

Lebensbedingungen der Schimmelpilze

Von Ingrid Hödl

In das Steiermärkische Landesarchiv gelangen des öfteren Archivalien, die unter schlechtesten Bedingungen in feuchten Kellern oder Dachböden gelagert wurden. Bedauerlicherweise ist auch das Steiermärkische Landesarchiv aus Platzgründen gezwungen, Archivalien in Depots zu lagern, die grundsätzlich nicht für die Aufbewahrung geeignet sind. Negative Depotverhältnisse wie zu hohe Luftfeuchte und Temperatur, Wärme, Staub und Licht begünstigen und fördern das Wachstum von Schimmelpilzen, die unsere Archivalien angreifen, schwächen und schließlich zerstören.

In diesem Bericht wird vorwiegend auf die morphologischen Kennzeichen, die Stellung der Schimmelpilze im System der Pilze, auf die wichtigsten Gattungen, auf die Verbreitung und Lebensbedingungen eingegangen, denn auf die Ursachen der Papierzerstörung durch Schimmelpilze ist das größte Augenmerk zu legen, nicht auf die nachträgliche Restaurierung bereits befallener Archivalien.

Die „Schimmelpilze“ sind eine besondere Gruppe der Pilze. Dieser Begriff läßt sich nicht genau definieren und abgrenzen, da er aus der mykologischen Praxis stammt und keine systematisch abgegrenzte Pilzgruppe umfaßt.

Nach *Delitsch* werden solche Pilze zu den Schimmelpilzen gezählt, die folgende gemeinsame Merkmale besitzen:

- ihr Lebensraum ist der Boden oder allenfalls konzentrierte Nährlösungen (es sind also keine ausgesprochenen Wasserpilze)
- sie leben saprophytisch, gewinnen also ihre Nährstoffe aus abgestorbenen organischen Substanzen, die sie dadurch zersetzen
- sie bilden ein typisches Mycel. Darin unterscheiden sie sich von den Hefen, die durch Sprossung lockere Zellverbände, jedoch kein echtes Mycel bilden
- sie vermehren sich vorwiegend ungeschlechtlich durch Sporen (Sporangiosporen oder Konidien)
- wenn sie überhaupt sexuelle Fortpflanzungsorgane bilden, dann sind diese sehr klein.

Es ist wohl zweckmäßig, unter dem Begriff „Schimmelpilze“ solche Pilze zusammenzufassen, die in erster Linie auf Lebensmitteln bzw. Futtermitteln in unserem Fall auf Papier, also Zellulose, wachsen, diese Substrate zersetzen und zerstören. Sie stellen nur geringe Ansprüche an die Zusammensetzung des Nährsubstrates und gedeihen in einem weiten Bereich physikalischer Ökofaktoren, was einerseits den Befall der unterschiedlichsten Produkte, andererseits ihr weltweites Vorkommen erklärt.

Ihr Vorkommen ist lediglich begrenzt durch einen Mangel an Nährstoffen, die Anwesenheit von Hemmsubstanzen oder konkurrierenden Arten sowie durch ungeeignete physikalische Bedingungen. Die Schimmelpilze finden vor allem in den meisten Böden auf verwesenden tierischen und pflanzlichen Substraten, in Archiven und Bibliotheken auf Papier und Pergament geeignete Nährböden und gute Lebensbedingungen.

Lebensbedingungen der Schimmelpilze:

Die weite Verbreitung der Schimmelpilze beruht auf ihrer ausgesprochenen anspruchslosigkeit. Viele Vertreter dieser Pilzgruppe wachsen auf unterschiedlich zusammengesetzten Substraten und gedeihen auch noch in einem weiten Temperaturbereich. Neben dem Nährsubstrat und der Temperatur bestimmen auch der pH-Wert des Substrates, sein Gehalt an freiem Wasser (Wasseraktivität, a_w -Wert) sowie Licht und die Zusammensetzung der umgebenden Atmosphäre die Ausbreitung der Schimmelpilze. Alle diese Faktoren wirken jedoch nicht isoliert, sondern verstärken sich oder schwächen sich gegenseitig ab. Es wurde z.B. beobachtet, daß das Mycelwachstum einerseits und Sporulation sowie bestimmte Stoffwechsellösungen (wie etwa die Bildung von Mykotoxinen) andererseits die unterschiedlichsten Anforderungen an die Umwelt stellen.

Vermehrungsphasen:

Gelangen Schimmelpilze nun auf ein Medium, dessen Zusammensetzung das Wachstum begünstigt, dann vermehren sie sich nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit, wobei sechs Phasen aufeinanderfolgen:

- *Anlaufphase (lag-Phase)*: die Zellen vergrößern sich, ihr Stoffwechsel wird aktiviert, die Anzahl der Zellen bleibt im wesentlichen noch konstant. Die Dauer der lag-Phase ist von der Zusammensetzung des Nährmediums abhängig.
- *Beschleunigungsphase*: die Vermehrungs- und Wachstumsraten nehmen ständig zu.
- *Exponentielle Wachstumsphase (log-Phase)*: die Vermehrungsgeschwindigkeit nimmt konstant zu und erreicht hier das Maximum.
- *Verzögerungsphase*: die Vermehrungsrate sinkt wegen ungünstiger Umweltbedingungen (Mangel an Nährstoffen, Ansammlung giftiger Stoffwechselprodukte u. a.).

- *Stationäre Phase*: die Keimzahl bleibt konstant, da zwischen der Neubildung und dem Absterben der Zellen ein Gleichgewicht herrscht.
- *Absterbephase*: durch Nährstoffmangel oder Anhäufung toxischer Stoffwechselprodukte sterben je Zeiteinheit mehr Zellen ab als neue gebildet werden.

Physikalische Faktoren:

1. Temperatur:

Schimmelpilze treffen während ihres Wachstums im Boden, auf Lebensmitteln oder wie in unserem Fall auf Papier, also Zellulose, oft schwankende Temperaturen an. Sie können sich jedoch nur dann durchsetzen, wenn sie in einem weiten Temperaturbereich wachsen können. Diese Eigenschaft bezeichnet man als Mesophilie. Für das Mycelwachstum liegt die Minimaltemperatur hier meist um 0° C, die Optimaltemperatur bei 25 bis 35° C und die Maximaltemperatur zwischen 30 und 40° C.

Wichtig für den Schimmelbefall auf Archivalien ist die Tatsache, daß Vertreter der Gattung *Penicillium* niedrigere Temperaturen (etwa 20–25° C) bevorzugen als *Aspergillus*-Arten (25–37° C).

Für die Praxis bei der Bekämpfung von Schimmelbefall ist die Tatsache bedeutsam, daß die Schimmelpilze zwar ihr Wachstum bei Unterschreiten der Minimaltemperatur und bei Überschreiten der Maximaltemperatur einstellen, ihre Dauerorgane (geschlechtliche oder ungeschlechtliche Sporen und Sklerotien) jedoch in inaktivem Zustand die Extremtemperaturen überdauern und jahrelang auf für sie optimale Bedingungen warten.

Die Kardinalwerte der am häufigsten auf Archivalien vorkommenden Schimmelpilze sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Pilz	Minimum (° C)	Optimum (° C)	Maximum (° C)
<i>Alternaria alternata</i>	–2 bis 5	20–25	31–32
<i>Absidia</i>		35–37	45
<i>Aspergillus niger</i>	6–8	35–37	45–47
<i>Aspergillus versicolor</i>	4–5	25–30	38–40
<i>Cladosporium herbarum</i>	–7 bis –5	24–25	30–32
<i>Fusarium</i>	–3	25	31
<i>Mucor</i>	5	25	30
<i>Penicillium digitatum</i>	–3	20–25	32–35
<i>Rhizopus stolonifer</i>	10	25–26	35–37
<i>Trichothecium roseum</i>	15	25	35

2. Wassergehalt des Substrates:

In älteren Publikationen wird als Maß für die Substratfeuchtigkeit der prozentuelle Wassergehalt des Substrates angegeben. Dieser Wert ist jedoch nicht relevant, da für die Schimmelpilze nie der gesamte Wasseranteil des Nährmediums zur Verfügung steht, sondern nur der Teil des Gesamtwassergehaltes, der nicht von löslichen Substanzen (Salze, Kohlehydrate, Eiweißstoffe) gebunden ist.

Daher ist diese Wasseraktivität (a_w -Wert) von der chemischen Zusammensetzung, der Temperatur und dem pH-Wert des Substrates abhängig.

Der Zusammenhang zwischen a_w -Wert und der relativen Luftfeuchtigkeit (R. H.) wird nach *Scott* (1957) mit folgender Gleichung ausgedrückt:

$$\text{R. H. (\%)} = a_w \times 100$$

In ihren Ansprüchen an die Wasseraktivität liegen die Schimmelpilze zwischen den Bakterien und Hefen. Während die meisten Bakterien einen a_w -Wert von 0,95 benötigen, haben die Schimmelpilze ihr a_w -Minimum um 0,62–0,85 und ihr Optimum bei 0,92–0,99.

Von *Wiesner* und *Casolari* 1983 durchgeführte mathematische Berechnungen zeigten, daß ein Pilzwachstum bei einer Wasseraktivität von 0,61 und darunter sehr unwahrscheinlich ist.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß für das Wachstum und für einzelne Stoffwechselleistungen unterschiedliche a_w -Werte erforderlich sind. Bei mykotoxin-bildenden Schimmelpilzen benötigt der Pilz zur Toxinbildung in der Regel einen höheren Minimum- a_w -Wert als beim Mycelwachstum.

a) Einfluß der Wasseraktivität auf die Sporenkeimung:

Die Sporenkeimung ist die Lebensäußerung eines Schimmelpilzes, die noch bei den ungünstigsten Außenbedingungen abläuft. So keimen z.B. die Konidien der *Aspergillus*-Gruppe noch bei einer Wasseraktivität von 0,7; allerdings nur dann, wenn die Temperatur optimal ist, oder anders ausgedrückt: bei der Optimaltemperatur ist der a_w -Bereich, der ein Auskeimen der Konidien erlaubt, am größten. Sinkt oder steigt die Temperatur, sind höhere a_w -Werte erforderlich.

Auch der Zeitpunkt der Sporenkeimung ist von der Wasseraktivität und der Temperatur abhängig. Bei hohem a_w -Wert keimen die Konidien des *Aspergillus* stets rasch aus, wobei die Temperatur zusätzlich fördernd wirkt. Allgemein kann festgestellt werden, daß die Keimungsrate der Schimmelpilzsporen bei jeder Temperatur sinkt, wenn die Wasseraktivität abnimmt.

b) Einfluß der Wasseraktivität auf das Mycelwachstum:

Grundsätzlich ist bei Bedingungen, die die Sporenkeimung verzögern, auch nur mit einem sehr schwachen Mycelwachstum zu rechnen. Liegt die Wasseraktivität des Substrates (des Papieres) in der Nähe des Minimum- a_w -Wertes für das Wachstum, dann keimen zwar die Konidien aus, bilden jedoch nur extrem verkürzte Keimhyphen, die zudem oftmals deformiert sind. Sehr wichtig für die Praxis der Pilzbekämpfung ist die Tatsache, daß viele Schimmelpilze bei höheren Temperaturen zu wachsen vermögen, wenn das Archivale einen niedrigen a_w -Wert besitzt.

c) Einfluß der Wasseraktivität auf die Sporenbildung:

Die Bildung von Konidien und Sporangiosporen erfordert in der Regel einen höheren Minimum- a_w -Wert als das Mycelwachstum und als die Sporenkeimung. Es findet die Entwicklung der geschlechtlichen Ascosporen bei höherer Papierfeuchtigkeit statt als die Bildung ungeschlechtlicher Sporen.

3. pH-Wert des Archivals:

Der optimale pH-Wert für Schimmelpilze liegt bei 4,5 bis 6,5, also im leicht sauren Milieu. Die in der Regel durch verschiedene Faktoren stets übersäuerten Archivalien fördern somit durch ihren niedrigen pH-Wert die Ansiedlung der Schimmelpilze. Maximalwerte liegen meist bei pH 8, während einige Pilze noch bei pH 2 und darunter wachsen. Allerdings ist zu beachten, daß viele Schimmelpilze durch Ausscheidung von Stoffwechselprodukten den pH-Wert verändern können.

Die verschiedenen Stoffwechselfunktionen sind oft an unterschiedliche pH-Optima gebunden. So ist das Wachstum vieler Schimmelpilze in einem weiten pH-Bereich möglich, während die Produktion von Mykotoxinen stark pH-abhängig ist. Die Mykotoxinproduktion hat ein anderes pH-Optimum als das Hyphenwachstum (z.B. *Aspergillus versicolor*: pH-Optima für Wachstum: 5,0; für die Bildung des Toxins Sterigmatocystin: 8,0).

Die Abhängigkeit der Lebenstätigkeit von Schimmelpilzen vom pH-Wert des Mediums ist in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Pilz	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Alternaria</i>	2,7	5,4	8,0
<i>Aspergillus niger</i>	1,5	7,2	9,8
<i>Aspergillus flavus</i>	2,5	7,5	10,5
<i>Cladosporium herbarum</i>	3,1		7,7
<i>Fusarium</i>	2,0		9,0
<i>Penicillium</i>	2,0		10,0
<i>Rhizopus stolonifer</i>	2,5		6,8

4. Licht:

Das Wachstum der Schimmelpilze wird im allgemeinen durch die Art und Intensität der Beleuchtung nicht beeinflusst. Bei einigen Vertretern der Aspergillus- und Alternariaarten, die sehr häufig auf Archivalien vorkommen, ist jedoch zu beobachten, daß die Bildung von Konidien durch Licht angeregt wird. Wechselnde Hell- und Dunkelphasen führen bei manchen Schimmelpilzen zur Ausbildung charakteristischer Zonierungen. Diese beruhen darauf, daß in periodisch wiederkehrenden Abständen Sporen produziert werden. Dies ist besonders eindrucksvoll bei unseren Petrischalenversuchen zu beobachten, wo zeitweise regelrechte Hexenringe durch den Licht-Dunkel-Wechsel sichtbar sind.

5. Zusammensetzung der Atmosphäre:

An den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre stellen die Schimmelpilze in der Regel nur geringe Ansprüche. So können die Sporen einiger Mucor-Arten und von Rhizopus stolonifer in reinem Stickstoff bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff auskeimen, während etwa die Konidien von Alternaria- und Cladosporienarten zur Bildung von Keimhyphen einen Sauerstoffgehalt von 0,25% benötigen.

Ein steigender Kohlendioxydgehalt hemmt die Wachstumsgeschwindigkeit vieler Schimmelpilze, die dann ihren Stoffwechsel auf Gärung umstellen und ein hefeartiges Aussehen annehmen.

Papierzerstörung durch Schimmelpilze:

Ebenso wie z.B. auf Lebensmitteln müssen Schimmelpilze auch auf Papier mit anderen Mikroorganismen konkurrieren. Diese sind Hefen und Bakterien. Dabei sind zwei Faktoren maßgeblich dafür verantwortlich, daß sich Schimmelpilze durchsetzen können: zum einen die Fähigkeit, noch bei geringer Luftfeuchtigkeit zu wachsen (sinkt diese unter das Wachstumsminimum, dann können meist noch Sporen oder Konidien gebildet werden), zum anderen die Möglichkeit, mit den feinen Hyphenzellen in die Papiersubstanz einzudringen. Fehlen dort wichtige Nährstoffe, dann können diese durch das Röhrensystem des Pilzmycels von anderen Orten her (aus der Umgebung oder aus älteren Mycelteilen) bis in die eingedrungenen Hyphenspitzen transportiert werden.

a) Chemische Veränderungen:

Der Pilz nutzt Papier, also Zellulose, als Nährsubstrat, dies führt zum Abbau von Zellulose (über Cellobiose zu Glucose) und von Hemizellulosen (zu Pentosen, Hexosen und Säuren). Der biologische Zelluloseabbau erfolgt unter Mitwirkung einer Reihe von Enzymen: eine Endoglucanase greift die Zellulose an nichtkristallinen Bereichen an und schafft neue Kettenenden, an denen die Exoglucanase Cellobiose-Einheiten abspaltet. Diese werden

dann durch Glucosidasen zu Glucose (Traubenzucker) hydrolysiert (abgebaut).

b) Physikalische Veränderungen:

Hier beruht der Schaden auf der Anwesenheit des Pilzmycels selbst.

So können Schimmelpilze in Büchern ein derart dichtes Mycelgeflecht bilden, daß die einzelnen Seiten wie ein Backstein zusammenhaften und ein Blättern unmöglich ist.

Klassifizierung der Schimmelpilze, die in der Werkstätte von Papier isoliert wurden:

Ascomyceten: Chaetomium globosum, Myxotrichum chartarum u.a.

Zygomyceten: Rhizopus spez., Mucor spez., Absidia u.a.

Deuteromyceten: Alternaria alternata; Aspergillus niger, A. flavus, A. fumigatus, A. glaucus u. a.; Cladosporium herbarum; Fusarium spez.; Penicillium spez.; Trichoderma viride; Rhodotorula spez.; Stemphylium spez. u. v. a.

Morphologische Eigenschaften der wichtigsten auf Archivalien vorkommenden Schimmelpilze:

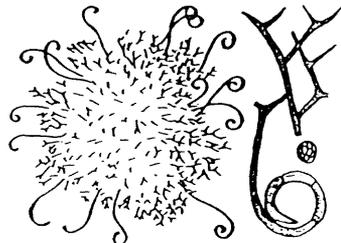
ASCOMYCETEN:

Das Mycel ist durch Zellwände septiert. Die Fortpflanzung und Verbreitung erfolgt vorwiegend durch ungeschlechtliche Konidien. Bei der Bildung der Asci findet die Teilung und die vorausgehende Verschmelzung der geschlechtlich differenzierten Kerne statt.

Myxotrichum chartarum:

Kennzeichen: Wächst graugrün bis schwarzbraun. Die Membran, die den Ascus umgibt, ist ein Netzwerk von dunklen braunen, dickwandigen Hyphen (Pilzfäden). Daraus ragen radiale Seitenhyphen, die ein spiralisches Aussehen haben.

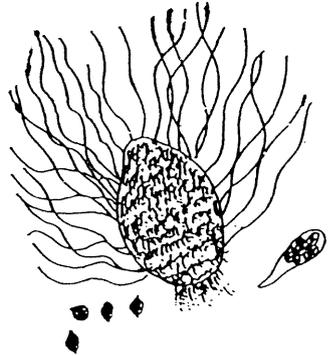
Vorkommen: auf Mist, verrottetem Material, häufig auf Papier.



Chaetomium:

Kennzeichen: Die Asci (Sporen) sind boot- bzw. linsenförmig und enthalten bei bestimmten Arten oft eine Keimpore an jedem Ende. Er besitzt terminale Haare, blaß bis goldbraun, Haare kräuseln sich zu den Enden hin ein.

Vorkommen: weltweit im Boden, ist einer der ärgsten Zelluloseabbauer.



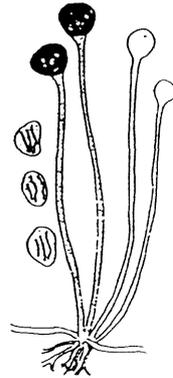
ZYGOMYCETEN (Jochpilze):

Das Mycel ist unseptiert, dies bedeutet, der Pilzthallus besteht aus einer sehr großen, vielfach verzweigten Zelle. Die Fortpflanzung und Verbreitung erfolgt durch ungeschlechtliche Sporangiosporen, seltener durch geschlechtliche Zygosporien. Diese entstehen, wenn zwei sexuell differenzierte Hyphenzweige aufeinander zuwachsen. Von ihren Enden gliedern sich Gametangien ab, die miteinander verschmelzen. Anschließend verschmelzen auch die Kerne.

Rhizopus stolonifer / Gemeiner Brotschimmel:

Kennzeichen: Mycel weit verzweigt und locker, bildet Ausläufer, die wurzelartige Rhizoiden bilden, mit bloßem Auge gut sichtbar, Sporangiosporen kugelig bis oval.

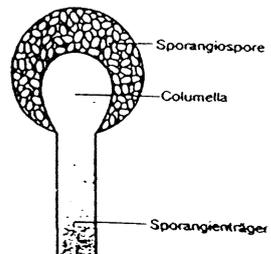
Vorkommen: Fäulniserreger auf Brot, Beeren, Gemüse und Früchten, sehr häufig von Papier isoliert.



Mucor:

Kennzeichen: Sporangiosporen mehr oder weniger verzweigt, stets mit Sporangien am Ende, kugelig oder längliche Sporen, glatt oder schwach ornamentiert.

Vorkommen: Einer der häufigsten Bodenpilze, verbreitet in faulenden Früchten, in Gemüse, auf fermentierten Lebensmitteln und auf Papier.



Absidia:

Kennzeichen: Das Substrat wird mit Lufthyphen überzogen, an den Enden entstehen Rhizoide, Sporangiosporen entstehen meist in Büscheln zwischen Beginn und Spitze der Lufthyphen, Sporangien birnenförmig.

Vorkommen: weltweit im Boden, auf Getreide, Früchten, Obst, Kompost und auf Papier.



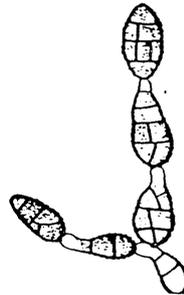
DEUTEROMYCETEN (Fungi imperfecti):

Das Mycel ist durch Querwände septiert. Als Fortpflanzungs- und Verbreitungsorgane sind nur Konidien bekannt. Bei dieser Gattung sind die meisten Schimmelpilze anzutreffen.

Alternaria:

Kennzeichen: Kolonie graugrün, Konidiophoren dunkel, unverzweigt und kurz, charakteristische Quer- und Längswände, elliptisch oder eiförmig.

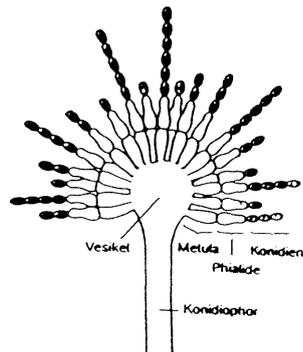
Vorkommen: verbreitete Materialzerstörer und Lebensmittelverderber, häufig auf Papier anzutreffen.



Aspergillus:

Kennzeichen: Konidiophoren entstehen im Mycel von einer vergrößerten Fußzelle aus und enden in einem Bläschen (Vesikel), auf dem meist nach allen Seiten entweder direkt die konidienbildenden Phialiden oder zunächst die Metulae stehen; die in der Masse grün, grau oder schwarz gefärbten Konidien werden von den Phialiden in langen Ketten abgeschnürt.

Vorkommen: vorwiegend auf Lebensmitteln, werden auch zur Gewinnung von organischen Säuren und verschiedenen Enzymen industriell

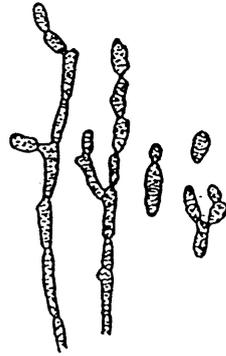


eingesetzt, sehr häufig auf Archivalien anzutreffen, gehören zu den wichtigsten Mykotoxinproduzenten.

Cladosporium:

Kennzeichen: Kolonie dick, samtig, oliv- bis graugrün, Unterseite auffallend blauschwarz bis grünlich schimmernd, Konidiophoren dunkel, in der Mitte und am Ende verzweigt, eiförmig bis zylindrisch.

Vorkommen: verbreiteter Lebensmittelverderber, starker Zellulosezerstörer, auf vielen organischen Materialien anzutreffen.



Fusarium:

Kennzeichen: Mycel oft hellgelb bis rosa gefärbt, Konidiophoren einfach, kurz, unregelmäßig verzweigt, oder büschelförmige Phialiden, Konidien einzellig, eiförmig, einzeln oder in Ketten gebildet.

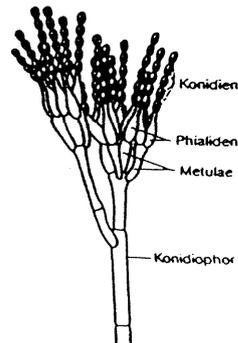
Vorkommen: Besiedler von Futter- und Lebensmitteln, Pflanzenparasit, Mykotoxinproduzent, selteneres Vorkommen auf Papier.



Penicillium:

Kennzeichen: Konidiophoren enden in einem Büschel von verzweigten Ästen, an deren Enden die konidienbildenden Phialiden sitzen. Die grün gefärbten Konidien werden in langen Ketten gebildet.

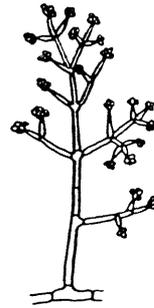
Vorkommen: Infolge ihrer geringen Temperaturansprüche sind diese Arten bevorzugt in gemäßigten Regionen der Erde anzutreffen. Sind verhältnismäßig starke Mykotoxinproduzenten und auf Papier häufig vorzufinden, größte Bedeutung als Antibiotikaproduzenten.



Trichoderma:

Kennzeichen: Konidiophoren stark verzweigt, flaschenförmige Phialiden einzeln oder in Gruppen, Konidien hellgrün, einzellig, in kleinen terminalen Schleimklumpen vereint.

Vorkommen: häufig im Erdboden, auf zerfallendem Holz und auf Papier.



Zusammenfassung:

Auf die Problematik der Desinfektion und Restaurierung schimmelpilzbefallener Archivalien hier einzugehen wäre nicht zielführend, da es den Rahmen dieses Beitrages bei weitem sprengen würde.

Primär ist es von größter Bedeutung, auf die optimale Lagerung des Archivgutes zu achten, denn es hat nur wenig Sinn, Archivalien unter großen Kosten und Aufwand zu restaurieren, um sie anschließend in Depoträume zurückzustellen, die grundsätzlich nicht für die Lagerung von Archivalien geeignet sind. Denn es erübrigt sich jede Restaurierung und Konservierung, wenn nicht die Normen für eine optimale Unterbringung gewährleistet werden können.

Archivalien müssen kühl und trocken bei gleichbleibendem Raumklima untergebracht werden. Die konstante Regeltemperatur von 16 bis 18° C bei maximal 50% relativer Luftfeuchtigkeit ist bei unseren mitteleuropäischen Klimabedingungen (in Graz z.B. Inversionswetter und Talkesselage) meist nur durch den Einsatz von lufttechnischen Anlagen aufrechtzuerhalten.

Alle Maßnahmen zur Erhaltung und Sicherung gefährdeter Archivbestände sind ebenso wie die Vorbeugung gegen Schäden meist mit großem Aufwand verbunden.

Dieser Aufwand sowie konservierende und restaurierende Maßnahmen sind unabdingbar, wenn wir der Zerstörung unseres Kulturgutes durch Schimmelpilze Einhalt gebieten wollen.

Literatur:

- Müller E., Löffler W.: (1982) Mykologie. Thieme, Stuttgart
Schlegel H.: (1976) Allgemeine Mikrobiologie. Thieme, Stuttgart
Wartenberg A.: (1972) Systematik der niederen Pflanzen. dtv-Verlag, München
Delitsch H.: (1943) Systematik der Schimmelpilze. Lemke A. (Hrsg.): Ergebnisse der theoretischen und angewandten Mikrobiologie, Bd. 1. Neumann, Neudamm
Rheiß J.: (1986) Schimmelpilze. Lebensweise – Nutzen – Schaden – Bekämpfung. Berlin, Heidelberg, Springer
Ellis M.: (1985) Microfungi on Miscellaneous Substrates. An Identification Handbook, London, Sydney, Timber Press

Abbildungen aus: Ellis M.: (1985) Microfungi on Miscellaneous Substrates. An Identification Handbook, London, Sydney, Timber Press