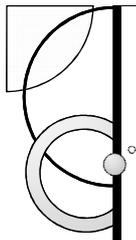


Klausur

- Am 18.02.2011 im HSZ 03
- Hilfsmittel:
 - nicht programmierbarer Taschenrechner
 - Schreibgerät, ggf. Lineal
 - einzelne Blätter aus dem Block gelöst
- **Sprechstunde** am 17.2.11 im CHE 268
 - A-J: 13:00 bis 14:00
 - K-N: 14:00 bis 15:00
 - M-Z: 15:00 bis 16:00
 - Fragen auch per email oder FSR-Forum

LFD Nr.	Thema	Datum
0	Organisatorisches	15.10.10
1	pH-Wert + Puffer	22.10.10
2	Sauerstoff	29.10.10
3	Redox	05.11.10
4	Mikrobiologie I: Einführung	12.11.10
5	Mikrobiologie II: Stoffwechsel	19.11.10
6	Mikrobiologie III: Ökologie	26.11.10
7	Sorption I	03.12.10
8	Sorption II	10.12.10
9	Trinkwasseraufbereitung	17.12.10
10	Trinkwasseraufbereitung	07.01.11
11	Abwasserbehandlung	14.01.11
12	Aktuelle Forschung aus dem IWC, Bekanntgabe Probeklausur	21.01.11
13	Besprechung Probeklausur	28.01.11
14	Fällt aus, dafür: Fragedoppelstunde vor Klausur	04.02.11





VL Limnochemie

Wasseraufbereitung Grundwasser + Flusswasser

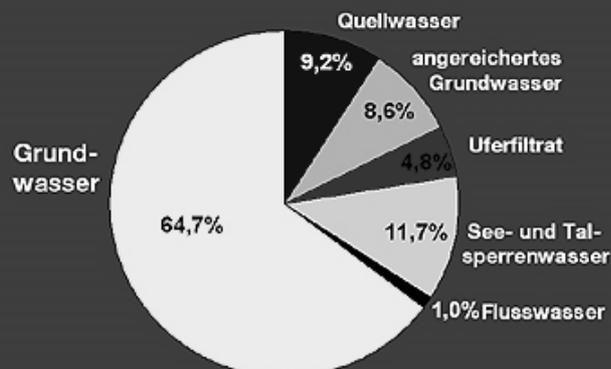


- ca. 900 Seiten, ca. 400 gedruckt, Rest auf CD
- 16x in der Slub
- 120 €
- Ausleihen, nicht kaufen

Trinkwasser(auf)bereitung

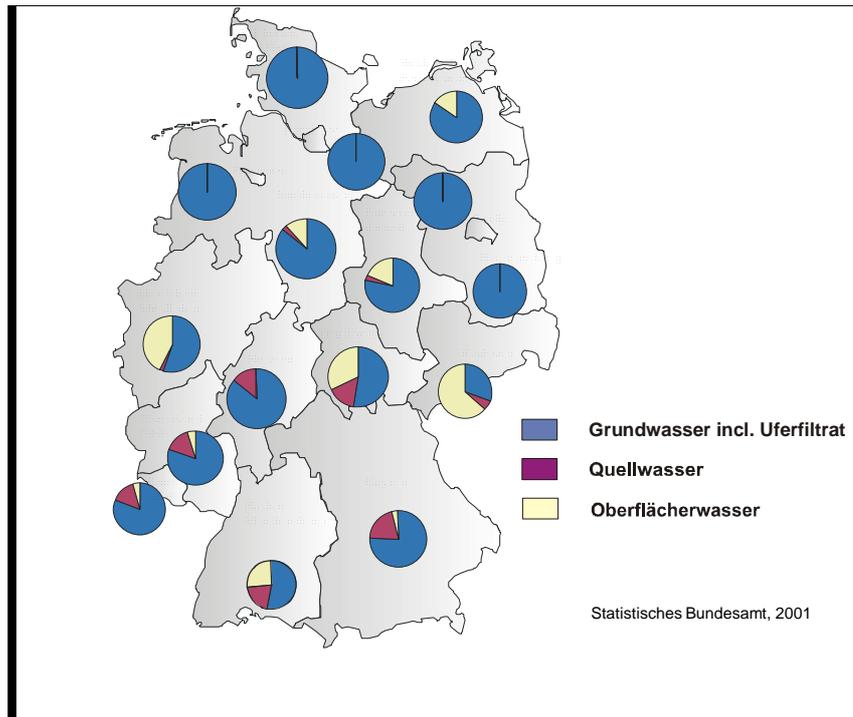
- Aus Grundwasser
- Aus Oberflächenwasser
 - Talsperre
 - Seen
 - Flüsse
- Aufbereitungsart
 - direkt
 - Indirekt (Uferfiltration)

Wassergewinnung nach Wasserarten



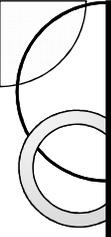
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 2.1, 2001

BGWT



Grundsätzliche Fragen

- Welchen Ansprüchen muss Wasser für den menschlichen Gebrauch genügen?
- Wie ist mein Rohwasser beschaffen?
- Was muss ich tun, um Rohwasser in WfmG umzuwandeln?



Ansprüche an Trinkwasser (TrinkwV)

- Frei von Keimen (KBE, GZZ)
- Geniessbar (Geschmack, Geruch, Farbe, etc.)
- Rein (Frei von unerwünschten Bestandteilen)

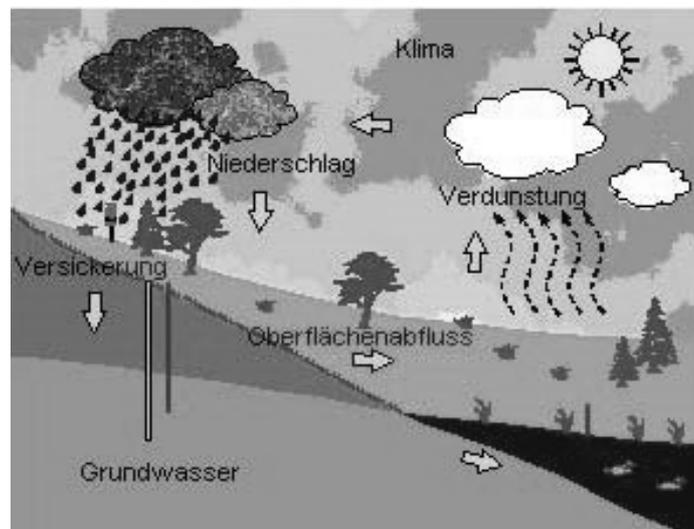


Weitere Ansprüche?

- Lagerbar (Wiederverkeimung)
- nicht korrosiv
- kühl
- stets Verfügbar
- Druck
- billig

GRUNDWASSER

Wasserkreislauf





Eigenschaften des Grundwassers

- Bodenpassage als Barriere
- Sauerstoffzehrung durch Organismen
- folglich reduziert, d.h. geringes Redoxpotential
- Eisen und Mangan zweiwertig, in Lösung
- Sieb-/Filtereffekt durch Bodenpassage führt zum Rückhalt von Partikeln
- keimarm (idR keine pathogene Keime)



Also, was ist drin, was raus muss? Und was muss rein?

- Fe(II) und Mn(II)...raus
 - sonst Ausfällungen im Netz
 - durch Oxidation mit Sauerstoff zu unlöslichen Eisen- bzw. Manganverbindungen im Filter
- Ammonium (Landwirtschaft oder geogen) ...raus
 - durch Oxidation mit Sauerstoff
- Härte (Ca^{2+} / Mg^{2+}) ...rein oder raus
- Wenn CO_2 zu hoch: ...raus
- Bei stark reduzierten Wässern ...raus:
 - H_2S
 - CH_4

z.B. Eisen

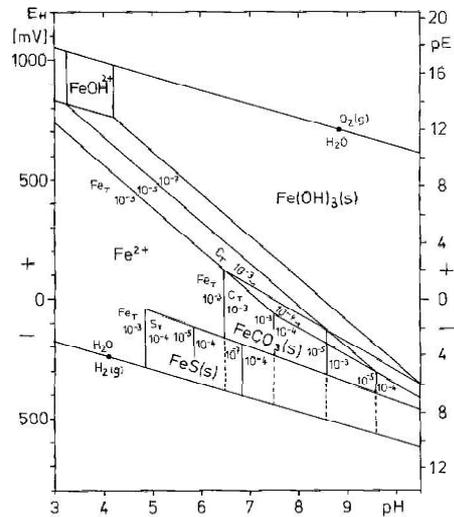


Bild 2: Eh-pH-Diagramm; System Fe - H₂O - CO₂ - H₂S;
 $Fe_T = 10^{-3}$ bis 10^{-7} mol/l; $C_T = 10^{-3}$ bis 10^{-4} mol/l;
 $S_T = 10^{-4}$ mol/l; $pO_2 = 0,21$ bar (abs); 25 °C

z.B. Mangan

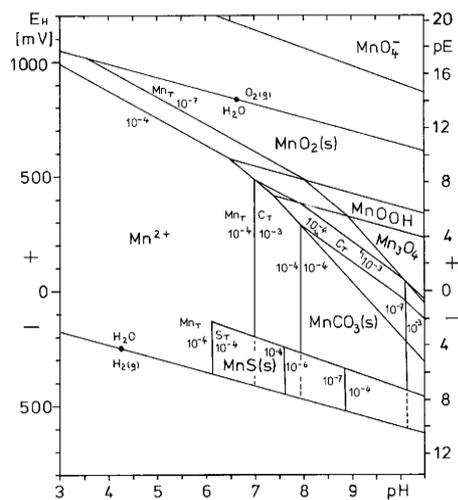


Bild 3: Eh-pH-Diagramm; System Mn - H₂O - CO₂ - H₂S;
 $Mn_T = 10^{-4}$ bis 10^{-7} mol/l; $C_T = 10^{-3}$ bis 10^{-4} mol/l;
 $S_T = 10^{-4}$ bis 10^{-6} mol/l; $pO_2 = 0,21$ bar (abs); 25 °C



Daraus folgt:

- Nötig: Einbringen von Sauerstoff
 - Mn / Fe –Oxidation
 - Nitrifikation
- Gasaustausch:
 - Entfernung CO₂, H₂S, CH₄
- Filtration zur Abtrennung der Mn/Fe-Oxide
- Optional: Ent- bzw. Aufhärtung

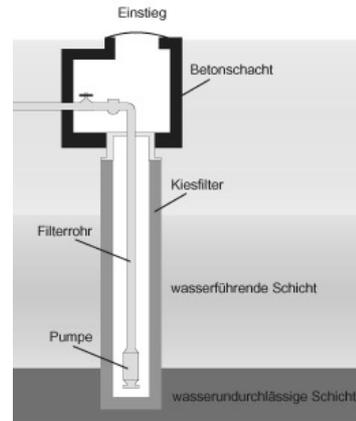
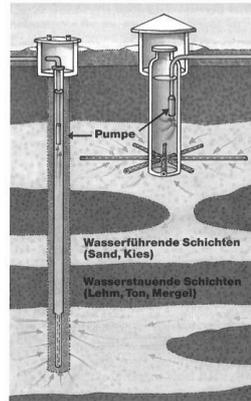


0.Schritt: Förderung

- Förderung aus mehreren Brunnen
- Verschiedene Brunnenschaltungen
 - Insbesondere auch ein Mittel um Grenzwerte einzuhalten
- Unterschiedliche Grundwasserleiter besitzen unterschiedliche Wässer
- Mischung dieser Wässer ergibt ein völlig neues Wasser
- pH 7,3 + pH 7,1 ≠ pH 7,2

0.Schritt: Förderung

Vertikalfilter- und Horizontalfilter-Brunnen



Typisierung

Parameter	Einheit	Grundwasser- / Rohwasser-Typ									
		RG 0	RG 0	RG 0	RG 0/1	RG 1	RG 1/2	RG 1/2	RG 1/2	RG 2	RG 2
		D1	A1	A2	A+B	B2	B2	B+C	B+C	C2	C2
						Normaltyp	Extremtyp		mit hoher Härte	Normaltyp	Extremtyp
pH-Wert	-	>7,0	6...8,5	4,5...6	10...50	6...7,5	5	0	0	5,5...7,5	0
O ₂ -Sättigung	%	>70	>70	50...70	1...3	0	0	0	0	0	0
DOC	mg/L	<1	≤1	5...10	1...3	1...5	10	1...5	1...5	1...3	5...10
Fe(II)	mg/L	<0,1	<0,1	≤3	1...2	1...10	10...>50	1...20	1...10	1...5	0,1...1
Mn(II)	mg/L	<0,05 (max 0,5)	<0,05 (max 0,5)	≤1	1...2	<1...2	10	<1...2	10	0,5...5	
NO ₃ ⁻	mg/L	≥10	≥10	≥10	5...>10	≥0,7...<10	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7
NH ₄ ⁺	mg/L	n.n.	n.n.	n.n.		<1...2	5			1...5 (max 10)	
SO ₄ ²⁻	mg/L	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20	>5...<20	>5...<20	>5...<20	≤5	≤5
Härte	mmol/L	>3	0,18...1,25	0,18...1,25	1...3	1...>3	1...>3	1...3	>3	1...3	1...>3
H ₂ S	mg/L	n.n.	n.n.	n.n.	unwahrscheinlich	unwahrscheinlich	möglich	möglich	möglich	1...3	1...>3
CH ₄	mg/L	n.n.	n.n.	n.n.	unwahrscheinlich	unwahrscheinlich	möglich	möglich	möglich	vorhanden	vorhanden
geologische Formation des Einzugsgebietes und Beispiele			kalkarme, nährstoffarme, langsam verwitternde Gesteine			GW unter eutrophen Böden, GW im Auenbereich, die durch Uferfiltrat eutropher Flüsse beeinflusst sind				GW unter sehr stark organisch belasteten, staunassen, moorigen Böden	
			GW der Geest	GW in Heiden- und Dünengebieten							

WICHMANN (Entwicklungsstand März 2005)

1.Schritt: Belüftung

- Offene Belüftung: Verrieselung von Rohwasser
 - Eintrag von Sauerstoff
 - Austrag von Gasen (H_2S , CH_4 , CO_2)
 - Eingriff in das Kalk-Kohlensäure Gleichgewicht
 - Benötigt Platz
 - Benötigt Zeit

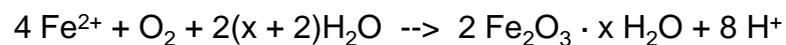


1.Schritt: Belüftung

- Geschlossene Belüftung: Eintrag von Luft oder reinem Sauerstoff
 - Eintrag von Sauerstoff
 - Kaum Platzbedarf
 - Schneller Eintrag
 - **Kein** Austrag von Gasen

Sauerstoffbedarf

- Enteisenung



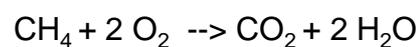
- Entmanganung

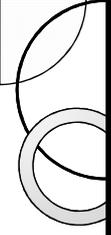


- Nitrifikation



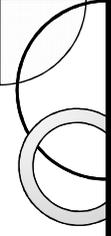
- Methanoxidation





Alles klar...

1. Konzentrationen der Ausgangsstoffe bekannt
2. Ermittlung des Sauerstoffbedarfs
3. Belüftung des Wassers bis zur berechneten Konzentration



...oder?

- Methankonzentration oft **nicht** bekannt
- Vorkommen von Methan nicht als mögliches Problem beurteilt
- obrige Punkte oft gepaart mit geschlossener Belüftung



©Bendinger 2009

Methan im Grundwasser

- Gute Kohlenstoffquelle für spezialisierte Bakterien
- Erhöhtes Biofilmwachstum
- Erhöhter Sauerstoffbedarf
- Konsequenz: Mangan bzw. Eisen im Reinwasser

2. Schritt: Filtration

- Prozesse:
 - Enteisenung
 - Nitrifikation
 - Entmanganung
- Einstufig:
 - Enteisenung/Entmanganung in einem Filter
- Zweistufig:
 - Zwei unabhängige Filter für die Enteisenung und Entmanganung
 - Zwischenbelüftung möglich

