

# Kühlwasser- und Klimawasser-Aufbereitung

## Warum Aufbereitung des Kühlwassers ?

### Potenzielle Betriebsprobleme und ihre Ursachen:

Bei der Planung von Kühlsystemen sind auf der Basis einer Wasseranalyse des Zusatzwassers folgende mögliche Ursachen für Betriebsprobleme zu berücksichtigen.

### Entstehung von anorganischen Ausfällungen, Ablagerungen und Belägen:

Aufgrund ständig wechselnder Bedingungen kommt es in Kühlkreisläufen zwangsläufig zu Störungen des Kalk-Kohlesäure-Gleichgewichtes und in diesem Zusammenhang insbesondere zu Ausscheidungen der sog. Härtebildner, wie Kalziumkarbonat (  $\text{CaCO}_3$  ) und Kalziumsulfat (  $\text{CaSO}_4$  ). Diese sind neben Silikaten im Wesentlichen für die Steinbildung in wasserführenden Systemen verantwortlich. Besonders der Karbonathärteanteil an der Gesamthärte führt bereits ab mittelhartem Wasser ( Summe Erdalkalien 1,4 - 2,1 mol/m<sup>3</sup> bzw. Gesamthärte 8 -12 odH ), aber speziell bei harten Wässern ( Summe Erdalkalien > 2,1 mol/m<sup>3</sup> bzw. Gesamthärte > 12 odH ) zu starker Steinbildung.

**Die Folge:** Wärmeverlust an Wärmeübertragungsflächen, Betriebsstörungen durch fortschreitendes Zuwachsen wasserführender Systemteile bis hin zur Funktionsuntüchtigkeit der Anlage.

### Entstehung von Korrosionsvorgängen:

Bei wasserseitig bedingten Korrosionsvorgängen handelt es sich vorwiegend um elektrochemische Prozesse. Dabei üben folgende Faktoren einen entscheidenden Einfluss aus:

- pH-Wert
- Gehalt an gelösten Gasen, wie z.B.  $\text{CO}_2$  und  $\text{O}_2$
- Menge gelöster Ionen, vor allem Chloride und Sulfate
- Feststoffanteile organischer und anorganischer Natur.

Korrosionsvorgänge können flächendeckend auf der gesamten Werkstoffoberfläche auftreten ( Flächenabtrag ) oder punktuell als Lochfrass. Während für den Flächenabtrag vornehmlich fehlende oder defekte Deckschichten verantwortlich sind, tritt Lochfrass in der Regel in Verbindung mit sog. Belüftungselementen ( hervorgerufen durch Feststoffpartikel ), einem starken Anionengehalt und mikrobiologischem Wachstum auf.

### Entstehung von biologischem Wachstum:

Innerhalb des Kühlsystems können sich Algen, Bakterien, Pilze und Schleimbildner bilden und ablagern. Ihr Wachstum wird durch anorganische Salze und Spurenelemente gefördert und durch Wärme, Sauerstoff und Lichteinwirkung noch verstärkt. Biologischer Bewuchs führt zu Wärmeübergangsverlusten und Korrosionsvorgängen innerhalb des Kühlsystems.

### Problemlösung durch bedarfsgerechte Wasseraufbereitung

Im Gegensatz zur Kesselspeisewasser- und Heizungswasser-Aufbereitung existieren für die Zusammensetzung des Zusatzwassers und Umlaufwassers für Kühlsysteme keine allgemein gültigen Richtlinien.

Gesetzesähnlichen Charakter besitzt allerdings die VDI- Richtlinie " Raumluftechnische Anlagen - Bauliche und technische Anforderungen " Nr. VDI 3803, Entwurf November 1983. Auf sie stützen wir unsere grundsätzlichen Empfehlungen für die Planung von Kühlwasser-Aufbereitungsanlagen. Ausserdem gelten selbstverständlich die Richtwerte und Empfehlungen der Hersteller von Komponenten oder kompletten Systemen zur Kühlwasser-Aufbereitung und -Führung.

