



*Bernhard Toebe,
Vertriebsingenieur
der KLN Ultraschall
GmbH, Heppen-
heim

Bernhard Toebe*

Ultraschallanwendungen in der industriellen Teilereinigung

SAUBER BIS IN DEN KLEINSTEN WINKEL



Bild 1:
Eine Vielzahl von
Teilen lässt sich
mit Ultraschall
bis in kleinste Ver-
tiefungen reinigen

(a) Filter vor und

(b) nach der
Reinigung

Ein Blick in die Gummiindustrie zeigt: Bei Wartung und Pflege der verschiedensten Formen für Gummidichtungen kommt der präzisen Reinigung eine zentrale Bedeutung zu. Nur so kann ein einwandfreies Produkt hergestellt werden. Und es ist hinreichend bekannt, dass eine mangelhafte Reinigung ein häufiges Austauschen der Formen bzw. fehlerhafte Formteile zur Folge hat.

Gummiformen werden oft noch mühsam auf manuellem Wege gereinigt und dabei nur unzureichend von Rückständen befreit. Sie müssen in der Regel von eingebrannten Gummiresten, Oxiden und Trennmitteln gereinigt werden, eine manuelle Reinigung ist deshalb so schwierig, weil es sich um besonders präzise Formteile handelt. In vielen Fällen werden die Formen auch sandgestrahlt. Hier werden die Rückstände zwar abgetragen, jedoch tritt nach wiederholtem Strahlen ein unerwünschter Werkstoffabtrag an den Formen auf. Dies hat ein aufwändiges Nachbearbeiten der Formen zur Folge.

Sauber auch in den kleinsten Löchern

Derart schwierige Reinigungsaufgaben finden sich in vielfältigster Weise in allen Bereichen der pro-

duzierenden Industrie und Gewerbe. In all diesen Fällen ist die weitaus zufriedenstellendste Lösung die Ultraschallreinigung. Insbesondere kleine Öffnungen, Sack- und Gewindelöcher ab Durchmesser 0,1 mm sind mit herkömmlichen Methoden kaum zu säubern. Gerade in unzugänglichen Stellen, Hinterschneidungen oder zwischen Schatten bildenden Bauteilen kann eine traditionelle Spritzreinigung nichts ausrichten. So lassen sich zum Beispiel bei einem handelsüblichen Vergaser die Kraftfahrzeug-Einspritzdüsen nur mit Ultraschall befriedigend reinigen.

Dies hat man bereits Anfang der 50er Jahre erkannt und industriell eingeführt. Vorreiter hier war Dr. Lehfeldt von KLN. Die ersten Anwendungsgebiete lagen zunächst in Industrien wie der optischen, medizinischen und elektronischen Industrie; typische Beispiele sind die Reinigung chirurgischer Instrumente, optischer Linsen und Filter oder elektronischer Schaltkreise auf Platinen. Heute ist der Anwendungsbereich der Ultraschallreinigung breit gefächert (siehe auch Kastentext). Ob hartnäckig eingebrannte Verschmutzungen in Spritzgusswerkzeugen oder Farbspritzpistolen, verharzte Sägeblätter oder Fräsköpfe: All dies

Immer mehr Industrie- und Gewerbebetriebe entscheiden sich, verschmutzte Teile mittels Ultraschall zu reinigen. Für den Technischen Handel könnte dieser Trend ein Markt sein – entweder als Dienstleister für Reinigungsprobleme oder als Verkäufer entsprechender Geräte.

kann ohne großen Personalaufwand schnell mit Ultraschall gereinigt werden (Bild 1). Hierzu werden die verschmutzten Teile in ein wässriges Reinigungsbad gelegt, das mit Ultraschall ausgestattet ist (Bild 2).

Erheblich kürzere Reinigungszeiten

Ein weiteres Beispiel: Um Turbinen- und Düsenschaufeln von Klebstoffresten und überschüssigen Dichtungsmaterialien zu befreien, dauert ein herkömmlicher Reinigungsprozess bis zu 24 Stunden. Mit modernen Ultraschallverfahren reduziert sich dies auf wenige Minuten.

Nach Aussagen von Herstellern wird die Ultraschallreinigung daher in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Gründe hierfür sind kürzere Verweilzeiten im Reinigungsbad sowie ein geringerer Verbrauch an Reinigungschemikalien. Aber auch beim Entfernen von Partikeln und Restschmutz im µm- und nm-Bereich hat sich diese Technik bereits bewährt.

Vorteile mit Ultraschall

Ingesamt lassen sich die wesentlichen Vorteile der Ultraschall-



reinigung in sechs Punkten zusammenfassen:

- ◆ Porentief reine Oberflächen auch bei komplizierten und sehr feinen Strukturen und Geometrien
- ◆ Hohe Reinigungsqualität und reproduzierbare Ergebnisse
- ◆ Verkürzung von Reinigungszeiten
- ◆ Reduzierung manueller Tätigkeiten
- ◆ Verringerung aggressiver chemischer Zusätze und hoher Prozesstemperaturen
- ◆ Umwelt schonendes Reinigungsverfahren auf wässriger Basis.

Wirkung des Ultraschalls in Flüssigkeiten

Um die guten Ergebnisse der Ultraschallreinigung zu verstehen, muss man sich ein wenig mit den Effekten von Ultraschall in Flüssigkeiten beschäftigen. Ultraschall ist eine Welle, die innerhalb der Flüssigkeit Zug- und Druckphasen verursacht. Hierbei kommt es zum Zerreißen der Flüssigkeit und damit zur Entstehung von Hohlräumen (Vakuumblasen) innerhalb der Flüssigkeit. Diese Erscheinung wird als Kavitation bezeichnet. Sie findet bevorzugt an Staub- und Schmutzpartikeln in der Flüssigkeit, aber auch an rauen oder verschmutzten Oberflächen eingetauchter Teile statt – also genau dort, wo man einen Reinigungseffekt erzielen möchte.

Kavitation – das Zauberwort der Reinigung

So wie diese Vakuumblasen entstehen, verschwinden sie wieder spontan in der Druckphase des Schalls. Sie implodieren und erzeugen dabei lokale Druckspitzen (bis 10.000 bar) und hohe Temperaturen (bis 5.500 °C). Das Ergebnis: Schmutzteilchen werden durch die Implosionen regelrecht abgesprengt und suspendieren in die Flüssigkeit (Bild 3). Selbst zäheste Verschmutzungen erliegen diesem Kavitations-

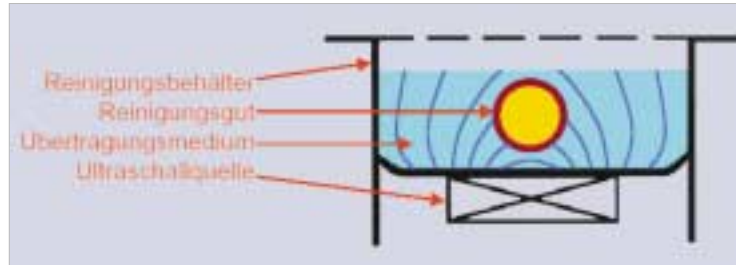


Bild 2: Schematischer Aufbau einer Ultraschall-Reinigungswanne. Das verschmutzte Teil wird einfach in ein wässriges Reinigungsbad gelegt

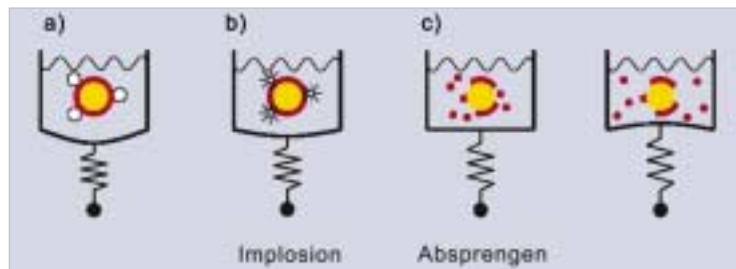


Bild 3: Wirkung von Ultraschall in Flüssigkeiten:

(a) Blasenbildung (Kavitation) in der Unterdruckphase an der Oberfläche eines zu reinigenden Teiles

(b) Implosionen der Blasen in der Überdruckphase

(c) Schmutzteilchen werden durch die Implosionen abgesprengt und suspendieren in die Flüssigkeit

angriff. Die Intensivreinigung mit Ultraschall ist heute das gründlichste und umweltfreundlichste Feinreinigungsverfahren.

Schockwellen und Flüssigkeitsjets sprengen jeden Schmutz

Kollabiert die Blase an festen Oberflächen, entstehen so genannte Flüssigkeitsjets, die durch die Blasen hindurch hin zur festen Oberfläche schießen (Bild 5). Typische Strahlgeschwindigkeiten liegen zwischen 50 m/s und 150 m/s. Ähnlich wie man mit einem gewöhnlichen Hochdruckreiniger mit einem scharfen Flüssigkeitsstrahl Schmutz von einer Oberfläche entfernen kann, geschieht dies durch die vielen winzigen Flüssigkeitsstrahlen kollabierender Blasen in einem Schallfeld.

abgelöst: Die ausgesendeten Schockwellen und die Jetbildung der kollabierenden Blasen sprengen den Schmutz ab und lösen ihn in der Reinigungsflüssigkeit. Vor allem bei dünnen Kerben und kleinen Bohrungen ist hier der Einsatz von Ultraschall hilfreich (Bild 4).

Reinigungsmittel und Schall, eine Symbiose im Kampf gegen Schmutz

Die durch Ultraschall erzeugten Kavitationseffekte zeigen allerdings wenig Wirkung, wenn das Reinigungsmittel in dem Reinigungsbad nicht stimmt. Denn Schall und Reiniger arbeiten Hand in Hand. Ohne auf die Verschmutzung abgestimmter Reinigungsmittel, gleich, ob aus wässriger Basis oder auf Basis von Lösungsmitteln, kann der Schall und die daraus resultierende Kavitation nichts ausrichten. Die Art der Verschmutzung und das zu reinigende Werkstück sind für die Auswahl

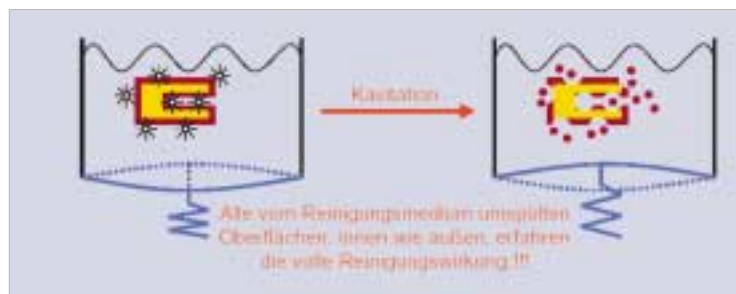


Bild 4: Vor allem bei dünnen Kerben und kleinen Bohrungen ist der Einsatz von Ultraschall hilfreich



Bild 5: Ausbildung eines Flüssigkeitsstrahls. Kollabiert eine Blase in der Nähe von festen Oberflächen, entstehen so genannte Flüssigkeitsjets, die durch die Blasen hindurch hin zur festen Oberfläche schießen und diese zusätzlich reinigen (Foto: L. A. Crum, Applied Physics Laboratory, University of Washington).

der Reiniger von höchster Bedeutung – und auch der Ultraschall ist nicht für jede Verschmutzung geeignet. So lassen sich verklemmte Drehspäne in einem Muttergewinde nur ungenügend beseitigen, kleben die gleichen Späne jedoch durch Fette oder eine Salzsicht an dem Gewinde, ist Ultraschall eine ziel-sichere Reinigungsmethode.

Betrieb in der Praxis

In der Praxis hat sich herausgestellt, dass schon harmlose wässrige Industriereiniger bei 40–70 °C Badtemperatur mit 30–40 kHz Schallfrequenz sehr gute Reinigungserfolge bringen. Ultraschallreinigen ist also sehr umweltfreundlich, zumal das Reinigungsmedium im Bad nicht verloren geht und bei sorgsamer Pflege bis zur Sättigung eingesetzt wird.

In der allgemeinen Praxis wird nicht der Schall gemessen und für die vorgegebenen Einsatzzwecke dimensioniert, sondern die effektive elektrische Leistung des Ultraschall-

schwingers. Verteilt man diese auf den Inhalt des Reinigungsbeckens (Liter), so findet man die leistungsbezogene Einheit Watt/Liter. Für die meisten Kleinanwender haben sich Werte zwischen 5–9 Watt/Liter und eine Schallfrequenz von 30–40 kHz als besonders günstig herausgestellt. Nur bei extrem empfindlichen Reinigungsgütern sind höhere Frequenzen und eine damit verbundene feinere Kavitation nötig. Beispiele für unterschiedlich dimensionierte Ultraschallreinigungswannen zeigt Bild 6.

Hersteller von Ultraschall-Reinigungswannen

Der Markt für Reinigungswannen mit Ultraschallschwingern ist geprägt von vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen mit langjähriger Tradition, die neben der Reinigungstechnik häufig auch Peripheriegeräte anbieten. Hierzu gehört auch das 1947 durch den Physiker Dr. Lehfelddt gegründete und seit 1972 unter dem Namen KLN Ultraschall firmierende Unternehmen, das Reinigungsanlagen, Schwinger und Generatoren nach DIN EN ISO 9001-2000 herstellt und permanent weiterentwickelt. Mit 170 Mitarbeitern in Heppenheim und Fürth nimmt KLN eine führende Position auf dem deutschen Markt für Ultraschalltechnik ein. KLN ist vertriebsseitig an einer Zusammenarbeit mit Technischen Händlern interessiert.

Neben den Standardanlagen entwickelt das Unternehmen flexible Modulsysteme. Die Modulanlagen eignen sich zur Kombination von verschiedenen Einzelkomponenten wie der Ultraschall-Reinigungsmodule, Spül- und Trocknungsmodule. Die Trocknung erfolgt je nach Anwendungsfall entweder per Heiß- oder per Druckluft. Bei der Auswahl und Zusammenstellung der Module sowie der optimalen Verfahrenstechnik stehen Mitarbeiter eines anwendungstechnischen Labors zur Verfügung. Hier können originalverschmutzte Teile versuchsweise gereinigt werden.



Ausgewählte Anwendungen der Ultraschallreinigung

Gummiindustrie

Pressformen für Simmerringe, Gummiringe, Keramikformen für Gummihandschuhe

Armaturenindustrie

Armaturen aller Art vor dem Galvanisieren und der dekorativen Beschichtung

Kugellagerindustrie

Besondere Einzelteile, auch komplett montierte Kugel- Wälz- und Nadellager

Werkzeugindustrie

Pressformen, Gewindebohrer, Schneideisen, Schieblehren, Mikrometer, Messwerkzeuge, Fräser, Bohrer, Sägen, Schneidplättchen

Feinmechanische Industrie

Schrauben, Lager, Teile von Zählwerken und Messinstrumenten, Pneumatikventile, Messwerkzeuge

Holzbearbeitung

Kreissägen, Sägeblätter, Fräser

Druckereien

Farbköpfe, Matrizen, Druckwalzen, Druckmaschinenteile, Siebdruckmasken, Siebdruckrahmen

Bild 6: Ultraschall-Reinigungswannen für Kleinanwender von der Firma KLN

