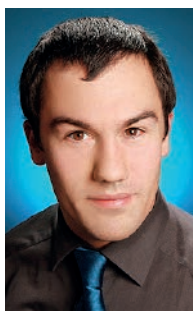




# Reinste Effizienz beim Wärmeübergang

**Wärmeübertrager demontagefrei, wirtschaftlich und umweltfreundlich reinigen**

**Dr.-Ing. Jan C. Kuschnerow,**  
Qualitätsmanagement  
und Arbeitssicherheit,  
Forschung, Fa. Hammann



Mit dem mechanischen Reinigungsverfahren Complex steht Betreibern von Wärmeübertragern und Kühlkreisläufen eine Möglichkeit zur Verfügung, diese demontagefrei und somit wirtschaftlicher zu reinigen und zu betreiben. Wird dieses Verfahren mit dem Einsatz geeigneter Tensidlösungen kombiniert, können ölhaltige Verschmutzungen (Schlämme, Öl, Biofilme etc..) effektiv und effizient abgereinigt werden.

Das Reinigungsverfahren Complex der Firma Hammann aus Annweiler am Trifels ermöglicht die schonende und demontagefreie Reinigung effizienzbestimmender Komponenten verfahrenstechnischer Anlagen wie z.B. Wärmeübertrager (Wärmetauscher), gesamte Kühlkreisläufe oder Kühlschmierstoffleitungen. Abbildung 1 zeigt schematisch die Vorgehensweise bei der Complex-Reinigung.

## **Gründe für die Reinigung**

In industriell genutzten Wärmetauschern bilden sich während des Betriebes Ablagerungen („Fouling“) und verschlechtern den Wärmeübergang. Häufig geht diese Beeinträchtigung auch mit Verlusten von Druck und Durchfluss einher.

In entwickelten Industrieländern entstehen wirtschaftliche Belastungen durch Fouling in Höhe von ca. 0,25 % des Bruttoinlandspro-

duktes. (Dies sind in Deutschland laut Müller-Steinhagen etwa 9 Mrd. €). Neben Ineffizienzen in der thermischen und hydraulischen Leistungsfähigkeit verursachen notwendige Überdimensionierung von Anlagenkomponenten zusätzliche Kosten. Stillstandszeiten zur Instandhaltung sind notwendig. Häufig ist ein großer Teil des Zeitaufwandes für die Instandhaltung und Reinigung von Wärmeübertragern

auf die notwendige Demontage und den anschließenden Zusammenbau vor und nach der eigentlichen Reinigung zurückzuführen. Chemische Reinigungsverfahren, die ohne die Demontage des Wärmeübertragers auskommen, sind oft mit dem Einsatz korrosiver Reinigungsmittel verbunden.

### Reinigung mit Complex-Verfahren

Das Complex-Verfahren ist ein demontagefreies Reinigungsverfahren. Es ist die Weiterentwicklung des Impulsspülverfahrens, das seit etwa 20 Jahren erfolgreich für die Reinigung von Trinkwasserverteilungsnetzen eingesetzt wird. In den letzten Jahren nahm die Anwendung des Complex-Verfahrens zur Reinigung von Trinkwasserinstallationen in Gebäuden sowie von Wärmeübertragern (Wärmetauschern) und Kühlkreisläufen im industriellen Bereich immer mehr zu. Deshalb bietet die Firma Hammann Lösungen für drei Anwendungsgebiete: Kommunal, Trinkwasserinstallation und Industrie.

Für die Reinigung werden an der Einspeisestelle abwechselnd Wasser und komprimierte, gepulste Luft in den zu reinigenden Abschnitt einer Anlage oder Anlagenkomponente gegeben. Die expandierenden Luftblöcke wirken stark beschleunigend auf die Wasserblöcke. Diese werden auf bis zu 20 m/s beschleunigt und erzeugen starke Scherkräfte, die auf die Ablagerungen wirken. Die Blöcke aus Luft und Wasser durchströmen den Reinigungsabschnitt. Dabei mobilisieren sie Ablagerungen und tragen sie vollständig aus. Eine Demontage ist nicht nötig.

In den Branchen Maschinenbau und Chemieindustrie eignet sich dieses Reinigungsverfahren besonders für die Reinigung von Kühlkreisläufen und Wärmeübertragern. Eine weitere Anwendung ist die Reinigung von Kühlschmierstoffleitungen.

Das Complex-Verfahren eignet sich besonders für das Abreinigen von Sedimenten, blättrigen oder bröseligen Kalkschichten, Biofilmen und Flussschlamm. Es ließ sich in zahlreichen praktischen Reinigungsprojekten in der Industrie nachweisen, dass die Reinigung demontagefrei oft schon nach kurzer Zeit erfolgreich war. Die vergleichsweise niedrige logistische Schwelle erlaubt optimale Reinigungszyklen. Ablagerungen sollten ausgetragen werden, bevor Sedimentschichten altern und verkrusten.

Das Complex-Verfahren stößt dann an seine Grenzen, wenn in Wärmeübertragern stark klebende Beläge vorliegen. Dann kann eine mehr oder weniger dünne Schicht auf der zu reinigenden Oberfläche verbleiben. Diese zwar dünnen aber oft geschlossenen Schichten können eine erhebliche Beeinträchtigung der Wärmeübertragung zur Folge haben.

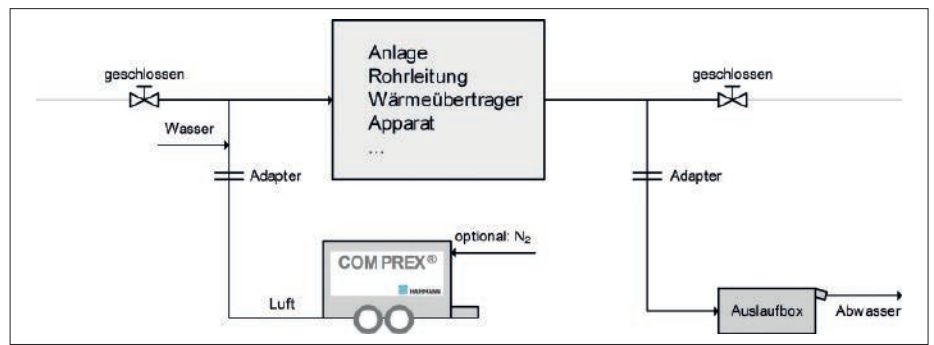


Abb. 1: Schematische Darstellung der Complex-Reinigung.

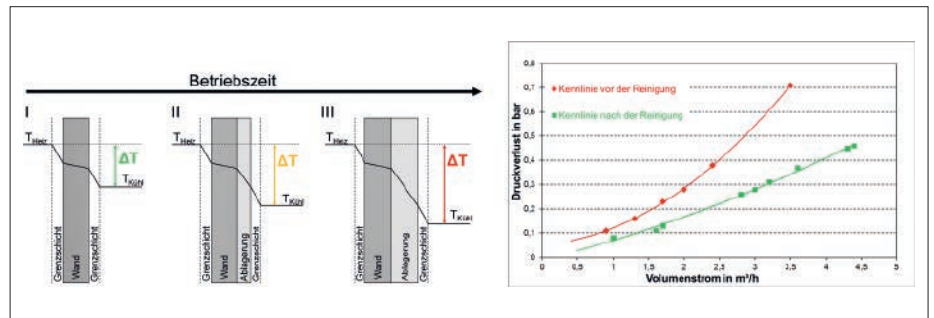


Abb. 2: Ablagerungen beeinflussen Wärmeübergang und hydraulische Kennlinie.

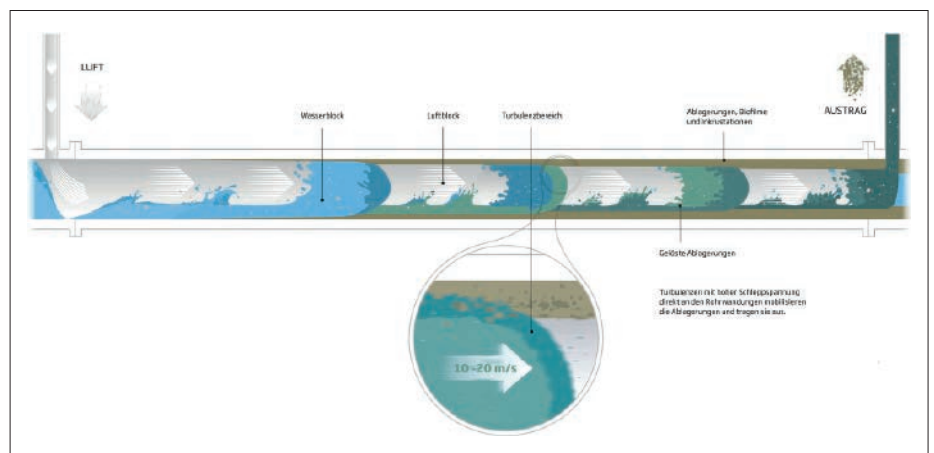


Abb. 3: Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Complex-Verfahrens.

Ebenfalls sind gealterte Ablagerungen auf wärmeübertragenden Oberflächen schwierig zu entfernen.

### Erweiterung der Leistungsgrenzen des Complex-Verfahrens

Ein Blick auf den „Sinnerschen Kreis“ ist nützlich, um die Einsatzmöglichkeiten des Complex-Verfahrens neu auszuloten (siehe Abb. 5). Der „Sinnersche Kreis“ stellt die vier Faktoren dar, die den Erfolg eines jeden Reinigungsprozesses bedingen. Neben der „Mechanik“, auf dem das Complex-Verfahren basiert, gibt es noch die Faktoren, „Zeit“, „Temperatur“ und „Chemie“, die potentiell die Wirkung dieses Verfahrens steigern könnten.

Der Ausbau des Faktors „Zeit“ ergibt keinen Sinn. Denn erfahrungsgemäß steigt bei erhöhtem Zeiteinsatz die Reinigungswirkung nur

noch wenig und das Verfahren wird dadurch unwirtschaftlicher.

Die Veränderung des Faktors „Temperatur“ ist ebenfalls wirtschaftlich unvorteilhaft. Die Complex-Reinigung findet bei der jeweiligen Raumtemperatur statt. Jede Einflussnahme auf die Reinigungstemperatur erfordert technische Einrichtungen sowie Mess- und Regelsysteme. Sie ist umso unwirtschaftlicher, je größer die betreffende Anlage ist.

Die nähere Betrachtung des Faktors „Chemie“ offenbart eine Reihe von Einsatzstoffen. Diese sind jedoch häufig korrosiv und bedürfen einer besonderen Handhabung sowie einer besonderen Entsorgung, zumindest im Fall von Säuren, Basen und Oxidationsmitteln.

In Zusammenarbeit mit der Firma Kolb, einem Hersteller von nichtionischen Tensiden wurde eine schonende Alternative auf Basis



Abb. 4: Austrag von Verunreinigungen aus einem industriellen Kühlsystem.

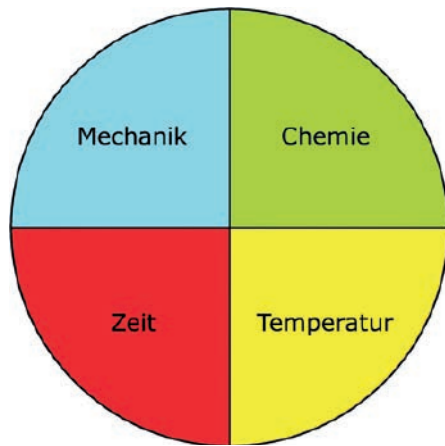


Abb. 5: Schematische Darstellung des „Sinnerischen Kreises“.

Tab. 1: Versuche zur Bewertung der Reinigungsleistung von Tensidlösungen an överschmutzten Wärmeübertragern.

Konzentration des Tensides	Kontaktzeit
500 ppm	4 Stunden
50000 ppm	4 Stunden
500 ppm	24 Stunden
50000 ppm	24 Stunden

von nichtionischen Tenside entwickelt und getestet. Im Gegensatz zu konventionellen chemischen Reinigungsmitteln ist die Menge an eingesetztem Tensid erheblich geringer. Zudem sind Tenside bezüglich Umweltverträglichkeit und biologischer Abbaubarkeit herkömmlichen chemischen Reinigungsmitteln überlegen.

### Neue Möglichkeiten dank Einweichoption

Einweichen ist Bestandteil vieler Reinigungsprogramme, auch im Alltag beim Wäschewaschen oder Geschirrspülen. Gemäß Sinnerischem Kreis spielen hier vor allem Temperatur, Zeit und die entsprechende Einweichmittel eine Rolle. Einweichen wird durch Hilfe von Tensiden und Enzymen besonders wirksam. Deshalb führte die Firma Hammann mit diesen Stoffen erste Versuche an firmeneigenen Versuchsanlagen durch. Prädestiniert waren gealterte Modellverschmutzungen und ölbasierte Beläge in Wärmeübertragern, die ohne Einweichen nicht vollständig entfernbar waren.

Zur Reinigung verölter Ladeluftkühler mit einem Kammervolumen von etwa 4 L kamen Lösungen nichtionischer Tenside und Tensidmischungen zum Einsatz. Die Tensidlösungen wurden sowohl in der vom Hersteller empfohlenen Konzentration von 500 ppm (0,05 %) und 100-fach überdosierte mit 50.000 ppm (5 %) eingesetzt. Für die Reinigung wurden die verölten Ladeluftkühler jeweils vollständig mit diesen Tensidlösungen befüllt und jeweils vier und 24 h gelagert. Daraus ergeben sich folgende Versuchskonfigurationen (Tab. 1).

Im Anschluss an diese Reinigungsversuche wurde der Reinigungserfolg an den Wärmeübertragern überprüft. Da eine zerstörungsfreie

visuelle Prüfung nicht möglich ist, wurde jeweils nacheinander Wasser und Aceton in den Wärmeübertrager gegeben und dieser anschließend entleert. Die Verfärbung oder Partikel in der Lösung zeigten Restverschmutzungen an. Bei allen vier Versuchen wurden die Lösemittel schwarz gefärbt. Die Reinigung der Wärmeübertrager war in keinem Fall erfolgreich. Dadurch wurde gezeigt, dass die eingesetzten Tenside unabhängig von der Kontaktzeit oder der Konzentration sich nicht für die Reinigung eigneten.

### Synergieeffekte

Da für sich genommen keiner der Reinigungsfaktoren nach Sinner in der Lage ist, verölte Wärmeübertrager effektiv und effizient zu reinigen, wurden in weiteren Versuchen mehrere Faktoren nach Sinner kombiniert, indem das Complex-Verfahren mit einer Tensidlösung durchgeführt wurde. Diese Lösung hatte eine Konzentration von 500 ppm. Anschließend wurde der auf diese Weise gereinigte zunächst verölte Wärmeübertrager wie oben beschrieben auf Sauberkeit getestet. In diesem Fall waren die Lösemittel Wasser und Aceton klar und partikelfrei. Der Reinigungsvorgang war in diesem Fall erfolgreich. Dabei sind folgende betrieblichen Aspekte besonders interessant:

- Im Vergleich zu konventionellen Reinigungsmitteln ist die bereitzustellende und anschließend zu entsorgende Menge an Tensid sehr gering.
- Im Vergleich zu bisher etablierten Complex-Reinigungsprogrammen können in Kombination mit dem Einsatz von Tensiden die Reinigungsparameter (z.B. Impulsdruck) erheblich niedriger eingestellt werden.



Abb. 6: Erfolgskontrolle der Reinigung. Es wird jeweils reines Aceton in den Ladeluftkühler gefüllt, und nach fünf Minuten wieder entnommen. Links: Verunreinigtes Lösemittel zeigt einen innen verschmutzten Wärmetauscher an. Rechts: Klares Lösemittel zeigt einen innen sauberen Wärmetauscher an.

- Die Kombination beider Reinigungsverfahren führt zu Reinigungsleistungen, die jedes der Verfahren für sich genommen nicht erreichen kann.

### Fazit

Mit dem Complex-Verfahren steht ein schonendes und demontagefreies Verfahren für die Reinigung von Anlagenkomponenten wie Wärmetauschern zur Verfügung. Es ist zur Abreinigung unterschiedlicher Verschmutzungen wirksam. Der Einsatzbereich lässt sich deutlich erweitern, z.B. in dem beschriebenen Fall auf ölhaltige organische Verschmutzungen durch die Kombination mit umweltfreundlichen Tensidlösungen. Diese wirken während einer Einweichphase vor der Reinigung. Der Einsatz korrosiver und gefährlicher Reinigungschemikalien wie Säuren, Laugen oder Oxidationsmittel entfällt.

### Die Co-Autoren

Dr. N. Klein, Dipl.-Ing. Hans-Gerd Hammann,  
Firma Hammann  
Dr. S. Schulte, Kolb

### Kontakt

Hammann GmbH, Annweiler am Trifels  
Tel.: +49 6346 30040  
info@hammann-gmbh.de  
www.hammann-gmbh.de

Kolb Distribution Ltd., CH-Hedingen  
www.kolb.ch