Mit dem von uns aufgezeigten Lösungsweg lässt sich der grösste Teil aller Anwendungsfälle abdecken. Abweichungen bedürfen einer detaillierten Betrachtung des Einzelfalles.

Empfohlene Grenzwerte für die Beschaffenheit des Rückkühl-Umlaufwassers.  
 Empfehlung für Verdunstungskühlung bei Wandlungstemperaturen im Kondensator  
 < 60 °C. VDI 3803 1986

### Richtwerte / Entscheidungsparameter

| Beschaffenheit                                      |                               |                    | Material wasserberührt                     |                                     |                             |
|---|-------------------------------|--------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
|   |                               |                    | C-Stahl und Buntmetalle <sup>1)</sup>      | C-Stahl, andere Metalle beschichtet | Kunststoffe, Cr-Ni-Mo-Stahl |
| Aussehen  |                               | -                  | möglichst farblos, klar und ohne Bodensatz |                                     |                             |
| pH-Wert <sup>4)</sup>                               |                               | -                  | 7,5 bis 8,5                                |                                     |                             |
| Gesamtsalzgehalt                                    | GSG                           | g/m <sup>3</sup>   | < 1800                                     | < 2100                              | < 2500                      |
| Elektrische Leitfähigkeit                           |                               | mS/m               | < 220                                      | < 250                               | < 300                       |
|   |                               | µS/cm              | < 2200                                     | < 2500                              | < 3000                      |
| Calcium   | Ca <sup>++</sup>              | mol/m <sup>3</sup> | > 0,5                                      |                                     | -                           |
|   |                               | g/m <sup>3</sup>   | > 20                                       |                                     | -                           |
| Karbonathärte                                       | KH                            | mol/m <sup>3</sup> | < 0,7                                      |                                     |                             |
|   |                               | °d                 | < 4  |                                     |                             |
| Karbonathärte bei Härtestabilisierung <sup>2)</sup> | KH                            | mol/m <sup>3</sup> | < 3,5                                      |                                     |                             |
|   |                               | °d                 | < 20                                       |                                     |                             |
| Chlorid <sup>5)</sup>                               | Cl <sup>-</sup>               | mol/m <sup>3</sup> | < 5,6                                      | < 7                                 | < 11,3                      |
|   |                               | g/m <sup>3</sup>   | < 200                                      | < 250                               | < 400                       |
| Sulfat <sup>5)</sup>                                | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | mol/m <sup>3</sup> | < 3,4                                      | < 4,2                               | < 6,3                       |
|   |                               | g/m <sup>3</sup>   | < 325                                      | < 400                               | < 600                       |
| KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch                        |                               | g/m <sup>3</sup>   | < 100                                      |                                     |                             |
| Keimzahl  |                               | ml <sup>-1</sup>   | möglichst < 10000 <sup>3)</sup>            |                                     |                             |

### Entscheidungsparameter - Wasseranalyse

Die Ihrer Planung zugrundeliegende Wasseranalyse ist von entscheidender Bedeutung für die richtige Auswahl des Aufbereitungsverfahrens und der zugehörigen Ausstattung

Entnehmen Sie der Wasseranalyse die Werte der in der folgenden Tabelle aufgeführten Parameter ( 1-5 ). In der für Ihren Bedarfsfall richtigen Werkstoffspalte ( wasserberührtes Material ) errechnen Sie die Eindickungszahl ( EZ ) mittels einfacher Division des dort bereits eingetragenen Grenzwertes nach DIN 3803 durch den aktuellen Wert des jeweiligen Parameters ( 1.-3. ) aus Ihrer Wasseranalyse und übertragen Sie das Ergebnis ( = EZ ) auf Ihre Analyse

**Der kleinste ermittelte EZ - Wert ist massgeblich.** Die Werte der Parameter 4. und 5. sind ebenfalls in die Analyse zu übertragen.

| Parameter                                       |                               |                    | Wasserberührtes Material im Kühlkreislauf |                                     |                             |
|---|-------------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------|
|   |                               |                    | C-Stahl und Buntmetalle*)                 | C-Stahl, andere Metalle beschichtet | Kunststoffe, Cr-Ni-Mo-Stahl |
| 1. Elektrische Leitfähigkeit                    |                               | µS/cm              | <u>2200</u><br>x                          | <u>2500</u><br>x                    | <u>3000</u><br>x            |
| 2. Chlorid                                      | Cl <sup>-</sup>               | g/m <sup>3</sup>   | <u>200</u><br>x                           | <u>250</u><br>x                     | <u>400</u><br>x             |
| 3. Sulfat                                       | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | g/m <sup>3</sup>   | <u>325</u><br>x                           | <u>400</u><br>x                     | <u>600</u><br>x             |
| 4. Säurekapazität bis pH 4,3<br>(Karbonathärte) | K <sub>S 4,3</sub>            | mol/m <sup>3</sup> |   |                                     |                             |
|   | (KH)                          | °d                 |   |                                     |                             |
| 5. Summe Erdalkalien<br>(Gesamthärte)           | Σ Erdalk.                     | mol/m <sup>3</sup> |   |                                     |                             |
|   | (GH)                          | °d                 |   |                                     |                             |

|  |                            |                  |      |      |       |     |                  |     |      |      |     |                   |      |     |     |     |                     |     |      |     |     |
|--|----------------------------|------------------|------|------|-------|-----|------------------|-----|------|------|-----|-------------------|------|-----|-----|-----|---------------------|-----|------|-----|-----|
| Kühlturmleistung                                       | kW<br>(kcal/h)             | 350<br>(300 000) |      |      |       |     | 700<br>(600 000) |     |      |      |     | 1060<br>(900 000) |      |     |     |     | 1400<br>(1 200 000) |     |      |     |     |
| Verdunstungsleistung                                   | kg/h                       | 500              |      |      |       |     | 1000             |     |      |      |     | 1500              |      |     |     |     | 2000                |     |      |     |     |
| K <sub>s 4,3</sub> im Rohwasser<br>(Karbonathärte, KH) | mol/m <sup>3</sup><br>(°d) | > 1,07*<br>> 3)* |      |      |       |     |                  |     |      |      |     |                   |      |     |     |     |                     |     |      |     |     |
| Eindickungszahl, EZ                                    |                            | 2                | 3    | 4    | 5     | 6   | 2                | 3   | 4    | 5    | 6   | 2                 | 3    | 4   | 5   | 6   | 2                   | 3   | 4    | 5   | 6   |
| Zusatzwasser   | m <sup>3</sup> /h          | 1                | 0,75 | 0,67 | 0,625 | 0,6 | 2                | 1,5 | 1,33 | 1,25 | 1,2 | 3,0               | 2,25 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 4,0                 | 3,0 | 2,66 | 2,5 | 2,4 |

### Die Zusatzwassermenge errechnet sich nach der Formel

$$\text{Zusatzwassermenge ( m3/h )} = \text{Verdunstungsleistung ( m3/h )} \\ + \text{Absatzverlust ( m3/h )} + \text{Sprühverlust ( m3/h )}$$

wobei

$$\text{Verdunstungsleistung ( m3/h )} = \frac{\text{Kühlturmleistung ( kcal/h )}}{600\,000 \text{ kcal/m}^3}$$

$$\text{Absatzverlust ( m3/h )} = \frac{\text{Verdunstungsleistung ( m3/h )}}{\text{EZ}^{-1}}$$

$$\text{Sprühverlust ( m3/h )} = 0,003 \times \text{Umwälzmenge ( m3/h )}$$

\* kleinste ermittelte Eindickungszahl EZ