

Hauptfungi in der Luft der japanischen Wohnumgebung

Hauptsächlich die Verbreitungsart von *Penicillium* und dessen biologische Eigenschaften

Tatsuaki Tanaka, Kousuke Takatori und Keiko Miura

1. Vorwort

In Wohnumgebungen finden sich häufig Fungi, was die Universität dazu bewegte, die im Innenraum schwebenden Fungi mittels RCS-Typ Luft-Sampler (Firma-Biotest AG), MAS-Typ Luft-Sampler (Firma Merck), u.a. zu erforschen. Die Ergebnisse zeigten, dass das Vorkommen der Fungi stark von der Wohnumgebung abhängig ist.

Es wurde ein Sampler verwendet, der in der Lage ist, Fungi entsprechend ihrer Größe zu trennen. Die Häufigkeitsverteilung der Fungi in der Wohnumgebung wurde untersucht und bestimmt.

Darüber hinaus wurden die biologischen Eigenschaften der Hauptfungi *Penicillium* untersucht, um deren Verbreitungsart zu bestimmen.

2. Untersuchungsverfahren

2.1 Messung der Anzahl der Fungi (CFU:KBE) mittels eines Samplers

Untersuchungsort

Ein Sampler wurde in der Mitte eines im japanischen Stil eingerichteten Zimmers (6 Tatamimatten-Größe) eines Einfamilienhauses in Ebina, Präfektur Kanagawa, aufgestellt.

Untersuchungsperiode

Das Experiment wurde von Mai 1999 bis April 2000 durchgeführt, wobei jeden Monat einmal, 7 Tage hintereinander, Messungen vorgenommen wurden, was insgesamt 81 Messungen ergab.

Untersuchungsmethode

Filter, deren Porenweite jeweils über $10\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{>10}$), zwischen $2,5$ und $10\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5<10}$), und unter $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) betrug, wurden auf einem kleinen Sampler angebracht. Danach wurde gemessen und nach der Messung der Filter herausgenommen und auf die unten beschriebene Weise kultiviert.

Die einzelnen Filter wurden in sterilisierte Tüten eingebracht und nach Zugabe von destilliertem Wasser durchgemischt, bis sie pulverisiert waren. Die Probenflüssigkeit wurde dann auf PDA Boden geimpft. Nach einer 7 tägigen Kultivierung bei 25°C wurde die Zahl der Fungi (CFU:KBE) bestimmt. Die Fungiartern und die Verteilung der verschiedenen Fungi einschliesslich *Penicillium* wurden bestimmt.

Um einen Zusammenhang zwischen der Wohnumgebung und den biologischen Eigenschaften von *Penicillium* festzustellen, wurden mit diesen Ergebnissen die unten beschriebenen Grunduntersuchungen durchgeführt.

2.2 Biologische Eigenschaften von *Penicillium*

Probefungi

Die folgenden 10 Arten von *Penicillium*, die sich bei der Luftuntersuchung abge sondert haben, wurden als Probestücke gewählt.

- (1) *Penicillium oxalicum*
- (2) *Penicillium velutinum*
- (3) *Penicillium citrinum*
- (4) *Penicillium viridicatum*
- (5) *Penicillium purpurogenum*
- (6) *Penicillium digitatum*
- (7) *Penicillium citreonigrum*
- (8) *Penicillium aurantiogriseum*
- (9) *Penicillium implicatum*
- (10) *Penicillium brefeldianum*

(Anmerkung: alle Fungiartern werden von nun an mit Nummern bezeichnet)

Messmethoden

1. Messung der Wasser-Aktivität (WA)

Agrarboden wurde so vorbereitet, dass die Wasser-Aktivität in der Skala von 0,74 bis 0,95 in 10 Stufen geteilt wurde. Probefungi wurde dann in einem Punkt eingepflegt und in einem Inkubator bei 25°C kultiviert. Während der Messperiode wurde der Durchmesser der Kolonie gemessen. Die Kultivierungsdauer betrug maximal 3 Monate.

2. Messung der Temperaturabhängigkeit des Wachstums

Die einzelnen Musterfungi wurden in den PDA-Boden eingepflegt, und anschließend in einem Inkubator kultiviert.

Prof. Dr. Tatsuaki Tanaka und Keiko Miura, Ochanomizu University, 2-1-1, Otsuka, Bunkyo-ku, Tokio, 112-0012, Japan; Dr. Kousuke Takatori, National Institute of Health Sciences, 1-18-1, Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokio, 158-8501, Japan.

viert. Die Temperatur wurde in 8 Stufen von 5 °C bis 42 °C geregelt, dabei wurde der Durchmesser der Kolonie gemessen.

3. Messung der Trockenheitswiderstandsfähigkeit

Im Mittelpunkt einer sterilisierten Papierscheibe des Durchmessers 8mm wurde jeweils 0,1 ml einer Sporenschlickflüssigkeit mit ungefähr 10⁶/ml eingepflegt. Nach einem Tag Trocknung bei 37 °C blieben die Papierscheiben bei 25 °C in einem Inkubator.

Die Papierscheiben wurden nach regelmässigen Intervallen herausgenommen und mit destilliertem Wasser gewässert. Nach ausreichender Wässerung wurde die Mischung dann verdünnt und kultiviert. Nach einer Woche Kultivierung bei 25 °C wurde der CFU(KBE) Wert bestimmt und die Aktivität der Sporen beobachtet.

3. Ergebnis und Betrachtung

3.1 Messung der CFU mittels eines Samplers

Der monatliche Durchschnitt der CFU der verschiedenen Kategorien ist in Bild 1 dargestellt. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Fungi während der Zeit zwischen Juni und November 1999 eindeutig höher war als in der Zeit zwischen Dezember 1999 und April 2000.

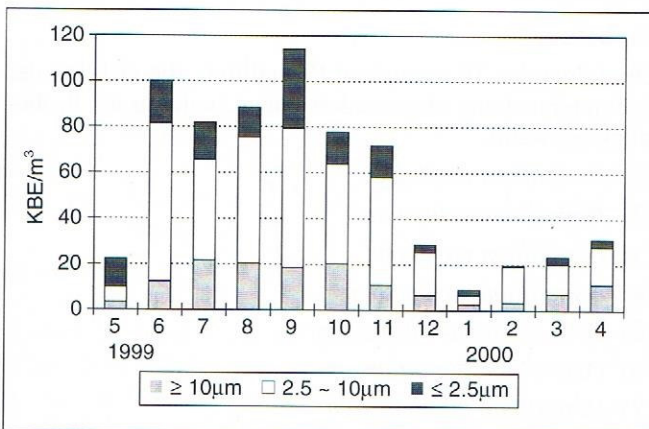


Bild 1. Die monatlichen durchschnittlichen Zahlenschwankungen der Fungi in der Wohnumgebung.

Tabelle 1. Häufigkeit der nachgewiesenen Hauptfungi in Raumluft (von Mai 1999 bis April 2000).

	>10 µm	2,5 µm<10 µm	<2,5 µm
Penicillium	23	59	36
Cladosporium	31	48	26
Aspergillus	11	30	10
Hefen	11	19	10
Alternaria	17	3	0
Trichoderma	0	2	5
Fusarium	2	1	1
Acremonium	2	2	1
Arthrinium	0	4	2
Botrytis	2	1	2
Aktinomyzeten	0	2	2
Mycelia	10	10	9

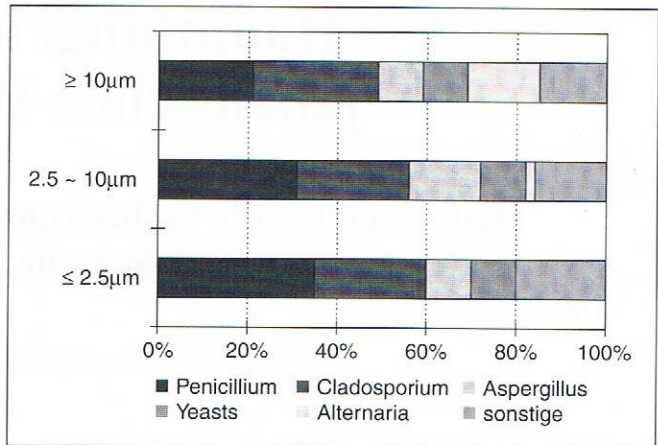


Bild 2. Hauptfungi in Raumluft.

Die Beobachtung der CFU mit Hilfe von 3 Größen-Filtern, nämlich PM_{>10}, PM_{2,5<10}, und PM_{2,5} zeigte, dass die Anzahl der Fungi bei PM_{2,5<10} am größten ist, gefolgt von PM₁₀. Diese Ergebnisse zeigten, dass die Größe der Fungi meistens zwischen 4 µm und 10 µm lag.

Die Anzahl der in der Raumluft nachgewiesenen Hauptfungi ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Tabelle zeigt die Häufigkeitsraten der jeweiligen Fungi, wie sie während der 81-maligen Messungen mit den jeweiligen Filtern nachgewiesen wurden.

Was die Anzahl der in der Raumluft befindlichen Fungi betrifft, so sind Penicillium, Cladosporium weitaus am häufigsten, gefolgt von Aspergillus, Hefen u.s.w. Insbesondere wurde Penicillium mittels PM_{2,5<10} 59 Mal nachgewiesen (81 Messungen).

Im Allgemeinen liegt die Größe von Penicillium zwischen 2,5 µm und 5 µm. Dieses Ergebnis zeigt, dass Sporengröße und Filterdurchmesser ungefähr übereinstimmen.

Der Anteil von Penicillium an der nachgewiesenen Anzahl der anderen Arten der Fungi war auch viel größer als der aller anderen (Bild 2).

3.2 Biologische Eigenschaften von Penicillium

1. WA- Messungen

Bei fast allen Arten der Fungi war zu sehen, dass die Wachstumsrate in der Umgebung von WA 0,93 am größten war. Je niedriger die WA-Werte wurden, desto kleiner wurden die Kolonien und desto schwächer wurden die Wachstumsraten. Allerdings war auch ersichtlich, dass es Fungi gibt, die bei verhältnismässig niedrigen WA-Werten wachsen können, wie z.B. *P.citrinum* (3), *P.citreonigrum* (7), *P.aurantiogriseum* (8) und *P.pimpticatum* (9), während es auch solche gibt, die dazu nicht in der Lage sind. Die Wachstumsraten der verschiedenen Arten der Fungi sind unterschiedlich. Bei allen Penicillium wurde mit WA 0,74 kein Wachstum mehr beobachtet (Bild 3).

Die Untersuchung wurde durchgeführt, um herauszufinden, welche Gestalt die Fungi infolge der Änderung der WA annehmen. Es wurde festgestellt, dass, obwohl im Bereich um WA 0,93 einheitliche Mycelia zu beobachten waren, sich außergewöhnliche Wucherungen oder uneinheitliche Mycelia entwickelten, als sich der WA-Wert ver-

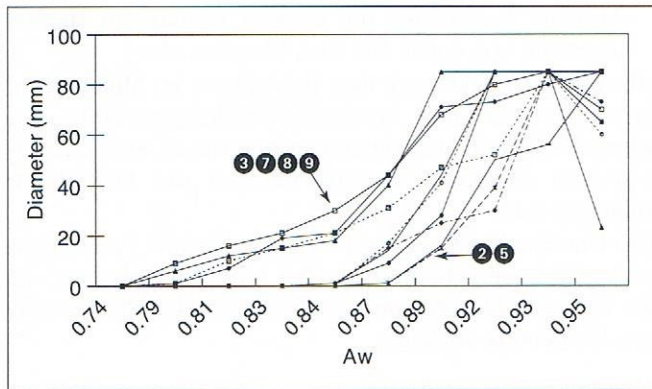


Bild 3. Vergleich der Wachstumsrate nach Fungiarten.

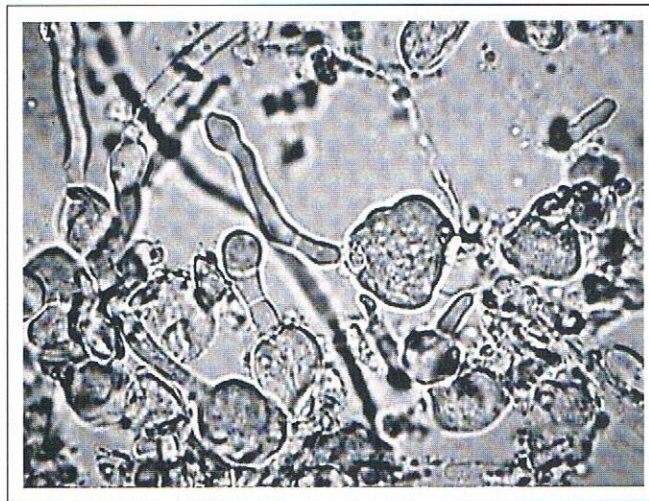


Bild 4. *Penicillium* (Aw: 0.89).

ringerte (siehe Bild 4). Das zeigt, dass die Fungi gegen niedrige WA-Werte Widerstand leisteten, um zu überleben.

2. Temperaturmessung beim Wachstum

Auf Grund der Tatsache, dass die meisten Untersuchungen bei 25 °C stattfanden, wurde die Größe einer Kolonie, die 2 Wochen bei 25 °C kultiviert worden war, zu 100 angenommen. Dann wurden Wachstumsraten bei verschiedenen Temperaturen beobachtet. Das Ergebnis zeigt Bild 5.

Die meisten Fungi entwickelten sich im Temperaturbereich um 25 °C am besten. Unterhalb von 15 °C oder oberhalb

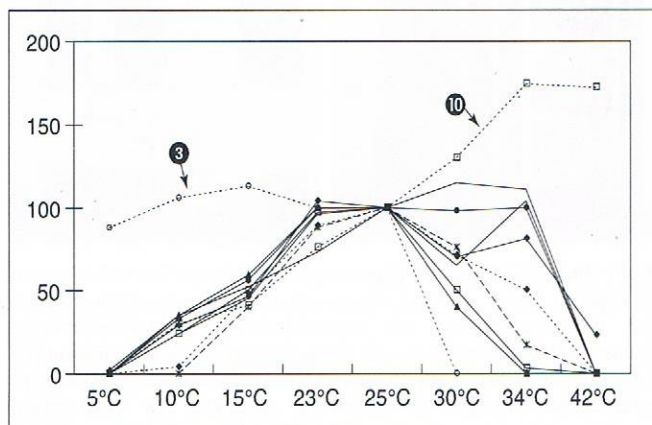


Bild 5. Unterschiedliche Wachstumsrate nach Fungiarten.

von 30 °C bis 34 °C verringerte sich die Reproduktionsfähigkeit, was zum Absinken der Wachstumsrate führte.

Penicillium (3) wächst aber auch bei niedrigerer Temperatur und auch bei 5 °C gut. Wo die meisten anderen *Penicillium*arten keine grossen Wachstumsraten zeigten, erreichten sie trotzdem 88% des Wachstums bei 25 °C.

Andererseits erwies sich *Eupenicillium brefeldianum* (10) im Hochtemperaturbereich als sehr wachstumsfähig und zeigte im Vergleich zum Wachstum bei 25 °C, eine Wachstumsrate von über 170% bei 34 °C und 42 °C.

Es gab auch andere Fungiarten, die im Hochtemperaturbereich große Kolonien bildeten, aber trotz ihrer großen Dimensionen tendierten sie im allgemeinen dazu, weniger Sporen zu erzeugen und auch geringere Chromatophore zu besitzen.

3. Messung der Trockenheitswiderstandsfähigkeit

Bild 6 zeigt eine säkulare Änderung der Überlebensrate von *Penicillium* in trockenem Zustand. Die Abbildung zeigt das Ergebnis, wobei die CFU am Untersuchungsanfang zu 100 angenommen wurde.

Die ersten Kulturen starben schon 2 Wochen nachdem sie in Trockenheit sich selbst überlassen waren. Die meisten starben ungefähr einen oder zwei Monate später.

Eupenicillium brefeldianum (10) lebte noch 3 Monate weiter und zeigte, dass es im Vergleich zu den anderen Fungi eine sehr hohe Trockenheitswiderstandsfähigkeit besitzt.

Wenn man die unterschiedlichen Prozesse, die zum Absterben führen, vergleicht, kann man feststellen, dass es Fungi gibt, die in trockenem Zustand sehr rasch und auch solche, die nur langsam ihre CFU(KBE) verringern. Auch bei der Trockenheitswiderstandsfähigkeit wurde klar, dass es Unterschiede unter den *Penicillium*arten gibt.

Ein Vergleich der Messungen von WA-Wert und Trockenheitswiderstandsfähigkeit ergab: Diejenigen Fungi, die nur in hoher WA-Umgebung wachsen konnten, starben frühzeitig bei der Prüfung auf Trockenheitswiderstandsfähigkeit. Andererseits lebten diejenigen Fungi, die in niedriger WA-Umgebung wachsen konnten, verhältnismässig lang in trockener Umgebung. Woraus zu schließen ist, dass es einen Zusammenhang zwischen WA und Trockenheitswiderstandsfähigkeit gibt.

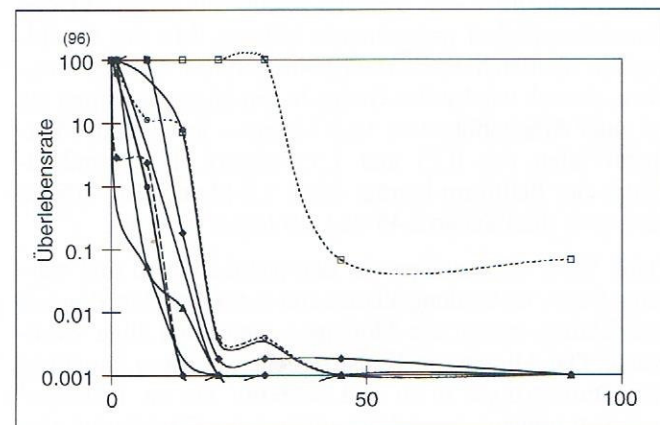


Bild 6. Säkulare Änderung der Überlebensrate.

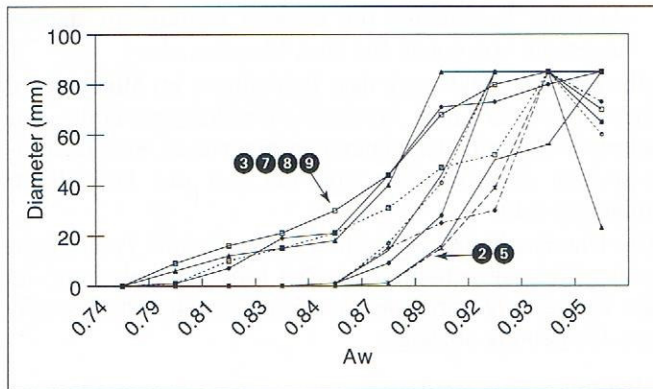


Bild 3. Vergleich der Wachstumsrate nach Fungiarten.

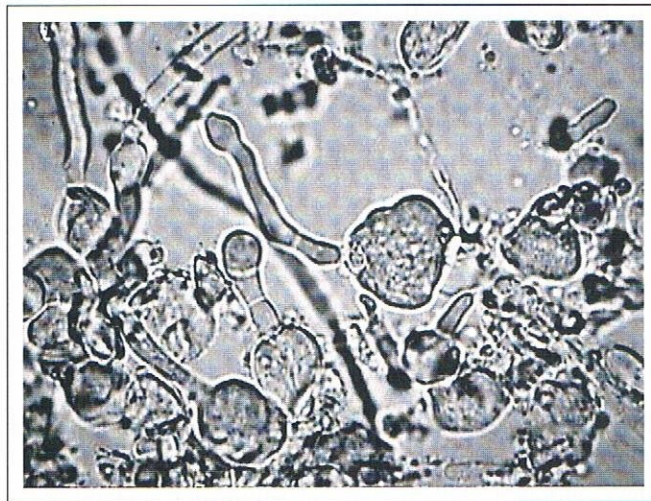


Bild 4. *Penicillium* (Aw: 0.89).

ringerte (siehe Bild 4). Das zeigt, dass die Fungi gegen niedrige WA-Werte Widerstand leisteten, um zu überleben.

2. Temperaturmessung beim Wachstum

Auf Grund der Tatsache, dass die meisten Untersuchungen bei 25 °C stattfanden, wurde die Größe einer Kolonie, die 2 Wochen bei 25 °C kultiviert worden war, zu 100 angenommen. Dann wurden Wachstumsraten bei verschiedenen Temperaturen beobachtet. Das Ergebnis zeigt Bild 5.

Die meisten Fungi entwickelten sich im Temperaturbereich um 25 °C am besten. Unterhalb von 15 °C oder oberhalb

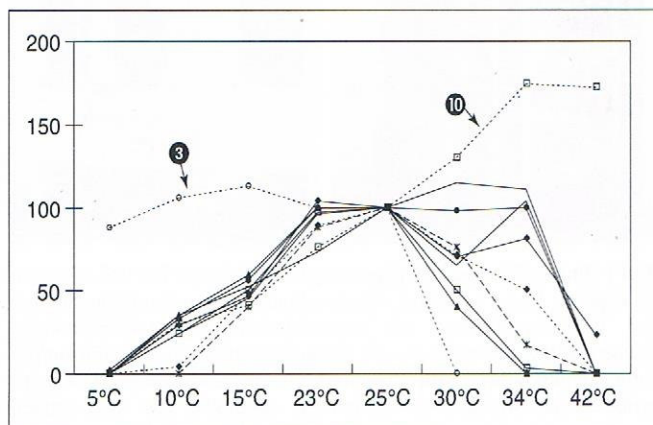


Bild 5. Unterschiedliche Wachstumsrate nach Fungiarten.

von 30 °C bis 34 °C verringerte sich die Reproduktionsfähigkeit, was zum Absinken der Wachstumsrate führte.

Penicillium (3) wächst aber auch bei niedrigerer Temperatur und auch bei 5 °C gut. Wo die meisten anderen Penicilliumarten keine grossen Wachstumsraten zeigten, erreichten sie trotzdem 88% des Wachstums bei 25 °C.

Andererseits erwies sich *Eupenicillium brefeldianum* (10) im Hochtemperaturbereich als sehr wachstumsfähig und zeigte im Vergleich zum Wachstum bei 25 °C, eine Wachstumsrate von über 170% bei 34 °C und 42 °C.

Es gab auch andere Fungiarten, die im Hochtemperaturbereich große Kolonien bildeten, aber trotz ihrer großen Dimensionen tendierten sie im allgemeinen dazu, weniger Sporen zu erzeugen und auch geringere Chromatophore zu besitzen.

3. Messung der Trockenheitswiderstandsfähigkeit

Bild 6 zeigt eine säkulare Änderung der Überlebensrate von *Penicillium* in trockenem Zustand. Die Abbildung zeigt das Ergebnis, wobei die CFU am Untersuchungsanfang zu 100 angenommen wurde.

Die ersten Kulturen starben schon 2 Wochen nachdem sie in Trockenheit sich selbst überlassen waren. Die meisten starben ungefähr einen oder zwei Monate später.

Eupenicillium brefeldianum (10) lebte noch 3 Monate weiter und zeigte, dass es im Vergleich zu den anderen Fungi eine sehr hohe Trockenheitswiderstandsfähigkeit besitzt.

Wenn man die unterschiedlichen Prozesse, die zum Absterben führen, vergleicht, kann man feststellen, dass es Fungi gibt, die in trockenem Zustand sehr rasch und auch solche, die nur langsam ihre CFU(KBE) verringern. Auch bei der Trockenheitswiderstandsfähigkeit wurde klar, dass es Unterschiede unter den Penicilliumarten gibt.

Ein Vergleich der Messungen von WA-Wert und Trockenheitswiderstandsfähigkeit ergab: Diejenigen Fungi, die nur in hoher WA-Umgebung wachsen konnten, starben frühzeitig bei der Prüfung auf Trockenheitswiderstandsfähigkeit. Andererseits lebten diejenigen Fungi, die in niedriger WA-Umgebung wachsen konnten, verhältnismässig lang in trockener Umgebung. Woraus zu schließen ist, dass es einen Zusammenhang zwischen WA und Trockenheitswiderstandsfähigkeit gibt.

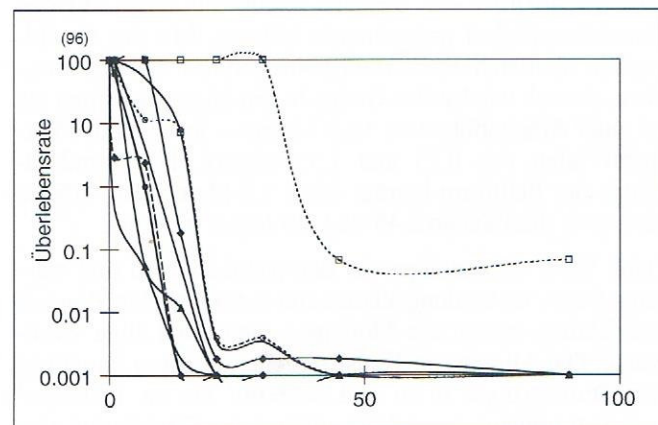


Bild 6. Säkulare Änderung der Überlebensrate.

4. Zusammenfassung

In der Raumluft wurden zahlreiche Penicillium unter den Hauptfungi nachgewiesen.

Biologische Eigenschaften von Penicillium, die sich in der Wohnumgebung befinden, wurden untersucht, was zu folgenden Ergebnissen führte:

1. Die WA-Messungen zeigten, dass viele Penicillium wachstumsfähig waren, solange der WA-Wert über 0,87 lag. Es wurde allerdings festgestellt, dass es für jede Fungiarart verschiedene für die Entwicklung günstige WA-Bereiche gibt.
2. Bei der Messung der Temperaturabhängigkeit wurde festgestellt, dass das Wachstum aller Fungiararten im Bereich von 25 °C am größten ist. Die Anzahl der Sporen und Chromatophore verringert sich und die Wachstumsrate sinkt stark, wenn die Temperatur unter 15 °C sinkt oder über 30 °C steigt.
3. Bei der Messung der Trockenheitswiderstandsfähigkeit wurde eine aussergewöhnliche starke Abnahme der

Aktivität beobachtet, die meisten Penicillium starben innerhalb von einem bis zwei Monaten ab.

Obwohl behauptet wird, dass Penicillium im allgemeinen mesothermisch und trockenheitswiderstandsfähig ist, wurde in dieser Untersuchung nachgewiesen, dass die biologischen Eigenschaften von der Art des Penicillium abhängig sind.

Die Untersuchung zeigte gleichfalls: Obwohl Penicillium in der Wohnumgebung in großen Mengen vorkommt, ist die Verbreitung stark vom Feuchtigkeitsgehalt der jeweiligen Umgebung abhängig.

Literatur

- [1] *Moriske und Turowski*: Handbuch für Bioklima und Lüftung. ecomed-verlag.
- [2] *Worner, E.*: Gifte im Haus. Südwest-Verlag.
- [3] *Mucke, W. und Lemmen, Ch.*: Schimmelpilze. ecomed-verlag.
- [4] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin „Biologische Arbeitsstoffe, vielfältige Tätigkeiten und neue Rechtsgründe“ Tb88.
- [5] *Witthauer, Horn, Bischof*: Raumluftqualität. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.

Industrienachrichten

Modulares Gerüstsystem

An der Baustelle reicht eine Leiter nicht aus, ein komplettes Gerüst wiederum ist zu aufwändig. Für diesen Einsatzbereich stellte Günzburger Steigtechnik eine wirtschaftliche Lösung vor: Modulare Klappgerüste sind platzsparend bei Lagerung und Transport und passen durch jede Tür. Schon die kleinste Variante bietet auf 1,35 Quadratmetern eine komfortable Arbeitsfläche. Die Gerüste sind mit vier feststellbaren Lenkrollen ausgestattet – somit ist ein schneller Standortwechsel möglich. Als Baukastensystem wächst das Gerüst auf bis zu 13,8 Meter (Bilder 1 und 2).

Alle Klappgerüste sind mit trittsicheren Plattformen aus mehrfach verleimtem Schichtholz und wetterfester Phenolharzbeschichtung ausgestattet – ab einer Plattformhöhe von 1,75 Metern optional mit Durchstiegsklappe. Der modulare Aufbau des Systems erlaubt die exakt auf den Baustellen-Bedarf abgestimmte Lösung. Mit der Grundversion lässt sich eine Arbeitshöhe von drei Metern erreichen, danach wächst das Gerüst in Ein-Meter-Schritten bis zu einer Arbeitshöhe von 13,8 Metern – jeweils mit Plattform-Tiefen von 0,75 und 1,35 Metern. Die Standard-Länge der Plattform beträgt dabei 1,8 Meter, auf Anfrage sind auch die Längen 2,45 und 3,0 Meter lieferbar.

Dank Steckverbindungen an den Rahmenteilen und wartungsfreien Verbindungsklauen mit automatischer Einrast-Vorrichtung erfolgt die Montage schnell und ohne Werkzeuge. Die Aluminium-Konstruktionen gehören durchweg der Gerüstgruppe II an und sind mit bis zu 1,5 kN/m² belastbar (entsprechend 150 kg/m²). Jedes Gerüst trägt also problemlos zwei Mann inklusive Ausrüstung. Dennoch

sind die Gerüste leicht zu verschieben: Ein 13,8 Meter hohes Klappgerüst wiegt lediglich 282 Kilogramm.

Die Lenkrollen, Durchmesser 125 Millimeter, sind mit Spindel und Feststellbremse ausgestattet. Ab einer Gerüsthöhe von 4,8 Metern sichern zusätzliche Dreiecksausleger den Stand des Gerüsts. Die oberste Arbeitsebene wird ab einer Gerüsthöhe von 2,85 Metern grundsätzlich durch ein 1,0 Meter hohes Geländer als Absturzsicherung geschützt.

Weitere Informationen: Gönzburger Steigtechnik GmbH, Rudolf-Diesel-Straße 23, 89312 Günzburg.

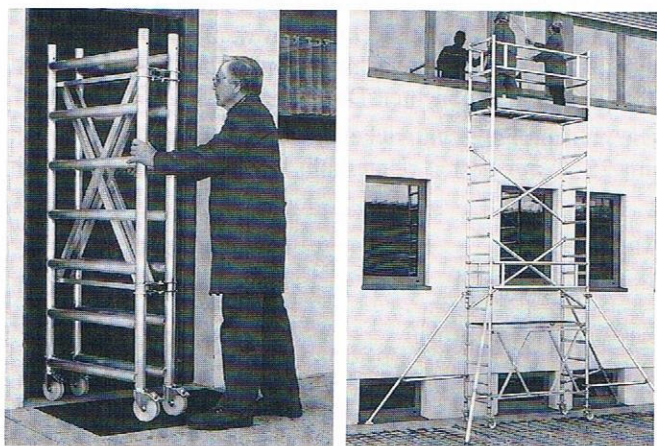


Bild 1 (links). Das neue Klappgerüst passt durch jede Tür und lässt sich auf engstem Raum verstauen. Steckverbindungen an den Rahmenteilen und Verbindungsklauen mit automatischen Einrast-Vorrichtungen machen Werkzeuge bei Auf- und Abbau überflüssig (Foto: Gönzburger Steigtechnik GmbH). **Bild 2 (rechts).** Flexibel und sicher: Das Klappgerüst-System wandert schnell mit der Baustelle, lässt sich einfach montieren und trägt problemlos zwei Mann inklusive Ausrüstung (Foto: Gönzburger Steigtechnik GmbH).