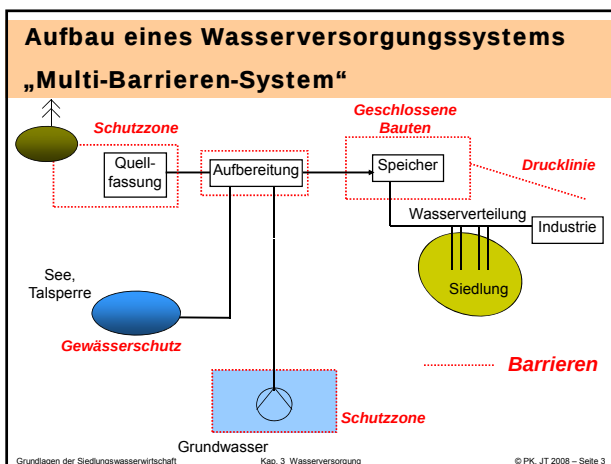




- ### Zielvorstellungen für WV
1. Deckung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfs
 2. Vorrangig Grundwasser nutzen (DIN 2000)
 3. Vorrang der Trinkwasserversorgung vor anderen Nutzungsansprüchen
 4. Schutz ergiebiger Vorkommen (auch potentiell)
 5. Örtliche Versorgung anstreben
 6. Verbundsysteme (Redundanz, 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 4

- ### Bestandteile einer WV-Planung
1. Anlass, Zielstellung
 2. Versorgungsgebiet – Abgrenzung des Planungsraumes
 3. Beurteilung der vorhandenen Abwasserbehandlung
 4. Beurteilung der vorhandenen Wasserversorgung
 5. Wasserbedarfsanalyse (IST + Zukunftsprognose)
 6. Wasserdargebot (Quantität, Qualität) → Auswahl
 7. Technische Planung
 - Wassergewinnung
 - Wasseraufbereitung
 - Wasserförderung
 - Wasserspeicherung
 - Wasserverteilung
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 5

- ### Bestandteile einer WV-Planung
8. Schätzung der Bau- und Betriebskosten
 9. Wirtschaftsplan, Erfolgsplan, Finanzplan
 10. Anpassung an wasserwirtschaftliche Fach- und Bewirtschaftungspläne
 11. Rechts- und Verfahrensfragen
 - Wasserechtlich
 - Baurechtlich
 - UVP, UVS
 - Grundstücksfragen, Leitungsrechte
 - andere Nutzungsansprüche
- Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 6

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 7

3 Wasserversorgung

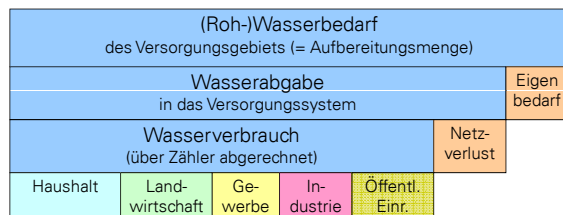
3.2 Wasserverbrauch, Wasserbedarf

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK-JT 2008 – Seite 8

Wasserbedarf, Wasserverbrauch

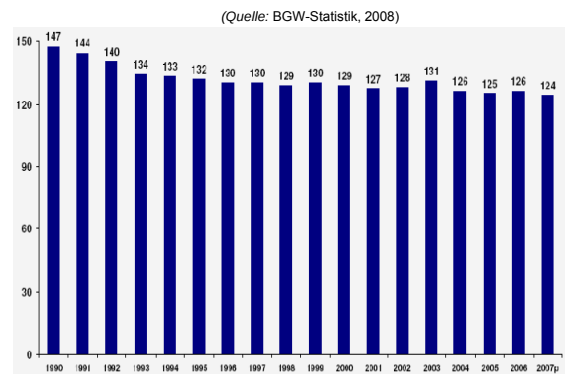


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK-JT 2008 – Seite 9

Wasserverbrauch privater Haushalte in Deutschland



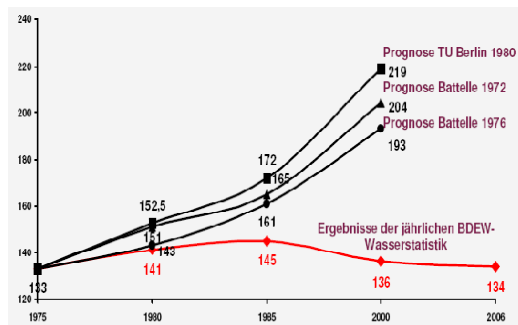
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK-JT 2008 – Seite 10

Prognosen und tatsächliche Entwicklung

(Quelle: BGW-Statistik, 2008)



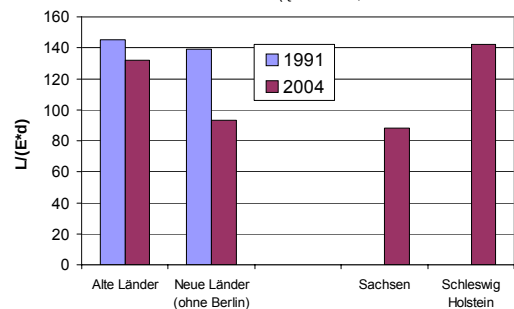
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK-JT 2008 – Seite 11

Wasserverbrauch privater Haushalte in Deutschland

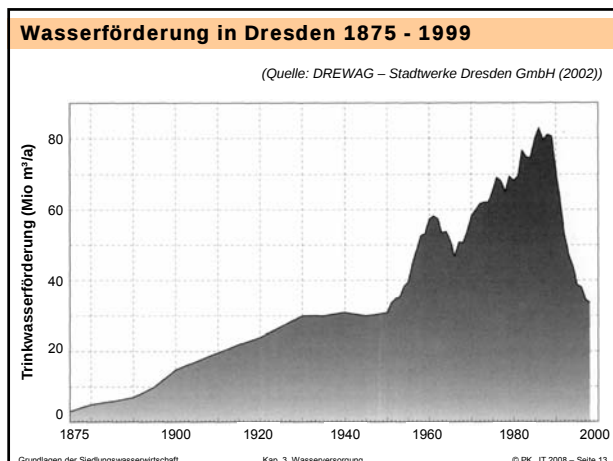
(Quelle: UBA, Umweltdaten Deutschland 2007)



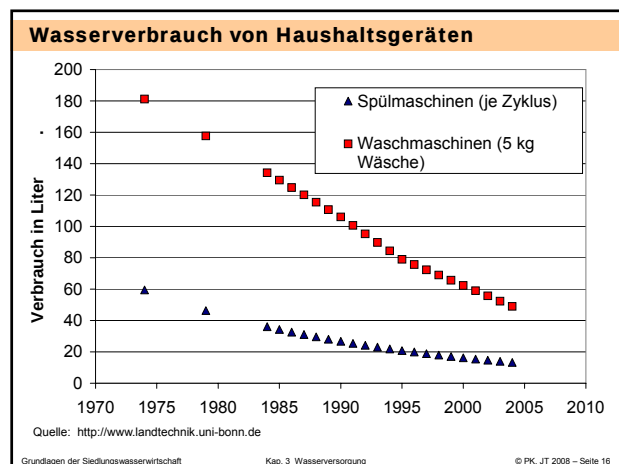
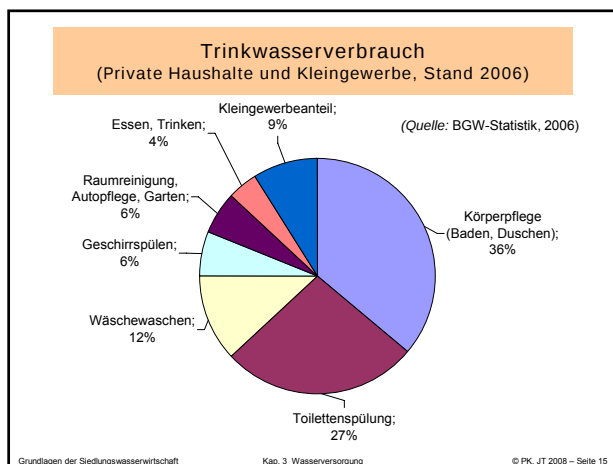
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK-JT 2008 – Seite 12



- ### Einfluss auf den Wasserverbrauch im Haushalt
- Lebensstandard
 - Technische Ausstattung
 - Wasserpreis
 - Art der Abrechnung
 - Pauschal („Flatrate“)
 - Wasserzähler
- Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 14



Wasserbedarf Gewerbe, öff. Einrichtungen nach DVGW-W 410

Objekt	Verbrauchsbedarf (V)	Gesamtwerte in L/(V·d)	Mittelwerte in L/(V·d)
Wohngebäude	Einwohner	60-500	145 ⁽¹⁾
Wohngebiete	Einwohner		145 ⁽¹⁾
	Altenheim, langjährig gesonderte Betreuung	140-150	
	Villenkolonien	200-500	
Kreislaufknoten	Verbraucher ⁽²⁾	120-850	340
	Betriebszahl	150-1.200	500
Schulen	Schüler + Lehrer + Personal	1-35	8
Versorgungsgebäude	Beschäftigte	1-164	47
Hörsäle	Hörsitzplätze	100-1.400	290
	Hörsitzraum	70-1.400	388
	Gästebetten	40-670	241
Landwirtschaftliche Anwesen	Großvieh-Gleichwert (GV/GW) Äquivalent für ein Tier mit 500 kg Lebendgewicht		50
Faktoren zur Umrechnung auf GV/GW:			
	Menschen	2,0	0,5
	Kühe	1,2	0,3
	Pferde	1,0	0,5
	Pferde (1-2 J.)	0,7	0,13
	Fohlen	0,3	0,1
	Kälber (bis 4 Wochen)	0,1	0,04
	10 Hühner, Gänse, Enten		

⁽¹⁾ V = 1; Person = 0,8; Personal, das im Kreislaufknoten wohnt + 0,2; übriges Personal

⁽²⁾ W = 400-1 [13] geht langfristig von 120 L/(V·d) aus

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 17

- ### Eigenverbrauch WVU
- Eigenverbrauch:
 - Rückspülung in Wasseraufbereitungsanlagen
 - Rohnetzspülung, 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
- Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 18

Verluste (Einteilung nach W 392)			
Rohrnetzeinspeisung	Netzabgabe Q_A	In Rechnung gestellte Rohmetzabgabe Q_{AI}	In Rechnung gestellte und gemessene Rohmetzabgabe in Rechnung gestellte und nicht gemessene Rohmetzabgabe
		Nicht in Rechnung gestellte Rohmetzabgabe Q_{AN}	Nicht in Rechnung gestellte und gemessene Rohmetzabgabe Nicht in Rechnung gestellte und ungemessene Rohmetzabgabe
	Wasser- verluste Q_V	Scheinbare Wasserverluste Q_{VS}	Zählerabweichungen Abgrenzungsverluste bei Ablesungen Schleicherluste Wasserdiebstahl
		Reale Wasserverluste Q_{VR}	Zubringerleitungen Behälter Haupt- und Versorgungsleitungen Hausanschlussleitungen bis zum Hauswasserzähler

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 19

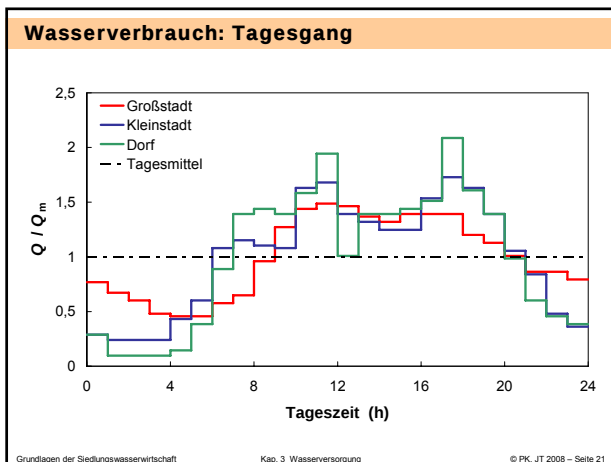
Wasserverluste (Richtwerte)			
Faustwerte Mutschmann, Stimmelmayer, 2002			
	alle Anlagenteile ohne Verteilung %	Wasser- verteilung %	Gesamt %
Neuanlage	1	4	5
Altanlagen, gut gewartet	2	8	10

