

Abschlußbericht zum Kooperationsprojekt KF0521201 TN7

Entwicklung einer standardisierbaren und praxisnahen Prüfmethode zur Charakterisierung und unterstützenden Verbesserung der Leistungsfähigkeit neuartiger Filtertechnologien auf die Reduktion gasförmiger Geruchs- und Schadstoffe in Kfz- Umluftsystemen.

1. Einleitung

2. Projektmeetings und –besprechungen

3. Technischer Arbeitsbericht

a. Aktivitätsbericht Mann+Hummel/helsa automotive

b. Arbeitsbericht Fraunhofer IBP

c. Arbeitsbericht fiatec GmbH

4. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Erstellt von Heinz Bittermann/fiatec GmbH unter freundlicher Mitwirkung von Herrn Mair/Fraunhofer IBP, Herr Dr. Mayer/Fraunhofer IBP und Herrn Dr. Andreas Scope / Mann+Hummel Innenraumfilter GmbH

28.3.2011

1. Einleitung

Phase 1:

Identifizierung von Pilotsubstanzen in der Kfz-Innenraumlufte und Integration einer Geruchsbewertungsmethode.

Phase 2:

Durchführung von Geruchsschwellenbestimmungen und Geruchsintensitätsverläufen für die ausgewählten Substanzen

Phase 3:

Durchführung von Filtereffizienztests mit den Pilotsubstanzen unter Verwendung olfaktometrischer Bewertungsmethoden und der klassischen Labortestverfahren. Vergleich der Ergebnisse und Bewertung der Korrelationen.

Zielsetzung und Herangehensweise

Im Rahmen der industriellen Forschung sollen Erkenntnisse über belastende Gerüche und Schadstoffe in Kfz-Innenräumen gewonnen und dazu genutzt werden, gegenwärtige praxisferne Filtertestverfahren (DIN 71460-2 bzw. ISO 11155-2) hinsichtlich Testsubstanzen und Konzentration auf mehr Praxisrelevanz zu optimieren, die Wirksamkeit neuer Filtertechnologien und daraus abgeleiteter Produkte entwicklungsbegleitend zu testen und die Methode als Standard zu etablieren.

Es sollen dazu charakteristische, Kfz-Innenraumtypische Pilotsubstanzen als Vertreter gängiger Geruchs- und Schadstoffe identifiziert und im Labormaßstab für eine praxisorientierte Filterprüfmethode eingesetzt werden, die sowohl eine analytische, als auch eine humanolfaktometrische Effizienzbestimmung zulässt. Erkenntnisse aus dem Laborverfahren dienen als Basis für eine Umsetzung in eine praxisnahe Prüfmethode mit relevanten Testsubstanzen in realistischen Konzentrationen in Kombination mit olfaktometrischer Messung und dem Einsatz zur Testung neuartiger Filtertechnologien und Produkte. Die Methode soll letztendlich Eingang in Normen und Standards finden und gegenwärtige praxisferne Methoden ersetzen und/oder ergänzen.

Zur Erreichung der angestrebten Arbeitsziele wurden folgende Punkte bearbeitet:

- Literaturrecherche und Auswahl geeigneter Versuchgeruchsstoffe für die Entwicklung einer Laborprüfmethode
- Konzeptionierung und Aufbau einer Laborprüfeinrichtung
- Erste Versuche zur Validierung der Laborprüfmethode anhand der Testsubstanz Hexanal
- Chemische Untersuchungen von Kfz-Innenräumen
- Auswahl von sechs Pilotsubstanzen, die Gerüche aus dem Fahrzeuginnenraum selbst, aus der Außenluft und durch vom Menschen selbst eingebrachte Stoffe repräsentieren sollen.
- Olfaktometrische Messungen mit diesen Substanzen an verschiedenen Filtermaterialien und entsprechende Labormessungen an Filterelementen mit ebendiesen Materialien.
- Durchführung von heute üblichen Standardbewertungen dieser Filterelemente.
- Auswertung und Vergleich der Testergebnisse.

2. Projektmeetings und –besprechungen

- a. Kick-Off am 23.10.2007 bei fiatec/Mainleus
- b. 1. Projektmeeting am 20.02.2008 bei IBP/Holzkirchen
- c. 2. Projektmeeting am 16.07.2008 bei fiatec/Mainleus
- d. 3. Projektmeeting am 24.11.2008 bei Mann+Hummel/Gefrees
- e. 4. Projektmeeting am 09.03.2009 bei IBP/Holzkirchen
- f. 5. Projektmeeting am 20.07.2009 bei fiatec/Mainleus
- g. 6. Projektmeeting am 14.05.2010 bei IBP/Holzkirchen
- h. 7. Abschlussbesprechung am 17.11.2010 bei IBP/Holzkirchen

3. Technischer Arbeitsbericht

a. Arbeitsbericht Mann+Hummel Innenraumfilter (vormals helsa automotive)

Innenraumfilter mit Aktivkohle zur Reduktion von Schadstoffen

Die Verwendung von Innenraumfiltern mit Aktivkohleschicht stellt bisher die einzig wirksame praktikable Methode dar, um die Konzentration von Schadstoffen in Kfz-Innenräumen effektiv zu senken. MANN+HUMMEL stellt derartige Filter im industriellen Maßstab her.

Hierzu wird zunächst ein dünnes Trägervlies mit geringem Luftwiderstand mit einem Kleber beschichtet. Auf dieses Trägervlies wird nun pulverförmige Aktivkohle aufgebracht. Der Komposit aus mechanisch stabilem Trägervlies mit Aktivkohle wird nun mit einem weicherem Partikelfiltervlies überdeckt (Bild 1).



Bild 1: Kombifilterfertigung bei Mann+Hummel. Ein aktivkohlebeschichtetes Trägervlies wird mit einem Partikelfiltervlies plissiert.

Anschließend erfolgt der Plissierprozess, d.h. das Material wird zu Falten aufgestellt. Das Falten des Materials dient dazu, die effektive Filterfläche im Filterelement zu erhöhen (Bild 2 links). Zur Verbesserung der mechanischen Stabilität werden die Filterelemente noch mit Seitenverklebungen und Stirnseiten versehen (Bild 2 rechts).

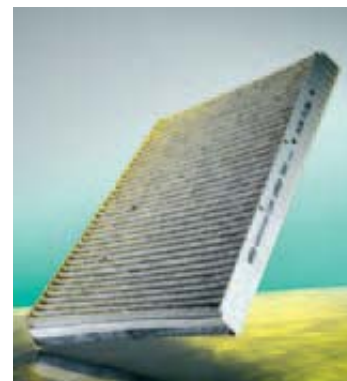
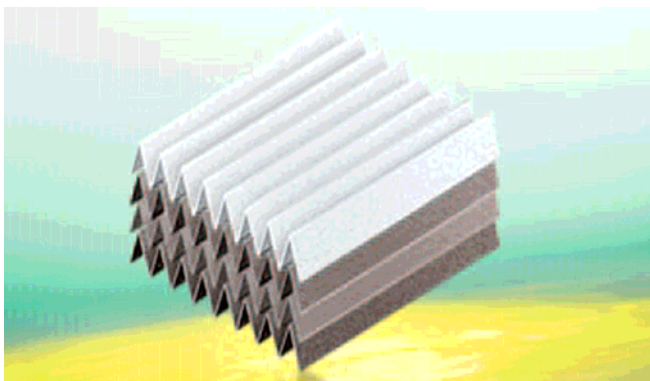


Bild 2: Plissiertes Filtermedium eines Kombinationsfilters (links) und Innenraumfilter CUK 2862 (rechts) (MANN+HUMMEL GmbH).

Ein derartiger Innenraumfilter verbleibt für gewöhnlich bis zu 15.000 km in einem Fahrzeug. Die im Filter befindliche Aktivkohlemenge akkumuliert über die Gebrauchsdauer die Schadstoffe. Für das Projekt war es daher interessant zu untersuchen, welche Schadstoffe durch die Aktivkohle gebunden werden. Hierzu wurden in der Startphase des Projektes Extraktionsversuche an gebrauchten Filtern durchgeführt, deren Ergebnisse im Zwischenbericht dargestellt sind.

b. Arbeitsbericht Fraunhofer IBP

Anhand einer Literaturrecherche und basierend auf eigenen Fahrzeug-Messungen wurde eine Liste mit geruchsaktiven Substanzen erstellt, die als relevant erachtet werden. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Liste relevanter geruchsaktiver Substanzen im Kfz-Innenraum

	Konzentrationsbereich [µg/m³]	Geruchsschwelle [µg/m³]
häufig:		
Hexanal	1 - 100	5 - 65
1-Hexen-3-on	<0,1	0,02 - 0,04
1-Octen-3-on	<0,1	0,03 - 0,6
(E)-2-Nonenal	1 - 10	0,1 - 3,6
trans-(4,5)-Epoxy-(E)-2-decenal	<0,1	0,0005 - 0,005
2-Methoxyphenol (Guajakol)	1	0,1 - 0,8
Vanillin	1 - 10	0,6 - 1,2
2-Acetyl-1-pyrrolin	<0,1	0,02
vereinzelt:		
m-/p-Xylol	10 - 2000	500 - 2400
Ethylbenzol	10 - 500	400
Octanal	1 - 50	5,8 - 13,6
Nonanal	1 - 50	4,5 - 12,1
Decanal	10 - 100	30 - 63
(Z)-2-Decenal	<0,1	
2,4,6-Trimethylanisol	1 - 10	
Diethyldisulfid	<1	0,3 - 20
Diethyltrisulfid	<1	4,4 - 5,4
3-Methylthiopropanol	1	
3-Methyl-2-buten-1-thiol	<0,1	0,0013 - 0,0026
5-Ethyliden-2-norbornen	>100	35 - 400
Ethyl-2-methylbutanoat	<0,1	0,06 - 0,24
Diethylmalonat	10 - 100	
1-Nonen-3-on	<0,1	0,008
(E,E)-2,4-Decadienal	1	0,04 - 0,16
(E)-2-Undecenal	1 - 10	ca. 1-10
Außengerüche:		
Hexanal		5 - 65
Pentansäure		30 - 120
Ammoniak		100 - 7600

	Konzentrationsbereich [µg/m³]	Geruchsschwelle [µg/m³]
Bioeffluenten:		
2-/3-Methylbuttersäure		1,5
Hexansäure		12
(E)-2-Nonenal		0,1 - 3,6
Mikroorganismen		
1-Octen-3-ol		45
3-Octanon		1,3
2-Octanon		10-50

Für erste Versuche wurden aus dieser Liste einige Testsubstanzen ausgewählt, sowie Vertreter gleicher Stoffklassen, wenn diese einfacher zu handhaben sind. Die ausgewählten Substanzen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Pilotsubstanzen für erste Versuche

Substanz	Geruchsschwelle [µg/m³]	Herkunft, typ. Geruch und Sonstiges
Pentansäure	30-120	Anthropogen, schweißiger Geruch
Limonen	10-500	Wird häufig in Reinigungsmitteln als „Zitronenduft“ eingesetzt
Dimethyltrisulfid	0,1-7,5	Kohlsuppenähnlicher Geruch. Andere Sulfide sind zu giftig und/oder zu sehr dominierend, besitzen sehr niedrige Geruchsschwellen und noch unangenehmere Geruchsqualitäten.
Hexanal	5-65	Substanz fand sich bisher in allen Kfz-Innenräumen. Wird häufig als Testsubstanz eingesetzt. Quellen sind vermutlich oxidierte Treibstoffbestandteile, Abbauprodukt von Fetten und Schmiermitteln.
Trimethylamin	0,26-27	Kann neben ähnlichen Aminen als Abbauprodukt von Katalysatoren bei der Polyurethan-Herstellung (Schäume etc.) auftreten. Fischähnlicher Geruch.
1-Octen-3-ol	45	Tritt als Stoffwechselprodukt von Mikroorganismen auf.

Erste Untersuchungen wurden mit Hexanal als Testsubstanz durchgeführt.

Neben den geruchsaktiven Substanzen wird bei Raumluftmessungen immer eine Anzahl Substanzen gefunden, die nicht zum Geruchsempfinden der Luft beitragen, jedoch den Großteil der flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds VOCs) in der jeweiligen Luftprobe bilden. Die Gesamtheit dieser Substanzen kann als Matrix für die geruchsaktiven Substanzen gesehen werden. Es handelt sich um typische Kohlenwasserstoffe, wie Alkane, Alkene oder Aromaten, die i. d. R. jeweils unterhalb der Geruchsschwelle auftreten. Unter den Projektpartnern wurde diskutiert, ob eine Filtertestung nur mit geruchsaktiven Substanzen oder, wie in der Realität, mit geruchsaktiven Substanzen in einer Matrix aus ausgewählten Kohlenwasserstoffen durchgeführt werden sollte. Die Frage, inwieweit diese jeweilige Matrix ergebnisentscheidend ist, konnte nicht geklärt werden. Um die Komplexität der Aufgabenstellung überschaubar zu halten, wurde hier vereinbart, jeweils mit den Reinsubstanzen zu arbeiten.

Konzeptionierung und Aufbau einer Laborprüfeinrichtung

Für erste experimentelle Testungen ausgewählter Beispielfilter wurde am Fraunhofer-Institut für Bauphysik eine Anlage für Filtertestungen im Labormaßstab eingerichtet. Die Anlage wurde so konzipiert, dass Filtertestungen unter realitätsnahen Bedingungen durchgeführt werden konnten und gleichzeitig die Möglichkeit gegeben war, humanolfaktometrische, analytisch chemische und prozessbegleitende Daten zu erfassen. Es wurden Probenahmestellen vor und nach dem Filter eingerichtet, an denen Luftproben für kontinuierliche und diskontinuierliche Auswertungen entnommen werden können und gleichzeitig ein Abriechen der Probenluft durch Probanden erfolgen kann. Die Zugabe der Prüfsubstanzen erfolgt über ein am Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickeltes Mikrodosiersystem. Dieses ermöglicht die Darbietung von einzelnen Substanzen oder Substanzgemischen in einem weiten Konzentrationsbereich. Ebenso sind schnelle Wechsel der Konzentration möglich, wenn gewollt. Die gesamte Laboranlage zur Testung von Filtern ist in Bild 3 schematisch dargestellt.

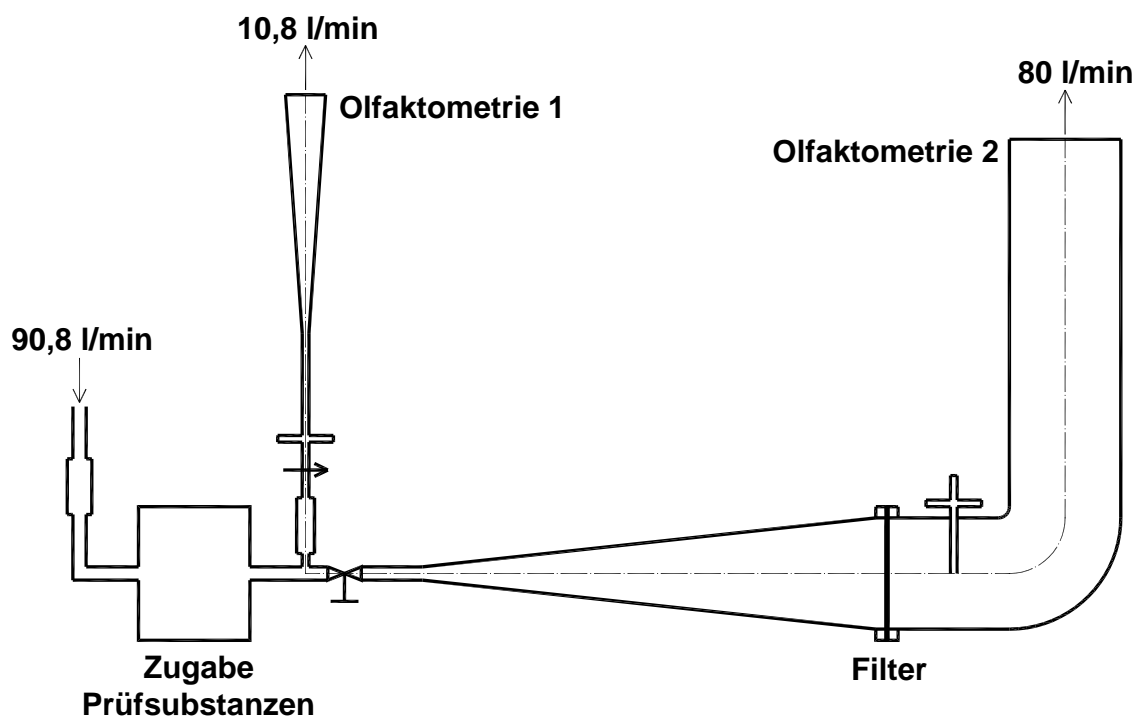


Bild 3 Schematischer Aufbau der Laboranlage für Filtertestungen

Erste Versuche zur Validierung der Laborprüfmethode anhand der Testsubstanz Hexanal

An dem Laboraufbau wurden erste Versuche mit Hexanal und einem exemplarisch ausgewählten Filtermuster durchgeführt. Die Versuchsparameter sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Versuchsp Parameter für die Untersuchungen mit den Pilotsubstanzen

Relative Luftfeuchte	50 ± 5 %
Temperatur	23 ± 2 °C
Filterfläche	78,5 cm ²
Volumenstrom	80 l/min
Anströmgeschwindigkeit	17,0 cm/s
Flächenware einlagig	Muster 1 (BET 850 m ² /g; >45mg/g n-Butan)

Erste Ergebnisse sind beispielhaft in Bild 4 dargestellt. Für die Darstellung der Ergebnisse wurde der Durchlassgrad berechnet, also jener Anteil an Hexanal, der nach dem Filter wieder gefunden wurde. Der Versuchsaufbau wurde hinsichtlich Dichtigkeit, Luftversorgungsstabilität und Messgenauigkeit optimiert.

