

3 Wasserversorgung

- 3.1 Rechtlichen Grundlagen, 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 Rechtliche Grundlagen, Aufgaben der WVU

Ausgewählte Richtlinien der Europäischen Union

- 1975: Richtlinie über Qualitätsanforderungen an Oberflächenwässer für die TW-Gewinnung
- 1976 Grundwasser-Richtlinie
- 1980 Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Wasser
- 1991 RL zum Schutz der Gewässer gegen Verunreinigungen aus der Landwirtschaft
- ...
- 1998 Novelle zur RL über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
- 2000 Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Wasserrecht und Vollzug in Deutschland

- Grundgesetz
 - Art 75 Abs. 4: Rahmenverordnungen des Bundes über „die Bodenverteilung, die Raumordnung und den Wasserhaushalt“
 - Ausfüllung durch Gesetzgebung der Länder
- „Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA“ zur Koordinierung der wasserwirtschaftlichen Gesetzgebung und des Vollzug der Länder
- Recht der Gemeinden, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in eigener Verantwortung zu regeln („Daseinsvorsorge“)

Wasserrechtlicher Vollzug

- **Grundsatzfragen:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
 - Vollzugsbehörde: Umweltbundesamt
- **Wasserwirtschaftliche Aufgaben im ländlichen Raum:** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
- **Gesundheitsvorsorge und Trinkwasserqualität:** Ministerium für Gesundheit
- **Bundeswasserstraßen:** BM für Verkehr, Bau und Wohnungswesen
- **Forschungsförderung:** BMBF

Aufgabenteilung bei der öff. Wasserversorgung

- **Staat:**
 - Bewirtschaftung der Wasservorräte
 - Erkundung nutzbarer Wasservorkommen
 - Sicherung und Schutz der Wasservorkommen
 - Überwachung der Gewässernutzung
 - Hygienische Überwachung des Trinkwassers
 - Allgemeine Rechtsaufsicht
 - Kartellaufsicht
- **Kommune:**
 - Sicherstellung der Wasserversorgung
- **WVU:**
 - Technische Aufgaben der Wasserversorgung

Aufgaben von WWU

Lieferung von Trinkwasser

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

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

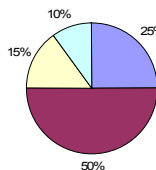
- Führung nach kaufmännischen Gesichtspunkten, Kostendeckungsprinzip

Grundsätze der Preisbildung

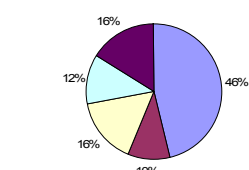
1. **Deckung aller Kosten** durch Wasserpreis
2. Aufschlüsselung der Entgelte der **Verbrauchergruppen** entsprechend der verursachten Kosten
3. **Berücksichtigung der Kostenstruktur** bei der Festsetzung von Grund- und Mengenpreis
4. **Angemessene Verzinsung** für Eigen- und Fremdkapital
5. Berücksichtigung 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 IH-Kosten Gewinnung und Aufbereitung
- Betriebs- und IH-Kosten Transport, Speicherung, Verteilung, Messung

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

Wasserhaushaltsgesetz (7. Nov., 2002)

- Rahmengesetz des Bundes
 - § 1a: "... **Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts** und Lebensraum für Tiere und Pflanzen sichern"
 - ... " so zu bewirtschaften, dass dem **Wohl der Allgemeinheit** ...und auch dem Nutzen Einzelner dienen...
 - ...**vermeidbare Beeinträchtigungen** ihrer ökologischen Funktionen **unterbleiben**
 - ...und insgesamt eine **nachhaltige Entwicklung** gewährleistet wird"
 - § 2(1): Eine **Benutzung der Gewässer bedarf einer behördlichen Erlaubnis (§7) oder Bewilligung (§8)**
 - § 19 **Wasserschutzgebiete** (Schutz von Gewässern für Wasserversorgung, bei GW-Anreicherung, zur Vermeidung von Einträgen durch Niederschlagswasser)
 - schränkt bestimmte Handlungen und Rechte ein

Wasserhaushaltsgesetz (7. Nov., 2002)

- § 22: Haftung für Änderung der Beschaffenheit
- § 1b: Bewirtschaftung nach Flußgebietseinheiten Donau, Rhein, Maas, Ems, Weser, Elbe, Eider, Oder, Schlei/Trave, Warnow/Peene
- § 33 (1) Bewirtschaftungsziele:
 - Keine nachteilige mengenmäßige und chem. Veränderung
 - Umkehrung aller signifikanten und anhaltenden Trends steigender Schadstoffkonzentrationen
 - Gleichgewicht zwischen GW-Entnahme und -Neubildung
 - Guter mengenmäßiger und chemischer Zustand
- § 6a: Supra- und internationale Anforderungen
 - ergänzende Vorschriften können unter Beachtung der Grundsätze von §1a erlassen werden, wenn international bindende Beschlüsse dies verlangen

Wasserhaushaltsgesetz (7. Nov., 2002)

- § 37 (1):
 - Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein,
 - dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist.

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 |

3 Wasserversorgung

3.2 Trinkwasserverordnung

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

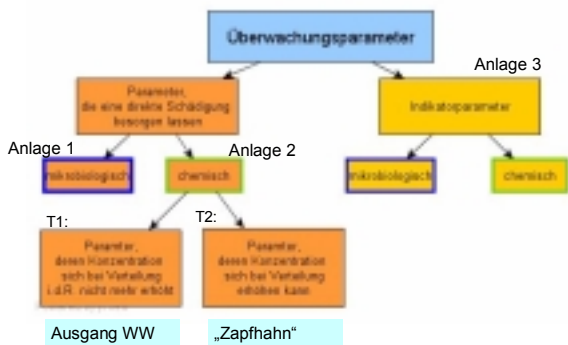
„Allgemein anerkannte Regeln der Technik“

Regelwerk des  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

Überwachungsparameter nach TrinkwV 2001



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 |

Anlage 2: Chemische Parameter

Teil 1: ...deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich Hausinstallation i.d.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 19

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 20

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 21

3 Wasserversorgung

3.3 Planungsgrundsätze

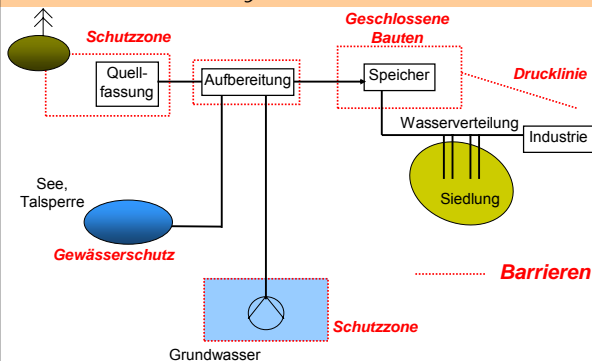
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK_JT 2008 – Seite 22

Aufbau eines Wasserversorgungssystems

„Multi-Barrieren-System“



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK_JT 2008 – Seite 23

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 24

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

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

Planungshorizont

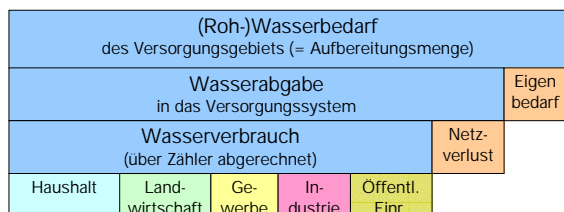
| | |
|----------------------------------|--------|
| Bauentwurf | n – 5 |
| Inbetriebnahme | n |
| Anlagenteile (außer Rohrleitung) | n + 15 |
| Erweiterungsfähig | n + 30 |
| Rohrleitungen | n + 50 |
| Sicherung der Wasservorkommen | n + 50 |

nach Mutschmann/Stimmelmayer, 2002, verändert

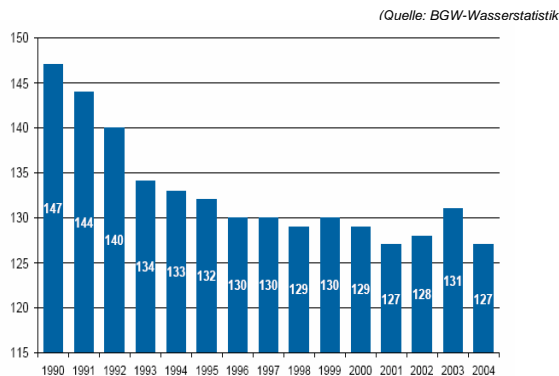
3 Wasserversorgung

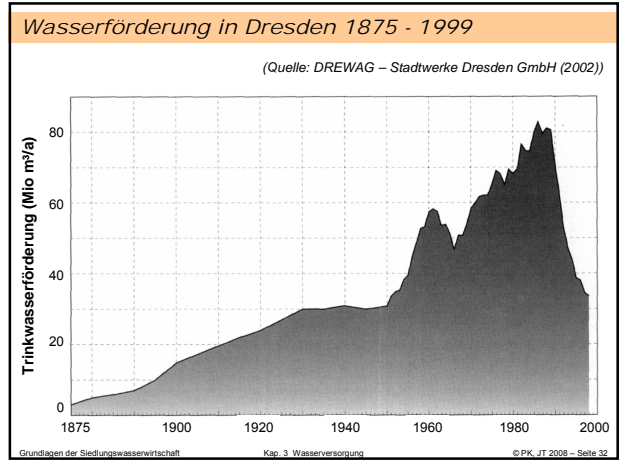
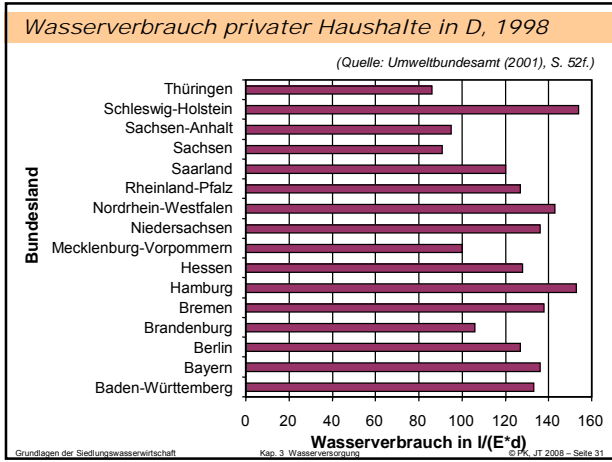
3.4 Wasserverbrauch, Wasserbedarf

