

# Verwendung von Triazolol (BTA) in Kühlwasserkreisläufen

Einsatz – Risikoabwägung – Ersatzmöglichkeit

VCI Symposium - 11.November 2021



# INHALT - ZUSAMMENFASSUNG

---

## EINFÜHRUNG

- Arten von Kühlsystemen – Betrieb – steigende Herausforderungen
- Problemkreise und Behandlung – warum kommt Kupfer zum Einsatz?
- Kupferschutz mit BTA Gruppe und Azolderivaten – Alternativen?

## SACHSTAND

- Offene Kühlsysteme werden immer mehr optimiert um Wasser- und Energieeinsatz zu verringern
- Wassermengen nehmen ab – Salzkonzentrationen steigen - Korrosionsverhalten ist immer kritischer
- Erforderliche Mikrobiologische Behandlung (z.B. Legionellen) verstärkt den oxidativen Kupferangriff
- Die Konditionierung des Kühlwassers wird immer wichtiger - Umweltauflagen verlangen mehr “Green Chemistry”

## FAZIT

- Anforderungen an Kühlwasser in allen Anwendungsbereichen nehmen zu
- Kupfer ist ein unersetzliches Baumaterial – hat die höchste Wärmetransportrate
- Korrosionsschutz der Kupferbauteile (WT, Armaturen, Kühler, etc.) ist essentiell für alle Korrosionsarten und Metalle
- Einsatz in allen Kühlsystemen mit Cu notwendig – **wenige KT-Systeme sind Direkteinleiter**
- Es gibt keine Alternative zu Azolen – kompletter Ersatz aus heutiger Sicht nicht denkbar  
Eine mögliche Umstufung der BTA wir mit großer Sorge gesehen!

# KÜHLSYSTEME

## Offene & geschlossene Kreisläufe

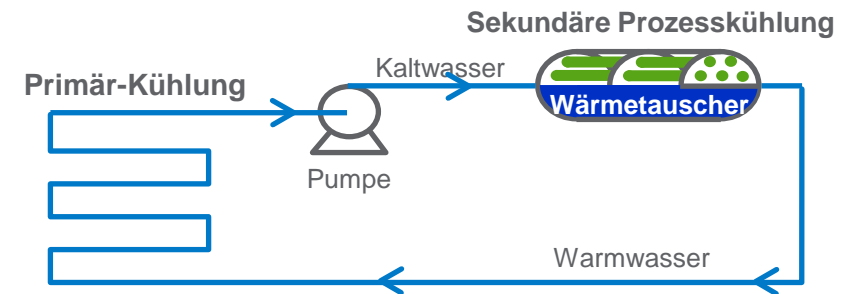
**Einmal-Durchlaufsysteme** – keine chemische Behandlung



**Geschlossene Kreisläufe** - normaler Wärmetausch

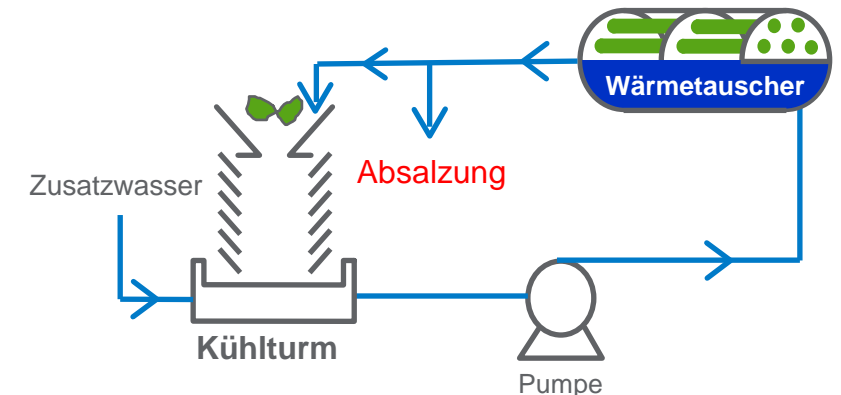
>>>> Primär & Sekundärkühlung

- hohes Korrosionsrisiko durch aufbereitetes aggressives Wasser
- Multimetall-Installationen mit geringen Wasservolumen
- langen Verweilzeiten, da keine Austausch – geringe Umweltbelastung



**Offene Kreisläufe – Kühlturm** - Verdunstungskühlung 6x mal effizienter

- Hohe Kühleffizienz – geringerer Energieverbrauch durch Verdunstungskühlung
- reduzierte Absalz-/Abwassermengen durch hohe Eindickung – geringerer Wasser- und Chemieeinsatz
- Aufkonzentration des Salzgehalts – erhöhte Korrosion/Steinbildung/Mikrobiologie

