

Bodenpilze jenseits von Fliegenpilz und Co –

Die unsichtbaren treibenden Kräfte in
unseren Ökosystemen

Martin Unterseher

Institut für Botanik und Landschaftsökologie
Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

- **Beispiel Wald**

- ▶ Ein Wald aus unterschiedlichen Pilzperspektiven

- Komponenten des Waldbodens

- Dynamik, Interaktionen und Vielfalt von Bodenpilzen

- **Methoden der (Boden)pilzforschung**

- ▶ Kultivierung

- ▶ Kultur-unabhängige Erfassung

- **Beispiel Landwirtschaft**

- ▶ Pathogene Bodenpilze

- ▶ Nützliche Bodenpilze

- **Aktuelle Beispiele aus der Forschung**

- ▶ Globale Diversität von Bodenpilzen

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

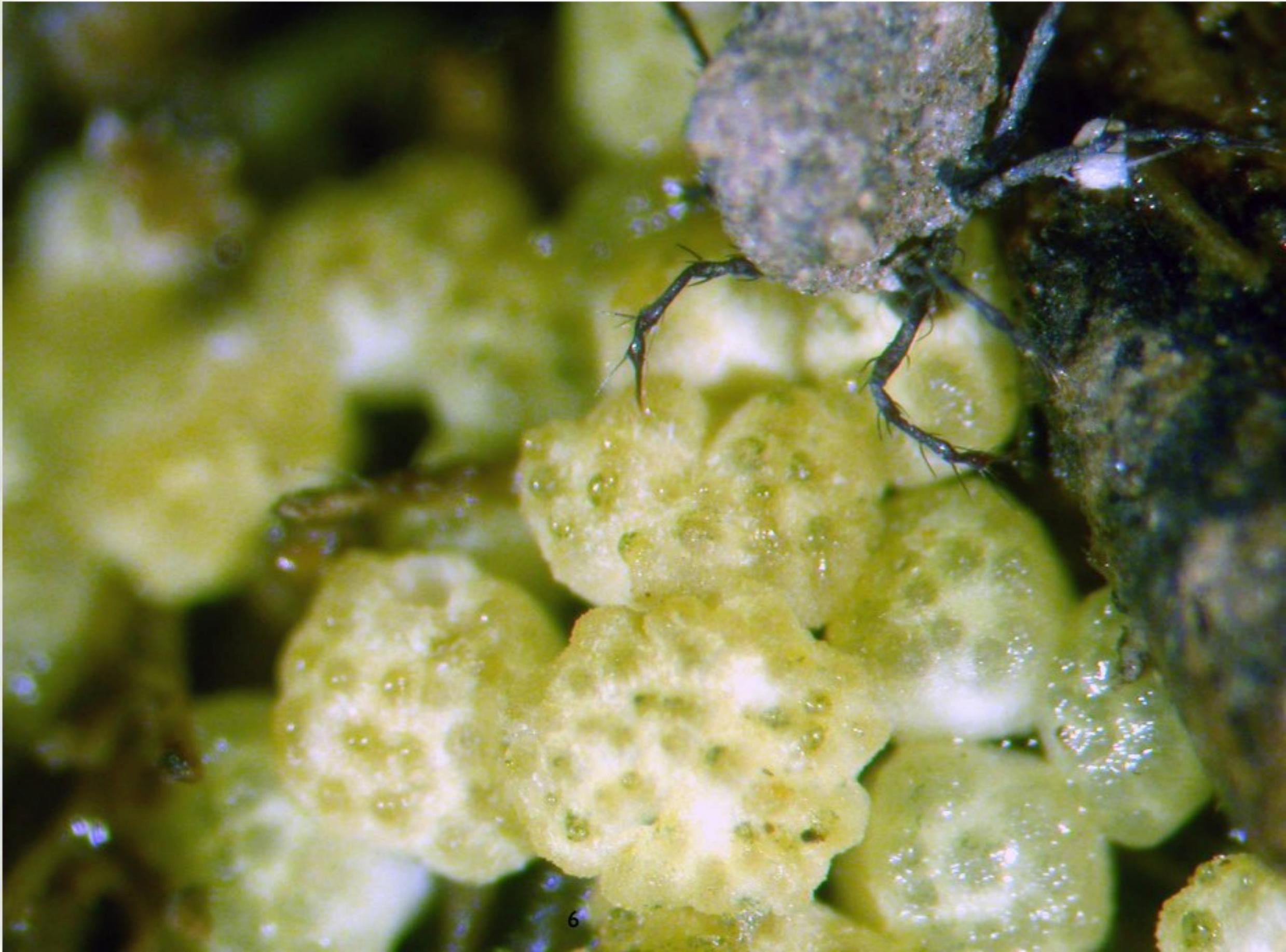
Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

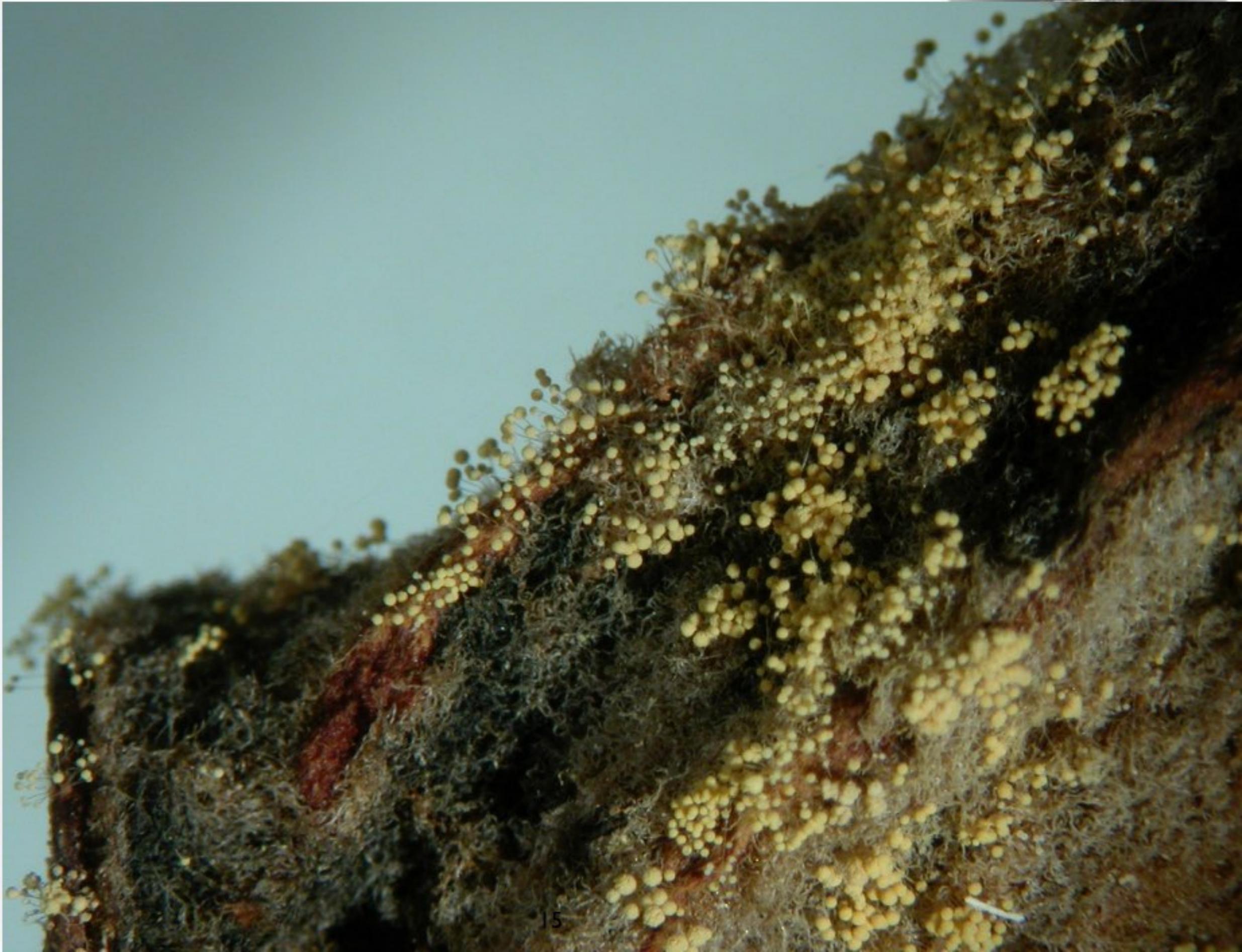
Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

