

L. Krakow

# Produkt oder Abfall? – Reststoffe in der Ziegelindustrie



Dr. rer. nat. Lutz Krakow (49) ist seit 1992 auf komplexe Rohstoffberatungen spezialisiert. Im Jahr 2002 wurde er in die Akademie der Geowissenschaften zu Hannover berufen. Die Akademie ist ein Zusammenschluss führender

Persönlichkeiten aus Bereichen von Hochschulen, Unternehmen und Behörden, die sich mit der Aufsuchung natürlicher Ressourcen und dem Schutz der Erde als Lebensraum des Menschen befassen. Zur Entwicklung neuer Rohstoffkonzepte ist Dr. Krakow im Rahmen des Kooperationsverbundes innovative Baustoffe KVIB bereits als Gründungsmitglied engagiert. Zur Energieeffizienz von Reststoffen befindet sich aktuell ein ZIM-gefördertes FuE-Projekt mit der BTU Cottbus in der Startphase. Gesamte Aktivitäten siehe: [www.clayserver.com](http://www.clayserver.com)

**KURZFASSUNG** Seit mehr als 30 Jahren werden Rest- und Sekundärrohstoffe in der Ziegelindustrie eingesetzt. Gründe hierfür liegen zum einen in der Erzielung bestimmter Produkteigenschaften, zum anderen ist der Einsatz wirtschaftlich interessant. Aktuell gewinnen Argumente der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung sowie Forderungen nach der konsequenten Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zunehmend an Gewicht. Die wichtigsten technischen und genehmigungsrechtlichen Besonderheiten werden anhand von Praxisbeispielen erläutert. In diesem Zusammenhang wird mit Bezug auf die europäische Gesetzgebung vor allem auf Unterscheidungsmerkmale zwischen Produkt und Abfall eingegangen. Technische Erfahrungen bei Logistik, Lagerung und Verarbeitung werden exemplarisch skizziert.

**ABSTRACT** Product or Waste? – Recyclables in the Brick and Tile Industry

Residual and secondary raw materials have been used in the brick and tile industry for over 30 years now. The reasons for this are two-fold: they help to achieve specific properties in the product, and their utilization is economically interesting. Sustainability and resource conservation as well as a call for the strict implementation of the Life-Cycle Resource Management Act are issues of great and growing topicality. When residual and secondary raw materi-

als are used in the tile and brick industry; however, a whole bundle of technical, environmental and legal aspects need to be considered. The most important points as regards technology and regulatory approvals are explained here with practical examples. In this context, the author looks in particular at the distinguishing features of products and waste as defined in European legislation. Chosen examples also outline the technical experience gained in logistics, storage and processing.

**STICHWÖRTER** Keramische Tone, Ziegelmassen, Reststoffe, Sekundärrohstoffe  
*Keram. Z.* 61 (2009) [2-3]

## 1 Einleitung

Seit Jahrtausenden werden Ziegel aus Lehm und Ton hergestellt. Obwohl der weltweite Verbrauch an Ton im Vergleich zu einigen anderen Rohstoffen eher als gering einzustufen ist, ergeben sich bei absoluter Betrachtung beachtliche Größenordnungen: So werden in 18 Monaten weltweit rund 630 Mio. t an keramischen Tönen benötigt [1]. Bei einer mittleren Distanz von 384.403 km entspricht dies immerhin der Länge einer LKW-Kolonnen von der Erde bis zum Mond. Im Zusammenhang mit dem weltweit rasanten Anstieg des Verbrauchs von Energie und Rohstoffen ist Ressourcenschonung zum Megathema unserer Zeit geworden. Die Forderung nach der Schonung natürlicher Ressourcen beschränkt sich dabei nicht nur auf den Verbrauch von Energierohstoffen wie Erdöl und Kohle, sondern umfasst auch den großen Bereich der mineralischen Rohstoffe [2]. Da Ziegelton zur Gruppe der fossilen und nicht-erneuerbaren Rohstoffe gehören, stellt sich prinzipiell auch hier die Frage, inwieweit Ziegelmassen mit geeigneten Rest- oder Sekundärrohstoffen versetzt werden können, um natürliche Ressourcen so weit wie möglich zu schonen.

