Auftrennen von ölhaltigen Schleifschlämmen durch Vakuumtrocknung

Projektbericht

im Auftrag der
ABAG-itm GmbH
vormals ABAG-Abfallberatungsagentur
Baden-Württemberg
Stauferstr. 15
D-70736 Fellbach

Projektträger
Fraktionierungszentrum Stetten a.k.M. GmbH & Co. OHG
Ebinger Str. 50
D-72510 Stetten a.k.M.

Projektbegleiter
Universität Stuttgart
Institut für Werkzeugmaschinen
Holzgartenstr. 17
D-70174 Stuttgart

März 1999

Erarbeitung:
Dipl.-Ing. Ulrich Eggert, Universität Stuttgart, Institut für Werkzeugmaschinen, Stuttgart

Für die kooperative Mitwirkung an diesem Projekt bedankt sich die ABAG-itm insbesondere bei Herrn Friedel Heinrich, Fraktionierungszentrum Stetten a.k.M.GmbH & Co. OHG.

Die Durchführung dieses Modellprojekts sowie die wissenschaftliche Begleitung wurde mit Mitteln der Sonderabfallabgabe des Landes Baden-Württemberg unterstützt.

Herausgeber:
ABAG-itm GmbH
vormals ABAG-Abfallberatungsagentur
Stauferstr. 15
70736 Fellbach
Tel.: 0711 / 95 19 11 - 0
Fax: 0711 / 95 19 11 - 20
E-Mail: info@abag-itm.de

Projektleitung:
Dipl.-Ing. Hermann Kißler

März 1999

Gedruckt auf: weiß mattgestrichen Offset chlorfrei gebleicht (Umschlag)

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 2
2 Einleitung 3
3 Stand der Technik 5
3.1 Vorbetrachtung 5
3.1.1 Entstehungsprozesse 5
3.1.2 Anfallende Mengen 6
3.2 Gesetzliche Anforderungen 8
3.3 Randbedingungen 9
3.4 Vermeidung und Verminderung von Schleifschlämmen 10
3.5 Entölung von Schleifschlämmen 11
3.5.1 Mechanische Verfahren zur Ölabtrennung 14
3.5.2 Chemische Verfahren zur Ölabtrennung 14
3.5.3 Thermische Entölungsverfahren 15
3.6 Möglichkeiten der Verwertung 16
3.6.1 Metallurgische Verwertung 16
3.6.2 Brikettier-Technik 18
3.6.3 Zementherstellung 18
4 Entölung von Schleifschlämmen im Vakuum-Scheibentrockner 19
4.1 Projektbeschreibung 19
4.2 Zielsetzung 19
4.3 Beschreibung der Anlage 20
4.3.1 Trockner 21
4.3.2 Kondensation 22
4.3.3 Vakuum-Pumpsystem 23
4.3.4 Heiz-Kühl-Anlage 23
4.3.5 Anlieferung und Aufgabe 23
4.3.6 Feststoffaustrag und -abfüllung 23
4.4 Anwendungsgebiete 24
4.5 Annahmekriterien (Randbedingungen) 24
5 Wirtschaftlichkeitsberechnung 25
5.1 Darstellung der anfallenden Kosten für den Betreiber der Anlage 25
5.2 Darstellung der Kostenersparnisse für die metallbe- und -verarbeitenden Betriebe, bei denen Schleifschlämme anfallen 26
6 Untersuchungen 28
6.1 Technischer Stand der Anlage 28
6.2 Inbetriebnahme der Anlage in Vorversuchen 28
6.2.1 Charge Nr. 1: Schleifschlamm A (20. / 21.06.96) 28
6.2.2 Charge Nr. 2: Schleifschlamm B (02./03.07.96) 31
6.2.3 Schleifschlammuntersuchungen an zwei Beispielen 32
6.3 Prozeßablauf 34
6.4 Untersuchung der Metallphase durch das BfI 34
6.4.1 Feststoffanalyse 35
6.4.2 Laborschmelzversuche 37
6.4.3 Auswahl geeigneter Verwerterbetriebe 37
6.4.4 Konditionierung durch Brikettierung 37
6.4.5 Einblasversuche 37
6.4.6 Verwerter 38
6.5 Beurteilung, Behandlung und Veränderung an Kühlschmierstoffen nach der Destillation 41
6.6 Versuche zur Verbesserung der Ölqualität 41
7 Ausblick 42
8 Literatur 42

1 Zusammenfassung

Ölhaltiger Schleifschlamm fällt als Sonderabfall unter dem Abfallschlüssel 54710 in beachtenswerten Mengen an. Die Verwertung der einzelnen Bestandteile ist unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll.

Um das VVV-Konzept (Vermeiden, Vermindern, Verwerten) bei der Schleifschlammproblematik zu erfüllen, muß der Schleifschlamm, sofern eine Vermeidung oder Verminderung nicht möglich ist, verwertet werden.

Um die Verwertung von Schlämmen, insbesondere von Schleifschlämmen realisieren zu können, wird beim vorliegenden Projekt der Schleifschlamm durch Vakuumdestillation mit Hilfe eines Scheibentrockners in seine Bestandteile (Öl, Wasser und Feststoff) aufgetrennt.

Projektziel war, für diese Abfallgruppe eine Aufarbeitungstechnik in einer zentralen Anlage und damit im Produktionsmaßstab umzusetzen und zu erproben. Hierzu wurde die Technik der Auftrennung von ölhaltigen Schleifschlämmen in einem Vakuum-Scheibentrockner in stofflich verwertbare Öl- und Feststoffphasen in die Produktionspraxis überführt.

In theoretischen Ansätzen und durch praktische Erprobung wurden Möglichkeiten der Verwertung für die bei der Vakuumdestillation entstehenden Stoffe erarbeitet.

Durch die praktische Erprobung konnte gezeigt werden, daß im Bereich der Ölverwertung die durch die Vakuumdestillation zurückgewonnenen Kühlschmierstoffe (KSS) die technologischen Anforderungen für eine Wiederverwendung erfüllen.

Der Feststoffanteil kann im allgemeinen problemlos in Stahlwerken und Gießereien eingesetzt werden. Allerdings darf der Anteil von Schleifmittelabrieb nicht zu hoch sein, da sich dies nachteilig auf die Schlackenkonsistenz auswirkt. Prinzipiell können die Feststoffe in allen Ofentypen eingesetzt werden, bei manchen Öfen muß die Einbringung aber in Brikettform erfolgen.

Die Verwertung der Feststoffe setzt in allen Legierungen eine sortenreine Trennung voraus, um diese Materialien wertschöpfend vermarkten zu können. Bei Zuzahlung lassen sich alle Legierungen und Schlammsorten aufarbeiten. Wesentliche Erkenntnis ist, daß in diesem Geschäftsbereich nur über Makler erfolgreich gearbeitet werden kann.

Schleifschlämme können mit dem vakuumthermischen Verfahren nur dann wirtschaftlich behandelt werden, wenn die Annahmepreise für den Schleifschlamm einen Teil der Verarbeitungskosten decken. Der Nutzen dieses Verfahrens zur Verwertung von Schleifschlämmen liegt einerseits in der Ressourcenschonung analog dem Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz, andererseits bietet es eine verläßliche, dauerhafte und wirtschaftlich vertretbare Lösung für die Entsorgung der in der Produktion anfallenden Schleifschlämme.

2 Einleitung

In der Bundesrepublik fallen in der metallbe- und -verarbeitenden Industrie bei der spanabhebenden Metallbearbeitung jährlich 180.000 - 200.000 t kühlschmierstoffhaltige Schleifschlämme an. Diese Schleifschlämme bestehen aus feinen metallischen Spänen, versetzt mit Abrieb der Schleifmittel (Korund, CBN, etc.), Kühlschmierstoffen (KSS) und sonstigen Verunreinigungen. In Abbildung 2-1 sind die wesentlichen Sonderabfälle der metallbearbeitenden Industrie aufgeführt.

Sonderabfälle in der metallbearbeitenden Industrie

- spanende und umformende Bearbeitungsverfahren -

Kühlschmierstoffe:	
a): Wassermischbare KSS:	Bohr- und Schneidöle Konzentrate Emulsionen und Lösungen Basis: Mineralöl, synthetisch, pflanzlich
b): Nichtwassermischbare KSS:	z.B. Honöle Stanzöle Ziehfette
Schlämme:	Schleifschlämme Schlämme aus KSS-Filtrierung sonst. Bearbeitungsschlämme
Späne:	Mit KSS kontaminierte Fe- oder NE-Metallspäne
Verunreinigte Filtermedien:	z.B. Filtervlies aus der Filtrierung von Emulsionen, Filterpatronen aus Erodiermaschinen, Anschwemmfilter

Abbildung 2-1: Wesentliche Sonderabfälle der metallbearbeitenden Industrie /1/

Um eine optimale Funktion des KSS zu gewährleisten, muß dieser entsprechend gepflegt werden. Als eine der wichtigsten Pflegemaßnahmen gilt hierbei die Abtrennung der durch den Bearbeitungsprozeß eingetragenen Feststoffpartikel vom KSS. Dies erfolgt innerbetrieblich in geeigneten Filtereinrichtungen. Entsprechend der vielfältigen Anforderungen ist hierfür eine breite Verfahrens- und Anlagenpalette am Markt verfügbar.
Entsprechend dem Feststoffeintrag fallen dabei Schleifschlämme unterschiedlichster Qualität an.

Der Gehalt der wichtigsten Inhaltsstoffe von Schleifschlämmen (Tabelle 2-1) schwankt in einer großen Bandbreite. Da Schleifspäne eine sehr unterschiedliche, vom Werkstoff und vom jeweiligen Berbeitungs- und Filtrationsverfahren abhängige Morphologie aufweisen, reicht die Konsistenz der Schleifschlämme von nahezu flüssig (Dünnschlamm) bis hin zu einem wollartigen Gemenge.

Metallgehalt	10 - 80 %
Schleifmittelgehalt	2 - 75 %
Gehalt an KW	
• Emulsionen	1 - 20 %
• Öle/Ester	15 - 50 %
Wassergehalt	10 - 75 %

Tabelle 2-1: Zusammensetzung von Schleifschlämmen

Schleifen ist ein Endbearbeitungsverfahren, bei dem sehr hohe Oberflächengüten erzielt werden. Im allgemeinen werden bei den zu bearbeitenden Werkstücken nur geringe Volumen zerspant. Das Spänevolumen und somit die Gesamtoberfläche ist jedoch um ein Vielfaches größer als das Ausgangsvolumen. Diese vergrößerte Gesamtoberfläche und auch die spezielle Form der Späne ist in der Lage, große Mengen an Flüssigkeit zu binden.

Aufgrund ihres hohen Schadstoffgehalts sind Schleifschlämme als Sonderabfall eingestuft und müssen einer entsprechenden Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) zugeführt werden.
Bei der Beseitigung sind die Inhaltsstoffe (Öl und Metall) für den Produktionskreislauf unwiederbringlich verloren. Eventuell wertvolle Grundstoffe werden vergeudet.

Dies widerspricht jedoch dem wachsenden Umweltverständnis und dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Mit dessen Inkrafttreten am 6. Oktober 1996 wird auch von der metallverarbeitenden Industrie, unter Wahrung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit, die Rückführung von in Abfällen enthalten Rohstoffen in den Produktionskreislauf verlangt. Hierbei gilt:

Vermeidung und Verminderung
vor
Verwertung
vor
Beseitigung

Verschiedene Studien /2, 3/ haben gezeigt, daß die Rückgewinnung der im Schleifschlamm enthaltenen Stoffe (metallische Fraktion und Kühlschmierstoff) insbesondere dann wirtschaftlich sein kann, wenn es sich um hochwertige Stahllegierungen und teure Schleiföle handelt. Wesentlicher Ansatzpunkt zur Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben ist daher die Rückgewinnung des metallischen Anteils und des enthaltenen Öls.

3 Stand der Technik

3.1 Vorbetrachtung

Um die komplexe Systematik zur Verwertung von „Schleifschlämmen" (Abbildung 3-1) zu lösen, müssen zuerst die Entstehungsprozesse, Randbedingungen und anfallenden Mengen bekannt sein.

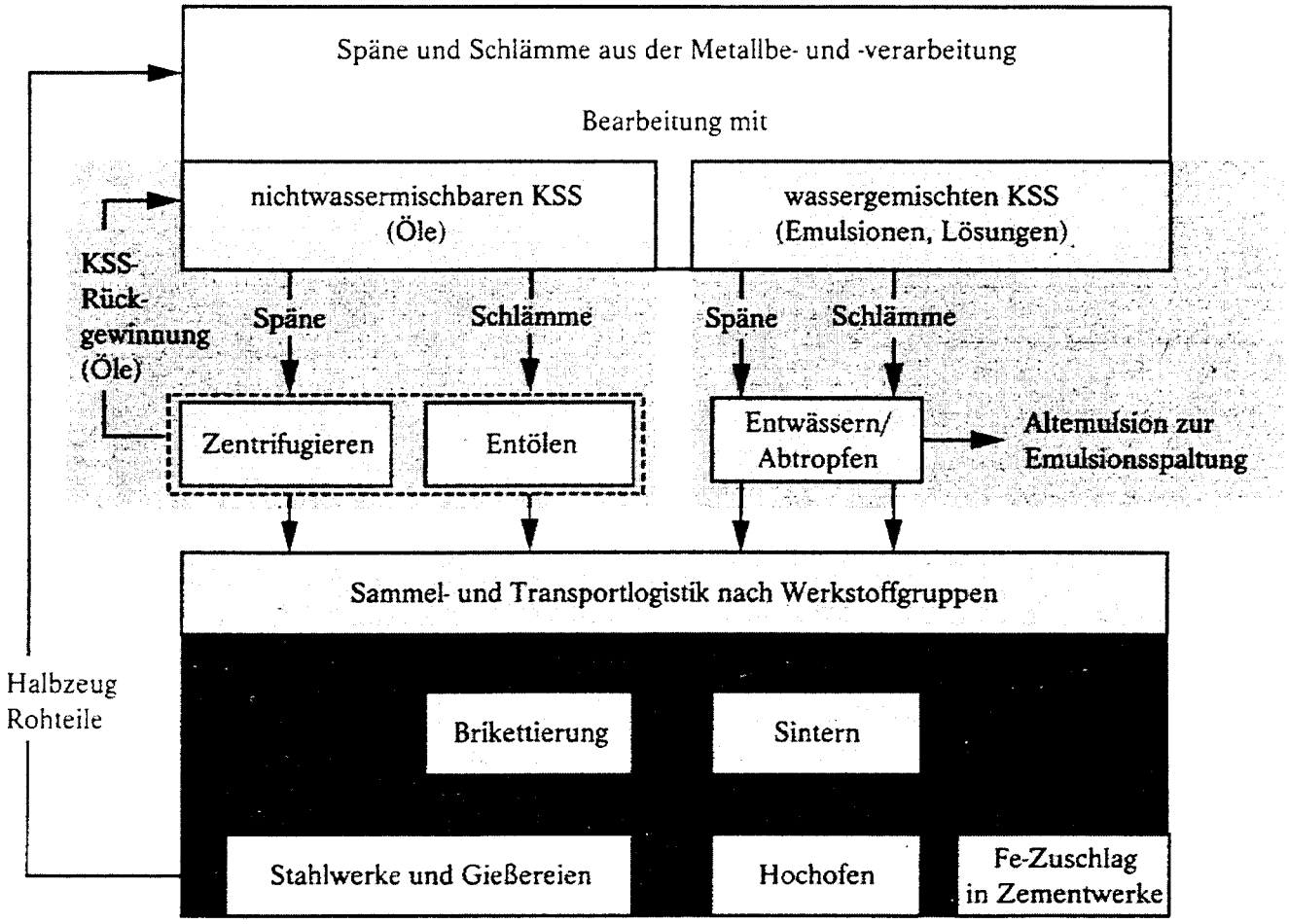

Abbildung 3-1: Systematik zur Behandlung, Rückführung und Verwertung von ölhaltigen Schleifschlämmen und Spänen aus der Metallbe- und -verarbeitung /4/

3.1.1 Entstehungsprozesse

Zur Charakterisierung der Schleifschlämme, die von eminenter Bedeutung für die Beurteilung der zur Verfügung stehenden Entsorgungswege ist, ist die Kenntnis der Entstehungsprozesse sowie der verarbeiteten Werkstoffe und Hilfsstoffe wichtig. Nur der Einblick in den Gesamtprozeß ermöglicht die gezielte Beeinflussung der Zusammensetzung von Schleifschlämmen im Hinblick auf eine mögliche Entsorgung.

Unter dem Begriff Schleifschlämme, ggf. ölhaltig, lassen sich Reststoffe aus folgenden Bearbeitungsverfahren einordnen /1/:

- Schleifen,
- Honen, Läppen,
- Feinanteil aus spanender Fertigung allgemein (Drehen, Bohren, Fräsen...),
- Gleitschleifen/Trovalisieren sowie
- Erodieren.

