

# Kalksandstein

## 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

Kalksandstein (KS) dient als Baustoff für Innen- und Außenwände im tragenden und nichttragenden Bereich. Die Mauersteine weisen hohe schalldämmende und wärmespeichernde Eigenschaften sowie eine hohe Tragfähigkeit auf. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit ist bei Außenwänden eine zusätzliche Wärmedämmung erforderlich. Das dichte Netz an Produktionsstandorten (derzeit 80 KS-Werke) ermöglicht kurze Transportwege; laut Kalksandsteinindustrie liegen die Wegstrecken in der Regel bei nicht mehr als 50 km.

Auf dem Markt werden Steine unterschiedlicher Rohdichten und Druckfestigkeiten angeboten. Klassisch werden die Rohdichteklassen 1,4 / 1,8 / 2,0 und 2,2 verwendet. Die Rohdichten beziehen sich immer auf den fertigen Stein inklusive Lochung, so dass die Scherbenrohichte von gebrochenem KS-Material jeweils leicht höhere Werte aufweist. KS werden standardmäßig mit Steindruckfestigkeiten von 15, 20 bzw. 25 N/mm<sup>2</sup> hergestellt.

Kalksandsteine werden aus den Rohstoffen Kalk, natürlichen mineralischen Gesteinskörnungen und Wasser hergestellt. Es werden keine Zusatzstoffe verwendet. Als Gesteinskörnungen werden Quarzsande oder auch gebrochenes Natursteinmaterial eingesetzt, die regional zur Verfügung stehen. Die Rohstoffe werden im erdfeuchten Zustand mechanisch verdichtet und anschließend in Autoklaven unter gespanntem Wasserdampf gehärtet. Im Wesentlichen finden während dieser Hydrothermalhärtung im Porenraum der Kalksandstein-Rohlinge Reaktionen zwischen dem Kalkhydrat und der gelösten Kieselsäure statt. Dabei bilden sich dauerhafte Calciumsilikathydrate (CSH-Phasen), die dem Gefüge der Kalksandsteine ihre Festigkeit verleihen. Die Dauer der Dampfhärtung beträgt in der Regel  $t_h = 4$  bis 10 Stunden und findet bei Temperaturen um  $T_h = 200$  °C und einem zugehörigen Wasserdampfdruck von bis zu  $p_e = 16$  bar statt.<sup>1</sup>

## Einsatz sekundärer Rohstoffe

Grundsätzlich ist die Kalksandsteinindustrie gegenüber dem Einsatz von RC-Sanden nicht abgeneigt, sofern es sich dabei um sortenreines KS-Material ohne Anhaftungen verunreinigender anderer Stoffe handelt. Bislang werden ausschließlich Produktionsrückstände und Fehlchargen als Substitut von primären Rohstoffen eingesetzt. Der bisher ausschließliche Einsatz dieser sortenreinen Fraktionen sichert die Erreichung der geforderten Produktqualitäten der Norm EN 771-2, welche die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Kalksandsteinen festlegt. Der durch sortenreines KS-Recyclingmaterial substituierbare Anteil liegt derzeit bei max. 10 Gew.-%.

# 2 Mengenströme und Anwendungen

Der Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. ist die wirtschafts- und sozialpolitische Interessenvertretung der Kalksandsteinindustrie mit Sitz in Hannover. Der Organisationsgrad liegt bei über 95 %. Die als gemeinnützig anerkannte Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V. betreibt zentral die unternehmensübergreifende, praxisbezogene Grundlagenforschung für die Kalksandsteinindustrie. Zu den wesentlichen übergeordneten Zielen der Forschungsaktivitäten zählen die kontinuierliche Verbesserung und Entwicklung der Kalksandstein-Produktionstechnik, der Bauanwendungstechnik sowie der Umweltschutz.

