

## **Veröffentlicht in AGÖF Reader: Ergebnisse des 11. Fachkongresses am 7. und 18.11.2016 Bamberg**

### **Reproduzierbare Messbedingungen für Schimmelpilze am Beispiel des WTA-Merkblattes zur Sanierungskontrolle**

*Dipl.-Biol. Nicole Richardson, öbuv Sachverständige für Innenraumschadstoffe und Schimmelpilze*

#### **Einleitung**

Beim Erfahrungsaustausch im Frühjahr 2016 der chemischen Institute in der AGÖF zum Thema Sanierungskontrollmessungen nach WTA-Merkblatt wurde über die Probenahmestrategie diskutiert. Dabei stand die praktische Umsetzung der mobilisierten Messung im Vordergrund.

Bei dieser Diskussion kam die Frage auf, wie denn „Nutzungsbedingungen“ von jedem einzelnen Sachverständigen definiert werden, wie sie nach VDI 4300 Blatt 10 einmal beschrieben waren und dann in der DIN ISO 16000-19 weitergeführt wurden. In der Norm heißt es, dass bei Erfolgskontrollen der Sanierung die RL-Probenahme unter Nutzungsbedingungen durchgeführt werden muss.

*Zitat: „Das oberste Ziel dieses Teils der ISO 16000 ist es, Hilfestellung zum Nachweis von Schimmelpilzquellen im Innenraumbereich zu geben. [...] Es werden geeignete Probenahme- und Nachweisverfahren beschrieben sowie Hinweise zur Anwendbarkeit und Interpretation der Messergebnisse gegeben, um eine größtmögliche Vergleichbarkeit der gewonnenen Messdaten für eine festgelegte Messaufgabe zu erzielen.“*

An anderer Stelle heißt es:

*„Die Nutzungssimulation sollte der tatsächlichen Nutzung des Raumes entsprechen.“*

oder auch:

*„Kurzzeitmessungen können in ungenutzten Räumen ohne spezielle Nutzungssimulation durchgeführt werden, da durch den Aufbau und den Betrieb der Probenahme-einrichtungen erfahrungsgemäß Luftbewegungen am Messort vorhanden sind, die mit üblichen Nutzungsbedingungen in der Regel vergleichbar sind.“*

Diese Wortwahl in der Norm wird nach einer kleinen Umfrage unter den Sachverständigen sehr unterschiedlich interpretiert. Während die einen Sachverständigen unter Nutzungsbedingungen verstehen, dass die Probenehmer allein den Raum

betreten und die Messungen vornehmen, verstehen andere Sachverständige darunter, dass Türen bewegt, dass Gardinen geschüttelt, dass ggf. auch mit einem Ball eine leichte Mobilisierung vorgenommen wird.

Es wurde deutlich, dass dabei die Untersuchungsergebnisse der Schimmelpilzsporenmessungen höchst unterschiedlich sein müssen. Die Bewertung der Ergebnisse findet jedoch einheitlich nach den Vorgaben des Schimmelleitfadens des Umweltbundesamtes statt.

Dabei wird durch den Vergleich der Sporenkonzentration zur Außenluft festgelegt, ob es Hinweise auf Quellen gibt. Dabei werden bekanntermaßen 3 Kategorien unterschieden:

Kategorie 1: Hintergrundbelastung (Innenraumquelle unwahrscheinlich),

Kategorie 2: Innenraumquelle möglich,

Kategorie 3: Innenraumquelle wahrscheinlich.

Die als Grundlage für diese Einteilung herangezogenen Untersuchungen von Gabrio et al. geben nicht an, wie die Messbedingungen vor Ort konkret waren. Angegeben wird lediglich, dass die Räume 7 Tage vorher nicht gereinigt wurden und dass eine gezielte mechanische Verwirbelung vor und während der Probenahme vermieden wurde.

Die bislang übliche Praxis, auch bei Sanierungskontrollmessungen, die sich unstrittig von Messungen und Bedingungen in normal genutzten Räumen deutlich unterscheiden, sowohl die nicht detailliert beschriebene Probenahmestrategie nach DIN ISO 16000-19 anzuwenden als auch die Bewertung nach UBA-Leitfaden vorzunehmen, war nicht ausreichend.

Auf Grundlage dieser Überlegungen wurde auch das WTA-Merkblatt entwickelt.

## **WTA-Merkblatt**

Um sich einer reproduzierbaren Probenahmestrategie zu nähern, wird im WTA-Merkblatt E14-12: „Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadenssanierungen in Innenräumen“ die Vorgehensweise angelehnt an die Probenahmestrategie nach VDI 3492, die für die Messung von faserförmigen Partikeln die Richtlinie der Wahl ist.

Zitat: „In dieser Richtlinie wird die Nutzungssimulation in Abhängigkeit von der Messaufgabe im Sinne einer Konvention verbindlich festgelegt, sodass die ermittelten Messergebnisse miteinander vergleichbar werden. [...] Die einzelnen Methoden zur Durchführung der Nutzungssimulation sind ein praktikabler Kompromiss aus der Forderung, unsichtbar abgelagerte Fasern aufzuwirbeln, und dem Ziel, auswertbare Messfilter zu gewinnen. Bei den Methoden zur Aufwirbelung unsichtbar abgelagerter Fasern wird unterschieden in definiertes Anblasen und Erzeugen von stoßartigen Belastungen.“

Infokasten Asbestprobenahme Raumluft nach VDI 3492:

Die Nutzungssimulation ist 5 min vor bis 1 h nach Beginn der Probenahme durchzuführen. Sie kann danach noch einmal wiederholt werden.

Bei dieser Methode erfolgt die Aufwirbelung unsichtbar abgelagerter Fasern von Flächen und aus Nischen durch Anblasen mithilfe eines Gebläses in einem bestimmten Arbeitsabstand. Im Regelfall genügt das einmalige Anblasen von 5 % der Oberflächen, aber mindestens 5 m<sup>2</sup> der zugeordneten Raumzelle im Umkreis von 3 m bis 5 m um das Probenahmegerät. Dabei sollte der Luftstrahl rechtwinklig zur Oberfläche auftreffen. Der Luftstrom (geregelt z.B. durch den Arbeitsdruck der Druckluftflasche oder die Stufe des Gebläses) und der Arbeitsabstand sind so zu wählen, dass eine freie Luftstromgeschwindigkeit von 4 m/s ± 20 % an der Oberfläche erzeugt wird. Die Luftstromgeschwindigkeit kann z.B. mithilfe eines Anemometers geprüft werden.

### **WTA-Probenahmestrategie**

Die Mobilisierung ist mittels eines Ventilators durchzuführen und sollte bei normalen Raumhöhen mindestens 50 % der Oberflächen mit 1 – 4 m/sec an der Bauteiloberfläche erfassen. Die Mobilisierung muss vor der Probenahme erfolgen. Die Probenahme erfolgt 10 Minuten nach Mobilisierung auf beschichtete Objektträger zur Untersuchung der Gesamtsporen. Da in den meisten Sanierungen nur bestimmte Schimmelpilztypen vorliegen, hat sich die WTA-Arbeitsgruppe bei der Einspruchssitzung vom 21.09.2016 darauf geeinigt, nur eine Auswahl an Schimmelpilzen routinemäßig im Labor auszuwerten (s. Tabelle 1).

