

Wie man aus Schlacke Kohle macht

Was ist Schlacke?

Schlacke ist ein Abfallprodukt, welches bei der Metallgewinnung aus Erzen in großen Mengen anfällt (siehe Kapitel "Kein Buch mit sieben Siegeln: Produktionsprozesse bei der Affi"). Bei der Verhüttung von 20%-igem Kupfererzkonzentrat entstehen pro Tonne Kupfer etwa 4 bis 5 t Schlacke¹. Die Schlacke kann grundsätzlich in zwei Formen überführt werden:

- * **Stückschlacke (Schlackesteine)** entsteht beim langsamen Abkühlen der flüssigen Schlacke und besitzt eine hohe Festigkeit.
- * **Granulierte Schlacke** entsteht beim schnellem Erkalten. Sie ist ein körniges Material, welches auch als "Hütensand" bezeichnet wird.

Schon bei der "Produktion" der Schlacke wird die Umwelt kräftig belastet: beispielsweise durch Staub, der in der Schlackenbrechanlage beim Zerkleinern der erstarrten Schlacke anfällt, oder durch die Abgabe des Kühlwassers, welches in direktem Kontakt mit der Schlacke stand.

Die Produzenten haben für diesen Abfall einen Absatzmarkt gefunden: Die Stückschlacke wird im **Straßen- und Wasserbau** verwendet, die granulierte Schlacke als **Kupferstrahlmittel** und in gemahlenem Zustand als **Düngemittel**.

¹ TASCHASCHEL, siehe Literaturanhang

Eine feine Sache für die Affi: fallen bei ihr doch täglich fast 1000 t Schlacke an², für die sie so nicht weiter sorgen muß (Lagerung) und obendrein noch Geld bekommt. Ebenfalls eine feine Sache für die Wasser- und Straßenbauer, da sich die Schlacke von ihren mechanischen Eigenschaften her, so scheint's, sehr gut für deren Zwecke nutzen läßt.

Die sinnvolle Verwendung eines Abfallproduktes also? Angesichts der Gutachten und einiger grundsätzlicher Überlegungen muß man dies ernsthaft bezweifeln.

Schlacke im Straßenbau

Sowohl die granulierte Schlacke als auch die Stückschlacke können im Straßenbau Verwendung finden. Nach den "*Richtlinien für Straßenbautechnische Maßnahmen in Wassergewinnungsgebieten*" ist die Verwendung von Hütenschlacken, zu denen die Kupferschlacke zählt, in Wasserschutzgebieten nicht zugelassen. Zwar existieren für die Verwendung von Schlacke im Straßenbau einige Richtlinien^{3,4}, verbindliche Richtwerte über den zulässigen Gehalt an

² Angaben der NA laut DANNENBERG

³ DIN 4301, 1981

"Eisenhütenschlacke und Metallhütenschlacke im Bauwesen."

⁴ FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSENBAUWESEN, 1980

Schwermetallen und/oder deren Auslaugbarkeit gibt es jedoch nicht⁵. Der Autor des Artikels "*Anfall und Verwendung von industriellen Nebenprodukten*"⁵ empfiehlt daher, zur Abschätzung die Grenzwerte der *Klärschlamm-Aufbringungsverordnung* heranzuziehen. Sollten diese Werte überschritten werden, rät er von einer Nutzung im Straßenbau ab.

Grenzwerte für Schwermetalle nach der Klärschlamm-Aufbringungsverordnung (1982):

(Für Klärschlamm in mg/kg Trockensubstanz)

Blei	1200
Zink	3000
Cadmium	20
Quecksilber.....	25

(Für Boden in mg/kg Trockensubstanz)

Blei	100
Zink	300
Cadmium	3
Quecksilber.....	2

NA-Schlackesteine⁶ (mg/kg)

Blei	3700
Zink	20800

Demnach haben Affi-Schlackesteine im Straßenbau nichts zu suchen!

