

IKT-Warentest „Geruchsfilter“

mit ergänzender Untersuchung weiterer Produkte
zum Einsatz in Abwasserschächten
bei Geruchsbelästigung



Langfassung

Auftraggeber

Der IKT-Warentest „GeruchsfILTER“ mit ergänzender Untersuchung weiterer Produkte zum Einsatz in Abwasserschächten bei Geruchsbelästigung wurde durch folgende Netzbetreiber getragen und finanziert:

- Landeshauptstadt Kiel - Stadtentwässerung
- Stadt Ahaus
- Stadt Frankfurt am Main
- Stadtentwässerung Hamm (Lippeverband)
- Stadtentwässerung Hann. Münden
- Stadtentwässerung Ludwigshafen
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR
- Stadtentwässerungsbetrieb Landeshauptstadt Düsseldorf
- Städtische Werke Magdeburg
- Technische Betriebe Leverkusen
- Technische Werke Burscheid AöR

Die beteiligten Kanalnetzbetreiber entsendeten Vertreter zur Mitwirkung im Lenkungskreis des IKT-Warentests "GeruchsfILTER". Diesen Fachleuten möchten wir an dieser Stelle für ihre Unterstützung und die praxisnahe Ausrichtung des gesamten Warentests besonders danken: Caspers, V.; Frick, J.; Geyr, O.; Grauvogel, F. W.; Hartmann, W.; Herbig, H.; Hildebrand, N.; Kleimann, J.; Kremser, U.; Pithan, B.; Reichel, K.; Rosenhagen, A.; Schwertfeger, C.; Weßling, B.

Den o. a. Netzbetreibern danken wir insbesondere auch für die In-situ-Untersuchungen der Produkte in ihren Kanalnetzen (vgl. Kapitel 5.5.2 und Kapitel 6.4.2).

Auftragnehmer



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung:

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Thomas Brüggemann

Dipl.-Ing. Uwe Reisch

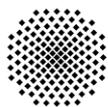
Dipl.-Ing. Daniela Färber

Projektbeteiligte



Dr.-Ing. Helmut Kulisch

Universität der Bundeswehr München
Institut für Wasserwesen
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg bei München



Universität Stuttgart



Dr.-Ing. Martin Reiser

Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und
Abfallwirtschaft (ISWA)
Bandtäle 2
70569 Stuttgart

**U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T**



Prof. Dr.-Ing. Franz-Bernd Frechen

Universität Kassel
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft im
Institut für Wasser, Abfall, Umwelt (IWAW)
Kurt-Wolters-Straße 3
34125 Kassel

Den o. a. Projektbeteiligten danken wir für die wissenschaftliche Unterstützung und fruchtbare Diskussion sowie die Entwicklung und Umsetzung geeigneter Labor- und In-situ-Untersuchungen. Herrn Dr. Kulisch gilt unser besonderer Dank für die Laboruntersuchungen zur Durchströmbarkeit (vgl. Kapitel 5.3.1 und Kapitel 6.2.1), Herrn Dr. Reiser für die Laboruntersuchungen zur Reinigungsleistung (vgl. Kapitel 5.3.2 und Kapitel 6.2.2) und Herrn Professor Frechen für die aus In-situ-Messungen an unterschiedlichen Standorten gewonnenen Erkenntnisse (vgl. Kapitel 5.5.1 und Kapitel 6.4.1).

Inhaltsverzeichnis

1	IKT-WARENTEST „GERUCHSFILTER“	6
1.1	VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG	6
1.2	KONZEPT DES IKT-WARENTESTS	8
2	ENTSTEHUNG VON GERUCHSSTOFFEN	9
2.1	PRIMÄRE OSMOGENE – EINGELEITETE GERUCHSSTOFFE	9
2.2	SEKUNDÄRE OSMOGENE	10
2.3	BEGÜNSTIGENDE FAKTOREN DER SCHWEFELWASSERSTOFFENTWICKLUNG	12
2.4	EMISSION VON SCHWEFELWASSERSTOFF IN DIE KANALATMOSPHERE	13
3	MAßNAHMEN ZUR GERUCHSBEKÄMPFUNG	14
3.1	VORBEUGENDE MAßNAHMEN	14
3.2	MAßNAHMEN ZUR SYMPTOMBEKÄMPFUNG	15
3.2.1	<i>Symptombekämpfung durch Abwasserbehandlung</i>	15
3.2.2	<i>Symptombekämpfung durch Abluftbehandlung</i>	16
3.2.2.1	Verfahren der Abluftbehandlung mit baulichen Änderungen	17
3.2.2.2	Verfahren der Abluftbehandlung ohne bauliche Änderungen	17
3.2.2.3	Bedeutung der Standzeiten von Filtermaterialien	20
4	GETESTETE PRODUKTE	22
4.1	ÜBERBLICK	22
4.2	GERUCHSFILTER	23
4.2.1	<i>belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP, Störk Umwelttechnik GmbH</i>	23
4.2.2	<i>belflor®-Biofilterpatrone FIP 700, Störk Umwelttechnik GmbH</i>	24
4.2.3	<i>COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 / BN 00.2001.0K, COALSI®</i>	24
4.2.4	<i>EKO-Biofilter Typ KF-400, Warwas</i>	25
4.2.5	<i>Kanalschachtfilter FIS 0600, Romold GmbH</i>	26
4.2.6	<i>UGN®-Hybridkanalschachtfilter, UGN - Umwelttechnik GmbH</i>	26
4.3	PRODUKTE, DIE SPEZIELLE WIRKSTOFFE FREISETZEN	27
4.3.1	<i>Gelmatte Gelactiv® SHK-P / NHK-P, Biothys GmbH</i>	27
4.3.2	<i>C&D Geruchsblocker Brick, Clemens & Dupont OHG</i>	28
5	TESTPROGRAMM	29
5.1	ÜBERBLICK	29
5.2	QUALITÄTSSICHERUNG DER PRODUKTANBIETER	29
5.3	SYSTEMPRÜFUNGEN	30
5.3.1	<i>Prüfung auf Durchströmbarkeit</i>	31
5.3.1.1	Hintergrund	31
5.3.1.2	Theoretische Grundlagen	33
5.3.1.3	Konzept und Prüfaufbau	35
5.3.1.4	Prüfdurchführung	37
5.3.2	<i>Prüfung auf Reinigungsleistung</i>	39
5.3.2.1	Hintergrund	39
5.3.2.2	Konzept und Prüfaufbau	39
5.3.2.3	Prüfdurchführung	43

5.4	PRÜFUNG AUF HANDHABBARKEIT	44
5.4.1	<i>Hintergrund</i>	44
5.4.2	<i>Prüfkonzept und –durchführung</i>	44
5.5	IN-SITU-UNTERSUCHUNGEN	47
5.5.1	<i>Universität Kassel</i>	47
5.5.1.1	Luftströmungsmessungen.....	47
5.5.1.2	Geruchsmessungen.....	50
5.5.2	<i>Beteiligte Netzbetreiber</i>	51
6	ERGEBNISSE	52
6.1	QUALITÄTSSICHERUNG DER PRODUKTANBIETER.....	52
6.2	SYSTEMPRÜFUNGEN	54
6.2.1	<i>Durchströmbarkeit</i>	57
6.2.2	<i>Reinigungsleistung</i>	60
6.3	HANDHABBARKEIT	63
6.4	IN-SITU-UNTERSUCHUNGEN	67
6.4.1	<i>Universität Kassel</i>	68
6.4.1.1	Luftdurchströmungsmessungen.....	68
6.4.1.2	Geruchsmessungen.....	73
6.4.1.3	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	74
6.4.2	<i>Beteiligte Netzbetreiber</i>	75
6.4.2.1	Ahaus	76
6.4.2.2	Burscheid	77
6.4.2.3	Frankfurt a. M.	80
6.4.2.4	Kiel.....	81
6.4.2.5	Köln.....	83
6.4.2.6	Leverkusen	86
6.4.2.7	Ludwigshafen.....	88
6.4.2.8	Magdeburg	90
7	BEWERTUNGSSHEMA UND PRÜFURTEILE	93
7.1	BEWERTUNGSSCHWERPUNKT „QUALITÄTSSICHERUNG“ DER PRODUKTANBIETER“	93
7.2	BEWERTUNGSSCHWERPUNKT „SYSTEMPRÜFUNGEN“	95
7.3	BEWERTUNGSSCHWERPUNKT „HANDHABBARKEIT“	100
8	GESAMTERGEBNIS	106
9	ZUSAMMENFASSUNG	118
9.1	VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG	118
9.2	PROBLEMSTELLUNG	118
9.3	PRODUKTE UND TEST	119
9.4	PRÜFUNGSSCHWERPUNKTE.....	120
9.5	ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN AN WEITEREN PRODUKTEN	121
9.6	ERGEBNISSE.....	122
9.7	FAZIT	122
10	LITERATURVERZEICHNIS	124

1 IKT-Warentest „Geruchsfilter“

1.1 Veranlassung und Zielstellung

Speziell in den Sommermonaten führen Geruchsemissionen aus der Kanalisation zu Geruchsbelästigungen und somit vermehrt zu Beschwerden aus der Bevölkerung. Durch Einleitung geruchsintensiver Abwässer oder durch biochemische Prozesse beim Abwassertransport werden Geruchsstoffe in die Kanalatmosphäre abgegeben und gelangen von dort durch den witterungsbedingten Luftaustausch über die Abwasserschächte in die Umwelt. Im Sinne der Bürgerfreundlichkeit und mit Blick auf gesetzliche Anforderungen sind die Kanalnetzbetreiber in der Regel dazu angehalten, in diesem Fall Abhilfe zu schaffen. Gemäß § 3 Abs.1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sind Geruchsimmissionen sogar als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen, wenn sie „nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, ...erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder Nachbarschaft herbeizuführen“ [1]. Bewertungskriterien für die Beurteilung von Geruchsbelästigungen werden u. a. im Runderlass des Landes Nordrhein-Westfalen (NW-Richtlinie) [2] zur Durchführung der TA-Luft [3] aufgeführt. Neben der Geruchsstoffkonzentration werden hier u. a. auch „Geruchsarten“ und die „Nutzung des beeinträchtigten Gebietes“ bei der Bewertung der Geruchsbelästigung als erhebliche Belästigung und der damit verbundenen Einstufung als schädliche Umwelteinwirkung miteinbezogen.

Bauliche Veränderungen zur Vermeidung oder Beseitigung von Gerüchen, wie beispielsweise der Einbau strömungsgünstiger Sohlgerinne oder der Bau von Belüftungs- und Spülstationen, sind grundsätzlich sehr kostenintensiv und zeitaufwendig, so dass bei Bürgerbeschwerden hierdurch keine sofortige Abhilfe geschafft werden kann. Betriebliche Maßnahmen, wie z. B. das Entfernen von Ablagerungen durch Kanalreinigung oder die händische Zugabe von Stoffen zur Geruchsbekämpfung, führen in der Regel nur kurzzeitig zum Erfolg.

Aus diesen Gründen werden von den Kanalnetzbetreibern vermehrt **Geruchsfilter** verwendet, die in den Abwasserschacht eingesetzt werden, um die austretenden Gerüche bei entsprechenden Bürgerbeschwerden zeitnah zu beseitigen. Darüber hinaus kommen auch **weitere Produkte** zum Einsatz, die zur Geruchsbekämpfung in der geruchsbeladenen Abluft des Abwasserschachtes spezielle Wirkstoffe freisetzen.

Bei der Anschaffung dieser Produkte gehen die Kanalnetzbetreiber jedoch noch ein finanzielles Risiko ein, da über deren Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit derzeit nur unzureichende Informationen vorliegen.

So zeigen beispielsweise erste Erfahrungen von Kanalnetzbetreibern (vgl. [4], [5]), dass es beim Einsatz von Geruchsfiltern zu einer Verlagerung der Geruchsproblematik in benachbarte Schächte oder in andere Kanalabschnitte kommen kann. Darüber hinaus waren an einigen mit bestimmten Geruchsfiltern versehenen Betonschächten Korrosionserscheinungen zu beobachten, was möglicherweise auf einen unzureichenden Luftaustausch zurückzuführen ist. Es wird vermutet, dass Geruchsfilter neben einer filternden Wirkung auf die Abluft auch eine geruchssperrende Wirkung aufweisen, die unter Umständen auf eine unzureichende **Luft-Durchlässigkeit (Durchströbarkeit)** der Filter zurückzuführen ist. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen einer Umfrage bei 37 Abwasserzweckverbänden in Mecklenburg-

Vorpommern [6]. Demnach sehen die meisten Nutzer dieses Verfahrens nur eine eingeschränkte Wirkung, da häufig die geruchsbeladene Abluft nicht behandelt, sondern lediglich der Schacht verschlossen wird und sich der Geruchsaustritt an andere Stellen des Kanalnetzes verschiebt.

Auch hinsichtlich der eigentlichen Funktion von Geruchsfiltern, der Reinigung von geruchsbeladener Abluft, liegen unterschiedliche Erfahrungen vor. Während bei einigen Netzbetreibern durchaus positive Erfahrungen mit der Geruchsbekämpfung durch Geruchsfilter gemacht wurden, berichten wiederum andere Netzbetreiber, dass der Erfolg hinsichtlich Geruchsbeseitigung im Vergleich zu den hohen Anschaffungskosten dieser Produkte sehr gering war (vgl. [4], [7]). Den Produkten zur Geruchsbekämpfung, die spezielle Wirkstoffe freigeben, wird zwar keine verschließende bzw. geruchssperrende Wirkung zugeschrieben, aber auch hier liegen über die Leistung hinsichtlich der Geruchsbeseitigung durchaus unterschiedliche Erfahrungen vor. Darüber hinaus wird der freigesetzte Wirkstoff in einigen Fällen als atypisch und geruchsbelästigend empfunden (vgl. [8]).

Praxiserfahrungen der Kanalnetzbetreiber zeigen, dass sich auch die **Handhabung** der Geruchsfilter bei Einbau und Wartung durchaus als problematisch erweisen kann. Beim Einbau einiger Geruchsfilter konnte beispielsweise aufgrund von unzureichenden konstruktiven Ausführungen im Bereich der Dichtlippe keine ausreichende Abdichtung zwischen Filter und Schachtwand erreicht werden, so dass die geruchsbeladene Abluft an dem Geruchsfilter vorbeiströmte (vgl. [4]). In anderen Fällen wurde von den befragten Kanalnetzbetreibern der unverhältnismäßig hohe Wartungsaufwand einiger Produkte bemängelt oder gar auf das hohe Eigengewicht hingewiesen, das die Arbeitsbedingungen bei Einbau, Wartung und Austausch für das Betriebspersonal erschwert.

Diese Problematik haben elf Kanalnetzbetreiber zum Anlass genommen, das IKT mit der Prüfung von Geruchsfiltern und weiteren Produkten zum Einsatz in Abwasserschächten bei Geruchsbelästigung zu beauftragen.

Ziel dieses Warentests ist es, gemeinsam mit den beteiligten Kanalnetzbetreibern die am Markt angebotenen Geruchsfilter für Abwasserschächte hinsichtlich Durchströmbarkeit, Reinigungsleistung und Handhabbarkeit zu prüfen und deren Qualität vergleichend gegenüberzustellen. Hierzu werden die Produkte unter definierten Randbedingungen untersucht, wodurch eine Bewertung der Produktqualität ermöglicht wird. Durch die Untersuchungen erhalten die Kanalnetzbetreiber Investitionssicherheit bei der Verwendung von Geruchsfiltern.

Darüber hinaus wurden auch Produkte untersucht, die zur Geruchsbekämpfung spezielle Wirkstoffe in die Abluft der Abwasserschächte abgeben. Das Verhalten dieser Produkte wurde ingenieurtechnisch bewertet, allerdings auf eine Notengebung verzichtet. Hierdurch sollen insbesondere Fehlinterpretationen und missverständliche Vergleiche mit den Eigenschaften von Geruchsfiltern ausgeschlossen werden. Es ist davon auszugehen, dass die freigesetzten Wirkstoffe die Zusammensetzung der in der Prüfung verwendeten Modellluft so verändern, dass neue Mischungen und/oder Reaktionsprodukte entstehen. Einerseits kann durch neue Stoffe die Messsensorik direkt beeinflusst werden. Andererseits kann die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) bei einer qualitativ veränderten Modellluft grundsätzlich abweichen (z.B. „Zitronengeruch“). Der in der olfaktometrischen Messung nach DIN EN 13725 [9] bestimmte Geruchsschwellenwert erfasst diesen Einfluss jedoch nicht.

1.2 Konzept des IKT-Warentests

Seit dem Jahr 2001 werden am IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur mit den sog. „*IKT-Warentests*“ vergleichende Produkt-/Verfahrensprüfungen durchgeführt. Damit wird die aus dem Konsumgüterbereich bekannte vergleichende Darstellung von Prüfergebnissen [10] auf den besonderen Anwendungsfall einer Prüfung und Bewertung von Produkten und Verfahren zum Bau, Betrieb und zur Instandhaltung unterirdischer Kanäle und Leitungen übertragen. Ziel ist es, den am Test beteiligten Netzbetreibern zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften marktgängiger Produkte und Verfahren zu liefern. Ein zentraler Aspekt ist dabei die Qualität der Produkte und Verfahren beim Einsatz unter realitätsnahen Einbau- und Betriebsbedingungen. Im Ergebnis sollen die Kanalnetzbetreiber die notwendigen Investitionsentscheidungen auch unter Berücksichtigung qualitativer Kriterien treffen können.

Ein vergleichender IKT-Warentest wird stets durch eine Gruppe von Netzbetreibern begleitet. Dieser Lenkungskreis entscheidet in regelmäßigen Sitzungen über

- die Auswahl von Produkten bzw. Verfahren für die erste Testreihe,
- die Bau-, Instandhaltungs- bzw. Betriebsaufgabe für den Einsatz der Produkte bzw. Verfahren im Test,
- die maßgeblichen Leistungsziele und Qualitätsanforderungen,
- den Umfang und die Ausrichtung des Prüfprogramms,
- den Informationsaustausch mit den Produkt- bzw. Verfahrensanbietern,
- die Bewertung und die Veröffentlichung der Ergebnisse.

Die eigentliche Prüfung sowie die Dokumentation der Ergebnisse erfolgen durch das IKT als unabhängiges Institut bzw. vom IKT beauftragte Partnerinstitutionen. Als Ergebnis eines IKT-Warentests stehen den Netzbetreibern unabhängige, praxisorientierte und fachlich fundierte Auskünfte über die beobachteten Stärken, Schwächen und Einsatzmöglichkeiten bzw. –grenzen der untersuchten Produkte zur Verfügung.

2 Entstehung von Geruchsstoffen

Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Quellen [8], [11], [12], [13] und [14]. Weitere Quellen werden im Folgenden genannt.

Gemäß [15] handelt es sich bei Geruchsemissionen um physikalische Vorgänge, die auf biologischen oder chemischen Prozessen beruhen. In der Regel sind diese Prozesse in ihrer Intensität und Wirkungsweise im Vorfeld kaum definierbar, da der Geruch als solcher immer in der Form eines Stoffcocktails auftritt und in seiner Duftqualität von diversen Konzentrationen und Umwelteinflüssen abhängig ist.

Bei der Entstehung von Geruchsstoffen in Entwässerungssystemen muss gemäß [13] zwischen primären und sekundären Osmogenen (Geruchsstoffen) unterschieden werden.

2.1 Primäre Osmogene – eingeleitete Geruchsstoffe

Primäre Osmogene werden mit dem Abwasser in die Kanalisation eingeleitet. Bei häuslichem Abwasser entstehen sie nur, wenn das Abwasser beispielsweise in einer Sammelgrube zwischengespeichert wurde [11]. Der Geruch des Abwassers wird von seinen Inhaltsstoffen bestimmt. So bestimmen vorwiegend die menschlichen Ausscheidungen (Fäzes, Urin), Speisereste und Haushaltschemikalien (z.B. Limonen, ein Duftstoff aus Toilettenreinigern) den Geruch des häuslichen Abwassers. Dieser Geruch wird im frischen Zustand als „schwach dumpf“ empfunden [12].

Bei gewerblichen und industriellen Abwässern treten branchentypische Geruchsstoffe auf (z.B. Schwefelverbindungen bei Schlachthöfen, Amine bei der Fischverarbeitung, Amide und aromatische Schwefelkomponenten aus Papierfabriken) [11].

In die öffentlichen Abwasseranlagen dürfen keine Abwässer und Stoffe eingeleitet werden, von denen schädliche oder unzumutbare belästigende Gerüche ausgehen.

Tabelle 1: Beispiele für Branchen mit potentiell sulfidhaltigen Prozesswässern [8]

Hauptbranche	Beispiele
Metallindustrie	Eisenhütten, Beizereien, Galvaniken, Erzaufbereitung
Chemische Industrie	Fabriken für Kunstdünger, Farbstoff, Pharmazeutika, Pflanzenschutzmittel, Seifen und Waschmittel
Mineralöl und Brennstoff verarbeitende Industrie	Gaswerke, Kokereien, Stein- und Braunkohleschwelereien, Teerdestillation, Hydrierwerke, Erdgasgewinnungsanlagen, Dachpappenfabriken, Petrochemie, Raffinerien
Holzindustrie	-
Papier- und Pappindustrie	-
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	Fabriken für Kartoffelstärke, Margarine, Hefe, Holzverzuckerung, Brauereien, Winzereien, Brennereien, Schlachthöfe, Versandschlachtereien, Fischmehlfabriken
Reinigungsindustrie	-
Tierverwertungsindustrie	Gerbereien, Lederfabriken, Tierkörperbeseitigungsbetriebe, Leimfabriken
Textilindustrie	Fabriken für Spinnstoffe, Kunstseide, Zellwolle und Tuche, Färbereien

Bei einigen Branchen indirekt einleitender Industriebetriebe können laut [8] Prozessabwässer entstehen, die schwefelhaltige Inhaltsstoffe in zum Teil erheblicher Konzentration aufweisen (siehe Tabelle 1). Richtwerte wichtiger Beschaffenheitskriterien und Inhaltsstoffe von Abwasser wie pH-Wert, Temperatur, Sulfat- und Sulfidgehalt sowie *spontan Sauerstoff zehrender Stoffe* sind im DWA-M 115-2 [16] enthalten. Diese können als Grenzwerte für die Definition der Einleitungsbedingungen herangezogen werden.

2.2 Sekundäre Osmogene

Sekundäre Osmogene entstehen erst durch biochemische Vorgänge im Abwasser. Das Milieu im Abwasserkanal spielt hierbei eine entscheidende Rolle (vgl. [17]):

- Unter **aeroben (sauerstoffreichen) Bedingungen** werden organische Verbindungen (z. B. Eiweiße) durch gelösten Sauerstoff zu CO₂ und H₂O oxidiert. Hierbei emittieren flüchtige Fettsäuren, Alkohole und Aldehyde.
- Unter **anoxische Bedingungen** – Bedingungen, bei denen Sauerstoff nur in chemisch gebundener Form vorhanden ist – nutzen Mikroorganismen den im Nitrat (NO₃) chemisch gebundenen Sauerstoff; die Stoffwechselprodukte sind dieselben wie im aeroben Milieu.
- **Anaerobe (sauerstofffreie) Bedingungen** führen dazu, dass die organischen Verbindungen ohne Anwesenheit von Sauerstoff und Nitrat (NO₃) schrittweise abgebaut werden. Dabei können sehr geruchsintensive Stoffe wie Ammoniak (NH₃, stechender Geruch), Buttersäure (C₄H₈O₂, ranziger Geruch), Skatol (C₉H₉N, intensiver fäkalischer Geruch) und Schwefelwasserstoff (H₂S, Geruch nach faulen Eiern), freigesetzt werden [12].

Die meisten Probleme bringen die anaerob gebildeten sekundären Geruchsstoffe mit sich, wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Schwefelwasserstoff spielt eine dominierende Rolle und gilt deshalb als Leitparameter für die Beurteilung und die Bekämpfung von Geruchsproblemen, die von Abwasseranlagen ausgehen [14]. Geruchsprobleme treten allerdings auch ohne die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff auf. Um eine umfassendere Aussage zur Ursache der Geruchsproblematik treffen zu können, sollten daher auch andere Osmogene untersucht werden.

Tabelle 2: Herkunft der Geruchsstoffe in Abwasseranlagen [11]

Primäre Geruchsstoffe	Sekundäre Geruchsstoffe
Häusliches Abwasser Urin Fäzes Haushaltschemikalien	Aerob gebildet Fettsäuren Alkohole Aldehyde
Industrielles Abwasser Branchenspezifisch Unterschiedliche Stoffe	Anaerob gebildet Schwefelwasserstoff Mercaptane Methylsulfide

Primäre und sekundäre Geruchsstoffe (vgl. Tabelle 2) führen erst zu Problemen, wenn aufgrund von chemisch/physikalischen Ursachen eine Freisetzung aus dem Abwasser in die

Umgebungsluft erfolgt. Abb. 1 verdeutlicht den Weg der Entstehung von Geruchsbelästigungen. Es wird deutlich, dass ein frühes Eingreifen in die Prozesskette die Einflussmöglichkeiten zur Vermeidung oder Verminderung von Geruchsbelästigungen vergrößert.

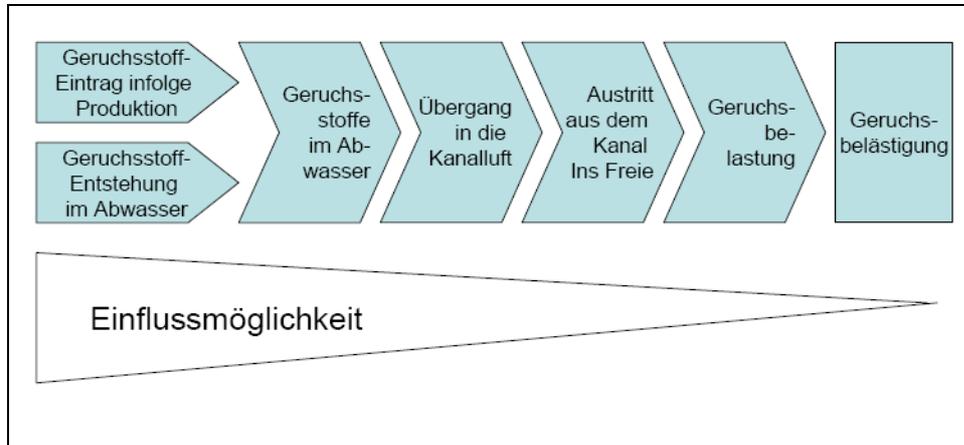


Abb. 1: Prozesskette der Geruchsbelästigung nach Frechen [12]

Schwefelwasserstoff kann gemäß [14] sowohl gasförmig als auch in hydratisierter Form vorliegen. Er entsteht hauptsächlich durch biogene Vorgänge in der Sichelhaut (vgl. Abb. 2). Hierbei wird zwischen zwei Reaktionsprozessen unterschieden – der Desulfurikation und der Desulfuration. Bei der Desulfurikation (dissimilatorische Sulfatreduktion) erfolgt eine Reduktion von Sulfat zu Sulfidionen. Bei der Desulfuration erfolgt eine Reduktion schwefelhaltiger Eiweiße (Thioproteine) und Detergentien durch hydrolysierende und fermentative Bakterien. Die Desulfuration kennzeichnet sich durch einen Proteinabbau und Eiweißfäulnis.

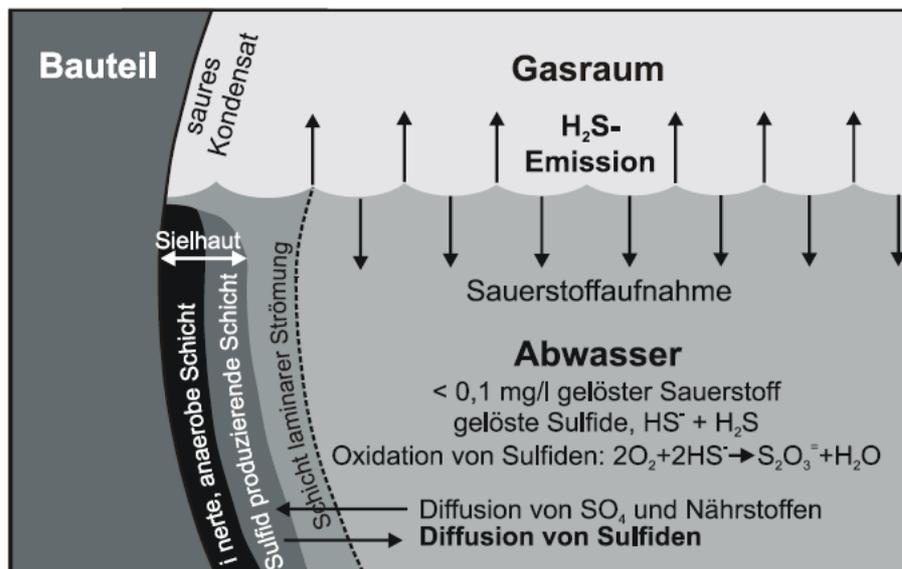


Abb. 2: Schichtverteilung der Sichelhaut und Vorgänge der Sulfidentwicklung bei anaerobem Abwasser in Freispiegelleitungen [18]

Bei kommunalem Abwasser steht die Desulfurikation im Vordergrund. Die an diesem Prozess beteiligten Bakterien sind eine salztolerante Spezies und können unter extremen Bedingungen (5 bis 75°C, pH-Wert 5 bis 9,5) überleben. Sie bilden unter günstigen Verhältnissen bis zu 1.000 mg H₂S/(m² h). Die Sulfatreduktion bzw. die Sulfidentwicklung korreliert mit der Dicke der Sichelhaut [18].

2.3 Begünstigende Faktoren der Schwefelwasserstoffentwicklung

Die Schwefelwasserstoffentwicklung im anaeroben Milieu bzw. die damit verbundene Geruchsentwicklung wird gemäß [14] im Wesentlichen durch die Abwasserparameter und durch die hydraulischen Verhältnisse beeinflusst.

Folgende **Abwasserparameter** begünstigen die Geruchsentwicklung im Kanal:

- **Hohe Temperaturen** im Abwasser führen zu einer höheren Stoffwechselaktivität der Bakterien. Dies führt zu einer schnelleren Sauerstoffzehrung und einer damit verbundenen erhöhten Aktivität sulfidproduzierender Bakterien.
- Ein **hoher Sulfatgehalt** im Abwasser führt zu einer höheren Sulfidbildung durch Sulfatreduktion. Sulfat ist als Bestandteil im Abwasser vorhanden und dient den Mikroorganismen als Sauerstoffquelle zur Verwertung der Substrate. Neben den natürlichen Quellen, die den Sulfatgehalt des Abwassers beeinflussen (z. B. Sulfatgehalt von Grund- und Trinkwasser), können laut [8] sulfathaltige Prozesswässer aus Gewerbe- und Industriebetrieben diesen noch erhöhen.
- Die **Abwesenheit von Sauerstoff und Nitrat** führt zu einer schnelleren Ausbildung des anaeroben Milieus, welches wiederum die Sulfidentstehung begünstigt.
- Eine **hohe Konzentration leicht abbaubarer organischer Verbindungen (BSB₅-Gehalt)** erhöht die Desulfurikationsrate. Hierzu gehören organische Schwefelverbindungen, organische Säuren und organische Stickstoffverbindungen. Da Schwefel Bestandteil fast aller Lebensmittel ist, gelangen Reste *organischer Schwefelverbindungen* mit den menschlichen Ausscheidungen (Harn, Fäzes) in das Abwasser. Daraus entstehen unter anaeroben Bedingungen vorwiegend Organosulfide, Thioverbindungen (z.B. Thioether wie Dimethyldisulfid) und Mercaptane. *Organische Säuren* entstehen beim anaeroben Abbau der durch Nahrungsmittel und menschliche Ausscheidungen in das Abwasser gelangenden organischen Substanzen, vor allem aus Kohlenhydraten. Einige organische Säuren, wie z.B. Buttersäure, können zu deutlichen Geruchsbelästigungen führen. Beim anaeroben Abbau von Nahrungsmitteln bzw. Ausscheidungsprodukten, die *stickstoffhaltige Verbindungen* wie Eiweiße und Aminosäuren enthalten, entstehen Amine, Indole und Skatole. Beim Abbau dieser Stickstoffverbindungen entsteht Ammonium, das bei einem im Abwasser vorherrschenden pH-Wert größer 7 in Ammoniak (NH₃) umgewandelt wird [12].
- **Große Sichelhautflächen** führen zu einer höheren Sulfidentwicklung durch Mikroorganismen. Bei Kanälen mit einem kleinen Rohrdurchmesser entstehen je Meter Leitungslänge größere Sulfidmengen, da in diesem Fall das Verhältnis Sichelhautoberfläche zu Abwasservolumen größer ist als bei Kanälen mit einem großen Rohrquerschnitt.

Mit Blick auf die **hydraulischen Verhältnisse** im Kanalnetz können folgende Faktoren die Geruchsentwicklung begünstigen (vgl. [14]):

- sehr lange Fließstrecken,
- geringe Abwassermengen,
- geringe Fließgeschwindigkeiten ($< 0,5$ m/s),
- geringe Wandschubspannungen.

Lange Aufenthaltszeiten des Abwassers im Kanalnetz werden vor allem durch die Zentralisierung der Abwasserentsorgung mittels Freispiegel- und Druckleitungen, die „zukunftsorientierte“ Dimensionierung der Abwasserleitungen, einen häufig zu hoch eingeschätzten Abwasseranfall und eine Verminderung von Regen- und Fremdwassereinträgen verursacht. Gleichzeitig führt der vielfach zu verzeichnende drastische Rückgang des Wasserverbrauchs zu einer Verminderung des Abwasseranfalls bei gleich bleibender Schmutzfracht [19].

In Druckleitungen vollziehen sich gemäß [20] anaerobe biologische Prozesse, so dass am Ende der Druckleitung im Abwasser mehr oder weniger große Mengen an gelösten Sulfiden vorhanden sind, die zum Teil als freier Schwefelwasserstoff auftreten. In Abhängigkeit von den Turbulenzen am Leitungsaustritt wird der Schwefelwasserstoff in die Kanalatmosphäre freigegeben.

2.4 Emission von Schwefelwasserstoff in die Kanalatmosphäre

Das Ausstrippen von Schwefelwasserstoff in die Kanalatmosphäre stellt die häufigste Ursache für Geruchsprobleme dar. Laut [14] spielen hierbei folgende Parameter eine Rolle:

- **pH-Wert:** Der pH-Wert spielt eine entscheidende Rolle für die Frage, in welcher Form der Schwefelwasserstoff vorliegt. Abb. 3 verdeutlicht den Einfluss des pH-Wertes auf das Dissoziationsgleichgewicht von Schwefelwasserstoff bei einer Temperatur von 20 °C. Es wird deutlich, dass ein niedriger pH-Wert zu einem hohen Anteil an ausstrippbarem Schwefelwasserstoff (H_2S) führt.
- **turbulente Strömungsverhältnisse:** Turbulente Strömungsverhältnisse im Abwasser begünstigen den Austausch von Gasen und somit die Sauerstoffaufnahme sowie ggf. die Abgabe von Schwefelwasserstoff. Um ein Ausstrippen der Sulfide bei anaerobem Abwasser zu verhindern, sind Turbulenzen zu vermeiden bzw. zu minimieren.
- **Fließgeschwindigkeit:** Hohe Fließgeschwindigkeiten im Kanalnetz können das Ausstrippen der Sulfide netzabwärts verschieben, da das ausstrippende Gas im Abwasserstrom mitgerissen wird.
- **Temperatur:** Steigende Abwassertemperaturen führen dazu, dass der Anteil des molekularen Schwefelwasserstoffs in der Kanalatmosphäre zunimmt.
- **Druckverhältnisse:** Die Dichte von Schwefelwasserstoff ist mit $1,5392$ g/l schwerer als die Kanalatmosphäre, so dass die Konzentration von Schwefelwasserstoff (H_2S) mit der Bautiefe zunimmt. Die H_2S -haltige Kanalluft kann teilweise durch die Zunahme von Abwassermenge aus den Kanal durch die Schachtdeckelöffnung verdrängt werden. Insbesondere im Sommer sind aufgrund von Temperaturgefälle und Luftdruckunterschied

zwischen Kanalatmosphäre und Außenbereich hohe Ausströmungsgeschwindigkeiten der Kanalluft aus den Lüftungsöffnungen der Abwasserschächte zu erwarten.

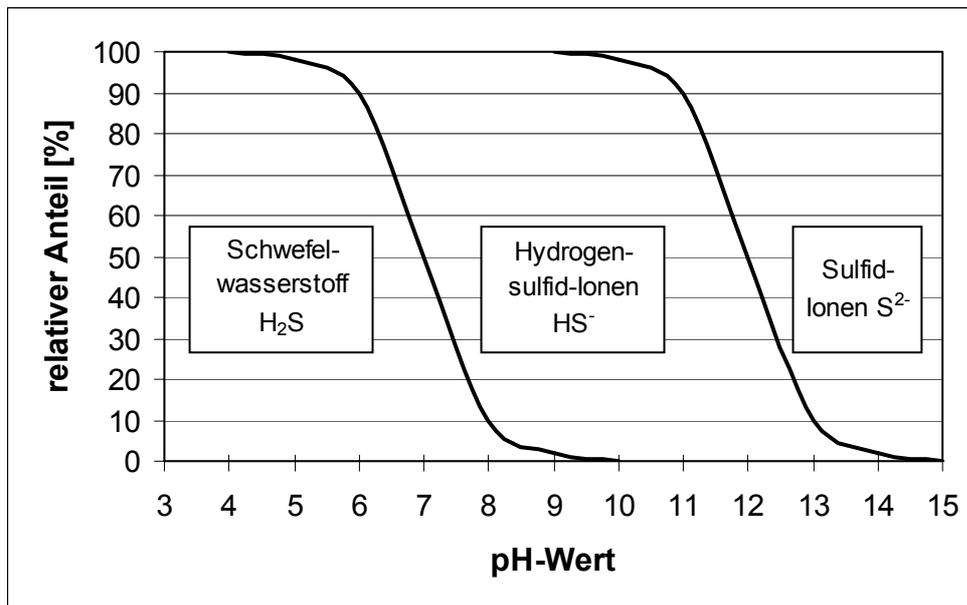


Abb. 3: Einfluss des pH-Wertes auf das Dissoziationsgleichgewicht von Schwefelwasserstoff bei 20° C [18]

3 Maßnahmen zur Geruchsbekämpfung

Wesentliche Quellen dieses Kapitels sind [8], [14] und [21]. Weitere Quellen finden sich in den Ausführungen dieses Kapitels wieder.

Bei der Beseitigung von Gerüchen wird in der Betriebspraxis laut [22] zwischen den Primär- und den Sekundärmaßnahmen zur Geruchsbeseitigung unterschieden. Als Primärmaßnahmen (vorbeugende Maßnahmen) werden im Allgemeinen die Anstrengungen bezeichnet, die unternommen werden, um der Bildung von Geruchsstoffen vorzubeugen. Sekundäre Maßnahmen zur Geruchsbeseitigung (Maßnahmen zur Symptombekämpfung) werden in Angriff genommen, wenn trotz Prävention Geruchsstoffe vorhanden sind oder sich prozessbedingt bilden. Erhebliche Belästigungen durch Geruchsemissionen sollen vermieden werden.

3.1 Vorbeugende Maßnahmen

Zu den vorbeugenden Maßnahmen zählen sämtliche planerischen, baulichen und betrieblichen Maßnahmen, die eine Einleitung von Geruchsstoffen in die Kanalisation und eine Entstehung von Geruchsstoffen im Kanal unterbinden. Hierzu zählen u. a folgende Maßnahmen (vgl. [14], [21], [23]):

- **Einleitbeschränkungen:** Durch Einleitbeschränkungen für Indirekteinleiter mit kritischen Abwässern kann die Geruchsstoffbildung vermindert werden. Die Abwässer sind in diesem Fall durch den Indirekteinleiter (z.B. Gewerbe und Industrie) vorzubehandeln. Gemäß [8] schreiben Ortsentwässerungssatzungen oder Einleitungsbedingungen einem Betreiber die Einhaltung von Grenzwerten für einleitbare Stoffe vor.

- **Sauerstoffeintrag:** Bei aerobem Abwasser ist für ausreichend Sauerstoffeintrag zu sorgen, um den aeroben Zustand zu halten. Hierzu dienen z.B. Absturzbauwerke in Schächten, die für turbulente Strömungsverhältnisse sorgen.
- **Vermeidung des Ausgasens:** Bei anaerobem Abwasser hingegen sind Turbulenzen grundsätzlich zu vermeiden, um ein Ausgasen geruchsintensiver Stoffe (z.B. Schwefelwasserstoff) zu verhindern.
- **Be- und Entlüftung:** Durch eine wirksame Be- und Entlüftung des Gasraumes von Entwässerungssystemen werden Geruchsprobleme vermieden. Neben einer natürlichen Be- und Entlüftung von Entwässerungssystemen (z.B. über Schachtabdeckungen, Ventilationsöffnungen, Dachentlüftungen), können auch künstliche Be- und Entlüftungssysteme angeordnet werden (z.B. Zuluft- und Abluftventilatoren).
- **Kurze Aufenthaltszeiten:** Bei Abwasserleitungen ist darauf zu achten, dass die zulässigen Aufenthaltszeiten des Abwassers durch planerische und betriebliche Maßnahmen so kurz wie möglich zu halten sind.
- **Verhinderung von Ablagerungen:** Durch entsprechende konstruktive Maßnahmen (z.B. entsprechende Gefällewahl bei Freispiegelleitungen) sind Ablagerungen grundsätzlich zu minimieren.
- **Verkleinerung emittierender Oberflächen:** Kleinere emittierende Oberflächen können beispielsweise durch die Wahl eines entsprechenden Rohrquerschnittes erreicht werden.
- **Reinigung:** Geruchsprobleme in Freispiegelleitungen sind u. a. auf Ablagerungen und Sielhaut zurückzuführen. Eine bedarfsgerechte Reinigung führt dazu, dass sich zumindest über einen begrenzten Zeitraum günstige Verhältnisse einstellen.

3.2 Maßnahmen zur Symptombekämpfung

Können Geruchsprobleme durch vorbeugende Maßnahmen im Zuge von Planung, Bau und Betrieb der Kanalisation nicht vermieden oder ausreichend vermindert werden, stehen dem Betreiber eine Vielzahl von Verfahren der Symptombekämpfung zur Verfügung [14]. Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens sollte unter Berücksichtigung des zuvor aufgenommenen Ist-Zustandes (z.B. Bürgerbeteiligung, Messung des Geruchsstoff-Emissionspotenzials, Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration und tatsächlicher Volumenströme) und der rechtlichen Situation (z.B. Ortssatzung, Einleiterverordnung) sowie zu erwartender Folgeerscheinungen (z.B. Korrosion) und örtlicher meteorologischer Verhältnisse (z.B. Sommerzeit) erfolgen (vgl. [14], [23]).

Es kann unterschieden werden zwischen Maßnahmen der Symptombekämpfung durch Abwasserbehandlung oder Maßnahmen der Symptombekämpfung durch Abluftbehandlung.

3.2.1 Symptombekämpfung durch Abwasserbehandlung

Zur Symptombekämpfung durch Abwasserbehandlung zählen sämtliche Maßnahmen, bei denen die Abwasserinhaltsstoffe gezielt verändert werden, um eine Bildung bzw. Emission

von Geruchsstoffen in die Kanalatmosphäre zu verhindern. Gemäß [14] sind u. a. folgende Verfahren zu nennen:

- **Anhebung des pH-Wertes:** Das Dissoziationsgleichgewicht (siehe Abb. 3) wird durch die Zugabe von Stoffen – wie beispielsweise Natriumaluminat ($\text{NaAl}(\text{OH})_4$), Natronlauge (NaOH) oder Kalkmilch ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) – und der damit verbundenen Anhebung des pH-Wertes verschoben, so dass wenig oder kein strippbarer Schwefelwasserstoff mehr vorliegt. Die Sulfidbildung wird ab einem pH-Wert größer 9,5 verhindert. Die Zugabe der Stoffe erfolgt über eine Dosieranlage.
- **Fällung:** Bei einer Fällung mit Eisensalz/Eisensalzlösungen bzw. Eisenhydroxid werden Sulfide, unabhängig von der Bindungs- oder Wertigkeitsstufe des Eisensalzes, direkt chemisch gebunden und ein Ausstrippen von H_2S verhindert. Die Zugabe erfolgt über eine Dosieranlage.
- **Zugabe von Nitratverbindungen:** Durch die Zugabe von Nitratverbindungen über eine Dosieranlage wird das anoxische Milieu aufrecht erhalten, damit anaerobe Stoffwechselfvorgänge nicht stattfinden und die mikrobiologische Produktion von Schwefelwasserstoff verhindert wird.
- **Zugabe von Sauerstoff:** Bei der Zugabe von Luft- oder Reinsauerstoff wird das aerobe Milieu aufrecht erhalten, damit anaerobe Stoffwechselfvorgänge nicht stattfinden und die mikrobiologische Produktion von Schwefelwasserstoff verhindert wird. Die Zugabe erfolgt mittels Dosieranlage bzw. Kompressor.
- **Oxidation durch Wasserstoffperoxid:** Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist ein starkes Oxidationsmittel, welches neben Sulfid auch andere Geruchsstoffe oxidiert. Der Sauerstoff kann für aerobe Abbauprozesse genutzt werden.
- **Abwasserverdünnung:** Durch eine Verdünnung des Abwassers mit Grund-, Trink- oder Brauchwasser wird die Sulfidkonzentration herabgesetzt, die Abwasseraufenthaltszeit verkürzt und Sauerstoff eingetragen. Darüber hinaus wird hierdurch die Schwefelwasserstoffbildung reduziert. Durch den Spülvorgang beim Einleiten des Wassers werden zudem Ablagerungen verringert.

3.2.2 Symptombekämpfung durch Abluftbehandlung

Die Maßnahmen zur Symptombekämpfung durch Abluftbehandlung können hinsichtlich ihrer verschiedenen Merkmale unterteilt werden. In der Regel erfolgt eine Unterteilung der Verfahren hinsichtlich ihrer Wirkungsweise in physikalische, biologische oder chemische Abluftbehandlung. Auch eine Kombination aus diesen Verfahren ist möglich. In diesem Kapitel wird eine Unterteilung der Abluftbehandlungsverfahren nach dem Kriterium der Einbauart vorgenommen. Für den Kanalnetzbetreiber kann es durchaus von Interesse sein, ob Verfahren zum Einsatz kommen, die aufgrund des erforderlichen planerischen und baulichen Aufwandes zu keiner sofortigen Lösung des Geruchsproblems führen, aber ggf. eine dauerhafte Bekämpfung der Geruchsproblematik versprechen, oder ob Verfahren zum Einsatz kommen, die bei Geruchsproblemen relativ kurzfristig Abhilfe schaffen, da kein baulicher Aufwand anfällt, aber nicht unbedingt als dauerhafte Lösung betrachtet werden können.

3.2.2.1 Verfahren der Abluftbehandlung mit baulichen Änderungen

Folgende Beispiele können den Verfahren zur Abluftbehandlung zugeordnet werden, die bauliche Veränderungen am Kanalnetz erfordern – beispielsweise durch den Einbau technischer Einrichtungen (z.B. Ventilatoren, Abluftkamine, Dosieranlagen, Systeme mit Zwangsbelüftung):

- **Abluftverdünnung:** Die Verdünnung eines geruchsbeladenen Abluftstroms mit Reineluft bewirkt gemäß [14] eine Senkung der Geruchskonzentration. Die Abluftverdünnung erfolgt durch eine gezielte Erhöhung der Luftwechselrate innerhalb des Kanals im Bereich der Kanalatmosphäre und durch Schornsteinwirkung im Bereich der Austrittsstelle aus dem Kanal (vgl. [8]). Eine gezielte Erhöhung der Luftwechselrate erfolgt mittels Ventilatoren, Trenn-, Absperr- und Regulierungssystemen und Abluftkaminen.
- **Abluftwäsche:** Die Abluftwäsche kann sowohl oxidierend als auch absorbierend erfolgen (vgl. [14]). Bei beiden Verfahren wird eine Waschflüssigkeit mit der Abluft in Kontakt gebracht, die in der Regel mit Düsen versprüht oder über Festbett verrieselt wird. Bei der oxidierenden Luftwäsche werden die Geruchsstoffe mit Hilfe der Waschflüssigkeit (z.B. Wasserstoffperoxid, Chlor, Ozon) absorbiert und oxidiert. Bei der absorbierenden Luftwäsche erfolgt eine chemische Absorption von Schwefelwasserstoff mit Hilfe von Natronlauge (NaOH).
- **Biowäscher und Tropfkörperwäscher:** Beim Einsatz von Biowäschern und Tropfkörperwäschern erfolgt ein mikrobieller Abbau der Geruchsstoffe durch Mikroorganismen [8]. Bei Biowäschern wird das Waschmedium benutzt, um die Geruchsstoffe aus der Abluft in die wässrige Phase der Waschflüssigkeit zu absorbieren und sie anschließend biologisch abzubauen. Bei Tropfkörperwäschern (Rieselbett-Reaktoren) werden die Geruchsstoffe an feuchten Materialoberflächen absorbiert und von Mikroorganismen abgebaut.
- **Biofilter mit Zwangsbelüftung:** Bei einem Biofilter mit Zwangsbelüftung wird die Abwasserabluft mit einem Ventilator durch das Filtermaterial gesaugt [8]. Die Geruchsstoffe werden an Trägermaterialien gebunden und durch Mikroorganismen abgebaut.

3.2.2.2 Verfahren der Abluftbehandlung ohne bauliche Änderungen

Bei den Systemen zur Abluftbehandlung, die keinen baulichen Aufwand erfordern, handelt es sich in der Regel um Produkte, die am Austrittsort der Abwasserabluft – am Abwasserschacht – angebracht werden. Hierbei kann unterschieden werden zwischen Geruchsfiltern und Produkten, die spezielle Wirkstoffe freisetzen.

Bei Geruchsfiltern für Abwasserschächte, auch Kanalschachtfilter genannt, handelt es sich in der Regel um tragbare Konstruktionen aus Kunststoff mit integriertem Filter, die unmittelbar unterhalb der Schachtabdeckung in den Abwasserschacht eingehängt werden. Die Abluftinhaltsstoffe durchströmen hierbei das Filtermaterial des Geruchsfilters, so dass Geruchsemissionen reduziert werden (vgl. Abb. 4). Über eine in die Filterkonstruktion integrierte Rückschlagklappe, eine Wassertasse oder einen Kugelschluss kann gemäß [24] Wasser in den Kanal gelangen, ohne dass die Abluft ungereinigt an die Atmosphäre gelangen kann. Das

Filtergehäuse wird meist durch eine umlaufende Dichtlippe gegenüber dem Schacht abgedichtet, damit aus dem Kanal austretende Luft vollständig durch den Filter strömt.

Bezüglich der Wirkungsweise dieser Filter kann grundsätzlich zwischen den biologischen Verfahren (Biofiltern) und Adsorptionsverfahren (Aktivkohlefiltern) unterschieden werden. Darüber hinaus werden aber auch sog. Hybridfilter angeboten, eine Kombination aus Bio- und Aktivkohlefilter, sowie Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen. Mit Blick auf die unterschiedliche Wirkungsweise lassen sich die Systeme wie folgt beschreiben:

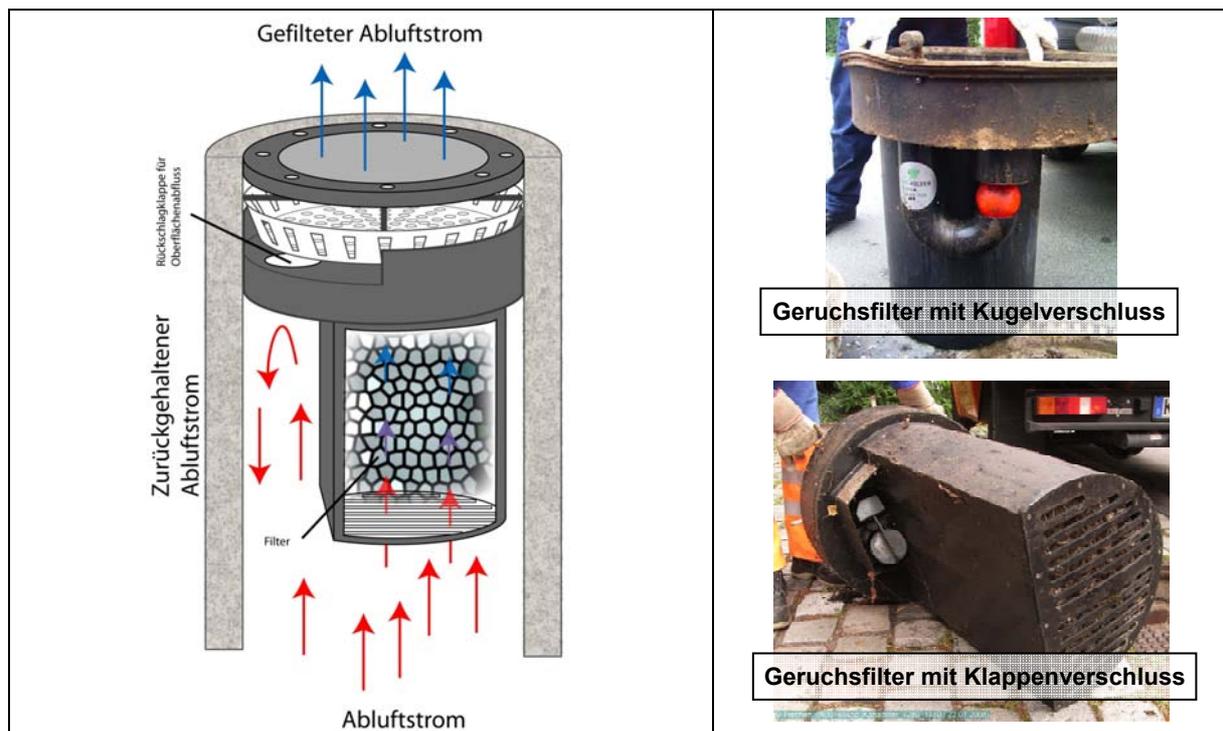


Abb. 4: Funktionsprinzip eines Geruchsfilters für Abwasserschächte (li) und Beispiele für Wasser- und Geruchsverschlüsse (re) [24]

- Biofilter:** Bei der Behandlung mittels Biofilter (vgl. Abb. 5) durchströmt die Abluft eine biologisch aktive Filterschicht, wobei die Abluftinhaltsstoffe im Feuchtfilm des Filtermaterials sorbiert und durch Mikroorganismen abgebaut werden. Voraussetzung für eine gute Reinigungsleistung ist die Wahl eines geeigneten organischen Trägermaterials. Dabei handelt es sich in der Regel um Materialien wie beispielweise Rindenhumus, Grünkomposte, Wurzelholz, Zellulose und Torf-/Heidekraut-Gemische, aber auch Materialien mit inerten^a Beimengungen, wie sie u. a. in Bioreaktoren Verwendung finden. Im Filtermaterial wird gleichzeitig das spezielle Milieu für die Ansiedlung der erforderlichen Mikroorganismen geschaffen und deren Nährstoffversorgung gesichert. Dazu soll es nur einen geringen Filterwiderstand aufweisen, gleichzeitig aber ein Höchstmaß an Besiedlungsfläche für die Mikroorganismen bieten (vgl. [25]).

^a Substanzen bzw. chemische Elemente werden dann als inert bezeichnet, wenn sie unter normalen physikalischen Bedingungen keine chemische Bindung mit anderen Substanzen eingehen (www.flexikon.doccheck.com)



Abb. 5: Prinzip-Darstellung (li) und Praxiseinsatz (re) eines Biofilters für Abwasserschächte der ENTEC Deutschland GmbH [26]

- Aktivkohlefilter:** Bei der Adsorption mit Hilfe eines Aktivkohlefilters sollen die Geruchsstoffe durch wirksame Oberflächenkräfte (Adsorption) an die Oberfläche eines Feststoffes angereichert werden. Feststoffe adsorbieren umso besser, je größer ihre Oberfläche, bzw. je poröser sie sind. Als Adsorptionsmittel bei der Abluftbehandlung aus Abwasserschächten wird deshalb in der Regel Aktivkohle verwendet, ein Adsorptionsmittel mit einer mikroporösen Oberfläche. Um die Selektivität und Reaktivität der Adsorptionsmittel zu erhöhen, können diese imprägniert werden. Hierzu nutzt man organische und anorganische Substanzen, die z. T. auch in der Lage sind, auf dem Adsorptionsmittel als Katalysator zu fungieren (vgl. [22]). So führt beispielsweise Aktivkohle, die mit katalytisch wirkenden Stoffen (z.B. Iod) imprägniert wurde, zu einer hohen selektiven Adsorption von Schwefelwasserstoff (vgl. [14]). In diesem Fall wird der in der Abluft enthaltene Schwefelwasserstoff beim Passieren des Aktivkohlefilters (vgl. Abb. 6) in Anwesenheit von Sauerstoff katalytisch in Schwefel und Wasser umgesetzt.



Abb. 6: Prinzip-Darstellung (li) und Praxiseinsatz (re) eines Aktivkohlefilters für Abwasserschächte der ROMOLD GmbH [27]

- Hybridfilter:** Um die Vorteile der biologischen Abluftreinigung um einige Vorteile des Adsorptionsverfahrens zu ergänzen, wird beim Hybridfilter das Adsorptionsverfahren mit der biologischen Abluftbehandlung kombiniert [8].
- Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen,** werden in den geruchsbeladenen Abluftstrom des Schachtes unterhalb der Schachtabdeckung eingehängt (vgl. Abb. 7). Es handelt sich i. d. R. um platten- oder blockförmige Produkte. Bezüglich des Verfahrens wird hier zumeist von Geruchsmaskierung und Neutralisation durch einen „Gegenstoff“ (z.B. ätherische Öle) gesprochen (vgl. [8]). Bei der Neutralisation wird ein konkreter

Wirkstoff aus dem Produkt freigesetzt, der den störenden Geruchsstoff chemisch so in seinen Bestandteilen verändern soll, dass er nicht mehr störend wirkt [8]. Bei der Geruchsmaskierung hingegen wird ein Wirkstoff freigesetzt, der den störenden Geruchsstoff in seinen Bestandteilen nicht verändert, aber in seiner Wirkung so überdeckt, dass der ursächliche Geruch nicht mehr stört.



Abb. 7: Plattenförmige Produkte zur Geruchsbekämpfung der Biothys GmbH [28] (li) und Produkte zur Geruchsbekämpfung der Clemens & Dupont OHG [29] (re)

3.2.2.3 Bedeutung der Standzeiten von Filtermaterialien

Für die begrenzte Standzeit von Biofiltern sind gemäß [30] die biologischen Prozesse unter Beteiligung der Mikroorganismen verantwortlich. Durch die biologische Zersetzung des organischen Filtermaterials kommt es mit der Zeit zu einer Abnahme der stützenden Funktion und einer Zunahme des Feinkornanteils. Hieraus folgt eine Abnahme des Volumens bei gleichzeitiger Erhöhung des Druckverlusts. Es ist mit Kanalbildung und dem Auftreten nicht durchströmter Volumina zu rechnen, wodurch die Abbauleistung verringert wird. Ein Austausch der Filtermaterialien wird erforderlich. Je nach Einsatzbereich liegen die Standzeiten der Biofiltermaterialien, die als Trägermaterialien für die Mikroorganismen fungieren, zwischen zwei und fünf Jahren. Biofilter mit natürlichen Materialien (Rindenmulch, Fasertorf, Heidekraut, Kokosfasern, Wurzelholz, etc.) erreichen gemäß [8] erst etwa zwei bis acht Wochen nach Inbetriebnahme ihre volle Leistungsfähigkeit.

Die Standzeit von Aktivkohlefiltern ist auf die begrenzte Belegkapazität des Adsorptionsmittels Aktivkohle zurückzuführen. Gemäß [8] geht mit zunehmender Belegung der Wirkungsgrad zurück. Wird eine bestimmte Leistungsfähigkeit unterschritten, ist das Adsorptionsmittel durch Erhitzung zu regenerieren oder auszutauschen.

Die Diskussion mit den Anbietern von Geruchsfiltern und Filtermaterialien im Rahmen dieses Warentests zeigte, dass den Standzeiten der Filtermaterialien eine große Bedeutung zugewiesen wird. Neben der Wirksamkeit von Filtermaterialien wird insbesondere in der industriellen Abluftreinigung häufig die Standzeit der Filtermaterialien als Optimierungskriterium angesetzt, um die Wirtschaftlichkeit der dort eingesetzten Produkte zu erhöhen. Während allerdings in der industriellen Verfahrenstechnik die Belastungsgrößen im zeitlichen Verlauf vergleichsweise zuverlässig abgeschätzt werden können, stehen typische zeitliche Belastungsverläufe zur Bemessung von Geruchsfiltern für Abwasserschächte nicht zur Verfügung.

Entsprechend lässt sich auch keine repräsentative „Standzeit“ für diesen Anwendungsfall ermitteln. So ist es durchaus denkbar, dass ein im Abwasserschacht nur selten belasteter Aktivkohlefilter auch bei geringen „Reserven“ längere Standzeiten überdauert. Darüber hinaus können bei Biofiltern auch die Umgebungsbedingungen einen erheblichen Einfluss auf das biologische Zersetzungsverhalten haben. Hinweise zu erwartbaren Standzeiten setzen daher sowohl wissenschaftliche Untersuchungen zur Belastungssituation als auch umfassende Parameterstudien zu den möglichen Einflussfaktoren voraus. Auf eine weitergehende Betrachtung wurde daher im Rahmen des vorliegenden Warentests verzichtet. Im Einzelfall empfiehlt es sich, die tatsächliche Standzeit des ausgewählten Produkts in Testeinsätzen unter den maßgeblichen örtlichen Randbedingungen zu beobachten und dies in eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzubeziehen.

4 Getestete Produkte

4.1 Überblick

Derzeit werden am Markt zahlreiche Produkte angeboten, die - insbesondere bei sofortigem Handlungsbedarf des Netzbetreibers - eine Verminderung oder gar Beseitigung von Geruchsemissionen aus der Abluft der Kanalisation im Bereich von Abwasserschächten versprechen. Hierzu zählen sowohl Geruchsfilter, bei denen die geruchsbeladene Abluft einen Filter passiert (siehe Tabelle 3), als auch beispielsweise Produkte, an denen die geruchsbeladene Abluft beim Vorbeiströmen durch einen austretenden Wirkstoff bekämpft werden soll (siehe Tabelle 4). Bei Kanalnetzbetreibern bestehen jedoch Unsicherheiten bzgl. des mit diesen Produkten erzielbaren Erfolges bei der Geruchsbekämpfung und bzgl. des Einsatzbereiches der jeweiligen Produkte. Vor diesem Hintergrund wurden im IKT-Warentest „Geruchsfilter“ sieben Filter getestet. Die Auswahl der Produkte erfolgte durch die beteiligten Netzbetreiber:

Tabelle 3: Geruchsfilter im Test

Produkt	Anbieter	Art des Filters	Filter-/Trägermaterial	Hersteller Filter-/Trägermaterial
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	Störk Umwelttechnik GmbH, Emmingen-Liptingen	Aktivkohlefilter	Aktivkohlematte aus retikulierten Polyurethanschaum, beschichtet mit imprägnierter Granulatkohle	helsatech GmbH
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	Störk Umwelttechnik GmbH, Emmingen-Liptingen	Biofilter	Biomix aus Heidekraut und Fasertorf, Spezifikation BIM 100	Störk Umwelttechnik GmbH, Emmingen-Liptingen
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K mit BN 00.2001.03 (Aktivkohlematte) und BN 00.2001.03 hybrid (Hybridfiltermatte)	COALSI®, Lohmar	Hybridfilter	Kokosnuss auf Polyurethanschaum mit Mikroorganismen fermentiert	helsatech GmbH bzw. innocre® Umwelttechnik GmbH
		Aktivkohlefilter	Kokosnuss auf Polyurethanschaum mit Imprägnierung	helsatech GmbH
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 mit BN 00.2001.03 (Aktivkohlematte) und Gasverteilungsmatte	COALSI®, Lohmar	Aktivkohlefilter	Kokosnuss auf Polyurethanschaum mit Imprägnierung	helsatech GmbH
EKO Biofilter Typ KF-400	Warwas, Gosheim	Biofilter	Mehrschicht: Kokosfaser, Rindenmulch, Heidekraut, Hackschnitzel, Torf (grob)	Warwas, Gosheim
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 00	ROMOLD GmbH, Freilassing	Aktivkohlefilter	Aktivkohle Dopetac sulfo 100: Holzkohle mit Bindemittel Zuckerrübensaft und Kalium- u. Kalziumverbindungen als Katalysatoren	AdFIS products GmbH, Teterow
2001-oxi-1,0-UGN® Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	UGN – Umwelttechnik GmbH, Gera	Hybridfilter	UGN®-Oxigranulat 1.0: Zellulosefaser aus Recyclingmaterial	UGN – Umwelttechnik GmbH, Gera

Darüber hinaus wurden von den Lenkungskreisteilnehmern zwei weitere Produkte zur Geruchsbekämpfung ausgewählt, die spezielle Wirkstoffe abgeben. Diese Produkte wurden in

ergänzenden Prüfungen untersucht, aber nicht im Rahmen des Warentests benotet (vgl. hierzu Abschnitt 1.1).

Tabelle 4: Produkte zur Geruchsbekämpfung, die spezielle Wirkstoffe freisetzen

Produkt	Anbieter	Verfahren	Anmerkungen
Gelmatte Gelactiv® SHK-P und NHK-P	Biothys GmbH, Wilstätt	Abgabe von Wirkstoffen	Polymer-Gelplatte mit Bestandteilen von essentiellen (ätherischen) Ölen
C&D Geruchsblocker Brick, Art.-Nr. 56-1738	Clemens & Dupont OHG, Andernach	Abgabe von Wirkstoffen	Hartfaserbrick mit Bestandteilen von essentiellen (ätherischen) Ölen

4.2 Geruchsfilter

4.2.1 belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP, Störk Umwelttechnik GmbH

Der belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP der Firma Störk Umwelttechnik GmbH ist laut Herstellerangaben [31] für Abwasserschächte mit einer Einstiegsöffnung von 610 bis 625 mm ausgelegt. Um Maßtoleranzen der Abwasserschächte auszugleichen, sind dem Filter zwei unterschiedlich dicke Gummidichtungen beigefügt.

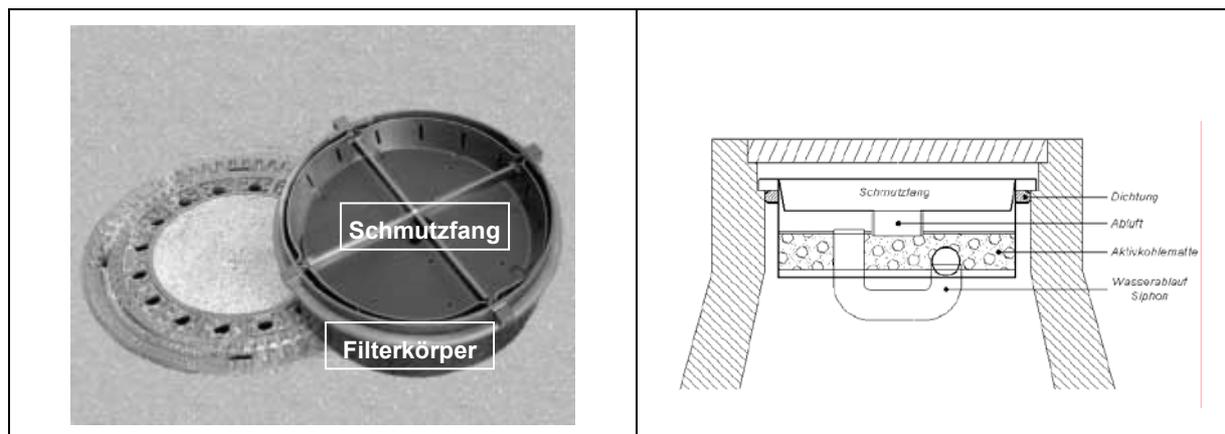


Abb. 8: Ansicht Komplettsystem (li) und Filteraufbau (re) des belflor®-Aktivkohlefilters AKTIVFIP [32]

Ein spezieller Schmutzfang aus Polyethylen ist im Lieferumfang des Filters enthalten und wird beim Einbau in die Filterkonstruktion eingehängt, die ebenfalls aus Polyethylen besteht (vgl. Abb. 8). Die Gesamthöhe des Filters beträgt 330 mm. Die im Filter enthaltene Aktivkohlematte besteht aus retikuliertem^a Polyurethanschaum der Fa. Helsatech GmbH, welcher mit imprägnierter Granulatkohle beschichtet ist.

^a Beim Retikulieren handelt es sich um einer Nachbehandlung von Schaumstoffen, um eine Flüssigkeits-, Luft- bzw. Gasdurchlässigkeit zu erreichen.

4.2.2 belflor®-Biofilterpatrone FIP 700, Störk Umwelttechnik GmbH

Die von der Firma Störk Umwelttechnik GmbH angebotene belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 ist für Einstiegsöffnungen des Durchmessers von 610 bis 630 mm geeignet. Differenzen können gemäß Herstellerangaben durch unterschiedlich starke Dichtungsgummis ausgeglichen werden. Die Aufhängung des Filters erfolgt mit Hilfe eines Montagerings (vgl. Abb. 9, links). In der Filterkassette befindet sich das biologisch abbaubare Filtermaterial – ein Gemisch aus Heidekraut und Torf. Durch einen in der Filterkassette angeordneten Zwischenboden wird ein Verdichten des Filtermaterials verhindert. Auf Wunsch kann auch eine kombinierte Befüllung mit Aktivkohle und Biofiltermaterial vorgenommen werden. Dies garantiert laut Herstellerangaben [32] auch bei längerer Trockenheit eine Wirksamkeit.

Das Oberflächenwasser wird durch eine Klappe seitlich am Filter abgeleitet (vgl. Abb. 9, rechts). Gehäuse, Montagering und Schmutzfang bestehen aus PE-HD. Die Gesamthöhe des Biofilters beträgt 700 mm.

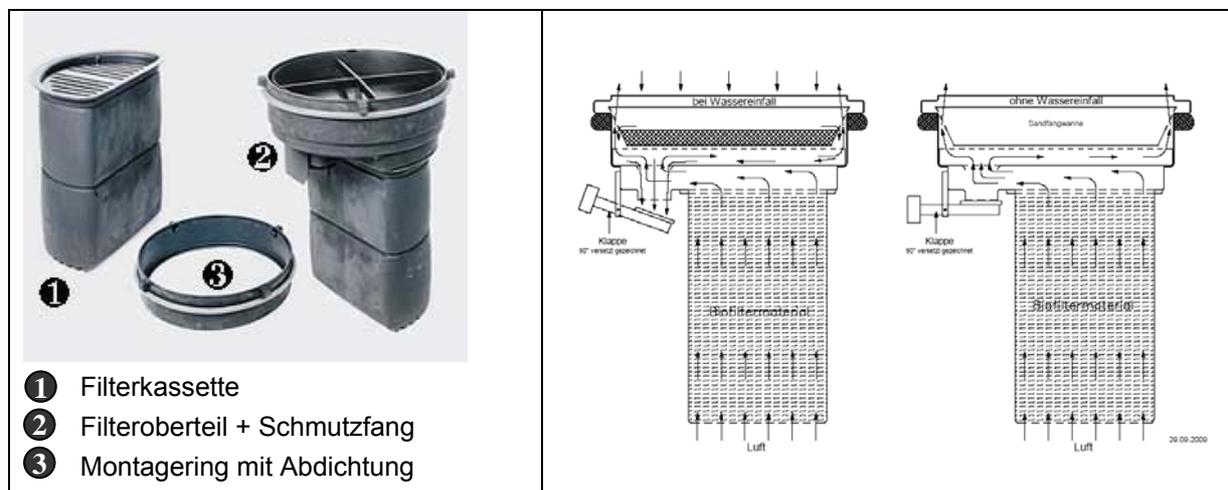


Abb. 9: Ansicht (li) und Prinzipskizze (re) der belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 [32]

4.2.3 COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 / BN 00.2001.0K, COALSI®

Bei der Geruchssperre BN 00.2001.00 der Firma COALSI® handelt es sich um einen Aktivkohlefilter, der für Schachtnennweiten von DN 650 und DN 800 angeboten wird. Das Produkt hat eine Aufbauhöhe von 240 mm und besteht aus 5 einzelnen Komponenten, dem Grundkörper, dem Siphon, der Gasverteilmatte, der Aktivkohlematte und dem Schmutzfang (vgl., Abb. 10, rechts). Mit Hilfe eines Siphons soll das Regenwasser seitlich am Aktivkohlefilter vorbeilaufen, so dass dieser trocken bleibt (vgl. Abb. 10, links oben). Eine spezielle Kunststoffmatte dient als Trägermaterial für die Aktivkohle der Fa. Helsatech GmbH und soll die Durchströmbarkeit des Filters gewährleisten [33]. Darüber hinaus kann der Geruchsfilter zum Hybridfilter (Geruchssperre BN 00.2001.0K) ausgebaut werden, indem eine weitere Schaummatte in Sandwich-Technik installiert wird [34]. Diese zusätzliche Schaummatte ist mit einem speziellen Mikroorganismen-Mix von der Fa. inocre® fermentiert. Hierdurch soll neben der passiven Adsorption von Geruchsstoffen auf der Oberfläche der Aktivkohlematte auch eine aktive Verstoffwechslung dieser Geruchsstoffe erfolgen.

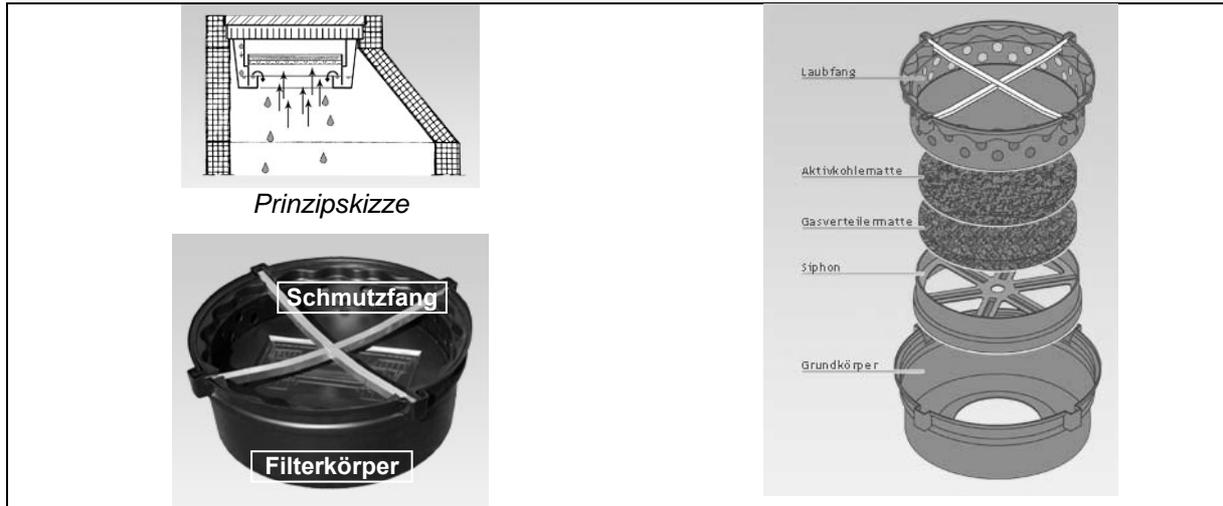


Abb. 10: *Prinzipskizze und Ansicht (li) sowie Einzelkomponenten (re) der COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 / BN 00.2001.0K [33]*

4.2.4 EKO-Biofilter Typ KF-400, Warwas

Der von der Firma Warwas angebotene EKO-Biofilter Typ KF-400 ist für gängige Schachttöfnungen mit einem Innendurchmesser von DN 625 ausgelegt (vgl. Abb. 11). Die Konstruktion besteht laut Herstellerangaben [35] aus einem PE-Kunststoffmaterial, die Fanghacken hingegen aus Edelstahl. Die Abdichtung erfolgt mit einem umlaufend angeordneten Gummi-Dichtprofil. EKO-Biofilter sind in einer Einbauhöhe von 400 bis 725 mm erhältlich. Sonderanfertigungen in anderen Abmessungen sind laut Angaben des Herstellers möglich. Der im Rahmen des IKT-Warentests untersuchte EKO Biofilter Typ KF-400 weist eine Einbauhöhe von 400 mm auf. Ein Mehrschichtsystem aus unterschiedlichen Filtermaterialien übernimmt die Filterung der geruchsbeladenen Abluft. Hauptbestandteile dieses Mehrschichtsystems sind Kokosfasern, Rindenmulch, Heidekraut, Hackschnitzel und grober Torf.

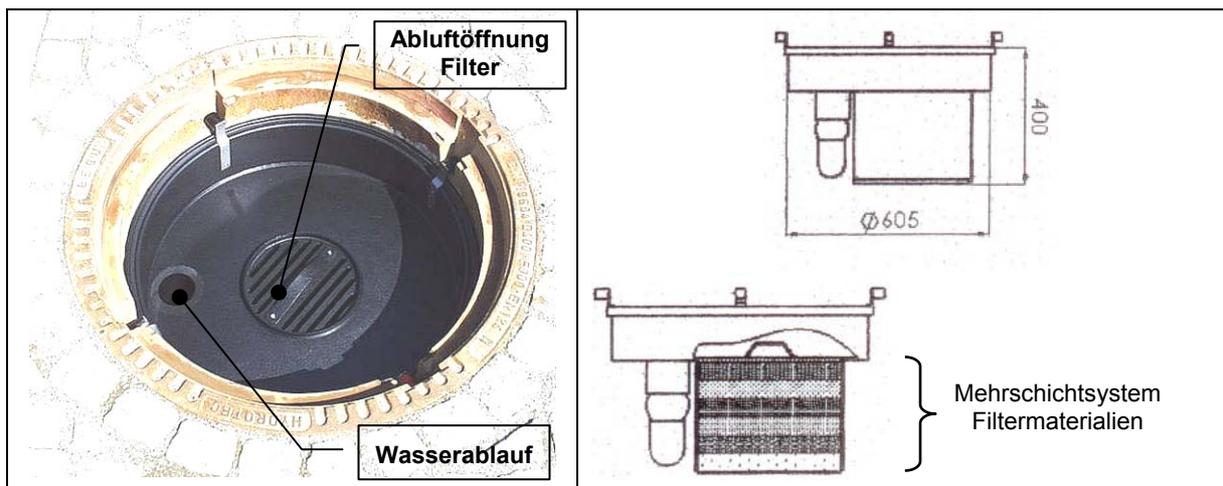


Abb. 11: *Ansicht (li) und Skizze (re) des EKO-Biofilters Typ KF-400 [35]*

4.2.5 Kanalschachtfilter FIS 0600, Romold GmbH

Laut [36] ist der ROMOLD Activ-Kanalschachtfilter FIS 0600 (vgl. Abb. 12) so konstruiert, dass er in alle handelsüblichen Kanalschächte mit Einstiegsöffnung DN 625 oder Nennweiten von 595 bis 645 mm unterhalb des herkömmlichen Schmutzfanges eingebaut werden kann. Die Bauteile des Filters bestehen aus korrosionsbeständigen Materialien wie PE und Edelstahl [37]. Der Filtergrundkörper besteht aus Wasserabläufen, Gummimanschetten, Spannverschluss und einer katalytisch wirkenden Aktivkohleeinlage, die zur Verminderung von H_2S und NH_3 dienen soll. Als Aktivkohle kommt laut Herstellerangaben [38] Holzkohle mit dem Bindemittel Zuckerrübensaft zum Einsatz – ein Produkt der AdFiS products GmbH mit der Bezeichnung „Dopetac sulfo 100“. Kalium- und Kalziumverbindungen sollen hierbei als Katalysatoren dienen.

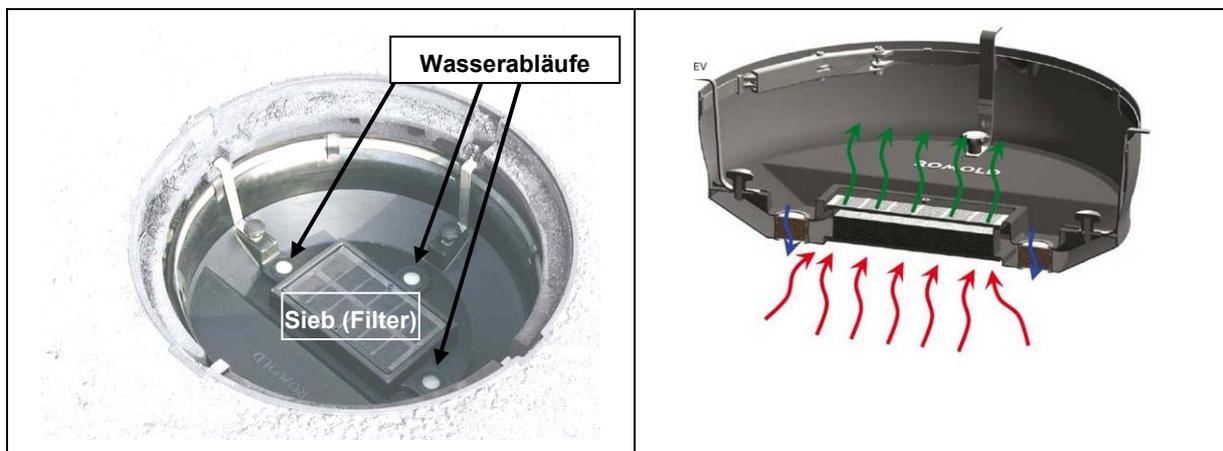


Abb. 12: Ansicht (li) und Prinzipskizze (re) des Kanalschachtfilters FIS 0600 der Firma Romold [37]

4.2.6 UGN®- Hybridkanalschachtfilter, UGN - Umwelttechnik GmbH

Der UGN®- Hybridkanalschachtfilter der UGN – Umwelttechnik GmbH besteht aus zwei Teilen, einer Grundplatte mit umlaufender Lippendichtung und einer herausnehmbaren Filterpatrone (vgl. Abb. 13) [39]. Die Filterkonstruktion wurde aus Kunststoffmaterial (PE-HD) gefertigt. Der Filter ist für Abwasserschächte mit einem Innendurchmesser der Einstiegsöffnung von DN 560, DN 600 und DN 800 erhältlich und wird unterhalb eines herkömmlichen Schmutzfanges angeordnet. Die Filterpatrone wird als Standard- und Jumbopatrone angeboten. Im Rahmen des IKT-Warentests wurde die Standardpatrone verwendet, die einen Durchmesser von 315 mm und eine Länge von 280 mm aufweist. Nach Angaben des Herstellers ist der UGN®- Hybridkanalschachtfilter besonders für die Be- und Entlüftung von Schächten mit hohen gleichbleibenden und diskontinuierlichen Geruchs- und Schadstofffrachten (H_2S , Mercaptane, VOC) geeignet. Als Filtermaterial wird das aus Zellulosefasern bestehende UGN®- Oxigranulat 1.0 verwendet, das sowohl über biologische als auch über chemisch-physikalische Filtereigenschaften verfügt.

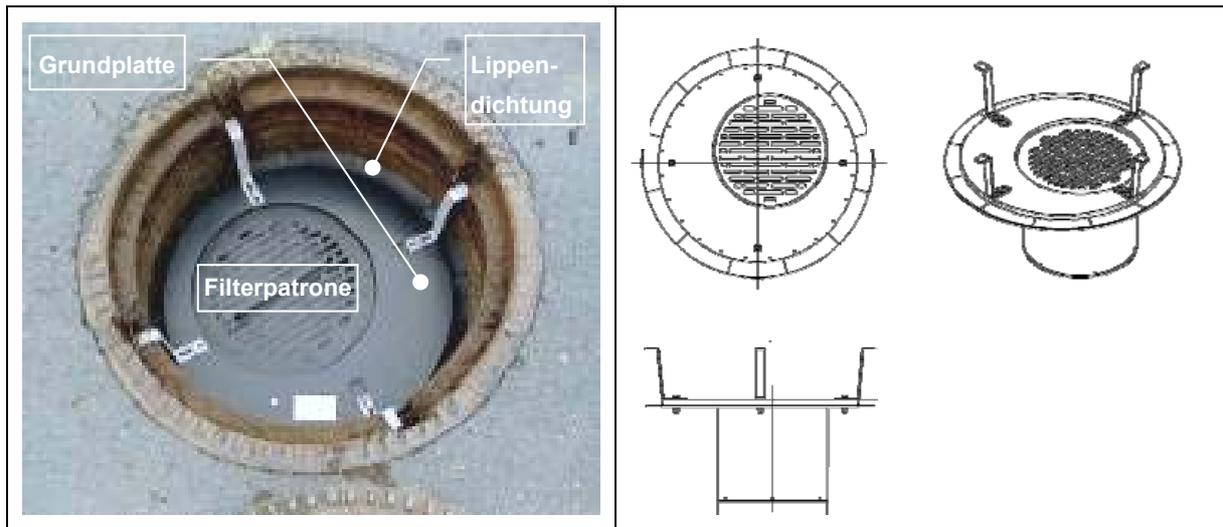


Abb. 13: Ansicht (li) und Skizzen (re) des UGN®-Hybridkanalschachtfilters [39]

4.3 Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen

4.3.1 Gelmatte Gelactiv® SHK-P / NHK-P, Biothys GmbH

Die Gelmatte Gelactiv® SHK-P^a und NHK-P^b der Biothys GmbH wird mit Hilfe eines Stahlseils in den Abluftstrom des Abwasserschachtes unterhalb der Schachtabdeckungen gehängt und soll dort eine Neutralisation aufsteigender Gerüche bewirken (vgl. Abb. 14) [28].

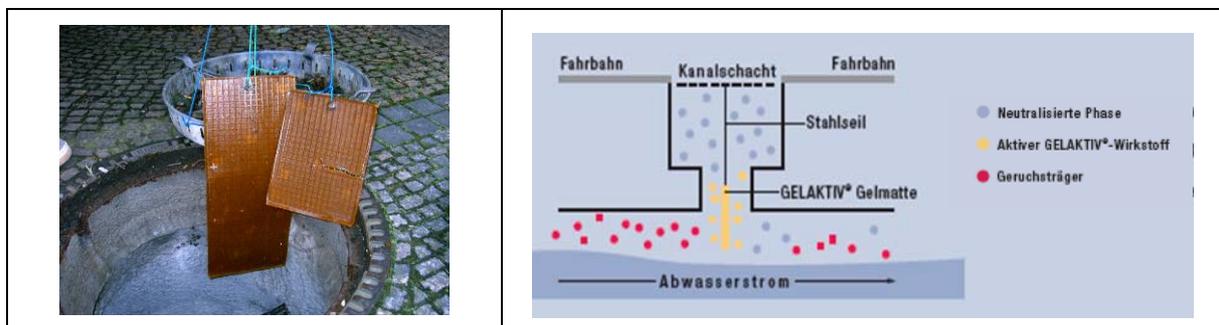


Abb. 14: Ansicht (li) und Skizze (re) der Gelactiv®-Matte [28]

Die Gelmatte ist in den Größen 590 x 210 mm oder 295 x 210 mm erhältlich. Laut Herstellerinformationen gibt die Gelmatte kontinuierlich ein Gemisch aus naturidentischen und synthetischen Wirkstoffen, die u. a. in die Gruppe der polyfunktionellen Hydroxy-Carbonylverbindungen einzuordnen sind, in den umgebenden Kanalluftstrom ab. Dort treffen die Wirkstoffe in der Gasphase als chemisch reaktive Protagonisten auf die chemisch labilen Geruchsstoffe, die sie laut [28] chemisch und physikalisch-chemisch neutralisieren.

^a SHK-P (marcapto-sensitiv): gemäß Herstellerangaben geeignet für den Einsatz bei Schwefelwasserstoff-Emissionen

^b NHK-P (amino-sensitiv): gemäß Herstellerangaben geeignet für den Einsatz bei Ammoniak-Emissionen

4.3.2 C&D Geruchsblocker Brick, Clemens & Dupont OHG

Bei dem von der Fa. Clemens & Dupont OHG angebotenen C&D Geruchsblocker (vgl. Abb. 15) handelt es sich um ein Produkt aus Hartfaser, das mittig im Abwasserschacht unter dem Schmutzfänger mit einer Klemmhalterung befestigt wird. Nach Angaben des Herstellers [29] ist eine Bekämpfung aller üblen Gerüche in normalen Freispiegelleitungen bis DN 200 über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten möglich. Das Produkt enthält einen Wirkstoff, der aus ätherischen Ölen und Harzen besteht. Der Wirkstoff reagiert gemäß [29] mit den Geruchsmolekülen und modifiziert diese bis zum Stadium der Geruchsneutralität.



Abb. 15: Ansicht (li) und Skizze (re) des C&D Geruchsblocker [29]

5 Testprogramm

5.1 Überblick

Im Rahmen des IKT-Warentests „Geruchsfilter“ wurde in vier Arbeitssitzungen auf Basis der Praxis- und Betriebserfahrungen der beteiligten Netzbetreiber ein Prüfprogramm entwickelt, in dem neben dem Fachwissen des IKT und seiner Partnerinstitutionen insbesondere die Qualitätsanforderungen der Netzbetreiber den zentralen Aspekt darstellten.

Der IKT-Warentest unterscheidet grundlegend drei Prüfungsschwerpunkte: **Qualitätssicherung, Systemprüfungen (Laborprüfungen)** und **In-situ-Untersuchung** (vgl. [40, 41]). Im Rahmen dieses IKT-Warentests wurde zusätzlich der Prüfungsschwerpunkt **Handhabbarkeit** eingeführt.

Beim Test der Geruchsfilter zeigte die Untersuchung hinsichtlich Qualitätssicherung der Produkthanbieter, inwieweit der jeweilige Anbieter Einbau, Wartung und Entsorgung seines Produktes unterstützt und inwieweit die Qualität der Filtermaterialien sichergestellt wird. Die Systemprüfungen (Laboruntersuchungen) dienen zur Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und der Leistungsfähigkeit des Produktes hinsichtlich Reinigungsvermögen und Durchströmbarkeit. Hierbei wurden alle Produkte in einem Versuchsstand eingebaut. Die Untersuchung auf Handhabbarkeit diente dazu, Passgenauigkeit sowie zeitlichen und betrieblichen Aufwand für Einbau und Wartung zu überprüfen.

Die In-situ-Untersuchungen wurden zur Plausibilitätsprüfung des Einsatzes der Geruchsfilter in den Versuchsstand und zur Plausibilitätsprüfung der Untersuchungen auf Handhabbarkeit (z.B. Zeitdruck) durchgeführt.

5.2 Qualitätssicherung der Produkthanbieter

Der Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ der Produkthanbieter befasst sich mit folgenden Fragestellungen: Wie unterstützt der Anbieter den Anwender des Produktes vor Ort, so dass mit Blick auf Einbau, Wartung und Entsorgung ein fachgerechter Gebrauch des Produktes erfolgt? Wie wird seitens des Produkthanbieters sichergestellt, dass eine gleichbleibende Qualität der Filtermaterialien zu erwarten ist?

Für den Einbau bzw. die Anwendung des Produktes ist eine **Einbau- und Wartungsbeschreibung** hilfreich. Die Einbau- und Wartungsbeschreibung sollte strukturiert, übersichtlich und leicht verständlich aufgebaut sein. Neben Informationen zu Einbau und Wartung sollten außerdem Angaben zu notwendigen Montagearbeiten enthalten sein, falls die Anlieferung des Produktes in mehreren Einzelteilen erfolgt.

Für den Anwender vor Ort ist es durchaus von Interesse, ob seitens der Anbieter **Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien** getroffen werden. Nur durch eine gleichbleibende Qualität der Filtermaterialien kann sichergestellt werden, dass das Produkt hinsichtlich seiner Wirkung bzw. Leistung keine Unterschiede aufweist. Qualitätssicherungsmaßnahmen seitens der Hersteller sind im Rahmen dieses Warentests nachvollziehbar darzulegen und durch Dokumente (z.B. QM-Handbuch, Werksnorm, Prüfzeugnisse, Betriebsanweisungen, Konformitätserklärung, schriftliche Stellungnahme) zu

belegen. Persönliche Gespräche mit den Anbietern bzw. Herstellern dienen dazu, Informationen zu werksseitigen Qualitätssicherungsmaßnahmen aufzunehmen.

Auch die Frage der **Entsorgungsmöglichkeiten** ist für den Anwender dieser Produkte von großer Bedeutung, denn nach dem Gebrauch der Produkte müssen die Filtermaterialien entsorgt werden. In Abhängigkeit von den eingesetzten Materialien kann dies ggf. mit Schwierigkeiten verbunden sein. Dem Anwender sind seitens des Anbieters zumindest Hinweise zu geben, wie die Filtermaterialien, die mit Abluftinhaltsstoffen aus häuslichem Abwasser beladen sind, zu entsorgen sind. Allgemeine Angaben seitens der Hersteller wie z.B.

„Das Produkt muss unter Beachtung der örtlichen und behördlichen Vorschriften entsorgt werden“

oder *„Die Zuordnung einer Abfallschlüsselnummer gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)^a ist in Absprache mit dem regionalen Entsorger vorzunehmen“*

sind unzureichend, da dem Anwender möglicherweise nicht genügend Informationen über die Zusammensetzung der Filtermaterialien und mögliche Reaktionsprodukte vorliegen, um den Entsorgungsweg zu klären. Eine Beprobung der Filtermaterialien bedeutet in diesem Fall, auch mit Blick auf die geringe Menge des in diesen Produkten vorhandenen Filtermaterials, einen unverhältnismäßig hohen Aufwand für den Anwender. Von den Herstellern sind zumindest schriftliche Stellungnahmen vorzulegen, in denen Hinweise zur Entsorgbarkeit der Filtermaterialien enthalten sind, wenn diese mit Abluftinhaltsstoffen aus häuslichem Abwasser beladen sind. Mit Hilfe von Nachweisen über die allgemeine Entsorgbarkeit dieser Materialien unter Angabe eines Abfallschlüssels oder gar die Bestätigung des Entsorgungsweges durch einen berechtigten Dritten kann die Entsorgbarkeit jedoch noch deutlicher belegt werden.

5.3 Systemprüfungen

Die Systemprüfungen – Prüfungen hinsichtlich Strömungswiderstand bzw. Luft-Durchlässigkeit, im Folgenden Durchströmbarkeit genannt, und Reinigungsleistung – fanden in einem Versuchsstand statt, bestehend aus einem vorgefertigten Kunststoffschacht mit Luftanschluss und Schachtabdeckung. Der Versuchsstand wurde zunächst am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München für die Prüfung der Geruchsfilter auf Durchströmbarkeit eingesetzt. Nach Abschluss dieser Untersuchungen wurde der Versuchsstand zum Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart transportiert und dort für die Prüfungen der Geruchsfilter auf Reinigungsleistung genutzt.

Hauptbestandteil des Prüfstandes ist ein Kunststoffschacht (vgl. Abb. 16), der im unteren Bereich ein in sich geschlossenes, luftdichtes System bildet und hier lediglich über einen Seitenstutzen für die Gas- bzw. Luftzufuhr verfügt. Die Einstiegsöffnung weist einen Standard-Innendurchmesser von 625 mm auf und schließt mit einem Schachtrahmen und einer Schachtabdeckung nach DIN EN 124 [42] ab. Schachtrahmen und –abdeckung werden von

^a Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung AVV) vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S.3379), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1619) geändert worden ist.

einem quaderförmigen Holzbalkengestell gestützt^a. Der Spalt zwischen Schachtrahmen bzw. -abdeckung und Kunststoffschacht wurde entsprechend abgedichtet, um ein luftdichtes System herzustellen.

