

Baustoffliche Verwertung und Umweltverträglichkeit von Elektroofenschlacke

– Langzeitstudie am Beispiel der B16 –

Georg Geißler, Alexandra Ciocea und Tanja Raiger

| | | |
|--------|--------------------------------------|-----|
| 1. | Das Produkt EloMinit | 354 |
| 2. | Anwendung..... | 356 |
| 2.1. | Straßenbau | 356 |
| 2.2. | Deponiebau..... | 358 |
| 2.3. | Industriebau..... | 359 |
| 2.4. | Zuschlag in Industriebaustoffen..... | 360 |
| 2.4.1. | Ziegeleien | 360 |
| 2.4.2. | Dämmstoffe..... | 360 |
| 2.5. | Strahlmittel..... | 360 |
| 2.6. | Strahlenschutz | 361 |
| 2.7. | Wannenbau | 361 |
| 2.8. | Weitere Anwendungsmöglichkeiten..... | 362 |
| 3. | Quellen | 363 |



Bild 1: Aufnahme der Aufbereitungsanlage 2014

Die Max Aicher Umwelt GmbH ist ein Unternehmen der Max Aicher Unternehmensgruppe. Das Unternehmen ist auf die Verwertung von Reststoffen sowie der Aufbereitung und Verwertung von Schlacken spezialisiert.

Zur Veredelung der Elektroofenschlacke (EOS) werden eine ortsfeste, sowie nach Bedarf zwei mobile Siebanlagen eingesetzt. Damit können etwa 2.000 Tonnen EOS pro Tag in unterschiedlichen Körnungen nach Kundenwünschen hergestellt werden.

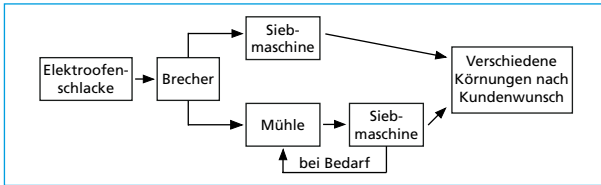


Bild 2:

Aufbereitungsprozess für Elektroofenschlacke

Bild 2 zeigt den Aufbereitungsprozess. Das Vormaterial mit einem Größtkorn von etwa 150 mm wird mit einem Radlader durch den Aufgabetrichter auf das Förderband der feststehenden Siebanlage gegeben, auf dem mit Überbandmagneten eisenhaltiger Schrott abgetrennt wird. Anschließend wird das Material mit einem Prallbrecher zerkleinert. Durch die Möglichkeit eines variablen Deckbetriebes der Siebeinheit können je nach Bedarf die Körnungen 0/32 und Überkorn (> 32 mm) oder 0/16, 16/32 und Überkorn hergestellt werden.

Aus dem Überkorn wird erneut Schrott abgetrennt, in einer Mühle zerkleinert und weiterverarbeitet. Seit Herbst 2011 werden zwei mobile Siebanlagen eingesetzt, die eine zweite ortsfeste Produktionslinie ersetzen. Diese können nach Bedarf kombiniert oder auch einzeln eingesetzt werden und erhöhen mit einem Durchsatz von insgesamt etwa 250 Tonnen pro Stunde die Produktionsflexibilität und -kapazität. Mit den Zwei- und Dreieck-Siebanlagen kann eine breite Produktpalette unterschiedlicher Körnungen hergestellt werden.

1. Das Produkt EloMinit

Nachdem die Elektroofenschlacke durch Abkühlung und Aufbereitung so behandelt wurde, dass sie die erforderlichen bautechnischen Eigenschaften durch Prozesssteuerung mit Qualitätskontrolle (Fremdüberwachung) aufweist, wird sie zum marktfähigen Baustoff. Die Produktion verschiedener Standardkörnungen (Tabelle 1) nach Kundenwunsch ist möglich.

