Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld

Teil 3: Zur Methodik ökologisch orientierter mykologischer Freilandarbeiten

S. MÜLLER & A. GERHARDT

Lehrstuhl für Biologie und Didaktik der Biologie der Universität Bielefeld
Postfach 100131, D–33501 Bielefeld

Eingegangen am 23. Juni 1995

Müller, S. & A. Gerhardt (1995): Studies on the occurence and the ecology of higher fungi in the Bielefeld area (Germany). Part 3: Reflections on the methodology of mycological field studies. Z. Mykol. 61(2): 213 - 232.

K e y w o r d s : Ecology, methodology, field study, climatic factors, edaphic factors, ground level temperature, precipitation, atmospheric humidity, carbonate content, water-holding capacity, acidity, Ascomycetes, Basidiomycetes.

S u m m a r y : While parts one and two of the „Studies on the occurence and ecology of higher fungi in the Bielefeld area (Germany)" dealt with the occurence of species, their ecological classification (part 1), and the dependence of species on abiotic factors (part 2) respectively, this last part attempts a critical discussion of the methods of investigation used in the various studies.

A structured approach to an ecology-oriented open-air investigation is suggested, which is concerned with the length of time, the inspections, the registering and identification of species on the one hand, and the measuring of abiotic fators on the other.

For future mycological open-air investigations the measuring of the following parameters is suggested: minimum and maximum temperatures, the total amount of precipitation and its distribution over the year, atmospheric humidity, determination of the soil morphology, water-holding capacity, carbonate content, and acidity of the litter and the A-(B-)horizons. It should be taken into consideration, however, that concerning the edaphic factors long-term conditions (e.g. soil morphology) are of greater importance for the fungi than short-lived changes (e.g. in acidity). With the climatic factors on the other hand, it is just the other way round.

Z u s a m m e n f a s s u n g : Während in den beiden vorangegangenen Teilen der „Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld" das Artenspektrum, seine Zugehörigkeit zu ökologischen Gruppen (Teil 1) und die Abhängigkeit des Artenvorkommens von abiotischen Faktoren (Teil 2) behandelt wurden, setzt sich der vorliegende letzte Teil kritisch mit den angewandten Methoden auseinander.

Es wird ein Vorschlag zu Struktur und Aufbau einer ökologisch orientierten Freilanduntersuchung gemacht, der zum einen Zeitraum, Begehungen, Artenaufnahme und Artenbestimmung, zum anderen die Messung abiotischer Faktoren betrifft.

Für zukünftige mykologische Freilanduntersuchungen werden folgende abiotische Parameter zur Messung im Untersuchungsgebiet vorgeschlagen: Minimum- und Maximum-Temperatur, Niederschlagsmenge und -verteilung, relative Luftfeuchtigkeit, Bestimmung von Bodenart und Bodentyp, maximale Wasserkapazität, Carbonatgehalt und Azidität des Streu- und A-(B-)Horizontes. Dabei sollte berücksichtigt werden, daß bezüglich der edaphischen Faktoren langanhaltende Habitatsbedingungen in ihrer Wirkung auf die Pilze höher einzuschätzen sind als kurzfristige Veränderungen. Bei den klimatischen Bedingungen ist das Verhältnis umgekehrt.

1. Einleitung

Über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren wurde am Lehrstuhl für Biologie und Didaktik der Biologie der Universität Bielefeld eine Reihe von aufwendigen mykologischen Freilanduntersuchungen durchgeführt (KOCH &POLLMANN 1985, HÖLSCHER 1988, MÜLLER 1989, PAULY 1991, HÖLNIGK 1995, KLAR 1995).

Teil 1 dieser Publikation befaßte sich mit dem Artenspektrum und seiner Zuordnung zu ökologischen Gruppen, Teil 2 mit der Abhängigkeit des Artenvorkommens von abiotischen Faktoren (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995).

Aufgrund der intensiven Auseinandersetzung mit der Methodik derartiger Untersuchungen verfügen die Autorinnen diesbezüglich über einen großen Erfahrungsschatz. In der vorliegenden Arbeit wird daher versucht, die Methodik mykologischer Freilanduntersuchungen mit ökologischem Schwerpunkt kritisch zu betrachten und Anregungen zu ihrer möglichst effektiven Durchführung zu geben.

