



SiedlungsWasserWirtschaft 2

Prof. Dr. Heinz Eckhardt & Dipl.-Ing. Paul Guckelsberger
2010

Script-Download: <http://www.fab.hs-rm.de/~eckhardt/>





GLIEDERUNG

1	Wasserbedarf.....	4
1.1	Begriffsdefinitionen	6
1.2	Faktoren die den Wasserbedarf beeinflussen	7
1.3	Der Wasserbedarf als Bemessungsgrundlage	8
1.4	Bemessungszeiträume	9
1.5	Prognosen des Wasserbedarfs	10
1.5.1	Wieviel Wasser braucht der Mensch?	11
1.6	Wasserverbrauchswerte.....	16
1.7	Löschwasserbedarf.....	19
1.8	Bedarfsschwankungen.....	22
1.9	Bemessungswerte der einzelnen Anlagenteile eines WVU ,s:.....	24
1.10	Wasserrecycling und Wassersparmaßnahmen	25
1.10.1	Wasserversorgungsunternehmen	26
1.10.2	Industrie und verarbeitendes Gewerbe	26
1.10.3	Landwirtschaft	27
1.10.4	Haushaltsbereich.....	27
1.10.5	Öffentliche Einrichtungen, Hotel- und Gaststättengewerbe.....	27
2	Wassergewinnung.....	28
2.1	Natürliche Wasservorkommen	28
2.2	Niederschlagswasser	29
2.3	Flußwasser.....	32
2.4	Seewasser	34
2.5	Talsperrenwasser	35
2.6	Quellwasser	36
2.7	Grundwasser.....	38
2.7.1	Bohrbrunnen im freien Gewässer (Senkrechte Fassung).....	38
2.7.2	Bohrbrunnen im gespannten Grundwasser.....	41
2.7.3	Liegende Sammelleitung im ruhenden GW (Waagerechte Fassung).....	43
2.7.4	Brunnenberechnung unter Berücksichtigung der GW-Neubildung i_s [m/s].....	44
2.7.5	Versickerung mittels vertikaler Versickerungsbrunnen	48



3	Wasserbeschaffenheit und Aufbereitung.....	51
3.1	Beschaffenheit und Inhaltsstoffe.....	51
3.2	Gesetze.....	53
3.2.1	Wasserhaushaltsgesetz - WHG und Länderwassergesetze - LWG.....	53
3.2.2	Bundesseuchengesetz.....	53
3.2.3	Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandsgesetz (LMBG).....	53
3.2.4	Trinkwasserverordnung (TVO).....	53
3.3	Trinkwasserinhaltsstoffe (TVO Anl. 2) - Herkunft u. Bedeutung.....	56
3.3.1	Physikalische Beschaffenheit.....	56
3.3.2	Chemische Beschaffenheit.....	57
3.3.3	Bakteriologische Beschaffenheit.....	67
3.4	Wasseraufbereitung.....	68
3.4.1	Verfahrensübersicht.....	68
3.4.2	Beispiele.....	71
4	Wasserförderung.....	72
4.1	Bernoullische Druck- u. Energiegleichung.....	75
4.2	Örtliche Verluste für Rohrströmungen.....	76
4.3	Pumpen in der Wasserverteilung.....	80
4.3.1	Kolbenpumpen.....	80
4.3.2	Kreiselpumpen.....	80
4.3.3	Exzentrerschneckenpumpe.....	83
4.3.4	Förderschnecke.....	83
4.4	Reihenschaltung.....	84
4.4.1	Reihenschaltung von Kreiselpumpen.....	84
4.4.2	Reihenschaltung von Rohrleitungen.....	84
4.5	Parallelschaltung.....	85
4.5.1	Parallelschaltung von Kreiselpumpen.....	85
4.5.2	Parallelschaltung von Rohrleitungen.....	85
4.6	Übung zu Pumpen - und Rohrkenlinien.....	86



1 WASSERBEDARF

- **Def. Wasserbedarf / Wasserabgabe**
- **Faktoren, die den Wasserbedarf beeinflussen**
- **Bedarfsermittlung - Haushalt, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen**
- **Schwankungen des Wasserbedarfs - jährlich, täglich, stündlich**
- **Schwankungsbeiwerte**
- **Dimensionierungswerte für die einzelnen Elemente einer Wasserversorgung**
- **Aufschlüsselung des häuslichen Wasserverbrauchs => Möglichkeiten der Wassereinsparung**

Ergänzendes Quellenverzeichnis:

DIN 2000 Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung

DVGW - Regelwerke

W 402 Planung einer Wasserversorgungsanlage

W 405 Bereitstellung von Löschwasser

W 410 Wasserbedarfswerte

W 801 Versorgungsplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung

Bücherei

Mutschmann / Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserwirtschaft

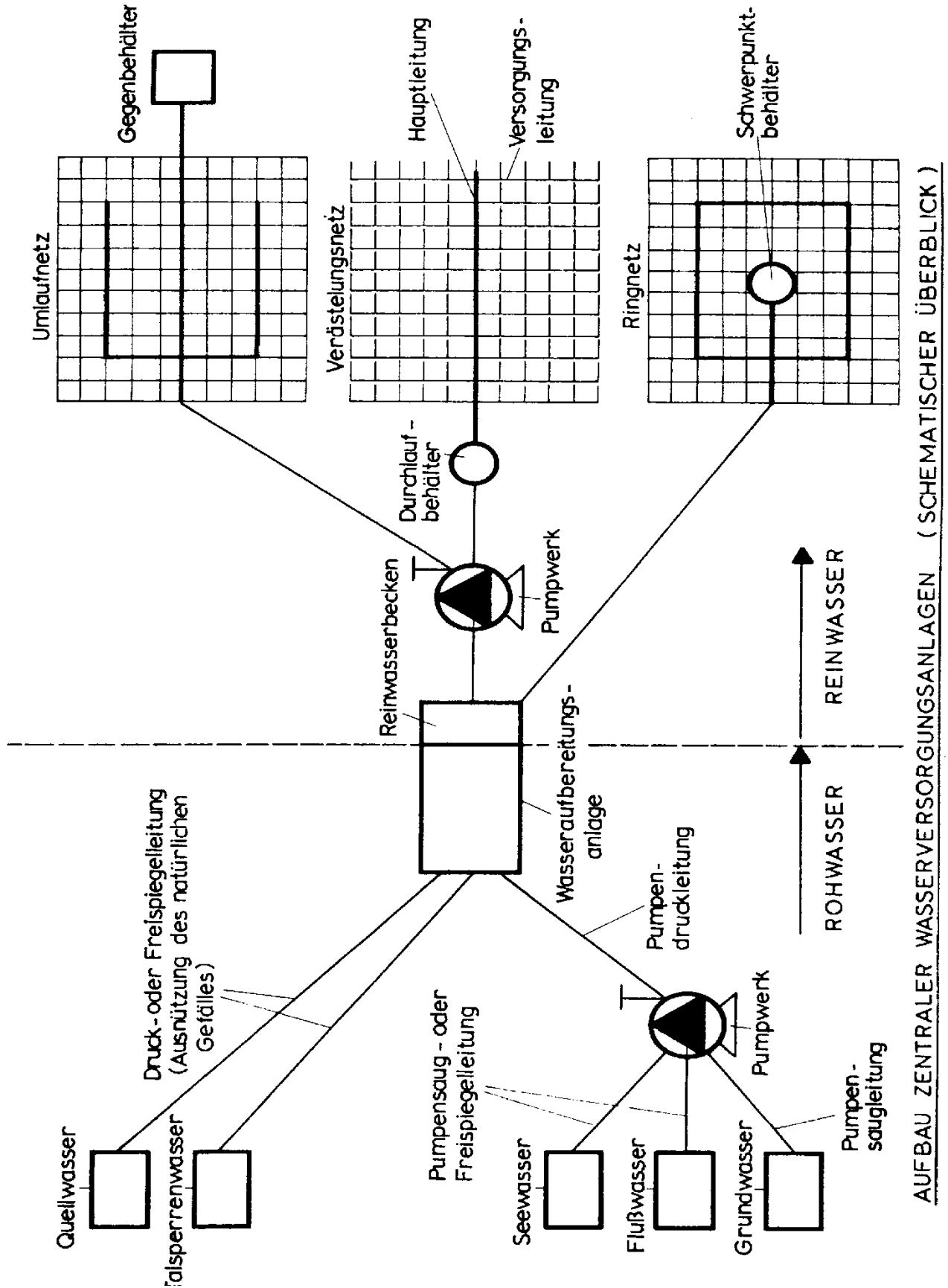
Damrath, 1998 Wasserversorgung

Grombach / Haberer Handbuch der Wasserversorgung

DVGW-Schriftenreihe, Band Wasser 22 Taschenbuch der Wasserversorgung



1. WASSERBEDARF





1.1 Begriffsdefinitionen

Wasserbedarf

- die unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und möglichen Einflüsse geschätzte Wassermenge, welche von einem Wasserwerk zur ausreichenden Versorgung eines Versorgungsgebietes zu liefern ist

Wasserdargebot

- die für eine bestimmte Zeiteinheit nutzbare Wassermenge eines Wasservorkommens

Wasserabgabe

- die wirklich vorhandene, gemessene oder geschätzte Wasserlieferung des WVU = Istwert, sie besteht aus der eigenen Wasserförderung & dem Wasserbezug von anderen WVU

Wasserverlust

- Fehlmengende zwischen Wasserabgabe und Wasserabnahme.



1.2 Faktoren die den Wasserbedarf beeinflussen

Klima

In Gebieten mit geringen Niederschlagshöhen und hohen Sommertemperaturen ist der mittlere Wasserverbrauch höher, besonders hoch sind die Verbrauchsspitzen, mitverursacht durch Rasensprengen, Sprengen der öffentlichen Verkehrswege, Kleinklimaanlagen, etc.

Wassermenge

Unzureichende Wassermenge führt zum Abwandern von Gewerbe und Industrie, damit zu geringem Gesamtwasserverbrauch Q [l/Exd]. Die Verbrauchsspitzen werden nicht gedeckt, so daß sie in Wirklichkeit größer wären als gemessen.

Sonstige Wasserbezugsquellen

Das Vorhandensein von Privatbrunnen, insbesondere Industriebrunnen, bedingt geringen Gesamtwasserverbrauch Q [l/Exd].

Wasserbeschaffenheit

Ungenügende Wasserqualität hat zur Folge sparsamen Verbrauch, Verwendung von anderem Wasser, z.B. Regenwasser bei hoher Wasserhärte, geringe Tendenz zum Ansiedeln von Industrie.

Wasserpreis und Kontrolle der Abnahme

Hoher Wasserpreis wirkt verbrauchsdämpfend. Das Fehlen von Wasseruhren oder anderen Verbrauchsmesseinrichtungen und die Wasserabgabe nur nach Pauschaltarif führt zu unkontrollierbarer Wasserverschwendung mit großen Spitzenwerten in Trockenzeiten. (siehe New York und Moskau)

Kanalisation

Bei Fehlen einer Kanalisation ist der Wasserverbrauch geringer, besonders bei ungünstigen Vorflutverhältnissen.

Wirtschaftsstruktur und Größe des Versorgungsgebietes

Mit der Größe des Versorgungsgebietes und bei stärkerem Anteil an Gewerbe und Industrie nehmen die Verbrauchswerte zu.

Komfort, soziale Struktur; Besiedlungsdichte /-art

Die Wasserverbrauchswerte nehmen zu mit Wohnkomfort, technischer Ausstattung der Wohnungen mit wasserverbrauchenden Geräten, Wohnungsgrößen, verbesserten sozialen Verhältnisse, aufgelockerter Bebauung mit hohem Grünflächen- oder Gartenanteil.

Wasserverluste

Hoher Wasserdruck im Rohrnetz, ungünstige Wasserbeschaffenheit, die häufige Netzspülung erfordert, überalterte undichte Rohrleitungen sowie das nicht rechtzeitige Beheben der Wasserverluste können die Wasserabgabe stark heben.



1.3 Der Wasserbedarf als Bemessungsgrundlage

Bedarfsermittlung

Die Bedarfsermittlung stellt die Grundlage für die Dimensionierung der zentralen Wasserversorgung dar. Für die Erschließung neuer Versorgungsgebiete bzw. der Erweiterung bestehender Netze ist eine möglichst exakte Abschätzung des Bedarfs / Verbrauchs notwendig. Grundsätzlich ist es sinnvoll den Bedarf getrennt nach Verbrauchsgruppen zu ermitteln hierbei werden folgende „Verbraucher“ unterschieden :

- Q_h = Haushalt
 - Q_g = Kleingewerbe
 - Q_i = Industrie und Großgewerbe
 - Q_{δ} = Sonstige einschl. öffentlicher Bedarf
 - $Q_{lösch}$ = Löschwasserbedarf
 - $Q_{verlust}$ = Wasserverluste
 - e
 - Q_{ww} = Eigenbedarf des Wasserwerks
- | |
|--|
| • Q_{ges} = $Q_h + Q_g + Q_i + Q_{\delta} + Q_{lösch} + Q_{verluste} + Q_{ww}$ |
|--|

Haushalt: Pauschalwerte pro Einwohner in Abhängigkeit von der Besiedlungsstruktur, der Bevölkerungsstruktur (soziale Schichtung), klimatische Verhältnisse etc..

Kleingewerbe: Pauschalwerte pro Angestellter

Großgewerbe und Industrie: öffentlicher Bedarf - Pauschalwerte pro Produktionseinheit bzw. pro Angestellter / Gast

Wasserverluste

Anlagenteil	Alle Anlagenteile ohne Wasserverteilung	Wasserverteilung	Gesamt
Neuanlagen	1 %-Qa	4 %-Qa	5 %-Qa
Altanlagen, gut gewartet	2 %-Qa	8 %-Qa	10 %-Qa

Eigenbedarf des Wasserwerks

Das WVU verbraucht Wasser für Rückspülungen bei Wasseraufbereitungsanlagen, Rohrnetzspülungen, Frostläufe, Reinigen von Wasserkammern und Bauwerken, eigenes Brauchwasser. Diese Arbeiten werden i.a. an Tagen geringen Wasserverbrauchs ausgeführt, sodaß nur der mittlere Verbrauch, nicht aber $Q_{d, max}$ erhöht wird. Der Wasserverbrauch eines WVU beträgt bei Anlagen mit Aufbereitungsanlagen etwa 1,3 bis 1,5 % bei sonstigen Anlagen etwa 1% - Qa.



Löschwasserbedarf

Die von der öffentlichen Trinkwasserversorgung bereitzustellende Löschwassermenge ist in Abhängigkeit von der Lage des Objekts, der Brandgefährlichkeit und der Nutzung des Objekts im DVGW Regelblatt W 405 festgelegt.

1.4 Bemessungszeiträume

Die Wahl des Bemessungszeitraums für den der künftige Wasserbedarf ermittelt werden soll hängt von folgenden Parametern ab:

- problemlose Erweiterbarkeit einzelner Anlagenteile
- Lebensdauer der einzelnen Anlagenteile
- Sicherstellung einer ausreichenden Wassererneuerung in den einzelnen Anlagenteilen (Rohrnetz, Wasserbehälter etc.)
- ökonomische Gründe, d.h. wenn zu lange totes Kapital verzinst werden muß

Zweckmäßig ist es den Beginn des Bemessungszeitraums ab Inbetriebnahme der Anlage festzusetzen, da der Zeitbedarf für Planung, Genehmigungsverfahren und Baudurchführung erheblich sein kann.

Als Bemessungszeiträume sind sinnvoll:

- **15 Jahre** alle Anlagenteile, mit Ausnahme der nachfolgenden Sonderanlagenteile
- **30 Jahre** Trinkwassertalsperren, Wasserturm Fernleitungen unter Berücksichtigung von Einbau von Druckerhöhungspumpwerken, Verteilungsbauwerken inner halb geschlossener bebauter Gebieten.
- **50 Jahre** Sicherung von Wassergewinnungsgebieten, wasserwirtschaftliche Planungen

Weiterhin sollten die Wasserbedarfsberechnungen auf bestimmte Prognosejahre abgestellt werden, um so Vergleiche mit anderen Entwicklungsplanungen der Gemeinde zu ermöglichen.



1.5 Prognosen des Wasserbedarfs

Für den gewählten Bemessungszeitraum ist es wichtig die Entwicklung des Wasserbedarfs möglichst treffend abzuschätzen. In den vergangenen Jahrzehnten wurden eine ganze Reihe von Prognosen über die Entwicklung des einwohnerbezogenen Wasserbedarfs in der BRD erstellt. Ein Vergleich der Vorhersagedaten mit den Ergebnissen der BGW-Wasserstatistik zeigt jedoch, dass die Annahmen durchweg zu hoch angesetzt wurden.

Die Prognosen sind inzwischen durch die Entwicklung überholt !

In eine aktuelle Wasserbedarfsprognose müssen folgende Gesichtspunkte mit einfließen:

- zukünftige Bevölkerungsentwicklung innerhalb des Versorgungsgebietes (die Zahl der zu versorgenden Verbraucher).
- Veränderungen in den sanitären Ausstattungen (hygienische Ansprüche etc.)
- Erhöhung des Anschlussgrades an die öffentliche Trinkwasserversorgung
- Trend zu kleineren Haushalten mit gehobener Ausstattung
- Angleichung der Verbrauchsgewohnheiten urbaner Randbereiche an die der Kerngebiete
- Entwicklungen in der öffentlichen Infrastruktur (Schwimmbäder, Fremdenverkehr etc.)
- Veränderungen des Gewerbe- und Industrieanteils am Gesamtwasserverbrauch und deren Verbrauchsgewohnheiten (Produktionsumstellungen)
- bedingt durch die Umweltdiskussion verändernde Verbrauchsgewohnheiten (z.B. Duschen statt Baden, Renaissance des Zahnputzbechers etc.)
- verstärkter Einsatz wassersparender Haushaltsgeräte
- verstärkte Nutzung von Regenwasser im Haushalt und in der Industrie (Terminal 2 des Frankfurter Flughafens)
- verstärkter Einbau von Wohnungs- neben Hauswasserzählern
- die künftige Wasserpreisgestaltung



1.5.1 Wieviel Wasser braucht der Mensch?

Ein Mensch braucht zum Überleben 2 - 10 Liter Trinkwasser pro Tag. Der tatsächliche Wasserbedarf, einschließlich Hygiene, ist weit höher, vor allem in den Industrieländern, wo man sich unter anderem den Luxus erlaubt, die Toiletten mit Trinkwasser zu spülen.

Ohne Landwirtschaft und Industrie geht man von folgendem Wasserverbrauch **pro Person und Tag** aus (Quelle: GralsWelt, 51/2009):

Liter Waser/Person/Tag	Land
25	Indien
122	Belgien
129	Deutschland
145	Österreich / Dänemark
188	Schweden
237	Schweiz
278	Japan
295	USA
500	Dubai

Für die Nahrungsmittelproduktion wird ebenfalls viel Wasser benötigt. Prozentual verteilt sich der weltweite Wasserverbrauch folgendermaßen:

	Landwirtschaft	Industrie	Haushalt
Länder mit niedrigem bis mittlerem Einkommen	82 %	10 %	8 %
Länder mit hohem Einkommen	30 %	59 %	11 %
EU	21 %	63 %	16 %
Welt	70 %	22 %	8 %

Quelle: Water for People - Water for Life, The United Nations World Water Report, UNESCO WWAP, 2003. S.228



Jeder Tropfen Trinkwasser ist kostbar, denn die Süßwasserreserven der Erde sind begrenzt. Doch während Wasser in Ungarn, Belgien und Deutschland „**weitgehend**“ als das behandelt wird, was es ist - ein knapper Rohstoff nämlich - gehen andere Länder mit dem unentbehrlichen Nass verschwenderisch um. So liegt der Haushaltswasserverbrauch in Norwegen pro Kopf doppelt so hoch wie in Deutschland, und auf jeden US-Einwohner entfällt fast dreimal so viel wie auf jeden, der in Ungarn lebt. Beim Haushaltswasserverbrauch wird neben dem privaten Bereich auch das Kleingewerbe berücksichtigt, wozu neben Handwerksbetrieben und „Garagenfirmen“ beispielsweise auch Kaufhäuser gehören.

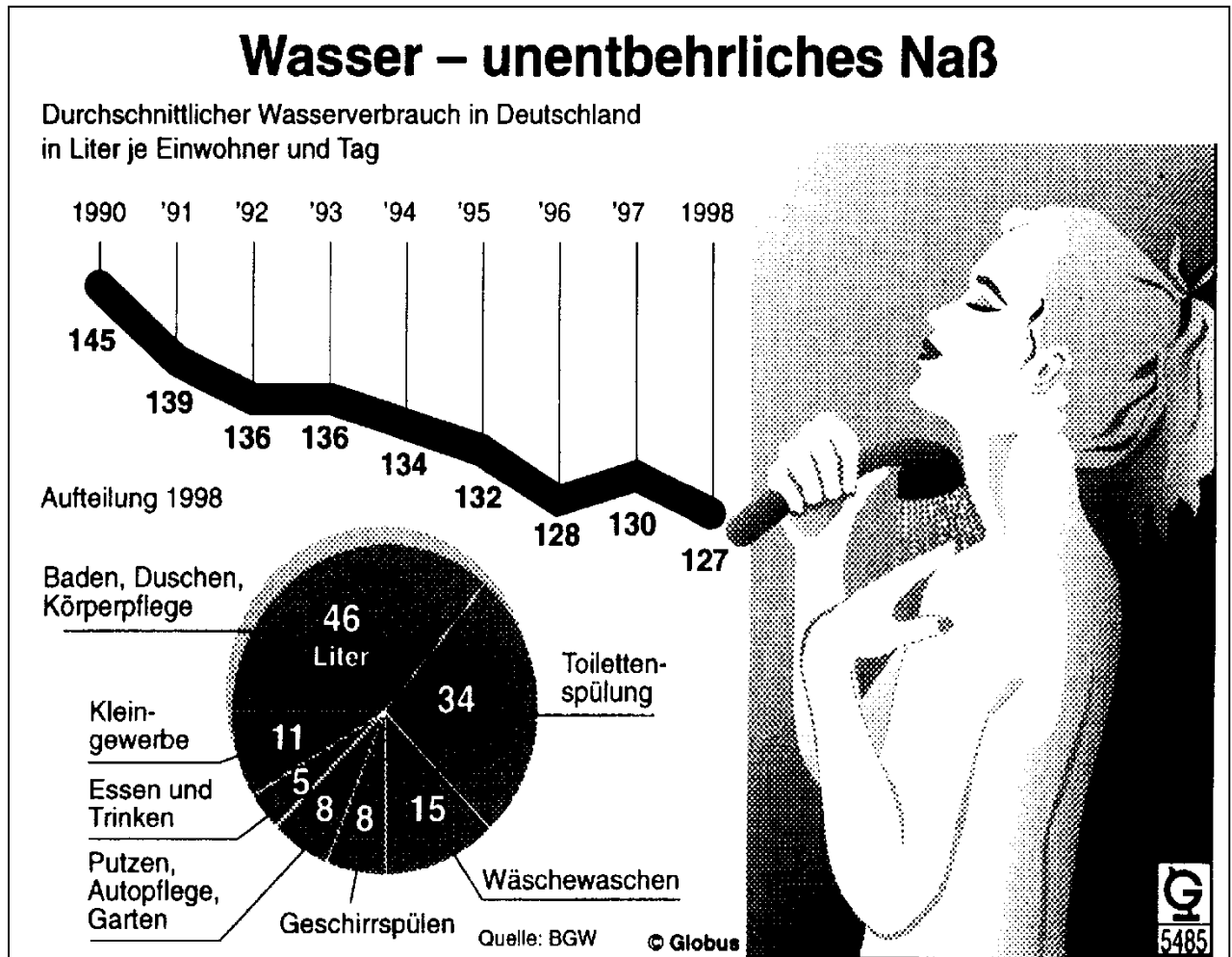
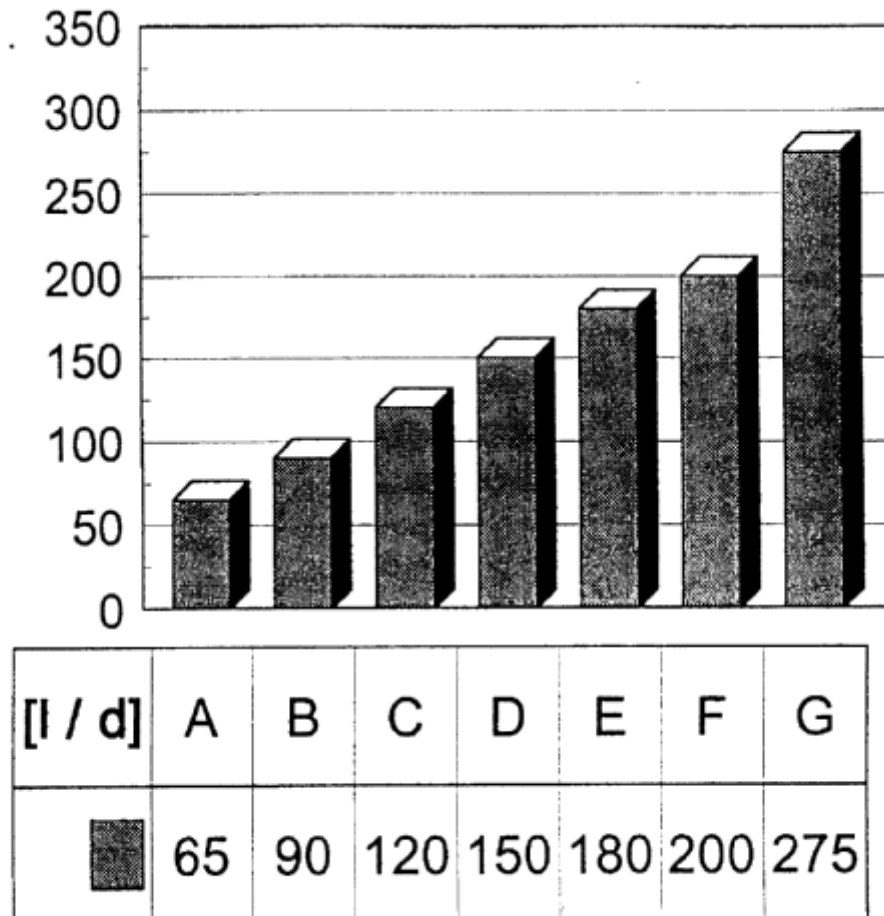


Abb. 1-1: Wasserverbrauch in Deutschland in Liter je Einwohner und Tag (Stand 1998/99)

Wasser ist kostbar. Das ist auch an den gestiegenen Gebühren für die Frischwasserversorgung abzulesen. Die Statistik belegt, dass die Bundesbürger umweltbewusster mit Wasser umgehen. Von 1990 bis 1998 sank der durchschnittliche Verbrauch je Einwohner und Tag von 145 auf 127 Liter Trinkwasser, also um rund zwölf Prozent. Über ein Drittel des täglichen Wasserbedarfs geht fürs Baden, Duschen und die Körperpflege drauf. Immerhin durchschnittlich 34 Liter rauschen täglich durch die Toilettenspülung. Vorallem dort sehen Umweltexperten noch immer Einsparmöglichkeiten, zum Beispiel durch den Ersatz alter Spülkästen durch neue Modelle mit Wasserspartaste oder aber auch durch den Einsatz von Brauch- oder Regenwasser. (Trink-)Wasser als Nahrungsmittel spielt übrigens in der täglichen Verbrauchsbilanz keine entscheidende Rolle: Gerade einmal 5 Liter werden für Essen und Trinken gebraucht.



