

technotrans

# Workshop Wassertechnik in Altenberg/Linz



Technik für effiziente Prozesse

Donnerstag  
06.07.2023

# Agenda

1. Vorstellung des Unternehmens
  1. technotrans SE
  2. technotrans solutions
2. Einfluss der Wasserqualität
3. Bewertung des Nachspeisewassers
4. Wärmeübergangshemmende Schichten im Produktionsprozess
5. Gefährdungspotential bei vorhandenen Verschmutzungen
6. Einsparpotential durch Optimierung des Umlaufmedium
7. Zentrale Wasseraufbereitung

## Die Unternehmensgruppe

Gründung:	1970
Börsengang:	1998
Standorte:	17 weltweit
Anzahl Mitarbeiter: 31.12.2020	1.409

- **führender Systemanbieter** mit der Kernkompetenz Flüssigkeiten-Technologie
- kundenspezifische Lösungen im Bereich der **Kühlung und Temperierung, Filtration und Separation** sowie **Pumpen und Sprühen** von Flüssigkeiten
- **umfangreiches Angebot** an individuellen Serviceleistungen weltweit



## Thermomanagement Systeme für ...



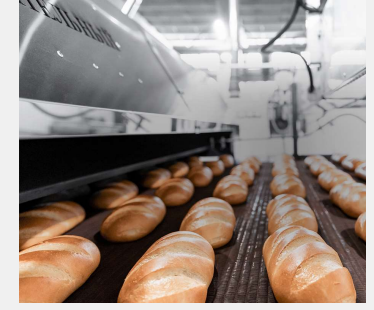
Druckindustrie



Laser- &  
Werkzeugmaschinen



Elektromobilität



Lebensmittel-  
industrie



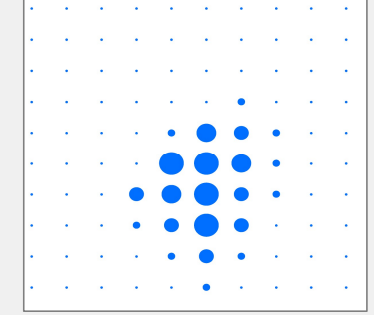
Kunststoff-Industrie



Datencenter



Medizin- und  
Scannertechnik



...und weitere

# power to transform thermodynamics into processes

„Wir bieten Ihnen Thermomanagement-  
Lösungen für sämtliche thermischen Prozesse  
– und das im einzigartigen  
Temperaturspektrum von – 80 bis +400 °C.“  
technotrans Mission





## Fertigungstiefe heißt bei uns: alles zu beherrschen.

technotrans vereint die komplette Kompetenz unter einem Dach und verfügt über eine einzigartige Fertigungstiefe.



Endmontage Qualitätskontrolle



Individuallackierung



Prüffeld



Blechbearbeitung



Zerspanende Fertigung

## Power to transform heißt unser gemeinsames Ziel.

Auf der Basis eines einzigartigen Spektrums an Fertigungs- und Bearbeitungsverfahren können die größten Anlagen bis ins kleinste Detail unter einem Dach gefertigt, programmiert und in Betrieb genommen werden.



Schweißen an Spezialvorrichtungen



Behälterschweißen



Voll ausgestattete Schweißfertigung



Schaltschrankmontage

# Produktportfolio



Kaltwassertemperiergeräte



Kältemaschinen



Industrie-Kühlmaschinen



Zentrale Kühlanlagen



Freikühler



Wasseraufbereitung



Werkzeugreinigung

## Kühl- und Wassertechnik

Heißgekühlte Lösungen.  
Innovativ, effizient, nachhaltig.



Prozessoptimierung  
mit automatischer (aktiver)  
Mengenregelung



Prozessüberwachung  
mit Ultraschall-Messung  
und manueller (passiver)  
Mengenregelung



Prozessüberwachung  
mit Vortex-Messung  
und manueller (passiver)  
Mengenregelung



Flexible  
Mehrkreistemperierung

## Wasserverteiler



Einfache  
Standard-  
Temperiergeräte



Innovative  
Standard-  
Temperiergeräte



Hocheffiziente  
Premium-  
Temperiergeräte



Temperiergeräte  
mit Wasserverteiler



Individuelle  
Premium-  
Temperiergeräte



Individuelle  
Premium-  
Temperiermaschinen



## Temperiersysteme



Variotherme  
Temperiersysteme





power to transform  
vision into reality

Innovativ: **28,6 %**  
geringere Kältemittelfüllmengen

CO<sub>2</sub>-Äquivalente um **34,8 %**  
zum Vorjahr reduziert

Bis zu **92 %**

geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen durch  
Pumpeneffizienzmodul

>>Lösungen für eine verantwortungsvolle  
Zukunft: technotrans handelt nachhaltig,  
überdenkt bisherige Konzepte und  
entwickelt permanent neue effiziente  
Technologien.<<



Titel, Thema

...jetzt aber zum Thema Wasser!  
...so stellen wir uns sauberes Wasser vor:



## Wasser unterschiedlicher Herkunft



- **Wasser aus Niederschlägen**
- **Trinkwasser**
- **Grundwasser aus Brunnen und Quellen**
- **Oberflächenwasser aus Bächen, Flüssen und Seen**
- **Meerwasser**
- **Betriebswasser aus Kühlanlage**
- **Enthärtetes Wasser**
- **Voll entsalztes Wasser**

Titel, Thema

## Typisches Kühlwasser in Produktionsbetrieben:





## Unterschiedlichste Beläge wie...



...Algen und Korrosion



...Isolatoren und Verschmutzungen



...sind in Produktionsunternehmen glücklicherweise nicht vorhanden...



...oder doch?





Titel, Thema

## Die 3 sichtbaren Auswirkungen von schmutzigem Kühlwasser



**Mineralische Ablagerungen  
(Wasser- oder Kesselstein)**



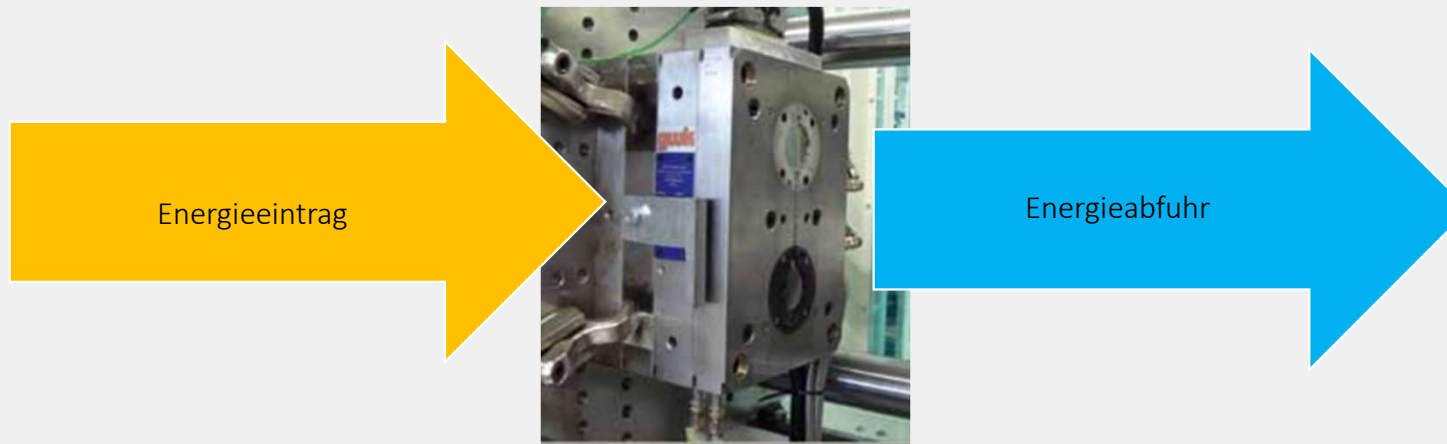
**Korrosionen**



**Biologische Beläge  
(Algen, Schleimbakterien)**

## Der Wärmeübergang

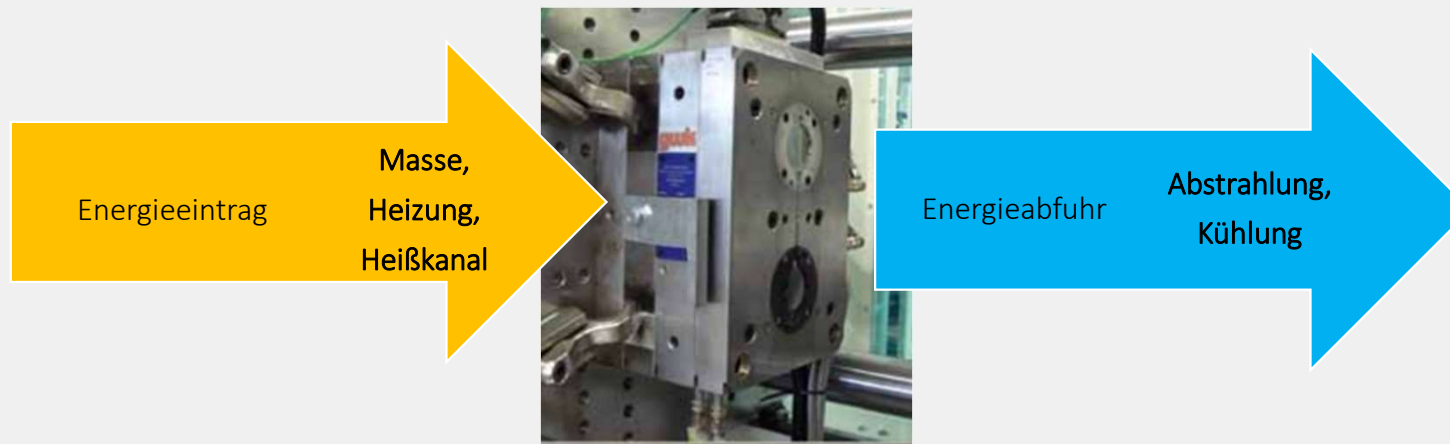
- Der Wärmeübergang eines jeden Wärmetauschers ist verantwortlich für dessen Effektivität.
- Wird der Wärmeaustausch gehemmt, beeinflusst dies direkt die Prozessparameter für das Formteil.





