

Mobile Emulsionsspaltanlage für Kühlschmierstoffe

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

ABAG-itm
Gesellschaft für innovative Technologie-
und Managementberatung mbH
Sachsenstraße 12
D - 75177 Pforzheim
Tel.: 07231/ 47252-0
Fax. -20
e-mail: info@abag-itm.de
Internet: www.abag-itm.de

Projektträger
Mario Haller
Metallbau Haller
Neuhäusle 15
D-88069 Tettnang

Projektbegleiter
Helmut Bauer
Ing.-Büro Bauer
Bergstraße 10
D-74679 Weißbach

August 1998

Projektbericht

Erarbeitung:

Helmut Bauer, Ingenieurbüro Bauer

Für die kooperative Mitwirkung an diesem Projekt bedankt sich die ABAG-itm insbesondere bei Herrn Mario Haller, Metallbau Haller.

Die Durchführung dieses Modellprojekts sowie die wissenschaftliche Begleitung wurde mit Mitteln aus 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

ABAG-itm GmbH
Sachsenstraße 12
D - 75177 Pforzheim
Tel.: 07231/ 47252-0
Fax: -20
e-mail: info@abag-itm.de
Internet: www.abag-itm.de

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Hermann Kißler
ABAG-itm, Fellbach

2. Auflage Juni 1999
1. Auflage August 1998

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

Deckblatt	Seitenzahl
1. Zusammenfassung	1
2. Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe (KSS) in der Metallbearbeitung	4
2.1 Aufgaben und Einsatzbereiche	4
2.2 Standzeitverkürzende Einflüsse	5
2.3 Maßnahmen zur Standzeitverlängerung	5
2.3.1 Mitarbeiterschulung	6
2.3.2 Abstimmen des KSS mit anderen Betriebshilfsstoffen	7
2.3.3 Überprüfen und dokumentieren nach TRGS 611	7
2.3.4 Fremdstoffeinträge vermeiden	7
2.3.5 Fremdöle entfernen	8
2.3.6 Fremdstoffe entfernen	9
2.3.7 Gründliche Reinigung und Entkeimung der Anlage beim KSS-Wechsel	9
2.3.8 Tabellarische Zusammenfassung beispielhafter Pflorgetechniken für wassergemischte KSS (Emulsionen und Lösungen)	9
3. Aufarbeitung und Entsorgung von wassergemischten KSS	12
3.1 Membranverfahren	15
3.2 Chemische Verfahren	16
3.2.1 Anorganische Spaltverfahren	16
3.2.2 Organische Spaltverfahren	16
3.3 Verdampfungsverfahren	16
3.3.1 Verdampferbauarten	17
3.3.2 Grundlagen der Verdampfungsverfahren	19
3.3.3 Energieeinsatz beim Verdampfer	21

4.	Beschreibung des Projektes	24
4.1	Mobile Ultrafiltration (UF) - Umkehrosmose (UO)	25
4.2	Mobiler Vakuumverdampfer (Vv)	27
4.2.1	Aufbauschema	29
4.2.2	Verfahrensbeschreibung	31
4.3	Projektverlauf	32
5.	Untersuchungen	35
5.1	Auswertung	36
5.1.1	Ausgangssituation	36
5.1.2	Leistung des Vakuumverdampfers	37
5.1.3	Destillatwerte für Wiedereinsatz	38
5.1.4	Schwermetalle im Destillat	39
	Tabelle 4: Ausgangssituation	41
	Diagramm zu Tabelle 4	42
	Tabelle 5: Leistung des Vakuumverdampfers (Vv)	43
	Diagramm zu Tabelle 5	44
	Tabelle 6: Destillatwerte für Wiedereinsatz	45
	Diagramm 1 zu Tabelle 6	46
	Diagramm 2 zu Tabelle 6	47
	Tabelle 7: Schwermetalle im Destillat	48
	Diagramm 1 zu Tabelle 7	49
	Diagramm 2 zu Tabelle 7	50
6.	Gegenüberstellung: Bisheriger Stand der Technik zu den Projektergebnissen	51
6.1	Verfahrenssicherheit	51
6.2	Stoffbilanzen	51
7.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	53
8.	Beurteilung der Übertragbarkeit	58
9.	Quellenverzeichnis	59
9.1	Bildverzeichnis	59
9.2	Literaturverzeichnis	60

1. Zusammenfassung

Bei ca. 3.500 Betrieben der Metallbe- und -verarbeitung in Baden-Württemberg fallen verbrauchte wassergemischte Kühlschmierstoffe (KSS-Emulsionen und -Lösungen) an. Von den insgesamt 41.000 t/1995, die über Abfallbegleitscheine zur Beseitigung oder Verwertung entsorgt wurden, entfielen ca. 50% der Gesamtmenge bei einer jeweiligen Abfallmenge von unter 100 m³/a auf ca. 95% der Betriebe.

Altemulsionen bestehen in der Regel zu über 90% aus Wasser. Weitere Bestandteile sind das Grundöl, ein Emulgatorsystem und verschiedene Additive zur Eigenschaftsverbesserung sowie eingetragene Fremdstoffe und Verunreinigungen. Der Feststoffanteil ist im allgemeinen gering. Ziel jeglicher Aufarbeitsverfahren ist die Auftrennung in eine Wasser- und eine Ölphase (Emulsionsspaltung), womit die Abfallmenge in der Regel um ca. 80 - 90% reduziert werden kann. Nach dem heutigen Stand der Technik sollten dabei beide Phasen ein Verwertungspotential aufweisen bzw. innerbetrieblich nutzbar sein. Hierzu finden derzeit drei Verfahren breite Anwendung:

- Membranverfahren (Ultrafiltration ggf. mit Umkehrosmose),
- Eindampfverfahren (Vakuumverdampfung mit Brüdenverdichter),
- Organische Spaltung (Primär zur Vorbehandlung).

Verdampfungsverfahren weisen als Vorteil gegenüber der Ultrafiltration die zusätzliche Abtrennung von gelösten Bestandteilen (Schwermetalle, Salze, Organik) in einem Verfahrensschritt auf. In die Betrachtung mit einbezogen wurden daher auch gerade in dieser Hinsicht problematische Abfälle wie z.B. KSS-Lösungen, KSS aus der Bearbeitung von Hartmetall, Gleitschleifabwässer und wäßrige Reiniger.

Zur Aufarbeitung von verbrauchten KSS-Emulsionen bestanden als Alternativen bisher nur die betriebsinterne Aufarbeitung oder die Entsorgung in einer externen, d.h. zentralen Spalt- oder Behandlungsanlage. Innerbetriebliche Spaltanlagen sind derzeit erst ab einem Aufkommen von deutlich mehr als 100 m³/a wirtschaftlich einsetzbar. Eine derartige Menge fällt jedoch bei der Mehrzahl der Betriebe nicht an, so daß Emulsionen derzeit überwiegend in Zentralanlagen aufgearbeitet werden. Dies ist verbunden mit dem Transport der Gesamtmenge per LKW.

Die in den letzten Jahren erzielten Erfolge bei der Abfallreduzierung, insbesondere durch Verlängerung der Badstandzeiten, werden sich nach heutigen Erkenntnissen noch weiter fortführen lassen. Dadurch werden sich die anfallenden Mengen der Alt-emulsionen tendenziell weiter reduzieren, so daß noch weniger betriebsinterne Anlagen wirtschaftlich zu betreiben sein werden. Eine Alternative für die Zielgruppe mit einer Anfallmenge von unter 100 m³/a sind mobile Spaltanlagen, die je nach Bedarf die angefallenen Alt-Emulsionen vor Ort aufarbeiten. Die zu entsorgende Abfallmenge wird dabei um ca. 90% reduziert, d.h. es muß nur noch das entwässerte Konzentrat mit dem LKW zur Entsorgung transportiert werden.

Im Rahmen des Projektes wurde ein Vakuumverdampfer mit Brüdenverdichtung der Firma Metallbau Haller in Tettnang auf Eignung als mobile Anlage im praktischen Einsatz getestet. Bedingt durch die unterschiedliche Qualität der aufzuarbeitenden Abfälle sind die Anforderungen im mobilen Einsatz an Flexibilität und Betriebssicherheit wesentlich höher als bei stationären Anlagen. Das kompakte System (PKW-Anhänger, Leistung ca. 500 l/Tag) wurde bei insgesamt neun Pilotkunden exemplarisch eingesetzt. Von diesen Anfallstellen wurden KSS-Emulsionen und -lösungen, Waschemulsionen, Kühlschmierstoffe aus der Bearbeitung von Hartmetallen sowie Gleitschleifabwässer aufgearbeitet. Die begleitende Betriebsdatenerfassung und die Analysen, insbesondere des Kondensats lieferten praktische Erfahrungswerte zur Eignungsbeurteilung eines solchen Systems als mobile Einheit. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- universelle und wirtschaftliche Einsatzfähigkeit unter Produktionsbedingungen,
- sichere Abtrennung der Wasserphase bei einem Energieeinsatz von < 120 Wh/l,
- Entwässerung des Konzentrats auf <20% Restwassergehalt,
- Eignung des Spaltwassers zum innerbetrieblichen Wiedereinsatz (z.B. Neuanatz von Emulsionen, Spülwasser, Brauchwasser), jedoch nicht zur Einleitung (KW-Werte werden i.a. überschritten),
- je nach Zusammensetzung der aufzuarbeitenden Emulsion, stoffliche bzw. energetische Verwertbarkeit des Konzentrats.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird deutlich, daß die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur externen Entsorgung im wesentlichen von den spezifischen

Entsorgungskosten sowie der aufzuarbeitenden Menge abhängig ist. Unter den vorliegenden Randbedingungen und einer typischen Chargengröße von 5 m³ können demnach bei Entsorgungskosten oberhalb von ca. 400 DM/m³ mit einer mobilen Aufarbeitung wirtschaftliche Vorteile erzielt werden. Zur genauen Beurteilung ist jedoch immer eine betriebsspezifische Betrachtung durchzuführen.

Das Projekt hat gezeigt, daß eine mobile Anlage von Typ Vakuumverdampfer mit Brüdenverdichtung die gestellten Anforderungen erfüllen kann und sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Aspekten insbesondere für kleinere Anfallstellen eine interessante Alternative zur externen Aufarbeitung verbrauchter Prozeßabwässer aus dem Bereich der Metallbe- und -verarbeitung darstellt.

2. Einsatz wassergemischter KSS in der Metallbearbeitung

2.1 Aufgaben und Einsatzbereiche

In der Metallbe- und -verarbeitung werden zur Unterstützung spanender und umformender Bearbeitungsprozesse Kühlschmierstoffe (KSS) in großem Umfang eingesetzt. Ihre wesentlichen Aufgaben sind:

- Kühlung des Werkstückes und des Werkzeuges,
- Schmierung der Bearbeitungsstelle,
- Abtransport der Späne.

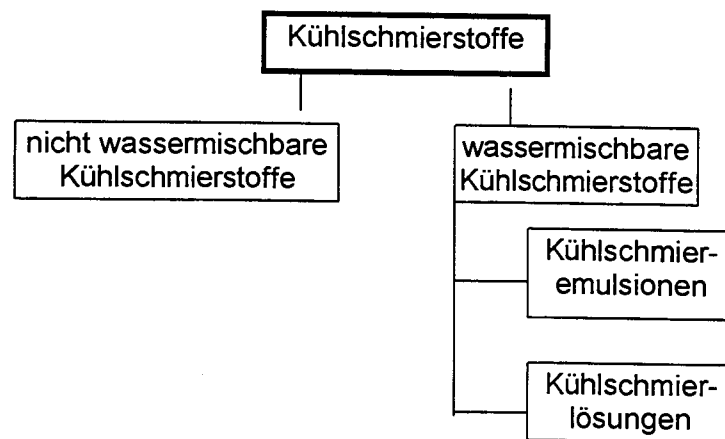


Abb. 1: Einteilung von KSS nach DIN 51385 [1]

Aufbau von wäßrigen KSS

Bei einer Öl-Wasser-Emulsion handelt es sich um eine stabile disperse Mischung von Mineralöl und Wasser, bei der die Öltröpfchen feinverteilt in einer Wasserphase vorliegen. Die Mischung der ineinander unlöslichen Komponenten wird durch Emulgatoren stabilisiert. Hierfür benutzt man polare Substanzen, die die Grenzflächenspannung zwischen Öl und Wasser erniedrigen und sich in der Grenzschicht anreichern.

Dominiert bei einer spanenden Operation die Kühlwirkung gegenüber der Reibungsminderung, empfiehlt sich der Einsatz von klaren bis leicht opalisierenden wäßrigen und weitgehend mineralölfreien Lösungen.

Emulsionen sind in der Regel aus folgenden Komponenten zusammengesetzt:

- Basisöle, basierend auf mineralischen, synthetischen oder nativen Ausgangsmaterialien,
- Emulgatoren (sie stabilisieren die feinste Verteilung der Öle im Wasser),
- Hochdruckzusätze für den Verschleißschutz bei schweren Zerspanungsarbeiten,
- Korrosionsschutzadditive (durch Filmbildung auf der Metalloberfläche wird vor elektrochemischer Korrosion geschützt),
- Biozide (sie bekämpfen Hefen, Pilze und Bakterien im KSS).

Durch Additivierung können die KSS an die jeweiligen Einsatzbedingungen angepaßt werden.

2.2 Standzeitverkürzende Einflüsse

Wäßrige KSS-Emulsionen werden durch den eigentlichen zerspanenden Bearbeitungsvorgang in ihrer Lebensdauer nicht wesentlich beeinflusst. Viel entscheidender für die Standzeit der KSS sind die äußeren Einflüsse, insbesondere:

- der Eintrag von Schadstoffen,
- zu hohe Temperaturen,
- Luftabschluß durch aufschwimmendes Fremdöl,
- fehlerhaftes Anmischen oder ungeeignetes Ansetzwasser.

2.3 Maßnahmen zur Standzeitverlängerung

Bei zentralen KSS-Versorgungsanlagen sind durch geeignete Pflegeeinrichtungen und Überwachung des aktuellen Badzustandes Standzeiten von zwei Jahren die Regel. Auch bei einzelversorgten Maschinen kann oft schon mit einfachen technischen Ausrüstungen und einem geringen organisatorischen Aufwand eine beachtliche Standzeitverlängerung erreicht werden. Mit steigender Standzeit verringern sich auch die Kosten.

Eine betriebswirtschaftliche Überprüfung der jeweiligen Maßnahmen sollte fallspezifisch durchgeführt werden:

- Mitarbeiter schulen und sensibilisieren,
- Abstimmen des KSS mit Bettbahn-, Hydraulikölen sowie ggf. Reinigungsmitteln,
- Überprüfen und dokumentieren nach TRGS 611 [2],
- Fremdstoffeinträge vermeiden,
- Fremdöle entfernen,
- Fremdstoffe entfernen,
- Reinigung und Desinfektion beim KSS-Wechsel.

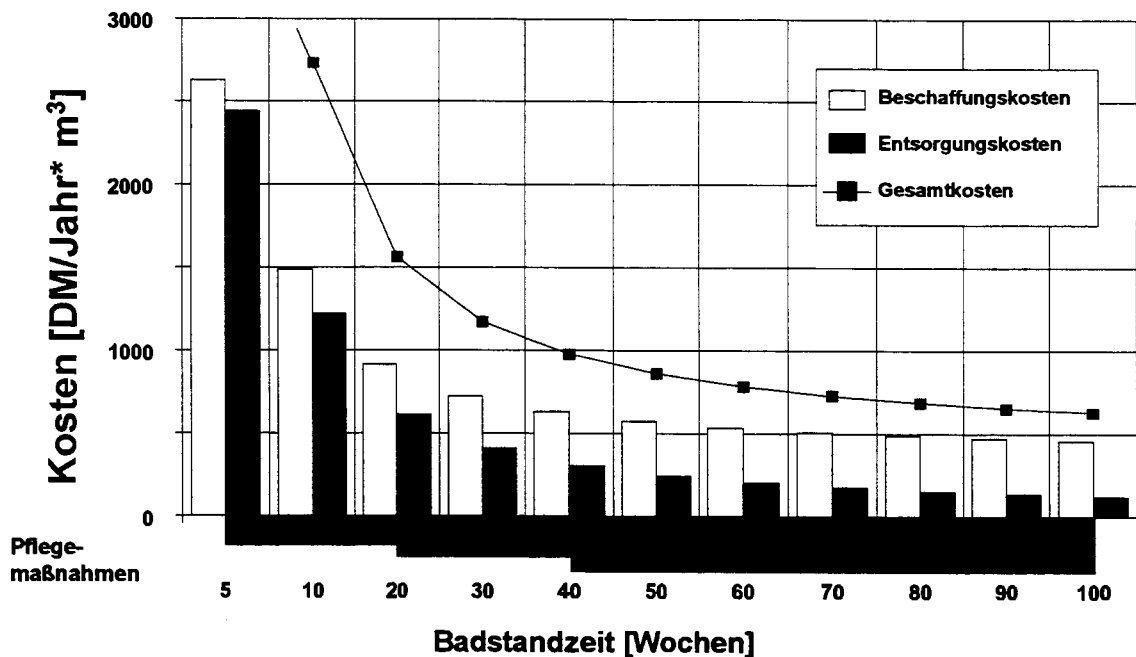


Abb. 2: Kostenentwicklung bei KSS-Emulsionen in Abhängigkeit von der Badstandzeit [Abbildung: ABAG] [3]

Bei großem KSS-Volumen und vielen Maschinen sind technische Ausrüstungen und eine gute betriebliche Organisation notwendig, um die Leistungsfähigkeit der KSS zu erhalten.

2.3.1 Mitarbeiter-Schulung

Die Mitarbeiter beeinflussen durch ihren Umgang mit den KSS deren Lebensdauer sehr stark. In Schulungen lernen die Mitarbeiter, daß die KSS sauber zu halten sind, d.h. z.B. keine Essensreste, Zigarettenkippen oder auch

sonstige Betriebshilfsmittel in den KSS gelangen dürfen. Durch die Pflege der KSS werden auch Gesundheitsgefahren für die Mitarbeiter vermieden.

2.3.2 Abstimmen der KSS mit anderen Betriebshilfsstoffen

Um durch Pflege lange Standzeiten der KSS erreichen zu können, dürfen die anderen Betriebshilfsstoffe die KSS nicht derart verändern, daß die durchgeführte Pflege nicht mehr wirkt. Betriebshilfsstoffe können durch Leckagen der Hydrauliksysteme und Getriebe oder als Anhaftung an den Werkstücken in die KSS eingeschleppt werden. Deshalb ist mit den Lieferanten der KSS- und der sonstigen Betriebshilfsstoffe sicherzustellen, daß sich diese nicht gegenseitig negativ beeinflussen.

2.3.3 Überprüfen und dokumentieren nach TRGS 611 [2]

Wäßrige KSS-Emulsionen sind Gefahrstoffe und müssen nach (Technische Regel Gefahrstoffe) TRGS 611 [2] überprüft und die Ergebnisse müssen dokumentiert werden. Dadurch kann der Betrieb seine Problemmaschinen erkennen und diese Probleme gezielt aufarbeiten. Die notwendigen Richtlinien, Formblätter und technischen Ausrüstungen sind z.B. über den KSS-Lieferanten zu beziehen.