Beim Einsatz von Rest- und Sekundärrohstoffen im Bereich der Ziegelindustrie ist ein ganzes Bündel von technischen und umweltrechtlichen Aspekten zu beachten. Deshalb

ist im Vorfeld eines geplanten Einsatzes eine komplexe Analyse der Gesamtsituation durchzuführen. Die wichtigsten Punkte sind vor allem:

### Besonderheiten bei der Liefersicherheit:

- Langfristige Liefersicherheit
- Kurzfristige Verfügbarkeit und logistische Abstimmungen
- Preisschwankungen
- Rahmenverträge und Jahreskontingente

### Technische Besonderheiten:

- Festlegung individueller Qualitätskriterien und Qualitätskontrolle.
- Qualitätsschwankungen und Verunreinigungen
- Verhalten bei Aufbereitung, Formgebung, Trocknung und Brennen
- Auswirkungen auf die Produkteigenschaften des Ziegels.

### Umweltrechtliche Aspekte:

- Genehmigungsverfahren zum Einsatz von Rest- und Sekundärrohstoffen
- Anforderungen an die Lagerung vor der Verarbeitung
- Schadstoffbelastung und Emissionsverhalten (Boden, Wasser, Luft)
- Auswirkungen auf das Eluatverhalten und die Recyclingfähigkeit des Ziegels.

## 2 Begriffsbestimmungen

### 2.1 Unterscheidungskriterien zwischen Produkt und Abfall

Bei der Entstehung, dem Umgang und der Entsorgung von Abfällen sind die besonderen Regelungen des Abfallrechts zu beachten [3]. Einer Abgrenzung von Abfällen zu Produkten (Gebrauchsgegenständen) sowie der



Bild 1 • Eisenoxid-Depot in Brasilien (Foto: HAVER ENGINEERING GmbH)

Frage der Dauer der Abfalleigenschaft kommt daher besondere Bedeutung zu. Die EG-Kommission hat zu Auslegungsfragen betreffend Abfall und Nebenprodukte im März 2007 eine Mitteilung veröffentlicht, die die einschlägige Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) zusammenfasst und Beispiele für Abfälle und Nicht-Abfälle aus dem industriellen Bereich nennt [4]. Im Gesetzeswortlaut wird zur Abfalldefinition auf die so genannten Entledigungstatbestände verwiesen. Zu beachten ist hierbei, dass nach der Rechtsprechung der Abfallbegriff weit auszulegen, im Zweifel also von Abfall auszugehen ist (z.B. EuGH C-9/00 Urteil vom 18.04.2002, Fall Palin Granit): Danach ist zwischengelagertes Bruchgestein aus einem Steinbruch als Abfall zu klassifizieren.

### 2.1.1 Abfallbegriff

Demnach ist der Abfallbegriff erfüllt, wenn bewegliche Sachen

- verwertet, d.h. für einen sinnvollen Zweck eingesetzt und dabei Rohstoffe oder Primärbrennstoffe ersetzend oder beseitigt (z.B. deponiert oder verbrannt, ohne Nutzung zur Energieerzeugung) werden oder
- einfach liegen gelassen oder weggeworfen werden oder
- bei der Energieerzeugung, Herstellung, Behandlung oder Nutzung von Stoffen oder Erzeugnissen oder bei Dienstleistungen anfallen, ohne dass der Zweck der jeweiligen Handlung hierauf gerichtet ist. Dies betrifft nicht nur Sachen, die unvorhergesehen oder unbeabsichtigt anfallen. Grundsätzlich sind hier sämtliche anfallenden Sachen betroffen, die nicht vom Hauptzweck des Herstellungsprozesses umfasst sind oder
- nicht mehr für ihren ursprünglichen Zweck gebraucht werden und auch keine andere Verwendung erkennbar ist (... die ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgeben wird, ohne dass ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt ...) oder
- nicht mehr verwendet werden und die Entsorgung als Abfall auf Grund ihrer Gefährlichkeit für Mensch und Umwelt geboten ist (... entsprechend ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung nicht mehr verwendet werden, auf Grund ihres konkreten Zustandes geeignet sind, gegenwärtig oder künftig das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die Umwelt zu gefährden und deren Gefährdungspotential nur durch eine

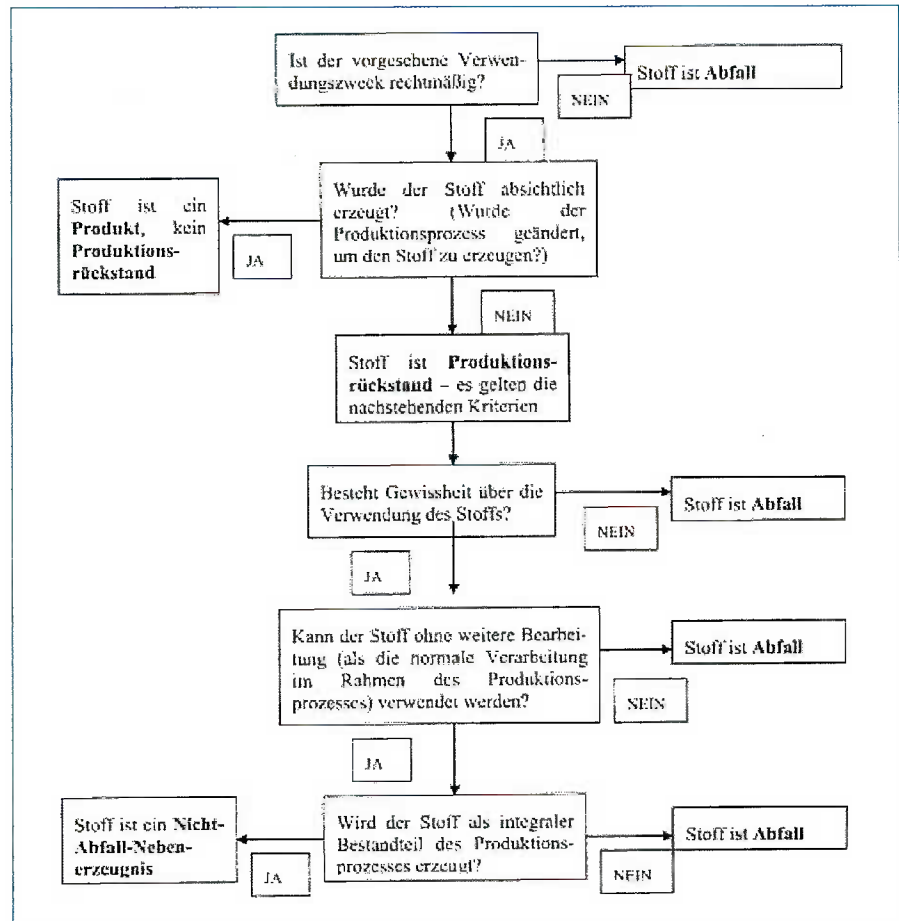


Bild 2 • Entscheidungsbaum zur Klassifizierung Produkt oder Abfall (aus [4])

ordnungsgemäße und schadlose Verwertung oder gemeinwohlverträgliche Beseitigung ... ausgeschlossen werden kann).

Schwierigkeiten bereiten bei den o.g. Varianten des Abfallbegriffs vor allem die Abgrenzung der gewünschten, vom Hauptzweck des Produktionsprozesses erfassten, von den weiteren entstehenden Stoffen. Dabei ist die Frage relevant, ob die Entstehung und Nutzung dieser Stoffe schon vor dem Beginn des Produktionsverfahrens eingeplant und erwünscht war. Lässt ein Hersteller Stoffe bewusst entstehen, obwohl diese vermieden werden könnten, weil er diese nützlich verwenden oder vermarkten kann (sog. Neben- oder auch Koppelprodukte), handelt es sich i.d.R. nicht um Abfall.

### 2.1.2 Indizien für Produkteigenschaft

Als Indizien dafür sprechen folgende Kriterien:

- Erzeugung als integraler Bestandteil eines kontinuierlichen Produktionsprozesses (die Stoffe sind anerkannt als industrielle Nebenerzeugnisse)
- Gewissheit über die weitere Verwendung (es ist nicht nur möglich, sondern organisatorisch und wirtschaftlich sichergestellt,

dass die Stoffe komplett weiterverwendet werden)

- direkte Verwendbarkeit (die Stoffe sind so beschaffen, dass sie ohne weitere Vorbehandlung – außer der normalen Verarbeitung in einem neuen Produktionsprozess verwendet werden können)
- positiver Marktwert (bei der Abgabe der Stoffe wird ein Gewinn erzielt)
- Produktnormen oder Spezifikationen (die Stoffe entstehen kontrolliert und weisen eine definierte, allgemein anerkannte Qualität auf, die beschreibbar ist und überwacht wird)
- Handelsverträge (die Abnahme der o.g. Stoffe ist sichergestellt, außerdem ist mit der Entstehung und Veräußerung ein wirtschaftlicher Vorteil verbunden).

Der Entwurf zur neuen EG-Abfallrahmenrichtlinie definiert in Artikel 5 die Merkmale

- „sichere Weiterverwendung“
- „direkte Verwendbarkeit“
- „Erzeugung als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses“ und
- „Rechtmäßigkeit der weiteren Verwendung“.

als maßgeblich für die Einstufung eines Nebenprodukts als Nicht-Abfall.

## 2.2 Abfallcharakterisierung

Anfallende Abfälle müssen vor der Entsorgung einer

- Abfallbeurteilung,
- Abfalleinstufung und
- Abfallbestimmung unterzogen werden.

