

Auswertung des 6. VDB-Ringversuches 2010 Schimmelpilze aus Raumluft - Partikelsammlung und Kultivierung

Mittwoch, 22. September, um 15.00 Uhr in Nürnberg

Ziel des Ringversuches

Die Durchführung von Ringversuchen ist im Rahmen der Qualitätssicherung ein unverzichtbares Werkzeug. Im Ringversuch zeigt sich, ob das gewählte Verfahren zu vergleichbaren und damit belastbaren und reproduzierbaren Ergebnissen führt.

Nachdem in den vergangenen Jahren bei den durchgeführten VDB-Ringversuchen die Kultivierung im Mittelpunkt stand, lag der Schwerpunkt im Jahr 2010 auf der mikroskopischen Auswertung von Partikelsammlungen (Gesamtsporenanalyse). Ziel war es daher, Räumlichkeiten zu finden, welche deutlich höhere Pilzkonzentrationen als übliche Hintergrundkonzentrationen aufweisen.

Das Hochbauamt der Stadt Nürnberg unterstützte den VDB-Ringversuch und stellte eine Auswahl von gesperrten historischen Räumen zur Verfügung. Mittels durchgeführter Vorbeprobungen wurde ein geeigneter Raum ausgewählt. Bei dem Raum handelt es sich um einen mehreckigen Versammlungsraum mit Gewölbedecke aus dem Ende des 19. Jahrhunderts, welcher nach einem Löschwasserschaden bis zu seiner Sanierung gesperrt wurde. Die Fenster sind mit Brettern verbarrikiert, weswegen der Raum nur notdürftig beleuchtet ist. Das Raumvolumen beträgt deutlich über 1000 m³ und entspricht so den Vorgaben der VDI in Bezug auf die Forderung von maximal 10 % des Raumvolumens durch die Probenahme bei maximal 40 m³ Probenahmevermögen durch die Ringversuchsteilnehmer.

Foto 1: Blick in den gesperrten Versammlungsraum



Beschreibung des Ringversuches

Konditionierung des Raumes

Da es sich um einen gesperrten Raum handelt, zu dem Unbefugte keinen Zutritt hatten, konnte der Raum gut für die Anforderungen des Ringversuches konditioniert werden, ohne dass Umwelteinflüsse zu erwarten waren.

Die Vorbeprobung zeigte, dass der Boden stark mit Altstäuben belastet ist. Der Boden wurde daher mit speziellen H-Saugern der Firma Special clean 10 Tage vor dem Ringversuch gereinigt, um ein unkontrolliertes Aufwirbeln von Altstäuben während des Ringversuches durch die Teilnehmer gering zu halten.

Foto 2: Reinigung des stark verstaubten Bodens vor dem Ringversuch

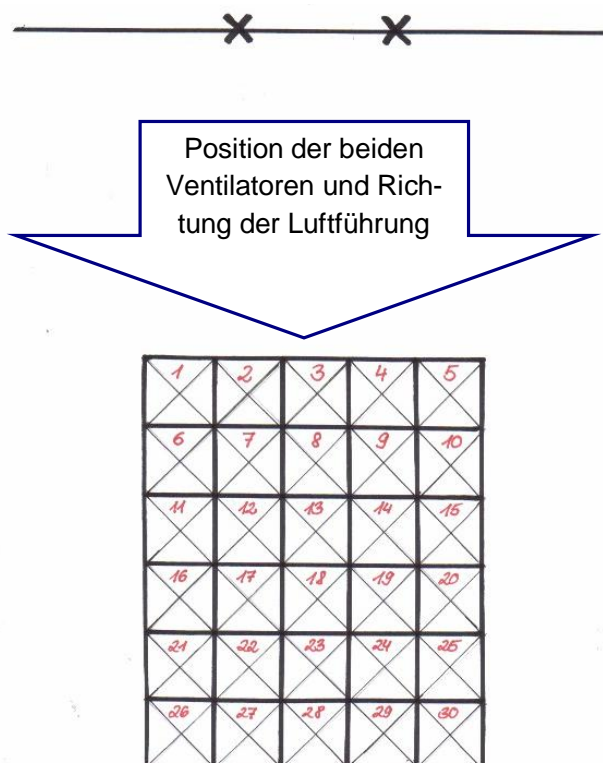


Einen Tag vor dem Ringversuch wurde mittels zweier Blower-Door Gebläse eine konstante Luftzirkulation hergestellt. Ziel der gezielten Luftführung war, den Raum gleichmäßig zu konditionieren und die Auswirkungen der unvermeidbaren Luftbewegungen durch die Teilnehmer und deren Probenahmegeräten auf die Probenahme so gering wie möglich zu halten und Pilzbestandteile in der Luft zu halten.

Durchführung der Ringversuches

Jeder Teilnehmer bekam eine Teilnehmernummer zugewiesen. Mit dieser Nummer erhielt der Teilnehmer die gestellten Objektträger und die DG 18 Nährböden (90 mm Standard Petrischalen) aus einer Charge, sowie das Probenahmeprotokoll ausgehändigt. Entsprechend seiner Teilnehmernummer wurde jedem Teilnehmer ein Probenahmeplatz im Raum mit seiner Nummer in einem abgesperrten Bereich des Raumes zugewiesen (Teilnehmernummer und Messplatz waren identisch). Die Anordnung der Messplätze erfolgte in Form eines Rechteckes in der Mitte des Raumes. Der Abstand zwischen den Messplätzen betrug ca. 1,5 m.

Abbildung 1: Position der beiden Ventilatoren und Darstellung der Probenahmeplätze analog zur Teilnehmernummer



Die Proben und die Ergebnisse werden anonym unter der Probennummer verwaltet. Es wurden jeweils Doppelproben mit 3 verschiedenen Volumina auf Objektträger und auf DG18 gezogen, wobei nur ein (geeignetes) Volumen ausgewertet wurde. Auf eine Außenluftprobe wurde verzichtet, da durch die Vorbeprobungen bekannt war, dass der Raum belastet ist. Wer die Möglichkeit hatte, führte zusätzlich eine Probenahme auf Filter durch (entsprechende Filter wurden nicht gestellt).

Alle Teilnehmer starteten ihre Probenahme zur Partikelsammlung gleichzeitig. Im Anschluss erfolgte die Impaktion auf DG18 Nährmedien.

Foto 3: Blick auf die Probenahme



Die Partikelauswertung (Mikroskopie) wurde von der Umweltmykologie Dr. Dill & Dr. Trautmann GbR und die Kultivierung der Nährmedien von Frau Weidner im Labor des LGA Baden-Württemberg, durchgeführt.

