

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG	1
2	BODENMECHANISCHE BEURTEILUNG DES KESSELSANDES	2
3	ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN	3
3.1	Verfüllung von Winkelstützmauern	3
3.2	Verfüllung von Arbeitsräumen	4
3.3	Normale Verfüllungen	4
3.4	Verbundsteinpflaster	4

ANLAGEN

1-5	Laborversuche
-----	---------------

VERTEILER

VKN, Herrn Dr. Kiefer	5-fach
-----------------------	--------

1 EINFÜHRUNG

Material:	Kesselsande (manchmal auch als Kesselasche bezeichnet)
Verwendungszweck:	Einbau- und Verdichtungsfähigkeit
Materialentnahme:	am 07.05.1998 durch VKN
Untersuchungsumfang:	Wassergehalt, Kornverteilung, organische Bestandteile, Scherfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit, einfache Proctordichte einschl. optimaler Wassergehalt
Ergebnisse der Laborversuche:	Die Auswertungen und Darstellungen aller Versuche sind als Anlage 1 bis 5 beigefügt.

2 BODENMECHANISCHE BEURTEILUNG DES KESSELSANDES

Bei dem Produkt Kesselsand handelt es sich um einen Reststoff aus Kohlekraftwerken, der aus bodenmechanischer Sicht als ein Gemisch von Kies und Sand einzustufen ist.

Gemäß seiner Kornverteilungskurve (s. Anlage 2) ist es nach DIN 4022 als Mittelsand, schwach schluffig und stark kiesig (Kieskornanteil $\geq 40\%$) anzusprechen. Der Feinkornanteil ($< 0,06$ mm) liegt bei rd. 7%. Entsprechend erfolgt die Einstufung nach DIN 18196 in die Bodengruppe SU (Sand, leicht schluffig). Hinsichtlich der Frostsicherheit ist die ZTVE-StB 94, Abs. 2.3.3, Tab. 1 maßgebend. Demnach ist der Kesselsand in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 - gering bis mittel frostempfindlich - einzustufen.

Der optimale Wassergehalt aus dem Proctorversuch liegt bei hohen 23,9%. Die dazugehörige Proctordichte erreicht dagegen nur ein Maximum von $\rho_{Pr} = 1,47$ t/m³. Während der Versuchsdurchführung war auch im Bereich des „Optimums“ und darüber keine Neigung des „Sandes“ zu elastischem Verhalten, d.h. zu deutlichem Verschieben und/oder zur Matratzenbildung erkennbar. Beim optimalen Wassergehalt und 100% Proctordichte beträgt die feuchte Wichte des Kesselsandes 1,82 t/m³.

Die Wasserdurchlässigkeit bei 100% Proctordichte ist mit $k = 1,6 \cdot 10^{-5}$ m/s relativ hoch, sie entspricht aber den Erwartungen an ein Material der vorliegenden Körnung. Im Rahmenscherversuch bei $D_{Pr} \geq 100\%$ wurde mit 44° eine sehr hohe Scherfestigkeit festgestellt. Dieses entspricht aber der subjektiven Einstufung des Materials als „scharf gekörnten Sand“. Zu der hohen Scherfestigkeit wurde eine hohe Kohäsion des Sandes ($c' = 58$ kN/m²) im Scherversuch ermittelt, die jedoch bei statischen Berechnungen nicht angesetzt werden soll, da es sich hauptsächlich um scheinbare Kohäsion handeln dürfte.

Der Anteil organischer Bestandteile ist mit $v_{gl} = 1,1\%$ von eher vernachlässigbarer Bedeutung.

Auf der Grundlage der vorliegenden Versuchsergebnisse ist dem untersuchten Material generell eine gute bautechnische Eignung sowie Einbau- und Verdichtungsfähigkeit zu bescheinigen.

3 ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Die herausragenden Eigenschaften des Kesselsandes beruhen auf einer hohen Scherfestigkeit bei verhältnismäßig geringem Raumgewicht und zugleich relativ hoher Durchlässigkeit. Es wird darauf hingewiesen, daß es für den Kesselsand (Kesselasche) ein „Merkblatt über die Verwendung von Kesselasche im Straßenbau“ (1994) von der Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswege gibt.

3.1 Verfüllung von Winkelstützmauern

Die hohe Scherfestigkeit des Kesselsandes bringt mit sich, daß der Erddruck, der bei der Verwendung von Kesselsand entsteht, verhältnismäßig gering ist. Wenn normalerweise z.B. eine Winkelstützmauer bemessen wird, erfolgt dies mit einem Reibungswinkel von $32,5^\circ$ oder 35° und einem Raumgewicht von $19-20 \text{ kN/m}^3$. Bei Verwendung von Kesselsand kann ein Reibungswinkel von 40° und ein Raumgewicht von 18 kN/m^3 angesetzt werden. Dieses bringt mit sich, daß der mit Kesselsand entstehende Erddruck und somit die Belastung der Winkelstützmauer deutlich geringer ist. Die Folge ist ein kleinerer Betonquerschnitt und ein geringerer Bewehrungsanteil.

Die gute Durchlässigkeit des Kesselsandes erlaubt es, auf eine eigentliche Dränageschicht hinter der Wand zu verzichten. Das Material an sich ist ausreichend dränierend. Es genügt, wenn auf der Sohle der Winkelelemente z.B. ein Dränagerohr in einer Sickerpackung verlegt wird.

Zusammenfassend: Die Verwendung von Kesselsand erlaubt eine kostengünstigere Gestaltung von Winkelstützmauern.

Auch hinsichtlich der Gleitsicherheit weist dieses Material Vorteile auf. Wenn die Winkelstützmauer auf eine Schicht aus Kesselsand aufgestellt wird, so kann in der Gleitfuge ein Reibungswinkel von ca. 40° angesetzt werden, was wieder im Vergleich zur Verwendung z.B. von Sand mit ca. 35° Reibungswinkel zu einer deutlich günstigeren Dimensionierung führt.

Brückenwiderlager sind auch Winkelstützmauern, und die o.g. Vorteile des Kesselsandes gelten somit auch für Brückenwiderlager. Allerdings liegen noch keine Erfahrungen mit Kesselsand im Hinterfüllbereich von Brücken vor.

3.2 Verfüllung von Arbeitsräumen

Bei der Verfüllung von Arbeitsräumen, z.B. an Häusern, bietet der Kesselsand Vorteile, die wieder mit dem hohen Reibungswinkel und dem Raumgewicht zu begründen sind. Besonders wenn der entstehende Erddruck, z.B. durch verhältnismäßig große Höhe des Arbeitsraumes, Probleme bereitet, sollte Kesselsand verwendet werden. Bei einem Reibungswinkel von 40° und einem Raumgewicht von $1,8 \text{ t/m}^3$ ist der entstehende Erddruck deutlich geringer als das bei konventionellen Materialien der Fall wäre. Außerdem kann auf eine spezielle Dränageschicht gegen die aufgehende Wand verzichtet werden. Es genügt, wenn an der Unterkante des Arbeitsraumes ein Dränagerohr verlegt wird.

3.3 Normale Verfüllungen

Kesselsand kann für normale Bodenaustauschmaßnahmen oder sonstige Auffüllungen verwendet werden. Bei Bodenaustauschmaßnahmen ist darauf zu achten, daß der Kesselsand schichtweise auf eine Proctordichte $D_{Pr} \geq 100\%$ verdichtet wird. Die Verdichtung von Kesselsand bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, wenn hierfür geeignete Geräte (hauptsächlich Plattenrüttler) eingesetzt werden. Das Material ist - bedingt durch den relativ geringen Feinkornanteil - nicht allzu stark witterungsempfindlich. Von Vorteil ist auch die dränierende Wirkung des Kesselsandes.

3.4 Verbundsteinpflaster

Als Unterlage unter Verbundsteinpflaster soll Kesselsand nur im Bereich von Gehwegen bzw. Parkplätzen verwendet werden. Von Nachteil ist hier die Tatsache, daß das Material nicht frostsicher ist und daß es bei hohen Spannungen, die beim Befahren auftreten, zur Zertrümmerung neigt. Deswegen sollte es unter Verbundsteinpflaster von stark befahrenen Straßen nicht verwendet werden.

Die Ergebnisse aller Versuche sowie die Auswertung und Schlußfolgerungen beziehen sich auf die untersuchten Proben.

Saarbrücken, 19. Februar 2003
de-br

Dr.-Ing. F. Deman
(Gesellschafter)