

Eignung von Gruben- bergen als Baustoff für Tragschichten ohne Bindemittel

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 2

bast

Eignung von Gruben- bergen als Baustoff für Tragschichten ohne Bindemittel

von

Karl-Heinz Guth

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 2

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht Ergebnisse aus ihrer Arbeit, vor allem Forschungsvorhaben, in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A – Allgemeines
- B – Brücken- und Ingenieurbau
- F – Fahrzeugtechnik
- M – Mensch und Sicherheit
- S – Straßenbau
- V – Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Am Alten Hafen 113-115, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 460 93-95, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 91307:
Eignung von Grubenbergen als Baustoff
für Tragschichten ohne Bindemittel

Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon (0 22 04) 4 30
Telefax (0 22 04) 4 38 32

Redaktion:

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon (04 71) 460 93-95
Telefax (04 71) 427 65

ISSN 0943-9323

ISBN 3-89429-356-x

Bergisch Gladbach, August 1993

Kurzfassung · Abstract – Résumé

Eignung von Grubenbergen als Baustoff für Tragschichten ohne Bindemittel

„Grubenberge“ fallen beim Auffahren von untertägigen Strecken zur Erschließung von Steinkohlenflözen an. Aufgrund früherer Untersuchungen wurden höhere Anteile an festen Sandsteinen, neben Schluff- und Tonsteinen, erwartet, als in den „Waschbergen“ aus dem unmittelbaren Flözbereich enthalten sind. Wegen dieses Sandsteinanteils wurde die Verwendbarkeit der Grubenberge in Tragschichten ohne Bindemittel untersucht. Dazu wurden die Frostbeständigkeit, die Raumbeständigkeit und die mechanische Festigkeit von Mineralstoffkörnungen für den Straßenbau geprüft, die in zwei Pilotanlagen aus Grubenbergen aufbereitet wurden.

Die Untersuchungen ergaben, daß sowohl die Widerstandsfähigkeit gegen Frost als auch die Raumbeständigkeit der Grubenberge nicht den geltenden Anforderungen an Mineralstoffe für den Straßenoberbau genügen. Die Ursachen sind der hohe Anteil an Schluff- und Tonsteinen, aber auch die mangelnde Frostbeständigkeit der Sandsteine.

Suitability of pit colliery shale as construction material for unbound base courses

Pit colliery shale is produced in drift mining in order to develop coal beds. Based on past investigations, a higher proportion of stable limestone material was expected in addition to the silty and clayey materials in pit colliery shale than is contained in the washed colliery shale from the coal beds. Because of the limestone material contained in pit colliery shale, the usability of pit colliery shale in unbound base courses was studied. The research included tests on the frost resistance, volume stability and the mechanical strength of the mineral aggregates which had been processed from pit colliery shale at two pilot facilities for possible use in road construction.

The investigations revealed that neither the frost resistance nor the volume stability of pit colliery shale meets the requirements on mineral aggregates for pavement construction. The causes are not only the high contents of silty and clayey materials but also the poor frost resistance of the limestone material.

Les terres du fond – des matériaux appropriés pour la construction des couches de base non-liées?

Les terres du fond sont produites lorsque des sections souterraines sont creusées pour l'exploitation de gisements d'houille. Des études effectuées dans le passé ont fait croire que les taux de grès dur, ainsi que les taux de matériaux limoneux et argileux étaient plus élevés que ceux trouvés dans les terres de lavage provenant immédiatement du domaine des gisements d'houille. C'est à cause de ce taux de grès que les terres du fond ont été étudiées pour savoir si elles peuvent être utilisées pour la construction des couches de base non-liées. A cet effet, des essais ont été réalisés sur la résistance au gel, la constance de volume et la résistance mécanique de granulats provenant de terres du fond traitées dans deux installations pilotes.

Les résultats de ces essais ont révélé que et la résistance au gel et la constance au volume des terres du fond ne satisfont pas aux exigences vis-à-vis des granulats destinés à la construction des chaussées. Ceci s'explique par le taux élevé des matériaux limoneux et argileux, mais également par le manque de résistance au gel propre au grès.

Inhalt

1	Zielsetzung	7	8	Zukünftige Entwicklung der Qualität der Grubenberge	15
2	Begriff und Herkunft	7	9	Schlußfolgerungen	15
3	Bisherige Untersuchungen	7	Literatur	16	
3.1	Untersuchungen der BAST	7			
3.2	Untersuchungen anderer Institute.	7			
4	Untersuchungsprogramm	8			
4.1	Gesteinskundliche Beschreibung	8			
4.2	Kornverteilung.	8			
4.3	Kornform	8			
4.4	Dichten	8			
4.5	Mechanische Festigkeit	8			
4.6	Wasseraufnahme	8			
4.7	Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung.	9			
4.8	Raumbeständigkeit	9			
4.9	Festigkeitsverhalten nach Frost-Tau-Wechseln	9			
4.10	Proctordichte	9			
4.11	CBR-Wert	9			
5	Proben	10			
6	Untersuchungsergebnisse	10			
6.1	Stoffliche Zusammensetzung des Materials	10			
6.2	Kornzusammensetzung	11			
6.3	Kornform	12			
6.4	Rohdichten	12			
6.5	Mechanische Festigkeit	12			
6.6	Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck	12			
6.7	Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung.	12			
6.8	Raumbeständigkeit	13			
6.9	Festigkeitsverhalten nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung.	13			
6.10	Proctordichte	13			
6.11	CBR-Wert	14			
7	Diskussion der Untersuchungs- ergebnisse	14			
7.1	Mechanische Festigkeit	14			
7.2	Verwitterungsbeständigkeit	14			
7.3	Raumbeständigkeit	15			
7.4	CBR-Werte	15			

1 Zielsetzung

Schon seit den Anfängen des Ruhrbergbaus wurden die zu Tage tretenden Sandsteinbänke der Steinkohlenschichten als Baumaterial verwendet. Im Raum Osnabrück werden heute die Gesteine der selben geologischen Formation als „Karbonquarzit“ für Mineralstoffe zum Straßenbau abgebaut und aufbereitet. So lag es nahe, daß bei der Ruhrkohle AG Überlegungen zur Verwendung dieses Gesteins angestellt wurden, zumal sein Anteil im flözführenden Karbon mit ca. 33 % angegeben wird. Danach sollten Grubenberge aufgrund ihres hohen Sandsteinanteils im Straßenoberbau Verwendung finden, nachdem Waschberge und Gemische aus Wasch- und Grubenbergen seit Jahrzehnten in großen Mengen erfolgreich im Dammbau eingesetzt wurden.