Teilnehmer

An dem 6. VDB-Ringversuch beteiligten sich 29 Teilnehmer, ein Teilnehmer mit mehreren Geräten, (Tabelle 2: Teilnehmer und verwendetet Sammelköpfe am 6. VDB-Ringversuch)

- Partikelsammlung: 25 Teilnehmer
- Impaktion auf Nährmedien: 26 Teilnehmer
- Probenahme auf Filter: 3 Teilnehmer

Die eingesetzten Probenahmesysteme für die Impaktion waren:

- Luftkeimsammler FH-5 (n=1)
- LKS 100 (n=5)
- LKS 30 (n=16)
- MAS 100 (n=3)
- MAS 100 eco (n=1)

Die eingesetzten Probenahmesysteme für die Partikelsammlung waren PS 30 (n=26) mit:

- Membranpumpen (n=9)
- MBASS 30 (n=17)

Abhängigkeit des Ergebnisses vom Messplatz

Pilzbestandteile sind in der Luft nicht gleichmäßig verteilt. Für die Bewertung der Ergebnisse des Ringversuches ist es daher entscheidend, ob unterschiedliche Ergebnisse mit der Lage der Messplätze zusammenhängen oder ob dies durch die Luftführung verhindert werden konnte. Eine Auswertung der Ergebnisse in Abhängigkeit zum Messplatz (Korrelation zwischen Messplatz und Abstand zu den Ventilatoren für die Luftführung) ergab, dass keine Korrelation zwischen dem Messplatz und den Ergebnissen feststellbar ist (Diagramm 1: Beispiel für die Abschätzung der Abhängigkeit Ergebnis und Messplatz anhand des Korrelationskoeffizienten).

Impaktion auf Nährböden

Die DG 18 Nährmedien waren deutlich überladen und konnten gemäß VDI 4300 Blatt 10 nicht ausgewertet werden. Selbst auf der 50L Platte waren im Durchschnitt 200 Kolonien pro Nährmedienplatte vorhanden (außer Probe 7). Die Auswertung bezieht sich auf die zählbaren KBE nach einer 5tägigen Bebrütung der Nährmedien. Die Auswertung stellt somit eher eine Schätzung dar. Die ermittelten KBE stellen eine Unterbewertung dar und es kann davon ausgegangen werden, dass die kultivierbaren Pilze über 4.000 KBE /m³ liegen. In den Proben konnte überwiegend *Penicillium chrysogenum* nachgewiesen werden (Tabelle 3: Ergebnis von jedem Teilnehmer in KBE /m³ der 50 l Doppelproben).

Eine statistische Auswertung ist unter diesen Bedingungen nicht sinnvoll, da nur Schwankungen zwischen überladenen Nährmedien verglichen werden können und dies nicht die echten Messwertschwankungen wiedergibt. Die Teilnehmer beluden die Nährmedien entweder mit 30 L/min oder mit 100 L/m. Ein Einfluss auf die Ergebnisse ist nicht erkennbar. Der Vollständigkeit möchten wir die Ergebnisse jedoch darstellen. Die Ergebnisse zeigen auch deutlich, dass die Probenahme bei einem Teilnehmer fehlschlug.

Zu besseren Übersichtlichkeit werden der Mittelwert der 50 I Doppelproben dargestellt

Messplatz	Clad. spp.	Pen. spp.	Gesamt-KBE-Zahl
1	330	4800	5140
2	220	3600	3820
3	370	3000	3370
4	210	3200	3410
5	440	3600	4050
6	400	4000	4400
7	13	98	113
8	340	3400	3740
9	240	3200	3470
10	340	3400	3740
11	410	3800	4230
12	380	3200	3580
13	370	3400	3790
14	280	3200	3480
15	290	3200	3510
16	510	4800	5310
19	330	3200	3570
20	440	4000	4440
21	430	4400	4830
23	350	4800	5160
24	250	4400	4670
25	400	4400	4820
26	490	4000	4500
27	720	4800	5520
28	340	3800	4140
29	300	3600	3910
30	290	4000	4310
ohne MP 7:			
Mittelwert	364	3815	4189
Median	345	3700	4095
Standardabweichung	107	588	646
StabW%	29	15	15

Partikelsammlung auf Objektträger

Auch bei der Partikelsammlung auf Objektträger konnte nur die 50 I Sammlung ausgewertet werden. Die Auswertung wurde durch den hohen Anteil an mineralischen Staubpartikeln zusätzlich erschwert und erforderte viel Zeit. Es muss angenommen werden, dass die ermittelten Zahlen einen Minderbefund darstellen, da durch die vielen mineralischen Staubpartikel Platz auf der Impaktionsfläche belegt wurde, auf dem keine Pilzpartikel mehr haften konnten.

Die Einzelergebnisse der Teilnehmer sind in Tabelle 4 dargestellt. Einige Sporentypen wurden als Einzelsporen und als Sporenaggregate festgestellt, und separat erfasst. In einer weiteren Zeile wurden die Konzentration der Einzelsporen und Sporenaggregate zusammengefasst. In der letzten Zeile ist die Summe aller Sporen und Myzelstücke addiert. Dargestellt sind die auf einen Kubikmeter hochgerechneten Sporenkonzentrationen (vergleiche Tabelle 4).

Die Sporen von *Stachybotrys*, *Chaetomium*, Typ *Alternaria/Ulocladium*, Typ *Helminthosporium*, Typ *Torula* und *Epicoccum* wurden in der gesamten Probe ausgewertet. Für die übrigen Sporentypen und Myzelien wurde nur ein Teil der Probe (ca. 13%) ausgewertet.

Für die Sporentypen Basidiosporen, *Cladosporium*, *Aspergillus/Penicillium* sowie die Summe aller Sporen liegt die Standardabweichung unter bzw. um 30 %. Eine entsprechende Standardabweichung ist für andere, eher selten auftretende Sporentypen oder für Cluster von bestimmten Sporentypen nicht zu erwarten.

Die Sporen von *Stachybotrys* und *Chaetomium* traten in so geringen Konzentrationen auf, dass sie nur sehr unregelmäßig in den Proben festgestellt wurden und eine statistisch abgesicherte Konzentration nicht angegeben werden kann. *Stachybotrys* wurde nur in 5 von 26 Proben und *Chaetomium* in 10 von 26 Proben in geringen Konzentrationen festgestellt. Sporen vom Typ *Serpula* (Hausschwamm) wurden in fast allen Proben festgestellt (24/26). Der Mittelwert liegt bei 725 Sporen pro Kubikmeter. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass dieser Sporentyp nicht auf der gesamten Spur sondern nur auf einer Teilfläche von ca. 13% ausgewertet wurde. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass dieser Sporentyp in allen Proben enthalten ist¹.

