

# Dänische Messstrategie zu Raumluftuntersuchungen auf Schimmelpilze

Christoph Höflich, Sachverständiger für Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden  
Höflich ApS, Byggeskadeanalyse & Indeklimadiagnostik  
Tel.: +45 41694114  
E-Mail: byggeteknik@hoeflich.dk  
www.hoeflich.dk



## Einleitung

---

Im Bereich der Innenraumdiagnostik gibt es generell wesentliche Differenzen in der Herangehensweise deutscher und dänischer Sachverständiger.

Dieses trifft auch für die Raumluftuntersuchungen auf biogene Schadstoffe zu.

So kommt es in Dänemark nur sehr selten vor, dass ein Sachverständiger Raumluftmessungen zur Partikelsammlung oder Kultivierung vornimmt, die mit den im VDI 4300 Blatt 10 beschriebenen Raumluftmessungen vergleichbar wären.

## Dänische Standards

---

In der Sbl-Anweisung 204 (Statens Byggeforskningsinstitut), aus dem Jahre 2003, „Untersuchung und Einschätzen von Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden in Gebäuden“ des dänischen Bauforschungsinstitutes (entspricht in etwa dem deutschen Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden

vom Umweltbundesamt) beginnt das Kapitel zu Raumluftmessungen mit folgenden Sätzen:

*„Das Resultat einer kurzfristigen Entnahme von Raumluftproben kann in der Regel nicht angewandt werden um die tägliche Exponierung zu bestimmen oder um das Vorkommen von versteckten Schimmelpilzschäden zu dokumentieren.*

*Raumluftmessungen sind unsicher, weil Luftbewegungen im Raum das Messresultat beeinflussen, und weil die Verhältnisse in der Außenluft sehr variieren können.*

*Des Weiteren kann es bei verstecktem Schimmel vorkommen, dass Schimmelsporen nur in Perioden an die Raumluft freigegeben werden.*

*Das Vorkommen von Schimmelpilz in der Raumluft hängt unter anderem von dem aktuellen Zustand des Schimmelpilzes ab, z.B. ob der Schimmelpilz im Gebäude oder im Freien zum Zeitpunkt der Messung Sporen freigibt.*

*Das Resultat eines kurzzeitigen (kürzer als ein Tag) Einsammelns von luftgetragenen Schimmelsporen ist daher selten repräsentativ.*

Im Jahre 2011 ist der dänische Standard DS 3033, „Voluntary classification of the quality of the indoor climate in residential houses, schools, childrens` day-care centres and offices“, veröffentlicht worden.

Im Kapitel „Messstrategien zu technischen Messungen der Raumluftbelastung“, wird bei dem Thema biogene Raumluftbelastung nur eine Messmethode zur Klassifizierung der biogenen Raumluftqualität zugelassen:

*„Die Belastung der Raumluft mit Schimmelpilz ist mit einer vordefinierten Anblase-Methode zu bestimmen. Bei dieser Methode wird der sedimentierte Staub aufgewirbelt und eine Probe der durchmischten Raumluft in einem Filter entnommen.*

*Bei der biochemischen Analyse der Luftprobe wird durch die Messung der Enzymaktivität die Schimmelbelastung in der Raumluft registriert und klassifiziert. Die Bewertungskriterien zur Klassifizierung sind in A+, A, B und C eingeteilt.“*

## Problematik bei Raumluftmessungen (aus dänischer Sicht)

---

Aus dem Text der dänischen Anweisung Sbl 204, aus dem Jahre 2003, ist zu erkennen, dass man sich in Dänemark mit Luftmessungen lange Zeit etwas schwergetan hat.

Das liegt unter anderem daran, dass sich Raumluftmessungen bei der Analytik von biogenen Schäden als nicht besonders Zuverlässig erwiesen haben.

Kurzzeitliche Raumluftmessungen zur Ermittlung der täglichen Exponierung haben sich als ungenau erwiesen, weil sie zumeist schlecht reproduzierbar sind.

Das Messergebnis wird sehr von der Benutzeraktivität beeinflusst.