Neben dem neuen Probenahmeverfahren für Sanierungskontrollen ist ein weiteres Novum, dass keine Vergleichsmessung mit der Außenluft bzw. mit einem Vergleichsraum mehr notwendig ist. Selbstverständlich bleibt es jedem Sachverständigen vorbehalten, diese Vergleichsmessung vorzunehmen, falls Zusatzinformationen hilfreich erscheinen oder gerade auch zu Anfang, wenn die neuen Zielwerte noch nicht sicher im eigenen Bewertungsrepertoire eingeordnet werden können.

Die Sanierungszielwerte sind nicht absolut zu sehen, eine Reinigung ist nicht deshalb gescheitert, weil 810 Sporen Pen/Asp / m<sup>3</sup> nachzuweisen sind.

Vielmehr berücksichtigt das WTA-Merkblatt die Schwankungsbreiten in der Analytik und der Probenahme dadurch, dass eine Überschreitung für einen Typ oder eine Gattung bis 50 % als hinnehmbar bewertet wird.

Tabelle 1: Sanierungszielwerte für mobilisierte Messungen nach WTA-Merkblatt

Pilztyp	nach Mobilisierung [Sporen/m <sup>3</sup> ]
<b>Typ Aspergillus/Penicillium</b>	<b>800</b>
<b>Chaetomium</b>	<b>100</b>
<b>Hyphenstücke</b>	<b>200</b>
<b>Typ Stachybotrys</b>	<b>50</b>
<b>Typ Scopulariopsis/Doratomyces</b>	<b>200</b>

Überschreitungen der Konzentration bis max. 50 % für **einen** Typ bzw. Gattung sind akzeptabel, wenn die Zielwerte für alle übrigen Typen / Gattungen sicher eingehalten werden. Wenn auch die Sichtkontrolle und Wischtests keine Hinweise auf noch vorhandene Quellen oder unzureichende Reinigung ergeben, ist die Sanierung als erfolgreich zu bewerten.

## Probenahmeverfahren im benachbarten Ausland

Der Kollege Höflich aus Dänemark stellte dieses Jahr (2016) auf der Schimmelpilztagung des VDB in Bonn ein Verfahren vor, das in Dänemark seit 2011 als standardisiertes Verfahren für die Messung von Schimmelpilzen bzw. als Messmethode zur Klassifizierung der biogenen Raumluftqualität eingesetzt wird.

Anders als in Deutschland werden in Dänemark nicht Partikel bzw. KBE ausgewertet, sondern durch eine biochemische Analyse zur Messung der Enzymaktivität wird die Schimmelbelastung in der Raumluft klassifiziert und bewertet.

Bei diesem Verfahren wird beschrieben, dass vor der Messung die Raumluft mobilisiert wird. In Dänemark werden alle Oberflächen eines Raumes mit 3,3 m/s in 2 m Abstand angeblasen und nach einer definierten kurzen Ruhephase von 2 Minuten eine bestimmte Menge Raumluft mit einem Feinfilter eingesammelt.

Die Kollegen aus Dänemark haben die Erfahrung gemacht, dass Schimmelpilzsporen deutlich schneller absinken als bisher angenommen. So ist in der Veröffentlichung im Tagungsband des VDB zu lesen, dass Aerosole von *Stachybotrys chartarum* bereits nach 10 Minuten sedimentiert sind, kleine

Aerosole von Penicillium nach 20 bis 30 Minuten. Nach 3 Stunden sind die Schimmelpilzsporen fast vollständig sedimentiert.

## **Aufgabenstellung**

Auf Grundlage des neuen Probenahmeverfahrens im WTA-Merkblatt, der Veröffentlichung aus Dänemark und der Kollegendiskussion über die unterschiedliche Auslegung von Nutzungsbedingungen wurde folgenden Fragen nachgegangen:

1. Erhöht sich durch Mobilisierung die Reproduzierbarkeit der Messungen?
2. Beeinflusst die Größe der Mobilisierungsfläche das Ergebnis?
3. Wann müssen nach der Mobilisierung die Messungen durchgeführt werden?
4. Kann durch eine Mobilisierung ein Schimmelbefall in unbelasteten Räumen simuliert werden? – Praxistest

## **Vorgehensweise**

Für die Mobilisation wurden ca. 50 % der Raum-Oberflächen (überwiegend Wände und Boden) mit einem Akku-betriebenen Ventilator der Fa. Makita mit 1 bis 4 m/s an der Bauteiloberfläche angeblasen.

Die Probenahmepumpen wurden auf Stativen in ca. 1,5 m Höhe in der Mitte des zu untersuchenden Raumes aufgestellt.

Die Räume wurden mehr als 8 Stunden vor Beginn den Messungen nicht gelüftet.

Jede Messung wurde, wenn nicht anders beschrieben, zeitgleich mit 3 Pumpen durchgeführt, so dass jeder Messpunkt durch 3 Messungen abgesichert ist.

Für die Vergleichbarkeit wurde mittels Schlitzdüsenimpaktor der Fa. Holbach ein Volumen von 50 Litern mit 30 l/min auf beschichtete Objektträger gesammelt.

Mikroskopisch ausgewertet wurden die gesammelten Spuren nach DIN ISO 16000-20.

Die gewählten Räume sind folgendermaßen ausgestattet:

- a.) Als Lager genutzter Kellerraum mit Feuchteschäden (ohne sichtbaren Schimmelbefall) und Staubbelastungen. Der Boden ist eine unbehandelte zementäre Bodenplatte, die Ziegelwände sind unverputzt. Der hygienische Zustand entspricht der Nutzungsklasse 3 von einem Raum, der unregelmäßig der Unterhaltsreinigung unterzogen wird.
- b.) Als Vorbereitungsraum für Laborarbeiten genutzter Raum ohne Feuchteschäden, mit Fliesenboden und mit Kalkputz überarbeiteten Wänden. Der hygienische Zustand entspricht der Nutzungsklasse 2 von einem Raum, der regelmäßig der Unterhaltsreinigung unterzogen wird.
- c.) Als Büro genutzter Raum ohne Feuchteschäden, mit Teppichboden und mit Lehmputz überarbeiteten Wänden. Der hygienische Zustand entspricht der Nutzungsklasse 2 von einem Raum, der regelmäßig der Unterhaltsreinigung unterzogen wird.

In diesen Räumen wurde den Fragestellungen nachgegangen,

- ob sich durch eine Mobilisierung der Oberflächen die Messergebnisse reproduzierbar darstellen lassen,
- wieviel an Oberfläche mobilisiert werden sollte und
- ob durch die Mobilisierung ein Schimmelbefall simuliert werden kann.

