

AUFBEREITUNG UND VERWERTUNG ÖLHALTIGER SCHLEIFSCHLÄMME

Diplomarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur
der Studienrichtung Industrieller Umweltschutz,
Entsorgungstechnik und Recycling

Eingereicht von

Klaus Georg Lamprecht
Mat.Nr. 9235194

**Institut für Verfahrenstechnik
des industriellen Umweltschutzes
Montanuniversität Leoben
8700 Leoben / Austria**

**Eingereicht bei: O. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. W. Kepplinger
Leoben im März 2001**

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung
1	Einleitung
2	Zielsetzung
3	Begriffsbestimmungen
4	Stand der Technik bei der Schleifschlamm-entölung
4.1	Verfahren mit Rückgewinnung der flüssigen Phase
4.1.1	Vakuumthermisches Verfahren: Firma ALD
4.1.1.1	Prinzip des VTR-Verfahrens
4.1.1.2	Detail des VTR-Verfahrens
4.1.2	Vakuumthermisches Verfahren: Firma OHL
4.1.3	Lösungsmittel-extraktives Verfahren (EMSIC Verfahren)
4.1.2.1	Verfahrensbeschreibung
4.1.2.2	Verfahrensparameter
4.2	Verfahren ohne Rückführung der flüssigen Phase
4.2.1	Sinteranlage RES-Oesterreich
4.2.1.1	Verfahrensbeschreibung
4.2.1.2	Anlagenkonzept
4.2.2	Drehrohrentölung für Walzenzunder und Schlämme
5	Derzeitige Entsorgungs- und Verwertungssituation
5.1	Thermische Verwertung
5.1.1	Anlagenbeschreibung EbS
5.1.1.1	Die Drehrohröfen
5.1.1.2	Die Rauchgasreinigung
5.1.2	Qualitätsanforderungen an die Abfälle
5.1.3	Preise
5.1.4	Zusammenfassung EbS
5.2	Deponierung
5.2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen

- 5.2.1.1 ÖNORMEN 2070 – 2075
- 5.2.1.2 Deponieverordnung
- 5.2.2 Chemisch- physikalische Behandlung
- 5.2.3 Preise
- 5.2.4 Zusammenfassung Deponierung
- 5.3 Konditionierung und Brikettierung: Firma Dokal Ökotech
- 5.3.1 Produktionsbeschreibung
- 5.3.2 Annahmekriterien Ökotech – Stahlwerke
- 5.3.3 Preise
- 5.3.4 Zusammenfassung Konditionierung und Brikettierung – Fa Ökotech

- 6 Zusammensetzung und Entstehung der Metallschleifschlämme**
- 6.1 Einsatz und Wirkungsweise der Kühlschmierstoffe in der Metallbearbeitung
- 6.1.1 Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe
- 6.1.2 Wassermischbare Kühlschmierstoffe
- 6.1.3 Emulgierte Kühlschmierstoffe
- 6.1.4 Wasserlösliche Kühlschmierstoffe
- 6.2 Metallbearbeitung
- 6.3 Zusammensetzung und Konsistenz der Schleifschlämme

- 7 Mengenaufkommen und Erzeuger**
- 7.1 Datenauswertungen aus dem Abfalldatenverbund
- 7.2 Abfallimporte

- 8 Aufbereitung der mit CO₂ entölten Schleifschlämme**
- 8.1 Voraussetzungen und Randbedingungen
- 8.2 Agglomerierung
- 8.3 Schmelz-Aufbereitung
- 8.4 Anforderungen an Material und Behandler

- 9 Pilot-Anlagenkonzept zur Aufbereitung und Verwertung von ölhaltigen Schleifschlamm**
- 9.1 Anlagenkonzept
- 9.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- 10 Literaturverzeichnis**

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere Hilfsmittel nicht benutzt und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Leoben, am 7. März 2001

Danksagung

Für die Hilfestellung und Unterstützung bei der Durchführung dieser Diplomarbeit habe ich folgenden Personen zu danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Werner Kepplinger, der mir diese Diplomarbeit ermöglichte, mich bei Fragen konstruktiv unterstützte und diese Diplomarbeit schließlich auch begutachtete.

Sehr herzlich möchte ich mich auch bei Herrn DI Seidlitz von der Fa. Natex und Herrn Ing. Ebner von der Fa. Innoweld bedanken, die stets um Hilfestellung bemüht waren.

Ebenso hatten die Herren Dr. Jürgen Schön vom BFI Düsseldorf, DI Johannes Maurer von der Fa. ALD, DI Georg Reichmann von der Maschinenfabrik Köppern und Robert Gstach von der Fa. Ökotech immer ein offenes Ohr bei auftretenden Problemen und Fragen, und trugen daher sehr zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit bei.

Zu besonderem Dank bin ich auch meinen Verwandten und Freunden verpflichtet, ohne deren finanzielle und emotionale Unterstützung mein Studium und damit diese Diplomarbeit nicht möglich gewesen wäre.

0 Zusammenfassung

In der metallbearbeitenden Industrie nimmt die Bearbeitung von Stahlwerkstücken durch Schleifen einen hohen Stellenwert ein. Die universelle Einsetzbarkeit des Schleifens und die guten Bearbeitungsergebnisse sind die wesentlichen Vorteile dieses Verfahrens. Im Gegensatz zu den Fertigungsverfahren mit geometrisch definierter Schneide, zum Beispiel Drehen und Fräsen, sind die beim Schleifen entstehenden Späne sehr klein. Des weiteren kann beim Schleifen nicht auf den Einsatz von Prozesshilfsstoffen, insbesondere Kühlschmierstoffe verzichtet werden. Der beim Schleifen entstehende ölhaltige Schleifschlamm wird aus dem Spanraum abtransportiert, und fällt als gefährlicher Abfall (SN 54710) zur Entsorgung an.

Als Hauptbestandteile dieser Schleifschlämme sind die metallischen Partikel, Kühlschmierstoffe und die Schleifmittel zu nennen. Das Mengenverhältnis dieser Inhaltstoffe ist je nach Bearbeitungsprozess und bearbeitenden Material großen Schwankungen unterworfen. Die Ölgehalte liegen dabei, wie aus *Tabelle 6.3-1* zu entnehmen, zwischen 5 und 30 Gew-%.

Inhaltstoffe	Gehalt [Gew-%]
Metallgehalt	40 – 80 %
Schleifmittel	2 – 20 %
Gehalt an Kohlenwasserstoffen	5 – 30 %
Emulsionen/Lösungen	1 – 20 %
Öle/Ester	5 – 30 %
Wassergehalt	5 – 20 %

Tabelle 6.3-1: Wesentliche Inhaltsstoffe ölhaltiger Schleifschlämme

Bei den metallischen Partikeln kann es sich je nach Produkt um die unterschiedlichsten Stahlsorten oder um Eisenguss handeln.

Bei den Kühlschmierstoffe werden wassermischbare und nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe unterschieden, die aus nativen oder synthetischen Ölen bestehen und in den unterschiedlichsten Konzentrationen eingesetzt werden. Der Ölgehalt der Schleifschlämme wird nach DIN durch Soxhletextraktion mit Trichlortrifluorethan ermittelt. Des weiteren werden den Kühlschmierstoffen oft Additive zugesetzt um den Anforderungen

der Bearbeitung gerecht zu werden. Die Hauptaufgaben der Kühlschmierstoffe sind die bei der Bearbeitung entstehende Wärme abzuleiten und so Werkzeug und Werkstück vor Schäden zu bewahren (Kühlwirkung). Die Reibungswärme und die Verschleiß- und Schnittkräfte herabzusetzen (Schmierwirkung), und infolge der Bearbeitung entstehende Partikel (z.B. Späne) und andere Verunreinigungen abzuleiten (Reinigungswirkung).

Als Schleifmittel werden am häufigsten Korund, Carbide, Bornitrite und Diamant eingesetzt die in den Schleifschlämmen ebenfalls in großen Mengen zu finden sind.

In Österreich fallen jährlich zwischen 3500 und 4000 t an, Tendenz steigend (*siehe Diagramm 7.1-1*).

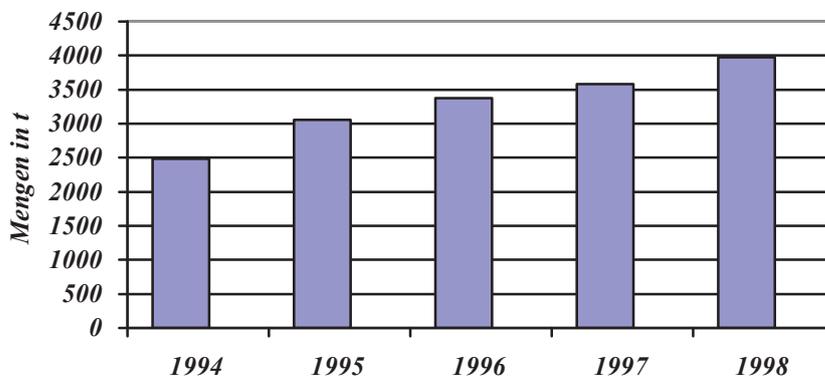


Diagramm 7.1-1: Mengenanfall ölhaltiger Schleifschlämme in Österreich

Zu den Abfallerzeugern zählen:

- Automobilindustrie: ca. 1900 t/a
- Zulieferer, Werkzeugindustrie: ca. 800 t/a
- Mittelständische Unternehmen (Automobilzulieferer, Schleifereien u.a.): ca. 300 t/a
- Kleinunternehmen (Lohnschleifereien, Werkzeugmacher u.a.): ca. 200 t/a
- Sonstige (Werkstätten u.ä.): ca. 100 t/a

Die kostenaufwendige Entsorgung ölhaltiger Schleifschlämme wird für die metallverarbeitende Industrie ein zunehmend unberechenbarer Kostenfaktor. Die gesetzlichen Bestimmungen definieren diese Stoffe als gefährliche Abfälle, die derzeit zu Kosten zwischen 3500 und 8000 S/t entsorgt werden.

Die sich verschärfenden Bestimmungen des Abfallwirtschaftsgesetzes und der Deponieverordnung werden die derzeitige Entsorgungspraxis der metallverarbeitenden Industrie, die Deponierung und Verbrennung dahingehend verändern, dass das Wertschöpfungspotential dieser Materialien voll ausgenutzt werden muss, um wirtschaftlich zu arbeiten.

Einige Unternehmen haben mit Forschungsstätten Verfahren entwickelt, die eine Entölung und Wiedernutzbarmachung der Kühlschmierstoffe und/oder der metallischen Phase zum Ziel hatten. Dazu zählen Verfahren ohne Rückgewinnung der flüssigen Phase, wie die Entölung im direkt oder indirekt beheiztem Drehrohrofen, oder Verfahren mit Rückgewinnung der flüssigen Phase wie das Vakuumthermische Trocknen oder die Extraktion mit überkritischen CO₂. Dabei hat sich besonders die Extraktion mit überkritischem Kohlendioxid aus technischer Sicht als vorteilhaft erwiesen, da man den Ölgehalt je nach Anforderung beliebig reduzieren kann, ohne mit Qualitätsverlusten der flüssigen Phase rechnen zu müssen.

Das Verfahren arbeitet als trockenes Waschverfahren mit komprimierten Kohlendioxid als Lösungsmittel für die in den Rückständen enthaltenen Kühlschmierstoffen. Das CO₂ wird dabei in einem geschlossenen Kreislauf geführt.

Zum Entölen des Schleifschlammes wird dieser bei etwa 50 °C in einem Extraktor mit auf 200 bis 400 bar komprimiertem CO₂ durchströmt. Dabei lösen sich die Kühlschmierstoffe im CO₂, aus dem sie im nachgeschalteten Abscheider durch Entspannen auf einen niedrigeren Druck abgeschieden werden. Das ölfreie CO₂ wird gasförmig abgezogen, durch Abkühlen wieder verflüssigt und in einer Hochdruckpumpe verdichtet dem Kreislauf wieder zugeführt. Die auf diese Weise abgetrennten Öle bleiben während der Extraktion unverändert und können als Schleiföle wieder eingesetzt werden.

Mit dem Ziel die metallische Phase dem Hüttenwerksprozess wieder zuzuführen sind jedoch noch weitere Aufbereitungsschritte notwendig, da die Metallpartikel eine zu feine Struktur für einen direkten Einsatz im Stahlwerk aufweisen.

Am Betriebsforschungsinstitut Düsseldorf wurden in den letzten Jahren Labor-, Technikums- und Betriebsversuche durchgeführt, die sich hauptsächlich auf die Agglomerierung und Schmelz-Aufbereitung von Schleifschlämmen konzentrierten.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die entölten und agglomerierten Feststoffe für den Einsatz im Elektrolichtbogenofen geeignet sind, und die zurückgewonnenen Kühlschmierstoffe bei gerechter Lagerung ebenfalls geeignet sind in den Schleifprozess zurückgeführt zu werden. Gegebenenfalls ist eine Nachadditivierung der Kühlschmierstoffe

erforderlich, da es bei der Lagerung der ölhaltigen Schlämme zu Zersetzung der Additive kommen kann. Das in den Schleifschlämmen enthaltene Eisen geht während des Schmelzens zu durchschnittlich 89 % in die Metallphase über. Nickel und Chrom reicherten sich ebenfalls zwischen 79 % und 81 % im Metall an.

Jedoch zeigte sich schon im Labormaßstab, dass die festen Schleifschlamm-Bestandteile, je nach den beim Schleifen verwendeten Schleifmitteln, ein völlig unterschiedliches Schmelzverhalten aufweisen. So führt die Zunahme an hochschmelzenden oxidischen bzw. carbidischen Bestandteilen (z.B. Al_2O_3 , SiC) zu einer Verschlechterung der Schmelzbedingungen einhergehend mit einer Viskositätserhöhung der Schmelze. Diese hohe Viskosität verhindert z.T. die Trennung von Schlacke und Metall, wodurch eine Bilanzierung der am Schmelzprozess beteiligten Stoffe nicht mehr möglich ist. Erst durch Auswahl eines geeigneten Tiegels (C- bzw. MgO-Tiegel), einer als Sammler fungierenden synthetischen fayalitischen Schlacke und Einstellung einer qualifizierten Atmosphäre war das Einschmelzen der entölten festen Schleifschlamm-Bestandteile möglich.

Für die Praxis kann man jedoch davon ausgehen, dass solche Probleme von untergeordneter Bedeutung sind, da die Schleifschlämme in den Betrieben als zusätzliches Material eingeschmolzen werden, und durch den hiermit verbundenen Verdünnungseffekt keine Schwierigkeiten bei der Schlackenführung auftreten sollten.

Mit Hilfe der Erkenntnisse vom BFI Düsseldorf wurde ein Anlagenkonzept erstellt, das die Herstellung von Metallbriketts, unter Gewinnung von wiedereinsatzbaren Kühlschmierstoffen, ermöglicht. Es wurde angestrebt, neben der technischen Realisierbarkeit des Konzeptes ein marktfähiges Produkt zu erhalten.

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten wurden folgende erste Voraussetzungen ausgewählt:

- Aufbereitung der Schleifschlämme mit hochlegiertem Feststoffanteil (HSS-Stähle, CrNi-Stähle) und/oder
- nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen
- Agglomerierung der Feststoffe für einen Einsatz im Hüttenwerk

Nach der getrennten Anlieferung von HSS-Schleifschlämmen und CrNi-Schleifschlämmen, hat diese Anlage die Aufgabe die Schleifschlämme zu entölen, zu entwässern, und die Feststoffe zu agglomerieren um sie einer externen Schmelz-Aufbereitung zuführen zu können. Des weiteren müssen Möglichkeiten zur Lagerung des angelieferten Materials und der

Produkte errichtet werden. Die Anlage ist für 6000 t ölhaltiger Schleifschlämme pro Jahr ausgelegt.

Das Anlagenkonzept beinhaltet:

- eine Zentrifuge zur ersten Abtrennung anhaftender Flüssigkeiten.
- eine Anlage zur Entölung mit komprimierten Kohlendioxid.
- eine Siebanlage zur Abtrennung grober Störstoffe.
- eine Brikettierpresse zur Agglomerierung der festen Bestandteile

Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigte, dass Gesamtkosten in der Höhe von 2528,7 S/t anfallen, und bei einwandfreier Qualität der wiedergewonnenen Bestandteile, Gewinne von 1871,3 S/t Schleifschlamm zu erwarten sind.

1 Einleitung

In der metallbearbeitenden Industrie nimmt die Bearbeitung von Stahlwerkstücken durch Schleifen einen hohen Stellenwert ein. Die universelle Einsetzbarkeit des Schleifens und die guten Bearbeitungsergebnisse sind die wesentlichen Vorteile dieses Verfahrens. Im Gegensatz zu den Fertigungsverfahren mit geometrisch definierter Schneide, zum Beispiel Drehen und Fräsen, sind die beim Schleifen entstehenden Späne sehr klein. Des Weiteren kann beim Schleifen nicht auf den Einsatz von Prozesshilfsstoffen, insbesondere Kühlschmierstoffe verzichtet werden [1].

Beim Schleifen wird der entstehende Abfall, bestehend aus den Schleifspänen und dem Abrieb des Schleifwerkzeuges, vom Kühlschmierstoff aus dem Spanraum abtransportiert. Nachgeschaltete Filter oder Zentrifugen trennen den Kühlschmierstoff für eine Rückführung ins System zwar ab, ein Teil bleibt aber an den Spänen haften, so dass ein Schleifschlamm mit einem Restölgehalt bis zu 20 Gew-% zur Entsorgung anfällt [2]. Wegen des hohen Restölgehaltes und der Kontamination mit Fremdstoffen ist Schleifschlamm als gefährlicher Abfall zu entsorgen.

Die Menge des Schleifschlammes, der in der metallbearbeitenden Industrie anfällt wird durch den Datenverbund erfasst, und für das Jahr 1998 mit 3500 t angegeben [3]. Allerdings schätzen Experten den tatsächlichen Anfall dieser Stoffe wesentlich höher ein.

Durch chemisch-physikalische Entölungungsverfahren wird ein Teil der Schlämme deponierfähig gemacht und auch die thermische Verwertung in den Drehrohröfen der Entsorgungsbetriebe Simmering stehen als Entsorgungsmaßnahmen zur Verfügung.

Große Anstrengungen wurden für eine stoffliche Verwertung bei den ölhaltigen Schleifschlammern durch Rückführung in den Rohstoffentstehungsprozess unternommen. Hierbei handelt es sich um einen Weg, bei dem die im Schleifschlamm zum Teil enthaltenen hochlegierten Stähle auf ein niedriges Veredlungsniveau zusammen mit Drehspänen in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden, und die kostenintensiven Kühlschmierstoffe nicht mehr recycelt werden [4].

Um ähnliche Verwertungsmöglichkeiten der Schleifschlämme zu nutzen, wurden in Deutschland mehrere Verfahren entwickelt. Zu diesen alternativen Aufbereitungsmethoden zählen die vakuumthermischen Verfahren der Firma ALD und der Firma OHL, das Sinterverfahren der Firma RES-Oesterreich, die Drehrohrentölung und das

lösungsmittlextraktive EMSIC-Verfahren, welches vom Forschungszentrum Karlsruhe entwickelt wurde.

