
Merkblätter

Nr. 7

Anforderungen an die Verwendung
von Stahlwerksschlacken
im Wasserbau

Essen 1996

37055
Landesumweltamt
Nordrhein-Westfalen
Bibliothek
UM10
00002-7

IMPRESSUM:

Herausgegeben vom
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen • Telefon (02 01) 79 95 - 0

Redaktion: Dr. Wolfgang Leuchs

ISSN 0947-5788

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Allgemeines _____	5
2.	Grundsätzliche Voraussetzungen aus Sicht der Gewässerökologie und des Gewässerschutzes _____	6
2.1	Einsatz von Stahlwerksschlacken in Fließgewässern _____	7
2.2	Einsatz von Stahlwerksschlacken in Kanälen und Baggerseen _____	7
3.	Stoffliche Voraussetzungen _____	8
3.1	Allgemeines _____	8
3.2	Bautechnische Anforderungen _____	8
3.3	Wasserwirtschaftliche Anforderungen _____	10
4.	Folgerungen und Empfehlungen für die Verwendung im Wasserbau _____	11
4.1	Allgemeine Voraussetzungen _____	11
4.2	Sohlaufhöhung/Kolkverfüllung _____	12
4.3	Uferbefestigung _____	13
4.4	Buhnen, Parallelwerke _____	14
4.5	Deich- und Dammbau _____	15
5.	Güteüberwachung und Güteüberwachungsverfahren _____	15
5.1	Eigen- und Fremdüberwachung _____	15
5.2	Bauaufsicht _____	15
5.3	Kontrollprüfungen _____	16
5.4	Prüfstellen _____	17
6.	Literatur _____	17
7.	Tabellenanhang _____	20
8.	Anlage (Abdruck: FGSV-Arbeitspapier Nr. 28/1) _____	23

Dieses Merkblatt wurde von einer Arbeitsgruppe unter Federführung des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen erarbeitet.

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Frau Dr. Bialucha	Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken
Herr Buderus	Staatliches Umweltamt Duisburg
Herr Prof. Dr. Geiseler	Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken
Herr Dr. Gunkel	Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken
Herr Heinrichsmeier	Staatliches Umweltamt Duisburg
Herr Junke	Landesumweltamt NRW
Herr Dr. Laier	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Herr Dr. Leuchs	Landesumweltamt NRW
Herr Dr. Schiller	Landesumweltamt NRW
Herr Schonlau	Wasser- und Schifffahrtsdirektion West
Herr Trapp	Bezirksregierung Düsseldorf
Herr Dr. Vogt	Landesumweltamt NRW

Anforderungen an die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau

1. Allgemeines

Wasserbausteine werden im Binnenland zur Sicherung von Ufer- und Sohlbereichen, zur Sohlaufhöhung (Erosionsausgleich, Ausgleich von Bergsenkungen), zur Kolkverfüllung sowie zur Abflußregulierung (Leitwerke, Parallelwerke, Buhnen) benötigt. Neben natürlichem Festgestein eignen sich hierfür wegen grundsätzlich günstiger bautechnischer Eigenschaften und guter Besiedelbarkeit durch aquatische Lebewesen auch LD-Schlacke und Elektroofenschlacke.

Bei der Erzeugung von Massen- und Qualitätsstählen entstehen LD-Schlacken (LDS; LD nach dem Linz-Donawitz-Verfahren) und in bedeutend geringerem Umfang Elektroofenschlacken (EOS). Sie erstarren aus einer flüssigen, etwa 1600 °C heißen Gesteinschmelze in Beeten zu einem grauen, mikrokristallinen wenig porigen Gestein. Sie bestehen überwiegend aus Calciumsilikaten, Eisenoxiden sowie Calciumferriten und enthalten wasserlösliche Anteile, insbesondere alkalisch reagierende Calciumverbindungen (s. Kapitel 3.3).

Die 1992 in Nordrhein-Westfalen angefallenen 2,2 Mio. Tonnen LD-/Elektroofenschlacken wurden überwiegend im Straßen- und Erdbau eingesetzt. Das Einsatzgebiet mit der zweitgrößten Absatzmenge stellt der Wasserbau dar. Deponiert wird etwa 3,8 % der Gesamtmenge.

Die Eignung der Schlacken als Wasserbaustein beruht in erster Linie auf der hohen Rohdichte und der Abriebfestigkeit des Materials. Als Schüttmaterial können LD- und Elektroofenschlacke auch im Deichbau (z.B. Kernaufbau) verwendet werden. Aufgrund gleichartiger Beschaffenheit werden im folgenden unter dem Begriff Stahlwerksschlacken diese beiden Schlackentypen verstanden. In Nordrhein-Westfalen wird Stahlwerksschlacke im Rhein [1] bereits seit den 70er Jahren eingesetzt, von 1975 bis 1992 in einer Gesamtmenge von rund 2 mio. Tonnen. Im Durchschnitt der Jahre 1985 bis 1992 waren es rund 220 000 t/a mit Maximalwerten von rund 500 000 t/a. Haupteinsatzgebiete stellen Kolkverbau- und Sohlaufhöhungsmaßnahmen dar. Im westdeutschen Kanalnetz wurden ab 1975 etwa 200 000 t Stahlwerksschlacke verbaut.

Es ist zu erwarten, daß in den nächsten Jahren aufgrund anstehender Baumaßnahmen insbesondere am Rhein und an den Kanälen ein weiterer Bedarf an Wasserbausteinen besteht. Die Verwendung von Stahlwerksschlacke als Wasserbaustein leistet einen wesentlichen Beitrag zur Verwertung industrieller Nebenprodukte sowie zur Schonung von Ressourcen, indem der Abbau der Gesteinslagerstätten reduziert werden kann.

Grundlage für dieses Merkblatt sind insbesondere die wasserrechtlichen Grundsatzbestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes [2] und des Landeswassergesetzes [3] sowie die folgenden untergesetzlichen Regelungen:

- Richtlinie für naturnahen Ausbau und Unterhaltung der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen [4],
- Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA) [5].

Des weiteren können für den hier angesprochenen Sachbereich auch das Bundeswasserstraßengesetz [6], das Bundesnaturschutzgesetz [7], das Landschaftsgesetz [8], das Abgrabungsgesetz [9] und in Verbindung mit Planfeststellungsverfahren das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung [10] maßgebend sein.

Das vorliegende Merkblatt enthält wasserwirtschaftliche und bautechnische Anforderungen an die Wasserbaustoffe LDS und EOS aus der laufenden Produktion sowie Angaben zur Prüfung und zur Güteüberwachung.

Für die im Bereich der Bundeswasserstraßen typischen Baumaßnahmen (Ausbau, Unterhaltung) werden die konkreten wasserwirtschaftlichen Anforderungen in Kapitel 4 genannt. Sofern diese Vorgaben eingehalten werden, ist nicht mit Beeinträchtigungen der Gewässer zu rechnen. Von diesen Regelfällen abweichende Baumaßnahmen sind im Rahmen von Einzelfallprüfungen zu bewerten.

Für den Einsatz von Stahlwerksschlacke im Wasserbau außerhalb der Bundeswasserstraßen werden Hinweise gegeben, die die behördliche Entscheidung im Einzelfall erleichtern.

Das Merkblatt wendet sich an alle, die mit der Verwendung von Stahlwerksschlacke befaßt sind, insbesondere die Aufbereiter von Stahlwerksschlacke, die Prüflabors, die Träger von Ausbaumaßnahmen, die Gewässerunterhaltungspflichtigen, die Bauunternehmer sowie die Wasserbehörden.

2. Grundsätzliche Voraussetzungen aus Sicht der Gewässerökologie und des Gewässerschutzes

In der Richtlinie für naturnahen Ausbau und Unterhaltung der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen [4] heißt es: "Jeder Eingriff in ein Fließgewässer wirkt sich auf dessen Naturhaushalt aus und ändert das vorhandene Gefüge aus Organismenbestand, Lebensaktivität der Organismen und Umweltbedingungen". Dies gilt ebenso für die weit empfindlicheren stehenden Gewässer.

So verändert auch das Einbringen der hier betrachteten Stahlwerksschlacken in ein Gewässer u.a. das Angebot an Siedlungsfläche für Organismen. Es ist daher grundsätzlich als Eingriff in den Naturhaushalt zu sehen. Die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau ist daher nur zulässig, wenn streng darauf geachtet wird, daß der Naturhaushalt des betroffenen Gewässers so wenig wie irgend möglich beeinträchtigt wird. Es muß sichergestellt sein, daß das verwendete Material für die jeweils gewässertypische Lebensgemeinschaft ausreichende Siedlungsmöglichkeiten bietet. Maßgebend sind hier u.a. die Oberflächenbeschaffenheit des Materials und das Angebot an Siedlungsfläche. Letzteres wird von der Korngröße bestimmt. Bedeutsam ist vor allem ein ausreichend großes Hohlraumsystem mit einer entsprechend großen "inneren Oberfläche". Eine wichtige Voraussetzung für eine stabile und dauerhafte Besiedlung - insbesondere in Fließgewässern mit Geschiebetrieb - ist die durch eine Mindestkorngröße und Raumbeständigkeit des Materials gewährleistete Lagerungsstabilität.

Weiterhin können die Schlacken - je nach Qualität und Menge - die physikalisch-chemischen Verhältnisse im Gewässer (z.B. pH-Wert, Leitfähigkeit, Schwermetallgehalt) durch oberflächige Auslaugung verändern.

Um nachteilige Veränderungen zu vermeiden, muß die im Gewässer einzubringende Schlacke daher bestimmten Qualitätskriterien genügen (s. Kapitel 3).

Neben den Anforderungen an die Schlackenqualität kann durch eine gewässerbezogene Mengengrenzung der Stahlwerksschlacke eine nachhaltige Beeinträchtigung des betroffenen Gewässerökosystems vermieden werden. Das Masse-Volumenverhältnis (Schlacke-Wasser) darf eine jeweils gewässerabhängige Größe nicht überschreiten. Da in Fließgewässern ein kontinuierlicher Wasseraustausch stattfindet, sind diese gegen Veränderungen der physikalisch-chemischen Verhältnisse sehr viel weniger empfindlich als stehende Gewässer und Kanäle (s. Kapitel 4).

Um gewässerökologische Folgeschäden zu vermeiden, kann daher die Menge der zu verwendenden Stahlwerksschlacke in Gewässern nur unter Berücksichtigung des Gewässertyps, der Gewässergröße, der Wasserführung, der Fließverhältnisse, des Pufferungsvermögens und - insbesondere bei stehenden Gewässern und Kanälen - des Wasservolumens und des Wasserchemismus festgelegt werden. Die Schutzwürdigkeit und Empfindlichkeit des Gewässers ist zu berücksichtigen.

Wegen der unterschiedlichen Empfindlichkeit ist grundsätzlich zwischen fließenden und stehenden Gewässern zu unterscheiden.

2.1 Einsatz von Stahlwerksschlacken in Fließgewässern

Da der Einsatz von Stahlwerksschlacken im Wasserbau mit dem Ziel der Ressourcenschonung begründet wird, sollte sie an kleineren Fließgewässern (kleine und große Bäche, s. [4]) wegen der nur geringen unterzubringenden Mengen nicht verwendet werden, sondern nur an großen und kleinen Flüssen. Hier ist darauf zu achten, daß der Naturhaushalt des betroffenen Gewässers so wenig wie irgend möglich beeinträchtigt wird. Dies setzt voraus, daß das eingesetzte Material der gewässertypischen Lebensgemeinschaft ausreichende Siedlungsmöglichkeiten bietet. Die Korngröße muß so beschaffen sein, daß der Lebensraum unterhalb der Gewässer- sohle ("Kinderstube" und Rückzugsraum für Fischnährtiere) nicht durch Feinstkorn verstopft und der Austausch von Stoffen sowie die Besiedlungsfähigkeit der Gewässersohle durch Abdichtung nicht behindert wird.

Aus Gründen der Schutzwürdigkeit darf Stahlwerksschlacke grundsätzlich nicht in natürlichen und naturnahen Fließgewässern bzw. Gewässerabschnitten eingesetzt werden, sondern nur in solchen, die bereits anthropogen stark genutzt und verändert sind und in intensiv genutzten Einzugsgebieten fließen (z.B. im Rhein sowie in Bergsenkungsgebieten, Industrielandschaften, urbanen Bereichen).

So scheiden Quellbereiche und Quellbäche wegen ihrer besonders großen Empfindlichkeit von vornherein für das Einbringen von Stahlwerksschlacken aus. Bei der naturnahen Gewässergestaltung (Renaturierung) sind in Fließgewässern naturraumtypische Substrate zu verwenden.

2.2 Einsatz von Stahlwerksschlacken in Kanälen und Baggerseen

Kanäle und Baggerseen sind wegen des fehlenden oder nur geringen Wasseraustausches wesentlich empfindlicher gegenüber physikalisch-chemischen Veränderungen als Fließgewässer.

Deshalb besteht hier zusätzlich die Notwendigkeit einer besonders sorgfältigen und genauen Abschätzung des tolerierbaren Verhältnisses von Schlackenmasse zu Wasservolumen (Wasser/Feststoffverhältnis s. Kapitel 4). Zur Uferbefestigung von Baggerseen dürfen Stahlwerksschlacken nur nach besonderer Prüfung verwendet werden (s. Kapitel 4.3).

3. Stoffliche Voraussetzungen

3.1 Allgemeines

Wasserbausteine müssen eine hohe Rohdichte aufweisen sowie witterungs- und raumbeständig sein. Sie müssen gegen chemische Einflüsse des Grund- und Oberflächenwassers unempfindlich und gegen mechanische Beanspruchung widerstandsfähig sein.

Stahlwerksschlacken werden im flüssigen Zustand schichtweise in Beete abgegossen und erstarren dort zu einem festen, grauen, wenig porigen mikrokristallinen Gestein. Nach dem Befüllen der Beete und ausreichender Abkühlung werden die Schlacken ausgebagert und als Wasserbausteine aufbereitet. Die Probenahme gemäß DIN 52101 [11] bzw. DIN EN 932 Teil 1 [12] erfolgt nach einem in Kapitel 5 beschriebenen Schema.

Für den Deich- und Dammbau erfolgt die Prüfung der bautechnischen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen gemäß dem Runderlaß zur Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau [13].

3.2 Bautechnische Anforderungen

3.2.1 Gesteinskundliche Merkmale, stoffliche Zusammensetzung

Die Überprüfung der gesteinskundlichen Merkmale erfolgt gemäß DIN EN 932 Teil 3 [14]. Die stoffliche Zusammensetzung (Aussehen) von Stahlwerksschlacken muß nach dem Abgeben der Schlacke augenscheinlich überprüft werden.

3.2.2 Reinheit und schädliche Bestandteile

Stahlwerksschlacken, die im Wasserbau eingesetzt werden, dürfen keine Fremdstoffe, wie z.B. Lehm, Steine, Ziegel oder Kohle enthalten. Diese Prüfung erfolgt an der aufbereiteten Schlacke.