Die Zusammensetzung des Schleifschlammes wird beeinflußt durch:

- den Bearbeitungsprozeß,
- das bearbeitete Werkstoffvolumen,
- die Filterhilfsstoffe,
- die Art des bearbeiteten Werkstoffs,
- die Art des Schleifmittels,
- die Zusammensetzung der Kühlschmieremulsion oder des Öls,
- die Leckölverluste der Maschine,
- die eingeschleppten Fremdstoffe sowie
- das Filtrationsverfahren.

Für einen umweltverträglichen Umgang im Betrieb, d. h. bei Entstehung und Verwertung ist eine präventive Qualitätssicherung erforderlich. Diese besteht aus

- der Trennung der Materialien in NE-/Fe-haltig an den Anfallstellen,
- der Begrenzung von gefährlichen Stoffen im Kühlschmierstoff, Werkstoff sowie in den Betriebshilfsmitteln sowie
- den Kontrollanalysen des Abfalls.

3.1.2 Anfallende Mengen

Ölhaltige Schleifschlämme machen den größten Anteil der anfallenden metallhaltigen Bearbeitungsschlämme aus, wie aus Abbildung 3-2 und Tabelle 3-1 zu entnehmen ist. Im Hinblick auf eine mögliche Verwertung von Schleifschlämmen müssen deren Aufkommen und Qualität bekannt sein.

Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß die Erfassung der Abfallmengen über die Auswertung der Abfallbegleitscheine nur unvollständige Mengenangaben und bezüglich der Abfallqualitäten gar keine Informationen liefert (Abbildung 3-2 und Tabelle 3-1). Insbesondere die in eine Verwertung verbrachten Mengen werden mit dieser Statistik nur unzureichend erfaßt.

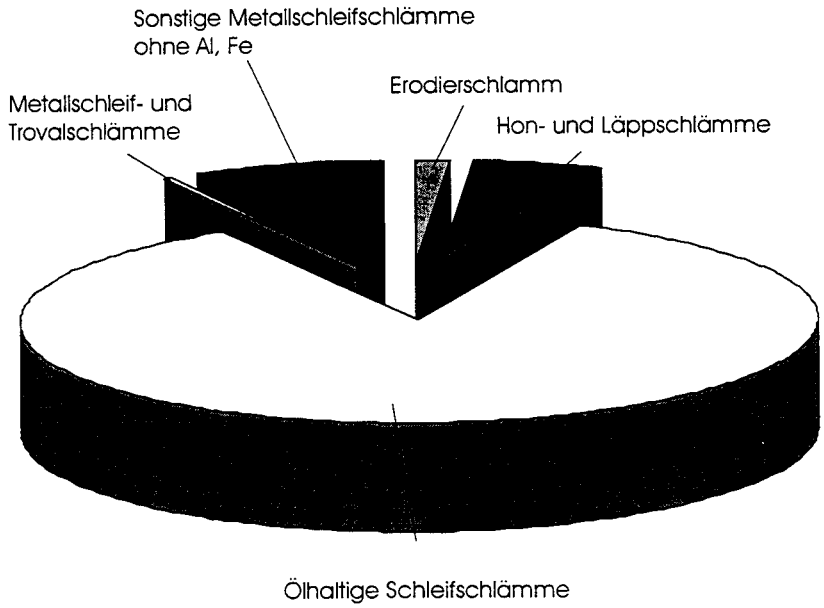

Abbildung 3-2: Aufkommen an Bearbeitungsschlämmen 1995 in Baden-Würtemberg, Quelle: ABAG

Bezeichnung	Gesamtmenge (A+V) = Abfälle zur Beseitigung (A) und Abfälle zur Verwertung (V) in t													
	1990	1991	1992			1993			1994			1995		
	A+V	A+V	A+V	A	V	A+V	A	V	A+V	A	V	A+V	A	V
Erodierschlamm	69	78	124	123	1	122	121	1	44	44	-	58	42	16
Hon- und Läpschlämme	267	282	320	313	7	268	260	8	240	237	3	202	177	25
Ölhaltige Schleifschlämme	5.515	4.730	5.630	5.623	7	3.758	3.735	23	4.205	2.836	1.369	3.277	2.381	896
Metallschleif- und Trovalschlämme	1.986	1.582	342	342	-	220	220	-	48	48	-	5	5	-
Sonstige Metall-schl. o. Al, Fe	34	52	418	414	4	304	304	-	372	370	2	303	295	8
Gesamt	7.871	6.724	6.834	6.815	19	4.672	4.640	32	4.909	3.535	1.374	3.845	2.900	945

Tabelle 3-1: Schleif- und Bearbeitungsschlämme, Aufkommen gemäß Begleitscheinauswertung in Baden-Württemberg /4/

Zur Verbesserung der Datenlage hat die ABAG in Zusammenarbeit mit den Industrieverbänden 1994 eine Umfrage bei metallverarbeitenden Betrieben in Baden-Württemberg durchgeführt /2/. Das Ziel dieser Umfrage bestand darin, einen Überblick über die Schlämme hinsichtlich Zusammensetzung und Menge zu erhalten, damit Betreiber von Anlagen zur Entölung von Schleifschlämmen ihre Anlagen dementsprechend auslegen und einrichten können. Die Ergebnisse des Rücklaufs aus 100 Betrieben sind in Tabelle 3-2 dargestellt. In der Bundesrepublick Deutschland fällt insgesamt die etwa zehnfache Menge an.

		Bearbeitung mit wassergem. KSS (Emulsionen, Lösungen)	Bearbeitung mit nichtwassergem. KSS (Öl)	Gesamt
Stähle und Guß	unlegiert	7.800 t/a	1.700 t/a	9.500 t/a
	niedrig legiert	2.700 t/a	2.100 t/a	4.800 t/a
	hoch legiert	2.500 t/a	3.200 t/a	5.700 t/a
Durchschnittlicher Fe-Gehalt		*57,50 %*	*52 %*	*54,10 %*
Durchschnittlicher Öl Gehalt		*2,20 %*	*13,50 %*	*4,48 %*
Gesamtmenge		**13.000 t/a**	**7.000 t/a**	**20.000 t/a**

Tabelle 3-2: Schleif- und Bearbeitungsschlämme, Aufkommen und Qualität 1994 in Baden-Württemberg /4/, Ergebnisse der Umfrage

3.2 Gesetzliche Anforderungen

Die Überwachung des betrieblichen Einsatzes von umweltrelevanten Stoffen und die Entsorgung von Abfällen wird durch eine Reihe von Gesetzen geregelt, die sich unter dem Druck des wachsenden gesellschaftlichen Umweltbewußtseins entwickelt haben.

Am 27. September 1994 wurde das „Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen", kurz „Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz" (KrW-/AbfG) verkündet. Es hat das Ziel, die Kreislaufwirtschaft zu fördern und die natürlichen Ressourcen zu schonen. Ein weiteres Ziel ist die Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen. Das Gesetz trat am 06.Oktober 1996 in Kraft.

Im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz wird als Neuerung zum bisherigen Abfallgesetz nur noch von

- *Abfällen zur Beseitigung*
  und
- *Abfällen zur Verwertung*

gesprochen.

Als Grundsatzforderung stellt das KrW-/AbfG in §4 (1) prinzipiell die Vermeidung und Verwertung in den Vordergund:

„(1) Abfälle sind
1. in erster Linie zu vermeiden, insbesondere durch die Vermeidung ihrer Menge und Schädlichkeit,
2. in zweiter Linie
   a) stofflich zu verwerten oder
   b) zur Gewinnung von Energie zu nutzen (energetische Verwertung)."

Nicht vermeidbare Produktionsabfälle sind, sofern technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, zu verwerten. Darüber hinaus nimmt das Gesetz Bezug auf die Qualität der Verwertung.

In §5 (2) des KrW-/AbfG heißt es konkret:
„...Die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen sind verpflichtet, diese nach Maßgabe des §6 zu verwerten. Soweit sich aus diesem Gesetz nichts anderes ergibt, hat die Verwertung von Abfällen Vorrang vor deren Beseitigung. Eine der Art und Beschaffenheit des Abfalls entsprechende hochwertige Verwertung ist anzustreben. Soweit dies zur Erfüllung der Anforderung nach den §§4 und 5 erforderlich ist, sind Abfälle zur Verwertung getrennt zu halten und zu behandeln..."

Ab 2000 hat der Abfallerzeuger im Rahmen eines zu erstellenden Abfallwirtschaftskonzepts die Entsorgungssicherheit, die Abfallvermeidung und die Verwertbarkeit der Abfälle zu prüfen und auf mehrere Jahre im voraus plausibel darzustellen.

Das Ziel einer Verwertung ist somit nicht nur eine umweltverträgliche, sondern auch eine wirtschaftlich sinnvolle Lösung. Durch eine Verwertung können Deponieraum und wertvolle Rohstoffe gespart werden. Besonders Legierungsträger wie Chrom, Nickel und Mangan gehören zu den Stoffen, die in der Liste der Bundesregierung über die „Rangfolge der Rohstoffe nach Gefährdung durch politische Versorgungsstörungen" die ersten Plätze einnehmen. Ferner werden wesentliche Mengen an Ölen und Emulsionen eingespart /3/.

3.3 Randbedingungen

Die Zusammensetzung und die anfallenden Mengen von Schleifschlämmen werden stark von betrieblichen Randbedingungen geprägt /1/ und sind, da es sich zum Teil um viele kleine Anfallstellen handelt, insgesamt schwer erfaßbar. Für die Beurteilung im Hinblick auf eine Verwertung erstellen die Entsorger bzw. Verwerter die Annahmekriterien. Eine innerbetriebliche Erfassung der Entstehungsprozesse und der verwendeten Produktions- und Hilfsstoffe liefert wesentliche Informationen insbesondere zur Zusammensetzung der anfallenden Schleifschlämme. Damit besteht, meist ohne teure Abfallanalyse, bereits eine gute Grundlage zur Beurteilung der Verwertungsmöglichkeit.

Die wichtigsten Aspekte sind:

1. Bearbeitete Werkstoffe:
   - C-Stähle,
   - legierte Stähle,
   - hochlegierte Stähle, z.B. VA-Stähle bzw.
   - NE-Metalle.

2. Eingesetzter Kühlschmierstoff
   - wassermischbare KSS (Emulsionen, Lösungen) oder
   - nichtwassermischbare KSS (Öle, Ester).

3. Filtrierverfahren
   - mit/ohne Filterhilfsmittel (welche ?),
   - Bandfilter (verschiedene Systeme),
   - Anschwemmfilter,
   - Sedimentationsanlagen oder
   - Sonstige.

4. Betriebsinterne Nachbehandlung
   - Abtropfen,
   - Zentrifugieren oder
   - Pressen.

Sind alle Randbedingungen bekannt (Ist-Analyse), können, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Analyse des Abfalls, systematisch alle Möglichkeiten der Abfallreduzierung sowie bestehende Verwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten überprüft werden.

Parallel zu teuren Beseitigungsverfahren (Deponie, thermische Behandlung) sind gerade in jüngster Vergangenheit verstärkt Verfahren und Behandlungstechnologien entwickelt sowie erprobt worden, die auch eine Verwertung

von Schleifschlämmen ermöglichen. Ansatzpunkte für die Rückgewinnung sind die wertmäßig bedeutenden Hauptbestandteile, d.h. der Anteil an Metall und ggf. des enthaltenen KSS-Öls.

3.4 Vermeidung und Verminderung von Schleifschlämmen

Die bedeutendsten Ansatzpunkte zur Vermeidung und Verminderung von Schleifschlämmen sind in Abbildung 3-3 dargestellt.

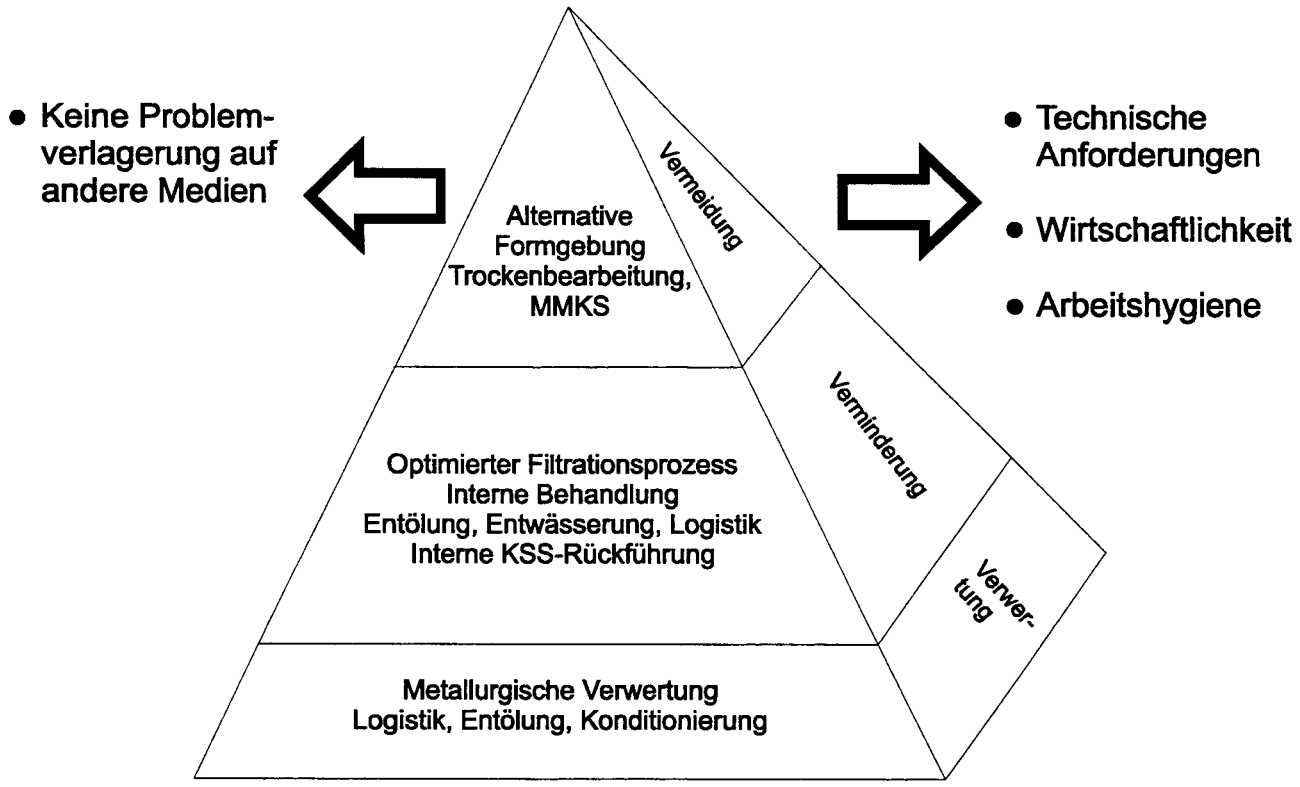

Abbildung 3-3: Hierarchie zur Vermeidung, Verminderung und Verwertung von Schleifschlämmen /1/

Aufgrund der Problematik bei der Entsorgung von ölhaltigen Schleifschlämmen wäre es am günstigsten, gänzlich auf Kühlschmierstoffe zu verzichten. Im Falle der Bearbeitung mit geometrisch bestimmten Schneiden (Drehen, Fräsen, Bohren,...) wird dies teilweise schon realisiert. Es kann damit gerechnet werden, daß die Bearbeitung durch Verbesserung dieser Verfahren und der Schneidstoffe zunehmend trocken erfolgen kann /4/. Damit würde auch die Problematik der Späneentölung entfallen, ohne die eine wirtschaftliche Aufarbeitung dieser Reststoffe ansonsten nicht möglich ist.

Bei der Bearbeitung mit geometrisch unbestimmten Schneiden kann durch den hohen Energieumsatz in der Kontaktzone zur Zeit noch nicht auf KSS verzichtet werden. KSS werden nicht nur zur Kühlung und Schmierung eingesetzt, sondern auch zum Transport der anfallenden Späne. Eine Verminderung der Menge der anfallenden Schleifschlämme kann hier durch andere, verfahrensoptimierte und somit wirtschaftliche Bearbeitungsverfahren erreicht werden. Beispiele für die Substitution von Zerspanungsverfahren durch andere Herstellungsverfahren sind der Einsatz von gebauten Komponenten, pulvermetallurgische Formgebungsverfahren sowie Feindruckguß.

In Zukunft kann durch die konsequente Weiterentwicklung auf dem Schneidstoffsektor das Schleifen eventuell in größerem Umfang durch Feinstbearbeitungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide ersetzt werden.

Dadurch würde auch bei der Feinbearbeitung eine Trockenbearbeitung ermöglicht. Selbst wenn verfahrensbedingt mit Kühlschmiermittel gearbeitet werden muß, so bereiten Späne aus Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide aufgrund ihrer Größe weitaus weniger Probleme bei der Aufarbeitung. Ein weiterer Vorteil ist der bei diesen Verfahren um den Faktor 10 geringere Energieumsatz in der Kontakzone. Dies ermöglicht zumindest eine Verringerung der erforderlichen KSS-Mengen.