2.3.4 Fremdstoffeinträge vermeiden

Die KSS negativ beeinflussende Stoffe können eingetragen werden durch:

- | | |
|--------------|---|
| Mitarbeiter: | - Abfälle, Essensreste,
- Keime,
- Fremdflüssigkeiten, Getränkereste. |
| Werkstücke: | - Verunreinigungen (Schmutz),
- Korrosionsschutzmittel,
- Keime. |
| Maschine: | - Leckagen aus der Hydraulik,
- Leckagen aus Getriebe,
- abgewaschene Bettbahnöle,
- Kühlwasser. |

Umgebung:	- Auswaschungen aus der Luft (Staub, Ruß, NOx, PAK, Keime).
Bearbeitungsprozeß:	- Bearbeitungsspäne (Grob- und Feinanteil), - Schleifmittel, - Temperatur.

Schmutzige Werkstücke sollten daher vor der Bearbeitung gereinigt werden. Ist der Bearbeitungsraum geschlossen und wird abgesaugt, muß Hallenluft nachströmen, die z.B. mit Staubpartikeln belastet sein kann. Der KSS-Gischt im Bearbeitungsraum wäscht diese Partikel aus, weshalb die Zuluft gefiltert werden sollte um eine Anreicherung im KSS zu verhindern.

2.3.5 Fremdöle entfernen

In den KSS eingetragene Fremdöle bilden insbesondere in Ruhezeiten einen Ölfilm an der Oberfläche. Der dadurch bedingte Luftabschluß führt oft zu erhöhtem anaeroben Keimwachstum. Bakterien und Pilze können die Wirkstoffe der KSS angreifen, so daß nicht mehr die volle Leistung erbracht wird, verbunden mit einem Absinken des pH-Wertes (erhöhte Korrosionsgefahr).

KSS-Konzentrate können emulgierend und demulgierend formuliert werden. Emulgierende KSS können in großem Umfange eingetragene Fremdöle aufnehmen. Sie verändern dadurch jedoch auch ihre technischen Eigenschaften. Im Ruhezustand flotieren die eingetragenen Fremdöle nicht und bilden damit auch keinen durch einfache Pflegemaßnahmen entfernbaren Ölfilm.

Wird die Emulgationsfähigkeit überschritten, flotieren die weiterhin eingetragenen Fremdöle.

Werden demulgierende KSS-Konzentrate eingesetzt, werden die Fremdöle nicht in die KSS einemulgiert. Die Fremdöle können flotieren und sammeln sich an der Oberfläche an. Sie bilden bevorzugt in Ruhezeiten einen luftdichten Abschluß. Mit einfachen technischen Geräten können die freien Fremdöle abgeschieden oder durch kurzes (10 Minuten), regelmäßiges (2-stündiger Rhythmus) Umpumpen in der Ruhezeit wieder eingemischt und Luftsauerstoff zugeführt werden. Dadurch werden die Wachstumsbedingungen für anaerobe Keime ungünstiger.

Mit einer einfachen Steuerung wird hierzu die vorhandene KSS-Umwälzpumpe angesteuert. Dabei ist darauf zu achten, daß die KSS nicht aus der Maschine gepumpt werden.

Einrichtungen zur Entfernung von Fremdölen werden in der Tabelle 1 aufgeführt.

2.3.6 Fremdstoffe entfernen

Die eingeschleppten Fremdstoffe sind Träger oder Nahrungsquelle für Hefen, Pilze und Bakterien, reagieren unkontrolliert mit den Bausteinen der KSS oder / und führen zu erhöhtem Verschleiß an Werkzeugen und Maschinen. Einrichtungen zur Entfernung von Fremdstoffen werden in der Tabelle 1 aufgeführt.

2.3.7 Gründliche Reinigung und Entkeimung der Anlage beim KSS-Wechsel

Vor dem KSS-Wechsel kann von einem geschulten Fachmann Systemreiniger den KSS zugegeben werden, damit die darin enthaltenen Hefen, Pilze und Bakterien abgetötet werden. Nachdem das Alt-KSS abgesaugt ist, sollte die Maschine möglichst mit einem Dampfstrahlgerät gründlich gereinigt und gespült werden, damit keine „Nester“ zurückbleiben, die eine schnelle Verkeimung der Neubefüllung bewirken würden.

2.3.8 Tabellarische Zusammenfassung beispielhafter Pflegetechniken für wassergemischte KSS (Emulsionen und Lösungen)

Technik	Fremd- ölab- scheidg	Fest- stoffab- scheidg	Investitions- betrag	Betriebs- kosten	Hand- habung	Standzeit- verlängerg.
Pumpen- steuerung	#	#	500,-	++	+	+
Öl-Skimmer versch. Bauart	o	--	800,- bis 1.200,-	+	o	o
Technik	Fremd- ölab- scheidg	Fest- stoffab- scheidg	Investitions- betrag	Betriebs- kosten	Hand- habung	Standzeit- verlängerg.
Ringkammer-			8.000.- bis			

entöler	+	-	25.000,-	+	o	o
Magnet- scheider	--	+ (nur Fe- Metalle)	5.000,- bis 12.000,-	+	+	o
Sedimentations- behälter	-	+	2.000,- bis 4.000,-	++	o	o
Hydrozyklone	-	+	5.000,- bis 15.000,-	+	o	o
Bandfilter	-	+	15.000,- bis 50.000,-	-	o	o
Rückspülbarer Bandfilter	-	+	10.000,- bis 30.000,-	o	+	o
Koaleszenz- abscheider	o	o	12.000,- bis 30.000,-	o	+	+
Luft- flotation	+	+	6.000,- bis 8.000,-	++	++	++
Lamellen- schräglärer	+	+	10.000,- bis 50.000,-	++	++	++
Anschwemm- filter	+	+	25.000,-	o	+	+
Sedimentations- behälter mit Ölabscheidung	+	+	3.000,- bis 6.000,-	+	o	+
Zentrifuge, stehend, liegend	++	++	30.000,- bis 200.000,-	o	+	++

++ = sehr gut, + = gut, o = zufriedenstellend, - = mangelhaft
 -- = ungenügend # = trifft nicht zu

Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung beispielhafter Pflorgetechniken für KSS (Emulsionen und Lösungen)

In der obigen Tabelle sind die Pflorgetechniken so geordnet, daß zuerst die ohne Abscheidung aufgeführt sind, dann diejenigen die nur Öl abscheiden, gefolgt von denjenigen, die nur Feststoffe abscheiden. Zum Schluß ist die Gruppe aufgeführt, die Feststoffe und Öl abscheiden kann. Innerhalb der Gruppe ist

nach Abscheidungsleistung nochmals sortiert. Bei gleicher Abscheidungsleistung wurde nach dem Investitionsbetrag, der auch von Anlagengröße bzw. Durchsatz abhängig ist, weiter differenziert.

3. Aufarbeitung und Entsorgung von wassergemischten KSS

Wenn sich die anwendungsspezifischen Eigenschaften der KSS derart negativ verändern, daß sie vorzeitig verworfen werden müssen, können folgende Kriterien Hinweise auf die möglichen Ursachen geben:

Kriterium	mögliche Ursache
verstärkte Geruchsbildung	erhöhter bakterieller Besatz Eintrag von Fremdstoffen
Ablagerungen auf Werkstücken und Maschinen	zu geringe KSS-Konzentration Fremdöleintrag Einschleppungen von Härtebildnern durch Ansetzwasser
Schaumbildung	zu weiches Ansetzwasser Fremdstoffeintrag
Hauterkrankungen der Mitarbeiter	Bakterienbesatz zu hoch Fungizidkonzentration zu hoch
Korrosion an Werkstücken und Maschinen	pH-Wert zu gering (z.B. durch erhöhten Bakterienbesatz) Chloridgehalt zu hoch
Nitritwert über 20 mg/l	z.B. zuviel Nitrit bzw. Nitrat im Ansetzwasser hohe Keimbelastung

Tabelle 2: Kriterien, die zum Verwerfen des KSS führen, und deren Ursachen

Die Überprüfung der Nitritwerte ist in der TRGS 611 [2] beschrieben. Sie dient in erster Linie dem Gesundheitsschutz des Mitarbeiters, da Nitrit als Leitsubstanz zur Vermeidung von Nitrosaminbildung dient. Diese Messungen sollten um die produktionsspezifischen Parameter (z.B. pH-Wert, Konzentration, Temperatur) erweitert werden. Dadurch kann in einem Durchgang der Arbeitsschutz und die Qualitätssicherung abgedeckt werden.

Wird der Grenzwert eines Parameters überschritten und haben Pflegemaßnahmen keinen Erfolg, ist der KSS zu verwerfen und muß entsorgt werden. Eine direkte Verwertung oder Beseitigung verworfener KSS-Emulsionen ist ohne vorherige Behandlung nicht möglich. Primäres Ziel der Behandlungsverfahren (Emulsionsspaltung) ist die weitgehende Abspaltung der Wasserphase (i.d. Regel > 80%).

Die abgespaltene Wasser- und die verbleibende Ölphase können bei richtiger Produkt- und Verfahrensauswahl einer Verwertung zugeführt werden.

Die Aufarbeitung verbrauchter wassergemischter KSS kann:

- in externen Anlagen,
- in internen Anlagen und
- in mobilen Anlagen beim Erzeuger erfolgen.

Zur Aufarbeitung sind Trennverfahren vorrangig anzuwenden, bei denen nicht durch Zusatz von Chemikalien die Abfallmenge erhöht wird und die beiden Phasen (Wasser und Öl) einer Verwertung (intern oder extern) zugeführt werden können.

Bei der Auswahl der Emulsions-Spaltverfahren sollten neben technologischen folgende Kriterien erfüllt werden:

- Die gewonnene Wasserphase ist für den Neuanatz der KSS geeignet oder erfüllt zumindest die Einleitbedingungen.
- Das gewonnene Konzentrat kann einer Verwertung zugeführt werden.

In der Praxis gelten die folgenden 3 Verfahren als empfehlenswert:

Membranverfahren (Ultrafiltration, Umkehrosmose)

Vorteile	Nachteile
- keine Abfallvermehrung durch Chemikaliengaben	- Vorversuche notwendig
- Konzentrat und wäßrige Phase meistens verwertbar	- Membran-Standzeit begrenzt
- annehmbare Betriebskosten	- Investitionskosten hoch
	- Wasseranteil 40-60% im Konzentrat
	- Nachbehandlung der wäßrigen Phase zur Einleitung überprüfen

Wird der Ultrafiltration eine Umkehrosmose nachgeschaltet, können auch gelöste Komponenten (Kohlenwasserstoffe, Metalle, Salze) abgetrennt werden.

Verdampfungsverfahren (Vakuumverdampfung mit Brüdenverdichtung)

Vorteile:	Nachteile:
- Universell einsetzbares Verfahren	- hohe Investitionskosten
- Kein Chemikalieneinsatz	- Energieintensives Verfahren
- Wasser und Ölphase häufig wieder verwendbar	- Verschleppung wasserdampfflüchtiger Inhaltsstoffe möglich
- Restwassergehalt < 10% möglich	

Spaltung mit organischen Chemikalien

Vorteile:	Nachteile:
- Als Vorspaltverfahren einsetzbar	- Begrenzt einsetzbar
- Zusätzlicher Schlamm vermieden	- Überdosierung möglich
- Aufsatzung vermieden	- Fachpersonal erforderlich
- Anlagentechnik einfach	- Spaltmittel zusätzlich erforderlich
- Ölphase verwertbar	- Nachbehandlung des Spaltwassers häufig notwendig

Durch einfache, vorgeschaltete Behandlungsstufen kann die Trennung in eine Wasserphase und Konzentrat erleichtert werden:

- Flotation für freie Öle,
- Sedimentation für Feststoffe.

Nach der Trennung sind je nach Verfahren noch weitere Behandlungsschritte notwendig, z.B. um bei der Wasserphase die Einleitwerte einzuhalten oder für den Wiedereinsatz eine Schadstoff-Anreicherung zu vermeiden.

Beim Konzentrat (Ölphase):

- weiterer Wasserentzug (z.B. durch Dünnschichtverdampfer) zur besseren Verwertbarkeit.

Verwertungsmöglichkeiten für das Konzentrat (sofern es sich überwiegend um Öl handelt):

Verwertung	Anforderung
Zweitölraffinerie	-Öle auf Mineralöl- oder synthetischer Basis -geringer Schadstoffgehalt -Restwassergehalt < 10%
Pflanzenölverarbeitende Industrie	-native Öle mit geringem Mineralölanteil
Hydrierung	-alle Öle, auch mit hohem Cl und PCB-Anteil
Energetische Verwertung	-Öle mit hohem Brennwert -Schadstoffgehalt begrenzt (anlagenspezifisch)

3.1 Membranverfahren

Je nach Porengröße der Membran (Trennorgan) werden folgende Verfahrensbezeichnungen unterschieden und derzeit am häufigsten eingesetzt:

- Mikrofiltration,
- Ultrafiltration,
- Umkehrosmose.

Zur Auswahl der Membran sind in der Regel Vorversuche notwendig.

Mit der Mikrofiltration werden nur gröbere Verschmutzungen vom KSS abgetrennt.

Die Ultrafiltration kann in ihrem Porendurchmesser so ausgelegt werden, daß sie die einmulgierten Öltröpfchen zurückhält.

Die Umkehrosmose ist in der Lage, auch Salze und Metallionen zurückzuhalten.

Je kleiner die Porengröße der Membrane, um so größer ist der Durchflußwiderstand. Die Mikrofiltration kann mit Drücken um 0,5 bar betrieben werden. Bei der Umkehrosmose können bis zu 80 bar notwendig werden.

Die Membranen müssen in regelmäßigen zeitlichen Abständen gegengeschpült oder regeneriert werden, da sie sonst verblocken, insbesondere durch Feststoffe und seifige Bestandteile. Hierdurch entstehen Stillstandszeiten. Deshalb sollten vor der Behandlung in einer Membrananlage Feststoffe und freie Öle abgeschieden werden. Die Regenerationsflüssigkeit muß zusätzlich entsorgt werden.

3.2. Chemische Verfahren

3.2.1 Anorganische Spaltverfahren

Durch die Zugabe von Säuren, Laugen, Flockungshilfsmitteln und weiteren Chemikalien wird eine filtrierbare Flocke erzeugt, mit der die abzutrennenden Bestandteile in einer Kammerfilterpresse abfiltriert werden. Der Restwasseranteil im Filterkuchen beträgt bis zu 60%.

Durch den Zusatz der vielen Chemikalien und den hohen Wasseranteil im Filterkuchen wird die zu entsorgende Sonderabfallmenge zum eigentlichen abgetrennten Schadstoff um ein mehrfaches gesteigert.

Anorganische Spalt-Verfahren zur Spaltung von wäßrigen KSS-Emulsionen und wäßrigen Reinigern entsprechen daher nicht mehr dem Stand der Technik.

3.2.2 Organische Spaltverfahren

Den KSS werden kationische Polymere zugesetzt, die die Emulsion destabilisiert und damit ihre Trennung ermöglicht. Eine einfache Schwerkrafttrennung reicht aus. Bei der organischen Emulsionsspaltung muß das Spaltmittel genau auf das zu spaltende Medium abgestimmt (Vorversuche erforderlich) und eine exakte Dosierung eingehalten werden. Anwendungsbereiche sind daher primär größere Anfallstellen von Emulsionen auf Mineralölbasis bei gleichbleibender Zusammensetzung. Das Spaltwasser erreicht kaum Einleitqualität, so daß das Verfahren häufig vorgeschaltet zur Entlastung oder Kapazitätserweiterung einer UF-Anlage eingesetzt wird. Mit einer nachgeschalteten Ultrafiltration werden dann sehr gute Werte für das Klarwasser erreicht, so daß es entweder eingeleitet oder besser zum Wiederansatz verwendet werden kann. Das Retentat hat einen sehr geringen Wasseranteil der eine stoffliche oder energetische Verwertung ermöglicht.

3.3 Verdampfungsverfahren

Der Dampfdruckunterschied des Lösemittels (im KSS ist es Wasser) zu den Inhaltsstoffen ist Basis für die Trennung durch Destillation. Damit der Trenn- und Verdampfungsvorgang scharf und schnell abläuft, muß das zu verdampfende Gemisch turbulent gehalten oder als dünner Film auftragen werden, um große

Oberflächen zur Wärmeübertragung zu bekommen. Ein guter Wärmeübergang muß gewährleistet sein, um einen guten Wirkungsgrad bzw. eine hohe Effektivität erreichen zu können.

Wesentlicher Vorteil der Verdampfer ist, daß auch gelöste Bestandteile (Organik, Salze, Metalle) zurückgehalten werden, d.h. im Konzentrat verbleiben. Neben KSS-Emulsionen lassen sich mit diesem Verfahren daher auch Prozeßlösungen aufarbeiten. Daraus ergibt sich ein sehr breites Anwendungsspektrum. Nachteilig ist, daß wasserdampfflüchtige Bestandteile, wie z.B. niedrig siedende Öle oder eingeschleppte Lösemittel, in das Kondensat verschleppt werden können.

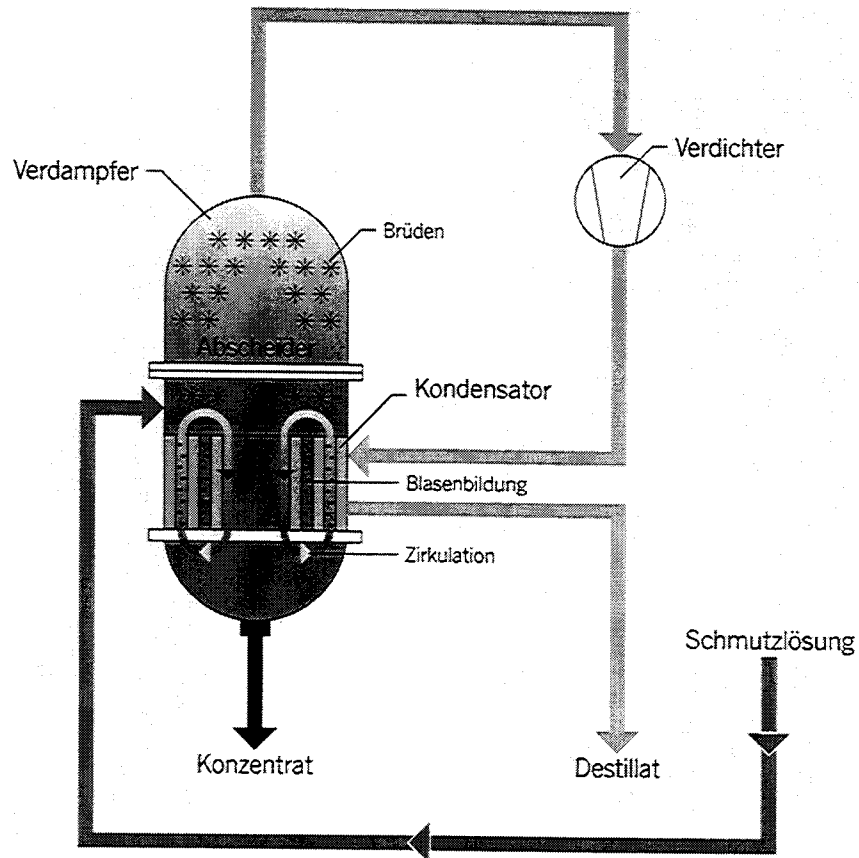
3.3.1 Verdampferbauarten

- Dünnschicht- oder Fallfilmverdampfer: Die aufzuarbeitende Schmutzemulsion oder Schmutzlösung (Konsistenz bis Dünnschlamm) läuft in dünnen Schichten, von Wischern unterstützt, an der beheizten Innenseite des Vakuumraumes verdunstend nach unten. Der hierzu notwendige technische Aufwand ist erheblich. Der erreichbare Restwasseranteil ist jedoch recht gering (<10%).