Der Arbeitskreis „Bergbaurückstände“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen beabsichtigt, dazu spezielle Technische Lieferbedingungen zu erarbeiten. Als Grundlage für diese Lieferbedingungen sollen in einer Pilotanlage aufbereitete Grubenberge auf ihre Eignung für Trag-schichten ohne Bindemittel gemäß ZTVT-StB 86 [8] untersucht werden.

2 Begriff und Herkunft

Grubenberge sind untertägig gewonnene Natursteine, die beim Erschließen der abzubauenen Steinkohlenflöze anfallen. Sie unterscheiden sich vom Nebengestein der Steinkohle dadurch, daß der Anteil an Sandstein wesentlich höher ist. Als weitere Gesteinsarten können Tonsteine, Schluffsteine und Quarz-Konglomerate enthalten sein. Grubenberge fallen beim Abteufen von Schächten und beim Auf-fahren von Strecken quer durch die Gesteins-schichten in den Bergrevieren der Ruhr, des Saar-landes und des Niederrheins untertage an. Weil Grubenberge meist durch Sprengarbeit gewonnen werden, sind sie meistens sehr grobstückig.

Für den vorgesehenen Zweck – Verwendung im Straßenbau – kam vorwiegend das Gestein des Streckenvortriebes in Frage, da Schächte verhält-nismäßig selten abgeteuft werden. Da hierbei ande-re Gesteinsarten anfallen, mußten diese separiert werden. Dazu wurden die Grubenberge zum einen schon untertage vorausgesucht, d.h. solche mit überwiegend Sandstein bevorzugt, zum anderen gesondert aufbereitet [1].

3 Bisherige Untersuchungen

Grubenberge wurden in der Vergangenheit wieder-holt auf ihre Eignung als Mineralstoff für den Stra-ßenoberbau, zumindest für den Einsatz in Frost-schutzschichten untersucht.

3.1 Untersuchungen der BAST

1970 wurden aus einer Halde des Steinkohlenberg-baus im Aachener Revier Schotterkörnungen ge-wonnen und im Labor für Mineralstoffe der BAST untersucht [4]. Die zu prüfenden Körnungen setzten sich aus überwiegend „gebrannten“ Grubenbergen zusammen, die durch das Brennen der Halde zu-sätzlich, ähnlich einem Ziegelbrand, verfestigt waren. An ihnen wurden Rohdichte, Wasserauf-nahme, Sättigungsbeiwert, Widerstandsfähigkeit gegen Schlag und gegen Frost-Tau-Wechselbean-spruchung (Luftlagerung) bestimmt. Aufgrund ihrer nicht ausreichenden Frostbeständigkeit und ihrer geringen Festigkeit wurden sie für Frostschutzma-terial als ungeeignet beurteilt.

3.2 Untersuchungen anderer Institute

In den frühen 80er Jahren wurde auf der Zeche Mi-nister Achenbach in Lünen-Brambauer eine Aufbe-reitungsanlage für Grubenberge installiert [1]. Die-se Zeche wurde dazu ausgewählt, weil die dort ge-förderten Berge besonders günstige Festigkeitsei-genschaften aufweisen sollten [2]. Außerdem wer-den auf der Zeche Minister Achenbach die Gru-benberge aus dem Streckenvortrieb getrennt vom übrigen Bergestrom gefördert. Es sollte dadurch gewährleistet werden, daß im Aufgabegut ein sehr hoher Anteil an Sandstein vorhanden war. Diese Absicht konnte dann nicht umgesetzt werden, da der Sandsteinanteil in der Bergemenge nicht aus-reichte, um die Aufbereitungsanlage wirtschaftlich zu fahren. Es wurden daher Waschberge der Kör-nung 80/120 mm zugesetzt, welche einen Sand-steinanteil von nur 13 % enthielten. Untersuchun-gen im Labor der Teerbau GmbH ergaben dann, daß zwar eine befriedigende Festigkeit, ausge-drückt durch den SZ 8/12-Wert, erreicht wurde, aber der Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ungenügend war [2] (siehe Tabelle).

Durch ungenügenden Bergenachschub wurde die Anlage 1988 wieder geschlossen.

	1. Versuch	2. Versuch
Absplitterungen nach F-T-W (Gew.-%)	21,8	21,9
Widerstandsfähigkeit gegen Schlag		
SD ₁₀ (Gew.-%)	–	17,4
SZ _{8/12} (Gew.-%)	17,9	21,4

4 Untersuchungen

Anfang 1989 wurde auf dem Gelände der Zeche Heinrich Robert in Pelkum eine neue, modernere Aufbereitungsanlage für unsortierte Grubenberge installiert. Dort sollten Grubenberge dieser Anlage, aber bei Bedarf auch von anderen Bergwerken aufbereitet werden. Die Lieferkörnungen 0/45 dieser Aufbereitungsanlagen wurden in zwei umfangreichen, zeitlich weit auseinanderliegenden Untersuchungen entnommen und im Labor für Mineralstoffe der BASt geprüft.

Die Proben wurden nach den Prüfverfahren der TP Min-StB [6] und entsprechenden Regelwerken untersucht und nach den TL Min-StB [5] sowie den ZTVT-StB [8] beurteilt.