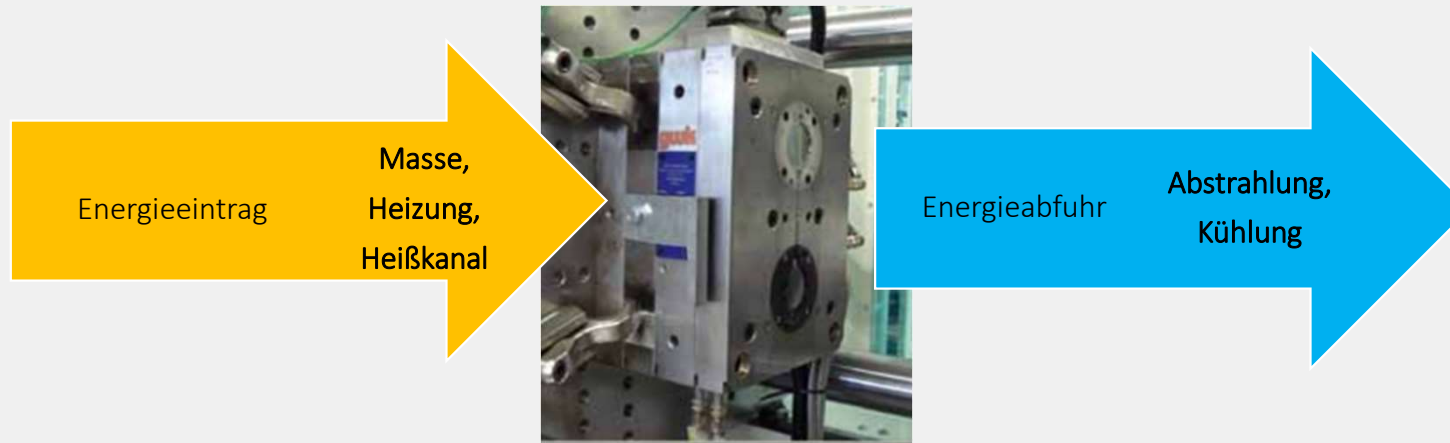
## Der Wärmeübergang

- Im Spritzgießprozess wird das Werkzeug als Wärmetauscher angesehen, sodass bereits bei Planung und Konstruktion auf eine ausreichende Wärmeaustauschfläche geachtet wird.



- Nach dem Produktionsstart hat die Wasserqualität einen maßgeblichen Einfluss auf diese Austauschfläche(n) und damit direkt auf Zykluszeit und Produktqualität.

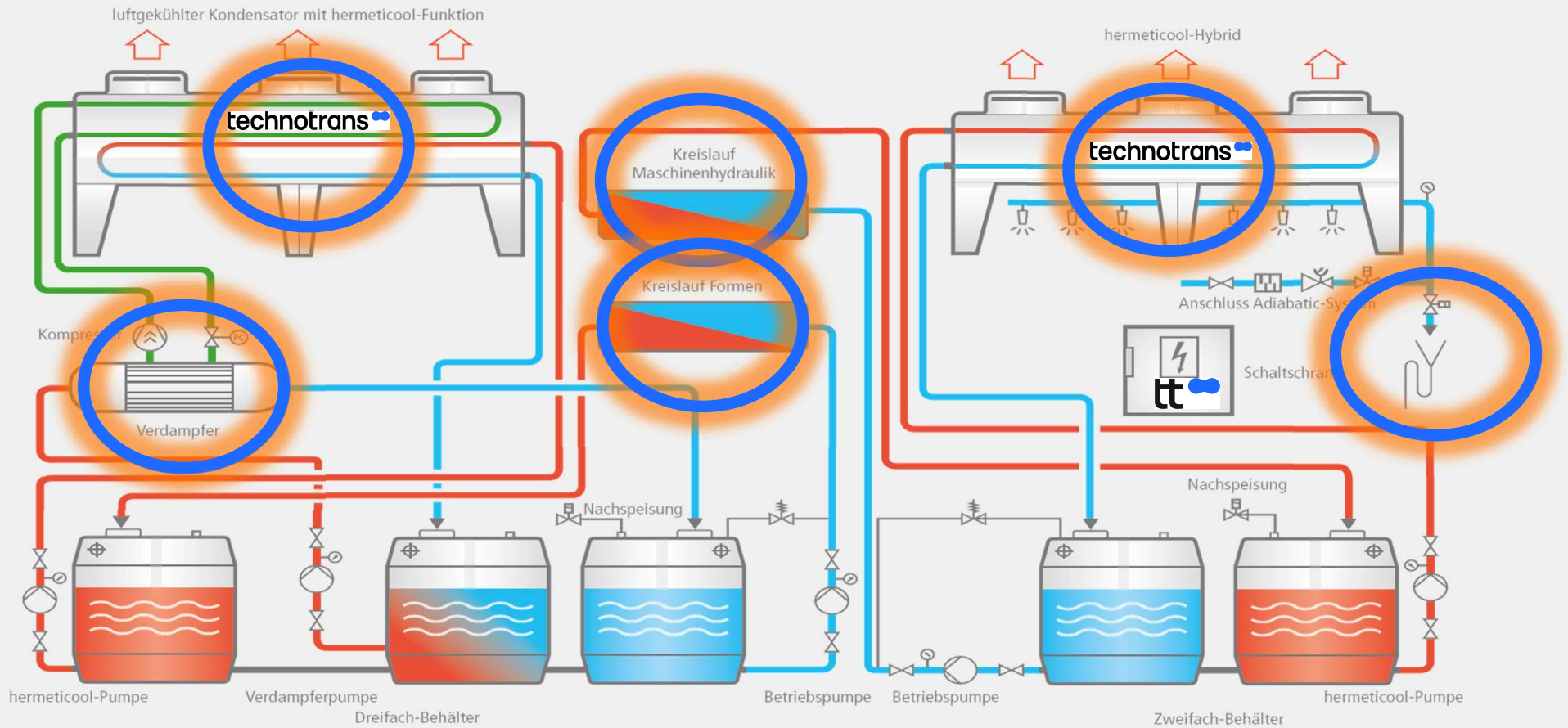
## Einfluss der Wasserqualität



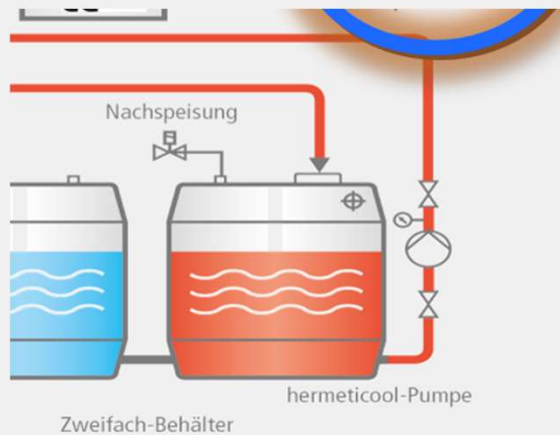
- Werden die externen Faktoren bei der Energiebilanz nicht berücksichtigt, so ist das Spritzgießwerkzeug zwar produktionsreif, allerdings für hochwertige Formteile nicht wettbewerbsfähig.
- Gleiches gilt auch bei dem Betrieb ohne eine **geeignete** Wasserqualität.

Der Einfluss der Wasserqualität gilt noch immer als der am meisten unterschätzte Faktor im Temperierprozess, unabhängig vom Produktionsverfahren.

# Wärmeaustausch im Prozess



# Beurteilung des Nachspeisewassers



## Ablauf:

1. Laufkarte mit Infos über das Kundensystem
2. Wasserprobe
3. Wasseranalyse im Labor
4. Bewertung
5. Angabe von Empfehlungen

**technotrans**

Probe Nr. \_\_\_\_\_ Entnahmedatum \_\_\_\_\_ Probennehmer \_\_\_\_\_

Kundendaten: \_\_\_\_\_  
Kundennummer \_\_\_\_\_  
Firma \_\_\_\_\_  
Ansprechpartner \_\_\_\_\_  
E-Mail \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_  
Strasse \_\_\_\_\_ HsNr. \_\_\_\_\_  
Ort \_\_\_\_\_

Probe ist ...  
 Feststoff  
 Nachspeisemedium  
 Umkaufmedium

Speisewasser für diese Probe ist \_\_\_\_\_  
Wasser dieser Probe ist Speisewasser für \_\_\_\_\_

Entnahmestelle  
 Stadtwasser  
 Regenwasser  
 nach Enthärtung  
 Brunnenwasser  
 Werkswasser  
 Flusswasser  
 VE-Wasser  
 Werkzeugkreis  
 Kühlkreis  
 Hydraulikkreis  
 Kühlkreis  
 Temperierkreis  
 Permeat

Dosiermittel ci/hs \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/Woche  
Kreislaufvolumen \_\_\_\_\_ Wasserverbrauch \_\_\_\_\_  
Dosiermittel ba \_\_\_\_\_ °C  
Temperaturen max \_\_\_\_\_  
Aussehen/Färbung \_\_\_\_\_ Geruch \_\_\_\_\_

Kreislaufart  
 Offen  Halboffen  geschlossen

Mediumberührung mit...  
 Stahl schwarz  verzinkt  Aluminium  Kupfer  Edelstahl

Anlagenart  
 Kältemaschine  hermeticool hc  hermeticool-hybrid hoch  Glycooler  Temperiergerät  
 Kühlturm  Wärmetauscher  \_\_\_\_\_

Aufgabenstellung  
 Überprüfung/Kontrolle  Grundlage zur Auslegung  Korrosionserscheinungen  Absetzbare Stoffe  
 Unbekannte Rückstände  Mineralische Rückstände  Biologische Rückstände  Organische Rückstände

Wirkende Wassertechnik  
 Enthärtung dw s  Verschneidung auf \_\_\_\_\_ \*dH  Dosierstation Biozid ba  Dosierstation inhibitor ci  
 Mischbetvolts abzer mb  Umkehrosmose UO  Nebenstromfiltration pl  Nebenstromfiltration ci  
 Absatzung bei \_\_\_\_\_ µS/cm  \_\_\_\_\_

Produktionsbereich  
 Spritzguss  Extrusion  Ofen  Lebensmittel  
 Pressen  Folien  Chemie  \_\_\_\_\_

Seriennummern \_\_\_\_\_

Bemerkungen \_\_\_\_\_

Hiermit beauftragen wir eine kostenpflichtige Wasseranalyse.  
Es gelten die allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen der technotrans solutions GmbH Meinerzhagen.