Tabelle 1: Standardkörnungen von EloMinit für unterschiedliche Anwendungen

| Bezeichnung | Körnungen mm | Anwendungsmöglichkeiten, z.B. |
|---------------------|------------------------------|--|
| Dammschüttmaterial | 0/63, 0/100 | Deponiebau, Straßenbau |
| Frostschutzmaterial | 0/16, 0/32 | Straßenbau, Deponiebau |
| Schotter | 0/32 | Deponie- und Straßenbau, Betonzuschlag, Beschwerungsmaterial |
| Splitt | 0/16, 16/32 | Deponie- und Straßenbau |
| Edelsplitt | 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 | Zuschlag in Industriebaustoffe, Asphalt, Bodenplatten |
| Brechsand | 0/3 | Zuschlag in Industriebaustoffe |

Die hier dargestellten Prüfergebnisse beziehen sich auf die EOS der Lech-Stahlwerke, nach Aufbereitung. Die Werte des chemischen Analyseverfahrens sind dem Fremdüberwachungsbericht von Januar 2014 entnommen.

Die aufbereitete Schlacke ist geruchslos und ähnelt wegen ihres porösen Aussehens erkalteter Lava. Es handelt sich um ein Schmelzgestein, das natürlichem Gestein ähnlich ist. Im Vergleich mit Naturgestein weist die Schlacke jedoch hohe Festigkeit (S/Z 18) auf, nur in der Abkühlungsphase wird zur Verbesserung der Qualität eingegriffen.

Die chemischen Hauptbestandteile der Elektroofenschlacke setzen sich aus Calciumoxid (CaO), Siliciumoxid (SiO₂), Aluminiumoxid (Al₂O₃), Magnesiumoxid (MgO) und Eisenoxid (Fe₂O₃) zusammen. Weiterhin enthält sie die Elemente Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Barium (Ba), Molybdän (Mo), Vanadium (V) sowie Wolfram (W). Die stoffliche Zusammensetzung ergibt sich aus den eingesetzten Rohstoffen und der Verwendung von unter anderem Dolomitmalk für die Schlackenbildung, der für die Stahlherstellung erforderlich ist. Durch Qualitätsanpassungen im Stahlherstellungsprozess sind Schwankungen der Mineralzusammensetzung möglich.

| Parameter | Einheit | Maximalwerte* | Prüfergebnis EloMinit (z.B. Körnung 0-32 mm) |
|---------------------------|---------|---------------|---|
| pH-Wert | - | 10 - 12,5 | 10,9 |
| elektrische Leitfähigkeit | µS/cm | 1.500 | 192 |
| Chrom gesamt | µg/l | 100 | 23 |
| Fluorid | µg/l | 2.000 | 200 |
| Vanadium | µg/l | 250 | 50 |
| Molybdän | µg/l | 250 | 11 |
| Barium | µg/l | 1.000 | 90 |
| Wolfram | µg/l | k.A. | 26 |

Tabelle 2:

Auszug chemischer Nebenbestandteile von EloMinit

* gemäß Umweltfachliche Kriterien zur Verwertung von EOS

Tabelle 3: Auszug bautechnischer Eigenschaften von EloMinit

| Parameter | Einheit | Prüfergebnis EloMinit |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Rohdichte | g/cm ³ | 3,7 - 3,9 |
| Proctordichte | g/cm ³ | 2,5 - 2,6 |
| Wasseraufnahme | Ma.-% | 1,5 |
| Materialhärte (nach Mohs) | - | 4 - 6 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | > 100 |
| Widerstandsfähigkeit gegen Schlag | Ma.-% | 15 - 22 |
| PSV-Wert | - | PSV ₅₃ |

Aufgrund ihrer kantigen und rauen Oberfläche weist Stahlwerksschlacke hohe Tragfähigkeit auf. Daher eignet sie sich für den Einsatz im Erd-, Straßen-, Wege-, Wasser- sowie Gleisbau. Die Schlacke ist güteüberwacht und durch ihre kubische Form sicherer und stabiler als einige mineralische Naturprodukte. Die Werte stammen aus den Ergebnissen der Fremdüberwachung.

