

# Validierung der Richtlinie „Prüfverfahren für mobile Raumlufreinigungsgeräte“

Die Luftbelastung mit Mikroorganismen, allergenen Belastungsträgern und Feinstaub in Innenräumen ist für viele Menschen ein gesundheitsgefährdender Faktor. Aus diesem Grund wird nach geeigneten Massnahmen gesucht, um vor schadstoffbeladener Luft zu schützen. Ein naheliegender Lösungsansatz ist die Verwendung von mobilen Raumlufreinigungsgeräten, welche über anwendungsspezifische Leistungen verfügen und neben dem privaten Gebrauch auch bei stationären Patienten mit luftübertragbaren Infektionskrankheiten und geschwächter Immunabwehr ihre Anwendung finden..

## Die Prüfrichtlinie

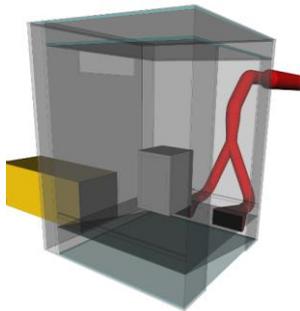


Abb. 1: 3D- Ansicht der geplanten Staubkammer

Auf dem Markt gibt es bereits unzählige verschiedene Luftreinigungsgeräte. Um objektiv beurteilen zu können, ob Geräte für schutzbedürftige Personen oder nur für den privaten Gebrauch geeignet sind, wurde ein einheitliches Prüfverfahren entwickelt. Es soll dem Geräteanwender ermöglichen, ein geeignetes Gerät für den ihm vorliegenden Anwendungsfall zu finden.

Die Prüfrichtlinie beschreibt ein reproduzierbares Prüfverfahren für mobile und leicht montier- / demontierbare Raumlufreinigungsgeräte, welche in medizinischen und privaten Anwendungen zum Einsatz kommen.

Ein Raumlufreinigungsgerät wird gemäss der Prüfrichtlinie anhand von drei Zuständen auf seine Reinigungswirkung geprüft:

1. Neuzustand, ungebraucht
2. Mit elektrostatisch entladenen Filter
3. Nach Einsatzdauer, künstlich gealtert

Um den künstlichen Alterungsprozess des Filters und somit die anfallende Staubmenge während des Betriebs zu simulieren, wurde eine Staubkammer konstruiert. In dieser Staubkammer soll das Gerät einer gleichmässigen, mit Staub beladenen Atmosphäre ausgesetzt werden.

