

Heizungsfüll- und -ergänzungswasser



VEREIN DER VEREIDIGTEN SACHVERSTÄNDIGEN
DER SHK-HANDWERKE NIEDERSACHSEN e.V.

EXPERTEN FÜR SICHERE HAUSTECHNIK

VSHK-Symposium

Sarstedt, 26.05.2016

Dr.-Ing. Beate Heisterkamp

Materials Consulting, Witten

werkstoffberatung(at)dr-heisterkamp.de



Einführung

- Mit immer größerem Materialmix bei den in der Pumpenwarmwasserheizung verbauten Komponenten wird die Schnittmenge der Heizungswasserparameter immer kleiner die noch für alle verbauten Komponenten verträglich ist. Die immer wieder zitierte VDI 2035 gilt nicht als anerkannte Regel der Technik, da Hersteller von Heizungskomponenten ihre eigenen Vorgaben postulieren und die Vorgaben wenig praxistauglich sind.
- Juristisch liegt damit das Problem beim bauausführenden Handwerker. Er ist gemäß seines Werkvertrages für ein mangelfreies Gewerk verantwortlich.



Inhalt

- Schadensbeispiel
- Grundlagen
 - Regeln der Technik
 - Historie
 - Technisches
 - Konflikte
 - Empfehlungen
- Diskussion

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - Gefertigtes Material
- 10 % ausgefallen
 - Löcher an Gasblasen-Abscheideort
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- Aufbereitetes und behandeltes Wasser
 - Luft-Wasser-Spülung
 - Enthärtet 6 °dH, pH 8,2; nicht verschnitten
 - Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger
- Wartungsvertrag
 - pH
 - Härte
 - Additiv



Heizwasser in Deutschland



Regelwerke Heizwässer

- DIN EN 14868
 - Korrosion von Werkstoffen in geschlossenen Kreisläufen
 - Korrosionstechnisch geschlossen: Fall 1 (Regelfall in Deutschland)
 - Korrosionstechnisch offen: Fall 2 (Ausnahme, z.B. Schwerkraftheizungen)
- VDI 2035: Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizungsanlagen
 - Teil 1 Steinbildung → VOB-C relevant (DIN 18380 VOB-C 3.2.1)
 - Teil 2 Wasserseitige Korrosion
- AGFW FW 510
 - Contracting, >90 °C, Füll- und Ergänzungswasser >2-faches Anlagenvolumen
- DIN EN 14336
 - Spülen mit Verweis auf VDI 2035 für Deutschland



Allgemein anerkannte Regel der Technik?

- Eine Regel muss allgemein anerkannt sein, d.h.
 - Sie muss in der Branche allgemein benutzt werden.
 - Sie muss anerkannt sein.
- VDI 2035 wird nicht allgemein anerkannt, wenn Hersteller Sonderregeln vorgeben und weitere Parallelregeln existieren
 - In diesen Sonderpunkten ist sie nicht allgemein anerkannt
 - In den anderen Punkten ist sie allgemein anerkannt
- Entscheidend vor Gericht ist das Urteil des Richters
 - Gutachten des Sachverständigen

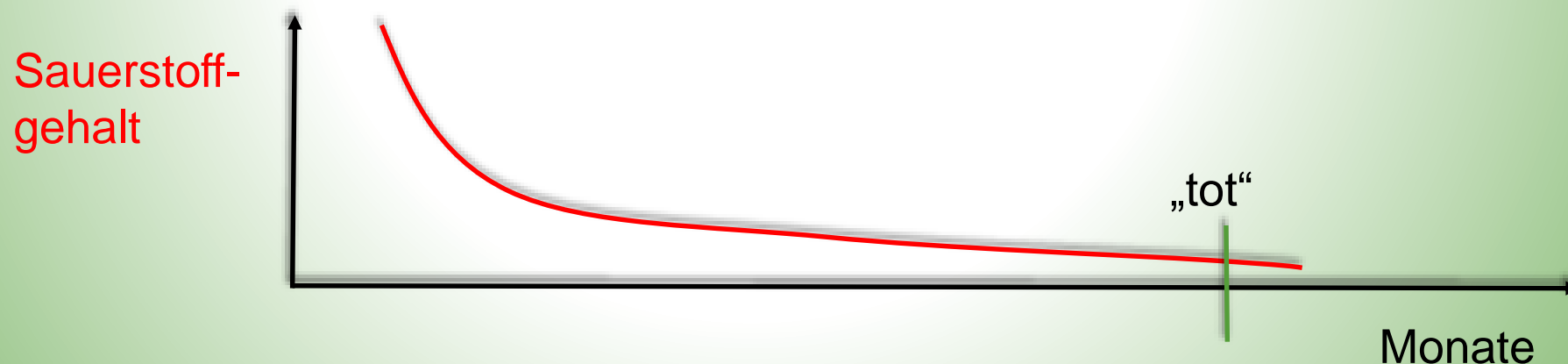


Sinn technischer Regeln

- Komponenten müssen mit den Bedingungen der Anlage klar kommen
 - Hersteller einigen sich auf gemeinsame Bedingungen
 - Ein Wasser für alle Komponenten.
 - Wer es nicht schafft, haftet im Rahmen seiner Gewährleistung
- Planer und Installateure müssen die Bedingungen sicher stellen
 - Bedingungen sind Grundlage für die Gewährleistung auf die Komponenten
 - Anders geht es auch, aber dann ohne Gewährleistung durch die Hersteller
- Besetzung der Ausschüsse mit allen interessierten Kreisen, um Anerkennung im Markt zu erzielen.

Prinzip für Heizwässer

- Korrosionsbeständigkeit lebt von Sauerstoff-Freiheit des Heizwassers
- Werkstoffe sind niedriglegiert und korrodieren in frischem Trinkwasser
- Anfangskorrosion in Heizwasser wird in Kauf genommen und kommt nach wenigen Monaten zum Stillstand



Totes Wasser – gutes Wasser



Bild: Pixabay [1]



Bild: Pixabay [2]



Bild: Pixabay [3]



Europa



Wartungsfrei

wenig robust

Historie Heizwasser in Europa

- 1960er: Deutschland entscheidet sich für geschlossene Anlagen
 - Sauerstofffrei
 - Niedriglegierte Werkstoffe
- Großbritannien hat traditionell offene Ausgleichsbehälter auf dem Gebäudedach
 - Eigentlich hoch legierte Werkstoffe erforderlich, aber...
 - Einsatz von niedriglegierten Werkstoffen
 - Begrenzung der Korrosion durch Additive
 - Schäden
 - Additivhersteller beherrschen den Markt
 - Vorschrift zur Neuanlagenreinigung
 - Extra-Konstruktionen für die Komponenten des UK-Markts



Europa in den 90ern

- EU stellt **Binnenmarktregeln** zur Warenverkehrsfreiheit auf
 - Jedes Produkt, das rechtmäßig in einem anderen Staat im Verkehr ist, darf in jedem anderen Markt verkauft werden.
 - Standards dürfen den Warenverkehr nicht ohne Grund behindern
- Komponenten aus D und Additive aus UK treffen aufeinander
 - Deutsche Komponenten sind nicht für Additive ausgelegt
 - Korrosionsprodukte, Schlamm
 - Säurereinigung
 - Magnetit
 - Wasserstoff
 - UK-Komponenten sind auf Additive ausgelegt, aber nicht wartungsfrei
- Normen und Standards sind nicht harmonisiert