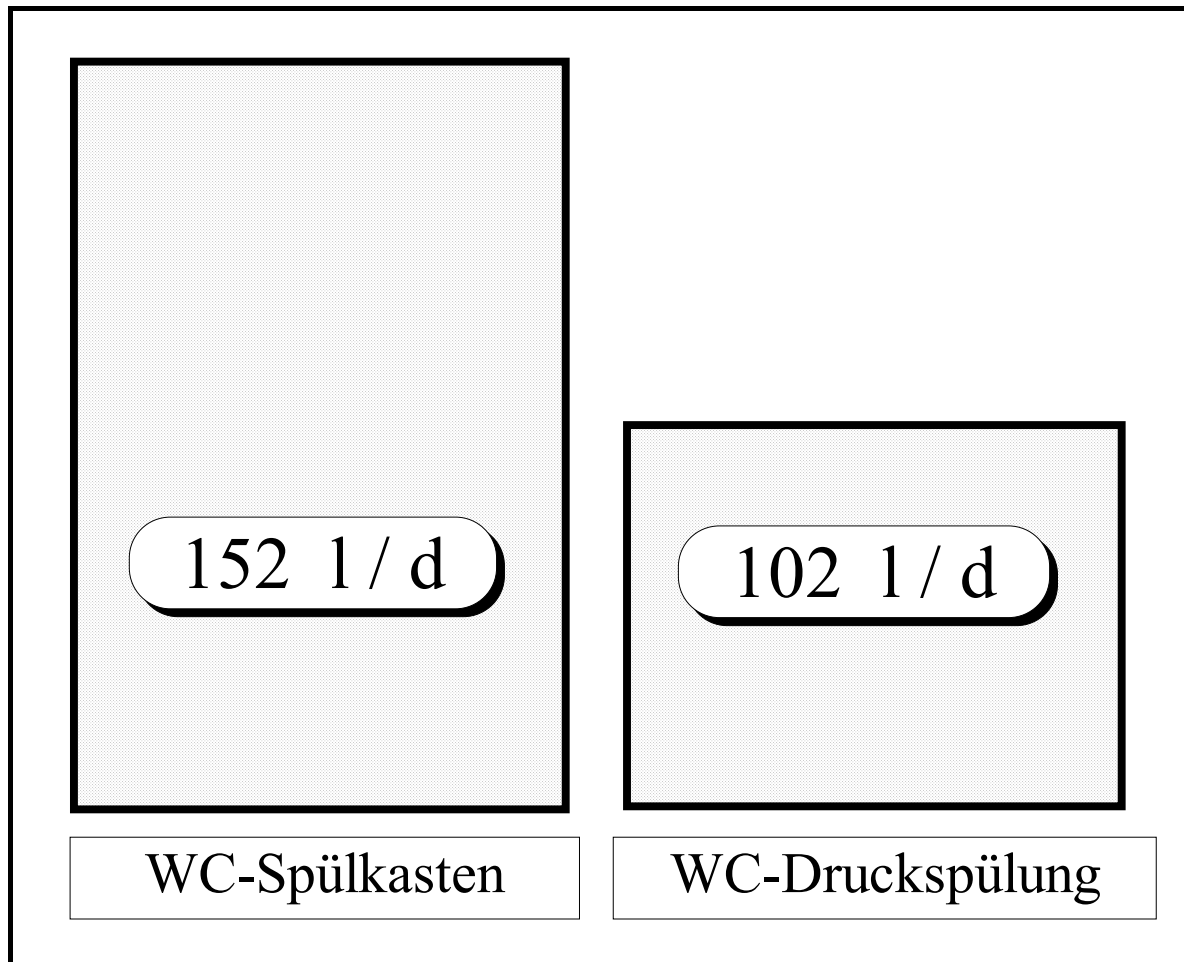
Wasser in Wohngebäuden unterschiedlicher Bauart, Lage und Ausstattung



- A = alte Ein- und Zweifamilienhäuser einfachster Bauart
B = einfache Mehrfamilien-Wohngebäude, errichtet vor 1940
C = Mehrgeschossige Wohngebäude mit Sozialwohnungen, errichtet vor 1960
D = Neuere Einfamilienreihenhäuser, mehrgeschossige Wohngebäude
E = Apartmenthäuser und Wohngebäude mit Komfortgebäude
F = Ein- und Zweifamilienhäuser in guter Wohnlage G = Moderne Villen in bester Wohnlage mit Komfortausstattung
G = Moderne Villen in bester Wohnlage mit Komfortausstattung



Wasserbedarf in Abhängigkeit von der WC-Ausstattung





1.6 Wasserverbrauchswerte

Tab. 1-1: Verbrauchsanhaltswerte für Haushaltungen aus [W 410], [Damrath, 1998]

<i>täglicher Verbrauch</i>	[%]	[l/Exd]
Körperpflege, Baden, Duschen	37	30-60
WC-Spülung	32	20-50
Wäsche	12	10-40
Geschirrspülen	7	4-25
Reinigung	5	5-10
Trinken und Kochen	2	2-4
Garten	2	2-4
Verschiedenes	3	
	100	ca. 131 i.J. 1996

Kleingewerbe

20-70

<i>spezifischer Verbrauch</i>	l/Vorgang
Wannenbad	140-160
Duschen pro Minute	6-23
WC-Spülung	4-14
Geschirrspüler je nach Baujahr	20-55
Geschirrspülung von Hand	30-40
Waschmaschinen je nach Baujahr	50-175
Autowäsche von Hand (Eimer)	20-40
Autowäsche von Hand (Schlauch)	100-200
Gartenbewässerung	20 l/m ²
Wohngebäude je nach Lage und Baujahr	90-500 l/(Exd)
Hausanschlußleitungen nach Anzahl der Wohneinheiten	1,5-3,2 l/s



Tab. 1-2: Auswahl von Verbrauchswerten in: Gewerbe, Industrie, öffentliche Einrichtungen, Dienstleistungsbereich [Damrath, 1998]

Gewerbe und Industrie: *)	Mittelwerte [m³]
Bäckerei je Beschäftigten und Arbeitstag (Ad)	0,150
Fleischer je Beschäftigten und Ad	0,250
Waschstraße je PKW mit Ober- und Unterwäsche	
– ohne Kreislaufführung	0,400 - 0,500
– mit Kreislaufführung	0,080
Zuckerherstellung je Tonne Rüben	
– alte Betriebsform	15,00
– moderne Betriebsform	0,030
Hüttenindustrie je Tonne Rohstahl	
– alte Betriebsform	100,00
– moderne Betriebsform	44,00
Molkerei je 1000 l Milch	4,00
Brauerei ohne Kühlung je 1000 l Bier	3,00
Schlachthof je Großvieheinheit (GVE)	0,30
(1GVE (GVE Pferd, Rind) = 2,5 Kleinvieheinheiten (KVE = Schaf, Schwein))	
*) je nach Kreislaufführung können erhebliche Abweichungen auftreten	

Richtwerte für spez. Verbrauch bei 310 Arbeitstagen (Ad) und 14 h Betriebszeit pro Ad	l/(sxha)
Betriebe mit geringem Verbrauch („trocken“)	0,5-1,0
Betriebe mit mittlerem Verbrauch	2,5-5,0
Betriebe mit hohem Verbrauch („naß“)	5,0-10,0

Landwirtschaft	Mittelwerte [m³ / d]
GVE	0,050
1 GVE mit Güllewirtschaft	0,100
1 Großvieheinheit (GVE = 500 kg Lebendgewicht), 1 Kleinvieheinheit = 0,2 GVE	
Umrechnung je nach Lebendgewicht Faktoren von 1,2 (Kühe) bis 0,004 (Geflügel) siehe W 410	



Öffentliche Einrichtungen, Dienstleistungsbereich	[m³/(d x Person)]
Büro und Verwaltungsgebäude	0,010-0,040
Schulen	0,010-0,030
Campingplätze	0,017
Altenheime	0,150
Krankenhäuser (min/max/Mittelwert)	0,120/0,830/0,340
Hotel (Erstklass/Pension/Mittelwert)	1400/0,100/0,290
Hallen- und Freibäder	0,140-0,210



1.7 Löschwasserbedarf

Der Löschwasserbedarf wird nach DVGW-W405 (7.78) zur Dimensionierung neuer und zur Nachprüfung bestehender Wasserversorgungsnetze nach nachfolgender Tab. angesetzt. Bei Löschwasserentnahme soll der Netzdruck an keiner Stelle des Netzes unter 1,5 bar sinken. Für kleine ländliche Orte werden unabhängig davon 48 m³/h angesetzt. Einzelanwesen werden mit Hilfe von Tankfahrzeugen versorgt. Ein LW-Vorrat von 50 m³ je Anwesen wird empfohlen.

Tab. 1-3: Richtwerte für den Löschwasserbedarf (m³/h) [Wendehorst 1998]

Bauliche Nutzung nach § 17 der Baunutzungsverordnung	Kleinsiedlung (WS), Wochendhausgebiete (SW)	reine Wohngebiete (WR) allg. Wohngebiete (WA) bes. Wohngebiete (WB), Mischgebiete (MI), Dorfgebiete (MD), Gewerbegebiete (GE)		Kerngebiete (MK), Gewerbegebiete (GE)		Industriegebiete (GI)
		≤ 3	> 3	1	> 1	
Zahl der Vollgeschosse	≤ 2	≤ 3	> 3	1	> 1	Baumassenzahl (BMZ)
Geschoßfläche Anzahl (GFZ)	≤ 4	≤ 0,3-06	0,7-1,2	0,7-1,0	1,0-2,4	≤ 9
L ö s c h w a s s e r b e d a r f i n m³/h b z w. (l / s) f ü r m i n d e s t e n s 2 S t u n d e n						
Gefahr der Brandausbreitung	klein ¹	24 (6,7)	48 (13,3)	96 (26,7)	96 (26,7)	96 (26,7)
	mittel ²	48 (13,3)	96 (26,7)	96 (26,7)	96 (26,7)	192 (53,3)
	groß ³	96 (26,7)	96 (26,7)	192 (53,3)	192 (53,3)	192 (53,3)

Gefahr der Brandausbreitung

- ¹ klein feuerbeständige oder feuerhemmende Umfassungen, harte Bedachungen
- ² mittel Umfassungen nicht feuerbeständig oder nicht feuerhemmend, harte Bedachungen oder Umfassungen feuerbeständig oder feuerhemmend, weiche Bedachungen
- ³ groß Umfassungen nicht feuerbeständig oder nicht feuerhemmend; weiche Bedachungen, Umfassungen aus Holzfachwerk (ausgemauert). Stark behinderte Zugänglichkeit, Häufung von Feuerbrücken usw.

Erläuterungen:

$$\text{Geschossflächenzahl} = \frac{\text{Geschossfläche}}{\text{Grundstücksfläche}}$$

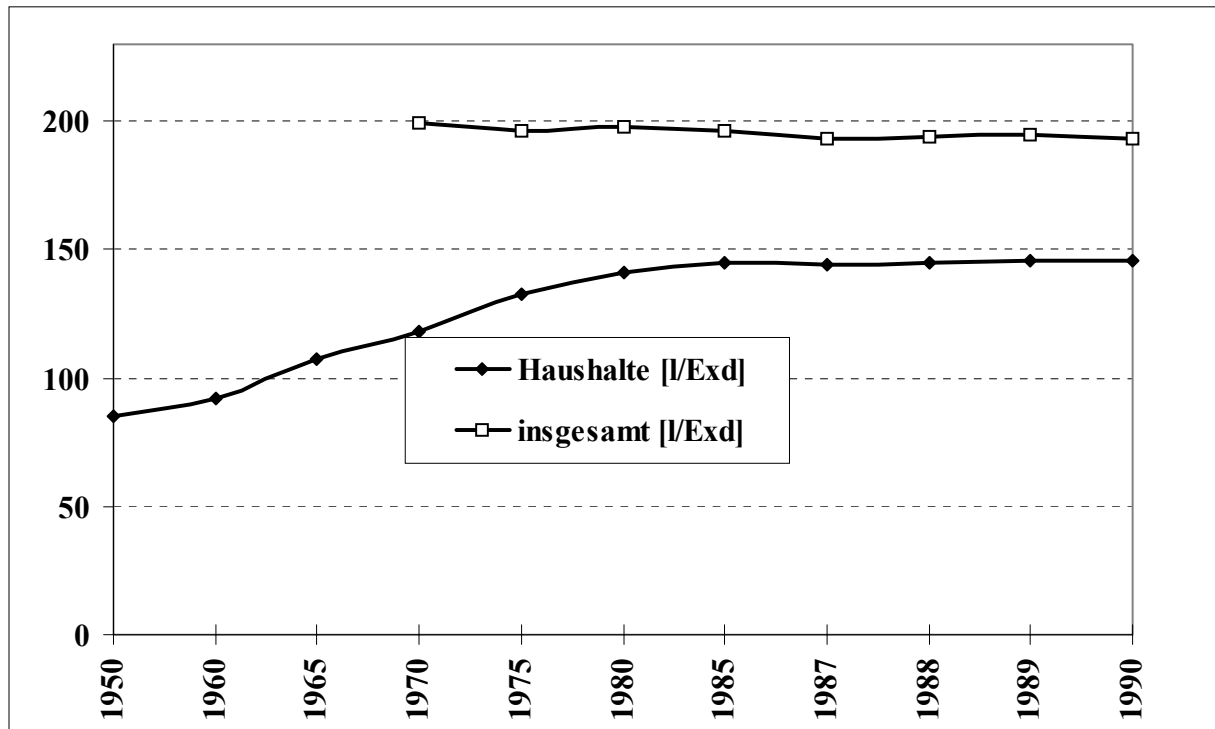
- Bei Planungen ist davon auszugehen, dass Kleinsiedlungen und Wochendgebiete keine hohe Brandempfindlichkeit haben.

$$\text{Baumassenzahl} = \frac{\text{ges. umbauter Raum}}{\text{Grundstücksfläche}}$$

- Die Begriffe „feuerhemmend“ und „feuerbeständig“ sowie „harte Bedachung“ und „weiche Bedachung“ sind baurechtlicher Art; sie sind nicht eindeutig definiert. Zur Erläuterung ihres Sinngehaltes wird auf DIN 4102 verwiesen. Hiernach entspricht in etwa „feuerhemmend“ der Feuerwiderstandsklasse F30 bis F60 und „feuerbeständig“ der Feuerwiderstandsklasse F90 und darüber.
- Begriff nach DIN 14011 T 2: „Brandausbreitung ist die räumliche Ausdehnung eines Brandes über die Brandausbruchsstelle hinaus in Abhängigkeit von der Zeit“. Die Gefahr der Brandausbreitung wird um so größer, je brandempfindlicher sich die überwiegende Bauart eines Löschbereichs erweist.



Entwicklung des einwohnerbezogenen Wasserbedarfs in der BRD



Jahr	1950	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1987	1988	1989	1990
Haushalte [l/Exd]	85	92	107	118	133	141	145	144	145	146	146
insgesamt [l/Exd]				199	196	198	196	193	194	195	193



Tagesganglinien des Wasserverbrauches $Q_h[m^3/h]$ in [%] von $Q_d [m^3/d]$

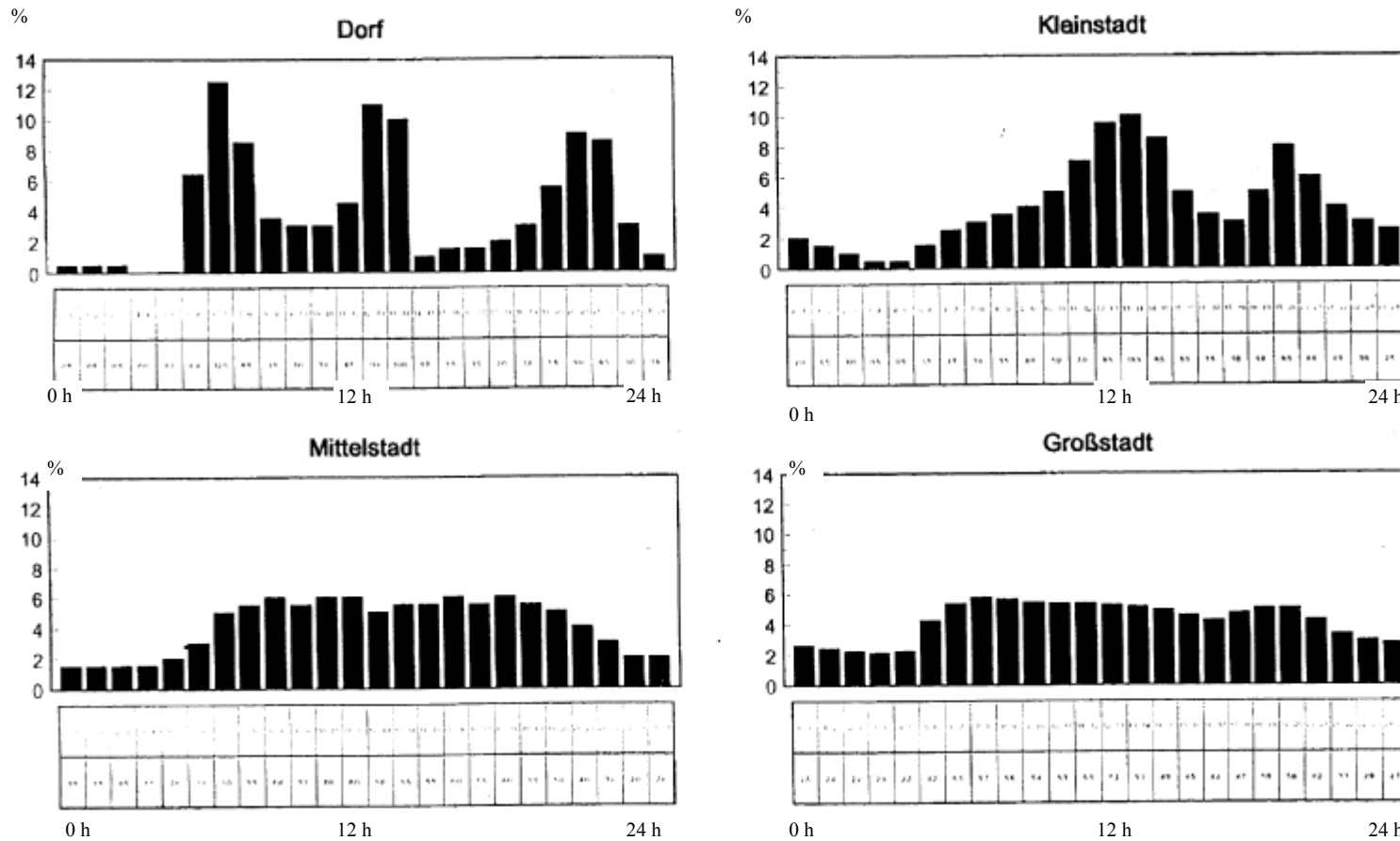


Abb. 1-2: Tagesganglinien des Wasserverbrauches Stadt/Dorf



1.8 Bedarfsschwankungen

Grundsätzlich:

Zeitraum von	Ursache
Jahr zu Jahr	Kühles, niederschlagsreiches Jahr - warmes, trockenes Jahr
Jahreszeiten	Frühjahr - Sommer - Herbst – Winter
unterschiedlichster Dauer	saisonale Produktionsschwankungen
Monat zu Monat	kühle oder warme bzw nasse oder trockene Monate / Wochen
Woche zu Woche	Ferien- und Urlaubszeit, Fremdenverkehr, gewerbliche Saisonbetriebe, Kampagnezeiten (z.B. Obst- und Weinverarbeitung, Zuckerrüben)
Tag zu Tag	Arbeitsruhe an Feiertagen und Wochenenden, heiße Tage mit Verbrauchsspitzen
Stunde zu Stunde	Tages-und Nachtverbrauch, Morgen-, Mittag- und Abendspitzen

Die Ausprägungen der Schwankungen sind entscheidend von der Siedlungsdichte, den klimatischen Verhältnissen und dem Verhältnis Haushalte zu Industrie, Gewerbe zu Sonstige abhängig.

Je kleiner das Versorgungsgebiet desto ausgeprägter sind die Schwankungen, d.h. die Spitzenverbrauchswerte !

Die einzelnen Anlagenteile eines WVU werden entsprechend ihrer Funktion für unterschiedliche Bedarfswerte dimensioniert. Folgende Bedarfsgrößen sind im Zuge einer Planung zu ermitteln;

Qd = Qa / 365	mittlerer Tagesbedarf in m ³ /d = Bedarf im Jahresdurchschnitt
max Qd	Bedarf an verbrauchsreichen Tagen in m ³ /d, größter Tagesbedarf
min Qd	Bedarf an verbrauchsarmen Tagen in m ³ /d, kleinster Tagesbedarf
Qh = Qd / 24	mittlerer stündlicher Bedarf in m ³ / h
max Qh	maximaler stündlicher Bedarf in m ³ /h
F	Spitzenfaktor zur Berücksichtigung von Verbrauchsschwankungen

Zur Berücksichtigung der Verbrauchsschwankungen innerhalb eines Versorgungsgebietes dient der Spitzenfaktor f. Er stellt einen Verhältniswert zwischen dem jeweiligen Maximalwert und dem Mittelwert dar:

- Faktor, der die maximale Stundenbelastung [m³/h] beschreibt:

$$f_h = \frac{\text{maximaler Stundendurchfluss [m}^3/\text{h]}}{\text{mittlerer Durchfluß [m}^3/\text{h]}}$$



- Faktor, der die maximale Tagesbelastung [m^3/d] beschreibt:

$$f_d = \frac{\text{maximaler Tagesdurchfluss } [\text{m}^3/\text{d}]}{\text{mittlerer Durchfluss } [\text{m}^3/\text{d}]}$$

Ermittlung der Bemessungswerte:

$$Q_d = Q_a / 365$$

$$Q_{d, \max} = f_d \times Q_d$$

$$Q_h = Q_d / 24$$

$$Q_{h, \max} = f_h \times Q_d / 24 = f_h \times Q_h \quad (\text{bezogen auf } Q_d)$$

$$Q_{h, \max} = f_h \times f_d \times Q_h \quad (\text{bezogen auf max } Q_d)$$

Richtwerte für die Spitzenfaktoren:

	Maximalwerte		Minimalwerte	
	f_h	f_d	f_h	f_d
Dorf	3,6	3	0	0,4
Kleinstadt	3	2,7	0,12	0,5
Mittelstadt	2	2~5	0,36	0,7
Großstadt	1,4	2	0,5	0,75

1.9 Bemessungswerte der einzelnen Anlagenteile eines WVU ,s:

1. derzeitiger und künftiger Wasserbedarf Q_a , Q_d , $Q_{d, \max}$
 - für wasserwirtschaftliche Planungen, Genehmigungsverfahren, Vergleich mit Wasserdargebot und Wasserbereitstellung.
2. künftiger Wasserbedarf $Q_{d, \max}$, mittlerer Q_h ($Q_{d, \max}$)
 - für Bemessung von Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Förderung, Speicherung, Fern- und Zubringerleitungen, wenn Ausgleichsbehälter vorhanden
3. künftiger Wasserbedarf $Q_{h, \max}$ ($Q_{d, \max}$)
 - für Versorgungsleitungen, ferner für alle Anlagenteile des Abschnitts, wenn kein Ausgleichsbehälter vorhanden
4. Spitzenvolumenstrom Q_s
 - für Anschlußleitungen und Verbrauchsleitungen unter Berücksichtigung moderner sanitärer Ausstattung
5. derzeitiger und künftiger Wasserbedarf Q_a
 - in Abständen von 1 Jahr, für Finanzplanungen

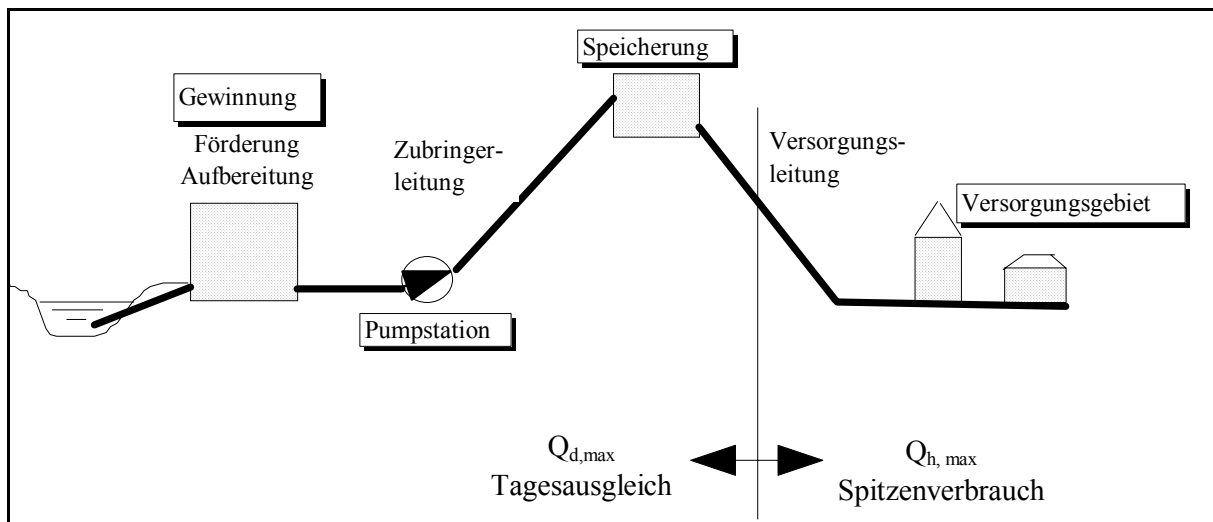


Abb. 1-3: Fließschema eines WVU's - Dimensionierungswerte



1.10 Wasserrecycling und Wassersparmaßnahmen

Für viele Menschen in den westlichen Industriestaaten und wirtschaftlich aufstrebenden Ländern (Asien) gilt:

« Wasser ist ein Wirtschaftsgut, dass in unerschöpflichen Mengen, kostengünstig und jederzeit zur Verfügung steht !! »

Durch den technischen Fortschritt und dem damit verbundenen Komfortanstieg (Wasser-aus-der-Wand Denken) existiert ein entfremdetes Bewusstsein, was natürliche Zusammenhänge des Wasserkreislaufs angeht.

Ohne dieses Verständnis für natürliche Strukturen und Zusammenhänge ist ein langfristiges Überleben auf diesem Planeten nicht denkbar – Stichwort: **NACHHALTIGKEIT !!**

Die Folgen unseres übermäßigen Wasserverbrauchs sind zwar dank modernster Technik bisher nur partiell auszumachen (Vegetationsveränderungen infolge von Grundwasserabsenkungen etc.), die sich daraus abzeichnende Gesamtentwicklung lässt jedoch jetzt schon die fatalen Konsequenzen für die Natur und letztendlich für uns Erdenbewohner erahnen.

Mögliche Folgen des Wasserverbrauchs :

- Entnahme von Grundwasser führt zu regionalen Absenkungen des Grundwasserspiegels:
 - ⇒ Absterben der Vegetation
 - ⇒ Wegfall der Wälder ⇨ Klima-Kühler geht verloren. Folge: Klima-Erwärmung, Versteppung ganzer Regionen.
 - ⇒ Setzungsschäden an Gebäuden
- enormer Energieverbrauch bei der Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser
- Drainwirkung der Leitungsgräben ⇨ ungewollte Entwässerung der Landschaft
- hoher Wasserverbrauch ⇨ große Abwassermengen entstehen ⇨ hoher technischen Aufwand für die Abwasserreinigung

Aus dieser Aufzählung wird deutlich, wie dringend notwendig Maßnahmen zur Wassereinsparung sind. Verschiedene technische Möglichkeiten bieten sich im Haushalt an:

- wassersparende Haushaltsgeräte
- Durchflußbegrenzer in den Armaturen
- Komposttoiletten / Wasserspartoiletten / Vakuumtoiletten
- Regenwassernutzung
- etc.

Unter Wassersparen ist die rationelle Wassernutzung im verantwortungsbewussten Umgang mit dem Naturgut Wasser zu verstehen, um die Wasserressourcen bestmöglich zu schonen.



Diese Zielsetzung ergibt sich aus der **europäischen Wassercharta** von 1968, den meisten **Landesentwicklungsprogrammen** und letztlich aus **§1a des WHG** („sparsame Verwendung des Wassers“). Öffentliche Versorger sind in ihrer **Vorbildfunktion** darin angehalten, Verbraucher für dieses Thema zu sensibilisieren.

Der **Wasserpreis** kann durch **hohe Fixkosten** in der Wasserversorgung bei zunehmenden Einsparungen steigen. Eine Kostenersparnis kann gegebenenfalls bei der Warmwasserbereitstellung durch Senkung der **Energiekosten** erzielt werden.

Die **Grenzen des Wassersparens** liegen in der Einbuße von **Komfort** und im besonderen Maße bei der nicht Einhaltung vom Hygienestandards. Ein geringer Durchsatz kann zu **technischen Problemen** (Korrosion) oder **hygienischen Risiken** (Aktivierung von Blei- und Kupfer-Ionen, Verkeimungen) führen. Außerdem kann es zur **Problemverlagerung** kommen (z.B. Verunreinigung von Gewässern durch Reinigungs- und Desinfektionsmitteln aus Kühlkreisläufen). Neben den genannten Gesichtspunkten sind auch **ökonomische Aspekte** einzubeziehen, die den Material- und Energieverbrauch von Wasserspareinrichtungen berücksichtigen.

Maßnahmen zum Wassersparen, die diese **ökonomischen, ökologischen, versorgungstechnischen** und **hygienischen Randbedingungen** berücksichtigen, sind sinnvoll, zweckmäßig und erforderlich.

Im folgenden werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie in einzelnen Bereichen Wassersparmaßnahmen ausgestaltet werden können. Die Aufstellung ist exemplarisch und erweiterbar.

1.10.1 Wasserversorgungsunternehmen

- Rohrnetze auf tatsächliche, echte Wasserverluste überprüfen und ggf. reparieren.
- Laufbrunnen durch Kreislaufbetrieb ersetzen.
- Für Zwecke ohne Trinkwasserqualität Oberflächenwasser benutzen (z.B. für Straßen-, Kläranlagenreinigung, Kanalnetzspülung).
- Degressive Wassergebühren für Großabnehmer abschaffen, ggf. progressive Wassergebühren einführen.

1.10.2 Industrie und verarbeitendes Gewerbe

- Wasser für Nicht-Trinkwasserzwecke durch Oberflächenwasser ersetzen und wenn möglich Regenwasser nutzen.
- Wassersparende Technologien in Produktion und Betrieb einsetzen, jedoch dabei Gewässergefährdung oder eine Verunreinigung vermeiden.
- Eigene Aufbereitung von Prozesswässern (Wasserrecycling) und wieder Einbringung in den internen Prozesskreislauf.



1.10.3 Landwirtschaft

- Durch pflanzenbedarfs- und zeitgerechte Bewässerung Auswaschung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln vermeiden.
- Flüssigmistverfahren durch Festmistverfahren ersetzen.
- Nutzung von Regenwasser zu Brauchwasserzwecken im landwirtschaftlichen Betrieb

1.10.4 Haushaltsbereich

Der Wasserspareffekt wird auf rund 20 l/Ed geschätzt. Folgende Maßnahmen bieten sich im häuslichen Bereich an:

- **Verbrauchsverhalten ändern** (duschen statt baden, Wasch- und Geschirrspüler voll auslasten, Wasser bei der Körperreinigung nicht ungenutzt laufen lassen, undichte Armaturen reparieren, Rasen nur wenig und abends gießen)
- **Wassersparende Armaturen / Einrichtungen einsetzen** (6l WC Spülkasten mit Unterbrechertaste und abgestimmten WC-Becken, Einhebelmisch-armaturen, Thermostatarmaturen, Perlatoren, Durchflussbegrenzer, wasser-sparende Wasch- und Geschirrspülmaschinen, Körperformbadewannen).
- **Auto weniger oft waschen** und dann in Waschanlage mit Waschwasserwiederverwendung.
- **Regenwasser** zur Gartenbewässerung nutzen

1.10.5 Öffentliche Einrichtungen, Hotel- und Gaststättengewerbe

- **Wasser-Armaturen und Einrichtungen** (vgl. Haushaltsbereich)
- Urinale mit benutzungsabhängiger Steuerung einrichten oder nachrüsten, ggf. bei starker Frequentierung **Trockenurinale** einsetzen (z.B. Flughäfen).
- In öffentlichen Bädern Selbstschlussarmaturen installieren.
- In Hotels den Gast um Mithilfe bitten, dass unnötiges Waschen von Hand- und Badetüchern vermieden wird („Towel on the floor“-Regelung)



2 WASSERGEWINNUNG

2.1 Natürliche Wasservorkommen

Vorkommen des Wassers in der Natur

- Chemisch und biologisch gebundenes Wasser (Hydratwasser, Säfte, Zellflüssigkeit)
- hygroskopisch gebundenes Wasser
- oberirdische Wasser (Meere, Seen, Wasserläufe, Gletscher, Polareis)
- unterirdisches Wasser (hygroskopisch und kapillar gebundenes Wasser, Grundwasser)
- atmosphärisches Wasser

Tab. 2-1: Übersicht über die Wasservorräte der Erde und ihre Erscheinungsformen [R. L. Nace, US Geological Survey]

Erscheinungsform	Menge [km ³]	Anteil der Gesamtmenge [%]
<u>Oberflächenwasser</u>		
Süßwasserseen	125 000	0,009
Salzseen und Binnenmeere	104 000	0,008
Ströme und Flüsse	1 000	0,0001
Zusammen	230 000	0,017
<u>Grundwasser</u>		
Bodenfeuchtigkeit	67 000	0,005
Grundwasser (bis 800m)	4 170 000	0,310
Grundwasser (tiefer als 800m)	4 170 000	0,310
Zusammen	8 407 000	0,625
Eiskappen und Gletscher	29 190 000	2,150
Atmosphäre	13 000	0,001
Ozeane	1 292 687 000	97,200
Insgesamt	1 321 890 000	100,000

Komponenten des Wasserkreislaufs:

Niederschlag (N)	Wasserdampf (V)	Abfluß (A)
Regen	} Wolken	Oberirdischer Abfluß (Bäche, Flüsse, Seen, Meere)
Hagel		
Schnee		
Tau	} Luftfeuchtigkeit (Verdunstung)	Unterirdischer Abfluß (Grundwasser)
Nebel		
Reif		

Die verschiedenen Rohwasserfassungsarten

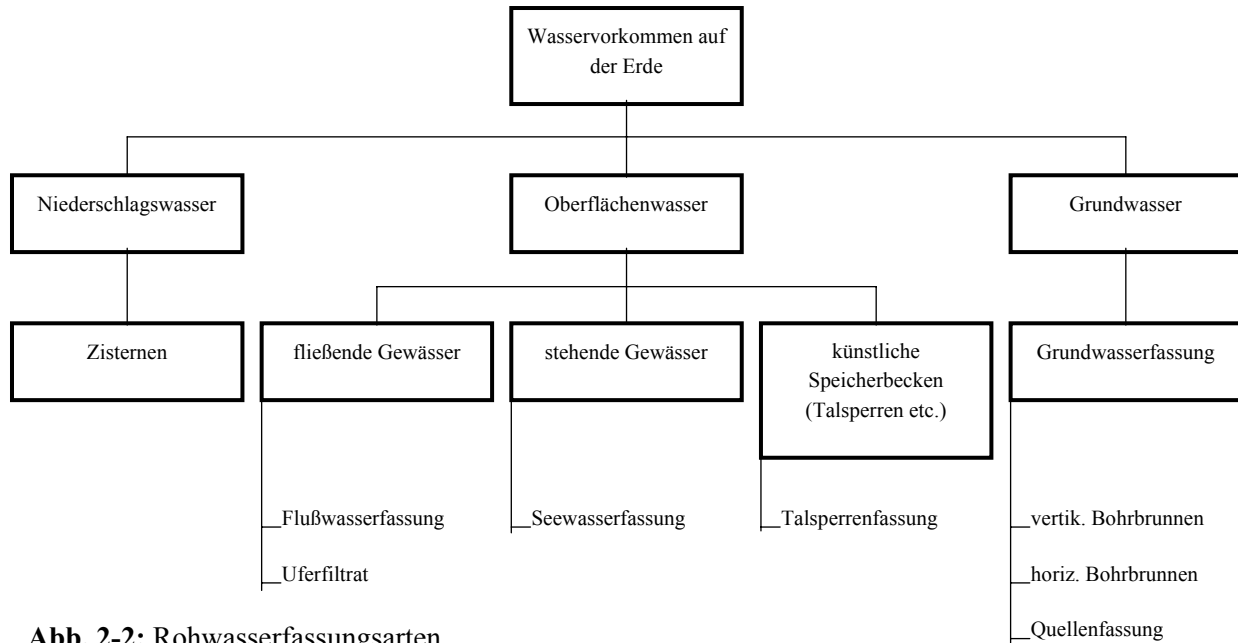


Abb. 2-2: Rohwasserfassungsarten

2.2 Niederschlagswasser

Niederschlag bezeichnet man das aus der Lufthülle ausgeschiedene Wasser. Der atmosphärische Niederschlag tritt z. B. auf als Regen, Schnee, Hagel (gefallener Niederschlag), Nebelniederschlag, Rauhfrost (abgefangener Niederschlag), Tau, Reif (abgesetzter Niederschlag). Niederschlagswasser ist das aus Wolken ausgefallene Kondensationsprodukt der Luftfeuchtigkeit (Regen, Schnee, Hagel). Dazu zählt nicht in Form von Reif oder Tau ausgeschiedenes Wasser.

Fassungsanlagen für Niederschlagswasser

Zisternen stellen eine der ältesten Methoden zur Trinkwassergewinnung dar. Ihr Einsatzgebiet liegt vorrangig in den ariden und tropischen Zonen der Erde, sie kommen aber auch dort zum Einsatz, wo keine andere Rohwasserart zur Verfügung steht oder nicht nutzbar ist (Inseln, Marschgebiete). Das Funktionsprinzip ist denkbar einfach; das Niederschlagswasser wird auf den befestigten Flächen gesammelt und in unterirdischen Behältern zwischengespeichert. Eine besondere Behandlung des Wassers ist im Allgemeinen nicht erforderlich, da der Lichtabschluss und die geringen Temperaturen eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit verhindern. Die Dimensionierung richtet sich nach der zur Verfügung stehenden Auffangfläche, dem Wasserverbrauch und den zu erwartenden Niederschlägen. Hierbei ist auf die jeweiligen regionalen Besonderheiten und Anforderungen Rücksicht zu nehmen, d.h. es ist z.B. notwendig, die chemische und biologische Beschaffenheit des Niederschlagswassers zu kennen, um eine spätere Gefährdung der Nutzer auszuschließen (es besteht ein Unterschied, ob Niederschlagswasser aus einer industrialisierten Region oder aus ländlichen Regionen zur Trinkwasserversorgung herangezogen wird!). Darüber hinaus ergeben sich Unterschiede in der Dimensionierung hinsichtlich der Art und des Materials der Auffangflächen (die Verluste sind bei geneigten Dächern wesentlich höher als bei horizontalen; ebenso spielt es eine Rolle, ob die Fläche mit Betondachsteinen oder Tonziegeln versiegelt ist) und der Art der Niederschläge, d.h. ob es ausgeprägte Trockenzeiten bzw. Regenzeiten gibt.

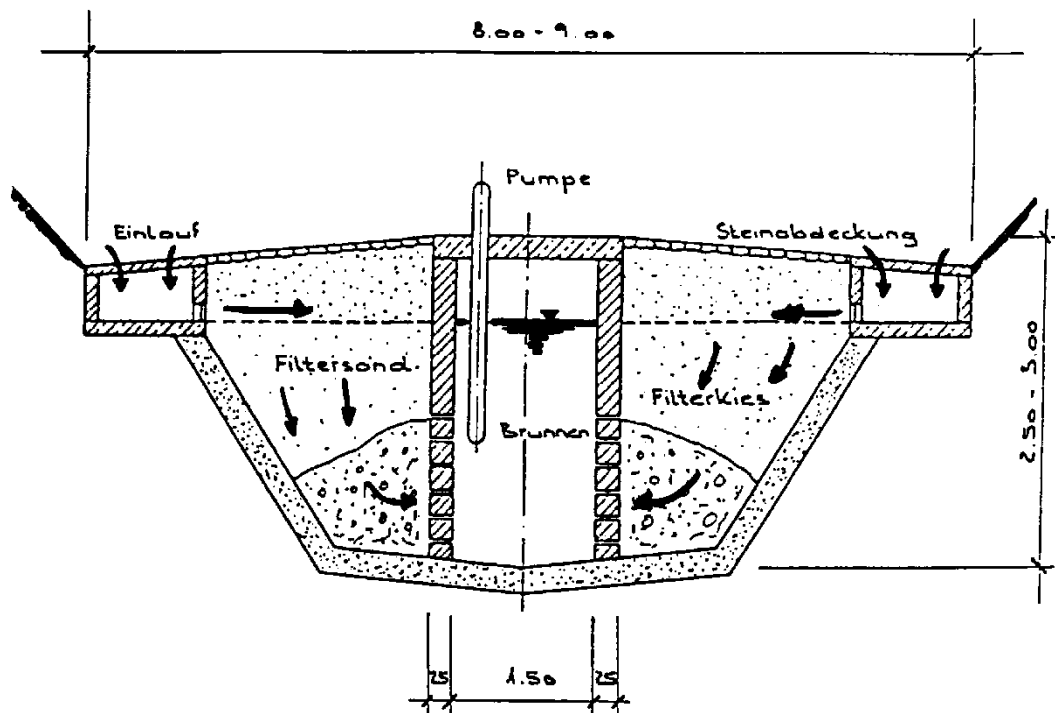


Abb. 2-3: Venezianische Zisterne

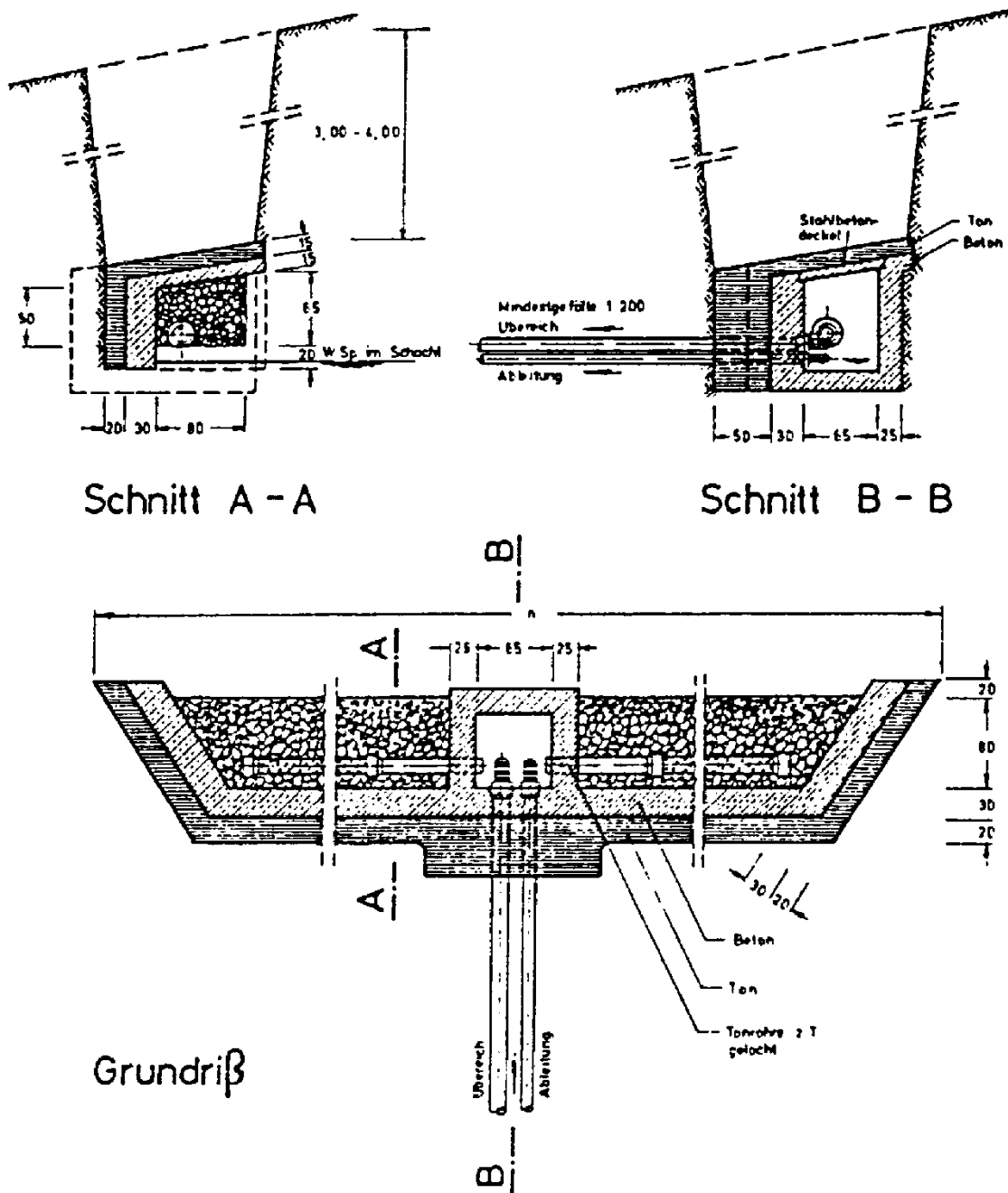


Abb. 2-4: Schichtquellenfassung (Sickergalerie)



2.3 Flußwasser

Grundsätzliches: Die Entnahmestelle ist dort vorzusehen

- 1) wo mit ausreichendem Zufluß auch bei Niedrigwasser zu rechnen ist.
- 2) wo die günstigste Rohwasserbeschaffenheit anzutreffen ist, d.h. das geför-derte Wasser sollte frei von Wasserpflanzen, -tieren, Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffen sein.

Aus diesen allgemeinen Anforderungen ergeben sich für die Lage einer Entnahmestelle folgende Anforderungen:

- genaue Kenntnis der Wasserspiegellage über das Jahr gesehen, um eine ausreichende Überdeckung zu gewährleisten.
- nach Möglichkeit in Flußmitte oder im Außenbogen, da dort die Schwebstoffführung am geringsten ist.
- Oberhalb des Versorgungsgebietes und oberhalb von Abwassereinleitungen (bzw. Einmündungen von stärker verschmutzten Flüssen, s. Einmündung des Mains in den Rhein).
- Darüber hinaus sind Gefahren, die aus Eisgang und/oder Hochwasser resultieren, zu berücksichtigen.
- Bedürfnisse der Schifffahrt sind zu berücksichtigen.

Um eine gute Rohwasserbeschaffenheit zu erreichen, sind neben der Lage auch bestimmte konstruktive Details zu beachten, um die jeweiligen unerwünschten Stoffe zurückzuhalten.

- Liegt das Entnahmebauwerk am Ufer, so ist ein Grobrechen (20-40 mm Spaltbreite) und ein Feinrechen (3 mm Maschenweite) im Einlaufbereich vorzusehen. Alternativ: eine Kies- und Sandpackung um des Saugkopf.
- Die Fließgeschwindigkeit in der Einlauföffnung sollte $\approx 0,1 - 0,2$ m/s betragen, um einem übermäßigen Eintrag von Substrat (Schweb- und Sinkstoffen) entgegen zu wirken.
- Das Rohwasser soll entgegen der Flußrichtung in die Entnahmevorrichtung eintreten.
- Aus betrieblichen Gründen sollten immer mehrere Saugleitungen installiert sein, um auch in Revisionszeiten die Wasserversorgung weiterhin aufrechtzuerhalten.

Für die Ausbildung des Entnahmebauwerks gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten:

- Einfache Entnahme über Siebkopf
- Entnahme über Rechenbauwerk direkt am Ufer
- Entnahmebrücke
- Seitlicher Ableitungskanal

Bedingt durch die häufig ungünstigen (z.B. Hochwasser, latente Gefahr der Verunreinigung durch Dritte, legale Einleitungen z.B. ARA-Einleitungen) sowie starken Schwankungen unterliegende Wassergüte wird die direkte Entnahme von Flußwasser i.d.R. nur zur Gewinnung von Betriebswasser gesetzt.

Muß aber aus hydrogeologischen Gründen auf Flußwasser als Rohwasserlieferant zurückgegriffen werden, gibt es zwei Möglichkeiten, die o.g. Schwierigkeiten zu umgehen:

- Direkte Nutzung über Uferfiltration
-
- Grundwasseranreicherung mit anschließender Entnahme nach Bodenpassage

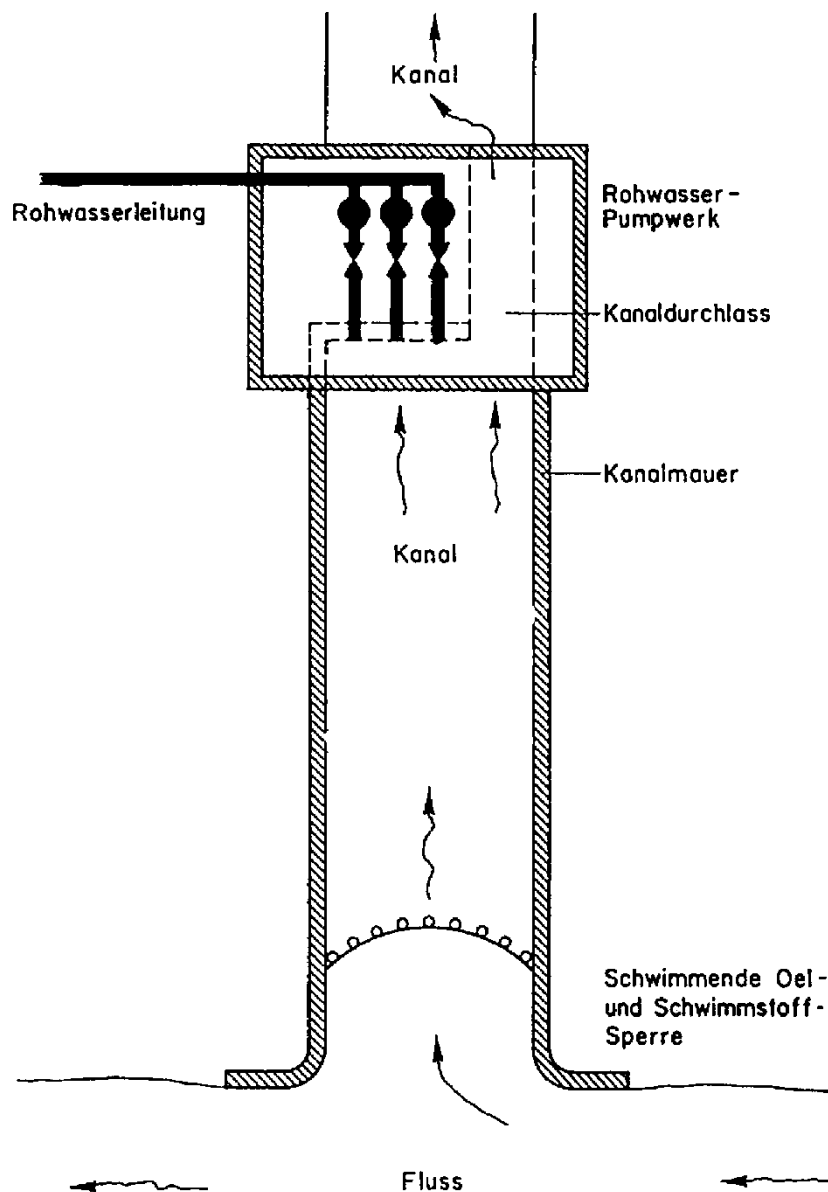


Abb. 2-5: Flußwasserfassung

2.4 Seewasser

Grundsätzlich gelten die gleichen Vorgaben wie bei der Rohwasserentnahme aus Flüssen, d.h. es ist dafür zu sorgen, daß der Eintritt von Verunreinigungen verhindert wird.

Um dies zu gewährleisten sind grundsätzlich folgende Punkte zu beachten:

- Verlegung der Entnahmeleitungen auf dem Seegrund mit der sich direkt daran anschließenden Entnahmeverrichtung, dem Siebkopf, mindestens 3-4 m über Seegrund.
- nach Möglichkeit sollte die Entnahme unterhalb der Kompensationsanlage erfolgen, um eine gleichmäßige Temperatur zu gewährleisten.

Eine bekannte Seewasserversorgung stellt der Bodensee für die Grundwasser armen Gebiete Baden-Württembergs, inkl. Stuttgart, dar. Aus 60 m Tiefe wird das Seewasser gefaßt, mittels einer aufwendigen Wasseraufbereitung gereinigt und anschließend über eine Fernleitung nach Stuttgart etc. gefördert.

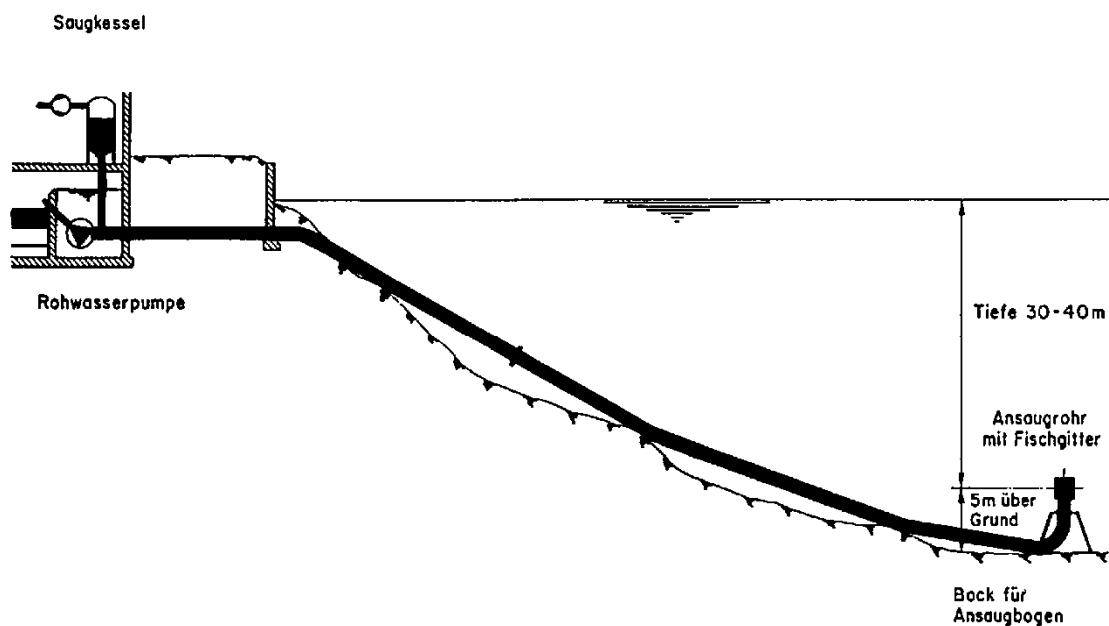


Abb. 2-6: Seewasserfassung

2.5 Talsperrenwasser

Talsperren stellen zwar auch grundsätzlich ein stehendes Oberflächengewässer dar, es besteht aber die Möglichkeit, die Lage und das Fassungsvermögen dem Versorgungsgebiet entsprechend zu wählen, wodurch eine Optimierung erreicht werden kann.

Von 194 Talsperren in Deutschland (Stand 1982) dienen 44, also rd. 23 %, unmittelbar der Trinkwasserversorgung. Sie dienen häufig der überregionalen Wasserversorgung von Gebieten, in denen aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse keine oder nicht ausreichende Grundwasservorkommen genutzt werden können (→ Harz).

Die Planung einer Trinkwassertalsperre ist grundsätzlich mit der einer konventionellen Talsperre, die dem Hochwasserschutz, der Niedrigwassererhöhung (s. Edertalsperre → Weser), der Bewässerung und/oder der Energieerzeugung dient, identisch.

Es sind die gleichen Anforderungen an den Standort zu stellen; und die benötigten baulichen Einrichtungen, wie Sperre (Damm oder Mauer), Grundablaß, Hochwasserentlastung und evtl. eine Vorsperre sind ebenfalls notwendig.

Darüber hinaus ist eine gesonderte Entnahmemöglichkeit für das Rohwasser vorzusehen. Diese Entnahmevorrichtung muß eine variable Entnahmetiefe ermöglichen, dies wird normalerweise durch einen unmittelbar vor der Sperre plazierten Entnahmeturm, der mit mehreren in der Höhe gestaffelten, absperrenden Entnahmeöffnungen versehen ist, erreicht. Alternativ dazu läßt sich die Forderung nach einer variablen Entnahmetiefe auch mit einem Schwenkrohr erfüllen.

Der Untergrund einer Trinkwassertalsperre ist vor dem Einstau weitestgehend von der Vegetation und der Humusschicht zu befreien, um eine einfache und wirtschaftlich tragbare Aufbereitung realisieren zu können. Dieser erhebliche Aufwand ist notwendig, da sich organische Substanzen unter Wasser nur sehr langsam, d.h. 10-15 Jahre, abbauen, in dieser Zeit das Rohwasser erheblich mit Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffen anreichern, die anschließend in der Aufbereitung mit erheblich technischem Aufwand wieder eliminiert werden müssen. Im Normalfall sollte die mittlere Aufenthaltszeit des zufließenden Niederschlagswassers in der Talsperre mind. 30-40 Tage betragen, um die Selbstreinigungskräfte voll wirksam werden zu lassen.

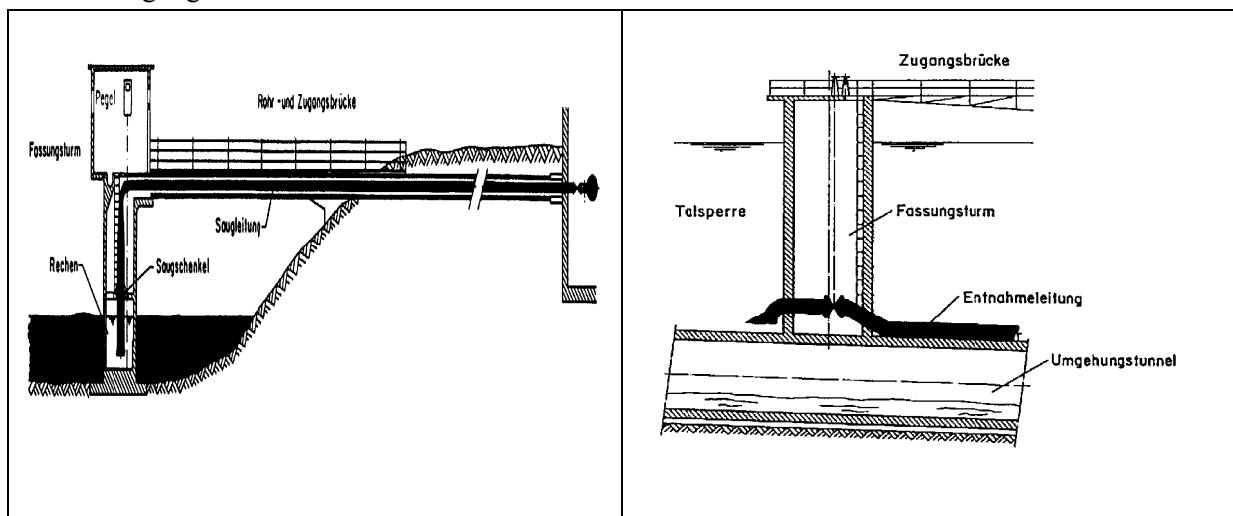


Abb. 2-7: Talsperrenfassungen



2.6 Quellwasser

Quellen entstehen durch zutage tretendes Grundwasser.

Inwieweit eine Quelle zur Trinkwasserversorgung geeignet ist, hängt im wesentlichen von ihrer Ergiebigkeit und ihrer Wasserbeschaffenheit ab.

Ergiebigkeit:

Die Ergiebigkeit muß auch während Trockenperioden größer sein als der notwendige Wasserbedarf. Eine Bewertung muß auf langjährige Beobachtungen beruhen. Bei Quellen mit einer zu erwartenden Schüttung von 5 l/s erfolgt die Abflußmessung durch die Bestimmung der Füllzeit eines kalibrierten Gefäßes. Bei einer größeren Schüttung muß die Abflußmessung mittels einzubauenden Meßwehres erfolgen.

Wasserbeschaffenheit:

Einer der wichtigsten Voraussetzungen zur Nutzung stellt eine gleichmäßige Temperatur dar. Darüber hinaus sind die chemischen und physikalischen Parameter von besonderer Bedeutung, wie z.B. der Grad der Trübung insbesondere im Regenwasserfall und die Konzentrationen von Stickstoff- und Phosphorverbindungen.

Der Untersuchungszeitraum soll mindestens eine Trockenperiode erfassen, weil danach die Quelle i.a. die kleinsten Wassermengen liefert. Die geringste Quellschüttung muß größer sein als der max. Wasserbedarf. Es ist weiterhin zu prüfen, ob nach starken Regenfällen das Quellwasser getrübt wird.

Bei der Anlage von Quellsfassungen sollen die natürlichen Gegebenheiten möglichst wenig gestört werden, damit kein unzureichend gefiltertes Niederschlagswasser der Fassung zuläuft.

Quellen entstehen, wenn Grundwasser oder anderes unterirdisches Wasser infolge besonderer geologischer Lagerungsverhältnisse zutage tritt.

Quellensystematik nach den Lagerungsverhältnissen oder Grundwasserleiter und der undurchlässigen Schichten:

1. Schichtquellen: entstehen durch Erosionsanschnitte, z.B. Flußterrassen und Ausstreichen wasserstauer Horizonte.
2. Überfallquellen: treten an den Rändern größerer Grundwasserbecken und Mulden auf.
3. Stauquellen: ergeben sich, wenn Grundwasser auf Sohlschichten entlang fließt und durch Grundwasserstauer ein Aufstau und Austritt erzwungen wird. Profilverengungen und wasserstauende Einlagerungen sind häufig die Ursache.
4. Verwerfungsquellen: sind praktisch Stauquellen, deren Aufstau durch Verwerfung der Schichten hervorgerufen wird.
5. Spaltquellen: treten häufig in Gebirgen mit starker Klüftung (Kalkstein) auf. Sie sind oft niederschlagsabhängig und zeigen erhebliche Veränderungen der Wasserqualität.
6. Auftriebsquellen (Artesische Quellen): ergeben sich, wenn Grundwasser unter Spannung infolge Schichtverengung bzw. Lagerungsstörungen aufsteigt durch Gase (Wasserdampf, Kohlensäure usw.) aufgetrieben wird.

Andere Untersuchungen der Quellen nach:

- Regelmäßigkeit der Schüttung
- Wassertemperatur
- Mineralisationsgrad
- Art der Wasserbewegung (absteigende, aufsteigende).

Anforderungen an eine Quelle, die zur Wasserversorgung herangezogen werden soll:

- Gleichmäßige Temperatur
- Gute chemische und bakteriologische Eigenschaften
- Ausreichende Schüttung.

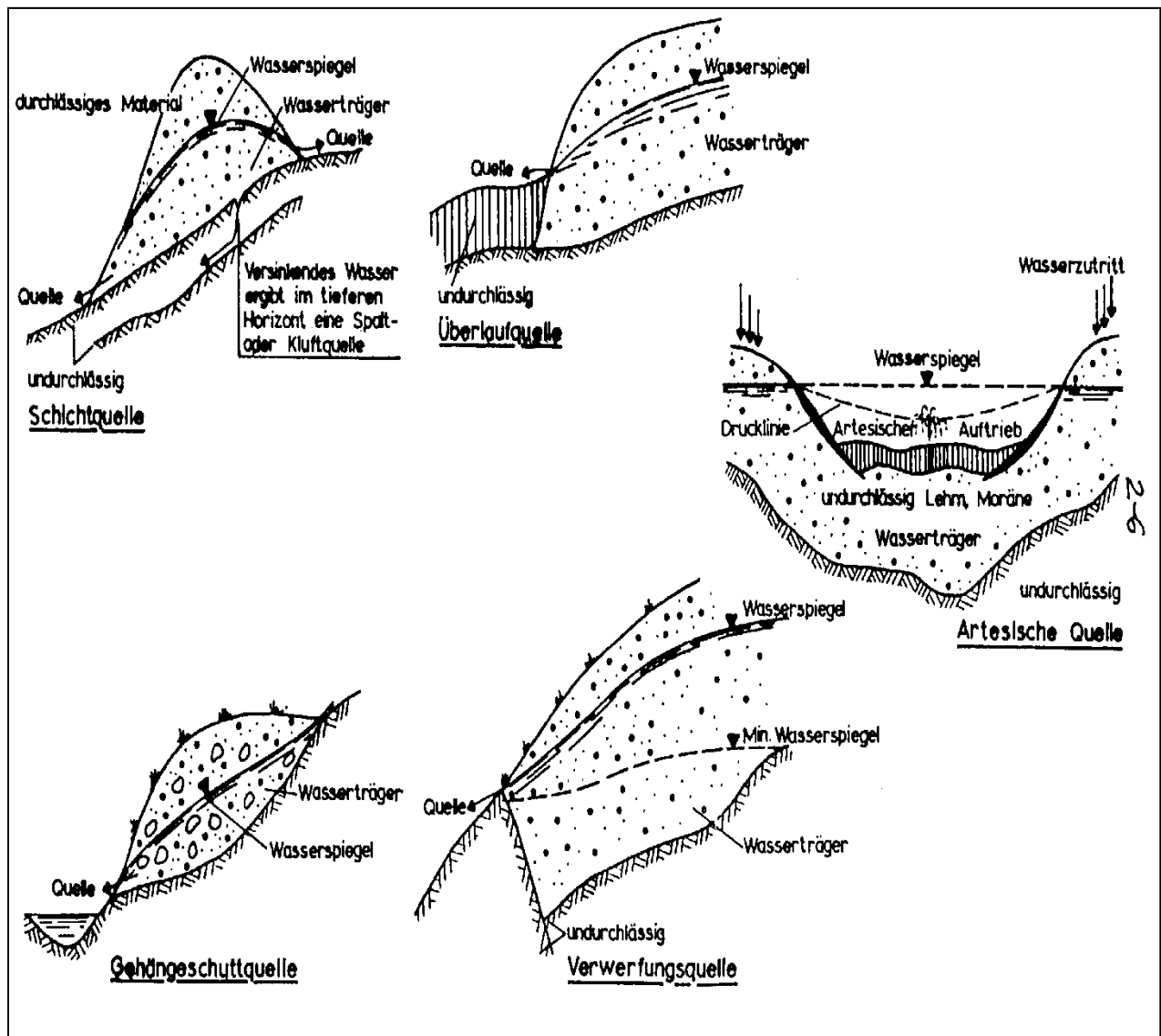
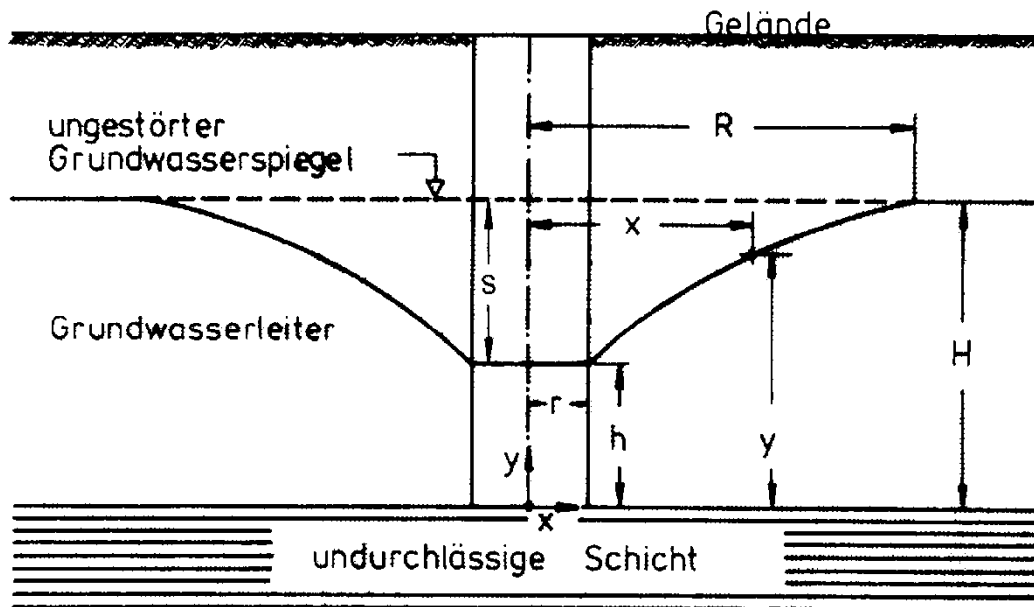


Abb. 2-8: Arten von Quellen

2.7 Grundwasser

2.7.1 Bohrbrunnen im freien Gewässer (Senkrechte Fassung)

→ Herleitung der Ergiebigkeitsgleichung

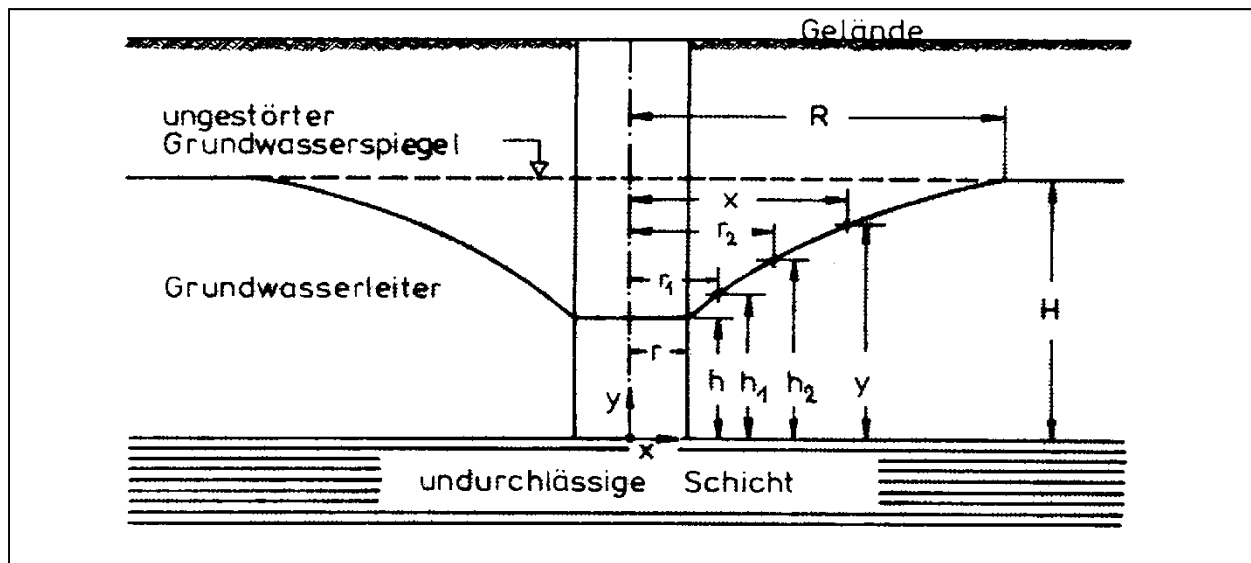


Definitionen:

- I = Gefälle des Grundwasserspiegels [%o]
 - R = Reichweite [m]
 - H = Mächtigkeit des GW-Leiters [m]
 - R = Brunnenradius [m]
 - H = Wasserstand im Brunnen (bis undurchlässige Schicht) [m]
 - Q_f = faßbare Wassermenge
 - S = Absenkung [m]: $H - h$
 - k_f = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
- vollkommener Brunnen \cong die Bohrung reicht bis zur undurchlässigen Schicht
- unvollkommener Brunnen \cong die Bohrung endet im GW-Leiter
- freies Grundwasser \cong kein Überdruck

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

$$R = 3.000 \times s \times \sqrt{k_f} \quad \text{nach Sichardt}$$



$$Q_E = v \cdot F; \quad v = k_f \cdot \frac{dy}{dx}; \quad F = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot y$$

$$Q_E = k_f \cdot \frac{dy}{dx} \cdot 2 \cdot \pi \cdot x \cdot y \Rightarrow \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \cdot \frac{dx}{x} = y \cdot dy \Rightarrow \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \cdot \ln x = \frac{y^2}{2} + C$$

$$x = R \rightarrow y = H \quad \text{mit} \quad C = \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \cdot \ln R - \frac{H^2}{2}$$

$$\frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \cdot \ln x = \frac{y^2}{2} + \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \cdot \ln R - \frac{H^2}{2} \Rightarrow H^2 - y^2 = \frac{Q_E}{\pi \cdot k_f} \cdot (\ln R - \ln x)$$

$$x = r \rightarrow y = h$$

$$H^2 - h^2 = \frac{Q_E}{\pi \cdot k_f} \cdot (\ln R - \ln r)$$

$$Q_E = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}$$

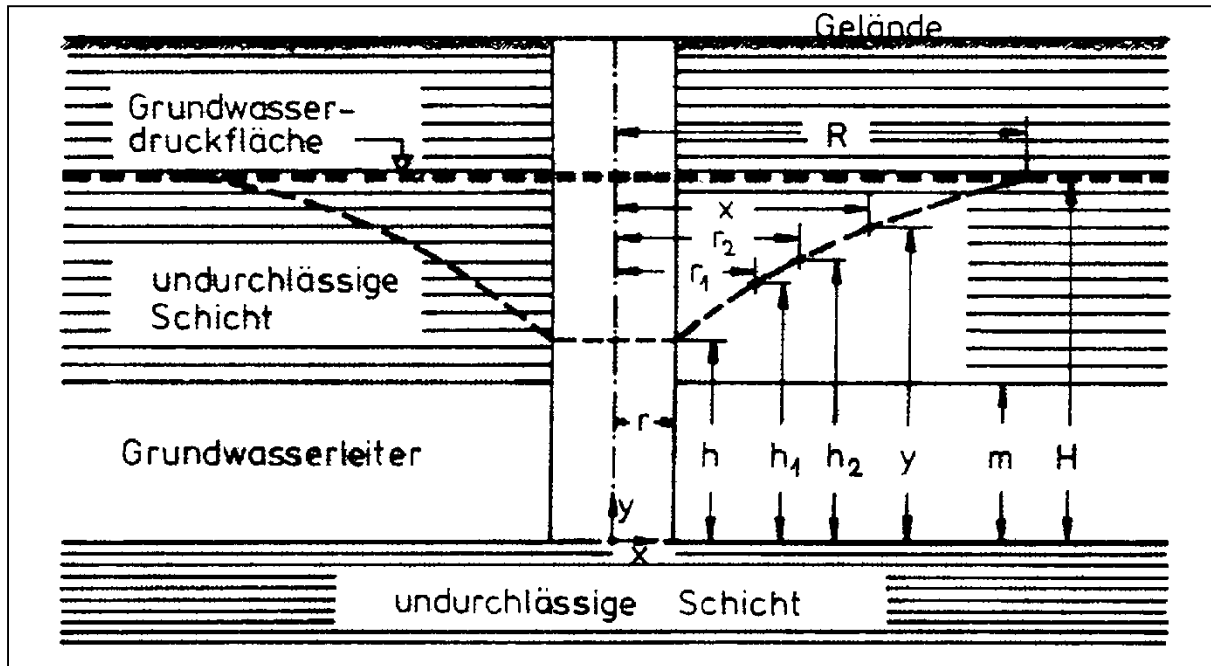
Auswertung des Pumpversuches zur Ermittlung des k_f -Wertes:



$$h_2^2 - h_1^2 = \frac{Q_E}{\pi * k_f} * (\ln r_2 - \ln r_1) \Rightarrow k_f = \frac{Q_E}{\pi} * \frac{\ln r_2 - \ln r_1}{h_2^2 - h_1^2}$$



2.7.2 Bohrbrunnen im gespannten Grundwasser



m = Mächtigkeit des Grundwasserleiters

$$Q_E = v \cdot F; \quad v = k_f \cdot \frac{dy}{dx}; \quad F = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m$$

$$Q_E = k_f \cdot \frac{dy}{dx} \cdot 2 \cdot \pi \cdot x \cdot m \Rightarrow \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot \frac{dx}{x} = dy \Rightarrow \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot \ln x = y + C$$

$$x = R \rightarrow y = H \text{ mit } C = \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot \ln R - H$$

$$\frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot \ln x = y + \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot \ln R - H \Rightarrow H - y = \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot (\ln R - \ln x)$$

$$x = r \rightarrow y = h$$

$$H - h = \frac{Q_E}{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m} \cdot (\ln R - \ln r)$$

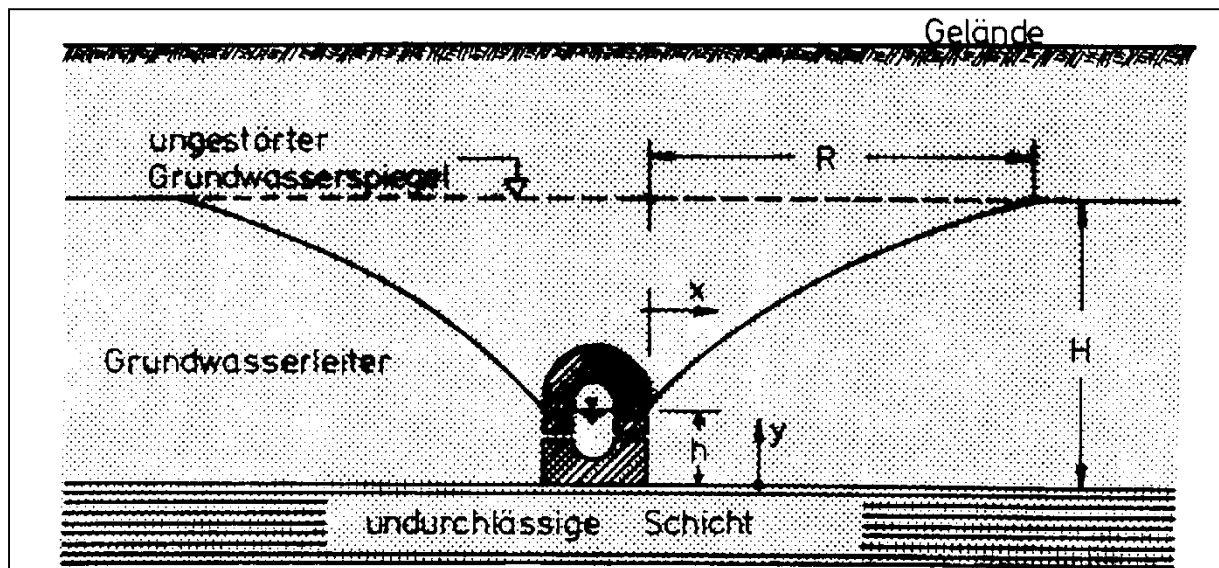
$$Q_E = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_f \cdot m \cdot (H - h)}{\ln R - \ln r}$$

Auswertung des Pumpversuches zur Ermittlung des k_f -Wertes:



$$h_2 - h_1 = \frac{Q_E}{2 * \pi * k_f * m} * (\ln r_2 - \ln r_1) \Rightarrow k_f = \frac{Q_E}{2 * \pi * m} * \frac{\ln r_2 - \ln r_1}{h_2 - h_1}$$

2.7.3 Liegende Sammelleitung im ruhenden GW (Waagerechte Fassung)



$$Q_E = v \cdot F; \quad v = k_f \cdot \frac{dy}{dx}; \quad F = 2 \cdot y \cdot L \quad \text{mit} \quad L = \text{Länge der Sammelleitung}$$

$$Q_E = k_f \cdot \frac{dy}{dx} \cdot 2 \cdot y \cdot L \Rightarrow Q_E \cdot dx = 2 \cdot k_f \cdot L \cdot y \cdot dy \Rightarrow Q_E \cdot x = 2 \cdot k_f \cdot L \cdot \frac{y^2}{2} + C$$

$$x = 0 \rightarrow y = h \text{ mit } C = -k_f \cdot L \cdot h^2 \Rightarrow Q_E \cdot x = k_f \cdot L \cdot (y^2 - h^2)$$

$$x = R \rightarrow y = H$$

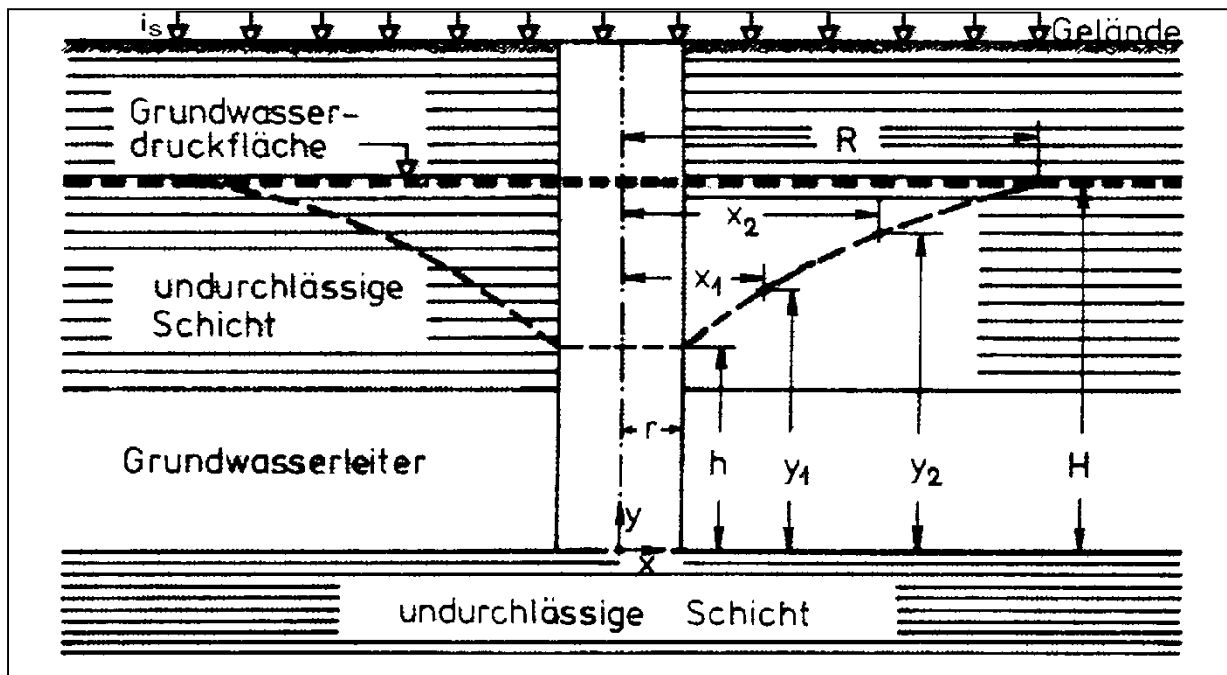
$$Q_E \cdot dx = k_f \cdot L \cdot (y^2 - h^2)$$

$$Q_E = \frac{k_f \cdot L \cdot (H^2 - h^2)}{R}$$

Für den Zufluß von nur einer Seite gilt demnach:

$$Q_E = \frac{k_f \cdot L \cdot (H^2 - h^2)}{2 \cdot R}$$

2.7.4 Brunnenberechnung unter Berücksichtigung der GW-Neubildung i_s [m/s]



$Q = f(x)$: die dem Brunnen zufl. Wassermenge

$i_s = m/s$: GW-Neubildungsrate

$x = r \rightarrow q = Q$ bzw. $x = r \rightarrow q \approx Q$

$x = R \rightarrow q = 0$

$$Q = R^2 \cdot \pi \cdot i_s$$

$$q(x) = Q - x^2 \cdot \pi \cdot i_s \text{ mit } v = k_f \cdot I = k_f \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{q}{A} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot x \cdot y}$$

$$\frac{q}{A} = k_f \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{Q - x^2 \cdot \pi \cdot i_s}{2 \cdot \pi \cdot x \cdot y}$$

$$\int 2 \cdot y \cdot dy = \frac{Q}{\pi \cdot k_f} \cdot \int \frac{1}{x} \cdot dx - \frac{i_s}{k_f} \int x \cdot dx \Rightarrow y^2 = \frac{Q}{\pi \cdot k_f} \cdot \ln x - \frac{i_s}{2 \cdot k_f} \cdot x^2 \Big|_{x_1}^{x_2}$$

Grenzen: $x_1 = r$; $x_2 = R$; $y_1 = h$; $y_2 = H$

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi \cdot k_f} \cdot \ln \frac{R}{r} - \frac{i_s \cdot R^2 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot k_f} \text{ mit } Q = i_s \cdot R^2 \cdot \pi \Rightarrow H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi \cdot k_f} \cdot \left(\ln \frac{R}{r} - \frac{1}{2} \right)$$



Tab. 2-2: Durchlässigkeit tertiärer und quartärer Bodenschichten [nach Casagrande]

Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	$1 - 1 \cdot 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-5}$	$10^{-5} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-11}$
	Gültigkeit des Gesetzes von Darcy: $v_f = k_f \cdot i$			
Bodenart	Kies ohne Verunreinigung	Sande ohne Verunreinigung, Mischung aus sauberem Kies und Sand	Sehr feine Sande, Mischung aus Sand, Schlämme, Ton	nicht verwitterte Tone
hydraulische Eigenschaften	guter Grundwasserleiter		schlechter Grundwasserleiter	undurchlässig
Wasserhaltefähigkeit	gut entwässerbar		schlecht entwässerbar	nicht entwässerbar
Verwendung in Dämmen und Deichen	wasserdurchlässige Teile in Dämmen und Deichen		wasserundurchlässige Teile in Dämmen und Deichen	

Tab. 2-3: Durchlässigkeitsbeiwerte (gemessene k_f -Werte)

Ort	K_f [m/s]
Sand 4...8 mm ohne andere Teile	0,035
Sand 2...4 mm ohne andere Teile	0,025
Grobkies mit Sand, Illertal bei Kempten	0,02
Alluvium, der Mangfall bei Bad Aibling	0,016 ... 0,02
Illertal bei Neuulm	0,015
Diluvialkies bei Leipzig	0,005
Diluvialschotter bei Olching (westlich von München)	0,004
Innhochterrassen bei Mühldorf (Oberbayern)	0,003
Donautal westlich von Ingolstadt	0,0025
Flußsand bei Münster	0,0025 ... 0,009
Mainalluvium bei Markstedt (l.d.M.)	0,0015
Dünensand (Nordsee)	0,0002
Tonige Sande im oberen Vilstal (Oberbayern)	0,0001

Tab. 2-4: Beobachtete Grundwassergefälle i [%] und Geschwindigkeiten v [m/Tag]



Ort	i [%]	v [m/Tag]
Alluvium am Oberrhein	0,6	3,0 ... 7,8
Neckartal bei Mannheim	1,7 ... 5,0	1,2 ... 1,6
Münchener Schotterebene	3,3	10,0 ... 20,0
Diluvium bei Leipzig	4,5	2,5
Keupersand bei Nürnberg	3,0 ... 25,0	1,5

Bohrbrunnen

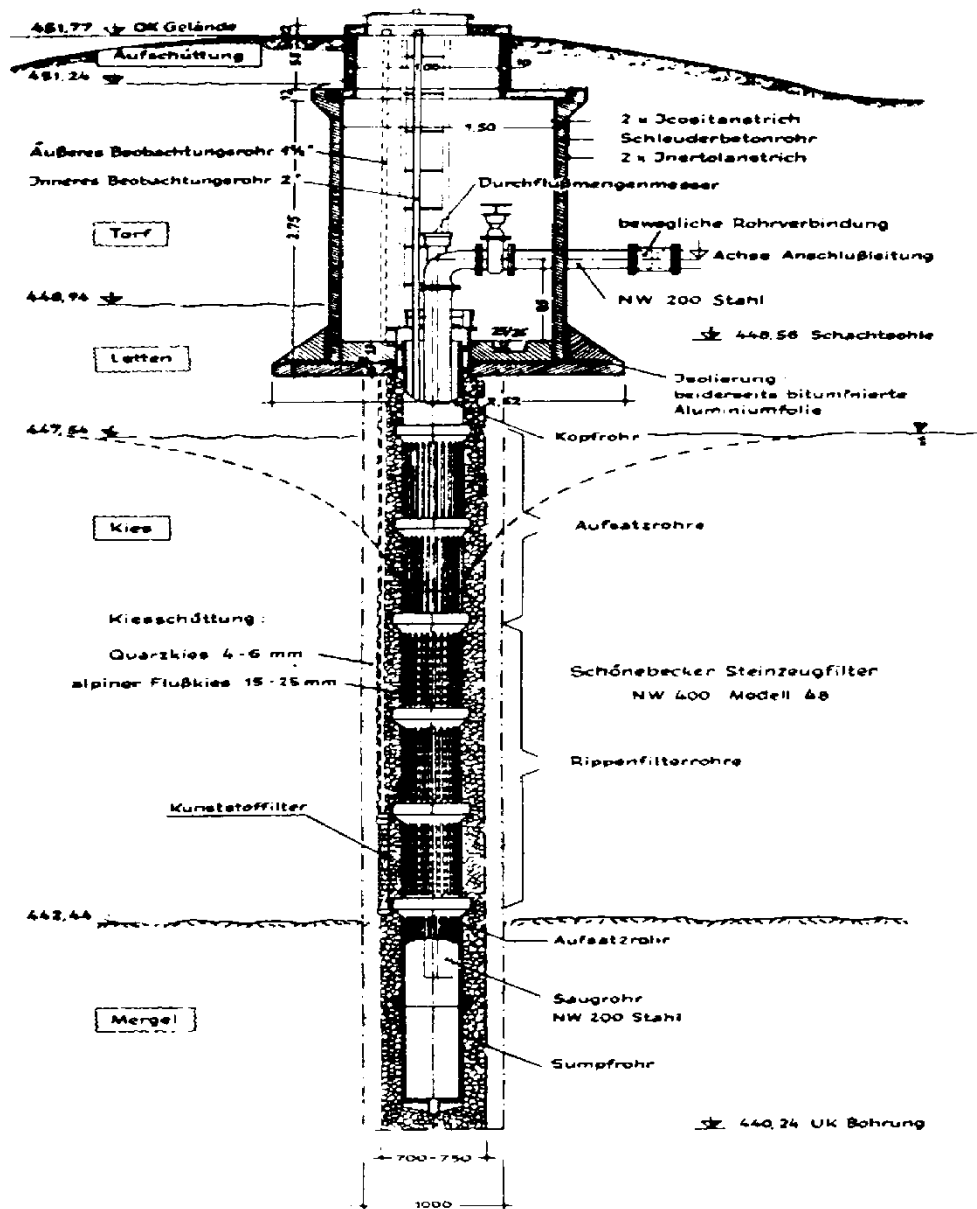


Abb. 2-9: Bohrbrunnen



Körnungen in mm		Zusammengehörige Körnungen bei mehrfacher Abstufung; f. Brunnenfilter	Unterkorn	Überkorn	Gewicht je Probe für Siebversuche g	
			Zulässiger Höchstanteil in Gewichts-%	Zulässiger Höchstanteil in Gewichts-%		
Filter-sand	0,25 bis 0,5 *)		15	15	500	
	über 0,5 bis 0,75				500	
	über 0,75 bis 1				500	
	über 1 bis 1,5				1000	
	über 1,5 bis 2				1000	
Filter-kies	über 2 bis 3			10	10	1000
	über 3 bis 4					1000
	über 4 bis 6					1000
	über 6 bis 8					5000
	über 8 bis 12					5000
	über 12 bis 16					5000
	über 16 bis 25					5000
	über 25 bis 35					15000

Bei Brunnenfiltern sind bei mehrfacher Schüttung die durch Zeichen ● gekennzeichneten und durch Striche miteinander verbundenen Korngruppen als Abstufungsgruppen zu verwenden.

Dicke der Schichten in Brunnenfiltern bei einfacher Kornabstufung

Körnungen in mm	Dicke in mm
0,75 bis 4	≥ 60
über 4 bis 12	≥ 70
über 12 bis 35	≥ 80

Bei Brunnen mit mehrfacher Kornabstufung darf die Manteldicke der feineren Schüttung niemals dünner als die der angrenzenden gröberen sein, so daß die vorstehenden Maße wesentlich überschritten werden müssen.

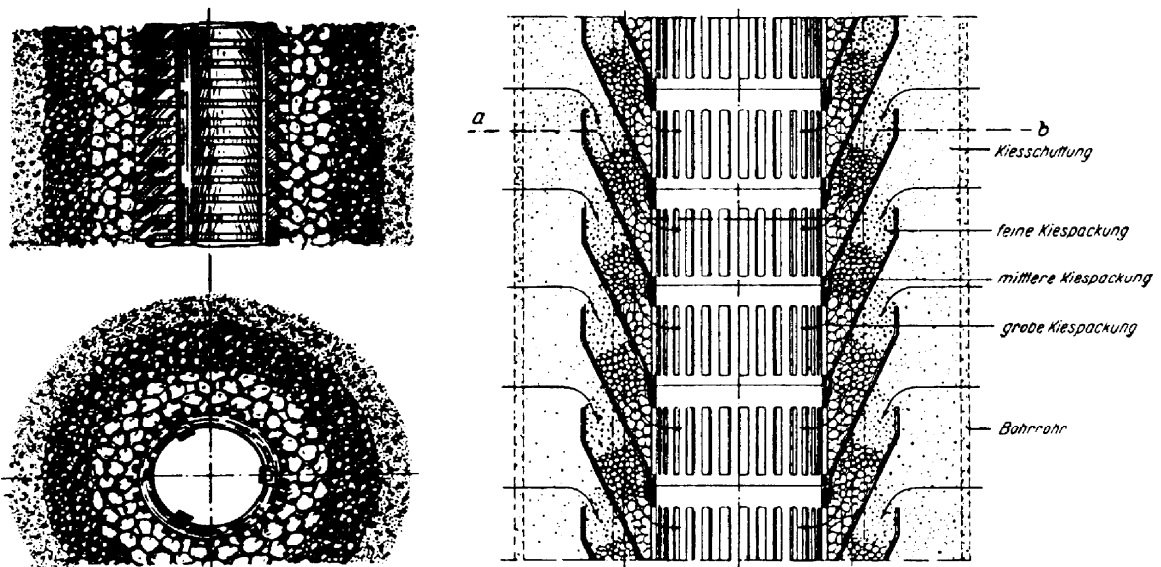
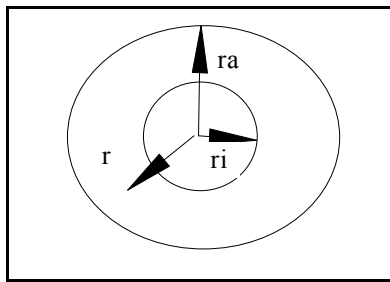


Abb. 2-10: Kiesschüttungsfilter [Garde-Ringfilter] und Kiespackungsfilter [Hempel-Daedlow]

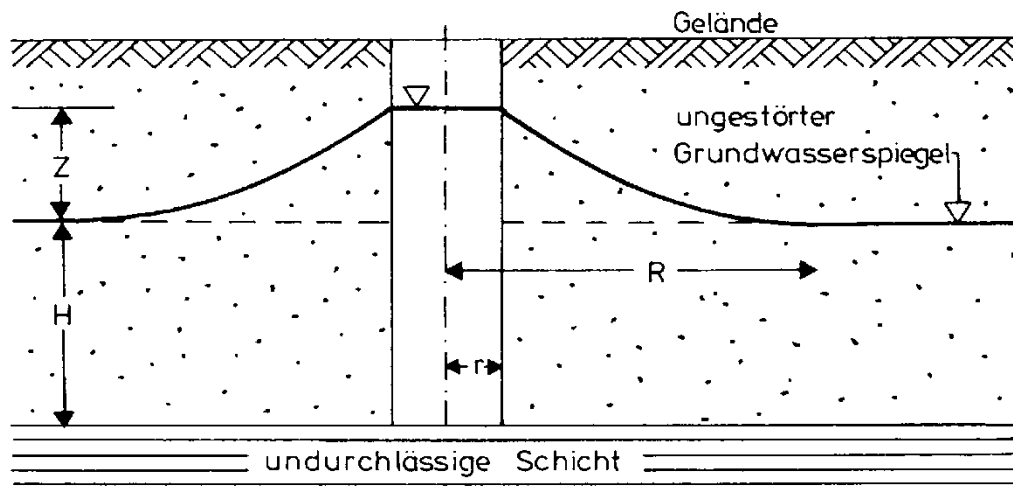


$$r_m = \frac{r_a + r_i}{2}$$

r_a = Aussenradius / Bohrradius
 r_i = Innenradius / Filtrerradius
 r_m = mittlerer / maßgeb. Brunnenradius

2.7.5 Versickerung mittels vertikaler Versickerungsbrunnen

Bei der Versickerung von Oberflächenwasser durch Brunnen liegen die Verhältnisse umgekehrt wie bei der Grundwasserentnahme. Der Versickerungsspiegel stellt sich als Spiegelbild zum Absenktrichter ein. Die Berechnung erfolgt nach denselben Gleichungen, die für die Entnahme aufgestellt wurden.



Aus der Brunnenformel

$$Q_E = \frac{k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}$$

kann die Sickerbrunnenformel abgeleitet werden. Es gilt für die Absenkung s :

$$s = H - h \rightarrow h = H - s$$

$$Q_E = \frac{k_f \cdot (H - h) \cdot (H + h)}{\ln R - \ln r} = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H - H + s) \cdot (H + H - s)}{\ln R - \ln r}$$

Wenn S die Sickerwassermenge ist und z die Überdruckhöhe, so gilt:

$$Q_E = -S$$

$$z = -s$$

Durch Einsetzen folgt:

$$S = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (2 \cdot Hz + z^2)}{\ln R - \ln r}$$

Die Überdruckhöhe z , die nötig ist, um eine bestimmte Wassermenge S zu versickern, ergibt sich:



$$z_{1,2} = -H \pm \sqrt{H^2 + \frac{S \cdot (\ln R - \ln r)}{\pi \cdot k_f}}$$

Die Beziehung zwischen der Mächtigkeit des Grundwasserträgers (H) und dem Überdruck (z) lautet:

$$H = \frac{1}{2 \cdot z} \cdot \left[\frac{S \cdot (\ln R - \ln r)}{\pi \cdot k_f} \right] - z^2$$

Wassergewinnung im Ruhrtal Schema

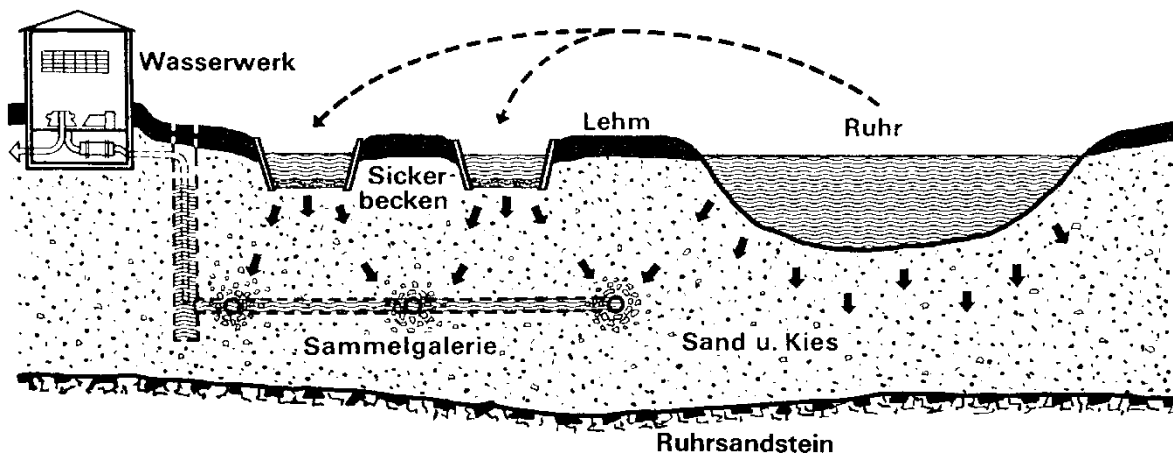
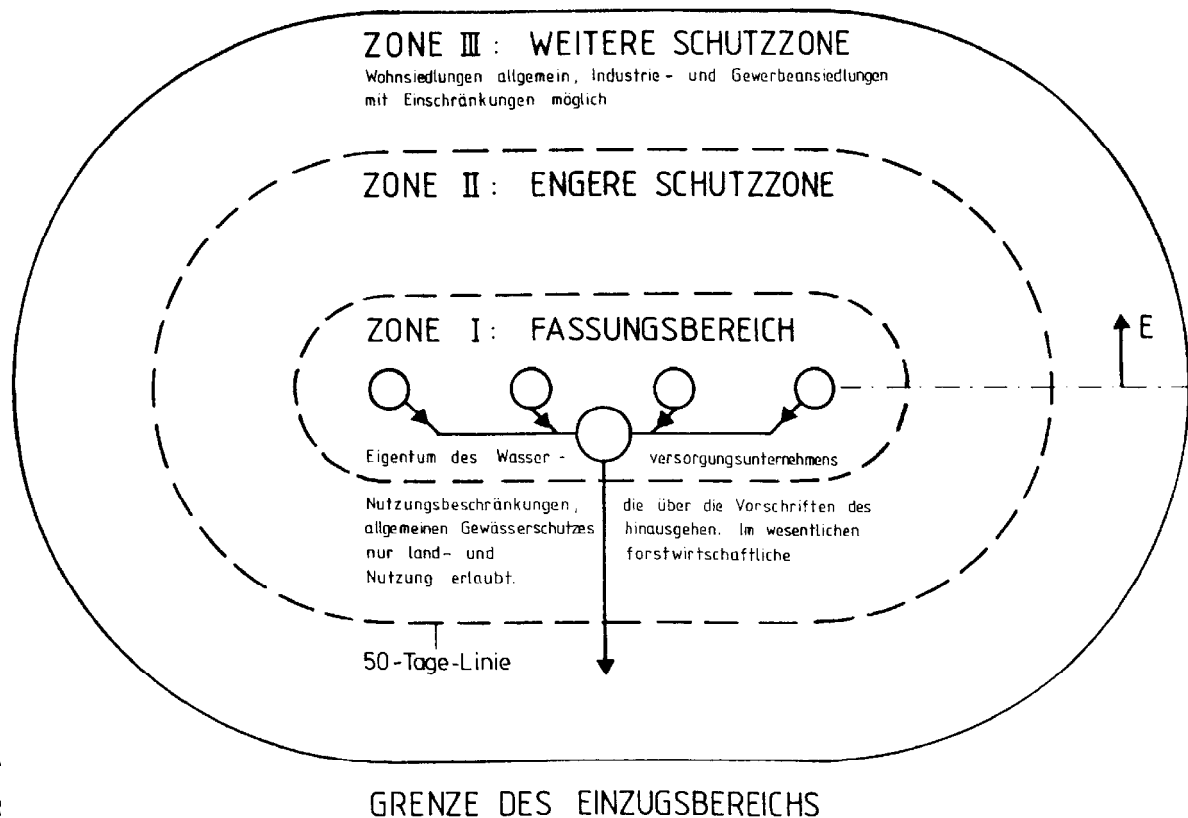


Abb. 2-12: Wassergewinnung im Ruhrtal





Tab. 2-5: Richtwerte für Schutzzonen

Untergrund- beschaffenheit	Weitere Schutzzone (Zone III)	Engere Schutzzone (Zone II)	Fassungsbereich (Zone I)
Anhaltswerte für die Abstände E der Schutzzone von der Fassungsanlage			
1. günstig	> 250 m	50 – 250 m	10 – 50 m
2. mittel	> 500 m	100 – 500 m	20 – 100 m
3. ungünstig			
Schutzmaßnahmen			
	<u>Nicht zugelassen:</u> Industrien mit schädlichen Abwässern, Kläranlagen, Abwasserlandbehandlung, Friedhöfe, Behälter für Heizöl > 10m ³ , Tankstellen, Rohölleitungen, Flugplätze, Abfallbehandlungsanlagen	<u>Außerdem keine:</u> Bebauung, Erdaufschlüsse; nur natürliche Düngung zugelassen, geschlossene Abwasserableitung	<u>Außerdem:</u> Jede Verunreinigung ist auszuschließen ! Betreten verboten (Einzäunen), Grasdecke anlegen, Aufforsten, Schutz gegen Überflutungen und Erosion



3 WASSERBESCHAFFENHEIT UND AUFBEREITUNG

3.1 Beschaffenheit und Inhaltsstoffe

<i>Grundwasser</i>	<i>Oberflächenwasser</i>
<i>Inhaltsstoffe</i>	
<p><u>Gase:</u> Sauerstoff O₂ (meist in geringer Konzentration) Kohlendioxid CO₂ (unterschiedliche Mengen) Schwefelwasserstoff H₂S (gelegentlich) Stickoxide (gelegentlich) CKW und HKW (gelegentlich)</p>	<p>Grundsätzlich enthalten Oberflächenwässer die gleichen Inhaltsstoffe wie das Grundwasser ! ⇒ Die Gefahr der Verunreinigung ist jedoch erheblich größer! Der Sauerstoff- und der Kohlendioxidgehalt unterliegen wesentlich dem Einfluß von Licht und Luft sowie der Wechselwirkung biologischer Umsetzung. Darüberhinaus sind im Gegensatz zum GW noch folgende Stoffe enthalten:</p>
<p><u>Salze</u> - im wesentlichen: Chloride Sulfate Nitrate Karbonate der Alkalien, Erdalkalien und einiger weiteren Metalle, wie z.B. des Eisens und des Mangans</p>	<p>Ammoniumverbindungen, Nitrite und (Phosphate als natürliche Stoffwechselprodukte oder als Abschwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen. Staub, Lehm, Ton, Eisenverbindungen, Tier- und Pflanzenreste => führen zu Trübungen Plankton => verursacht fischigen oder algenartigen Geruch</p>
<p>Organische Abbauprodukte der Huminsäure (gelegentlich)</p>	<p>relativ hohe Keimzahlen => pathogen !</p>
Charakterisierung	
<p>Nahezu gleichbleibende physikalische und chemische Beschaffenheit Kühl, farblos, klar, kein fremdartiger Geruch oder Geschmack. Appetitlich, ästhetisch und i.a. hygienisch einwandfrei</p>	<p>Unterliegt dem Einfluß der Atmosphäre und zeigt deshalb wechselnde Beschaffenheit in seinen grob-sinnlich wahrnehmbaren Kriterien: Temperatur, Farbe, Trübung, Geruch und Geschmack. Belebt von niedrigen und höheren Organismen</p>



Lösungssystem	Echte Lösungen				Kolloide Lösungen	Suspension
Lösungsform	Molekulardispers				kolloiddispers	grobdispers
Häufigster Teilchendurchmesser [cm]	10^{-8} bis 10^{-6}				10^{-7} bis 10^{-5}	$> 10^{-5}$
	Elektrolyte		Nichtelektrolyte			
	Kationen	Anionen	Gase	Feststoffe		
Hauptinhaltsstoffe häufig > 10 mg/l	Na ⁺ K ⁺ Mg ²⁺ Ca ²⁺	Cl ⁻ NO ₃ ⁻ HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	O ₂ N ₂ CO ₂	SiO ₂ x n H ₂ O		Tone, Feinsand, organische Bodenbestandteile
Begleitstoffe meist $\ll 10$ mg/l häufig $> 0,1$ mg/l	Sr ²⁺ Fe ²⁺ Mn ²⁺ NH ₄ ⁺	F ⁻ Br ⁻ J ⁻ NO ₂ ⁻ H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ²⁻ HBO ₂	H ₂ S NH ₃ CH ₄ He	Organische Verbindungen Stoffwechselprodukte		Oxidhydrate Fe, Mn Öle, Fette
Spurenstoffe $< 0,1$ mg/l	Li ⁺ Rb ⁺ Ba ⁺ As ³⁺ Cu ²⁺ Zn ²⁺ Pb ²⁺	HS ⁻	Rn			



3.2 Gesetze

3.2.1 Wasserhaushaltsgesetz - WHG und Länderwassergesetze - LWG

- regeln die Wasserwirtschaft und die Nutzung der Oberflächengewässer und des Grundwassers
- § 1 a WHG Grundsatz

(2) Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten und um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen.

3.2.2 Bundesseuchengesetz

Das „Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen“ dient der Verhütung von Epidemien. Da einige der meldepflichtigen Krankheiten, wie z.B. Salmonellose, Typhus, Paratyphus, Ruhr, auch über das Trinkwasser übertragen werden können, wurde im § 11 den Gesundheitsämtern die Überwachung der Wasserversorgungsanlagen übertragen => TrinkwasserVerordnung (TVO).

3.2.3 Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandsgesetz (LMBG)

- Trinkwasser wird zwar nicht besonders aufgeführt, wird aber nach DIN 2000 als Lebensmittel definiert und fällt somit ebenso unter dieses Gesetz.
- Alle Gegenstände, Behälter, Rohrleitungen, Kessel, etc., die mit dem Wasser in Berührung kommen müssen lebensmittelgerecht sein, d.h. sie dürfen die Wasserqualität nicht beeinflussen.
- Festlegung von Qualitätsanforderungen für Zusatzstoffe, wie Flockungsmittel, Chlorpräparate, etc. => TrinkwasserVerordnung (TVO)

3.2.4 Trinkwasserverordnung (TVO)

Die TVO regelt die Beschaffenheit von Trinkwasser (Inhaltsstoffe, Grenzwerte) und alle sonstigen Belange, die mit der Wasserversorgung in Beziehung stehen (Überwachungszuständigkeiten, Art und Häufigkeit der Untersuchungen, Pflichten des WVU's).



Bezeichnung	Einheiten	1	2	3	4	5	6	7
		EG (98/83)	TrinkwV Entw.99	CH (1995)	USA (MCLG)	USA (MCL)	Kanada (MAC)	WHO (1993)
Sensorische Parameter								
Färbung	m -1	1)	0,5 (SAK bei 436 mm)	1,0		15,0 Colour units (TCU)		15,0 Colour units (TCU)
Trübung	Trübungs- einheit		1,0 Formazin		2,0	3,0 Nephelo- metrisch		5,0 Nephelo- metrisch
Geruchs- Schwellenwert	bei 12°C bei 25°C	1)	2,0 3,0					
Physikalisch-chemische Parameter								
PH-Wert	Minimal maximal	6,5 9,5	6,5 9,5	9,2		6,5 8,5	6,5 8,5	6,5 8,5
Leitfähigkeit	µS/cm	2500	2000					
Oxidierbarkeit	O2 in mg/l	5,0	5,0	1,52 (entspr. 6 mg/L KMnO4)				
Chemische Stoffe								
Aluminium	mg/l AL	0,2	0,2	0,2		0,2		
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5	0,5	0,5				
Antimon	mg/l Sb	0,005	0,005		0,006	0,006		(0,005)
Arsen	mg/ As	0,01	0,01	0,05		0,05	0,05	(0,01)
Barium	mg/l Ba				2,0	2,0	1,0	0,7
Beryllium	mg/l Be				0,004	0,004		
Blei	mg/l Pb	0,01	0,01	0,05	0			0,01
Bor	mg/l B	1,0	1,0					0,3
Cadmium	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003
Chlorid	mg/l Cl	250	250					
Chrom	mg/l Cr	0,05	0,05	0,02	0,1	0,1	0,05	(0,05)
Cyanid	mg/l CN	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2	0,2	0,07
¹⁾ Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung								
Bezeichnung	Einheiten	1	2	3	4	5	6	7
		EG (98/83)	TrinkwV Entw.99	CH (1995)	USA (MCLG)	USA (MCL)	Kanada (MAC)	WHO (1993)
Eisen	mg/l Fe	0,2	0,2	0,3				
Fluorid	mg/l F	1,5	1,5	1,5	4,0	4,0	1,5	1,5
Kupfer	mg/l Cu	2,0	2,0	1,5	1,3	(1,3)		(2,0)
Mangan	mg/l Mn	0,05	0,05	0,05				(0,5)
Magnesium	mg/l Mg	30		50				
Natrium	mg/l Na	200	200	150				200
Nitrat	mg/l NO ₃	50	50	40	44,27 entspr. 10mg/l N	44,27 entspr. 10mg/l N	45	50
Nitrit	mg/l NO ₂	0,1	0,1	0,1	3,28 entspr. 1 mg/l N	3,28 entspr. 1 mg/l N		(3,0)



Phosphor	mg/l PO ₄			3,0				
Quecksilber	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Selen	mg/l Se	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01
Silber	mg/l Ag			0,1				
Sulfat	mg/l SO ₄	250	240	200	500	500	500	
Organische Verbindungen								
Phenol	mg/l	0,005	0,005	0,05				
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0	0,0002		
Tenside, Detergentien	mg/l	0,2 (Laurylsulfat)	0,2 (Methylenblau- u. Bismut-aktive Subst.)	0,1 Gesamt				
Pestizide - je Substanz insgesamt	mg/l	0,0001 0,0005	0,0001 0,0005	0,0001 0,0005				
Bezeichnung	Einheiten	1	2	3	4	5	6	7
		EG (98/83)	TrinkwV Entw.99	CH (1995)	USA (MCLG)	USA (MCL)	Kanada (MAC)	WHO (1993)
Organ. Chlorverbindungen	mg/l	0,01	0,01					
- 1,1,1-Trichlorethan				2,0	0,2	0,2		(2,0)
- Trichlorethen		0,001		0,007	0	0,005	0,05	(0,07)
- Tetrachlorethen		0,001		0,04	0	0,005		0,04
- Dichlormethan		0,003		0,02	0	0,005		0,02
Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA)	mg/l	3.2.4.1	3.2.4.2	0,2	3.2.4.3	3.2.4.4	3.2.4.5	(0,2)
Mikrobiologische Parameter								
Gesamtcoliforme	Keime/100ml	0	0		0			0
Escherichia coli	Keime/100ml	0	0	0	0			
Enterokokken	Keime/100ml	0	0	0	0			0
Koloniezahl - in unbehandeltem	Keime/1 ml bei 22°C bei 37°C		0,1 0,1	0,1				
- in desinfiziertem Trinkwasser	bei 22°C		0,02	0,02				
Clostridien, einschl. Sporen	Keime/100ml	0	0					

Tab. 3-1: Richtwerte für Trinkwasser: EG-Richtlinie, TrinkwV (D), Schweiz, USA, Kanada, WHO

1) Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung



3.3 Trinkwasserinhaltsstoffe (TVO Anl. 2) - Herkunft u. Bedeutung

3.3.1 Physikalische Beschaffenheit

3.3.1.1 Temperatur

Die Temperatur darf 25°C nicht übersteigen, sonst schmeckt Wasser fade. Im Grundwasser schwankt die Temperatur bei einer Entnahmetiefe > 12 m nur wenig, die mittlere Jahrestemperatur beträgt in dieser Tiefe ca. 8 bis 10 °C. In der Hausinstallation muß die Warmwasserversorgung gut isoliert werden, da sich sonst das Kaltwasser in der häufig parallel laufenden Leitung erwärmt.

3.3.1.2 Farbe

Für die Trinkwasserversorgung ist farbloses Wasser erwünscht. Verfärbungen des Wassers sind auf bestimmte Verunreinigungen zurückzuführen, z.B.:

Rotfärbung	: ungelöstes Eisen
schwarz-braune Färbung	: Mangan
Gelbfärbung	: Huminstoffe, Ton, Lehm
Grünfärbung	: Plankton
graue bis schwarze Färbung	: Abwassereinleitungen

3.3.1.3 Klarheit

Farbe und Klarheit des Wassers verändern sich meist gemeinsam. Trübungen werden z.B. durch Eisenausfällung, abgeschwemmte Bodenteilchen und Abwassereinleitungen hervorgerufen. Tonige Trübungen im Grund- oder Quellwasser deuten meist auf den Zutritt von oberirdischem Fremdwasser hin. Trübes Wasser ist unappetitlich und hygienisch vielfach bedenklich. Schweb- und Sinkstoffe können zu Ablagerungen führen.

3.3.1.4 Geruch

Trinkwasser soll geruchlos sein, da es sonst zum Genuss ungeeignet ist. Auftretender Geruch kann z.B. erdig, muffig, jauchig oder faulig sein. Aber auch typisch chemische Gerüche sind möglich: z.B. nach Schwefelwasserstoff, Chlor, Öl, Ammoniak.

3.3.1.5 Geschmack

Trinkwasser soll erfrischend schmecken. Ungünstig auf den Geschmack von Wasser wirken sich aus: Eisen und Mangan (tintiger Geschmack), Huminstoffe (moorig-torfig), Schwefelwasserstoff (faulig) und hoher Salzgehalt. Bei Oberflächenwässern hängen Geschmacksveränderungen wesentlich von der Art der Abwassereinleitungen ab.



3.3.2 Chemische Beschaffenheit

3.3.2.1 Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert)

Der zur Beurteilung einer möglichen Aggressivität des Wassers wichtige Säure- und Alkaligehalt wird durch die Wasserstoffionenkonzentration bestimmt. Wasser H_2O dissoziiert teilweise in positiv geladene Wasserstoffionen H^+ und negativ geladene Hydroxylionen OH^- . In einem Liter reinem, neutralem Wasser sind bei $22^\circ C$ 10^{-7} g Wasserstoffionen und ebensoviel Hydroxylionen vorhanden (Ionenprodukt $H^+ \times OH^- = const = 10^{-14}$). Im sauren Lösungsbereich überwiegen die Wasserstoffionen, im alkalischen Bereich die Hydroxylionen.

Zur Vereinfachung bezeichnet man den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration als pH-Wert (pH pondus hydrogeni). Es ist z.B. für „neutrales“ Wasser $pH = -\log 10^{-7} = 7$

Saure Wässer haben pH-Werte zwischen 0 und 7, alkalische Wässer zwischen 7 und 14. Der pH-Wert ist ein quantitativer Ausdruck für den Säuregrad eines Wassers und ergänzt die ungenaue, qualitative Ausdrucksweise für Reaktionsstufen (neutral, schwach sauer, stark sauer usw.).

Die meisten natürlichen Wässer reagieren aufgrund ihres Kalkgehaltes schwach bis deutlich alkalisch (pH = 7,2 bis 7,7). Die von Natur aus sauren Wässer enthalten meist Huminsäuren oder Kohlensäure (pH 5 bis 6,5). Stark eisen- und manganhaltige Wässer zeigen oft deutlich saure Reaktion.

3.3.2.2 Gase

Kohlendioxid (Kohlensäure) CO_2

Jedes natürliche Wasser enthält zumindest geringe Mengen freier und gebundener Kohlensäure. Freie Kohlensäure ist größtenteils gasförmig als CO_2 gelöst, nur zu 0,7 % als hydratisierte Kohlensäure (H_2CO_3) vorhanden; diese dissoziiert weiter in H^+ und HCO_3^- -Ionen. In der Praxis wird in diesem Zusammenhang nur von der Kohlensäure gesprochen.

Kohlensäuregehalt:

- Grundwasser: i.a. 10 bis 20 mg/l CO_2 , max. 100 mg/l CO_2
Mineralwasser (Säuerling): 1000 mg/l CO_2
Oberflächenwasser: i.a. nur wenige mg/l CO_2 höchstens 10 bis 15 mg/l (im Winter)

Wirkungen

Ein gewisser Kohlensäuregehalt verleiht dem Wasser einen angenehmen, frischen Geschmack. Freie überschüssige Kohlensäure greift aber metallische Werkstoffe an und löst den Kalk aus Mörtel und Beton (Schutz der Rohrleitungen und Bauwerke.). Mit den



Karbonaten der Erdalkalien und anderer Metalle (besonders Eisen und Mangan) bildet die Kohlensäure Gleichgewichtssysteme nach dem chemischen Massenwirkungsgesetz. Die Löslichkeit der Erdalkal karbonate ist vom jeweiligen Gehalt an freier Kohlensäure abhängig (siehe Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht).

Sauerstoff O₂

Sauerstoff findet sich im Regen- und Oberflächenwasser, ist jedoch auch in flachem Grundwasser enthalten. Tiefere, besonders eisenhaltige Grundwässer sind sauerstoffarm oder frei von Sauerstoff. In den Oberflächengewässern ist der Sauerstoff der entscheidende Faktor für den Ablauf der Selbstreinigungsvorgänge.

Wirkungen

Sauerstoff kann bei gleichzeitiger Anwesenheit von aggressiver Kohlensäure eisen- und bleilösend (Gesundheitsgefahren!) wirken, ist jedoch zur Ausbildung einer korrosionsverhindernden Schutzschicht in härteren Wässern erwünscht (3 bis 6 mg/l O₂). Für Kesselspeisewasser besonderer Güte wird wegen der hohen Korrosionsgefahr dagegen sauerstofffreies Wasser verlangt.

Schwefelwasserstoff H₂S

Schwefelwasserstoff entsteht bei

- a) der Zersetzung von Sulfiden durch Kohlensäure im Boden (eisen- und manganhaltige Grundwässer)
- b) der biochemischen Reduktion schwefelhaltiger organischer Stoffe (Hinweise auf Verschmutzung!)
- c) bei der Sulfatreduktion.

Wirkungen

Schwefelwasserstoffhaltiges Wasser ist aufgrund des unangenehmen intensiven Geschmacks für den menschlichen Genuß ungeeignet. H₂S kann schon in geringen Mengen giftig sein und aggressiv wirken (Bildung von Schwefelsäure).

3.3.2.3 Eisen

Sauerstoffarmes oder -freies Grundwasser, das aus eisenhaltigen Grundwasserleitern stammt, enthält zum Teil erhebliche Mengen gelösten Eisens. Eisen(II)hydrogenkarbonat Fe (HCO₃)₂, Eisen(II)-sulfat FeSO₄; Eisen(II)-hydroxid-Sol Fe (OH)₂; huminsaures Eisen (an organische Substanzen gebunden; schwierig aufzubereiten). Den Hauptanteil stellt Eisen(II)-hydrogenkarbonat, aus dem sich bei Kontakt mit Luftsauerstoff Eisen(III)-hydroxid-Flocken (rostbrauner Schlamm) bilden:



Wirkungen

Der normale Eisengehalt der Grundwässer ist i.a. nicht gesundheitsgefährdend. Stark eisenhaltiges Wasser schmeckt aber unangenehm (tintiger Geschmack), wird leicht trüb, verursacht Rostflecken in der Wäsche und ruft Ablagerungen und Verkrustungen im Rohrnetz hervor, die zu einer Verringerung der Förderfähigkeit führen. Für eine große Anzahl von gewerblichen Betrieben (Wäschereien, Textil- und Papierfabriken) ist eisenhaltiges Wasser unbrauchbar.

3.3.2.4 Mangan

Mangan ist ein häufiger Begleiter des Eisens. Es tritt in folgenden Verbindungen im Wasser auf: Mangan II-hydrogenkarbonat $\text{Mn} (\text{HCO}_3)_2$, Mangan II-sulfat MnSO_4 , huminsaures Mangan. Im Vergleich zu den Eisenverbindungen sind die Manganverbindungen beständiger gegenüber Sauerstoff.

Wirkungen

Die Wirkung ist ähnlich der des Eisens. In einigen Fällen hat Mangan zu einem Massenwachstum von Manganbakterien und zu Verstopfungen von Rohrnetzen geführt.

3.3.2.5 Stickstoffverbindungen

Ammoniumverbindungen

Ammoniumverbindungen können entweder durch rein chemische Vorgänge entstehen, indem O_2 aus Nitraten abgespalten wird (hygienisch unbedenklich!) oder durch biochemische (bakterielle) Zersetzung organischer, stickstoffhaltiger Substanzen (Indikator für die Verschmutzung des Wassers).

Ammoniak NH_3 bzw. die aus ihm entstehenden Ammoniumsalze sollen im Trinkwasser nicht vorhanden sein.

Nitrite NO_2

Nitrite NO_2 sind die nächste Abbaustufe des Ammoniaks und zeigen, daß die oxidierende - damit keimtötende - Wirkung der Bodenbakterien nicht zur Umwandlung in Nitrate ausreichte. Die Nitrite sind nicht unmittelbar gesundheitsschädlich, deuten aber auf eine Verunreinigung durch - möglicherweise Krankheitskeime enthaltende - Abfallstoff hin. Nitrite können auch durch Reduktion von Nitraten entstehen (hygienisch unbedenklich).



Nitrate NO₃

Nitrate sind von Natur aus nicht oder nur in geringen Mengen im Wasser enthalten. Das Vorkommen von Nitraten als Endprodukt der Oxidation stickstoffhaltiger, organischer Stoffe (Mineralisation des Stickstoffs), läßt in der Regel auf die Zersetzung organischer Abfallstoffe schließen. Nitrate können aber auch aus der mineralischen Düngung der Böden herrühren. Nitratgehalte unter 50 mg/l werden nach TVO bislang als nicht gesundheitsschädlich eingestuft.

3.3.2.6 Chloride Cl

Natürliche Wässer enthalten meist weniger als 30 mg/l Cl. (Völlig chloridfreie Wässer kommen nicht vor). Ein hoher Chloridgehalt zeigt Verunreinigungen des Wassers an, wenn nicht die geologischen Verhältnisse (Meeresnähe, Steinsalzvorkommen) ihn erklären. Geschmacklich wird das Wasser bei hohem Salzgehalt beeinträchtigt (Geschmacksschwelle rd. 350 mg/l Cl).

3.3.2.7 Sulfate SO₄

Der Sulfatgehalt im Grundwasser hängt im wesentlichen von der geologischen Beschaffenheit der durchflossenen Bodenschichten ab:

Normalgehalt: ca. 30 mg/l Gips- und salzhaltige Grundwasserleiter: bis 300 mg/l

Sulfathaltiges Wasser greift Eisen und Beton (Bildung von Calciumsulfoaluminat Zementbazillus) an; für Kesselspeisezwecke ist es ungeeignet.

Ein Sulfatgehalt ≥ 200 mg/l SO₄⁺ kann Störungen der Magen- und Darmfunktionen des Menschen hervorrufen.

3.3.2.8 Phosphate P₂O₅

Phosphate sind nur in geringer, gesundheitlich unbedenklicher Menge in natürlichen Wässern vorhanden. Der Phosphatgehalt in Grundwässern (meist unter 0,2 mg/l P₂O₅) kann sich durch organische Zersetzungsprodukte und den Einfluß von Kunstdünger beträchtlich erhöhen. Die Anwesenheit von größeren Mengen an Phosphaten deutet auf Verunreinigungen durch tierische und menschliche Ausscheidungen (täglich ca. 3,3 g Phosphate) hin.



3.3.2.9 Härte

Die Härte eines Wassers wird durch den Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen bestimmt. Man unterscheidet die

KARBONATHÄRTE (KH) = vorübergehende oder temporäre Härte

NICHTKARBONATHARTE (NKH) = bleibende oder permanente Härte

Die Karbonathärte heißt deshalb vorübergehende Härte, weil beim Erwärmen Kohlensäure entweicht und die Karbonate ausflocken. Die Nichtkarbonathärte umfasst sämtliche nicht an Kohlensäure gebundene Verbindungen der Erdalkalien (Ca- Mg-chlorid, -nitrat, -sulfat, -phosphat usw.). Die Summe von Karbonat- und Nichtkarbonathärte ist die Gesamthärte (GH). Der Calcium- und Magnesiumsalzgehalt wird durch Härtegrade [°] ausgedrückt:

1 deutscher Härtegrad (1° dH)	entspricht	10 mg/l CaO (= 7,14 mg/l MgO).
--------------------------------------	-------------------	---------------------------------------

Je nach dem Härtegrad bezeichnet man das Wasser als weich oder hart. Üblich ist folgende Härteskala:

0-4 sehr weich

4-8 weich

8-12 mittelhart

12-18 ziemlich hart

18-30 hart

> 30 sehr hart

In Granit, Basalt, Sandstein und Schiefer findet man weiche Wässer, in Mergel und Kalkstein sehr harte Wässer.

Trinkwasser sollte eine Gesamthärte von mindestens 80°dH aufweisen, mit einem Karbonathärteanteil von > 20°dH. Karbonathärten von 2 bis 60°dH sind erforderlich, um eine Schutzschicht in metallischen Rohren zu erzeugen. Das Wasser sollte aber auch nicht zu hart sein. Wässer mit Härtegraden von > 10 bis 15 dH stören bei fast allen Verwendungszwecken.

Hartes Wasser bindet beim Waschen große Mengen Seife und ruft versprödende Kalkablagerungen hervor. Beim Erwärmen des Wassers wird der gefürchtete Kesselstein gebildet. An Kesselspeisewasser werden deshalb ganz besonders hohe Ansprüche gestellt.

Gesundheitlich sind weder harte noch weiche Wässer nachteilig.

3.3.2.10 Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

Das Vorkommen von Härtebildnern, Kohlensäure, Eisen und Mangan im Wasser ist in den meisten Fällen eng miteinander verbunden.



Die in sämtlichen natürlichen Wässern vorhandene, durch Verbrennung oder biologische Zersetzung organischer Stoffe entstandene, aus der Luft oder dem Gestein aufgenommene Kohlensäure tritt in verschiedenen Bindungszuständen auf:

G e s a m t e K o h l e n s ä u r e			
G e b u n d e n e K o h l e n s ä u r e		F r e i e K o h l e n s ä u r e	
Fest gebunden in Karbonaten CaCO ₃ , MgCO ₃	Halb gebunden in Hydrogenkarbonaten Ca(HCO ₃) ₂ Mg(HCO ₃) ₂	Zugehörige CO ₂ (Gleichgewichts- kohlensäure)	Aggressive CO ₂ (rostschutzver- hindernd, teilweise kalkangreifend)

Freie Kohlensäure ist in der Lage, die fast wasserunlöslichen Karbonate in die leicht lösliche Form der Hydrogenkarbonate überzuführen:



Damit das Hydrogenkarbonat nicht von selbst wieder in Karbonat und Kohlensäure zerfällt, muß im Wasser eine weitere Menge Kohlensäure gelöst sein. Sie heißt zugehörige freie Kohlensäure. Ist über diese Menge hinaus keine freie Kohlensäure mehr vorhanden, dann befindet sich das Wasser im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht.

Die Gleichgewichtsbeziehung zwischen dieser freien Kohlensäure und der im Hydrogenkarbonat gebundenen Kohlensäure ist empirisch ermittelt worden. Gelöste Kohlensäure, die den Anteil der zugehörigen freien Kohlensäure übersteigt, wird als überschüssige freie Kohlensäure bezeichnet. Sie wirkt metallangreifend und verhindert die Bildung einer Kalk-Rostschutzschicht in den Rohren, die bei Gleichgewichtswässern mit einer Karbonathärte > 20°dH entsteht. Nur ein Teil der überschüssigen freien Kohlensäure ist kalkaggressiv, dabei der Lösung des Kalks auch die erforderliche Menge an zugehöriger freier Kohlensäure steigt, entsprechend dem Anteil neugebildeten Calciumhydrogenkarbonats.

Bei der Wasseraufbereitung wird angestrebt, das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wegen der damit verbundenen Vorteile zu erreichen. Dieses Gleichgewicht ist jedoch stark temperaturabhängig. Im Gleichgewicht stehendes Wasser kann bei Erwärmen in Heizungsanlagen erneut aggressiv werden.

3.3.2.11 Oxidierbarkeit (KMnO₄-Verbrauch)

Organische Stoffe sind - und sei es nur in Spuren - in allen natürlichen Wässern gelöst. Es ist nicht möglich, die verschiedenartigen, in ihrer Struktur oft unbekanntes Substanzen, auf einfache Weise getrennt nachzuweisen. Der Gehalt des Wassers an organischen Stoffen ist chemisch durch die Größe des Kaliumpermanganatverbrauchs (KMnO₄ ist ein starkes Oxidationsmittel) annähernd zu bestimmen.



Übliche Werte für den KMnO_4 -Verbrauch von Grundwasser liegen zwischen 4 und 6 mg/l. Bei huminhaltigen Wässern (Moorwässer) steigen die Werte gelegentlich auf mehr als das Vierfache. Flußwasser mit 25 mg/l kann noch ein verhältnismäßig sauberes Wasser sein.



3.3.2.12 Toxische Stoffe - ANORGANISCH

Arsen

- ist ein Spurenelement der Erdkruste
- findet Verwendung in der Autoindustrie, Halbleitertechnik, Glasverarbeitung, chemische Industrie, in Kosmetika, in Pflanzenschutzmitteln
- Wirkung:
akute Vergiftung mit Erbrechen, Durchfall, Schwäche und Kopfschmerzen ab einer Aufnahme von 2 mg; für den Erwachsenen sind 100 mg tödlich; chronische Vergiftungen führen zu Nervenschäden

Blei

- Blei ist im Untergrund weit verbreitet; es findet in vielen Bereichen unseres täglichen Lebens Anwendung => Bleirohre, Kabel, Farbpigmente, Benzin, Akkus
- Die Aufnahme findet vornehmlich über den Nahrungsweg statt !
- Wirkung:
akute Bleivergiftungen äußern sich durch Koliken und Krämpfe; Bleiblässe und Bleiablagerungen am Zahnfleischrand; leichtere Fälle äußern sich durch Schlaflosigkeit, Reizbarkeit, Konzentrationsmangel, Apathie

Cadmium

- Cadmium ist in der Erdkruste sehr selten; der Eintrag in die Umwelt erfolgt über Abgase aus der Industrie und den Kraftwerken (auch AKW's) und über cadmiumhaltigen Phosphatdünger
- Wirkung:
Cadmium ist ein Akkumulationsgift, das sich in den Nieren und in der Leber anlagert und zu Nierenschäden und Knochendeformationen führen kann.

Fluorid

- Fluoridhaltige Mineralien kommen in den Urgesteinen (Flußspat) vor und werden durch Verwitterungsvorgänge in der Umwelt verteilt.



- Anthropogen verursacht gelangen Fluoride über Abwässer und Abgase der Metallgewinnung und -verarbeitung, sowie als Fluorkohlenwasserstoffe (Kühlmittel => Ozonkiller) in die Umwelt.
- Wirkung:
Für den Menschen ist Fluorid lebenswichtig, vor allem für den Zahnschmelz. Die Grenzen zwischen positiv und schädlich liegen allerdings sehr nah zusammen: Konzentrationen von 1 mg/l besitzen eine kariesvorbeugende Wirkung, ab 2 bis 3 mg/l wird der Zahnschmelz fleckig und ab 4 mg/l vermutet man ein erhöhtes Krebsrisiko.
Aus diesem Grund wird, im Gegensatz zu den USA, in der BRD keinerlei Fluorid in das Lebensmittel Nr.1 zugegeben.

Quecksilber

- Quecksilber ist ein überall in der Erdkruste vorkommendes Spurenelement.
- Eingesetzt wird es in der Meßtechnik, der Elektroindustrie und der chemischen Industrie. Darüberhinaus kommt Hg in Zahnfüllungen und Pflanzenschutzmitteln vor.
- Wirkung:
Hg ist für den Menschen giftig, es schädigt Nerven und Hirn, führt zu Konzentrationsunfähigkeit, Reizbarkeit, Gedächtnisschwund.



3.3.2.13 Toxische Stoffe - ORGANISCH

Organische Chlorverbindungen (CKW)

- vorrangig die leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe sind in der TVO aufgeführt, es handelt sich dabei um Lösungsmittel.
- Verwendung finden sie in größerem Maße zum Entfetten von Metallen sowie zur chemischen Reinigung. Darüberhinaus werden sie im Haushalt als Fleckentferner und in der Lebensmittelindustrie bei der Herstellung von Pulverkaffee und Fruchtsaftextrakten eingesetzt.
- Sie sind leicht flüchtig, daher findet ein Eintrag in die Umwelt nicht nur im konkreten Schadensfall statt. Über den Regen gelangen die CKW in die Oberflächengewässer. Chemisch sind die CKW sehr stabil, erst in großen Höhen werden sie durch das Sonnenlicht zerstört.
- Wirkung:
CKW reichern sich im menschlichen Fettgewebe an. Sie wirken auf das zentrale Nervensystem teilweise narkotisierend, erzeugen nervöse Erscheinungen von Kopfschmerz, Vergesslichkeit und Bewußtseinsstörungen. Einige Verbindungen sind karzinogen, zumindestens aber karzinogen begünstigend.

Pflanzenbehandlungsmittel

- In Deutschland sind eine Vielzahl von Substanzen im Einsatz ca. 400 Wirkstoffe. Auf Grund ihres grundsätzlichen gesundheitlichen Gefährdungspotentials gehört diese Stoffgruppe nicht ins Trinkwasser!
- In den letzten Jahren mußten jedoch zunehmend Trinkwasserbrunnen aufgrund einer Verseuchung durch PSM (s. Niedernhausen - Spritzwagen der Bundesbahn) stillgelegt werden.
- Die Problematik liegt aber in der Analytik, da es zum einen eine ungeheure Vielzahl von Substanzen auf dem Markt gibt und zum anderen daß es noch nicht für alle Substanzen ein Nachweisverfahren gibt!



Oberflächenaktive Stoffe - Tenside

- Tenside verringern die Oberflächenspannung von Wasser, wodurch das Lösungsverhalten von ansonsten unlöslichen Stoffen beeinflusst wird.
- Für häusliche Waschmittel muß der Hersteller die biologische Abbaubarkeit nachweisen, wobei zu beachten ist, daß die Abbauprodukte zum einen fischgiftig sein können und zum anderen daß sie die Verfügbarkeit von anderen Schadstoffen erhöhen.
- Zur Schonung unserer Umwelt ist es daher wünschenswert den Putz- und Waschmittelverbrauch zu reduzieren.

3.3.3 Bakteriologische Beschaffenheit

Trinkwasser soll frei von Krankheitserregern (pathogenen Keimen) sein und auch möglichst wenige der für Menschen unschädlichen Keime (nichtpathogene Keime) enthalten.

Da der Nachweis pathogener Keime besonders umständlich ist und lange Zeit beansprucht, wird er lediglich in Sonderfällen geführt. Die Gefährlichkeit eines Wassers wird nach folgenden Proben beurteilt:

- a) nach der Gesamtkeimzahl: Hinweis auf die allgemeine Verunreinigung,
- b) nach der Zahl von Coli-Bakterien: die für menschlich- tierische Verunreinigungen im Wasser typisch sind.

Beispiel für bakteriologischen Trinkwassernotfall

Im Frühjahr des Jahres 1996 war der Boden in weiten Teilen des Landes deutlich länger gefroren als sonst üblich. Dies führte dazu, daß bei einer Reihe von Landwirten die Lagerkapazitäten für Gülle usw. erschöpft waren. In ihrer Not führten sie, obwohl verboten, die Gülle usw. auf die gefrorenen Böden. Die Böden nahmen dann kaum Gülle auf, so daß viel davon entweder in die Gewässer gelangte oder in den Klüften des Untergrundes versickerte. In karstigen Gegenden drang die Gülle dann in verschiedene Wasserwerke ein, durchbrach z.T. die Filteranlagen, schaltete in einigen Fällen auch die Desinfektionsanlagen aus und führte so zu Geschmacks- und Geruchsbeeinträchtigungen sowie zu Trinkwassergrenzwertüberschreitungen bei *Escherichia coli* und coliformen Keimen. In manchen Fällen konnte man einen Güllegeschmack im Trinkwasser nur beim Erwärmen (Duschen, Kochen) feststellen, während das Kaltwasser keinen Geruch oder Geschmack aufwies: Wasserwerke, bei denen solche Gülleverunreinigungen auftraten, sollten diese Vorgänge nicht als einmaliges Ereignis auffassen sondern sich darüber klar werden, daß ihre Wasserversorgung anfällig für oberflächliche Einflüsse ist. Dies sollte bei zukünftigen Überarbeitungen des betreffenden Wasserwerkes und in den Alarmplänen berücksichtigt werden.



3.4 Wasseraufbereitung

3.4.1 Verfahrensübersicht

Desinfektion

- Dosierung von Chlorgas
- Behandlung mit Chloramin
- Dosierung von Natriumhypochlorid
- Dosierung von Chlordioxid
- Behandlung mit Chlorkalk.
- Behandlung mit Ozon.
- Dosierung von Kaliumpermanganat
- Bestrahlung mit Ultraviolettem Licht

Absetzen (Sedimentation) + Flotieren

- Absetzen im Sandfang
- Aufenthalt in Lagunen
- Absetzen in einfachen Becken mit Schlammräumer
- Absetzen in Rundbecken mit Schlammräumer
- Behandlung im Becken mit Schlammdecke
- Absetzen im Schrägplatten-Klärer
- Flotieren mit Druckluft -

Sieben + Membranfilter

- Strömung durch einen Rechen
- Sieben in einer Trommelsiebmaschine
- Umkehrosmose.

Filtern

- Durchströmen von offenen Schnellfiltern
- Durchsatz durch geschlossene Druckfilter
- Durchströmen von Mehrschichtfiltern
- Behandlung mit Jurakalk- oder Dolomit-Material
- Behandlung mit Aktivkohlefiltern (Pulver- oder Konrkoehle
- Behandlung in Filtern mit Ionenaustauschmaterial



Adsorption + Ionenaustausch

- Behandlung mit Aktivkohlepulver
- Behandlung mit gekörnter Aktivkohle
- Behandlung mit basischem oder sauren Austauschharz

Biologische Verfahren

- Aufenthalt in Teichen
- Durchsatz durch Raumfilter, Trockenfilter Untergrundpassage in Grundwasserleitern
- DENIPLANT - Verfahren. Strömung durch Langsamfilter

Flockung + Fällung

- Behandlung mit Aluminiumsulfat und Poly-Al-Chlorid
- Behandlung mit Eisen (III)-Chlorid
- Behandlung mit Eisen (II)-Sulfat und Oxidation
- Flockung mit Flockungshilfsmittel
- Mikroflokkung
- Flockungsfiltration
- Refiltrationsflockung

Gas austausch

- Verdüsung an freier Atmosphäre
- Durchsatz durch gewellte Kunststoff-Formteile
- Strömung über Kaskaden.
- Strömung durch Becken mit feinblasiger Belüftung
- Einpressen von technisch-reinem Sauerstoff

Destillieren

- Langrohr-Destillation
- Multistage flash Destillation

Wirkstoff Dosierung

- Dosierung von Kalkmilch, Salzsäure, etc



3.4.2 Beispiele

3.4.2.1 Bodensee

Mikrosiebung
Ozonierung
Filtration
ClO₂

3.4.2.2 Wahnbach-Talsperre

Flockung
Aktivkohle
Filtration

Talsperre

Flockung
Filtration
ClO₂

3.4.2.3 Rheinwasseraufbereitung - Mainz

Uferfiltration
Enteisung
Entmanganung
Aktivkohle
ClO₂

3.4.2.4 Grundwasserwerk Eich

Enteisung
Entmanganung
Enthärtung
Aktivkohle
ClO₂

4 WASSERFÖRDERUNG

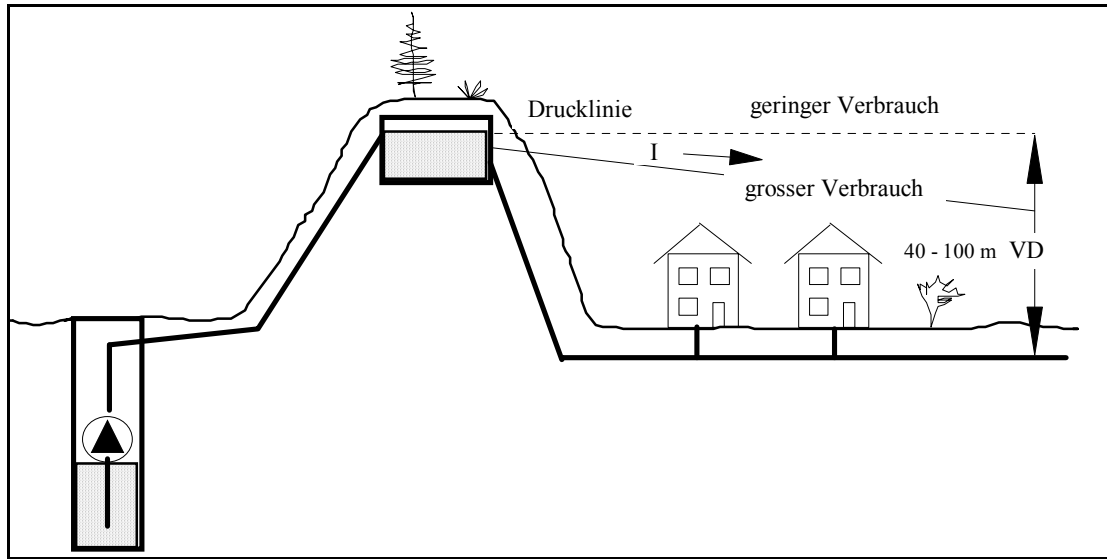


Abb. 4-1: Pumpenbetrieb über Hochbehälter ins Verteilrohrnetz (DB)

Richtwerte: $v \approx 0,6$ bis 1 m/s
 $I \approx 2$ bis 6 m/km
 $VD \approx 20$ bis 40 mWs