⁵ PIETRZENIUK, 1985

⁶ FÖRSTNER und KARBE, 1984

Granulierte Schlacke als Sandstrahlersatz

Die granulierte Schlacke wird u.a. als Ersatz für Sand zum Abstrahlen (z.B. von Brücken) benutzt. Sie wird als "NAstra Kupferschlackemittel" von der "Hansa-Strahlmittel GmbH" vertrieben. Am 23. Juli 1976 ist von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin ein Gutachten über die prozentualen **Gehalte toxischer (d.h. giftiger) und krebserzeugender Metalle** erstellt worden. Es ergaben sich folgende Gehalte (in Prozent):

Arsen	0,037
Beryllium	<0,01
Chromat (Alkali)	<0,002
Nickel	0,02
Kobalt	0,03
Antimon	<0,1
Blei	0,1
Cadmium	<0,1
Mangan	0,1
Zinn	<0,1

Wenn man bedenkt, daß dieses Material während des Strahlvorganges seine ohnehin schon große Oberfläche (die ja für die Abgabe von Inhaltsstoffen an die Umgebung entscheidend ist) durch Abrieb noch vergrößert, so kann man sich vorstellen, wie die Umgebung mit Schwermetallen belastet wird. Wohl niemand kann behaupten, er könne beim Abstrahlen die Arbeitsstelle so gut abdichten, daß nichts von dem Staub und der abgestrahlten Farbe (etwa Bleimernige) nach außen gelangt. So gab es z.B.

trotz des Versuches, die Rendsburger Brücke über den Nord-Ostsee-Kanal während Strahlarbeiten so gut wie möglich abzuschirmen, immer wieder Beschwerden der Anwohner.

Nicht zu unterschätzen ist auch die Gefahr für die Arbeiter, die das Granulat anwenden müssen. Es ist zu hoffen, daß sie tatsächlich die vorgeschriebenen Schutzanzüge tragen. Ohnehin ist fraglich, ob man durch die "Wahl" der Schlacke als Ersatz für den Silikose⁷ erzeugenden Sand nicht vom Regen in die Jauche gelangt ist.

Das Bundesarbeitsministerium hat jedoch in der TRGA 503⁸ den zulässigen Gehalt für die **Summe aller krebserzeugenden und toxischen Metalle** und deren Verbindungen mit **2%** (Gewichtsanteil) und den der **krebserzeugenden Metalle** und deren Verbindungen allein mit **0,2%** so hoch angesetzt, daß das NAstra Kupferschlackemittel trotz seiner beängstigenden Zusammensetzung zugelassen wird.

Durch die 40.000 t, welche jährlich auf den Markt gebracht werden⁹ gelangen also folgende Metall-Frachten in die Umwelt:

- 40 t Blei (toxisch)
- 40 t Mangan (toxisch)
- 14,8 t Arsen (krebserzeugend)
- 8 t Nickel (krebserzeugend)
- 12 t Kobalt (krebserzeugend)

⁷ Silikose: Lungenerkrankung infolge Einatmens kiesel-säurehaltigen Staubes

⁸ TRGA 503, "6.2. Schutzmaßnahmen bei Verwendung nichtsilikogener Strahlmittel.", (Chemikaliengesetz)

⁹ taz. 13.2.1985

Hinzu kommen noch: Antimon (toxisch), Cadmium (toxisch), Zinn (toxisch), Beryllium (krebserzeugend) und Chromate (krebserzeugend) in möglicherweise gleichen Größenordnungen (unter Zugrundelegung der BAM-Werte).

Eine weitere Gefahr stellt die "unsachgemäße" Lagerung des Strahlmittel/Farben-Gemisches dar. Beispielsweise verschwand es von einer Büsumer Werft auf einen Bauschuttplatz und eine Hausmülldeponie, anstatt auf einer Sondermülldeponie gelagert zu werden.⁹

Es bleibt zu hoffen, daß die Bevölkerung und die Arbeiter sich gegen den Gebrauch der Schlacke wehren, bevor in 10 Jahren Arbeitsmediziner vielleicht die **Schlackose** als neue Berufskrankheit entdecken.

Schlacke als Düngemittel?

Auch wir haben gestutzt, als wir zum erstenmal davon hörten. Die gemahlene Schlacke wird als "Kupferschlackemehl-URANIA" zur "Heilung kranker Böden" verkauft. Stolz berichtete Dipl.Ing. H.Taschalschel in einem Artikel: *Der Einsatz dieses Materials auf den kranken Böden hat zu großen Ertragssteigerungen geführt. Im Nordwestdeutschen Raum gibt es heute Gebiete, die in ihren Ernte-Erträgen von der Streuung des Kupferschlackemehls abhängig sind."*

Sicherlich wird die kupferhaltige Schlacke auf kupferarmen Böden den Gehalt dieses Elementes erhöhen. Aber Kupfer ist schließlich nicht der einzige Inhalts-

stoff der Schlacke. Die zuhauf vorliegenden Tests schweigen sich seltsamerweise aus. Selbst wenn nur sehr geringe Mengen verstreut werden, kann man bei dem Gedanken an Schlacke auf dem Acker schon eine Gänsehaut bekommen.