2. Vorüberlegungen zur Untersuchung

Derzeit gibt es keine standardisierte Methode zur Erfassung des Pilzvorkommens eines Gebietes. Jeder Beobachter überlegt sich selbst, welche Arten er erfassen und welche abiotischen (und biotischen) Faktoren er zusätzlich messen will. Wofür er sich entscheidet, hängt zum einen stark von seinem Ziel und zum anderen vom zeitlichen Budget ab, das ihm zur Verfügung steht. WINTERHOFF (1984) setzte sich mit dieser Problematik bereits eingehend auseinander und zeigte zahlreiche Schwierigkeiten mykologischer Freilanduntersuchungen mit soziologischem Untersuchungsschwerpunkt auf. Viele seiner Ausführungen sind auf ökologische Untersuchungen zu übertragen. Doch geht es bei ökologischen Freilanduntersuchungen nicht in erster Linie um die Erarbeitung der soziologischen Artenzusammensetzung eines Gebietes, sondern v.a. um die Erkenntnis autökologischer Aussagen über bestimmte Pilzgruppen und/oder Pilzarten.

Eine Trennung in eine rein soziologische bzw. rein ökologische Bearbeitung wird in den meisten Fällen aber kaum möglich sein; zweifelsohne überschneiden sich bestimmte Teilbereiche der Fragestellungen.

2.1 Die grundsätzliche Fragestellung

Gemäß der Vorschläge im Rahmen der ökologischen Pilzkartierung 2000 der DGfM sollten Erkenntnisse über die ökologischen Ansprüche von Pilzen bzw. einzelner Pilzarten bei einer mykologischen Freilanduntersuchung Priorität haben. Dazu gehören einerseits die Organismen selbst und anderseits ihr geographisches und chorologisches Vorkommen.

In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, sich auf bestimmte Pilzgruppen zu spezialisieren, da man sie und ihren Standort nur auf diese Art genau untersuchen kann. Die Gesamtkartierung von (z.T.) übergroßen Waldbeständen sagt zwar etwas über die generelle Artenzusammensetzung (was selbstverständlich nicht unwichtig ist), aber nur sehr wenig über die spezifischen ökologischen Ansprüche von Pilzgruppen oder -arten aus. Weiterführende Untersuchungen im Labor sind bei bestimmten Fragestellungen (z.B. Sukzession von Baumstümpfen) bisweilen zwar unerläßlich, doch ist es auch möglich, Lebensbedingungen von Pilzarten an ihrem natürlichen Standort zu untersuchen. Die Fragestellung sollte also gründlich überlegt und deutlich spezifiziert werden.

So könnten beispielsweise nur holzzersetzende Pilzarten untersucht werden. Eine eingehende Einarbeitung auch in die Struktur von Holz ist dabei allerdings unerläßlich, zusätzlich sollten auch weiterführende Untersuchungen im Labor stattfinden. Nur so lassen sich spezifischere Aussagen über die Ansprüche dieser ökologischen Gruppe machen und läßt sich das Wissen darüber erweitern.

2.2 Die Untersuchungsobjekte

Das in der Regel im Substrat verborgene Mycel ist der direkten Beobachtung entzogen und kann — nach meist mühsamen Isolierungen im Labor auf synthetischen Nährmedien — nur selten bis zur Art bestimmt werden. Bei der Aufnahme des jeweils aktuellen Pilzvorkommens ist der Beobachter daher auf das Vorhandensein von Fruchtkörpern angewiesen. Unter Fruchtkörpern soll an dieser Stelle ein „von Plectenchymen aufgebauter Körper von Pilzen, an oder in dem sich Meiosporocysten und Meiosporen entwickeln oder auch nur Meiosen stattfinden" verstanden werden (DÖRFELT 1988). Solche Fruchtkörper sind nur innerhalb der Abteilung Eumycota vorhanden und dort bei den Klassen Endomycetes und Zygomycetes nur sehr selten und primitiv ausgebildet. Innerhalb der Ascomycetes und Basidiomycetes werden gut entwickelte Fruchtkörper ausgebildet, die in den meisten Fällen mit dem bloßen Auge zu erkennen, also sogenannte „Makromyceten" sind. Bei mykologischen Freilanduntersuchungen werden daher in der Regel Arten dieser beiden systematischen Gruppen kartiert.

Der Terminus „Makromyceten" ist in diesem Zusammenhang problematisch, denn es handelt sich hierbei nicht um eine systematische Einheit, sondern um einen Begriff aus der mykologischen „Umgangssprache", der keineswegs exakt definiert ist (DÖRFELT 1989). Die Unschärfe des Begriffs liegt unter anderem darin begründet, daß das Erkennen der Fruchtkörper „mit bloßem Auge" vom jeweiligen Betrachter und dessen Vorkenntnissen abhängig ist.

