

**Lauterbach-Kießling GmbH
Seybothenreuth**

Prüfbericht

**„Prüfung des Filtersystems *REGENWASSERFILTER DN 100* für
Regenwassernutzungsanlagen“**

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- u. Abfallwirtschaft
der Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. U. Rott

Im Juni 2000

1 Prüfungsgegenstand

Prüfung des Regenwasserfiltersystems *REGENWASSERFILTER DN 100* für Regenwasser-nutzungsanlagen seitens des Instituts für Siedlungswasserbau, Universität Stuttgart, im Auf-trag der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth.

2 Ziel der Prüfungen

Für das Regenwasserfiltersystems *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, wurden Versuche bzw. Prüfungen zur hydraulischen Lei-stungsfähigkeit, zum hydraulischen Wirkungsgrad sowie zur Filterleistung und Dauerprüfung der Standzeit des Filtersystems mit Hilfe eines geeigneten Versuchsaufbaus durchgeführt. Der Versuchsaufbau und die Ergebnisse der Einzelprüfungen sind in vorliegendem Prüfbereich detailliert dargestellt. Erfahrungen aus der Durchführung der Prüfungen und können in eine seitens des DIN-Ausschusses NAW V 8-AK3 zu entwerfende Prüfnorm einfließen.

3 Durchführung der Prüfungen

3.1 Prüfanlage

Die Anlage zur Prüfung des Filters ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Ein Vorlage-behälter ($V = 2,0 \text{ m}^3$) wird mit Wasser und - im Falle der Prüfung des Schmutzrückhaltes des Filters - zusätzlich mit Zuschlägen befüllt.

Das Wasser fließt unter hydrostatischem Druck durch eine Kunststoffrohrleitung (KG-Rohr DN 100) dem Filtersystem zu. Schieber 1 (Notschieber) ist ständig offen. Über Schieber 2 und das Messgerät (induktives Fließgeschwindigkeitsmessgerät) wird der Durchfluss im Sys-tem eingestellt. Nach Schieber 2 fließt das Wasser durch eine aus vier 45° -Bögen bestehende Umlenkung,, um eine beruhigte Anströmung des Filters zu garantieren.

Während der Filterpassage wird der nutzbare Teil des Wassers, das Filtrat, in einen Auffang-behälter, ausgestattet mit einer Piezometerfüllstandsmessung, geleitet. Der nicht nutzbare, abgeschlagene Teil des Wassers wird dem Abwasserkanal zugeführt.

Der Auffangbehälter ist mit einem Auslass in Bodenmitte versehen, so dass mit Hilfe von Analysensieben (DIN ISO 3310/1) das zum Schmutzrückhaltepotential des Filters verwendete und im Filtrat enthaltene Material aufgefangen und in seine Fraktionen aufgeteilt werden kann.

Tabelle 1: Volumenströme, Strömungsgeschwindigkeiten und Zeitspannen bei der Prüfung des hydraulischen Wirkungsgrades des unbelasteten Filters

Volumenstrom VQ_{zu} [l/s]	Strömungsgeschwindigkeit v_{zu} [m/s]	Zeit t [min]
0,19 l/s	0,025 m/s	8
0,37 l/s	0,050 m/s	4
0,75 l/s	0,100 m/s	4
1,49 l/s	0,200 m/s	2
2,24 l/s	0,300 m/s	2
2,99 l/s	0,400 m/s	2
3,73 l/s	0,500 m/s	2
4,78 l/s	0,600 m/s	2
5,24 l/s	0,700 m/s	2

Der hydraulische Wirkungsgrad des unbelasteten Filtersystems $\eta_{HYD,UNBEL}$ ergibt sich zu

$$\eta_{HYD,UNBEL} = (VQ_{ZU} - VQ_{AB}) / VQ_{ZU}$$

Prüfergebnisse

Für das Filtersystem *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, ergaben sich bei den unterschiedlichen Volumenströmen die in Tabelle 2 dargestellten hydraulischen Wirkungsgrade des unbelasteten Filtersystems $\eta_{HYD,UNBEL}$.

Tabelle 2: Prüfergebnisse - hydraulischer Wirkungsgrad des unbelasteten Filtersystems $\eta_{HYD,UNBEL}$ bei untersch. Volumenströmen bzw. Strömungsgeschwindigkeiten

Volumenstrom VQ_{zu} [l/s]	Strömungsgeschwindigkeit v_{zu} [m/s]	Hydraulischer Wirkungsgrad des unbelasteten Filtersystems $\eta_{HYD,UNBEL}$ [%]
0,19 l/s	0,025 m/s	100,0
0,37 l/s	0,050 m/s	100,0
0,75 l/s	0,100 m/s	94,9
1,49 l/s	0,200 m/s	96,6
2,24 l/s	0,300 m/s	95,6
2,99 l/s	0,400 m/s	95,0
3,73 l/s	0,500 m/s	94,4
4,78 l/s	0,600 m/s	94,9
5,24 l/s	0,700 m/s	95,2

3.3.3 Prüfung des Schmutzstoffrückhalts des Filtersystems

Prüfmedium

Klarwasser (Trinkwasser), versetzt mit Zusätzen, welche sedimentierbare Stoffe, Schwebstoffe und Schwimmstoffe des Dachablaufwassers repräsentieren. Im einzelnen sind diese:

- Kunststoffolie LDPE, Stärke 15 μm , Abmessung 5 cm \times 5 cm
- Polypropylenkugeln, $\varnothing d = 3,5$ mm
- Norm-Quarzsand HFs 0,25/0,5 mit folgenden Eigenschaften

Kornklasse [μm]	Massenanteil [%]
125 – 250	3,4
> 250	96,6

- Norm-Quarzsand HFs 0,71/1,25 mit folgenden Eigenschaften

Kornklasse [μm]	Massenanteil [%]
125 – 250	0
> 250	100

Prüfkriterien/Prüfungsanforderungen

Der Vorlagebehälter enthält für diese Prüfung 1000 l Wasser, versetzt mit den oben genannten Zusätzen. Die Massen der Zusätze werden durch Wägung bestimmt. Die Mengen, Massen und Konzentrationen der Zusätze im Vorlagebehälter sind in Tabelle 3 bzw. Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 3: Mengen, Massen und Konzentration der einzelnen Zusatzstoffe bei der Prüfung des Schmutzstoffrückhalts des Filtersystems

Zusatz (Feststoff)	Menge/Masse	Konzentration (in 1000 l Wasser)
LDPE-Folie 15 μm	10 St.	10 / (1000 l)
Polypropylenkugeln $\varnothing d=3,5$ mm	100 g	0,1 g/l
Quarzsand HFs 0,25/0,5	100 g	0,1 g/l
Quarzsand HFs 0,71/1,25	100 g	0,1 g/l

Tabelle 4: Zugesezte Gesamtmassen der Kornklassen der Quarzsande 0,25/0,5 und 0,71/1,25

Zusatz Quarzsand HFs 0,25/0,5 und 0,71/1,25	Masse [g]	Konzentration (in 1000 l Wasser) [g/l]
125 – 250 μm	3,4	0,004
> 250 μm	196,6	0,196

Das unbelastete (unverschmutzte) Filtersystem wird über seine Zulaufleitung DN 100, Gefälle $I = 1/100$ nach DIN 1986-2 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2) mit einem konstant eingestellten Volumenstrom von $V_{Q_{zu}} = 2,24$ l/s (Strömungsgeschwindigkeit $v_{ZU} = 0,300$ m/s) mit dem Wasser-Feststoff-Gemisch beschickt.

Das Filtrat wird mit Normsieben (DIN ISO 3310/1, Eignung zur Nasssiebung) 63 μm , 125 μm und 250 μm aufgefangen und getrocknet. Die nach Filterung noch vorhandenen Gewichtsanteile der Zusätze (Wiederfindung) werden durch Wägung bestimmt.

Der Filterwirkungsgrad ergibt sich zu

$$\eta_{\text{FILTER}} = 1 - \frac{\Sigma \text{Filtrat (Masse)}}{\Sigma \text{zugeseztes Material (Masse)}}$$

Prüfergebnis

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Prüfung des Schmutzstoffrückhalts des Filtersystems *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, dargestellt. Bezogen auf die einzelnen Zusätze sind die Mengen/Massen der im Filtrat wiedergefundenen Zusätze sowie der Filterwirkungsgrad η_{FILTER} angegeben.

Tabelle 5: Prüfergebnisse - Mengen/Massen der im Filtrat wiedergefundenen Zusätze und Filterwirkungsgrad η_{FILTER} bezogen auf die einzelnen Zusätze

Zusatz (Feststoff)	Menge/Masse	Filterwirkungsgrad η_{FILTER} [%]
LDPE-Folie 15 μm	0 St.	100,0
Polypropylenkugeln $\varnothing d=3,5$ mm	0 g	100,0
Quarzsand KK 125 – 250 μm	0,0 g	100,0
Quarzsand KK > 250 μm	0,0 g	100,0

Prüfkriterien/Prüfungsanforderungen

Das unbelastete (unverschmutzte) Filtersystem wird über seine Zulaufleitung DN 100, Gefälle $I = 1/100$ nach DIN 1986-2 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2) mit den Volumenströmen

- $V_{QZU} = 4,70 \text{ l/s}$ (Rohrfüllungsgrad $h/d_i = 0,7$)
- $V_{QZU} = 5,60 \text{ l/s}$ (Rohrfüllungsgrad $h/d_i = 1,0$)

angeströmt. Diese Volumenströme müssen über eine Zeitspanne von 5 Minuten ohne Rückstau in der Zulaufleitung den Filter passieren.

Prüfergebnis

Das Filtersystem *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, konnte die Volumenströme von 4,7 l/s bzw. 5,6 l/s nicht rückstaufrei aufnehmen und weiterleiten. Ab einem Volumenstrom von ca. 3,8 l/s ist die Zulaufleitung eingestaut und ein Rückstau dieser Leitung tritt ein.

3.3.2 Prüfung des hydraulischen Wirkungsgrades des unbelasteten Filters**Prüfmedium**

Klarwasser (Trinkwasser)

Prüfkriterien/Prüfungsanforderungen

Das unbelastete (unverschmutzte) Filtersystem wird über seine Zulaufleitung DN 100, Gefälle $I = 1/100$ nach DIN 1986-2 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2) mit in Tabelle 1 angegebenen Volumenströmen, Strömungsgeschwindigkeiten und Zeitspannen angeströmt. Anströmungen des Filters mit geringeren Volumenströmen werden über längere Zeit (8 min. bzw. 4 min.) aufrechterhalten, um bei der Piezofüllstandsmessung im Auffangbehälter eine höhere Genauigkeit zu erzielen.

Nach Ergebnissen umfangreicher Voruntersuchungen kann von einer Genauigkeit der Angaben aller hydraulischen Wirkungsgrade von $\pm 1\%$ ausgegangen werden.

3.3.4 Prüfung des hydraulischen Wirkungsgrades des dauerbelasteten Filtersystems (Prüfung der Standzeit)

Prüfmedium

Klarwasser (Trinkwasser), versetzt mit Zusätzen, welche sedimentierbare Stoffe, Schwebstoffe und Schwimmstoffe des Dachablaufwassers repräsentieren (s. Abschnitt 3.3.3).

Prüfkriterien/Prüfungsanforderungen

Der Vorlagebehälter enthält für diese Prüfung pro Zyklus 500l Wasser, versetzt mit den oben genannten Zusätzen. Die Massen der Zusätze werden durch Wägung bestimmt. Die Mengen bzw. Konzentrationen der Zusätze im Vorlagebehälter sind in Tabelle 6 dargestellt. Das unbelastete (unverschmutzte) Filtersystem wird über seine Zulaufleitung DN 100, Gefälle $I = 1/100$ nach DIN 1986-2 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2) über eine Zeitspanne von 4 Minuten mit einem Volumenstrom von ca. 2 l/s mit dem Wasser-Feststoff-Gemisch beschickt.

Anschließend folgen 10 Minuten Pause. Dieser intermittierende Betrieb erfolgt über 100 Zyklen. Abschließend wird der hydraulische Wirkungsgrad des verschmutzten Filtersystems mit in Tabelle 7 angegebenen Volumenströmen, Strömungsgeschwindigkeiten und Zeitspannen überprüft. Der hydraulische Wirkungsgrad des dauerbelasteten Filtersystems $\eta_{\text{HYD,BEL}}$ ergibt sich zu

$$\eta_{\text{HYD,BEL}} = (VQ_{\text{ZU}} - VQ_{\text{AB}}) / VQ_{\text{ZU}}$$

Tabelle 6: Mengen, Massen und Konzentration der einzelnen Zusatzstoffe bei der Dauerbeschickung des Filtersystems

Zusatz (Feststoff)	Menge	Konzentration (in 500 l Wasser)
LDPE-Folie 15 μm	5 St.	5 / 500 l)
Polypropylenkugeln $\varnothing d=3,5 \text{ mm}$	20 g	0,04 g/l
Quarzsand HFs 0,25/0,5	20 g	0,04 g/l
Quarzsand HFs 0,71/1,25	20 g	0,04 g/l

Tabelle 7: Volumenströme, Strömungsgeschwindigkeiten und Zeitspannen bei der Prüfung des hydraulischen Wirkungsgrades des belasteten Filters

Volumenstrom VQ_{zu} [l/s]	Strömungsgeschwindigkeit v_{zu} [m/s]	Zeit t [min]
0,19 l/s	0,025 m/s	8
0,37 l/s	0,050 m/s	4
0,75 l/s	0,100 m/s	4
1,49 l/s	0,200 m/s	2
2,24 l/s	0,300 m/s	2
2,99 l/s	0,400 m/s	2
3,73 l/s	0,500 m/s	2
4,78 l/s	0,600 m/s	2
5,24 l/s	0,700 m/s	2

Prüfergebnisse

Für Filtersystem *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, ergeben sich bei den unterschiedlichen Volumenströmen die in Tabelle 8 dargestellten hydraulischen Wirkungsgrade $\eta_{HYD,BEL}$ des verschmutzten (dauerbelasteten) Filtersystems. Darüber hinaus ist in Tabelle 8 die Abnahme Δ_{HYD} des hydraulischen Wirkungsgrades des verschmutzten Filtersystems im Vergleich zum unverschmutzten (unbelasteten) Filtersystem aufgeführt.

Tabelle 8: Prüfergebnisse - hydraulischer Wirkungsgrad des dauerbelasteten Filtersystems $\eta_{HYD,BEL}$ und Abnahme Δ_{HYD} des hydraulischen Wirkungsgrades bei unterschiedlichen Volumenströmen bzw. Strömungsgeschwindigkeiten

Volumenstrom VQ_{zu} [l/s]	Strömungsgeschwindigkeit v_{zu} [m/s]	Hydraulischer Wirkungsgrad $\eta_{HYD,BEL}$ des dauerbelasteten Filtersystems [%]	Abnahme Δ_{HYD} des hydraulischen Wirkungsgrades des verschmutzten Filtersystems [%]
0,19 l/s	0,025 m/s	100,0	0,0
0,37 l/s	0,050 m/s	100,0	0,0
0,75 l/s	0,100 m/s	94,9	0,0
1,49 l/s	0,200 m/s	96,6	0,0
2,24 l/s	0,300 m/s	95,6	0,0
2,99 l/s	0,400 m/s	94,2	0,8
3,73 l/s	0,500 m/s	94,0	0,4
4,78 l/s	0,600 m/s	93,6	1,4
5,24 l/s	0,700 m/s	93,7	1,6

Gesamtbeurteilung

Das untersuchte Filtersystem ist für seinen vom Hersteller ausgewiesenen Einsatzzweck geeignet und konnte bis auf die hydraulische Leistungsfähigkeit (Rückstausicherheit bei einem Volumenstrom von 4,7 l/s nach DIN 1986, II) erfolgreich geprüft werden.



Prof. Dr.-Ing. U. Rott



Dipl.-Ing. C. Meyer

4 Anhang

Fotografische Dokumentation



Abbildung 2: In Prüfstand eingebauter Filter



Abbildung 3: Filter bei zufließendem Volumenstrom $VQ_{ZU} = 0,19 \text{ l/s}$ während der Prüfung des Wirkungsgrades des belasteten Filters

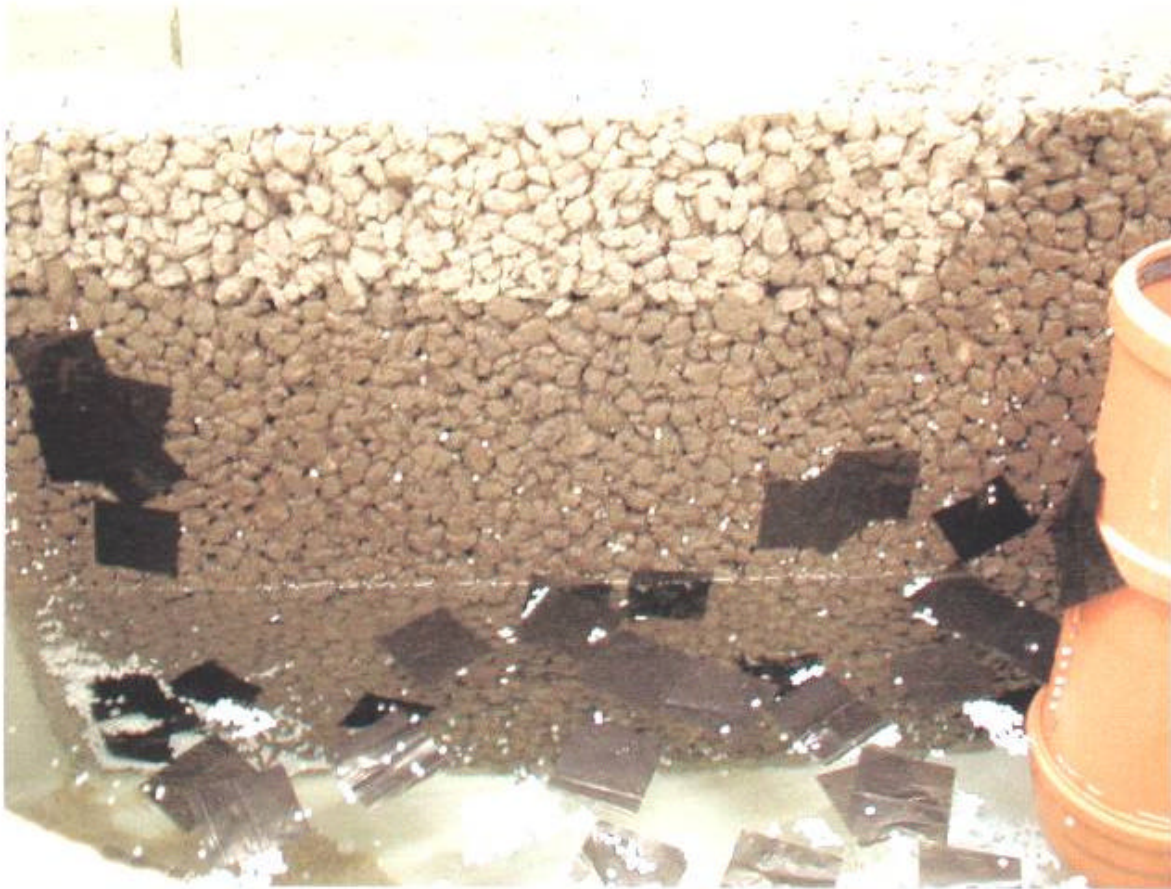


Abbildung 4: Zusetzen des Filters und der Drosselöffnungen des Ablaufrohres während der Dauerbeschickung



Abbildung 5: Einstau der Zulaufleitung bei einem Volumenstrom $VQ_{ZU} = 3,8 \text{ l/s}$

Verwendete Formelzeichen

d	[mm]	Außendurchmesser Polypropylenkugeln
d_i	[mm]	Innendurchmesser Rohrleitung
h	[mm]	Rohrfüllungsgrad
I	[-]	Gefälle Rohrleitung
η_{FILTER}	[%]	Filterwirkungsgrad
$\eta_{\text{HYD,BEL}}$	[%]	hydraulischer Wirkungsgrad des dauerbelasteten Filtersystems
$\eta_{\text{HYD,UNBEL}}$	[%]	hydraulischer Wirkungsgrad des unbelasteten Filtersystems
t	[min]	Zeit
V_{QAB}	[l/s]	vom Filtersystem in den Kanal abgeführter Volumenstrom
V_{QZU}	[l/s]	dem Filtersystem zugeführter Volumenstrom
v_{zu}	[m/s]	Strömungsgeschwindigkeit
Δ_{HYD}	[%]	Abnahme des hydraulischen Wirkungsgrades

**Lauterbach-Kießling GmbH
Seybothenreuth**

Prüfbericht

**„Prüfung des modifizierten Filtersystems
REGENWASSERFILTER DN 100 für Regenwassernutzungsan-
lagen (Nachprüfung)“**

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- u. Abfallwirtschaft
der Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. U. Rott

Im Oktober 2000

1 Prüfungsgegenstand

Prüfung des modifizierten Regenwasserfiltersystems *REGENWASSERFILTER DN 100* für Regenwassernutzungsanlagen seitens des Instituts für Siedlungswasserbau, Universität Stuttgart, im Auftrag der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth.

2 Ziel der Prüfungen

Für das modifizierte Regenwasserfiltersystem *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, wurden Versuche bzw. Prüfungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit durchgeführt. Die Modifizierung erstreckt sich auf die Erhöhung von Zulaufrohr und Überlaufrohr relativ zum Behälterboden, wodurch sich gegenüber dem Vorserienmodell, welches die nach DIN 1986, Teil 2, geforderte Rückstausicherheit bei einem maximalen Volumenstrom von 4,70 l/s nicht erfüllte, eine Vergrößerung der Filterfläche ergibt. Dadurch soll ermöglicht werden, dass ein größerer Volumenstrom den Filter passieren kann ohne Rückstau in der Zulaufleitung zu erzeugen.

Der Versuchsaufbau und die Ergebnisse der Einzelprüfung sind in vorliegendem Prüfbericht detailliert dargestellt.

3 Durchführung der Prüfungen

3.1 Prüfanlage

Die Anlage zur Prüfung des Filters ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Ein Vorlagebehälter ($V = 2,0 \text{ m}^3$) wird mit Wasser und - im Falle der Prüfung des Schmutzrückhaltes des Filters - zusätzlich mit Zuschlägen befüllt.

Das Wasser fließt unter hydrostatischem Druck durch eine Kunststoffrohrleitung (KG-Rohr DN 100) dem Filtersystem zu. Schieber 1 (Notschieber) ist ständig offen. Über Schieber 2 und das Messgerät (induktives Fließgeschwindigkeitsmessgerät) wird der Durchfluss im System eingestellt. Nach Schieber 2 fließt das Wasser durch eine aus vier 45°-Bögen bestehende Umlenkung, um eine beruhigte Anströmung des Filters zu garantieren.

Während der Filterpassage wird der nutzbare Teil des Wassers, das Filtrat, in einen Auffangbehälter, ausgestattet mit einer Piezometerfüllstandsmessung, geleitet. Der nicht nutzbare, abgeschlagene Teil des Wassers wird dem Abwasserkanal zugeführt.

Der Auffangbehälter ist mit einem Auslass in Bodenmitte versehen, so dass mit Hilfe von Analysensieben (DIN ISO 3310/1) das zum Schmutzrückhaltepotential des Filters verwendete

und im Filtrat enthaltene Material aufgefangen und in seine Fraktionen aufgeteilt werden kann.

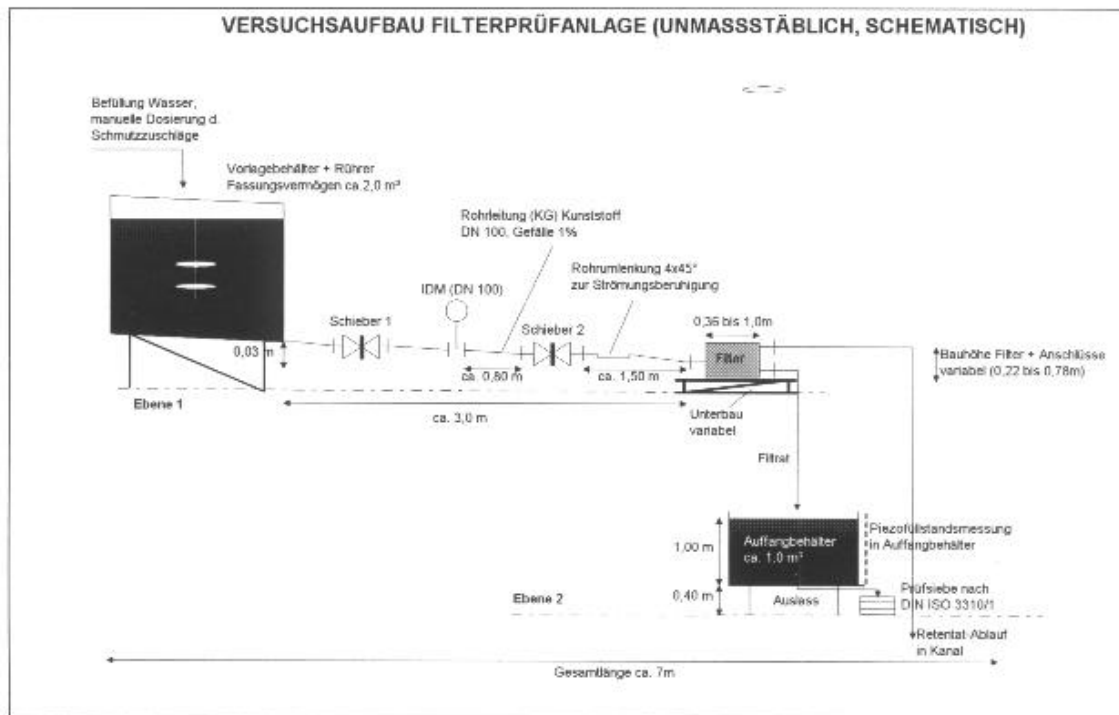


Abbildung 1: Prüfanlage

3.2 Prüfungsvorbereitungen

Vor Beginn jeder Einzelprüfung wurden jeweils folgende vorbereitenden Arbeitsschritte durchgeführt:

- Säuberung des Vorlage- und Auffangbehälters
- Spülung der Rohrleitung
- waagerechte Justierung des Filters in zwei zueinander rechtwinkligen, horizontalen Achsen
- Benetzung der Filterfläche
- Kalibrierung des Messgerätes (Nullpunkt-Einstellung des IDM).

3.3 Durchführung der Filterprüfungen im Detail

3.3.1 Prüfung der hydraulischen Leistung des unbelasteten Filters

Prüfmedium

Klarwasser (Trinkwasser)

Prüfkriterien/Prüfungsanforderungen

Das unbelastete (unverschmutzte) Filtersystem wird über seine Zulaufleitung DN 100, Gefälle $I = 1/100$ nach DIN 1986-2 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 2) mit dem Volumenstrom

- $V_{QZU} = 4,70 \text{ l/s}$ (Rohrfüllungsgrad $h/d_i = 0,7$), Rückstausicherheit im Zulauf gefordert

angeströmt. Dieser Volumenstrom muss über eine Zeitspanne von 5 Minuten ohne Rückstau in der Zulaufleitung den Filter passieren.

Prüfergebnis

Das modifizierte Filtersystem *REGENWASSERFILTER DN 100* der Firma Lauterbach-Kießling GmbH, Seybothenreuth, konnte den Volumenstrom von $4,7 \text{ l/s}$ rückstaufrei aufnehmen und weiterleiten. Volumenströme über $4,7 \text{ l/s}$ verursachen den Einstau der Zulaufleitung, und ein Rückstau in dieser Leitung tritt ein.

Gesamtbeurteilung

Das untersuchte Filtersystem ist für seinen vom Hersteller ausgewiesenen Einsatzzweck geeignet und konnte erfolgreich geprüft werden.



Prof. Dr.-Ing. U. Rott



Dipl.-Ing. C. Meyer

4 Anhang

Verwendete Formelzeichen

d	[mm]	Außendurchmesser Polypropylenkugeln
d_i	[mm]	Innendurchmesser Rohrleitung
h	[mm]	Rohrfüllungsgrad
I	[-]	Gefälle Rohrleitung
η_{FILTER}	[%]	Filterwirkungsgrad
$\eta_{\text{HYD,BEL}}$	[%]	hydraulischer Wirkungsgrad des dauerbelasteten Filtersystems
$\eta_{\text{HYD,UNBEL}}$	[%]	hydraulischer Wirkungsgrad des unbelasteten Filtersystems
t	[min]	Zeit
V_{QAB}	[l/s]	vom Filtersystem in den Kanal abgeführter Volumenstrom
V_{QZU}	[l/s]	dem Filtersystem zugeführter Volumenstrom
v_{zu}	[m/s]	Strömungsgeschwindigkeit
Δ_{HYD}	[%]	Abnahme des hydraulischen Wirkungsgrades