Da beim Messvorgang in der Regel keine Benutzer im Raum sind, gilt es den Benutzungszustand zu simulieren.

Die Simulation eines Benutzungszustandes ist jedoch ein schwieriges Unterfangen.

Zum einen, weil es keinen „normalen“ Benutzerzustand gibt, zum anderen, weil die Sachverständigen, welche die Luftproben entnehmen, oft unterschiedliche Definitionen des Benutzerzustandes haben und nicht standardisierte Methoden anwenden, um den Benutzungszustand zu simulieren.

Selbst bei Räumen, bei denen der Benutzerzustand genauer definiert werden kann, bleibt es eine Herausforderung den Benutzerzustand so zu simulieren, dass er reproduzierbar ist.

In der dänischen Anweisung 204 – aus dem Jahre 2003 - wird beschrieben, dass der Benutzerzustand zum Beispiel durch Knallen von Türen oder Hüpfen auf dem Boden herbeigeführt werden kann. Andere Möglichkeiten sind zum Beispiel das dribbeln mit einem Ball, das Wedeln mit einer Schreibmappe oder das anblasen mit Ventilatoren.

Es ist 2003 noch nicht gelungen diese Art der Simulierung zu standardisieren um Raumluftmessungen reproduzierbar durchzuführen zu können.

Diese Standardisierung ist dann im Jahre 2011 durch den dänischen (nationalen) Standard DS 3033 erfolgt, indem definiert wurde, dass Luftprobeentnahmen bei Maximalbelastungen, welche durch vordefiniertes aggressives anblasen aller Raumbooberflächen provoziert wird, durchzuführen sind.

Im Gegensatz zu der neusten, deutschen WTA Richtlinie, wird bei der dänischen Methode die Raumluft nicht nur mobilisiert, sondern es wird ein sogenannter „aggressiver“ Zustand produziert.

Zum herstellen dieses Zustandes, ist sowohl die Luftgeschwindigkeit, als auch das Luftvolumen und der Abstand zu den angeblasenen Oberflächen vordefiniert. Es werden grundsätzlich alle Oberflächen, sowohl waagerechte als auch lotrechte, angeblasen.

Dieses Verfahren hat sich als äußerst reproduzierbar erwiesen.

Da die Proben biochemisch, und nicht wie in Deutschland Mikroskopisch, analysiert werden, können auch Luftproben in stark verunreinigten Räumen entnommen werden da die Analyse nicht durch eventuelle Verschmutzung der Probeentnahmemedien beeinflusst wird.

## Raumluftbelastung in der Theorie (aus dänischer Sicht)

---

Um eine Messstrategie zu Raumluftuntersuchungen auf Schimmelpilze zu erarbeiten, sind folgende Theoretische Grundfragen zu berücksichtigen:

- Wie kommt der Schimmel in der Raumluft vor?
- Wie verhält sich der Schimmel in der Raumluft?
- Wie ist der Zustand der Raumluft bei der Probeentnahme?
- Wie verhält sich der Schimmel in der Außenluft?

### Wie kommt der Schimmel in der Raumluft vor?

Schimmelpilz kann in folgenden Formen in der Raumluft vorkommen:

- Lebende und keimfähige Sporen
- Lebende, nicht keimfähige Sporen
- Abgestorbene, nicht keimfähige Sporen
- Mikrofragmente ( $\leq 1 \mu\text{m}$ )
- Hyphenfragmente ( $> 1 \mu\text{m}$ )
- Klumpen und Ketten von zusammenhängenden Sporen

### Wie verhält sich der Schimmel in der Raumluft?

Schimmelsporen sind schwerer als Luft.

Bei Luftbewegung sind Schimmelsporen luftgetragen, bei stillstehender Luft sedimentieren sie auf waagerechten Oberflächen. In der Theorie sinkt eine "durchschnittliche Schimmelspore" bei stillstehender Raumluft mit ca. 1 Meter in der Stunde.