Diese Schwierigkeit wird besonders bei den Ascomyceten deutlich, die häufig kleine, unscheinbare Fruchtkörper ausbilden und nur schwer zu finden sind. Hat der Bearbeiter je-

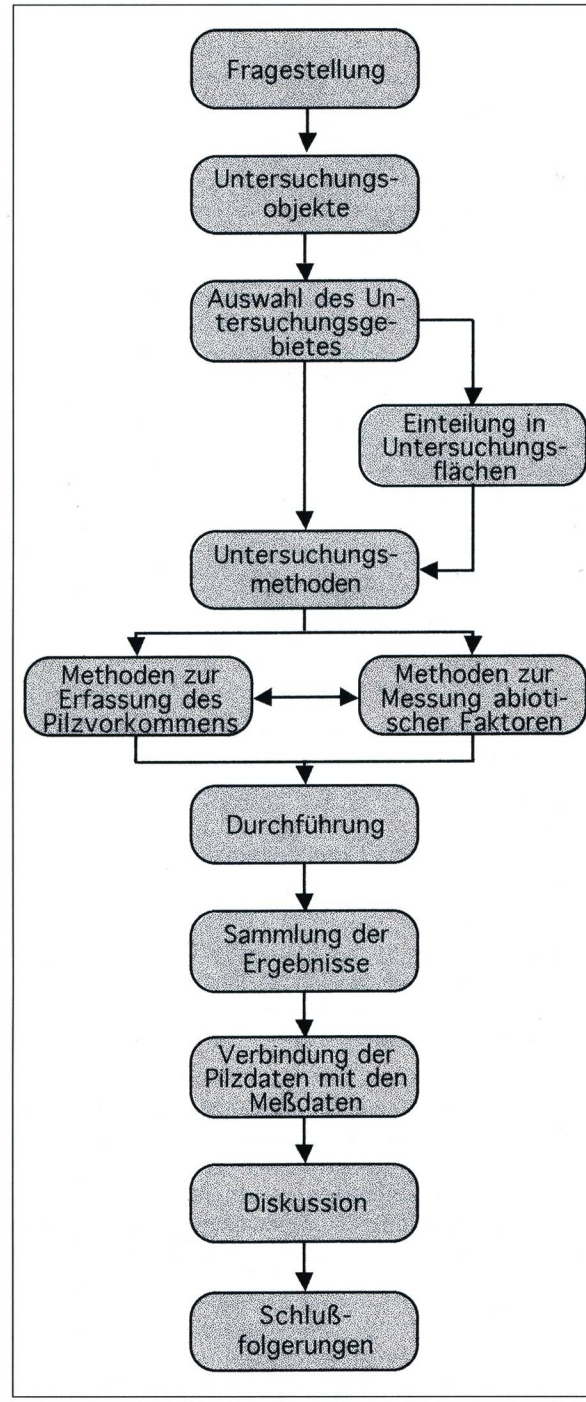

Abb. 1: Vorschlag zur Strukturierung von mykologischen Freilanduntersuchungen

doch gute Kenntnisse von Habitat und Substrat, so kann er viele Arten gezielt suchen, so z.B. *Coleroa robertiani* auf Blattstengeln und -spreiten von *Geranium robertianum* (KLAR 1995), *Polydesmia pruinosa* auf Sphaeriales-Arten (HÖLSCHER 1988) oder *Lanzia cuniculi* auf Kot von *Capreolus* (MÜLLER 1989). Sehr häufig sind bei bestimmten Ascomyceten-Ordnungen (z.B. Sphaeriales, Xylariales) die einzelnen Fruchtkörper (Perithecien) zwar beinahe mikroskopisch klein, treten aber in Gruppen zu mehreren oder vielen in Stromata zusammen. Diese Sammelfruchtkörper können mehrere Zentimeter Größe erreichen und sind dann gut sichtbar, zählen also auch zu den Makromyceten.

