

Badpflege und Medienaufbereitung



Der Erfolg einer Weiterbehandlung bzw. Montage von Werkstücken hängt zum überwiegenden Teil von der Qualität der Teileoberfläche nach dem Reinigen ab. Daher ist es absolut notwendig, das Reinigungsverfahren im stationären Zustand zu betreiben. Nur dadurch wird gewährleistet, dass die Qualität der Reinigung den Vorgaben dauerhaft entspricht. Um den stationären Zustand zu überwachen bzw. aufrecht zu erhalten, ist ein gewisses Maß an Reiniger-, Badanalytik und Medienaufbereitung notwendig.

1. Wässrige Reinigung

1.1. Badanalytik

Die am Markt befindlichen Reinigersysteme werden kontinuierlich weiterentwickelt. Sie bestehen in der Regel aus anorganischen Buildersubstanzen, Tensiden und Korrosionsschutzkomponenten. Die Produkte sind optimiert im Hinblick auf die aktuelle Gesetzgebung, die Anzahl der Einzelrohstoffe, die Qualität der Rohstoffe, die Reinigungswirkung und die Materialverträglichkeit.

In der Praxis haben sich unterschiedliche analytische Methoden für die verschiedenen Reiniger bewährt.

Analytische Verfahren

- › Titration
 - Builder
- › Photometrie
 - Builder
 - Tensid
 - Spülwasserqualität
- › Leitfähigkeit

- Builder
- Spülwasserqualität
- › Blasendrucktensiometer
 - Oberflächenspannung, „Reinigungswirkung“
- › Späne/Filtrierpapier-Verfahren
 - Korrosionsschutz

1.1.1. Titration

Die Titration ist ein einfaches, diskontinuierliches Verfahren, zur Bestimmung der Builderkonzentration, das vor Ort durchführbar ist. Die Investitionen für die benötigten Gerätschaften sind gering. Es sind keine Fachkräfte notwendig, es sollte jedoch eine intensive Schulung der Mitarbeiter durch den Chemielieferanten erfolgen. Bei der Volumetrie (Maßanalyse) wird zu der zu analysierenden Lösung unbekanntes Gehaltes soviel einer Lösung bekannter Konzentration – der Maßlösung – zugegeben, bis ein Indikationssystem den Endpunkt der Reaktion zwischen der zu bestimmenden und der Titratorsubstanz anzeigt (Äquivalenzpunkt). Man verwendet vollständig und rasch ablaufende Reaktionen, und als Indikationssysteme werden visuelle Indikatoren oder physikalisch-chemische Methoden (automatische Titration) benutzt.

Visuelle Indikatoren

(siehe Kasten unten)

In den meisten Fällen wird das Volumen der verbrauchten Maßlösung gemessen und hieraus der unbekannte Gehalt errechnet.

Die Titrationsanleitung erhalten Sie meist zusammen mit den Produktinfor-

mationen vom Lieferanten. Die entsprechenden Maßlösungen und Indikatoren werden in der Titrationsanleitung angegeben und sind im Laborfachhandel erhältlich. Natürlich kann man die Titration auch automatisch durchführen. Hier bieten sich zum Beispiel Geräte der Firma Metrohm (www.metrohm.de) oder Merck (www.merck.de) an.

Bei diesen Geräten wird mittels einer pH-Elektrode und automatischer Dosierung der Titrationslösung der voreingestellte End-pH-Punkt bestimmt. Das Volumen kann abgelesen werden oder wird vom Gerät (je nach Methode) umgerechnet und als Konzentration des Reinigers angezeigt.

1.1.1.1. Fehlerquellen

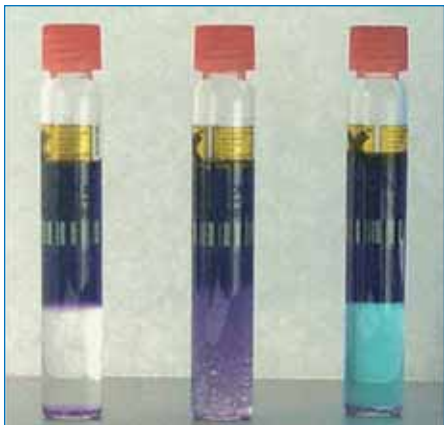
Der Tensidgehalt wird bei der Titration nicht gemessen. Mit der Titration wird die Gesamtalkalität der Badlösung bestimmt. Alle Substanzen im Bad, die alkalisch reagieren, werden mit erfasst. Dies sind zum Beispiel Hydroxide, Amine etc. die in den Kühlschmierstoffen und Korrosionsschutzmitteln als Alkalipuffer (pH-Wert, Korrosionsschutz für die Zerspannung) fungieren. Sie spiegeln bei der Analyse eine höhere Konzentration vor als real vorhanden. Dieser Umstand hat bei hochalkalischen Produkten keine Praxisrelevanz. Bei schwachalkalischen Produkten wie zum Beispiel „Neutralreinigern“ kann dies jedoch zu Mehrbefunden und damit zu erheblichen Problemen führen. Gefärbte Lösungen können das Erkennen des Indikator-Farbumschlages am Endpunkt der Titration behindern.

Visuelle Indikatoren

Indikator	Umschlagsintervall (pH)	Farbe sauer	Farbe basisch	Äquivalenzpunkt
Methylorange	3,1-4,4	rot	gelb	zwiebelfarbig
Methylrot	4,2-6,3	rot	gelb	orange
Lackmus	5,0-8,0	rot	blau	blau-rot
Phenolphthalein	8,2-10,0	farblos	rot	schwach rosa

1.1.2. Photometrie

Die Photometrie ist eine vielfach angewandte, diskontinuierliche und vor Ort durchführbare Analysenmethode, vergleichsweise kostengünstig, schnell und einfach. Es sind keine Experten dafür notwendig, eine intensive Schulung des Be-



Probe zupipettiert, durchmischt, nach Extraktion – farbiger Komplex in der Unterphase (v.l.)

dienungspersonals ist allerdings unabdingbar. Wie der Name Photometrie schon sagt, handelt es sich bei diesem Verfahren um die Messung der Konzentration einer Substanz mittels Licht. Gemessen wird, wie viel Licht von einem bestimmten Stoff absorbiert wird. Verwendet wird hierzu monochromatisches Licht. Dieses Licht wird durch die Küvette, das ist ein Gefäß aus Plastik, Glas oder Quarz, gestrahlt. Eine hinter die Küvette geschaltete Photozelle gibt Aufschluss darüber, wie viel Licht absorbiert wird. Je nach verwendetem Filter werden die Geräte in zwei verschiedene Photometer-typen eingeteilt: Filter- und Spektralphotometer. Wird ein einfacher Filter verwendet so erhält man ein Filterphotometer, mit dem die Absorption bei einer bestimmten Wellenlänge gemessen werden kann. Mit einem Prisma oder einem Git-

ter als Monochromator ist es möglich, die Absorption über einen breiten Wellenlängenbereich zu bestimmten (Spektralphotometer).