Die Behandlung der Schlacke im Schlackenbeet, z.B. durch unterschiedliche

Wärmebehandlung, wirkt sich ebenfalls auf die physikalischen Eigenschaften sowie die Korngröße des Endprodukts aus [7]. Der Baustoff wird in zahlreichen Bereichen eingesetzt und kann auf Kundenwünsche angepasst werden.

2. Anwendung

2012 fielen deutschlandweit etwa 5,84 Millionen Tonnen Stahlwerksschlacke an, davon 1,81 Millionen Tonnen aus der Elektrostahlerzeugung. Dies entspricht einem Anteil an der deutschlandweiten Gesamtmenge von etwa 31 Prozent und stellt einen leichten Rückgang zum Jahr 2012 dar. Die Hauptverwertung von Stahlwerksschlacken ist die Nutzung als Baustoff beispielsweise im Straßen-, Erd- oder Wasserbau. 2012 wurden 3,44 Millionen Tonnen Stahlwerksschlacke in diesem Bereich verwertet, dies entspricht 58,90 Prozent der verwerteten Stahlwerksschlacken 2012 [3].

Jährlich werden etwa 180.000 Tonnen Elektroofenschlacke von den Lech-Stahlwerken zur Aufbereitungsanlage geliefert. Das Produkt kann für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden, z.B. als Ersatzbaustoff im Straßen- und Deponiebau sowie als Zuschlagsstoff in industrieller Verwendung. Der Großteil des Materials (46,4 Prozent) wird in ungebundener Form im Straßenbau verwendet (Bild 3). Besonders der Deponiebau für die Oberflächenabdichtung gilt als wachsender Einsatzbereich in Bayern.

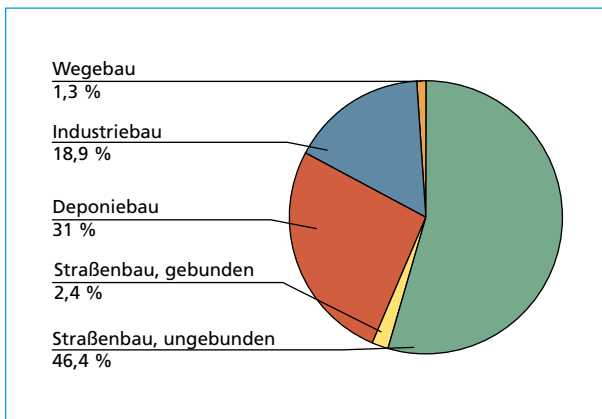


Bild 3:

Verwertung von EloMinit
2000 bis 2013

2.1. Straßenbau

Wegen der Kornform weist das Material gute bautechnische Eigenschaften auf; es wird daher im anspruchsvollen Straßenbau eingesetzt. Der Einsatz von Elektroofenschlacke anstelle von natürlichen Mineralien ermöglicht einen verbesserten und hochwertigen Straßenoberbau und bietet die Möglichkeit zur Kosteneinsparung.

Stark befahrene Straßen, wie Bundesstraßen oder Autobahnen, werden durch den Verkehr immer stärker beansprucht.

Im Straßenbau ergeben sich verschiedene Anwendungen. Die Schlacke kann als Frostschuttschicht, Schottertragschicht und Dammschüttmaterial oder auch als Zuschlag in Asphaltchichten eingesetzt werden. Diese Anwendungen stellen die Hauptverwendung von aufbereiteter Elektroofenschlacke dar.

Durch den Einsatz einer Schottertragschicht (STS) können die Einbaustärke der gebundenen Asphalttragschicht reduziert und Kosten gespart werden. An die Schottertragschicht werden höhere Anforderungen gestellt als an herkömmliches Frostschutzmaterial. Für die Baustoffe in der Schottertragschicht ist die Gleichmäßigkeit der Produktion insgesamt und damit auch die Kontinuität der Korngrößenverteilung nach TL SoB-StB 04 nachzuweisen. Dazu muss die Schottertragschicht nach einer Rezeptur im Zentralmischverfahren (mit Dosseur) aus mindestens drei Einzelfractionen (mindestens eine feine Gesteinskörnung und mindestens zwei grobe Gesteinskörnungen mit Größtkorn bis 32 mm – aus Bekanntmachung OBB vom 20.06.2008) hergestellt werden. Die Schottertragschicht darf nicht zwischengelagert werden, sie muss nach der Herstellung zur Baustelle gebracht und direkt eingebaut werden.

