

# Ökologie der Pilze

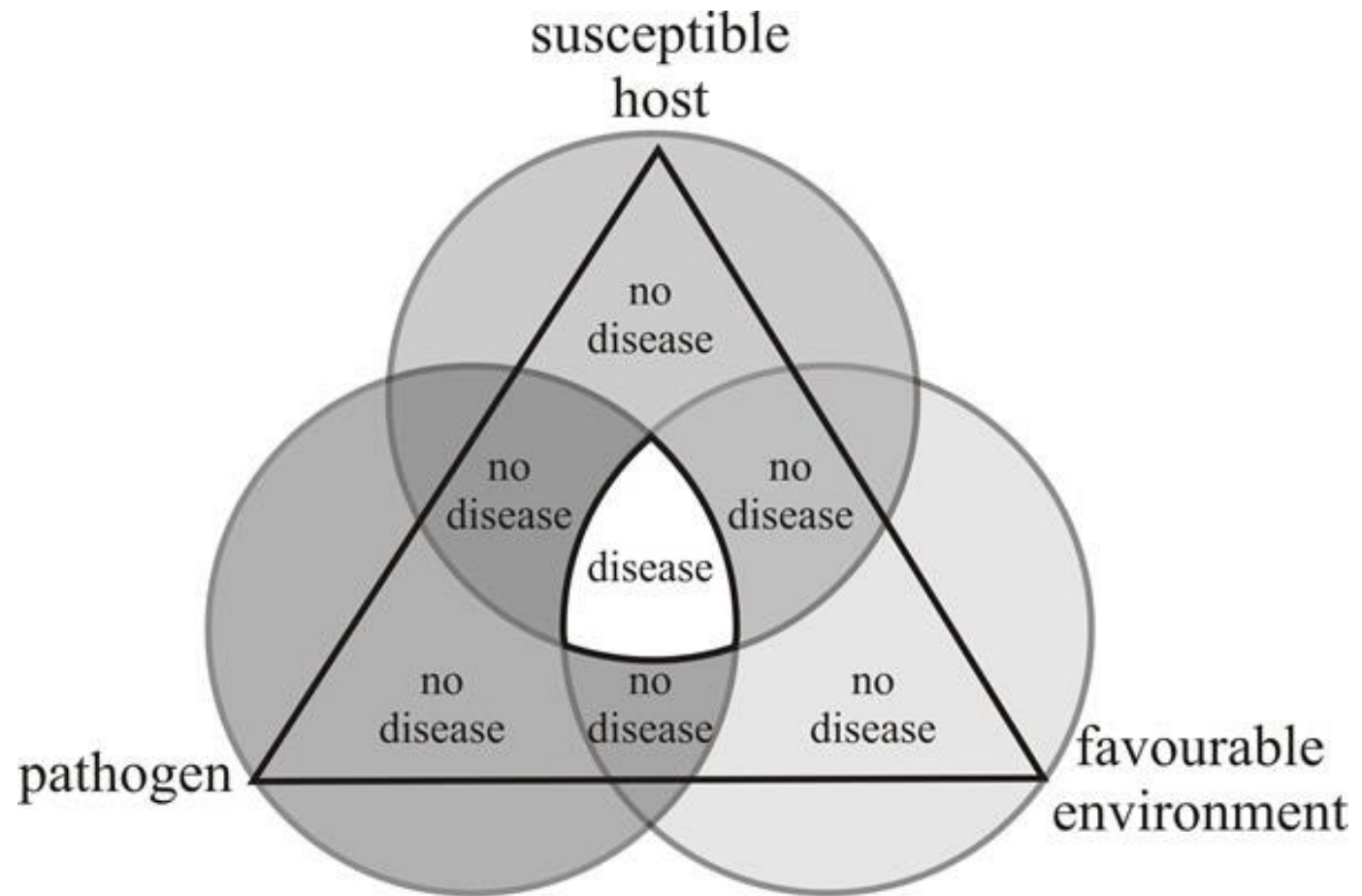
## Antagonistische Symbionten

Phytopathogene Pilze

Tier- und humanpathogene Pilze

Mykoparasiten

# Das Dreieck des Parasitismus

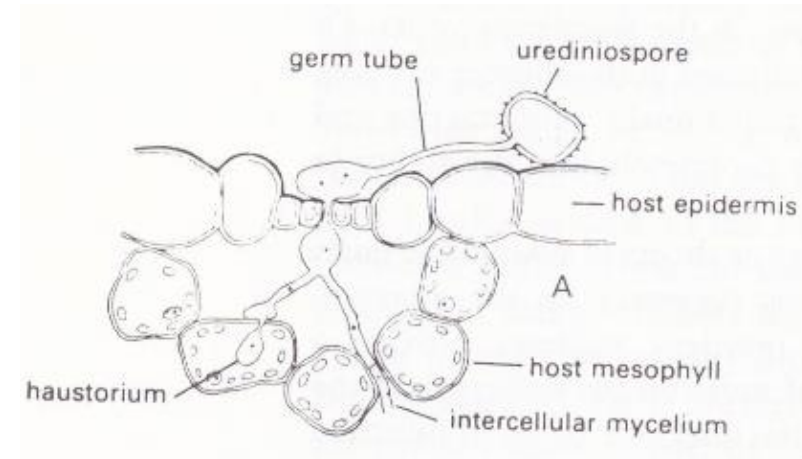
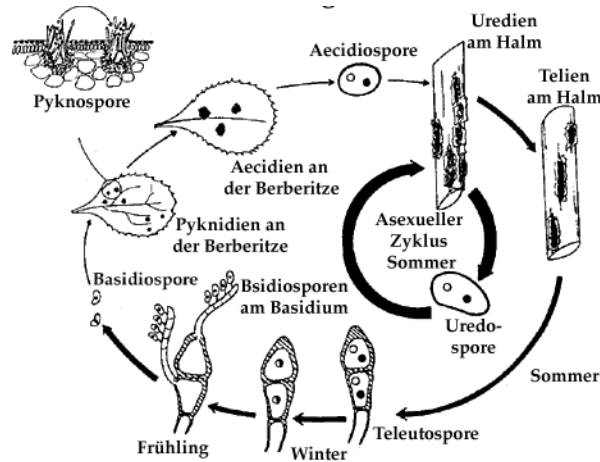


# Zwei Arten von phytopathogenen Pilzen

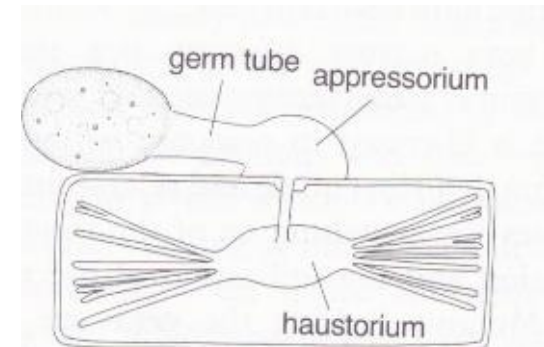
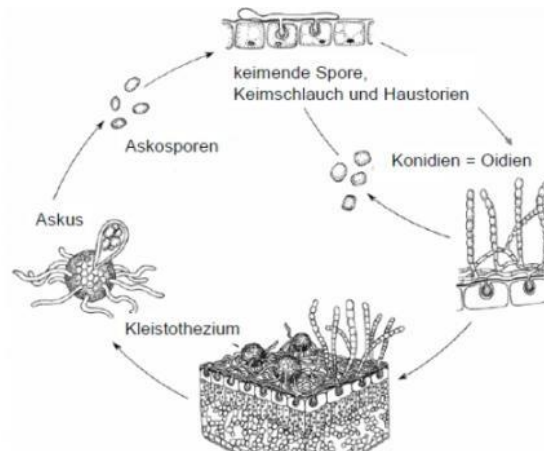
	<b>Biotroph</b>	<b>Nekrotroph</b>
<b>Abtötung Wirtszellen</b>	sehr langsam	schnell
<b>Produktion von Toxinen, cytolytischen Enzymen</b>	minimal	erheblich
<b>Bildung von parasitischen Strukturen (Haustorien)</b>	ja	nein
<b>Wirtsspezifität</b>	hoch	niedrig
<b>Organspezifität</b>	hoch	gering
<b>Befallene Gewebe/ Pflanzenteile</b>	gesunde Pflanzenteile in allen Entwicklungsphasen	junge, geschwächte, seneszente Pflanzenteile
<b>Hyphenwachstum</b>	Inter- und intrazellulär, systemisch	interzellulär, beschränkt auf bestimmte Pflanzenteile
<b>Axenisches (saprobes) Wachstum</b>	in der Regel unmöglich (obligat biotroph)	möglich (fakultativ/opportunistisch biotroph)

# Beispiele von obligaten Pflanzenparasiten

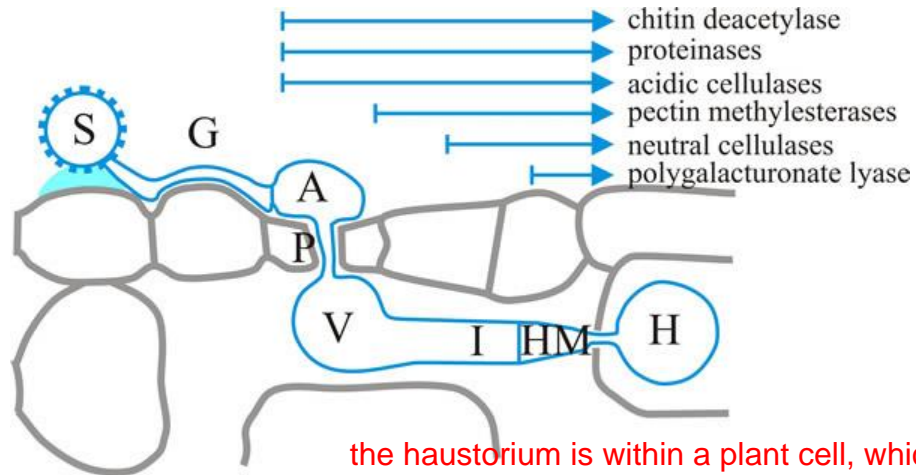
## Getreideschwarzrost (*Puccinia graminis*)