Diese Verdampferbauart wird hauptsächlich zum weiteren Aufkonzentrieren von Konzentraten eingesetzt. Diese Bauart ist zum direkten Aufarbeiten von Schmutzlösungen bzw. Schmutzemulsionen teurer als die beiden folgenden.

- Blasenverdampfer: Die Verdampfung findet nur an der Kontaktfläche der zu verdampfenden Schmutzlösung oder Schmutzemulsion im beheizten Vakuumraum statt. Diese geringere Fläche reduziert die Verdampferleistung. Die Geräte sind einfach und robust aufgebaut. Zur Kristallisation und Sedimentation neigende Schmutzflüssigkeiten sind nicht geeignet. Ebenfalls darf der Schmutzfrachtanteil 5% nicht übersteigen. Das Konzentrat muß stets fließförmig bleiben. Diese Verdampfer-Bauart ist gut geeignet zum Aufarbeiten von wäßrigen Emulsionen und Lösungen z.B. Entfettungen, Phosphatierungen, Kühlschmierstoffe und Gleitschleifabwässern.

Zur Schaumbildung neigende Flüssigkeiten reduzieren die Verdampferleistung bzw. sind mit dieser Bauart schlecht aufarbeitbar: Beispiele für ungeeignete Flüssigkeiten: Eluate, Abwässer von Waschplätzen, vorbehandelte Abwassergemische.



Blasenverdampfer Typ DBHR

Abb. 3: Ablaufschema eines Blasenverdampfers, [Abb. Firma VacuTec]

- **Entspannungsverdampfer:** Die aufzuarbeitende Schmutzemulsion bzw. Schmutzlösung wird durch eine Pumpe in den Vakuumraum eingedüst. Bei diesem Entspannungs Vorgang verdampft das Wasser. Diese Verdampferbauart ist geeignet für demulgierende, wässrige Lösungen, wie Entfettungsbäder, zur Kristallisation und Sedimentation neigende Prozeßwässer, die bei der Eindampfung dünnflüssig bleiben (z.B. Salzlösungen), Lösungen mit hoher Eingangskonzentration (z.B. Retentate), zur Schaumbildung neigende Prozeßwässer (z.B. Entfettungsbad und KSS-Gemische).

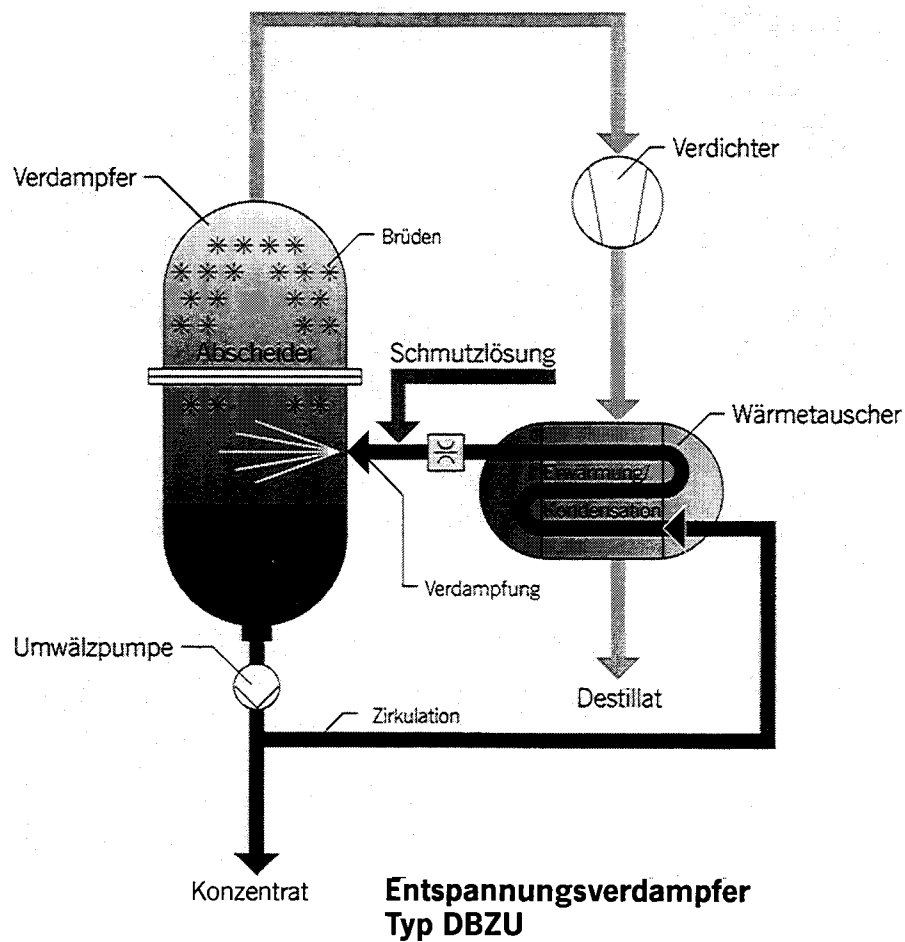


Abb. 4: Ablaufschema eines Entspannungsverdampfers, [Abb. Firma VacuTec]

Im Rahmen des Modellprojektes wurde ein Vakuumverdampfer (Bauart Blasenverdampfer) mit Brüdenverdichtung auf seine Eignung als mobile Anlage zur Aufarbeitung von KSS-Emulsionen und anderen Prozeßwässern untersucht. Auf dieses System wird daher im folgenden ausführlicher eingegangen.

3.3.2 Grundlagen der Verdampfungsverfahren

Für die Abfallreduzierung interessiert in der Praxis neben dem erforderlichen Energie- und Investeinsatz primär das Massenverhältnis von aufzuarbeitendem Produkt zum zu entsorgenden Konzentrat.

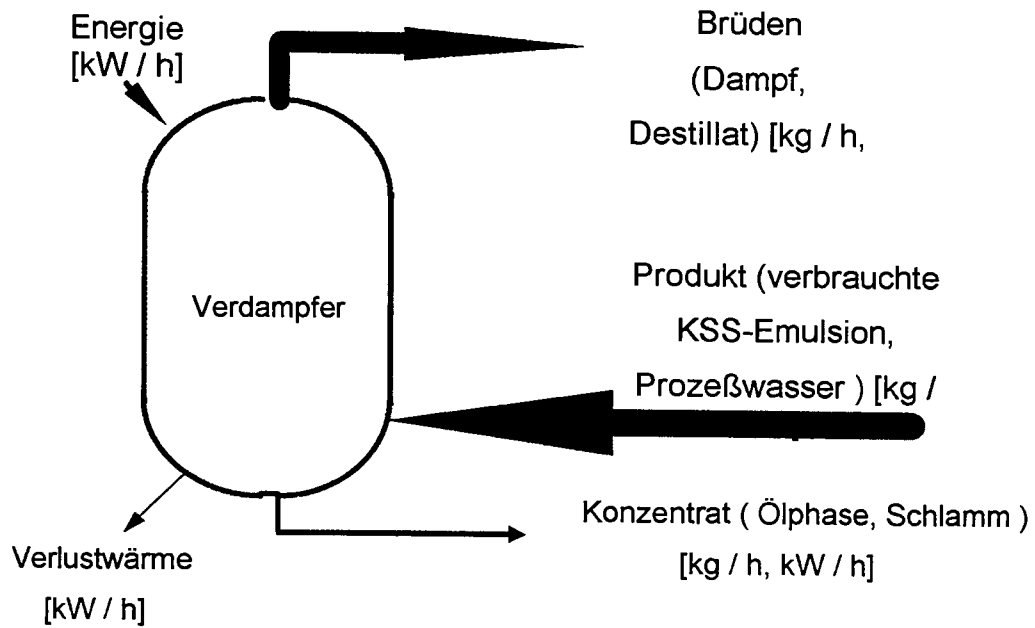


Abb. 5: Stoffflußbild der Stoff- und Energieströme (die Pfeildicke entspricht den Stoff- und Energieströmen)

Für den betriebswirtschaftlich optimalen Einsatz eines Verdampfers muß die Destillationskurve des Produktes bekannt sein. Sie ist abhängig von den Inhaltsstoffen und der Anfangskonzentration und ihre Steigung wird steiler mit fortschreitender Aufkonzentration.

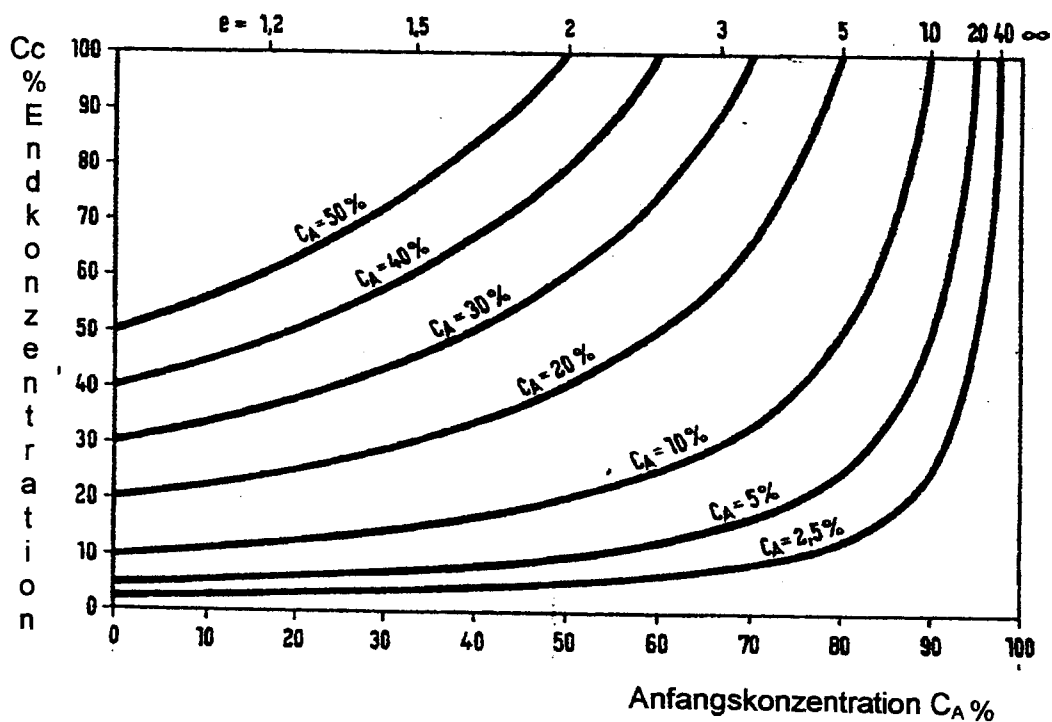


Abb.6: Verdampfungsverlauf in Abhängigkeit zur Anfangskonzentration, [Abb. GEA Wiegand]

Während des Eindampfungsprozesses steigt anfangs die Konzentration langsam, mit fortschreitender Prozeßdauer jedoch immer schneller an, bis die gewünschte Endkonzentration erreicht ist. Mit steigender Konzentration sinkt der Wärmeübergang, d.h. die Wärmeübertragung an den Heizflächen verschlechtert sich, womit die Verdampferleistung sinkt. [4]

Aus Abb. 7 ist ersichtlich, daß es wirtschaftlich sinnvoll ist, das Konzentrat nicht total einzudampfen, sondern den Prozeß an einem geeigneten Punkt (T) abzubrechen, Teile des Konzentrates abzulassen, wieder so lange Produkt nachzufüllen und zu destillieren, bis die Ablasskonzentration wieder erreicht ist.

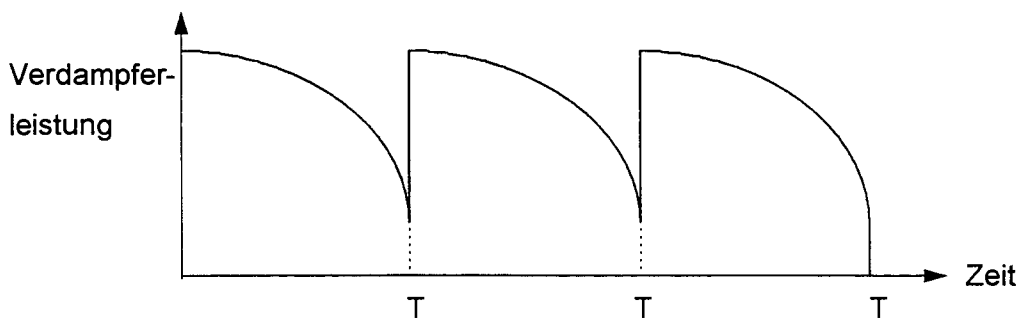


Abb.7: Verdampferleistung bei steigender Konzentration
(T= Chargenwechsel)

3.3.3 Energieeinsatz beim Verdampfer

Vom Grundprinzip her sind Verdampfer energieaufwendig. Die meiste Energie steckt in der Verdampfungswärme des Wassers. Durch anschließende Kondensation und Brüdenverdichtung kann diese Energie zurückgewonnen und im Prozeßkreislauf geführt werden.

Der Energieverbrauch läßt sich durch Einsatz von Wärmepumpen stark reduzieren. Der Energiebedarf liegt bei den unterschiedlichen Verdampfungsverfahren in folgenden Bereichen:

- Einstufiger Verdampfer 800 - 1.000 W / kg Destillat,
- Dreistufiger Verdampfer 200 - 300 W / kg Destillat,
- Mit externer Wärmepumpe 120 - 200 W / kg Destillat,
- Mit mechanischem Brüdenverdichter 80 - 120 W / kg Destillat.

Für den praktischen Einsatz kommt daher nur ein System mit mechanischem Brüdenverdichter in Frage.

In der externen Wärmepumpe wird, wie in jedem Kühlschrank, ein Kältemittel als Energieträger eingesetzt. Dieses transportiert die Wärmeenergie aus dem Destillat nach Temperaturerhöhung im Kompressor in den Verdampfungsraum. Die Förderung des Kältemittels benötigt zusätzliche Energie.

In der offenen Wärmepumpe - Brüdenverdichter werden die Brüden des zu destillierenden Produktes als Energieträger verwendet. Die Brüden werden oben aus der Siedekammer (Vakuumraum) abgesaugt und verdichtet, wodurch sie auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden. Im Kondensator, der im Flüssigkeitsbereich der Siedekammer angeordnet ist, geben sie ihre Wärmeenergie wieder ab. Nach Entspannung, Kondensation und weiterer Rückkühlung verlassen sie als Destillat die Anlage.

In der Praxis werden überwiegend mechanische Brüdenverdichter eingesetzt. Mit diesem Prinzip kann erreicht werden, daß die für den Prozeß benötigten Energieströme

- Temperaturerhöhung im Kondensat,
- Temperaturerhöhung im Konzentrat,
- Wärmeabstrahlung der Anlage,

durch Wirkungsgradverluste des mechanischen Brüdenverdichters abgedeckt und somit für den Verdampfungsprozeß genutzt werden.

Auf Zusatzheizung und Rückkühlung im kontinuierlichen Betrieb kann verzichtet werden, dadurch sind besonders geringe Energieverbräuche realisierbar. Die Investitionssumme für den eigentlichen mechanischen Brüdenverdichter ist hoch, dafür sind die Energieverbräuche äußerst niedrig.

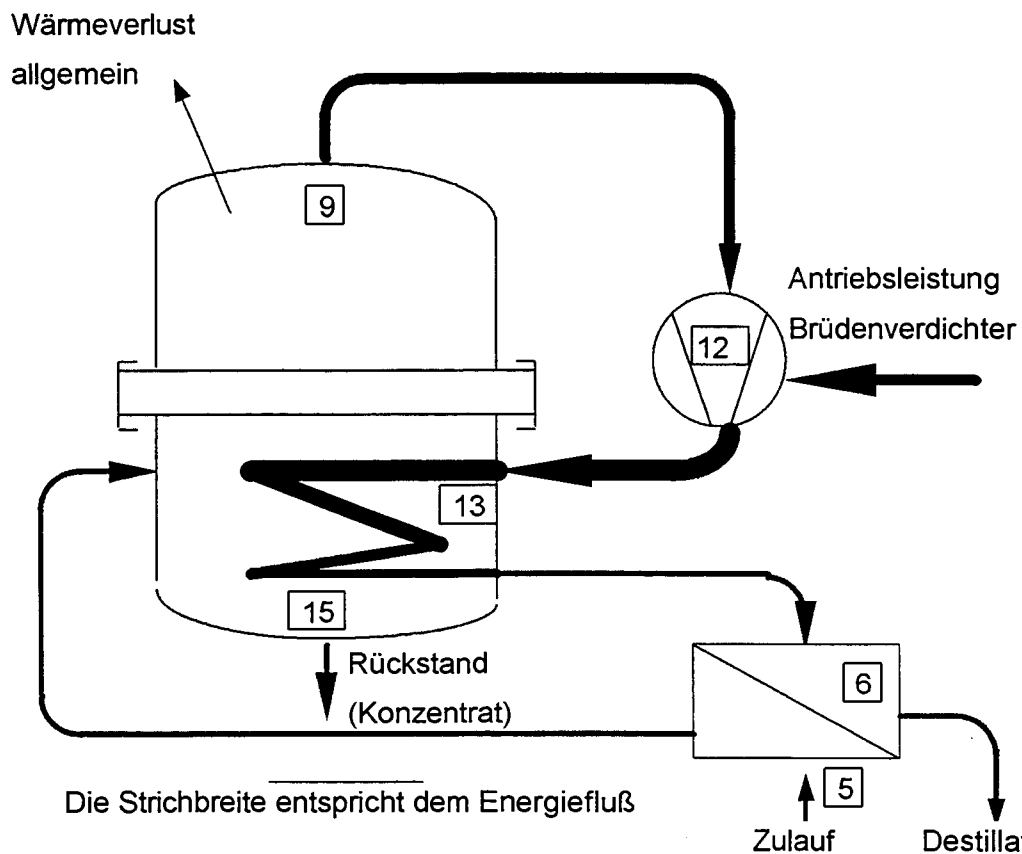


Abb. 8: Energiefluß bei einem Verdampfer mit mechanischem Brüdenverdichter

Die aufzubereitende oder wiederzugewinnende Flüssigkeit wird über den Zulauf (5) angesaugt und durchfließt den Wärmetauscher (6). Sie kühlt das ablaufende Destillat und erwärmt sich dabei.