Die Konzentration wird am Maximum des Spektrums gemessen, um den Fehler möglichst gering zu halten. Durch die Messung der Extinktion bei Lösungen bekannter Konzentration wird eine Eichgerade erstellt. Misst man nun die Absorption bei einer Lösung unbekannter Konzentration, so kann mit der zugehörigen Geradengleichung auf die gesuchte Konzentration errechnet werden.

In der Reinigeranalytik kommen Photometer zum Beispiel der Firmen Dr. Lange und Merck zum Einsatz.

1.1.2.1. Builderanalytik

Mit der Photometrie können relevante Builderbestandteile (Phosphate, Carbonat) unkompliziert und eindeutig bestimmt werden. Die Firmen bieten hierfür vorgefertigte Tests in Glasküvetten und die entsprechenden Reaktionschemikalien und Verfahrensvorschriften an.

Die vom Photometer angezeigten Werte werden mit dem Faktor (Angabe des Reinigungsmittellieferanten) multipliziert und ergeben den Wert für die Builderkonzentration im Bad.

1.1.2.1.1. Fehlerquellen

Praktisch keine, da die Gehalte an Phosphaten in den abgereinigten Verschmutzungen gegen Null gehen. Ausnahme ist die Entphosphatierung von Werkstücken zum Beispiel vor der Wärmebehandlung oder der galvanischen Beschichtung.

1.1.2.2. Tensidanalytik

Mit der Photometrie kann der relevante Tensidanteil (i.d.R. nichtionische Tenside) unkompliziert und eindeutig bestimmt werden. Die Firmen bieten hierfür vorge-



Titrimo zur automatischen Titration

fertigte Tests in Glasküvetten und die entsprechenden Reaktionschemikalien und Verfahrensvorschriften an.

Das Messprinzip am Beispiel Dr. Lange LCK 334:

Der Test beinhaltet zwei Phasen, wobei nichtionische Tenside (Oxethylate mit 3-20 Etherbrücken) zuerst in der wässrigen Phase mit Cobaltthiocyanat unter Bildung farbiger Komplexe reagieren, die dann in Chloroform extrahiert werden. Der gebildete Komplex absorbiert Strahlung der Wellenlänge von 620 nm (orange), die Chloroform-Unterphase erscheint dann in der Komplementärfarbe (blau) und kann im Photometer ausgewertet werden.

1.1.2.2.1. Fehlerquellen

Durch Anhaftungen von Öltröpfchen an der Küvettenwandung können geringe Mehrbefunde entstehen. Durch kurze Behandlung in einem Ultraschallbad können diese jedoch leicht gelöst werden und schwimmen auf. Dadurch beeinflussen sie die Messung im unteren Teil der Küvette nicht mehr.

1.1.3. Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeitsmessung kann diskontinuierlich, wie auch zur Online-Messung, verwendet werden. Eine Anpassung der Messung auf den spezifischen Prozess ist unbedingt notwendig. Eine direkte Ansteuerung von entsprechenden Dosierpumpen ist möglich.

Wässrige Elektrolyt-Lösungen leiten den elektrischen Strom. Diese Leitfähigkeit beruht darauf, dass Säuren, Basen und Salze in wässriger Lösung elektrisch geladene Teilchen (Ionen) bilden. In ein-



Photometersortiment der Firmen Dr. Lange und Merck

facher Weise erfolgt eine Bestimmung der Leitfähigkeit durch Messung des Widerstandes einer wässrigen Lösung, die sich zwischen zwei Elektroden mit einer Oberfläche von einem Quadratcentimeter und einem Abstand von einem Zentimeter befindet.

In der Praxis ist für industriell gefertigte Messzellen die jeweilige Zellkonstante (Quotient l/q in cm^{-1}) individuell durch Kalibrierung mit einer Lösung bekannter Leitfähigkeit zu bestimmen (zum Beispiel $c(\text{KCl}) = 0,01 \text{ mol/l}$; $k = 0,001413 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-1}$, es sind auch Angaben in $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ gebräuchlich). Zur Vermeidung einer Elektrolyse müssen die Untersuchungen mittels Wechselstrom durchgeführt werden. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen ist auch von der Zähigkeit (Viskosität) der Lösung abhängig. Da sich diese Viskosität mit der Temperatur verändert, ergibt sich die Notwendigkeit, auf Temperaturkonstanz während der Messungen zu achten.

Entsprechende Kurven für die Bestimmung der Reinigerkonzentration mittels Leitfähigkeitsmessung stellt der Reinigungsmittelproduzent zur Verfügung.

1.1.3.1. Fehlerquellen

Der Tensidgehalt wird nicht erfasst. Die Gesamtleitfähigkeit der Badlösung wird erfasst. Je nach Aufsalzung (verwendete Wasserqualität) der Bäder und eingeschleppter Salzfracht aus den Verschmutzungen (z.B. Emulsionen), können die Messwerte stark vom tatsächlichen Wert abweichen.