Wasserbedarf, Wasserverbrauch

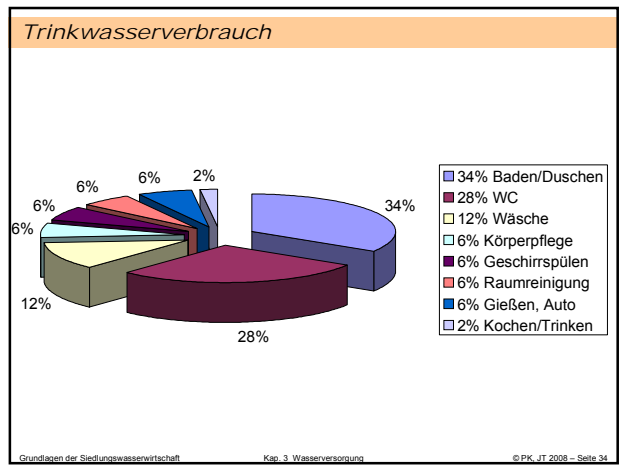


Wasserverbrauch privater Haushalte in Deutschland





- ### 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 33



Wasserverbrauch von Haushaltsgeräten

| Herstellung | Waschmaschine | Geschirrspüler |
|-------------|---------------|----------------|
| | (l/Zyklus) | (l/Zyklus) |
| 1980 | 125 – 175 | 45 – 55 |
| 1985 | 100 – 125 | 30 – 40 |
| 1990 | 70 – 125 | 20 – 30 |
| 2000 | 45 – 50 | 12 – 14 |

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 35

Wasserbedarf Gewerbe, öff. Einrichtungen nach DVGW-W 410

| Objekt | Verbrauchereinheit (V) | Grenzwerte in L/(V-d) | Mittelwerte in L/(V-d) |
|-----------------------------------|---|-------------------------|------------------------|
| Wohngebäude | Einwohner | 60-300 | 145 ¹⁾ |
| Wohngebiete | Einwohner | | 130 |
| | Altbau, mehrgeschossig gemischte Bebauung | 140-150 | 200-300 |
| Krankenhäuser | Vierbetten ²⁾ | 130-430 | 340 |
| | Bettenzahl | 130-1.200 | 500 |
| Schulen | Schüler + Lehrer + Personal | 1-39 | 8 |
| Verwaltungsgebäude | Beschäftigte | 1-164 | 47 |
| Hotels | Hoteltourist | 100-1.400 | 290 |
| | Hotelzimmer | 70-1.400 | 388 |
| | Gästebetten | 40-970 | 241 |
| Landwirtschaftliche Anwesen | Großvieh-Gleichwert (GVGW) Äquivalent für ein Tier mit 500 kg Lebendgewicht | | 50 |
| Faktoren zur Umrechnung auf GVGW: | | | |
| Mensch | 2,0 | Mastfülle: 350-500 kg | 0,5 |
| Kühe | 1,2 | Zuchtstiere, -saunen | 0,3 |
| Pferde | 1,0 | Zuchtsauen mit Ferkel | 0,5 |
| Rinder (1-2 J.) | 0,7 | Mastschweine 30-110 kg | 0,13 |
| Ferkel | 0,3 | Schlaf. Ziegen | 0,1 |
| Kälber (bis 4 Wochen) | 0,1 | 10 Hühner, Gänse, Enten | 0,04 |

¹⁾ V = 1 - Personenzahl + 0,5 - Personal, das im Krankenhaus wohnt + 0,2 - hilfesuchendes Personal
²⁾ W 400-1 [52] geht langfristig von 120 L/(E-d) aus

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 36

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

Verluste (Einteilung nach W 392)

| | | | | |
|---------------------|------------------------|---|--|---|
| Rohrnetzeinspeisung | Netzabgabe Q_A | In Rechnung gestellte Rohrnetzabgabe Q_{AI} | In Rechnung gestellte und gemessene Rohrnetzabgabe | In Rechnung gestellte Wasserabgabe Q_{IR} |
| | | Nicht in Rechnung gestellte Rohrnetzabgabe Q_{AN} | Nicht in Rechnung gestellte und gemessene Rohrnetzabgabe | Nicht in Rechnung gestellte Wasserabgabe Q_{NR} |
| | Wasser- verluste Q_V | Scheinbare Wasserverluste Q_{VS} | Zählerabweichungen Abgrenzungsverluste bei Ablesungen Schleichverluste Wasserdiebstahl | |
| | | Reale Wasserverluste Q_{VR} | Zubringerleitungen Behälter Haupt- und Versorgungsleitungen Hausanschlussleitungen bis zum Hauswasserzähler | |

Wasserverluste (Richtwerte)

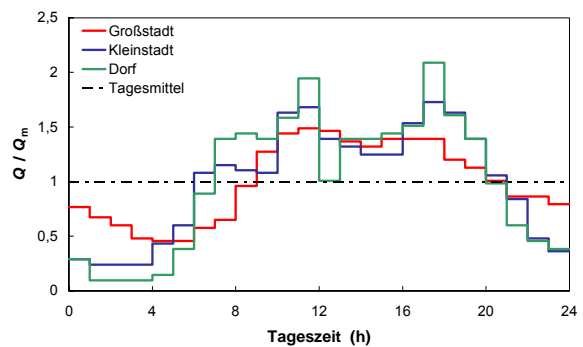
Faustwerte Mutschmann, Stimmelmayer, 2002

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

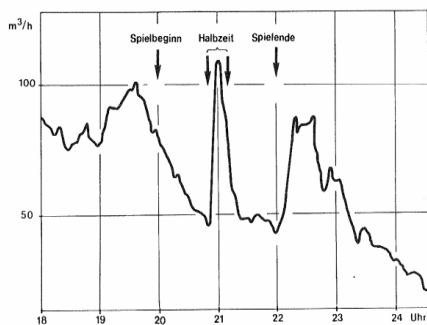
Spezifisch auf Netzlänge DVGW-W 392

| | 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

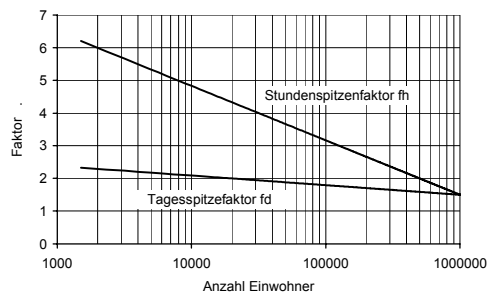


Wasserverbrauch WG in Dortmund, WM-Endspiel Italien-Deutschland, 11.7.1982,



Spitzenfaktoren nach DVGW-W 400-1

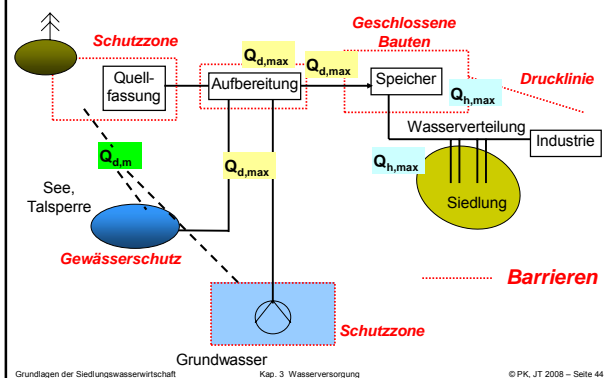
$$f_{d,max} = \frac{Q_{d,max}}{Q_{d,m}} \quad f_{h,max} = \frac{Q_{h,max}}{Q_{h,m}}$$



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 |

Verbrauchswerte zur Bemessung



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

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 feuerbeständige/-hemmende Umfassungen
 Groß: Umfassungen nicht feuerbeständig/-hemmend, weiche Bedachung, Holzfachwerk, stark behinderte Zugänglichkeit, Häufung von Feuerbrücke usw.

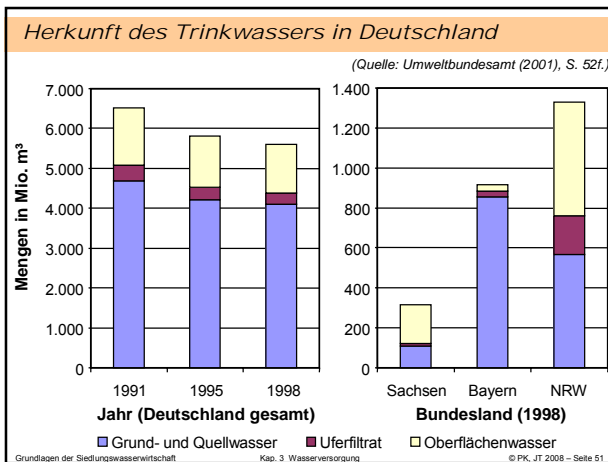
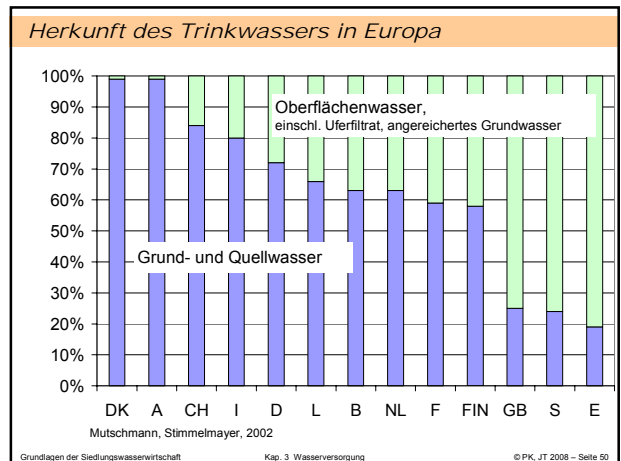
3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen



3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Grundwasser

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 52

„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

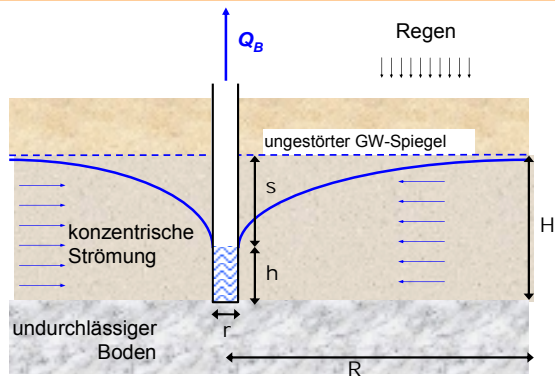
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 53

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 54

Wassergewinnung: Filterbrunnen



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 55

Eindimensionale Grundwasserströmung

Gesetz von Darcy Anwendung auf Brunnen

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

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

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

k Durchlässigkeitsbeiwert (L/T)

dh/dx Energiehöhen-Gefälle in Fließrichtung

h Mächtigkeit des Grundwasserleiters

r Abstand vom Brunnen

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 56

Leistung des Filterbrunnens (mit Niederschlag)

Kontinuität

$$Q_B = Q_N + Q_{GW}$$

$$Q_N = \pi r^2 N$$

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

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 Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 57

Ergiebigkeitsgleichung nach Dupuit/Thiem

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

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

Absenkungreichweite nach Sichardt: $R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 58

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 Sichardt)

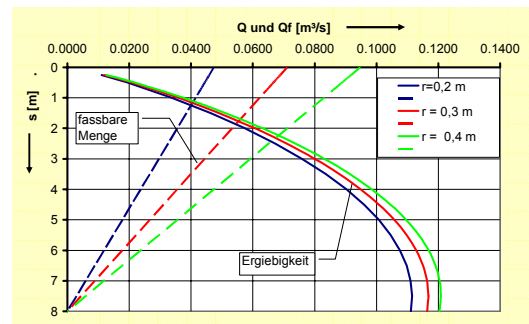
$$J_{\text{krit}} = \frac{1}{15} \cdot \sqrt{k_f}$$

Fassbare Wassermenge:

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 59

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



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PKJT 2008 - Seite 60

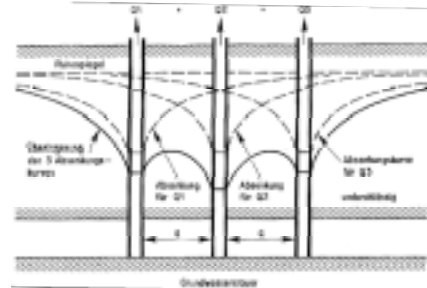
Gültigkeitsvoraussetzungen (Idealer Brunnen)

- 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)

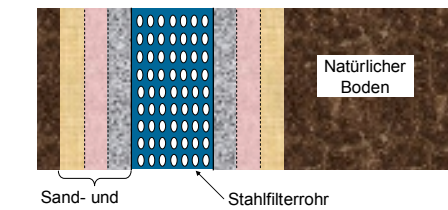
Voraussetzungen sind im Regelfall nicht erfüllt!
Näherungsverfahren für Anwendung in d. Praxis

Superpositionsprinzip

- Anwendung für ungleichmäßige Berandungen
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 Filtermasse und Filterlöse (DIN 4924)

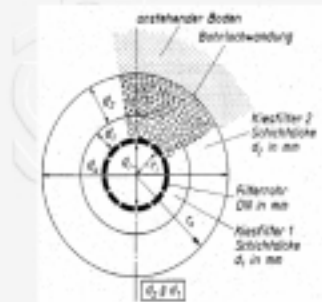
| Kategorie in mm | zusammengehörige Korngrößen für Filtermasse | Überlagerung (DIN 4924) | Überlagerung (DIN 4924) | Stärke in mm für Stahlmasse |
|-----------------|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Filtermasse | > 0,25 bis 0,75 | 1,5 | 1,5 | 200 |
| | > 0,25 bis 0,5 | | | 200 |
| | > 0,25 bis 0,4 | | | 200 |
| | > 0,25 bis 0,3 | | | 200 |
| Filterlöse | > 0,5 bis 1,25 | 10 | 10 | 2000 Bereich |
| | > 0,5 bis 0,8 | | | 2000 |
| | > 0,5 bis 0,6 | | | 2000 |
| | > 0,5 bis 0,5 | | | 2000 |
| | > 0,5 bis 0,4 | | | 2000 |
| | > 0,5 bis 0,3 | | | 2000 |

Dicke der Stützschicht in mm (Stärke in mm):

| Stärke in mm | Stützschicht in mm |
|-----------------|--------------------|
| > 0,25 bis 0,75 | > 10 |
| > 0,25 bis 0,5 | > 10 |
| > 0,25 bis 0,4 | > 10 |
| > 0,25 bis 0,3 | > 10 |

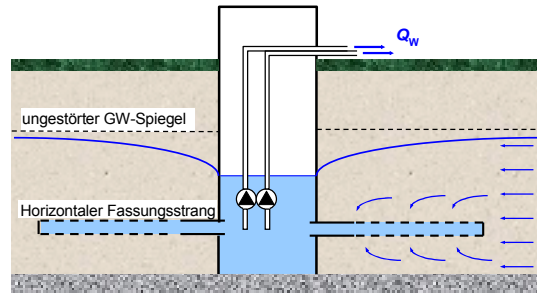
Mittlerer Brunnendurchmesser

$\Rightarrow r_1 \approx DN \text{ Filterrohr} / 2$
 $\Rightarrow r_g = r_1 + d_1 + d_2$
 $\Rightarrow r = (r_1 + r_g) / 2$



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
 - **Indirekte Spülbohrverfahren:** Einleitung des Spülstroms in das Bohrloch und Förderung mit Mammütpumpe 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

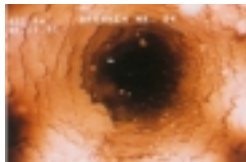
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 67

Brunnenalterung

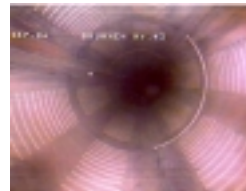
- **Versandung:** Eindringen von Ton, Schluff und Sand aus dem GW-Leiter
- **Korrosion:** bei metallischen Ausbauelementen und ungenügendem Korrosionsschutz
- **Verockerung:** Anreicherung von Eisen- und Manganverbindungen als Hydroxide und Oxidhydrate (häufig durch biologische Aktivität verstärkt)
-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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 68

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 69

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

Quellwasser

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 70

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

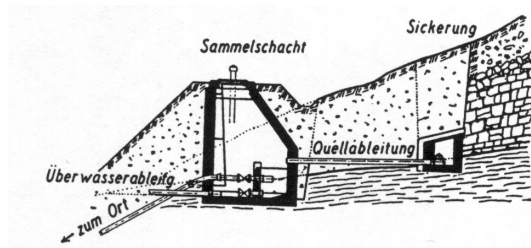
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 71

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

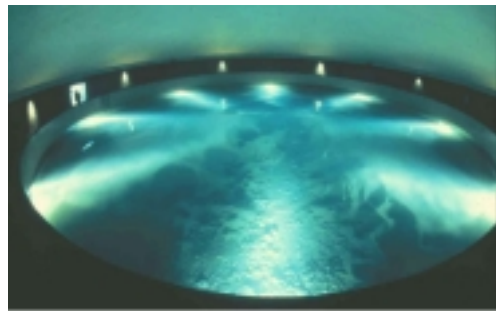
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 72

Quellwasserfassung (schematisch)



Schichtenquellenfassung: Querschnitt durch Sicker Galerie und Sammelschacht

Quellwasserfassung („Quelltopf“)



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

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

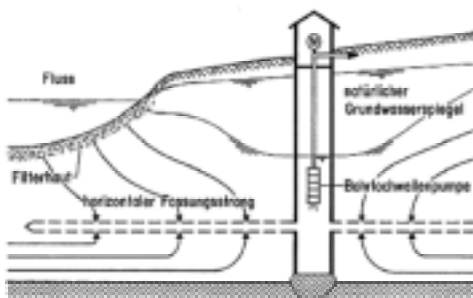
3.5.1 Rohwasserressourcen

Uferfiltrat

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

Horizontal-Filterbrunnen als Uferfiltrat-Fassungsanlage (Schema)



Grombach et al., 2000

3 Wasserversorgung

3.5 Wassergewinnung

3.5.1 Rohwasserressourcen

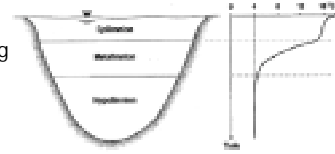
3.5.5 See- und Talsperrenwasser

Seewasser

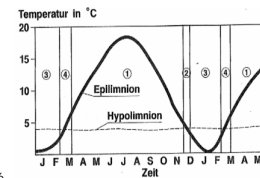
- Nutzung von Seewasser in Deutschland: 2,9% (davon aus 99% Bodensee (Mehlhorn, 1996))
- International stärker verbreitet (Skandinavien, Japan, USA)
- Wasserbeschaffenheit sehr spezifisch von örtlichen Randbedingungen abhängig
 - Einzugsgebiet (Geologie, Bewirtschaftung)
 - Seemorphologie (Tiefe!)
 -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

Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

Wasserschichtung im Sommer



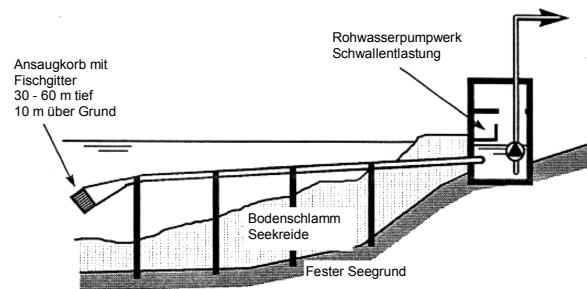
Jahresgang der Wassertemperatur



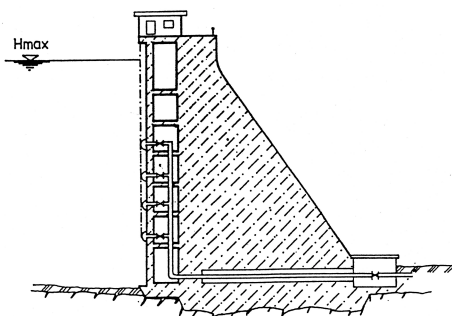
Temperaturschichtung in Seen und Talsperren

- zufließendes Oberflächenwasser sichtet 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 | | | | | |
| Lösungsform | 10 ⁻¹⁰ – 10 ² | | | | 10 ² – 10 ⁷ | > 10 ⁷ |
| Häufigster Teilchendurchmesser in m | | | | | | |
| | Elektrolyte | | Nichtelektrolyte | | | |
| | Kationen | Anionen | Gase | Feststoffe | | |
| Hauptinhaltsstoffe | 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 Bodenbestand- teile |
| Begleitstoffe | 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) | Oxidhydrate von Metallen z.B. von Fe, Mn (Sol), Kieselsäure u. Silikate Huminstoffe | Oxidhydrate Fe und Mn Ole, Fette Sonsitige organische Stoffe |
| Spurenstoffe < 0,1 mg/L | Li ⁺ Rb ⁺ Ba ²⁺ As ³⁺ Cu ²⁺ Zn ²⁺ Pb ²⁺ | HS ⁻ | Rn | | | |

Grund- und Quellwässer

| 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 | Heldmannsberg | 7,3 | 0,5 | 0,3 | 0,04 | 1,2 | 18,9 | 6,3 |
| | Tettau | 5,7... 7,1 | n.n. | 15... 25 | 0,1... 0,8 | 1,0... 2,5 | 6,0... 12,1 | 0,15... 1,25 |
| Pleistozän, Urstromtal | 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 |

Beschaffenheit von Talsperrenwasser

| Parameter | Einheit | Wahnbach (Siegetsknippen) | 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 |

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/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) |

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.1 Aufbereitungsziele und Verfahren

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

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 Aufbereitungsziele

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 |

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.2 Gasaustausch

Ziele des Gasaustausches (I)

Austrag unerwünschter Gase aus dem Wasser

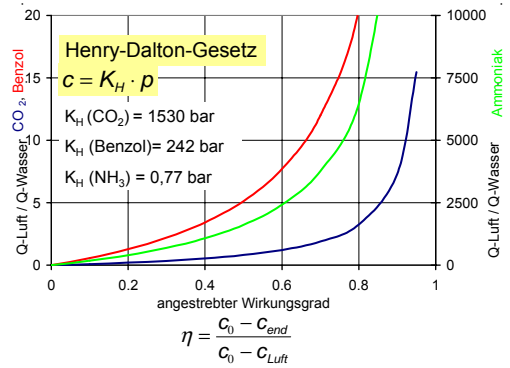
- **Ausgasen von Kohlendioxid** zur Entsäuerung
- Ausgasen flüchtiger Stoffe, z. B. Schwefelwasserstoff, Methan, höhermolekulare organische Verbindungen
- Ausstrippen von leichtflüchtigen organischen Verbindungen (Halogenkohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel – PBSM)
- Ausstrippen von Edelgasen (z. B. Radon)

Ziele des Gasaustausches (II)

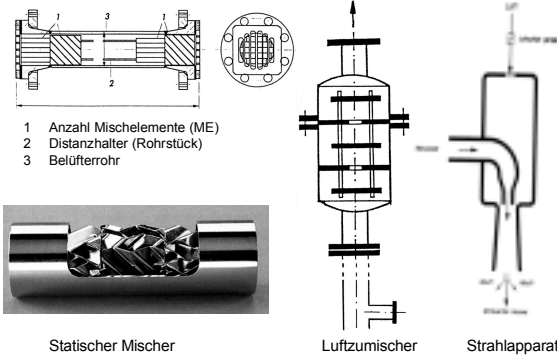
Eintrag (Anreicherung) erwünschter Gase in das Wasser

- 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)

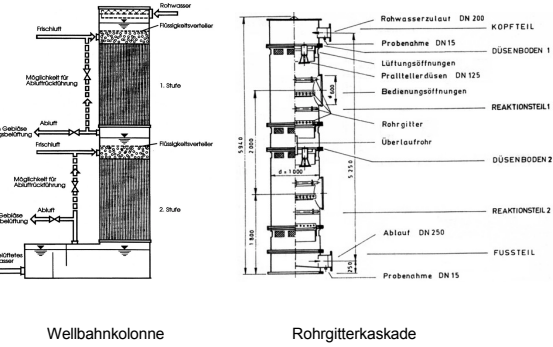
Wirkungsgrad des Gasaustausches



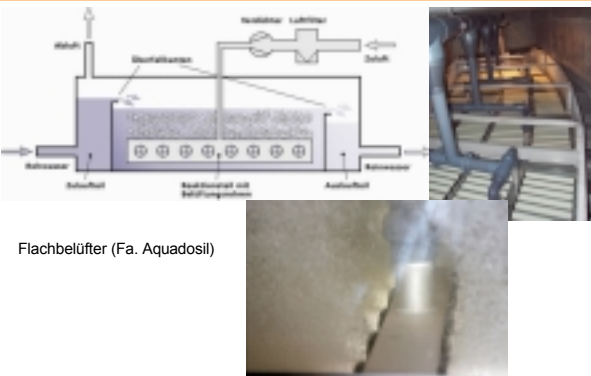
Anlagen zur geschlossenen Belüftung



Anlagen zur offenen Belüftung (I)



Anlagen zur offenen Belüftung (II)



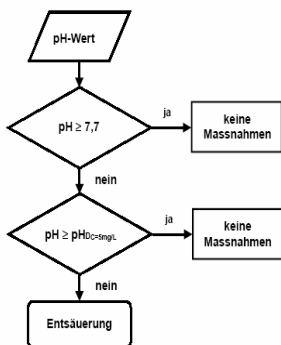
3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

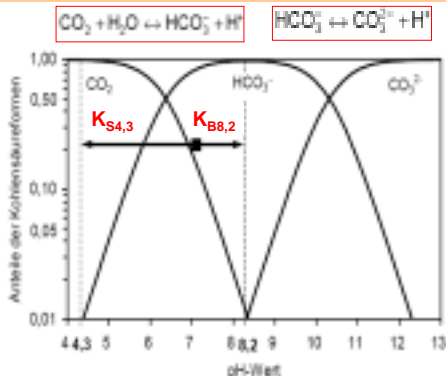
3.6.3 Entsäuerung

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 Wassern)



Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht



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 $\text{pH} < 8,2$

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

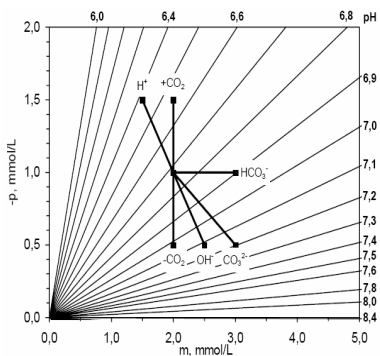
$$c(\text{HCO}_3^-) \approx K_{S4,3} - 0,05 \text{ mmol/L} = m\text{-Wert}$$

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

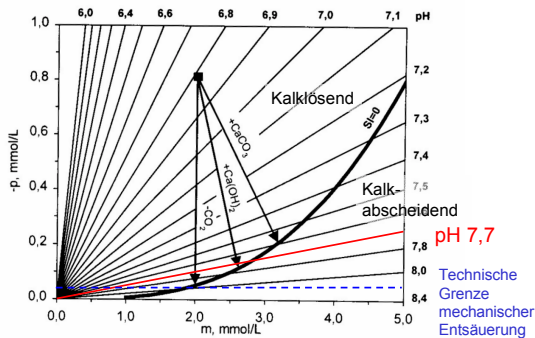
Auswirkung von Zusätzen

| Stoff | $K_{B8,2}$ mmol/L | $K_{S4,3}$ mmol/L | c(Ca) mmol/L | c(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 |

Auswirkung von Zusätzen



Tillmannskurve

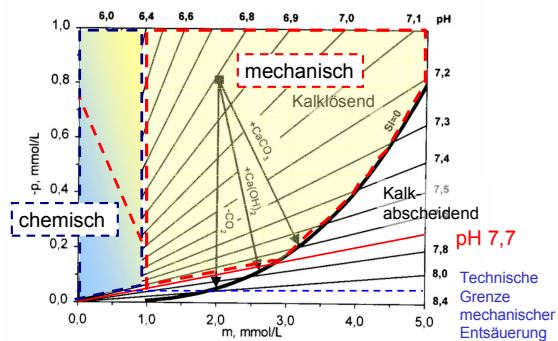


Möglichkeiten der Entsäuerung

| 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 überschreiten (Ausfällung, Verbackung)! |
| Dosierung von NaOH Na(HCO ₃) Na ₂ CO 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 109

Tillmannskurve und Möglichkeiten der Entsäuerung



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 110

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 CO ₂ $c(\text{Ca}) \leq 0,75 \text{ mol/m}^3, K_{S4,3} + 2 K_{B8,2} \leq 1,5$ |
| Filtration über CaCO ₃ -MgO (halbgebrannte Dolomite) | ▪ mäßige Härte, ausreichend CO ₂ $c(\text{Ca}) \leq 0,75 \text{ mol/m}^3, K_{S4,3} + 2 K_{B8,2} \leq 2,5$ |
| Dosierung von NaOH | ▪ weiche und harte Wässer |
| Dosierung von Na(HCO ₃) Na ₂ CO ₃ | ▪ weiche Wässer |

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 111

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 Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 112

Filtrationsverfahren

über CaCO₃

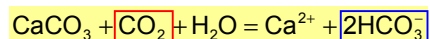
„Jurakalk“ oder „Marmor“, lange Kontaktzeiten, keine Gleichgewichtsüberschreitung möglich (→ geringer Überwachungsaufwand), billig, Materialverbrauch

über CaCO₃-MgO

„halbgebrannter Dolomit“, gleichzeitige Enteisenung und Entmanganung möglich, kürzere Kontaktzeiten, geringerer Materialverbrauch, da reaktiver, teuer, kein Unterlastbetrieb (→ Verbackungen möglich)

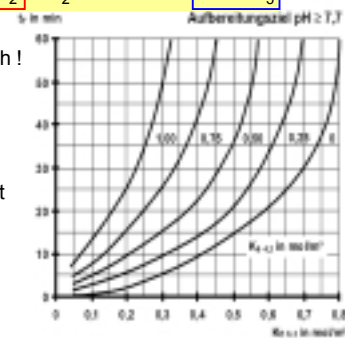
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 113

Filtration über alkalische Filtermaterialien



Materialverbrauch!

