

Fruchtkörperbildung bei saprotrophen und Mykorrhizapilzen: Ein Beitrag zur Ökologie von Großpilzen in einem Kiefernforst der Rhein-Main-Ebene

HANS HALBWACHS

HALBWACHS, H. (2007): Fructification of saprotrophic and mycorrhiza forming fungi in a pine stand in the Rhine-Main area. *Z. Mykol.* 73/2: 145-202.

Key words: mycology, fungi, ecology, fructification, soil humidity, phenology

Summary: In a 2400 m² pine stand close to Rodgau/Hesse the weather and the fructification patterns of macrofungi were recorded from 2000 to 2003 and analysed, as well as influencing factors, such as the accompanying vegetation and soil properties. Important outcomes include:

- an explanatory approach relating to the seasonal rise of soil humidity as one trigger of fructification caused by temperature inversion between air and soil,
- a method to characterise a habitat by mycological fingerprinting using ecological types including a procedure for appraising fungal association,
- phenological patterns, and
- suggestions for further research, amongst others on the phenology of ecological types, on the fructification and day-and-night rhythms influenced by the temperature inversion between air and soil and on the effect of beetles on the abundance of large fungi and their diversity.

Zusammenfassung: In einem Kiefernforst bei Rodgau/Hessen wurden auf einer Untersuchungsfläche von 2400 m² die Witterungsverläufe und die Erscheinung von Fruchtkörpern von Großpilzen zwischen den Jahren 2000 und 2003 aufgezeichnet und analysiert. Zusätzlich wurden Einflussfaktoren wie die Begleitflora und die Bodeneigenschaften beschrieben. Wichtige Ergebnisse umfassen:

- einen Erklärungsansatz zum saisonalen Anstieg der Bodenfeuchte durch Temperaturinversion zwischen Boden und Luft als ein Auslöser für Fruktifikation,
- eine Methode zur mykologischen Charakterisierung eines Standorts differenziert nach ökologischen Typen („mykologischer Fingerabdruck“), einschl. eines Rasters zur Einschätzung des Vergesellschaftungsverhaltens der Pilze untereinander
- phänologische Merkmale und
- Hinweise auf weiteren Forschungsbedarf, u.a. zur Phänologie der ökologischen Typen, zum Wachstum von Fruchtkörpern einschließlich Tag-Nacht-Rhythmik durch die Temperaturinversion zwischen Boden und Luft sowie zum Einfluss von Käfern auf Abundanz bzw. Artenvielfalt von Großpilzen.

Einleitung

Das Artenspektrum einer Pilzgesellschaft und das zeitliche Auftreten von Fruchtkörpern hängen vor allem von Substrateigenschaften, umgebender Vegetation, der Witterung und menschlichen Einflüssen ab. Die damit verbundenen Fragestellungen sind komplex und bislang unzureichend untersucht worden. Auch sind interdisziplinäre Ansätze eher selten. Dies muss aber ein wichtiges Anliegen der Pilzforschung sein, weil deutliche Zusammenhänge mit Phänomenen wie den zunehmenden Waldschäden oder dem Rückgang von Pilzarten zu erkennen sind. Wie wenig die Pilzforschung immer noch dabei Beachtung findet, lässt sich z.B. in der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung über Umweltprobleme in Deutschland ablesen: In der immer noch verbreiteten Auflage der AID-Schrift zum „Neuartigen Waldsterben“ (SCHRETZMANN 2001) des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft findet sich kein Hinweis auf die Rolle von Pilzen im Ökosystem Wald, obwohl es schon länger deutliche Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Waldschäden und Mykorrhizapilzen gab (z.B. ARNOLDS 1991).

Zwar gibt es inzwischen Veröffentlichungen, die eine Reihe von Aspekten zur Interaktion zwischen Pilz und seiner Umwelt behandeln (z.B. REIJNDERS 1963, AGERER 1985, OHENOJA 1993, DAHLBERG 2001, STRAATSMA et al. 2001, BENDIKSEN 2004). Es ist aber bisher nicht gelungen, ein umfassendes Spektrum der ökologischen Zusammenhänge in der Mykosphäre bzw. eine Modellvorstellung mit akzeptabler Voraussagesicherheit über das Fruktifizieren von Großpilzen zu entwickeln. Die vorliegende Studie soll bisherige Erkenntnisse ergänzen und Rückschlüsse auf weiteren Forschungsbedarf erlauben.

Dazu sollte eine Reihe von Einflussfaktoren in einem Kiefernforst der Untermain-Ebene über mehrere Jahre erfasst werden, um

- den Standort anhand pilzrelevanter Merkmale zu beschreiben (Lage, Geologie, Klima, Schadstoffeintrag, Boden, Vegetation, Fauna, Beeinflussung durch den Menschen),
- um Hinweise zu den Auslösern zu erhalten, die zur Fruchtkörperbildung ausgewählter Pilzarten im Jahresverlauf führen, vor allem die witterungsbedingten Faktoren unter Berücksichtigung der Phänologie der Begleitvegetation,
- um die ökologischen Merkmale der standorttypischen Pilzflora näher zu beschreiben („mykologisches Profil“), vor allem:
 - Artenspektrum (zeitlich und räumlich)
 - Fruktifizierungsunterschiede zwischen ökologischen Typen
 - Dominanz und Diversität
 - Abhängigkeiten von Arten untereinander,
- um dafür ein Methodenkonzept zu entwickeln.

Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis eines privaten Forschungsvorhabens. Forschung, die nur außerhalb der Arbeitszeiten stattfinden kann und von den Ressourcen einer Forschungseinrichtung abgekoppelt ist, unterliegt zwangsläufig Einschränkungen. Die Studie sollte aber auch zeigen, dass es mit begrenzten zeitlichen und materiellen Mitteln möglich ist, einen sinnvollen Beitrag zur Pilzforschung zu leisten. Die im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen und Methoden sind deshalb auf Aufwandsminimierung ausgerichtet.

Untersuchungszeitraum und Ablauf

Die Studie entstand zwischen 1997 und 2007. Verglichen mit ähnlichen Studien der institutionalisierten Forschung, erforderten Vor- und Nachbereitung einen überproportionalen Zeitbedarf. Die Datenerhebungen selbst erfolgten von 2000 bis 2003.

Die einzelnen Phasen:

- 1997 – 1999 vorbereitende Recherchen, Standorterkundung und Festlegung des Untersuchungsgebietes
- 1998 – 1999 Konstruktion einer Witterungs-Messanlage, vertiefende Erkundungsbegehungen
- 1999 – 2000 Eichung und Test der Messanlage
- 2000 – 2003 Erfassung des Fruchtkörperaufkommens (Phänologie)
- 2001 – 2003 Erfassung der Witterung (Luft und Boden)
- 2003 – 2005 Erfassung der Vegetation
- 2005 – 2006 Analyse der Bodeneigenschaften
- 2004 – 2005 numerische und grafische Auswertung der Daten.
- bis 2007 Interpretation der Befunde.

Die Felderhebungen und Probenaufnahmen erfolgten in aller Regel an den Wochenenden. Durch diese zeitliche Einengung konnten die Ermittlungen der Klima- und Fruktifizierungsdaten mit den Boden- und Vegetationsdaten nicht synchronisiert werden. Auch auf die Erweiterung der Jahresgang-Erhebungen auf mehr als drei Jahre musste wegen des erheblichen Aufwandes verzichtet werden.

Untersuchungsgebiet

Geografische Lage und Geologie

Das etwa 2400 m² große Untersuchungsgebiet befindet sich in einem Kiefernforst der Gemarkung Rodgau auf 50°01'49'' geografischer Länge und 85°1'30'' Breite in 132 m Meereshöhe (MTB 5919/314), etwa 1,7 km westlich von Jügesheim.

Die Gemarkung gehört zum Naturraum der Untermain-Ebene des Rhein-Main-Tieflands. Das Untersuchungsgebiet selbst liegt in der östlichen Untermainniederung und im Naturraum „Heusenstammer Sand“, Nr. 232.222 (HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2005). Die im Tertiär entstandenen Terrassensande wurden im Pliozän durch Flugsande mit unterschiedlicher Mächtigkeit abgedeckt. Die Sande sind geringfügig mit feinkörnigem Laacher Bimstuff untermischt. Stellenweise finden sich Hochflutlehme als Schichten bzw. Linsen in verschiedenen Tiefen (SCHOTTLER 1922/1992, FORSTAMT RODGAU 1997).

Entwässert wird das Gebiet durch Gräben. Diese sind zwar die weitläufig mit dem namensgebenden Bach der Gemarkung, der Rodau (ein Zufluss des Mains) verbunden, fungieren aber überwiegend als Versickerungsgräben.

Auf Grundwasser stößt man westlich von Jügesheim zwischen zwei und sieben Metern, je nach Nähe zur Rodau bzw. zum Wasserwerk. Das Untersuchungsgebiet gehört zum Wasserschutzgebiet des örtlichen Wasserwerks. Der Grundwasserspiegel liegt dort bei 6 m (WASSERWERK RODGAU 1998). Das Wasser ist mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln belastet. Die Konzentrationen überschreiten aber die Grenzwerte nicht (UMLANDVERBAND FRANKFURT 2000: 34).

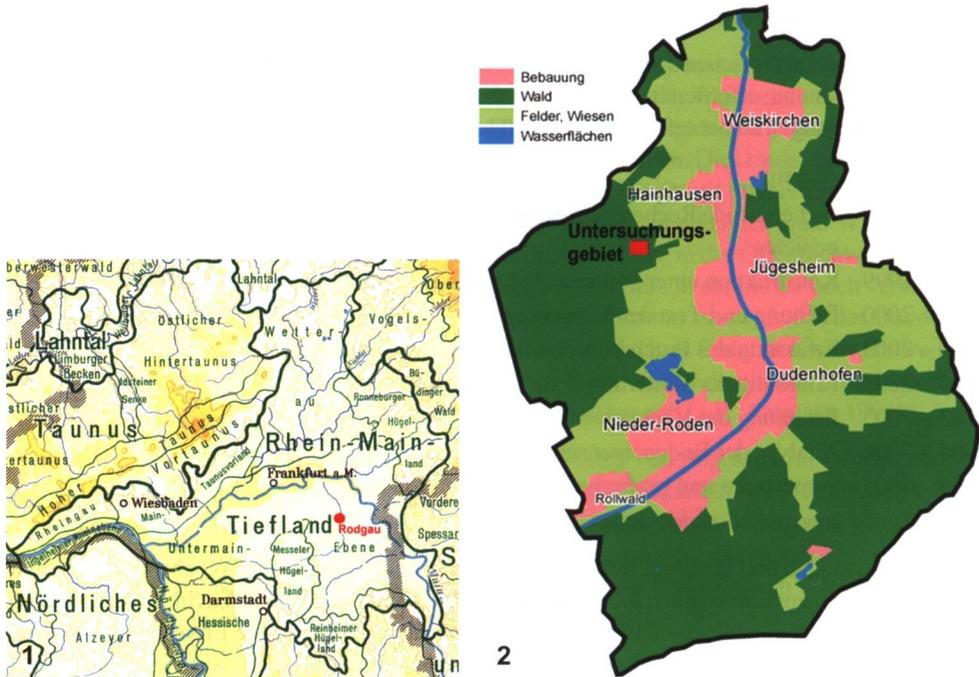


Abb. 1: Naturräumliche Lage (Verändert nach ERNST & KLINGSPORN 1969). – **Abb. 2:** Gemarkung Rodgau (Verändert nach Presse03 2005).

Böden

In den Forstgebieten der Gemarkung herrschen tiefgründige, podsolierte Braunerden mit eingestreuten Pseudogley-Braunerden bzw. Pseudogleyen vor (SCHOTTLER 1922/1992). Die forstliche Standortsaufnahme des zuständigen Forstamts weist die Nährstoffversorgung des in dieser Studie untersuchten Areals als schwach mesotroph und den Geländewasserhaushalt als „frisch“ aus (FORSTAMT RODGAU 1997, FORSTAMT RODGAU 1998). Der Wasserhaushalt schwankt jedoch stark von Jahr zu Jahr. Im Untersuchungszeitraum zwischen 2000 und 2004 traten zum Teil ausgeprägte Trockenperioden in der Vegetationszeit ein, was den Wasserhaushaltsstufen „mäßig trocken“ bis „mäßig frisch“ entspricht (AK STANDORTSKARTIERUNG 1996: 245).

Klima

Es herrscht mäßig subkontinentales Klima vor. Die Region zählt zu den wärmsten und trockensten Deutschlands. Die langjährigen Mittel liegen für die Temperatur bei 9 °C, für die Niederschläge zwischen 600 und 700 mm. Die jährliche Verdunstungsrate liegt bei etwa 500 mm (PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG 2003). In den letzten zehn Jahren ist ein Trend zu höheren Temperaturen und geringerem Niederschlag, davon bestenfalls 10 % als Schnee (PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG 2003), zu beobachten. Durch das hohe Flug- und Verkehrsaufkommen in der Region ist die Luft „hoch bis sehr hoch belastet“ (UMLANDVERBAND FRANKFURT 2000: 49), vor allem mit Stickoxiden. Deshalb kommt es in den Sommermonaten häufig zur Überschreitung des Ozon-Grenzwertes.

So wurde 2002 in Frankfurt/Höchst der Grenzwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fünf mal überschritten (MICHEL 2002).

Vorgeschichte des Forstes

Die potentielle natürliche Vegetation der Region gehört zum Typ „trockener Eichen-Buchenwald“ (UMLANDVERBAND FRANKFURT 2000: 11). Dementsprechend war die Gemarkung bis zu den großflächigen Rodungen im späten Mittelalter bis mindestens 1250 überwiegend mit Eichen und Buchen bewaldet (KURT 1998). Danach blieben in der Gemarkung Rodgau bestenfalls kleinflächige Waldinseln übrig, wie die „Haas'sche Karte“ von 1803 noch zeigt. Diese Baumbestände hatten jedoch durch intensive Beweidung, Streuentnahme und anderweitiger landwirtschaftlicher Nutzung kaum noch Waldcharakter.

Erst im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts setzte eine Waldreform ein. Systematische Aufforstungen, vorwiegend mit Waldkiefern, gingen einher mit staatlichen und Verwaltungsregelungen, die den Wald schützen sollten, z.B. die Vorschriften zum „Streuftrevell“ (KOSSLER 1991).

Die Forste der Region wurden bis etwa in die Mitte des 20. Jahrhunderts als Plantagen bewirtschaftet. Kahlschlägen folgten Wiederaufforstungen. Immer wieder kam es zu unregelmäßiger Waldnutzung wie z.B. Beweidung, Streu- und Holzentnahme, vor allem in den Jahren der großen Weltkriege, zuletzt noch in den ersten Jahren nach dem zweiten Weltkrieg (BONIFER 2004: 279).

Die letzte Neupflanzung von Kiefern (*Pinus sylvestris*) erfolgte im Untersuchungsgebiet nach dem letzten Weltkrieg ca. 1946 (Forstamt Rodgau 1997). Seitdem wird der Forst als Mehrstufenwald bewirtschaftet und seit etwa 20 Jahren zu einem Mischwald umgebaut. Neben natürlicher Einsamung („Hähersaat“) werden standortgerechte Laubbölzer angepflanzt, also Eichen (*Quercus robur*) und Rotbuchen (*Fagus sylvatica*), aber z.B. auch Esskastanien (*Castanea sativa*) und Ebereschen (*Sorbus aucuparia*). Trotzdem muss das engere Untersuchungsgebiet noch immer als naturfern (euhemerob) gelten (PFADENHAUER 1993: 74).

Es gibt keine Hinweise auf Düngungen oder Kalkungen.

Neben der Funktion als Wirtschaftswald wird der Forst als Jagd- und vor allem als Naherholungsgebiet intensiv genutzt. Allerdings ist das Untersuchungsgebiet selbst seit 2000 als Wildruhezone ausgewiesen. Dadurch hat sich die Belastung durch Freizeittätigkeiten erheblich vermindert. So sind vom Autor in den Jahren der Pilzerhebungen keine Entnahmen aus der Untersuchungsfläche durch Pilzsammler beobachtet worden.



Abb. 3: Sommeraspekt – Untersuchungsfläche 2002.

Die Untersuchungsfläche

Bei der Auswahl der Untersuchungsfläche wurden folgende Kriterien angelegt:

- Mindestgröße von 1000 m², um die standorttypische Großpilzflora möglichst vollständig erfassen zu können (WINTERHOFF 1992: 26)
- Vermeidung von Randeffekten, z.B. durch den Eintrag von Agrochemikalien
- einheitliches Geländeprofil
- möglichst einheitlicher und regionaltypischer Vegetationstyp mit älterem Kiefernbestand
- Nähe zum Wohnort des Autors; einfacher Zugang, auch mit PKW
- möglichst geringe Freizeitaktivitäten.

Die Wahl fiel auf ein 2400 m² Waldstück im „Jügesheimer Eck“:

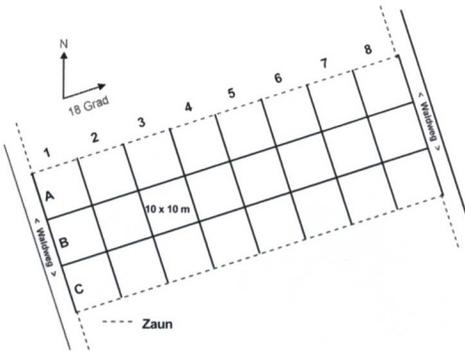


Abb. 4: Schema der Aufnahmefläche

Die Fläche wurde in 3 × 8 Quadrate mit jeweils annähernd 100 m² unterteilt (s. auch WINTERHOFF 1992: 232) und die Schnittpunkte mit 1,5 m hohen Lattenpfosten markiert. Um von Wild evtl. umgestoßene Pfosten wieder korrekt platzieren zu können, wurden zusätzlich kleine beschriftete Schilder aus Kunststoff (handelsüblich, Gartenbedarf) in den Boden gesteckt. Die Pfosten wurden zur besseren Sichtbarkeit im oberen Drittel mit gelber Neonfarbe eingefärbt. Beide Markierungsformen wurden so beschriftet und ausgerichtet, dass die Quadratzuordnung immer eindeutig ablesbar war (Abb. 5).

Die Hangneigung ist mit weniger als 1 % zu vernachlässigen. Zwischen 2000 und 2002 fanden auf Bitte des Autors keine forstlichen Eingriffe statt.

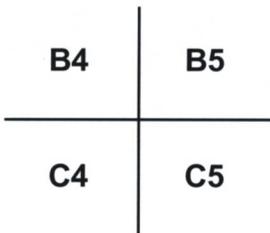


Abb. 5: Markierung

Erhebung der Bodeneigenschaften

Bei der Feldansprache der Bodeneigenschaften während der Standorterkundungen ergaben sich keine Gesichtspunkte, die für eine große Variationsbreite der relevanten Bodeneigenschaften sprachen. Die jeweilige Stichprobenzahl orientierte sich deshalb vorwiegend an den zeitlichen und finanziellen Rahmenbedingungen der Studie.

Bodenprofil

Das Bodenprofil wurde ein paar Meter außerhalb der Untersuchungsfläche durch eine 1,5 m tiefe Grabung ermittelt und fotografisch dokumentiert. Zusätzlich wurden mit einem Handprobenehmer (ähnlich Typ Pürckhauer, Windaus Labortechnik, 38678 Clausthal-Zellerfeld) Stichproben aus fünf Quadraten bis jeweils 30 cm Tiefe gezogen.

Bodenart

Korngrößenverteilung und Bodenart wurden durch eine halbquantitative Sedimentanalyse, angelehnt an ENBLIN et al. (2000: 26-27), ermittelt. Dazu wurde eine Mischprobe aus fünf Bohrkernen luftgetrocknet. Davon wurden 10 ml in einen 100 ml Messzylinder gefüllt und mit 90 ml 0,1 molarer $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 10 Sekunden lang geschüttelt, bis der Boden gleichmäßig suspendiert war. Das Natriumpyrophosphat verhindert das Verkleben von Bodenteilchen. Nach 30 Sekunden wurde das Volumen der Sand-, nach 50 Minuten die Schlufffraktion (Grob- und Mittelschluff) abgelesen. Das verbleibende Fehlvolumen repräsentiert die feinste Fraktion. Der durch die Kontraktion des Porenvolumens entstehende Fehler ist für die Bestimmung vernachlässigbar, weil er aufgrund des hohen Sandanteils unter dem Ablesefehler bleibt.

Die Bodenart wurde anhand eines Korngrößendreiecks bestimmt (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982: 85 bzw. 80).

Wasserkapazität (Feldkapazität)

Die Feldkapazität wurde gravimetrisch bestimmt (angelehnt an STEUBING & FANGMEIER 1992: 21f). Dazu wurden vier ungestörte, zufallsverteilte Bodenproben aus den Tiefen 0–3,5 cm (O-Schicht entfernt) und 3,5–7 cm mit Hilfe von PVC-Ringen aus Abwasserrohren mit 70 mm Innendurchmesser ausgestochen. Die Unterseite wurde mit 595er Rundfiltern (Schleicher & Schüll) abgedeckt und mit Gummiringen fixiert. Die so präparierten Proben wurden 24 Stunden in einem Wasserbad durchfeuchtet, wobei der Wasserspiegel anfangs etwa bei 0,5 cm unterhalb der Oberkante der Stechzylinder eingestellt wurde. Danach wurden die Proben zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten mit Alu-Folie abgedeckt, zwei Stunden lang auf einem Drahtrost abgetropft und dann gewogen. Das Trockengewicht wurde nach dreistündigem Trocknen in einem Backofen bei 100–110° Celsius und anschließendem Abkühlen auf Raumtemperatur ermittelt.

Zum Wiegen wurde eine elektronische Briefwaage mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ g verwendet (Hersteller nicht ausgewiesen).