---

<sup>1</sup> Wolfgang, E.: Einfluss der Verdichtung von Kalk-Sand-Rohmassen auf die Scherbenrohichte von Kalksandstein, Universität Kassel, Dissertation 2010

Die Absatzmenge lag nach Angaben des Verbandes<sup>2</sup> im Jahr 2017 bei knapp 4 Mio. m<sup>3</sup>, dies entspricht knapp 2 Mrd. Mauersteinen des Zählformates NF (l x b x h = 240 x 115 x 71 mm). Mit einer mittleren Dichte von 1,8 kg/dm<sup>3</sup> entspricht dies knapp 7 Mio. t.

Bundesweit wurden im Jahr 2017 knapp 40 Mio. m<sup>3</sup> umbauter Raum überwiegend aus KS errichtet (Neubau Wohn- und Nichtwohngebäude)<sup>3</sup> Dies entspricht einer Verdoppelung in einem Zeitraum von 6 Jahren und einem aktuellen Marktanteil von 12 Gew.-%. Bei mehr als einem Drittel der Neubauten mit mindestens 3 Wohneinheiten ist Kalksandstein der am häufigsten gewählte Baustoff.

## 3 Relevante rechtliche Regelungen

### 3.1 Produkt Kalksandstein

Für das Inverkehrbringen in der EU gilt die Bauprodukteverordnung ((EU) Nr. 305/2011). Neben der CE-Kennzeichnung erhalten Kalksandsteinprodukte eine Leistungserklärung nach DIN EN 771-2: 2011-07 Festlegungen für Mauersteine-Teil 2: Kalksandsteine. Für die Verwendung in Deutschland ist die zugehörige Anwendungsnorm DIN 20000-402: 2017-01; Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach DIN EN 771-2:2015-11 zu beachten.

### 3.2 Herstellung Kalksandstein

#### 3.2.1 Luft

Im Jahre 1993 wurden Anlagen zur Herstellung von Kalksandstein ersatzlos aus dem 4. Anhang der BImSchV gestrichen. Bei Anlagen zur Herstellung von Kalksandstein handelt sich somit um nicht genehmigungsbedürftige Anlage gem. BImSchV. Gleiches gilt für das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Anlage 1) und die TA-Luft in denen Anlagen zur Herstellung von Sandstein nicht aufgeführt werden. Anlagen sind ausschließlich baurechtlich zu genehmigen.

#### 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 Kalksandstein festgelegt (Grenzwerte).

- abfiltrierbare Stoffe: ≤ 100 mg/l
- chemischer Sauerstoffbedarf: ≤ 150 mg/l

---

<sup>2</sup> [https://www.kalksandstein.de/bv/ksi/binaries/content/86127/file\\_geschaeftsbericht\\_2017\\_2018\\_web\\_version\\_de.pdf](https://www.kalksandstein.de/bv/ksi/binaries/content/86127/file_geschaeftsbericht_2017_2018_web_version_de.pdf) S.17 (Abgerufen am 09.01.2019)

