

dabei die Tatsache, dass Schimmelpilzsporen in der Regel gefärbt sind. Diese Pigmentierung, die z. B. durch Melanine hervorgerufen werden kann, ist ein UV-Schutz, ohne den die Sporen durch den UV-Anteil des Sonnenlichts abgetötet würden. Die Sporenkonzentration unterliegt bestimmten Rhythmen, die abhängig von Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind. So sind die Gesamtsporenkonzentrationen im Winter gering, während sie im Sommer relativ hoch sind. Dabei können insbesondere Luftturbulenzen zu einer Verbreitung der Pilzsporen über hunderte von Kilometern führen.

Die Sporenkonzentration in der Innenluft von geschlossenen Räumen ist dann deutlich von der Außenluft verschieden, wenn eine hermetische Abriegelung der Innenräume erfolgt. Ein bekanntes Phänomen ist die erhöhte Sporenkonzentration im Winter, wenn durch Heizung und geringe Lüftung eine Anhäufung von xerophilen (*xeros*, griech. = trocken, Kap. 3.1.3) Schimmelpilzen zu beobachten ist. Diese Schimmelpilze bilden dann auch einen großen Anteil der so genannten intramuralen (*intramuros*, lat. = zwischen den Mauern) Schimmelpilzflora. Neben der quantitativen Häufigkeit von Schimmelpilzen ist auch ihr Artenreichtum in Innenräumen besonders dann hoch, wenn diese durch Stäube belastet sind (Kap. 2.2.1).

2.2.3 Wasser

Auch im Wasser können Schimmelpilzsporen nachgewiesen werden. Allerdings ist nicht klar, inwieweit diese Sporen durch Luftübertragung in das Wasser eingeführt wurden. Da die Sporen der Schimmelpilze in der Regel unbegeißelt sind, deutet dies auf eine Luftverbreitung der Sporen hin und weniger auf eine Beweglichkeit im Wasser. Eine Ausnahme bilden die begeißelten Sporen wasserlebender Oomyceten (Kap. 2.1.2).

2.3 Charakteristische Schimmelpilze

Nach der allgemeinen Morphologie, Systematik, Phylogenie und Lebensweise der Schimmelpilze werden in diesem Kapitel charakteristische Gattungen behandelt. Bei der Auswahl haben wir uns davon leiten lassen, wie häufig Vertreter dieser Gattung in der Umwelt auftreten. Innerhalb der Gattungen wiederum wurden einzelne Vertreter besonders herausgegriffen, weil sie z. B. in der Anwendung eine besondere Bedeutung besitzen, sei es als Mykotoxinbildner, Pflanzenschädling oder Produzent in der Biotechnologie.

2.3.1 *Mucor*

Die Mucoraceen stellen innerhalb der Zygomyceten (Jochpilze) die wohl bekannteste Familie mit 18 Gattungen dar. Die Gattung *Mucor* wiederum kann generell als phylogenetisch einfache und primitive Gruppe angesehen werden, die durch ein sehr rasches Wachstum mit ca. 2–3 cm pro Tag bei 20 °C gekennzeichnet ist. Die taxonomische Klassifizierung ist schwierig; derzeit wird von 49 Arten ausgegangen. *Mucor*-Arten können generell auf organischem Material gefunden werden, bevorzugt auf Dung, daher gelten alle Mucoraceen als koprophil („dungliebend“). Die ursprünglich weißen oder gelben Kolonien nehmen nach wenigen Tagen aufgrund der intensiven Sporenbildung eine Schwarz- bis Graufärbung an. Neben der vegetativen Vermehrung kann bei einigen Arten auch eine sexuelle Vermehrung durch Zygosporien beobachtet werden. Die Mucoraceen besitzen vielsporige Sporangien und können dadurch von vielen anderen Gattungen innerhalb der Zygomyceten unterschieden werden (Abb. 2.5). Schimmelpilze finden sich unter anderem in den folgenden Gattungen der Zygomyceten: *Absidia*, *Apo-physomyces*, *Mortierella*, *Rhizomucor* und *Rhizopus*. Sie unterscheiden sich von den *Mucor*-Arten unter anderem durch ihr Temperaturwachstumsoptimum, das deutlich über 37 °C liegt, während *Mucor*-Arten ein Temperaturoptimum unter 37 °C besitzen. Vertreter der Gattung *Mucor* werden auch als so genannte „Köpfchenschimmel“ bezeichnet. Als Leitart soll hier *Mucor mucedo* beschrieben werden.

Mucor mucedo

Diese Art zeichnet sich durch eine weltweite Verbreitung aus und kann von anderen Vertretern der Gattung *Mucor* nur sehr schwer morphologisch unterschieden werden.

Vorkommen Ein sehr häufiger Fundort ist der Dung von Pflanzenfressern, seltener wird die Art in Bodenproben gefunden. Häufig besiedelt der Schimmelpilz pflanzliche Abfallstoffe und kann aufgrund seiner Enzymausstattung auch Holz zersetzen.

Morphologie Die Kolonien erreichen auf Vollmedium bei einer Temperatur von ca. 20 °C eine Höhe von 25–50 mm. *Mucor mucedo* wächst bei einer Temperatur zwischen 5 °C und 25 °C, das Optimum liegt bei 22 °C. Ein

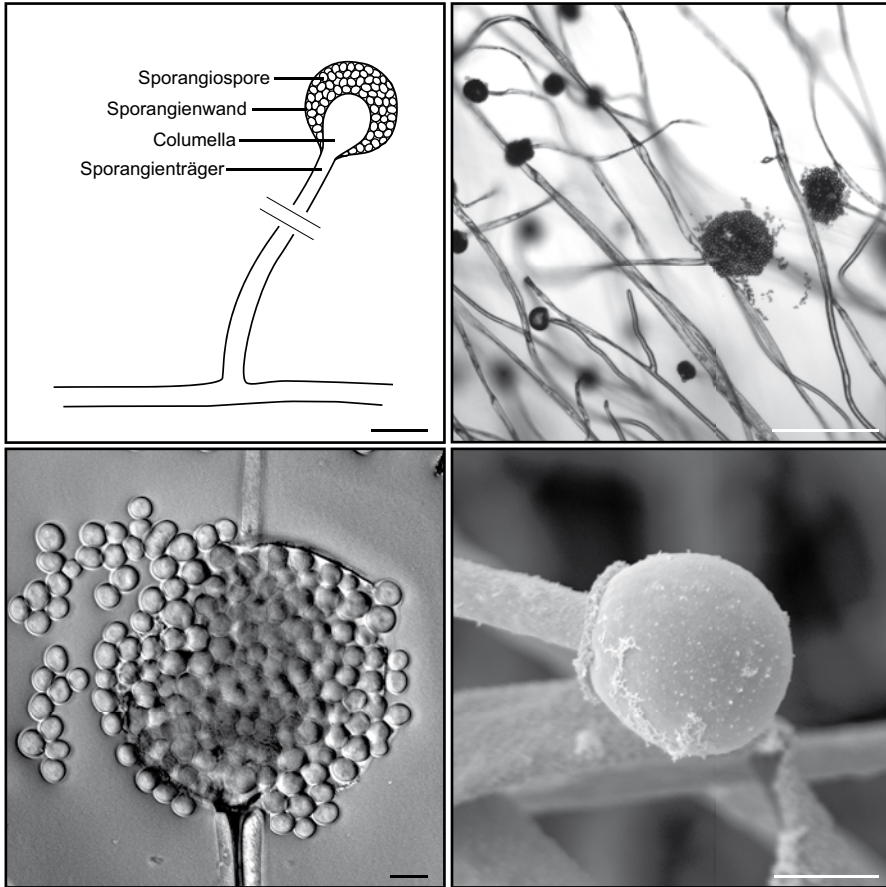


Abb. 2.5 Habitus der Sporangienträger von *Mucor spec.* Oben sind eine schematische Zeichnung (links) sowie ein Übersichtsfoto der Sporangioophoren (rechts) zu sehen. Das Bild links unten zeigt ein reifes Sporangium mit austretenden Sporen, rechts unten ist ein entleertes Sporangium zu erkennen, bei dem nur noch die Columella und ein ringförmiger Rest der Sporangienwand am Ende des Sporangienträgers zu sehen sind. Der Maßstab beträgt bei den oberen beiden Bildern 150 µm und bei den unteren Bildern 10 µm

Wachstum oberhalb von 30 °C kann nicht beobachtet werden. Das Myzel besitzt oft einen aromatischen Geruch. Neben der asexuellen Fortpflanzung durch Mitosporen weist *Mucor mucedo* auch eine sexuelle Fortpflanzung auf. Dabei können zwei sogenannte Kreuzungstypen unterschieden werden (vgl. Kap. 4.2.1), deren gegenseitige Erkennung durch ein komplexes System von Isoprenoid-Derivaten gesteuert wird.

Physiologie Die Sporangienträger werden von Hyphen getragen, die bis zu 40 µm breit sein können und in einer typischen Columella enden. Diese stellt eine Verdickung der Hyphe dar und ist bis zu 100 µm groß. Von der Columella schnürt sich die eigentliche Bildungsstätte der Sporen, das Sporangium ab (Abb. 2.5). Die Sporangien selbst erreichen einen Durchmesser von ca. 250 µm und zeigen nach Ausreifung der Sporen eine braune bis schwarze Pigmentierung. Die Bildung der Sporangienträger wird durch blaues oder weißes Licht stimuliert. Die Bildung von Mykotoxinen ist bisher nicht beschrieben.

Allgemeine Angaben Wie viele andere *Mucor*-Arten ist *Mucor mucedo* für allergische Reaktionen beim Menschen verantwortlich. Der Schimmelpilz trägt wesentlich zum sogenannten „Hausstaub“ durch die ganzjährige Verbreitung der Sporen bei (Kap. 6.4.2).

2.3.2 *Aspergillus*

Die Gattung *Aspergillus* wird systematisch den Ascomyceten zugeordnet und umgangssprachlich auch als Gießkannenschimmel bezeichnet. Zu dieser Gattung gehört mit ca. 260 Arten eine Vielzahl von Schimmelpilzen. Sie ist wie folgt charakterisiert: Am undifferenzierten Myzel bilden sich aufrecht stehende Konidiophoren, die terminal in einer vesikelartigen Anschwellung enden. Die Vesikel sind entweder durch eine Schicht von Phialiden¹ (auch Sterigmata genannt) bedeckt oder aber von einer Schicht von Metulae, die wiederum Bündel von Phialiden tragen (Abb. 2.6). Die Bildung von Metulae und Phialiden erfolgt synchron; letztere schnüren Ketten von Konidien ab, die nach völliger Reife abgeworfen werden. Wie bei Schimmelpilzen häufig, bilden alle Arten auf Festmedien nach völliger Ausdifferenzierung der Konidien typische, ornamentartige Strukturen (Kap. 3.1).

Viele Vertreter der Gattung können sich nur asexuell fortpflanzen. Allerdings existieren verschiedene Gattungen, die als Teleomorphe der anamorphen Gattung *Aspergillus* angesehen werden (Infobox 2.2). Hierzu zählen z. B. die Gattungen *Emericella*, *Eurotium*, *Fennellia* und *Neosartorya*. Neben dem unten näher beschriebenen *Aspergillus niger* sind verschiedenste *Aspergillus*-Arten erwähnenswert. Hierzu zählt z. B. *Aspergillus nidulans*,

¹ **Phialiden** sind die Endzellen der Sporangiphoren, von denen die Konidien abgeschnürt werden.

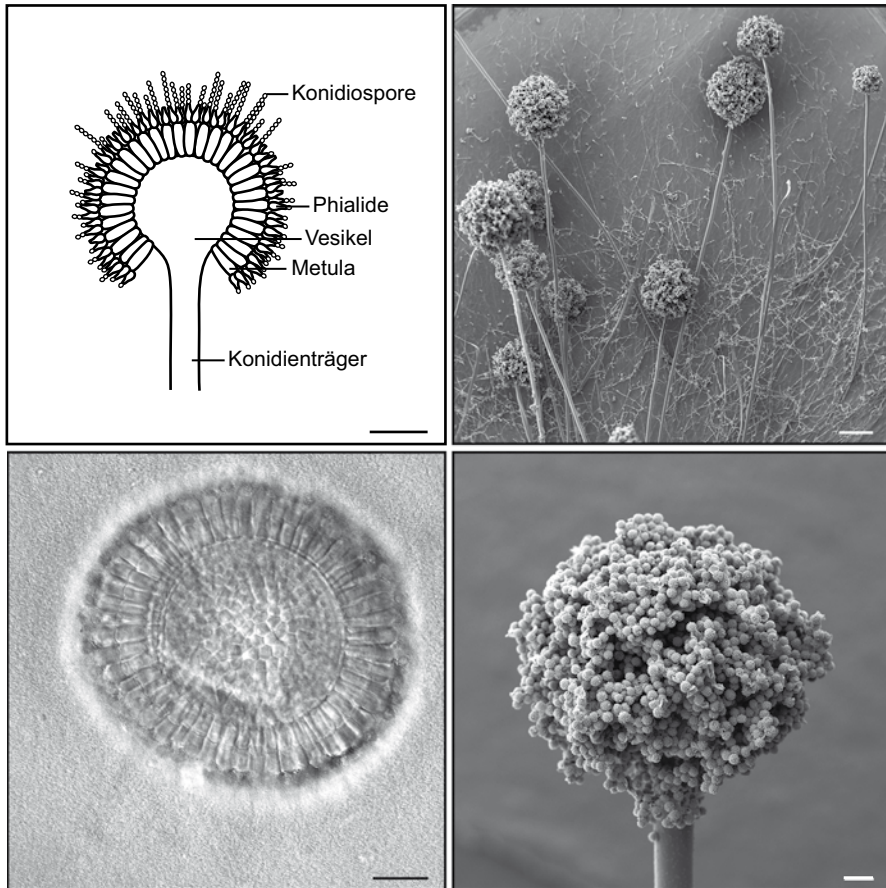


Abb. 2.6 Habitus der Sporangienträger von *Aspergillus niger*. Oben sind eine schematische Zeichnung eines Konidienträgers (*links*) sowie ein rasterelektronenmikroskopisches Übersichtsbild von reifen Sporangienträgern (*rechts*) zu sehen. Unten sind ein junger (*links*) bzw. reifer (*rechts*) Konidienträger im Detail dargestellt. Der Maßstab beträgt 200 µm bei dem Bild *oben rechts*, sonst 20 µm

der als Modellorganismus der Grundlagenforschung gilt und sowohl einen sexuellen als auch einen asexuellen Lebenszyklus besitzt. Als Mykotoxinbildner, der auf verdorbenen Nahrungsmitteln gefunden werden kann, ist *Aspergillus flavus* bemerkenswert (Kap. 6.3). Dieser Pilz ist, wenn auch viel seltener als *Aspergillus fumigatus*, Verursacher der pulmonalen Aspergillose beim Menschen (Kap. 6.1). In Asien wird bei der Nahrungsfermentation häufig *Aspergillus oryzae* eingesetzt, der auch als *Koji-Mould* bezeichnet wird (Kap. 5.2). *Aspergillus terreus* bzw. *Aspergillus sydowii* sind als

Infobox 2.2

Teleomorphe und Anamorphe

Als **Teleomorphe** werden solche Arten bezeichnet, die sich sexuell vermehren können und dabei morphologisch erkennbare Strukturen (typischerweise Fruchtkörper) ausbilden. Dem gegenüber stehen **Anamorphe**, die ausschließlich asexuelle Fortpflanzungszellen ausbilden (Kap. 2.1.1). Typischerweise sind die meisten Schimmelpilze als Anamorphe zu bezeichnen, bei einigen Arten wurden aber nachträglich sexuelle Formen entdeckt, die dann oft unter anderem Namen bekannt sind. Beispiele hierfür sind in den folgenden Gattungen zu finden: *Eupenicillium* (Teleomorph) und *Penicillium* (Anamorph) oder *Emericella* (Teleomorph) und *Aspergillus* (Anamorph).

pharmazeutisch wichtige Produzenten von Statinen bzw. von Mulundocan-dinen erwähnenswert (Kap. 5.1).