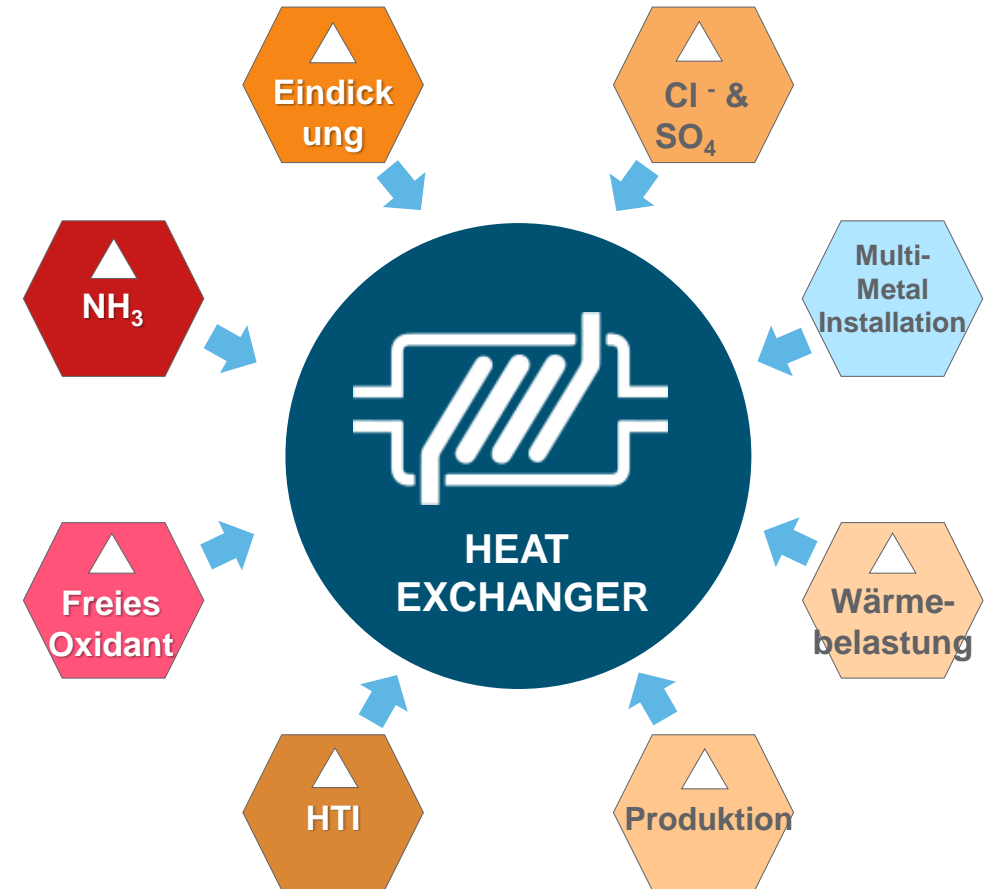


# KUPFER ALS WERKSTOFF – PRO & CONS

## Warum Kupfer ?

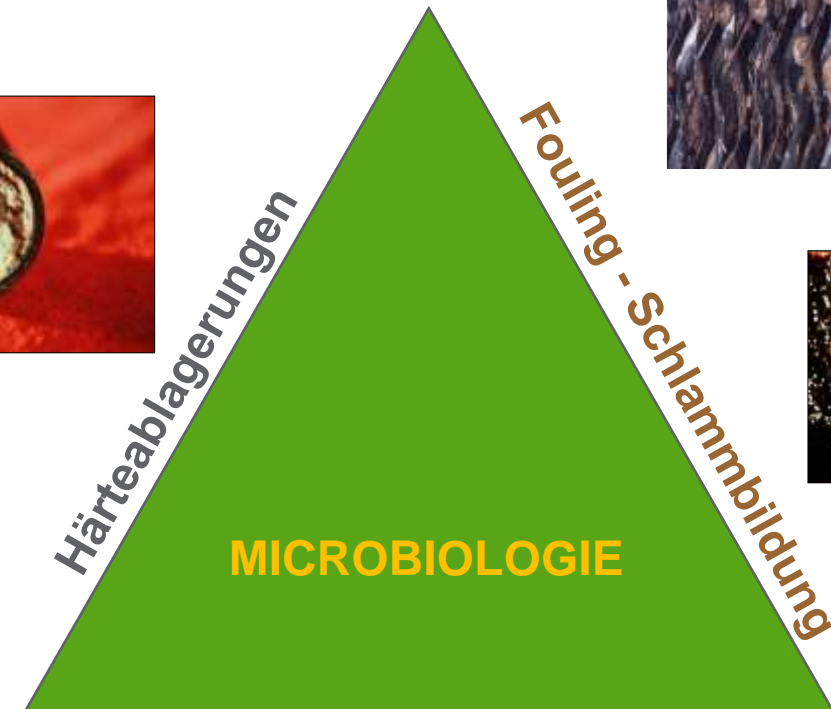
- ✓ **Cu hat die beste Wärmeleitfähigkeit** aller techn. Metalle – Einsatz optimiert die Energieeffizienz
- ✓ **Buntmetalle sind leichter verarbeitbar und gießbar** für die Werkstückherstellung
- ✓ **Cu ist relativ passiv** und hat gewisse Selbstschutzeigenschaften
- ✓ Cu ist relativ weich und kann auch mechanisch mit anderen Metallen verbunden werden
- ✓ Cu hat antimikrobielle Wirkung (bakteriostatisch)
- **Kupfer kann als Baumaterial nicht ersetzt werden**

