

Werkstandard

Februar 1986

VEB Kombinat
Wassertechnik und
Projektierung
Wasserwirtschaft

Wasseraufbereitung
Enteisung und Entsäuerung durch Filtration
Grundlagen

WAPRO
1.54/01

Deskriptoren: Wasseraufbereitung Enteisung Entsäuerung

Umfang: 7 Seiten

Verantwortlich: VEB Projektierung Wasserwirtschaft BT PZ Dresden

Bestätigt: 10. 2. 1986 VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft

verbindlich ab: 1. 7. 1986

1. Verwendete Bezeichnungen

Kurzzeichen	Größenbezeichnung	Einheit
Ca-H	Calcium-Ionenkonzentration, bezogen auf CaO	mg/l
GH	Gesamthärte, bezogen auf CaO	mg/l
CO _{2,0}	Kohlenstoffdioxidkonzentration des Filterzulaufs (gesamte freie CO ₂)	mg/l
CO _{2,1}	Kohlenstoffdioxidkonzentration des Filterablaufs (gesamte freie CO ₂)	mg/l
HCO ₃ ⁻	Hydrogencarbonatkonzentration, bezogen auf CaO	mg/l
Fe	Eisenkonzentration, Gesamteisen	mg/l
Fe ²⁺	Eisenkonzentration, zweiwertig	mg/l
Fe ³⁺	Eisenkonzentration, dreiwertig	mg/l
Fe ₀	Eisenkonzentration des Filterzulaufs	mg/l
Fe ₁	Eisenkonzentration des Filterablaufes	mg/l
Fe _{1,0}	Eisenkonzentration des Wassers zwischen Ober- und Unterschicht	mg/l
KH	Karbonathärte, bezogen auf CaO	mg/l
Mg-H	Magnesium-Ionenkonzentration, bezogen auf CaO	mg/l
pH	pH-Wert des Wassers	-
pH	pH-Wert-Veränderung durch Alkalienzugabe (pH _Z - pH _A)	-
pH _A	pH-Wert des belüfteten und mechanisch entsäuerten Wassers	-
pH _Z	Fällungs-pH-Wert nach Alkalienzugabe (Ca(OH) ₂ oder NaOH)	-
pH _{gl.}	pH-Wert des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts	-
t	Temperatur des Filterzulaufs	°C
A _{D,CO₂}	Entsäuerungsaktivitätskonstante für Decarbolith	1
A _{D,Fe}	Enteisungsaktivitätskonstante für Decarbolith	1
d _w	wirksamer Korndurchmesser des Filtermaterials $d_w = (d_{10} + d_{90})/2$	mm
d _{w,0}	wirksamer Korndurchmesser der Oberschicht	mm
d _{w,U}	wirksamer Korndurchmesser der Unterschicht	mm
f _t	Faktor für die Filtratverschlechterung während der Filterlaufzeit	1
f _H	Faktor für den GH/HCO ₃ -Einfluß	-

Kurzzeichen	Größenbezeichnung	Einheit
f_V	Rechengröße für Umrechnung vom Versuch auf die praktische Anlage	1
f_l	laufzeitabhängiger Faktor	1
h_0	Anfangsfilterwiderstandshöhe	m
h_F	Filterwiderstandshöhe	m
$h_{F,z}$	zulässige Filterwiderstandshöhe	m
$h_{F,AE}$	Filterwiderstandshöhe zur Laufzeit t_{AE} (Sicherheitskriterium)	m
l_F	Filterbettiefe	m
$l_{F,n}$	nutzbare Filterbettiefe (Abzug von Stüttschichten)	m
$l_{F,O}$	Filterbettiefe der Oberschicht	m
$l_{F,U}$	Filterbettiefe der Unterschicht	m
t_F	Filterlaufzeit	h
$t_{F,AE}$	Ende der Filterlaufzeit (Arbeitsphasenende)	h
$t_{F,max 1}$	Erstes Maximum der Eisenkonzentration im Filtrat	h
U	Ungleichförmigkeitsgrad des Filtermaterials $U = d_{60}/d_{10}$	1
\dot{V}	Volumenstrom (Pörderleistung)	m ³ /h
v_z	zulässige Filtergeschwindigkeit zur Enteisung	m/h
v_C	zulässige Filtergeschwindigkeit zur Entsäuerung	m/h
v_E	Enteisungsgeschwindigkeit	m/h
$v_{E,z}$	zulässige Enteisungsgeschwindigkeit	m/h
$v_{hydr.}$	hydraulische Filtergeschwindigkeit	m/h
$v_{hydr.,z}$	hydraulisch zulässige Filtergeschwindigkeit	m/h
v_V	im Filterversuch eingestellte Filtergeschwindigkeit	m/h
β	Filterkoeffizient	-
φ	hydraulischer Sicherheitsfaktor	-

Tabelle zur Umrechnung der im Standard verwendeten Güteparameter von mmol/m³ in mg/l

Güteparameter	mmol/m ³	mg/l
Eisen Fe	17,9	1
Kohlenstoffdioxid CO ₂	22,7	1
Calciumoxid CaO	17,8	1

2. Begriffe und Anwendungsbereich

Der Enteisungsprozeß im Schnellfiltern ist sowohl von den verschiedenen Filterparametern als auch von der Konzentration und der Art der Rohwasserinhaltsstoffe abhängig.

Bei der Bemessung der Enteisungsfilter ist entsprechend der Form des Eisens im Filterzulauf und entsprechend dem Filtermaterial zwischen der Fe²⁺-, Fe^{2+/3+}- und Fe³⁺-Filtration über Filtersand und der Enteisung und Entsäuerung über dolomitisches Material (z. B. Decarbolith) zu unterscheiden. Tabelle 1 gibt einen orientierenden Überblick zu den Anwendungsgebieten der Bemessungsvorschriften.

Der Filtration können Aufbereitungsstufen vor- bzw. nachgeordnet sein, die Einfluß auf den Enteisungsprozeß haben. Dies gilt besonders für die physikalische Entsäuerung und Belüftung (WAPRO 1.34.), die chemische Entsäuerung (WAPRO 1.44.), die Grobaufbereitung (WAPRO 1.36.), die Entmanganung (WAPRO 1.55.) und die Flockungsfiltration /3/.

Die Entscheidung, welche Aufbereitungsverfahren für den jeweils vorliegenden Anwendungsfall (Rohwasser, Aufbereitungskapazität) optimal ist, kann nur nach einem technisch-ökonomischen Vergleich getroffen werden. In WAPRO 1.53. werden Vorzugstechnologien für verschiedene Rohwässer und Aufbereitungskapazitäten zusammengefaßt.

Die Grobaufbereitung zur Enteisung ist erst bei hohen Eisenkonzentrationen sinnvoll. Zur Enteisung in Grobaufbereitungsanlagen ist die Überführung des Eisens in das unlösliche Fe^{3+} - Oxidhydrat durch Oxydation und Fällung, vorrangig durch Kalkmilchdosierung, erforderlich. Die optimale Fällmittelmenge, der optimale pH-Wert und eventl. zusätzliche Chemikalien ($KMnO_4$, Flockungsmittel, Flockulanten) bei Grundwasser, das mit weiteren störenden Inhaltsstoffen belastet ist, oder bei Uferfiltrat sind in Laborversuchen (Fäll- und Flockungsversuch, Reihenrührwerk) zu ermitteln.

Die Wechselbeziehungen zwischen Güteparametern im Filterzulauf. Volumenstrom (Fließ- bzw. Aufstiegs geschwindigkeit) und Enteisungseffekt können nur im kleintechnischen oder großtechnischen Versuch ermittelt werden.

In den hocheffektiven Grobaufbereitungsanlagen (Schwebefilter, vertikales Rohrabsetzbecken, horizontales Rohrabsetzbecken) sind bei optimaler Betriebsweise Enteisungseffekte von etwa 80 % möglich.


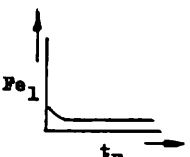


Die Flächenbelastung (Volumenstrom je m^2) wird dabei etwa zwischen 3 und 8 m/h in Abhängigkeit von Konstruktion der Grobaufbereitungsanlage und Chemikalienzugabe liegen. Diese Werte gelten nur als Orientierungswerte.

Ist neben der Enteisung die Entmanganung des Wassers erforderlich, so sind die Filter sowohl nach den Grundsätzen der Enteisung als auch der Entmanganung zu bemessen. Die Bemessungsvorschrift für Enteisung und Entmanganung enthält WAPRO 1.55.

Die Bemessungsgleichungen gelten nur für den kontinuierlichen Betrieb ohne Betriebsunterbrechungen, wie sie z. B. bei einstufigen Anlagen auftreten. Da das bereits abgeschiedene Eisenoxidhydrat altert, führt eine Summation der Betriebsstunden bei diskontinuierlichem Betrieb zu keiner exakten Bemessung.

Für die Bemessung mit den Gleichungen dieses Standards wurde ein komplexes EDV-Programm erarbeitet (siehe Hinweise).

Tabelle 1: Übersicht zur Anwendung der Bemessungsgleichungen

Standard zur Bemessung der:	Charakteristik des Eisens	Wesentliche Randbedingungen der Bemessungsgleichungen			Anwendungsgebiet vorrangig	Charakteristisches Verhalten der Filtratgüte über die Filterlaufzeit
		Fe ³⁺ -Anteil im Filterzulauf in %	Fe ⁰ in mg/l	pH-Wert im Filterzulauf		
Fe ²⁺ -Filtration über Sand WAPRO 1.54./02.	Eisen liegt im Filterzulauf vorrangig als Fe ²⁺ vor.	≤ 30	≤ 12	6,8 bis 7,3	Aufbereitung organisch schwach belasteter Grundwasser und Uferfiltrate nach - geschl. Belüftung oder - offener Belüftung	
Fe ^{2+/3+} -Filtration über Sand WAPRO 1.54./02.	Eisen liegt im Filterzulauf z.T. als Fe ³⁺ vor, jedoch nicht als Ergebnis einer Alkaliengabe	> 30 < 60	≤ 12	7,3 bis 7,6 (KH > 80 mg/l)	Aufbereitung organisch schwach belasteter Grundwasser und Uferfiltrate nach: - hocheffektiver mechanischer Entsäuerung (keine Alkaliengabe)	
Fe ³⁺ -Filtration über Sand WAPRO 1.54./03.	Eisen liegt im Filterzulauf infolge Fällungsreaktion (Alkaliengabe) vorrangig als Fe ³⁺ vor	> 60	≤ 20	vor Alkaliengabe 5,8 bis 7,2	Filtration von Grundwasser nach - Alkaliengabe oder - Alkaliengabe und Grobaufbereitung	
Entsäuerung und Enteisung über halbgebrannte Dolomite WAPRO 1.54./04.	Eisen liegt im Filterzulauf vorrangig als Fe ²⁺ vor	≤ 20	≤ 15	bei KH 5-20mg/l: 5,0 bis 7,0 bei KH 20-100mg/l: 6,0 bis 7,3	Kombinierte Entsäuerung und Enteisung von Grundwasser in Aufbereitungsanlagen mit geringer Förderleistung.	

3. Hinweise zur Bemessung

Vor der Bemessung mit den in den folgenden Blättern dieses Werkstandards angegebenen Gleichungen sind die erforderlichen Bemessungsparameter zu erfassen und auf ihre Aussagefähigkeit zu überprüfen. Dies gilt insbesondere für die Güteparameter. Die Ergebnisse von ein oder zwei Wasseranalysen reichen in der Regel nicht aus, um eine fundierte Bemessung durchzuführen. Bei bestehenden Aufbereitungsanlagen ist der Entwicklungstrend der Rohwassergüteparameter zumindest in den zurückliegenden zwei Jahren zu betrachten. Bei Neuerschließungen sind, soweit möglich, vergleichbare Benachbarte Fassungsanlagen zur Einschätzung mit heranzuziehen, um Schlussfolgerungen zur Rohwasserentwicklung über einen längeren Zeitraum ziehen zu können.

Die Parameter pH-Wert, Rohwassertemperatur, Kohlenstoffdioxidkonzentration, das Verhältnis Fe^{2+}/Fe^{3+} und der Sauerstoffgehalt sind wesentliche Ausgangsgrößen für die Bemessung. Da sich diese Parameter während des Transportes der Wasserprobe zum untersuchenden Labor u. U. erheblich verändern können, sollen sie vor Ort bestimmt werden.

In Sonderfällen kann schwer oxydierbares Eisen im Rohwasser vorhanden sein. Die Überprüfung ist bei allen Rohwässern zu empfehlen.

Der Nachweis zur Bestimmung der Ausfällbarkeit des Eisens kann durch einfache Belüftungsversuche im Labor erbracht werden. Liegt das Eisen in schwer oxydierbarer Form vor, ist dieser Standard nicht anwendbar. Vor der Projektierung der Aufbereitungsanlage sind für diese Wasser kleintechnische Versuche erforderlich.

Die Qualität des Filtermaterials (d_w , U) hat erheblichen Einfluß auf die Enteisungsleistung des Filters.

Es ist Filtermaterial geringer Ungleichförmigkeit $U \leq 1,5$ einzusetzen. Die optimale Körnung des Filtermaterials ist abhängig von den Parametern des Filterzulaufs. Sie ist im Sinne der Optimierung des Filters - gleichzeitiges Erreichen des festgelegten Grenzfilterwiderstandes und der zulässigen Filtratgrenzgüte - festzulegen.

Für die Bemessung wird empfohlen, zunächst mit feiner Körnung zu rechnen und anschließend zu prüfen, ob die zulässige hydraulische Filtergeschwindigkeit bzw. der zulässige Grenzfilterwiderstand überschritten werden. Wenn dies der Fall ist, muß die Berechnung mit größeren Filterkorn wiederholt werden. Als feinstes Filtermaterial sollte aus filtertechnischen Gründen (Düsendurchtrieb, Sekundärfilterbildung) ein Sand mit $d_w = 1,0$ mm eingesetzt werden. Bei der Mehrschichtfiltration kann bei Vorhandensein einer entsprechenden Stützechicht und Wasserstarktropenspülung auch feineres Filtermaterial verwendet werden.

Vor dem Einbringen des Filtermaterials in die Filter ist von jeder Lieferung eine Probe auf die Einhaltung der Qualität zu prüfen. Falls möglich, sollte die Siebanalyse bereits im Lieferwerk unter Aufsicht des Anwenders erfolgen. Sollte in Ausnahmefällen Filtersand mit höherem Unterkornanteil geliefert werden, so kann bei offenen Filtern der Filter nach Sandeinbau mit entsprechend höherer Wassermenge gespült und anschließend die gebildete Feinkornschicht manuell abgetragen werden.

Zur Kontrolle der Wirksamkeit und zur Betriebsüberwachung der Filter sind die erforderlichen Armaturen und Einbauten zur Durchfluß- und Mengenmessung sowie Entnahmhähne für Rohwasserzulauf, jeden Filterszu- und ablauf und gemischtes Reinwasser anzuordnen.

Hinweise

Ersatz für WAPRO 1.54./01 Ausg. 05.79

Änderungen gegenüber Ausg. 05.79 -

Ergänzung des Abschnittes 1. Bezeichnungen, redaktionell durchgesehen, Neugestaltung der Titelseite.

In diesem Standard wurde auf folgende Standards Bezug genommen:

WAPRO 1.23./02, WAPRO 1.34./01 bis /03, WAPRO 1.36./03, WAPRO 1.53., WAPRO 1.54./02 bis /04

Trinkwasser-Gütebedingungen siehe TGL 22 433

Filtersande - Filterkiese siehe TGL 37 523

Grundwasseraufbereitung siehe EDV WAPRO 01-20

Hinweise zur Filter sp ü l u n g

Einschichtfilter:

Im praktischen Betrieb hat sich im allgemeinen folgender Spülrhythmus bewährt:

1 min	Luft-Spülung	72 m ³ /m ² .h
10-15 min	kombinierte Luft- Wasser-Spülung	72 m ³ /m ² .h 12 m ³ /m ² .h
5 min	Wasserspülung	12 m ³ /m ² .h

Im jeweiligen Anwendungsobjekt kann die Spülung optimiert werden.

Übertriebene Filterspülung bezüglich Zeitdauer und Wasser- bzw. Luftmenge hat negative Auswirkungen:

- höhere ökonomische Aufwendungen,
- schlechtere Reinwassergüte am Beginn der folgenden Filterperiode,
- u. U. Filtermaterialaustrag.

Mehrschichtfilter:

Es gelten die Hinweise in Werkstandard WAPRO 1.35./03

- /1/ Böhler, E.: Die Entsäuerung eisen- und manganfreier Wässer mit halbgebrannten Dolomiten, Dissertation, TU Dresden, Fakultät für Bauwesen, 1965
- /2/ Poltan, W.: Errichtung eines Experimentalbaus und Durchführung des großtechnischen Versuchs im WW Mockritz zur Einführung der Röhrensedimentation in der Trinkwasseraufbereitung
Diplomarbeit, TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1974
- /3/ Görbing, F.;
Weigelt, R.: Bemessung und Betrieb von Anlagen zur Flockungsfiltration
Wasserwirtschaft - Wassertechnik 26 (1976) 5
- /4/ Kittner, H.: Zur Enteisung in Schnellfiltern
Wasserwirtschaft - Wassertechnik 17 (1967) 10
- /5/ Kittner, H.;
Rebohle, P.: Untersuchung zum Wasseraufbereitungskomplex Enteisung und Entmanganung
Wissenschaftl. Zeitschrift der TU Dresden 26 (1977) 1
- /6/ Mankel, W.: Technologische Optimierung der Fe³⁺-Filtration
Wasserwirtschaft - Wassertechnik 24 (1974) 11
- /7/ Rebohle, P.: Optimale Bemessung und Auswahl von Verfahren zur Enteisung und Entmanganung
Forschungsbericht, Institut für Wasserwirtschaft, Forschungsbereich II, Dresden 1976
- /8/ Starke, W.: Untersuchungen zur zweiten Ausbaustufe des WW Sdier
Diplomarbeit, TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1975
- /9/ Wiegleb, K.: Beitrag zur Bemessung von Schnellfiltern mit halbgebrannten Dolomiten zur Entsäuerung
Wasserwirtschaft - Wassertechnik 20 (1970) 7
- /10/ Wiegleb, K.: Beitrag zur Bemessung von halbgebrannten Dolomiten zur Entsäuerung und Enteisung und Untersuchung zur Entmanganung
Forschungsbericht, WTZ der VVB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Leipzig, 1969

- /11/ Wingrich, H.: Zur Durchsetzung neuer Bemessungsverfahren mit
Thiele, M.: Hilfe der EDV
Wasserwirtschaft - Wassertechnik 25 (1975) 11
- /12/ Kollektiv: Wasseraufbereitung, Empfehlung zur Flockungsfiltration
Institut für Wasserwirtschaft, Forschungsbereich II,
Dresden 1975
- /13/ Kollektiv: Fe²⁺-Filtration kleiner Wasserwerke
F/E-Bericht V 5
VEB Prowa, BT Forschungszentrum
Wassertechnik Dresden 1983
- /14/ Krätzschar, H.: Verbesserte Zweischichtfiltration mit Blähton,
F/E-Bericht V 11,
VEB Prowa, BT Forschungszentrum, Dresden 1984

Kleinrechner-Programme:

- K 1 - H 001 Fe²⁺ - Filtration über Sand
- K 1 - H 002 Fe^{2+/3+} - Filtration über Sand
- K 1 - H 003 Fe²⁺ - Filtration über Sand
- K 1 - H 006 Fe³⁺ - Filtration, Filtrationsverlauf
- K 1 - H 011 Filtration über Decarbolith