Bodenchemie

Um den **Säuregrad** aber auch die Austausch- bzw. Pufferkapazität beurteilen zu können, wurde die aktuelle und die potentielle Acidität gemessen (angelehnt an ENBLIN et al. 2000: 55f). Die aktuelle Acidität wurde in destilliertem Wasser und in 0,005 molarer CaCl_2 -Lösung bestimmt. Dazu wurden fünf zufällig über die gesamte Probenfläche verteilte Mischproben aus den Horizonten Ah, Bv(e) – Bv jeweils luftgetrocknet, im Verhältnis 1:2,5 aufgeschlämmt, nach 10 Minuten abfiltriert (595er Rundfilter, Schleicher & Schüll) und der pH jeder Stichprobe mit einem zuvor geeichten Taschen-pH-Meter (Fa. Conrad Electronic, Best.Nr. 100585, Auflösung $\pm 0,1$ pH) gemessen. Die potentielle Acidität wurde analog in einer einmolaren KCl-Lösung ermittelt.

Die halbquantitative **Nitrat**bestimmung erfolgte im Filtrat der wässrigen Aufschlämmung (s. Abschnitt zum Säuregrad) der fünf Stichproben mit Hilfe von Merckoquant Teststäbchen (10–50 mg/l).

Auch **Ammonium** wurde halbquantitativ mit einem kolorimetrischen Schnelltest bestimmt (Fa. JBL, 0,25–6 mg/l). Dazu wurden jeweils fünf über die gesamte Probenfläche zufallsverteilte Stichproben aus der Humusschicht bzw. aus 3–10 cm Tiefe im Gewichtsverhältnis von 1:1 in 0,005 molarer CaCl_2 -Lösung 30 Minuten unter Rühren eluiert, filtriert und gemessen.

Auf eine quantitative **Carbonat**bestimmung wurde nach fünf ergebnislosen Vortests mit 10 % HCl verzichtet.

Der **Humus**gehalt des Ah-Horizonts wurde im feuchten Zustand über die Einfärbung abgeschätzt (ENBLIN et al. 2000: 47). Eine Verfälschung durch Eisen- oder Manganoxide ist bei dem vorliegenden Bodentyp nicht zu erwarten.

Auf gesonderte Analysen von landwirtschaftlichen oder verkehrsbedingten **Schadstoffen** wurde wegen des hohen Aufwandes verzichtet. Die Angaben zur Grundwasser- und Verkehrsbelastung lassen aber eine Einschätzung der Situation zu. Darüber hinaus sind begrenzte Rückschlüsse aus den Erhebungen von Flechten und Moosen möglich.

Zum Auswiegen der Chemikalien und der Bodenproben wurde eine elektronische Taschen-Feinwaage der Firma Voltcraft vom Typ PS-250X0,05g mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05$ g verwendet.

Fehlerquellen

Die angeführten Methoden sind nach ihrer Art und den zu erwartenden Begleitumständen gut geeignet, die erforderlichen Bodencharakteristika für die Zielsetzungen der Studie festzustellen. Kritisch ist vielmehr für die einzelnen Bestimmungen die Anzahl der Stichproben, der aufgrund der Rahmenbedingungen Grenzen gesetzt waren (s. auch Abschnitt „Diskussion und Schlussfolgerungen“).

Erhebung der Witterungsdaten

Ziel war es, Daten zu erhalten, die das Mikro- bzw. Bestandsklima im Untersuchungsgebiet möglichst realistisch beschreiben. Selbst wenn es Messstationen in der engeren Umgebung gegeben hätte, wäre eine Verwendung solcher Daten nicht angemessen gewesen, weil schon subtile Unterschiede, z.B. im Bewuchs, merkliche Abweichungen von der Bestandsrealität verursachen können (s. auch HOFFMANN 1991). Deshalb wurde eine elektronische Messanlage eingesetzt, die über mehrere Wochen die wesentlichen Parameter erfassen und aufzeichnen konnte. Aus Sicherheits- und praktischen Gründen wurden auch konventionelle Messmethoden für einige Parameter eingesetzt. Für das Jahr 2000 stand die Station noch nicht zur Verfügung. Deshalb wurde notgedrungen auf Freilanddaten der Messstation am Flughafen Frankfurt zurückgegriffen (20 km Luftlinie bei vergleichbaren Geländeeigenschaften). Auch für die Temperatur- und Niederschlagsprofile der Erhebungsjahre und den Vergleichsstandard zur Bewertung der Profile wurden Daten dieser Station verwendet (DEUTSCHER WETTERDIENST 2006). Abweichend vom üblichen Vergleichsstandard der „Langjährigen Mittelwerte“ wurden nur die Jahre ab 1991 berücksichtigt, um das Witterungs-geschehen anhand der **aktuellen** Klimasituation beurteilen zu können.

Vom Deutschen Wetterdienst wurden die phänologische Daten zur Begleitvegetation bezogen. Dabei wurden vornehmlich folgende Parameter berücksichtigt: Fruchtbildung von *Quercus robur*, Blattverfärbung bzw. Blattfall von *Quercus robur* und *Betula pendula*. Weitere, das Untersuchungsgebiet charakterisierende und jahreszeitlich relevante Beobachtungsdaten lagen nicht vor (s. auch Phänologischer Aufnahmeschlüssel nach DIERSCHKE 1994: 367). Herangezogen wurden die Daten aller Stationen des Naturraums „Unterrainebene“.

Die Messanlage

Um kostengünstig arbeiten zu können, wurde ein Selbstbau-Telemetriesystem der Firma Conrad Electronic, Typ „Tele Maestro“ (nicht mehr im Handel), eingesetzt. Das System besteht aus einer elektronischen, hochintegrierten Zentraleinheit, die mit acht digitalen und acht analogen Messeingängen eine breite Palette an Messkanälen zulässt. Dabei wurden überwiegend Zusatzmodule des Lieferanten für die Schnittstellen und Messfühler genutzt. Für die Messung der Bodenfeuchte und der Lichteinstrahlung wurden eigene Schnittstellen entwickelt und an die mitgelieferte Software angepasst.

Alle Messdaten wurden im stündlichen Rhythmus registriert und gespeichert. Diese Messfrequenz war systembedingt, längere Perioden waren nicht einstellbar. Die Messstation wurde mit Hilfe von zwei Bleiakkus (Panasonic, 12 Ah) im Wechselbetrieb mit Energie versorgt. Die Auslegung erlaubte einen ungestörten Betrieb von mindesten fünf Wochen mit einem Akku. Die beiden mobilen Speichereinheiten waren im Wechselbetrieb ebenfalls für eine Messreihe über fünf Wochen ausgelegt.

Die elektronischen und elektrischen Komponenten wurden in einem stabilen Aluminiumgehäuse eigener Konstruktion untergebracht. Die Messstation selbst wurde etwa 10 m außerhalb der eigentlichen Erhebungsfläche aufgestellt, mit einem Bodenanker gesichert und einer im Boden verankerten Gitterbox aus Streckmetall (handelsüblicher Komposter) gegen unbefugte Eingriffe geschützt. Aufgrund der Maschenweite von etwa 6 cm² kann davon ausgegangen werden, dass die

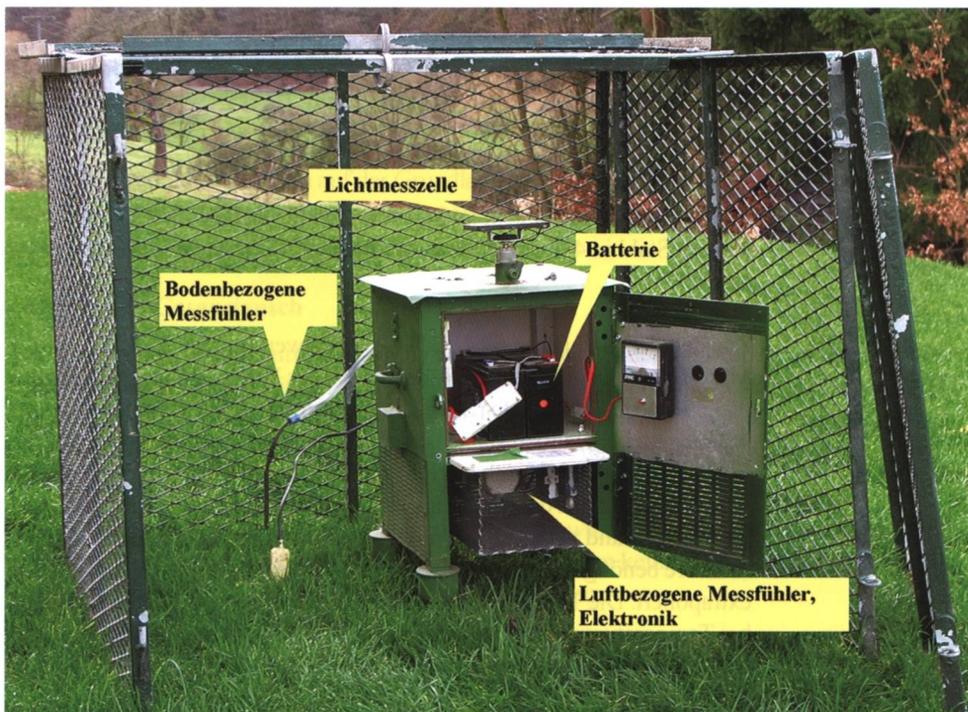


Abb. 6: Messstation im Sicherungskäfig.

Messwerte durch das Gitter nicht beeinflusst worden sind. Ein Drahtzaun der Revierföresterei bot zusätzlichen Schutz.

Die Elektronik und die luftbezogenen Messfühler wurden 10 cm über dem Boden angeordnet und mit einer feinen Metallgaze aus Aluminium gegen Kleintiere geschützt.

Die bodenbezogenen Messfühler waren mit flexiblen, abgeschirmten Kabeln mit der Zentraleinheit verbunden. Nach Beschädigung 2002, vermutlich durch Kleinnager, wurden die Kabel mit Panzerspiralen aus Kunststoff umgeben (KFZ-Zubehörhandel, gegen Marderverbiss).

Mit der Anlage wurden fünf Parameter registriert:

Lufttemperatur [°C]

Messwandler: Zusatzmodul der Fa.Conrad, KTY-Halbleitersensor
 Messfrequenz: Stündlich (aktueller Standard des Deutschen Wetterdienstes)
 Auflösung: $\pm 0,1$ °C
 Eichung: werkseitig

Bodentemperatur [°C]

Messwandler: modifiziertes Zusatzmodul der Fa.Conrad, KTY-Halbleitersensor, bei dem der Messfühler mit einem Kabel herausgeführt wurde.
 Messfrequenz: Stündlich
 Auflösung: $\pm 0,1$ °C
 Eichung: werkseitig

Luftfeuchte [% rel. Feuchte]

Messwandler: Zusatzmodul der Fa.Conrad, kapazitiver Sensor
 Messfrequenz: Stündlich
 Auflösung: ± 3 % des Messwerts
 Eichung: werkseitig

Bodenfeuchte [% Wasser, bzw. hPascal]

Messwandler: Leitfähigkeits-Messsystem im Selbstbau mit Stechelektroden aus nicht-rostendem Stahl in 4–6 cm Bodentiefe, Rechteck-Messsignal, Messfrequenz ca. 1000 Hz
 Messfrequenz: Stündlich
 Auflösung: Zur Zeit der Eichung max. ± 12 % des Messwertes
 Eichung: Mittels neun ausgestochener Bodenblöcke des Untersuchungsgebietes aus 0–3,5 und 3,5–7 cm Tiefe (Streuschicht entfernt). Die mit Elektroden versehenen Proben wurden zunächst wassergesättigt (s. auch Bestimmung der Feldkapazität) und danach bei Raumtemperatur getrocknet. Während der Trocknung wurden die Leitfähigkeit und der Wassergehalt durch Auswiegen im Abstand mehrerer Stunden bestimmt. Die für die Auswertungssoftware benötigte Eichentabelle wurde mit Hilfe von MS-Excel-Funktionen extrapoliert. Die Temperaturabhängigkeit wurde anhand von 7 Messungen bei Temperaturen zwischen 4,5 und 16 °C bestimmt und als Faktor in der elektronischen Messwertausgabe berücksichtigt.

Nachdem sich die Methode als sehr unzuverlässig erwiesen hatte, wurde auf ein anderes Messprinzip umgestellt:

Messwandler:	Steck-Tensiometer mit Manometer 0–400 hPa (Fa. Tensio-Technik E.Bambach) innerhalb der Gitterbox in den Boden eingebracht. Der 3 cm lange wasserdurchlässige Keramikkörper wurde in ca. 7,5 cm Tiefe positioniert. Der Wasservorrat wurde wöchentlich ergänzt.
Messfrequenz:	Wöchentlich
Auflösung:	ca. ± 10 hPa (geschätzt)
Eichung:	Werkseitig (Dosenmanometer)

Lichteinstrahlung [W/m²]

Messwandler:	Photoelektrisch mit einer 1,2 V Siliziumzelle (5 × 8 cm) und elektronischer Schnittstelle im Selbstbau
Messfrequenz:	Stündlich
Auflösung:	+9/-11 %
Eichung:	Vergleichsmessung einer stufenweise gedimmten 100 W Halogenlampe mit 56 Messpunkten mit Hilfe eines Luxmeters. Die für die Auswertungssoftware benötigte Eichentabelle wurde mit Hilfe von MS-Excel-Funktionen extrapoliert. Die Umrechnung von Lux in W/m ² erfolgte nach den Angaben von Dohrenbusch (1987).

Mit anderen Methoden wurden erhoben

Niederschlag [mm]

Messprinzip:	Nachdem sich preisgünstige elektronische Methoden als extrem unzuverlässig erwiesen hatten, wurde ein handelsüblicher Niederschlagsmesser nach Diem neben der Messstation in ca. 1,3 m Höhe platziert.
Messfrequenz:	Wöchentlich
Auflösung:	ca. ± 1 mm (geschätzt)
Eichung:	Werkseitig

Zeiten mit Taubildung wurden auf der Grundlage der Luftfeuchtemessung rechnerisch ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass wassergesättigte Luft in Bodennähe mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Taubildung führt.

Luftgüte und Gasaustausch

Auf direkte Messungen wurde aufgrund des Aufwandes verzichtet. Berücksichtigt wurden lediglich im Internet zugängliche Daten über Ozonbelastung überprüft. Zusätzlich wurden auffällige Flechtenarten und die wichtigsten Moosarten im Untersuchungsgebiet herangezogen, um ggf. Hinweise auf Schadstoffbelastungen zu erhalten, wie in FRAHM (1989) bzw. KIRSCHBAUM & WIRTH (1997) ausgeführt.

Messungen der bodennahen und ungestörten Windgeschwindigkeit mit einfachen, magneto-elektronischen Anemometern wurden 2002 eingestellt, nachdem keine nachweisbaren Einflüsse auf das Fruktifizierungsverhalten der Pilze festzustellen waren.

Pilze

Die Studie beschränkt sich auf Großpilze. Myxomyceten wurden ausgeschlossen. Aus Kapazitätsgründen wurden nicht alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden *Mycena*-Arten berücksichtigt.

Aus erfassungstechnischen Gründen wurden aus der Gattung *Clitocybe* nur die Art *clavipes* systematisch erfasst.

Die Fruchtkörper wurden in den Jahren 2000 bis 2003 zwischen März/April bis in den November/Dezember hinein wöchentlich überwiegend von zwei Personen ausgezählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Begehungspfade die Untersuchungsfläche lückenlos bei einem maximalen Pfadabstand von drei Metern abdeckten. Um eine übermäßige Verdichtung des Bodens während der Begehungen zu vermeiden, wurde die Untersuchungsfläche in wechselnden Schleifen und Mäandern durchsucht. Allerdings zwangen wuchernde *Rubus*-Arten (die teilweise zurückgeschnitten werden mussten, um ausreichend Zugang zu gewinnen), Nadelholzdickungen und die Einzäunung zu einigen wenigen mehrfach begangenen Pfaden.

Ausgezählte Fruchtkörper wurden entweder mit einem umweltverträglichen Markierungsspray für Forstzwecke oder mit Hilfe einer Lochzange markiert. Der massenhaft auftretende Helmling *Mycena zephirus* wurde nicht ausgezählt. Stattdessen wurden die Mengen über geschätzte Zehnergruppen erfasst (s. auch Karasch 2001). Doppelzählungen wurden über den Alterungszustand der Fruchtkörper weitgehend ausgeschlossen.

Die Felderfassung mit Hilfe eines Sammelbelegs (s. Anhang 1) beschränkte sich neben Datum und Belegnummer auf

- Art oder Gattung bei im Gelände ansprechbaren Arten
- Fund-Quadrate mit den zugehörigen Fruchtkörperzahlen
- Ggf. Anmerkungen zu Besonderheiten.

Bei der Erstbestimmung eines Pilzes wurde zusätzlich in einem Einzelbeleg (s. Anhang 2) dokumentiert:

- ökologische Merkmale
- Digitalaufnahmen
- Makro- und Mikromerkmale.

Tramastrukturen und Sporen wurden durch eine auf den Fototubus des Mikroskops montierte, linsenlose Web-Kamera mit einer Auflösung von 480 × 640 Pixel erfasst. Diese Methode gestattete u. a. eine einfache Größenbestimmung der Sporen durch Vermessung der Ausdrücke. Zu allen registrierten Arten wurden Trockenpräparate hergestellt und aufbewahrt. Die verwendeten Gattungs- und Artbezeichnungen orientieren sich am Index Fungorum (CABI BIOSCIENSE 2007).

Eine wesentliche Fragestellung der Studie bezieht sich auf (aut-)ökologische Charakterisierung der im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Pilzgesellschaft anhand des Auftretens von Fruchtkörpern. Dabei werden drei ökologische Typen (Ökotypen) von Großpilzen unterschieden: lignicole, terricole und mykorrhizabildende Arten. Unter dem lignicolen Ökotyp wurden vereinfachend bryophile Arten subsumiert, da letztlich die Unterschiede zu terricolen und mykorrhizabildenden Arten herausgearbeitet werden sollten. Die Zuordnung erfolgte nach BRESINSKY et al. (2005), KRIEGLSTEINER (2004) und KREISEL (1987). Letztlich war aber bei der Zuordnung ausschlaggebend, welches Substrat eine Art **im Untersuchungsgebiet** überwiegend bevorzugte.

Die Auswertung der Fund- und Messdaten – in der Regel mittels MS-Excel – umfasst eine Reihe von Kenngrößen, die teilweise neu entwickelt wurden (In der folgenden Tabelle als „Neudefinition“ ausgewiesen).

Variablen und Indices:

A	Beobachtungsjahr(e)	KW	Kalenderwoche 1 – 54
NF	Anzahl Fruchtkörper	o	Ökotyp lignicol, terricol bzw. Mykorrhizabildner (l, t, m)
NQ	Anzahl Quadrate	q	Quadrat
NS	Anzahl Arten	s	Art(en) (Spezies)
a	Jahr (2000, 01, 02, 03)	w	Witterungsverlauf
f	Fruchtkörper		

Die Kenngrößen ergeben ein ökologisches Profil, das als „mykologischer Fingerabdruck“ einer bestimmten Biozönose in Verbindung mit beobachteten Witterungsmustern gelten kann.

Tab. 1: Mykologische Kennwerte

Kenngröße	Kürzel	Erläuterung	Formel	Quelle
Abundanz Arten (Spezies)	AS	Anzahl Fruchtkörper jeder Art pro Quadrat oder Gesamtfläche kumuliert für jedes Untersuchungsjahr	$NF(a)$	u.a. Winterhoff 1992: 28f
Abundanz Ökotypen	AO	Anzahl Fruchtkörper jeder Art eines Ökotyps pro Quadrat oder Gesamtfläche kumuliert für jedes Untersuchungsjahr	$NF(o,a)$	abgeleitet aus AS
Artenvielfalt („Species Richness“)	SR	Anzahl der Arten pro Quadrat oder Gesamtfläche kumuliert für jedes Untersuchungsjahr und für alle Jahre insgesamt	$NS(a)$	Zak & Willig 2004
Artenvielfalt der Ökotypen	OR	wie SR, aber bezogen auf die drei Ökotypen	$NS(o,a)$	Abgeleitet aus SR
Dominanz Arten (Spezies)	DS	% beobachteter Fruchtkörper bezogen auf alle Arten in der gesamten Untersuchungszeit	$\frac{NF(s)*100}{NF(\varepsilon s)}$	angelehnt an Winterhoff 1992: 37
Dominanz Ökotypen	DO	% beobachteter Fruchtkörper bezogen auf die Ökotypen in der gesamten Untersuchungszeit	$\frac{NF(s,o)*100}{\sum NF(s,o)}$	Abgeleitet aus DS
Zeitliche Konstanz der Arten (Spezies)	KS	jährliche Variation der Arten 2000 bis 02 und 2000 bis 03**	$\frac{A(f)}{\sum A}$	angelehnt an Winterhoff 1992: 39

** Diese Differenzierung berücksichtigt die Rolle des Ausnahmejahrs 2003, das statistisch gesehen als Ausreißer gelten muss.