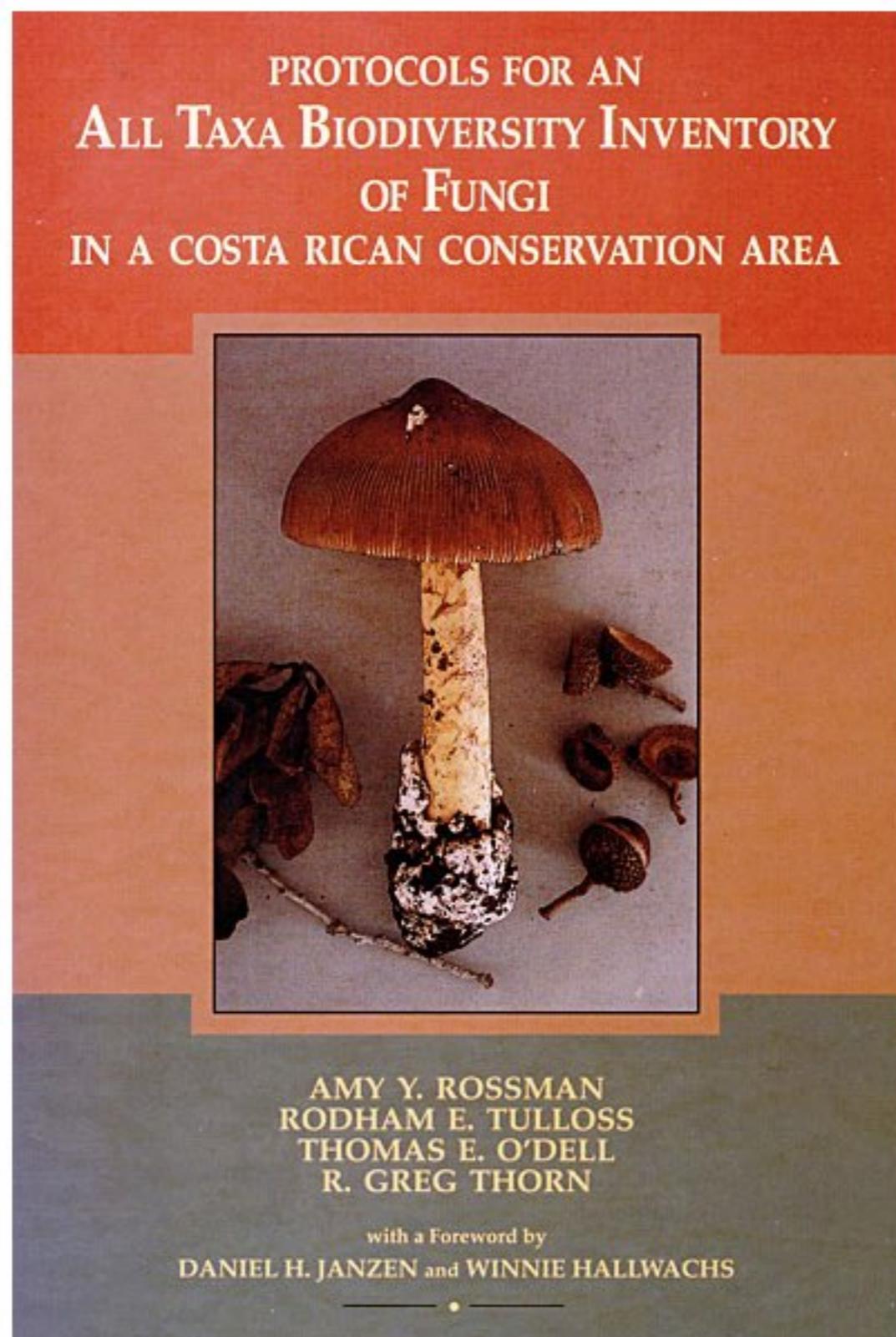
Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

“ATBI” für Pilze – All Taxa Biodiversity Inventory



- 31 unterschiedliche Habitate für Pilze
- Mindestens 21 Spezialisten werden für Feldarbeit und Aufarbeitung benötigt
- Mindestens 5 Jahre Feldarbeit (und ein Leben lang im Labor)
- Für ein einziges Untersuchungsgebiet werden ca. 30 Mio € benötigt

Ein Wald aus Pilzperspektiven

“ATBI” für Pilze – All Taxa Biodiversity Inventory

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen

PROTOCOLS FOR AN ALL TAXA BIODIVERSITY INVENTORY OF FUNGI IN A COSTA RICAN CONSERVATION AREA



AMY Y. ROSSMAN
RODHAM E. TULLOSS
THOMAS E. O'DELL
R. GREG THORN

with a Foreword by
DANIEL H. JANZEN and WINNIE HALLWACHS

- **ATBI – eine amerikanische Disziplin**
 - ▶ **Barro Colorado Island**
 - ▶ **Great Smoky National Park**
 - ▶ **Census of Marine Life**