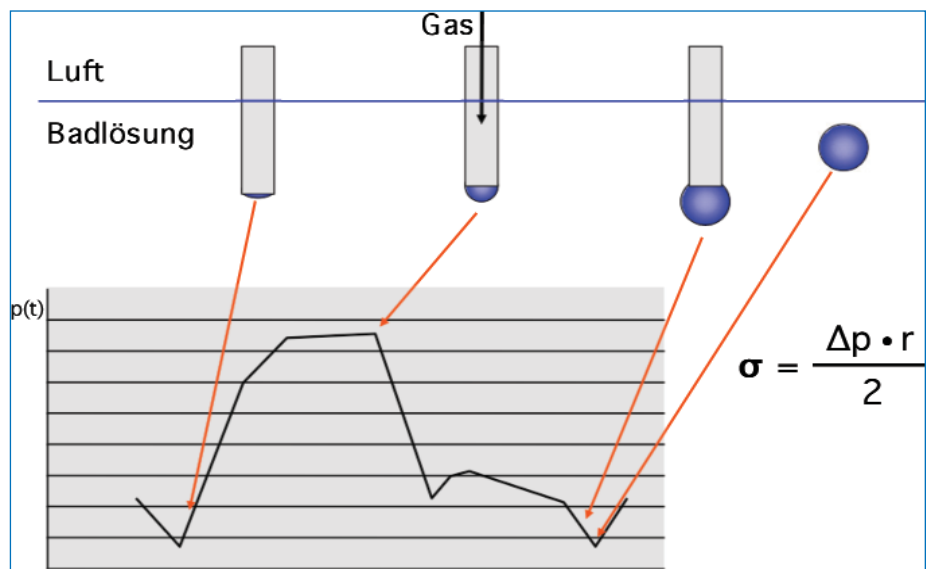
1.1.4. Blasendrucktensiometrie

Die Blasendrucktensiometrie kann diskontinuierlich wie auch zur Online-Messung verwendet werden. Eine Anpassung auf den spezifischen Prozess ist unbedingt notwendig. Die Ansteuerung von Dosierpumpen bei der Online-Messung ist möglich.

Zwischen den Molekülen einer Flüssigkeit wirken anziehende Kräfte, die so genannten Kohäsionskräfte. Ein einzelnes Molekül übt Kräfte auf diejenigen Moleküle aus, die sich in einem Umkreis von $5 \cdot 10^7$ Zentimetern um das Molekül herum befinden. Im Inneren der Flüssigkeit heben sich diese Kräfte jedoch gegenseitig auf, da überall gleichgroße Gegenkräfte von den Molekülen der Umgebung aufeinander ausgeübt werden. An der Flüssigkeitsoberfläche aber

wirken auf die Moleküle nur Kräfte von Molekülen, die sich unter der Oberfläche befinden. Es resultiert also eine in das Innere der Flüssigkeit gerichtete Kraft. Die Oberfläche nimmt unter dem Einfluss dieser Kräfte die kleinstmögliche Fläche an. Um die Oberfläche der Flüssigkeit zu vergrößern, ist dann eine bestimmte Arbeit nötig. Die Arbeit, die man verrichten muss, um die Oberfläche um eine Flächeneinheit zu vergrößern, nennt man Oberflächenspannung. Im SI-System wird die Oberflächenspannung in den Einheiten Joule/m² bzw. Newton/m angegeben. Die Oberflächenspannung sinkt bei fast allen Flüssigkeiten mit steigender Temperatur.

Bei der Blasendrucktensiometrie wird die Konzentration der Tenside über die Herabsetzung der Oberflächenspannung (s) bestimmt. Sie ist eine einfach anzuwendende Methode zur Bestimmung dynamischer Oberflächenspannungen. Im Blasendrucktensiometer werden, in der zu untersuchenden Flüssigkeit, Gasblasen mit einer genau definierten Blasenbildungsrate erzeugt, an denen sich die grenzflächenaktiven Reinigerbestandteile (Tenside) anlagern können. Die Gasblasen gelangen über eine Kapillare mit bekanntem Radius in die Flüssigkeit. Bei diesem Vorgang kommt es zu einem charakteristischen Druckverlauf, der zur Bestimmung der Oberflächenspannung ausgewertet wird. Die unterschiedlichen Oberflächenspannungen ergeben sich aus dem zeitlichen Anlagerungsvermögen, abhängig von der chemischen Struktur der oberflächenaktiven Substanz und ihrer Konzentration.



Charakteristischer Druckverlauf

1.1.5. Späne/Filterpapiermethode

Bekanntermaßen korrodieren (rosten) Eisen und einfache Stähle in Gegenwart von Sauerstoff und Wasser, ohne dass weitere Reaktionspartner vorhanden sein müssen.

Die Rostbildung macht man sich bei der Bestimmung der Korrosionsschutzeigenschaften eines Konservierungs- oder Passivierungsbades zu Nutze. Die Testmethode ist eine diskontinuierliche Vergleichsmessung zwischen einer aktuellen Badprobe und Standards des verwendeten Korrosionsschutzmittels mit steigender Konzentration, auf Basis der DIN 51360 Teil 2, kurz DIN-Spänetest genannt. Zum Ansetzen der Standards wird die gleiche Wasserqualität wie im Passivierungsbad verwendet. Die aktuelle Badprobe sowie die Standards werden zeitgleich nach DIN 51360 Teil 2 geprüft. Durch Auswertung und Vergleich der Filterpapiere anhand einer Grafik, können die Korrosionsschutzeigenschaften (Konzentration) des Bades ermittelt werden.

1.1.5.1. Fehlerquellen

Ein Mehrbefund durch die Einschleppung alkalischer Medien aus den Bearbeitungshilfsstoffen ist möglich. Ein eventuell vorhandener Gehalt an Chloriden wird oft nicht miterfasst. In diesem Falle ist eine separate Chloridanalyse notwendig.

1.1.6. Ölbestimmung nach Babcock

Abgereinigte Öle und Emulsionen stellen den Hauptanteil an störenden Verunreinigungen im Reinigungsbad dar. Sie binden Builder und Tensidanteile des Reinigers und vermindern damit den Anteil an

aktivem Reiniger im Bad. Der dispergierte bzw. emulgierte Ölanteil wird in die nachfolgenden Bäder verschleppt und führt zu einer Wiederverschmutzung der Teile. Bei vorgegebener Oberflächenqualität (Sauberkeit) ist es notwendig einen Ölgrenzwert in den Bädern festzulegen, einzuhalten und zu überwachen. Eine einfache Methode zur Überwachung des Ölgrenzwertes ist die Ölbestimmung nach Babcock.

1.1.6.1. Durchführung

50 ml der zu untersuchenden Badlösung werden im Ölmesskolben vorgelegt und mit 50 ml Salzsäure (1:1) versetzt. Nachdem ein Rührmagnet in den Kolben gegeben wurde, wird der Kolben in ein siedendes Wasserbad (1.000 Milliliter Becherglas, flache Form) eingehängt. Dort wird die Lösung etwa eine Stunde erhitzt, bis sich auf der Flüssigkeitsoberfläche eine Ölschicht abgeschieden hat.

Anschließend wird soviel Salzsäure (1:1) zugegeben, bis die Ölschicht in den feingraduierten Messteil des Kolbens steigt. Nach erneutem Erhitzen im siedenden Wasserbad wird die Ölmenge in Millilitern im feingraduierten Messteil abgelesen. Die abgelesenen ml Öl werden mit 20 multipliziert und man erhält den Ölgehalt in ml/l.

1.1.7. Partikelbestimmung

Die Anzahl, Größe und Art von Partikeln, die an einem Bauteile anhaften dürfen, sind in der Regel vorgegeben. Um eine Aufkonzentrierung und damit Wiederverschmutzung der Bauteile mit Partikeln zu verhindern, muss bei vorgegebener Oberflächenqualität (Sauberkeit) ein Partikelgrenzwert in den Bädern festgelegt, eingehalten und überwacht werden.

Bei der Bestimmung der Menge, Größe und Art von Partikeln in der Badlösung kann entsprechend dem VDA-Band 19



Messeinrichtung der Firma SITA Messtechnik GmbH

„Prüfung der Technischen Sauberkeit – Partikelverunreinigung funktionsrelevanter Automobilteile“ verfahren werden. Die an einer gut durchmischten Stelle, entnommene Badlösung kann als „Extraktionslösung“ weiterbehandelt werden.

2. Lösemittelreinigung

Siehe Punkt 5.3

3. Verschmutzungen

3.1. Partikel, Späne

Die durch Adhäsion an der ölfreien Oberfläche haftenden Partikel können durch Schleudern, Spülen bzw. Tauchen mit mechanischer Unterstützung entfernt werden, da sie nur lose an der Oberfläche haften. Diese eher selten auftretende Art der Verschmutzung (zum Beispiel durch Trockenbearbeitung) stellt an den Reinigungsprozess geringere Anforderungen, da meist durch Verwendung von organischen Lösungsmitteln geringer Oberflächenspannung oder Herabsetzen derselben, durch Zusatz von oberflächenaktiven Stoffen in wässrigen Medien, selbst Späne und Partikel aus geometrisch anspruchsvollen Teilen entfernt werden können. Häufigere und ungleich schwierigere Reinigungsaufgabe sind Partikel, die durch an der Oberfläche adsorbierte Bearbeitungshilfsstoffe wie Fette und Öle an der Metalloberfläche anhaften. Um derartige Verunreinigungen zu

entfernen, können bei geringerer Reinheitsanforderung einfache Verfahrenstechniken (ein bis zwei Badanlagen) mit mechanischer Unterstützung (meist Spritzanlagen) eingesetzt werden. Höherer Reinheitsgrad der Oberfläche, wie die Anforderungen der Automobil und -zulieferindustrie (Reinheitsklassen nach VDA 19), können im Allgemeinen nur durch eine chemisch und technisch komplexere Verfahrenstechnik erzielt werden.

Entscheidend für ein qualitativ hochstehendes Reinigungsergebnis sowie eine lange Standzeit der Reinigungsbäder ist, im Falle der Späne- bzw. Partikelverunreinigung, ein kontinuierliches Entfernen der Verunreinigung aus dem Reinigungsbad durch eine angepasste Badpflege.

3.2. Öle, Fette, Wachse

Öle und Fette, Ester aus gesättigten und ungesättigten Fettsäuren und Glycerin (Triglyceride), und Wachse, Ester aus Fettsäuren und langkettigen Alkoholen, lösen sich als unpolare Substanzen bevorzugt in unpolaren Medien (Lösemittel). Bei kombinierten Verunreinigungen, die in der Reinigung die „Standardverunreinigung“ darstellen, kommt es zu einer stärkeren Haftung der Partikelverunreinigung, wenn nur die Öl-/Fettschicht, die die Partikel zum Teil beweglich hält, durch eine „Lösungsmittel-Entfettung“ entfernt wird. Als Beispiele seien hier Mischungen aus Mineralöl und dispergiertem Grafit, kolloidalem Molybdänsulfid oder Schwefel genannt, wo selbst mit mechanischer Unterstützung (Ultraschall, Umfluten, etc.) die adhäsiven Kräfte zwischen Verunreinigung und Werkstoffoberfläche kaum überwunden werden können.

Wässrige Systeme müssen zur Entfernung von Fetten und Ölen mit oberflächenaktiven Substanzen wie Tensiden ausgestattet werden, um ein Emulgieren der Öle im wässrigen Medium zu ermög-

Art	Vermeiden	Entfernen	Analysenmethode
Partikel	Mit Öl in der Zerspanungsmaschine spülen und/oder abblasen	Filter, Kerzenfilter, Kratzer, Magnetabscheider, Absetzbecken, Membranfiltration, Adsorptionsfiltration	Badlösung filtrieren und Partikel zählen oder auswiegen; Bestimmung in Anlehnung an die VDA 19
KSS	Abtropfen, abblasen abschleudern	Skimmer, Ölabscheider, Separator, Zentrifuge Membranfiltration, Adsorptionsfiltration	Babcocktest; Analyse in Anlehnung an die DIN 38409-H18
Fremdionen	VE-Wasser	Ionenaustauscher, Umkehrosiose (RO) je nach Ion	Atom-Absorptions-Spektrometrie (AAS); Induktiv gekoppeltes Plasma (ICP)-Spektroskopie; Photometrie
Spezielle Stoffe aus den Bearbeitungshilfsmitteln	Wechsel des Bearbeitungshilfsmittels	Möglich, jedoch nur bei Bekanntgabe der Inhaltsstoffe	Möglich, jedoch nur bei Bekanntgabe der Inhaltsstoffe

lichen. Weiterhin müssen Fette, da sie über ein „Lösen“ durch Tenside in der Regel nicht von der Oberfläche zu entfernen sind, über einen Verseifungsschritt löslich gemacht werden. Da in wässrigen Medien die Emulgierfähigkeit limitiert ist, werden die Tenside in modernen Reinigungssystemen demulgierend eingestellt, die Reinigungsbäder über eine Aufbereitung „gepflegt“ und so die Konzentration an emulgiertem Fett und Öl im Reinigungsbad niedrig gehalten.

3.3. Emulsionen

Als in Wasser emulgierte Öle stellen Emulsionen keine besonderen Anforderungen an das Reinigungsmittel bezüglich ihrer Entfernung, da sie oft direkt mit Wasser abspülbar sind. Ihre Anreicherung im Reinigungsbad kann allerdings, bedingt durch hohe Emulgatoranteile, zu Problemen bei der Badpflege der wässrigen Reinigungsbäder führen. Schließlich enthalten Emulsionen neben oben genannten Ölen (Mineral- oder Esteröl) und anionischen und/oder nichtionischen Tensiden eine Vielzahl von Additiven (Schwefel-, Zink-, Phosphorverbindungen), die ihre Eignung als Kühlschmierstoffe verbessern, bei einer Aufkonzentrierung in einem Reinigungsbad jedoch zu unerwünschten Reaktionen an Metalloberflächen oder mit Reinigerinhaltsstoffen führen.

