



BOSCH
Technik fürs Leben

Fachbericht

www.bosch-industrial.com

Moderne Wasseraufbereitung und Wasseranalytik

Dipl.-WirtschaftsIng. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH) Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH
Technischer Betriebswirt IHK, Christian Arnold, Bosch Industriekessel GmbH

Bei allen Anwendungen, in denen Wasser auf höhere Temperatur gebracht wird, können durch Inhaltsstoffe Schwierigkeiten auftreten. Die häufigste Schadensursache im Kesselbetrieb sind Schäden durch unzureichende Wasseraufbereitung, -konditionierung und -analytik.

Durch korrosive Bestandteile im Speisewasser oder im Kondensat können Speisewasserbehälter, Kessel oder das komplette Kondensatnetz Schaden nehmen. Verursacht werden diese vorwiegend durch Sauerstoff- oder Kohlensäurekorrosion. Des Weiteren führen bestimmte Inhaltsstoffe des Wassers zu ungewollten Belagsbildungen. Der bekannteste Belag ist der Härtebelag (Abbildung 1). Wird die Schichtbildung nicht frühzeitig erkannt, kommt es durch die Behinderung des Wärmeübergangs zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades. Nehmen die Schichtdicken weiter zu, kann dies zu einer Überhitzung der Heizflächen und folgeschweren Schäden bis hin zur Kesselexplosion führen. Häufig entstehen auch

Probleme in nachgeschalteten Prozessen durch Aufschäumen und Wassermitts von mangelhaft aufbereitetem Kesselwasser. Neben der Verschlechterung der Dampfqualität hat dies teilweise enorme Auswirkungen auf die Lebensdauer nachgeschalteter Komponenten, Armaturen, Leitungen und der angeschlossenen Verbraucher.

Aus diesem Grund hat der Gesetzgeber ein weitreichendes Regelwerk verabschiedet, welches die Einhaltung genau definierter Wasserqualitäten fordert. Laut DIN EN 12953-10 werden Vorgaben bezüglich des Aussehens, der Leitfähigkeit, des pH-Wertes, der Gesamthärte, der Säurekapazität, der Eisen-, Kupfer-,

Kieselsäure-, Öl/Fett-, Phosphat- und Sauerstoffkonzentration vorgegeben. Zusätzlich muss das Wasser frei von organischen Substanzen sein. Abhängig von Leistung und Größe der Kesselanlage werden verschiedene Wasseraufbereitungsmaßnahmen eingesetzt. Das verwendete Rohwasser wird im Regelfall von kommunalen Versorgern gemäß Trinkwasserverordnung TrinkwV zur Verfügung gestellt und unter anderem durch nachfolgende Wasseraufbereitungsverfahren für den Einsatz im Kesselbetrieb aufbereitet.

Enthärtung oder Entsalzung

Die am häufigsten eingesetzten Verfahren sind die Enthärtung mittels Ionenaustauscher und die Entsalzung durch Umkehrosmose.

Bei kleineren Anlagen oder bei hohen Kondensatrückflussraten wird häufig die kostengünstige Enthärtung eingesetzt. Bei diesem Prozess werden die Härtebildner des Wassers (Erdalkalien: Ca- und Mg-Ionen) gegen Natrium Na-Ionen ausgetauscht. Der Salzgehalt des Wassers bleibt bei diesem Prozess nahezu konstant. Die Ionenaustauscher werden mit einer Salzlösung (NaCl) regeneriert (Abbildung 2).

Die Umkehrosmose ist ein kostenintensiveres Verfahren und wird daher vorwiegend bei Anlagen mit hohen Zusatzwasserraten eingesetzt oder wenn aus anderen Gründen (z. B. Dampfqualität) Kesselwasser mit geringer Leitfähigkeit benötigt wird. In diesem

Verfahren werden durchlässige Membranen verwendet, welche wie ein Filter im Molekularbereich arbeiten. Wird eine wässrige Lösung unter hohem Druck (größer als der osmotische Druck) durch diese Membranen gepresst, bleibt der Hauptanteil der Salze und anderer Stoffe zurück und reines Wasser dringt durch die Membran. Je nach Leistung ist es bei der Osmoseanlage erforderlich, dass eine Vor- oder Nachenthärtung geschaltet wird. Die Vorenthärtung ist ausgeführt wie die beschriebene Enthärtung und wird tendenziell bei kleineren Leistungen eingesetzt. Sind große Wassermengen über die Osmose zu entsalzen, werden im Regelfall vor Eintritt in die Osmose mengengesteuert Chemikalien zudosiert, um ein Verblocken der Osmosemodule durch die Härtebildner zu verhindern. Der Osmose nachgeschaltet ist eine Nachenthärtung, die die verbliebenen Erdalkalien (Ca- und Mg-Ionen) eliminiert.

Die Teilentsalzung, ein Verfahren zwischen Enthärtung und Osmose, auch bekannt unter dem Begriff Entcarbonisierung, tritt neben den beiden erstgenannten Verfahren zunehmend in den Hintergrund. Das Verfahren arbeitet ähnlich wie die Enthärtung nach dem Ionenaustauschverfahren. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wird durch Zugabe von Wasserstoff (H⁺)-Ionen verschoben. Kohlendioxid, welches in den Carbonatverbindungen (HCO₃) gebunden ist, wird freigesetzt. Die gelösten Calcium- und Magnesiumionen (Nichtcarbonathärte) werden dann im nachfolgenden Ionenaustauschverfahren mit Natrium ersetzt. Die Ionenaustauscher werden mit Salzsäure bzw. Natriumchlorid (NaCl) regeneriert.



Abbildung 1: Durch mangelnde Wasseraufbereitung hat sich ein Härtebelag gebildet, der im Extremfall zur Kesselexplosion führen kann.