Die Konzentrationen für Basidiomycetensporen und Sporen von *Cladosporium* liegen in Bereichen, die durch Außenlufteintrag (Spätsommer) erklärt werden können. Die Standardabweichung liegt für beide Typen um 30% und kann als ausreichend gut bewertet werden.

Die Sporen vom Typ *Aspergillus/Penicillium* waren überwiegend glatt. Aufgrund der Ergebnisse der Luftkeimuntersuchungen kann angenommen werden, dass es sich hierbei überwiegend um Sporen von *Penicillium chrysogenum* handelt (vergleiche Ergebnis der Luftkeimuntersuchungen des LGA). Die Standardabweichung für diesen Sporentyp liegt mit ca. 20 % relativ niedrig. Der Grund hierfür dürfte die relativ hohe Konzentration dieser Sporen sein. Der Sporentyp *Aspergillus-restrictus*-Gruppe wurde von den übrigen Sporen des Typs *Aspergillus/Penicillium* abgegrenzt, weil er relativ typisch ist und gut von den anderen Sporen unterschieden werden kann. Auch dieser Sporentyp war in relativ hoher Konzentration enthalten, wurde allerdings in den verschiedenen Proben in unterschiedlichen Konzentrationen erfasst, sodass für diesen Ringversuch eine Standardabweichung von knapp unter 40 % angegeben werden kann. Die Sporen von *Aspergillus/Penicillium* wurden auf ca. 13 % der Sammelspurfläche ausgewertet. Diese Auswertung entspricht, bei der vorhandenen Sporenkonzentration, den Empfehlungen der VDI 4300 /10. Bei größeren Stichproben könnte sich das Ergebnis für einzelne Sporentypen, die in geringerer Konzentration auftreten, in Bezug auf die Standardabweichung noch verbessern.

Die Gesamtsporenkonzentrationen der Proben liegen bis auf einzelne Ausnahmen auf einem ähnlichen Niveau. Der Mittelwert liegt bei 57.028 Sporen/Kubikmeter und die Standardabweichung beträgt 14 %.

Nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen Ergebnisse ab einem Mittelwert von 1.000 Sporen /m³ zusammen:

¹ Ein Hausschwammbefall im 2. UG des Gebäudes ist bekannt.

Tabelle 1: Auswertung Partikelsammlung ab einem Mittelwert von 1000 Sporen/m³

	Mittelwert	Standardabweichung	StabW%	Min-Wert	Max-Wert	Median	90.Perzentil	95.Perzentil
Basidiosporen / hell	11.643	1.811	16	8.480	15.200	11.920	13.760	14.505
Basidiosporen/ dunkel	1.183	458	39	320	2.240	1.120	1.658	1.749
Cladosporium/ Einzelsporen	4.151	1.034	25	3.040	7.200	3.800	5.520	6.000
Summe Cladosporium (Einzelsporen + Cluster)	4.661	1.284	28	3.200	7.360	4.243	6.950	7.160
Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen	30.934	4.042	13	22.720	40.640	30.400	36.383	38.526
Summe Typ Aspergillus/Penicillium (Einzelsporen + Cluster)	32.418	5.070	16	22.720	47.840	31.920	37.175	39.880
Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	1.533	601	39	640	2.560	1.440	2.400	2.438
Summe alle Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium und Typ Aspergillus restrictus	33.950	5.080	15	24.480	48.480	33.760	39.040	41.360
Hyphenstücke / hell	2.870	933	33	1.280	4.800	2.720	4.083	4.401
Summe Pilze (Sporen + Myzelstk)	57.028	8.152	14	42.420	72.840	56.210	68.150	70.489

Zusammenfassung

Das 90. und das 95. Perzentil, sowie der Mittelwert und der Median liegen eng beieinander. Die Ergebnisse der Partikelsammlungen können daher als ausgewogen bezeichnet werden. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass unter den gegebenen Bedingungen ab ca. 4.000 Sporen/m³ die Standardabweichung für die Probenahme unter 30 % sinkt. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich dieses Ergebnis auf ein Sammelvolumen von 50 l bezieht und einer Auswertung der Sammelfläche von ca.13 %.

Die Ergebnisse zeigen einen wesentlichen Nachteil von Luftkeimsammlungen mit dem Impaktionsverfahren gegenüber der Partikelsammlung. Nach VDI endet eine „vernünftige“ Auswertung bei 100 KBE auf dem Nährmedium. Bei einem Mindestvolumen von 50 Litern ist eine quantitative Auswertung auf ca. 2.000 KBE/m³ begrenzt. Wenn die obere Grenze bei 2.000 KBE/m³ liegt, hat dies jedoch zur Folge, dass insbesondere im Sommer, wenn die Hintergrundkonzentration relativ hoch ist, Innenraumbelastungen quantitativ nicht mehr sicher erfasst werden können. Die Impaktion auf Nährböden wird durch die Partikeluntersuchungen ergänzt, da durch diese Methode sehr viel höhere Sporenkonzentrationen festgestellt werden können und im vorgestellten Ringversuch sogar das Spektrum der identifizierbaren Gattungen erweitert werden konnte. Diese Auswertung des 6. VDB-Ringversuches 2010 in Nürnberg, Probenahme Partikelsammlung und Kultivierung **7**

Vorteile werden sich insbesondere bei Messaufgaben bemerkbar machen, bei denen hohe So- renkonzentrationen oder ein hoher Anteil nicht mehr keimfähiger Sporen auftreten, wie beispiels- weise bei einer Sanierungskontrolle.

Im Ringversuch wurden von drei Teilnehmern auch Probenahmen auf Filter durchgeführt. Die Ergebnisse liegen im Anhang bei.

Der Ringversuch machte auch deutlich, dass es schwierig ist, Objekte zu finden, in denen geeig- nete Bedingungen vorherrschen, sodass sinnvolle Ringversuche für Impaktion auf Nährböden und Partikelsammlungen auf Objektträger parallel durchgeführt werden können. Im vorliegenden Objekt war die KBE- Konzentration für die Durchführung von Luftkeimsammlungen mit der Impak- tionsmethode zu hoch. Andererseits kann in einem Objekt, in dem die KBE-Konzentration mit der Impaktionsmethode ausreichend sensibel erfasst werden kann, die Auswertung von Gesamtpar- tikelproben aufgrund von zu geringen Sporengehalten sehr aufwendig und daher für Ringversu- che nicht geeignet sein.

Ein Objekt mit geeigneten Bedingungen für parallele Ringversuche zur Luftkeimuntersuchung und zur Gesamtsporenuntersuchung sollte daher einen mäßigen Anteil kultivierbarer und einen hohen Anteil abgestorbener Sporen enthalten.