Vordringliche Aufgabe ist deshalb bei modernen Reinigungssystemen die vollständige Entfernung der eingebrachten Emulsionen und die Minimierung der unerwünschten Reaktionen, um eine hohe Standzeit des Reinigungsbades bei gleichbleibender Reinigungsqualität zu gewährleisten.

4. Wasserqualität

Wenn man davon ausgeht, dass in einem Reinigungsbad maximal 5 Prozent Reiniger enthalten sind und 95 Prozent Wasser, dann spielt die Wasserqualität sicherlich eine nicht unerhebliche Rolle. Trinkwasser ist eines der bestuntersuchten Lebensmittel, die wir haben. Aber nicht alle Inhaltsstoffe sind auch für das Reinigen und Spülen bei der industriellen Teilereinigung nützlich. Mögliche Inhaltsstoffe im Leitungswasser sind:

- › Calcium, Magnesium
 - Aufsalzung, Kalkflecken
- › Chlorid, Sulfat
 - Aufsalzung, Korrosion

Verfahren

Ablaufen lassen des Öls in speziellen Abtropfgestellen

Abstreifen des Öls z.B. mit Abstreiflippen

Abzentrifugieren/abschleudern des Öls mittels einer Zentrifuge

Saugblasverfahren (Abblasen der Teile mit Luft bei gleichzeitiger Absaugung und Abscheidung des Ölnebels)

Einsatzmöglichkeiten, Voraussetzungen

Schrägstellen schöpfender Teile; bedingt den Einsatz von Bearbeitungshilfsstoffe mit niedriger Viskosität

Ebene Teile mit glatter Oberfläche

Nur für unempfindliche (gegenüber mech. Beanspruchung) Kleinteile, Korb- oder Schüttware

Für vereinzelte, geführte Teile in größerer Stückzahl geeignet; zum Beispiel innerhalb der Fertigungslinie

› Natrium, Kalium, Nitrat, Carbonat

- Aufsalzung

› Unterschiedliche Organik

- Flecken, Schaum

In erster Linie spielt hier die Wasserhärte bzw. der Gesamtsalzgehalt eine große Rolle. Bedingt durch die Nachdosierung von Leitungswasser, bei Verdunstungs- und Ausschleppungsverlusten, wird der Gesamtsalzgehalt der Bäder erhöht. Die Wasserhärte führt zur Ausfällung von Kalk, Kalkseifen, Phosphaten, Silikaten, Tensiden und Korrosionsinhibitoren.

Die Folgen davon sind:

- › Schlamm im Bad und auf den Teilen
- › Flecken nach dem Trocknen
- › Verminderung der Reinigungswirkung durch Ausfällung der Builder und Tensiden
- › Angriff auf den Werkstoff
- › Ungenügende Reinigung
- › Verminderter Korrosionsschutz

Die durch Aufsalzung ebenfalls erhöhten Chlorid- und Sulfatgehalte führen zur Korrosion der Teile sowie der Anlage bzw. einer Verminderung des auf die Werkstücke aufgetragenen Korrosionsschutzes. Eine Lösung des Problems bringt nur die Verwendung von vollentsalztem Wasser (VE-Wasser). Zur VE-Wassererzeugung stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, die hier nicht näher behandelt werden. Zur weiteren Vertiefung physikalischer und technischer Zusammenhänge sei auf die Fachliteratur und auf Firmenschriften verwiesen.

5. Medienaufbereitung

Hauptursache für schlechte Reinigungsergebnisse und kurze Standzeiten sind die Art und Menge der eingetragenen nativen- und synthetischen Öle, Fette, Kühlschmierstoffe und Partikel. Zur Entfernung dieser Verunreinigungen aus dem Bad sind verschiedene Systeme in Ge-

brauch. Eine Übersicht zu den häufigsten Verunreinigungen, der Vermeidung und Entfernung aus dem Bad sowie die entsprechenden Analysemethoden gibt die Tabelle auf Seite 4. Bei der Planung einer Badpflegeeinrichtung für ein Reinigungsverfahren spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- › Teiledurchsatz
 - › Schmutzeinschleppung (Art und Menge)
 - › Verschleppungsmenge
 - › Verdunstungsmenge
 - › Restschmutzforderung
- Anhand dieser Angaben wird ein Aufbereitungsverfahren erarbeitet.

5.1. Vorentölen

Bei stark beölten Werkstücken ist eine Vorentölung vor der Reinigung aus zwei Gründen interessant. Zum einen werden die Bearbeitungshilfsstoffe durch den mechanischen Entölungsvorgang nicht verändert und können in den meisten Fällen dem Bearbeitungsmittelkreislauf wieder zugeführt werden. Zum anderen wird der Schmutzeintrag in die Reinigung vermindert. Dies führt in aller Regel ohne weitere Maßnahmen (Badpflege) schon zu einer Standzeitverlängerung der Bäder.

Die wichtigsten mechanischen Vorentölvorgängen sowie deren Einsatzbereiche sind in der Tabelle oben dargestellt.

5.2 Wässrige Reinigung

5.2.1. Partikelfiltration

Späne und Partikelverunreinigungen müssen aus den Reinigungsbädern entfernt werden. Dafür gibt es zwei hauptsächliche Gründe:

- › Sie sind in den Qualitätsforderungen der gereinigten Oberfläche meist mit einer maximalen Menge, Art und Größe reglementiert.
- › Sie werden durch ständigen Kontakt mit dem Reinigungsmedium aufgelöst,

was zu einer Anreicherung von Metallkationen im Reinigungsbad führt, die wiederum zu Verfärbungen auf den Teilen führen können.

Die Filtration ist eine einfache, aber sehr wirkungsvolle Badpflege, da durch sie der



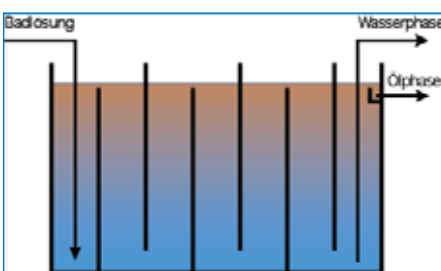
Filteranlagen der Firmen GAF und Loeffler

Gehalt an Fremdmetallionen im Bad gering gehalten wird und der Einsatz von komplexierenden Zusätzen minimiert wird.

Es steht eine Vielzahl von Filtersystemen (zum Beispiel Beutel-, Kerzen-, Badfilter, Magnetabscheider, Hydrozyklone) zur Verfügung, die für die unterschiedlichen Problemstellungen maßgeschneiderte Lösungen bieten.

5.2.2. Ölabscheider (Schwerkraftölabscheider, Koaleszenzölabscheider)

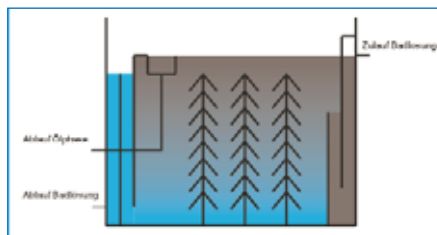
Öl und Fett, das nicht kolloiddispers bzw. emulgiert vorliegt, lässt sich in einem, an das Reinigungsbad angeschlossenen Ölabscheider abtrennen. Aufgrund ihres geringeren spezifischen Gewichts sammeln sich bei Abwesenheit von Emulgatoren Öl und Fett an der Oberfläche des Reinigungsbades. Durch Flutung beziehungsweise Skimmung (mittels Schwimm- oder Bandskimmer) der Badoberfläche wird das aufschwimmende Öl und Fett zusammen mit einem Teil der Badlösung in den Ölabscheider überführt, wo sich, bedingt durch die Verweilzeit, weiteres Öl und



Schema eines Ölabscheiders

Fett aus der Badlösung abtrennt und an der Oberfläche sammelt. Die ölfreie Unterphase aus dem Ölabscheider, in der Buildersubstanzen sowie Tensidbestandteile vorliegen, wird in das Reinigungsbad zurückgepumpt. Die Ölphase wird abgezogen und entsorgt. Liegen Öl-Emulsions-Mischphasen vor, die sich als Oberphase im Ölabscheider anreichern, können diese abgetrennt und in separaten Verfahrensschritten aufkonzentriert werden.

Durch Vergrößerung des Weges für das Aufsteigen der Öltröpfchen wird das Zusammenfließen kleinerer zu größeren Tröpfchen gefördert (Koaleszenz), wodurch sich die Bauweise der Schwerkraftölabscheider (Behälter mit mehreren Kammern, die wechselweise oben und unten miteinander verbunden sind, zum Beispiel Lamellenabscheider) ergibt. Neben Vermeidung von Turbulenzen (Tröpf-



Schema eines Koaleszenzölabscheiders

chenverkleinerung!) verkürzen größere Dichtedifferenzen, abnehmende Viskosität und höhere Temperatur die Koaleszenzzeiten. Es befinden sich heute eine Vielzahl von Geräten auf dem Markt, die nach dem einfachem Schwerkraftprinzip, aber auch nach dem Koaleszenzverfahren arbeiten.

5.2.3. Separator, Zentrifuge

Mit Separatoren können sedimentierende Feststoffe bis zu einer Teilchengröße von 1 µm und freie Öle bzw. Fette bis zu einem Dichteunterschied von zwei Prozent aus einer Prozesslösung abgetrennt werden. Emulsionen können aufgrund physikalisch-mechanischer Gegebenheiten in Separatoren nicht gespalten werden. Gelöste Stoffe, wie Tenside, werden aus einem Reinigungsmedium nur dann separiert, wenn sie an Feststoffe angelagert sind.

5.2.4. Membranfiltration

Membranverfahren haben in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung zur Aufbereitung von Reinigungsbädern ge-

wonnen. Durch die Verwendung anorganischer bzw. keramischer Membranen (Membranfläche aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid; Stützkörper aus Aluminiumoxid oder Kohlenstoff) stehen Rohrmodule zur Verfügung, die bei hohen Temperaturen sowie hohen pH-Werten, wie sie in der Regel in Entfettungsbädern vorliegen, einsetzbar sind. Weiterhin wurden durch Kombinationen aus Ölabscheider und Membranfiltrationseinheiten kompakte und wartungsfreundliche Anlagen entwickelt, die im Trennbereich von Mikro- bis Ultrafiltration besonders auf das Recycling von Reinigungsbädern abgestimmt wurden.

Nachfolgend wird Grundlegendes zur Membranfiltration aufgezeigt. Zur Vertiefung physikalischer und technischer Zusammenhänge sei auf die Fachliteratur und auf Firmenschriften verwiesen.

Von Mikro- und Ultrafiltration werden Teilchengrößen zwischen 10⁻⁶ und 10⁻² Zentimetern, wie zum Beispiel Makromoleküle, Kolloide, Feinstpartikel und technische Emulsionen zurückgehalten. Ihr Wirkungsbereich liegt damit, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, zwischen Umkehrosmose zur Abtrennung von Ionen und Moleküle (10⁻⁸ bis 10⁻⁷ Zentimeter) und der Faser- und Textilfiltration zur Entfernung mechanischer Verunreinigungen wie Partikel und aggregierte Hydroxide (10⁻³ bis 10⁻¹ Zentimeter).

Durch Anwendung des Prinzips der Querstrom- oder Cross-Flow-Filtration für die Mikro- und Ultrafiltration, wobei das Medium parallel zur Membranfläche geführt wird, werden Effekte wie Konzentrationspolarisation, Deckschichtbildung sowie Adsorptions- und Polarisationsvorgänge durch die entstehenden Turbulenzen des strömenden Mediums minimiert und Verblockungen sowie Abnahme der Fließrate vermieden bzw. verzögert. Trennprinzip ist eine durch einen angelegten Druck wirkende Druckdifferenz. Dieser transmembrane Druck bewirkt, dass kleinere Moleküle die Membran passieren (Permeat). Größere, wie zum Beispiel hochmolekulare Stoffe, Aggregate, Mizellen und Öltröpfchen verbleiben im Retentat. Durch Kreislaufführung des Retentats erfolgt eine Aufkonzentrierung (zum Beispiel Öl bis etwa 50 Prozent) der Verunreinigung des Entfettungsbades und damit eine Verringerung der Abfallmenge. Für Mikro- und Ultrafiltrationsverfahren

sind Arbeitsdrücke von 1 bis 10 bar ausreichend, da Lösungen aus Makromolekülen im Vergleich zu Salzlösungen gleicher Konzentration sehr viel weniger Teilchen pro Volumeneinheit beinhalten und diese auch kaum dissoziiert sind, sodass der zu überwindende osmotische Druck, im Gegensatz zur Umkehrosmose (Arbeitsdrücke: 40 bis 100 bar), vernachlässigbar ist. Durch Erhöhung der Filtratmenge lässt sich bei konstantem Schmutzeintrag der Verschmutzungsgrad der Reinigungslösung senken.

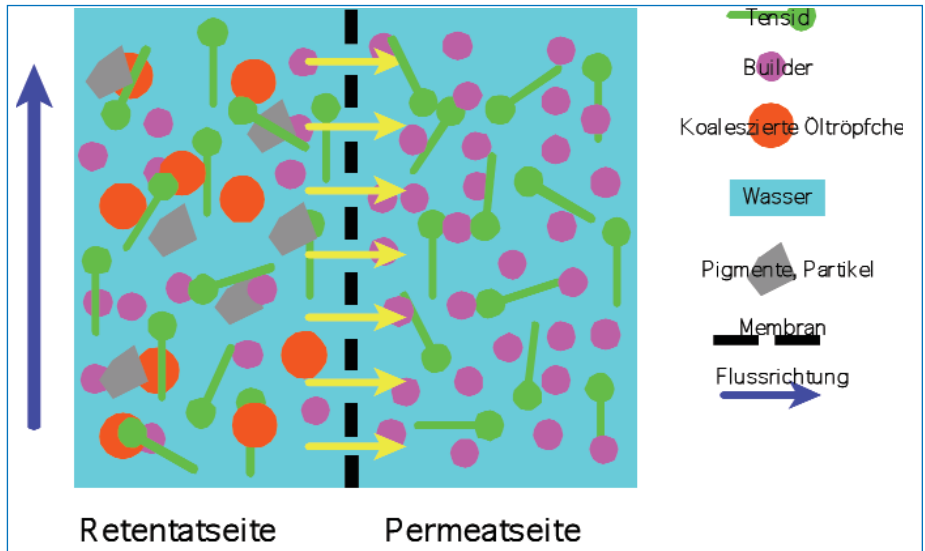
Im stationären Zustand ergibt sich die Schmutzkonzentration des Reinigungsbad aus dem Verhältnis von eingetragenen Schmutz und zurückgeführter filtrierter Reinigungslösung und ist von dem Flüssigkeitsvolumen unabhängig. Eine Erhöhung des Volumens wirkt lediglich ausgleichend auf zeitliche Konzentrationsänderungen.

Entscheidend für eine erfolgreiche Standzeitverlängerung sind neben der auf die Größe der Reinigungsanlage sowie den Schmutz- bzw. Öleintrag abgestimmte Mikro- bzw. Ultrafiltrationseinheit, die verwendeten Reinigungssysteme.

Wie in vorangegangenen Kapiteln erwähnt, ist bei den Buildersubstanzen auf die Vermeidung von Silikaten und die Abstimmung der sonstigen Gerüststoffe, wie Alkalien, Phosphate, Borate und Komplexbildner, zu achten. Builderbestandteile können bei Einhaltung dieser Vorgaben zu 90 bis 95 Prozent die Membran passieren und dem Reinigungsbad wieder zugeführt werden. Tenside zeigen durch ihre teilweise Bindung an Öl prinzipiell niedrigere Rückgewinnungsraten als Gerüststoffe. Dies legt die Trennung von Gerüststoffen und Tensidmischung in einem Reinigungssystem nahe, um entsprechend den tatsächlichen Verbrauch dosieren zu können.

Tensidmischungen sollten so zusammengestellt sein, dass die einzelnen Bestandteile gleichmäßig ausgetragen werden, um auch bei langen Standzeiten der Entfettungsbäder und Nachdosierung der Tensidmischung ein Reinersystem vergleichbar einem Neuanfang vorliegen zu haben.

Für ein Recycling über Membranen eignen sich demulgierend eingestellte Tensidmischungen aus nichtionischen Tensiden mit hohem Trübungspunkt und niedriger Mizellbildungstendenz.



Schematische Darstellung der Membranfiltration

5.2.5. Ionenaustauscher

Ionenaustauscher oder Ionenaustauscher sind natürliche (zum Beispiel Zeolith, Chlorophyll) oder künstliche Stoffe (zum Beispiel Harze). Sie können im Wasser gelöste Ionen (Kationen, Anionen) gegen die am Ionenaustauscher gebundenen Ionen austauschen. Das Prinzip der Funktionsweise der Ionenaustauscher ist, dass manche Ionen stärker an den Ionenaustauscher gebunden werden als andere. Dabei werden höher geladene Teilchen stärker angezogen ($Na^+ > Ca^{2+} > Al^{3+}$). Das höher geladene Ion verdrängt das schwächer geladene Ion aus dem Austauscher. Dies bedeutet, das unerwünschte Ion, das aus der Lösung entfernt werden soll, muss immer stärker angezogen werden als das beim Austausch abgegebene. Neben der La-

dung sind der pH-Wert, die jeweilige Stoffkonzentration und der Ionenradius weitere Einflussfaktoren für den Austausch.

Ein Ionenaustauscher kann nur so solange funktionieren, wie Ionen vorhanden sind, die ersetzt werden können. Man bezeichnet den Austausch auch als das Beladen des Austauschers. Ist der Ionenaustauscher voll beladen, muss er regeneriert werden.

Die Regeneration beruht auf dem Prinzip, dass der Vorgang des Ionenaustauschs, wie die meisten chemischen Reaktionen, umkehrbar ist. Tatsächlich herrscht ein Gleichgewicht zwischen Hin- und die Rückreaktion (chemisches Gleichgewicht). Beim Einsatz des Ionenaustauschers überwiegt allerdings der Austausch der Ionen im Bad (Hinreaktion). Die Er-



Quelle: VLM GmbH

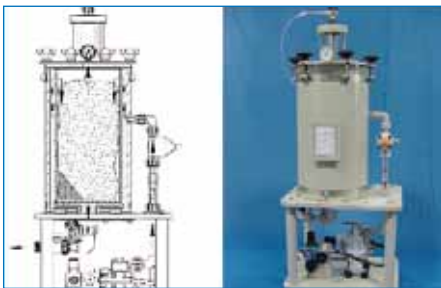
Fremdregenerierbarer Ionenaustauscher

zwingung der Rückreaktion (Regeneration) ist nur möglich, indem ein Überschuss an schwächer geladenen Ionen zugegeben wird.

Die gebräuchlichsten Ionentauscher sind Mischbettionenaustauscher, abgefüllt in Behälter mit unterschiedlichem Volumen. Die beladenen Austausch (Behälter) werden zur Regeneration an den Lieferanten zurückgegeben bzw. gegen unbeladene ausgetauscht. Sie enthalten sowohl Anionenaustauscher wie auch Kationenaustauscher. Die Wirksamkeit der Ionenaustauscher kontrolliert man durch Leitfähigkeitsmessungen am Wasserauslauf.

5.2.6. Adsorptionsfiltration

Die Adsorptionsfiltration ist ein Niederdruckfiltrationsverfahren. Der Filter ist einfach im Bypass zum Bad oder Ölabscheider integrierbar. Er ist wartungsarm und das Filtermedium ist durch Auswaschen oder Zentrifugieren recycelbar. Bei Spritztensiden ist die Recyclingrate in der Regel höher als bei der Membranfiltration. Die Pumpe saugt das zu reinigende Medium an und drückt es, von oben nach unten, durch den im Gehäuse befindli-



Adsorptionsfiltrationsanlage der Firma Bohnke

chen Filtereinsatz. Die mechanischen Verunreinigungen werden in der Filtermasse zurückgehalten. Das im Medium enthaltene Öl (emulgiertes und demulgiertes) wird an der Oberfläche des PP-Gewebes adsorbiert. Bei steigender Konzentration bilden sich Öltröpfchen (Koaleszenz), die sich im Schauglas auf dem Deckel des Gerätes sammeln. Von hier kann es mittels eines Ventils abgelassen und dem Recycling bzw. der Entsorgung zugeführt werden.

5.2.7. Verdampfer

Der Einsatz von thermischen Verfahren ist meist eine Kosten-Nutzen-Entscheidung. Bei der Verdampfung von Waschemulsionen werden alle Reinigerkomponenten

und meist alle Öle im Sumpf zurückgehalten. In wenigen Fällen, bei denen waserdampfliche Ölbestandteile mit übergehen, kann Abhilfe durch einen Kondensatölabscheider geschaffen werden. Um den Energieverbrauch in Grenzen zu halten, sollte die Kondensationswärme zum Heizen der Bäder verwendet bzw. auf einen Vakuumverdampfer zurückgegriffen werden.

5.3. Lösemittelreinigung

5.3.1. Partikelfiltration

Siehe Punkt 5.2.1

5.3.2. Halogenierte Kohlenwasserstoffe

5.3.2.1. Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)

Bei verunreinigten chlorierten Lösemitteln handelt es sich um ein relativ einfach zu trennendes System aus Ein-Stoff-Lösemittel und meist deutlich höher siedenden Verunreinigungen. Da mit zunehmender Aufkonzentration der Verunreinigungen die Temperatur im Sumpf der Destillationsanlage ansteigt, muss die Destillation vor Erreichen der thermischen Zersetzungstemperatur des jeweiligen Lösemittels abgebrochen werden. Der „Stand der Technik“ sind heute Voll-Vakuumanlagen, wobei alle Behälter permanent unter Vakuum (bis auf die Arbeitskammer beim Be- und Entladen) stehen. Bei dieser Technik ist nicht nur eine dauerhafte Überwachung der Dichtigkeit gegeben (Minderung der Emissionen), auch der Destillationsprozess (Vakuumdestillation) läuft sehr lösemittelschonend ab. Gleichzeitig gewährleistet die kontinuierliche Lösemittelaufbereitung mittels Vakuum-Destillation einen anhaltend niedrigen Schmutzanteil und somit eine gleichbleibende Reinigungsqualität. Die Anlagen sind grundsätzlich mit einer Rest-Destillation und automatischem Ölaustrag ausgestattet.

Dieses System bietet die Möglichkeit, insbesondere bei hohem Öleintrag, in Betriebspausen bzw. über Nacht, das im Laufe der Reinigung eingeschleppte Öl aufzukonzentrieren und automatisch in ein bereitgestelltes Sicherheitsgebilde auszuschleusen. Das abgeschiedene Öl kann bei einem Restlösemittelgehalt weniger als ein Prozent der Verwertung über die „Altölschiene“ zugeführt werden. Die CKWs weisen in reinem Zustand eine un-

genügende Eigenstabilität auf und bedürfen daher spezifischer Stabilisierungsmethoden. Eine regelmäßige messtechnische Überwachung der Lösemittelqualität (pH-Wert-Messung, Säureaufnahmevermögen) und eine gegebenenfalls erforderliche Nachdosierung von Stabilisatorkonzentrat ist deshalb unerlässlich. Auskünfte zu Analyse- und Stabilisierungsmethoden erteilt der Lösemittelhersteller bzw. Lösemittellieferant.

5.3.2.2. Hydrofluorether (HFE)

Hydrofluorether sind sehr stabile Verbindungen und für die Gesundheit des Menschen weniger bedenklich. Sie dürfen in Deutschland nur begrenzt in gekapselten Anlagen eingesetzt werden. Die HFE haben, gegenüber den CKW, eine geringere Reinigungsleistung. Aus diesem Grund werden sie meist in azeotropen Lösemittelgemischen mit anderen Lösemitteln zusammen eingesetzt. Sie werden daher hier nicht näher behandelt.

5.3.2.3. Kohlenwasserstofflösemittel (KWL)

Im Gegensatz zu den chemisch gesehen sehr einheitlichen CKW stellen halogenfreie Lösemittel oft Vielstoffgemische dar, die meist auf die speziellen Reinigungsaufgaben hin formuliert werden. Stark additierte Produkte mit breitem Siedebereich sind anlagenintern destillativ nicht aufbereitbar. Mittlerweile werden jedoch von nahezu allen Lösemittelherstellern destillierfähige nichthalogenierte Lösemittel mit engem Siedebereich angeboten (zum Beispiel synthetisch hergestellte Isoparaffine, substituierte Alkohole). Zur anlageninternen Destillation und Kreislaufführung eignen sich nur Lösemittel, die einen engen Siedebereich (± 30 bis 50 °C) aufweisen. Darüber hinaus müssen die Siedebereiche des Lösemittels und der abzutrennenden Öle einen genügend großen Abstand zueinander haben (> 50 °C).

Im Übrigen gilt für die destillative Aufbereitung das Gleiche wie bei den CKWs (siehe Punkt 4.1.1.), wobei der Restlösemittelanteil jedoch bei minimal 10 bis 15 Prozent liegt.

Reiner Grün
Vorsitzender Fachverband
industrielle Teilereinigung e.V.
www.fit-online.org

