



Die Montage der Werkstücke unter Reinraumbedingungen stellt hohe Anforderungen an die vorgeschalteten Reinigungsprozesse. Durch die Arbeitskammer kann man hier einen Blick in den Reinraum werfen.  
Bilder: LPW

# Fett- und ölfrei ist nicht genug

## Wässrige Reinigung von filmisch-organischen Kontaminationen auf Oberflächen

In nahezu allen Industriebereichen steigen die Ansprüche an die Oberflächengüte von Bauteilen stetig. Dabei stellt die möglichst rückstandslose Beseitigung filmischer und organischer Verunreinigungen eine große Herausforderung dar, insbesondere bei Prozessen zur Feinreinigung.

Unter filmischen Verunreinigungen versteht man organische Verschmutzungen, die einer Bauteiloberfläche in dünnen Schichten anhaften. Bedingt durch ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften können diese mit rein waschmechanischen Mitteln oft nur ungenügend entfernt werden. Neben Ölen und Fetten handelt es sich hierbei auch häufig um Rückstände aus vorgelagerten Zerspanungsprozessen, namentlich also Kühlschmierstoff- und Waschmittelbestandteile. Sind die verschmutzten Bauteile beispielsweise für Lackier-, galvanische Beschichtungs- oder Schweißprozesse vorgesehen, greift man bei der Behandlung derartiger Verunreinigungen meist auf KW- oder CKW-Methoden zurück, da es hier vorrangig auf die Öl- beziehungsweise Fettfreiheit der Oberflächen ankommt. Vonseiten der Industrie wird der Ruf nach einer möglichst vollständigen Entfernung restorganischer

Verschmutzungen jedoch zunehmend lauter – dies gilt insbesondere für die Bereiche der optischen Industrie, der Medizin- und der Hochvakuumtechnik.

### Gängige Messverfahren

Um festzustellen, ob beziehungsweise wie sehr ein Bauteil verunreinigt ist, kommen verschiedene Messverfahren zum Einsatz. Eines davon ist das Tintentestverfahren, das sich zur Erfassung von leicht-, mittel- und schwerflüchtigen organischen Kontaminationen eignet. Das Maß der filmischen Belastung des entsprechenden Bauteils lässt sich hierbei anhand der Bestimmung der Oberflächenspannung (mN/m) feststellen. Zur Ermittlung leicht flüchtiger organischer Verschmutzungen in atomaren Masseneinheiten (amu, atomic mass unit) wird auf die Restgasanalyse zurückgegriffen. Das zu

prüfende Bauteil kommt für einen längeren Zeitraum in eine spezielle Messkammer mit Tiefstvakuum-Umgebung. Im Anschluss wird die evakuierte Abluft mithilfe eines Massenspektrometers ausgewertet. Die Sauberkeit von Bauteilen aus Metall oder vergleichbaren festen Werkstoffen lässt sich anhand des Fluoreszenzverfahrens ermitteln, in dessen Zuge die filmische Verunreinigung durch UV-Licht beaufschlagt und mittels einer optischen Sensorik aufgenommen wird. Auf Basis einer Referenzfläche kann diese Methode gerade bei der Überwachung laufender Prozesse eine qualitative Bewertung ermöglichen.

Nach dem Prinzip „Gleiches löst Gleiches“ setzte man zur Beseitigung von filmischen Verunreinigungen auf Oberflächen lange auf KW- und CKW-basierte Anlagen, da die Stoffeigenschaften der verschiedenen Lösemittel für die klassischen Anwendungen das effizienteste Reinigungsverfahren darstellen. Als Alternative dazu etablierte sich in den 80er Jahren die wässrige Behandlung, die sich insbesondere für die Entfernung anorganischer Verschmutzungen geeignet zeigte. Auf der Basis partikulär-gravimetrischer Kriterien (so beispielsweise in der Diesel-Einspritztechnologie) wurde diese später jedoch auch zunehmend zur Beseitigung von filmisch-organischen Substanzen eingesetzt.

### Hohe Anforderungen an den Anlagenbau

Doch ob sie nun auf wässriger oder auf Lösemittelbasis arbeiten – die Verarbeitungsqualität von Reinigungsanlagen bildet in vielerlei Hinsicht die Grundvoraussetzung dafür, hochwertigen Ansprüchen an die Sauberkeit von Oberflächen genügen zu können. Die strikte Vermeidung von rückfettenden,

Verschmutzung	Medium	Wässrige Reinigungslösungen	VbF A3-Reiniger	CKW
organisch, unpolar (z. B. Öle, Fette)		+ (mit demulgierendem Reiniger)	++	++
organisch, polar (z. B. Kolophonium)		o	o / ++ (stark abhängig von Reinigerformulierung)	o / +
anorganisch, polar (z. B. Salze)		++	o	-
anorganisch, unpolar (z. B. Späne, Staub)		+	o / +	o

Diese Tabelle verdeutlicht, welche Medien zur Beseitigung der einzelnen Verschmutzungskategorien herangezogen werden können.

organischen Komponenten zählt inzwischen zum gängigen Standard. Bei der Fertigung und Montage der Anlagen muss daher auf Fette, Öle, Schmierstoffe und Silikone verzichtet werden. Ebenso tabu sind fluorhaltige Öle und Fette, Schwefel (samt seiner Verbindungen), organische Verbindungen sowie Phthalate (Weichmacher). Auch auf die Auswahl der eingesetzten Komponenten wird zunehmend geachtet. Der Einsatz von ölgeschmierten Vakuumpumpen ist gerade bei Anwendungen mit atomaren Masseneinheiten nicht zu empfehlen, da es bei etwaigen Maschinenstillständen während des Trocknungsprozesses zu Rückfetten kommen kann.

Durch die Auswahl geeigneter Medienaufbereitungssysteme lässt sich – bei der richtigen Auslegung des Waschprozesses – die Badqualität auch über längere Zeiträume konstant halten. Diese ist für das zu erreichende Reinigungsniveau elementar wichtig. Zur Beseitigung organischer und anorganischer Verunreinigungen in den Bädern hat sich der Einsatz von leistungsfähigen Kreislaufanlagen bewährt. Auch die Verwendung von atmosphärischen Verdampfern beziehungsweise Destillationsystemen hat sich mittlerweile als effiziente Form der Medienaufbereitung für die Vorstufen „Reinigen“ und „Zwischenspülen“ etabliert. Um den Eintrag von emulsions- beziehungsweise ölnebelbelasteter Luft ausschließen zu können, muss zudem auf das Prozessluftmanagement für die

Frischlufthversorgung der Trocknungsgebläse sowie der Belüftungsanschlüsse zur Behandlungskammer besonders geachtet werden. Da in vielen Anwendungsfällen die Anlagen an Sauber- oder Reinraumsysteme gekoppelt sind, bietet es sich an, die Prozessluft aus diesen Bereichen zu beziehen.

### Anwendungsbeispiele

Dass die erforderliche technische Umsetzung trotz hoher Anforderungen an die Bauteilsauberkeit gelingen kann, zeigen zwei Beispiele aus der Praxis.

Im ersten Fall galt es, hochqualitative Aluminiumventile aus Vibral für die Halbleiter- und Vakuumbeschichtungsindustrie zuverlässig zu reinigen. Vibral ist eine Gütebezeichnung für eine Aluminiumlegierung. Der Tinten-Schnelltest sollte einen Wert von 44 mN/m nicht unterschreiten, zur Ermittlung der organischen Restrückstände war eine Restgasanalyse vorgesehen. Auf Basis dieser Vorgaben entwickelte LPW eine drei Tanks umfassende Flutreinigungsanlage mit hoher Umwälzleistung und integrierter Topline-Arbeitskammer, die aufgrund der Größe der zu bearbeitenden Bauteile von oben beladen werden kann. Als eine Art „Brückenglied“ sollte diese eine hohe Reinigungsqualität zwischen der zerspannenden Fertigung und der darauffolgenden Montage unter Reinraumbedingungen sicherstellen. Getrocknet werden die Bauteile mittels Heißluft,

anschließend kommt eine Trockenläufer-Vakuumpumpe zum Einsatz. Ebenso wie die Trocknungsluft wird auch die für die Belüftung der Arbeitskammer nach dem Vakuum verwendete Luft über gefilterte Prozessluft aus dem angrenzenden Reinraum gespeist. Zur Aufbereitung der verwendeten Prozessmedien wurden zusätzlich eine Kreislauf-Ionenaustauscher sowie eine Destillationsanlage integriert. Durch diese Maßnahmen konnten sowohl die vorgegebenen 44 mN/m im Schnelltest als auch die geforderten Reinheitskategorien bei der Restgasanalyse zuverlässig erreicht werden. Die Badstandzeit beträgt aktuell vier bis sechs Monate.

Im zweiten Anwendungsbeispiel sollten verschiedene, für Produktionsmittel in der optischen Industrie vorgesehene Wärmetauscherkomponenten aus Edelstahl, Aluminiumlegierung oder Keramik zuerst von innen und im Anschluss daran von außen gereinigt werden. Für die spätere Montage im Reinraum durften diesen nach dem mechanischen Bearbeitungs- und Schweißprozess keinerlei organische Bestandteile mehr anhaften. Für diesen Kunden konzipierte LPW eine kombinierte, mit Tensid und VE-Wasser betriebene Zwei-Bad-Spritzanlage mit einer zusätzlichen manuellen Reinigungsstation. Zur Prozessüberwachung wurden Durchflussmengenmesser in die Anlage integriert. Im Vor- und Rücklauf kann zudem eine Leitfähigkeitsmessung durchgeführt werden, eine Restfeuchteüberwachung in der Abluft dient der Überprüfung des mittels Luft beziehungsweise Stickstoff bewirkten Trocknungsergebnisses. Die Medienaufbereitung beim VE-Wasser erfolgt im Zuge eines verwirklichten Prozesses, das Tensid wird nach einer partikulären Vorfiltration über Kerzenfilter im Kreislauf geführt. Eine im Anschluss an das Reinigungsverfahren durchgeführte Restgasanalyse zeigte, dass das erzielte Reinheitsergebnis auch hier den im Vorfeld definierten Kriterien standhalten konnte.

Kennzahl	Stoff	Wässrige Reinigungslösungen	VbF A3		CKW	
			KW	substituierte Alkohole	PER	TRI
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	ca. 1,0	0,6–0,8	0,88	1,62	1,43	
<b>Oberflächenspannung [mN/m] bei 20°C</b>	<b>mit Tensid ca. 30 Reinwasser ca. 73</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	
Viskosität [Mpa/s] bei 20°C	ca. 1,0	ca. 1,25	3	0,88	0,58	

Der Vergleich mit den Lösemitteln zeigt, dass Reinwasser aufgrund seiner Oberflächenspannung beste Voraussetzungen für ein hochwertiges Reinigungsergebnis bietet. Tabellen: LPW

## Mögliche Standardisierungsmerkmale

Wenngleich die eben dargelegten Anwendungsbeispiele aus Gründen der Geheimhaltung nur grob umrissen werden konnten, illustrieren sie doch eindringlich, welche hohen Anforderungen eine möglichst rückstandslose Beseitigung filmisch-organischer Verunreinigungen an die Reinigungsprozesse selbst und die hierfür eingesetzten technischen Mittel stellt. Auch die organisatorischen und baulichen Rahmenbedingungen spielen hinsichtlich der für die nachfolgenden Montage- und Handlungsschritte notwendigen Reinigungsqualität eine wichtige Rolle. Mit einer Eigenleitfähigkeit von weniger als  $0,05 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  bietet das Medium Wasser in seiner reinsten Form ideale Voraussetzungen dafür, ambitionierte Reinigungs- und Spülansprüche umsetzen zu können. Die Qualität der Spülbäder hängt hierbei wesentlich von den jeweils eingesetzten Medienaufbereitungssystemen ab. Neben hochwertigen Kreislaufanlagen, die eine konstante VE-Wasserproduktion mit Leitwerten deutlich unter  $5 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  aufweisen, stellt die Beseitigung jeglicher organischer Reststoffe, deren Quantität im

Zuge der Restgasanalyse über die Anzahl der noch vorhandenen Atome pro Quadratzentimeter bestimmt wird, eine erhebliche Herausforderung an die Verfahrenstechnik dar. Handelt es sich um eine rein wässrige Reinigung, besteht der Prozess immer aus mehrstufigen Badfolgen, deren Einzelschritte mit klar definierten Aufgabenstellungen verknüpft sind. Bei einigen Anwendungen ist auch der Einsatz eines Hybridverfahrens mit einer Kombination aus Lösemittel und Wasser denkbar. Die notwendige Basis für beide Fälle muss jedoch eine wirksame Vorentfettung auf Tensid- oder Lösemittelbasis darstellen.

Zur Beurteilung der Bauteilsauberkeit in den genannten Bereichen hat sich das in diesem Zuge vorgestellte Verfahren – also die Kombination aus Tinten-Schnelltest zur Ermittlung der Oberflächenspannung und der Restgasanalyse zur Bestimmung kleinster organischer Reste – als gängiges Verfahren herauskristallisiert. Die hierfür konzipierten Anlagen weisen daher mindestens drei Medientypen mit abgestuften und aufeinander abgestimmten Medienaufbereitungssystemen auf. Zusätzlich



Mit einer Verkettungseinheit werden die gereinigten Teile über die Reinraumschleuse in den Montagebereich transportiert.

zu den hohen Ansprüchen an die zu erzielenden Reinigungsergebnisse steigen auch die Anforderungen an die Wasserqualität in den Spülen zunehmend. Als ebenso zielführend hat sich eine konsequente Trennung von ungereinigter und gereinigter Ware erwiesen.

LPW Reinigungssysteme GmbH  
www.lpw-reinigungssysteme.de

**deconex® für Präzisionsteilereinigung**

Wir erarbeiten Reinigungsprozesse für Ihre Anforderungen.

Weitere Informationen finden Sie auf [www.borer.ch](http://www.borer.ch)

**Keller**  
MANNHEIM  
Max F. Keller GmbH  
Einsteinstraße 14a  
D-68169 Mannheim  
Tel. +49 621 32279 0  
Fax +49 621 32279 27  
www.keller-mannheim.de  
info@keller-mannheim.de

**borer**  
advanced cleaning solutions  
Borer Chemie AG  
Gewerbestrasse 13, 4528 Zuchwil / Switzerland  
Tel. +41 32 686 56 00, Fax +41 32 686 56 90  
www.borer.ch, office@borer.ch

STAHLGUSS VERA HARTGUSS DIAMANT DRAHTKORN FILGRA	EDELSTAHLGUSS ROBE KORUNDE ALUGUSS GRANAL	GLASSTRAHLPERLEN KERAMIK KUNSTSTOFF
--	---	---

**Qualitäts Strahlmittel**  
MADE IN GERMANY

Würth bietet Ihnen das gesamte Spektrum hochwertiger Mehrweg-Strahlmittel. Für jeden Anwendungszweck das bestmögliche Strahlmittel.

*Fordern Sie unsere kompetente Beratung!*

**EW Würth Strahlmittel**  
100 Jahre Qualität  
Made in Germany

EISENWERK WÜRTH GMBH  
Jagstfelder Straße 14  
74177 Bad Friedrichshall  
Deutschland  
Tel. 071 36 98 98-0  
Fax 071 36 2 54 80  
info@eisenwerk-wuerth.de

WWW.EISENWERK-WUERTH.DE