Aktuelle Entwicklung in Deutschland

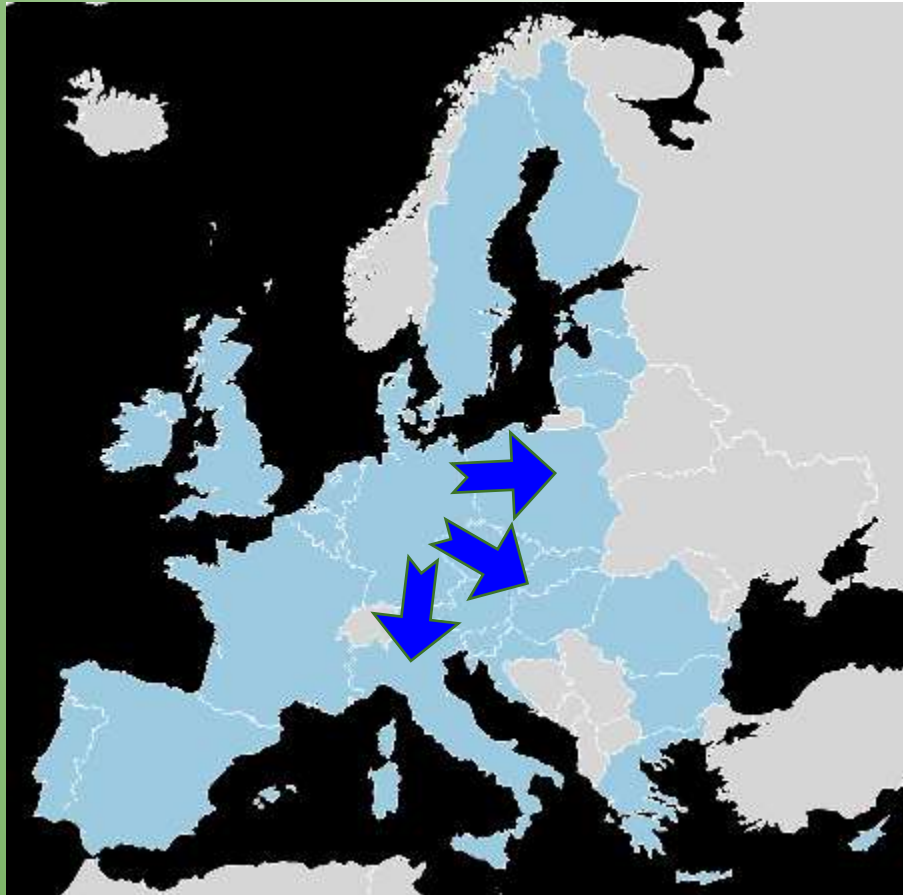


Bild: Pixabay [4]

- Korrosionstechnisch geschlossene Anlagen verbreiten sich in Europa
 - Hochwertige Anlagen
 - Trinkwasser als Heizwasser geeignet
- Vorteile
 - Energieeffizient
 - Wartungsfrei
 - Komfortabel, leise



Aktuelle Entwicklung in Großbritannien

- UK hat in Neuanlagen geschlossene Systeme → komfortabler
 - Vorschrift zum Reinigen bei Inbetriebnahme wenig beachtet
 - Selten Additiveinsatz in Neuanlagen
- Additivhersteller bewegen sich im Markt der Altanlagen
- EU-Binnenmarktregeln fördern Vertrieb in anderen EU-Mitgliedsstaaten
 - Seit 2005: EN 14336 für Heizwasser
 - BS EN 14336: Chemikalienspülung erlaubt
 - DIN EN 14336: Für die Inhaltsstoffe des Wasser gilt die VDI 2035 (Heizwasser, Druckprüfung oder Spülen)



Bild: Pixabay [4]



FRABO Urteil

- EUGH-Entscheidung, C-171/11
 - Auch private Zertifizierer wie der DVGW können ein Monopol darstellen
 - Produkt-Zertifikat ist ohne Prüfung zu erteilen bei bestehendem Zertifikat aus einem anderen Mitgliedsstaat (gegenseitige Anerkennung)
 - Handwerkermarke als Lösung
 - Markt regelt die Qualität der Produkte
 - Zertifikat nicht als Marktzugang erforderlich





Analyse eines Schadens

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - Gefertigtes Material
- 10 % ausgefallen
 - Löcher an Gasblasen-Abscheideort
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- Aufbereitetes und behandeltes Wasser
 - Luft-Wasser-Spülung
 - Enthärtet 6 °dH, pH 8,2; nicht verschnitten
 - Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger
- Wartungsvertrag
 - pH
 - Härte
 - Heizungsadditiv



Trinkwasser

Trinkwässer in Deutschland

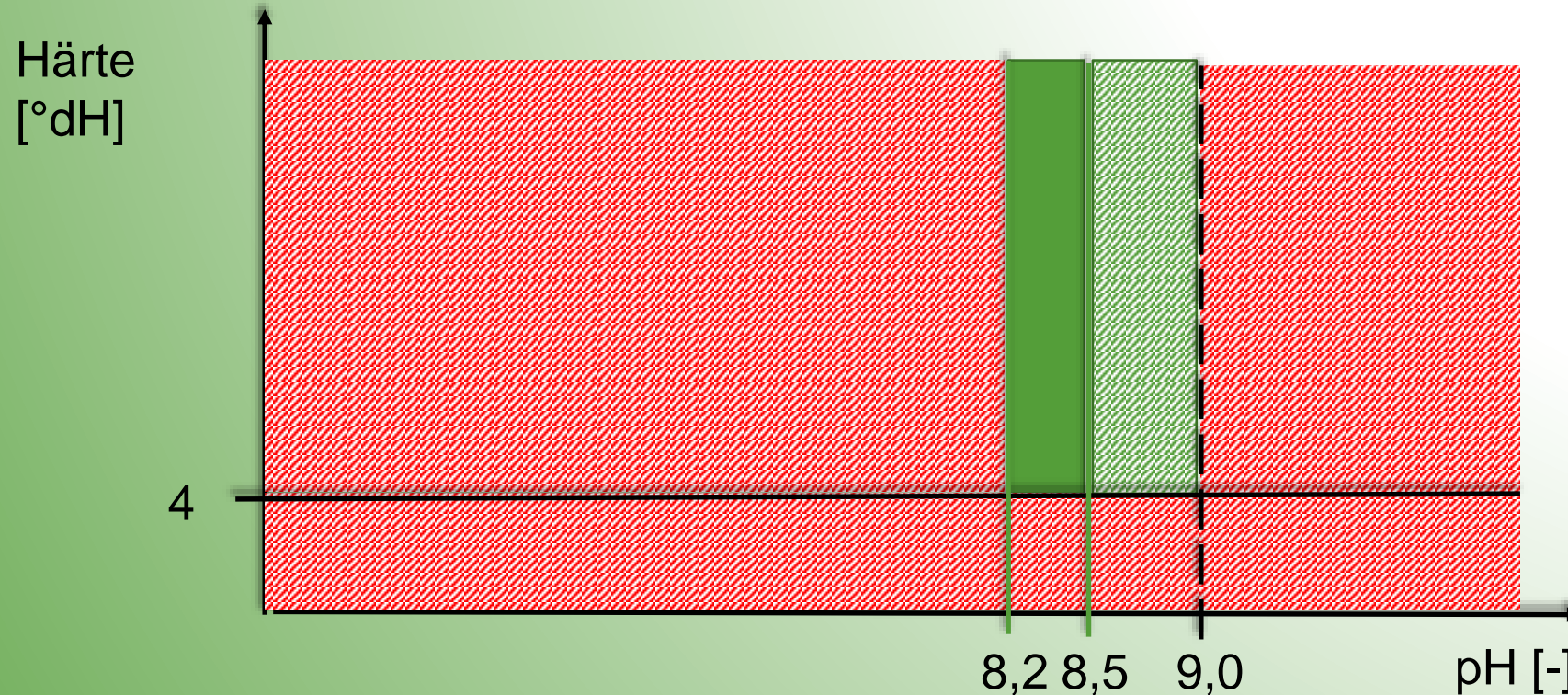
- Breite Vielfalt an Wässern mit unterschiedlicher Korrosivität
 - Ca. 80 % der Wässer ohne problematische Bestandteile
 - **Ca. 15 % unter Umständen problematisch**
 - Ca. 5 % geogen bedingt schwierig
 - Extreme Härte
 - Extreme Sulphat-Gehalte
 - Extreme Leitfähigkeit

