

Bilder: LPW High Purity UG

Bauteile wie diese LKW-Ventilgruppe bergen innere Kanäle, deren Reinigung konventionelle Verfahren nicht immer gewährleisten können.

Die gleiche LKW-Ventilgruppe zeigt sich nach der Überholung frei von Verkrustungen, auch die Kanäle wurden gereinigt.

# Kapillaren sicher reinigen

Die zyklische Nukleation könnte die Antwort auf bisher ungelöste Reinigungsaufgaben sein

Die zyklische Nukleation bietet die Option, die Reinigungseffektivität dort zu erhöhen, wo klassische Ultraschallwellen nicht hinkommen – zum Beispiel in Kapillaren, Hinterschneidungen und verdeckten Bohrungen.

Industrielle Reinigungsverfahren existieren zahlreich: Neben den reinen nasschemischen Varianten werden häufig waschmechanische Prozesse, wie beispielsweise Spritz- und Druckumfluten im Nieder-/Hochdruck sowie Ultraschall eingesetzt. Auch der Faktor Temperatur kann unterstützend oder ergänzend wirken. Weitestgehend unbekannt ist jedoch die zyklische Nukleation. Diese hat in speziellen Anwendungsgebieten besonders vorteilhafte Eigenschaften und Wirkmechanismen. Unter anderem eignet sie sich aufgrund ihrer gravitativen Eigenschaften besonders für Feinstreinigungsaufgaben sowie für die Bearbeitung kapillarer Strukturen.

## Herkunft und Wirkprinzip

Die zyklische Nukleation kam bisher vor allem bei der Reinigung komplexer Geometrien in der Halbleiterindustrie sowie Medizintechnik zum Einsatz. Verschiedene internationale Patente beschreiben die Grundprinzipien, welche fortwährend über weitere Patentanmeldungen verfeinert wurden. Neben den Unterdruck-Verfahren haben sich auch Varianten entwickelt, die mit Druckschwankungen von Unter- bis hin zum Überdruck arbeiten. Dadurch wird eine Blasenbildung auf der gesamten Oberfläche des zu reinigenden Substrates erzeugt. Durch die isostatischen Eigenschaften von Flüssigkeiten pflanzen sich Druck-

veränderungen auch bis in die letzten Winkel komplexer Innengeometrien fort. In Folge entsteht ein Medienfluss/-austausch in allen – gerade auch kapillaren – Bereichen des Bauteils. Die durch Unterdruck entstandenen Gasblasen wachsen und schrumpfen durch die Druckamplituden fortlaufend und sorgen dafür, dass Partikel und Verschmutzungen an schlecht zugängigen Stellen gelöst und aus dem unmittelbaren Bereich des Bauteils transportiert werden.

## Druckmodulation für hohe Reinigungseffektivität

Während der Druckzyklen implodieren Teilmengen der Gasblasen und verursachen so kavitatische Effekte unmittelbar auf der Oberfläche. Prinzipiell handelt es sich hierbei um denselben Moment wie bei den bekannten Ultraschallprozessen. Die kavitatische Wirkung ist zwar tendenziell schwächer, allerdings entfaltet sich der Kavitationseffekt auch zwischen der Verunreinigung und dem Substrat – und das auf der gesamten Bauteiloberfläche. Voraussetzungen für die Wirksamkeit des Verfahrens stellen unter anderem die Materialbeschaffenheit und -struktur sowie Temperatur des Substrats in Relation zur Medientemperatur dar. Metalle sind durch ihre Oberflächenstruktur und Fähigkeit der Temperatureaufnahme uneingeschränkt geeignet. Bei Isolatoren wie Kunststoffen kommt es auf die Eigenschaften an, ob zyklische Nukleation eingesetzt werden kann. Gut geeignet sind beispielsweise kohlenstoffhaltige Kunststoffe.



OBERFLÄCHENTECHNIK • KORROSIONSSCHUTZ

**Nie mehr ROST!**

- über 6.000 Std. Salzsprühtest, Chemiebeständig
- Oberflächentechnik: Garantie bis 50 Jahre
- viel besser und günstiger als Zink

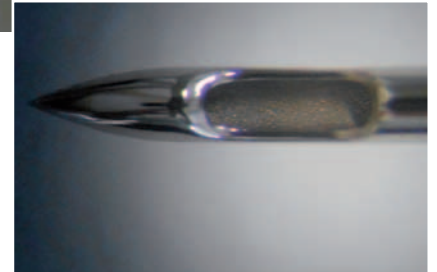
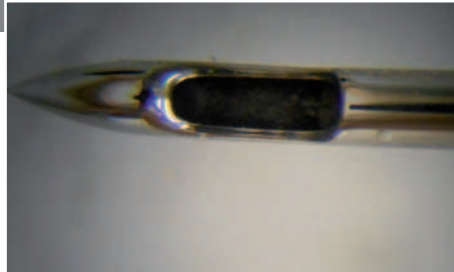


[www.OR6000.de](http://www.OR6000.de)



Die Innenreinigung von medizinischen PDA-Nadeln ist eine große Herausforderung (oben).

Die Kanülenspitze vor der Reinigung (links) und anschließend (rechts) unterstreicht die Effektivität der zyklischen Nukleation.



### Einsatzmöglichkeiten in der Medizin

Die wachsende Sorge vor Infektionen in Krankenhäusern führt dazu, dass die hochwertige Reinigung von wiederverwendbaren medizinischen Produkten nach dem Gebrauch neben der Sterilisation zunehmend an Wichtigkeit gewinnt. Im Klinikalltag verwendete Geräte sind in der Regel mit Blut- und Geweberückständen belastet. Diese müssen von der Oberfläche gelöst werden, um die Voraussetzungen für den nachfolgenden Sterilisationsprozess zu schaffen.

Zusätzlich sind bei der Zwischen- und Endreinigung im Herstellungsprozess neben den organischen und gegebenenfalls toxischen Verunreinigungen auch anorganische Fertigungsrückstände zu beseitigen, die ebenfalls die Funktion des Bauteils an sich beeinflussen können. Die Praxis zeigt, dass Produkt-Reinheitsstandards schon in der Herstellung oft nur mit sehr hohem Aufwand zu realisieren sind: Die gezielte Beseitigung der Kontamination, vor allem bei komplizierten Bauteilen mit spezieller Oberfläche, ist mit den bekannten Verfahren allein, etwa im teilmontierten Zustand, nicht mehr

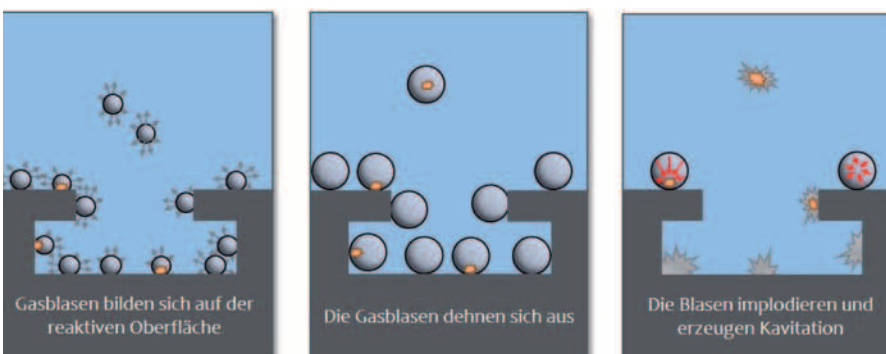
prozesssicher möglich. Die gängigen Methoden, oft mit Ultraschall zur Unterstützung, erreichen zwar die außenliegenden Oberflächen sehr gut – die verdeckten, kapillaren Strukturen von medizinischen Bestecken, Kanülen und ähnlichen Objekten aber nur eingeschränkt. Hier kann mittels zyklischer Nukleation ein deutlich besseres Ergebnis erzielt werden.

Als Beispiel kann die Innenreinigung von PDA-Kanülen nach dem Fertigungsprozess dienen. Der Innendurchmesser beträgt 0,5 mm, die Länge 150 mm. Die Verschmutzung besteht aus Bearbeitungs-, Schleif- und Polierrückständen. Prinzipiell kommt es bei der Produktion von Kanülen jeglicher Art an Fügstellen sowie an den Enden der Bauteile zu Verunreinigungen durch Schleif- und Polierprozesse. Dies kann sowohl zu partikulären als auch zu filmischen Kontaminationen führen. Diese Verunreinigungen müssen für die eigentliche Funktion den eigentlichen Einsatzbereich sowie für eventuelle Folgeprozesse wie Beschichtungen beseitigt werden. Die zyklische Nukleation ist durch ihre beschriebenen Eigenschaften in der Lage, sowohl den Medienaustausch innerhalb der kapillaren Struktur sicherzustellen und aufgrund der kavitativen Eigenschaften den Reinigungsprozess an sich aktiv zu unterstützen.

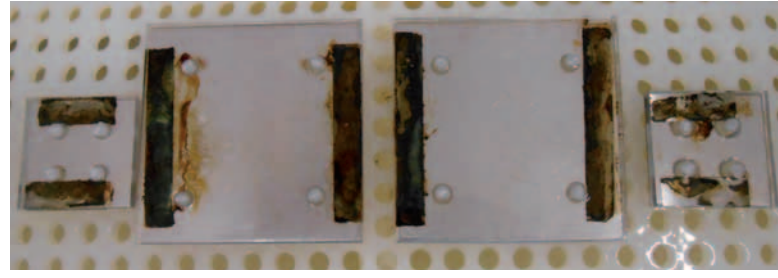
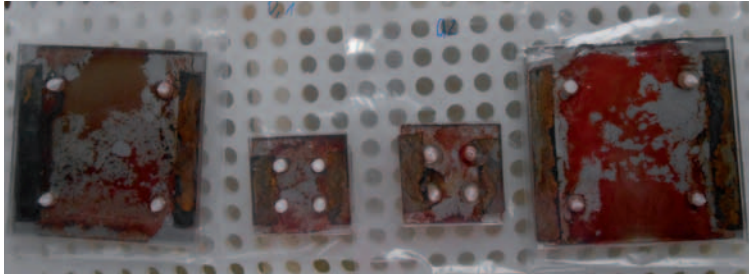
Ein zweites Beispiel veranschaulicht die Reinigung von kapillaren Strukturen bei Operationsbestecken. Die Verschmutzung besteht aus Gewebe-/ Blutrückständen auf der Oberfläche und in den kapillaren Strukturen, die Kapillaren haben einen Innendurchmesser 0,1 mm oder 0,2 mm. Im Versuchsaufbau befand sich die Realblutprobe zwischen metallischer Trägerplatte und Plexiglasscheibe. Durch Metallplättchen (0,1 bis 0,2 mm Stärke) wurde eine kapillare Struktur erzeugt, wie sie etwa auch bei Scheren oder Klemmen gegeben ist. Nach dem Reinigungsversuch im Unterdruck konnten



Mit steigendem Unterdruck bilden sich um Schmutzteilchen Gasblasen, die sich ausdehnen und den Schmutz auch aus engen Kanälen her austreiben – so wird auch Kapillarenreinigung möglich.



Da sich Druckschwankungen in einer Flüssigkeit isostatisch verbreiten, erreicht die zyklische Nukleation auch Hinterschneidungen und enge Kanäle mit einer hohen Reinigungseffektivität.



Links sind Realblutproben zu sehen, die mit einer Glasplatte abgedeckt wurden, um einen Kapillarspalt zu erzeugen. Nach der Reinigung durch zyklische Nukleation zeigt sich auch innerhalb des Kapillarspalts eine sehr große Reinigungseffektivität – und zwar auf der gesamten Tiefe.

die Blutrückstände zwischen den Platten rückstandslos entfernt werden.

### Anwendungsfelder in der allgemeinen Industrie

Bestimmte Verschmutzungen, wie etwa nach Bearbeitungs-/ Schleifprozessen oder nach Gebrauch des Bauteils (Fette, Öle, Abriebe), werden in der Regel über nasschemische Reinigungsverfahren in Verbindung mit Ultraschall beseitigt. Problematisch stellen sich allerdings jene Bereiche des Werkstücks dar, die der Ultraschall nicht erreicht. Dazu gehören Bohrungen und verdeckte Partien. Auch hier bleibt die zyklische Nukleation wirksam und ermöglicht Reinigungseffekte, die mit den klassischen Varianten häufig nicht möglich sind.

In Versuchen wurde beispielsweise eine gebrauchte LKW-Ventilbaugruppe mittels zyklischer Nukleation und eines geeigneten wässrigen Tensidprodukts gereinigt. Gerade in jenen Bereichen, die durch Ultraschall nicht beaufschlagbar waren, konnten deutlich bessere Ergebnisse als mit den bekannten Alternativen erzielt werden.

### Chancen und Grenzen

Das Verfahren hat bereits in vielen Anwendungsfällen der Halbleiterindustrie, der optischen Industrie und auch Medizintechnik seine Eignung erfolgreich unter Beweis gestellt. In vielen Bereichen der Feinstreinigung lassen sich durch die zyklische Nukleation im Vergleich zu den klassischen Methoden deutlich bessere Ergebnisse

erzielen. Zahlreiche Anwendungsbeispiele haben dies belegt. Auch die Vorversuche für die Eignung von Reinigungsaufgaben in der allgemeinen Industrie zeigen ein großes Potenzial auf. Bei stärkeren Verschmutzungen kann die zyklische Nukleation ergänzend oder auch gleichzeitig mit den anderen waschmechanischen Verfahren die Reinigungsleistung deutlich verbessern – gerade in den schwer erreichbaren Partien. Letztendlich erfordert jedoch jede Aufgabenstellung die Durchführung realitätsnaher Versuche zur Überprüfung der grundsätzlichen Prozesseignung.

**i** LPW Reinigungssysteme GmbH,  
www.lpw-reinigungssysteme.de  
www.lpw-highpurity.de

**Hybrid-  
Know-how  
seit 1999**

# DOPPELT BESSER

## HYBRID-REINIGUNG IN EINER KAMMER

### Einfach wirtschaftlich:

Die Teilereinigung mit Lösemitteln und wässrigen Medien in nur einer Reinigungskammer bietet eine optimale Abreinigung sowohl organischer als auch anorganischer Verschmutzungen. Für mehr Wirtschaftlichkeit – mit der bewährten VAIOS- bzw. SOLVACS-Technologie.

### Doppelt besser:

EMO macht's groß, Hösel auch ganz klein. Von kleinsten Uhrenteilen bis zu voluminösen Bauteilen für die Luft- und Raumfahrt oder für Großchargen im Bereich Halbzeuge und Wärmebehandlung wird durch zwei starke Partner das gesamte Spektrum der industriellen Teilereinigung abgedeckt.

### Vielfach erfolgreich:

Die VAIOS- bzw. SOLVACS Hybrid-Technologie kommt in hunderten von Anlagen bei anspruchsvollen Kunden auf der ganzen Welt für höchstmögliche Bauteilsauberkeit zum Einsatz. Denn „Gleiches löst Gleiches“ am besten – im Doppelpack. Und natürlich „Made in Germany“. **Wir freuen uns auf Ihre Herausforderung.**



EMO Oberflächentechnik GmbH  
Gewerbestraße 38 Fon: +49 7252 94 75 0  
D 75015 Bretten www.emo-ot.de



www.surface-alliance.de



Hösel GmbH  
Max-Eyth-Str. 2 Fon: +49 7041 93 74 00  
D 75443 Ötisheim www.hoesel-gmbh.de