

Anwendung von Stahlwerksschlacken im Wegebau

Norbert Wolsfeld

1.	Offener Wegebau als weiterer Schritt in Richtung Zero Waste	99
2.	Feinkalk und Kalkhydrat im Waldwegebau.....	100
3.	Erfahrungen mit dem offenen Wegebau im Werksgelände.....	100
4.	Waldwegebau im Privatwald der Dillinger Hüttenwerke	101
5.	Versuchswegebau mit LD-Konverterschlacke im Wald.....	102
6.	Beobachtungen der Dauerhaftigkeit nach 5 bzw. 8 Jahren Belastung und Frosteinwirkung	103
7.	Fazit.....	104
8.	Literatur.....	105

1. Offener Wegebau als weiterer Schritt in Richtung Zero Waste

Die AG der Dillinger Hüttenwerke nutzt traditionell größere Anteile ihrer LD-Konverterschlacken als Kalkträger im internen Stoffkreislauf (im Schnitt der letzten Jahre etwa vierzig Prozent). Der nächstgrößere Anteil dieser Stahlwerksschlacken wird als Kalkdüngemittel an die Landwirtschaft vermarktet (etwa zwanzig Prozent). Erfolgreich verliefen auch Versuche Anteile im Straßenbau als Mischanteil in der Asphalttrag- sowie deckschicht einzusetzen. Auch die sekundärmetallurgische Pfannenschlacke konnte über die Entwicklung und Nachweisung ihrer Dichtungseigenschaft als Deponie-Ersatzbaustoff und interner Baustoff für Flächendichtungen etabliert werden.

Für die verbleibenden Mengen, welche bislang zur Konditionierung von feinkörnigen Deponaten auf der werksinternen Deponie genutzt werden, sollten jedoch bessere Verwendungsmöglichkeiten gefunden werden.

Zum Gedanken einer Nutzung von LD-Konverterschlacke im offenen Wegebau führten bei der AG der Dillinger Hüttenwerke vor etwas mehr als zehn Jahren Beobachtungen zum spezifischen Materialverhalten.

Während die Eigenschaften der Dillinger LD-Schlacke eine Verwendung im Straßenbau aufgrund der Kornstabilität und möglichen Volumenänderungen einschränken, erschien der hohe Anteil von freiem Kalk für den offenen Wegebau technisch ausgesprochen vorteilhaft. Das Abbindevermögen innerhalb des Materials und die Verbesserung der Tragfähigkeit lehmiger Untergründe durch Zufuhr von freiem Kalk waren wesentlicher Anreiz für erste Versuche.

2. Feinkalk und Kalkhydrat im Waldwegebau

Dabei ist der Einsatz von Branntkalk und Kalkhydrat im Waldwegebau keinesfalls neu, wie folgender Auszug aus einer alten Ausgabe des Standardhandbuchs von Revierförstern aufzeigt.

Der Forstbetriebsdienst von 1975 [1] beschäftigt sich auf 97 Seiten mit dem Waldwegebau und führt in Kapitel 7.2.1. zur Untergrundverbesserung aus: *Die Verbesserung des Untergrundes läßt sich erzielen durch: Kornverbesserung des Bodens (s. Bodenverfestigung), Einmischen von Kalk bei Tonböden (Bodenverfestigung mit Kalk) (...).*

In Kapitel 7.2.3. zur Verfestigung von Tragschichten folgt: Die Bodenverfestigung mit Kalk wird sowohl bei Ton-, Lehm- und Schluffböden wie bei kiesigen und sandigen Böden mit wechselndem Lehmanteil angewandt.(...) Für Ton- und Schluffböden, Lehme und lehmige Sande sind Feinkalk und Kalkhydrat geeignet (...) Für Tragschichten werden in bindigen Böden etwa drei bis sieben Gewichtsanteile Feinkalk oder Kalkhydrat auf hundert Gewichtsanteile trockenen Bodens benötigt. Zur Verfestigung schwerer plastischer Böden sind etwa fünf bis neun Gewichtsanteile erforderlich. Für die Verfestigung des Untergrundes reichen meist zwei bis drei Gewichtsanteile Kalk aus. Zur Verfestigung leichter Böden sind die Zugaben hydraulischer Kalke höher.

Forstüblich war also bereits die Stabilisierung bindiger Böden unter befestigten Wegen z.B. durch Einmischen von gebranntem Kalk.

3. Erfahrungen mit dem offenen Wegebau im Werksgelände

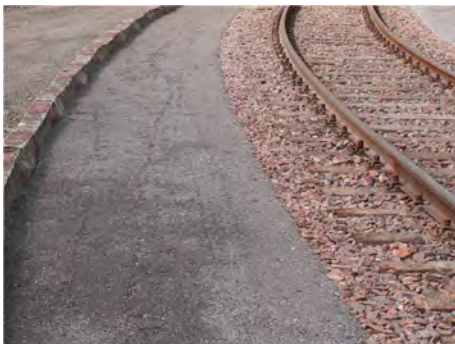


Bild 1: Einsatz von LD-Schlacke für einen Rangierweg

Auf der anderen Seite hatten wir positive Erfahrungen mit Rampen und Wegen aus LD-Schlacke auf der werkseigenen Deponie. Das Abbinden der Trag- und Deckschichten aufgrund der Karbonatisierung des freien Kalkes im Porenraum der Körnung führte regelmäßig zu schwerlasttauglichen Tragfähigkeiten.

Unter Nutzung dieses Wissenstransfers wurden zunächst kleine werksinterne Wegeprojekte mit LD-Konverterschlacken ausgeführt.

Dies betraf vor allem Rangierwegeabschnitte entlang der werkseigenen Gleise (Bild 1), Mischungen von LD-Splitt 3/8 mm mit Mutterboden als Tragschicht unter Rasengitterelementen und kombinierte Tragdeckschichten auf kleineren Parkplätzen und Fußwegen.

4. Waldwegbau im Privatwald der Dillinger Hüttenwerke

Die AG der Dillinger Hüttenwerke verfügt über historisch begründeten Waldbesitz. Da vor Erfindung des Steinkohlekoks erhebliche Mengen Holzkohle als Reduktionsmittel der Eisenschmelze benötigt wurden, befinden sich seit 1685 etwa 350 ha Privatwald in forstlicher Bewirtschaftung im Werkseigentum.

Dieser Waldbesitz ist (seit etwa 1790 kartografisch nachgewiesen) durch ein konstantes Wegenetz seit alters her erschlossen.

Nach Problemen bei der Holzabfuhr mit modernen Langholzzügen und Beschwerden von Wanderern sollten die Haupteerschließungslinien ab 2006 instandgesetzt und den gesteigerten Anforderungen angepasst werden.

Die untergrundstabilen alten Holzabfuhrwege waren verschlammmt und zugewachsen und sollten nach Abschieben der Humusauflage auf bestehendem Unterbau mit neuem Kofferprofil (abgerundetes Dachprofil) inklusive Randgräben versehen werden (Bild 2).

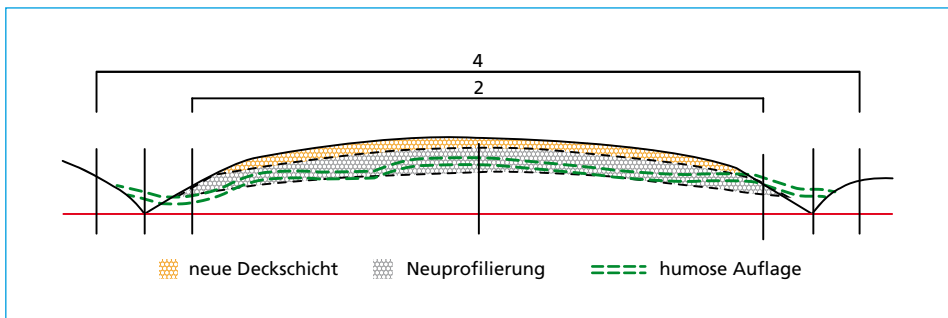


Bild 2: Schema der Sanierung/Instandsetzung durch Abschieben der humosen Auflage, Neuprofilierung und neue Deckschichten auf vorhandenem Unterbau.

Die Tragfähigkeit war für die Holzabfuhr mit Langholzzügen schwerlasttauglich auszuliegen. Gleichzeitig wird über Waldwege Stammholz gelegentlich beim Holzrücken zum Polterplatz geschliffen, d.h. die Oberflächen müssen möglichst abriebfest sein.

In ortsnahen Waldflächen spielen die Bedürfnisse der Erholungssuchenden eine zunehmende Rolle. Die Oberfläche sollte optisch und strukturell waldbesucherfreundlich ausfallen. Kriterien, wie Farbe, Körnung, Abrollverhalten, Staubentwicklung sowie Trockenheit nach Niederschlägen sind hierbei von Bedeutung.