4.1 Gesteinskundliche Beschreibung

Die zu untersuchenden Grubenberge wurden auf die enthaltenen Gesteinsvarietäten untersucht. Dabei wurden nach Augenschein die einzelnen Sorten bestimmt und prozentual angegeben.

4.2 Kornverteilung

Die Kenntnis der Kornverteilung eines mineralischen Baustoffes ist eine Voraussetzung zu dessen Bewertung. Aus dieser können z. B. die Verdichtbarkeit und die Frostempfindlichkeit beurteilt werden.

Prüfanweisung ist DIN 52 098 „Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse“.

Die Siebungen wurden als Naßsiebung mit einer Siebmaschine durchgeführt.

4.3 Kornform

Die Kornform beeinflusst die Kornfestigkeit und die Verdichtungswilligkeit des Korngemisches. Außerdem kann sie u. a. die Kornfestigkeit positiv oder negativ verändern.

Prüfanweisung ist DIN 52 114 „Bestimmung der Kornform mit dem Kornform-Meßschieber“.

Bei Mineralstoffen wird die Kornform der Körner über 4 mm durch einen Kornform-Meßschieber bestimmt. Sie wird durch das Verhältnis von Länge zu Dicke des Kornes (gleich 3:1) gekennzeichnet.

4.4 Dichten

Es werden Dichte (vormals Reindichte) oder Rohdichte unterschieden. Die Dichten von Naturstein und Gesteinskörnungen sind der Quotient aus ihrer Masse im Prüfzustand und ihrem Volumen einschließlich oder ausschließlich etwa vorhandenen Porenraums. Die Dichten der Grubenberge werden zur Berechnung des Dichtigkeitsgrades und der Gesamtporosität gebraucht. Ferner werden die Einwaagen für Festigkeitsprüfungen über die Rohdichte berechnet.

Prüfanweisung ist DIN 52 102 „Bestimmung von Dichte, Trockenrohichte, Dichtigkeitsgrad und Gesamtporosität“.

Bei der Untersuchung der Grubenberge wurden vorwiegend die Rohdichten der Einzelkörnungen 8/12 und 35/45 mm untersucht.

4.5 Mechanische Festigkeit

Die Bestimmung der mechanischen Festigkeit wird zur Festlegung der Verwendbarkeit des jeweiligen Mineralstoffes in der Straße, abhängig von der Art der Schicht im Oberbau und der Höhe der Verkehrsbelastung, benutzt.

Prüfanweisung sind DIN 52 115 Teil 2 „Schlagversuch an Schotter und Teil 3, Schlagversuch an Splitt und Kies Kornklasse 8/12,5 mm“.

Einzelkörnungen, Splitt 8/12 und Schotter 35/45, wurden definiert auf Schlag beansprucht. Anhand von Siebungen nach dem Schlagversuch wurde die Kornverfeinerung errechnet, mit der die Festigkeit gekennzeichnet wird.

4.6 Wasseraufnahme

Gesteine für den Straßenbau müssen verwitterungsbeständig sein. Ein Gestein mit einer Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck bis 0,5 Gew.-% wird für den Straßenbau als ausreichend verwitterungsbeständig bezeichnet. Bei höherer Wasseraufnahme ist eine Frost-Tau-Wechselprüfung notwendig.

Prüfanweisung ist DIN 52 103 „Bestimmung von Wasseraufnahme und Sättigungswert“.

Schotter oder Handstücke von 150 bis 350 g mit außerdem vorgegebenen Abmessungen wurden in Wasser unter Atmosphärendruck gelagert und ihre Wasseraufnahme geprüft.

4.7 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung

Gesteine, welche mehr als 0,5 Gew.-% Wasser aufnehmen, müssen der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung unterworfen werden und dürfen nach dieser nur eine Höchstmenge an Frostabsplitterungen aufweisen. Erfüllen sie diese Anforderungen, gelten sie je nach Verwendungszweck als ausreichend verwitterungsbeständig.

Prüfanweisung ist DIN 52 104 Teil 1 „Frost-Tau-Wechselversuch“.

Gestein und Gesteinskörnungen wurden wassergesättigt und, nach einem festgelegten Temperaturverlauf, in Gefäßen unter Wasser lagernd Frost-Tau-Wechseln unterworfen. Es wurden Schotter und Splitt auf Zerstörungen durch Frosteinwirkungen in Form von Absplitterungen untersucht.

4.8 Raumbeständigkeit

Das Straßenbaumaterial muß raumbeständig sein, damit im fertigen Straßenbauwerk keine Schäden durch Quellen, Treiben oder Sackungen entstehen. Für die Bestimmung der Raumbeständigkeit der Grubenberge wurde der Kochversuch zur Prüfung herangezogen. Damit können vor allem die Anteile der tonigen Gesteinsarten in den Bergen festgestellt werden.

Prüfanweisung ist TP Min-StB Teil 4.2, Ziffer 4.2.

Die Korngemische wurden gewaschen, getrocknet und eingewogen. Sie wurden dann 36 Std. gekocht, wobei sie immer von Wasser bedeckt sein mußten. Anschließend wurden sie wieder getrocknet, abgeseigt und ausgewogen. Das Korngemisch 2/45 und stichprobenartig das Gemisch 0,063/45 wurden geprüft.

4.9 Festigkeitsverhalten nach Frost-Tau-Wechseln

Schäden durch Frostbeanspruchung zeigen sich nicht immer in Form von Absplitterungen. Es kann auch eine Lockerung der Gefügestruktur stattgefunden haben. Um das zu überprüfen, werden die

Ergebnisse der Festigkeitsbeanspruchung vor und nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchungen oder Kochen verglichen und festgestellt, ob eine Minderung der Festigkeit stattgefunden hat.

Prüfanweisung sind DIN 52 104 und 52 115.