2 Zielsetzung

Die vorliegende Studie soll das Aufkommen, die Verwertung und die Behandlung von ölhaltigen Schleifschlämmen, die in der metallverarbeitenden Industrie anfallen, analysieren und die derzeitige Entsorgung und Verwertung nach ökologischen, ökonomischen und Gesichtspunkten bewerten.

Weiters wird der Stand der Technik der Schleifschlammentölung erörtert und in weiterer Folge werden die notwendigen Aufbereitungsverfahren der Schleifschlämme, an Hand von Forschungsergebnissen, aufgezeigt. Jedoch soll ein Wiedereinsatz der Metallstäube in der Hüttenindustrie gewährleistet sein. Diese Aufbereitungsverfahren soll in Form eines Verwertungs- bzw. Anlagenkonzeptes dargestellt werden, wobei die Entölung mittels CO₂-Extraktion erfolgen soll. Schließlich sollen die Anforderungen der einzelnen Behandlungs- und Verwertungsschritte erörtert werden, und eine Wirtschaftlichkeitsanalyse dieser Anlage durchgeführt werden.

3 Begriffsbestimmungen

Stand der Technik:

Die österreichische Gesetzgebung (Gewerbeordnung 1994, BGBl. Nr.1994/194, Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen 1988, BGBl. Nr. 380/1988 § 2 Abs.2), Wasserrechtsgesetz § 12 a (BGBl. 1959/215 idF BGBl. 1993/185) definiert den Stand der Technik als „auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen Bau- und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Bau- und Betriebsweisen heranzuziehen.“ (Betriebsweisen sind im WRG durch Bauweisen ergänzt).

Abfall:

Abfälle im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes §2 sind „bewegliche Sachen,

- deren sich der Eigentümer oder Inhaber entledigen will oder entledigt hat, oder
- deren Erfassung oder Behandlung als Abfall im öffentlichem Interesse (§1 Abs.3) geboten ist.

Die Erfassung oder Behandlung im Sinne dieses Bundesgesetzes kann auch dann geboten sein, wenn für eine bewegliche Sache ein Endgeld erzielt werden kann.“

„Ist eine Sache Abfall und wird sie einer Verwertung (Altstoff) zugeführt, gilt sie so lange als Abfall, bis sie oder die aus ihr gewonnenen Stoffe einer zulässigen Verwendung oder Verwertung zugeführt werden.“

Gefährlicher Abfall:

Als gefährliche Abfälle im Sinne der Festsetzungsverordnung §3 „gelten jene Abfälle der ÖNORM S 2100 „Abfallkatalog“, ausgegeben am 1. September 1997, welche in dem Verzeichnis gefährlicher Abfälle gemäß Anlage 1 enthalten sind. Die Zuordnung eines Abfalls zu einer fünfstelligen Schlüsselnummer der ÖNORM S 2100 hat entsprechend den in der Anlage 1 festgelegten Zuordnungskriterien zu erfolgen.

Mit 1. Juli 2000 gelten jene Abfälle als gefährlich, die von der auf Artikel 1 Abs. 4 der Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 über gefährliche Abfälle, ABI. Nr. L 377 vom 31. Dezember 1991, S. 69, beruhenden Entscheidung über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle erfasst sind.

Abfälle, die einer Schlüsselnummer des jeweils geltenden Verzeichnisses gefährlicher Abfälle zuzuordnen sind oder zugeordnet wurden, gelten nicht als gefährliche Abfälle, wenn sie nach Maßgabe der §§ 5 bis 7 Festsetzungsverordnung ausgestuft wurden.“

Abfallverwertung:

„Abfälle sind stofflich zu und oder thermisch zu verwerten, sowie dies ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann.“

Abfallvermeidung:

„Die Abfallmengen und deren Schadstoffinhalt sind so gering wie möglich zu halten.“

Abfallentsorgung:

„Abfall, die nicht verwertbar sind, sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und konditioniert geordnet abzulagern.“

Abfallbehandlung – Abfallsammlung:

Abfallsammler (Altölsammler im Sinne des AWG ist „wer Abfälle (Altöle) abholt oder entgegennimmt.“

Abfallsammlung bedeutet auch, dass der Abfall die Schlüsselnummer nicht ändert. Für gefährliche Abfälle und Altöle besteht eine Pflicht zur getrennten Sammlung und ein Vermischungsverbot (AWG § 11).

Nach ÖNORM S 2100 bleibt auch nach einer Konditionierung die Schlüsselnummer des Abfalls gleich. Konditionierung wird auch als „Vorbehandlung des Abfalls für das jeweilige Behandlungsverfahren oder für die Deponierung“ verstanden. Eine Behandlung zeichnet sich dadurch aus, dass die Abfalleigenschaften verändert werden. Damit wird in der Regel auch die Schlüsselnummer des Abfalls geändert.

Abfallbehandler (Altölverwerter) im Sinne des AWG ist: „wer Abfälle (Altöle) verwertet, ablagert oder sonst behandelt.“

4 Stand der Technik der Schleifschlammbehandlung

In den letzten Jahren haben sich einige Unternehmen dazu entschlossen, sich der Schleifschlammproblematik, die noch als Nischenmarkt bezeichnet wird, anzunehmen. Es wurden eine Reihe von Lösungsansätzen zur Entölung und Aufbereitung der Schleifschlämme vorgeschlagen und verwirklicht, um den Abfallerzeugern die Möglichkeit zugeben Kosten durch Wiedergewinnung der Kühlschmierstoffe zu sparen. Mit Hilfe von Entölungs- und Aufbereitungsverfahren soll die Rückführung der Schleifschlämme in den Hüttenprozess gewährleistet werden. Von den sogenannten alternativen Verfahren zur Behandlung der Abfälle, unterscheidet man Verfahren

- mit Rückgewinnung der flüssigen Phase und
- ohne Rückgewinnung der flüssigen Phase

Nachfolgend werden die einzelnen Verfahren beschrieben und hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit bewertet.

Die Verfahren mit Rückgewinnung der flüssigen Phase gliedern sich in

- vakuumthermische Verfahren und
- lösungsmittlextraktive Verfahren

Zu den vakuumthermischen Verfahren gehören das

- Verfahren der Firma ALD (induktiv/konvektiv beheizter Scheibentrockner)
- Verfahren der Firma OHL (thermalölbeheizter Scheibentrockner)

Diese Verfahren nutzen den Effekt der Siedepunktserniedrigung einer Flüssigkeit, in diesem Falle des Kühlschmierstoffs, durch Anlegen eines Vakuums im Aufbereitungsreaktor. Gleichzeitig werden die Kühlschmierstoffe entweder durch Leitung, Konvektion oder induktiv erwärmt, der Dampfdruck steigt und die Flüssigkeiten können abgetrennt werden [5].

4.1 Verfahren mit Rückgewinnung der flüssigen Phase

4.1.1 Vakuumthermische Verfahren: Firma ALD

Die ALD Vakuum Technologies als Systemanbieter von Vakuumtechnologien der Metallurgie und Wärmebehandlung sowie die Firma KAPP als Anbieter von CBN-Profilschleifmaschinen und CBN-Schleiftechnologie verfolgten die Idee, Schleifschlämme konduktiv unter Vakuum aufzubereiten. Unter diesen Zielsetzungen entwickelten diese Firmen ein Verfahren zur Verwertung der innerbetrieblich anfallenden ölhaltiger Schleifschlämme.

4.1.1.1 Prinzip

Da der Schleifschlamm in der Regel aus elektrisch leitenden Metallspänen besteht, wird Strom direkt durch den Schleifschlamm geleitet, welcher sich aufgrund seines elektrischen Widerstands erwärmt. Diese Heizmethode ist auch dann anwendbar, wenn Schleifmittel wie Korund oder Kieselgur im Schleifschlamm enthalten ist. Durch das Vakuum fehlt sowohl dem Kühlschmierstoff als auch den Metallspänen der Oxidationspartner und der Siedepunkt vom Kühlschmierstoff wird erniedrigt. Die entstehende Wärme senkt die Viskosität des Kühlschmierstoffs und erhöht dessen Dampfdruck, wodurch die Voraussetzungen für eine Trennung der Späne und des Kühlschmierstoffs geschaffen werden [6].

4.1.1.2 Das VTR-Verfahren im Detail

Der Schleifschlamm wird in ein Chargengefäß, welches aus einem elektrisch nicht leitenden Zylinder besteht, eingefüllt und in die Behandlungskammer geschoben. Je nach Anlagengröße erfolgt dies von Hand oder automatisch. In *Abbildung 4.1-1* ist die Anlage schematisch dargestellt. Um Strom durch die Späne zu leiten, müssen diese kontaktiert werden. Als untere Elektrode dient die Bodenplatte, die andere Elektrode ist ein mit dem Pneumatik- oder Hydraulikzylinder angetriebenen Stempel. Die Verdichtung über den Stempel bewirkt zum

einen eine gleichmäßige Kompaktierung des Schleifschlammes und zum anderen ein mechanisches Verpressen der Späne, um einen kompakten Späneblock zu erhalten. Die Verdichtung ist wichtig, da sonst die Späne bei Entnahme aus der Anlage heftig mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff reagieren könnten.

Die geschlossene Behandlungskammer wird nun mit den Vakuumpumpen evakuiert. Nach Unterschreitung eines gewissen Unterdrucks erfolgt die Aufheizung durch den direkten Stromdurchfluss. Während der Erwärmung wird der Kühlschmierstoff dünnflüssiger und fließt unter dem Druck des Stempels in den Kondensator ab. Der restliche Kühlschmierstoff verdampft und wird in dem Kondensator zurückgewonnen.

Um den Kühlschmierstoff thermisch nicht zu überlasten, wird die Stromstärke so geregelt, dass eine bestimmte Temperatur nicht überschritten wird. Wenn das Material ausreichend entölt ist, wird die Stromzufuhr abgestellt, und der Prozess ist beendet. Der Späneballen kann bei Bedarf durch Zufuhr von Schutzgas inertisiert werden.

Wenn der Späneballen abgekühlt ist, wird der Stempel nach oben gefahren, der kalte Ballen aus dem Chargengefäß entnommen und der Kühlschmierstoff abgelassen und gesammelt [6].

Abbildung 4.1-1: Verfahrensschema der VTR - Anlage [6]

4.1.2 Vakuumthermisches Verfahren: Firma OHL

OHL Apparatebau & Verfahrenstechnik, ein Unternehmen der OHL Bau & Industrie Holding entwickelte ein Verfahren, mit dem im geschlossenen Kreislauf unter Vakuum und bei relativ niedrigen Temperaturen ölhaltige Abfälle, mittels eines Scheibentrockners entölt werden können.

Das nachfolgende Schema erläutert das System eines Vakuum-Trockners zur Trocknung ölhaltiger Schlämme (*Abbildung 4.1-2*).

Abbildung 4.1-2: Verfahrensschema der Ölschwamm-Aufbereitungsanlage der Fa. OHL [7]

Von einem Vorratsbehälter wird der Schlamm über eine Förderschnecke in den Trockner transportiert. Das System wird über eine Vakuumpumpe evakuiert, um Oxidation zu verhindern, die zur Selbstentzündung führen kann. Außerdem ist es dadurch möglich den metallischen Zustand des Feststoffs beizubehalten. Um Übertemperatur im Produkt zu vermeiden kann eine automatische Belüftung mit Inertgas zugeschaltet werden. Bei wasser- und ölhaltigen Produkten wird ein Vorwärmer zwischengeschaltet. Dabei gibt der

Wasserdampf seine Energie an den Ölschwamm ab und wärmt diesen vor. Der im Staubfilter abgeschiedene Staub gelangt über ein Fördersystem in den Vorratsbehälter und wird so dem Ölschlamm wieder beigemischt.

Der in den Trockner gelangte Schlamm wird mit einem Wärmeträgeröl auf ca. 250°C aufgeheizt. Die entstehenden Brüden werden über einen Staubfilter angesaugt und in einem nachgeschalteten Kondensator kondensiert. Die Kühlung des Kondensators erfolgt mittels Kühlwasser. Sofern keine niedrigsiedenden Lösungsmittel entfernt werden müssen, kann das im Vorwärmer kondensierte Wasser einer Kläranlage zugeführt werden [7].

Die Firma OHL bietet Anlagen mit Durchsätzen von 400 t/a, 1800 t/a, 3600 t/a und 5000 t/a. Versuche am BFI Düsseldorf zeigten, dass die Schleiföle der Metallschlämme innerhalb von 2 Stunden auf einen Restölgehalt von < 1 Gew % gebracht werden konnten. Hinsichtlich des Legierungsgehaltes des in den Schleifschlämmen enthaltenen Feststoffs werden keine Anforderungen gestellt, da unterschiedliche Verwertungswege für diese Fraktionen möglich sind. Die zurückgewonnenen nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffe können prinzipiell nicht in den Schleifprozess rückgeführt werden, da vereinzelt Geruchsbildungen auftreten können, die wahrscheinlich durch Crackprozesse hervorgerufen werden [5].

4.1.3 Lösungsmittlextraktives Verfahren (EMSIC Verfahren)

Im Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen hat Messer Griesheim, Krefeld ein Anfang der neunziger Jahre erstmals ein vom Institut für Technische Chemie des Forschungszentrums Karlsruhe vorgeschlagenes Trennverfahren für ölhaltige Schleifschlämme weiterentwickelt und realisiert, dass es erlaubt eine schonende und nahezu vollständige Rückgewinnung und Rückführung der Kühlschmierstoffe in den Produktionsprozess zu ermöglichen.

Das Verfahren basiert auf dem guten Lösungsvermögen von komprimierten, überkritischen Gasen für eine ganze Reihe von Substanzen. Als Lösungsmittel ist hierbei Kohlendioxid von Bedeutung. Es zeichnet sich durch sehr günstige Beschaffungskosten und seine gute Umweltverträglichkeit aus. Die relativ niedrige kritische Temperatur von 31°C bei 73,8 bar erlaubt die Extraktion von auch thermisch labiler Substanzen.

Dieses Verfahren führt den Arbeitstitel EMSIC = Entölung von Metall –Schleifschlämmen mit CO₂ und wurde 1996 mit dem Umweltpreis der ABAG (Abfallberatungsagentur) ausgezeichnet [8].

4.1.3.1 Verfahrensbeschreibung

Anhand des vereinfachten Fließschemas der *Abbildung 4.1-3* soll das Verfahren erläutert werden:

Das in einem Tank flüssig vorliegende Kohlendioxid (1) wird durch eine Hochdruck-Membranpumpe (2) komprimiert, über einen Wärmetauscher (3) temperiert und in einem überkritischen Zustand in den Extraktionsbehälter (4) geführt. Hier belädt sich das Kohlendioxid mit Öl und wird anschließend über ein Drosselventil (5) unter Druckreduzierung in einen Abscheider (6) geleitet, wobei das Öl als CO_2 als Gas abgezogen und nach Verflüssigung (7) der Pumpe wieder zugeführt wird [9].

Abbildung 4.1-3 : Vereinfachtes Fließschema des Entölungsverfahrens EMSIC [9]

Die Bench-Scale-Anlage des Forschungszentrum Karlsruhe, die der Entwicklung des EMSIC-Verfahrens diente, arbeitet mit einem CO_2 -Fluß von bis zu 30 kg/h bei max. 500 bar und 100°C . Das Nutzvolumen des Extraktors besitzt ein Nutzvolumen von 12 Liter.

Das EMSIC-Verfahren wird üblicherweise bei Temperaturen von 50°C und Drücken von 200 bis 400 bar betrieben, wobei der Druckbereich durch die Löslichkeit der Öle im überkritischen CO_2 vorbestimmt wird [10]. Ein schematisches Phasendiagramm von Kohlendioxid ist in *Diagramm 4.1-1* dargestellt.

Diagramm 4.1-1: Schematisches Phasendiagramm von Kohlendioxid [9]

Um die Löslichkeit verschiedener Metallbearbeitungsöle in überkritischem CO₂ bei unterschiedlichen Drücken festzustellen wurden vom Forschungszentrum Karlsruhe dynamische Extraktionsexperimente durchgeführt. Es wurden sowohl ungebrauchte Öle wie auch gebrauchte Öle, die bereits den Bearbeitungsbereich durchlaufen hatten, untersucht. In *Diagramm 4.1-2* sind die Löslichkeiten einiger Öle in Kohlendioxid über dessen Druck aufgetragen. Man kann eine zunehmende Löslichkeit der Kühlschmierstoffe mit dem Druck feststellen, was auf die mit dem Druck ansteigende Dichte der Öle zurückzuführen ist. Weiters ist ersichtlich, dass die Löslichkeiten der Öle über einen größeren Bereich variieren können. Das untersuchte native Öl weist eine geringere Löslichkeit als die mineralischen Kühlschmierstoffe auf [9].

Es wurde weiters festgestellt, dass bei konstantem Druck und steigender Temperatur die Dichte und damit das Lösevermögen des CO₂ für Öle abnimmt. So konnte mit einer Temperatur von 50°C 100 % der Kühlschmierstoffe eines Schleifschlammes extrahiert werden und bei einer Temperatur von 80°C nur 80 %, bei gleichem CO₂ Durchsatz.

Diagramm 4.1-2: Löslichkeiten verschiedener Öle in überkritischem CO₂ [9]

4.1.3.2 Verfahrensparameter

Die Verfahrensentwicklung wurde von Anfang an mit realem Material aus der Industrie durchgeführt, bisher kamen am Forschungszentrum Karlsruhe insgesamt 52 Industrieproben zum Einsatz. Darunter befanden sich neben 40 Schleifschlämmen 19 Proben von Metallspänen, Metallbriketts bzw. Sinterwerkstoffen.

Die Schleifschlämme enthielten die wichtigsten eingesetzten Kühlschmierstoffe auf mineralischer, synthetischer und nativer Basis mit unterschiedlicher Additivierung. Ein Teil der Schlämme enthielt organische und anorganische Filterhilfsmittel. Der Metallanteil bestand aus legierten und unlegierten Stählen, Grauguss, Kupfer, Aluminium, Magnesium bzw. Leichtmetalllegierungen. Die Schlämme stammten aus den häufigen Bearbeitungsprozessen wie dem Drehen, Schleifen, Honen, und Erodieren sowie dem Schleifen und Polieren von Bleigläsern.

Als wesentliche Betriebsparameter des EMSIC-Verfahrens haben sich neben der Löslichkeit der Öle in CO₂ (als Funktion von Druck und Temperatur), auch die Konsistenz der Schleifschlämme, deren Gehalt an Filterhilfsmittel sowie den chemisch-physikalischen Eigenschaften, herausgestellt. Die Konsistenz des Materials kann die gleichmäßige Durchströmung des Schleifschlamm im Extraktionsbehälter beeinträchtigen und Kanalbildung ist die Folge. Dadurch kann es zu einer unvollständigen Entölung kommen. In so einem Fall ist daher der spezifische CO₂-Durchsatz zu erhöhen.

Da Filterhilfsmittel meist eine große Porosität aufweisen, kann der Verlauf der Entölung durch die langsamer verlaufende Diffusion der Öle aus den Poren der Filterhilfsmittel verzögert werden. Dieses Verhalten wirkt sich ebenfalls negativ auf den Extraktionsprozess aus, und eine Erhöhung des spezifischen CO₂-Durchsatzes ist notwendig [9].

4.2 Verfahren ohne Rückgewinnung der flüssigen Phase

Die Verfahren ohne Rückgewinnung der flüssigen Phase sind thermische Verfahren, bei denen der anhaftende Kühlschmierstoff ausgebrannt und die Feststoffphase durch die hohen Temperaturen oxidiert wird.

Die wesentlichen Verfahren sind hierbei:

- Sinterung für ölverunreinigte Schlämme und Späne
- Drehrohrentölung für Walzenzunder und Schlämme

4.2.1 Sinteranlage - RES Oesterreich

Die Firma RES Oesterreich GmbH & Co KG, mit Werk in Geesthach bei Hamburg entwickelte eine neue Variante der Sintertechnik zur Behandlung von ölverunreinigten Schleifschlamm, Walzzunder oder ähnlichen Materialien. Die erzeugten Produkte sind Agglomerate zur Verwendung in Reduktionsanlagen.

4.2.1.1 Verfahrensbeschreibung

Verunreinigte Schleifschlämme werden nach einer Analyse des Materials homogenisiert, verdichtet und zu einem Granulat mit vorgegebener Korngröße verarbeitet. Zur Stabilisierung des Sinterprozesses werden Zuschlagstoffe dosiert hinzugegeben. Das aufbereitete Material gelangt dann in pelletierter Form zur Aufgabe der Sintermaschine (*siehe Abbildung 4.2-1*).

Abbildung 4.2-1: Der Sinterofen der Fa. RES Oesterreich [11]

Der Beschickungsvorgang wie die gesamte Vorbehandlung werden gesondert nach chlorierten und nicht-chlorierten Spänen. Im Sinterbereich bei Temperaturen zwischen 800°C und 1300°C werden die organischen Anteile extrahiert und einer regenerativen Nachverbrennungsanlage (1200°C) mit angeschlossener zweistufiger Nasswäscher- und Demisteranlage zugeführt. In der nachgeschalteten Abwasseranlage wird die Abgasreinigung abgeschlossen. Durch Zusatz von Schlackebildnern wird beim Sinterprozess eine Stückigkeit des entstehenden Filterkuchens erreicht. Der Sinterkuchen wird nach dem Sintern gebrochen und gesiebt, wobei die Hauptfraktion zur Verwertung im Hochofen weitergeleitet wird [11]. Die Feinfraktion wird wiederum als Zuschlag bei der Schlammaufbereitung auf das Sinterband gegeben. Eine mehrstufige patentierte Chargenvorbehandlung gewährleistet einen konstanten Qualitätsstandart für das Sinterprodukt, das in den Hochofen der Stahlindustrie als Rohmaterial in Form von Pellets eingesetzt wird.

4.2.1.2 Anlagenkonzept

Die Sinteranlage von RES-Oesterreich welche in Geesthach bei Hamburg betrieben wird, hat eine Kapazität von 100 t/Monat und ist nahezu ausgelastet. Zum Betrieb der Anlage sind ca. 15 Mann notwendig. Einschränkungen bei der Annahme von Schleifschlämmen müssen beim Gehalt

- Chrom von > 1,3 Gew-%,
- Kupfer von > 0,3 Gew-%,
- Fluor möglichst gar nicht, und bei einem
- Ölgehalt > 30 Gew-%

gemacht werden. Eine Überschreitung dieser Werte würde den Sinterprozess stören oder eine Verwertung des Sinterprodukts in der Stahlherstellung beeinträchtigen. Chlor kann in der Abgasstrecke verbrannt werden. Eine weitere Voraussetzung ist eine Reduzierbarkeit des Materials von ca. 75 % [4].

4.2.2 Drehrohrentölung für Walzenzunder und Schlämme

Anfang der Neunziger Jahre griffen mehrere eisen- und stahlerzeugende Betriebe die Idee auf innerbetrieblich anfallende ölverunreinigte Materialien wieder in den Stahlerzeugungsprozess einzuschleusen. Ursprünglich war gedacht den in den Walzwerken anfallenden Walzenzunder, die durch die Schmieröle der Walzen verunreinigt waren wiedereinzusetzen. Hierbei waren die Firma Thyssen Altwert und die VOEST Alpine Linz federführend in der Entwicklung einer Drehrohrentölung, die, direkt oder indirekt beheizt, die anhaftenden Kühlschmierstoffe verbrennt.

Die Ölschlämme bzw. Walzenzunder wird von einem Bunker über ein Förderband in den Drehrohrofen eingebracht. Je nach Verfahrenskonstruktion kann der Drehrohrofen direkt oder indirekt beheizt werden. Bei dem indirekt beheiztem Drehrohrofen wird die Energie der Nachverbrennungskammer ausgenützt um den Ofen und den Feststoff zu erhitzen [12].

Bei einem indirekt beheiztem Drehrohrofen werden Temperaturen von 450 – 570°C angestrebt, um die am Feststoff anhaftenden flüchtigen Anteile verdampfen zu können. Um Kondensation der Wassers- und der Ölbrüden im Drehrohr zu verhindern wird ein

zusätzliches Sperrgas an der Stirnseite des Ofens eingebracht (*siehe Abbildung 4.2-2*). Das Drehrohr hat eine Länge von 2 m, einen Durchmesser von 0,6 m und ist ca. 4° geneigt. Der Neigungswinkel ermöglicht einen kontinuierlichen Transport während der Drehbewegung. Das ölverunreinigte Material muss je nach Ölgehalt 60 – 90 Minuten im Drehrohr verbleiben, um einen Restölgehalt < 1 Gew-% zu ermöglichen [13].

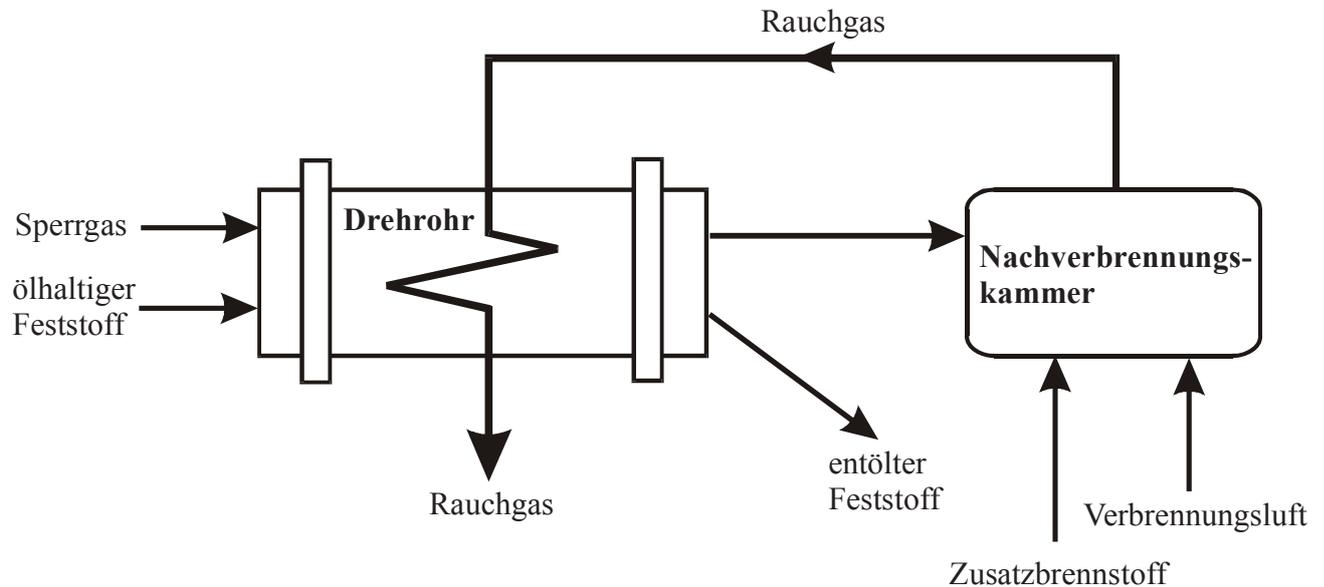


Abbildung 4.2-2: Verfahrensschema indirekt beheiztes Drehrohr [12]

In der Nachverbrennungskammer wird Verbrennungsluft und gegebenenfalls ein Zusatzbrennstoff zugemischt, um eine vollständige Verbrennung des Abgases zu ermöglichen. Mit dem heißen Rauchgas kann der Drehrohrofen dann indirekt beheizt werden.

Bei einem direkt beheiztem Drehrohr werden Temperaturen von 1000 bis 1200°C erreicht. Dabei kann Luft- und Verbrennungsluft im Gleichstrom oder im Gegenstrom eingedüst werden [5]. Es ist in diesem Fall jedoch eine Gasführung im Gegenstrom vorzuziehen, um die Wärmenutzung Gas zu Feststoff besser zu nutzen. Das grundsätzliche Schema für ein direkt beheiztes Drehrohr ist *Abbildung 4.2-3* zu entnehmen. Durch die Notwendigkeit einer Fahrweise mit Luftüberschuss sowie den hohen Rauchgastemperaturen sind die Gasgeschwindigkeiten sehr hoch, sodass auch mit einem größerem Austrag an Feinstoff gerechnet werden muss. Dadurch ist eine Heientstaubung notwendig, um nicht zu große Staubverluste im Wschersystem zu erleiden. Aufgrund der hohen Temperaturen ist mit einem großem Aufwand an Energie und der Oxidation der metallischen Anteile des Feststoffs

zu rechnen, die die Verwertung in metallurgischen Reduktionsanlagen (Hochofen) erforderlich macht.

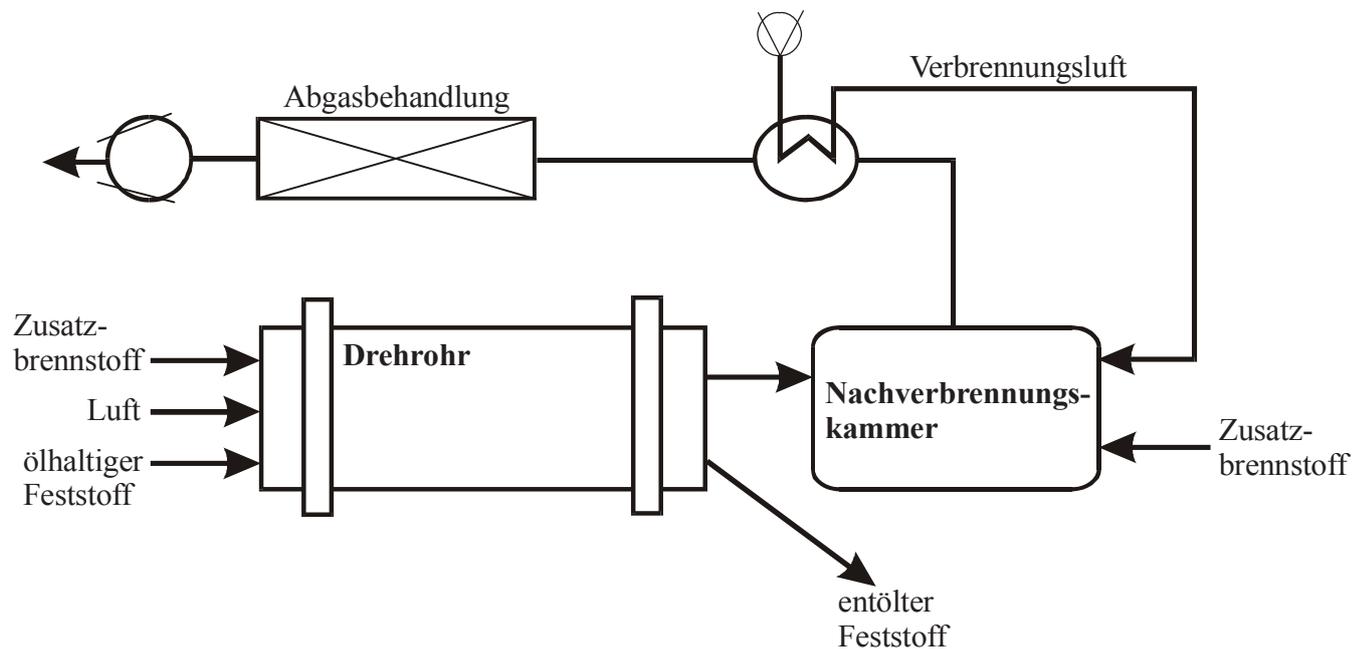


Abbildung 4.2-3: Verfahrensschema direkt beheiztes Drehrohr [12]

Hinsichtlich der Forderungen an die Zusammensetzung kann angenommen werden, dass nach einer Drehrohrentölung nur un- bis niedriglegierte Materialien verarbeitet werden können, da die für die notwendige Reduktionsarbeit erforderlichen Schmelzaggregate hohe Legierungsgehalte wegen Qualitätsverschlechterungen nicht verarbeiten können [5].

5 Derzeitige Entsorgungs- und Verwertungssituation

Man kann davon ausgehen, dass in Österreich derzeit 3 Möglichkeiten zur Entsorgung oder Verwertung ölhaltiger Schleifschlämme in Anspruch genommen werden, die aus ökologischer und ökonomischer Sicht sehr unterschiedlich zu bewerten sind. Es handelt sich dabei um die Verbrennung, die Deponierung und die Verwertung der Metallfraktion in Hüttenwerken. Leider ist beim Anfall und den Entsorgungsmöglichkeiten der Schleifschlämme noch nicht die notwendige Transparenz geschaffen worden, wie das bei anderen Abfällen der Fall ist. Es ist anzunehmen, dass nur ein Bruchteil der tatsächlich anfallenden Schleifschlammern ordnungsgemäß entsorgt wird, wie aus Studien der Abfallberatungsagentur in Deutschland, die sich auf Deutschland bezogen, hervorgeht. Weiters ist es in Österreich noch nicht verwirklicht worden, die anfallenden Abfälle so aufzubereiten, dass die Inhaltstoffe, die getrennt von einander ein hohes Wertschöpfungspotential aufweisen, mit entsprechend hohem Niveau wieder in die Industrie rückzuführen. In den folgenden Kapiteln wird nun auf die Entsorgungswege in Österreich näher eingegangen.

5.1 Thermische Verwertung

Heute wird ca. 20 % des erfassten Anfalls ölhaltiger Schleifschlämme verbrannt. Als Übernehmer dieser Abfälle kommen ausschließlich die Entsorgungsbetriebe Simmering (EbS) in Frage, die die Abfälle hauptsächlich über Sammler erhalten [14].

5.1.1 Anlagenbeschreibung EbS

Bei den Entsorgungsbetrieben Simmering GmbH & Co.KG werden neben gefährlichen Abfällen auch die in der Hauptkläranlage der EbS anfallenden Klärschlämme verbrannt.

Die EbS verfügt über zwei Drehrohröfen (DRO 1 und 2) für die Verbrennung von

- festen und pastösen Abfällen,
- Lösungsmitteln und
- Altöl

und drei Wirbelschichtöfen (WSO 1, 2 und 3), welche für die Verbrennung von aufbereiteten Klärschlämmen aus der Wiener Hauptkläranlage vorgesehen sind.

Die Verbrennung von Altölen und gefährlichen Abfällen auf Mineralölbasis, zu denen auch die ölhaltigen Schleifschlämme zählen, erfolgt in den beiden Drehrohröfen, nicht jedoch in den Wirbelschichtöfen. Daher wird das Hauptaugenmerk bei der Beschreibung auf die Drehrohröfen gelegt.

5.1.1.1 Die Drehrohröfen

Die Beschickung der beiden bauartgleichen Drehrohröfen erfolgt mittels eines Greiferkranes in einen Aufgabetrichter für feste Abfälle. Weiters besteht die Möglichkeit der Beschickung von Fässern. An der bunkerseitigen Stirnseite der Trommel ist eine Beschickungslanze für Lösungsmittel und eine Beschickungslanze für pastöse Abfälle angeordnet. Darüber hinaus ist ein Ölbrenner (Stirnwandbrenner) mit einer Feuerungsleistung von ca. 1500 kg Öl pro Stunde installiert, der mit Altöl, Heizöl EL oder Heizöl S betrieben werden kann.

Die Drehrohröfen haben eine Länge von 12 m bei einem Innendurchmesser von 4 m und sind im Drehzahlbereich zwischen 0,1 und 0,6 Umdrehungen pro Minute stufenlos regelbar. Die Verbrennungsluft wird aus dem Bunker angesaugt und dem Verbrennungsraum zugeführt. Die Rauchgastemperatur beträgt am Trommelende ca. 1200°C.

Die Rauchgase des Drehrohrs werden in einer Nachbrennkammer mittels zwei Seitenwandbrennern nachverbrannt. Diese Ölbrenner können mit Heizöl L, Heizöl S, Altöl und Lösungsmitteln betrieben werden. Mit einer zusätzlichen Lanze kann Abwasser eingedüst werden. In der Mitte bzw. am oberen Ende der Nachbrennkammer wird Sekundärluft und Tertiärluft eingeblasen. In der Nachbrennkammer kann zudem verunreinigtes Wasser eingespritzt werden. Die Gasgeschwindigkeit liegt zwischen 3,5 und 4 m/s, wodurch sich eine Verweilzeit von ca. 5 Sekunden für den gesamten Bereich des Drehrohres und der Nachbrennkammer ergibt.

Nach der Nachverbrennung gelangen die Rauchgase in einen Abhitzeessel. Die aus diesem austretenden Abgase haben eine Temperatur von 250 bis 280°C und werden den Elektrofiltern zugeführt [15].

5.1.1.2 Die Rauchgasreinigung

Die Rauchgase der drei Wirbelschichtlinien und der beiden Drehrohröfen werden getrennt über bauartgleiche Rauchgasreinigung geführt. Diese Rauchgasreinigung besteht aus zwei Kreuzstromwäschern zur Abscheidung saurer, leicht wasserlöslicher Gase sowie von Staub und Schwermetallen. Der nachfolgende filtrierende Venturiwäscher dient zur Feinstaubabscheidung und zur Vorkonditionierung der Rauchgase für einen elektrodynamischen Venturiwäscher.

Zur Nachreinigung werden die Rauchgase für jede Linie getrennt einer Aktivkoks Gegenstromanlage zugeführt, die aus parallel angeordneten, mit Herdofenkoks gefüllten Modulen bestehen. Jedes Modul wird mit 15 t Absorbens befüllt. Das Abgas durchströmt die Schicht von unten nach oben, während der Koks langsam gesenkt wird. Der beladene Koks (ca. 650t pro Jahr) wird abgezogen und in der EbS verbrannt. Die gereinigten Gase der Drehrohrlinien werden über zwei getrennte Kamine abgeleitet.

