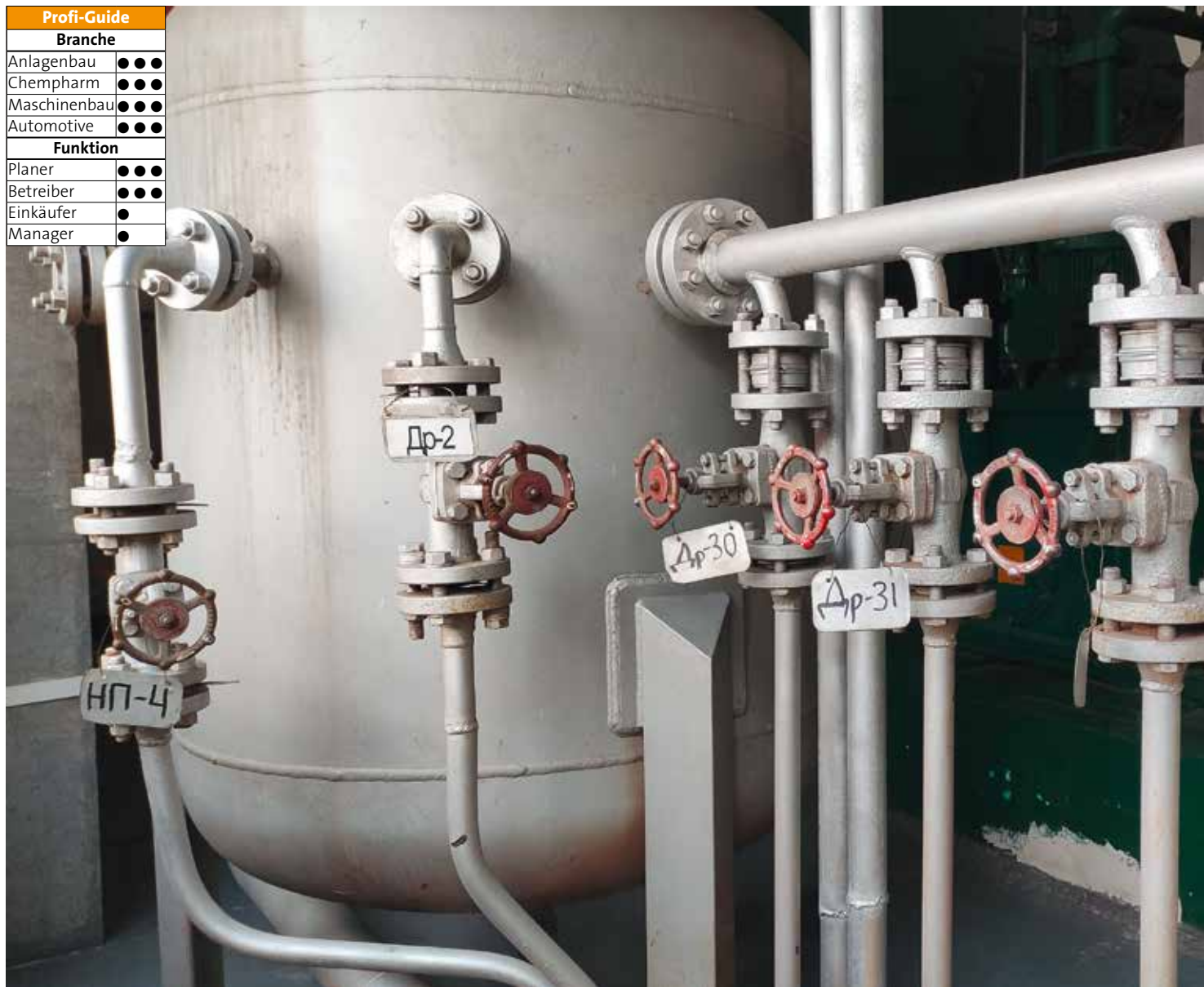


Profi-Guide	
Branche	
Anlagenbau	● ● ●
Chempharm	● ● ●
Maschinenbau	● ● ●
Automotive	● ● ●
Funktion	
Planer	● ● ●
Betreiber	● ● ●
Einkäufer	●
Manager	●



Typischer Verteiler an einem Behälter.  
Bild: shutterstock.com

### Wirtschaftliche Reinigung komplexer Industrieanlagen

# Saubere Vorbereitung, saubere Anlagen

Prozesstechnische Produktionsanlagen wie in der chemischen Industrie sind mitunter extrem komplex und entsprechend langwierig zu reinigen. Mit entsprechender Vorbereitung und einem von der Anlagengeometrie unabhängigen Reinigungsverfahren ist dies jedoch mit minimalem Stillstand möglich.

#### Autoren

Sebastian Zimmermann,  
Dr. Norbert Klein,  
Vincent Hammann;  
Hammann

**A**nlagenbauteile wie Rohrleitungen, Reaktoren, Apparate, Sensorik und Regelarmaturen bestehen in der Regel aus hochwertigen Werkstoffen und müssen teils aggressiven Chemikalien widerstehen. Dennoch bilden sich im Laufe der Betriebszeit Ablagerungen, beispielsweise durch Nebenreaktionen, die im

Laufe der Betriebszeit aushärten und den Wärmeübergang und Durchsatz beeinträchtigen können. Dadurch leiden Produktqualität und Produktionseffizienz. Deshalb ist es notwendig, diese Ablagerungen aus den Anlagen zu entfernen. Komplexe Anlagen wie HD-Systeme und Hydrieranlagen erfordern spezielle Reinigungsver-



Riechstoffen oder Polymeren bewahrt. Die Produktion dieser Stoffe erfordert hohe Drücke und Temperatur und stellt damit hohe Ansprüche an die Dichtheit der Anlagen, besonders an die Verbindungen der einzelnen Bauteile. Neben Schweißverbindungen kommen druck- und temperaturgerechte Flanschverbindungen zum Einsatz. Im Gegensatz zu Schweißverbindungen ermöglichen Flanschverbindungen trennbare Anschlussstellen für die Reinigung.

Die Complex-Technik, bestehend aus der Complex-Einheit an der Einspeisestelle und der Separier-Einheit an der Ausspeisestelle, lassen sich einfach über entsprechende Adapter an die Flansche der Produktionsanlagen ankoppeln. Der Entwickler Hammann ist durch die Gründung der Tochterfirma Hammann Engineering seit 2018 imstande, auch maßgeschneiderte stationäre Technik zu liefern. Dies eröffnet neue Möglichkeiten, insbesondere, wenn kurze Reinigungszyklen erforderlich sind, bevor die Ablagerungen erhärten und folglich schwer mobilisierbar werden.

### Sorgfältige Planung erleichtert Reinigung

Die Reinigung von prozesstechnischen Anlagen findet normalerweise in geplanten Stillstandszeiten statt. Dabei muss der Betreiber die Anlage für das Öffnen an den Ein- und Ausspeisestellen vorbereiten, etwa mit sachgerechter Aufbereitung oder Entsorgung der in den Anlagen verbliebenen Medien sowie durch Konditionierung der Anlage. Vor der erstmaligen Complex-Reinigung plant der durchführende Dienstleister zusammen mit dem Betreiber die Ein- und Ausspeisestellen anhand von Plänen und Begutachten vor Ort. Ebenfalls Teil der Vorbereitung ist ein Plan zur Entsorgung der entfernten Ablagerungen. Wenn diese toxisch oder geruchsintensiv sind, stehen bestimmte Maßnahmen zur Verfügung, um die Anforderungen an Abluft und Abwasser sowie an den Arbeitsschutz zu erfüllen. Vorteilhaft ist, für den Reinigungsprozess möglichst wenig Flanschverbindungen öffnen zu müssen. Dies ermöglicht die Reinigung von wenigen Standorten der Reinigungseinheit

fahren, weil Demontage und Montage schwierig und aufwendig sind.

Wenig invasive Verfahren sind für diese Aufgaben gut geeignet. Das mit pulsierender Druckluft und abwechselnden Blöcken aus Luft und Wasser arbeitende Complex-Verfahren hat sich beispielsweise für Anlagen zum Herstellen von Grundchemikalien,

### Verlauf der Eingangs- und Ausgangstemperatur an einem Wärmeübertrager während der Complex-Reinigung

Prozesswasser	vorher	nachher
Eintrittstemperatur	94 °C	94 °C
Austrittstemperatur	85 °C	81 °C
Temperaturdifferenz $\Delta T$	9 K	13 K
Wärmeübertragungsleistung	100 %	144 %

Quelle: Hammann



Wirkungsweise der Complex-Reinigung: Abwechselnde Blöcke von Wasser und Luft tragen Verunreinigungen und Ablagerungen aus.

und spart Rüstzeit. Verringerte Montagemaßnahmen senken außerdem das Risiko für mögliche Leckagen.

Das druckluftbasierte Reinigungsverfahren ist im Gegensatz zu anderen Techniken weitgehend unabhängig von der Geometrie der Anlage. Geräte und Apparate können eingebaut bleiben, so auch Messgeräte für Druck, Temperatur, Massenfluss, Volumenstrom oder Leitfähigkeit. Regelventile und andere Armaturen sind so einzustellen, dass sie den Luft- und Wasserblöcken der Complex-Reinigung möglichst wenig Widerstand entgegenbringen. Apparate wie Reaktoren, Wärmeübertrager oder Gaswäscher lassen sich über die nächstliegenden Ein- und Auspeisestellen gezielt reinigen.

Dabei ist es in vielen Fällen möglich, das Ausmaß der während der Betriebsdauer gebildeten und mittels Reinigung entfernten Ablagerungen zu ermitteln. Hierzu eignen sich Einrichtungen wie eingelegte Vliesstoffe zum Zurückhalten von Grobpartikeln in der Dekomprimierbox, die Trübungsmessung des ausgetragenen Abwassers oder auch Abscheidemaßnahmen an entsprechenden Aufbereitungsanlagen. Diese ermöglichen im Gegensatz zur Dekomprimierbox das Wiederverwenden des Wassers zum Reinigen durch Kreislaufführung, wobei ab-

schließend die Anlage mit entsprechenden Medien wie VE-Wasser zu konditionieren ist.

Je nach Zustand der Ablagerungen kann bei der Grundreinigung auch Zusatztechnik wie Feststoffinjektion erforderlich sein. Bei wiederkehrenden regelmäßigen Pflegereinigungen können spezielle Reinigungsstrategien die Wirtschaftlichkeit noch steigern, beispielsweise durch Aufbereiten des Abwassers zur Kreislaufführung oder festeingebauten Anschlüssen für Ein- und Auspeisestellen. Die folgenden Beispiele veranschaulichen Anwendungsmöglichkeiten des Reinigungsverfahrens in Produktionsanlagen.

*Das Reinigungsverfahren ist weitgehend unabhängig von der Geometrie der Anlage.*

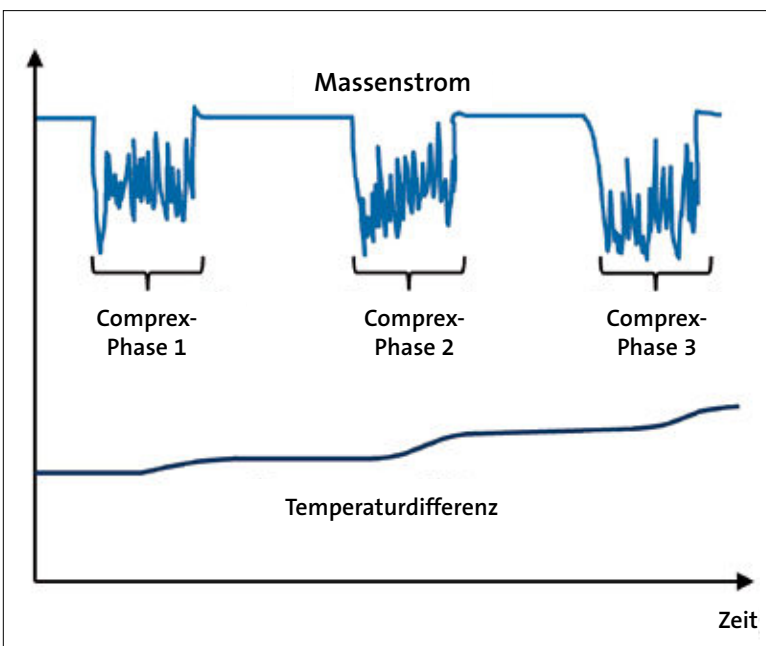
### Batchbetrieb

Chemikalien werden diskontinuierlich im Batchbetrieb insbesondere dann hergestellt, wenn kleine Produktmengen benötigt werden. Im Chargenprozess gibt das Produktionsgefäß beispielsweise der Reaktor oder der Mischer die Materialmenge vor. Vorteilhaft ist, wenn sich Nebenprodukte und nicht reagierte Edukte aufbereiten und wiederverwenden lassen, insbesondere in geschlossenen Anlagen. Diese enthalten oft Gaswäscher oder Wärmeübertrager. Geplante Stillstände dienen zur Instandhaltung dieser Anlagen. Die Reinigungstechnik ermöglicht, die Rohrleitungen und Apparate mit nur wenigen Ein- und Auspeisestellen wirtschaftlich zu reinigen. Bei temperaturgeführten Reaktionen empfiehlt sich, die Temperierkreisläufe mitzureinigen.

Manchmal sind in Batchreaktoren redundante Wärmeübertrager eingebaut. Diese Anordnung ermöglicht, außerhalb der Stillstandzeiten den Wärmeübergang instandzuhalten, indem ein Wärmeübertrager mit Complex gereinigt wird, während der andere die Temperierung übernimmt. In manchen Fällen mit nicht redundanten Temperiersystemen kann die Complex-Reinigung auch zur Instandhaltung außerhalb Stillstandzeiten dienen. Da die Temperierleistung von Luft geringer ist als von Wasser, findet die Complex-Reinigung in Intervallen statt, um die Reaktionsführung nicht zu beeinträchtigen.

### Durchlaufreaktoren

Grundchemikalien stammen vorwiegend aus kontinuierlich arbeitenden Großanlagen. Kontinuierliche Verfahren zeichnen sich gegenüber dem Batchbetrieb durch höhere Produktivität aus. Sie benötigen keine Stillstandzeiten zum Füllen und Entleeren der Produktionsgefäße, gegebenenfalls mit Reinigung vor dem nächsten Chargenprozess. Manche Produktionsanlagen arbeiten mit wässrigen Lösungen bei hohen Temperatu-



Verlauf der Eingangs- und Ausgangstemperatur an einem Wärmeübertrager während der Complex-Reinigung.

ren und Drücken. Entsprechend sind die Anforderungen an Dichtheit.

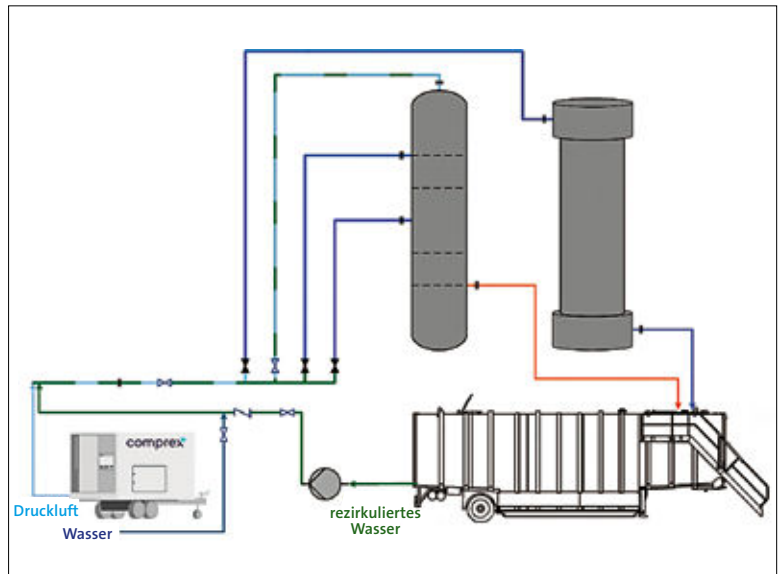
Hammann reinigt in solchen Anlagen sowohl produktführende Rohrleitungen und Reaktoren als auch die Temperierkreisläufe mit der Complex-Technik seit mehr als 15 Jahren. Im Falle von hartnäckigen Ablagerungen in den Reaktoren hilft die Feststoffinjektion mit Steinsalz, den ursprünglichen Wärmeübergang und Durchfluss wiederherzustellen.

### Hydrieranlagen

Eine Art von Durchlaufreaktoren befindet sich in Hydrieranlagen. Die Hydrierreaktionen finden in Gegenwart von Metallkatalysatoren, erhöhten Temperaturen und entsprechenden Drücken statt. Ein aktuelles Beispiel, bei dem die Complex-Technik zum Einsatz kommt, sind Hydrieranlagen zur Synthese von Riechstoffen. Riechstoffe müssen flüchtig sein, um sich in der Luft gut verteilen zu können. Anlagen zum Herstellen dieser Stoffe müssen hohe Anforderungen bezüglich Dichtheit erfüllen. So stellt auch die Reinigung dieser Anlagen besondere Anforderungen. An diesem Beispiel lässt sich zeigen, wie die Kreislaufführung des Spülwassers in Verbindung mit der Complex-Technik wirtschaftlich diese Aufgabe erfüllt.

### Kreislaufführung

Im Gegensatz zur direkten Entsorgung der Abwässer in firmeneigenen Kläranlagen bietet die Wiederaufbereitung der Abwässer die Möglichkeit der Kreislaufführung. Die Aufbereitungsanlage trennt zunächst Druckluft oder Inertgas vom Abwasser und entfernt Aerosole aus der Abluft. Anschließend findet die Feststoffabscheidung durch Filtration und Sedimentation statt. Bild 4 zeigt schematisch die Aufbereitungsanlage der Abwässer zur Wiederverwendung des Wassers als Spülmedium beim kreislaufgeführten Complex-Verfahren. Ein Verteiler mit Armaturen ermöglicht, durch entsprechende Armaturestellung gezielt Anlagenabschnitte zu reinigen, ohne die Einheit sowie die Separier- und Rezirkula-



Kreislaufführung im Complex-Verfahren, am Beispiel der Reinigung von Gaswäscher und Reaktor mit Complex-Einheit und Verteiler sowie Separier- und Rezirkulationseinrichtung. Bilder: Hammann

tionseinrichtung erneut zu installieren. Nach der intensiven Complex-Reinigung lassen sich die Anlagenabschnitte konditionieren, zum Beispiel mit vollentsalztem Wasser oder mit gepulster Druckluft. ●

#### Entscheider-Facts

- Das Complex-Verfahren ermöglicht, komplexe industrielle Produktionsanlagen wirtschaftlich zu reinigen. Die wirtschaftliche Reinigung setzt eine sorgfältige Planung voraus.
- Das Reinigungsverfahren ist sowohl mit mobilen Einheiten als auch stationär verbaut einsetzbar.
- Apparate wie Reaktoren, Wärmeübertrager oder Gaswäscher lassen sich mit dem geometrieunabhängigen Verfahren im eingebauten Zustand reinigen.