

**Raintec GmbH  
Schmalkalden**

Prüfbericht

**„Prüfung des Filtersystems *Regenfilter E 250* für Regenwasser-  
nutzungsanlagen“**

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

Prof. Dr.-Ing. U. Rott

Im Juni 2000

## 1 Prüfungsgegenstand

Prüfung des Regenwasserfiltersystems *Regenfilter E 250* für Regenwassernutzungsanlagen seitens des Instituts für Siedlungswasserbau, Universität Stuttgart, im Auftrag der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden.

## 2 Ziel der Prüfungen

Für das Regenwasserfiltersystems *Regenfilter E 250* der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden, wurden Versuche bzw. Prüfungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit, 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 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  $45^\circ$ -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.

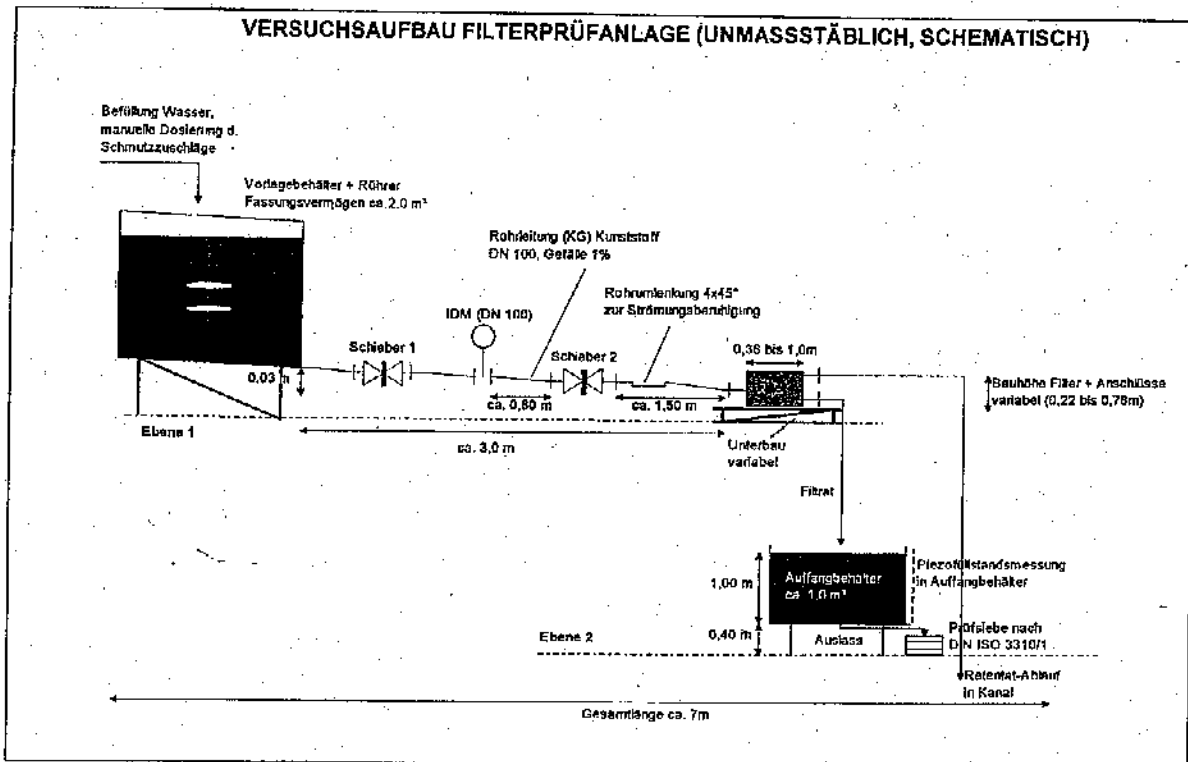


Abbildung 1: Prüfanlage

### 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 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

Die Prüfung der hydraulischen Leistung des unbelasteten Filtersystems verlief erfolgreich. Das Filtersystem *Regenfilter E 250* der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden, konnte die Volumenströme von  $4,7 \text{ l/s}$  bzw.  $5,6 \text{ l/s}$  rückstaufrei aufnehmen und weiterleiten.

### 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.

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 *Regenfilter E 250* der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden, 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	95,1
0,37 l/s	0,050 m/s	92,8
0,75 l/s	0,100 m/s	91,1
1,49 l/s	0,200 m/s	90,4
2,24 l/s	0,300 m/s	88,6
2,99 l/s	0,400 m/s	78,2
3,73 l/s	0,500 m/s	78,1
4,78 l/s	0,600 m/s	78,0
5,24 l/s	0,700 m/s	78,0

### 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  $\mu\text{m}$ , Abmessung 5 cm  $\times$  5 cm
- Polypropylenkugeln,  $\varnothing d = 3,5$  mm
- Norm-Quarzsand HFs 0,25/0,5 mit folgenden Eigenschaften

Kornklasse [ $\mu\text{m}$ ]	Massenanteil [%]
125 – 250	3,4
> 250	96,6

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

Kornklasse [ $\mu\text{m}$ ]	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 $\mu\text{m}$	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 FFs 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

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

### Prüfergebnis

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Prüfung des Schmutzstoffrückhalts des Filtersystems *Regenfilter E 250* der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden, dargestellt. Bezogen auf die einzelnen Zusätze sind die Mengen/Massen der im Filtrat wiedergefundenen Zusätze sowie der Filterwirkungsgrad  $\eta_{\text{FILTER}}$  angegeben.

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

Zusatz (Feststoff)	Menge/Masse	Filterwirkungsgrad $\eta_{\text{FILTER}}$ [%]
LDPE-Folie 15 µm	0 St.	100,0
Polypropylenkugeln $\varnothing d=3,5$ mm	0 g	100,0
Quarzsand KK 125 – 250 µm	0,12 g	96,5
Quarzsand KK > 250 µm	2,11 g	98,9

### 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

$$\eta_{\text{HYD,BEL}} = (V_{\text{QZU}} - V_{\text{QAB}}) / V_{\text{QZU}}$$

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 $\mu\text{m}$	5 St.	5 / 500 l)
Polypropylenkugeln, $\varnothing$ d=3,5 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

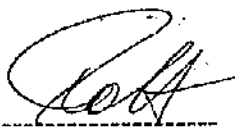
Für Filtersystem *Regenfilter E 250* der Firma Raintec GmbH, Schmalkalden, ergeben sich bei den unterschiedlichen Volumenströmen die in Tabelle 8 dargestellten hydraulischen Wirkungsgrade  $\eta_{HYD,BEL}$  des verschmutzten (dauerbelasteten) Filtersystems. Darüber hinaus ist in Tabelle 8 die Abnahme  $\Delta_{HYD}$  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  $\Delta_{HYD}$  des hydraulischen Wirkungsgrades bei unterschiedlichen Volumenströmen bzw. Strömungsgeschwindigkeiten

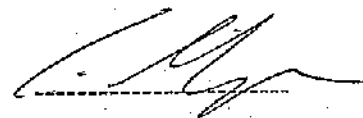
Volumenstrom $VQ_{zu}$ [l/s]	Strömungsgeschwindigkeit $v_{zu}$ [m/s]	Hydraulischer Wirkungsgrad $\eta_{HYD,BEL}$ des dauerbelasteten Filtersystems [%]	Abnahme $\Delta_{HYD}$ des hydraulischen Wirkungsgrades des verschmutzten Filtersystems [%]
0,19 l/s	0,025 m/s	78,3	17,7
0,37 l/s	0,050 m/s	74,7	19,5
0,75 l/s	0,100 m/s	68,9	24,4
1,49 l/s	0,200 m/s	68,7	24,0
2,24 l/s	0,300 m/s	68,5	22,7
2,99 l/s	0,400 m/s	70,9	9,3
3,73 l/s	0,500 m/s	70,3	10,0
4,78 l/s	0,600 m/s	63,6	18,5
5,24 l/s	0,700 m/s	67,5	13,5

## 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

### Fotografische Dokumentation

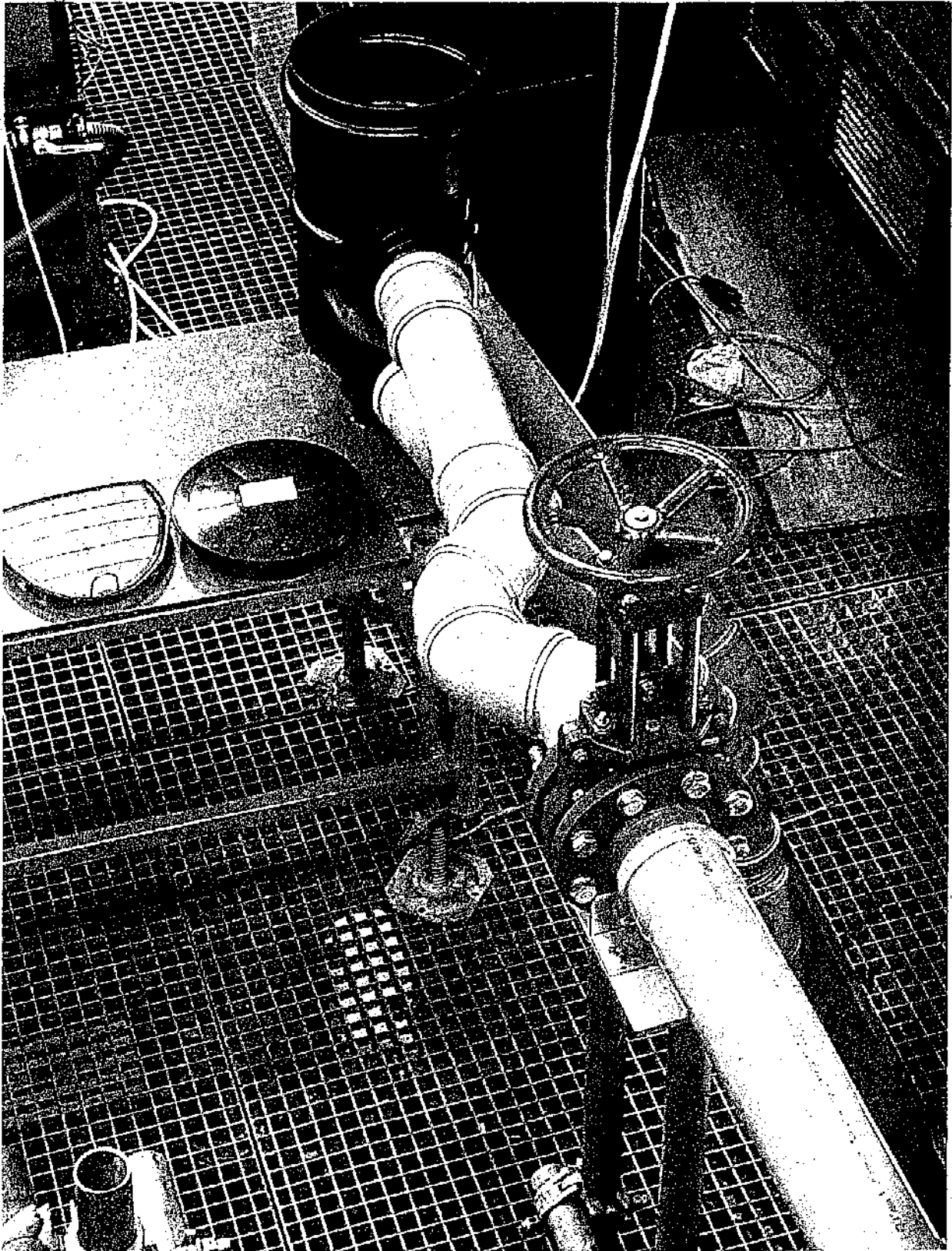


Abbildung 2: In Prüfstand eingebauter Filter

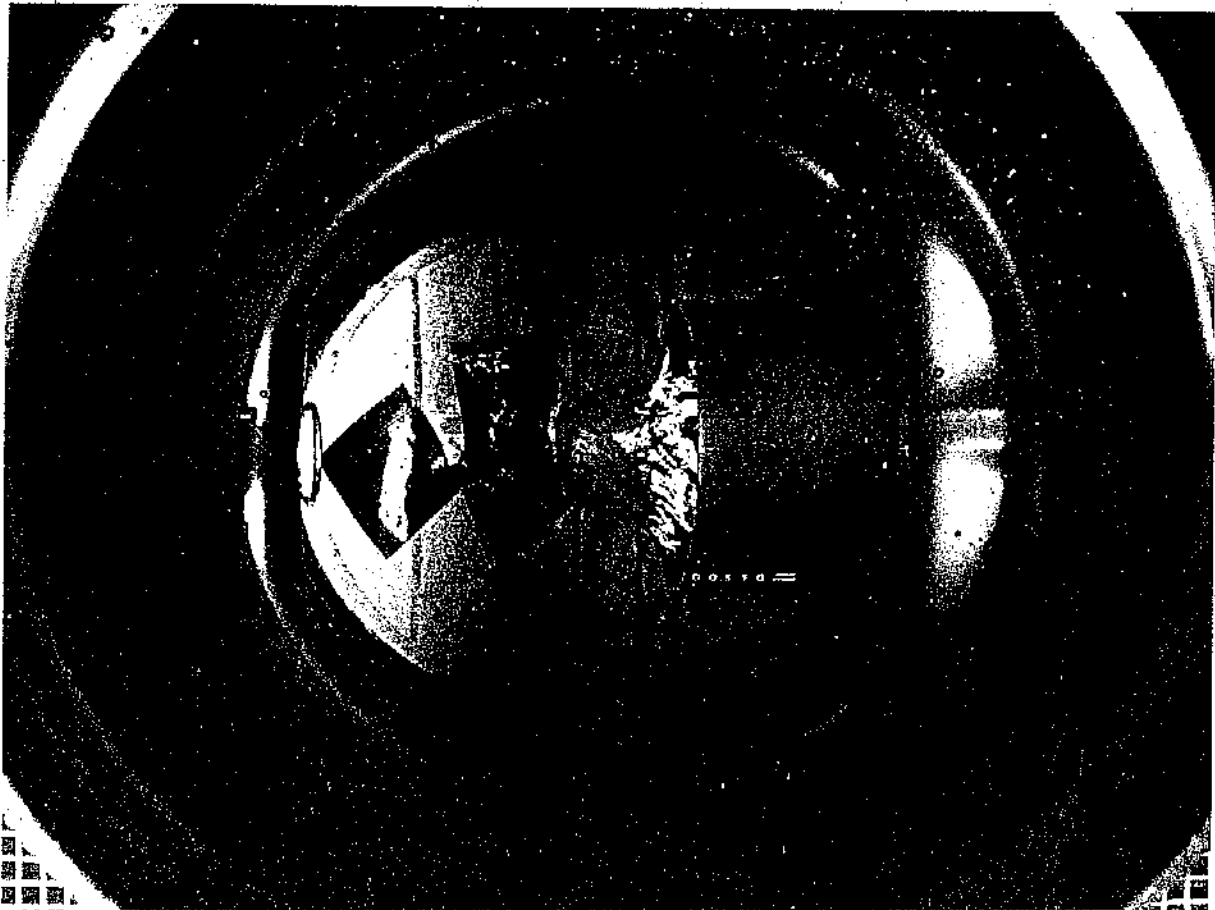


Abbildung 3: Filter bei zufließendem Volumenstrom  $V_{QZU} = 0,19 \text{ l/s}$  während der Prüfung des Wirkungsgrades des belasteten Filters

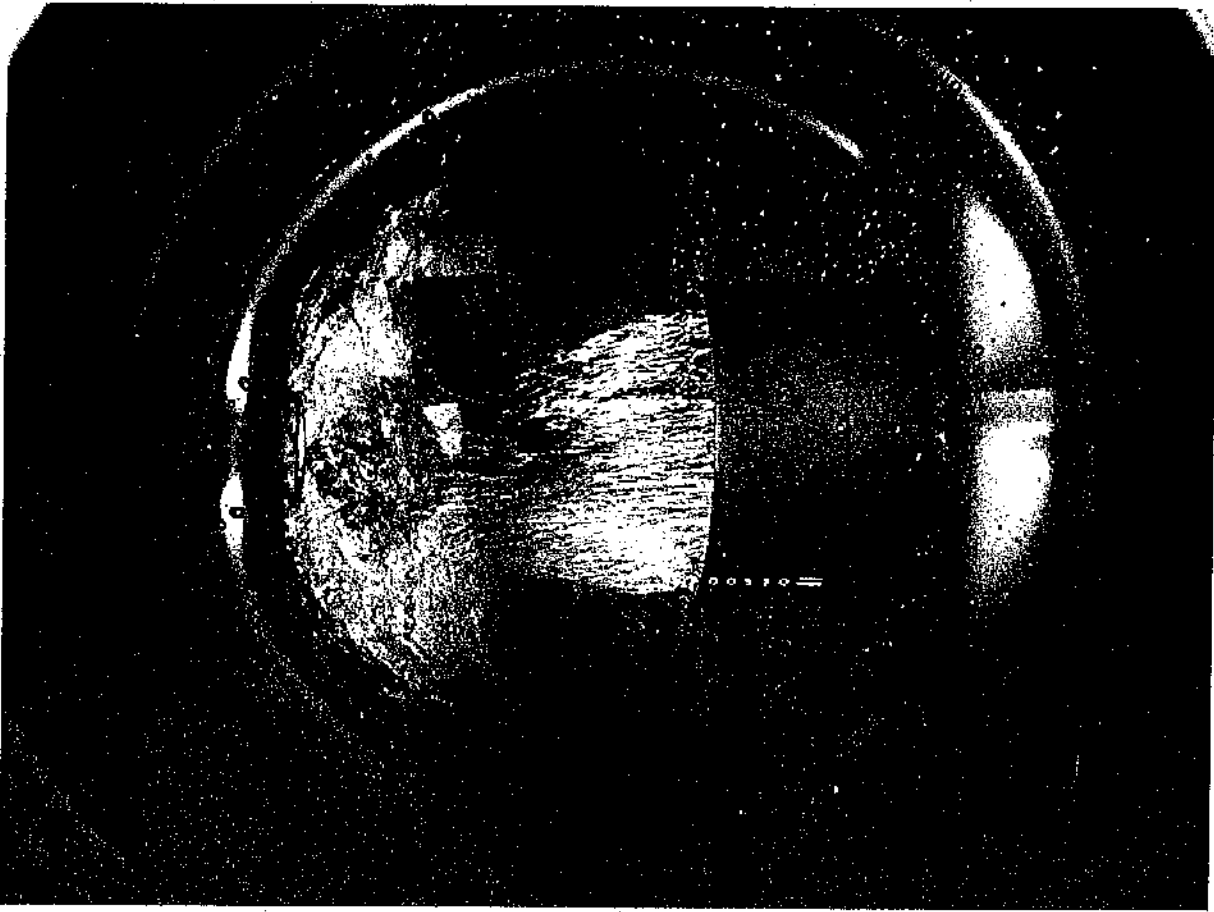


Abbildung 4: Filter bei zufließendem Volumenstrom  $V_{Q_{ZU}} = 1,49 \text{ l/s}$  während der Prüfung des Wirkungsgrades des belasteten Filters

**Verwendete Formelzeichen**

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