In einem anderen Raum wurde die Abklingkurve der Sporenkonzentrationen nach Mobilisierung untersucht:

- d.) Kellerraum mit Feuchteschäden in einem Mehrfamilienhaus (wischbarer Oberboden, verputzte Wände).

Es war bereits durch den optischen Befund davon auszugehen, dass in dem Raum nach Mobilisierung hohe Sporenkonzentrationen vorliegen werden und deshalb wurde angenommen, dass die Sinkkurve der Sporen deutlich erkennbar sein würde.

## **Reproduzierbarkeit**

Gemessen wurde jeweils morgens, mittags und abends an der Außenluft und in den oben genannten Räumen unter zwei Gesichtspunkten:

- 1.) Messungen unter Nutzungsbedingungen,
- 2.) Messungen mit Mobilisation an den Bauteiloberflächen.

Die Räume wurden an den Messtagen nicht genutzt. Die Nutzungsbedingungen wurden durch die Probenehmerin simuliert durch Betreten des Raumes und Aufbau der Probenahmegeräte (möglichst ohne Aufwirbelungen). Die Mobilisation erfolgte wie oben beschrieben.

### **Ergebnis**

Die Sporenkonzentration unter normalen Nutzungsbedingungen (d.h. in diesem Fall: die Probenehmerin war im Raum, ohne extra Mobilisation) zeigt, dass die Messergebnisse zu den unterschiedlichen Tageszeiten stark schwanken.

So sind im Kellerraum morgens mit 1.700 Sporen/m<sup>3</sup> deutlich weniger Sporen vom Typ Penicillium/Aspergillus (Pen/Asp) nachweisbar als mittags mit 33.417 Sporen/m<sup>3</sup>. Abends sinkt die Konzentration wieder auf 1.883 Sporen/m<sup>3</sup>. Der Anstieg in der Mittagszeit ist nicht bewusst durch die Probenehmerin herbeigeführt.

Etwas weniger deutlich, aber von der Tendenz ähnlich zeigen sich auch die hohen Sporenschwankungen unter „ruhigen“ Messbedingungen in den anderen Räumen, die einem guten hygienischen Zustand entsprechen.

In dem Büroraum mit Teppich schwankt die Konzentration an Sporen/m<sup>3</sup> vom Typ Pen/Asp zwischen 200 (morgens), 180 (mittags) und 120 (abends).

Im Laborvorbereitungsraum mit Fliesenboden schwankt die Konzentration an Sporen/m<sup>3</sup> vom Typ Pen/Asp zwischen 357 (morgens), 477 (mittags) und 757 (abends).

Die Schwankungsbreite bezogen auf den Mittelwert liegt damit bei 257 % im Kellerraum, 76 % im Laborvorbereitungsraum und 48 % im Büroraum.

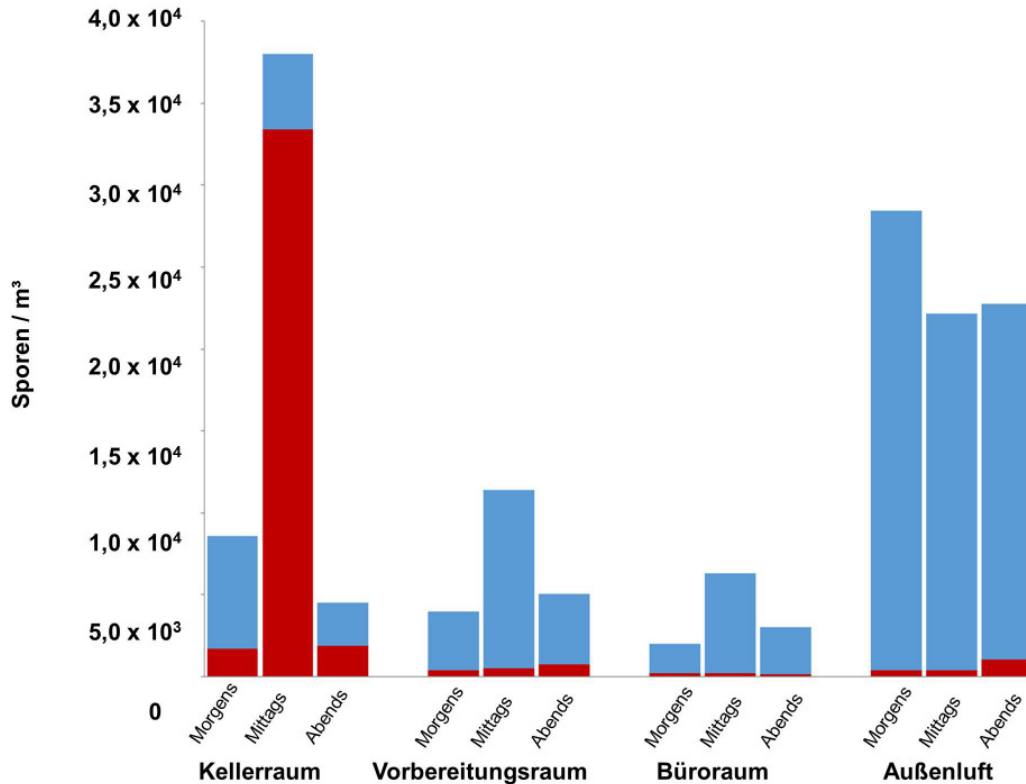


Abbildung 1: Gegenüberstellung von Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Räumen unter normalen Nutzungsbedingungen. Abgebildet sind die Mittelwerte der jeweiligen Messzeitpunkte (n=3). Die Penicillium/Aspergillus Sporen (rot) sind im Verhältnis zur Anzahl der Gesamtsporen aufgetragen. Zusätzlich ist als Referenz die Außenluft dargestellt. Die Schwankungsbreite liegt hierbei maximal bei 257 % (Kellerraum) sowie 76 % (Vorbereitungsraum) und 48 % (Büroraum).

Unter mobilisierten Bedingungen zeigt sich ein gleichmäßigeres Ergebnis.

Die detaillierten Raumluftkonzentrationen sind in der Tabelle 2 aufgelistet und in der Abb. 2 grafisch veranschaulicht.

Die Schwankungsbreite bezogen auf den Mittelwert ist in den drei Räumen mit 4 %, 21 % und 42 % deutlich geringer als unter normalen Nutzungsbedingungen.



