

## WEISS

# Effiziente Kreislaufführung von Kühlwasser durch integrierte Entsalzung am Beispiel der Stahlindustrie

### Kurzbeschreibung

Wasser bildet ein wesentliches Element zur Prozess- und Produktkühlung in der Stahlindustrie. Durch die Kreislaufführung des Kühlwassers und Verdunstung erfolgt eine Aufkonzentrierung von Salzen und Härtebildnern, sodass zur Vermeidung von Korrosion bis zu 200 m<sup>3</sup>/h ausgeschleust werden müssen. Aufgrund der komplexen chemischen Zusammensetzung der Kühlwässer durch Einsatz von Kühlwasserbehandlungskemikalien sowie den Eintrag von Feststoffen, Ölen und Fetten hat sich bis heute kein chemikalienfreier und wirtschaftlicher Aufbereitungsprozess im Markt etabliert.

Ziel des Verbundprojektes war die Effizienzsteigerung beim Kühlwassereinsatz zur Verringerung der Absalzwassermenge um bis zu 50 % und somit der Frischwassermenge. Dies entspricht für einen Stahlstandort mit einem großen Warmwalzwerk einer Wassereinsparung von bis zu 800.000 m<sup>3</sup>/a.

Das Ziel wurde durch Entwicklung innovativer Techniken (Entsalzung: kapazitive Deionisation, Fouling resistente beschichtete Umkehrosmembran; Konzentrateinengung: Hochdruckumkehrosiose, Evaporation) und Verfahrenskonzepte in Kombination mit einem Simulationstool zur Bestimmung der optimalen Verfahrensintegration sowie einem Mess- und Regelungskonzept zur bedarfsgerechten Dosierung von Wasserbehandlungskemikalien erreicht.

### Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden zwei repräsentative betriebliche Kühlkreisläufe zur direkten Kühlung und zur indirekten Kühlung mit Umlaufvolumenströmen von 1.000 – 1.500 m<sup>3</sup>/h bzw. max. 600 m<sup>3</sup>/h näher betrachtet. In enger Zusammenarbeit mit dem Produktionsbetrieb wurden für die Entsalzung folgende Anforderungen an die Wasserzusammensetzung definiert: Leitfähigkeit: < 200 - 250 µS/cm, Chlorid/Sulfat < 20 - 30 mg/L, Härte < 0,8 mmol/l die sowohl im Labormaßstab und während der betrieblichen Erprobung erfüllt wurden.

Zur Minimierung der Einträge von Chlorid und Organik erfolgte die Entwicklung eines Mess- und Regelungskonzeptes für eine bedarfsgerechte Chemikaliendosierung, basierend auf der patentierten BFI online Feststoff-Messung sowie der zeitnahen Messung der mikrobiologischen Aktivität basierend auf dem ATP-Gehalt in 5 min. Beide Messverfahren wurden erfolgreich betrieblich erprobt. Exemplarisch wurde die Anwendbarkeit der online Feststoff-Messung im Bereich von 20 – 40.0000 mg/L bei Abweichungen teilweise < 5 % zwischen Labor- und Onlinemesswert nachgewiesen werden.

Basierend auf den Laborergebnissen der Untersuchung der Entsalzungs- bzw. Konzentrateinengungsverfahren erfolgte die Auslegung und Realisierung der Gesamtversuchsanlage



Abb. 19: Pilotanlage aus dem Projekt „WEISS“ zur Entsalzung von Kühlwasser (Foto: SMS group GmbH)