Durch das Vakuum in den Verdampfer (9) gesaugt, erwärmt sich die Flüssigkeit am vom Reindampf durchströmten Kondensator (13) noch mehr und verdampft. Schmutzpartikel sowie höher als Wasser siedende Flüssigkeiten bleiben als Rückstand zurück und werden automatisch über das Ablassventil (15) abgelassen, sobald eine vorgewählte Konzentration erreicht ist.

Der entstandene Reindampf wird aus dem Verdampfungsraum (9) von der Vakuumpumpe (12) angesaugt, verdichtet und dem Kondensator (13) zugeführt. Dort kondensiert er, wodurch er die freiwerdende Kondensationsenergie an die umgebende Flüssigkeit abgibt. Das Kondensat strömt durch den Wärmetauscher (6), in dem es seine Wärme an die einströmende Flüssigkeit abgibt, und verläßt als Reindestillat die Anlage.

4. Beschreibung des Projektes

Durch die in Kapitel 3 beschriebenen Pflegemaßnahmen von KSS lassen sich lange Badstandzeiten erzielen. Dadurch werden die aufzuarbeitenden Mengen so gering, daß sich innerbetriebliche Aufarbeitungsanlagen oft nicht mehr betriebswirtschaftlich darstellen lassen.

Um im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nachhaltig zu wirtschaften, ist jeder Betrieb angehalten, seine Ressourcen möglichst lange im innerbetrieblichen Kreislauf zu halten. Bei den KSS, Schleifwässern und wäßrigen Reinigern die verworfen werden müssen, bietet sich hierbei besonders das eingesetzte Wasser an. Es ist aber ökologisch nicht sinnvoll, verbrauchte Prozeßwässer zur Aufarbeitung abzufahren und das gewonnene Reinwasser zur Wiederverwendung in den Betrieb zurückzutransportieren. Als Alternative besteht die Möglichkeit, die Aufarbeitungsanlage zur Anfallstelle zu transportieren um vor Ort das Prozeßwasser aufzuarbeiten.

Die bisherigen Entsorgungswege werden damit durch die Dienstleistung mobiler Aufarbeitungsanlagen ergänzt. Unabhängig, ob die verworfenen KSS beseitigt oder zumindest deren Wasseranteile innerbetrieblich im Kreislauf geführt werden sollen, ist eine Mengenreduzierung durch Optimierung der Badstandzeiten betriebswirtschaftlich am sinnvollsten. Dadurch werden die aufzuarbeitenden Mengen nochmals reduziert. Für Klein- und Mittelbetriebe lohnt sich eine eigene Aufarbeitungsanlage nicht. Bei sinkendem Aufkommen wird auch der spezifische Preis für einen Abtransport steigen, da die Fixkosten je Entsorgungsvorgang einen wesentlichen Kostenanteil darstellen. Für diese Betriebe sind nun Entsorgungswege zu suchen, bei denen dieser Fixkostenanteil möglichst gering ist. In den meisten Betrieben fallen mehrere Arten von Prozeßwässern in kleinen Mengen an (wie KSS, Entfettungsbäder und sonstige). Ziel des Projektes ist, daß das gesuchte System diese unterschiedlichen Wässer aufarbeiten kann.

Für ein mobiles System stehen derzeit prinzipiell zwei Verfahren zur Verfügung:

- Ultrafiltration mit nachgeschalteter Umkehrosmose,
- Vakuumverdampfer mit Brüdenverdichtung.

Eine mobile Umkehrosmose mit nachgeschalteter Ultrafiltration ist seit einiger Zeit im Einsatz. Von einer mobilen Verdampfungsanlage lagen dagegen bisher noch keine Ergebnisse vor.

Im Rahmen des Projektes sollte ein von der Firma Haller in Tett nang entwickelter, gebauter und eingesetzter Prototyp eines Vakuumverdampfers (Vv) untersucht werden.

Mobile Anlagen zur Aufarbeitung von Prozeßwässern sollten

- leicht transportierbar sein,
- ein breites Spektrum von Prozeßwässern aufarbeiten können,
- mechanisch robust und leicht instand zu halten sein,
- konstant gute Destillat-Werte erreichen, damit das Destillat im Kreislauf gefahren werden kann,
- die Wirtschaftlichkeit trotz fallender Entsorgungskosten sicherstellen,
- ein verwertbares Konzentrat sicherstellen.

4.1 Mobile Ultrafiltration/Umkehrosmose (UF/UO)

Das Herzstück des UF/UO-Systemes besteht aus der Ultrafiltration und einer der Leistung und Abscheidung angepaßten nachgeschalteten Umkehrosmoseeinheit. Voraussetzung für den Einsatz der Umkehrosmose ist die komplette Abtrennung des Öl-Schmutz-Anteils durch die vorgeschaltete Ultrafiltration. Diese Ultrafiltration sollte ebenfalls entlastet werden, indem die flotierten Fremddöle und die sedimentierten Schmutzanteile aus dem Bereitstellungstank abgezogen werden. Diese vorgeschalteten Maßnahmen verlängern die Standzeit der Module in der Ultrafiltration bzw. Umkehrosmose.

Das vorgereinigte Spaltwasser aus den Vorabschleideverfahren wird der Umkehrosmose zugeführt, die die gelösten Schadstoffanteile, wie Schwermetalle (z.B. Pb, Cd, Ni), aber auch den CSB-Wert auf die geforderten Grenzwerte reduziert.

Das gereinigte Wasser kann prinzipiell in die öffentliche Kanalisation eingeleitet oder als Prozeßwasser weiterverwendet werden.

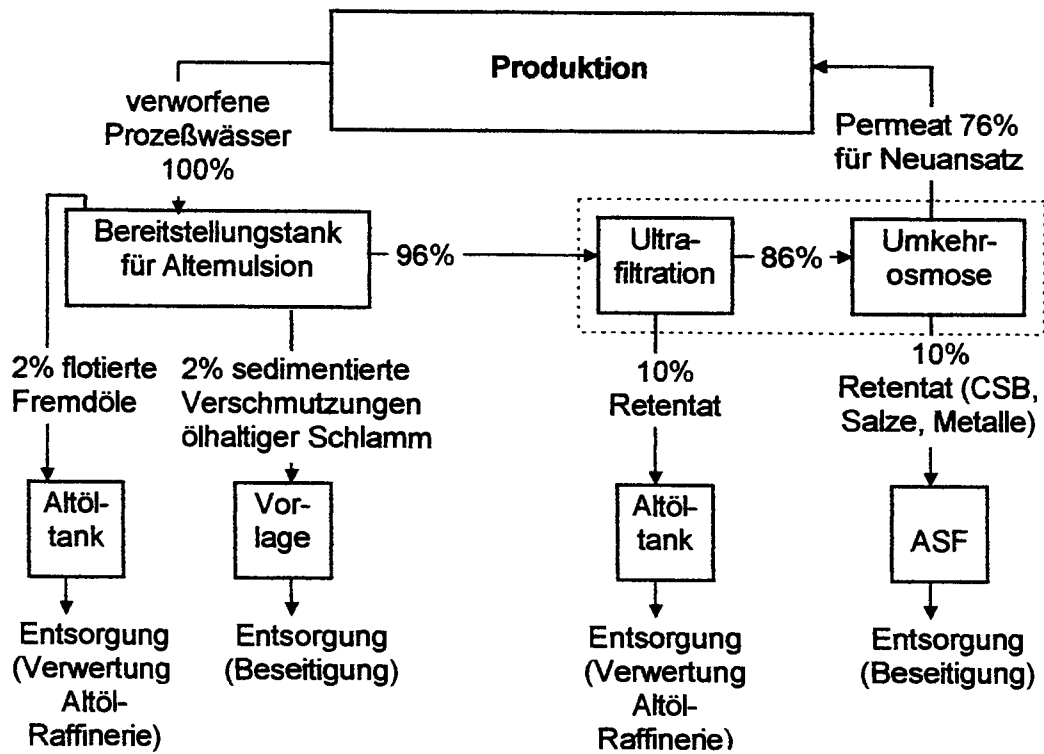


Abb. 9: Aufarbeitung von KSS-Alt-emulsionen durch Ultrafiltration (UF) und Umkehrosmose (UO)

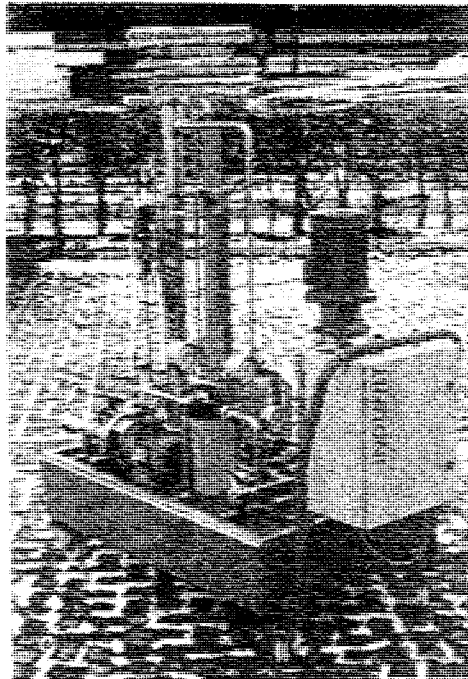


Abb.10: Mobiles UF/UO-Aggregat für Prozeßwässer, [Abb. Fa. Indufilt]

Das in Abb. 10 gezeigte Aggregat wird von einem Dienstleister mit gutem Erfolg mobil in verschiedenen metallverarbeitenden Betrieben im Raum Hannover eingesetzt. Die Wasserphase wird generell eingeleitet, so daß für jede Einsatzstelle eine Einleitgenehmigung erforderlich ist.

Der Durchsatz liegt zwischen 30 und 100 Litern in der Stunde. Für den Einsatz ist lediglich ein Netzanschluß notwendig. Vom Alt-KSS-Erzeuger ist der Tank für den Alt-KSS, ein Tank für das gewonnene wiedereinzusetzende Klarwasser und ein Altölbehälter für das abgetrennte Konzentrat bereitzustellen.

4.2 Mobiler Vakuumverdampfer (Vv)

Das zweite für den mobilen Einsatz prinzipiell geeignete Verfahren ist die Vakuumverdampfung mit Brüdenverdichtung. Das Verfahrensprinzip wurde bereits in Kapitel 3.3 beschrieben.

Von der Firma Haller in Tettnang wurde auf Basis einer stationären Anlage eine mobile Einheit entwickelt.

Gegenstand dieses Modellprojektes sind praktische Aufarbeitungsversuche verschiedener verbrauchter Prozeßwässer mit dem mobilen Vakuumverdampfer. Die Anlage ist auf einem 600 kg Einachs-PKW-Anhänger montiert. Die Anhängermulde ist als Sicherheits-Auffangwanne ausgekleidet, so daß bei Störungen keine Flüssigkeiten unkontrolliert auslaufen können. Zum Schutz des Vakuumverdampfers beim Transport ist ein Spiegel mit Plane montiert, die am Einsatzort geöffnet wird.

Der Alt-KSS-Erzeuger kann seinen bisherigen Sammeltank für Alt-KSS weiter nutzen.

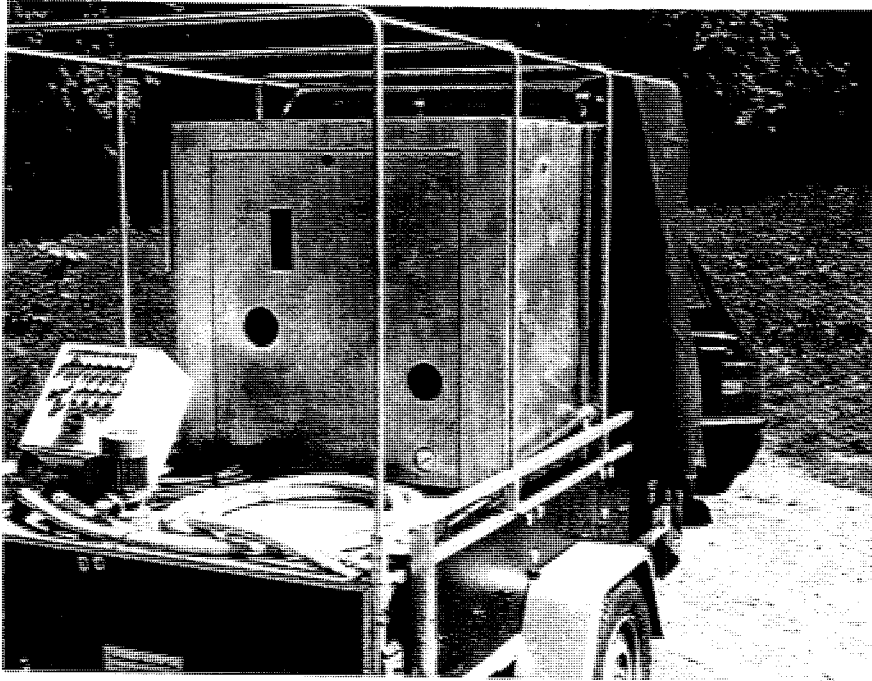


Abb. 11: PKW-Anhänger mit eingebautem Vakuumverdampfer
[Abb. Metallbau Haller]

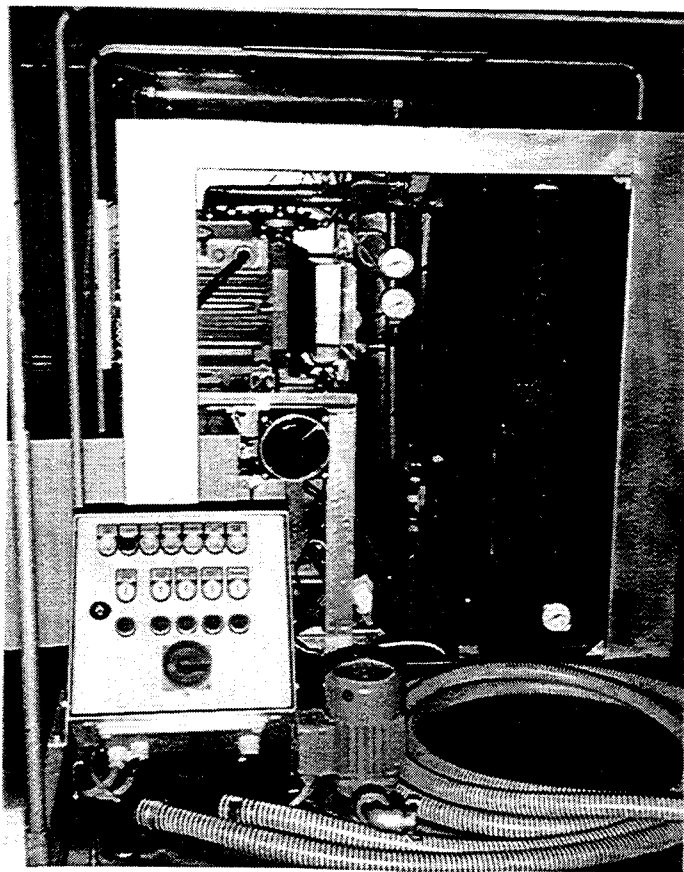


Abb. 12: Blick in die geöffnete Schallschutzhaube [Abb. Metallbau Haller]

4.2.1. Aufbauschema

Im Vv werden die aufzuarbeitenden KSS in Destillat und Konzentrat getrennt.

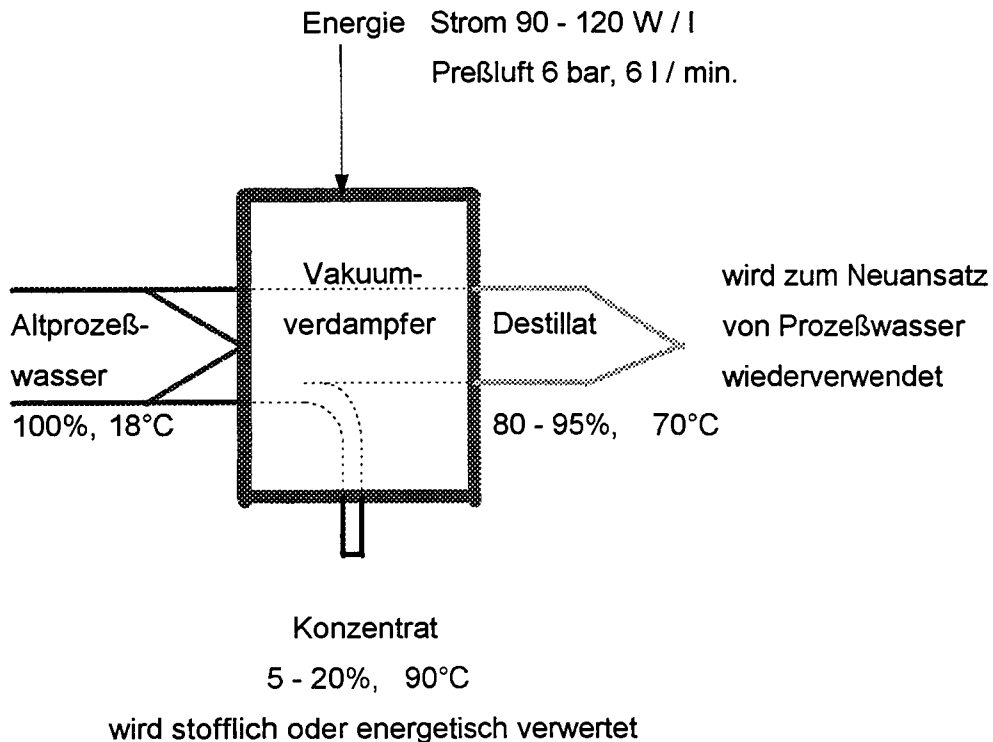


Abb.13: Aufbauschema des Verdampfers

Am Vakuumverdampfer wird Preßluft (6 bar, 6 ltr. / min) und Strom (380 V, 16 A, 50 Hz) angeschlossen. Der aufzuarbeitende KSS wird über einen Saugrüssel aus dem Alt-KSS-Behälter zugeführt.

Etwa 20 Minuten nach dem Einschalten beginnt Destillat in den Pufferbehälter zu laufen. Bei den durchgeführten Versuchen kommt der Vakuumverdampfer sicher in den Destillationsprozeß und arbeitet so lange weiter, bis der angeschlossene Alt-KSS-Behälter leer ist.