Spezifisch auf Netzlänge DVGW-W 392			
	großstädtisch $m^3/(km \cdot h)$	städtisch $m^3/(km \cdot h)$	ländlich $m^3/(km \cdot h)$
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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

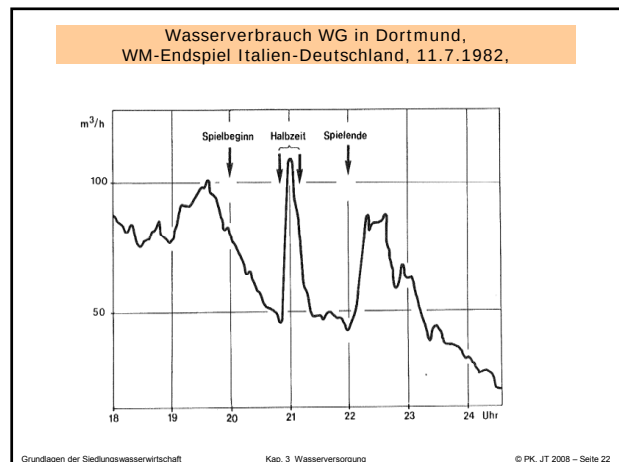
© PK, JT 2008 – Seite 20



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

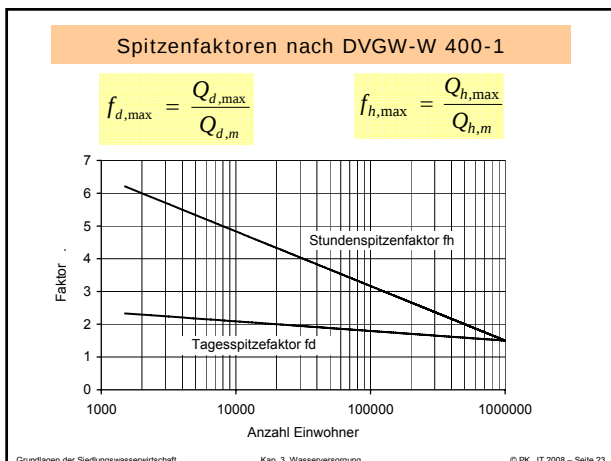
© PK, JT 2008 – Seite 21



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 22



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

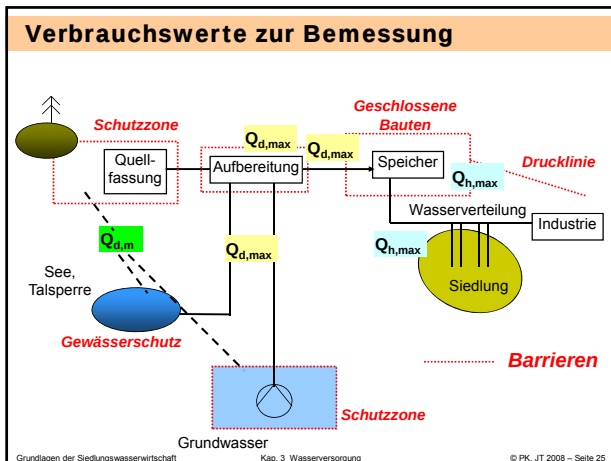
© PK, JT 2008 – Seite 23

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 $Q_{h,max} = f_{h,max} \cdot Q_{h,m} = f_{h,max} \cdot \frac{Q_{d,m}}{24}$	Rohrleitung Speicher -Netz

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

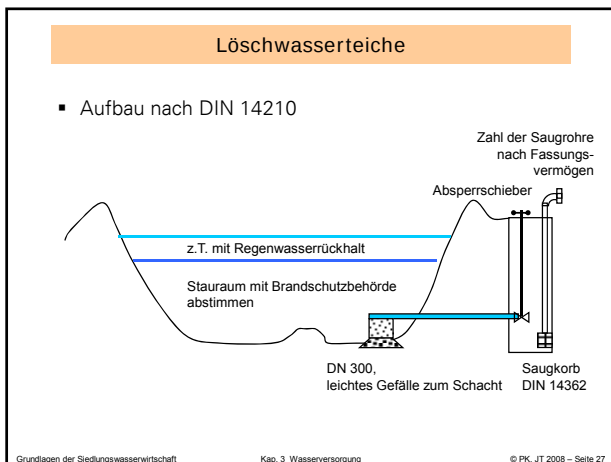
© PK, JT 2008 – Seite 24



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 26



Richtwerte für den Löschwasserbedarf (W 405)

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 feuerbeständig/-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 28

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

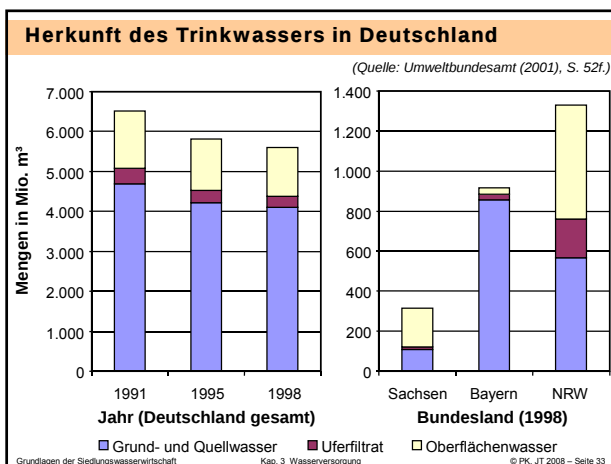
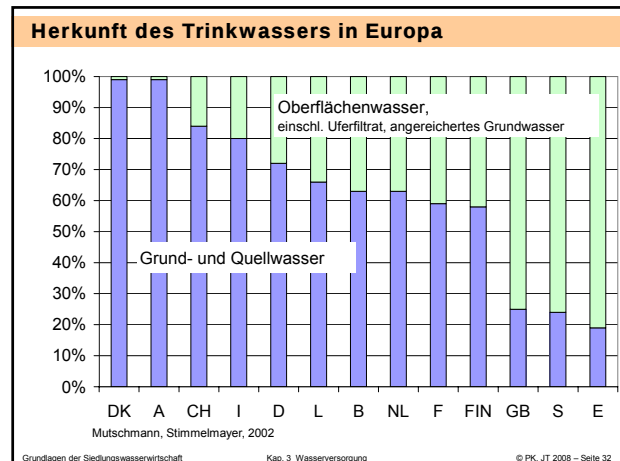
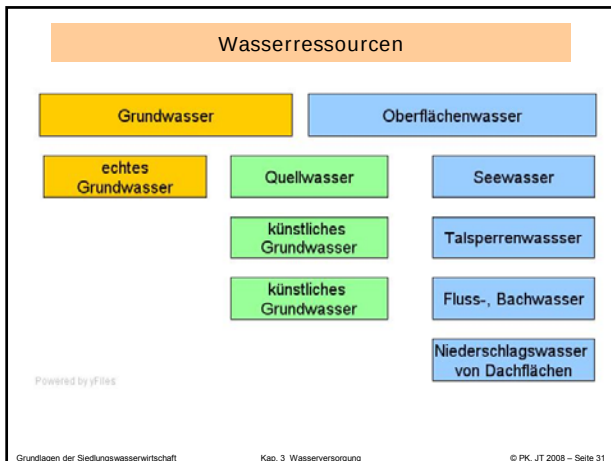
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 29

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.1 Rohwasserressourcen

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 30



3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.1 Rohwasserressourcen

Grundwasser

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

„Echtes“ Grundwasser

- Bildung ausschließlich durch direkte Versickerung von Niederschlag

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

- 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

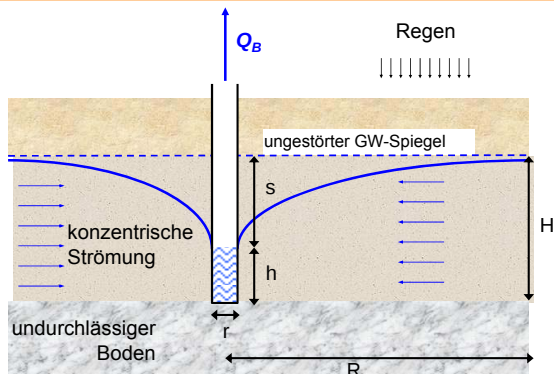
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 35

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

Wassergewinnung: Filterbrunnen



Grundlagen der Siedlungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 37

Eindimensionale Grundwasserströmung

Gesetz von Darcy

$$v = -k \cdot \frac{dh}{dx}$$

v Fließgeschwindigkeit bezogen auf den ganzen Querschnitt (L/T)

k Durchlässigkeitsbeiwert (L/T)

dh/dx Energiehöhen-Gefälle in Fließrichtung

Anwendung auf Brunnen

$$v = -k \cdot \frac{dh}{dr}$$

h Mächtigkeit des Grundwasserleiters

r Abstand vom Brunnen

Grundlagen der Siedlungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 38

Leistung des Filterbrunnens (mit Niederschlag)

Kontinuität

$$Q_B = Q_N + Q_{GW} \quad Q_N = \pi r^2 N$$

$$Q_{GW} = 2\pi r h v = 2\pi r h k \frac{dh}{dr}$$

Q_B Förderfluss aus dem Brunnen (L³/T)

Q_N Zufluss ins Kontrollvolumen aufgrund Niederschlag (L³/T)

Q_{GW} Zufluss ins Kontrollvolumen aus Grundwasserleiter (L³/T)

N Niederschlag (L/T)

Reichweite des Brunnens: $dh/dr = 0$

$$Q_B = \pi R^2 N \quad \text{oder} \quad R = \sqrt{\frac{Q_B}{\pi N}}$$

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

Ergiebigkeitsgleichung nach Dupuit/Thiem

$$\text{Diff.gl. (ohne Niederschlag)} \quad Q_{GW} = v \cdot A = 2\pi r h k \frac{dh}{dr}$$

$$\text{T.d.V. und Integration} \quad Q = (H^2 - h^2) \cdot \frac{\pi \cdot k_f}{\ln(R/r)}$$

$$\text{Absenkungsreichweite nach Sichardt:} \quad R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

$$\text{Ergiebigkeitsgleichung:} \quad Q = (H^2 - h^2) \cdot \frac{\pi \cdot k_f}{\ln\left(\frac{3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}}{r}\right)}$$

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

fassbare Wassermenge

Zufluss am Brunnenrand:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = v \cdot 2\pi \cdot r \cdot h$$

$$Q = k_f \cdot J \cdot 2\pi \cdot r \cdot h$$

„kritisches Grenzgefälle“:
(empirisch nach Sichard)

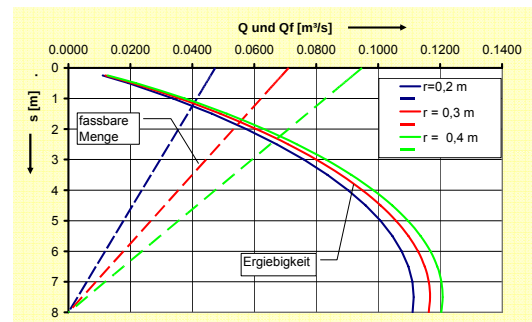
$$J_{\text{krit}} = \frac{1}{15} \cdot \sqrt{k_f}$$

Fassbare Wassermenge:

$$Q = \frac{2}{15} \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

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

Beispiel: $H = 8,0 \text{ m}$
 $k_f = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$



Grundlagen der Siedlungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 42

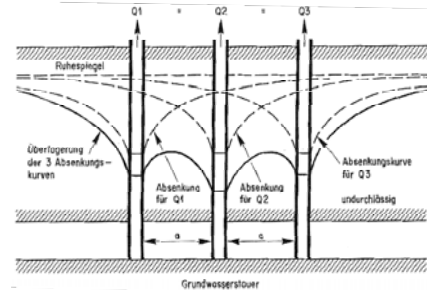
Gültigkeitsvoraussetzungen (Idealer Brunnen)

- Grundwasserleiter ist unendlich ausgedehnt
- Grundwasserleiter ist homogen und isotrop
- Anströmungsvorgang ist stationär
- Anströmtrichter ist rund
- Anströmung des Brunnens verläuft in parallelen Bahnen über die ganze Tiefe des Brunnens
- Laminare Strömung (auch in unmittelbarer Brunnennähe)

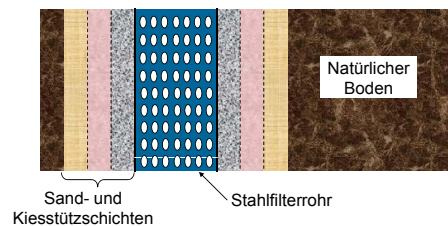
Voraussetzungen sind im Regelfall nicht erfüllt !
Näherungsverfahren für Anwendung in d. Praxis

Superpositionsprinzip

- Anwendung für ungleichmäßige Bebrandungen
Beispiel: Brunnenreihe



Filterrohr mit Stützschichten



Abstufung nach DVGW W 113

$$d_s = d_g \cdot F_g$$

$$d_g = d_{50}$$

$$F_g = 6 + U \leq 11$$

Kornabstufung Stützschichten (DIN 4924)

Korngröße der Filtersande und Filterkiese (DIN 4924)

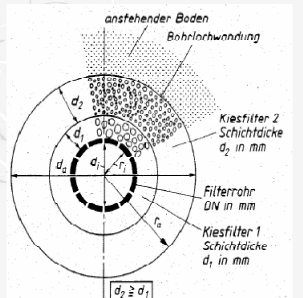
Körnung in mm	zusammengesetzte Körnungen bei ständiger Absenkung für Brunnenfilter	Unterkorn Zähliger Höchstanteil in Gew.-%	Überkorn Zähliger Höchstanteil in Gew.-%	Gewichte je Probe für Siebversuche in g
Filtersand > 0,25 bis 0,5	0,5	15	15	500
> 0,5 bis 1,0	1,0			500
> 0,71 bis 1,4	1,4			1000
> 1,0 bis 2,0	2,0			1000
Filterkies > 2,0 bis 3,15	3,15	10	10	1000
> 3,15 bis 5,6	5,6			1000
> 5,6 bis 8,0	8,0			2000
> 8,0 bis 16	16			5000
> 16 bis 31,5	31,5			10000

Dicke der Schichten in Brunnenfiltern je Kornabstufung (DIN 4924)

Körnung in mm	Schichtdicke in mm
0,25 bis 2	≥ 50
> 2 bis 8	≥ 80
> 8 bis 31,5	≥ 100

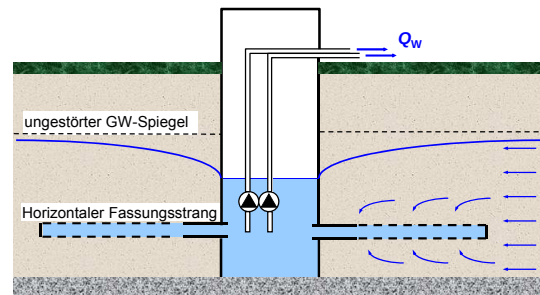
Mittlerer Brunnendurchmesser

- ⇒ $r_i \approx DN \text{ Filterrohr} / 2$
- ⇒ $r_a = r_i + d_1 + d_2$
- ⇒ $r = (r_i + r_a) / 2$



Horizontalfilterbrunnen

zur Erschließung flachgründiger Grundwasservorkommen



Bohrverfahren für Vertikalbrunnen

- **Spülverfahren:**
 - Bohrgut wird mittels Bohrspülung ausgetragen
 - Spülung übernimmt gleichzeitig Stützfunktion ($p_{\text{Spül}} > p_{\text{GW}}$)
 - **Direktes Spülbohrverfahren:** Spülung mit Überdruck durch das Bohrgestänge und Ableitung über das Bohrloch
 - **Indirektes Spülbohrverfahren:** Einleitung des Spülstroms in das Bohrloch und Förderung mit Mammutpumpe durch Bohrgestänge
- **Trockendrehbohrung**
 - Drehende Bohrwerkzeuge ohne Spülung
 - Förderung meist durch Ziehen des Bohrers
 - Abstützung der Bohrwand durch Verrohrung
- **Schlagbohren (Hammer-Bohrverfahren)**
 - Anwendung insbes. bei Festgestein
 - Antrieb des Bohrhammers und Gesteintransport mit Druckluft

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 49

Brunnenalterung

- **Versandung:** Eindringen von Ton, Schluff und Sand aus dem GW-Leiter
- **Korrosion:** bei metallischen Ausbauelementen und ungenügendem Korrosionsschutz
- **Verockerung:** Anreicherung von Eisen- und Manganverbindungen als Hydroxide und Oxidhydrate (häufig durch biologische Aktivität verstärkt)
- **Versinterung:** Ausfällung von CaCO_3 und MgCO_3 (Ursache: CO_2 -Ausgasung durch Entspannung)
- **Verschleimung:** starke Biomassebildung (Pilze, Bakterien)
- **Aluminiumablagerung**

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 50

Brunnenbohrung

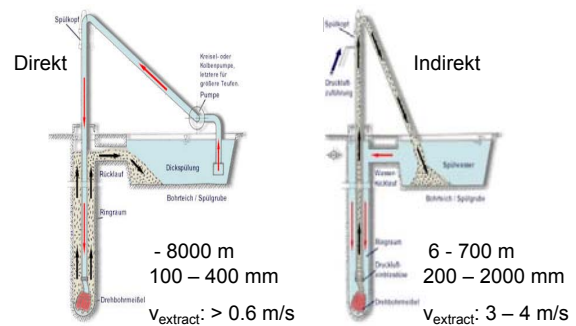
- **Spülverfahren**
 - Bohrmaterial wird mit Spülflüssigkeit ausgetragen
 - Spülflüssigkeit stützt das Bohrloch ($p_{\text{flush}} > p_{\text{GW}}$)
 - **Direktes Spülbohrverfahren:** Spülung mit Überdruck durch das Gestänge und Förderung auf der Bohrlochseite
 - **Indirektes Spülbohrverfahren:** Zugabe der Spülflüssigkeit über das Bohrloch und Förderung durch das Gestänge
- **Trockenbohrung**
 - Rotierende Bohrwerkzeuge ohne Spülung
 - Entnahme des Bohrmaterials durch Ziehen des Bohrers
 - Stützverrohrung
- **Schlagbohren**
 - In felsigem Material
 - Bohrhammerantrieb durch Pressluft

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 51

Spülbohrverfahren



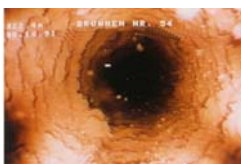
Quelle: www.welco-drill.de

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 52

Verockerung



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

Folge:
Extremer Rückgang der hydraulischen Kapazität



Sanierung teilweise möglich,
Hochdruckspülung
Ultraschall

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 53

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.1 Rohwasserressourcen

Quellwasser

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 54

Quellwasser

- DIN 4046/3: „...Ort eines eng begrenzten Grundwasseraustritts“
- Meist geringe Schüttung (Ausnahme: Karstquellen)
- oberflächennah: bakteriologisch leicht gefährdet
- in kristallinen Gesteinen
weich, schlecht gepuffert, sauer
→ häufig erhöhte Al- und SM-Konzentrationen
→ häufig Aufbereitung erforderlich
- Vorteil: Versorgung meist mit „Gelände-Energie“ möglich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 55

Erkundung von Quelfassungen

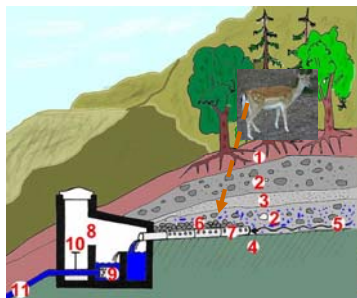
- **Schüttung:** starke saisonale Schwankungen
→ Beobachtung mind. 1 Jahr
- **Chemische Beschaffenheit:**
Parameter des KKG, Fe, Mn, Al, ...
→ Stichproben
- **Bakteriologische Beschaffenheit:**
Trübung (ggf. online)
mikrobiologische Parameter nach TrinkwV
→ insbesondere nach Starkregenereignissen, Schneeschmelze

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 56

Schema Quellwasserfassung



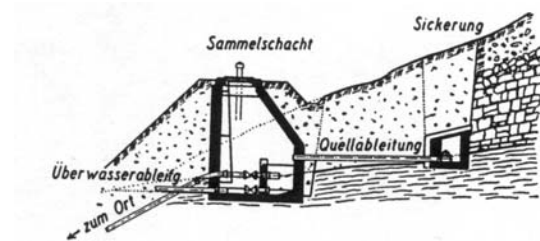
- 1 Humus
- 2 Kies und Sand
- 3 Sand
- 4 GW-Stauer
- 5 Wasser
- 6 Steinschicht
- 7 Sickerrohre
- 8 Brunnenstube
- 9 Sieb
- 10 Absperrorgan
- 11 Zuleitung Reservoir

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 57

Quellwasserfassung (schematisch)



Schichtenquellwasserfassung: Querschnitt durch Sicker Galerie und Sammelschacht

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 58

Quellwasserfassung („Quelltopf“)



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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 59

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.1 Rohwasserressourcen

Uferfiltrat

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 60

Uferfiltrat

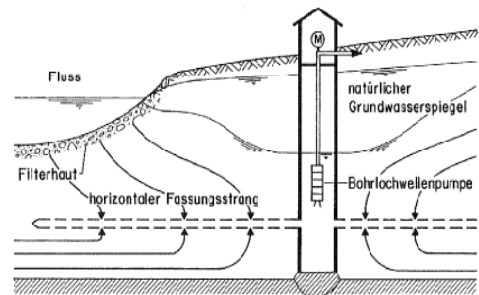
- Herkunft: Oberflächenwasser
- Veränderung der Beschaffenheit durch
 - Untergrundpassage
 - Vermischung mit Grundwasser
- Förderung: durch Vertikal- oder Horizontalfilterbrunnen
- Standort der Fassungsanlagen:
 - Hochwassersicher
 - Güteanforderungen (Bodenpassage, gewünschte Mischungsanteile)
 - Ökologische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

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 61

Horizontal-Filterbrunnen als Uferfiltrat-Fassungsanlage (Schema)



Grombach et al., 2000

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 62

Grundwasseranreicherung

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



Quelle: www.lanuv.nrw.de

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 63

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.1 Rohwasserressourcen

See- und Talsperrenwasser

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 64

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

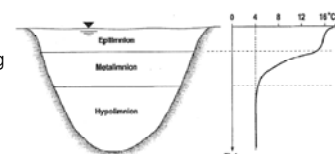
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