## Stressfaktoren



# Ein Wasserbehandlungskonzept wird notwendig

- **Steinbildung- Kristallisation**  
durch erhöhte Konzentration von Härte und anderen Salzen
  - **Ablagerungskontrolle** von Sediment/Staub
  - **Mikrobiologische Kontrolle**  
der Bakterien und Legionellen (längere Verweilzeit)
  - **Korrosionsschutz aller Metalle**  
> Verhinderung von Korrosionsprodukten
- 
- ✓ Besonders die Kupfer-Werkstoffen müssen geschützt werden, da sonst sekundär galvanische Korrosion mit anderen “unedleren” Metallen statt finden!
  - ✓ Nur eine Schutzmethode ist für Cu verfügbar – **Filmer Azole**  
Cu ist mit kathodischen/anodischen Inhibitoren nicht zu schützen
  - ✓ Korrosionsprodukte im Abwasser erhöhen die Toxizität!  
Schwermetallbelastung!



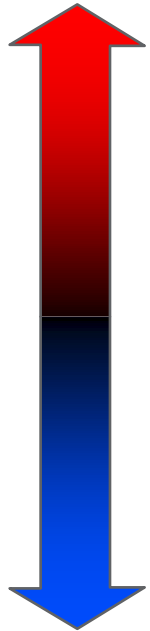
**Korrosion**



# Korrosionsverhalten von Stahl und Kupfer

## Galvanische Serie der Metalle

Unedle aktive Metalle

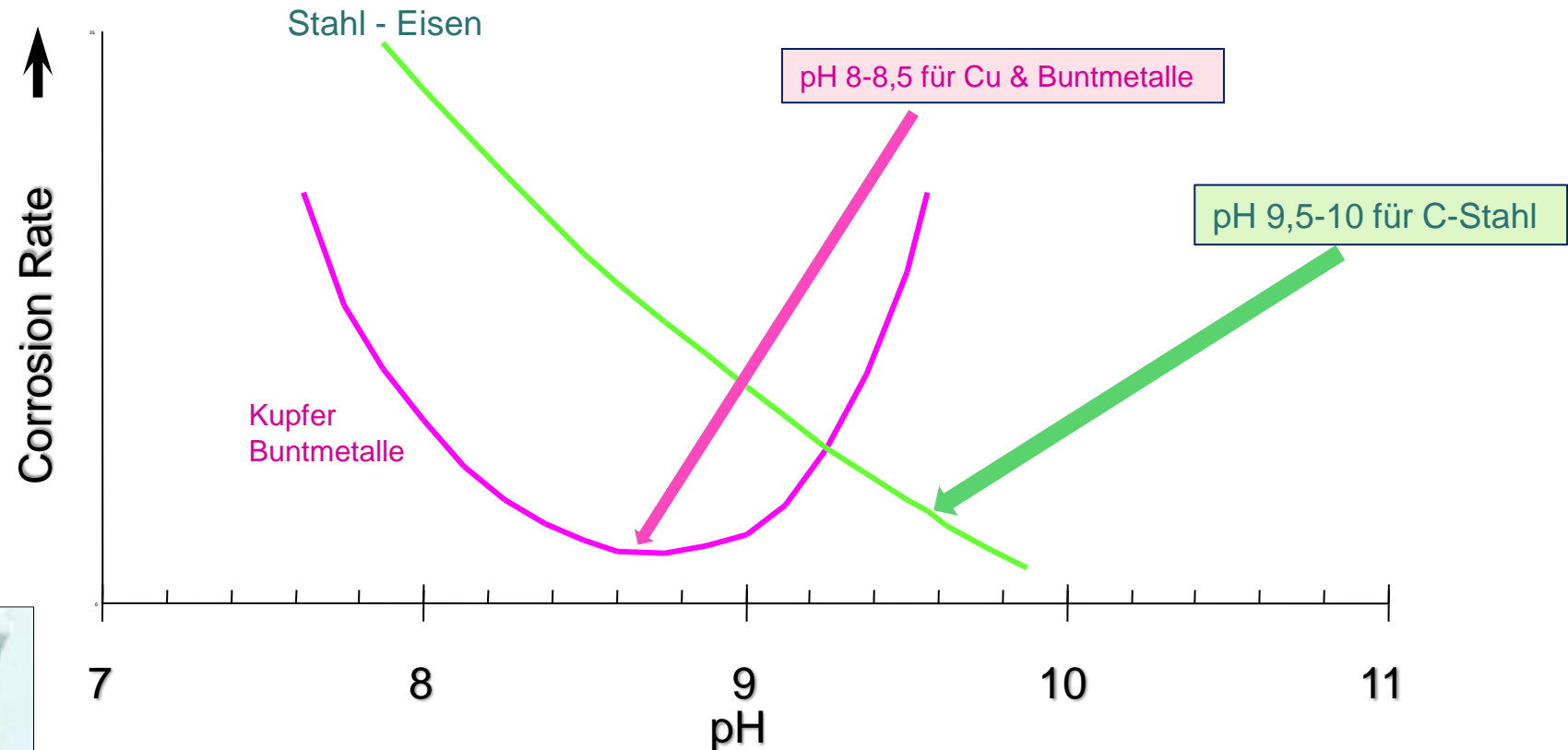


Magnesium + Al-Legierungen  
 Verzinkter Stahl  
 C-Stahl, Eisen  
 Gußeisen  
 Edelstahl Type 304 (Aktiv)  
 Edelstahl Type 316 (Aktiv)  
 Blei - Zinn  
 Muntz Stahl  
 Nickel  
**76-Ni-16 Cr-7 Fe Alloy (Aktiv)**  
**Bronze**  
**Kupfer**  
**70:30 Cupro Nickel**  
**67-Ni-33 Cu Legierung (Monel)**  
 Titan  
 Edelstahl Typ 304 (Passiv)  
 Edelstahl Type 316 (Passiv)  
 Graphite  
 Gold  
 Platinium

Edle passive Metalle



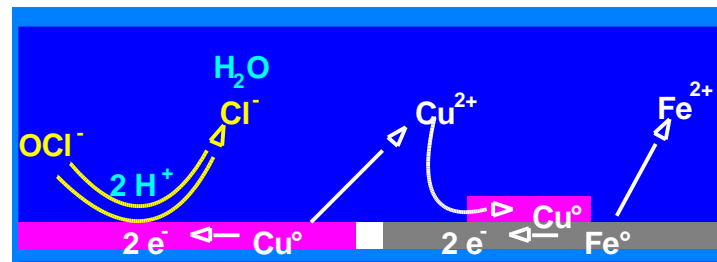
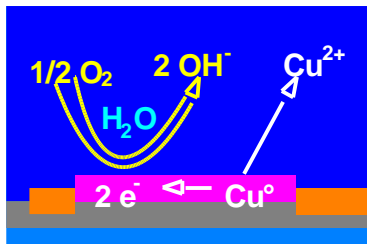
Es gibt keine optimalen pH-Wert für Multi-Metall Systeme



# Indirektes Korrosionsverhalten durch Kupfer

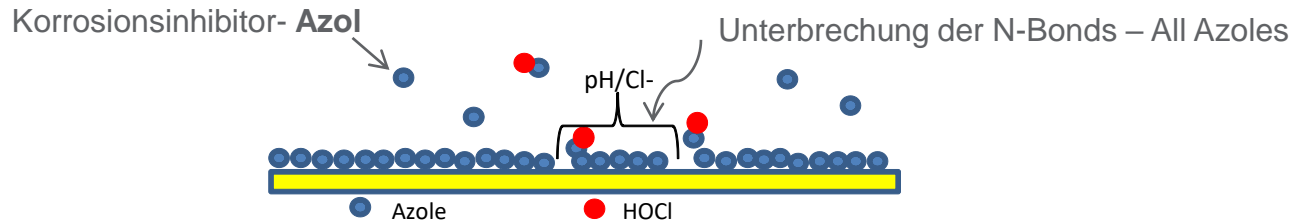
## Induzierte Korrosion auf anderen Metallen durch Cu

- **Direkter Kontakt** von Buntmetall auf andere Metalle ist sehr kritisch ("di-elektrische Isolation")
- Geringe Cu Korrosionsrate (<0,1mpy) vermindert lösliches Cu im Wasser und galvanische Reaktionen auf anderen Metallen
- "Cu-plating,, anderer Metalle - > lokaler Lochfraß durch galvanische Korrosion
- Cu kann nicht mehr technisch entfernt -> der lokale Angriff ist die Folge!
  - Cu >0,02 mg/l im Wasser ist hoher Stress für Aluminium
  - Cu >0,05 mg/l im Wasser ist hoher Stress für Stahl
  - Cu <0,01 mg/l: ist OK aber nicht genug!



$\text{Cu}^0$  Ablagerung unter dem Pit, agiert als Kathode generiert einen Pit rund herum

# Cu-Schutz durch Filmbildung



## FILMBINDUNG







- Filmbildung in molekularer Stärke  
- dynamisch mit Auf-/Abbau
- Abhängig von der Azol-Konzentration
- Mechanischer Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit vorhanden
- Umweltfaktoren stören die Filmbildung  
Chloride/Salze, pH-Wert, etc.
- Oxidative Biozide haben mehr/weniger negativen Einfluß – Chlorierung
- **Eine kontinuierliche „Nachbeschichtung ist notwendig!**



# Alternativen zu BTA

NALCO forscht an Möglichkeiten

>>> derzeit keine wirkliche Alternative zu BTA in Sicht!

	Copper Coupon	Brass Coupon
TT		
BZT		
Azol-derivat		

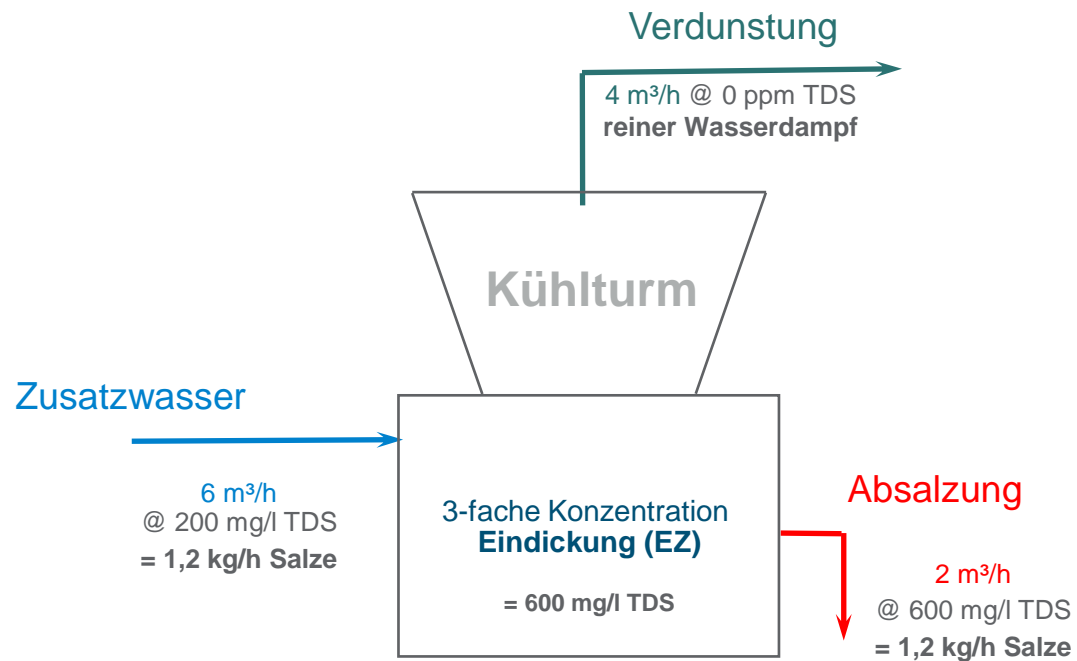
# Fragen ?

**ECOLAB<sup>®</sup>**

**NALCO**  **Water**  
An Ecolab Company

# OFFENE KÜHLSYSTEME

## Eindickung – Absalzwassermenge - Salzkonzentration



Durch die hohe Eindickung ist auch die Korrosion stärker

