

# Physikalische Entkeimungsverfahren

zur Reduzierung der mikrobiellen Besiedlung in wassergemischten KSS

In wassergemischten Kühlschmierstoffen finden Mikroorganismen aufgrund eines reichhaltigen Nährstoffangebotes gute Lebensbedingungen. Die Besiedlung mit Mikroorganismen kann nicht nur zum Abbau von Kühlschmierstoffbestandteilen und damit zu einer erheblichen Verkürzung der Standzeit des Kühlschmierstoffs führen, sondern auch zu möglichen gesundheitlichen Belastungen der Beschäftigten. Daher werden in der Regel Biozide als Konservierungsstoffe eingesetzt um das Wachstum von Mikroorganismen zu beschränken. Diese können jedoch aufgrund ihrer oftmals toxischen und sensibilisierenden Eigenschaften ebenfalls die Gesundheit beeinträchtigen. Aus diesem Grund versuchen seit Jahren immer wieder Hersteller, wirksame alternative physikalische Verfahren zur Reduzierung der Koloniezahl in wassergemischten Kühlschmierstoffen zu entwickeln.

In einer Vielzahl von Einzeluntersuchungen direkt in den Betrieben oder auch als Forschungs- und Praxisprojekte wurde untersucht, ob eine wirkungsvolle Reduzierung der Koloniezahl in wassergemischten Kühlschmierstoffen durch UV-Bestrahlung, Ultraschalleinwirkung, Ozonbehandlung oder Pasteurisierung erreicht werden kann. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse dieser Verfahren bei der Behandlung von wassergemischten Kühlschmierstoffen, blieben allesamt hinter den Erwartungen zurück. Unabhängig davon, können die genannten Verfahren beim Einsatz in anderen wässrigen Systemen durchaus effektiv sein.

Beim Einsatz von antimikrobiell wirkenden Metallen, insbesondere Silberionen oder Silberverbindungen, handelt es sich strenggenommen zwar nicht um ein physikalisches Verfahren zur Keimzahlreduzierung. Als alternative Methoden zum Biozideinsatz wurden diese Verfahren jedoch in das Informationsblatt mit aufgenommen.

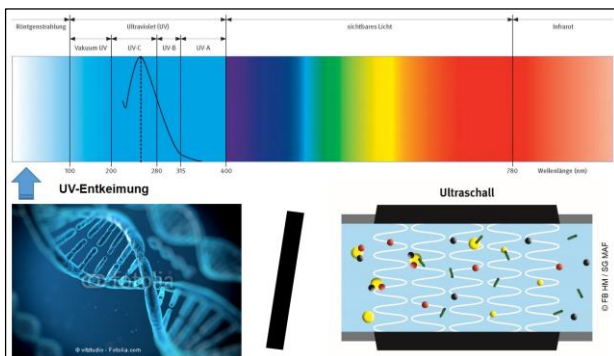


Bild 1: UV-Entkeimung, Ultraschall

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundsätzliches zu physikalischen Entkeimungsverfahren
- 2 UV-Entkeimung
- 3 Ultraschall
- 4 Ozonisierung
- 5 Pasteurisieren
- 6 Antimikrobielle Metalle („Silbertechnologie“)
- 7 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

## 1 Grundsätzliches zu physikalischen Entkeimungsverfahren

Alle physikalischen Verfahren sind systembedingt auf eine Reduzierung der Koloniezahl in der „fließenden Welle“ beschränkt, d. h. die üblichen Biofilme in Rohrleitungen oder an anderen Oberflächen werden hierdurch **nicht** erreicht. Die Biomasse der Bakterien und Schimmelpilze in diesen Biofilmen ist jedoch im Regelfall wesentlich größer als die Menge der Mikroorganismen in der „fließenden Welle“.

Die Anwendung physikalischer Verfahren kann daher die Verkeimung eines Kühlschmierstoff-Systems nur verlangsamen, aber nicht vollständig verhindern. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass physikalische Verfahren zur Entkeimung auch Bestandteile im KSS chemisch verändern können. Vor dem Einsatz sollte immer eine Rücksprache mit dem KSS-Hersteller erfolgen.

Sollte aufgrund des Einsatzes physikalischer Verfahren eine Reduzierung der Konzentration chemischer Biozide im Kühlschmierstoff geplant sein, muss unbedingt darauf geachtet werden, dass eine vom Kühlschmierstoff- oder Biozidhersteller vorgegebene minimale (Hemm-) Konzentration nicht unterschritten wird. Ansonsten käme es zur Ausbildung von Biozid-toleranten Mikroorganismen; das Biozid würde dann zukünftig auch bei höheren Konzentrationen keine Wirkung mehr zeigen.

## 2 UV-Entkeimung

Die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht entsprechender Wellenlänge verursacht irreparable Schäden an der Erbsubstanz der Bakterien und Schimmelpilze und führt so zu einer Wachstumshemmung bzw. Abtötung. Die biozide

Wirkung ist im Bereich zwischen 250 - 270 nm (UVC) am wirkungsvollsten. Zu beachten ist jedoch, dass jeder Organismus über Mechanismen (z. B. spezifische Enzyme) verfügt um Schäden durch UV-Strahlung zu reparieren. Führt die UV-Behandlung nicht zu einer vollständigen Abtötung der Mikroorganismen können sich diese nach einer gewissen Zeit wieder regenerieren und zu einem verstärkten Wachstum führen. Daher sollte eine UV-Bestrahlung immer dauerhaft ohne längere zeitliche Unterbrechungen erfolgen.

## 2.1 Erfahrungswerte

Voraussetzung ist, dass die UV-Strahlung in entsprechender Intensität am Wirkort ankommt. Bei Verwendung von Kühlschmierstoff-Emulsionen ist dies sehr schwierig umzusetzen, da die Trübung der Emulsion eine erhebliche Verringerung der Eindringtiefe zur Folge hat. Wirksam können daher nur Systeme sein, die den Kühlschmierstoff in einer sehr geringen Schichtstärke von wenigen Millimetern (ca. 1 - 5 mm) an der UV-Röhre vorbeileiten; diese Systeme haben folglich nur vergleichsweise geringe Durchsatzmengen. Verschmutzungen des Kühlschmierstoffs, z. B. durch Fremdöle, führen auch zu einer Verschmutzung der UV-Röhren, die die Strahlung erzeugen. Bei UV-Entkeimungsgeräten muss daher sichergestellt sein, dass derartige Verschmutzungen automatisch erkannt und gereinigt werden. Auf dem Markt gibt es hier z. B. Systeme mit 2 UV-Röhren, die sich abwechselnd in den Kühlschmierstoff-Strom schalten, wenn die jeweils andere Röhre eine zu niedrige Intensität emittiert und gereinigt werden muss.

Ein weiterer Schwachpunkt ist die Veränderung der Strahlungsintensität während der Lebensdauer der UV-Röhren. Es ist notwendig die Strahlungsintensität kontinuierlich zu messen und dem Benutzer die Unterschreitung eines zu definierenden Minimalwertes anzuzeigen. Die Strahlungsintensität verringert sich ansonsten bei fortschreitendem Betrieb stetig und reicht gegebenenfalls nicht mehr für eine Entkeimung aus.

## 2.2 Einsatzmöglichkeiten

Das Verfahren wurde an verschiedenen Kühlschmierstoff-führenden Einzelmaschinen getestet. Es erwies sich allerdings als problematisch bezüglich der erforderlichen Eindringtiefe in die Kühlschmierstoff-Emulsion und Wartung der UV-Lampen.

Eine wirkungsvolle Reduzierung der Koloniezahl kann bei hellen, klaren Flüssigkeiten wie z. B. Wasser/Brauchwasser erzielt werden, beispielsweise der UV-Behandlung von aufbereitetem Wasser zum An- und Nachsetzen der Kühlschmierstoffe (z. B. VE-Wasser, Wasser aus Umkehrosmoseanlagen).

## 3 Ultraschall

Durch Ultraschall können Bakterien- und Pilzzellen „geknackt“ werden. Die Zellwände und -membranen werden zerstört und die Zellen hierdurch abgetötet. Im Labor wird ein Zellaufschluss durch Ultraschall als Standardverfahren durchgeführt. Hier werden Ultraschallgeber in vergleichsweise kleine Flüssigkeitsmengen getaucht, so dass sehr hohe Schalldichten erreicht werden.

## 3.1 Erfahrungswerte

Bei den bislang bekannten Systemen, die zur Entkeimung von Kühlschmierstoffen angeboten werden, werden keine so hohen Schalldrücke wie in den im Labor zum Einsatz

kommenden Systemen erreicht, so dass die entkeimende Wirkung unzureichend ist. Darüber hinaus können sich durch Ultraschall nur gering beschädigte Zellwände auch wieder regenerieren. Weiterhin problematisch ist die Veränderung von Inhaltsstoffen der Kühlschmierstoff-Emulsionen durch die Ultraschallwellen (in Versuchen trat ein Geruch nach „verbranntem Gummi“ auf) bis hin zur Unbrauchbarkeit.

## 3.2 Einsatzmöglichkeiten

Zurzeit keine im Rahmen der Kühlschmierstoff-Behandlung.

## 4 Ozonisierung

Bei der Ozonisierung handelt es sich zwar um einen chemischen Wirkmechanismus, dennoch wird die Anwendung üblicherweise den „physikalischen Verfahren“ zugeordnet. Die Zugabe von Ozon (O<sub>3</sub>), das sehr reaktiv ist, führt zu einer direkten Oxidation von organischen Verbindungen und damit zur Abtötung von Mikroorganismen, zum anderen werden durch eine Reaktion mit Hydroxidionen sehr aggressive Radikale (Hydroxylradikale) gebildet, die biozid wirken.

## 4.1 Erfahrungswerte

Das Arbeiten mit Ozon erfordert sehr aufwendige Sicherheitsmaßnahmen, da es giftig ist. Zusätzlich ist zu überprüfen, inwieweit organische Verbindungen der Prozessstoffe ebenfalls oxidiert werden.

## 4.2 Einsatzmöglichkeiten

Zurzeit keine im Rahmen der Kühlschmierstoff-Behandlung.

## 5 Pasteurisieren

Das Pasteurisieren ist ein Standard-Entkeimungsverfahren, das vor allem bei empfindlichen Lebensmitteln wie z. B. Milch, angewendet wird. Durch eine kurzzeitige Erwärmung werden wachsende Bakterien- und Pilzzellen abgetötet. Sporen von Bakterien oder Pilzen vertragen diese Temperatur aber, so dass pasteurisiertes Gut niemals völlig keimfrei ist.

## 5.1 Erfahrungswerte

Auf dem Markt sind Systeme erhältlich, bei denen der Kühlschmierstoff entweder direkt elektrisch oder mittels Mikrowellen aufgeheizt und anschließend wieder abgekühlt wird. Das Verfahren ist also energetisch recht aufwändig. Kühlschmierstoff-Inhaltsstoffe können sich durch die Erwärmung verändern und die Kühlschmierstoff-Emulsion unbrauchbar werden lassen.

## 5.2 Einsatzmöglichkeiten

Zurzeit keine im Rahmen der Kühlschmierstoff-Behandlung.

## 6 Antimikrobielle Metalle („Silbertechnologie“)

Als Stoffe zur Verminderung mikrobiellen Wachstums können in Oberflächenbeschichtungen oder gelöst in Flüssigkeiten auch Metalle wie Silber (Ag), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) zum Einsatz kommen. Die antimikrobielle Wirkung der Metalle beruht auf der Bindung von Metallionen an Proteine

und/oder die Zellwand der Mikroorganismen, wodurch es zu einer Schädigung der Zellen kommt. Die Metalle werden häufig als Nanomaterialien eingesetzt, um aufgrund des daraus resultierenden hohen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses eine gute Löslichkeit zu erzeugen.

In der Vergangenheit gab es verschiedene Ansätze, insbesondere Silberverbindungen zur Reduzierung der Koloniezahl bzw. des Biofilms in wassergemischten Kühlschmierstoffen zu nutzen, z. B. in Form von silberhaltigen Lacken, silberbeschichteten Metallkatalysatoren oder dem Zusatz silberhaltiger Partikel im KSS.

## 6.1 Erfahrungswerte

Für silberbasierte Verfahren im Zusammenhang mit der KSS-Anwendung liegen kaum dokumentierte Erfahrungen aus der Praxis vor. In Labor- und Feldversuchen konnten mit silberhaltigen Materialien mehr oder minder starke reduzierende Effekte auf die Koloniezahl- bzw. Biofilmbildung beobachtet werden. Diese waren jedoch nicht immer nachhaltig oder reproduzierbar.

Beim Einbringen von Metallkatalysatoren in den KSS-Kreislauf ist eine ausreichende Durchströmung und regelmäßige Reinigung der silberhaltigen Metallnetze/-teile notwendig, um eine konstante Wirkung zu erzielen.

Beim Einsatz silberhaltiger Metalle als aktive gelöste Bestandteile eines wassermischbaren KSS, ist das in „der Schwebel halten“ der Partikel eine zwingende Voraussetzung für die Wirksamkeit über den gesamten Flüssigkeitskörper.

In Untersuchungen konnte mit Lack-Systemen, bestehend aus Silber, Kupfer und Zink, für die Anwendungsdauer von etwa ein Jahr eine Reduzierung des mikrobiellen Bewuchses auf Oberflächen von mindestens 70 % erreicht werden. Aufgrund der Problematik der Haltbarkeit von Beschichtungen in KSS-führenden Systemen ist jedoch nur die Möglichkeit einer partiellen Anwendung (z. B. Abdeckungen) gegeben. Über - auch längerfristige - Veränderungen an der KSS-Emulsion liegen keine Erfahrungswerte vor. Eben so wenig über mögliche gesundheitliche Effekte durch freies bzw. Nanosilber.

## 6.2 Einsatzmöglichkeiten

Eine tiefere Marktdurchdringung der Verfahren/Produkte ist bislang nicht gegeben.

## 7 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Eine wirkungsvolle und dauerhafte Reduzierung der Koloniezahl in wassergemischten Kühlschmierstoffen konnte bislang mit keinem der genannten physikalischen Verfahren erzielt werden. Forschungsprojekte verliefen ebenso wie Versuche unter Produktionsbedingungen unbefriedigend. Zurzeit stehen daher für den industriellen Einsatz bei Kühlschmierstoffen keine ausgereiften physikalischen Verfahren als Ersatz für eine chemische Konservierung zur Verfügung.

Physikalische Verfahren können nach derzeitigem Kenntnisstand allenfalls zur Unterstützung chemischer Biozide eingesetzt werden, aber nicht als vollständiger Ersatz dienen. Voraussetzung für eine betriebliche Anwendung sollte eine Prüfung sein, ob die Methode tatsächlich wirksam ist und die Kühlschmierstoff-Inhaltsstoffe nicht verändert werden. Wirksamkeitsbetuerungen der Anbieter

physikalischer Entkeimungsverfahren sollten kritisch hinterfragt werden; häufig werden die Werbeversprechen nicht gehalten.

Bei grundsätzlichen Fragen können Sie sich an Ihren Unfallversicherungsträger wenden, bzgl. der Verträglichkeit Ihres Kühlschmierstoffs mit dem Verfahren kann Ihnen der Kühlschmierstoff-Hersteller Auskunft erteilen.

Weitere Informationen zum Thema „Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe“ finden sich in der gleichnamigen DGUV Information 209-051 (bisher: BGI/GUV-I 762) [1].

Die vorliegende DGUV-Information wurde vom Expertenkreis der Unfallversicherungsträger im Themenfeld Biologische Arbeitsstoffe in der Holz- und Metallbranche der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung - DGUV unter Mitwirkung des Instituts für Arbeitsschutz - IFA erarbeitet. Sie soll insbesondere Kühlschmierstoff-Anwender über die Vor- und Nachteile der verschiedenen physikalischen Verfahren zur Reduzierung der Koloniezahl in wassergemischten Kühlschmierstoffen informieren.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, Herstellern und Betreibern.

Diese DGUV-Information FB HM-044 Ausgabe 10/2015 ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Entwurf 05/2015.

Weitere DGUV-Informationen bzw. Informationsblätter vom Fachbereich Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [2].

Zu den Zielen der DGUV-Information siehe DGUV-Information FB HM-001 „Ziele der DGUV-Information herausgegeben vom Fachbereich Holz und Metall“.

### Literatur:

- [1] DGUV Information 209-051 (bisher: BGI/GUV-I 762): „Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe“, Ausgabe August 2011
- [2] Internet: [www.dguv.de/fb-holzundmetall](http://www.dguv.de/fb-holzundmetall) Publikationen oder [www.bghm.de](http://www.bghm.de) Webcode: <626>

### Glossar:

- Keime:** Umgangssprachlicher, nicht wissenschaftlicher Begriff für Mikroorganismen, meist Bakterien. Da dieser Begriff weit verbreitet und sehr gebräuchlich ist, wird er auch in dieser Informationsschrift synonym für Mikroorganismen verwendet.
- Biofilm:** Vergesellschaftung von Bakterien, Schimmelpilzen und anderen Mikroorganismen; sie bilden zusammen mit Metallabrieb filmartige Strukturen innerhalb von Maschinen und Leitungssystemen. Die Ausmaße der Biofilme reichen von dünnen schmierfilmartigen Belägen bis hin zu 20 cm starken Biofilmmatten.

### Bildnachweis:

Die in dieser DGUV-Information gezeigten Abbildungen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bild 1 vitstudio-Fotolia.com/BGHM

### Herausgeber:

Fachbereich Holz und Metall der DGUV  
Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation  
c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
Postfach 37 80  
55027 Mainz