5.1.2 Qualitätsanforderung an die Abfälle

Die Entsorgungsbetriebe Simmering übernehmen sowohl Altöle, als auch gebrauchte Mineralölprodukte, die durch ihre Inhaltstoffe als gefährliche Abfälle einzustufen sind. Die Abfälle werden als Stoffgruppen zusammengefasst, wobei ölhältige Schleifschlämme unter die Stoffgruppe Organischer Abfall (Nr. 500) fällt. Es wird unter Berücksichtigung der Viskosität und des Chlorgehalts unter:

- Organischer Abfall; flüssig, neutral, bis 2 % Chlorgehalt
- Organischer Abfall; pastös, fest, neutral, bis 2 % Chlorgehalt

unterschieden. Im Zuge der Eingangskontrolle werden die Lieferungen hinsichtlich nachstehender Parameter untersucht [15]:

- Chlor
- Schwefel
- PCB
- Schwermetalle
- Wasser
- Verunreinigungen

5.1.3 Preise

Für die Abfälle der Stoffgruppe 500 (Organischer Abfall) gelten laut Preisliste:

Stoffgruppe 510 Flüssig, neutral, bis 2 % Chlorgehalt.....3.800 S/t Reststoff

Stoffgruppe 520 Pastös, fest, neutral, bis 2 % Chlorgehalt.....7.700 S/t Reststoff

Die Anlieferung erfolgt auf Kosten des Auftraggebers und weiters sind Manipulationszuschläge, Labor- und Analysekosten und Zuschläge für bestimmte überhöhte Inhaltstoffe zu entrichten. Die oben angeführten Preise sind exklusive Mehrwertsteuer zu betrachten [16].

5.1.4 Zusammenfassung EbS

Die Entsorgungsbetriebe Simmering verbrennen die zuvor nach bestimmten Inhaltstoffen untersuchten Metallschleifschlämme unter hohen Temperaturen von bis zu 1200°C in ihren beiden Drehrohröfen mit nachgeschalteter Rauchgasreinigung. Bei der Beurteilung dieses Entsorgungsweges müssen einerseits die ökologischen Aspekte als auch legislatorische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen geprüft werden

Es kann weder der hohe Metallgehalt der Materialien, noch die in großem Maße enthaltenen Kühlschmierstoffe stofflich verwertet werden. Gemäß den Grundsätzen des geltenden Abfallrechts ist nach der Abfallvermeidung die Verwertung vor der Entsorgung zu reihen. Diesen Grundsätzen und Zielen der Abfallwirtschaft wird aber keineswegs Rechnung getragen und der Abfallbesitzer hat außerdem mit sehr hohen Entsorgungskosten und keinerlei Gutschriften zu rechnen.

Die thermische Entsorgung über die Entsorgungsbetriebe Simmering stellt Zweifels ohne ein wichtiges Glied bei der Entsorgung gefährlicher Abfälle dar, doch ist es im Falle der ölhaltigen Schleifschlämme ein ungünstiger Weg.

5.2 Deponierung

Heute wird aus Kostengründen ein Großteil der anfallenden Schleifschlämme nach entsprechender Vorbehandlung deponiert. Bevor man über Vor- und Nachteile der Deponierung und die notwendigen Möglichkeiten der Konditionierung erörtert, muss man zuvor die rechtlichen Rahmenbedingungen beleuchten.

5.2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Wie schon erwähnt zählen ölhaltige Schleifschlämme zu den gefährlichen Abfällen, und dürfen ohne vorhergehender Behandlung nicht deponiert werden, wenn man die Möglichkeit der Ausstufung außer Betracht lässt, was sind der Regel nicht der Fall sein wird

Wir befinden uns heute in einer Phase des fließenden Übergangs zwischen dem Deponiekonzept der ÖNORMEN und der Deponieverordnung (1996), die spätestens 2004 für alle Deponien gelten soll.

5.2.1.1 ÖNORMEN 2070 - 2075

1990 trat das Deponiekonzept der ÖNORMEN in Kraft, dass die erforderliche Deponietechnik (=Deponiebauklasse) als eine Funktion des aufgrund eines k-Wertes (die Durchlässigkeit charakterisierender Parameter) klassifizierten Standortes (Standortklasse) und der Eluatqualität (Eluatklasse) betrachtet. Wobei Anforderungen an den Standort, an die Deponietechnik und den stofflichen Input gleichwertig nebeneinander bestehen.

Das einschlägige Normengebäude wurde mit folgenden ÖNORMEN festgelegt:

- ÖNORM S 2070: Deponien; Hydrogeologische und geologische Klassifizierung von Standorten
- ÖNORM S 2071: Deponien; Deponiebauklassen
- ÖNORM S 2072: Eluatklassen (Gefährdungspotential) von Abfällen
- ÖNORM S 2073: Deponien; Deponiedichtungsbahnen aus Kunststoff; Anforderungen und Prüfungen
- ÖNORM S 2074, Teil 1: Geotechnik im Deponiebau; Standorterkundung
- ÖNORM S 2074, Teil 2: Geotechnik im Deponiebau, Erdarbeiten
- ÖNORM S 2075: Deponien; Zuordnung von Abfällen

Die Mindestanforderungen an Standortklassen und Deponiebauklassen in Relation zu Elauklassen werden gemäß ÖNORM 2072 nachstehend angeführt [17].

Standortklassen Gemäß ÖNORM S 2070 u. S 2074 Teil 1	Deponiebauklassen gemäß ÖNORM S 2071					
	1	2	3	4	5	6
1	Ia	Ib	Ib	IIa	IIa	Iia
2	Ia	Ib	IIa	IIa	IIb	IIIa
3	Ia	Ib	IIa	IIb	IIIa	IIIa
4	Ib	Ib	IIb	IIIa	IIIb	IIIb
5	Ib	Ib	IIIa	IIIa	IIIb	IIIb

Tabelle 5.2-1 Mindestanforderungen an Standortklassen und Deponiebauklassen in Relation zu Eluatklassen [17]

Da diese Anforderungen gleichwertig nebeneinander gelten, besteht ein gewisser Widerspruch zu den Leitlinien der österreichischen Abfallwirtschaft, in welcher der Vorbehandlung und damit den Anforderungen an den stofflichen Input weit größere Bedeutung beigemessen wird. In den Leitlinien werden die Standortanforderungen ebenso wie die erforderliche Deponietechnik in Abhängigkeit vom stofflichen Input festgelegt.

5.2.1.2 Deponieverordnung

Somit wurde 1996 eine eigene Deponieverordnung festgelegt, die am 1.1.1997 in Kraft getreten ist, und nur noch vier Deponietypen vorsieht:

- Bodenaushubdeponie
- Baurestmassendeponie
- Reststoffdeponie
- Massenabfalldeponie

Die jeweiligen Grenzwerte für Schadstoffe, werden sowohl als Eluat als auch als Gesamtgehalte angegeben, und sind der Anlage 1 Tabellen 1 bis 8 Deponieverordnung zu entnehmen. Was in bezug auf die Behandlung ölhaltiger Schleifschlämme von besonderer Bedeutung ist, ist das Verbot der Deponierung von Abfällen, deren Gesamtkonzentration an organischem Kohlenstoff (TOC) mehr als 5 Massenprozent beträgt, und deren oberer Heizwert 6000 kJ/kg nicht übersteigt. Diese Verordnung gilt für Deponien die nach dem 1.1.1997 genehmigt wurden, und tritt ab 1.1.2004 für alle Deponien in Österreich in Kraft.

5.2.2 Chemisch-physikalische Behandlung

Um Schleifschlämme deponiefähig zu machen, ist es nötig sie durch eine chemisch-physikalische Behandlung zu konditionieren. Das wesentliche hierbei ist die Reduktion des Ölgehaltes, der unter 5 Gew-% im Eluat gebracht werden muss.

Dafür gibt es unterschiedliche Verfahrensvarianten die Schleifschlämme zu entölen. Die Vorentölung wird dabei in den meisten Fällen betriebsintern vorgenommen und kann mit Zentrifugen oder Filterpressen, aber hauptsächlich mit Absetzbehältern vorgenommen werden. Der Ölgehalt kann mit diesen Verfahren jedoch oft nicht ausreichend reduziert werden und Restölgehalte bis 15 Gew-% sind üblich. Daher werden in einer 2. Verfahrensstufe die ölhaltigen Schleifschlämme in Siebcontainern mit Emulgatoren beregnet. Die Emulgatoren haben die Eigenschaft die Kühlschmierstoffe und Wasser zu binden. Das Emulsionsgemisch kann nach mehreren Stunden abgezogen werden und der behandelte Schlamm ist deponiefähig.

Mit diesem Verfahren kann man den Ölgehalt deutlich verringern und geforderte Grenzwerte für eine Deponierung nach ÖNORM S 2072 können eingehalten werden. Der Einsatz an benötigten Chemikalien ist jedoch sehr hoch und es fallen große Mengen an Emulsionen an, die ihrerseits wiederum aufbereitet werden müssen [18].

Weiters sei zu erwähnen, dass dieses Verfahren für die Einhaltung der Grenzwerte im Eluat, nicht aber für Gesamtgehalte, wie sie laut Deponieverordnung ab 2004 für alle Deponien gelten soll, angewendet werden kann. Von Behandlerseite wird eine technische und wirtschaftliche Machbarkeit einer chemisch-physikalischen Behandlung, zur Verringerung des Ölgehalts der Schleifschlämme auf Gesamtkonzentration unter 5 Gew-%, angezweifelt.

5.2.3 Preise

Die Behandlungspreise von Abfallbehandlern für ölhaltige Schleifschlämme sind abhängig vom Ölgehalt und der Menge der angelieferten Abfälle, und liegen bei ca. 500 – 1500 S/t Abfall. Dieser Betrag ist aber nur als ungefährender Richtwert zu betrachten [18], da es aus firmenpolitischen Gründen oft nicht möglich war Informationen über Behandlungspreise zu erhalten.

Die Deponierungskosten sind abhängig von der Eluatklasse der angelieferten Abfälle und den unterschiedlichen Deponiebetreibern, und bewegen sich zwischen 1800 und 3800 S/t Abfall. Jedoch kann man für Schleifschlämme bei einer Eluatklasse IIb mit ca. 2000 S/t rechnen [19]. Damit ergeben sich in Summe für den Abfallerzeuger Entsorgungskosten von 2300 - 5300 S/t Schleifschlamm.

5.2.4 Zusammenfassung Deponierung

Die Konditionierung und Deponierung stellt derzeit noch einen ökonomisch günstigsten, aber den ökologisch ungünstigsten Entsorgungspfad dar. Um den Schleifschlamm ausreichend zu entölen sind große Mengen an Emulgatoren aufzuwenden die nach ihrem Einsatz wieder aufbereitet und behandelt werden müssen.

Anstatt die metallischen Komponenten zu nutzen werden sie langfristig abgelagert, und wertvolles Deponievolumen wird benötigt.

Man kann aber davon ausgehen, dass nach der Österreich weiten Einführung der Deponieverordnung, die einen Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) von 5 Gew-% für deponierte Abfälle vorschreibt, ein so großer technischer Aufwand bei der Konditionierung zu leisten ist, dass einer Behandlung und Deponierung dieser Abfälle aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein Riegel vorgeschoben wird.

5.3 Konditionierung und Brikettierung: Firma Dokal Ökotech

Die Firma Dokal Ökotech Recycling GmbH erzeugt aus ölhaltigen Schleifschlamm einen Sekundärrohstoff für die Stahlindustrie. Dies wird durch die Vermischung von Drehspänen und Schleifschlamm im Verhältnis von 70 zu 30 und einer anschließenden Brikettierung mit sehr hohem Pressdruck erreicht.

Ziel ist dabei den Restfeuchtigkeitsgehalt des Produkts auf ca. 1 Gew-% und den Restölgehalt auf weniger als 2 Gew-% zu reduzieren, und einen Fe-Gehalt von über 90 Gew-% zu erreichen. Die Drehspäne erfüllen dabei mehrere Bedingungen [20]:

- Im Brikettierprozess fungiert der längere Drehspan als Gitter, in welchem die feinen Schleifspäne gebunden werden. Die Bindung und Formhaltigkeit der Briketts hängen einerseits von Merkmalen des verwendeten Werkstoffs wie Stahlqualität, Spanform, Emulsionsanteile und, daraus resultierend, der Oberflächengestaltung ab. Andererseits spielt der angewendete Prozess, also Pressdruck, Brikettmaß, sowie die Verdichtungsgeschwindigkeit eine entscheidende Rolle.
- Schleifspäne weisen aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung einen stark schwankenden Fe-Gehalt auf, was durch die Drehspäne die einen sehr hohen Eisenanteil von über 95 Gew-% haben, ausgeglichen wird.
- Die Drehspäne haben einen wesentlich geringeren Ölgehalt als Schleifspäne und können somit bei einer Vermischung zu einer erheblichen Senkung der Gesamtkonzentration beitragen.

5.3.1 Produktionsbeschreibung

Ölhaltige Schleifschlämme werden nach der Anlieferung in einem Schlamm lager ausgelagert um eine Senkung des Restölgehaltes durch abtropfen zu erreichen. Ebenso werden die angekauften Drehspäne in zwei Spänelager einer Gravitationskonditionierung unterzogen.

Anschließend werden die Drehspäne nach Korngrößen getrennt, die Grobteile aus dem Verfahrensprozess herausgenommen und direkt der Stahlproduzierenden Industrie über die hausinternen Schrotthändler verkauft. Die Feinteile welche eine Spanlänge von 20 – 50 mm aufweisen werden einem Mischterminal zugeführt, der die Drehspäne mit den Schleifspänen in einem Verhältnis von 70 zu 30, in Berücksichtigung auf Stahlqualität, Spanform und Emulsionsanteile, mischt.

Danach wird die Mischung aus Stahlgrob und Feingut dem Verdichtungsprozess unterzogen wobei man zwei Maschinen mit jeweils 4 t/h und 8 t/h Outputpegel in Betrieb hat. Durch eine spezielle Verdichtungstechnik, die durch einen sehr hohen Verdichtungsdruck gekennzeichnet ist, wird das Gemisch aus Schleif- und Drehspänen zu Briketts verpresst. Der hohe Verdichtungsdruck bewirkt hohe Homogenität, Formstabilität und eine Extrahierung der anhaftenden Flüssigkeiten [20]. In *Abbildung 5.3-1* ist das Verfahrensfliessbild zur Aufbereitung der Schleif- und Drehspäne dargestellt.

Die bei der Verarbeitung anfallenden Kühlschmierstoffe werden aufgefangen und durch ein Spaltverfahren aufbereitet. Öle und Emulsionen werden der Ölaufbereitung in Sekundärraffinerien zur Verfügung gestellt und das Spaltwasser nach einer Entkalkung einer chemischen Spülung und anschließender Destillation dem öffentlichem Kanalnetz zugeleitet (*siehe Abbildung 5.3-2*).

Abbildung 5.3-1: Verfahrensfliessbild zur Aufbereitung der Schleif- und Drehspäne [20]

Abbildung 5.3-2: Aufbereitung der flüssigen Fraktion [20]

Schließlich werden die Briketts per Bahn aufgrund der günstigeren Verkehrsbedingungen nach Italien transportiert, wo sie in Stahlwerken dem Schmelzprozess zugeführt werden [21].

5.3.2 Annahmekriterien Ökotech – Stahlwerke

Aufgrund von Untersuchungen und entsprechender Bewertungen durch die Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Abfallwirtschaft wurde festgestellt, dass aufbereitete Späne und Metallschleifschlämme (Mischbriketts) grundsätzlich als Eisen- und Stahlabfall einzustufen

sind. Die Einstufung als Wertstoff wird durch die Einhaltung bestimmter Richtwerte begründet, die Ökotech daher als Annahmekriterien fordert (Tabelle 5.3-1).

Parameter	Richtwert
Blei	100 mg/kg TR
Cadmium	1 mg/kg TR
Quecksilber	1 mg/kg TR
Mit Petroleumbenzin extrahierb. Stoffe	10 g/kg TR
Gesamtgehalt an Fremdstoffen	< 10 Gew-%
EOX – berechnet als Cl	100 mg/kg TR
Der Gehalt an Substanzen, welche mit Petroleumbenzin extrahierbar sind (entspricht dem Mineralölanteil) kann dann auch höher liegen, wenn dieser aufgrund der Verwertungsart und des entsprechenden Anlagenbescheides zulässig ist.	

Tabelle 5.3-1: Annahmekriterien von Ökotech [4]

Die Annahmekriterien der Stahlwerke in Italien stellen keine besonders hohe Anforderungen an das Produkt und beschränken sich auf folgende Parameter (Tabelle 5.3-2):

Parameter	Richtwert
Spez. Gewicht	Ca. 5,6
Fe-Gehalt	Mind. 90,4 %, max. 95,0 %
Öl-Gehalt in TR	1,5 % Gew-%
Restfeuchte	0,8 % Gew-%
Formbeständigkeitsvermögen	> 2 m freie Fallhöhe

Tabelle 5.3-2: Annahmekriterien der Stahlwerke in Italien [20]

Diese Parameter sind für das Stahlwerk deshalb sehr wichtig, weil die thermodynamisch – kinetische Belastung sowohl beim Vorhandling als auch beim Einschmelzvorgang im Elektroofen hoch ist. Ebenso wenn die Schleifschlammbricketts zu hohe Gehalte an Flüssigkeiten, vor allem Kühlschmierstoffen, aufweisen, kann es beim Einschmelzvorgang zu

schlagartigen Ausgasungen von zündfähigen Gemischen und entsprechender Verpuffung kommen [5]. Um den Anforderungen gerecht zu werden bestehen Verträge zwischen den Abfallerzeugern und der Firma Ökotech, die die Einhaltung der vereinbarten Gehalte regeln und den Abfallerzeuger verpflichten, den Behandler (Ökotech) auf mögliche Änderungen der Qualität, aufmerksam zu machen [21].

5.3.3 Preise

Die Preise für die Verwertung von Schleifschlamm, die die Firma Ökotech von ihren Kunden verlangt, bewegen sich zwischen 2200 und 3800 S/t inkl. Transport. Die unterschiedlichen Preise der Entsorgung, sind auf die unterschiedliche Qualität der Schleifschlämme, insbesondere dem Fe-Gehalt, und dem Ausmaß der angelieferten Menge zurückzuführen [4]. Die Qualität der Briketts ist im Bereich von Schredderschrott angesiedelt und es können Preise von 700 bis 900 S/t Mischbrikett gefordert werden. Die aufbereiteten Kühlschmierstoffe werden in Zweitraffinerien vorerst in Grundöle und Spindelöle umgewandelt, die wieder zur Erzeugung von Schmieröl eingesetzt werden können. Es ist jedoch von den Betreibern der Zweitraffinerien keine Wertstoffgutschrift zu erwarten [21].

5.3.4 Zusammenfassung – Konditionierung und Brikettierung - Ökotech

Das Verfahren der Firma Dokal Ökotech, Schleifschlämme und Drehspäne in einem bestimmten Verhältnis zu mischen und diese dann unter hohem Druck zu verpressen, ist das einzige Verfahren zur Verwertung dieser Abfälle, das sich bis heute in Österreich großtechnisch durchsetzen konnte. Man bezieht Schleifschlämme bis zu 80 % aus Deutschland, wo der Markt um ein vielfaches größer ist als in Österreich und kann mehrere tausend Tonnen Material pro Monat verarbeiten [21]. Der Autor bezweifelt zwar die starke Reduzierung des Ölgehalts durch alleinige Pressung, aber es werden die rechtlichen Auflagen erfüllt, und somit wurde eine ökologisch und ökonomisch vertretbare Verwertungsschiene geschaffen.