Wir bedanken uns neben Helmut Holbach für die kostenlose Bereitstellung der Objektträger und bei der Firma special-clean.com für die Reinigung des Raumes insbesondere bei:

Dr. Christoph Trautmann und Dr. Ingrid Dill, Birgit Mehlich

Dr. Guido Fischer, Dr. Thomas Gabrio und Ursula Weidner

Nachfolgend die Auswertung der Ergebnisse im Detail.

A handwritten signature in black ink, reading "Uwe Münzenberg". The signature is written in a cursive style with a vertical line to its right.

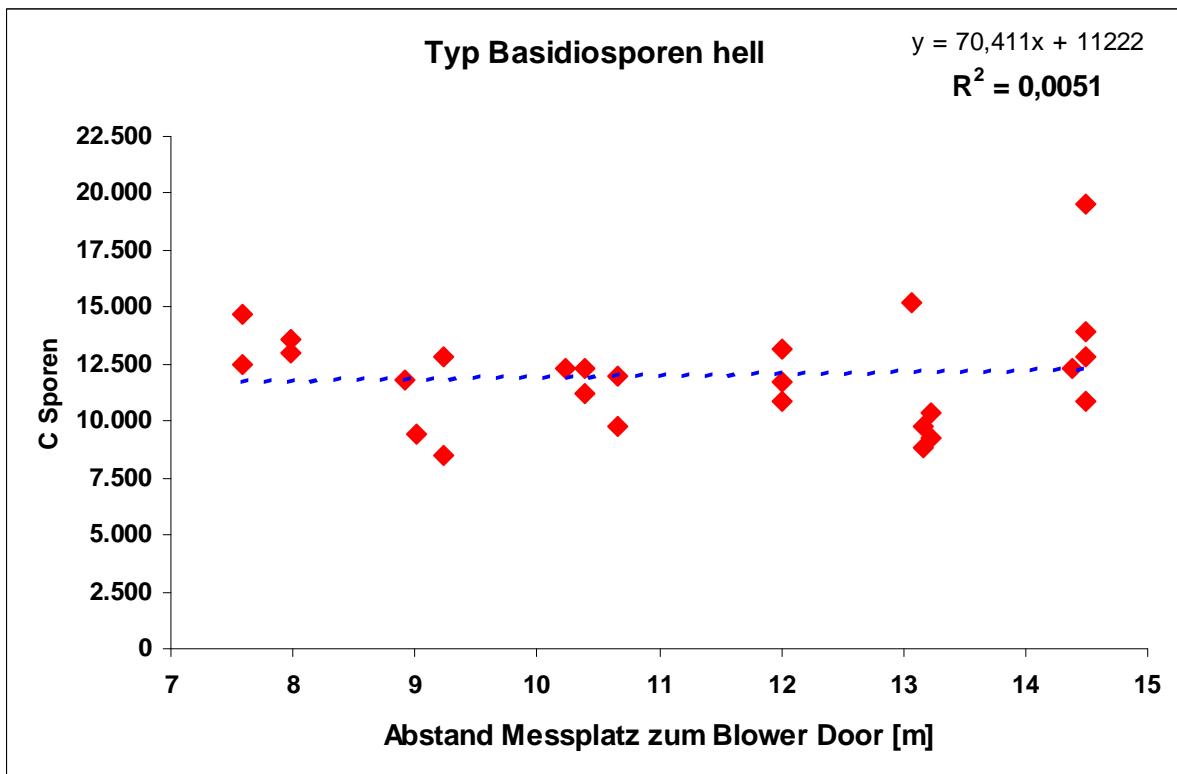
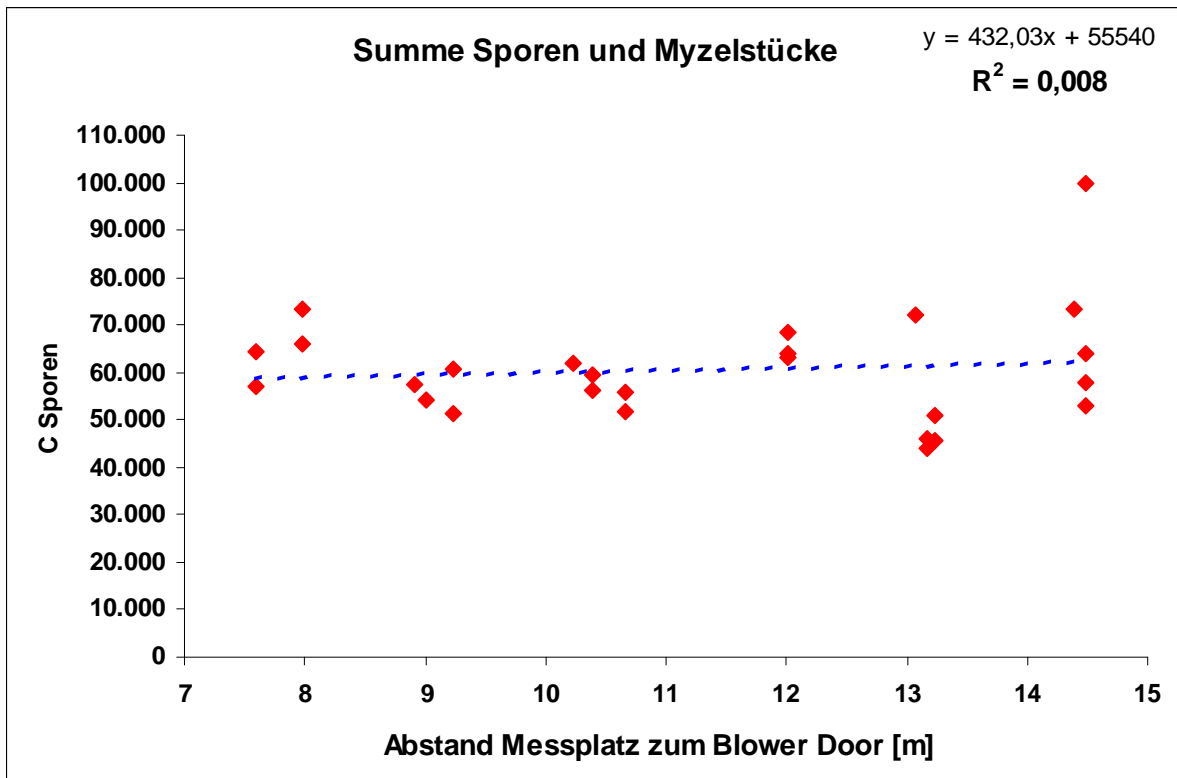
Uwe Münzenberg, Leiter des Ringversuches