Projekte, wie der Einsatz als Frostschuttschicht auf der B16 in Bayern, zeigen die Unbedenklichkeit des Materials bei korrektem Einbau. Dies unterstreichen Untersuchungen zum Langzeitverhalten der eingearbeiteten Elektroofenschlacke der TU München.

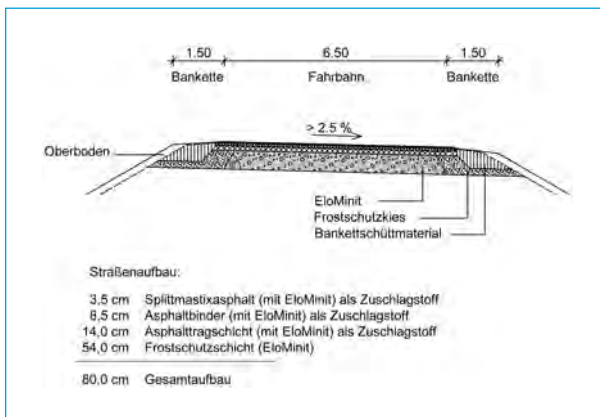


Bild 4:

Beispielhafter Straßenaufbau mit Elektroofenschlacke als Frostschuttschicht und Zuschlag im Asphalt

Das Produkt ist als Frostschutzmaterial für den Straßenbau zugelassen und wird eigen- (WPK= Werkseigene Produktionskontrolle) sowie fremdüberwacht. Bild 4 zeigt einen beispielhaften Straßenaufbau mit Elektroofenschlacke als Frostschuttschicht.

Seit den firmeninternen Aufzeichnungen 1999 gingen etwa 46,4 Prozent des Materials als ungebundene Frostschuttschicht in den Straßenbau. Diese Schicht ist der untere Bestandteil des Straßenoberbaus und liegt als ungebundene Tragschicht direkt unter der Asphalt- oder Betonschicht. Neben ihrer Eigenschaft als tragfähiger Baustoff, muss die Frostschuttschicht Sicherheit gegen Frost bieten. Während der jährlichen Frost- und Tauperioden kann es durch eindringendes Wasser zu Schäden des Fahrbahnbelages kommen. Die Frostschäden werden durch zu hohen Feinkornanteil (Korngröße > 0,063 mm) in der ungebundenen Tragschicht verursacht, da sich das beim Gefrieren kristallisierende Porenwasser nicht schadlos ausdehnen kann. Somit kommt es zu einer Volumenzunahme und zu Hebungen des Bodens. Zur Vermeidung derartiger Schäden, darf der Feinkornanteil des Frostschutzmaterials ein bestimmtes Maß nicht überschreiten.

Mit einem deutlich unter dem maximal zulässigen Grenzwert liegenden Feinkornanteil des Frostschutzmaterials wird die Frostbeständigkeit sichergestellt. Die Kornzusammensetzung führt zu Verdichtungsergebnissen, mit denen die geforderten Standfestigkeiten und Tragfähigkeiten des Bodens nicht nur erreicht, sondern übertroffen werden.

Als weitere Möglichkeit für den Einsatz im Straßenbau gilt der Bau von offenporigen Asphaltsschichten (OPA) und Splittmastixasphalt (SMA S) [4]. Im Rahmen des Verbundprojektes LeiStra3 (Leiser Straßenverkehr 3) der Bundesanstalt für Straßenwesen, an dem das Unternehmen beteiligt ist, werden Möglichkeiten zur Minimierung von Straßen- und Verkehrslärm erprobt. Deutschland besitzt ein leistungsfähiges Verkehrssystem, jährlich werden mehr als zehn Milliarden EUR in die Verkehrsinfrastruktur investiert. Zur Reduzierung des Verkehrslärms wurde im Jahr 2000 der Forschungsverbund *Leiser Straßenverkehr* unter Leitung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) gegründet. Damit wurde ein Rahmen zur ganzheitlichen Betrachtung der Lärmproblematik von Straßen-, Schienen- und Luftverkehr und zur Nutzung von Synergieeffekten geschaffen. Da die Geräusche des fließenden Verkehrs maßgeblich durch Wechselwirkungen an der Kontaktstelle von rollendem Reifen und Fahrbahn bestimmt sind, stehen die Reifen-Fahrbahn-Geräusche im Fokus der Untersuchung. Sowohl in der Entwicklung akustisch optimierter Reifen, als auch in der Konzeption lärmindernder Fahrbahnbeläge wurden wirksame Lösungsansätze zur Geräuschreduzierung erarbeitet und größtenteils in die Praxis umgesetzt [6]. Das Verbundprojekt wird im Juni 2014 erfolgreich abgeschlossen sein.

Durch den Einsatz von enggestuften, feinkornfreien (Fehlkörnungen) Körnungen werden im Asphalt Hohlräume geschaffen, die Reifenabroll- und Motorgeräusche minimieren. Die verwendeten Zuschlagstoffe müssen sehr hohe Polierresistenz (PSV-Wert) sowie niedrige Schlagzertrümmerung (SZ-Wert) aufweisen. Die Maximalanforderung für den PSV-Wert in Deutschland wird in Baden-Württemberg gestellt. Hier müssen die Zuschlagstoffe für den Einsatz von OPA mindestens PSV_{54} erfüllen. Werte, die nur von natürlichen Hartgesteinen wie Basalt und von Elektroofenschlacke erreicht werden. Im Zusammenhang mit dem für Asphaltdeckschichten geforderten Schlagzertrümmerungswert SZ_{18} zeigt sich die Eignung für diesen Verwendungsbereich. Aufgrund der kubischen Gesteinsform, die natürliches Gestein nicht abbilden kann, soll nach Einbau in einer Versuchsstrecke durch Lärmmessungen die Lärmreduzierung nachgewiesen werden.

2.2. Deponiebau

Elektroofenschlacke wird im Deponiebau ausschließlich als Sekundärrohstoff verwendet und **nicht** als Abfall. Dafür wurden bisher etwa 31 Prozent des Materials verwendet. Einsatzbereiche sind die mineralische Entwässerungs- und Gasdränschicht sowie die feinkörnige Ausgleichsschicht und Auflager für Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) und Bentonitmatten.

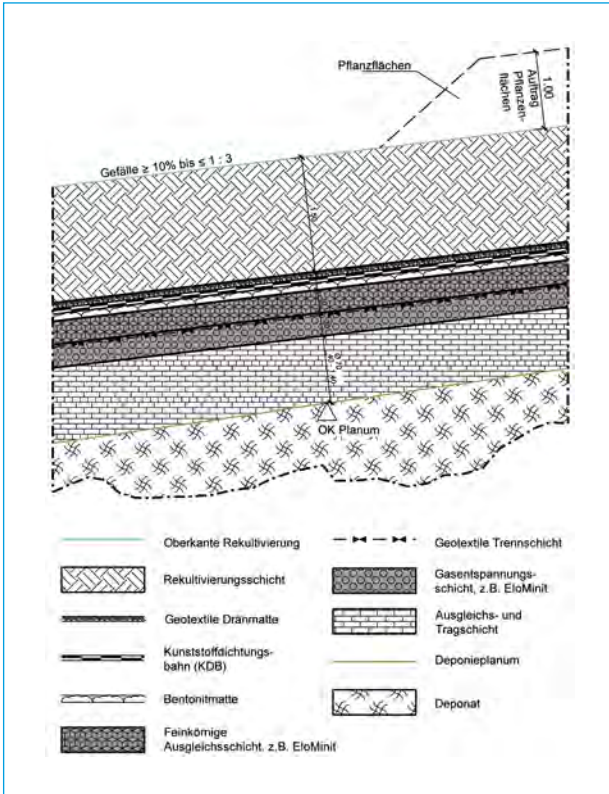


Bild 5:

Beispielhafte Verwertung von Elektroofenschlacke im Deponiebau

2.3. Industriebau

Im Industriebau wird Elektroofenschlacke zur Herstellung von Tragschichten für Gebäude und Verkehrsflächen, als Geländeprofilierungen für Gewerbeareale und Freiflächen sowie für die Durchführung von Untergrundstabilisierungen verwendet. Seit 1999 gingen etwa neunzehn Prozent des verarbeiteten Materials in den Industriebau.