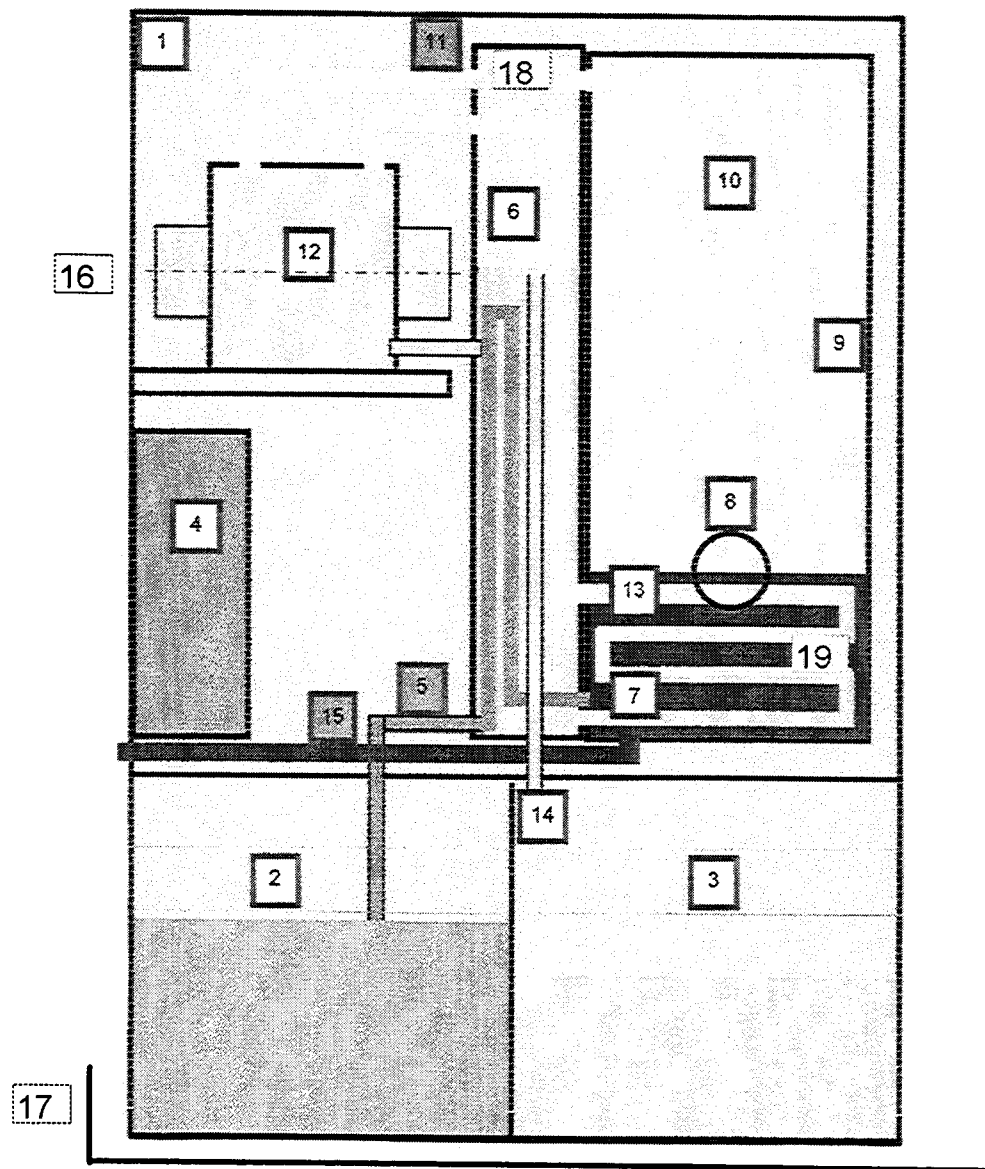
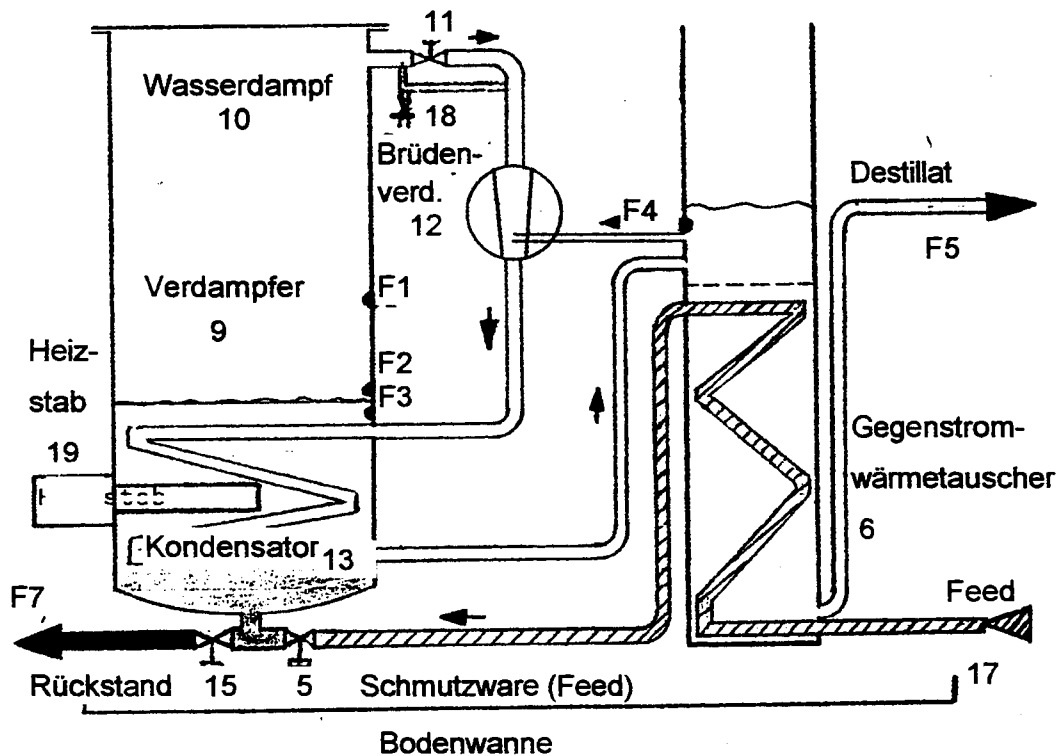


Abb.14: Schema der Vakuumverdampfung, [Abb.Metallbau Haller]

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1. Gehäuse | 7. Kondensat, Destillat | 15. Ablaßventil mit
Ablaufleitung |
| 2. Feedtank 650 l | 8. Schauglas | 16. Abluft- und
Montageöffnung |
| 3. Destillattank 650 l | 9. Verdampfer | 17. Auffangwanne |
| 4. Steuerung und
Regelung | 10. Wasserdampf | 18. Belüftungsventil |
| 5. Füllventil mit
Ansaugleitung | 11. Saugventil | 19. Heizstab |
| 6. Gegenstrom-
wärmetauscher | 12. Brüdenverdichter | |
| | 13. Kondensator | |
| | 14. Überlauf | |

4.2.2. Verfahrensbeschreibung

Stoffflußbild



Fühler 1: Überfüllungsschutz
 2: max. Stand
 3: min. Stand
 4: Trockenlaufschutz

Fühler 5: Puffertank Destillat
 6: Puffertank Schmutzware
 7: Puffertank Rückstand

Abb. 15: Stoffflußbild [Abb. Metallbau Haller]

Wirkungsprinzip

Das aufzuarbeitende KSS (Feed) wird aus dem Puffertank über den Saugrüssel durch den Gegenstrom-Wärmetauscher 6 in den Verdampfer 9 gesaugt. Das Füllventil 5 vor dem Verdampfer 9 gibt die anzusaugende Menge frei.

Es wird:

- vom Niveaugeber F3 angesteuert, um zu öffnen,
- das aufzuarbeitende Alt-KSS (Feed) fließt in den Vakuumraum 9
- und vom Niveaugeber F2 angesteuert, um wieder zu schließen, wenn die notwendige Menge an benötigtem Alt-KSS in den Verdampfer 9 eingesaugt ist.

Bei Temperaturen um ca. 90°C und 0,7 bar Druck verdampft der Wasseranteil aus dem Alt-KSS und wird durch das Absaugventil 11 vom Brüdenverdichter 12 angesaugt und auf einen Druck von 1,5 - 1,8 bar bei einer Temperatur von 108°C verdichtet. Dieser Dampf kondensiert im Kondensator 13, der als Wendel im unteren Teil des Verdampfers 9 eingebaut und vom aufzuarbeitenden Alt-KSS umspült ist. Dabei gibt er seine Energie ab und erhitzt den Behälterinhalt. Das flüssige Kondensat 7 durchströmt einen Gegenstrom-Wärmetauscher 6 und erwärmt dadurch das eingesaugte Alt-KSS. In diesem Gegenstrom-Wärmetauscher 6 trennt sich das Kondensat 7 von dem Spezialöl des Brüdenverdichters 12.

Um die Prozeßtemperatur schneller zu erreichen kann ein thermostat geregelter Heizstab 19 zugeschaltet werden.

Im Verdampferraum 9 steigt durch den ständigen Wasserentzug die Konzentration der Öle und der sonstigen Verschmutzungen ständig an. Dadurch sinkt die Verdampfungsleistung. Wenn nun der Zeitraum zwischen zwei Füllzyklen die eingestellte Länge übersteigt, wird das Ablassen des Konzentrates eingeleitet. Der Arbeitszyklus ist aus Erfahrungswerten festgelegt. Nach dieser Zeitspanne wird das Ablassen des Konzentrates mit folgenden Schaltvorgängen durchgeführt:

- Brüdenverdampfer 12 aus
- Füllventil 5 zu
- Absaugventil 11 zu
- Belüftungsventil 18 auf
- Ablassventil 15 auf

Über ein einstellbares Zeitrelais wird der Ablassvorgang beendet und der nächste Zyklus gestartet. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis der bereitgestellte Alt-KSS-Behälter leer ist oder entweder der Konzentratbehälter oder der Destillatbehälter voll ist.

4.3. Projektverlauf

Der Zeitraum der Aufarbeitungsversuche erstreckte sich von April 1995 bis Februar 1996. Aufgearbeitet wurden verschiedene Prozeßwässer, vorwiegend KSS-Emulsionen, aus 9 metallbearbeitenden Betrieben:

- KSS auf Mineralölbasis,
- halbsynthetische KSS,
- KSS-Lösung,

- Trennmittel vom Aludruckgießen (Emulsionen),
- Gleitschleifwässer.

Mit diesen KSS wurden Baustähle, Temperguß, Edelstähle, Messing, Aluminium, Zink und Hartmetall bearbeitet.

Bei der Bearbeitung von Temperguß wird Graphit in den KSS eingeschleppt. Bei Edelstählen werden Metalle wie Chrom und Nickel freigesetzt und vom KSS aufgenommen. Aluminium-Werkstücke führen bei der zerspanenden Bearbeitung zu schwimmfähigen Flocken auf den KSS. Beim Schleifen von Hartmetall entsteht sehr feiner Schlamm und es wird z.B. Kobalt im KSS gelöst. Mit diesen sehr unterschiedlichen in den KSS eingetragenen Stoffen sollte die Einsetzbarkeit des Vv überprüft werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse sollten zeigen, in wieweit das Destillat zum Wiedereinsatz bzw. zur Kreislaufführung geeignet ist. Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da zur Aufarbeitung zur Kreislaufführung keine Einleitgenehmigung notwendig ist. Die gewonnenen Destillate wurden auf ihre Eignung zum Wiedereinsatz sowie zur Einleitung in die öffentliche Kanalisation untersucht.

Weiterhin wurden erfaßt:

- die betrieblichen Parameter des Vv,
- Art und Menge des KSS,
- Bearbeitete Werkstoffe,
- Ist-Situation beim KSS-Anwender.

Der Betreiber des mobilen Vakuumverdampfers hat seine Dienstleistung im Umkreis von ca. 80 km angeboten.

Ablauf der Aufarbeitung

- Der Betrieb sammelt seine Alt-Prozeßwässer und stellt diese in Tanks zur Aufarbeitung bereit. Für das erzeugte Destillat wird ein weiterer Tank bereitgestellt. Für das abgetrennte Konzentrat ist ein geeigneter Behälter, z.B. ein Altöl-Faß, notwendig.
- Der mobile Vakuumverdampfer wird auf dem PKW-Anhänger zum Aufarbeitungsplatz gefahren und angeschlossen. Notwendig sind 16 A, 380 V Steckdose und ein Preßluftanschluß.
- Ein Mitarbeiter des KSS-Anwenders wird eingewiesen.
- Der Saugrüssel wird in den Sammelbehälter mit dem aufzuarbeitenden Prozeßwasser eingetaucht.
- Der Vakuumverdampfer wird entsprechend der Betriebsanleitung gestartet.

- Nach ca. 20 Minuten beginnt Kondensat in den hierfür vorgesehenen Pufferbehälter zu laufen.
- Werden die Minimal- bzw. Maximalmarken der Behälter erreicht, schaltet der Vakuumverdampfer automatisch ab ohne Ventile zu öffnen, d.h. keine Flüssigkeit kann aus- bzw. eintreten.
- Ist die bereitgestellte aufzuarbeitende Prozeßwassermenge abgearbeitet, werden die Zwischentanks des mobilen Vakuumverdampfers umgepumpt und das restliche Konzentrat abgelassen.
- Der Vakuumverdampfer ist für den nächsten Einsatz bereit.

5. Untersuchungen

Die gewonnenen Destillate aus dem Vakuumverdampfer wurden von einem unabhängigen Labor nach den in der Trinkwasserverordnung festgelegten Verfahren (vgl. Tab. 3) untersucht. Die Ergebnisse wurden mit den Grenzwerten nach der Trinkwasserverordnung, sowie den Einleitgrenzwerten nach Anhang 40 zur Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift, Bereich mechanische Werkstätten, verglichen.

Parameter	Grenzwert gemäß Trinkwasserverordnung	Untersuchungsverfahren	Einleit-Grenzwerte nach Anhang 40
pH-Wert	5,5 - 9	DIN 38 404 - C5	
Leitfähigkeit	2.000 $\mu\text{S} / \text{cm}$	DIN 38 404 - C8	
Kohlenwasserstoff-Äquivalente	0,010 mg / l	DIN 38 409 - H18	10 mg / l
Blei (Pb)	0,04 mg / l	DIN 38 406 - E6 - 3	0,5 mg / l
Chrom (Cr)	0,05 mg / l	DIN 38 406- E10 -2	0,5 mg / l
Nickel (Ni)	0,05 mg / l	DIN 38 406 -E11 -2	0,5 mg / l
Eisen (Fe)	0,2 mg / l	AAS-Graphitrohr	3 mg / l
Kupfer (Cu)	3 mg / l	DIN 38 406 - E7 - 2	0,5 mg / l
Zink (Zn)	5 mg / l	AAS-Graphitrohr	2 mg / l
Cobalt (Co)		AAS-Flamme	
AOX		DIN 38 409 - H14	1 mg / l
Nitrat (NO_3)	50 mg / l	DIN 38 405 - D19	
Nitrit (NO_2)	1 mg / l	DIN 38 405 - D10	5 mg / l
Ammonium (NH_4)	0,5 mg / l	DIN 38 406 - E5 -1	30 mg / l

Tabelle 3: Grenzwerte und Untersuchungsverfahren

In der Tabelle 3 wird gezeigt, nach welchen Verfahren die Parameter des Destillates untersucht wurden und welche Grenzwerte in der Trinkwasserverordnung genannt sind.

Zur Beurteilung des mobilen Vakuumverdampfers wurden 9 Alt-Prozeßwässer aufgearbeitet und die daraus abdestillierten Wässer analysiert.

Nachfolgend sind die Ergebnisse in Tabellen zusammengefaßt und in Diagrammen veranschaulicht. Im anschließenden Text sind sie erläutert.

Aufgearbeitet wurden Alt-KSS, die auf der Basis von 9 verschiedenen Produkten von 8 Anbietern angesetzt worden waren.

5.1 Auswertung

5.1.1 Ausgangssituation

In der Tabelle 4 ist der beim KSS-Anwender vorgefundene Ist-Zustand dargestellt.

Die Art der Produkte sollte das gesamte Spektrum von Prozeßwässern abdecken, so daß eine möglichst breitgestreute Aussage zur Aufarbeitbarkeit getroffen werden kann.

Die Ansetzkonzentration der Prozeßwässer ist für die Verdampfungsleistung der Anlage interessant, da sie von 0,5% bis 7% schwankt. Im Kapitel 3.3.2 „Grundlagen der Verdampfungsverfahren“ ist in Abb.4 „Verdampfungsverlauf in Abhängigkeit zur Anfangskonzentration“, dieser Zusammenhang dargestellt und beschrieben.

Alle untersuchten Anwender haben ihre Alt-Prozeßwässer bisher einer zentralen Aufarbeitung (CPB-Anlage) mit Tankwagen zufahren lassen. Die Anfallmenge je Betrieb schwankt durch die sehr unterschiedlichen Betriebsgrößen und eingesetzten Prozeßwässer sehr stark. Gleiches gilt für die Badstandzeit. Hier kann jedoch tendenziell gesagt werden, daß diese durch Pflegemaßnahmen verlängert wurde. Die Aufarbeitungschargen je Betrieb waren von dessen Puffermöglichkeiten abhängig.

Bei den bisherigen Entsorgungskosten zeigt sich deutlich, daß diese regional sehr unterschiedlich sind und mit steigender Menge pro Jahr und Charge auch sehr stark fallen.

Von Trennmitteln und Entfettungsbädern, Gleitschleifwasser und Schleifwasser wurde jeweils nur eine Charge aufgearbeitet, so daß hierfür keine Vergleichsuntersuchungen vorliegen.

5.1.2 Leistung des Vakuumverdampfers

In der Tabelle 5 sind die für den Verdampfungsprozeß wichtigen Daten zusammengefaßt.

Die Spalten 1-4 entsprechen den Spalten 1, 3, 4 und 5 der Tabelle 4. Sie werden in den Tabellen 6 und 7 wiederholt, um die Orientierung zu erleichtern.

Spalte „Verarbeitete Werkstoffe“: Temperguß wurde ausgewählt, um die Auswirkungen von in den KSS eingetragenen Graphit zu erfassen. Messing und Aluminium bilden bei der spanenden Verarbeitung schwimmende kleinste Späne auf der Oberfläche, die in den Vv eingezogen werden können und von ihm in das Konzentrat abgeschieden werden sollen. Beim Schleifen von gehärtetem Werkzeugstahl entsteht sehr feiner Schlamm, der jedoch nur teilweise im Bereitstellungsbehälter sedimentiert. Ein Teil wird vom Vv eingesaugt und muß von diesem in das Konzentrat abgeschieden werden können. Bei der Bearbeitung von Edelstählen und gehärteten Stählen gehen Legierungsbestandteile in Lösung und könnten, wenn sie ins Destillat übergehen, eine Nachbehandlung des Destillats erfordern.

Die Kenntnis des Produktionsverfahrens ist von Bedeutung, da von ihm Fertigungshilfsstoffe, d.h. andere Chemikalien und Verschmutzungen in die untersuchten und aufgearbeiteten Prozeßwässer eingeschleppt werden können, die diese nachhaltig verändern können. Vom Sandguß sind Verschmutzungen aus der Gießform möglich, vom Schmieden können Zunderschichten eingetragen werden, ebenso können von Härteprozessen beeinträchtigende Störsubstanzen (Salze, Öle) eingeschleppt werden. Unter sonstigen Verschmutzungen sind die Einschleppungen durch weitere Unzulänglichkeiten wie Undichtigkeiten der Hydraulik oder der Getriebe, abgewaschene bzw. abgetropfte Bettbahnöle oder durch mangelnde Hygiene eingeschleppte Organik und daraus erwachsene Pilze aufgeführt.

Durch Badpflege können Einschleppungen vom Prozeßwasser abgetrennt werden. Bei zwei Anwendern wurde die Luftflotation eingesetzt, die Fremddöle und Festverschmutzungen in gewissem Maße entfernen kann. Auch ist durch den Einsatz einer Zentrifuge tendenziell eine verlängerte Standzeit zu erkennen. Lediglich der Bandfilter für die Entfettungswässer zeigt keine eindeutig standzeitverlängernde Tendenz.

Die Verdampfungsleistung des Vv liegt bei Einsatz der Spezialtrennflüssigkeit auf annähernd einheitlichem Niveau. Lediglich bei den Versuchen, bei denen Destillat (also Wasser) als Trennflüssigkeit im Brüdenverdichter eingesetzt wurde, ist die Verdampfungsleistung auf beinahe die Hälfte gefallen.

Der Energiebedarf war wiederum abhängig von der eingesetzten Trennflüssigkeit im Brüdenverdichter. Bei dem verwendeten Trennöl liegt er auf annähernd gleichem Niveau, beim Einsatz vom Destillat sinkt er etwas ab.

Der spezifische Energiebedarf je Liter gewonnenem Destillat ist ebenfalls stark abhängig von der eingesetzten Trennflüssigkeit im Brüdenverdichter. Hier sind die Werte bei der Spezialtrennflüssigkeit weitaus günstiger als beim Destillat.

5.1.3 Destillatwerte für Wiedereinsatz

In der Tabelle 6 sind die Daten für den weiteren Verbleib des gewonnenen Destillates zusammengefaßt. Die Spalten 1-4 entsprechen denen der anderen Tabellen.

In der Spalte „Keimbelastung“ fällt die Versuchsnummer 8 auf. Bei sieben Versuchen konnte keine, bei der Versuchsnummer 7 nur eine ganz minimale Keimbelastung nachgewiesen werden. Der Grund für die hohe Keimbelastung in der Versuchsnummer 8 ist, daß Fußbodenreinigungswasser in das bereitgestellte aufzuarbeitende Alt-KSS gegeben wurde. Dadurch bildete sich im Vakuumverdampfungsraum keimbelasteter Schaum, der dann von dem Brüdenverdichter mitgerissen und in den Kondensator gefördert wurde. Dadurch war die Verweilzeit von Teilen des Prozeßwassers im Vv derart kurz, daß nicht alle Keime sicher abgetötet werden konnten.

Der pH-Wert des gewonnenen Destillates schwankt erheblich. Er richtet sich nach dem des aufzuarbeitenden Alt-Prozeßwassers.

Der Leitwert wurde bei jedem Prozeßwasser in sehr großem Umfang reduziert. Die ermittelte Streubreite ist abhängig von den Inhaltsstoffen des aufzuarbeitenden Prozeßwassers.

Der Kohlenwasserstoff(KW)-Anteil im Destillat wird durch wasserdampfflüchtige Kohlenwasserstoffe verursacht. Der Wert liegt jedesmal über den zulässigen Werten für eine Einleitung. Sollte dieses Wasser eingeleitet werden, ist eine Nachbehandlung notwendig. Für eine Wiederverwendung des gewonnenen Destillates zum Neuansatz von KSS ist dieser Kohlenwasserstoff-Wert problemlos. Zum Einsatz in Entfettungsbädern und Spülen sind Destillate mit derartig hohem Kohlenwasserstoff-Anteilen ungeeignet.

Die ermittelten Nitritwerte unterschreiten immer die zur Einleitung zugelassenen Maximalwerte, sogar die Werte für Trinkwasser werden eingehalten.

Auch die zur Einleitung maximal zulässigen Nitratwerte werden stets eingehalten. Ebenso werden die für Trinkwasser zugelassenen Maximalwerte unterschritten.

Bei fünf aufzuarbeitenden Alt-Prozeßwässern wird die Ammonium-Konzentration deutlich überschritten. Zwei Versuche überschreiten den Wert nur gering, bei weiteren zwei Versuchen wird der zulässige Maximalwert sehr deutlich unterschritten. Zur Einleitung muß deshalb auch hier eine Nachbehandlung erfolgen.

Der AOX-Wert (organisch gebundenes Chlor) im Destillat ist sehr gering. Die maximal zulässigen Einleitwerte werden immer sehr sicher unterschritten.

5.1.4 Schwermetalle im Destillat

In der Tabelle 7 ist in den Spalten 2 bis 4 wieder das untersuchte Ansetzprodukt aufgeführt. In den folgenden Spalten sind weitere für die Einleitung relevante Stoffe analysiert und aufgeführt.

Die Grenzwerte für Blei wurden lediglich bei der Versuchsnummer 4 geringfügig überschritten. Bei allen anderen lagen die Werte sehr viel niedriger.

Mit Chrom werden die Grenzwerte zur Einleitung und für Trinkwasser zuverlässig unterschritten.

Auch bei den Nickel-Werten wurden beide Grenzwerte bei weitem nicht erreicht. Bei Eisen wurden die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung einmal erheblich, zweimal geringfügig überschritten und einmal wurde der Grenzwert nicht ganz erreicht. Die Einleitwerte wurden von allen Proben sehr deutlich unterschritten.

Von allen Metallen wurde mit Kupfer der Einleitgrenzwert am häufigsten überschritten. Nur bei vier Proben wurde eine erhebliche Unterschreitung erreicht. Interessant ist sicherlich, daß die Grenzwerte für Trinkwasser nie überschritten wurden.

Mit Zink wurden weder die Grenzwerte zur Einleitung noch für Trinkwasser erreicht. Die ermittelten Analysenwerte lagen immer sehr deutlich unterhalb der zulässigen Maximalwerte.

Für Kobalt ist im Anhang 40 für mechanische Werkstätten kein Wert vermerkt. Als Grenzwert wurde der von Anodisierbetrieben übernommen. Er beträgt 1 mg/l. Dieser Wert wurde in keinem Fall auch nur annähernd erreicht.

Zusammenfassung

Keines der gewonnenen Destillate kann ohne Nachbehandlung als Abwasser eingeleitet werden. Jedes ist jedoch zum Neuansatz von wässrigen KSS, Trennmittel und Gleitschleifwässern geeignet. Bei allen gewonnenen Destillaten ist der KW-Gehalt so hoch, daß von einem Einsatz als Spülwasser vor Lackieranlagen abgeraten werden muß.

Versuch Nr.	KSS-Hersteller	Produkt-Bezeichnung.	Ansatz Konz. %	Art	bisherige Entsorgung.	ges. Menge m ³ /Jahr	Badstandz Monate	Datum	Aufarbeitsg. m ³ /Charge	bish. Ent-sorg. DM /m ³
1	Wintershall	Biosil 8050	4	wäßrige Emulsion	zentrale Aufarbeitsg.	4	4,5	20.04.95	4,5	562
2	Wilke	WicopalHS	5	wäß. Emul. halbsynth.	zentrale Aufarbeitsg.	1	24	19.06.95	1	480
3	Mobil Oil	Mobilim151	6	wäß. Emul. mineralisch	zentrale Aufarbeitsg.	1	5	26.06.95	0,5	345
4	Jokisch	N:B:K	3	Lösung Schl. wass.	zentrale Aufarbeitsg.	1	6	30.06.95	0,6	bekannt
5	Jokisch	Komp. W3	7	wäß. Emul. mineralisch	zentrale Aufarbeitsg.	0,5	4,5	03.07.95	0,4	bekannt
6	Bantleon	Metac. Blu	6	wäßrige Emulsion	zentrale Aufarbeitsg.	2	4,5	11.08.95	2	bekannt
7	Geiger	Trenn. 550	5	wäß. Emul. Trennmittel	zentrale Aufarbeitsg.	25	1	04.12.95	5	80
8	Röster	Comp. Z	0,75	Gleitschleif-wässer	zentrale Aufarbeitsg.	4	6	06.12.95	2	375
9	Shell	KFFfluidV14	2	Entfettungs-wässer	zentrale Aufarbeitsg.	45	3	22.02.96	5	65
10	Durchschnitt		4,31			9,28	6,5		2,33	312,83

Tabelle 4 Ausgangssituation

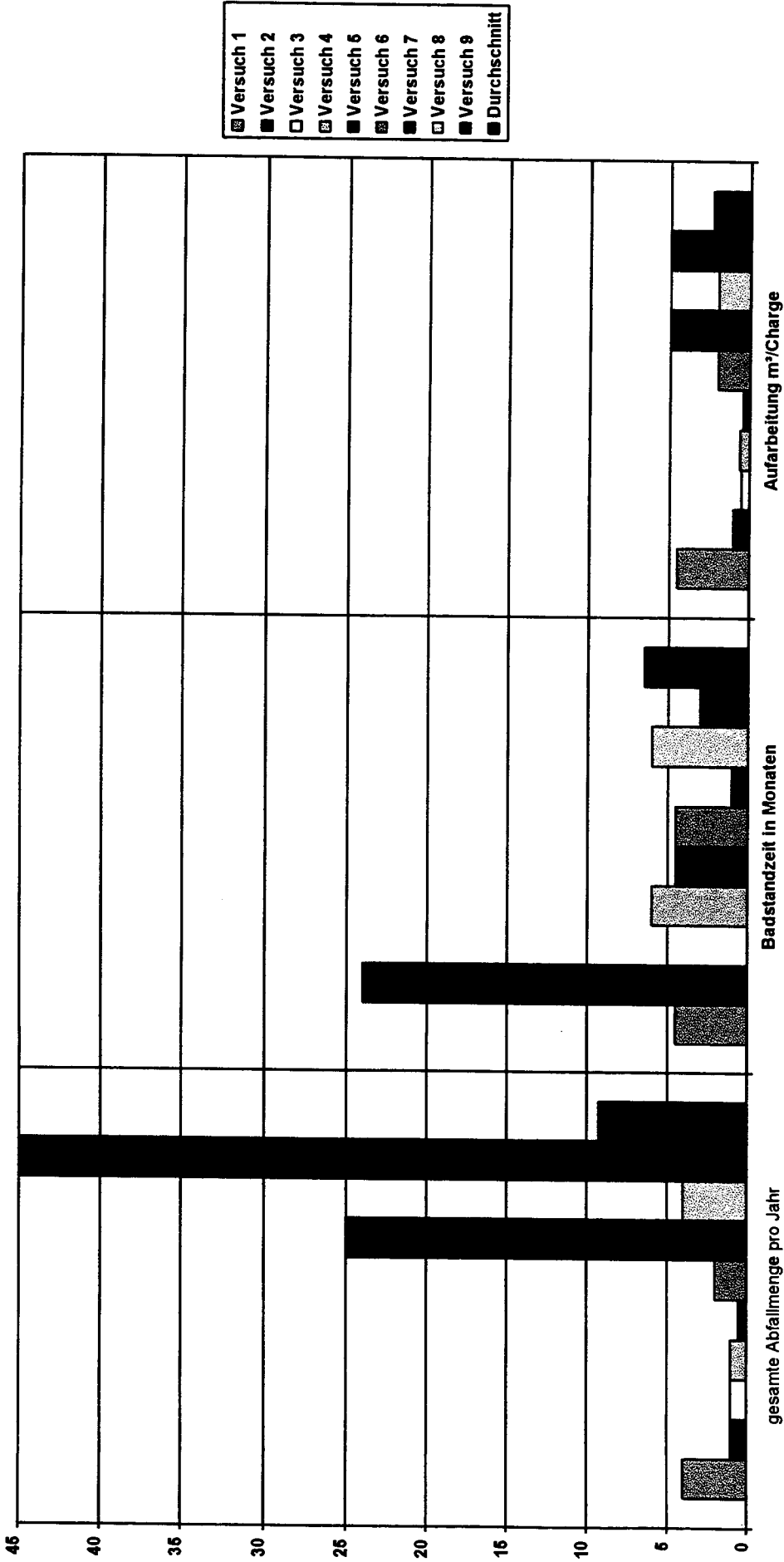


Diagramm zu Tabelle 4: Ausgangssituation

Vers. Nr.	Produkt	Art	Konz. %	verarbeitet. Werkstoffe	vorherige Prozeßschr.	sonstige Verschmutz	einges. Badpflege	Vv Leistg. l/h	Energie bedarf Vv kW/h W / I Dest.	Änderungen am Vv
1	Biosil 8050	KSS Emul.	4	Temperguß 16MnCr5	gießen schmiedeten	Bettbahnöl	Luft-flotation	22	2,2 100	150 Pa Fremdluft
2	Wicopal HS	KSS Emul.	5	Stahl	n.b.	n.b.	Luft-flotation	24	2,1 87,5	Dom Fremdluft
3	Mobilim. 151	KSS Emul.	6	MS, Alu 1.4305	n.b.	ca. 30l Fremddöl	keine	18	2,1 117	Dom Fremdluft
4	N : B : K	Lösg. Schw.	3	42CrNiMo6	teilweise gehärtet	Organika Pilze	keine	18	2,1 117	Dom Fremdluft
5	Kom W3CF	KSS Emul.	7	42CrNiMo6 Cu	n.b.	n.b.	keine	18	2,1 117	Dom Fremdluft
6	Metacon Blu	KSS Emul.	6	Alu Edelstahl	n.b.	ca. 100l Hydr.Öl	keine	19	2,2 116	Fremdluft
7	Trennex 550	Emul. Trenn	5	Alu u. Zink-Druckguß	keine	Hydr.Öl Gußreste	keine	13	1,8 138	BF-Wasser
8	Com pou. Z	Gleit-schleif.	0,75	Alu u. Zink-Druckguß	drehen, bohren, fräsen	Hydr.Öl Gußreste	Zentri-fuge	11	1,7 155	BF-Wasser
9	KFFfluid V14	Emul. Hartm	2	Hartmetall	Härten	Bettbahnöl	Band-filter	23	2,2 96	5 mm Schaum
10	Durchschnitt		4,31					18,44	2,06	

Tabelle 5 Leistung des Vakuumverdampfers (Vv)

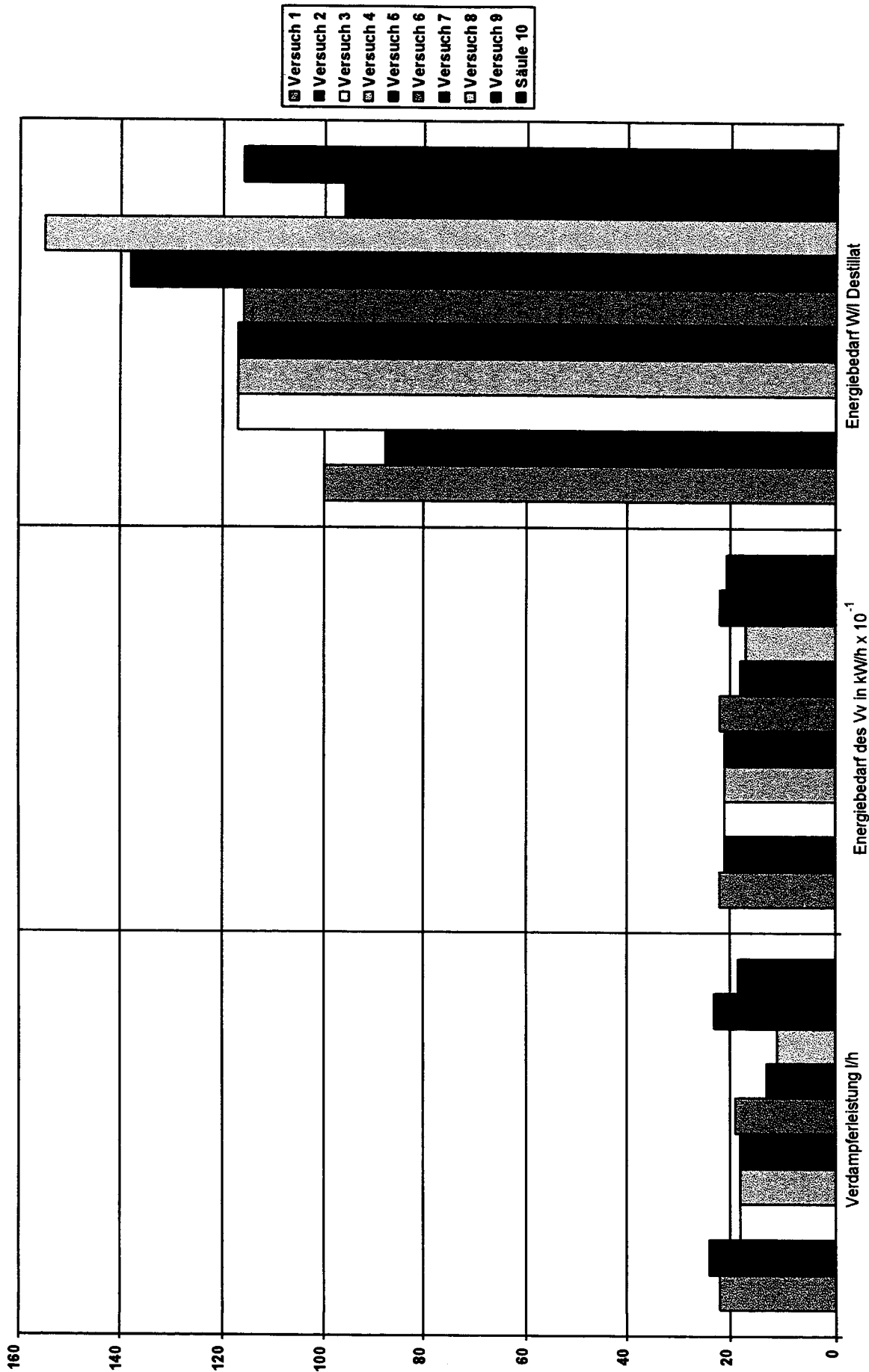


Diagramm zu Tabelle 5: Leistung des Vakuumverdampfers

Vers. Nr.	Produkt	Art	Konz. %	Keimbelastung	pH-Wert	Leitwert $\mu\text{S/cm}$	Kohlenw.st. mg/l	Nitrit mg/l	Nitrat mg/l	Ammoni. mg/l	AOX mg/l	Destillat Verwendung
zul. max. Werte: Trinkwasser/Anhang 40												
	Biosil	KSS	4				0,010/10	1/5		0,5/30	1	
1	8050	Emulsion		0	9,14	259	53	0,07	0,5	44,1	0,08	Neuansatz
	Wicopal	KSS	5									
2	HS	Emulsion		0	8,9	249	157	0,07	0,5	43,6	0,08	Neuansatz
	Mobilim.	KSS	6									
3	151	Emulsion		0	9,74	273	160	0,49	0,5	47,2	0,08	Neuansatz
		Lösung	3									Neuansatz
4	N : B : K	Schleifw.		0	9,36	256	323	0,63	4,7	31,8	0,22	Schleifwa.
	Kom	KSS	7									
5	W3CF	Emulsion		0	9,27	184	366	0,13	0,5	42,4	0,21	Neuansatz
	Metacon	KSS	6									
6	Blu	Emulsion		0	9,49	253	55,6	0,23	0,5	63,2	0,13	Neuansatz
	Trennex	Emulsion	5									
7	550	Trennmittel		1	7,86	332	523	0,02	0,5	33,1	0,2	keine
	Compou.	Gleitschleif-	0,75									
8	Z	wasser		10 ³	7,82	229	318	0,04	0,5	2,9	0,05	keine
	KFFluid	Emulsion	2									
9	V14	Hartmetall		0	8,82	101	51	0,51	5,1	0,68	0	keine