6 Zusammensetzung und Entstehung der Metallschleifschlämme

In der Literatur wird öfters darauf hingewiesen, dass ölhaltige Schleifschlämme ein stark heterogenes Gemisch aus den bearbeitenden Werkstoffen, unterschiedlicher Metallbearbeitungsöle und diverser Fremdstoffe, bestehend aus Schleifmitteln und Filterverunreinigungen sind. Um eine Beschreibung zu ermöglichen ist es jedoch notwendig, die Rahmenbedingungen der Entstehung genauer zu kennen.

6.1 Einsatz und Wirkungsweise der Kühlschmierstoffe in der

Metallbearbeitung

Bei der Metallbearbeitung unterscheidet man spangebende (Drehen, Bohren, Fräsen, Räumen, Hobeln, Schleifen usw.) und spanlose (Walzen, Pressen, Tiefziehen usw.) Formung.

Kühlschmierstoffe werden bei der spanenden Bearbeitung von Metallen, aber auch anderen Materialien, wie z.B. Glas und Keramik, in umfangreichem Maße eingesetzt. Kühlschmierstoffe sind Öle, Emulsionen oder Lösungen, welche als Hauptaufgaben haben,

- die bei der Bearbeitung entstehende Wärme abzuleiten und so Werkzeug und Werkstück vor Schäden zu bewahren (Kühlwirkung),
- die Reibungswärme und die Verschleiß- und Schnittkräfte herabzusetzen (Schmierwirkung), und
- infolge der Bearbeitung entstehende Partikel (z.B. Späne) und andere Verunreinigungen abzuleiten (Reinigungswirkung) [22].

Jedoch werden auch weitere Anforderungen an moderne Kühlschmierstoffe gestellt. Deswegen sind möglichst lange Standzeiten (Alterungsbeständigkeit, Biostabilität), Wiederverwendung und Verwertungsmöglichkeiten verbrauchter Kühlschmierstoffe, neben den Gebrauchseigenschaften wichtige Kriterien für deren Auswahl.

Kühlschmierstoffe werden nach ihrer stofflichen Zusammensetzung eingeteilt. Nach DIN 51385 (Juni 1991) sowie VDI-Richtlinie 3397 Blatt 1 (Mai 1995) lassen sich Kühlschmierstoffe wie folgt einteilen:

Nr.	Benennung	Kennbuchstabe	Definition
0	Kühlschmierstoff	S	Stoff, der beim Trennen und teilweise beim Umformen von Werkstoffen zum Kühlen und Schmieren eingesetzt wird.
1	Nichtwassermischbarer Kühlschmierstoff	SN	Kühlschmierstoff, der für die Anwendung nicht mit Wasser gemischt wird.
2	Wassermischbarer Kühlschmierstoff	SE	Kühlschmierstoff, der vor seiner Anwendung nicht mit Wasser gemischt wird.
2.1	Emulgierbarer Kühlschmierstoff	SEM	Wassermischbarer KSS, der die diskontinuierliche Phase einer Öl-in-Wasser bilden kann.
2.2	Wasserlöslicher Kühlschmierstoff	SES	Kühlschmierstoff, der mit Wasser gemischt, Lösungen ergibt. Hierzu gehören neben echten Lösungen der Assoziationskolloide, z.B. „Lösungen von Seifen“
3	Wassergemischter Kühlschmierstoff	SEW	Mit Wasser gemischter Kühlschmierstoff (wassermischbarer Kühlschmierstoff im Anwendungszustand).
3.1	Kühlschmier- Emulsion	SEMW	Mit Wasser gemischter emulgierter Kühlschmierstoff (gebrauchsfertige Mischung)
3.2	Kühlschmier-Lösung	SESW	Mit Wasser gemischter wasserlöslicher Kühlschmierstoff (gebrauchsfertige Mischung).

Tabelle 6.1-1: Gliederung der Kühlschmierstoffe

Nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe werden gebrauchsfertig geliefert, wassermischbare Kühlschmierstoffe in der Regel als Konzentrat, das vor Gebrauch mit Wasser zum Fertigprodukt angesetzt wird. Ausgangsbasis für die Herstellung von Kühlschmierstoffen können Öle (Mineralöle, pflanzliche und tierische Öle und Fette) oder synthetische Stoffe sein. Am weitesten verbreitet sind derzeit Kühlschmierstoffe auf Mineralölbasis.

6.1.1 Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe (KSS-Öle)

Nicht wassermischbare Kühlschmierstoff, Schneid-, Schleif-, Hon-, Automaten- oder Räumöle, zeichnen sich gegenüber wassermischbaren Kühlschmierstoffen vor allem durch bessere Schmierfähigkeit, höheres Druckaufnahmevermögen sowie längere Standzeiten aus. Als Grundöle werden zumeist Mineralöle eingesetzt, denen je nach Anwendungsfall unterschiedliche Additive zugesetzt werden:

- Verschleißschutzadditive verringern Reibung und Verschleiß im Mischreibungsbereich der Schnittstelle. Für den Temperaturbereich bis 200°C werden polare Wirkstoffe in Form von Fettsäuren und -ölen eingesetzt (Anti-Wear Additive), die sich an der Metalloberfläche anlagern und damit einen Schmierfilm bilden.
- Für schwere Zerspanoperationen werden Hochdruck-Additive (EP-Additive) verwendet, die durch chemische Reaktionen mit den Metalloberflächen verschleißmindernde Grenzsichten bilden. Sie sind im Temperaturbereich von 200°C bis über 1000°C wirksam. Als EP-Verbindungen werden heute fast ausschließlich Schwefel- und Phosphorverbindungen eingesetzt. Chlor ist wegen der damit verbundenen Entsorgungsprobleme weitgehend aus Kühlschmierstoffen verdrängt worden. Als Ersatz nutzt man synergetische Effekte durch Kombination verschiedener EP-Wirkstoffe. Für einige schwere Zerspan- und Umformoperationen sind Chlorparaffine jedoch unverzichtbar.
- Antioxidanten erhöhen die Alterungsbeständigkeit des Öles durch Unterbindung natürlicher Oxidationsvorgänge. Hierfür werden vorwiegend organische Sulfide, Zinkdithiophosphate und aromatische Amine eingesetzt.

- Antischaummittel (z.B. Siliconpolymere, Tributylphosphat) reduzieren die bei insbesondere weichem Wasser auftretende Neigung zur Schaumbildung.
- Antinebelzusätze sind hochmolekulare Substanzen, die das Zerreißen des Ölfilms verhindern und damit die Entstehung von Ölnebel (z.B. beim Schleifen) verringern.

Ein Nachteil der KSS-Öle ist ihre Brennbarkeit sowie die Bildung von Ölnebeln bei hohen Temperaturen, die in vielen Fällen eine Kapselung der Maschine Absaugung und Abluftreinigung erforderlich machen.

6.1.2 Wassermischbare Kühlschmierstoffe

Wassermischbare Kühlschmierstoffe verbinden das Wärmeabluftvermögen von Wasser mit der Schmierfähigkeit von Ölen oder synthetischen Stoffen und haben deshalb gute Kühl-, Schmier- und Benutzungseigenschaften. Sie können bei allen Zerspanungsprozessen eingesetzt werden, sofern die verwendete Werkzeugmaschine ein geeignetes Schmiersystem aufweist und Spindel sowie Führungsbahnen ausreichend gegen das Eindringen des wasserhaltigen Kühlschmierstoffs abgedichtet sind. Nachteilig ist jedoch die Anfälligkeit der KSS-Emulsionen gegen mikrobielle Zersetzung, die einen wesentlich höheren Pflegeaufwand gegenüber KSS-Ölen erfordert und die Standzeit begrenzt.

6.1.3 Emulgierbare Kühlschmierstoffe

Die gebräuchlichste Anwendungsform wassergemischter Kühlschmierstoffe ist die Emulsion. Eine Emulsion ist ein disperses System, das durch Vermischen von zwei Flüssigphasen entsteht, die ineinander nicht löslich sind. Hierbei bildet die eine Flüssigkeit die innere Phase, die sich tröpfchenförmig in der Trägerflüssigkeit (der äußeren Phase) verteilt. Für die spanende Metallbearbeitung von Bedeutung sind die Öl-in-Wasser-Emulsionen, d.h. das Öl bildet die innere Phase.

Das Emulsionskonzentrat enthält einen hohen Anteil an Mineralölen oder synthetischen Ölen. Wenn das Konzentrat mit Wasser angemischt wurde (Ansatz ca. 4 bis 8 %), zeigt der

Badansatz ein milchiges Aussehen. Die wesentlichen Bestandteile sind nachfolgend angeführt:

- Emulgatoren sind Substanzen mit bipolarem Charakter, die die Dispersion der Öltröpfchen in Wasser ermöglichen, z.B. Tenside, Petroleumsulfonate Alkaliseifen, Aminseifen.
- Hochdruckzusätze (EP-Additive) dienen als Verschleißschutz für schwere Zerspanvorgänge, hierzu werden Phosphor-, Schwefel- und vereinzelt Chlorverbindungen eingesetzt.
- Korrosionsinhibitoren dienen zum Schutz vor elektrochemischer Korrosion durch Filmbildung auf der Metalloberfläche. Hierzu zählt man Alkali- Alkanolaminsalze von organischen Säuren, Sulfonate, Amine, organische Borverbindungen.
- Stabilisatoren, Lösungsvermittler und Antischaummittel ermöglichen eine dauerhafte Stabilisierung des Konzentrats, verbessern die Öllöslichkeit und unterdrücken unerwünschte Schaumbildung. Gebräuchlich sind dabei Alkohole und Glykole.
- Antioxidanten
- Biozide haben die Aufgabe, wassergemischte Kühlschmierstoffe gegen Keimbefall zu schützen. Aus arbeitsmedizinischen Gründen sind ihrem Einsatz Grenzen gesetzt. Formaldehydabspalter haben sich als Breitbandbiozid bewährt und lassen sich gut dosieren.
- Seit einigen Jahren sind vermehrt sogenannte biostabile, teilsynthetische Kühlschmierstoffe im Einsatz, die durch spezielle Inhaltstoffe im Konzentrat die Vermehrung von Keimen ohne zusätzliche Biozidzugabe unterbinden. Dabei ist der Mineralölgehalt im Konzentrat auf ca. 40% verringert, als Emulgator und Korrosionsinhibitor dient meist Borsäurealkanolamin.

6.1.4 Wasserlösliche Kühlschmierstoffe

Wasserlösliche Kühlschmierstoffe enthalten sehr wenig oder gar kein Mineralöl. Die Hauptbestandteile sind synthetisch hergestellte Polyglykole, welche in Wasser eine transparente Lösung bilden. Tenside verbessern den Kontakt zum Werkstück und damit die Wärmeabfuhr durch den Kühlschmierstoff. Als Korrosionsschutzmittel werden Borsäureamide eingesetzt.

Die Schmierfähigkeit ist aufgrund ihrer Zusammensetzung begrenzt, dagegen erzielen sie eine optimale Kühlwirkung und ermöglichen durch ihre Transparenz die Sichtkontrolle der Schnittstelle. Sie werden daher in erster Linie zum Schleifen eingesetzt. Ein weiterer Vorteil ist ihre geringe Anfälligkeit gegen Keimbefall, was hohe Standzeiten ermöglicht.

Die Aggressivität gegenüber verschiedenen Nichteisenmetallen begrenzt die Einsatzmöglichkeiten von Kühlschmierstofflösungen [22].

6.2 Metallbearbeitung

Die Fertigform der bearbeitenden Metalle kommt durch das Abtragen von Spänen mit einem schneidenden Werkzeug zustande. Dazu gehören die Verfahren mit ein- oder mehrschneidenden Werkzeug und geometrisch bestimmter Schneideform, wie

- Drehen,
- Fräsen,
- Hobeln,
- Räumen und
- Bohren,

sowie die Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneideform bei gebundenem Schleifmittel [23].

Dazu zählen:

- Schleifen
- Läppen
- Honen
- Gleitschleifen

Eine Richtlinie für die Auswahl an Kühlschmierstoffen bei verschiedenen Werkstoffen für verschiedenen Metallbearbeitungsverfahren ist in *Tabelle 6.2-1* zusammengefasst.

Fertigungs- verfahren	Stahl normal spanbar	Stahl schwer spanbar	Gußeisen Temperguß	Kupfer Kupferleg.	Aluminium Alulegierung.
Drehen	E 2..5 %	E 10 %, SN	Trocken	SESW, SN	E 2..5 %, SN
Fräsen	E 5..10%, SN	E 10%, SN	Trocken E 1..3 %	Trocken SN, E 5 %	SN, E 2..5 %
Bohren	E 2..5 %	E 10 %, SN	Trocken E 1..3 %	Trocken, SN, E 5 %	E 2..5%, SN
Räumen	SN, E 2..5 %		E 2..5 %	SN	SN
Gewindeschleif.	SN	SN	-	-	-
Flachschleifen	E 1 %	SN	SESW	E 1 %	SN
Rundschleifen	SESW	SESW	E 1 %	SESW	E 1 %
Honen, Läppen	SN	SN	SN	-	-
<p>E 1..10%..... Emulsion mit einem Mischungsverhältnis von 1 zu 10 mit Wasser SN..... nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe (nach DIN 51502) SESW.....Kühlschmier-Lösung (nach DIN 51502)</p>					

Tabelle 6.2-1: Kühlschmierstoffauswahl nach Bearbeitungsverfahren [23]

Durch die Vielzahl der zu bearbeitenden Werkstoffe, die die ganze Bandbreite an legierten und unlegierten Stählen, Eisenguß und Nichteisenmetallen umfassen, werden sehr unterschiedliche Anforderungen an Kühlschmierstoffe gestellt. So können niedrig legierte Kohlenstoffstähle mit einem niedrig additivierten Kühlschmierstoff bearbeitet werden, während für härtere Stähle (wie z.B. Chrom/Nickelstähle) hochadditivierte Schneideöle erforderlich sind. Wird bei der Zerspanung von Werkstoffen nur Kühlung und Spülwirkung gefordert dann können nicht additivierte Mineralöle verwendet werden. Bei schwerspanenden Werkstoffen müssen öllösliche Additive, die Chlor, Phosphor, oder Schwefel in Form von Metallseifen oder Salzen enthalten, zugesetzt werden [24].

6.3 Zusammensetzung und Konsistenz der Schleifschlämme

Ölhaltige Schleifschlämme sind in ihrer Zusammensetzung heterogen, da sie von der Art der Bearbeitung und Behandlung abhängen und sie außerdem meist nicht sortenrein gelagert werden. Man kann aber die wesentlichen Inhaltstoffe wie folgt zusammenfassen [25]:

Inhaltstoffe	Gehalt [Gew-%]
Metallgehalt	30 – 80 %
Schleifmittel	2 – 20 %
Gehalt an Kohlenwasserstoffen	5 – 30 %
Emulsionen/Lösungen	1 – 10 %
Öle/Ester	5 – 30 %
Wassergehalt	5 – 20 %

Tabelle 6.3-1: Wesentliche Inhaltstoffe der ölhaltiger Schleifschlämme

Wie man sieht, weist die Zusammensetzung der Schleifschlämme eine große Bandbreite in allen wesentlichen Inhaltstoffen aus, wodurch sich Schüttdichten von 2500 – 5000 kg/m³ ergeben. Nach Deutscher Industrienorm wird der Anteil an Kohlenwasserstoffen mittels Soxhletextraktion mit Trichlortrifluorethan ermittelt [18].

Um diese Inhaltstoffe qualitativ bewerten zu können sind folgende Randbedingungen entscheidend, die durch ihr schon angeführtes Zusammenwirken die Zusammensetzung der Schleifschlämme ausmachen [25]:

- **Bearbeitete Werkstoffe**

- C – Stähle
 - Legierte Stähle
 - Hochlegierte Stähle
 - Nichteisen - Metalle

- **Eingesetzte Kühlschmierstoffe**

- wassermischbare KSS (Emulsionen, Lösungen)
 - nichtwassermischbare KSS (Öle, Ester,...)

- **Filtrierverfahren**

- mit/ohne Filterhilfsmittel
 - Bandfilter
 - Anschwemmfilter
 - Sedimentationsanlagen
 - Sonstige

- **Betriebsinterne Behandlung**

- Abtropfen
 - Zentrifugieren
 - Pressen

Schleifschlamm wird unter einem Sammelbegriff zusammengefasst, der Schleif-, Hon- und Läppschlämme mit einbezieht. Die Partikelgröße und Spanform des metallischen Anteils ist jedoch abhängig vom Bearbeitungsprozess [20].

Man kann daher folgende Einteilung treffen (Tabelle 6.3-2).

Art der Bearbeitung	Spangestalt	Partikelgröße
Schleifen	Fadenförmig	50 – 100 µm
Honen	Kompakt	20 – 40 µm
Läppen	Globular	5 – 20 µm

Tabelle 6.3-2: Partikelgröße und Spangestalt in Abhängigkeit v. der Art der Bearbeitung [20]

Der Restölgehalt der Schleifschlämme weist oft große Schwankungen auf. Dieser ist abhängig von der Spanform (> Oberfläche) und dem eingesetzten Kühlschmierstoff. Dabei weisen die wassermischbaren Kühlschmierstoffe aufgrund ihrer hohen Verdünnung mit Wasser (Konzentrat bei ca. 4 %) einen wesentlich geringeren Ölgehalt auf, der sich besonders in den Schlämmen aus der Bearbeitung unlegierter Stähle verdeutlicht, da diese meist mit Emulsionen bearbeitet werden. Bei diesen Schlämmen liegt der Ölgehalt bei 1 bis 4 Gew-%.

Bei Schlämmen aus der Bearbeitung mit nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen liegen die Werte deutlich darüber. Dabei sind Werte unter 10 Gew-% als unwahrscheinlich einzustufen, da durch die verschiedenen innerbetrieblichen Techniken zur Reduzierung und Wiedergewinnung der Ölfraktion, in der Regel kaum Restölgehalte unterhalb von 10 Gew-% erreicht werden. Das Mittel liegt bei diesen Schlämmen zwischen 15 und 25 Gew-%. Man kann anhand der Konsistenz des Schlammes eine grobe Einteilung für den Feuchtigkeitsgehalt machen, die mit einfachen Mitteln durchführbar ist (Tabelle 6.3-3) [25].

Feuchtigkeitsgehalt in Gew-%	Konsistenz des Schlammes
> 40	Flüssig und pumpfähig
< 35 – 30	Stichfest, breiartig und schmierend
< 20 – 15	Krümelig-fest, nicht mehr schmierend
< 15 – 10	Streiffähig, beständig fest
< 10 – 5	Streiffähig, staubförmig

Tabelle 6.3-2 Feuchtigkeitsgehalt in Abhängigkeit von der Konsistenz [25]

Die innerbetrieblichen Techniken sind zur Reduktion des Ölgehalts der Späne und Wiedergewinnung der Kühlschmierstoffe sind vielfältig. Häufig werden Filter- oder Sedimentationsanlagen mit Zentrifugen oder Pressen gekoppelt.

Ein Großteil der Betriebe nutzt bereits derartige Entölungstechniken. *Abbildung 6.3-1* stellt diese nach ihrer Häufigkeit schematisch dar [2].

