

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Höfener, Horst

Verwendung von Filteraschen für Abdichtungszwecke

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106127>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Höfener, Horst (1974): Verwendung von Filteraschen für Abdichtungszwecke. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 33. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 105-124.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Verwendung von Filteraschen für Abdichtungszwecke

Ing. Horst Höfener

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	107
2. Allgemeines	107
3. Verwendung von Tonsuspension und Filterasche für Abdichtungszwecke nach dem Einschlämmverfahren	108
3.1. Verwendete Abdichtungsmaterialien	108
3.2. Durchgeführte Laborversuche	111
3.3. Beschreibung der Versuchseinrichtungen	111
3.4. Bemessung des Abdichtungsmaterials für 1 m ² Dichtungsfläche	111
3.5. Verwendetes Untergrundmaterial	112
3.6. Versuchsaufbau	112
3.7. Versuchsergebnisse	115
4. Durchlässigkeitsversuche zur Einsparung von Tonmehl mit verdichteten Filteraschen	119
4.1. Filterasche aus Klingenberg	119
4.2. Filterasche aus Lübbenau	119
5. Abbindevermögen der Aschen	121
6. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	123

1. Einleitung

Im Rahmen der von der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau (FAS) durchgeführten Untersuchungen zur Weiterentwicklung von Abdichtungsverfahren wurde auch die Verwendung von Filteraschen für Abdichtungszwecke mit dem Ziel überprüft, nach Möglichkeit natürliches Dichtungsmaterial einzusparen und durch Asche zu ersetzen. Die Aufgabenstellung sah vor, daß sich die Verwendung der Asche sowohl auf den Unterwassereinbau nach dem Einschlämmverfahren als auch auf den Einbau im Trockenen nach der traditionellen Bauweise erstrecken sollte.

2. Allgemeines

Für die Abdichtung von Schifffahrtskanälen und Haltungen mit stehendem oder langsam fließendem Wasser hat sich das Einschlämmverfahren für den Unterwassereinbau von Dichtungsschichten gut bewährt. Es besteht im Prinzip darin, daß auf die entsprechend vorbereiteten Planumsflächen der Sohle und der Böschungen eines Kanal- oder Flußbettes eine Schotterschicht aufgebracht wird. Diese Schotterschicht stellt das sogenannte Stützgerüst des Dichtungselementes dar. Die Hohlräume des Stützgerüstes werden mit Dichtungsmaterial zugeschlämt, und anschließend wird eine Deckschicht aus Sand aufgebracht. Auf den Böschungen ist noch eine Lage Schotter und Schüttsteine als Schutzschicht vorzusehen.

Als besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist hervorzuheben, daß die Abdichtungsmaßnahmen bei gefüllter Haltung unter Aufrechterhaltung der Schifffahrt durchgeführt werden können. Ferner wird durch die Verwendung des Schottergerüstes die Standsicherheit der Böschungen bezüglich Abrutschens der Dichtungs-, Deck- und Schutzschicht gegenüber den herkömmlichen Dichtungsverfahren bedeutend erhöht. Bei Einschlämmungen ohne Verwendung eines Stützgerüstes müßten die Böschungen bedeutend flacher gestaltet werden.

Als Dichtungsmaterial wurde in der Praxis bisher nur Tonmehl verwendet, welches als Schlämme bzw. Suspension aufbereitet in die Hohlräume des Schotters eingebracht wurde. Da Tonmehl in der

gesamten Bauwirtschaft und in anderen Industriezweigen verwendet wird und der Bedarf ständig steigt, ist es entsprechend knapp und in der Anschaffung relativ teuer. Es ist unschwer einzusehen, daß sich das Einschlammverfahren noch rationalisieren läßt, wenn an Stelle von Tonmehl ein Gemisch aus Tonmehl und den leicht und billig zu beschaffenden Filteraschen verwendet werden kann.

Ökonomisch gesehen ist die Verwendung von Tonmehl für den beschriebenen Verwendungszweck nicht gerechtfertigt, da der mit erheblichem Energieaufwand durchzuführende Wasserentzug bei der Trocknung des Tones beim Aufschlännen wieder rückgängig gemacht werden muß.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist deshalb die Verwendung von Rohton und anderen Dichtungsmaterialien, die für eine Aufbereitung geeignet sind, zu befürworten. Die für die Aufbereitung erforderlichen Technologien müssen noch entwickelt werden. An der Lösung dieser Aufgabe wird in Auswertung bisheriger Erfahrungen z.Z. gearbeitet. Um das relativ teure Tonmehl teilweise ersetzen zu können, wurden Versuche zur Verwendung der in den Kraftwerken der DDR reichlich anfallenden Filteraschen durchgeführt.