Trinkwasseranalysen und Alu

Anlage	pH [-] Wasser- versorger	Mögliche Eigenal- kalisierung [pH]	pH in Anlage [-]	Härte Wasser- Versorger [°dH]	Aufbereitung notwendig nach Anlagenvolumen und Gerät nach Tabelle VDI 2035-T2 (pH) bzw. T1 / Hersteller (Härte)?	Aufbereitung notwendig nach weiterer Analyse?
1	7,7 – 8,4	Min. + 0,5	8,2 – 8,9	5,6 – 7,6	Nein	Nein
2	7,7 – 8,4	Min. + 0,5	8,2 – 8,9	5,6 – 7,6	Nein	Nein
3	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ggf. (Härte max. 13 °dH)	Nein (Ca/Mg)
4	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ja (Härte max. 9 °dH)	Ja (wegen l/kW)
5	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ja (Härte max. 5 °dH)	Ja (wegen l/kW)
6	7,5	Min. + 0,5	8,0	17,2 – 18,5	Ja (min. pH 8,2; Härte max. 4,5 °dH)	Härte ja (l/kW), pH nein

Alu: pH / Härte aus Technischen Regeln

- Voraussetzung: Korrosionstechnisch geschlossenes System





pH nach VDI 2035-2

- „pH = 8,2 bis 10,0“ (ohne Aluminiumlegierungen)
- „Eine pH Anhebung ist normalerweise nicht notwendig.“
- „Eine Alkalisierung“ (künstliche Einstellung) ... nicht notwendig, „da sich der pH innerhalb weniger Wochen in dem genannten Bereich einstellt.“
- Ausnahme: „Wenn Füllwasser deutlich unter pH 8,2“, dann
 - Kontrolle erforderlich, spätestens „im Rahmen der jährlichen Wartung“
 - Alkalisierung nur, wenn pH bei der Kontrolle immer noch unter pH 8,2



Eigenalkalisierung geschlossenes System

- Eigenalkalisierung bezeichnet einen signifikanten pH-Anstieg bei kalkhaltigem Trinkwasser
 - von alleine
 - innerhalb von 3 Monaten
 - bei Sauerstofffreiheit
 - Günstiger pH-Wert um 8,5
- Überschreitung des pH-Grenzwerts durch Eigenalkalisierung nur für Aluminium relevant
 - Erhöhte Schlamm Bildung als Korrosionsschaden entsprechend Definition in VDI 2035 T2, aber kein Korrosionsversagen durch Lochkorrosion oder Spannungsrisskorrosion



pH-Messung

pH-Messung

- pH in der Praxis nicht genau messbar
- Richtwerte VDI 2035 gelten für 25 °C
- Messdurchführung für Heizwasser von VDI 2035 nicht vorgegeben



Bild: Pixabay [5]

	pH-Streifen	Messelektrode	Labor
Messunsicherheit	Bis zu ca. +/- 0,3 pH	Ca. +/- 0,05	Ca. +/- 0,01 pH
Einfluss der Durchführung	Bis zu ca. +0,5 pH		

pH-Streifen

- Ungenau, benutzerabhängig
- Für Raumtemperatur → ungeeignet (aber hilfreich)

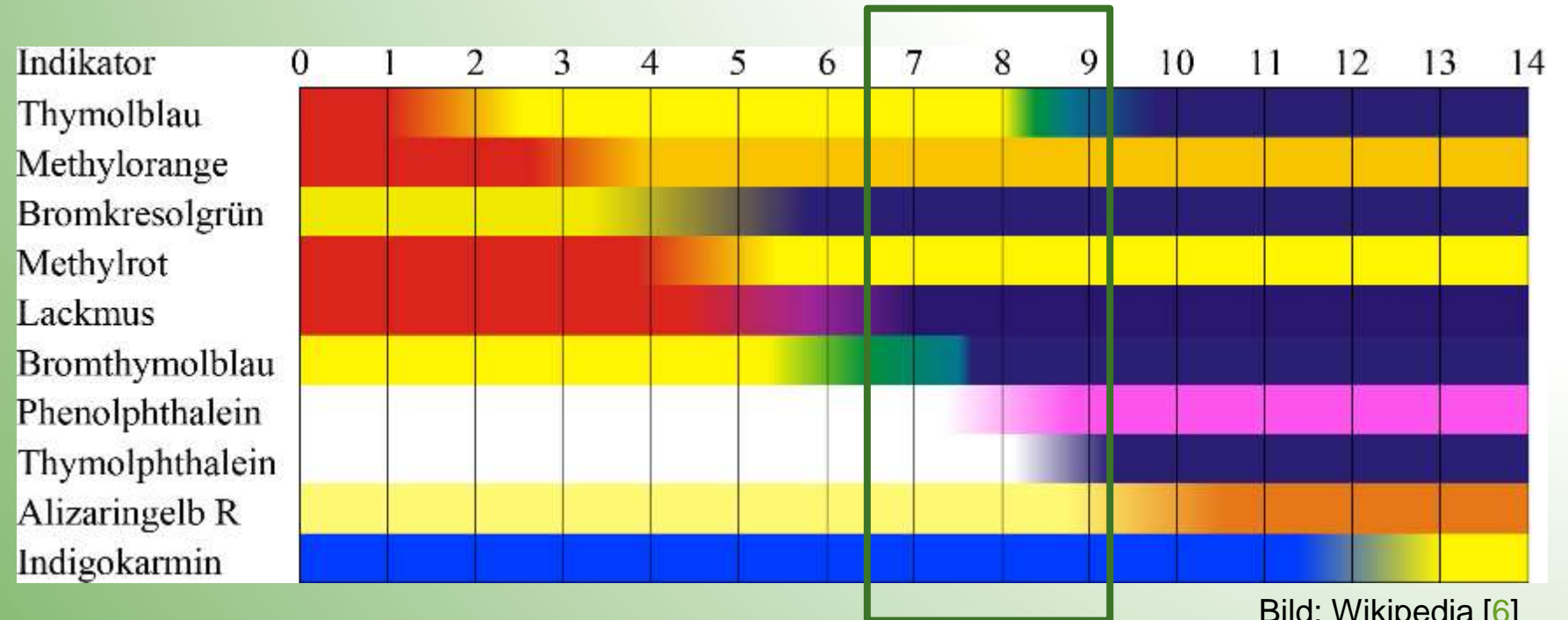


Bild: Wikipedia [6]

pH-Streifen für Aluminium

- Spezialpapier mit höherer Auflösung und eingengter pH-Skala notwendig



Bild: Wikipedia [7]



Spezialpapier pH 6,5 bis pH 10,0 (z.B. Merck)

pH-Messung mit Elektrode

- Temperatureinfluss auf pH
 - 25 °C → 65 °C entspricht minus 0,1 bis 0,2 pH
 - Elektrode kalibrieren vor jeder Messung auf jeweilige Betriebstempe insbesondere entsalzt / enthärtet
 - **Spezialelektrode notwendig bei > 60 °C**
- Kohlendioxideinfluss auf pH
 - CO₂ aus Luft verschiebt pH
 - Messung gültig nur im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht
 - Für Wasser > 10 °dH nicht gültig
 - Temperaturgleichgewicht
 - Druckgleichgewicht



Bild: Wikipedia [8]



Bild: Wikipedia [9]

Kohlendioxid-Aufnahme an Luft

- Kohlendioxidaufnahme / -abgabe in das Wasser innerhalb von Sekunden
 - Wasser **blasenfrei** entnehmen
- Effekt bei hoher Temperatur geringer als bei kalter Temperatur
 - pH im **heißen Wasser messen**
 - Kalibrierung der Messelektrode beachten

Schnell messen !