Wissenschaftlich erforscht wird zur Zeit das Laserabtragen, mit dem auch bei hochfesten Werkstoffen noch ein Materialabtrag erfolgen kann, wenn Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide nicht mehr angewendet werden können. Als Anwendungsbeispiel seien hier schwerzerspanbare Nickelbasislegierungen und gehärtete Werkstücke genannt, die zur Zeit fast ausnahmslos durch Schleifen bearbeitet werden müssen. Bei der Verwendung eines Lasers wird der Werkstückstoff ohne weiteren Zusatz von Hilfsflüssigkeiten verdampft, so daß keine Späne entstehen.

Wie bereits oben angeführt, ist ein Verzicht von KSS beim Schleifen momentan nicht zu realisieren. Um die Bearbeitung dennoch trocken durchführen zu können, müssen neue Schleifkorn- und Bindungstypen entwickelt werden, mit denen ein Schleifen auch bei höheren Temperaturen ohne Werkstoffbeschädigung erfolgen kann.
Eine Alternative zum Schleifen mit gebundenem Schleifmittel (Schleifscheibe) sind Schleifmittel auf Unterlage. Diese Werkzeuge werden bei der Herstellung nur Temperaturen von ca. 150° C ausgesetzt. Dadurch ist es möglich, die Bindung der Schleifbänder mit solchen schleifaktiven Zusätzen zu versehen, die bei der Produktion von Schleifscheiben herstellungsbedingt verbrennen würden. Mit diesen schleifaktiven Zusätzen können während des Schleifrozesses sowohl die Reibung als auch die Schleiftemperatur gesenkt werden. Ein Verzicht auf Kühlschmierstoffe wäre so möglich.

Eine Verminderung anfallender Schleifschlämme läßt sich auch durch konstruktive Maßnamen erreichen. So kann eine Reduzierung der Aufmaße bereits zu einer erheblichen Vermeidung von Schleifoperationen und damit von Schleifschlämmen führen. Dazu ist der Einsatz endkonturnaher Fertigungsverfahren (near-net-shape-technology) erforderlich.

Um den hohen Anteil an Wasser, Ölen und ausgetragenem Kühlschmierstoff wirtschaftlich zu reduzieren, muß eine Vorbehandlung erfolgen. Erfolgt die Vorbehandlung innerbertieblich, so sind drei Effekte in die Betrachtung einzubeziehen:

- die Reduzierung der zu verwertenden bzw. zu entsorgenden Restmenge,
- insbesondere beim Einsatz nichtwassermischbarer KSS: die Rückgewinnung des Kühlschmierstoffes sowie
- die Verbesserung der Verwertungs-/Entsorgungsmöglichkeiten durch reduzierten Ölgehalt.

Für eine innerbetriebliche Entwässerung bzw. Entölung stehen im wesentlichen drei Verfahren zur Verfügung:

- die Entwässerung im Sammelcontainer,
- das Abpressen sowie
- das Zentrifugieren.

Die abgetrennten KSS-Öle können im allgemeinen direkt in den KSS-Kreislauf zurückgeführt werden; bei Emulsionen und Lösungen muß die Wiedereinsetzbarkeit zuvor geprüft werden /1/.
Zur Behandlung großer Schleifschlammmengen, primär in zentralen Anlagen, befinden sich weitere Verfahren in der Erprobung. Auf diese wird in den folgenden Kapiteln näher eingegangen.

3.5 Entölung von Schleifschlämmen

Ölhaltige Schleifschlämme resultieren aus der Kühlschmierstoffpflege, d.h. aus der Abtrennung der in die KSS eingetragenen Feststoffe, insbesondere feiner Späne und Schleifmittelabrieb. Die hierzu eingesetzten Filtrationsverfahren beeinflussen in erheblichem Maße die Konsistenz, d.h. den Öl- bzw. Feuchtegehalt der

Schleifschlämme. Der Öl-/Feuchtegehalt ist neben der Menge und der Zusammensetzung der metallischen Bestandteile sowie dem Gehalt an Fremdstoffen (z.B. Filtertüchern) ein wesentliches Kriterium für die Realisierbarkeit insbesondere metallurgischer Verwertungswege.

Eine Entölung bzw. Entfeuchtung verfolgt daher zwei wesentliche Ziele:

- Die Rückgewinnung der mit dem Schleifschlamm ausgetragenen KSS und
- die Ermöglichung einer umweltgerechten metallurgischen Verwertung.

Die Wahl des geeigneten Entölungsverfahrens richtet sich nach betriebswirtschaftlichen und technischen Kriterien sowie den verfügbaren zentralen Anlagen der Entsorgungswirtschaft mit deren Annahmebedingungen.

In Tabelle 3-3 sind die wichtigsten Verfahren zur Vorbehandlung von Schleifschlämmen im Hinblick auf eine spätere Verwertung aufgeführt.

Verfahren zur Vorbehandlung von Schleifschlämmen als Vorstufe zur Verwertung		ABAG
Verfahren	**Stand der Entwicklung (Stand 2/97)**	**Anmerkungen**
Auspressen	Verschiedene innerbetriebliche Anlagen im Einsatz. Derzeit nur manuelle Kleinanlagen (max. 100 kg/Charge) verfügbar.	Einfache, preiswerte Technologie. Zur Rückgewinnung v. KSS-Ölen geeignet. Restölgehalt: > 10 % (abh. v. Ausgangsgehalt)
Zentrifugieren	Verschiedene innerbetriebliche Anlagen im Einsatz (50 - 200 kg/h). Manuelle und automatische Anlagen verfügbar.	Ausgereifte Technologie. Für Späne und Schleifschlämme. Reduzierung von Feuchte- bzw. Ölgehalten auf ca. 5 - 15 % (abh. v. Ausgangsgehalt)
Wäsche mit wässerigen Medien	Verschiedene Pilotanlagen in der Erprobung; ca. 0,5 t/h Batchbetrieb. Zentrale Anlagen.	Probleme bei feinkörnigen Materialien: Restfraktion ölhaltiger Schluff (5 - 20 %) Aufwendige Waschwasser-Aufbereitung. Restölgehalte: ca. 1 -3 %. Prinzipiell beide Phasen verwertbar.
Wäsche mit Lösemitteln	Verschiedene Pilotanlagen in der Erprobung 10 kg/h bis 100 kg/h Batchbetrieb. Zentrale und dezentrale Anlagen.	Aufwendige Technologie (Ex-Schutz). Beide Phasen verwertbar. Gute Ergebnisse mit feinkörnigen Materialien möglich. Restölgehalte: ca. 0,3 - 1 %.
Ausbrennen der organischen Bestandteile	Drehrohr mit 2 t/h im kontinuierlichen Betrieb. 4 Jahre Produktionsbetrieb mit Walzzunderschlämmen. Nur als zentrale Anlage.	Aufwendige Entstaubung/Abgasreinigung. Kontinuierliches Verfahren. Nur anorganische Komponente verwertbar. Restölgehalte: < 0,1 %.
Vakuum-Verdampfung der Ölphase - im Scheibentrockner - mit konduktiver Beheizung	Pilotanlagen für innerbetrieblichen und zentralen Einsatz verfügbar. Chargenbetrieb: 50 kg bis 10 t.	Aufwendige Technologien. Hochrangige Verwertbarkeit beider Phasen. Restölgehalte: ca. 1 - 3 %.
Extraktion mit überkritischen Medien (CO_2)	Versuche in Labor und Pilotmaßstab (4 und 250 kg). Chargenbetrieb. Primär als zentrale Anlage geeignet.	Aufwendige Technologie. Gute Ergebnisse mit feinkörnigem Material. Hochrangige Verwertbarkeit beider Phasen. Restölgehalte: ca. 0,1 - 0,5 %.
Brikettieren Späne mit Schleifschlämme	Produktionsanlage mit ca. 20.000 t/a seit 4 Jahren in Betrieb. Weitere Anlagen in der Erprobung. Für zentrale Anlagen geeignet.	Gemeinsames Verpressen von Schlämmen und Spänen (emulsionsbehaftet). Vergleichsweise preiswertes Verfahren. Restölgehalte: 1,5 - 4 % (bei Emulsion).

Tabelle 3-3: Verfahren zur Vorbehandlung von Schleifschlämmen als Vorstufe zur Verwertung /1/

3.5.1 Mechanische Verfahren zur Ölabtrennung

Mechanische Verfahren (Tabelle 3-4) zur Schleifschlammentölung können mit vergleichsweise geringem Aufwand realisiert werden, da die Anlagen dafür einfach aufgebaut sind. Allerdings erreichen die erzielbaren Restölgehalte meist nicht die zu einer metallurgischen Verwertung notwendigen Grenzwerte. Diese Anlagen eignen sich daher besonders für Klein- oder mittelständische Betriebe. Das zurückgewonnene Schleiföl kann über längere Zeit direkt wiederverwendet werden.

Auspressen	Zentrifugieren
• hydraulisch • pneumatisch	• mit manueller Feststoffentfernung • mit automatischer Feststoffentfernung

Tabelle 3-4: Unterschiedliche mechanische Verfahren zur Vorentölung von Schleifschlämmen

Auspressen
Durch das Auspressen von Schleifschlämmen in hydraulischen Pressen kann der Ölanteil auf bis zu 10 % verringert werden (in Abhängigkeit vom Ausgangsgehalt). Als preisgünstige und einfache Technologie ist dieses Verfahren gut dazu geeignet, die beim Schleifen entstehenden Reststoffe direkt beim Erzeuger vorzubehandeln /5/.

Zentrifugieren
Zentrifugen arbeiten nach dem Prinzip der Schwerkrafttrennung durch Erzeugung von Fliehkräften mittels Rotation /5, 6/. Es bestehen drei Möglichkeiten zum innernetrieblichen Zentrifugeneinsatz:

- Bei kleinen Mengen bietet sich eine Zentrifugentrommel nach einer Filteranlage an. Die Zentrifugentrommel wird im Batchverfahren (manuell) beschickt. Bei zwei Schleudervorgängen pro Stunde können bei 15 000 U/min etwa 100 kg Schlamm behandelt werden.
- Der Filterrückstand wird über eine automatische Schleifschlammentfeuchtung geführt. Eine automatische Förderung arbeitet direkt in eine kontinuierliche Durchlaufzentrifuge mit selbständigem Austrag (Schubbodenzentrifuge).
- Anstelle einer Filteranlage kann eine Reinigungszentrifuge (Dekanterzentrifuge) für den Schleifölstrom installiert werden. Dieses Verfahren zur KSS-Pflege ist jedoch nur bei sehr geringem Feststoffgehalt im KSS zu empfehlen.

3.5.2 Chemische Verfahren zur Ölabtrennung

Das durch chemische Reinigung zurückgewonnene Öl weist einen hohen Reinheitsgrad auf und kann deswegen unter eventueller Zugabe von Additiven wieder direkt in den Fertigungsprozeß zurückgeführt werden. Die metallischen Rückstände weisen bei diesem Verfahren einen sehr geringen Ölgehalt auf und können, Sortenreinheit vorausgesetzt, metallurgisch verwertet werden.

Wäsche mit wässrigen Medien
Der Schleifschlamm wird bei diesem Verfahren in einem Dekanter vorentölt und entwässert. In einem Rührwerk erfolgt dabei unter Zugabe von alkalischen Waschwässern eine Ablösung des anhaftenden Öls von den Feststoffpartikeln. In anschließenden, sehr aufwendigen Prozessen (Hydrozyklon, Flotation) erfolgt die Trennung der ölhaltigen und wässrigen Phasen /9/. Dieses Verfahren eignet sich ausschließlich für zentrale Anlagen, beide Phasen sind prinzipiell verwertbar.

Feinkörnige Materialien bereiten bei diesem Verfahren Probleme:

- Restfraktion ölhaltiger Schluff (5 bis 20 %) und
- Aufwendige Waschwasser-Aufbereitung.

Der erzielbare Restölgehalt wird mit 1 bis 3 % angegeben /1/. Das Verfahren kann aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten momentan nicht wirtschaftlich eingesetzt werden.

Extraktion des Öls mit überkritischem Kohlendioxid
Kohlendioxid (CO_2) wird unter Drücken von bis zu 400 bar in einen überkritischen Zustand überführt, d. h. es erreicht hierdurch physikalische Eigenschaften (Dichte, Viskosität und Diffusion), die zwischen den Flüssigkeiten und Gasen angesiedelt sind. Bei einem Druck von ca. 300 bar besitzt CO_2 ein ähnliches Lösungsvermögen für Öle wie Toloul oder Benzol.

Der Schleifschlamm wird mit dem verdichteten Kohlendioxid gewaschen, wobei das darin gelöste Öl nach der Entspannung auf einen Druck unterhalb des kritischen Druckes in einem Phasenseparator vom CO_2 getrennt und ausgeschleust wird.
Der erzielbare Restölgehalt der verbleibenden metallischen Fraktion wird mit 0,1 bis 0,5 % angegeben /5, 6/.

Diese aufwendige Technologie ist primär für zentrale Anlagen geeignet. Vor allem bei feinkörnigem Material ergeben sich gute Ergebnisse. Auch läßt diese Technologie eine hochrangige Verwertung beider Phasen zu, da einerseits das Öl nicht thermisch beaufschlagt wird und andererseits der Restölgehalt der metallischen Phase sehr gering ist.

Technikumsversuche mit positiven Ergebnissen, insbesondere was die Qualität der abgetrennten KSS anbetrifft, liegen vor. Anlagen im produktionstechnischen Maßstab befinden sich in der Planung.

Wäsche mit Lösungsmitteln
Das dem Schleifschlamm anhaftende Metallbearbeitungsöl wird mit Hilfe von niedrig siedenden nichtchlorierten Kohlenwasserstoffen (Benzin, etc.) ausgewaschen und anschließend vom Lösungsmittel durch Destillation getrennt /10/. Dieses aufwendige Verfahren kann prinzipiell in zentralen und dezentralen Anlagen durchgeführt werden. Beide Phasen sind verwertbar, insbesondere sind gute Ergebnisse bei feinkörnigen Materialien möglich. Der erzielbare Restölgehalt liegt bei 0,3 bis 1 % /1/.

Die erforderlichen Brandschutzvorkehrungen und die schwierige Separierung des abzutrennenden Öls aus dem Lösemittel erschweren allerdings die praktische Umsetzung dieses Verfahrens.

3.5.3 Thermische Entölungsverfahren

Bei den thermischen Entölungsverfahren wird der Schleifschlamm so lange erwärmt, bis die Temperatur den Siedepunkt des Schleiföls übersteigt. Durch Anlegen eines Vakuums kann die Siedetemperatur herabgesetzt werden. Die Schleifrückstände trocknen bei diesem Prozeß ab, während das enthaltene Schleiföl durch Kondensation zurückgewonnen wird. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich im wesentlichen in der Art der Wärmeeinbringung.

Vakuum-Thermisches-Entölen (VTR) mit konduktiver Aufheizung (Pilotanlage)
Der ölhaltige Schleifschlamm wird in einen elektrisch nicht leitenden Zylinder eingefüllt und in die Behandlungskammer geschoben. Eine Bodenplatte im Zylinder dient als untere Elektrode, die andere Elektrode stellt ein durch einen Pneumatikzylinder angetriebener Stempel dar. Die Verdichtung bewirkt zum einen eine gleichmäßige Kontaktierung des Schleifschlamms und zum anderen ein mechanisches Verpressen der Späne zu einem Späneblock /9/.

Die geschlossene Behandlungskammer wird mit Vakuumpumpen evakuiert. Nach Unterschreiten eines gewissen Druckes erfolgt die Aufheizung der Späne 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. Im Kern verbleibt dabei ein Restölanteil von 0,9 % der zu den Randzonen hin bis auf 0,01 % abnimmt /10/. Hieraus resultiert eine hochrangige Verwertbarkeit der beiden Phasen.

Vakuum-Scheibentrockner
Die Entölung von Schleifschlämmen in einem Vakuum-Scheibentrockner konnte in der beim Fraktionierungszentrum Stetten realisierten Trocknungssanlage erstmals in den Produktionsmaßstab umgesetzt werden.

Aufarbeitungsversuche mit unterschiedlichen Schleifschlammqualitäten zur Gewinnung von Betriebsergebnissen unter Produktionsbedingungen waren Aufgabe dieses Modellprojekts und sind ab Kapitel 4 ausführlich dargestellt.

3.6 Möglichkeiten der Verwertung

Zur Verwertung der Metallkomponente können derzeit im wesentlichen vier Wege beschritten werden /11, 12/:

- Einsatz in Stahlwerken und Gießereien,
- Verhüttung,
- Rückgewinnung hochwertiger Legierungsbestandteile sowie
- Fe-Zuschlag in Zementwerken.