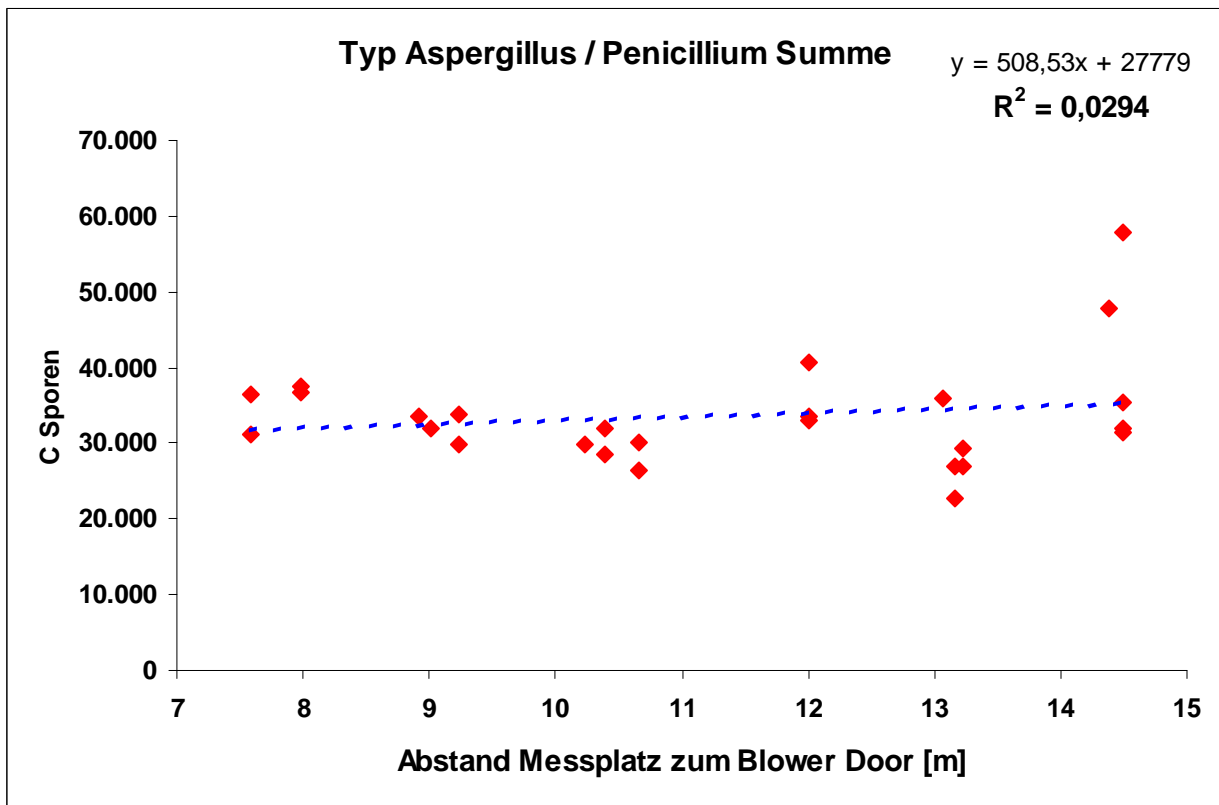
Anlage: Tabellen und Diagramme

Tabelle 2: Teilnehmer und verwendetet Sammelköpfe am 6. VDB-Ringversuch

Messplatz	Sammelkopf Partikel	Sr.- Nr.	L/min	Sammelkopf Kultivierung	Sr.- Nr.	L/min
1	PS 30	83 P 008	30	LKS 30	82 L 038	30
2	keine	keine	-	FH-5		100
3	PS 30	94 P 4440	30	LKS 100	94 L 070	100
4	PS 30	72 P 266	30	LKS 30	71 L 372	30
5	PS 30	62 P 248	30	LKS 30	62 L 337	30
6	PS 30	83 P 359	30	LKS 30	82 L 493	30
7	keine	keine	-	LKS 100		100
8	PS 30	43 P 166	33	LKS 30		33
9	PS 30	94 P 441	30	LKS 100	94 L 096	100
10	PS 30	62 P 239	30	LKS 30	62 L 311	30
11	PS 30	01 P 051	30	LKS 30	83 L 051	30
12	PS 30	84 P 026	30	LKS 30	84 L 066	30
13	PS 30	43 P 160	30	LKS 30	43 L 253	30
14	PS 30	01 P 046	30	LKS 30	01 P 046	30
15	PS 30	83 P 349	30	LKS 30	82 L 454	30
16	PS 30	34 P 138	30	MAS 100	67078	100
17	keine	keine	-	Keine		-
18	keine	keine	-	Keine		-
19	PS 30		30	MAS 100 eco		100
20	PS 30	62 P 229	30	LKS 30	82 L 466	30
21	PS 30	83 P 337	30	LKS 30		30
22	PS 30		30	Keine		-
23	PS 30		28	LKS 30		29
24	PS 30	74 P 319	30	LKS 30		30
25	PS 30		30	LKS 30		30
26	PS 30	43 P 153	30	MAS 100	66475	100
27	PS 30	94 P 431	30	LKS 100	94L084	100
29/28	PS 30	72 P 283	30	LKS 100	62 L 005	100
30	PS 30	83 P 377	30	MAS 100		100

Diagramm 1: Beispiel für die Abschätzung der Abhängigkeit Ergebnis und Messplatz anhand des Korrelationskoeffizient