Die Versuchsdurchführung ist unter 4.7 und 4.5 beschrieben. Für die Schlagversuche nach Frost-Tau-Wechseln oder Kochen wurden die nach Korngrößen bereinigten Prüfkörnungen also ohne die bereits durch Frost oder Kochen zerkleinerten Körner eingesetzt.

4.10 Proctordichte

Zweck des Proctorversuches ist es, die Trockendichte eines Bodens nach Verdichtung unter festgelegten Versuchsbedingungen als Funktion des Wassergehaltes festzustellen. Der Versuch dient der Abschätzung der auf Baustellen erreichbaren Dichte des Bodens und liefert eine Bezugsgröße für die Beurteilung der erreichten Dichte. Die Proctordichten an den Grubenbergen wurden im Rahmen dieser Arbeit für die auszuführenden CBR-Versuche bestimmt.

Prüfanweisung ist DIN 18 127 „Proctorversuch“.

4.11 CBR-Wert

Der CBR-Versuch dient zur Ermittlung eines empirischen Maßes für die Festigkeit des Bodens, des sog. CBR-Wertes. Er wurde für die Dimensionierung von Straßenbefestigungen entwickelt und wird vermehrt auch für die Beurteilung der Frostempfindlichkeit von Böden und industriellen Nebenprodukten als Straßenbaustoffe herangezogen. Aufgrund der Erfahrungen der BASt aus früheren CBR-Versuchsreihen bestehen allerdings Vorbehalte hinsichtlich der Versuchsdurchführung bei gemischtkörnigen Materialien mit grobem Größtkorn, wie sie die Grubenberge darstellen.

Prüfanweisung ist Teil B 7.1 der Technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau „CBR-Versuch“ [7].

Dazu wurden versuchsbedingt die beim Proctorversuch genannten Gemische verwendet. Bestimmt wurden der CBR-Wert ohne weitere Vorbehandlung, CBR_0 und nach drei Frost-Tau-Wechseln CBR_{ft} .

5 Proben

Die Proben für die Untersuchungen wurden im Abstand von 2 Jahren in der Aufbereitungsanlage der Schachanlage „Heinrich Robert“ in Pelkum entnommen. Dort wurde das mit Radladern aufgegebene Bergematerial, im wesentlichen Grubenberge mit einem Größtkorn von 800 mm, auf ein langsam laufendes Förderband, ein Leseband, aufgegeben. Grobe Fremdstoffe wurden hier manuell ausgesondert, tonige Bestandteile, die im unteren Körnungsbereich angereichert waren, wurden auf einer Vorsiebmaschine mit 45 mm Sieböffnung abgetrennt. Das Grobkorn wurde der Vorzerkleinerung zugeführt. Diese erfolgte in einem Prallbrecher. Das so gebrochene Material wurde auf zwei Siebmaschinen mit 10 m² Siebfläche je Trennschnitt in fünf Körnungen bis 56 mm klassiert. Das Überkorn ≥ 56 mm wurde, um die Splittkörnungen qualitativ zu verbessern, in einem Kegelbrecher nachgekleinert und im Kreislauf nochmals den Siebmaschinen zugeführt. Die Lagerung der Endprodukte erfolgte in Silos, aus denen die Körnungen über prozeßgesteuerte Magnettrinnen und ein Dosierband entsprechend abgezogen und über eine Bandwaage gewogen wurden. Dieses Band war gleichzeitig das Verladeband.

Es wurden folgende Proben entnommen und im Bericht mit U 1 und U 2 bezeichnet:

	1. Probenahme (U 1)	2. Probenahme (U 2)
Splitt 4/8	60 kg	40 kg
Splitt 8/16	—	40 kg
Splitt 8/22	60 kg	—
Schotter 35/45	60 kg	70 kg
Gemisch 0/45	300 kg	600 kg

Bei der 2. Probenahme wurden der Schotter aus einer Halde der Körnung > 31 mm und außerdem 80 kg Splitt 8/12 aus der Vorratshalde der Körnung 0/45 mm ausgesiebt.

6 Untersuchungsergebnisse

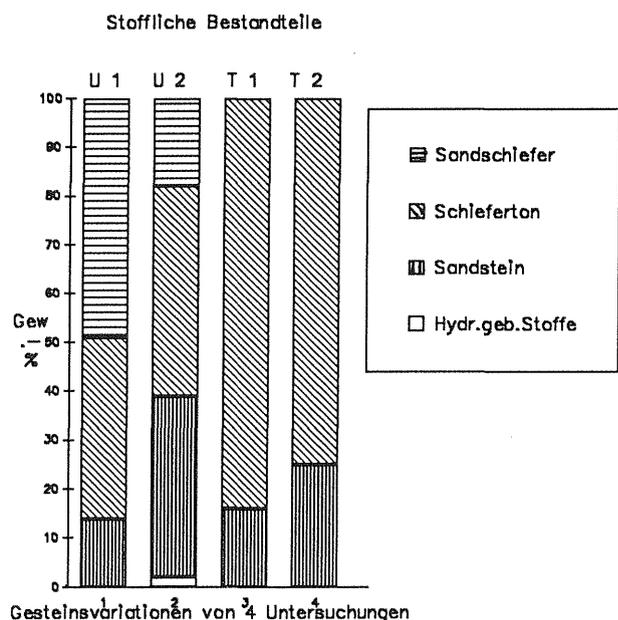
Wie oben aufgeführt, wurden die Ergebnisse der Untersuchungen mit U 1 und U 2 bezeichnet, bei Nichtnennung ist der erste Wert immer der der ersten Untersuchung (U 1).