Tab. 1: Fortsetzung

Kenngröße	Kürzel	Erläuterung	Formel	Quelle
Zeitliche Konstanz der Arten eines Ökotyps	KO	durchschnittliche jährliche Variation 2000 bis 02 und 2000 bis 03	$\frac{\sum KS}{NS(o)}$	Abgeleitet aus KS
Relative zeitliche Konstanz der Ökotypen	KOR	Anteile in % der Arten jedes Ökotyps, die in jedem der 3 Jahre zwischen 2000 und 2002 auftraten	$\frac{NS(o, KO=1) * 100}{NS(o)}$	Neudefinition
Phänologie Arten (Spezies)	PS	Anzahl Arten bzw. neuer Fruchtkörper jeder Art in jeder Beobachtungswoche im Jahresgang	$NS(KW, a)$ bzw. $NF(KW, a)$	Neudefinition
Phänologie Ökotypen	PO	Anzahl Arten bzw. neuer Fruchtkörper jeder Art eines Ökotyps in jeder Beobachtungswoche im Jahresgang	$NS(o, KW, a, w)$ bzw. $NF(o, KW, a, w)$	Neudefinition
Frequenz der Arten (Spezies)	FS	Auftreten jeder Art in den 24 Quadraten (%)	$\frac{NQ(s) * 100}{NQ(max)}$	Winterhoff 1992: 193
Frequenz der Ökotypen	FO	Auftreten jedes Ökotyps in den 24 Quadraten (%)	$\frac{NQ(o) * 100}{NS(o, q)(max)}$	Abgeleitet aus FS
Vergesellschaftungs-Kennwert der Arten (Spezies)	VS	Vergesellschaftung von Arten im Areal (nur terricole Arten und Mykorrhizabildner)	Mit Hilfe einer Matrix ermittelter Kennwert zwischen 0 und 1, der die Vergesellschaftung der Arten in den Quadraten beschreibt (1 = vergesellschaftet mit allen erfassten Arten). Die genaue Vorgehensweise ist aus Platzgründen im Anhang 4 beschrieben.	Neudefinition
α -Diversität („Evenness“) der Arten (Spezies)	ES	mit Hilfe von SO (Artenvielfalt) normierter Shannon-Index: Grad der Gleichverteilung aller Arten im Untersuchungsgebiet (0 = eine Art dominiert, 1 = gleich viel von jeder Art)	$\frac{-\sum NF(s) / NF * \ln(NF(s) / NF)}{\ln NS}$	u.a. Dierschke 1994: 145
α -Diversität der Ökotypen („Evenness“)	EO	wie ES, jedoch für die drei Ökotypen		Abgeleitet aus ES

Vegetation

Das pflanzliche Umfeld und das Vorkommen von Flechten wurden schwerpunktmäßig 2004 und 2005 erhoben. Dazu wurden in jedem Quadrat die Flechten, die Krautschicht (incl. Moose) und Gehölze in zwei Wuchsstufen (0–5 m und über 5 m) ausgezählt bzw. der Deckungsgrad geschätzt.

Die Zeigerwerte wurden nach ELLENBERG et al. (1992) ermittelt. Mittelwerte wurden unter Heranziehung der Individuen- bzw. Deckungszahlen über alle Quadrate gewichtet.

Der Brusthöhendurchmesser des Kiefernbestands wurde über die Messung des Umfangs mit Hilfe eines Messbandes ermittelt. Die Höhenschätzungen erfolgten nach Vorkampf-Laue („Spazierstockverfahren“) (ERLBECK et al. 1998: 681).

Zur Abschätzung des Deckungsgrades von Pflanzen der Krautschicht nach der Skala von Braun-Blanquet wurde die Hilfstafel nach Gehlker (leicht verändert: DIERSCHKE 1994: 163) benutzt. Gehölze, Farne und *Rubus*-Arten wurden ausgezählt. Die Fehlerrate liegt bei max. $\pm 10\%$ für Auszählungen, bei der Schätzung höherer Deckungsgrade der Pflanzen der Krautschicht wahrscheinlich höher. Die Begehungen wurden überwiegend von zwei Personen durchgeführt, um das Pensum in der zur Verfügung stehenden Zeit bewältigen zu können. Die Erfassung des Artenspektrums dürfte bei mehr als 90 % liegen.

Auffällige baum- bzw. totholzbewohnende Flechten wurden lediglich nach Arten erfasst. Eine Auszählung nach Quadraten ist für die Zielsetzung und Möglichkeiten der Studie nicht relevant.

Um den Witterungsstress von 2003 besser bewerten zu können wurden 2004 auch die abgestorbenen Gehölze aufgenommen.

Die erhobenen Deckungswerte wurden mittels MS-Excel für jedes Quadrat erfasst und zur Auswertung herangezogen, jedoch aus Platzgründen der Studie nicht angefügt.

Fauna

Die Makro-Begleitfauna wurde nicht gezielt untersucht, sondern bei den Routinebegehungen bzw. Vegetationserhebungen mitregistriert. Bei Sichtungen wurden digitale Fotobelege angefertigt, wo immer dies möglich und sinnvoll war.

Die Bodenfauna wurde anhand fünf zufällig gezogener Stichproben (je 200 cm³) aus dem O- bis Bv-Horizont untersucht. Zur Extraktion wurde ein einfacher Berlese-Tullgren-Trichter verwendet (BRUCKER & KALUSCHE 1990: 72). Die Bestimmung der aufgefundenen Gattungen erfolgte nach dem Schlüssel in BRUCKER & KALUSCHE (1990: 82).

Weitere Einflüsse

Weitere potentielle Einflüsse auf das Untersuchungsgebiet erstrecken sich vor allem auf Freizeitaktivitäten, Jagd, Forst- und Landwirtschaft. Wenn solche Einwirkungen während der wöchentlichen Begehungen auftraten oder aus anderen Informationsquellen (z.B. Presse) ableitbar waren, wurden sie registriert. Landwirtschaftliche Aktivitäten im Umfeld wurden nicht erfasst.

Bestimmungsliteratur

Zur Bestimmung der Pilze, der Pflanzen und Tiere im Untersuchungsgebiet wurden überwiegend dichotom- bzw. polychotome Bestimmungsschlüssel benutzt. Ergänzend kamen synoptische Schlüssel, Naturführer und Bildwerke zum Einsatz. Eine Aufstellung der wichtigsten Bestimmungsliteratur findet sich im Literaturverzeichnis.

Datenauswertung

Alle numerischen Daten wurden in Excel-Tabellen (Version 1997) umgewandelt bzw. festgehalten und mittels Excel-Funktionen analysiert. Eine Auswertung im Sinne einer statistischen Absicherung kam aufgrund der vielen Einflussfaktoren auf die Fruktifizierung und deren Wechselbeziehung untereinander angesichts des kurzen Untersuchungszeitraums nicht in Betracht. Hinzu kommt, dass der Standort für viele Untersuchungen als eine einzige Stichprobe gelten muss. Die Unterteilung der Untersuchungsfläche in Quadrate ergibt oft keine voneinander unabhängigen Stichproben und führt deshalb zu einer verfälschten Statistik (MÜHLENBERG 1993:16)

Die Studie beschränkt sich deshalb auf eine beschreibende Darstellung verbunden mit einer grafischen Auswertung der Jahresgänge der meisten Parameter. Dies erlaubt zwar keine gesicherten Erkenntnisse, liefert aber Hinweise auf mögliche Zusammenhänge und auf weiteren Forschungsbedarf.

Die Excel-Grafiken wurden mit Hilfe eines im Internet gefundenen Makros in das TIF-Format konvertiert und mit einem Grafikprogramm (Micrografix Picture Publisher 9) bearbeitet.

Ergebnisse

Bodeneigenschaften

Bodenprofil

Das Profil (Abb. 7) zeigt die Merkmale einer dystrophen, leicht podsolierten Braunerde (Rostbraunerde nach REHFUESS 1990: 36):

Die Bodenoberfläche weist Vertiefungen und Rinnen auf, die möglicherweise auf die ehemalige Plantagenwirtschaft zurückzuführen sind. Die Fermentations- (Of) und Humusschicht (Oh) sind 2–3 bzw. 0,2–1 cm stark. Die Streuschicht (Ol) ist im Gegensatz dazu mit 2–5 cm kräftiger.

Der Humus im Bh-Horizont (tritt nur zuweilen auf) ist möglicherweise das Resultat früherer Bodenbearbeitung, könnte aber auch auf Ausschwemmungen des Ah-Horizonts entlang von Wurzeln oder auf Grabungstätigkeit von *Geotrupes stercoarius* (s.a. Abschnitt „Ergebnisse > Fauna“) zurückzuführen sein.

Die Bodenfarbe des Bv-Horizonts ist schwach braunrötlich. Der Ortstein (Bvk-Horizont) besteht aus durch Eisenoxide gefärbten Konkretionen.

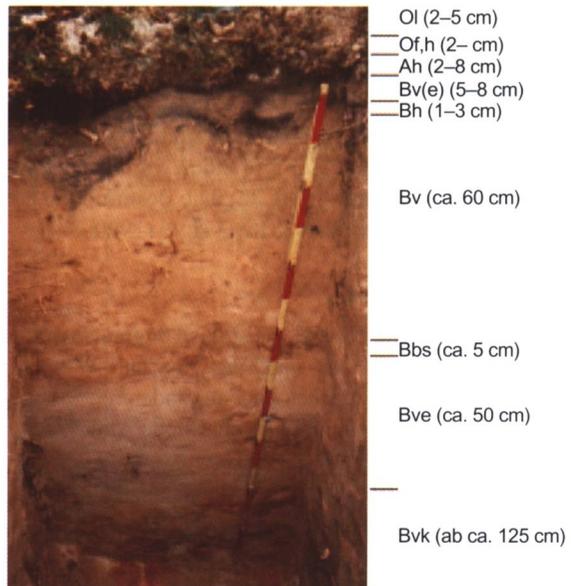


Abb. 7: Bodenprofil

Bodenart

Es handelt sich um schwachschluffigen Sand mit 80 vol% Sand, >15 vol% Schluff und <4 vol% Ton.

Wasserkapazität (Feldkapazität) und Wasserhaushalt

Bei einem Porenvolumen von annähernd 40 vol% speichert der Boden max. 25 % Wasser. Die im Untersuchungsgebiet angetroffenen bzw. bekannten Horizonte sind bis zum Grundwasserspiegel bei ca. 6 m Tiefe durchlässig. Tonlinsen, die sich in benachbarten Flächen als stehendes Oberflächenwasser – vor allem nach stärkeren Niederschlägen – bemerkbar machen, wurden keine beobachtet. Das Grundwasser trägt nicht oder nur indirekt durch Diffusion zum Wasserhaushalt der oberen Bodenschichten bei.

Bodenchemie

Die **Bodenreaktion** ist durch erhebliche Unterschiede zwischen aktueller und potentieller Acidität gekennzeichnet:

pH 5,1–5,8 in H₂O (aktuelle Acidität)

pH 3,3–3,9 in CaCl₂ (feuchter Boden)

pH 3,1–3,8 in KCl (potentielle Acidität)

Damit gilt der Boden als stark sauer (AK STANDORTKARTIERUNG 1996: 146). Die pH-Absenkung zwischen aktueller und potentieller Acidität von etwa 2 – 3 lässt auf eine sehr geringe Austausch- und Pufferkapazität schließen (geringe Basensättigung) (ENBLIN et al 2000: 56f, WILD 1995: 208).

Die **Nitrat**bestimmung ergab 15–25 mg NO₃⁻/kg Boden, was 15–25 kg N/ha entspricht. Die Stickstoffversorgung wird demnach mit „hoch“ bewertet (AK STANDORTKARTIERUNG 1996: 149). Ein auffällig hoher Nitratwert mit > 25 mg/kg Boden wurde im Quadrat B8 festgestellt.

Der Gehalt an **Ammonium** liegt im Frühjahr bei 1 mg/l Bodensättigungsextrakt. (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: 145). Das entspricht etwa 1/60 des Nitratwertes.

Der **Humus**gehalt des Ah-Horizontes ist aufgrund der tiefgrauen Färbung im feuchten Zustand als mäßig humos einzustufen (KRIEGLSTEINER 1993: 64).

Die Witterungsverläufe

Die Temperatur- und Niederschlagswerte in der Rhein-Main-Region zeigen teilweise deutliche Unterschiede zu den mittleren Werten der Jahre 1991 bis 2005 (Tab. 2):

Allerdings wird erst bei der Betrachtung der Jahresgänge deutlich, dass die Niederschläge auch während der Vegetationsperiode sehr ungleich verteilt waren. Extremniederschläge wechseln mit Trockenperioden, die vor allem in den Sommermonaten 2001 und 2003 überdurchschnittlich ausfallen (s. Abb. 8).

Die Zeitreihen der verschiedenen Witterungsparameter werden im Zusammenhang mit dem Fruktifizierungsgeschehen im Untersuchungsgebiet behandelt. An dieser Stelle soll aber über einige Auffälligkeiten berichtet werden, die einen Erklärungsansatz für einen wichtigen Fruktifizierungsfaktor der untersuchten Pilzflora bieten könnte: die Bodenfeuchte.

Tab. 2: Temperatur- und Niederschlagswerte 2000 - 2003.

	2000	2001	2002	2003	1991-2005
mittlere Temperatur [Tm]	11,6	10,8	11,2	11,4	10,8
mittlere Maximaltemperatur [Tmm]	15,6	15,0	15,6	16,6	15,1
jährlicher Niederschlag ND (mm)	759,0	753,0	778,0	379,0	602,0
Abweichung Tm von Tm(91-05)	0,8	0,0	0,4	0,6	-
Abweichung Tmm von Tmm(91-05)	0,5	-0,1	0,5	1,5	-
Abweichung ND von ND(91-05)	157,0	151,0	175,0	-223,0	-

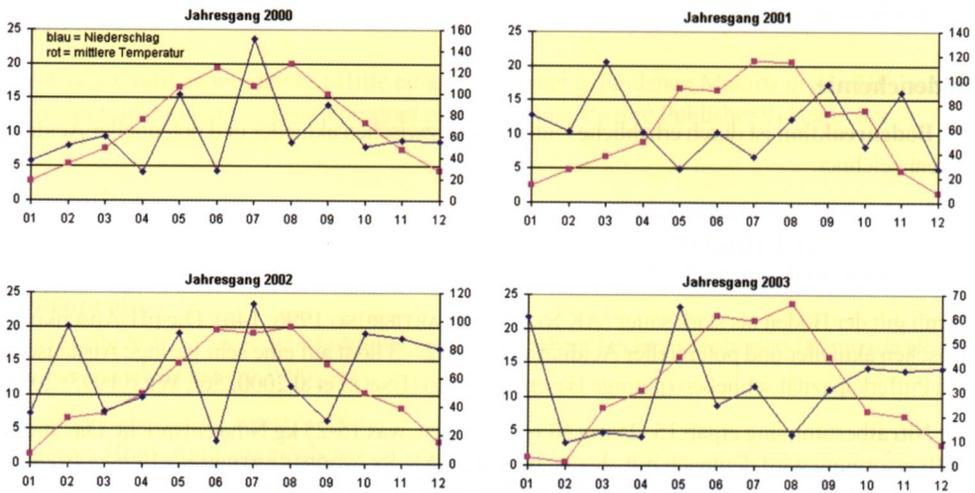


Abb. 8: Temperatur- und Niederschlagsverläufe 2000 - 2003.

Es fällt auf, dass sich der Bodenfeuchtestatus in den Jahren 2001 bis 2003 nur ungenügend mit dem Niederschlagsmuster in Zusammenhang bringen lässt. Dagegen weisen die Perioden, in denen die Lufttemperatur unter die Bodentemperatur fällt (Inversionspunkte mit Pfeilen markiert), steigende Bodenfeuchte auf. Die Taubildung folgt in etwa dem Muster des Bodenfeuchteverlaufs, beeinflusst vom Niederschlag. Die zugehörigen Jahresgänge sind in Abb. 9 dargestellt.

Der Verlauf der **Sonneneinstrahlung** ergab keine erkennbaren Zusammenhänge, abgesehen von der Beobachtung, dass es häufig kurze aber ergiebige Regenfälle gab, die von klarem Wetter unterbrochen wurden (Daten nicht gezeigt).

Die Erhebung der Flechten- und Moosflora zur Einschätzung von **Schadstoffeinträgen** erbrachte mit einer Ausnahme (*Dicranum scoparium*) nur schadstofftolerante Arten (siehe dazu den nächsten Abschnitt). Ozonwerte wurden nicht systematisch aufgenommen. Überhöhte Ozonwerte sind aber in jedem der Jahre von 2000 bis 2003 von den Behörden registriert worden (HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2005: Abschnitt Luft > Immissionskataster > Ozon). In Frankfurt/Höchst wurde beispielsweise 2002 der Grenzwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fünf mal überschritten (MICHEL 2002).

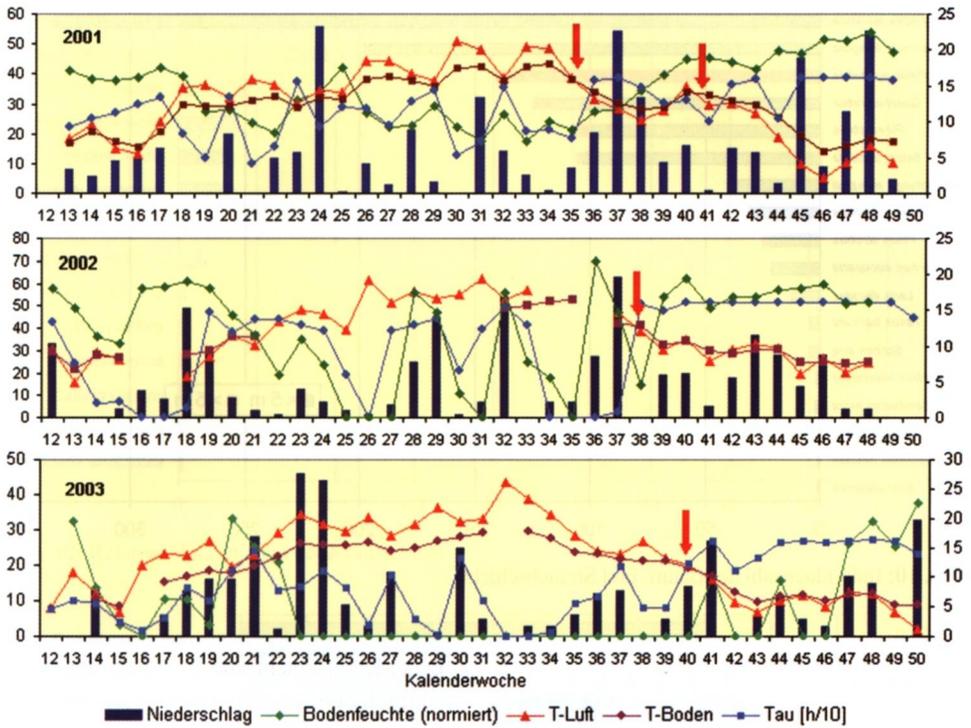


Abb. 9: Witterungsfaktoren 2001 - 2003.

Vegetation

Wie schon eingangs erwähnt, gehört die Probefläche zu einem naturfernen Forst. Der Umbau von einer Kiefernplantage durch die lokale Forstverwaltung zu einem Laub-Mischwald, der der weitgehend potentiellen natürlichen Vegetation entspricht, drückt sich in den Bestandszahlen der verschiedenen Baum- und Straucharten aus (Abb. 10).

Der Brusthöhendurchmesser der in den 40er Jahren gepflanzten Kiefern beträgt im Mittel 28,5 cm mit einer Schwankung von $\pm 5,4$ cm bei einer Stichprobe von 23 Stämmen, die etwa zwischen 20 und 25 m hoch sind.

Die Kronendeckung (Beschirmungsgrad) schwankt zwischen „licht“ und „geschlossen“ (Abb. 11).

Die noch im Jahr 2000 angetroffene Grauerle (*Alnus incana*) konnte bei der Vegetationserhebung 2004 nicht mehr nachgewiesen werden.

Zusätzlich wurde ein signifikanter Bewuchs von *Rubus corylifolius* (agg.) mit etwa 16 % Deckung, untermischt mit einem Anteil von je ca. 5 % mit *Rubus fruticosus* (agg.) und *Rubus idaeus* (agg.) im Jahr 2004 festgestellt. Es war ein deutlicher Rückgang des Bestandes von *Rubus fruticosus* zwischen 2000 und 2004 zu beobachten und gleichzeitig ein Anstieg des Vorkommens von *Rubus idaeus* (Daten nicht gezeigt).

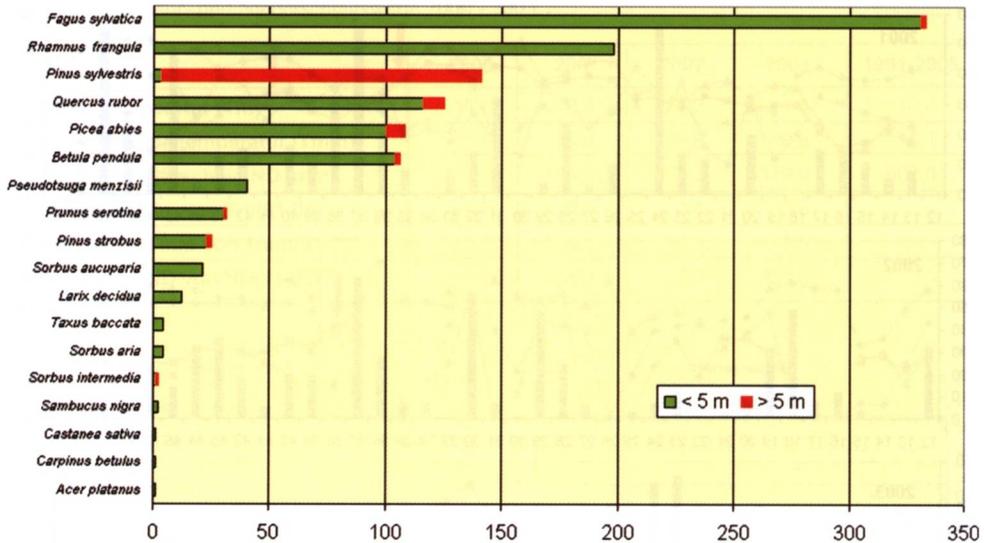


Abb. 10: Individuenzahl der Baum- und Strauchschicht

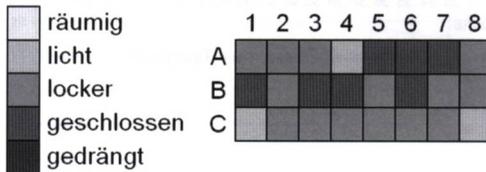


Abb. 11: Kronendeckung (nach ERLBECK et al. 1998: 74)

In der Krautschicht sind Moose dominierend, nämlich *Scleropodium purum* (vorwiegend bodenbewohnend) und *Hypnum cupressiforme* s.l. (Anteil ca. 10 %, im Gegensatz zu *S. purum* nur auf liegenden Stämmen und Stubben) mit einer Deckung je nach Quadrat bis zu 87,5 % (Durchschnitt über alle Quadrate 10,5 %), *Polytrichum formosum* mit einer Deckung bis zu 2,5 % (Durchschnitt 0,5 %). Zusätzlich waren geringe Einsprengsel von

Dicranum scoparium und *Lophocolea heterophylla* an liegenden Kiefernstämmen zu beobachten. Ähnliche Artenzusammensetzungen sind aus benachbarten Wäldern des Frankfurter Raumes bekannt (MANZKE 1993).