3. Verwendung von Tonsuspension und Filterasche für Abdichtungszwecke nach dem Einschlammverfahren

3.1. Verwendete Abdichtungsmaterialien

Als bindiges Dichtungsmaterial wurde sogenannter Werbellinseeton aus dem Tonwerk Joachimsthal in Form von Tonmehl verwendet. Mineralogisch gesehen stellt dieser Ton eine Mischung aus Montmorillonit, Illit und Kaolinit dar. Auf Grund seiner Kornverteilung kann er als schluffiger Ton angesprochen werden. Seine erdstoffphysikalischen Werte kennzeichnen ihn als durchaus für Abdichtungszwecke geeignetes Material (Bild 1).

Die für die Versuche verwendeten Filteraschen zur Einsparung von Tonmehl stammen aus den Kraftwerken Klingenberg und Lützenau Werk II. Bei diesen Aschen handelt es sich um Aschengemische mit Anteilen aus der Vor-, Mittel-, Naoh- und Rauchgasreinigung (Bild 2). Sie werden unter der Bezeichnung Silomischungen abgebe-

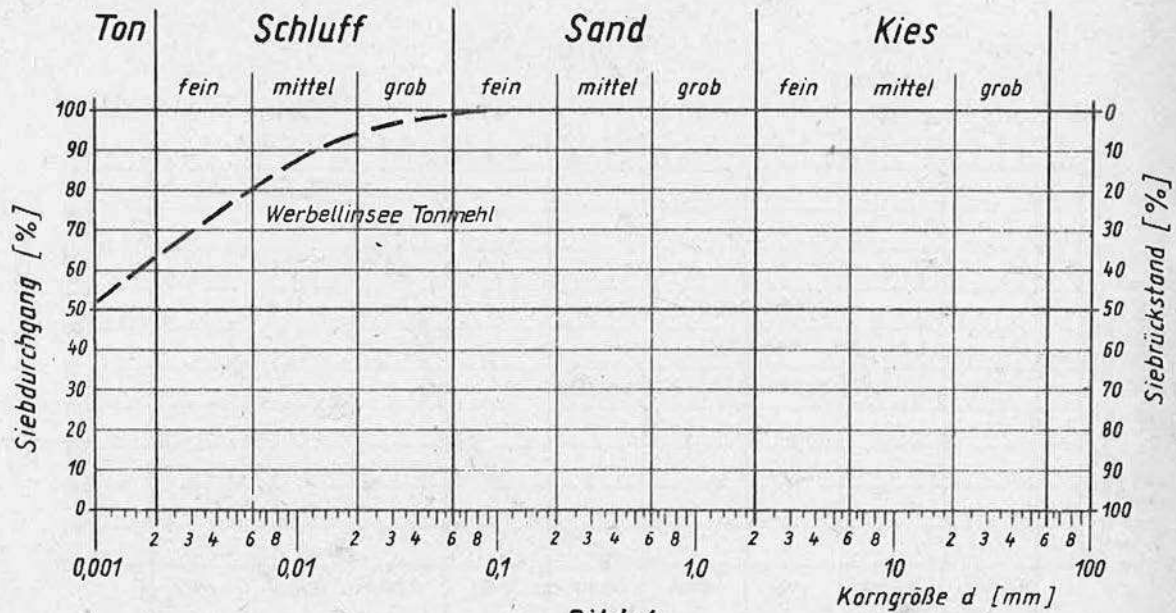


Bild 1

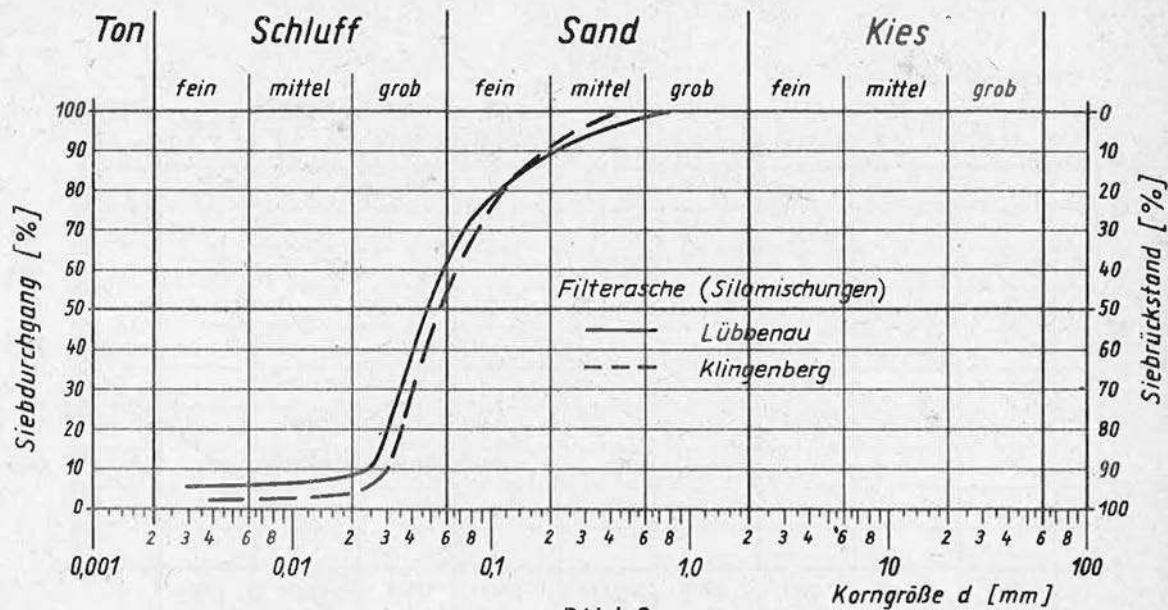


Bild 2

3.2. Durchgeführte Laborversuche

Mit dem o.g. Tonmehl und den Tonmehl-Filteraschegemischen - aufbereitet zu Suspensionen - sind entsprechende Durchlässigkeits- und Absetzversuche durchgeführt worden. Dabei wurden neben der Ermittlung der k -Werte auch die Absetzgeschwindigkeiten und die Absetzhöhen der Dichtungsmaterialien bestimmt sowie die Eindringtiefe der Feinstteile in den Sand des Untergrundes gemessen.

3.3. Beschreibung der Versuchseinrichtungen

Für die Durchführung dieser Versuche wurde ein Spezialdurchlässigkeitsgerät (Stahlzylinder) mit 1300 cm^2 Grundfläche und $3,0 \text{ m}$ Höhe verwendet. Diese Einrichtung hat den Vorteil, daß die gesamte Querschnittsfläche als Abflußöffnung für Sickerwasser genutzt werden kann und macht es möglich, daß annähernd die natürlichen Verhältnisse der Praxis im Labor simuliert werden können.

Der Boden dieses Gerätes ist als Gitterrost ausgebildet und mit einer Klappe wasserdicht verschließbar. Auf diesem Gitterrost erfolgt nach dem Anordnen eines Filters aus Filtergaze der Einbau des Versuchsmaterials. Die Wasserspiegelhöhe während der Versuche betrug $2,2 \text{ m}$ und wurde konstant gehalten.

Als weiteres Versuchsgerät kam ein Glaszylinder mit 250 cm^2 Querschnittsfläche und $2,0 \text{ m}$ Höhe zum Einsatz, dessen Boden ebenfalls ein Gitterrost bildet. Die Wasserspiegelhöhe während der Versuche mit diesem Gerät betrug $1,6 \text{ m}$ und wurde ebenfalls konstant gehalten.

3.4. Bemessung des Abdichtungsmaterials für 1 m^2 Dichtungsfläche

Die für alle Versuche verbindlich festgelegte Dichtungsmaterialmenge betrug 40 kg/m^2 Dichtungsfläche und stützt sich auf die in der Praxis mit dem Einschlammverfahren bereits gesammelten Erfahrungen. Aus dieser Bezugsgröße errechnen sich unter Berücksichtigung

sichtigung der Abmessungen der jeweils verwendeten Versuchseinrichtungen für den Einzelversuch die erforderlichen Materialmengen:

Durchlässigkeitsgerät mit
 $F = 1300 \text{ cm}^2$ Grundfläche
(Stahlzylinder)

= 5,2 kg Dichtungsmaterial

Durchlässigkeitsgerät mit
 $F = 250 \text{ cm}^2$ Grundfläche
(Glaszylinder)

= 1,0 kg Dichtungsmaterial.

3.5. Verwendetes Untergrundmaterial

Als Untergrundmaterial ist bei allen hier beschriebenen Versuchen ein fein- bis grobsandiger Mittelsand (Bild 3) verwendet worden, weil dieser häufig vorkommt.

Die für diesen Sand ermittelte Durchlässigkeit ergab Werte von $k = 1 \text{ bis } 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Durch weitere Versuche wurde gefunden, daß die im Bild 4 dargestellte Kornverteilungskurve gewissermaßen als Grenzkurve für den noch zulässigen Korngrößenbereich des Untergrundmaterials angesehen werden kann.

Liegt die Kornverteilung des Untergrundes rechts von dieser Kurve, so kommt es zur Kolmation und Ausspülung von Feinstteilchen des Dichtungsmaterials und einer damit verbundenen unzureichenden Abdichtungswirkung; z.B. wurden bei den Versuchen mit solchen Materialien folgende k -Werte für die Sand- und Dichtungsschicht ermittelt:

$k = 3 \text{ bis } 8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

3.6. Versuchsaufbau

In das Versuchsgerät (Stahlzylinder $F = 1300 \text{ cm}^2$ Grundfläche) wurde der unter Punkt 3.5. beschriebene Sand (Bild 3) mit einer Schichtdiöke von 30 cm als Untergrund eingebaut.

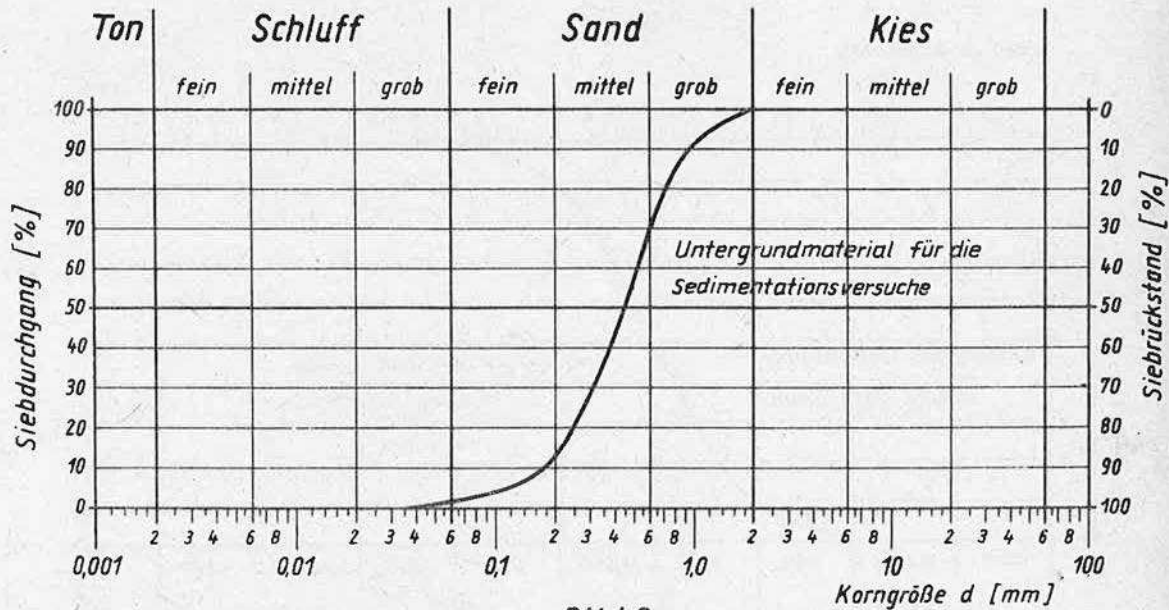


Bild 3

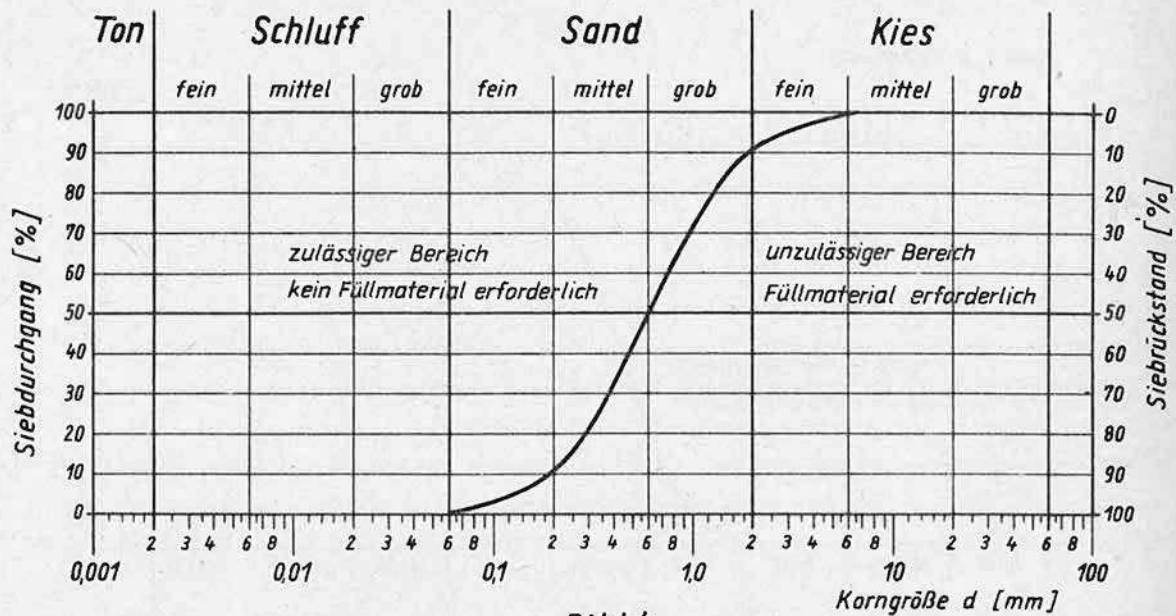


Bild 4

Darauf folgte eine 15 cm dicke Schotterschicht mit Korndurchmessern 30/70 mm, die das sogenannte Stützgerüst der Dichtungsschicht darstellt. Die Hohlräume dieser Schotterschicht wurden mit Dichtungsmaterial zugeschlämmt.

Die Wasserspiegelhöhe lag bei 2,2 m und wurde während der Versuchsdauer konstant gehalten.