Aspergillus niger

Als Leitart der Gattung *Aspergillus* wird im Folgenden *Aspergillus niger* vorgestellt. Diese Art kann als eine der häufigsten innerhalb der Gattung angesehen werden und kommt ubiquitär vor. Isolate können von allen nur erdenklichen Substraten gewonnen werden. Biotechnologisch werden ausgewählte Stämme für die Produktion verschiedener organischer Säuren und kommerzieller Enzyme genutzt (Kap. 5.1). Überragend ist dabei die Rolle als Produzent von mehr als 90% der kommerziell genutzten Zitronensäure (Kap. 5.1.1). *Aspergillus niger* kann auch für menschliche Infektionen verantwortlich sein, so zum Beispiel für die invasive pulmonale Aspergillose oder auch für das AFS-Syndrom (pilzbedingte allergische Nasennebenhöhlenentzündung – *allergic fungal sinusitis*, Kap. 6.1)

In der Literatur werden oft verschiedene *Aspergillus*-Arten unter der Formgattung „*Aspergillus niger*“ zusammengefasst, die jedoch morphologisch nicht oder nur für den sehr erfahrenen Taxonomen voneinander zu unterscheiden sind. Lediglich molekulargenetische Verfahren erlauben eine zweifelsfreie Differenzierung.

Vorkommen *Aspergillus niger* kommt ubiquitär vor und konnte auf allen Kontinenten in sämtlichen Klimazonen identifiziert werden. Dies schließt aride Standorte (Wüsten, Steppen) ebenso wie Nadelholzwälder ein. Die Variabilität des Standortes wird auch dadurch gekennzeichnet, dass *Aspergillus niger* sowohl in Sanddünen, Salzmarschen und Mangrovenschlamm

als auch in marinen Habitaten bis zu einer Bodentiefe von 45 cm gefunden wurde. Extreme Fundorte stellen auch Schwermetall-belastete Abwässer dar. Andere Fundorte sind ebenfalls bedeutend: *Aspergillus niger* findet sich auf Pflanzenteilen, z. B. auf Samen, oder auch im Lungengewebe infizierter Patienten (Kap. 6.1). Die Mehrzahl der *Aspergillus niger*-Isolate kann allerdings, im Gegensatz zu anderen *Aspergillus*-Arten, eher in gemäßigten als in tropischen Klimazonen gefunden werden.

Morphologie Bei 24–26 °C bildet *Aspergillus niger* auf Festmedien nach wenigen Tagen Kolonien mit einem Durchmesser von ca. 2,5–5,0 cm. Innerhalb von 2–3 Tagen entstehen am Myzel Fußzellen, aus denen Konidienträger mit einer Höhe von 1,5–3 mm hervorgehen. An den Konidiophoren entstehen Metulae und Phialiden, welche ihrerseits Ketten von Konidiosporen abschnüren (Abb. 2.6). Die schwarzen Konidien besitzen einen Durchmesser von ca. 4–5 µm. Invers korreliert zur Konidienbildung kann es auch zur Sklerotienbildung kommen (Kap. 2.1.1), was meist bei Temperaturen über 25 °C geschieht.

Physiologie *Aspergillus niger* besitzt mit 17–42 °C ein breites Wachstumsoptimum. Als Minima und Maxima wurden folgende Werte bestimmt: 11 °C bzw. 47–48 °C. Die Konidienbildung kann z. B. durch 3-Phosphoglycerat, Pyruvat oder andere Intermediate des Citrat-Zyklus (Kap. 3.2.2) stimuliert werden. Ebenso wirkt Glutamat stimulierend auf die Differenzierung, dagegen zeigen hohe Konzentrationen von Ammonium oder auch Thioharnstoff einen hemmenden Einfluss auf die Konidienbildung.

Seit ca. 100 Jahren wird dieser Pilz zur Zitronensäurefermentation genutzt (Kap. 5.1.1). Leistungsstämme sind heute in der Lage, mehr als 200 g/Liter zu bilden. Eine weitere biotechnologisch bedeutende Anwendung stellt die Produktion von Glucoamylase dar, eines Enzyms, das vom Pilz sehr effizient ausgeschieden wird (Sekretion, Kap. 3.2). Es werden Ausbeuten von mehr als 10 g/Liter erreicht. Die Glucoamylase wird für die industrielle Umwandlung von Stärke in Glucose genutzt. Der bei diesen Prozessen entstehende Glucose-haltige Sirup dient in der Lebensmittelindustrie als Kohlenstoffquelle für fermentative Prozesse wie z. B. der Ethanolproduktion. Es kann davon ausgegangen werden, dass *Aspergillus niger* in Zukunft als Produzent von heterologen Genprodukten, wie z. B. menschlichen Proteinen, an Bedeutung gewinnt.

Allgemeine Angaben Vor Kurzem wurde die Gesamtgenomsequenz dieses Pilzes ermittelt. Das Genom hat eine Größe von 34 Mb, die auf acht Chro-

mosomen verteilt sind. Ausgehend von diesen Daten kann auf ca. 14.200 proteinkodierende Gene geschlossen werden (Kap. 4.2.1, Tabelle 4.2). Dies beinhaltet auch viele bisher uncharakterisierte Enzyme, die auf neue biotechnologische Anwendungen hoffen lassen.

2.3.3 *Penicillium*

Diese Gattung ist systematisch den Ascomyceten (Schlauchpilzen) zuzuordnen und zeichnet sich durch die Ausbildung von typischen Sporenträgern (Konidiophoren) aus. Zurzeit sind ca. 235 *Penicillium*-Arten beschrieben, die durch ihre Morphologie unterscheidbar sind. In Abb. 2.7 ist ein typischer Sporenträger zu erkennen, der durch die Ausbildung von charakteristischen Verzweigungen (Rami, Metulae und Phialiden) gekennzeichnet ist. Die Struktur der Sporenträger ist auch namensgebend für den umgangssprachlichen Namen Pinselschimmel. Diese Morphologie der Sporenträger kann jedoch abhängig von der Art reduziert sein, so können Rami bzw. Rami und Metulae fehlen. Ein Myzelwuchs ist meist zwischen 5 °C und 37 °C zu beobachten. Generell kommen *Penicillium*-Arten eher in gemäßigteren Klimazonen vor, da sie niedrigere Temperaturen bevorzugen als die eher wärmeliebenden *Aspergillen*, die häufiger in tropischen Klimaregionen oder auf Wärme-erzeugenden Substraten zu finden sind.

Penicillium-Arten vermehren sich in der Regel ausschließlich durch asexuelle Sporen. Vertreter, die sich sexuell fortpflanzen, wurden inzwischen in die Gattungen *Talaromyces* und *Eupenicillium* eingeordnet (Infobox 2.2). In Bodenproben werden *Penicillium*-Arten auch in tieferen Schichten gefunden; dies liegt möglicherweise an der Tatsache, dass viele Arten Antibiotika als Sekundärmetabolite ausscheiden und somit gegenüber Bodenbakterien einen Wuchsvorteil besitzen.

Bekannte Vertreter der Gattung *Penicillium* sind die bei der Käseproduktion genutzten Arten *Penicillium camemberti* und *Penicillium roqueforti* sowie *Penicillium nalgiovense*, der bei der Wurst- und Schinkenherstellung eingesetzt wird (Kap. 5.2). Schließlich sind auch der Antibiotika-Produzent *Penicillium chrysogenum* oder der Statin-Produzent *Penicillium citrinum* erwähnenswert (Kap. 5.1). Als Saprophyten können unterschiedliche Vertreter der Gattung *Penicillium* aus Bodenproben oder von organischen Abfällen isoliert werden.

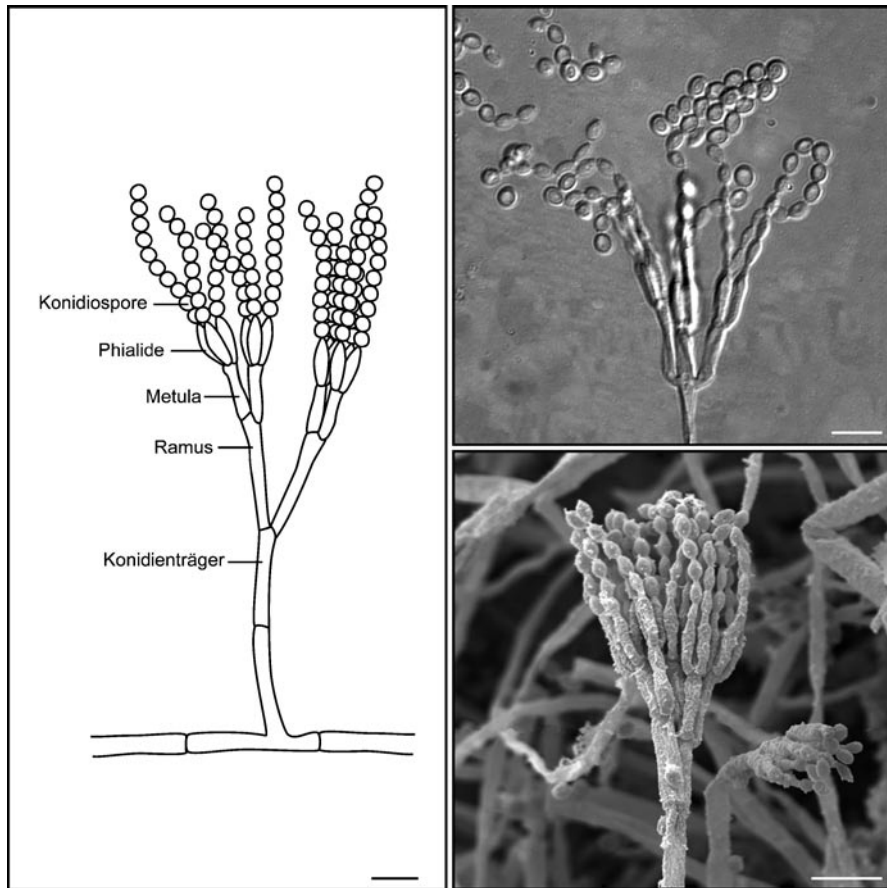


Abb. 2.7 Habitus der Sporangienträger von *Penicillium expansum*. Links ist eine schematische Zeichnung eines Konidienträgers zu sehen. Das Foto *oben rechts* zeigt ein lichtmikroskopisches, das *unten rechts* ein rasterelektronenmikroskopisches Bild eines reifen Konidienträgers. Der Maßstab beträgt 10 μm

Penicillium expansum

Als Leitart der *Penicillien* soll hier *Penicillium expansum* vorgestellt werden. Es handelt sich um eine der am häufigsten isolierten *Penicillium*-Arten mit einer nahezu weltweiten Verbreitung auf verschiedensten verrottenden Substraten sowie aus Erdproben.

Vorkommen *Penicillium expansum* kommt sehr häufig vor, besonders auf Früchten und Beeren. In Obstplantagen oder auch in Weinkulturen kann dieser Schimmelpilz zu großen Ernteaussfällen führen, da er leicht durch Insekten übertragbar ist. Der Pilz ist für die „Grünfäule“ verantwortlich, die z. B. in Weinbergen deutlich von der Grau- oder Edelfäule unterschieden werden kann, die durch *Botrytis cinerea* verursacht wird (Kap. 5.2.6).

Morphologie Bei einer Temperatur von ca. 24°C bildet *Penicillium expansum* auf Festmedien innerhalb von 7–14 Tagen Kolonien mit einem Durchmesser von 4–5 cm. Die Kolonien sind aufgrund der intensiven Konidienbildung hellgrün, können aber auch eine gelb-braune Färbung annehmen. Die Konidienträger weisen eine typische, in Rami, Metulae und Phialiden gegliederte Struktur auf (Abb. 2.7). Sexuelle Fortpflanzungsstrukturen wurden bei diesem Schimmelpilz bisher nicht beobachtet.

Physiologie Die optimale Temperatur zur Konidienkeimung beträgt 23–30°C. Das Temperaturminimum des vegetativen Wachstums liegt bei –3°C. Aufgrund seines Vorkommens auf Früchten ist es nicht überraschend, dass der Pilz Pektine abbauen kann, die Bestandteil der pflanzlichen Zellwand sind. Außerdem kann der Pilz verschiedene Mykotoxine produzieren. Das bekannteste ist das Patulin, welches z. B. in Obst, das von *Penicillium expansum* besiedelt wurde, gefunden wird (Kap. 6.3, Infobox 6.1).

Allgemeine Angaben *Penicillium expansum* ist ein häufiger Schädling der Apfelernte. Deshalb gilt in der EU ein Grenzwert für das Mykotoxin Patulin von 25 µg/kg für Apfelmus und 50 µg/kg für Obstsäfte.

2.3.4 *Fusarium*

Die Vertreter der Gattung *Fusarium* werden systematisch den Ascomyceten zugerechnet. Teleomorphe dieser Arten werden auch unter der Gattung *Gibberella* geführt. Die *Fusarien* kommen häufig auf Pflanzen als Parasiten vor, die entsprechenden Erkrankungen werden auch als Fusariosen bezeichnet. Alle *Fusarium*-Arten sind durch ein schnelles Wachstum charakterisiert, dabei können die Myzelien eine blass oder kräftig braunrote Färbung annehmen. Das Luftmyzel ist stark ausgebildet. Gemeinsam ist allen *Fusarien*, dass sie Konidiosporen ausbilden, die eine charakteristische spindel-

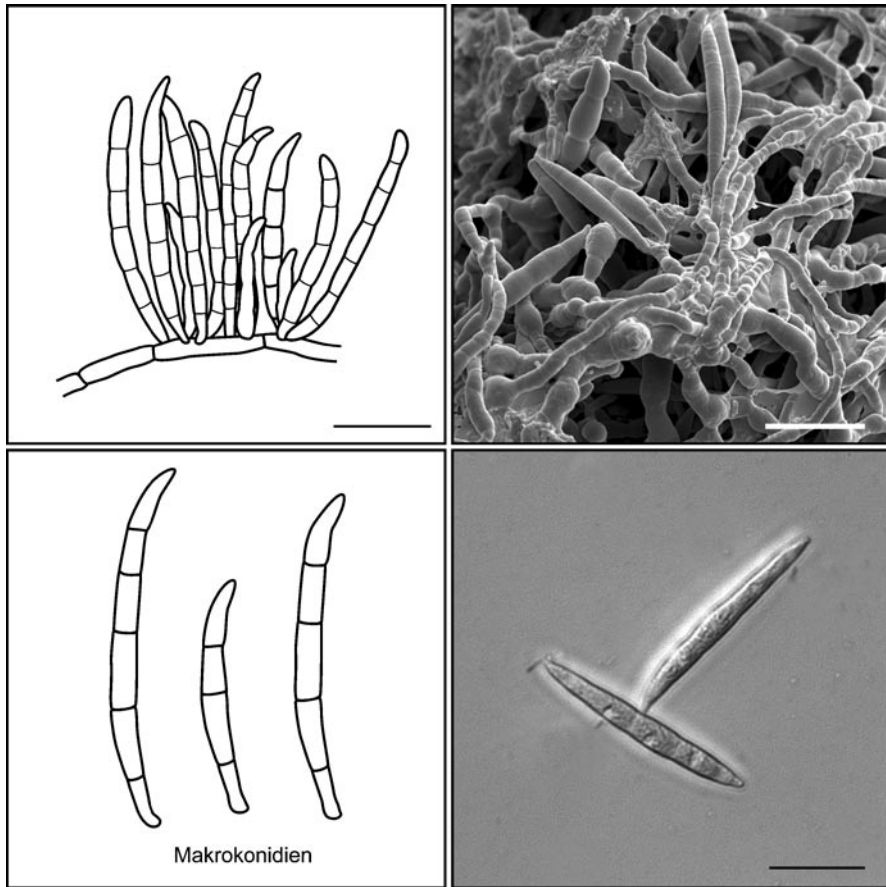


Abb. 2.8 Habitus der Sporangienträger von *Fusarium graminearum*. Oben links ist eine schematische Zeichnung, oben rechts ein rasterelektronenmikroskopisches Bild der Sporen innerhalb des vegetativen Myzels zu sehen. Unten sind einzelne Sporen schematisch (links) bzw. im mikroskopischen Bild (rechts) dargestellt. Der Maßstab beträgt 20 μm

förmige oder sichelförmige Morphologie zeigen (Abb. 2.8). *Fusarien* sind Kosmopoliten und können in der Regel leicht als Bodenzpilz aus Proben isoliert werden. *Fusarium oxysporum* ist insofern bemerkenswert, als dass dieser Pilz gegen Hanf (*Cannabis sativa*) und Coca (*Erythroxylon coca*) als Biowaffe eingesetzt werden sollte. Er wurde unter dem Namen *Agent green* bekannt. Insgesamt sind 142 Spezies beschrieben worden, von denen hier als Leitart *Fusarium graminearum* beschrieben werden soll.

Fusarium graminearum

Fusarium graminearum ist die anamorphe Form des sich sexuell vermehrenden Pilzes *Gibberella zeae*. Letzterer bildet schwarze bis dunkelblaue Perithezien (Fruchtkörper), die einen Durchmesser von 140–250 µm haben. Der Art *Fusarium graminearum* werden oft verschiedenste *Fusarium*-Arten zugeordnet, da die Bestimmung aufgrund der ähnlichen Morphologie nicht immer zweifelsfrei verläuft.

Vorkommen *Fusarium graminearum* wird ubiquitär auf allen Kontinenten gefunden, und zwar sehr häufig als Pathogen von Getreiden. Allerdings ist die Besiedlung anderer Pflanzen auch beschrieben worden. Die bekannteste Pflanzenkrankheit, die durch *Fusarium graminearum* hervorgerufen wird, ist die Ährenfusariose (Taubährigkeit oder *head blight*) des Weizens, die durch den Befall der Ähren an der dunklen Verfärbung erkennbar ist.

Morphologie Die Kolonien wachsen recht schnell und erreichen innerhalb von vier Tagen bei 25 °C einen Durchmesser von 9 cm. In der Regel ist das Myzel bräunlich und bildet viele Lufthyphen aus.

Im Vergleich zu anderen Hyphenpilzen ist die Sporulation eher gering ausgebildet, kann allerdings durch UV-Bestrahlung erhöht werden. Die Konidienträger können verzweigt sein, an ihnen bilden sich leicht gekrümmte, mehrzellige Konidien aus. Sie haben in der Regel 5–6 Septen und sind 41–60 µm lang, mit einer Dicke von 4–6 µm. In den Konidien befindet sich in der Regel nur ein Kern.

Physiologie Die optimale Wachstumstemperatur von *Fusarium graminearum* beträgt 25 °C, der tolerierte pH-Bereich liegt zwischen 5 und 8. Neben verschiedenen Zuckern werden auch Polyphenole als Kohlenstoffquelle genutzt. Außerdem ist von angewandter Seite her interessant, dass bei Anzucht auf kostengünstigen Kohlenstoffquellen wie Glycerin, Lactaten oder Stärke die Bildung proteolytischer Enzyme beobachtet werden kann. *Fusarium graminearum* bildet ähnlich anderen pflanzenpathogenen Schimmelpilzen verschiedene Mykotoxine, wie z. B. Deoxynivalenol, das als Reizstoff des Magen-Darm-Traktes wirkt (Kap. 6.1.3).

Allgemeine Angaben Als Pflanzenpathogen verursacht *Fusarium graminearum* im Landwirtschaftsbereich Schäden von bis zu mehreren Milliarden Euro, dabei können Ernteaufschläge bis zu 70% auftreten. Außerdem

hat dieser Pilz eine Bedeutung als Produzent des Nahrungseiweißes Quorn erhalten (Kap. 5.2.5). Das Genom von *Fusarium graminearum* wurde vor kurzem sequenziert (Kap. 4.2.1), da dieser Pilz eine große Bedeutung in der Grundlagen- und angewandten Forschung besitzt.

2.3.5 *Alternaria*

Die Gattung *Alternaria* wird systematisch den Ascomyceten zugeordnet. Es wurden ca. 300 Arten beschrieben, von denen die meisten als Pflanzenpathogene wirtsspezifisch parasitieren. Deshalb sind viele Isolate auf Samen zu finden. Einige Arten sind jedoch saprophytisch, kommen ubiquitär vor und können aus Erdproben isoliert werden. Gemeinsames Kennzeichen aller Arten ist die Tatsache, dass die Myzelien eine bräunliche bis grünliche Färbung zeigen und dass sie an den wenig verzweigten Konidiophoren mehrteilige, aneinandergereihte Konidiosporen tragen (Abb. 2.9). Viele *Alternaria*-Arten kommen auf Lebensmitteln (Obst, Gemüse, Nüssen) vor und bilden dort Mykotoxine wie z. B. Alternariol (Kap. 6.1.3). Eine der häufigsten Arten ist *Alternaria alternata*, welche als Leitart vorgestellt werden soll.

Alternaria alternata

Die Art ist sehr häufig anzutreffen und kann weltweit gefunden werden. Die Konidiophoren und Konidiosporen zeigen eine goldbraune Färbung, die Sporen sind wie für diese Gattung typisch mehrteilig (Abb. 2.9). Die Konidiosporen zerfallen bei der Reifung und tragen somit zur schnellen Verbreitung bei.

Vorkommen *Alternaria alternata* ist extrem verbreitet und kann als kosmopolitische Art auf unterschiedlichen Substraten vorkommen. Hierzu gehören neben Erde und Pflanzenteilen auch Nahrungsreste und Textilien. Das Vorkommen auf Pflanzen deutet weniger auf eine Pathogenität dieses Pilzes hin, sondern eher auf die Tatsache, dass der Pilz geschwächte oder abgestorbene Pflanzenteile befällt.

Morphologie Auf Festmedien zeigt der Pilz nach eintägigem Wachstum einen Durchmesser von ca. 1 cm. Bereits nach 24 Stunden kann die Sporula-

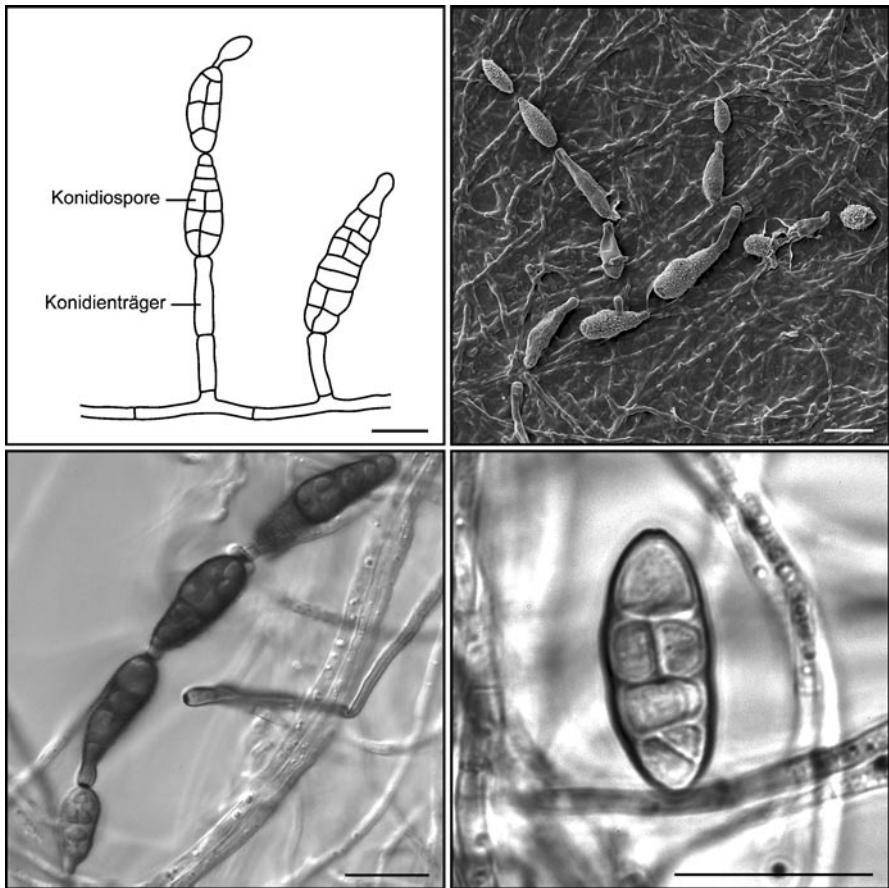


Abb. 2.9 Habitus der Sporangienträger von *Alternaria spec.* Oben links ist eine schematische Zeichnung der Sporangienträger zu sehen, oben rechts eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Sporen. Unten sind lichtmikroskopische Fotos einer Sporenkette (links) bzw. einer einzelnen Spore (rechts) dargestellt. Der Maßstab beträgt 20 μm

tion beobachtet werden, welche vom Rotspektrum des Lichtes abhängig ist. Generell werden im Dunkeln mehr Konidiosporen als im Licht produziert. Sie werden von Konidienträgern in Ketten gebildet und sind mehrkammerig, dickwandig und bis zu 50 μm lang (Abb. 2.9). Das Myzel wie auch die Konidien zeigen eine bräunliche bis grau-grüne Färbung, die abhängig vom Medium ist und durch Melanine verursacht wird.

Physiologie *Alternaria alternata* weist ein optimales Wachstum zwischen 25 und 28 °C auf. Als Minima und Maxima gelten folgende Werte: 2,5 °C

bzw. 32 °C. Oberhalb von 32 °C ist in der Regel kein Wachstum möglich. Das Optimum der Sporulation ist bei einer Temperatur zwischen 25 und 27 °C zu beobachten, der pH-Wert sollte bei ca. 4–5,4 liegen. Im Gegensatz dazu wächst das Myzel innerhalb eines weiten Toleranzbereiches von pH 2,7–8,0. Geeignete Kohlenstoffquellen sind neben Glucose auch Maltose, Saccharose und Raffinose. Allerdings wächst der Pilz auch auf anderen komplexen Kohlenstoffquellen, wie z. B. Stärke. *Alternaria alternata* produziert wie viele andere Schimmelpilze Mykotoxine, die für Mensch und Tier toxisch sind (Kap. 6.3).

Allgemeine Angaben *Alternaria alternata* besitzt als Verwerter von Cellulose auch eine biotechnologische Bedeutung. Selbst Phenol-Lignin-Verbindungen werden von diesem Pilz abgebaut. Auch wurde berichtet, dass in Submerskulturen ökonomisch relevante Mengen von β -Galactosidase gebildet werden (Tab. 3.4). Schließlich ist *Alternaria alternata* toxisch für Warmblüter, wenn Getreide, das mit diesem Pilz infiziert ist, verfüttert wird. Die vom Pilz gebildeten Mykotoxine führen beim Menschen zur Leukozytopenie (Mangel an weißen Blutkörperchen, Kap. 6.3).

Literatur zu Kapitel 2

Domsch KH, Gams W, Anderson TH (2007) Compendium of soil fungi. 2nd Edition IHW, Eching

Esser K (2000) Kryptogamen – Cyanobakterien, Algen, Pilze, Flechten. Springer, Berlin, Heidelberg

Hibbett DS et al. (2007) A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. Mycol Res 111: 509–547

Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA (eds) (2001) Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. CABI, Wallingford

McLaughlin DJ, McLaughlin EG, Lemke PA (eds) (2001) The Mycota. Vol. VII, Parts A and B, Systematics and Evolution. Springer, Berlin, Heidelberg

Moore D (1998) Fungal morphogenesis. Cambridge Univ Press, Cambridge

Schimmelpilze

Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung

Kück, U.; Nowrousian, M.; Hoff, B.; Engh, I.

2009, XI, 207 S., Softcover

ISBN: 978-3-540-88716-4