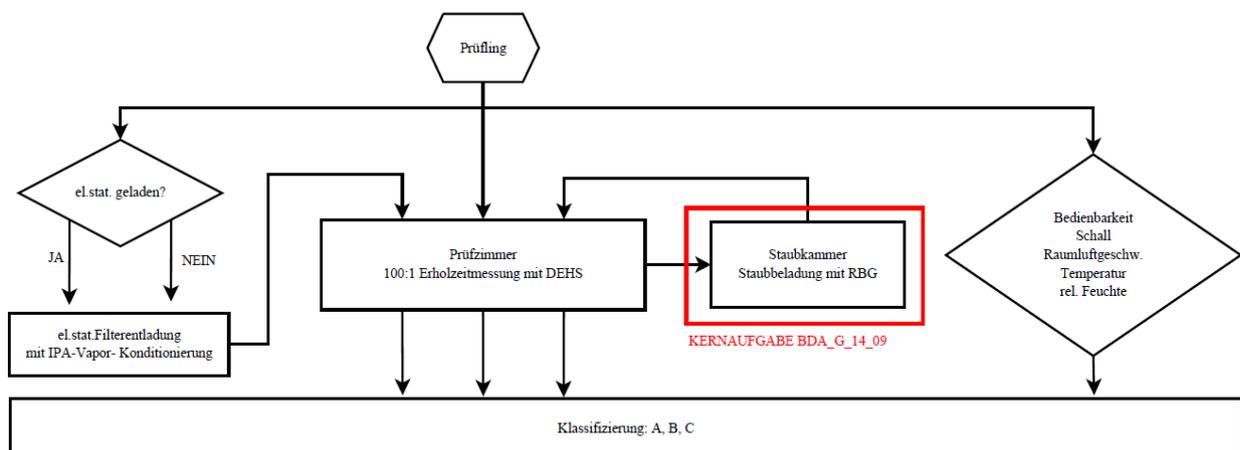


Abb. 2: Flussdiagramm Ablauf Prüfrichtlinie

## Konzeptbeschreibung Staubkammer

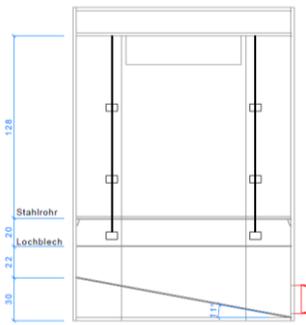


Abb. 3: Ansicht Konzept Staubkammer



Abb. 4: Ansicht Prüfling auf Stahlrohre gestellt

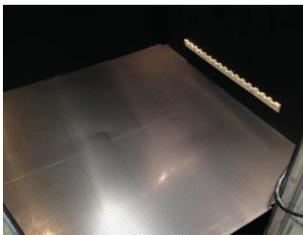


Abb. 5: Draufsicht des dimensionierten Lochblechs.  $\Delta p=34\text{Pa}$ , 13.2% freie Lochfläche

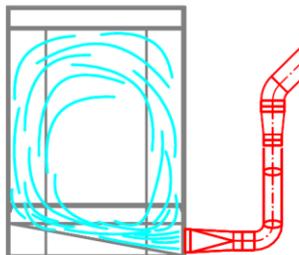


Abb. 6: Luftströmung Kammer ohne Lochblech visualisiert

Ziel ist es, dass der Prüfling in der Staubkammer gleichmässig von unten mit Staub beladen werden kann und ein reproduzierbares Messergebnis vorliegt.

Dafür wurde die bereits bestehende Kammer vollständig aus- und anhand des neuen Konzeptes umgebaut. Angeschlossen wird die Kammer durch zwei Kanalstutzen mit einer Dimension von 40/20cm. Diese werden identisch auf ein gemeinsames Rohrnetz geführt, von wo aus der Feinstaub dispergiert wird. Beide Kammeranschlüsse weisen die gleichen Druckverhältnisse und somit identische Volumenströme auf. In der Kammer wurde eine angewinkelte Prallplatte eingebaut, welche die eingeblasene Luft umlenkt und gleichmässig über das Lochblech verteilt.

Der Prüfling wird auf zwei Stahlrohre (20cm über dem Lochblech) in die Kammer gestellt und anschliessend im Beladungsprozess gleichmässig von unten mit staubbeladener Luft versorgt. Er saugt somit nur feinstaubhaltige Luft an, sodass er künstlich altert.

Damit die Luftströmung in der Kammer gleichmässig verläuft, wurde ein Konzept entwickelt. Die staubbeladene Luft strömt über ein Lochblech von unten nach oben über die gesamte Grundfläche. Dabei strömt die Luft unterhalb des Lochblechs mit hohem Impuls durch zwei Kanalanschlüsse in den Raum. Bei diesem Vorgang expandiert der Luftstrahl mit starker Wirbelbildung, wodurch ein Mischvorgang entsteht. Dieser Mischvorgang kann nur entstehen, wenn das Lochblech einen ausreichenden Widerstand bildet. Ist dies nicht der Fall, so prallt der Luftstrahl beim Einblas an die gegenüberliegende Wand und wird durch die Prallplatte nach oben umgelenkt. Um dies zu verhindern, wurde das Lochblech auf einen festgelegten Druckverlust dimensioniert.

### Testmessungen mit Rauch

Die theoretisch vermutete Strömung in der Kammer wurde mehrere Male durch Rauchttests simuliert, auch um Optimierungspotential zu erkennen. Basierend auf den Erkenntnissen der gemachten Rauchttests wurde immer ein Parameter des Kammerinnenlebens optimiert und danach wieder einem Rauchttest unterzogen. Dieser Prozess wurde durchgeführt, bis sich die eingeblasene Luft gleichmässig über die Lochblechfläche verteilte.

Im Anschluss an die Rauchttests wurden in der Kammer Staubbeaufschlagungen und Partikelmessungen vorgenommen. Mit diesen Messungen kann das Strömungsverhalten in der Kammer, aufgrund der Partikelverteilung, eruiert und visualisiert werden.