## Getreidemehltau (*Blumeria graminis*)



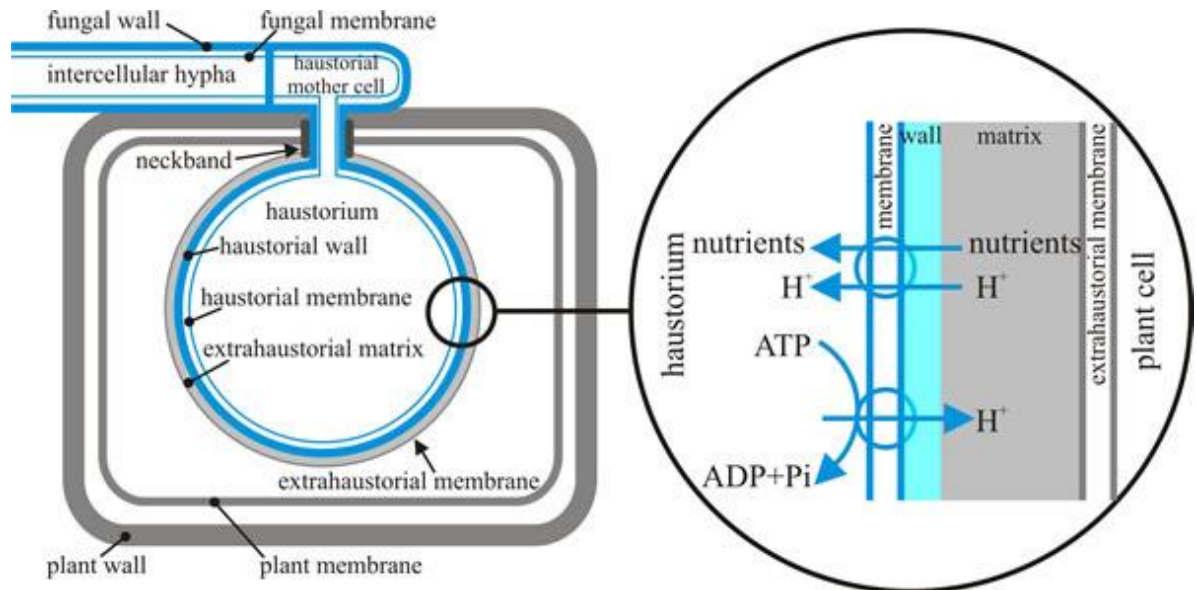
# Ernährung via Haustorium in obligat biotrophen Pflanzenparasiten



S: Uredinio(Uredo)spore  
G: Keimschlauch  
A: Appressorium  
P: Penetrationshyphe  
V: Vesikel  
I: Infektionshyphe  
HM: Haustoriumsmutterzelle  
H: Haustorium

the haustorium is within a plant cell, which gathers the nutrients from the plant cell and it delivers it to the spore (S)

Moore Fig. 14.6



Moore Fig. 14.7

# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

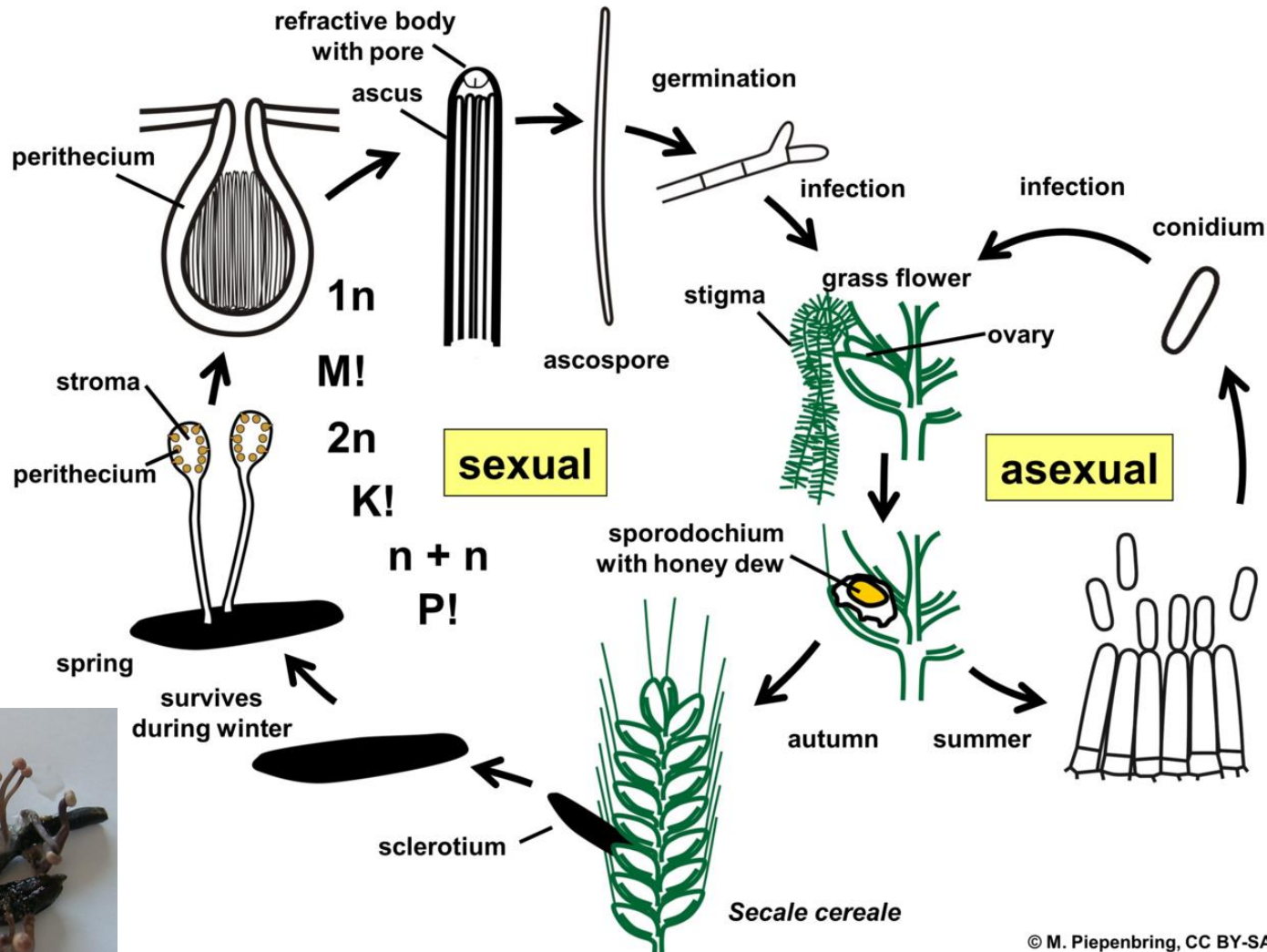
**Table 1.** Historically important epidemics. (After Campbell and Madden 1990)

Year(s)	Epidemic and consequence	Reference
857	First recorded epidemic of ergotism: thousands died in the Rhine Valley	Carefoot and Sprott (1967)
1039	Ergotism in France: monks of the Order of St. Anthony relieved many symptoms	Carefoot and Sprott (1967)
1722	Ergotism at Astrakhan: aided in defeat of Peter the Great of Russia	Carefoot and Sprott (1967)
1845–1846	Late blight of potato: Irish potato famine; 1 million Irishmen died of starvation and related maladies, another 2 million emigrated	Bourke (1964), Carefoot and Sprott (1967), Woodham-Smith (1962)
1845–1860	Powdery mildew of grape in England and France: financial loss and importation of <i>Phylloxera</i> aphid from North America	Large (1940), Carefoot and Sprott (1967)
1882–1885	Downy mildew of grape in France: financial loss and discovery of Bordeaux mixture	Large (1940), Carefoot and Sprott (1967)
1870–1880	Coffee rust in Ceylon: financial ruin for planters; English people became primarily tea drinkers	Large (1940), Carefoot and Sprott (1967)
1904–present	Chestnut blight in the United States: destruction of American chestnut as a forest tree species in eastern United States; financial loss	Hepting (1974)
1913	Leaf spot on banana cultivar Gros Michaels in the Sigatoka Valley in Fiji: financial loss	Carefoot and Sprott (1967)
1915–1923 and 1930–1935	Panama disease of bananas in Costa Rica, Panama, Colombia, and Guatemala: financial loss	Carefoot and Sprott (1967)
1916–1917	Late blight of potato in Germany: food shortages in civilian population; contributing factor to demoralization of German troops in World War I	Carefoot and Sprott (1967)
1930–present	Dutch elm disease in the United States: loss of American elm as a shade tree species in many areas; loss of property value	Carefoot and Sprott (1967)
1942–1943	Leaf blight of rice in Bengal: great Bengal famine – nearly 2 million people died from starvation	Padmanabhan (1973)
1951	Ergotism at Pont-St.-Esprit, France: 4 deaths, 32 cases of insanity, numerous cases of hallucinations	Fuller (1968)
1970	Southern maize leaf blight in the United States: 15% of US maize crop lost	Horsfall (1972)
1977–1978	Ergotism in Ethiopia: hallucinations, human suffering, and death	Demeke et al. (1979)
1979–1980	Blue mold of tobacco in eastern United States and Canada: financial loss	Lucas (1980)



# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

## *Claviceps purpurea* (Mutterkorn) – Auslöser von Ergotismus (Heiliges Feuer, Antoniusfeuer)

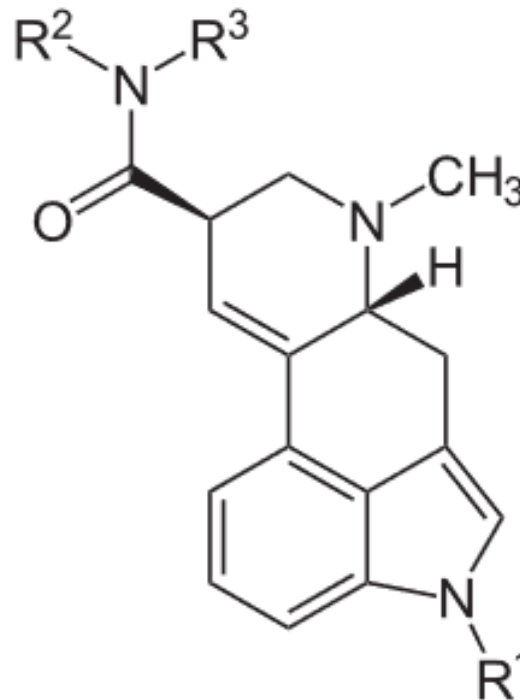


# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

*Claviceps purpurea* (Mutterkorn) – Auslöser von Ergotismus  
(Heiliges Feuer, Antoniusfeuer)



