

Leitfaden Gefährliche Abfälle bei der spanenden Metallbearbeitung

Wilfried Denz Umweltberatung
Februar 2009

Autor/Kontakt:

*Umweltberatung Wilfried Denz
Gasselstiege 231, 48159 Münster
Fax. 0251/23908906
e-mail: w.denz@muenster.de
www.denz-umweltberatung.de*

© Hinweis zum copyright: Das Kopieren und Weitergeben der Datei oder von Ausdrucken der Datei wird hiermit ausdrücklich erlaubt. Sie können den Text oder Auszüge aus dem Text auch in anderen Texten / Dateien / Veröffentlichungen verwenden, wenn Sie die Quelle nennen und ein Belegexemplar an W. Denz senden.

Inhaltsverzeichnis

1	ZIELSETZUNG	2
2	SPANENDE METALLBEARBEITUNG	3
3	ABFALLENTSTEHUNG	4
4	ABFALLVERMEIDUNG	6
4.1	Standzeitverlängerung durch organisatorische Maßnahmen.....	7
4.2	Standzeitverlängerung durch Badpflege-Maßnahmen.....	9
4.3	KSS-Abfallfreie Bearbeitungsverfahren	12
4.4	Abfallvermeidung bei der Teilereinigung.....	14
5	ABFALLARTEN IN METALL BEARBEITENDEN BETRIEBEN ..	14
5.1	Halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis	14
5.2	Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	15
5.3	Ölhaltige Metallschlämme und Schleifmittel	16
5.4	Metallspäne	17
5.5	Abfälle aus der Entfettung.....	17
5.6	Weitere Abfälle	19
6	WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN.....	19
ANHANG: INNERBETRIEBLICHE BEHANDLUNG VERBRAUCHTER KSS-EMULSIONEN		

1 Zielsetzung

Dieser Leitfaden wendet sich an Praktiker aus Metall bearbeitenden Betrieben, die bei der Optimierung, Modernisierung oder Planung ihrer Anlage durch PIUS-Methoden gleichzeitig die Abfallmengen senken, Umwelt schützen, Qualität optimieren und Kosten senken wollen.

Unter PIUS (ProduktionsIntegrierter UmweltSchutz) werden sowohl organisatorische als auch technische Veränderungen von Produktionsabläufen und/oder Produktionsanlagen verstanden, durch die sich eine deutliche Verminderung von Umweltbelastungen erzielen lässt. Gleichzeitig soll die Qualität optimiert und durch höhere Material- und Energieeffizienz die Kosten gesenkt werden. Dabei wird durch PIUS das Entstehen von Umweltbelastungen nicht erst im Anschluss an den eigentlichen Produktionsprozess durch nachgeschaltete Schutzmaßnahmen vermindert, sondern dies erfolgt bereits innerhalb der einzelnen Produktionsschritte und Teilprozesse.

Dieser Leitfaden konzentriert sich auf PIUS-Maßnahmen durch Vermeiden, Vermindern und Verwerten gefährlicher Abfälle. Es werden die Verfahren, Abfälle und PIUS-Maßnahmen für die spanende Metallbearbeitung und die zugehörigen Reinigungsprozesse beschrieben. Andere in Metall bearbeitenden Betrieben eingesetzte Verfahren wie Gießen, Galvanisieren und Lackieren werden in weiteren Leitfäden behandelt (siehe www.denz-umweltberatung.de/download-infoschriften/).

2 Spanende Metallbearbeitung

Im Bereich der Metallindustrie gibt es eine Vielzahl von Fertigungstechniken und Verfahren: Umformen, Erodieren, Beschichten etc. Dieser Leitfaden befasst sich mit einem Schwerpunkt der Metall bearbeitenden Industrie, der spanenden Metallbearbeitung und den zugehörigen Reinigungsprozessen.

Bei den spanenden Verfahren kommt die Fertigform des Werkstückes durch das Abtragen von Spänen mit einem schneidenden Werkzeug zustande. Dazu gehören die Verfahren:

- mit geometrisch bestimmter Schneidenform: Sägen, Drehen, Schälen, Fräsen, Hobeln, Räumen, Bohren sowie
- mit geometrisch unbestimmter Schneidenform: Scheifen, Läppen, Honen, Gleitschleifen.

Beim Spanen werden durch Werkzeugschneiden Materialschichten von der Werkstückoberfläche abgetragen, um eine Änderung der Werkstückform oder Werkstückoberfläche zu erreichen. Bei der Bearbeitung mit geometrisch bestimmten Schneiden sowie beim Schleifen und Honen kommen als Kühlschmierstoffe (KSS) nahezu ausschließlich Öle oder Öl-Emulsionen zum Einsatz, die im Fertigungsprozess folgende Aufgaben haben:

- Kühlung des Werkstücks und des Werkzeuges
- Verlängerung der Werkzeugstandzeit
- Schmierung der Schnittflächen
- Abtransport der durch die spanabhebenden Fertigung anfallenden Späne und Stäube
- Optimierung der Werkstückoberfläche
- Korrosionsschutz

Beim Schleifen werden neben Ölen und Emulsionen auch Pasten eingesetzt, die neben Waschrohstoffen schleifunterstützende oder polierende Zusätze enthalten. Beim Läppen stellen Pasten auf Ölbasis ein Hilfsmittel dar.



Abb.: Einteilung der Kühlschmierstoffe

Zu etwa einem Drittel werden Kühlschmierstoff-Konzentrate eingesetzt, die mit Wasser verdünnt angewendet werden (Verdünnung 1:10 bis 1:50, Ölgehalt bei Anwendung i.d.R. zwischen 2 und 15 %).

Um die gewünschten Eigenschaften der Kühlschmierstoffe zu erzielen, werden zahlreiche Additive zugesetzt. Mit bis zu 30 Komponenten stellen dabei die wassergemischten KSS die komplizierteren Systeme dar, sowohl was die Inhaltstoffe anbetrifft, als auch bezüglich der Überwachung und Pflege.

Tabelle: Zusammensetzung von Kühlschmierstoffen

KSS-Art	Grundöle	Gebräuchliche Additive
nichtwassermischbare KSS-Öle	Mineralöle Syntheten Ester / pflanzliche Öle	Hochdruck-Zusätze wie: Fettsäuren Phosphorverbindungen Schwefelverbindungen
Kühlschmier-Emulsionen	Mineralöle Synthetische Öle Ester / pflanzliche Öle	Antischaummittel Emulgatoren Hochdruck-Zusätze Korrosionsinhibitoren Lösungsvermittler Mikrobiozide Polare Wirkstoffe
Kühlschmier-Lösungen	Wasserlösliche org. Stoffe (z.B. Polyalkylenglykole)	Korrosionsschutzmittel (Anorganische Salze) Netzmittel (Detergenzien) Wasserlösliche organ. Stoffe

Vor und nach den verschiedenen spanenden Bearbeitungsverfahren werden die Werkstücke meist von den anhaftenden Partikeln und Ölen gereinigt. Dabei kommen meist wässrige Reinigungsbäder (meist alkalisch), manchmal aber auch Lösemittel (in der Regel halogenfrei) zum Einsatz.

