



**Anforderungen an die Wasserqualität  
von Dampferzeugern**

## Die Aufbereitung von Kesselspeisewasser

Für viele industrielle Aufgaben stellt Dampf der ideale Energieträger dar. Die häufigsten Probleme im Dampferzeugersystem werden nicht durch das Wasser selbst, sondern durch seine Verunreinigung hervorgerufen.

### Wie gelangen die störenden Verunreinigungen in die Dampferzeugeranlage?

- Mit dem Zusatzwasser, wenn die in jedem natürlichen Wasser enthaltenen Verunreinigungen durch die Kesselwasseraufbereitungsanlage nicht genügend entfernt werden.
- durch Korrosion, d. h. durch Reaktion der Werkstoffe der Dampfanlage und
- durch von aussen in das Dampf- und Kondensationssystem eindringende Verunreinigungen.

## 1. Welche Störungen verursachen diese Verunreinigungen?

### 1.1. Ablagerungen

Gelöste Verunreinigungen, auch durch Korrosion gelöstes Eisen, bilden mit zunehmender Eindickung übersättigte Lösungen.

An thermisch hoch belasteten Heizflächen scheiden sich aus solchen Lösungen kristalline Ablagerungen aus. Diese behindern den Wärmeübergang an den Verdampferrohren, was zur Überhitzung und Schädigung des Werkstoffes führt.

In porösen Ablagerungen auf den Heizflächen konzentrieren sich die im Wasser gelösten Stoffe, was zu erhöhtem Korrosionsangriff führt.

Die Anreicherung von Elektrolyten ist von der Wärmestromdichte (Verdampfungsintensität) und der Elektrolytkonzentration im Kesselwasser abhängig.

Deshalb wird der Betrieb von salzfreiem Speisewasser empfohlen.

### 1.2. Korrosionen

Die Energieträger Wasser und Dampf stehen mit dem Material des Kessels, der Rohrleitungen und der Armaturen, d. h. den Strukturmaterialien des Wasser-Dampf-Kreislaufes in Kontakt. In ionenhaltigem Wasser, als gutem elektrischem Leiter, bilden sich zwischen Stellen unterschiedlicher Materialbeschaffenheit und/oder Sauerstoff- und Ionenkonzentration galvanische Elemente aus, die zur korrosiven Zerstörung der Werkstoffe führen können.

Der korrosive Angriff von Wasser oder Dampf auf das Kesselmaterial wird gehemmt wenn das Wasser nicht leitet, d. h. einen hohen elektrischen Widerstand aufweist.

Die Vollentsalzung des Wassers ist darum eine der wichtigsten Massnahmen der Korrosionsverhütung

### 1.3. Verunreinigung des Dampfes

Verdampfung ist ein effizientes Wasserreinigungsverfahren. Eine Verunreinigung des Dampfes ist in Spuren aber nicht vermeidbar.

Im Dampf und in seinem Kondensat finden sich alle gasförmigen Verunreinigungen des Kesselwassers und auch die durch Zersetzung von Feststoffen gebildeten Gase wie Kohlensäure aus Natriumhydrogencarbonat (enthärtetes Zusatzwasser) und andere Säuren aus organischen Verunreinigungen. Säuren im Dampf- und Kondensatsystem führen zu starken Korrosionen.

Auch Feststoffe gelangen in Spuren in den Dampf.

Die Folgen dieser Störungen sind demnach:

- eine Senkung der Kontrollierbarkeit des Kesselbetriebes,
- eine Verminderung des Wirkungsgrades,
- die Zerstörung der Werkstoffe oder der vorzeitige Alterung,
- eine Verschlechterung der Dampfqualität.

Eine wirkungsvolle Eliminierung der aufgezählten Störungsursachen ist nicht nur zum Schutze des Wasser-Dampfkreislaufes notwendig, sondern wird auch von den Energieverbrauchern verlangt.

## **2. Wie rein muss Kesselspeisewasser sein?**

### **2.1. Welches ist die richtige Speisewasserqualität?**

Zu beurteilen sind mindestens

- der Gesamtsalzgehalt (TDS), (Indirekt als Leitwert bestimmt)
- die Alkalität (pH-Wert) und
- der Sauerstoffgehalt.

### **2.2. Welcher Gesamtsalzgehalt ist im Kesselwasser zulässig?**

Generell gilt:

- je höher der Verdampfungsdruck und
- je höher die Heizflächenebelastung,
- um so reiner soll das Speisewasser sein.

Dampfkessel der Druckstufe 64 bar und höher und solche mit Wärmestromdichten über 250 kW/m<sup>2</sup> werden mit vollentsalztem Wasser betrieben.

Für tiefere Druckstufen und geringere Wärmebelastungen lassen die Richtlinien bei reinen Stahlkesseln, Salzgehalte bis zu 5000 µS/cm zu.

Hier wird- sofern nicht ohnehin vollentsalztes Wasser zur Verfügung steht - das Zusatzwasser mittels Gegenosmose oder Ionenaustausch teilentsalzt und enthärtet.

Für kleine Niederdruckanlagen, wenn weder ein teures Kondensatsystem zu schützen, noch sehr reiner Dampf erzeugt werden muss, wird nur vollenthärtet.

### **2.3. Welchen pH-Wert soll das Kesselwasser aufweisen?**

Der Korrosionsangriff vom Kesselstahl erreicht erst bei pH-Werten über ca. 9,5 minimale Werte.

Bei Dampferzeugern in rostfreier Ausführung, (Material 1.4404 oder besser) darf ein pH-Wert von 12 nicht überschritten werden. (Gefahr von Spannungsrisskorrosionen durch Laugenspröde.)

In Nieder- und Mitteldruckumlaufkesseln können zur Alkalisierung Konditionierungschemikalien eingesetzt werden, wobei die Konditionierungsvorschriften des SWKI einzuhalten sind.

### **2.4. Wie viel Sauerstoff darf in die Dampfanlage gelangen?**

In salzhaltigem Wasser fördert Sauerstoff die Korrosion von Eisenwerkstoffen.

In salzfreiem Wasser mit einer Leitfähigkeit unter ca. 0,25 µS/cm wirkt Sauerstoff auf Stahl korrosionshemmend. Dies ermöglicht die neutrale Fahrweise und den Betrieb von Siedewasserreaktoren bei pH-Werten über 6,5 und Sauerstoffgehalten zwischen 50 und 200 ppb oder als Kompromiss pH-Werte zwischen 8,0 und 8,5 mit Sauerstoffkonzentrationen zwischen 150 und 300 ppb.

Die Hauptmenge des Sauerstoffs eines aus natürlichem Wasser gewonnenen Speisewasser wird durch auskochen -auch thermische Entgasung- bei einer dem Siedepunkt des Wassers entsprechenden Druck-Temperaturkombination entfernt.

Dampferzeuger aus Chromnickelstahl (z.B. 1.4404) sind gegen Sauerstoffkorrosionen unempfindlich. Das Dampf- und Kondensatleitungsnetz sowie die eingebauten Armaturen, sofern dieses aus Stahl gefertigt sind, können auch mittels sauerstoffabbindende- und alkalisierende Mittel gegen Korrosion geschützt werden.

Ein Teil dieser auf dem Markt angebotenen Mittel ist für Mensch und Tier giftig. Vor deren Einsatz ist die Zulässigkeit in jedem Fall abzuklären.

## Speisewasservorschriften:

Geltungsbereich für Dampferzeuger bis max. 25 bar  
aus Chromnickelstahl der Qualität 1.4404 oder besser.

	<b>Vollentsalztes Wasser</b>	<b>Weichwasser (enthärtetes Wasser)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aussehen:</li> <li>• Härte:</li> <li>• CO<sub>2</sub> gebunden:</li> <li>• O<sub>2</sub>:</li> <li>• Öl:</li> <li>• pH:</li> <li>• Permanganatverbrauch:</li> <li>• Leitfähigkeit bei 25°C</li> <li>• Trübung, Färbung, Härtebildner, Chloride</li> </ul>	klar, farblos, frei von Schwebstoffen. < 0.1 °fH (0,01 mmol/l) < als 25 mg/l < 0,02 mg/l < 1 mg/l > 9 < 10 mg/l < 20 µS/cm mit den üblichen Analysemethoden . nicht nachweisbar	klar, farblos, frei von Schwebstoffen < 0.1 °fH (0,01 mmol/l) < als 25 mg/l < 0,02 mg/l < 1 mg/l > 9 < 10 mg/l < 750 µS/cm mit den üblichen Analysemethoden . nicht nachweisbar

## Kesselwasservorschriften:

Geltungsbereich für Dampferzeuger bis max. 25 bar  
aus Chromnickelstahl der Qualität 1.4404 oder besser.

	<b>Vollentsalztes Wasser</b>	<b>Weichwasser (enthärtetes Wasser)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aussehen:</li> <li>• Säurekapazität Ks 8,2</li> <li>• pH: (bei 25°C)</li> <li>• Leitfähigkeit:</li> <li>• Phosphat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>):</li> <li>• Kieselsäure (Si O<sub>2</sub>):</li> <li>• Chloride</li> <li>• Resthärte</li> <li>• O<sub>2</sub></li> <li>• Sauerstoffbindemittel</li> </ul>	klar, farblos, frei von Schwebstoffen. 0.5-5 mmol/l ≥9,5 max. 11.5 < 2000 µS/cm 15 - 30 mg/l < 50 mg/l max. 5 mg/l < 0,01 mmol/l < 0,02 mg/l Gemäss Spezifikation Lieferant der Wasseraufbereitungsanlage	klar, farblos, frei von Schwebstoffen 0.5-5 mmol/l ≥9,5 max. 11.5 < 5000 µS/cm 15 - 30 mg/l < 50 mg/l max. 5 mg/l < 0,01 mmol/l < 0,02 mg/l Gemäss Spezifikation Lieferant der Wasseraufbereitungsanlage

Um bei Stahlkesseln Korrosionen durch Sauerstoff zu verhindern, muss das Speisewasser sauerstofffrei gehalten werden.

Es ist deshalb erforderlich, grössere Zusatzwassermengen thermisch zu entgasen.

Bei Dampfkesseln aus Stahl oder Chromnickelstahl der Qualität 1.4404 oder besser, ist bei grösseren Dampfentnahmen (ohne Kondensatrückführung) zur Vermeidung einer unzulässigen Salzanreicherung, eine regelmässige Abschlammung (Entsalzung) des Dampfkessels notwendig.

## Stillegen des Dampfkessels:

Damit bei Stahlkesseln Sauerstoffkorrosionen vermieden werden, muss, auch bei nur kurzzeitiger Stilllegung des Dampfkessels, der gesamte Dampfraum geflutet werden. Dabei ist dafür zu sorgen, dass der pH Wert des Kesselwassers in kaltem Zustand nicht unter 9 absinkt.

Ein nicht aufsalzendes Sauerstoffbindemittel sollte im Überschuss vorhanden sein.