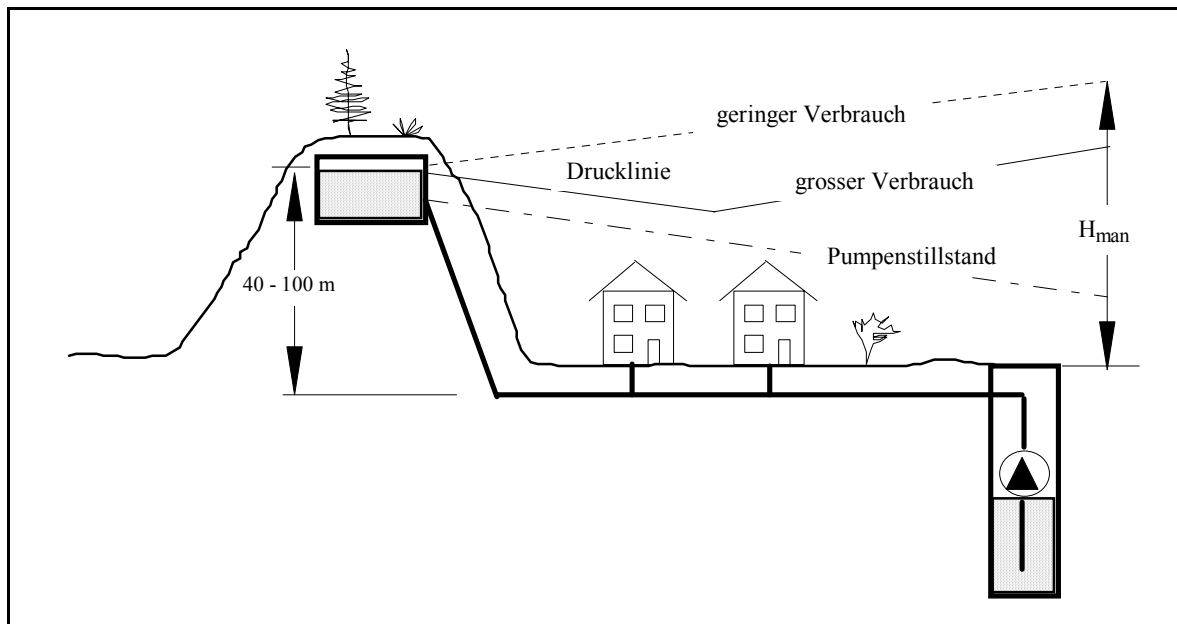
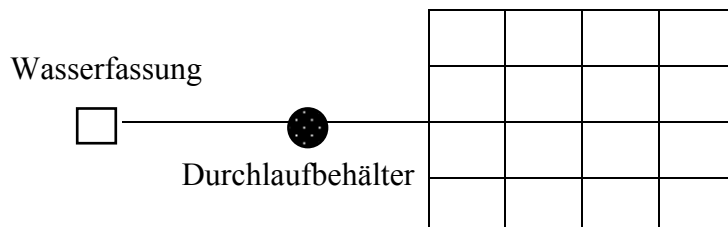
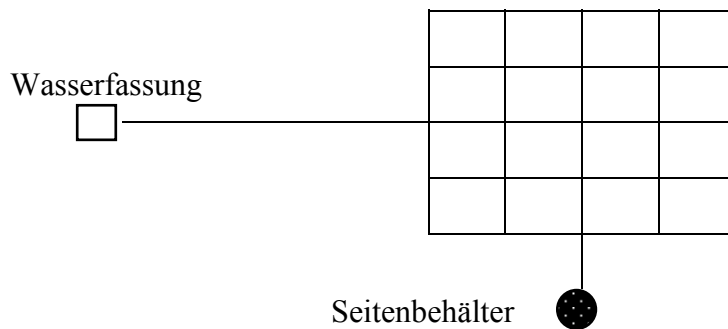
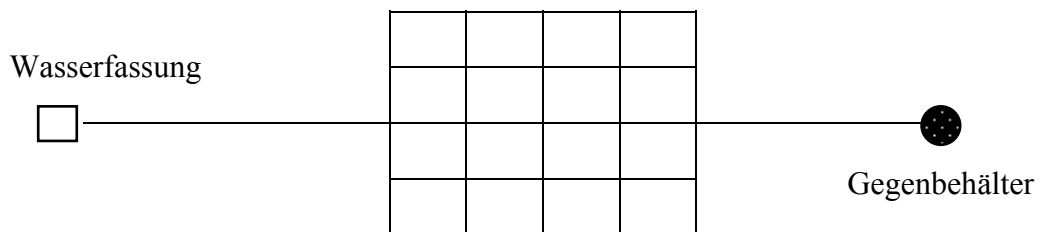
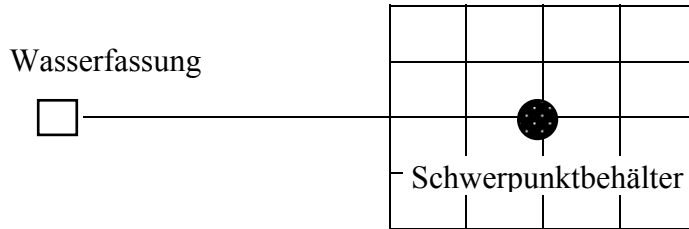
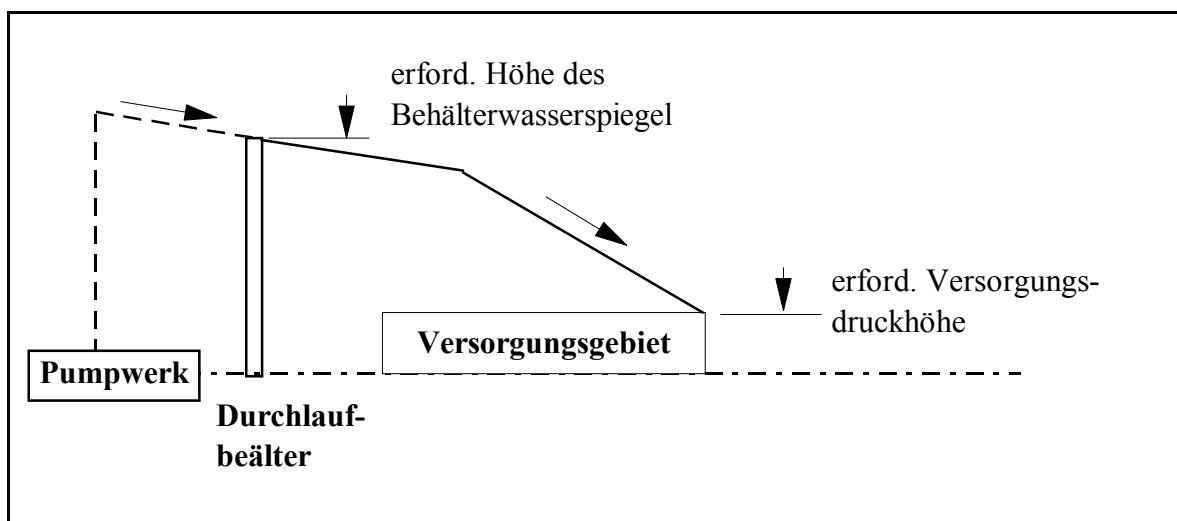
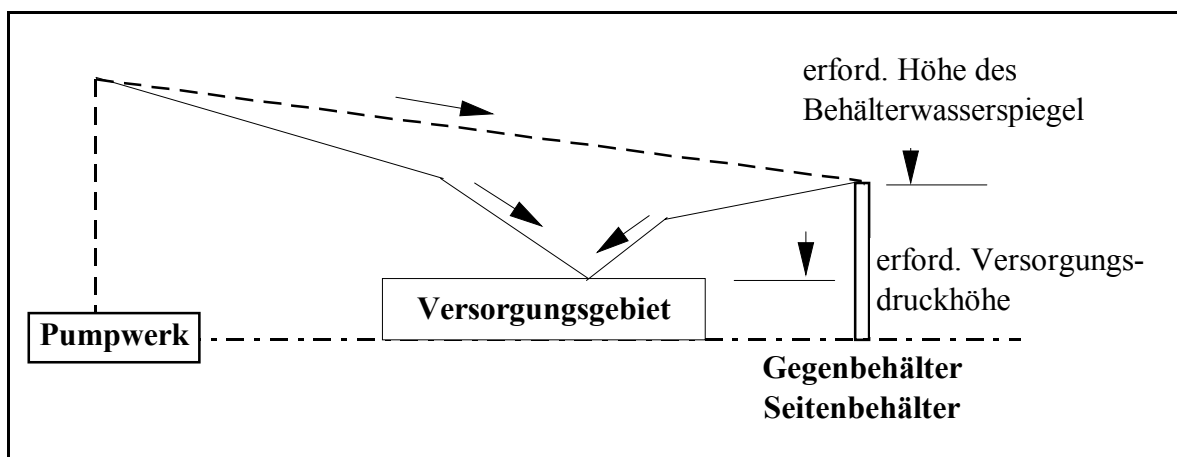
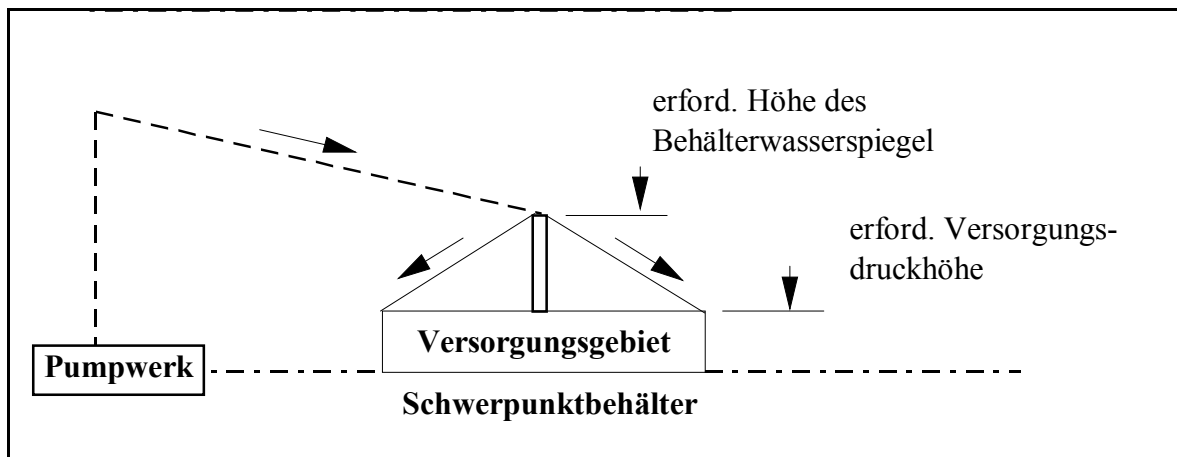


Abb. 4-2: Direkter Pumpenbetrieb ins Verteilrohrnetz mit Gegenbehälter (GB)





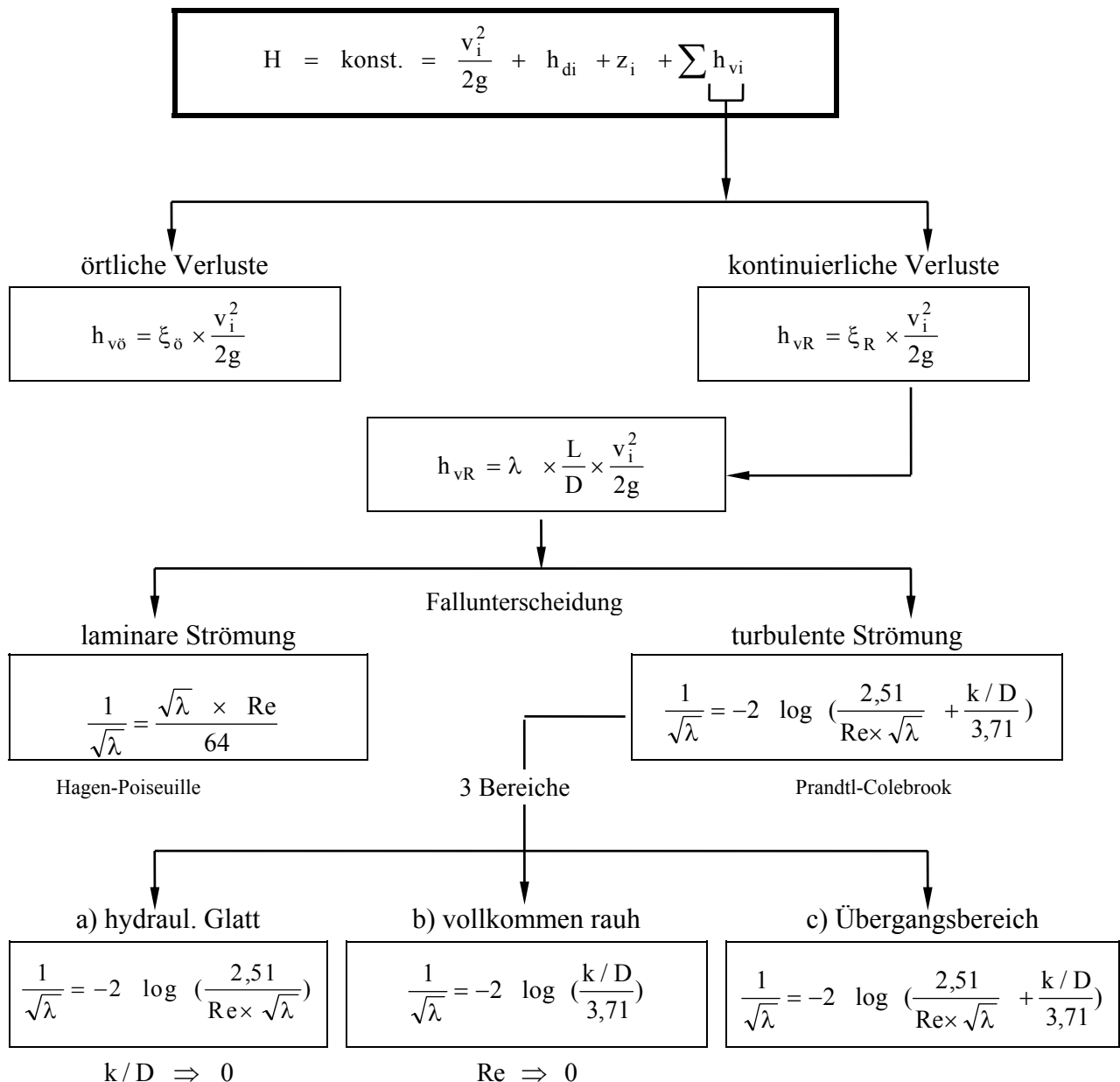


4.1 Bernoullische Druck- u. Energiegleichung

Die Bernoullische Gleichung dient der Berechnung der Lage der Drucklinie in voll gefüllten Leitungen.

In Gerinnen ist die Drucklinie identisch mit der Wasserspiegellinie.

$\frac{v_i^2}{2g}$ [m]	=	Geschwindigkeitsenergie	H [m]	=	Gesamtenergiehöhe
z_i [m]	=	geodätische Höhe über beliebigem Horizont	h_{vi}	=	Gesamtverlusthöhe (Wandreibung + Ablösung)
h_{di} [kN/m ²]	=	$\frac{p_d}{(\rho \times g)}$ Druckhöhe	ρ [t/m ³]	=	Wasserdichte
p_d [kN/m ²]	=	Druck	g [m/s ²]	=	9,81 (Fallbeschleunigung)

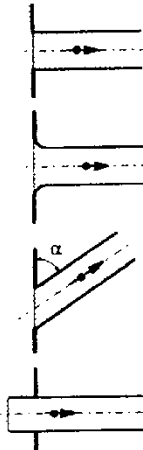

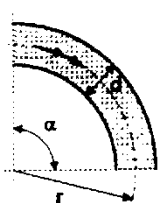




4.2 Örtliche Verluste für Rohrströmungen

Die Verlusthöhenanteile aus örtlichen Verlusten [10] errechnen sich stets mit Gleichung (6.26), wobei im Regelfall die Geschwindigkeitshöhe nach der Störstelle einzusetzen ist:

$$h_{v,\delta} = \zeta_{\delta} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (6.26)$$

Art der Armatur oder des Formstücks	Örtliche Verlustbeiwerte ζ_{δ}																
 <p>Kantiger Einlauf</p> <p>Abgerundeter Einlauf</p> <p>Kantiger Einlauf unter dem Winkel α</p> <p>Weit vorstehender, kantiger Einlauf</p>	<p>Einlauf (auch Auslauf aus einem Behälter in eine Rohrleitung) Einlaufverluste $\zeta_{\text{Ein}} = \dots$</p> <p>Kantiger Einlauf: sehr scharf $\zeta = 0,5$ normal gebrochen $\zeta = 0,25$ starke Phase $\zeta = 0,2$</p> <p>Abgerundeter Einlauf: normal $\zeta = 0,05$ je nach Glätte $\zeta = 0,06$ bis $0,005$</p> <p>Kantiger Einlauf unter dem Winkel α: $\alpha = 45^\circ \Rightarrow \zeta = 0,8$ $\alpha = 60^\circ \Rightarrow \zeta = 0,7$ $\alpha = 75^\circ \Rightarrow \zeta = 0,6$</p> <p>Weit vorstehender, kantiger Einlauf: sehr scharf $\zeta = 1,3$ bis 3 normal gebrochen $\zeta = 0,6$</p>																
 <p>trompetenartiger Einlauf</p> <p>abgeschrägter Einlauf</p>	<p>Einlaufgehäuse von Pumpensaugleitungen Einlaufverluste $\zeta_{\text{Ein}} = \dots$</p> <p>trompetenförmiger Einlauf: $\zeta = 0,05$</p> <p>abgeschrägter Einlauf: $\zeta = 0,20$</p>																
 <p>Krümmen gebogen Oberfläche glatt</p>	<p>Krümmen gebogen mit glatter Oberfläche</p> <table border="1" data-bbox="758 1713 1308 1870"> <thead> <tr> <th>Umlenkwinkel α</th> <th>45 °</th> <th>60 °</th> <th>90 °</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = d$</td> <td>0,14</td> <td>0,19</td> <td>0,21</td> </tr> <tr> <td>$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = 2 d$</td> <td>0,09</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td>$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r \geq 5 d$</td> <td>0,08</td> <td>0,10</td> <td>0,10</td> </tr> </tbody> </table>	Umlenkwinkel α	45 °	60 °	90 °	$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = d$	0,14	0,19	0,21	$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = 2 d$	0,09	0,12	0,14	$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r \geq 5 d$	0,08	0,10	0,10
Umlenkwinkel α	45 °	60 °	90 °														
$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = d$	0,14	0,19	0,21														
$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r = 2 d$	0,09	0,12	0,14														
$\zeta_{\text{Krü}}$ für $r \geq 5 d$	0,08	0,10	0,10														



Tab. 4-1: Fernwasserleitungen - Integrale Rauheit $k_i = 0,1 \text{ mm}$; DN = Nennweite; $I_E = h_{vT}/l$

Q l/s	DN 50		DN 65		DN 80		DN 100		DN 125		DN 150	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
1	0,51	7,900	0,30	2,171	0,20	0,790	0,13	0,269	0,08	0,092	0,06	0,039
1,5	0,76	16,752	0,45	4,544	0,30	1,638	0,19	0,553	0,12	0,188	0,08	0,079
2	1,02	28,749	0,60	7,726	0,40	2,766	0,25	0,927	0,16	0,314	0,11	0,130
3	1,53	62,101	0,90	16,474	0,60	5,838	0,38	1,938	0,24	0,650	0,17	0,269
4	2,04	107,883	1,21	28,374	0,80	9,982	0,51	3,289	0,33	1,096	0,23	0,450
5	2,55	166,068	1,51	43,408	0,99	15,189	0,64	4,974	0,41	1,649	0,28	0,675
6	3,06	236,645	1,81	61,568	1,19	21,452	0,76	6,992	0,49	2,307	0,34	0,941
7			2,11	82,850	1,39	28,769	0,89	9,340	0,57	3,070	0,40	1,248
8			2,41	107,251	1,59	37,137	1,02	12,016	0,65	3,936	0,45	1,595
9			2,71	134,769	1,79	46,554	1,15	15,020	0,73	4,905	0,51	1,983
10			3,01	165,403	1,99	57,021	1,27	18,350	0,81	5,977	0,57	2,411
15					2,98	125,066	1,91	39,893	1,22	12,865	0,85	5,148
20							2,55	69,566	1,63	22,291	1,13	8,869
30									2,44	48,723	1,70	19,242
Q l/s	DN 200		DN 250		DN 300		DN 400		DN 500		DN 600	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
10	0,32	0,585	0,20	0,197	0,14	0,082	0,08	0,021				
15	0,48	1,233	0,31	0,412	0,21	0,169	0,12	0,043				
20	0,64	2,105	0,41	0,698	0,28	0,286	0,16	0,072	0,10	0,025		
30	0,95	4,509	0,61	1,482	0,42	0,602	0,24	0,149	0,15	0,051	0,11	0,021
40	1,27	7,787	0,81	2,543	0,57	1,027	0,32	0,250	0,20	0,085	0,14	0,036
50	1,59	11,933	1,02	3,876	0,71	1,559	0,40	0,377	0,25	0,127	0,18	0,052
60	1,91	16,945	1,22	5,481	0,85	2,198	0,48	0,529	0,31	0,177	0,21	0,074
70	2,23	22,821	1,43	7,358	0,99	2,941	0,56	0,703	0,36	0,235	0,25	0,096
80	2,55	29,561	1,63	9,504	1,13	3,790	0,64	0,902	0,41	0,301	0,28	0,124
90	2,86	37,164	1,83	11,921	1,27	4,744	0,72	1,126	0,46	0,374	0,32	0,154
100	3,18	45,630	2,04	14,607	1,41	5,802	0,80	1,372	0,51	0,454	0,35	0,186
150			3,06	32,080	2,12	12,658	1,19	2,958	0,76	0,969	0,53	0,393
200					2,83	22,117	1,59	5,130	1,02	1,671	0,71	0,674
300							2,39	11,219	1,53	3,622	1,06	1,449
400							3,18	19,633	2,04	6,304	1,41	2,510
500									2,55	9,714	1,77	3,852
600									3,06	13,850	2,12	5,479
700									3,56	18,714	2,48	7,386
800											2,83	9,576
Q l/s	DN 700		DN 800		DN 900		DN 1000		DN 1100		DN 1200	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
80	0,21	0,059	0,16	0,031	0,13	0,018	0,10	0,012				
90	0,23	0,072	0,18	0,038	0,14	0,021	0,11	0,013				
100	0,26	0,088	0,20	0,046	0,16	0,026	0,13	0,017	0,11	0,010		
150	0,39	0,185	0,30	0,096	0,24	0,054	0,19	0,033	0,16	0,021	0,13	0,015
200	0,52	0,315	0,40	0,163	0,31	0,092	0,25	0,056	0,21	0,034	0,18	0,023
300	0,78	0,672	0,60	0,346	0,47	0,194	0,38	0,116	0,32	0,074	0,27	0,048
400	1,04	1,159	0,80	0,596	0,63	0,331	0,51	0,198	0,42	0,124	0,35	0,082
500	1,30	1,772	0,99	0,907	0,79	0,504	0,64	0,301	0,53	0,188	0,44	0,123
600	1,56	2,518	1,19	1,284	0,94	0,713	0,76	0,423	0,63	0,263	0,53	0,172
700	1,82	3,381	1,39	1,725	1,10	0,956	0,89	0,565	0,74	0,351	0,62	0,229
800	2,08	4,376	1,59	2,229	1,26	1,232	1,02	0,728	0,84	0,452	0,71	0,294
900	2,34	5,497	1,79	2,795	1,41	1,544	1,15	0,911	0,95	0,566	0,80	0,367
1000	2,60	6,745	1,99	3,427	1,57	1,890	1,27	1,113	1,05	0,690	0,88	0,447
1500	3,90	14,877	2,98	7,527	2,36	4,136	1,91	2,426	1,58	1,500	1,33	0,969
2000					3,14	7,238	2,55	4,236	2,10	2,612	1,77	1,684
3000							3,82	9,341	3,16	5,747	2,65	3,692



Tab. 4-2: Wasserversorgungshauptleitungen - Integrale Rauheit $k_i = 0,4 \text{ mm}$; $I_E = h_{vr}/l$

Q l/s	DN 50		DN 65		DN 80		DN 100		DN 125		DN 150	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
1	0,51	10,155	0,30	2,638	0,20	0,921	0,13	0,302	0,08	0,101	0,06	0,041
1,5	0,76	22,250	0,45	5,711	0,30	1,972	0,19	0,638	0,12	0,210	0,08	0,085
2	1,02	38,997	0,60	9,938	0,40	3,408	0,25	1,094	0,16	0,356	0,11	0,144
3	1,53	86,441	0,90	21,851	0,60	7,431	0,38	2,359	0,24	0,759	0,17	0,304
4	2,04	52,482	1,21	38,371	0,80	12,986	0,51	4,095	0,33	1,307	0,23	0,520
5	2,55	237,120	1,51	59,500	0,99	20,072	0,64	6,301	0,41	2,001	0,28	0,791
6	3,06	340,353	1,81	85,234	1,19	28,688	0,76	8,977	0,49	2,839	0,34	1,118
7			2,11	115,575	1,39	38,835	0,89	12,123	0,57	3,821	0,40	1,501
8			2,41	150,423	1,59	50,513	1,02	15,738	0,65	4,948	0,45	1,938
9			2,71	190,077	1,79	63,721	1,15	19,822	0,73	6,219	0,51	2,431
10			3,01	234,237	1,99	78,459	1,27	24,375	0,81	7,635	0,57	2,979
15					2,98	175,102	1,91	54,182	1,22	16,876	0,85	6,546
20							2,55	95,719	1,63	29,723	1,13	11,490
30									2,44	66,229	1,70	25,509
Q l/s	DN 200		DN 250		DN 300		DN 400		DN 500		DN 600	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
10	0,32	0,686	0,20	0,223	0,14	0,090	0,08	0,023				
15	0,48	1,489	0,31	0,479	0,21	0,191	0,12	0,046				
20	0,64	2,595	0,41	0,828	0,28	0,329	0,16	0,079	0,10	0,026		
30	0,95	5,715	0,61	1,809	0,42	0,712	0,24	0,167	0,15	0,058	0,11	0,023
40	1,27	10,044	0,81	3,164	0,57	1,240	0,32	0,287	0,20	0,095	0,14	0,039
50	1,59	15,582	1,02	4,892	0,71	1,910	0,40	0,441	0,25	0,144	0,18	0,057
60	1,91	22,328	1,22	6,994	0,85	2,725	0,48	0,624	0,31	0,203	0,21	0,082
70	2,23	30,283	1,43	9,470	0,99	3,682	0,56	0,841	0,36	0,271	0,25	0,108
80	2,55	39,447	1,63	12,320	1,13	4,783	0,64	1,088	0,41	0,349	0,28	0,139
90	2,86	49,819	1,83	15,543	1,27	6,028	0,72	1,367	0,46	0,438	0,32	0,175
100	3,18	61,400	2,04	19,139	1,41	7,416	0,80	1,679	0,51	0,535	0,35	0,212
150			3,06	42,726	2,12	16,504	1,19	3,709	0,76	1,175	0,53	0,464
200					2,83	29,175	1,59	6,531	1,02	2,061	0,71	0,808
300							2,39	14,552	1,53	4,570	1,06	1,782
400							3,18	25,740	2,04	8,063	1,41	3,136
500									2,55	12,539	1,77	4,869
600									3,06	18,000	2,12	6,987
700									3,56	24,442	2,48	9,468
800											2,83	12,336
Q l/s	DN 700		DN 800		DN 900		DN 1000		DN 1100		DN 1200	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
80	0,21	0,065	0,16	0,034	0,13	0,020	0,10	0,012				
90	0,23	0,080	0,18	0,043	0,14	0,023	0,11	0,015				
100	0,26	0,098	0,20	0,051	0,16	0,028	0,13	0,018	0,11	0,012		
150	0,39	0,212	0,30	0,108	0,24	0,061	0,19	0,036	0,16	0,023	0,13	0,015
200	0,52	0,369	0,40	0,188	0,31	0,103	0,25	0,062	0,21	0,038	0,18	0,025
300	0,78	0,808	0,60	0,408	0,47	0,225	0,38	0,132	0,32	0,082	0,27	0,054
400	1,04	1,417	0,80	0,713	0,63	0,392	0,51	0,229	0,42	0,142	0,35	0,092
500	1,30	2,195	0,99	1,103	0,79	0,604	0,64	0,353	0,53	0,217	0,44	0,141
600	1,56	3,141	1,19	1,578	0,94	0,862	0,76	0,503	0,63	0,309	0,53	0,199
700	1,82	4,259	1,39	2,136	1,10	1,165	0,89	0,677	0,74	0,416	0,62	0,268
800	2,08	5,542	1,59	2,777	1,26	1,513	1,02	0,880	0,84	0,540	0,71	0,346
900	2,34	6,998	1,79	3,505	1,41	1,907	1,15	1,108	0,95	0,681	0,80	0,436
1000	2,60	8,621	1,99	4,314	1,57	2,346	1,27	1,364	1,05	0,835	0,88	0,535
1500	3,90	19,277	2,98	9,630	2,36	5,228	1,91	3,030	1,58	1,852	1,33	1,183
2000					3,14	9,246	2,55	5,355	2,10	3,270	1,77	2,085
3000							3,82	11,971	3,16	7,300	2,65	4,650



Tab. 4-3: Wasserverteilungsleitungen - Integrale Rauheit $k_i = 1,0 \text{ mm}$; DN; $I_E = h_{vT}/l$

Q l/s	DN 50		DN 65		DN 80		DN 100		DN 125		DN 150	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
1	0.51	13,355	0.30	3,341	0.20	1,129	0.13	0,357	0.08	0,115	0.06	0,046
1.5	0.76	29,677	0.45	7,371	0.30	2,472	0.19	0,773	0.12	0,245	0.08	0,097
2	1.02	52,423	0.60	12,969	0.40	4,331	0.25	1,346	0.16	0,424	0.11	0,167
3	1.53	117,183	0.90	28,872	0.60	9,595	0.38	2,962	0.24	0,924	0.17	0,360
4	2.04	207,636	1.21	51,048	0.80	16,922	0.51	5,203	0.33	1,615	0.23	0,626
5	2.55	323,781	1.51	79,498	0.99	26,311	0.64	8,071	0.41	2,496	0.28	0,964
6	3.06	465,617	1.81	114,221	1.19	37,763	0.76	11,564	0.49	3,568	0.34	1,374
7			2.11	155,218	1.39	51,277	0.89	15,683	0.57	4,830	0.40	1,856
8			2.41	202,489	1.59	66,854	1.02	20,428	0.65	6,282	0.45	2,411
9			2.71	256,033	1.79	84,492	1.15	25,799	0.73	7,926	0.51	3,038
10			3.01	315,850	1.99	104,193	1.27	31,795	0.81	9,759	0.57	3,737
15					2.98	233,634	1.91	71,164	1.22	21,783	0.85	8,315
20							2.55	126,177	1.63	38,567	1.13	14,697
30									2.44	86,417	1.70	32,877
Q l/s	DN 200		DN 250		DN 300		DN 400		DN 500		DN 600	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
10	0.32	0,831	0.20	0,262	0.14	0,103	0.08	0,025				
15	0.48	1,836	0.31	0,575	0.21	0,224	0.12	0,052				
20	0.64	3,233	0.41	1,007	0.28	0,391	0.16	0,090	0.10	0,030		
30	0.95	7,202	0.61	2,233	0.42	0,863	0.24	0,196	0.15	0,064	0.11	0,026
40	1.27	12,738	0.81	3,939	0.57	1,517	0.32	0,341	0.20	0,110	0.14	0,044
50	1.59	19,840	1.02	6,126	0.71	2,355	0.40	0,527	0.25	0,167	0.18	0,065
60	1.91	28,510	1.22	8,793	0.85	3,376	0.48	0,752	0.31	0,237	0.21	0,093
70	2.23	38,748	1.43	11,941	0.99	4,580	0.56	1,018	0.36	0,320	0.25	0,126
80	2.55	50,549	1.63	15,569	1.13	5,968	0.64	1,325	0.41	0,416	0.28	0,163
90	2.86	63,919	1.83	19,678	1.27	7,538	0.72	1,617	0.46	0,524	0.32	0,204
100	3.18	78,856	2.04	24,267	1.41	9,292	0.80	2,058	0.51	0,643	0.35	0,251
150			3.06	54,418	2.12	20,808	1.19	4,591	0.76	1,429	0.53	0,555
200					2.83	36,904	1.59	8,127	1.02	2,526	0.71	0,976
300							2.39	18,207	1.53	5,645	1.06	2,175
400							3.18	32,298	2.04	10,002	1.41	3,849
500									2.55	15,596	1.77	5,996
600									3.06	22,429	2.12	8,618
700									3.56	30,499	2.48	11,713
800											2.83	15,283
Q l/s	DN 700		DN 800		DN 900		DN 1000		DN 1100		DN 1200	
	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰	v m/s	I_E ‰
80	0.21	0,074	0.16	0,038	0.13	0,021	0.10	0,013				
90	0.23	0,093	0.18	0,048	0.14	0,026	0.11	0,017				
100	0.26	0,115	0.20	0,057	0.16	0,033	0.13	0,020	0.11	0,012		
150	0.39	0,250	0.30	0,126	0.24	0,069	0.19	0,041	0.16	0,026	0.13	0,017
200	0.52	0,439	0.40	0,220	0.31	0,121	0.25	0,070	0.21	0,044	0.18	0,028
300	0.78	0,974	0.60	0,486	0.47	0,264	0.38	0,154	0.32	0,095	0.27	0,061
400	1.04	1,720	0.80	0,858	0.63	0,465	0.51	0,217	0.42	0,165	0.35	0,106
500	1.30	2,677	0.99	1,335	0.79	0,723	0.64	0,419	0.53	0,256	0.44	0,163
600	1.56	3,846	1.19	1,916	0.94	1,036	0.76	0,601	0.63	0,366	0.53	0,234
700	1.82	5,224	1.39	2,601	1.10	1,406	0.89	0,813	0.74	0,496	0.62	0,317
800	2.08	6,815	1.59	3,391	1.26	1,834	1.02	1,059	0.84	0,646	0.71	0,411
900	2.34	8,615	1.79	4,285	1.41	2,315	1.15	1,338	0.95	0,814	0.80	0,519
1000	2.60	10,626	1.99	5,283	1.57	2,855	1.27	1,648	1.05	1,004	0.88	0,638
1500	3.90	23,845	2.98	11,845	2.36	6,396	1.91	3,688	1.58	2,244	1.33	1,426
2000					3.14	11,344	2.55	6,540	2.10	3,975	1.77	2,524
3000							3.82	14,671	3.16	8,913	2.65	5,657

4.3 Pumpen in der Wasserverteilung

4.3.1 Kolbenpumpen

Kolbenpumpen funktionieren als oszillierende Verdrängerpumpen. Die einfache Kolbenpumpe wird wegen der technischen Entwicklung der Kreiselpumpen für die Förderung von Abwasser heute kaum noch eingesetzt.

