

3 Wasserversorgung

- 3.1 Aufgaben der WVU
- 3.2 Trinkwasserverordnung
- 3.3 Planungsgrundsätze
- 3.4 Wasserverbrauch, Wasserbedarf
- 3.5 Wassergewinnung
- 3.6 Trinkwasseraufbereitung
- 3.7 Wasserverteilung

3 Wasserversorgung

3.1 Aufgaben der WVU

Aufgaben von WVU

Lieferung von Trinkwasser

- mit guter mikrobiologischer und chemischer **Qualität**
- in ausreichender **Menge**
- mit ausreichendem **Druck**

- Einhaltung geltender Vorschriften und a.a.R.d.T.

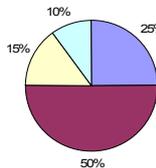
- Führung nach kaufmännischen Gesichtspunkten, Kostendeckungsprinzip

Grundsätze der Preisbildung

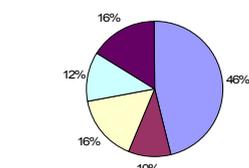
1. **Deckung aller Kosten** durch Wasserpreis
2. Aufschlüsselung der Entgelte der **Verbrauchergruppen** entsprechend der verursachten Kosten
3. **Berücksichtigung der Kostenstruktur** bei der Festsetzung von Grund- und Mengenpreis
4. **Angemessene Verzinsung** für Eigen- und Fremdkapital
5. Berücksichtigung des **Prinzips der Substanzerhaltung**

Gesamtkosten der Wasserversorgung

nach Kostenstellen



nach Kostenarten

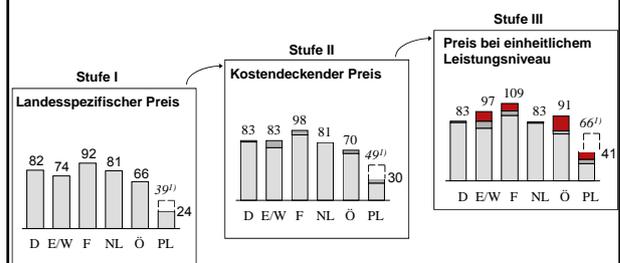


- Gewinnung und Aufbereitung
- Verteilung einschl. Speicherung und Zähler
- Verwaltung und Vertrieb
- Konzessionsabgabe

- Kapitalkosten
- Konzessionskosten
- Verwaltung, Vertriebs- und Gemeinkosten
- Betriebs- und IHK-Kosten Gewinnung und Aufbereitung
- Betriebs- und IHK-Kosten Transport, Speicherung, Verteilung, Messung

DVGW-Lehr- und Handbuch (Bd.2), 1999

Preisvergleich Wasserversorgung [€/E·a]



■ Veränderung von Stufe I zu Stufe II ■ Veränderung von Stufe II zu Stufe III

1) Anpassung Preisniveau auf Basis der Kaufkraftparität

Quelle: VEWA-Studie im Auftrag des BDEW, 2010

Richtlinien und Verordnungen zur Trinkwasserqualität

World Health Organization (WHO)	Guidelines for Drinking-Water Quality (1996)
EU-Richtlinie 98/83/EG	des Rates vom 03.11.1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) v. 21. Mai 2001, BGBl 2001 Teil I, Nr. 24 S. 959-980

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 8

Trinkwasserqualität

„Wasser für den menschlichen Gebrauch muss frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein. Diese Erfordernis gilt als erfüllt, wenn bei der Wassergewinnung, der Wasseraufbereitung und der Verteilung die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Wasser für den menschlichen Gebrauch den Anforderungen der § 5 bis 7 entspricht.“

TrinkwV, 2001

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 9

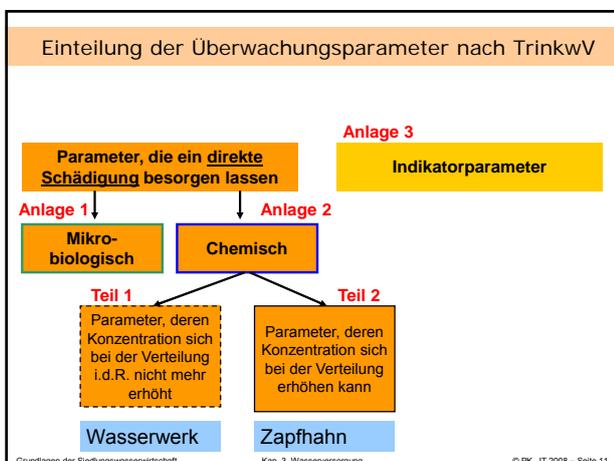
„Allgemein anerkannte Regeln der Technik“

Regelwerk des **DVGW** Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs

DIN-Vorschriften z.B.:

DIN 2000	Zentrale Trinkwasserversorgung Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser Planung, Bau und Betrieb der Anlagen
DIN 1988	Technische Regeln für die Trinkwasserinstallation
DIN 50930	Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei der Korrosionsbelastung durch Wasser
Teil 6	Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 10



Anlage 1: Mikrobiologische Parameter

Parameter	Einheit, als	Grenzwert
Escherichia coli	(100 ml) ⁻¹	0
Enterokokken	(100 ml) ⁻¹	0
Coliforme Bakterien	(100 ml) ⁻¹	0

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 12

Anlage 2: Chemische Parameter

Teil 1: ...deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich Hausinstallation id.R. nicht mehr erhöht.

Ausgewählte Beispiele

Parameter	Einheit, als	Grenzwert
Acrylamid	mg/L	0,0001
Benzol	mg/L	0,001
Bromat	mg/L	0,01
Nitrat	mg/l	50
Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (einzeln)	mg/l	0,0001
Pflanzenschutzmittel u. Biozidprodukte (insgesamt)	mg/l	0,0005

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 13

Anlage 2: Chemische Parameter

Teil 2: ...deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich Hausinstallation erhöhen kann.

Ausgewählte Beispiele

Parameter	Einheit, als	Grenzwert
Antimon	mg/L	0,005
Arsen	mg/L	0,01
Blei	mg/L	0,01
Kupfer	mg/L	2
Nitrit	mg/l	0,5
Trihalogenmethane	mg/l	0,0001
Polyzyklische aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK)	mg/l	0,0005

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 14

Indikatorparameter

Ausgewählte Beispiele

Parameter	Einheit, als	Grenzwert
Geschmack	1	für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung
Koloniezahl bei 22 °C	1	ohne anormale Veränderung
Koloniezahl bei 36 °C	1	ohne anormale Veränderung
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2500 bei 20 °C
Eisen	mg/L	0,2
Mangan	mg/l	0,05
Trübung	Nephelometrische Trübungseinheiten (NTU)	1,0
Wasserstoffionen-Konzentration	pH-Einheiten	≥6,5 und ≤ 9,5 Calcitlösekapazität < 5 mg/L bzw. pH > 7,7

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 15

3 Wasserversorgung

3.3 Planungsgrundsätze

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 16

Multibarrieren-System

	Erste Barriere	Zweite Barriere	Dritte Barriere
Wo?	Nachhaltiger Schutz der Wasserressourcen	Trinkwasserversorgung	Hausinstallation
Werkzeuge	- Monitoring - TW-Schutzgebiete	- Gewinnung - Aufbereitung - Verteilung nach a.a.R.d.T	- sorgfältige Auswahl der Materialien im Kontakt mit Trinkwasser - Sicherheitsarmaturen - Fachgerechte Installation

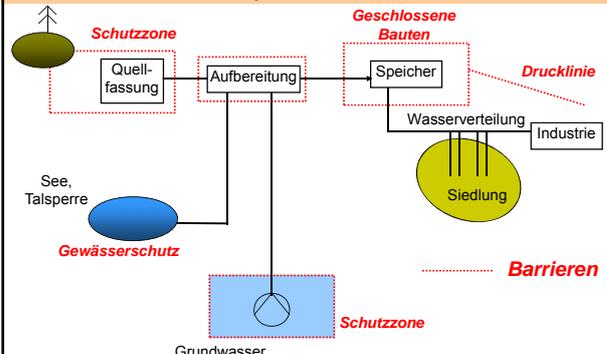
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 17

Aufbau eines Wasserversorgungssystems

„Multi-Barrieren-System“



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 18

Zielvorstellungen für WV

1. Deckung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfs
2. Vorrangig Grundwasser nutzen (DIN 2000)
3. Vorrang der Trinkwasserversorgung vor anderen Nutzungsansprüchen
4. Schutz ergiebiger Vorkommen (auch potentiell)
5. Örtliche Versorgung anstreben
6. Verbundsysteme (Redundanz, Lastausgleich)
7. Überregionale Versorgung von Mangelgebieten und Bedarfsschwerpunkten
8. Nutzung von Brauchwasser, Mehrfachnutzung im gewerblichen, industriellen Bereich

Landesentwicklungsplan Bayern,
nach Mutschmann, Stimmelmayer, Wasserversorgung, 2002

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 19

Planungshorizont

Bauentwurf	n – 5
Inbetriebnahme	n
Anlagenteile (außer Rohrleitung)	n + 15
Erweiterungsfähig	n + 30
Rohrleitungen	n + 50
Sicherung der Wasservorkommen	n + 50

nach
Mutschmann/Stimmelmayer, 2002, verändert

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 20

3 Wasserversorgung

3.4 Wasserbedarf

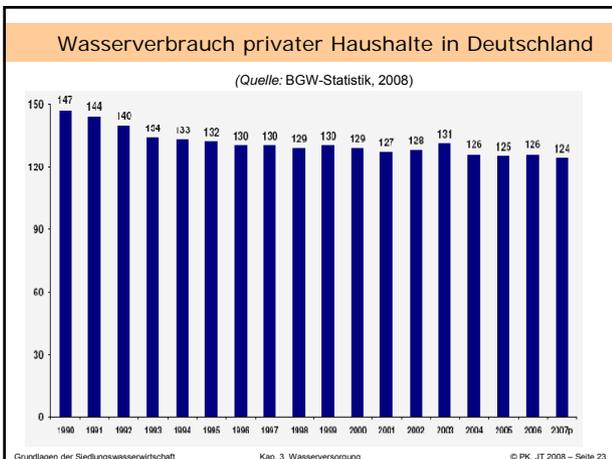
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 21

Wasserverbrauch, Wasserbedarf

(Roh-)Wasserbedarf
des Versorgungsgebiets (= Aufbereitungsmenge)

Wasserabgabe in das Versorgungssystem	Eigen bedarf
Wasserverbrauch (über Zähler abgerechnet)	Netz- verlust
Haushalt Land- wirtschaft Ge- werbe In- dustrie Öffentl. Einr.	

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 22



Wasserbedarf Gewerbe, öff. Einrichtungen

DVGW-W 400-1 Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen - Teil 1: Planung

Objekt	Volumenbedarf (l)	Gewinnrate in L/(s·d)	Minutenrate in L/(s·d)
Wohneinheit	Einkaufsart	60-500	145 ¹⁾
Wohnebene	Einkaufsart		145 ¹⁾
	Altkosten, ungeglichen	140-150	
	prozentige Belastung	200-500	
Kondensat	Verbrauch ²⁾	130-830	340
	Betriebszahl	130-1.200	500
Leitlinien	Schlüssel = Leiter + Personal	1-30 ³⁾	8
Umschlaggebäude	Beschäftigte	1-164	47
Hörsäle	Hörsäle	100-1.400	200
	Hörsäle	70-1.400	388
	Großbetriebe	40-970	243
Landwirtschaftliche Anwesen	Großvieh-Gleichwert (GVGW) Äquivalent für ein Zoo mit 300 kg Lebendgewicht		50
Faktoren zur Umrechnung auf GVGW:			
Mensch	2,0	Merkmalen 350-500 kg	0,5
Kühe	1,2	Zuchtsauen, -stiere	0,3
Pferde	1,0	Zuchtsauen mit Ferkel	0,5
Pferde (3-7 J)	0,7	Muttschweine 20-110 kg	0,13
Fohlen	0,5	Schafe, Ziegen	0,1
Kühe (bis 4 Wochen)	0,1	10 Hühner, Gänse, Enten	0,04

1) V = 1 - Faktor = 0,8 - Personal, das im Krankenhaus wohnt = 0,2 - übriges Personal
2) V = 0,05 - 1 (15) je nach Anlagengröße von 100 L (10-4) min
3) V = 0,05 - 1 (15) je nach Anlagengröße von 100 L (10-4) min

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 24

Eigenverbrauch WVU

- Eigenverbrauch:
 - Rückspülung in Wasseraufbereitungsanlagen
 - Rohrnetzspülung, Reinigung von Wasserspeichern etc.
 - Frostläufe
 - Bauwasser
- Entnahme in verbrauchsschwachen Zeiten
 - ➔ führt nur zur Erhöhung von $Q_{d,m}$
- Größenordnung:
 - Mit Wasseraufbereitung: 1,0 – 1,5% von Q_a
 - Sonstige ca. 1,0% von Q_a

Wasserverluste (Richtwerte)

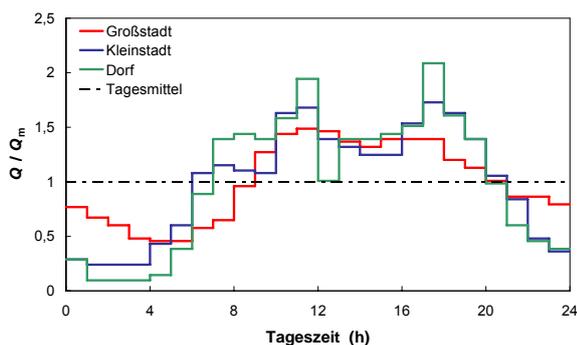
Faustwerte Mutschmann, Stimmelmayer, 2002

	alle Anlagenteile ohne Verteilung %	Wasser- verteilung %	Gesamt %
Neuanlage	1	4	5
Altanlagen, gut gewartet	2	8	10

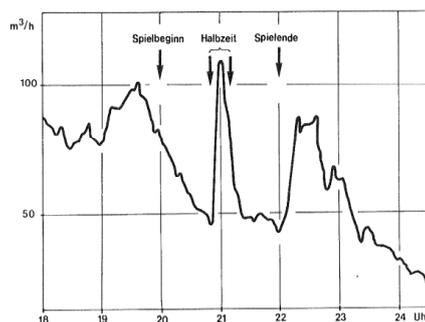
Spezifisch auf Netzlänge DVGW-W 392

	großstädtisch $m^3/(km h)$	städtisch $m^3/(km h)$	ländlich $m^3/(km h)$
Niedrig	< 0,13	< 0,07	< 0,05
Mittel	0,13 - 0,25	0,07 – 0,15	0,05 – 0,10
Hoch	> 0,25	> 0,15	> 0,10

Wasserverbrauch: Tagesgang



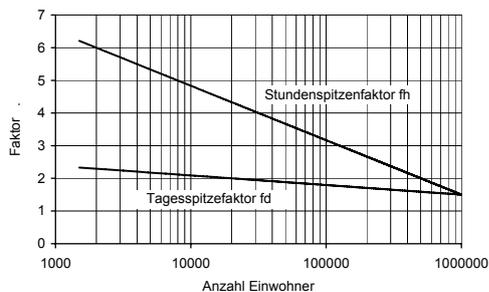
Wasserverbrauch WG in Dortmund, WM-Endspiel Italien-Deutschland, 11.7.1982,



Spitzenfaktoren nach DVGW-W 400-1

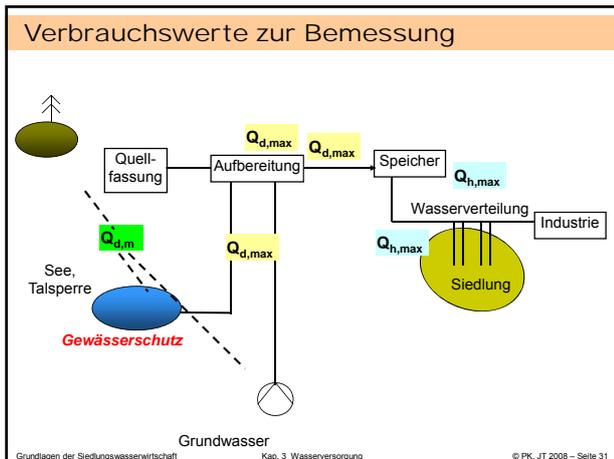
$$f_{d,max} = \frac{Q_{d,max}}{Q_{d,m}}$$

$$f_{h,max} = \frac{Q_{h,max}}{Q_{h,m}}$$

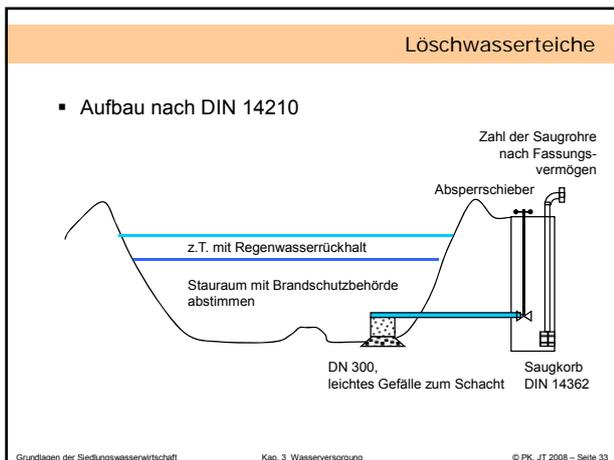


Verbrauchswerte

Kürzel	Bezeichnung	Für Bemessung von
$Q_{d,m}$	Mittlerer Tagesverbrauch	Wasserdargebot Betriebskosten, Preiskalkulation
$Q_{d,max}$	Größter Tageswasserverbrauch $Q_{d,max} = f_{d,max} \cdot Q_{d,m}$	Wassergewinnung, Wasseraufbereitung Speicher
$Q_{h,m}$	Mittlerer Stundenverbrauch	
$Q_{h,max}$	Größter Stundenverbrauch $Q_{h,max} = f_h \cdot Q_{h,m} = f_h \cdot \frac{Q_{d,m}}{24}$	Rohrleitung Speicher -Netz



- ### Feuerlöschwasser
- **Brandschutz ist Sache der Gemeinde**
 - **Grundschutz** = Brandschutz für das Gemeindegebiet ohne besonderes Sach- und Personenrisiko
 - **Objektschutz** = objektbezogenes Risiko liegt in Verantwortung des Grundstückseigentümers (Hotels, Kaufhäuser, Gewerbebetriebe,...)
 - **Bemessung nach DVGW-W 405 und in Abstimmung mit Gemeinde**
 - Hydranten: A: 96 m³/h (bzw. 2 x 48 m³/h)
B: 48 m³/h
C: 24 m³/h
 - p_{min}: 1,5 bar
 - Löschzeit: 2 Stunden
 - bei kleinen Siedlungen Q-Löschwasser maßgeblich !
 - Trennung von Löschwasserversorgung und öffentlicher Wasserversorgung prüfen
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 32



Richtwerte für den Löschwasserbedarf

Bauliche Nutzung nach §17 Bau-nutzungs-VO	Klein-siedlung, Wochenend-hausgebiete	Reine Wohngebiete Allgem. WG, besondere WG, Mischgeb., Dorfgeb.		Kerngebiete, Gewerbegebiete		Industrie-gebiete
		Gewerbe-gebiete				
Zahl der Vollgeschosse	≤ 2	≤ 3	> 3	1	> 1	-
Geschossflächen-zahl (GFZ)	≤ 0,4	≤ 0,3 – 0,6	0,7 – 1,2	0,7 – 1,0	1,0 – 2,4	-
Baumassenzahl (BMZ)	-	-	-	-	-	≤ 9
Gefahr der Brandausbreitung*	Löschwasserbedarf [m³/h]					
Klein	24	48	96			96
Mittel	48	96	96			192
Groß	96	96	192			192

*Klein: Feuerbeständige oder feuerhemmende Umfassungen, harte Bedachung
Mittel: Umfassungen nicht feuerbeständig/-hemmend, harte Bedachung oder weiche Bedachung und feuerbeständige/-hemmende Umfassungen
Groß: Umfassungen nicht feuerbeständig/-hemmend, weiche Bedachung, Holzfachwerk, stark behinderte Zugänglichkeit, Häufung von Feuerbrücke usw.

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 34

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

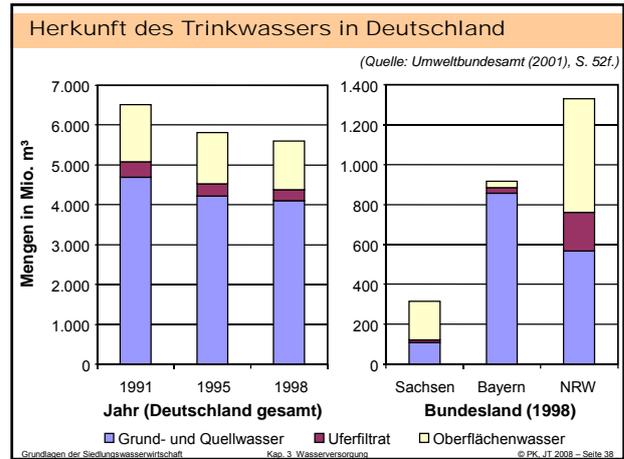
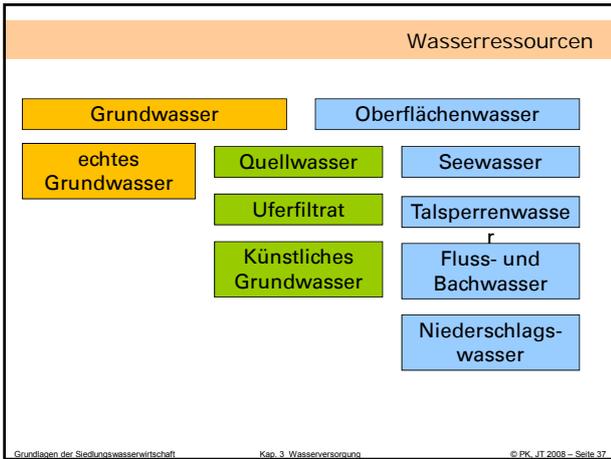
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 35

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 36



3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Grundwasser

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 39

„Echtes“ Grundwasser

- Bildung ausschließlich durch direkte Versickerung von Niederschlag

$$\text{GWN} = N - V - Q_{A0} (+/- \Delta R)$$

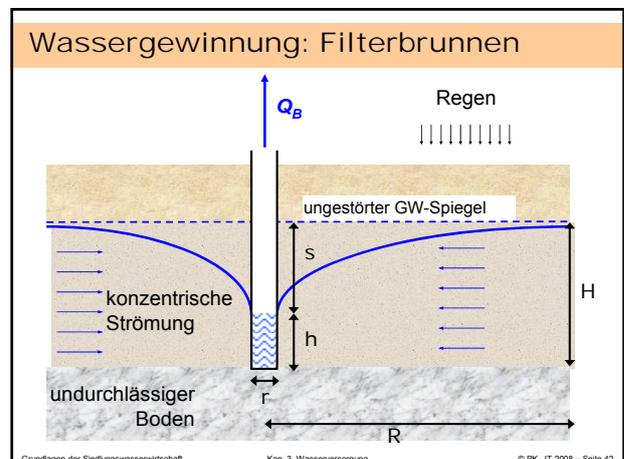
- Aufenthaltszeit: Monate bis Jahrhunderte
→ guter Schutz gegen mikrobiologische Belastung
- Chemische Beschaffenheit stark abhängig von
 - Geologischem Aufbau
 - Bewirtschaftung des Einzugsgebiets
- häufig gute Qualität und einfache Aufbereitung

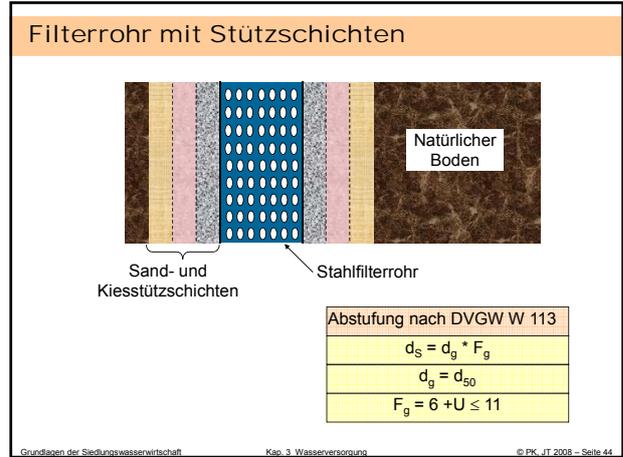
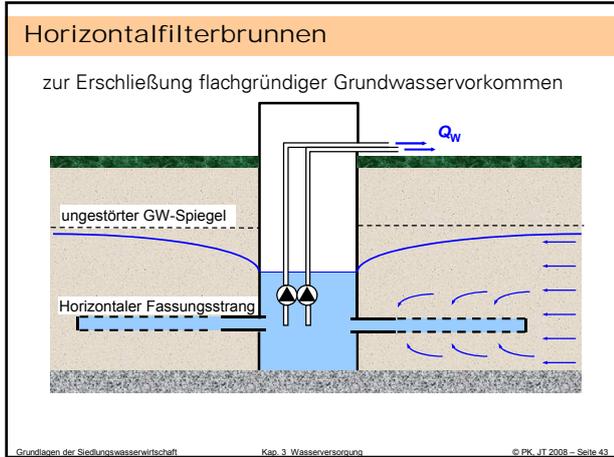
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 40

Fassung von Grundwasser

- der Grundwasserleiter (Aquifer) ist ein großer Speicher und verkräftet daher Entnahmeschwankungen
- Entnahme über Bohrbrunnen
- Filterstützschichten gegen Eintrag von Bodenmaterial
- je kleiner der Brunnenradius, desto größer die Gefahr der Versandung
- Wartung gegen Verstopfung