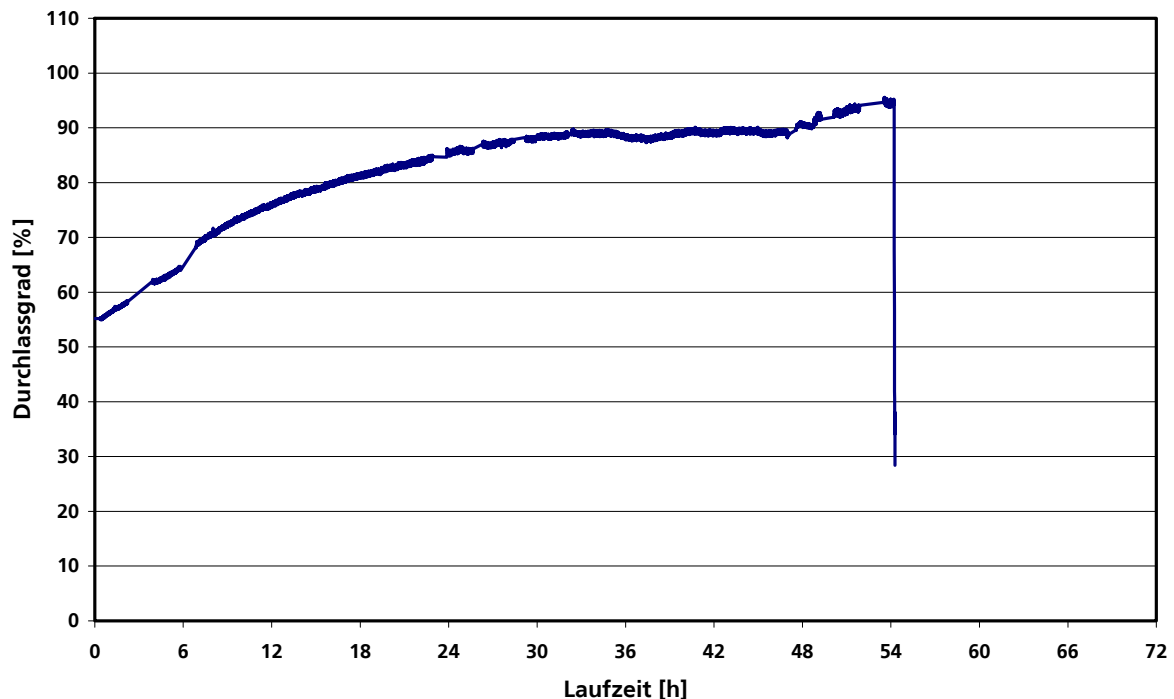


Bild 4: Durchlassgrad Filter Muster 1 für Hexanal, $c(\text{Hexanal vor Filter}) = 4,99 \text{ ppm}$, Experiment nach Modifikationen

Um den zeitlichen Versuchsablauf zu raffen, wurde versucht, nach einer angemessenen Einlaufphase mit der angestrebten Hexanalkonzentration vor dem Filter, diese Konzentration deutlich zu erhöhen, um eine Sättigung des Filters in einem angemessenen Zeitrahmen zu erreichen.

Chemische und olfaktorische Untersuchungen von Kfz-Innenräumen

Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik fanden bereits früher Emissions- und Geruchsuntersuchungen an Neuwagen statt. Diese Untersuchungen dienten auch dazu eine erste Auswahl an möglichen relevanten geeigneten Substanzen für Filtertests zu treffen (siehe oben). Die Messungen erfolgten an Fahrzeugen aus Deutschland, Japan, Italien, Frankreich und England, um im Hinblick auf eine weitverbreitete standardisierbare Methode zu wissen, was man an chemischen Verbindungen und Geruchsstoffen in Fahrzeugen erwarten kann und welche Substanzen sich als realistische Testsubstanzen für Filter eignen. Die Untersuchungen finden an einem Fahrzeuginnenraumemissionsprüfstand statt. Dieser ist in Bild 5 schematisch und in Bild 6 fotografisch dargestellt.

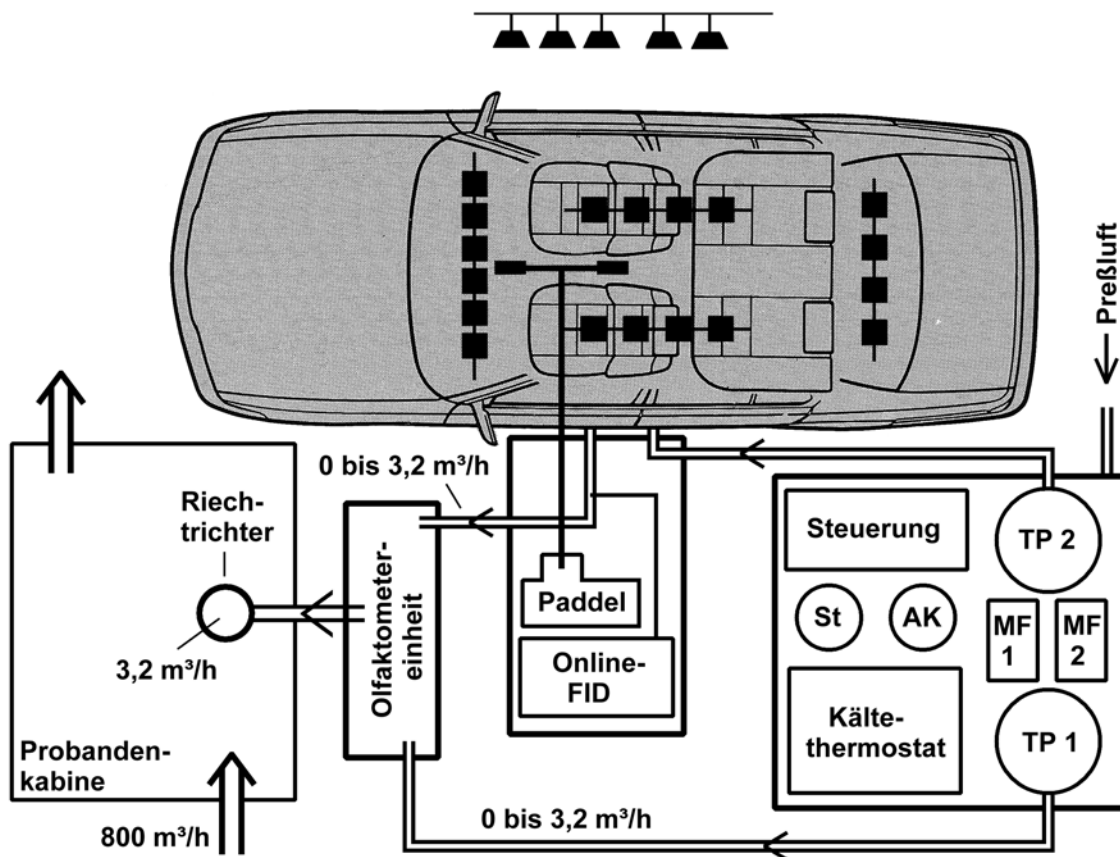


Bild 5: Fahrzeuginnenraumemissionsprüfstand, schematische Darstellung



Bild 6: Untersuchung an einem Fahrzeug im Fahrzeuginnenraum-emissionsprüfstand

Die Fahrzeuginnenraumluft wurde auf flüchtige organische Verbindungen (VOCs), Aldehyde und Ketone und Amine beprobt. Die VOC Analytik erfolgte in Anlehnung an DIN ISO 16000-6, flüchtige Aldehyde und Ketone wurden nach DIN ISO 16000-3 bestimmt, Amine wurden gemäß einer am IBP entwickelten Methode mittels LC-MS-MS analysiert.

Zusätzlich wurde Luft aus dem Fahrzeuginnenraum durch vier auf -80°C gekühlte Kühlfallen, wovon zwei mit Diethylether gefüllt waren, geleitet, wodurch flüchtige organische Verbindungen einschließlich der Geruchsstoffe ausgefroren bzw. abgeschieden werden und sich nach Probenaufreinigung und Konzentrierung mittels Gaschromatographie-Olfaktometrie (GCO), d. h. Abriechen des GC-Effluenten, anschließend analysieren lassen.

Es wurden acht Fahrzeuge untersucht. Dies waren im Einzelnen:

E1206_1	Mittelklassekombi, Deutschland (gebraucht, BJ 2004)
E1206_2	Oberklasse Van, Deutschland (ca. 3 Monate genutzt, BJ 2008)
E1206_3	untere Mittelklasse, Deutschland (ca. 1 Jahr genutzt, BJ 2007)
E1206_4	gehobene Mittelklasse Van, Japan (ca. 5 Jahre genutzt, BJ 2004)
E1206_5	Mittelklasse, Italien (neu, BJ 2009)
E1206_6	Kleinwagen, Frankreich (ca. 6 Monate genutzt, BJ 2008)
E1206_7	Kleinwagen, England (neu, BJ 2010)
E1206_8	Kleinwagen, England (neu, BJ 2010)

Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind im Anhang 1 in den Tabellen 1 bis 8 dargestellt. Das Resultat der Geruchsstoffanalysen von vier Fahrzeugen ist in Tabelle 9 zusammen gefasst (siehe ebenfalls Anlage 1).

Die Analysen dieser Fahrzeuge zeigen, dass die anfängliche Auswahl der Testsubstanzen ganz gut getroffen war: Aus dem Kollektiv der Pilotsubstanzen wurden in drei Fahrzeugen Limonen, das originär, aber auch nach wenigen Fahrzeugnutzungen durch Personen, Hygieneartikel und Reinigungsmittel in ein Fahrzeug gelangen kann, in sechs Fahrzeugen Hexanal und in allen Fahrzeugen Trimethylamin, bzw. das sehr ähnliche Triethylamin nachgewiesen. Die übrigen Pilotsubstanzen Pentansäure, Dimethyltrisulfid und 1-Octen-3-ol können in den erwarteten Konzentrationen mit der verwendeten Analytik nicht nachgewiesen werden. Pentansäure ist ein Repräsentant für vorkommende Säuren, 1-Octen-3-ol ist Ersatzstoff für 1-Octen-3-on mit gleicher Geruchsqualität, aber höherer Geruchsschwelle (damit leichter Handhabung).

**Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren der Konzentrationen der sechs Pilot -
substanzen von ppb in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei 0°C und $1013,25\text{ hPa}$)**

Substanz	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Konzentration [ppb]
Hexanal	4,47227	1
Dimethyltrisulfid	5,63697	1
Limonen	6,08272	1
1-Octen-3-ol	5,72409	1
Pentansäure	4,55996	1
Trimethylamin	2,63852	1

Erstellung von Geruchsintensitätsverläufen für typische, ausgewählte geruchsaktive Substanzen

Für ausgewählte geruchsaktive Substanzen wurden die Korrelationen zwischen Geruchsintensität und Konzentration bestimmt. Zur Bewertung der Geruchsintensität wurde die Skala nach VDI 3882/1 (siehe Bild 7) zugrunde gelegt. Bei diesem Bewertungsverfahren werden allen Intensitätsklassen verbale Kategorien zugeordnet.

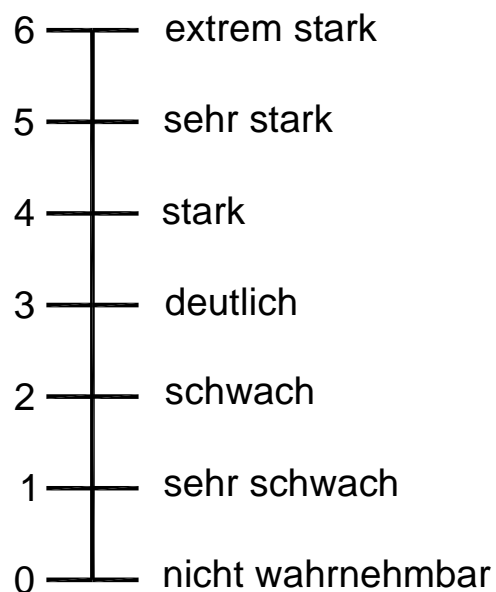


Bild 7: Skala zur Bewertung der Geruchsintensität

Die Bewertung der Geruchsintensität erfolgte mit mindestens 8 Probanden. Die Ergebnisse der Bewertungen der geruchsaktiven Substanzen sind in Bild 8 dargestellt.

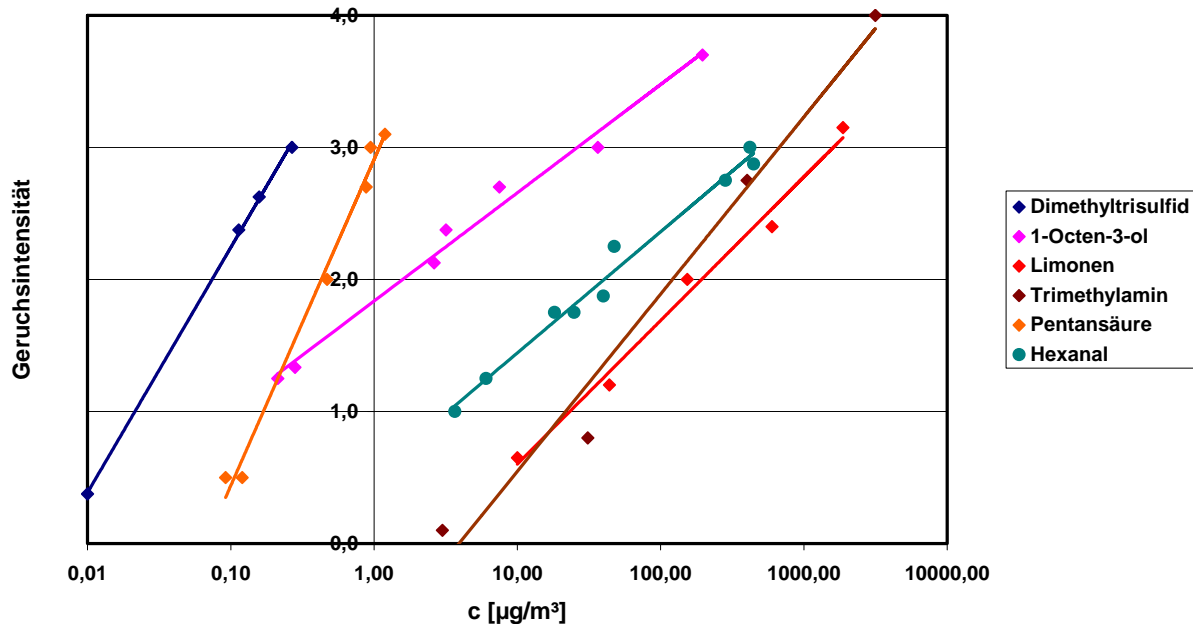


Bild 8: Zusammenhänge zwischen Geruchsintensität und Konzentration für ausgewählte geruchsaktive Substanzen

Wie aus Bild 8 ersichtlich ist, zeigen die geruchsaktiven Substanzen deutlich unterschiedliche Korrelationen zwischen der Geruchsintensität und den Konzentrationen. Für die Anwendung bei Filtertestungen bedeutet dies, dass eine Konzentrationsreduktion je nach Substanz zu ganz unterschiedlichen Reduktionen der Geruchsintensität führen wird. Weiterhin folgt, dass aufgrund der olfaktorischen Reduktion einer Testsubstanz durch ein Filtermedium nicht auf die olfaktorische Reduktion für andere Substanzen geschlossen werden kann. Bild 8 zeigt analog zu Tabelle 1 dass bereits sehr geringe Konzentrationen an geruchsaktiven Substanzen einen Geruchseindruck auslösen können.