(Vorbehandlung; Entsalzung: CDI, RO (mit modifizierten RO-Membranen); Konzentrat-Einengung: Hochdruck-RO, Evaporation) mit einer Kapazität von 1 m<sup>3</sup>/h. Die Demonstration erfolgte an zwei betrieblichen Kreisläufen. Hierbei zeigten die beschichteten Membranen zu Beginn einen geringeren Fluxabfall als die unbehandelten Membranen. Als optimale Betriebsweise erwies sich eine Absenkung des pH-Wertes im Zulauf der RO (Betriebsdruck 30 bar, Ausbeute: 75 %, Flux: 18 l/m<sup>2</sup>h), HDRO (Betriebsdruck: 60 bar, Ausbeute: 90 %) und Evaporation (Ausbeute: 90 %, Energiebedarf: 15 kWh/m<sup>3</sup> Destillat) zur Vermeidung von Scaling. Die erzielten Permeate und Destillate erfüllten die Anforderungen für eine betrieblichen Wiedereinsatz nach einer pH-Anpassung. Im Gegensatz zu den Laborergebnissen wurde beim Betrieb der CDI ein irreversibles Absinken der Entsalzungsleistung auf unter 30 % bei konstanter Ausgangsleitfähigkeit beobachtet. Dies korrelierte mit einer Erhöhung der eingesetzten Kühlwasserbehandlungskemikalien sowie einen produktionsbedingten Anstieg des Organik-Gehaltes im Kühlwasser. Ein expliziter Störstoff konnte aufgrund der Komplexität bisher nicht ermittelt werden. Im indirekten Kühlkreislauf erfolgte der Betrieb der CDI ohne Auffälligkeiten mit einer Reinwasserausbeute von 72 % und einem maximalen Cl-Abscheidegrade von 89 % sowie Erfüllung der Anforderungen für einen betrieblichen Wiedereinsatz. Der Energiebedarf betrug 1 kWh/m<sup>3</sup> Feed.

Die Kreisläufe wurden mit Hilfe des Simulationstools SIMAB# zur Simulation der Stoff- und Wasserströme unter Berücksichtigung der Einträge und Senken für Wasserchemikalien und Salze beschrieben und verschiedene Szenarien simuliert. Anhand der ermittelten betrieblichen Daten und Analyseergebnisse erfolgte ein Life Cycle Assessment für eine Bewertung der Entsalzungsverfahren unter ökologischen und ökonomischen Aspekten zur Auswahl geeigneter Verfahrenskombinationen.



Abb. 20: Hochdruck-Umkehrosiose im Versuchscontainer

#### Koordinator:

Martin Hubrich, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH

#### Projektpartner:

SMS group GmbH, Düsseldorf

Technische Universität Berlin - Institut für Technischen Umweltschutz, Berlin

Universität Duisburg-Essen - Lehrstuhl für Technische Chemie II, Essen

Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG, Witten

WEHRLE Umwelt GmbH, Emmendingen

Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg

Fontaine Engineering und Maschinen GmbH, Langenfeld

#### Laufzeit:

01.10.2016 – 31.03.2020

[www.bfi.de/de/projekte/weiss-effiziente-kreislauffuehrung-von-kuehlwasser-durch-integrierte-entsalzung-am-beispiel-der-stahlindustrie](http://www.bfi.de/de/projekte/weiss-effiziente-kreislauffuehrung-von-kuehlwasser-durch-integrierte-entsalzung-am-beispiel-der-stahlindustrie)

#### Perspektiven für die Praxis

Die entwickelten Verfahren und Verfahrenskonzepte sind branchenübergreifend auf alle Kühlwasserkreisläufe für indirekte Kühlungen (Anlagen-/Prozesskühlung ohne Kontakt zwischen Kühlwasser und Produkt) übertragbar.

Basierend auf den Ergebnissen von WEISS und einer zunehmenden Wasserverknappung ergab sich ein Forschungs- und Entwicklungsbedarf bezüglich der Erhöhung der Wasserwiederverwendung (Ermittlung von CDI Störstoffen und deren Entfernung, Weiterentwicklung der Antifouling-Beschichtung von RO-Membranen, Vorbehandlung und Entsalzung weiterer im Stahlwerk verfügbarer Abwässer, Konzentratverarbeitung zu Mono-Salzkonzentraten für wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Umgang, Ermittlung von Wiedereinsatzmöglichkeiten), der Optimierung der zeitlichen und räumlichen Wassernutzung mittels Prognosemodellen und digitalem Kühlwassermanagement (Erstellung eines digitalen Zwillings) und Entwicklung von wassersparenden bzw. wasserfreien Kühlungsverfahren.