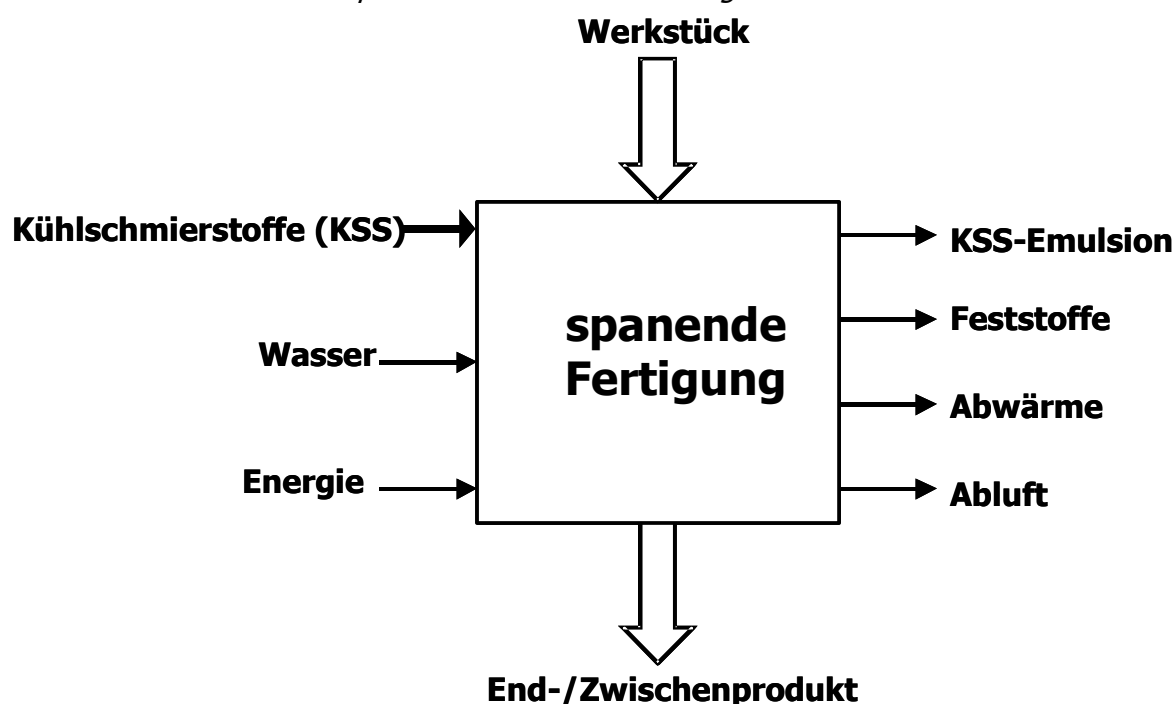
3 Abfallentstehung

Die einzelnen In- und Outputströme der spanenden Metallbearbeitung sind in folgender Abbildung zusammengestellt.

Die in den Bearbeitungsmaschinen eingesetzten KSS werden mit der Zeit durch Fremdöle und Partikeleintrag verschmutzt und verlieren nach und nach ihre gewünschten Eigenschaften. Auch finden bakterielle Abbauprozesse statt. Von verbrauchten KSS-Bädern können Gesundheitsgefahren (besonders Hautkrankheiten) für die Mitarbeiter ausgehen. KSS-Bäder sind deshalb nach mehreren Tagen oder wenigen Wochen zu wechseln, wenn keine Badpflegemaßnahmen ergriffen werden (siehe Kap. 4.2).

Zusätzlich fallen noch Abfälle aus der wässrigen oder Lösemittel-basierten Teilereinigung an.

Abb.: Stoffströme bei der spanenden Metall Bearbeitung



Tab.: Abfallarten aus Metall bearbeitenden Betrieben

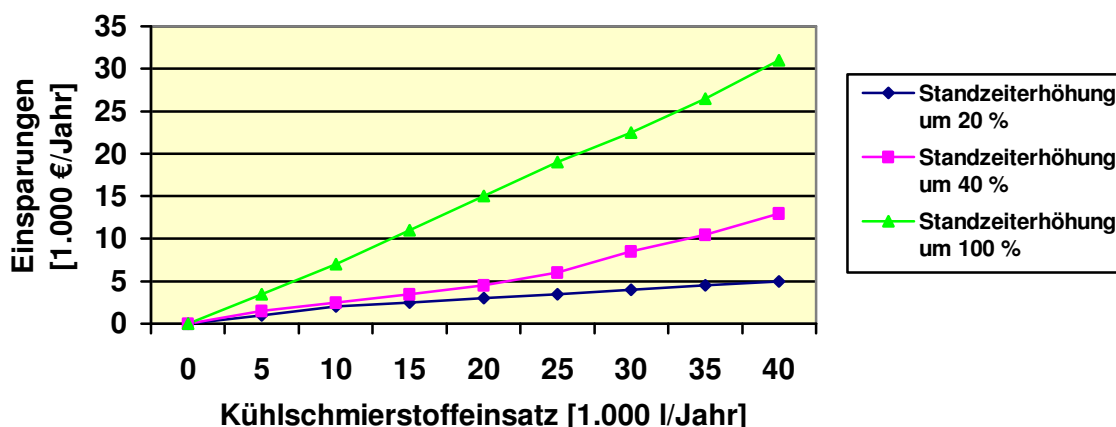
EAK	Bezeichnung
Abfälle aus der spanenden Metall Bearbeitung	
120101	Eisenfeil- und -drehspäne
120102	Eisenstaub und -teile
120103	NE-Metallfeil- und -drehspäne
120104	NE-Metallstaub und -teilchen
120106*	halogenhaltige Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)
120107*	halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)
120108*	halogenhaltige Bearbeitungsemulsionen und -lösungen
120109*	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen
120110*	synthetische Bearbeitungsöle
120114*	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten
120115	Bearbeitungsschlämme mit Ausnahme derjenigen, die unter 120114 fallen
120118*	ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)
120119*	biologisch leicht abbaubare Bearbeitungsöle
120120*	gebrauchte Hon- und Schleifmittel, die gefährliche Stoffe enthalten
120121	gebrauchte Hon- und Schleifmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 120120 fallen

Abfälle aus der Teilereinigung / -entfettung	
110113*	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten
140601-05*	Abfälle aus organischen Lösemitteln
Sonstige Abfälle	
150202*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfiler a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
150203	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 150202 fallen

Hinweise: * bei Abfall-Code: gefährlicher Abfall; fett formatierte Abfallart: mengenrelevant

4 Abfallvermeidung

Die Kosten für den KSS-Einkauf, das KSS-Handling (Wechsel, Kontrolle) und KSS-Entsorgung sind relativ hoch und liegen im Bereich von 10 – 20 % der gesamten Produktionskosten bei



der spanenden Metallbearbeitung. Bei nicht optimaler KSS-Pflege und –Überwachung ist zudem mit einem deutlich erhöhten Krankenstand der Mitarbeiter zu rechnen (Hautkrankheiten).

Abb.: Typische Kühlschmierstoffkosten als Funktion der Standzeit

- Eine Erhöhung der Kühlschmierstoffstandzeit durch geeignete Pflegemaßnahmen hilft also dem metallverarbeitenden Betrieb Kosten zu sparen - und zwar in folgenden Bereichen:
- durch die Reduzierung beim Einkauf neuen Kühlschmierstoffkonzentrates
 - durch geringere Maschinenstillstandzeiten für KSS-Wechsel
 - durch geringere Entsorgungskosten
 - und auch geringeren Krankenstand (in Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt).

Es gibt eine ganze Reihe an Maßnahmen, mit denen die Standzeit der KSS-Bäder auf 6 bis zu 24 Monate verlängert werden kann. Des weiteren stehen auch Verfahren zur Verfügung, bei denen keine KSS-Abfälle entstehen.

4.1 Standzeitverlängerung durch organisatorische Maßnahmen

Wichtig: benennen Sie einen Mitarbeiter, der sich verantwortlich um alle Belange der KSS kümmert. Schulen Sie regelmäßig alle betroffenen Mitarbeiter zum richtigen Umgang mit den KSS.

a) Vermeiden Sie den Fremdöl- und Schmutzeintrag in das KSS-Bad:

Wirksamer als jede Abtrennung von Fremdölen und Schmutzstoffen aus wassergemischten Kühlschmierstoffen ist die Vermeidung des Fremdöl- und Schmutzeintrags durch:

- regelmäßige Wartung der Hydrauliksysteme an der Werkzeugmaschine,
- Abreinigen von Korrosionsschutzölen von den Werkstückoberflächen vor der Bearbeitung,
- Kontrolle der Ölabbstreifeinrichtungen an den Führungsbahnen der Maschine und
- optimierte Einstellung der Zentralschmieranlage.

Wählen Sie die eingesetzten Maschinenöle so aus, dass sie in Beruhigungsphasen möglichst als freie Ölphase an die Emulsionsoberfläche aufschwimmen, d.h. gut demulgieren.

Achten Sie darauf, dass das KSS-Bad durch die Mitarbeiter nicht als Müllbehälter missbraucht wird. Stellen Sie unbedingt Abfallsammelbehälter direkt neben die Maschine.

b) Vereinheitlichen und reduzieren Sie die eingesetzten KSS-Sorten:

Moderne KSS weisen heute ein breites Anwendungsspektrum auf, so dass die Anzahl der eingesetzten KSS auf ein Minimum reduziert werden kann. Als Richtlinie kann man sagen, dass in den meisten Betrieben 1–2 wassermischbare und 1–2 nicht wassermischbare KSS ausreichen. Wenige KSS-Sorten vereinfachen die betriebliche Stoffwirtschaft und Logistik und ermöglichen unter Umständen eine zentrale KSS-Versorgung, was den Aufwand für Überwachung und Pflege insbesondere bei wassergemischten KSS erheblich reduziert.

c) Verwenden Sie trennungsstabile Emulsionen:

Emulsionen können sich allein durch den Trennungsvorgang verändern - sie sind dann nicht ausreichend stabil. Aussagen über die Stabilität der jeweiligen Emulsion kann der Hersteller geben oder sind durch den Lieferanten zu ermitteln. Regel: Produkte mit geringem Mineralölgehalt und einer feindispersen Tröpfchengrößenverteilung sind stabiler als grobdisperse Emulsionen mit einem hohen Mineralölgehalt.

d) Achten Sie auf korrektes Anmischen und Nachschärfen der Emulsion:

Die Stabilität und somit auch die Lebensdauer eines wassergemischten Kühlschmierstoffes ist u.a. abhängig von der Qualität des Anmischvorgangs und von der Güte - insbesondere der Härte - des verwendeten Wassers (günstig: ca. 10-20°dH). Ziel ist eine gleichmäßige (homogene) Größenverteilung der Öltröpfchen in der Emulsion, die mit Hilfe eines Mischgerätes, z.B. Quirl oder Bohrmaschine als einfachste Möglichkeit, am besten zu erreichen ist. Das KSS-Konzentrat sollte dabei nie direkt, sondern als höher bzw. niedriger dosierte KSS-Emulsion dem Bad zugegeben werden.

e) Reduzieren Sie die Austragsverluste:

Eine indirekte Abfallvermeidungsmaßnahme ist die Reduzierung der KSS-Verschleppungen über Werkstücke, Späne, ggf. Schleifschlämme sowie Spritzverluste und Maschinenleckagen. Die ausgetragenen KSS-Mengen sind bei KSS-Ölen erheblich höher (Viskosität) als bei wassergemischten KSS und können ein Mehrfaches des Badinhalts pro Monat ausmachen. Diese gehen einerseits dem Arbeitsprozess verloren (Nachfüllbedarf, Kostenfaktor) und gelangen andererseits entweder in nachfolgende Prozesse (z. B. Waschbäder, reduziert deren Stand-

zeit und bedeutet zusätzliche Abfallmenge) oder in die Entsorgung, oft zusammen mit Spänen oder Schlämmen. Durch

- Abtropfzonen (Werkstücke, Späne)
- Schleudern (Kleinteile, Späne) sowie
- Auspressen oder Zentrifugieren (Späne, Schleifschlämme)

lassen sich erhebliche Anteile der ausgetragenen KSS abtrennen und auffangen. Bei KSS-Emulsionen kann die Rückführung in den KSS-Kreislauf jedoch nur mit Einschränkungen erfolgen (KSS-Hersteller befragen). Über Abtropfzonen aufgefangenen KSS sind aber in der Regel problemlos wieder rückführbar, der KSS-Sumpf aus Spänekübeln sollte dagegen der Entsorgung zugeführt werden.

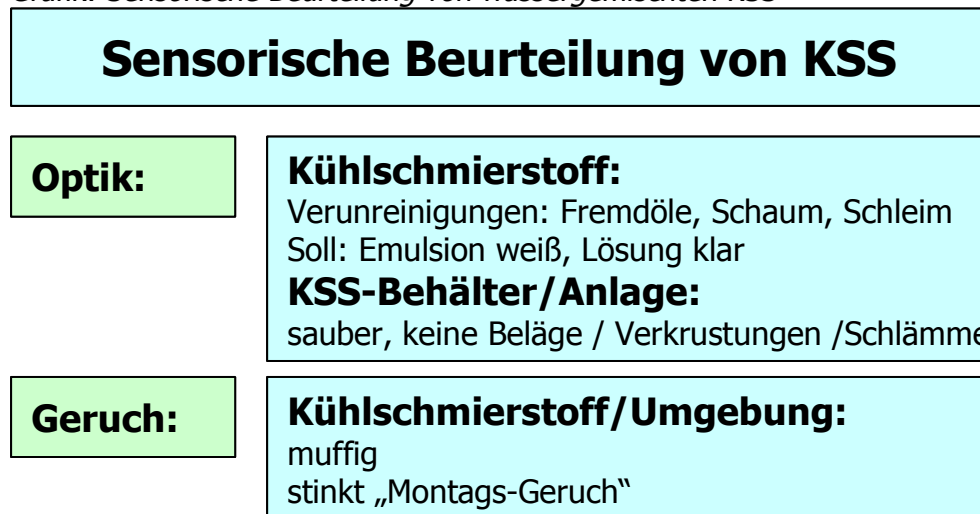
f) Belüften Sie die KSS-Bäder regelmäßig:

Um anaerobes Keimwachstum verbunden mit Korrosionsproblemen an den Maschinen zu vermeiden, ist es bei wassergemischtem KSS wichtig, den KSS-Behälter regelmäßig und ausreichend zu belüften. Dies kann bei Maschinenstillstand (z. B. an Wochenenden) durch gelegentliche Badumwälzung mittels Zeitschaltuhr oder Eindüsen von Luft (System Aquariumpumpe) auch bei kleinen Anlagen kostengünstig sichergestellt werden.

g) Überwachen Sie die KSS-Bäder regelmäßig:

Mit etwas Erfahrung kann man schon mit einer sensorischen Beurteilung bereits wesentliche Informationen über den Zustand des KSS erfassen.