### 2.2.1 Abfallbeurteilung

Um einen Abfall beurteilen zu können, ist es erforderlich, sich Gedanken über seine Herkunft – insbesondere seine Entstehung die stoffliche Beschreibung und die daraus resultierenden Eigenschaften – zu machen. Aus der Abfallbeschreibung in Verbindung mit der Deklarationsanalyse können Rückschlüsse für die Handhabung, die Notwendigkeit einer Behandlung und die finale Entsorgung gezogen werden. Weiter ergeben sich Hinweise darauf, ob der Abfall einer gefährlichen Abfallart zugeordnet werden muss. An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass die Abfallherkunft für die Beschreibung nur ein orientierendes Merkmal darstellt. Allein über die stoffliche Beschreibung können Aussagen über die Wirkung eines Abfalls auf die Umwelt getroffen werden.

### 2.2.2 Abfalleinstufung

Nach der Beurteilung erfolgt die Einstufung des Abfalls in eines der 20 Kapitel des Europäischen Abfallverzeichnisses (AVV). Hier spielt die Abfallherkunft eine wesentliche Rolle, da 16 der Kapitel herkunftsbezogen aufgebaut sind. Jedoch gibt die Herkunft wiederum Hinweise auf die stoffliche Zusammensetzung, z.B. aus Produktions- oder Bearbeitungsdaten. Die Einstufung in das Verzeichnis erfolgt durch Prüfschritte, welchem der Kapitel des Verzeichnisses der Abfall zugeordnet werden kann. Dabei werden die 20 Kapitel in folgender Reihenfolge abgefragt:

- Kapitel 1–12, 17–20, herkunftsbezogen,
- Kapitel 13, 14, 15, stoffbezogen
- Kapitel 16
- Zugriff auf „a.n.g.-Abfallarten“ (a.n.g. = anders nicht genannt).

Eine Anleitung zur Abfalleinstufung enthält die Einleitung zum Abfallverzeichnis in der Anlage zu § 2 Abs. 1 AVV. Nach erfolgter Einstufung steht die Abfallart, die für den Abfall spezifisch ist, unabhängig vom Entsorgungsweg fest [5].

### 2.2.3 Abfallbestimmung

Unter der Abfallbestimmung versteht man

Aussagen über die Gefährlichkeit des Abfalls. Aus dem daraus resultierenden Überwachungsstatus ergeben sich Folgerungen für den Vollzug des Abfallrechts. Die Bestimmung ergibt sich letztendlich aus der für den Abfall ermittelten Abfallart.



Bild 3 • Handstrichziegel mit Zugabe von 3 Gew.-% Eisenoxidgranulat

## 2.3 Abfallarten

Von den 839 Abfallarten des Verzeichnisses gelten 405 als gefährlich (§ 41 KrW / AbfG bzw. § 3 Abs. 1 AVV) und 434 Abfallarten als nicht gefährlich. Von den 405 gefährlichen Abfallarten gelten 232 Abfallarten als stets gefährlich, bei denen nur über § 3 Absatz 3 AVV von der Bestimmung als gefährlich abgewichen werden kann. Die verbleibenden 173 als gefährlich bezeichneten Abfallarten liegen in Form der so genannten Spiegeleinträge vor, wobei den gefährlichen Abfallarten weitere nicht gefährliche Abfallarten zugeordnet werden. Die Abfallmatrix gilt dabei als ungefährlich, durch gefährliche Inhaltsstoffe wird dieser Abfall dann zu einem gefährlichen Abfall.

## 3 Gefahrenrelevante Eigenschaften von Abfällen gemäß AVV-Richtlinie

### H1 explosiv

Stoffe und Zubereitungen, die unter Einwirkung einer Flamme explodieren können oder empfindlicher auf Stöße oder Reibung reagieren als Dinitrobenzol.

### H2 brandfördernd

Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit anderen, insbesondere brennbaren Stoffen eine stark exotherme Reaktion auslösen.

### H3-A leicht entzündbar

Stoffe und Zubereitungen in flüssiger Form mit einem Flammpunkt von weniger als 21 °C (einschließlich hoch entzündbarer Flüssigkeiten) oder Stoffe und Zubereitungen,

die sich an der Luft bei normaler Temperatur und ohne Energiezufuhr erwärmen und schließlich entzünden oder feste Stoffe und Zubereitungen, die sich unter Einwirkung einer Zündquelle leicht entzünden und nach Entfernung der Zündquelle weiterbrennen oder unter Normaldruck an der Luft entzündbare gasförmige Stoffe und Zubereitungen oder Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft gefährliche Mengen leicht brennbarer Gase abgeben.

### H3-B entzündbar

Flüssige Stoffe und Zubereitungen mit einem Flammpunkt von >21 °C und höchstens 55 °C.

### H4 reizend

Nicht ätzende Stoffe und Zubereitungen, die bei unmittelbarer, länger dauernder oder wiederholter Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten eine Entzündungsreaktion hervorrufen können.

### H5 gesundheitsschädlich

Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmung, Einnahme oder Hautdurchdringung Gefahren von beschränkter Tragweite hervorrufen können.

### H6 giftig

Stoffe und Zubereitungen (einschließlich der hochgiftigen Stoffe und Zubereitungen), die bei Einatmung, Einnahme oder Hautdurchdringung schwere, akute oder chronische Gefahren oder sogar den Tod verursachen können.

### H7 krebserzeugend

Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmung, Einnahme oder Hautdurchdringung Krebs erzeugen oder dessen Häufigkeit erhöhen können.

### H8 ätzend

Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit lebenden Geweben zerstörend auf diese einwirken können.

### H9 infektiös

Stoffe, die lebensfähige Mikroorganismen oder ihre Toxine enthalten und die im Menschen oder sonstigen Lebewesen erwiesenermaßen oder vermutlich eine Krankheit hervorrufen.



**H10 teratogen**

Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmung, Einnahme oder Hautdurchdringung nichterbliche angeborene Missbildungen hervorrufen oder deren Häufigkeit erhöhen können.

**H11 mutagen**

Stoffe und Zubereitungen, die bei Einatmung, Einnahme oder Hautdurchdringung Erbschäden hervorrufen oder ihre Häufigkeit erhöhen können.

**H12**

Stoffe und Zubereitungen, die bei der Berührung mit Wasser, Luft oder einer Säure ein giftiges oder sehr giftiges Gas abscheiden.

**H13**

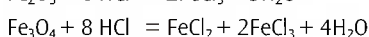
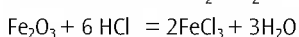
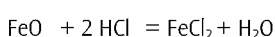
Stoffe und Zubereitungen, die nach Beseitigung auf irgendeine Art die Entstehung eines anderen Stoffs bewirken können, z.B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist.

**H14 ökotoxisch**

Stoffe und Zubereitungen, die unmittelbare oder mittelbare Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche darstellen können.

**4 Relevante Fallbeispiele für die Ziegelindustrie****4.1 Eisenoxidgranulat aus der Säureaufbereitung (Klassifizierung: Sekundärrohstoff/Produkt)****4.1.1 Verfahren zur Entfernung von Zunderschichten**

Zur Entfernung von Zunderschichten auf der Oberfläche wird die Behandlung mit Salzsäure durchgeführt. Der Zunder besteht aus den drei Eisenoxiden FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, deren Verhältnis zueinander im Wesentlichen von der Abkühlung des Materials nach dem Warmwalzen abhängt. Salzsäure löst alle vorgenannten Oxide auf, ohne das unter der Zunderschicht liegende Eisenmetall merklich anzugreifen. Die ursprüngliche Metalloberfläche bleibt erhalten und ist bei salzsäuregebeiztem Material auffällig klar und silberhell. Beim Beizen mit Salzsäure spielen sich folgende chemische Reaktionen ab:

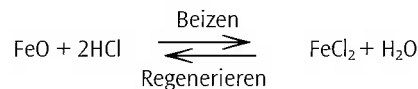


Beim Beizen mit Salzsäure wird der Zunder von der Oberfläche des Beizgutes abgelöst und unter entsprechendem Säureverbrauch in Eisenchlorid umgewandelt, das sich in der Beizsäure auflöst.

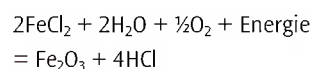
Die Konzentration an Eisenchlorid nimmt also zu und die an freier Salzsäure proportional ab.

**4.1.2 Regeneration von Beizsäure nach dem Sprühröstverfahren**

Ist die Beizsäure abgearbeitet wird sie in die Regenerationsanlage geschickt. Hier wird die im Eisenchlorid gebundene Salzsäure in freie Säure rückverwandelt, gleichzeitig wird das Eisen als Eisenoxid ausgeschieden. Die Vorgänge des Beizens und Regenerierens lassen sich mit einiger Genauigkeit durch folgende Gleichung darstellen:



Die Gleichung von links nach rechts gelesen entspricht dem Beizprozess, in umgekehrter Richtung stellt sie den Regenerationsprozess summarisch dar.