Schlackesteine im Was serbau

Nach einem Gutachten, welches im Juli 1984 von FÖRSTNER und KARBE⁶ für das Amt für *Strom- und Hafenbau* erstellt wurde, enthält die Affi-Schlacke durchschnittlich (35 Proben aus verschiedenen Verbauungsjahren) die in der Abb. 76 genannten Stoffe.

Diese Werte liegen um ein Vielfaches höher, als die Durchschnittswerte der Erdkruste¹⁰:

Kupfer: 780-fach, Blei: 2300-fach, Zink: 1500-fach, Eisen: 74-fach, Cadmium: 150-fach, Arsen: 24-fach.

Obwohl dies natürlich noch nichts darüber aussagt, ob und wie diese Stoffe an die Umwelt abgegeben werden, liegt die Befürchtung nahe, daß beispielsweise Schwermetalle aus dem Stein ausgewaschen werden. In der Vergangenheit hat man sich lange nur auf die mechanischen Eigenschaften, später auch auf Auslaugungsversuche bei der Beurteilung der Eignung beschränkt. Erst 1982 wurden biologische Testverfahren von DANNENBERG¹¹ und 1984 auch von FÖRSTNER und KARBE⁶ durchgeführt.

Stoff	Gutachten der Gesteinsprüfstelle der DB v. 18.12.50, Kassel	Gutachten der Dr. Moll G.m.b.H. vom 12.5.72	Gutachten des Asphalt-Labor vom 2.2.1978	Gutachten des Asphalt-Labor vom 23.4.1980	Affi-eigene Angaben zu 10 Jahre alter Schlacke 1979 untersucht	Gutachten von Förstner & Karbe vom Juli 1984 35 Proben verschiedenen Alters	Affi-eigene Angaben laut Dannenberg, November 1982
SiO ₂	36,9	38	30-34	31-33	30-40	k.A.	31
FeO	44,5	35(Fe)	51-57	50-56	30-50	37,2(Fe)	54
CaO	7,0	6(Ca)	1-2	1-2	5-20	k.A.	k.A.
Al ₂ O ₃	4,0	k.A.	3-7	4-7	3-5	k.A.	k.A.
MgO	1,4	k.A.	1,5	1,4	2-3	k.A.	k.A.
ZnO	2,86	k.A.	1-2	1-2	k.A.	2,08(Zn)	1,69(Zn)
S	0,38	k.A.	0,8	0,7	k.A.	k.A.	k.A.
MnO	0,13	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,07(Mn)	k.A.
As	0,05	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Sn	0,10	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Sb	0,05	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Cu	0,47	0,4	0,7(CuO)	0,8(CuO)	0,5-0,7	0,55	0,77
Pb	0,30	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,37	k.A.
Ni	0,04	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Co	0,13	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Cd	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0,002	k.A.

alle Angaben in Gewichtsprozent
k.A. = keine Angaben

Abb. 76 : Inhaltstoffe der Affi-Schlackesteine nach verschiedenen Untersuchungen

¹⁰ WEAST, 1978

¹¹ DANNENBERG, 1982

Ergebnisse von Auslauungsversuchen

Die Arbeiten von Förstner und Karbe¹² über die Auslaugung von Schwermetallen aus Affi-Schlacke führten zu folgenden Ergebnissen (Die Kleinbuchstaben in Klammern beziehen sich auf die Kurven in der Abb. 77):

- * **"Normales" Elbwasser** laugte in 30 Tagen 4mal so viel Kupfer aus den Schlackesteinen wie aus Granit (a).
- * **Sauerstoffarmes Elbwasser** laugte in der halben Zeit mehr als 1,5mal so viel Kupfer und bis zu 7mal so viel andere Metalle aus (b).
- * Elbwasser angereichert mit **NTA** (NTA ist noch immer im Gespräch als Phosphatersatz in Waschmitteln, obwohl es für eine erhöhte Freisetzung von Metallen aus Schlick bekannt ist) löste schon in 24 Stunden 1,5mal so viel Kupfer wie "normales" Elbwasser in 30 Tagen. Auch war eine erhöhte Freisetzung von Blei und Zink zu verzeichnen (c).
- * Ebenfalls eine erhöhte Auslaugung von Kupfer gab es bei **kommunalem Abwasser** (Hamburger Klärwerk Süd, d_k).
- * Ähnlich wie "normales" Elbwasser laugte **industrielles Abwasser** (Dow Chemical, Stade) aus (d_i).
- * Durch **Meerwasser** wurde in 21 Tagen mehr als 2mal soviel Kupfer ausgelaut wie durch "normales" Elbwasser (e_p).