Beim Einsatz der Metallkomponente von Schleifschlämmen als Fe-Zuschlag in Zementwerken wird diese dem Metallkreislauf entzogen.

3.6.1 Metallurgische Verwertung

Abbildung 3-4 zeigt pyrometallurgische Verwertungsmöglichkeiten und die für die Verwertung jeweils notwendigen Anforderungen.

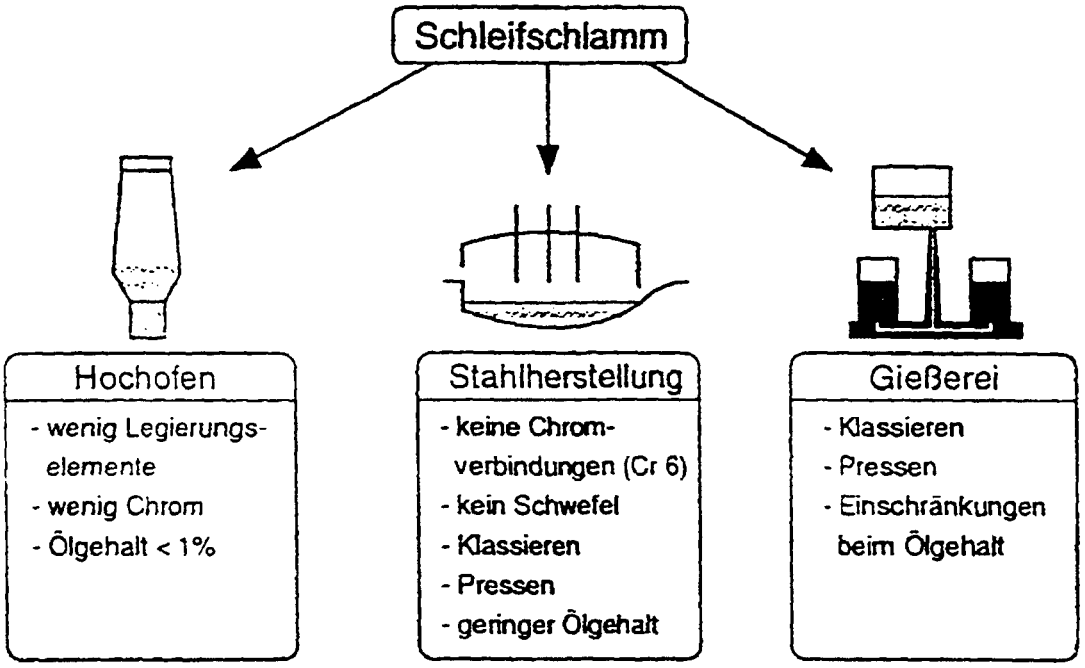

Abbildung 3-4: pyrometallurgische Verwertungsmöglichkeiten /13/

Für die pyrometallurgische Verwertung gilt, daß Schleifschlämme ohne Vorbehandlung nicht in herkömmlicher Form eingebracht werden können. Das feinkörnige Material würde in hohem Maße über die Gicht bzw. den Abgasstrom ausgetragen. Eine vorherige Stückigmachung sowie gegebenenfalls eine Entölung ist daher Voraussetzung.

Eine neuentwickelte *Einblastechnik*, bei der die Metallbearbeitungsrückstände direkt von unten in den Kupolofen einer Gießerei eingeblasen werden, ermöglicht das verlustfreie Einbringen des Materials in die Schmelze. Voraussetzung hierfür ist ein geringer Restölgehalt. Ebenfalls in der Praxis angewandt wird das *Brikettieren*, d.h. das Verpressen des Schlamms mit Spänen aus der Bearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide zu soliden Briketts, die man der Schmelze direkt zugeben kann.

In Hüttenwerken wird der getrocknete Schleifrückstand mit Koks vermischt und nach Durchlaufen eines Sinterprozesses einem Hochofen zugeführt.

Der Einsatz in Stahlwerken, Gießereien und Hochöfen stellt somit eine großtechnische Möglichkeiten des Recyclings der Metallkomponente aus Schleifschlämmen dar. Dabei sind folgende Voraussetzungen zu berücksichtigen:

- das sehr feinkörnige Material muß in geeigneter Weise in den Schmelzprozeß einbringbar sein,
- der Materialherstellungsprozeß darf nicht durch unzulässigen Schadstoffeintrag gefährdet werden und
- die qualitativen Anforderungen bezüglich der Einsatzstoffzusammensetzung müssen gewährleistet sein.

Für Schleifschlämme aus Stahlsorten mit größeren Anteilen hochwertiger Legierungselemente wie z.B. Edelstähle oder Hartmetalle haben sich allgemein aufgrund des hohen Wertschöpfungspotentials geeignete metallurgische Verwertungsverfahren etabliert.

Entscheidender Faktor für eine stoffliche Verwertung von Schleifschlämmen ist die genaue Kenntnis der Inhaltsstoffe (Metallgehalt und -zusammensetzung, Ölgehalt, Schad- und Störstoffe). Das bedeutet für den Betrieb, in dem die Schleifschlämme anfallen, daß die einzelnen Schleifschlammarten, entsprechend den Anforderungen der Verwerter, getrennt zu erfassen sind.

Bezüglich der Zusammensetzung des Metallanteils im Schleifschlamm hat sich die Aufteilung in folgende vier Stoffklassen als erstes Sortierkriterium bewährt:

- Gußeisen,
- Kohlenstoffstahl,
- niedrig legierte Stähle sowie
- hochlegierte Stähle.

3.6.2 Brikettier-Technik

Feinkörnige Materialien müssen zur effektiven Einbringung in einen Metallherstellungsprozeß stückig gemacht werden, ggf. ist dies schon mit einer teilweisen Entölung verbunden. Bisherige Versuche, nur den Schleifschlamm ohne Bindemittel in Pellets zu pressen, konnten großtechnisch nicht in die Praxis umgesetzt werden. Zwar wurde durch hohe Drücke ein erheblicher Entölungsgrad erzielt, aber keine ausreichende Festigkeit der Briketts. Dies ist jedoch wichtig, da ein Zerbröckeln oder gar Platzen unter termischen Belastungen ausgeschlossen sein muß.

Primär mit dem Ziel, Schleifschlämme werkstoffspezifisch in Stahlwerken und Gießereien einzusetzen, wurde eine gemeinsame Brikettierung von Schleifschlamm und Spänen aus der Berarbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide entwickelt. Dabei dienen die Späne als Bindemittel, d.h. beim Brikettiervorgang wird das feinkörnige Material in eine Spänematrix eingebunden. Mit dieser Technik kann die geforderte Festigkeit der Briketts erzielt werden /1, 15/.

Bedeutende Voraussetzung für die Konditionierung von Schleifschlämmen durch Brikettierung sind folgende Punkte:

- das Material muß frei von Filterhilfsmitteln sein,
- bezüglich des Emissionsverhaltens beim Einschmelzen sollten kritische Schadstoffe (z.B. chlorhaltige Additive) nicht enthalten sein,
- die Homogenität muß gewährleistet sein,
- der oxidierte Anteil darf nur gering sein,
- Hauptkomponente muß die Metallkomponente sein und
- wegen des begrenzten zulässigen Ölgehalts im Brikett sind vorwiegend Schlämme aus einer Bearbeitung mit KSS-Emulsionen/-Lösungen geeignet.

3.6.3 Zementherstellung

Beim Einsatz von Schleifschlämmen bei der Zementherstellung im Drehrohrofen gibt es zwei Möglichkeiten:

- als Fe-Zuschlag: in die kalte Zone und
- anteilig als Ersatzbrennstoff sowie als Fe-Zuschlag in die heiße Zone

Die Eisenanteile (Fe_2O_3) dienen als Ersatz für Eisenerz /1, 14/. Je nach Einbringungsprozeß kann dabei der Ölanteil zu zusätzlichen Emissionen führen. Aus diesem Grund sollen Schleifschlämme mit über 5 % Ölgehalt in die heiße Zone eingebracht werden. Voraussetzung für die Verwertung des Fe-Anteils ist hierbei, daß dieser als notwendiger Bestandteil am Klinkerbildungsprozeß teilnimmt und an der entsprechenden Stelle (meist in der Sekundärfeuerung) in den Drehofen eingebracht wird.

Von Vorteil und erwünscht ist ein hoher Eisenanteil. Der zulässige Anteil von Legierungselementen im Schleifschlamm ist begrenzt. Schwermetalle, insbesondere Chrom, das zu Cr(VI) umgewandelt wird, bedeutet einen zusätzlichen Schadstoffeintrag. Der Chromanteil muß deshalb unter 0,8 % liegen.
Das Verfahren wird hauptsächlich im europäischen Ausland betrieben /13/.

4 Entölung von Schleifschlämmen im Vakuum-Scheibentrockner

4.1 Projektbeschreibung

In Stetten am kalten Markt wurde eine zentrale Schlammtrocknungsanlage, System Vakuum-Scheibentrockner der Fa. OHL Apparatebau und Verfahrenstechnik GmbH, erstellt. Mit dieser Anlage sollen ölhaltige Schleifschlämme aufgetrennt werden. Die Anlagenkapazität beträgt ca. 5.300 t/a. Im Batchbetrieb können Chargen von 7 bis 11 t behandelt werden. Die Anlageninvestitionen (ca. 3,6 Mio.) wurden vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg gefördert.

Insbesondere Schleifschlämme, die aus der spanenden Bearbeitung unter Einsatz von Kühlschmierstoffölen resultieren, weisen einen so hohen Ölgehalt auf, daß sie im allgemeinen keiner direkten metallurgischen Verwertung zugeführt werden können. Diese setzt daher eine Abtrennung der Ölfraktion durch Vorbehandlung voraus. Die im Schleifschlamm enthaltenen KSS-Öle sollen dabei so abgetrennt werden, daß ein Wiedereinsatz als KSS möglich ist. Die verbleibende metallhaltige Feststoffphase muß die Einsatzkriterien einer metallurgischen Verwertung erfüllen.

Der von der Fa. OHL, Limburg, entwickelte Vakuum-Scheibentrockner ist ein erfolgversprechendes System für diese häufig erforderliche entölende Vorbehandlung. Die bereits durchgeführten umfangreichen Technikumsversuche zeigten aber auch, daß keine generell gültige Aussage über Wiedereinsatzmöglichkeiten der abgetrennten Öle gemacht werden kann.

Im Rahmen des Projekts sollen in der in Stetten a.k.M. erbauten Behandlungsanlage beispielhafte Erfahrungen aus der Auftrennung von ölhaltigen Schleifschlämmen im Produktionsmaßstab gewonnen und dokumentiert werden. Hierzu waren jeweils 2 x 7 t aus bis zu fünf baden-württembergischen Pilotbetrieben aufzuarbeiten. Die abgetrennten Öle sollten auf Wiedereinsetzbarkeit geprüft werden. Zur Beurteilung der verschiedenen KSS-Typen wurden die jeweiligen KSS-Lieferanten hinzugezogen. Für die Feststoffphase sind die derzeit bekannten metallurgischen Verwertungswege (insbesondere Stahlwerk/Gießerei über Brikettieren, Verhüttung) auf Realisierbarkeit zu prüfen.

Als Resultat sind übertragbare Aussagen zur Aufarbeitbarkeit von ölhaltigen Schleifschlämmen bei hochrangiger Verwertung der erzielten Öl- und Feststoffphase zu dokumentieren. Die vorgesehene Transport- und Behandlungslogistik wird im praktischen Einsatz erprobt.

4.2 Zielsetzung

Für die meisten Betriebe, in denen ölhaltige Schleifschlämme anfallen, ist die Investition in eine innerbetriebliche Entölungsanlage aufgrund zu geringer Mengen nicht wirtschaftlich.
Projektziel war daher, für diese Abfallgruppe eine Aufarbeitungstechnik in einer zentralen Anlage und damit im Produktionsmaßstab umzusetzen und zu erproben. Hierzu wurde die Technik der Auftrennung von ölhaltigen Schleifschlämmen in einem Vakuum-Scheibentrockner in stofflich verwertbare Öl- und Feststoffphasen in die Produktionspraxis überführt.

Die in Laborversuchen gewonnen Erkenntnisse wurden im Rahmen des Projektes im Großmaßstab getestet und damit eine Brücke zwischen Entwicklung und produktionsgerechter Umsetzung gebildet. Die getrennten Phasen des Schleifschlammes sollen nach dem Prozeß einer Verwertung zugeführt werden können.

Der aufgeführte Verwertungsweg soll dazu beitragen, daß die Schleifschlämme nicht weiter der Beseitigung zugeführt, sondern verwertet werden und damit wertvolle Rohstoffe geschont werden. Dies gilt sowohl für die metallische als auch für die ölhaltige Phase. Zudem kann durch Verwertung Deponieraum eingespart werden.

Zielsetzung der Versuche ist, die aus Vorversuchen bekannten Möglichkeiten der Verwertung umzusetzen. So soll die metallische Phase in Stahlwerken und Gießereien Verwendung finden und die Ölphase möglichst einen Wiedereinsatz als KSS erlauben. Die durchgeführten Versuche sollen dabei mit umfangreichen Analysen im metallurgischen Bereich sowie bei den Ölen begleitet werden.

4.3 Beschreibung der Anlage

Mit der Aufbereitungsanlage (Abbildung 4-1) entwickelte die OHL Apparatebau & Verfahrenstechnik GmbH ein System, das unter Vakuum und bei relativ niedrigen Temperaturen ölhaltige Abfälle wie z. B. Schleifschlämme in wirtschaftlich verwertbare Fraktionen trennt. Bei Schleifschlämmen aus der metallbe- und -verarbeitenden Industrie besteht die Möglichkeit des innerbetrieblichen Wiedereinsatzes vor allem hochwertiger und teurer KSS-Öle sowie der Verwertung metallhaltiger Rückstände in der Sekundärmetallurgie.

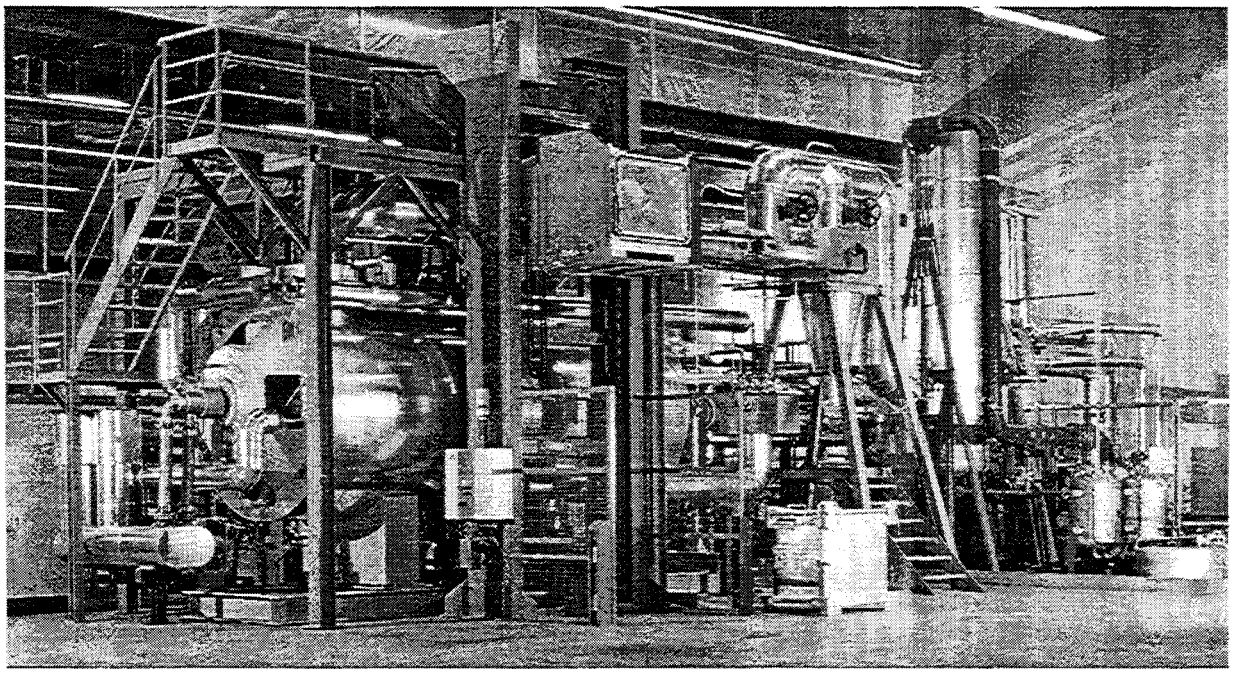

Abbildung 4-1: OHL Vakuum-Trocknungsanlage

Die Aufbereitungsanlage des Fraktionierungszentrums Stetten a.k.M. besteht aus einem Trockner, einem Kondensator mit vorgeschaltetem Zyklon, Heizkessel, Kühler und Vakuumpumpe. Eine schematische Darstellung zeigt Abbildung 4-2.