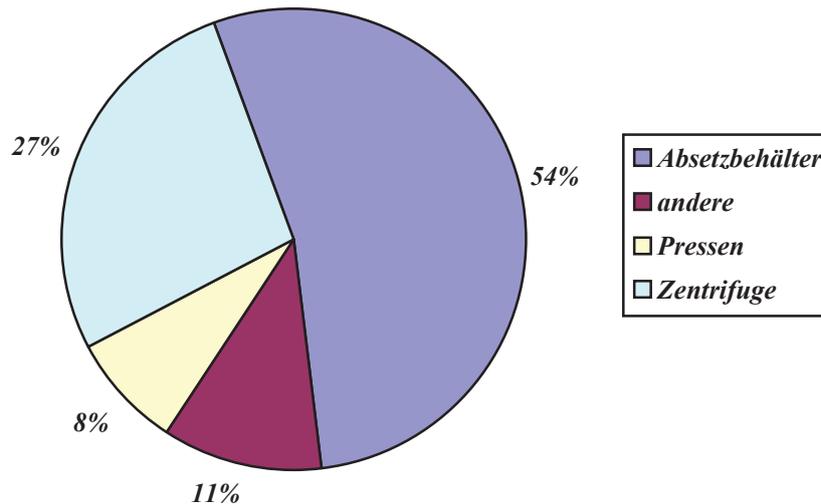


Abbildung 6.3-1 : Techniken zur Senkung des KSS-Gehalte [2]

Verunreinigungen in dem Schleifschlämmen bestehen, neben den Kühlschmierstoffen, in erster Linie aus Resten aus Filterhilfsmitteln z.B. Filtervliesen oder dem Kieselgur aus Anschwemmfilteranlagen. Es muß jedoch im Einzelfall geprüft werden, welche Filteranlagen genutzt werden, und ob ein erhöhter Siliciumanteil in den Schleifschlämmen durch den Einsatz von Kieselgur zu erwarten ist.

Ähnlich verhält es sich mit den Anteil der Hartstoffe aus dem Schleifwerkzeugabrieb. Man kann aber eine Differenzierung bezüglich der Schleifwerkzeuge in Abhängigkeit vom eingesetzten Kühlschmierstoff machen. Die folgenden beiden *Diagramme 6.3-2 und 6.3-3* beziehen sich auf Untersuchungen in Deutschland vom Institut für Werkstofftechnologie über die Häufigkeit der eingesetzten Schleifwerkzeuge in Abhängigkeit von dem Kühlschmierstoff. Dabei ist ersichtlich, dass vorwiegend Siliciumcarbid und Korund als Schleifmittel beim Schleifen mit Kühlschmier-Emulsion eingesetzt wird.

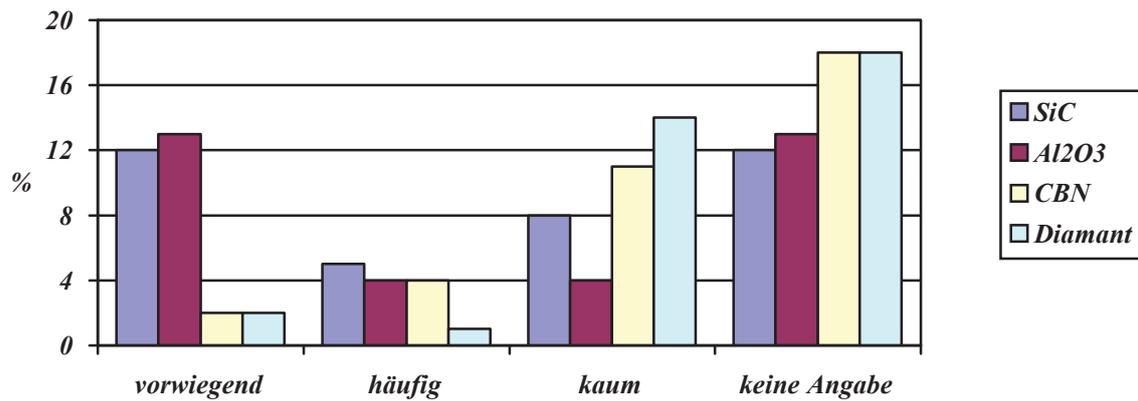


Diagramm 6.3-2: Schleifwerkzeuge beim Schleifen mit Kühlschmier-Emulsion

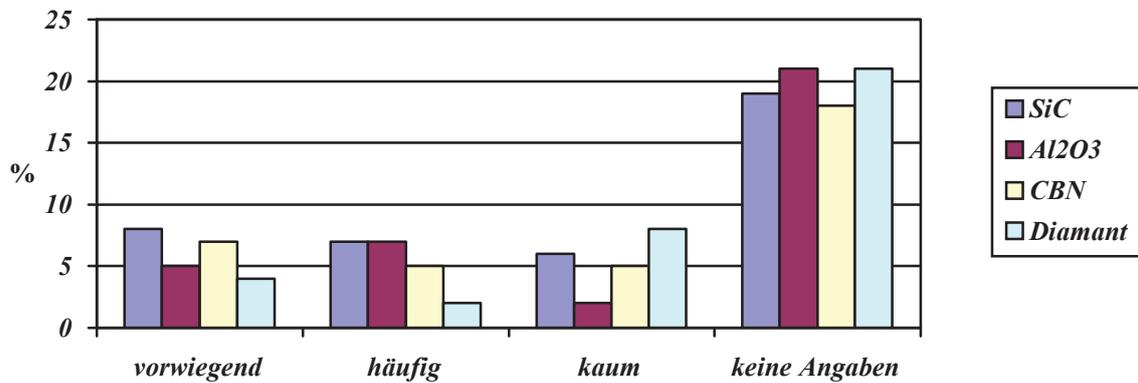


Diagramm 6.3-3: Schleifwerkzeuge beim Schleifen mit nichtwassermischbarem KSS [2]

Besonders bei der Schmelz-Aufbereitung entölter Schleifschlämme ist auf Korund- und Siliciumcarbidgehalte zu achten, da sich diese für die Schlacke und das verwendete Tiegelmateriale negativ auswirken können (siehe Kap. 8). Auch Bornitrite (CBN) können bei der Ofenausmauerung zu Auflösungserscheinungen führen [26].

7 Mengenaufkommen und Erzeuger

Ölhaltige Schleifschlämme zählen zu den gefährlichen Abfällen und gelten daher als besonders überwachungsbedürftig, d.h. jeder Abfallbesitzer hat bei einem Anfall dieser Stoffe, sofern sie nicht innerbetrieblich verwertet werden, das dem Landeshauptmann zu melden (Meldepflicht).

Wer gefährliche Abfälle einem Übernehmer übergibt oder in der Absicht, sie einem Übernehmer zu übergeben, zu diesem befördern läßt oder befördert, hat Menge und Art der gefährlichen Abfälle in einem Begleitschein zu deklarieren (Begleitscheinpflicht) [27].

Aufgrund dieser Tatsache, gibt es in Österreich eine relativ gute Transparenz beim Aufkommen und Behandeln von gefährlichen Abfällen und Altölen, im Vergleich zu andern europäischen Ländern.

Vor Inkrafttreten der Festsetzungsverordnung 1997 wurden die Abfälle:

- Metallschleifschlamm SN 35502
- Sonstige Metallschlämme SN 35506
- Hon- und Läppschlämme SN 54708

zu den nicht gefährlichen Abfällen gezählt, und somit ölhaltige Schleifschlämme (SN 54710) womöglich falsch deklariert um Entsorgungskosten zu sparen.

Seit 1.1.1997 zählen aber auch die oben genannten zu den gefährlichen Abfällen und eine vorsätzlich falsche Deklaration wäre nicht notwendig. Man kann aber davon ausgehen das trotzdem nur ein Bruchteil der anfallenden Schleifschlämme ordnungsgemäß deklariert werden um Entsorgungskosten zu sparen. Weiters ist es noch heute üblich, dass metallbearbeitende Betriebe bei denen auch Drehspäne anfallen die Schleifspäne unter die Drehspäne mischen und diese dann weiter als Schrott an die Stahlwerke verkaufen. Das ist zwar nicht legal, aber eine häufig praktizierte Methode der Entsorgung. In Deutschland ist ein geringer Prozentsatz an Schleifspänen (1-3 %) sogar von den Stahlwerken toleriert, bei höheren Prozentanteilen gibt es jedoch Verweigerungen [21].

Daher ist es schwierig genaue Mengenangabe zu machen und man muß sich auf die Begleitscheinauswertungen des Bundes verlassen.

7.1 Datenauswertung aus dem Abfalldatenverbund

Die Begleitscheinauswertungen aus dem Abfalldatenverbund über das Aufkommen von ölhaltigen Schleifschlämmen (SN 54710) ergibt folgendes Bild (*Diagramm 7.1-1*) [28]:

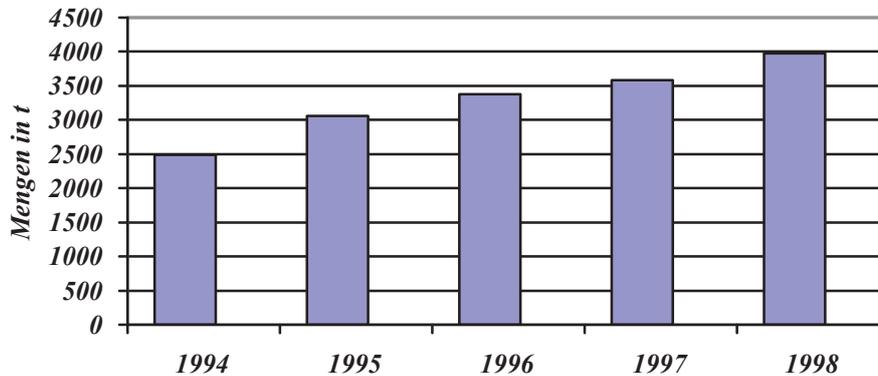


Diagramm 7.1-1: Mengenanfall ölhaltiger Schleifschlämme in Österreich

Die derzeit erhobenen Daten machen einen Anteil von 0,5 % des gesamten Aufkommens gefährlicher Abfälle aus. Aus dem Abfalldatenverbund lässt sich herauslesen, wo die Abfälle anfallen, die gemeldet werden und da ergibt sich eine Verteilung von 75 % auf die Bundesländer Wien und Oberösterreich und 25 % auf die restlichen sieben Bundesländer (*Tabelle 7.1-1*).

Bundesland	Mengenaufkommen
Wien	1380 t
Oberösterreich	1130 t
Steiermark	270 t
Vorarlberg	210 t
Tirol	170 t
Kärnten	110 t
Niederösterreich	60 t
Salzburg	20 t
Burgenland	0 t

Tabelle 7.1-1: Mengenaufkommen nach Bundesländer [28]

Eine weitere Aussage die aus dem Abfalldatenverbund gewonnen werden kann, ist über die Anzahl und Größe der Abfallerzeuger.

Im Jahr 1996 waren es ca. 130 Abfallerzeuger, von denen ölhaltige Schleifschlämme gemeldet wurden, davon sind:

- 5 Firmen mit > 50 t jährlich
- 20 Firmen mit 50 –10 t jährlich
- 105 Firmen mit < 10 t jährlich

Die Mengenaufkommen wurden ebenso nach Branchen gegliedert (*Tabelle 7.1-2*) und dabei ist zu erkennen, dass die Erzeugung mehrspuriger Kraftfahrzeuge (Branchennummer 583) den Hauptteil des Anfalls ausmachen [29]

Branchen-Bezeichnung	Branchenzahl	Mengen in t	%
Erzeug. von Eisen und NE-Metall	51	35	1
Bearb. Von Metallen, Stahl- u. Leichtmetalle	52	160	4,7
Erzeugung von Metallwaren	53	465	13,8
Erzeug. von Maschinen, ausg. Elektromasch.	54	59	1,8
Erzeug. von elektrotechn. Einrichtungen	56	38	1,1
Erzeug. von elektrotechn. Einrichtungen	57	31	0,9
Erzeug. von Transportmitteln ¹	58	1922	56,9
Großhandel	73	124	3,7
Sonstige		64	1,9
Keine Angaben	00	481	14,2
Summe		3379	100

¹ ...dabei handelt es sich hauptsächlich um die Erzeugung mehrspuriger Kfz. (Branchenzahl 583)

Tabelle 7.1-2: Mengenaufkommen ölhaltiger Schleifschlämme nach Branchen [29]

Anhand dieser Daten kann man die Abfallerzeuger gliedern in:

- Automobilindustrie: ca.1900 t/a
- Zulieferer, Werkzeugindustrie: ca.800 t/a
- Mittelständische Unternehmen (Automobilzulieferer, Schleifereien u.a.): 300 t/a
- Kleinunternehmen (Lohnschleifereien, Werkzeugmacher u.a.): ca. 200 t/a
- Sonstige (Werkstätten u.ä.): 100 t/a

7.2 Abfallimporte

Im Jahr 1995 betrug der Import von Schleifschlämmen 700 t, was 3,8 % der insgesamt importierten Abfälle entspricht.

Im Jahr 1997 betrug der Import bereits 4321 t und 1998 4350 t [28]. Dieser Anstieg der Abfallimporte von ölhaltigen Schleifschlämmen ist auf die Verwertungspraktik der Firma Ökotech (Kap.4.3) zurückzuführen , die 80 % ihrer Rohstoffe aus Deutschland erhält.

8 Aufbereitung der mit CO₂ entölten Schleifschlämme

Die wesentliche Frage bei der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens zur Schleifschlammentölung, ist, neben der zufriedenstellenden Erfüllung ihrer technischen Anforderung und kostengünstigen Produktionssystemen, die einer wertschöpfenden Verwertungsmöglichkeit der Recyclate. Also sowohl der wiedergewonnenen Kühlschmierstoffe als auch der entölten Metallfraktion [30].

Von den in Kapitel 5 erwähnten Verfahren der Schleifschlammentölung hat die CO₂-Extraktion (EMSIC-Verfahren) die besten Chancen sich aus ökonomischer Sicht durchzusetzen. Der Grund liegt in der Wiedergewinnung der Kühlschmierstoffe ohne qualitative Verluste, die auch die Additive mit einschließt und dem variabel wählbaren Restölgehalt der Späne [9].

8.1 Voraussetzungen und Randbedingungen

Da man bei der Verwertung der Schleifschlämme darauf bedacht ist ein marktfähiges Produkt zu erhalten, ist es notwendig einige Randbedingungen zu berücksichtigen.

Man muss auf Grund der heutigen Marktsituation davon ausgehen, dass sich eine Verwertung von Schleifschlämmen nur dann lohnt, wenn man entweder Schleifschlämme mit nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen bei Rückführung der Kühlschmierstoffe behandelt, und/oder Schleifschlämme, die einen deutlichen Wertinhalt der Feststoffphase aufweisen. Als solche sind die Partikel hochlegierter Stähle anzusehen, die einen wesentlich höheren Schrottpreis erzielen.

Der Feststoffanteil bei diesen Materialien liegt in der Regel bis zu 85 % in metallischer Phase vor. Daher ist es sinnvoll den metallischen Anteil der Schleifschlämme direkt ohne Einbeziehung einer energieaufwendigen, reduzierenden Prozessstufe zu nutzen [5].

Weiters haben Schlämme im Unterschied zu den Spänen eine sehr feine Struktur, und können in metallurgischen Betrieben nicht ohne vorheriger Agglomerierung verwertet werden, da sie durch die Thermik im Schmelzofen mitgerissen werden und sich in der Filteranlage der Öfen als Filterstaub absetzen [25].

Als Folge dieser Randbedingungen ist zu beachten, dass folgende erste Voraussetzungen für eine ökonomische und technisch durchführbare Verfahrensvariante erfüllt werden müssen:

- Aufbereitung der Schleifschlämme mit hochlegiertem Feststoffanteil, und/oder
- nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen
- Agglomeration der Feststoffe für einen Einsatz im Hüttenwerk

Hinsichtlich dieser Tatsachen wurde am Betriebsforschungsinstitut Düsseldorf in den letzten Jahren Labor-, Technikums- und Betriebsversuche durchgeführt, die sich hauptsächlich auf die Agglomeration und Schmelz-Aufbereitung von Schleifschlämmen konzentrierten.

Natürlich sind auch die Anforderungen potentieller Wiederverwerter in Betracht zu ziehen, da die metallbearbeitende Industrie klar umrissene Qualitätsanforderungen an ihre Vorstoffe stellt. Diese müssen unabhängig von den Rohstoffen von der Eisen- und Stahlindustrie eingehalten werden.

Es hat sich gezeigt, dass die genaue chemische Zusammensetzung der zu verwertenden Schleifschlämme bekannt sein muss, um die für die einzelnen Produktionsstufen notwendige Gattierungsversuche durchführen zu können. So dürfen bei der Erzeugung hochreiner Stähle bestimmte Elemente wie Kupfer, Nickel, Molybdän oder Zinn nur als Spurenelemente eingebracht werden. Hingegen sind bei der Erzeugung von Betonstahl weit höhere Konzentrationen an Begleitelementen tolerierbar. Einsatzstoffe die in größerem Umfang Chrom und Nickel enthalten, sind gezielt als Legierungsmittel für die Herstellung von nicht-rostenden Chrom-Nickel-Stählen einzusetzen [26].

Weiters muss der Öl- und Feuchtigkeitsgehalt der Schleifschlämme berücksichtigt werden, und das Verhalten der in ihnen enthaltenen Schleifmittelanteile in Bezug auf ihr Reduktions- oder Verschlackungsverhalten beachtet und die Einbringtechnik in die Schmelze auf die jeweiligen Produktionsverfahren abgestimmt werden [5].

8.2 Agglomerierung

Nach Prüfung unterschiedlicher Agglomerierungsverfahren bei der Fa. Köppern, einem erfahrenen Pressenhersteller aus Hattingen in Deutschland, wurde die Verfahrensvariante Walzenbrikettierung ausgewählt, da sie wegen der physikalischen Eigenschaften der aufbereiteten Schlämme, wie z.B. Schüttdichte, Korngrößenverteilung, Homogenität, und der Übertragbarkeit der Ergebnisse in den Betriebsmaßstab geeignet erscheint [5]. Diese Agglomerierung erfolgt mittels einer Walzenpresse, wobei auch die Bezeichnung Wälzerdruckmaschine in der Literatur zu finden ist.

Das Prinzip der Walzenpresse besteht darin, dass zwei mit Formmulden ausgestattete Walzen mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander laufen. Der Abstand der Walzen ist so gering, dass sich nur ein kleiner Spalt ergibt, durch den das zu agglomerierende Material eingezogen und beim Durchgang durch den Walzenspalt verdichtet und geformt wird [31]. Mit einem Schneckenförderer kann das Material transportiert und verdichtet werden, was zusätzlich eine Erhöhung der Schüttdichte bewirkt. Jedoch ist es auch möglich eine reine Schwerkraftförderung einzusetzen um ein Verkleben des Schneckenförderers auszuschließen [32]. In *Abbildung 8.2-1* ist das Prinzip einer Brikettiermaschine durch Walzenpressung schematisch dargestellt.