Bestellnummer \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_



# Beurteilung des Nachspeisewassers

- Entnahmestelle
  - Notwendig aufgrund unterschiedlicher Wasserqualitäten
- Temperatur, Wasserverbrauch,...
- Kreislaufart und Mediumberührung
- Anlagenart
- Aufgabenstellung
- Vorhandene Wassertechnik
- Verwendete Chemikalie(n)
  - Chemikalien beeinflussen das Messergebnis
- Produktionsbereich

The form is a detailed data collection sheet for water analysis. It includes sections for:   
- **Probe Nr.** and **Entnahmedatum** (top left).   
- **Kundendaten** (customer name, address, contact info).   
- **Probe ist ...** (type of water: Feststoff, Nachspeisemedium, Unkaufmedium).   
- **Entnahmestelle** (location: Stadtwasser, Regenwasser, nach Enthärtung, etc.).   
- **Speisewasser für diese Probe ist** (source: Brunnenwasser, Werkwasser, etc.).   
- **Wasser dieser Probe ist Speisewasser für** (usage: Werkzeugkreis, Kühlkreis, etc.).   
- **Kreislaufart** (Offen, Halboffen, geschlossen).   
- **Mediumberührung mit...** (materials: Stahl, Aluminium, Kupfer, etc.).   
- **Anlagenart** (Kältemaschine, Kühlturm, etc.).   
- **Aufgabenstellung** (Überprüfung/Kontrolle, Grundage zur Auslegung, etc.).   
- **Wirkende Wassertechnik** (Erthärtung, Mischbetvollentsalzer, etc.).   
- **Produktionsbereich** (Spritzguss, Pressen, etc.).   
- **Seriennummern** (two fields).   
- **Bemerkungen** (text area).   
- **Footer** (Technotrans logo, contact info, and a disclaimer: 'Hiermit beauftragen wir eine kostenpflichtige Wasseranalyse...').



# Beurteilung des Nachspeisewassers

Analyseergebnisse,  
inkl. Empfehlung  
für den weiteren  
Betrieb

Datum: 10.10.2022

### Aufgabenstellung:

- I. Wasseranalyse Standard.
  - Erfassung und Festlegung der für diese Entnahmestellen erforderlichen Analysewerte aufgrund der Angaben der Laufkarte für Wasseranalysen.
  - Analyse der Proben nach o.g. Vorgaben und Erstellen eines Ergebnisberichtes.

### Probeninformationen:

**Probe: 5483 Nachspeisemedium**

### Ergebnis:

Die Wasserhärte beträgt 6,70°dH. Dies kann zu Ablagerungen führen. Sonst sind die Werte unauffällig.

### Analyseergebnisse der Wasserproben

Probennummer		5483
Kreisbezeichnung		Nachspeisemedium
pH-Wert		7,80
Leitfähigkeit elektr.	µS/cm	365,00
Temperatur der Probe	°C	25,00
Calcium (Ca)	mg/l	47,83
Gesamthärte	°dH	6,70
Säurekapazität	<i>m-Wert (pH4,3)</i> mmol/l	2,60
Säurekapazität	<i>m-Wert (pH8,2)</i> mmol/l	0,00
Eisen (Fe)	mg/l	0,03
Kupfer (Cu)	mg/l	0,10
Zink (Zn)	mg/l	0,14
Molybdän (Mo)	mg/l	0,00
Chlorid (Cl)	mg/l	11,00
Sulfat (SO4)	mg/l	35,00
Phosphat (PO4)	<i>gesamt</i> mg/l	0,24
Phosphat (PO4-P)	<i>ortho</i> mg/l	0,02
Farbe		klar
Cl7	ppm	

# Beurteilung des Nachspeisewassers

## Nachspeisewasseranalyse bei Neuanlagen: (Empfehlung)

### Beispiel 95°C:

Einsatz von Korrosionsinhibitor ci 7

### Beispiel 150°C:

Enthärtung (0°dH) notwendig

Einsatz von Korrosionsinhibitor ci 15

### Beispiel 200°C

Enthärtung (0°dH) notwendig

Entsalzung (0-10µS/cm) notwendig

Einsatz von Korrosionsinhibitor ci 23

**Analyseergebnisse der Wasserproben**

Probennummer		5483
Kreisbezeichnung		Nachspeisemedium
pH-Wert		7,80
Leitfähigkeit elektr.	µS/cm	365,00
Temperatur der Probe	°C	25,00
Calcium (Ca)	mg/l	47,83
Gesamthärte	°dH	6,70
Säurekapazität	<i>m-Wert (pH4,3)</i> mmol/l	2,60
Säurekapazität	<i>m-Wert (pH8,2)</i> mmol/l	0,00
Eisen (Fe)	mg/l	0,03
Kupfer (Cu)	mg/l	0,10
Zink (Zn)	mg/l	0,14
Molybdän (Mo)	mg/l	0,00
Chlorid (Cl)	mg/l	11,00
Sulfat (SO4)	mg/l	35,00
Phosphat (PO4)	<i>gesamt</i> mg/l	0,24
Phosphat (PO4-P)	<i>ortho</i> mg/l	0,02
Farbe		klar
Cl7	ppm	



# Beurteilung des Prozesswasser

## Beispiel Analyse Brauch- bzw. Prozesswasser:

Analyseergebnisse der Wasserproben

Probennummer	6081	6082	6083
Kreisbezeichnung	3452 - Umlaufmedium Kühlkreis	3693 - Umlaufmedium Kühlkreis	4373 - Umlaufmedium Kühlkreis
pH-Wert	7,1	2,6	6,9
Leitfähigkeit elektr.	µS/cm	475	1535
Gesamthärte	°dH	2,4	0,8
Calciumhärte	°dH	1,9	0,4
Säurekapazität	m(-) Wert (pH4,3)	3,6	n.b.
Säurekapazität	m(-) Wert (pH5,2)	n.b.	n.b.
Eisen (Fe)	mg/l	5	0,55
Kupfer (Cu)	mg/l	1,48	n.b.
Zink (Zn)	mg/l	4,1	0,46
Ammonium	mg/l	0	0
Aluminium (Al)	mg/l	1,1	2,23
Molybdän (Mo)	mg/l	42,8	69,46
Chlorid (Cl)	mg/l	<1	<1
Sulfat (SO4)	mg/l	28	48
Phosphat (PO4)	gesamt mg/l	15,6	49,4
Phosphat (PO4-P)	ortho mg/l	4,75	48
ci 21	ppm	3597	5788
Farbe		braun, feine Trübstoffe	braun, feine Trübstoffe
Bemerkung		Probe 'zischt' beim Öffnen	Probe 'zischt' beim Öffnen

(\*) – Anmerkung

### Bewertung Probe Nr. 6081 (3452):

Der pH-Wert ist gerade eben im Sollbereich (pH > 7). Die Gesamthärte weist auf die Nachspeisung von härtehaltigem Wasser hin. ci 21 ist nur mit vollentsalztem Wasser zu verwenden. Die Korrosionswerte (Fe, Zn, Al) sind deutlich erhöht und lassen Korrosion an Anlagenbauteilen vermuten. Der Wert für Kupfer Cu konnte nicht analysiert werden. Vermutlich ist ein unbekannter Störfaktor im Wasser enthalten. Laut Laufkarte sind nur medienberührende Werkstoffe aus Alu und Edelstahl im Kreislauf enthalten. Weiter auffällig ist das Vorhandensein von Sulfat und das beim Öffnen der Probenflasche deutlich ein Zischen zu hören war. Das Zischen lässt vermuten, dass sich in der Probenflasche Gas gebildet hat. Die Ursache dafür ist unklar. Der Produktgehalt von ci 21 liegt unter dem Sollwert von 4000 ppm für Systeme mit regelmäßigem Wasseraustausch und 6000 - 7000 ppm für Systeme mit geringen Wasseraustauschraten. Die Dosiereinrichtung ist auf Funktion und richtige Dosiereinstellung zu überprüfen.

**Ergänzung** am 04.04.2023 um 15:15 Uhr: Aufgrund der Info zum pH-Wert in Probe 6082 (3693) wird auch der pH-Wert in dieser Probe im Labor nachgeprüft und mit pH 7,0 bestätigt.

### Bewertung Probe Nr. 6082 (3693):

Der pH-Wert von 2,6 ist extrem niedrig (Sollbereich: pH > 7) für ein mit ci 21 konditioniertes Umlaufmedium. Ein derart niedriger pH-Wert erzeugt schon von sich aus Korrosion an allen Eisen-, Nichteisen- und Buntmetallen. Die Gesamthärte weist auf die Nachspeisung von härtehaltigem Wasser hin. ci 21 darf nur mit entsalztem Wasser (LF= 0-10 µS/cm) eingesetzt werden.

Die Korrosionswerte (Fe, Zn, Al) sind deutlich erhöht und lassen Korrosion an diesen Anlagenbauteilen vermuten. Der Wert für Kupfer Cu konnte nicht analysiert werden. Vermutlich ist ein unbekannter Störfaktor im Wasser enthalten.

Weiter auffällig ist das Vorhandensein von Sulfat und das beim Öffnen der Probenflasche deutlich ein Zischen zu hören war. Das Zischen lässt auf Gasbildung in der Probenflasche vermuten. Der Produktgehalt von ci 21 liegt im Sollwertbereich von > 4000 ppm für Systeme mit regelmäßigem Wasseraustausch und unter dem Sollwertbereich von 6000 - 7000 ppm für Systeme mit geringen Wasseraustauschraten.

**Ergänzung** am 04.04.2023 um 14:51 Uhr aus Info von Herrn Naweker:

Der pH-Wert lag zum Zeitpunkt der Probenentnahme bei 7,5 und am 04.04.23 um 14:25 Uhr vor Ort gemessen bei pH 6,98. Die Probe wurde am 04.04.23 um 15:15 Uhr im Labor nachgemessen und der pH-Wert von 2,6 wurde bestätigt.

### Bewertung Probe Nr. 6083 (4373):

Der pH-Wert liegt knapp unter dem unteren Rand des Sollbereichs (pH > 7). Die Gesamthärte weist auf die Nachspeisung von härtehaltigem Wasser hin. ci 21 ist nur mit vollentsalztem Wasser zu verwenden. Die Korrosionswerte (Fe, Cu, Zn, Al) sind alle deutlich erhöht und lassen Korrosion an diesen Anlagenbauteilen vermuten. Laut Laufkarte sind nur medienberührende Werkstoffe aus Alu und Edelstahl im Kreislauf enthalten.

### Fazit Wasserproben:

Wir empfehlen in allen Kreisläufen einen sofortigen Wasseraustausch durchzuführen. In allen Kreisläufen sind deutliche Auffälligkeiten für korrosive Abläufe zu erkennen. Insbesondere in der Kreislauf Probe 6081 (3452) und 6082 (3693).

Eine Reinigung der Kreisläufe mit dem Reiniger cc 506 ist ebenfalls zu empfehlen. Wir vermuten, dass eine biologische Belastung im Wasser für die ungünstigen Wasserverhältnisse verantwortlich ist. Die Ermittlung der biologischen Belastung konnte aufgrund der sich verlängerten Versanddauer nicht mehr zuverlässig durchgeführt werden.

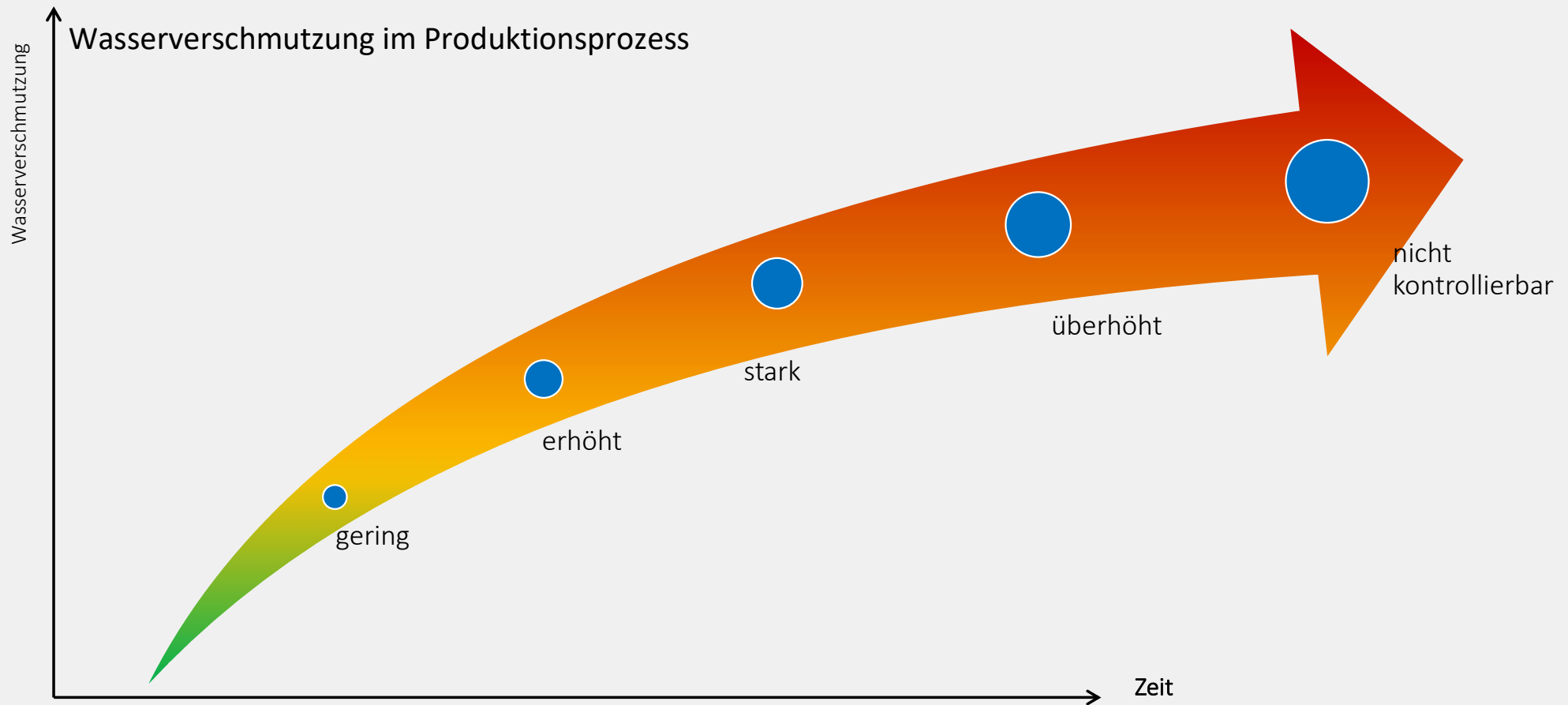
Die im Labor bestätigte pH-Wert-Absenkung im Laufe des Transportes der Probe 6082 (3693) von pH 7,5 bei Probenentnahme auf pH 2,6 bei Analyse verstärkt die Annahme einer starken biologischen Belastung. Stoffwechselprodukte von Bakterien sind sauer und können einen niedrigen pH-Wert bewirken.

Nach dem Wasserwechsel und der Reinigung empfehlen wir den Einsatz eines der beiden Biozide INWACIDE C-3612 oder INWACIDE C-3620 einmal pro Woche als Stoßdosierung mit 100 g/m<sup>3</sup> und einen Teilwasseraustausch von 5-10% des Anlagenvolumens pro Woche durchzuführen.

Die Zugabe des Korrosionsschutzmittels ist mengenproportional zum Systemvolumen und zur Nachspeisewassermenge zu dosieren. Die Dosierrate ist dem Produktdatenblatt zu entnehmen.

Alle Dosiereinrichtungen (Korrosionsschutz, Biozid) sind auf Funktion und richtige Dosiereinstellung zu überprüfen, entsprechend instand zu setzen und korrekt einzustellen.

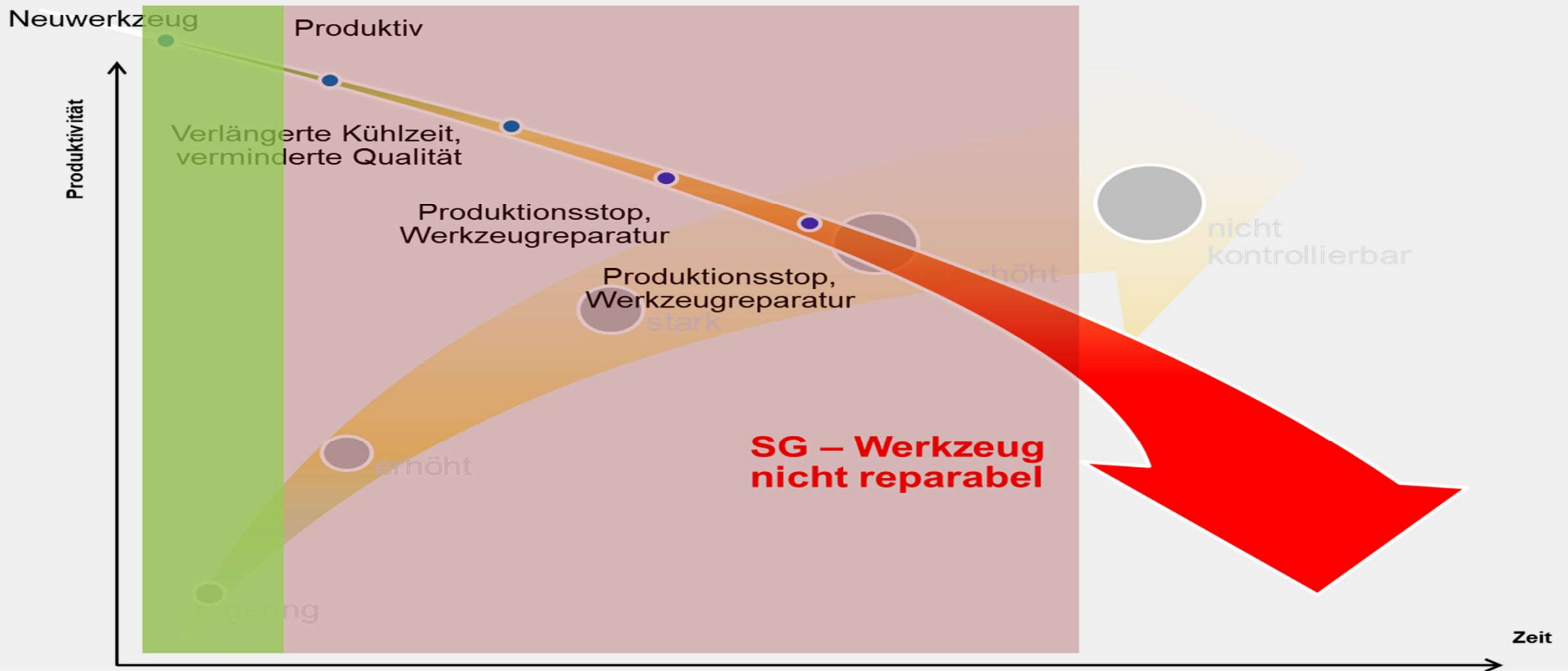
## Einfluss der Wasserqualität



# Einfluss der Wasserqualität auf die Produktivität



## Welcher Einfluss wird zugelassen?



## Wärmeleitfähigkeit

<b>Stoff</b>	<b><math>\lambda</math> in W/m·K</b>
<b>Eisen</b>	<b>67</b>
<b>Stahl 0,6 % C</b>	<b>46</b>
<b>Hochlegierte Werkzeugstähle</b>	<b>14 - 40</b>
<b>Aluminium</b>	<b>221</b>
<b>Kupfer</b>	<b>393</b>
<b>Calciumcarbonat (Kalk)</b>	<b>0,08 - 2,2</b>
<b>Oxidierter Stahl</b>	<b>1 - 5</b>
<b>Polystyrol</b>	<b>0,17</b>
<b>Polyamid</b>	<b>0,25 - 0,27</b>
<b>Polyethylen</b>	<b>0,35 - 0,45</b>
<b>Mineralische Faserdämmstoffe</b>	<b>0,04</b>



## Wärmeleitfähigkeit

<b>Stoff</b>	<b><math>\lambda</math> in W/m·K</b>
<b>Eisen</b>	<b>67</b>
<b>Stahl 0,6 % C</b>	<b>46</b>
<b>Hochlegierte Werkzeugstähle</b>	<b>14 - 40</b>
<b>Aluminium</b>	<b>221</b>
<b>Kupfer</b>	<b>393</b>
<b>Calciumcarbonat (Kalk)</b>	<b>0,08 - 2,2</b>
<b>Oxidierter Stahl</b>	<b>1 - 5</b>
<b>Polystyrol</b>	<b>0,17</b>
<b>Polyamid</b>	<b>0,25 - 0,27</b>
<b>Polyethylen</b>	<b>0,35 - 0,45</b>
<b>Mineralische Faserdämmstoffe</b>	<b>0,04</b>

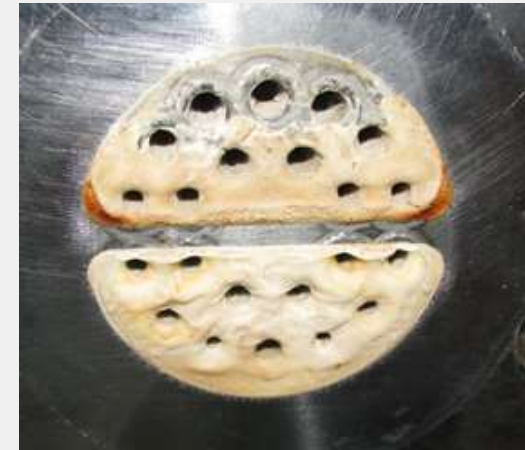
Abhängig von der Art der ungewollten Belägen reduziert sich der Wärmeübergang auf einen Bruchteil des Ursprungs.

## Messbare Auswirkungen

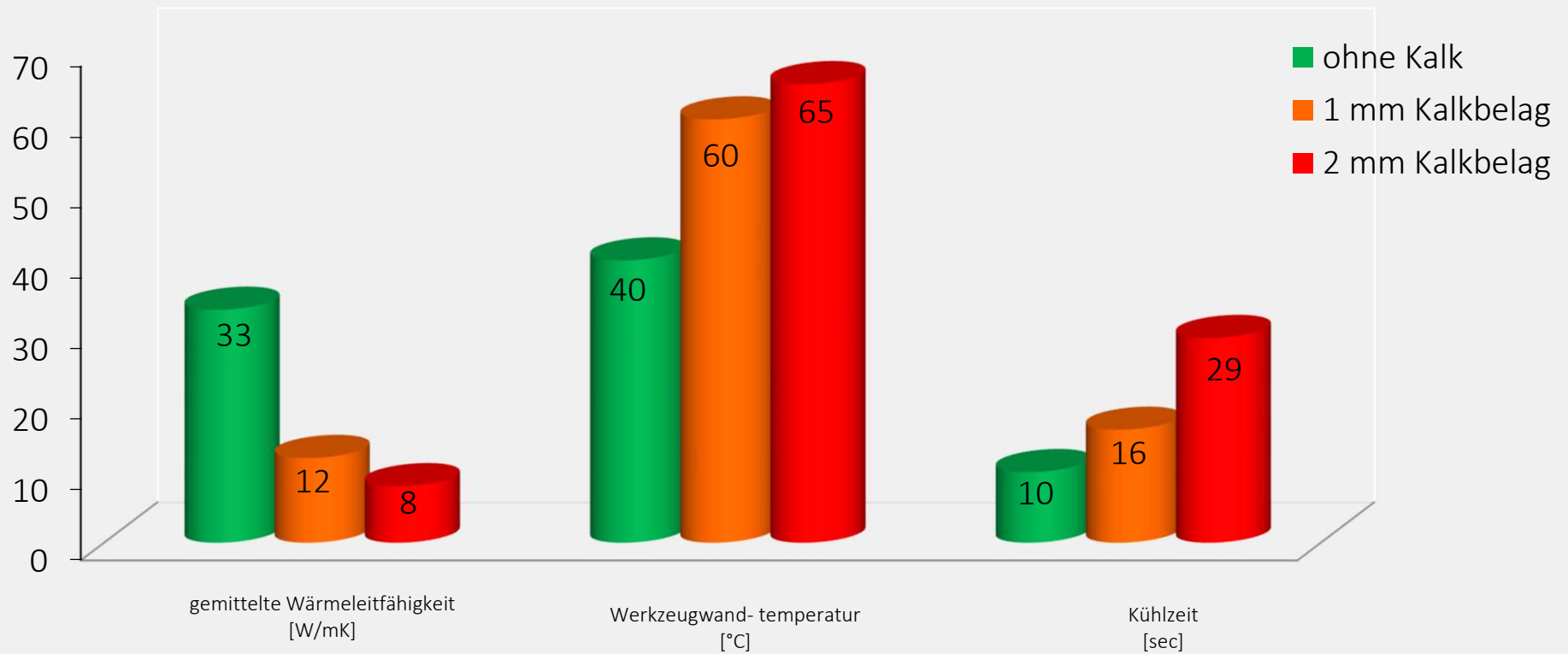
### Aus der Praxis:

Formteil mit Wandstärke	2 mm
Material	PP
Werkzeugwandtemperatur	40°C
Vorlauftemperatur	15°C
Kühlzeit (theoretisch)	10,14 s

	gemittelte Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Werkzeugwandtemperatur [°C]	Kühlzeit [s] (ohne Nebenzeiten usw.)
ohne Kalk	33,5	39,97	10,14
mit Kalk 1 mm	13,5	59,93	16,60
mit Kalk 2 mm	8,5	65,63	28,80



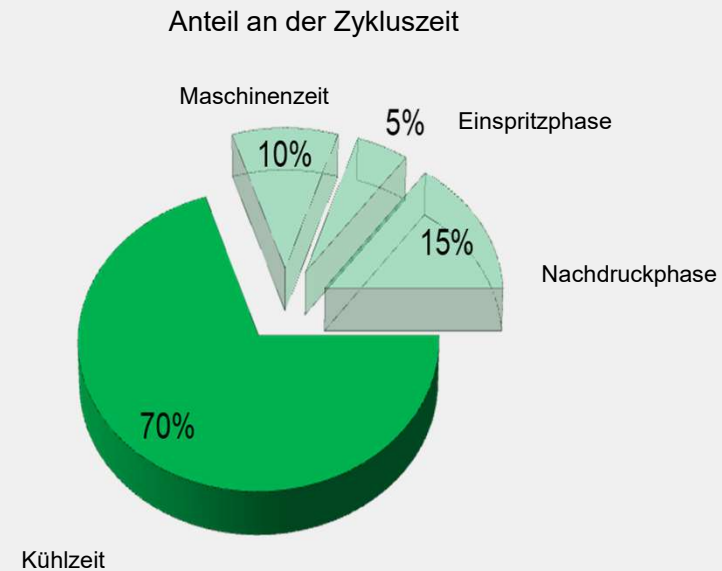
## Messbare Auswirkungen



## Auswirkungen des Kalkbelages

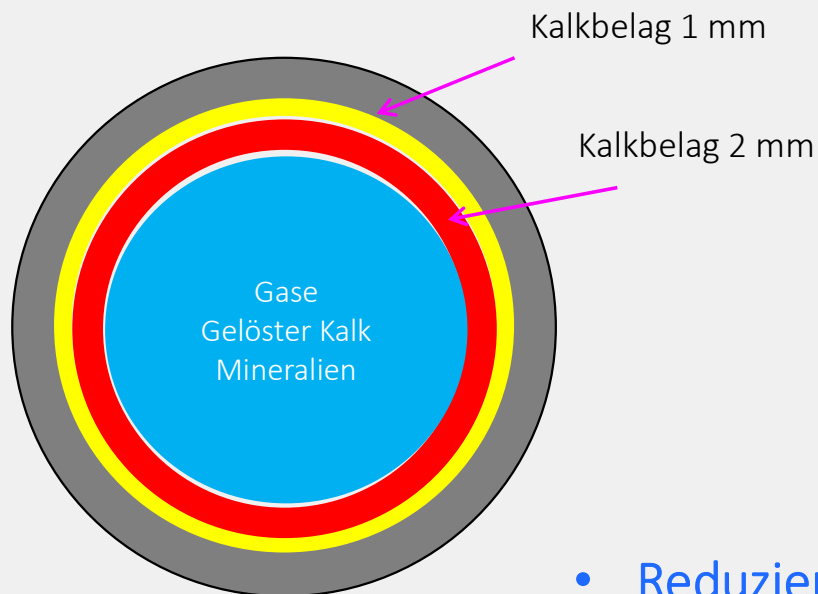
Ein Kalkbelag von nur 1,0 mm erhöht die Kühlzeit um ca. 63%.

Bei einem Anteil von 70% an der Gesamtzykluszeit im Spritzgießprozess verlängert sich der komplette Zyklus damit um ca. 30%.



## Einfluss durch Kalk (Kalziumcarbonat)

Temperierkanal



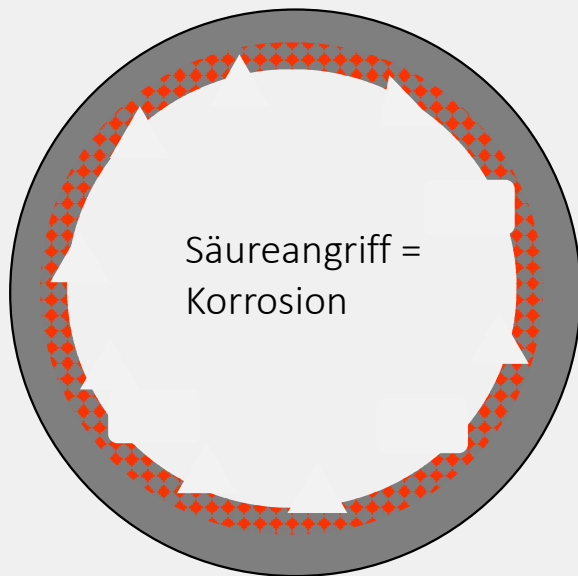
Ab einer Temperatur von ca. 40°C zerfällt der im Wasser gelöste Kalk ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) in seine Bestandteile, u.a. in Kalziumcarbonat und Säure ( $\text{CO}_2$ ). Kalziumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) lagert sich ab.

- Reduzierung des Wärmeüberganges
- Reduzierung der Durchflussmenge



## Einfluss durch Korrosion

Temperierkanal



Die im Wasser enthaltenen Gase, z.B. Kohlen**säure** ( $\text{CO}_2$ ), greifen den Werkzeugstahl direkt an und lösen Bestandteile heraus.

Die Oberfläche wird aufgeraut und bietet idealen Wohnraum für weitere Ablagerungen.

Der Ursprungszustand lässt sich nicht wieder herstellen.

## Korrosionsarten

- Kontaktkorrosion
- Lochfraßkorrosion
- Muldenkorrosion
- Flächenkorrosion
- Spannungsrisskorrosion
- Schwingungsrisskorrosion
- Spaltkorrosion
- Interkristalline Korrosion
- Galvanische Korrosion
- Erosionskorrosion
- Unterwanderungskorrosion

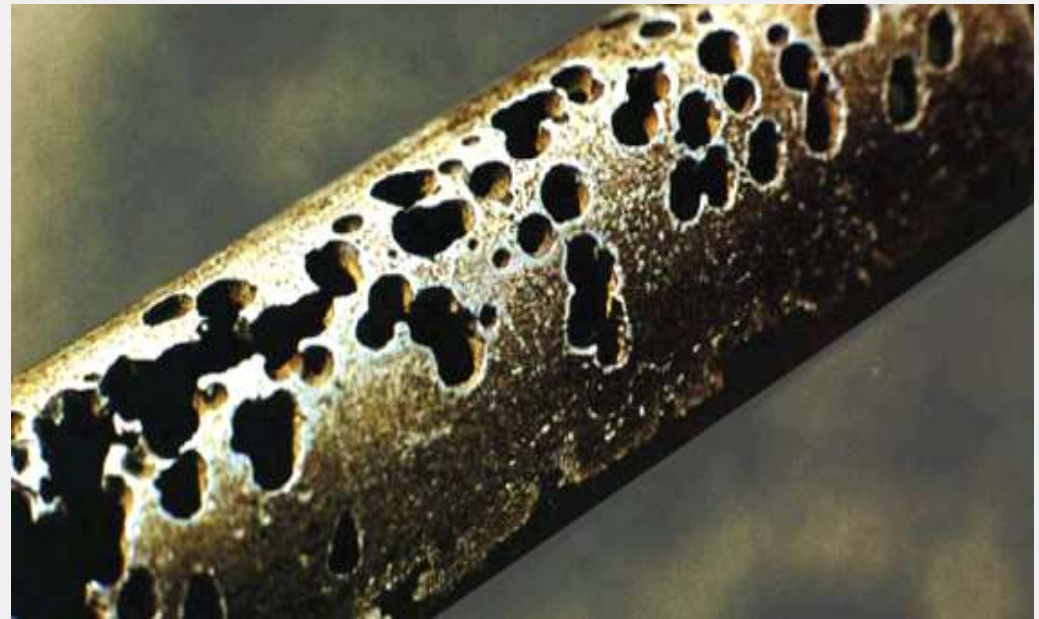
Alle Korrosionsarten sind innerhalb jeder Produktion vorhanden und mehr oder weniger stark ausgeprägt.