In der Praxis geht das oft deutlich schneller:

- *Stachybotrys chartarum* Aerosole sedimentieren oft schon nach 10 Minuten.
- *Penicillium* Aerosole sedimentieren oft schon nach 20-30 Minuten.

Wenn die Raumluft länger als ca. 3 Stunden vollständig stillsteht, werden sehr wenige Schimmelpartikel in der Luft sein. Die Schimmelpartikel sedimentieren dann auf den waagerechten Oberflächen.

Dänische Versuche zum Verhalten von Schimmel in der Raumluft haben nachgewiesen, dass das Verhalten der Gesamtschimmelmasse, der Schimmelsporen und des Hausstaubes kongruent ist.

In einem Raum mit Schimmelfall wurden alle Oberflächen mit einem Blasegerät mit 3,3m/sec in 2 Meter Abstand angeblasen um alle sedimentierten Partikel aufzuwirbeln und einen maximalen Belastungszustand der Raumluft zu erzeugen.

Vor dem Anblasen wurden durch Partikelmessung ca. 1.000 Sporen/m<sup>3</sup> nachgewiesen.

Nach dem Anblasen wurden 8 Luftproben zu unterschiedlichen Zeitpunkten entnommen.

Bei den Luftproben wurde die Enzymaktivität zur quantitativen Bestimmung der gesamten Schimmelmasse bestimmt, Partikelmessungen zur Bestimmung der Gesamtsporenzahl, und Partikelmessungen zur Bestimmung der Gesamtstaubmenge in der Luft durchgeführt.

Prozentual verhielt sich die Gesamtschimmelmasse, die Gesamtsporenzahl und die Gesamtstaubmenge kongruent.

Nach dem Anblasen ist der maximale Wert der Raumluftbelastung gemessen worden, nach ca. 30 Minuten ist nur noch ca. 20% der Maximalraumluftbelastung gemessen worden, nach ca. 2 Stunden ist die ursprüngliche Raumluftbelastung wieder erreicht:

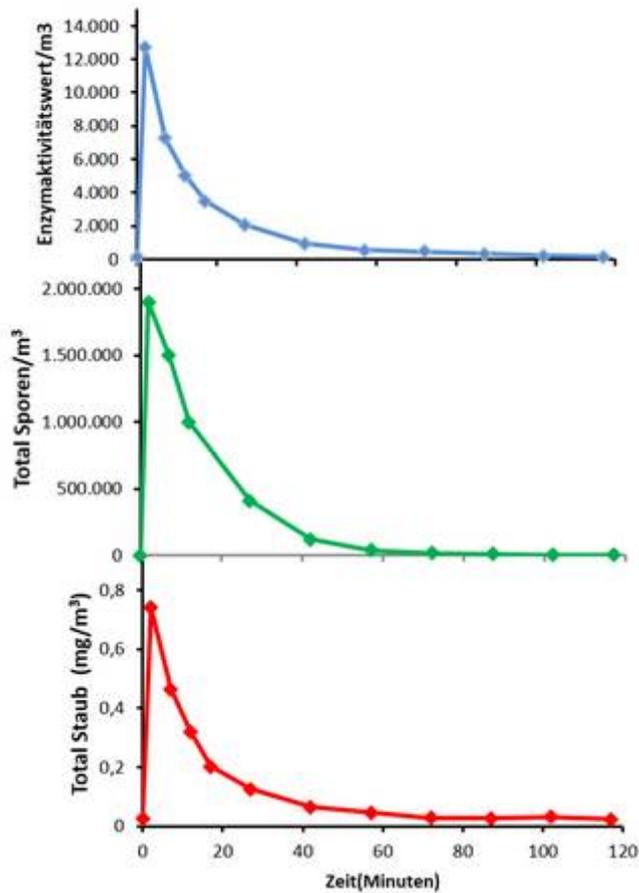


Abb 1: Zeitkurve: Ausgangsbelastung –  
 Maximalbelastung nach anblasen –  
 Ausgangsbelastung nach 120 min erreicht.

