

## Verwertung bzw. Einsatzmöglichkeiten für Kupferschlacken (copper slag)

Koch, L.; Zobel, H. (03/2016)

### 1. Vorbemerkungen zur Kupferschlacke

Kupferschlacke wurde und wird als ein Nebenprodukt der Herstellung von Kupfer im Kupferschmelzverfahren weltweit in großen Mengen produziert. Nach einer Studie (International Copper Study Group, 2005) wird in einer Schätzung angegeben, dass für jede produzierte t Cu ein Abfall 2,2 t Kupferschlacke erzeugt wird.

Die Managementaufgabe für das Abfallprodukt Kupferschlacke wird durch drei Optionen geformt:

- Recycling der Kupferschlacke,
- Rückgewinnung von Metallen oder
- Produktion von Mehrwert-Produkten.

Auslaageversuche (z.B. mit Meerwasser) haben gezeigt, dass ein Auslaugen der in der Kupferschlacke enthaltenen Reststoffe, z.B. der Schwermetalle (Pb, Zn, Cr, Ni, Mo) nicht erfolgt. Andere Stoffe, wie Ba, Cu, Mn, Sr nur in sehr geringen Mengen ausgelaugt werden.

Die Kupferschlacke wird als ein Stoff eingestuft, der kein Umweltproblem aus toxischer Sicht darstellt. Aus dieser Sicht und unter der Beachtung der physikalischen Eigenschaften der Kupferschlacke ist verständlich, dass weltweit nach unterschiedlichsten Anwendungsfällen für eine wirtschaftliche Verwertung der in großen Mengen deponierten Kupferschlacken geforscht wird.

Unsere bisherigen Recherchen haben gezeigt, dass die Einsatz- und Verwertungsmöglichkeiten für die Kupferschlacke sehr vielschichtig sein können. Die Untersuchungen werden im Rahmen des Aufbaus der Datenbank Mansfeld Kupfer (DMK) in der Kategorie Hüttenhalden erweitert.

### 2. Einsatz von Kupferschlacke für die Immobilisation von MVA-Flugasche und die Herstellung von Alinitzement

Zu diesem Thema wurde eine grundlegende Forschungsarbeit durch TEWELDE, M. geleistet und in einer entsprechenden Promotionsschrift zusammengefasst.

Referenzmaterial:

Tewelde, M.

Speichermineralbildung und Alinitherstellung aus MVA-Flugasche, Mansfelder Kupferschlacke und Kalksteinmehl

Dissertation an der Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg / Gutachter: Prof. Dr. Dr. Herbert Pöllmann – Prof. Dr. Richard Wenda – PD Dr. habil. Jürgen Neubauer

### 3. Einsatz von Kupferschlacke allgemein in der Bauindustrie

Bei der Beton- bzw. Mörtel-Herstellung wird der teilweise Ersatz von wertvollem Flusssand durch Kupferschlacke schon seit einigen Jahren durch Studie untersucht. Der Umfang an internationalen, wissenschaftlichen Arbeiten zu diesem Thema ist heute schon unüberschaubar und orientiert auf verschiedenste Themenkomplexe:

- Kupferschlacke als Bestandteil des Zementmörtels (Neubau von Häusern aus Ziegelsteinen) (Anteile von 0 – 75 %)
- Zement Sand-Mörtel Fugendicken von 10 – 15 mm
- Einsatz von Kupferschlacke als Ersatz von Flusssand in Zementbeton (0 – 100%)
- Einsatz der o.g. Möglichkeiten ebenso bei Reparaturbau-Vorhaben und den damit verbundenen Putzaufgaben.

Insgesamt kommen die ausgewerteten Studien zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Kupferschlacke (empfohlen wird, ein Ersatz des Flusssandes bis zu einem Maximum von 50 %) als positiv zu bewerten ist. Ein hervorzuhebender Fakt ist die deutlich geringe Wasseraufnahmefähigkeit des mit Kupferschlacke versetzten Betons. Erhöhung der Betonfestigkeit bei einer Verwendung von max. 30 %. fff

Referenzmaterial:

Madheswaran, C.K.; Ambily, P.S.; Dattatreya, J.K.; Rajamane, N.P.

Studies on use of Copper Slag as Replacement Material for River Sand in Building Constructions

J. Inst. Eng. India Ser. A (July–September 2014) 95, 3, p. 169 – 177

Murari, K.; Siddique, R.; Jain, K.K.

Use of waste copper slag, a sustainable material

Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol. 17, January 2015, Issue 1, p. 13 -26

Shi, C.; Qian, J.