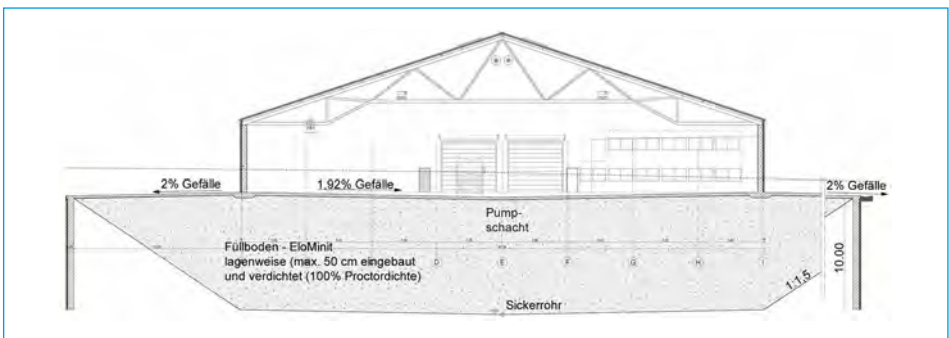


Bild 6: Einbau von Elektroofenschlacke im Industriebau zur Untergrundstabilisierung

2.4. Zuschlag in Industriebaustoffen

Aufbereitete Elektroofenschlacke kann aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften als Zuschlag- und Ersatzbaustoff in verschiedenen Produkten verwendet werden, insbesondere als Energiespeicher mit hoher Wärmekapazität für innovative Bauweisen.

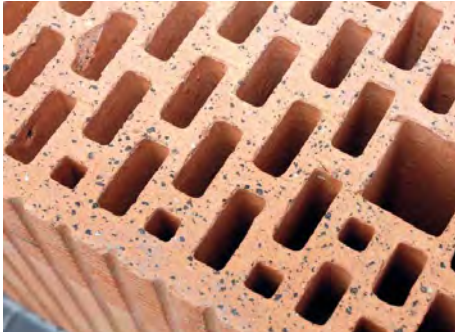


Bild 7: Verarbeitung von aufbereiteter Elektroofenschlacke im Ziegel

2.4.1. Ziegeleien

In der Ziegelindustrie kann Elektroofenschlacke anstelle von Granit und Basalt als Zuschlagstoff in Mauerziegeln eingesetzt werden, um den Schallschutz und die Wärmespeicherfähigkeit zu verbessern. Aufgrund der hohen Rohdichte des Materials können Ziegel schlanker gebaut werden. Aufbereitete Elektroofenschlacke weist weitere Eigenschaften auf, die von Vorteil sind, z.B. bessere Abschirmung von Radioaktivität als vergleichbares Gestein.

2.4.2. Dämmstoffe

Aufbereitete Elektroofenschlacke kann in der Produktion von Mineralwolle als Zuschlagstoff angewendet werden. Naturgestein vermischt mit Elektroofenschlacke aus der Stahlerzeugung und anderen Zuschlagstoffen wird im Heißwindkuppelofen verflüssigt und zu Mineralwolle versponnen. Damit verfügt Mineralwolle im Vergleich zu herkömmlicher Glaswolle über höhere akustische Dämmeigenschaften und bietet aufgrund der höheren Rohdichte besseren Wärmeschutz [5].