Grafik: Sensorische Beurteilung von wassergemischtem KSS



Ergänzend sollten – besonders bei längeren Standzeiten und Zentralanlagen - die wichtigsten Parameter gemessen und dokumentiert werden: KSS-Konzentration, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, Verkeimungsgrad und bei Zentralanlagen ggf. der Biozidgehalt. Mit teilweise einfachen Mitteln (Handrefraktometer, pH-Papier, Thermometer und Dip-Slides) lassen sich gute Anhaltswerte für den Zustand des KSS gewinnen. Auf jeden Fall sollten die gemessenen Werte auch im Zusammenhang mit gegebenenfalls ergriffenen Maßnahmen dokumentiert werden. Dies hilft Ihnen bei auftretenden Problemen, insbesondere wenn diese wiederholt vorkommen.

Tabelle: Parameter und Anhaltswerte zur Überwachung von wassergemischten KSS

Parameter	üblicher Bereich / Warnsignal	Messsysteme z.B.	Messungen pro Woche	Maßnahmen
KSS-Konzentration	- 2 – 10% (anwendungsspezifisch) - Abw. um 0,5%	Refraktometer Spaltkolben	2-3	falls zu dünn, mit fetter Emulsion nachdosieren falls zu fett, mit VE-Wasser und magerer Emulsion verdünnen
pH-Wert	- ca. 9 (produktspezifisch) - deutliches Absinken	pH-Papier pH-Meter	1-2	Indikator für: - Konzentrationsänderung - zu hohe Keimbelastung - Alterung
Nitritgehalt	- 0 – 10 mg/l - > 20 mg/l Ergibt sich aus TRGS 611	Nitritmessstäbchen, Analyse	1	Analyse auf Nitrosamine ggf. KSS-Wechsel
Leitfähigkeit	- 100 – 1000 µs - > 5000 µs	Leitfähigkeits-Messgerät	0,5	Indikator für hohe Schadstoffgehalte wie z.B. gelöste Schwermetalle. Analyse u. ggf. KSS-Wechsel
Keimbelastung	> 10 ⁴ Keime/ml > 10 ⁶ Keime/ml	Keimindikatoren Dip-Slides	1	Biozide nachdosieren ggf. KSS-Wechsel
Temperatur	- ca. 20 °C - > 25 °C	Thermometer	bei Temperaturspitzen	Badgröße prüfen Kühleinrichtung
Biozidgehalt	- stoffspezifisch z.B. Formaldehydabspalter 0,1-0,2% - 0,2%	Analyse	1-2	gezielte Nachdosierung

4.2 Standzeitverlängerung durch Badpflege-Maßnahmen

Die Verlängerung der Badstandzeiten durch Überwachung und Pflege stellt insbesondere bei wassermischbaren KSS in vielen Fällen das bedeutendste Abfallverminderungs- und damit auch Kosteneinsparungspotenzial dar. In den seltensten Fällen müssen KSS verworfen und entsorgt werden, weil sie durch Verschleiß im Bearbeitungsprozess unbrauchbar geworden sind. Vielmehr führen zusätzliche Belastungen, wie Verunreinigungen (Fremdöle, Fremdflüssigkeiten, feine Späne, Staub, Abfälle usw.), Verkeimung (über Luft, Bauteile) und unzureichende Pflege zum vorzeitigen Ausfall. Durch präventive Maßnahmen (siehe Kap. 4.1), ge-

eignete Pflege in Kombination mit einer regelmäßigen Überwachung lassen sich die Badstandzeiten oft erheblich verlängern.

Als Anhaltswerte gelten 1/2 Jahr für einzelversorgte Maschinen und 2 bis 3 Jahre bei Zentralanlagen. Aus umwelttechnischer Sicht haben Zentralanlagen damit den Vorteil eines deutlich geringeren Abfallaufkommens, in der Regel verbunden mit Vorteilen beim Arbeitsschutz durch bessere Pflege- und Überwachungsmöglichkeiten.

Die durch verschiedene Quellen in den KSS eingetragenen Verunreinigungen lassen sich unter den Überbegriffen Fremdöle und Feststoffe zusammenfassen:

Fremdöle verändern die KSS-Eigenschaften, bieten die Nahrungsgrundlage für verstärktes Keimwachstum und können durch Luftabschluss anaerobe Zustände hervorrufen und damit ein schnelles „Umkippen“ der Emulsion oder Lösung bewirken. Eintragsquellen für Fremdöle sind z. B.: Beölte Halbzeuge und Werkstücke, Hydrauliköle, Bettbahnöle. Achten Sie darauf, dass möglichst geringe Ölmengen in das KSS-Bad gelangen!

Feststoffe beschleunigen durch ihre große Oberfläche chemische Umsetzungsreaktionen und bilden einen guten Nährboden für die Entwicklung von Keimen und Pilzen. Eintragsquellen für Feststoffe sind z. B.: Feine Späne, Schleifmittelabrieb, Schmutz und Staub von den zu bearbeitenden Teilen, Auswaschungen aus der Luft (z. B. Staub, Ruß, NOx, Keime). Achten Sie auch hier darauf, dass möglichst wenige Verunreinigungen (z.B. Abfälle der Mitarbeiter) in das KSS-Bad gelangen!

Grundsätzlich sollte die Entfernung von aufschwimmenden Fremdölen (sichtbar als Ölfilm) die vorrangige Maßnahme sein. Mit vergleichsweise geringem Aufwand lassen sich damit die Badstandzeiten oft erheblich verlängern. Wenn ein hoher Eintrag feiner fester Verunreinigungen, wie z. B. beim Schleifen insbesondere von Guss- und Hartmetallen in das KSS-Bad erfolgt, sollten diese mit geeigneten Verfahren regelmäßig entfernt werden.

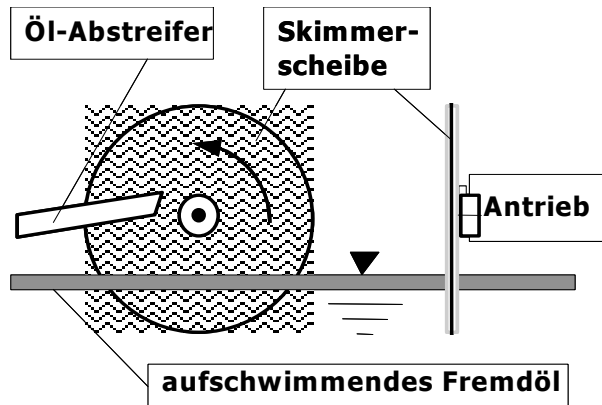
Tab.: Übersicht und Einsatzkriterien für Verfahren zur KSS-Reinigung