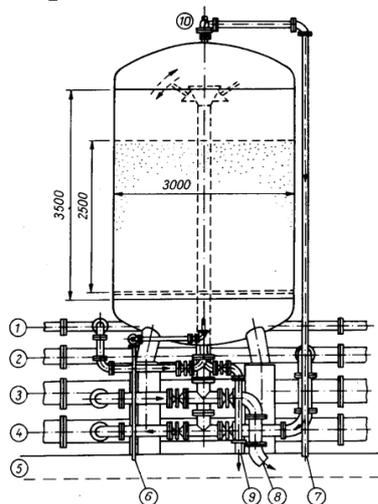


Bild 5.87 Einstufendruckfilter in Reihenschaltung
 1 Spülluft; 2 Spülwasser; 3 Rohwasser;
 4 Reinwasser; 5 Schlammwasserkanal;
 6 Filterbodenentlüftung; 7 Entlüftung
 mit Hand; 8 Schlammwasser; 9 Entleerung;
 10 automatisches Entlüftungsventil

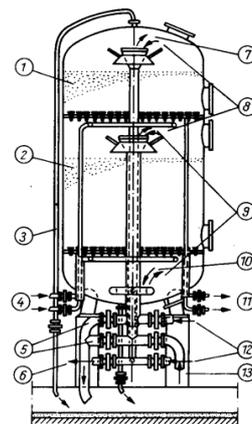
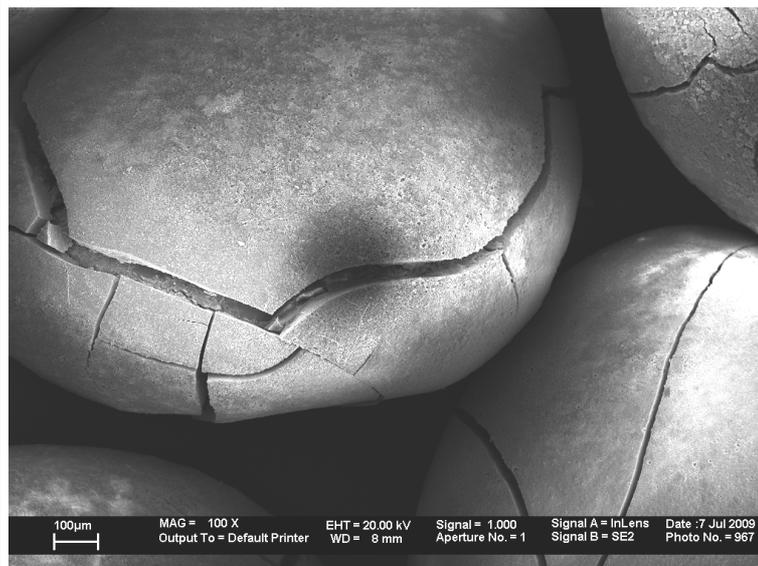