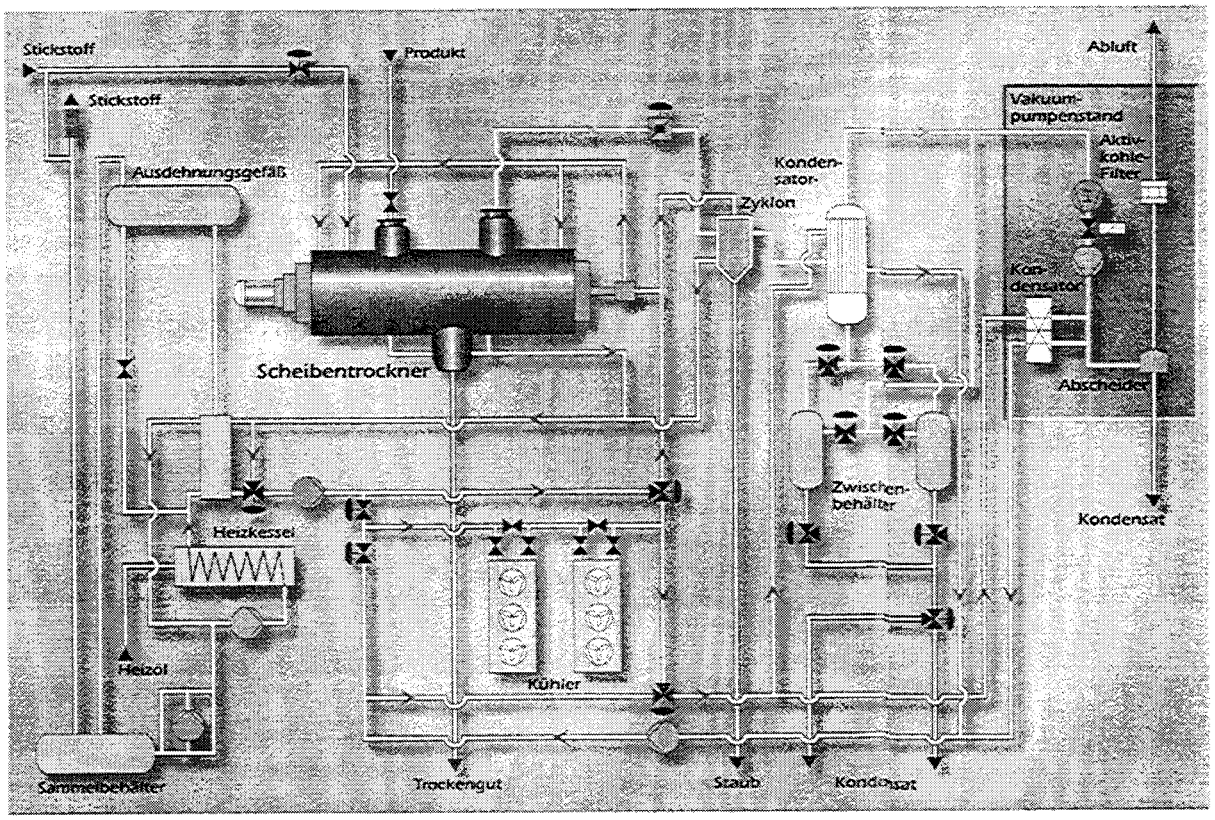

Abbildung 4-2: Schema der Aufbereitungsanlage

Der über Wärmeträgeröl beheizte Scheibentrockner wird durch die Vakuumpumpe evakuiert. Die hierbei verdampfenden Flüssigkeitsanteile werden über einen Staubfilter geführt und anschließend kondensiert. Durch das definierte Verdampfen der Flüssigkeitsanteile entsprechend ihren Siedepunkten ist es möglich, Flüssigkeitsgemische wie beispielsweise Öl-Wasser-Gemische sauber zu trennen und einer anschließenden Wiederaufbereitung direkt zuzuführen. Der Feststoff wird staubfrei ausgetragen und kann ebenfalls verwertet werden.

Der Wasseranteil wird gemäß den Einleitungsbestimmungen untersucht, ggf. nachbehandelt und in das kommunale Abwassernetz geleitet.

4.3.1 Trockner

Im Trockner (Abbildungen 4-3 und 4-4) vollzieht sich die Trennung von Feststoffen und Flüssigkeiten durch Zufuhr von Wärmeenergie bei gleichzeitigem Anlegen eines Vakuums. Zur Vergrößerung der Heizfläche wurde auf das Prinzip des Scheibentrockners zurückgegriffen, in welchem eine große Anzahl von segmentierten Scheiben rotiert. Die Scheiben sind auf eine Welle aufgeschweißt und werden mittels Thermoöl in einem geschlossenen Kreislauf beheizt. Damit wird ein hoher Wirkungsgrad des gesamten Prozesses erreicht.

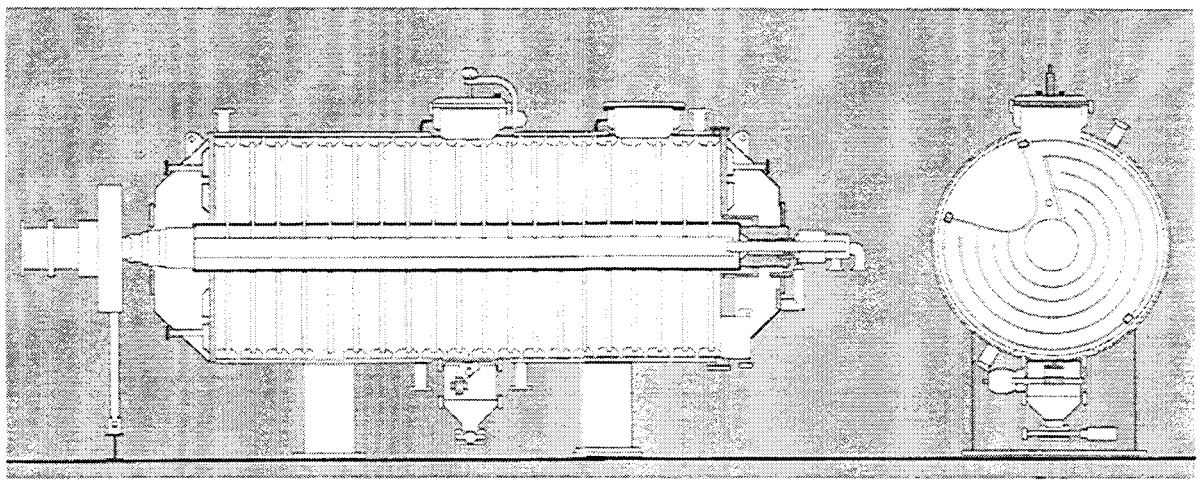

Abbildung 4-3: Scheibentrockner

Die Welle ist am äußeren Umfang der Scheiben mit Schaufeln ausgerüstet, wodurch das Material gut durchgemischt und sehr schnell erwärmt wird. Aufgrund der stufenlosen Drehzahlregelung über einen Frequenzumrichter kann eine äußerst gleichmäßige Produkttemperatur und somit eine Schonung des Öls gewährleistet werden.

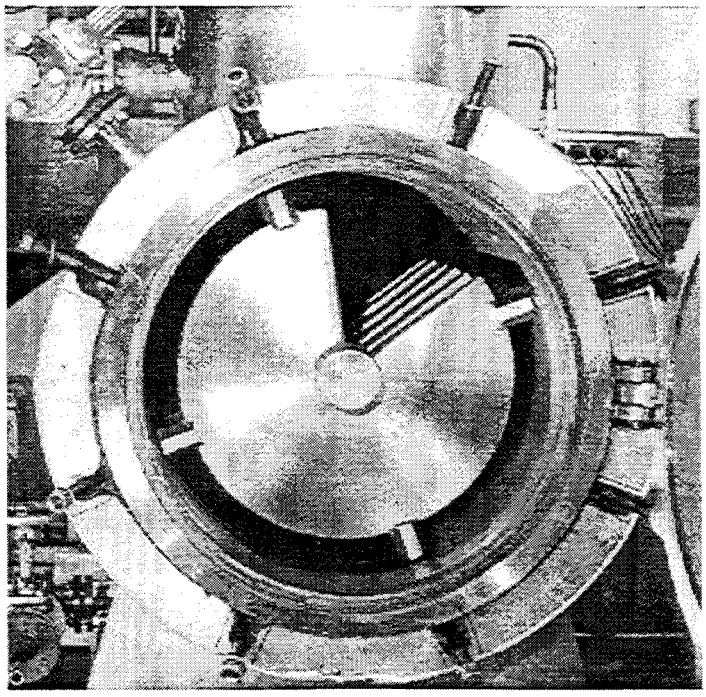

Abbildung 4-4: Das Innere des Scheibentrockners

4.3.2 Kondensation

Jede Flüssigkeit hat einen spezifischen Siedepunkt, der im Prozeß angefahren wird um eine stufenweise Verdampfung zu gewährleisten. Durch die exakte Verdampfung können Flüssigkeitsgemische, z.B. Öl-Wasser-Gemische, sauber getrennt werden. Die entstandene Brüde wird zur Staubabscheidung durch einen Zyklon geführt und danach in den Kondensator geleitet.

4.3.3 Vakuum-Pumpsystem

Die Anlage ist mit einer Hochleistungspumpe bestückt, die durch Feinstaub-Abscheider vor Staubpartikeln geschützt ist. Die Pumpe erzielt ein maximales Vakuum mit einem Restdruck von 1 mbar.

4.3.4 Heiz-Kühl-Anlage

Durch eine leistungsstarke Heiz-Kühl-Anlage wird ein rasches Aufheizen bzw. Abkühlen des Wärmeträgers gewährleistet. Wahlweise erfolgt die Beheizung mit Gas/Heizöl oder elektrisch. Vorhandene Abwärme kann genutzt werden.

4.3.5 Anlieferung und Aufgabe

Die Anlieferung der Schlämme erfolgt in flüssigkeitsdichten, abgedeckten Absetzmulden, ASP-Behältern oder 200 l-Fässern per Lkw. Nach der Gewichtsbestimmung über eine Lkw-Waage folgt die Zwischenlagerung in einem Containerlager. Zur Befüllung des Trockners werden die Behälterinhalte über eine Kippvorrichtung oder Förderschnecke in eine Einfüllöffnung an der Oberseite des Trockners eingebracht. Für den Trocknungsvorgang wird die Einfüllöffnung vakuumdicht verschlossen.

4.3.6 Feststoffaustrag und -abfüllung

Nach der Abkühlung des verbleibenden Feststoffanteiles erfolgt der Produktaustrag an der Unterseite des Trockners. Die Mischschaufeln fördern den Inhalt zur Entleerungsöffnung, an der wiederum eine Schnecke zur Förderung in die bereitstehenden Behälter oder in eine Big-Bag-Station (Abbildung 4-5) angeschlossen ist.

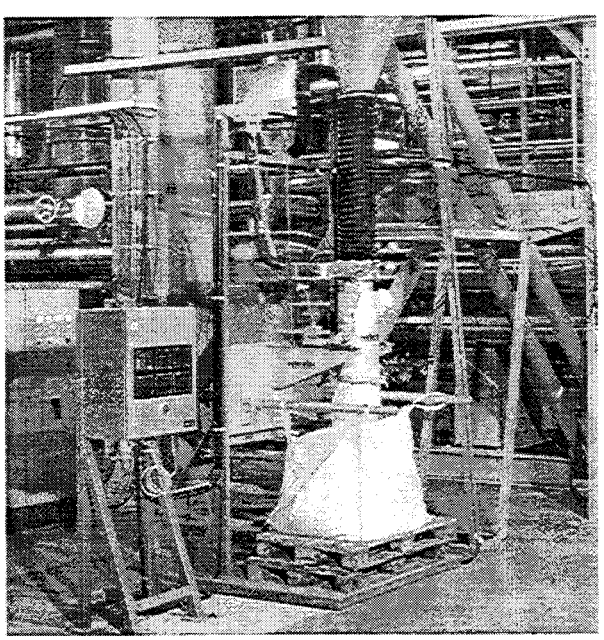

Abbildung 4-5: Die Big-Bag-Station zum Abfüllen der getrockneten Schleifrückstände

4.4 Anwendungsgebiete

Das vakuumthermische Trocknen ermöglicht, sowohl ölhaltige und emulsionshaltige, als auch wasserhaltige Schlämme zu trocknen. Auch Schlämme mit Filtertüchern können verarbeitet werden. Nicht verarbeitet werden können Schlämme, die Lösungsmittel bzw. Stoffe der Klasse AI und AII enthalten.
Tabelle 4-1 zeigt eine Übersicht über die Anwendungsgebiete.

Anwendungsgebiet	Bemerkung
Schleifschlämme	Zurückgewinnung der Kühlschmierstoffe und wirtschaftliche Verwertung der Metallanteile
Papierschlämme	Entwässerung von Rejekt-Abfällen mit möglicher Entfärbung des Produktes
Walzzunder	Reduktion des Wassergehalts vor der metallurgischen Verwertung
Tankschlämme	Bei der gesetzlich vorgeschriebenen Tankrevision anfallende Schlämme in verwertbare Fraktionen trennen
Klärschlämme	Gewichtsreduktion durch Wasserentzug auf gewünschten Trockenheitsgrad bis < 1 %
Bodenaushub und Erdreich aus Havarien	Steinhaltige Böden und Bodenaushub mit verschiedenen Kontaminationen
Körnige Stoffe bis 30 mm	

Tabelle 4-1: Anwendungsgebiete der Vakuumtrocknung

4.5 Annahmekriterien (Randbedingungen)

Allgemeingültige Annahmekriterien konnten wegen der großen Bandbreite von Abfallqualität und Inhaltsstoffen nicht definiert werden. Bis auf wenige Ausnahmen (z.B. enthaltene Filterhilfsmittel, die zur Verklebung im Trockner geführt haben), konnten alle in der betrieblichen Praxis anfallenden Schleifschlämme aufgearbeitet werden.

Zur Absicherung der Verarbeitbarkeit wird vor der Materialannahme folgender Ablauf durchgeführt:

- Lieferung einer 5 kg-Probe,
- Datenblatt des Kühlschmierstoffs oder sonstiger Flüssigkeiten,
- Zusammensetzung des Metallanteils, zum Beispiel Stahlschlüssel der verarbeiteten Werkstoffe oder prozentuale Angabe der metallischen Bestandteile, aufgeschlüsselt in Fe- und Legierungsbestandteile,
- Festlegung des Aufarbeitungspreises sowie
- vereinfachter Verwertungsnachweis.

Lieferungen, die auch die Ölrücknahme zum Ziel haben, sollten in der Regel immer die Größenordnung von 7 bis 10 Tonnen aufweisen. Dies ist in der Chargengröße der Anlage begründet.

Kleinmengen können auch angeliefert werden, werden aber gemeinsam mit anderen Mengen verarbeitet. Hierbei ist keine Sortenreinheit möglich, womit der Wiedereinsatz der Kühlschmierstoffe im Schleifprozeß ausscheidet.

5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

5.1 Darstellung der anfallenden Kosten für den Betreiber der Anlage

Die vorliegende Kostenaufstellung wurde ausschließlich für die Verwertung von Schleifschlämmen durchgeführt. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis des gesamten Anwendungsspektrums wie Schleifschlämme, Schlämme aus der Papierfabrikation, Walzzunder, Tankreinigungsschlämme, Klärschlämme sowie verunreinigte Böden, konnte wegen noch nicht vorliegender Erfahrungswerte nicht durchgeführt werden

Die Investitionskosten für die Entölungsanlage betrugen 3.600.000 DM. Die Zusammensetzung dieser Summe ist aus Tabelle 5-1 zu entnehmen. Die prozentuale Aufteilung der Betriebskosten ist in Tabelle 5-2 dargestellt.

Kosten der Anlage	2.500.000
periphere Geräte	500.000
bauliche Maßnahmen	250.000
Planungs/Ingenieurleistung	100.000
Genehmigung	50.000
Inbetriebnahme	100.000
Unvorhergesehenes	100.000
Summe Investition	**3.600.000**

Tabelle 5-1: Zusammensetzung der Investitionskosten

Investitionskosten und Zinszahlung *	42,7 %
Personalkosten	27,0 %
Gemein- und Verwaltungskosten	14,6 %
Betriebsmittekosten	15,7 %
Kosten gesamt	**100 %**

* Die Investitionskosten und Zinszahlungen beziehen sich auf einen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren.

Tabelle 5-2: Prozentuale Aufteilung der Betriebskosten

Pro Tag können im 3-Schichtbetrieb zwei Chargen mit jeweils elf Tonnen verarbeitet werden.

Die Betriebsmittelkosten pro Tonne unterliegen, abhängig vom zu verarbeitenden Material, großen Schwankungen. Wesentliche Parameter hierfür sind der Ölgehalt und der k-Wert des Schleifschlamms. Die Zusammensetzung der Betriebsmittelkosten ist in Tabelle 5-3 wiedergegeben.

