

DIN 19643-3

ICS 13.060.25

Ersatz für
DIN 19643-3:2012-11**Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser –
Teil 3: Verfahrenskombinationen mit Ozonung und Chlorung**Treatment of water of swimming pools and baths –
Part 3: Combinations of process with ozonization and chlorinationTraitement de l'eau des bassins des piscines et des bains –
Partie 3: Combinaisons du procès avec ozonisation et chloration

Diese Norm wurde in das DVGW-Regelwerk aufgenommen.

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Grundlagen der Verfahrenskombinationen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Flockung – Filtration – Ozonung – Sorptionsfiltration – Chlorung	8
4.3 Flockung – Ozonung – Mehrschichtfiltration mit Sorptionswirkung – Chlorung	8
5 Verfahrensstufen	9
5.1 Einstellung der Säurekapazität	9
5.1.1 Allgemeines	9
5.1.2 Mittel zur Einstellung der Säurekapazität	9
5.1.3 Werte der Säurekapazität im Rohwasser	9
5.1.4 Prüfung der Säurekapazität	9
5.2 pH-Wert-Einstellung	10
5.3 Flockung	10
5.3.1 Allgemeines	10
5.3.2 Mittel zur Flockung	13
5.3.3 Mindestzugabe an Flockungsmittel	14
5.3.4 Prüfung der Flockung	14
5.4 Ozonung	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Ozon-Massenkonzentration	15
5.4.3 Ozonzugabe und Ozonreaktionszeit	15
5.4.4 Prüfung der Ozonerzeugungsanlage	16
5.5 Flockungsfiltration bei der Verfahrenskombination Flockung – Filtration – Ozonung – Sorptionsfiltration – Chlorung	16
5.5.1 Allgemeines	16
5.5.2 Filtration mit Schnellfiltern nach DIN 19605	17
5.5.3 Prüfung der Filtration	20
5.6 Sorptionsfiltration bei der Verfahrenskombination Flockung – Filtration – Ozonung – Sorptionsfiltration – Chlorung	21
5.6.1 Allgemeines	21
5.6.2 Korngruppen, Schichthöhen und Filtrationsgeschwindigkeiten	21
5.6.3 Filterspülung für Sorptionsfilter	22
5.6.4 Prüfung der Filtration	23
5.7 Mehrschichtfiltration bei der Verfahrenskombination Flockung – Ozonung – Mehrschichtfiltration mit Sorptionswirkung – Chlorung	23
5.7.1 Allgemeines	23
5.7.2 Schichthöhen, Korngruppen und Filtrationsgeschwindigkeiten	24
5.7.3 Filterspülung für Mehrschichtfilter mit Sorptionswirkung	25
5.7.4 Prüfung der Filtration	27
5.8 Prüfung der Flockungsfiltration und der Sorptionsfiltration	28
5.9 Chlorung	29
5.9.1 Allgemeines	29
5.9.2 Chlorkonzentration	29
6 Belastbarkeitsfaktor k	29
Anhang A (informativ) Beispielhafte vereinfachte Darstellungen von Verfahrenskombinationen .	30
Literaturhinweise	33

Bilder

Bild 1 — Abhängigkeit von Rohrrinnendurchmesser und Volumenstrom	13
Bild A.1 — Vereinfachte Darstellung für Verfahrenskombination Flockung — Filtration — Ozonung — Sorptionsfiltration — Chlorung	30
Bild A.2 — Vereinfachte Darstellung für Verfahrenskombination Flockung — Ozonung — Mehrschichtfiltration mit Sorptionswirkung — Chlorung (unter Druck betriebener Ozon-Reaktionsbehälter)	31
Bild A.3 — Vereinfachte Darstellung für Verfahrenskombination Flockung — Ozonung — Mehrschichtfiltration mit Sorptionswirkung — Chlorung (drucklos betriebener Ozon-Reaktionsbehälter)	32

Tabellen

Tabelle 1 — Korngruppen, Schichthöhen und Filtrationsgeschwindigkeiten für Einschichtfilter mit Quarzsand	19
Tabelle 2 — Korngruppen-Kombinationen für Mehrschichtfilter	20
Tabelle 3 — Schichthöhen und Filtrationsgeschwindigkeiten für Mehrschichtfilter	20
Tabelle 4 — Korngruppen, Schichthöhen und Filtrationsgeschwindigkeiten für Sorptionsfilter .	21
Tabelle 5 — Korngruppen, Schichthöhen und Filtrationsgeschwindigkeiten für Mehrschichtfilter mit Sorptionswirkung	24
Tabelle 6 — Beispielhaftes Spülprogramm für Mehrschichtfilter mit Sorptionswirkung nach Tabelle 5	27
Tabelle 7 — Vorgaben für die Prüfung der Filtration	28

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom DIN-DVGW-Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 119-07-16 AA „Schwimmbeckenwasseraufbereitung“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) erarbeitet.

Dieses Dokument wurde im Einvernehmen und in Zusammenarbeit mit dem DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. — Technisch-wissenschaftlicher Verein aufgestellt. Sie ist als Technische Regel des DVGW in das Regelwerk Wasser des DVGW einbezogen worden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anlass für die Überarbeitung waren neue Erkenntnisse zur mikrobiologischen Wirksamkeit von Ozon sowie vertiefte Erkenntnisse zur oxidativen Wirkung von Ozon, des Weiteren die Aufnahme von Filtermaterial aus Glas sowie eine differenzierte Betrachtung der Flockung auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen sowie die Berücksichtigung von geänderten allgemeinen Anforderungen an die Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser, wie sie in der DIN 19643 Teil 1 beschrieben sind.

DIN 19643, *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*, besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- *Teil 2: Verfahrenskombinationen mit Festbett- und Anschwemmfiltern*
- *Teil 3: Verfahrenskombinationen mit Ozonung und Chlorung*
- *Teil 4: Verfahrenskombinationen mit Ultrafiltration*
- *Teil 5: Verfahrenskombinationen mit Nutzung von Brom als Desinfektionsmittel, erzeugt durch Ozonung bromidreichen Wassers*

Weitere Teile dieser Normenreihe können folgen.

Um eine sachgerechte Umsetzung der Anforderungen dieses Dokuments auch unter Beachtung wirtschaftlicher Aspekte sicherzustellen, wird empfohlen, mit der Planung und Errichtung der Aufbereitungsanlagen nur erfahrene Fachfirmen mit entsprechenden Qualifikationsnachweisen zu betrauen. Gleiches gilt für die regelmäßige Kontrolle des Aufbereitungserfolgs, durch erfahrene Fachleute.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 19643-3:2012-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Prüfung der Säurekapazität im Rohwasser;
- b) ausführliche Beschreibung der Flockung unter Beachtung des G-Wertes, insbesondere zur Ausbildung der Mikrofloccen nach 5.3.1 b);
- c) verbesserte Spezifizierung der Bedingungen für die mikrobiologische Wirkung von Ozon, insbesondere Reduktion der erforderlichen Ozonreaktionszeit für Therapiebäder;

- d) verbesserte Spezifizierung der Bedingungen für die oxidative Wirkung von Ozon;
- e) Aufnahme der Filtermaterialien aus Glas entsprechend DIN 19643-2;
- f) Verwendung von Filtermaterial Bims ist in Verfahrenskombinationen nicht mehr obligatorisch;
- g) Anpassung der Mindest-Spülwassergeschwindigkeit bei der Wasserspülung des Filters auf 45 m/h;
- h) Prüfung der Flockungsfiltration und der Sorptionsfiltration;
- i) Norm-Inhalt an die technische Weiterentwicklung angepasst;
- j) normative Verweisungen aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN 19643: 1984-04

DIN 19643-3: 1997-04, 2012-11

DIN 19643-4: 1999-02

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt in Verbindung mit DIN 19643-1 die Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser durch Verfahrenskombinationen mit Ozonung und Chlorung. Es ist auch für Therapiebecken anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 19605, *Festbettfilter zur Wasseraufbereitung — Aufbau und Bestandteile*

DIN 19627, *Ozonerzeugungsanlagen zur Wasserbehandlung*

DIN 19643-1:2023-06, *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN 19643-2, *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Teil 2: Verfahrenskombinationen mit Festbett- und Anschwemmfiltern*

DIN 19645, *Aufbereitung von Spülabwässern aus Anlagen zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*

DIN 38409-7, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) — Teil 7: Bestimmung der Säure- und Basekapazität (H 7)*

DIN EN 12904, *Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch — Quarzsand und Quarzkies*

DIN EN 12671, *Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch — Vor Ort erzeugtes Chlordioxid*

DIN EN 12915-1, *Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch — Granulierte Aktivkohle — Teil 1: Frische granulierte Aktivkohle*

DIN EN 15031, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Flockungsmittel auf Aluminiumbasis*

DIN EN 15074, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Ozon*

DIN EN 15075, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Natriumhydrogencarbonat*

DIN EN 15362, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Natriumcarbonat*

DIN EN 15797, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Flockungsmittel auf Eisenbasis*

DIN EN 15798, *Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser — Filtermaterialien*

DIN EN ISO 6878, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von Phosphor — Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat*

DIN EN ISO 7027-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Trübung — Teil 1: Quantitative Verfahren*

DIN EN ISO 10304-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie — Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat*

DIN EN ISO 15681-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von Orthophosphat und Gesamtposphor mittels Fließanalytik (FIA und CFA) — Teil 1: Verfahren mittels Fließinjektionsanalyse (FIA)*

DIN EN ISO 15681-2, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von Orthophosphat und Gesamtposphor mittels Fließanalytik (FIA und CFA) — Teil 2: Verfahren mittels kontinuierlicher Durchflussanalyse (CFA)*

DIN ISO 9277, *Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Gasadsorption — BET-Verfahren*

DIN ISO 15923-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von ausgewählten Parametern mittels Einzelanalysensystemen — Teil 1: Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Sulfat und Silikat durch photometrische Detektion*

DGUV Regel 103-001, *Richtlinien für die Verwendung von Ozon zur Wasseraufbereitung*¹

DGUV Regel 103-015, *Richtlinien für die Verwendung von Ozon zur Wasseraufbereitung*¹

DGUV Regel 107-001, *Betrieb von Bädern*¹

DGfDB A 23, *Zusätzliche Desinfektionsmaßnahmen durch Hochchlorung im Bereich der Badewasseraufbereitung*²

Palin, A.T.: *Analytical Control of Water Disinfection with special Reference to differential DPD Methods for Chlorine, Chlorine Dioxide, Bromine, Iodine, and Ozone*, J. Inst. Water Eng. 28 (1974) 139–154

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 19643-1 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Normkubikmeter

m^3_{n}

m^3_{n} , Kubikmeter Gas, trocken, bezogen auf Druck 1 013,25 hPa und Temperatur 0 °C

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit Normkubikmeter m^3_{n} wird häufig bezeichnet mit Nm^3

4 Grundlagen der Verfahrenskombinationen

4.1 Allgemeines

Ozon ist nach DIN EN 15074 zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch geeignet. Die Verwendung von Ozon als zusätzliches Desinfektions- und Oxidationsmittel im Aufbereitungskreislauf hat die

¹ Bezugsquelle: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) (Internet: <http://www.dguv.de>).

² Zu beziehen durch: Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V., Postfach 340201, 45074 Essen

Wirkung einer zusätzlichen hygienischen Barriere und sorgt durch den verstärkten Abbau von organischen Substanzen für eine bessere Wirksamkeit des Desinfektionsmittels Chlor. Da Ozon nicht mit den Badegästen in Kontakt kommen darf, ist der Abbau überschüssigen Ozons vor Einleitung des aufbereiteten Wassers in das Becken sicherzustellen.

Bei der Anwendung der nachfolgend beschriebenen Verfahrenskombinationen erfolgt unter bestimmten Umständen die Desinfektion mit Brom. Wird bromidhaltigem Wasser Chlor zugegeben, oxidiert dieses Chlor die Bromidionen in entsprechender Menge sofort zu Brom: $\text{HOCl}/\text{OCl}^- + \text{Br}^- \rightarrow \text{HOBr}/\text{OBr}^- + \text{Cl}^-$. In allen Bädern mit natürlichem Bromidgehalt ab etwa 3 mg/l, insbesondere in Meerwasserbädern und Solebädern, ist daher Brom das Desinfektionsmittel, was am Anteil an bromierten Trihalogenmethanen (THM) in Bezug auf den Gesamtgehalt der THM zu erkennen ist (siehe [1]).

Wird aufgrund der flockulierenden Wirkung des Ozons auf die Dosierung von Flockungsmittel verzichtet, ist zu prüfen, ob vor der Nachspeisung in den Wasserspeicher eine Phosphatentfernung durchgeführt werden muss. Gegebenenfalls müssen Phosphate, die durch Badegäste oder die Umgebung (z. B. Reinigungsmittel) eingetragen werden, durch geeignete Verfahren entfernt werden.

4.2 Flockung – Filtration – Ozonung – Sorptionsfiltration – Chlorung

In der ersten Verfahrensstufe werden durch Flockung mit Eisen(III)- und/oder Aluminiumsalzen partikuläre und kolloidal gelöste Verunreinigungen entstabilisiert, geflockt und ortho-Phosphate teilweise gefällt. Für diesen Prozess wird der pH-Wert des Rohwassers innerhalb eines von der Art des Flockungsmittels abhängigen Bereichs gehalten.

Durch Flockungsfiltration wird in der zweiten, der Filtrationsstufe, das Gemisch aus Eisen(III)- und/oder Aluminiumhydroxid, Kolloiden und Partikeln durch Filtration abgetrennt.

Das Filtrat wird in einer dritten Stufe zur Abtötung von Mikroorganismen sowie zur Inaktivierung von Viren (siehe [2]) innerhalb einer definierten Reaktionszeit mit Ozon behandelt. Des Weiteren erfolgt die Oxidation chemischer Wasserinhaltsstoffe.

Die vierte Verfahrensstufe ist ein Sorptionsfilter mit Kornaktivkohle als aktivem Material. Auf der Oberfläche der einzelnen Körner werden adsorbierte organische Stoffe durch Ozon oxidiert, insbesondere Huminstoffe des Füllwassers, die dadurch nicht mehr für die Bildung chlorierter Desinfektionsnebenprodukte, z. B. Chloroform, zur Verfügung stehen; ebenso werden im Sorptionsfilter adsorbierte Desinfektionsnebenprodukte der Chlorung z. B. Chloramine (sog. gebundenes Chlor) durch Ozon abgebaut (siehe [3]). Die Kornaktivkohle wirkt als Katalysator für die oxidativen Prozesse. Dem immer oben liegenden feinen Kornanteil der adsorbierenden Kornaktivkohle kommt neben der großen Porosität dabei besondere Bedeutung zu, da er die höchste Konzentration adsorbierter Stoffe aufweist und diese der größten Ozonkonzentration ausgesetzt ist, so dass der oxidative Stoffumsatz auf dem feinen Kornanteil am intensivsten abläuft. Bei Einsatz der vorgegebenen Korngruppen der Kornaktivkohle kann dieses Ziel erreicht werden.

Des Weiteren werden im Sorptionsfilter durch Ozon geflockte Belastungsstoffe abgetrennt, und ein im Wasser noch vorhandener Rest an Ozon entfernt.

Das Filtrat wird mit Chlor versetzt und dem Becken zugeleitet.

Eine beispielhafte schematische Ausführung der Verfahrenskombination ist in Anhang A dargestellt.

Der Belastbarkeitsfaktor k beträgt $0,6 \text{ m}^{-3}$ entsprechend einem Reinwasservolumen von $1,67 \text{ m}^3$ je Person.

4.3 Flockung – Ozonung – Mehrschichtfiltration mit Sorptionswirkung – Chlorung

In der Verfahrenskombination Flockung – Ozonung – Mehrschichtfiltration – Chlorung werden die Flockungsfiltration und die Sorptionsfiltration in der Mehrschichtfiltration zu einer gemeinsamen Verfahrensstufe zusammengefasst.

Aufgrund der flockulierenden Wirkung des Ozons kann auf die Dosierung von Flockungsmittel verzichtet werden, wenn die Wasserparameter nach DIN 19643-1:2023-06, Tabelle 2, und die Phosphatkonzentration nach Tabelle 7 eingehalten werden. Bei der Planung ist auf jeden Fall die Nachrüstbarkeit einer Flockungsmitteldosierung vorzusehen.

Das Filtrat wird mit Chlor versetzt und dem Becken zugeleitet.

Beispielhafte schematische Ausführungen der Verfahrenskombination sind in Anhang A dargestellt.

Der Belastbarkeitsfaktor k beträgt $0,6 \text{ m}^{-3}$ entsprechend einem Reinwasservolumen von $1,67 \text{ m}^3$ je Person.

5 Verfahrensstufen

5.1 Einstellung der Säurekapazität

5.1.1 Allgemeines

Um eine einwandfreie Flockung sicherzustellen, darf die Säurekapazität ($K_{S4,3}$ nach DIN 38409-7) des Rohwassers im Bereich der Zugabestelle des Flockungsmittels einen vorgegebenen unteren Wert nicht unterschreiten, der von der Art des eingesetzten Flockungsmittels abhängig ist. Dies kann durch Zusatz von geeignetem Füllwasser und/oder von Säurekapazität erhöhenden Chemikalien erreicht werden.

Des Weiteren muss der pH-Wert des Rohwassers in einem für das Flockungsmittel geeigneten Bereich gehalten werden

5.1.2 Mittel zur Einstellung der Säurekapazität

Mit folgenden Mitteln kann die Erhöhung der Säurekapazität erreicht werden:

- a) Natriumcarbonat (Soda) nach DIN EN 15362;
- b) Natriumhydrogencarbonat nach DIN EN 15075;
- c) Calciumcarbonat, fest, nach DIN EN 15798 (als Filtermaterial einzusetzen).

5.1.3 Werte der Säurekapazität im Rohwasser

Alternativ zur Messung im Rohwasser kann die Messung im Beckenwasser erfolgen:

- a) bei Verwendung der Verfahrenskombination für alle Schwimm- oder Badebecken außer Warmsprudelbecken (mit eigener Aufbereitungsanlage) $K_{S4,3} \geq 0,7 \text{ mol/m}^3$;
- b) bei Verwendung der Verfahrenskombination für Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitungsanlage $K_{S4,3} \geq 0,3 \text{ mol/m}^3$;
- c) bei Verwendung von Flockungsmitteln mit einer Basizität³ > 65 % kann abweichend zu a) eine Säurekapazität von $K_{S4,3} \geq 0,3 \text{ mol/m}^3$ eingestellt werden.

5.1.4 Prüfung der Säurekapazität

Im Rohwasser sollte nach vollständiger Einmischung der zugesetzten Stoffe die Säurekapazität bestimmt und mindestens einmal jährlich (aber frühestens zwei Monate nach Neubefüllung des Beckens) sowie bei jeder Veränderung in den Randbedingungen der Aufbereitung auf Einhaltung der Mindestwerte geprüft werden.

3 Die Basizität ist ein Maß für die Vorneutralisation eines Produktes und definiert als: % Basizität = $(m/3n) \times 100 \%$ mit m = molare Stoffmenge OH^- und n = molare Stoffmenge Al^{3+} .

Die wöchentliche Prüfung im Beckenwasser ist im Betriebstagebuch zu dokumentieren.

5.2 pH-Wert-Einstellung

Für die pH-Wert-Einstellung gilt DIN 19643-1.

5.3 Flockung

5.3.1 Allgemeines

Dem Wasser ist unter Verwendung einer Dosieranlage Flockungsmittel mengenproportional, kontinuierlich und gleichmäßig zuzusetzen. Dabei muss das Rohwasser die auf das Flockungsmittel abgestimmten pH-Werte (DIN 19643-1:2023-06, Tabelle 2) und Säurekapazitäten (5.1.3) aufweisen.

Die Flockung besteht aus den [in den Punkten a) bis c) dargelegten] Prozessschritten: Einmischung, Entstabilisierung und Fällung, Mikroflockenbildung sowie Makroflockenbildung in Form einer Anlagerung an das Filterkorn, welche teilweise simultan/parallel ablaufen [4]. Dazu ist folgende Abfolge an Verfahrensschritten notwendig:

- a) Das Flockungsmittel ist unmittelbar an der Dosierstelle schnell und vollständig einzumischen. Dabei ist ein möglichst hoher Energieeintrag für eine gute Durchmischung und Entstabilisierung unabdingbar. Die Vermischung kann z. B. durch einen Rohrsprung unmittelbar nach der Dosierstelle, eine sonstige technische Einrichtung, wie z. B. einen statischen Mischer, oder durch Dosierung des Flockungsmittels vor oder kurz nach den Umwälzpumpen erreicht werden. Die Dosierung des Flockungsmittels im direkten Zulauf zur Ozon-Dosierstelle (z. B. Injektor) kann deren Funktion beeinträchtigen. Die Dosierung sollte in diesem Falle zwischen Ozon-Dosierstelle und Ozonvermischung, z. B. vor dem statischen Mischer, erfolgen
- b) Für die Entstabilisierung und den Beginn der Mikroflockenbildung, für die eine Beruhigung der Fließgeschwindigkeit angezeigt ist, ist eine Reaktionszeit zwischen Flockungsmittelzugabe und Eintritt in den Filter von 10 s erforderlich.

Bei der Planung von Neuanlagen sollten für die Auslegung der Rohrstrecke G-Werte von 100 s^{-1} bis etwa 300 s^{-1} zugrunde gelegt werden. Daraus resultieren bei vorgegebenen Volumenströmen die entsprechenden Rohrrinnendurchmesser, deren Wertebereiche sich aus dem Diagramm in Bild 1 a) und Bild 1 b) ergeben. Aus den ermittelten Rohrrinnendurchmessern (bzw. Rohrquerschnittsflächen) ergeben sich die Fließgeschwindigkeiten und mit diesen für die Reaktionszeit von 10 s die erforderliche Rohrleitungslänge.

ANMERKUNG 1 Die für die Flockung notwendigen Reaktionszeiten können auch durch Verwendung entsprechender Reaktionsbehälter erreicht werden.

Den Diagrammen liegt folgende Gleichung zugrunde:

$$G = \sqrt{\frac{\Delta p}{L} \cdot \frac{v}{\eta}}$$

Dabei ist

G der mittlere Schergradient, in s^{-1} ;

$\Delta p/L$ der Druckverlust der Strömung je Meter Rohrstrecke, in $\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$;

v die Fließgeschwindigkeit des Wassers, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;

η die dynamische Viskosität des Wassers, in $\text{Pa} \cdot \text{s}$.