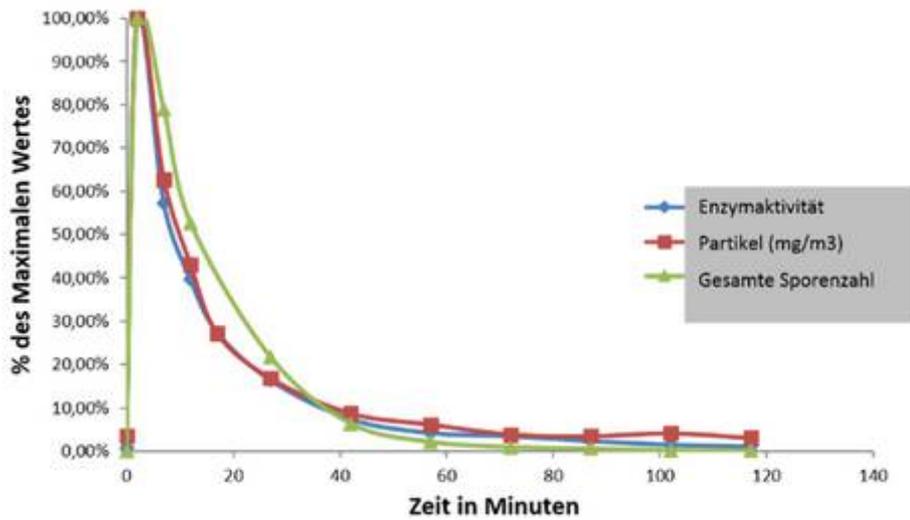


Abb 2: Zeitkurve in Prozent

### Zustand der Raumluft bei der Probeentnahme:

Es wurden auch Versuche in Dänemark durchgeführt bei denen die Gesamtschimmelmasse durch unterschiedliche Probeentnahmemethoden bei unterschiedlichen Zuständen der Raumluft ermittelt wurden.

Dazu wurden in 8 unterschiedlichen Räumen Luftmessungen zur Bestimmung der Gesamtschimmelmasse ohne Anblasen der Oberflächen, jeweils vor und unmittelbar nach einer Benutzeraktivität durchgeführt.

Die gleichen Messungen wurden am darauffolgendem Tag, jedoch mit vordefiniertem, aggressivem Anblasen aller Oberflächen (3,3m/sec in 2 Meter Abstand), ausgeführt. Die ausgewerteten Messergebnisse haben gezeigt, dass bei Probeentnahmen ohne vorherigem Anblasen der Oberflächen (und ohne andere Formen der Simulation der Benutzeraktivität)

die Gesamtschimmelmasse in der Raumluft nach der Benutzeraktivität 25-mal höher ist als vor der Benutzeraktivität.

Probeentnahmen mit vorherigem Anblasen der Oberflächen wurden dagegen 2,2-mal höhere Werte ermittelt als bei den Messungen nach der Benutzeraktivität ohne anblasen:

Durch das vordefinierte anblasen der Oberflächen in einem Raum, wird ein „worst case“ Szenarium hergestellt, bei dem die gesamte an den Oberflächen des Raumes befindliche Schimmelmasse durch Raumluftmessungen erfasst werden kann.

Durch diese Messstrategie können sehr reproduzierbare Messergebnisse erreicht werden.