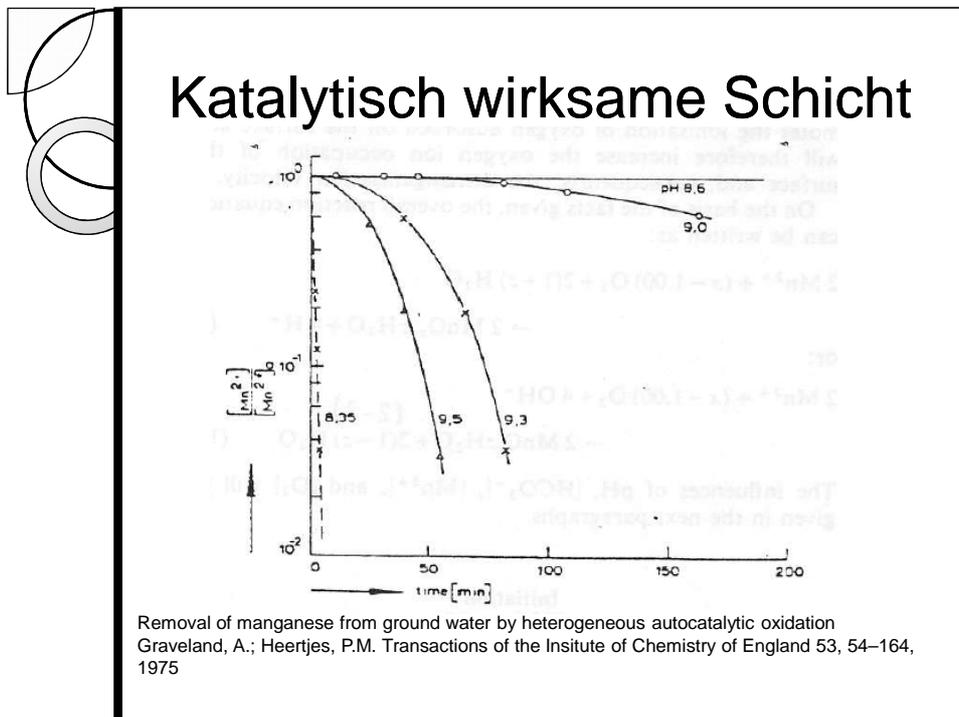
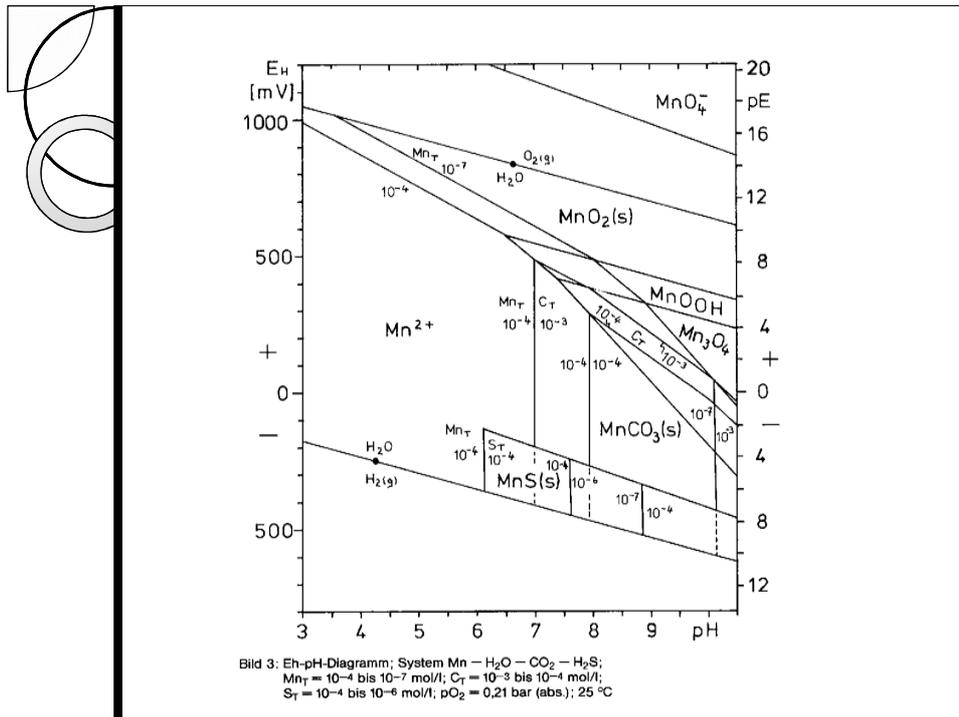
Bild 5.88 Zweistufenfiltration
 1 Filterkies, grob; 2 Filterkies, fein; 3
 Entlüftung; 4 Spülluft; 5 Schlammwasser;
 6 Reinwasser; 7 Rohwasserverteilung;
 8 Schlammwasserabführung; 9
 Spülwasserverteilung; 10 Reinwasserabführung;
 11 Filterbodenentlüftung; 12
 Spülwasser; 13 Rohwasser

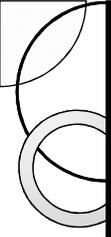
Filtrationsstufe

- Sandfilter, Körnung idR 1-2 mm
- Fe/Mn Oxidhydrate scheiden sich ab
- Einschluss von eventuellen Partikeln
- Filterwiderstand nimmt zu
- Rückspülung
- Mit der Zeit Ausbildung einer katalytisch wirksamen Schicht
- Insbesondere 2. FS (Entmanganung): mikrobiologische Entfernung