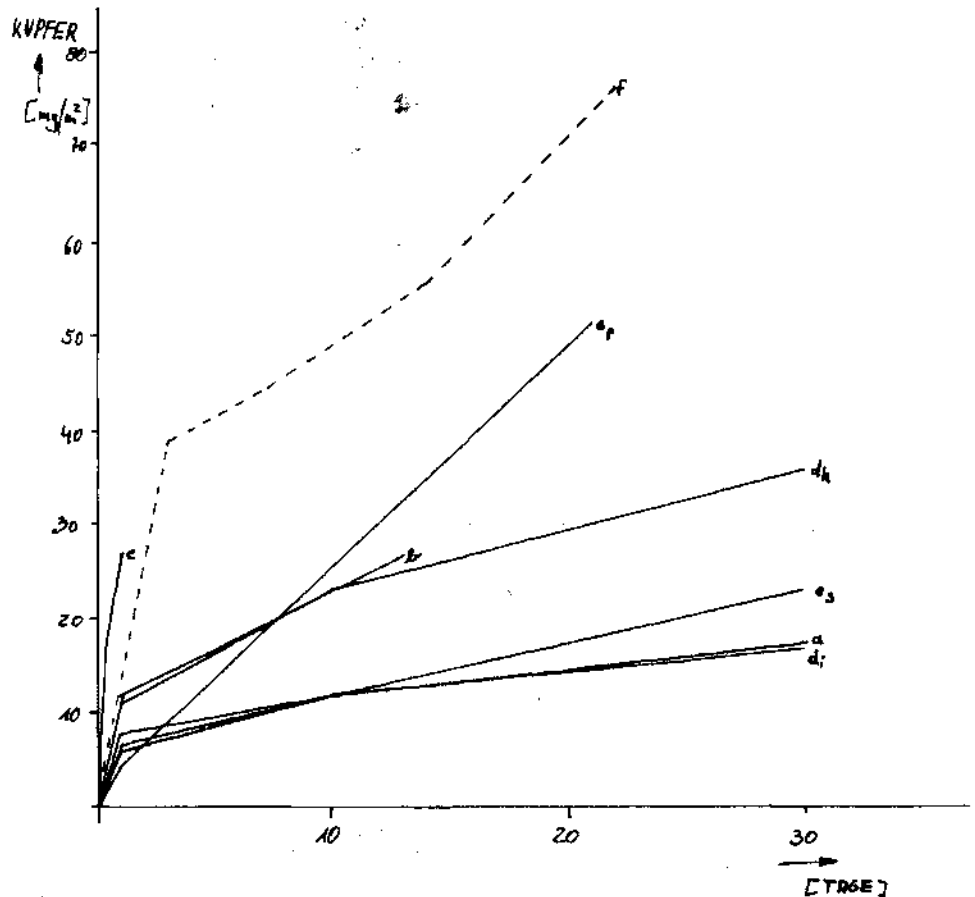


Abb. 77: Die Auslaugung von Kupfer aus Schlackesteinen gegen die Zeit aufgetragen (die Bezeichnungen der Kurven beziehen sich auf verschiedene Versuche; siehe Text)

¹² Hierfür wurden jeweils 3 Gesteinsstücke von insgesamt ca. 0,07qm Oberfläche in 7,5l des Kontaktmediums (z.B. Wasser) ausgelaut. Nach der Auslaugung heißt das Kontaktmedium ELUAT. Es gab zwei verschiedene Arten der Laugung: Bei der sogenannten sequentiellen Laugung wurde jeweils nach 1, weiteren 9 und weiteren 20 Tagen bei der Probennahme das Eluat ausgewechselt. Bei der sogenannten permanenten Laugung wurden während des ganzen Versuches das Kontaktmedium nicht ausgetauscht.

Die Auslaugungsversuche¹³ von Dannenberg beschränken sich auf Auslaugung durch **Elbwasser**(f). Bereits nach 22 Tagen hatte das Wasser mehr als viermal soviel Kupfer gelöst wie bei Förstner und Karbe. Mit der Zeit klingen die Auswaschungen aber vermutlich rasch ab.