Tabelle 2: Auswertung der Anzahl an Sporen der Raumlufmessungen mit Mobilisierung an Bauteiloberflächen (dargestellt ist der Mittelwert von 3 parallel durchgeführten Messungen)

Parameter	Kellerraum [Sporen/m <sup>3</sup> ]		Laborvorbereitungsraum [Sporen/m <sup>3</sup> ]		Büroraum [Sporen/m <sup>3</sup> ]	
	Gesamt	Pen/Asp	Gesamt	Pen/Asp	Gesamt	Pen/Asp
Morgens	13.353	6.533	8.890	877	8.443	220
Mittags	12.303	6.667	9.595	710	7.470	147
Abends	13.233	6.800	9.085	830	7.930	157

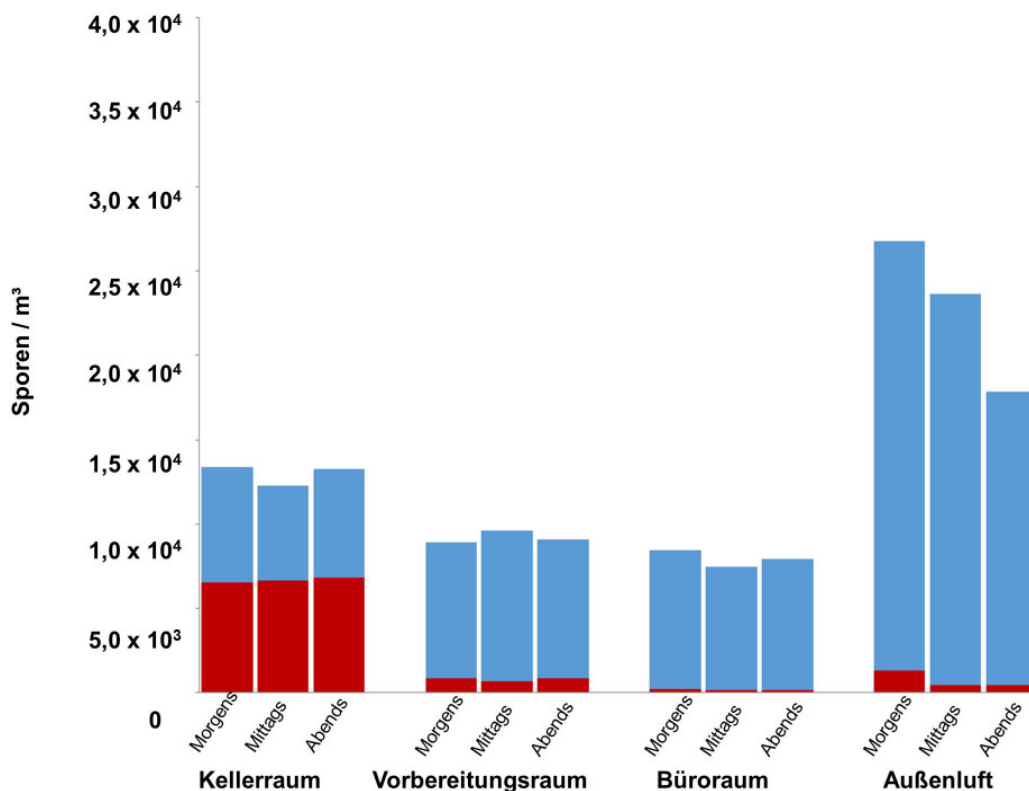


Abbildung 2: Gegenüberstellung von Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Räumen mit vorheriger Oberflächenmobilisierung. 5 Minuten nach Mobilisierung wurde die Raumlufmessung durchgeführt (n=3). (Tabelle 2). Abgebildet sind die Mittelwerte der jeweiligen Messzeitpunkte. Die Penicillium/Aspergillus Sporen (rot) sind im Verhältnis zur Anzahl der Gesamtsporen aufgetragen. Zusätzlich ist als Referenz die Außenluft dargestellt. Die Schwankungsbreite liegt hier maximal bei 42 % (Büroraum) sowie 4 % (Kellerraum) und 21 % (Vorbereitungsraum).

Unter Berücksichtigung theoretischer Überlegungen, dass die Probenahme-strategie „Nutzungsbedingungen“ nicht nur subjektiv sehr unterschiedlich interpretiert werden kann, sondern auch, dass Nutzung durch Dritte beeinflusst werden kann, ergeben sich durch die vorgenommenen Untersuchungen gute Hinweise auf eine bessere Reproduzierbarkeit der Raumlufmessung mit Mobilisierung.

## Mobilisierungsfläche

Ein Kritikpunkt am WTA-Merkblatt war, dass befürchtet wurde, durch Mobilisierung unterschiedlicher Flächenanteile das Ergebnis zu beeinflussen. Im Merkblatt aufgeführt wird eine Mobilisierung von mindestens 50 % der Bauteiloberflächen.

Nachfolgend aufgeführt sind die Ergebnisse aus den Untersuchungen in einem verstaubten Kellerraum (Nutzungsklasse 3) und vergleichend dazu in einem nicht belasteten Büroraum (Nutzungsklasse 2).

In einem belasteten Raum sind bei Mobilisierung von 50 % der Oberflächen 40.000 Sporen/m<sup>3</sup> vom Typ Pen/Asp zu messen und bei einer Mobilisierung von 100 % der Oberflächen über 81.000 Sporen/m<sup>3</sup>. Es ist davon auszugehen, dass in einem belasteten Raum durch mehr Mobilisation mehr Sporen aufgewirbelt werden. Der hohe Anstieg der Sporenkonzentration findet direkt nach der Mobilisierung statt. So sind durch die „Ruhemessung“ 1.300 Sporen/m<sup>3</sup> vom Typ Pen/Asp zu messen und 5 Minuten nach der 50 %igen Mobilisierung 40.000 Sporen/m<sup>3</sup>.

Da die Konzentration an Sporen nach Mobilisierung stark ansteigt, ist es aus Sicht der Autorin ausreichend, dass nicht alle Oberflächen angeblasen werden. Wenn noch Quellen (Stäube) vorliegen, gewährleistet die Erfassung von 50 % der Oberflächen bereits ein ausreichend sicheres Ergebnis.

Daraus folgt die zweite Fragestellung, ob durch unterschiedliche Mobilisationsflächen in einem unbelasteten Raum eine Belastung simuliert werden kann.

In einem unbelasteten – aber nicht feingereinigten – Raum sind in ruhendem Zustand 180 Sporen/m<sup>3</sup> vom Typ Pen/Asp messbar, nach Mobilisation von 50 % der Oberflächen 1.003 Sporen/m<sup>3</sup> und nach 100 %iger Oberflächenmobilisation 1.150 Sporen/m<sup>3</sup>. Der Unterschied wird unter Berücksichtigung der normalen Schwankungsbreite einer Probenahme als nicht signifikant bewertet.

Auch hier zeigt sich, dass der Effekt durch die Mobilisierung bereits bei 50 % der Oberflächen deutlich ist.

Erkennbar ist jedoch, dass die Schwankungsbreiten der Sporenkonzentrationen bei längerer Oberflächenmobilisierung geringer werden. So sind bei der 50 %igen Oberflächenmobilisierung, die auch einen zeitlich kürzeren Aufwand bedeutet, höhere Standardabweichungen (bis zu 22 %) bei den Messungen festzustellen.