6.1 Stoffliche Zusammensetzung des Materials

Stofflich setzen sich die untersuchten Bergematerialien aus wechselnden Anteilen Sandstein, Sandschiefer (Schluffstein mit Sandanteilen), Schiefer-ton (Schluff- und Tonstein) und in geringem Maße aus hydraulisch gebundenem Material (verfestigte Steinkohlenflugasche) zusammen. Die Mengen der einzelnen Bestandteile schwankten dabei anteilmäßig sehr stark. Im einzelnen wurden folgende Gesteinsanteile in den gesamten Korngemischen über 5 mm bestimmt:

	U 1	U 2
Sandschiefer	49 Gew.-%	18 Gew.-%
Schiefer-ton	37 Gew.-%	43 Gew.-%
Sandstein	14 Gew.-%	37 Gew.-%
Verfestigte Steinkohlenflugasche	—	2 Gew.-%

Holz und sonstige Verunreinigungen waren nur in nicht meßbaren Mengen vorhanden.



Die Sandsteinanteile der einzelnen Kornklassen des Korngemisches 2/45 betragen:

Kornklasse	U1 [Gew.-%]	U2 [Gew.-%]
32/45	15,6	63,4
22/32	18,9	32,6
16/22	21,2	36,3
11/16	8,5	26,1
8/11	10,5	26,7
5/8	33,6	20,3
2/5	—	27,7
2/45 gewogenes Mittel	19,0	33,5

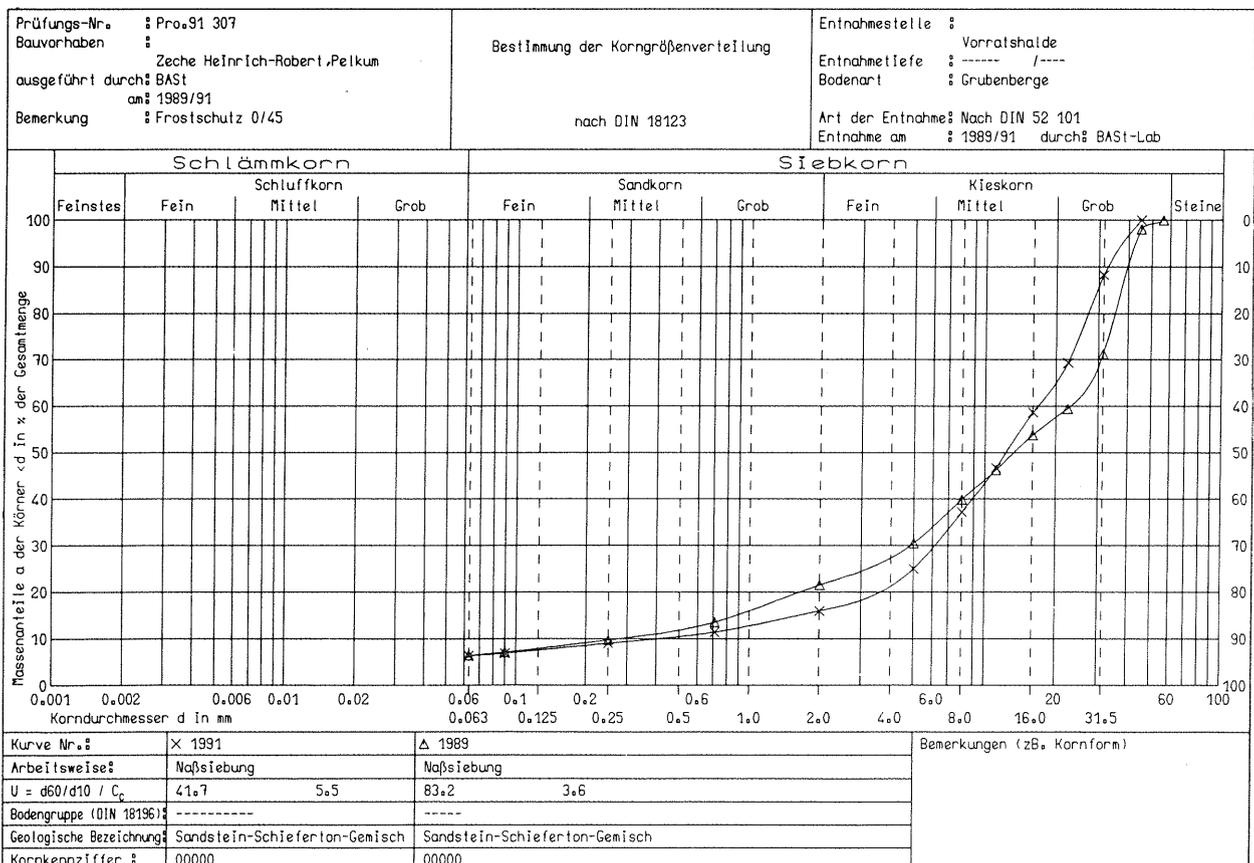
Die Korngrößenverteilung wurde durch Naßsiebung bestimmt. Die Kennwerte sind in folgender Übersicht zusammengestellt:

	U 1	U 2
Größtkorn [mm]	56	45
Anteile [Gew.-%]		
≥ 45 mm	1,9	0,0
≥ 32 mm	26,8	11,7
≥ 22 mm	40,5	30,6
≤ 2 mm	21,5	16,0
≤ 0,063 mm	6,4	6,3
Ungleichförmigkeitszahl	76	42

6.2 Kornzusammensetzung

Die untersuchten Bergematerialien fielen meist als ungleichkörnige, stetig abgestufte Korngemische an. Die Kornverteilungen entsprachen denen von Kies-Sand-Gemischen der Bodengruppe GW „weitgestufter Kies“ nach DIN 18 196. Das Größtkorn beträgt 45 mm.

In einigen Bundesländern gibt es „Zusätzliche Technische Vorschriften“, die maximal 5 Gew.-% Material der Korngröße ≤ 0,063 mm vor dem Einbau zulassen, um die Höchstgrenze von 7 Gew.-% der ZTVT-StB 83 nach dem Einbau nicht zu überschreiten. So sollen Kornzerkleinerungen bei den Verdichtungsverfahren berücksichtigt werden. Die untersuchten Proben erfüllten diese Anforderungen nicht.