Abbildung 8.2-1: Schematische Darstellung einer Brikettiermaschine [32]

Durch Zugabe von Bindemitteln und Optimierung der weiterer Prozessparameter, wie Pressdruck, Walzendimension und Brikettform konnte man am Betriebsforschungsinstitut die gewünschten Druck- und Sturzfestigkeiten erzielen. Diese sind deshalb von besonderer Bedeutung da die Briketts während des Transportes und beim Handling im Stahlwerk formstabil bleiben sollen [31].

Vor der Brikettierung wurden die Schleifschlämme zur Entfernung von Störstoffen abgesiebt, um den reibungsfreien Betrieb von Förder- und Mischaggregat sicherzustellen und die Walzen vor Zerstörung zu schützen. Die Siebung erfolgte mit zwei gegeneinander schwingende Siebmatten mit rechteckigen Sieböffnungen von 2,5 mm x 9 mm [5]

Folgende Prozessparameter konnten bei der Agglomerierungsversuchen mit entöltem Schleifschlamm aus der Kugellager-, Ventil-, und Bohrerherstellung ermittelt werden [31]:

- Presskräfte: 45 – 50 kN/cm²
- Bindemittelzugabe: Melasse 4 – 7 %
Kalkhydrat 3 %
- Walzendimension: Durchmesser 650 mm
Breite 140 mm
- Brikettmulden. Nennvolumen 10 cm³
- Durchsatz: 2 – 3 t/Stunde

Durch den Zusatz von Graphitstaub als Beschichtungsmittel für die Walzen konnte ein Verkleben der einzelnen Brikettwalzen verhindert werden. Es konnte auch festgestellt werden, dass mit steigendem Metallgehalt des Schleifschlammes deutlich höhere Festigkeiten erzielt werden. Auch in Anbetracht des Restölgehaltes und des Kornaufbaus sind Schwankungen in der Festigkeit der Briketts zu erwarten. Diese Schwankungen können jedoch durch die exakte Dosierung von Melasse ausgeglichen werden [5].

Die eingesetzten Bindemittel wurden gemäß den Forderungen der Schmelzbetriebe hinsichtlich einer Nichtbeeinflussung des Metall/Schlacke Gleichgewichtes sowie der Schmelzofen-Ausmauerungen gewählt.

Bei der Abfüllung der produzierten Briketts am Austrag der Brikettieranlage in Big-bags sollte der Einfluss von Witterungsbedingungen, wie z.B. erhöhte Luftfeuchtigkeit, auf die Briketts unterbunden werden. Weiteres zeigte sich, dass die Briketts die Einflüsse einer

Lagerung von mehreren Wochen, wie sie bei längeren Transportzeiten, unerwartete Lagerzeiten durch Produktionsausfälle in Hütten etc. ohne Qualitätsverschlechterungen ihrer Produktmerkmale (Festigkeit, Metallisierungsgrad) überstehen. *Abbildung 8.2-2* zeigt Metallbriketts wie sie bei der Agglomerierung von entölten Schleifschlämmen produziert werden.

Abbildung 8.2-1: Briketts aus entöltem Schleifschlamm [33]

8.3 Schmelz-Aufbereitung

Um die Verwertungsmöglichkeiten der festen Schleifschlamm-Bestandteile bewerten zu können, wurden vom Betriebsforschungsinstitut Düsseldorf Schmelzversuche mit Fraktionen aus der Ventil-, Kugellager- und Werkzeugbearbeitung durchgeführt. Diese Schleifschlämme bestehen aus höherlegierten Edelstählen, und neben Legierungselementen wie Nickel und Chrom enthält dieser Schleifschlamm mineralische Bestandteile wie SiC und Al_2O_3 .

Schon im Labormaßstab zeigte sich, dass die festen Schleifschlamm-Bestandteile, je nach den beim Schleifen verwendeten Schleifmitteln, ein völlig unterschiedliches Schmelzverhalten aufweisen. So führt die Zunahme an hochschmelzenden oxidischen bzw. carbidischen Bestandteilen (z.B. Al_2O_3 , SiC) zu einer Verschlechterung der Schmelzbedingungen einhergehend mit einer Viskositätserrhöhung der Schmelze [5]. Diese hohe Viskosität

verhindert z.T. die Trennung von Schlacke und Metall, wodurch eine Bilanzierung der am Schmelzprozess beteiligten Stoffe nicht mehr möglich ist. Weiterhin war zu beobachten, dass die keramischen Inhaltstoffe mit den verwendeten Schmelztiegeln reagieren, so dass sich durch Bildung von Eutektika mit der damit verbundenen Schmelzpunktserniedrigung das Tiegelmateriale auflöste. Dieses trat besonders bei der Verwendung von Al_2O_3 -Tiegeln auf. Erst durch Auswahl eines geeigneten Tiegels (C- bzw. MgO-Tiegel), einer als Sammler fungierenden synthetischen fayalitischen Schlacke und Einstellung einer qualifizierten Atmosphäre war das Einschmelzen der entölten festen Schleifschlamm-Bestandteile möglich. Für die Praxis kann man jedoch davon ausgehen, dass die Probleme mit dem Tiegelmateriale von untergeordneter Bedeutung sind, da die Schleifschlämme in den Betrieben als zusätzliches Materiale eingeschmolzen werden und durch den hiermit verbundenen Verdünnungseffekt keine Schädigung der Ofenausmauerung auftreten sollte [26].

Das in den Schleifschlämmen enthaltene Eisen geht während des Schmelzens zu durchschnittlich 89 % in die Metallphase über. Nickel und Chrom reicherten sich ebenfalls zwischen 79 % und 81 % im Metall an.

Die im Betriebsmaßstab erzeugten Briketts wurden nun, auf den Erkenntnissen des Labormaßstabes aufbauend, in einer weiteren Versuchsreihe im Elektrolichtbogenofen, bei der Herstellung von nichtrostenden Stählen im Rahmen einer ersten orientierenden Versuchsreihe, eingesetzt. Ziel war es die Auswirkungen des Materialeinsatzes auf die Qualität von Metall, Schlacke und Flugstaub zu prüfen.

Bei dem Elektrolichtbogenofen handelt es sich um einem UHP-Ofen (Ultra-High-Power) mit einem Fassungsvermögen von 150 t. Der Ofen ist vollständig eingehaust und verfügt über eine Primär- und eine Sekundärabsaugung. Zum Befüllen des Ofens wird der Schmelzprozess unterbrochen, die Elektroden im Ofen hochgefahren, der Ofendeckel in eine seitliche Position geschwenkt und die Ofeneinhausung geöffnet. In *Abbildung 8.3-1* ist dieser UHP-Ofen dargestellt. In den Betriebsversuchen wurden Schleifschlämmen gleicher Qualität eingesetzt wie bei den vorhergegangenen Versuchen: Höherlegierte Edelstähle mit hohen Chrom- und Nickelgehalten und Korundgehalte bis 37 %. Auf Grund der im Labormaßstab festgestellten Schlackenviskositätserhöhung sowie des Angriffs auf die Feuerfestausmauerung wurde der Briketteinsatz von 1 t langsam auf 4 t pro Gattierung gesteigert, was einem Anteil von ca. 2,8 % des Gesamteinsatzes entspricht.

Abbildung 8.3-1: 150 t-UHP-Ofen zur Edelstahlherstellung [5]

Am Ende des Schmelzvorganges wurden Metall- sowie eine Schlackenprobe genommen und analysiert. Um einen Austrag des Schleifschlammes durch die Thermik in die Abgasphase festzustellen, wurde während eines Schmelzvorganges zu Beginn, nach der Hälfte der Schmelzperiode sowie am Ende der Einschmelzzeit Flugstaubproben zu Analysezwecken entnommen.

Die Ergebnisse dieser Schmelzversuche seien kurz zusammengefasst:

Metall:

- Es wurden keine negative Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der hergestellten Legierung festgestellt
- Es wurden trotz Steigerung der Brikett-Einsatzmenge keine Phosphor- bzw. Schwefelzunahme beobachtet.

Schlacke:

- Der Korundgehalt in der Schlacke stieg mit zunehmender Brikett-Einsatzmenge, lag jedoch mit maximal 5,5 % unterhalb des kritischen Gehaltes (10 %).
- Die Chromoxidgehalte der Schlacke lagen innerhalb der durch den Ofenbetrieb hervorgerufenen Schwankungsbreite.
- Mit zunehmendem Anteil von Schleifschlamm-Briketts nahm der Eisenoxidgehalt der Schlacke ab.

Flugstaub:

- Es wurden keine wesentlichen Zunahmen des Korundgehaltes im Flugstaub festgestellt [5].

8.4 Anforderungen an Material und Behandler

Aus den im Kap.5 beschriebenen Versuchen am Forschungszentrum Karlsruhe zur Entölung von Schleifschlämmen mit überkritischem CO₂ (EMSIC-Verfahren) und den Versuchen am Betriebsforschungsinstitut Düsseldorf, wo man die Agglomerierung und Schmelz-Aufbereitung untersuchte, ist hinreichend anzunehmen, dass eine technische Durchführung der vollständigen Verwertung von ölhaltigen Schleifschlämmen möglich ist.

Die entölte und agglomerierten Feststoffe sind für den Einsatz in Schmelzaggregaten geeignet und die zurückgewonnenen Kühlschmierstoffe sind bei gerechter Lagerung ebenfalls geeignet in den Schleifprozess zurückgeführt zu werden. Gegebenenfalls ist eine Nachadditivierung der Kühlschmierstoffe erforderlich, da es bei der Lagerung der ölhaltigen Schlämme zu Zersetzung der Additive kommen kann [30].

Jedoch ist es als Aufbereiter und Verwerter von Schleifschlämmen notwendig, folgende Punkte zu beachten:

- die Produkte der Schleifschlamm-Aufbereitung müssen eine gleichbleibende für den Verwerterbetrieb geeignete Qualität aufweisen. Um das gewährleisten zu können ist eine sortenreine Trennung der Schleifschlämme beim Abfallerzeuger wünschenswert.
- Störstoffe, die in un- bzw. vorbehandelten Schleifschlämmen enthalten sind, müssen durch die Aufbereitung entfernt werden, da sie zu Störungen einzelner Aufbereitungsschritte führen können. Eine Siebung der trockenen Schleifschlämme vor der Agglomeration ist daher notwendig.
- chemische Inhaltstoffe wie z.B. Phosphor oder Schwefel, die in Schleifschlämmen durch die Kühlschmierstoffe eingebracht wurden und an der metallischen Oberfläche haften bleiben, müssen aus der Feststoffphase entfernt werden, bevor die entölten Materialien als Sekundärrohstoff in der Eisen- und Stahlindustrie eingesetzt werden.
- die aufbereitenden Schleifschlämme dürfen keine Gefährdung für den Aufbereitungsbetrieb darstellen, z.B. pyrophore Eigenschaften von Metallpulver. Jedoch ist bei ordnungsgemäßer und kompakter Lagerung eine Erwärmung und Entzündung der Materialien vermeidbar [34].

9 Pilot-Anlagenkonzept zur Aufbereitung und Verwertung von ölhaltigen Schleifschlamm

Es wird nun ein Anlagenkonzept vorgestellt, das zur zentralen Behandlung von 6000 Tonnen Schleifschlamm pro Jahr ausgelegt ist. Das entspricht den Mengen, mit welchen ein Abfallbehandler in Österreich durchaus rechnen kann, wenn für den Abfallerzeuger günstige Voraussetzungen geschaffen werden. Weiters werden aufgrund der hohen Behandlungskosten nur CrNi-Schlämme oder HSS-Schlämme zur Behandlung vorgesehen. Anforderungen an den Standort sind nur hinsichtlich einer günstigen Verkehrsverbindung durch Straße oder Schiene gestellt. Um lange Transportwege zu einer externen Schmelz-Aufbereitung zu verhindern ist es überdies günstig die Anlage in der Nähe von metallverarbeitenden Betrieben zu errichten in welchen Schleifschlämme anfallen.

9.1 Anlagenkonzept

Die Schleifschlämme müssen möglichst sortenrein, getrennt nach HSS-Stählen und CrNi-Stählen angeliefert werden. Danach hat die Anlage die Aufgabe die Schleifschlämme zu entölen, zu entwässern, und die Feststoffe zu agglomerieren um sie einer externen Schmelz-Aufbereitung zuführen zu können. Des weiteren müssen Möglichkeiten zur Lagerung des angelieferten Materials und der Produkte errichtet werden.

Das Anlagenkonzept zur Fest-Flüssigtrennung beinhaltet:

- eine Zentrifuge zur ersten Abtrennung anhaftender Flüssigkeiten.
- eine Anlage zur Entölung mit komprimiertem Kohlendioxid.
- eine Siebanlage zur Abtrennung grober Störstoffe.

Ebenfalls zu diesem Anlagenteil gehören die entsprechenden Systeme zur Lagerung, Wägung und zum Transport der unbehandelten sowie der behandelten Stoffe.

Direkt anschließend ist im Anlagenkonzept eine Systemeinheit zur Kompaktierung vorgesehen, da die aufbereiteten Feststoff-Fractionen nicht staubförmig in geeigneten

Schmelzaggregaten eingesetzt werden können. Diese Systemeinheit beinhaltet eine Walzenpresse zur Kompaktierung der Feststoffe mit Bindehilfsmitteln und die notwendigen Förderaggregate, u.a. zur Rückführung der Feinfraktion.

Die Anlage ist in *Abbildung 9-1* schematisch dargestellt. Die Massenströme wurden in *Abbildung 9-2* mit Hilfe eines Sankey-Diagramms veranschaulicht.

Die von den Schleifschlamm-Produzenten angelieferten Schleifschlämme werden in Fässern oder Containern beim Aufbereiter angeliefert. Nach der Warenentnahme und einer ersten Qualitätskontrolle wird der Schleifschlamm in Lagerbunkern aufbewahrt. Bei Betriebszustand der Anlage wird der Schleifschlamm je nach Sorte mit Hilfe eines Aufgabesystems einem Wellenkantengutförderer zugeführt, der den aufgegebenen Schleifschlamm zur Vorentölung bewegt. Die Qualitätskontrolle umfasst eine Bestimmung des Feststoff- des Ölgehalts und bestimmter Inhalts- oder Störstoffe, die sich negativ auf die Agglomeration und den Schmelzprozess auswirken können (siehe Kap. 8.4).

Da der Schleifschlamm oft einen sehr hohen Gehalt an flüssigen Bestandteilen enthält, ist es erforderlich die Möglichkeit einer mechanischen Vorentölung oder Vorentwässerung zu gewährleisten, um die CO₂-Extraktionsanlage zu entlasten. Da sich Zentrifugen in der Praxis zur Vorentölung stets bewährt haben und man gute Entölungserfolge erzielen kann wird diese Methode anderen vorgezogen. Als negativen Aspekt darf man aber hohe Energiekosten durch eine Zentrifugentölung nicht verschweigen.

Es wurde eine kontinuierlich betriebene Schubzentrifuge mit horizontaler Achse und fliegender Lagerung mit einem Durchsatz von 1,5 m³/h gewählt, wobei die Schleifschlämme mit einem Wellenkantengutförderer über eine Füllschnecke zugeführt werden. Die entölten Schleifschlämme werden von einem hydraulisch angetriebenen Hubboden, der in ständigen Auf- und Abbewegungen durch Intervallschaltung gesteuert wird, zwangsausgetragen. Die durch die Vorentölung abgetrennten flüssigen Bestandteile werden einer Sammlung und Aufbereitung zugeführt, wobei wassermischbare und nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe möglichst getrennt gesammelt werden sollen.

Nach der Zentrifugierung wird das vorentölte Material wieder mittels eines Wellenkantengutförderers zur Hauptentölung zur CO₂-Extraktionsanlage weiterbefördert. Diese Anlage hat ein Fassungsvermögen von 1,2 m³, wobei die Extraktionsdauer abhängig

von dem Schüttvolumen der Aufgabe und der Art des Kühlschmierstoffs, zwischen 60 und 100 min betragen. Die CO₂-Extraktionsanlage ist ein diskontinuierliches System, bei dem das Lösevermögen von komprimiertem Kohlendioxid ausgenutzt wird (siehe Kap.4.1.2). Nach erfolgter Entölung wird der Feststoff aus dem Extraktionsbehälter entleert und von einem Rohrkettenförderer aufgenommen und zur Zwischenlagerung in einen Bunker, der ein Fassungsvermögen von 25 m³ hat transportiert. Die Förderleistung des Rohrkettenförderer, der speziell zum Transport staubförmiger Stoffe geeignet ist, ist so ausgelegt, dass der gesamte Inhalt der Extraktionsanlage innerhalb maximal einer Stunde in den Bunker befördert werden kann. Die Bunker sind stehende Stahlbehälter in denen mehrere Chargen aufbewahrt werden können, und somit eine ausreichende Auslastung der Walzenbrikettierung ermöglichen.

Von dem Bunker werden die trockenen Materialien durch einen Rohrkettenförderer übernommen und in einer Siebanlage nach Feingut und Störstoffen bzw. Grobgut getrennt. Das Grobgut wird aussortiert und entsorgt. Das Feingut wird dann in weiterer Folge der Kompaktiereinheit zugeführt. Diese beinhaltet eine Walzenpresse zur Kompaktierung der Feststoffe mit Zugabe- und Mischmöglichkeit von den Bindemitteln Melasse und Kalk.

Der Mischer, in dem die erforderlichen Bindemittel zugemischt werden, arbeitet mit einem Durchsatz von 2 m³/h, und befindet sich oberhalb der Walzenbrikettierpresse. Durch diese Bindemittel kann die erforderliche Festigkeit und Formstabilität erreicht werden, ohne negative Auswirkungen auf den Schmelzprozess hinnehmen zu müssen. Der Mischer entleert sein Produkt dann in einen zur Presse gehörenden, oberhalb der Walzen angeordneten Vorratsbehälter.

Die Walzenbrikettierpresse arbeitet erst dann, wenn genügend gemischtes Vormaterial vorhanden ist. Durch eine Auslassöffnung rieselt das Material zwischen die Walzen, wird eingezogen, komprimiert und verlässt den Walzenspalt als Brikett. Diese Brikettierpresse der Fa. Köppern hat ein Ausbringen von ca. 2 t/Stunde.

Die aus dem Walzenspalt austretenden Briketts fallen auf das darunter liegende Förderband, welches diese zur Lagerung, je nach Stahlsorte, in einen der beiden Bunker transportiert. Die zu versendenden Produkte können aus den Bunkern bodenseitig entnommen, gewogen, qualitätsgeprüft und versandt werden um dem Schmelzprozess zugeführt werden zu können.

Abbildung 9-1: Schematische Darstellung der Aufbereitungsanlage

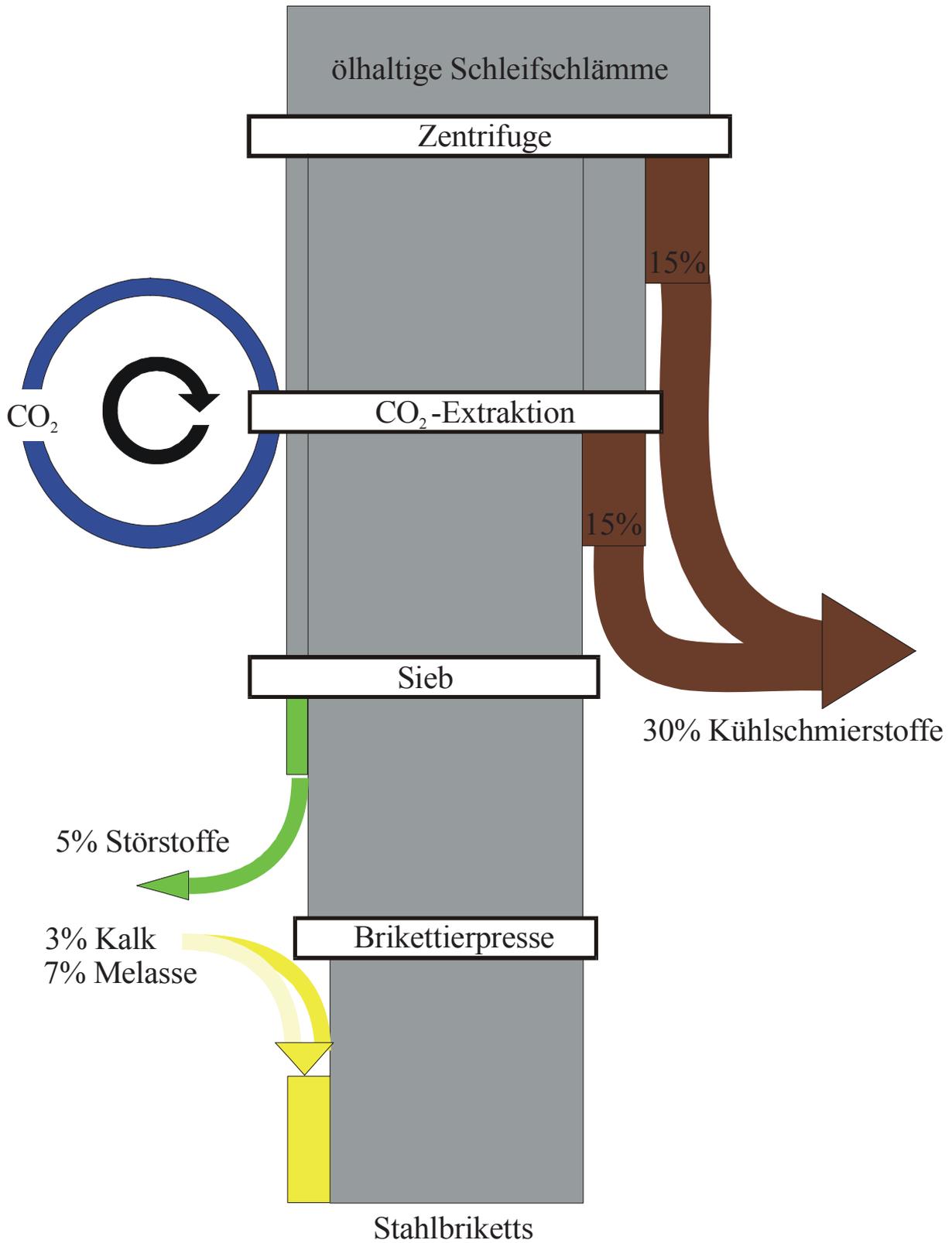


Abbildung 9.2: Stoffflussdiagramm der Schleifschlammaufbereitung

Hinsichtlich der Qualität der gewonnenen Kühlschmierstoffe sind die meisten Experten geteilter Meinung. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass der Extraktionsprozess keine deutliche qualitätsmindernde Auswirkung auf den Kühlschmierstoff hat. Jedoch muss gesagt werden, dass eine Qualitätsverschlechterung der Kühlschmierstoffe durch die Lagerung der Schleifschlämme zu erwarten ist und man daher bedacht sein muss lange Lagerzeiten zu verhindern und das angelieferte Material so schnell wie möglich zu behandeln.

9.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur ökonomischen Überprüfung des Schleifschlamm-Verwertungskonzepts wurden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Schleifschlammaufbereitung vorgenommen. Diese Betrachtungen sind wesentliche Voraussetzungen für Entscheidungen über den Einsatz neuer Verfahren und den Bau dafür notwendiger Produktionssysteme.

Zunächst wurden die Investitionen ausgewählter technischer Systeme und die betrieblichen Verarbeitungskosten für die Aufbereitung der Schleifschlämme bis zu den in den Schmelzanlagen einsetzbaren Feststoffanteilen sowie bis zu den als Wertstoffe verarbeitbaren flüssigen Bestandteilen errechnet. Danach wurden die Produktherstellkosten kalkuliert und die vermarktbaren Feststoff- und Ölanteile als Wertstoffe betrachtet.

Im folgenden sind die wesentlichen Kenndaten, Preise und Investitionen der wesentlichen Teilsysteme für jährliche Durchsatzmengen von ca. 6000 t Schleifschlamm tabellarisch angeführt. Der jeweils angeführte Grundflächenbedarf als bebaute Fläche errechnet sich aus der Summe von:

- Grundfläche des jeweiligen Teilsystems
- Bedienungsfläche
- Wartungsfläche
- Sicherheitszuschlag (3 %)

Zur Bestimmung der Investitionen für die Teilsysteme der Aufbereitungsanlagen wurden aktuelle Angebote eingeholt und auch Daten aktueller Literatur herangezogen.

Wellenkantengutförderer mit Aufgabesystem	
Länge [m]	8,00
Breite [m]	1,00
Höhe [m]	5,00
Grundflächenbedarf [m ²]	60
Preis des technischen Teilsystems [S]	330 000,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	156 000,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	49 500,00
Investition [S]	525 000,00

Schubzentrifuge	
Länge [m]	2,50
Breite [m]	1,50
Höhe [m]	1,70
Grundflächenbedarf [m ²]	48,75
Preis des technischen Teilsystems [S]	917 000,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	136 500,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	137 000,00
Investition [S]	1 190 000,00

CO₂ – Extraktionsanlage	
Länge [m]	22,00
Breite [m]	10,00
Höhe [m]	10,00
Grundflächenbedarf [m ²]	288,00
Preis des technischen Teilsystems [S]	30 000 000,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	806 400,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	4 500 000,00
Investition [S]	35 306 400,00

Rohrkettenförderer	
Länge [m]	9,00
Breite [m]	0,70
Höhe [m]	5,00
Grundflächenbedarf [m ²]	61,00
Preis des technischen Teilsystems [S]	287 304,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	171 080,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	43 095,50
Investition [S]	501 479,50

Walzenbrikettierpressen	
Länge [m]	3,50
Breite [m]	2,10
Höhe [m]	4,00
Grundflächenbedarf [m ²]	38,00
Preis des technischen Teilsystems [S]	4 979 373,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	106 400,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	746 906,10
Investition [S]	5 836 791,00

Bunker	
Durchmesser [m]	3,00
Höhe [m]	3,50
Grundflächenbedarf [m ²]	32,20
Preis des technischen Teilsystems [S]	101 317,00
Hallen und Fundamente (2800 S/m ²)	90 160,00
Montage und Inbetriebnahme (15 % vom Preis)	15 197,60
Investition [S]	206 674,50

Für die Gesamt-Investition und den Kapitaldienst ergibt sich:

Technische Teilsysteme	Investitionen
2 Bunker	413 349,00
Wellenkantengutförderer	525 000,00
Schubzentrifuge	1 190 000,00
Wellenkantengutförderer	525 000,00
CO ₂ – Extraktionsanlage	35 306 400,00
Rohrkettenförderer	501 749,00
2 Bunker	413 349,00
Siebmaschine	189 000,00
Rohrkettenförderer	501 479,50
Walzenbrikettierpresse	5 836 791,00
Förderband	70 000,00
2 Bunker	413 349,00
Gesamt-Investition	45 885 466,00
Kapitaldienst (4 %) [S]	1 835 418,60
Anuitäten (6 %) [S]	6 178 169,30
Abschreibungszeitraum [Jahr]	10,00

Bei den betrieblichen Verarbeitungskosten wird zwischen den Hauptkostenarten

- Personal
- Energie
- Betriebsmittel, Werksgeräte und Werkswerkzeuge
- Betriebsstoffe
- andere Betriebskosten
- Instandhaltung und Reparatur
- Kapitaldienst

unterschieden.

Bei den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wurden diese Kostenarten näher untersucht. Die Angaben der Verbrauchskennwerte und deren Berechnungspreise stammen aus Berechnungen und Erfahrungen der Anlagenhersteller sowie aus Veröffentlichungen.

Um die angestrebte Produktionsmenge von 6000 t/a zu gewährleisten ist es notwendig, einen 3-Schichtbetrieb einzuführen. Die Kosten wurden auf einer einheitlichen Basis von 8 Stunden je Schicht, 5 Schichten je Woche und 50 Wochen je Jahr gerechnet. Daraus ergeben sich 6000 Stunden/a.

Der Personalbedarf sowie die **Personalkosten** sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Bezeichnung	Personalbezug [S/a]	Bedarf 3-Schicht	Gesamtkosten inkl. Steuern(65 %) [S/a]
Schichtführer	350 000,00	3	1 732 500,00
Schichtarbeiter	300 000,00	6	2 970 000,00
Laborant	350 000,00	0,5	288 750,00
Gesamt [S]			4 991 250,00

Die **Energiekosten** ergeben sich aus dem Strombedarf der technischen Teilsysteme, wobei der Großteil des Stromverbrauchs auf den Einsatz der Zentrifuge (25 kW/t) und der Walzenbrikkettierpresse (40 kW/t) zurückzuführen ist. Mit Stromkosten von 1,40 S/kWh ergeben sich etwa 140 S/t an Stromkosten.

Weiters benötigt man ca. 0,7 t Dampf/h zur Erwärmung der Schleifschlämme bei der Extraktion. Dampf wird mit 280 S/t veranschlagt woraus sich weitere Kosten von 195,50 S/t Schleifschlamm ergeben.

Die Menge an benötigtem **CO₂** beträgt 30 kg/h. Bei einem Preis von 3,50 S/kg CO₂ fallen Kosten in der Höhe von 630 000 S/a für CO₂ an.

Zur Gruppe der **Werksgерäte** gehören die Hilfs- und Betriebsstoffe wie die Bindemittel für die Brikkettierung, die mit 95 S/t Schleifschlamm veranschlagt werden, sowie die sonstigen allgemeinen Betriebsstoffe mit 10 S/t, so dass sich ein Betrag von 105 S/t Schleifschlamm für die Werksgерäte ergibt.

Die Verbräuche sind nachfolgend tabellarisch angeführt:

Personalbedarf	[S/t]	831,90
Energie	[S/t]	320,00
CO ₂	[S/t]	105,00
Werksgерäte	[S/t]	105,00
Summe	[S/t]	1361,90

Aus dem Kapitaleinsatz von 1 835 418,60 S/a bzw. 305,90 S/t und den Verbräuchen von 1361,90 S/t ergeben sich betriebliche Verarbeitungskosten in Höhe von 1667,80 S/t.

Kapitaleinsatzbelastung	[S/t]	305,90
Verbräuche	[S/t]	1361,90
Betriebliche Verarbeitungskosten	[S/t]	1667,80

Die Produktherstellkosten der Aufbereitungsanlage ergeben sich aus den Kosten für das Vormaterial Schleifschlamm plus den betrieblichen Verarbeitungskosten minus der Gutschrift der Wertstoffe. Um die Gutschrift der Wertstoffe berechnen zu können, sind folgende Annahmen zu treffen.

Der aufzubereitende Schleifschlamm besteht in der Regel aus 25 Gew-% Kühlschmierstoff und 75 Gew-% Feststoff. Nach der Aufbereitung erhält man ein hochwertiges Produkt von CrNi-Stahlbriketts und HSS-Stahlbriketts. Für diese Materialien sind Erlöse von 1200 S/t zu erzielen. Dies entspricht ca. 900 S/t unbehandelter Schleifschlamm. Für die zurückgewonnenen Kühlschmierstoffe sind, je nach Qualität, Erlöse von 9 – 18 S/l möglich. Dies entspricht 3500 S/t unbehandelter Schleifschlamm. Insgesamt beträgt daher die Gutschrift für die verkaufbaren Wertstoffe 4400 S/t Schleifschlamm.

Damit ergibt sich für die Produktherstellkosten für die konzipierte Aufbereitungsanlage:

Fixkosten - Schleifschlamm	[S/t]	860,90
Betriebliche Verarbeitungskosten	[S/t]	1667,80
Gutschrift für Wertstoffe	[S/t]	-4400,00
Produktherstellkosten	[S/t]	-1871,30

Aus der Kostenaufstellung ist ersichtlich, dass sich Produktherstellkosten von $-1871,3$ S/t Schleifschlamm ergeben, d.h ein Gewinn von $1871,3$ S/t ist zu erwarten.

Dabei ist von einer relativ hohen Gutschrift der Wertstoffe ausgegangen worden, die sich hauptsächlich aus den Gutschriften der recycelten Kühlschmierstoffen ergibt. Bei Kühlschmierstoffen minderer Qualität ist dieser Betrag natürlich nach unten zu korrigieren. Da aber noch keine großtechnischen Erfahrungswerte vorliegen ist darüber noch keine genaue Aussage zu machen.

10 Literaturverzeichnis

- [1] H. Eifert, J. Eckebrecht, G. Vetl, A. Schulz
Pulvermetallurgie von Schleifschlämmen
in: Mo 50 (1996) S.388 - 390
- [2] M.Weber, J. Eckebrecht, H.Grützner, A.Zillmer
Pulvermetallurgische Verwertung aufbereiteter Schleifschlämme
Bericht vom Institut für Werkstofftechnik und Angewandte Materialforschung
Bremen, Juni 1998
- [3] Umweltbundesamt Wien
Begleitscheinauswertungen aus dem Abfalldatenverbund
Homepage Umweltbundesamt
Wien, Oktober 1999
- [4] R. Gstach, H. Bohling
Schleifschlammaufbereitung für den Einsatz in der Stahlindustrie
Protokoll des AWT-Fachausschusses 23: „Schleifschlämme“
Bremen am 4. 3. 1997
- [5] J. Cornelius, G. Schmelzer, B. Schmidt
Aufbereitung von Schleifschlämmen und Wiedernutzbarmachung ihrer
Bestandteile
Schlußbericht vom Betriebsforschungsinstitut Düsseldorf
Düsseldorf, April 1998
- [6] Vakuumthermisches Recycling
Firmenschrift von ALD Vakuum Technologies GmbH
Erlensee, 1995

- [7] Aufbereitung von Sonderabfällen
Firmenschrift von OHL Apparatebau & Verfahrenstechnik GmbH
Limburg/Lahn, 1995
- [8] J. Schön, N. Dahhmen, E. Dinjus, H. Schmieder
Produzieren in der Kreislaufwirtschaft
Bericht des 2. internationalen Symposiums Düsseldorf
Düsseldorf am 1. – 2. Oktober 1997
- [9] J. Schön, N. Dahmen, E. Dinjus, H. Schmiederer
EMSIC, Ein Verfahren zur Rückgewinnung von Kühlschmierstoffen
Bericht des Vortrages auf der Tribologie-Fachtagung 1999
Göttingen am 27. –29. Oktober1999
- [10] N. Dahnen, J. Schön, P. Schwab, H. Wilde, H. Schmiederer
Extraktive Abtrennung von Ölen aus Schleif- u. Metallbearbeitungsrückständen
in: KfK-Nachrichten Jahrgang 26 (2/94) S. 128 - 132
- [11] Innovative Sintertechnik von RES Oesterreich
Firmenschrift von RES Oesterreich GmbH & Co KG
Hamburg 1995
- [12] J. Lehner
Stand der Technik zur Behandlung und Verwertung ölhaltiger Eisenträger
Vortrag bei der VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau
Linz am 20. Dezember 1993
- [13] B. Fritz
Zusammenstellung von Entölungsverfahren von Hüttenabfallstoffen
Forschung, Entwicklung und Prüftechnik – Kurzbericht
Linz, November 1993

- [14] C. Mutni: telephonische Auskunft
Entsorgungsbetriebe Simmering
Wien am 4. Oktober 1999
- [15] R. Boos, F. Neubacher, B. Reiter, H. Schindlbauer, F. Twrik
Zusammensetzung und Behandlung von Altölen in Österreich
Umweltbundesamt Wien, 1995
- [16] Preisliste für die Behandlung und Entsorgung von Reststoffen
Entsorgungsbetriebe Simmering GmbH & Ko. KG
Wien 1999
- [17] B Ranninger
Vorlesungsunterlagen: Deponietechnik I und II
Montanuniversität Leoben, 1997
- [18] K. Richter: persönliche Auskunft
Rumpold AG
Trofaiach, Oktober 1999
- [19] B. Buchinger
Abfallbehandler und Deponien in Österreich
Wirtschaftskammer Österreich
Wien 1999
- [20] Firmenschrift: Oekotech Recycling GmbH
Frastanz, 1997
- [21] R. Gstach: persönliche Auskunft
Oekotech Recycling GmbH
Frastanz, September 1999

- [22] T. Weißenbach, C. Hübner, H. Schindelbauer und 4 Mitautoren
Branchenkonzept Altöle und Altschmierstoffe
Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie
Wien 1998
- [23] U. Fischer, R. Kilgus, L. Bernd
Tabellenbuch Metall
Verlag Europa Lehrmittel, 36. Auflage
Wuppertal 1988
- [24] J. Hübner
Aufbau moderner Kühlschmierstoffe
in: Tribologie u. Schmiertechnik – 41 Jahrgang – 2/1994
- [25] H. Kissler
Anforderungen an die Behandlung v. Schleifschlamm in Deutschland
Tagungsband zum Ersten österreichischen Schleifschlammforum
Perchtoldsdorf, September 1997
- [26] W. Mayer: persönliche Auskunft
ARP Aufbereitung, Recycling und Prüftechnik GmbH
Donawitz, Jänner 2000
- [27] Abfallwirtschaftsgesetz – Stand 1.6.1997
Verpflichtungen bei der Sammlung, Lagerung und Behandlung: §§ 13, 19
Kodex des österreichischen Rechts
Verlag Orac, Wien 4. Auflage
- [28] P. Dreier
Österreichische Abfalldaten über Schleifschlämme
Erstes österreichisches Schleifschlammforum
Perchtoldsdorf, September 1997

- [29] Auswertung aus dem Abfalldatenverbund: Datenbestand 2. April 1998
Umweltbundesamt Wien
- [30] J. Maurer: schriftliche Anfrage
ALD Vakuum Technologies GmbH
Leoben, Jänner 2000
- [31] G. Heinze
Handbuch der Agglomerierungstechnik
WILEY-VCH Verlag GmbH
Weinheim, 2000
- [32] F. Reinman: telephonische Anfrage
Maschinenfabrik Köppern GmbH & Co. KG
Markkleeberg, Februar 2000
- [33] Kompaktieren – Brikettieren – Zerkleinern
Firmenschrift: Maschinenfabrik Köppern GmbH & Co. KG
Hattingen 1999
- [34] J. Schön
Thermisches Verhalten verschiedener Metallschleifschlämme
Protokoll des AWT-Fachausschuss 23 „Schleifschlämme“
Bremen am 16. März 1999