Vergleichende Testungen von verschiedenen Filtermedien mit ausgewählten geruchsaktiven Substanzen

Um beurteilen zu können, wie unterschiedliche Filtertypen die ausgewählten Testsubstanzen Dimethyltrisulfid, Hexanal, Limonen, 1-Octen-3-ol, Pentansäure und Trimethylamin aus Luft entfernen können, wurden 2, bzw. 3 Filtermedien ausgewählt und diese mit den Testsubstanzen in olfaktorisch relevanten Konzentrationen beaufschlagt. Es wurden 3 Filtertypen ausgewählt, die im Folgenden als Typen A, C und C+ bezeichnet werden.

Es zeigte sich, dass eine zeitgleiche olfaktorische Bewertung vor und nach dem Filter fehlerbehaftet sein kann. Deshalb wurde jeweils vor Beginn und nach Beendigung einer Filtermessung die Geruchsintensität vor Filter separat ermittelt. In den folgenden Diagrammen wird dieser Bereich als „vor Filter“ bezeichnet und stellt jeweils den maximalen Bereich dar, in welchem sich die Geruchsintensitäten vor Filter bei allen Messungen der jeweiligen Substanz bewegten. Durch Vorversuche wurde jeweils ein geeigneter Messbereich ermittelt, der sich idealer Weise in einem Geruchsintensitätsbereich zwischen 1,5 und 3,5 bewegen sollte. Bei Geruchsintensitäten $>3,5$ vor Filter könnte auch eine erhebliche Reduktion der Konzentration zu kaum

messbaren Änderungen in der Geruchsintensität führen. Bei Geruchsintensitäten <1,5 vor Filter wird der bewertbare Bereich zu klein, so dass eine gute Unterscheidung der Filtermedien erschwert werden könnte. Aufgrund der Geruchsintensitätsverläufe in Abhängigkeit von der Konzentration, wie sie in Bild 8 dargestellt sind, lassen sich für die Rohgasarbeitskonzentrationen folgende Werte abschätzen:

Tabelle 5: Konzentrationen der sechs Pilotsubstanzen für die olfaktorische Bewertung in ppb und $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bei 0°C und $1013,25\text{ hPa}$)

Substanz	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Konzentration [ppb]
Dimethyltrisulfid	0,08	0,015
Hexanal	350	80
Limonen	600	100
1-Octen-3-ol	30	5
Pentansäure	0,5	0,1
Trimethylamin	600	230

Im Folgenden sind die Ergebnisse der olfaktorischen Bewertung der Medien mit den sechs Testsubstanzen dargestellt.

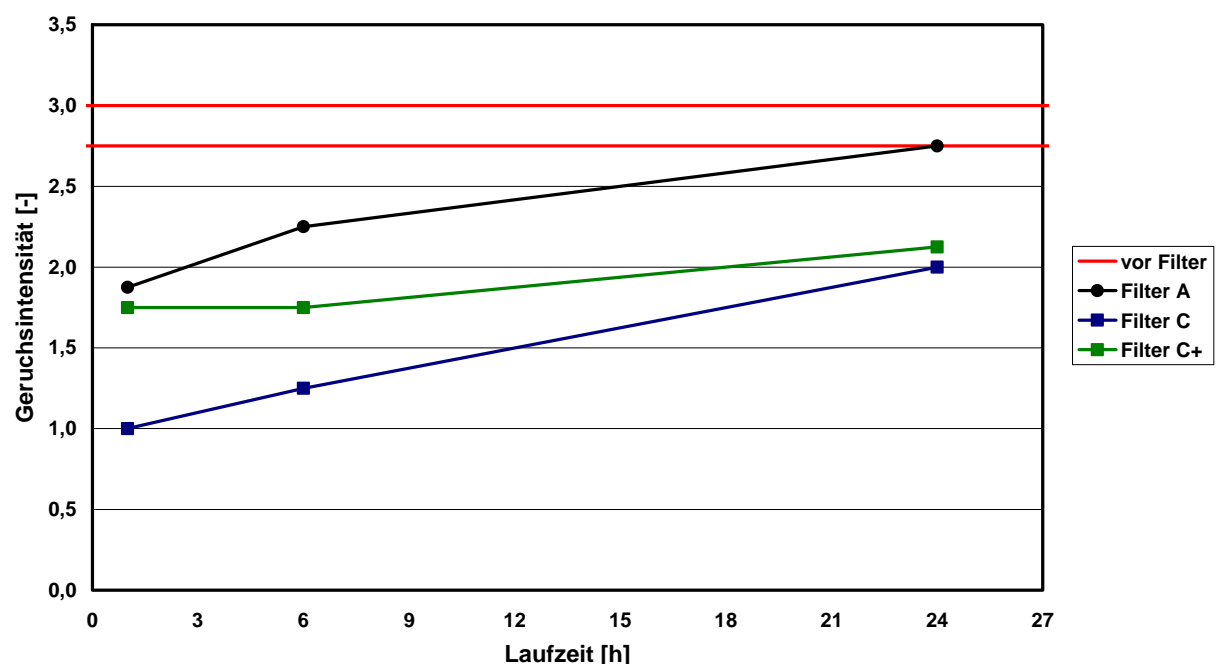


Bild 9 Geruchsintensitätsverlauf von Hexanal nach Filtern A, C und C+

Für Hexanal wurde die Abscheideleistung von drei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 2,75 – 3,0. Filter C hält diese Substanz am besten zurück, Filter C+ an zweitbesten. Filter A zeigt die schlechteste Abscheideleistung.

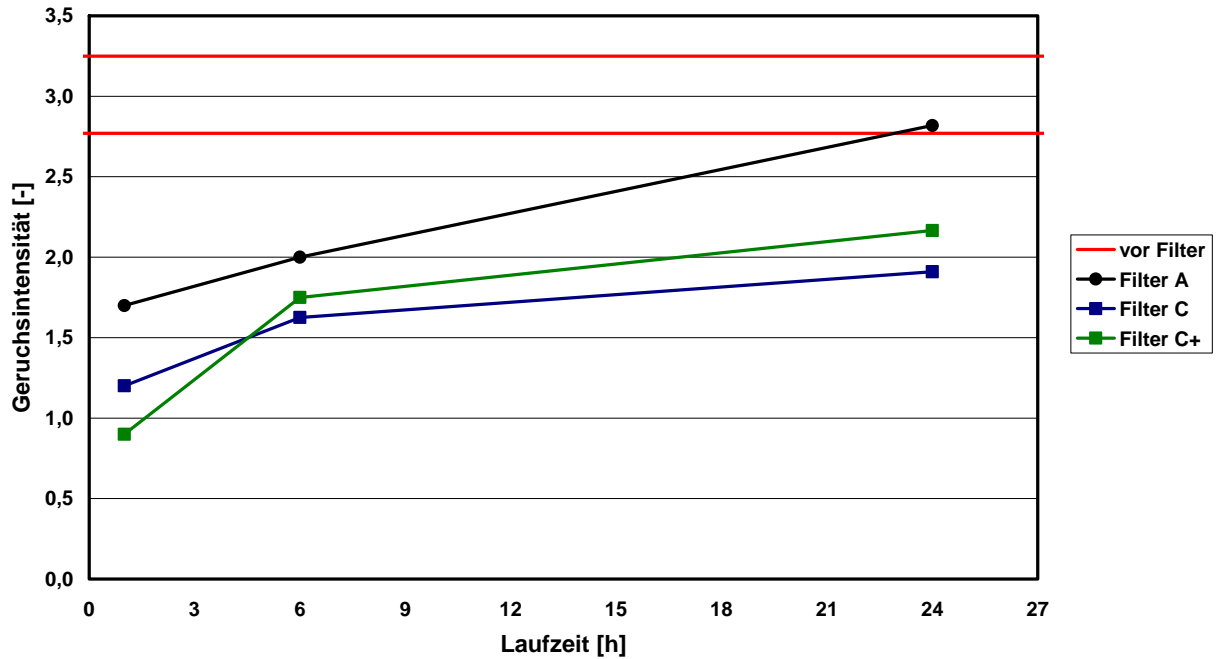


Bild 10 Geruchsintensitätsverlauf von Trimethylamin nach Filtern A, C und C+

Für Trimethylamin wurde die Abscheideleistung von drei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 3,1 – 3,25. Filter C hält diese Substanz langfristig am besten zurück, Filter C+ an zweitbesten. Filter A zeigt die schlechteste Abscheideleistung.

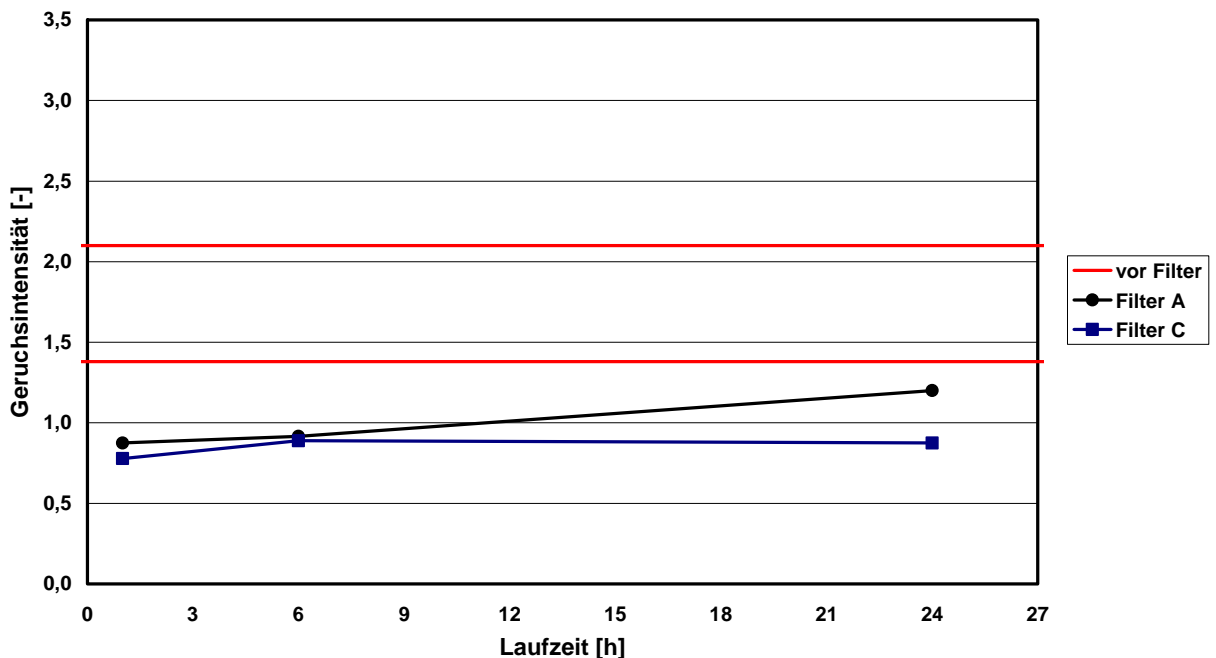


Bild 11 Geruchsintensitätsverlauf von Dimethyltrisulfid nach Filtern A und C

Für Dimethyltrisulfid wurde die Abscheideleistung von zwei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 1,4 – 2,1. Filter A und C zeigen im Rahmen der Messgenauigkeit gleiche Abscheideleistung.

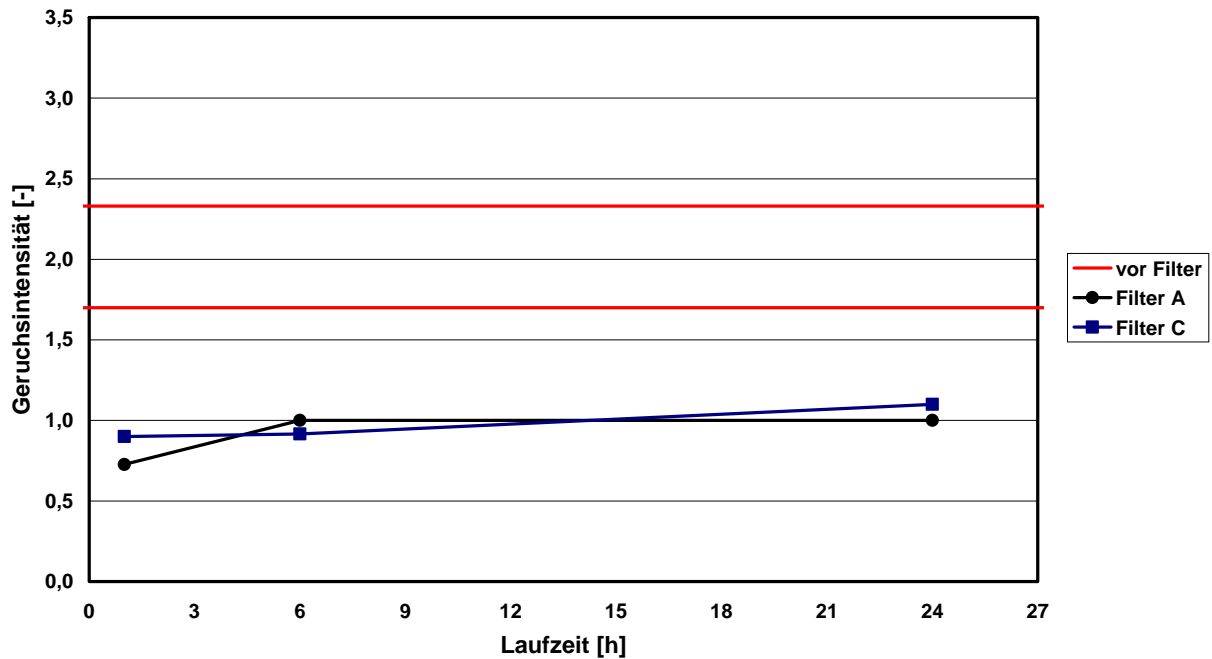


Bild 12 Geruchsintensitätsverlauf von Pentansäure nach Filtern A, und C

Für Pentansäure wurde die Abscheideleistung von zwei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 1,7 – 2,3. Filter A und C zeigen im Rahmen der Messgenauigkeit gleiche Abscheideleistung.

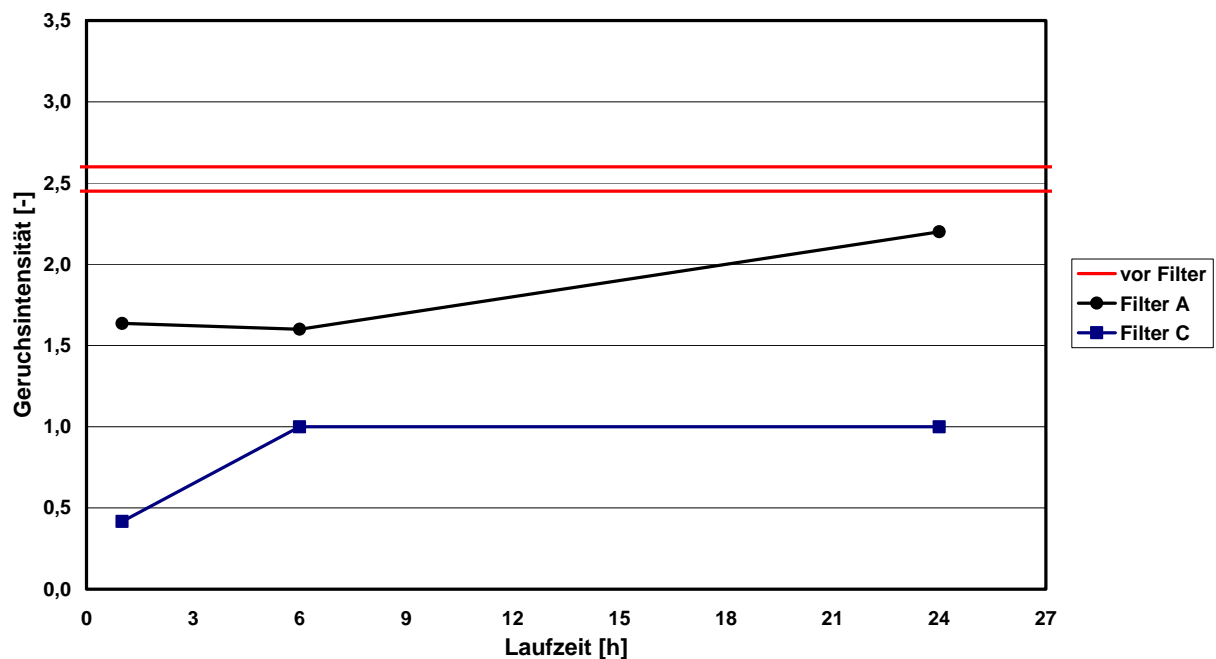


Bild 13 Geruchsintensitätsverlauf von Limonen nach Filtern A, und C

Für Limonen wurde die Abscheideleistung von zwei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 2,45 – 2,6. Filter C zeigt für diese Substanz eine deutlich bessere Abscheideleistung als Filter A.