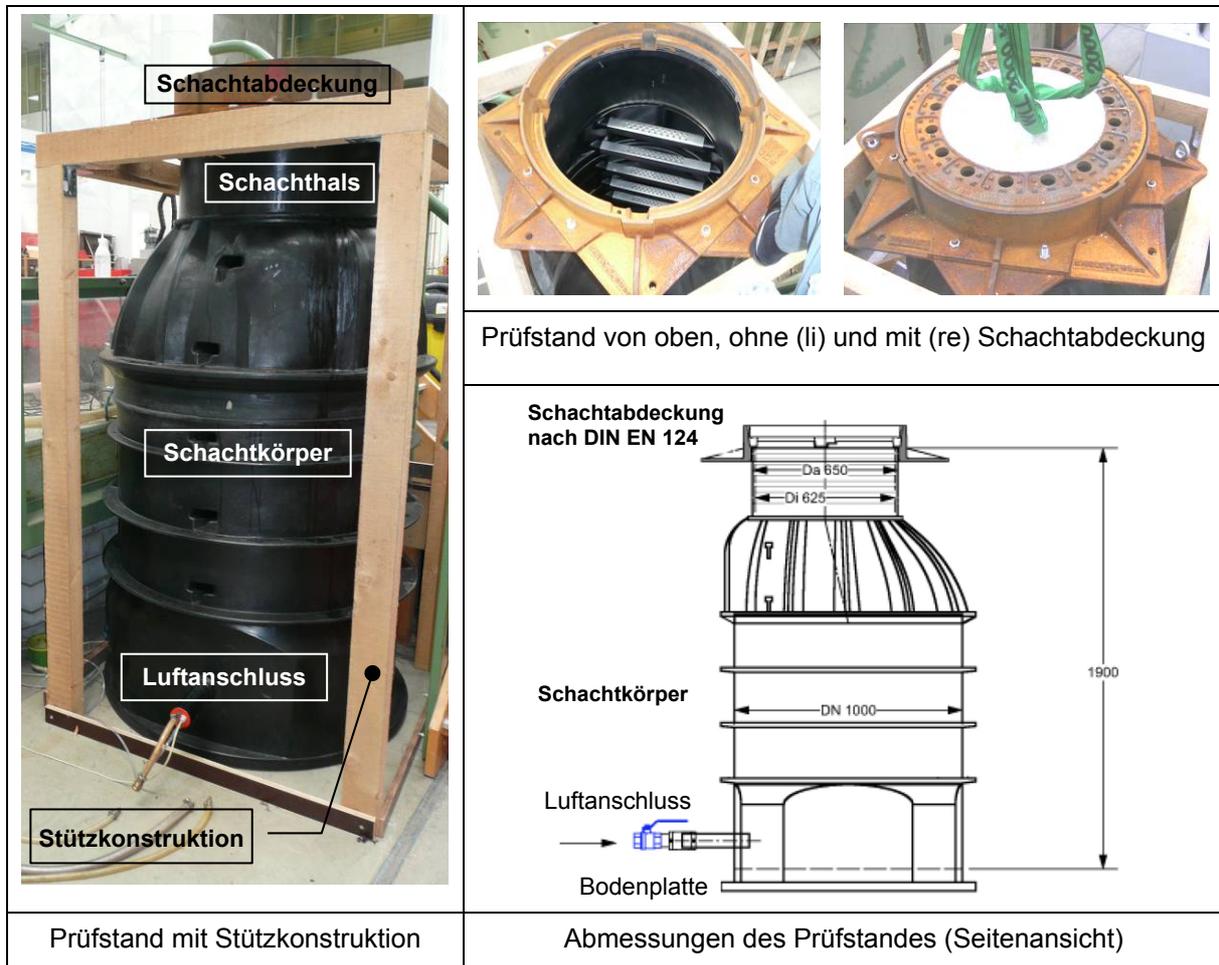


Abb. 16: Prüfstand für Systemprüfungen im Labor [43]

5.3.1 Prüfung auf Durchströmbarkeit

5.3.1.1 Hintergrund

Gemäß [8] dient der Kanalluftraum als Volumen- und Druckausgleichsraum für die Gewährleistung der Abflussfunktion bei unterschiedlichen Füllgraden der Entwässerungsanlage. Zusätzlich dient er als Transportweg von Luft zum Zwecke eines Luftwechsels, der der Abfuhr von Feuchtigkeit dient und der das aus Abwasser austretende Gas verdünnen und abführen soll. Grundsätzliche Einflussfaktoren auf die Kanallüftung sind in Abb. 17 dargestellt.

^a Der Prüfaufbau mit Stützbalkenkonstruktion erforderte den Einsatz einer Schachtabdeckung der Klasse D 400 (DIN EN 124 [42]) mit gusseisernem Stützflansch der Fa. Heinrich Meier Eisengießerei GmbH & Co. KG (Meier Guss), hier mit Schachtrahmen der Form C nach DIN 19584-2 [44]. Diese Schachtabdeckung wird in Deutschland in Verbindung mit einem Kunststoffschacht von der Fa. Romold GmbH vertrieben. Da es sich auch hier um Schächte mit Normabmessungen im Konusbereich handelt, wurde dieses Gesamtsystem für den Prüfaufbau ausgewählt.

Voraussetzung für eine natürliche Be- und Entlüftung von Entwässerungssystemen ist laut ATV-DVWK-M 154 [14] eine Vielzahl von Ein- und Auslauföffnungen mit entsprechenden Höhendifferenzen und Querschnitten. Hierzu zählen vorrangig die Dachentlüftung der mit der öffentlichen Kanalisation in Verbindung stehenden Grundstücksentwässerungsanlage und die Lüftungsöffnungen in den Schachtabdeckungen. Abwasserschächte haben demzufolge eine große Bedeutung für die natürliche Be- und Entlüftung der Kanalisation.

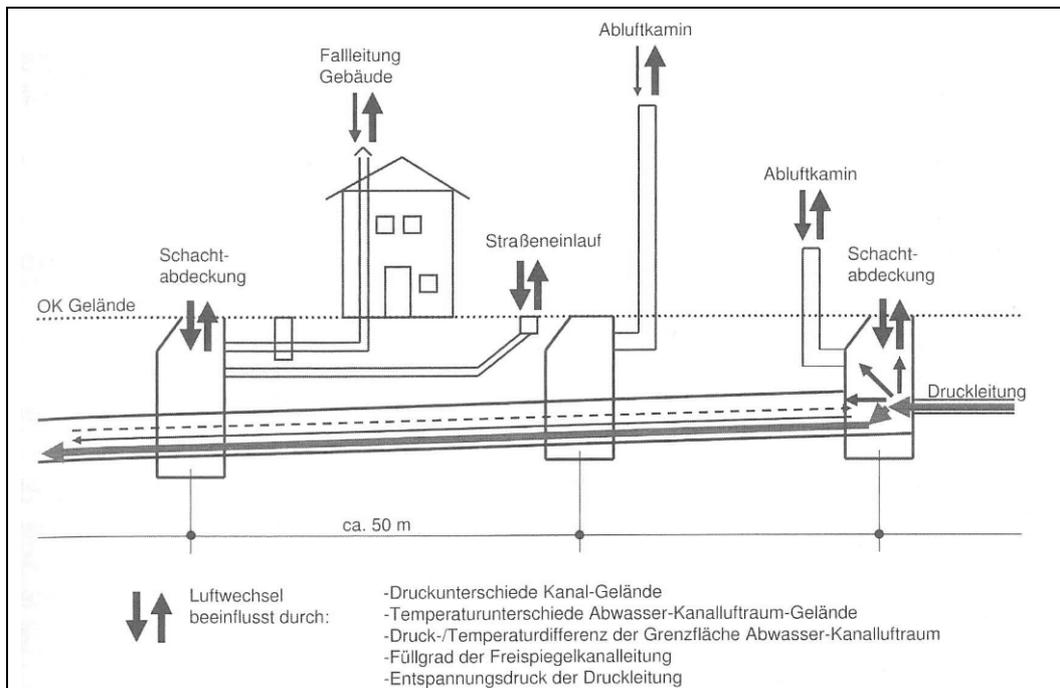


Abb. 17: Grundsätzliche Einflussfaktoren auf die Kanallüftung [8]

Konstruktive oder betriebliche Maßnahmen an Abwasserschächten, die eine Verminderung oder gar dauerhafte Unterbindung des Luftaustausches bewirken, können demnach zu Schäden an Schacht- und Rohrwandung infolge biogener Schwefelsäurekorrosion führen. Zudem ist davon auszugehen, dass es zu einer Verlagerung der Geruchsproblematik in benachbarte Schächte oder andere Kanalabschnitte kommen kann, wenn solche Maßnahmen bei der Geruchsbekämpfung Anwendung finden.

Beobachtungen von Kanalnetzbetreibern beim Einsatz von Geruchsfiltern legen die Vermutung nahe, dass neben einer filternden Wirkung auf die Abluft auch eine geruchssperrende Wirkung vorliegt, die unter Umständen auf eine unzureichende Luft-Durchlässigkeit der Filter zurückzuführen ist.

Vor diesem Hintergrund wurde seitens der beteiligten Netzbetreiber beschlossen, Geruchsfilter u. a. hinsichtlich Strömungswiderstand bzw. Luft-Durchlässigkeit – im Folgenden Durchströmbarkeit genannt – zu überprüfen. Die von den Netzbetreibern ausgewählten weiteren Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, wurden in diese Untersuchungen nicht mit einbezogen, da diese Produkte für den aufsteigenden Luftstrom im Abwasserschacht keine nennenswerte Behinderung darstellen.

5.3.1.2 Theoretische Grundlagen

In der Fluidmechanik werden Berechnungen von eindimensionalen Strömungen zumeist unter Anwendung der Energieerhaltungsgleichung durchgeführt [43]. Diese wird zwischen zwei interessierenden Stromquerschnitten (Index 1, 2) angesetzt und nach der unbekanntem Größe aufgelöst. Die Energie E (bzw. die Druckenergie p_e) in einem Stromquerschnitt setzt sich zusammen aus potentiellen und kinetischen Anteilen. Bei Gasen beträgt sie unter Vernachlässigung der Lageenergie:

$$E = p\Delta V + \frac{\Delta m}{2} v^2 = p_e \Delta V \quad [Nm] \quad (5.1)$$

$$p_e = \frac{E}{\Delta V} = p + \frac{\rho}{2} v^2 \quad [N/m^2]$$

Somit gilt zwischen zwei Stromquerschnitten:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2} v_2^2 + \Delta p_e \quad [N/m^2] \quad (5.2)$$

In den Gleichungen 2.1 und 2.2 bezeichnen:

E : Energie, p_e Druckenergie, p statischer Druck, Δm Kontrollmasse, ΔV Kontrollvolumen, ρ Fluidichte, g Erdbeschleunigung, v Strömungsgeschwindigkeit, Δp_e Energieverlust zwischen den Querschnitten 1 und 2

Im vorliegenden Fall der zu untersuchenden Filter ist die Strömungsgeschwindigkeit in den Bezugsquerschnitten vor und nach dem Filter vernachlässigbar gering. Damit entspricht der gesuchte Energieverlust gerade der über dem Filter auftretenden statischen Druckdifferenz ($\Delta p_e = p_1 - p_2$).

Strömungsmechanische Energieverluste entstehen infolge von Wandreibung (kontinuierliche Verluste) oder durch lokale Störungen der Strömung (lokale Verluste) wie z.B. durch Umlenkungen, Stromquerschnittsänderungen, Druckstöße etc. Sie verursachen eine Abnahme der Druckenergie (Δp_e) und sind proportional zur kinetischen Energie. Die Proportionalitätskonstante dieses Zusammenhangs (s. Gleichung 5.3) wird als Verlustbeiwert ξ bezeichnet.

$$\Delta p_e = \xi \frac{\rho}{2} v^2 \quad [N/m^2] \quad (5.3)$$

Bei einer inkompressiblen Rohrströmung ($\rho = \text{konst.}$) ist der Verlustbeiwert im Fall lokaler Verluste (nahezu) konstant, während bei kontinuierlichen Verlusten (Reibungsverluste) die Gleichung 2.4 gilt:

$$\xi = \lambda \frac{l}{D}; \quad \text{mit } l = x_2 - x_1; \quad D = 4 \frac{A}{U} \quad (5.4)$$

λ : Widerstandsbeiwert, D : Ersatzdurchmesser; U : benetzter Umfang, l : Länge

Der Widerstandsbeiwert λ hängt ab von der Reynolds-Zahl ($Re = vD/\nu$) und von der äquivalenten Sandrauheit k , die einem Sandkorndurchmesser mit der zur aktuellen Oberflächenbeschaffenheit vergleichbaren Rauheit entspricht. Bei turbulenter Strömung ($Re > 2300$) beschreibt diesen Zusammenhang die Prandtl-Colebrook- Gleichung (Gleichung 5.5).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{kD}{3.71} \right) \quad [-] \quad (5.5)$$

Bei laminaren Strömungen gilt dagegen der einfache Zusammenhang:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad [-] \quad (5.6)$$

In beiden Fällen (laminare und turbulente Strömung) hängen die kontinuierlichen Energieverluste also auch ab von der Reynoldszahl Re . Eine grafische Darstellung der beiden diesbezüglichen Zusammenhänge und des dazwischen angenommenen Übergangs zeigt das "Moody-Diagramm" (Abb. 18).

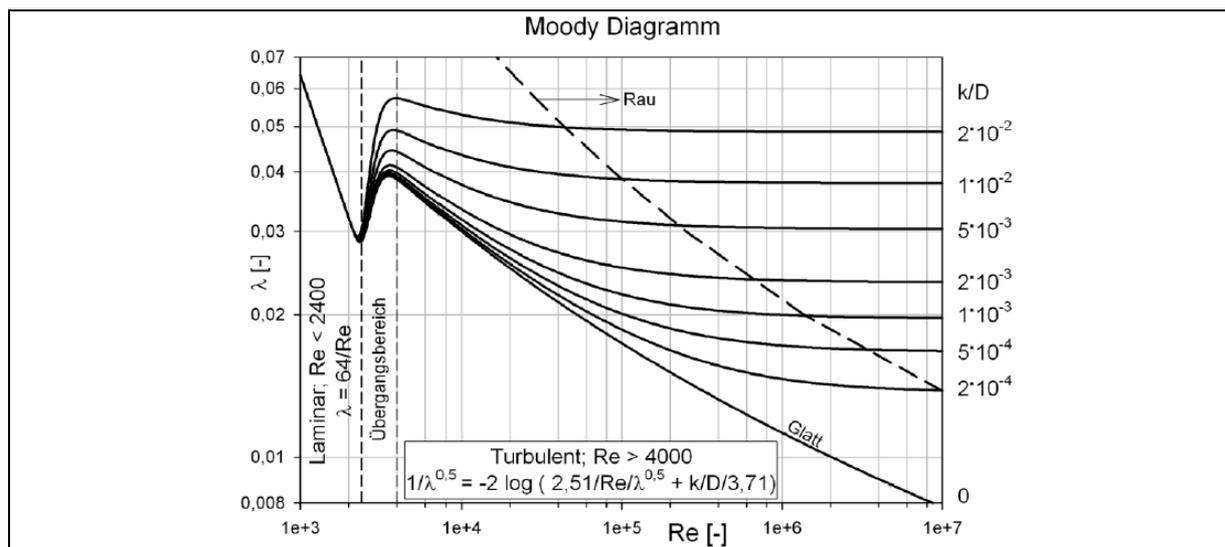


Abb. 18: Abhängigkeit des Widerstandsbeiwertes λ von der äquivalenten Sandrauheit k unter der Reynolds-Zahl Re (Moody-Diagramm)

Die o. a. Gleichung 5.3 kann zusammen mit der Definitionsgleichung des Massenstroms

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho v A \quad [\text{kg/s}] \quad (5.7)$$

und der Annahme vernachlässigbarer oder gleich großer Geschwindigkeiten vor und nach der Engstelle (Filter) umgeformt werden zu

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= C_d A \sqrt{2\rho\Delta p} \quad [\text{kg/s}] \\
 C_d &= \sqrt{\frac{1}{\xi}} \quad [-]
 \end{aligned}
 \tag{5.8}$$

In dieser Gleichung bezeichnet der **Cd**-Wert die Durchlässigkeit der Filterfläche **A**. Er ist unabhängig von der Reynolds-Zahl, wenn sich der Filter wie ein lokaler Verlust verhält, oder wenn die Reynolds-Zahl einen sehr hohen Wert annimmt. Im zuletzt genannten Fall ist auch der Widerstandsbeiwert λ (und mit ihm der **Cd**-Wert) unabhängig von der Reynolds-Zahl. Dies verdeutlicht der als "Rau" bezeichnete Bereich in der Abb. 18.

Anderenfalls, und das ist die Regel, stellt sich eine für den Filter charakteristische und messtechnisch zu bestimmende Abhängigkeit des **Cd**-wertes von der Reynolds-Zahl ein. Dann muss auch die Feuchte der Luft, die den Filter durchströmt, gemessen und berücksichtigt werden, weil sie über die Viskosität (ν) der Luft die Reynolds-Zahl beeinflusst. Bei biologischen Filtern kommt hinzu, dass das Filtermaterial in feuchter Luft quillt, sich dadurch die durchströmbare Fläche **A** reduziert und sich der Filter-Widerstand entsprechend erhöht.

Die Dichte von Gasen ist abhängig von Druck und Temperatur, so dass die Angabe eines Gas-Volumenstroms nicht ausreichend ist zur Quantifizierung eines Gas-Massenstroms. Deshalb wurde eine Normdichte ρ_0 eingeführt, die sich auf eine Temperatur von 0°C und auf einen Druck von **1013 mbar** bezieht und bei trockener Luft $\rho_0 = 1,293 \text{ kg/m}^3$ beträgt. Für den Massenstrom und die Umrechnung des Volumenstroms auf Normzustand (Einheit "Normliter pro Sekunde") gilt damit:

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho_0 \dot{V}_0 \quad [\text{kg/s}]
 \tag{5.9}$$

5.3.1.3 Konzept und Prüfaufbau

Den prinzipiellen Aufbau des für die Untersuchung der Strömungswiderstände bzw. der Filterdurchlässigkeit konzipierten Prüfstandes zeigt die Abb. 19. Demnach werden die Geruchsfilter in die Öffnung des Kunststoffschachtes eingebaut (vgl. Abb. 16). In den Schacht wird über eine separate Zuleitung ein bekannter Luft-Volumenstrom eingespeist. Wird dessen Menge in Schritten variiert und zusammen mit den sich etablierenden Überdrücken im Schacht gemessen, so erhält man die gesuchte Kennlinie als die Abhängigkeit der beiden Größen voneinander. Simultan mit dieser Messung wird die im Schacht vorherrschende Lufttemperatur bestimmt, um die dort maßgebliche Luftdichte berechnen zu können. Diese geht unmittelbar in die Bestimmungsgleichung für den über den Filter auftretenden Druckverlust ein.

Die Luftzufuhr zum Schacht erfolgt abhängig von der einzuspeisenden Menge über zwei im Durchmesser verschiedene Druckschläuche (vgl. Abb. 19 rechts). Diese können an die Druckluftkupplung des mit dem Schacht direkt verbundenen Druckschlauchs angeschlossen

werden. In den letzteren mündet auch eine mit Ventil fein dosierbare permanente Wasserzufuhr, über die die gewünschte Luftfeuchte realisiert wird. Der maximal realisierbare Luftvolumenstrom beträgt etwa 15 Normliter pro Sekunde.

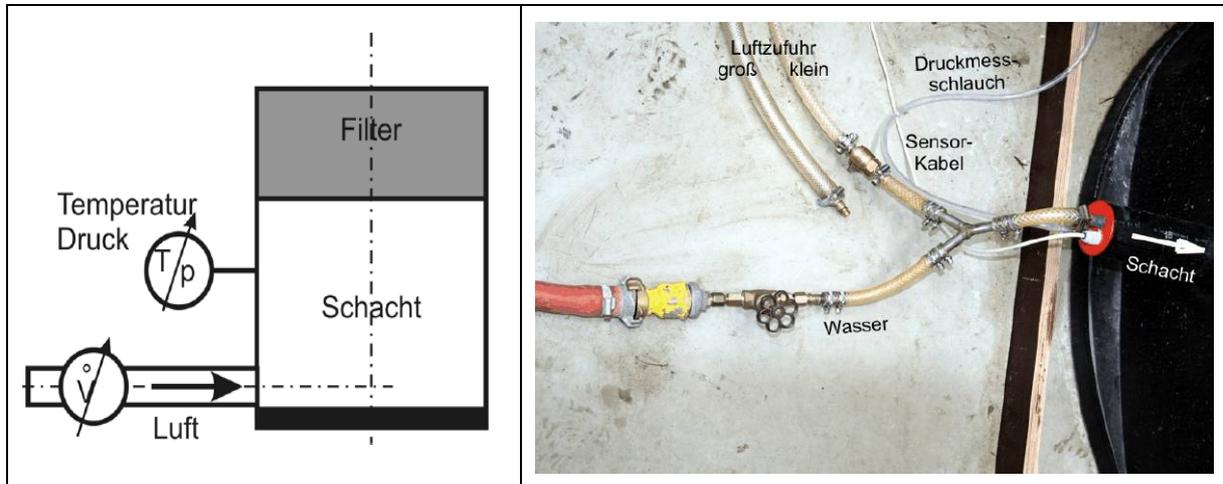


Abb. 19: Prinzipskizze der Versuchsanordnung (li) und Zuleitungen zum Schacht (re)

Die messtechnische Erfassung der Luftmenge bewerkstelligen zwei Messflansche (vgl. Abb. 20, links), die vor der Untersuchung mit Wasser und induktivem Durchflussmesser kalibriert wurden. An beiden Flanschen werden unmittelbar vor der Blende Druck und Temperatur des Fluides gemessen, um dessen Dichte zu bestimmen. Der zusätzlich über die Messblende gemessene Differenzdruck Δp stellt dann die zur Durchflussbestimmung stets erforderliche Größe dar. Zusammen mit der Blendenfläche und einem durch Kalibrierung bestimmten Beiwert (C_d) berechnet sich der Massenstrom durch den Flansch (wie beim Filter) gemäß der Gleichung 5.8.

Die Messunsicherheiten beider Messflansche können basierend auf den Kalibrierdaten mit Relativwerten angegeben werden, die jeweils deutlich unter 1% der Messbereiche liegen. Im Prüfschacht ist ein mit Wasser gefüllter Standzylinder angeordnet (vgl. Abb. 20, rechts), der über einen PVC-Schlauch mit einem zweiten außerhalb des Schachtes aufgestellten Zylinder verbunden ist und mit diesem ein „U-Rohr-Manometer“ bildet. Die infolge eines Schacht-Überdrucks verursachte Wasserstandsänderung im externen Zylinder Δh_1 kann mit dem dort befestigten Stechpegel auf eine Genauigkeit von $\pm 0,05 \text{ mm}$ abgelesen werden. Aus dieser Änderung und den beiden bekannten Zylinder-Querschnittsflächen kann die gleichzeitig im Standzylinder des Schachtes auftretende Wasserspiegeländerung Δh_2 berechnet werden. Für diese gilt: $A_2 \cdot \Delta h_2 = -A_1 \cdot \Delta h_1$. Der Überdruck im Schacht berechnet sich dann aus der Wasserspiegeldifferenz zwischen den beiden Standzylindern, wobei gilt:

$$\Delta p = \rho g \Delta h = \rho g \Delta h_1 (1 + A_1/A_2) \quad [\text{N/m}^2] \quad (5.10)$$

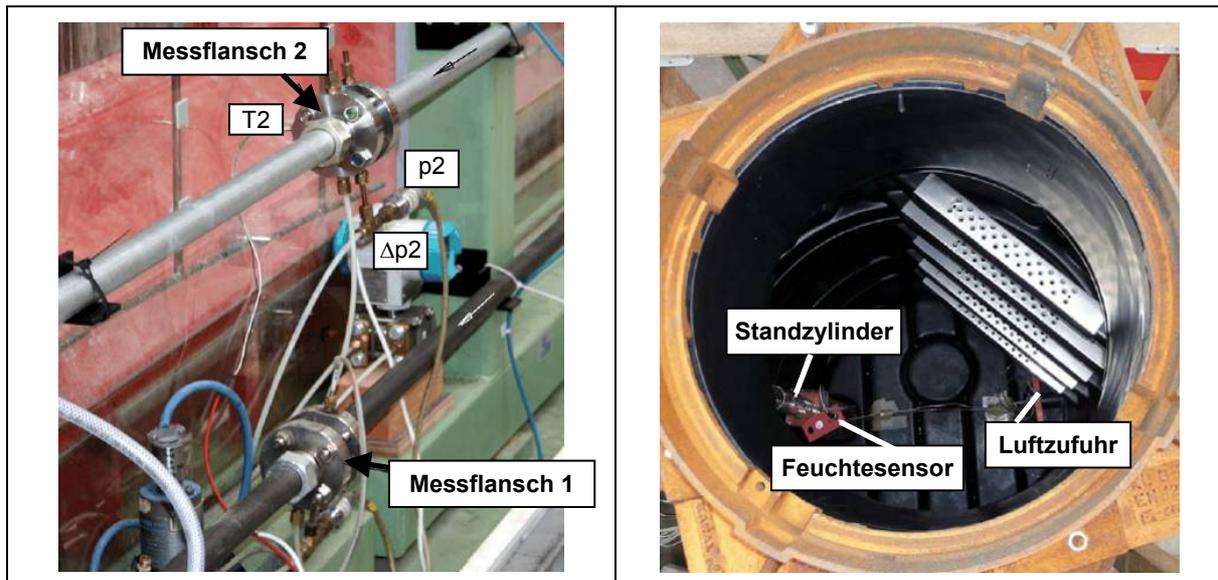


Abb. 20: Messflansche zur Gas-Volumenstrom-Messung (li) und Prüfschacht inkl. Messvorrichtungen (re) [43]

Mit dem Flächenverhältnis der verwendeten Zylinder von $A1 / A2 = 1,48$ ergibt sich auch die maximale Auflösung des zur Differenzdruckmessung gewählten Verfahrens von **0,124 mm** bzw. **1,2 N/m²**.

Der im Prüfschacht eingebaute Sensor weist gemäß Herstellerangaben bezüglich der gemessenen Luftfeuchte einen Messbereich von 0 bis 100 % relative Feuchte (rF) bei einer Genauigkeit von ± 2 % auf. Zeitgleich wird von diesem Sensor die Temperatur von -40 °C bis 80 °C mit einer Genauigkeit von $0,3$ °C erfasst. Die Werte aller im Prüfstand eingesetzten Sensoren wurden mit Hilfe einer programmierbaren im Computer eingebauten Messkarte erfasst.

5.3.1.4 Prüfdurchführung

In einem ersten Schritt wurden zunächst mit Hilfe von Dichtheitsprüfungen **Leckmengenmessungen** durchgeführt, um die zwischen Schacht und Filtergehäuse auftretenden Leckverluste zu ermitteln. Für diese Prüfungen wurde die Luftzufuhr zum eigentlichen Filter unterbrochen, indem z. B. eine Kunststoffolie über den Eintrittsquerschnitt des Filters geklebt wurde (vgl. Abb. 21, links). Nach dem Einbau des Filtergehäuses und der Schachtabdeckung wurde der Zusammenhang zwischen dem in den Prüfschacht eingespeisten Luft-Volumenstrom und dem sich im Schacht einstellenden Überdruck bestimmt. Diese punktwise aufgezeichnete Kennlinie zeigt somit die Leckmenge, die am Schacht bei gegebenem Luftüberdruck in der Kanalisation ungefiltert austritt. Jeder Punkt der bestimmten Leckmengen-Kennlinie (vgl. Abb. 21, rechts) wurde erst dann messtechnisch erfasst, wenn absolut stationäre Strömungsverhältnisse vorlagen, sich also keine der Messgrößen noch zeitlich änderte. Die Verifikation dieser genau einzuhaltenden Vorgabe erfolgte mit der sehr präzisen Stechpegelmessung. Vor und nach jeder Messreihe wurde zudem der Wasserstand im Standzylinder gemessen, der sich ohne Luft-Einspeisung einstellt. Aus der so bestimmten

Wasserverdunstung wurde eine zeitlich gemittelte Verdunstungsrate berechnet und in der Auswertung der Einzelmessungen berücksichtigt. Mit dieser Korrektur konnte die Messgenauigkeit im bedeutsamen Bereich geringer Luft-Volumenströme erheblich gesteigert werden.

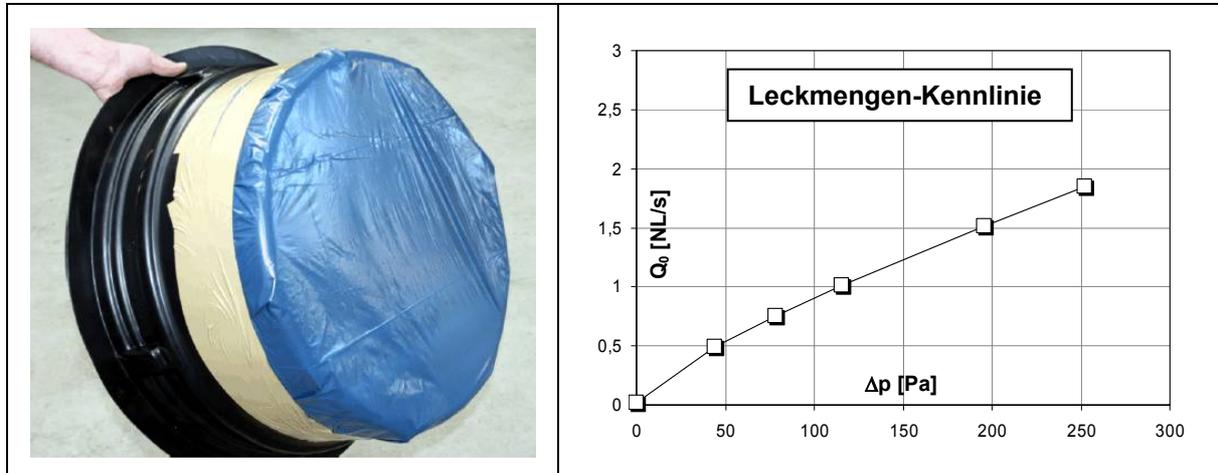


Abb. 21: Abdichtung des Filter-Eintrittsquerschnittes für Leckmengenmessungen (li) [43] und Beispiel für eine Leckmengen-Kennlinie eines Filtergehäuses (re)

Der Messbereich Δp , der im Rahmen der Dichtheitsprüfungen realisiert wurde, überschreitet deutlich den in der Praxis relevanten Bereich (vgl. Abb. 21, rechts), weil der letztere sehr beschränkt ist und bei Einhaltung in den Versuchen eine nur grobe Quantifizierung der Leckage erlauben würde. Der nichtlineare Kennlinienverlauf könnte in diesem Fall nur ungenau approximiert werden.

Für die Untersuchung der Filter auf **Luft-Durchströmbarkeit (Durchflussmessungen)** wurde zunächst die für die Leckmengenmessung angebrachte Abdichtung des Eintrittsquerschnitts entfernt und das Filtergehäuse in den Schacht eingebaut. Danach wurde stets auch die Schachtabdeckung eingesetzt, weil diese nicht nur die bestimmten Kennlinien beeinflusst, sondern mit ihrem Gewicht auch zur Fixierung einzelner Filter dient. Die Durchführung dieser Durchströmungsmessungen wurde in einer zur Leckmengenmessung analogen Vorgehensweise durchgeführt. Resultat dieser Messungen sind die Kennlinien, die den Gesamtvolumenstrom durch den Filter und durch die Leckagen seines Gehäuses in Abhängigkeit des Schachtüberdrucks darstellen. Der reine Filterdurchsatz wurde aus diesen Kennlinien durch Subtraktion der zuvor gemessenen und mittels der Gleichung 5.8 approximierten Leckmengen berechnet und als Filterdurchsatz-Kennlinie dargestellt (vgl. Abb. 22).

Die Durchflussmessungen an den Geruchsfiltern erfolgten zunächst mit getrockneter Luft ($rF < 20\%$) und anschließend mit definiert befeuchteter Luft ($rF > 90\%$). Die Filter mit biologischen Filtermaterialien wurden vor den Messungen einer definiert vorgenommenen Durchnässung unterzogen. In diesem Fall wurden mit Hilfe einer Gießkanne insgesamt zehn Liter Wasser gleichmäßig über das Filtermaterial gegossen. Die vom Filter absorbierte Wassermenge wurde nach Ablauf einer einstündigen Wartezeit durch Wiegen bestimmt und dokumentiert. Bei den Aktivkohlefiltern wurde keine Durchnässung vorgenommen, da die Aktiv-

kohlematerialien nur geringe Mengen an Wasser aufnehmen und deshalb ihre maximale Aufnahmekapazität schon beim Durchströmen mit feuchter Luft erreichen.

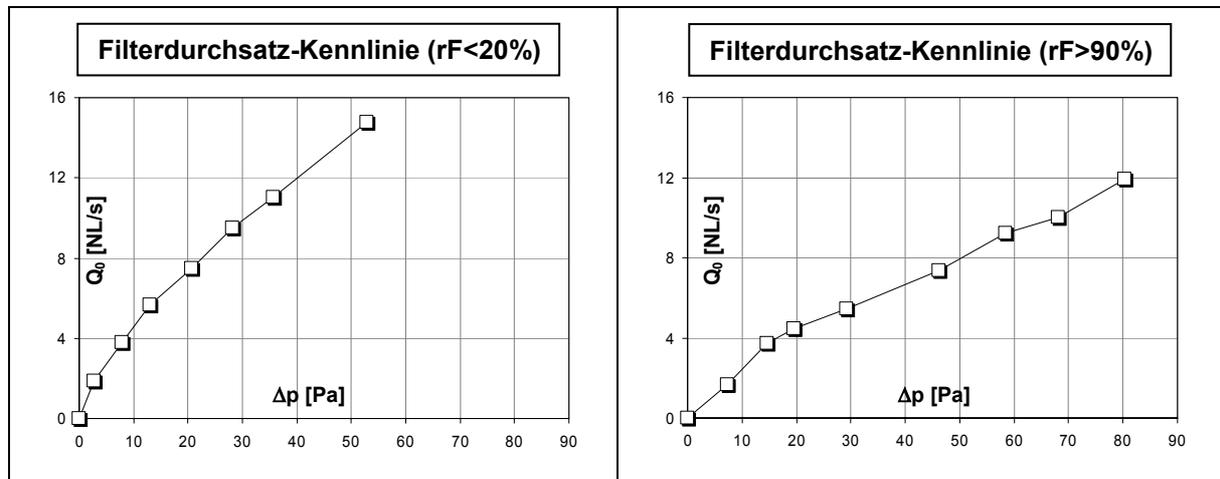


Abb. 22: Beispiel für eine Filterdurchsatz-Kennlinie eines Filtergehäuses mit biologischen Filtermaterialien bei einem Luftvolumenstrom mit einer relativen Luftfeuchte von 20 % (li) bzw. mit einer relativen Luftfeuchte von 90 % (re)

5.3.2 Prüfung auf Reinigungsleistung

5.3.2.1 Hintergrund

Geruchsbeladene Abluft aus der Kanalisation gelangt in der Regel über Abwasserschächte an die Oberfläche und führt dort zu Geruchsbelästigungen. In Abwasserschächte einzusetzende Geruchsfilter und Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, versprechen hier Abhilfe. Geruchsemissionen sollen reduziert werden, indem die aufsteigenden Abluftinhaltsstoffe beim Durchströmen eines Filters bzw. beim Durchströmen des Wirkungsbereiches eines Produktes verringert werden.

5.3.2.2 Konzept und Prüfaufbau

Bei der Prüfung auf Reinigungsleistung wurde eine synthetische, geruchsintensive Kanalabluft im Prüfstand erzeugt und mittels eines Luftstroms durch die zu prüfenden Produkte geschickt (vgl. Abb. 25). Durch Bestimmung der Geruchsstoffkonzentrationen im Roh- und Reingas und durch Ermittlung der Massekonzentrationen der Gasinhaltsstoffe des Roh- und Reingases kann die geruchsmindernde Wirkung bzw. die Abreinigung bzgl. einzelner Gasinhaltsstoffe des jeweiligen Produktes beurteilt werden. In Abstimmung mit den Lenkungs-kreis-teilnehmern wurde eine synthetische Kanalabluft gewählt, die sich aus den Komponenten Limonen (C₁₀H₁₆), Ammoniak (NH₃), Dimetyldisulfid (C₂H₆S₂) und Schwefelwasserstoff (H₂S) zusammensetzt. Den einzelnen Komponenten kommt folgende Bedeutung bei der Geruchsentstehung in Abwasserkanälen zu:

- **Limonen (C₁₀H₁₆):**

Limonen zählt zur Gruppe der Terpene und ist Bestandteil vieler Farben und Lacke. Es gehört nach den Ergebnissen des Umwelt-Survey des Bundesgesundheitsamtes zu den

in Innenräumen mengenmäßig bedeutsamen Verbindungen, was wohl vor allem auf seine Beliebtheit als Duftstoff zurückzuführen ist [45]. Als „Zitronenduft“ kommt es in vielen Reinigungsmitteln und „Duftspülern“ für Toiletten vor. Dadurch ist es als primäres Osmogen im häuslichen Abwasser zu finden. Limonen wird jedoch auch beim mikrobiologischen Abbau von Pflanzenteilen o. ä. gebildet und ist somit auch den sekundären Osmogenen zuzurechnen. Messungen der Universität Stuttgart [46] haben ergeben, dass Limonen im Zulauf von häuslichen Kläranlagen sehr häufig in Konzentrationen in Höhe der Geruchsschwelle vorzufinden ist. Es ist ein essentieller Bestandteil des „muffigen“ Abwassergeruches. Bei Limonen handelt es sich zudem um eine schlecht wasserlösliche, biologisch abbaubare Verbindung.

- **Ammoniak (NH₃):**

Ammoniak entsteht, wenn Ammonium aufgrund einer Verschiebung des pH-Wertes in den alkalischen Bereich aus dem Abwasser in Form des gasförmigen Ammoniak-Moleküls ausgetrieben wird. Es hat den mit „salmiakartig“ beschriebenen typisch stechenden Geruch. Da Ammonium im Abwasser stets vorhanden ist, besteht bei entsprechenden Bedingungen auch immer die Gefahr der Ammoniak-Emission.

- **Dimethyldisulfid (DMDS, C₂H₆S₂):**

Dimethyldisulfid ist ein Thioether und wird, wie Schwefelwasserstoff, vor allem durch anorganische Abbauprozesse im Kanal gebildet (sekundäres Osmogen). In Lebensmitteln kommt es als Aromastoff in einer Vielzahl von Produkten wie Kohl, Wein, Käse und Bier vor [45]. Neben Schwefelwasserstoff ist Dimethyldisulfid ein Hauptbestandteil des typischen „Krautgeruchs“ auf abgeernteten Kohlfeldern. Dimethyldisulfid ist auch in industriellem Abwasser vorzufinden (z.B. Papierindustrie). Aufgrund seiner extrem niedrigen Geruchsschwelle stellt Dimethyldisulfid schon bei geringen Konzentrationen im Abwasserkanal ein Problem dar.

- **Schwefelwasserstoff (H₂S):**

Schwefelwasserstoff mit seinem bekannten Geruch nach faulen Eiern wird bei extrem vielen Geruchsbelästigungen im Abwasserbereich als Hauptverursacher genannt. Schwefelwasserstoff kommt als primäres Osmogen in industriellem Abwasser (z.B. Schlachtbetriebe, Brauereien) teilweise in sehr hohen Konzentrationen vor und wird auch bei anaeroben Prozessen im Kanal zusätzlich erzeugt.

Mit Blick auf Geruchsbelästigungen im Abwasserbereich unterscheidet sich nach Angaben des Institutes für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart die Relevanz der jeweiligen Komponenten der synthetischen Kanalluft. Die relative Beteiligung der Komponenten bei Geruchsbelästigungen im Abwasserbereich zeigt Abb. 23. Für diese Einschätzung des Institutes für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft wurde im Rahmen einer Auswertung die entsprechende Erfahrung des Institutes sowie die einschlägige Fachliteratur zu Grunde gelegt [13].

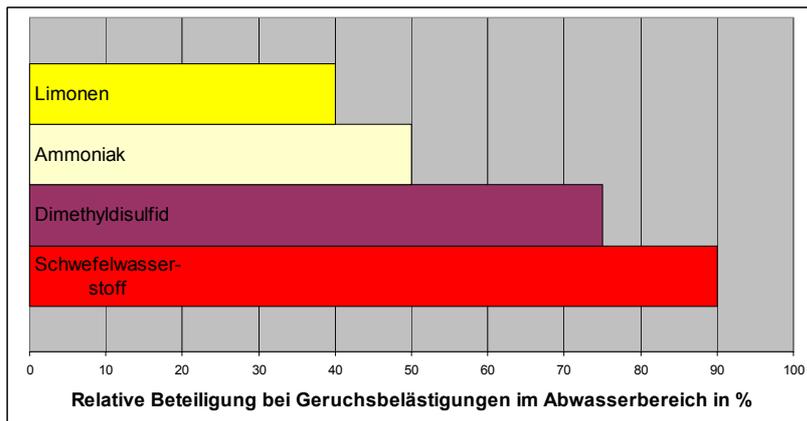


Abb. 23: Relevanz der Komponenten der synthetischen Kanalabluft bei Geruchsbelästigungen im Abwasserbereich [13]

Für die Auswahl der einzelnen Stoffkonzentrationen wurden zum einen die in Abb. 24 dargestellten Parameter (MAK-Wert, AGW-Wert, MIK-Wert) orientierend herangezogen, zum anderen wurde das Konzentrationsniveau so gewählt, dass synthetische Kanalabluft mit einer relevanten Geruchsstoffkonzentration zwischen 10.000 und 20.000 GE/m³ resultierte. Hieraus ergab sich eine Stoffkonzentration der jeweiligen Inhaltsstoffe von jeweils 10 ppm (vgl. Abb. 24, „Messwert gewählt“).

Stoff	Formelzeichen	CAS-Nr.	MAK		AGW		Geruchsschwellenwert= 1GE	Messwert gewählt	MIK
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³			
Ammoniak	NH ₃	07664-41-7	50	35	20	14	5000	10	2,5
Dimethydisulfid	C ₂ H ₆ S ₂	624-92-10	10*	39	10	39	0,1	10	0,5
DL-Limonen	C ₁₀ H ₁₆	138-86-3	50	270	50	270	103	10	2,5
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	07783-06-04	10	15	5	10	20-150	10	0,5

* ERPG2 = 50 ppm (Emergency Response Planning Guideline)
AGW = Arbeitsplatz-Grenzwert ist die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der eine akute oder chronische Schädigung der Gesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Bei der Festlegung wird von einer in der Regel achtstündigen Exposition an fünf Tagen in der Woche während der Lebensarbeitszeit ausgegangen. Der AGW ersetzt nach der Gefahrstoffverordnung vom 01.01.2005 den MAK Wert.
MAK = gibt die maximal zulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der (Atem-)Luft am Arbeitsplatz an, bei der kein Gesundheitsschaden zu erwarten ist, auch wenn man der Konzentration in der Regel 8 Stunden täglich, maximal 40 (42) Stunden in der Woche ausgesetzt ist (Schichtbetrieb).
MIK = (Maximale Immissions-Konzentration) ist ein von der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" festgelegter Wert für eine bestimmte Luftverunreinigung, bei der nach dem aktuellen Stand des Wissens keine Schäden bei Menschen, Tieren und Pflanzen auftreten.
MIK ca. MAK/20
 1 ppm = 1ml/m³
 1 ppb = 0,001 ml/m³

Abb. 24: Auswahlparameter und Eigenschaften der Inhaltsstoffe der synthetischen Kanalabluft [13]

Bei der Prüfung der Produkte auf Reinigungsleistung wurde demnach im Rohgas der synthetischen Kanalluft eine Massekonzentration der jeweiligen Komponenten von jeweils 10 ppm (1 ml/m³) eingestellt. Die Rohgas-Konzentrationswerte wurden in der praktischen Durchführung der Versuche als „erreicht“ definiert, wenn Werte zwischen 6 und 14 gemessen wurden.

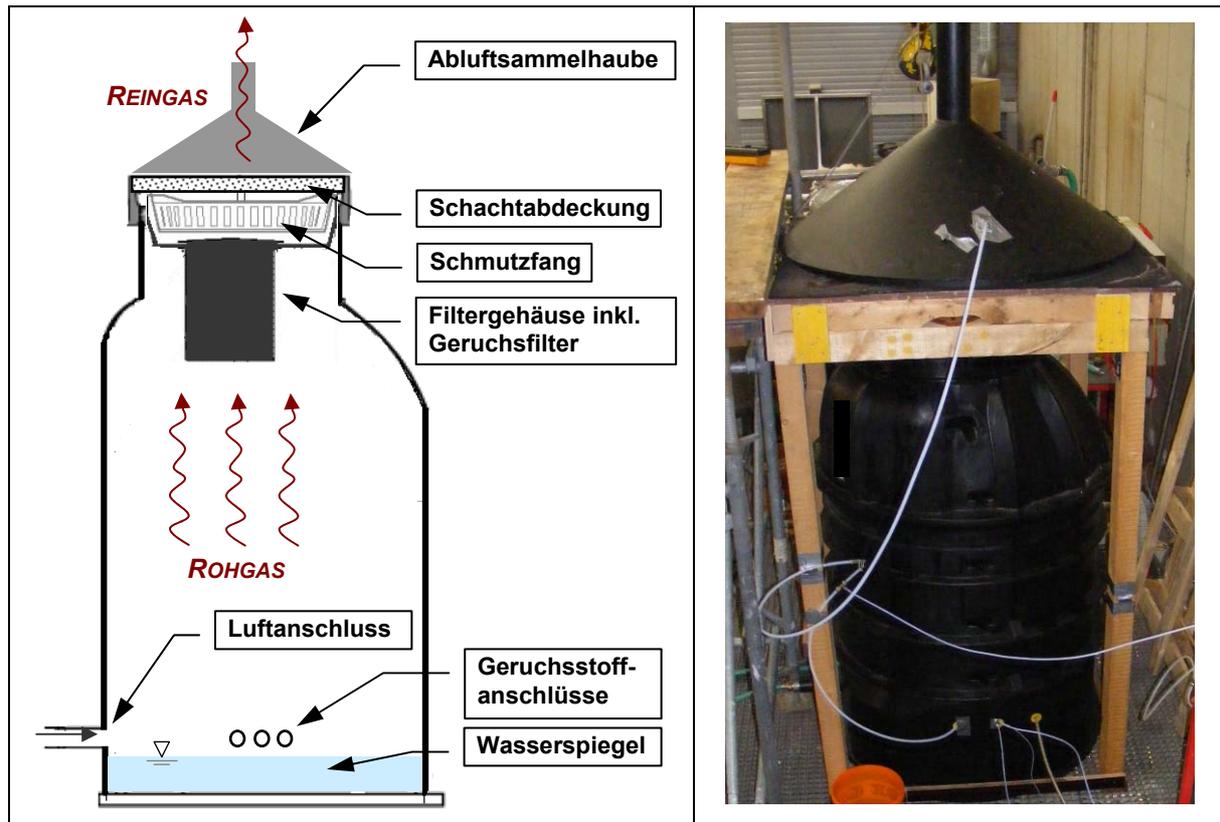


Abb. 25: Prinzipskizze (li) und Ansicht (re) des Prüfstands zur Prüfung auf Reinigungsleistung

Der Prüfaufbau für die Prüfung auf Reinigungsleistung kann wie folgt beschrieben werden:

- Die Zuführung des **Luftstroms** erfolgte analog zu den Prüfungen auf Durchströmbarkeit über den seitlichen Luftanschluss am Schachtunterteil (vgl. Abb. 25). Über einen Seitenkanalverdichter wurden Volumenströme zwischen 1 m³/h und 50 m³/h erzeugt. Die Messung des Volumenstroms erfolgte über Hitzedrahtmanometer in einer über der Schachtabdeckung aufgesetzten Abluftsammlhaube.
- Die **Befeuchtung** der Luft erfolgte durch die Verdunstung von Wasser am Grund des Schachtes (Füllhöhe: ca. 15 cm). Durch Vermischung der über der Wasseroberfläche einströmenden Luft mit dem verdunstenden Wasser wurden Luftfeuchtigkeiten zwischen 70 und 80 % rel. Feuchte erzeugt.
- Die Zudosierung der **Geruchsstoffe** in den Luftstrom erfolgte durch Dosierung der Substanzen in den Gasraum über der Wasseroberfläche am Grund des Schachtes. Dabei wurden Ammoniak (NH₃) und Schwefelwasserstoff (H₂S) gasförmig aus Gasstahlflaschen über Feinregelventile durch Öffnungen in der Schachtwand eingeleitet. Die flüssigen Komponenten Limonen (C₁₀H₁₆) und Dimethyldisulfid (C₂H₆S₂) wurden in ein am Boden des Schachtes platziertes Vorlagegefäß dosiert, aus dem sie mittels eines regelbaren Dosierungsluftstroms gasförmig in den unteren Schachtraum zugemischt wurden.
- Die **Probennahme** zur Bestimmung der Massekonzentrationen der Einzelstoffe sowie der Geruchsstoffkonzentrationen in den Luftströmen unterhalb (Rohgas) und oberhalb (Reingas) des Produktes (vgl. Abb. 25) erfolgte über Teflonleitungen. Dabei wurde im Gasraum unterhalb des Filters an zwei Punkten Rohgas entnommen und miteinander

vermischt. Das Reingas wurde aus der Abluftammelhaube entnommen und zu den Messgeräten geführt.

5.3.2.3 Prüfdurchführung

Analog zu den Prüfungen auf Strömungswiderstand bzw. Luftdurchlässigkeit wurden die Produkte zur Geruchsbekämpfung zunächst nach den Vorgaben des Herstellers in den Prüfstand eingebaut. Der Einbau wurde vom Prüfpersonal in Anwesenheit der Hersteller dokumentiert. Nach Einstellung einer konstanten Konzentration von Geruchsstoffen im Rohgas wurden die Massekonzentration der Einzelstoffe sowie die Geruchsstoffkonzentration im Roh- und Reingas ermittelt, um über einen eventuellen Konzentrationsunterschied auf die Reinigungsleistung der zu prüfenden Produkte schließen zu können. Darüber hinaus wurden bei diesen Prüfungen Temperatur und relative Luftfeuchte in Roh- und Reingas sequentiell gemessen.

Die Messung der Stoffkonzentrationen wurde jeweils bei einem konstanten Luftvolumenstrom von 1 m³/h, 5 m³/h, 20 m³/h und 50 m³/h vorgenommen. Die Konzentrationsmessung für Schwefelwasserstoff (H₂S) wurde mittels elektrochemischem Sensor durchgeführt. Die Messwertaufzeichnung erfolgte durch das Prüfpersonal von Hand. Die Konzentrationen der Komponenten Ammoniak (NH₃), Dimethyldisulfid (DMDS, C₂H₆S₂) und Limonen (C₁₀H₁₆) wurden quasi-kontinuierlich mittels Infrarot-Spektroskopie^a aufgezeichnet. Die Umschaltung von Roh- und Reingas erfolgte in diesem Fall von Hand, sobald sich stabile Bedingungen eingestellt hatten.

Vorab wurde der Versuchsstand auf „inhomogene Durchströmung“ untersucht, indem das o. a. Versuchsprogramm ohne eingebautes Produkt durchlaufen wurde. Im Idealfall ist bei allen Einstellungen dieser Untersuchung der Roh- und Reingaserwert unter Berücksichtigung der Messunsicherheit identisch. Im Rahmen dieser Voruntersuchungen zeigte sich jedoch, dass bei kleinen Volumenströmen bei den gasförmigen Komponenten Inhomogenitäten in der Durchmischung vorhanden sind (vgl. Tabelle 5). Aufgrund dieser Beobachtung kann bei Volumenströmen von 1 m³/h und 5 m³/h erst bei einer Abnahme von mehr als 40% von einer signifikanten Konzentrationsabnahme gesprochen werden.

Die Probennahme zur Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration (Z_{ite}^b in GE/m³) wurde mittels Unterdruck-Probennehmer bei einem konstanten Luftvolumenstrom von 20 m³/h durchgeführt. Die Analyse der Proben erfolgte gemäß DIN EN 13725 [9] mit einem Olfaktometer. Zur Absicherung der Werte wurden nach Möglichkeit jeweils 3-fach-Bestimmungen durchgeführt. Vor der Probennahme zur Olfaktometrie wurde die Stoffkonzentration im Rohgas für ca. 30 Minuten konstant gehalten. Die Rohgas-Geruchsstoffkonzentration lag bei allen Prüfungen im Bereich der angestrebten 15.000 GE/m³ (41,8 ± 3 dB).

^a Infrarotspektroskopie: Bei der Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie) handelt es sich um ein physikalisches Analyseverfahren, bei dem infrarotes Licht mit einer Wellenlänge von 800 nm bis 1 mm eingesetzt wird. Dieses Verfahren zählt zu den Methoden der Molekülspektroskopie, die auf der Anregung von Energiezuständen in Molekülen beruhen.

^b Z_{ite} (individual threshold estimate) ist gemäß DIN EN 13725 [9] die Schwellenschätzung für die Geruchsprobe, das Ergebnis der olfaktometrischen Messung

Tabelle 5: Substratkonzentrationen in „Roh- u. Reingas“ am Prüfstand ohne eingesetztes Produkt [13]

V [m³/h]	H ₂ S [ppm]		NH ₃ [ppm]		Limonen [ppm]		DMDS [ppm]	
	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
1	9	5	13	12	14	14	10	10
5	10	8	9	7	11	10	7	6
20	10	10	7	6	10	10	8	8
50	12	11	8	8	10	9	9	10

5.4 Prüfung auf Handhabbarkeit

5.4.1 Hintergrund

Produkte zur Geruchsbeseitigung an Abwasserschächten werden i. d. R. vom Betriebspersonal des Abwasserbetriebes eingesetzt. Für einen reibungslosen Ablauf bei Einbau, Wartung und Austausch dieser Produkte ist ihre Handhabbarkeit von großer Bedeutung. Der erstmalige Einbau, die regelmäßige Wartung und der Austausch bzw. Ausbau der Produkte sollten im Interesse des Anwenders vor Ort mit möglichst geringem zeitlichen und betrieblichen Aufwand durchführbar sein. Bei der Verwendung von Geruchsfiltern sollten zudem auch kleinere Abweichungen vom Standardmaß der Schacht-Einstiegsöffnung idealer Weise von der Filterkonstruktion abgedeckt werden, um Leckagen zwischen Filtergehäuse und Schachtwand zu vermeiden. In der Praxis sind bei Schächten häufig Abweichungen vom Standardmaß vorzufinden, die beispielsweise auf Unebenheiten infolge altersbedingter Abplatzungen am Mörtel bzw. Beton der Schachtwand oder auf bau- und sanierungsbedingte Ungenauigkeiten im Bereich der Mörtelfugen zwischen den Schachtbauteilen zurückzuführen sind (vgl. [47]).

5.4.2 Prüfkonzept und –durchführung

Für die Untersuchungen der Geruchsfilter auf Handhabbarkeit wurden insgesamt drei unterschiedliche Schachtbauwerke ausgewählt (vgl. Tabelle 6). Die drei Abwasserschächte befinden sich auf dem Versuchsgelände des IKT in Gelsenkirchen. Die ausgewählten Schächte unterscheiden sich hinsichtlich des Zustandes der Schachtwand und hinsichtlich der Abmessungen im Bereich der Einstiegsöffnung. Abwasserschacht Nr. 2 weist gegenüber Abwasserschacht Nr. 1 und Nr. 3 einen 20 mm geringeren Innendurchmesser der Einstiegsöffnung auf. Mit diesem Schacht sollte im Rahmen der Untersuchung eine Extremsituation simuliert werden, in der Abweichungen vom Standardmaß der Einstiegsöffnung (625 mm) Berücksichtigung finden. Derartige Abweichungen können erfahrungsgemäß auch in der Praxis auftreten. Abwasserschacht Nr. 2 wird aus diesem Grund als sog. „Extremschacht“ bezeichnet, Abwasserschacht Nr. 1 und Nr. 3 hingegen erhalten die Bezeichnung „Standardschacht“.

Tabelle 6: ausgewählte Schachtbauwerke für die Überprüfung der Handhabbarkeit

Schacht-nummer	Beschreibung	Fotodokumentation	
Nr. 1	<ul style="list-style-type: none"> • „Standardschacht“ • Einstiegsöffnung: 625 mm • Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400) • unebene Schachtwandung (Mörtel/Beton) 		
Nr. 2	<ul style="list-style-type: none"> • „Extremschacht“ • Einstiegsöffnung: 605 mm • Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 4271-1 [49] (Klasse B 125) • ebene Schachtwandung (Mörtel/Beton) 		
Nr. 3	<ul style="list-style-type: none"> • „Standardschacht“ • Einstiegsöffnung: 625 mm • Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400) • ebene Schachtwandung (Mörtel/Beton) 		

Im Rahmen der Untersuchungen auf Handhabbarkeit wurde zunächst das Gewicht ermittelt, das das Betriebspersonal bei Einbau und Wartung der Geruchsfilter maximal anheben muss. Bei Geruchsfiltern, die in Einzelkomponenten einzusetzen sind, wurde das Gewicht der einzelnen Komponenten ermittelt. Bei Geruchsfiltern, die in kompakter Form einzubauen sind, wurde das Gesamtgewicht bestimmt. Darüber hinaus wurde bei den Geruchsfiltern mit biologischen Filtermaterialien auch eine **Gewichtsermittlung** mit feuchten Filtermaterialien durchgeführt.

Zur Beurteilung der Handhabbarkeit wurden die Geruchsfilter in die o. a. Abwasserschächte eingebaut. Der Einbau der jeweiligen Filter erfolgte nach Einbauanleitung des Herstellers durch zwei Techniker des IKT. Hierbei wurde der jeweilige **Zeitaufwand** bei den Testeinbauten dokumentiert. Die Vorgehensweise kann wie folgt beschrieben werden:

- **Testeinbau I:** Der Einbau erfolgte ungeübt durch Person A (Techniker) unter Zuhilfenahme der Einbauanleitung des Herstellers an Schacht Nr. 1 mit einer Einstiegsöffnung von 625 mm (Standardschacht), einer Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400) sowie unebener Schachtwandung im Bereich der Einstiegsöffnung (inkl. Einsetzen des Schmutzfangs).



Abb. 26: Testeinbau I

- **Testeinbau II:** Der Einbau erfolgte ungeübt durch Person B (Techniker) unter Zuhilfenahme der Einbauanleitung des Herstellers an Schacht Nr. 2 mit einer Einstiegsöffnung von 605 mm (Extremschacht), einer Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 4271-1 [49] (Klasse B 125) sowie ebener Schachtwand im Bereich der Einstiegsöffnung (inkl. Einsetzen des Schmutzfangs).
- **Testeinbau III:** Der Einbau erfolgte geübt durch Person A und B unter Zuhilfenahme der Einbauanleitung des Herstellers an Schacht Nr. 3 mit einer Einstiegsöffnung von 625 mm (Standardschacht), einer Schachtabdeckung aus Gusseisen und Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400) sowie ebener Schachtwand im Bereich der Einstiegsöffnung (inkl. Einsetzen des Schmutzfangs).
- **Testeinbau IV:** Der Einbau erfolgte geübt durch Person B unter Zuhilfenahme der Einbauanleitung des Herstellers an Schacht Nr. 3 mit einer Einstiegsöffnung von 625 mm (Standardschacht), einer Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400) sowie ebener Schachtwand im Bereich der Einstiegsöffnung (inkl. Einsetzen des Schmutzfangs).



Abb. 27: Testeinbau II



Abb. 28: Testeinbau III



Abb. 29: Testeinbau IV

Im Anschluss an jeden Testeinbau war die **Passgenauigkeit** des Filtergehäuses optisch durch den Techniker einzuschätzen. Hierzu wurden die Techniker des IKT unmittelbar nach dem Testeinbau des jeweiligen Filters befragt. Zu folgenden Punkten sollte hierbei eine Einschätzung abgegeben werden:

- **Passgenauigkeit der Filterkonstruktion:**
 Hierbei war insbesondere die Dichtheit der Filterkonstruktion von Interesse. Seitens der Techniker war zu beurteilen, ob Undichtigkeiten zwischen Schachtwand und Filterkonstruktion erkennbar waren. Darüber hinaus war auch von Bedeutung, ob die Filterkonstruktion überhaupt in die Einstiegsöffnung des Schachtes eingesetzt werden konnte.
- **Passgenauigkeit des Schmutzfangs:**
 Bei Geruchsfiltern für Abwasserschächte handelt es sich i. d. R. um Konstruktionen, die in die Schmutfangnuten des Schachtrahmens eingehängt werden. Zu beurteilen war in diesem Zusammenhang, ob sich der Schmutzfang nach dem Einbau der Filterkonstruktion ohne Probleme einsetzen lässt.
- **Passgenauigkeit der Schachtabdeckung:**
 In diesem Fall war zu beurteilen, ob nach dem Einbau des Filters und des Schmutzfanges die Schachtabdeckung weiterhin bündig auf den Schachtrahmen aufgelegt werden konnte. Neben der Passgenauigkeit wurde außerdem auf einen klapperfreien Sitz der Schachtabdeckung geachtet.

Die Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, wurden nicht auf Handhabbarkeit überprüft, da ihr Einbau zum einen selbsterklärend ist und zum anderen konstruktionsbedingt ohnehin keine Platzprobleme zu erwarten waren. In diesem Fall wurde seitens der IKT-Techniker lediglich die Einbauanleitung der Anbieter auf Verständlichkeit und Plausibilität überprüft.

5.5 In-situ-Untersuchungen

Im Rahmen des Projektes wurden sowohl In-situ-Untersuchungen mit wissenschaftlichem als auch mit betriebspraktischem Betrachtungsschwerpunkt durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm der Universität Kassel, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft im Institut für Wasser, Abfall, Umwelt (IWAU) aus In-situ-Messungen an unterschiedlichen Standorten ist in Kapitel 5.5.1 zusammengefasst, die Untersuchungen der beteiligten Netzbetreiber sind in Kapitel 5.5.2 angeführt.

5.5.1 Universität Kassel

Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren auf In-situ-Untersuchungen der Universität Kassel (Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft) an Abwasserschächten der Städte Köln und Kassel sowie im Kanalnetz der Gemeinde Breuna (vgl. [24]). Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die bisher durchgeführten Messungen des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW).

Tabelle 7: Übersicht über durchgeführte Messungen [24]

Datum	Strömung			Geruch	Ort
	Schacht ohne Filter	Schacht mit Filter	Filter allein	Filter allein	
11.12.2008	1	5 / 1	1		Kassel
04.02.2009	1	4 / 1	1		Kassel
28.05.2009	3	8	4		Köln
04.06.2009		8			Kassel
18.06.2009	6				Breuna-Oberlistingen
07.08.2009	4	8			Kassel
12.08.2009				6	Kassel
19.08.2009				5	Kassel
11.03.2010	2	2			Kassel

Bio-/Aktivkohlefilter
Biofilter

5.5.1.1 Luftströmungsmessungen

5.5.1.1.1 Grundlagen

Im Falle eines nicht ganz dichten Geruchsfilters ist es messtechnisch nicht direkt feststellbar, wie sich die Luftmengen auf die beiden dann möglichen Austrittswege „Vorbeiströmen durch Undichtigkeiten“ und „Durchströmen des Filters“ verteilen. Es ist nicht einmal möglich, durch Messungen zu überprüfen, ob der jeweilige Filter dicht schließend eingesetzt ist oder nicht.

Daher ist es nur möglich, eine Abschätzung anhand der – messbaren – Druckkennlinien durchzuführen. Druckkennlinien werden gemessen, indem der jeweilige Schacht und der

jeweilige Filter „isoliert“ mit Luft in verschiedenen Volumenströmen durchströmt und die dabei auftretenden Drücke gemessen werden. Aus den Messwerten lässt sich dann die Druckkennlinie des untersuchten Systems darstellen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen

- der Druckkennlinie des **Gesamtsystems**, also Schacht mit eingebautem Geruchsfilter und
- der Druckkennlinie **nur des Filters**; hierzu muss der Filter ausgebaut werden und entsprechend durchströmbar sein.

Benchmark dabei ist die Druckkennlinie eines **Schachtes ohne Geruchsfilter**. Daraus ergibt sich, dass im Zuge von entsprechenden Strömungsmessungen drei Druckkennlinien aufzunehmen sind, nämlich die

- des in-situ-vorfindbaren Gesamtsystems, bestehend aus Schacht und Filter, sowie
- des Filters allein; hierzu muss er ausgebaut werden, und
- eines Schachts ohne Filter; dies stellt die minimale Druckkennlinie dar, da Schmutzfänger und Deckellöcher normalerweise keine größeren Widerstände erzeugen.

5.5.1.1.2 Messung der Druckkennlinien von Schächten

Die Messung der Druckkennlinien von Schächten – mit oder auch ohne eingesetzten Geruchsfilter – werden durchgeführt, indem der Schacht mit einer geeigneten Probenahmehaube komplett und druckdicht abgedeckt wird und dann mit Hilfe eines Ventilators verschieden große Luftvolumenströme durchgesetzt werden (vgl. Abb. 30). Dabei muss der Differenzdruck zwischen dem Atmosphärendruck und dem Innendruck innerhalb der Probenahmehaube möglichst genau erfasst werden. Im Fahrzeug befindet sich in diesem Fall eine Dreifachkaskade an Ventilatoren, die einzeln jeweils in zwei Leistungsstufen schaltbar sind, so dass der Luftvolumenstrom in einem weiten Bereich variierbar ist. Zudem befindet sich im Abgang/Ansaugbereich der Ventilator-kaskade ein Verschlussorgan, mit dem die Luftzu- oder -abfuhr sehr weit gedrosselt werden kann. Dadurch können hier Luftvolumenströme von 0 m³/h bis etwa 250 m³/h erzeugt werden. Eine mobile Stromversorgung stellt den Betrieb für Ventilator-kaskade und sonstige Geräte sicher. Die Ventilator-kaskade ist mit der Probenahmehaube über einen flexiblen Schlauch DN 100 verbunden.



Abb. 30: Versuchsanordnung inkl. Laptop und Messgeräte (li) und eingebautes Flügel-Anemometer (re) [24]

Der untere Teil der Probenahmehaube weist exakt den Durchmesser des Schachtrahmens auf, welcher glatt und daher mit einer entsprechenden Dichtung gut gegen Undichtigkeiten sicherbar ist. Alle Öffnungen der Schachtabdeckung sowie eventuell vorhandene Ritzen zwischen Schachtabdeckung und Schachtrahmen bleiben frei und befinden sich innerhalb der Probenahmehaube.

Die Probenahmehaube verjüngt sich in das Messrohr. Dieses weist einen Durchmesser von 100 mm auf. Hier ist eine Flügelrad-Anemometersonde der Fa. Testo, Typ 0635.9340, Messbereich 0,20...15,0 m/s, Genauigkeit $\pm(0,1 \text{ m/s} + 1,5\% \text{ v. Mw.})$, Durchmesser 100 mm, gekoppelt mit einem Messgerät der Fa. Testo, Typ 445, Auflösung Messgerät 0,01 m/s, installiert. Es wird also im Vollstrom gemessen, so dass Probleme mit Verwirbelungen oder Rückströmungen etc. minimiert sind.

Ebenfalls an die Probenahmehaube angeschlossen ist der Messschlauch zur Unterdruckmessung. Hier kommt ein Differenzdruckmessgerät der Fa. Testo, Typ 521, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5 \text{ Pa}$ (bei 0...20 Pa) und $\pm (0,5 \text{ Pa} + 0,5\% \text{ v. Mw.})$ (bei 20...250 Pa). Das Messgerät hat eine Auflösung von 0,1 Pa.

Die Datenerfassung erfolgt über einen Laptop (vgl. Abb. 30, links).

5.5.1.1.3 Messung der Druckkennlinien von Geruchsfiltern

Um die Druckkennlinie eines Geruchsfilters für Abwasserschächte selbst, unabhängig von der Einbausituation, zu messen, muss dieser ausgebaut werden. Anschließend sollte dieser so mit den Ventilatoren verbunden werden, dass eine Unterdruck-/Überdruckmessung sowie eine Luftvolumenstrommessung mit dem bereits in Kapitel 5.5.1.1.2 beschriebenen Flügelrad-Anemometer möglich wird.

Die Messungen erfolgten entweder vor Ort im Straßenraum oder in der Wasserbauhalle des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW) der Universität Kassel (vgl. Abb. 31).



Abb. 31: Messung der Druckkennlinie im Labor (li) und In-situ (re) [24]

Auf diese Weise kann die Druckkennlinie des Geruchsfilters selbst, als unbeeinflusst von etwaigen Undichtigkeiten des Geruchsfilters im eingehängten Zustand, gemessen werden. Ansonsten erfolgt die Aufnahme der Druckkennlinie analog zu dem bereits in Kapitel 5.5.1.1.2 geschilderten Vorgehen und mit denselben Messgeräten.

5.5.1.1.4 Messung der freien Durchströmung

Zur Messung der freien Durchströmung von Schächten – gleich, ob mit oder ohne eingesetzten Geruchsfiler – wird prinzipiell derselbe Messaufbau wie bei der Messung der Druckkennlinien von Schächten In-situ, siehe Kapitel 5.5.1.1.2, verwendet. Auch werden dieselben Messgeräte eingesetzt.

Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Ventilator-kaskade zur Zwangsbe- oder entlüftung nicht verwendet wird, da ja der freie, möglichst ungestörte Luftstrom gemessen werden soll. Statt den Abgang der Probenahmehaube, einen flexiblen Luftschlauch \varnothing 100 mm (vgl. Abb. 30, links) mit der Ventilator-kaskade zu verbinden, wird das Ende des Schlauches in das Kraftfahrzeug geführt, um Windeinflüsse auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Einengung des Luftweges durch die in Abb. 31 dargestellte Probenahmehaube muss in Kauf genommen werden, da ansonsten die Strömungsgeschwindigkeiten nicht hoch genug sind, um vom Flügelrad-Anemometer erfasst zu werden. Dessen Messbereich beginnt, wie in Kapitel 5.5.1.1.2 erläutert, erst bei 0,20 m/s, was einem Luftvolumenstrom von etwa 5,7 m³/h entspricht. Kleinere Luftgeschwindigkeiten können gerätebedingt nicht erfasst werden.

5.5.1.2 Geruchsmessungen

Unabhängig von den Untersuchungen des Institutes für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart wurde vom Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW) der Universität Kassel ein einzelner Geruchsfiler mit biologischen Filtermaterialien auf Reinigungsleistung bezüglich Geruchsstoffen untersucht. Hierzu wurde der Geruchsfiler im ausgebauten Zustand mit geruchsbeladener Luft aus dem Abwasser beaufschlagt. Die geruchsbeladene Abluft – das Rohgas – wurde erzeugt, indem eine Abwasserprobe mit Luft gestrippt wurde.

5.5.2 Beteiligte Netzbetreiber

Im Rahmen der In-situ-Untersuchungen der beteiligten Netzbetreiber wurden die Geruchsfilter und weiteren Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, zum weiteren Erkenntnisgewinn außerdem in den Kanalnetzen der beteiligten Netzbetreiber eingesetzt. Ziel der Untersuchungen war es, die Testprodukte auf ihre Handhabbarkeit unter Praxisbedingungen zu überprüfen. Darüber hinaus wurden zusätzliche Hinweise zur Passgenauigkeit gewonnen. Die Netzbetreiber erstellten zu den Testeinsätzen umfangreiche Dokumentationen über Einbau und Wartung, die dem IKT im Anschluss für die Berichterstellung zur Verfügung gestellt wurden.

Insgesamt wurden sechs der acht getesteten Produkte in Schachtbauwerken der Netzbetreiber eingesetzt. Für einen der getesteten Aktivkohlefilter^a erfolgte kein In-situ-Einsatz, allerdings wurde vom gleichen Hersteller ein Biofilter, der in der Handhabung vergleichbar zu dem Aktivkohlefilter ist, eingesetzt. Bei einem Produkt mit Stoffabgabe^b wurde nicht dasselbe Produkt wie im Warentest untersucht, sondern ein ähnliches Produkt des Herstellers, das allerdings mit dem gleichen Wirkstoff produziert wird.

^a belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP von der Störk Umwelttechnik GmbH

^b C&D Brick von der Clemens & Dupont OHG

6 Ergebnisse

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse zu den vier Untersuchungsschwerpunkten Qualitätssicherung der Anbieter (Kapitel 6.1), Systemprüfungen (Kapitel 6.2), Handhabbarkeit (Kapitel 6.3) und In-situ-Untersuchungen (Kapitel 6.4) dargestellt.

6.1 Qualitätssicherung der Produkthanbieter

Für die Überprüfung der Qualitätssicherung der Produkthanbieter wurden drei Prüfkriterien zu Grunde gelegt: Vollständigkeit der **Einbau- und Wartungsbeschreibung**, Maßnahmen zur **Gewährleistung gleichbleibender Qualität des Filter- bzw. Trägermaterials** und Angaben zur **Entsorgbarkeit des Filter- bzw. Trägermaterials**.

Die Einbau- und Wartungsbeschreibungen wurden dem IKT bei Anlieferung der Filter von den Anbietern ausgehändigt. Die zur Verfügung gestellten Einbau- und Wartungsbeschreibungen wurden hinsichtlich Vollständigkeit ausgewertet. Hierbei wurde überprüft, ob diesen Unterlagen ausreichende Angaben hinsichtlich Montage, Einbau und Wartung der Filterkonstruktion sowie Animpfung der Filtermaterialien zu entnehmen waren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt:

Tabelle 8: Auswertung der Einbau- und Wartungsanleitungen hinsichtlich Vollständigkeit

Filter	Montage	Einbau	Animpfung / Befeuchtung	Wartung
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	ja	ja	nicht erforderlich (Aktivkohle)	nicht erforderlich
belflor® Biofilterpatrone FIP 700	ja	ja	ja	ja
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K / 00	ja	ja	nicht erforderlich (Aktivkohle)	nicht erforderlich (geht aus Einbauanleitung hervor)
EKO Biofilter Typ KF-400	ja	ja	nicht erforderlich (muss im Auslieferungszustand nicht angeimpft bzw. befeuchtet werden)	ja
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600	ja	ja	nicht erforderlich (Aktivkohle)	ja
UGN®- Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	ja	ja	nicht erforderlich (muss im Auslieferungszustand nicht angeimpft bzw. befeuchtet werden)	ja

Die Angaben zur Montage, zum Einbauvorgang in den Abwasserschacht sowie zur Wartung der Filter waren in allen untersuchten Fällen ausreichend. Sämtliche Einbaubeschreibungen waren mit einer verständlichen Bebilderung versehen.

Tabelle 9: Auswertung der Unterlagen zur Qualitätssicherung und Entsorgbarkeit

Filter	Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität des Filter- bzw. Trägermaterials		Entsorgbarkeit der Filtermaterialien
	Art der Maßnahmen	vorgelegte Dokumente	
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	Die Filtermaterialien werden von der Fa. helsatech GmbH bezogen. Dieser Betrieb ist nach DIN ISO 9001 zertifiziert. Die regelmäßige Überwachung der Qualität der Filtermaterialien erfolgt durch den Hersteller helsatech und wird im Produkthandbuch (Werksnorm) der Fa. helsatech geregelt.	Konformitätserklärung der helsatech GmbH, Zertifikat nach ISO 9001:2008 für die helsatech GmbH, Technisches Datenblatt „Aktivkohleschäume“ der helsatech GmbH	schriftliche Stellungnahme der Störk Umwelttechnik GmbH zur Entsorgbarkeit der Aktivkohle
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	Die Komponenten des Biomix werden von einem Zulieferer bezogen und von der Störk Umwelttechnik GmbH für den Einsatz in der Biofilterpatrone zusammengestellt und aufbereitet. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Biofiltermaterials werden von Störk regelmäßig überprüft. Das Datenblatt mit den biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Biofiltermaterials wird dem Kunden auf Anfrage zur Verfügung gestellt.	Datenblatt über Zusammensetzung und Eigenschaften des Filtermaterials	schriftliche Stellungnahme der Störk Umwelttechnik GmbH zur Entsorgbarkeit des Biofiltermaterials
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K / 00	Die Filtermatten für den Geruchsfilter werden von den Zulieferfirmen inocre® Umwelttechnik GmbH bzw. helsatech GmbH bezogen. Für jede Charge können bei den Zulieferfirmen jederzeit Informationen bzgl. Qualität und Zusammensetzung abgerufen werden. Die Hybridfiltermatte ist mit einer Mattennummer versehen. Über die Mattennummer kann jederzeit die Fermentierung und der Lieferweg lückenlos nachvollzogen werden.	Stellungnahme zur Qualitätssicherung der fermentierten Matte von inocre® Umwelttechnik GmbH, Stellungnahme zum Prozessablauf bzgl. Qualitätssicherung und Nachvollziehbarkeit des Lieferweges der inocre® Umwelttechnik GmbH, Sicherheitsdatenblatt gemäß Richtlinie 91/155/EWG der helsatech GmbH	Schriftliche Stellungnahme der inocre® Umwelttechnik GmbH zur Entsorgbarkeit der fermentierten Aktivkohlematte unter Angabe eines Abfallschlüssels
EKO Biofilter Typ KF-400	Die Überwachung der Biofiltermaterialien erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3477. Optische Überprüfung der Qualität; Bestimmung der Kenngrößen	keine	keine schriftliche Stellungnahme; allgemeine Angaben zur Entsorgbarkeit des Filtermaterials im „IKT-Fragebogen zur Qualitätssicherung und Entsorgung“
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600	Wareneingangs- und Endproduktkontrollen sowie eine Kontrolle aller Zwischenprodukte werden vom Filtermaterialhersteller AdFiS systems GmbH nach Werkvorschrift und DIN-Normen durchgeführt. Eine Zertifizierung nach DIN ISO ist in Vorbereitung.	EG-Konformitätserklärung für den Kanalschachtfilter FIS 0600 der AdFiS systems GmbH, Management/QM-Handbuch der AdFiS systems GmbH, Informationen zum Produkt dopetac sulfo 100 der AdFiS GmbH, Sicherheitsdatenblatt für dopetac sulfo 100 der ROMOLD GmbH	schriftliche Stellungnahme der AdFiS systems GmbH zur Entsorgbarkeit der Filtermaterialien unter Angabe eines Abfallschlüssels
UGN®-Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	Die Filtermaterialien werden von Lieferanten bezogen. Bei der UGN - Umwelttechnik GmbH werden in regelmäßigen abständen stichprobenartig Wareneingangskontrollen für die Filtermaterialien durchgeführt (Betriebsanweisung zur Qualitätsüberwachung der Granulatproduktion). Zudem werden stichprobenartig die Granulateigenschaften überprüft.	Betriebsanweisung zur Qualitätssicherung der Granulatproduktion der UGN – Umwelttechnik GmbH, EG-Konformitätserklärung bzw. Herstellererklärung der UGN – Umwelttechnik GmbH, Sicherheitsdatenblatt Papiergranulat	Schriftliche Stellungnahme zur Entsorgbarkeit

Alle Anbieter haben auf die Anfrage des IKT bzgl. der Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filter- bzw. Trägermaterialien und Entsorgbarkeit der Filter- bzw. Trägermaterialien Angaben gemacht. Die werksseitigen Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien konnten von den Anbietern bzw. Herstellern in allen Fällen plausibel und nachvollziehbar beschrieben werden. Angeforderte Unterlagen (schriftliche Nachweise) bzgl. Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien wurden jedoch für einen Geruchsfilter nicht vorgelegt. Zudem wurden für dieses Produkt nur unzureichende Angaben bzgl. Entsorgbarkeit der Filtermaterialien gemacht. Eine schriftliche Stellungnahme zur Entsorgbarkeit wurde in diesem Fall nicht eingereicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

6.2 Systemprüfungen

Die Systemprüfungen dienen dazu, die Geruchsfilter hinsichtlich Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung zu untersuchen.

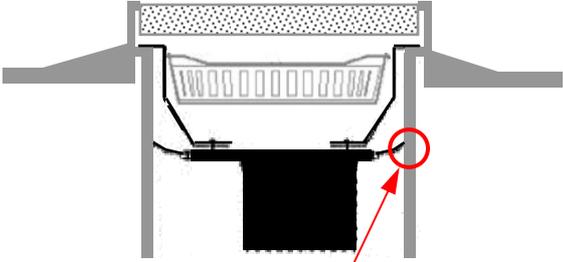
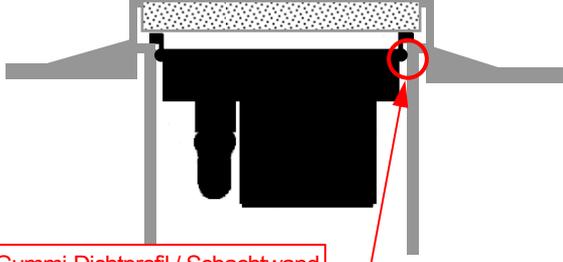
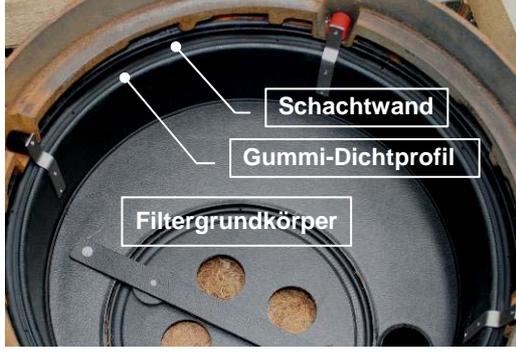
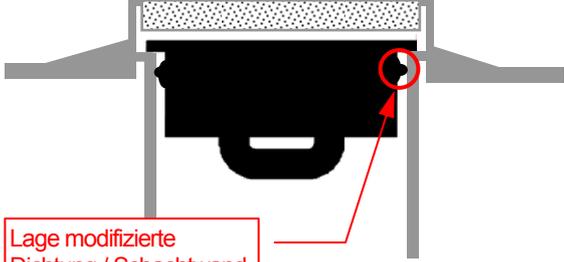
Der Einbau der zu prüfenden Filterkonstruktionen erfolgte gemäß der jeweiligen Einbauanleitung des Herstellers. Abweichungen von den Vorgaben der Einbauanleitung wurden dokumentiert. Allen am IKT-Warentest beteiligten Anbietern wurde die Möglichkeit eingeräumt, beim Einbau ihrer Filterkonstruktion in den Prüfstand vor Ort zu sein. Sechs der sieben Geruchsfilter wurden daraufhin in Anwesenheit des jeweiligen Anbieters in den Prüfstand eingebaut.

Um Dichtheit zwischen Schacht und Filterkonstruktion zu erzielen, werden von den Herstellern unterschiedliche technische Lösungen angeboten. Die Abdichtung der Geruchsfilter erfolgt in der Regel über eine an das Filtergehäuse befestigte Dichtung, die nach dem Einsetzen des Filters eng an der Schachtwand anliegt. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Einbausituation der Filtergehäuse im Rahmen der Systemprüfungen mit Blick auf die Dichtheit zur Schachtwand.

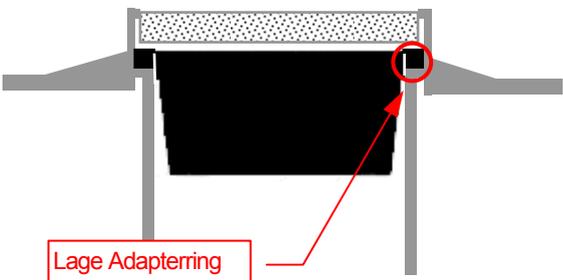
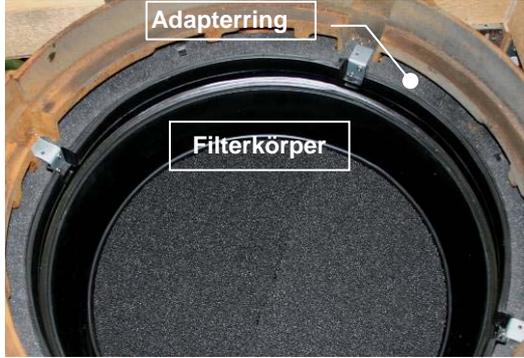
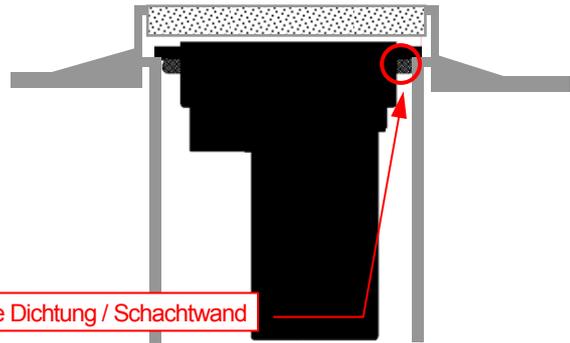
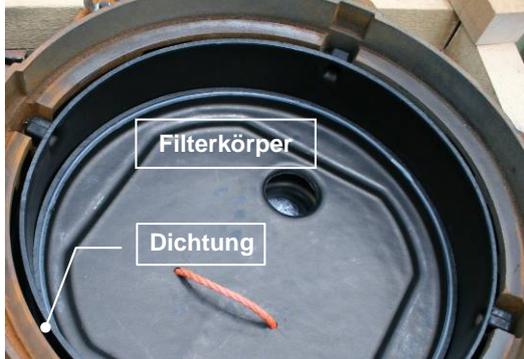
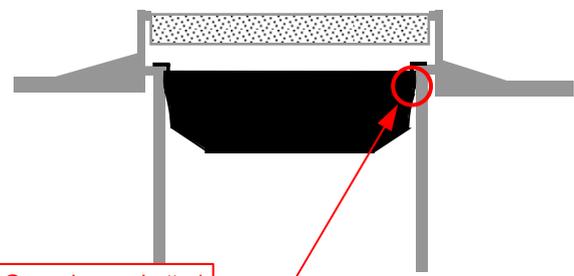
Bei fünf der sechs untersuchten Geruchsfilter wird die Abdichtung im Versuchsstand mittels Dichtung zwischen Filtergehäuse und Schachtwand erzielt (vgl. Tabelle 10). Lediglich beim Geruchsfilter des Anbieters COALSI® (COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 / 0K) wird die Abdichtung im Bereich des Schachtrahmens vorgenommen. COALSI® bietet für gusseiserne Schachtrahmen mit innen liegendem Hohlraum eigens einen Adapterring an (Adapterring für Hydroschachtrahmen Typ D 400).

Die Dichtung des Geruchsfilters belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP der Störk Umwelttechnik GmbH musste für die Systemprüfungen auf Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung modifiziert werden (siehe Bemerkungen, Tabelle 10).

Tabelle 10: Einbaulage der Dichtungen in den Versuchsstand

Skizze Gesamtansicht	Fotodokumentation (Einbau)
UGN®- Hybridkanalschachtfilter, Standard 170032 (UGN – Umwelttechnik GmbH)	
 <p data-bbox="204 712 566 750">Lage Lippendichtung / Schachtwand</p>	 <p data-bbox="1038 432 1198 461">Schachtwand</p> <p data-bbox="911 506 1098 535">Lippendichtung</p> <p data-bbox="1043 613 1251 642">Filtergrundkörper</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Die Lippendichtung lag vollständig an der Schachtwand des Prüfschachtes an. Optisch waren keine Undichtigkeiten erkennbar. Der Einbau erfolgte gemäß Einbauanleitung.</p>	
Eko Biofilter Typ KF-400 (Warwas)	
 <p data-bbox="204 1189 592 1227">Lage Gummi-Dichtprofil / Schachtwand</p>	 <p data-bbox="1145 1003 1257 1032">Schachtwand</p> <p data-bbox="1114 1055 1337 1084">Gummi-Dichtprofil</p> <p data-bbox="1007 1117 1214 1146">Filtergrundkörper</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Das Gummi-Dichtprofil lag vollständig an der Schachtwand des Prüfschachtes an. Optisch waren keine Undichtigkeiten erkennbar. Der Einbau erfolgte gemäß Einbauanleitung.</p>	
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP (Störk Umwelttechnik GmbH)	
 <p data-bbox="277 1659 523 1720">Lage modifizierte Dichtung / Schachtwand</p>	 <p data-bbox="890 1413 1066 1442">dicke Dichtung</p> <p data-bbox="890 1473 1098 1534">dünne Dichtungen + Klebeband</p> <p data-bbox="1134 1554 1374 1583">eingebauter Zustand</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Der Filter war im Außendurchmesser deutlich zu klein für einen dichten Anschluss der Gummidichtungen an die Schachtinnenwand [43]. Aufgrund dieser Leckage wäre eine Bestimmung der Kennlinien (Leckage und Filterdurchsatz) nicht möglich gewesen. Vom Prüfpersonal wurden deshalb – abweichend von der Einbauanleitung, aber in Abstimmung mit dem Hersteller – dünne Dichtungen aufgebracht, mit Klebeband fixiert und mit der dicken Dichtung aufgedoppelt. Das Filtergehäuse entspricht damit nicht mehr dem ausgelieferten Standardzustand. Die maßgebliche Leckmengen-Kennlinie für den Fall ohne nachträglich eingebaute Zusatzdichtung wurde rechnerisch ermittelt. Die Messungen auf Reinigungsleistung wurden ebenfalls mit der modifizierten Dichtung durchgeführt.</p>	

Fortsetzung Tabelle 10: Einbaulage der Dichtungen in den Versuchsstand

Skizze Gesamtansicht	Fotodokumentation (Einbau)
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00/0K, 03 Hybrid (COALSI®) mit Adapterring für Hydroschachtrahmen Typ D 400	
 <p data-bbox="311 689 512 757">Lage Adapterring im Schachtrahmen</p>	 <p data-bbox="1023 427 1177 456">Adapterring</p> <p data-bbox="1066 555 1209 584">Filterkörper</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Der Einbau des Filters erfolgte mit Hilfe eines Adapterrings, der in den innenliegenden Hohlraum des gusseisernen Rahmens der Schachtabdeckung gelegt wird. Dieser Adapterring wird seitens des Herstellers speziell für diese Art von Schachtabdeckungen angeboten. Bei Schachtabdeckungen mit Betonrahmen wird auf den Adapterring verzichtet. Das Schachtgehäuse wird in diesem Fällen ohne ein Dichtungselement in den Schacht eingehängt. Da jedoch der Prüfaufbau aus einem gusseisernen Rahmen mit Schachtabdeckung bestand, wurde der Filter nur in Kombination mit dem Adapterring untersucht.</p>	
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 (Störk Umwelttechnik GmbH)	
 <p data-bbox="215 1339 512 1368">Lage Dichtung / Schachtwand</p>	 <p data-bbox="1023 1160 1177 1189">Filterkörper</p> <p data-bbox="1023 1256 1134 1285">Dichtung</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Die Dichtung lag vollständig an der Schachtwand des Prüfschachtes an. Optisch waren keine Undichtigkeiten erkennbar. Der Einbau erfolgte gemäß Einbauanleitung.</p>	
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 (ROMOLD GmbH)	
 <p data-bbox="209 1832 480 1883">Lage Gummimanschette / Schachtwand</p>	 <p data-bbox="1082 1659 1225 1688">Filterkörper</p> <p data-bbox="1023 1733 1246 1762">Gummimanschette</p>
<p><i>Bemerkungen:</i> Die Gummimanschette lag vollständig an der Schachtwand des Prüfschachtes an. Optisch waren keine Undichtigkeiten erkennbar. Der Einbau erfolgte gemäß Einbauanleitung.</p>	

6.2.1 Durchströmbarkeit

Die Prüfungen auf Durchströmbarkeit wurden vom Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München an einem Versuchsstand, bestehend aus einem vorgefertigten Kunststoffschacht mit Luftanschluss und Schachtabdeckung (siehe Kapitel 5.3.1.3), durchgeführt.

Mit Hilfe der in den Versuchen ermittelten Leckmengen-Kennlinien der untersuchten Filter und Kennlinien der Filterdurchsätze wurde der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit (Filterdurchsatz) des jeweiligen Filters für übliche Belüftungswirkungen des freien Schachtes ermittelt (i.d.R. $Q_F \approx 2 - 50 \text{ m}^3/\text{h}$, hier meist erzielt für Δp zwischen 5 und 50 Pa). Für Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen ($\Delta p < 5 \text{ Pa}$) einen Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte aufweisen (vgl. Kapitel 6.4.1.3), wurde der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Durchströmbarkeit sind in Tabelle 11 dargestellt. Der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit ist das Verhältnis von Filterdurchsatz Q_F zu Bezugsvolumenstrom Q_B . Bei dem Bezugsvolumenstrom handelt es sich um einen Volumenstrom der bei gleichen Druckverhältnissen in einem Schacht ohne Geruchsfilter vorherrscht. Gemäß [43] lässt sich dieser Bezugsvolumenstrom rechnerisch ermitteln. Für einen Abwasserschacht mit Schachtabdeckung mit Be- und Entlüftungsöffnungen ist die Durchlässigkeit der hier verwendeten Schachtabdeckung gemäß DIN EN 124 [42] maßgebend. Der Schmutzfang kann in diesem Fall vernachlässigt werden, da dieser zumindest im unverschmutzten Zustand aufgrund des siebähnlichen Charakters in der Regel über eine höhere Durchlässigkeit verfügt als die Schachtabdeckung.

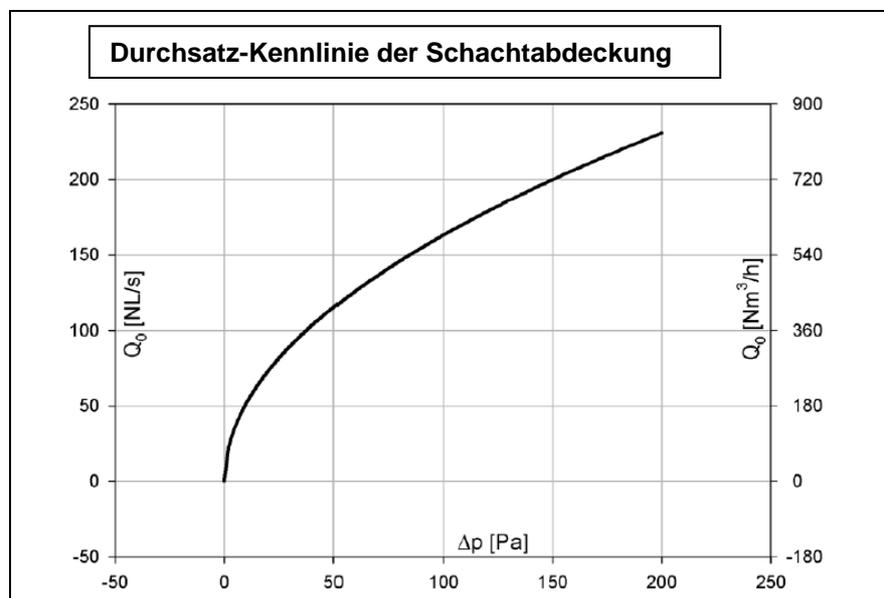


Abb. 32: berechnete Durchsatz-Kennlinie der in den Prüfungen verwendeten Schachtabdeckung [43]

Da die Ränder der 16 Be- bzw. Entlüftungsöffnungen der in diesen Versuchen verwendeten Schachtabdeckung als scharfkantig angesehen werden können, kann der Verlustbeiwert des Einlaufes als $\xi = 0,5$ und der Austrittsverlust als $\xi = 1$ angenommen werden. Der Gesamt-

Verlustbeiwert beträgt dann also $\xi = 1,5$ und der daraus berechnete Cd-Wert $Cd = 0,82$. Dieser bezieht sich aber auf die Gesamtfläche der Be- und Entlüftungsöffnungen ($A = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$) und quantifiziert somit die für die verwendete Schachtabdeckung maßgebliche Durchsatz-Kennlinie (vgl. Abb. 32).

Tabelle 11: Ergebnisse der Untersuchung auf Durchströmbarkeit

Filter	rel. Feuchte Luftvolumenstrom	Schacht-überdruck	Bezugs-volumen-strom	Filter-durchsatz	Leck-menge	im Kanal verbleibende Luftmenge	Wirkungs-grad
		Δp [Pa]	Q_B [m ³ /h]	Q_F [m ³ /h]	Q_L [m ³ /h]	Q_K [m ³ /h]	Q_F/Q_B [%]
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	20% rF	2,4 *)	90,18	49,73	40,45	0,00	55,14
		10	184,08	-	-	-	-
		20	260,32	-	-	-	-
		25	291,05	-	-	-	-
		50	411,60	-	-	-	-
	90% rF	4,9 *)	128,85	50,59	78,26	0,00	39,26
		10	184,08	-	-	-	-
		20	260,32	-	-	-	-
		25	291,05	-	-	-	-
		50	411,60	-	-	-	-
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	20% rF	5	130,16	14,08	4,65	111,43	10,82
		10	184,08	22,88	6,64	154,55	12,43
		20	260,32	33,45	9,76	217,12	12,85
		25	291,05	36,11	11,24	243,70	12,41
		50	411,60	85,70	16,88	309,02	20,82
	90% rF	5	130,16	13,86	4,65	111,65	10,65
		10	184,08	17,13	6,64	160,31	9,31
		20	260,32	24,62	9,76	225,94	9,46
		25	291,05	28,27	11,24	251,54	9,71
		50	411,60	62,10	16,88	332,62	15,09
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K inkl. Adapterring (Hybridfilter)	20% rF	2,4 *)	90,18	32,80	6,54	50,84	36,37
		10	184,08	-	-	-	-
		20	260,32	-	-	-	-
		25	291,05	-	-	-	-
		50	411,60	-	-	-	-
	90% rF	2,4 *)	90,18	25,89	6,54	50,84	28,71
		10	184,08	-	-	-	-
		20	260,32	-	-	-	-
		25	291,05	-	-	-	-
		50	411,60	-	-	-	-

*) Für Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen einen Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte oder größer aufweisen, wurde der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt.

Fortsetzung Tabelle 11: Ergebnisse der Untersuchungen auf Durchströmbarkeit

Filter	rel. Feuchte Luftvolumenstrom	Schacht-überdruck	Bezugs-volumen-strom	Filter-durchsatz	Leck-menge	im Kanal verbleibende Luftmenge	Wirkungs-grad	
		Δp [Pa]	Q_B [m ³ /h]	Q_F [m ³ /h]	Q_L [m ³ /h]	Q_K [m ³ /h]	Q_F/Q_B [%]	
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 inkl. Adapterring (Aktivkohlefilter)	20% rF	5 *)	130,16	104,29	25,88	0,00	80,12	
		10 *)	184,08	144,92	39,16	0,00	78,73	
		20	260,32	-	-	-	-	
		25	291,05	-	-	-	-	
		50	411,60	-	-	-	-	
	90% rF	5	130,16	Es liegen keine Messwertaufzeichnungen vor.				
		10	184,08					
		20	260,32					
		25	291,05					
		50	411,60					
EKO Biofilter Typ KF-400	20% rF	5	130,16	14,59	0,19	115,38	11,21	
		10	184,08	22,18	0,21	161,69	12,05	
		20	260,32	37,17	0,27	222,89	14,28	
		25	291,05	43,82	0,30	246,93	15,06	
		50	411,60	88,51	0,43	322,66	21,50	
	90% rF	5	130,16	7,38	0,19	169,19	5,67	
		10	184,08	11,63	0,21	201,48	6,32	
		20	260,32	19,08	0,27	251,65	7,33	
		25	291,05	23,39	0,30	273,72	8,04	
		50	411,60	46,37	0,43	364,80	11,27	
ROMOLD Kanalschacht- filter FIS 0600 (Aktivkohlefilter)	20% rF	5	130,16	3,08	0,19	126,89	2,37	
		10	184,08	10,30	0,37	173,40	5,60	
		20	260,32	17,28	0,74	242,30	6,64	
		25	291,05	20,75	0,93	269,37	7,13	
		50	411,60	34,93	1,86	374,82	8,49	
	90% rF	5	130,16	6,73	0,23	123,21	5,17	
		10	184,08	11,85	0,46	171,77	6,44	
		20	260,32	18,54	1,79	239,99	7,12	
		25	291,05	22,58	2,81	265,65	7,76	
		50	411,60	33,98	4,08	373,55	8,26	
UGN® Hybrid- Kanalschacht- filter Standard 170032	20% rF	5	130,16	9,81	0,25	120,11	7,53	
		10	184,08	16,48	0,44	167,15	8,95	
		20	260,32	26,43	0,84	233,05	10,15	
		25	291,05	31,17	1,03	258,85	10,71	
		50	411,60	50,91	1,94	358,76	12,37	
	90% rF	5	130,16	4,15	0,25	125,76	3,19	
		10	184,08	8,79	0,44	174,84	4,77	
		20	260,32	16,23	0,84	243,25	6,24	
		25	291,05	18,08	1,03	271,94	6,21	
		50	411,60	28,58	1,94	381,09	6,94	

*) Für Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen einen Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte oder größer aufweisen, wurde der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt.

Mit Hilfe des Filterdurchsatzes Q_F , der Leckmenge Q_L und des Bezugsvolumenstroms Q_B lässt sich nun auch die Luftmenge Q_K berechnen, die bei eingebautem Filter theoretisch im Kanal verbleibt. In Tabelle 11 wird deutlich, dass bei fünf der sieben Geruchsfilter ein Großteil der Luftmenge im Kanal verbleibt. Lediglich beim belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP und bei der COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 sind keine im Kanal verbleibenden Luftmengen zu beobachten. Dies ist zum einen auf deren äußerst geringe Strömungswiderstände, zum anderen aber auch auf die hohen Leckmengen dieser Filter zurückzuführen. Die

höchsten Strömungswiderstände bzw. die geringsten Filter-Durchlässigkeiten wurden bei den Prüfungen des UGN-Hybrid-Kanalschachtfilters und des ROMOLD-Kanalschachtfilters bei einer relativen Luftfeuchte von 90% festgestellt.

6.2.2 Reinigungsleistung

Die Prüfung auf Reinigungsleistung wurde vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart durchgeführt. Hierzu wurde der vorgefertigte Kunststoffschacht inkl. Schachtabdeckung verwendet, der zuvor bei den Versuchen auf Durchströmbarkeit am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr zum Einsatz kam. Die Untersuchungen dienten dazu, eine durch das Testprodukt hervorgerufene mögliche Reduzierung der Substratkonzentration bzw. Geruchsstoffkonzentration des Luftgemisches zu erfassen, welches dem Prüfstand bei bestimmten Luft-Volumenströmen zugeführt wurde (Kapitel 5.3.2.3). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind der Tabelle 12 und Tabelle 13 zu entnehmen. Der in Tabelle 12 aufgeführte Wirkungsgrad Stoffrückhalt beschreibt die prozentuale Reduzierung der Substratkonzentration der jeweiligen Gaskomponenten (Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Limonen, Dimethyldisulfid) durch das jeweilige Testprodukt.

Während bei fünf der sechs getesteten Geruchsfilter im niedrigen Strömungsbereich ($Q_{\text{ges}} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$) ein erkennbarer Stoffrückhalt von Schwefelwasserstoff zu beobachten ist, sind beim Stoffrückhalt der übrigen Gaskomponenten durchweg uneinheitliche Ergebnisse zu erkennen. Geruchsfilter mit Mikroorganismen (Bio- und Hybridfilter) zeigen in der Regel eine sichtbare Wirkung beim Rückhalt der Gaskomponente Ammoniak (NH_3). Bei den getesteten Aktivkohlefiltern ist jedoch keine signifikante Reduktion der Gaskomponente Ammoniak zu beobachten. Zwei von drei getesteten Geruchsfiltern, die gemäß Herstellerangaben über eine Aktivkohleeinlage verfügen, zeigen hinsichtlich der Reduktion der Gaskomponenten Limonen ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) und Dimethyldisulfid (DMDS) einen relativ hohen Wirkungsgrad. Bei allen untersuchten Produkten ist jedoch auch erkennbar, dass die Reduktion der jeweiligen Gaskomponenten mit zunehmenden Luft-Volumenströmen abnimmt.

Bei den hier untersuchten „weiteren Produkten, die spezielle Wirkstoffe freisetzen“ ist eine Reduktion der Messwerte für die Gaskomponenten Schwefelwasserstoff (H_2S) und Ammoniak (NH_3) zu beobachten. Hinsichtlich der Gaskomponente Dimethyldisulfid (DMDS) war bei beiden untersuchten Produkten keine nennenswerte Reduktion der gemessenen Gaskonzentration zu beobachten. Bei der Gaskomponente Limonen ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) zeigte sich, dass bei Einsatz eines der Produkte ein starker Anstieg der gemessenen Konzentration [ppm] im Reingas und Rohgas zu beobachten war. Eine Beeinflussung der empfindlichen Messtechnik durch die Wirkstoffe oder unbekanntes Reaktionsprodukte kann hier nicht ausgeschlossen werden (vgl. [28], [29]). Wissenschaftliche Erläuterungen zu möglichen Reaktionsvorgängen sind bisher noch nicht bekannt (vgl. [21]). Eine verlässliche Aussage zum Wirkungsgrad Stoffrückhalt ist für diese Produkte daher im Rahmen des IKT-Warentests nicht möglich, so dass auf eine weitergehende Interpretation verzichtet wird.

Tabelle 12: Ergebnisse der Untersuchungen auf Reduzierung des Substratkonzentrationen der Gas-komponenten [13]

Produkte	Luft-Volumen-strom Q_{ges} [m ³ /h]	Wirkungsgrad Stoffrückhalt [%] (Reduzierung der Substratkonzentration der Gaskomponenten (ppm), Luftfeuchtigkeit: 70% bis 80%)			
		Schwefelwasser-stoff (H ₂ S)	Ammoniak (NH ₃)	Limonen (C ₁₀ H ₁₆)	Dimethyl-disulfid (C ₂ H ₆ S ₂ , DMDS)
GERUCHSFILTER FÜR ABWASSERSCHÄCHTE					
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	1	keine Messwertaufzeichnungen			
	5	36	50	10	17
	20	0	27	17	0
	50	14	0	25	17
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	1	89	79	55	50
	5	33	69	25	22
	20	36	36	0	13
	50	9	30	0	17
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K inkl. Adapterring (Hybridfilter)	1	86	86	82	91
	5	92	36	50	50
	20	80	33	40	63
	50	67	38	55	67
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 inkl. Adapterring (Aktivkohlefilter)	1	Es liegen keine Messwertaufzeichnungen vor.			
	5				
	20				
	50				
EKO Biofilter Typ KF-400	1	71	57	38	67
	5	54	44	11	33
	20	22	44	11	14
	50	0	50	0	0
ROMOLD Kanalschacht-filter FIS 0600 (Aktivkohlefilter)	1	80	21	86	93
	5	89	10	89	92
	20	83	7	88	89
	50	88	0	83	93
UGN® Hybrid-Kanalschacht-filter Standard 170032	1	92	92	10	29
	5	67	71	0	0
	20	64	60	17	13
	50	50	58	0	0
PRODUKTE ZUR GERUCHSBEKÄMPFUNG, DIE SPEZIELLE WIRKSTOFFE FREISETZEN					
C&D Geruchs-blocker Brick, Art.-Nr. 56-1738	1	Es liegen keine verlässlichen Messwerte vor. Eine Beeinflussung der Messsensorik durch die Wirkstoffe oder unbekannte Reaktionsprodukte kann nicht ausgeschlossen werden.			
	5				
	20				
	50				
Gelmatte Ge-lactiv®	1				
	5				
	20				
	50				
SHK-P / NHK-P	1				
	5				
	20				
	50				

Der in Tabelle 13 aufgeführte Geruchswirkungsgrad beschreibt die durch das jeweilige Testprodukt erzielte prozentuale Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration des Gasgemisches bei olfaktometrischer Messung nach DIN EN 13725. Bei zwei der sechs untersuchten Geruchsfilter ist nur eine relativ geringe Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration von 10 % bzw. 30 % zu beobachten. Die COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 wurde während des

Tests vom Anbieter für das gewählte Belastungsbild der Systemprüfung „Reinigungsleistung“ unter Verweis auf die Anwendung des Produktes „COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K (Hybrid)“ zurückgezogen.

Tabelle 13: Ergebnisse der Untersuchungen auf Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration [13]

Filter	Geruchsstoffkonzentration				Geruchswirkungsgrad [%] Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration des Gasgemisches (GE/m ³) bei einem Volumenstrom von 20 m ³ /h (rel. Luftfeuchte: 70 - 80%)
	Rohgas		Reingas		
	GE/m ³	dB	GE/m ³	dB	
GERUCHSFILTER FÜR ABWASSERSCHÄCHTE					
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	15.000	41,8	13.500	41,3	10
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	17.500	42,4	6.500	38,1	63
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K inkl. Adapterring (Hybridfilter)	17.000	42,3	6.500	38,1	62
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 inkl. Adapterring (Aktivkohlefilter)	Es liegen keine Messwertaufzeichnungen vor.				
EKO Biofilter Typ KF-400	14.000	41,5	9.800	39,9	30
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 (Aktivkohlefilter)	13.000	41,1	1.700	32,3	87
UGN® Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	8.400	39,1	3.200	35,1	62
PRODUKTE ZUR GERUCHSBEKÄMPFUNG, DIE SPEZIELLE WIRKSTOFFE FREISETZEN					
C&D Geruchsblocker Brick, Art.-Nr. 56-1738	19.000	42,8	10.600	40,2	Keine Angaben aufgrund der abweichenden Stoffzusammensetzung zwischen Roh- und Reingas
Gelmatte Gelactiv® SHK-P / NHK-P	27.000	44,4	7.700	38,8	

Der Geruchswirkungsgrad der „Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen“ wurde im Rahmen dieses IKT-Warentests nicht ermittelt, da die Stoffzusammensetzung zwischen Roh- und Reingas hier deutlich voneinander abweichen kann. Die damit verbundene Qualität des Geruchs (z.B. „Zitronengeruch“) und hedonische Wirkung wird durch die Ermittlung der Geruchsschwelle bzw. Geruchsstoffkonzentration nicht erfasst, kann jedoch im praktischen Ein-

satz einen entscheidenden Einfluss auf die tatsächliche Geruchsbelästigung haben. Auch ist eine direkte Vergleichbarkeit der Werte mit den Werten der Geruchsfilter nicht gegeben.

6.3 Handhabbarkeit

Für die Überprüfung der Handhabbarkeit der Produkte wurden drei Prüfkriterien zu Grunde gelegt: **Eigengewicht** der einzubauenden Filterkonstruktion, **optischer Eindruck der Passgenauigkeit** nach Einbau und Anteil der **Leckmenge** des aufsteigenden Luftvolumenstroms am Gesamtdurchsatz.

Die Ermittlung des Eigengewichtes und die praktischen Untersuchungen zur Passgenauigkeit des Filters wurden auf dem Versuchsgelände des IKT in Gelsenkirchen durchgeführt. Für das Prüfkriterium Leckmenge wurden die Ergebnisse der Untersuchungen auf Durchströmbarkeit am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München zu Grunde gelegt.

Tabelle 14: Ergebnisse der Gewichtsermittlung und Einteilung nach „wirksamer Last“

Filter	Gewicht Einzelkomponenten [g]	Maßgebliches Gewicht ¹⁾ [g]	Einteilung nach „wirksamer Last“ ²⁾ (Lastklasse)
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	Filter (inkl. Gummidichtung): 4.839 g Schmutzfang: 1.285 g	4.839 g	< 5.000 g
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	Montagering (inkl. Dichtung): 2.180 g Filterpatrone (befeuchtet): 14.960 g Schmutzfang: 1.285 g	14.960 g	10.000 g bis < 15.000 g
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00/0K	Adapterring: 140 g Siphon: 740 g Aktivkohlematte: 800 g Hybridmatte: 750 g Grundkörper: 1.560 g Schmutzfang: 1.890 g	2.290 g	< 5.000 g
EKO Biofilter Typ KF-400	Filter (befeuchtet): 7.940 g	7.940 g	5.000 g bis < 10.000 g
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600	Aktivkohlenetz: 800 g Filterkonstruktion (inkl. Einhängewinkel): 4.040 g	4.840 g	< 5.000 g
UGN® Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	Grundplatte: 5.230 g Filterpatrone (Nassgewicht): 13.200 g	13.200 g	10.000 g bis < 15.000 g

¹⁾ Das maßgebliche Gewicht ist das Gewicht der schwersten Komponente, die gemäß Einbauanleitung des Herstellers in den Schacht einzubauen ist. Handelt es sich um Geruchsfilter, die vor dem Einbau zusammengesetzt sind, ist das Gesamtgewicht maßgebend. Handelt es sich um Geruchsfilter, bei denen die Einzelkomponenten getrennt in den Schacht einzusetzen sind, ist die schwerste Einzelkomponente maßgebend.

²⁾ Maßgebend hierfür ist folgende Einteilung der Lastklassen nach „wirksame Last für Frauen“ gemäß Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik 2001 zur „Beurteilung von Lasthandhabungen anhand von Leitmerkmalen“: < 5 kg, 5 bis < 10 kg, 10 bis < 15 kg, 15 bis < 25 kg, ≥ 25 kg

Bei Geruchsfiltern, die gemäß Einbauanleitung in Einzelteilen in den Abwasserschacht einzusetzen sind, ist das **Eigengewicht** der schwersten Einzelkomponente maßgeblich für die spätere Bewertung. Bei Geruchsfiltern, die in kompakter Form angeliefert werden oder vor

dem Einbau zusammenzufügen sind, ist das Gesamtgewicht der Filterkonstruktion entscheidend. Bei Filtergehäusen mit biologischen Filtermaterialien erfolgte die Gewichtsermittlung nach Befeuchtung der Filtermaterialien gemäß Angaben der Hersteller. Die Ergebnisse der Gewichtsermittlung und die Einteilung nach „wirksamer Last“ sind in

Tabelle 14 aufgeführt. Die Einteilung in Lastklassen erfolgte gemäß Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik 2009 (vgl. [50]). Mit der „wirksamen Last“ ist demnach die Gewichtskraft bzw. Zug-/Druckkraft gemeint, die der Beschäftigte tatsächlich bei der Lasthandhabung ausgleichen muss. Sie entspricht nicht immer der Lastmasse. So wirken beispielsweise beim Kippen eines Kartons nur 50% der Lastmasse. In dem hier betrachteten Fall sind als wirksame Last jedoch 100% der Lastmasse anzusetzen, da die Filter während des Ein- und Ausbausvorganges vollständig anzuheben sind. Für die Einteilung nach Lastklassen wurde im Rahmen des Warentests die „wirksame Last für Frauen“ angesetzt, die gemäß [50] folgende Einteilung vorsieht: < 5 kg, 5 bis < 10 kg, 10 bis < 15 kg, 15 bis < 25 kg, ≥ 25 kg.

Aus

Tabelle 14 wird ersichtlich, dass die hier untersuchten Filter mit biologischen Filtermaterialien ein höheres Eigengewicht aufweisen als die Aktivkohlefilter. Die Abmessungen dieser Filter sind demnach auch entsprechend dimensioniert. Die hier untersuchten Filter mit biologischen Materialien weisen je nach Filtergehäuse eine Einbauhöhe von 400 mm bis 700 mm auf, während die Einbauhöhe der übrigen Filterkonstruktionen maximal bei 330 mm liegt.

Bei den Untersuchungen auf **optischen Eindruck der Passgenauigkeit** wurden die Schwierigkeiten, die sich bereits beim Einbau der Geruchsfilter in den Versuchsstand für die Systemprüfungen gezeigt hatten, teilweise nochmals bestätigt. Auch bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass bei einigen der eingebauten Geruchsfilter optisch eindeutig Undichtigkeiten erkennbar waren (vgl. Tabelle 15). Bei Geruchsfiltern, die für den Einbau unterhalb eines herkömmlichen Schmutzfanges ausgelegt sind, konnte der Schmutzfang in einigen Fällen nicht ordnungsgemäß wieder eingesetzt werden.

Abweichend von den Systemprüfungen wurden bei den Untersuchungen auf Handhabbarkeit Schächte ausgewählt, die Schachtrahmen aus Gusseisen mit Beton (BEGU) aufweisen. Dies bedeutet, dass der Geruchsfilter der Fa. COALSI® mit der Produktbezeichnung Geruchssperre BN 00.2001.0K bei den Prüfungen auf Handhabbarkeit ohne Adapterring eingebaut werden konnte. Nach Angaben des Herstellers wird das Schachtgehäuse in diesen Fällen ohne ein Dichtungselement in den Schacht eingehängt.

Der Einbau des Geruchsfilters belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP wurde bei diesen Untersuchungen gemäß Einbauanleitung in die Schächte mit Einstiegsöffnungen von 625 mm (Schacht Nr. 1, Schacht Nr. 3) mit der aufgezogenen dicken Dichtung vorgenommen. Der Einbau in den Schacht mit der Einstiegsöffnung von 605 mm erfolgte mit der beigefügten dünnen Dichtung.

Tabelle 15: Ergebnisse der Untersuchungen auf optischen Eindruck der Passgenauigkeit

Filter	Passgenauigkeit Filterkonstruktion	Passgenauigkeit Schmutzfang	Passgenauigkeit Schachtabdeckung
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	<p>Schacht Nr.1 und Nr.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> z. T. Verschiebung/Verdrehung der Dichtung, aber Dichtheit erzielt keine Undichtigkeiten erkennbar <p>Schacht Nr.2:</p> <p>Einbau des Filters in den Schacht nach Aufzug der dünnen Dichtung kaum möglich</p>	Der mitgelieferte Schmutzfang konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.	Die Schachtabdeckung konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	<p>Schacht Nr.1 und Nr.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verschiebung/Verdrehung der Dichtung Undichtigkeiten nicht erkennbar Beim Ausbau der Filterkonstruktion aus Schacht Nr. 1 hatte sich die Dichtung soweit nach unten verschoben, dass diese in den Schacht fiel. <p>Schacht Nr.2:</p> <p>Einbau des Filters in den Schacht nach Aufzug der dünnen Dichtung möglich.</p>	Der mitgelieferte Schmutzfang konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.	Die Schachtabdeckung konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K (Hybridfilter)	<p>Schacht Nr.1 und Nr.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> eindeutig umläufige Undichtigkeiten erkennbar (Spaltmaß von 2 cm) <p>Schacht Nr.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> umläufige Undichtigkeiten erkennbar (Spaltmaß von 5 mm) 	Der mitgelieferte Schmutzfang konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.	Die Schachtabdeckung konnte in alle Schächte problemlos eingesetzt werden.
EKO Biofilter Typ KF-400	Bei allen Einbauten waren keine Undichtigkeiten erkennbar.	Der Schmutzfang konnte bei allen Einbauten nicht ordnungsgemäß in die Schmutzfangnuten eingesetzt werden. Der Schmutzfang liegt z. T. auf den Randbereichen der Filterkonstruktion auf.	<p>Schacht Nr.1 und Nr.3:</p> <p>Die Schachtabdeckung konnte problemlos eingesetzt werden.</p> <p>Schacht Nr.2:</p> <p>Die Schachtabdeckung konnte nicht vollständig eingesetzt werden, da diese z. T. auf dem Schmutzfang auflag.</p>
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600	Bei allen Testeinbauten sind Undichtigkeiten zwischen Schachtwand und Filterkonstruktion im Bereich des Spannhebels erkennbar. In den übrigen Randbereichen (ca. 90 % des Umfangs) sind keine Undichtigkeiten erkennbar. In diesen Bereichen liegt die Gummimanschette vollständig an der Schachtwand an.	Der Schmutzfang liegt bei allen Testeinbauten auf dem Spannhebel der Filterkonstruktion auf, so dass die Halterungen des Schmutzfanges nur noch in zwei der vier dafür vorgesehenen Auflagerflächen vollständig aufliegen.	Die Schachtabdeckung kann in allen untersuchten Fällen nach dem Einbau der Filterkonstruktion und dem Einsetzen des Schmutzfanges problemlos eingesetzt werden und liegt vollständig auf der dafür vorgesehenen Auflagerfläche im Rahmen auf.
UGN® Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	Bei allen Einbauten waren keine Undichtigkeiten erkennbar.	<p>Schacht Nr.1 und Nr.3:</p> <p>Der Schmutzfang konnte problemlos eingesetzt werden.</p> <p>Schacht Nr.2:</p> <p>Der Schmutzfang konnte nicht komplett eingehängt werden, da die Haltewinkel der Grundplatte störten.</p>	Die Schachtabdeckung konnte in allen untersuchten Fällen nach dem Einbau der Filterkonstruktion und dem Einsetzen des Schmutzfanges problemlos eingesetzt werden und lag vollständig auf der dafür vorgesehenen Auflagerfläche im Rahmen auf.
<p>Schacht Nr. 1: „Standardschacht“, Einstiegsöffnung: 625 mm, Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400), unebene Schachtwand (Mörtel/Beton) (vgl. Tabelle 6)</p> <p>Schacht Nr. 2: „Extremschacht“, Einstiegsöffnung: 605 mm, Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 4271-1 [49] (Klasse B 125), ebene Schachtwand (Mörtel/Beton) (vgl. Tabelle 6)</p> <p>Schacht Nr. 3: „Standardschacht“, Einstiegsöffnung: 625 mm, Schachtabdeckung aus Gusseisen mit Beton (BEGU) gemäß DIN 19584 [48] (Klasse D 400), ebene Schachtwand (Mörtel/Beton) (vgl. Tabelle 6)</p>			

Für das Prüfkriterium Anteil der **Leckmenge** des aufsteigenden Luftvolumenstroms am Gesamtdurchsatz wurde auf die Ergebnisse der Leckmengenmessungen zurückgegriffen, die im Rahmen der Systemprüfung auf Durchströmbarkeit an der Universität der Bundeswehr

München durchgeführt wurden. Der Anteil der Leckmenge des aufsteigenden Luftvolumenstroms am Gesamtdurchsatz wurde analog zum Wirkungsgrad Durchströmbarkeit (vgl. Kapitel 5.3.1.4) für bestimmte Druckzustände im Schacht ($\Delta p = 5, 10, 20, 25, 50 \text{ Pa}$) mit Hilfe der Leckmengenkennlinie des jeweiligen Filters ermittelt. Für die Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen einen relativ hohen Filterdurchsatz aufweisen, wurde der Anteil der Leckmenge am Gesamtdurchsatz für verschiedene Druckzustände bis zu dem maximal messtechnisch erfassbaren Überdruck im Schacht ermittelt (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Ergebnisse der Untersuchungen auf Leckmenge

Filter	Schacht- überdruck Δp [Pa]	Anteil der Leckmenge am Gesamtdurchsatz $Q_L / (Q_F + Q_L)$ [%] (Mittelwert aus Luftvolumenstrom bei 20% rF und 90% rF)	Anteil der Leckmenge am Gesamtdurchsatz $Q_L / (Q_F + Q_L)$ [%] (Mittelwert aus Einzelwerten)
belflor®- Aktivkohlefilter AKTIVFIP	2,4 bzw. 4,9 *)	52,80%	52,80%
	10	-	
	20	-	
	25	-	
	50	-	
belflor®- Biofilterpatrone FIP 700	5	24,98%	24,14%
	10	25,21%	
	20	25,49%	
	25	26,10%	
	50	18,92%	
COALSI® Ge- ruchssperre BN 00.2001.0K	2,4 *)	16,62%	16,62%
	10	-	
	20	-	
	25	-	
	50	-	
COALSI® Ge- ruchssperre BN 00.2001.00	5 *)	19,88%	20,58%
	10 *)	21,27%	
	20	-	
	25	-	
	50	-	
EKO Biofilter Typ KF-400	5	1,90%	1,20%
	10	1,36%	
	20	1,06%	
	25	0,98%	
	50	0,70%	
ROMOLD Kanalschacht- filter FIS 0600	5	4,56%	6,04%
	10	3,61%	
	20	6,46%	
	25	7,68%	
	50	7,90%	
UGN® Hybrid- Kanalschachtfilter Standard 170032	5	4,09%	4,22%
	10	3,69%	
	20	4,00%	
	25	4,31%	
	50	5,02%	

Q_L : Leckmenge – aufsteigende Luftmenge aus dem Abwasserschacht, die zwischen Filterkonstruktion und Schachtwand entweicht
 Q_F : Filterdurchsatz – aufsteigende Luftmenge aus dem Abwasserschacht, die den Filter durchströmt
 *) Für Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen einen Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte oder größer aufweisen, wurde die Leckmenge bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt.

Bei den Untersuchungen auf **Arbeitsaufwand** beim Einbau der Filter stand insbesondere die Einbaudauer im Vordergrund. Die Einbaudauer beschreibt den Zeitaufwand, der für Montage und Einbau in einen Abwasserschacht benötigt wird. Darüber hinaus war hierbei von Interesse, ob für Montage und Einbau zusätzlich Hilfsmittel (Werkzeug o. ä.) erforderlich sind. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Ergebnisse der Untersuchungen auf Arbeitsaufwand beim Einbau

Filter	Einbaudauer					Hilfsmittel
	t_1	t_2	t_3	t_m	t_4	Sind Hilfsmittel (Werkzeug o. ä.) für den Einbau erforderlich?
	(Person A, ungeübt, Standard-schacht)	(Person B, ungeübt, Extremschacht)	(Person B, geübt, Standard-schacht)	(Mittelwert aus t_1 , t_2 und t_3 ; gerundet auf $\frac{1}{2}$ min)	(Person A + B, geübt, Standard-schacht)	
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	100 sec.	180 sec.	40 sec.	2 min	40 sec.	nein
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	120 sec.	160 sec.	50 sec.	2 min	50 sec.	nein
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K/00	110 sec.	130 sec.	80 sec.	2 min	80 sec.	nein
EKO Biofilter Typ KF-400	60 sec.	90 sec.	40 sec.	1 min	20 sec.	nein
ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600	280 sec.	230 sec.	100 sec.	3 $\frac{1}{2}$ min	120 sec.	ja
UGN® Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032	150 sec.	220 sec.	100 sec.	2 $\frac{1}{2}$ min	90 sec.	nein

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass keiner der untersuchten Filter einen unverhältnismäßigen Aufwand für Montage und Einbau erfordert. Für Filter, deren Einzelkomponenten vor dem Einbau zusammensetzen sind, wird ein höherer zeitlicher Aufwand benötigt als für Geruchsfilter, die als ein kompaktes System angeliefert werden.

Anhand Tabelle 17 wird deutlich, dass der Einbau durch eine geübte Person erwartungsgemäß einen geringeren zeitlichen Aufwand erfordert als der Einbau durch eine ungeübte Person. Zudem bleibt festzuhalten, dass der Einbau durch zwei Personen zu keiner nennenswerten Zeitersparnis führt. Diese Beobachtung verdeutlicht, dass alle untersuchten Filter durch eine Person ohne großen Aufwand problemlos montiert und eingebaut werden können.

6.4 In-situ-Untersuchungen

Im Rahmen des Projektes wurden sowohl In-situ-Untersuchungen mit wissenschaftlichem als auch mit betriebspraktischem Betrachtungsschwerpunkt durchgeführt. Die Erkenntnisse der

Universität Kassel, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft im Institut für Wasser, Abfall, Umwelt (IWAU) mit In-situ-Messungen an unterschiedlichen Standorten sind in Kapitel 6.4.1 zusammengefasst, weitere Erfahrungen und Bewertungen der beteiligten Netzbetreiber sind in Kapitel 6.4.2 beschrieben.

6.4.1 Universität Kassel

Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren auf einer Stellungnahme zu Geruchsfiltern für Abwasserschächte vom Fachgebiet für Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW) der Universität Kassel (vgl. [24]). Die Stellungnahme stützt sich auf die Ergebnisse der in Kapitel 5.5 beschriebenen In-situ-Untersuchungen des FG SWW an Abwasserschächten im Kanalnetz der Städte Köln und Kassel sowie der Gemeinde Breuna.

6.4.1.1 *Luftdurchströmungsmessungen*

6.4.1.1.1 Freie Durchströmung von Schächten mit und ohne Geruchsfilter

Aus der Literatur ist nicht zu entnehmen, welche Luftvolumenströme bei der natürlichen Be- und Entlüftung von Kanälen über Standard-Schachtabdeckungen vorliegen. Daher war zunächst von großem Interesse, welchen Umfang die Durchströmung von Schächten mit üblichen Schachtabdeckungen annehmen kann. Dazu wurden Messungen durchgeführt wie in Kapitel 5.5.1.1.4 beschrieben.

Insgesamt ist folgendes festzustellen:

- 42 Schächte wurden bzgl. freier Durchströmbarkeit (Ausströmung) gemessen, davon
 - 13 Schächte ohne Geruchsfilter und
 - 29 Schächte mit Geruchsfilter.

Messungen über das Ein- bzw. Ausströmen liegen wie folgt vor:

- Schächte ohne Geruchsfilter:
im Mittel: **12,0 m³/h**, Maximalwert 22,6 m³/h
- Schächte mit Geruchsfilter:
im Mittel: **9,8 m³/h**, Maximalwert 17,0 m³/h

Eine Differenzierung nach der Strömungsrichtung ergibt bisher in der Tendenz etwas höhere Ausström- als Einström-Luftvolumina.

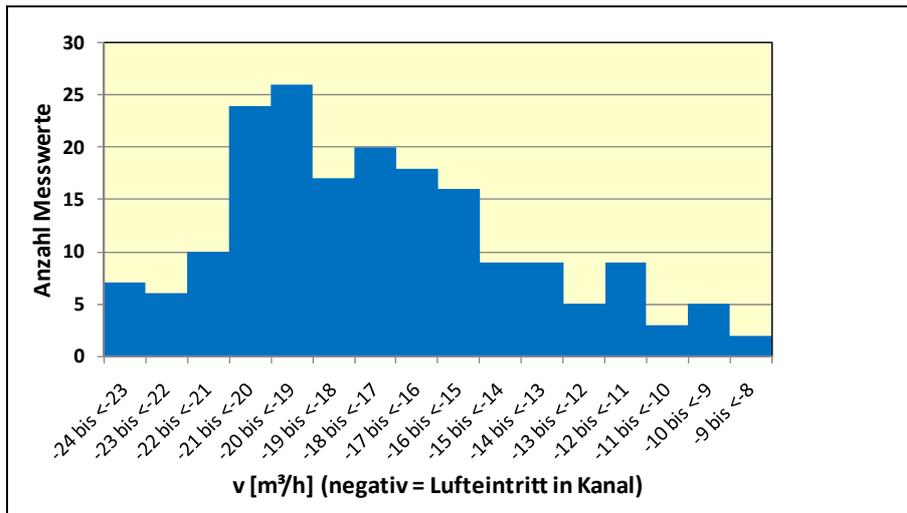


Abb. 33: Klassifizierung der Strömungsgeschwindigkeiten am unteren Schacht (mit Geruchsfilter)[24]

Zu beachten ist die Untergrenze der Messgenauigkeit des Flügelrad-Anemometers von etwa $5,7 \text{ m}^3/\text{h}$; Messwerte, die darunter liegen, werden mit Null angezeigt. Dies war bei einigen Messungen der Fall, so dass die o. a. Mittelwerte effektiv etwas niedriger liegen könnten.

Die Mittelwerte deuten an, dass Geruchsfilter die Durchströmung etwas herabsetzen. Sie erlauben aber noch keinen Rückschluss auf die Frage, welchen Weg die Luft im Falle eines Schachtes mit Geruchsfilter nimmt: durch den Filter, durch Undichtigkeiten oder Mischung beider Wege.

Im März 2010 wurden vier Messungen an Schächten mit und ohne Geruchsfilter durchgeführt. Bei diesen Messungen wurde nicht einfach ein Messwert als mittlerer Wert aufgenommen, sondern die Durchströmungsgeschwindigkeit und der Differenzdruck wurden mittels registrierender Messgeräte im 2-Sekunden-Takt aufgezeichnet. An diesem Tag herrschte eine Außentemperatur von etwa $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Es war stark windig.

Die nachfolgend präsentierten Ergebnisse je eines Schachts mit und eines Schachts ohne Geruchsfilter wurden an einer zusammenhängenden Strecke gewonnen, bei der die Straße wie auch der Kanal zwischen den beiden Schächten auf einer Länge von etwa 150 m ein Gefälle von ca. 10 m aufwies. Dabei war der untere Schacht derjenige mit Geruchsfilter. Die wegen der geringen Lufttemperatur in Verbindung mit dem Gefälle zu erwartende Kaminwirkung, also ein Einströmen von Luft am unteren Schacht – mit Geruchsfilter – und ein Ausströmen von Luft am oberen Schacht – ohne Geruchsfilter – konnte eindeutig festgestellt werden. Abb. 33 zeigt die im Messintervall von etwa 6,5 Minuten gemessenen Luftgeschwindigkeiten, klassiert in Klassen einer Klassenbreite von 1 m/s am unteren Schacht. An diesem Schacht wurde infolge der Kaminwirkung im gesamten Messintervall stets Einströmen in den Schacht registriert.

In Abb. 34 ist nach derselben Systematik das Ergebnis für den oberen Schacht dargestellt. Hier betrug das Messintervall etwa 8 Minuten.

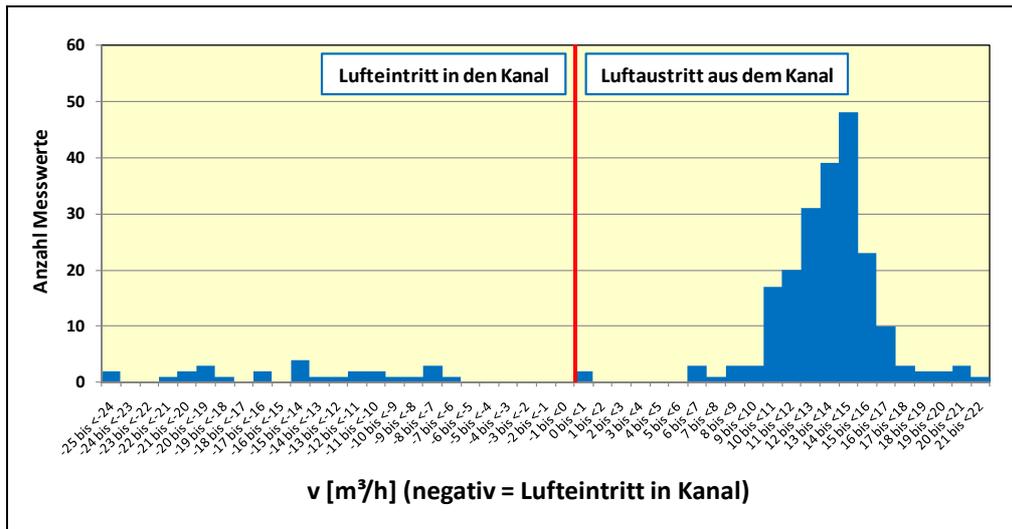


Abb. 34: Klassifizierung der Strömungsgeschwindigkeiten am oberen Schacht (ohne Geruchsfilter) [24]

Es zeigt sich hier, dass Ausströmen überwiegt. Deutlich wird hier aber auch, dass es sich bei den Strömungsvorgängen um dynamische Ereignisse handelt und die Luftbewegung sich zum Teil sogar umkehrt, also an diesem Schacht gelegentlich auch Einströmen zu beobachten ist. Dies ist sicherlich zum einen auf die Starkwindlage zurückzuführen, zum anderen ist zu beachten, dass die Haltung stromaufwärts ebenfalls mit deutlichem Gefälle verläuft, also die Kaminwirkung sich auch weiter nach oben in der Haltung manifestieren dürfte, was zu gelegentlichen Lufteintritten in den Kanal an diesem „auf halber Höhe“ liegenden Schacht geführt haben dürfte.

Unter den gegebenen Randbedingungen – kalt, stürmisch, starkes Gefälle – ergaben sich Maximalwerte der Durchströmung von **26 m³/h**.

Auch bei den Messungen im Kanalnetz der Stadt Köln konnte beobachtet werden, dass die Luft „oszilliert“, also – dort in ebenem Gelände, aber ebenfalls bei mäßigem bis starkem Wind – ein häufiger Wechsel von Ein- und Ausströmen festzustellen war. Leider konnten dort keine Messkurven aufgezeichnet werden wegen eines Hardware-Ausfalls bei der Datenaufzeichnung.

6.4.1.1.2 Druckkennlinie eines Schachtes ohne Geruchsfilter

Neben den vorstehend beschriebenen Messungen der freien Durchströmung wurden auch umfangreiche Messungen unter Zwangsbe- oder -entlüftung, wie in Kapitel 5.5.1.1.2 beschrieben, durchgeführt, um die Druckkennlinie von Schächten ohne Geruchsfilter zu erfassen.

In Abb. 35 ist die Druckkennlinie eines Schachtes ohne Geruchsfilter dargestellt. Anzumerken ist, dass die Kennlinie gewonnen wurde, indem verschiedene Durchströmungsmengen in einem Bereich bis etwa 250 m³/h aufgebracht wurden, um so eine sichere Basis für die Rückrechnung der Kennlinie zu erhalten. Da aber, wie die obigen Ausführungen gezeigt haben, der Bereich über etwa 30 m³/h in der Praxis bei freier Durchströmung nicht interessant ist, ist hier nur der untere Bereich bis 50 m³/h dargestellt.

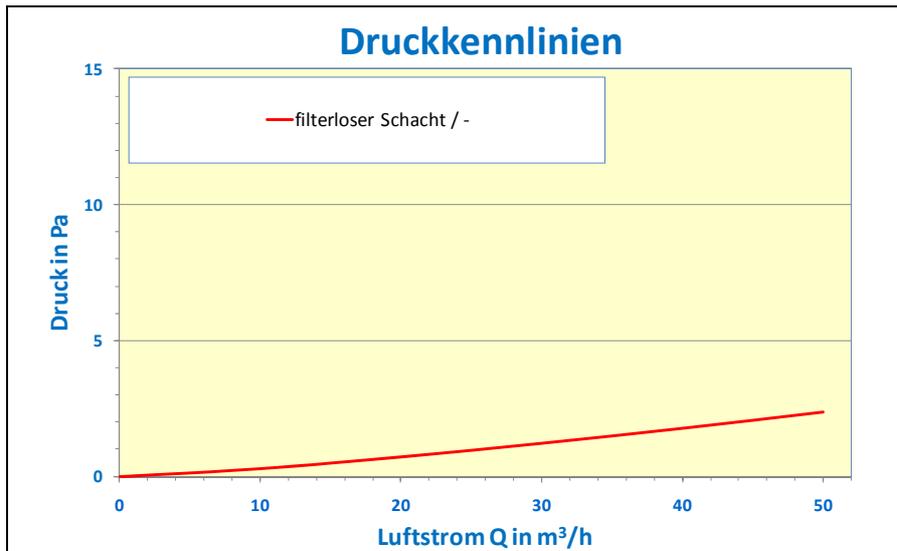


Abb. 35: Druckkennlinie eines Schachtes ohne Geruchsfilter [24]

Diese Druckkennlinie dient für die nachfolgend präsentierten Messergebnisse als „Benchmark“. Die dargestellten Ergebnisse sind auf der Basis dieser Benchmark-Kennlinie zu interpretieren.

6.4.1.1.3 Druckkennlinie von Schächten mit Geruchsfilter

An Schächten mit unterschiedlichen Geruchsfiltern wurden ebenfalls nach der beschriebenen Methodik Kennlinien gemessen. Abb. 36 zeigt – neben der Kennlinie des filterlosen Schachtes als Vergleichsgrundlage – die Kennlinien dreier Schächte mit eingebautem Geruchsfilter. Es wird deutlich, dass sich die Kennlinien der Schächte mit Geruchsfilter nicht wesentlich von derjenigen des filterlosen Schachtes unterscheiden. Dabei ist allerdings offen, ob die nur sehr geringe Beeinflussung des Durchströmungsverhaltens auf einen sehr geringen Filterwiderstand zurückzuführen ist, oder ob hier nicht evtl. Undichtigkeiten zu diesem Ergebnis geführt haben.

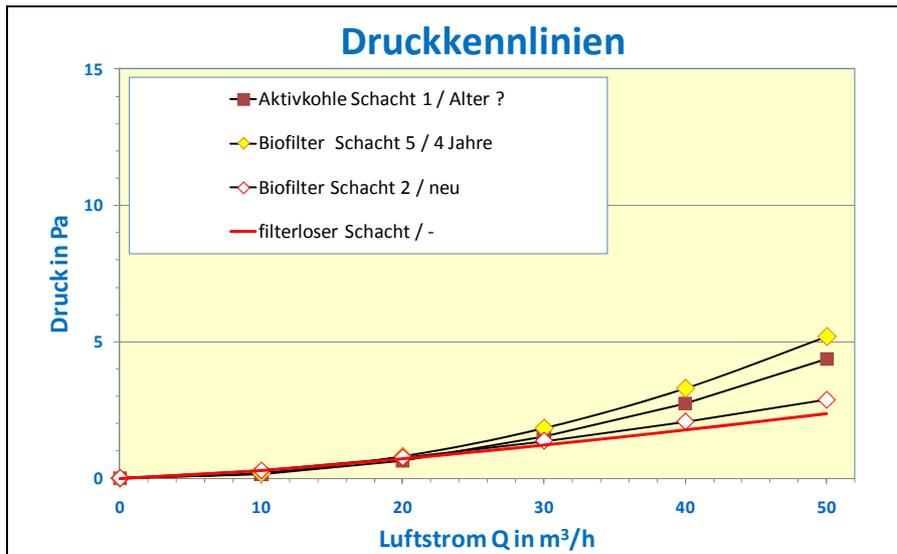


Abb. 36: Druckkennlinie von Schächten mit verschiedenen Geruchsfiltern (Kennlinie der Gesamtsysteme) und des Schachtes ohne Geruchsfilter [24]

6.4.1.1.4 Druckkennlinie eines Geruchsfilters

Um sich einer Antwort auf die zuletzt gestellte Frage zu nähern, ist es erforderlich, die Druckkennlinie des Geruchsfilters selbst zu messen, wie dies in Kapitel 5.5.1.1.3 erläutert worden ist.

Exemplarisch ist in Abb. 37 das Ergebnis der Messung des Geruchsfilterelements aus Schacht Nr. 5 dargestellt und den Druckkennlinien des filterlosen Schachtes und des Schachtes Nr. 5 mit eingebautem Geruchsfilter gegenübergestellt.

Für diesen Beispielfall zeigt sich, dass die Druckkennlinie des Geruchsfilters selbst einen deutlich größeren Strömungswiderstand aufweist als das Gesamtsystem. Daraus ist – auch ohne eine genaue quantitative Bestimmung – der Schluss abzuleiten, dass in diesem Fall ein erheblicher Anteil der den Schacht Nr. 5 mit eingebautem Geruchsfilter durchströmenden Luft nicht durch den Geruchsfilter, sondern durch Undichtigkeiten strömt. Wäre der Geruchsfilter dicht eingebaut, so wäre die Druckkennlinie „Biofiltersegment (einzeln)“ relevant, die sicherlich eine stärkere Beeinflussung des Strömungsregimes bewirken würde, als die derzeitige Konstellation an diesem Schacht – infolge der Undichtigkeiten – bewirkt. Eine nähere quantitative Erfassung und Messung – insbesondere der Luftmengenverteilung – ist derzeit und mit dem derzeitigen Equipment unmöglich.

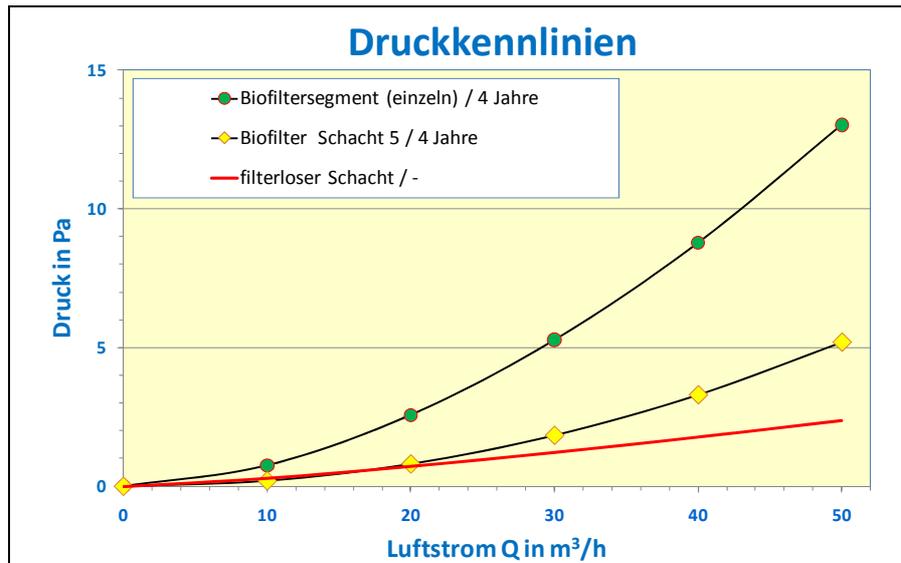


Abb. 37: Druckkennlinie des Schachts Nr. 5 (Gesamtsystem mit eingebautem Geruchsfilter), des Geruchsfilters aus Schacht Nr. 5 separat und des Schachtes ohne Geruchsfilter [24]

Es ist für den Filterwiderstand wichtig, dass die Druckkennlinie möglichst nahe an der Kennlinie für den Schacht ohne Geruchsfilter liegt.

6.4.1.2 Geruchsmessungen

Exemplarisch wurde ein Biofilter für Abwasserschächte auf seine Reinigungsleistung bezüglich Geruchsstoffen aus dem Abwasser mit folgenden Kenndaten untersucht:

- Luftvolumenstrom 1,90 m³/h
- Anströmfläche des Filters ca. 0,15 m²
- Volumen des Filtermaterials ca. 60 Liter
- bez. Anströmgeschwindigkeit q_A 12,4 m³/(m² * h)
- Druckdifferenz p ~ 0 hPa
- Alter des Filters: ca. 4 Jahre

Die Belastung des Filters wurde in weiten Grenzen variiert. Der Filter befand sich ca. 2 Wochen außerhalb des Kanals, so dass davon auszugehen ist, dass er bezüglich Feuchtigkeitsgehalt nicht optimal eingestellt war. Unter diesen Randbedingungen ergibt sich das in Abb. 38 wiedergegebene Bild.