Betriebsstoffe	11,9 %
Heizöl	28,5 %
Elektrische Energie	26,8 %
Instandhaltung	26,8 %
Nachverbrennung (TNV)	6 %
Betriebsmittelkosten pro Tonne	**100 %**

Tabelle 5-3: Prozentuale Zusammensetzung der Betriebsmittelkosten pro Tonne verarbeitetem Material

5.2 Darstellung der Kostenersparnisse für die metallbe- und -verarbeitenden Betriebe, bei denen Schleifschlämme anfallen

Aus den Gesamtkosten, die bei dem Betrieb der Anlage anfallen, sowie dem Durchsatz der Anlage resultiert ein derzeitiger Annahmepreis für ölhaltige Schleifschlämme zwischen 250 und 600 DM/t. Die unterschiedlichen Annahmepreise resultieren dabei primär aus der Größe der aufzuarbeitenden Charge und aus den erzielbaren Erlösen für die entölte Metallphase und die abgetrennten Öle. Andererseits wird für Verunreinigungen wie z. B. Filtertücher ein Aufschlag von ca. 100 DM/t erhoben.

Im folgenden werden beispielhaft drei Anwendungsfälle betrachtet. Dabei handelt es sich um

1. emulsionshaltige Schlämme mit hohem Eisenanteil,
2. ölhaltige Schlämme aus der Bearbeitung von HSS-Stählen und
3. ölhaltige Schlämme aus der Bearbeitung von niedriglegierten Chromstählen.

Die angegebenen Grundpreise errechnen sich aus der augenblicklichen Marktsituation.

Wie aus Tabelle 5-4 ersichtlich ist, können durch die Nutzung der Aufbereitungsanlage Erlöse erzielt werden, die im Vergleich zur konventionellen Beseitigung der Schleifschlämme zu Ersparnissen für die metallbe- und -verarbeitenden Betriebe führen:

- aus der Verwertung der entölten Metallphase, wobei sich die Erlöse bzw. Kosten auch hier nach der augenblicklichen Marktsituation richten, sowie
- durch Einsparungen beim Zukauf von neuem KSS bei Rücknahme des abdestillierten KSS-Öls und Wiedereinsatz im Betrieb. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die abgetrennten Emulsionen derzeit generell nicht wiedereinsetzbar sind und als Altöl beseitigt werden müssen. Altöl kann jedoch je nach Marksituation kostenneutral entsorgt werden.

Beim Beispiel 3, Aufarbeitung der chromhaltigen Schleifschlämme, entsprach das zurückgewonnene KSS-Öl nicht den qualitativen Anforderungen des metallverarbeitenden Betriebes, woduch sich ein Wiedereinsatz nicht durchführen ließ und dieses als Altöl entsorgt werden mußte. Entsprechend mußte neuer Kühlschmierstoff zugekauft werden. Aufgrund des Chromgehaltes konnte auch kein Erlös bei der Verwertung der Metallphase erzielt werden.

Aus der Darstellung der drei Fallbeispiele in Tabelle 5-4 läßt sich als wesentliches Einsparpotential für die metallverarbeitenden Betriebe die Rückgewinnung und der Wiedereinsatz von Kühlschmierstoffen entnehmen, sofern es sich hierbei nicht um Emulsionen handelt. Der Einfluß der Erlöse aus der Verwertung der entölten Metallphase auf das Einsparpotential fällt vergleichsweise gering aus. Dennoch ist, trotz Kostenaufschlag bei der Metallverwertung wie an Beispiel 3 gezeigt, das Aufarbeitungsverfahren die günstigere Variante zur bislang durchgeführten Entsorgung für diesen metallverarbeitenden Betrieb.

Generell stellt das Aufarbeitungsverfahren eine ökonomische und ressourcenschonende Alternative zur Sonderabfalldeponierung (SAD) oder Sonderabfallverbrennung (SAV) dar, bei welcher Kosten, je nach Zusammensetzung der Schleifschlämme, von 400 bis 1.000 DM/t anfallen können.

Tabelle 5-4: Anwendungsbeispiele

	Beispiel 1		Beispiel 2		Beispiel 3	
	Emulsionshaltiger Schlamm: 15 % Emulsion (davon Ölgehalt 5 %) 60 % Eisengehalt		**Ölhaltiger HSS-Schlamm:** 20 % Ölgehalt 60 % HSS-Metallgehalt		**Niedrigleg. Cr-haltiger Schlamm:** 20 % Ölgehalt 50 % Eisengehalt 3 % Chromgehalt	
	Entsorgung	**Aufarbeitung**	**Entsorgung**	**Aufarbeitung**	**Entsorgung**	**Aufarbeitung**
Bisherige Entsorgungskosten:	350 DM /t	-	400 DM/t	-	480 DM/t	-
Aufarbeitungskosten (Annahmekosten):						
Grundpreis	-	350 DM/t	-	400 DM/t	-	400 DM/t
Altölentsorgung	-	0 DM/t	-	0 DM/t	-	0 DM/t
Abwasserkosten	-	3 DM/t	-	0 DM/t	-	0 DM/t
Metallverwertung (Kosten / Erlöse)	-	- 24 DM/t	-	- 90 DM/t	-	50 DM/t
	-	329 DM/t	-	310 DM/t	-	450 DM/t
KSS-Zukauf (2 DM/l)	15 DM/t	15 DM/t	400 DM/t	-	400 DM/t	400 DM/t
Gesamtkosten:	**365 DM/t**	**344 DM/t**	**800 DM/t**	**310 DM/t**	**880 DM/t**	**850 DM/t**
Ersparnis:	-	**21 DM/t**	-	**490 DM/t**	-	**30 DM/t**

Alle Angaben beziehen sich auf 1 t Schleifschlamm

6 Untersuchungen

Um die Verwertung von Schleifschlämmen realisieren zu können, hat die OHL Apparatebau & Verfahrenstechnik GmbH ein Verfahren entwickelt, das es erlaubt, den ölhaltigen Schlamm in eine flüssige und eine feste Phase zu zerlegen. Dies konnte in einem Pilotversuch mit einem Vakuumscheibentrockner mit einem Fassungsvermögen von 150 kg nachgewiesen werden. Da durch diese Pilotanlage gezeigt werden konnte, daß das Verfahren technisch ausgereift ist, konnte nun eine Großanlage zu diesem Verfahren errichtet werden. Mit dieser neuen Anlage, mit einem Fassungsvermögen von 7-10 t, können größere Mengen von Schleifschlämmen aufbereitet werden.

Mit der Vakuum-Trocknungsanlage des Fraktionierungszentrums Stetten a.k.M. wurden verschiedene Versuche durchgeführt, die im folgenden chronologisch mit den jeweils erzielten Ergebnissen vorgestellt werden.

6.1 Technischer Stand der Anlage

Nach anfänglichen technischen Problemen der Anlage kann der geforderte Unterdruck von 1 mbar ohne Probleme erreicht werden. Momentan können mit der Anlage 200 Tonnen pro Monat verarbeitet werden.
Durch die technischen Verbesserungen an der Anlage wurde die anfängliche Bearbeitungszeit von 14 Stunden pro Charge wesentlich verkürzt. Die Bearbeitungszeit liegt nun bei 11 Stunden. Zur Optimierung werden noch weitere Anlagenmodifikationen durchgeführt, um die angestrebte Bearbeitungszeit von 7 Stunden zu erreichen.

6.2 Inbetriebnahme der Anlage in Vorversuchen

Bei den ersten Versuchen (Chargen 1 und 2) konnte die Anlage aufgrund technischer Probleme nicht unter idealen Bedingungen gefahren werden. Die Dichtungen der Wärmeträgeranlage erwiesen sich als nicht ausreichend hitzebeständig, was zu einem Austreten von Thermoöl führte. Ebenfalls thermisch überbeansprucht wurden die Dichtungen der Brüdenleitungen, so daß durch Undichtigkeiten im System das geforderte Vakuum von 1 mbar nicht erreicht werden konnte. Schließlich mußte auch der Dichtkopf der Trocknerwelle, der den großen Wärmedehnungen nicht standhielt, ausgetauscht werden.

6.2.1 Charge Nr. 1: Schleifschlamm A (20. / 21.06.96)

Die erste Charge der Fa. A war ein mit vielen Fremdkörpern versetzter, sehr zäher Schleifschlamm aus der Wälzlagerfertigung. Die Zusammensetzung ist in Tabelle 6-1 wiedergegeben.

Wasser	5 %
Petroleum	7 %
Öl	10 %
Feststoffgemisch aus Fe, Cr sowie Schleifabrieb	78 %

Tabelle 6-1: Zusammensetzung Schleifschlamm A

Der Schleifschlamm ließ sich aufgrund seiner Konsistenz nur unter großen Schwierigkeiten in die Anlage einfüllen. Zur Verdampfung der Wasserphase wurde der Trockner auf einen Druck von 500 mbar evakuiert und eine Temperatur von 60°C eingestellt. Nach ca. einer Stunde begann die Kondensation und es dauerte ungefähr drei Stunden bis ca. 400 l - 500 l Wasser dem Schlamm entzogen worden waren. Am Ende der

Wasserverdampfungsphase stieg die bis dahin relativ konstant gebliebene Schlammtemperatur deutlich an und das Kondensat enthielt von diesem Zeitpunkt an zunehmende Anteile an Petroleum.

Eine genaue Unterscheidung der Wasser- und Petroleumphase war optisch nicht möglich, da beide Anteile farblich identisch waren. Eine spätere Auswertung des Versuchsdiagramms läßt aber vermuten, daß nach Erreichen einer Schlammtemperatur von ca. 100°C das Wasser vollständig verdampft ist. Das in der Wasserphase enthaltene Petroleum setzte sich nach der Kondensation aufgrund des Dichteunterschiedes ab und konnte dadurch vom Wasser getrennt werden (ca. 200 - 300 l). Nachfolgend wurden ca. 400 - 450 l Petroleum von optisch hoher Reinheit zurückgewonnen.

Das im Schlamm enthaltene Schleiföl konnte nur ansatzweise verdampft und zurückgewonnen werden. Aufgrund von Undichtigkeiten und zu geringer Leistung der Vakuumpumpe konnte lediglich ein Unterdruck von 50 mbar erreicht werden. Mangels ausreichender Isolierung konnte die Schlammtemperatur einen Wert von ca. 250°C nicht übersteigen. Angestrebt waren eine Temperatur von ca. 280°C und ein Druck von 1 mbar. Eine endgültige Aussage zur Rückgewinnung der Ölphase war daher bei diesem Versuch nicht möglich.

Der nur teilweise getrocknete Schleifschlamm konnte nur umständlich aus der Maschine entfernen werden, da er wegen der vorhandenen Restfeuchte zwischen den Scheiben hängen blieb. Die Prozeßdaten sind in Tabelle 6-2 zusammengefaßt.

Gesamtmenge	8,5 t
kondensierte Wassermenge	200 - 300 l
kondensierte Petroleummenge	400 - 450 l
kondensierte Schleifölmenge	k. A.
Restölgehalt	k. A.
Prozeßdauer	14 h

Tabelle 6-2: Prozeßdaten der Charge A

Auffällig während der Trocknung waren die nahezu identischen Temperaturen des Vor- und Rücklaufs im Sekundärkreis der Wärmeträgeranlage. Dies deutet auf einen schlechten Wärmeübergang zwischen Trockner und Schleifschlamm hin. Modifikationen an der Welle und den Scheiben zur besseren Durchmischung könnten die Erwärmung eventuell beschleunigen. Die Gesamtzeit zur Trocknung der 8,5 t Charge betrug 14 Stunden (ohne Befüllung und Entleerung) und lag damit erheblich über der angestrebten Trocknungszeit von 7 Stunden.

Der Prozeßverlauf ist in Abbildung 6-1 dargestellt:

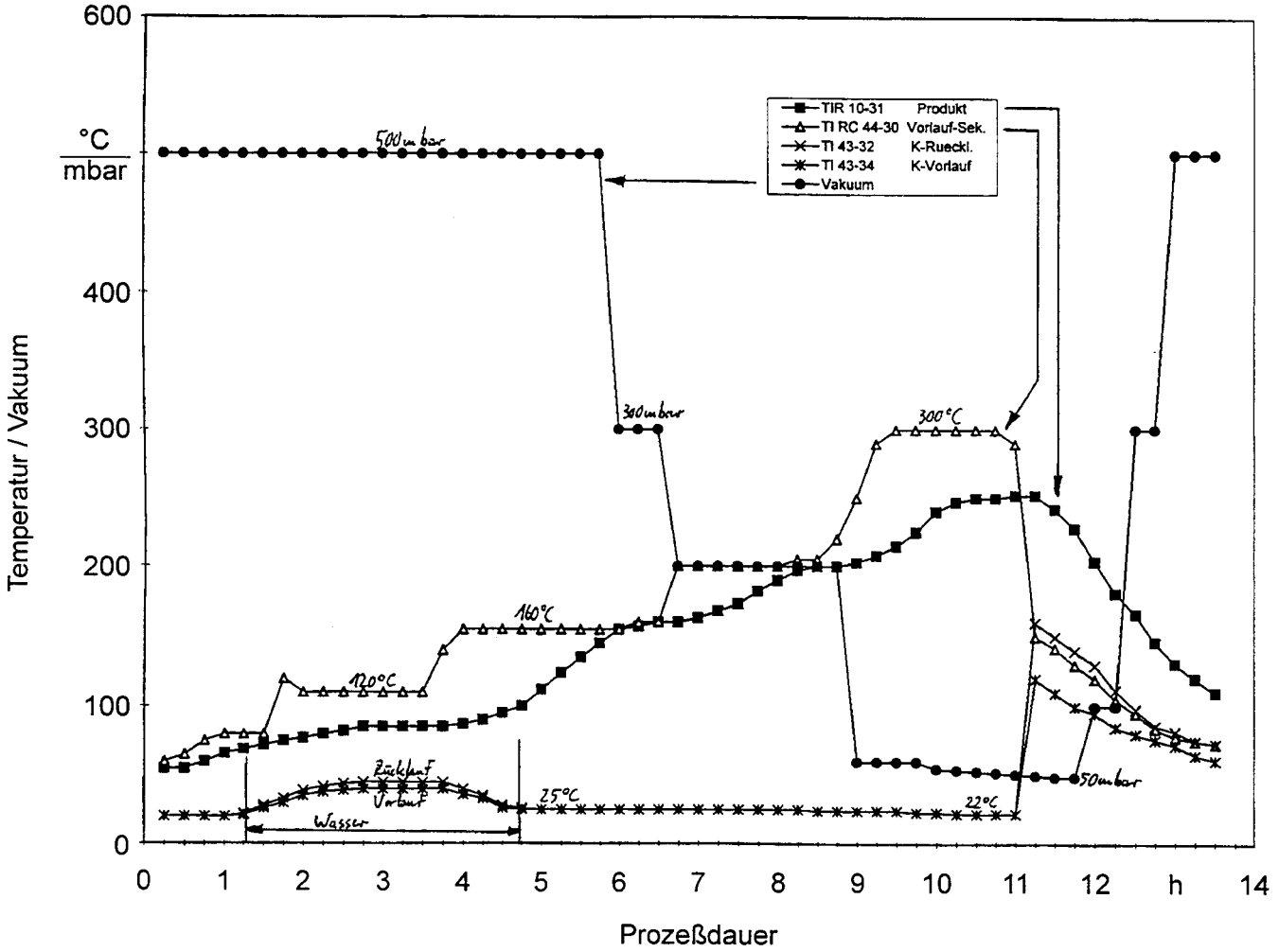

Abbildung 6-1: Prozeßverlauf der Charge A

Das dem Schlamm entzogene Petroleum kann vom Erzeuger nicht wiederverwendet werden. Zur Zeit laufen Versuche zur alternativen Nutzung des Petroleums.
Untersuchungen der kondensierten Wasserphase zeigten, daß diese nach einer Abwasseraufbereitung entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen in das öffentliche Abwassersystem eingeleitet werden kann.

Die Zusammensetzung und Viskosität des zurückgewonnenen Schleiföls entsprach lt. Betreiber dem Ausgangsprodukt, es konnte aber aufgrund eines stechenden Geruches nicht direkt wiederverwendet werden. Es wird vermutet, daß es sich bei den Geruchsstoffen um Crackprodukte handelt, die durch lokale Überhitzung des an den Scheiben anhaftenden Schlammes während der Trocknung entstehen.

6.2.2 Charge Nr. 2: Schleifschlamm B (02./03.07.96)

Nach dem Ersetzen der fehlerhaften Dichtungen wurde mit Schlamm der Fa. B eine neue Charge entölt. Dieser Schlamm fällt bei der Ventilfertigung an. Die Zusammensetzung ist aus Tabelle 6-3 zu entnehmen.