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden



Zeit



Frisches Laub

Fragmentiertes
Laubstreu

Humifiziertes
Laubstreu

Oberboden

Unterboden

Organische
Schichten

Mineralsiche
Schichten

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

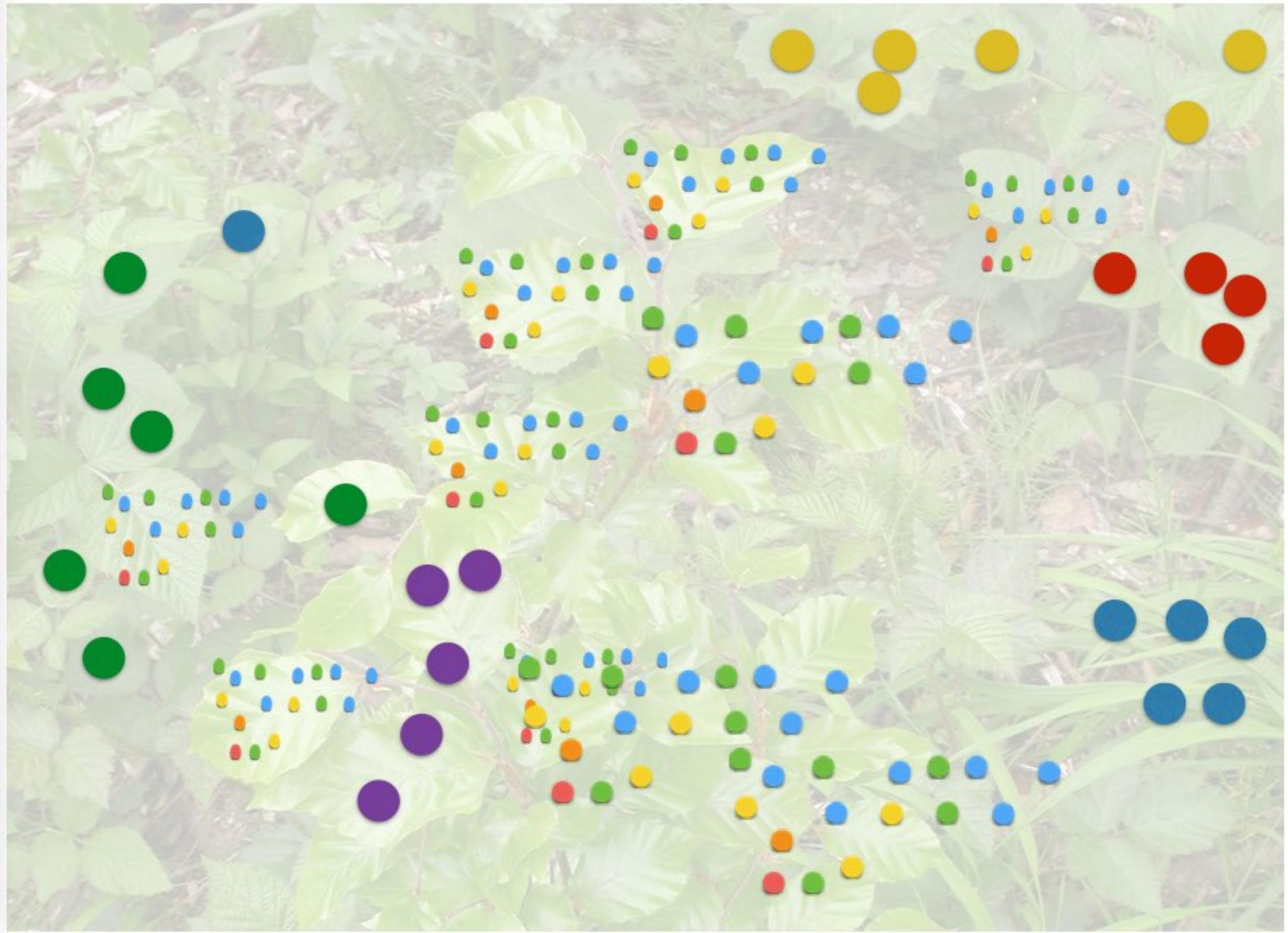
Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

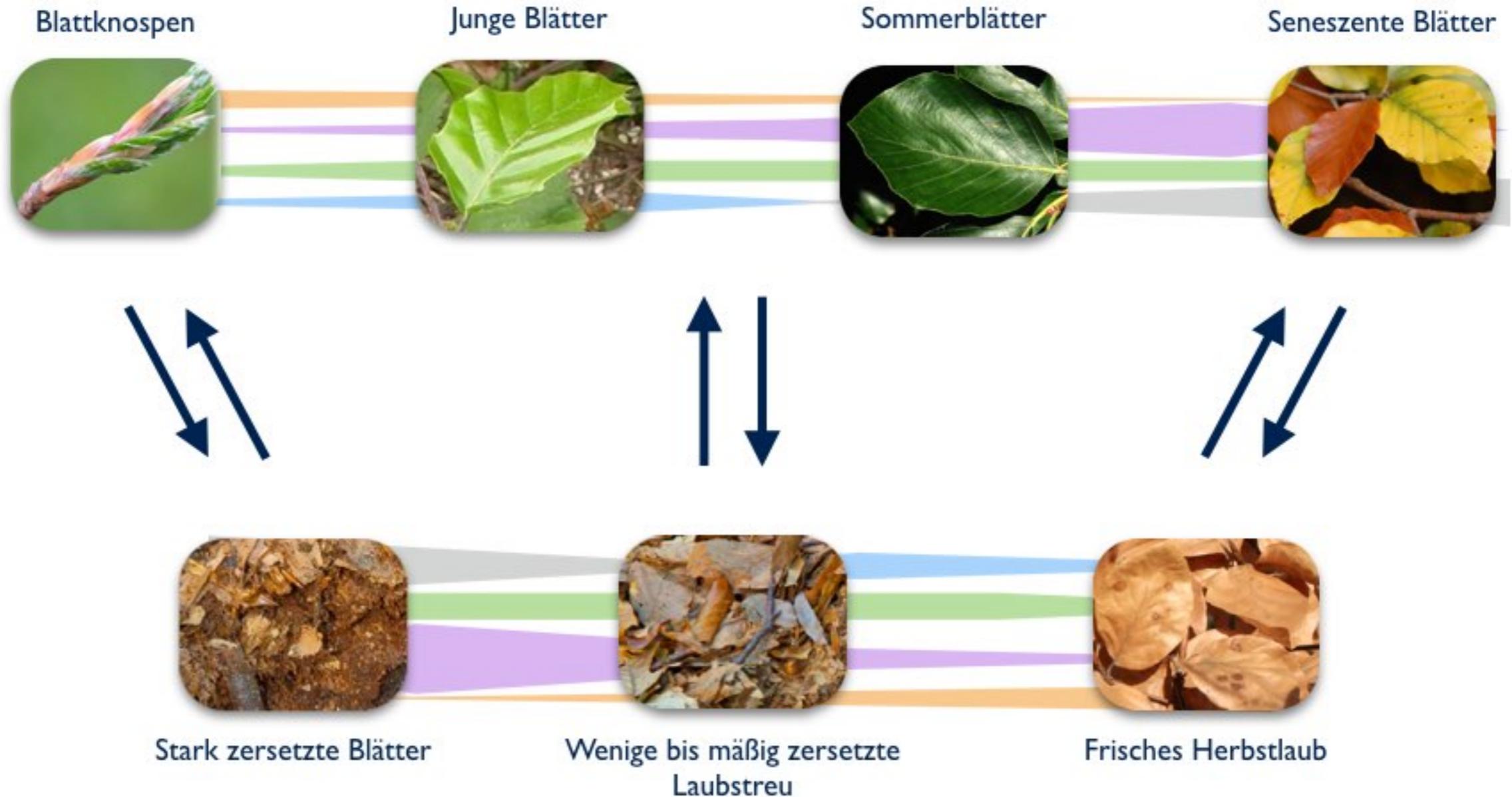
Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

- **Bodenbewohnende Pilze werden stark durch Blatt- und Holzbewohnende Pilze beeinflusst (und umgekehrt!)**



Blatt
bewohnende
endophytische
Pilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

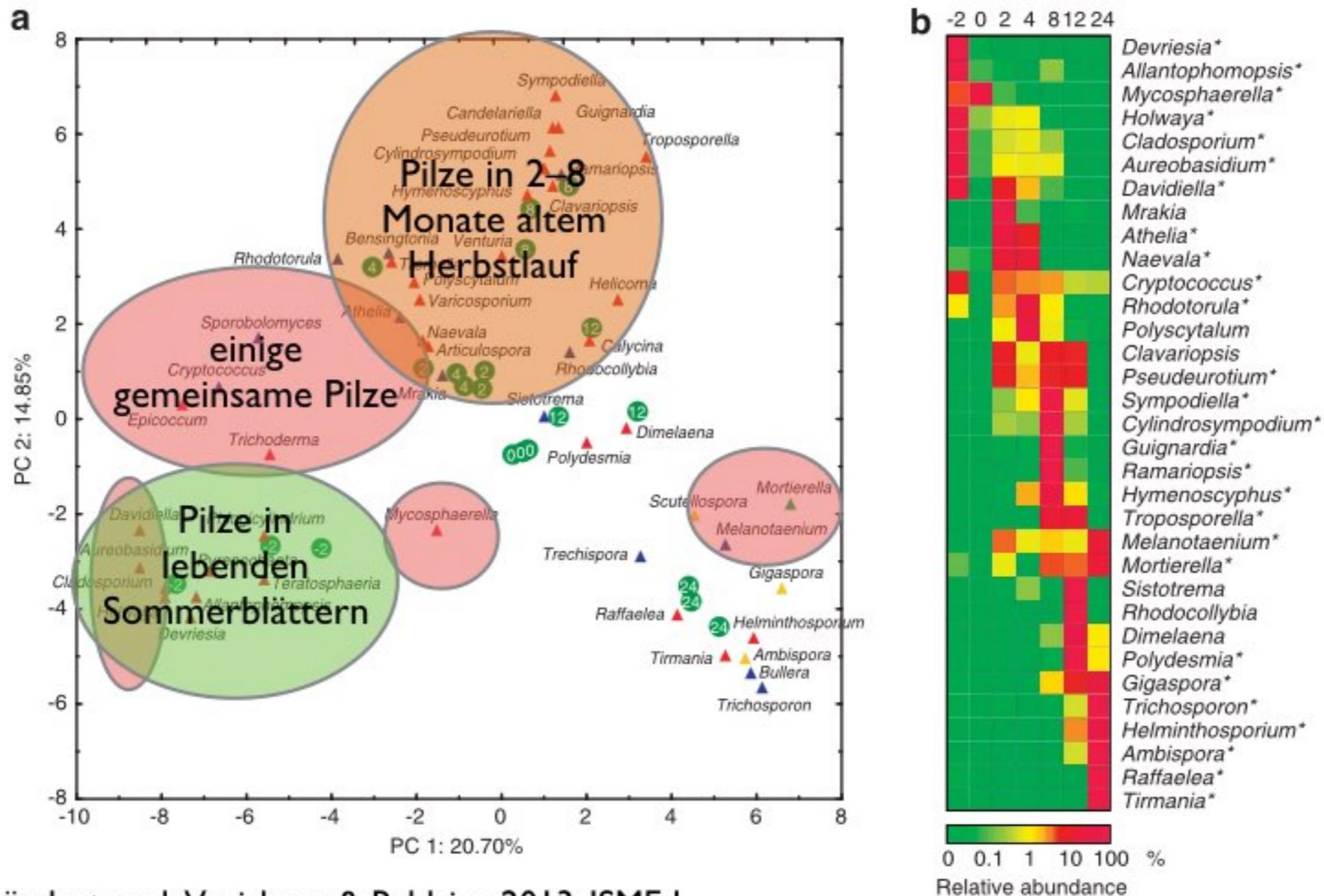
Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

- **Schnelle Veränderung der Artenzusammensetzung nach Blattfall**

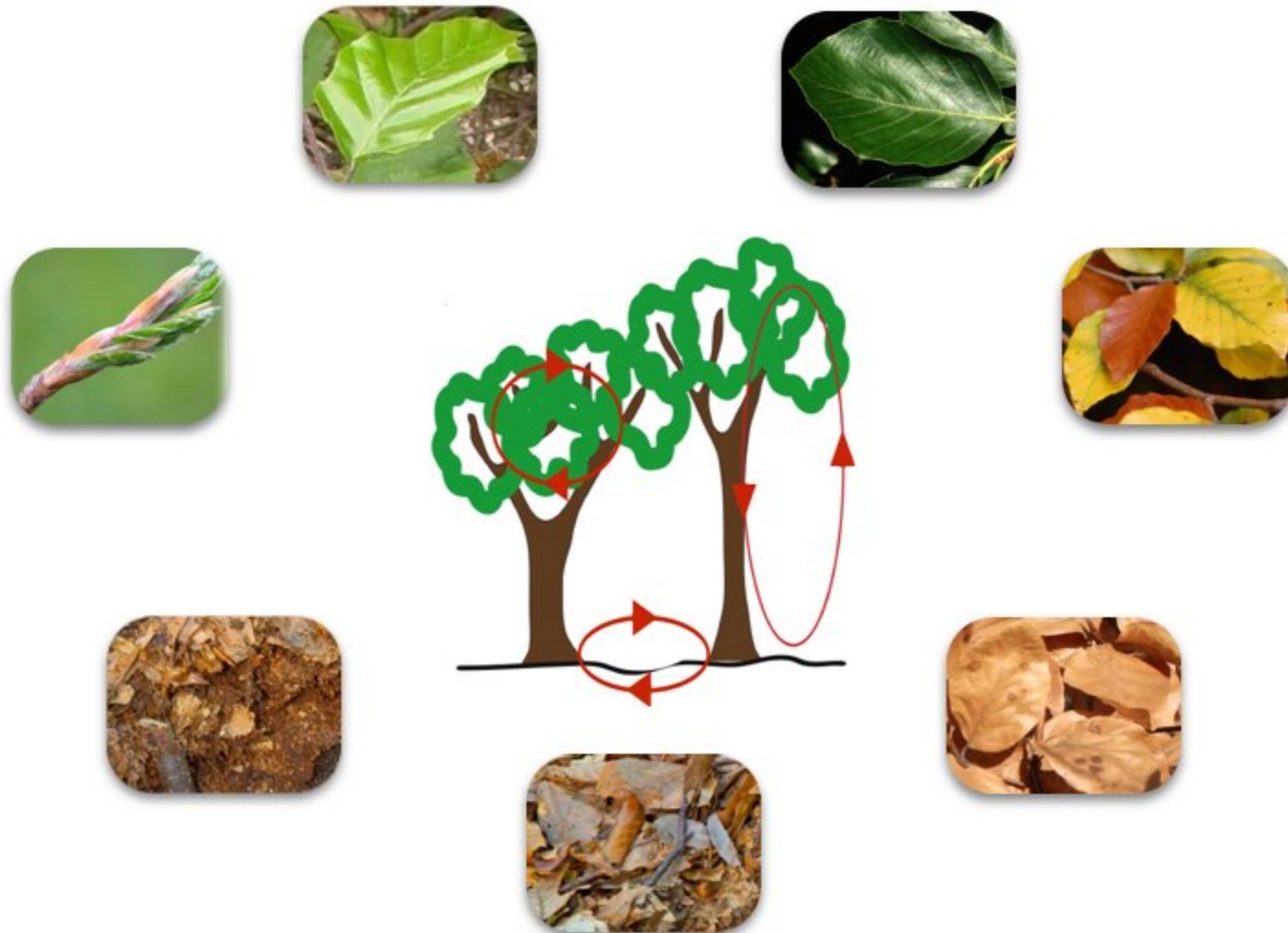


verändert nach Voriskova & Baldrian 2013: ISME J

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Der Waldboden

- **Bodenbewohnende Pilze werden stark durch Blatt- und Holzbewohnende Pilze beeinflusst (und umgekehrt!)**



Erfassung von Bodenpilzen

Methoden

- **Zwei prinzipielle Ansätze:**
 - ▶ Kultivierung
 - ▶ Kultur unabhängige, direkte molekulare Methoden

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen



Bodenpilze

Erfassung von Bodenpilzen

Methoden

- **Kultivierung**

Inhalt des Vortrages

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in der Landwirtschaft

Globale Diversität von Bodenpilzen

Erfassung von Bodenpilzen

Methoden

• Kultivierung

1. Bodenprobe



2. Kultivierung



3. Identifizierung der Pilze

					<i>Arthrinium sacchari</i>
					<i>Chaetomium sphaerale</i>
					<i>Colletotrichum crassipes</i>
					<i>Coniothyrium fuckelii</i>
					<i>Fusarium cf avenaceum</i>
					<i>Fusarium decemcellulare</i>
					<i>Fusarium solani</i>
					<i>Glomerella cingulata</i>
					<i>Khuskia oryzae (Nigrospora)</i>
					<i>Penicillium glabrum</i>
					<i>Pestalotiopsis versicolor</i>
					<i>Phomatospora</i> sp.
					<i>Phomopsis manikarae</i>
					<i>Phyllosticta sapotae</i>
					<i>Trichoderma koningii</i>
					<i>Xylaria cf adscendens</i>
					<i>Xylaria cf mellisii/arbuscula</i>
					<i>Xylaria cf multiplex</i>
					<i>Zygosporium echinosporum</i>
					Sterile mycelium 2
					Sterile mycelium 4
					Sterile mycelium 51
					Sterile mycelium X
					No fungus isolated, zero

Bodenpilze
Inhalt des Vortrages
Ein Wald aus Pilzperspektiven
Methoden
Bodenpilze in der Landwirtschaft
Globale Diversität von Bodenpilzen

Erfassung von Bodenpilzen

Methoden

- **Kultivierung**

1. Bodenprobe

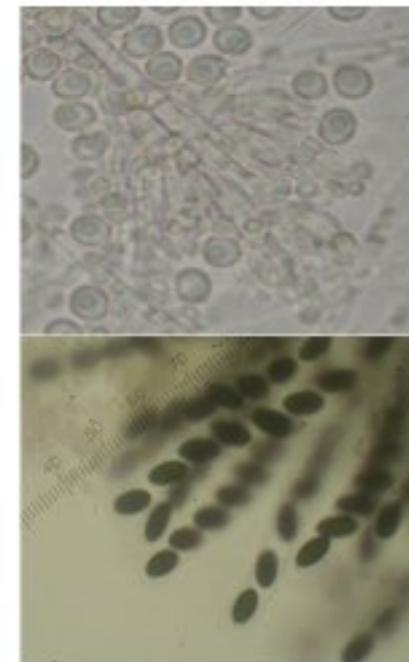


2. Kultivierung

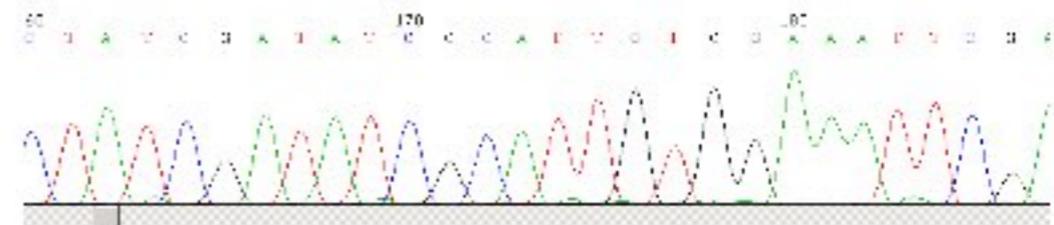


3. Identifizierung der Pilze

a) Mikroskopie



b) DNA Sequenzierung



Erfassung von Bodenpilzen

Methoden

- **Direkte molekulare Methoden**

- ▶ “Next generation sequencing” ist mittlerweile die Methode der Wahl:
454 Pyrosequenzierung, *Illumina* Sequenzierung, *Ion Torrent* Sequenzierung

- Vorteile:

- ➔ Extrem große Datenmengen: mehrere Millionen Pilzsequenzen aus einer Umweltprobe
- ➔ viele Umweltproben können gleichzeitig bearbeitet werden
- ➔ Extrem billig

- Nachteile:

- ➔ Keine lebenden Organismen (Kulturen), nur “anonyme” DNA Sequenzen
- ➔ Umfangreiche Referenzdatenbanken notwendig
- ➔ Artbestimmung und Ökologie wird zunehmend eine Disziplin der Bioinformatik

- **Pathogene Pilze**

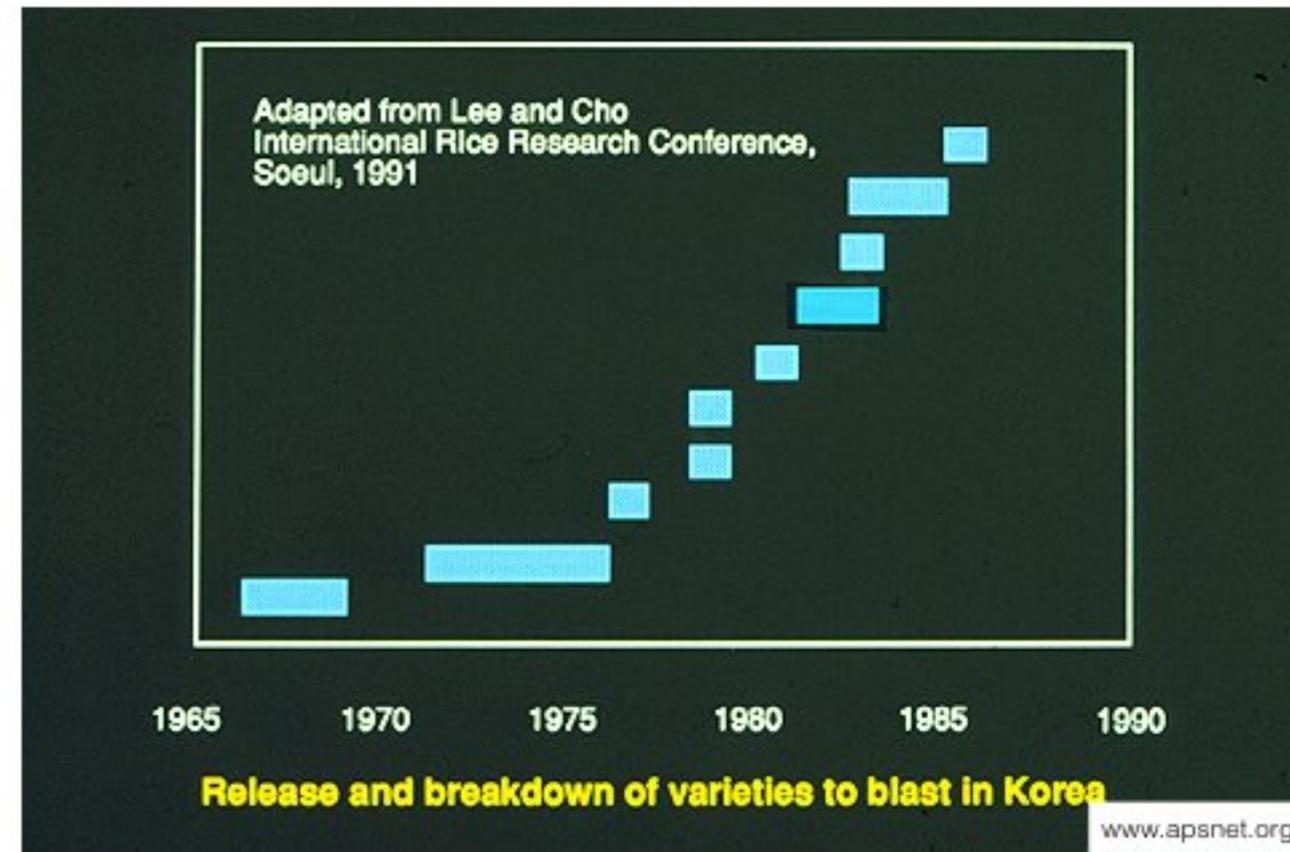
- ▶ *Rhizoctonia, Alternaria, Fusarium, Mycosphaerella, Mortierella, Magnaporthe, Tilletia, Puccinia*
- ▶ *Phytophthora, Plasmopara* und andere Oomyzeten (keine echten Pilze!)
 - Zerstörung des Wurzelsystems sowie oberirdischer Pflanzenteile und/oder der Feldfrüchte
 - Wachstum und/oder Überdauerung im Boden/in abgestorbenen Pflanzenteilen
 - schnelle, asexuelle Vermehrung, hohe Anpassungsfähigkeit



- **Pathogene Pilze**

- ▶ *Magnaporthe oryzae*, der Reisbrand

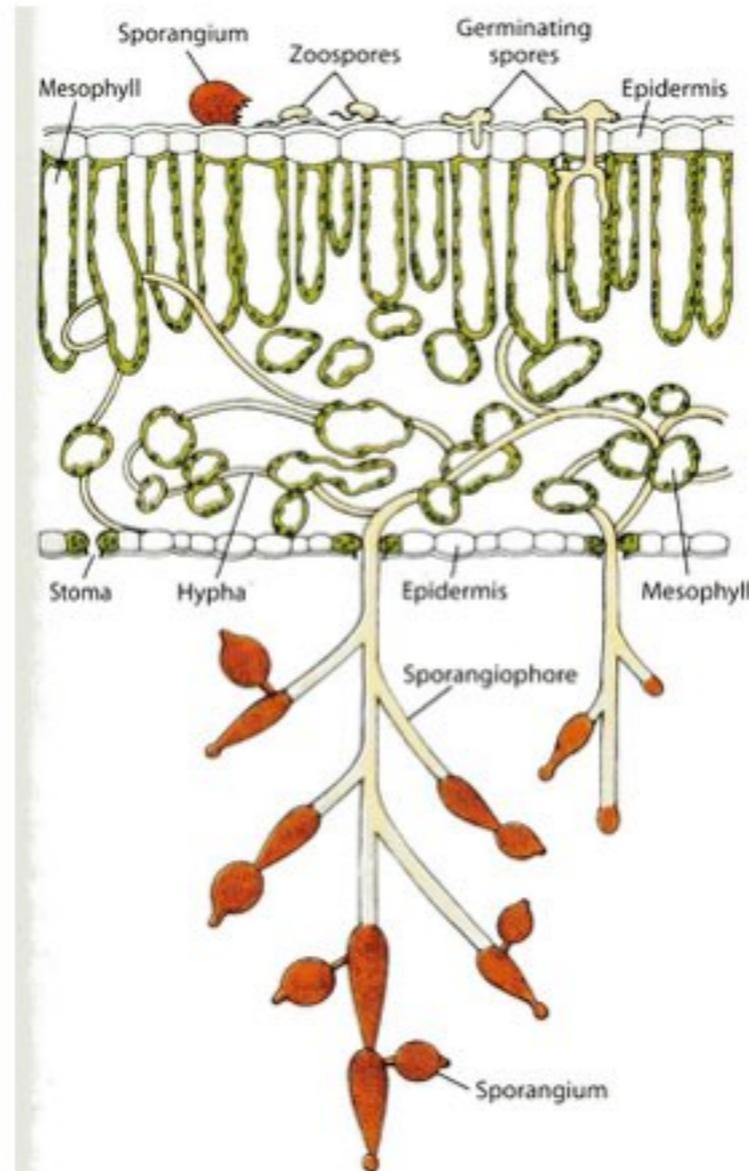
- jährliche Ernteauffälle könnten 60 Mio. Menschen ernähren
 - befällt oberirdische Pflanzenteile
 - hohe Mutationsraten > neue resistente Stämme
 - Erforschung von Pilz-Pflanzen Interaktion statt Einsatz von Chemikalien



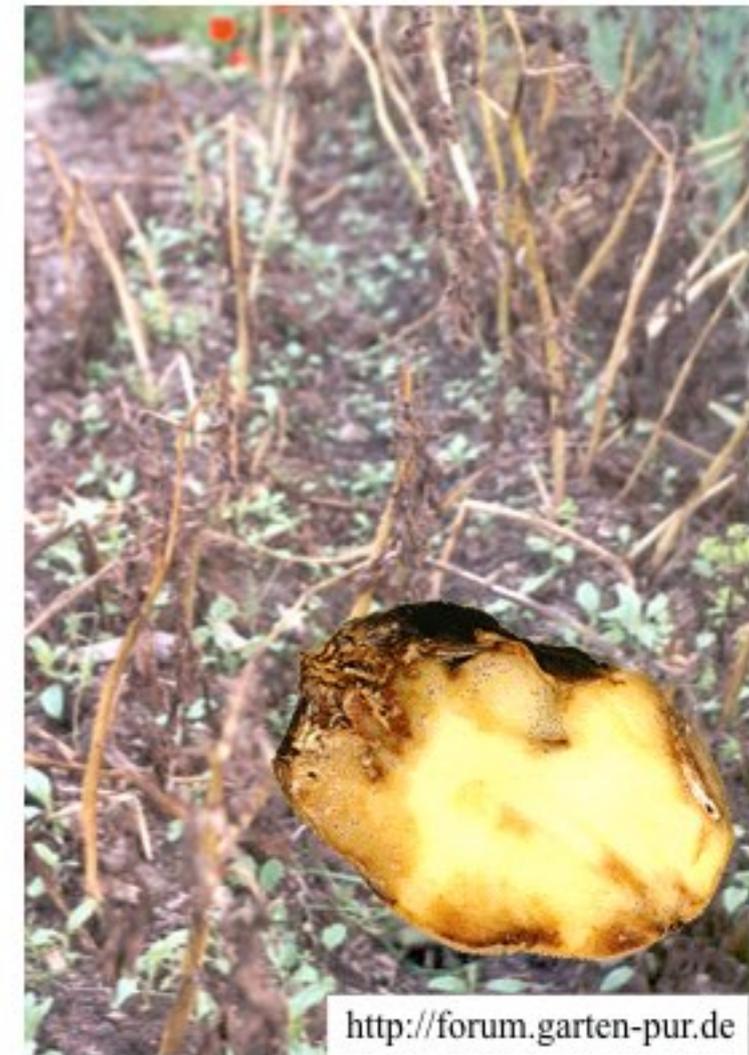
• Pathogene Pilze

▶ *Phytophthora infestans*, die Kartoffelfäule

- weltweite jährliche Schäden von über 6 Milliarden Euro, v.a. Kartoffel und Tomate



Raven: Biology of Plants



Bodenpilze in der Landwirtschaft

Bodenpilze

- Pathogene Pilze

- ▶ *Phytophthora infestans*, Auslöser der Irischen Hungersnot 1846–50
 - 1846–47: warme, feuchte Sommer
 - innerhalb von wenigen Wochen waren alle Kartoffelfelder zerstört



Table 14: Irish Mortality, 1842-50 ¹³⁹

Year	% of the Total Number of Deaths Occurring in Each Year
1842	5.1
1843	5.2
1844	5.6
1845	6.4
1846	9.1
1847	18.5
1848	15.4
1849	17.9
1850	12.2

http://www.nde.state.ne.us/ss/irish/irish_pf.html



<http://photography.nationalgeographic.com>

- 1841: 8.2 Mio Einwohner
- 1851: 6.5 Mio Einwohner
- 2013: 4.6 Mio Einwohner

Inhalt des Vortrages

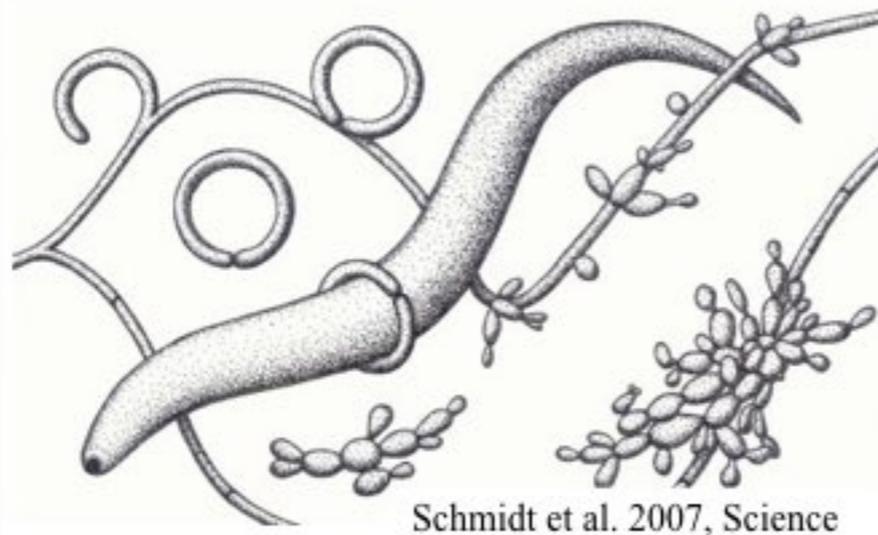
Ein Wald aus Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in der Landwirtschaft

Globale Diversität von Bodenpilzen

- **Nützliche Pilze, alternative Strategien zur Schädlingsbekämpfung**
 - ▶ Entomopathogene bzw. nematophage Pilze gegen Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne* spp.) und Fraßschädlinge
 - *Arthrobotrys*, *Dactylaria*
 - *Metarrhizium*, *Paecilomyces*, *Beauveria*



nematophage-pilze.de



Bodenpilze in der Landwirtschaft

- **Nützliche Pilze, alternative Strategien zur Schädlingsbekämpfung**
 - ▶ Mykorrhiza Pilze



ohne
Mykorrhiza

mit
Mykorrhiza



Bodenpilze

Inhalt des Vortrages

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in der Landwirtschaft

Globale Diversität von Bodenpilzen

Globale Diversität von Bodenpilzen

Tedersoo et al. 2014, *Science*

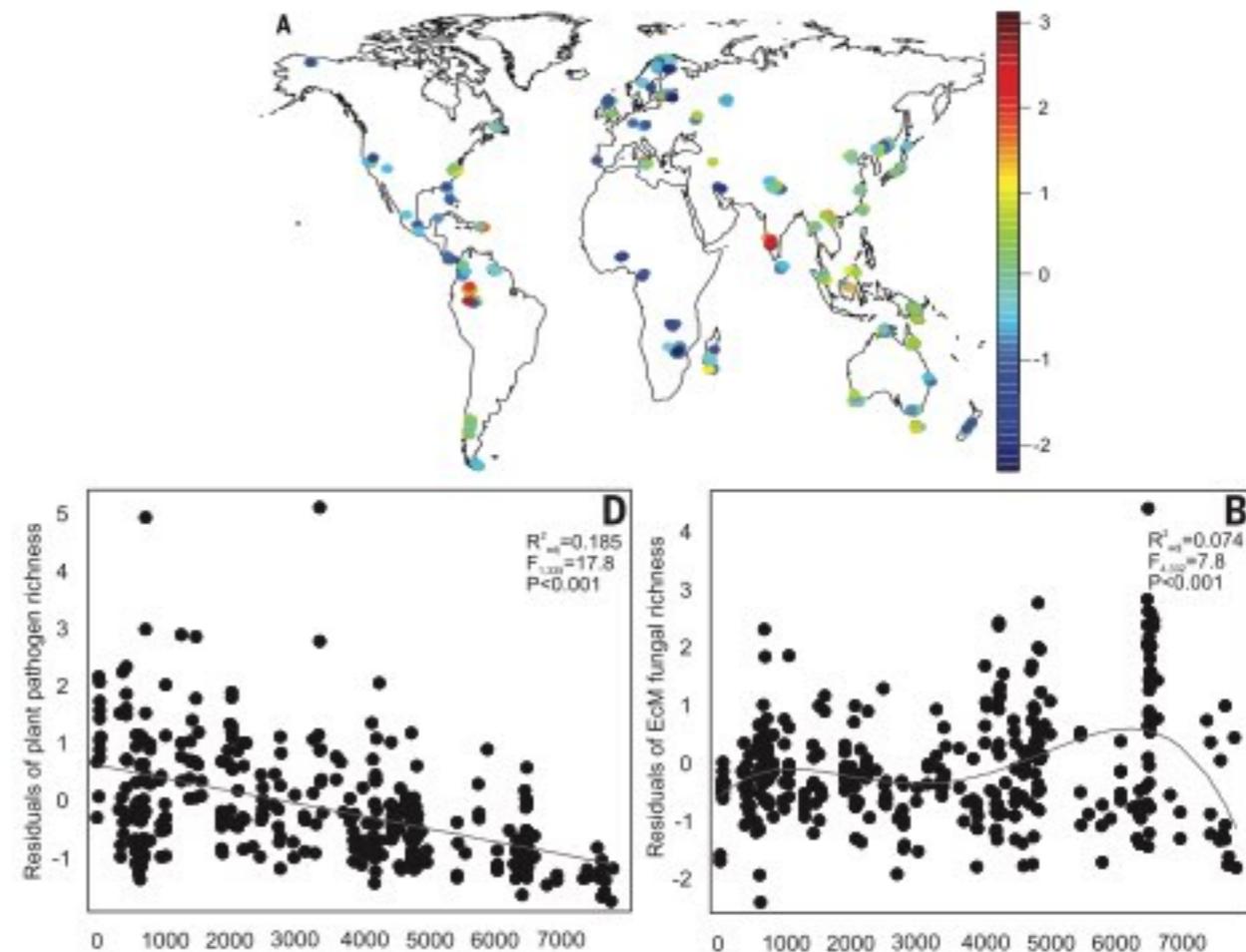
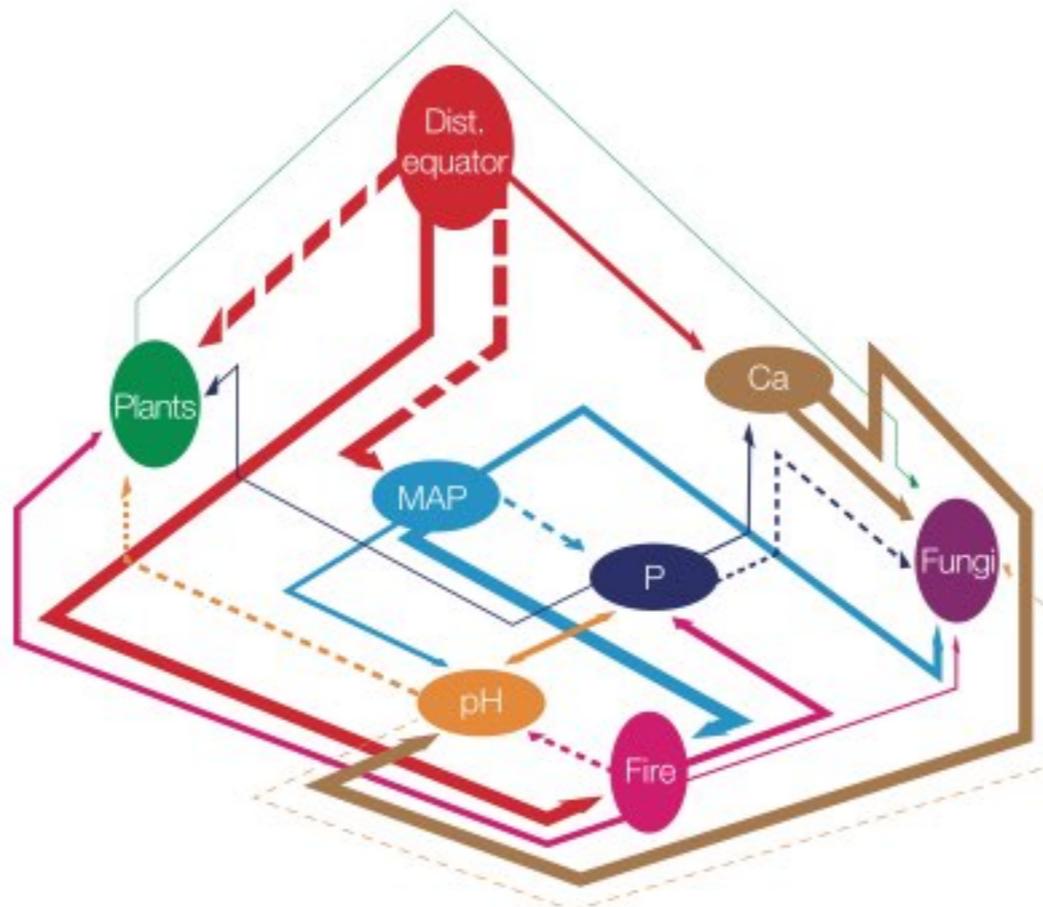
- Welche Faktoren beeinflussen Diversität und Taxonomie von Bodenpilzen?

RESEARCH ARTICLE

FUNGAL BIOGEOGRAPHY

Global diversity and geography of soil fungi

- ▶ Je 40 Bodenproben an 365 Sammelstelle
- ▶ ca. 2.5 Mio Pilzsequenzen
- ▶ umfangreiche Umweltdaten (pH Werte, Niederschläge, etc.)



Blatt bewohnende endophytische Pilze

Inhalt des Vortrages

Ein Wald aus Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in der Landwirtschaft

Globale Diversität von Bodenpilzen

- **Beispiel Wald**

- ▶ Ein Wald aus unterschiedlichen Pilzperspektiven
- ▶ Dynamik, Interaktionen und Vielfalt von Bodenpilzen

- **Methoden der (Boden)pilzforschung**

- ▶ Kultivierung
- ▶ Kultur-unabhängige Erfassung

- **Beispiel Landwirtschaft**

- ▶ Pathogene Bodenpilze
- ▶ Nützliche Bodenpilze

- **Aktuelle Beispiele aus der Forschung**

- ▶ Globale Diversität von Bodenpilzen

Bodenpilze

Inhalt des
Vortrages

Ein Wald aus
Pilzperspektiven

Methoden

Bodenpilze in
der
Landwirtschaft

Globale
Diversität von
Bodenpilzen

Bodenpilze jenseits von Fliegenpilz und Co –

Die unsichtbaren treibenden Kräfte in
unseren Ökosystemen

Vielen Dank!