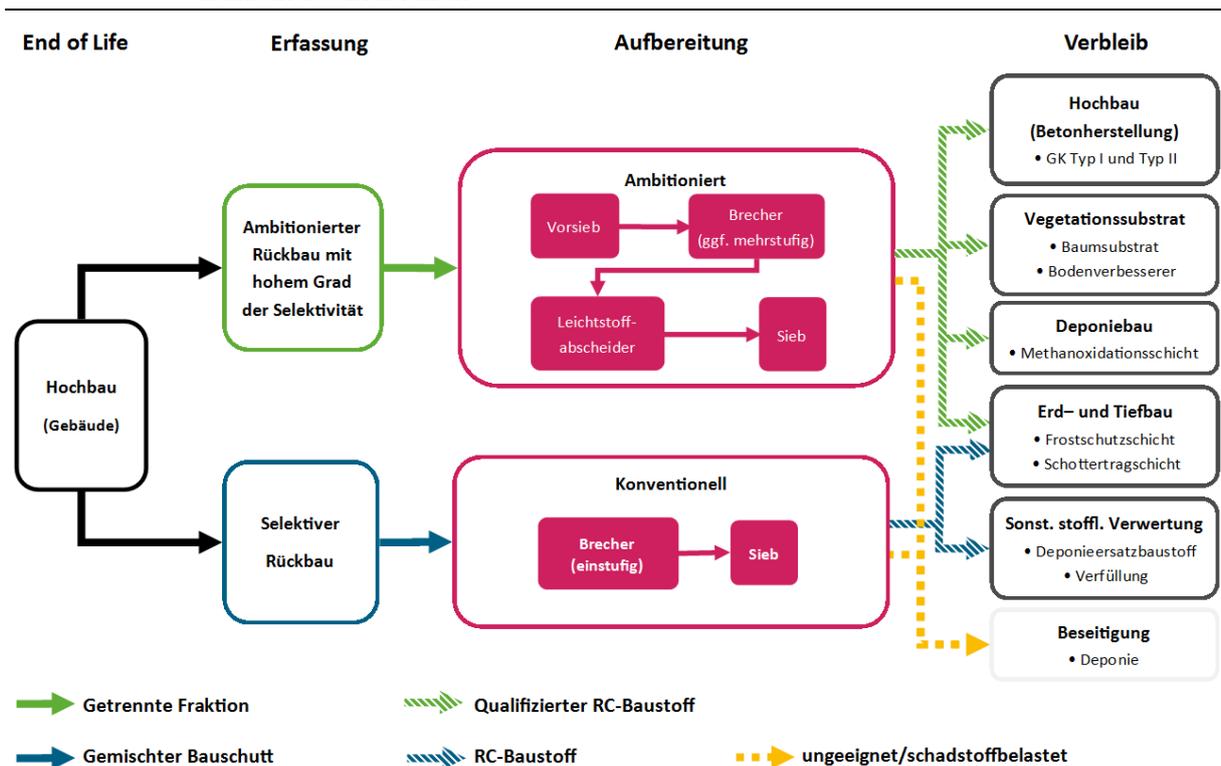
<sup>3</sup> [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/BautaetigkeitWohnungsbau/BaufertigstellungenBaustoffPDF\\_5311202.pdf?\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/BautaetigkeitWohnungsbau/BaufertigstellungenBaustoffPDF_5311202.pdf?_blob=publicationFile) (Abgerufen am 01.10.2018)

## 4 Recyclingsituation

Kalksandstein aus Bau- und Abbruchmaßnahmen unterliegt der Einstufung in Kapitel 17 der AVV. Im Unterschied zu den Baustoffen Beton oder Ziegel weist die Verordnung jedoch keinen separaten Abfallschlüssel für die getrennte Erfassung aus. Daher wird KS grundsätzlich der ASN 17 01 07 „Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik“ zugeordnet. Dies führt dazu, dass KS in der Praxis in der Regel als Bestandteil des Bauschutts, d.h. in Form eines heterogenen Gemisches anfällt, was die Qualität und die Einsatzmöglichkeiten des Materials für ein hochwertiges Recycling beschränkt. Diese Baumischabfallfraktion stellt mit 26 Mio. t aktuell etwa die Hälfte des gesamten Bauschuttaufkommens bzw. dessen größten Anteil dar. Im Durchschnitt beträgt der Anteil Kalksandstein hier rund 13 Gew.-%<sup>4</sup>, so dass 3,4 Mio. t Kalksandstein im heterogenen Gemisch pro Jahr anfällt. Es ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Anteil des Mauerwerkbruchs in einfachen Verfüllmaßnahmen verwertet oder auf Deponien abgelagert wird. Eine schematische Übersicht der Verwertungsoptionen geben Abbildung 1 und Abbildung 2.

Die novellierte Gewerbeabfallverordnung benennt in §8 Kalksandstein nicht explizit als Material, das ab Abfallstelle (Rückbau, Sanierung) getrennt zu halten ist. Trotzdem wird – eine entsprechende Umsetzung und Überwachung in der Praxis vorausgesetzt – diese Verordnung das hochwertige Recycling durchaus stützen. Die ausgeprägtere Selektivität des Rückbaus wird eine höhere Qualität und Freiheit der Bauschuttmassen von Fremd- und Störstoffen sicherstellen, eine wichtige Randbedingung für hohe Recyclingraten.

**Abbildung 1: Schematische Darstellung der derzeitigen und potentiellen Verwertungswege von Kalksandsteinabfällen**

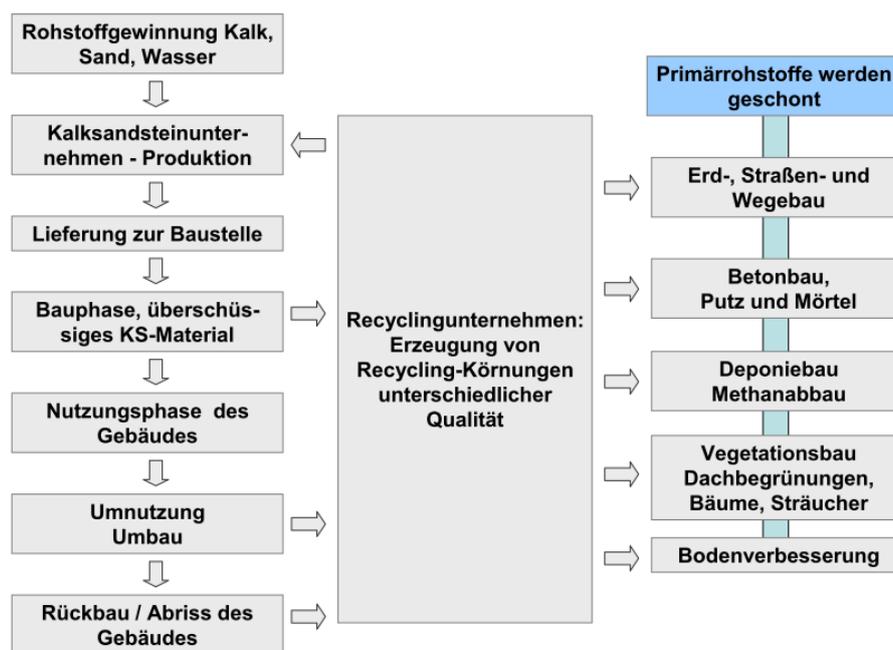


Quelle: ifeu Heidelberg GmbH

Werden die Wärmedämmverbundsysteme vor dem eigentlichen Rückbau der Gebäude entfernt (Abschaben mit den klassischen „Werkzeugen“ eines Abbruchunternehmens), handelt es sich um wenig mit Putz beaufschlagtes Mauerwerk. Mit einer Kornrohichte von etwa 2 kg/dm<sup>3</sup> und den chemischen und physikalischen Eigenschaften handelt es sich grundsätzlich um ein Abbruchmaterial, das sich gut als Bestandteil eines Gemisches für die Produktion der klassischen RC-Baustoffe für den Erdbau, aber auch für den Straßen- und Wegebau eignet. Der max. Anteil laut TL Gestein-StB 04 liegt aufgrund der höheren Porosität des KS gegenüber natürlicher Gesteinskörnungen allerdings nur bei 5 Gew.-%. Real enthalten Recyclingbaustoffe für den Straßenbau durchschnittlich nur 2 Gew.-% KS.<sup>5</sup>

Die Rückführung von sortenreinem Recyclingmaterial als Gesteinskörnung für die erneute KS-Produktion ist bis max. 10 Gew.-% möglich. Verunreinigungen sind zwingend zu vermeiden.

**Abbildung 2: Mögliche Stoffströme für Kalksandstein-Recyclingmaterial**



Quelle: Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.