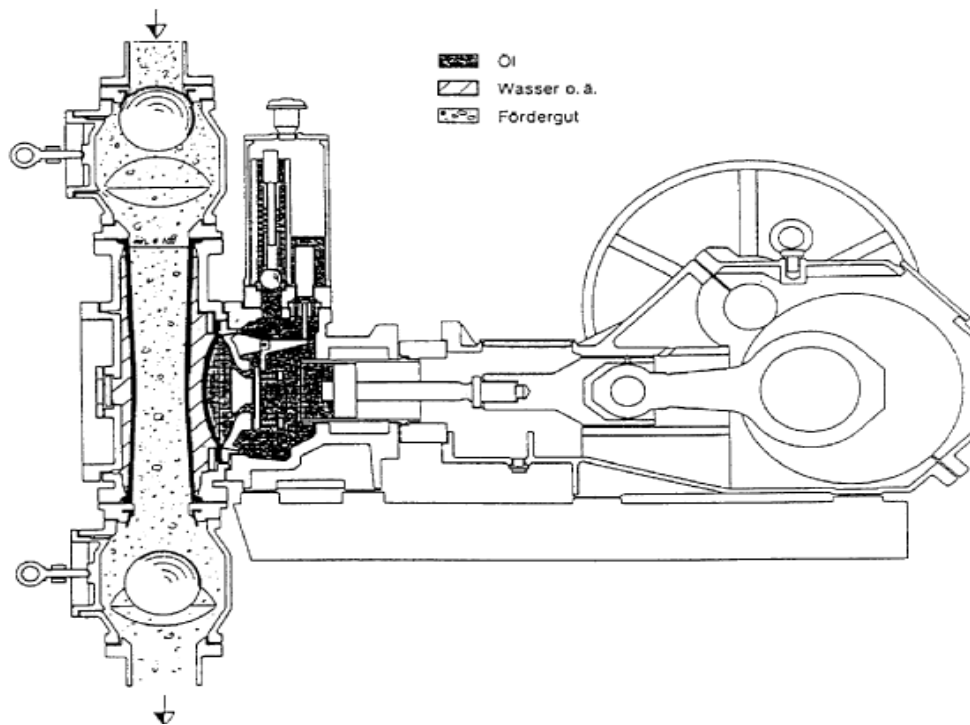


Abb. 4-3: Schlauchmembrankolbenpumpe [Fa. Feluwa]

4.3.2 Kreiselpumpen

Vorteile der Kreiselpumpe	Nachteile der Krieselpumpe
<ul style="list-style-type: none"> • geringer Raumbedarf • preisgünstig • wartungsarm • weitgehend erschütterungsfreier Lauf 	<ul style="list-style-type: none"> • kein Selbstansaugvermögen (außer Sonderanfertigungen) • Verstopfungsgefahr bei kleinen Laufradquerschnitten • keine Sperrwirkung bei ausgeschalteter Pumpe

Im Gegensatz zu einer Verdrängerpumpe, z.B. Kolbenpumpe, liefert die Kreiselpumpe bei konstanter Drehzahl ($n = \text{konst.}$) einen mit abnehmender Förderhöhe H zunehmenden Förderstrom Q . Sie besitzt also die Fähigkeit zur Selbstregelung. Vom Förderstrom Q sind weiterhin abhängig der Leistungsbedarf P , der Wirkungsgrad sowie der NPSH-Wert (Net Positive Suction Head = Begriff zur Beurteilung des Saugverhaltens einer Kreiselpumpe). Diese Werte, dargestellt in Kennlinien, charakterisieren das Betriebsverhalten einer Kreiselpumpe.

Wirkungsweise:

Die axial eintretende Förderflüssigkeit wird durch ein rotierendes Laufrad erfaßt und in Laufradkanälen beschleunigt. Die der Förderflüssigkeit erteilte Geschwindigkeitsenergie wird im spiral- oder ringförmig ausgebildeten Pumpengehäuse bzw. in anschließenden Leitkanälen in Druckenergie umgewandelt.

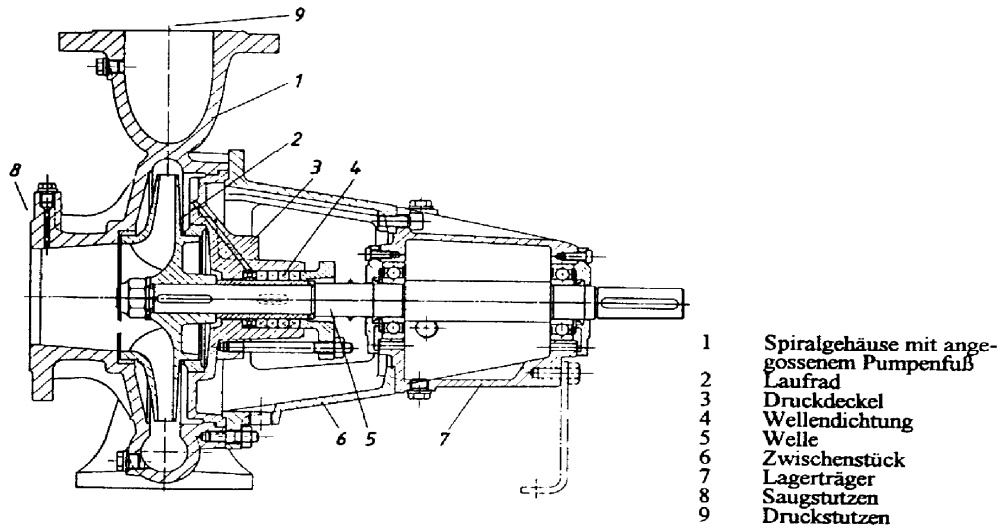


Abb. 4-4: Kreiselpumpe mit Einkanalrad [D31]

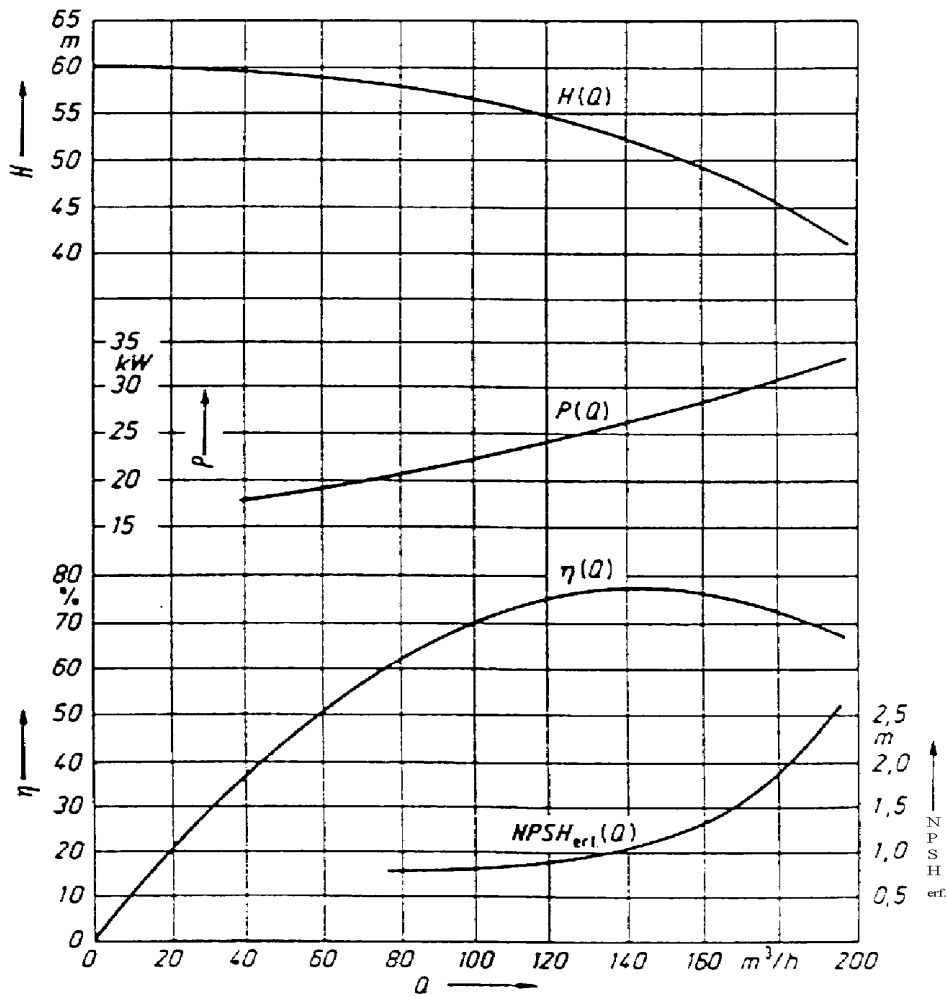




Abb. 4-5: Kennlinien einer einstufigen Kreiselpumpe bei der Drehzahl $n = 1.450 \text{ min}^{-1}$

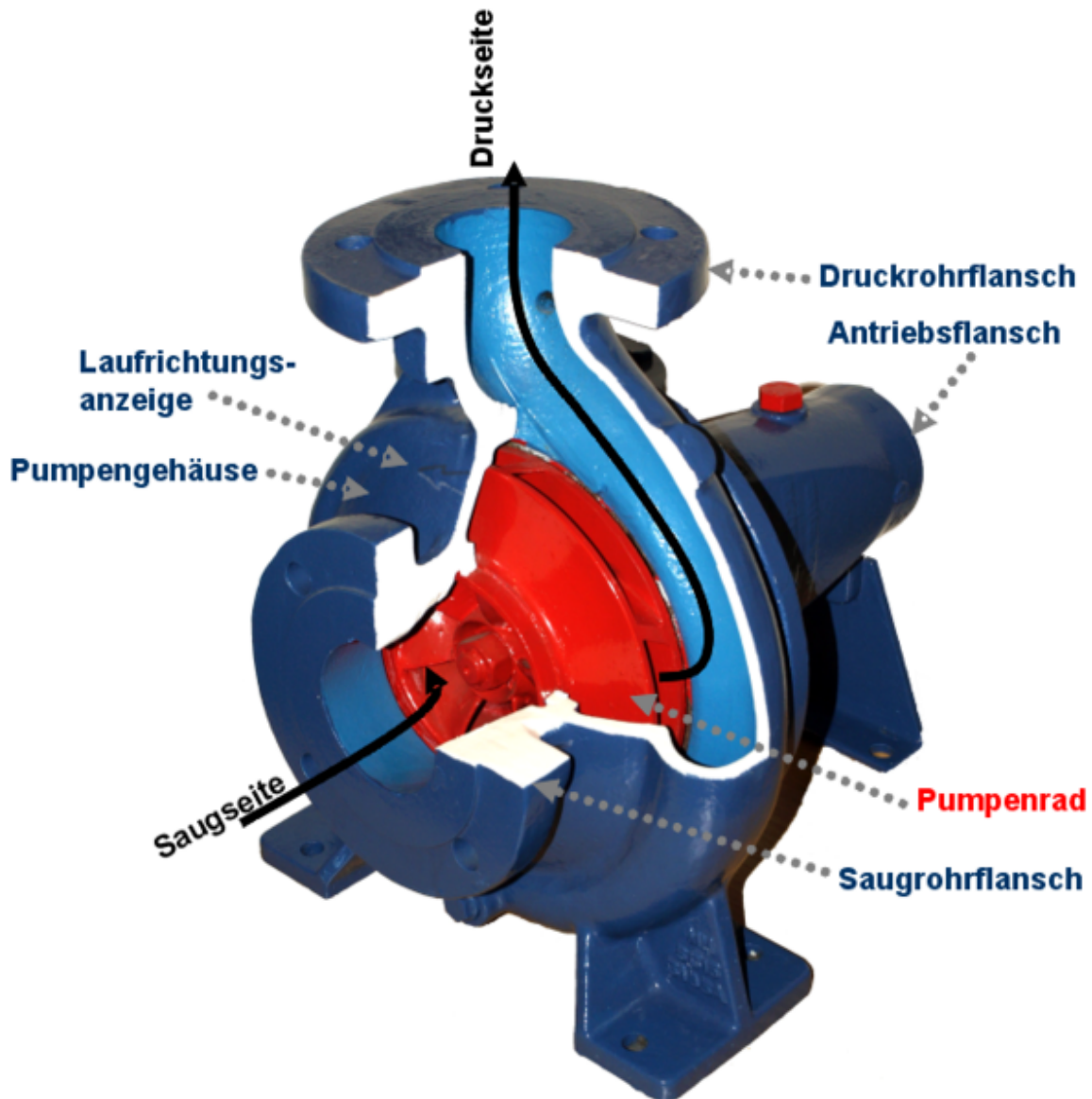


Abb. 6: Kreiselpumpe mit radialem Austritt (Radialpumpe)

4.3.3 Exzentrerschneckenpumpe

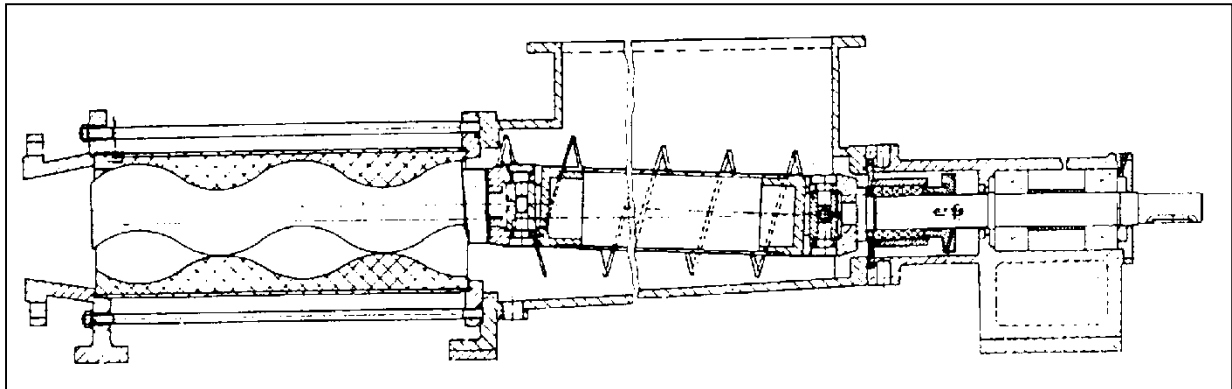


Abb. 4-7: Exzentrerschneckenpumpe

4.3.4 Förderschnecke

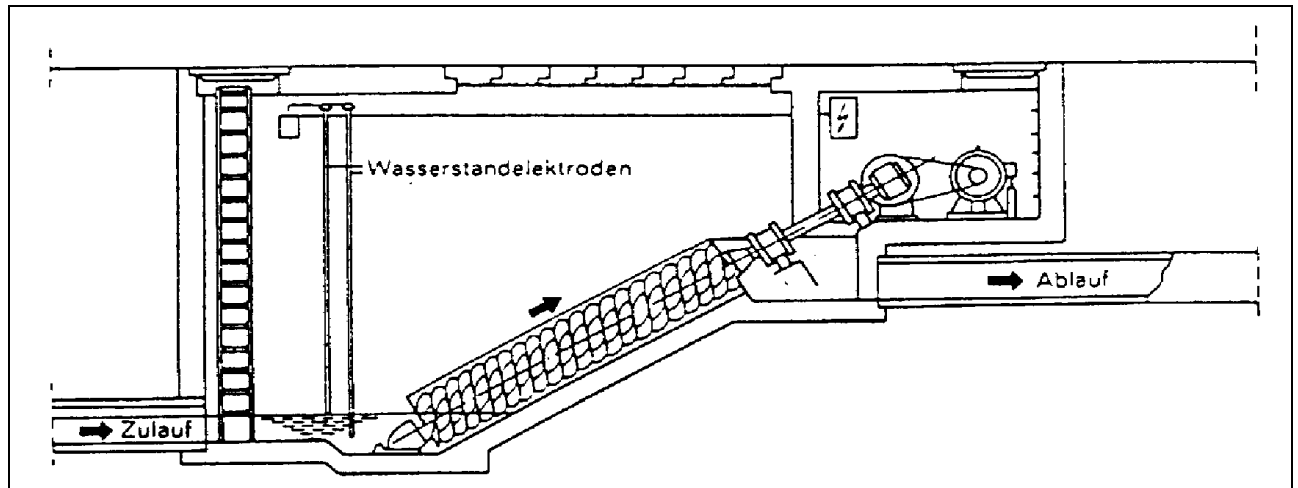


Abb. 4-8: Förderschnecke mit flachem Pumpensumpf

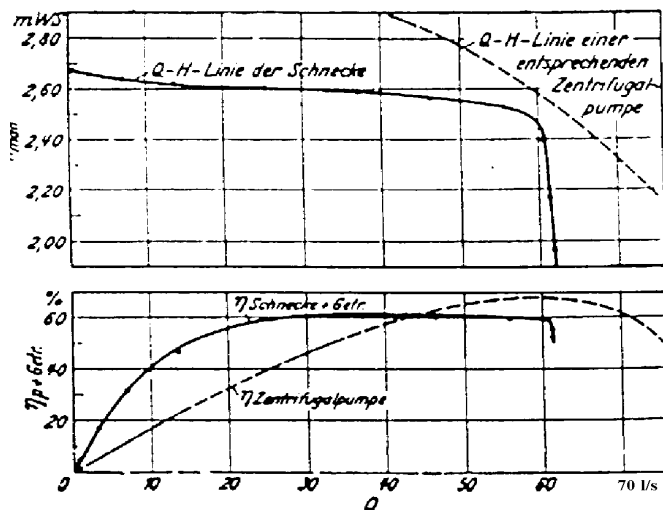
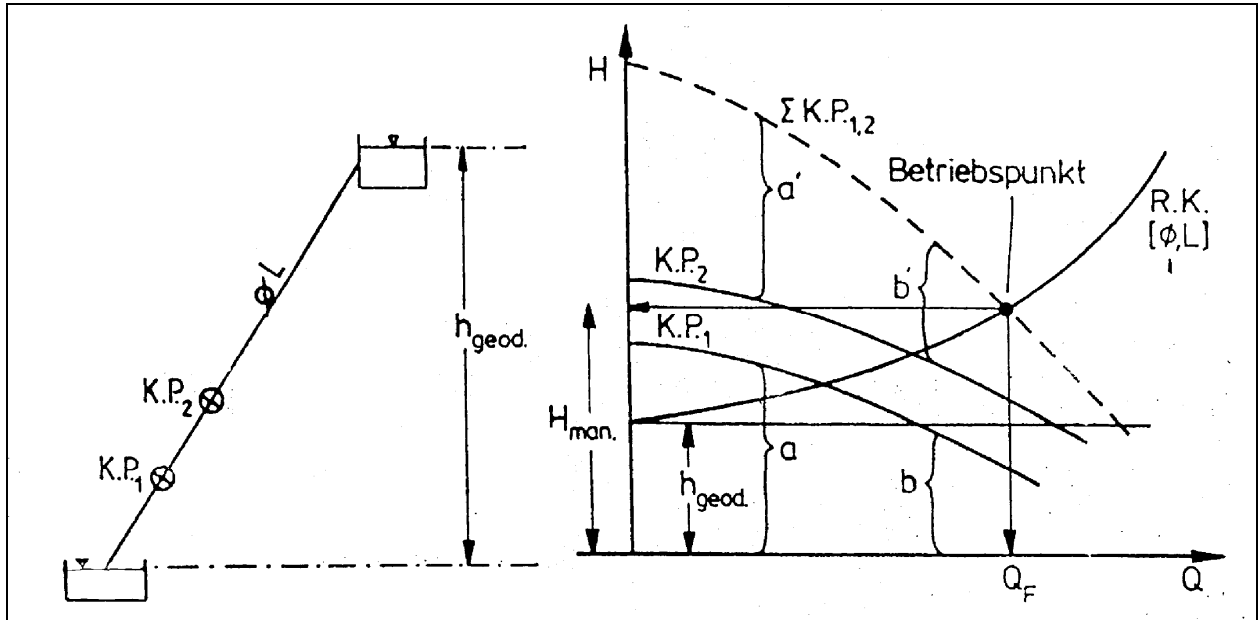


Abb. 4-9: Kennlinie u. Wirkungsgrad einer Förderschnecke im Vergleich mit einer Kreiselpumpe

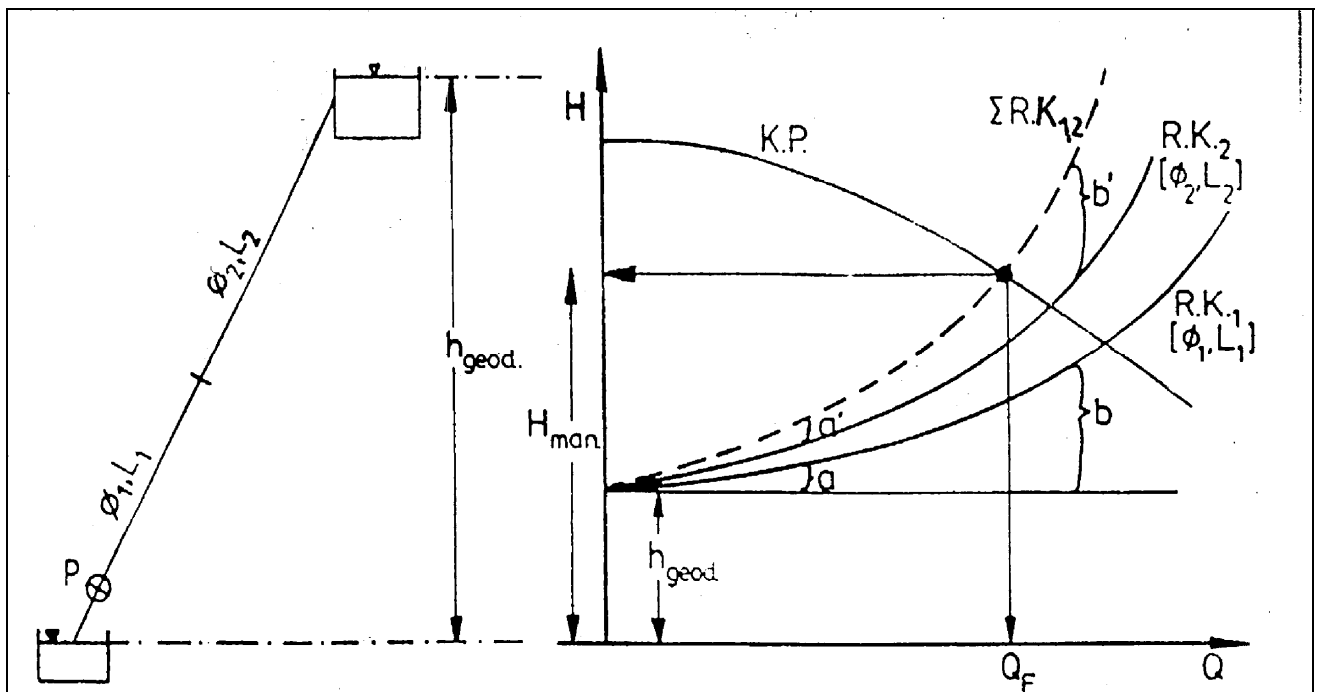


4.4 Reihenschaltung

4.4.1 Reihenschaltung von Kreiselpumpen

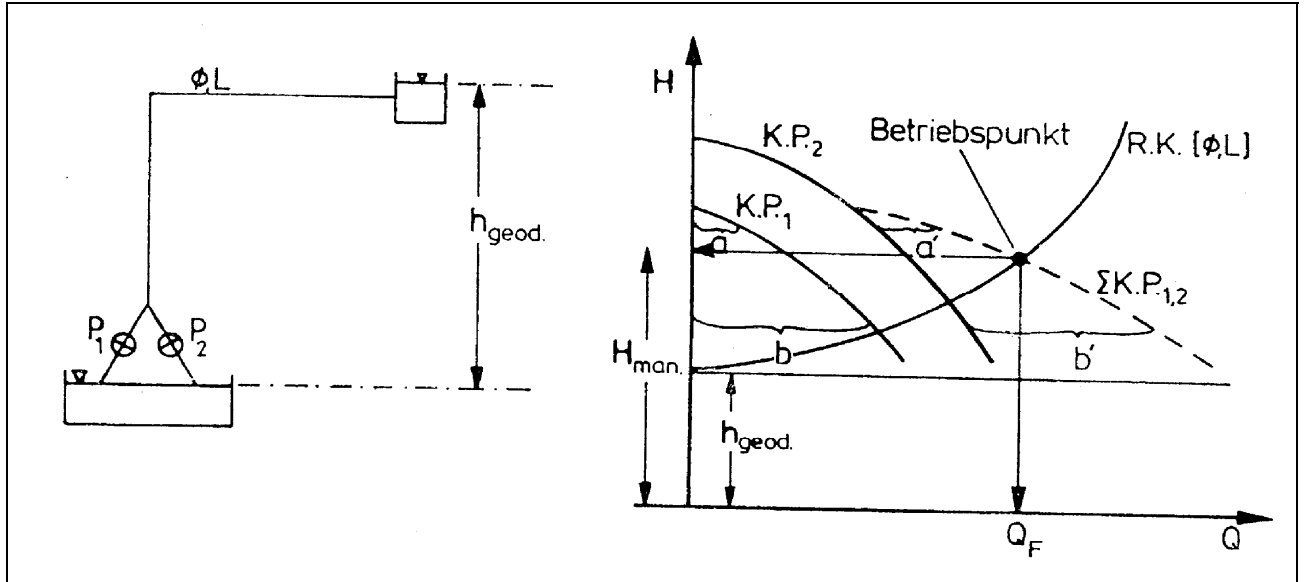


4.4.2 Reihenschaltung von Rohrleitungen

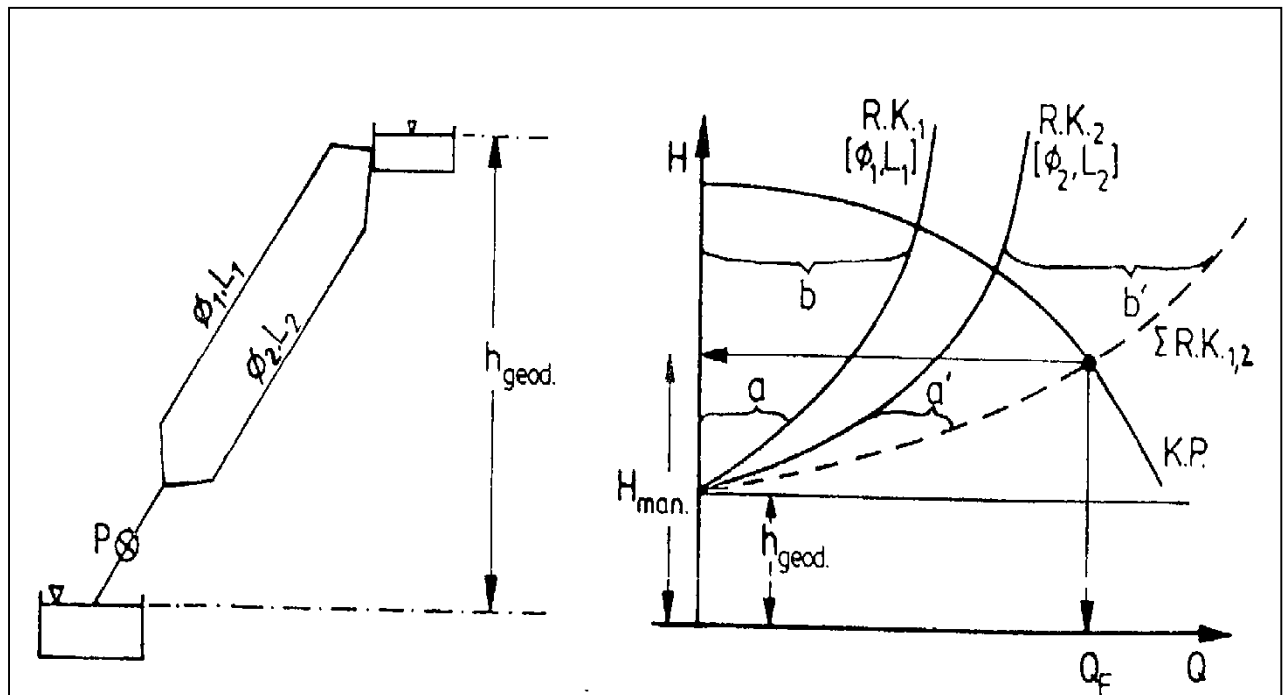


4.5 Parallelschaltung

4.5.1 Parallelschaltung von Kreiselpumpen

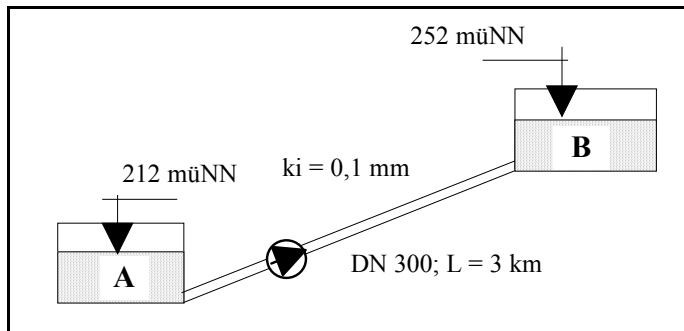


4.5.2 Parallelschaltung von Rohrleitungen





4.6 Übung zu Pumpen - und Rohrkenlinien



Die Wasserspeicher A und B sind durch eine Leitung DN 300, $L = 3 \text{ km}$, miteinander verbunden.