Wasser, Petroleum	vernachlässigbar
Öl	30 %
Fe und Legierungen (Ni,...)	50 %
Filterhilfsmittel (Kieselgur)	20 %

Tabelle 6-3: Zusammensetzung Schleifschlamm B

Zur schnellen Aufheizung des Materials wurde auf eine stufenweise Aufheizung des Sekundärkreislaufs verzichtet. Statt dessen wurde die maximale Heizleistung der Anlage in Anspruch genommen.

Beim Erreichen des Siedepunktes des im Schlamm enthaltenen Schleiföls von ca. 300 °C und einem Druck von 50 mbar kam es zu einer so starken Kondensatbildung, daß der Kondensator und die Zwischenbehälter nicht schnell genug entleert werden konnten. Deshalb mußte der Druck aus Sicherheitsgründen in verschiedenen Zeitabständen etwas angehoben werden, um ein Ansaugen von Öl durch die Vakuumpumpe zu verhindern. Die Prozeßdaten der Charge B sind in Tabelle 6-4 dargestellt.

Gesamtmenge	ca. 7 t
kondensierte Wassermenge	gering
anteilig kondensiertes Schleiföl	30 %
Restölgehalt	0,5 %
Prozeßdauer	13 h 30 min

Tabelle 6-4: Prozeßdaten der Charge B

Die Kondensattemperatur des Schleiföls betrug bis zu 200 °C und war dadurch Ursache einer erheblichen Geruchsbelästigung. Eine weitergehende Kühlung des Kondensats ist daher dringend erforderlich. Der Prozeßverlauf ist in Abbildung 6-2 dargestellt.

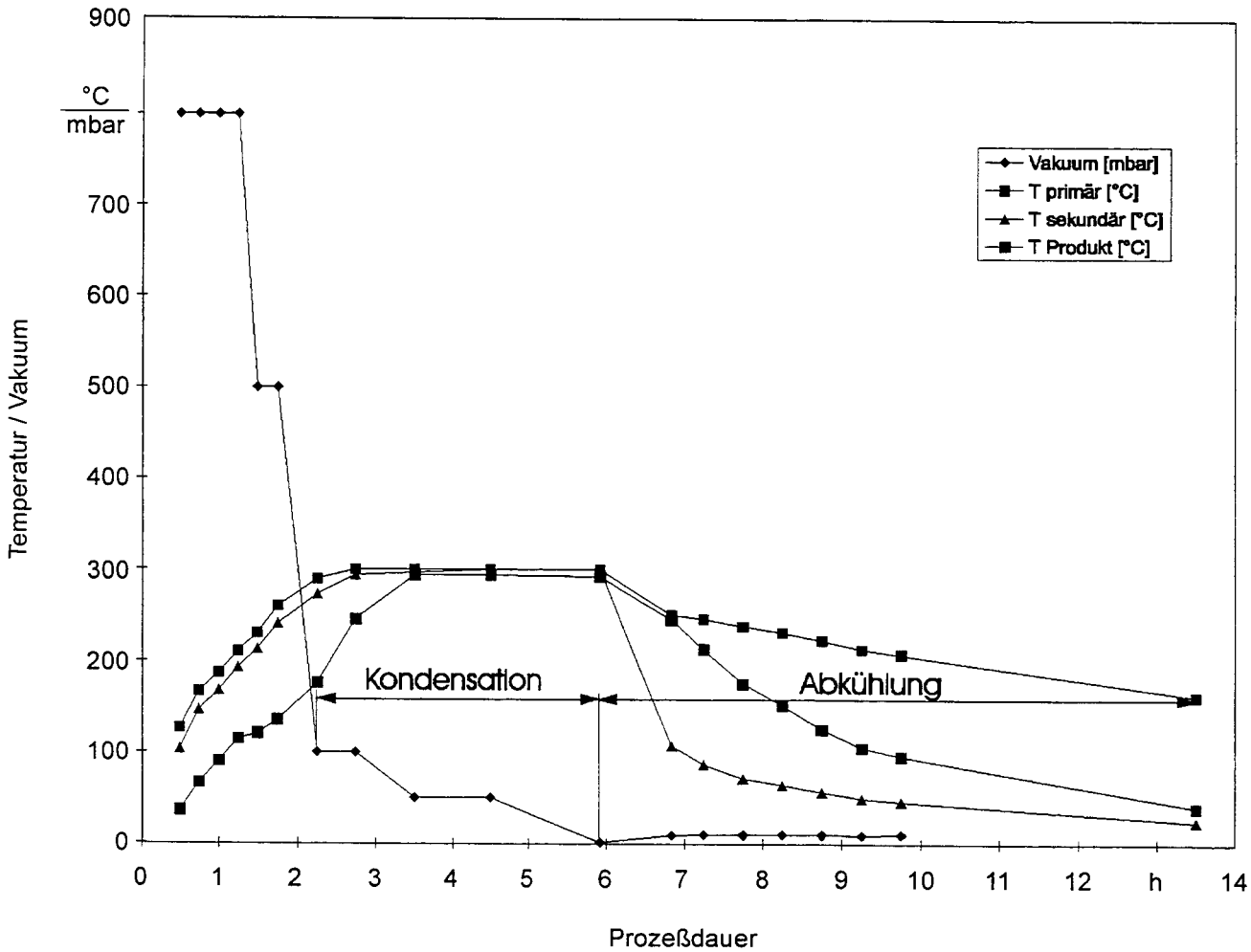

Abbildung 6-2: Der Prozeßablauf der Charge B

Das gewonnene Öl wurde mit positiven Ergebnissen einer Qualitätskontrolle unterzogen. Es ist geplant, nach der nächsten Charge eine Wiederverwendung des Schleiföls vor Ort zu erproben.

Während der Versuchsdurchführung kam es zu Ausdampfungen aus den Flanschen der Brüdenleitungen und den Deckeln. Als Folge traten leichte Geruchsbeeinträchtigungen in der Halle auf.

6.2.3 Schleifschlammuntersuchungen an zwei Beispielen

Schleifschlamm 1 entsteht bei der Bearbeitung von Werkstücken aus verschiedenen, hochlegierten Werkstoffen. Die Metallphase ist daher eine Mischung aus Cr- und CrNi-haltigen Stählen (z.B. X5 CrNiMo 17 12 2, X5 CrNi 18 10, 100 Cr 6 und X45 Cr 13).

Schleifschlamm 2 enthält Anteile an Chrom (9 %), Nickel (7 %) und Kobalt (1 %). Als mineralische Anteile sind Kieselgur aus der Anschwemmfiltration (30 %) und Korund (3 %) enthalten.

Durch die vakuum-thermische Behandlung wurden diese Schleifschlämme getrocknet und bis auf einen Restölgehalt von 1,7 % bzw. 2,7 % entölt. Die erzeugten Produkte sind riesel- und blasfähig und wurden zu Einblasversuchen in Schmelzaggregaten von Gießereien und Stahlwerken herangezogen (vgl. Kapitel 6.4).

Die Siebanalysen beider Produkte, welche als Kriterium für die Einblasfähigkeit dienen, sind in Tabelle 6-5 dargestellt.

	Verteilung [%]		Trennungsgrad [%]	
Maschenweite [µm]	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 1	Produkt 2
2240	16,6	2,7	16,6	2,7
1000	24,5	5,1	41,2	7,8
250	39,9	10,4	81,1	18,2
125	12,4	77,5	93,6	95,7
100	3,7	2,8	97,2	98,5
50	2,7	1,5	99,9	100
< 50	0,1	0,0	100	100

Tabelle 6-5: Siebanalysen entölter Schleifschlämme

Produkt 1 weist einen wesentlich höheren Trennungsgrad auf, der durch ein deutlich breiteres Kornspektrum zustande kommt. Dieses wiederum wird verursacht durch Anteile von Werkzeugrückständen, die sich als störende größere Bestandteile auf die Siebanalyse auswirken.

Produkt 1 besitzt eine Schüttdichte von 1,6 g/cm^3, Produkt 2 eine von 1,4 g/cm^3.

Beide Produkte wurden in getrennten Versuchen zur Ermittlung der Verwertbarkeit in den Kupolofen eines Schmelzbetriebes in eingeblasen. Die Versuche ergaben folgendes:

- beide Produkte sind einblasfähig,
- die Qualitätskriterien des erzeugten Gußeisens wurden durch die eingeblasenen Produkte eingehalten und nicht negativ beeinflußt und
- zum störungsfreien Einblasvorgang müssen die Produkte durch vorhergehende Siebung von störenden Begleitmaterialien getrennt werden.

Zur Feststellung optimaler Parameter beim dauerhaften Einblasen von getrockneten Schleifrückständen sollen in weitergehenden Versuchen die Auswirkungen dieser Materialeinbringung auf die Qualität des Metalls, der Schlackenbildung und die Zusammensetzung der Abgase ermittelt werden.

Dabei ist u.a. von Interesse, wie sich Wasser, das sich durch längere Lagerung an das Produkt durch kondensierende Luftfeuchtigkeit anlagern kann, auf die Einblasfähigkeit auswirkt. In diesem Zusammenhang wird darauf zu achten sein, daß die Feuchte des einzublasenden Produktes nicht zu hoch ist (Fließfähigkeit muß gewährleistet sein), da der Ofengang durch Wasserstoffbildung gestört werden kann.

6.3 Prozeßablauf

Der Prozeßablauf stellt sich nach heutigem Stand der Anlage wie folgt dar:

- Entleerung aus den Anlieferungsbehältern (Container, Fässer, usw.),
- Sortierung,
- Sichtung auf Förderband,
- Durchlauf durch einen Schredder und Aussortieren grober Metallteile,
- Abfüllen in Transportbehälter,
- Beladung des Trockners in Chargen zwischen 10 und 14 m^3,
- Aufheizphase bis zur Wasserverdampfung (in Abhängigkeit vom k-Wert und Drehzahl zwischen 1 h und 4 h),
- Ölverdampfung (in Abhängigkeit vom k-Wert, Drehzahl, Verdampfungskurve und Menge des Öls. Dauer zwischen 2 h und 3,5 h), darstellbarer Restölgehalt beträgt minimal 0,2 %. Der Restölgehalt richtet sich nach der Anforderung der Verwerter der Metallphase,
- Abkühlphase auf 50 °C (ca. 4 h),
- Entleerung (10 min bis 1 h).

6.4 Untersuchung der Metallphase durch das BfI

In Rahmen der Untersuchungen durch das Betriebsforschungs-Institut (BfI, Duisburg) wurden Musterchargen der metallischen Feststoffphase aus der Aufarbeitung von Schleifschlämmen analysiert und im Betriebsmaßstab verwertet. Auf diese Weise soll in Zusammenarbeit mit den Anlagenbetreibern und potentiellen Verwertern ein technisch umsetzbarer und kostengünstiger Verarbeitungsweg für die metallische Feststoffphase aufgezeigt werden, über den auch die zukünftig anfallenden Mengen gesichert verwertet werden können.

Die Vorgehensweise stellt sich dabei wie folgt dar:

1. Förderuntersuchungen mit entölten metallischen Schleifschlämmen sowie deren Analytik:
   In Pilotversuchen wurden die Fördereigenschaften des entölten Schleifschlamms beurteilt. Zur Verbesserung der pneumatischen Förderfähigkeit kann es erforderlich sein, den entölten Schleifschlamm mit geeigneten Materialien zu versetzen. Umfangreiche chemische Analysen des Schleifschlammes sind für die Wahl geeigneter Schmelzaggregate zur Durchführung der Einblasversuche erforderlich. Weiterhin wurden die optimale Konfiguration der Einblaseinrichtung ermittelt, Probeförderungen mit der BfI-eigenen Einblaseinrichtung durchgeführt und ein Konzept für betriebliche Einblasversuche ermittelt.

2. Betriebliche Einblasversuche mit entölten metallischen Schleifschlämmen:
   Zur Durchführung der Betriebsversuche wurde gemeinsam mit dem Schmelzbetrieb und den Anlagenbetreibern ein detaillierter Versuchsplan erarbeitet. In ihm werden insbesondere Angaben über die einzusetzende Schleifschlammenge und die Versuchsdauer festgelegt. Für die Betriebsversuche ist sowohl eine umfassende Beprobung des einzublasenden Schleifschlammes als auch ein umfassendes Meßprogramm zur Bewertung des Einblasbetriebes erforderlich.

3. Betriebsversuche zur Verarbeitung brikettierter Schleifschlämme in einem Schmelzbetrieb:
   Aufbauend auf Technikumsversuchen zur Ermittlung geeigneter Brikettierparameter für entölte metallische Schleifschlämme und der hierzu erforderlichen Bindemittelart und -menge wurde in systematischen Schmelzuntersuchungen im Technikumsmaßstab ein geeigneter Ofen für die betriebliche Verarbeitung von brikettierten Schleifschlämmen ermittelt sowie Vorgaben für eine optimierte Ofenführung während der Betriebsversuche erarbeitet und die Konditionierung der Schleifschlämme hierauf abgestimmt.
   Für die Betriebsversuche wurden ca. 10 Tonnen entölter Schleifschlämme brikettiert und die Briketts einer eingehenden Qualitätsprüfung unterzogen (s. Kap. 6.4.4).

Zur Durchführung der Betriebsversuche wurde ein detaillierter Versuchsplan erarbeitet. Hierzu gehören Angaben über:

- die einzusetzende Brikettmenge,
- die Versuchsdauer,
- die Bestimmung der Meßgrößen sowie
- die Festlegung der Meßstellen.

Die Bewertung des Briketteinsatzes erfolgt im Vergleich zum Normalbetrieb des Ofens.

4. Verwertungskonzept für metallische Schleifschlammbestandteile:
   Auf Grundlage der umfangreichen schmelzmetallurgischen Arbeiten wurde unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte ein Konzept zur Verwertung der anfallenden metallischen Reststoffe erstellt und mit allen Beteiligten abgestimmt.

6.4.1 Feststoffanalyse

Zur Bestimmung möglicher Verwertungswege wurden die Materialien zunächst auf ihre chemische Zusammensetzung hinsichtlich

- Anteile an metallischer Fraktion,
- Anteile an mineralischer Fraktion,
- metallurgische Zusammensetzung,
- Verbindungen der mineralischen Fraktion sowie
- Restölgehalte der Feststoffphase

untersucht.

Im Anschluß an einen Königswasseraufschluß wurden die erhaltenen Lösungen mittels Atomabsorptionsspektrometrie auf Metallgehalte untersucht. Die nach dem Aufschluß zurückbleibende Festoffphase, die aus dem Schleifmittelabrieb bestand, wurde durch Röntgendiffraktometeranalyse auf die Verbindungsarten sowie -anteile untersucht.

Die Ergebnisse der Feststoffanalyse der untersuchten Chargen sind in Tabelle 6-6 wiedergegeben.

Tabelle 6-6: Ergebnisse der Feststoffanalysen

Element	ChargeA[1]*	Carge B[1]	Charge C[1]	Charge D[2]	Charge E	Charge F	Charge G	Charge H	Charge J	Charge K	Charge L[1]
Fe [%]	36,7	47,7	41,2	k.A.	52,8	60,3	10,6	Rest	Rest	11,9	71,6
Ni [%]	0,33	2,22	0,24	0,033	0,18	0,25	0,04	0,55	0,04	5,4	0,31
Zn [%]	0,099	n.b.	0,013	0,0082	n.b.	n.b.	n.b.		0,004		0,009
Cu [%]	0,23	0,15	0,08	0,38	n.b.	n.b.	n.b.	0,315	0,07	0,2	0,10
Mn [%]	0,21	2,45	0,20	n.b.	0,19	0,21	0,04		0,76		0,69
Cr [%]	3,3	8,75	2,2	0,21	2,68	0,035	0,048	0,228	0,12		1,40
P [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,037	0,035	0,048		<0,005		n.b.
Mo [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	3,82	3,87	0,64				n.b.
Co [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,96	3,6	0,67		0,01	0,5	n.b.
W [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	4,3	4,88	0,9				n.b.
V [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,27	1,5	0,28		0,005		n.b.
C [%]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	13,5	2,55	1,10				n.b.
S [%]	n.b.	n.b.	n.b.	<0,2	0,05	0,375	0,180		<0,02		n.b.
SiO_2 [%]	16,81	ca. 13,00	1,04	n.b.	0,6	3,19	70,02			82	2,48
Al_2O_3 [%]	32,85	ca. 25,00	55,03	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.				19,47
	RF: 2,0	RF: 1,7	RF: 4,5						K:0,2 %		

[1] = Analyse BFI (teilweise Abweichung zu Angaben der Hersteller)
[2] = nur Analyse von Schwermetallen vorhanden
* = wechselnde Zusammensetzung

6.4.2 Laborschmelzversuche

Da vor einem Verwertungseinsatz in metallurgischen Betrieben eine Vorabprüfung des Einschmelzverhaltens der Feststoffphase notwendig ist, wurden in einem Tiegelofen, der für Temperaturen bis zu 1700 °C ausgelegt ist, entölte Schleifschlammpulver unter Verwendung verschiedener Tiegelsorten (Al_2O_3, MgO, Graphit) eingeschmolzen. Auf Grund der z.T. sehr hohen Anteile an Schleifmittelabrieb, die vor allem in Form von Korund die Schlackenviskosität stark erhöhen und die Tiegelmaterialien angreifen, war eine Zugabe von schmelzpunkterniedrigenden Schlackenbildnern vereinzelt notwendig.