6.3 Kornform

Die gewogenen Mittel der Menge ungünstig geformter Körner der Gemische betragen 27,0 und 37,5 Gew.-%. Beide untersuchten Proben erfüllen damit die Anforderungen der TL Min-StB 83 an die Kornform von Kies, Schotter und Splitt.

6.4 Rohdichten

Es wurden die Rohdichten von Schotter 35/45 und Splitt 8/12 untersucht. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus jeweils 2 Versuchen. Sie betragen beim Schotter 2,600 und 2,604 g/cm³. Beim Splitt betragen die Rohdichten 2,721 und 2,738 g/cm³.

6.5 Mechanische Festigkeit

Die SD₁₀-Werte des Schotters betragen U 1 = 19 und U 2 = 21 Gew.-%. In den TL Min-StB 83 werden in Tabelle 3 für Sandstein SD₁₀-Werte von 10 bis 22 Gew.-% angegeben. Beide Untersuchungsergebnisse entsprechen diesen Richtwerten der TL Min 83.

Die Zertrümmerungswerte SZ_{8/12} der Splitte betragen U 1 = 19,6 Gew.-% und U 2 = 21,3 Gew.-%. Auch diese Werte entsprechen den Werten für Sandsteine der genannten Tabelle 3.

6.6 Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck

Die Wasseraufnahme wurde an Hand- oder Schotterstücken ermittelt. Die aufgeführten Ergebnisse sind gewogene Mittelwerte der verschiedenen Mineralstoffe im Gemisch. Die Werte betragen U 1: zwischen 0,8 und 2,13 Gew.-%, Mittelwert 1,26 Gew.-% und U 2: 1,1 und 1,8 Gew.-%, Mittelwert 1,42 Gew.-%. Außerdem waren bei der zweiten Untersuchung 3 von 10 Stücken zerfallen. Diese Stücke wurde nicht bei den Mittelwertbildungen der Wasseraufnahme berücksichtigt.

Die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck beider Materialien im gewogenen Mittel liegt deutlich höher als 0,5 Gew.-%, so daß zur Beurteilung des Widerstandes gegen Frost gemäß TL Min-StB immer ein Frost-Tau-Wechselversuch durchgeführt werden mußte.

6.7 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

Die Werte der untersuchten Berge betragen:

		U 1	U 2
Frostabsplitterungen vom Schotter	≤ 22 mm: ≤ 0,71 mm	10,6 0,3	13,1 Gew.-% 4,9 Gew.-%
Anforderungen nach TL Min-StB:	≤ 22 mm		≤ 3,0 Gew.-%
oder bei ≤ 1,5 Gew.-%	≤ 0,71 mm		≤ 5,0 Gew.-%
Die Anforderungen der TL Min-StB wurden nicht erfüllt.			
Frostabsplitterungen vom Splitt	≤ 5 mm ≤ 0,71 mm	24,3 2,2	7,4 Gew.-% 3,6 Gew.-%
Anforderung nach TL Min-StB 83	≤ 5 mm		≤ 3,0 Gew.-%
oder bei ≤ 1,0 Gew.-%	≤ 0,71 mm		≤ 5,0 Gew.-%
Die Anforderungen der TL Min-StB 83 wurden nicht erfüllt.			
Untersuchungen nur am ausgelesenen Sandstein			
Frostabsplitterungen	≤ 5 mm am Splitt: ≤ 0,71 mm:	— —	5,4 Gew.-% 2,8 Gew.-%
Anforderung nach TL Min-StB 83:	≤ 5 mm am Splitt:		≤ 3,0 Gew.-%
oder bei ≤ 1,0 Gew.-%	≤ 0,71 mm		≤ 5,0 Gew.-%
Die Anforderungen der TL Min-StB 83 wurden nicht erfüllt.			

Nr. der Proben- teile	Grubenberge		ausgelesener Sandstein
	Schotter ≤ 22 mm Gew.-%	Splitt ≤ 5 mm Gew.-%	Splitt ≤ 5 mm Gew.-%
	U	1	
1	10,4	24,5	—
2	11,1	24,3	—
3	9,7	24,2	—
4	10,9	—	—
5	9,5	—	—
6	11,7	—	—
	U	2	
1	10,8	5,8	6,4
2	14,8	6,3	4,7
3	13,3	6,3	5,1
4	12,9	—	—
5	6,1	—	—
6	20,8	—	—

Tabelle 1: Absplitterungen nach Frost-Tau-Wechseln der Einzelversuche

6.8 Raumbeständigkeit

Nach dem Kochen betragen die Absplitterungen des Korngemisches 2/45 beim Durchgang durch das 2-mm-Sieb 12,9 Gew.-%. Beim Durchgang durch das 0,063-mm-Sieb – es wurde der Kochversuch auch mit dem Korngemisch 0,063/45 durchgeführt – liegen die Absplitterungen bei 1,7 Gew.-%.

Eine quantitative Anforderung für die Raumbeständigkeit von Mineralstoffen gibt es nicht. Zur Beurteilung der Absandungen nach dem Kochen wird behelfsweise der Grenzwert von ≤ 1 Gew.-%, analog zur Beurteilung von Sonnenbrennerbasalten zugrunde gelegt. Danach erfüllen, sowohl bei der Absiebung mit dem 2-mm-Sieb als auch bei der Absiebung mit dem 0,063 mm Sieb, die Grubenberge nicht diese Anforderung.

6.9 Festigkeitsverhalten nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

Nach der Beanspruchung [U 2] durch Frost-Tau-Wechsel wurden die Korngrößenbereinigten Schot-

ter und Splitte dem Schlagversuch unterworfen. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse einander gegenübergestellt.

Aus der Gegenüberstellung ergibt sich beim Schotter: Von 3 Einzelversuchen sind alle SD_{10} -Werte nach der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung besser als beim ungefrorenen Material.

Die verbesserten Werte für den Schotter ergeben sich durch das Abtrennen der bereits beim Frost-Tau-Wechsel zerfallenen weniger festen Körner vor den Schlagversuchen.

Beim Splitt ergaben sich folgende Vergleiche: Von 3 $SZ_{8/12}$ -Werten sind alle wesentlich schlechter als ohne Frost-Tau-Wechselbeanspruchung.

6.10 Proctordichte

Bei der zweiten Untersuchung wurde die einfache Proctordichte im Prüfzylinder mit $d_1 = 150$ mm ermittelt. Sie beträgt $p_r 2,173$ g/cm³ bei $W_{pr} 5,4$ Gew.-%. Die Werte entsprechen denen natürlicher Böden ähnlicher Kornzusammensetzung.

Nr.	Schotter SD ₁₀		Splitt SZ _{8/12}	
	1 Gew.-%	2 Gew.-%	1 Gew.-%	2 Gew.-%
1	19,4	17,2	20,04	32,23
2	23,9	18,0	21,17	30,94
3	20,5	15,2	22,81	32,54

Tabelle 2: Vergleich der Ergebnisse Schlagversuche Schotter und Splitt
1 ohne Behandlung – 2 nach Frost

6.11 CBR-Wert

Ausgehend von den Proctordichten wurden CBR-Versuche durchgeführt. Die CBR-Werte waren bei einer Eindringtiefe von 5,0 mm größer als der bei 2,5 mm. Es wurde daher, entsprechend der Prüfanweisung, jeweils ein zweiter Versuch zur Bestätigung der Werte gefahren. Die angegebenen CBR-Werte sind die bei beiden Untersuchungen erreichten Werte. Es wurden der CBR₀ sowie der CBR_{ft1} nach einem und CBR_{ft15} nach 15 Frost-Tau-Wechseln geprüft. Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Versuch Nr.	CBR ₀ %	CBR _{ft1} %	CBR _{ft15} %
1	29,6	31,6	14,3
2	30,8	29,2	21,1

Tabelle 4: CBR-Werte der Grubenberge

Die Wertung der Ergebnisse erweist sich als schwierig, da es im deutschen Regelwerk keine Anforderungen mit CBR-Werten gibt. Anforderungen aus dem Ausland zu übernehmen, ist nicht ohne weiteres möglich, da teils der Zweck der Anforderungen nicht vergleichbar, teils die Versuchsdurchführungen unterschiedlich sind.

7 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

7.1 Mechanische Festigkeit

Einen großen Einfluß auf die Beständigkeit einer Tragschicht hat die mechanische Festigkeit der Mineralstoffe. Bei zu geringer Festigkeit kann sich durch die dynamische Beanspruchung der Feinkornanteil in der Tragschicht erhöhen und zur Frostempfindlichkeit beitragen.

Die Festigkeit wird in Deutschland durch die Schlagzertrümmerungswerte von Schotter und Splitt gekennzeichnet. Anforderungen an die Schlagfestigkeit von Grubenbergen gibt es nicht. Da es sich dabei überwiegend um Sandsteine und Sandschiefer handelt, können jedoch die Richtwerte für Sandsteine der Tafel 3, Spalte 9 der TL Min-StB 83 herangezogen werden. Bei deren Einhaltung kann der Mineralstoff für Tragschichten ohne Bindemittel verwendet werden. Danach sind die Grubenberge ausreichend fest.

7.2 Verwitterungsbeständigkeit

Die Frostbeständigkeit von Mineralstoffen für den Straßenbau, gekennzeichnet durch den Widerstand gegen Frost-Tau-Wechselbeanspruchung, ist das wesentliche Merkmal für die Verwitterungsbeständigkeit. Wie in Abschnitt 6.7 festzustellen ist, erfüllen weder die Schotter- noch die Splittproben die geltenden Anforderungen an die Frostbeständigkeit. Die Frost- bzw. Witterungsbeständigkeit der Grubenberge ist wesentlich geringer als die der im Straßenbau bewährten natürlichen Gesteine oder Hüttenschlacken.

Dieses Untersuchungsergebnis war nicht erwartet worden, zumal die Anteile an Sandstein in den Prüfkörnungen (Meßproben) weit über 50 Gew.-% betragen, somit also sehr groß waren. Aus diesem Grunde wurde aus den Proben der Sandstein ausgelesen und damit eine Frost-Tau-Wechselprüfung durchgeführt. Das Ergebnis war mit 5,4 Gew.-% Absplitterungen ≤ 5 mm und 2,8 Gew.-% $\leq 0,71$ mm ebenfalls wider Erwarten ungünstig. Damit wurde bestätigt, daß auch der Sandsteinanteil nicht ausreichend frostbeständig ist.

7.3 Raumbeständigkeit

Die Untersuchung mit dem Kochversuch ergab, daß die Grubenberge, wahrscheinlich durch den hohen Anteil an Schieferton (Ton- und Schluffstein), nach den geltenden Anforderungen nicht raumbeständig sind.