## 5 Recyclingperspektiven

Die Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V. hat in der Vergangenheit in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. zahlreiche Forschungsprojekte initiiert und gefördert. Ein Forschungsschwerpunkt befasste sich mit der Frage, inwieweit die Produktionstechnologie der Kalksandsteinherstellung zur Produktion von Mauersteinen genutzt werden kann, die auf aufbereiteten Bauschutt als Rohstoff zurückgreifen. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes<sup>6</sup> wurden im Jahre 2009 veröffentlicht. Der Einsatz von sekundären Rohstoffen ist mit der Kalksandsteintechnologie technisch umsetzbar, doch wird der Begriff „Kalksandstein“ ausschließlich für Mauerwerkssteine der „reinen“, ursprünglichen Rezepturen

<sup>5</sup> Müller(2016):[http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2016/ressourcen/effizienzpotenziale/Endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2016/ressourcen/effizienzpotenziale/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2) S. 55 (Abgerufen am 01.10.2018)

<sup>6</sup> Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Entwicklung eines Recycling-Mauersteins unter Verwendung von Abbruchmaterial und Baurestmassen und Anwendung der Kalksandstein-Technologie, gefördert durch BBSR Forschungsinitiative Zukunft Bau (F 2712), 2009, Kurzfassung: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/09029016027.pdf> (Abgerufen am 01.10.2018)

verwendet - Formsteine mit RC- Material werden als „Recycling-Mauersteine“ bezeichnet. Für die Verwendung eines RC-Materials könnten beispielsweise eine längere Betriebszeit des Autoklaven oder ein höherer Kalkgehalt notwendig sein.

Neben sortenreinem Kalksandstein ist auch die Verwendung von Abbruchmaterial aus Ziegel, Beton und Naturstein theoretisch möglich. Im Ergebnis zeigten sich gegenüber konventionell hergestelltem Kalksandstein nach Aussage von Branchenvertretern Abstriche in der Produktqualität.

Eine breit angelegte parallele Forschungsinitiative befasst sich seit 1995 mit der Frage, inwieweit sich für aufbereitete Kalksandstein-Altmaterialien weitere Verwertungswege erschließen lassen. Hierzu liegen verschiedene Erfolg versprechende Ansätze vor:

### **Verwertung im Straßenbau**

Im Straßenbau lässt die TL Gestein-StB 04 einen max. Anteil von 5 Gew.-% KS zu. Untersuchungen der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V. kamen zu dem Ergebnis, dass ein Zuschlag von bis zu 40 Gew.-% Kalksandstein möglich ist. Dies wird durch eine beprobte Versuchsstrecke aktuell bestätigt.

### **Verwertung als RC-Gesteinskörnung im Beton**

Kalksandsteine dürfen nach DIN 4226-101 ohne darüber hinausgehende Begrenzung in einer RC-Gesteinskörnung Typ 2 in den bis zu 30 Gew.-% Mauerwerksanteil enthalten sein. Diese Gesteinskörnung Typ 2 wird bundesweit bislang erst von einem Bauschuttrecycler produziert. Es ist zu erwarten, dass sich dies ändern wird, da sich Produktion und Absatz derartiger Gesteinskörnungen für Bauschuttrecycler durchaus als interessant erweisen.

### **Kalksandstein-Recyclingmaterial für Vegetationssubstrate**

Als weitere Verwertungswege werden Dachsubstrate oder Pflanzsubstrate genannt. KS-Recyclingmaterial ist als Gesteinskörnung für die Erzeugung von Vegetationsbaustoffen geeignet. Unter Verwendung der Recyclingmaterialien wurden unter Zugabe von Bodenmaterialien (bindig und nicht bindig) sowohl Baumssubstrate als auch Substrate für Dachbegrünungen hergestellt und über zwei Vegetationsperioden unter freiem Himmel untersucht. Als Versuchspflanzen wurden beispielsweise bei den Baumsubstraten: Liguster (*Ligustrum vulgare*), Hasel (*Corylus avellana*) und Weide (*Salix caprea*) verwendet. Pflanzengattungen, die im alkalischen Bodenmilieu beheimatet sind, eignen sich besonders für die Substrate.<sup>7</sup>