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



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 114

3.6.4 Partikelentfernung

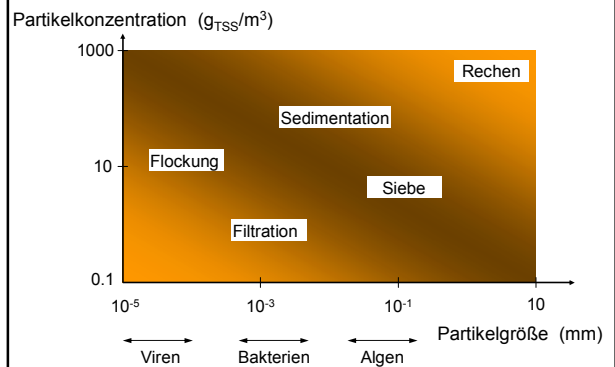
Partikel

- Feste, ungelöste Wasserinhaltsstoffe
- Hygienische Relevanz:
 - Krankheitserreger bzw. Träger von Krankheitserregern
 - Nährstoffe → Verkeimungsgefahr
 - Verminderung des Desinfektionswirksamkeit
- Chemische Relevanz
 - Chemische Schadstoffe gebunden an Partikel
- Ästhetische Relevanz
 - Trübung → verminderte Akzeptanz durch Verbraucher

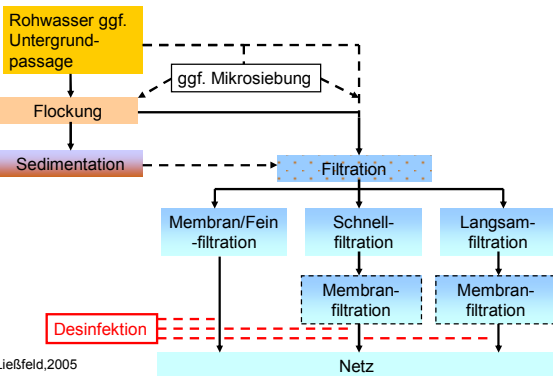
Anforderung an Partikeleliminierung (I)

- 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)

Abtrennung partikulärer Stoffe



Verfahren der Partikelabtrennung bei OF-Wasser



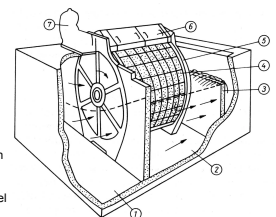
Reduktion der Partikelkonzentration

Rechen

nur bei Oberflächengewässern
Grobrechen, Mittelrechen, Feinrechen

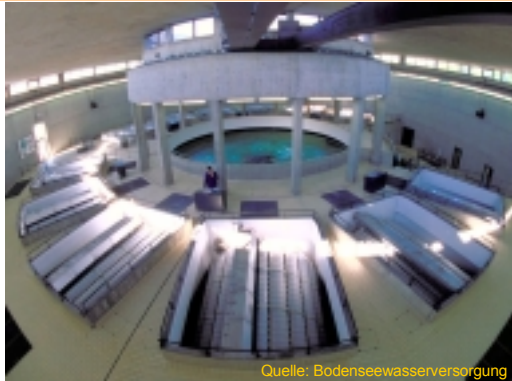
Mikrosiebe

Stahl- oder Textilgeflecht mit
Maschenweiten < 0,1 mm,
kontinuierliche Rückspülung



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

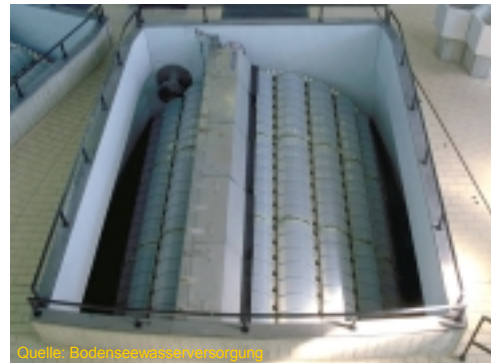
Mikrosiebanlage



Quelle: Bodenseewasserversorgung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 121

Mikrosiebanlage (Detail)



Quelle: Bodenseewasserversorgung

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 122

Reduktion der Partikelkonzentration

Sandfänge

Entfernung von Sand über 0,1 mm Korngröße

Sedimentation

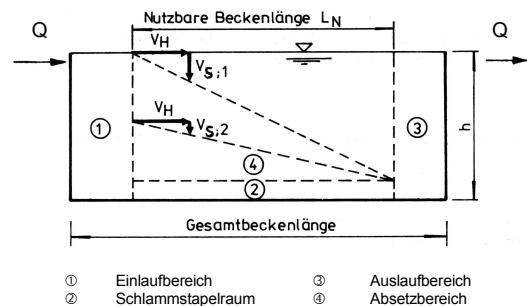
Abtrennung grober mineralischer oder geflockter Partikel
Aufenthaltszeit mehrere Stunden

Vorfiltration/Grobfilter

geeignet zur Entfernung von Fasern und groben mineralischen Partikeln

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 123

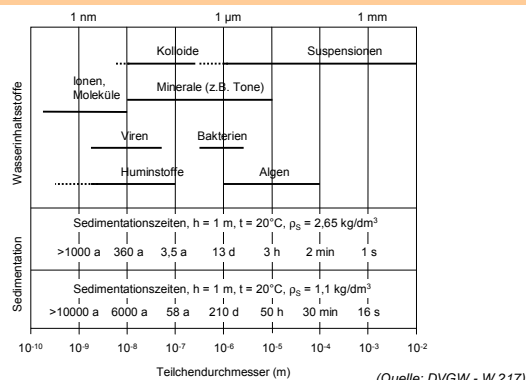
Schema des Absetzvorganges



① Einlaufbereich ③ Auslaufbereich
② Schlammstapelraum ④ Absetzbereich

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 124

Theoretische Sedimentationszeiten



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 125

Flokkung

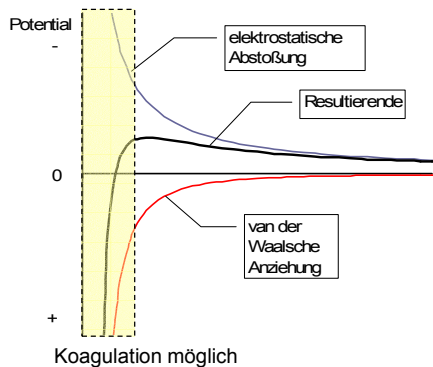
→ zur Abtrennung feinsten Partikel

- **Vorbehandlung**, 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)
- Flokkung unter optimiertem **Rühren**
→ Energieeintrag / Reaktorvolumen

→ nachgeschaltete Flockenabtrennung (Sedimentation, Flotation, Filtration)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 126

Kräfte an Kolloid-Oberflächen

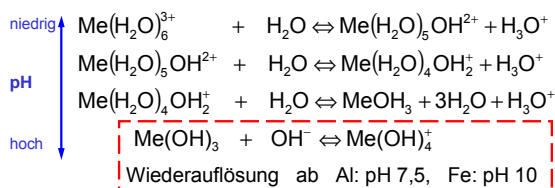


Verfahrenstechnische Stufen der Flockung

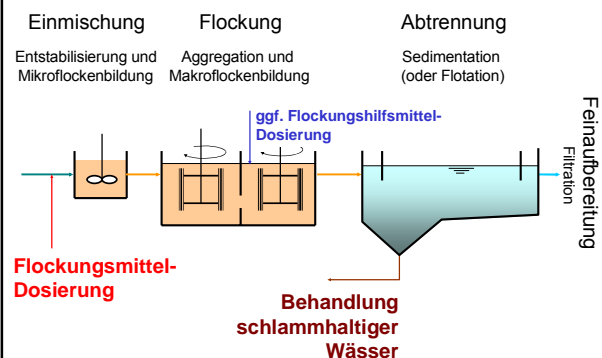
| Verfahrensschritt | Aufgabe |
|---|--|
| 1. Dosierung und Mischung | Gleichmäßige Verteilung der Flockungschmikalien |
| 2. Entstabilisierung | Überwindung der Abstoßungskräfte von Trübstoffen und Kolloiden |
| 3. Aggregation zu Mikrofloccen (Koagulation) | Schnelle Aggregation von entstabilisierten 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