¹³ Hier wurde nur permanent ausgelaut und zwar Schlacke von ca. 0,1qm Oberfläche in jeweils 15 Liter Wasser.

In den letzten 10 Jahren wurden im Durchschnitt 70.000 t Schlacke jährlich zwischen Schnackenburg und Cuxhafen an der Elbe verbaut¹⁴. Unter bestimmten Annahmen¹⁵ haben wir aus den Versuchen einen **jährlichen Kupfereintrag von einer Tonne durch die Affi-Schlackesteine** errechnet.

Untersuchungen der Giftwirkung

Beide Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß vor allem Kupfer die für Lebewesen giftige Substanz ist. Dies ist auch der Grund, weshalb wir uns auf die gemessenen Kupferwerte konzentrieren.

Zu den Ergebnissen im einzelnen:

- * Das aus der Schlacke ausgelaugte Kupfer wirkt auf Lebewesen (im Test: Hydra Litoralis) giftiger als das im Elbwasser bereits vorhandene Kupfer anderer Herkunft.
- * Noch in 100-facher Verdünnung hemmt die ausgelaugte Brühe die Vermehrung der Organismen.
- * Der Waschmittelzusatz NTA erhöht die Giftwirkung der Schlackesteine deutlich, selbst wenn er im Wasser

¹⁴ Angaben der NA nach FÖRSTNER und KARBE

¹⁵ Auslaugungswerte nach DANNENBERG
4 Monate sauerstoffarme Bedingungen in der Elbe (ARGE-Elbe)

im ersten Verbaubaujahr wäscht etwa die doppelte Menge wie im ersten Verbaubaujahr aus (Schätzung)

Alle Steine, die älter sind als ein Jahr, waschen nochmal soviel aus, wie die jährlich neu verbauten (Schätzung)

FÖRSTNER und KARBE kommen unter Vernachlässigung des Sauerstoffminimums im Sommer und mit ihren eigenen Auslaugungswerten auf etwa 180kg Kupfereintrag pro Jahr.

nur in der geringen Konzentration von 200µg/l enthalten ist.¹⁶

- * Nur die Giftigkeit von Abwässern wurde durch die Auslaugungen aus Schlacke nicht noch weiter erhöht. Beruhigend: Schlimmer als Abwasser ist die Schlacke also nicht

Förstner und Karbe untersuchten die Anreicherung von Schwermetallen in Organismen, die in der Elbe und im Elbeseitenkanal auf Affi-Schlacke wuchsen, und fanden:

5 - 10-fache Zink-Gehalte

5 - 10-fache Blei-Gehalte

1,5 - 3-fache Gehalte von Kupfer und anderen Metallen.

Hierzu schreiben sie:

"Es fällt auf, daß sich die Unterschiede in der Akkumulation von Schwermetallen in Aufwuchsorganismen unabhängig von dem Zeitraum, über den die Schlacken seit der Verbauung in der Elbe lagern, nachweisen lassen. Es scheint sich demnach bei der Anreicherung von Metallen aus den Schlacken um ein zeitlich nicht begrenztes Langzeitphänomen zu handeln."

Na und...?

Jetzt hat man also die Meßergebnisse gelesen und überlegt, welche Schlußfolgerungen daraus wohl zu ziehen sind. Dazu das Gutachten von Förstner und Karbe:

¹⁶ Falls NTA in großem Maßstab das Phosphat im Waschmittel ersetzen sollte, rechnen Förstner und Karbe mit NTA-Konzentrationen in Oberflächengewässern von 50 - 200 µg/l. Aber schon bei 50 µg/l zeigt sich eine erhöhte Freisetzung von Blei und Zink aus den Affi-Schlackesteinen.

"Trotz dieses Befundes erscheint der Anteil der aus den in der Elbe verbauten Schlacken stammenden Schadstoff-Fraktion an der derzeitig gegebenen integralen Toxizität des Elbe-Wassers unter Abschätzung der mobilen Anteile verschiedener Einträge gering."

Auf deutsch heißt das also: die Elbe ist schon so stark mit Giften angereichert, daß die Schlackesteine auch nicht mehr viel ausmachen.-- Verwenden wir sie also ruhig weiter!?