### **Verwertung im Deponiebau – Abbau von klimaschädlichem Methan**

Des Weiteren wurde die Eignung von Kalksandstein-Recyclingmaterial als Methan-abbauende Deckschicht im Deponiebau nachgewiesen. Dabei wurde unter Einsatz von Mikroorganismen CH<sub>4</sub> zu CO<sub>2</sub> oxidiert. Die klimaschädliche Wirkung von Methan (CH<sub>4</sub>) liegt bzgl. des Treibhauseffektes gegenüber CO<sub>2</sub> um einen Faktor von rd. 25 höher, so dass eine Umwandlung von CH<sub>4</sub> in CO<sub>2</sub> zu einer relevanten Reduzierung des Treibhauseffektes führt.<sup>8</sup> Mit den

---

<sup>7</sup> Bischoff, G.; Eden, W.; Heidger, C.; Kurkowski, H.; Middendorf, B.: Vegetationssubstrate aus rezyklierten Gesteinskörnungen aus Mauerwerk, Forschungsbericht Nr. 116 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., AiF-Nr. 17319, Hannover, 2008

<sup>8</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> (abgerufen am 16.01.2019)

Untersuchungen wurden mechanisch belastbare Korngemische entwickelt, die eine möglichst große innere Oberfläche für die Besiedelung durch die Mikroorganismen aufweisen. Das Kalksandstein-Recyclinggranulat übernimmt dabei aufgrund seiner vergleichsweise hohen Kornfestigkeit die Stützkornfunktion und das Porenbeton-Granulat dient aufgrund seiner vergleichsweise großen inneren Oberfläche als Träger für die eigens für dieses Forschungsvorhaben gezüchteten Mikroorganismen<sup>9</sup>.

### **Verwertung zur vegetationstechnischen Bodenverbesserung**

Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Kalksandstein eignen sich ebenfalls für den Einsatz zur vegetationstechnischen Bodenverbesserung. Dabei ist insbesondere das vergleichsweise hohe Wasserhaltevermögen zur Steigerung der maximalen Wasserspeicherkapazität (12 bis 20 Gew.-%) oder bei sauren Böden die Pufferung des pH-Wertes vielversprechend. Zusätzlich ermöglicht das Material eine gute Durchwurzelbarkeit.<sup>10</sup>

### **Herstellung und Verwertung als Füller in der Beton-, Asphalt und Kalksandsteinindustrie**

Ein besonderes Problem bei der Aufbereitung stellt der anfallende Sand < 4 mm dar. Während grobe Gesteinskörnungen in stofflich sortenreiner Form vom Markt i.d.R. schnell angenommen werden, ist der Einsatz von feinen rezyklierten Gesteinskörnungen noch ein Problem. So können feine Gesteinskörnungen gezielt aufgemahlen werden, um sie als Füller in der Baustoffbranche nutzen zu können (Beton, Kalksandstein und Asphalt).<sup>11</sup>

---

9 Eden, W.; Kurkowski, H.; Lau, J.J.; Middendorf, B.: Bioaktivierung von Porenbeton- und Kalksandstein-Recyclinggranulaten mit Methan oxidierenden Bakterien zur Reduktion von Methanausgasungen aus Hausmülldeponien - ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz –Methanox II, Forschungsbericht Nr. 117, Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., AiF-Nr. 16637, Hannover 2015

10 AiF-Forschungsprojekt 18240-N: Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Kalksandstein für vegetationstechnische Bodenverbesserungsmaßnahmen im Erd- und Straßenbau, Hannover, 2018

11 AiF-Forschungsprojekt 19889-N: Einsatz von Füllern aus Kalksandstein-Recycling-Material als Upcycling für Kalksandstein-, Beton-, und Asphaltprodukte, Hannover, 2018