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 41





Verockerung

Anlage von Fe- und Mn-Verbindungen als Hydroxide, Oxidhydrate

Folge:
Extremer Rückgang der hydraulischen Kapazität

Sanierung teilweise möglich,
Hochdruckspülung
Ultraschall

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 45

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Quellwasser

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 46

Quellwasser

- DIN 4046/3: „...Ort eines eng begrenzten Grundwasseraustritts“
- Meist geringe Schüttung (Ausnahme: Karstquellen)
- Kurzfristige und saisonale Schwankungen von Menge und Beschaffenheit
- oberflächennah: bakteriologisch leicht gefährdet
- Vorteil: Versorgung meist mit „Gelände-Energie“ möglich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 47

Schema Quellwasserfassung

- 1 Humus
- 2 Kies und Sand
- 3 Sand
- 4 GW-Stauer
- 5 Wasser
- 6 Steinschicht
- 7 Sickeröhre
- 8 Bunnstube
- 9 Sieb
- 10 Absperrorgan
- 11 Zuleitung Reservoir

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 48

Quellwasserfassung („Quelltopf“)



Buchbrunnenquelle – Quelltopf
(Foto von Steinmetz, M.; Archiv des Zweckverbandes Landeswasserversorgung)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 49

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Uferfiltrat

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 50

Uferfiltrat

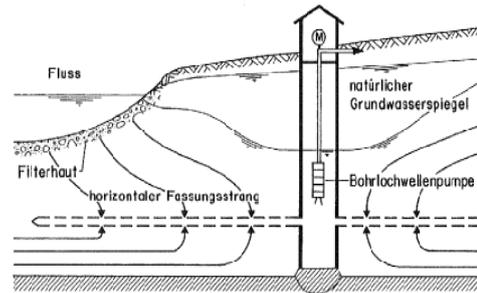
- Herkunft: Oberflächenwasser
- Veränderung der Beschaffenheit durch
 - Untergrundpassage
 - Vermischung mit Grundwasser
- Förderung:
durch Vertikal- oder Horizontalfilterbrunnen
- Standort der Fassungsanlagen:
 - Hochwassersicher
 - Güteanforderungen (Bodenpassage, gewünschte Mischungsanteile)
 - Ökologische Belange
 - Bsp. Rhein: Abstände vom MW-Bett: 150 – 400 m

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 51

Horizontal-Filterbrunnen als Uferfiltrat-Fassungsanlage (Schema)



Grombach et al., 2000

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 52

Grundwasseranreicherung

- Anwendung häufig am Rhein
- Infiltration → Bodenpassage zur Vorreinigung → Behandlung



Quelle: www.lanuv.nrw.de

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 53

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

3.5.5 See- und Talsperrenwasser

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

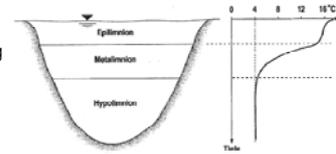
© PK, JT 2008 – Seite 54

Seewasser

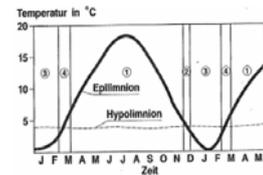
- Nutzung von Seewasser in Deutschland: 2,9% (davon aus 99% Bodensee (Mehlhorn, 1996))
- International stärker verbreitet (Skandinavien, Japan, USA)
- Wasserbeschaffenheit sehr spezifisch von örtlichen Randbedingungen abhängig
 - Einzugsgebiet (Geologie, Bewirtschaftung)
 - Seemorphologie (Tiefe!)
 - Klima

Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

Wasserschichtung im Sommer



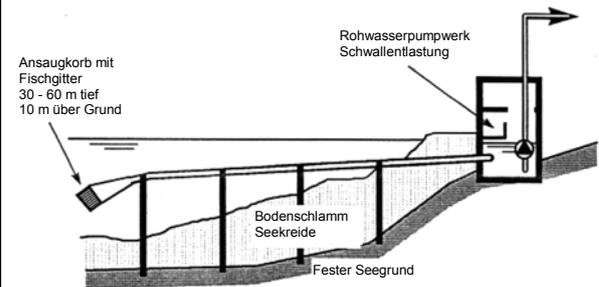
Jahresgang der Wassertemperatur



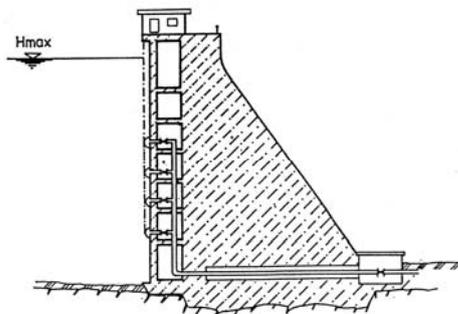
Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

- zufließendes Oberflächenwasser schichtet sich entsprechend der Wassertemperatur ein
- Algenwachstum im lichtdurchlässigen Bereich → bleibt im Epilimnion durch T-Schichtung
- bei Vollzirkulation vollständige Umwälzung
 - Veränderung der Rohwasserbeschaffenheit
 - Erhöhte Anforderung an Aufbereitung
 - notwendig zur Belüftung des Hypolimnions
- Entnahme i.d.R. aus Hypolimnion
 - gut geschützt
 - wenig Biomasse
 - niedrige Wassertemperatur

Seewasserfassung



Talsperrenmauer mit Entnahmeschacht



3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.2 Rohwasserqualität

Hauptinhaltsstoffe natürlicher Wasser

Lösungssystem	Echte Lösung				Kolloide Lösung	Suspension
	molekulardispers				kolloiddispers	grobdispers
Häufigster Teilchendurchmesser in m	$10^{10} - 10^8$				$10^2 - 10^7$	$> 10^7$
Hauptinhaltsstoffe Häufig > 10 mg/L	Elektrolyte		Nichtelektrolyte			
	Kationen	Anionen	Gase	Feststoffe		
Begleitstoffe Meist << 10 mg/L Häufig > 1 mg/L	Na ⁺ K ⁺ Mg ²⁺ Ca ²⁺	Cl ⁻ NO ₃ ⁻ HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	O ₂ N ₂ CO ₂	SiO ₂ · nH ₂ O	Organische Verbindungen (Stoffwechselprodukte)	Oxidhydrate von Fe und Mn Ole, Fette Sonstige organische Stoffe
Spurestoffe < 0,1 mg/L	Li ⁺ Rb ⁺ Ba ²⁺ As ³⁺ Cu ²⁺ Zn ²⁺ Pb ²⁺	HS ⁻	Rn			

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 61

Grund- und Quellwasser

Geologische Formation	Ort	pH	O ₂ mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	K _{B 8,2} mol/m ³	GH °dH	K _{S 4,3} mol/m ³
Urgebirge, kristallin	Gotteszell	6,0	10,8	–	–	0,3	0,6	0,1
Lettenkeuper	Rothausen	7,2	2,3	0,01	–	1,2	29,7	8,5
Jura, Eisensandstein	Heldmannberg	7,3	0,5	0,3	0,04	1,2	18,9	6,3
Pleistozän, Urstromtal	Tettau	5,7... 7,1	n.n.	15... 0,8	0,1... 2,5	1,0... 2,5	6,0... 12,1	0,15... 1,25
	Spremberg	5,3	0,02	7,5	0,15	1,6	5,1	0,14
	Engelsdorf 2 (Leipzig)	7,2	1,0	7,6	0,54	0,88	42,9	4,48
	Lommatzsch	7,2	< 0,5	7,5	0,5	1,61	36,6	8,21
Holozän, Schotter	München	7,2	10,5	0,01	–	0,43	14,3	4,4

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 62

Talsperrenwasser

Parameter	Einheit	Wahnbach (Siegelknippen)	Klingenberg (Coschütz)	Muldenberg (Muldenberg)
Temperatur	°C	3,8...6,7	4,0...14,5	0,7...12,8
pH-Wert	–	6,8...7,1	6,6...7,7	4,3...4,9
Sauerstoff	mg/l	5,9...11,1	7,8...12,3	5,8...12,9
DOC	mg/l	0,48...1,27	2,2...2,6	2,0
SAK 436 nm	m ⁻¹	0,06...0,08	0,14...0,46	< 0,1...0,4
Trübung	TE/F	0,48...1,27	0,3...1,8	0,43...2,5
AOX	mg/l	< 0,01	< 0,01...0,018	< 0,0015
K _{S 4,3}	mol/m ³	0,43...0,50	0,15...0,4	0,01...0,03
Gesamthärte	mol/m ³	0,7...0,8	0,5...0,7	0,17...0,19
Aluminium	mg/l	0,02...0,27	< 0,02...0,16	0,62...0,96
Nitrat	mg/l	16...17	12...19	2,0...3,6
Eisen, ges.	mg/l	< 0,01...0,03	< 0,05...0,12	< 0,17...0,60
Mangan	mg/l	0,01...0,19	0,024...0,14	0,48...0,59
Arsen	µg/l	< 0,5	1,0...2,9	< 1,0
Koloniezahl bei 20 °C	ml ⁻¹	22...1490	0... > 1000	0...528
Coliforme Keime	1/100 ml	0...12	0	0

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 63

Uferfiltrat (Zürich)

Parameter	Flusswasser	Uferfiltrat	
Keimzahl	< 29.000	< 640	(pro ml)
E.Coli	< 2.000	< 4	(pro 100 ml)
Temperatur	3,5 – 23,4	9,7 – 16,5	(°C)
O ₂	10,1	5,2	(g/m ³)
CO ₂	2,3	6,5	(g/m ³)
NH ₄ ⁺ -N	< 0,055	< 0,016	(g/m ³)
Biomasse	< 7	< 0,02	(g/m ³)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 64

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 65

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.1 Aufbereitungsziele und Verfahren

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 66

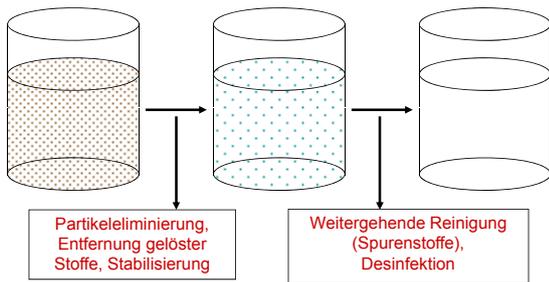
Anforderungen an Trinkwasser

- gemäß **TrinkwV**
- **organoleptisch** und **ästhetisch akzeptabel**
- geeignet für die üblichen **Verwendungszwecke im technisierten Haushalt**
- Günstige **korrosionschemische Eigenschaften**
- **Mikrobiologische und chemische Stabilität** (Keine Aufkeimung, keine Ausscheidungen beim Transport)
- Geeignet für **Mischung** mit anderen Trinkwässern (soweit relevant)

Typische Aufbereitungsziele

- Einstellung des Kalk-Kohlen-Säure-Gleichgewichts (Stabilisierung)
- Härte-Regulierung
- Entfernung gelöster Inhaltsstoffe
- Partikeleliminierung
- (Korrosionschemische Stabilisierung)
- (Spurenstoffe)
- Desinfektion

Typischer Ablauf der Aufbereitung



Typische Aufbereitungsverfahren

I: Stabilisierung, Härte

Entsäuerung	- Filtration über alkalisches Filtermaterial - Gasaustausch - Dosierung von Laugen
Aufhärtung	- Filtration über CaCO ₃ (ggf. vorher CO ₂ -Dosierung) - Dosierung von Ca(OH) ₂
Enthärtung	- Ionenaustausch - Nanofiltration - Fällung
(Korrosionsinhibition)	- Dosierung von Phosphaten und Silikaten

Typische Aufbereitungsverfahren

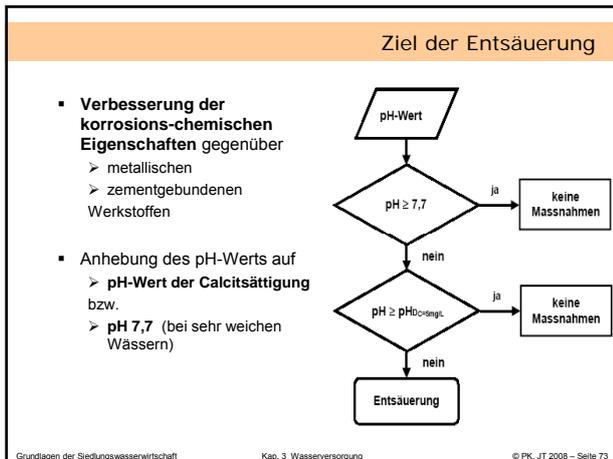
II: Entfernung von Trübung und gelösten Stoffen

Eisen- und Mangan	- Oxidation, Filtration Eisen(II)-, Mangan(II)-Filtration Eisen(III)-, Mangan(IV)-Filtration - Untergrund-Enteisenung
Trübung, Partikel	- Fällung/Flockung + Sedimentation, Flotation - (Flockung +) Filtration (Schnell-F., Langsam-F., Membran-F.)
Huminstoffe	- Flockung und Filtration - Biologischer Abbau (nach Vorozonung) - Adsorption
Gelöste Ionen	- Fällung/Flockung (z.B. Al, Ni) - Ionenaustausch (z.B. Nitrat, Nickel) - Adsorption - Biologischer Abbau (z.B. NH ₄ , NO ₃) - Umkehrosiose, Nanofiltration

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.2 Entsäuerung



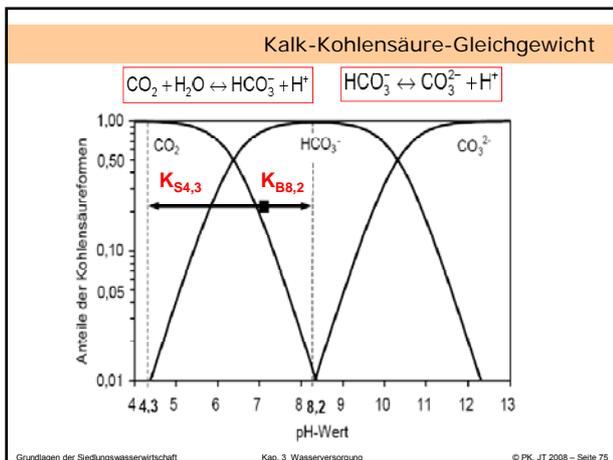
Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$

- Ungebundene Kohlensäure reagiert mit CaCO_3 → Betonangriff
- Entsäuerung durch:
 - Physikalischen CO_2 -Austrag → Gasaustausch
 - Chemische Bindung des CO_2
 - Filtration über alkalische Filtermaterialien
 - Dosierung von Chemikalien, z.B. NaOH

$$\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$$

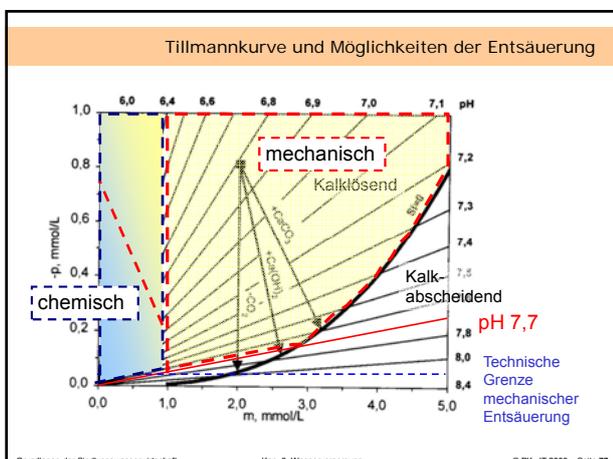
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 74



Möglichkeiten der Entsäuerung

Verfahren	Nebeneffekt, Risiken
CO_2 -Ausgasung	•Überschreitung des Gleichgewichts-pH möglich
Filtration über CaCO_3 Dosierung von Ca(OH)_2	•Erhöhung m-Wert und Ca-Konzentration
Filtration über CaCO_3 -MgO (halbgebrannte Dolomite)	•Erhöhung m-Wert und Ca-Konzentration •Erhöhung Mg-Konzentration •pH kann bei zu langer Kontaktzeit pH_c überschreiten (Ausfällung, Verbackung)!
Dosierung von NaOH $\text{Na(HCO}_3)$ Na_2CO_3	•Erhöhung des m-Wertes •Erhöhung der Na-Konzentration •bei NaOH: Überschreitung des Gleichgewichts-pH möglich

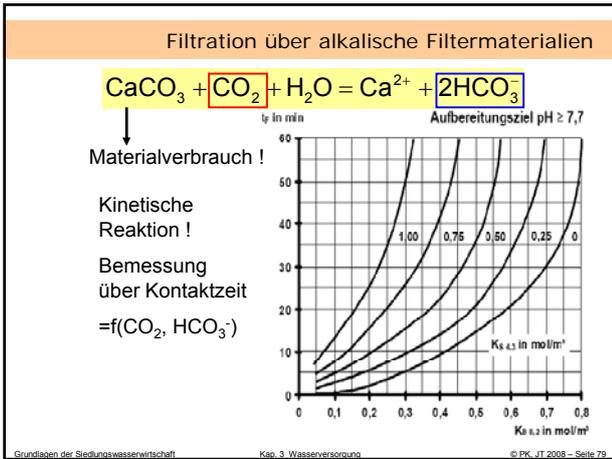
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 76



Auswahlkriterien für Entsäuerungsverfahren

Verfahren	Anwendung bei
CO_2 -Ausgasung	•mäßige bis große Härte • $c(\text{Ca}) \cdot K_{\text{S4,3}} > 4,5 \text{ mol}^2 \cdot \text{m}^{-6} > 1,8$ (mehrstufig)
Filtration über CaCO_3 Dosierung von Ca(OH)_2	•Weiche Wässer, ausreichend CO_2 $c(\text{Ca}) \leq 0,75 \text{ mol/m}^3, K_{\text{S4,3}} + 2 K_{\text{B8,2}} \leq 1,5$
Filtration über CaCO_3 -MgO (halbgebrannte Dolomite)	•mäßige Härte, ausreichend CO_2 $c(\text{Ca}) \leq 0,75 \text{ mol/m}^3, K_{\text{S4,3}} + 2 K_{\text{B8,2}} \leq 2,5$
Dosierung von NaOH	•weiche und harte Wässer
Dosierung von $\text{Na(HCO}_3)$ Na_2CO_3	•weiche Wässer

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 78



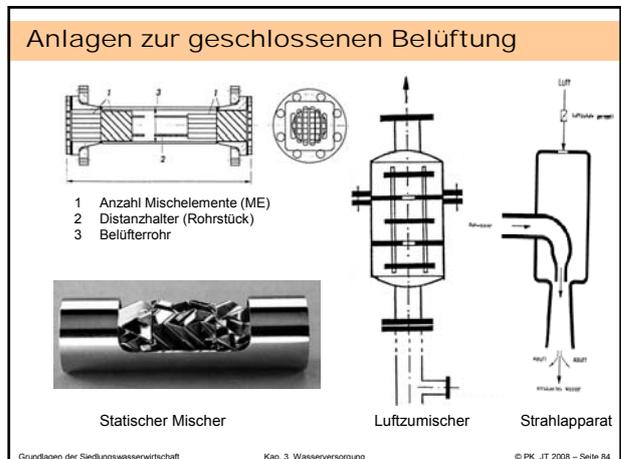
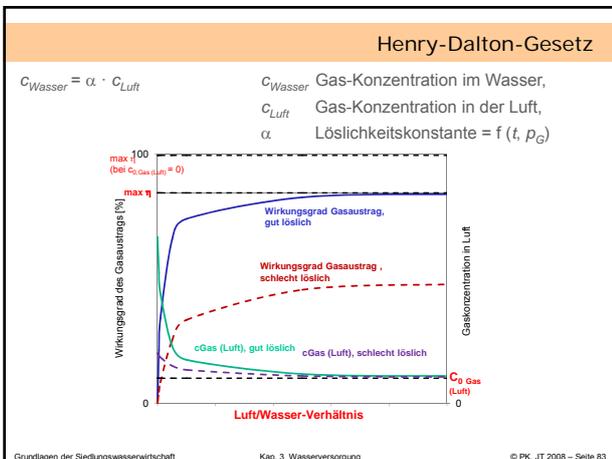
3 Wasserversorgung
 3.6 Trinkwasseraufbereitung

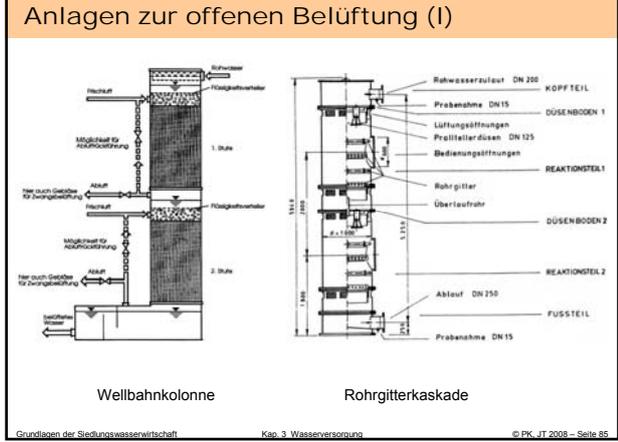
3.6.3 Gasaustausch

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 – Seite 80

- Ziele des Gasaustausches**
- Austrag unerwünschter Gase aus dem Wasser**
- **Ausgasen von Kohlendioxid** zur Entsäuerung
 - Ausgasen flüchtiger Stoffe, z. B. Schwefelwasserstoff, Methan, höhermolekulare organische Verbindungen
 - Ausstrippen von leichtflüchtigen organischen Verbindungen (Halogenkohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel – PBSM)
 - Ausstrippen von Edelgasen (z. B. Radon)
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 – Seite 81

- Ziele des Gasaustausches**
- Eintrag (Anreicherung) erwünschter Gase in das Wasser**
- Eintrag von Sauerstoff zur Oxidation von gelösten Verbindungen im Wasser (wie z. B. Eisen, Mangan, Ammonium) und zur Anhebung des Sauerstoffgehaltes zur Geschmacksverbesserung und Schutzschichtbildung
 - Eintrag von Ozon (Ozonanlagen)
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 – Seite 82





3 Wasserversorgung
3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.4 Partikelentfernung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 87

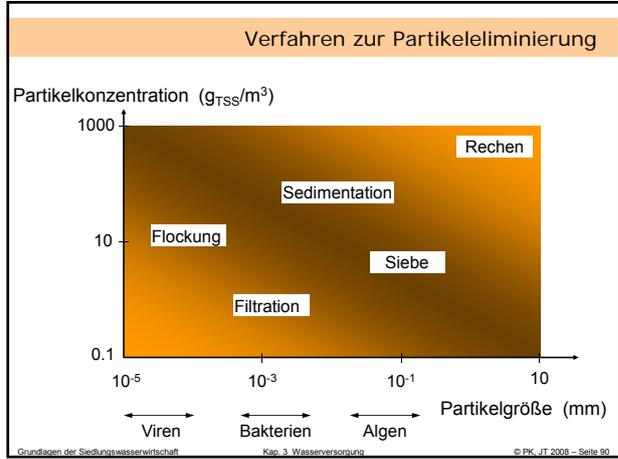
- ### Partikel
- Feste, ungelöste Wasserinhaltsstoffe
 - Hygienische Relevanz:
 - Krankheitserreger bzw. Träger von Krankheitserregern
 - Nährstoffe → Verkeimungsgefahr
 - Verminderung der Desinfektionswirksamkeit
 - Chemische Relevanz
 - Chemische Schadstoffe gebunden an Partikel
 - Ästhetische Relevanz
 - Trübung → verminderte Akzeptanz durch Verbraucher
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 88

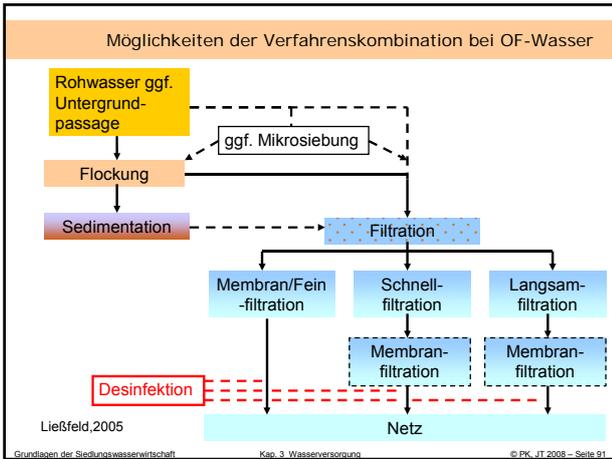
Anforderung an Partikeleliminierung (I)

- TrinkwV: Trübung < 1,0 FNU
- §5(4): bei „mikrobiell beeinträchtigtem Rohwasser“
 - Aufbereitung + Desinfektion

DVGW-W 290 „Desinfektion“:
Trübung nach Aufbereitung < 0,1 FNU !
 (ggf. weitere Anforderungen, Partikelzahlen)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 89





Rechen und Siebe

Rechen
 nur bei Oberflächengewässern
 Grobrechen, Mittelrechen, Feinrechen

Mikrosiebe
 Stahl- oder Textilgeflecht mit Maschenweiten $< 0,1 \text{ mm}$,
 kontinuierliche Rückspülung

① Rohwasserkanal
 ② Reinwasserbecken
 ③ Ablauf
 ④ Mikrosiebgebe
 ⑤ rotierende Trommel
 ⑥ Spülung
 ⑦ Antrieb, stufenlos regelbar

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 92



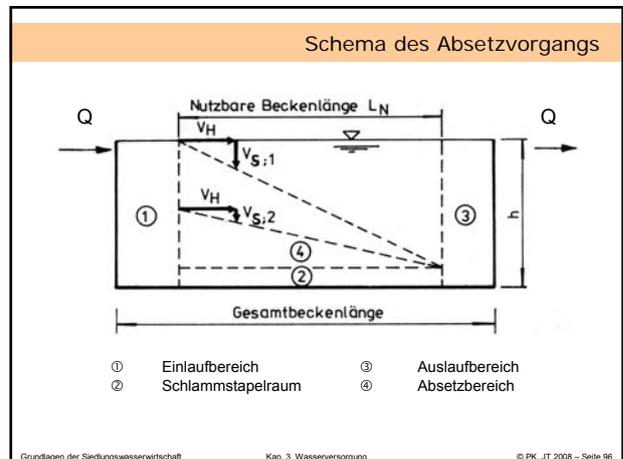
Reduktion der Partikelkonzentration

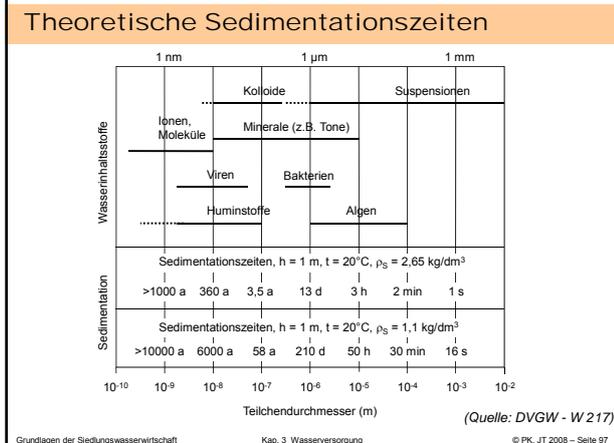
Sandfänge
 Entfernung von Sand über $0,1 \text{ mm}$ Korngröße