Mutterkorn (ein Sklerotium)



Mutterkornalkaloide



Szene aus "Der Kampf zwischen Karneval und Fasten« (Pieter Bruegel der Ältere, um 1559)







# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

## *Moniliophthora perniciosa* – Erreger der “Witches Broom Disease (Hexenbesenkrankheit)” der Kakaopflanze

During the last century the fungus spread throughout all of South America, Panama and the Caribbean, causing great losses in production. The most visible effect can be seen in Brazil where the introduction of the disease in the region of Bahia caused a decrease in production of almost 70% during a period of 10 years  
(International Cocoa Organisation)



Broom

# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

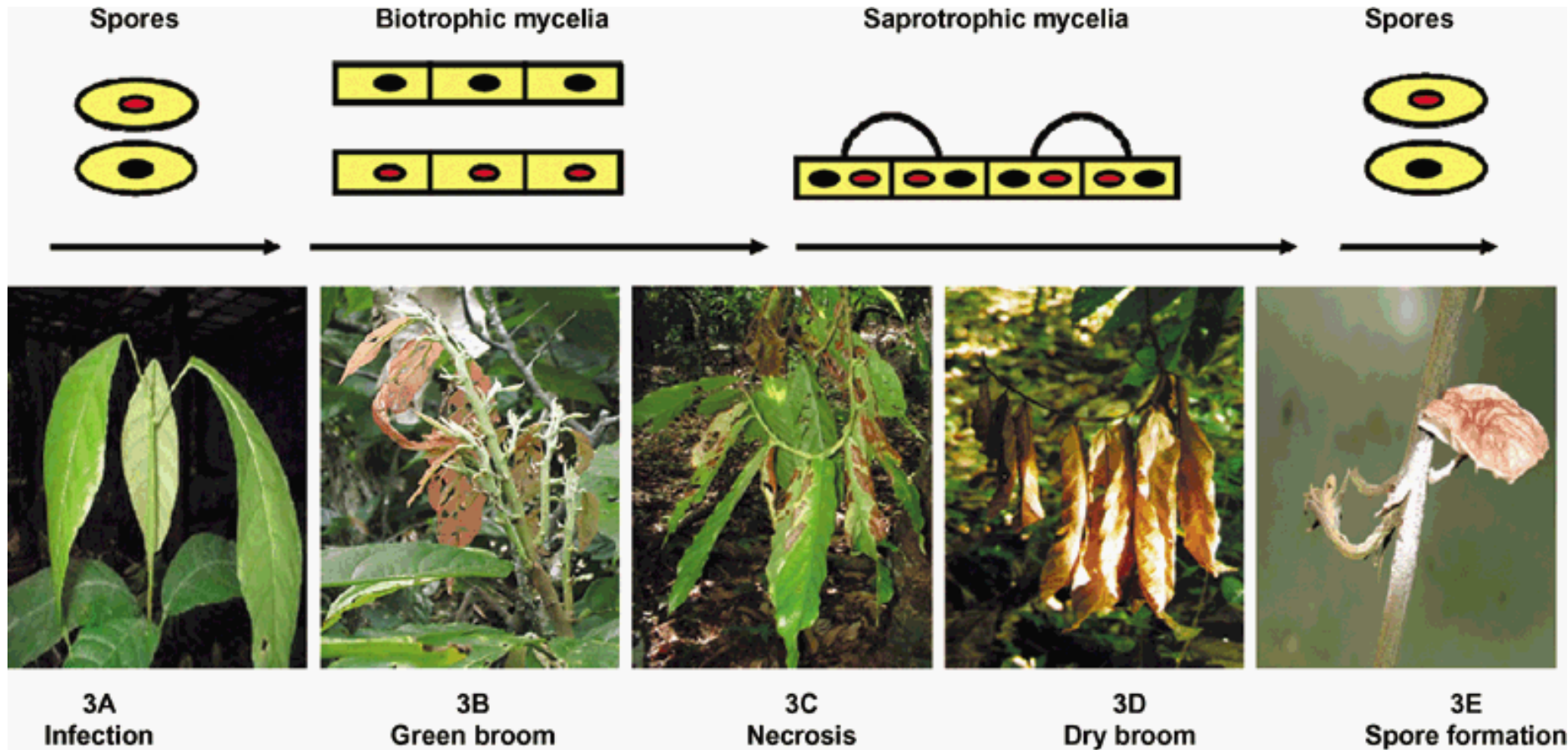
## *Moniliophthora perniciosa* – Fruchtkörper und Befall der Kakaofrucht





# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

## *Moniliophthora perniciosa* – Entwicklung der Krankheit



# Phytopathogene Pilze in der Landwirtschaft

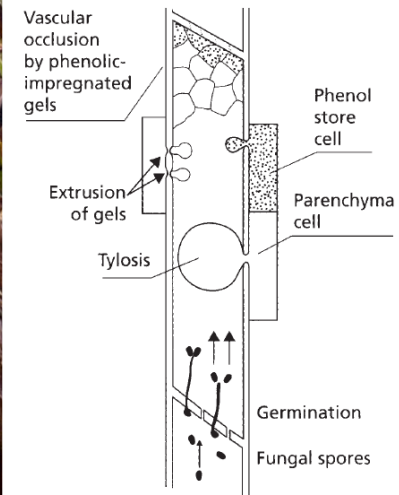
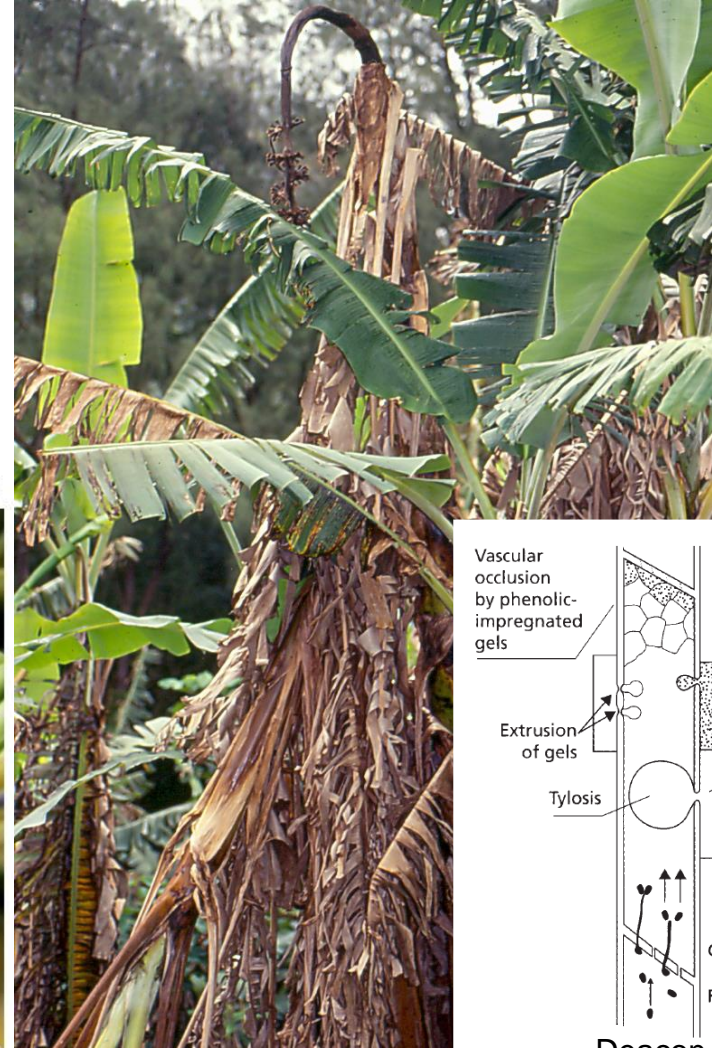
*Fusarium oxysporum* – Erreger der Panama-Krankheit der Banane



Bananas are Going Extinct -- Can We Still Save Them?

By Alixandra Caole Vila

Nov 07, 2016 04:30 AM EST



Deacon Fig. 14.14

Siehe unter <http://www.n-tv.de/wirtschaft/Killer-Pilz-zerfrisst-Bananenplantagen-article17527636.html>



# Phytopathogene Pilze und Artenvielfalt

## *Hymenoscyphus fraxineus* – Auslöser des Eschensterbens in Nord-, Ost und Mitteleuropa

Neutriebe und Blattflecken (Nekrosen) befallener Altbäume



Fruchtkörper und Myzel  
des Pilzes auf/in Eschenast



Abgestorbene Jungesche

Siehe unter [http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/100408\\_eschenpilz\\_per/](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/100408_eschenpilz_per/)

# Pilzliche Pathogenizitäts/Virulenzfaktoren

## **Penetration/Überwindung mechanischer Barrieren:**

Cutinasen

Infektionsstrukturen (Appressorien, Infektionskissen)

CWDE (Cellulasen, Xylanasen, Pektinasen,  $\beta$ -1,3-Glucanasen)

Proteasen

**Toxine:** Abtötung/Schwächung der Wirtszellen

**Effektoren/Suppressoren:** Modifikation/Suppression der Wirtsabwehr

**Überwindung der chemischen Abwehr des Wirtes:** Abbau, Transport

**Bildung/Abbau reaktiver Sauerstoffspezies (ROS)**

# Pflanzliche Abwehr gegen phytopathogene Pilze

## ***Konstitutiv***

## ***Induziert***

### **Physikalisch**

### **Chemisch**

### **Physikalisch**

### **Chemisch**

Wachs, Kutikula,  
Borke

Oberflächen pH

Lignifizierung

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (ROS)

Zellwand

Enzyminhibitoren

Abszission

Toxine

Kasparischer  
Streifen  
(Endodermis)

