



SACHSEN-ANHALT

Ministerium für
Umwelt, Landwirtschaft
und Energie

Kurzbericht

**Verbesserung der Nachhaltigkeit sowie Stärkung der urbanen
grünen Infrastruktur durch Einsatz von Ersatzbaustoffen in
Kunststoff-Bewehrte-Erde-Konstruktionen**

Akronym: Recycle KBE



Prof. Dr.-Ing. Sven Schwerdt / Prof. Dr. Petra Schneider

Hochschule Magdeburg-Stendal

Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit

Breitscheidstraße 2

39114 Magdeburg

Gefördert vom Land Sachsen-Anhalt

durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie

Leipziger Straße 58

39112 Magdeburg

Magdeburg, Mai 2021

1. Veranlassung und Zielstellung

Im Projekt „Recycle – KBE“ wurde die Verwendbarkeit von Ersatzbaustoffen (Hochofenschlacke, Elektroofenschlacke, Gleisschotter, Betonrecycling, Porenbeton und Ziegelbruch) in ingenieurtechnischen Bauwerken untersucht. Motivation für diese Untersuchungen war, dass mineralische Abfälle den mengenmäßig größten Abfallstrom bilden sobald ein gewisses Maß an Urbanisierung vorhanden ist. In Deutschland fällt der Stoffstrom unter die Klasse der Ersatzbaustoffe, was bedeutet „anstelle von Primärrohstoffen verwendete Baustoffe aus industriellen Herstellungsprozessen oder aus Aufbereitungs-/Behandlungsanlagen“ (Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung) (1). Die Nutzung von Ersatzbaustoffen in Ingenieurbauwerken, Verkehrswegen oder anderen Bereichen des Bauwesens hat erhebliche Relevanz für die Schonung natürlicher Ressourcen durch Einsparung von Primärrohstoffen und kann damit die Umweltbilanz der Baumaßnahmen verbessern. Daneben war es ein weiteres Ziel, die Begrünbarkeit von Ersatzbaustoffen zu untersuchen.

Zum Erreichen dieser Ziele wurde eine begrünte Kunststoff-Bewehrte-Erde-Konstruktion (KBE-Konstruktion) errichtet, deren mineralische Bestandteile nahezu vollständig aus Ersatzbaustoffen bestand. Dabei wurden sowohl für die Füllboden als auch die Außenhaut Ersatzbaustoffe verwendet. Als begrünungsfähige Schichten an der Außenseite wurden Gemische aus Oberboden und verschiedenen Ersatzbaustoffen eingebaut.

2. Vorgehensweise

Das Projekt gliederte sich in 3 Arbeitspakete. Im 1. Arbeitspaket wurden die späteren Materialien ausgewählt, im 2. Arbeitspaket erfolgten bodenmechanische und chemische Untersuchungen an den gewählten Ersatzbaustoffen, die dann im 3. Arbeitspaket in der KBE-Konstruktion verbaut wurden.

Die Auswahl potentieller Materialien für die KBE-Konstruktion erfolgte im Hinblick auf die bodenmechanischen und chemischen Eigenschaften, die Beständigkeit, die erwarteten Eigenschaften im Verbund der mit den Geokunststoffen in der KBE und dem Potential zur Rezyklierbarkeit. Als Füllboden wurden Betonrecycling, Hochofenschlacke, Elektroofenschlacke und Gleisschotter ausgewählt. Für das Begrünungssubstrat der Außenhaut wurden Ziegelbruch und Porenbeton als Hauptmaterial im Verhältnis 2:1 mit Oberboden vermischt. Als Saatgutmischung wurde ein handelsübliches Saatgut (Schattenrasen, Acker-Ringelblume, Vergissmeinnicht, Glockenblume) das u.a. für Dachbegrünungen geeignet ist, verwendet.

Die bodenmechanischen Untersuchungen umfassten neben den Standardversuchen, wie Bestimmung von Korngrößenverteilung, Proctordichte und Dichte auch Untersuchungen zur Bestimmung des Scher- und Herausziehverhaltens der Ersatzbaustoffe selber sowie in Verbindung mit dem Geokunststoff in der KBE-Konstruktion. Ferner wurden Untersuchungen zur Einbaubeschädigung der Geogitter innerhalb der Ersatzbaustoffe durchgeführt. Außerdem erfolgten Untersuchungen zur Bestimmung der nutzbaren Feld- und Luftkapazität.

Die chemischen Untersuchungen umfassten zunächst Untersuchungen an den eingesetzten Ersatzbaustoffen. Zusätzlich wurde über die gesamte Standzeit der KBE-Konstruktion das

Sickerwasser gesammelt und fortlaufend auf chemische Inhaltsstoffe untersucht. Die untersuchten Materialparameter orientierten sich dabei an der LAGA M 20.

Der Großversuch erfolgte auf dem Gelände der Hochschule Magdeburg-Stendal. Zur Korrelation mit den Witterungsbedingungen konnte auf die Messwerte der hochschuleigenen Wetterstation zurückgegriffen werden.

Die KBE-Konstruktion bestand aus vier Bereichen, in denen jeweils verschiedene Ersatzbaustoffe als Füllboden verwendet wurden (siehe Abbildung 1). An der Basis wurde jeweils eine Kunststoffdichtungsbahn verlegt. Diese erhielt ein Gefälle von 3 % zur nördlich gelegenen Frontseite. Das durch die Konstruktion sickernde Wasser wird dort gesammelt und in Sickerwassersammelbehälter geleitet.

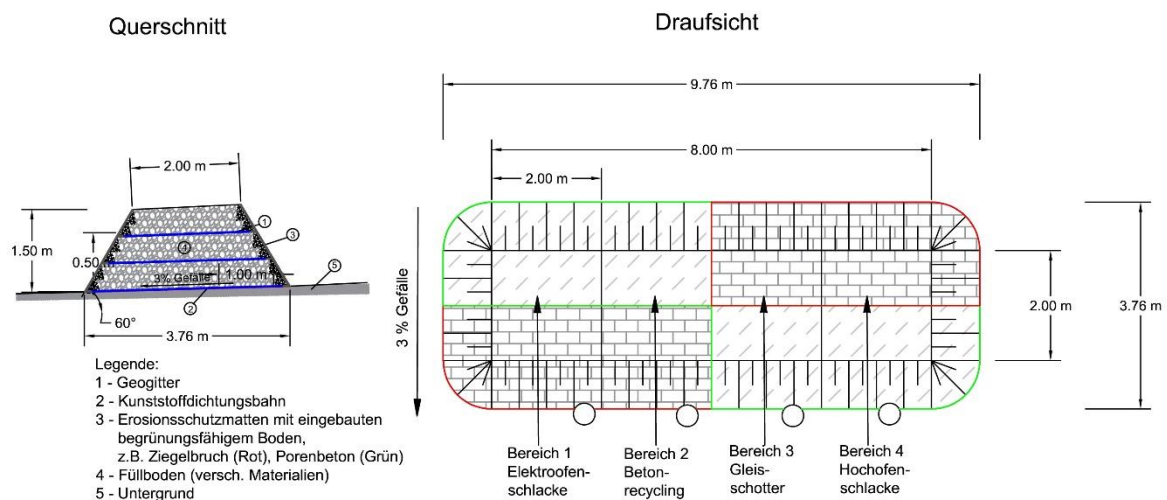


Abbildung 1: Draufsicht und Querschnitt der KBE-Konstruktion (Grafikautoren: Schwerdt, Mirschel).



Abbildung 2: Links: Ansicht der Aufstandsfläche vor Beginn der Verlegearbeiten der KBE-Konstruktion; Rechts: Nordwestansicht der begrünten Konstruktion im Oktober 2020 (Bildautorin: Schneider)

Nach der Errichtung der Konstruktion wurde die Menge des Sickerwassers für jeden Abschnitt separat erfasst und der Bewuchs dokumentiert. Das Sickerwasser wurde regelmäßig chemisch untersucht.

3. Ergebnisse

Aus bodenmechanischer Sicht wurde der Nachweis erbracht, dass die Ersatzbaustoffe in KBE-Konstruktionen verwendet werden können. Die bodenmechanischen Parameter Proctordichte, Kornverteilung, Kornrohdichte und Scherfestigkeit (Reibungswinkel) entsprechen denen von Primärbaustoffen.