In den Glaszylinder ($F = 250 \text{ cm}^2$ Grundfläche) wurde der gleiche Sand als Untergrundmaterial eingebracht. Die Schichtdicke betrug ebenfalls 30 cm. Der Einbau der Schotterschicht entfiel bei diesen Versuchen, weil die Querschnittabmessung des Gerätes für den Schottereinbau nicht geeignet ist.

Der Wasserspiegel wurde 1,60 m hoch angestaut und blieb während der Versuchsdauer konstant.

3.7. Versuchsergebnisse

Durch entsprechende Vorversuche wurden für die Aschen aus Klingenberg und Lübbenau ohne Tonmehlzugabe die Durchlässigkeitswerte bestimmt. Sie betragen $k = 1 \text{ bis } 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Die nach weiteren zahlreichen Versuchen gefundenen Mischungen aus Tonmehl und Asche, die für eine Anwendung in der Praxis geeignet erscheinen, haben folgende Zusammensetzungen:

50 % Siloasche aus Klingenberg + 50 % Werbellinsee-Tonmehl

60 % Siloasche aus Lübbenau + 40 % Werbellinsee-Tonmehl

(Bild 5 und 6).

Für die Durchlässigkeitsversuche mit eingebauter Schotterschicht wurden entsprechend den Rezepturen dieser Mischungen jeweils 5,2 kg Material ($\hat{=} 40 \text{ kg/m}^2$ Dichtungsfläche) als Suspension aufbereitet und gleichmäßig über die Oberfläche verteilt, in das 2,2 m hoch angestaute Versuchsgerät (Stahlzylinder) eingegossen. Die Durchlässigkeiten verringerten sich nach den Zugaben der Dichtungsmaterialien sehr schnell. Nach etwa 3 Stunden hatten sich die Partikel der Tonmehl-Asche-Gemische in den Hohlräumen der Schotterschicht abgesetzt. Ausspülungen von Feinstteilen konnten während der gesamten Versuchsdurchführungen nicht festgestellt werden. Die für beide Mischungen ermittelten k -Werte la-