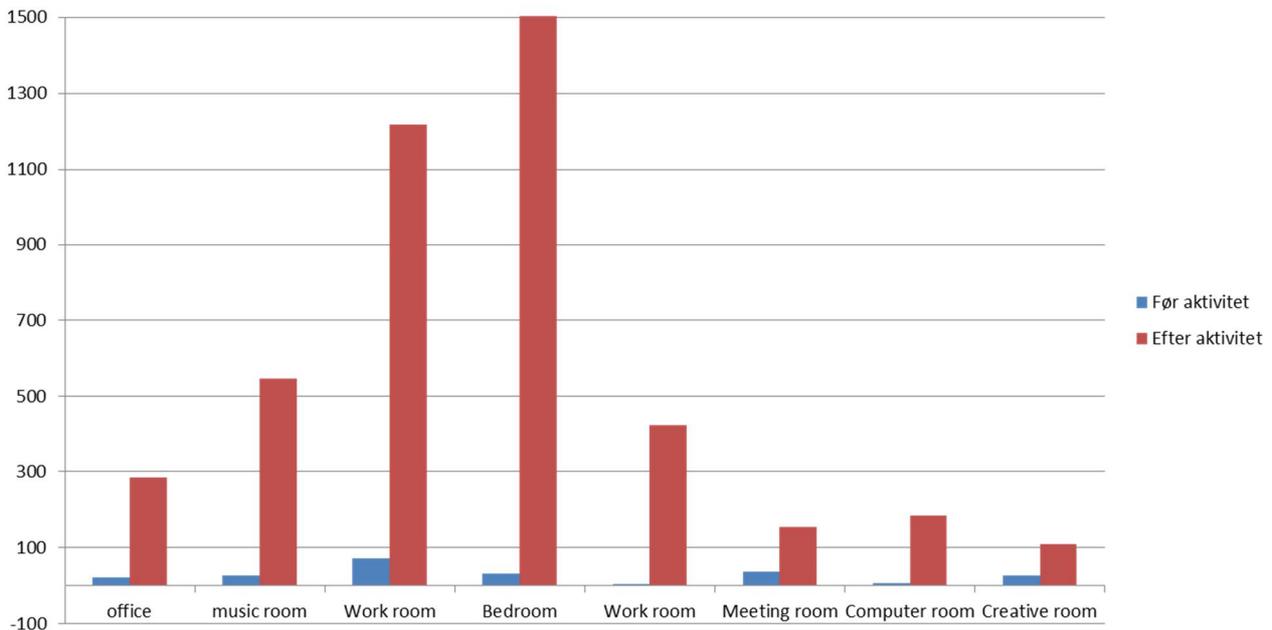


ABB 3: Luftmessungen ohne Anblasen – Vor- und nach Benutzeraktivität

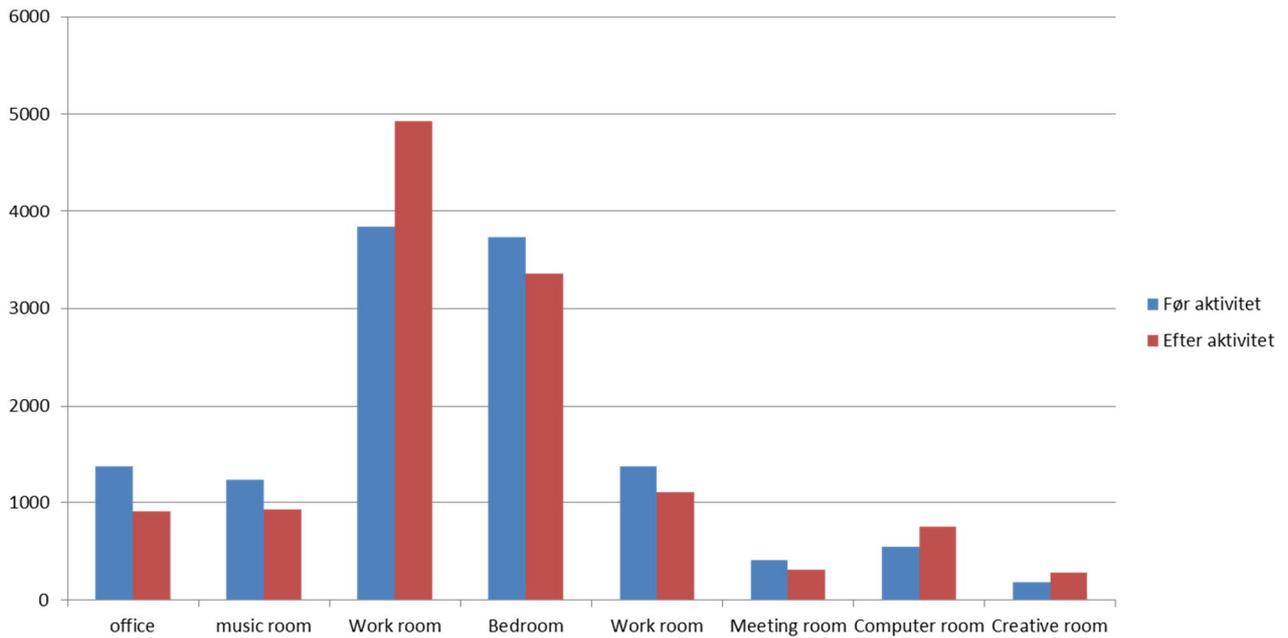