## Korrosionsarten

### Flächenkorrosion durch überschüssige Kohlensäure



### Lochfraßkorrosion ( Unterbelagskorrosion )

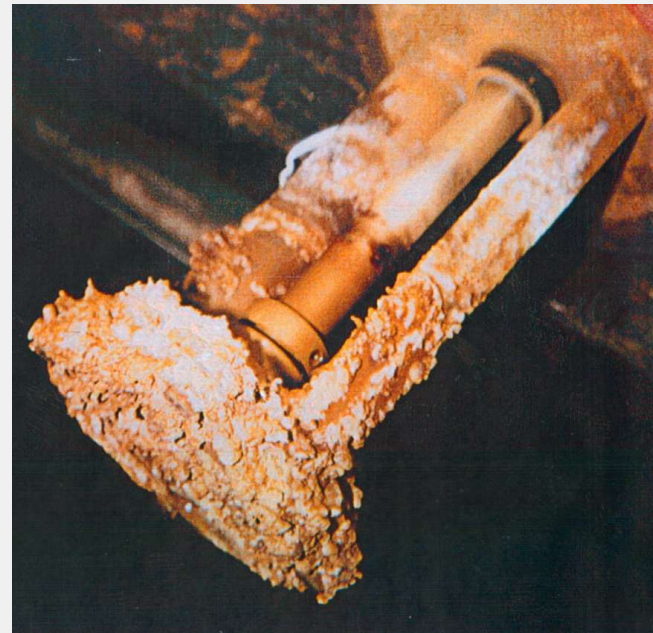


## Verunreinigung/ Korrosionsarten

### Auswirkungen anorganischer Verunreinigungen



### Galvanische Korrosion durch Potentialunterschiede verschiedener Materialien





## Der pH-Wert für die sauren und basischen Eigenschaften des Wassers

<b>0 - 2</b>	<b>stark sauer</b>
<b>2 - 4</b>	<b>mäßig sauer</b>
<b>4 - 6</b>	<b>schwach sauer</b>
<b>7</b>	<b>neutral</b>
<b>8 - 10</b>	<b>schwach basisch</b>
<b>10 - 12</b>	<b>mäßig basisch</b>
<b>12 - 14</b>	<b>stark basisch</b>

Optimales Wasser für z.B.  
Temperiergeräte ist ein pH-Wert von 8,5  
(bei verzinkten Rohrleitungen)  
bis max. 9,5.

## Gesamthärte (GH) und Karbonathärte (KH) als Maß für den Gehalt an Kalzium- und Magnesiumsalzen

**0 - 1,1 mol/m<sup>3</sup>**  
**(0 - 6 °dH)**

**weich**

➤ **Karbonate = Salze der Kohlensäure**

**1,1 - 2,2 mol/m<sup>3</sup>**  
**(6 -12 °dH)**

**mäßig hart**

➤ **Gleichgewicht zwischen Kohlensäure und Anteil der Härtebildner**

**2,2 - 3,2 mol/m<sup>3</sup>**  
**(12 - 18 °dH)**

**hart**

➤ **Zu wenig Kohlensäure = Ausfällung von Kalziumkarbonat bereits bei niedrigen Wassertemperaturen**

**>3,2 mol/m<sup>3</sup>**

**sehr hart**

➤ **Zu viel Kohlensäure = Flächenkorrosion**

Optimales Wasser für z.B. Temperiergeräte

GH = max.0,2 – 2,0 mol/m<sup>3</sup>

## Sauerstoffgehalt (O<sub>2</sub>) Temperaturabhängige Sättigungswerte

Temperatur °C	O <sub>2</sub> in gr/m <sup>3</sup>
102	<0,02
80	2,81
60	4,69
40	6,41

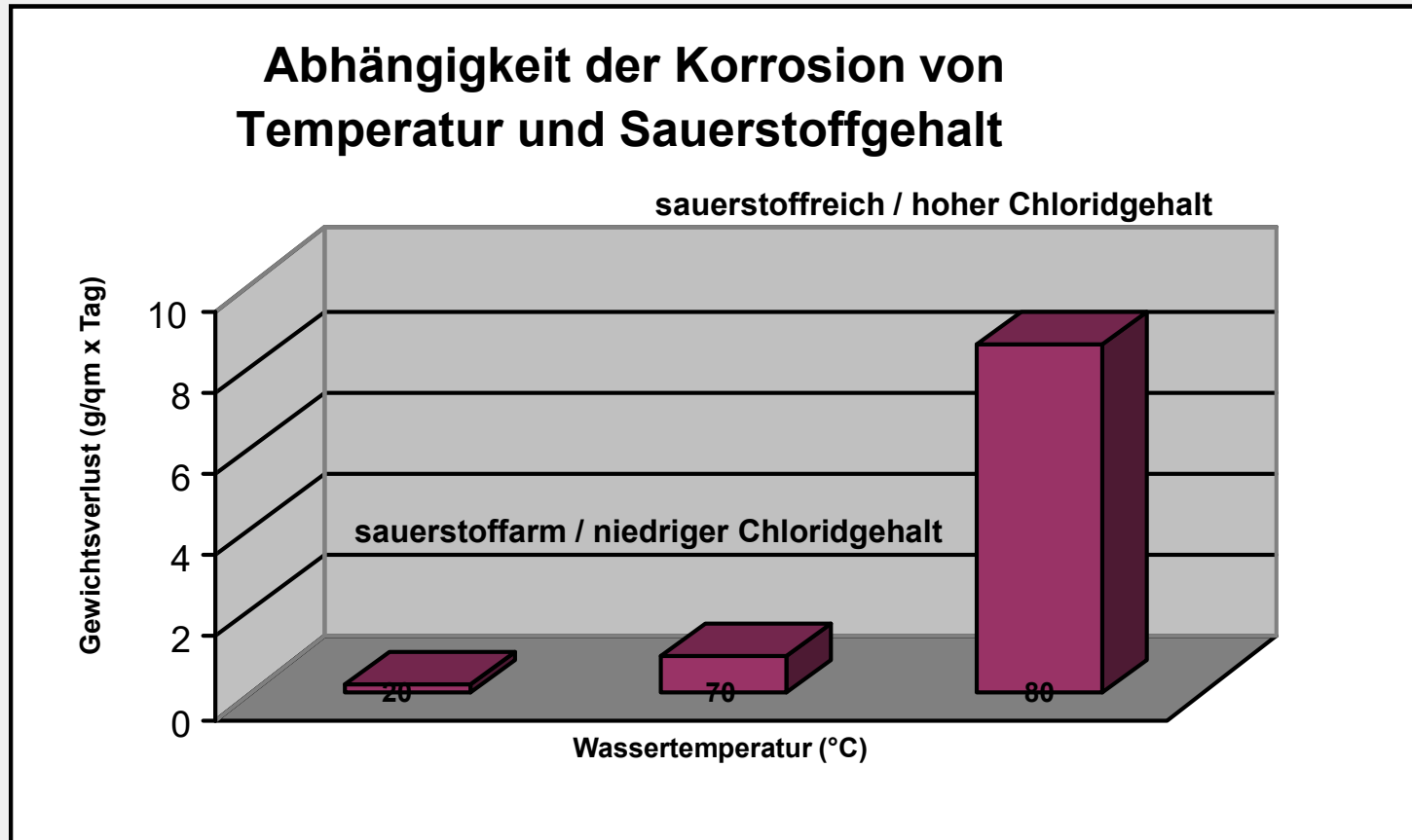
Hohe Korrosionsgeschwindigkeit  
bei Vorhandensein von  
freiem Sauerstoff  
und hohem Chloridanteil

## Chloridgehalt

Temperaturabhängiger Grenzwert 30-150 mg/dm<sup>3</sup>



## Sauerstoffgehalt ( $O_2$ ) und Korrosion



## Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

- Erhöhung der Korrosionsgeschwindigkeit
- Aufkonzentration durch Verdunstung

**Aber:**

- Mindestwert zur Bildung einer Schutzschicht

**Optimales Wasser u.a. für Temperiergeräte:  
Leitfähigkeit = 2.000 – 2.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$**

## Richtwerte für die Wasserqualität in Temperier- und Kühlkreisläufen (Auszug und in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3803)

		Temperiergeräte / Temperiermaschinen			Kühlkreisläufe	
		Oberflächenwand- oder Wassertemperaturen <sup>9)</sup>			Offen  T<60°C	(halb <sup>8)</sup> - geschlossen <sup>8)</sup> T<95°C
		T<100°C	100°C<T<140°C	140°C<T<220°C		
Einheit	max. <sup>1)</sup>	max. <sup>1)</sup>	max. <sup>1)</sup>	max. <sup>1, 4)</sup>	max. <sup>1)</sup>	
pH-Wert	-	7,0 – 9,5	7,0 – 9,5	7,0 – 9,0	8,3 – 9,0	8,5 – 9,5
Leitfähigkeit	µS/cm	2000	2000	2000	2200	2000
Gesamthärte	mol/m <sup>3</sup>	2	0,2	0,2	0,9 - 6,2	(2) 0,9
	°dH	12	1	1	5,0 - 35	(12) 5
Säurekapazität KS4,3 <sup>6)</sup>	mmol/l	6	6	8	7,5	4
Karbonathärte	°d	34	34	45	21	23
Chloride	mg/l	80	50	30	150	(80) 50
Eisen Fe <sup>2, 3)</sup>	mg/l	1	1	1	1	1
Kupfer Cu <sup>2, 3)</sup>	mg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>5)</sup>	mg/l	100	70	50	325	100
Gesamtkeimzahl <sup>7)</sup>	KBE/ml	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Feststoffe	mg/l	frei	frei	frei	frei	frei

## Erhöhung der Prozesssicherheit durch Einhaltung der temperaturabhängigen Grenzwerte

Die wichtigsten Parameter:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| • <b>pH-Wert</b>          | <b>8,5 - 9,5</b>                           |
| • <b>Gesamthärte</b>      | <b>0,2 - 2 mol/m<sup>3</sup> (5,6° dH)</b> |
| • <b>Sauerstoffgehalt</b> | <b>0 - 1 mg/dm<sup>3</sup></b>             |
| • <b>Chloride</b>         | <b>30 - 150 mg/dm<sup>3</sup></b>          |
| • <b>Leitfähigkeit</b>    | <b>2.000 – 2.200 µS/cm</b>                 |



## Folgeschäden

Alte Korrosionsprodukte und abgelöste Kalkablagerungen sowie abgestorbene Biologie (Algen) sorgen durch den Wasserumlauf für weitere Störungen in dem sie sich an Bauteilen wie Ventile, Pumpen, Heizungen, Kapillare, etc. neu ablagern.



## Fazit

Im hochwertigen Kunststoffverarbeitungsprozess bedeutet das Tolerieren von ungewollten und störenden Ablagerungen den Verlust der Produktivität und der Wettbewerbsfähigkeit.

## Reinigung von Kühlkanälen



- ✓ Reinigung mit geeigneten Chemikalien.
  - ✓ Unterstützung durch Druckluftimpulse.
  - ✓ Durchflussmessung.
  - ✓ pH-Wert Überwachung.
  - ✓ Neutralisierung.
- 
- ✓ Wiederherstellen der Wärmeaustauschfläche.
  - Reduzierung der Produktionszeiten.
  - Verbessern der Formteilqualität.

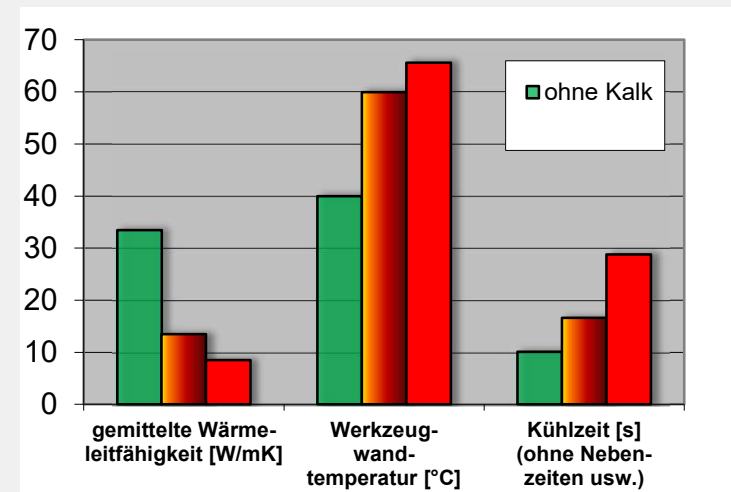
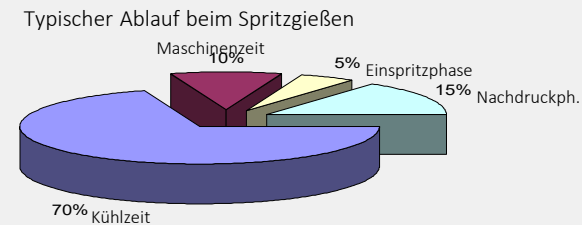
## Grundlagen für die Reinigung

Bei einem Kesselsteinbelag von nur 1,0 mm erhöht sich die Kühlzeit um ca. 63%.

Bei einem Anteil von 70% an der Gesamtzykluszeit verlängert sich der komplette Zyklus damit um ca. 30%.

### Ziel einer Reinigung:

Die Kühlkanäle halten ihren ursprünglichen Einfluss in Wärmeübergang, Zykluszeit und Durchflussmenge bei.





## Ablauf der chemischen Reinigung

- Anschließen des Reinigungsgerätes.
- Aufheizen der Reinigungslösung auf ca. 50°C.
- Absenken des pH – Wertes .
- Die Reinigungszeit richtet sich nach dem Verschmutzungsgrad.
- Neutralisation der Reinigungslösung
- Verschließen der Temperierkanäle.
- ggf. Konservierung für die Einlagerung.
- Die Durchflussmenge kann den Wert über den Reinigungserfolg angeben.

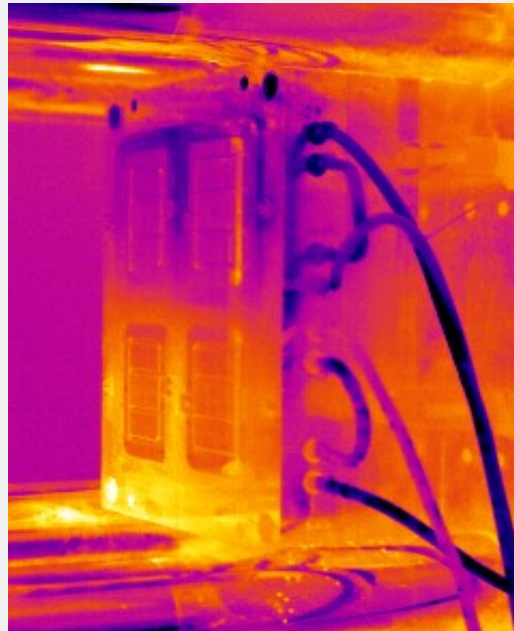


## Praxiserfahrungen bei verschmutzten Werkzeugen Infrarotaufnahme eines Spritzgusswerkzeuges

Neues Werkzeug  
530 Teile / h



Verschmutztes Werkzeug  
390 Teile / h



Quelle: GTT Willi Steinko GmbH, Nassau

Rückgang der stündlich produzierten  
Stückzahl um ca. 26%.

Bei einer Stückzahl von 1.000.000 und einem  
Maschinenstundensatz von EUR 30,- ergeben  
sich Mehrkosten von EUR 20.100,- zzgl.  
verlorener Produktionszeit.

## Praxisergebnisse aus unserer Servicewerkstatt

### Werkzeug für Spulenkörper

- Reinigung von 6 Kreisläufen
- Reinigungserfolg nach ca. 7 Std.  
Reinigung beträgt je nach Kreis
- zwischen 4 und 30 %.

### Etagenwerkzeug für technische Formteile

- Reinigung von 12 Kühlkreisläufen
- Reinigungserfolg nach ca. 12 Std.
- Reinigung beträgt je nach Kreis
- zwischen 50 und 400%

## Einsparpotential durch Optimierung

Formteil mit Wandstärke	2 mm
Material	PP
Werkzeugwandtemperatur	40°C
Vorlauftemperatur	15°C
Kühlzeit (theoretisch)	10,14 s

	gemittelte Wärme- leitfähigkeit [W/mK]	Werkzeug- wand- temperatur [°C]	Kühlzeit [s] (ohne Neben- zeiten usw.)
ohne Kalk	33,5	39,97	10,14
mit Kalk 1 mm	13,5	59,93	16,60
mit Kalk 2 mm	8,5	65,63	28,80



## Einsparpotential durch Optimierung

Produktion im 3- Schichtbetrieb

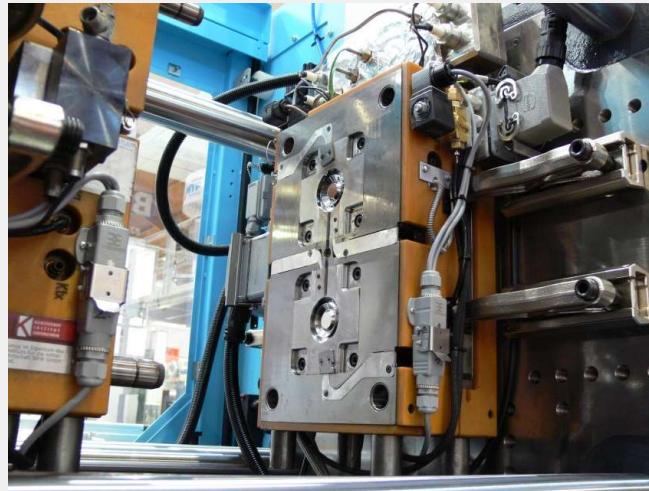
Soll - Jahresproduktion:

Maschinenstundensatz:

7.800 h/a

1.800.000 Teile/a

EUR 25,-/h



### Neuwerkzeug

Zykluszeit (Kühlzeit 10,14 s + Nebenzeiten 5 s):

Mögliche Jahresproduktion:

15,14 s

1.854.000 Teile/a

## Einsparpotential durch Optimierung

### Spritzgießwerkzeug verschmutzt (1 mm Kalkablagerungen)

Zykluszeit (Kühlzeit 16,6 s + Nebenzeiten 5 s):

21, 60 s

Mögliche Jahresproduktion:

1.300.000 Teile/a

Sollteile:

1.800.000 Teile/a

*Nur möglich mit einer zweiten SG – Maschine und zusätzlichem Werkzeug.*

### Zur Realisierung der geforderten Jahresproduktion:

SG – Maschine 1 (verschmutzt, Zyklus 21.6sec)

7800 h/a

SG – Maschine 2 (neu, Zyklus 15,14sec.)

2103 h/a

Mehrkosten durch Verschmutzungen (min.)

EUR 52.575,-/a

(exkl. Kosten für das zusätzliche SG – Werkzeug)

## Berechnungsbeispiel – Grundlagen:

**Formteil:**

**Teilegewicht:**

**Anzahl der Kavitäten im Werkzeug:**

**Max. Wanddicke des Spritzteils:**

**Werkzeugwandtemperatur:**

**Entformungstemperatur:**

**Gehäuse aus ABS**

**150 g**

**2 Stk.**

**2,5 mm**

**60 °C**

**90 °C**

**1 Temperiergerät mit 4-fach-Verteiler**

**4 Temperierkanäle Ø 8mm im Werkzeug**

**Abstand Temperierkanal - Werkzeugwand:**

**Durchflussmenge pro Kanal:**

**Nebenzeiten bei Ermittlung der Zykluszeit:**

**20 mm**

**10 l/min bei Neuwerkzeug**

**10 sec.**

**Wärmeleitfähigkeiten:**

$\lambda_{\text{Stahl}} = 30 \text{ W / m} \cdot \text{K}$

$\lambda_{\text{oxidierter Stahl}} = 3 \text{ W / m} \cdot \text{K}$

$\lambda_{\text{Kesselstein}} = 1 \text{ W / m} \cdot \text{K}$

## Erhöhung der Stückkosten durch Werkzeugverschmutzung (1mm Kalk)

Verschmutzung: Mögliche Auswirkungen	längere Kühlzeit, gleiche Qualität		gleiche Kühlzeit, schlechtere Qualität		längere Kühlzeit, schlechtere Qualität	
	sauber	verschmutzt	sauber	verschmutzt	sauber	verschmutzt
Gehäuseteil, ABS 150 g						
Kühlzeit	12,5	19,5	12,5	12,5	12,5	19,5
Zykluszeit	22,5	29,5	22,5	22,5	22,5	29,5
Fachzahl	2	2	2	2	2	2
Materialanteil pro Artikel	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26
Maschinenstundensatz	€/h 30,68	€/h 30,68	€/h 30,68	€/h 30,68	€/h 30,68	€/h 30,68
Betriebs- und Wartungsaufwand	€/a 40.903	€/a 51.129	€/a 40.903	€/a 51.129	€/a 40.903	€/a 51.129
Geplante Stückzahl p.a.	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000
Ausschuss	75.000	75.000	75.000	300.000	75.000	300.000
Zu fertigende Gesamtstückzahl	1.575.000	1.575.000	1.575.000	1.800.000	1.575.000	1.800.000
Benötigte Produktionsstunden	4922	6455	4922	5625	4922	7377
<b>Teilekosten (ohne Investitionen)</b>						
Materialkosten pro Gutteil	€ 0,268	€ 0,268	€ 0,268	€ 0,307	€ 0,268	€ 0,307
Maschinenkosten	€ 0,101	€ 0,132	€ 0,101	€ 0,115	€ 0,101	€ 0,151
Betriebs- und Wartungsaufwand	€ 0,027	€ 0,034	€ 0,027	€ 0,034	€ 0,027	€ 0,034
<b>Gesamtkosten pro Teil</b>	<b>€ 0,396</b>	<b>€ 0,434</b>	<b>€ 0,396</b>	<b>€ 0,456</b>	<b>€ 0,396</b>	<b>€ 0,492</b>
<b>Mehrkosten pro Jahr</b>		<b>€ 57.520</b>		<b>€ 89.732</b>		<b>€ 143.417</b>



## Bilanz der Mehrkosten für einen Spritzgießbetrieb mit 20 Maschinen

### Mehrkosten aus Stückkosten

Konservative Schätzung:  $20 \times € 57.500 = € 1.150.000$

Realistische Schätzung:  $20 \times € 143.400 = € 2.868.000$

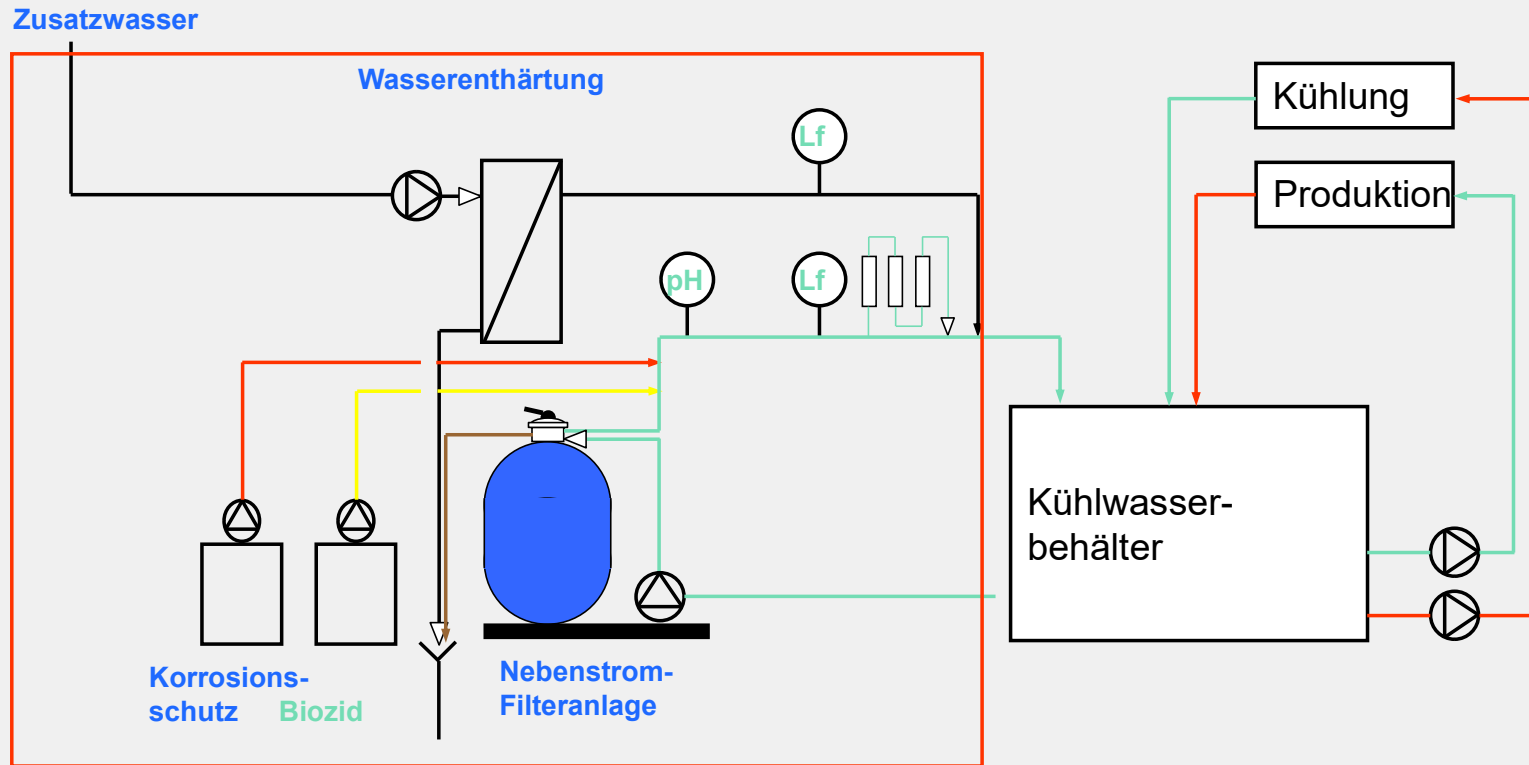
Mehrkosten aus Kühlung: € 90.000

Mehrkosten aus kalkulierbaren Risiken: € 230.000

**Jährliche Mehrkosten insgesamt, verursacht durch 1 mm dicke Verunreinigungen auf den Wärme übertragenden Flächen**

**ca. € 1.400.000 bis € 3.100.000**

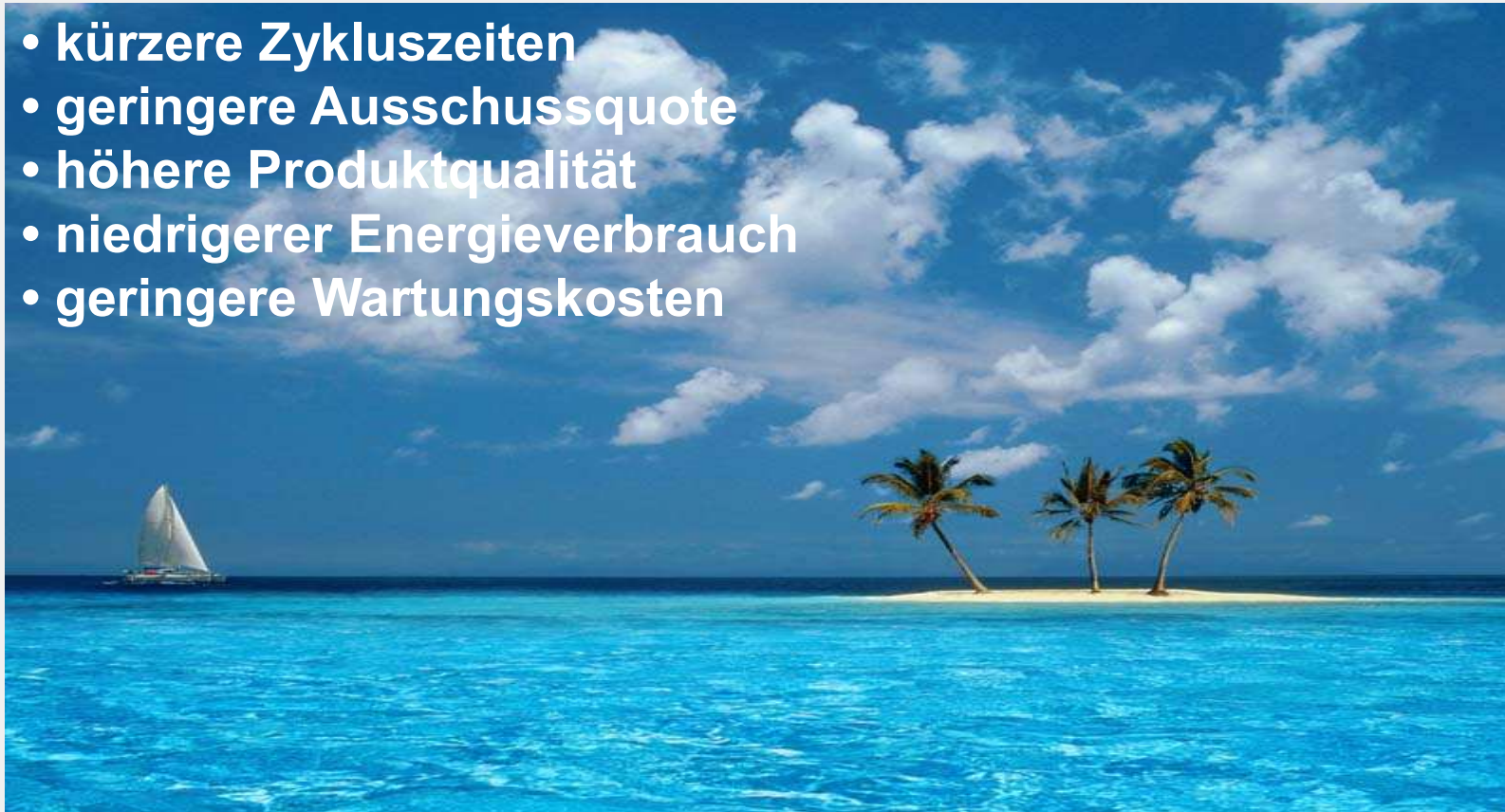
# Maßnahmen zur Optimierung der Wasserqualität



**Die Kühlwasser- und Wasseraufbereitungsanlage**

## Vorteile einer zentralen Wasseraufbereitung

- **kürzere Zykluszeiten**
- **geringere Ausschussquote**
- **höhere Produktqualität**
- **niedrigerer Energieverbrauch**
- **geringere Wartungskosten**





Vielen Dank!