Zugegeben, verglichen mit den 326 t Kupfer, die pro Jahr schon auf der Höhe von Schnackenburg elbabwärts transportiert werden¹⁷, klingt die eine Tonne Kupfer im Jahr, die wir als Eintrag durch die Affi-Schlacke errechnet haben, nicht beeindruckend. Aber bei dieser Berechnung ist nicht berücksichtigt:

- * die Wirkung von NTA
- * die Auslaugung durch in der Elbe vorhandene andere chemische Substanzen
- * der Abrieb der Steine
- * und vor allem die Tatsache, daß Metalle (zumindest Kupfer) aus der Schlacke in biologisch wirksamerer und daher giftigerer Form ausgewaschen werden.

Auch sind die Uferzonen ökologisch sehr wichtige Gebiete des Flusses: Hier findet ein Großteil des Wachstums statt; hierhin ziehen sich die Lebewesen während der Sommermonate zurück, um der noch sauerstoffärmeren Flußmitte zu entfliehen.

¹⁷ ARGE Elbe, 1983

Ausgerechnet in diesen empfindlichsten Zonen des Flusses werden nun jährlich 70.000 Tonnen Affi-Schlacke verbaut. Dies versetzt dem gequälten Gewässer einen weiteren Schlag, worüber uns auch ein Vergleich mit der "derzeit gegebenen integralen Toxizität" nicht hinwegtäuschen kann. Irgendwann ist das Maß voll! Es kann nicht angehen, daß die Affi die Elbufer als Müllhalde für ihre Schlacke benutzt, damit die von ihr verschmutzten Fluten noch mehr versaut und dafür als Krönung auch noch Geld bekommt. Das Problem des Uferschutzes ist sicherlich nicht einfach zu lösen. Aber es gibt Möglichkeiten, ein Ufer anders zu sichern und es gleichzeitig den Lebewesen und dem Fluß selbst zurückzugeben, statt die Uferregion zu zapflastern:

Ein landschaftsplanerisches Gutachten¹⁸ sieht für das Elbufer bei Wedel eine ökologisch sinnvolle Lösung vor. Die erarbeitete Ufersicherung paßt sich den Strömungskräften und Schwingungsformen der Elbe an und versucht nicht, dagegen anzukämpfen. Die Ufergestalt ist nicht völlig starr, sondern kann sich in gewissem Rahmen verändern. Die Vorschläge dieses Gutachtens sollen am Wedeler Ufer verwirklicht werden.

Das Elbufer muß also keine Schlacken-deponie der Affi bleiben!



Literaturverzeichnis:

ARGE ELBE (1983):

Wassergütedaten der Elbe von Schnackenburg bis zur See.

Dannenberg 1982:

Vergleichende toxikologische Untersuchungen mit Hydra littoralis und Daphnia Magna als Testorganismen
Diplomarbeit des FB
Biologie Universität Hamburg

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRAßENBAU-WESEN (1980):

Merckblatt über Hochofenschlacke im Straßenbau
Köln

FÖRSTNER, U. & KARBE (1984):

Umweltverträglichkeit von Eisensilikatschlacke bei der Verwendung im Wasserbau.
Für Strom- und Hafenbau FHH

HERMS, U. (1984):

Landschaftsplanerisches Gutachten, Elbufer bei Wedel

Kell (1963):

Hochofenschlacke.
Verlag Stahl Eisen
Düsseldorf

MICHELSEN (Hrsg., 1980):

Der Fischer Okoalmanach.
Fischer

NORDDEUTSCHE AFFINERIE (Hrsg., 1966):

100 Jahre Norddeutsche Affinerie.
Hamburg

PIETRZENIUK (1985):

Umweltschutz-Anfall und Verwendung von industriellen Nebenprodukten.
TIZ-Fachberichte, Vol.109, No.2.

TASCHASCHEL:

Die Metallhüttenschlacke, insbesondere die Schlacke der Norddeutschen Affinerie und ihre Verwendungsgebiete.

Forschungsarbeiten aus dem Straßenbauwesen

Die TAGESZEITUNG (13.2.1985):

Legale Verseuchung durch die Affi, Kupferschlacke mit Arsen und Cadmium.

UMWELTBUNDESAMT (1980):

Was sie schon immer über Schadstoffe wissen wollten.
Berlin

WEAST (Hrsg., 1978):

Handbook of Chemistry and Physics.
CRC-Press, West Palm Beach

Der NA-Werkschutz observiert verdächtige Gestalten



¹⁸ HERMS, 1984