Tabelle 6: Destillatwerte für Wiedereinsatz

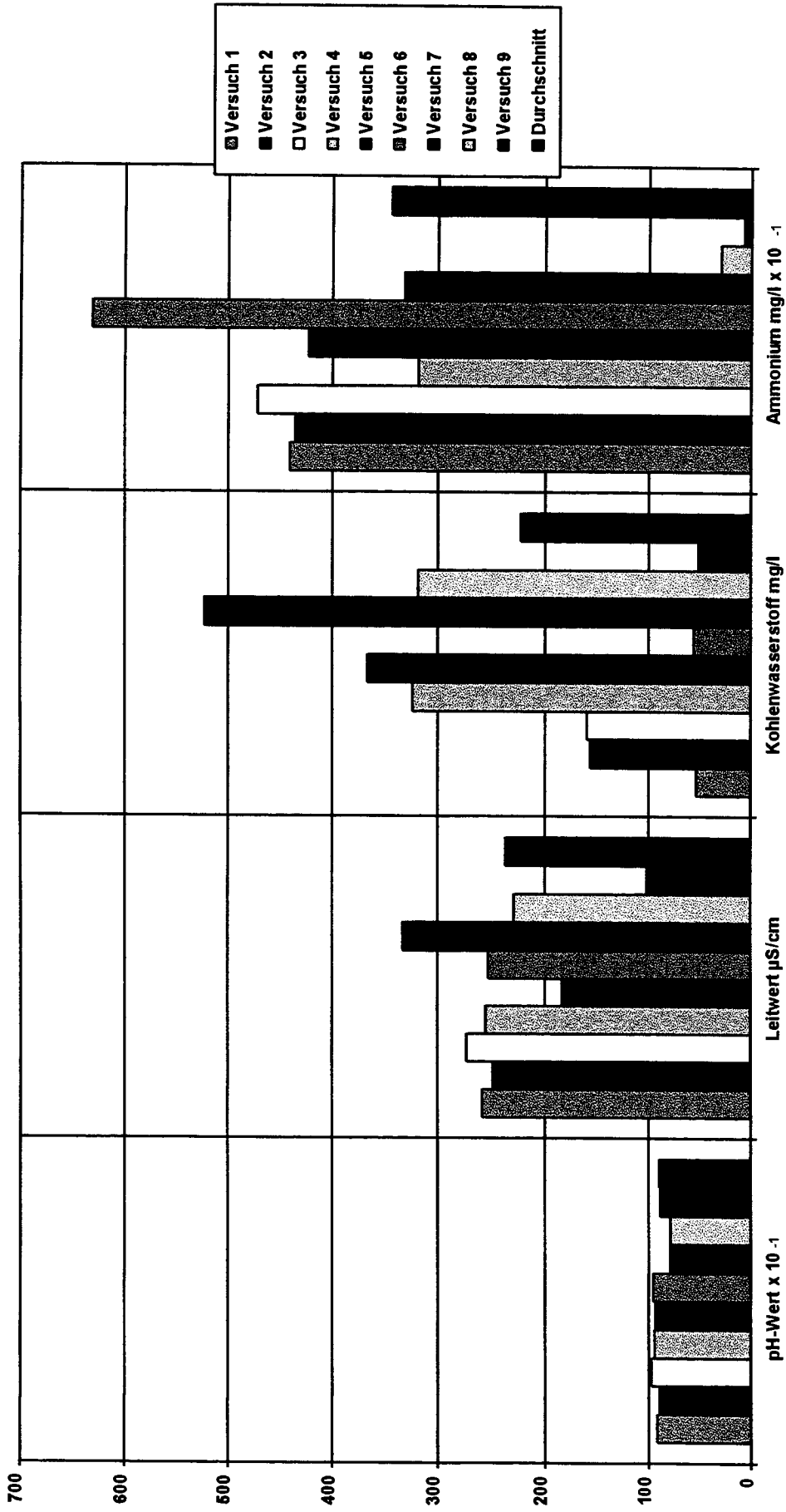


Diagramm Teil 1 zu Tabelle 6: Destillatwerte für Wiedereinsatz

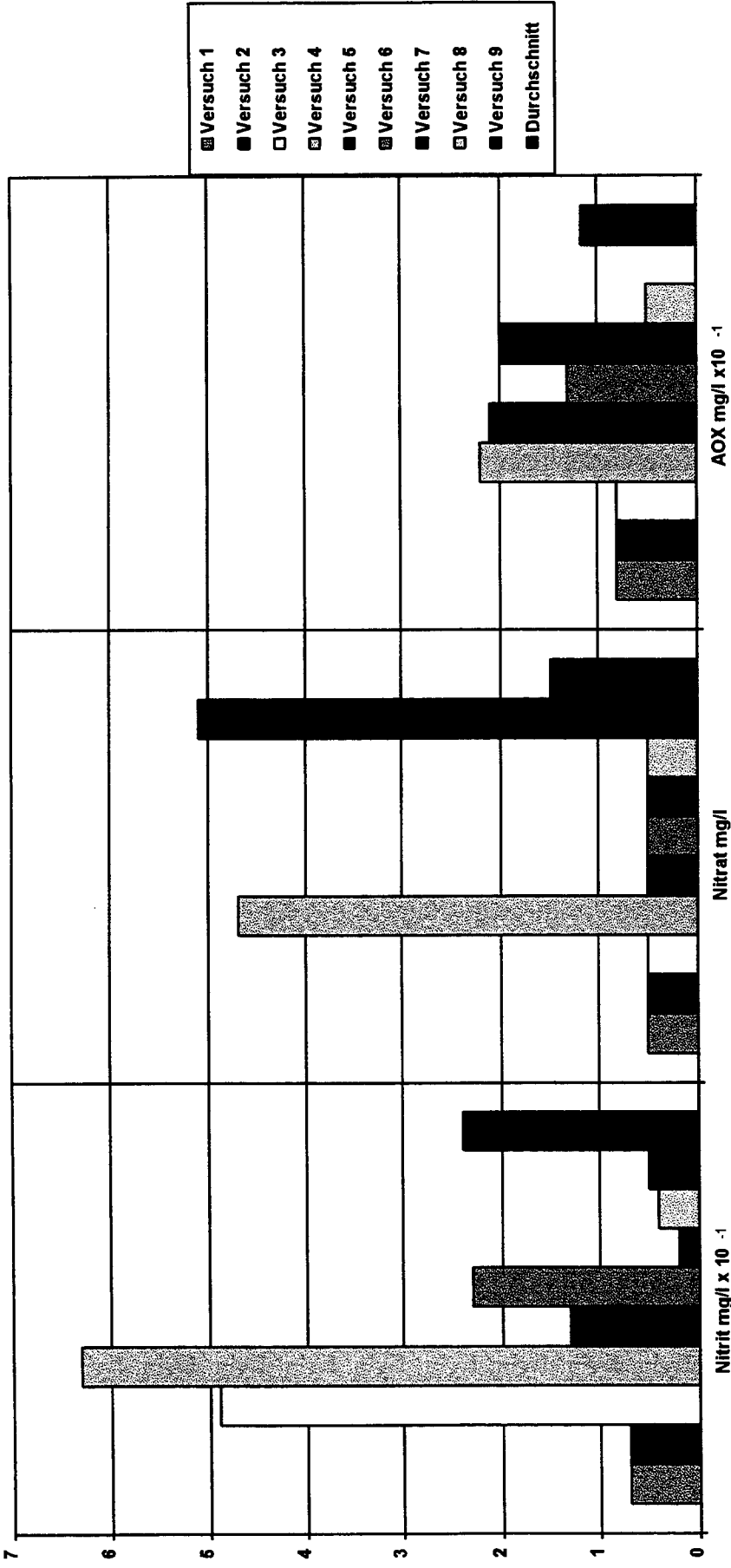


Diagramm Teil 2 zu Tabelle 6: Destillatwerte für Wiedereinsatz

Vers. Nr.	Produkt	Art	Konz. %	Blei mg/l	Chrom mg/l	Nickel mg/l	Cobalt mg/l	Eisen mg/l	Kupfer mg/l	Zink mg/l
zul. max. Werte Trinkwasser/Anhang 40										
	Biosil	KSS	4	0,04 / 0,5	0,05 / 0,5	0,05 / 0,5	/ (1)	0,2 / 3	3 / 0,5	5 / 2
1	8050	Emulsion		0,002	0,001	0,001	0,001	0,13	0,198	0,203
	Wicopal	KSS	5							
2	HS	Emulsion		0,003	0,001	0,014	0,001	0,02	0,643	0,155
	Mobilim.	KSS	6							
3	151	Emulsion		0,01	0,001	0,02	0,001	0,014	0,662	0,02
		Lösung	3							
4	N : B : K	Schleifw.		0,624	0,001	0,016	0,001	0,198	1,236	0,14
	Kom	KSS	7							
5	W3CF	Emulsion		0,4	0,001	0,001	0,001	0,226	0,126	0,07
	Metacon	KSS	6							
6	Blu	Emulsion		0,072	0,001	0,013	0,001	0,019	0,471	0,081
	Trennex	Emulsion	5							
7	550	Trennmittel		0,183	0,005	0,006	0,001	0,36	1,36	0,19
	Compou.	Gleitschleif-	0,75							
8	Z	wasser		0,051	0,005	0,09	0,001	0,214	0,326	0,109
	KFFfluid	Emulsion	2							
9	V14	Hartmetall		0,013	0,001	0,005	0,0075	0,132	0,039	0,015

Tabelle 7: Schwermetallwerte im Destillat

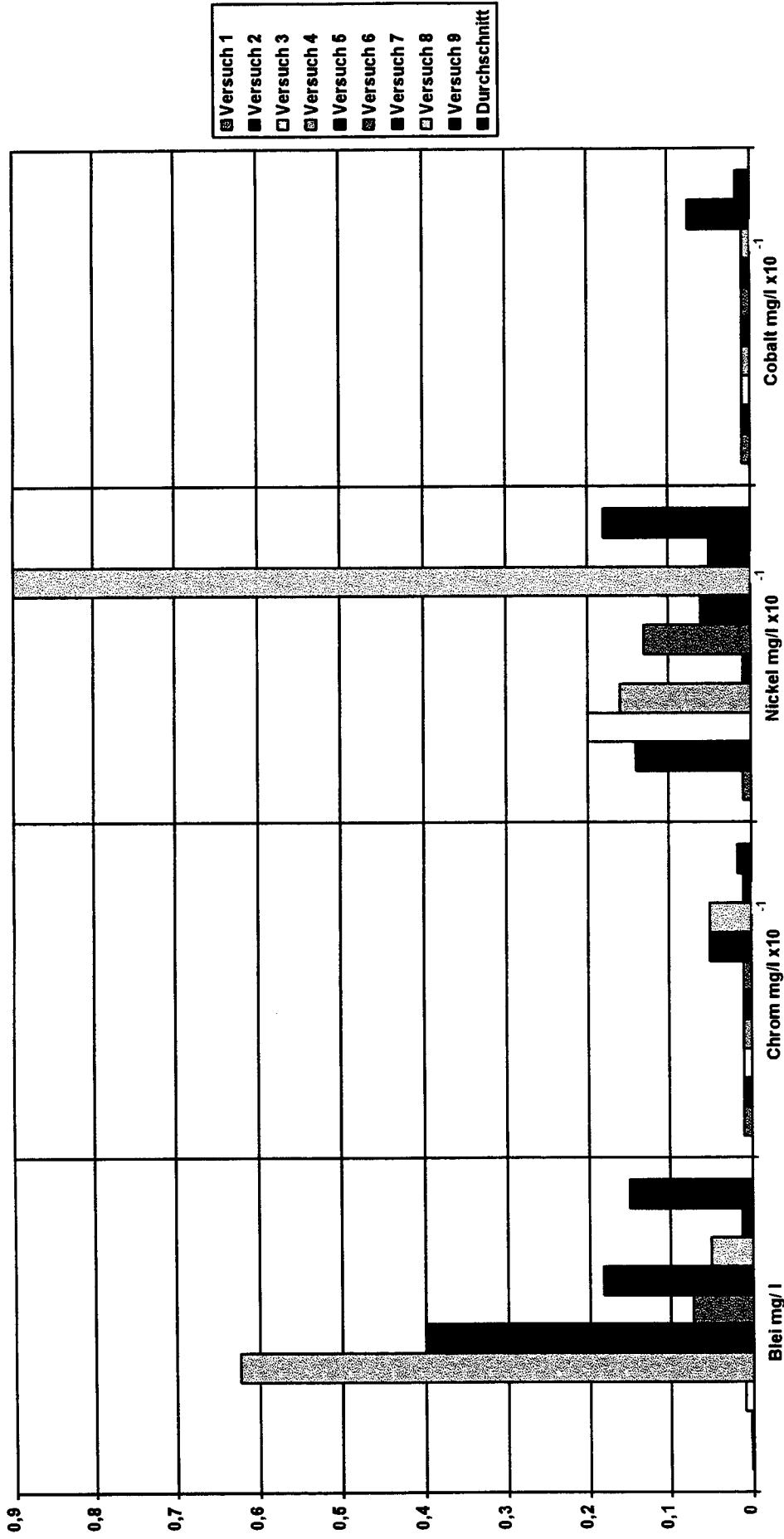


Diagramm 1 zu Tabelle 7: Schwermetallwerte im Destillat

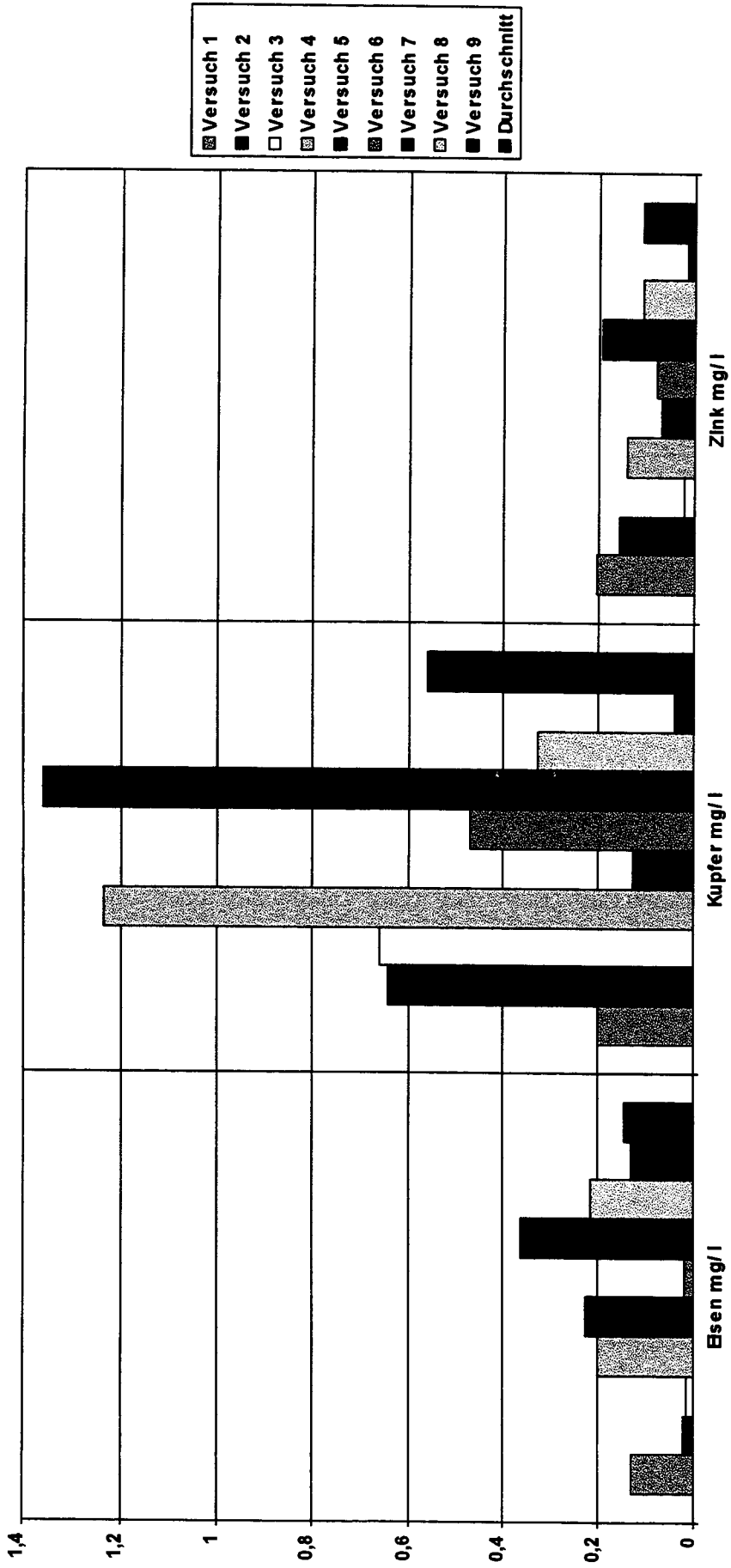


Diagramm 2 zu Tabelle 7: Schwermetalle im Destillat

6. Gegenüberstellung bisheriger Stand der Technik zu den Projektergebnissen

6.1 Verfahrenssicherheit

Bei allen durchgeführten Einsätzen des mobilen Vakuumverdampfers sind die zur Aufarbeitung bereitgestellten Alt-Prozeßwässer auch sicher abgearbeitet worden. Für die untersuchten Prozeßwässer hat sich der Vv variabel und universell einsetzbar gezeigt.

Die gesamte Anlage ist in einer ausreichend großen Auffangwanne montiert, so daß alle Leckagen aufgefangen werden. Die Pufferbehälter, ebenfalls in der Auffangwanne montiert, sind durch Maximalstand-Schalter überwacht, die ein Überlaufen durch Abschalten der Anlage verhindern. Das Destillat und das Konzentrat wird aus den Pufferbehältern in die Bereitstellungsbehälter des Betriebes umgepumpt.

Beim Aufstellen der Anlage in den jeweiligen Betrieben reicht ein nivellieren nach Augenmaß.

Der Geräuschpegel der Anlage liegt auf dem Niveau eines metallverarbeitenden Betriebes. Für den in der Nähe des Aufstellungsortes Beschäftigten sind keine zusätzlichen Lärmschutzmaßnahmen erforderlich.

Destillationsbehälter, Motor, Antrieb, Pumpe und Rohrleitungen sind von einem wärmedämmenden Gehäuse umgeben, so daß von der Anlage keine mechanischen und thermischen Gefahren ausgehen.

Im normalen Betrieb benötigt die Anlage keinerlei Betreuung - sie arbeitet automatisch. Um kontinuierlich arbeiten zu können, ist lediglich dafür zu sorgen, daß das abzuarbeitende Alt-Prozeßwasser angesaugt werden kann und für das Destillat und das Konzentrat ausreichend Tankvolumen zur Verfügung stehen.

6.2 Stoffbilanzen

Bei allen untersuchten Betrieben wurde zum Neuansatz des KSS Leitungswasser eingesetzt. Die bisherige Entsorgung erfolgte extern, d.h. in einer zentralen Emulsions-Spaltanlage.

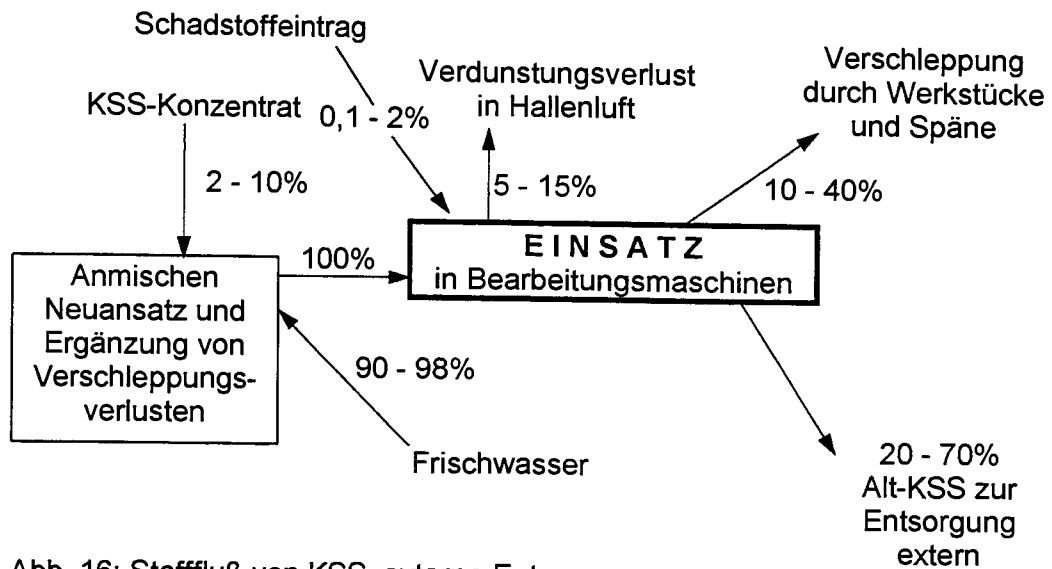


Abb. 16: Stofffluß von KSS, externe Entsorgung

Mit der Aufarbeitung der Alt-KSS vor Ort durch den mobilen Vakuumverdampfer wird destilliertes Wasser gewonnen, das zum Neuansatz von KSS verwendet werden kann.

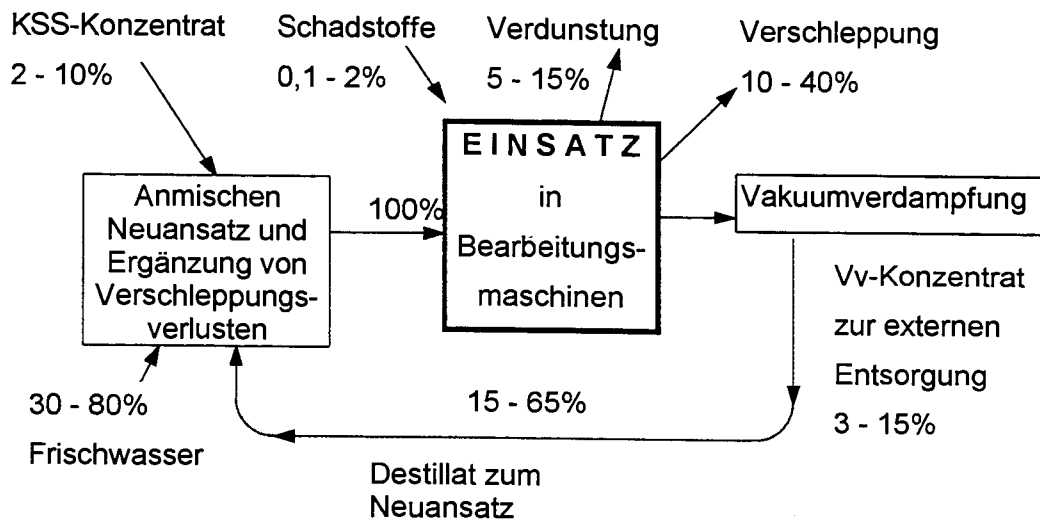


Abb. 17: Aufarbeitung von KSS durch eine mobile Emulsionsspaltanlage

Eine quantitative Bilanz kann nur als Momentaufnahme für den Einzelfall erstellt werden, da alle Betriebe mit ihren Bemühungen zur Standzeitverlängerung aktiv sind und die Standzeiten in diesem Lernprozeß ständig verlängert werden.

7. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Bemühungen der Industrie zu abfallärmeren Produktionsweisen hat zu weniger zu entsorgenden Abfällen und damit zu erheblichen Veränderungen im Abfallmarkt geführt. In der folgenden Wirtschaftlichkeits-Betrachtung wird die Situation zum Zeitpunkt der Betriebsversuche berücksichtigt.

Für kleinere Mengen wässriger Alt-KSS sind zwei Entsorgungswege möglich:

- Externe Entsorgung und zentrale Aufarbeitung als Sonderabfall (zur Verwertung oder Beseitigung), Abholung im Tankwagen.
- Aufarbeitung durch mobile Anlagen:

Vakuumverdampfer (Vv): Aufarbeitung vor Ort beim Alt-KSS- Erzeuger.

Wiedereinsatz des gewonnenen Destillates, stoffliche oder energetische Verwertung des Vv-Konzentrates, Nachbehandlung des Destillates bei Einleitung erforderlich.

Membrananlage (UF/UO): Aufarbeitung vor Ort beim Alt-KSS-

Erzeuger, Einleitung oder Wiedereinsatz des gewonnenen Wassers, Verwertung des Vv-Konzentrates, stoffliche oder energetische Verwertung des UF-Konzentrats, Beseitigung des UO-Konzentrates.

Kostengegenüberstellung:

In den folgenden beiden Vergleichen (Tabelle 8 und 9) werden am Beispiel der Versuche 1 und 9 die Kosten der externen Entsorgung, der internen Aufarbeitung mit Kreislaufführung, der abgetrennten Wasserphase (Destillat) mit mobilem Vakuumverdampfer oder mobiler Membrananlage (UF/UO) gegenübergestellt.

In der Spalte 1 sind die Werte bzw. Rechenschritte aufgezeigt. Spalte 2 zeigt die externe Entsorgung. Spalte 3 den mobilen Vakuumverdampfer (Vv) und Spalte 4 die mobile Membrananlage.

Die Leistungen des mobilen Vakuumverdampfers sind den Aufzeichnungen der Versuchsreihen entnommen. Die Leistungen und Werte der mobilen Membrananlage sind den Angaben des Herstellers und einer Untersuchung der NGS (Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfall mbH) [5] entnommen. Der Zeitbedarf für beide Verfahren wurde aus der zur

Verfügung gestellten Charge und der ermittelten Durchsatzleistung je Stunde ermittelt. Der Tagesmietsatz wird von den Betreibern der Anlagen übernommen. Daraus konnten die Mietkosten errechnet werden. Für den mobilen Vakuumverdampfer wird die An- und Abfahrt je nach Entfernung differenziert berechnet. So ist diese im Versuch 1 etwas höher als im Versuch 9, da die Entfernung größer war. Bei der mobilen Membrananlage sind die Anfahrtkosten im Tagessatz pauschal enthalten.

Im angenommenen Strompreis zur Ermittlung der Stromkosten sind alle innerbetrieblichen Installationskosten sowie der Arbeitspreis und die Vorhalteleistung des Energieversorgers berücksichtigt.

Unter Aufkonzentration wird der Anteil der aufzuarbeitenden Alt-Prozeßwässer verstanden, der entsorgt werden muß. Als spezifische Entsorgungskosten wurden diejenigen angenommen, die der Betrieb bisher für die Entsorgung bezahlt hat.

Die eingesparten Kosten für Ansetzwasser setzen sich zusammen aus dem Frischwasserpreis und dem Abwasserpreis des örtlichen Wasserversorgers abzüglich der Aufarbeitungskosten durch eine betriebsinterne Aufarbeitungsanlage, inklusive laufender Kosten, um eine mit dem gewonnenen Destillat annähernd vergleichbare Qualität zu erhalten.

Schon aus den beiden durchgerechneten Kostenvergleichen ist ersichtlich, daß nicht generell die eine oder andere Entsorgungs- oder Aufarbeitungsart als die Kostengünstigste oder Kostenungünstigste klassifiziert werden kann, sondern daß von Einsatzfall zu Einsatzfall je nach Chargengröße und örtlichem Entsorgungspreis für derartige Prozeßwässer die individuell günstigste Variante berechnet werden muß.

Da die mobile Membrananlage nur im Raum Hannover zur Verfügung steht und dort eingesetzt werden kann, ist für den baden-württembergischen Raum nur eine Abwägung zwischen externer Entsorgung und dem mobilen Vakuumverdampfer relevant.

Als ungefähre Scheitellinie kann bei einem Entsorgungspreis für derartige Prozeßwässer unter 300 DM/m³ die externe Entsorgung als kostengünstiger angesehen werden. Bis 400 DM/m³ sollte unbedingt der individuelle Fall genauestens durchgerechnet werden. Über 400 DM/m³ kann von einer kostengünstigeren Aufarbeitung durch den mobilen Vakuumverdampfer ausgegangen werden.

Die Entsorger der untersuchten Betriebe haben bei ihren Angaben zu Entsorgungskosten nicht zwischen unbehandelten, verworfenen Alt-Prozeßwässern oder den daraus gewonnenen Konzentraten unterschieden. Bei prophylaktisch durchgeführten Anfragen bei Entsorgern in anderen Regionen wurde jedoch ein Preisunterschied zwischen unbehandelten Prozeßwässern und den daraus gewonnenen Konzentraten ermittelt. Der Preis für die Konzentrate lag teilweise höher als auch niedriger.

Versuch 1		Extern	Mob. Vv.	Mob. UF/UO
Charge	m ³	4,5	4,5	4,5
Leistung	l / h	-, -	22	50
Zeitbedarf	Stunden	-, -	205	90
	Tage		9	4
Tagesmiete	DM	-, -	175	400
Mietkosten	DM		1.575	1.600
An- u. Abfahrt	DM	-, -	180	-, -
Anlagenkosten (Miete + An-, Abfahrt)	DM	-, -	1.755	1.600
Stunden x Energiebedarf =ges. Energiebedarf kWh		-, -	205x2,2 451 0,31	90x5,7 513 0,31
xStrompreis =Stromkosten	DM/kWh DM		139,81	159,03
Aufkonzentration	%	-, -	10	15
Konzentratmenge	m ³	-, -	0,4	0,6
Entsorgungspreis	DM/m ³	562,-	562,-	562,-
Konzentratmenge m ³ x Entsorgungspreis =Entsorgungskosten	DM	2.529,00	230,00	340,00
Destillatmenge m ³ x Ansetzwasserkosten =Wassereinsparung	DM DM	-, -	4,1 45 -184,50	3,9 45 -175,50
Gesamtkosten	DM	2.529,00	1.940,31	1.920,53

Tabelle 8: Kostengegenüberstellung auf Basis Versuch 1

Fazit: Beim Versuch 1 ist die Aufarbeitung des Prozeßwassers mit einer mobilen Anlage die wirtschaftlichste Lösung.

Versuch 9		Extern	Mob. Vv.	Mob. UF/VO
Charge	m ³	5	5	5
Leistung	l / h	-, -	23	50
Zeitbedarf	Stunden	-, -	217	100
	Tage		9	5
Tagesmiete	DM	-, -	175	400
Mietkosten	DM		1.575	2.000
An- u. Abfahrt	DM	-, -	100	-, -
Anlagenkosten	DM	-, -		
(Miete + An-, Abfahrt)	DM		1.675	2.000
Stunden x Energiebedarf		-, -	217x2,2	100x5,7
=ges. Energiebedarf kWh			477,40	570
xStrompreis	DM/kWh		0,31	0,31
=Stromkosten	DM		147,99	176,70
Konzentration	%	-, -	5	7
Konzentrat	m ³	-, -	0,25	0,35
Entsorgungspreis	DM/m ³	65	65	65
Konzentrat m ³ x Entsorgungspreis				
Entsorgungskosten	DM	325,00	16,25	22,75
Destillatmenge m ³ x Ansetzwasserkosten		-, -	4,75	4,65
=Wassereinsparung	DM		45	45
	DM		-213,75	-209,25
Gesamtkosten	DM	325,00	1.625,49	1.990,20

Tabelle 9: Kostengegenüberstellung auf Basis von Versuch 9

Fazit: Für den Versuch 9 ist die externe Entsorgung die wirtschaftlichste Lösung.

Die Entsorgungskosten, die Anfangskonzentration, der Eindickungsfaktor und die aufzuarbeitende Menge bei der innerbetrieblichen Aufarbeitung sind die Kriterien, die bei jedem Entsorgungsfall beachtet werden müssen, um die wirtschaftlichste Vorgehensweise zu finden.

Die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsvergleiche zeigen, daß die generell wirtschaftlichste Lösung nicht genannt werden kann. Zur Beurteilung der eigenen Situation muß jeweils eine betriebsspezifische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gemäß vorliegendem Berechnungsmuster, unter Berücksichtigung betriebs-spezifischer Daten durchgeführt werden.

Ausschlaggebende Faktoren sind:

- Entsorgungskosten für das verworfene Prozeßwasser,
- Entsorgungskosten für die durch Vv oder UF/UF-Anlage gewonnenen Entsorgungskonzentrate,
- Aufkonzentrationsverhältnis (Prozeßwasser : Entsorgungskonzentrat),
- Eindampfbarkeit bzw. Filtrierbarkeit der Prozeßwässer.

Wie bereits in der Zusammenfassung und der Einleitung beschrieben, sind die größten wirtschaftlichen Erfolge beim Einsatz von Prozeßwässern durch deren Pflege und damit deren Standzeitverlängerung zu erzielen.

Die Aufarbeitung (End-of-Pipe-Technik) wird dann von untergeordneter betriebswirtschaftlicher Bedeutung.

8. Beurteilung der Übertragbarkeit

Der untersuchte mobile Vakuumverdampfer hat die zur Aufarbeitung anstehenden Prozeßwässer in allen untersuchten Fällen sicher aufgearbeitet.

Die Betriebsversuche haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

- Die Anlage ist für den mobilen Einsatz als Dienstleistungsgerät geeignet.
- Die Anlage ist für die Aufarbeitung von wassergemischten KSS (Emulsionen und Lösungen) und Entfettungsbädern verschiedenster Herkunftsbereiche geeignet.
- Das abdestillierte Wasser ist zum Neuansatz von KSS geeignet, aber selten zur Einleitung.
- Das abdestillierte Wasser ist zum Neuansatz von Entfettungsbädern vor Lackieranlagen nicht geeignet, da die leicht flüchtigen Bestandteile aus dem Alt-Prozeßwasser ins Destillat übergehen.

Der betriebswirtschaftliche Nutzen ist von der jeweiligen Entsorgungssituation abhängig.

Dieser mobile Vv ist für mittlere aufzuarbeitende Alt-KSS-Mengen untersuchenswert. Jeder Betrieb muß seine spezifischen Kosten in der Berechnung berücksichtigen.

In Baden Württemberg gibt es ca. 3.500 metallbe- und -verarbeitende Betriebe. Bei 90% der Betriebe fallen gemäß Abfallstatistik jährliche Mengen von unter 50m³ Prozeßwässer an, für die sich einerseits eine eigene innerbetriebliche Anlage nicht lohnt und somit diese mobile Anlage eine interessante Alternative zur Entsorgung und Aufarbeitung in Zentralanlagen ist. Als Alternative zur Dienstleistung ist auch eine gemeinschaftliche Nutzung (Betreiberring mit Sammelentsorgung des Konzentrates) einer mobilen Anlage durch mehrere Unternehmen vorstellbar.

9. Quellenverzeichnis

9.1. Bildverzeichnis

- Abbildung 1 Einteilung von KSS nach DIN 51385
- Abbildung 2 Kostenentwicklung bei KSS-Emulsionen
in Abhängigkeit von der Badstandzeit (Abbildung ABAG)
- Abbildung 3 Ablaufschema eines Blasenverdampfers
Firma VacuTec, Heimertingen
- Abbildung 4 Ablaufschema eines Entspannungsverdampfers
Firma VacuTec, Heimertingen
- Abbildung 5 Stoffflußbild der Stoff- und Energieströme (die Pfeildicke
entspricht den Stoff- und Energieströmen)
- Abbildung 6 Verdampfungsverlauf in Abhängigkeit zur Anfangskonzentration
GEA Wiegand, Ettlingen
- Abbildung 7 Verdampfungsleistung bei steigender Konzentration
Ingenieurbüro Bauer
- Abbildung 8 Energiefluß bei einem Verdampfer mit mechanischem
Brüdenverdichter, Ingenieurbüro Bauer
- Abbildung 9 Aufarbeitung von KSS-Alt-emulsionen
durch Ultrafiltration (UF) und Umkehrosmose (UO)
Ingenieurbüro Bauer
- Abbildung 10 Mobiles UF-UO-Aggregat für Prozeßwässer
Firma Indufilt, Göttingen
- Abbildung 11 PKW-Anhänger mit eingebautem Vakuumverdampfer
Metallbau Haller
- Abbildung 12 Blick in die geöffnete Schallschutzhaube
Metallbau Haller
- Abbildung 13 Aufbauschema des Verdampfers
Ingenieurbüro Bauer
- Abbildung 14 Schema der Vakuumverdampfung
Metallbau Haller
- Abbildung 15 Stoffflußbild
Metallbau Haller
- Abbildung 16 Stofffluß von KSS, externe Entsorgung
Ingenieurbüro Bauer
- Abbildung 17 Aufarbeitung von KSS durch eine mobile Emulsionsspaltanlage
Ingenieurbüro Bauer

9.2. Literaturverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinien, VDI 3397, Blatt 1
Kühlschmierstoffe für die Metallbe- und -verarbeitung;
Beuth Verlag, Berlin
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRGS 611 „Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw.
wassergemischten Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine
auftreten können“
Bundesarbeitsblatt 4/1993
- [3] Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren
Kühlschmierstoffe in mittleren und Kleinbetrieben; April 1993
Abfallberatungsagentur ABAG, Fellbach
- [4] Empfehlung 11;
VV-Information 4;
VV-Information 3;
NSG, Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfall mbH,
Postfach 44 47, 30 044 Hannover,
- [5] Verdampfertechnik;
Dr. Friedhelm Steffens;
April 1996
Modell Hohenlohe
Fördergemeinschaft betrieblicher Umweltschutz e.V.
Mörikestraße 2, 74638 Waldenburg

Weitere Literaturquellen:

VDI-Richtlinien, VDI 3397, Blatt 2

Pflege von Kühlschmierstoffen für die Metallbe- und -verarbeitung; Mai 1993

Beuth Verlag, Berlin

VDI-Richtlinien, VDI 3397, Blatt 3

Entsorgung von Kühlschmierstoffen

Beuth Verlag, Berlin

U.J. Möller

Schmierstoffe im Betrieb, 1987

VDI-Verlag, Düsseldorf

Altölratgeber

U.J. Möller, 1993

Beratungsges. für Mineralöl-Anwendungstechnik, Hamburg

Tagungsband

Schmierstoff-Forum;

Aufarbeitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe;

April 1993

Technik + Kommunikation Verlags GmbH, Berlin