High performance cementing materials from industrials slags – a review

Resources, Conservation and Recycling Vol. 29, Issue 3, 1 June 2000, p. 195 – 207

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

#### **4. Einsatz von Kupferschlacke als Mörtelgemisch mit Kalkstein für den untertägigen Ausbau von Stollen aus dem Altbergbau (19. Jahrhundert)**

Unter Nutzung der Erkenntnisse, die im vorhergehenden Abschnitt (Einsatz von Kupferschlacke allgemein in der Bauindustrie) benannt wurden. Mörtelmischungen und Beimengung von Kupferschlacke (Absiebungen).

#### **5. Einsatz von Kupferschlacke für Selbstverdichtenden Beton (SCC)**

Selbstverdichtender Beton ist eine ziemlich neue technologische Anwendung in der Bauindustrie. Führt zum Ziel, Mängel bei der richtigen Dichte und damit Mängel bei der Haltbarkeit, Langlebigkeit von Betonkonstruktionen zu reduzieren. Zur Senkung der Kosten und auch mit dem Ziel, Schlacken aus der Industrie (Abfälle) nutzbringend zu beseitigen, wurden Studien zum Einsatz von Kupferschlacke mit der o.g. Zielstellung geführt. Fazit: Positive Ergebnisse, Schlackeneinsatz – eine geeignete Alternative.

##### Referenzmaterial:

Fadaee, M.; Mirhosseini, R.; Tabatabaei, R.; Fadaee, M.J.

Investigation on using copper slag as part of cementitious materials in self compacting concrete (Untersuchungen z. Verwendung v. Kupferschlacke als ein Teil Zementmaterial in Selbstverdichtendem Beton)

Asian Journal of Civil Engineering (BHRC) / December 2015 / Vol. 16 / No. 3 / p. 368 – 381

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

#### **6. Einsatz von Kupferschlacke im Straßenneubau bei expansiven Untergründen**

Expansive Böden sind Böden, die die Eigenschaft haben, sich bei veränderlichen Feuchtigkeitsbedingungen zu schrumpfen bzw. sich auszudehnen. Das stellt beim Straßenneubau ein Stabilitätsproblem dar (z.B. für Beleuchtungseinrichtungen, Gehwege, Gebäude, Stützmauern, Kanalwände, Straßendecke usw.). Daher werden Bodenstabilisierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Bodenfestigkeit und der Haltbarkeit auch unter schwierigen Feuchtigkeitsverhältnissen angestrebt. In einer vorliegenden Literaturstudie von SABAT, A. K. und PATI, S. wurden alle bekannten Versuche ausgewertet, derartige Bodenstabilisierungsmaßnahmen mit festen Abfällen zu erreichen. HAVANAGANI et al. hat danach 2006 brauchbare Ergebnisse über den Einsatz von Kupferschlacke im Gemisch mit Flugasche für solche Stabilisierungsmaßnahmen mitgeteilt.

Referenzmaterial:

Sabat, A.K.; Pati, S.

A Review of Literature on Stabilization of Expansive Soil Using Solid Wastes  
(Eine Überprüfung der Literatur zur Stabilisierung von expansiven Böden mit festen Abfällen)  
Institute of Technical Education and Research Siksha 'O'Anusandhan University  
Khandagiri Square, Bhubaneswar, OR, India, 2014

Havanagi, V.G.; Prasad, P.S.; Mathur, S.

Die Verwendung von Kupferschlacke – Fly Ash – Boden Mixes für Straßenbau  
Highway Research Bulletin, 75, p. 59 – 67, 2006

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

## **7. Einsatz von Kupferschlacke im Straßenneubau**

In einer Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten wird der Einsatz von Kupferschlacke als Baustoff beim Straßenbau sowohl für den Untergrund, Basisschichten als auch als Beimischung für die bituminösen Schichten als gut geeignet bewertet. Als bemerkenswertes Referenzmaterial ist die angeführte Studie von HAVANAGI et al. (2012) zu benennen. Hier konnten alle relevanten Fragen für den Straßenbau hinsichtlich einer Anwendung von Kupferschlacke positiv bewertet werden.

Referenzmaterial:

Havanagi, V.G.; Sinha, A.K.; Arora, V.K.; Mathur, S.

Waste Materials for Construction of Road Embankment and Pavement Layers  
(Abfallstoffe - z.B. Kupferschlacke - für den Bau von Straßendämmen und Straßenbelägen)  
International Journal of Environmental Engineering Research, Volume 1, Issue 2, 2012, 51-59

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

## **8. Einsatz von Kupferschlacke im Straßenreparaturbau (Erneuerung der Fahrbahn)**

Wird für den Neubau von Straßen ein großer Aufwand an Material benötigt, sind die für den Instandhaltungsbau benötigten Mengen an Zuschlagstoffen für die Basis, die Zwischenschichten und die Oberflächenschichten ebenso erheblich. Hier geht es neben dem Wiedereinsatz von recycelten Beton um die Zumischung von Kupferschlacke als Additiv. Die Eignung von Kupferschlacke wurde auf Grund der form- und hervorragenden physikalischen und mechanischen Eigenschaften unterstrichen.