Toxine

Korkbildung

Enzyminhibitoren

Harzbildung

Hypersensitivität:  
Induktion von  
programmiertem  
Zelltod

# Pflanzliche Abwehr gegen phytopathogene Pilze

## Gene-for-gene Konzept der Pilzvirulenz und Pflanzenresistenz

### Genotypen

### Pflanze

**Pilz**

*RR*

*Rr*

*rr*

*VV*

resistent

resistent

krank

*Vv*

resistent

resistent

krank

*vv*

krank

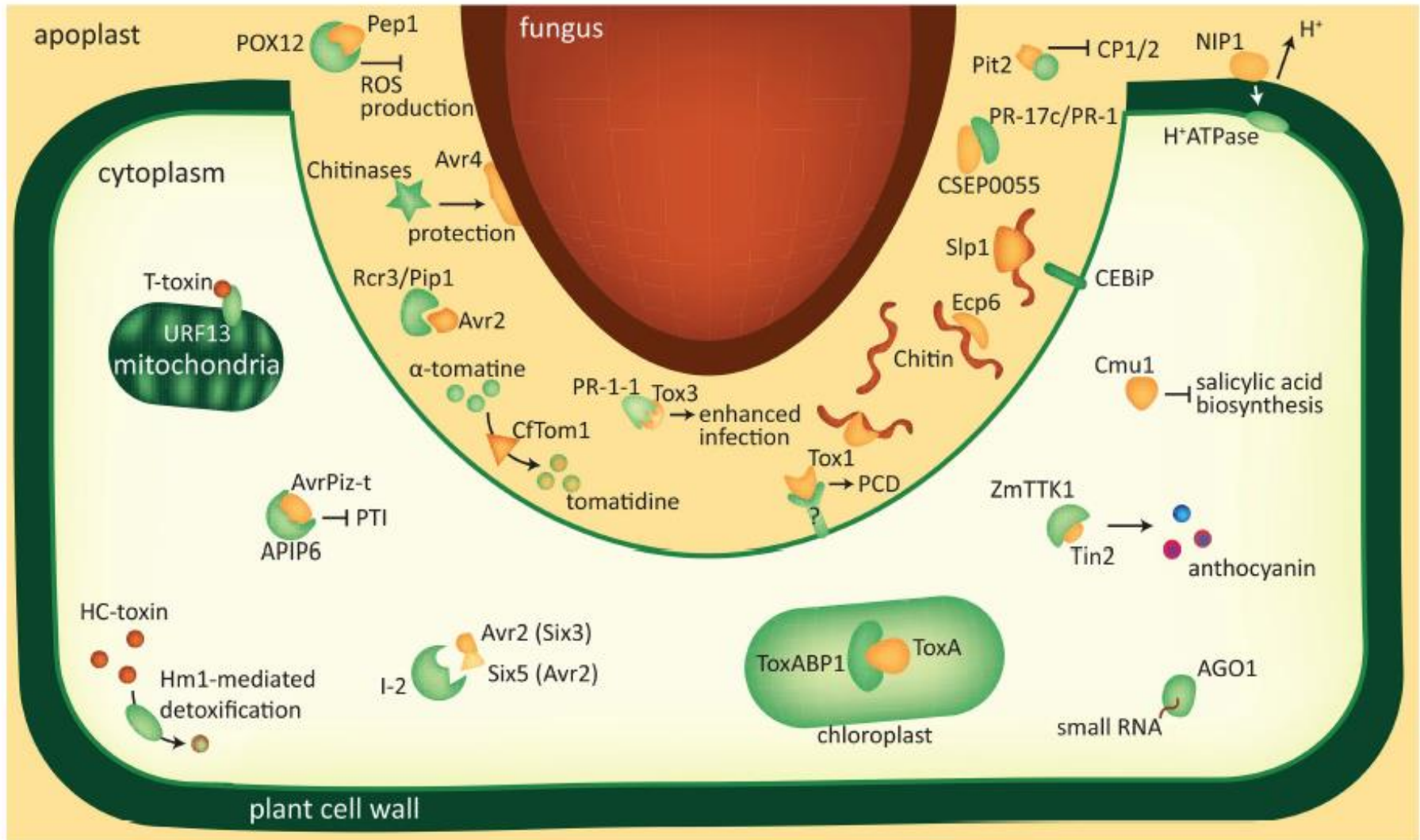
krank

krank



# Phytopathogene Pilze und deren Wirtsmanipulation

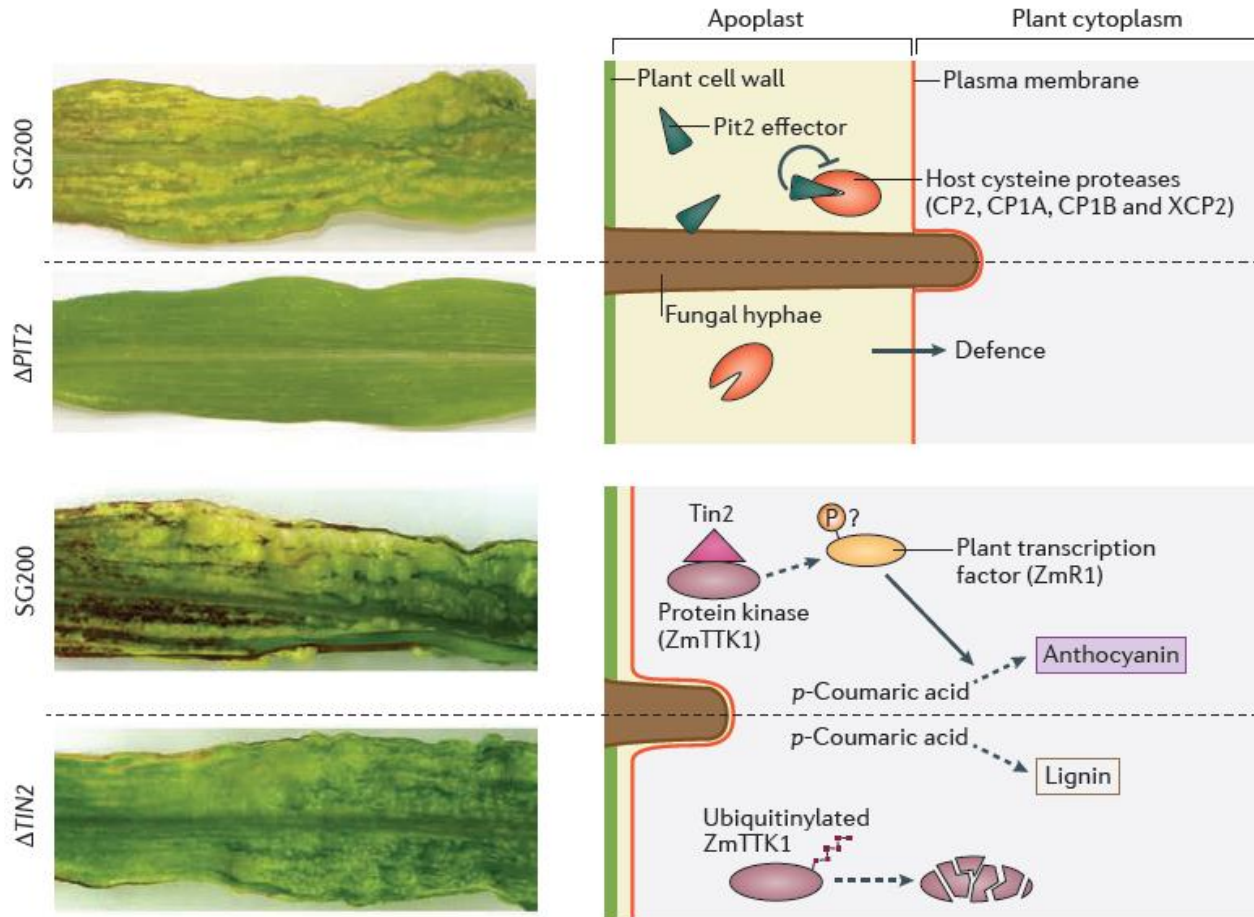
## Effektoren von obligaten Pflanzenparasiten





# Phytopathogene Pilze und deren Wirtsmanipulation

Kleine sekretierte Proteine (SSPs) als Effektoren von obligaten Pflanzenparasiten am Beispiel von *Ustilago maydis* (Maisbrand)

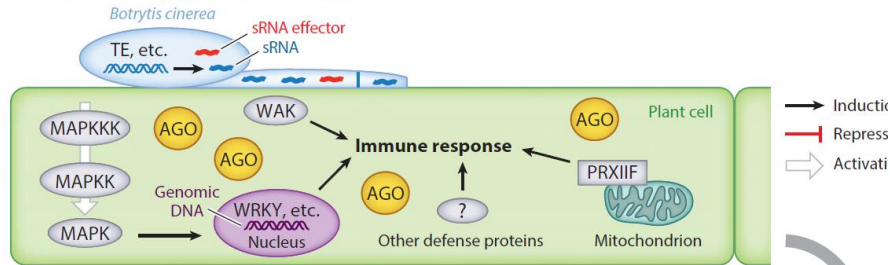


SSP mit Ziel im Apoplast

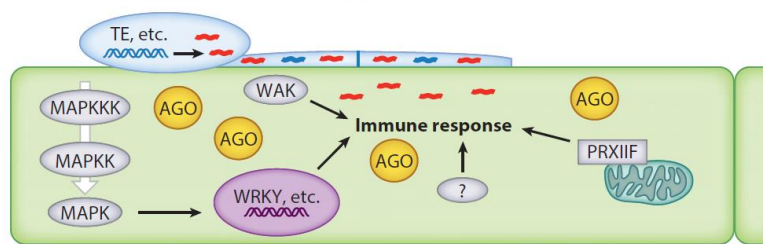
SSP mit Ziel im Zytoplasma der Pflanzenzelle

# Phytopathogene Pilze und deren Wirtsmanipulation

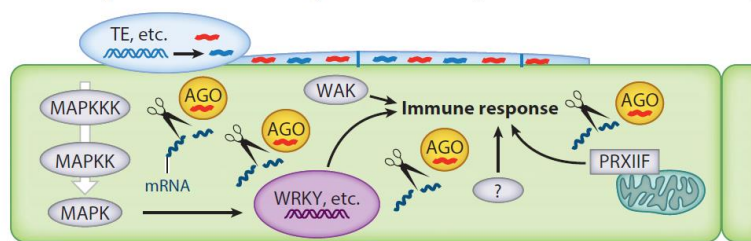
## a Activation of plant immune response



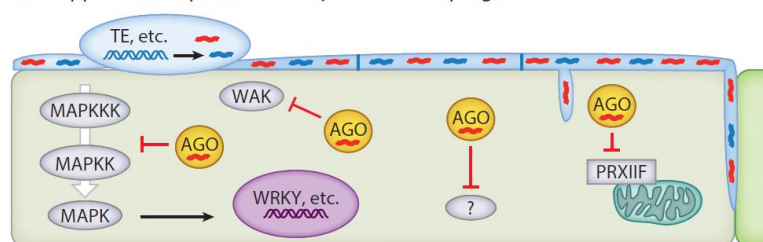
## b Induction and translocation of fungal sRNA effectors