Urtica dioica trat nur im Quadrat B8 auf, was auf erhöhte Stickstoffwerte hinweist (ELLENBERG et al. 1992: 149).

Flechten traten vereinzelt an Baumstubben auf, vor allem *Cladonia glauca* und *Cladonia digitata*. Die angetroffenen baumrindenbesiedelnden Arten (*Lecanora* sp., *Lepraria* sp.) sind durchweg verschmutzungstolerant bzw. Zeiger für niedrigen pH der Borke (KIRSCHBAUM & WIRTH 1997).

Die Verteilung der Farne sowie Mono- und Dikotyledonen zeigt Abbildung 12 (Häufigkeiten sind normiert und beziehen sich auf *D. carthusiana* die häufigste Art der Krautschicht).

In Folge der langen Trockenperiode im Jahre 2003 starben viele Bäume und Sträucher ab. Der Bestandsrückgang wurde 2004 durch Zählung der Individuen erhoben (Abb. 13).

Betroffen waren fast ausschließlich Gehölze mit einer Wuchshöhe unter 5 m.

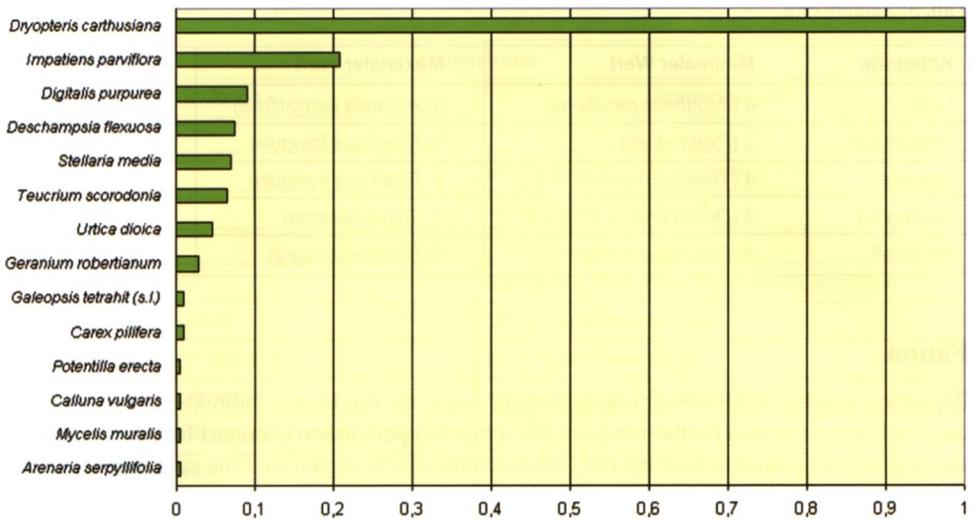


Abb. 12: Relative Häufigkeiten der Krautschicht.

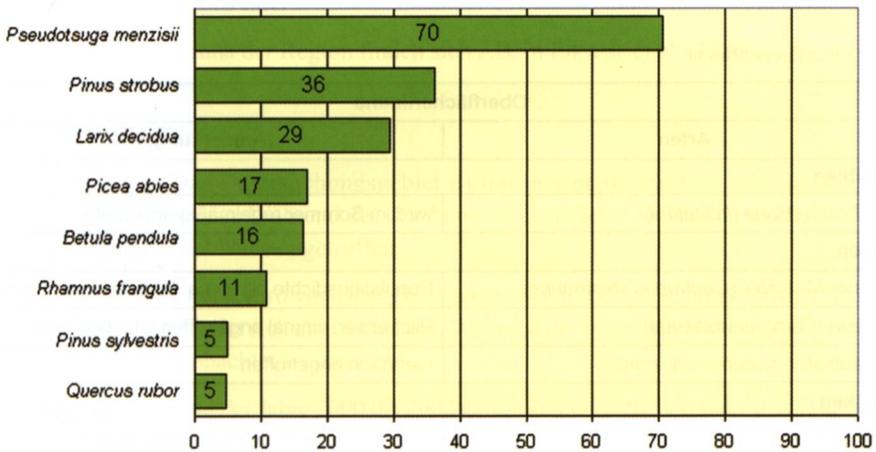


Abb. 13: Trockenschäden 2003 [%]

Der Zustand der Bäume und Sträucher im Untersuchungsgebiet ist insgesamt schlecht. Die Kronen der größeren Bäume sind verlichtet, die Benadelung schütter. Das Blattwerk der niedrigeren Gehölze zeigt häufig Verfärbungen, Schäden (insbesondere mehltauartige Verpilzungen) und Welkerscheinungen (Daten nicht gezeigt).

Ohne es quantifiziert zu haben, ist eine deutliche Zunahme an *Prunus serotina* im Untersuchungszeitraum festzustellen.

Die Zeigerwerte sind uneinheitlich. Hier die Extreme mit Beispielen und die zugehörigen gewichteten Mittelwerte (Tab.3).

Tab. 3: Zeigerwerte

Kategorie	Minimaler Wert	Maximaler Wert	Gew. Mittelwert
Licht	4 (<i>Impatiens parviflora</i>)	8 (<i>Arenaria serpyllifolia</i>)	5
Temperatur	3 (<i>Picea abies</i>)	8 (<i>Rhamnus frangula</i>)	5
Feuchte	4 (<i>Teucrium scorodonia</i>)	8 (<i>Rhamnus frangula</i>)	5
Säuregrad	3 (<i>Deschampsia flexuosa</i>)	7 (<i>Taxus baccata</i>)	3,3
Stickstoff	2 (<i>Potentilla erecta</i>)	9 (<i>Sambucus nigra</i>)	4

Fauna

Registriert wurden im Untersuchungsgebiet nur Arten, die direkt oder indirekt einen Einfluss auf das Erscheinen oder den Fortbestand von Pilz-Fruchtkörpern haben könnten (Tab. 4–5). Die Aufstellung soll die Charakterisierung der Untersuchungsfläche ergänzen. Eine eingehende Diskussion ist daher nicht beabsichtigt.

Die %-Angaben beziehen sich auf eine vorgefundene Gesamtindividuenzahl von etwa 500 pro Liter Streu und Boden, was deutlich unter den Vergleichszahlen in BRUCKER & KALUSCHE (1990:

Tab. 4: Oberflächenfauna

Oberflächenfauna	
Arten	Anmerkungen
Amphibien	
Springfrosch (<i>Rana dalmatina</i>)	wird im Sommer regelmäßig angetroffen
Insekten	
Gemeiner Mistkäfer (<i>Geotrupes stercoarius</i>)	Populationsdichte bis zu ca. 10 Individuen pro m ²
Goldleiste (<i>Carabus violaceus</i>)	Pilzfresser, einmal angetroffen Oktober 2000
Lederlaufkäfer (<i>Carabus coriaceus</i>)	mehrfach angetroffen
Mollusken	
Nacktschnecken	eher selten, dann an Pilzen angetroffen
Reptilien	
Blindschleiche (<i>Anguis fragilis</i>)	einige Sichtungen
Säuger	
Reh (<i>Capreolus capreolus</i>)	Sichtungen selten, aber verbreitet Fege- und Verbisspuren, Äsungsspuren am Grünblättrigen Schwefelkopf (<i>Hypholoma fasciculare</i>)
Hase (<i>Lepus europaeus</i>)	zwei Sichtungen
Wildschwein (<i>Sus scrofa</i>)	häufige und intensive Wühlspuren
Vögel	
Spechte (<i>Picus viridis</i> , <i>Dendrocopus major</i>)	häufig Hackspuren an hängendem oder liegendem Totholz

Tab. 5: Bodenfauna

Bodenfauna	
Arten	Anmerkungen
Anneliden	
Enchyträen	tragen etwa 6 % zur Bodenfauna bei
Weitere Anneliden	wurden nicht beobachtet
Arthropoden	
Hornmilben (<i>Oribatei</i>)	häufigste Milbenart: ca. 65 % der Bodenfauna
Raubmilben (<i>Gamasides</i>)	ca. 10 % der Bodenfauna
Schildkrötenmilben (<i>Uropodina</i>)	ca. 6 % der Bodenfauna
Springschwänze (<i>Collembola</i>)	nicht häufig: ca. 9 % der Bodenfauna
Käfer: Ähnlicher Kamelläufer (<i>Amara similata</i>)	ca. 4 % der Bodenfauna
Zwergfüßer (<i>Symphyla</i>)	

82) liegt. Selbst in den Sommermonaten erreichen diesen Angaben zufolge Waldböden zumindest ca. 7000 Individuen pro Liter.

Weitere Hinweise zur Fauna der Region finden sich z.B. in EIKAMP et al. (1986).

Weitere Einflüsse

Freizeitaktivitäten: Das Untersuchungsgebiet ist nur marginal betroffen, weil es als Wildschutzgebiet ausgewiesen ist. Während der vier Jahre wöchentlicher Begehung wurden lediglich einmal Pilzsammler in der Nähe angetroffen.

Jagd: Der Jügesheimer Forst wird von einer Pachtgemeinschaft bejagt. In unmittelbarer Nähe der Untersuchungsfläche befindet sich ein Hochstand. Während der gesamten Untersuchungszeit sind keine Jagdaktivitäten beobachtet worden

Forstwirtschaft: Während der Jahre 2000 bis 2002 gab es keine forstlichen Eingriffe. 2003 wurde die Umzäunung der angrenzenden Areale (s. Abb.3) entfernt und an einigen Stellen „hängendes“ Totholz an Ort und Stelle in Stücke zersägt.

Das mykologische Profil

Auf den folgenden Seiten wird ein Überblick zu den wesentlichen ökologischen Kenngrößen gegeben. Ergänzende, detaillierte Informationen sind im Anhang 4 zu finden.

Abundanz und Vielfalt aller registrierten Arten

Die Abundanz (AS) sowie die Vielfalt (SR) aller Arten über die Jahre 2000 bis 2003 sind ungleich verteilt (Abb. 14).

Das Jahr 2000 fällt durch seine niedrige Abundanz, aber hohe Artenvielfalt auf.

Dominanz bezogen auf alle registrierten Arten

Die dominierenden Arten waren vor allem *Mycena zephrus* und *Mycena galopus*. Hier eine Zusammenstellung der Arten, die eine Dominanz (DS) von mehr als 1 % aufweisen (Abb. 15).

Die ermittelten Dominanzwerte sind dem Anhang 5 zu entnehmen.

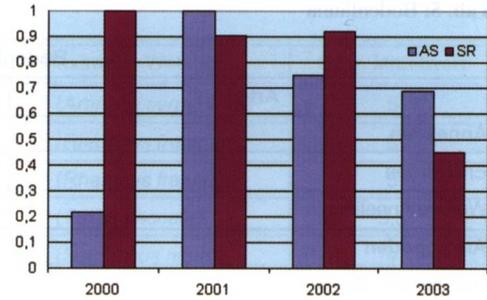


Abb. 14: Abundanz (AS) und Vielfalt (SR) aller Arten (normiert)

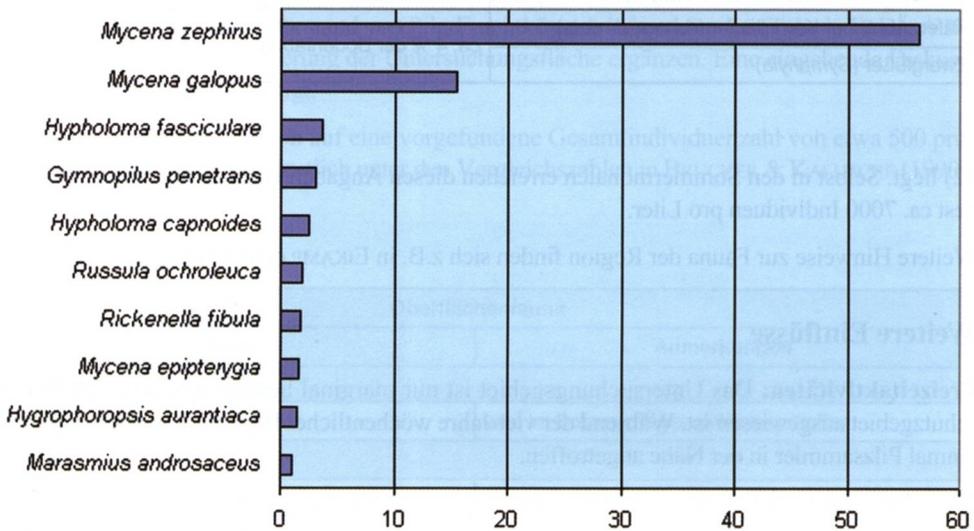


Abb. 15: Dominanz aller Arten (DS > 1 %)

Zeitliche Konstanz bezogen auf alle registrierten Arten

Etwa 44 % aller Arten traten in allen Jahren zwischen 2000 und 2002 auf (KS). Das Jahr 2003 wurde aufgrund der extremen Witterung aus dieser Betrachtung ausgeklammert, wie schon unter „Material und Methoden“ begründet. Die Angaben zur durchschnittlichen zeitlichen Konstanz für alle Arten sind in Anhang 5 zu finden, auch für die Zeitspanne einschließlich 2003.

Phänologie bezogen auf alle registrierten Arten

Die Phänologie aller wichtigen Arten (PS) zeigt für das Untersuchungsgebiet, dass der Schwerpunkt der Fruchtkörperbildung im Herbst liegt (siehe Abb. 23 im Abschnitt „Phänologie bezogen auf alle Ökotypen“).

Im Frühjahr beschränkt sich die Mykoflora auf *Strobilurus esculentus* und einige wenige *Russula heterophylla*.

Frequenz bezogen auf alle registrierten Arten

Die Arten sind im Untersuchungsgebiet unterschiedlich verteilt. Eine schematische Darstellung und Werte zu der Frequenz (FS) für alle Arten findet sich in Anhang 5. Auffällig ist dabei das ausschließliche Auftreten von *Mycena pura* und *Lepista flaccida* in zwei benachbarten Quadraten (A8 und B8), von denen in B8 eine erhöhte Stickstoffkonzentration ermittelt wurde.

Vergesellschaftungs-Kennwert bezogen auf alle registrierten Arten

Niedrige Vergesellschaftungs-Kennwerte (VA) zu anderen Arten wiesen vor allem *Russula sardonia* und *Paxillus involutus*, hohe Werte *Xerocomus badius*, *Russula ochroleuca* und *Mycena zephrus* auf. Einzelheiten sind ebenfalls dem Anhang 5 zu entnehmen. In keinem Quadrat traten folgende Kombinationen auf:

- *Laccaria amethystina* mit *Cortinarius sommerfeltii* und *Paxillus involutus*
- *Russula sardonia* mit *Cortinarius sommerfeltii*, *Laccaria laccata* und *Paxillus involutus* (ergänzende Informationen sind in Anhang 3 aufgeführt).

Für lignicole Arten wurden Toleranzwerte nicht ermittelt, weil die Berechnungsbasis der Quadrate für diese ökologische Gruppe eine zu grobe Rasterung ist.

Artendiversität bezogen auf alle registrierten Arten

Der Kennwert zur Artendiversität („Evenness“, ES) ist für das vorgefundene Artenkollektiv mit 0,02 bei einem maximal möglichen Wert von 1 sehr niedrig (Berechnung s. Tab. 1).

Abundanz und Vielfalt bezogen auf die lignicolen Arten

Die Abundanz (AO(I)) sowie die Artenvielfalt (SR(I)) der lignicolen Arten über die Jahre 2000 bis 2003 sind ungleich verteilt (Abb. 16):

Das Jahr 2000 fällt auch bei den holzbewohnenden Arten durch seine niedrige Abundanz, aber recht hohe Artenvielfalt auf.

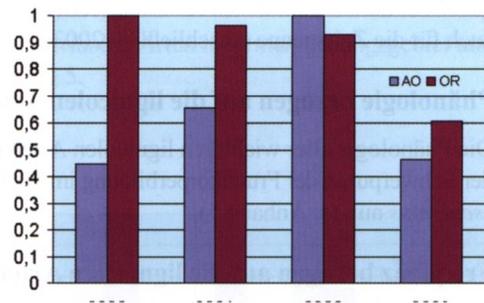


Abb. 16: Abundanz (AO) und Vielfalt (SR) lignicolen Arten (normiert)

Dominanz bezogen auf die lignicolen Arten

Die dominierenden Arten waren vor allem *Hypholoma fasciculare*, *Gymnopilus penetrans* und *Hypholoma capnoides*. Aber auch *Rickenella fibula* und *Mycena epipterygia* haben das mykologische Erscheinungsbild geprägt. Abb. 17 zeigt eine Zusammenstellung der Arten, die eine Dominanz (DO(I)) von mehr als 1 % aufweisen:

Die ermittelten Dominanzwerte für alle lignicole Arten sind dem Anhang 5 zu entnehmen.

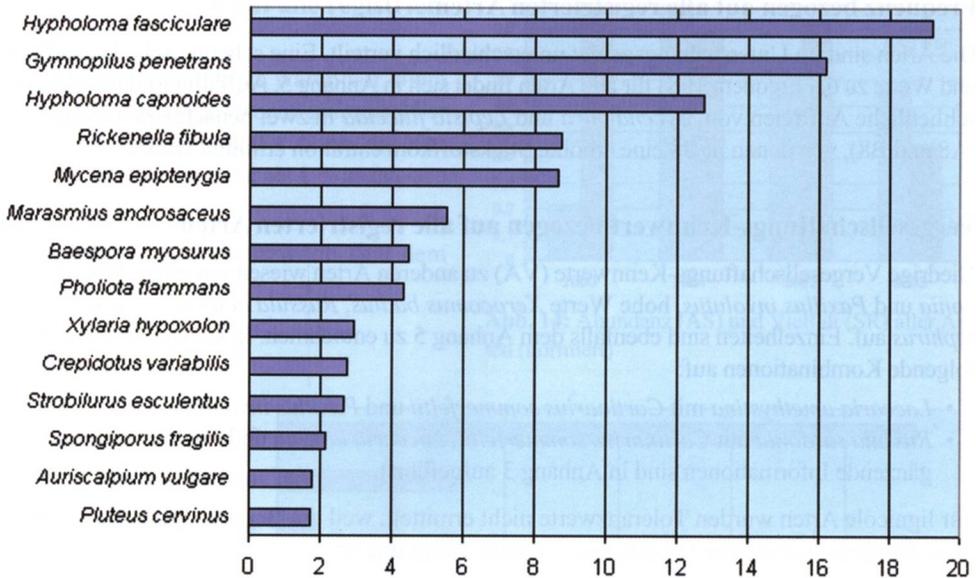


Abb. 17: Dominanz lignicoler Pilze (DO > 1 %)

Zeitliche Konstanz bezogen auf die lignicolen Arten

Etwa 35 % der lignicolen Pilzarten traten in allen Jahren zwischen 2000 und 2002 auf. Das Jahr 2003 wurde aufgrund der extremen Witterung aus dieser Betrachtung ausgeklammert. Die Angaben zur durchschnittlichen Konstanz (KO(I)) für die lignicolen Arten sind in Anhang 5 zu finden, auch für die Zeitspanne einschließlich 2003.

Phänologie bezogen auf die lignicolen Arten

Die Phänologie aller wichtigen lignicolen Arten (PO(I)) zeigt für das Untersuchungsgebiet, dass der Schwerpunkt der Fruchtkörperbildung im Herbst erfolgt. Im Frühjahr tritt lediglich *Strobilurus esculentus* auf. (s. Anhang 5)

Frequenz bezogen auf die lignicolen Arten

Eine schematische Darstellung der Verteilung der lignicolen Arten im Untersuchungsgebiet und Werte zu ihrer Frequenz (FO(I)) finden sich in Anhang 5.

Diversität bezogen auf die lignicolen Arten

Der Kennwert zur Artendiversität („Evenness“, EO(I)) ist für das vorgefundene Artenkollektiv mit 0,027 bei einem maximal möglichen Wert von 1 sehr niedrig (Berechnung s. Tab. 1).

Abundanz und Vielfalt bezogen auf die terricolen Arten

Die Abundanz (AO(t)) sowie die Artenvielfalt (OR(t)) der terricolen Arten sind über die Jahre 2000 bis 2003 ungleich verteilt (Abb. 18).

Das Jahr 2000 fällt auch bei den terricolen Arten durch seine niedrige Abundanz, aber recht hohe Artenvielfalt auf.

Dominanz bezogen auf die terricolen Arten

Dominanzwerte (DO(t)) von mehr als 1 % wiesen *Mycena zephrus* (74 %), *Mycena galopus* (20 %) und *Hygrophoropsis aurantiaca* (2 %) als dominierende Arten aus. Die ermittelten Dominanzwerte für alle terricolen Arten sind dem Anhang 5 zu entnehmen.