Dabei wird das in den Röstgasen enthaltene gasförmige HCl und H<sub>2</sub>O soweit kondensiert, dass eine Salzsäure mit genau definiertem Säuregehalt unten austritt. Diese regenerierte Säure wird als Beizmedium eingesetzt.

**4.1.3 Verwendung in der Ziegelindustrie**

Das Eisenoxid wird granuliert und seit mehreren Jahren erfolgreich zur Brennfärbenbeeinflussung, vor allem in der Klinkerindustrie eingesetzt. Die Zugabemenge liegt in der Regel bei 3–5 Masse-% (Bild 2). Mineralogisch handelt es sich um Hämatit. Hämatit ist als eigenständige Phase Bestandteil vieler Tone, Schiefertone und Tonsteine mit roter Rohtonfarbe (bevorzugt Bundsandstein und Keuper).

**4.1.3.1 Negative Auswirkungen auf die Produkteigenschaften**

Nicht bekannt.

**4.1.3.2 Langfristige Liefersicherheit und Anfallmenge**

In der Regel vorhanden und außer unplanmäßigen Produktionsunterbrechungen ganzjährig in einer Menge von ca. 2500 t pro Anlage und Jahr verfügbar.

**4.1.3.3 Logistische Anforderungen und Abstimmungen**

Hoch: kein Lager an der Anfallstelle, Material muss fortlaufend abgefahren werden, ggf. mit längeren Wartezeiten bei der Abholung verbunden, ggf. Ausladen der Lastzüge nicht möglich.

**4.1.3.4 Anforderungen an Transport und Lagerung**

Schüttgut, kein Gefahrgut, Lagerung auf befestigter Fläche witterungsgeschützt unter Dach.

**4.1.3.5 Preisniveau und Entwicklung**

Ungefähr um Faktor 5–7 günstiger als vergleichbare Produkte, insgesamt stabiler Preis, ab 2009 ist mit einem geringen Anstieg zu rechnen.

**4.2 Tonmineralische Filterkuchen aus der Mineralwäsche (Klassifizierung: Sekundärrohstoff/Produkt)****4.2.1 Herstellung tonmineralischer Filterkuchen**

Die Feinbestandteile natürlicher Mineralgesteine werden in Schwertwäschen mit nach geschalteten Siebmaschinen und Hydrozyklonen abfraktioniert und liegen dann in einer Mineral-Wasser-Suspension vor. Der erste Schritt zur Gewinnung der Mineralbestandteile ist die semiquantitative Trennung der festen von der flüssigen Phase durch Gravitation. Der Sedimentationsprozess wird über die Zugabe von geeigneten Flockungsmitteln beschleunigt, wobei moderne Flockungsmittel untoxisch und voll biologisch abbaubar sind. Danach erfolgt die Filtration in der Kammerfilterpresse. Die Filterkuchen sind überwiegend von leicht- bis mittelplastischer Konsistenz (Bild 4). Es handelt sich um steinfreie Nebenprodukte, die durch eine maximale Korngröße von d<0,4 mm charakterisiert sind.

**4.2.2 Verwendung in der Ziegelindustrie**

Tonmineralische Filterkuchen werden als leicht- bis mittelplastische Zusatzkomponenten in der Ziegelindustrie eingesetzt. In Abhängigkeit von der mineralogischen Zusammensetzung können bestimmte Eigenschaften wie z.B. die Feuerstandsfestigkeit, die Brennfarbe oder die Wasseraufnahme gezielt verbessert werden. In der Dachziegelindustrie werden die stets steinfreien Filterkuchen vor allem zur Verbesserung der Oberflächenebene eingesetzt. Auch das weitgehende Fehlen

von störenden Verunreinigungen macht sich im Produktionsprozess vorteilhaft bemerkbar. Zu hohe Restfeuchten der Filterkuchen können allerdings die exakte Dosierung und Maschenhomogenisierung erschweren.

#### 4.2.3 Negative Auswirkungen auf die Produkteigenschaften

Stark kalkhaltige Filterkuchen (Mergel) können Ausblühungen begünstigen, Minderung der Plastizität bei Substitution von ausgeprägt plastischen Tonen, sonst sind keine Nachteile bekannt.



Bild 4 • Tonmineralischer Filterkuchen aus der Mineralwäsche

#### 4.2.4 Langfristige Liefersicherheit und Anfallmenge

In der Regel gegeben, die jährliche Anfallmenge pro Anlage liegt im Schnitt bei rund 15.000 t in Ausnahmefällen bis zu 80.000 t, in der Regel während der Frostperiode nur von Halde verfügbar.