Abb 4: Luftmessungen mit Anblasen – Vor- und nach Benutzeraktivität

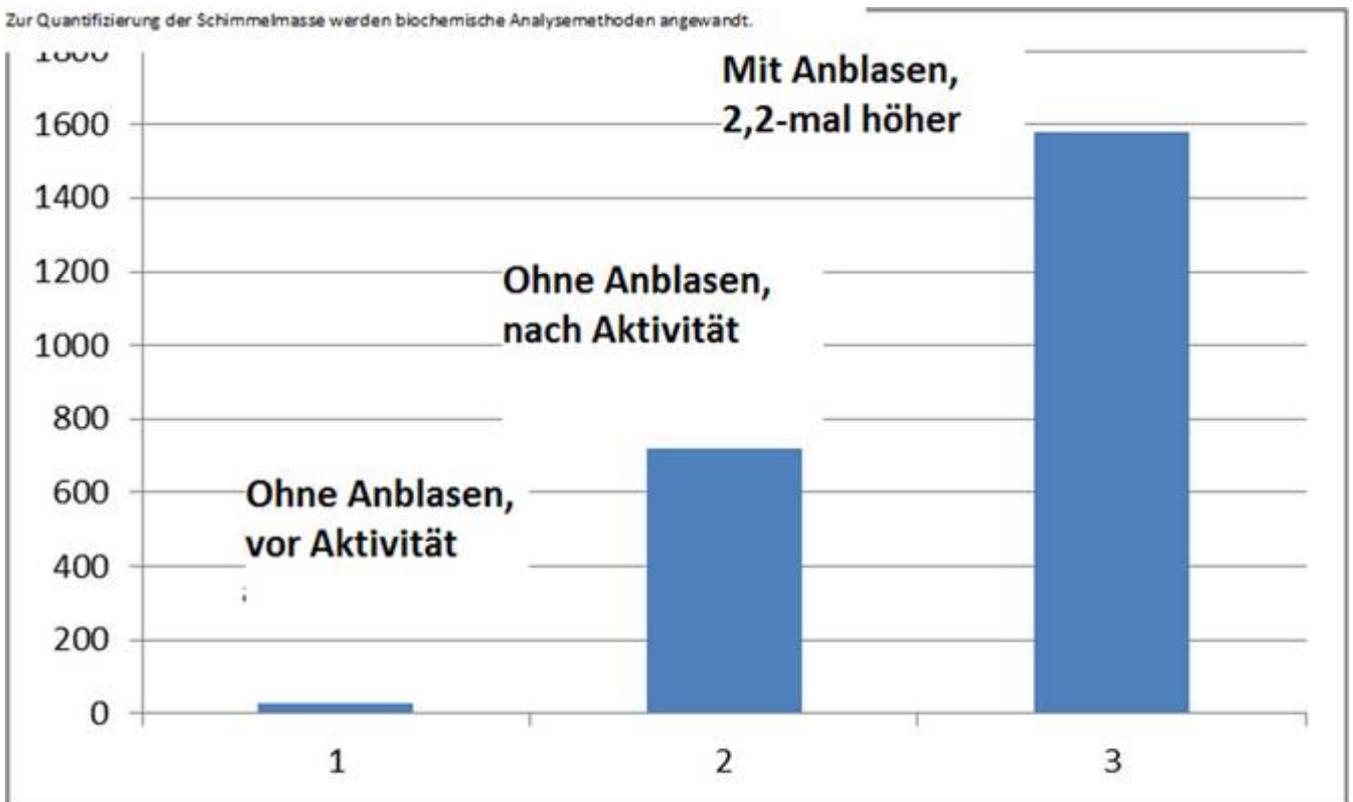


Abb 5: Vergleich: Luftmessungen ohne Anblasen (mit u. ohne) Aktivität, Luftmessung mit anblasen.

Wie verhält sich der Schimmel in der Außenluft?  
 Außenluftmessungen haben die primäre Funktion die Zusammensetzung und Mengen der Arten in der Außenluft mit denen in der Innenluft zu vergleichen.  
 Dieser Vergleich birgt jedoch Ungenauigkeiten. Außenluftproben sind, auf Grund von jahreszeitlichen und wetterbedingten Variationen, mit einer großen Messunsicherheit verbunden.  
 Auf Grund der Wetterbedingten Variationen, können bei Außenluftmessungen in 24-Stunden Intervallen, die Messergebnisse um ein Vielfaches voneinander abweichen.

Die Grafik zeigt einen Ausschnitt des Sporenkalenders von Kopenhagen aus dem Jahre 2008. Z.B. wurden am 29. Juni unter 3000 Cladosporiumsporen/m<sup>3</sup> gemessen, am darauffolgendem Tag wurden über 18.000 Cladosporiumsporen/m<sup>3</sup> gemessen.  
 Diese Abweichung ist nicht kongruent mit den zu erwartenden Variationen bei Messungen der Raumluft.

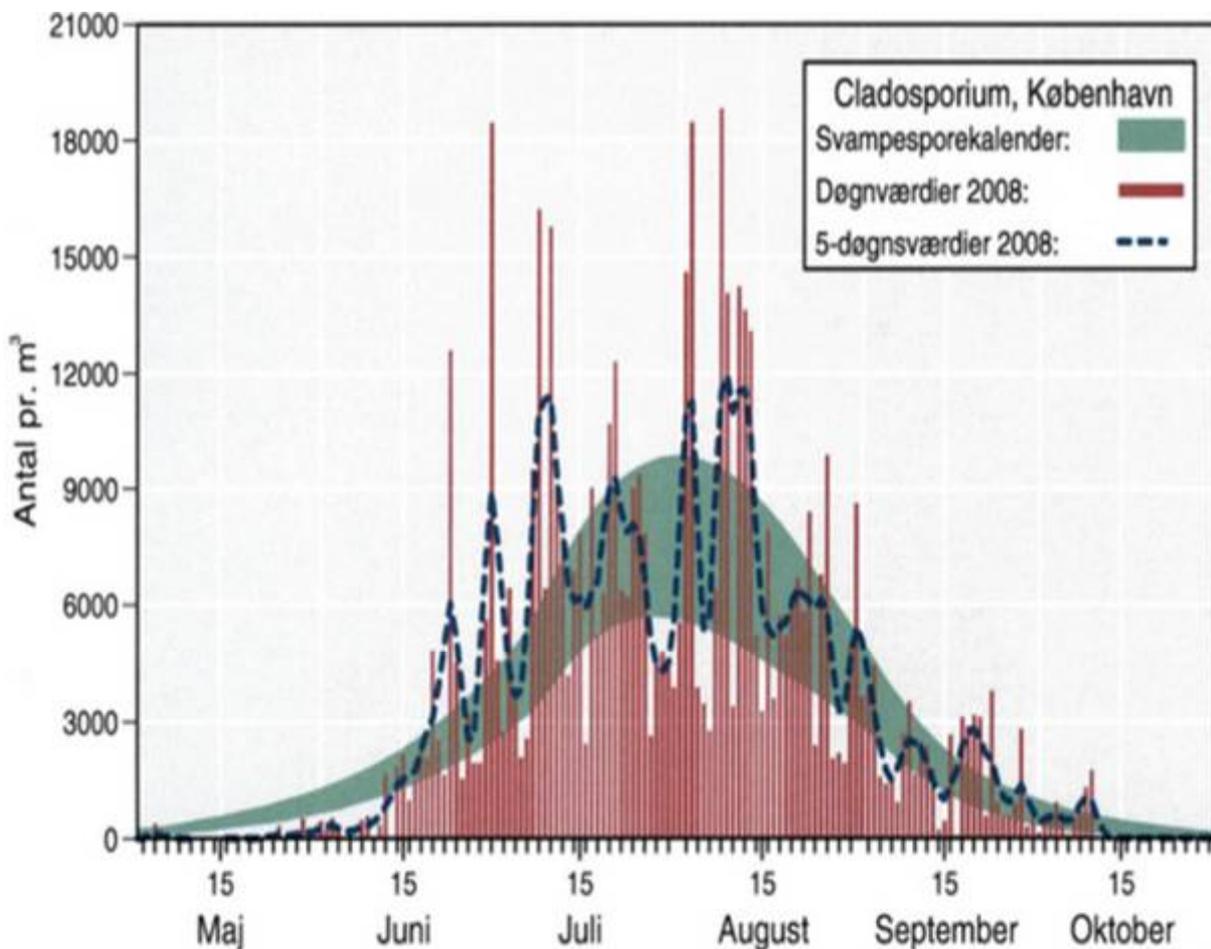


Abb 6: Sporenkalender Kopenhagen Sommer 2008

## Raumluftmessung wie sie in Dänemark praktiziert werden

---

Natürlich gibt es auch in Dänemark Sachverständige, die Raumluftproben mit Luftkeim- oder Partikelsammlung durchführen.

Dies ist jedoch die Ausnahme und wird eher selten nach VDI oder ISO Normen durchgeführt.

Auch wenn - wie einleitend erwähnt - Raumluftmessungen in Dänemark weniger zur Schadensanalyse eingesetzt werden, wendet man Raumluftmessungen in anderen Bereichen der Innenraumdiagnostik an.

Zum Beispiel werden Raumluftmessungen zur Sanierungskontrolle nach Feinreinigungen oder zur Klassifizierung der biogenen Raumluftbelastungen durch eventuell unzureichende Raumhygiene von Schulen, Kindergärten o. Ä. durchgeführt.

Bei der Probeentnahme wird der mit Hilfe eines Bläsergerätes ein reproduzierbarer aggressiver Zustand provoziert.

Dabei werden systematisch die Oberflächen eines Raumes nach einer vorgeschriebenen Methode mit 3,3m/sec in 2 Meter Abstand, angeblasen und nach einer vordefinierten, kurzen Ruhephase eine bestimmte Menge Raumluft mit einem Feinfilter eingesammelt. Auf diese Weise werden nicht nur die Schimmelpilze gemessen, welche zum Zeitpunkt der Messung durch zufälligen Sporenflug erfasst werden, sondern es wird auch eine repräsentative Probe von allen im Raum befindlichen sedimentierten Sporen entnommen. Bei der biochemischen Analyse wird durch das Messen der Enzymaktivität die Gesamte Biomasse des Schimmels quantitativ nachgewiesen und durch Standardisierte Bewertungskriterien klassifiziert.

## Literatur

---

Statens Byggeforskningsinstitut (2003)

(dänischen Bauforschungsinstitut)

Sbl-Anweisung 204, „Untersuchung und Einschätzen von Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden in Gebäuden“

Dansk standard (2011)

(Dänischer Standard)

DS 3033, „ Voluntary classification of the quality of the indoor climate in residential houses, schools, childrens` s day-care centres and offices“

Abb 1-5: Indoor Air Conference, ISIAQ. June 2011

Aggressive Sampling, Improving the Predictive Value Of Air Sampling For Fungal Aerosols. M. Reeslev, M. Miller, JC Nielsen, L Rogers. Proceedings of Indoor Air Conference, ISIAQ. June 2011.

Abb 6: Danmarks Meteorologiske Institut (DMI)

Astma-Allergi Danmark