Wird mehr und länger mobilisiert, sinkt die Standardabweichung auf 9%. Theoretisch erklärbar ist das dadurch, dass durch die Mobilisierung Aufwirbelungen entstehen (ähnlich wie bei der Vermischung von Flüssigkeiten in einem Glas) und sich lokal unterschiedliche Partikelmengen bilden. Wird länger und mehr mobilisiert, ist die Vermischung der Partikel konsistenter.

Auch unter Berücksichtigung der höheren Schwankungsbreiten pro Messung bei einer geringeren Oberflächenmobilisierung stehen der zusätzliche zeitliche Aufwand einer vollständigen Oberflächenmobilisierung und der zusätzliche Erkenntnisgewinn in keinem ausreichenden Verhältnis.

Bereits mit einer 50 %igen Mobilisationsfläche können ausreichend genaue Aussagen zur Kontamination der Raumluft mit Sporen getroffen werden und mit beiden Probenahmestrategien wäre das Ergebnis gleich bewertet worden.

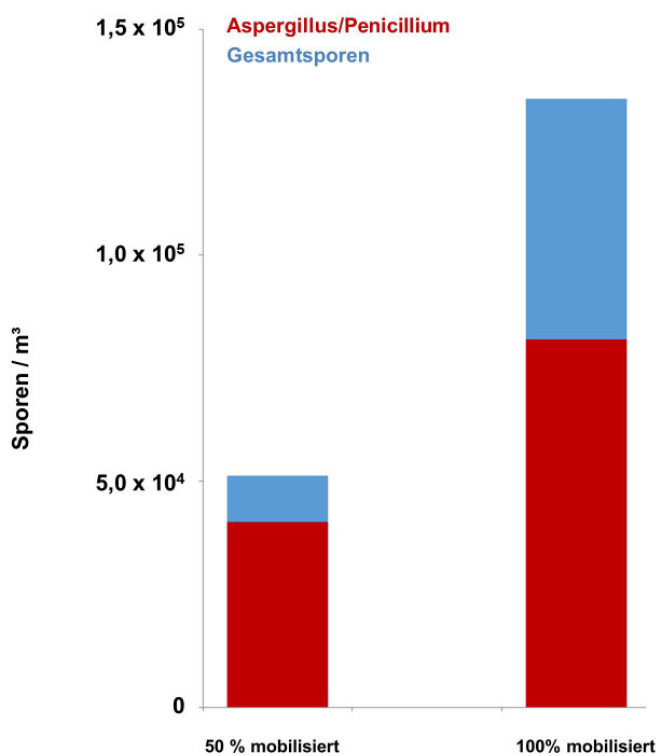


Abbildung 3: Vergleich von jeweils 3 Messungen mit 50 %iger Oberflächenmobilisation und 3 Messungen mit 100 %iger Oberflächenmobilisation eines belasteten Raumes auf die Sporenkonzentration in der Raumluft. Die Penicillium/Aspergillus Sporen (rot) sind im Verhältnis zur Anzahl der Gesamtsporen aufgetragen. Die Standardabweichung liegt bei 50 %iger Mobilisierung bei 18 % und bei 100 %iger Mobilisierung bei 9 %.

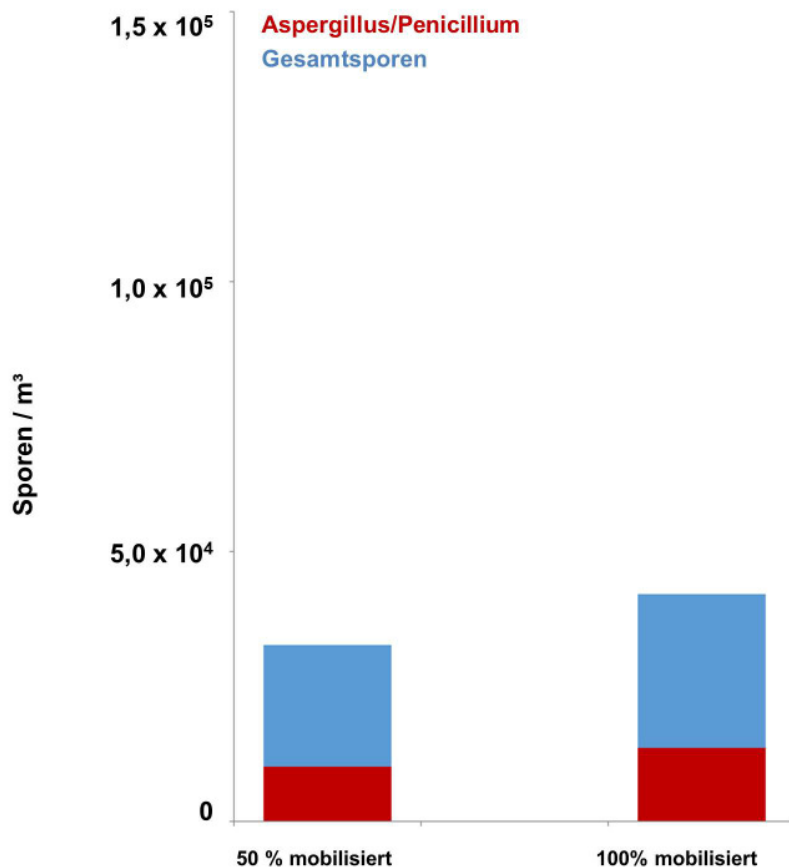


Abbildung 4: Vergleich von jeweils 3 Messungen mit 50 %iger Oberflächenmobilisation und 3 Messungen mit 100 %iger Oberflächenmobilisation in einem unbelasteten Raum. Die Penicillium/Aspergillus Sporen (rot) sind im Verhältnis zur Anzahl der Gesamtsporen aufgetragen. Die Standardabweichung liegt bei 50 %iger Mobilisierung bei 22 % und bei 100 %iger Mobilisierung bei 5 %.

## Zeitpunkt der Messung nach Mobilisierung

In einer ersten Versuchsreihe wurde in einem bekanntermaßen mit Schimmel belasteten Kellerraum nach einer Mobilisierung zu Beginn die Raumluft stündlich über 8 Stunden gemessen. Das Ergebnis zeigt, dass innerhalb einer Stunde die Partikel-Gesamtkonzentration auf 10 % der Ausgangskonzentration direkt nach Mobilisierung gesunken ist.

Ein weiteres Ergebnis ist, dass es in einem mit dem Schimmelpilztyp Pen/Asp belasteten Raum einen ähnlichen Konzentrationsverlauf von Gesamtsporen und dem Sporentyp Pen/Asp. gibt und die Reduzierung der auszuwertenden Sporentypen für die Sanierungskontrollen im neuen WTA-Merkblatt gerechtfertigt erscheint.

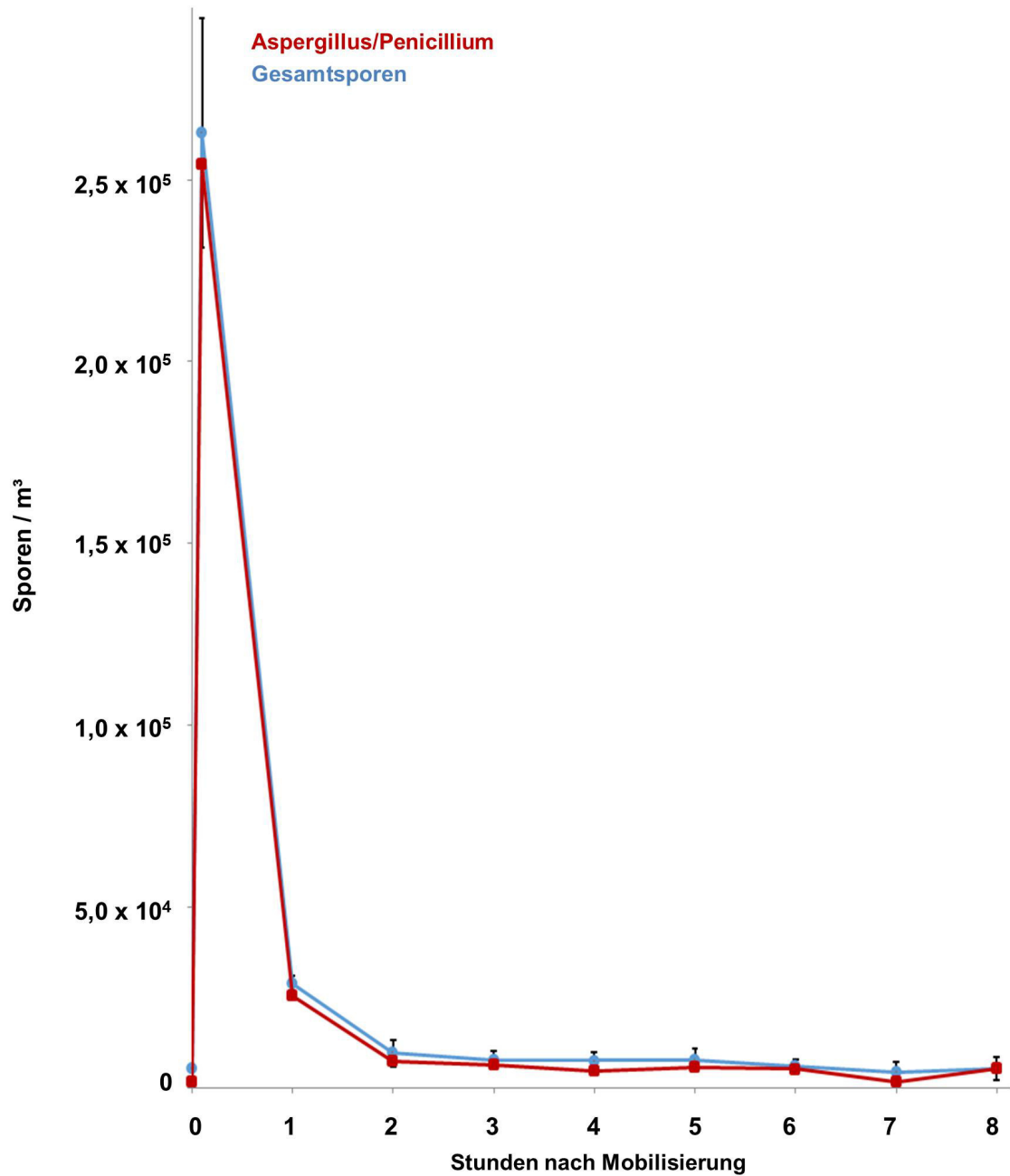


Abbildung 5: Auswertung der Verweildauer von Sporen in der Luft nach Mobilisierung, dargestellt ist der Mittelwert (n=3). Die schwarzen Balken stellen hierbei die Standardabweichung da. Die Anzahl der Sporen/m<sup>3</sup> ist im Abstand von Stunden nach der Mobilisierung (0–8 Stunden) dargestellt.

Das deutliche Ergebnis führte zu weiteren Untersuchungen mit Messungen in einem kürzeren Zeitintervall.

In den nachfolgenden Abbildungen 6 und 7 werden die ersten Ergebnisse zu Sporenkonzentrationen in Abhängigkeit der Zeit nach Mobilisierung dargestellt.

Von einer Ausgangskonzentration nach Mobilisierung von 38.070 Sporen/m<sup>3</sup> sank die Konzentration schneller als erwartet.

Nach 5 Minuten sind noch zwischen 57 % und 65 % der Sporenkonzentration messbar, nach 10 Minuten zwischen 40 % und 50 %.

Dieser Aspekt ist nach Ansicht der Autorin im neuen WTA-Merkblatt noch nicht ausreichend berücksichtigt.

Um einheitliche Ergebnisse zu erzielen, ist es notwendig, sich auf den Zeitpunkt der Messung zu einigen und sich daran zu halten.

Im WTA-Merkblatt ausgeführt ist, dass die Messungen 10 Minuten nach Mobilisierung durchgeführt werden. Die Kollegen aus Dänemark haben sich für ihre Messstrategie darauf geeinigt, dass genau 2 Minuten nach der Mobilisierung gemessen wird.

Die Erfahrung der Gutachterin ist, dass die Wartezeit zur Probenahme möglichst gering zu halten ist, da 8 Minuten warten bis zum Start der Pumpe (2 Minuten für Aufbau etc.) und ohne im Raum weiter durch Begutachtung Mobilisierung vorzunehmen sehr lang erscheinen können.

Es ist aufgrund der schnellen Sinkkurve der Sporen möglicherweise eine Fehlerquelle, wenn das Zeitfenster variabel gehalten wird. Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist es deshalb notwendig, dass das Zeitfenster genau eingehalten wird.