#### 4.2.5 Logistische Anforderungen und Abstimmungen

Hoch: um absolut sauberes Material mit definierter Restfeuchte zu bekommen, empfiehlt sich eine Verladung direkt ab Kammerfilterpresse. Maßnahmen zur fachgerechten Zwischenlagerung müssen gezielt abgestimmt werden.

#### 4.2.6 Anforderungen an Transport und Lagerung

Schüttgut, kein Gefahrgut, bei hoher Restfeuchte, insbesondere bei Filterkuchen mit innerkristallin quellfähigen Tonmineralen kann die Entladung problematisch sein. Die Lagerung sollte entweder witterungsgeschützt oder auf Mischhalde mit trockenen Tonen bzw. Schiefertonen erfolgen.

#### 4.2.7 Preisniveau und Entwicklung

Ungefähr um Faktor 2 günstiger als vergleichbare Lehme und Magertone, insgesamt stabiler und gut kalkulierbarer Preis.

### 4.3 Walzunderschlamm aus der Stahlindustrie (Klassifizierung: i.d.R. ungefährlicher Abfall AVV Nr. 10 02 10)

#### 4.3.1 Entstehung von Walzunderschlamm

Beim Warmwalzen von Stahl oxidiert die Oberfläche der Brammen in Kontakt mit Luftsauerstoff zu verschiedenen Eisenoxiden. Dominant sind Wüstit und Magnetit vor Hämatit. Noch beim Walzen wird die störende Oxidationsschicht (Walzunder) mit Wasserhochdruck von der Oberfläche des heißen Stahls entfernt. Prozessbedingt werden dabei vor allem große Mengen Wasser, aber auch Hydrauliköl mit dem Walzunder vermischt. Prozessbedingt wird zwischen weitgehend ölfreiem Grobsinter und ölhaltigem Feinsinter, auch als Walzunderschlamm bezeichnet, unterschieden (Bild 5). Während die Grobfaktion dem Produktionsprozess wieder zugeführt werden kann, muss die ölhaltige Feinfraktion i.d.R. extern verwertet werden. Die Ölgehalte unterliegen deutlichen Schwankungen von ca. 3–15 Masse-%. Rechtlich handelt es sich in der Regel um ungefährlichen Abfall.

#### 4.3.2 Verwendung in der Ziegelindustrie

Walzunderschlamm wird seit mehreren Jahren erfolgreich zur Brennfärbefeeinflussung, vor allem in der Hintermauerziegelindustrie eingesetzt. Je nach Typ des Walzunderschlammes kann eine deutliche Erhöhung der Scherbenrohddichte erreicht werden. Der Ölgehalt kann zur Verbesserung bei der Formgebung beitragen. Aufbereitungsprobleme können infolge des Magnetitgehaltes und der dadurch bedingten magnetischen Eigenschaften auftreten.

#### 4.3.3 Negative Auswirkungen auf die Produkteigenschaften

Nicht bekannt.

#### 4.3.4 Langfristige Liefersicherheit und Anfallmenge

In der Regel gegeben, die Anfallmenge schwankt je Anlage meist zwischen 2.000 und 20.000 t pro Jahr, ganzjährig verfügbar, Vergabe in Jahres- oder Mehrjahreskontingenten.

#### 4.3.5 Logistische Anforderungen und Abstimmungen

Sehr hoch: oft kein ausreichendes Lager an der Anfallstelle, Material muss fortlaufend abgefahren werden, lange Wartezeiten bei der Abholung sind die Regel.

#### 4.3.6 Anforderungen an Transport und Lagerung

Schüttgut, kein Gefahrgut, wegen des Ölgehaltes wird von den zuständigen Behörden meistens die Lagerung auf einer befestigten Fläche unter Dach gefordert.

#### 4.3.7 Preisniveau und Entwicklung

In der Regel Zuzahlung, Preisentwicklung kann nach Ablauf der Vertragslaufzeit aber plötzlichen und sehr starken Schwankungen nach oben wie nach unten unterliegen.



Bild 5 • Zwischenlager für Walzunderschlamm der Stahlindustrie

### 4.4 Konverterstaub aus der Stahlindustrie (Klassifizierung: i.d.R. ungefährlicher Abfall AVV Nr. 10 02 08)

#### 4.4.1 Entstehung von Konverterstaub

Um das aus dem Hochofen gewonnene Roheisen in verformbaren Stahl zu überführen, muss der Kohlenstoffgehalt des Roheisens auf unter 1,0 MA% herabgesetzt werden. Außerdem müssen störende Begleitelemente wie Phosphor, Schwefel, Silizium, Sauerstoff und Mangan auf niedrige Restgehalte reduziert werden. Begleitelemente werden als Oxide in die Schlackephase überführt und abgetrennt. Im Konverter werden aus dem Rauchgas große Mengen Filterstaub über Elektrostaubabscheider abgefangen. Konverterstäube sind je nach Produktionsprozess sehr unterschiedlich aufgebaut. Exemplarisch kann von Magnetitgehalten um ca. 80 MA% sowie von Beimengungen an Hämatit, Wüstit und Ca-/Mg-Karbonaten ausgegangen werden.