Filterkorn







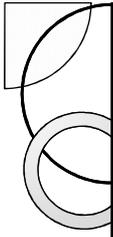
3. Optional: Enthärtung

- Entfernung von Ca^{2+} und Mg^{2+}
- Fällungsverfahren
- Ionenaustausch
- Membranverfahren



4. optional: Desinfektion

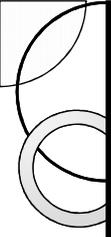
- Chlorung
 - Depotwirkung im Netz
 - Aber: Bildung von DBP (disinfection by-products, pot. krebserregend)
- UV-Desinfektion
 - Am Wasserwerksausgang keimfrei
 - Keine Aussage für die Entnahmestelle möglich



Aufbereitung von Grundwässern

- Wenige Aufbereitungsschritte
- Genug Sauerstoff zum Ablauf der chemischen Prozesse nötig
- Bewährte Verfahren
- Der Teufel steckt im Detail

• **FLUSSWÄSSER**



Oberflächenwässer

- Direkte Aufbereitung
 - Talsperren
 - Seen
 - **Flüsse**
- Indirekte Aufbereitung
 - Uferfiltration
 - Grundwasseranreicherung



Flusswasser

- Aufbereitung deutlich anspruchsvoller als die des Grundwassers
- Diverse Eintragspfade
 - Kläranlagenablauf
 - diffuse Abwasserquellen
 - Oberflächenerosion
- großes Einzugsgebiet
- schwankende Zusammensetzung



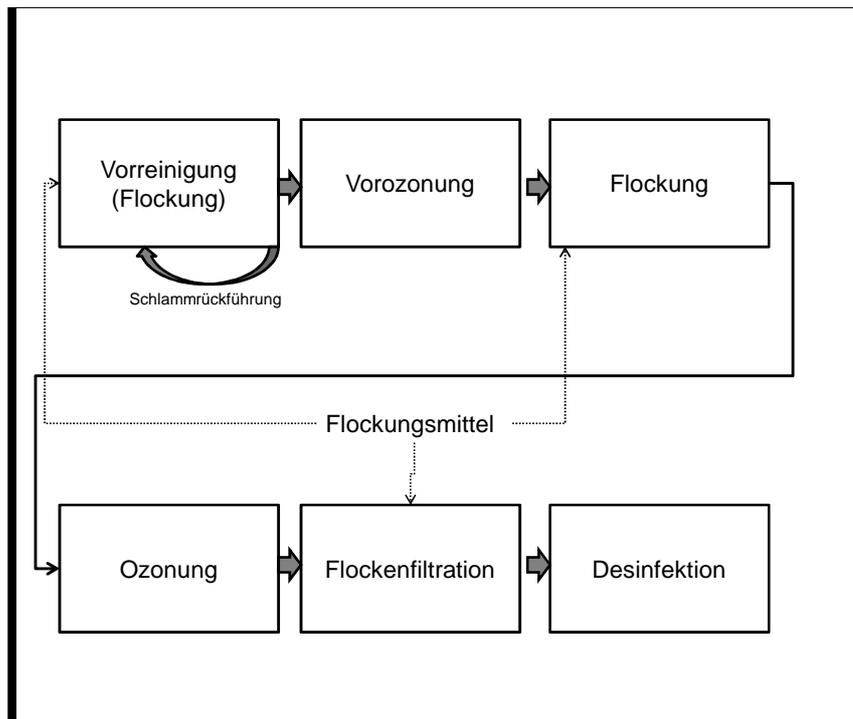
Was muss raus?

- Krankheitserreger
 - Absolut wichtigstes Ziel **EVER!**
 - daher: Multibarrierenkonzept
 - Ein Entfernungungsverfahren ist nicht genug
- Partikel
 - Bakterien an Partikeln assoziiert
 - Entfernung Partikel = Entfernung MO

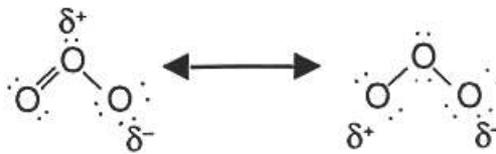


Flusswasseraufbereitung

- Förderung
- Vorreinigung (Flockung)
- Vorozonung
- Flockung
- Ozonung
- Filtration
- Desinfektion