3.2.3 Abmessungen

Während der Abkühlungsphase der in Beeten abgegossenen Schlacke treten durch thermische Spannungen Risse auf. Dadurch liegt der weitaus größte Teil der Schlacke (ca. 90 %) nach der Aufbereitung in den Korngrößenklassen A (10 bis 60 mm) und 0 (50 bis 150 mm) nach den Technischen Lieferbedingungen für Wasserbausteine, TLW [15] vor. Die Anteile an Schlackenstücken mit Abmessungen von 100 bis 200 mm (Korngrößenklasse I nach TLW) oder 100 bis 300 mm (Korngrößenklasse II) sind gering. Die Anteile an noch größeren Stücken > 300 mm, die den Korngrößenklassen III bis V nach TLW entsprechen, sind vernachlässigbar klein. Daher werden die drei Korngrößenklassen (III bis V) hier nicht aufgeführt.

Korngrößenklasse	Abmessungen in mm	zulässige Toleranzen in Gew.-%
A	10 - 60	- 10 bis + 20
0	50 - 150	- 20 bis + 30
I	100 - 200	- 20 bis + 30
II	100 - 300	- 20 bis + 30

Die Bestimmung der Abmessungen der Korngrößenklasse A erfolgt durch Siebung gemäß TP Min-StB Abschnitt 6.3.1/2/3 [16].

Innerhalb der für die Korngrößenklassen 0 bis II angegebenen Abmessungen müssen die Größen der Wasserbausteine möglichst gleichmäßig abgestuft sein. Bestimmungen und zulässige Abweichungen der Abmessungen erfolgen gemäß TLW, Abschnitt 3.3.2 und 3.3.3.

3.2.4 Trockenrohddichte und Festigkeit

Die Trockenrohddichte von Stahlwerksschlacke ist nach DIN 52102 [17] zu bestimmen. Die Trockenrohddichte darf im Mittel den Wert von 2,8 kg/dm³ nicht unterschreiten.

Für die Korngrößenklasse A ist die Festigkeit mittels des Schlagversuchs nach DIN 52115 Teil 2 [18] bzw. DIN EN 1097 Teil 2 [19] an der Körnung 35/45 mm zu bestimmen. Die Absplitterungen nach dem Schlagversuch dürfen einen Wert von 29 Gew.-% nicht überschreiten.

Für Korngrößenklasse 0 bis II ist die Druckfestigkeit nach DIN 52105 [20] zu bestimmen. Sie muß im lufttrockenen Zustand der Proben im Mittel mindestens 80 N/mm² betragen. Einzelwerte dürfen nicht kleiner als 70 N/mm² sein. Es sind mindestens 10 Wasserbausteine zu prüfen.

3.2.5 Verwitterungsbeständigkeit

3.2.5.1 Frostbeständigkeit

Zur Beurteilung der Frostbeständigkeit gemäß DIN 52106 [21] ist zunächst die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck nach DIN 52103 [22] zu bestimmen. Ist die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck $\leq 0,5$ Gew.-% und treten bei der Wasserlagerung keine Risse oder sonstige Anzeichen von Schäden auf, gelten die Wasserbausteine als frostbeständig. Ein Frostversuch ist dann nicht erforderlich.

Ist die Wasseraufnahme $> 0,5$ Gew.-%, ist die Frostbeständigkeit zu prüfen.

Die Prüfung der Frostbeständigkeit erfolgt für die Korngrößenklasse A nach DIN 52104-N [23] bzw. DIN EN 1367 Teil 1 [24] an der Körnung 35/45 mm. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Absplitterungen mit Korngrößen < 22 mm nach 10 Frost-Tau-Wechseln 5 Gew.-% nicht überschreiten.

Für Korngrößenklassen 0 bis II ist die Frostbeständigkeit nach dem Luftfrostverfahren durchzuführen. Versuchsdurchführung und Grenzwerte gelten gemäß TLW, Abschnitt 3.5.

3.2.5.2 Raumbeständigkeit

Aus metallurgischen Gründen können Stahlwerksschlacken Anteile an chemisch ungebundenem Kalk (Freikalk: CaO_{frei}) und/oder Magnesiumoxid enthalten, die mit Feuchtigkeit zu Hydroxyden reagieren. Mit dieser Reaktion ist eine Volumenzunahme verbunden, die zu einem Zerfall der Schlacke führt. Deshalb müssen die Schlacken einer speziellen Vorbehandlung unterworfen werden. Diese kann durch eine Separation nach dem Freikalkgehalt oder durch Bewässerung, Lagerung und anschließende Absiebung erfolgen. Für Stahlwerksschlacken ist daher eine ausreichende Raumbeständigkeit nachzuweisen.

Für die Prüfung von Korngrößenklassen 0 bis II werden gemäß TLW 20 Schlackenstücke natürlicher Größe bei Raumtemperatur 20 Tage lang in Wasser gelagert. Nach dieser Zeit dürfen nur 5 Gew.-% der Schlackenstücke zerfallen oder rissig werden.

Eine Untersuchung von Stahlwerksschlacken der Korngrößenklasse A nach diesem Verfahren erlaubt keine eindeutige Beurteilung der Raumbeständigkeit. Deshalb werden die Prüfbedingungen wie folgt abgewandelt und verschärft: Es werden 40 Schlackenstücke der Körnung 35/45 mm 20 Tage bei Raumtemperatur im Wasser gelagert. Anschließend wird das gesamte Material bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gesiebt. Die Absplitterungen mit Korngrößen < 22 mm dürfen 5 Gew.-% nicht überschreiten.

3.3 Wasserwirtschaftliche Anforderungen

Stahlwerksschlacken bestehen zu wesentlichen Teilen aus Calciumverbindungen. Diese sind in geringem Maß, vorwiegend an der Oberfläche der Schlackenstücke wasserlöslich, so daß sich in Auslaugewässern von Stahlwerksschlacken anfangs pH-Werte im basischen Bereich einstellen. Besondere Aufmerksamkeit muß dem pH-Wert dort geschenkt werden, wo Stahlwerksschlacken in stehende Gewässer eingebaut werden, in denen kein intensiver Wasseraustausch stattfindet.

Die in Eluaten von Stahlwerksschlacken gemessene Leitfähigkeit hängt im wesentlichen von der Konzentration an OH^- -Ionen ab, die aus dem gelösten $\text{Ca}(\text{OH})_2$ stammen. Damit ist ein direkter Zusammenhang gegeben zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem pH-Wert.

Stahlwerksschlacken enthalten im Spurenbereich Schwermetalle in einer Größenordnung, die auch in natürlichen Gesteinen vorkommt. Lediglich die Chromgehalte liegen höher. Dieses Chrom ist allerdings mineralisch so fest gebunden, daß nur geringste Anteile auslaugbar sind und von daher keine Umweltbeeinträchtigung verursachen.

Die Prüfung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen erfolgt an den aufbereiteten Schlacken (s. Kapitel 5.1) in der zur Auslieferung kommenden Körnung. Als Auslageverfahren wird das Trogverfahren eingesetzt, wobei "synthetisches" Wasser verwendet wird. Dies ist eine Mischung von demineralisiertem Wasser und Leitungswasser mit einer Gesamthärte von 9 °GH, entsprechend der Härte von natürlichen Kanalwässern. Eine Beschreibung des Trogverfahrens sowie eine Auflistung der für die Eluatanalyse benötigten DIN-Normen ist in dem FGSV-Arbeitspapier Nr. 28/1 "Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen" [25] enthalten (siehe Anlage).

Nachfolgend sind die einzuhaltenden Grenzwerte mit den zugehörigen Toleranzen aufgeführt:

	LD-Schlacke LDS			Elektroofenschlacke EOS		
	pH-Wert	Leitf. mS/m	Cr _{ges.} mg/l	pH-Wert	Leitf. mS/m	Cr _{ges.} mg/l
Korngrößenklasse A	12	200	0,02	11	80	0,03
Korngrößenklassen 0 bis II	11	80	0,02	10	60	0,03
zulässige Toleranzen	0,2	10 %	20 %	0,2	10 %	20 %

Bei der Festlegung der zulässigen elektrischen Leitfähigkeiten wurde berücksichtigt, daß das für die Laborversuche verwendete synthetische Mischwasser bereits eine Ausgangsleitfähigkeit von 35 mS/m aufweist. Natürliche Kanalwässer weisen Leitfähigkeiten von ca. 60-70 mS/m auf.

4. Folgerungen und Empfehlungen für die Verwendung im Wasserbau

4.1 Allgemeine Voraussetzungen

Stahlwerksschlacken können aus Sicht der Gewässerökologie unter Beachtung der einzusetzenden Korngrößenklassen ohne weitere Einschränkungen in großen Flüssen verwendet werden.

Die Verwendung von Stahlwerksschlacken in kleinen Flüssen, Kanälen und Baggerseen unterliegt den in diesem Merkblatt beschriebenen zusätzlichen Anforderungen, wobei aus Vorsorgegründen festgesetzte oder geplante Zonen I, II und III A von Wasserschutzgebieten bzw. festgesetzte oder geplante Schutzzonen I, II und III gegen qualitative Beeinträchtigungen von Heilquellen jedoch ausgenommen sind. Im Bereich von Trinkwasserwerken am Rhein soll in gleicher Weise ein Einsatz nur im Benehmen mit dem Wasserversorgungsunternehmen erfolgen, sofern die Uferfiltratbrunnen näher als 100 m zur Mittelwasserlinie liegen. Hierbei ist der Flächenbereich relevant, der von der Mittellinie des Rheins und der rheinparallelen Erstreckung der Wasserschutzzone I gebildet wird.

Auch andere Ausschlußgründe, wie z.B. Vorgaben aus Naturschutzverordnungen und Auenkonzepten sowie für den naturnahen Ausbau, bleiben unberührt.

Entsprechend den Festlegungen des Kapitels 3 "Stoffliche Voraussetzungen" müssen die Schlacken die technologischen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen erfüllen. Insbesondere muß eine ausreichende Raumbeständigkeit gewährleistet sein.

Die bautechnischen Anforderungen richten sich nach der Bauweise und der wasserwirtschaftlichen und ökologischen Bedeutung des jeweiligen Gewässers. Dabei stehen als variable Größen das Wasser/Feststoff-Verhältnis (W/F)¹, die Korngröße der Schlacke sowie der Abfluß (MNQ)² zur Verfügung.

Bei fließenden Gewässern ergibt sich das statische Wasser/Feststoff-Verhältnis aus der im Gewässer eingebauten Schlackenmenge und der bei mittlerem Niedrigwasserabfluß im zuge-

¹ Angabe in m³ Wasser/t Schlacke

² MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluß, siehe z.B. gewässerkundliches Jahrbuch

hörigen Gewässerabschnitt befindlichen Wassermenge. Das statische W/F-Verhältnis errechnet sich nach folgendem Schema: $W/F = V/M$,

wobei

V = Wasservolumen [m³] bei MNQ im Gewässerabschnitt pro lfd. m und
M = eingebaute Schlackenmenge [t] pro lfd. m.

Sofern verschiedene Korngrößenklassen bei einer Baumaßnahme verwendet werden (beispielsweise Korngrößenklasse A mit einer Deckschicht von mindestens 50 cm der Korngrößenklasse 0), erfolgt die Berechnung des W/F-Verhältnisses und des mittleren Abflusses separat für jede der Korngrößenklassen.

Die Festlegung der geforderten Mindestabflüsse bei mittlerem Niedrigwasser sowie der W/F-Verhältnisse basiert auf Ergebnissen umfangreicher Laborversuche. Zur Simulation der Verhältnisse in kleinen Flüssen wurden Versuche im Trog mit ständigem Wasseraustausch durchgeführt. Kanäle wurden in den Laborversuchen als quasi stehende Gewässer behandelt. Dementsprechend wurden die Anforderungen aus Versuchen im Trog ohne Wasseraustausch abgeleitet.

Im folgenden werden in Abhängigkeit von der Bauweise und der Art und Größe des Gewässers Anforderungen für die einzubauende Schlacke festgelegt (siehe Tabelle 1). Im einzelnen wird unterschieden zwischen den Bauweisen:

- Sohlaufhöhung/Kolkverfüllung,
- Uferbefestigung,
- Bühnen, Parallelwerke,
- Deich- und Dammbau

und den Gewässertypen:

- Rhein und große Flüsse,
- kleine Flüsse,
- Häfen (Hafenbecken),
- Kanäle,
- Baggerseen.

Parallelhäfen werden entsprechend ihren Abflüssen den jeweiligen Gewässertypen zugeordnet. Stichhäfen und gestaute Flußabschnitte werden wie Kanäle eingeordnet.

4.2 Sohlaufhöhung/Kolkverfüllung

Bestimmend für die Auswahl der Korngröße der für Sohlaufhöhungen und Kolkverfüllungen zum Einsatz kommenden Stahlwerksschlacken sind die Lagerungsstabilität, die Eluierbarkeit sowie die Besiedelbarkeit (vgl. Kapitel 2). Bei ausreichend hohen Abflüssen (Rhein, große und kleine Flüsse) kann die Korngrößenklasse A (10 bis 60 mm) zum Einsatz kommen. Die Deckschicht sollte allerdings immer aus einer mindestens 50 cm dicken Schicht der Korngrößenklasse 0 (50 bis 150 mm) oder darüber bestehen. Die Korngröße dieser Deckschicht richtet sich nach der auftretenden Wandschubspannung (Schleppspannung).

Im folgenden werden die Mindestanforderungen für die verschiedenen Gewässertypen beschrieben.

4.2.1 Rhein und große Flüsse

- Korngrößenklasse 0
- Korngrößenklasse A mit einer Deckschicht von mindestens 50 cm der Korngrößenklasse 0

4.2.2 Kleine Flüsse

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis³ von ≥ 6 und einem mittleren Niedrigwasserabfluß von $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Korngrößenklasse A bei einem statischen W/F-Verhältnis von > 6 und einem mittleren Niedrigwasserabfluß von $\geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einer Deckschicht von mindestens 50 cm der Korngrößenklasse 0

4.2.3 Kanäle

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis von > 20
- Korngrößenklasse A bei einem statischen W/F-Verhältnis von > 100 mit einer Deckschicht von mindestens 50 cm der Korngrößenklasse 0

4.2.4 Baggerseen

Bautechnisch nicht relevant.

4.3 Uferbefestigung

Grundsätzlich sollten die Uferbereiche von Gewässern nur dort befestigt werden, wo es aus bautechnischen Gründen erforderlich ist, z.B. an Brücken. "Tote Baustoffe", zu denen auch die Stahlwerksschlacken zählen, dürfen entsprechend der Richtlinie für naturnahen Ausbau und Unterhaltung der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen [4] nur dort eingesetzt werden, wo eine Sicherung unbedingt erforderlich ist und, "wo lebende (Baustoffe) die Aufgaben der Sicherung auf Dauer nicht oder nur unzureichend erfüllen." Bezüglich der weiteren Randbedingungen sei auf das Kapitel 2.1 dieses Merkblatts verwiesen.

Die Korngröße für die Uferbefestigung muß sich insbesondere nach Strömungs- und Wellenschlagangriff sowie Böschungsneigung richten. Aus Gründen der Lagerungsstabilität und der besseren Besiedelbarkeit sollten mindestens die Korngrößenklasse 0 (50 bis 150 mm) verwendet werden.

Die Mindestanforderungen für die verschiedenen Gewässertypen sind:

4.3.1 Rhein und große Flüsse

- Korngrößenklasse 0

³ Angabe in $\text{m}^3 \text{ Wasser/t Schlacke}$

4.3.2 Kleine Flüsse

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis von ≥ 6 und einem mittleren Niedrigwasserabfluß von $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$

4.3.3 Kanäle

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis von > 20

4.3.4 Baggerseen

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis von > 30 : Für die Berechnung des W/F-Verhältnisses wird nur die Wassermenge in einem Umkreis von 50 m von der Einbaustelle herangezogen. Bei Baumaßnahmen an Baggerseen mit Badebetrieb ist dafür Sorge zu tragen, daß während der Bauphase Badende nicht in diesen Bereich gelangen können.

4.4 Buhnen, Parallelwerke

Buhnen und Parallelwerke sind Bauwerke, die häufig mit Wasser in Kontakt stehen. Sie dienen der Regulierung von Flüssen bei Niedrig- oder Mittelwasser.

Die Mindestanforderungen sind:

4.4.1 Rhein und große Flüsse

- Korngrößenklasse 0
- Die Korngrößenklasse A kann für den Kernaufbau von Buhnen und Parallelwerken verwendet werden. Sie ist aber in jedem Fall mit einer mindestens 50 cm dicken Schicht der Korngrößenklasse 0 zu überdecken.

4.4.2 Kleine Flüsse

- Korngrößenklasse 0 bei einem statischen W/F-Verhältnis von ≥ 6 und einem mittleren Niedrigwasserabfluß von $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Korngrößenklasse A bei einem statischen W/F-Verhältnis von ≥ 6 und einem mittleren Niedrigwasserabfluß von $\geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einer Deckschicht von mindestens 50 cm der Korngrößenklasse 0

4.4.3 Kanäle

Bautechnisch nicht relevant.

4.4.4 Baggerseen

Bautechnisch nicht relevant.

4.5 Deich- und Dammbau

Die Anforderungen an die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Deich- und Dammbau werden analog der Anlage 3 (Zeile 11) des nordrhein-westfälischen Runderlasses zur Verwertung von Reststoffen im Straßenbau geregelt [26].

5. Güteüberwachung und Güteüberwachungsverfahren

5.1 Eigen- und Fremdüberwachung

Die stofflichen Voraussetzungen für Wasserbausteine aus Stahlwerksschlacken werden im Rahmen der aus Eigen- und Fremdüberwachung analog TLW [15] und DIN 18 200 [27] bestehenden Güteüberwachung untersucht.

Für die Eigenüberwachung werden durch den Hersteller regelmäßig im Werk Proben entnommen und nach einem festgelegten Untersuchungsprogramm geprüft (siehe Tabelle 2). Für die Fremdüberwachung werden die erforderlichen Proben von einer zugelassenen Prüfstelle im Werk entnommen und entsprechend dem Schema der Tabelle 2 untersucht. Die Fremdüberwachung wird in Eignungsnachweis (Erstprüfung) und 1/2- bzw. 2jährige Fremdüberwachung (Regelprüfung) untergliedert.

Stellt die Prüfstelle bei der Fremdüberwachung fest, daß Güteanforderungen nicht erfüllt werden, wiederholt sie unverzüglich die Prüfung.

Bei wiederum negativem Ergebnis wird das Unternehmen schriftlich von der Prüfstelle verwarnet, wobei eine angemessene Frist zur Behebung der Mängel gesetzt wird. Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion wird von der Verwarnung schriftlich unterrichtet.

Prüfstelle und Herstellerwerk sind verpflichtet, die Ergebnisse der Güteüberwachung fünf Jahre aufzubewahren.

Die Probenahme [11, 12] kann sofort nach der Aufbereitung der jeweiligen Wasserbaukörnung erfolgen, wenn die Stahlwerksschlacken nach dem Freikalkgehalt separiert werden (siehe Kapitel 3.2.5.2). Werden Stahlwerksschlacken zwischengelagert und einer natürlichen und/oder künstlichen Bewässerung ausgesetzt (siehe Kapitel 3.2.5.2), erfolgt die Probenahme [11, 12] erst nach Bewässerung und erneuter Absiebung.

5.2 Bauaufsicht

Die Bauaufsicht des Auftraggebers muß sich vor Beginn des Einbaus davon überzeugen, daß von dem Herstellerwerk aktuelle Prüfzeugnisse über die Güteüberwachung der Schlacken vorliegen.

Die angelieferten Schlacken sind unmittelbar vor und während des Einbaus von der Bauaufsicht regelmäßig visuell auf stoffliche Zusammensetzung und Abmessungen zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind zu dokumentieren. Ergeben sich bei der visuellen Prüfung deutliche Abweichungen von den geforderten Materialeigenschaften, so sind unverzüglich Untersuchungen vorzunehmen, um zu klären, ob der Einbau der Schlacken ausgesetzt werden muß.

5.3 Kontrollprüfungen

Kontrollprüfungen sind Prüfungen des Auftraggebers, um festzustellen, ob die Qualität und die zugesicherten Eigenschaften der Wasserbausteine den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Die Probenahme sowie die Prüfungen führt der Auftraggeber in Anwesenheit des Auftragnehmers durch; sie finden auch in Abwesenheit des Auftragnehmers statt, wenn er den rechtzeitig bekanntgegebenen Termin nicht wahrnimmt.

Sollen die Probenahmen und die versandfertige Verpackung der Proben vom Auftragnehmer hilfsweise durchgeführt werden, so sind diese Leistungen in einer gesonderten Ordnungszahl in das Leistungsverzeichnis aufzunehmen. Der Versand der Proben und die Durchführung der Prüfungen dürfen nur vom Auftraggeber oder einer von ihm anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden; die Prüfstelle bestimmt der Auftraggeber (ZTVT-StB 86 [28]).

Im Rahmen der Kontrollprüfungen sind je nach Erfordernis, mindestens jedoch alle 10.000 t, Rückstellproben zu entnehmen. Bei kleineren Baumaßnahmen ist mindestens 1 Probe zu entnehmen.

Die Probemenge ist so zu bemessen, daß eine Nachuntersuchung möglich ist. Die Proben sind bis zur endgültigen Abnahme der Baumaßnahme aufzubewahren.

5.3.1 Kontrollprüfungen bei Baumaßnahmen am Rhein und an großen Flüssen

Bei Baumaßnahmen am Rhein und an großen Flüssen ist in der Regel jede dritte der entnommenen Rückstellproben zu sieben und der Anteil < 10 mm zu bestimmen. Dieser Unterkornanteil darf 10 Gew.-% nicht überschreiten. Die Siebung ist nach Möglichkeit direkt am Ort der Probenahme durchzuführen. Muß die Siebung in einem Labor durchgeführt werden, so ist ein zeitliches Limit von drei Werktagen einzuhalten. Bei Nichterfüllung der Bedingungen ist unverzüglich das Herstellerwerk der Schlacken zu benachrichtigen, damit die aufgetretenen Mängel beseitigt werden können.