5. Versuchswegebau mit LD-Konverterschlacke im Wald

2006 wurde auf dieser Basis die Wegeinstandsetzung im werkseigenen Wald versuchsweise auf 600 lfm mit LD-Schlacke in 3 Varianten geplant und umgesetzt.

Neben der generellen Eignung bezog sich der Feldversuch auf die Körnungs-Kombinationen für die Trag- und Deckschichten.

Beauftragt wurde ein spezialisiertes und renommiertes Waldwegebauunternehmen aus der Region, um die gemeinsam gewonnenen Erfahrungen später gleich in die Materialvermarktung einfließen zu lassen.

Der Auftrag umfasste das Abschieben der Bankette, die Wiederherstellung der Gräben mit entsprechender Wasserführung inklusive Anlage von Gräben und Mulden seitlich des Weges zur Versickerung des anfallenden Wassers. Der eigentliche Weg sollte innerhalb der etwa vier Meter breiten Trasse auf einer Breite von 3,5 m ausgebaut werden. Hierzu war ein neues Profil mit dem bauseits gestellten LD-Schotter der Körnung 0/40 mm aufzubauen. Die Deckschicht sollte in 3 Varianten aus den Körnungen 0/3 mm, 0/10 mm und 3/10 mm aufgebracht werden. Diese Körnungen entsprechen dem Hauptprodukt aus der Dillinger LD-Schlackenproduktion in 0/8 mm Körnung, dem hieraus abgeseibten Düngemittel in 0/3 mm Körnung und dem bei dieser Siebung übrig bleibendem 3/8 mm Splitt und somit üblicher Produktionsweisen.



Bild 3 und 4: Auftragen der Tragschicht aus LD-Schlacke 0/32 mm und mit fertiggestellter Deckschicht, hier LD-Schlacke 0/3 mm

2009 erfolgte nach dem erfolgreichen Abschneiden der ersten Versuchsstrecke und daraus abgeleiteten ersten Erkenntnissen die Ausweitung des Versuchs zur Ermittlung der Praxistauglichkeit auf größeren Strecken (4600 lfm), verschiedenen Steigungen, Kreuzungsanbindungen und als Sondersituation bezüglich des Feed-Backs der Nutzer des sogenannten *Rollstuhlfahrer-Wegs*, also eines Rundwegs in der Ebene mit häufiger Nutzung durch Fahrräder, Krankenfahrstühlen oder Kinderwagen.

Der erweiterte Test bezog sich auch auf die Optimierung des Einbauverfahrens für das Schichtenpaket zur Vermeidung einer Ablösung der Deckschicht durch Frosthebung. Hierzu wurde Verdichtungsenergie während des Einbaus der LD-Schlacke nur durch

die Überfahrten beim Materialantransport und der Profilierung eingebracht. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen wurde als Deckschicht nunmehr nur noch eine Körnung 0/8 mm verwendet.

Insgesamt waren an Fahrzeugen und Geräten ein 3,5 Tonnen LKW für die Transporte, ein Radlader für die Grobprofilierung, ein Grader für die eigentliche Profilierungsarbeit und ein Unimog mit Zwillings-Anbau-Plattenverdichter für die abschließende Verdichtung des fertigen Wegeaufbaus eingesetzt. Für das Verlegen von Rohren wurde zeitweise ein Kleinbagger hinzugezogen.

Auf den 4.600 lfm wurden eingebaut

- 3.470 Tonnen LD-Schotter 0/32 mm,
- 900 Tonnen LD-Splitt 0/8 mm,
- sowie 61 lfm Duktrohr.

Der LD-Schlacke-Bedarf war damit ungefähr 1 t/lfm, aufgeteilt in etwa 75-80 Prozent Tragschicht und 20-25 Prozent Deckschicht.

Die Gesamtkosten von 41.000 EUR netto ergaben dabei Kosten von etwa 9 EUR/lfm.

6. Beobachtungen der Dauerhaftigkeit nach 5 bzw. 8 Jahren Belastung und Frosteinwirkung

Der Versuch selbst war von Anfang an weniger wissenschaftlich und bezogen auf Gewinnung von Kennwerten ausgelegt, als vielmehr rein empirisch auf die Erfahrungsgewinnung bei den Einbauverfahren und bezüglich der Zielerreichung mit den Materialvarianten.

So wurde z.B. auf Elastizitätsmessungen wegen geringer Aussagekraft durch den unbekannteren historischen Untergrundaufbau verzichtet, lassen sich für Vergleichsuntersuchungen jedoch jederzeit nachholen.