Bild 8: Mineralwolle

2.5. Strahlmittel

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Verwendung als Strahlmittel. Der Bedarf wird für Süddeutschland auf etwa 4.000 bis 5.000 Tonnen pro Jahr geschätzt. Die Körnung der aufbereiteten Elektroofenschlacke soll zwischen 0,2 und 1,4 mm liegen. Die Schlacke wird nach der üblichen Aufbereitung gewaschen, getrocknet und verpackt. Das Strahlmittel kann für Reinigungs- und Raustrahlen eingesetzt werden; es kann in der Gebäude- und Brückenreinigung als günstige, umweltschonende Alternative angewendet werden.

Durch Sandstrahlen können anorganische (z.B. Graffiti und Feinstaub) und organische Verschmutzungen (z.B. Algen, Moos, Rost oder Kalkablagerungen) entfernt werden. Die umweltrechtliche Zertifizierung für vielfältige Einsätze liegt vor.

Für die Einsetzbarkeit als Strahlmittel wurde der Härtegrad nach Mohs bestimmt. Die Mohs-Skala ist eine relative Härteskala. Die durch den TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH ermittelten Werte lagen zwischen vier und sechs nach der Mohs-Härteskala.



Bild 9: Einbau von Elektroofenschlacke als Strahlenschutz

2.6. Strahlenschutz

Strahlenschutzgebäude werden für unterschiedliche Bereiche benötigt, z.B. Forschung, Medizin und Technik. Sie dienen der Abschirmung von unterschiedlicher Strahlung, wie Röntgen- oder Neutronenstrahlung. Mit Strahlenschutzbeton kann auf meterdicke Betonwände und aufwändiges Bau- sowie Rückbauverfahren der Räume verzichtet werden. In einem patentierten Verfahren werden zwischen einfache Fertigbetonwände in Sandwichbauweise Mineralstoffe gefüllt und verdichtet. Hierfür eignet sich je nach Abschirmanforderung u.a. Elektroofenschlacke als loser Füllstoff zwischen den Betonwänden, um die Strahlung nach außen zu minimieren. Im Vergleich zu konventioneller Bauweise können Material gespart und Kosten für einen späteren Rückbau vermieden werden [1].

2.7. Wannentbau

In Gebieten mit hohem Grundwasserpegel ist der Bau von höhenfreien Kreuzungen oft mit aufwändigen Baumaßnahmen in wasserundurchlässiger (WU) Betonbauweise und hohen Baukosten verbunden. Zur Verhinderung von Überflutung der im Grundwasser befindlichen Verkehrswege werden technisch anspruchsvolle Abdichtungsmaßnahmen erstellt, um problemloses Befahren auch bei steigendem Grundwasserpegel zu ermöglichen. Die konventionelle Betonbauweise von Grundwasserwannen verursacht außer hohen Kosten und erheblichem Bauaufwand Nachteile wie lange Bauzeit durch eine blockweise Betonierung der Gesamtlänge, Ausbildung und Abdichtung von WU-Blockfugen sowie die Erstellung eines separaten Regenwasserpumpwerks zur Grundwasserabsenkung. Diese Nachteile werden mit moderner Wannentbauweise vermieden.

Abgedichtet wird beispielsweise mit geotextilen Membranen, die das Grundwasser abhalten. Zur Verhinderung des Auftriebs der Wannenkonstruktion wird Elektroofenschlacke als Beschwerung bis zur Unterkante der Frostschutzschicht eingebaut. Aufgrund der höheren Kornrohdichte als bei Kies ist eine geringere Einbauhöhe möglich, so dass Kosten eingespart werden können. Eine schadensfällige Durchdringung der WU-Konstruktion muss nicht vollzogen werden, da notwendige Leitungen oberhalb der Dichtungsebene verlegt werden [2]. Mit dieser Bauweise muss kein *WU-Betontunnel* mit Anforderungen an Fluchtmöglichkeiten gebaut werden.