Bild: Pixabay [10]



Bild: Wikipedia [9]

pH-Messung



Bild: Pixabay [5]



Wasserhärte und Alu

Trinkwasseranalysen und Aluminium

Anlage	pH [-] Wasser- versorger	Mögliche Eigen- alkalisierung [pH]	pH in Anlage [-]	Härte Wasser- Versorger [°dH]	Aufbereitung notwendig nach Anlagenvolumen und Gerät nach Tabelle VDI 2035-T2 (pH) bzw. T1 / Hersteller (Härte)?	Aufbereitung notwendig nach weiterer Analyse?
1	7,7 – 8,4	Min. + 0,5	8,2 – 8,9	5,6 – 7,6	Nein	Nein
2	7,7 – 8,4	Min. + 0,5	8,2 – 8,9	5,6 – 7,6	Nein	Nein
3	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ggf. (Härte max. 13 °dH)	Nein (Ca/Mg)
4	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ja (Härte max. 9 °dH)	Ja (wegen I/kW)
5	7,7	Min. + 0,5	8,2	14 – 16	Ja (Härte max. 5 °dH]	Ja (wegen I/kW)
6	7,5	Min. + 0,5	8,0	17,2 – 18,5	Ja (min. pH 8,2; Härte max. 4,5 °dH)	Härte ja (I/kW), pH nein



Dezentrale Wasseraufbereitung

Warum dezentrale Aufbereitung?

- Grenzwert für Wasserhärte für den Wasserversorger
 - Früher max. ca. 20 °dH lt. TrinkwV
 - Heute kein Grenzwert vorgeschrieben, da hygienisch unbedenklich
- Korrosionsschutz (Phosphat) des Wasserversorgers entfällt
 - Chemikalienminimierungsgebot TrinkwV 2001
 - Grund: Trinkwasserleitung früher viel Guss, heute meist Kunststoff
- Aber: DIN 1988-200 begrenzt Wasserhärte auf 14 °dH
 - Regelt Trinkwasser in der Hausinstallation → dezentrale Aufbereitung
 - Brüchige, abplatzende Kalkbeläge beschleunigen Korrosion



Bild: Wikipedia [11]



Begriffe Aufbereitung / Behandlung

- Aufbereitung
 - Enthärtung
 - Entsalzung
- Behandlung
 - Behandlung mit Inhibitoren und Additiven



Spülwasser nach VDI 2035-2

- Spülen mit Füllwasser
 - „Die Anlage ist vor der Inbetriebnahme gründlich mit Füll- bzw. Ergänzungswasser zu spülen.“
- Schwierig für aufbereitetes Wasser
- In der Praxis für behandeltes Wasser nicht möglich

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - Gefertigtes Material
- 10 % ausgefallen
 - Löcher an Gasblasen-Abscheideort
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- **Aufbereitetes** und behandeltes **Wasser**
 - Luft-Wasser-Spülung
 - **Enthärtet 6 °dH, pH 8,2; nicht verschnitten**
 - Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger
- **Wartungsvertrag**
 - pH
 - Härte
 - Heizungsadditiv



Enthärtung

Ionenaustauscher zur Enthärtung

- Kationenaustauscher (-harze)
- Kalzium- zu Magnesiumverhältnis wird negativ beeinflusst
 - Korrosion möglich
 - Relevant für Ergänzungswasser
- Enthärtetes Wasser nicht unkontrolliert mit Trinkwasser verschneiden



Bild: Wikipedia [12]

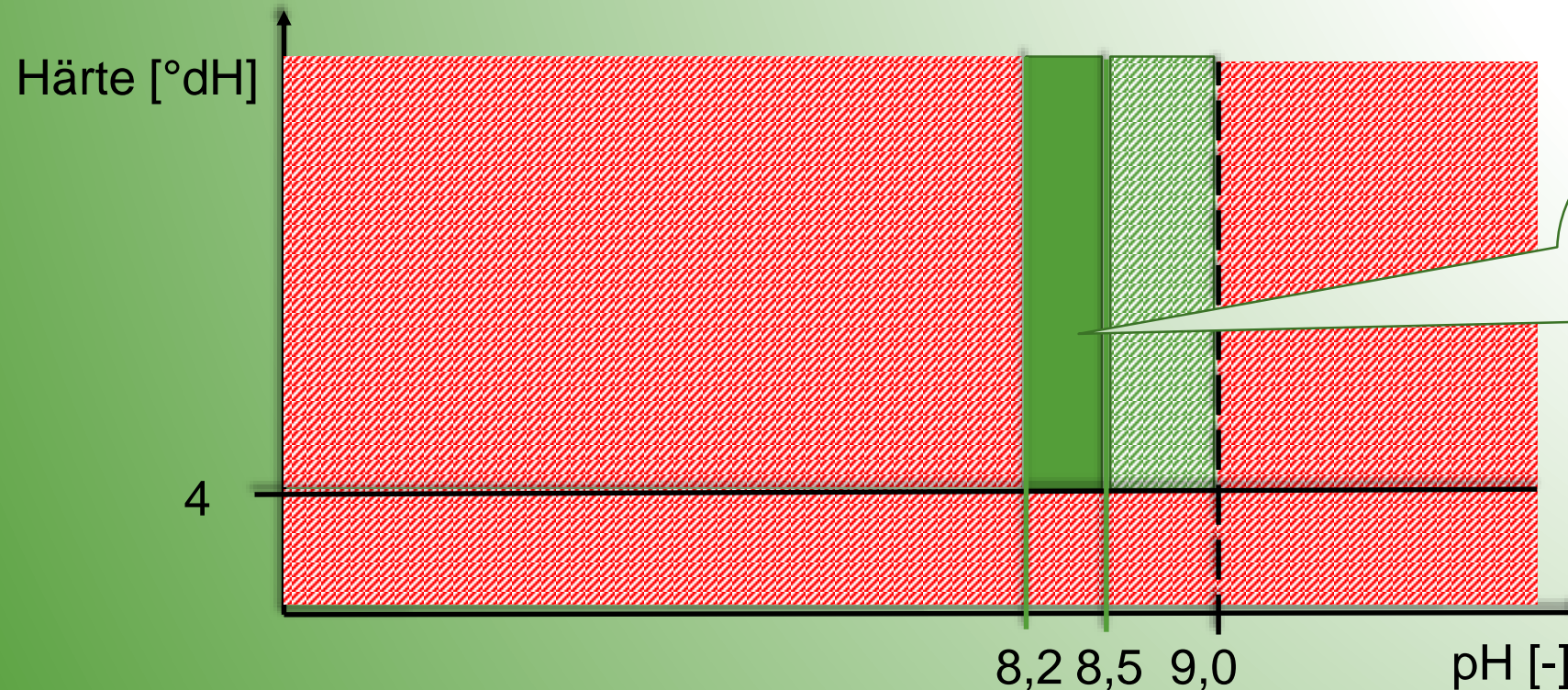
Gutwert: Ca / Mg ca. 10

Anfangskorrosion in enthärtetem Wasser

- Nicht-korrosives Trinkwasser wird durch Enthärten oft korrosiver
 - Gilt für typische Metalle im Heizwasser im korrosionstechnisch offenen (Anfangs-) System
 - Grund: Schützende homogene Kalkschicht kann sich nicht aufbauen; korrosive Stoffe verbleiben im enthärteten Wasser
 - Insbesondere Sulfat, Nitrat, Chlorid, Phosphat, Magnesium, Ammonium, Silizium beachten
- Komponenten müssen nach VDI 2035 mit der Erstkorrosion klar kommen („tolerierbare Fracht“)
 - Klärung der Gewährleistung schwierig für korrosionstechnisch geschlossenes System bei Schaden kurz nach Inbetriebnahme

Wasserhärte für Wärmeerzeuger

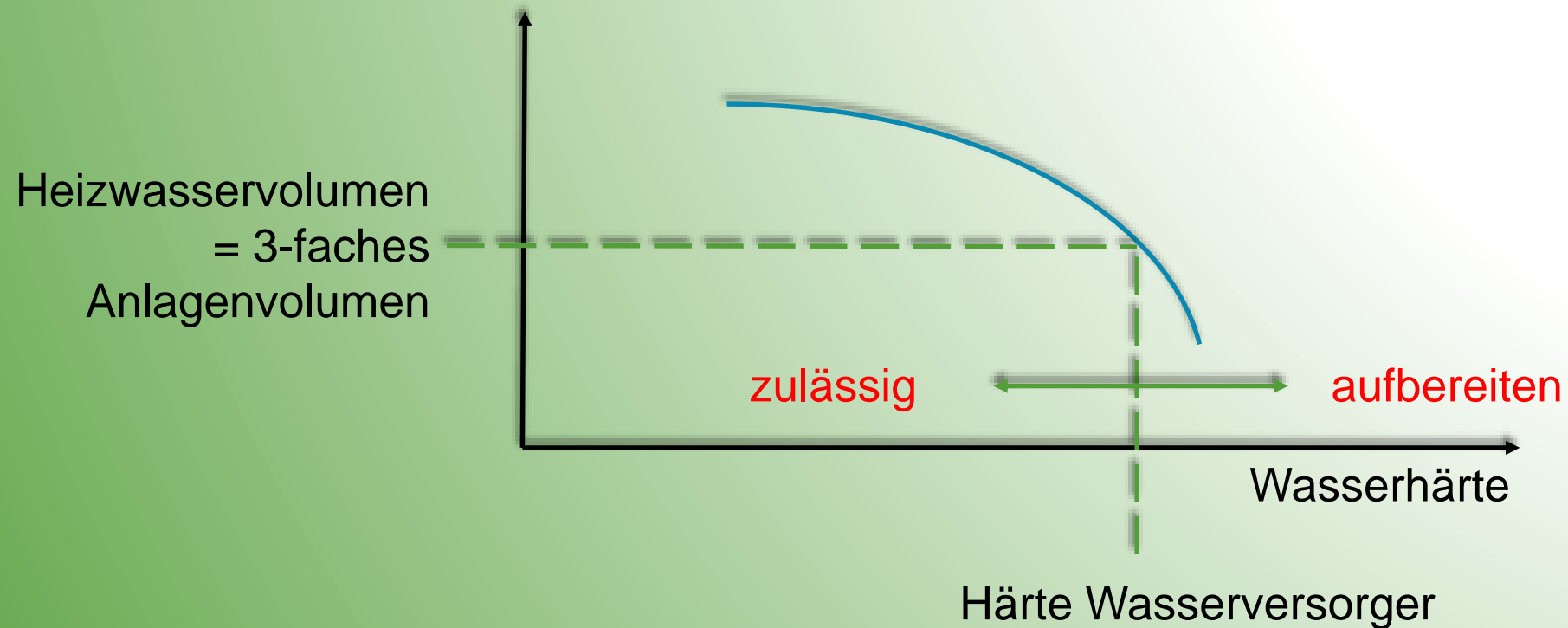
- Zulässige Wasserhärte abhängig von Heizleistung und Wasservolumen (nach VDI 2035-1)



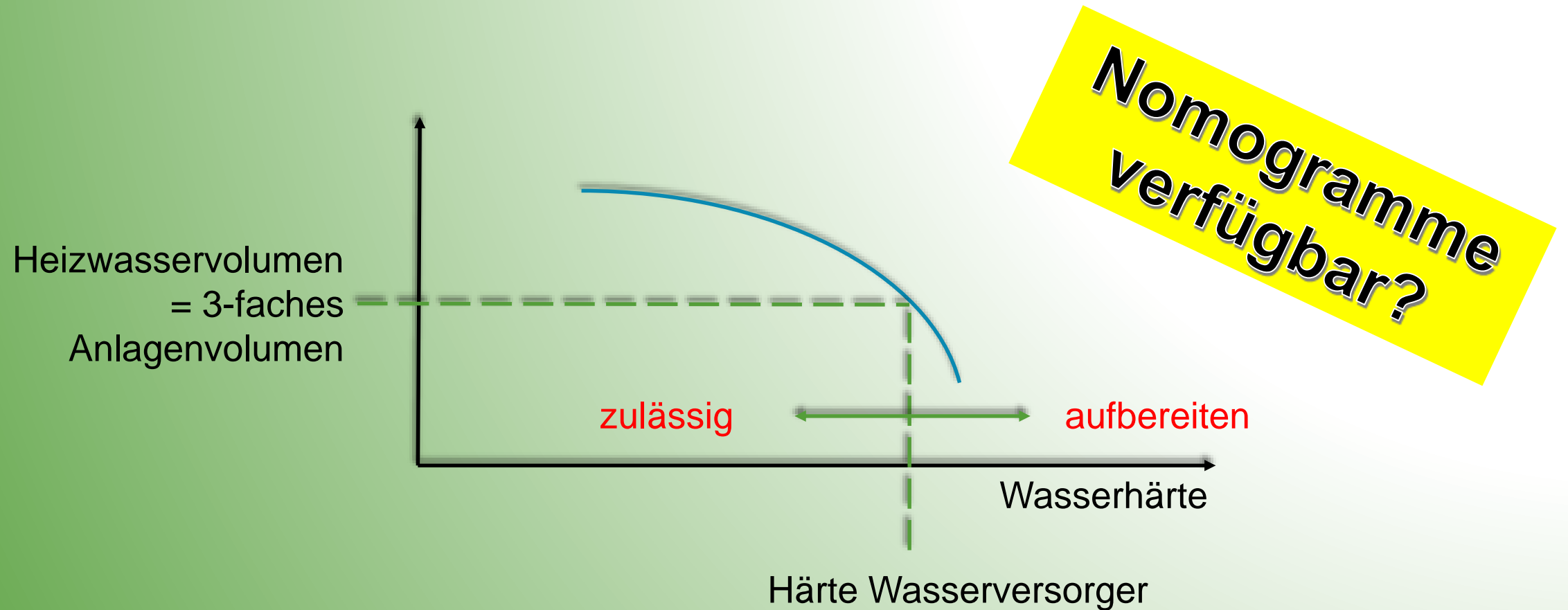
Härte abhängig von
Lebensdauer-
Heizwasservolumen
(= 3-faches
Anlagenvolumen)

Nomogramme für Wasserhärte

- Auswahl der Wasseraufbereitung durch gerätespezifische Nomogramme



Nomogramme für Wasserhärte





3-faches Anlagen-Lebenszeit-Volumen

- 2 Anlagenkategorien für das Füll- und Ergänzungswasser
 - **Entweder** weit unter 3-fachem des Anlagenvolumens
 - Dichte Anlage
 - **Oder** weit über dem 3-fachen
 - durch Anlagenprobleme
- Die exakte Grenze hat für die Praxis eine geringe Bedeutung.
- Wasseruhr einbauen
 - Wichtig für Gewährleistung bei Problemanlagen
 - Bei automatischer Ergänzungswasserzufuhr

Enthärtetes Wasser und Leitfähigkeit

- Generell nicht gültige Aussage im Markt: „Enthärtung erhöht die Leitfähigkeit“
- Mögliche Gründe
 - Natürliche spezifische Wasserzusammensetzung
 - Korrosion an Metalloberflächen?
 - Harzreste?
 - Härtestabilisatoren?
 - Inhibitoren?

Bestimmung der gerätespezifischen Wasserhärte

- Lebensdauer-Heizwasservolumen im Wärmerezeuger ergibt sich aus Anlagenvolumen x 3
- Grenzwert VDI 2035-1: nicht mehr als 20 Liter pro kW-Heizleistung zulässig, ansonsten Wasser aufbereiten
 - Hintergrund: Mitgebrachte Kalkfracht im Wasser wird durch Aufbereitung reduziert
- Andere mögliche Ansätze
 - Wärme auf mehr Wasser verteilen? Hotspots vermeiden?



Lösung entsalztes Wasser?

Entsalztes Wasser und Leitfähigkeit

- Entsalzung reduziert die Leitfähigkeit
- „Entsalzt“ nach VDI 2035-1: max. **100 $\mu\text{S}/\text{cm}$**
- „vollentsalzt“ beim Wärmeerzeugerhersteller: **< 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$**
- VE-Wasser („vollentsalzt“) in (chemischen) Großanlagen:
 - Begriff aus der Fachliteratur
 - **max. 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$** in verschiedenen Qualitäten
 - Weniger korrosiv als enthärtetes Wasser
 - Entspricht aus Korrosionssicht „Deionat“, „Kondensat“

Entsalztes Wasser und Sauerstoff

- Sauerstoff im Wasser entscheidet über Korrosivität
- Mit Sauerstoff → Volledelstahlanlage in V4A
- Ohne Sauerstoff → Werkstoffe der Wärmeversorgungsanlagen
- Bei Problemanlagen durch Restsauerstoff → entsalzt + Phosphat



Bild: Wikipedia [\[13\]](#)



Entsalztes Wasser - Monitoring

- Messung in-line notwendig (im Rohr)
- Für Großanlagen üblich
- Condition Monitoring / Industrie 4.0 in Zukunft?
 - pH
 - richtet sich nach den Oberflächen
 - Fehlender Kalk verursacht sehr starke pH-Schwankungen
 - Sauerstoffmessung
 - Trübungsmessung / Leitfähigkeit
 - Ergänzungswassermenge

Werkstoffbeständigkeit in entsalztem Wasser

- Werkstoffbeständigkeit bei pH 8,1, 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0 $^{\circ}\text{dH}$, **sauerstofffrei**, CO_2 -frei, laminare Strömung $< 1,5 \text{ m/s}$, blasenfrei, Temperatur nicht permanent $> 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$:
 - Stahl, Grauguss, Edelstahl, Kupfer, Messing, Rotguss beständig
 - Aluminium unkritische Anfangskorrosion, bei pH $> 8,5$ Sättigungskorrosion
 - Zink unbeständig zwischen $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Kunststoff ggf. nicht einsetzbar, da Sauerstofftransporter
 - Erfahrung mit „diffusionsdichten Rohren“ nach Kunststoffnorm in anderen Branchen eher schlecht
 - Spezielle Elastomere („CIP-beständig“) im Kontakt zur Atmosphäre notwendig

Erfahrungen entsalztes Wasser

- Neuanlage: Leitfähigkeit < 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Altanlage: Leitfähigkeit ...? → Erfahrungen der Zuhörer?
- Extrem wichtig: Kein Sauerstoffeintritt → Fußbodenheizung?
- Wasser herstellbar über fest installierte Mischbettpatrone
 - Mischung aus Kationen- und Anionenaustauscher
 - Druckverlust → im Bypass installieren

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - Gefertigtes Material
- 10 % ausgefallen
 - Löcher an Gasblasen-Abscheideort
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- Aufbereitetes und behandeltes Wasser
 - Luft-Wasser-Spülung
 - Enthärtet 6 °dH, pH 8,2; nicht verschnitten
 - Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger
- Wartungsvertrag
 - pH
 - Härte
 - Heizungsadditiv



Aluminiumlegierungen

Alu-Legierung?

- Früher Heizkörper aus Reinaluminium
- Heute neue Legierungen AlSiMg
 - Einfacher verarbeitbar, korrosionsbeständiger
- Korrosionsmechanismen in Heizwasser
 - Interkristalline Korrosion bei ungeeigneter Fertigung
 - Erosionskorrosion
 - Bei Gasblasen und gleichzeitig weichem Wasser
 - Bei zu hoher Strömungsgeschwindigkeit
 - Schlammbildung bei hohem pH



Korrosion von Aluminium nach DIN EN 14868

- Im Fall 1: korrosionstechnisch geschlossenes System
 - Einsatz von Alu im Trinkwasser möglich
 - $\text{pH} < 8,5$ erforderlich
 - Wasserhärte schützt meist vor Korrosion
- Eigenalkalisierung beachten
- Ausnahme: In weichem Wasser Risiko von Erosionskorrosion an Stellen turbulenter Strömung / Gasblasen

Luft-Wasser-Spülung

- DIN EN 14336
 - Es soll gespült werden
- BTGA 3.002
 - Wasser oder
 - Luft-Wasser (stärker materialbeanspruchend)
 - Intermittierend Wasser - Luft
 - Schnell schließende (Kugel-) Ventile
 - Geringere Fließgeschwindigkeit als mit Wasser alleine
- DIN EN 14868
 - Risiko für Erosionskorrosion von Aluminium in weichem Wasser

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - **Gefertigtes Material**
- 10 % ausgefallen
 - **Löcher an Gasblasen-Abscheideort**
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- Aufbereitetes und behandeltes Wasser
 - Luft-Wasser-Spülung
 - **Enthärtet 6 °dH**, pH 8,2; nicht verschnitten
 - Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger
- Wartungsvertrag
 - pH
 - Härte
 - Heizungsadditiv



Wasserbehandlung mit Additiven



Begriff Additiv

- Additiv: Zusatz
 - Aus Sicht des Anwenders: Wasser mit Additiv Glykol
 - Sicht des Additivherstellers: Glykol mit Additiv Korrosionsschutz
- Meist ist das „Additiv im Additiv“ das Problem

Bsp. Additiv Glykol

- Glykol
 - Mindestens 20 Vol.-%
 - Glykole nicht mischen wegen „Additiv im Additiv“
- Korrosionsschutz im Glykol
 - Wird verbraucht
 - Alkalireserve beschreibt „Frische“
 - 20 mg/l gut
 - Wartung entsprechend Angaben Additivhersteller
 - Alkalireserve nachfüllen (nicht nur Glykol)



Bild: Wikipedia [\[14\]](#)

Additiv im Additiv

- Meist ist das „Additiv im Additiv“ das Problem
 - Chemikaliengesetze verbieten sehr gefährliche Stoffe
 - Kleine Konzentrationen von Komponenten nicht im Sicherheitsdatenblatt aufgeführt
 - Mischungen aus jeweils niedrig konzentrierten (gefährlichen) Einzelsubstanzen beachten
- Verdünnte Fertigmischungen können problematische Substanzen verschleiern → Sicherheitsdatenblätter für Konzentrate ansehen

Sicherheitsdatenblätter / REACH

- Deutsche Umsetzung in der GefStoffV
 - Minimierungsgebot für Chemikalien
 - Dokumentationspflicht, Aufbewahrungspflicht
 - Ggf. Substitutionspflicht (jährliche Überprüfung dokumentieren)
- Abwasserproblematik
- Sicherheitsdatenblätter gelten nur für die angegebene Anwendung
- Bei neuen Anwendungen außerhalb der Beschreibung im Sicherheitsdatenblatt muss der Anwender dies dem Additivhersteller melden



Bild: Pixabay [15]

Reinigungsmittel in EN 14336

- Anhang C.1 „Anleitung für eine bewährte Praxis beim Spülen und Reinigen der Anlage (informativ) – Allgemeines“
- „Chemische Reinigungsmittel sollten die Innenwandungen der Installation ... nicht beschädigen und keine Korrosion verursachen“
- Einsatz technisch möglich, aber nach VDI 2035 in Deutschland kein Regelfall
 - Begründung für jede Anlage einzeln dokumentieren.



Arten von Additiven zur Wasserbehandlung



Schutz (und / oder Schaden)?

- Wasserbehandlungsadditiv und Korrosionsschutz soll wirksam sein, ohne zu schaden
- Fragen an den Hersteller stellen
- Schriftliche Bestätigung anfordern

Korrosionsschutz durch Inhibitoren

- Anodisch wirksame Inhibitoren (z.B. Molybdat, Borat)
 - in ausreichender Dosierung schützend
 - **Unterdosiert korrosiv**
 - Wartung erforderlich
 - Nur in Ausnahmen nach VDI 2035-2 vorgesehen
 - Produkthaftung klären

Korrosionsschutz durch Alkalisierung

- Alkalisierung (z.B. Trinatriumphosphat, Natronlauge, Ammoniak)
 - Oft in entsalztem Wasser (Natronlauge) und in Glykol
 - pH-Reserve gegen mögliche Korrosion („Alkalireserve“)
 - Ammoniak kann Kupferlegierungen (Messing etc.) schädigen
 - Eigenalkalisierung ggf. zusätzlich berücksichtigen bei Einsatz von kalkhaltigem Trinkwasser (entsprechend jeweils gültigem Regelwerk)
 - Eigenalkalisierung wird manchmal durch „Additiv im Additiv“ chemisch kompensiert
 - Für Aluminium ist die Eigenalkalisierung bis ca. \leq pH 8,5 schützend; ab ca. $>$ pH 8,5 bildet sich Schlamm

Korrosionsschutz durch Filme

- Additivfilme auf den Innenoberflächen
 - Schutzfilm
 - Verarbeitung wichtig (gleichmäßige Verteilung notwendig, Pfropfenströmung beachten, keine Überdosierung, keine Unterdosierung, kein Schmutz, Einsatz nach Herstellervorgaben)
 - Mögliche Korrosion an Fehlstellen oder durch spätere Abtragung dünner Stellen durch die Strömung
 - Verklebungen drehender Teile möglich (ggf. Freigabe durch die Komponentenhersteller; keine automatischen Entlüfter einsetzbar)
 - Wartung erforderlich



Härtestabilisierung durch Additive

- Polymerfilm um Härtepartikel
- Keine Kalkabscheidung: Partikel schweben im Wasser
- Mit Heizungsfilter $< 1 \mu\text{m}$ kombiniert
- Nicht mit Polymerschuttfilm kombinieren, da Wasserhärte undefiniert
Polymermenge „verbraucht“ und eine gleichmäßige Auftragung des Schutzfilms nicht sichergestellt werden kann.

Schadensbeispiel

- Wärmeübertrager im Wärmeerzeuger
 - 6 Geräte ausgefallen
 - Aluminiumlegierung
 - Gefertigtes Material
- 10 % ausgefallen
 - Löcher an Gasblasen-Abscheideort
 - Nach 2 Monaten bis 4 Jahren
 - 2 Wasserversorger mit 8 Quellen
 - Residential und Building Service
- Aufbereitetes und **behandeltes Wasser**
 - Luft-Wasser-Spülung
 - Enthärtet 6 °dH, pH 8,2; nicht verschnitten
 - **Heizungsadditiv + Reiniger? + Schmutzfänger**
- **Wartungsvertrag**
 - pH
 - Härte
 - Heizungsadditiv

Heizungsvollschutz in VDI 2035-1

- Härtestabilisierung durch Additiv
- pH-Korrektur
- Nach VDI 2035-1
 - Einsatz möglich, aber nicht „bevorzugtes Verfahren“
 - Einsatz muss begründet sein; sonst Gewährleistungsverlust für die Komponenten möglich
 - „Es sind hinsichtlich Auswahl, Dosierung, Überwachung und Entsorgung der Zusatzstoffe und des konditionierten Wassers zusätzliche Maßnahmen erforderlich.“ → Was ist das?
- Additiv und Reaktionsprodukte dürfen keine Korrosionsschäden hervorrufen
 - Praktisches Vorgehen: Nachweis durch den Additivhersteller erwirken bzw. Überprüfung, ob alle Heizungsanlagenkomponenten eine Freigabe für das verwendete Additiv haben.



Mögliche Wässer nach VDI 2035-2 für Alu

- Trinkwasser einsetzbar
 - wenn pH und Härte OK (konkret für Alu: pH 8,2 bis 8,5 bzw. 9, Lebensdauerwasservolumen < 20 l/kW, Kombination mit unedlen Werkstoffen wie Stahl und Messing, ggf. Leitfähigkeit)
 - sonst aufbereiten
- Additive
 - Korrosionsschutz / Heizungsvollschutz: „soll auf Ausnahmen beschränkt sein Alle Wasserbehandlungsmaßnahmen sind ... (im Anlagenbuch) zu begründen“ ... „Eine Inhibierung des Heizwassers ist nur bei ständigem, durch andere Maßnahmen nicht vermeidbarem Sauerstoffeintrag notwendig.“
 - D.h. für Aluminium
 - Gewährleistung des Herstellers geht ohne Begründung nach VDI 2035-2 verloren

Ausnahmen für Additive nach VDI 2035-2

- Wasserbehandlung: „soll auf Ausnahmen beschränkt sein“
- Was ist eine Ausnahme nach VDI 2035-2?
 - „Wenn die Werte des Wasserversorgers nicht ausreichen?“
 - Nein, wenn eine Aufbereitung möglich ist, dann ist sie durchzuführen (ohne Additive)
 - Wenn trotzdem Schaden passiert → Gewährleistung des Herstellers für die Komponente bleibt erhalten
- Konflikt aus Sicht des Anwenders
 - Anlagenzuverlässigkeit, Ruf, Abwicklung ...
- Der Installateur haftet für die Mangelfreiheit zum Abnahmezeitpunkt

Ausweg Handwerkermarke für Additive?

- Art. 34 AEUV
 - Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
 - verbietet Handelshemmnisse in der EU (Warenverkehrsfreiheit)
 - Keine Marktzugangsbeschränkung durch Standards, die Monopolcharakter haben.
 - Der Markt regelt die Qualität.  (erfüllt durch Handwerkermarke)
- Aber: Gefahrstoffverordnung – GefStoffV (auf Basis EU-Recht) muss beachtet werden
 - Minimierungsgebot für Additive steht Additiveinsatz entgegen 



Biofouling

Biofouling / -korrosion: Hype oder echt?

- Biofouling möglich
 - Niedrige Wassertemperatur
 - Substratverfügbarkeit
 - Sehr hohe Sulfatgehalte im Wasser > ca. 200 mg/l; Additivzusatz
 - Ungeeignete Kunststoffe und Elastomere
 - abgelaufene oder stationäre Enthärtung / Entsalzung
- Prinzip zur Vermeidung und Beseitigung
 - Substrat entziehen
- Zunahme in der Diskussion im Markt
 - Biofouling echt? → **Erfahrungen bei Zuhörern**



Magnetit

Partikelgröße

- Magnetit aus „Totem Wasser“ (staubartig)
- kommerzielles Magnetit auf Magnet (partikelhaft)



Bild: Pixabay [2]



„Labor-Magnetit“ auf Magnet

Bild: Wikipedia [16]

Filterarten

- Abscheidevermögen (steigend)

Absetztasse

Abscheider

Heizungs-
feinstfilter



Grober Sand

Bild: Flickr [17]



„Labor-Magnetit“ auf Magnet

Bild: Wikipedia [16]



Bild: Pixabay [2]

Magnetitabscheider Pflicht?

- Keine Pflicht zum Einbau zur Erhaltung der Hersteller-Gewährleistungsansprüche
- Komponenten- und Pumpenhersteller beziehen sich auf die VDI 2035
 - Wasser muss klar sein
 - Magnetitabscheider nicht vorgeschrieben
- Schadet nicht und ist nützlich, aber seitens Normung und Regelwerke keine Pflicht

Heizungsfeinstfilter gegen Magnetit

- Bei Verdacht auf Anlagenprobleme durch Heizwasser
 - Wirksam gegen feinen magnetischen Magnetit
 - Papierfilterpatrone im Bypass
 - Maschenweite $< 1 \mu\text{m}$ für Magnetit erforderlich
 - Mobiles Gerät für Kofferraum
 - Leihgerät für 4 Wochen
 - Ggf. gestuftes Vorgehen mit vorgeschalteten Grobfiltern und Abscheidern bei weiteren „Schmutzarten“

Glykolreinigung und Magnetit

- Anlagenspülung
 - Ethylenglykol ist ein gutes Lösemittel für Magnetit
- Aber Widerspruch
 - Magnetit schützt Stahl vor Korrosion
 - Partielle Ablösung der Magnetitschicht stört Aluminium



Bild: Wikipedia [\[18\]](#)



Wasserstoff im Heizkörper

- Film unter:

<https://www.youtube.com/watch?v=zMjYnTGV9ks>

Mögliche Wasserstoffquellen

- Magnetitbildung
 - Saurer pH
 - Enthärtetes korrosives Wasser
 - Organische Säuren
 - Korrosionschutzinhibitoren in Glykol (OAT-Technologie, rosa)
 - Komponente in Additiven
 - Reiniger (Zitronensäure, Ameisensäure, Karbonsäure)
- Aluminiumkorrosion
- Zinkauflösung (galvanisch außenverzinkte Fittings mit „Sprühschatten“ innen)
- Biofouling



Bild: Pixabay [\[19\]](#)



Mischinstallation

Mischinstallation

- Unedle Metalle im Kontakt mit edlen Metallen können korrodieren (Kontaktkorrosion)
- Planungsempfehlung
 - Unedel mit unedel: Alu, Stahl, Grauguss, Messing (Ausname: Zink in Warmwasser)
 - Edel mit edel: Kupfer, Edelstahl, Rotguss
 - Niedrige Leitfähigkeit des Wassers ($< 150 \mu\text{S/cm}$) reduziert Inkompatibilitäten
- Kunststoffe sind sauerstoffdurchlässig
 - Sauerstoff verstärkt Kontaktkorrosionstendenzen
 - Anzeichen nach DIN EN 14868: Orangeleuchtender Geotitbelag zwischen Kunststoff und Magnetit
- Neue Werkstoffe müssen erst gelernt werden



Resümee Schadensfall

Diskussion Schadenshergang

- Problem: gerätespezifische, hohe Anforderungen an eine niedrige Wasserhärte
- Weiches Wasser stört aber den natürlichen Schutz auf Alu nach DIN EN 14868
- Löcher in Alu an Gasblasen-Abscheideort (Entlüfter defekt? Befüllungsvorschrift?)
- Luft-Wasserspülung schwächt natürliche Schutzschicht auf Alu
- Erosionskorrosion nach DIN EN 14868 in weichem Wasser (oder Konzentrationselement)
- Heizungsadditiv ohne Begründung entgegen VDI 2035 eingefüllt
 - Gewährleistungsübernahme des Additivherstellers nicht angefragt.
 - Additiv verklebt vielleicht Entlüfter? Funktion geprüft? Feinstfilter wirksam?
 - Ungleichmäßige Verteilung / Ablagerungen? - Korrosionselementbildung?
- Gefertigtes Material anspruchsvoll bei der Wärmebehandlung

Diskussion aus Sicht des Komponentenherstellers

- Mögliches Argument gegenüber dem Hersteller:
 - Härtevorgabe verursacht Korrosion nach DIN EN 14868
- Kein Widerspruch zwischen DIN EN 14868 und VDI 2035 ersichtlich
 - Die gerätespezifische, zu niedrige Härtevorgabe (entsprechend VDI 2035) hätte ohne Gasblasen nicht zur Erosionskorrosion nach DIN EN 14868 geführt.
- Begründung für den Einsatz des Additivs ist nicht dokumentiert
- Wärmeerzeugerhersteller lehnt Gewährleistung ab!
- Kulanz!

Diskussion aus Sicht des Installateurs

- Wärmeerzeugertyp hat hohe Anforderungen → anderen Typ einsetzen?
- Heizungsadditiv ohne Begründung entgegen VDI 2035-2 gewählt
 - Gewährleistung für die Komponenten geht verloren, da Begründung nicht dokumentiert
 - Additivhersteller wird die Verarbeitung des Heizungsadditivs bemängeln
 - Funktionsfähigkeit der Entlüftung hätte nach VDI 2035 sichergestellt sein müssen
- Luft-Wasserspülung wirkt bei Alu schwächend, aber nicht schadensverursachend
- Mangelfreiheit zum Abnahmezeitpunkt?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Lizenzquellen Bilder Common Creative

11. **Ossiacher_Tauern_Teich_10082008_41** unter [http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2F4%2F4a%2FOssiacher_Tauern_Teich_10082008_41.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2F1auern_\(Gemeinde_Ossiach\)&h=2592&w=3872&tbnid=6moNh1LPNv6C3M%3A&docid=7CXUeIMSQU7DM&ei=yGtEV8zILsmMgAb9mJCIBQ&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=2650&page=1&start=0&ndsp=16&ved=0ahUKEwjMzKCt_PLMAhVJBsAKHX0MBFEQMwgfKAeWAQ&noj=1&bih=585&biw=1366](http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2F4%2F4a%2FOssiacher_Tauern_Teich_10082008_41.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2F1auern_(Gemeinde_Ossiach)&h=2592&w=3872&tbnid=6moNh1LPNv6C3M%3A&docid=7CXUeIMSQU7DM&ei=yGtEV8zILsmMgAb9mJCIBQ&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=2650&page=1&start=0&ndsp=16&ved=0ahUKEwjMzKCt_PLMAhVJBsAKHX0MBFEQMwgfKAeWAQ&noj=1&bih=585&biw=1366)
12. **tree-725809** unter <https://pixabay.com/en/tree-bark-resin-nature-tribe-725809/>
13. **Piping01** unter http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fb%2Fb7%2FWine-making_equipement_at_Hanzell_Vineyards_B_-_Stierch.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fhr.wikipedia.org%2Fwiki%2FNehr%25C4%2591aju%25C4%2587i_%25C4%258Delik&h=2736&w=3648&tbnid=IIIOgYMNi4hIXM%3A&docid=cWuLXPxde-V8jM&ei=3vNBV8PWDKjDgAaKsq74CA&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=1508&page=9&start=173&ndsp=17&ved=0ahUKEWjDvYXboe7MAhWolcAKHQqZC484ZBAzCLUBKFkwWQ&noj=1&bih=585&biw=1366
14. **Refractometer** unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Refraktometer#/media/File:Refractometer.jpg>
15. **plate-sewer-1289382** unter <https://pixabay.com/en/plate-sewer-metal-cast-iron-humor-1289382/>
16. **800px-Iron_sand_attracted_to_a_magnet** unter http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2F1%2F1c%2FIron_sand_attracted_to_a_magnet.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FIronsand&h=1488&w=2265&tbnid=8UYk0aex-DyLGM%3A&docid=4qFdDRg9QCnmGM&ei=0Ij_V73hOOvRgAa/iIWICA&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=1699&page=4&start=60&ndsp=19&ved=0ahUKEwi9kqzsn-nMAhXrKMAKHtEAYEQMwiqAShFMEU&bih=585&biw=1366
17. **5573959573_9b4e9bd756_o** unter <https://www.flickr.com/photos/mattimattila/5573959573/in/photostream/>
18. **Intermediate_Bulk_Container_fcm** unter http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fa%2Fa9%2FIntermediate_Bulk_Container_fcm.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FIntermediate_Bulk_Container&h=1841&w=1758&tbnid=RIUYdUsY13VbPM%3A&docid=Ry5j7ymFzebBoM&ei=FRtDV6CCL6OQgAbDw6_wCw&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=579&page=1&start=0&ndsp=17&ved=0ahUKEWjg4KOgu_DMAhUjCMAKHcPhC74QMwgsKAqWCA&bih=585&biw=1366
19. **united-kingdom-1332946** unter http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fpixabay.com%2Fstatic%2Fuploads%2Fphoto%2F2016%2F03%2F10%2F21%2F38%2Ffrog-1249341_960_720.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fpixabay.com%2Fde%2Ffrosch-sessel-gem%25C3%25BCtlich-trinken-1249341%2F&h=638&w=960&tbnid=QET5NPky_Le99M%3A&docid=CzAFLy8fKiUK1M&itg=1&ei=srFBV7v5G4ffgAamhYylCQ&tbn=isch&iact=rc&uact=3&dur=641&page=1&start=0&ndsp=18&ved=0ahUKEwi7msXN4u3MAhWHL8AKHaYCA5EQMwqjKAMwAw&noj=1&bih=585&biw=1366