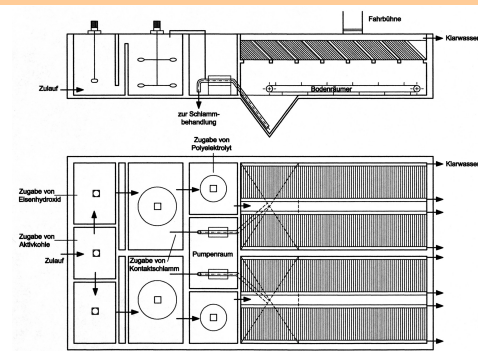
- Salze des dreiwertigen Eisen- und Aluminium-Ions
- Wirkung:**
 - Bildung von Hexaquo-Komplexen im sauren Milieu (Dosierlösung)
 - Abgabe von Protonen bei pH-Anstieg
 - Bildung unlöslicher Hydroxide, die als voluminöse Floccen auffallen



Flockung



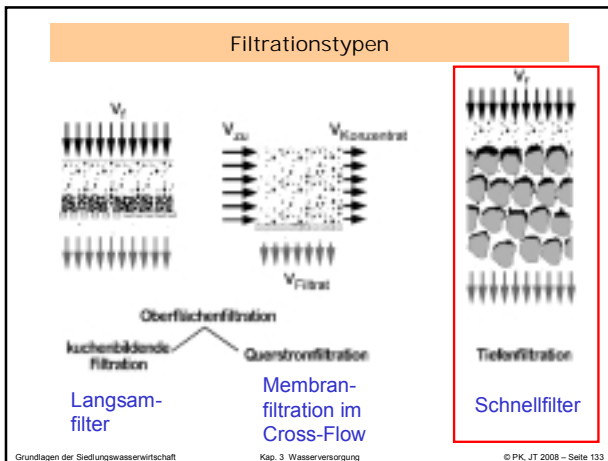
Beispiel für Kompaktanlage



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

Filterarten

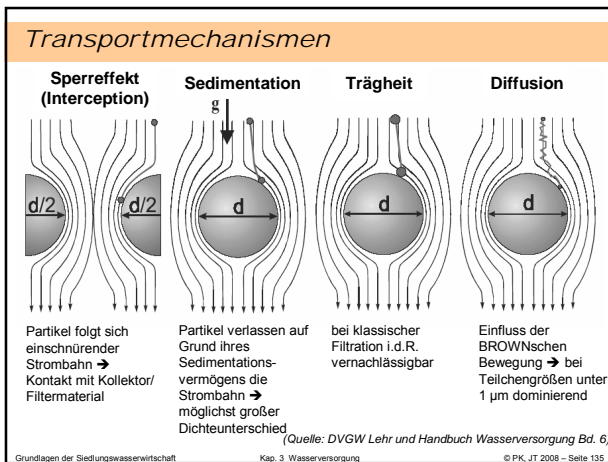
| | Einheit | Schnellfilter | | Langsamfilter |
|--------------------------------|---------|--|--------------------------------------|--|
| | | offen | geschlossen | |
| mittlere Filtergeschwindigkeit | m/h | 4 - 7 | 10...20 | 0,05 - 0,2 |
| Grenzfilterwiderstand | bar | 0,2 | 0,5 | 0,15 |
| Filteroberfläche | m² | 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 |



Filtermaterialien

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 134



Anwendung von Schnellfiltern

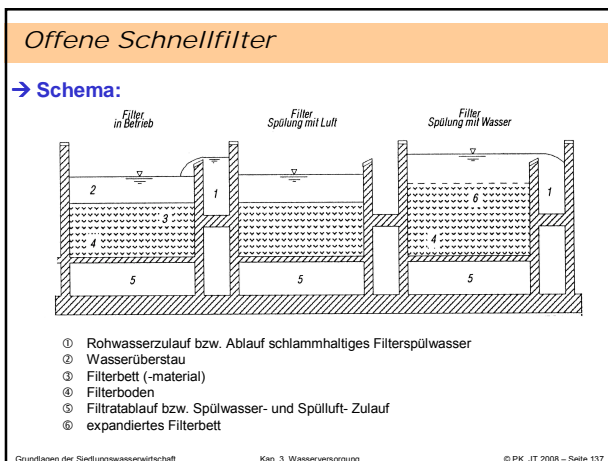
Abscheidung von Einzelteilchen
 Trübstoffabscheidung aus Oberflächenwässern, anorganische (z.B. Tonmineralien) und organische Stoffe (Algen, Bakterien, Pflanzenzellen)

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 zweiseitiger Eisen- und Manganionen nach Oxidation, chemisch-katalytische und biologische Vorgänge im Filterbett

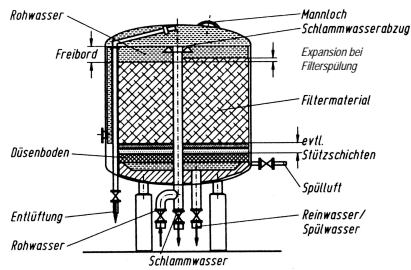
(Quelle: DVGW Lehr und Handbuch Wasserversorgung Bd. 6)

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 136



Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Schema:



Geschlossene Schnellfilter (Druckfilter)

→ Foto:

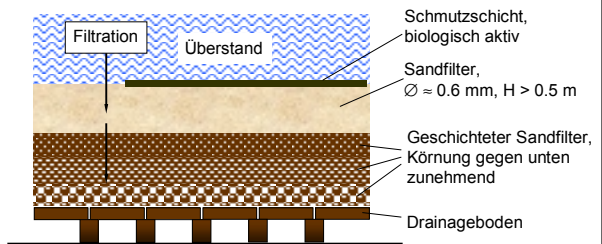


Langsamfiltration

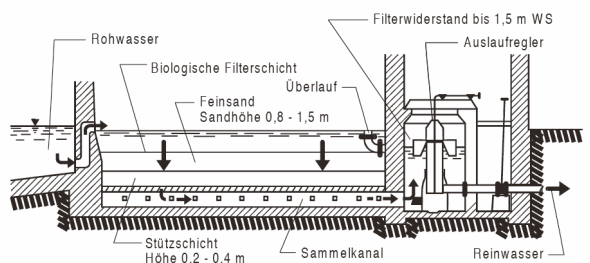
→ Rückhalt von partikulären Stoffen
mikrobiologischer Belastung
biologisch abbaubaren Stoffen

- **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**

Langsamfiltration



Langsamfilter (Beispiel)



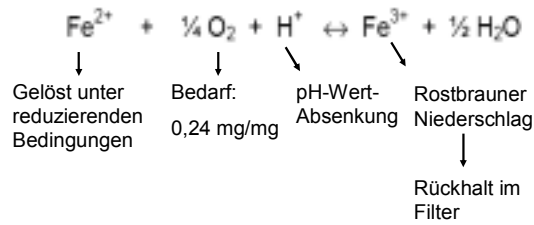
(Quelle: DVGW Lehr und Handbuch Wasserversorgung Bd. 6)

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.5 Enteisung, Entmanganung

Grundprinzip der Enteisung



Entmanganung: Mn(II) zu Mn(IV) „Braunstein“

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 (Untergrudenteisenung)

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)

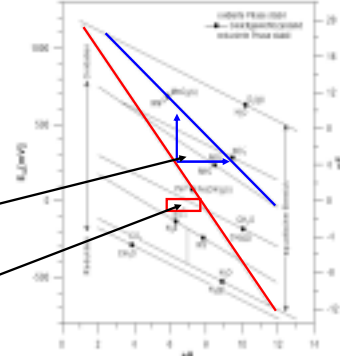
Grundsätze zur Verfahrensauswahl

- 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 Trübstoffgehalten ggf. Voroxidation und Sedimentation
- bei hohen Eisen- und Mangan-Konzentrationen i.d.R. zweistufige Aufbereitung erforderlich

Eh-ph-Diagramme

Lage von Gleichgewichtsreaktionen (ohne katalytische Effekte)

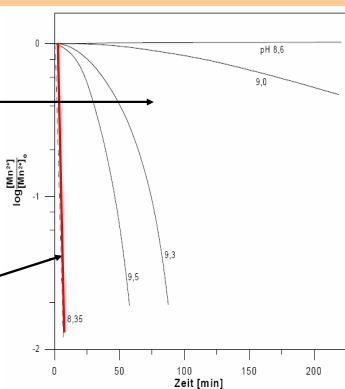
Biologische Entmanganung
Biologische Enteisung Fe(II)-Filtration



Reaktionsgeschwindigkeit der Mn-Oxidation

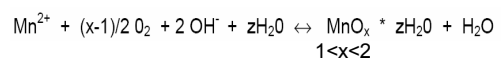
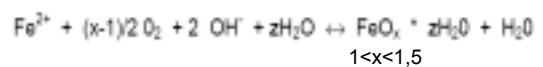
Wässrige Lösung im Becherglas

Filtration über katalytisch wirksamen Filtersand



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
- Sehr stabile Festlegung der Reaktionsprodukte am Filtermaterial in der EPS (Fe) bzw. als „Braunstein“ (Mn)



Maßnahmen bei zu niedrigem Redoxpotential

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



Aktivkohleadsorption

→ **Abtrennen von gelösten organischen Verbindungen**

- „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** durch Vorbehandlung und Entfernung der Partikel
- Mikroorganismen auf der Oberfläche → **biologischer Abbau** der organischen Verbindungen

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

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

3.6.6 Desinfektion

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)

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

| Verfahren | Mikroorganismen einschließlich Krankheitserreger | | | | | |
|---------------------------|--|-------|-----------|--------------------------------|-------|-----------|
| | einzel, frei suspendiert | | | in Partikeln fäkalen Ursprungs | | |
| | Bakterien | Viren | Parasiten | Bakterien | Viren | Parasiten |
| Filtration ¹ | + | + | + | + | + | + |
| Desinfektion ² | Chlor | | | | | |
| | Chlordioxid | + | + | - | - | - |
| | Ozon | + | + | (*) | - | - |
| | UV-Strahlen | + | + | + | - | - |
| Thermisch >90°C | + | + | + | + | + | + |

DVGW-Handbuch Bd. 6, 2004
Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 157