Sedimentation
 Abtrennung grober mineralischer oder geflockter Partikel
 Aufenthaltszeit mehrere Stunden

Vorfiltration/Grobfilter
 geeignet zur Entfernung von Fasern und groben mineralischen Partikeln

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 95



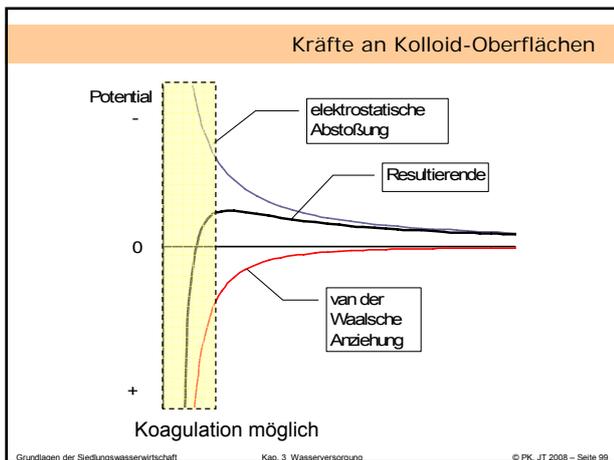


Flockung

→ zur Abtrennung feinsten Partikel

- **Vorbereitung**, um feinste Partikel größer und damit absetzbar zu machen
- **Überwindung der Abstoßung** mit Hilfe von Chemikalien
- Bildung von **Flocken**
- **Flockungsmittel** v. a. Eisen- und Aluminiumsalze, Unterstützung durch Flockungshilfsmittel (organische Polymere)
- Flockung unter optimiertem **Rühren**
→ Energieeintrag / Reaktorvolumen

→ nachgeschaltete Flockenabtrennung (Sedimentation, Flotation, Filtration)



Verfahrenstechnische Stufen der Flockung

Verfahrensschritt	Aufgabe
1. Dosierung und Mischung	Gleichmäßige Verteilung der Flockungschmikalien
2. Entstabilisierung	Überwindung der Abstoßungskräfte von Trübstoffen und Kolloiden
3. Aggregation zu Mikrofloccen (Koagulation)	Schnelle Aggregation von entstabilisierten Trübstoffen zu kleinen Floccen, bei hohen Schergradienten, ohne FHM
4. Aggregation zu Makrofloccen (Flocculation)	Aggregation zu abtrennbaren Floccen mit/ohne FHM bei niedrigen Schergradienten

Flockungschemikalien

- Salze des **dreiwertigen Eisen-** und **Aluminium-Ions**
- **Wirkung:**
 - > Bildung von Hexaquo-Komplexen im sauren Milieu (Dosierlösung)
 - > Abgabe von Protonen bei pH-Anstieg
 - > Bildung unlöslicher Hydroxide, die als voluminöse Floccen aufallen

niedrig pH ↑

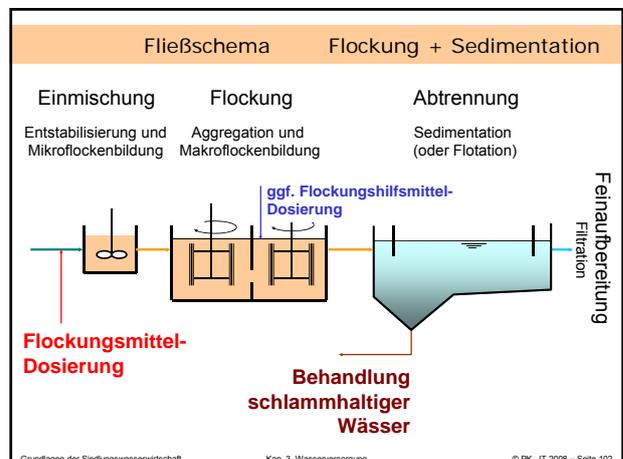
$$\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Me}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$$

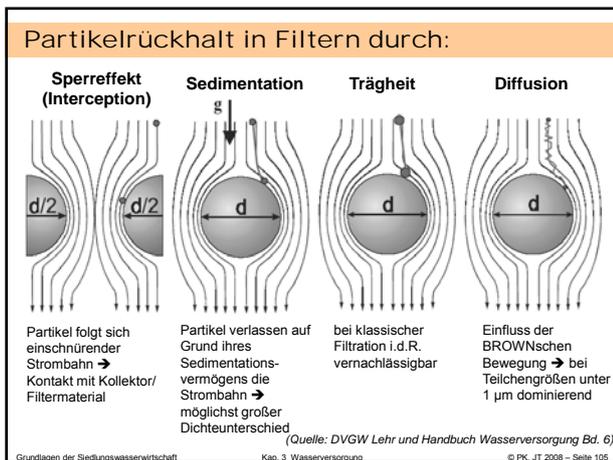
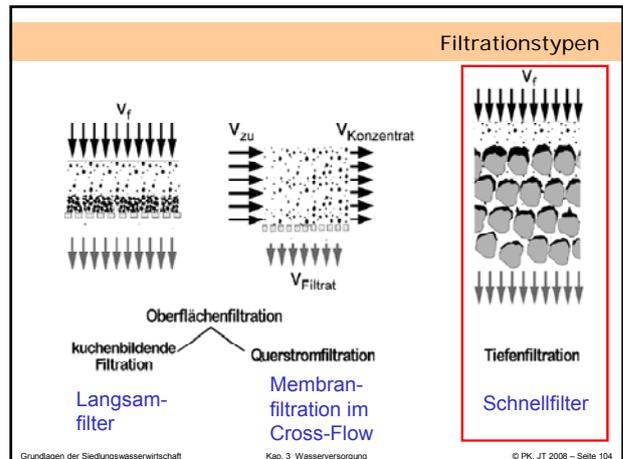
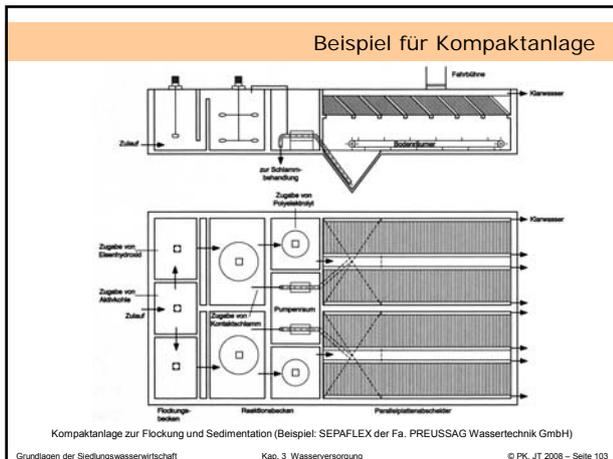
$$\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Me}(\text{H}_2\text{O})_4\text{OH}_2^+ + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_4\text{OH}_2^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MeOH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{O}^+$$

hoch pH ↓

Wiederauflösung ab Al: pH 7,5, Fe: pH 10





Filterarten

	Einheit	Schnellfilter		Langsamfilter
		offen	geschlossen	
mittlere Filtergeschwindigkeit	m/h	4 - 7	10...20	0,05 - 0,2
Grenzfilterwiderstand	bar	0,2	0,5	0,15
Filteroberfläche	m ²	bis 100	bis 20	bis 1600
übliche Schichthöhe	mm	800 - 2000	800 - 2500	1200
Filterform		Betonbecken b: bis 6,0 m l: bis 20 m	Stahlzylinder Ø 2,00... 5,00 m	Erd- und Betonbecken, 4 x 20 bis 8 x 20 m
Besonderheiten		Ein- und Mehrschichtfilter, spülbar		nicht spülbar

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 106

Filtermaterialien

Verhalten	Materialart	Material
Inert	Sand und Kies, sonstige	Quarzsand bis 2 mm, Quarzkies über 2 mm
		Anthrazit Granatsand Bims, Lava, Basalt, Blähton, Blähschiefer
	Künstliches Material	Kunststoffgranulat
Reaktiv Materialverbrauch	Basisches Material	Kalkstein, Marmor, Dolomit
Reaktiv regenerierbar	Natürliches Material	Aktivkohle, Aktivkoks, Aktivierte Tonerde
	Künstliches Material	Adsorberharze, Ionenaustauscher

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 107

Anwendung von Schnellfiltern

Abscheidung von Einzelteilchen Trübstoffabscheidung aus Oberflächenwässern, anorganische (z.B. Tonmineralien) und organische Stoffe (Algen, Bakterien, Pflanzenzellen)

Abscheidung von Teilchenagglomeraten und Hydroxidflocken Aufbereitung von Oberflächenwässern nach Flockungsprozess mit Eisen- und Aluminiumsalzen bei schlecht abfiltrierbaren Einzelteilchen, teilweise Entfernung von gelösten Stoffen (z.B. organische Stoffe), Anwendung auch bei Abwasserreinigung (besonders biologische Mitwirkung)

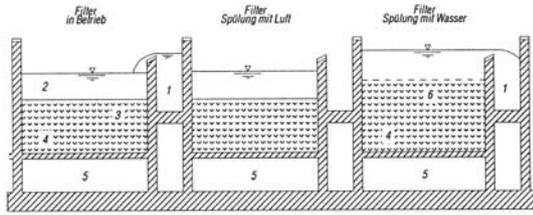
Enteisung und Entmanganung Aufbereitung von Grundwässern, Entfernung gelöster zweiwertiger Eisen- und Manganionen nach Oxidation, chemisch-katalytische und biologische Vorgänge im Filterbett

(Quelle: DVGW Lehr und Handbuch Wasserversorgung Bd. 6)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 108

Offene Schnellfilter

→ Schema:



- ① Rohwasserzulauf bzw. Ablauf schlammhaltiges Filterspülwasser
- ② Wasserüberstau
- ③ Filterbett (-material)
- ④ Filterboden
- ⑤ Filtratablauf bzw. Spülwasser- und Spülluft- Zulauf
- ⑥ expandiertes Filterbett

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 109

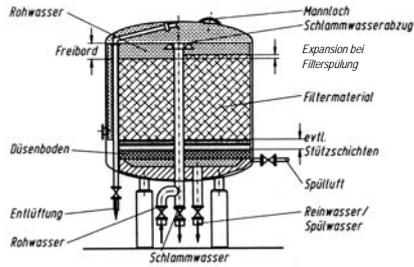
Offene Schnellfilter



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 110

Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Schema:



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 111

Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Foto:



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 112

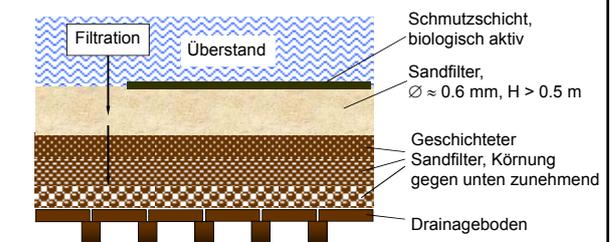
Langsamfiltration

→ Rückhalt von **partikulären Stoffen**
mikrobiologischer Belastung
biologisch abbaubaren Stoffen

- **Siebwirkung**
- **Adsorptive Wirkung** über die ganze Filterschicht
- **Schmutzdecke**, wenige cm dick, **biologisch aktiv**
Organische Stoffe werden mineralisiert
Ammonium wird nitrifiziert
- **Voraussetzung** O₂-Konzentration ausreichend
geringe TSS-Konzentration
- Oberflächenbelastung 0,1 – 0,2 m/h, Überstau ca. 1 m
- Alle 3 – 24 Monate **Schmutzschicht entfernen**
- **großer Flächenbedarf, Nachahmung der Bodenpassage**

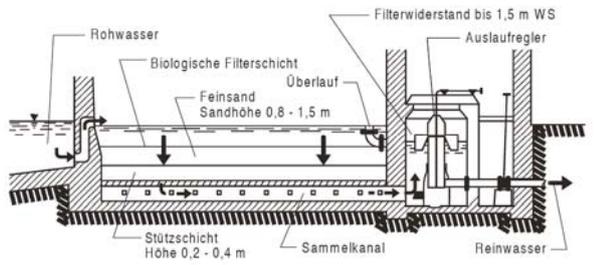
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 113

Langsamfiltration



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 114

Langsamfilter (Beispiel)



(Quelle: DVGW Lehr und Handbuch Wasserversorgung Bd. 6)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 115

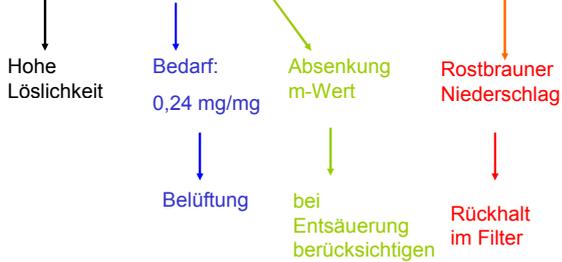
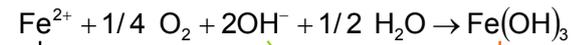
3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.5 Enteisung, Entmanganung

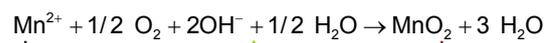
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 116

Grundprinzip der Enteisung



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 117

Grundprinzip der Entmanganung



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 118

Biologische Kontaktfiltration

- Eisen(II)-Filtration, Mangan(II)-Filtration
- Eisen bzw. Mangan gelangen im reduzierten Zustand in den Filter
- Bio-chemische (unvollständige) Oxidation durch Eisen- bzw. Mangan-Bakterien

$$\text{Fe}^{2+} + (x-1)/2 \text{O}_2 + 2 \text{OH}^- + z\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{FeO}_x + z\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \quad 1 < x < 1,5$$

$$\text{Mn}^{2+} + (x-1)/2 \text{O}_2 + 2 \text{OH}^- + z\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{MnO}_x + z\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \quad 1 < x < 2$$
- Sehr stabile Festlegung der Reaktionsprodukte am Filtermaterial in der EPS (Fe) bzw. als „Braunstein“ (Mn)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 119

Maßnahmen bei zu niedrigem Redoxpotential

- Ausstrippen reduzierender Verbindungen (Methan, H₂S)
- pH-Wert-Anhebung
- Zweistufige Aufbereitung
Enteisung → Nitrifikation → Entmanganung
- Dosierung von Oxidationsmitteln (meist KMnO₄)

$$3 \text{Mn}^{2+} + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{OH}^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \leftrightarrow 5 \text{MnO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$$

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 120

Verfahrenstechnische Möglichkeiten

Mögliche Verfahren

- Offene und geschlossene Belüftung (O_2 -Eintrag, Austrag CO_2 , H_2S , Methan)
- Filtration:
 - Schnellfiltration (offen, geschlossen)
 - Trockenfiltration
- Sedimentation nach Voroxidation ggf. + pH-Wert-Anhebung
- Unterirdische Verfahren (Untergrundeisenung)

Auswahl abhängig von:

- Gehalt und Oxidationszustand von Fe und Mn
- Gelöste Gase Methan (CH_4), Stickstoff (N_2), Schwefelwasserstoff (H_2S), Kohlenstoffdioxid (CO_2)
- Gelöste anorganische Ionen Ammonium (NH_4), Nitrit (NO_2)
- Gelöste org. Stoffe (DOC)
- Partikuläre Stoffe (Trübung)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 121

Grundsätze zur Verfahrensauswahl

- Vorzugsvariante: Kontaktfiltration nach Vorbelüftung
- H_2S , Methan durch offene Belüftung vorher entfernen (Überschreitung des pHc vermeiden !)
- für Ammonium-Oxidation (ca. 4 mg O_2 /mg NH_4) ggf. Vorbelüftung nicht ausreichend → Trockenfiltration, technischer Sauerstoff, mehrstufige Aufbereitung
- bei Eisen-Konzentrationen $>> 10$ mg/L und/oder hoher Trübstoffgehalt ggf. Voroxidation und Sedimentation
- bei hohen Eisen- und Mangan-Konzentrationen i.d.R. zweistufige Aufbereitung erforderlich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 122

Anwendung von Aktivkohle

- Entfernung von Geruchs- und Geschmacksstoffen
- Entfernung natürlicher organischer Wasserinhaltsstoffe
- Entfernung organischer Störstoffe (toxisch, kanzerogen, mutagen)
- als Katalysator zur Zersetzung von Ozon, Entchlorung
- Träger von Mikroorganismen zum biologischen Abbau organischer Wasserinhaltsstoffe

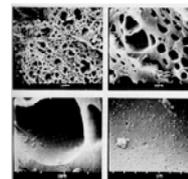
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 123

Herstellung und Eigenschaften

- Aktivierung* von Holzkohle, Braunkohle oder Steinkohle bei > 650 °C → **mikroskopische Poren**, da ein großer Teil der Kohle oxidiert und als CO_2 verflüchtigt wird
- große interne Oberfläche:** 1000 – 2000 (m^2/g Aktivkohle)



- Aktivkohle **empfindlich** auf mechanische Beanspruchung

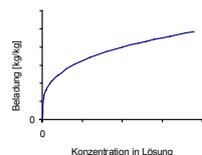
→ **Spülung vermeiden !**

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

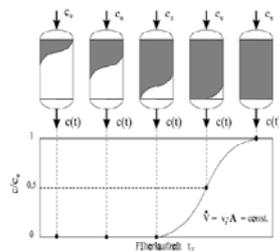
Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 124

Beladung und Durchbruch



Adsorptionsisotherme



Durchbruchskurve

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 125

Einsatz von Aktivkohle

Pulverförmige Aktivkohle

- besonders bei kurzzeitigen Belastungen (z. B. Algen) oder Havarien
- sehr gute Adsorptionsleistung
- nicht regenerierbar
- hohe Belastung nachfolgender Aufbereitungsstufen
- teuer und schwer dosierbar, aber geringe Anlagenkosten
- hoher Kontrollaufwand

Kornkohle

- Aktivkohle in eigener Filterstufe
- Aktivkohle reaktivierbar
- dauerhafter Einsatz (bei ständiger Belastung mit Schadstoffen) oder stark schwankender Rohwasserbeschaffenheit
- hohe Anlagenkosten
- geringer Kontrollaufwand
- biologische Mitwirkung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 126

3 Wasserversorgung
3.6 Trinkwasseraufbereitung

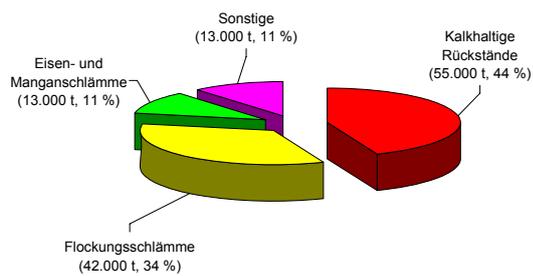
3.6.7 Aufbereitungsrückstände

Rückstandsarten

Anlage	Anfallende Rückstände
Siebanlagen, Rechen, Grobfilter	Spülwasser mit Grobstoffen
Flockungs- und Sedimentationsanlagen, Filteranlagen	Schlammhaltige Wässer mit Gehalten aus Wasserinhaltsstoffen (z. B. Fe, Mn, Organika) und Flockungsmittelzugabe (z. B. Al, Fe, Kalk)
Chemikalienanlagen	Eingesetzte Chemikalien

Mengen in Deutschland

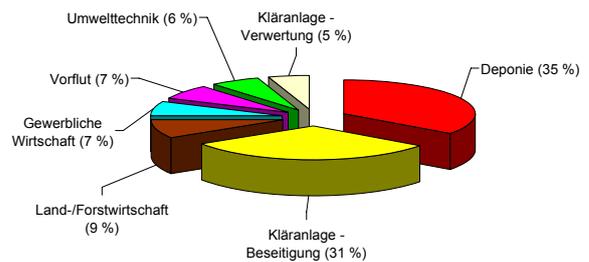
(Quelle: Wichmann und Akkiparambath 2001)



→ ca. 4 % des jährlichen Klärschlammanfalls (bezogen auf TR)

Entsorgungswege in Deutschland

(Quelle: Wichmann und Akkiparambath 2001)



3 Wasserversorgung

3.7 Wasserverteilung

3 Wasserversorgung

3.7 Wasserverteilung

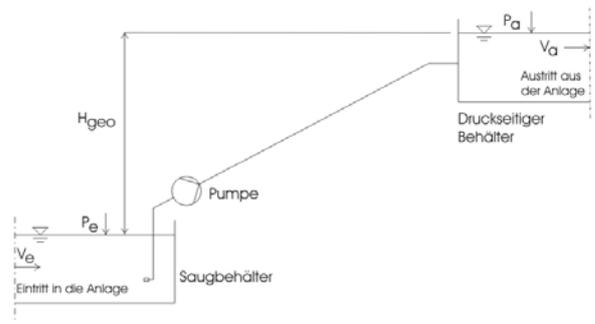
3.7.1 Wasserförderung

Klassifizierung der Pumpen

Pumpenart	Verwendung
Verdrängerpumpen (Kolbenpumpen)	für Chemikalien (als Dosierpumpen) für Schmiermittel, zähflüssige Medien
Kreiselpumpen (Strömungspumpen)	für alle Förderströme und Förderhöhen, für viele Medien auch selbstansaugende Pumpen
Sonstige Pumpen (z. B. Strahlpumpen, Gasmischheber)	für Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe für Feststoff-Flüssigkeits-Gemische (z. B. bei Brunnenbohrung)

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 139

Förderanlagen (I)



Schematische Darstellung einer Förderanlage

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 140

Förderanlagen (II)

Berechnung der Förderhöhe (Anlagenkennlinie)

Erforderliche (Gesamt-) Förderhöhe:

$$H_A = H_{\text{erf}} = H_{\text{geo}} + H_V + \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2 \cdot g}$$

Zumeist gilt:

$$p_a = p_e$$

$$v_e = 0$$

$$\frac{v_a^2}{2 \cdot g} \approx 0$$

Dann wird:

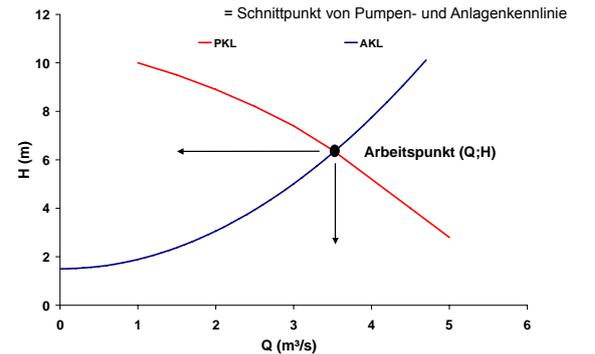
$$H_A \approx H_{\text{geo}} + H_V$$

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 141

Förderanlagen (III)

Betriebspunkt/Arbeitspunkt einer Pumpe

= Schnittpunkt von Pumpen- und Anlagenkennlinie



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 142

3 Wasserversorgung

3.7 Wasserverteilung

3.7.2 Wasserleitungen

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 143

Definitionen

Nennweite DN (DIN 4046)

Kennzeichnendes Merkmal zueinander passender Teile in einem Rohrleitungssystem (Rohre, Rohrverbindungen, Armaturen usw.)
Entspricht annähernd den lichten Durchmessern in mm der Rohrleitungsteile

Nenndruck PN

gebräuchliche gerundete, auf den Druck bezogene Kennzahl.
(Nenndruckstufen siehe DIN 2401 T. 1)

Prüfdruck p_{oP}

Innenüberdruck, dem Bauteile zur Prüfung ausgesetzt werden
Unterscheidung in Festigkeitsprüfung des Bauwerkes
Dichtheitsprüfung der verlegten Rohrleitung

Versorgungsdruck

Mindestüberdruck am Hausanschluss

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 144

Einteilung von Wasserleitungen

Nach versorgungstechnischen Aufgaben:

Zubringer- oder Transportleitung

Hauptleitung

Versorgungsleitung

Anschlussleitung/Hausanschluss

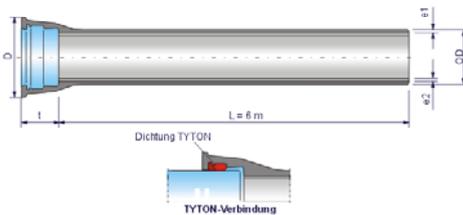
Verbrauchsleitung (Hausinstallation)

Werkstoffe für Rohrleitungen

Material	Nennweiten	Übliche Rohrverbindungen	Korrosionsschutz
Duktiler Guss (GGG)	DN 80-2000	Steck-, Schraubmuffen, Flansche	A: Spritzverzinkung; Bitumen; PE; ZM I: Zementmörtel (ZM)
Stahl (St)	DN 80-2000	Schweißnaht, Muffen, Flansche	A: Bitumen; PE I: Zementmörtel (ZM)
Spannbeton (SpB)	> DN 500	Glockenmuffen mit Rollgummidichtung	i.d.R. nicht erforderlich
PE-HD	< DN 300	Schweiß-, Flanschverbindungen, Klemmverschraubung	Nicht erforderlich
PVC	≤ DN 400	Steck-, Flansch-, Klebeverbindungen	Nicht erforderlich
Faserzement	DN 65-2000	Spezielle Kupplungen	i.d.R. nicht erforderlich

Gussrohr + Tyton-Muffen

- Hohe mechanische Stabilität
- Korrosionsschutz erforderlich
- ZM-Auskleidung
- Muffenverbindung: schnelle Herstellung, Abwinkelung bis 5° auch längskraftschlüssige Muffen möglich



PE-Rohr + Fittinge



PE-Rohr



T-Stück mit Elektro-Schweiß-Verbindung



Winkel mit Rohrverschraubung



Anbohrschelle für Hausanschlüsse

Trassierung Grundsätze

- Fernwasser-, Transportleitungen
 - außerhalb von Ortschaften (Anschluss mit Stichleitung und Zwischenwasserzähler)
 - nicht in Verkehrsstraßen (ausgenommen Feldwege)
 - sumpfige und felsige Stellen, Wälder meiden
 - Hänge in Falllinie überwinden (sonst Rutschgefahr)
 - Stark ausgeprägte Hoch- und Tiefpunkte schaffen (Entlüftung an Hochpunkten)
 - Mindestüberdeckung 1 – 1,5 m
 - Armaturen in gut zugänglichen Schächten
 - Gefahrlose Wasserableitung bei Kreuzungen mit Straße
 - Bahnkreuzungen (gesonderte Vorschriften)

Trassierung Grundsätze

- Ortsnetze
 - Einordnung in Straßenkörper nach DIN 1998
 - Abstand halten von Kanälen (Setzungsgefahr)
 - möglichst im Gehweg oder Fahrbahnrand
 - ausreichend Abstand von nicht unterkellerten Gebäuden
 - schmale Straßen: 1 RL auf einer Straßenseite
 - breite Straße: 2 RL (davon nur eine mit Hydranten)
 - sehr breite Straßen: 2 RL (beide Seiten mit Hydranten)
 - Ringstränge bevorzugen, Endstränge spülbar (Endhydr.)
 - Überdeckung: ca. 1,5 m
 - gute Zugänglichkeit der Absperrorgane, geringe Beeinträchtigung des Verkehrs
 - Hydranten alle 100 – 140 m (nach Nutzung und Wohndichte)

Absperreinrichtungen

bis DN 200-300:
weichdichtende
Schieber



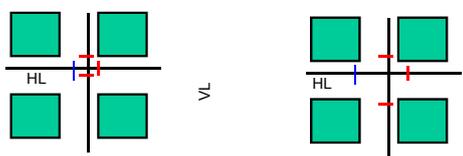
> DN 300:
Klappen



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 151

Lage von Absperrorganen

mind. soviel Absperrorganen, dass kontinuierlicher Betrieb der HL gesichert



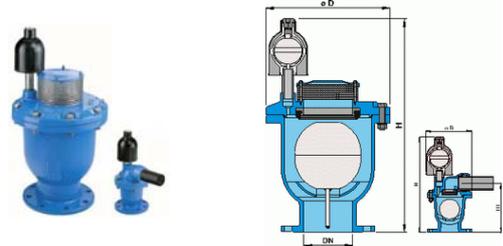
Schiebernest
Vorteil: nur eine Baugrube
Nachteil: Beeinträchtigung von 2 Fahrbahnen

Zurückgesetzte Schieber
Vorteil: jeweils nur 1 Fahrbahn beeinträchtigt
Nachteil: mehrere Baugruben

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 152

Entlüftungsventil

Anordnung an Hochpunkten



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 153

Verlegung: offener Erdbau



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 154

Verlegung: Spülbohrverfahren



für große
Nennweiten
und feste
Böden

Quelle:
Buderus Guss

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 155

Verlegung: Microtunneling

Startgruben
Rohreinschub bzw. Rohrreinzug



Quelle:
Buderus Guss

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 156

Netzform	Baukosten	Verweilzeit	Versorgungssicherheit	Leistungsreserven
Verästeltetes Netz 	Gering	in Endleitungen hoch, nur in einer Richtung durchströmt	gering, da nur ein Weg zur Zapfstelle	begrenzt, große Leitungsdurchmesser für Löschwasser
Ringnetz 	Mittel bis hoch	nur unter besonderen Bedingungen lang	hoch, da jede Zapfstelle auf zwei Wegen erreichbar	sichergestellt, Löschwasser besser verfügbar
Vermaschtes Netz 	Sehr hoch	in Teilbereichen lange VZ möglich	sehr hoch; Unterbrechungen räumlich eng begrenzt	sehr hoch, Löschwasser er gut verfügbar

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 - Seite 157

Druckbereiche

→ aufgrund topographischer Verhältnisse unterschiedliche Drucklinienhöhen im Ruhezustand im Hinblick auf

- Materialfestigkeit von Rohren und Armaturen
- Druck an Zapfstellen in Haushalt, Gewerbe und Industrie
- Druck an Hydranten

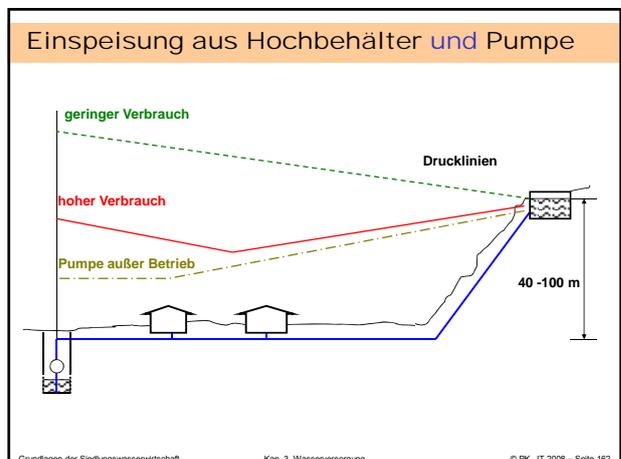
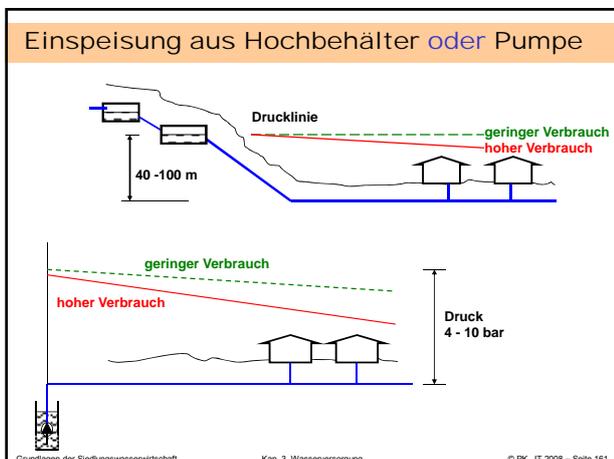
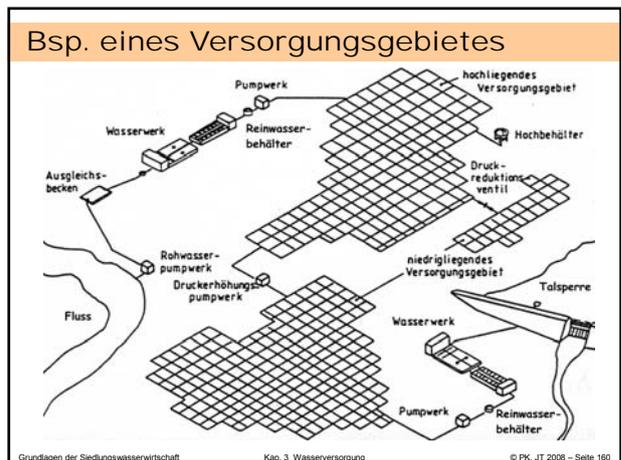
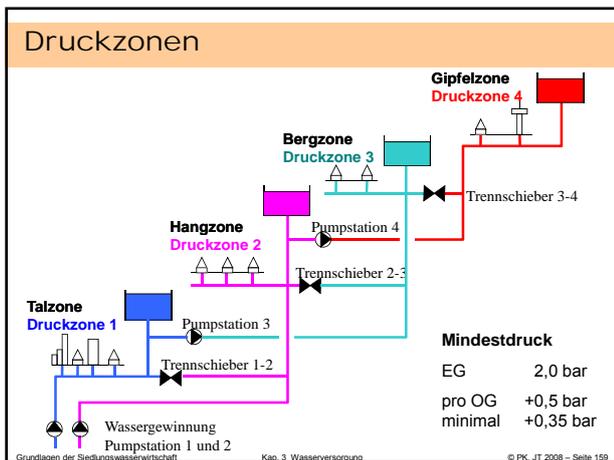
10 – 16 bar kaskadenartige Anschlüsse
Druckreduzierventil oder Druckunterbrechungsschacht

4 – 10 bar möglich mit serienmäßigen Materialien

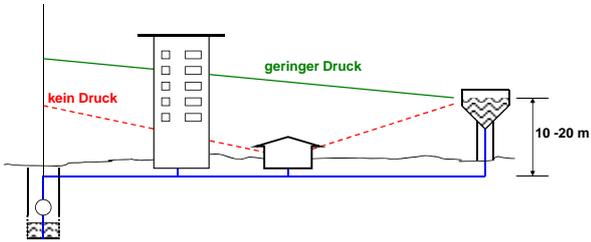
5 – 6 bar üblich als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone

1 – 4 bar Druck stammt häufig von Pumpen
Wassertürme wirken als Wasserschloss
kritische Stockwerke brauchen Druckerhöhung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 - Seite 158



Problematische Druckverhältnisse



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 163

3 Wasserversorgung

3.4 Wasserverteilung

3.4.3 Wasserspeicherung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 164

Aufgaben von Wasserspeichern

- Ausgleich von Verbrauchsschwankungen, Abdeckung von Verbrauchsspitzen
- Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung (min. Pumpkosten)
- Druckzoneneinteilung → Einhalten der Druckbereiche
- Sicherstellung der Versorgung bei Betriebsstörungen
- Löschwasser (über spezielles Abschlussorgan)
- Verwendung als Misch-, Filter- oder Absetzbecken
- TW-Speicherung über begrenzte Zeit
hygienisch einwandfrei
mit ausreichend potentieller Energie

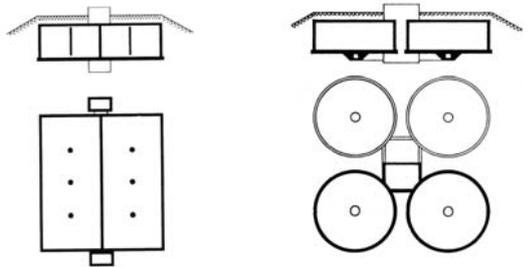
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 165

Behälter-anordnung	Zentralbehälter	Gegenbehälter	Durchlaufbehälter
--------------------	-----------------	---------------	-------------------

Versorgungssicherheit	gut	gut	gering
Δh_R	gering	gering, wenn 2-seitig	hoch
Δp	gering	hoch	mittel
Durchmesser	klein	mittel	groß
Austausch im Behälter	u.U. nicht gut	u.U. nicht gut	sehr gut
Steuerungsaufwand	groß	groß	klein
Fließrichtung	wechselnd	wechselnd	eindeutig
Förderhöhe, $p_{\text{Versorgung}}$	abhängig	abhängig	unabhängig
zweckmäßig	wenn flach	bei entspr. Topografie	häufig, wirtschaftl.

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 166

Speicherarten

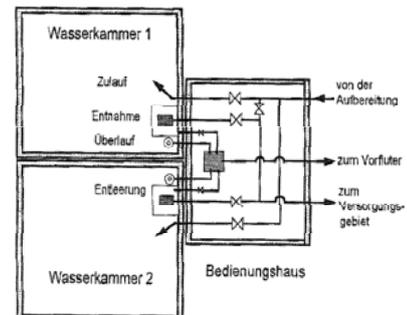


- Hochbehälter
- rechteckiger Grundriss
- für größere Inhalte
- Hochbehälter
- Anordnung der Kammern in Brillenform
- Erweiterungsmöglichkeit gegeben

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 167

Schema-Speicheranlage

- Anforderungen definiert durch DIN EN 1508, DVWG-W 300



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 - Seite 168

Hygiene

→ Schutz vor Verunreinigungen

- Schmutzeintrag über Belüftungsöffnungen ausschließen
- Temperatur \approx konstant
- kein Lichteinfall (Algenwachstum)
- Zirkulation und Erneuerung des Wassers (Vermeidung lokal hoher Aufenthaltszeiten/Stagnationen)
- glatte Innenflächen (keine Fliesen und sonstige Beschichtungen !)
- Druckinstallationen für die Reinigung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 169

Speicherinhalt (I)

Ausgleichsvolumen – „Fluktuierendes Wasservolumen“

- Ausgleich zwischen Trinkwasserförderung und -verbrauch
- bei Hochbehältern i. d. R. Tagesausgleich

Sicherheitsvorrat

- Überbrückung von Betriebsstörungen (Unterbrechung der Wassergewinnung; Rohrbruch u. a.)
- abhängig vom System der Zubringerleitungen, Wahrscheinlichkeit/Dauer der Störungen, Zustand/Leistung Notverbund

Löschwasservorrat

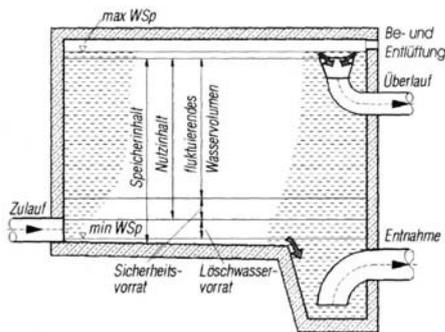
- abhängig vom Löschwasserbedarf

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 170

Speicherinhalt (II)



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 171

Typische Werte für Speichervolumina

Ausgleichsvolumen \approx 50% des mittleren Tagesverbrauchs

Sicherheits- plus Löschwasservorrat \approx 50% des mittleren Tagesverbrauchs

Abminderung große städtische Versorgungsgebiete
mehrfache unabhängige Einspeisung

Erhöhung kleine Versorgungsgebiete
einseitige Gewinnung/Einspeisung

Faustwert 0,1 bis 0,3 m³/Einwohner

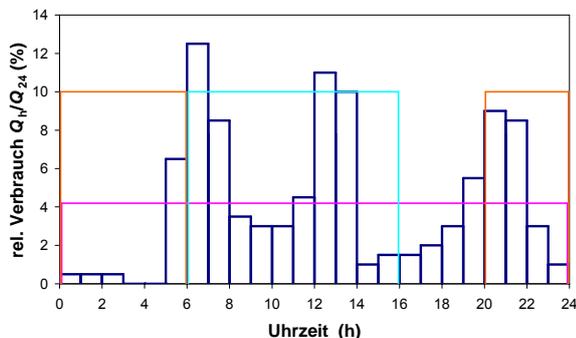
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 172

Speicherbemessung

Pumpstrategien: — 20 – 6 Uhr — 6 -16 Uhr — 0 - 24 Uhr



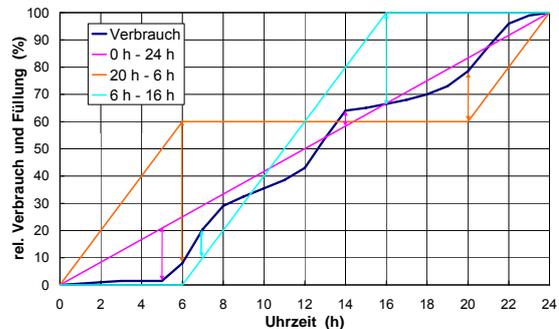
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 173

Tagessummenlinien

Pumpstrategien: — 20 – 6 Uhr — 6 -16 Uhr — 0 - 24 Uhr



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 174

Resultat Speicherbemessung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Pumpen von bis	0 – 24 Uhr	20 – 6 Uhr	6 – 16 Uhr
Max. Fehlbetrag $ F $ (%)	19,5	52	33,5
Max. Überschuss $ \dot{U} $ (%)	- 5,2	- 18,5	- 10,5
Flukt. Wassermenge $S = F + \dot{U} $ (%)	24,7	70,5	44

$$\text{Ausgleichsvolumen} = Q_{d,\max} \cdot S/100$$

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 175

Löschwasservorrat

→ Feuerwehr

→ Gebäudeversicherungsanstalten

Minimum 100 m³

Bei mehreren unabhängigen Bezugsorten kann die Löschreserve abgemindert oder gar darauf verzichtet werden

Bedarf der Feuerwehr:

je nach Bauzone und Brandgefährdung

→ 0,01 bis 0,06 m³/s

→ Bei 100 m³ reicht dies ca. 0,5 h bis 2,5 h

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 176

Trinkwasserspeicher: Wasserkammer



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 177

Trinkwasserspeicher: So nicht!

defekter Schutzanstrich,
freiliegende Bewehrung

Wasserkammer mit
„Schwimmersteuerung“



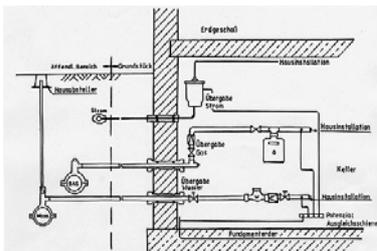
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 178

Hausanschluss

- Grundsatz:
jeder Kunde mit separatem Hausanschluss
- Absperrventil auf Versorgungsleitung
- Wasserzähler ist Übergabepunkt !

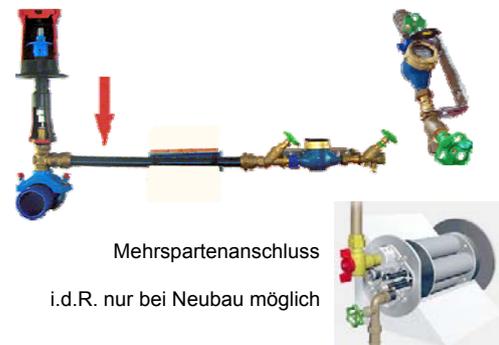


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 179

Schema Hausanschluss



Mehrsparthenanschluss

i.d.R. nur bei Neubau möglich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 180

Hausinstallation

- „Kundenanlage“
- Auslegung nach DIN 1988
- nur durch zugelassene Installationsunternehmen
- Leitungsmaterialien nach DIN 50930-6

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 161

Leitungsmaterialien

Anforderungen der TrinkwV

- „Das Wasser sollte nicht korrosiv wirken“
 - Anmerkung: „Die entsprechende Beurteilung, insbesondere zur Auswahl geeigneter Materialien ... erfolgt nach den a.a.R.d.T.“
- und
- Calcitlösekapazität $\leq 5 \text{ mg/L}$ (10 mg/L) CaCO_3 bzw. $\text{pH} \geq 7,7$

Einstellung des Zustands der Calcitsättigung ist notwendige aber keine hinreichende Bedingung

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 162

Hausinstallation Leitungsmaterialien

Bewertung der Eignung metallischer Werkstoffe nach DIN 50930 - 6

```

    graph TD
      A[Anwendungsbereiche nach DIN 50930-6] --> B{Erfüllt?}
      B -- Ja --> C[Einsatz zulässig ohne Einzelfallprüfung]
      B -- Nein --> D[Einzelfallprüfung nach DIN 50931-1]
  
```

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 163

Leitungsmaterialien

Parameter der TrinkwV, die durch metallische Leitungsmaterialien beeinflusst werden

Parameter	Grenzwert [mg/L]	Bemerkungen
Aluminium	0,2	
Antimon	0,005	
Arsen	0,01	
Blei	0,01	durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme
Cadmium	0,005	
Kupfer	2,0	durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme
Nickel	0,02	durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme
Eisen	0,20	

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 164

Innenkorrosion

```

    graph TD
      W[Werkstoff] --> K[Korrosion]
      B[Beschaffenheit des Trinkwassers] --> K
      O[Betriebsbedingungen] --> K
      A[Auslegung Verarbeitung] --> K
  
```

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 165

Unlegierte und niedrig legierte Eisenwerkstoffe

- Einsatz fast ausschließlich im Bereich der zentralen Trinkwasserversorgung
- Korrosionsprozess
 - gut durchflossene Leitungen → **Primärkorrosion**
 $\text{Fe}(0) \rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ (Deckschichtbildung)
 - Stagnation → **Reduktion**
 $\text{Fe}(0) \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$
 $2 \text{Fe}^{3+} + 2 e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
 - erneuter Durchfluss → **Rückoxidation**
 → **Braunwasserprobleme i.d.R. nach Nachtstagnation**

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © FK, JT 2008 – Seite 166

Unlegierte und niedrig legierte Eisenwerkstoffe

- **Einsatzgrenzen nach DIN 50930-6**
 - Sauerstoff: möglichst > 3 mg/L
 - pH-Wert > 7
 - Säurekapazität: > 2 mmol/L
 - c(Ca) > 0,5 mmol/L (20 mg/L)
- bei kritischen Bedingungen und/oder falschem Materialeinsatz
Korrosionsschutz durch **Inhibitoren** prüfen
(Produkt und Dosierung im Einzelfall festlegen)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 187

Schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe

- **Korrosionsschutz durch**
 - allmählichen Flächenabtrag der Verzinkungsschicht
 - parallel Aufbau einer schützenden Deckschicht aus Eisenkorrosionsprodukten
 - Eintrag von Korrosionsprodukten technisch unvermeidbar
 - Normen: DIN EN 10242 prEN 12502-3
- **Zusammensetzung des Zinküberzugs:**
 - Antimon: 0,01 % Cadmium: 0,01 %
 - Arsen: 0,02 % Wismut: 0,01 %
 - Blei: 0,25 %
- **Einsatzbereich:** $K_{B8,2} \leq 0,5 \text{ mmol/L}$
 $K_{S4,3} \geq 1,0 \text{ mmol/L}$
- **kein Einsatz im Warmwasserbereich!**

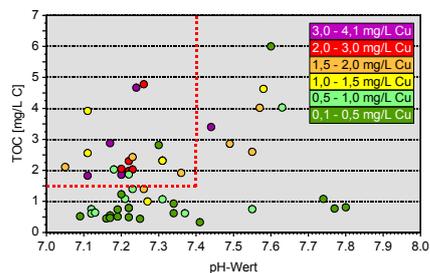
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 188

Kupfer

- Einsatz für Kalt- und Warmwasserinstallation
- **Einsatzbereich** $\text{pH} \geq 7,4$
 $7,0 \leq \text{pH} < 7,4$ und $\text{TOC} \leq 1,5 \text{ mg/L}$



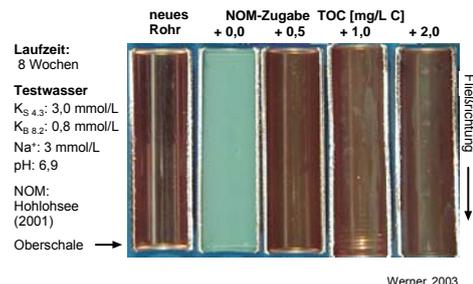
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 189

Kupfer

Untersuchungen mit synthetischen Wässern Einfluss organischer Wasserinhaltsstoffe



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 190

Blei

- Problem: alte Blei-Hausanschlüsse
- Anforderungen der TrinkwV
 - ab 01.01.2003 0,04 mg/L
 - ab 01.12.2003 0,025 mg/L
 - ab 01.01.2013 0,01 mg/L
- grundsätzlich keine Einsatzbereiche
- Inhibitor dosierung (ortho-Phosphat) zur Verminderung der Bleiabgabe (Übergangslösung)
 - Einhaltung des Übergangsgrenzwertes von 25 µg/L ggf. möglich
- **keine Alternative zum Austausch** von Hausanschlüssen und Hausinstallationen aus Blei

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 191

Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)

Werkstoffanforderungen nach DIN 50930 - 6

	Rohrarmaturen, Rohrverbinder	Sanitärarmaturen, Rohrarmaturen, Anschluss- verschraubungen
	B ≤ 0,14	B ≤ 0,04
Legierungsbestandteile		
Arsen	0,1 %	0,15 %
Blei	2,2 %	3,5 %
unvermeidbare Begleitelemente		
Aluminium		0,8 %
Eisen		0,3 %
Mangan		0,1 %
Nickel		0,2 %
Zinn		0,3 %
Sonstige jeweils		0,02 %
Sonstige gesamt		0,25 %

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© FK, JT 2008 – Seite 192

Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen (Rotguss)

Werkstoffanforderungen nach DIN 50930 - 6

	Rohrarmaturen, Rohrverbinder
	B ≤ 0,14
Legierungsbestandteile	
Nickel	0,6 %
Blei	3,0 %
unvermeidbare Begleitelemente	
Arsen	0,03 %
Eisen	0,3 %
Phosphor	0,04 %
Schwefel	0,04 %
Antimon	0,1 %
Sonstige jeweils	0,02 %
Sonstige gesamt	0,25 %

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 - Seite 193

Entzinkung von Messing

- Selektive Korrosion
 - Zink und Kupfer gehen in Lösung
 - Kupfer scheidet sich wieder ab
- Flächenentzinkung i.d.R. harmlos
- Propfenentzinkung
 - lokaler Korrosionsangriff in die Tiefe
 - Schaden am Material, nicht am Trinkwasser



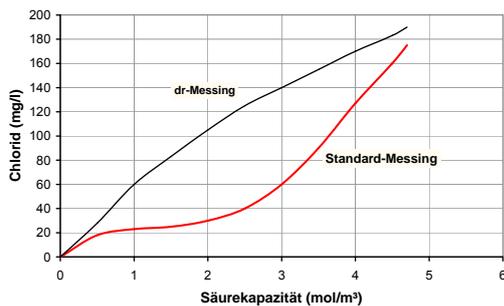
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 - Seite 194

Bewertung des Entzinkungsrisikos

„Turner-Diagramm“



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 - Seite 195

Zusammenfassung Leitungsmaterialien HI

- Komplexer Einfluss der Wasserbeschaffenheit auf Korrosion und Metallabgabe
- Einhaltung des Zustands der Calcitsättigung ist kein Kriterium zur Bewertung der Korrosion in metallischen Leitungen
- Einsatzbereiche nach DIN 50930 - 6
- Auslegung und Verarbeitung nach a.a.R.d.T. + bestimmungsgemäßem Betrieb
- in Sonderfällen Zusatz von Korrosionsinhibitoren möglich (Eisen, Blei, Kupfer)
- Einzelfallprüfung nach DIN 50931- 1

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 - Seite 196