

Porenbeton

Factsheet

Erarbeitet im Projekt „Kartierung des Anthropogenen Lagers III – Etablierung eines Stoffstrommanagements unter Integration von Verwertungsketten zur qualitativen und quantitativen Steigerung des Recyclings von Metallen und mineralischen Baustoffen“

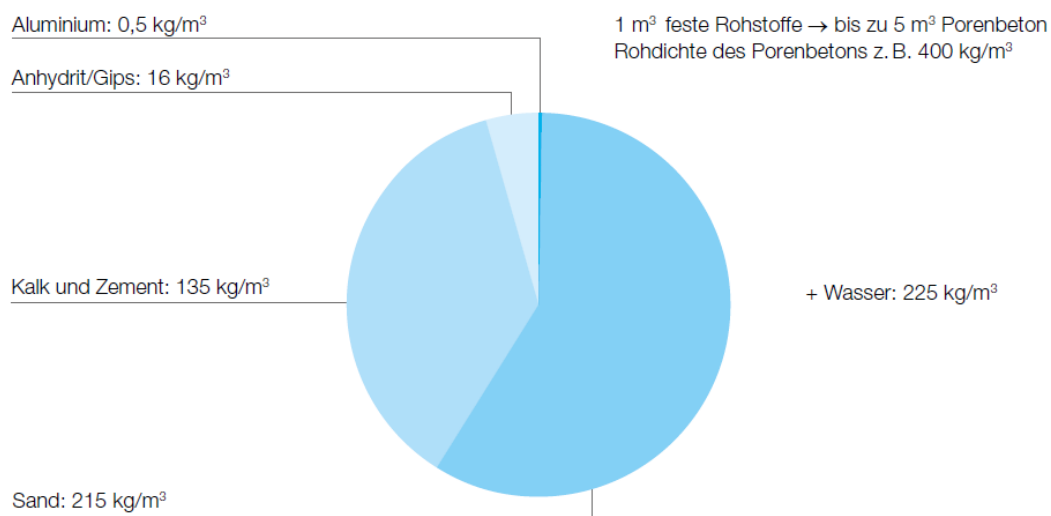
(FKZ 3716 35 3230)

Das Projekt wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt und über den Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit Bundesmitteln finanziert.

1 Übersicht

Porenbeton ist ein dampfgehärteter Massivbaustoff, der für den Neubau und die Modernisierung von Ein- und Zweifamilienhäusern sowie mehrgeschossigen Wohnungs- und Wirtschaftsbauten eingesetzt wird. Aus gemahlenem Quarzsand, Kalk und/oder Zement als Bindemittel, Wasser, geringen Mengen von Anhydrit bzw. Gips und Aluminiumpulver oder -paste als Treibmittel entsteht eine wässrige Suspension, die im Anschluss einen Quellprozess in einer Gießform und einen Härteprozess in einem Autoklaven durchläuft. Die charakteristische Porenstruktur entsteht durch die Reaktion des aluminiumhaltigen Treibmittels im alkalischen Milieu unter Bildung von gasförmigem Wasserstoff, der vollständig ausgast. Nach Formgebung durch Schneiden und der Aushärtung im Autoklaven in einer Satteldampf-Atmosphäre von 170 bis 200°C und einem Druck von 8 bis 11 bar entsteht ein vergleichsweise leichter mineralischer Baustoff, der bis zu 80 Vol.-% aus Luft besteht und sehr gute Wärmedämmeigenschaften besitzt¹. Die geringe Wärmeleitfähigkeit ermöglicht die Errichtung von Gebäuden ohne zusätzliche Wärmedämmschichten². Für die Produktion von 4 bis 5 m³ Porenbeton wird rund 1 m³ Rohstoff benötigt³.

Abbildung 1: Anteile der Rohstoffe bei der Herstellung von Porenbeton



Quelle: PORENBETON HANDBUCH, 7. Auflage (Dezember 2018), Herausgeber Bundesverband Porenbetonindustrie e.V., Berlin

Einsatz sekundärer Rohstoffe

Produktionsbruch wird in den Produktionsprozess rückgeführt und kann so Primärrohstoffe ersetzen. Sortenreine Porenbetonreste können von den Herstellern zurückgenommen und nach starker Zerkleinerung der Produktion zugeführt werden. Zur Einhaltung der materialspezifischen Eigenschaften ist der Zuschlag von Granulat jedoch auf etwa 5 bis 10 Gew.-% begrenzt⁴. Der Gipsanteil wird zum Teil über sortenreine Verschnittreste aus der Gipsindustrie gedeckt.