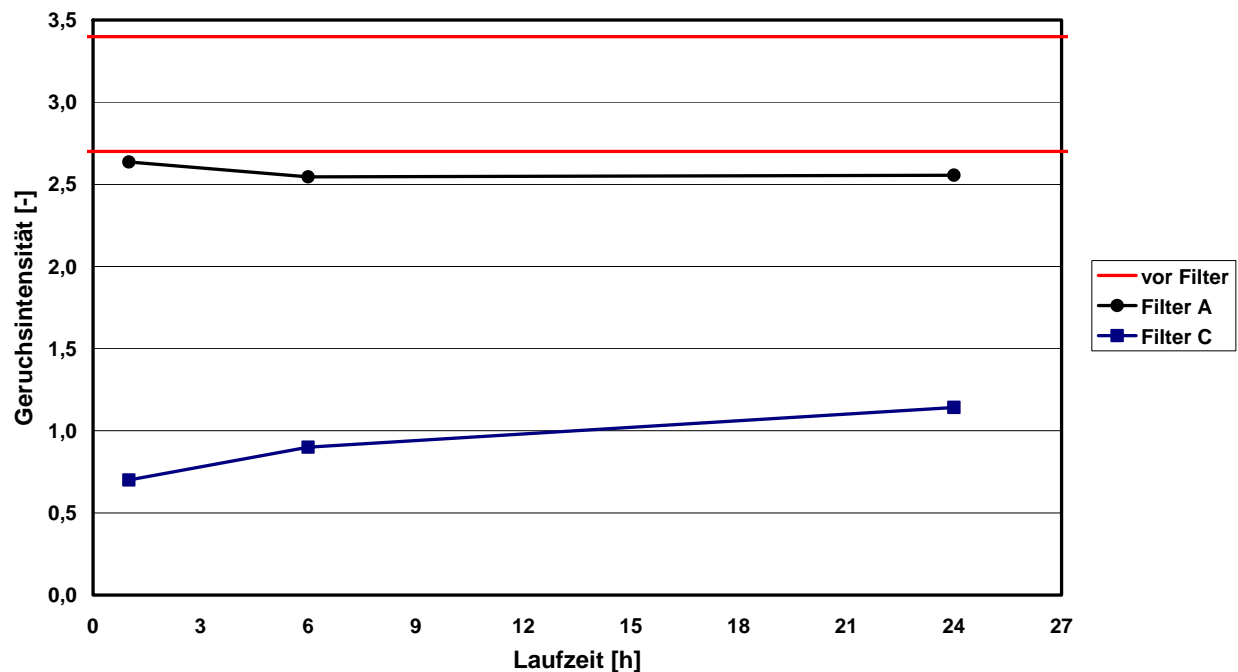


Bild 14 Geruchsintensitätsverlauf von 1-Octen-3-ol nach Filtern A, und C

Für 1-Octen-3-ol wurde die Abscheideleistung von zwei Filtertypen bestimmt. Die Geruchsintensität vor Filter bewegte sich zwischen 2,7 – 3,4. Filter C zeigt für diese Substanz eine deutlich bessere Abscheideleistung als Filter A.

Bei der olfaktorischen Untersuchung der Abscheideleistung verschiedener Filtertypen mit unterschiedlichen geruchsaktiven Substanzen zeigt sich, dass die Filter je nach Substanz deutlich unterschiedliche Abscheideleistungen zeigen. So wird z.B. Pentansäure von Filter A und Filter C gleich gut abgeschieden. 1-Octen-3-ol wird von Filter C gut, von Filter A dagegen fast gar nicht abgeschieden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass das Verhalten eines Filters gegenüber geruchsaktiven Substanzen nicht mit nur einer Modellsubstanz befriedigend abgebildet werden kann.

Die olfaktorische Untersuchung der Abscheideleistung verschiedener Filtertypen gegenüber unterschiedlicher geruchsaktiver Substanzen zeigt auch, dass zur Beurteilung der Filterleistung in praktischen Anwendungen eher der initiale Durchbruch relevant sein wird. In allen in diesem Projekt durchgeführten Untersuchungen, wurde ein initialer Durchbruch der jeweiligen Versuchssubstanz gleich zu Beginn der Filtertestung festgestellt. Da in der Praxis olfaktorische Belastungen i.d.R. als Event auftreten, also eine kurzfristige starke Erhöhung der Konzentration einer geruchsaktiven Substanz mit sehr niedrigen Konzentrationen über einen langen Zeitraum wechselt, gilt es besonders diese Events abzufangen. Zur diesbezüglichen Beurteilung des Filters ist wiederum der initiale Durchbruch das entscheidende Kriterium. Bezüglich des Verhaltens eines Filters in der Praxis sollte auch die menschliche Wahrnehmung berücksichtigt werden. Der menschliche Geruchssinn kann durch Adaption länger anhaltende Geruchseindrücke ausblenden. Dies bedeutet, dass eine länger andauernde Exposition gegenüber einer geruchsaktiven Substanz beim betroffenen Menschen zu einem immer schwächeren Geruchseindruck führt, bis selbst starke Gerüche nicht mehr wahrgenommen werden. Auch unter diesem Aspekt wird der initiale Durchbruch zur Beurteilung der

Praxistauglichkeit eines Filters von wesentlich größerer Bedeutung zu sein, als die langfristige Abscheideleistung.

c. Arbeitsbericht fiatec GmbH

Zusammenfassung:



Nach der Festlegung der ersten Testsubstanz Hexanal wurden bei fiatec Adsorptionsprüfungen sowohl an kompletten Innenraumfiltern als auch an den Flächenwaren durchgeführt. Die Versuchsbedingungen und -parameter: Konzentration, Temperatur und relative Feuchte waren vergleichbar zu den Versuchen beim IBP gewählt. Der initiale Durchbruch lag bei fiatec bei ca. 40 % und damit ähnlich wie beim IBP bei ca. 55%. Signifikante Abweichungen ergaben sich jedoch bezüglich der Haltezeiten. Die Proben erreichten beim IBP den 90 %-igen Durchbruch nach rund 40 Stunden, bei fiatec nach rund 18 Stunden. Bei Wiederholungsmessungen am IBP mit angepassten Versuchsbedingungen konnten die fiatec-Messungen reproduziert werden. Bild 15 zeigt die Adsorptionsmessinstrumente, mit welchen die Adsorptionsmessungen bei fiatec GmbH ausnahmslos durchgeführt wurden.

Bild 15: fiatec Adsorptionsprüfstand

Nachfolgend sind die Versuchsparameter der Hexanalmessungen zusammengefasst. Die detaillierten Messberichte finden sich in Anlage 2 zu diesem Bericht.

Zusammenfassung der Versuchsparameter der Hexanalmessungen

Temperatur [°C]	23 +/- 1
Relative Feuchte [%]	50 +/- 3
Anströmgeschwindigkeit [cm/s]	17
Probendurchmesser [mm]	150
Probenfläche [cm ²]	176,63
Medienfläche Filter [cm ²]	3850
Flächenverhältnis:	21,80

In der Folge wurden klassische Adsorptionsprüfungen mit allen sechs Substanzen an Filterelementen (und partiell auch Flächenwaren) durchgeführt, welche die selben Medien enthielten, an welchen auch die olfaktometrische Bewertung durchgeführt wurde. Da die olfaktorischen Messungen nur an Medienflächproben möglich waren, wurde festgelegt, dass für alle Messungen die gleiche Medienanströmgeschwindigkeit gewählt werden sollte. Damit geben die Messungen keinen unmittelbaren Aufschluss über die Güte der einzelnen Filterelemente, die auch von Design und Verarbeitung beeinflusst ist, sondern reflektieren vor allem die Eigenschaften des Filtermediums. Aus diesem Grund wurden sowohl bei den olfaktometrischen Tests, als auch bei den Laborprüfungen die Medien mit 0,17 m/s angeströmt, um möglichst hohe Vergleichbarkeit zu erzielen. Um eine direkte Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Filterdesigns zu erzielen, wurde die Angabe der Adsorptionskapazität auf jeweils einen Quadratmeter der entsprechenden Flächenware bezogen. Die Angaben des Sofortdurchbruchs sind davon nicht betroffen. Diese Daten wurden den olfaktorischen Beurteilungen gegenübergestellt.

In der letzten Phase wurden an den drei Modellvarianten A, C und C⁺ die heute üblichen Standardadsorptionsmessungen mit Butan und Toluol bei einer Konzentration von 80 ppm durchgeführt. Diese Leistungsparameter werden ebenfalls mit den Olfaktometrie-Daten verglichen. Die Daten der relevanten Adsorptionsmessungen bei fiatic GmbH sind in den Anlagen 3 und 4 zusammengefasst. Beispiele für Adsorptionsmessungen mit den 6 Geruchsstoffen bei 5 ppm sind in der Anlage 2 dargestellt.

4. Auswertung, Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Gemäß der Aufgabenstellung wurde eine Liste von projektrelevanten Substanzen gefunden und erarbeitet. Dieser Katalog wurde in drei Klassen von Geruchsstoffen entsprechend Ihrer Herkunft eingeteilt:

- Fahrzeugimmanente Gerüche (Neuwagengeruch)
- Anthropogene Gerüche (von Menschen eingeschleppte Substanzen, Nahrungsmittel, Absonderungen etc)
- Gerüche, die aus der Fahrzeugumgebung in den Innenraum dringen (Verkehrsemissionen, Industrie, Landwirtschaft etc.)

Aus diesen drei Klassen wurden je zwei Vertreter ausgewählt. Die Auswahlkriterien waren:

- Geruchsschwelle in einem geeigneten Konzentrationsbereich,
- Relevanz bezüglich der Anwendung (hohe Wiederfindungsrate bei den Fahrzeuguntersuchungen)
- Handhabbarkeit der Substanz im Labor
- Verfügbarkeit

Hexanal wurde aus dieser Gruppe für die ersten Grundsatzversuche ausgewählt. Dabei zeigte sich, dass die analytische Detektion und Leistungsbewertung eines Filters oder Filtermaterials gut funktioniert.

An drei unterschiedlichen Filtertypen (A neu, C und C+) wurden Adsorptions- und olfaktometrische Versuche durchgeführt. Die olfaktometrischen Versuche wurden an relativ kleinen Proben des Filtermediums durchgeführt, die Adsorptionsmessungen jeweils an den kompletten Filtern. Die Adsorptionsmessungen wurden teilweise bei zwei unterschiedlichen Konzentrationen (5 und 15 ppm) durchgeführt. Für die weitere Analyse werden hier jedoch nur die Daten mit der Konzentration 5 ppm verglichen.

Wie bereits weiter oben erörtert, ist für die geruchsmindernde Leistung der Materialien aufgrund unserer Beobachtungen vor allem die initiale Effizienz von entscheidender Bedeutung.

In Tabelle 6 sind die wesentlichen Eckdaten aus den diversen Adsorptionsmessungen den Ergebnissen der olfaktorischen Leistungsbewertungen gegenübergestellt. Die Gesamtadsorptionskapazität wurde quasi normiert und auf einen Quadratmeter Filtermedienfläche hochgerechnet, damit zumindest eine relative Vergleichbarkeit mit den Geruchsbewertungen gegeben ist. Deshalb sind für die einzelnen Elemente ebenfalls die Medienflächen aufgeführt. Die Spalte 4 enthält die Konzentrationen, bei denen jeweils Adsorptionskurven aufgenommen wurden. Für die Pilotsubstanzen betrug diese immer 5 ppm, die Stoffe Butan und Toluol wurden jedoch bei der heute in Lastenheften und Standards üblichen Konzentration von 80 ppm gemessen. Zum Vergleich mit den Adsorptionsdaten ist die „olfaktorische Wirkung“ dargestellt. Diese ergibt sich aus der Geruchsintensität der Substanz ohne Filter abzüglich der Intensität mit Filter zum jeweiligen Bewertungszeitpunkt. Es sind in der Tabelle einmal die Wirkung nach einer Stunde als initialer Wert und die Wirkung nach 24 Stunden quasi nach Langzeitbelastung angegeben.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Adsorptionsmessungen und Olfaktometrie

Temperatur [°C] 23 ± 1
 Rel. Feuchte [%] 50 ± 3
 Anströmgeschw. [cm/s] 17

Prüfgas	Probe	eff. Medienfläche: [m ²]	Konzentration [ppm]	SDB [%]	Olfakt. Wirkung nach 1 h	Kapazität [95%] [g]	Kapazität [1m ³] (entspricht Kapa bei Prüfung mit 612 m ³ /h) [g]	Olfaktorische Wirkung nach 24 h	Kapazität [24 h] [g]
Hexanal	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	3,67			166,03		34,37
Hexanal	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	6,44	1,875	27,61	60,68	0,88	-
Hexanal	Filter Type C+: 94 420 05 901	0,467	5 ± 0,5 ppm	6,65	1,125	27,01	57,84	0,75	-
Hexanal	Filter Type A neu (KF 1007141; 100707)	0,437	5 ± 0,5 ppm	16	1	-	74,77	0,13	32,67
Dimethylsulfid	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	4,43		2,17	10,46		-
Dimethylsulfid	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	10,99	1	0,91	2,01	0,85	-
Dimethylsulfid	Filter Type A neu (KF 1007141; 100707)				0,85			0,50	
Limonen	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	5,63		-	77,89		16,12
Limonen	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	10,04	2,1	12,00	26,37	1,50	-
Limonen	Filter Type A neu (KF 1007143; 100707)	0,437	5 ± 0,5 ppm	19,89	0,9	12,48	28,57	0,30	-
Pentansäure	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	2,88		-	215,00		44,50
Pentansäure	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	6,01	1,1	38,38	84,34	0,90	-
Pentansäure	Filter Type A neu (KF 1007144; 100707)	0,437	5 ± 0,5 ppm	14,35	1,25	-	99,45	1,00	43,46
Trimethylamin	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	0,00		3,07	14,85		-
Trimethylamin	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	5 ± 0,5 ppm	47,04		0,40	1,26		-
Trimethylamin	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	10,50	1,80	1,45	3,19	1,10	-
Trimethylamin	Filter Type C+: 94 420 05 901	0,467	5 ± 0,5 ppm	16,39	2,1	1,34	2,86	0,80	-
Trimethylamin	Filter Type A neu (KF 1007145; 100707)	0,437	5 ± 0,5 ppm	6,26	1,25	1,29	2,95	0,25	-
1-Octen-3-ol	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	5 ± 0,5 ppm	3,15		-	171,93		35,59
1-Octen-3-ol	Filter Type C: 9442005457	0,455	5 ± 0,5 ppm	9,52	2,3	26,572	58,40	1,40	-
1-Octen-3-ol	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	5 ± 0,5 ppm	21,51	0,4	33,015	75,55	0,45	-
n-Butan	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	80 ± 4 ppm	6,08		4,71	22,74		-
n-Butan	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	80 ± 4 ppm	52,86		0,82	2,54		-
n-Butan	Filter Type C+: 94 420 05 901	0,467	80 ± 4 ppm	33,40		1,46	3,13		-
n-Butan	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	80 ± 4 ppm	22,16		3,78	8,66		-
Toluol	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	80 ± 4 ppm	7,56		38,35	185,29		-
Toluol	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	80 ± 4 ppm	40,11		11,16	34,76		-
Toluol	Filter Type C+: 94 420 05 901	0,467	80 ± 4 ppm	8,44		31,14	66,68		-
Toluol	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	80 ± 4 ppm	15,79		35,07	80,25		-

Die Wirkung nach einer Stunde wird nun mit dem sogenannten Sofortdurchbruch bei der Adsorption verglichen und die Wirkung nach 24 h soll mit der Gesamtkapazität des Materials verglichen werden. Dabei ergeben sich folgende Sachverhalte:

- Vergleicht man nur die Adsorptionsdaten, so spiegeln die Ergebnisse für Toluol das Adsorptionsverhalten für die meisten der ausgewählten sechs Substanzen recht gut wieder. Lediglich für Trimethylamin sind die Ergebnisse nicht schlüssig und konsistent.
- Für Butan stimmt diese Aussage nicht so gut, allerdings führen wir diesen Sachverhalt darauf zurück, dass Butanadsorptionsmessungen sehr sensibel auf die Vorbehandlung der Filter (Konditionierung) und auf Schwankungen der Temperatur und Feuchte reagiert. Eine nicht hinreichende Probenvorbehandlung dürfte hier Probleme verursacht haben.
- Der Vergleich der Sofortdurchbruchdaten mit der olfaktorischen Wirkung nach einer Stunde legt nahe, dass die geruchsmindernde Wirkung durch die Adsorptionsmessungen ganz gut abgebildet wird. Dies trifft gut zu für die Substanzen Hexanal, Limonen und 1-Octen-3-ol. Für Trimethylamin ergaben sich in den Adsorptionsversuchen und in den olfaktometrischen Tests eindeutige aber widersprüchliche Ergebnisse. Für Pentansäure zeigten die beiden Prüflinge im olfaktorischen Versuch keine nennenswerten Unterschiede. Zumindest für die ersten 3 oben genannten Substanzen bilden die Adsorptionsdaten für Toluol die olfaktorische Wirkung recht gut ab. Bei Dimethylsulfid kann ein direkter Vergleich nicht gezogen werden, da nur für eine Filtertype ein kompletter Datensatz vorliegt.

- Die Wirkung nach 24 Stunden lässt sich mit den Gesamtkapazitäten leider nicht vergleichen und aus der Gesamtkapazität können anscheinend für die Geruchsreduzierungsleistung keine Rückschlüsse gezogen werden. Ob dies ein grundsätzliches Phänomen darstellt oder eine Konsequenz der hier gewählten Vorgehensweise (Vergleich von Flächenwaren mit kompletten Filtern unter standardisierten Bedingungen) ist, müsste in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden. Die für die Versuche ausgewählten Produkte lagen durch ihre zwar unterschiedlichen Aktivkohletypen, jedoch weitgehend gleichen Auflagemengen, in ihrem Leistungsspektrum relativ nahe beieinander, so dass die Unterschiede eventuell nicht hinreichend signifikant waren.

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

- Es ist möglich, den Versuchsaufbau proportional zu verkleinern, wenn wichtige Verfahrenskenngrößen berücksichtigt werden und man sich auf einen reinen Vergleich der Filtermedien beschränkt. Es muss das Verhältnis Filteroberfläche zu Volumenstrom konstant gehalten werden. Versuchsrandparameter, explizit Temperatur und relative Luftfeuchte müssen konstant gehalten werden.
- Für die Bewertung ganzer Filterelemente ist die Modellierung durch Messungen an Flächenwaren/Medien ungeeignet oder zumindest verbesserungsbedürftig.
- Olfaktorische Messungen können durch eine Filterprüfung mit hohen Konzentrationen zumindest teilweise abgebildet werden. Dabei gibt es aber Substanzen (siehe Trimethylamin), die mit den heute üblichen Stoffen und Methoden nur unzureichend erfasst werden. Für diese müssten bessere Substitute gefunden werden.
- Als olfaktorische Prüfmethode erweist sich die Bewertung der Geruchsintensität mit 8 untrainierten Probanden als geeignet zur Beurteilung des Filterverhaltens gegenüber einer Prüfsubstanz.
- Für eine sinnvolle olfaktorische Bewertung ist die Findung einer geeigneten Prüfkonzentration entscheidend. Diese darf nicht zu hoch gewählt werden, da sonst Konzentrationsreduktionen olfaktorisch kaum abgebildet werden können. Sie darf aber auch nicht zu niedrig gewählt werden, da dadurch eine Unterscheidung verschiedener Filter erschwert wird.
- Eine olfaktorische Filteruntersuchung über einen längeren Zeitraum erscheint nicht sinnvoll. Wichtiger erscheint der initiale Durchbruch, also diejenige Konzentration, welche ein Filter sofort, bzw. nach einer kurzen Prüfzeit (z. B. 1 h) passieren lässt..
- Olfaktorische Filterprüfungen müssen immer mit mehreren Prüfsubstanzen durchgeführt werden. Die hier verwendeten Prüfsubstanzen Dimethyltrisulfid, Hexanal, Limonen, 1-Octen-3-ol, Pentansäure und Trimethylamin scheinen geeignet.
- Aufgrund der hier vorliegenden Ergebnisse müssten neue Teststandards folgende Punkte berücksichtigen:
 - Als Testsubstanz zur Bewertung der olfaktorischen Eigenschaften gibt es offenbar geeignetere als die heute verwendeten Butan und Toluol.
 - Die Prüfungen sollten und könnten bei geeigneten, niedrigeren Konzentrationen durchgeführt werden.
 - Die Messungen müssen offenbar nicht bis zum vollen Durchbruch geführt werden, sondern es ist ausreichend, das anfängliche Adsorptionsverhalten (z. B. 3 h) zu betrachten.

Erkenntnisse zur Projektsteuerung

In einer fortgeschrittenen Phase des Projektes wurde von den Beteiligten beschlossen, die ursprüngliche Variante „Filter A alt“ nicht mehr weiter zu verfolgen und stattdessen eine Variante C+ mit einem Anteil einer imprägnierten Kohle zu prüfen. Dies war aus jetziger Sicht insoweit ein Fehler, als dadurch ein Produkt mit wirklich hoher Adsorptionsleistung gegenüber den untersuchten Testsubstanzen aus dem Vergleich genommen wurde. Dafür wurde ein Produkt mit sehr ähnlichen Eigenschaften wie die, der bereits untersuchten, aufgenommen. Dementsprechend war der zusätzliche Informationsgewinn durch diese Maßnahme gering.

Anlagen:

Anlage 1: Quantitative und Qualitative Ergebnisse der Fahrzeuguntersuchungen

Anlage 2: Beispiele für Adsorptionsmessungen an Filtern mit 6 Geruchsstoffen bei 5 ppm.

Anlage 3: Zusammenfassung der Adsorptionsmessungen an Filtern bei fiatec GmbH

Anlage 4: Zusammenfassung der Adsorptionsmessungen an Flächenwaren bei fiatec GmbH

Anlage 1 zum Abschlussbericht ProInno II: KF05211201 TN7

Entwicklung einer standardisierbaren und praxisnahen Prüfmethode zur Charakterisierung und unterstützenden Verbesserung der Leistungsfähigkeit neuartiger Filtertechnologien auf die Reduktion gasförmiger Geruchs- und Schadstoffe in Kfz- Umluftsystemen.

Tabelle 1 E1206_1 Ergebnis luftchemische Analyse

Mittelklassekombi, Deutschland (gebraucht, BJ 2004)

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
Ethanol	64-17-5	3406,3
2-Methylbutan	78-78-4	7,7
Pentan	109-66-0	38,2
2-Methylpentan	107-83-5	39,7
3-Methylpentan	96-14-0	9,6
Hexan	110-54-3	18,0
3-Methylhexan	589-34-4	9,8
Heptan	142-82-5	36,1
Methylcyclohexan	108-87-2	33,0
C8-Alkan		15,3
C8-Alkan		5,7
Toluol	108-88-3	405,0
C8-Alkan		12,1
Dimethylcyclohexan		11,9
Octan	111-65-9	41,3
C9-Alkan		65,9
Ethylcyclohexan	1678-91-7	9,8
C9-Alkan		20,3
Ethylbenzol	100-41-4	19,7
m-/p-Xylol		71,9
Styrol	100-42-5	27,9
o-Xylol	95-47-6	49,0
C10-Alkan		390,5
C10-Alkan		37,6
C10-Alkan		129,1
C10-Alkan		56,6
Decan	124-18-5	136,1
C11-Alkan		129,6
C11-Alkan		40,7
C10-Cycloalkan		19,4
C11-Alkan		101,8
C11-Alkan		709,7
C11-Alkan		302,0
Limonen	138-86-3	125,2
C11-Alkan		948,5
C11-Alkan		38,8
Siloxan+C11-Alkan		78,9
C11-Alkan		217,5
C11-Alkan		616,7
C11-Alkan		76,6
C11-Alkan		647,3

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
C 11-Alkan		38,2
unbek.+C 11-Alkan		60,0
C 11-Alkan		526,5
C 11-Alkan		68,9
C 11-Alkan		77,9
C 11-Alkan		110,2
Undecan	1120-21-4	22,9
C 12-Alkan		124,6
C 12-Alkan		23,4
C 12-Alkan		22,7
C 10-Cycloalkan+ C 10-Cycloalkanon		22,7
Dodecan	112-40-3	16,0
Siloxan		82,5
Formaldehyd	50-00-0	31,5
Acetaldehyd	75-07-0	66,2
Aceton	67-64-1	78,0
Acrolein	107-02-8	1,5
Propionaldehyd	123-38-6	12,8
2-Butanon	78-93-3	34,5
Butyraldehyd	123-72-8	8,9
Benzaldehyd	100-52-7	3,5
Cyclohexanon	108-94-1	7,0
Methylisobutylketon	108-10-1	5,8
Hexanal	66-25-1	6,1
N-Methylamin	74-89-5	17,5
N-Ethylamin	75-04-7	1,6
N-Butylamin	109-73-9	7,2
N,N-Dimethylamin	124-40-3	52,9
N,N-Diethylamin	109-89-7	6,7
N,N-Dibutylamin	111-92-2	1,0
N-Methylethylamin	624-78-2	0,9
Ethanolamin	141-43-5	4,1
Anilin	62-53-3	0,6
N-Methylanilin	100-61-8	0,1
Cyclohexylamin	108-91-8	1,7
Piperidin	110-89-4	1,1
Pyridin	110-86-1	0,4
Dicyclohexylamin	101-83-7	0,2
Trimethylamin	75-50-3	3,3
Triethylamin	121-44-8	1,7
N,N-Dimethylbenzylamin	103-83-3	9,5
3-Dimethylamino-1-propanol	3179-63-3	3,3
4-N,N-Trimethylanilin	99-97-8	0,3
N,N-Dimethylcyclohexylamin	98-94-2	0,6
Benzylamin	100-46-9	0,2
2-Dimethylaminoethanol	108-01-0	7,0
Diazabicyclooctan (Triethylendiamin)	280-57-9	19,3
2,2'-Oxybis[N,N-Dimethylethanamin]	3033-62-3	1,3

Tabelle 2 E1206_2 Ergebnis luftchemische Analyse

Oberklasse Van, Deutschland (ca. 3 Monate genutzt, BJ 2008)

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C4-Alken		61,6
2-Methylbutan	78-78-4	158,7
Pentan	109-66-0	24,0
2-Methylpentan	107-83-5	32,6
2-Methyl-1-penten	763-29-1	9,0
n-Hexan & 2-Butanon		10,4
Ethylacetat & unbekannte		13,7
Benzol	71-43-2	12,0
Cyclohexan	110-82-7	38,3
3-Methylhexan	589-34-4	6,6
2,2,4-Trimethylpentan	540-84-1	7,3
Pentanal	110-62-3	5,6
n-Heptan	142-82-5	6,8
2,3,3-Trimethylpentan	560-21-4	6,7
4-Methylheptan	589-53-7	6,0
Toluol	108-88-3	53,2
Butylacetat	123-86-4	13,3
Hexamethylcyclotrisiloxan		4,7
2,4-Dimethylheptan	2213-23-2	34,4
2,4-Dimethyl-1-hepten	19549-87-2	8,5
Chlorbenzol	108-90-7	2,4
Alkan		3,6
4-Methyloctan	2216-34-4	16,4
Ethylbenzol	100-41-4	95,3
m-/p-Xylol		365,8
3-Heptanon	106-35-4	3,4
Styrol	100-42-5	5,8
o-Xylol	95-47-6	134,4
C3-Alkylbenzol		13,5
Octamethylcyclotetrasiloxan		8,0
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	106,4
n-Decan	124-18-5	96,0
C3-Alkylbenzol		17,4
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	16,8
1-Methyl-2-pyrrolidon & unbek.		26,6
Diethylmalonat	105-53-3	37,4
n-Undecan	1120-21-4	264,3
Alkan		10,8
Nonanal	124-19-6	15,0
n-Dodecan	112-40-3	250,4
Decanal	112-31-2	7,5
unbekannt & Benzothiazol		5,0
Isothiocyanatocyclohexan	1122-82-3	18,4
Alkan		7,1
Tridecan	629-50-5	104,9
n-Tetradecan	629-59-4	8,3
2,6-Di-tert-butyl-p-benzochinon	719-22-2	7,5
Formaldehyd	50-00-0	41,7

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Acetaldehyd	75-07-0	67,3
Aceton	67-64-1	148,3
Acrolein	107-02-8	3,3
Propionaldehyd	123-38-6	14,7
2-Butanon	78-93-3	18,3
Butyraldehyd	123-72-8	13,3
Benzaldehyd	100-52-7	3,1
Cyclohexanon	108-94-1	11,4
Isovaleraldehyd	590-86-3	8,7
Valeraldehyd	110-62-3	18,2
Hexanal	66-25-1	24,5
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,4
Anilin	62-53-3	1,2
Cyclohexylamin	108-91-8	0,8
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	128,1
Triethylamin	121-44-8	0,4
N,N-Dimethylbenzylamin	103-83-3	0,5
N,N-Dimethylethylamin	598-56-1	2,4
N,N-Dimethylcyclohexylamin	98-94-2	0,2

Tabelle 3 E1206_3 Ergebnis luftchemische Analyse

untere Mittelklasse, Deutschland (ca. 1 Jahr genutzt, BJ 2007)

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
2-Methylbutan	78-78-4	12,9
Cyclohexan	110-82-7	26,4
Toluol	108-88-3	62,0
5-Methyl-2-hexanon	110-12-3	37,3
Ethylbenzol	100-41-4	27,4
m-/p-Xylol	108-38-3 / 106-42-3	49,6
o-Xylol	95-47-6	32,9
2-Ethyltoluol	611-14-3	12,8
n-Decan	124-18-5	6,0
Trimethylbenzol	--	22,3
C12-Alkan	--	28,7
Alkan	--	7,7
n-Undecan	1120-21-4	6,9
Alkan	--	13,7
Nonanal	124-19-6	26,2
C12-Alkan	a2112	4,6
n-Dodecan	112-40-3	12,7
Decanal	112-31-2	25,8
Naphthalin	91-20-3	6,0
Cycloalkan	--	8,2
? Cycloalkan	--	13,8
6 aliphatische Kohlenwasserstoffe	--	28,0
Alkan	--	12,8
2 Alkane	--	12,6
Alkan	--	33,1
Alkan	--	14,9
Tridecan	629-50-5	68,4
mind. 18 (meist) aliphatische Kohlenwasserstoffe	--	291,9
C15-Alkan	--	32,9
5 St. unbekannte Substanzen	--	88,9
n-Tetradecan	629-59-4	53,7
mind. 10 (meist) aliphatische Kohlenwasserstoffe	--	191,7
Alkan	--	14,7
mind. 6 St. unbekannte Substanzen	--	31,1
2,6-Di-tert-butyl-p-benzochinon	719-22-2	11,2
n-Pentadecan	629-62-9	26,3
Formaldehyd	50-00-0	20,3
Acetaldehyd	75-07-0	44,6
Aceton	67-64-1	53,8
Valeraldehyd	110-62-3	7,4
Methylisobutylketon	108-10-1	21,2
Hexanal	66-25-1	59,7
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,4
Diethanolamin	111-42-2	5,0
Diisopropanolamin	110-97-4	0,4
2-Octylaminoethanol	32582-63-1	0,5

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Anilin	62-53-3	1,1
N-Methylanilin	100-61-8	0,2
Cyclohexylamin	108-91-8	0,3
N,N-Dimethylpropylamin	926-63-6	0,6
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	1,7
Triethylamin	121-44-8	0,4
N,N-Dimethylbenzylamin	103-83-3	0,3
3-Dimethylamino-1-propanol	3179-63-3	0,4
N,N-Dimethylcyclohexylamin	98-94-2	0,2

Tabelle 4 E1206_4 Ergebnis luftchemische Analyse

gehobene Mittelklasse Van, Japan (ca. 5 Jahre genutzt, BJ 2004)

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Isopentan	78-78-4	18,8
Pentan	109-66-0	15,2
2-Methylpentan	107-83-5	55,7
3-Methylpentan	96-14-0	17,0
n-Hexan	110-54-3	155,4
Methylcyclopentan	96-37-7	84,1
Cyclohexan	110-82-7	13,4
2-Methylhexan	591-76-4	18,1
n-Heptan	142-82-5	121,8
Toluol	108-88-3	23,6
1-Octen	111-66-0	27,5
C8-Alken	--	3,0
Hexamethylcyclotrisiloxan	541-05-9	19,9
C9-Alkan	--	146,1
C9-Alken	--	17,5
C9-Alkan	--	36,4
m-/p-Xylol	108-38-3 / 106-42-3	9,5
Nonan	111-84-2	29,4
3-Methoxy-1-butylacetat	4435-53-4	17,6
n-Decan	124-18-5	44,8
C3-Alkylbenzol	--	14,5
C11-Alkan	--	14,5
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	18,8
? Azoisobuttersäurenitril	78-67-1	7,7
C12-Alkan	--	119,6
C12-Alkan	--	32,3
n-Undecan	1120-21-4	55,4
C12-Alkan + Nonanal	-- / 124-19-6	54,7
C12-Alkan	--	14,5
Decamethylcyclopentasiloxan	541-02-6	13,5
n-Dodecan	112-40-3	12,3
Decanal	112-31-2	19,6
Benzothiazol	95-16-9	12,1
C15-Alkan	--	30,7
2,6-Di-tert-butyl-p-benzochinon	719-22-2	9,4
n-Pentadecan	629-62-9	21,6
unbekannte Substanz	--	26,1
Formaldehyd	50-00-0	44,7
Acetaldehyd	75-07-0	27,1
Aceton	67-64-1	43,5
2-Butanon	78-93-3	36,9
Benzaldehyd	100-52-7	13,9
Cyclohexanon	108-94-1	25,0
Methylisobutylketon	108-10-1	32,2
Hexanal	66-25-1	12,2
N-Methylamin	74-89-5	2,0
N-Butylamin	109-73-9	0,8