#### 4.4.2 Verwendung in der Ziegelindustrie

Konverterstaub kann als Zusatzstoff zur Brennfärbefeeinflussung, vor allem in der Hintermauerziegelindustrie eingesetzt werden (Bild 6). Karbonatfreie Konverterstäube können zur Erhöhung der Scherbenrohddichte beitragen. Bei der Aufbereitung im Ziegelwerk kann es trotz Anfeuchtung zur Staubeentwicklung kommen.

#### 4.4.3 Negative Auswirkungen auf die Produkteigenschaften

Nicht bekannt, bislang wenig Erfahrungen.

#### 4.4.4 Langfristige Liefersicherheit und Anfallmenge

In der Regel gegeben, die Anfallmenge kann pro Anlage bis über 100.000 t pro Jahr betragen, ganzjährig verfügbar, Vergabe in Jahres- oder Mehrjahreskontingenten.



Bild 6 • Zudosierung von Konverterstaub vor dem Kollergang

#### 4.4.5 Logistische Anforderungen und Abstimmungen

Sehr hoch: oft kein ausreichendes Lager an der Anfallstelle, Material muss fortlaufend abgefahren werden, lange Wartezeiten bei der Abholung sind die Regel, frisches Material weist bei der Verladung Temperaturen bis über 100 °C auf, zwischengelagertes Material kann Verunreinigungen durch grobe Eisenteile enthalten, problematische Entladung durch Anbackungen.

#### 4.4.6 Anforderungen an Transport und Lagerung

Schüttgut, kein Gefahrgut, von den zuständigen Behörden wird meistens die Lagerung auf einer befestigten Fläche unter Dach gefordert.

#### 4.4.7 Preisniveau und Entwicklung

In der Regel Zuzahlung, Preisentwicklung kann nach Ablauf der Vertragslaufzeit aber plötzlichen und sehr starken Schwankungen nach oben wie nach unten unterliegen.

### 5 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Zusammenfassend wird festgestellt, dass der Einsatz von Rest- und Sekundärrohstoffen durchaus mit großen Vorteilen verbunden sein kann und deshalb offensiv angestrebt werden sollte. Praxis-Erfahrungen haben gezeigt, dass die Effizienz dieser Stoffe z. T. sehr hoch ist, aber auch sehr differenziert d. h. produktions- bzw. standortspezifisch betrachtet werden muss. Das Gleiche gilt für etwaige umweltschädliche Schadstoffe. Abschließend ist festzuhalten, dass der Einsatz derartiger Rest- und Sekundärrohstoffe in jeder Hinsicht sorgfältig geprüft, komplex untersucht und differenziert beurteilt werden muss. Das gilt insbesondere auch vor dem Hintergrund der derzeit diskutierten Geringfügigkeitsschwellenwerte. Sinnvolle Kreislaufwirtschaft, die in erheblichem Umfang zur Vermeidung von Deponien und zur Ressourcenschonung beiträgt sollte allerdings nicht durch fachtechnisch unbegründete Restriktionen verhindert werden.

#### Literatur

- [1] Lüttig, G.: Die (neue) Rohstoffschlange – Instrument für die Verständlichmachung der sozioökonomischen Bedeutung der mineralischen Rohstoffe. *World of Mining, Surface & Underground H 1* (2007) 50–53
- [2] Umweltbundesamt, BGR, Destatis: *Umweltdaten Deutschland – Nachhaltig wirtschaften – Natürliche Ressourcen und Umweltschonen*. Broschüre Ausgabe, Umweltbundesamt, Dessau (2007) 120
- [3] Regierungspräsidium Darmstadt: *Beschreibung der Unterscheidungskriterien zwischen Produkt und Abfall*. Website [www.rp-darmstadt.hessen.de](http://www.rp-darmstadt.hessen.de) (2009)
- [4] Kommission der europäischen Gemeinschaften: *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament zur Mitteilung zu Auslegungsfragen betreffend Abfall und Nebenprodukt*. – KOM (2007) 59 endgültig, Brüssel, (2007) [www.umweltdaten.de](http://www.umweltdaten.de)
- [5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: *AVV Abfallverzeichnis-Verordnung* (2007) [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Eingegangen: 27.2.2009