Bild 5: Oberflächenstruktur nach acht Jahren der Bewitterung, Abbindung und Nutzung

Alternativ können Beobachtungen des Material- und Aufbauverhaltens nach vielfachen Schwerlastüberfahrten, nach Holzschleifen über den Weg zu Polterplätzen und acht, bzw. fünf Jahren Frost-Tau-Wechsel und Wasser-Erosion auf den 5,2 km Wegstrecken vorgestellt werden.

Hauptmerkmal der LD-Schlacke als Wegebbaumaterial nach 8 Jahren ist das Abbinden und Verkitten der ursprünglichen Einzelkorngefüge. Es entsteht quasi eine Brekzie mit dem Bindemittel Kalziumkarbonat. An der Oberfläche bildeten

sich durch Fahrzeug-Überfahrten oder durch Frost-Tauwechsel aus dem eingebauten acht Millimeter Korn natursplitt-ähnliche einkornmächtige Auflagen.

Fegt man diese Auflage mehr oder weniger lockerer Splittkörner zur Seite, oder werden sie, wie im Bild 5, vom Wasser weggespült, so erkennt man direkt unterhalb die aus der gemischtkörnigen LD-Schlacke entstandene massive, rissfreie Gesteinsfläche. Insgesamt entsteht auf diese Weise eine optisch sehr ansprechende walddtypische Wegeoberfläche mit sehr hoher Stabilität im Untergrund.

Von den Randgräben her, also dort, wo keine Deckschicht auf das gröbere Korn aufgebracht wurde und keine Überfahrung stattfand, eroberte sich die Natur mit z.T. kalkliebenden Pflanzenarten ihr Terrain zurück (Bilder 6 und 7).



Bild 6 und 7: Im Mai 2009 fertiggestellter Weg und gleicher Blick im August 2014



Bild 8: Leichter Abtrag der Deckschicht (3/8 mm) bei Gefällestrucken im Bereich der Fahrleiße

Insgesamt ist eine sehr hohe Standfestigkeit des Wegebauwerks auf allen Teilstrecken zu beobachten. Profilveränderungen durch *Auswalken* von Fahrgleisen fand an keiner Stelle statt. Lediglich an steilen Wegeabschnitten wurde die Oberfläche einzelstellenweise durch Befahrung leicht abgetragen (Bild 8).

7. Fazit

Zur Ermittlung eines Bestverfahrens beim Einbau von LD-Schlacken im offenen Wegebau haben sich die Versuchsstrecken soweit gelohnt, dass das regional tätige Waldwegbau-Unternehmen nach dem Versuch sofort qualifiziert war, LD-Schlacke

in Nebenangeboten anstehender Wegebauprojekte anzubieten. Gleichzeitig wurde ein Markennahme für LD-Schlacke in diesem Einsatzbereich gefunden. Unter dem Namen Scodill, abgeleitet aus dem französischen Wort *Scorie* für Schlacke und der Zuordnung zum Hersteller (-*dill* für Dillinger Hütte), werden inzwischen etwa zehn Prozent unserer LD-Schlacken als Baustoff für den offenen Wegebau am Markt abgenommen.

Nicht unerwähnt soll bleiben, dass mit zunehmender Marktpräsenz und Einsatzwunsch von z.B. Gemeinden für Radwege entlang von Fließgewässern u.Ä. auch Fragen und Unsicherheiten bezüglich der Umweltverträglichkeit an uns herangetragen werden, die über die umfangreichen Einstufungen nach REACH hinausgehen und den Vorsorgegedanken des Boden- und Gewässerschutzes ebenso umfassen, wie Sorgen des Amtsnaturschutzes bezüglich der Auswirkungen auf Arten und Lebensraumtypen. Hierzu befinden wir uns derzeit mitten im Dialog.

8. Literatur

- [1] Der Forstbetriebsdienst, Bd.2, BLV Verlagsgesellschaft München Bern Wien 1975 ISBN 3-405-108993, S 430ff
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Ländliche Wege: *Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege ZTV LW 99/01*, i.d.F. von 2001, geändert 2007



Hinterlassen Sie Zukunft

Verwertung von anorganisch-mineralischen Reststoffen



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Michael Heußén, Heribert Motz (Hrsg.): **Schlacken aus der Metallurgie, Band 3**
– Chancen für Wirtschaft und Umwelt –

ISBN 978-3-944310-17-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2014
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Berenice Gellhorn, Ginette Teske, Cordula Müller

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.