1 <https://www.bv-porenbeton.de/index.php/porenbeton/eigenschaften> (Abgerufen am 01.10.2018)

2 Hlawatsch, Küstermann, Kropp; 2018: Grobe Rezyklat-Körnungen aus Porenbetonbruch in geschäumten Mauerwerkselementen – eine nachhaltige Verwertungsstrategie; in: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

3 <https://www.bv-porenbeton.de/index.php/porenbeton/eigenschaften> (Abgerufen am 01.10.2018)

4 Fachgespräch mit dem Bundesverband Porenbetonindustrie e.V. (Herr Flassenberg) am 04.07.2017

2 Mengenströme und Anwendungen

Aufgrund der guten Dämmeigenschaft wird Porenbeton im Hochbau seit mehreren Jahrzehnten verstärkt eingesetzt. Der jährliche Absatz von Porenbeton in Deutschland lag im Zeitraum von 1996 bis 2008 zwischen 2,5 und 5 Mio. m³. Im Wohnungsbau hat sich der Einsatz des Baustoffes bundesweit von 2011 – 2017 nahezu verdoppelt, dies entspricht einem Marktanteil von gut 18 % im Mauerwerksbau. So wurden 2017 rund 22,7 Mio. m³ umbauter Raum aus Porenbeton errichtet, insbesondere Ein- und Zweifamilienhäuser. Im Bereich der Nichtwohngebäude spielt Porenbeton eine untergeordnete Rolle. Seit 2011 werden jährlich rund 3,3 Mio. m³ umbauter Raum errichtet. Damit wird deutlich weniger als 1 % des Marktes abgedeckt⁵.

Vom statistischen Bundesamt sind mit Stand Anfang 2018 11 Unternehmen erfasst, die Baublöcke und Mauersteine aus Porenbeton produzieren⁶. Sechs Porenbeton-Produktmarken mit 12 Porenbetonwerken sind im Bundesverband Porenbetonindustrie e.V.⁷ organisiert. Die Menge der in Deutschland produzierten Baublöcke und Mauersteine aus Porenbeton lag im Jahr 2014 laut des Statistischen Bundesamtes bei ca. 3 Mio. m³ und stieg bis zum Jahr 2016 leicht auf 3,3 Mio. m³ an⁸.

3 Relevante rechtliche Regelungen

Sowohl die Herstellung als auch das Produkt unterliegen folgenden Regularien (Normen, Gesetze etc.), die Qualität und Umwelanforderungen festlegen.

3.1 Produkt Porenbeton

Für das Inverkehrbringen in der EU gilt die Bauprodukteverordnung ((EU) Nr. 305/2011). Die Produkte benötigen eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung der folgenden Produktnormen:

- ▶ DIN EN 771-4: Festlegungen für Mauersteine - Teil 4: Porenbetonsteine
- ▶ DIN 20000-404: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 404: Regeln für die Verwendung von Porenbetonsteinen nach DIN EN 771-4:2015-11
- ▶ DIN 4166: Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten
- ▶ DIN EN 12602: Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton
- ▶ DIN 4223-101 bis -103: Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton

Regelungen, die die Herkunft der Rohstoffe oder die Produktzusammensetzung vorgeben, bestehen nicht. Erforderlich ist die Einhaltung der Produkteigenschaften, die über die europäischen Baustoffnormen in Verbindung mit den deutschen Anwendungsnormen

⁵ https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/BautatigkeitWohnungsbau/BaufertigstellungenBaustoffPDF_5311202.pdf?__blob=publicationFile S. 21 ff. (Abgerufen am 01.10.2018)

⁶ https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Konjunkturdaten/ProduktionVi2040310183214.pdf?__blob=publicationFile S. 155 (Abgerufen am 01.10.2018)

⁷ <https://www.bv-porenbeton.de/> (Abgerufen am 01.10.2018)

⁸ https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Konjunkturdaten/ProduktionI2040310167004.pdf?__blob=publicationFile (Abgerufen am 01.10.2018)

vorgegeben sind. Der Einsatz von Rohstoffen mit Produkt- bzw. Abfallstatus richtet sich daher insbesondere nach der Genehmigungssituation der jeweiligen Anlage.

3.2 Herstellung Porenbeton

3.2.1 Luft

Bei Anlagen zur Herstellung von Porenbeton handelt sich nicht um genehmigungsbedürftige Anlagen gem. BImSchV. Die Anlagen sind ausschließlich baurechtlich zu genehmigen. Gleiches gilt für das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Anlage 1) und die TA-Luft, in denen Anlagen zur Herstellung von Porenbeton nicht aufgeführt werden.

3.2.2 Abwasser

Die Nutzung von Gewässern, wie zum Beispiel die Entnahme von Wasser aus Gewässern oder das Einleiten von Stoffen in Gewässer, sind im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) geregelt. Die Abwasserverordnung (AbwV) beinhaltet Vorschriften für die Vermeidung, die Messung und die Einleitung von Abwasser in Gewässer.

In Anhang 26 (Steine und Erden) der AbwV sind spezielle Anforderungen für Abwasser aus der Herstellung von Beton und Betonerzeugnissen festgelegt (Grenzwerte). Demnach darf Abwasser aus der Herstellung von Beton und Betonerzeugnissen wie auch produktionsspezifisch verunreinigtes Niederschlagswasser nicht ins Gewässer eingeleitet werden sondern ist zu sammeln und in den Prozess zurückzuführen. Dies gilt nicht für:

- ▶ Abwasser, das in ein beim Abbau von mineralischen Rohstoffen entstandenes oberirdisches Gewässer eingeleitet wird, sofern das Wasser nur zum Waschen der dort gewonnenen Erzeugnisse gebraucht wird und keine anderen Stoffe als die abgebauten enthält und soweit gewährleistet ist, dass diese Stoffe nicht in andere Gewässer gelangen,
- ▶ Sanitärabwasser,
- ▶ Abwasser aus indirekten Kühlsystemen und aus der Betriebswasseraufbereitung sowie Abwasser aus der Rauchgaswäsche.

4 Recyclingsituation

Sortenreines Material aus Produktion und Rückbau wird in Form von Ölbinder, für Wärmedämmschüttungen, als Substrat für Dachbegrünung oder Hygienestreu verwertet. Dieser Bedarf wird über die Produktionsreste der Porenbetonwerke gedeckt und stellt keine potentielle Verwertungsmöglichkeit für große Massenströme Porenbeton dar, die langfristig aus dem Abbruch zu erwarten sind. Die Verwertungswege eignen sich zudem nur für die groben Splittfraktionen. Die erheblichen Anteile Brechsand, die aufgrund der porösen Struktur des Porenbetons während der Zerkleinerung entstehen, werden trotz der hohen Reinheit bislang keiner Verwertung zugeführt, sondern über Deponien beseitigt.

Das vom BBSR entwickelte Stoffstrommodell geht davon aus, dass rund 1 % des Materiallagers im Gebäudebestand aus Porenbeton errichtet worden ist⁹. Dies entspricht knapp 179 Mio. t. Entsprechend fällt auch nur ein untergeordneter Anteil des Gesamtaufkommens der

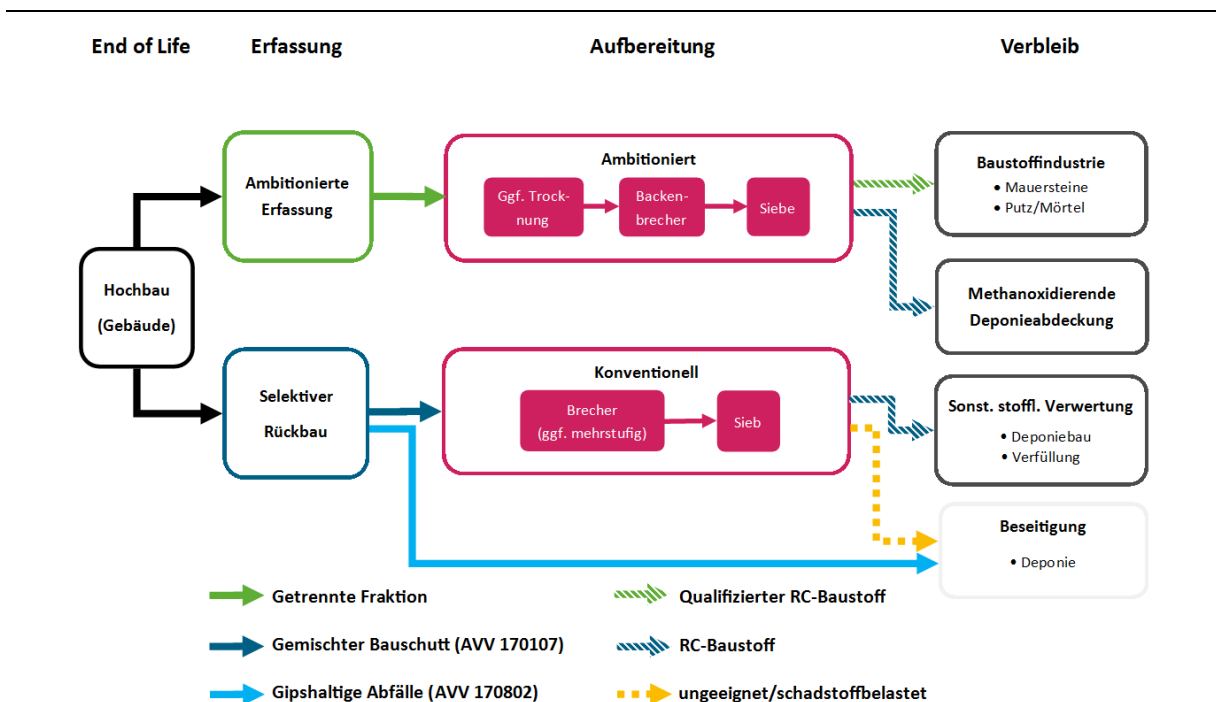
⁹ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2016): Materialströme im Hochbau – Potentiale für eine Kreislaufwirtschaft. Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis; S. 21

mineralischen Bauabfälle als Porenbeton an. Nach Kreft¹⁰ beläuft sich das jährliche Aufkommen auf 0,5 – 1 Mio. t.

Porenbeton wird in der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) nicht mit einer eigenen Abfallschlüsselnummer geführt. Aufgrund des (wenn auch nur sehr geringen) Gipsanteils wird rückgebautes Mauerwerk aus Porenbeton nicht über das typische Mauerwerksbruch-Gemisch (170107 „Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik“), sondern zusammen mit anderen gipshaltigen Baustoffen über die Abfallschlüsselnummer 170802 erfasst. Im Sinne einer hochwertigen Verwertung von Gipsbaustoffen, wie Gipskartonplatten, die einen Gipsanteil von bis zu 95 Gew.-% enthalten, ist die gemeinsame Erfassung nicht zielführend. Die Porenbetonsteine können in Gipsrecyclinganlagen aufgrund des mineralischen Charakters über die herkömmlichen Sortierschritte nicht ausgeschleust werden und mindern die Reinheit und die Qualität des RC-Gipses.

Eine Deklaration als „Beton“ (AVV 170101) wird von Recyclingunternehmen in der Praxis aufgrund der unterschiedlichen stofflichen und bauphysikalischen Eigenschaften sowie insbesondere aufgrund des Gipsanteils des Porenbetons nicht akzeptiert. Das für beide Baustoffe die Bezeichnung „Beton“ verwendet wird, ist irreführend. Es handelt sich um Baustoffe aus unterschiedlichen Rohstoffen und mit stark abweichenden Eigenschaften. Aufgrund der im Vergleich zu Beton und anderen Mauerwerksbaustoffen niedrigen Festigkeit und Rohdichte, des hohen Wasseraufnahmevermögens und der daraus resultierenden geringen Frost- und Witterungsbeständigkeit eignet sich Porenbeton nicht für den Verbleib im Straßen- und Wegebau oder als Zuschlag in der Betonindustrie. Zudem führt der Gipsanteil zu einem eluierbaren Sulfataustrag. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die derzeitigen und potentiellen Verwertungswege. Eine hochwertige Verwertung aus dem post-consumer Bereich findet derzeit nicht statt.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der derzeitigen und potenziellen Verwertungswege von Porenbeton



Quelle: ifeu Heidelberg GmbH

10 Kreft, Oliver (2016): Closed-loop recycling of autoclaved aerated concrete; in: Mauerwerk 20, Heft 3/2016, abrufbar unter https://www.xella.com/de/docs/Geschlossener-Recyclingkreislauf-Porenbeton_Oliver-Kreft.pdf; zuletzt am 20.10.2018

Aufgrund der kontinuierlichen Steigerung des Absatzes seit Anfang der 50er Jahre, ist zukünftig mit zunehmenden Massenströmen aus dem Abbruch zu rechnen. Vor diesem Hintergrund gilt es hochwertige Verwertungsalternativen zu entwickeln, die die deponierten Mengen reduzieren und die Nutzung der stofflichen Eigenschaften ermöglichen.

5 Recyclingperspektiven

Trotz der bislang nur geringen Rücklaufmassen aus dem Abbruch sind verschiedene Forschungsinitiativen schon seit Ende der 90er Jahre aktiv, um Rezepturen für Baustoffe zu entwickeln, die Porenbetongranulat in den Hochbau zurückführen. Federführend sind dabei die MPA Bremen¹¹, die Hochschule Bremen¹² und die Forschungsvereinigung RWB¹³. So konnten unterschiedliche Verwertungsoptionen für Fein-, Mittel- und Grobgranulate entwickelt und zum Teil auch schon großtechnisch erprobt werden. Übergeordnetes Ziel stellt immer die Nutzung der charakteristischen Eigenschaften der Sekundärrohstoffe dar, um Ressourcen für die Primärbaustoffproduktion einzusparen. Neben den mineralischen Rohstoffen zählt dazu auch die Energie, die zur Produktion des ersten Lebenszyklus bereits aufgebracht wurde und so weit wie möglich erhalten bleiben soll¹⁴.

Für Porenbetonbrechsande mit einer Korngröße von 0 – 8 mm wurden Rezepturen entwickelt, die den Einsatz in Leichtmörteln und Wandbausteinen ermöglichen. Die Eignung der entwickelten Mörtel als Verfüll-, Mauer- und Putzmörtel, insbesondere als Leichtmauermörtel LM 36 und als Grundputz in Sanierputzsystemen, konnte nachgewiesen werden. In einem nachfolgenden Scale-up Projekt wurden die Ergebnisse vom Labormaßstab auf die industrielle Produktion übertragen und die Herstellung eines Werk trocken-Mauermörtels erprobt.¹⁵ Der Leichtmauerstein aus 0/8 mm Porenbeton-Rezyklat, Zement, Steinkohlenflugasche und Wasser wird im Rüttel-Pressverfahren der Betonwaren-Industrie geformt und verfestigt. Um das Risiko eines Sulfatreibens zu mindern, fand ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand Verwendung. Auch die Herstellung der Steine wurde großtechnisch erprobt, so dass in Konsequenz ein Demonstrationsvorhaben initiiert werden konnte, in dem der Putz sowie die Leichtmauersteine für nichttragende Innenwände in einem Bauvorhaben eingesetzt werden konnten. Das Projekt befindet sich in der Monitoring-Phase¹⁶.

Grobe Porenbetongranulate mit einer Korngröße von deutlich mehr als 8 mm verfügen über einen größeren Anteil des charakteristischen Porengefüges und besitzen daher ähnliche Eigenschaften wie der primäre Baustoff. Das Forschungskonsortium hat daher einen Recyclingstein entwickelt, dessen Volumen hauptsächlich aus grobem Granulat besteht. Diese Körnung wird mit einer künstlich geschäumten mineralischen Matrix gefüllt, so dass die Eigenschaften des Granulats erhalten bleiben. Entsprechend wird dieser Stein, analog zum R-Beton, als R-Porenbeton bezeichnet. Eine großtechnische Erprobung steht noch aus¹⁷.

Es gilt hervorzuheben, dass die hergestellten Rezyklate bewusst typische Fremdstoffe wie z. B. anhaftenden Putz und Tapetenreste aufwiesen. So wurden Rezepturen aus sekundären

11 <http://www.mpa-bremen.de/www/index.php?id=512> (Abgerufen am 01.10.2018)

12 <https://www.hs-bremen.de/internet/de/einrichtungen/fakultaeten/f2/abt2/> (Abgerufen am 01.10.2018)

13 <http://www.rwb-bremen.de/> (Abgerufen am 01.10.2018)

14 Hlawatsch, Küstermann, Kropp (2018): Grobe Rezyklat-Körnungen aus Porenbetonbruch in geschäumten Mauerwerkselementen – eine nachhaltige Verwertungsstrategie. In: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

15 http://www.abw-recycling.de/r16/17_Fachbeitrag_R16_Aycil.pdf (Abgerufen am 01.10.2018)

16 Hlawatsch, Aycil, Kropp; (2016): Hochwertige Verwertungswege für Porenbetonbruch in Mörteln und Leichtmauersteinen für Mauerwerk. In: Thomé-kozmiensky (Hrsg.): Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 3. TK Verlag

17 Hlawatsch, Küstermann, Kropp; 2018: Grobe Rezyklat-Körnungen aus Porenbetonbruch in geschäumten Mauerwerkselementen – eine nachhaltige Verwertungsstrategie; in: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Rohstoffen entwickelt, die analog in der Praxis anfallen, und Aufbereitungsstrategien umgesetzt, die wirtschaftlich tragbar sind. Die Kapazitäten dieser Verwertungswege sind ausreichend, um auch steigende Mengen Porenbetonrezyklat hochwertig in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen und Primärrohstoffe zu ersetzen.

Weiterhin konnte in zwei abgeschlossenen Forschungsvorhaben gezeigt werden, dass Porenbeton als Trägermaterial für Methan-oxidierende Bakterien als Deponieabdeckung geeignet ist. Das hohe Wasseraufnahme- und Speichervermögen ermöglicht ein Beimpfen des Materials und bietet eine langfristige Lebensgrundlage für die Mikroorganismen. So können klimaschädliche Methanausgasungen aus Deponiekörpern abgebaut werden¹⁸.

Darüber hinaus kann die Verwertung und Behandlung von fein schluffigem Baggergut aus Gewässersedimenten durch Konditionierung mit Porenbetongranulat aus Produktionsresten erfolgen. Aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie¹⁹ wurde 2014 ein Referenzversuch zur Verwertung und Behandlung von fein schluffigem Baggergut aus Gewässersedimenten durch Konditionierung mit Porenbetongranulat aus Produktionsresten²⁰ erfolgreich durchgeführt. Ziel war es, durch die Behandlung des bei Nassbaggerungen anfallenden Baggergutes mit Porenbetongranulat ein bodenähnliches Substrat zu gewinnen, das sich beispielsweise als Rekultivierungsmaterial im Landschaftsbau einsetzen lässt.

Auch ist die Eignung von Porenbetonbruch als Bodenverbesserer im Landbau²¹ und die Eignung von Porenbetonstaub als Bodenverbesserer im Straßenbau²² nachgewiesen.

Letzte Entwicklungen zeigen auch die Möglichkeit der Nutzung von Porenbetonmehl als Sekundärbindemittel für die Kalksandsteinherstellung.

18 Küver, Jan; 2018: Einsatz von Porenbeton- und Kalksandsteinbruch als bioaktivierte Funktionsschicht auf Deponiekörpern zur Oxidation von Methanausgasungen; in: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

19 Labor für Umweltschutz und Chemische Analytik LUS GmbH: Machbarkeitsstudie zur Verwertung von Porenbeton aus Abriss als Zuschlagstoff für aquatisches Baggergut zur Herstellung eines „Bodenverbesserers“ für den Landschaftsbau, Magdeburg Mai 2012

20 Sachverständigenbüro Dr. H. Grahler, Labor für Umweltschutz und Chemische Analytik LUS GmbH und Kooperation mit verschiedensten Behörden und Industriepartnern: Referenzversuch zur Verwertung und Behandlung von fein schluffigem Baggergut aus Gewässersedimenten durch Konditionierung mit Porenbetongranulat aus Produktionsresten, Magdeburg 2014

21 Dr. Kai-Uwe Niedersen, Prof. Dr. agr. G. Flick, Prof. Dr. agr. habil. H.-J. Memmler „Porenbetonbruch als Bodenverbesserer im Landbau“, Zeitschrift Müll und Abfall 5/2004., S.231ff

22 Meyen, Oliver „Eignung von Porenbetonstaub als Bodenverbesserer im Straßenbau“ Diplomarbeit an der FH Lüneburg im Fachbereich Bauwesen, 2006