5.3.2 Kontrollprüfungen bei Baumaßnahmen an Kanälen, kleinen Flüssen und Baggerseen

Zusätzlich zu den unter Kapitel 5.3.1 beschriebenen Kontrollprüfungen ist bei Baumaßnahmen an Kanälen, kleinen Flüssen und Baggerseen während des Einbaus der Schlacke der pH-Wert des Gewässers regelmäßig zu messen. Die Messungen sollten etwa alle 2 Stunden im unmittelbaren Einbaubereich erfolgen. Das pH-Wert-Meßgerät muß einmal täglich kalibriert werden. Während der gesamten Einbauphase darf der pH-Wert des Gewässers den Wert von 9,5 nicht überschreiten. Besteht die Gefahr, daß dieser pH-Wert überschritten wird, ist unverzüglich der Fremdüberwacher zu benachrichtigen. Auftraggeber und Fremdüberwacher treffen gemeinsam eine Entscheidung über das weitere Vorgehen.

Die Kosten für die Kontrollprüfungen trägt der Auftraggeber.

5.4 Prüfstellen

Für die Fremdüberwachung zugelassene Prüfstellen müssen über eine Anerkennung nach RAP-Stra [29] verfügen. Die Zulassung muß sowohl die Untersuchungen der bautechnischen als auch der wasserwirtschaftlichen Merkmale beinhalten. Für die Untersuchung der wasserwirtschaftlichen Merkmale von Wasserbausteinen ist die Durchführung des in Kapitel 3.3 (siehe Anlage) beschriebenen Trogverfahrens Voraussetzung.

6. Literatur

- [1] Untersuchungen über die Eignung von LD-Schlacke für den Kolkverbau im Rhein. Zusammengestellt vom Landesamt für Wasser und Abfall NRW und vom Regierungspräsidenten Düsseldorf (Juni 1986).
- [2] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 1986 (BGBl. I S. 1529; ber. Seite 1654), zuletzt geändert durch Gesetz vom 26. August 1992 (BGBl. I S. 1564).
- [3] Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landeswassergesetz - LWG) vom 4. Juli 1979 (GV. NW. S. 488) in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. Juni 1989 (GV. NW. S. 384), zuletzt geändert durch Gesetz vom 7. März 1995 (GV. NW. S. 248).
- [4] Richtlinie für naturnahen Ausbau und Unterhaltung der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1989). Mit Runderlaß des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen vom 1.9.89 im Ministerialblatt Nordrhein-Westfalen 1989, S. 1203 eingeführt.
- [5] Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA). Entscheidungshilfe für die Wasserbehörden in den wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren. LWA-Merkblätter Nr. 7, Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1991). Mit Runderlaß des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen vom 14.5.91 im Ministerialblatt Nordrhein-Westfalen 1991, S. 863 eingeführt.
- [6] Bundeswasserstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818), zuletzt geändert durch Gesetz vom 17. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2123).
- [7] Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. März 1987 (BGBl. I S. 889), zuletzt geändert durch Gesetz vom 6. August 1993 (BGBl. I S. 1458).
- [8] Gesetz zur Sicherung des Naturhaushalts und zur Entwicklung der Landschaft (Landschaftsgesetz - LG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 1980 (GV. NW. S. 734) zuletzt geändert durch Gesetz vom 28. September 1993 (GV. NW. S. 740).

- [9] Gesetz zur Ordnung von Abgrabungen (Abgrabungsgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. November 1979 (GV. NW. S. 922), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29. April 1992 (GV.NW. S. 175).
- [10] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Februar 1990 (BGBl. I S. 205), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22. Dezember 1993 (BGBl. I , S. 2378).
- [11] DIN 52 101: Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Probenahme, März 1988.
- [12] DIN EN 932: Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen. Teil 1: Probenahmeverfahren, Entwurf März 1993.
- [13] Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau Gem. RdErl. d. Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr - III B 6-32-40 (45) - und des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - IV A3-953-26308 - vom 25.04.1991.
- [14] DIN EN 932: Teil 3: Verfahren zur Beschreibung und Petrographie. Vereinfachtes Vorgehen, Entwurf November 1993.
- [15] Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine TLW - Ausgabe 1984 - Bundesminister für Verkehr, Bonn
- [16] Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau TP Min-StB Teil 6.3.1/2/3; Korngrößenverteilung von Kies, Schotter, Splitt, Sand und Füller (Siebung), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1982.
- [17] DIN 52 102: Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Bestimmung von Dichte, Trockenrohddichte, Dichtigkeitsgrad und Gesamtporosität, August 1988.
- [18] DIN 52 115 Teil 2: Prüfung von Gesteinskörnungen; Schlagversuch an Schotter, August 1988.
- [19] DIN EN 1097 Teil 2: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen; Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung, Entwurf April 1994.
- [20] DIN 52 105: Prüfung von Naturstein: Druckversuch, August 1988.
- [21] DIN 52 106: Prüfung von Naturstein; Beurteilungsgrundlagen für die Verwitterungsbeständigkeit, November 1972.
- [22] DIN 52 103: Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Bestimmung von Wasseraufnahme und Sättigungswert, Oktober 1988.
- [23] DIN 52 104-N Teil 1: Prüfung von Naturstein; Frost-Tau-Wechsel-Versuch, Verfahren A bis Q, November 1982.
- [24] DIN EN 1367 Teil 1: Prüfverfahren für thermische und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen; Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel, Entwurf April 1994.

- [25] FGSV-Arbeitspapier Nr. 28/1 "Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen, Teil: Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit", Ausgabe Oktober 1994.
- [26] Anforderungen an die Verwendung von aufbereiteten Altbaustoffen (Recycling-Baustoffen) und industriellen Nebenprodukten im Erd- und Straßenbau aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Gem. RdErl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - IV A 3-953-26308 - und des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr - III B 6-32-15/102 - vom 30.04.1991.
- [27] DIN 18200: Überwachung (Güteüberwachung) von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten, Allgemeine Grundsätze, Dezember 1986.
- [28] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau - ZTVT-StB 86, Ausgabe 1986, Fassung 1990.
- [29] Richtlinien für die Anerkennung und Überwachung von Prüfstellen für bituminöse und mineralische Baustoffe und Baustoffgemische sowie für wasserwirtschaftliche Merkmale im Straßenbau (RAP-Stra) 1972 und RdErl. "Prüfstellen für den Straßenbau" vom 28.03.1991 des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW.

Tabelle 1: Empfehlungen für die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau aus Sicht des Gewässerschutzes

	Sohlaufhöhung/ Kolkverfüllung		Uferbefestigung	Buhnen/ Parallelwerke	
	KG A	KG 0	KG 0	KG A	KG 0
Rhein und große Flüsse	DS	x	x	DS	x
kleine Flüsse	W/F ≥ 6 MNQ $\geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$ DS	W/F ≥ 6 MNQ $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	W/F ≥ 6 MNQ $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	W/F ≥ 6 MNQ $\geq 1 \text{ m}^3/\text{s}$ DS	W/F ≥ 6 MNQ $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
Kanäle	W/F ≥ 100 DS	W/F ≥ 20	W/F ≥ 20	*)	*)
Baggerseen	*)	*)	W/F ≥ 30	*)	*)

KG = mindestens zu verwendende Korngrößenklasse

A = 10 - 60 mm; 0 = 50 - 150 mm

DS = mit 50 cm Deckschicht aus KG 0

***) = bautechnisch nicht relevant**

x = ohne Auflagen einsetzbar

**W/F = statisches Wasser/Feststoff- Verhältnis,
Angabe in m^3 Wasser/ t Schlacke**

MNQ = mittlerer Niedrigwasserabfluß

Tabelle 2: Untersuchungen im Rahmen der Güteüberwachung von Wasserbausteinen aus Stahlwerksschlacken

Lfd. Nr.	Prüfung		Prüfverfahren		Prüfhäufigkeit		
	Prüfgegenstand	Hinweis im Merkblatt	Klasse A	Klassen 0 bis II	Eignungsnachweis	Eigenüberwachung	Fremdüberwachung ¹⁾
	1	2	3	4	5	6	7
1	Gewinnung, Aufbereitung	Kap. 3.1	DIN 52101 [11] / DIN EN 932 Teil 1 [12]		x		0
	Lagerung				x		2
	Probenahme				x	m	2
	gesteinskundliche Merkmale	Kap. 3.2.1	DIN EN 932 Teil 3 [14]		x		0
	stoffliche Zusammensetzung	Kap. 3.2.1	Augenschein		x	t	2
2	Durchführung der Eigenüberwachung		Kontrolle durch die fremdüberwachende Prüfstelle		x		2
3	Reinheit und schädliche Bestandteile	Kap. 3.2.2	TLW Abschnitt 3.2, Absatz 3		x	m	2
4	Bestimmung der Abmessungen	Kap. 3.2.3	Merkblatt Kap. 3.2.3	TLW Abschn. 3.3	x	m	2
5	Trockenrohdichte	Kap. 3.2.4	DIN 52102 [17]		x		2
6	Festigkeit	Kap. 3.2.4	DIN 52115 Teil 2 [18] / DIN EN 1097 Teil 2 [19]	DIN 52105 [20]	x		2
7	Verwitterungsbeständigkeit	Kap. 3.2.5	DIN 52106 [21]				
7.1	- Frostbeständigkeit	Kap. 3.2.5.1	DIN 52103 [22]		x		2
	-- Wasseraufnahme		DIN 52104-N [23]	TLW Abschn. 3.5	x		2
	-- falls erforderl. Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel		DIN EN 1367 Teil 1 [24]				
7.2	- Raumbeständigkeit	Kap. 3.2.5.2	Merkblatt Kap. 3.2.5.2	TLW Abschn. 3.6	x	m	2
8	wasserwirtschaftliche Merkmale	Kap. 3.3	Merkblatt Kap. 3.3		x		2

1) Turnus wie angegeben, zusätzlich bei wesentlichen Änderungen

t = täglich, m = 1 mal im Monat bzw. je 5000 t

2 = 2 mal im Jahr, 0 = alle zwei Jahre

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe "Mineralstoffe im Straßenbau"
Arbeitsausschuß "Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen"

Auszug aus dem

FGSV-ARBEITSPAPIER
Nr. 28/1

Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen

Teil:

Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.

Hauptgeschäftsstelle: 50996 Köln, Konrad-Adenauer-Str. 13, Tel.: (0221) 39 70 35, Fax: (0221) 39 37 47

Geschäftsstelle Berlin: 13187 Berlin-Pankow, Parkstr. 16, Tel.: (030) 4 82 92 22, Fax: (030) 6 07 24 29

Arbeitsgruppe: "Mineralstoffe im Straßenbau"

Arbeitsausschuß: "Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen"

Leiter: Wiss.Dir. Dr.rer.nat. A. Schönfeld, Umweltbundesamt, Berlin

Mitarbeiter: Dr.-Ing. R. Bialucha, Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken, Duisburg
Dr.rer.nat. W. Degro, Ministerium für Umwelt, Saarbrücken
Prof. Dr.-Ing. Gallenkemper, Fachhochschule Münster
Dr.agr. H. Goetz, Universität Hamburg
Dipl.-Ing. F. Henkel, Bauberatung Kies- und Sandindustrie, Stuttgart
Prof. Dr.rer.nat. E. Kohler, Universität Regensburg
Prof. Dr.-Ing. K. Krass, Ruhr-Universität Bochum
Prof. Dr.-Ing. R. Leutner, Universität Stuttgart
Dr.-Ing. H.-H. Löwenstein, Bratengeier Baugesellschaft, Frankfurt
Bergass. Dipl.-Ing. K.-H. Plock, BV Naturstein-Industrie, Bonn
Dipl.-Ing. D. Regener, Fachhochschule Münster
RDir. Dipl.-Chem. P. Schaedel, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
Dr. rer. nat. H. M. Schiffner, Institut für Kalk- und Mörtelforschung, Köln
Dr.rer.nat. H. Schössner, Hygiene-Institut, Gelsenkirchen
Dr.rer.nat. G. Spanka, Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf
Dr.-Ing. Th. Wömer, Technische Universität München

Inhaltsübersicht

1. Einführung
2. Problembeschreibung
 - 2.1 Rechtliche Situation und Probleme
 - 2.2 Analytische Verfahren und Probleme
3. Prüfung
 - 3.1 Probenahme, -lagerung und -vorbereitung
 - 3.2 Auslaugung
 - 3.2.1 Modifiziertes Schüttelverfahren nach DIN 38 414
 - 3.2.2 Trogverfahren
 - 3.2.3 Perkolationsverfahren (in Vorbereitung)
 - 3.2.4 pH-stat-Verfahren (in Vorbereitung)
 - 3.3 Feststoffuntersuchungen
 - 3.4 Eluatbehandlung und Analysenverfahren
 - 3.4.1 Eluatbehandlung
 - 3.4.2 Analysenverfahren
 - 3.4.3 Auswertung
4. Grenzwerte
5. Empfehlungen für die Praxis
6. Literatur

Anhang

3.2.2 Trogverfahren

Kurzbeschreibung des Verfahrens

Nach dem Verfahren können ungebundene unverdichtete Mineralstoffe sowie gebundene oder verfestigte Probekörper untersucht werden [21]. Das Untersuchungsmaterial befindet sich in einem Siebeinsatz und wird in einem Trog ausgelaugt (siehe Bild 1).

Das Eluent-/Feststoff-Verhältnis von 10:1 und die Elutionszeit von 24 Stunden entsprechen den Randbedingungen des DEV-S4-Verfahrens. Das Wasser wird durch einen Magnetrührer bewegt.

Geräte und Prüfmittel

- Untergestell für den Trog (z.B. Metallrahmen oder zwei Hebebühnen)
- Magnetrührwerk mit elektronischer Drehzahleinstellung (z.B. IKAMAG RCT)
- Magnetrührstab (Eiförmig, Länge rd. 50 mm, Teflonmantel)
- Demineralisiertes Wasser

Trog gemäß Bild 1 mit folgenden Vorgaben:

Elution organischer Substanzen

- Einteiliges Glasbecken, Außenmaße ca.: Höhe 400 mm, Länge 300 mm, Breite 250 mm (z.B. Firma Wertheim, Wertheim)
alternativ: zylindrisches Glasgefäß, Maße ca.: \varnothing 310 mm, Höhe 400 mm (z.B. Firma Behr, Düsseldorf)
- Abdeckung für das Becken
- Siebeinsatz aus Edelstahl oder Teflon, Maschenweite 2 mm, Abmessungen: Höhe 50 mm, Abstand vom Beckenrand ca. 20 mm

Elution anorganischer Substanzen

- Einteiliges Glasbecken (siehe oben) oder Becken aus Polypropylen, Außenmaße ca.: Höhe 400 mm, Länge 300 mm, Breite 250 mm
- Abdeckung für das Becken
- Siebeinsatz aus Polypropylen oder Teflon, Maschenweite 2 mm, Abmessungen: Höhe 50 mm, Abstand vom Beckenrand ca. 20 mm

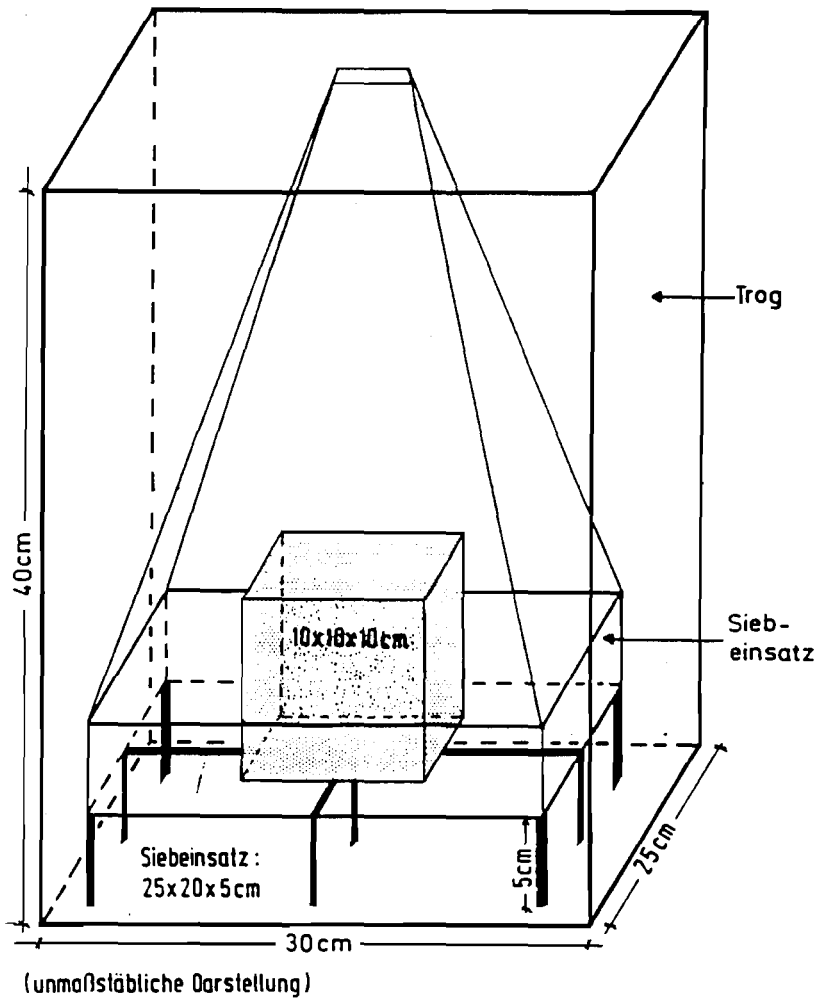


Bild 1: Trog mit Siebeinsatz

Proben

Für die Auslaugung ungebundener unverdichteter Materialien im Trogversuch ist eine Probemenge von rund 2000 g erforderlich.

Für gebundene bzw. verfestigte Materialien sind in Tabelle 1 geeignete Probekörper und Probekörperabmessungen zusammengefaßt. Hinweise auf die Herstellung der Probekörper sind den Literaturangaben in Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Geeignete Probekörper für gebundene bzw. verfestigte Materialien

* Probekörper (Bezeichnung)	Abmessungen (mm)	Volumen (cm ³)	Mantel- fläche (cm ²)	Volumen / Mantelfläche (cm)
Marshall- probekörper [22, 23, 24]	Ø = 101,6 ± 0,1 h = 63,5 ± 2,5	515	365	1,41
Proctorkörper [25, 26]	Ø = 100 h = 120	942	534	1,77
10 cm-Würfel [27]	100 x 100 x 100	1000	600	1,67

* Die Auswahl der Probekörper erfolgte nach dem Gesichtspunkt, daß das Verhältnis von Volumen zu Mantelfläche bei allen Probekörpern möglichst ähnlich ist.

Eluatgewinnung

Die Becken werden derart auf das Untergestell plaziert, daß mittig ein Magnetrührwerk unter das Becken gestellt werden kann. Nach dem Einbringen des Magnetrührstabes und der 10fachen Menge an vollentsalztem Wasser, bezogen auf die Trockenmasse der Probe in kg, wird der Siebeinsatz direkt über dem Elutionsbecken fixiert. Zu eluierendes ungebundenes, unverdichtetes Material wird dann gleichmäßig auf dem Siebeinsatz verteilt. Gebundene oder verfestigte Probekörper werden mittig auf den Siebeinsatz gestellt. Anschließend wird der Siebeinsatz so in das Elutionsbecken eingesetzt, daß der Abstand zu den Gefäßwänden gleich ist. Dies muß zum möglichst vollständigen Entlüften des Materials langsam erfolgen. Bei der Anordnung der Probe im Siebeinsatz ist sicherzustellen, daß die Wasserüberdeckung mindestens 2 cm beträgt.

Es kann notwendig werden, zwei Probekörper einzusetzen, um die erforderliche Wasserüberdeckung zu gewährleisten. In diesem Fall sind die beiden Probekörper symmetrisch auf den Siebeinsatz zu stellen. Anschließend wird das Elutionsbecken abgedeckt und das Magnetrührwerk auf eine Drehzahl von rd. 500/min eingestellt. Die Elutionszeit beträgt 24 Stunden.

3.4 Eluatbehandlung und Analysenverfahren

3.4.1 Eluatbehandlung

Die Trennung von Eluat und Probe hat unmittelbar nach Beendigung des Versuchs zu erfolgen. Nach 10minütigem Absetzen der Grobanteile und anschließendem Dekantieren ist das trübe Eluat

- zu zentrifugieren, wenn organisch-chemische Parameter (z.B. Phenolindex) zu bestimmen sind,
- durch einen Membranfilter, Porenweite 0,45 µm zu filtrieren, wenn anorganische Parameter sowie pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit zu bestimmen sind.

Beim Zentrifugieren ist das Eluat 10 min bei einer relativen Zentrifugalbeschleunigung von 3000 g von Schwebstoffen zu befreien. Das Material des Zentrifugenbeckers muß eine Beeinflussung des Analyseergebnisses ausschließen. Das Filtrat bzw. Zentrifugat ist umgehend zu analysieren, anderenfalls ist es zu konservieren.

3.4.2 Analysenverfahren

Die im folgenden aufgeführten Analysenverfahren gelten als Referenzverfahren.

Eluatanalysen

pH-Wert	DIN 38404-Teil 5	(DEV-C5)	(Jan. 1984)
elektr. Leitfähigkeit	DIN EN 27888		(Nov. 1993)
Chrom gesamt (Cr ges)	DIN 38406-Teil 22	(DEV-E22)	(März 1988)
bzw.	DIN 38406-Teil 10-2	(DEV-E10)	(Juni 1985)

3.4.3 Auswertung

Der Massenanteil des eluierten Stoffes, bezogen auf die Trockenmasse der Probe, wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$M_e = \frac{K \cdot V}{m_{tr}}$$

Hierin bedeuten

M_e = Massenanteil des eluierten Stoffes, bezogen auf die Trockenmasse der Probe in mg/kg

K = Massenkonzentration des eluierten Stoffes im Eluat in mg/l

V = Volumen des eingesetzten Elutionsmittels in l

m_{tr} = Trockenmasse der eingewogenen Probe in kg
(das Trockengewicht wird durch separate Untersuchung einer Parallelprobe ermittelt).

Seit 1. April 1994 sind bisher folgende Merkblätter im Landesumweltamt NRW erschienen:

1	Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Bodenproben	15,00 DM
2	Betrieb und Unterhaltung von mechanisch-biologischen Kläranlagen	15,00 DM
3	Abwasserbeseitigung im Außenbereich (Kleinkläranlagen)	15,00 DM
4	Leitfaden für die Abwicklung der Luftreinhalteplanung in NRW	15,00 DM
5	Leitfaden für die Vorgehensweise bei akuten Dioxin-Schadensfällen	15,00 DM
6	Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Böden, Schlämmen, Sedimenten und Abfällen	15,00 DM
7	Anforderungen an die Verwendung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau	15,00 DM

Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen