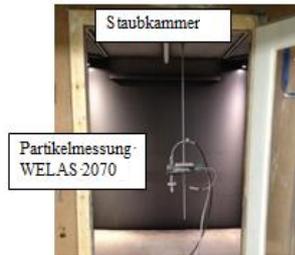


Abb. 7: Ansicht Staubkammer mit Messgerät am Messpunkt K7

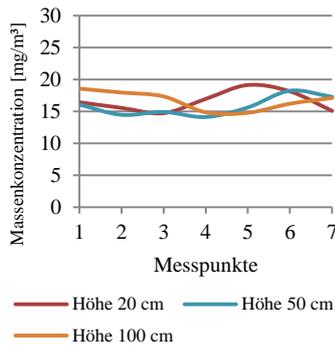


Abb. 8: Messergebnis der Staubbeaufschlagung vom 28.04.2014 mit definiertem Konzept

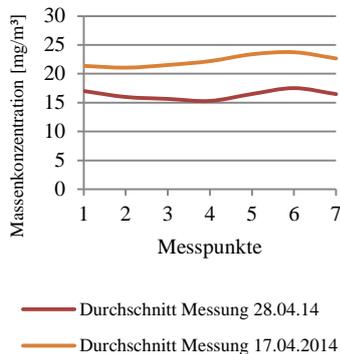


Abb. 9: Auswertung/ Vergleich bezüglich Reproduzierbarkeit mit Durchschnitt aus zwei Messungen

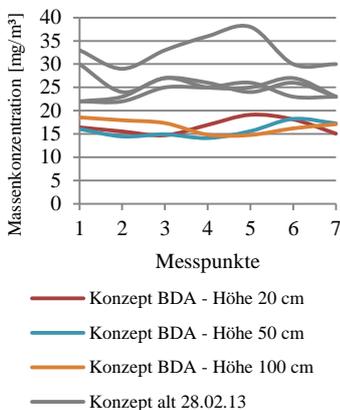


Abb. 10: Vergleich Messergebnisse Konzept Diplomarbeit mit altem Konzept vom 28.04.2014

## Feinstaubbeaufschlagung und Partikelmessung

### Messaufbau

Um eine verlässliche Aussage über die Feinstaubverteilung in der Kammer zu erhalten, wurden Rastermessungen vorgenommen. Hierfür wurden sieben Messpunkte über die Grundfläche in der Prüfkammer definiert. Zur Analysierung der Partikelverteilung über die Höhe wurde auf drei verschiedenen Messhöhen gemessen. Somit konnte die Feinstaubverteilung in der Kammer ausgewertet werden.

### Messergebnisse und Wiederholgenauigkeit

Mit dem erprobten Konzept wird eine gleichmässige Anströmung des Prüflings von unten möglich. Die Feinstaubverteilung über die Grundfläche und die Höhe verhält sich über die jeweiligen Messpunkte sehr ähnlich. Vereinzelt sind die Kurven sogar deckungsgleich. Dies lässt darauf schliessen, dass das dimensionierte Lochblech seinen Zweck erfüllt und eine gleichmässige Verteilung der Luft und des dispergierten Feinstaubes ermöglicht.

Um zu erfahren, inwieweit die Massenkonzentrationen voneinander abweichen, wurde die prozentuale Abweichung berechnet. Aus diesen Berechnungen hat sich eine prozentuale Abweichung von 7% ergeben.

Um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu verifizieren, wurden die Ergebnisse mit Werten einer vorherigen Messung (17.04.2014) verglichen. Anhand der Auswertung konnte veranschaulicht werden, dass sich die beiden Kurven ähnlich und teils sogar parallel verhalten. Auffallend ist jedoch die Differenz der Massenkonzentration zwischen den Messpunkten. Diese Differenz ist auf die Verluste im Kanalnetz und in der Kammer zurückzuführen. An der Kammerinnenwand wie auch im Kanalnetz waren Ablagerungen vom beaufschlagten Feinstaub deutlich erkennbar. Da es sich bei der Materialisierung der Kammer um offeneporige Stoffe (Holz, MDF) handelt, sind vermehrt Ablagerungen und Verluste zu erwarten. Es wird von einer Wiederholgenauigkeit +/- 1% ausgegangen.

Beim Vergleich der vorliegenden Messergebnisse mit dem alten Konzept vom 28.02.2014 lässt sich eine deutliche Verbesserung des Konzentrationsverhaltens in der Kammer erkennen, was auf das in der Diplomarbeit ausgearbeitete Strömungskonzept zurückzuführen ist. Die Massenkonzentrationen weisen keine sprunghaften Differenzen mehr auf. Die gemessenen Massenkonzentrationswerte des entwickelten Konzeptes sind über die verschiedenen Messhöhen teils fast deckungsgleich und die prozentuale Abweichung der Messpunkte beträgt maximal 7%. Die prozentuale Abweichung des vorherigen Konzeptes vom 28.02.2013 lag bei etwa 15%.

Das Ziel einer gleichmässigen Beladung des Prüflings mit Feinstaub wird mit diesem Konzept möglich gemacht.