6.4.3 Auswahl geeigneter Verwerterbetriebe

Nach Auswertung der Schmelzversuche wurden die zur Verwertung der Feststoffphase in Frage kommenden Hüttenbetriebe anhand ihrer Produktpalette ausgewählt (s. Tabelle 6-7). Auf Grund der mit diesen Betrieben geführten Gespräche wurde eine Übersicht über die während des Einschmelzprozesses verwendeten Schmelzaggregate erstellt. In Abhängigkeit von der Betriebsweise wurde festgestellt, ob bei diesen Öfen die Zugabe der Feststoffphase der aufbereiteten Schleifschlämme in pulverförmiger oder in agglomerierter Weise erfolgen kann bzw. muß.

6.4.4 Konditionierung durch Brikettierung

Im Verlauf der Untersuchungen stellte sich heraus, daß bei den meisten Öfen (s. Kap. 6.4.6), in denen die Feststoffphase pulverförmig mittels Einblasmaschine in die Schmelze eingesetzt werden kann, die einzubringenden Frachten an Legierungsbestandteilen auf Grund des Produktspektrums stark begrenzt waren. Die entölten Schleifschlammpulver stammten vorwiegend aus der Bearbeitung höherlegierter Werkstücke. Daher wurden Untersuchungen zur Agglomeration der Schleifschlämme vorgenommen. Dabei wurde mit Nachdruck an einer möglichst einfach zu handhabenden und wenig kostenintensiven Brikettierung gearbeitet.

Durch zahlreiche Versuche mit einer mobilen Brikettieranlage zur Erzeugung von Eierbriketts wurden 75 Tonnen Schleifschlamm-Briketts erzeugt. Diese wiesen nur durch eine Zugabe von rund 10 % Bindehilfsmitteln (z.B. Kalk) ausreichende Festigkeiten für einen Einsatz in schmelzmetallurgischen Aggregaten auf. Die Ergebnisse der Brikettierversuche wurden auf ein Material angewendet, das aus der Schleifbearbeitung von Ventilen und Kurbelwellen stammt. Vor der Brikettierung wurde diese Feststoffphase auf eine Korngröße < 2,5 mm abgesiebt, um die Walzen der Brikettierpresse vor einer Zerstörung zu schützen.

Im Anschluß an die Aushärtung der Briketts wurden diese in einem Elektrolichtbogenofen als Sekundärrohstoff eingesetzt. Durch den Einsatz des Materials konnte nachgewiesen werden, daß der Ofenbetrieb und die Qualität der Schmelze positiv beeinflußt werden.

6.4.5 Einblasversuche

Einblasversuche mit entölten pulverförmigen Schleifschlämmen aus der Kugellagerproduktion wurden an einem Kupolofen durchgeführt. Um den Rotor der Einblaseinrichtung vor Zerstörung zu schützen, wurde das Pulver vor dem Einblasen abgesiebt. Es zeigte sich, daß das Material förderfähig war und der Ofenbetrieb durch dieses nicht gestört wurde. In der Blasebene fand keine nennenswerte Abkühlung statt.

6.4.6 Verwerter

Die Verwertungsmöglichkeiten der Metallphase von entölten Schleifschlämmen wurden mit Vertretern zahlreicher Schmelzbetriebe besprochen (s. Tabelle 6-7). Die Betriebe verfügen über unterschiedliche Schmelzaggregate, wie z. B. Hochofen, Schachtofen, Elektrolichtbogenofen, Mittelfrequenzofen, Möllerofen, Kupolofen, QSL-Reaktor (Blei-Erzeugung mit Fe als Reduktionsmittel) oder auch Flammofen. In diesen werden Roheisen, Spezialroheisen, Edelstähle, Schnellarbeitsstähle, Sphäroguß, Grauguß (legiert/unlegiert), NE-Metalle bzw. Vorlegierungen hergestellt. Pulverförmig können die Schleifschämme grundsätzlich im

- Möllerofen (Agglomeration durch den Betreiber mit anderen Einsatzstoffen),
- Kupolofen (Einblasvorrichtung muß vorhanden sein),
- Flammofen oder
- QSL-Reaktor

eingesetzt werden.

Die Schleifschlämme müssen beim vorgesehenen Einsatz im

- Hochofen,
- Schachtofen (wenn keine Mischung mit anderen Einsatzstoffen vorgesehen ist),
- Elektrolichtbogenofen (üblicherweise keine Einblaseinrichtung vorhanden) sowie
- Mittelfrequenzofen

vorab stückig gemacht bzw. brikettiert werden.

Die höherlegierten Stähle werden meist im

- Elektrolichtbogenofen,
- Mittelfrequenzofen oder
- Möllerofen

erschmolzen, wohingegen

- im Hochofen unlegiertes Roheisen und niedrig legiertes Spezialroheisen,
- im Kupolofen Gußeisen,
- im Schachtofen NE-Metalle,
- im Flammofen NE-Metalle und
- im QSL-Reaktor NE-Metalle

hergestellt werden.

Für die meisten Ofentypen (Ausnahme z.B. Hochofen) ist der Einsatz von Schleifschlämmen, die Korund als Schleifmittelabrieb in höheren Konzentrationen enthalten ein Störfaktor, da die Schlackenkonsistenz nachteilig verändert wird. Außerdem entsteht bei korundhaltigen Schlacken ein starker chemischer Angriff auf die meisten in Öfen eingesetzten Feuerfestausmauerungen, wodurch deren Standzeiten stark herabgesetzt werden.

Die Restölgehalte, die je nach Aggregat unterschiedlich hoch sein dürfen, können beim

- Hochofen < 1%,
- Elektrolichtbogenofen < 1,5%,
- Schachtofen ca. < 4 % (nur Briketts),
- Möllerofen < 1%,
- Kupolofen ca. < 1% (abhängig von Pulver oder Brikett),
- Flammofen ca. < 10%,
- QSL-Reaktor ca. < 3% und
- Mittelfrequenzofen < 1%

betragen. Die aufgeführten Grenzwerte sind anlagenspezifisch.

Klar festzustellen ist, daß die Stoffe mit sehr hoher und sehr niedriger Legierung leicht zu vermarkten sind, da sehr niedrig legierte Metalle zur Roheisenherstellung, hoch legierte Metalle aufgrund ihrer Legierungsbestandteile genutzt werden können. Die Stoffe mit Legierungsmetallgehalten im Bereich von 1% bis 3% sind dagegen schwer zu vermarkten.

Verwerter / Feststoffphase	Buderus Guß	Georg Fischer	DK Rohstoffe	Nickelhütte Aue	Edelstahlwerke Schmess	Pleissner	PHB Stahlguß	B.U.S	Norddeutsche Affinerie AG	Hüttenwerke Kayser AG
unlegierte Stähle und Guß	X	X	X	X		X	X	X		
niedriglegierte Stähle und Guß	X		X	X	X	X	(X)	X		
hochlegierte Stähle und Guß			X	X				X		
NE-Metalle und Legierungen				X					X	X
Sondermetalle z. B. HM										

Tabelle 6-7: Einsatzmöglichkeiten für die metallhaltige Feststoffphase aus Schleifschlämmen

6.5 Beurteilung, Behandlung und Veränderung an Kühlschmierstoffen nach der Destillation

Der Prozeßablauf wurde nach den Erkenntnissen aus den Versuchen des Laboratoriums Dr. A. Ellman Ölanalytik - Schmieröltechnische Beratung - Umweltanalytik in Moers und eigenen Versuchen durchgeführt. Ebenfalls konnte mit technischen Verbesserungen an der Anlage eine Optimierung des Prozesses erzielt werden. Dies betrifft sowohl die Verbesserung des Vakuums als auch die verbesserte Kondensationsleistung.

Die behandelten Proben sind in Tabelle 6-8 aufgezeichnet

Probe: P la	Öl aus Feststoff + Bleicherde (Tonsil 216 FF), abkondensiert und über Na_2SO_4 abfiltriert
Probe: P lb	wie P la, aber ohne Bleicherde
Probe: P 2a	Vacmol A66 Mobil (Gebrauchtöl), Öl aus Kreislauf + Bleicherde, abkondensiert im Vakuum, mit Na_2SO_4 versetzt und anschließend gefiltert
Probe: P 2b	Vakuumrückstand von P 2a
Probe: P 2c	Vacmol A66 (Gebrauchtöl), Rückstand aus atm. Destillation, kein Destillat erhalten
Probe: P 2d	abkondensiertes Öl aus Metallschlamm, Versuch vorzeitig abgebrochen, da „Staub"-Übergang
Probe: P 3a	abkondensiertes Öl aus Schlamm (Eimer)

Tabelle 6-8: Untersuchte Proben

Die Öle wurden in den jeweiligen Firmen beurteilt sowie den Öllieferanten zur Prüfung übergeben und falls kein Geruchsproblem vorhanden ist, ohne weitere Behandlung wieder eingesetzt. Die Viskosität und die Additive sind beherrschbar.

Die Firma C setzte das Öl an einer Maschine ein und überprüfte das Schleifverhalten. Hierbei ergaben sich, abgesehen vom Geruch, keine negativen Auswirkungen. Bei der Firma B wurde das Öl ebenfalls wieder als KSS eingesetzt.

6.6 Versuche zur Verbesserung der Ölqualität

Die Geruchsbelastung konnte wesentlich verringert werden, indem die Öle mit Bleicherde behandelt wurden. Die Untersuchungen bei den Öllieferanten ergaben jedoch, daß wesentliche Anteile der Additive nach der Behandlung mit Bleicherde entfernt waren. Dies verhinderte den Einsatz dieser Öle durch die Anwender.

In einem weiteren Versuch wurden die gewonnen Öle mit Luft und mit Stickstoff einem sog. Strippverfahren unterzogen. Dadurch wurde die Geruchsentstehung stark verringert. Die derart behandelten Öle wurden von den Firmen B und C getestet. Diese kamen zu dem Ergebnis, daß die Ölqualität so gut ist, daß das zurückgewonnene Öl ohne Probleme wieder eingesetzt werden kann.

Insgeamt können über die aus der Vakkuumdestilation zurückgewonnenen KSS zwei wesentliche Aussagen gemacht werden:

1. Die abgetrennten KSS-Öle konnten die technologischen Anforderungen für einen Wiedereinsatz erfüllen.
2. Hindernis können evtl. noch vereinzelt auftretende Geruchsbildungen sein. Inzwischen ist es aber gelungen, die geruchsbildenden Stoffe im Öl-Recyclat festzustellen. Damit ist eine Grundlage zur Verringerung der Geruchsentstehung geschaffen.

7 Ausblick

Da das Kreislaufwitschafts- und Abfallgesetz die Verwertung vor die Beseitigung stellt, erfolgt in vielen Industriebetrieben ein Umdenken im Umgang mit Schleifschlämmen. Zahlreiche Firmen haben zudem erkannt, daß hier nutzbare Einsparpotentiale bestehen. Diese liegen zum einem in der Wiederverwendung des Öls als KSS und andererseits im Verkauf des metallischen Anteils. Darüber hinaus wird der Export von Abfällen zur Beseitigung ins Ausland schwieriger und es müssen von den Firmen Abfallbilanzen und -konzepte erstellt werden. Die meisten Verfahren zur Entölung von Schleifschlämmen befinden sich zur Zeit im Versuchsstadium. Eine Ausnahme stellt das Vakuumthermische Verfahren im Scheibentrockner dar.

Mit Hilfe der Vakuumtrocknung können Schleifschlämme in ihre Bestandteile zerlegt und die jeweiligen Komponenten einer Verwertung zugeführt werden. Anfängliche Probleme der Anlage an Stetten a. k. M. wurden inzwischen beseitigt und es zeigt sich heute ein reibungsloser Ablauf. Durch Versuche und Untersuchungen konnten verschiedene Verwertungswege aufgezeigt werden.

Zwischenzeitlich ist es durch Umrüstung von den ursprünglich eingesetzten Drehschieberpumpen auf Flüssigkeitsringpumpen, sowie durch Verbesserung der Abdichtung gelungen, den Unterdruck von 1 mbar auf 0,1 mbar weiter zu reduzieren und damit die Prozeßtemperatur von bis zu 200 °C auf etwa 150 °C zu senken. Durch die niedrigere Temperaturführung sowie durch den Einsatz eines derzeit erprobten speziellen KSS-Öles, das sich besser destillieren läßt, wird die Möglichkeit der Geruchsbildung, welche zu Beginn des Projekts ein Problem war, weitestgehend verhindert.

8 Literatur

/1/ **Kißler, H.:** *Möglichkeiten zur Behandlung und Verwertung von Metallschleifschlämmen.* In: Schleifschlamm, Tagungsband der ABAG vom 23.6. 1998 in Rastatt, S. 3-23

/2/ **Dopatka, J.; Obst, M.; Siegfried, F.:** *Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Kühlschmierstoffe in Großbetrieben.* In: Vermeiden, Vermindern, Verwerten, ABAG, September 1992

/3/ **Dopatka, J.; Obst, M.; Siegfried, F.:** *Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Kühlschmierstoffe in mittleren und Kleinbetrieben.* In: Vermeiden, Vermindern, Verwerten, ABAG, Mai 1993

/4/ **N.N.:** *Schleifschlämme- Vom Sonderabfall zur Verwertung-Teil* 1. In: Der Dialog, Informationsschrift der Abfallberatungsagentur ABAG, 4. Jahrgang Nr. 3 10/95

/5/ **N. N.:** *Empfehlung des Arbeitskreises 14 „Ölbehaftete Späne und Metallspäne" Teil: „Metallschlämme" an die Niedersächsische Regierungskommission zur Vermeidung und Verwertung von Reststoffen und Abfällen,* Juni 1994

/6/ **Jegenoglu, M.:** *Reinigen von Kühlschmierstoffen.* In HSG-Technologie; Druckhaus Schwarzwälder Bote GmbH, S. 150 - 160

/7/ **Schön, J.; Dahmen, N.; Schmieder, H.:** *Abfallbehandlung mit Kohlendioxid.* In: cav, (1994) 12, S. 10 - 11

/8/ **Dahmen, N.; Schön, J.; Schmieder, H.:** *Extraktive Abtrennung von Ölen aus Glas- und Metallbearbeitungsrückständen mit überkritischem Kohlendioxid.* In: Chemie Ingenieur Technik. 67 (1995) 11, S. 1501 - 1504

/9/ **Spanke, V.; Gralher, M.:** *Reinigungsverfahren für ölverunreinigte Metallbearbeitungsrückstände.* In: Metall, 44 (1990) 12, S. 1200 - 1203

/10/ **Schilling, W.:** *Entsorgung und Recycling von Schleifschlämmen. Hohe Prozeßsicherheit, hohe Leistung, hohe Präzision.* In: 7. Int. Braunschweiger Feinbearbeitungskolloquium (FBK), Inst. f. Werkzeugmasch. u. Fertigungstechnik, TU Braunschweig, D, 2.-4. März 1993 (Schriftenreihe des IWF), Band 7 (1993) Essen: Vulkan, S. 20.01-20.12

/11/ **N. N.:** *Schleifschlamm - Entölen, Verdichten, Verwerten.* In: Maschinen, Anlagen, Verfahren, (1995) 12, S. 86 - 87

/12/ **Hugo, F.; Melber, A.; Wanetzky, E.; Maurer, J.:** *Recycling von ölhaltigen Schleifschlämmen.* In: Metalloberfläche, 49 (1995) 6, S. 428 - 431

/13/ **Bosse, K.:** *Einschätzung der Verfahren zur Verwertung von Schleifschlämmen und Metallspänen unter umweltpolitischen Gesichtspunkten.* Tagungsband: Verwertung und Aufbereitung von öl- und emulsionsbehafteten Spänen und Schleifschlämmen aus der metallverarbeitenden Industrie; Inst. F. Umwelttechnologie und Umweltanalytik e. V., Duisburg, 16. - 17.6.

/14/ **N. N.:** *Schleifschlämme - Vom Sonderabfall zur Verwertung - Teil 1.* In: Der Dialog - Informationsschrift der Abfallberatungsagentur ABAG, 4 (1995) 3, S. 1

/15/ **Schaltke, W.:** *Praktische Erfahrung mit dem „Reststoff" Schleifschlamm bei der Erzeugung, Entsorgung und Verwertung.* In: Schriftenreihe Praxisforum, S. 95

/16/ **Heinrichs, F.:** *Entölen von Schleifschlämmen in zentralen Entölungsanlagen.* In: Schleifschlamm, Tagungsband der ABAG vom 23.6. 1998 in Rastatt, S. 70