Abbildung 2: Wasseraufbereitungsmodul WTM für die Enthärtung des Kesselspeisewassers.

Thermische Entgasung (O₂- bzw. CO₂-Reduktion)

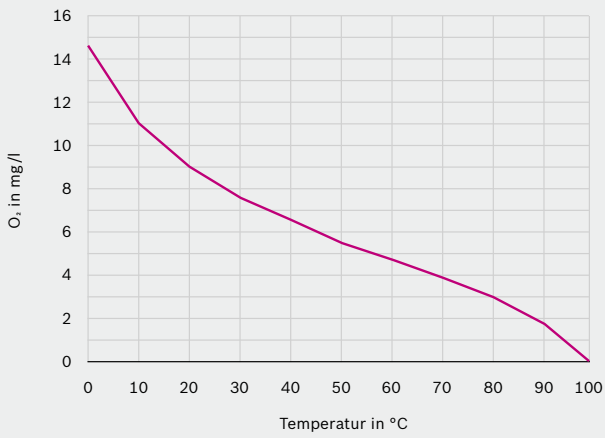
Der Enthärtung oder Entsalzung nachgeschaltet ist die thermische Entgasung. Bei diesem Verfahren wird die chemisch-physikalische Gesetzmäßigkeit genutzt, dass die Konzentration von Gasen in Flüssigkeiten mit steigender Temperatur abnimmt und im Siedezustand gegen Null geht.

Aufgrund der geringeren Investitionskosten wird bei kleineren Anlagen eine drucklose Teilentgasungsanlage eingesetzt. Wegen der niedrigeren Betriebstemperatur zwischen 85 und 90 °C muss bei der Teilentgasung kein Entgaser und Speiswasserbehälter eingesetzt werden. Die im Wasser in gelöster Form vorhandenen Gase werden durch Erwärmung herausgelöst und verlassen mit dem sogenannten Brüden- Dampf das System. Aufgrund der eingestellten Arbeitstemperaturen erfolgt dieser Prozess nicht vollständig. Es sind noch geringe Konzentrationen an Gasen, insbesondere Sauerstoff und Kohlendioxid, vorhanden (Grafiken 1 und 2). Eine chemische Nachbehandlung ist zwingend erforderlich.

Grundsätzlich ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lebensdauer der Kesselanlage eine Vollentgasungsanlage die richtige Wahl. Teilentgasungsanlagen, welche im niedrigeren, drucklosen Bereich arbeiten sind bei diskontinuierlicher Betriebsweise die bessere Wahl. Insbesondere im kleinen Leistungsbereich bis zu 2 000 kg/h. Die Empfehlung ist hier, den Speiswasserbehälter in Edelstahl auszuführen.

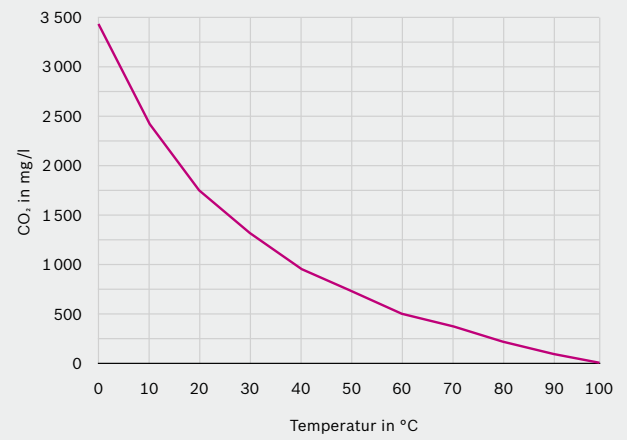
Für größere Anlagen bzw. bei Anlagen mit sehr niedrigem Kondensatrückfluss werden aus diesem Grund üblicherweise Vollentgasungsanlagen eingesetzt. Diese arbeiten im Temperaturbereich zwischen 100 und 110 °C. Ein auf den Speiswasserbehälter aufgesetzter Entgaserdom oder Sprühentgaser vergrößert die Oberfläche des Zusatzwassers oder des rücklaufenden Kondensats. Mittels direkter Dampf- injektion wird das Speiswasser im Speiswasserbehälter auf Siedetemperatur aufgeheizt. Der dabei

Grafik 1: Löslichkeit von Sauerstoff in Abhängigkeit der Temperatur bei 1 bar Atmosphärendruck



Quelle: WABAG Handbuch Wasser

Grafik 2: Löslichkeit von Kohlendioxyd in Abhängigkeit der Temperatur bei 1 bar Atmosphärendruck



Quelle: TÜV Nord

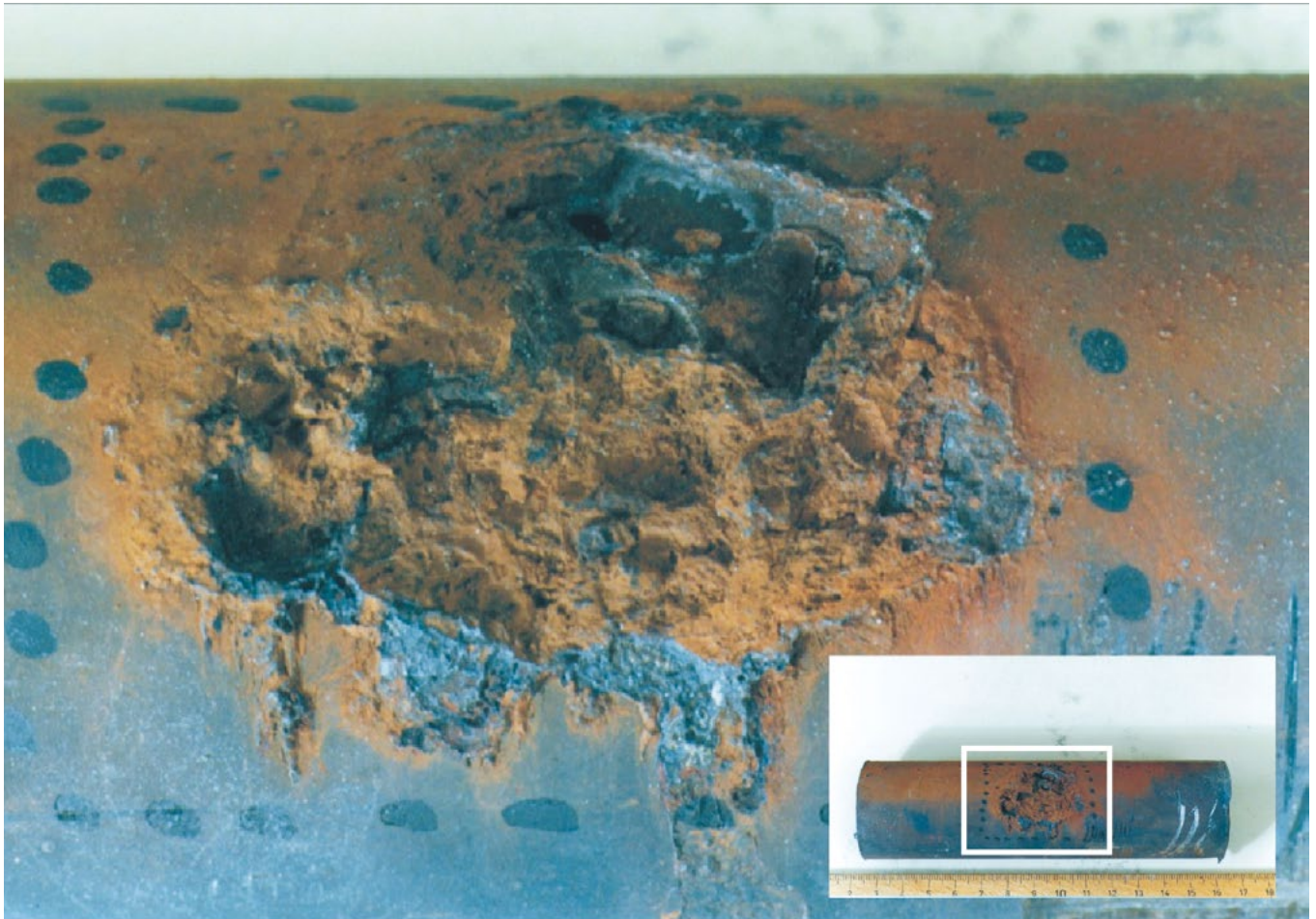


Abbildung 3: Sauerstoffangriff an einem herausgeschnittenen Rauchrohr

entstehende Dampf erhitzt das zulaufende Wasser und löst die Gase heraus. Diese entweichen über den Brüdenanschluss am Entgaser ins Freie. Dabei strömt immer auch Dampf als Transportmedium ins Freie (Brüden Dampf). Die Brüdenleitung ist so auszulegen, dass auch unter ungünstigsten Bedingungen alle freiwerdenden Gase abgeführt werden. Literaturangaben zufolge beträgt der erforderliche Brüden Dampfstrom bis zu 0,5 % der Dampfleistung des Kessels. Die Restmengen an Sauerstoff und Kohlendioxid sind nach der funktionstüchtigen Vollentgasung vernachlässigbar. Eine geringe chemische Nachdosierung ist lediglich aus Mess- oder Sicherheitsgründen zu empfehlen.

stofffreiheit wenigstens zyklisch garantieren zu können. Neben den überhöhten Aufwendungen für Dosiermittel hat dies auch einen energetischen Nachteil. Eine Überdosierung an Chemikalien hat vielfach einen Anstieg der Leitfähigkeit (Salzgehalt), bzw. die Ausfällung von Schlämmen zur Folge, welche Einfluss auf die Energieverluste durch Absatzung und/oder Abschlämzung haben. Daneben können auch Probleme durch das Aufschäumen des Kesselwassers entstehen. Störungen in Form von Wassermangel bzw. Hochwasserabschaltungen sind die Folge. Durch Wassermittelsverschlechterung verschlechtert sich die Dampfqualität: Dampfschläge und Schäden an nachgeschalteten Verbrauchern können entstehen (Abbildung 3).

Chemische Dosierung (O₂- bzw. CO₂-Bindung)

Abhängig von den verschiedenen physikalischen Wasseraufbereitungsverfahren muss eine Resthärte- und Restsauerstoffbindung auf chemischem Wege erfolgen. Zusätzlich ist eine Alkalisierung (Anhebung des pH-Wertes) erforderlich. Die chemischen Dosiermittel werden sehr oft stark überdosiert. Die Gründe dafür liegen im Wesentlichen in einer diskontinuierlichen Überwachung und empirisch eingestellten Dosierung. Bezüglich des Restsauerstoffgehalts liegt die Ursache am Fehlen einer rentablen Messanalytik zur direkten Messung. Aus diesem Grund wurde nicht der Restsauerstoffgehalt, sondern der Überschuss an Dosiermittel im Kesselwasser ermittelt, um Sauer-

Messanalytik

Um geeignete Kesselwasserqualitäten sicherzustellen, sind die Speisewasserparameter auf kontinuierlicher und/oder periodischer Basis zu überprüfen. Das Speise- und Kesselwasser in Dampfkesseln und das Umlaufwasser in Heißwasseranlagen ist auf die relevanten Parameter (pH-Wert, direkte Leitfähigkeit, Säurekapazität, Härte und Sauerstoffgehalt) zu kontrollieren. Die Häufigkeit solcher Überprüfungen richtet sich nach den Anforderungen des Herstellers, des Betreibers, den Regelwerken und den entsprechenden Behörden. Üblicherweise geschieht dies, mit Ausnahme der Leitfähigkeit, manuell mit entsprechendem Arbeits- und Zeitaufwand. Im täglichen Rhythmus,

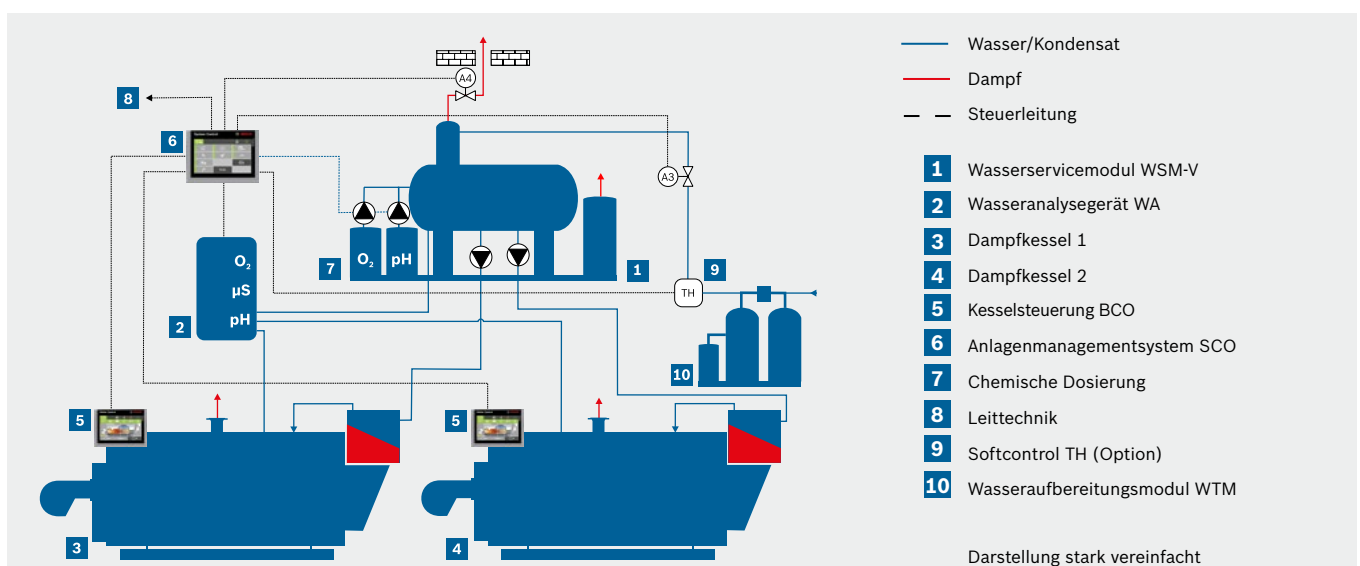


Abbildung 4: Die modulare Integration des Wasseranalysegerätes WA in einem Kesselanlagen-Gesamtsystem

bzw. bei Ausrüstung der Anlage für einen beaufsichtigungsfreien Betrieb mindestens alle 3 Tage, haben die verschiedenen Wasseranalysen zu erfolgen und sind im Kesselbuch zu dokumentieren. Zur Unterstützung des Kesselwärters wurde hierfür das Bosch Wasseranalysegerät WA entwickelt. Mit dem neuen WA können die kontinuierlichen Messungen jetzt vollautomatisch und digital vorgenommen werden. Die ermittelten Werte werden gespeichert und an das Anlagenmanagement übertragen (Abbildung 4). Die bedarfsgerechte Dosierung von Chemikalien wird auf Grundlage der ermittelten Werte viel genauer vorgenommen was in der Regel auch einer Reduzierung des Chemikalieneinsatzes zur Folge hat.

Um Messungen zu ermöglichen sind Probeentnahmestellen an repräsentativen Positionen am Kessel, der Speisewasserentgasungsanlage, dem Kondensatbehälter bzw. weiterführenden Systemen vorzusehen. Typische Entnahmestellen sind der Speisewasserbehälter, der Absalzstutzen am Kessel und das Zusatzwasser nach der Wasseraufbereitungsanlage. Diese Probeentnahmestellen sind mit geeigneten Feinfiltern und Kühlgeräten (Wasserprobenkühlern) auszustatten, die eine korrekte und gefahrlose Entnahme der Wasserproben ermöglichen.

Die Leitfähigkeit wird kontinuierlich mit Hilfe einer an der Kesselwasseroberfläche eingebauten Leitfähigkeitsmeselektrode ermittelt.

Die Gesamthärte, wie auch die Säurekapazität (p-Wert) werden bisher üblicherweise mittels Titration mit Maßlösungen bzw. photometrisch mit geeigneten Messgeräten ermittelt. Bei der Titration werden solange Reaktionslösungen in die zu untersuchenden Probewasser getropft, bis sich ein Farbumschlag ergibt. Aufgrund der Menge an Reaktionslösung kann auf die Säurekapazität bzw. die Gesamthärte geschlossen werden. Die photometrischen Verfahren arbeiten ähnlich, allerdings wird die Stärke des Farbumschlages nach Zugabe einer definierten Menge an Reaktionslösung gemessen. Was bisher nur mit sehr teurer Messanalytik ermittelt werden konnte, ist der Sauerstoffgehalt des Wassers.

Allen herkömmlichen Messverfahren gemein ist die hohe Zeitintensität und Fehleranfälligkeit.

Abbildung 5: Das neu entwickelte Wasseranalysegerät WA zur vollautomatischen Messung und Überwachung der Speisewasser- und Kesselwasserqualität.

Wasseranalysegerät WA

Ein neu entwickeltes Wasseranalysegerät WA beseitigt diese Problematik und übernimmt nun vollautomatisch die kontinuierliche Messung und Überwachung von:

- ▶ pH-Wert im Speisewasser
- ▶ O₂-Gehalt im Speisewasser
- ▶ pH-Wert im Kesselwasser
- ▶ Optional Softcontrol



Hierzu wurden eigens neue Messverfahren entwickelt

Sauerstofffreiheit wird nicht mehr durch einen Überschuss an Sauerstoffbindemittel sichergestellt, vielmehr wird der O₂-Gehalt in seiner tatsächlichen Höhe gemessen. Als Messelektrode dient eine mit Reaktionsflüssigkeit gefüllte Mikro-Glaskapillare, welche aufgrund des eindiffundierenden Sauerstoffs einen elektrischen Stromfluss erzeugt. Dieser Stromfluss wird gemessen, womit der exakte Sauerstoffgehalt innerhalb des in der Kesseltechnik relevanten Messbereichs von 0,001 – 0,1 mg/l ausgewiesen werden kann.

Der pH-Wert im Speise- und im Kesselwasser wird mit einer pH-Referenz-Messelektrode ermittelt, welche die im Wasser befindlichen positiven Wasserstoffionen erfasst. Auch hier wird eine kleine Spannung induziert, mit Hilfe derer sichere Aussagen über den pH-Wert im Messbereich zwischen 7 und 14 gemacht werden können.

Alle Elektroden sind selbstüberwachend ausgeführt. In bestimmten Zeitintervallen erfolgen automatisch Referenzmessungen, gegen das Rohwasser oder gegen sich selbst, um deren einwandfreie Funktion sicherzustellen. Die verschiedenen Messelektroden unterliegen einem natürlichen Verschleiß. Die Kosten für die Ersatzelektroden entsprechen hierbei ungefähr den Kosten der Indikatorlösungen und Teststreifen bei manuellen Wasseranalysen.

Alle Daten werden mittels Bussystem an die übergeordnete Anlagensteuerung System Control SCO übertragen. Gemeinsam mit der Kesselwasserleitfähigkeit und den Leitfähigkeiten bzw. Trübungen der Kondensatströme liegen dann alle relevanten Wasserparameter in der SCO vor.

Mit dem Wasseranalysegerät WA ergeben sich eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber der konventionellen, manuellen Überwachung:

- ▶ Reduzierung von Kessel- und Anlagenschäden durch Erhöhung der Betriebssicherheit.
- ▶ Um korrekte Messergebnisse zu erhalten müssen manuelle Messungen durch gut geschultes Personal durchgeführt werden. Häufig werden Fehler bei der Entnahme der verschiedenen Wässer oder im Umgang mit den Reaktionslösungen gemacht, welche die Ergebnisse dramatisch verfälschen.
- ▶ Die Untersuchung mit dem Analysegerät WA hingegen läuft vollautomatisch ohne jeglichen Eingriff ab, was korrekte und exakte Messergebnisse zur Folge hat.

- ▶ Werden festgelegte Grenzwerte der Wasserqualität überschritten, so schützt sich die Kesselanlage selbst. Abhängig von der Art der Überschreitung erfolgen definierte Steuerungsaufgaben. Droht z.B. ein Härteeinbruch wird sofort das Zusatzwasser-ventil geschlossen.

Störmeldemanagement

Alle gerade anstehenden Parameter werden bei einer Grenzwertüberschreitung in den Störmeldespeicher der SCO (Abbildung 6) übertragen. Fehlerursachen lassen sich hierdurch einfacher analysieren.

Protokollierung

Auch eine kontinuierliche Protokollierung der Daten ist möglich. Diese können in festgelegten Intervallen als Kurvendiagramme (Abbildung 8) auf dem Touchscreen-Bildschirm angezeigt und per Bus an eine übergeordnete Leitstelle übertragen werden. Auf die manuellen Messungen und die manuelle Führung der Wasserwerte innerhalb des Kesselbetriebsbuchs kann verzichtet werden.

Regel- und Steuerungsaufgaben

Aufgrund der gemessenen Wasserqualitäten erfolgt die Regelung der verschiedenen Dosiermittelpumpen. Auf eine Überschussdosierung kann verzichtet werden, da die Wasserparameter in direkten Verfahren ermittelt werden. Enorme Einsparungen an chemischen Dosiermitteln und geringere Absalz- und Abschammverluste sind die Folge.

Der Brüdendampfstrom ist bei konventioneller Betriebsweise auf etwa 0,5 % der Nennleistung des Kessels ausgelegt. Ein ständiger Energieverlust durch den aufsteigenden Brüdendampf tritt auf. Die Messung des Sauerstoffgehalts mit dem Analysegerät WA

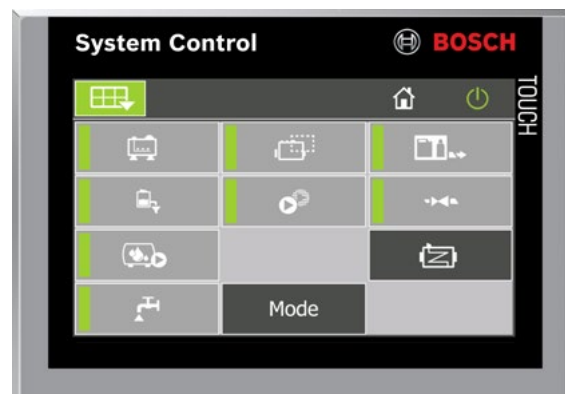


Abbildung 6: Die übergeordnete Anlagensteuerung SCO sammelt und speichert relevante Wasserdaten und löst Schutz-, Regel- und Steuerungsaufgaben aus.

ermöglicht eine gezielte Ansteuerung eines Brüdenventils. Innerhalb der erlaubten Grenzwerte kann das Ventil geschlossen werden. Lediglich wenn die geforderten Grenzwerte überschritten werden, das heißt wenn die Entgaserleistung wirklich benötigt wird, öffnet sich das Brüdenventil und der mit Sauerstoff und Kohlendioxyd angereicherte Brüden Dampf kann das System verlassen. Enorme Brennstoffeinsparungen sind die Folge.

Sparpotentiale

Das Kosteneinsparpotential mit dem Wasseranalysegerät WA ist enorm. Abhängig von Größe und Ausstattung der Anlagen ergeben sich durch Brennstoff- und Wassereinsparungen kürzeste Amortisationszeiten.

Die Erhöhung der Betriebssicherheit durch analytisch korrekte Messergebnisse und die Reduzierung von Anlagenschäden aufgrund unzureichender Wasserparameter werden hierbei noch völlig außeracht gelassen.

Resthärtemessung

Die Härtemessung erfolgt mittels einer Messelektrode (Abbildung 7), die auf einer ionenselektiven Polymer-Membrane basiert. Durchlässig ist diese lediglich für die Ionen-Härtebildner Ca und Mg. Aufgrund der Ionenmenge wird eine Spannung induziert, von der auf den Härtegrad des Wassers zurückgeschlossen werden kann. Im Messbereich zwischen 0,0018 – 0,18 mmol/l (0,01 – 1 °dH) werden alle Abweichungen sicher erfasst.



Quelle: OFS Online Fluid
Sensoric GmbH

Abbildung 7: Das Messmodul Softcontrol für TH Härtemessung bestimmt die Zusatzwasserhärte regelmäßig und selbstständig und liefert die Daten an die SCO.

Zusammenfassung

Die im ersten Teil genannten Verfahren zur Wasseraufbereitung mittels Enthärtung, Entsalzung, Entgasung oder Dosierung beschreiben sehr deutlich, wie anspruchsvoll und schwierig es sein kann, eine korrekte Kesselwasserqualität mit bisherigen, manuellen Mitteln sicherzustellen ist.

Für eine vollautomatisierte Wasseranalyse mit dem Wasseranalysegerät WA ergeben sich deshalb folgende Vorteile:

- ▶ Bedarfsgerechte Chemikaliendosierung abhängig von pH-Wert und O_2 im Speisewasser – keine kostspieligen Überschussdosierungen mit höheren Absalz- und Abschlammverlusten
- ▶ Automatische Resthärteüberwachung vorgeschalteter Enthärtungsanlagen auf Ionenaustauscherbasis
- ▶ Ansteuerung eines Brüdenventils abhängig vom Sauerstoffgehalt im Speisewasserbehälter – unnötige Energieverluste werden vermieden
- ▶ Erhöhung der Betriebssicherheit durch analytisch korrekte Messergebnisse
- ▶ Zeiteinsparung durch automatische Messung
- ▶ Reduzierung von Schäden aufgrund unzureichender Wasserparameter
- ▶ Alle Daten der kontinuierlichen und vollautomatischen Wasseranalyse können als Kurvendiagramm auf der SCO ausgegeben oder per Bus an einen Bildschirmschreiber oder Drucker weitergegeben werden – auf die manuelle Führung des Kessebuchs kann verzichtet werden.

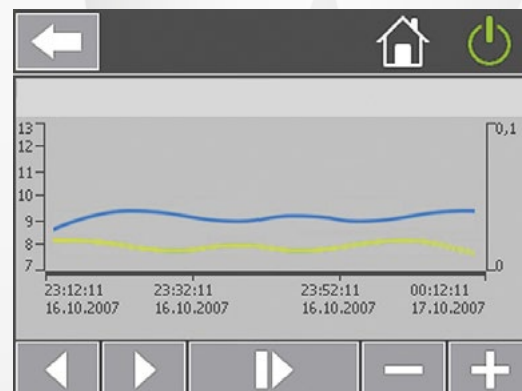


Abbildung 8: Die im SCO gespeicherten Wasserparameter können anschaulich als Kurvendiagramm dargestellt werden.

Anforderungen an die Speise- und Kesselwasserqualität

Als Rohwasser bezeichnet man das Wasser, welches der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt wird. Der Anschluss erfolgt am regionalen Wassernetz bzw. betriebseigenen Brunnen. Als Zusatzwasser bezeichnet man das Wasser nach der Wasseraufbereitungsanlage.

Unabhängig von der Wasserqualität im Speisewasser können die Kesselanlagen salzhaltig und salzarm betrieben werden. Eine salzfreie Betriebsweise bedingt eine erhöhte Anforderung an die Speisewasserqualität.

Kesselbauart		Großwasserraumkessel				
Wasserchemische Betriebsweise		Salzhaltig		Salzarm	Salzfrei	Alle Bereiche
Anwendungsbereich		≤ 20 bar	> 20 bar und alle Zweiflammrohrkessel	Alle Kessel	Alle Kessel	alle Anlagen mit Wasseranalysegerät WA
Spalte		1	2	3	4	5
Allgemeine Anforderungen ⁸⁾	[-]	Farblos, klar, frei von ungelösten Stoffen und Schaumbildnern				
ph-Wert bei 25 °C ¹⁾	[-]	10,5–12,0	10,5–11,8	10,0–11,5	9,5–10,5	wie Spalte 1–4
K _{S,8,2} (p-Wert) ⁷⁾	[mmol/l]	1–12	1–8	0,1–3	0,05–0,3	wie Spalte 1–4
Erdalkalien ^{2) 8)}	[mmol/l]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
(Gesamthärte) ^{2) 8)}	[°d]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phosphat (PO ₄ ⁻³) ^{3) 8)}	[mg/l]	10–30	10–30	10–30	<6	>5
Sauerstoffbindemittel Natriumsulfit (Na ₂ SO ₃) ^{4) 8)}	[mg/l]	10–30	10–20	10–20	–	>2 ⁴⁾
Direkte elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C ^{5) 7)}	[µS/cm]	<6000	<4000	<2000	<150	wie Spalte 1–4
KMnO ₄ -Verbrauch ⁷⁾	[mg/l]	<150	<100	<50	<30	wie Spalte 1–4
Kieselsäure (SiO ₂) ⁷⁾	[mg/l]	<150	<80	<40	<4	wie Spalte 1–4

Tabelle 1: Anforderungen an das Kesselwasser

		Großwasserraumkessel Betriebsüberdruck ≤ 20 bar und Schnelldampferzeuger ⁶⁾ alle Druckstufen	Großwasserraumkessel Betriebsüberdruck > 20 bar
Allgemeine Anforderungen ⁸⁾	[–]	Farblos, klar, frei von ungelösten Stoffen und Schaumbildnern	
pH-Wert bei 25 °C ¹⁾	[–]	von ... > 9,2	
Direkte elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C ⁵⁾	[μS/cm]	≤ 5% vom Kesselwassergrenzwert	
für Schnelldampferzeuger		< 500 möglichst salzarm	–
K _{S,8,2} (p-Wert) salzhaltig/salzarm	[mmol/l]	≤ 0,7	≤ 0,5
K _{S,8,2} (p-Wert) salzfrei	[mmol/l]	≤ 0,1	
Erdalkalien ^{2) 8)}	[mmol/l]	< 0,01	
(Gesamthärte) ^{2) 8)}	[°d]	< 0,05	
Sauerstoff (O ₂) ⁴⁾	[mg/l]	< 0,05	< 0,02
Sauerstoffbindemittel ^{4) 8)}	[mg/l]	siehe Punkte 4 und 8 der Erläuterungen	
für Schnelldampferzeuger ^{6) 8)} (Na ₂ SO ₃)		5–10	–
Eisen, gesamt (Fe)	[mg/l]	< 0,3	< 0,1
Kupfer, gesamt (Cu)	[mg/l]	< 0,05	< 0,03
Öl, Fett	[mg/l]	< 1	
KMnO ₄ -Verbrauch	[mg/l]	< 10	
Kieselsäure (SiO ₂)	[mg/l]	≤ 5% vom Kesselwassergrenzwert	
für Schnelldampferzeuger		–	–

Tabelle 2: Anforderungen an das Speisewasser

Erläuterungen zu den Tabellen 1 und 2

- 1)
Einstellung der Alkalität (pH-Wert oder $K_{S,8,2}$):
- ▶ Bei salzhaltiger Betriebsweise mit Feststoffalkalien (z.B. Trinatriumphosphat bzw. Trikaliumphosphat, Natriumhydroxid), wenn sich die Alkalität nicht selbst einstellt. Ggf. flüchtige Mittel zusetzen.
 - ▶ Bei salzreicher Betriebsweise vorrangig mit Trinatriumphosphat bzw. Trikaliumphosphat, ggf. unter Zusatz von flüchtigen Mitteln (Ammoniak). Ist aus Gründen der geforderten Dampfreinheit (Lebensmittelindustrie, Sterilisation, Luftbefeuchtung usw.) der Einsatz dampfflüchtiger Chemikalien nicht möglich, können auch geringe Mengen an Natronlauge zusätzlich zum Phosphat dosiert werden.
 - ▶ Bei salzfreier Betriebsweise nur mit Trinatriumphosphat bzw. Trikaliumphosphat, oder dampfflüchtigen Mitteln (z.B. Ammoniak).
- Hinweis: Bei der Dosierung von Ammoniak ist auf die Verwendung buntmetallhaltiger Werkstoffe in medienberührten Bereichen zu verzichten!
- 2)
Sowohl Speise- als auch Kesselwasser sollen praktisch härtefrei sein. Da die Nachweisgrenze gängiger Härtebests bei minimal 0,01 mmol/l bzw. 0,05 °d liegt, wurden ungeachtet einer Eindickung für beide Wässer die gleichen Grenzwerte festgelegt. Der Einsatz eines Dosiermittels zur Resthärtebindung bzw. -stabilisierung wird empfohlen, z. B. ein Produkt auf Phosphatbasis. Werden Dosiermittel zur Härtestabilisierung eingesetzt, die bei Prüfung mit gängigen Härtebests keinen Härtenachweis ergeben, ist anstelle der Härtemessung der Überschuss dieser Dosiermittel gemäß Herstellervorgaben mit den dafür vorgeschriebenen Testkits nachzuweisen.
- 3)
Grenzwerte bei Phosphatdosierung einhalten.
Bei salzreicher und salzfreier Betriebsweise ist das Dosieren von Trinatriumphosphat bzw. Trikaliumphosphat zwingend erforderlich – siehe 1).
Bei salzhaltiger Betriebsweise können auch phosphatfreie Mittel zur Erdalkalibindung angewandt werden.
Der Richt- bzw. Grenzwert für PO_4 gilt in diesem Fall nicht.
Durch den Lieferanten ist für das jeweilige Dosiermittel eine Dosiervorschrift zu erstellen und geeignete Analysemethoden zur Verfügung zu stellen. Die Verwendung des Dosiermittels ist mit dem Hersteller abzustimmen. Dabei ist jedoch für Eignung und Funktion des Dosiermittels letztendlich der Lieferant verantwortlich.
- 4)
Der Sauerstoff des Speisewassers soll primär durch physikalische Verfahren, z. B. durch thermische Druckentgasung, auf die beschriebenen Grenzwerte reduziert werden. Da im praktischen Betrieb u. a. wegen häufiger Stillstandzeiten, An- und Abfahrprozessen etc. und bei Teilentgasungsanlagen die Einhaltung des Grenzwertes allein durch die Entgasung nicht sichergestellt ist, ist ein Sauerstoffbindemittel zu dosieren. Bewährt hat sich beispielsweise nicht dampfflüchtiges Natriumsulfit – es bestehen keine hygienisch-toxikologischen Einschränkungen. Die Dosierung ins Speisewasser ist so vorzunehmen, dass die Grenzwerte für das Kesselwasser eingehalten werden. Die Notwendigkeit des Einsatzes und die Wahl eines geeigneten Dosiermittels müssen für den Einzelfall entschieden werden. Bei salzfreier Fahrweise ist die Dosierung eines Sauerstoffbindemittels, auch bei Einsatz des WA, nicht unbedingt erforderlich.
Hinweis: Filmbildende Amine sind keine Sauerstoffbindemittel!
- 5)
Neben der elektrischen Leitfähigkeit sind der Kieselsäuregehalt (SiO_2) und der pH-Wert (Hilfsgröße $K_{S,8,2}$) wichtige Größen, deren Maximalwerte im Kessel nicht überschritten werden dürfen. Wird eine dieser Größen aufgrund der Eindickung im Kessel vor dem maximalen Leitfähigkeitswert erreicht, so ist diese für die Absalzung maßgebend. Da die Absalzung über eine Leitfähigkeitsmessung geregelt wird, tritt der entsprechende Leitfähigkeitswert, bei dem eine der genannten Größen ihren zulässigen Maximalwert erreicht, an die Stelle des in Tabelle 1 aufgeführten Leitfähigkeitsgrenzwertes.

Bei den in Tabelle 1 genannten Werten handelt es sich um die maximal zulässige Leitfähigkeit. Für Anlagen, in denen die Leitfähigkeit in die Sicherheitskette eingebunden ist, erfolgt spätestens bei diesen Werten eine Abschaltung und Verriegelung der Feuerung, d.h. die zu regelnde Leitfähigkeit ist mit einem ausreichenden Abstand vom Grenzwert (min. 30%) einzustellen. Wird ein außergewöhnlich reiner Dampf benötigt, so ist unter Umständen der Maximalwert der Leitfähigkeit im Kesselwasser für den Spezialfall herabzusetzen.
Die Grenzwerte für elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert (Hilfsgröße $K_{S,8,2}$) bzw. Kieselsäure des Speisewassers resultieren aus der Absalzrate (angenommen 5%) und dem Grenzwert des Kesselwassers. Höhere Speisewasserleitfähigkeit, $K_{S,8,2}$ -Werte oder Kieselsäuregehalte sind zulässig, wobei die Einhaltung der Kesselwasserwerte (Tabelle 1) bindend ist. Dann werden allerdings Absalzraten größer als 5% auftreten und eine Überprüfung von Kesselkomponenten (wie z.B. Absalzregelventil, Speisepumpe, Brenner, Entgasung usw.) ist zwingend erforderlich.
- 6)
Bei Schnelldampferzeugern muss nur das Speisewasser untersucht werden. Das Sauerstoffbindemittel ist im abgeschiedenen Restfeuchteanteil (entnommen aus dem Wasserabscheider, der unmittelbar dem Schnelldampferzeuger nachgeschaltet ist, bzw. der ersten Leitungsentwässerung in der Dampfleitung nach dem Kessel) nachzuweisen.
- 7) Für Großwasserraumkessel mit Überhitzern sind die Kesselwassergrenzwerte bei salzhaltiger Fahrweise (direkte elektrische Leitfähigkeit im Speisewasser bei 25 °C > 30 $\mu S/cm$) für $K_{S,8,2}$ (p-Wert), direkte elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C, $KMnO_4$ -Verbrauch und Kieselsäure (SiO_2) zu halbieren.
- 8)
Dosiermittel auf Basis von Tannin-Lignin-Verbindungen werden u.a. als Sauerstoffbindemittel sowie zu Resthärtestabilisierung und Alkalisierung eingesetzt. Sie führen zu einer Braunfärbung des Kesselwassers und binden evtl. vorhandene Resthärte im Kesselwasser, die aber mit konventionellen Resthärtemessbestecken als solche nachweisbar ist.
Daher ist bei Einsatz solcher Mittel durch den Lieferanten über die Betriebsanleitung zu dieser Dosierchemikalie sicher zu stellen, dass das Schutzziel der Betriebsanleitung B002 – Richtlinie Wasserbeschaffenheit für Dampfkessel – eingehalten wird, abweichende Vorgaben (z.B. beim Aussehen, der zul. Resthärte, einem Sauerstoffbindemittelüberschuss usw.) erläutert werden und durch Ersatzwerte bzw. Handlungsvorgaben in der Betriebsanleitung der Dosierchemikalie abgedeckt sind, so dass evtl. entstehende Abweichungen sofort erkannt werden.

Bosch Industriekessel GmbH

Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Deutschland
Tel. +49 9831 56253
Fax +49 9831 5692253
vertrieb-de@bosch-industrial.com
Service-Hotline +49 180 5667468*
Ersatzteil-Hotline +49 180 5010540*

Bosch Industriekessel Austria GmbH

Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Österreich
Tel. +43 6462 2527310
Fax +43 6462 252766310
vertrieb-at@bosch-industrial.com
Service-Hotline +43 810 810300**
Ersatzteil-Hotline +49 180 5010540**

info@bosch-industrial.com
www.bosch-industrial.com
www.bosch-industrial.com/YouTube

*0,14 Euro/Min. aus dem deutschen Festnetz; Mobilfunkhöchstpreis 0,42 Euro/Min.

**max. 0,10 Euro/Min. aus dem österreichischen Festnetz

Kosten für Anrufe aus den Mobilfunknetzen und internationale Verbindungen können abweichen.