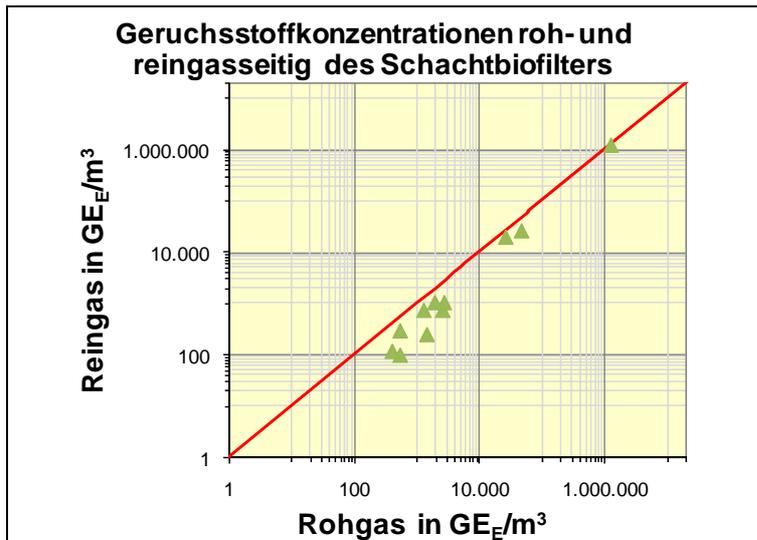


Abb. 38: Geruchsstoffkonzentration im Roh- und Reingas des untersuchten Biofilters für Abwasserschächte [24]

Trägt man den Filterwirkungsgrad über die Filterraumbelastung auf, so ergibt sich das in Abb. 39 ersichtliche Bild.

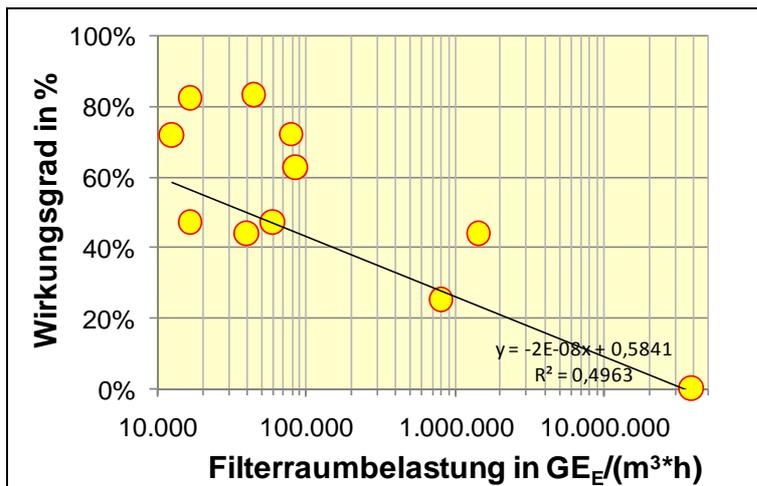


Abb. 39: Wirkungsgrad des Biofilters für Abwasserschächte von der Filterraumbelastung [24]

Beide Abbildungen zeigen, dass der untersuchte, nicht im optimalen Betriebszustand befindliche und bereits recht alte Biofilter bei normalen Belastungen ein Wirkungsgrad bis ca. 85 % erbringen kann. Überlastung führt allerdings zu einem starken Absinken der Reinigungsleistung.

6.4.1.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Gemäß [24] lassen sich aus den Messergebnissen folgende Schlüsse ziehen:

- Der Volumenstrom je Kanaldeckel bei natürlicher Lüftung ist messtechnisch (mit etwas Aufwand) erfassbar. Abschätzung aus bisherigen Messungen: bis 25 m³/h.
- Die natürliche Lüftung unterliegt starken Schwankungen.

- Die wahren Luftwege bei einem eingebauten Geruchsfilter sind praktisch nicht messbar. Nur indirekte Erfassung möglich.
- Geruchsabbau bisher gemessen um 60%, bis max. 85%, stark schwankend, abnehmend mit übermäßiger Filterraumbelastung.
- In der Praxis dürften sich alle Situationen finden:
 - Geruchsfilter mit hohem Widerstand, gute Dichtung: Verstopfen des Schachtes
 - Geruchsfilter mit hohem Widerstand, schlechte Dichtung: Geruchsemission
 - Geruchsfilter mit geringem Widerstand: (teilweise) Wirksamkeit
 - ... und beliebige Zwischenformen

Im Gesamtblick bleibt festzuhalten, dass die Erfahrungen aus den hier beschriebenen In-situ-Untersuchungen gut mit den Beobachtungen aus den Systemprüfungen übereinstimmen. So zeigte sich in der Systemprüfung für die Reinigungsleistung ein Mittelwert des Geruchswirkungsgrades aller untersuchten Geruchsfilter von 52 %, mit einem Maximalwert von 87 % (vgl. Tabelle 12). Die in den In-situ-Untersuchungen aufgenommenen Luft-Volumenströme entsprechen ebenfalls in ihrer Größenordnung dem Wertebereich der Systemprüfungen.

6.4.2 Beteiligte Netzbetreiber

Der Einsatz der getesteten Geruchsfilter und weiteren Produkte erfolgte in vorhandene Abwasserschächte der Städte Ahaus, Burscheid, Frankfurt a. M., Kiel, Köln, Leverkusen, Ludwigshafen und Magdeburg durch das Betriebspersonal der jeweiligen Entwässerungsbetriebe. Diese In-situ-Untersuchungen dienten zur Erfassung der Handhabbarkeit der Produkte beim Einsatz in bestehenden Abwasserschächten. Damit wurde die Plausibilität der Einsätze im Labor bzw. auf dem Versuchsgelände des IKT überprüft. Vor Ort wurde der Einbau der Produkte sowie Wirkung und Zustand in Betrieb befindlicher Produkte dokumentiert.

Tabelle 18 stellt die durchgeführten In-situ-Untersuchungen der Netzbetreiber zusammen.

Tabelle 18: In-situ-Untersuchungen der Netzbetreiber

GeruchsfILTER und sonstige Produkte, Anbieter	Ort / Datum
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP, Störk Umwelttechnik GmbH	kein Einsatz
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700, Störk Umwelttechnik GmbH	Magdeburg, Juli 2009
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00, COALSI® (Aktivkohlefilter)	Köln, August 2009
	Ludwigshafen, September 2009
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K, COALSI® (Hybridfilter)	kein Einsatz, da baugleich mit Geruchssperre BN 00.2001.00; die hier verwendete Hybridfiltermatte anstelle der Gasverteilungsmatte beim Produkt BN 00.2001.00 lässt jedoch auf veränderte Wirkung hinsichtlich Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung erwarten
EKO Biofilter Typ KF-400, Warwas	Kiel, September 2009
	Köln, September 2009
KanalschachtfILTER FIS 0600, ROMOLD GmbH	Ahaus, August 2009
	Burscheid, k.A.
	Kiel, September 2009
UGN®- HybridkanalschachtfILTER (Standard 170032), UGN - Umwelttechnik GmbH	Leverkusen, September 2009
	Ludwigshafen, September 2009
Gelmatte Gelactiv® SHK-P, Biothys GmbH	Burscheid, Juli, August, September und November 2009
	Magdeburg, März 2009
C&D Strong Plus Clemens & Dupont OHG	Frankfurt a. M., Oktober 2009

6.4.2.1 Ahaus

Von der Stadt Ahaus wurde der **ROMOLD KanalschachtfILTER FIS 0600** an insgesamt drei Betonabwasserschächten (Innendurchmesser 1000 mm) eines Schmutzwasserkanals mit einer Einstiegsöffnung von etwa 625 mm eingesetzt. Nach Angaben des Herstellers kann das Aktivkohlefiltersystem an Schachthalsdurchmesser zwischen 595 und 645 mm angepasst werden [27].

Für Montage und Einhängen des Filters in den Schacht wurden keine weiteren Hilfsmittel oder Werkzeuge benötigt. Die Abdichtung zwischen Filtersystem und Schachtwand wurde durch Anpassung eines umlaufenden Spannringes an den jeweiligen Schachthalsdurchmes-

ser erzielt. Auffallend war, dass nach dem Einbau in die Abwasserschächte an allen drei Filterkonstruktionen der Klappbügel des Spannrings so weit in den Schachthals hineinragte, dass das Einhängen der Schmutzfänger mit Schwierigkeiten verbunden war. Je Filter wurden etwa fünf Minuten für die Montage benötigt. Die Montage und der Einbau kann nach Einschätzung der Stadt Ahaus generell von einer Person durchgeführt werden.

In Tabelle 19 sind die wesentlichen Eckdaten zu dem Praxiseinsatz in Ahaus zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 19: In-situ-Untersuchung des ROMOLD Kanalschachtfilters FIS 0600 in Ahaus

Einsatzort	Frauenstraße, Ahaus
Einbaudatum	27.08.2009
Schacht	Betonschächte, DN 1000 (Einstiegsöffnung 625/1000 mm)
Schachtrahmen	k. A.
Einbaudauer	ca. 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	eine Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	Klappbügel des Spannrings ragte weit in den Schachthals hinein, das Einhängen des Schmutzfängers kann deshalb mit Schwierigkeiten verbunden sein

Die drei eingesetzten Aktivkohlefilter wurden bisher keiner expliziten Wartung unterzogen, jedoch treten seit ihrem Einbau aus den früheren Emissionsquellen keine unangenehmen Gerüche mehr aus.

6.4.2.2 Burscheid

Von den Technischen Werke Burscheid wurden sowohl die **Gelmatte Gelactiv® SHK-P** der Biothys GmbH als auch der **ROMOLD Kanalschachtfiler FIS 0600** der ROMOLD GmbH eingesetzt.

- **Gelmatte Gelactiv® SHK-P^a, Biothys GmbH**

Die Gelmatte Gelactiv® SHK-P der Biothys GmbH wurde in Burscheid in insgesamt neun verschiedenen Abwasserschächten eingesetzt. Im Vorfeld waren aus den ausgewählten Abwasserschächten unangenehme Gerüche ausgetreten, die vom Betriebspersonal teilweise als Schwefelwasserstoff identifiziert werden konnten. Die Einbau- und Wartungsarbeiten konnten nach Angaben des Betriebes durch eine Einzelperson vorgenommen werden und nahmen je Schacht ca. fünf Minuten in Anspruch. Für die Montage wurden keine Hilfsmittel oder Werkzeuge benötigt.

^a Abweichend von den Systemprüfungen „Reinigungsleistung“ wurde bei dieser In-situ-Untersuchung anstelle des Produktes Gelmatte Gelactiv® SHK-P und NHK-P nur das Produkt Gelmatte Gelactiv® SHK-P betrachtet, da in diesem Fall nur von Schwefelwasserstoff-Emissionen ausgegangen wurde. Die SHK-Platte ist gemäß Herstellerangaben für den Einsatz bei Schwefelwasserstoff-Emissionen geeignet. Die NHK-Platte ist gemäß Herstellerangaben für den Einsatz bei Ammoniak-Emissionen geeignet.

Die Gelmatte Gelactiv® SHK-P wurde gemäß Einbauanleitung (vgl. [28]) mit dem im Lieferumfang enthaltenen Befestigungsdraht an den Schmutzfängern montiert, so dass sie letztlich unterhalb der Schmutzfänger in den Abwasserschacht hinein hingen. Die Montage war zunächst mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da der Befestigungsdraht häufig aus den Ösen an den Gelmatten herausrutschte. Daraufhin wurde der Befestigungsdraht – abweichend von der Montageanleitung – direkt durch die Gelmatte hindurchgeführt. Durch diese Modifikation konnten die Gelmatten wie angestrebt in den Abwasserschächten montiert werden.

In Tabelle 20 sind die wesentlichen Eckdaten zu den Einsätzen der Gelmatte Gelactiv® SHK-P der Biothys GmbH in Burscheid enthalten.

Tabelle 20: In-situ-Untersuchung der Gelmatte Gelactiv® SHK-P (Biothys GmbH) in Burscheid

Einsatzort	Am Bremsenfeld, Burscheid Steinweg u.a., Burscheid
Einbaudatum	20.07.2009, 05.08.2009, 30.09.2009, 17.11.2009, 19.11.2009, 25.11. 2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	Vollguss und Gusseisen mit Beton (Passavant, Menk, GAV)
Einbaudauer	ca. 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	eine Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	Gelmatten fielen zum Teil von den Ösen, Befestigungsdraht wurde daraufhin direkt durch die Gelmatten geführt

Die in die Abwasserschächte eingehängten Gelmatten wurden ungefähr ein bis vier Monate nach Montage gewartet. Im Zuge der Wartungsarbeiten konnten an den Schächten keine unangenehmen Gerüche mehr festgestellt werden. Auch an den benachbarten Schächten wurden keine Geruchsemissionen wahrgenommen.

Für die genaue Inaugenscheinnahme war es generell erforderlich, die Gelmatte vorübergehend aus dem Schacht herauszunehmen. In allen Fällen befand sich die Gelmatte in optisch einwandfreiem Zustand, denn es waren weder Verschmutzungen noch Defekte erkennbar. Das Material der Gelmatte wies zum Teil etwas Feuchtigkeit auf.

Seit erfolgter Montage der Geruchsmatten wurden an den betroffenen Abwasserschächten keine unangenehmen Geruchsaustritte mehr festgestellt, lediglich der Eigengeruch des Wirkstoffes ist dort noch wahrzunehmen. Ein Austausch der Gelmatten war im vorliegenden Fall bisher noch nicht notwendig.

Bisherige Erfahrungen des Entwässerungsbetriebes mit dem Testprodukt haben gezeigt, dass die Wirkstoffabsonderung der Gelmatten durch Größenkonfektionierung entsprechend den vorhandenen Geruchsemissionen angepasst werden kann.

- **ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600, ROMOLD GmbH**

In insgesamt fünf Abwasserschächte der Stadtteile Hamberg, Rötzinghofen und Kotten in Burscheid wurde der Kanalschachtfilter FIS 0600 der ROMOLD GmbH eingesetzt. Für die Montage des Filters wurde seitens des Betriebspersonals ein Zeitaufwand von ca. zehn Minuten angegeben. Nach Angaben der Technischen Werke Burscheid waren für Montage und Einbau des Filters keine weiteren Hilfsmittel erforderlich. Der Einbau erforderte jedoch den Arbeitseinsatz von zwei Mitarbeitern. Insgesamt gestaltete sich der Einbauvorgang nach Einschätzung des Betriebspersonals als verhältnismäßig aufwendig. Tabelle 21 enthält die wesentlichen Eckdaten zu diesen Einsätzen.

Tabelle 21: In-situ-Untersuchung des ROMOLD Kanalschachtfilters FIS 0600 in Burscheid

Einsatzort	Burscheid: Stadtteile Hamberg, Rötzinghofen, Kotten
Einbaudatum	k. A.
Schacht	Beton, Innendurchmesser 1000 mm, Einstiegsöffnung 625 mm
Schachtrahmen	Vollguss und Gusseisen mit Beton (Passavant, Menk, GAV)
Einbaudauer	ca. 10 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	zwei Personen
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	/

Die erforderlichen Wartungsarbeiten an dem ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 können nach Einschätzung des Betriebspersonals von einer Einzelperson durchgeführt werden. Im vorliegenden Fall wurden diese Arbeiten an allen fünf Abwasserschächten im Rahmen einer routinemäßigen Überprüfung der GeruchsfILTER auf Funktionsfähigkeit durchgeführt. Nach Angaben des Betriebspersonals wurden an diesen Abwasserschächten keinerlei Geruchsemissionen festgestellt. In vier von fünf Fällen konnten jedoch an den benachbarten Abwasserschächten Geruchsaustritte wahrgenommen werden. Obwohl in den Abwasserschächten aufgrund von Platzmangel keine Schmutzfänger im Einsatz waren, wurde das Filtermaterial in überwiegend optisch einwandfreiem und unverschmutztem Zustand vorgefunden. Das Filtermaterial dieses Filters befindet sich in einem Filtersäckchen, das eigens für die Wartung aus dem Filtergehäuse entnommen werden kann (vgl. [36]). Bei vier von fünf Filtern wurde im Zuge der Wartung Feuchtigkeit am Filtermaterial festgestellt. Der Allgemeinzustand der Filter wurde vom Betriebspersonal überwiegend als einwandfrei bewertet. Bei zwei der GeruchsfILTER wurde jedoch eine sichtbare Verschmutzung des Filtermaterials beobachtet. Bei näherer Betrachtung wurde deutlich, dass in diesen Fällen die Wasserabläufe an den Filtersystemen verstopft waren, so dass Regenwasser nicht abfließen konnte. Einer der beiden Filter hatte sich aufgrund des erhöhten Gewichtes durch die Wasseransammlungen auf dem Gehäuse aus der Aufhängung im Schachtrahmen gelöst und war in den Schacht

hineingefallen. Nach Angaben des Betriebspersonals ist in diesen beiden Fällen ein Austausch des Filtermaterials erforderlich.

6.4.2.3 Frankfurt a. M.

Im Zuge des IKT-Warentests wurde von der Stadtentwässerung Frankfurt a. M. das Produkt **C&D Strong Plus** der Firma Clemens & Dupont OHG eingesetzt. Der dafür ausgewählte Abwasserschacht (Innendurchmesser 1000 mm) eines Mischwasserkanals der Stadt Frankfurt a. M. verfügte über einen Schachtrahmen aus Beton-Gusseisen (BEGU).

Dieses Produkt wurde zwar nicht in den zuvor durchgeführten Systemprüfungen untersucht, ist jedoch aufgrund des gleichen Wirkstoffes mit der Bezeichnung Neutrox-Gamma (vgl. [29]) mit dem zuvor getesteten **C&D Brick** der **Clemens & Dupont OHG** vergleichbar. Während der Wirkstoff bei dem C&D Brick in einer Hartfaserscheibe verarbeitet ist, befindet sich der Wirkstoff bei dem Produkt C&D Strong Plus in einem Plastikbehälter, der mit einer Kunststoffmembrane verschlossen ist. Weitere Unterschiede zwischen den Produkten bestehen zudem u. a. in der vom Hersteller angegebenen Wirkungsdauer sowie dem Anschaffungspreis.

Die Montage des Produktes C&D Strong Plus in Frankfurt a. M. erfolgte gemäß der mitgelieferten Einbauvorschrift und nahm ca. 15 Minuten in Anspruch. Nach Auskunft der Kommune ist die Montage des Produktes durch eine Einzelperson möglich.

In Tabelle 22 sind die wesentlichen Informationen zu dem Praxiseinsatz des Produktes C&D Strong Plus in Frankfurt a. M. zusammengefasst.

Tabelle 22: *In-situ-Untersuchung der C&D Strong Plus in Frankfurt a. M.*

Einsatzort	Goldsteinstraße, Frankfurt am Main
Einbaudatum	05.10.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser 1000 mm, Einstiegsöffnung 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton
Einbaudauer	ca. 15 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	eine Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung, Bindedraht
aufgetretene Probleme	/

Zwei Monate nach dem Einbau des Produktes C&D Strong Plus erfolgte an dem Versuchsschacht eine routinemäßige Wartung. Im Rahmen dieser Wartung war aus dem entsprechenden Schacht ein schwacher Geruchsaustritt feststellbar, dessen genaue Herkunft jedoch nicht bestimmt werden konnte. Nach Angaben des Betriebspersonals bestand Unklarheit darüber, ob es sich um Gerüche aus dem Abwasser, um den Eigengeruch des Produktes C&D Strong Plus oder aber um eine Kombination aus Abwasser- und Eigengeruch dieses Geruchsblockers handelte. An den Nachbarschächten wurden vom Betriebspersonal keine Geruchsemissionen festgestellt.

Das Produkt C&D Strong Plus und der Schmutzfang, an dem dieses Produkt bei der Montage befestigt worden war, zeigten sich bei der Wartung in unverschmutztem und voll funktionstüchtigem Zustand. Um die Beschaffenheit der „geruchsblockenden“ Substanz beurteilen zu können, wurde die Patrone aus dem Abwasserschacht herausgenommen und hinsichtlich optischer Auffälligkeiten untersucht. In diesem Zuge wurden keine optischen Mängel festgestellt, die Substanz wurde im unverschmutzten und leicht feuchtem Zustand vorgefunden.

Der Zeitaufwand für die Wartungsarbeiten wurde seitens des Betriebspersonals mit ca. 15 Minuten angegeben. Nach Einschätzung der Stadtentwässerung Frankfurt a. M. können Ein- und Ausbau im Rahmen einer Wartung ohne Weiteres durch eine Einzelperson vorgenommen werden. Bei Abwasserschächten im Fahrbahnbereich ist jedoch auch bei der Wartung aus Gründen der Arbeitssicherheit eine zweite Person einzuplanen.

Insgesamt wird die Handhabung des Produktes C&D Strong Plus hinsichtlich des Einbaus und der Wartung als unkompliziert und einfach beschrieben. Insbesondere aufgrund des geringen Gewichtes können die erforderlichen Arbeiten ohne Weiteres auch durch eine Einzelperson verrichtet werden.

Im vorliegenden Fall konnte nach Ansicht der Verantwortlichen eine schnelle und nachhaltige Beseitigung der Geruchsemissionen aus dem Abwasser bewirkt werden. Hinsichtlich der voraussichtlichen Wirkungsdauer war nur eine grobe Einschätzung möglich (4 bis 5 Monate), da die Patrone aufgrund von Bauarbeiten am Schachtbauwerk vorzeitig entfernt werden musste.

6.4.2.4 Kiel

Von der Stadtentwässerung der Landeshauptstadt Kiel wurde der **EKO Biofilter Typ KF-400** der Firma Warwas sowie der **ROMOLD KanalschachtfILTER FS 0600** (Aktivkohlefilter) der ROMOLD GmbH eingesetzt. Der Einbau beider Filtersysteme in Abwasserschächte der Stadt Kiel erfolgte im September 2009.

- **EKO Biofilter Typ KF-400, Warwas**

Der EKO Biofilter Typ KF-400 wurde in insgesamt acht Abwasserschächte aus Beton mit einem Innendurchmesser von 1000 mm und einer Einstiegsöffnung von 625 mm eingesetzt. Die Schachtrahmen dieser Abwasserschächte bestehen aus Gusseisen mit Beton (BEGU).

Nach Angaben der Stadtentwässerung war im Lieferumfang der Biofilter zwar keine Einbauanleitung enthalten, die Montage in den Abwasserschächten jedoch dennoch möglich. Die Einbaudauer pro Geruchsfilter variierte von ein bis fünf Minuten. Abwasserschächte mit Schmutzfänger erforderten für den Einbau dieser Filter einen höheren Zeitaufwand, da in diesen Fällen seitens des Betriebspersonals nach dem Einhängen des Filters mehrfach versucht wurde, die Schmutzfänger einzusetzen. Es zeigte sich jedoch, dass in diesen Fällen kein ausreichender Platz mehr für die Schmutzfänger vorhanden war.

Für das Einsetzen der Filtergehäuse waren keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

Die Abdichtung zwischen Schachtwand und Filterkörper wurde augenscheinlich bereits durch bloßes Einhängen der Biofilter über ein umlaufendes Dichtgummi erzielt, so dass

keine Zusatzarbeiten anfielen. Eine Anpassung an abweichende Schachthalsdurchmesser war im vorliegenden Fall nicht notwendig.

Insgesamt wurde der Einbau des Biofilters EKO-KF-400 von der Landeshauptstadt Kiel trotz fehlender Einbauanleitung als unproblematisch beschrieben. Tabelle 23 fasst die wesentlichen Informationen zu den Montagearbeiten in Kiel zusammen.

Tabelle 23: In-situ-Untersuchung des Eko-Biofilters KF-400 (Warwas) in Kiel

Einsatzort	Gutenbergstraße, Kiel Dänischhagener Straße, Kiel Bunsenstraße u. a., Kiel
Einbaudatum	16.09.2009 bis 21.09.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton
Einbaudauer	ca. 1 – 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	Schmutzfänger konnte aufgrund von Platzmangel anschließend nicht mehr eingesetzt werden

Wartungsarbeiten an den eingebauten Biofiltern wurden bisher nicht durchgeführt. Seit dem Einbau der Filter sind bei der Stadt Kiel keine neuen Meldungen über Geruchsbelästigungen aus den entsprechenden Abwasserschächten eingegangen.

- **ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600, ROMOLD GmbH**

In der Landeshauptstadt Kiel wurde an insgesamt sieben Abwasserschächten mit einem Innendurchmesser von 1000 mm und einer Einstiegsöffnung von 625 mm (Schmutzwassersystem) der ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 der ROMOLD GmbH näher untersucht. Der Einbau dauerte im vorliegenden Fall ca. zehn Minuten je Geruchsfilter.

Für die Montage der mitgelieferten Einhängewinkel an den Filtergrundkörper dieses Produktes wurde ein Schraubendreher benötigt. Die Abdichtung des Filtersystems erfolgt über eine Gummimanschette, die durch Umlegen des Spannverschlusses am Filtergrundkörper an die Schachtwand angepresst wird (vgl. [36]). Das eingesetzte Filtersystem kann nach Angaben des Herstellers über einen verstellbaren Spannring an verschiedene Schachthalsdurchmesser zwischen 595 und 645 mm angepasst werden. Dieser Anpassungsvorgang wird jedoch vom Betriebspersonal als kompliziert beschrieben. Aus diesem Grund werden für den Einbau des Geruchsfilters nach Einschätzung des Entwässerungsbetriebes zwei Personen benötigt. Insgesamt wird der Einbau dieser Produkte von der Landeshauptstadt Kiel als teilweise schwierig, aber dennoch unproblematisch beschrieben. In Tabelle 24 sind die wesentlichen Informationen zum Einbau des ROMOLD Kanalschachtfilters FIS 0600 in Kiel dargestellt.

Tabelle 24: In-situ-Untersuchung des Kanalschachtfilters FIS 0600 (Romold GmbH) in Kiel

Einsatzort	Gutenbergstraße, Kiel Dänischhagener Straße, Kiel Bunsenstraße u. a., Kiel
Einbaudatum	16.09.2009 bis 21.09.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton
Einbaudauer	ca. 10 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	2 Personen
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung, Schraubendreher (Kreuzschlitz) zur Montage der Einhängewinkel
aufgetretene Probleme	Anpassung des Filters an den Schachtdurchmesser umständlich

Die eingesetzten Filter wurden im vorliegenden Fall seit dem Einbau noch keiner Wartung unterzogen, es wurden jedoch auch keine aus den Schächten austretenden, unangenehmen Gerüche mehr wahrgenommen oder gemeldet. Unsicherheiten seitens des Betriebspersonals bestehen allerdings darüber, ob dieser Sachverhalt auf die Abluftreinigung der getesteten Filtersysteme oder aber eine mögliche Verschlusswirkung der Geruchsfilter zurückgeführt werden kann.

6.4.2.5 Köln

Bei den In-situ-Untersuchungen in Köln kamen der **EKO Biofilter Typ KF-400** von Warwas sowie die **COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00** (Aktivkohlefilter)^a der Firma COALSI® zum Einsatz. Für den Einbau wurden Betonabwasserschächte mit einem Innendurchmesser von 1000 mm und einer Einstiegsöffnung von 625 mm gewählt (Mischwassersystem). Die Schachtrahmen waren aus Gusseisen mit Beton.

- **COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00/03/04, COALSI®**
Die Anlieferung des Produktes erfolgte vorab ohne Dichtung, so dass im August 2009 auch der Einbau zunächst unbemerkt ohne Dichtung erfolgte. Insgesamt wurde der erste Einbau ohne Dichtung von den Stadtentwässerungsbetrieben (StEB) Köln als einfach und unproblematisch beschrieben und nahm ca. eine Minute in Anspruch. Insbesondere aufgrund des geringen Eigengewichtes kam das Betriebspersonal zu der Einschätzung, dass die Handhabung des Geruchsfilters im Rahmen von Einbau- und Wartungsarbeiten durch eine Einzelperson möglich ist. Mit Blick auf die Abdichtung zwischen Filterkörper und Schachtwand wird das geringe Eigengewicht seitens

^a Die **Geruchssperre BN 00.2001.00** (Aktivkohlefilter) ist baugleich mit der **Geruchssperre BN 00.2001.0K**, die in den Systemprüfungen auf Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung untersucht wurde. Die Geruchssperre BN 00.2001.0K enthält jedoch anstelle der Gasverteilungsmatte (Produkt BN 00.2001.00) - zusätzlich zur Aktivkohlematte - eine Hybridfiltermatte. Diese lässt auf eine veränderte Wirkung hinsichtlich Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung schließen.

der StEB allerdings eher als nachteilig eingeschätzt. Es wird vermutet, dass bereits im Fall leichter Verschmutzungen im Bereich des Schachthalses die Abdichtung beeinträchtigt werden kann, da das geringe Eigengewicht ggf. nicht zu einem festen Anliegen des Geruchsfilters führt. Der Geruchsfiler konnte nach dem Einsetzen in den Schacht ca. 2 cm in radialer Richtung bewegt werden, eine Anpassung an den Schachthalsdurchmesser war nicht möglich. Unklar war zu diesem Zeitpunkt, dass ein Bauteil des Geruchsfilters, nämlich die eigentliche Dichtung, in der Lieferung gar nicht enthalten und folglich auch nicht eingebaut war. Für gusseiserne Schachtrahmen mit innen liegendem Hohlraum wird seitens des Herstellers hingegen ein Adapterring angeboten (Adapterring für Hydroschachtrahmen Typ D 400, vgl. Tabelle 10), über den gleichzeitig auch die Dichtwirkung zwischen Gehäuse und Schacht erzielt wird (vgl. [33]). Für Schachtrahmen mit Betonkern ist im Lieferumfang des Herstellers jedoch keine Dichtung enthalten. Aus diesem Grund wurde nachträglich eine zu diesem Filtergehäuse passende Dichtung beim Hersteller bestellt. Daraufhin erhielten die StEB Köln im November 2009 vier ca. 50 cm lange selbstklebende Schaumstoffstreifen ohne Einbauanleitung, die durch Montage zwischen Filter und Schachtwand die gewünschte Abdichtung erzielen sollten. Trotz mehrerer Versuche konnte für die Schaumstoffstreifen keine geeignete Position gefunden werden. Nach der ersten Montage lag weiterhin ein Spalt von ca. 2 cm zwischen Filter und Schachtwand vor, eine Abänderung konnte den Spalt auf ca. 1 cm reduzieren (vgl. Abb. 40).

Da im vorliegenden Fall augenscheinlich die erforderliche Abdichtung zwischen Schachtwand und Geruchsfiler nicht erzielt werden konnte, wurde die Konstruktion des Geruchsfilters mit der gelieferten Dichtung von den StEB Köln für ungeeignet befunden.



Abb. 40: Restspalt von ca. 2 cm nach Erstmontage der Dichtungsstreifen (links), Restspalt von ca. 1 cm nach weiterer Korrektur (rechts) [51]

Bei der weiteren Begutachtung der Testprodukte deutlich, dass sich der Geruchsfiler der StEB Köln trotz gleicher Produktnummer von dem für die Systemprüfungen des IKT eingesetzten Filter unterscheidet. So war eine unterschiedliche Konstruktion der Aufhängung für den Filter zu erkennen. Der in Köln verwendete Geruchsfiler von COALSI® war mit Kunststoffnasen im Rahmen versehen. Der für die Systemprüfungen gelieferte Filter von COALSI® war stattdessen mit Metallhaken im Rahmen ausgebildet.

Wartungsarbeiten an dem entsprechenden Abwasserschacht haben seit dem Einbau des Produktes noch nicht stattgefunden. In Tabelle 25 sind die wesentlichen Eckdaten zu diesem Testeinsatz in Köln zusammengefasst.

Tabelle 25: In-situ-Untersuchung der COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 in Köln

Einsatzort	Ostmerheimerstraße, Köln (Betriebshof der StEB)
Einbaudatum	06.08.2009 (Einbau) 27.11.2009 (nachträgliche Montage mit Dichtung)
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton
Einbaudauer	ca. 1 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	Anlieferung des Filters zunächst ohne Dichtung; mit Hilfe der nachträglich angeforderten Dichtung konnte trotz mehrmaliger Versuche keine Dichtheit zwischen Schachtwand und Filterkonstruktion erreicht werden.

- **EKO Biofilter Typ KF-400, Warwas**

Der Einbau des EKO Biofilters Typ KF-400 im September 2009 wurde von den StEB Köln insgesamt als unproblematisch beschrieben und nahm ca. eine Minute in Anspruch. Nach Einschätzung des Entwässerungsbetriebes sind Einbau und Wartung des EKO-Biofilters durch eine Person möglich. Für die Montage des Filters wird ein Schraubendreher empfohlen, da laut Hersteller die Schrauben am Deckel des Filtergehäuses auf festen Sitz geprüft und ggf. angezogen werden sollten (vgl. [35]).

Für die Abdichtung zwischen Filter und Schachtwand befand sich am Filtergehäuse unmittelbar unterhalb der Aufhängung eine umlaufende Schaumgummidichtung, die nach dem Einsetzen des Biofilters dicht am Schachthals anliegen sollte. Nach Einschätzung der StEB Köln wurde im vorliegenden Fall die angestrebte Abdichtung auch hergestellt, denn nach Einbau des Biofilters wurde die Schaumgummidichtung vollflächig an die Schachtwand angepresst. Eine Anpassung an den vorhandenen Schachthalsdurchmesser wäre andernfalls mit dem getesteten Filtersystem nicht möglich gewesen.

In Tabelle 26 sind die wesentlichen Informationen zu dem Testeinsatz des EKO-Biofilters Typ KF-400 zusammengestellt.

Tabelle 26: In-situ-Untersuchung des EKO Biofilters Typ KF-400 (Warwas) in Köln

Einsatzort	Bonhoefferstraße, Köln
Einbaudatum	21.09.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton
Einbaudauer	ca. 1 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung, Schraubendreher
aufgetretene Probleme	keine

Zwei Wochen nach der Installation des Filters erfolgte eine außerplanmäßige Wartung. Im Rahmen dieser Wartung wurden in unmittelbarer Schachtnähe erneut schwache Geruchsemissionen (Schwefelwasserstoff) festgestellt. An den Nachbarschächten hingegen lagen keine Geruchsausstritte vor. Nach Entfernen der Schachtabdeckung zeigte sich der darunter befindliche Schmutzfänger in leicht verschmutztem, aber ansonsten intaktem Zustand. Auch der Geruchsfilter an sich wies keinerlei Defekte auf. Für die genaue Inaugenscheinnahme des Filtermaterials musste das komplette Gehäuse aus dem Schachthals entnommen werden, da kein separat herausnehmbares Behältnis für das Filtermaterial vorhanden ist. Das Filtermaterial war optisch einwandfrei und ohne Verschmutzungen. Es war nur etwas feucht, wurde aber im Verlauf der beschriebenen Wartung nicht erneut bewässert.

Nach ca. zehn Minuten waren die erforderlichen Arbeiten inklusive Ein- und Ausbau des Geruchsfilters ausgeführt.

6.4.2.6 Leverkusen

In Leverkusen wurde im September 2009 der **UGN®- HybridkanalschachtfILTER (Standard 170032)** der Firma UGN Umwelttechnik GmbH in einen Betonabwasserschacht (Innendurchmesser 1000 mm) eines Schmutzwasserkanals eingebaut. Beim Einbau verfügte der Schacht noch nicht über einen Schmutzfänger, wurde jedoch zu einem späteren Zeitpunkt nachträglich damit ausgestattet.

Der Einbau des Biofilters gemäß Einbauanleitung (vgl. [39]) dauerte fünf Minuten und konnte von einer Einzelperson durchgeführt werden. Vor dem Einbau mussten zunächst die Aufnahmewinkel an den Filtergrundkörper angeschraubt werden, wodurch eine geringe zeitliche Verzögerung beim Einbau des Filters entstand. Zudem musste im Vorfeld, bedingt durch die starre Anordnung der Aufnahmewinkel, die Einbauposition der Schachtabdeckung und den damit verbundenen vorgegebenen Sitz des Filterelementes, in dem betreffenden Schacht der obere Steigbügel entfernt werden.

Nach Angaben des Betriebspersonals waren nach dem Einbau optisch keine Undichtigkeiten zwischen Schachtwand und Geruchsfiler erkennbar, denn die am Filter befindliche Lippen- dichtung überbrückte den Ringspalt zwischen Schachtwand und Grundplatte des Filters.

In Tabelle 27 sind die wesentlichen Informationen zu dem Testeinsatz des Hybridkanal- schachtfilters in Leverkusen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 27: In-situ-Untersuchung des UGN[®]-Hybridkanalschachtfilters Standard 170032 (UGN Umwelttechnik GmbH) in Leverkusen

Einsatzort	Altenberger Straße, Leverkusen
Einbaudatum	18.11.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1000 mm, Einstiegsöffnung: 600 mm
Schachtrahmen	Gusseisen
Einbaudauer	ca. 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung, Schraubendreher
aufgetretene Probleme	Durch die starre Anordnung der Aufnahmewinkel, die Einbauposition der Schachtabdeckung und den damit verbundenen vorgegebenen Sitz des Filterelementes musste in dem Versuchsschacht der obere Steigbügel entfernt werden.

Der Biofilter wurde im weiteren Verlauf des Testeinsatzes insgesamt viermal gewartet. Die erste Wartung fand nach vier Wochen Standzeit statt, die folgenden drei nach neun, elf und 24 Wochen Standzeit. Es handelte sich in allen Fällen um Routinekontrollen, denen keine Beschwerden über Geruchsbelästigungen vorausgegangen waren. Auch unmittelbar an dem Abwasserschacht stellte das Betriebspersonal während der Wartungsarbeiten keine Geruchsemissionen fest. Bei allen Kontrollen wurden keine Auffälligkeiten beobachtet.

Das Filtermaterial des Biofilters befand sich nach Angaben der Technischen Betriebe Leverkusen in einem Filtereimer (Nassgewicht ca. 8 bis 10 kg), der für die Wartung separat aus dem Filtergrundkörper entnommen werden kann. Da das Filtermaterial bei jeder Wartung feucht war, fand im Rahmen der Wartungen keine erneute Bewässerung statt. Der Zustand des Filtermaterials nach vier und neun Wochen in Betrieb wurde als optisch einwandfrei bewertet, es war nicht verklumpt und frei von Verschmutzungen. Im Rahmen der beiden folgenden Wartungstermine hingegen waren leichte Verschmutzungen im Filtermaterial sichtbar. Dies ist möglicherweise aber auch darauf zurückzuführen, dass der Schmutzfänger nach dem Einbau des Biofilters erst etwas später in den betreffenden Abwasserschacht eingesetzt wurde.

Der Allgemeinzustand des Biofilters und der des Filtermaterials wurden für den weiteren Einsatz bei sämtlichen Wartungen als geeignet beurteilt, so dass kein Austausch des Filters oder des Filtermaterials erforderlich war. Nach Einschätzung der Technischen Betriebe Le-

verkusen können die Wartungsarbeiten an dem getesteten Biofilter prinzipiell auch durch eine Einzelperson vorgenommen werden.

6.4.2.7 Ludwigshafen

Von der Stadtentwässerung Ludwigshafen wurde im September 2009 der **UGN®- Hybridkanalschachtfilter (Standard 170032)** von UGN - Umwelttechnik GmbH sowie die **COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00** (Aktivkohlefilter)^a der Firma COALSI® in Abwasserschächte der Stadt Ludwigshafen eingesetzt.

- **COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00, COALSI®**

Der Aktivkohlefilter der Firma COALSI® wurde in Ludwigshafen in einen Abwasserschacht eines Mischwasserkanals eingesetzt. Der Innendurchmesser des betreffenden Abwasserschachtes betrug 1500 mm, der der Einstiegsöffnung 625 mm.

Der Einbau nahm nach Angaben des Entwässerungsbetriebes ca. 15 Minuten in Anspruch und konnte durch eine Person vorgenommen werden. Für den Einbau wurden keine weiteren Hilfsmittel oder Werkzeuge benötigt.

Der Einbauvorgang wurde als insgesamt unproblematisch beschrieben, denn neben dem Einsetzen des Filterkörpers in den Schachthals fielen keine Zusatzarbeiten bei der Installation an.

Tabelle 28 fasst die wesentlichen Eckdaten des Praxiseinsatzes in Ludwigshafen zusammen.

Tabelle 28: *In-situ-Untersuchung des COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00 in Ludwigshafen*

Einsatzort	Walzmühlstraße, Ludwigshafen am Rhein
Einbaudatum	01.09.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1500 mm, Einstieg: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton (BEGU-Rahmen, Passavant)
Einbaudauer	ca. 15 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	/

Nach mehr als vier Monaten in Betrieb wurde der Aktivkohlefilter einer Wartung unterzogen. Es handelte sich dabei um eine Routinekontrolle, der keinerlei Beschwerden über Geruchsausstritte vorausgegangen waren. Im Rahmen der Wartung wurden keine Mängel an dem Filterkörper und dem Filtermaterial vorgefunden.

^a Die **Geruchssperre BN 00.2001.00** (Aktivkohlefilter) ist baugleich mit der **Geruchssperre BN 00.2001.0K**, die in den Systemprüfungen auf Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung untersucht wurde. Die Geruchssperre BN 00.2001.0K enthält jedoch anstelle der Gasverteilungsmatte (Produkt BN 00.2001.00) - zusätzlich zur Aktivkohlematte - eine Hybridfiltermatte. Diese lässt auf eine veränderte Wirkung hinsichtlich Durchströmbarkeit und Reinigungsleistung schließen.

Zudem wurden keine Geruchsausstritte aus dem Abwasserschacht mehr festgestellt.

- **UGN®- Hybridkanalschachtfilter (Standard 170032), UGN Umwelttechnik GmbH**

Zu Beginn des Testeinsatzes bestanden bei der Stadt Ludwigshafen zunächst Unsicherheiten darüber, ob bei dem Hybridkanalschachtfilter im Vorfeld eine Aktivierung des Filtermaterials vorgenommen werden muss. Da jedoch im Lieferumfang keine Hinweise enthalten waren, wurde davon ausgegangen, dass der Geruchsfilter bereits in angeliefertem Zustand auch einsatzfähig ist. Als Einsatzort für den Hybridkanalschachtfilter wurde daraufhin ein Abwasserschacht eines Mischwasserkanals gewählt, der einen Innendurchmesser von 1200 mm hatte. Der Durchmesser des Schachteinstiegs betrug 625 mm.

Die Abdichtung des Filterkörpers zur Schachtwand erfolgte durch eine umlaufende Dichtmanschette. Eine Anpassung des Filterkörpers an den Schachthalsdurchmesser war nach Angaben des Entwässerungsbetriebes nicht nötig (Normschächte), konstruktionsbedingt allerdings auch nicht möglich.

Der Einbauvorgang in den Abwasserschacht war laut Betriebspersonal unproblematisch. Für den Einbau wurde im vorliegenden Fall insgesamt ca. 15 Minuten benötigt. Nach Einschätzung der Stadtentwässerung Ludwigshafen kann der Einbau auch problemlos von einer Person durchgeführt werden.

In Tabelle 29 sind die wesentlichen Informationen zu dem Testeinsatz des Hybridkanalschachtfilters zusammengestellt.

Tabelle 29: *In-situ-Untersuchung des UGN®- Hybridkanalschachtfilter, Standard 170032 (UGN-Umwelttechnik GmbH) in Ludwigshafen*

Einsatzort	Hohenzollernstraße, Ludwigshafen am Rhein
Einbaudatum	07.09.2009
Schacht	Beton, Innendurchmesser: 1200 mm, Einstieg: 625 mm
Schachtrahmen	Gusseisen mit Beton (Passavant)
Einbaudauer	ca. 15 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	/

Nach etwa vier Monaten Betriebsdauer fanden Wartungsarbeiten an dem eingesetzten Geruchsfilter statt. Der Zustand des Geruchsfilters und des Filtermaterials wurde hierbei als einwandfrei bewertet. Geruchsemissionen wurden im Zuge der Wartung nicht mehr festgestellt. Seit dem Einsatz des Geruchsfilters gehen laut Stadtentwässerung Ludwigshafen weniger Beschwerden von Anwohnern ein.

6.4.2.8 Magdeburg

Von der Städtische Werke Magdeburg GmbH wurde die **belflor®-Biofilterpatrone FIP 700** der Störk Umwelttechnik GmbH sowie die **Gelactiv® SHK-Platten** der Biothys GmbH im Rahmen der In-situ-Untersuchungen eingesetzt. Der Einsatz des belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 erfolgte an insgesamt zwei Abwasserschächten in Magdeburg. Der Einsatz der Gelactiv® SHK-Platten wurden an zahlreichen Einsatzorten innerhalb des Stadtgebietes von Magdeburg erprobt.

- **belflor®-Biofilterpatrone FIP 700, Störk Umwelttechnik GmbH**

Für den In-situ-Einsatz der belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 wurden zwei Abwasserschächte mit einem Schachthalsdurchmesser von 625 mm ausgewählt.

Die Abdichtung zwischen Biofilter und Schachtwand erfolgte über einen Dichtring, der vor dem Einsetzen in den Schachtrahmen um den Montagering des Filters herumgelegt wurde. Im Lieferumfang des Biofilters waren zwei Dichtringe unterschiedlichen Durchmessers enthalten, die gemäß Herstellerangaben eine Anpassung an andere Schachthalsdurchmesser zwischen 610 und 625 mm ermöglichen (vgl. [32]). Nach dem Aufbringen der Dichtung und dem Einlegen des Montageringes in den Schachtrahmen wurde der Filterkörper in den Montagering eingehängt. Weitere Arbeiten waren nicht erforderlich. Für den Einbau der Filterelemente wurde kein Werkzeug o. ä. benötigt. Der Einbau erforderte einen Zeitaufwand von jeweils ca. fünf Minuten. Nach Einschätzung des Betriebspersonals kann ein ordnungsgemäßer Einbau des Biofilters nur mit zwei Personen vor Ort vorgenommen werden, da die Dichtung beim Einsetzen in den Schacht gleichzeitig manuell mitgeführt werden muss.

Die maßgebenden Eckdaten zu dem Testeinsatz des Biofilters in Magdeburg sind in Tabelle 30 aufgeführt.

Tabelle 30: In-situ-Untersuchung der belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 (Störk Umwelttechnik GmbH) in Magdeburg

Einsatzort	August-Bebel-Damm, Magdeburg Bleckenburgstraße, Magdeburg
Einbaudatum	16.07.2009
Schacht	Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	k. A.
Einbaudauer	ca. 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	2 Personen
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung
aufgetretene Probleme	keine

Nach sieben bzw. 22 Wochen in Betrieb wurden die beiden Biofilter einer Wartung unterzogen. Bei beiden Kontrollen wurden vor Ort sowohl unmittelbar am Versuchschacht

als auch an den Nachbarschächten schwache Geruchsausstritte festgestellt, die vom Betriebspersonal als Schwefelwasserstoff identifiziert wurden. Es wird vermutet, dass die Abluftbelastung mit Schwefelwasserstoff im vorliegenden Fall für das Reinigungsvermögen des Biofilters zu hoch war. Dies führt nach Einschätzung der Städtischen Werke Magdeburg möglicherweise dazu, dass der Schwefelwasserstoff nicht vollständig herausgefiltert werden konnte.

Die Schmutzfänger der Abwasserschächte zeigten sich nach Abnehmen der Schachtabdeckung in einem leicht verschmutzten Zustand. Nach Auskunft des Entwässerungsbetriebes befindet sich das Filtermaterial bei der belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 in einem Eimer, der im Rahmen von Wartungsarbeiten von einer Person separat herausgenommen werden kann. Das Filtermaterial zeigte bei den Wartungsarbeiten einen optisch einwandfreien Zustand, so dass kein Austausch erforderlich war. Eine erneute Bewässerung des Filtermaterials war nicht notwendig, da dieses noch ausreichend Feuchtigkeit aufwies.

- **Gelmatte Gelactiv® SHK-P^a, Biothys GmbH**

Die Gelmatte Gelactiv® SHK-P der Biothys GmbH wurde in Magdeburg u. a. in einen Abwasserschacht eines Mischwasserkanals eingesetzt. Installation und Wartung des Produktes wurden in diesem Fall von den Mitarbeitern der Städtischen Werke Magdeburg dokumentiert.

Für die Installation des Produktes ist laut Angaben des Betriebspersonals Bindedraht erforderlich. Abweichend von der Einbauanleitung wurde die Gelmatte Gelactiv® SHK-P im vorliegenden Fall nicht unterhalb des Schmutzfängers, sondern mit dem Bindedraht an einem der oberen beiden Steigeisen befestigt. Für die Montage im Schacht wurde seitens des Betriebspersonals ein Zeitaufwand von ca. fünf Minuten angegeben. Nach Einschätzung der Städtischen Werke Magdeburg kann der Einbau der Gelmatte Gelactiv® SHK-P generell von einer Person durchgeführt werden.

Bei sämtlichen Einsätzen dieses Produktes in Abwasserschächten der Stadt Magdeburg wurden Geruchsemissionen festgestellt, die nach Einschätzung des Betriebspersonals jedoch auf den charakteristischen Eigengeruch des Produktes zurückzuführen waren. Unangenehme Gerüche aus dem Abwasser wurden in diesen Bereichen nicht mehr festgestellt.

In Tabelle 31 sind die maßgebenden Informationen zu dem In-situ-Einsatz der Gelmaten in Magdeburg zusammengestellt.

^a Abweichend von den Systemprüfungen „Reinigungsleistung“ wurde bei dieser In-situ-Untersuchung anstelle des Produktes Gelmatte Gelactiv® SHK-P und NHK-P nur das Produkt Gelmatte Gelactiv® SHK-P betrachtet, da in diesem Fall nur von Schwefelwasserstoff-Emissionen ausgegangen wurde. Die SHK-Platte ist gemäß Herstellerangaben für den Einsatz bei Schwefelwasserstoff-Emissionen geeignet. Die NHK-Platte ist gemäß Herstellerangaben für den Einsatz bei Ammoniak-Emissionen geeignet.

Tabelle 31: *In-situ-Untersuchung der Gelmatte Gelactiv® SHK-P (Biothys GmbH) in Magdeburg*

Einsatzort	An der Elbe u. a., Magdeburg
Einbaudatum	04.03.2009
Schacht	Einstiegsöffnung: 625 mm
Schachtrahmen	k. A.
Einbaudauer	ca. 5 min
Personalbedarf für Einbau und Montage	1 Person
Hilfsmittel / Werkzeug	Öffnungswerkzeug für Schachtabdeckung, Kabelbinder
aufgetretene Probleme	keine

An dem entsprechenden Abwasserschacht wurden 29 bzw. 44 Wochen nach Montage des Produktes Wartungsarbeiten durchgeführt. Für eine umfangreiche Inaugenscheinnahme wurde die Gelmatte kurzzeitig vollständig aus dem Schacht herausgenommen. Im Rahmen beider Wartungen wurde der Schmutzfang des Schachtes in leicht verschmutztem, aber intaktem Zustand vorgefunden. Während die Gelmatte bei der ersten Wartung noch als optisch einwandfrei bewertet wurde, zeigte sich im Rahmen der zweiten Wartung ein veränderter Zustand. So konnte im Rahmen der zweiten Wartung der charakteristische Eigengeruch der Gelmatte nicht mehr wahrgenommen werden. Nach optischer Begutachtung der Gelmatte wurde deutlich, dass das Material abgenutzt und aufgebraucht war. In Abb. 41 ist die Gelmatte Gelactiv® SHK- zum Zeitpunkt der ersten Wartung nach 29 Wochen in Betrieb dargestellt.

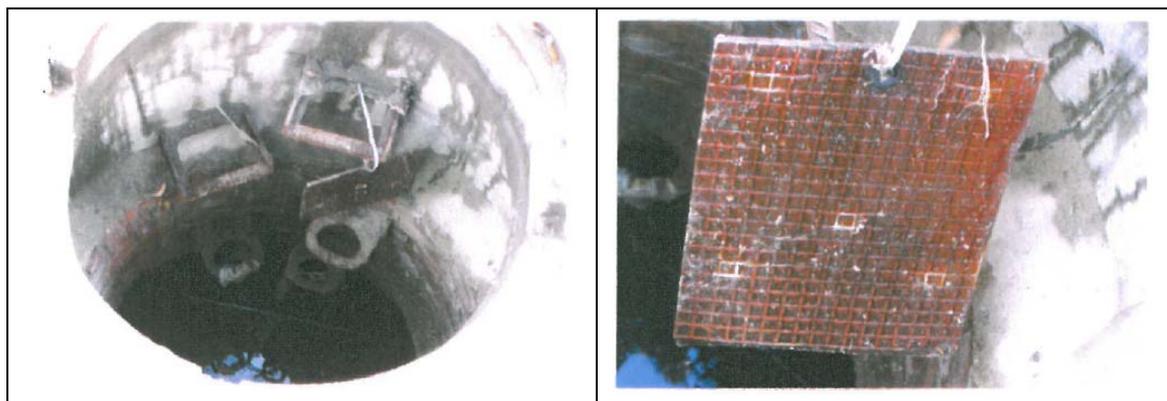


Abb. 41: *Gelmatte Gelactiv® SHK-P an einem Steigeisen des Schachtes montiert (links); Nahansicht der Gelmatte Gelactiv® SHK-P bei der ersten Wartung (rechts) [52]*

7 Bewertungsschema und Prüfurteile

Ziel des IKT-Warentests ist es, die am Markt angebotenen Produkte und Verfahren zu bewerten, Verbesserungspotenziale aufzuzeigen und gleichzeitig einen entsprechenden Marktdruck aufzubauen, damit diese Potenziale von den Anbietern auch genutzt werden. Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte gestellt werden und wie die Produkte vor diesem Hintergrund zu bewerten sind.

Dementsprechend wurde in den Arbeitssitzungen des IKT-Warentests „Geruchsfilter“ das Vorgehen zur Bewertung der Produkte von den beteiligten Kanalnetzbetreibern festgelegt. Die Bewertung der Systemprüfungen erfolgt auf Grundlage der Laboruntersuchungen der Geruchsfilter am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München und am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart.

Der Einsatz der Geruchsfilter und weiteren Produkte wurde auch unter In-situ-Bedingungen untersucht. Aufgrund der in diesen Fällen nicht vergleichbaren Randbedingungen fließen diese Ergebnisse nicht in die Ermittlung der IKT-Prüfurteile (Noten) für die Geruchsfilter ein, sondern werden ebenso wie die Ergebnisse für die weiteren Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, als Zusatzinformation berücksichtigt.

7.1 Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ der Produkthanbieter“

Der Bewertungsschwerpunkt „*Qualitätssicherung*“ der Produkthanbieter geht mit 10 % in das jeweilige Prüfurteil ein.

In den Bewertungsschwerpunkt fließen die drei Bewertungsfälle „Einbau- und Wartungsbeschreibung“, „Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien“ und „Entsorgbarkeit der Filtermaterialien“ ein. Die Bewertungsfälle werden nach dem Kriterium „ja/nein“ bewertet. „Ja“ bedeutet, die entsprechende Qualitätssicherung konnte vollständig nachgewiesen werden. „Nein“ steht für das Fehlen eines entsprechenden Nachweises.

Die Bewertungsfälle fließen zu den in Tabelle 32 dargestellten Anteilen in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „*Qualitätssicherung*“ der Produkthanbieter ein.

Tabelle 32: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Produktanbieter“

Bewertungsfälle	Kriterien	Gewichtung
Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung	ja / nein	50 %
Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien	ja / nein	40 %
Empfehlungen über die Entsorgbarkeit der Filtermaterialien	ja / nein	10 %

Die Ergebnisse werden durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet (Abb. 42). Hierbei stehen 100 % für die Note „sehr gut (1,0)“ und 0 % für die Note „ungenügend (6,0)“.

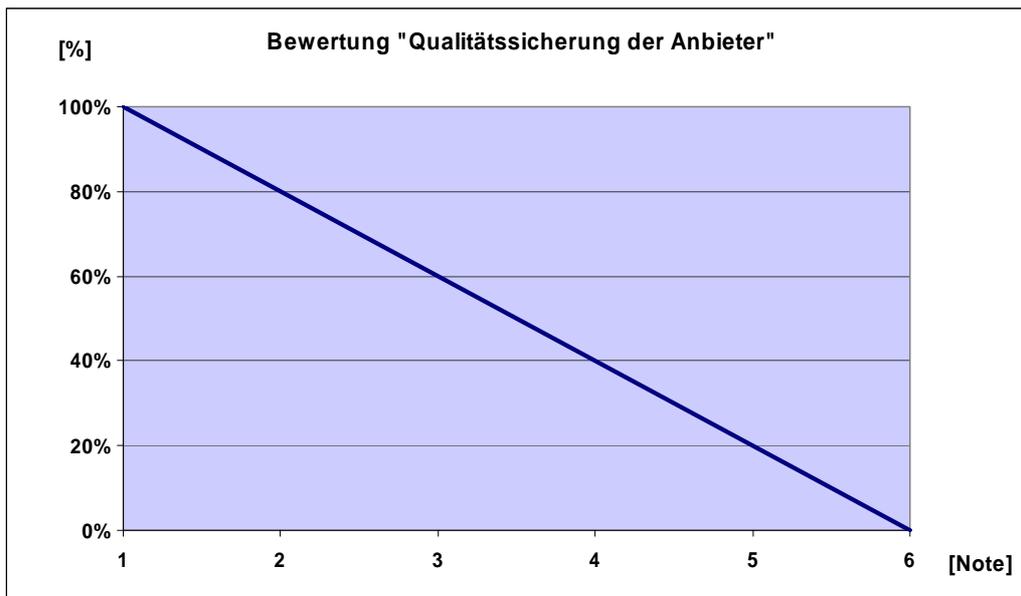


Abb. 42: Lineare Funktion zur Bewertung der "Qualitätssicherung"

In Tabelle 33 sind die sich vor diesem Hintergrund ergebenden Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ für die eingesetzten Geruchsfilter zusammengestellt.

Tabelle 33: Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“

Produkt, Anbieter	Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung	Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien	Empfehlungen über die Entsorgbarkeit der Filtermaterialien	Note
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	ja	ja	ja	sehr gut (1,0)
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	ja	ja	ja	sehr gut (1,0)
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K	ja	ja	ja	sehr gut (1,0)
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00	<i>keine Bewertung</i>			
EKO Biofilter Typ KF-400	ja	nein ¹	nein ²	befriedigend (3,5)
ROMOLD Kanalschachtfiter FIS 0600,	ja	ja	ja	sehr gut (1,0)
UGN®-Hybrid- Kanalschachtfiter, Standard 170032	ja	ja	ja	sehr gut (1,0)

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

¹ Es wurden keine Nachweise vorgelegt.

² Unzureichende Angaben.

7.2 Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Der Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ geht mit 80 % in das jeweilige Prüfurteil ein.

Die Bewertung der Systemprüfungen erfolgt auf Grundlage der Laboruntersuchungen der Geruchsfilter hinsichtlich Durchströmbarkeit am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München und auf Grundlage der Laboruntersuchungen hinsichtlich Reinigungsleistung am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart. Es fließen die Bewertungsfälle „Wirkungsgrad Durchströmbarkeit“, „Geruchswirkungsgrad“ und „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“ ein.

Der Bewertungsfall „**Wirkungsgrad Durchströmbarkeit**“ beschreibt, inwieweit die geruchsbeladene Abluft bei einem definierten Differenzdruck zwischen Kanal und Umgebung den Geruchsfilter durchströmt. Der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit ermittelt sich aus dem Verhältnis des mittels Laborversuchen ermittelten Volumenstroms durch den Filter (Filterdurchsatz) Q_F zum Bezugsvolumenstrom Q_B , der bei gleicher Druckdifferenz in einem filterlosen Abwasserschacht mit Lüftungsöffnungen in der Schachtabdeckung vorzufinden ist. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sich aus der Differenz aus Bezugsvolumenstrom Q_B und Filterdurchsatz Q_F zusammen mit den in den Laborversuchen ermittelten Leckmengen Q_L die Menge geruchsbeladener Luft ergibt, die bei vorgegebener Druckdifferenz zwischen Kanal und Außenbereich im Entwässerungssystem verbleibt (Q_K). Für den Filterdurchsatz werden

die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen der Geruchsfilter auf Strömungswiderstände bzw. Luft-Durchlässigkeit herangezogen, die jeweils bei hoher ($> 90\%$) und niedriger Luftfeuchte ($< 20\%$) durchgeführt wurden. Anhand der ermittelten Kennlinien der Filterdurchsätze für die jeweiligen Filter wird der für einen bestimmten Differenzdruck vorzufindende Abluft-Volumenstrom durch den Filter Q_F ermittelt. Dies erfolgt jeweils bei Druckdifferenzen zwischen Kanal und Außenbereich von $\Delta p = 5\text{ Pa}$, 10 Pa , 20 Pa , 25 Pa und 50 Pa . Der für die jeweiligen Druckzustände ermittelte Wirkungsgrad Durchströmbarkeit (Filterdurchsatz) Q_F/Q_B wird arithmetisch gemittelt und anschließend durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet (vgl. Abb. 43). Der maximale Wirkungsgrad der Durchströmbarkeit Q_F/Q_B wird hierbei nach Abstimmung mit den beteiligten Netzbetreibern auf $66,67\%$ statt auf 100% gesetzt, da die Luft-Durchströmbarkeit in der Praxis auch ohne Filtereinsatz bereits durch mehr oder weniger verschmutzte Schmutzfänger in den Abwasserschächten abgemindert sein kann. Aus den dementsprechend ermittelten Teilnoten für den Wirkungsgrad bei niedriger Luftfeuchte ($< 20\%$) und hoher Luftfeuchte ($> 90\%$) wird anschließend nochmals ein arithmetischer Mittelwert gebildet, der die Gesamtnote für den Wirkungsgrad Durchströmbarkeit darstellt.

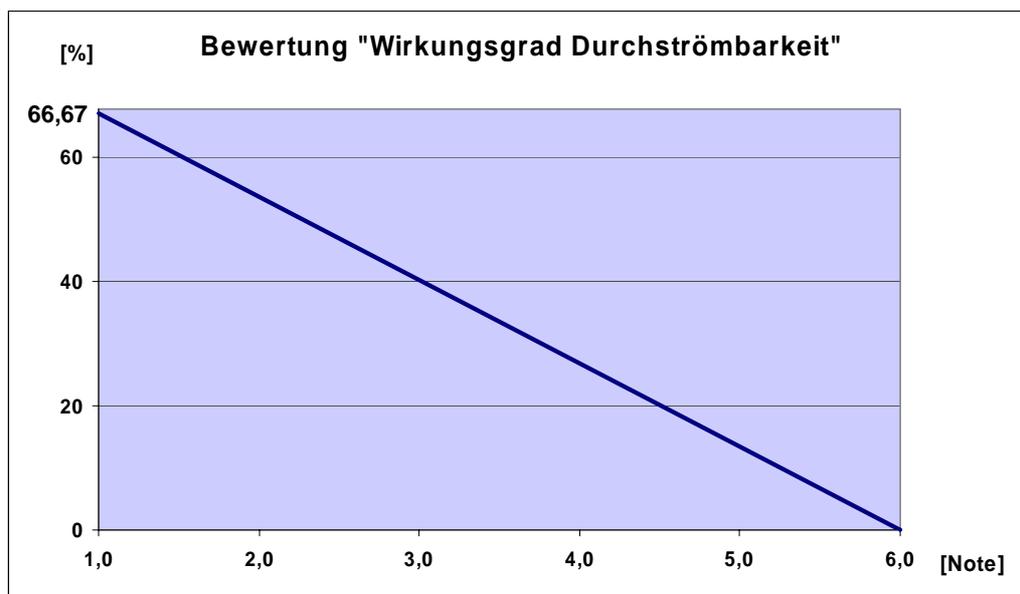


Abb. 43: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Wirkungsgrad Durchströmbarkeit“

Bei Geruchsfiltern, die bereits bei niedrigen Druckzuständen ($\Delta p < 5\text{ Pa}$) einen relativ hohen Filterdurchsatz aufweisen ($Q_F \geq 20\text{ m}^3/\text{h}$), wird der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt. In diesem Fall wird für die Benotung der so errechnete Wirkungsgrad Durchströmbarkeit zu Grunde gelegt.

Der „**Geruchswirkungsgrad**“ gibt aufgrund olfaktometrischer Betrachtung an, inwieweit die Geruchsstoffkonzentration eines zuvor festgelegten Gasgemisches aus Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Limonen und Dimethylsulfid nach dem Durchströmen des Filters reduziert wird. Die Geruchsstoffkonzentration wird hierbei unmittelbar vor dem Durchströmen des Filters im Rohgas und nach dem Durchströmen des Filters im Reingas bei einem Volumenstrom von $20\text{ m}^3/\text{h}$ durch olfaktometrische Messungen in GE/m^3 ermittelt. Die Ergebnisse

werden durch eine lineare Funktion auf Noten abgebildet (vgl. Abb. 44). Bei einem „Geruchswirkungsgrad“ von 100 % wird die Note 1,0 vergeben, ist hingegen keine Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration erkennbar, wird die Note 6,0 erteilt.

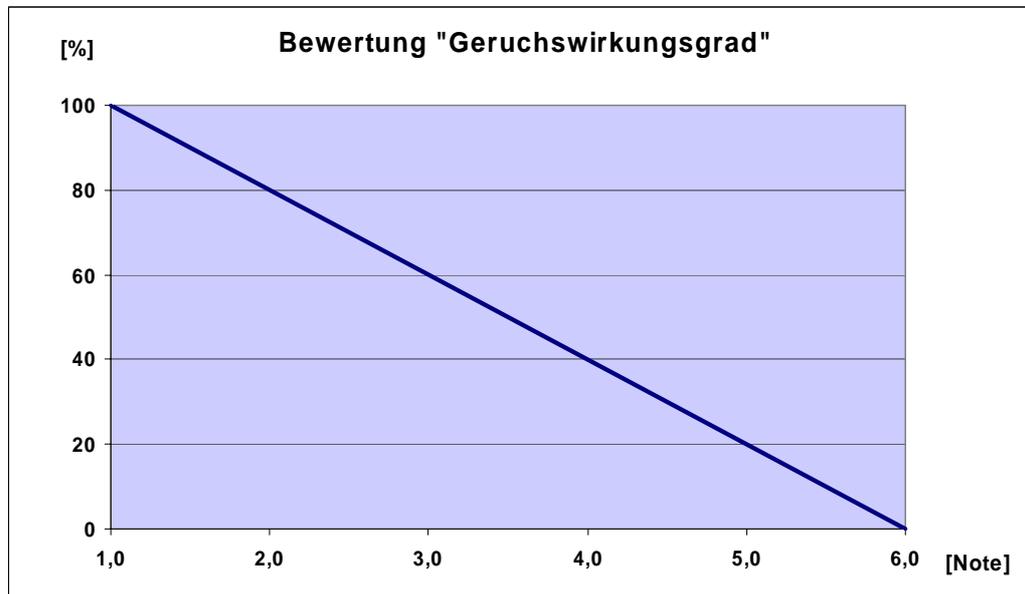


Abb. 44: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Geruchswirkungsgrad“

Der Bewertungsfall „**Wirkungsgrad Stoffrückhalt**“ beschreibt, inwieweit die Konzentration der Gaskomponenten des zuvor festgelegten Gasgemisches aus Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Limonen und Dimethyldisulfid nach dem Durchströmen des Filters reduziert wird. Die Konzentrationsmessungen erfolgten jeweils bei einem Luftvolumenstrom von 1 m³/h, 5 m³/h, 20 m³/h und 50 m³/h. Der für die Luftvolumenströme ermittelte „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“ der vier Gaskomponenten wird zunächst arithmetisch gemittelt. Anschließend wird jeweils eine Teilnote pro Gaskomponente vergeben. Dabei wird der „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“ gemäß Abb. 45 durch eine lineare Funktion von 0 bis 100 % auf Noten zwischen 1,0 und 6,0 abgebildet. Aus den so ermittelten vier Teilnoten wird für jeden Geruchsfilter eine Gesamtnote für den „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“ gebildet. Mit Blick auf die Relevanz der Gaskomponenten bei Geruchsbelästigungen von Entwässerungsanlagen (vgl. Abb. 23), wird dabei in Abstimmung mit den am IKT-Warentest beteiligten Netzbetreibern folgende Gewichtung der vier Teilnoten vorgenommen:

- Limonen: 10 %
- Ammoniak: 15 %
- Dimethyldisulfid: 30 %
- Schwefelwasserstoff: 45 %

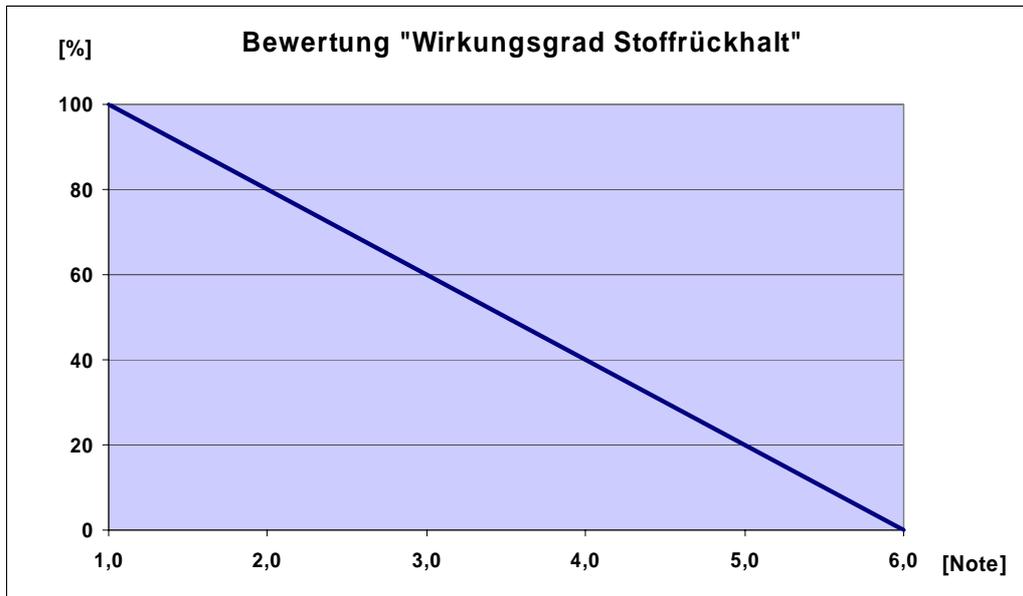


Abb. 45: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“

In den Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ fließen die Bewertungsfälle „Wirkungsgrad Durchströmbarkeit“ und „Geruchswirkungsgrad“ jeweils mit 40 % sowie der Bewertungsfall „Wirkungsgrad Stoffrückhalt“ mit 20 % ein. Tabelle 34 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Systemprüfungen“.

Tabelle 34: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Bewertungsfälle	Kriterien
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit (40%) ¹	niedrige Luftfeuchte (50%)
	hohe Luftfeuchte (50%)
Geruchswirkungsgrad (40%) ²	Olfaktometrie DIN EN 13725
Wirkungsgrad Stoffrückhalt (20%) ³	Limonen (10%)
	Ammoniak (15%)
	Dimethyldisulfid (30%)
	Schwefelwasserstoff (45%)
¹ Mittelwertbildung aus Einzelnoten für den Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bei einem Druckdifferenz Δp von jeweils 5 Pa, 10 Pa, 20 Pa, 25 Pa und 50 Pa; Geruchsfilter, die bereits bei niedrigen Druckzuständen einen relativ hohen Filterdurchsatz aufweisen ($Q_F \geq 20 \text{ m}^3/\text{h}$), wird der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit bis zum maximal messtechnisch erfassbaren Druckzustand ermittelt und für die Benotung zu Grunde gelegt.	
² geruchsmindernde Wirkung des untersuchten Filters bei einem durchschnittlichen Abluft-Volumenstrom von $V = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ bestehend aus einem Gasgemisch aus 10 ppm Schwefelwasserstoff, 10 ppm Dimethyldisulfid, 10 ppm Ammoniak und 10 ppm Limonen	
³ Benotung des Mittelwertes aus dem Wirkungsgrad Stoffrückhalt bei einem Abluft-Volumenstrom V von jeweils 1 m^3/h , 5 m^3/h , 20 m^3/h und 50 m^3/h	

Die Auswertung der Prüfergebnisse nach dem Bewertungsschema der Tabelle 34 führt zu den in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Einzelnoten für die Systemprüfungen im Labor.

Tabelle 35: Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“

Produkt, Anbieter	Wirkungsgrad Durchströmbarkeit ¹ (40 %)	Geruchswirkungsgrad ² (40 %)	Wirkungsgrad Stoffrückhalt ³ (20 %)				Note ⁴
			Schwefelwasserstoff (45 %)	DMDS (30 %)	Ammoniak (15 %)	Limonen (10 %)	
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	2,5	5,5	4,7	5,6	5,0	5,4	ausreichend (4,2)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 5,1				
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	5,1	2,9	3,9	4,7	3,3	5,0	ausreichend (4,0)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 4,2				
COALSI® Geruchsperre BN 00.2001.0K (inkl. Adapterring)	3,6	2,9	1,9	2,6	3,6	3,2	befriedigend (3,1)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 2,5				
COALSI® Geruchsperre BN 00.2001.00 (inkl. Adapterring)	<i>keine Bewertung</i>						
EKO Biofilter Typ KF-400	5,2	4,5	4,2	4,6	3,5	5,3	mangelhaft (4,7)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 4,3				
ROMOLD Kanalschachtfiter FIS 0600	5,5	1,7	1,8	1,4	5,5	1,7	befriedigend (3,3)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 2,2				
UGN®-Hybrid-Kanalschachtfiter, Standard 170032	5,4	2,9	2,6	5,5	2,5	5,7	ausreichend (4,1)
			Gesamtnote Stoffrückhalt: 3,7				

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 11 dargestellten Ergebnissen.

² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 13 dargestellten Ergebnissen.

³ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 12 dargestellten Ergebnissen.

³ Mittelwertbildung mit ungerundeten Werten.

7.3 Bewertungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“

Der Bewertungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“ fließt insgesamt zu einem Anteil von 10 % in die Endnote der einzelnen Testprodukte ein.

Bewertet werden im Rahmen der „Handhabbarkeit“ zwei Charakteristiken der Geruchsfilter, die für den Einbaukomfort und –erfolg von Bedeutung sind, nämlich zum einen das „Gewicht“ der Filtersysteme und zum anderen deren „Passgenauigkeit“.

Für den Untersuchungspunkt „**Gewicht**“ wurde zunächst die Masse der jeweils schwersten Einzelkomponente jedes Filtersystems ermittelt, denn diese stellt die maximal anzuhebende Last für das Betriebspersonal bei den Einbau- und Wartungsarbeiten dar. Des Weiteren wurden in Anlehnung an die Leitmerkmalmethode der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Ar-

beitssicherheit [50] insgesamt fünf verschiedene Lastklassen gebildet. Anwendung finden im vorliegenden Fall die Lastwichtungen für Frauen (vgl. Tabelle 36).

Tabelle 36: Bestimmung der Wichtung von Last in Anlehnung an die Leitmerkmalmethode der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit [50]

Klasse	Wirksame Last * für Männer	Lastwichtung **	Wirksame Last * für Frauen	Lastwichtung **
1	< 10 kg	1	< 5 kg	1
2	10 bis < 20 kg	2	5 bis < 10 kg	1 - 2
3	20 bis < 30 kg	4	10 bis < 15 kg	2 - 4
4	30 bis < 40 kg	7	15 bis < 25 kg	4 - 7
5	≥ 40 kg	25	≥ 25 kg	7 - 25

* Wirksame Last = Last, die der Beschäftigte bei der Lasthandhabung tatsächlich ausgleichen muss (entspricht nicht immer der Lastmasse).

** Lastwichtungen innerhalb der angegebenen Lastgrenzen werden linear interpoliert.

Entsprechend dem Gewicht der schwersten Einzelkomponente wird jedes Testprodukt in eine Gewichtsklasse bzw. gemäß Tabelle 36 in eine Lastwichtungsklasse eingeordnet. Dabei wird unterschieden in insgesamt fünf unterschiedliche Lastwichtungsklassen.

Besitzt die schwerste Einzelkomponente ein Gewicht unter 5 kg und wird somit der Klasse 1 zugeordnet, erhält sie die Teilnote 1,0 für den Bewertungspunkt „Gewicht“, bei einem Gewicht von über 25 kg (Klasse 5) hingegen wird die Teilnote 6,0 vergeben. Innerhalb der Klassen zwei bis vier wird dem jeweiligen Gewicht linear innerhalb der jeweiligen Klasse interpoliert eine Lastwichtung zugeordnet und diese gemäß Abb. 46 auf Noten abgebildet.

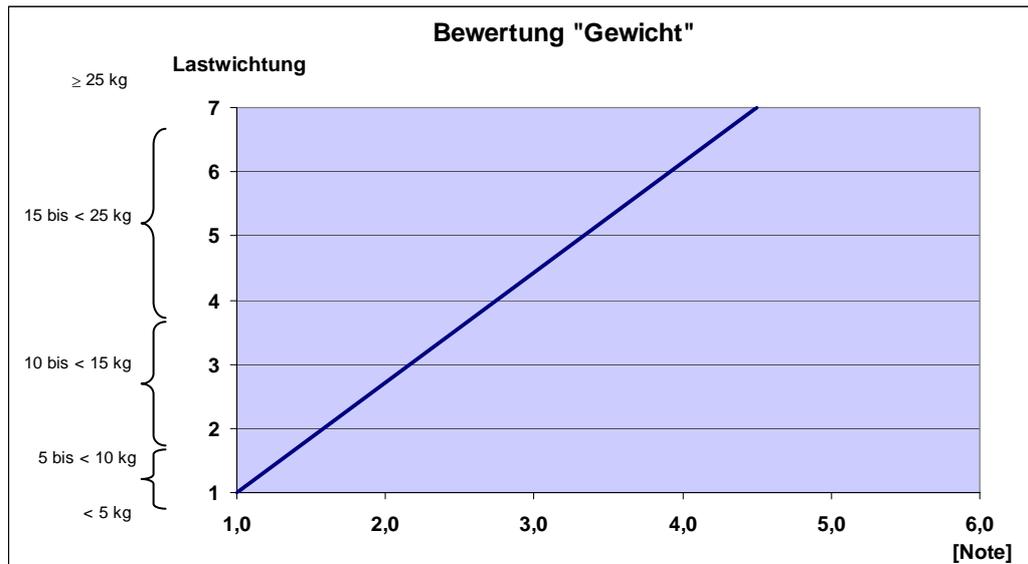


Abb. 46: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Gewicht“

Die Bewertung und Benotung der „**Passgenauigkeit**“ basiert auf zwei Kriterien. Zum einen erfolgte bei den Testeinbauten auf dem IKT-Gelände eine optische Bewertung der Passgenauigkeit durch die ausführenden Techniker des IKT. Zum anderen werden für die Beurteilung außerdem die Leckmengen der Geruchsfilter, die im Rahmen der Laborversuche an der Universität Stuttgart ermittelt wurden, in die Bewertung einbezogen. Folgende Gewichtung wird dabei zugrunde gelegt:

- **Optischer Eindruck** auf die IKT-Techniker: 50 %,
- **Anteil der Leckmenge** aus Laborversuchen: 50 %.

Wie in Kapitel 5.4 dargestellt, wurden für die Testeinbauten auf dem IKT-Gelände drei unterschiedliche Schachtbauwerke gewählt, in die alle Geruchsfilter nacheinander eingebaut wurden. Folgende drei Merkmale wurden dabei beurteilt:

- Passgenauigkeit der Filterkonstruktion,
- Passgenauigkeit des Schmutzfangs,
- Passgenauigkeit der Schachtabdeckung.

Für die drei Merkmale werden mit Blick auf die Einbauten pro Geruchsfilter Einschätzungen gemäß nachstehender Unterteilung getroffen:

- (++) = keine Beanstandungen,
- (+ -) = z. B. kleinere Undichtigkeiten / Passungenauigkeiten,
- (- -) = eindeutige Undichtigkeiten / Passungenauigkeiten.

Die Summe aus den jeweils drei Einschätzungen wird daraufhin gemäß der Abb. 47 auf Noten abgebildet.

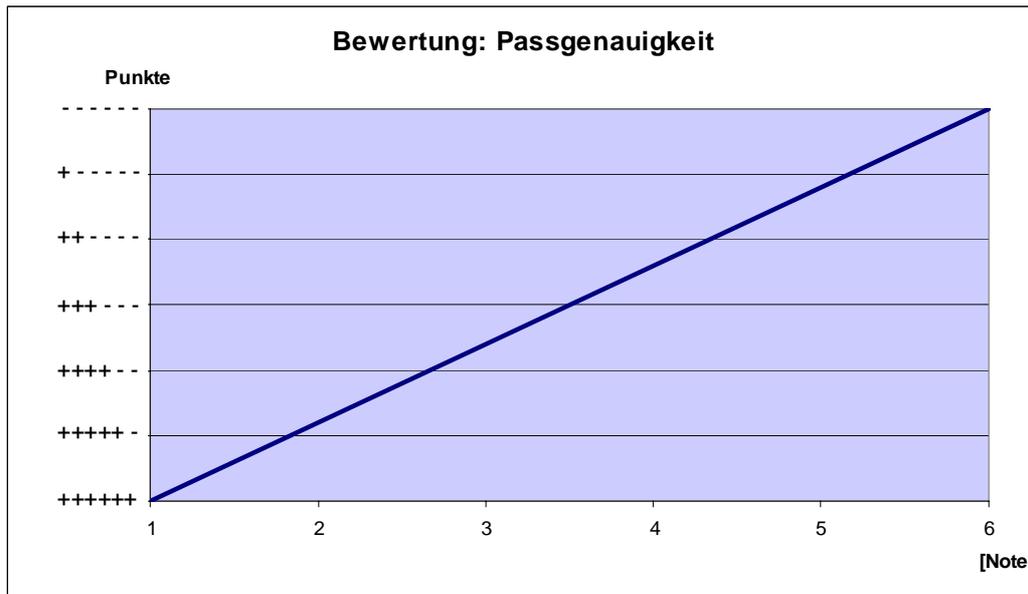


Abb. 47: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums "Optischer Eindruck" (Passgenauigkeit)

Der bei den Systemprüfungen ermittelte Anteil der Leckmengen am Gesamtdurchsatz (vgl. Tabelle 16) wird für jedes Filtersystem nach Abb. 48 benotet.

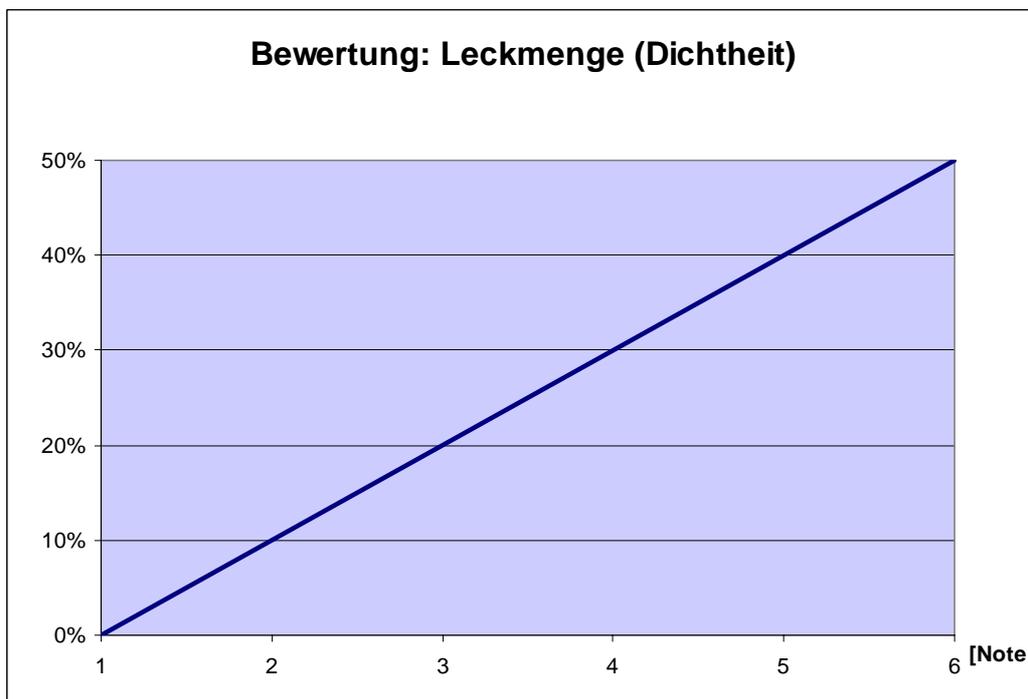


Abb. 48: Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Leckmenge“

Wie in Kapitel 5.4 dargestellt, wurden alle Filtersysteme insgesamt viermal in die Schachtbauwerke auf dem IKT-Gelände eingebaut (dreimal durch eine Einzelperson, einmal zu

zweit). Der Zeitaufwand wird als Mittelwert aus den drei Einbauvorgängen durch eine Einzelperson bestimmt.

Für die beiden Bewertungsfälle „Gewicht“ und Passgenauigkeit“ werden im Rahmen des Warentests Teilnoten vergeben, die prozentual wie folgt in den Bewertungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“ einfließen:

- Gewicht: 20 %,
- Passgenauigkeit: 80 %.

Darüber hinaus werden als Zusatzinformation Angaben zu dem Arbeitsaufwand (Zeit und Personal) bei Einbau und Wartung gemacht und im Fall konstruktiver Schwächen mit Blick auf die Robustheit Verbesserungsempfehlungen ausgesprochen. In Tabelle 37 ist ein Überblick über das Bewertungsschema zu dem Bewertungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“ dargestellt.

Tabelle 37: Bewertungsschema für den Prüfungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“

Bewertungsfälle	Kriterien
Gewicht (20%)	Wägung ¹
Passgenauigkeit / Einbau (80 %)	Optischer Eindruck (50 %) ²
	Leckmenge (50 %) ³
¹ Gewicht der jeweils schwersten Einzelkomponente in Lastklasse gemäß Leitmerkmalmethode der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit eingeordnet → Abbildung der Lastklassen auf Noten ² Bewertung durch Techniker des IKT im Rahmen der Testeinbauten auf dem IKT-Versuchsgelände ³ Unter Zugrundelegen der bei den Laboruntersuchungen an der Universität Stuttgart ermittelten Leckmengen	

Basierend auf dem in der Tabelle 37 dargestellten Bewertungsschema ergaben sich bei der Auswertung die in der Tabelle 38 dargestellten Teilnoten für die getesteten Filtersysteme.

Tabelle 38: Noten für den Bewertungsschwerpunkt „Handhabbarkeit“

Produkt, Anbieter	Gewicht ¹	Passgenauigkeit		Note ⁴
		Optischer Eindruck ²	Leckmenge ³	
belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	1,0	1,8	6,0	3,3
belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	2,7	1,8	3,4	2,6
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.OK	1,0	2,7	2,7	2,4
COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00	<i>keine Bewertung</i>			
EKO Biofilter Typ KF-400	1,3	3,5	1,1	2,1
ROMOLD Kanal- schachtfiter FIS 0600	1,0	3,5	1,6	2,2
UGN®-Hybrid- Kanal- schachtfiter, Standard 170032	2,3	1,8	1,4	1,7

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 14 dargestellten Ergebnissen.

² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 15 dargestellten Beobachtungen.

³ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 16 dargestellten Ergebnissen.

⁴ Mittelwertbildung mit ungerundeten Werten.

8 Gesamtergebnis

In Tabelle 39 ist das in den Kapiteln 7.1, 7.2 und 7.3 beschriebene Bewertungsschema des IKT-Warentests „Geruchsfilter“ zusammengefasst.

Tabelle 39: Bewertungsschema des IKT-Warentests „Geruchsfilter“

Bewertungs- schwerpunkt	Bewertungsfälle	Gewichtung [%]
Systemprüfungen (80 %)	Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	40 %
	Geruchswirkungsgrad	40 %
	Wirkungsgrad Stoffrückhalt <ul style="list-style-type: none"> • Schwefelwasserstoff (45 %) • Dimethyldisulfid (30 %) • Ammoniak (15 %) • Limonen (10 %) 	20 %
Qualitätssicherung (10 %)	Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung (ja/nein)	50 %
	Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filter- materialien (ja/nein)	40 %
	Empfehlungen über die Entsorgbar- keit der Filtermaterialien (ja/nein)	10 %
Handhabbarkeit (10 %)	Passgenauigkeit / Einbau	80 %
	<ul style="list-style-type: none"> • Optischer Eindruck (50 %) • Leckmenge (50 %) 	
	Gewicht	20 %

Die Prüfurteile für die Geruchsfilter werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Qualitätssicherung“ der Produkthanbieter, „Systemprüfungen“ und „Handhabbarkeit“ gebildet.

Tabelle 40 stellt die für die untersuchten Geruchsfilter gebildeten Prüfurteile dar. Tabelle 41 gibt einen Überblick über die Untersuchungsergebnisse zu den weiteren Produkten, die spezielle Wirkstoffe freisetzen. Bei diesen Produkten wurde auf eine vergleichende Notengebung verzichtet, da insbesondere die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) und damit subjektive Einflüsse dominierend werden können.

Ergänzend werden die grundsätzlichen Eindrücke aus den In-situ-Untersuchungen wiedergegeben und zusätzliche Informationen zu dem jeweiligen Geruchsfilter aufgeführt. Abschließend werden die erkannten Verbesserungspotenziale für die einzelnen Produkte zusammengefasst.

Tabelle 40: Ergebnisse des IKT - Warentests „Geruchsfiler“

IKT - Warentest „Geruchsfiler“



Einbausituation (Systemprüfungen): Kunststoffschacht mit Schachtabdeckung der Klasse D 400 nach DIN EN 124 [42] und Schachtrahmen aus Gusseisen der Form C nach DIN 19584-2 [44]

Produktanbieter	COALSI®	ROMOLD GmbH	UGN – Umwelttechnik GmbH	Störk Umwelttechnik GmbH	Störk Umwelttechnik GmbH	Warwas	COALSI®
Produkt	COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K , 03 Hybrid	Kanalschachtfiler FIS 0600	UGN® Hybrid-Kanalschachtfiler Standard 170032 (2001-oxi-1.0)	belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP	EKO Biofilter Typ KF-400	COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.00
Art des Filters	Hybridfilter	Aktivkohlefilter	Hybridfilter	Biofilter	Aktivkohlefilter	Biofilter	Aktivkohlefilter
IKT – Prüfurteil*	BEFRIEDIGEND (2,8)	BEFRIEDIGEND (3,0)	BEFRIEDIGEND (3,5)	AUSREICHEND (3,6)	AUSREICHEND (3,8)	AUSREICHEND (4,3)	NICHT BEWERTET
Systemprüfungen im Versuchsstand (Gewichtung 80 %)	befriedigend (3,1)¹	befriedigend (3,3)	ausreichend (4,1)	ausreichend (4,0)	ausreichend (4,2)²	mangelhaft (4,7)	Die Untersuchungen wurden nach der Systemprüfung auf „Durchströmbarkeit“ abgebrochen, da der Anbieter das Produkt für das Belastungsbild der Systemprüfung „Reinigungsleistung“ zurückgezogen hat und diesbezüglich auf das im Test geprüfte Produkt „COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K“ verweist.
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit ³ (40 %)	3,6 ⁴	5,5	5,4	5,1	2,5 ⁵	5,2	
Geruchswirkungsgrad ⁶ (40 %)	2,9	1,7	2,9	2,9	5,5	4,5	
Wirkungsgrad Stoffrückhalt ⁷ (20%)	2,5	2,2	3,7	4,2	5,1 ⁸	4,3	
Schwefelwasserstoff (45 %)	1,9	1,8	2,6	3,9	4,7	4,2	
Dimethylsulfid (30 %)	2,6	1,4	5,5	4,7	5,6	4,6	
Ammoniak (15 %)	3,6	5,5	2,5	3,3	5,0	3,5	
Limonen (10 %)	3,2	1,7	5,7	5,0	5,4	5,3	
Qualitätssicherung der Produkthanbieter (Gewichtung 10 %)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	sehr gut (1,0)	befriedigend (3,5)	
Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung ⁹ (50 %)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien ¹⁰ (40 %)	ja	ja	ja	ja	ja	nein	
Empfehlungen über die Entsorgbarkeit der Filtermaterialien ¹¹ (10 %)	ja	ja	ja	ja	ja	nein	
Handhabbarkeit (Gewichtung 10 %)	gut (2,4)	gut (2,2)	gut (1,7)	befriedigend (2,6)	befriedigend (3,3)	gut (2,1)	
Passgenauigkeit / Einbau (80 %)	Optischer Eindruck ¹² (50 %)	3,5	1,8	1,8	1,8	3,5	
	Anteil Leckmenge ¹³ (50 %)	2,7	1,6	1,4	3,4	6,0 ¹⁴	1,1
Gewicht ¹⁵ (20%)	1,0	1,0	2,3	2,7	1,0	1,3	
Zusatzinformationen:	umläufige Undichtigkeiten beim Einbau in Schachtrahmen aus Gusseisen mit Beton (BEGU); konstruktive Abweichungen zu Filtermodell aus Systemprüfungen (z.B. Einhängenasen)						
Eindruck aus In-situ-Untersuchungen der Netzbetreiber	einragender Klappbügel des Spannrings kann ordnungsgemäßes Einsetzen des Schmutzfängers verhindern (Folge: verstopfter Wasserablauf), ggf. Schwierigkeiten bei der Anpassung des Spannrings an den vorhandenen Schachthals	starre bzw. unflexible Anordnung der Einhängewinkel führt ggf. zu Problemen beim Einsetzen in den Schacht	Dichtung kann beim Einsetzen des Montageringes verrutschen bzw. verdrehen	keine in-situ-Untersuchungen, da Konstruktionsmerkmale vergleichbar mit der belflor®-Biofilterpatrone FIP 700	Schmutzfänger kann ggf. nicht eingebaut werden		
Einbauzeit ¹⁶	2 min	3 ½ min	2 ½ min	2 min	2 min	1 min	
Standzeit / Lebensdauer der Filtermaterialien (lt. Anbieter) ¹⁷	Aktivkohlematte: 2 ½ – 3 Jahre Hybridfiltermatte: keine Angaben	2 Jahre	keine Angabe	4 – 6 Jahre	keine Angabe	3 Jahre	
Toleranzbereich für Schacht-Einstiegsöffnung DN 625 (lt. Anbieter) ¹⁷	Keine Angabe	595 mm bis 645 mm	keine Angabe	610 mm bis 630 mm	610 mm bis 625 mm	keine Angabe	
Lieferbar für Schacht-Einstiegsöffnung mit Durchmesser (lt. Anbieter) ¹⁷	650 mm, 800 mm	-	DN 560, DN 600, DN 800	-	-	625 mm	
Empfohlene Verbesserungen	Standard-Dichtung für BEGU-Schachtrahmen anbieten; Konstruktionsmerkmale vereinheitlichen (z.B. Einhängenasen, Dichtung)	Durchströmbarkeit verbessern; Passgenauigkeit für Schmutzfänger optimieren; Handhabbarkeit des Spannrings verbessern	Durchströmbarkeit verbessern; Flexibilität der Einhängewinkel verbessern	Durchströmbarkeit verbessern; Stoffrückhalt verbessern; Dichtungselement fixieren	Reinigungsleistung verbessern; Abdichtung zur Schachtwand verbessern; Dichtungselement fixieren	Durchströmbarkeit verbessern; Reinigungsleistung verbessern; Passgenauigkeit für Schmutzfänger verbessern	

¹ Im Versuchsstand für die Systemprüfungen wurde ein Schachtrahmen mit innen liegendem Hohlraum (gusseiserner Rahmen Form C gemäß DIN 19584-2 [44]) verwendet. Die Systemprüfungen wurden aus diesem Grund mit Hilfe eines Adapterringes durchgeführt, der seitens des Herstellers COALSI® eigens für diese Art von Schachtrahmen angeboten wird. Bei Schachtrahmen aus Gusseisen und Beton (BEGU) wird laut Hersteller auf den Adapterring verzichtet. In diesem Fall kommt gemäß Angaben des Herstellers auch kein anderes Dichtelement zum Einsatz.

² Die Systemprüfung auf Reinigungsleistung (Geruchswirkungsgrad, Wirkungsgrad Stoffrückhalt) erfolgte an einem Filtergehäuse mit einer Dichtung, die vom Prüfpersonal – in Abstimmung mit dem Hersteller – modifiziert wurde. Das Filtergehäuse entspricht damit nicht mehr dem ausgelieferten Standardzustand.

³ Der Wirkungsgrad Durchströmbarkeit ist der prozentuale Anteil des Filterdurchsatzes Q_f vom Bezugsvolumenstrom Q_b (Schacht ohne Filter). Bewertung: Wirkungsgrad Durchströmbarkeit 67% = 1,0 bis Wirkungsgrad Durchströmbarkeit 0% = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion. Mittelwertbildung aus 10 Einzelnoten bei Schachtüberdruck $\Delta p = 5, 10, 20, 25, 50$ Pa jeweils mit trockener und mit feuchter Luft.

⁴ Mittelwertbildung aus 2 Einzelnoten bei Schachtüberdruck $\Delta p = 2,4$ Pa jeweils mit trockener und feuchter Luft, da bereits bei diesen Druckzuständen ein Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte erreicht wurde.

⁵ Mittelwertbildung aus 2 Einzelnoten bei Schachtüberdruck $\Delta p = 2,4$ Pa mit trockener und $\Delta p = 4,9$ Pa mit feuchter Luft, da bereits bei diesen Druckzuständen ein Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte erreicht wurde.

⁶ Geruchswirkungsgrad: prozentuale Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration (GE/m³) des Gasgemisches aus Schwefelwasserstoff, DMDS, Ammoniak und Limonen bei einem Luft-Volumenstrom von 20 m³/h; Bewertung: Geruchswirkungsgrad 100% = 1,0 bis Geruchswirkungsgrad 0% = 6,0. Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.

⁷ Wirkungsgrad Stoffrückhalt: prozentuale Reduzierung der Substratkonzentration der einzelnen Gaskomponenten (ppm); Mittelwertbildung Wirkungsgrad Stoffrückhalt aus 4 Einzelwerten bei einem Luftvolumenstrom von 1 m³/h, 5 m³/h, 20 m³ und 50m³/h. Wirkungsgrad Stoffrückhalt 100% = 1,0 bis Wirkungsgrad Stoffrückhalt 0% = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.

⁸ Mittelwertbildung Wirkungsgrad Stoffrückhalt aus 3 Einzelwerten bei einem Luftvolumenstrom von 5 m³/h, 20 m³ und 50 m³/h. Stoffrückhalt bei einem Luft-Volumenstrom von 1 m³/h konnte messtechnisch nicht erfasst werden.

⁹ Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung. Bewertung: vollständig = ja; unvollständig = nein

¹⁰ Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien können nachvollziehbar dargelegt werden (inkl. Nachweisdokumente): ja; nein

¹¹ Empfehlungen zur Entsorgbarkeit der Filtermaterialien bieten dem Anwender ausreichend Hilfestellung: ja; nein

¹² Bewertung des optischen Eindrucks hinsichtlich Passgenauigkeit: (+++++) = 1,0; (++++ -) = 1,8; (+++ + -) = 2,7; (+++ - -) = 3,5; (++ - - -) = 4,3; (+ - - - -) = 5,2; (- - - - -) = 6,0

¹³ Bewertung des Anteils der Leckmenge am Gesamtvolumenstrom $QL / (QF+QL)$; 0% = 1,0 bis 50% = 6,0; Abbildung der Noten durch eine lineare Funktion.

¹⁴ Notenbildung auf Basis der rechnerisch ermittelten Leckmenge, da kein verwertbares Messergebnis (zusätzliche Dichtung, die nicht Bestandteil des Filtersystems ist, musste montiert werden, um die Versuchsdurchführung zu ermöglichen)

¹⁵ Bewertung des Gewichtes (wirksame Last): ≤ 5 kg = 1,0; 5 kg = 1,0 bis < 25 kg = 4,5 (Abbildung der Noten durch lineare Funktion); ≥ 25 kg = 6,0.

¹⁶ Einbauzeit: Mittelwert aus drei Einbauvorgängen (Einbauvorgang 1: Person A, ungeübt, Standardschacht; Einbauvorgang 2: Person B, ungeübt, Extremschacht; Einbauvorgang 3: Person B, geübt, Standardschacht)

¹⁷ Entnommen aus den Unterlagen der Hersteller (Einbau- und Wartungsbeschreibungen, Produktbeschreibungen auf den Internetseiten der Hersteller, Broschüren und Prospekte der Hersteller), die im Rahmen des Warentests ausgehändigt wurden

* Notenberechnung auf Basis ungerundeter Wert

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0.

Tabelle 41: Ergänzende Projektergebnisse „Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen“

IKT – Projektergebnis

Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen



Produktanbieter		Clemens & Dupont OHG	Biothys GmbH
Produkt		C&D Brick Art.-Nr. 56-1738	Gelactiv®-Matte SHK-P, NHK-P
			
Material / Inhaltsstoffe lt. Anbieter		Hartfaser, ätherisches Öl	naturidentische und synthetische Wirkstoffe
IKT – Prüfurteil		k.A. ¹	k.A. ¹
Systemuntersuchungen			
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit		keine Beeinträchtigung zu erwarten	keine Beeinträchtigung zu erwarten
Geruchswirkung		In-situ beobachtet: die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) kann als subjektiver Einfluss dominierend werden. ²	In-situ beobachtet: die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) kann als subjektiver Einfluss dominierend werden.
Stoffrückhalt		Messwerte zur Reinigungsleistung sind aufgrund des unbekanntes Stoffgemisches nicht interpretierbar.	Messwerte zur Reinigungsleistung sind aufgrund des unbekanntes Stoffgemisches nicht interpretierbar.
Qualitätssicherung der Produkthanbieter			
Vollständigkeit der Einbaubeschreibung ³		ja	ja
Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien ⁴		ja	ja
Empfehlungen über die Entsorgbarkeit der Filtermaterialien ⁵		ja	ja
Handhabbarkeit			
Passgenauigkeit / Einbau	Optischer Eindruck	nicht relevant	nicht relevant
	Leckmenge	nicht relevant	nicht relevant
Gewicht		vernachlässigbar gering	vernachlässigbar gering
Zusatzinformationen:			
Eindruck aus aus In-situ-Untersuchungen der Netzbetreiber		Wirkung beobachtet. Nach dem Einbau kann ein neuer nicht identifizierbarer Geruch vorhanden sein. ²	Wirkung beobachtet. Nach dem Einbau kann ein neuer nicht identifizierbarer Geruch vorhanden sein.
Wirkungsdauer (lt. Anbieter) ⁶		3 Monate	3 bis 5 Monate
Verbesserungsmöglichkeiten		Wissenschaftlicher Nachweis zum tatsächlichen Wirkmechanismus	Wissenschaftlicher Nachweis zum tatsächlichen Wirkmechanismus
FAZIT		Keine Belüftungsrisiken, Wirkung beobachtet, Wirkungsweise jedoch offen. Subjektive Bewertung notwendig.	Keine Belüftungsrisiken, Wirkung beobachtet, Wirkungsweise jedoch offen. Subjektive Bewertung notwendig.

¹ Keine Notenbildung, da aufgrund der freigesetzten Wirkstoffe im Abluftgemisches ein direkter Vergleich der Produkte untereinander und mit anderen Verfahren nicht möglich ist (Geruchsqualität, hedonische Wirkung).

² Im Rahmen der In-situ-Untersuchungen wurde das Produkt C&D Strong Plus der Firma Clemens & Dupont OHG untersucht, das aufgrund des gleichen Wirkstoffes mit der Bezeichnung Neutrox-Gamma (vgl. [29]) mit dem zuvor getesteten C&D Brick der Clemens & Dupont OHG hinsichtlich Wirkungsweise vergleichbar ist.

³ Vollständigkeit der Einbau- und Wartungsbeschreibung. Bewertung: vollständig = ja; unvollständig = nein

⁴ Maßnahmen zur Gewährleistung gleichbleibender Qualität der Filtermaterialien können nachvollziehbar dargelegt werden: ja; nein

⁵ Empfehlungen zur Entsorgbarkeit der Filtermaterialien bieten dem Anwender ausreichend Hilfestellung: ja; nein

⁶ Entnommen aus den Unterlagen der Hersteller (Einbau- und Wartungsbeschreibungen, Produktbeschreibungen auf den Internetseiten der Hersteller, Broschüren und Prospekte der Hersteller), die im Rahmen des Warentests ausgehändigt wurden

Im Folgenden werden die Ergebnisse des IKT-Warentests „Geruchsfilter“ für jedes der untersuchten Produkte zusammengefasst.

Diese Zusammenfassung enthält die Prüfurteile und die Ergebnisse der In-situ-Untersuchungen. Es werden Hinweise für eine mögliche Verbesserung der jeweiligen Produkte aufgeführt. Die empfohlenen Verbesserungen beziehen sich ausdrücklich auf die im vorliegenden IKT-Warentest untersuchten Anwendungsfälle mit den ausgewählten Randbedingungen.

Des Weiteren werden Zusatzinformationen für die Geruchsfilter und weiteren Produkte dargestellt, z. B. die Standzeit laut Anbieter.

IKT-Warentest
 „GeruchsfILTER“

COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K (Hybridfilter)

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	BEFRIEDIGEND (2,8)
Systemprüfungen ¹	3,1
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	3,6 ²
Geruchswirkungsgrad	2,9
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	2,5
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	1,9
• Dimethyldisulfid (DMDS)	2,6
• Ammoniak (NH ₃)	3,6
• Limonen	3,2
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
Handhabbarkeit	2,4


Verbesserungspotenzial

- Standarddichtung für Schachtrahmen aus Gusseisen und Beton (BEGU) anbieten!
- Konstruktionsmerkmale (z.B. Einhängenasen) vereinheitlichen!

Zusatzinformation

Filtermaterial:	<i>Aktivkohlematte: Cocosnuss auf Polyurethanschaum</i> <i>Hybridfiltermatte: mit Mikroorganismen fermentierte Aktivkohlematte</i>
Hersteller Filtermaterial:	<i>Aktivkohlematte: helsatech GmbH, Gefrees</i> <i>Fermentierung auf Aktivkohlematte: inocre® Umwelttechnik GmbH, Großhelfendorf</i>
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	<i>Aktivkohlematte: 2 ½ - 3 Jahre</i> <i>Fermentierung auf Aktivkohlematte: k. A.</i>
Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	k. A.
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	650 mm, 800 mm
Einbauhöhe (lt. Anbieter)	240 mm

Weitere Informationen
www.coalsi.de

¹ Da im Versuchstand für die Systemprüfungen ein Schachtrahmen mit innen liegendem Hohlraum (gusseiserner Rahmen Form C gemäß Din 19) verwendet wurde, wurden die Systemprüfungen mit Hilfe eines Adapterringes durchgeführt, der seitens des Herstellers COALSI® eigens für diese Art von Schachtrahmen angeboten wird. Bei Schachtrahmen aus Gusseisen und Beton (BEGU) wird laut Hersteller auf den Adapterring verzichtet. In diesem Fall kommt gemäß Angaben des Herstellers auch kein anderes Dichtelement zum Einsatz.

² Mittelwertbildung aus 2 Einzelnoten bei Schachtüberdruck $\Delta p = 2,4$ Pa jeweils mit trockener und feuchter Luft, da bereits bei diesen Druckzuständen ein Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte erreicht wurde.

IKT-Warentest
 „Geruchsfilter“


ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 (Aktivkohlefilter)

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	BEFRIEDIGEND (3,0)
Systemprüfungen	3,3
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	5,5
Geruchswirkungsgrad	1,7
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	2,2
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	1,8
• Dimethyldisulfid (DMDS)	1,4
• Ammoniak (NH ₃)	5,5
• Limonen	1,7
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
Handhabbarkeit	2,2



Verbesserungspotenzial

- Durchströmbarkeit verbessern!
- Passgenauigkeit für Schmutzfang verbessern!
- Handhabbarkeit des Spannrings verbessern!

Zusatzinformation

Filtermaterial:	Holzkohle mit Bindemittel Zuckerrübensaft Kalium- u. Kalziumverbindungen als Katalysator
Hersteller Filtermaterial:	AdFis products GmbH, Teterow
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	2 Jahre
Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	595 bis 645 mm
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	k. A.
Einbauhöhe (lt. Anbieter):	-
Weitere Informationen	www.romold.de

IKT-Warentest
 „Geruchsfilter“


UGN[®] Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032 (Hybridfilter)

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	BEFRIEDIGEND (3,5)
Systemprüfungen	4,1
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	5,4
Geruchswirkungsgrad	2,9
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	3,7
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	2,6
• Dimethyldisulfid (DMDS)	5,5
• Ammoniak (NH ₃)	2,5
• Limonen	5,7
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
Handhabbarkeit	1,7



Verbesserungspotenzial
➤ Durchströmbarkeit verbessern!
➤ Flexibilität der Einhängewinkel verbessern!

Zusatzinformation	
Filtermaterial:	Zellulosegranulat
Hersteller Filtermaterial:	UGN – Umwelttechnik GmbH, Gera
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	k. A.
Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	k. A.
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	560 mm, 600 mm, 800 mm
Einbauhöhe (lt. Anbieter):	450 mm
Weitere Informationen	www.abluftreiniger.de

IKT-Warentest
 „Geruchsfilter“

belflor®-Biofilterpatrone FIP 700 (Biofilter)

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	AUSREICHEND (3,6)
Systemprüfungen	4,0
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	5,1
Geruchswirkungsgrad	2,9
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	4,2
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	3,9
• Dimethyldisulfid (DMDS)	4,7
• Ammoniak (NH ₃)	3,3
• Limonen	5,0
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
Handhabbarkeit	2,6


Verbesserungspotenzial

- Durchströmbarkeit verbessern!
- Stoffrückhalt verbessern!
- Dichtungselement fixieren!

Zusatzinformation

Filtermaterial:	Kokosfaser
Hersteller Filtermaterial:	Störk Umwelttechnik GmbH, Emmingen-Liptingen
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	4 - 6 Jahre

Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	610 bis 630 mm
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	k. A.
Einbauhöhe (lt. Anbieter):	700 mm

Weitere Informationen	www.stoerk-umwelttechnik.de
-----------------------	--

IKT-Warentest
 „Geruchsfilter“

belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	AUSREICHEND (3,8)
Systemprüfungen	4,2 ¹
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	2,5 ²
Geruchswirkungsgrad	5,5
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	5,1 ³
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	4,7
• Dimethyldisulfid (DMDS)	5,6
• Ammoniak (NH ₃)	5,0
• Limonen	5,4
Qualitätssicherung der Anbieter	1,0
Handhabbarkeit	3,3 ⁴


Verbesserungspotenzial

- Reinigungsleistung verbessern!
- Abdichtung zur Schachtwand verbessern!
- Dichtungselement fixieren!

Zusatzinformation

Filtermaterial:	Aktivkohlematte aus retikulierten Polyurethanschaum, beschichtet mit imprägnierter Granulatkohle
Hersteller Filtermaterial:	helsatech GmbH, Gefrees
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	k. A.

Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	610 bis 625 mm
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	k. A.
Einbauhöhe (lt. Anbieter):	330 mm

Weitere Informationen www.stoerk-umweltechnik.de

- 1 Die Systemprüfung auf Reinigungsleistung (Geruchswirkungsgrad, Wirkungsgrad Stoffrückhalt) erfolgten an einem Filtergehäuse mit einer Dichtung, die vom Prüfpersonal – in Abstimmung mit dem Hersteller – modifiziert wurde. Das Filtergehäuse entspricht damit nicht mehr dem ausgelieferten Standardzustand.
- 2 Mittelwertbildung aus 2 Einzelnoten bei Schachtüberdruck $\Delta p = 2,4$ Pa mit trockener und $\Delta p = 4,9$ Pa mit feuchter Luft, da bereits bei diesen Druckzuständen ein Filterdurchsatz in Größenordnung der praxisrelevanten Maximalwerte erreicht wurde.
- 3 Mittelwertbildung Wirkungsgrad Stoffrückhalt aus 3 Einzelwerten bei einem Luftvolumenstrom von 5 m³/h, 20 m³ und 50 m³/h. Stoffrückhalt bei einem Luft-Volumenstrom von 1 m³/h konnte messtechnisch nicht erfasst werden.
- 4 Note Handhabbarkeit beinhaltet die Teilnote „Anteil Leckage“. Die Notenbildung für „Anteil Leckage“ wurde auf Basis der rechnerisch ermittelten Leckmenge vorgenommen, da kein verwertbares Messergebnis vorhanden war (zusätzliche Dichtung, die nicht Bestandteil des Filtersystems ist, musste montiert werden, um die Versuchsdurchführung zu ermöglichen)

IKT-Warentest
 „Geruchsfilter“


EKO Biofilter Typ KF-400

Test-Ergebnis	
IKT-Prüferteil	AUSREICHEND (4,3)
Systemprüfungen	4,7
Wirkungsgrad Durchströmbarkeit	5,2
Geruchswirkungsgrad	4,5
Wirkungsgrad Stoffrückhalt	4,3
• Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	4,2
• Dimethyldisulfid (DMDS)	4,6
• Ammoniak (NH ₃)	3,5
• Limonen	5,3
Qualitätssicherung der Anbieter	3,5
Handhabbarkeit	2,1



Verbesserungspotenzial

- Durchströmbarkeit verbessern!
- Reinigungsleistung verbessern!
- Passgenauigkeit für Schmutzfang verbessern!

Zusatzinformation

Filtermaterial:	Mehrschicht: Kokosfaser, Rindenmulch, Heidekraut, Hackschnitzel, Torf (grob)
Hersteller Filtermaterial:	k. A.
Standzeit Filtermaterial (lt. Anbieter):	3 Jahre
Toleranzbereich für Einstiegsöffnung 625 mm (lt. Anbieter)	k. A.
Lieferbar für Einstiegsöffnung (lt. Anbieter)	625 mm
Einbauhöhe (lt. Anbieter):	400 mm
Weitere Informationen	www.bio-kanalfilter.de

Ergänzende Untersuchung von Produkten, die spezielle Wirkstoffe freisetzen



C&D Brick (Art.Nr. 56-1738)

Untersuchungsergebnis ¹	
Durchströmbarkeit:	<i>Schachtfunktion nicht beeinträchtigt</i>
Geruchswirkung:	<i>In-situ beobachtet: die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) kann als subjektiver Einfluss allerdings dominierend werden.²⁾</i>
Wirkungsgrad Stoffrückhalt :	<i>Messwerte zur Reinigungsleistung sind aufgrund des unbekanntes Stoffgemisches nicht interpretierbar.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Schwefelwasserstoff (H₂S) • Dimethyldisulfid (DMDS) • Ammoniak (NH₃) • Limonen 	



Verbesserungspotenzial

- Wissenschaftliche Untersuchungen zum tatsächlichen Wirkungsmechanismus waren nicht verfügbar. Derzeit ist offen, inwieweit durch Zuführung des Wirkstoffs die Ablufteigenschaften durch Mischung und/oder Reaktionsprodukte verändert werden.

1 Das Untersuchungsergebnis basiert allein auf einer ingenieurtechnischen Bewertung des offensichtlichen Produktverhaltens im Rahmen der Labor- und In-situ-Beobachtungen. Messwerte zur Durchströmbarkeit wurden nicht aufgenommen. Messwerte zur Reinigungsleistung sind nicht interpretierbar.

2 Im Rahmen der In-situ-Untersuchungen wurde das Produkt C&D Strong Plus der Firma Clemens & Dupont OHG untersucht, das aufgrund des gleichen Wirkstoffes mit der Bezeichnung Neutrox-Gamma (vgl. [29]) mit dem zuvor getesteten C&D Brick der Clemens & Dupont OHG hinsichtlich Wirkungsweise vergleichbar ist.

Ergänzende Untersuchung von Produkten, die spezielle Wirkstoffe freisetzen

Gelactiv®-Matte SHK-P bzw. NHK-P

Untersuchungsergebnis¹	
Durchströmbarkeit:	<i>Schachtfunktion nicht beeinträchtigt</i>
Geruchswirkungsgrad:	<i>In-situ beobachtet: die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) kann als subjektiver Einfluss allerdings dominierend werden.</i>
Wirkungsgrad Stoffrückhalt :	<i>Messwerte zur Reinigungsleistung sind aufgrund des unbekanntes Stoffgemisches nicht interpretierbar.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Schwefelwasserstoff (H₂S) • Dimethyldisulfid (DMDS) • Ammoniak (NH₃) • Limonen 	



Verbesserungspotenzial

- Wissenschaftliche Untersuchungen zum tatsächlichen Wirkungsmechanismus waren nicht verfügbar. Derzeit ist offen, inwieweit durch Zuführung des Wirkstoffs die Ablufteigenschaften durch Mischung und/oder Reaktionsprodukte verändert werden.

¹ Das Untersuchungsergebnis basiert allein auf einer ingenieurtechnischen Bewertung des offensichtlichen Produktverhaltens im Rahmen der Labor- und In-situ-Beobachtungen. Messwerte zur Durchströmbarkeit wurden nicht aufgenommen. Messwerte zur Reinigungsleistung sind nicht interpretierbar.

9 Zusammenfassung

9.1 Veranlassung und Zielstellung

Geruchsemissionen aus der Kanalisation führen zu Geruchsbelästigungen und somit vermehrt zu Beschwerden aus der Bevölkerung. Durch Einleitung geruchsintensiver Abwässer oder durch biochemische Prozesse beim Abwassertransport werden Geruchsstoffe in die Kanalatmosphäre abgegeben und gelangen von dort durch den witterungsbedingten Luftaustausch über die Abwasserschächte in die Umwelt. Kanalnetzbetreiber sind in der Regel dazu angehalten, Abhilfe zu schaffen.

Aus diesen Gründen werden von den Kanalnetzbetreibern vermehrt Geruchsfilter verwendet, die in den Abwasserschacht eingesetzt werden, um die austretenden Gerüche bei entsprechenden Bürgerbeschwerden zeitnah zu beseitigen. Darüber hinaus kommen auch weitere Produkte zum Einsatz, die zwecks Geruchsbekämpfung in der geruchsbeladenen Abluft des Abwasserschachtes spezielle Wirkstoffe freisetzen.

Bei der Anschaffung dieser Produkte gehen die Kanalnetzbetreiber derzeit jedoch noch ein finanzielles Risiko ein, da über deren Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit kaum Informationen vorliegen. Zudem wird vermutet, dass Geruchsfilter neben einer filternden Wirkung auf die Abluft auch eine geruchssperrende Wirkung aufweisen, die auf eine unzureichende Luft-Durchlässigkeit (Durchströmbarkeit) der Filter zurückzuführen ist.

Diese Problematik haben elf Kanalnetzbetreiber zum Anlass genommen, das IKT mit der Prüfung von Geruchsfiltern und weiteren Produkten zum Einsatz in Abwasserschächten zu beauftragen: Stadt Ahaus, Stadt Frankfurt am Main, Stadtentwässerung Hamm (Lippeverband), Stadtentwässerung Hann. Münden, Stadtentwässerung Ludwigshafen, Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, Stadtentwässerungsbetrieb Landeshauptstadt Düsseldorf, Städtische Werke Magdeburg, Technische Betriebe Leverkusen und die Technische Werke Burscheid AöR.

Ziel dieses Warentests ist es, gemeinsam mit dem IKT und den beteiligten Kanalnetzbetreibern die am Markt angebotenen Geruchsfilter für Abwasserschächte hinsichtlich Luft-Durchströmbarkeit, Reinigungsleistung, Handhabbarkeit und Qualitätssicherung zu überprüfen. Hierzu werden die Produkte unter definierten Randbedingungen untersucht, sodass eine vergleichende Produktbewertung möglich ist. Darüber hinaus werden ergänzende Informationen zu weiteren Produkten, die spezifische Wirkstoffe freisetzen, für diesen Anwendungsfall dargestellt.

9.2 Problemstellung

Können Geruchsprobleme durch vorbeugende Maßnahmen im Zuge von Planung, Bau und Betrieb der Kanalisation nicht vermieden oder ausreichend vermindert werden, steht dem Netzbetreiber eine Vielzahl von Verfahren der Symptombekämpfung zur Verfügung [14]. Hierbei kann unterschieden werden zwischen Maßnahmen der Symptombekämpfung durch Abwasserbehandlung oder Maßnahmen der Symptombekämpfung durch Abluftbehandlung. Der Einsatz von Geruchsfiltern für Abwasserschächte sowie Produkten, die spezielle Wirkstoffe in die Umgebungsluft freisetzen, zählt zu den Verfahren der Symptombekämpfung

durch Abluftbehandlung. Bei Geruchsproblemen an Abwasserschächten soll hierdurch relativ kurzfristig Abhilfe geschaffen werden. In der Regel erfolgt eine Unterteilung der Verfahren hinsichtlich ihrer Wirkungsweise in physikalische, biologische oder chemische Abluftbehandlung. Die im Rahmen dieses IKT-Warentests untersuchten Produkte lassen sich wie folgt unterteilen:

- **Geruchsfilter für Abwasserschächte (ohne Zwangsbelüftung):** Bei Geruchsfiltern für Abwasserschächte, auch Kanalschachtfilter genannt, handelt es sich in der Regel um tragbare Konstruktionen aus Kunststoff mit integriertem Filter, die unmittelbar unterhalb der Schachtabdeckung in den Abwasserschacht eingehängt werden. Die Abluftinhaltsstoffe sollen hierbei das Filtermaterial des Geruchsfilters durchströmen, so dass Geruchsemissionen reduziert werden. Bezüglich der Wirkungsweise kann grundsätzlich zwischen biologischen Verfahren (Biofilter) und Adsorptionsverfahren (Aktivkohlefilter) unterschieden werden. Darüber hinaus werden auch sog. Hybridfilter angeboten, d.h. eine Kombination aus Bio- und Aktivkohlefilter.
- **Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen:** Bei diesen Verfahren kommen i. d. R. platten- oder blockförmige Produkte zum Einsatz, die in den geruchsbeladenen Abluftstrom des Schachtes eingehängt werden. In der Praxis wird bei den Verfahren auch von Geruchsmaskierung und/oder Neutralisation durch einen „Gegenstoff“ (z.B. ätherische Öle) gesprochen. Bei der Neutralisation soll ein konkreter Wirkstoff aus dem Produkt freigesetzt werden, der mit dem störenden Geruchsstoff chemisch so reagiert, dass dieser nicht mehr störend wirkt (vgl. [8]). Bei der Geruchsmaskierung hingegen wird ein Wirkstoff freigesetzt, der sich mit dem störenden Geruchsstoff vermischt ohne diesen zu verändern, aber die Geruchswirkung so überdeckt, dass die subjektive Geruchsbelästigung reduziert wird.

9.3 Produkte und Test

Folgende Geruchsfilter für Abwasserschächte wurden im Rahmen des Tests umfassenden Prüfungen unterzogen: COALSI® Geruchssperre BN 00.2001.0K und BN 00.2001.00, belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP, belflor®-Biofilterpatrone FIP 700, EKO Biofilter Typ KF-400, ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600, UGN®-Hybrid-Kanalschachtfilter Standard 170032.

Ergänzende Untersuchungen wurden an folgenden weiteren Produkten durchgeführt: C&D Brick (Art.-Nr. 56-1738) sowie Gelactiv®-Matte SHK-P und NHK-P. Wesentliches Merkmal dieser Produkte ist, dass sie als kleinformatige Körper in die Schächte eingehängt werden, die Durchströmbarkeit des Schachtes nicht nennenswert beeinflussen und spezielle Wirkstoffe zur Geruchsbekämpfung freisetzen.

Die Prüfung sowie die Dokumentation der Ergebnisse erfolgten durch das IKT bzw. durch die vom IKT beauftragten Partnerinstitutionen an den Universitäten in München (Bundeswehrhochschule), Stuttgart und Kassel.

Insgesamt fanden vier Arbeitssitzungen statt, in denen die gesamten Testinhalte – vom Untersuchungsprogramm bis zur Bewertung – mit den beteiligten Kanalnetzbetreibern abgestimmt wurden.

9.4 Prüfungsschwerpunkte

Vier Schwerpunkte standen im Vordergrund der Prüfungen: **Qualitätssicherung, Systemprüfungen, Handhabbarkeit** und **In-situ-Untersuchungen**.

Qualitätssicherung der Anbieter

Der Prüfungsschwerpunkt „Qualitätssicherung der Anbieter“ befasst sich mit folgenden Fragestellungen: Wie unterstützt der Produkthanbieter den Anwender des Produktes vor Ort, so dass mit Blick auf Einbau, Wartung und Entsorgung ein fachgerechter Gebrauch des Produktes erfolgt? Wie wird seitens des Produkthanbieters sichergestellt, dass eine gleichbleibende Qualität der Filtermaterialien zu erwarten ist?

Im Rahmen des Warentests wurden die ausgehändigten Einbau- und Wartungsbeschreibungen auf Vollständigkeit überprüft und die Produkthanbieter hinsichtlich werksinterner Qualitätssicherung sowie Entsorgbarkeit von Filtermaterialien befragt. Qualitätssicherungsmaßnahmen, die eine gleichbleibende Qualität der Filtermaterialien gewährleisten, mussten seitens der Hersteller nachvollziehbar dargelegt und durch Dokumente (z.B. QM-Handbuch, Werksnorm, Prüfzeugnisse, Betriebsanweisungen, Konformitätserklärung, schriftliche Stellungnahme) belegt werden. Darüber hinaus sollten seitens der Hersteller Hinweise über die Entsorgungsmöglichkeiten von Filtermaterialien gegeben werden, die mit Abluftinhaltsstoffen aus häuslichem Abwasser beladen sind.

Die gelieferten Unterlagen und die Angaben der Produkthanbieter wurden vom IKT ausgewertet und anschließend bewertet.

Systemprüfungen

Die Systemprüfungen wurden in einem Versuchsstand durchgeführt, der aus einem vorgefertigten Kunststoffschacht mit Luftanschluss und Schachtabdeckung bestand. Der Schachthals (Konus) weist einen Standard-Innendurchmesser von 625 mm auf und schließt mit einem Schachtrahmen und einer Schachtabdeckung nach DIN EN 124 [42] ab.

Der Versuchsstand wurde zunächst am Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München für die vom IKT beauftragten Prüfungen der Geruchsfilter auf Durchströmbarkeit eingesetzt. Hierzu wurden die zu testenden Geruchsfilter gemäß Einbauanleitung und in Gegenwart der Hersteller in den Versuchsstand eingebaut. Anschließend wurde über eine separate Zuleitung ein bekannter Luft-Volumenstrom in den Schacht eingespeist. Dessen Menge wurde in Schritten variiert und zusammen mit den sich etablierenden Überdrücken im Schacht gemessen, um daraus die Kennlinie für den Durchsatz und die Leckmenge des Luft-Volumenstroms für die jeweiligen Geruchsfilter zu ermitteln.

Am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart wurden Prüfungen hinsichtlich Reinigungsleistung durchgeführt. Bei der Prüfung wurde eine synthetische geruchsintensive Kanalabluft im o. a. Prüfstand erzeugt und mit einem Luftstrom durch die zu prüfenden Produkte befördert. Zur Anwendung kam ein Rohgas aus den Komponenten Limonen ($C_{10}H_{16}$), Ammoniak (NH_3), Dimetyldisulfid ($C_2H_6S_2$) und Schwefelwasserstoff (H_2S). Die Geruchsstoffkonzentrationen im Roh- und Reingas wurden mittels olfaktometrischer Messungen bestimmt und die Massekonzentrationen der Gasinhaltsstoffe in Roh- und Reingas ermittelt. Auf Grundlage der geruchsmindernden Wirkung

bzw. der Abreinigung bzgl. einzelner Gasinhaltsstoffe wurde auf die Reinigungsleistung der jeweiligen Geruchsfilter geschlossen.

Handhabung

Im Rahmen der Untersuchungen wurde zunächst das **Eigengewicht der Geruchsfilter** ermittelt und mit Blick auf die Handhabbarkeit der Filterkonstruktion bewertet.

Ein anschließender Testeinbau in drei unterschiedliche Schächte auf dem Versuchsgelände des IKT in Gelsenkirchen diente u. a. dazu, die **Passgenauigkeit** einzuschätzen. Hierbei war insbesondere die Passgenauigkeit der Filterkonstruktion mit Blick auf Dichtheit zwischen Filter und Schachtwand von Interesse. Darüber hinaus wurde die Passgenauigkeit des Schmutzfanges und der Schachtabdeckung bei eingebauter Filterkonstruktion beurteilt und bewertet.

In-situ-Untersuchungen

In-situ-Untersuchungen fanden in Abwasserschächten der Städte Ahaus, Burscheid, Frankfurt a. M., Kiel, Köln, Leverkusen, Ludwigshafen und Magdeburg statt. Der Einsatz der getesteten Geruchsfilter und weiteren Produkte wurde durch die beteiligten Netzbetreiber begleitet und dokumentiert. Hierbei stand insbesondere die praktische Betriebstauglichkeit der Produkte im Vordergrund. Zudem wurden subjektive Beobachtungen zur Geruchsminderung festgehalten.

Die In-situ-Untersuchungen des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kassel in Kanalnetzen der Städte Köln und Kassel sowie der Gemeinde Breuna dienten insbesondere dazu, das Vorgehen bei den Systemprüfungen und die dort erzielten Ergebnisse auf Plausibilität zu überprüfen und weitere Erfahrungen des Fachgebietes in den Warentest mit einzubeziehen.

Aufgrund der in den In-situ-Untersuchungen nicht vergleichbaren Randbedingungen flossen die Ergebnisse nicht in die Ermittlung der IKT-Prüfurteile ein, sondern wurden als Zusatzinformation im Gesamtergebnis berücksichtigt.

9.5 Ergänzende Untersuchungen an weiteren Produkten

Produkte, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, wurden in das Untersuchungsprogramm mit einbezogen, da diese in der Praxis vielfach als kostengünstige und einfache Alternative zu Geruchsfiltern angesehen werden. Das Verhalten dieser Produkte wurde ingenieurtechnisch bewertet, allerdings auf eine Notengebung verzichtet. Hierdurch sollen insbesondere Fehlinterpretationen und missverständliche Vergleiche mit den Eigenschaften von Geruchsfiltern ausgeschlossen werden. Es ist davon auszugehen, dass die freigesetzten Wirkstoffe die Zusammensetzung der in der Prüfung verwendeten Modellluft so verändern, dass neue Mischungen und/oder Reaktionsprodukte entstehen. Einerseits kann durch neue Stoffe die Messsensorik direkt beeinflusst werden. Andererseits kann die Qualität des Geruchs (hedonische Wirkung) bei einer qualitativ veränderten Modellluft grundsätzlich abweichen (z.B. „Zitronengeruch“). Der in der olfaktometrischen Messung nach DIN EN 13725 [9] bestimmte Geruchsschwellenwert erfasst diesen Einfluss jedoch nicht.

9.6 Ergebnisse

Durchströmbarkeit

Bei einem Großteil der untersuchten Geruchsfilter wurde eine unzureichende Durchströmbarkeit festgestellt. Die geruchsbeladene Abluft durchströmt hier kaum den Filter, sondern wird im Kanal zurückgehalten. Lediglich zwei der untersuchten Filter wiesen akzeptable Strömungswiderstände, d.h. eine ausreichende bis befriedigende Durchströmbarkeit, auf.

Bei den weiteren Produkten zur Geruchsbekämpfung, die spezielle Wirkstoffe freisetzen, ist keine Beeinträchtigung der Durchströmbarkeit zu erwarten, da diese Produkte für den aufsteigenden Luftstrom im Abwasserschacht aufgrund ihrer Anordnung und ihrer Größe keine nennenswerte Behinderung darstellen.

Dichtheit / Leckage

Sowohl bei den Untersuchungen auf Durchströmbarkeit als auch bei den Untersuchungen hinsichtlich Handhabbarkeit wurde für die Geruchsfilter deutlich, dass die Abdichtung der Filterkonstruktion zur Schachtwand ein Problem darstellen kann. Zum Teil waren bereits beim Einbau optisch Undichtigkeiten zu erkennen, die durch Leckmengen-Messungen bestätigt wurden.

Reinigungsleistung

Bei fünf der sechs getesteten Geruchsfilter war ein relativ hoher Wirkungsgrad beim Rückhalt von Schwefelwasserstoff (H_2S) zu erkennen; beim Rückhalt der übrigen Gaskomponenten waren die Ergebnisse uneinheitlich. Geruchsfilter mit Mikroorganismen (Bio- und Hybridfilter) zeigten einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad beim Rückhalt der Gaskomponente Ammoniak (NH_3). Hier zeigten die getesteten Aktivkohlefilter keine signifikante Reduktion. Zwei von drei getesteten Geruchsfiltern, die gemäß Herstellerangaben über eine Aktivkohleinlage verfügen, zeigten hinsichtlich der Reduktion der Gaskomponenten Limonen ($C_{10}H_{16}$) und Dimethyldisulfid (DMDS) einen relativ hohen Wirkungsgrad. Bei allen untersuchten Produkten war jedoch auch erkennbar, dass die Reduktion der jeweiligen Gaskomponenten mit zunehmendem Luft-Volumenstrom abnimmt.

Hinsichtlich des Geruchswirkungsgrades ist festzuhalten, dass alle Geruchsfilter, die hinsichtlich des Stoffrückhaltes eine ausreichende Wirkung zeigten, auch eine erkennbare Wirkung bezüglich der Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration aufwiesen.

9.7 Fazit

Als Gesamtfazit des IKT-Warentests „Geruchsfilter“ und der ergänzenden Untersuchung von Produkten, die Wirkstoffe freisetzen, bleibt festzuhalten:

Kein Geruchsfilter mit SEHR GUT oder GUT

Keiner der getesteten Geruchsfilter konnte bei den Kriterien der Systemprüfungen durchgängig überzeugen. Nur ein Produkt zeigte sowohl bei der Durchströmbarkeit als auch bei der Reinigungsleistung mindestens ausreichende Ergebnisse.

Sperrende Wirkung kann dominieren

Vier von sechs Geruchsfiltern zeigten deutliche Schwächen bei der Durchströmbarkeit. Der Filter stellt in diesen Fällen ein Entlüftungshindernis dar. In der Folge ist zwar mit einer örtli-

chen Verringerung von Geruchsbelästigungen zu rechnen, allerdings sind eine Verlagerung der Geruchsbelästigung zu anderen Schächten sowie Korrosionsrisiken in Betonbauwerken zu befürchten.

„Aktivkohle“ oder „Bio“: Unterschiede in der Reinigungsleistung

Alle vier Bio- bzw. Hybridfilter zeigten für Ammoniak eine mindestens ausreichende Reinigungsleistung. Die beiden getesteten Aktivkohlefilter waren hier mangelhaft. Demgegenüber zeigte ein Aktivkohlefilter (ROMOLD Kanalschachtfiter FIS 0600) bei den Schwefelverbindungen (H_2S , DMDS) und Limonen den besten stofflichen Rückhalt aller Geruchsfilter.

Montage und Einbau ohne großen Aufwand

Alle Geruchsfilter waren leicht zusammen- bzw. einzubauen. Der größte Filter (belflor® Biofilterpatrone FIP 700) wies ein Montagegewicht von 15 kg und eine maximale Seitenlänge von ca. 0,5 m auf. Der Einbau konnte für alle Produkte ohne besondere Anleitung erfolgen. Nur in Einzelfällen musste die Einbauanleitung als Orientierung hinzugezogen werden.

Passgenauigkeit kann entscheiden

Umläufigkeiten an der Schachtwand können die Wirkung von Geruchsfiltern deutlich verringern. Eines der getesteten Produkte (belflor®-Aktivkohlefilter AKTIVFIP) zeigte derartige Mängel in der Passgenauigkeit, dass zum Aufbau eines ausreichenden Strömungsdrucks am Filtermaterial zunächst konstruktive Veränderungen an der Dichtung notwendig waren. Darüber hinaus ließ sich bei einigen Geruchsfiltern der Schmutzfang nicht mehr einsetzen, so dass mit erhöhtem Reinigungsbedarf zu rechnen ist.

Alternative Produkte bieten weiteren Handlungsspielraum

Ergänzend zu den Geruchsfiltern wurden weitere Produkte getestet, die spezielle Wirkstoffe freisetzen (Anbieter: Biothys, Clemens & Dupont). Subjektive Beobachtungen im In-situ-Einsatz deuten auf eine geruchsmindernde bzw. –verändernde Wirkung hin. Die genaue Wirkungsweise ließ sich im Test jedoch nicht nachvollziehen. Belüftungs- und zusätzliche Korrosionsrisiken scheinen jedoch ausgeschlossen, so dass die Produkte im Einzelfall eine beachtenswerte Alternative sein können.

10 Literaturverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2470).
- [2] Durchführung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Gem. RdErl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft u. d. Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie vom 14. Oktober 1986, Ministerialblatt für das Land NW 1986.
- [3] TA Luft 2002. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft vom 24. Juli 2002).
- [4] 1. IKT-Erfahrungsaustausch „Geruchsfilter“ mit den Technischen Werken Burscheid AöR, der Stadtentwässerung Ludwigshafen, den Stadtentwässerungsbetrieben Köln AöR, den Stadtwerken Hann. Münden, der Städtischen Werke Magdeburg GmbH und dem Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf; 11.09.2008; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen.
- [5] 2. IKT-Erfahrungsaustausch „Geruchsfilter“ mit der Stadtentwässerung Hamm, der Stadt Ahaus, den Stadtwerken Aachen AG, den Technischen Betrieben Leverkusen und dem Städtischen Abwasserbetrieb Wermelskirchen; 20.11.2008; IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen.
- [6] Barjenbruch, M.: Geruchsbelästigungen – die biogene Schwefelsäurekorrosion in Kanälen, Ursachen und Maßnahmen; 11. Abwasserbilanz Brandenburg, Wildau, 10.12.2007.
- [7] 3. IKT-Erfahrungsaustausch „Geruchsfilter“ (IKT-Süd) mit der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg, der Münchner Stadtentwässerung, der Innsbrucker Kanalbetriebe AG, der Stadt Regensburg und den Stadtwerken Landshut, 03.12.2008; IKT-Süd, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg b. München.
- [8] Weismann, D.; Lohse, M.: Sulfid-Praxishandbuch der Abwassertechnik – Biogene Korrosion, Geruch, Gefahr verhindern und Kosten beherrschen; Vulkan-Verlag, 2007.
- [9] DIN EN 13725: Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie; Deutsche Fassung EN 13725:2003; Beuth-Verlag, Juli 2003.
- [10] www.test.de, Internetseite der Stiftung Warentest, Stand Juli 2009.
- [11] Barjenbruch, M.; Dohse, C.: Bewertung von Maßnahmen zur Verringerung von Geruchs- und Korrosionserscheinungen im Kanalnetz des ländlichen Raumes; Institut für Umweltingenieurwesen, Universität Rostock, Januar 2004.
- [12] Feldhaus, R.; Poppe, A.; Frechen, F.-B.; Frey, M.: Beeinflussung von Gewässern und Abwasserreinigung durch die Zugabe von Stoffen in Freispiegelkanälen zur Geruchsminimierung; Kurzbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Fachhochschule Köln, der Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR und der Universität Kassel, September 2005.

- [13] Reiser, M.; Goschnik, A.; Dittmer, U.; Fechner, I.: Bericht zum Test von Kanalfiltern zur Minderung von Geruchsemissionen von Abwasserkanälen; Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA), Universität Stuttgart, August 2009.
- [14] ATV-DVWK-M 154: Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen – Vermeidung oder Verminderung – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, November 2003.
- [15] Kleines Handbuch zum Thema Geruch mit Produktkatalog; UGN-Umwelttechnik GmbH, Gera.
- [16] DWA-M 115-2: Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers, Teil 2: Anforderungen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall; Juli 2005.
- [17] Lucke, N.: Geruchsprobleme in Abwasseranlagen – Chancen und Grenzen der Vermeidung; Stadtentwässerung Dresden, Dresden 2007.
- [18] Lohse, M.: Schwefelverbindungen in Abwasseranlagen unter besonderer Berücksichtigung der biogenen Schwefelsäurekorrosion; Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abwassertechnik der Universität Hannover, Hannover 1996.
- [19] Barjenbruch, M.; Dohse, C.: Korrespondenz Abwasser KA-Betriebs-Info, S.1215-1219, 7/2004.
- [20] Schremmer, H.: Korrespondenz Abwasser KA – Abwasser, Abfall, S. 956 – 960, 7/2002.
- [21] Frechen, F.-B.; Franke, W.: Geruchsemissionen aus Entwässerungsnetzen; Publikation der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2009.
- [22] Schön, M.; Hübner, B.: Geruch – Messung und Beseitigung; Vogel Buchverlag Würzburg, 1996.
- [23] Stoll, J.-M.: Geruchsproblematik aus Kanalisation, Vortrag Frechen/Sabo: Maßnahmen gegen Gerüche aus der Kanalisation, Zusammenfassung der Geruchstagung „OdorVision 08“; Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC, Hochschule für Technik, Rapperswil, April 2009 .
- [24] Frechen, F.-B.: Stellungnahme zu Geruchsfiltren für Abwasserschächte; Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft im Institut für Wasser, Abfall & Umwelt (IWAU), Universität Kassel, März 2010.
- [25] Hübner, B.: Funktionsprinzip von Biowäscher und Biofilter – Praxisbeispiele, Investitionen und Betriebskosten; Entsorgungspraxis, Heft 5, S. 35 – 38, Mai 2000.
- [26] Internetinformationen der ENTEC Deutschland GmbH, Neuss, Juni 2009.
www.entec-deutschland.de/i_produkte.htm
- [27] Internetinformationen der ROMOLD GmbH, Freilassing, Juni 2009.
www.romold.de
- [28] Produktkatalog „Die Biothys®-Technologie“, Chemie-Vertrieb GmbH & Co. Hannover KG, Hannover 2009.
- [29] Produktinformation „Clemens & Dupont OHG – Industrielle Geruchskompensation“, Clemens & Dupont OHG, Andernach, 2009.
- [30] Lohregel, B.: Abgasreinigung/Immissionsschutz – Biologische Abluftreinigung; 2004.
- [31] Informationsblatt „belflor® - Aktivkohlefilter“; Störk-Küfers, Emmingen-Liptingen, 2009.

- [32] Internetinformationen der Störk Umwelttechnik GmbH; Emmingen-Liptingen, Oktober 2009.
www.stoerk-kuefers.de
- [33] Internetinformationen Vertrieb Coalsi-Geruchssperren für Abwasserkanäle Helmut Rös, Lohmar, Oktober 2009.
www.helmutroes.de
- [34] Informationsblatt „Hybridsystem als Geruchkiller“; Coalsi Aktivkohlefilter, Lohmar, 2009.
- [35] Internetinformationen der Firma Warwas, Gosheim, Oktober 2009.
www.bio-kanalfilter.de
- [36] Montage- und Einbauhinweise für ROMOLD Kanalschachtfilter FIS 0600 der Romold GmbH, Freilassing, 2009.
- [37] Internetinformationen der ROMOLD GmbH, Freilassing, Juni 2009.
www.romold.de
- [38] Formblatt „Qualitätssicherung und Entsorgung – Warentest Geruchsfilter“, Angaben der Romold GmbH, Juni 2009.
- [39] Produktinformationen der UGN – Umwelttechnik GmbH, Gera, Oktober 2009.
www.bio-filter.de
- [40] Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.; Puhl, R.: IKT-Warentest „Hausanschlussstutzen“; IKT- Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2001.
- [41] Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.: IKT-Warentest „Reparaturverfahren für Anschlussstutzen“; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur; Gelsenkirchen, Juni 2004.
- [42] DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 124:1994; Beuth-Verlag, August 1994.
- [43] Kulisch, H.: Messtechnische Untersuchung von Geruchsfiltern; Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg bei München, Oktober 2009.
- [44] DIN 19584-2: Schachtabdeckungen für Einsteigschächte Klasse D 400, Teil 2: Einzelteile; Beuth-Verlag, Juni 1997.
- [45] Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (GESTIS-Stoffdatenbank); Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin, August 2009.
- [46] Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M., Kranert, M.: “Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment” Water Science & Technology—Water Science and Technology Vol. 58 No 1 pp 89–94 © IWA Publishing 2008.
- [47] Bosseler, B.; Auberg, R.; Brüggemann, T.; Arbeit, H.: Entwicklung eines Prüfverfahrens für Schachtkopfmörtel; IKT- Institut für Unterirdische Infrastruktur in Kooperation mit WISSBAU Beratende Ingenieurgesellschaft mbH – Essen, Gelsenkirchen, 2007.

- [48] DIN 19584: Schachtabdeckungen für Einsteigschächte Klasse D 400, Teil 1: Zusammenstellung; Beuth-Verlag, Juni 1997.
- [49] DIN 4271-1: Schachtabdeckungen, Klasse B 125 – Teil 1: Zusammenstellung; Beuth-Verlag, August 1998.
- [50] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik: Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen; 2001.
- [51] Einbaudokumentation der Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR: E-Mail von Herrn Kleimann vom 03.12.2009.
- [52] Einbaudokumentation der Städtischen Werke Magdeburg: E-Mail von Herrn Rosenhagen vom 27.10.2009.