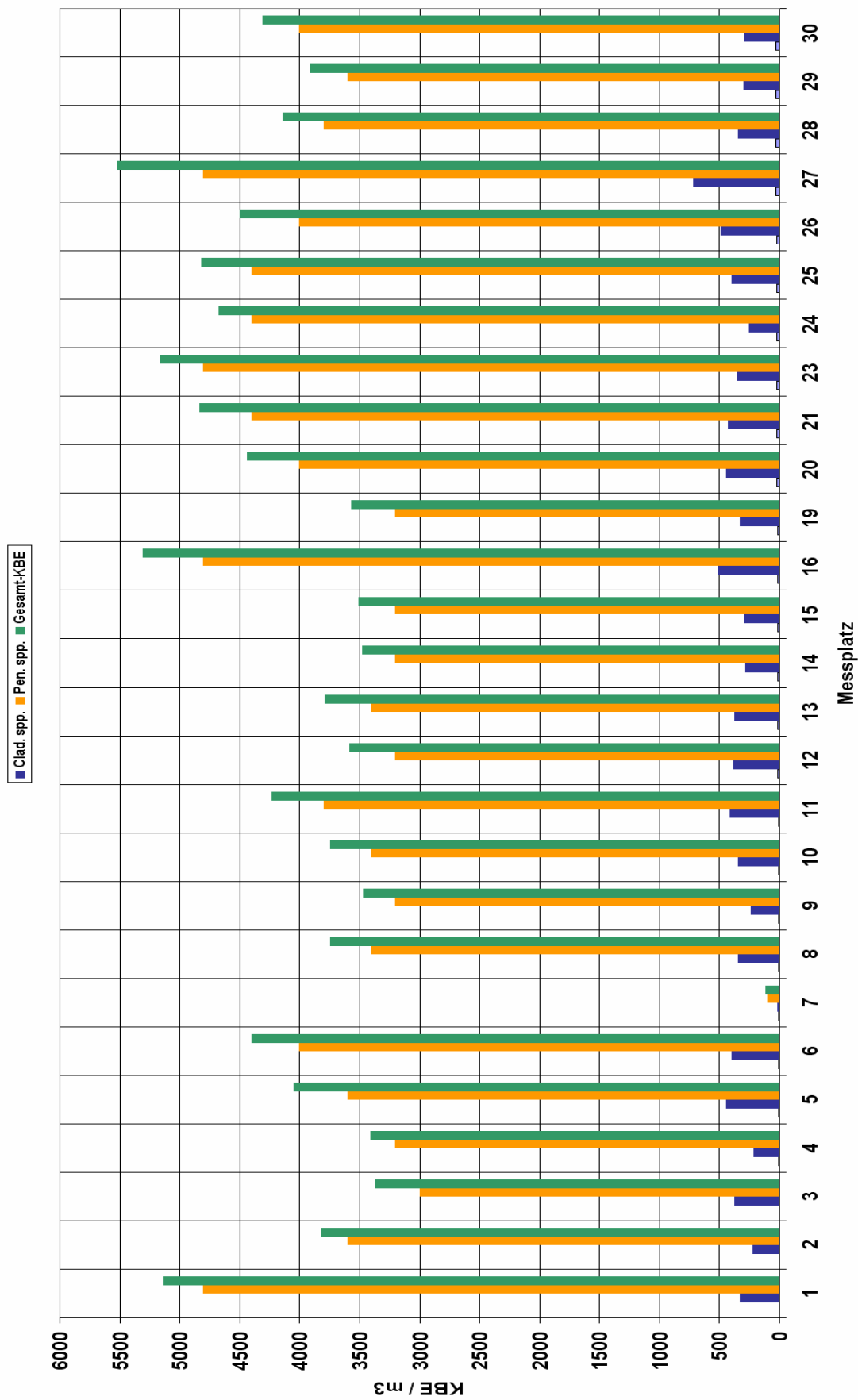
Ergebnisse Impaktion auf Nährböden

Tabelle 3: Ergebnis von jedem Teilnehmer in KBE / m³ der 50 l Doppelproben

Messplatz	Sammelkopf	Clad. spp. / m ³	Pen. spp. / m ³	Gesamt-KBE / m ³
1	LKS 30	300	4800	5100
1	LKS 30	360	4800	5180
2	FH 5 /100L	220	3600	3820
2	FH 5 /100L	220	3600	3820
3	LKS 100	440	3000	3440
3	LKS 100	300	3000	3300
4	LKS 30	140	3200	3340
4	LKS 30	280	3200	3480
5	LKS 30	440	3600	4040
5	LKS 30	440	3600	4060
6	LKS 30	300	4000	4300
6	LKS 30	500	4000	4500
7	LKS 100	40	80	120
7	LKS 100	0	100	100
7	LKS 100	10	110	120
7	LKS 100	20	130	160
7	LKS 100	0	107	107
7	LKS 100	7	60	73
8	LKS 30	460	3600	4060
8	LKS 30	220	3200	3420
9	LKS 100	240	3000	3260
9	LKS 100	240	3400	3680
10	LKS 30	280	3400	3680
10	LKS 30	400	3400	3800
11	LKS 30	500	3800	4340

11	LKS 30	320	3800	4120
12	LKS 30	320	3200	3520
12	LKS 30	440	3200	3640
13	LKS 30	400	3400	3840
13	LKS 30	340	3400	3740
14	LKS 30	320	3200	3520
14	LKS 30	240	3200	3440
15	LKS 30	380	3200	3600
15	LKS 30	200	3200	3420
16	MAS 100	500	4800	5300
16	MAS 100	520	4800	5320
19	MAS 100 eco	320	3200	3580
19	MAS 100 eco	340	3200	3560
20	LKS 30	520	4000	4520
20	LKS 30	360	4000	4360
21	LKS 30	340	4400	4740
21	LKS 30	520	4400	4920
23	LKS 30	400	4800	5220
23	LKS 30	300	4800	5100
24	LKS 30	160	4400	4580
24	LKS 30	340	4400	4760
25	LKS 30	460	4400	4880
25	LKS 30	340	4400	4760
26	MAS 100	440	4000	4440
26	MAS 100	540	4000	4560
27	LKS 100	800	4800	5600
27	LKS 100	640	4800	5440
28	LKS 100	300	4000	4300
28	LKS 100	380	3600	3980
29	LKS 100	340	3600	3940
29	LKS 100	260	3600	3880
30	MAS 100	300	4000	4320
30	MAS 100	280	4000	4300

Diagramm 2: Grafische Darstellung der Ergebnisse Impaktion auf DG 18 nach Teilnehmer