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 158

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 159

3 Wasserversorgung

3.6 Trinkwasseraufbereitung

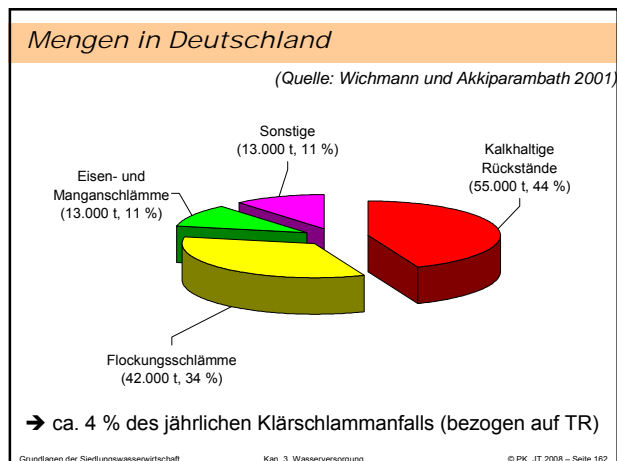
3.6.7 Aufbereitungsrückstände

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 160

Rückstandsarten

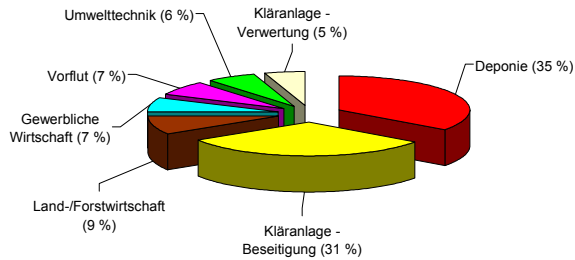
| Anlage | Anfallende Rückstände |
|---|---|
| Siebanlagen, Rechen, Grobfilter | Spülwasser mit Grobstoffen |
| Flockungs- und Sedimentationsanlagen, Filteranlagen | Schlammhaltige Wässer mit Gehalten aus Wasserinhaltsstoffen (z. B. Fe, Mn, Organika) und Flockungsmittelzugabe (z. B. Al, Fe, Kalk) |
|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

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



Entsorgungswege in Deutschland

(Quelle: Wichmann und Akkiparambath 2001)



3 Wasserversorgung

3.7 Wasserverteilung

3 Wasserversorgung

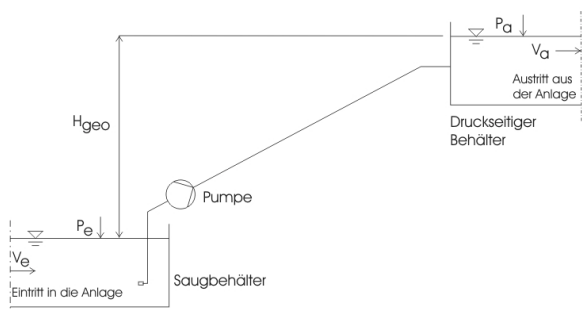
3.7 Wasserverteilung

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) |

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:

$$p_a = p_e$$

$$v_e = 0$$

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

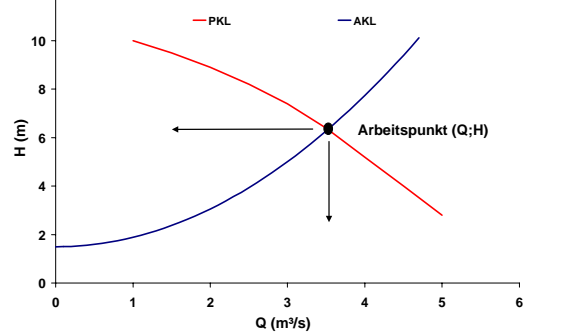
Dann wird:

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

Förderanlagen (III)

Betriebspunkt/Arbeitspunkt einer Pumpe

= Schnittpunkt von Pumpen- und Anlagenkennlinie



Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 169

3 Wasserversorgung

3.7 Wasserverteilung

3.7.2 Wasserleitungen

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 170

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 Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 171

Einteilung von Wasserleitungen

Nach versorgungstechnischen Aufgaben:

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

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 172

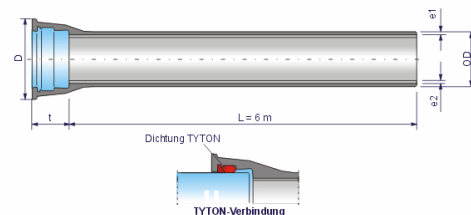
Werkstoffe für Rohrleitungen

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

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 173


Gussrohr + Tyton-Muffen

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




Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 174


PE-Rohr + Fittings




PE-Rohr



T-Stück
mit Elektro-Schweiß-
Verbindung



Winkel mit
Rohrverschraubung



Anbohrschelle
für Hausanschlüsse

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 175

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 176


Trassierung Grundsätze

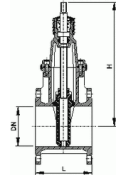
- Ortsnetze
 - Einordnung in Straßenkörper nach DIN 1998
 - Abstand halten von Kanälen (Setzungsgefahr)
 - möglichst im Gehweg oder Fahrbahnrand
 - ausreichend Abstand von nicht unterkellerten Gebäuden
 - schmale Straßen: 1 RL auf einer Straßenseite
 - breite Straße: 2 RL (davon nur eine mit Hydranten)
 - 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 177


Absperreinrichtungen

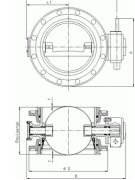
bis DN 200-300:
weichdichtende
Schieber





> DN 300:
Klappen

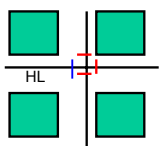




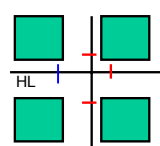
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 178

Lage von Absperrorganen

mind. soviel Absperrorgane, dass kontinuierlicher Betrieb der HL gesichert



VL




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

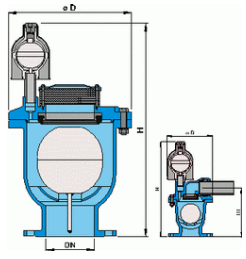
Zurückgesetzte Schieber
Vorteil: jeweils nur 1 Fahrbahn beeinträchtigt
Nachteil: mehrere Baugruben

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 179

Entlüftungsventil

Anordnung an Hochpunkten





Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK_JT 2008 – Seite 180

Verlegung: offener Erdbau



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 181

Verlegung: Spülbohrverfahren



für große Nennweiten und feste Böden

Quelle: Buderus Guss

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 182

Verlegung: Microtunneling



Startgruben
Rohreinschub bzw. Rohreinzug

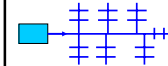
Quelle: Buderus Guss



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 183

Netzform

Verästeltetes Netz



Baukosten

Gering

Verweilzeit

in Endleitungen hoch, nur in einer Richtung durchströmt

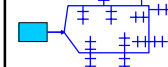
Versorgungssicherheit

gering, da nur ein Weg zur Zapfstelle

Leistungsreserven

begrenzt, große Leitungsdurchmesser für Löschwasser

Ringnetz



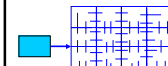
Mittel bis hoch

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 gut verfügbar

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

Druckbereiche

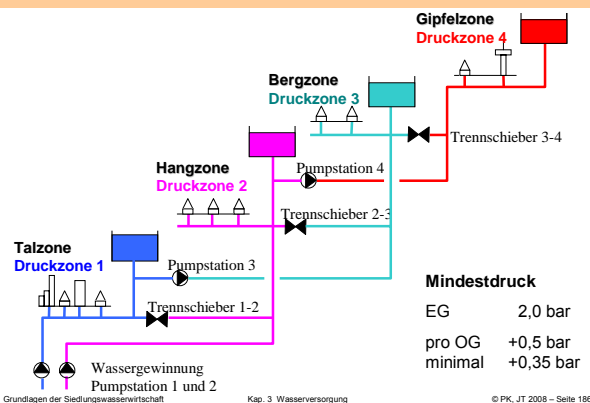
→ aufgrund topographischer Verhältnisse unterschiedliche Drucklinienhöhen im Ruhezustand im Hinblick auf