Bild 10: Einbau von Elektroofenschlacke als Ballastschicht

Quelle: GEOTEX Ingenieurgesellschaft mbH

2.8. Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Neben den aufgeführten Verwertungsmöglichkeiten gibt es weitere Anwendungen zur Verwertung von Elektroofenschlacke:

- Zuschlag als Ballastgewicht
- Ofenplatten zur Energiespeicherung
- Bodenplatten mit hohen mechanischen Ansprüchen an die Oberfläche
- Wasserbausteine (außerhalb Bayerns)

3. Quellen

- [1] Forster, J.: Strahlenschutzgebäude im Betonfertigteilbau aus Doppelwandplatten. In: BetonWerk International, Nr. 1, Köln: ad-media GmbH, S. 176-181, 2007
- [2] Hollenbach, A.; Mohr, P.: Grundwasserwanne in Membranbauweise zur Unterführung eines Verkehrsweges. In: Hoch und Tiefbau – Die Fachzeitschrift der Bauwirtschaft, 10/11, 2003
- [3] Merkel, T.: Erzeugung und Nutzung von Produkten aus Eisenhüttenschlacke 2013. In: Report des FEhS-Instituts, FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V., Jahrgang 20, Nr. 1, Duisburg: o.V., S. 12, 2013
- [4] Mudersbach, D.; Motz, H.: Zukunftstechnologien für Energie- und Bauwirtschaft am Beispiel der Schlacken aus der Elektrostahlerzeugung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Versteyl, A. (Hrsg.): Schlacken aus der Metallurgie - Rohstoffpotential und Recycling, Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 151-167, 2011
- [5] Nierobis, L.: Mineralwolle, <http://www.waermedaemmstoffe.com/>, Dezember 2012
- [6] Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr 2^o“: Verbundprojekt Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Straßenbau, Heft S. 74, Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW, S. 262 f., 2012
- [7] Thienel, K.-C.: Baustoffkreislauf Eisenhüttenschlacken und Hüttensand. Institut für Werkstoffe des Bauwesens. München: o.V., 2010

Recycling und Rohstoffe



Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky und Daniel Goldmann • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

CD Recycling und Rohstoffe, Band 1 und 2
 ISBN: 978-3-935317-51-1
 Erscheinungsjahr: 2008/2009
 Preis: 35.00 EUR

Recycling und Rohstoffe, Band 2
 ISBN: 978-3-935317-40-5
 Erscheinungsjahr: 2009
 Hardcover: 765 Seiten
 Preis: 35.00 EUR

Recycling und Rohstoffe, Band 3
 ISBN: 978-3-935317-50-4
 Erscheinungsjahr: 2010
 Hardcover: 750 Seiten, mit farbigen Abbildungen
 Preis: 50.00 EUR

Recycling und Rohstoffe, Band 4
 ISBN: 978-3-935317-67-2
 Erscheinungsjahr: 2011
 Hardcover: 580 Seiten, mit farbigen Abbildungen
 Preis: 50.00 EUR

Recycling und Rohstoffe, Band 5
 ISBN: 978-3-935317-81-8
 Erscheinungsjahr: 2012
 Hardcover: 1004 Seiten, mit farbigen Abbildungen
 Preis: 50.00 EUR

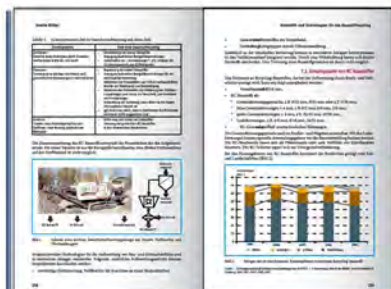
Recycling und Rohstoffe, Band 6
 ISBN: 978-3-935317-97-9
 Erscheinungsjahr: 2013
 Hardcover: 711 Seiten, mit farbigen Abbildungen
 Preis: 50.00 EUR

Recycling und Rohstoffe, Band 7
 ISBN: 978-3-944310-09-1
 Erscheinungsjahr: 2014
 Hardcover: 532 Seiten, mit farbigen Abbildungen
 Preis: 50.00 EUR

175.00 EUR
 statt 320.00 EUR

Paketpreis

CD Recycling und Rohstoffe, Band 1 und 2
 Recycling und Rohstoffe, Band 2 bis 7



Bestellungen unter www.vivis.de
 oder

Dorfstraße 51
 D-16816 Nietwerder-Neuruppin
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
 E-Mail: tkverlag@vivis.de

vivis
 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky