

# Wasseraufbereitung für industrielle Kesselsysteme

## Schadensvermeidung durch vollautomatische Wasseranalyse

Dipl.-Ing. Markus Tuffner, Leiter Marketing Services

Bei allen Anwendungen, in denen Wasser auf höhere Temperatur gebracht wird, können durch Inhaltsstoffe Schwierigkeiten auftreten. Die häufigsten Schäden im Kesselbetrieb entstehen durch unzureichende Wasseraufbereitung und -analytik. Durch korrosive Bestandteile im Speisewasser oder Kondensat können Behälter, Kessel oder Kondensatnetz Schaden nehmen. Um dies zu verhindern, hat Loos ein Analysegerät entwickelt, das eine selbständige und kontinuierliche Messung und Überwachung durchführt, was einen erheblich reduzierten Installationsaufwand sowohl beim Neubau als auch bei der Renovierung bedeutet.

Durch Sauerstoff- oder Kohlen-säurekorrosion können ungewollte Belagsbildungen (z.B. Härtebelag) auftreten. Wird dies nicht frühzeitig erkannt, kommt es durch die Behinderung des Wärmeübergangs zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades. Nehmen die

Neben der Verschlechterung der Dampfqualität hat dies negative Auswirkungen auf die Lebensdauer von Armaturen, Leitungen und der angeschlossenen Verbraucher. Aus diesem Grund hat der Gesetzgeber ein weitreichendes Regelwerk verabschiedet, das die Einhaltung ge-

Des Weiteren sollten die 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 zur Verfügung gestellt und unter anderem durch nachfolgende Verfahren für den Einsatz im Kesselbetrieb aufbereitet.

### Enthärtung oder Entsalzung

Bei kleineren Anlagen oder hohen Kondensatrückflussraten wird häufig eine kostengünstige Enthärtung eingesetzt, bei der die Härtebildner des Wassers (hauptsächlich: Ca- und Mg-Ionen) gegen Natrium-Ionen ausgetauscht werden. Die Ionentauscher werden mit einer Salzlösung (NaCl) regeneriert. Die Umkehrosmose ist ein kostenintensiveres Verfahren und wird daher vorwiegend bei Anlagen mit hohen Frischwasserraten eingesetzt oder wenn aus anderen Gründen (z.B. Dampfqualität) Kesselwasser mit geringer Leitfähigkeit benötigt wird. Hierfür werden einseitig durchlässige Membranen verwendet, die wie ein Filter im Molekularbereich arbeiten. Je nach Größe der Anlage ist eine Vor- oder Nachenthärtung erforderlich. Die Vorenthärtung ist wie die oben beschriebene Enthärtung ausgeführt und wird tendenziell bei kleineren Leistungen eingesetzt.

Zum Entsalzen großer Wassermengen werden im Regelfall vor Eintritt in die Osmose Chemikalien dosiert zugeführt. Nachgeschaltet ist eine Enthärtung, die die verbliebenen Erdalkalien (Ca- und Mg-Ionen) eliminiert.

Entcarbonisierung tritt zunehmend in den Hintergrund. Das Verfahren arbeitet ähnlich wie die Enthärtung



Abb.1 Nachgerüsteter Wasseranalyser LWA amortisiert sich in kürzester Zeit

Schichtdicken zu, kann dies zu folgenschweren Schäden bis hin zu Kesselexplosionen führen. Häufig entstehen auch Probleme in nachgeschalteten Prozessen durch Aufschäumen und Wassermitteln von mangelhaft aufbereitetem Kesselwasser.

nau 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 gemacht.

nach dem Ionenaustauschverfahren. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wird durch Zugabe von Wasserstoff ( $H^+$ )-Ionen verschoben. Kohlendioxid, welches in den Karbonatverbindungen ( $HCO_3^-$ ) gebunden ist, wird freigesetzt. Speise gelöste Calcium- und Magnesiumionen auf (Nichtkarbonathärte) werden im nachfolgenden Ionenaustauschverfahren mit Natrium ersetzt, Ionentauscher mit Salzsäure bzw. mit Natriumchlorid ( $NaCl$ ) regeneriert.

### Thermische Entgasung

Bei dem nachgeschalteten Verfahren wird eine chemisch-physikalische Gesetzmäßigkeit genutzt: Die Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten nimmt mit steigender Temperatur ab und geht im Siedezustand gegen Null, Abb.2 und 3. Bei kleineren Anlagen wird häufig

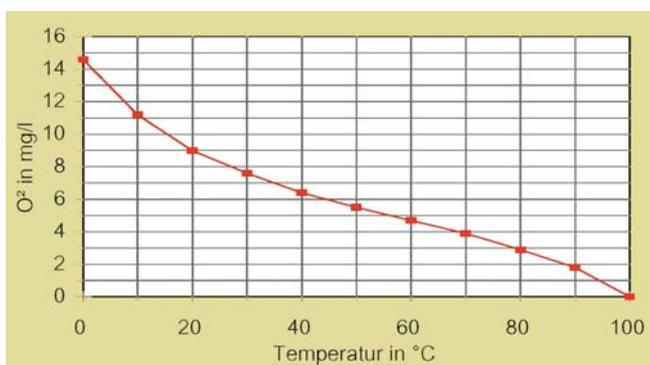


Abb.2 Löslichkeit von Sauerstoff bei 1 bar in reinem Wasser

Quelle: WABAG-Handbuch Wasser

eine Teilentgasungsanlage eingesetzt. Aufgrund des niedrigen Temperatur-Arbeitsbereiches zwischen 85°C und 90°C muss dabei kein Druckbehälter als Speisewasserbehälter eingesetzt werden. Die im Wasser in gelöster Form vorhandenen Gase werden durch die Erwärmung des aufbereiteten Zusatzwassers aus der Wasseraufbereitung und des rücklaufenden Kondensats herausgelöst und verlassen mit dem so genannten 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. Eine chemische Nachbehandlung ist zwingend erforderlich.

Für größere Anlagen werden aus diesem Grund üblicherweise Vollentgasungsanlagen eingesetzt. Diese arbeiten im Temperaturbereich zwischen 100°C und 110°C. Ein auf den Speisewasserbehälter aufgesetzter Entgaserdom oder Sprühentgaser vergrößert die Oberfläche des Zusatzwassers von der Wasseraufbereitung oder des rücklaufenden Kondensats. Mittels direkter Dampf injektion wird das Speisewasser im Behälter auf Siedetemperatur aufgeheizt. Der dabei entstehende Dampf erhitzt das zulaufende Wasser und löst die Gase heraus. Diese entweichen über die Brüdenblende. Dabei strömt immer auch Dampf als Transportmedium ins Freie (Brüden Dampf). Die Brüdenblende ist so auszule-

# ista

So einfach ist das.



## Wir wollen nicht weiter stören

symphonic® radio net ist unser Funksystem zur besonders diskreten Verbrauchsdatensammlung.

- Komfortable Erfassung des Wasser- und Wärmeverbrauchs
- Automatische Ablesung ohne Terminvereinbarungen und Betreten der Wohnungen
- Kontinuierliche und verbrauchsgenaue Sammlung aller Daten
- Problemlos in bestehende Anlagen integrierbar

ista Deutschland GmbH  
Grugaplatz 4 · 45131 Essen  
Tel. 0201 45902  
info@ista.de

[www.ista.de](http://www.ista.de)

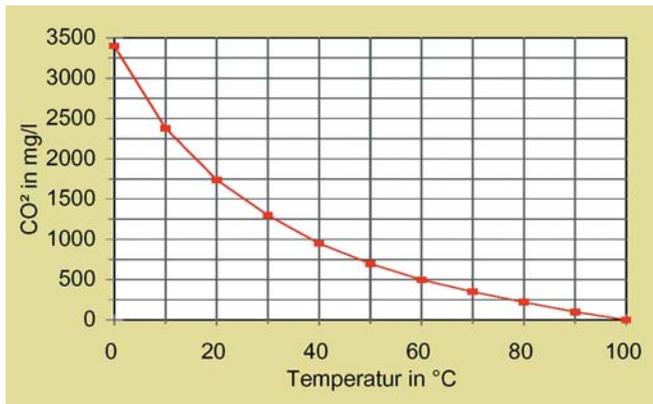


Abb.3 Löslichkeit von Kohlendioxyd bei 1 bar in reinem Wasser, Quelle: TÜV Nord

gen, dass auch unter ungünstigsten Bedingungen alle freiwerdenden Gase abgeführt werden. Nach Literaturangaben beträgt der erforderliche Brühdampfstrom bis zu 0,5 % der Dampfleistung des Kessels. Die Restmengen an Sauerstoff und Kohlendioxyd sind nach der funktionstüchtigen Vollentgasung vernachlässigbar. Eine geringe chemische Nachdosierung ist lediglich aus Mess- oder Sicherheitsgründen notwendig.

## Chemische Dosierung

Abhängig von den verschiedenen physikalischen Wasseraufbereitungsverfahren muss eine Resthärte- und Restsauerstoffbindung auf chemischem Wege erfolgen. Zusätzlich ist eine Alkalisierung (Anheben des pH-Wertes) erforderlich. Bisher wurden die chemischen Dosiermittel sehr oft stark überdosiert. Die Gründe dafür liegen im wesentlichen in einer diskontinuierlichen Überwachung und empirisch eingestellten Dosierung. Bezüglich des Restsauerstoffgehalts lag die Ursache am Fehlen einer rentablen Messanalytik zur direkten Messung. Aus diesem Grund wurde nicht der Restsauerstoffgehalt, sondern der Überschuss an Dosiermitteln im Kesselwasser ermittelt, um Sauerstofffreiheit wenigstens zyklisch garantieren zu können. Neben den überhöhten Aufwendungen für Dosiermittel hat dies auch einen wesentlichen energetischen Nachteil. Eine Überdosierung an Chemikalien hat vielfach einen Anstieg der Leitfähigkeit (Salzgehalt) bzw. die Ausfällung von

Schlammern zur Folge, welche einen enormen Einfluss auf die Energieverluste durch Absatzung oder Abschlämzung haben.

## Messanalytik

Um geeignete Kesselwasserqualitäten sicherzustellen, sind die Wasserparameter auf kontinuierlicher und/oder periodischer Basis zu überprüfen. Das Speise- bzw. Kesselwasser in Dampf- und Heißwasserkesseln ist auf die relevanten Parameter (pH-Wert, direkte Leitfähigkeit, Säurekapazität, Härte und Sauerstoffgehalt) zu überprüfen. Üblicherweise geschieht dies bisher, mit Ausnahme der Leitfähigkeit, manuell mit entsprechendem Arbeits- und Zeitaufwand.

Um Messungen zu ermöglichen, sind Probenahmestellen im System vorzusehen.

Die Leitfähigkeit wird kontinuierlich mit Hilfe einer an der Kesselwasser-

tion werden so lange Reaktionslösungen in die zu untersuchenden Probewässer getropft, bis sich ein Farbumschlag ergibt. Aufgrund der Menge an Reaktionslösung kann auf die Säurekapazität bzw. die Gesamthärte rückgeschlossen 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.

## Wasseranalysegerät LWA

Ein von LOOS neu entwickeltes Wasseranalysegerät LOOS-WATER-ANALYSER LWA, Abb.1, beseitigt diese Problematik und übernimmt nun vollautomatisch die kontinuierliche Messung und Überwachung von:

- pH-Wert im Speisewasser
- O<sub>2</sub>-Gehalt im Speisewasser
- Resthärte im Zusatzwasser
- pH-Wert im Kesselwasser

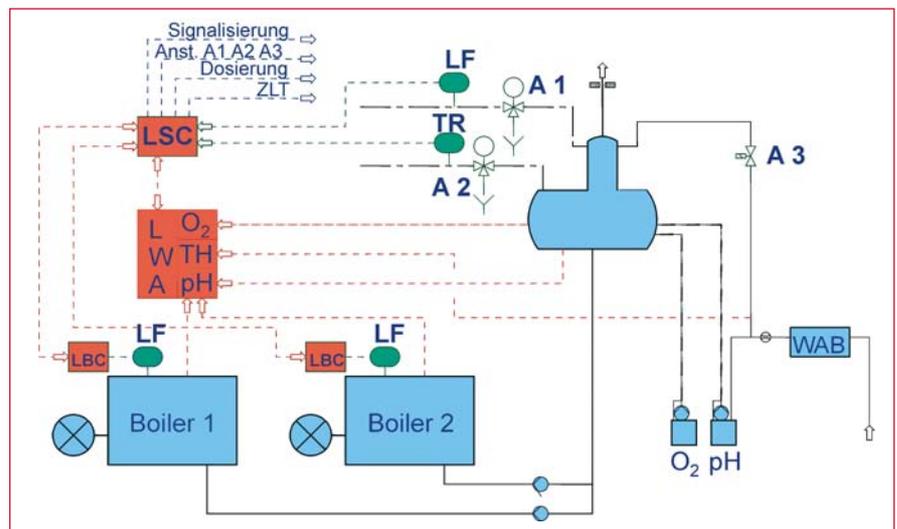


Abb.4 Loos-Water-Analyser LWA im Kesselanlagen-Gesamtsystem

oberfläche eingebauten Messelektrode ermittelt. Die Gesamthärte, wie auch die Säurekapazität (p-Wert), werden bisher üblicherweise mittels Titration mit Maßlösungen bzw. photometrisch mit geeigneten Messgeräten ermittelt. Bei der Titra-

Hierzu wurden eigens neue Messverfahren entwickelt. Sauerstofffreiheit wird nicht mehr durch einen Überschuss an Sauerstoffbindemittel sichergestellt, vielmehr wird der O<sub>2</sub>-Gehalt in seiner tatsächlichen Höhe gemessen. Als Messelektrode

dient eine mit Reaktionsflüssigkeit gefüllte Mikro-Glaskapillare, welche aufgrund des eindiffundierenden Sauerstoffs einen elektrischen Stromfluss erzeugt und diesen misst. Hiermit kann der exakte Sauerstoffgehalt innerhalb des in der Kesseltechnik relevanten Messbereichs von 0,001 - 0,1 mg/l ausgewiesen werden.

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

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. Abhängig von den Wasserqualitäten sind diese alle 6-12 Monate auszutauschen. Die Kosten für die Ersatzelektroden entsprechen hierbei ungefähr den Kosten der Indikatorlösungen und Teststreifen bei manuellen Wasseranalysen.

Alle Daten werden mittels Busystem an die übergeordnete Anlagensteuerung LOOS-SYSTEM-CONTROL LSC übertragen, Abb.4.

Gemeinsam mit der Kesselwasserleitfähigkeit und den Leitfähigkeiten bzw. der Trübung der Kondensatströme, liegen dann alle relevanten Wasserparameter im LSC vor. Hierdurch ergeben sich eine Viel-

zahl von Vorteilen: Die Erhöhung der Betriebssicherheit hat eine Reduzierung von Kessel- und Anlagenschäden zur Folge.

Um korrekte Ergebnisse 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 LWA hingegen läuft vollautomatisch ohne jeglichen Eingriff ab. Korrekte und exakte Messergebnisse sind die Folge.

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 Zusatzwasserventil geschlossen.

### Störmeldemanagement

Alle gerade anstehenden Parameter werden bei einer Grenzwertüberschreitung in den Störmeldespeicher der LSC übertragen. Fehlerursachen lassen sich hierdurch einfacher analysieren.

### Protokollierung

Auch eine kontinuierliche Protokollierung der Daten ist möglich. Diese können in festgelegten Intervallen entweder per Profibus an eine übergeordnete Leitstelle übertragen oder via definierter Schnittstelle direkt an einem lokalen Drucker oder Bildschirmschreiber ausgegeben werden. Auf die manuellen Messungen und die manuelle Führung der Wasserwerte innerhalb des Kesselbetriebsbuchs kann verzichtet werden. Personalkosteneinsparungen sind die Folge.

### 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

## Wärmstens zu empfehlen...

Innovative und moderne Technik  
aus dem Hause BEHNCKE für  
hochwertige Wärmetauscher

Thermalec-Poolheizer



GIGANT GWT 2000



EWT 80-70



KstW 200



QWT 100



UV-matic



design: carina161077@gmx.net

Ordern Sie gleich Infomaterial!

**BEHNCKE®** GmbH

Michael-Haslbeck-Straße 13  
D-85640 Putzbrunn / München  
Phone +49 (0) 89.45 69 17-31  
Fax +49 (0) 89.45 69 17-61  
norbert\_alletter@behncke.com  
www.behncke-gmbh.de

Brennstoff- und Wassereinsparungen durch reduzierte Absalz- und Abschlammverluste		Abb.5
Siedewasserenthalpie des Kesselwassers	746,77 kJ/kg	Einsparung Wassermenge pro Jahr: (21.000 - 20.800) kg/h * 24h/d * 220d/a = 1.056.000 kg/a
Enthalpie des Frischwassers bei 10 °C	42 kJ/kg	
Brennstoffkosten	0,5 €/l	Vereinfacht wird der Ansatz gewählt, dass 1 kg einem Liter entspricht. Dafür wird nicht berücksichtigt, dass das abgesalzte Wasser auch auf Kanalleittemperatur abgekühlt werden muss. D.h. in der Realität ist die Einsparung noch größer.
Dichte Heizöl	0,83 kg/l	
Wasserkosten	2 €/m <sup>3</sup>	Kostensparnis Wasser: 1.056 m <sup>3</sup> /a * 2 €/m <sup>3</sup> = 2.112 €/a
Hu: 11,894 kWh/kg	42.820 kJ/kg	
Wirkungsgrad 94 %	0,94	Einsparung Brennstoff: [1.056.000 kg/a * (746,77 kJ/kg - 42,00 kJ/kg)] / (42.820 kJ/kg * 0,94) = 18.490 kg/a
Bisherige Absalzrate	5 %	
Speisewassermenge 20.000 kg/h*1,05	21.000 kg/h	Kostensparnis Heizöl: 18.490 kg/a / 0,83 kg/l * 0,5 €/l = 11.138 €/a
Neue Absalzrate durch Reduzierung des Chemikaliensatzes	4 %	
Speisewassermenge 20.000 kg/h*1,04	20.800 kg/h	Insgesamt ergeben sich somit ca. <b>13.250 €</b> an jährlicher Brennstoff- und Wasserersparnis.
Dampfkessel mit Nennleistung	20 t/h	
mittlerer Betriebsüberdruck	8,2 bar	
Betriebsleistung	24 h/d, 220 d/a	
Brennstoff	leichtes Heizöl	
Chemische Dosiermittel erhöhen die Leitfähigkeit und die Schlammablagerung. Erhöhte Absalzraten und häufigeres Abschlammeln sind nötig.		

Kosteneinsparung an chemischen Dosiermitteln		Abb.6
Sauerstoffbindemittel	Natriumsulfit	Einsparung an Sauerstoffbindemittel: (0,02 kg/m <sup>3</sup> / 15) * (100% / 15,8%) * 20 m <sup>3</sup> /h * 24 h/d * 220 d/a * (110€ / 25kg) = €3.921/a
Anteil Wirksubstanz	15,8 % an Gesamtgewicht	
Preis	110 €/25 kg	Einsparung an Mittel zur pH-Wert Anhebung: (0,01 kg/m <sup>3</sup> / 15) * (100% / 5%) * 20 m <sup>3</sup> /h * 24 h/d * 220 d/a * (75€ / 25kg) = €4.224/a
Überschuss im Kesselwasser 10-30 mg/l durchschnittlich 20 mg/l	0,02 kg/m <sup>3</sup>	
Mittel zur pH-Wert Anhebung	Trinatriumphosphat	Insgesamt ergeben sich somit ca. <b>8.150 €</b> an jährlicher Ersparnis an Dosiermitteln.
Anteil Wirksubstanz	5 % an Gesamtgewicht	
Preis	75 €/25 kg	Personalkosteneinsparungen Zeitaufwand für manuelle Wasseranalyse des Speise- und Kesselwassers: 1h Alle 3 Tage 1 Analyse Kostensatz Personal: € 30/h 220 d/a / 3 d * € 30/h * 1h = € 2.200/a
Überschuss im Kesselwasser 5-15 mg/l durchschnittlich 10 mg/l	0,01 kg/m <sup>3</sup>	
Eindickung	ca. 15-fach	Insgesamt ergeben sich somit ca. <b>2.200 €</b> an jährlicher Personalkostensparnis.
Dampfkessel mit Nennleistung	20 t/h	
Betriebsleistung	24 h/d, 220 d/a	
Überschüsse werden nicht mehr dosiert. Angenommen wurden praxisübliche Überschusswerte von 0,02 kg/m <sup>3</sup> bzw. 0,01 kg/m <sup>3</sup> im Kesselwasser. Innerhalb des Kessels kommt es durch die nicht dampfflüchtigen Dosiermittel und die Inhaltsstoffe des Speisewassers zu einer in etwa 15-fachen Kesselwassereindickung, welche in die Berechnung mit einbezogen wurde. Die Berechnung erfolgt für einen 20t/h Dampfkessel im Dauerbetrieb (3 Schicht) bei 220 Arbeitstagen im Jahr.		

Brennstoff- und Wassereinsparungen durch reduzierten Brüdendampfverlust		Abb.7
Sattdampfenthalpie im Speisewasserbehälter bei 0,2 bar	2.683,44 kJ/kg	Einsparung Wassermenge pro Jahr: (0,005-0,0025) * 20.000 kg/h * 24h/d * 220d/a = 264.000 kg/a
Enthalpie des Frischwassers bei 10 °C	42 kJ/kg	
Brennstoffkosten	0,5 €/l	Kostensparnis Wasser: 264 m <sup>3</sup> /a * 2 €/m <sup>3</sup> = 528 €/a
Dichte Heizöl	0,83 kg/l	
Wasserkosten	2 €/m <sup>3</sup>	Einsparung Brennstoff: [264.000 kg/a * (2683,44 kJ/kg - 42,00 kJ/kg)] / (42.820 kJ/kg * 0,94) = 17.324 kg/a
Hu: 11,894 kWh/kg	42.820 kJ/kg	
Wirkungsgrad 94 %	0,94	Kostensparnis Heizöl: 17.324 kg/a / 0,83 kg/l * 0,5 €/l = 10.436 €/a
Bisherige Verluste durch Brüdendampf	0,5 % der Kesselleistung	
Neue Verluste durch Brüdendampf	0,25 % der Kesselleistung	Insgesamt ergeben sich somit ca. <b>10.964 €</b> an jährlicher Brennstoff- und Wasserersparnis durch Minimierung der Verluste aus Brüdendampf.
Dampfkessel mit Nennleistung	20 t/h	
mittlerer Betriebsüberdruck	8,2 bar	
Betriebsleistung	24 h/d, 220 d/a	
Brennstoff	leichtes Heizöl	

geschlossen werden. Lediglich wenn die geforderten Grenzwerte überschritten werden, das heißt wenn die Entgaserleistung wirklich benötigt wird, öffnet das Brüdenventil und der mit Sauerstoff- und Kohlendioxid angereicherte Brüdendampf kann das System verlassen. Enorme Brennstoffeinsparungen sind die Folge, Abb.7.

## Zusammenfassung der Vorteile durch das LWA

- Alle Daten der kontinuierlichen und vollautomatischen Wasseranalyse können per Bus an einen Bildschirmschreiber oder Drucker weitergegeben, angezeigt, gedruckt oder gespeichert werden.
- Auf die manuelle Führung des Kesselbuchs kann verzichtet werden.
- Bedarfsgerechte Chemikaliendosierung, abhängig von pH-Wert und O<sub>2</sub> im Speisewasser - keine kostspieligen Überschussdosierungen mit erhöhten 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
- Unter den unten angegebenen Rahmenbedingungen beläuft sich die gesamte Kostensparnis der Beispielanlage auf über 34.500 Euro im Jahr.

Autor

Dipl.-Ing. Markus Tuffner

Leiter Marketing Services

Loos Deutschland, Gunzenhausen

[www.loos.de](http://www.loos.de)

an chemischen Dosiermitteln und geringere Absalz- und Abschlammverluste sind die Folge, Abb.5 und 6. Der Brüdendampfstrom ist auf ca. 0,5% der Nennleistung des Kessels ausgelegt; ständiger Energieverlust

durch den aufsteigenden Brüdendampf ist die Folge. Die Messung des Sauerstoffgehalts ermöglicht eine gezielte Ansteuerung eines Brüdenventils. Innerhalb der erlaubten Grenzwerte kann das Ventil

[www.weishaupt-wetter.de](http://www.weishaupt-wetter.de)

# Ein beständiges Hoch

Die neuen Weishaupt Brenner der **Baureihe monarch<sup>®</sup>** bieten Ihnen ein ausgezeichnetes Preis-Leistungsverhältnis und noch mehr Präzision: Dank serienmäßigem digitalen Feuerungsmanagement arbeiten sie stets effizient und ermöglichen eine flexible Anpassung an unterschiedliche Anlagebedingungen. Sie sind kompakt und leise. Montage, Wartung, Bedienung und Einstellung sind dank werkseitiger Voreinstellung und Funktionsprüfung jedes einzelnen Brenners schnell und präzise erledigt.

Max Weishaupt GmbH, D-88475 Schwendi (0 73 53) 83-0.

Das ist Zuverlässigkeit.

– **weishaupt** –  
Brenner und Heizsysteme



[www.weishaupt.de](http://www.weishaupt.de)

# Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



**innovatools**

*Werkzeuge für den Erfolg*

Fach.**Journal**

*Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung*

[Hier mehr erfahren](#)



**innovapress**

*Innovationen publik machen  
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne