

Materialwahl für die Trinkwasserinstallation – „Anforderungen, Lösungen und Fallstricke“

Sachverständigenforum

Osnabrück, 07.12.2016

Dr.-Ing. Beate Heisterkamp

Materials Consulting, Witten

werkstoffberatung(at)dr-heisterkamp.de



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

EXPERTEN FÜR SICHERE HAUSTECHNIK



Munich Re Schadenspiegel 1/2012

- „Mehr als 60 % der Aufwendungen...“ in der Wohngebäudeversicherung „dienen der Begleichung von Leitungswasserschäden, die sich inzwischen auf mehr als 2 Mrd. € jährlich summieren. Dabei stieg die durchschnittliche Schadenhöhe kontinuierlich an und liegt derzeit bei 1 700 €.“
- „Die Gründe ... sind vielfältig. Jährlich kommen neue Rohrwerkstoffe und Verbindungstechniken auf den Markt, die sich nicht für ihren eigentlichen Einsatzzweck eignen.“
- „In vielen versicherten Gebäuden haben die Installationen zudem die Grenze ihrer theoretischen Lebensdauer erreicht.“

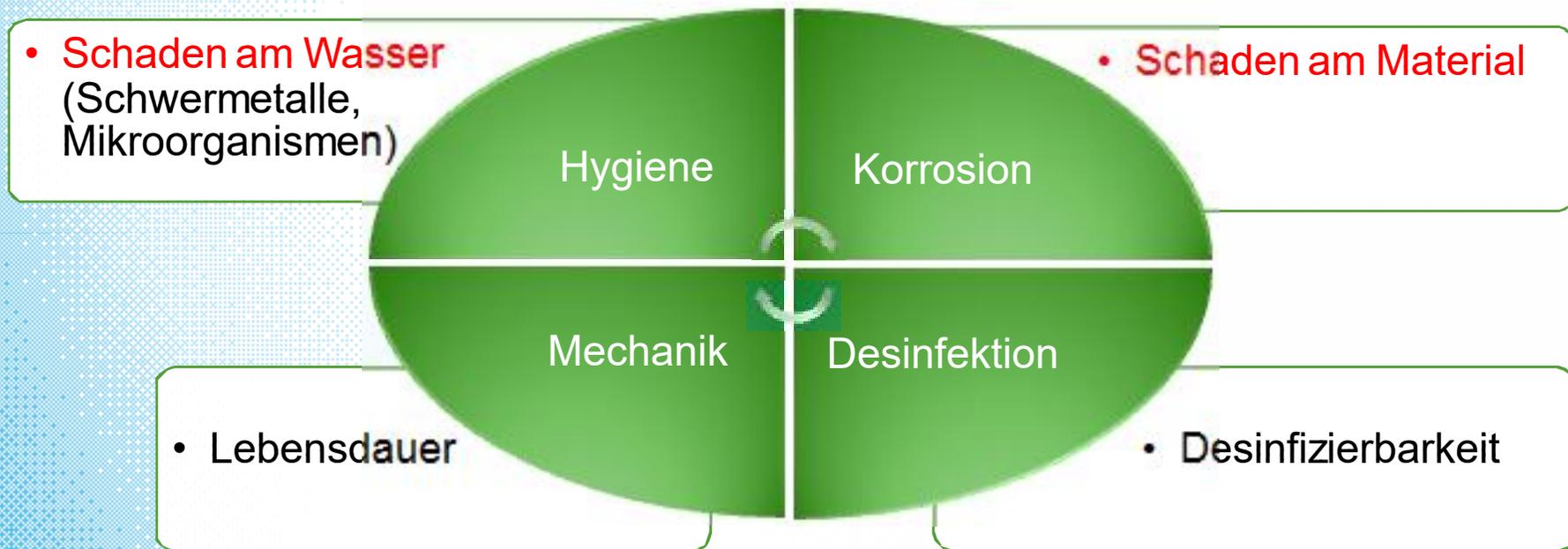
Quelle: Seite 34 in https://www.munichre.com/site/touch-publications/get/documents_E1857220432/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/Publications/302-07431_de.pdf

Trinkwasserinstallation



Grundsätze zur Materialwahl

Aspekte der Materialwahl

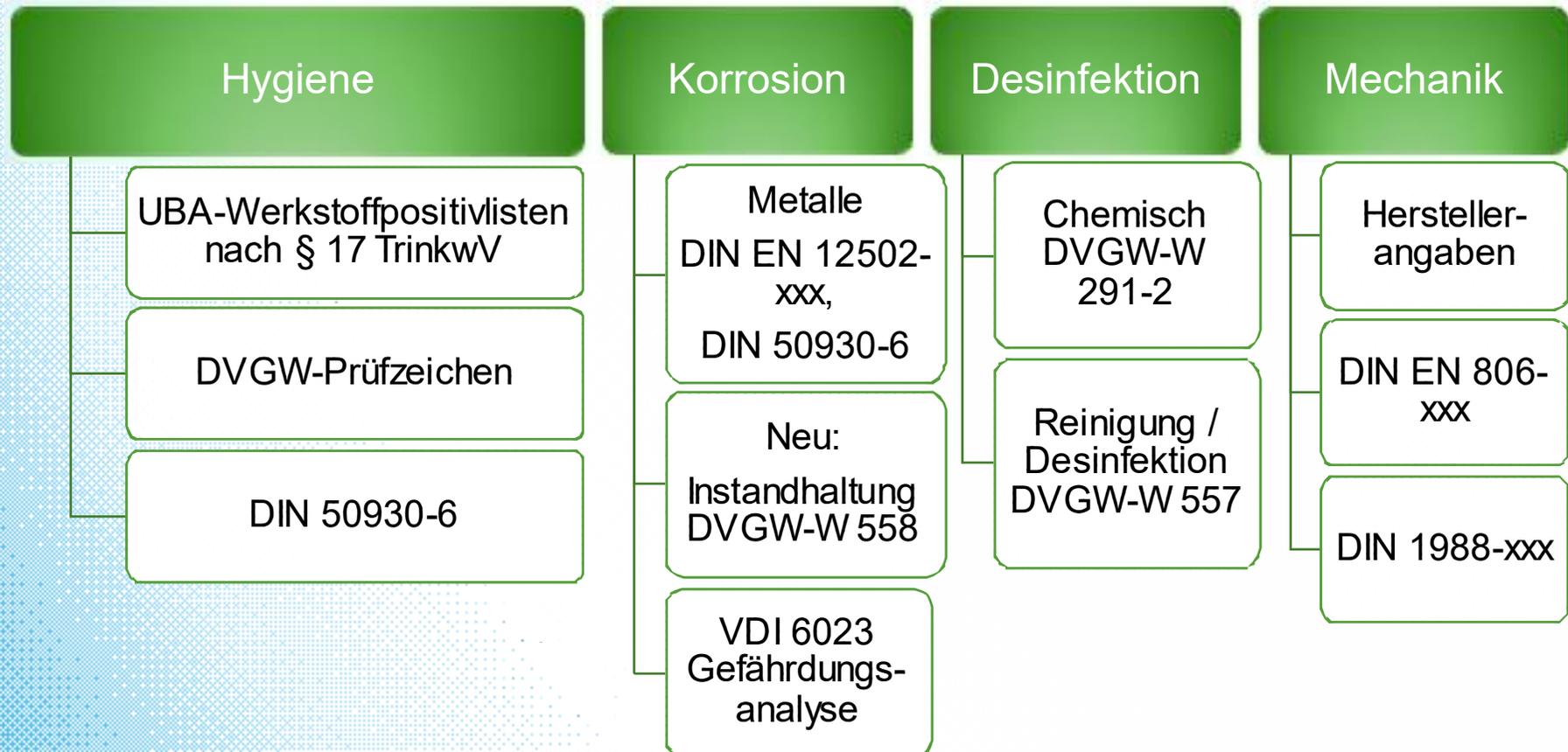


Trinkwasserinstallation



Vorschriften, Zulassungen, Normen

Wichtige Normen für Materialien in Trinkwasser





Trinkwasserordnung „TrinkwV 2001“

- § 6 Chemische Anforderungen
 - (1) **Gesundheitsschädigung verboten**
 - **Straftat**
- § 17 Anforderungen an Anlagen für die Gewinnung, Aufbereitung oder Verteilung von Trinkwasser
 - Ausführung nach „**allgemein anerkannten Regeln der Technik**“, **Werkstoffpositivlisten**
 - **Ordnungswidrigkeit**
 - (5) Vermutungswirkung durch **Zertifikat**



Alles einhalten? „Allgemein anerkannte Regel der Technik“

- Eine Regel muss allgemein anerkannt sein, d.h.
 - Sie muss in der Branche allgemein benutzt werden.
 - Sie muss anerkannt (angenommen) werden.
- Einsprüche notwendig, wenn das nicht geht
 - über Innung oder selbst
- Entscheidend vor Gericht ist das Urteil des Richters
 - Gutachten des Sachverständigen



Werkstoffpositivliste nach TrinkwV 2001 § 17

„§ 17 Anforderungen an Anlagen für die Gewinnung, Aufbereitung oder Verteilung von Trinkwasser

...

(3) Das Umweltbundesamt legt zur Konkretisierung der Anforderungen nach Absatz 2 Satz 1 Bewertungsgrundlagen fest. Die Bewertungsgrundlagen können insbesondere enthalten:

3. **Positivlisten von Werkstoffen und Materialien**, deren Prüfung ergeben hat, dass sie für den Kontakt mit Trinkwasser **hygienisch geeignet** sind, einschließlich **Beschränkungen für den Einsatz** dieser Werkstoffe und Materialien in bestimmten Produkten oder mit bestimmten Trinkwässern.“



Bedeutung der UBA-Werkstoffpositivliste bzw. eines DVGW-Zertifikats

- Beispiel einer Anfrage an den DVGW zum DVGW-Zertifikat eines PE-Xa-Rohres (peroxidvernetzt (nicht PE-Xb oder PE-Xc!)) bezüglich des Schadstoffs ETBE
- Antwort: „Bei Kunststoffrohren im Trinkwasserbereich ist ETBE zurzeit noch nicht hygienisch auffällig geworden. Dies hängt höchstwahrscheinlich damit zusammen, dass die Substanz ETBE als Rezepturbestandteil (Ausgangsstoff) nach unseren Informationen bislang nicht genutzt wird. ... Die Positivlisten enthalten keine Hinweise und Anforderungen dazu. Eine zielgerichtete Untersuchung dieser Substanz im Prüfwasser der Migrationsversuche in der KTW-Prüfung wird bisher nicht durchgeführt.“

Quelle unter

http://www.eggbi.eu/fileadmin/EGGBI/PDF/Trinkwasserleitungen_Antwort_DVGW.pdf



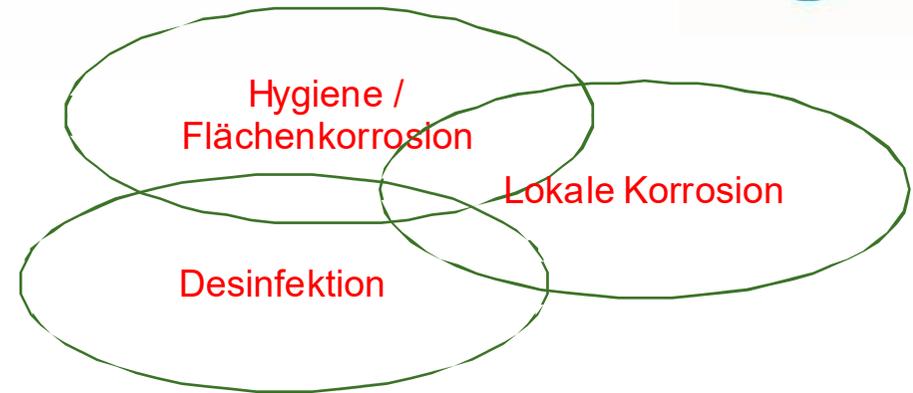
Aussagefähigkeit der UBA-Liste für Warmwasser

- Hygieneprüfung nach UBA-Regel
 - Prüfung in Kaltwasser nach DIN EN 15664-1
 - Einsatz in Warmwasser dann aus Hygienesicht erlaubt
 - Aber: Temperaturerhöhung beschleunigt oft die Korrosion
 - Grenzwertüberschreitungen sind möglich
- Kunststoffe, Elastomere, Verbundrohr in Warmwasser technisch nur beschränkt einsetzbar (trotz „Zulassung“ durch UBA für Hygiene)

Bei
grenzwertiger
Wasseranalyse
lieber
konservativ
entscheiden!
→ T, p prüfen

Checkliste bei der Materialwahl für Rohrleitungen

- Hygiene
 - UBA-Positivliste oder DVGW-Zertifikat
 - DIN 50930-6 → Bestätigung vom Wasserwerk
- Korrosion
 - **Bestätigung vom Wasserwerk, Betriebsanweisungen der Komponenten prüfen und aufbewahren**
 - DIN EN 12502-xxx, Wasseranalyse, Betriebsbedingungen, Inbetriebnahme etc. prüfen
- Desinfektion
 - (Bewertung nach DVGW-W 557: Materialliste)



Trinkwasserinstallation



Metall-Liste ab 10.04.2017



Metall-Positivliste

- Tritt 2 Jahre nach Veröffentlichung in Kraft
 - **Metalle ab 10.04.2017 verbindlich (Abnahmezeitpunkt)**
 - **Alles, was nicht auf der Liste steht, darf nicht mehr eingesetzt werden.**
 - Auf aktuelle Zertifikate achten, Lagerware beachten (Großhandel, „Naturalienrabatt“)

10.04.2017
Abnahmezeitpunkt

Ersatzwerkstoffe nach UBA-Metallliste

- Nicht auf Liste:
- Stahl und Grauguss ohne dauerhafte Beschichtung
 - Messing CW602N
 - Vernickelung

- Beschichtungen auf nicht in der Liste enthaltenen Grundwerkstoffen müssen über die maximale Lebensdauer bei Einhaltung der a.a.R.d.T dauerhaft sein
- Ersatz für entzinkungsbeständiges Messing CW602N
 - Mehrere nicht bleifreie Messinge sind auf der UBA-Liste enthalten
 - Messing muss nicht „bleifrei“ sein (Grenze für „bleifrei“ ist ohne technischen Hintergrund bei $\leq 0,2$ % Blei festgelegt)
 - Presse-Meldungen über bleifreie Messinge irreführend „Einziges Werkstoff mit Entzinkungsbeständigkeit und Bleifrei“

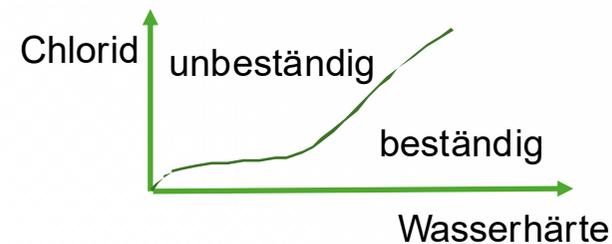
Wie bestimmt man die Entzinkungsbeständigkeit?

- Turner-Diagramm für Entzinkung
- Beim Hersteller erfragen oder z.B. unter

<http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-KiA41sIEWVA%2FUf9XAI5dX4I%2FAAAAAAAAAADCo%2Ft6Yarn9Yvbw%2Fs1600%2FBild1.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fsepp-azubi.blogspot.com%2F2013%2F07%2F33-der-werkstoff-pressmessing.html&h=508&w=834&tbid=LRXrOKzisALbzM%3A&vet=1&docid=OpKGZRg7D1WqmM&ei=HCxYWMvbNJX0gAaqxrToBQ&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=459&page=0&start=0&ndsp=19&ved=0ahUKEwiL2e249oDRAhUVOsAKHSojDV0QMwgiKAQwBA&bih=638&biw=1366>

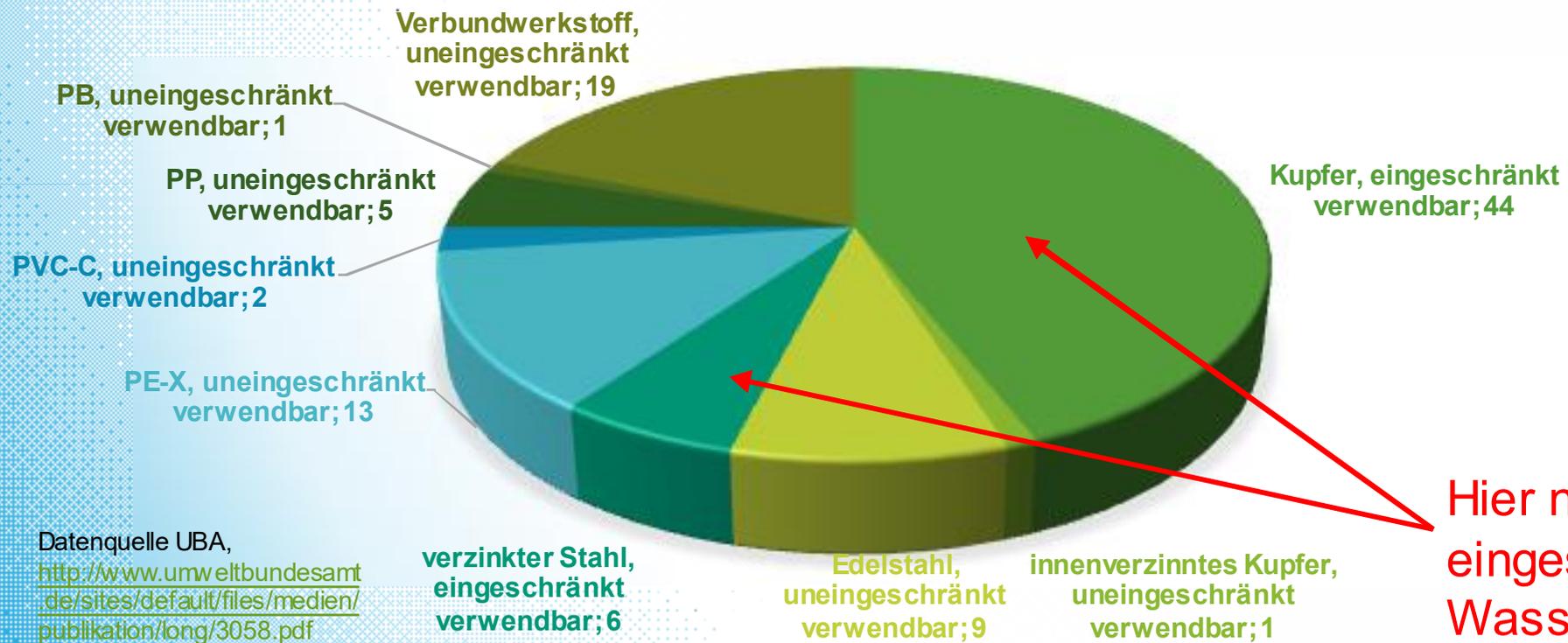
- Bsp. Härte 8 °dH → max. 50 mg/l Chlorid für Beständigkeit

Karbonathärte [° dH], ca.	Säurekapazität Ks4,3 [mol/m ³], ca.	Max. Chloridgehalt [mg/l], ca.
0,6	0,2	10
3,4	1,2	20
5,9	2,1	40
7,8	2,8	50
10	3,4	100
14	4,8	200



Materialwahl für Rohrleitungen aus Hygienesicht

WERKSTOFFANTEIL IN DER HAUSINSTALLATION 2002 [%]



Datenquelle UBA,
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3058.pdf>



Trinkwasserinstallation

Einschränkungen für Kupfer und verzinkten Stahl



Wasserwerte für Kupfer laut UBA-Metallliste

- Kupfer, Rotguss, Messing, Bronze zugelassen für Produktgruppe A,B,C
 - Kuriosität: Rotguss im Bleianteil eingeschränkt mit Minimumwert: Pb 0,2% - 3,0% (neue E DIN EN 1982:2016; neuer Name!)
- Wasserwerte für Kupfer-Rohre (A) gültig, aber nicht für Komponenten (B,C)
 - $\text{pH} \geq 7,4$ oder
 - $7,0 \leq \text{pH} < 7,4$ und zusätzlich $\text{TOC} \leq 1,5 \text{ mg/l}$
 - Bei Rohren schriftliche Bestätigung vom Wasserwerk einholen (UBA: „vorliegende Informationen müssen berücksichtigt werden“)

Produktgruppe	Produkt
A	Rohre
B	Armaturen, Rohrverbinder, Apparate, Pumpen
C	Komponenten in Armaturen, Rohrverbinder, Apparate und Pumpen mit wasserberührender Bauteilfläche < 10 %



Wasserwerte für verzinkten Stahl laut UBA-Metallliste

- Zinküberzug der DIN EN 10240 (Überzugsqualität A.1) plus zusätzlicher Einschränkung

- Wasser erlaubt bei

- Nur Kaltwasser (d.h. ca. 10 °C) und
- $KB_{8,2} \leq 0,20$ mmol/l und
- Neutralsalzquotient (S1) nach DIN EN 12502-3 mit $S1 < 1$

As	Bi	Cd	Pb	Sb
$\leq 0,02\%$	$\leq 0,01\%$	$\leq 0,01\%$	$\leq 0,05\%$ (A) $\leq 0,10\%$ (B,C)	$\leq 0,01\%$

- Gilt nicht für Instandhaltung, wenn Grenzwerte im Wasser nach TrinkwV 2001 OK (Nachweis über Stagnationsprobe erforderlich)

→ In der Praxis sind für Neuinstallationen Wasserwerte fast immer nicht eingehalten für natürliche Wässer!



Fließregel für innenverzinnnte Kupferrohre

- Fließregel „edel hinter unedel“ muss laut UBA-Metallliste für innenverzinnnte Kupferrohre (edel) eingehalten werden
 - Sehr edel: innenverzinnntes Kupfer
 - Edel: Edelstahl V4A, Kupfer, Rotguss
 - Unedel: Messing, verzinkter Stahl, Stahl, Grauguss, Lote, V2A
- Zirkulationsleitung mit Trinkwassererwärmer aus Stahl nur einsetzbar bei
 - Innenbeschichtung oder
 - Opferanode gegen Korrosion



Fließregel für Kupfer?

- Bisherige Fließregel für Kupfer nicht mehr in UBA-Liste enthalten
- Regel ist aus Hygienesicht nicht mehr notwendig, da sich Kupferrohre im Vergleich zu den anderen zugelassenen Rohrwerkstoffen gleich edel oder unedler verhält.
 - Stahl und verzinkter Stahl als unedle Materialien nicht mehr auf der Positivliste
 - Armaturen aus Messing und Lote als unedle Materialien haben kleine Flächen → Annahme: „macht nichts“ aus Hygienesicht
- **Aus Korrosionssicht sind Schäden weiterhin möglich**

→ Fließregel auch weiterhin für Kupfer anwenden

Trinkwasserinstallation



Betriebseinschränkungen für den Betreiber laut UBA-Empfehlungen (Dokumente und Literatur)



Einschränkungen für Kupfer aus Nutzersicht

- „Grenzwertüberschreitung möglich“ (Quelle: UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3058.pdf>), wenn
 - Wasser: „sauer, besonders hart und hoher organischer Anteil“
 - Praxiswerte: Sauer meint ca. $< 7,4$ (7,8), besonders hart ca. > 14 °dH, TOC $>$ ca. $1,5 \text{ g/m}^3$
 - Gilt für neue Installation < 6 Monate
 - Bei unerklärlicher Überschreitung im Gebiet eines Wasserversorgers: Regelung für Schadensübernahme zwischen UBA und DKI
 - Folgen der erlaubten Überschreitung des Grenzwerts von 2 mg/l Kupfer
 - Tödlich für Säuglinge im Alter < 3 Monate
 - Ab 3 mg/l Magen-Darm-Beschwerden
- UBA: „Keine Kontrolle notwendig“, „nach Stagnation > 30 min abgelaufenes Wasser verwenden“

*Einschränkungen
dem Betreiber
mitteilen*



Mit Wasserprobe konfrontiert?

- UBA-Anweisungen (an den Betreiber)
 - Wasser richtig entnommen? → „gestaffelte Stagnationsbeprobung“ erforderlich
 - Ziel Kaltwasser ohne Stagnationswasser zapfen und mittleren wöchentlichen Wert berechnen
 - Nickelallergiker: Verchromte Armaturen sind ungeeignet
- Hinweis an den Betreiber geben: Bei Grenzwertüberschreitung des 4-Stunden-Stagnationswassers das Wasser nicht zum Trinken oder Kochen verwenden

Quelle UBA-Empfehlung „Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung“ vom 23.08.2012

(<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/internet-legionellen-empfehlung.pdf>)

Trinkwasserinstallation



Materialwahl aus Korrosionssicht - Motivation aus Schadensfall



Schaden Wasserwerk Holsterhausen - Sicherheit durch Regeleinhaltung?

- Kupfer-Lochkorrosion entlang der Wasserwerks-Grenzen; erste Schadensfälle wurden in 2005 registriert.
 - Korrosionsschäden, obwohl Technische Regeln eingehalten sind
 - Gebäudeversicherer kündigen Versicherungsnehmern und lehnen Neuabschluss ab
 - Zusammenschluss von Geschädigten
 - Interessengemeinschaft von Installateuren in der Innung
 - Empfehlung FV SHK NRW: Edelstahl, Kunststoff oder innenverzinnertes Kupfer



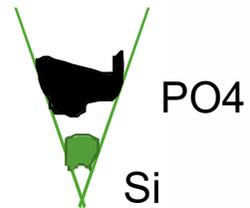
Technisches

- Überwiegend halbharte Kupfer-Rohre betroffen
- Gutachter: „Lochkorrosion Typ 1“ (?)
 - Aber: Meistens Warmwasserzirkulation betroffen (Widerspruch zu Lochkorrosion Typ 1)
- Überwiegend Rohre mit 15 mm bis 22 mm Durchmesser betroffen (der größte Teil der zahlenmäßig häufigsten kleineren Trinkwasserinstallation besteht daraus)
- 6 Uhr-Position → Schmutzeintrag von Außen? Inbetriebnahmefehler?
- Trübes Wasser nach Zechenschließung ermittelt
 - Ohne Leitungsabtrennung folgt Reduzierung des Wasserdurchsatzes
 - Umfangreiche Spülmaßnahmen in 2013 erfolgt (trotz Trübung seit 2005)
- Seit Einführung einer Phosphatdosierung 2015 im Wasserwerk signifikanter Schadensrückgang

Schadenssachstand



- Halbharte Kupferrohre werden seit 1999 produziert, Vorteil: kaltbiegbar bis 28 mm
- Gefüge weichgeglüht + kalt gezogen
 - Zusätzliches Glühen und nachgeschaltetes Richten der Rohre
 - Oxidschicht zeigt vereinzelt nach dem Richten mikroskopische Spalten
- Silikat aus dem Wasser ist anodisch wirkender Inhibitor, der korrosiv wird, wenn er verarmt → Korrosion am Spaltengrund beginnend
- Bei Wasserstagnation und Schmutz in 6 Uhr-Position Verarmung von natürlichem silikatischen Inhibitor aus dem Wasser unter Belägen (Verstoß gegen DIN EN 12502-2, 4.3.3.2 und DIN 50930-6)
- Wasseraufbereitung mit Phosphat bedeckt Grund der Oberflächenspalte → Stopp der Korrosion
- Merker aus Korrosionssicht für halbhartes Kupferrohr
 - Silizium mit 6 mg/l kritisch, wenn ohne Phosphatdosierung (mindestens 3 mg/l erforderlich für Korrosionsschutz, eher 4,5 mg/l)





Korrosions-“Sicherheit“ durch Einhaltung der UBA-Metallliste?

- Stellungnahme zu den Korrosionsschäden durch einen Gutachter des RWW / IWW: „Das von der RWW aus dem Wasserwerk Dorsten-Holsterhausen verteilte Trinkwasser erfüllt alle Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Auf Basis der Festlegungen in DIN 50930-6 und der Trinkwasserverordnung sind Kupferrohre in diesem Versorgungsbereich uneingeschränkt unter hygienischen Gesichtspunkten einsetzbar.“ Quelle:
http://www.rww.de/fileadmin/downloads/IWW-Statement_Kupferkonzentration_24.9.2015.pdf)
- Die Stellungnahme bezieht sich auf Hygiene, aber nicht auf Korrosion.

Trinkwasserinstallation



Materialwahl aus Korrosionssicht
Wasseranalyse Schritt für Schritt



Wasseranalyse lesen

- Beispiel Wasseranalyse Gladbeck (http://www.rww.de/fileadmin/pdf-Dateien/analyse_dorsten.pdf)
- Veröffentlichung meistens im Internet
 - Google-Suche: Trinkwasseranalyse, pdf, Wasserwerk, Ort..., Straße...

Wasserparameter - Schritt für Schritt erklärt

Wasseranalyse Temperatur

- Beispiel Wasseranalyse Gladbeck

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Temperatur °C	12,4	10,7	14,6	

- Temperatur Kaltwasser ca. 9 °C (wie der Erdboden)
- 12,4 °C ungewöhnlich hoch
 - vermutlich im (oberirdischen) Wasserspeicher gemessen



Foto: Jacqueline Macou [1]

Wasseranalyse Trübung

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Trübung NTU	<0,1	<0,1	0,3	1,0

- Trübung normalerweise Null
- 0,3 bedeutet, dass Trübung zeitweise da war, möglicherweise durch
 - Bauarbeiten, Rohrbruch Transportleitung
 - Spülmaßnahmen, Desinfektion
- Zeitungsmeldung Spülmaßnahme

Wasseranalyse Elektrische Leitfähigkeit

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Spezifische elektrische Leitfähigkeit bei 25°C $\mu\text{S/cm}$	462	403	529	2790

- Einheit [$\mu\text{...}$] normal; manchmal in [S/m]
- 462 $\mu\text{S/cm}$ recht hoch \rightarrow Suche nach Ursache
 - Hier: kalkhaltiges Wasser erhöht die Leitfähigkeit \rightarrow OK
 - Auch denkbar: Korrosion
- Heizung < 150 $\mu\text{S/cm}$ optimal
- Trinkwasser bei natürlicher Herkunft schwierig ab ca. 700 $\mu\text{S/cm}$

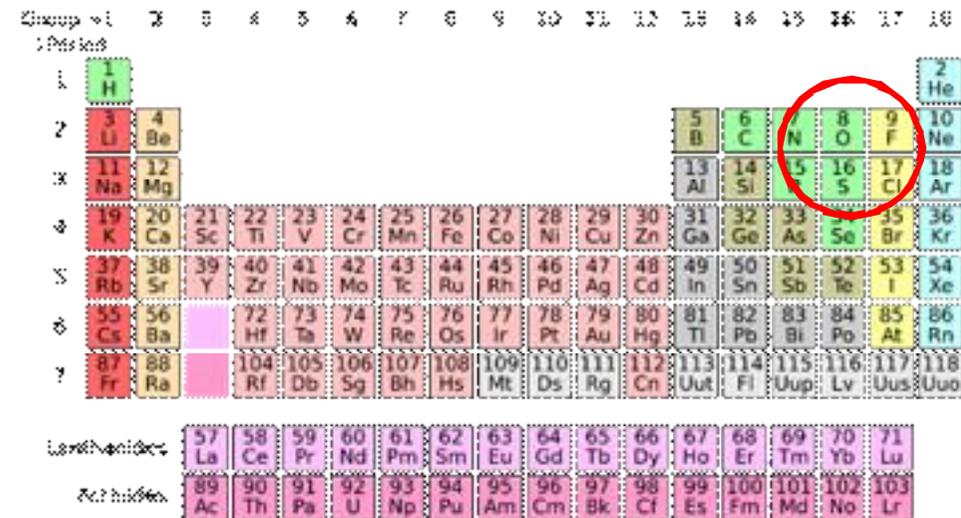
Wasseranalyse pH

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
pH-Wert bei 20 °C	7,41	7,20	7,79	6,5 - 9,5

- Eher saures Wasser; pH 7,4 grenzwertig für Kupferlegierungen → aus Hygienesicht prüfen auf TOC
- Im Warmwasser saurer zu erwarten ($\Delta\text{pH} \leq 0,5 \text{ pH}$) → Wasser genau analysieren für Kupferlegierungen
 - Hygienische Eignung hier OK: Prüfung des TOC nach DIN EN 12502-2, ob $\text{TOC} \leq 1,5$
 - Lochkorrosion Kaltwasser: Härte und Chlorid (Cl) schützen, Sulfat (SO_4) und Nitrat (NO_3) schwächen
 - Lochkorrosion Warmwasser: $S = c(\text{Hydrogencarbonat bzw. Säurekapazität [mmol/l]}) / c(\text{Sulfat[mmol/l]}) < 1,5$ wirkt schwächend

Wasseranalyse Umrechnung mg → mmol

- Dreisatz, Z.B. Sulfat SO_4
 - Periodensystem
 - S = 32 g/mol
 - O = 16 g/mol
 - $\text{SO}_4 = 32 \text{ g/mol} + 4 \times 16 \text{ g/mol} = 96 \text{ g/mol}$
 - Dreisatz
 - 1 mol SO_4 entspricht 96 g
 - X mol entspricht 46 mg
 - $X = 46 \text{ mg} \times 1 \text{ mol} / 96 \text{ g} = 0,046 \text{ (g} \times \text{mol)} / 96 \text{ g} = 0,00048 \text{ mol} = 0,48 \text{ mmol}$



The image shows a standard periodic table of elements. The elements Sulfur (S), Oxygen (O), and the four Oxygen atoms in the sulfate group (SO4) are highlighted with red circles. The periodic table includes group and period labels on the left and element symbols and atomic numbers in the cells.

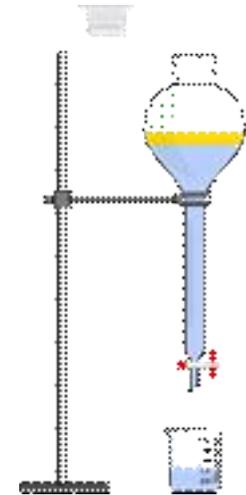
Bild: Gerd Altmann [2]

Sulfat SO_4	mg/l	46	33	68	250
----------------------	------	----	----	----	-----

Wasseranalyse Basenkapazität bis pH 8,2

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Basekapazität bis pH 8,2 mmol/l	0,23	0,16	0,30	

- Relevant für schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe
- Nach UBA-Liste KB8,2 < 0,2 mmol/l erforderlich
- Kein verzinkter Stahl zugelassen bei 0,3 mmol/l
 - Altanlagen dürfen repariert werden, wenn die Stagnationsprobe OK ist.

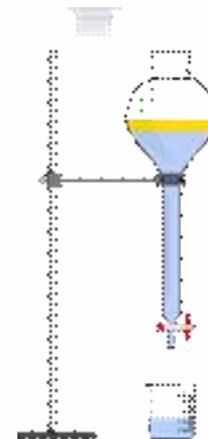


Grafik OpenClipart-Vectors [3]

Wasseranalyse Säurekapazität bis pH 4,3

Parameterbezeichnung und Dimension		Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	2,87	2,61	3,16	
als Carbonathärte	°dH	8,0	7,3	8,9	

- 8 °dH OK
- In Kombination mit saurem pH 7,2 ist die Wasserhärte für Kupfer eher niedrig einzuschätzen; höher wäre besser



Grafik OpenClipart-Vectors [3]

Wasseranalyse Calcium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Calcium Ca mg/l	77,4	68,9	89,8	

- Calcium bisher relevant für Stahl und Grauguss → ab 2017 nicht mehr zugelassen
- Calcium verbindet sich mit Korrosionsinhibitor Phosphat zu Malachit (grünlicher Belag) und kann die Korrosionswahrscheinlichkeit beeinflussen

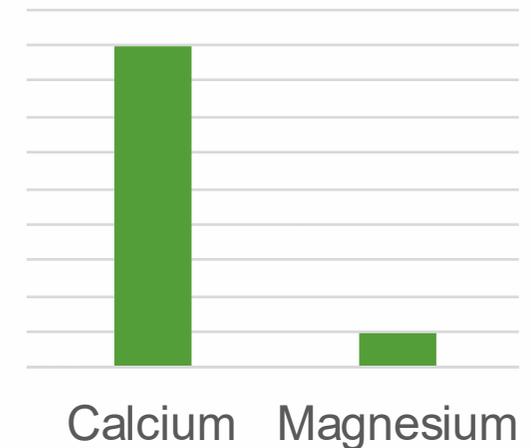


Malachit
Foto Adolfo Beato [4]

Wasseranalyse Magnesium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Magnesium Mg mg/l	3,9	3,3	4,9	

- Daumenregel Verhältnis Calcium : Magnesium > 10 : 1 gut für schützende Deckschichtbildung aus Kalk auf Kupferlegierungen
- Hier Ca:Mg = ca. 20 → sehr gut
- < 5:1 ist korrosiv, auch für Heizungswasser
- Heizung: Daumenregel gilt nur, wenn eine Kalkschicht gebildet wird (Härte ab ca. > 6 °dH)



Wasseranalyse Wasserhärte

Parameterbezeichnung und Dimension			Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Wasserhärte:	Summe Erdalkalien	mmol/l	2,10	1,87	2,44	
	als Gesamthärte	°dH	11,8	10,5	13,7	
	Härtebereich		mittel	mittel	mittel	

- Gesamthärte setzt sich zusammen aus Calciumhärte und Magnesiumhärte
 - Daumenregel unter Folie zu Magnesium beachten (10:1-Regel)
- 11,8 °dH gut
- Wasserhärte > 14 °dH aus Korrosionssicht sinnvollerweise enthärten bei Kupferlegierungen
 - Kalkschichten wachsen und dehnen sich aus und platzen im Alter ab

Wasseranalyse Natrium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Natrium Na mg/l	9,6	7,5	12,1	200

- Wichtiger Parameter für Heizungswasser
 - enthärtetes Wasser aus Ionenaustauschern
 - Hohe Werte zeigen erschöpften Ionenaustauscher an
- Hier niedriger Wert natürlichen Ursprungs
 - Z.B. Herkunft aus NaCl („Salz“), hier Chlorid Cl = 24 mg/l



Foto: [xbqs42 \[5\]](#)



Foto: [Rita \[6\]](#)

Wasseranalyse Eisen

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Eisen Fe mg/l	<0,005	<0,005	0,011	0,2

- Eisen zeigt Rost an und ist normalerweise Null
- Hier Eisen unter Messgrenze < 0,005 mg/l (Wasser ist inhibiert) → OK
- Aber zusammen mit Höchstwert Trübung = 0,3 NTU wird Störung angezeigt
 - Vermutlich spült Spülmaßnahme Eisen-Korrosionspartikel durch die Rohrleitungen
 - Ursache für die Trübung vermutlich gefunden



Foto: 842020 [7]

Wasseranalyse Mangan

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Mangan Mn mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,05

- Natürliche Herkunft aus Gestein → hier OK
- Z.B. ockerhaltiges Zechenwasser
- Verockerung des Wassers mit ockerfarbenen Ablagerungen ab ca. > 0,2 mg/l
- Früher relevant für Brunnen-Eigenwasserversorgung, heute nur noch Brauchwasser → Korrosion unter Belägen häufig



Ockerfelsen
[Foto Hans Braxmeier \[8\]](#)

Wasseranalyse Ammonium, Nitrit, Nitrat

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Ammonium NH ₄ mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Nitrit NO ₂ mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Nitrat NO ₃ mg/l	7,0	0,8	16,2	50

- Im Trinkwasser als Nitrat → hier niedrig und OK
- Heizungswasser: Je weniger Sauerstoff im Wasser, umso mehr Umwandlung in Nitrit und Ammonium, z.B. auch in Spalten im Wasser
- Ab Summe Nitrit + Ammonium ca. 30 mg/l → Gefahr für Spannungskorrosion an Kupferbasislegierungen, Messing etc.
 - Grenzwert der TrinkwV ist aus Gesundheitssicht festgelegt, aber aus Korrosionssicht zu hoch.



Foto: Myriam [9]



Foto: Falkenpost [10]

Wasseranalyse Chlorid

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Chlorid Cl mg/l	24	19	28	250

- Chlorid 24 mg/l ist niedrig → OK für alle Edelstähle
 - Edelstahl Kaltwasser: V2A bis 150 mg/l, V4A bis 220 mg/l
 - Chlorid in Küstenregionen beachten bei Aufkonzentration an Dichtungen in Kontakt zur Atmosphäre
 - Daumenregel Edelstahl Warmtrinkwasser: V2A bis ca. 50 mg/l, V4A ca. 200 mg/l
 - Messing einsetzbar je nach Lage im Turner-Diagramm: hier OK bei Wasserhärte > 3 °dH
 - Kupfer: Chlorid schützt gegen Lochkorrosion in Kaltwasser



Foto: Manolo Franco [11]

Wasseranalyse Sulfat



Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Sulfat SO ₄ mg/l	46	33	68	250
Säurekapazität bis pH 4,3 mmol/l	2,87	2,61	3,16	
als Carbonathärte °dH	8,0	7,3	8,9	



Grafik:
[OpenClipart-Vectors \[29\]](#)

- Gegen Kupfer-Lochkorrosion muss $S > 1,5$ sein
 - $S = c(\text{HCO}_3) / c(\text{SO}_4) = 2,87 \text{ mmol/l} / 0,48 \text{ mmol/l} = 6 \rightarrow$ guter Schutz gegen Lochkorrosion
 - HCO₃ ist Säurekapazität
 - SO₄ wird in der Einheit umgerechnet $46 \rightarrow 0,48$ (Rechenweg siehe Folie)
- Natürlich hohe Sulfatanteile im Wasser (ca. 400 mg/l) können in der Heizung bakteriell zu Sulfid reduziert werden \rightarrow Geruch nach faulen Eiern

Wasseranalyse Phosphat

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Phosphat PO ₄ mg/l	1,87	<0,10	4,50	6,7

Zusatzstoffe: Phosphat: ca. 2 mg/l (als PO₄)

- Phosphatzusatz (Ortho-) als Korrosionsinhibitor
 - 4,5 mg/l wirksame Konzentration bei Kupferlochkorrosion
 - Niedrigstwert < 0,1 hier ohne Inhibierung
 - Median ist Mittelwert über das Jahr mit / ohne Dosierung
 - Wirkt auch gegen Eisenkorrosion
- Ein Wasserversorger muss nähere Angaben machen → Kundeninfo



Foto: Guilaine [12]



Neues DVGW-W 558: Korrosionsinhibitoren

- Tabelle mit Korrosionsinhibitoren mit Eignungsbeurteilung für die Materialklassen
 - Orthophosphat geeignet für Flächenkorrosion und ist bedingt geeignet für Loch- und Muldenkorrosion
 - Polyphosphat ist ungeeignet für Flächen-, Loch- und Muldenkorrosion
- Tabelle entspricht der alten Tabelle in VDI 6001-1 außer „Kationenaustausch“ und „Alternative Kalkschutzverfahren“, die beide gegen Steinbildung wirksam sind

Wasseranalyse Flourid

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Fluorid F mg/l	0,11	0,06	0,14	1,5

- Natürlicher niedriger Gehalt → OK
- Leicht höhere natürliche Werte können Lochkorrosion an Edelstahl beschleunigen → relevant für Thermalwässer



Foto: Anna [13]

Wasseranalyse Sauerstoff

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Sauerstoff O ₂ mg/l	8,4	5,8	9,9	

- Am Wasserwerk ca. 10 mg/l üblich
- Hier niedriger Wert
 - Vermutlich am Trinkwasserbehälter gemessen → geringer Sauerstoffgehalt
 - natürliches Ausgasen durch den Transport
 - Partikeleintrag aus Belägen unterwegs denkbar
- Sehr hohe Werte > 10 mg/l (Siedlung neben Wasserwerk) können Dichtungen schädigen
 - Relevant für Heizung



Foto: Alexander Lesnitsky [14]

Wasseranalyse TOC

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Organischer Kohlenstoff TOC mg/l	0,61	0,43	1,06	

- Total organic carbon TOC – gesamter organischer Kohlenstoff, z.B. Huminstoffe
- Bewertung für Kupferrohre nach UBA-Positivliste bei pH zwischen 7,0 und 7,4 erforderlich
 - TOC < 1,5 mg/l, dann keine Flächenkorrosion an Kupfer → hier OK



Foto: [Gerhard Gellinger \[15\]](#)

Wasseranalyse Arsen, Selen

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Arsen As µg/l	1,4	1,0	2,0	10
Selen Se µg/l	0,2	<0,1	0,5	10

- Arsen aus Messing möglich
- Hier: Natürlicher Gehalt OK



Foto [Eugene Brennan \[16\]](#)

Wasseranalyse Blei

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Blei Pb µg/l	<0,5	<0,5	0,5	10 ⁽¹⁾

- Kommt aus Material
 - Rotguss, Messing, Bronze
 - Lagerwerkstoffe
 - **Lote**
 - **Bleirohre**
- Blei normalerweise Null, hier in Spur enthalten (OK), d.h. vermutlich Eintrag von stagnierendem Wasser oder aus Armatur



Foto [Eugene Brennan \[16\]](#)

Wasseranalyse Cadmium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Cadmium Cd µg/l	<0,1	<0,1	0,1	3

- Möglich aus verzinktem Stahl oder Messing, Rotguss, Bronze
- Hier fast Null → OK
- Hier Höchstwert 0,1 µg/l niedrig
 - Zusammen mit Bleiwert Hinweis auf Auffälligkeit mit typischem Kupferbasiswerkstoff (Bronze, Rotguss, Messing)



Foto: [energy1987 \[17\]](#)

Wasseranalyse Chrom

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Chrom Cr µg/l	<1	<1	<1	50

- Korrosionsprodukt Edelstahl
 - z.B. Schmauchspur Schweißnaht Wärmetauscher, Rohre
 - Relevant für geschlossene Kreisläufe mit Anreicherung von Chrom aus der Fertigung
- Hier: Null → OK



Foto: skeeze [18]

Wasseranalyse Nickel

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Nickel Ni µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	20

- Hier Null → OK
- Mögliche Herkunft
 - Auslaugen von Rotguss, Bronze, Kupfer
 - außenvernickelte Armatur mit Sprühschatten innen (Heizung und Trinkwasser vertauscht?)



Foto [Eugene Brennan \[16\]](#)

Wasseranalyse Antimon

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Antimon Sb µg/l	<0,1	<0,1	0,4	5

- Wert sehr niedrig
- Herkunft aus Kupferlegierungen (Messing, Rotguss, Bronze) möglich
- Hier Höchstwert ein weiterer Hinweis auf Korrosion, vermutlich einer Armatur bei Stagnation



Foto: [energy1987 \[17\]](#)

Wasseranalyse Aluminium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Aluminium Al µg/l	<1	<1	2	200

- Hier sehr niedrig → OK
 - Als Höchstwert weiterer Hinweis auf leichte Korrosion an Kupferlegierung (Bronze)
- Sehr hohe Werte möglich durch Zusatzmittel im Wasserwerk als Aluminiumsilikat
 - 100 µg/l typisch für aufbereitetes Flusswasser, Tiefbrunnen eher Null



Foto: [Jacqueline Macou \[19\]](#)

Wasseranalyse Silizium

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Silicium Si mg/l	6,6	5,8	7,3	

- Silizium hoch → gut aus Hygiene- und Korrosionssicht
- Mögliche Herkunft
 - Natürlich → Gesteinsart
 - Korrosionsinhibitor für Eisenwerkstoffe (wirkt alleine nicht für Kupfer)
 - Wasseraufbereitungsmittel, dann auch Aluminium hoch bei saurem pH → hier nicht



Foto: [Jacqueline Macou \[19\]](#)

Wasseranalyse Kupfer

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Kupfer Cu µg/l	<3	<3	7	2000

- Wert sehr niedrig → OK
- Einheit hier µg/l, normalerweise mg/l
- Höchstwert Hinweis auf Korrosionsprodukt einer Kupferbasislegierung
- Deutliche Korrosion verursacht Gehalte im mg-Bereich

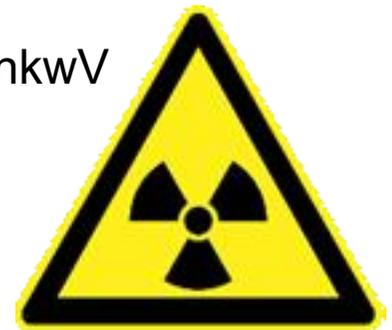


Foto [Eugene Brennan \[16\]](#)

Wasseranalyse Uran

Parameterbezeichnung und Dimension	Median	Niedrigstwert	Höchstwert	Grenzwert nach TrinkwV*
Uran U $\mu\text{g/l}$	<1,0	<1,0	<1,0	10

- Besondere Pflichten für Betreiber bei Grenzwertüberschreitung nach TrinkwV
- Natürliche Herkunft bzw. Sanierungsproblem aus Erzbergbau



[Grafik: OpenIcons \[20\]](#)

Trinkwasserinstallation



Materialwahl - aus Desinfektionssicht



PP in Warmwasser nach 15 Jahren
Foto [Karl-Josef Heinemann \[21\]](#)

Gute Regeln für Desinfektion / Material

- Umfassend und gut beschrieben: ZVSHK-Fachinformation „Sanierung kontaminierter Trinkwasser-Installationen“
- Desinfektionsmittel und Konzentrationen in DVGW-W 291
- Werkstoffliste mit beständigen Werkstoffen in DVGW-W 557
 - bei einmaliger chemischer Desinfektion
 - Reinigen und Desinfizieren



Fachinformation
Sanierung kontaminierter
Trinkwasser - Installationen

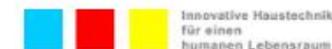


Bild: ZVSHK [22]

Appetit der Mikroorganismen

- Werkstoffe sind „Futter“ für die Mikroorganismen
 - Organische Materialien
 - Nur Material nach DVGW-W 270 und UBA-Leitlinie einsetzen
 - Großflächige Schläuche und Membranen vermeiden
 - Organische Beschichtungen sparsam verwenden
 - Kathodischer Schutzstrom des Wasserspeichers
 - Fehlstrom über Potentialausgleich



Foto [Denis Doukhan \[23\]](#)



Foto: [Gerd Altmann \[24\]](#)



Grafik:
[OpenClipart-Vectors \[25\]](#)

„Training“ der Mikroorganismen

- Mikroorganismen wachsen nach chemischer und thermischer Desinfektion wieder
 - Gewöhnung
 - Trainingseffekt
- Wichtig: Ursache beseitigen



Foto: [skeeze \[26\]](#)



Charakteristik Desinfektionsmittel

- Natriumhypochlorid
 - wirkt pH-abhängig (sauer), aber dann Schäden an Werkstoffen
 - Pfropfenströmung hinter Dosierstelle
- Chlordioxid
 - Bestes Verfahren bei Automatisierung von Dosierung und Sensorik
 - In der Praxis ist Kanisterlösung „Überdosis“ für Mikroorganismen und Material
- Wasserstoffperoxid
 - Zersetzt sich an Oberflächen (schont den Werkstoff) → Wasser nicht umwälzen
 - Bauteile mit Spalten ausbauen und extra desinfizieren

Chlordioxid mit Automatisierung

- Gas-Herstellung automatisiert vor Ort
 - Messung von Chlordioxid
 - Kontinuierliche Dosierung mit automatischer Steuerung über Wasserzähler
 - Keine Über- / Unterdosierung
 - Keine Pfropfenströmung
- Gas diffundiert in die Kalkschichten hinein und erreicht auch dort die Mikroorganismen
- Chlordioxid-Anlage, z.B. von Iotronic, Springe



Mobile Chlordioxid-Anlage
Bild <http://www.iotronic.de/> in Springe [27]



DVGW-W 557 Reinigung und Desinfektion

- 100 Jahre Lebensdauererwartung → 100 Jahre hygienische Eignung
- Zuerst Ursache beseitigen, immer mit Reinigen beginnen
- Thermische oder kalte chemische Desinfektion
- Werkstoffliste mit zugelassenen Werkstoffen bzw. Bauteilen (DVGW-Zeichen)
 - Ansonsten Hersteller befragen
- Auch bei einmaliger chemischer Desinfektion sind Materialschäden nicht ausgeschlossen
 - Empfindliche Bauteile ggf. ausbauen und einzeln desinfizieren
- Keine regelmäßige Wiederholung chemisch
 - bis zur Sanierung zulässig (ca. 3 Monate oder mehr → Problemfall öffentliche Gebäude ??)

Alterung von Kunststoffen in Desinfektionsmittel

- Kunststoffe bestehen aus Kunststoff + Stabilisatoren + Antioxidantien + Additive + ...
 - Stabilisatoren / Antioxidantien werden über die Lebensdauer aufgebraucht
 - Desinfektion bewirkt chemische Reaktionen
 - Beschleunigter Verbrauch bzw. reduzierte Haltbarkeit durch
 - Sauerstoff,
 - oxidierende Desinfektionsmittel (z.B. Hypochlorid, Chlordioxid vor Ort),
 - Temperatur (Legionellenschaltung)



Medienrisse in PP in
Warmwasser nach 15 Jahren
Foto [Karl-Josef Heinemann \[21\]](#)

Trinkwasserinstallation



Instandsetzung nach DVGW-W 558



Neue DVGW-W 558: Instandsetzung

- Einspruchsfrist 31.01.2017
- Nachfolger der VDI 6001-1 (zurückgezogen)
- Sanierung mit Epoxidharz nicht mehr zulässig
- Anpassung der Begriffe an neue Gesetze, Merkblätter etc.
- Leicht reduzierte Tabelle mit anerkannten chemischen Korrosionsinhibitoren wie in VDI 6001-1
 - Z.B. Entsäuerung als wirksames Verfahren nicht mehr enthalten
- **Kein vorbeugender Ersatz von Rohrleitungen im Schadensfall**

Trinkwasserinstallation



Schulung Gefährdungsanalyse - VDI 6023-2



Neue VDI 6023-2

- Neue VDI 6023-2 konkretisiert Gefährdungsanalyse
 - Vorgabe von Schulungsinhalten / -zeiten etc.
 - Nach Überschreitung des technischen Maßnahmenwerts durchzuführen („Da ist was“)
 - vorgeschrieben gemäß TrinkwV § 16 (7)
- „VDI/BTGA/ZVSHK-geprüfter Sachverständiger THW“
 - Ingenieur, Techniker oder Meister
 - VDI-Urkunde oder **Fachkunde Trinkwasserhygiene ZVSHK möglich**
 - Registrierung für 5 Jahre, danach Nachschulung erforderlich
 - Registrierte Sachverständigennummer

Unabhängigkeit nach VDI 6023-2

- Befangenheit bei Gefährdungsanalyse
 - Wirtschaftliches Interesse an einem Folgegeschäft
 - Beteiligung bei Planung, Bau oder Betrieb der Trinkwasser-Installation
 - Hoffnung auf Folgeaufträge

→ Kein gegenseitiges Vermitteln

→ Vermittlung neutral über VSHK-Seite oder Innung



Grafik: [Katarzyna \[28\]](#)

?a.a.R.d.T.?

„VDI/BTGA/ZVSHK-geprüfter Sachverständiger THW“



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Bildnachweis

- [1] Jacqueline Macou, <https://pixabay.com/de/pool-thermometer-temperatur-grad-1605907/>
- [2] Gerd Altmann, <https://pixabay.com/de/periodensystem-chemie-wissenschaft-1059755/>
- [3] OpenClipart-Vectors, <https://pixabay.com/de/titration-chemie-trichter-glaswaren-161573/>
- [4] Adolfo Beato, <https://pixabay.com/de/ore-chile-malachit-crisocola-1202969/>
- [5] xbqs42, <https://pixabay.com/de/boswellia-sacra-oman-weihrauch-1590063/>
- [6] Rita, <https://pixabay.com/de/breze-laugengeb%C3%A4ck-salz-lecker-1670107/>
- [7] 842020, <https://pixabay.com/de/wasserleitungen-rohr-rost-schlamm-688431/>
- [8] Hans Braxmeier, <https://pixabay.com/de/ockerfelsen-roussillon-ockerlehrpfad-1595563/>
- [9] Miriam, <https://pixabay.com/de/g%C3%BClfa%C3%9F-g%C3%BClle-jauche-verteilen-1302610/>
- [10] Falkenpost, <https://pixabay.com/de/toilette-klo-wc-urinal-1652862/>
- [11] Manolo Franco, <https://pixabay.com/de/cable-beach-marbella-malaga-1282998/>
- [12] Guilaine, <https://pixabay.com/de/coca-cola-coca-soda-getr%C3%A4nk-spule-443123/>
- [13] Anna, <https://pixabay.com/de/brunnen-wasserstrahl-wasserspeier-197334/>
- [14] Alexander Lesnitsky, <https://pixabay.com/de/bier-bierkrug-schaum-der-durst-1669298/>
- [15] Gerhard Gellinger, <https://pixabay.com/de/herbst-laub-bl%C3%A4tter-wind-fliegen-1831192/>



Bildnachweis

- [16] Eugene Brennan, <https://pixabay.com/de/kupfer-rohr-sanit%C3%A4r-fitting-1189550/>
- [17] energy1987, <https://pixabay.com/de/teiler-trennzeichen-heizung-1526808/>
- [18] skeeze, <https://pixabay.com/de/bau-arbeitnehmer-schweifen-681554/>
- [19] Jacqueline Macou, <https://pixabay.com/de/camargue-aigues-mortes-salzsumpf-1792918/>
- [20] OpenIcons, <https://pixabay.com/de/radioaktive-nukleare-strahlende-98838/>
- [21] Karl-Josef Heinemann, Installationsprobleme? Ein Ratgeber zu Schadensfällen in der Hausinstallation, Sonderdruck der Beiträge in der Sanitär + Heizungstechnik von 1998 bis 2001, 3. unveränderte Auflage (2006), http://kupfer.de/sites/default/files/publication_files/heinemann_installationsprobleme_0.pdf
- [22] ZVSHK, <https://www.zvshk.de/zvshk/shk-gewerke/installateur-und-heizungsbauer/details/artikel/2503-fachinformation-sanierung-kontaminierter-trinkwasser-installationen/>
- [23] Denis Doukhan, <https://pixabay.com/de/schlauch-bewässerung-green-kreis-652024/>
- [24] Gerd Altmann, <https://pixabay.com/de/monster-grünbese-gemein-426993/>
- [25] OpenClipart-Vectors, <https://pixabay.com/de/erdung-schaltung-symbol-elektronik-146517/>
- [26] skeeze, <https://pixabay.com/de/bodybuilder-gewichtstraining-646482/>
- [27] Iotronic, Springe, http://www.iotronic.de/pdfs/info_flyer/deutsch/baviki200mobil%20Flyer.pdf
- [28] Katarzyna, <https://pixabay.com/de/kommunikation-dialog-abfrage-e-mail-1809935/>
- [29] OpenClipart-Vectors, <https://pixabay.com/de/ei-oval-lebensmittel-runde-157224/>