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

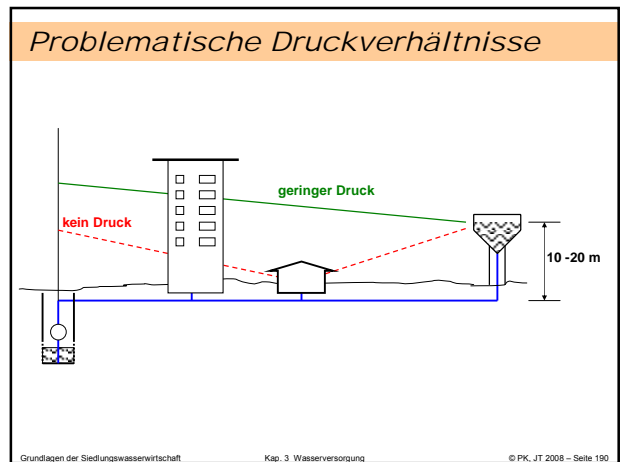
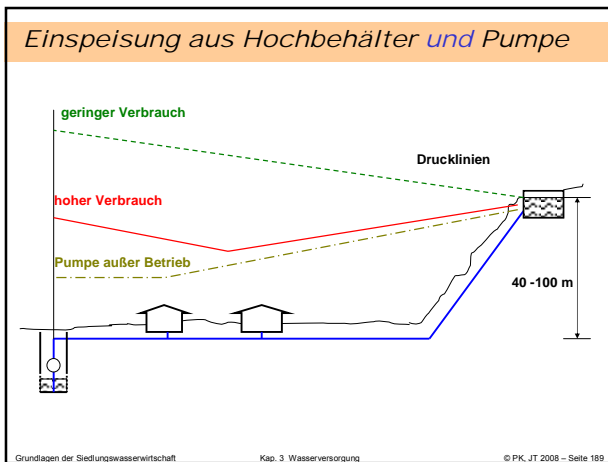
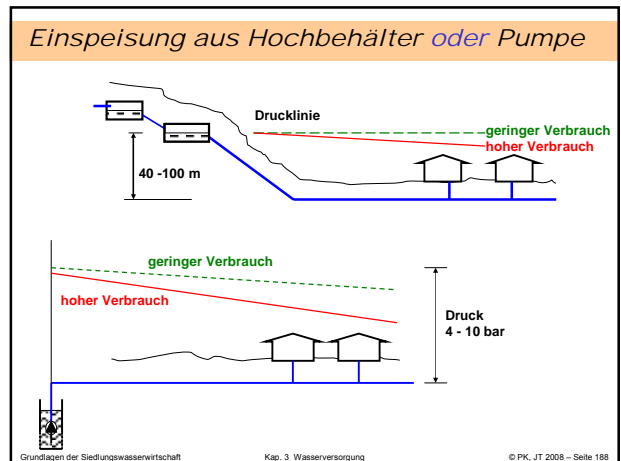
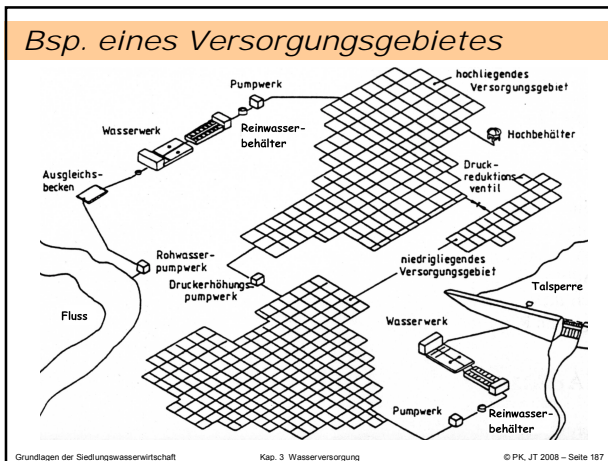
| | |
|-------------|---|
| 10 – 16 bar | kaskadenartige Anschlüsse Druckreduzierventil oder Druckunterbrechungsschacht |
| 4 – 10 bar | möglich mit serienmäßigen Materialien |
| 5 – 6 bar | üblich als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone |
| 1 – 4 bar | Druck stammt häufig von Pumpen Wassertürme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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 185

Druckzonen



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 186



| |
|-------------------------|
| 3 Wasserversorgung |
| 3.4 Wasserverteilung |
| 3.4.3 Wasserspeicherung |

Grundlagen der Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 191

- ### 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 Siedungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 192

| 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 193

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 194

Schema-Speicheranlage

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

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

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 196

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 197

Speicherinhalt (II)

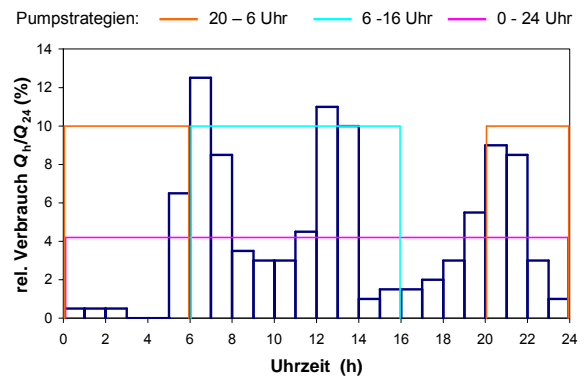
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 198

Typische Werte für Speichervolumina

- Ausgleichsvolumen** $\approx 50\%$ des mittleren Tagesverbrauchs
- Sicherheits- plus** $\approx 50\%$ des mittleren Tagesverbrauchs
- Löschwasservorrat**
- Abminderung** große städtische Versorgungsgebiete
mehrfache unabhängige Einspeisung
- Erhöhung** kleine Versorgungsgebiete
einseitige Gewinnung/Einspeisung
- Faustwert** 0,1 bis 0,3 m³/Einwohner

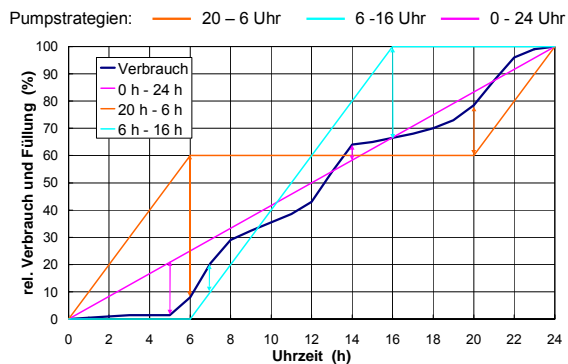
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 199

Speicherbemessung



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 200

Tagessummenlinien



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 201

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 Ü (%) | - 5,2 | - 18,5 | - 10,5 |
| Flukt. Wassermenge S = F + Ü (%) | 24,7 | 70,5 | 44 |

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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 202

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 203

Trinkwasserspeicher: Wasserkammer



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft Kap. 3 Wasserversorgung © PK, JT 2008 – Seite 204

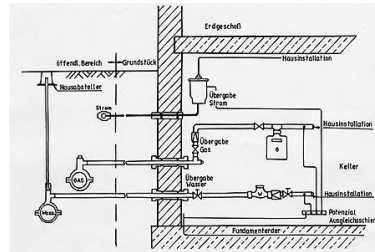
Trinkwasserspeicher: So nicht!

defekter Schutzanstrich, freiliegende Bewehrung
Wasserkammer mit „Schwimmersteuerung“

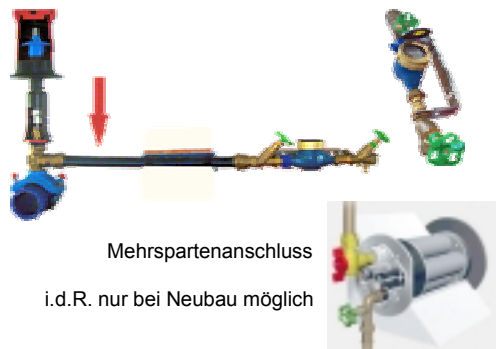


Hausanschluss

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



Schema Hausanschluss



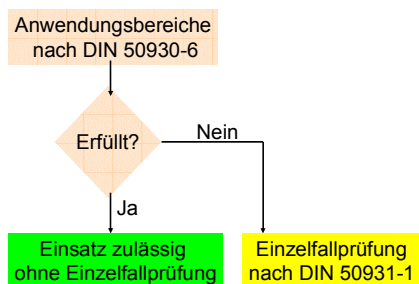
Mehrspartenanschluss
i.d.R. nur bei Neubau möglich

Hausinstallation

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

Hausinstallation Leitungsmaterialien

Bewertung der Eignung metallischer Werkstoffe nach DIN 50930 - 6



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. $\text{pH} \geq 7,7$

Einstellung des Zustands der Calcitsättigung ist notwendige aber keine hinreichende Bedingung

Leitungsmaterialien

Parameter der TrinkwV, die durch metallische Leitungsmaterialien beeinflusst werden

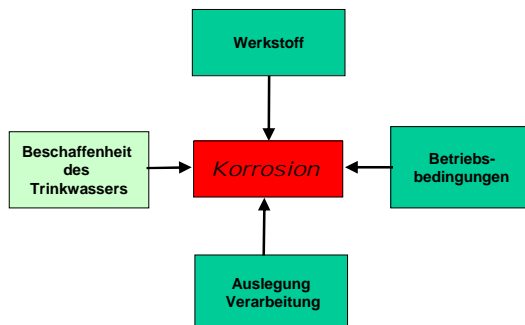
| Parameter | Grenzwert [mg/L] | Bemerkungen |
|-----------|------------------|---|
| Aluminium | 0,2 | |
| Antimon | 0,005 | |
| Arsen | 0,01 | |
| Blei | 0,01 | durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme |
| Cadmium | 0,005 | |
| Kupfer | 2,0 | durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme |
| Nickel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

Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 211

Innenkorrosion



Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 212

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 Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 213

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

© PK, JT 2008 – Seite 214

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!**

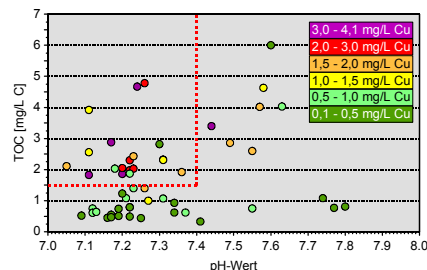
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 215

Kupfer

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



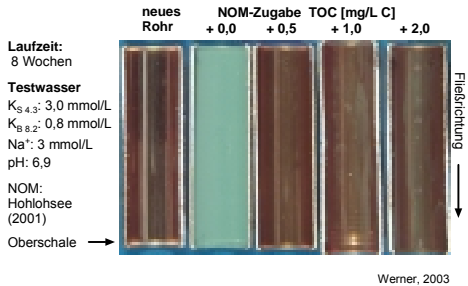
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft

Kap. 3 Wasserversorgung

© PK, JT 2008 – Seite 216

Kupfer

Untersuchungen mit synthetischen Wässern Einfluss organischer Wasserinhaltsstoffe



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

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 % |

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 % |

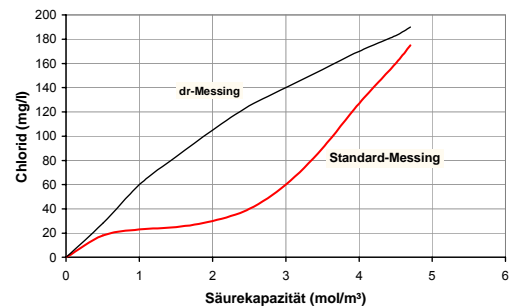
Entzinkung von Messing

- 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



Bewertung des Entzinkungsrisikos

„Turner-Diagramm“



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