Substanz	CAS	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
N,N-Dimethylamin	124-40-3	14,1
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,4
Diethanolamin	111-42-2	10,5
Anilin	62-53-3	0,4
N-Ethylanilin	103-69-5	0,1
4-Methylmorpholin	109-02-4	0,5
Trimethylamin	75-50-3	0,6
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	9,4
Triethylamin	121-44-8	0,5
N,N-Dimethylbenzylamin	103-83-3	0,1
N,N-Dimethylethylamin	598-56-1	0,5
2-Dimethylaminoethanol	108-01-0	1,7

Tabelle 5 E1206_5 Ergebnis luftchemische Analyse

Mittelklasse, Italien (neu, BJ 2009)

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
2-Methylpentan	107-83-5	29,1
3-Methylpentan	96-14-0	18,0
n-Hexan	110-54-3	17,3
Methylcyclopentan	96-37-7	11,9
Benzol	71-43-2	50,7
2-Methylhexan	591-76-4	39,4
2,3-Dimethylpentan	565-59-3	10,0
3-Methylhexan	589-34-4	48,7
n-Heptan	142-82-5	45,0
Methylcyclohexan	108-87-2	31,4
1,2-Propandiol	57-55-6	35,8
C8-Alkan		19,3
C8-Alkan		11,5
C8-Alkan		9,1
C8-Alkan		22,0
Toluol	108-88-3	1128,7
C8-Alkan		31,0
C8-Cycloalkan		11,8
Octan	111-65-9	39,5
Butylacetat	123-86-4	16,4
C9-Alken		12,8
C8-Cycloalkan		8,9
C9-Alkan		18,2
Ethylbenzol	100-41-4	302,1
C9-Alkan		10,6
m/p-Xylol	108-38-3/ 106-42-3	1198,5
Styrol	100-42-5	15,7
o-Xylol	95-47-6	376,6
C3-Alkylbenzol		11,7
C10-Alkan		8,1
C9-Cycloalkan		10,2
Propylbenzol	103-65-1	34,3
C3-Alkylbenzol		102,3
C3-Alkylbenzol		44,6
C3-Alkylbenzol		39,0
C3-Alkylbenzol		26,1
n-Decan	124-18-5	31,7
C3-Alkylbenzol		99,0
C3-Alkylbenzol		14,7
n-Undecan	1120-21-4	15,4
n-Dodecan	112-40-3	13,1
Formaldehyd	50-00-0	17,4
Acetaldehyd	75-07-0	19,9
Aceton	67-64-1	43,8

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
Acrolein	107-02-8	n. n.
Propionaldehyd	123-38-6	4,8
Crotonaldehyd	123-73-9	2,4
2-Butanon	78-93-3	14,1
Butyraldehyd	123-72-8	2,0
Benzaldehyd	100-52-7	3,0
Cyclohexanon	108-94-1	3,4
Isovaleraldehyd	590-86-3	3,0
Valeraldehyd	110-62-3	1,1
m/p-Tolualdehyd	620-23-5 / 104-87-0	1,2
Methylisobutylketon	108-10-1	5,8
Hexanal	66-25-1	2,3
N-Methylamin	74-89-5	0,9
N-Ethylamin	75-04-7	0,9
N,N-Dimethylamin	124-40-3	1,4
N,N-Diethylamin	109-89-7	2,1
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,7
Anilin	62-53-3	1,1
N-Ethylanilin	103-69-5	0,1
Piperidin	110-89-4	0,3
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	3,7
Triethylamin	121-44-8	5,9
N,N-Dimethylbenzylamin	103-83-3	0,4
Diphenylamin	122-39-4	0,4
N,N-Dimethylethylamin	598-56-1	0,6
N,N-Dimethylcyclohexylamin	98-94-2	0,1
Triethylendiamin	280-57-9	0,4

Tabelle 6 E1206_6 Ergebnis luftchemische Analyse

Kleinwagen, Frankreich (ca. 6 Monate genutzt, BJ 2008)

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
Isopentan	78-78-4	5,6
Pentan	109-66-0	11,6
2-Methylpentan	107-83-5	14,3
Essigsäure	64-19-7	5,0
Benzol	71-43-2	21,3
Methylcyclohexan	108-87-2	9,7
1,2-Propandiol	57-55-6	7,8
Toluol	108-88-3	119,5
Dimethylcyclohexan	583-57-3	8,8
C9-Alkan		15,6
Ethylbenzol	100-41-4	22,5
m-/p-Xylol	108-38-3	71,4
Styrol	100-42-5	10,3
o-Xylol	95-47-6	24,6
Heptanal	111-71-7	10,1
2-Butoxyethanol	111-76-2	22,3
Trimethylbenzol		13,8
Trimethylbenzol		7,0
C10-Alkan		5,9
C3-Alkylbenzol		10,9
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	29,7
Trimethylbenzol		39,6
C11-Alkan		12,8
C10-Cycloalkan		17,1
Limonen	138-86-3	20,0
1-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	49,7
3 Isoalkane		34,1
Diethylmalonat	105-53-3	25,0
Decahydronaphthalin	91-17-8	11,5
C11-Alkan		14,8
n-Undecan	1120-21-4	69,9
unbek.		30,5
Cycloalkan		22,1
C12-Alkan		14,1
C12-Alkan		10,7
C12-Alkan		12,4
unbek.		6,7
C12-Alkan		9,9
n-Dodecan	112-40-3	49,5
Cycloalkan		15,1
C13-Alkan		10,3
unbek.		7,1
unbek.		26,2
C15-Alkan		10,7
Tridecan	629-50-5	16,3

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
Formaldehyd	50-00-0	49,2
Acetaldehyd	75-07-0	39,3
Aceton	67-64-1	95,0
Propionaldehyd	123-38-6	6,7
2-Butanon	78-93-3	145,0
Butyraldehyd	123-72-8	6,6
Benzaldehyd	100-52-7	4,1
Cyclohexanon	108-94-1	5,8
Isovaleraldehyd	590-86-3	8,6
Valeraldehyd	110-62-3	1,7
Methylisobutylketon	108-10-1	20,9
Hexanal	66-25-1	6,7
N-Butylamin	109-73-9	1,9
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,1
N-Methylethylamin	624-78-2	0,5
2-Ethylaminoethanol	110-73-6	1,3
n-Butylethanolamin	111-75-1	4,8
Anilin	62-53-3	0,6
Trimethylamin	75-50-3	0,7
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	68,4
Triethylamin	121-44-8	1,0
2-Dimethylaminoethanol	108-01-0	1,3

Tabelle 7 E1206_7 Ergebnis luftchemische Analyse

Kleinwagen, England (neu, BJ 2010)

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
C5-Alkan		44,9
Aceton	67-64-1	6,8
C5-Alkan		11,3
Essigsäure	64-19-7	15,5
Benzol / Cyclohexan	71-43-2/ 110-82-7	12,8
1-Butanol	71-36-3	16,6
n-Heptan	142-82-5	13,9
Methylcyclohexan	108-87-2	7,4
Toluol	108-88-3	30,8
C8-Alken		13,3
Octan	111-65-9	21,0
C8-Alken		7,8
Butylacetat	123-86-4	14,3
C8-Alken & Alkan		13,4
C9-Alkan		45,8
2,4-Dimethyl-1-hepten	19549-87-2	7,6
Ethylbenzol	100-41-4	31,3
m-/p-Xylol	108-38-3/ 106-42-3	51,3
Styrol	100-42-5	16,3
o-Xylol	95-47-6	16,6
Alkan & unbekannt		12,8
2-Butoxyethanol	111-76-2	10,8
Alkan / Benzaldehyd	-/100-52-7	65,0
Phenol & unbekannt	108-95-2/	38,6
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	295,1
n-Decan & C3-Alkylbenzol	124-18-5/-	54,3
Octanal & unbekannt	124-13-0/-	21,0
2 Ether		24,7
Alkan		20,0
Glykol / Alkan		78,8
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	79,3
Alkan		54,7
Limonen	138-86-3	33,2
Alkan		69,3
Alkan		39,1
Alkane (2 Stück)		101,8
Alkan		37,9
Alkan		40,8
n-Undecan	1120-21-4	59,4
Nonanal	124-19-6	56,2
Decahydronaphthalin	91-17-8	29,5
n-Dodecan	112-40-3	75,5
Decanal	112-31-2	51,5

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
C13-Alkan		19,3
Isothiocyanatocyclohexan	1122-82-3	18,6
Alkan		19,6
Tridecan	629-50-5	73,3
n-Tetradecan	629-59-4	31,5
unbekannt		10,9
2,6-Di-tert-butyl-p-benzochinon	719-22-2	8,0
n-Pentadecan	629-62-9	7,0
C10-Alkylphenol	4130-42-1	7,0
Formaldehyd	50-00-0	13,6
Acetaldehyd	75-07-0	63,9
Aceton	67-64-1	167,1
Propanal	123-38-6	31,2
Butyraldehyd	123-72-8	8,8
Benzaldehyd	100-52-7	3,1
Hexanal	66-25-1	15,4
Valeraldehyd	110-62-3	2,9
m-Tolualdehyd	620-23-5	4,0
Cyclohexanon	108-94-1	6,6
2-Butanon	78-93-3	16,5
Methylisobutylketon	108-10-1	21,0
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,3
Anilin	62-53-3	0,2
p-Toluidine	106-49-0	1,0
Cyclohexylamin	108-91-8	0,5
N-Ethylbenzylamin	14321-27-8	0,3
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	16,8
4,N,N-Trimethylanilin	99-97-8	0,3

Tabelle 8 E1206_8 Ergebnis luftchemische Analyse

Kleinwagen, England (neu, BJ 2010)

Substanz	CAS	Konzentration [µg/m³]
C5-Alkan		18,2
Aceton	67-64-1	9,5
C5-Alkan		2,4
Essigsäure	64-19-7	23,9
Ethylacetat	141-78-6	9,2
Tetrahydrofuran	109-99-9	5,6
1-Butanol / Cyclohexan / Benzol	71-43-2/ 110-82-7/ 71-36-3	22,1
C7-Alkan		3,8
Methylmethacrylat	80-62-6	5,9
Toluol	108-88-3	12,1
Cycl. Alkan		6,3
C8-Alken		9,4
C8-Alken		4,6
Alken & unbekannt		6,9
C9-Alkan		21,4
5-Methyl-2-hexanon	110-12-3	5,4
Ethylbenzol	100-41-4	28,0
m-/p-Xylol	108-38-3/ 106-42-3	78,4
Styrol	100-42-5	10,6
o-Xylol	95-47-6	29,4
Alkan & unbekannt		6,5
Alkan		40,7
Alkan & unbekannt		22,3
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	172,1
n-Decan / C3-Alkylbenzol	124-18-5/-	28,8
Octanal & unbekannt	124-13-0/-	10,3
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	58,2
Alkan		43,4
Alkan		45,6
Alkan		27,1
Alkan		84,6
Alkan		41,8
Alkan		42,2
n-Undecan	1120-21-4	44,1
Nonanal	124-19-6	50,6
n-Dodecan	112-40-3	48,8
Decanal	112-31-2	41,8
C 13-Alkan		12,8
Isothiocyanatocyclohexan	1122-82-3	23,7
Alkane (2 Stück)		17,2
Alkan		11,6
Tridecan	629-50-5	29,2
n-Tetradecan	629-59-4	9,0

unbekannt		3,6
Alkan		5,1
n-Pentadecan	629-62-9	7,3
unbekannt		2,4
unbekannt		2,8
unbekannt		3,9
Isopropylpalmitat	142-91-6	6,3
Formaldehyd	50-00-0	20,9
Acetaldehyd	75-07-0	43,3
Aceton	67-64-1	114,9
Propanal	123-38-6	10,6
Butyraldehyd	123-72-8	8,3
Benzaldehyd	100-52-7	4,6
Hexanal	66-25-1	7,1
Cyclohexanon	108-94-1	6,2
2-Butanon	78-93-3	12,3
Methylisobutylketon	108-10-1	8,2
N,N-Dibutylamin	111-92-2	0,0
Anilin	62-53-3	0,2
Cyclohexylamin	108-91-8	0,8
N-Ethylbenzylamin	14321-27-8	0,3
Piperidin	110-89-4	1,1
4-Methylmorpholin	109-02-4	0,4
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	10,5
Diazabicyclooctan (Triethylendiamin)	280-57-9	5,9

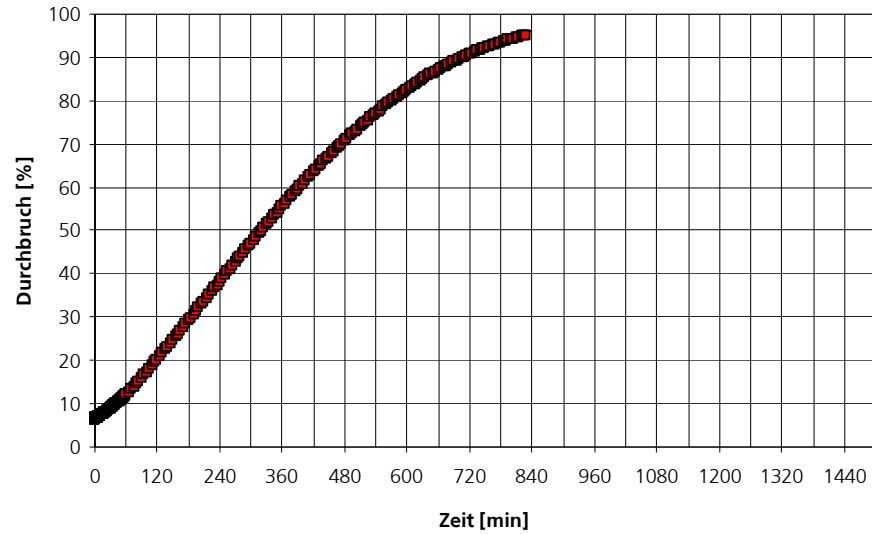
Tabelle 9 Geruchsstoffe in vier Fahrzeugen

Substanz	E1206_1	E1206_2	E1206_3	E1206_4
2,3-Butandion	+	+	+	+
Essigsäure	+	+	+	+
1-Penten-3-on	+	-	-	-
Pentanal	+	+	-	-
? Ethylmethylpropanoat	+	-	-	-
1-Hexen-3-on	+	+	+	+
Hexanal	+	+	+	+
Ethyl-3-methylbutanoat	+	-	-	+
p-Xylol	+	+	-	-
m-Xylol	+	+	-	-
o-Xylol	+	+	-	-
Buttersäure	+	+	+	+
3-Methylthiopropenal	-	-	-	+
2-Acetyl-1-pyrrolin	-	+	+	+
1-Octen-3-on	+	+	+	+
Octanal	+	+	-	+
C4 subst. Alkylpyrazin	+	-	-	-
C4 subst. Alkylpyrazin	+	+	-	+
Diethylmalonat	-	+	-	-
Nonanal	+	+	-	+
2-Methoxyphenol	-	+	+	+
Z-2-Nonenal	+	+	-	+
E-2-Nonenal	+	+	+	+
3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanon	-	+	-	-
p-Kresol	+	+	-	-
E,E-2,4-Nonadienal	+	+	+	-
Benzothiazol	+	+	+	+
unbekannte Substanzen	3	4	3	5