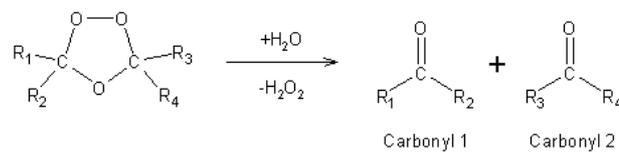
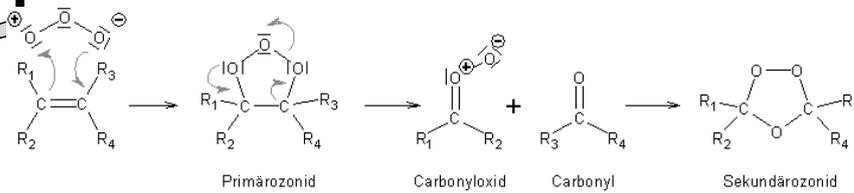
Werkzeug: Ozon



Oxidationsmittel	Halbreaktion	pE°
•OH	$\bullet\text{OH} + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$	48,5
O_3	$\text{O}_{3(\text{g})} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{O}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}$	35,3
O_2	$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$	20,8

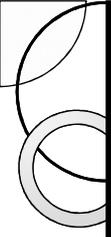
Starkes Oxidationsmittel

Ozonolyse



Partikel

- Negativ geladene Oberfläche, daher untereinander abstoßend
- Häufig organische Deckschicht
- Ozon „knackt“ die Deckschicht „an“ bzw. „auf“
- Neutralisation der Oberflächenladung durch Flockung
 - Zugabe Fe^{3+} bzw. Al^{3+}
 - Flockungshilfsmittel



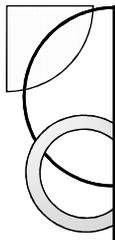
0. Förderung

- Banal: Pumpe mit Sieb



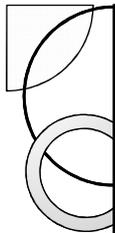
1. Vorreinigung

- Flockung mit Eisen(III)- bzw. Aluminium(III)-Verbindungen
- Zugabe Flockungshilfsmittel
- Sedimentation
- Resultat: vorgereinigtes Wasser und Schlamm
- Schlamm wird zu 90% als zusätzlicher „Flockenanker“ zurückgeführt



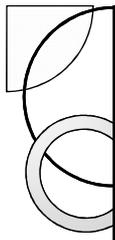
2. Vorozonung

- „Aufknacken“ der organischen Partikeldeckschicht



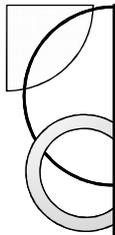
3. Flockung

- ohne Schlammrückführung



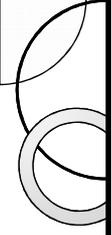
4. Ozonung

- Desinfektion



5. Filtration

- Nach Zugabe von Eisen(III)-Sulfat
Flockenfiltration
- Auch Aktivkohlefilter möglich
 - Biologischer Abbau



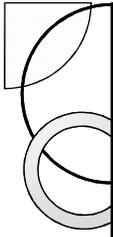
Zusammenfassung Flusswasser

- Wichtiges Ziel: keimreiches Rohwasser in keimarmes Reinwasser verwandeln
- Zentrales Verfahren: Flockung
- Obligatorisch: Desinfektion



Klausurfragen (Beispiel)

- Differenzieren sie Grund- und Flusswasseraufbereitung!
- Welche Faktoren beeinflussen die Konzentration von Mangan im Reinwasser?
- Ein Wasser enthält 0,5 mg/L Mangan(II) und 5 mg/L Eisen(II). Wieviel Sauerstoff wird zur vollständigen Entfernung der beiden Stoffe benötigt? (ohne Betrachtung anderer Prozesse)
- Um wieviel Prozent erhöht sich der Sauerstoffbedarf bei zusätzlichem Auftauchen von 1 mg/L Methan?



Nächstes Mal

- Uferfiltration
- Grundwasseraufbereitung
- Abwasserbehandlung (kurz)