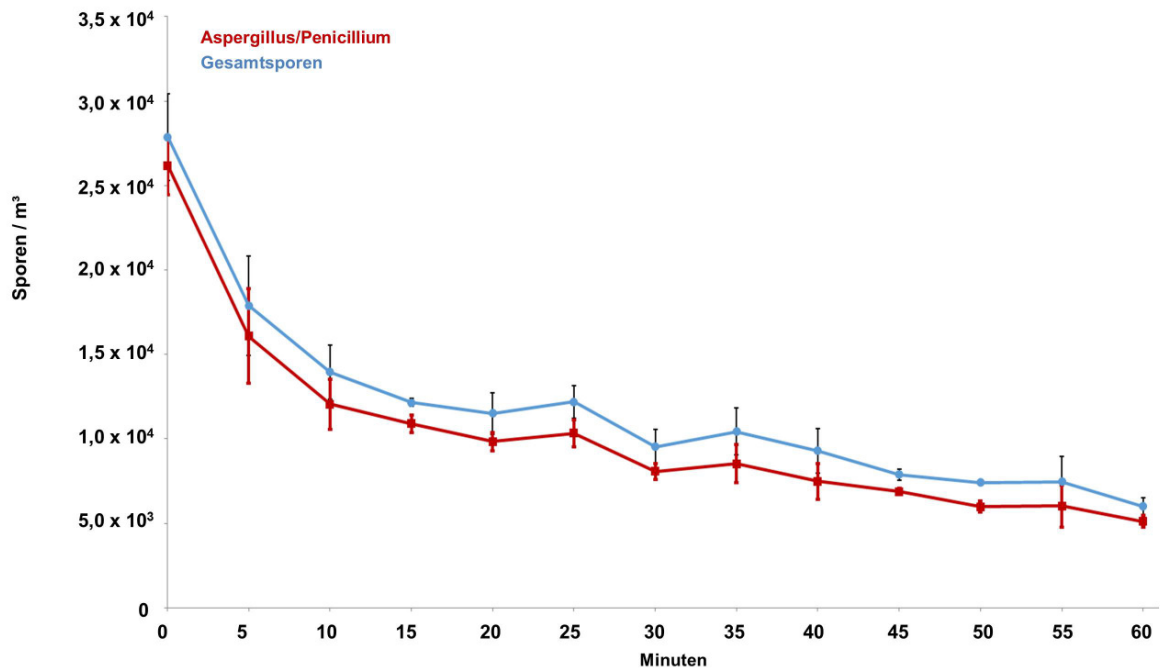


Abbildung 6: Auswertung der Verweildauer von Sporen in der Luft nach Mobilisierung, dargestellt ist der Mittelwert (n=3). Die schwarzen Balken stellen hierbei die Standardabweichung da. Die Anzahl der Sporen/m<sup>3</sup> ist im Abstand von je 5 Minuten nach der Mobilisierung (bis 60 Minuten) dargestellt.

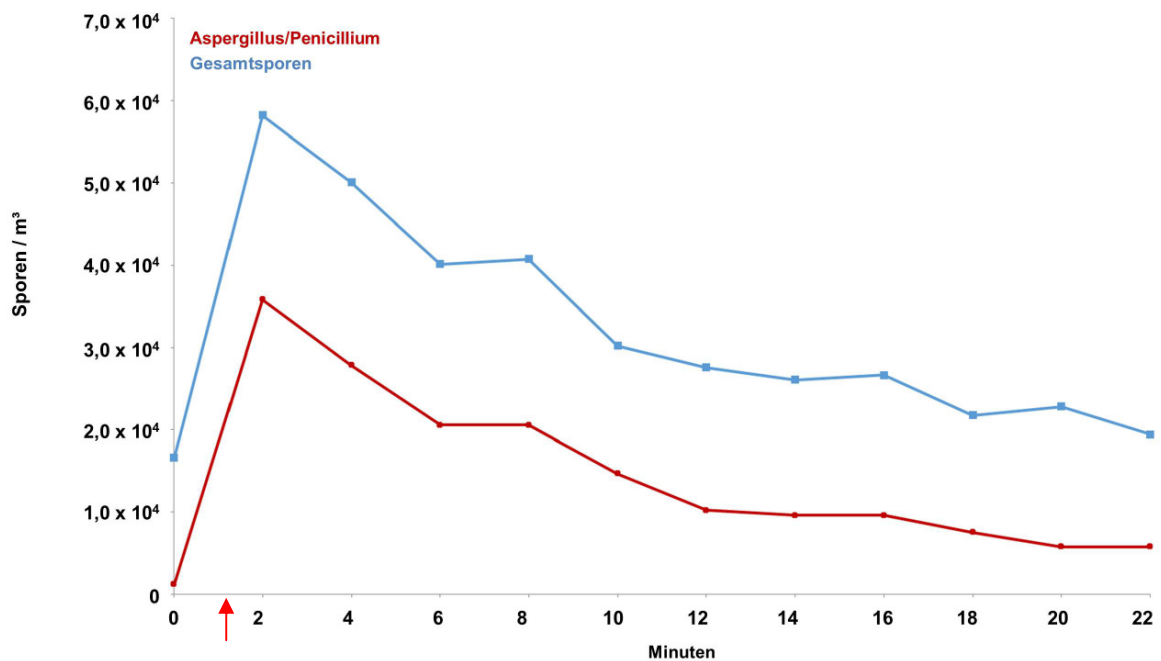


Abbildung 7: Auswertung der Verweildauer von Sporen in der Luft nach Mobilisierung, dargestellt ist der Mittelwert (n=2). Der rote Pfeil markiert den Beginn der Mobilisierung, im Anschluss an die Mobilisierung wurde die Anzahl der Sporen/m<sup>3</sup> alle 2 Minuten gemessen.

## Praxistest

Ein Kritikpunkt am WTA-Merkblatt war, dass befürchtet wurde, dass die Vorgehensweise zu empfindlich und genau sei und deshalb Sanierungen nicht mehr abgenommen werden könnten.

Zur Erläuterung: Es ist im Merkblatt auch weiterhin vorgesehen, dass Gutachter eine optische Abnahme vornehmen können und diese nach Einschätzung des Gutachters auch ausreichen kann.

Es ist aber auch häufig der Wunsch der Auftraggeber, dass die Maßnahmen messtechnisch kontrolliert werden. Dafür wurde die Probenahmestrategie im WTA-Merkblatt entwickelt.

In *Abbildung 8* ist exemplarisch ein typisches Ergebnis von Sanierungskontrollmessungen in zwei verschiedenen Wohnungen dargestellt. Basidiosporen, die in der Außenluftmessung dominieren, sind in der Auswertung der Übersichtlichkeit halber nicht aufgeführt.

In der untersuchten Wohnung 1 liegt die Gesamtkonzentration bei ruhiger Messung bei 745 Sporen/m<sup>3</sup> und nach Mobilisierung gemäß WTA-Merkblatt bei 1.255 Sporen/m<sup>3</sup>.

Dabei stieg die Konzentration innenraumtypischer Sporen des Typs *Penicillium/Aspergillus* durch die Mobilisierung nur von 290 Sporen/m<sup>3</sup> auf 340 Sporen/m<sup>3</sup>, die übrigen Sporen sind vom Typ *Cladosporium* oder *Ascosporen*. Der Unterschied zwischen beiden Messungen liegt im Rahmen einer normalen Schwankungsbreite, mit beiden Methoden ist die Erfolgskontrolle als positiv zu bewerten, die sanierte und gereinigte Wohnung kann freigegeben werden.

In Wohnung 2 wird bei ruhiger Messung eine Gesamtkonzentration von 1.315 Sporen/m<sup>3</sup> ermittelt, davon 290 Sporen/m<sup>3</sup> des Typs *Pen/Asp*. Nach der Mobilisierung steigt die Konzentration jedoch auf 5.430 Sporen/m<sup>3</sup>, davon allein 5.050 Sporen/m<sup>3</sup> des Typs *Pen/Asp*. Damit liegen noch deutliche Hinweise auf Quellen oder belastete Stäube vor, eine Freigabe kann nicht erteilt werden. Ohne Mobilisierung wäre nicht erkannt worden, dass die Reinigung nicht ausreichend war.

Das Beispiel zeigt, dass die mobilisierte Messung ein wichtiges Instrument ist, um versteckte Quellen oder Staubbelastungen nachzuweisen und falsch negative Befunde auszuschließen.

Falsch positive Befunde sind dagegen nicht zu befürchten, denn wo keine relevanten Quellen oder belasteten Stäube vorliegen, ergeben sich auch nach



der Mobilisierung keine Hinweise auf einen Befall. Diese Aussage ist durch mittlerweile mehr als 500 Sanierungskontrollen durch unser Büro nach diesem Verfahren bestätigt, bei denen auf Anhieb 75 % der Ergebnisse keine Auffälligkeiten ergeben.

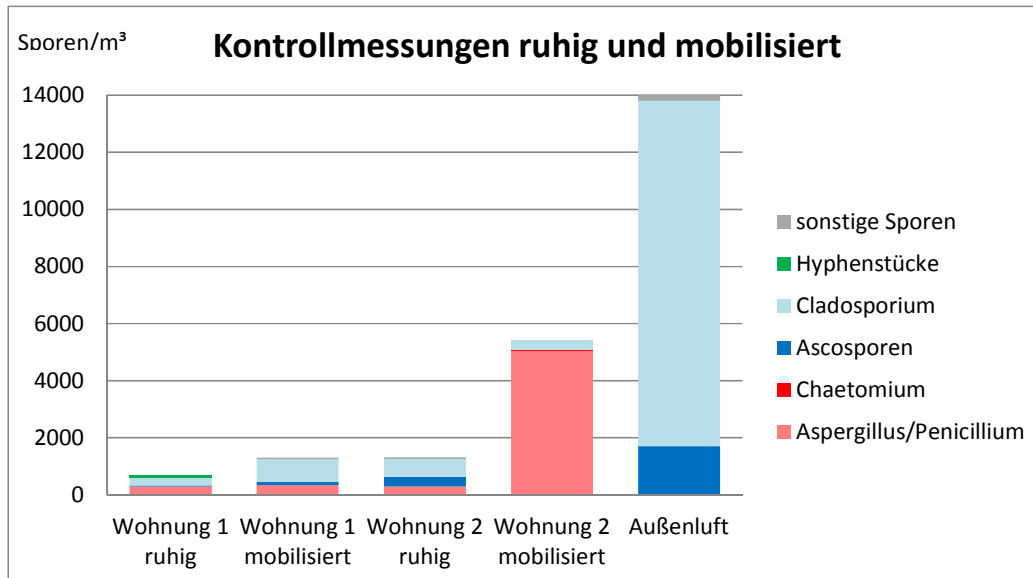


Abbildung 8: Kontrollmessungen nach WTA-Merkblatt. Der Hauptanteil an Sporen liegt in der Wohnung 1 bei PenicilliumAspergillus mit 5.050 Sporen/m<sup>3</sup>, in der Außenluft bei Cladosporium mit 12.100 Sporen/m<sup>3</sup>; Basidiosporen sind nicht berücksichtigt.

## Fazit

Die Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit und zur Aussagekraft der Probenahmestrategie mittels Mobilisierung von Oberflächenstäuben ergeben gute Hinweise, dass das Verfahren geeignet ist, um valide Ergebnisse für die Abnahme einer Sanierungskontrolle aufzuzeigen.

Einer der wesentlichen Vorteile dieses Probenahmeverfahrens ist, dass die Leistung des Sanierers objektiver abgenommen werden kann. Der Sanierer und auch der Bauherr sind nicht davon abhängig, wie der jeweilige Probenehmer für sich Nutzungsbedingungen definiert.

Das Ergebnis von über 500 Messungen, die in unserem Büro zur Sanierungskontrolle vorgenommen wurden zeigt, dass dieses Verfahren geeignet ist, eine optisch nicht erkennbare mangelhafte Reinigung bzw. noch vorhandene Quellen durch Raumlufmessungen festzustellen.

Die in der DIN ISO 16000-20 vorgeschlagene Vorgehensweise, eine Messung unter Nutzungsbedingungen mit den Vorgaben zu Hintergrundwerten aus dem UBA-Schimmelleitfaden zu bewerten, ist insbesondere auf Baustellen zur Abnahme einer Reinigung nicht geeignet.

Erste noch nicht veröffentlichte Versuche zur Bestandsaufnahmemessung (um Hinweise auf Schimmelpilzquellen zu erhalten), bei denen auch die Probenahme-strategie „Nutzungsbedingungen“ überprüft werden sollte, ergeben große Ergebnis-Unterschiede in Abhängigkeit von

- a) der Art der Nutzungssimulation und
- b) der Oberflächenbeschaffenheit in den Räumen.

Bei der anstehenden Überarbeitung der VDI 4300 Blatt 10 / DIN ISO 16000-20 sollten die Erkenntnisse aus den dänischen und den hier vorgenommenen Untersuchungen mit berücksichtigt und diskutiert werden.

Die Dänen sehen den Vorteil der mobilisierten Messung darin, dass durch die Mobilisierung reproduzierbare Verhältnisse geschaffen werden können und dass wenn nach einem genau definierten Zeitfenster (z.B. 2 Minuten / 5 Minuten / 10 Minuten) die Messungen starten, die Messbedingungen gleicher sind als wenn jeder Sachverständige oder Probenehmer eigene Messbedingungen kreiert und definiert.

Mit den hier vorgenommenen Untersuchungen scheint sich diese These zu bestätigen.

Messungen ohne definierte Nutzungsbedingungen müssen je nach Ausstattung der Räume unterschiedliche Konzentrationen an Schimmelpilzsporen ergeben.

Um diese These zu belegen besteht weiterer Forschungsbedarf, da unter Umständen auch die bislang herangezogenen Hintergrundwerte anzupassen sind.

## Literatur

DIN EN ISO 16000-19: 2014-12 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 19: Probenahmestrategie für Schimmelpilze

DIN ISO 16000-20: 2015-11 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 20: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenanzahl

Gabrio et al. UFOPLAN 2004: Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen in Innenräumen

Höflich, Christoph: Dänische Messstrategie zu Raumluftuntersuchungen auf Schimmelpilze; VDB-Tagungsband 2016: 20. Pilztagung: gemeinsame Fachtagung für biogenen Schadstoffe in Bonn

Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“) – Entwurf; Dessau/Roßlau, März 2016

VDI 4300 Blatt 10: Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum (Blatt wurde zurückgezogen und geht in DIN EN ISO 16000-19 auf)

VDI 3492: 2013-06 Messen von Immissionen – Messen anorganischer faserförmiger Partikel – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren

WTA-Merkblatt E-4-12: Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadenssanierungen in Innenräumen