Referenzmaterial:

Behnood, A.; Gharehveran, M.M.; Asl, F.G.; Ameri, M.

Effects of copper slag and recycled concrete aggregate on the properties of CIR mixes with bitumen emulsion, rice husk ash, Portland cement and fly ash

(Auswirkungen von Kupferschlacke und Recyclingbetonzuschlag auf die Eigenschaft CIR-Mix / Einsatz für Instandhaltungsmaßnahmen im Straßenbau)

Construction and Building Materials 96 (2015), p. 172 - 180

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

## **9. Einsatz von Kupferschlacke für schadstoffbindende Speichermaterialien zur Abdeckung von über- und untertägigen Müllverbrennungsdeponien und Aschedeponien.**

## **10. Einsatz von Kupferschlacke in der Glasindustrie**

Für den Einsatz von Kupferschlacke in der Glasindustrie sind zwei Anwendungsrichtungen zu benennen.

Die Anwendung in der Glas-Keramik-Industrie (Schmuckindustrie / hier kann man nur von geringen, vernachlässigbaren Einsatzmengen ausgehen) und die industrielle Anwendung von Kupferschlacke bei der Herstellung von Glas-Verbundstoffen.

In einem Fachartikel von ZHIHONG YANGA et al. (Herstellung und Kristallisation von Glaskeramiken aus eisenreicher Kupferschlacke) wird beschrieben, dass für die Herstellung von farbigen Glaskeramiken aus der eisenhaltigen Schlackenschmelze das Eisen gewonnen wird und die verbliebene Kupferschlacke über einen Oberflächenkristallisationsmechanismus auf den Glaskörper zu einer Licht-Farben-Glaskeramik transformiert wird.

In der Studie von BISWAS, S. & A. SATAPATHA wird auf die Verwendung von Kupferschlacke als Füllstoff in Glas-Epoxyd-Verbundwerkstoffen verwiesen. Nachgewiesene Effekte für den Glas-Verbundwerkstoff: Erhöhung des Zugmoduls (bei max. 10 % Zugabe), Erhöhung der Biegefestigkeit, Scherfestigkeit und Schlagzähigkeit.

Referenzmaterial:

Biswas, S.; Satapatha, A.

Use of copper slag in glass-epoxy composites for improved wear resistance

(Verwendung von Kupferschlacke in Glas-Epoxyd-Verbundwerkstoffen für eine verbesserte Verschleißfestigkeit)

Waste Management & Research July 2010, vol. 28 no. 7, p. 615 – 625

(siehe DMK\_322\_DR Hüttenhalden und die Dokumentensammlung 323 Dokumente Hüttenhalden)

## 11. Einsatz von Kupferschlacke in der Isolierstoff-Produktion

Bei der Herstellung von Isoliermaterialien, z.B. von Steinwolle wird (beispielhaft) von der Firma **ROXUL – The better Insulation** für die Herstellung von Steinwolle neben vulkanischem Basalt Schlacke aus der Stahlindustrie bzw. Kupferschlacke verwendet und zu Wärmeisoliermatten versponnen.

### Referenzmaterial:

Prospekt der Firma ROXUL  
ROXUL Inc. 8024 Esquesing Line  
Milton, Ontario L9T 6W3  
Canada

## 12. Einsatz von Kupferschlacke als Strahlmittel

Der Einsatz von Kupferschlacke als Strahlmittel ist weltweit verbreitet und wird in vielfältiger Form betrieben. Die angeführten Referenzmaterialien stellen nur einen unbedeutenden Einblick in diese Anwendungsseite für die Kupferschlacke dar.

### Referenzmaterial:

Prospektmaterial der Firma Blast Abrasives Ireland  
Sicherheitsmerkblatt des Strahlmittels „Komant“ aus Glogów

## 13. Einsatz von Kupferschlacke für die Herstellung von Schleifwerkzeugen (Abrasives tools)

## 14. Einsatz von Kupferschlacken für die Herstellung von Schneidwerkzeugen (Cutting tools)

## 15. Einsatz von Kupferschlacken für die Fliesen-Produktion (Tiles)

## 16. Einsatz von Kupferschlacken für die Dachpappenherstellung (Roofing granules)

## 17. Einsatz von Kupferschlacke für Straßenpflastersteine, Deichsteine

### Referenzmaterial (Nr. 13 – 17):

Saxena, P.; Simalti, A.

Scope of replacing fine aggregate with copper slag in concrete – a review

(Bericht zur Austauschbarkeit von Stoffen durch Cooper Slag)

International Journal of Technical Research and Applications, Volume 3, Issue 4 (2015), p. 44 – 48

Lutherstadt Eisleben, 17. März 2016

Dr. sc. L. Koch