	Anlagen / Verfahren	Feststoff- Abtrennung	Fremdöl- Abtrennung	Wirkung / Abschei- degrad	Investition	Wartungs- aufwand
Fremdöle	Skimmer (Scheiben-, Band-, Schlauchskimmer)	-	+	mittel	niedrig	gering
	Koaleszenzabscheider, Plattenseparator	-	+	hoch	mittel	mittel
	Ringkammerentöler	-	+	mittel	mittel	gering
	Zwei-Phasen-Separator	(-)	+	hoch	hoch	mittel
Feststoffe	Magnetabscheider	+	-	gering	niedrig	gering
	Bandfilter	+	-	mittel-hoch	mittel-hoch	gering
	Sedimentationsbehälter	+	-	mittel	niedrig	einfach
	Rückspülbarer Spaltfilter	+	-	mittel	mittel	einfach
	Anschwemmfilter (nur bei KSS-Ölen)	+	-	hoch	hoch	hoch
	Hydrozyklone	+	-	mittel	gering	gering
Fremdöle+ Feststoffe	Sedimentationsbehälter mit Skimmer	+	+	mittel	niedrig	gering
	Lamellenschrägklärer	+	+	mittel-hoch	mittel	mittel
	Drei-Phasen-Separator	(+)	+	hoch	hoch	mittel-hoch
	Drei-Phasen-Dekanter	+	+	hoch	hoch	mittel

Zur Fremdölabscheidung steht eine Vielzahl von Verfahrenstechniken zur Auswahl. Die Angebotspalette reicht vom einfachen Ölskimmer (€ 300 bis 800) bis hin zum Zentrifugalseparator (ca. € 15.000). Jede dieser Techniken eignet sich in der industriellen Anwendung für bestimmte Bereiche.

Skimmer (Fremdölabtrennung):

Der Einsatz der Skimmertechniken ist abhängig von den Ruhephasen der Emulsion. Nur bei Maschinenstillstandzeiten von ausreichender Länge – während der Nacht oder an Wochenenden – kann das freie Fremdöl ungehindert zur Emulsionsoberfläche aufschwimmen, um

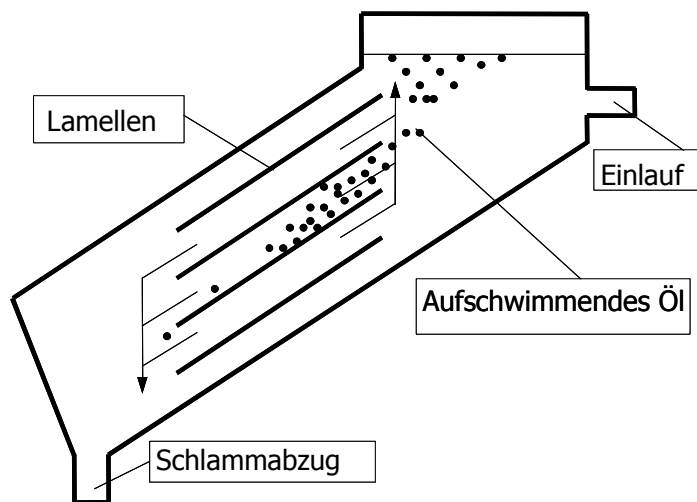


dort mit Skimmern entfernt zu werden. Die Wirkungsweise der Skimmer beruht auf der Haftung (Adhäsion) von Ölen an ausgewählten ölanziehenden (oleophilen) Materialien. Auf der Kühlschmierstoffoberfläche frei aufschwimmende Fremdöle können auf diese Weise aus der Emulsion abgeschieden werden. Die gebräuchlichsten Bauformen sind Scheibenskimmer, Schlauchskimmer, Bandskimmer und Kettenskimmer.

Abb.: Scheibenskimmer

Separatoren (Abtrennung Fremdöl und Feststoffeintrag):

Ist der Einsatz eines Skimmers als kostengünstige Alternative ineffektiv oder nicht sinnvoll realisierbar, so kann eine Fremdölabscheidung auch bei eingemischten und nicht aufgeschwommenen Ölen mit Hilfe von Separationssystemen erfolgen. Die Verwendung eines Separationssystems ist sinnvoll, wenn



- sich ein großer Anteil des Fremdöls in die Emulsion einmischt,
- das Fremdöl keine Möglichkeit erhält, als freie Ölphase an die Oberfläche der Emulsion aufzusteigen (Einsatz der Werkzeugmaschinen im Mehrschichtbetrieb etc.),
- neben dem Fremdöl auch Feststoffe etc. aus der Emulsion abgetrennt werden sollen.

Verwendet werden Zentrifugen, Koaleszenzabscheider, Lamellenseparatoren und Ringkammerentöler.

Abb.: Lamellenschrägklärer

Bei längeren Badstandzeiten kann es durch die kontinuierlichen Verdampfungsverluste zu Aufkonzentrationen gelöster Störstoffe, z. B. Salze kommen. Die Verwendung von entionisiertem (VE-)Wasser zum Auffrischen von Emulsionen und Lösungen vermeidet diese Effekte.

4.3 KSS-Abfallfreie Bearbeitungsverfahren

a) Minimalmengenschmierung

Bei der Minimalmengen-Schmierung (MMS) wird der KSS in sehr kleinen Mengen der Wirkstelle direkt oder fein zerstäubt in einem Druckluftstrom mit Hilfe von Düsensystemen zugeführt. Auf Werkzeug und Werkstück wird ein feiner Schmiermittelfilm gebildet. Die Minimalmengenschmierung ist eine Verlust- oder Verbrauchsschmierung, d.h. der eingesetzte KSS wird während der Bearbeitung nahezu vollständig verdampft. Die trotz der optimalen Schmierung an der Wirkstelle noch entstehende Wärme wird dem System durch die kühlende Wirkung des Druckluftstromes, durch die Verdampfung des Schmiermittels und durch die Späneabfuhr weitgehend entzogen.

Die MMS nahm ihren Ausgangspunkt beim Sägen von Aluminium. Mittlerweile liegen industrielle Erfahrungen bei fast allen spanabhebenden und spanlosen Fertigungsverfahren mit zahlreichen Werkstoffen vor. MMS-Systeme haben folgende Vorteile:

- Wegfall der Kosten für Überwachung, Pflege und Entsorgung von KSS
- Verringerung der Kosten für Einkauf und Lagerung von KSS
- Verringerung von Hautkrankheiten und anderen Gesundheitsproblemen
- Saubere Maschinen und Arbeitsstellen
- Trockene Späne, problemlosere und günstigere Verwertung der Späne
- Trockene, rost- und fleckenfreie Werkstücke
- Einfache Umrüstung bei Einzelbearbeitungsmaschinen
- Nur geringe Investitionen in Höhe von 500 – 2.000 € erforderlich, die sich i.d.R. innerhalb eines Jahres amortisieren

Das MMS-System besteht im wesentlichen aus einem kleinen Vorratsbehälter für den KSS (0,3 bis 20 l), dem Dosiersystem sowie den Auftragsdüsen, die den KSS in einem Luftstrahl geführt aufbringen, wobei eine getrennte KSS- bzw. Luft-Dosierung vorteilhaft ist.

Da nur geringe Mengen an Flüssigkeit verbraucht werden, greift man häufig auf hochwertige biologische oder synthetische Grundöle zurück. Bezüglich der Werkstoffe bestehen durch weiterentwickelte KSS keine anwendungsspezifischen Einschränkungen.

Bearbeitungsverfahren	Erfahrungen	Bemerkungen
Sägen, Band- und Kreis-sägen	gute Erfahrungen	Späneabfuhr muss gesichert sein
Stanzen, Feinstanzen, Nibbeln	gute Erfahrungen, auch für große Materialstärken	Probleme bei großen Mehrfachverbundwerkzeugen wegen unzugänglichen Schnittstempeln
Bohren, Gewinde-schneiden	gute Erfahrungen mit Guss, Stählen und NE-Metallen	Tieflochbohren wegen Späneabfuhr nicht realisierbar
Fräsen, Drehen	gute Erfahrungen mit Stählen und NE-Metallen	Spanabfuhr und exakte KSS-Aufbringung muss gesichert sein
Räumen	mit starken Einschränkungen	
Schleifen, Läppen, Honen	keine oder negative Erfahrungen	

b) Trockenbearbeitung

Die optimale Anwendung zur Abfallvermeidung und erheblichen Kosteneinsparung ist die trockene Bearbeitung. Bei ihr kann durch spezielle Werkzeuge bei hoher Drehzahl bei einigen Anwendungen ganz auf KSS verzichtet werden. Traditionell verbreitet ist sie beim Drehen von Guss in der Großserienfertigung. Ausgelöst durch die Entwicklung neuer Schneidwerkstoffe kamen ständig neue Einsatzgebiete hinzu.

Das Prinzip ist einfach: die Schmierwirkung der Emulsion wird durch die Hartstoffschicht der heutigen Werkzeuge ersetzt. An den glatten Oberflächen fließen die Späne gut ab.

Parameter	Trockenbearbeitung	
	möglich bei	nicht möglich bei
Verfahren	Drehen, Fräsen, Bohren	Schleifen, Honen, Läppen, Tieflochbohren
Werkstückstoffe	Guss, Stahl, selten NE-Metalle	VA-Stahl
Schneidwerkstoffe	beschichtetem Hartmetall, Schneidkeramik, CBN u.a.	Weichmetall
Werkzeugmaschine	NC-Maschinen u.a.	Mehrspindeldrehautomat: Späneabfuhr schwierig
Fertigungsbedingungen	Einzelmaschinen, Vorbearbeitungslinien	Feinbearbeitung, ständig wechselnden Teilen

Der größte Vorteil der Trockenbearbeitung liegt in der Kosteneinsparung. Bei einer kompletten Umstellung entfallen sämtliche Ausgaben für Einkauf, Lagerung, Anmischen, Überwachung, Pflege und Entsorgung der KSS sowie die anteiligen Gemeinkosten. Darüber hinaus entfallen auch Folgekosten wie etwa Späneaufbereitung. Nicht zuletzt wird damit die Gefahr von Hauterkrankungen beim Bedienungspersonal beseitigt.

Nachteilig können sich gegebenenfalls niedrigere Schnittgeschwindigkeiten, höhere Werkzeugkosten sowie eine geringere Maßtoleranz und Oberflächengüte durch erhöhten Wärmeintrag in die Werkzeugmaschine und Reibung auswirken. Durch Maßnahmen wie Nachbeschichten der Werkzeuge, Späneleitsysteme und andere lassen sich diese Nachteile teilweise wieder ausgleichen. Insbesondere bei der Gussbearbeitung ist wegen der Staubentwicklung eine Absaugung erforderlich.

c) Alternative, abfallarme Formgebungsverfahren

Auch weitere abfallarme Formgebungsverfahren, wie z. B. **Strangpressen, Pulvermetallurgie oder Feinguss** sollten als Alternativen zur spanenden Formgebung in die Überlegungen mit einbezogen werden. Sie kommen jedoch meist nur bei großen Stückzahlen in Betracht.

Durch Vereinigen vorgefertigter Teile lassen sich zahlreiche materialaufwendige Zerspansungsoperationen vermeiden. Rotationssymmetrische Bauteile wie Getriebewellen unterschiedlicher Dicken lassen sich z.B. durch **Reibschweißen** vorgeformter Rohlinge miteinander verbinden und anschließend endbearbeiten. Ebenso sind andere form-, kraft- und stoffschlüssige Verbindungsmöglichkeiten zu berücksichtigen. Auf diese Weise lassen sich neben KSS auch erhebliche Mengen an Bauteilmaterialien einsparen.

4.4 Abfallvermeidung bei der Teilereinigung

Werkstücke sind schon bei der Anlieferung oder vorausgehende Fertigungsschritte meist mit Verunreinigungen, Fetten und Ölen behaftet.

Achten Sie bei der Anlieferung der zu bearbeitenden Werkstücke darauf, dass diese mit möglichst wenig Verunreinigungen behaftet sind. Zum Korrosionsschutz unbeschichteter Metallteile genügt häufig ein dünner Ölfilm, der im anschließenden Reinigungsschritt leicht entfernt werden kann. Sprechen Sie diesbezüglich mit Ihrem Zulieferer.

Stimmen Sie alle in Ihrem Betrieb verwendeten KSS- und Korrosionsschutz-Öle aufeinander ab. So können Sie sich oft die Reinigungsschritte zwischen den Bearbeitungsschritten sparen.

Falls eine wässrige oder Lösemittel-basierte Teilereinigung erforderlich ist, wenden Sie folgende Maßnahmen zur Abfallvermeidung und Kosteneinsparung an:

- Minimieren Sie den Schmutzeintrag durch das Werkstück
- Pflegen und Kontrollieren Sie die Reinigungsbäder regelmäßig
- Vermeiden Sie unnötige Ausschleppungen aus den Bädern
- Setzen Sie Wasser sparende Spültechniken ein (Kaskadenspültechnik)
- Entfernen Sie Feststoffe aus den Bädern
- Bereiten Sie Ihre Reinigungsmedien prozessintern auf

5 Abfallarten in Metall bearbeitenden Betrieben

Im folgenden werden die wichtigsten gefährlichen Abfälle beschrieben, die in Metall bearbeitenden Betrieben entstehen können. Zusätzlich werden Möglichkeiten für deren Verwertung und Beseitigungswege aufgeführt.

5.1 Halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis

Typische Bezeichnungen:

Kühlschmier-, Metallbearbeitungs-, Bearbeitungsöle (nicht halogeniert)

Abfallcode und Bezeichnung:

120107* halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)

Anfallstelle / Herkunft:

Bei der Metallbearbeitung werden zum Schmieren, Kühlen und Späneabtransport häufig Kühlschmierstoffe (hier KSS-Öle) eingesetzt. Das KSS-Öl muss ab einem bestimmten Verschmutzungsgrad ausgetauscht werden.

Abfallbeschreibung:

Inhaltstoffe: verbrauchtes KSS-Öl, enthält diverse Additive und Metallabrieb, Schmutz, Rost und Zersetzungsprodukte

Konsistenz: flüssig

Dichte: 0,95 – 1 t/m³

in der Regel kein Gefahrgut, GG-Kl. 3 möglich, WGK 1-3 möglich

Lager-/Transportbehältnis:

Lagerung in einem Metall- oder Kunststoff-Spundlochfass (bis 200 l bzw. 60 l), Spezialbehältnis (z. B. ASF mit 250 - 1.000 l) oder vergleichbar

Externe Verwertung:

Verfahren: R 1 (Ersatzbrennstoff), R 9 (Altölraffination)
Ggf. vorab Feststoffe abtrennen.

Beseitigung:

Verfahren: D 10 (SAV)

5.2 Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

Typische Bezeichnungen:

Öl-, Kühlschmier-, Bearbeitungs-Emulsionen und -lösungen (nicht halogeniert)

Abfallcode und Bezeichnung:

120109* halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

Anfallstelle / Herkunft:

Bei der Metallbearbeitung werden zum Schmieren, Kühlen und Späneabtransport häufig Kühlschmierstoffe (KSS-Emulsionen oder KSS-Lösungen) eingesetzt. Der KSS muss ab einem bestimmten Verschmutzungsgrad ausgetauscht werden.