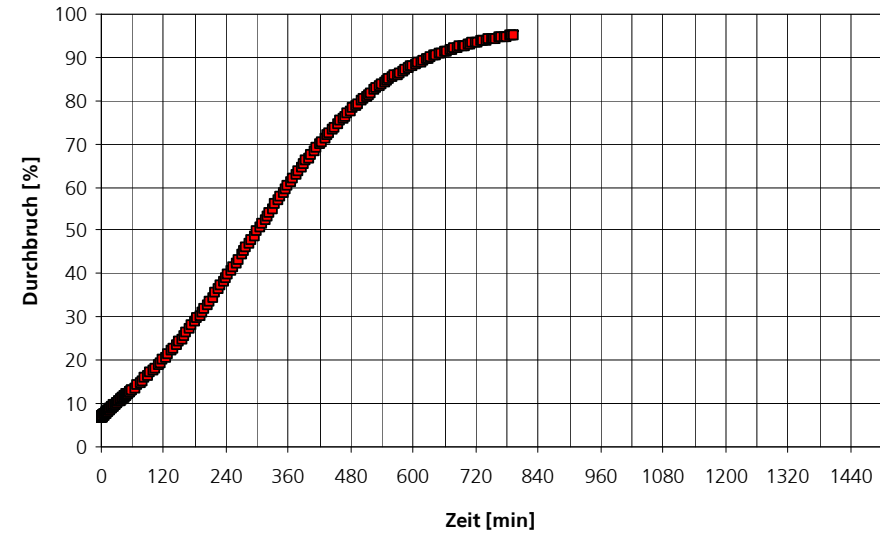
Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an kompletten Filterelementen mit Hexanal (Konzentration 5 ppm)

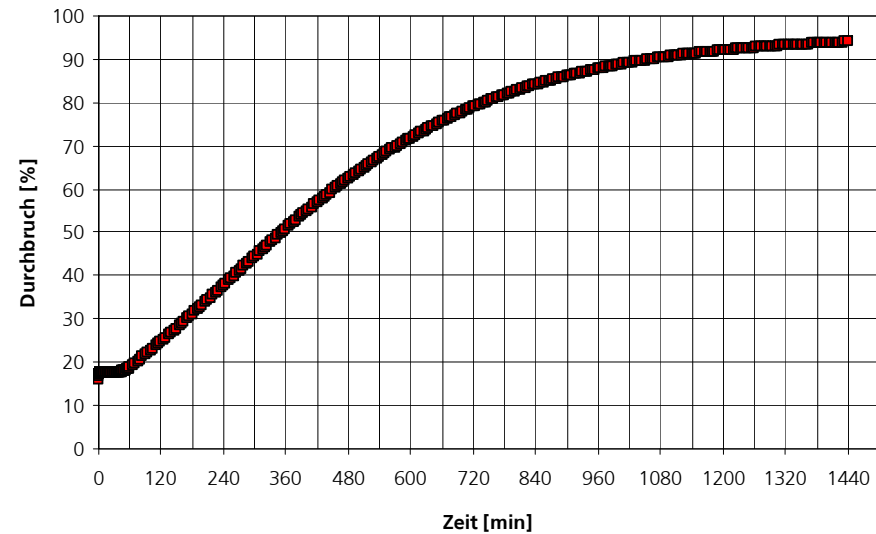
Hexanal-Adsorption am Filter Type C



Hexanal-Adsorption am Filter Type C+



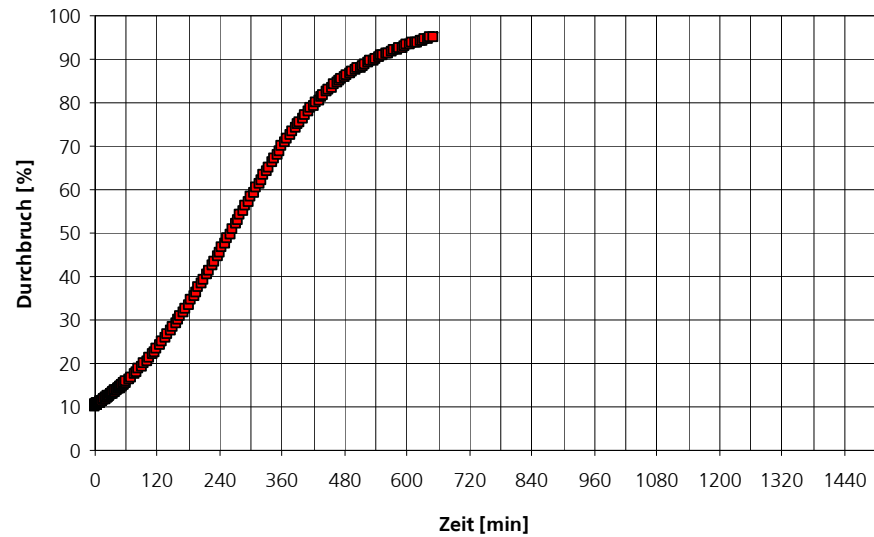
Hexanal-Adsorption am Filter Type A neu



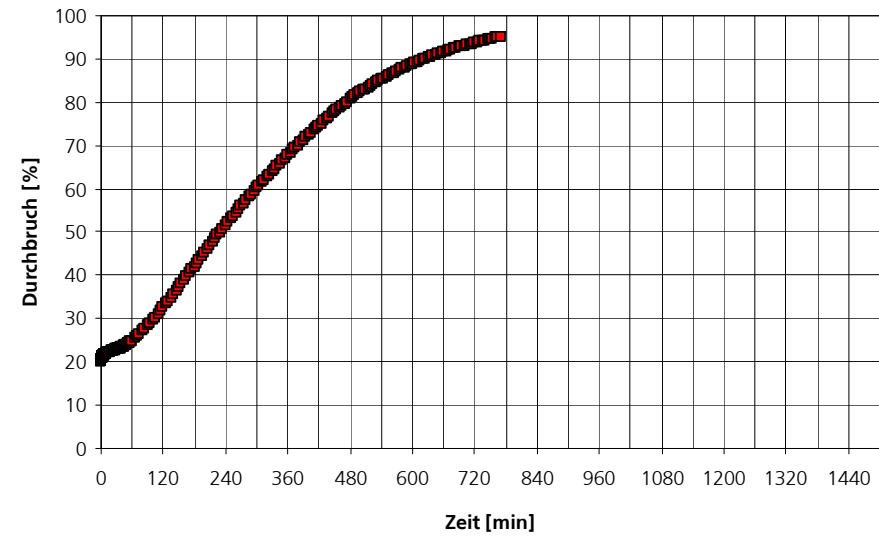
Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit Limonen (Konzentration 5 ppm)

Limonen-Adsorption am Filter Type C



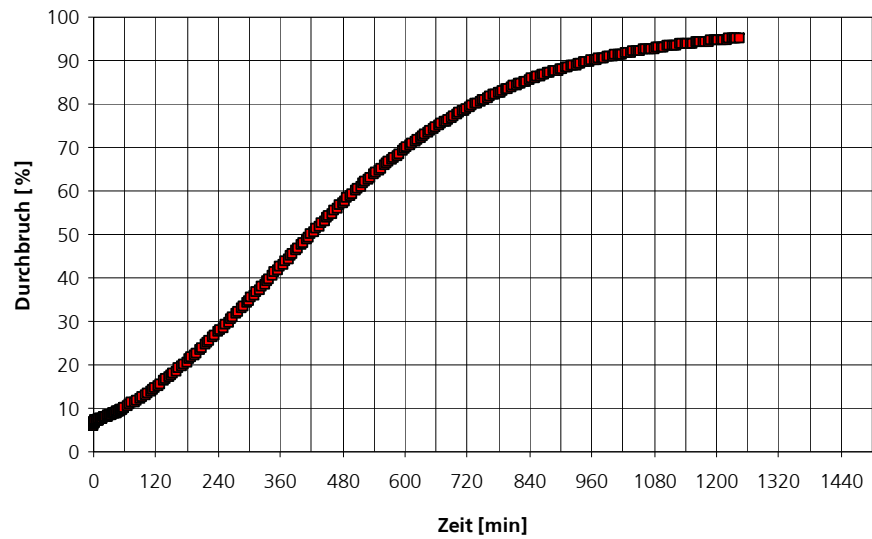
Limonen-Adsorption am Filter Type A neu



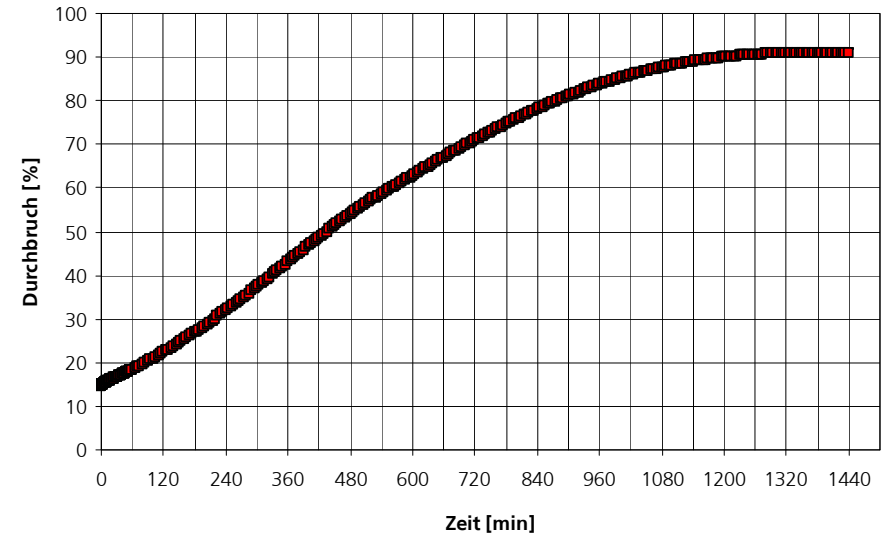
Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit Pentansäure (Konzentration 5 ppm)

Pentansäure-Adsorption am Filter Type C



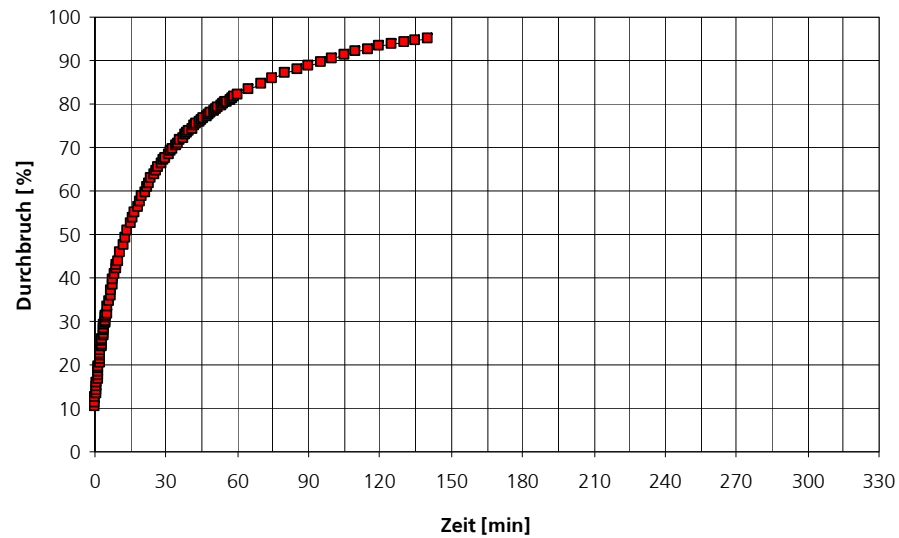
Pentansäure-Adsorption am Filter Type A neu



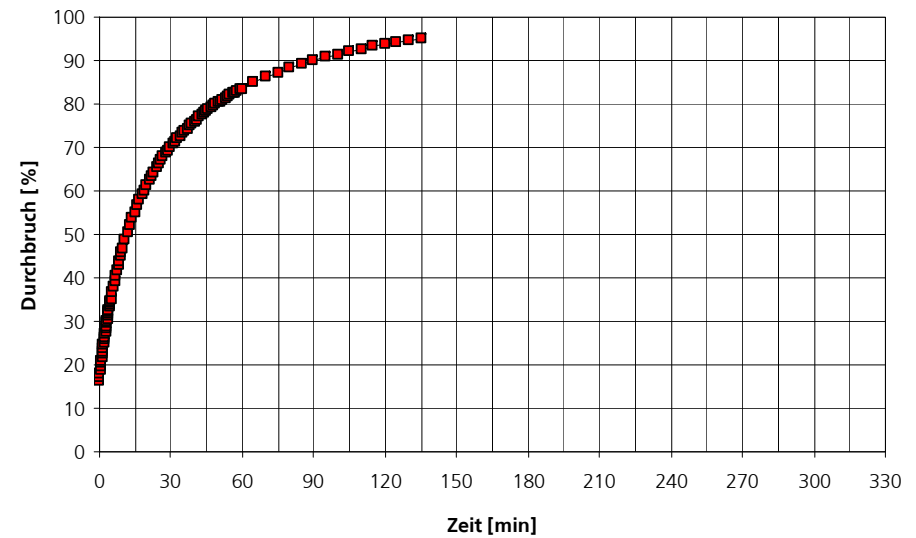
Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit Trimethylamin (Konzentration 5 ppm)

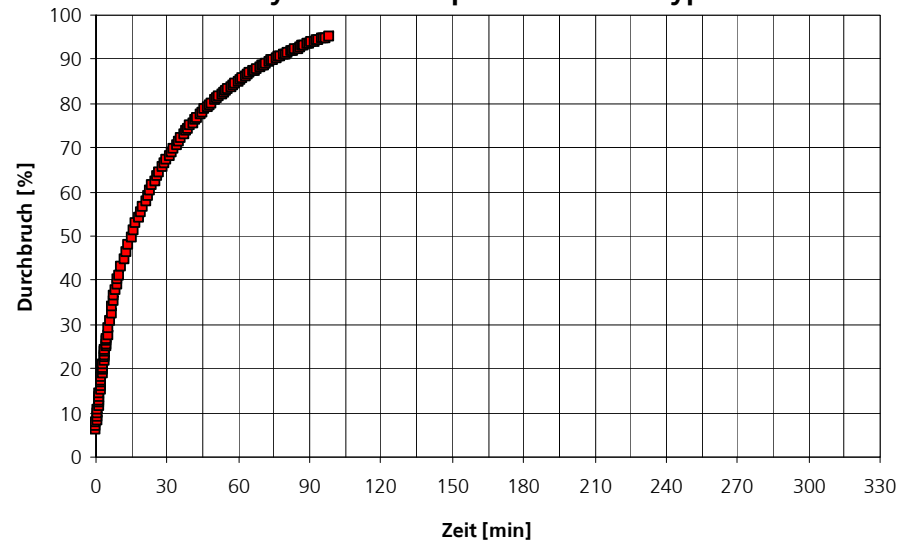
Trimethylamin-Adsorption am Filter Type C



Trimethylamin-Adsorption am Filter Type C+



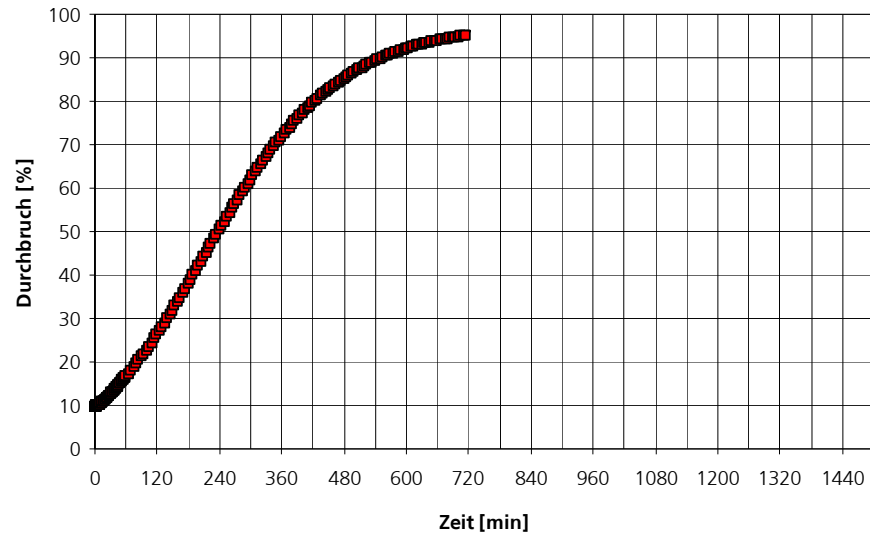
Trimethylamin-Adsorption am Filter Type A neu



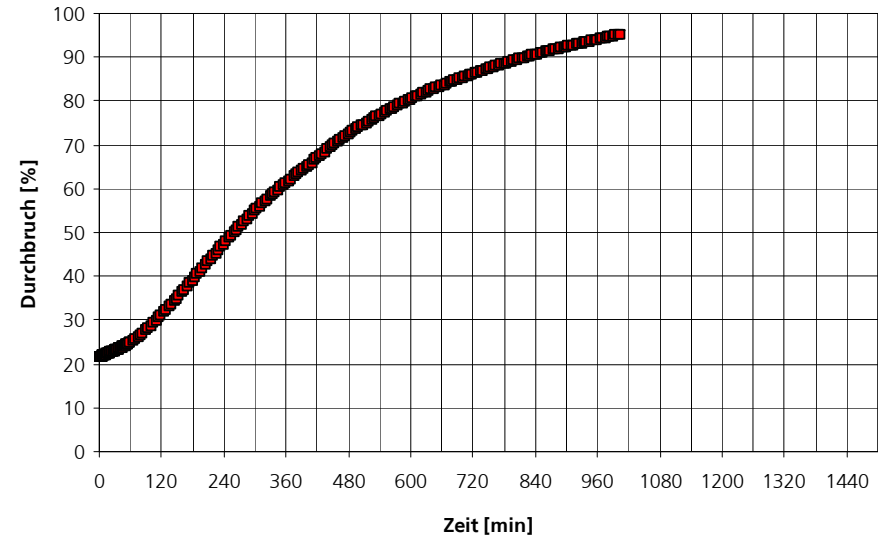
Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit 1-Octen-3-ol (Konzentration 5 ppm)

1-Octen-3-ol-Adsorption am Filter Type C

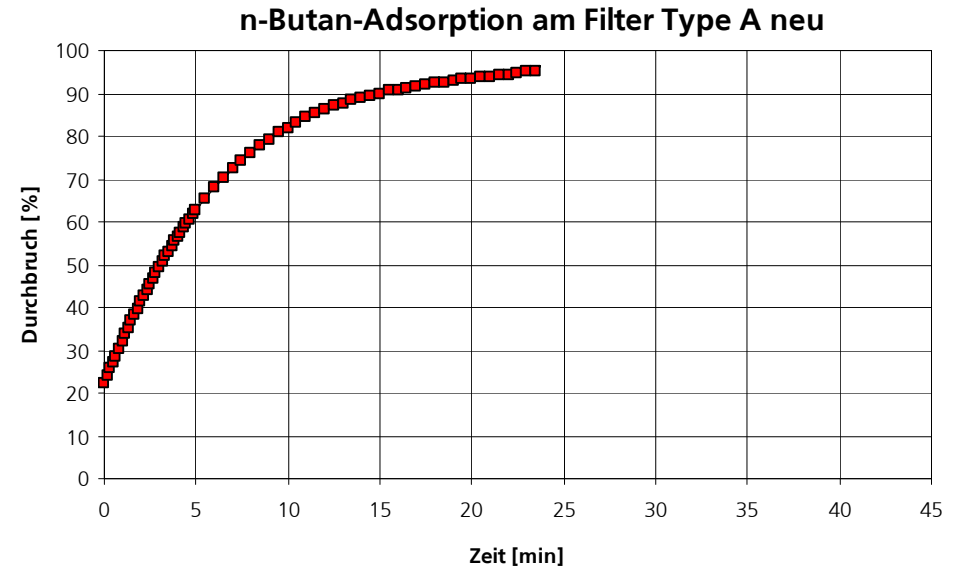
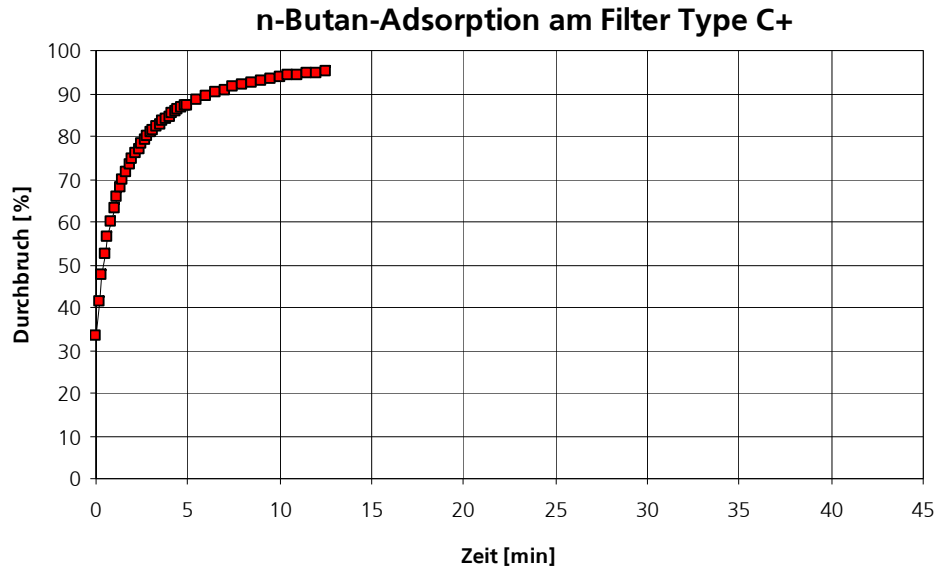


1-Octen-3-ol-Adsorption am Filter Type A neu



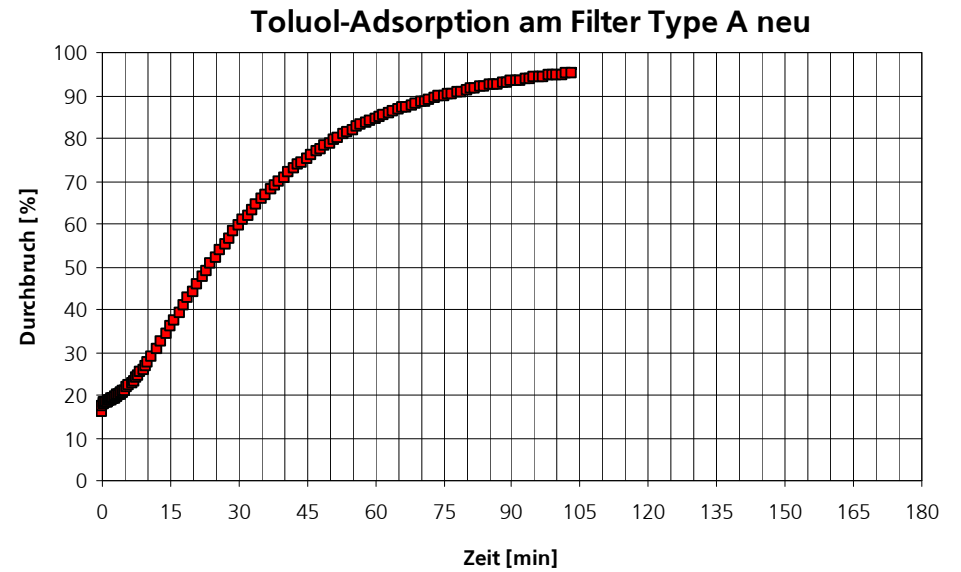
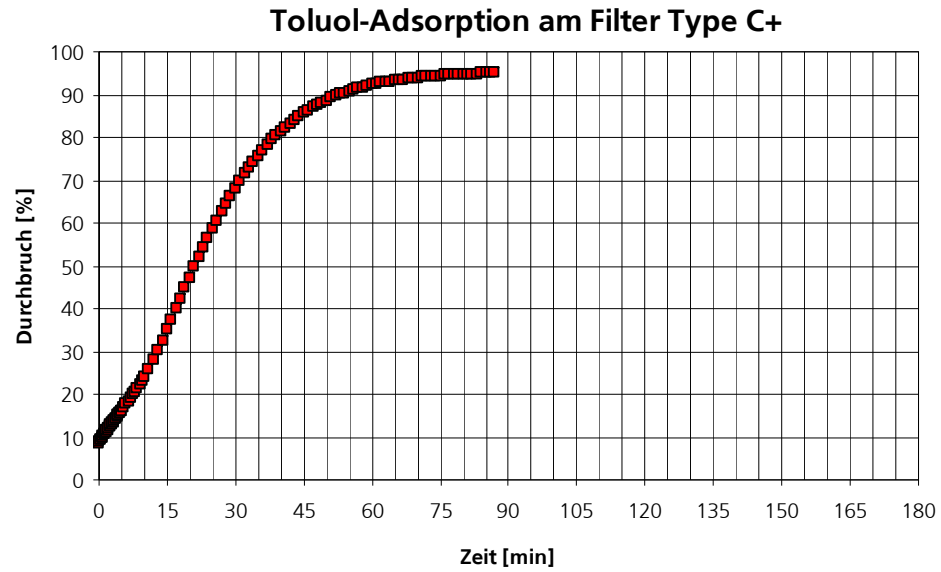
Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit n-Butan (Konzentration 80 ppm)



Anlage 2 zum Abschlussbericht AIF ProInno II KF05210201 TN7

Zusammenfassung der Messergebnisse an Filtermaterial und kompletten Filterelementen mit Toluol (Konzentration 80 ppm)



Anlage 3 Zusammenfassung aller Filterprüfungen RI02 bei fiatec GmbH

Projekt AIF 070901

Datum 25.10.2010 / 27.01.2011
H. Bittermann

Prüfbedingungen:

Temperatur [°C] 23 ± 1
Rel. Feuchte [%] 50 ± 3
Anströmgeschw. [cm/s] 17

Prüfgas	Probe	eff. Medien- fläche: [m ²]	reale Prüfung bei m ³ /h	fiatec Nr. AIF 070901-	Anlage	Konzentration [ppm]	SDB [%]	Kapazität [95%] [g]	Kapazität [1m ²] (entspricht Kapa- bei Prüfung mit 612 m ³ /h) [g]	Kapazität [0,4m ²] (entspricht Kapa- bei Prüfung mit 245 m ³ /h) [g]	Kapazität [24 h] [g]
Hexanal	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K1	4	5 ± 0,5 ppm	15,70	-	112,01	44,80	49,73
Hexanal	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K13	25	5 ± 0,5 ppm	3,67	-	166,03	66,41	34,37
Hexanal	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K14	26	5 ± 0,5 ppm	6,44	27,61	60,68	24,27	-
Hexanal	Filter Type C+; 94 420 05 901	0,467	286	K15	27	5 ± 0,5 ppm	6,65	27,01	57,84	23,13	-
Hexanal	Filter Type A neu (KF 1007141; 100707)	0,437	267	K26	38	5 ± 0,5 ppm	16	-	74,77	29,91	32,67
Dimethylsulfid	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K3	7	5 ± 0,5 ppm	16,42	1,73	3,90	1,56	-
Dimethylsulfid	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K4	8	15 ± 1,5 ppm	20,21	4,20	9,46	3,79	-
Dimethylsulfid	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K22	34	5 ± 0,5 ppm	4,43	2,17	10,46	4,18	-
Dimethylsulfid	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K23	35	5 ± 0,5 ppm	10,99	0,91	2,01	0,80	-
Limonen	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K5	11	5 ± 0,5 ppm	24,09	52,16	117,48	46,99	-
Limonen	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K6	12	15 ± 1,5 ppm	23,46	59,34	133,66	53,46	-
Limonen	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K18	30	5 ± 0,5 ppm	5,63	-	77,89	31,16	16,12
Limonen	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K19	31	5 ± 0,5 ppm	10,04	12,00	26,37	10,55	-
Limonen	Filter Type A neu (KF 1007143; 100707)	0,437	267	K28	40	5 ± 0,5 ppm	19,89	12,48	28,57	11,43	-
Pentansäure	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K7	15	5 ± 0,5 ppm	18,58	-	134,90	53,96	59,90
Pentansäure	Flächenware ht8806 zweilagig	0,444	272	K8	16	15 ± 1,5 ppm	19,77	90,94	204,82	81,93	-
Pentansäure	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K20	32	5 ± 0,5 ppm	2,88	-	215,00	86,00	44,50
Pentansäure	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K21	33	5 ± 0,5 ppm	6,01	38,38	84,34	33,74	-
Pentansäure	Filter Type A neu (KF 1007144; 100707)	0,437	267	K29	41	5 ± 0,5 ppm	14,35	-	99,45	39,78	43,46
Trimethylamin	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K9	21	5 ± 0,5 ppm	0,00	3,07	14,85	5,94	-
Trimethylamin	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K10	22	15 ± 1,5 ppm	0,00	5,07	24,50	9,80	-
Trimethylamin	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	196	K11	23	5 ± 0,5 ppm	47,04	0,40	1,26	0,50	-
Trimethylamin	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	196	K12	24	15 ± 1,5 ppm	51,89	0,74	2,30	0,92	-
Trimethylamin	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K16	28	5 ± 0,5 ppm	10,50	1,45	3,19	1,28	-
Trimethylamin	Filter Type C+; 94 420 05 901	0,467	286	K17	29	5 ± 0,5 ppm	16,39	1,34	2,86	1,15	-
Trimethylamin	Filter Type A neu (KF 1007145; 100707)	0,437	267	K27	39	5 ± 0,5 ppm	6,26	1,29	2,95	1,18	-
		[m ²]		AIF 070901-		[ppm]	[%]	[g]	[g]	[g]	[g]
1-Octen-3-ol	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K24	36	5 ± 0,5 ppm	3,15	-	171,93	68,77	35,59
1-Octen-3-ol	Filter Type C; 9442005457	0,455	278	K25	37	5 ± 0,5 ppm	9,52	26,572	58,40	23,36	-
1-Octen-3-ol	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	267	K31	43	5 ± 0,5 ppm	21,51	33,015	75,55	30,22	-
n-Butan	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K32	44	80 ± 4 ppm	6,08	4,71	22,74	9,10	-
n-Butan	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	196	K33	45	80 ± 4 ppm	52,86	0,82	2,54	1,02	-
n-Butan	Filter Type C+; 94 420 05 901	0,467	286	K34	46	80 ± 4 ppm	33,40	1,46	3,13	1,25	-
n-Butan	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	267	K35	47	80 ± 4 ppm	22,16	3,78	8,66	3,46	-
Toluol	Filter Type A (KF 0904 449)	0,207	127	K36	48	80 ± 4 ppm	7,56	38,35	185,29	74,11	-
Toluol	Filter Type B (KF 0904 459ff)	0,321	196	K37	49	80 ± 4 ppm	40,11	11,16	34,76	13,90	-
Toluol	Filter Type C+; 94 420 05 901	0,467	286	K38	50	80 ± 4 ppm	8,44	31,14	66,68	26,67	-
Toluol	Filter Type A neu (KF 1007142; 100707)	0,437	267	K39	51	80 ± 4 ppm	15,79	35,07	80,25	32,10	-

Anlage 4 Zusammenfassung aller Flächenwarenprüfungen bei fiatec GmbH

Projekt AIF 070901

Datum 21.05.2010 / 27.01.2011

H. Bittermann

Prüfbedingungen:

Temperatur [°C]	23 ± 1
Rel. Feuchte [%]	50 ± 3
Anströmgeschw. [cm/s]	17
Probendurchmesser [mm]	150
Probenfläche [cm²]	176,63
Medienfläche Filter [cm²]	3850
Flächenverhältnis:	21,80

Prüfgas	Aufbau	eff. Probenfläche: [m²]	fiatec Nr. AIF 070901-	Anlage	Konzentration [ppm]	SDB [%]	Kapazität [95%] [g]	Kapazität [1m²] [g]	Kapazität [24 h] [g]	Messdauer [h:min]
Hexanal	Flächenware einlagig (ht 8806)	0,018	FW1	1	5 ± 0,5 ppm	40,61	1,24	70,46	-	22:24
Hexanal	Flächenware einlagig (ht 8806)	0,018	FW2	2	15 ± 1,5 ppm	35,56	1,48	83,86	-	08:45
Hexanal	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW3	3	5 ± 0,5 ppm	17,56	-	129,80	2,29	24:00
Dimethylsulfid	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW4	5	5 ± 0,5 ppm	21,10	0,11	6,50	-	04:45
Dimethylsulfid	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW5	6	15 ± 1,5 ppm	19,51	0,22	12,61	-	02:50
Limonen	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW6	9	5 ± 0,5 ppm	25,59	2,85	161,33	2,75	29:00
Limonen	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW7	10	15 ± 1,5 ppm	25,37	2,69	152,07	-	08:30
Pentansäure	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW8	13	5 ± 0,5 ppm	18,79	-	190,61	3,37	24:00
Pentansäure	Flächenware zweilagig (ht 8806)	0,018	FW9	14	15 ± 1,5 ppm	20,66	3,97	224,85	-	16:50
Trimethylamin	Flächenware zweilagig Type A	0,018	FW10	17	5 ± 0,5 ppm	0,00	0,28	15,85	-	05:10
Trimethylamin	Flächenware zweilagig Type A	0,018	FW11	18	15 ± 1,5 ppm	0,00	0,48	27,35	-	03:05
Trimethylamin	Flächenware zweilagig Type B	0,018	FW12	19	5 ± 0,5 ppm	0,81	0,03	1,70	-	01:28
Trimethylamin	Flächenware zweilagig Type B	0,018	FW13	20	15 ± 1,5 ppm	60,13	0,05	3,00	-	00:55