7.4 CBR-Werte

Aus den wenigen Ergebnissen ließen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die beiden CBR_o -Werte mit 29,6 und 30,8 % und die CBR_{ft1} -Werte mit 31,6 und 29,2 % (Schwellungen von 1,3 – 1,5 – 1,7 mm) sind ähnlich. Beim CBR_{ft15} mit 14,3 und 21,1 (Gesamtschwellung 3,7 mm) ist ein leichter Abfall zu beobachten. Dieses Verhalten nach den Frostversuchen war, entsprechend dem Anteil an quellfähigen Tonsteinen, zu erwarten. Es zeigt weiterhin, daß die Schiefertone eine gewisse Zeitspanne brauchen, ehe sich Reaktionen bemerkbar machen.
- Eine Wertung der Tragfähigkeit bzw. Verformbarkeit nach der Airfield Classification des US Corps of Engineers [11] nach den CBR-Werten besagt, daß die Tragfähigkeit der verdichteten Grubenberge einem „guten Untergrund“ entspricht. Auch nach den Frosttauwechseln entsprechen die Ergebnisse einem „guten“ bis „mittelmäßigem“ Untergrund. Diese Beurteilungen beziehen sich auf die Tragfähigkeit eines Bodens, wenn er im Untergrund ansteht. Sie sind nicht ohne weiteres auf Tragschichten übertragbar. Außerdem sind die im Labor erzielten Werte nicht immer im Feldversuch nachzuvollziehen, da dort die Versuchsbedingungen nicht so ideal wie im Labor sind.
- Diel [3] zeigte Zusammenhänge zwischen CBR_o -Wert und E_{v2} -Werten von natürlichen Böden auf. Danach entsprechen die Anforderungen [8] an die erste Tragschicht von $E_{v2} = 120 \text{ N/m}^2$ etwa einem CBR_o -Wert = 34 % und für Schottertragschichten mit $E_{v2} = 150$ oder 180 MN/m^2 etwa CBR_o -Werten von 52 % und 76 %.

Überträgt man diese Zusammenhänge auf die Grubenberge mit 100 % Proctordichte, könnten aufgrund der an den Proben ermittelten CBR-Werte die Grubenberge nicht als 1. Tragschicht (Frostschuttschicht) verwendet werden.

- Nach dem Merkblatt für die Verhütung von Frostschäden an Straßen [10] können die Korngemische nach ihren CBR_{ft} -Werten den Frostemp-

findlichkeitsklassen der ZTVE-StB [9] zugeordnet werden. Danach liegen die CBR_{ft1} -Werte 31,6 und 29,2 % im Grenzbereich der Klassen F 1/F 2, „nicht frostempfindlich“ / „gering bis mittelfrostempfindlich“. Nach den CBR_{ft15} -Werten 21,1 und 14,3 % sind die untersuchten Grubenberge der Klasse F 2, „gering bis mittelfrostempfindliche Böden“, zuzuordnen.

8 Zukünftige Entwicklung der Qualität der Grubenberge

Die Ergebnisse der hier untersuchten Gesteinsproben zeigten, daß der Anteil an Sandstein in den Grubenbergen in dem Untersuchungszeitraum von 2 Jahren nicht gleichmäßig hoch war. Die technischen Maßnahmen zum Aufschließen von Kohleflözen durch einen immer mehr mechanisierten, dadurch schnelleren Abbau der Kohle haben sich geändert. Der Vortrieb der Strecken, Hauptlieferant von Bergen mit hohen Sandsteinanteilen, erfolgt heute in Flöznahe, so daß die Gesteinszusammensetzung der Grubenberge immer mehr der von „Waschbergen“ entspricht, also mehr Ton- und Schluffsteine und weniger Sandstein enthält. Aufgrund der geologischen Gegebenheiten ist auch nicht zu erwarten, daß mit zunehmender Teufe und Fortschreiten des Bergbaus nach Norden die Qualität des Nebengesteins der Steinkohle zunehmen wird.

9 Schlußfolgerungen

Die z. Zt. angebotenen, durch die Untersuchungsergebnisse gekennzeichneten Grubenberge sind wegen mangelhafter Witterungsbeständigkeit und nicht ausreichender Frostbeständigkeit nicht für den Bau von Tragschichten ohne Bindemittel geeignet.

Diese Beurteilung schränkt den bewährten Einsatz der Grubenberge für den Unterbau von Straßen, insbesondere für die mechanische Bodenverbesserung nicht ein.

Es wird nicht erwartet, daß sich die Qualität der Grubenberge in Zukunft verbessern wird. Ein Erstellen eines Merkblattes wird daher für nicht erforderlich gehalten. Wenn trotzdem durch besondere Abbaubedingungen für den Straßenoberbau geeignete Grubenberge anfallen, so können diese nach dem bestehenden Regelwerk, insbesondere den TL Min-StB und den ZTVT-StB, beurteilt werden.

Literatur

- [1] GIEWER, C.-J.: „Baustoffe aus veredelten Bergen“, Glückauf Verlag, Essen, 1986.
- [2] TABBERT, A.: „Verwendung von Nebengesteinen der Steinkohlengewinnung im Straßenbau“, Essen, 1986.
- [3] DIEEL, H.-G.: „Vergleichsuntersuchungen mit dem CBR- und Plattendruckversuch auf bindigen Böden“, Bundesanstalt für Straßenwesen, FA 5.32 Köln, 1973.
- [4] BAST: „Gutachten zur Eignung gebrannter Haldenberge als Frostschutzmaterial für Straßen“, Bg 35/70, Köln, 1970.
- [5] „Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau TL Min-StB 83“, FGSV, Köln, 1983.
- [6] „Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau TP Min-StB“, FGSV, Köln.
- [7] „Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau TP BF-StB“, FGSV, Köln.
- [8] „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau ZTVT-StB 86“, Fassung 1990, BMV.
- [9] „Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 76“, 1976, BMV.
- [10] „Merkblatt für die Verhütung von Frostschäden an Straßen“, FGSV, Köln, 1991.
- [11] „Office of the Chief Engineers, Airfield pavement design, flexible pavements Engineering Manual Part XII Chap. 2“, Washington, D.C. 1947.

Schriftenreihe

**Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen**

Unterreihe „Straßenbau“

S1: Verwitterungsbeständigkeit von Recycling-Baustoffen

von K.-H. Guth

32 Seiten, 1993

kostenlos

S2: Eignung von Grubenbergen als Baustoff für Tragschichten ohne Bindemittel

von K.-H. Guth

16 Seiten, 1993

kostenlos

Zu beziehen durch:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon (04 71) 4 60 93-95, Telefax (04 71) 4 27 65