Abfallbeschreibung:

Wasser-Öl-Emulsionen mit 2-10 % Ölanteil (meist 2-5 %), bei KSS-Lösungen Ölanteil < 1 %, enthalten diverse Additive (Emulgatoren, Korrosionsinhibitoren, Lösungsvermittler, Stabilisatoren, Biozide, Entschäumer etc.) und Metallabrieb, Schmutz und Zersetzungsprodukte.

Konsistenz: flüssig

Dichte: etwa 0,95 - 1 t/m³

in der Regel kein Gefahrstoff, abhängig von den Additiven; WGK 2

Lager-/Transportbehältnis:

Lagerung in einem Metall- oder Kunststoff-Spundlochfass (bis 200 l bzw. 60 l), Spezialbehältnis (z. B. ASF mit 250 - 1.000 l) oder vergleichbar

Innerbetriebliche Behandlung / Kreislaufführung:

In Kap. 4 wird ausführlich beschrieben, wie sich die Standzeit der KSS-Emulsionen verlängern und dadurch die Abfallmenge reduzieren lässt.

Im Anhang werden Verfahren zur innerbetrieblichen Emulsionsspaltung beschrieben.

Externe Verwertung:

Verfahren: R 3

Die Ölphase kann nach Abtrennung wie Altöl meist thermisch, selten stofflich verwertet werden (R 1 und R 9).

Beseitigung:

Verfahren: D 9 (CPB zur Trennung in Wasser und Öl- und Schmutzphase)

5.3 Ölhaltige Metallschlämme und Schleifmittel

Typische Bezeichnungen:

Metallschleifschlämme, Honschlämme, Läppschlämme, gebrauchte Hon- und Schleifmittel

Abfallcode und Bezeichnung:

120114* Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten
120118* ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)
120120* gebrauchte Hon- und Schleifmittel, die gefährliche Stoffe enthalten

Anfallstelle / Herkunft:

Metallbearbeitung, Metallverarbeitung: Schleifen, Honen oder Läppen als Arbeitsschritte zum Glätten der Oberfläche

Abfallbeschreibung:

Inhaltsstoffe: Feine Metallspäne aus der Metallbe- und -verarbeitung, Schleifmittelabrieb (z.B. Korund, Sand, Bims), Kühlschmierstoff (Öl, Öl-Emulsion) und sonstige Verunreinigungen

Konsistenz: schlammig bis fest

Dichte: etwa 1,1 - 1,15 t/m³

In der Regel kein Gefahrgut; ansonsten GGVS Klasse 4.1.; aufgrund des Altölanteils wasser-gefährdend, WGK 3

Hinweise zur Einstufung:

Tropffreie Metallspäne und -teilchen (mit Schleifmittelresten) mit einem Ölanteil von < 3 % werden als nicht gefährliche Abfälle 120101-120104 entsorgt, öl- bzw. tropffreie Schleifmittelreste als 120121. Metallteilchenhaltige Schlämme aus der Filtration von KSS (Kreislauf-führung, KSS-Reinigung) werden als Bearbeitungsschlämme 120114* bzw. 120115 (< 3 % Öl) entsorgt, Metallschlämme vom Schleifen, Honen oder Läppen als 120118*.

Lager-/Transportbehältnis:

Fass, Spezialbehältnis (z. B. Spezialbehältnis (z. B. ASF / ASP mit 250 - 1.000 l) oder vergleichbar

Innerbetriebliche Behandlung / Kreislaufführung:

Achten Sie darauf, dass die Verschleppungsverluste über Werkstücke und insbesondere über die Schleifschlämme möglichst gering gehalten werden. Abtropfzonen, Filter und gegebenenfalls Schlammpressen sind wirkungsvolle Maßnahmen. Abgetrennte Öle können meist problemlos wieder in den KSS-Kreislauf zurückgeführt werden. Die häufigsten Verfahren sind Umlaufbandfilter, Lamellenschräglärer, Magnetabscheider und Trommel- oder Spaltfilter. Filtrierung mittels Filtervlies oder Filterschichten hingegen erzeugt zusätzlich Abfall.

Externe Verwertung:

Verfahren: R 3, R 4

nach Trennung Ölanteil in Altölverwertung (R1 oder R 9), Metallanteil in Metallverwertung (R 4), ggf. auch ohne Vorbehandlung in Metall- oder Zementherstellung

Beseitigung:

Verfahren: je nach Zusammensetzung D 9 (CPB), D 10 (SAV), D 1 (SAD)

5.4 Metallspäne

Typische Bezeichnungen:

Eisenfeil- und -drehspäne, NE-Metallfeil- und -drehspäne, Metallspäne

Abfallcode und Bezeichnung:

120101 Eisenfeil- und -drehspäne
120103 NE-Metallfeil- und -drehspäne

Anfallstelle / Herkunft:

Metallbearbeitung, Metallverarbeitung: Bei der Metallbearbeitung fallen Späne an (z. B. beim Drehen, Fräsen, Bohren, Sägen, Schneiden, Feilen etc.)

Abfallbeschreibung:

Eisen und Stahl, Nichteisenmetalle in unterschiedlichen Zusammensetzungen / Legierungen; Spänen haften in der Regel noch Bearbeitungsöle oder -emulsionen an, sie sollen zur Entsorgung tropffrei sein (< 3 % Ölgehalt, ansonsten gefährlicher Abfall)

Konsistenz: fest

Dichte: etwa 2 - 3 t/m³

kein Gefahrgut

Lager-/Transportbehältnis:

Lagerung in einem Depot-, Mini- oder Abroll-Container oder vergleichbar

Innerbetriebliche Behandlung / Kreislaufführung:

Metallspäne sind frei von Öl (tropffrei) zu entsorgen, d.h. ggf. in Behältnissen mit Lochblech zum Abtrennen von abtropfendem Öl sammeln. Achten Sie darauf, dass bei großen Mengen getrennt nach Metallsorten und ggf. Legierungen gesammelt wird. Je nach Metallsorte kann sogar ein Erlös erzielt werden. Falls Gießerei im Betrieb vorhanden, Rückführung prüfen.

Externe Verwertung:

Verfahren: R 4

Einschmelzen zur Herstellung von neuem Metall (ggf. vorab pressen, brikettieren, pelletieren)

Beseitigung:

Verfahren: D 1 (HMD)

5.5 Abfälle aus der Entfettung

5.5.1 Abfälle aus der wässrigen Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten

Typische Bezeichnungen:

(wässrige) Entfettungsbäder (anorganisch), Entfettungsbäder mit anorganischen Chemikalien

Abfallcode und Bezeichnung:

110113* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten

Anfallstelle / Herkunft:

Metallentfettung in metallverarbeitenden Betrieben vor oder nach der spanenden Bearbeitung oder zwischen Bearbeitungsschritten; insbesondere zur Entfernung von Ölresten

Abfallbeschreibung:

Inhaltsstoffe: anorganische, fettemulgierende Stoffe wie Laugen (NaOH, KOH) und Lösungen von Soda, Phosphaten, Tensiden; verunreinigt mit Mineralölen, Fetten, Wachsen, Rost und Schmutzpartikeln

Konsistenz: flüssig bis schlammig

Dichte: etwa 1 t/m³

GG-Kl. 8 möglich; meist WGK 1

Lager-/Transportbehältnis:

zugelassene Tanks/Tankfahrzeuge oder Flüssigkeitsverpackungen wie Fässer, Kanister

Innerbetriebliche Behandlung / Kreislaufführung:

Abtrennung der Feststoffe durch Filter und Ölanteile durch Skimmer, Dekanter oder Ultrafiltration.

Externe Verwertung:

Verfahren: R 1

Nur die hochkonzentrierte Ölphase kann energetisch verwertet werden.

Beseitigung:

Verfahren: D 9 (CPB), D 10 (SAV)

5.5.2 Abfälle aus organischen Lösemitteln (nicht halogeniert)

Typische Bezeichnungen:

Lösemittel; Lösemittelgemische; Waschflüssigkeiten, organisch; Entfettungsbäder, organisch; organische Lösemittel enthaltende Entfettungsbäder (nicht halogeniert)

Abfallcode und Bezeichnung:

140603* andere Lösemittel und Lösemittelgemische

140605* Schlämme oder feste Abfälle, die andere Lösemittel enthalten

Anfallstelle / Herkunft:

Metallentfettung in metallverarbeitenden Betrieben vor oder nach der spanenden Bearbeitung oder zwischen Bearbeitungsschritten; insbesondere zur Entfernung von Ölresten

Abfallbeschreibung:

Inhaltsstoffe: Organische Lösemittel(gemische) wie Benzine, Petrolether, Petroleum, Spiritus, Cyclohexanon, Kaltreiniger sowie Emulgatoren bzw. Dispergiemittel wie Fettalkohol-, Fettamin-, Fettsäure-, Fettsäureamid- und Alkylaryl-Polyglykoether; verunreinigt mit Mineralölen, Fetten, Wachsen, Rost und Schmutzpartikeln

Konsistenz: flüssig bis schlammig

Dichte: 0,8-1,2 t/m³

Je nach Art des Lösemittels GG-Kl. 3, 6.1 oder 8 möglich; wassergefährdend (WGK 1-2, je nach Art); evtl. Brand- und Explosionsschutz erforderlich

Lager-/Transportbehältnis:

zugelassene Tanks/Tankfahrzeuge oder Flüssigkeitsverpackungen wie Metall- oder Kunststoff-Spundlochfass (bis 200 l bzw. 60 l), Spezialbehältnis (z. B. ASF mit 250 - 1.000 l); Lagerung auf abgedichtetem Untergrund

Innerbetriebliche Behandlung / Kreislaufführung:

Destillation und Abtrennung der Feststoffe zum innerbetrieblichen Wiedereinsatz

Externe Verwertung:

Verfahren: R 1, R 2

Destillation und Abtrennung der Feststoffe zur Erzeugung eines Redestillats, thermische Verwertung

Beseitigung:

Verfahren: D 10 (SAV)

5.6 Weitere Abfälle

Des Weiteren entstehen in Metall bearbeitenden Betrieben noch eine ganze Reihe an weiteren gefährlichen Abfällen, die aber nicht direkt aus dem Bearbeitungs-Prozess stammen. Beispiele sind

- Bearbeitungsprozesse: Abfälle aus dem Gießen, Umformen, Lackieren, Galvanisieren
- Nebenprozesse: Kompressorkondensate aus der Druckluftherzeugung oder Hydrauliköle
- Haustechnik: Leuchtstoffröhren, Batterien und Rückstände aus der Wärmeerzeugung / Heizanlagen.

6 Weiterführende Informationen

Viele PIUS-Infoschriften zur Metallbearbeitung finden Sie bei www.pius-info.de: dort unter <Suche> - <Stichwort-Suche> in der <Profilliste> den Eintrag „Metallbe- und -verarbeitung/ Maschinenbau/ Metallumformung“ auswählen. Auch auf meiner Homepage gibt es noch viele weitere Infos zur Optimierung bei der Metallbearbeitung und zum betrieblichen Umweltschutz allgemein: www.denz-umweltberatung.de/download-infoschriften/

Anhang: Innerbetriebliche Behandlung verbrauchter KSS-Emulsionen

Nicht mehr einsatzfähige wassergemischte Kühlschmierstoffe bestehen in der Regel zu über 90 % aus Wasser, bei KSS-Lösungen liegt der Wassergehalt sogar bei etwa 99 %. Aufgrund der Entsorgungskosten (einschl. Transportkosten) für eine außerbetriebliche Entsorgung der Altemulsion lohnt es sich, ab einer jährlichen Menge von ungefähr 100 m³ über eine innerbetriebliche Behandlung nachzudenken. Ziel einer solchen Behandlung ist es, den Ölanteil der Emulsion abzutrennen, um so innerbetrieblich zu nutzendes Wasser bzw. einleitfähiges Abwasser zu erhalten und die zu entsorgende Abfallmenge zu reduzieren.

Die innerbetriebliche Behandlung verbrauchter Emulsionen läuft in der Regel wie folgt ab:

1. Vorreinigung durch Abtrennung der Feststoffe und Fremddöle (siehe Kap. 4.2)
2. Spaltung der Emulsion und Abtrennung der Ölphase
3. Entsorgen bzw. Verwerten der Ölphase
4. Reinigen der Wasserphase zum innerbetrieblichen Einsatz oder zur Einleitung in Abwasser-Kanalisation oder Gewässer.

Im Zentrum der Betrachtung steht dabei immer die Spaltung der Emulsionen. Chemische Verfahren brechen durch Zugabe von Chemikalien die Widerstände der Ladungsträger, während physikalische Verfahren aufgrund anderer Eigenschaften die beiden Phasen voneinander trennen.

Tab.: Überblick über die häufigsten Verfahren zur Emulsionsspaltung

Verfahren	Beschreibung	Bewertung
Membranverfahren	Ultrafiltration Umkehrosiose	Stand der Technik; einleitfähiges Abwasser erzielbar
Spaltung mit organischen Polymeren	Zugabe organischer kationenaktiver Polymere	Stand der Technik; als Vorspaltung im Rahmen einer Membran-Filtration geeignet, kein einleitfähiges Abwasser
Destillation	Vakuumverdampfung mit Brüdenverdichtung, Dünnschichtverdampfung	Stand der Technik; effektiv beim Vorhandensein preiswerter Energiequellen im Betrieb; auch für schwer spaltbare Emulsionen geeignet, insbesondere für Öl-Konzentrat-Behandlung geeignet
Säure- oder Salzsäure-	Säure- bzw. Salz-	nicht mehr Stand der Technik, da abfallver-
spaltung	Zugabe (z.B. Eisenchlorid)	mehrend durch Schlamm- bildung; nur für leicht spaltbare Emulsionen

Zur Einhaltung der Einleitwerte von Abwasser oder für den betrieblichen Wiedereinsatz (z.B. als Spül- oder Waschwasser) können Kombinationen der verschiedenen Verfahren erforderlich sein. Für mittlere Betriebe bietet sich eine Vorspaltung mit organischen Polymeren mit anschließender Ultrafiltration an. Eine innerbetriebliche Emulsionsspaltung rechnet sich für Kleinbetriebe nicht.

Eine stoffliche Verwertung der abgetrennten Ölphase ist aufgrund des Gehalts an Additiven sowie der eingetragenen Fremdstoffe in der Regel nicht möglich.