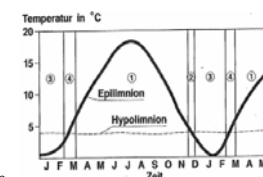
© PK, JT 2008 – Seite 65

Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

Wasserschichtung im Sommer



Jahresgang der Wassertemperatur



DVGW-Lehr- und Handbuch, Bd. 1, 1996

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 66

Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

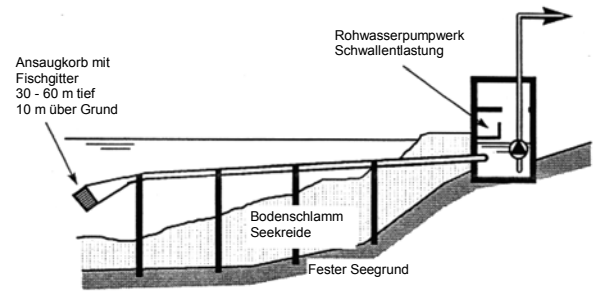
- zufließendes Oberflächenwasser schichtet sich entsprechend der Wassertemperatur ein
- Algenwachstum im lichtdurchlässigen Bereich
→ bleibt im Epilimnion durch T-Schichtung
- bei Vollzirkulation vollständige Umwälzung
 - Veränderung der Rohwasserbeschaffenheit
 - Erhöhte Anforderung an Aufbereitung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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 67

Seewasserefassung



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 68

Bodenseewasserversorgung

- Entnahme: ca. 130 Mio m³/a (ca. 1,2% vom Zufluss)
- Entnahmetiefe: ca. 60 m
- Aufbereitung:
 - Mikrosiebung (15 µm)
 - Vorozonung
 - Flockungsfiltration
- Max. Fließweg: ca. 280 km (Fließzeit: ca. 1 Woche)



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 69

Vergleich See - Talsperre

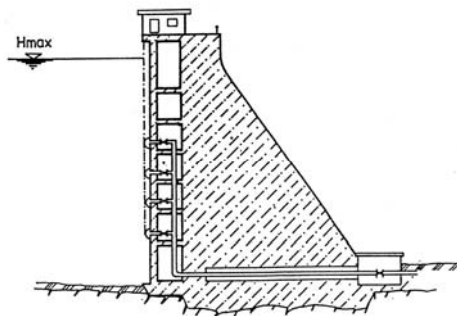
See		Talsperre
Lang	Aufenthaltszeit	Kurz
Gering	Pegelschwankungen	Hoch
Oberfläche	Ablauf	Hypolimnion
Vertikal	Gradient	Vertikal und Horizontal
Kaum	Steuerbarkeit	Gut

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 70

Talsperrenmauer mit Entnahmeschacht



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 71

Talsperre Leibis, Staumauer



Aufstandsfläche der künftigen Mauer



Gewichtstaumauer
Kronenhöhe 102,5 m
Blockbauweise
Bauzeit: 2003 - 2006

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 72

Talsperre Klingenberg

Staumauer



<http://havel-web.de>

Stausee



Wikipedia

Bauzeit:	1908 - 1914
Höhe über Gründungsohle:	40,0 m
Bauwerksvolumen:	118.000 m³
Kronenlänge:	310 m
Kronenbreite:	6,2 m

Speicherraum:	16,38 Mio. m³
Gesamtstauraum:	17,49 Mio. m³
Einzugsgebiet:	89,4 km²
Bemessungs-HW:	86 m³/s

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 73

3 Wasserversorgung

3.3 Wassergewinnung

3.3.2 Rohwasserqualität

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 74

Hauptinhaltsstoffe natürlicher Wasser

Lösungssystem	Echte Lösung				Kolloide Lösung	Suspension
Lösungsform	molekulardispers				kolloiddispers	grobdispers
Häufigster Teilchendurchmesser in m	$10^{-10} - 10^{-8}$				$10^{-9} - 10^{-7}$	$> 10^{-7}$
Hauptinhaltsstoffe Häufig > 10 mg/L	Elektrolyte		Nichtelektrolyte			
	Kationen	Anionen	Gase	Feststoffe		
	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		Tone, Feinsand, organische Bodenbestandteile
Biegelelektrolyte Meist << 10 mg/L Häufig > 1 mg/L	Sr ²⁺ Fe ²⁺ Mn ²⁺ NH ₄ ⁺	F ⁻ Br ⁻ J ⁻ NO ₂ ⁻ H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ²⁻ HBO ₃ ⁻	H ₂ S NH ₃ CH ₄ He	Organische Verbindungen (Stoffwechselprodukte) z.B. von Fe, Mn (Sol), Kieselsäure u. Silikate Huminstoffe	Oxidhydrate von Metallen, z.B. von Fe, Mn Öle, Fette Sonstige organische Stoffe	
Spurenelemente < 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 75

Grund- und Quellwässer

Geologische Formation	Ort	pH	O ₂ mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	K _{B 8,2} mol/m³	GH °dH	K _{S 4,3} mol/m³
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, Eisansandstein	Heldmannsborg	7,3	0,5	0,3	0,04	1,2	18,9	6,3
Pleistozän, Urstromtal	Tettau	5,7...	n.n.	15...	0,1...	1,0...	6,0...	0,15...
		7,1		25	0,8	2,5	12,1	1,25
	Spremburg Engelsdorf 2 (Leipzig)	5,3	0,02	7,5	0,15	1,6	5,1	0,14
		7,2	1,0	7,6	0,54	0,88	42,9	4,48
Holozän, Schotter	Lommatsch	7,2	< 0,5	7,5	0,5	1,61	36,6	8,21
		7,2	10,5	0,01	–	0,43	14,3	4,4

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 76

Beschaffenheit von 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/m³	0,43...0,50	0,15...0,4	0,01...0,03
Gesamthärte	mol/m³	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 77

Beschaffenheit von Uferfiltrat (Zürich, 1993)

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/m³)
CO ₂	2,3	6,5	(g/m³)
NH ₄ ⁺ -N	< 0,055	< 0,016	(g/m³)
Biomasse	< 7	< 0,02	(g/m³)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 78

3 Wasserversorgung

3.4 Trinkwasseraufbereitung

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 79

3 Wasserversorgung
3.4 Trinkwasseraufbereitung

3.4.1 Aufbereitungsziele und Verfahren

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 80

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)

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 81

Typische Aufbereitungsziele

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

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 82

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
(Korrosions-inhibition)	- Dosierung von Phosphaten und Silikaten

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 83

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) - Umkehrosmose, Nanofiltration

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 84

3 Wasserversorgung

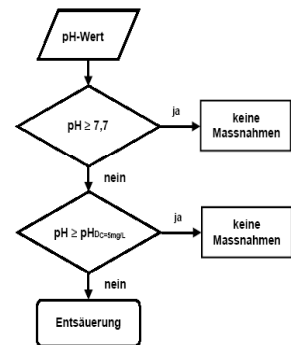
3.4 Trinkwasseraufbereitung

3.4.2 Entsäuerung

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 85

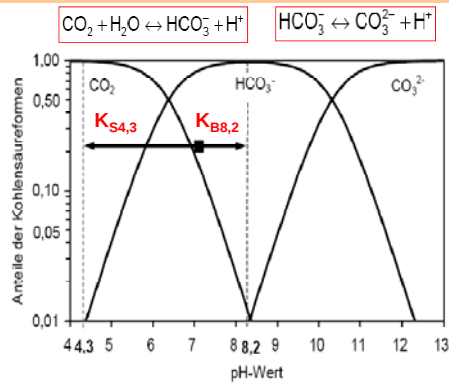
Ziel der Entsäuerung

- Verbesserung der korrosions-chemischen Eigenschaften gegenüber
 - metallischen
 - zementgebundenen Werkstoffen
- Anhebung des pH-Werts auf
 - pH-Wert der Calcitsättigung
 - bzw.
 - pH 7,7 (bei sehr weichen Wässern)



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 86

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht



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

m- und p-Wert

Säurekapazität $K_{S4,3}$ Titration mit HCl bis pH 4,3
 Basekapazität $K_{B8,2}$ Titration mit NaOH bis pH 8,2

$$m = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$$

$$p = c(\text{CO}_3^{2-}) - c(\text{CO}_2) + c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$$

$$\text{DIC} = m - p$$

für pH < 8,2

$$c(\text{CO}_2) \approx K_{B8,2} = -p\text{-Wert}$$

$$c(\text{HCO}_3^-) \approx K_{S4,3} - 0,05 \text{ mmol/L} = m\text{-Wert}$$

$$c(\text{CO}_3^{2-}) \approx 0$$

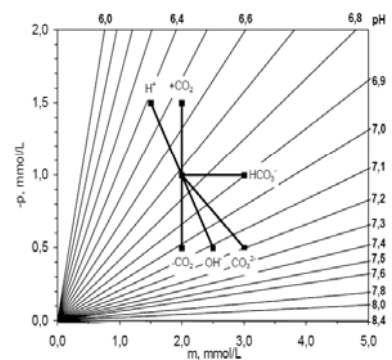
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 88

Auswirkung von Zusätzen

Stoff	$K_{B8,2}$ mmol/L	$K_{S4,3}$ mmol/L	$c(\text{Ca})$ mmol/L	$c(\text{Mg})$ mmol/L	J mmol/L
Natronlauge	- z	+ z	-	-	+ z
Natriumcarbonat	- z	+ 2 z	-	-	+ 2 z
Calciumhydroxid	- 2 z	+ 2 z	+ z	-	+ 3 z
Calciumcarbonat	- z	+ 2 z	+ z	-	+ 3 z
halbgebr. Dolomit	- 3 z	+ 4 z	+ z	+ z	+ 6 z

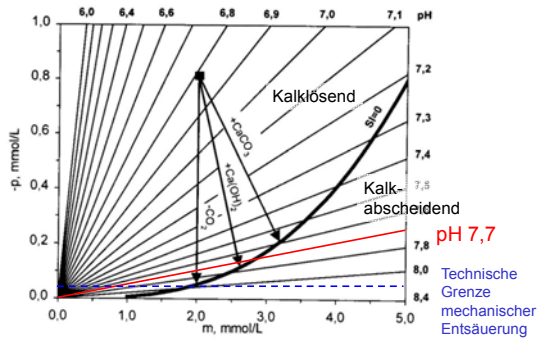
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 89

Auswirkung von Zusätzen



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 90

Tillmannskurve



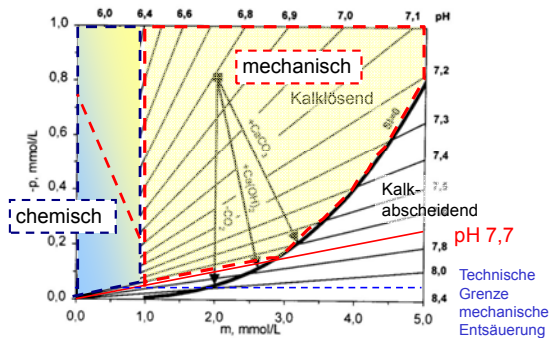
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 91

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 p_{H_c} überschreiten (Ausfällung, Verbackung)!
Dosierung von NaOH NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	- Erhöhung des m-Wertes - Erhöhung der Na-Konzentration - bei NaOH: Überschreitung des Gleichgewichts-pH möglich

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

Tillmannskurve und Möglichkeiten der Entsäuerung



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 93

Auswahlkriterien für Entsäuerungsverfahren

Verfahren	Anwendung bei
CO ₂ -Ausgasung	- mäßige bis große Härte $c(\text{Ca}) \cdot K_{S4,3} > 4.5 \text{ mol}^2 \cdot \text{m}^{-6}$ > 1.8 (mehrstufig)
Filtration über CaCO ₃ Dosierung von Ca(OH) ₂	- Weiche Wässer, ausreichend CO₂ $c(\text{Ca}) \leq 0.75 \text{ mol/m}^3$, $K_{S4,3} + 2 K_{B8,2} \leq 1.5$
Filtration über CaCO ₃ ·MgO (halbgebrannte Dolomite)	- mäßige Härte, ausreichend CO₂ $c(\text{Ca}) \leq 0.75 \text{ mol/m}^3$, $K_{S4,3} + 2 K_{B8,2} \leq 2.5$
Dosierung von NaOH	weiche und harte Wässer
Dosierung von NaHCO ₃ Na ₂ CO ₃	weiche Wässer

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 94

Dosierverfahren

- NaOH** keine Aufhärtung, geringer apparativer Aufwand, aber hohe Sicherheitsvorkehrungen, Gefahr lokaler Kalk-Ausfällung durch Überalkalisierung, Einsatz fast nur zur Restentsäuerung
- Ca(OH)₂** gleichzeitige Aufhärtung, Zugabe als Kalkmilch oder Kalkwasser, i. d. R. eigene Aufbereitung, daher für mittlere und große Wasserwerke geeignet

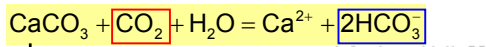
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 95

Filtrationsverfahren

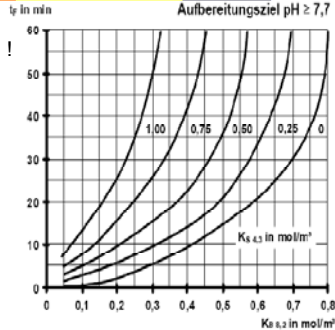
- über CaCO₃** „Jurakalk“ oder „Marmor“, lange Kontaktzeiten, keine Gleichgewichtsüberschreitung möglich (→ geringer Überwachungsaufwand), billig, Materialverbrauch
- über CaCO₃·MgO** „halbgebrannter Dolomit“, gleichzeitige Enteisung und Entmanganung möglich, kürzere Kontaktzeiten, geringerer Materialverbrauch, da reaktiver, teuer, kein Unterlastbetrieb (→ Verbackungen möglich)

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 96

Filtration über alkalische Filtermaterialien



Materialverbrauch !
Kinetische Reaktion !
Bemessung über Kontaktzeit
 $=f(\text{CO}_2, \text{HCO}_3^-)$



Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 97

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.4.3 Gasaustausch

Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 98

Ziele des Gasaustausches (I)

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 Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 99

Ziele des Gasaustausches (II)

Eintrag (Anreicherung) erwünschter Gase in das Wasser

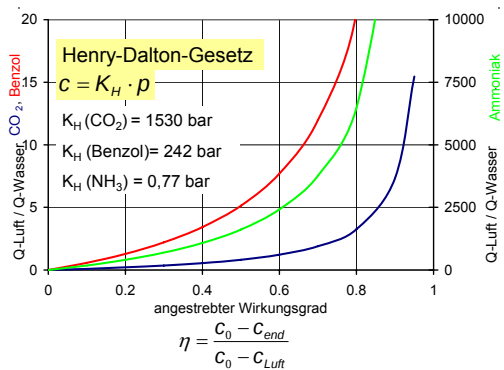
- Eintrag von Sauerstoff zur Oxidation von gelösten Verbindungen im Wasser (wie z. B. Eisen, Mangan, Ammonium) und zur Anhebung des Sauerstoffgehaltes zur Geschmacksverbesserung und Schutzschichtbildung
- Eintrag von Ozon (Ozonanlagen)

Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 100

Wirkungsgrad des Gasaustauschs

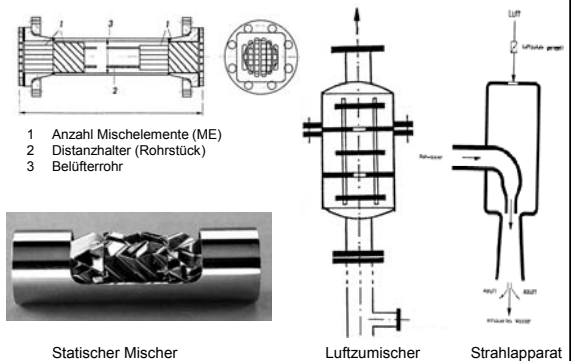


Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 101

Anlagen zur geschlossenen Belüftung

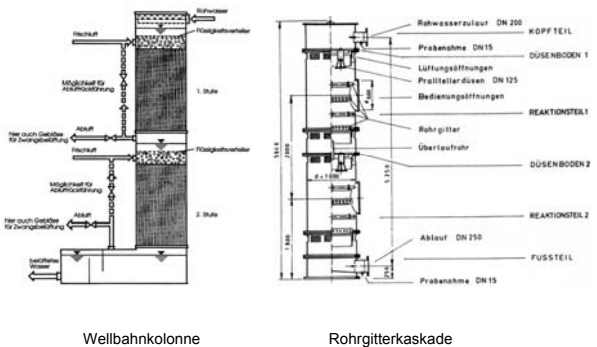


Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

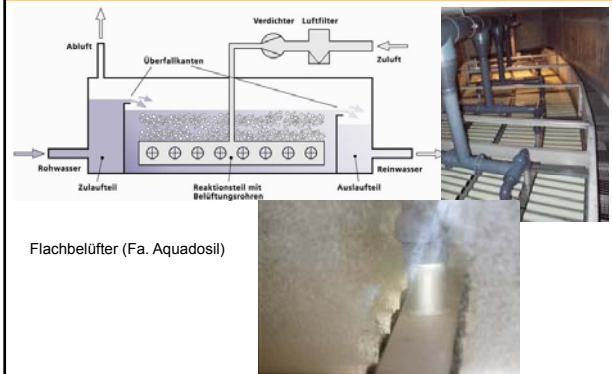
© PK, JT 2008 – Seite 102

Anlagen zur offenen Belüftung (I)



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 103

Anlagen zur offenen Belüftung (II)



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 104

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.4.4 Partikelentfernung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 105

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

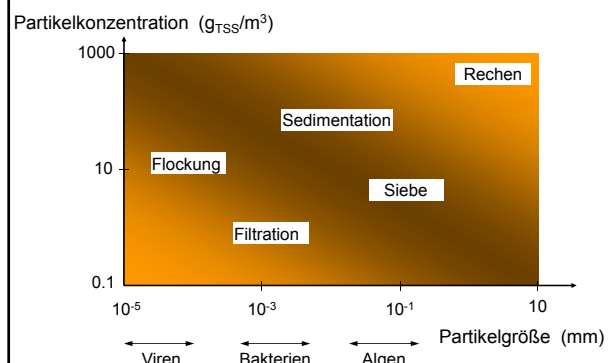
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 106

Anforderung an Partikeleliminierung (I)

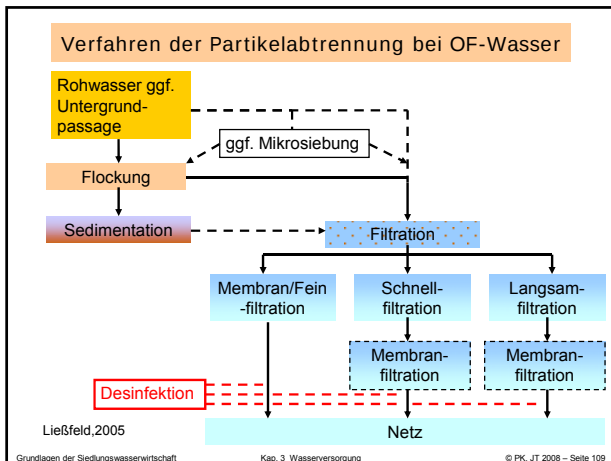
- TrinkwV: Trübung < 1,0 FNU
 - §5(4): bei „mikrobiell beeinträchtigtem Rohwasser“
 - Aufbereitung + Desinfektion
- DVGW-W 290 „Desinfektion“:**
- Trübung nach Aufbereitung < 0,1 FNU !**
- (ggf. weitergehende Anforderungen, Partikelzahlen)

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

Abtrennung partikulärer Stoffe



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

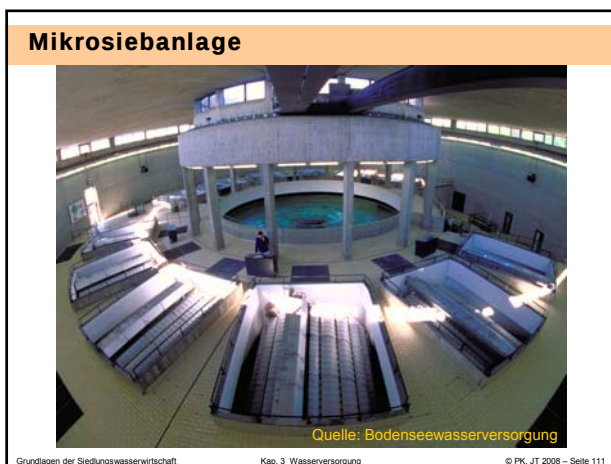


Reduktion der Partikelkonzentration

Rechen
nur bei Oberflächengewässern
Grobrechen, Mittelrechen, Feinrechen

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

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



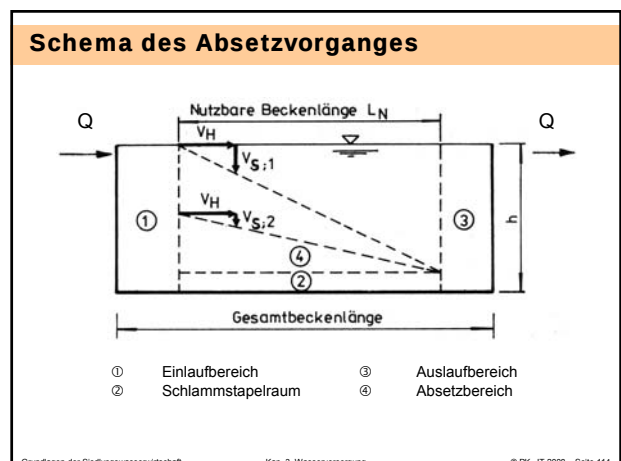
Reduktion der Partikelkonzentration

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

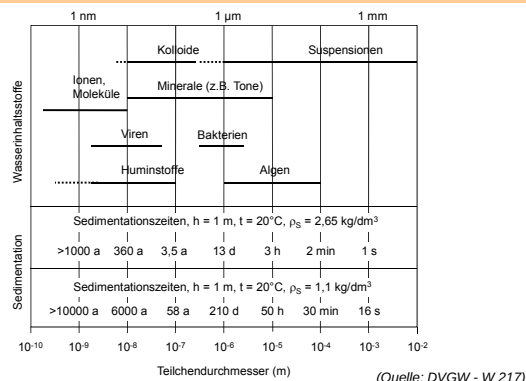
Sedimentation
Abtrennung grober mineralischer oder geflockter Partikel
Aufenthaltszeit mehrere Stunden

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

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



Theoretische Sedimentationszeiten



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 115

Flockung

→ zur Abtrennung feinsten Partikel

- **Vorbereitung**, um feinste Partikel gröber 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

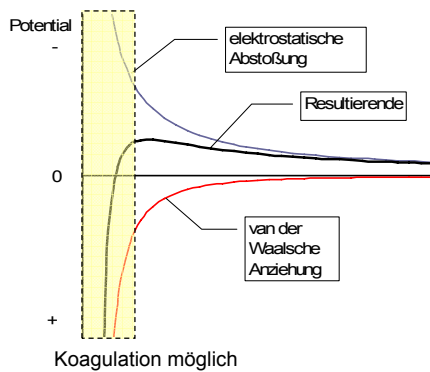
→ nachgeschaltete Flockenabtrennung (Sedimentation, Flotation, Filtration)

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 116

Kräfte an Kolloid-Oberflächen



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 117

Verfahrenstechnische Stufen der Flockung

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

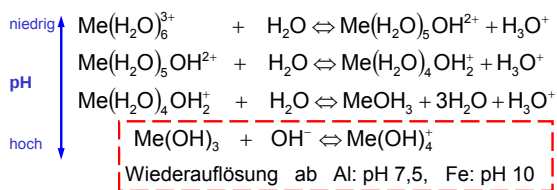
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 118

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 Flocken auffallen

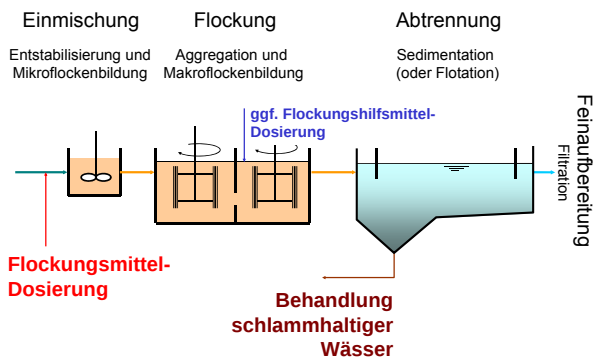


Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 119

Flockung

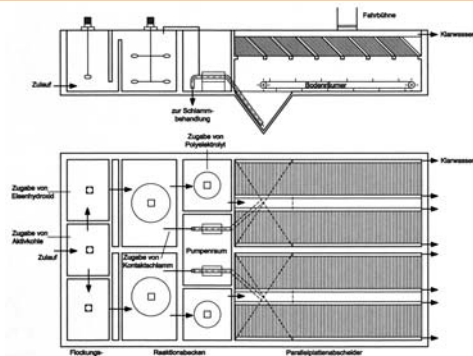


Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 120

Beispiel für Kompaktanlage



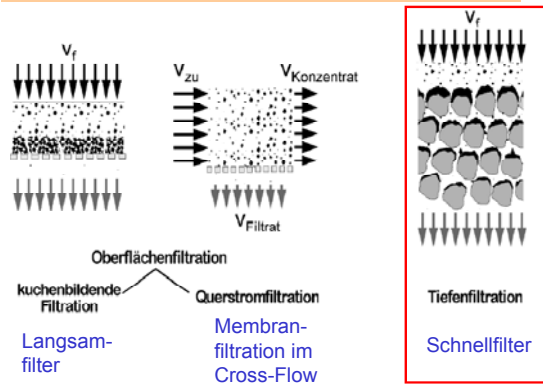
Kompaktanlage zur Flockung und Sedimentation (Beispiel: SEPAFLEX der Fa. PREUSSAG Wassertechnik GmbH)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 121

Filtrationstypen

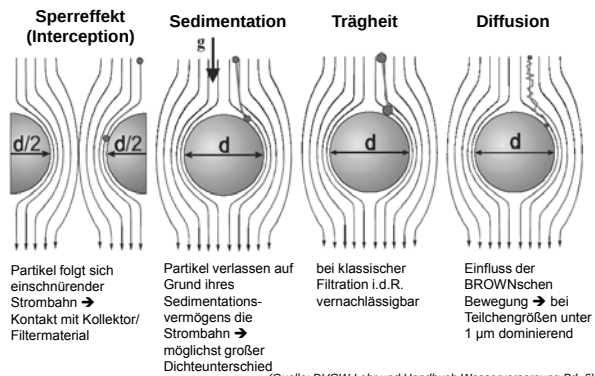


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 122

Partikelrückhalt in Filtern durch:



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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 123

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 124

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 125

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)
Enteisenung 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)

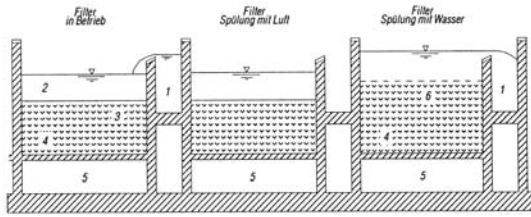
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 126

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 127

Offene Schnellfilter



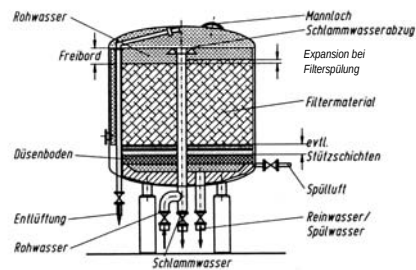
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 128

Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Schema:



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 129

Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Foto:



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 130

Langsamfiltration

→ Rückhalt von partikulären Stoffen
mikrobiologischer Belastung
biologisch abbaubaren Stoffen

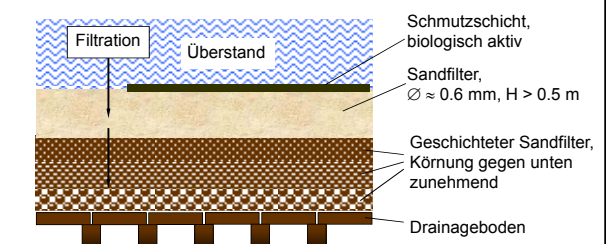
- Siebwirkung
- Adsorptive Wirkung über die ganze Filterschicht
- Schmutzdecke, wenige cm dick, biologisch aktiv
Organische Stoffe werden mineralisiert
Ammonium wird nitrifiziert
- Voraussetzung O_2 -Konzentration ausreichend
geringe TSS-Konzentration
- Oberflächenbelastung 0,1 – 0,2 m/h, Überstau ca. 1 m
- Alle 3 – 24 Monate Schmutzschicht entfernen
- großer Flächenbedarf, Nachahmung der Bodenpassage

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 131

Langsamfiltration

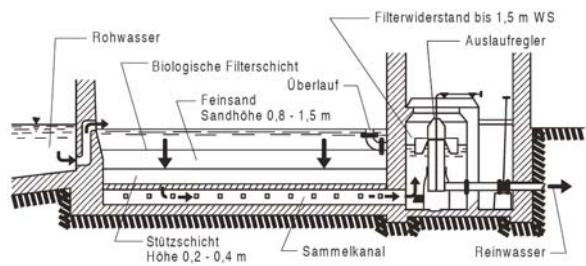


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 132

Langsamfilter (Beispiel)



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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 133

3 Wasserversorgung

3.4 Trinkwasseraufbereitung

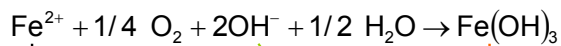
3.4.5 Enteisung, Entmanganung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 134

Grundprinzip der Enteisung



Hohe Löslichkeit

Bedarf: 0,24 mg/mg

Absenkung m-Wert

Rostbrauner Niederschlag

Belüftung

bei Entsäuerung berücksichtigen

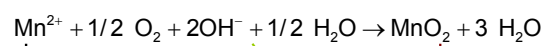
Rückhalt im Filter

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 135

Grundprinzip der Entmanganung



Hohe Löslichkeit

Bedarf: 0,29 mg/mg

Absenkung m-Wert

„Braunstein“

Belüftung

bei Entsäuerung berücksichtigen

Rückhalt im Filter

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

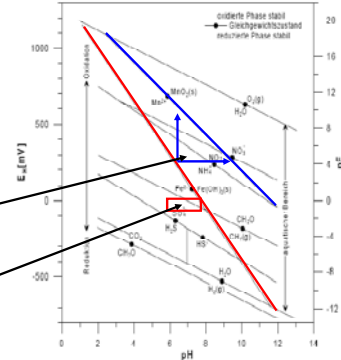
© PK, JT 2008 – Seite 136

Eh-ph-Diagramme

Lage von Gleichgewichtsreaktionen (ohne katalytische Effekte)

Biologische Entmanganung

Biologische Enteisung Fe(II)-Filtration



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

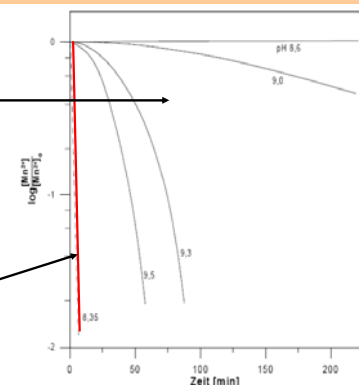
Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 137

Reaktionsgeschwindigkeit der Mn-Oxidation

Wässrige Lösung im Becherglas

Filtration über katalytisch wirksamen Filtersand



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 138

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

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

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 139

Maßnahmen bei zu niedrigem Redoxpotential

- Ausstrippen reduzierender Verbindungen (Methan, H₂S)
- pH-Wert-Anhebung
- Zweistufige Aufbereitung
Enteisenung → 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

© PK, JT 2008 – Seite 140

Verfahrenstechnische Möglichkeiten

Mögliche Verfahren

- Offene und geschlossene Belüftung (O₂-Eintrag, Austrag CO₂, H₂S, Methan)
- Filtration:
 - Schnellfiltration (offen, geschlossen)
 - Trockenfiltration
- Sedimentation nach Voroxidation ggf. + pH-Wert-Anhebung
- Unterirdische Verfahren (Untergrundenteisenung)

Auswahl abhängig von:

- Gehalt und Oxidationszustand von Fe und Mn
- Gelöste Gase Methan (CH₄), Stickstoff (N₂), Schwefelwasserstoff (H₂S), Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- Gelöste anorganische Ionen Ammonium (NH₄), Nitrit (NO₂)
- Gelöste org. Stoffe (DOC)
- Partikuläre Stoffe (Trübung)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 141

Grundsätze zur Verfahrensauswahl

- Vorzugsvariante: Kontaktfiltration nach Vorbelüftung
- H₂S, Methan durch offene Belüftung vorher entfernen (Überschreitung des pH_c vermeiden !)
- für Ammonium-Oxidation (ca. 4 mg O₂/mg NH₄) 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

© PK, JT 2008 – Seite 142

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

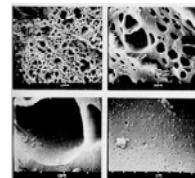
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 143

Herstellung und Eigenschaften

- Aktivierung“ von Holzkohle, Braun- oder Steinkohle bei > 650 °C
→ **mikroskopische Poren**, da ein großer Teil der Kohle oxidiert und als CO₂ verflüchtigt wird
- **große interne Oberfläche:** 1000 – 2000 (m²/g Aktivkohle)



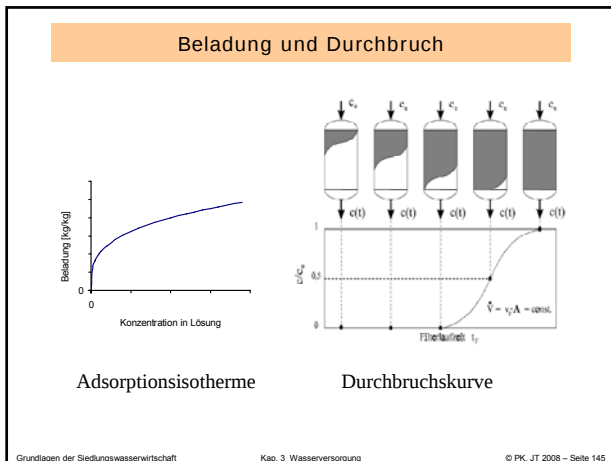
- Aktivkohle **empfindlich** auf mechanische Beanspruchung

→ **Spülung vermeiden !**

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 144



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 Siedungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 146

3 Wasserversorgung

3.4 Trinkwasseraufbereitung

3.4.6 Desinfektion

Grundlagen der Siedungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 147

Desinfektion

→ Inaktivierung von Krankheitserregern

Chemische Oxidationsmittel

Cl ₂	billig, Netzschutz, reaktiv
O ₃	Zerfall, auch Oxidation
ClO ₂	Netzschutz, lokal herstellen

→ mögliche Bildung unerwünschter Nebenprodukte

UV-Strahlung

Dünne Wasserschicht, wenige Sekunden
keine Nebenprodukte
kein Netzschutz
nur für kleine Anlagen (hohe Kosten)

Grundlagen der Siedungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 148

Grundsätze

- Trinkwasser muss nicht steril aber frei von Krankheitserregern sein
- Desinfektion: Abtötung oder Inaktivierung von Krankheitserregern (Bakterien, Viren, Pilze)
 - Sporen werden nicht reduziert
- Ausreichende Desinfektionswirkung in der Praxis: Reduzierung Infektionsrisiko um 4 lg-Stufen (99,99%)
- Voraussetzung für wirksame Desinfektion: weitgehende Partikeleliminierung
- Kontamination des Verteilungssystems von außen ausschließen !
 - kein „Netzschutz“ durch Desinfektion erforderlich

Grundlagen der Siedungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 149

Verfahren	Mikroorganismen einschließlich Krankheitserreger					
	einzeln, frei suspendiert			in Partikeln fäkalen Ursprungs		
	Bakteri- en	Viren	Parasi- ten	Bakteri- en	Viren	Parasi- ten
Filtration ¹	+	+	+	+	+	+
Desinfektion ²	Chlor	+	–	–	–	–
	Chlordioxid	+	–	–	–	–
	Ozon	+	(±)	–	–	–
	UV-Strahlen	+	+	–	–	–
	Thermisch >90°C ³	+	+	+	+	+

DVGW-Handbuch Bd. 6, 2004

Grundlagen der Siedungswasserversorgung Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 150

Anwendung der Desinfektion in Deutschland

- bei potentieller mikrobieller Belastung des Rohwassers gefordert (i.d.R. = oberflächenwasserbeeinflusst)
- weniger als 50% der WVU führen Desinfektion durch

Desinfektionsmittel	Einsatz in %
Hypochlorit	26,4
Chlorgas	14,0
Chlordioxid	4,8
UV-Strahlen	2,9
Ozon	0,6
keine Desinfektion	51,3

DVGW-Handbuch Bd. 6, 2004

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 151

Anforderung an Desinfektion

Desinfektionsmittel	Kontaktzeit	Restkonzentration nach Kontaktzeit
Chlor (pH < 8 – 8,5)	30 min.	0,1 mg/L
Chlordioxid	30 min.	0,05 mg/L
Ozon	10 min.	0,4 mg/L
UV-Strahlung	Fluenz > 400 J/m ² (Nachweis der Wirksamkeit durch Biodosimetrie)	

- Gesamtes Wasservolumen muss erreicht werden !
- Starke Zehrung der DM durch ggf. vorh. reduzierte Verbindungen und DOC (THM-Bildung !)
- Bildung von biologisch abbaubaren Stoffen möglich

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 152

3 Wasserversorgung

3.4 Trinkwasseraufbereitung

3.4.7 Aufbereitungsrückstände

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 153

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

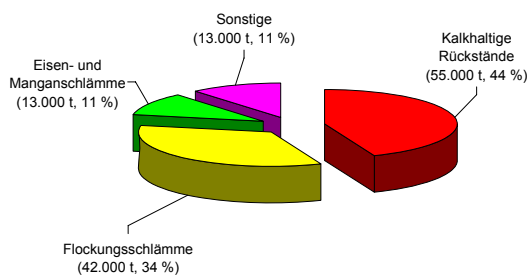
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 154

Mengen in Deutschland

(Quelle: Wichmann und Akkiparambath 2001)



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

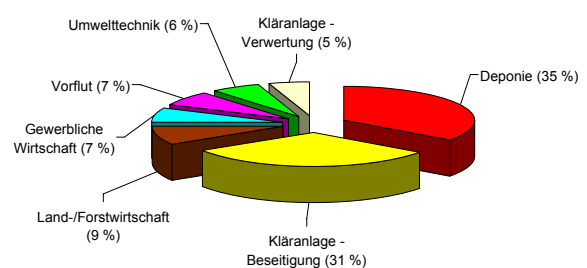
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 155

Entsorgungswege in Deutschland

(Quelle: Wichmann und Akkiparambath 2001)



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 156

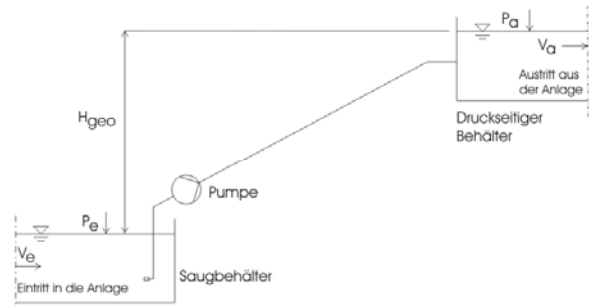
3.5 Wasserverteilung

3.5.1 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)

Förderanlagen (I)



Schematische Darstellung einer Förderanlage

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:

$$p_a = p_e$$

$$v_e = 0$$

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

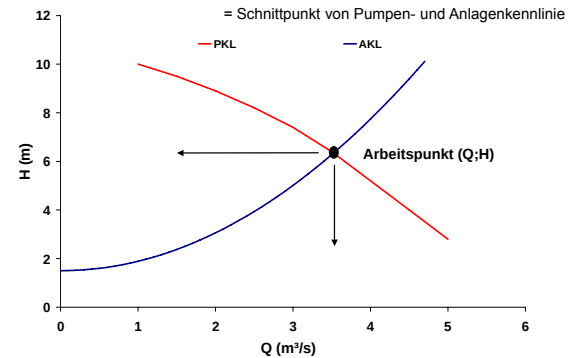
Dann wird:

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

Förderanlagen (III)

Betriebspunkt/Arbeitspunkt einer Pumpe

= Schnittpunkt von Pumpen- und Anlagenkennlinie



3 Wasserversorgung

3.5 Wasserverteilung

3.5.2 Wasserleitungen

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 163

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_{ep}

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

Versorgungsdruck

Mindestüberdruck am Hausanschluss

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 164

Einteilung von Wasserleitungen

Nach versorgungstechnischen Aufgaben:

- Zubringer- oder Transportleitung
- Hauptleitung
- Versorgungsleitung
- Anschlussleitung/Hausanschluss
- Verbrauchsleitung (Hausinstallation)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 165

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
Fasermörtel	DN 65-2000	Spezielle Kupplungen	i.d.R. nicht erforderlich

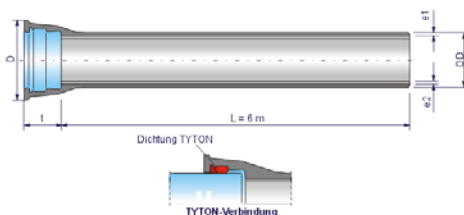
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 166

Gussrohr + Tyton-Muffen

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



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 167

PE-Rohr + Fittinge



PE-Rohr



T-Stück mit Elektro-Schweiß-Verbindung



Winkel mit Rohrverschraubung



Anbohrschelle für Hausanschlüsse

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 168

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)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 169

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)

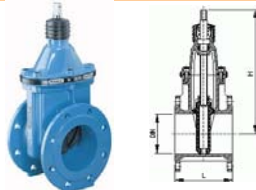
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 170

Absperreinrichtungen

bis DN 200-300:
weichdichtende
Schieber



> DN 300:
Klappen



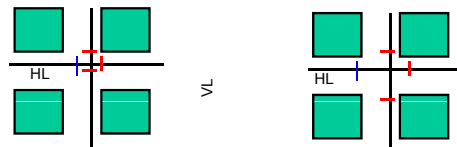
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 171

Lage von Absperrorganen

mind. soviel Absperrorgane, 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

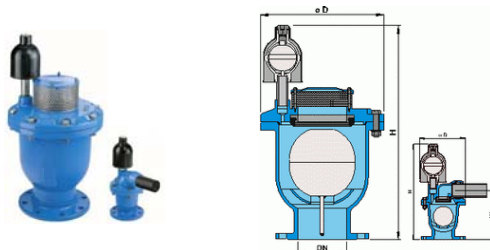
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 172

Entlüftungsventil

Anordnung an Hochpunkten



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 173

Verlegung: offener Erdbau



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 174

Verlegung: Spülbohrverfahren



für große
Nennweiten
und feste
Böden

Quelle:
Buderus Guss

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 175

Verlegung: Microtunneling



Startgruben

Rohreinschub bzw. Rohreinzug



Quelle:
Buderus Guss

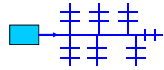
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 176

Netzform

Verästelttes Netz



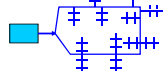
Gering

in Endleitungen
hoch, nur in
einer Richtung
durchströmt

gering, da nur
ein Weg zur
Zapfstelle

begrenzt, große
Leitungsdurch-
messer für
Löschwasser

Ringnetz



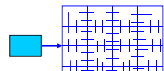
Mittel bis
hoch

nur unter
besonderen
Bedingungen
lang

hoch, da jede
Zapfstelle auf
zwei Wegen
erreichbar

sicher gestellt,
Löschwasser
besser verfügbar

Vermaschtes Netz



Sehr
hoch

in Teilbereichen
lange VZ
möglich

sehr hoch;
Unterbrechungen
räumlich eng
begrenzt

sehr hoch,
Löschwasser gut
verfügbar

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 177

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

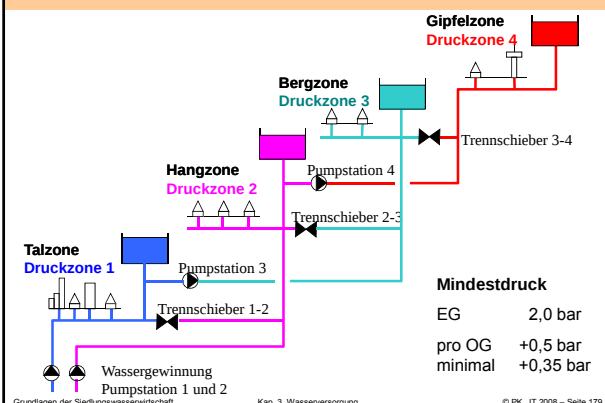
- 10 – 16 bar kaskadenartige Anschlüsse
Druckreduzierventil oder Druckunterbrechungsschacht
- 4 – 10 bar möglich mit serienmäßigen Materialien
- 5 – 6 bar üblich als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone
- 1 – 4 bar Druck stammt häufig von Pumpen
Wassertürme wirken als Wasserschloss
kritische Stockwerke brauchen Druckerhöhung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 178

Druckzonen

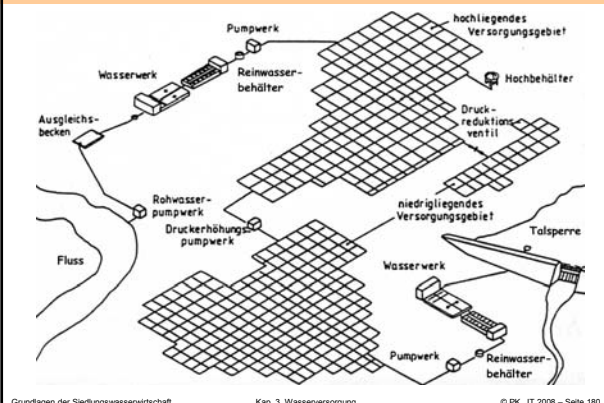


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 179

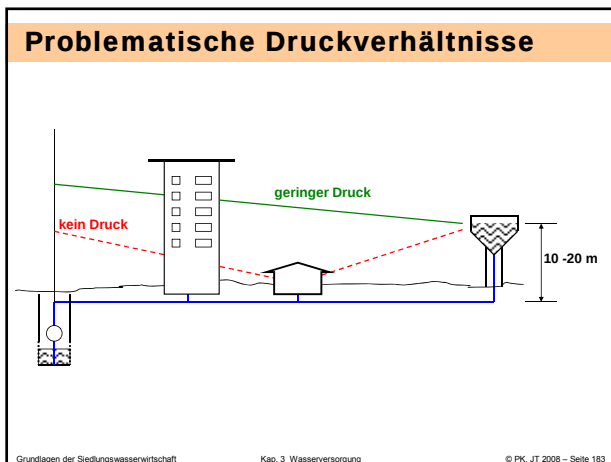
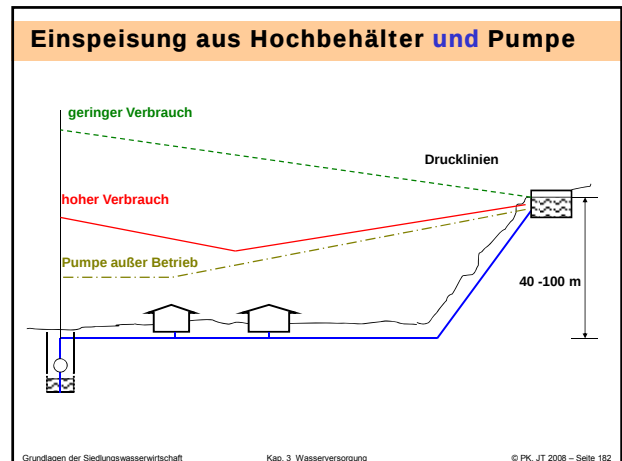
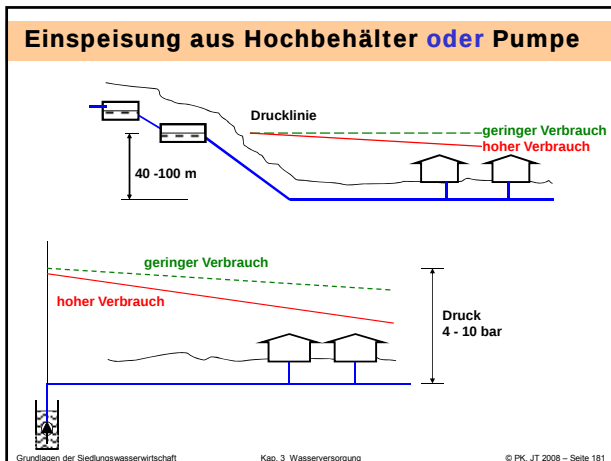
Bsp. eines Versorgungsgebietes



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 180



3 Wasserversorgung
3.5 Wasserverteilung
3.5.3 Wasserspeicherung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 184

Aufgaben von Wasserspeichern

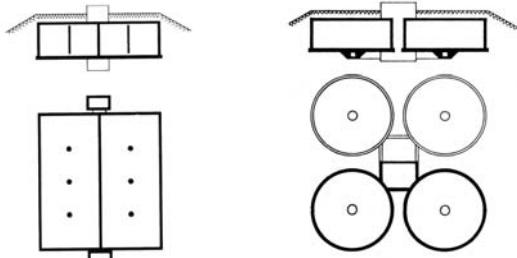
- Ausgleich von Verbrauchsschwankungen, Abdeckung von Verbrauchsspitzen
- Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung (min. Pumpkosten)
- Druckzoneneinteilung → Einhalten der Druckbereiche
- Sicherstellung der Versorgung bei Betriebsstörungen
- Löschwasser (über spezielles Abschlussorgan)
- Verwendung 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 185

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 186

Speicherarten



- Hochbehälter
- rechteckiger Grundriss
- für größere Inhalte

- Hochbehälter
- Anordnung der Kammern in Brillenform
- Erweiterungsmöglichkeit gegeben

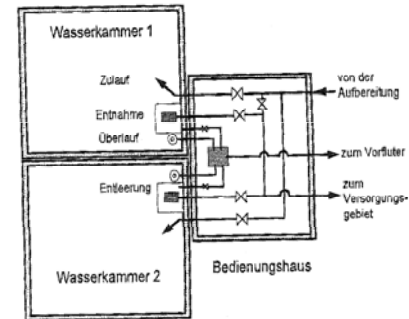
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 187

Schema-Speicheranlage

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



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 188

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

© PK, JT 2008 – Seite 189

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

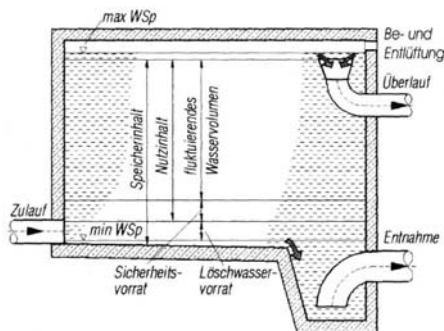
- abhängig vom Löschwasserbedarf

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 190

Speicherinhalt (II)



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 191

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

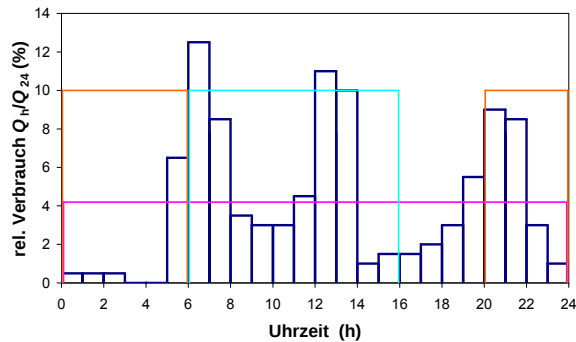
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 192

Speicherbemessung

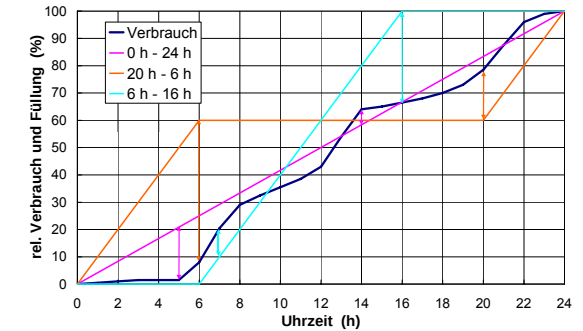
Pumpstrategien: — 20 – 6 Uhr — 6 -16 Uhr — 0 - 24 Uhr



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 193

Tagessummenlinien

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



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 194

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

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 195

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 © PK, JT 2008 – Seite 196

Trinkwasserspeicher: Wasserkammer



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 197

Trinkwasserspeicher: So nicht!

defekter Schutzanstrich,
freiliegende Bewehrung

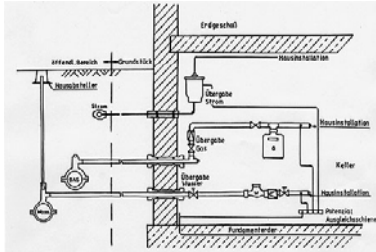
Wasserkammer mit
„Schwimmersteuerung“



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 198

Hausanschluss

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

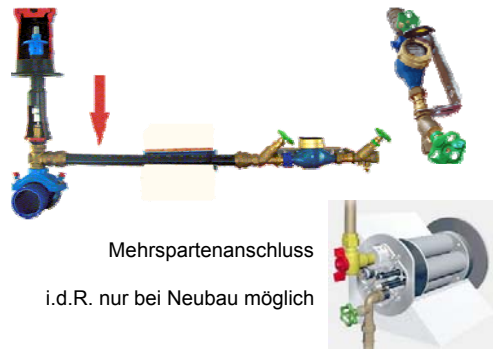


Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 199

Schema Hausanschluss



Mehrspartenanschluss
i.d.R. nur bei Neubau möglich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 200

Hausinstallation

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 201

Hausinstallation Leitungsmaterialien

Bewertung der Eignung metallischer Werkstoffe
nach DIN 50930 - 6

Anwendungsbereiche
nach DIN 50930-6

Erfüllt?

Nein

Ja

Einsatz zulässig
ohne Einzelfallprüfung

Einzelfallprüfung
nach DIN 50931-1

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 202

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.“
- Calcitlösekapazität $\leq 5 \text{ mg/L}$ (10 mg/L) CaCO_3
bzw. $\text{pH} \geq 7,7$

und

Einstellung des Zustands der Calcitsättigung ist
notwendige aber keine hinreichende Bedingung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 203

Leitungsmaterialien

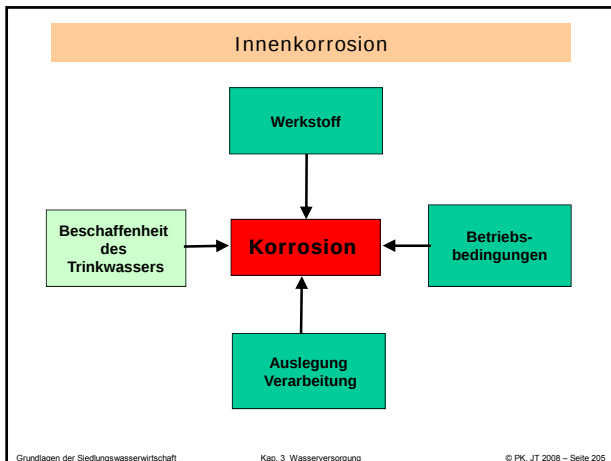
Parameter der TrinkwV, die durch metallische
Leitungsmaterialien beeinflusst werden

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 Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 204



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 © PK, JT 2008 – Seite 206

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)

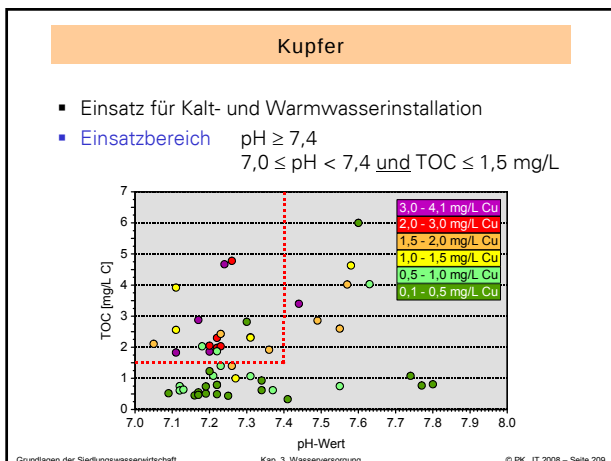
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 207

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 Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 208



Kupfer

Untersuchungen mit synthetischen Wässern
Einfluss organischer Wasserinhaltsstoffe

	neues Rohr	NOM-Zugabe + 0,0	+ 0,5	TOC [mg/L C] + 1,0	+ 2,0
Laufzeit: 8 Wochen					
Testwasser					
$K_{S4,3}$: 3,0 mmol/L					
$K_{B8,2}$: 0,8 mmol/L					
Na^+ : 3 mmol/L					
pH: 6,9					
NOM: Hohlhsee (2001)					
Oberschale →					

Werner, 2003

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 210

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
- Inhibitordosierung (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 Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 211

Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)

Werkstoffanforderungen nach DIN 50930 - 6

	Rohrarmaturen, Rohrverbinder	Sanitärarmaturen, Rohrarmaturen, Anschlussverschraubungen
	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 Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 212

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 Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 213

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



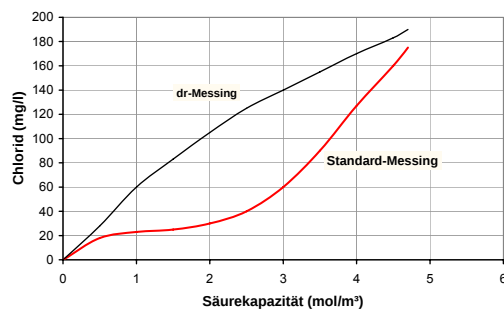
Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 214

Bewertung des Entzinkungsrisikos

„Turner-Diagramm“



Grundlagen der Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 215

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 Siedungswasserversorgung

Kap. 3 Wasserversorgung

© PKJT 2008 – Seite 216