## c Loading of sRNA effectors into plant AGO and degradation of mRNAs of defense genes

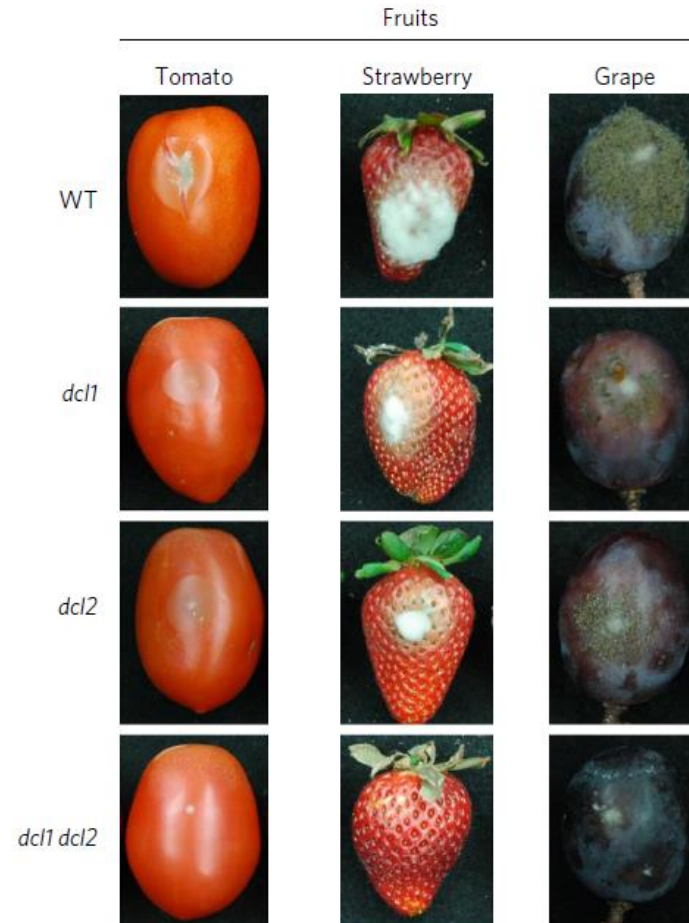


## d Suppression of plant immunity and disease progression



Weiberg et al 2014

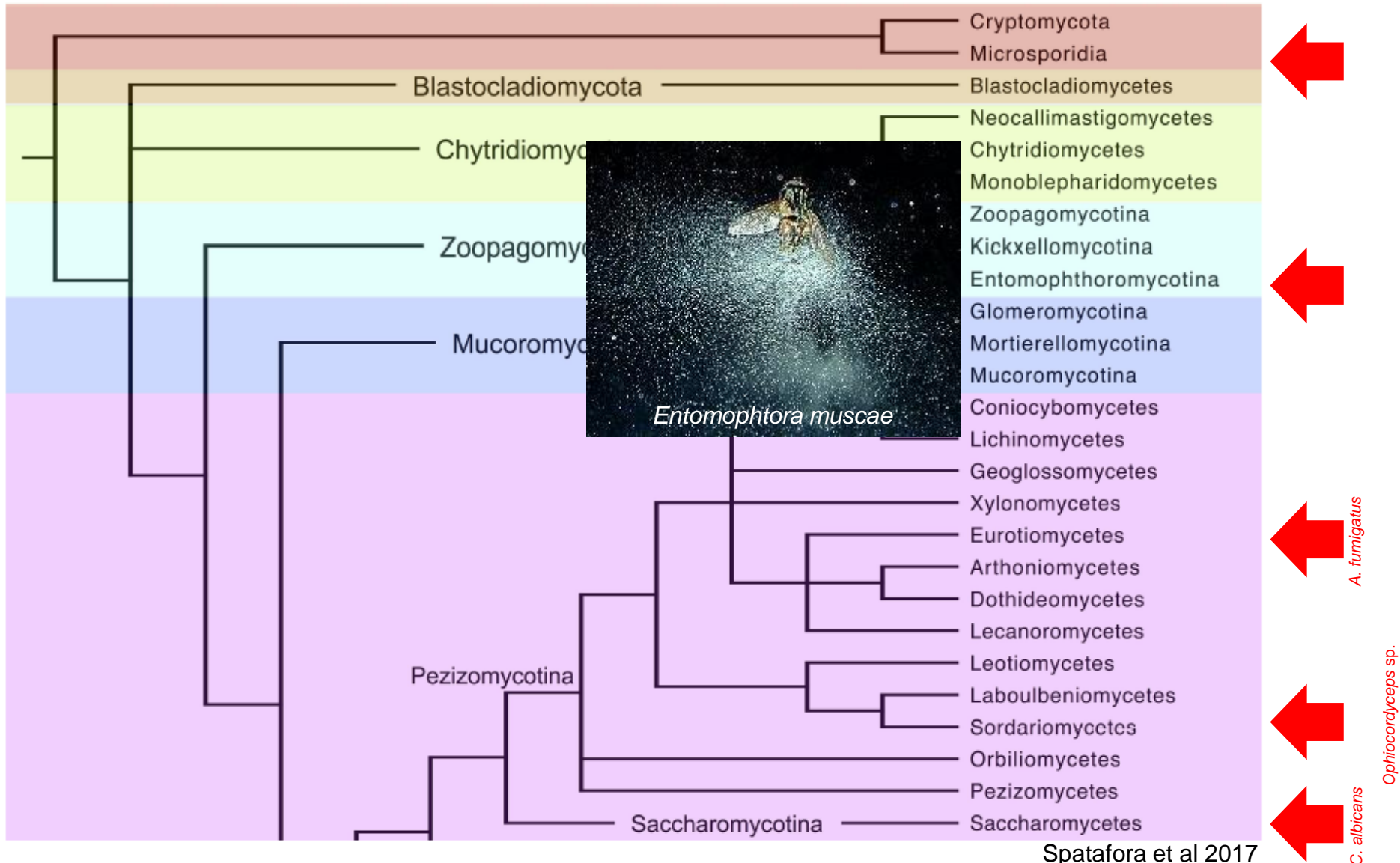
Kleine RNAs (sRNAs) als Effektoren von fakultativen Pflanzenparasiten am Beispiel von *Botrytis cinerea* (Grauschimmel)



Wang et al 2016

# Tier- und humanpathogene Pilze

## Fünf Beispiele

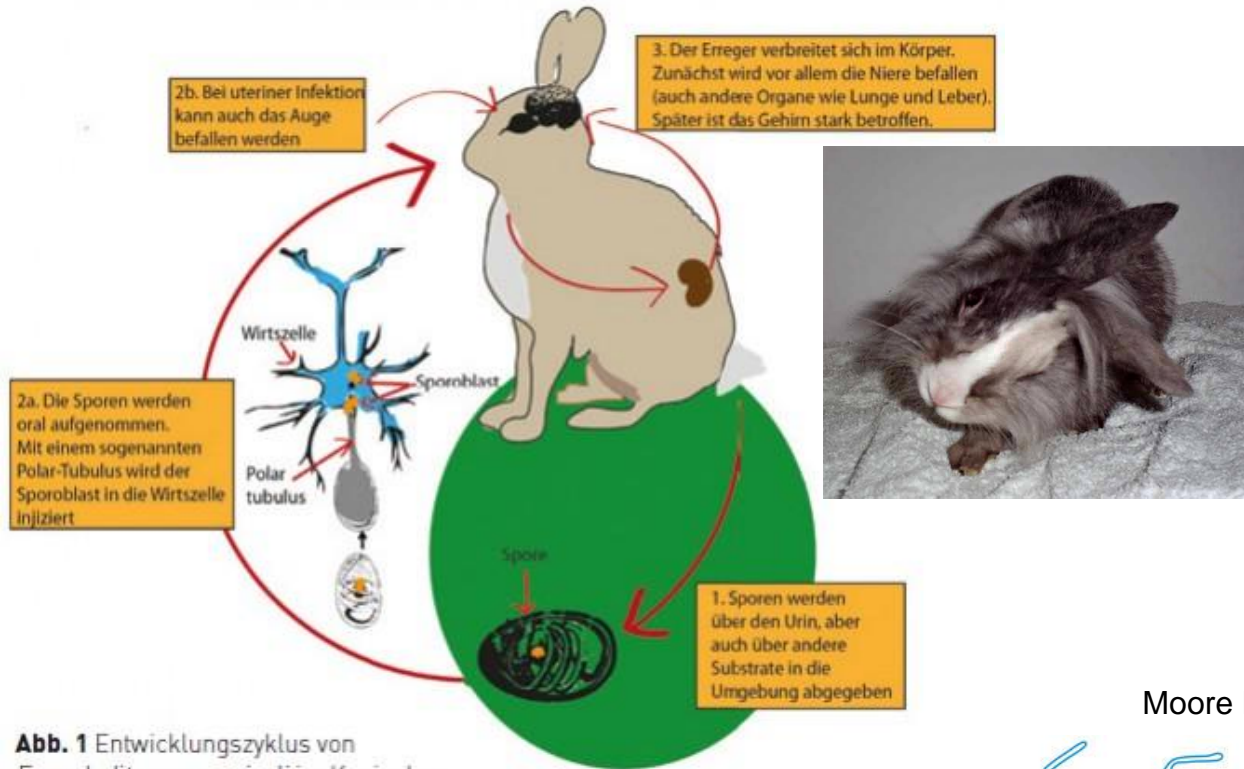




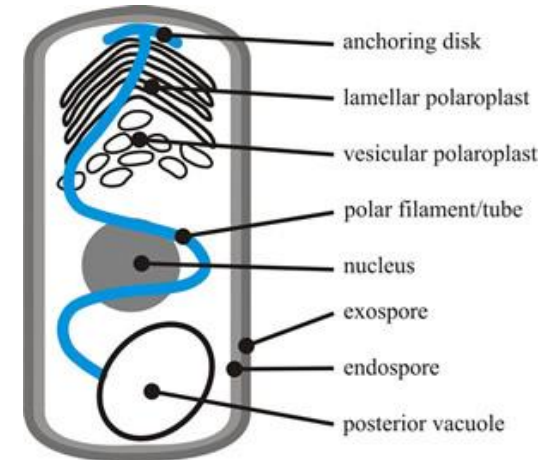
# Tier- und humanpathogene Pilze

## Mikrosporidien – obligat intrazelluläre Parasiten

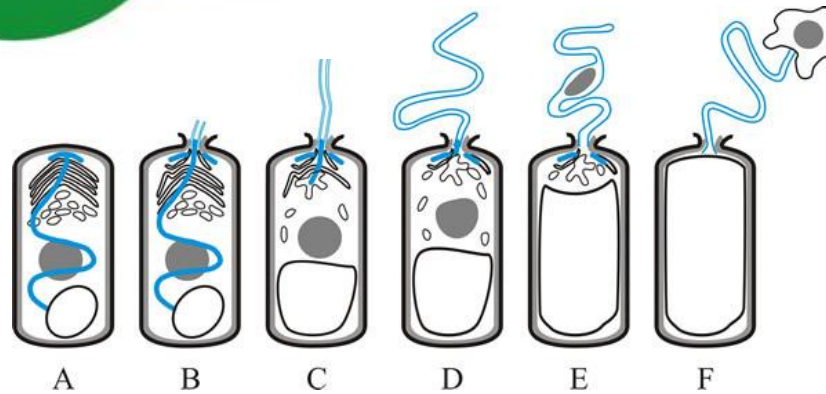
Moore Fig. 16.1



**Abb. 1** Entwicklungszyklus von *Encephalitozoon cuniculi* im Kaninchen



Moore Fig. 16.2



# Tier- und humanpathogene Pilze

## *Ophiocordyceps* sp. - Insektenpathogene Pilze

### How to make a zombie ant

*Ophiocordyceps unilateralis*, a fungus found in the tropical rainforests of Thailand, survives by controlling carpenter ants.

ACTUAL SIZE



#### 1. INFECTION

A foraging carpenter ant walks through an area of the rainforest floor infested with microscopic spores dropped by a mature fungus. The spore excretes an enzyme that eats through the ant's exterior shell.



#### 2. DEATH GRIP

After two days, the ant leaves its tree colony and climbs down to a spot where humidity and temperature are optimal for the fungus to grow. The ant crawls onto a stem or the underside of a leaf and bites into its main middle vein so it won't fall. Then it dies.



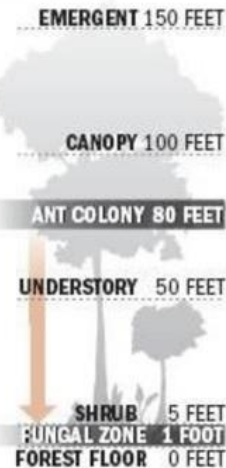
#### 3. FUNGAL GROWTH

The fungus consumes the ant's internal organs, using its shell as a protective casing. The fungus' main stem, called a stroma, erupts from the back of the ant's head and grows



#### 4. "KILLING ZONE"

The mature fungus releases spores from its stroma. The spores fall to the ground, creating a 10-square-foot "killing zone," which will attack new ants.



Source: David P. Hughes,  
Harvard University  
LISA MERKLIN | DISPATCH

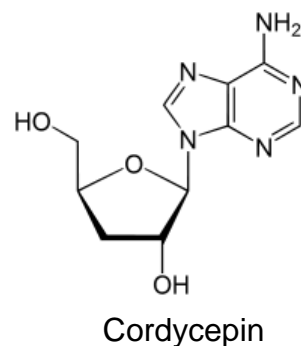
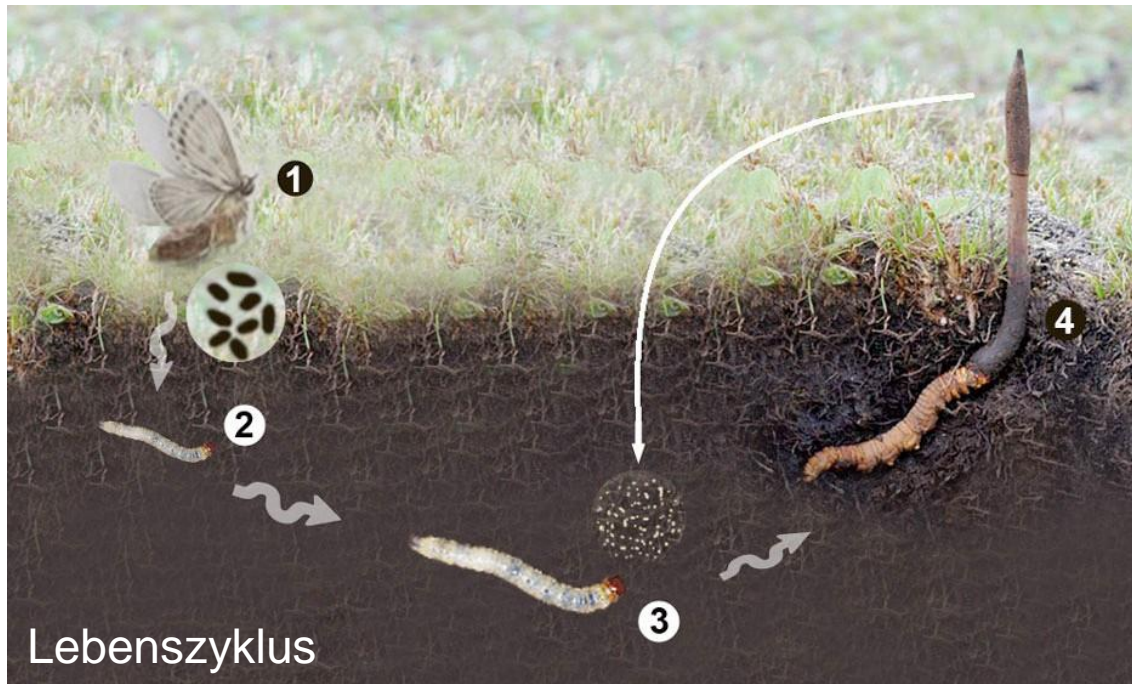
*Ophiocordyceps unilateralis* – Erreger von 'Zombie Ameisen'

[https://www.youtube.com/watch?v=-\\_1FjXb8T1Y](https://www.youtube.com/watch?v=-_1FjXb8T1Y)



# Tier- und humanpathogene Pilze

## *Ophiocordyceps* sp. - Insektenpathogene Pilze

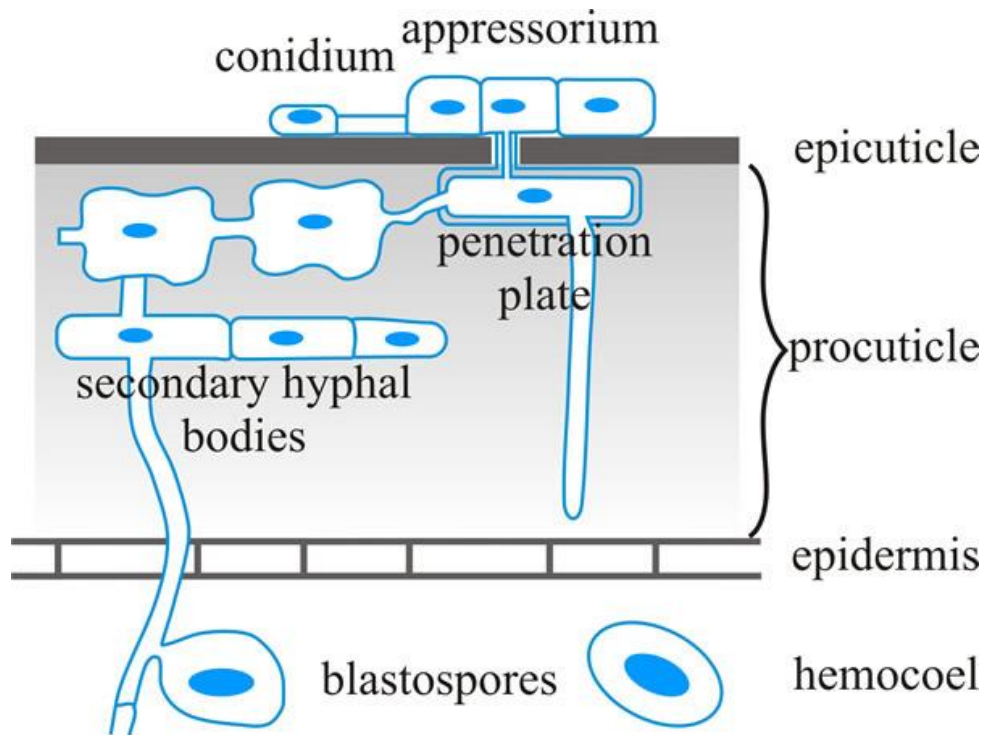


Year	Price/kg (Yuan)	Preis/kg (CHF)
1980s	1800	268
1997	8400	1253
2004	36'000	5369
2005	10'000-60'000	1491-8949
2013	125'000-500'000	18'644-74'574

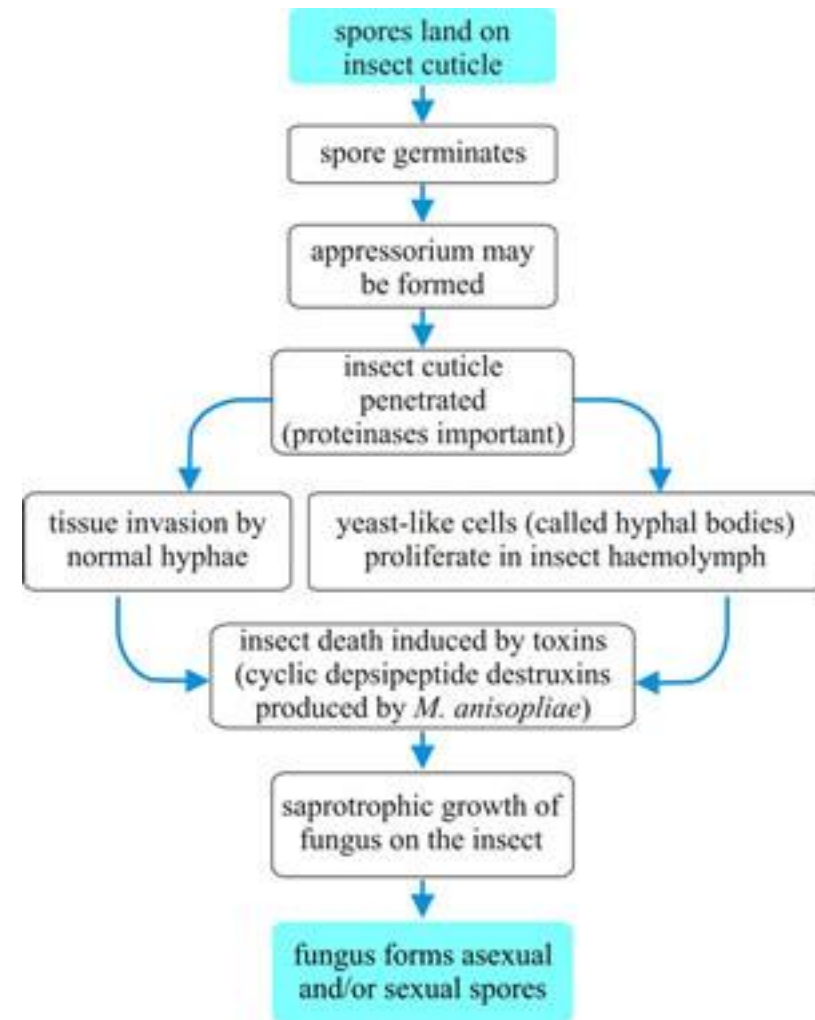
*Ophiocordyceps sinensis* – das Gold des Himalayas

# Tier- und humanpathogene Pilze

## *Ophiocordyceps* sp. - Insektenpathogene Pilze



Moore Fig. 16.7



Moore Fig. 16.8

# Tier- und humanpathogene Pilze

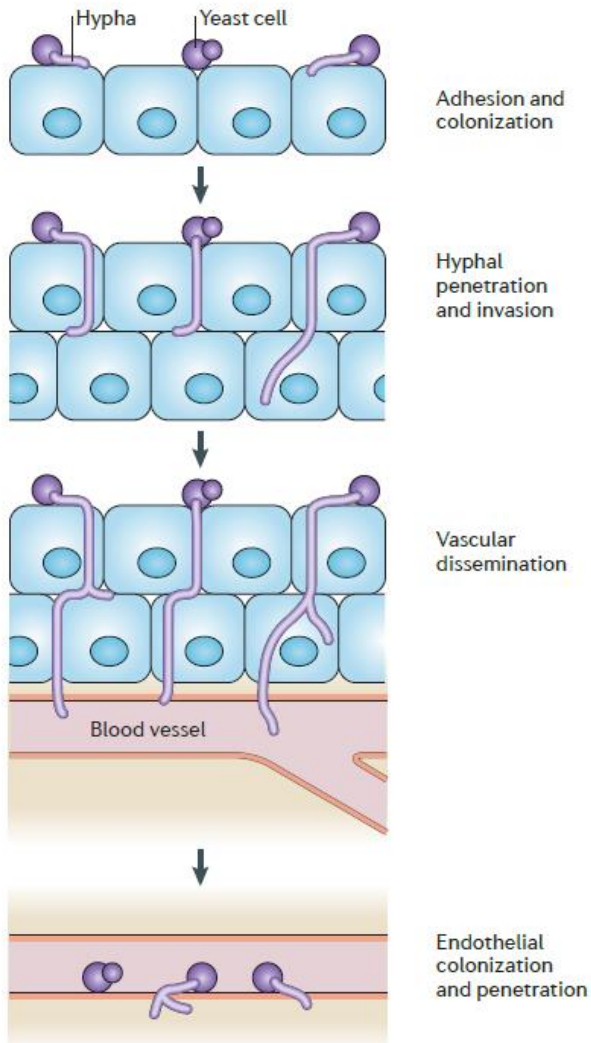
## Übersicht Erreger von Mykosen beim Menschen

Primary route of entry	Fungus	Sexual stage	Disease	Natural distribution
Skin	<i>Trichophyton</i> (22 species) <i>Microsporum</i> (19 species) but only 9 are involved in infections <i>Epidermophyton</i> (2 species)	<i>Arthroderma</i> (Ascomycota)	Dermatomycosis: ringworm, tinea, athlete's foot, etc.	Keratinized tissues, humans and wild or domesticated animals
Mucosa	<i>Candida albicans</i> Some other <i>Candida</i> spp.	Recently reported (see text)	Candidosis: thrush, vulvovaginitis, stomatitis	Commensal on mucosa
Lungs	<i>Aspergillus fumigatus</i>	None	Aspergillosis: invasive (systemic) or aspergillomas of lungs	Saprotrophic in soil or organic matter (composts)
	<i>Blastomyces dermatitidis</i>	<i>Ajellomyces</i> (Ascomycota)	Blastomycosis: lungs, skin lesions, bones, brain	Saprotrophic
	<i>Coccidioides immitis</i>	None	Coccidioidomycosis: lungs, systemic	Saprotrophic in soil
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Filobasidiella</i> (Basidiomycota)	Cryptococcosis: lungs, brain, meninges	Bird excreta, vegetation (eucalypt trees)
	<i>Histoplasma capsulatum</i>	<i>Ajellomyces</i> (Ascomycota)	Histoplasmosis: lungs, rarely systemic	Bird and bat droppings
	<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	None	Paracoccidioidomycosis: lungs, cutaneous, lymph nodes	Soil ?
Wounds/ lesions	<i>Phialophora</i> <i>Cladosporium</i> <i>Sporothrix</i> , etc.	Often none	Subcutaneous mycoses: chromomycosis, sporotrichosis, etc.	Saprotrophic in soil, dead plant material
	<i>Rhizopus</i> , <i>Absidia</i> , etc.	Zygomycota	Zygomycosis	Saprotrophic
Lungs	<i>Pneumocystis</i> species	None	Virulent pneumonia	Humans, other mammals

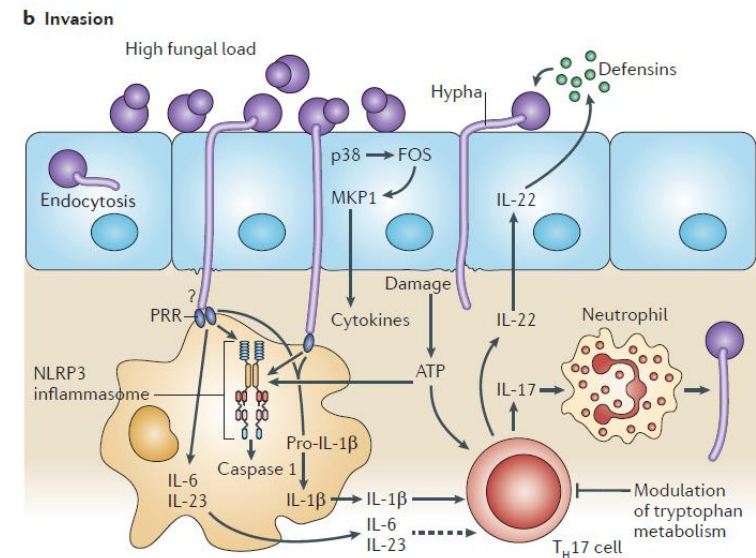
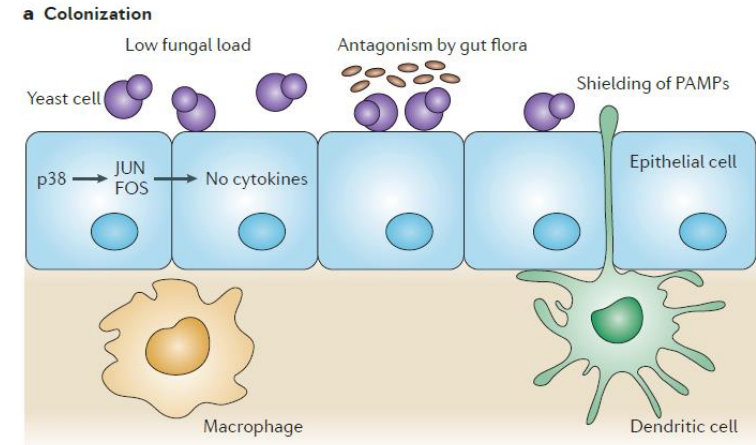


# Tier- und humanpathogene Pilze

*Candida albicans* – eine dimorphe Hefe mit tier- und humanpathogenem Potential



Orale Candidose



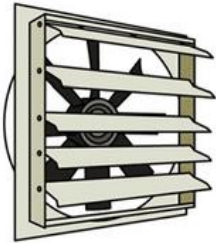
# Tier- und humanpathogene Pilze

*Aspergillus fumigatus* – ein Schimmelpilz mit tier- und humanpathogenem Potential

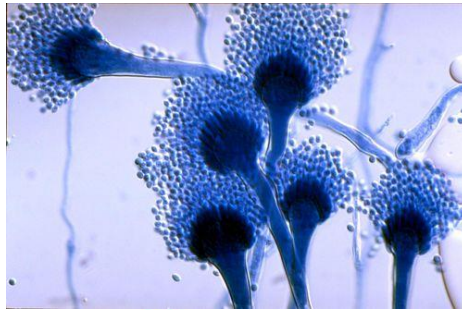
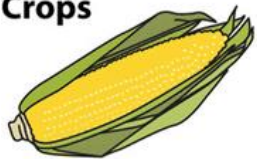
**Compost (50°C)**



**Ventilation (25°C)**



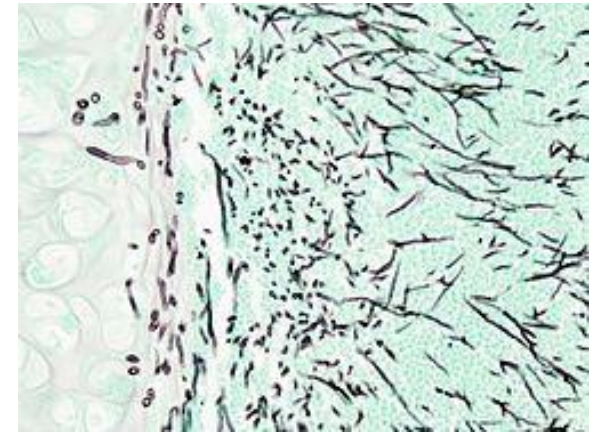
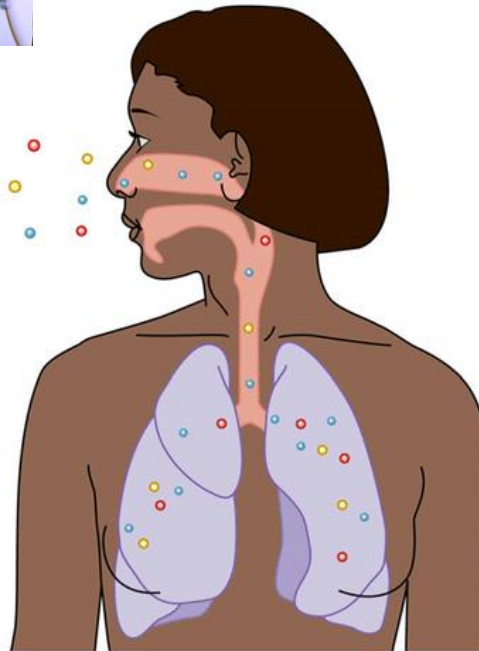
**Crops**



Inhalation

*A. fumigatus*

Konidien



Factors: temperature, nutrients, pH, humidity, interaction with other microbes, etc.



# Tier- und humanpathogene Pilze

NZZ am Sonntag 17. September 2017

**Wissen**

## Warum Pilze gefährlich sind

# Bis in die Lunge und ins Gehirn



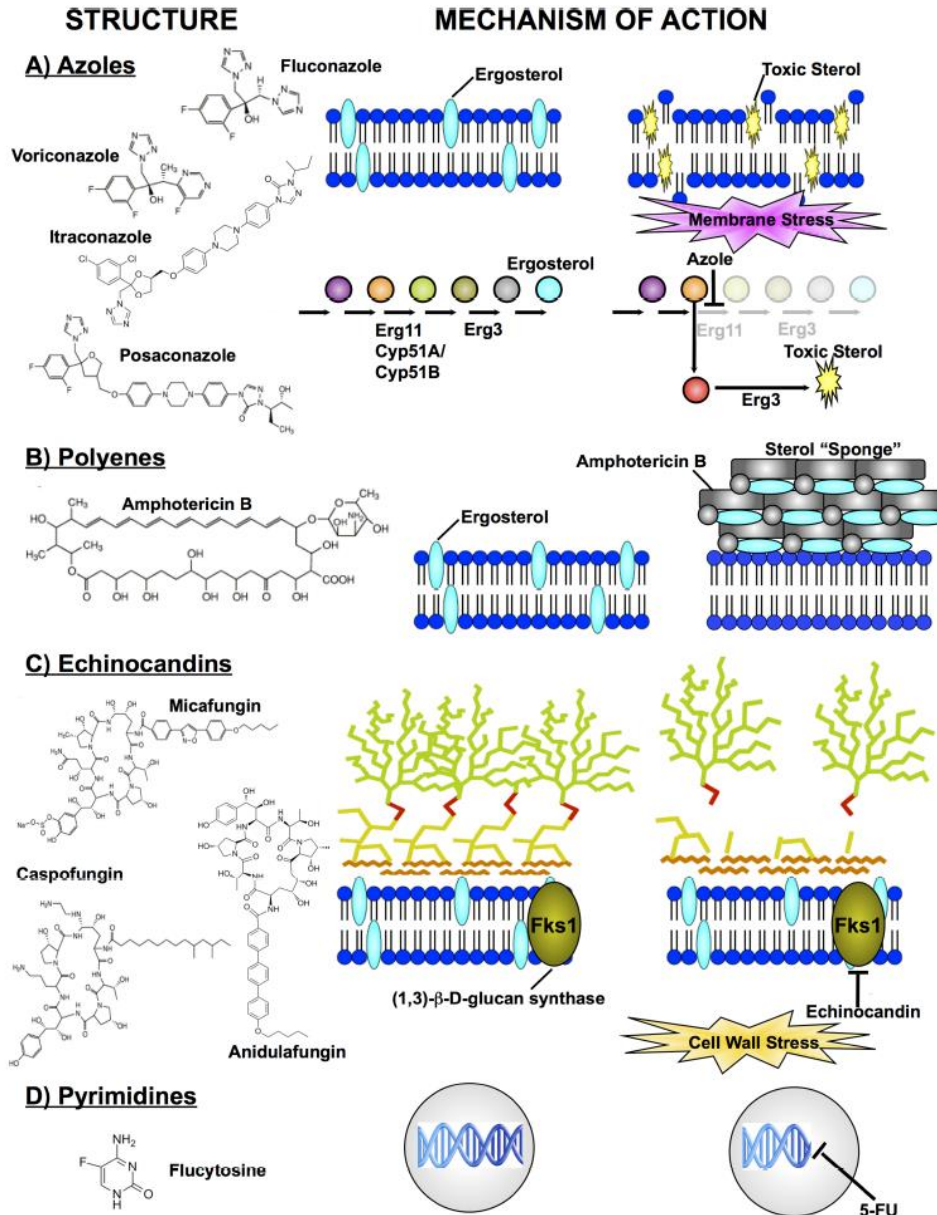
Manche Keime leben in organischem Abfall.

Rund eine Billion Pilze tummelt sich im und auf dem menschlichen Körper, *Candida* trägt etwa die Hälfte der Europäer im Darm mit sich herum. Meist hat das Immunsystem die Pilze im Griff – aus mehreren Gründen. Die Erreger können sich zum Beispiel nur mühsam mit unseren Körpertemperaturen arrangieren. Mangels Toxinen verfügen sie zudem in der Regel nicht über ein so gefährliches Waffenarsenal wie Bakterien. Sind die Abwehrzellen eines Menschen jedoch wie nach einer grossen Operation stark geschwächt, können sich auch

Pilze in Lunge oder Gehirn ausbreiten oder Blutvergiftungen verursachen. Nicht allen Ärzten sei das bewusst, sagen Experten. Deshalb werden solche Infektionen oft lange übersehen. Zudem sind *Aspergillus*, *Candida* und *Mucorales*, ein regelmässiger Untermieter in Komposthaufen, auch deutlich schwieriger zu diagnostizieren als Bakterien. Das hat leider manchmal Folgen: Mit jeder Stunde Zeitverzögerung bis zum Therapiebeginn sinkt bei einer *Candida*-Sepsis die Überlebenswahrscheinlichkeit um 2 Prozent. **Michael Brendler**

Siehe ganzen NZZ-Artikel auf Moodle

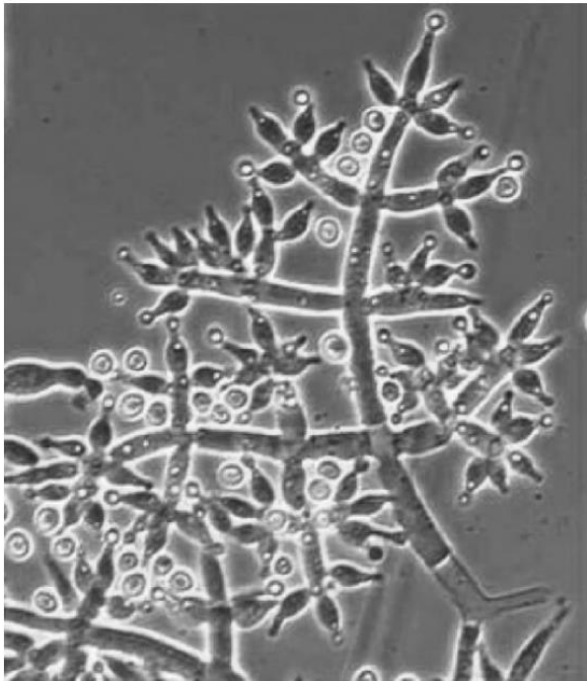
# Tier- und humanpathogene Pilze



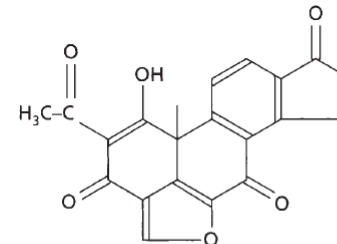
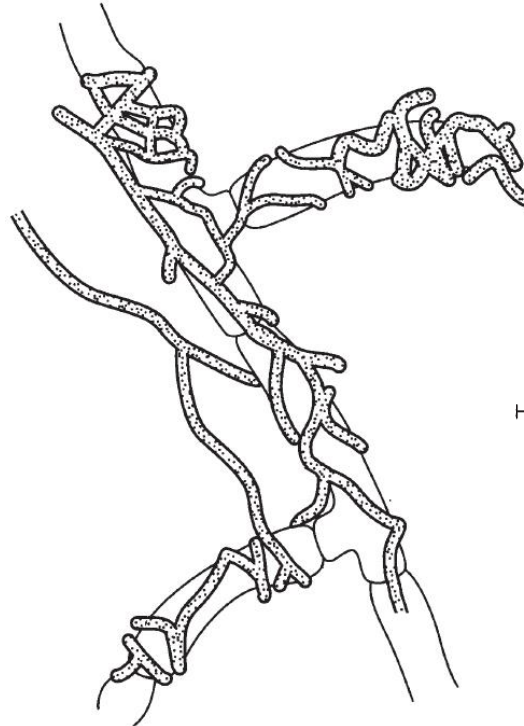
Current arsenal  
of antifungals

# Mykoparasiten

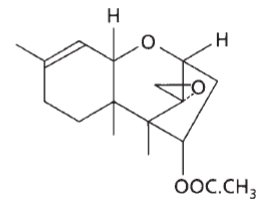
*Trichoderma* sp. – Einsatz als biologisches Fungizid  
gegen pflanzenpathogene Pilze und Bakterien



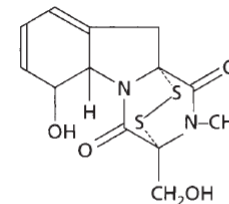
Deacon Fig. 12.5



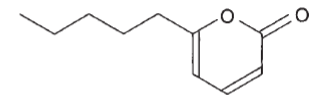
Viridin



Trichodermin



Gliotoxin



6*n*-Pentyl-2*H*-pyran-2-one  
(6-PAP)

Deacon Fig. 12.6



# Mykoparasiten

## Andere Beispiele von mykoparasitischen Pilzen

*Tolypocladium japonicum* Stromata auf *Elaphomyces* sp. Fruchtkörpern (Trüffel)



*Boletus parasiticus* auf *Scleroderma citrinum* (gemeiner Erdball)



Moore Fig. 16.14



*Spinellus fusiger* auf *Mycena haematopus*