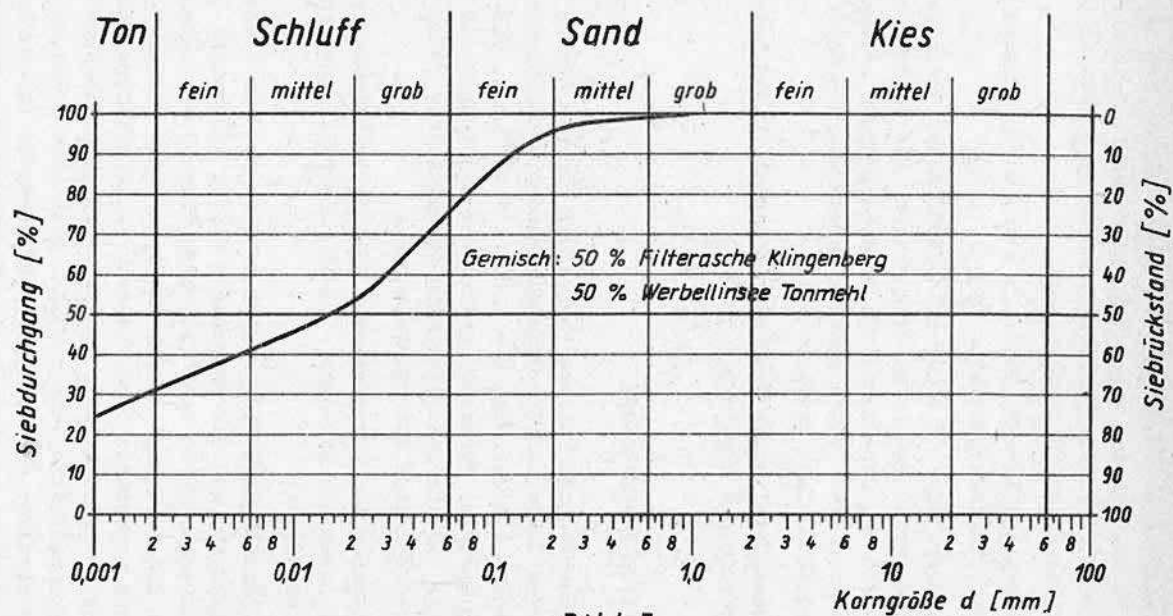


Bild 5

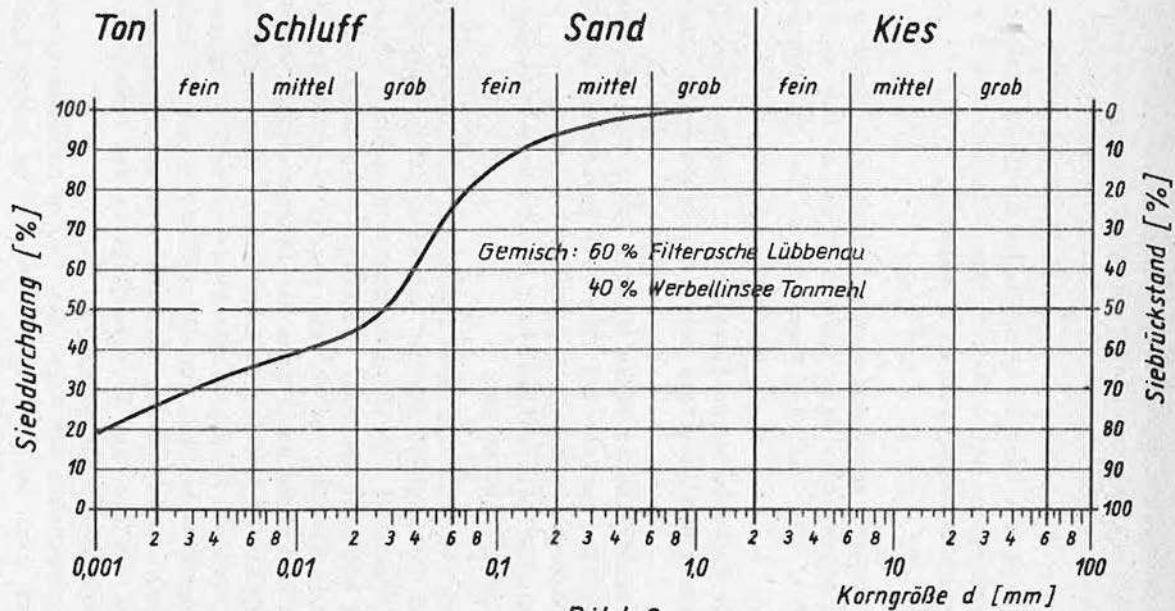


Bild 6

gen in den Grenzen von 1,5 bis $3 \cdot 10^{-7}$ m/s. Damit ist eine beträchtliche Verbesserung der Abdichtungswirkung gegenüber dem unabgedichteten Untergrund erreicht worden, dessen Durchlässigkeitsbeiwerte mit $k = 1$ bis $3 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt worden sind.

Bei den unter gleichen Versuchsbedingungen durchgeführten Durchlässigkeitsbestimmungen mit aufbereitetem Tonmehl ohne Aschezugabe wurden folgende Werte gemessen:

$k = 9,17 \cdot 10^{-8}$ m/s bis $2,15 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Der Vergleich dieser Versuchsergebnisse zeigt, daß durch die Verwendung von Filterasche eine Einsparung von 50 bis 60 % Tonmehl möglich ist, ohne daß eine Verminderung der Abdichtungswirkung eintritt.

Beim Ausbau der Versuche wurde festgestellt, daß der Verfüllungsgrad der Hohlräume des Schotterers mit Dichtungsmaterial einwandfrei war.

Auf den Schotteroberflächen bildeten sich keine zusammenhängenden Schmierschichten aus, so daß eine gute Verzahnung des Schotterers mit der Deckschicht aus Sand gewährleistet ist.

Die Konsistenzen der eingeschlammten Tonmehl-Asche-Gemische können als steif bezeichnet werden.

Parallel zu den oben beschriebenen Versuchen wurden noch weitere im Glaszylinder ohne Schottergerüst auf einer Sandschicht als Untergrund durchgeführt. Die Dichtungsmaterialzugaben betragen dabei 1 kg und entsprachen damit ebenfalls einer Menge von 40 kg/m^2 Dichtungsfläche. Der Vorteil dieser Versuche bestand darin, daß man die einzelnen Phasen der Absetzvorgänge durch die Glaswandungen hindurch beobachten konnte. Auch hier wurde festgestellt, daß sich die Tonmehl-Asche-Gemische nach 3 Stunden fast völlig abgesetzt hatten. Für die sedimentierten Dichtungsmaterialien wurden Schichtdicken zwischen 4,5 und 5 cm gemessen. Die Eindringung der Ton- und Aschepartikel in den Porenraum des Untergrundes war gering und betrug ≈ 3 mm.

Die ebenfalls gemessenen Setzungen der frisch sedimentierten Dichtungsschicht nach dem Aufbringen einer 30 cm dicken Abdeckschicht ergaben Beträge von nur 2 bis 3 mm, die als unbedeutend anzusehen sind.

4. Durchlässigkeitsversuche zur Einsparung von Tonmehl mit verdichteten Filteraschen

4.1. Filterasche aus Klingenberg

Bei diesen Versuchen wurde die Abdichtungswirkung von verdichteten Aschen bzw. Tonmehl-Asche-Gemischen untersucht. Die Asche aus Klingenberg wurde mit der Standarddichte verdichtet und ihre Durchlässigkeit bestimmt. Sie betrug

$$k = 1 \text{ bis } 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s.}$$

Durch die Zumischung von 10 % Werbellinsee-Tonmehl zur Asche wurde eine Verringerung des k-Wertes bis auf $7 \cdot 10^{-8}$ m/s erreicht.

Bereits eine Zugabe von nur 30 % Werbellinsee-Tonmehl zur Asche ergab Durchlässigkeitsbeiwerte von

$$k = 3,8 \text{ bis } 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ m/s.}$$

Bei einer Tonmehlzugabe von 40 % zur Asche wurden k-Werte von $1,5$ bis $2,4 \cdot 10^{-9}$ m/s ermittelt (Bild 7).

Alle Versuche wurden bei einer Druckhöhe von 4 m und einem hydraulischen Gefälle $i = 40$ durchgeführt.

Der für die Mischung

70 % Asche + 30 % Werbellinsee-Tonmehl

ermittelte Reibungsbeiwert beträgt $\mu = 0,58$.

Diese Mischung kann für die Anwendung in der Praxis empfohlen werden.

4.2. Filterasche aus Lübbenau

Die Filterasche aus dem Kraftwerk Lübbenau wurde ebenfalls mit der Standarddichte verdichtet. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte betragen

$$k = 1 \text{ bis } 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s.}$$

K [m/s]

5 · 10⁻⁷1 · 10⁻⁷5 · 10⁻⁸1 · 10⁻⁸5 · 10⁻⁹1 · 10⁻⁹

100

0

90

30

80

20

70

30

60

40

50

50

Asche

Tonmehl

Anteil [%]

Bild 7

Abhängigkeit des K - Wertes
vom Mischungsverhältnis Tonmehl - Asche
bei Standarddichte

Tonmehl + Asche aus Klingenberg

Tonmehl + Asche aus Lübbensau

Die Zumischung von nur 10 % Werbellinsee-Tonmehl zur Asche erbrachte schon k -Werte von 3 bis $3,5 \cdot 10^{-9}$ m/s. Der Reibungsbeiwert hatte die Größe von $\mu = 0,76$.

Diese Mischung kann für die Anwendung in der Praxis empfohlen werden.

Bei der Zugabe von 20 % Werbellinsee-Tonmehl zur Asche lagen die Durchlässigkeitsbeiwerte in den Grenzen von

$k = 9 \cdot 10^{-10}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Bild 7).

Der für diese Mischung ermittelte Reibungsbeiwert betrug

$\mu = 0,70$.

Die Durchführung der Versuche erfolgte bei einer Druckhöhe von 4 m und einem hydraulischen Gefälle $i = 40$.

5. Abbindevermögen der Aschen

Bei den durchgeführten Absetz- und Durchlässigkeitsversuchen nach dem Einschlämmverfahren wurden an den Filteraschen aus den Kraftwerken Klingenberg und Lübbenau keine Abbindeerscheinungen festgestellt.

An den verdichteten Proben mit Aschen aus Klingenberg wurden die gleichen Feststellungen auch gemacht. Im Gegensatz dazu wiesen die verdichteten Ascheproben aus Lübbenau Verfestigungserscheinungen auf.

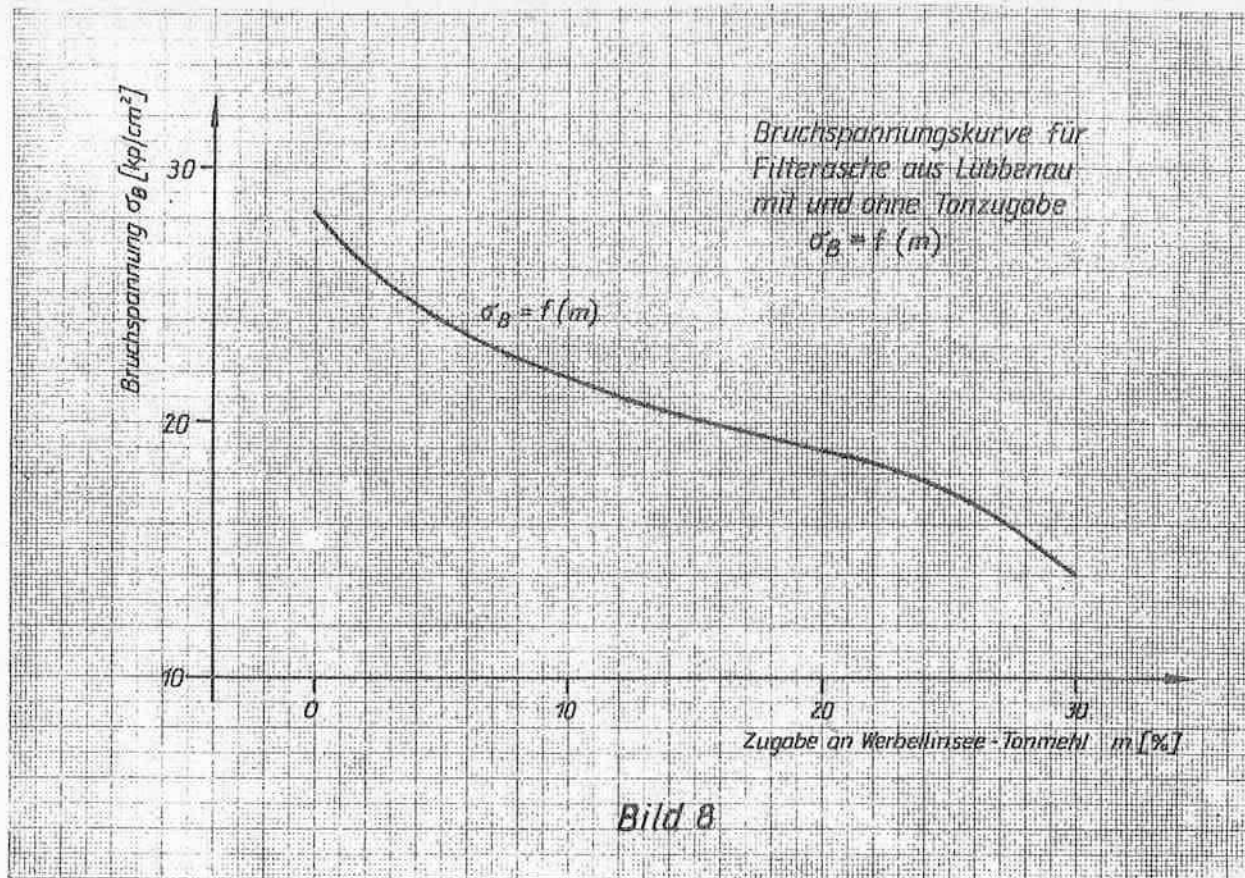
Um eine konkrete Aussage über die Höhe des Verfestigungsgrades machen zu können, wurden mit reiner Asche und Tonmehl-Asche-Mischungen mit 10, 20 und 30 % Tonmehlzugaben Proben hergestellt, nach Proctor verdichtet und 28 Tage unter Wasser gelagert.

Danach wurde die Bruchfestigkeit σ_{B28} ermittelt (Bild 8).

Diese betrug:

100 % Asche (Lübbenau)	$\sigma_{B28} = 28 \text{ kp/cm}^2$
90 % Asche + 10 % Werbellinsee-Tonmehl	$\sigma_{B28} = 22 \text{ kp/cm}^2$
80 % Asche + 20 % Werbellinsee-Tonmehl	$\sigma_{B28} = 19 \text{ kp/cm}^2$
70 % Asche + 30 % Werbellinsee-Tonmehl	$\sigma_{B28} = 14 \text{ kp/cm}^2$

Mit zunehmendem Tonanteil nimmt die Bruchfestigkeit ab.



Die gleiche Asche wies im unverdichteten Zustand nach 28 Tagen Unterwasserlagerung keine Verfestigungserscheinungen auf.

6. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Als Ergebnis der von der Forschungsanstalt durchgeführten Untersuchungen kann abschließend festgestellt werden, daß für Abdichtungsmaßnahmen nach dem Einschlämmverfahren Filteraschen zur Einsparung von Tonmehl verwendet werden können.

Die erforderliche Gesamtdichtungsmaterialmenge muß mindestens 40 kg/m^2 Dichtungsfläche betragen.

Folgende Mischungen können für den Einsatz in der Praxis empfohlen werden:

50 % Siloasche aus Klingenberg + 50 % Werbellinsee-Tonmehl

60 % Siloasche aus Lübbenau + 40 % Werbellinsee-Tonmehl.

Die mit diesen Mischungen erreichten Durchlässigkeitsbeiwerte betragen

$k = 1,5 \text{ bis } 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.

Für den Einbau im Trockenbau wurden mit verdichteten Aschen bzw. Tonmehl-Asche-Mischungen folgende Ergebnisse erzielt:

Asche aus Klingenberg

100 % Asche $k = 1 \text{ bis } 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

90 % Asche + 10 % Werbellinsee-Tonmehl
 $k = 7 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

70 % Asche + 30 % Werbellinsee-Tonmehl
 $k = 3,8 \text{ bis } 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

60 % Asche + 40 % Werbellinsee-Tonmehl
 $k = 1,3 \text{ bis } 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

Asche aus Lübbenau

100 % Asche $k = 1 \text{ bis } 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

90 % Asche + 10 % Werbellinsee-Tonmehl
 $k = 3 \text{ bis } 3,5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

80 % Asche + 20 % Werbellinsee-Tonmehl
 $k = 9 \cdot 10^{-10} \text{ bis } 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$

Wie aus den Versuchen zu ersehen ist, können durch die Verwendung von Filteraschen für Abdichtungszwecke erhebliche Mengen an Tonmehl eingespart werden. Diese Einsparungen haben für das Einschlämmverfahren bis zu 60 % und beim Einbau von verdichtetem Material bis zu 90 % ergeben. Es ist zu vermuten, daß sich bei der Verwendung anderer Tonmehle und Aschen ähnlich günstige Ergebnisse einstellen werden.