Ergebnisse der Partikelsammlung auf Objektträger

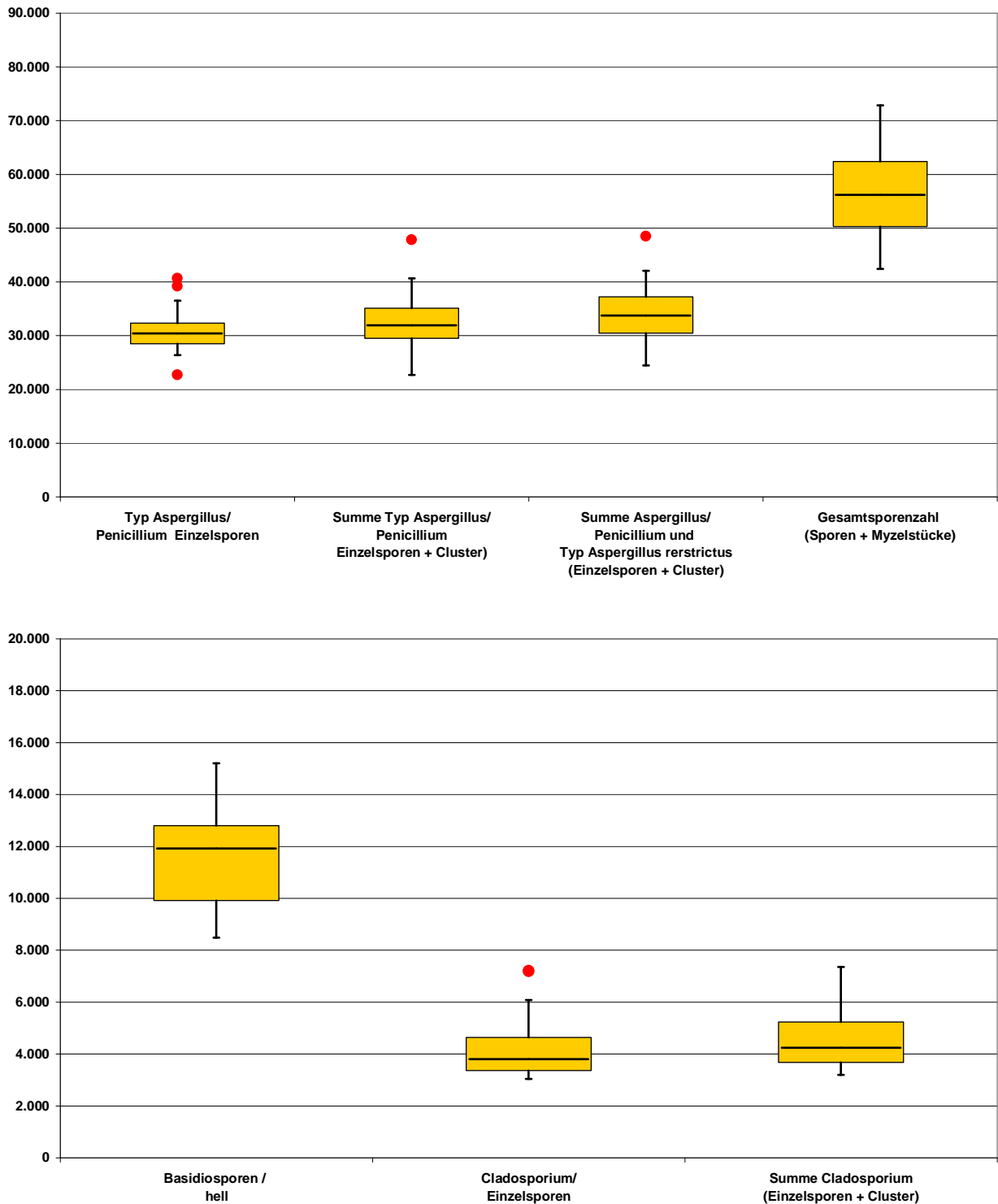
Tabelle 4: Einzelergebnisse der Teilnehmer

Messplatz	01/A	03/A	04/A	05/A	06/A	08/A	09/A	10/A	11/A
Probenbezeichnung intern	1009-307.001a	1009-307.002a	1009-307.003a	1009-307.004a	1009-307.005a	1009-307.006a	1009-307.007a	1009-307.008a	1009-307.009a
	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1
	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3
Basidiosporen / hell	12.985	14.700	12.480	13.600	12.800	11.840	9.440	8.480	12.000
Basidiosporen/ dunkel	1.715	735	480	960	1.600	960	1.440	960	1.120
Summe Basidiosporen	14.700	15.435	12.960	14.560	14.400	12.800	10.880	9.440	13.120
Ascosporen/ Einzelsporen	1.225	490	480	480	960	640	160	1.120	640
Summe Ascosporen-Cluster	1.960	0	1.920	2.240	0	0	0	0	0
Summe Ascosporen (Einzelsporen +Cluster)	3.185	490	2.400	2.720	960	640	160	1.120	640
Cladosporium/ Einzelsporen	4.165	4.165	3.360	4.000	3.680	3.200	3.360	3.520	3.680
Summe Cladosporium-Cluster	2.695	0	480	640	0	640	1.920	0	0
Summe Cladosporium (Einzelsporen + Cluster)	6.860	4.165	3.840	4.640	3.680	3.840	5.280	3.520	3.680
Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen	36.260	36.505	26.400	32.480	30.560	31.520	30.080	29.760	30.240
Summe Typ Aspergillus/Penicillium-Cluster	490	0	4.800	5.120	3.360	2.080	1.920	0	0
Summe Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen + Cluster)	36.750	36.505	31.200	37.600	33.920	33.600	32.000	29.760	30.240
Typ Aspergillus restrictus Einzelsporen	2.450	1.715	1.120	1.280	1.760	960	800	1.440	1.280
Summe Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	2.450	1.715	1.120	1.280	1.760	960	1.760	1.440	1.280
Summe Aspergillus/Penicillium und Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	39.200	38.220	32.320	38.880	35.680	34.560	33.760	31.200	31.520
nicht identifizierbare Sporen / hell	0	0	0	0	0	0	0	160	160
nicht identifizierbare Sporen / dunkel	735	735	1.280	1.280	800	640	480	640	320
Hyphenstücke / hell	4.165	2.695	2.560	1.760	2.400	2.880	1.600	2.560	4.000
Hyphenstücke / dunkel	245	245	160	320	160	160	0	160	480
Typ Serpula	1.715	490	320	480	640	960	960	960	480
Stachybotrys chartarum	0	0	0	0	20	20	0	0	0
Chaetomium	0	0	40	40	20	0	40	20	40
Typ Alternaria/Ulocladium b	0	60	20	0	20	0	40	0	20
Typ Helminthosporium b	30	30	0	20	20	0	0	0	20
Typ Torula	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum	30	0	0	0	20	20	0	0	0
Gesamtsporenzahl (Sporen + Myzelstücke)	70.865	62.565	55.900	64.700	58.820	56.520	53.200	49.780	54.480

Messplatz	12/A	13/A	14/A	15/A	16/A	19/A	20/A	21/A	22/A
Probenbezeichnung intern	1009-307.010a	1009-307.011a	1009-307.012a	1009-307.013a	1009-307.014a	1009-307.015a	1009-307.016a	1009-307.017a	1009-307.018a
	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1
	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3
Basidiosporen / hell	12.320	12.320	11.200	9.760	10.880	13.120	11.680	9.280	8.800
Basidiosporen/ dunkel	800	1.120	1.600	320	1.600	1.760	1.600	640	1.120
Summe Basidiosporen	13.120	13.440	12.800	10.080	12.480	14.880	13.280	9.920	9.920
Ascosporen/ Einzelsporen	640	320	1.280	960	800	960	1.280	160	320
Summe Ascosporen-Cluster	0	0	0	0	0	0	1.120	0	0
Summe Ascosporen (Einzelsporen +Cluster)	640	320	1.280	960	800	960	2.400	160	320
Cladosporium/ Einzelsporen	4.800	5.760	3.680	3.200	6.080	7.200	5.280	3.520	3.040
Summe Cladosporium-Cluster	320	1.280	480	0	1.280	0	640	0	320
Summe Cladosporium (Einzelsporen + Cluster)	5.120	7.040	4.160	3.200	7.360	7.200	5.920	3.520	3.360
Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen	32.000	29.760	28.480	26.400	40.640	28.640	33.440	29.440	27.040
Summe Typ Aspergillus/Penicillium-Cluster	0	0	0	0	0	4.480	0	0	0
Summe Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen + Cluster)	32.000	29.760	28.480	26.400	40.640	33.120	33.440	29.440	27.040
Typ Aspergillus restrictus Einzelsporen	1.760	1.920	1.760	2.400	1.440	1.120	1.280	640	640
Summe Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	1.760	2.400	1.760	2.400	1.440	1.120	1.280	640	640
Summe Aspergillus/Penicillium und Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	33.760	32.160	30.240	28.800	42.080	34.240	34.720	30.080	27.680
nicht identifizierbare Sporen / hell	0	0	160	160	160	0	0	0	0
nicht identifizierbare Sporen / dunkel	480	960	800	800	480	480	1.280	160	800
Hyphenstücke / hell	3.520	4.800	4.000	3.360	2.720	4.000	2.880	1.280	2.720
Hyphenstücke / dunkel	320	480	320	320	480	320	0	0	160
Typ Serpula	640	800	480	1.440	320	800	1.280	0	320
Stachybotrys chartarum	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetomium	20	40	0	0	40	40	40	0	20
Typ Alternaria/Ulocladium b	0	0	0	20	20	0	40	0	0
Typ Helminthosporium b	0	0	20	0	0	40	40	0	0
Typ Torula	0	0	0	20	0	0	20	0	0
Epicoccum	0	20	60	20	0	0	20	0	0
Gesamtsporenzahl (Sporen + Myzelstücke)	57.640	60.060	54.320	49.180	66.940	62.960	61.920	45.120	45.300

Messplatz	23	24/A	25/A	26A	27/B	28/A	29/A	30/A
Probenbezeichnung intern	1009-307.019a	1009-307.020a	1009-307.021a	1009-307.022a	1009-307.023a	1009-307.024a	1009-307.025a	1009-307.026a
	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1	Spur 1
	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3	Sporen / m3
Basidiosporen / hell	15.200	9.760	10.400	13.920	9.760	12.320	12.800	10.880
Basidiosporen/ dunkel	1.600	1.120	2.240	1.120	1.280	1.440	800	640
Summe Basidiosporen	16.800	10.880	12.640	15.040	11.040	13.760	13.600	11.520
Ascosporen/ Einzelsporen	1.280	160	480	800	240	480	640	480
Summe Ascosporen-Cluster	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe Ascosporen (Einzelsporen + Cluster)	1.280	160	480	800	240	480	640	480
Cladosporium/ Einzelsporen	5.280	3.360	4.800	4.000	3.920	4.160	3.360	3.360
Summe Cladosporium-Cluster	0	0	320	320	160	800	0	960
Summe Cladosporium (Einzelsporen + Cluster)	5.280	3.360	5.120	4.320	4.080	4.960	3.360	4.320
Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen	33.760	22.720	26.880	31.040	27.840	39.200	31.840	31.360
Summe Typ Aspergillus/Penicillium-Cluster	2.080	0	0	4.480	1.120	8.640	0	0
Summe Typ Aspergillus/Penicillium Einzelsporen + Cluster)	35.840	22.720	26.880	35.520	28.960	47.840	31.840	31.360
Typ Aspergillus restrictus Einzelsporen	2.560	1.760	960	2.240	960	640	2.400	1.120
Summe Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	2.560	1.760	960	2.240	960	640	2.400	1.120
Summe Aspergillus/Penicillium und Typ Aspergillus restrictus (Einzelsporen + Cluster)	38.400	24.480	27.840	37.760	29.920	48.480	34.240	32.480
nicht identifizierbare Sporen / hell	480	0	0	0	80	320	160	160
nicht identifizierbare Sporen / dunkel	960	320	640	640	640	1.120	480	320
Hyphenstücke / hell	4.480	2.720	2.720	2.080	2.160	2.560	2.560	1.440
Hyphenstücke / dunkel	320	160	320	480	0	480	0	160
Typ Serpula	1.280	320	0	800	800	640	320	800
Stachybotrys chartarum	0	20	0	0	10	0	0	0
Chaetomium	40	0	20	0	10	0	0	60
Typ Alternaria/Ulocladium b	20	0	0	0	10	0	20	0
Typ Helminthosporium b	20	0	0	0	0	20	0	0
Typ Torula	0	0	0	0	10	20	0	20
Epicoccum	0	0	0	0	10	0	0	0
Gesamtsporenzahl (Sporen + Myzelstücke)	69.360	42.420	49.780	61.920	49.010	72.840	55.380	51.760

Diagramm 3: Exemplarische Box-Plots für ausgewählte Sporentypen



Interpretation der Box-Plots:

- breiter Strich in der Box: Median (50. Perzentil)
- untere Begrenzung der Box: unteres Quartil = 25. Perzentil
- obere Begrenzung der Box: oberes Quartil = 75. Perzentil
- oberer/unterer Whisker (senkrechte Markierung): entspricht maximal dem 1,5-fachen Abstand zwischen oberen und unterem Quartil (das Ende bestimmt entweder der letzte Wert oder der 1,5-fache Abstand)
- Punkte: kennzeichnen mögliche statistische Ausreißer (liegen außerhalb der Whisker)

Box-Plots sind ein hilfreiches Instrument den Informationsgehalt von Messreihen anschaulich darzustellen. So gibt beispielsweise die Lage des Median in der Box einen Hinweis auf eine mögliche statistische Verteilung der Messwerte. Liegt der Median in der Mitte, kann eine Normalverteilung der Messwerte vorliegen. Liegt der Median in den Randbereichen der Box, ist eine hypergeometrische oder exponentielle Verteilung eher wahrscheinlich. Die Höhe der Box sowie die Länge der Whisker geben einen Hinweis auf die Breite der Streuung der Messwerte. Anzumerken ist, dass es sich bei den identifizierten Ausreißern lediglich um einen Verdacht handelt, der mit weiteren statistischen Werkzeugen abgesichert werden müsste.

Ergebnisse aus Filtersammlungen (bezogen auf DG 18)

Messplatz	Steriles Myzel	Penicillium spp.	Penicillium chrysogenum	Cladosporium	Gesamt KBE- / m3
17	95	143	857		1095
18 (50 l PV)			3560	240	3800
18 (100 l PV)			1760	220	2400
29 / 28 Mittelwert direkte Methode					> 3.209
29 / 28 Mittelwert indirekte Methode					1640