Konstanz bezogen auf die terricolen Arten

Etwa 48 % der terricolen Pilzarten traten in allen Jahren zwischen 2000 und 2002 auf. Die Einzelangaben zur durchschnittlichen Konstanz (KO(t)) für die terricolen Arten sind in Anhang 5 zu finden, auch für die Zeitspanne einschließlich 2003.

Phänologie bezogen auf die terricolen Arten

Die Phänologie aller wichtigen terricolen Arten (PO(t)) zeigt für das Untersuchungsgebiet, dass der Schwerpunkt der Fruchtkörperbildung auch für diesen Ökotyp im Herbst liegt. Im Frühjahr traten keine terricolen Pilze auf.

Frequenz bezogen auf die terricolen Arten

Eine schematische Darstellung der Verteilung der terricolen Arten im Untersuchungsgebiet und Werte zu der Frequenz (FO(t)) findet sich in Anhang 5.

Diversität bezogen auf die terricolen Arten

Der Kennwert zur Diversität („Evenness“, EO(t)) ist für das vorgefundene Artenkollektiv mit 0,012 bei einem maximal möglichen Wert von 1 sehr niedrig. (Berechnung s. Tab. 1)

Abundanz und Vielfalt bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Die Abundanz (AO(m)) sowie die Artenvielfalt (OR(m)) sind über die Jahre 2000 bis 2003 ungleich verteilt (Abb. 19). Im Gegensatz zu den beiden anderen Ökotypen stehen vor allem im Jahr 2000 Abundanz und Artenvielfalt in einem ausgeglichenen Verhältnis.

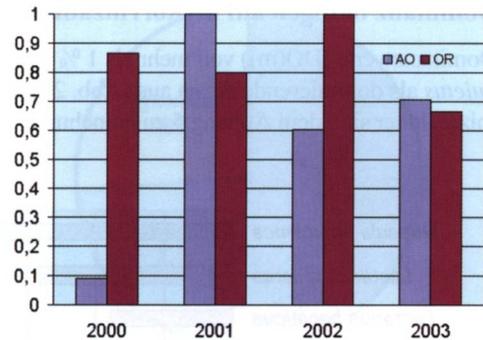


Abb. 18: Abundanz (AO) und Vielfalt (OR) terricoler Arten (normiert).

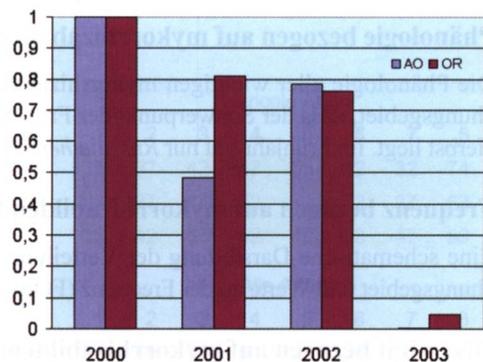


Abb. 19: Abundanz (AO) und Vielfalt (OR) Mykorrhizabildner (normiert).

Dominanz bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Dominanzwerte (DO(m)) von mehr als 1 % wiesen vor allem *Russula ochroleuca* und *Lactarius quietus* als dominierende Arten aus (Abb. 20). Die ermittelten Dominanzwerte für alle Mykorrhizabildner sind dem Anhang 5 zu entnehmen.

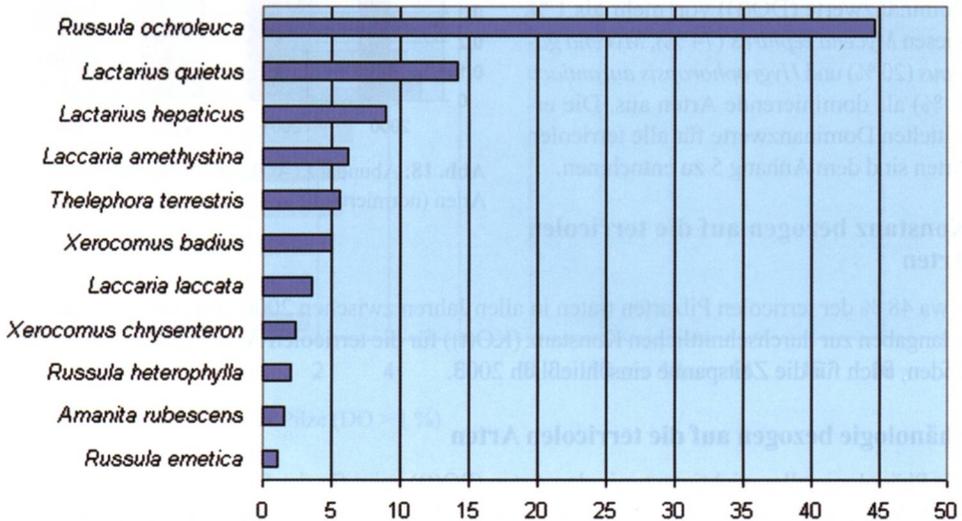


Abb. 20: Dominanz Mykorrhiza-bildner (DO > 1 %).

Konstanz bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Etwa 48 % der mykorrhizabildenden Pilzarten traten in allen Jahren zwischen 2000 und 2002 auf. Im Jahr 2003 wurden lediglich zwei Fruchtkörper von *Xerocomus chrysenteron* registriert. Die Angaben zur durchschnittlichen Konstanz (KO(m)) sind in Anhang 5 zu finden, auch für die Zeitspanne einschließlich 2003.

Phänologie bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Die Phänologie aller wichtigen mykorrhizabildenden Arten (PO(m)) zeigt für das Untersuchungsgebiet, dass der Schwerpunkt der Fruchtkörperbildung für diesen Ökotyp ebenfalls im Herbst liegt. Im Frühjahr trat nur *Russula heterophylla* auf.

Frequenz bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Eine schematische Darstellung der Verteilung der mykorrhizabildenden Arten im Untersuchungsgebiet und Werte zu der Frequenz (FO(m)) findet sich in Anhang 5.

Diversität bezogen auf mykorrhizabildende Arten

Der Kennwert zur Diversität („Evenness“, EO(m)) ist für das vorgefundene Artenkollektiv mit 0,028 bei einem maximalen Wert von 1 sehr niedrig. (Berechnung s. Tab. 1)

Artenvielfalt bezogen auf alle Ökotypen

Es wurden 47 lignicole, 19 terricole und 24 Mykorrhiza bildende Arten erfasst. Die prozentuale Verteilung der Artenvielfalt (% OR) der drei Ökotypen veranschaulicht Abb. 21.

Auf die drei Ökotypen teilt sich die Anzahl der aufgefundenen Arten (OR) wie folgt auf (Abb. 22):

Die extrem trockenen Sommer- und Frühherbstmonate im Jahr 2003 haben zu einem markanten Einbruch der Vielfalt fruktifizierender Mykorrhizabildner geführt. Dagegen konnten sich im gleichen Jahr die terricolen Arten relativ am besten behaupten.

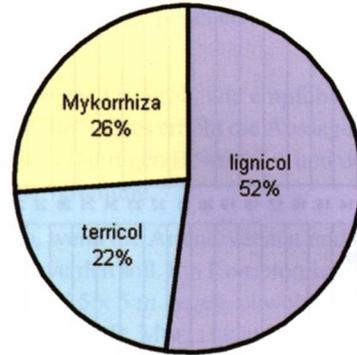


Abb. 21: Prozentuale Artenverteilung der drei Ökotypen.

Frequenzen bezogen auf alle Ökotypen

Die Frequenzen der Ökotypen bzw. aller aufgefundenen Arten (FO, FS) zeigen keine Muster, die der Vegetationsverteilung, Kronendeckung (s. auch Abschnitt „Ergebnisse > Vegetation“) oder sonstiger Eigenschaften der Quadranteinteilung im Untersuchungsgebiet zuordenbar wären (Tab. 6).

Phänologie bezogen auf alle Ökotypen

Vergleicht man die Phänologie (PO) der einzelnen Ökotypen untereinander, also die Jahresgänge des Artenaufkommens, zeigen sich abgesehen von 2000 keine auffälligen Unterschiede im Fruktifizierungsverlauf (Abb. 23).

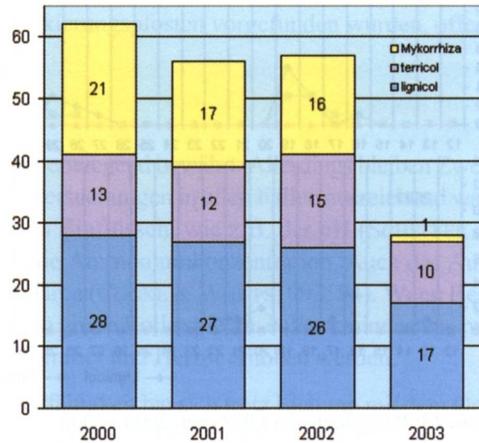


Abb. 22: Artenanzahl aller ökologischen Typen 2000 bis 2003.

Tab. 6: Frequenzen der Arten im Untersuchungsgebiet.

		Lignicole Arten								Terricole Arten							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
A		31	33	35	27	31	38	38	38	37	37	42	47	53	42	32	74
B		17	27	21	31	33	33	31	23	32	37	42	42	37	32	37	53
C		17	27	29	33	27	29	40	44	32	42	53	42	42	53	47	53
		Mykorrhizabildner								Alle Arten							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
A		13	21	25	25	8	13	17	25	27	30	34	30	29	32	30	41
B		13	25	29	25	25	25	17	25	18	28	27	32	32	30	28	29
C		33	17	25	38	25	38	38	38	24	27	33	36	29	36	40	43

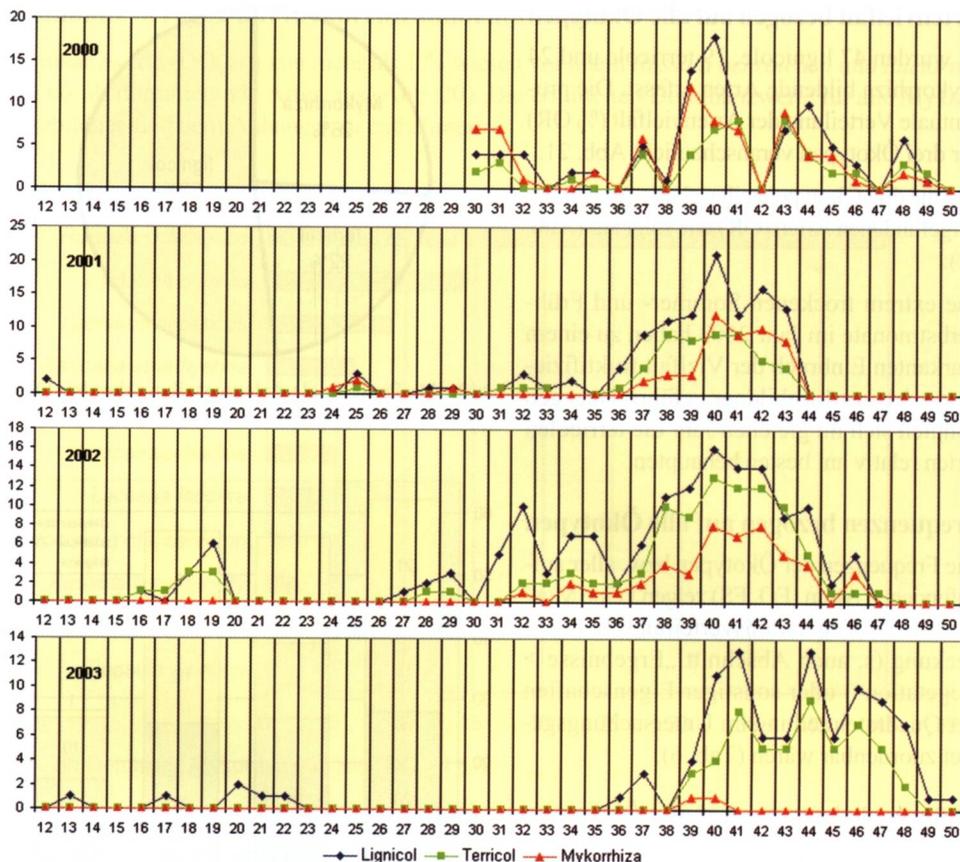


Abb. 23: Phänologie der Ökotypen 2000 - 2003.

Zu den (lückenhaften) phänologischen Vegetationsdaten des Deutschen Wetterdienstes ließen sich keine Beziehungen herstellen.

Die Darstellung weiterer Ergebnisse zur Pilz-Phänologie im Untersuchungsgebiet, vor allem die Jahresgänge der Produktivität (Biomasse), ist für eine gesonderte Publikation geplant.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Methoden

Auswahl und Parzellierung des Untersuchungsgebietes

Die Vegetation im Untersuchungsgebiet erwies sich bei der Detailarbeit vielfältiger als es im Zuge der Vorerkundungen den Anschein hatte. Die vorgefundene – wenn auch kleinräumige – Variationsbreite lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf weitere Kiefernforste der Region südlich bzw. östlich von Frankfurt übertragen. Es ist anzunehmen, dass sich die Vegetation in der Region

weitgehend ähnelt, weil die klimatischen, geologischen und anthropogenen Gegebenheiten im Wesentlichen die gleichen sind.

Mit ca. 2400 m² ist das Untersuchungsgebiet mehr als doppelt so groß, wie empfohlen (s. Abschnitt „Material und Methoden > Die Untersuchungsfläche“). Dies erhöht die Aussagekraft der Ergebnisse angesichts des letztlich ungleichmäßigen kleinräumigen Bewuchses und der damit verbundenen ungleichmäßigen Fruchtkörper- bzw. Artenverteilung.

Die Unterteilung in Quadrate von 10 × 10 m ist zu grob, wenn die Artendiversität und die Vergesellschaftung von Pilzarten deutlicher herausgearbeitet werden soll. Ein Kompromiss zwischen Detaillierungsgrad („Auflösung“) und Aufwand könnte bei 5 × 5 m liegen, obwohl sich andere Autoren für noch kleinteiligere Unterteilungen aussprechen (z.B. MUELLER et al 2004: 169). In jedem Falle sollten die Quadratgrenzen mit Hilfe von rot-weißen, am Boden gespannten Absperrbändern aus Polyäthylen o. ä. markiert werden. Die Beachtung der Quadratgrenzen bei den Fruchtkörperauszählungen mittels der beschriebenen Pfosten war teilweise mühsam. Die zusätzlich gesetzten Steckschilder (siehe Abschnitt „Material und Methoden“) erfüllten ihren Zweck, weil in der Tat alle paar Wochen umgerissene Markierungspfosten vorgefunden wurden, offenbar verursacht durch Wildschweine.

Bodenuntersuchungen

Die gewählten Methoden haben sich in der Praxis überwiegend bewährt. Allerdings bleiben Zweifel, ob die Stichprobenanzahl für die jeweiligen Untersuchungen in allen Fällen ausreichend war. Außerdem unterliegen viele Parameter saisonalen Einflüssen, wie z.B. der pH (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: 130f), und deshalb auch die Ammoniumkonzentration. Auch das Auftreten von Pilzen selbst kann zu pH-Änderungen führen (COOKE & WHIPPS 1993: 94). Wenn Ressourcenbegrenzungen wie bei dieser Studie keine so große Rolle spielen, sollten mindestens pro Quadrat und Parameter je ein Wert im Frühjahr, Sommer und Herbst erhoben werden.

Die Bodenfeuchtebestimmung mittels der Bodenleitfähigkeit hat sich trotz Eichung mit dem Originalboden als zu ungenau herausgestellt. Es war eine deutliche Drift zu höheren Werten zwischen Frühjahr und Herbst zu beobachten, was sich im „davonlaufenden“ Basiswert der ursprünglichen Eichkurve bemerkbar machte. Verantwortlich dafür sind vermutlich mikrobiologische Veränderungen und Pilzaktivitäten im Boden, die die Ionenkonzentration verändern und zu höherer Leitfähigkeit führen. Die Messungen mit Hilfe des Tensiometers waren zuverlässig, sollten aber bei weiteren Untersuchungen zum Destillationseffekt (s. Abschnitt „Diskussion und Schlussfolgerungen > Die Auswertungen“) mit Hilfe einer Oberflächen- und etwa drei weiteren Steck-Messfühlem erweitert werden. Eine elektronische Registrierung wäre wünschenswert.

Die aus den Bodenfeuchtwerten gezogenen Schlussfolgerungen (siehe Abschnitt „Diskussion und Schlussfolgerungen > Die Auswertungen“) werden durch die Messungenauigkeiten bzw. unterschiedlichen Messmethoden nicht entwertet, weil sich die Aussagen auf den Feuchtetrend beziehen und nicht auf absolute Werte.

Witterung

Die für die Messung der Witterungsparameter gebaute Messstation kombiniert mit den manuellen Erhebungen (v.a. Niederschlag) erwies sich insgesamt als ein zielführendes Konzept. Allerdings ließ die Zuverlässigkeit der Messelektronik zu wünschen übrig. Besonders das Jahr 2002 verlief

in dieser Hinsicht unbefriedigend: Messlücken entstanden durch zunächst nicht bemerkte Korrosionsprobleme und durch „biogenen Kabelbruch“ (Nager!).

Vegetation

Die Erhebungen und Aufbereitung der Ergebnisse verliefen, abgesehen von lästigen Beeinträchtigungen durch widerspenstige Rubusranken und eine stattliche Zeckenpopulation, unproblematisch. Der zeitliche Aufwand, auch für die Auswertung, war hoch. Die kleinteilige Analyse mit Hilfe der Quadrate hat bei den Gehölzen keinen Erkenntnisgewinn gebracht. Deshalb sollte sich die Auswertung der Gehölzflora bei Zielsetzungen, wie in dieser Studie, und bei vergleichbaren Forstgesellschaften, auf die Gesamtfläche beschränken.

Fauna und weitere Einflüsse

Die opportunistische Vorgehensweise und damit geringe Investition in die Fragestellungen zu den Einflüssen aus Land- und Forstwirtschaft, Jagd und Freizeit sowie die Begleitfauna wurde den Fragestellungen der Studie gerecht. Es wäre aber zu untersuchen, ob ökologische Zusammenhänge zwischen den teilweise massenhaft auftretenden Mistkäfern (*Geotrupes stercoarius*) und dem angetroffenen Pilzaufkommen bestehen. Der Käfer vergräbt Kotballen in bis etwa 40 cm langen unterirdischen Gängen (ZAHRADNIK 1984) und kommt deshalb für die Verbreitung von Sporen und Mycel in Frage.

Die mykologischen Methoden

Die Lust am Quantifizieren kann zu Ergebnissen bzw. Interpretationen führen, die eine unangebrachte Präzision vorgaukeln. Auch in dieser Studie wurden analytische Methoden angewandt bzw. entwickelt, deren Ergebnisse mit großer Vorsicht interpretiert werden müssen, weil sie aufgrund des begrenzten Zeitraumes und der eingeschränkten Stichprobenzahl statistisch nicht gesichert werden können. Ein Ziel der Studie war es aber, ein Methodenkonzept für ein mykologisches Profil zu entwickeln. Es ist zu hoffen, dass dieses Konzept in dieser oder in verbesserter Form auch in weiteren pilzökologischen Studien angewendet wird, so dass langfristig verlässliche Erkenntnisse über Meta-Studien gewonnen werden können.

Kritisch ist an dieser Stelle zu vermerken, dass ein „mykologischer Fingerabdruck“ ohne eine Analyse der Myzelien ein verzerrtes Bild über die Artenvielfalt wiedergibt (O'DELL et al. 2004). Längere Beobachtungszeiten bzw. Metastudien können den einseitigen Blick mittels des Fruktifizierungsgeschehens auf die Pilzflora wenigstens zum Teil kompensieren.

Die hier vorgestellte Methode zur Ermittlung eines Vergesellschaftungskennwerts berücksichtigt die Häufigkeit der angetroffenen Arten nicht. Deshalb könnte ein niedriger Wert (auch) ein Ausdruck für die Seltenheit im Sinne unterschiedlicher Vermehrungsstrategien (R- bzw. K-Strategien) einer Art im Untersuchungsgebiet sein. Deshalb sind abgesicherte Kennwerte nur über größere Stichproben zu ermitteln.

Das Konzept von Shannon zur Bestimmung der Artendiversität bzw. der Evenness ist sicher angreifbar, vor allem weil es seltene Arten unterbewertet (TIAN XIANG YUE et al. 2004). Er verführt dazu, bei niedrigen Werten ein Artenkollektiv als minderwertig bzw. als instabil zu betrachten. Es berücksichtigt keine ökologische Dynamik (Sukzession!). Extreme Standorte wirken naturgemäß sehr selektierend, was vor allem zu niedrigen Artenzahlen führt, aber hohe Individuenzahlen keineswegs ausschließt. Ohnehin gilt generell, dass nur wenige Arten in Mykorrhizapilz-

Gesellschaften mehr als 50 % der Abundanz ausmachen und die Mehrzahl der Arten nur selten angetroffen wird (DAHLBERG 2001). Wenn diese Umstände bei der Interpretation der Werte beachtet werden, ist der Shannon-Index (in normierter Form: „Evenness“, siehe Kennwerttabelle im Abschnitt „Material und Methoden“) ein durchaus geeignetes Werkzeug, zumal er der gebräuchlichste ist (ZAK & WILLIG 2004).

Die Unterteilung in die drei Ökotypen verläuft zwischen lignicolen und terricolen Pilzen nicht scharf. Trotzdem weisen die Ergebnisse auf unterschiedliches Fruktifizierungsverhalten hin.

Obwohl die Begehungspfade bei jeder Begehung bewusst unterschiedlich gewählt wurden, waren Stellen, die z.B. durch *Rubus*-Arten eingeengt waren, sicherlich einiger Bodenverdichtung durch „Trampling“ ausgesetzt. Dies wirkt sich zwar auf die Anzahl der Fruchtkörper, aber kaum auf das Artenspektrum aus (EGLI 2006).

Wöchentliche Begehungen des Untersuchungsgebietes mögen für die Ermittlung der meisten Parameter, die die Fruktifikation und das mykologische Profil beschreiben, ausreichend sein. Trotzdem wäre es wünschenswert, alle zwei oder drei Tage die hinzugekommenen Fruchtkörper zu registrieren, um die Trennschärfe z.B. bei den phänologischen Betrachtungen zu erhöhen (Fruktifizierungspeaks) und um eine genauere Korrelation mit der bereits beschriebenen saisonalen Inversion der Luft- und Bodentemperaturen zu ermöglichen. Die ist besonders deswegen wichtig, weil zu den dominierenden Arten im Untersuchungsgebiet z.B. *Mycenas* zählen, deren Fruchtkörper in schneller Folge auftreten.

Datenauswertung

Alle Datenauswertungen konnten mit Microsoft Excel ohne große Schwierigkeiten bewältigt werden.

Freizeit-Forschung

Der hohe Zeitbedarf von fast 10 Jahren, angefangen von den Vorerkundungen bis zum Einreichen des Manuskripts, zeigt an welcher Stelle die größten Kompromisse gemacht werden müssen. Freizeitforschung mit ökologischen Zielsetzungen erfordert ein erhebliches Durchhaltevermögen. Kritisch sind die Zugeständnisse an die Stichprobenzahl und die Zeitplanung bei den Bodenuntersuchungen zu werten.

Die finanziellen Herausforderungen sind ebenfalls erheblich, trotz des abgespeckten Methodenkanons. Für die Mess- und Laboreinrichtungen und kostenpflichtige Daten (z.B. vom Deutschen Wetterdienst) sind für diese Studie etwa 4000 € ausgegeben worden. Für Literaturbeschaffung etwa der gleiche Betrag.

Im Vergleich zu den Kosten im regulären Forschungsbetrieb sind die Aufwendungen eher gering, ohne dass die Aussagekraft der Studie grundsätzlich in Frage gestellt werden muss.

Die Auswertungen

Boden

Die geringe Basensättigung, der geringe pH-Wert und, je nach Witterung, möglicherweise auch die Freisetzung von Al^{+++} -Ionen (u.a. WILD 1993: 208) sowie die wenig entwickelte Humusschicht (Of, Oh) wirken sich limitierend auf die Biodiversität der Vegetation aus und könnten

Schädigungen der Feinwurzeln der Begleitvegetation verursachen. Dies deutet auf einen für viele Pilze schwierigen Standort hin.

Die meist recht dicke Deckschicht aus unzersetztem organischem Material (Ol) favorisiert saprotrophe Pilze und unterdrückt Mykorrhizabildner (Arnolds 1991: 223).

Auch die hohe Nitratbelastung (siehe Abschnitt „Ergebnisse > Bodenchemie“) führt vermutlich zu einer Einschränkung des fruktifizierenden Artenspektrums, allen voran die Mykorrhizapilze (BAAR 1995: 30, KÁRÉN 1997: 17f, LILIESKOV et al. 2000). Dafür tritt z.B. die nitrophile Art *Laccarius hepaticus* (BAAR 1995: 105f) recht häufig und regelmäßig auf.

Witterung

Nicht nur aufgrund der schwierigen Bodeneigenschaften, sondern auch wegen des erratischen Witterungsverlaufs im Erhebungszeitraum, standen Pflanzen und Pilze unter Stress. Von 2000 bis 2002 waren überdurchschnittliche aber sehr ungleichmäßig verteilte Niederschläge zu verzeichnen, die im Sommer 2003 zu gering ausfielen.

Im Extremjahr 2003 fiel über 33 % weniger Regen als im mehrjährigen Durchschnitt (s. Tab. 2). Die sommerliche Trockenperiode dauerte in diesem Jahr von Juni bis September, also fünf Monate (s. Abb. 8). Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass es 2003 so gut wie keine Mykorrhiza bildende Pilze gab (s. Abb. 22). Auch die Artenvielfalt der fruktifizierenden terricolen Pilze war 2003 deutlich eingeschränkt.

Die Vegetation stand im Untersuchungsgebiet in den Sommern des Erhebungszeitraums meist unter deutlichem Trockenstress, vornehmlich die Gehölzflora: In den Sommermonaten verdorrten nur wenige Jahre alte Pflanzen bzw. Sämlinge und viele Sträucher wiesen missgebildetes Blattwerk auf. Im Extremjahr 2003 sind je nach Gehölzart bis zu 70 % abgestorben, allerdings so gut wie keine Buchen. Auch die alten Kiefern haben die Trockenheit überstanden. Der Zustand der Wälder im Rhein-Main-Gebiet ist insgesamt kritisch (SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHER WALD 2007), auch durch die erheblichen Einträge von Schadstoffen (HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2005). Sogar der hessische Umweltminister konstatierte „der hessische Wald leidet, aber er wird nicht sterben“ (ANONYMUS 2004). Konsequenzen, z.B. hinsichtlich des Stickstoffeintrages, sind offenbar bisher nur unzureichend gezogen worden.

Der Beobachtung, dass sich im Erhebungszeitraum ansteigende Bodenfeuchte grob mit der Inversion der Temperaturen zwischen Luft und Boden korrelieren lässt, könnte ein Mechanismus zugrunde liegen, der schon 1952 von Scheffer/Schachtschabel als „Destillationseffekt“ bezeichnet wurde. Das Phänomen ist also bekannt (s.a. RID 1984: 100, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: 230). Er führt dazu, dass Wasser in den oberen Bodenschichten kondensiert, sog. „hängendes Kapillarwasser“, und die Verdunstung reduziert ist. Aber auch intensive Recherchen in der einschlägigen Fachliteratur und im Internet ergaben keine Hinweise, dass das Phänomen bei Fragestellungen in der forstlichen, landwirtschaftlichen oder mykologischen Forschung untersucht worden ist.

Aerogene Schadstoffeinträge konnten nicht nachgewiesen werden. Die Abwesenheit schadstoffsensibler Flechtenarten könnte zwar auf Schadstoffe hinweisen, ist aber kein Nachweis. Das Fehlen sensibler Arten in „rehabilitierten“ Gebieten kann auch andere, z.B. mikroklimatische Ursachen haben (SCHÖLLER, H., mdl. Mitteilung 1999). Auch dauert es bis zu sechs Jahre, bis sich ein Flechtenorganismus (re-)etabliert hat (JAHNS et al. 1976). Das geringfügige Auftreten des gewöhnlichen

Gabelzahnmooses (*Dicranum scoparium*), einem Luftreinheitszeiger (FRAHM 98: 60) steht nicht notwendigerweise im Widerspruch zu den hohen Nitratwerten im Boden, weil dieses Moos nur an Totholz gefunden wurde. Ob dies auf nachlassende Immissionen in den letzten Jahren zurückzuführen ist, oder andere Ursachen hat, bleibt unklar. Wochenweise werden in der Region während der Sommermonate erhöhte Ozonwerte gemessen (siehe Abschnitt „Material und Methoden > Untersuchungsgebiet > Klima“), was den Gesamtstress auf Vegetation und Mykoflora (AGERER, pers.Mitt.) verschärft.

Letztlich gibt das Pilzvorkommen, vor allem was die Mykorrhizabildner betrifft, selbst Hinweise auf die Luftgüte im Allgemeinen (FELLNER 1993). Fellner spricht von der Störung des waldökologischen Gleichgewichts („disturbance of ectotrophic forest stability“), wobei er Standorte mit weniger als 40 % Mykorrhizabildner und mit mehr als 40 % lignicoler Arten als akut gefährdet („acute disturbance“) einstuft. Die Befunde für den hier untersuchten Standort (siehe Abschnitt „Ergebnisse > Das mykologische Profil“) sprechen für diese Einschätzung, obwohl mit überlagernden Einflüssen durch die Witterung zu rechnen ist.

Fauna

Wildverbiss kann zu Fehlzählungen von Fruchtkörpern führen. Wildschweine sind notorische Pilzvertilger (ERLBECK 98: 664f). Rehverbiss ist weniger kritisch, weil offenbar nur Hüte konsumiert werden (beobachtet bei *Hypoholoma fasciculare*). Obwohl Wildschweine im Untersuchungsgebiet regelmäßig aktiv sind, wurden keine Pilzreste in den Wühlspuren gefunden.

Der in großen Mengen vorgefundene gemeine Mistkäfer (*Geotrupes stercorarius*) gehört zu den potentiellen Pilzvektoren, weil er Kotballen mit seiner Brut über weite Strecken transportiert und unterirdisch ablegt. Ob diese Käfer zu der Dominanz einiger Pilzarten im Untersuchungsgebiet beitragen, ist unklar aber nicht ganz unwahrscheinlich.

Die geringe Arten- und Individuenzahl der vorgefundenen Bodenorganismen (siehe Abschnitt „Ergebnisse > Fauna“) könnten eine Folge der Bodenversauerung, besonders bei Lumbriciden (TOPP 1981: 87f), und den langen Trockenperioden sein. Nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002: 375) sind Lumbriciden in Waldböden unterhalb pH 3,5–4 aufgrund der auftretenden Aluminiumtoxizität kaum noch zu finden. Für eine abgesicherte Aussage müssten mehr Proben während der gesamten Vegetationsperiode analysiert werden.

Vegetation

Auffällig sind die Neophyten, vor allem die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), die Späte Traubenkirsche (*Prunus serotina*) und die Strobe (*Pinus strobus*). Inwieweit Douglasie und Strobe einen Einfluss auf das Vorkommen bzw. Fruktifizieren von Mykorrhizabildnern haben, ist unklar. Als ökologisch bedenklich (BAUMANN et al. 2002, Sturm 2005) zu werten ist die Zunahme an Später Traubenkirsche, die selbst durch das Trockenjahr 2003 nicht wesentlich aufgehalten wurde.

Die hohe Abundanz der Rubusarten ist wahrscheinlich durch die Kronenverlichtung durch Windwurf während der 90-er Jahre bedingt und führt zu einer Verschärfung des Wassermangels in den oberen Bodenschichten (SCHREINER 2001).

Die aufgefundenen Moose sind „Allerweltsmoose“, wie sie auch aus benachbarten Wäldern des Frankfurter Raumes bekannt sind (MANZKE 1993). Das vorherrschende *Scleropodium purum* ist ein Zeiger für mäßig frische bis trockenfallende Standorte und könnte deshalb besonders gut an

Tau- und Nebelfeuchte als Wasserquelle angepasst sein (ELLENBERG et al. 1992: 177). Diese Eigenschaft könnte im Zusammenhang mit dem beschriebenen „Destillationseffekt“ aufgrund saisonaler Temperaturinversion zwischen Boden und Luft stehen.

In der Krautschicht herrscht neben den aufgeführten Moosen *Dryopteris carthusiana* vor. Dornfarn erschwert offenkundig die Mykorrhizierung von *Russula ochroleuca* (WÖLLECKE 2001: 64). Trotzdem setzt sich *Russula ochroleuca* als dominantester fruktifizierender Mykorrhizapilz im hier beschriebenen Untersuchungsgebiet durch, wahrscheinlich aufgrund seiner acidophilen Eigenschaften (AGERER 1990, WÖLLECKE 2001: 64).

Das Auftreten von Stickstoffzeigern im Quadrat B8 könnte auf die Entsorgung von Gartenabfällen zurückzuführen sein, eine allgemein zu beobachtende und durchaus ortsübliche Praxis.

Die Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1992) der aufgefundenen Vegetation geben für eine Vorkundung einen ersten Eindruck, schwanken aber stark. Die bodenbezogenen Zeigerwerte lassen sich nur ansatzweise mit den bodenanalytischen Ergebnissen in Einklang bringen. Auch die gewichteten Mittel ergeben dafür keine brauchbaren Hinweise. Möglicherweise sind dafür die verschiedenen Wurzelungstiefen und saisonale Rhythmik verantwortlich. Das Ergebnis zeigt zumindest für die während der Studie geltenden Begleitbedingungen, dass auf eine kleinräumige Bodenanalytik nicht verzichtet werden kann.

Wie bereits erläutert, steht die Vegetation erkennbar unter periodischem Trockenstress. Das dürfte auch der Grund sein, warum so gut wie keine Jungkiefen registriert wurden, selbst nicht in den durch WINDWURF (1999) verlichteten Quadraten. Der Standort ist also für Kiefen nur bedingt geeignet. Die Bedingungen werden sich weiter verschlechtern, wenn sich der globale Erwärmungstrend fortsetzt (GRIESER & BECK 2002: 141-150, ZIMMERMANN et al. 2002: 151-164).

Insgesamt unterliegt die Vegetation des Untersuchungsgebietes fortschreitender und schneller Veränderung, die mit den angewandten Methoden und der zur Verfügung stehenden Zeit nur ansatzweise untersucht werden konnte.

Pilze

Abundanz, Artenvielfalt und Diversität

Abgesehen von fruktifizierenden Mykorrhizabildnern steht im Jahr 2000 bei den anderen Ökotypen eine hohe Artenvielfalt einer niedrigen Abundanz gegenüber. Ob dies an der Niederschlagsverteilung lag, die 2000 einen häufigen Wechsel von Trocken- und Feuchteperioden im Sommer aufwies (siehe Abb. 8), ist unklar. Gleichzeitig hatten aber wohl die Arten, die nach längeren Trockenperioden dominieren, im überdurchschnittlich feuchten Jahr 2002 (MÜLLER-WESTERMEIER & RIECKE 2003) mehr Konkurrenz und daher weniger Chancen, Fruchtkörper auszubilden. Bei Arten mit vergänglicherem Mycel könnten auch die Sporenkeimung erfolgreicher verlaufen sein, als in den trockeneren Sommern 2001 und 2003.

Mykorrhizapilze bilden möglicherweise in Jahren mit längeren Trockenperioden weniger Fruchtkörper, weil das von ihren Mycelien aufgenommene Wasser zu einem großen Teil von den Symbiosepartnern abgezogen wird und daher der Fruktifikation nur eingeschränkt zur Verfügung steht. Saprotrophe Pilze hingegen können das aufgenommene Wasser selbst verwenden (AGERER, mündl. Mitteilung 2006). Möglicherweise sind dabei aber auch Mechanismen wirksam, die mit einer periodischen Erschöpfung der Nährstoffe zu tun haben. Der Befund, dass in finnischen Nadelwäldern

mit vorwiegend sandigen und sauren Böden auf ein „gutes“ Pilzjahr meist ein „schlechtes“ folgt (OHENOJA 1993: 62), scheint diese Hypothese für arme Böden zu stützen. Besser ausgebildete Böden sind naturgemäß weniger anfällig für eine Verarmung von Nährstoffen. Darauf weist ein Befund von KARASCH 2002 hin, der in seinem Untersuchungsgebiet (extensiv genutztes Weideland auf kalkreichem, glazialen Schotter mit verlehmtter Deckschicht, KARASCH 2002) die Jahre 2000 und 2001 als „gute“ Pilzjahre registrierte.

Dass nicht für alle Pilzarten ein trockener Sommer nachteilig sein muss, zeigt vor allem *Hygrophoropsis aurantiaca*, eine Art, die 2003 besonders häufig auftrat. Die gleiche Beobachtung machte WINTERHOFF (2006).

Die sehr niedrige Artendiversität weist auf Stressbedingungen hin, die für Fruktifizierung und mit einiger Sicherheit auch für Sporenkeimung und die Mycelbildung selbst sehr selektierend wirken könnten. Zum Zuge kommen vornehmlich Standort-Spezialisten, wie etwa *Lactarius hepaticus*.

Bei den Mykorrhizapilzen wirken sich kürzere Trockenperioden (auch in 2002) offenbar weniger negativ auf Abundanz und Artenvielfalt aus, wahrscheinlich weil die Wirtspflanzen häufiger in der Lage sind, ausreichend lösliche Zucker in die Wurzeln zu transportieren. Die angetroffenen Mykorrhizapilze verfolgen demnach die Strategie, die eher auf die hohe Überlebensfähigkeit, als auf hohe Reproduktionsraten zielt (K-Strategen).

Dominanz, Toleranz und Konstanz

Die bei weitem dominantesten Pilzarten, nämlich *Mycena zephrus* und *Mycena galopus*, kommen offenbar mit den vorherrschenden Bodeneigenschaften und dem Wasserhaushalt während der Erhebungsjahre am besten zurecht. Ein Grund neben der geringen Größe der Fruchtkörper könnte sein, dass beide Arten bei geeigneten Feuchtebedingungen besonders häufig und schnell keimen bzw. Mycelien ausbilden (R-Strategen).

Weniger als die Hälfte aller Arten trat in allen Beobachtungsjahren auf (Konstanz KS, KO), bei lignicolen Arten nur etwa ein Drittel (s. Tab. 7 im Anhang 5). Wie dieser Wert angesichts der schwierigen Bodeneigenschaften und Witterungsmuster zu interpretieren ist, bleibt zu untersuchen. Bisherige Literaturrecherchen erbrachten keine Vergleichsmöglichkeiten.

Bei den Vergesellschaftungswerten fällt auf, dass sich niedrige Werte in Laufe der Studie nur bei Mykorrhizabildnern andeuten. Das kann bei der eingeschränkten Betrachtungszeit ein Artefakt sein. Andererseits ist u.a. aus Mykorrhiza-Untersuchungen bekannt, dass Arten dieses Ökotyps untereinander häufig sehr konkurrenzstark sind (ALLEN 1991: 74), bzw. sich in ihrem Vorkommen sogar auszuschließen scheinen (AGERER & KOTTKE 1981, MURAKAMI 1987). Insgesamt sagt der Vergesellschaftungswert, so wie er hier definiert wurde, kaum etwas über die dahinterliegenden Mechanismen aus. Das Ursachengeflecht ist schon deshalb äußerst komplex, weil keineswegs klar ist, ob an beobachteten Vergesellschaftungsmustern nur zwei Arten oder mehr beteiligt sind (CULVER 1992). Außerdem sind die betrachteten Teilflächen von 10 × 10 m zu groß, um die Ergebnisse differenzierter zu interpretieren.

Zeitliche und räumliche Verteilung

Die Jahresgänge der drei Ökotypen weisen im Untersuchungszeitraum eine weitgehend übereinstimmende Rhythmik auf. Das fruktifizierende Artenmaximum ist für alle Ökotypen in allen vier Jahren praktisch deckungsgleich. Dies deutet auf einen gemeinsamen Faktorenkomplex hin, näm-

lich die Witterungsbedingungen und damit vorwiegend auf den Feuchtestatus des Bodens (s.a. ALLEN 1991: 78).

Vergleicht man nämlich die Bodenfeuchteentwicklung mit der Phänologie der Fruchtkörper, drängt sich ein Zusammenhang auf. Anders als andere Autoren es beschreiben (z.B. BRUNNER 1987: 155 + 220), scheinen die Temperatur und selbst die Niederschläge unter den geschilderten Bedingungen nur indirekt eine bestimmende Rolle für den Zeitpunkt der Bildung von Primordien und des Fruchtkörperwachstums zu spielen. OLIVIER et al. (1997) konstatieren allerdings für einige *Boletus*-Arten, dass zur Auslösung der Bildung von Primordien eine Absenkung der Bodentemperatur um 5 °C über 2–3 Tage erforderlich ist, ohne Hinweise auf die Lufttemperatur zu geben. Die Autoren weisen aber auch darauf hin, dass der Boden mehr als fünf Tage wassergesättigt sein muss.

Vor allem für leichte Böden könnte gelten, dass der Sommer-/Herbstaspekt durch die Temperaturinversion zwischen Luft und Boden bei ausreichender „latenter“ Feuchte durch vorausgehende Niederschläge zustande kommt. Dies muss weiter untersucht werden, besonders anhand von Jahressgängen der Fruchtkörperproduktivität. Dazu ist eine ergänzende Studie des Autors in Vorbereitung. Diese Studie soll auch Hinweise liefern, ob für Mykorrhizabildner an Trocken gestressten Standorten die Jahresrhythmik ihrer Wirtspflanzen vielleicht nur eine untergeordnete Rolle spielt, auch wenn jahreszeitliche Schwankungen des Kohlehydratgehaltes von Pflanzenwurzeln nachweisbar sind (KLUGE 1970, OLEKSYN et al. 2000). Dies muss trotzdem nicht überraschen, weil der Transport löslicher Zucker und anderer für den Pilze wichtigen Verbindungen in die Wurzeln praktisch während der gesamten Vegetationsperiode im Tagesrhythmus vollzieht, vorwiegend während der Nacht (LYR et al. 1992: 276). Auch die (nicht systematisierten) Beobachtungen während der Erhebungen weisen auf einen nächtlichen Wachstumszyklus der Fruchtkörper hin. Daran könnte aber vor allem das beschriebene Phänomen der Temperaturinversion beteiligt sein, das im Jahresverlauf durch die nächtliche Absenkung der Lufttemperatur auftritt und einen Anstieg der Bodenfeuchte vornehmlich im Herbst verursacht. Dieser Mechanismus könnte auch die häufig vagen und widersprüchlichen Befunde zur Rolle von Temperatur, Niederschlag bzw. Bodenfeuchtigkeit anderer Studien (z.B. SITTIG 1999, OHENOJA 1993: 52 ff, MEHUS 1986) erklären. Dies sollte vor allem leichte Böden mit geringem Wasserrückhaltevermögen betreffen. Zur Tag-Nacht-Rhythmik des Fruchtkörperwachstums konnten keine Arbeiten gefunden werden, die weitere Hinweise liefern würden.

Das Ausbleiben von Mykorrhizapilzen 2003 ist einerseits eine Folge des extremen Wassermangels im Boden, durch den vermutlich Mykorrhizen weitgehend vertrocknet sind. Hinzu kommen könnten Vergiftungseffekte auf Mycel und Feinwurzeln durch Versauerungsschübe bei der Wiederbefeuchtung nach Trockenperioden (s. auch WEIS 2004) und der damit verbundenen Freisetzung von Aluminiumionen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002: 374f, WILD 1993: 208, PAULUS & BRESINSKY 1989).

Die räumliche Verteilung der Fruchtkörper im Untersuchungsgebiet wies keine Muster auf, die sich mit den vorgefundenen bzw. erhobenen Standortfaktoren korrelieren ließen.

Weiterer Forschungsbedarf

Die vorliegende Untersuchung kann nur ein kleiner Baustein zum Verständnis der Vorgänge bei der Fruktifizierung des Artenspektrums sein. Die Studie soll aber auch Anregungen für weitere Forschung liefern:

- Produktivitätsjahresgänge der verschiedenen Ökotypen durch Ermittlung der Biomasse der Fruchtkörperentwicklung besonders von Mykorrhizapilzen und terricolen Pilzen sowie Korrelierung der Unterschiede bei der Fruktifizierung vor allem mit Temperatur, Niederschlags- und Bodenfeuchteverläufen. (Ergänzende Studie des Autors in Vorbereitung)
- Einfluss der saisonalen Inversion zwischen Luft- und Bodentemperatur auf die Bodenfeuchte und das Fruktifizierungsverhalten von Großpilzen.
- Vergleich des Fruktifizierungs- und Wachstumsverhaltens von Großpilzen zwischen Tag und Nacht.
- Arealausschluss bei Mykorrhiza- und terricolen Pilzen mit ausreichender räumlicher Auflösung, z.B. auf der Grundlage von Rastern mit Quadraten von einem Quadratmeter oder kleiner.
- Überlagerung von phänologisch-autoökologischen Eigenschaften durch extreme abiotische Bedingungen, z.B. durch zeitweisen Mangel von Bodenwasser („Stress-Hypothese“). Es wäre auch zu untersuchen, ob Stressbedingungen dazu führen, dass gewisse Pilzarten ihre Überlebensstrategie anpassen, z.B. von einer R- zu einer mehr K-geprägten Strategie übergehen können, bzw. inwieweit es Mischstrategien gibt (COOKE & WHIPPS 1993: 17, PUGH & BODDY 1988).
- Einfluss von Coleopteren auf die Abundanz von Pilzen.

Pilze sind hochadaptive Organismen. Sie können offenbar schnell lokale Klone und selbst Rassen mit abweichenden autökologischen Eigenschaften bilden, die ihrerseits Elemente des mykologischen Fingerabdruck eines bestimmten Standorts beeinflussen können. So spekulieren wenigstens REIJNDERS (1962: 299) und MEYER (1991). Solche Zusammenhänge sollten mit begleitenden molekularbiologischen Methoden weiter untersucht werden. SELOSSE et al. (2001) kommen z.B. zum Schluss, dass Unterschiede in der Phänologie von *Laccaria*-Fruchtkörpern verschiedener benachbarter, aber genetisch unterschiedlicher Populationen eben auf diese genetischen Unterschiede zurückzuführen sind.

Zur weiteren Klärung von ökologischen Zusammenhängen zwischen Standort, Witterung und mykologischem Profil könnte bestehendes Datenmaterial herangezogen werden, beispielsweise aus der Datenbank Pilz-Oek (BRESINSKY et al. 2005).

Danksagung

Christine Halbwachs, für ihre unendliche Geduld, wenn das Familienleben den Pilzen geopfert wurde.

Prof. Dr. Reinhard Agerer vom Department Biologie der Universität München für seine Unterstützung und die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Den Revierförstern Diplomforstwirt Stefan Casper und Dipl.-Forstingenieur Bernhard Gerstner und ihren Mitarbeitern in Jügesheim für die Aussetzung forstlicher Maßnahmen während der Erhebung und für die Einfriedung der Messstation.

Dr. Oliver Dürhammer am Botanischen Institut in Regensburg für die Unterstützung bei der Bestimmung der vorgefundenen Moose.

Karl-Uwe Gerhardts in Rodgau für seine tatkräftige Mithilfe bei den Pilz- und Vegetationsaufnahmen und für seinen Rat in forstlichen Fragen.

Roman Krettek, seinerzeit am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt für seine Beratung bei der Vorbereitung der Studie.

Wolfgang Sattler, dem Jagdpächter im Untersuchungsgebiet, für sein Verständnis.

Dr. Heribert Schöller, seinerzeit am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt für seine Beratung zu Flechten als Umweltindikatoren.

L. Schröder, seinerzeit am Bundesamt für Naturschutz Bonn, für die handkolorierte Karte der potentiellen natürlichen Vegetation.

H. Stadler am Wasserwerk Rodgau für die Informationen über Grundwasserstände.

Der Stadtverwaltung Rodgau für die Überlassung von Katasterkarten und die Fahrerlaubnis zum Untersuchungsgebiet.

Literatur

Zitierte Literatur

- AGERER, R. (1985) – Zur Ökologie der Mykorrhizapilze. *Bibliotheca Mycologica* Band 97. J.Cramer, Vaduz.
- AGERER, R. (1990) – Gibt es eine Korrelation zwischen Anzahl der Ektomykorrhizen und Haeufigkeit ihrer Fruchtkoerper? *Zeitschrift für Mykologie* 56(1): 155ff.
- AGERER R. & I. KOTTKE (1981) Sozio-ökologische Studien an Pilzen von Fichten- und Eichen-Buchen-Hainbuchen-Wäldern im Naturpark Schönbuch. *Z Mykol* 47(1): 103-122.
- ALLEN, M.F. (1991) – The ecology of mycorrhiza. Cambridge University Press, Cambridge.
- ANONYMUS (2004) – Der Sommer 2003 zeigt Wirkung. *Offenbach Post* 27.10.2004.
- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982) – Bodenkundliche Kartieranleitung. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ARBEITSKREIS (AK) STANDORTKARTIERUNG (1996) – Forstliche Standortsaufnahme. IHW-Verlag, Eching.
- ARNOLDS, E. (1991) – Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (Elsevier Science Publishers) 35: 209-244.
- BAAR, J. (1995) – Ectomycorrhizal Fungi of Scots Pine as Affected by Litter and Humus. Thesis Landbowuniversiteit Wageningen, Wageningen.
- BAUMANN, K., BÖNSEL, D., FEHLOW, M., MALTEN, A. & G. ZIZKA (2002) – „Neubürger“ im Frankfurter Stadtwald. *Natur und Museum* 132(2): 89-91.
- BENEDIKSEN, E., ØKLAND, R.H., HØILAND, K., EILERTSEN, O. & V. BAKKESTUEN (2004) – Relationships between macrofungi, plants and environmental factors in boreal coniferous forests in the Solholm fjell area, Gjerstad, S Norway. *Sommerfeltia* 30.
- BONIFER, H. (2004) – Jügesheim und St.Nikolaus, Dorf und Pfarrei in der Geschichte. Eigenverlag, Rodgau.
- BRESINSKY, A., DÜRING, C. & W. AHLMER (2005) – Datenbank PILZOEK im Internet. <http://www.pilzoek.de>.
- BRUCKER, G. & D.KALUSCHE (1990) – Boden und Umwelt, Bodenökologisches Praktikum. Quelle & Meyer, Heidelberg-Wiesbaden.
- BRUNNER, I. (1987) – Pilzökologische Untersuchungen in Wiesen und Brachland in der Nordschweiz. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel Heft 92, Zürich.
- CABI BIOSCIENCE (2007) – Index Fungorum. <http://www.indexfungorum.org/>.
- COOKE, R.C. & J.M. WHIPPS (1993) – Ecophysiology of Fungi. Blackwell Scientific Publications, London.

- CULVER, D.C. (1992) – Introduction to the theory of species interactions. In G.C. Carroll & D.T. Wicklow [eds.]. *The Fungal Community*, 2nd ed. Marcel Dekker, New York.
- DAHLBERG, A. (2001) – Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytologist* **150**: 555-562.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2000-2006) – Webseite des DWD. <http://www.dwd.de/de/de.htm>, Offenbach am Main.
- DIERSCHKE, H. (1994) – Pflanzensoziologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- DOHRENBUSCH, A. (1987) – Kann die „relative Beleuchtungsstärke“ die Lichtverhältnisse im Wald zuverlässig charakterisieren?. *Forstarchiv* **58**: 24-27.
- EGLI, S., PETER, M., BUSER, C., STAHEL, W. & F. AYER (2006) – Mushroom picking does not impair future harvests - results of a long-term study in Switzerland. *Biological Conservation* **129**: 271-276.
- EIKAMP, H., KÜHN, K. & H.J. ZIMMERMANN (1986) – Das Naturschutzgebiet „Hengster“ im Wandel der Zeit. NAOM Selbstverlag, Obertshausen.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & D. PAULIBEN (1992) – Zeigerwerte von Pflanzen Mitteleuropas, *Scripta Geobotanica XVIII*. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.
- ENBLIN, W., KRAHN, R. & S. SKUPIN (2000) – Böden untersuchen. Quelle & Meyer, Wiebelsheim
- ERLBECK, R., HASEDER, I.E. & G.K.F. STINGLWAGNER (1998) – Das Kosmos Wald- und Forstlexikon. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH&Co, Stuttgart.
- ERNST, E. & H. KLINGSPORN (1969) – Hessen in Karte und Luftbild, *Topographischer Atlas Teil I*. Karl Wachholtz Verlag, Neumünster: 60.
- FELLNER, R. (1993) – Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe in *Fungi of Europe: Investigation, recording and conservation* edited by D.N.Pegler, L.Boddy, B.Ing, P.M.Kirk. The Royal Botanic Gardens, Kew.
- FORSTAMT RODGAU (1997) – Natürlicher Standort (aus der forstlichen Standortaufnahme des Stadtwaldes Rodgau). Forstamt Rodgau, Rodgau.
- FORSTAMT RODGAU (1998) – Standorttypenkarte. Forstamt Rodgau, Rodgau.
- FRAHM, J.-P. (1998) – Moose als Bioindikatoren. Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- GRIESER, J. & C. BECK (2002) – Extremniederschläge in Deutschland – Zufall oder Zeichen? im Klimastatusbericht 2002 des Deutschen Wetterdienstes. <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/ksb02/index1.htm>, Offenbach am Main.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2005) – Umweltatlas Hessen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, <http://atlas.umwelt.hessen.de>, Wiesbaden.
- HOFFMANN, D. (1991) – Bemerkungen zur Brauchbarkeit herkömmlicher Klimadaten für die Waldwachstumsforschung. *Forst und Holz* **10**: 274-278.
- JAHNS, H.M., MOLLENHAUER, D., JENNINGER, M. & D. SCHÖNBORN (1979) – Die Neubesiedlung von Baumrinde durch Flechten. *Natur und Museum, Frankfurt* **109**(2):40-51.
- KARASCH, P. (2001) – Beiträge zur Kenntnis der Pilzflora des Fünfseenlandes I. *Zeitschrift für Mykologie* **67**/1: 73-136.
- KARASCH, P. (2002) – Beiträge zur Kenntnis der Pilzflora des Fünfseenlandes II. *Zeitschrift für Mykologie* **68**/1: 45-78.
- KARÉN, O. (1999) – Effects of air pollution and forest regeneration methods on the community structure of ectomycorrhizal fungi. Ph.D. thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 33, Department of Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- KIRSCHBAUM, U. & V. WIRTH (1997) – Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

- KLUGE, H. (1970) – Jahresperiodische Schwankungen des Kohlenhydratgehaltes in Siebröhrensäften, Blättern und Wurzeln einiger Holzgewächse. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* **161**: 142-165.
- KOSSLER, G.-P. (1991) – Wald im Süden Frankfurts. Fuldaer Verlagsanstalt, Frankfurt.
- KREISEL, H. (1987) – Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik, Basidiomycetes. VEB Gustav Fischer, Jena.
- KRIEGLSTEINER, G.J. (1993) – Einführung in die ökologische Erfassung der Großpilze Mitteleuropas, Beiheft zur Zeitschrift für Mykologie **8**: 1-240. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd
- KRIEGLSTEINER, L. (2004) – Pilze im Biosphären-Reservat Rhön und ihre Einbindung in die Vegetation, Regensburger Mykologische Schriften Band **12**. Regensburgische Botanische Gesellschaft, Regensburg.
- KURT, A. (1998) – Stadt und Offenbach in der Geschichte. Bintz Verlag, Offenbach am Main.
- LILIESKOV, E.A., FAHEY, T.J. & G.M. LOVETT (2000) – Ectomycorrhizal fungi aboveground community change over an atmospheric nitrogen deposition gradient. *Ecological Applications* vol **11/2**: 397-410.
- LYR, H., FIEDLER, H.-J. & W. TRANQUILLINI (1992) – Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.
- MANZKE, W. (1993) – Die Moosflora des Frankfurter Waldes. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 162.
- MEHUS, H. (1986) – Fruit body production of macrofungi in some North Norwegian forest types. *Nordic Journal of Botany* **6**(5): 679-702.
- Meyer, F.H. (1991) – Symbiosen: Mykorrhiza, a) Ektomykorrhiza. *Progress in Botany*, **51**: 375-390.
- Michel, C. (2002) – Beurteilung der Luftqualität in Frankfurt am Main. *Frankfurter Statistische Berichte* 3/4'2002, www.frankfurt.de: 211.
- MUELLER, G.M., SCHMIT, J.P., HUBNDORF, S.M., RYVARDEN, L., O'DELL, T.E., LODGE, D.J., LEACOCK, P.R., MATA, M., UMANIA, L., WU, Q.(F.) & D.L. CZEDERPILTZ (2004) – Recommended protocols for sampling Macrofungi in Biodiversity of Fungi by Gregory M. Mueller, Gerald F.Bills, Mercedes S. Foster. Elsevier Academic Press, Amsterdam ...
- MÜHLENBERG, M. (1993) – Freilandökologie. Quelle & Meyer, Heidelberg-Wiesbaden: 16.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. & W. RIECKE (2003) – Die Witterung in Deutschland im Klimastatusbericht 2002 des Deutschen Wetterdienstes. Webseite des DWD www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/ksb02/Witterung.pdf, Offenbach.
- MURAKAMI, Y. (1987) – Spatial distribution of *Russula* species in *Castanopsis cuspidata* forest. *Trans Br Mycol Soc* **89**(2): 187-193.
- O'DELL, T.E., LODGE, D.J. & G.M. MUELLER (2004) – Approaches to sampling macrofungi in Biodiversity of Fungi by Gregory M. Mueller, Gerald F.Bills, Mercedes S. Foster. Elsevier Academic Press, Amsterdam ...
- OHENOJA, E. (1993) – Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in Northern Finland in 1976-1988 (Academic Dissertation). *Acta Universitatis Ouluensis, Seris A, Scientiae Rerum Naturalium* 243.
- OLEKSYN, J., ZYTKOWIAK, R., KAROLEWSKI, P., REICH, P.B. & M.G. TJOELKER (2000) – Genetic and environmental control of seasonal carbohydrate dynamics in trees of diverse *Pinus sylvestris* populations. *Tree Physiology* (summary: <http://heronpublishing.com/tree/summaries/volume20/a20-837.html>) **20**: 837-847.
- OLIVIER, J.M., GUINBERTEAU, J., RONDET, J. & M. MAMOUN (1997) – Vers l'inoculation contrôlée des cèpes et bolets comestibles?. *Revue forestière française* XLIX: 222-234.
- PAULUS, W. & A. BRESINSKY (1989) – Soil Fungi and Other Microorganisms. *Ecological Studies* **77**: 110-120.
- PFADENHAUER, J. (1993) – Vegetationsökologie. IHW-Verlag, Eching

- PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG (2003) – Charakterisierung des Mainzeugsgebietes, Vorlesungsskript zum Unterseminar „Hydrologie“. Philipps-Universität Marburg, Fachbereich 19 Geographie, Marburg.
- PRESSE03 (2005) – Rodgau: Gemarkungsgrenze und Bebauung (Grafik freigegeben nach der Wikipedia/GFDL-Lizenz Vers.1.2). http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gemarkung_Rodgau.png#file.
- PUGH, G.J.F. & L. BODDY (1988) – A view of disturbance and life strategies in fungi in Proceedings of the Royal Society of Edinburgh (Biological Sciences). The Royal Society of Edinburgh Vol. **94**: 39024.
- REHFUESS, K. (1990) – Waldböden. Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- REIJNDERS, A.F.M. (1963) – Les problèmes du développement des carpophores des agaricales et de quelques groupes voisins. Uitgeverij Dr.W.Junk, Den Haag.
- RID, H. (1984) – Das Buch vom Boden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1952) – Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002) – Lehrbuch der Bodenkunde (15. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- SCHOTTLER, W. (1922/1992) – Geologische Karte von Hessen mit Erläuterung, Blatt Seligenstadt (Nachdruck von 1922). Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.
- SCHREINER, M. (2001) – Brombeeren in Tannen-Fichtenwäldern. FVA-Einblick, Freiburg.
- SCHRETZMANN, R. (Red.) (2001) – Neuartige Waldschäden, AID Heft. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Nr. 1125.
- SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHER WALD (2007) – Waldzustandsberichte des SDW. www.sdw.de/wald/waschb.htm.
- SELOSSE, M.-A., MARTIN, F. & F. LE TACON (2001) – Intraspecific variation in fruiting phenology in an ectomycorrhizal *Laccaria* population under Douglas fir. *Mycological Research* **105**: 524-531.
- SITTIG, U. (1999) – Zur saisonalen Dynamik von Ektomykorrhizen der Buche (*Fagus sylvatica* L.), Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. Forschungszentrum Waldökosysteme, Universität Göttingen Reihe A, Bd. 162.
- STUEBING, L. & A. FANGMEIER (1992) – Pflanzenökologisches Praktikum. Ulmer, Stuttgart.
- STRAATSMA, G., AYER, F. & S. EGLI (2001) – Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research* **105**: 515-523.
- STURM, M. (2005) – Spätblühende Traubeneiche: Ist nicht mehr Handlung gefragt?. *AFZ-Der Wald* **3**: 147-149.
- TIAN XIANG YUE, JI YUAN LIU, SI QING CHEN, ZHENG QING LI, YONG ZHONG TIAN, FENG GE (2004) – Diversity indices and spatial scales greatly effect the conclusions of relationships between biodiversity and ecosystem functions. Proceedings der Konferenz „Bridging Scales and Epistemologies: Linking Local Knowledge and Global Science in Multi-Scale Assessments“, März 2004, <http://www.ma-web.org/en/about.meetings.bridging.proceedings.aspx>, Alexandria.
- TOPP, W. (1981) – Biologie der Bodenorganismen. UTB Quelle & Meyer, Heidelberg.
- UMLANDVERBAND FRANKFURT (2000) – Landschaftsplan UVF. Umlandverband Frankfurt, Frankfurt.
- WASSERWERK RODGAU (1998) – Karte des Einzugsgebietes des Wasserwerks Jügesheim, 1:15000, Stand 5/98, Blatt D4. Wasserwerk Rodgau, Rodgau.
- WEIS, W. (2004) - Trockenjahre beeinflussen Sickerwasserchemie und Bodenversauerung. LWF aktuell 1/2004, Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising: 19 - 20.
- WILD, A. (1995) – Umweltorientierte Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg ...
- WINTERHOFF, W. (1992) – Handbook of vegetation Science Vol. 19/1: Fungi in vegetation Science. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.

- WINTERHOFF, W. (2006) – Auswirkungen des trockenen Sommers 2003 auf die Fruktifikation von Großpilzen an liegenden Kiefernstämmen. Zeitschrift für Mykologie **72/1**: 67 - 74.
- WÖLLECKE, J. (2001) – Charakterisierung der Mykorrhizazöosen zweier Kiefernforste unterschiedlicher Trophie. Cottbuser Schriften, Brandenburger Technische Universität Bd.17, Cottbus.
- ZAHRADNÍK, J. (1985) – Käfer Mittel- und Nordeuropas. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin: 144.
- ZAK, J.C. & M.R. WILLIG (2004) – Fungal biodiversity patterns in Biodiversity of Fungi by Gregory M. Mueller, Gerald F. Bills, Mercedes S. Foster. Elsevier Academic Press, Amsterdam ...
- ZIMMERMANN, L., BARTELS, H., DIETZER, B. & F.M. ALBRECHT (2002) – Langzeitverhalten von Starkniederschlägen in Süddeutschland im Klimastatusbericht 2002 des Deutschen Wetterdienstes. <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/ksb02/index1.htm>, Offenbach am Main.

Ausgewählte Bestimmungsliteratur

Fauna

- JEDICKE, E. (1992) – Die Amphibien Hessens. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MÜLLER, H.J. (Hrsg.) (1986) – Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- PETERSON, R., MOUNTFORT, G. & P.A. HOLLOW (1974) – A Field Guide to the Birds of Britain and Europe. Collins, London.
- SCHAEFER, M. (1984) – Brohmer: Fauna von Deutschland. Quelle & Meyer, Heidelberg.
- ZAHRADNÍK, J. (1985) – Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Flora

- AICHELE, D. & H.-W. SCHWEGLER (1994-96) – Die Blütenpflanzen Mitteleuropas Bd.1-5. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart.
- CONERT, H.J. (2000) – Pareys Gräserbuch. Parey Buchverlag, Berlin.
- FITSCHEN, J. (1987) – Gehölzflora. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.
- FREY, W., FRAHM, J.-P., FISCHER, E. & W. LOBIN (1995) – Kleine Kryptogamenflora Bd.IV: Die Moos- und Farnpflanzen Europas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart ...
- HERDER, W. DE & C. VAN, VEEN (1984) – Unsere Bäume im Winter. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1990) – Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SENGHAS, K. & S. SEYBOLD (1993) – Schmeil/Fitschen: Flora von Deutschland. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.
- WIRTH, V. (1995) – Flechtenflora. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- VAUCHER, H. (1997) – Godet Pflanzenführer: Baumrinden. Naturbuch Verlag, Augsburg.

Pilze

- ARONSEN, A. (2002 – 2006) – A key to the Mycenae of Norway. <http://home.online.no/~aronse/mycenapage/mycenapage.html>.
- BREITENBACH, J. & F. KRÄNZLIN (1981-2000) – Pilze der Schweiz Bd.1-5. Verlag Mykologia, Luzern.
- BRESINSKY, A. & H. BESL (2003) – Schlüssel zur Gattungsbestimmung der Blätter-, Leisten- und Röhrenpilze, Regensburger Mykologische Schriften Bd.11. Regensburgische Botanische Gesellschaft, Regensburg.
- EINHELLINGER, A. (1994) – Die Gattung *Russula* in Bayern, Biliotheca Mycologica Bd.112. J.Cramer, Berlin/Stuttgart.

- HANSEN, L. & H. KNUDSEN (ed.) (1992) – Nordic Macromycetes Vol.2-3. Nordsvamp, Copenhagen.
- HEILMANN-CLAUSEN, J., VERBEKEN, A. & J., VESTERHOLT (1998) – The Genus *Lactarius*, Fungi of Northern Europe Vol.2. Svampetryk, Mundelstrup.
- JORDAN, M. (2004) – The Encyclopedia of Fungi of Britain and Europe. Frances Lincoln, London.
- KRÄNZLIN, F. (2005) – Pilze der Schweiz Bd.6. Verlag Mykologia, Luzern.
- LÆSSØE, T. & J.H. PETERSEN (2002) – MykoKey Version 1.0 (PC-Programm). University of Aarhus & University of Copenhagen.
- LUDWIG, E. (2001) – Pilzkompendium Bd.1 (Beschreibungen und Abbildungen). IHW-Verlag, Eching
- MOSER, M. (1983) – Kleine Kryptogamenflora Bd.IIb/2: Rörlinge und Blätterpilze. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- NOORDELOOS, M.E. & E. LUDWIG (1994) – Bestimmungsschlüssel zu den Arten der Gattung *Entoloma* (Rörlinge) in Europa. IHW-Verlag, Eching.
- RAITHELHUBER, J.H. (2004) – Mitteleuropäische Trichterlinge. J.H.Raithelhuber „Außenseiterverlag“, Stuttgart.
- ROBICH, G. (2003) – *Mycena* d'Europa. A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici, Trento/Vicenza
- SCHILLING, A. (1998) – SynopWIN-Pilze Version 8/98, synoptischer Bestimmungsschlüssel (PC-Programm). Hannover.

Anhänge

1. Sammelbeleg
2. Einzelbeleg
3. Übersicht der Vergesellschaftungs-Kennwerte
4. Methode zur Ermittlung des Vergesellschaftungs-Kennwerts
5. Artenlisten incl. ökologische Kennwerte

Anhang 1**SAMMELBELEG**____. Woche

Datum: ____/____/____

Gattung:		1	2	3	4	5	6	7	8
Art:	A								
Beleg Nr.:	B								
Detailbeleg <input type="checkbox"/>	C								
Notizen:									

Gattung:		1	2	3	4	5	6	7	8
Art:	A								
Beleg Nr.:	B								
Detailbeleg <input type="checkbox"/>	C								
Notizen:									

Gattung:		1	2	3	4	5	6	7	8
Art:	A								
Beleg Nr.:	B								
Detailbeleg <input type="checkbox"/>	C								
Notizen:									

Gattung:		1	2	3	4	5	6	7	8
Art:	A								
Beleg Nr.:	B								
Detailbeleg <input type="checkbox"/>	C								
Notizen:									

Anhang 2

BELEGBLATT

Nummer: _____ **Datum:** _____ **Herbarbeleg:** ja nein
Gattung: _____ **Art:** _____
leg./det.: H.Halbwachs **Probefläche:** Jügesheimer Eck, 5919/314/ _____
Standort/Substrat: _____ **Exposition:** _____
Soziabilität: _____ **Sporenfarbe:** _____

HUT	Ø:			Form
	Oberfläche	Huthaut abziehbar <input type="checkbox"/>		
	Rand			
	Farbe			
HYMENIUM	Form	Lamellen <input type="checkbox"/> Poren <input type="checkbox"/> Sta. <input type="checkbox"/> glatt <input type="checkbox"/>		
	Wuchs	gedrängt <input type="checkbox"/> entfernt <input type="checkbox"/> ablösbar <input type="checkbox"/> angewachsen <input type="checkbox"/> geheftet <input type="checkbox"/> frei <input type="checkbox"/> herablaufend <input type="checkbox"/> Zahn <input type="checkbox"/> Form:		
	Farbe			
STIEL	Form	Scheide: _____ Ring: _____ Schleier: _____ leicht ablösbar <input type="checkbox"/> Zylindrisch <input type="checkbox"/> ▲ <input type="checkbox"/> ▼ <input type="checkbox"/> Sonstiges:		
	Oberfläche			
	Farbe			
	Maße	Dicke-Basis: _____ Dicke-Mitte: _____ Dicke-Spitze: _____ Länge: _____		
TRAMA		Hut	Hymenium	Stiel
	Konsistenz			
	Farbe			
	subkutan		Sonstige Merkmale:	
	Milch			
	Verfärbung			
	Geruch			
Geschmack				

Rückseite > Anmerkungen/Besonderheiten:

Anhang 3

Tab. 10: Vergesellschaftungsmatrix (nur Mykorrhizabildner und terricole Pilze*)	<i>Am. rubescens</i>	<i>Cl. clavipes</i>	<i>Co. sommerfeldii</i>	<i>Cy. amathinum</i>	<i>En. cetratum</i>	<i>Hy. aurantica</i>	<i>Hy. hypolejus</i>	<i>La. amethystina</i>	<i>La. lacata</i>	<i>La. hepaticus</i>	<i>La. quitinus</i>	<i>La. mida</i>	<i>Ly. nigrescens</i>	<i>Ma. prosera</i>	<i>Me. playphylla</i>	<i>Me. haematosp.</i>	<i>My. galopus</i>	<i>My. zephrus</i>	<i>Na. alnetorum</i>	<i>Pa. involutus</i>	<i>Rh. butyracea</i>	<i>Ru. emetica</i>	<i>Ru. heterophylla</i>	<i>Ru. ochroleuca</i>	<i>Ru. sardonia</i>	<i>X. bodius</i>	<i>X. chrysenteron</i>
<i>Amanita rubescens</i>	0,96	0,05	1,00	0,68	0,59	0,37	0,38	0,37	0,59	0,92	0,59	0,69	0,64	0,62	0,49	0,59	0,91	0,50	0,27	0,46	0,62	0,39	0,82	0,13	0,92	0,52	
<i>Clitocybe clavipes</i>		0,11	0,84	0,39	0,58	0,44	0,20	0,77	0,49	0,77	0,59	0,47	0,45	0,49	0,47	0,60	0,83	0,54	0,19	0,45	0,58	0,39	0,88	0,09	0,92	0,36	
<i>Cortinarius sommerfeldii</i>			0,63	0,50	0,75	0,63	0,00	0,29	0,63	0,50	0,50	0,63	0,25	0,50	0,63	0,50	0,75	0,63	0,50	0,38	0,50	0,25	1,00	0,00	0,75	0,38	
<i>Cystoderma amathinum</i>				0,43	0,58	0,40	0,22	0,63	0,53	0,82	0,57	0,47	0,47	0,47	0,48	0,59	0,77	0,51	0,19	0,42	0,61	0,39	0,84	0,15	0,97	0,35	
<i>Entoloma cetratum</i>					0,50	0,50	0,11	0,60	0,56	0,79	0,61	0,54	0,57	0,54	0,72	0,75	1,00	0,57	0,45	0,40	0,57	0,48	0,88	0,04	0,93	0,43	
<i>Hygrophoropsis aurantica</i>						0,45	0,23	0,72	0,44	0,79	0,59	0,41	0,47	0,47	0,68	0,50	0,80	0,57	0,27	0,42	0,61	0,29	0,90	0,05	0,92	0,42	
<i>Hygrophorus hypolejus</i>							0,08	0,58	0,56	0,75	0,50	0,44	0,56	0,37	0,34	0,61	0,79	0,42	0,38	0,56	0,50	0,29	0,82	0,08	1,00	0,38	
<i>Laccaria amethystina</i>								0,49	0,50	0,92	0,59	0,58	0,50	0,67	0,42	0,50	0,84	0,59	0,00	0,58	0,67	0,59	0,84	0,17	0,92	0,50	
<i>Laccaria lacata</i>									0,75	0,62	0,17	0,52	0,60	0,41	0,19	0,77	0,77	0,33	0,41	0,58	0,42	0,33	0,77	0,00	0,76	0,51	
<i>Lactarius hepaticus</i>										0,81	0,57	0,66	0,41	0,32	0,44	0,50	0,63	0,45	0,20	0,38	0,50	0,35	0,75	0,18	0,93	0,26	
<i>Lactarius quietus</i>											0,58	0,50	0,49	0,49	0,48	0,59	0,77	0,48	0,20	0,47	0,60	0,45	0,84	0,13	1,00	0,47	
<i>Lepista nuda</i>												0,44	0,57	0,50	0,54	0,59	0,77	0,44	0,13	0,54	0,48	0,54	0,84	0,09	1,00	0,38	
<i>Lycoperdon nigrescens</i>													0,41	0,50	0,46	0,61	0,78	0,52	0,13	0,47	0,63	0,48	0,84	0,13	0,90	0,36	
<i>Macrolepiota prosera</i>														0,59	0,70	0,67	1,00	0,56	0,42	0,39	0,61	0,28	1,00	0,06	0,97	0,62	
<i>Megacollybia playphylla</i>															0,45	0,61	0,81	0,47	0,17	0,39	0,64	0,59	0,86	0,06	1,00	0,67	
<i>Melanophyllum haematosp.</i>																0,57	0,79	0,60	0,24	0,43	0,56	0,40	0,82	0,16	0,89	0,52	
<i>Mycena galopus</i>																	0,75	0,46	0,19	0,40	0,61	0,46	0,75	0,04	0,92	0,36	
<i>Mycena zephrus</i>																		0,59	0,26	0,44	0,61	0,40	0,89	0,04	0,92	0,42	
<i>Naucoria alnetorum</i>																			0,15	0,30	0,48	0,41	0,84	0,20	0,75	0,40	
<i>Paxillus involutus</i>																				0,50	0,67	0,25	0,92	0,00	1,00	0,50	
<i>Rhodocollybia butyracea</i>																					0,61	0,11	0,50	0,31	0,92	0,21	
<i>Russula emetica</i>																						0,31	0,83	0,19	0,90	0,33	
<i>Russula heterophylla</i>																							0,90	0,20	1,00	0,57	
<i>Russula ochroleuca</i>																								0,07	0,92	0,39	
<i>Russula sardonia</i>																									0,75	0,25	
<i>Xerocomus bodius</i>																										0,38	
<i>Xerocomus chrysenteron</i>																											

Interpretationshilfe:
Je größer der Wert ist, umso ausgeprägter ist der Grad der Vergesellschaftung zweier Arten. Gelb unterlegt sind Paarungen, die eine Vergesellschaftung zu vermeiden scheinen.

Vergesellschaftungskennwerte (VS):
VS ist der Mittelwert aus allen Einzelwerten einer Art. Als Beispiel sind in dieser Matrix die Werte zu *Lactarius hepaticus* blau markiert. Die Vergesellschaftungskennwerte sind der Artentabelle (Anhang 5) zu entnehmen.

*** aufgenommen wurden nur die wichtigsten Arten. Nicht berücksichtigt wurden *Lepista flaccida* und *Mycena pura*, weil beide nur in nitratbelasteten Quadraten erschienen.

Anhang 4

Methode Artenbeziehung

Betrachtet wurden die wichtigsten terricolen und mykorrhizabildenden Arten in den 24 Parzellen (Quadraten) des Untersuchungsgebietes. Dazu wurde die Anzahl der Parzellen gezählt, in denen sowohl eine betrachtete Art (Ausgangsart) als auch jeweils eine Art der übrigen auftritt (Schnittmengen). Durch Division der gefundenen Schnittmengen durch die Anzahl der Parzellen, in denen die betrachtete Art auftritt, wurde jeweils eine Vergleichszahl ermittelt. Dadurch ergeben sich für jede Artkombination zwei meist unterschiedliche Werte (Wertepaare), je nach dem, von welcher der beiden Arten in der Berechnung ausgegangen wird.

Zur Verdeutlichung hier ein Schema, in dem die Werte(paare) farbig markiert sind. Dabei wird z.B. beim Vergleich von Art 1 mit Art 2 davon ausgegangen, dass in 60 % der Parzellen mit Funden der Art 1 die Art 2 ebenfalls vorkommt, aber die Art 1 nur zu 20 % in den Parzellen mit der Art 2.

	Art 1	Art 2	Art 3	Art 4
Art 1		0,6	0,3	0,0
Art 2	0,2		1,0	0,4
Art 3	0,0	0,8		0,0
Art 4	0,1	0,7	0,0	

Mittelung der Wertepaare >>>

Art 1	Art 2	Art 3	Art 4
	0,4	0,15	0,05
		0,9	0,55
			0

Tab. 6: Verrechnung der Wertepaare

Durch Mittelung der Wertepaare z.B. der Art 2 (rechte Tabelle), ergibt sich ein Kennwert für die Vergesellschaftung der Arten 1 und 2 von $VS(2) = 0,4$. Dabei deutet $VS = 0$ auf einen absoluten gegenseitigen Ausschluss unter den bei der Untersuchung herrschenden Bedingungen hin, $VA = 1$ hingegen auf ein uneingeschränkt gemeinsames Vorkommen. Damit ist zunächst noch keine Aussage verbunden, ob sich Arten gegenseitig beeinflussen, weil in dieser Studie nur die Fruchtkörper betrachtet werden, aber nicht die zugehörigen Myzelien (s. a. Agerer et al 2002).

Zur Charakterisierung des Vergesellschaftungsverhaltens einer bestimmten Art (VS) können nun alle Kennzahlen dieser Art gemittelt werden:

$$VS = \sum VS / (n-1)$$

VS repräsentiert alle Kennwerte einer Art und n die Anzahl der betrachteten Arten (= Wertepaare).

Eine ähnliche Vergesellschaftungsmatrix verwendete WÖLLECKE (2001: 73) für Mykorrhizen.

Tab. 7: Fortsetzung

	AS(00)	AS(01)	AS(02)	AS(03)	KS(-02)	KS(-03)	DS	DO	VS	FS	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gymnopilus penetrans (Fr.) Murrill (1912)	193	353	491	168	1,00	1,00	3,12	16,17	—	100,0	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Ein Charakterpilz im Untersuchungsgebiet, der in allen Jahren und allen Quadraten auftrat.																			
Heterobasidium annosum (Fr.) Bref. (1888)	7	11	25	0	1,00	0,75	0,11	0,58	—	50,0	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Nur im Trockenjahr 2003 nicht aufgetreten.																			
Hypoholoma capnoides (Fr.) P. Kumm. (1871)	320	142	357	132	1,00	1,00	2,46	12,76	—	70,8	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Dominanter Pilz, der in allen Jahren auftrat.																			
Hypoholoma fasciculare (Huds.) P. Kumm. (1871)	274	389	615	153	1,00	1,00	3,71	19,21	—	58,3	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Dominantester Pilz der lignicolen Arten, der in allen Jahren auftrat.																			
Ischnoderma benzoinum (Wahlentb.) P. Karst. (1881)	6	7	0	1	0,67	0,75	0,04	0,19	—	12,5	•	•	•	•	•	•	•	•	C
Anmerkungen: J.																			
Lycoperdon pyriforme Schaef. (1774)	0	0	1	0	0,33	0,25	0,00	0,01	—	4,2	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Einzelfund																			
Marasmius androsaceus (L.) Fr. (1838)	73	55	80	206	1,00	1,00	1,07	5,56	—	100,0	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Recht dominanter Pilz, der in allen Jahren und Quadraten auftrat.																			
Merulius tremellosus Schrad. (1794)	2	0	0	0	0,33	0,25	0,01	0,03	—	4,2	•	•	•	•	•	•	•	•	C
Anmerkungen: J.																			
Mycena epipterygia s.l. (Scop.) Gray (1821)	10	157	260	217	1,00	1,00	1,67	8,64	—	79,2	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Zu den gelisteten Arten kommen etwa 15 weitere hinzu. Davon sind identifiziert worden: <i>M. capillaripes</i> , <i>M. cinerella</i> , <i>M. flavoalba</i> , <i>M. haematopus</i> , <i>M. hiemalis</i> , <i>M. inclinata</i> , <i>M. polygramma</i> , <i>M. rubromarginata</i> var. <i>rubromarginata</i> , <i>M. sanguinolenta</i> und <i>M. stylobates</i> . mit auffälliger Ausnahme der östlichen Quadrate (Nitratbelastung?).																			
Mycena sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	•	•	•	•	•	•	•	•	C
Anmerkungen: Zu den gelisteten Arten kommen etwa 15 weitere hinzu. Davon sind identifiziert worden: <i>M. capillaripes</i> , <i>M. cinerella</i> , <i>M. flavoalba</i> , <i>M. haematopus</i> , <i>M. hiemalis</i> , <i>M. inclinata</i> , <i>M. polygramma</i> , <i>M. rubromarginata</i> var. <i>rubromarginata</i> , <i>M. sanguinolenta</i> und <i>M. stylobates</i> .																			
Panellus stipticus (Bull.) P. Karst. (1879)	0	0	X	0	0,33	0,25	—	—	—	4,2	•	•	•	•	•	•	•	•	A
Anmerkungen: Einzelfund																			
Panellus mitis (Pers.) Singer (1936)	0	0	0	X	0,33	0,25	—	—	—	4,2	•	•	•	•	•	•	•	•	C
Anmerkungen: Einzelfund																			

Tab. 7: Fortsetzung

	AS(00)	AS(01)	AS(02)	AS(03)	KS(-02)	KS(-03)	DS	DO	VS	FS	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Peniophora pini</i> (Schleich.) Boidin (1956) Anmerkungen: Bestimmung unsicher	0	0	0	X	0,33	0,25			-	8,3					•				A
<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat. (1900) Anmerkungen: Einzelfund	1	0	0	0	0,33	0,25	0,00	0,01	-	4,2									C
<i>Phanerochaete sanguinea</i> (Sw.) Pouzar (1973) Anmerkungen: Zufallsfunde, Art wahrscheinlich im Untersuchungsgebiet verbreitet.	X	X			0,67	0,50			-	8,3				•					A
<i>Pholiota flammans</i> (Batsch) P. Kumm. (1871) Anmerkungen: Trät nicht im Trockenjahr 2003 auf.	41	95	185	0	1,00	0,75	0,83	4,31	-	75,0	•	•	•	•	•	•	•	•	A
<i>Pholiota lenta</i> (Pers.) Singer (1951) Anmerkungen: .	3	0	5	1	0,67	0,75	0,02	0,12	-	4,2	•								C
<i>Pluteus cervinus</i> s.l. P. Kumm. (1871) Anmerkungen: Trät fast in allen Quadraten und in allen Jahren auf.	5	71	43	8	1,00	1,00	0,33	1,70	-	91,7	•	•	•	•	•	•	•	•	A
<i>Polyporus ciliatus</i> Fr. (1815) Anmerkungen: Einzelfund	0	0	X	0	0,33	0,25			-	4,2									C
<i>Polyporus leptcephalus</i> (Jacq.) Fr. (1821) Anmerkungen: Einzelfund	0	0	X	0	0,33	0,25			-	4,2									A
<i>Postia caesia</i> (Schrad.) P. Karst. (1881) Anmerkungen: Fehlte im Trockenjahr 2003.	10	13	22	0	1,00	0,75	0,12	0,60	-	41,7	•	•	•	•	•	•	•	•	B
<i>Postia fragilis</i> (Fr.) Jülich (1982) Anmerkungen: Trät in allen Jahren auf.	51	51	26	31	1,00	1,00	0,41	2,13	-	62,5	•	•	•	•	•	•	•	•	A
<i>Postia ptychogaster</i> (F. Ludw.) Vesterh. (1996) Anmerkungen: .	26	15	4	0	1,00	0,67	0,11	0,60	-	16,6		•							B
<i>Psathyrella artemisiae</i> s.l. (Pass.) Konrad & Maubl. (1948) Anmerkungen: .	0	5	15	0	0,67	0,50	0,05	0,27	-	29,2		•			•				A

Tab. 9: Fortsetzung

	AS(00)	AS(01)	AS(02)	AS(03)	KS(-02)	KS(-03)	DS	DO	VS	FS	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Thelephora penicillata</i> (Pers.) Fr. (1821)	1	5	0	0	0,67	0,50	0,02	0,36	-	20,8									
Anmerkungen: ./.																			
<i>Thelephora terrestris</i> Ehrh. (1787)	9	84	0	0	0,67	0,50	0,24	5,62	-	4,2									
Anmerkungen: ./.																			
Artenvielfalt Mykorrhizapilze (OR(m))	24	21	17	16	1														

** Diese Differenzierung berücksichtigt die Rolle des Ausnahmejahrs 2003, das statistisch gesehen als Ausreißer gelten muss.

*** aufgenommen wurden nur die wichtigsten Arten. Nicht berücksichtigt wurden *Lepista flaccida* und *Mycena pura*, weil beide nur in nitratbelasteten Quadraten erschienen.



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

www.dgfm-ev.de

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigibiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [73_2007](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans

Artikel/Article: [Fruchtkörperbildung bei saprotrophen und Mykorrhizapilzen: Ein Beitrag zur Ökologie von Großpilzen in einem Kiefernforst der Rhein-Main-Ebene 145-202](#)