Bei der Betrachtung der chemischen Eigenschaften ist eine Differenzierung erforderlich sowie eine Anpassung an die konkreten Gegebenheiten. Die untersuchten Materialien sind allesamt für die Verwertung geeignet, wobei sich die Verwertungsklassen der Materialien unterscheiden. Insbesondere der hohe Sulfatgehalt ist bei einigen Materialien zu betrachten. Die Sulfatgehalte bewirkten eine Einstufung zahlreicher Materialien in die Verwertungsklasse Z 2 nach LAGA M 20 (2). Unter Vernachlässigung des Sulfatanteils waren die verwendeten Materialien überwiegend den Verwertungsklassen Z0 oder Z1.1 zuzuordnen. Die laufenden chemischen Wasseranalysen bestätigten im Wesentlichen die Ergebnisse. Auch aus den chemischen Analysen lässt sich ableiten, dass die Ersatzbaustoffe in begrünten Ingenieurbauwerken verwendet werden können. Gegebenenfalls müssen Zusatzmaßnahmen vorgesehen werden, um eine Elution schädlicher Inhaltsstoffe zu verhindern.

Die chemischen Wasseranalysen haben die Einschätzung anhand der chemischen Untersuchungen der Ausgangsmaterialien bestätigt.

Bei der Vegetationsuntersuchung war erkennbar, dass die verschiedenen Baustoffe und die verschiedenen Ausrichtungsseiten der KBE für den Begründungserfolg ausschlaggebend sind. Je nach Sonneneinstrahlungsdauer war die Vegetation unterschiedlich gut ausgebildet. Wie in den Vorversuchen zeigte sich auch im Großversuch, dass der Ziegelbruch für einen schnellen Erfolg geeignet ist, während der Porenbeton eine langanhaltende wasserspeichernde Wirkung zeigt. Die Pflanzen, die auf der KBE gewachsen sind, waren alle Pionierpflanzen (Erstbesiedler) oder Ruderalpflanzen. Diese Gattungen haben keine großen Anforderungen an den jeweiligen Boden und können eigentlich überall wachsen. Es wird erwartet, dass in der kommenden Vegetationsperiode ein dichter, gleichmäßiger Bewuchs auftritt und insbesondere die Wasserspeicherfähigkeit der Ersatzbaustoffe dann zu einer andauernden Begrünung der Konstruktion führt.

4. Fazit

Das Forschungsprojekt hat gezeigt, dass Ersatzbaustoffe geeignet sind, Primärmaterialien in Ingenieurbauwerken zu ersetzen. Die bodenmechanischen Eigenschaften waren vergleichbar. Die chemischen Eigenschaften machen bei einigen Materialien zusätzliche Maßnahmen nötig, die aber ebenfalls bereits Stand der Technik sind (MTSE) (3).

Ersatzbaustoffe werden auch heute bereits in vielen Bereichen eingesetzt und verfügen über eine gute Recyclingquote. Allerdings beschränkt sich ihr Einsatz häufig auf untergeordnete Einsatzzwecke (downcycling), wie beispielsweise die Verfüllung von Restlöchern. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es hierfür keine Notwendigkeit gibt. Die getesteten Ersatzbaustoffe stehen beispielhaft für die zunehmend mögliche Verwendung dieser Materialien auch in hochwertigen Anwendungen (upcycling).

Die Begrünung der Außenhaut der KBE zeigt, dass Ersatzbaustoffe, im Gemisch mit organischen Böden, als Begrünungsböden geeignet sind. Hier ist insbesondere das Wasserspeichervermögen der porenhaltigen Materialien Ziegelbruch und Porenbeton zu erwähnen, das in zunehmend trockeneren Klimaten Vorteile für den dauerhaften Begrünungserfolg aufweist.

Die Konstruktion wird auch nach Ende des Projektes dauerhaft beobachtet. Dabei sollen Erkenntnisse zum langfristigen Begrünungsverhalten der Materialien gewonnen werden. Ferner werden die chemischen Untersuchungen am Sickerwasser fortgeführt. Weiterhin ist eine Wasserhaushaltsbilanzierung vorgesehen.

5. Literaturverzeichnis

1. **Bundesministerium für Umwelt.** Entwurf der Mantelverordnung. *Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponie-verordnung und der Gewerbeabfallverordnung.* 2017.

2. **LAGA, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall.** Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft (LAGA) 20. *Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen reststoffen/Abfällen - Technische Regeln.* 2003.

3. **FGSV.** M TS E 17. *Merkblatt über Bauweisen für Technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau.* Köln : FGSV-Verlag, 2017.

Abbildungsnachweis: Seite 1: Schwerdt, Abbildung 1: Schwerdt, Mirschel, Abbildung 2: Schneider

Für weitere Informationen zum Projekt wenden Sie sich bitte an:

Prof. Dr.-Ing. Sven Schwerdt

Hochschule Magdeburg-Stendal

Tel.: 0391-8864427

Email: sven.schwerdt@h2.de