In mykologischen Freilanduntersuchungen übertrifft die Anzahl der gefundenen Basidiomyceten in der Regel die der gefundenen Ascomyceten um ein Vielfaches und das, obwohl diese systematische Gruppe innerhalb der Eumycota die artenreichste Gruppe darstellt. Die Gründe dafür sind gerade genannt worden. Arteninventarlisten, die sowohl Ascomyceten als auch Basidiomyceten aufführen, sind demnach in der Regel nicht als vollständig zu bezeichnen. Dies ist aber nicht weiter verwerflich; man muß sich bei der Interpretation solcher Listen nur darüber im Klaren sein. Es wäre wünschenswert, wenn sich in Zukunft mehr Mykologen auf die artenreiche und interessante Gruppe der Ascomyceten spezialisieren würden, da noch verhältnismäßig wenig über deren ökologische Ansprüche bekannt ist.

Auch Basidiomyceten-Fruchtkörper können relativ klein sein und übersehen werden (z.B. *Tremella globospora* (z.B. HÖLSCHER 1988, PAULY 1991) auf dünnen Laubholzästchen), oder sie wachsen schichtartig und unscheinbar auf der Rinde von Nadelhölzern (z.B. *Coniophora arida*, z.B. MÜLLER 1989). Viele Pilzarten bilden Fruchtkörper aus, die nicht der allgemeinen Vorstellung von einem „Pilz" entsprechen. Um auch diese Arten zur Gruppe der Pilze gehörend einzuordnen, bedarf es schon einer gewissen Vorkenntnis.

Das gesamte Pilzarteninventar eines Gebietes ist wahrscheinlich nie vollständig zu kartieren. Eine Beschränkung auf bestimmte Gruppen ist daher sinnvoll, wenn als Ziel der Untersuchung die ökologische Kartierung im Vordergrund steht.

2.3 Die Auswahl des Untersuchungsgebietes bzw. von Untersuchungsflächen

Um ein Gebiet sinnvoll untersuchen zu können und auch die Freude an der Kartierung nicht zu verlieren, sollte das ausgewählte Untersuchungsgebiet nicht zu groß sein. Oftmals ist der Beobachter bei einer zu großen Fläche überfordert. Als Grundregel sollte gelten, lieber ein kleineres Gebiet genau zu untersuchen als ein großes Gebiet oberflächlich. Während der in den Teilen 1 und 2 dieser Publikation vorgestellten Untersuchungen (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995) hat sich herausgestellt, daß Untersuchungsgebiete von etwa 10000 m² Gesamtgröße gut zu bewältigen sind.

Ein großes Problem bei der Auswahl ist, daß der Beobachter vorher nicht weiß, ob in einem Gebiet Pilze vorkommen oder nicht. Diesbezügliche Voruntersuchungen sind wünschenswert, aber (aus Zeitgründen) nicht immer zu realisieren. Eine Auswahl von kleineren Probeflächen, wie es bei soziologischer Arbeitsweise üblich ist, erscheint daher in der ersten Zeit der Untersuchung wenig sinnvoll. Im Lauf der Jahre kann aber darauf zurückgegriffen werden, wenn der Beobachter sich einen Überblick über die Standorte der Pilzarten gemacht hat.

Es ist also durchaus sinnvoll und praktikabel, sich bei der Auswahl des Untersuchungsgebietes an der Vegetation bzw. an verschiedenen Vegetationseinheiten zu orientieren.

Handelt es sich beim ausgewählten Untersuchungsgebiet um einen homogenen Bestand (z.B. einen Buchenhallenwald oder einen Kalkmagerrasen) mit überschaubarer Größe (etwa 10.000 bis 30.000 m²) und annähernd regelmäßiger Ausdehnung, so ist eine Unterteilung dieses Gebietes in kleinere Untersuchungsflächen nicht notwendig (z.B. HÖLSCHER 1988, KLAR 1995).

Besteht das Untersuchungsgebiet aus verschiedenen, abgrenzbaren Beständen (z.B. Coniferenforste und Buchenbestände im Wechsel), so empfiehlt sich eine solche Unterteilung. Die Zuordnung einzelner Pilzarten oder Pilzartengruppen zu bestimmten Vegetationseinheiten ist in diesem Falle einfacher. Außerdem beeinflußt die stockende Vegetation die edaphischen Umgebungsbedingungen bzw. die Mikrostandorte, wodurch wiederum das Pilzvorkommen beinflußt wird (z.B. KOCH & POLLMANN 1985, PAULY 1991).

Wurde dagegen ein Wegrand ausgewählt, der beispielsweise etwa 2 m breit und 3000 m lang ist, so empfiehlt es sich, dieses Untersuchungsgebiet näher bezüglich seiner Homogenität zu überprüfen. Erfahrungsgemäß wechseln in solchen anthropogen überformten Vegetationseinheiten die Standortbedingungen häufig, so daß es eigentlich erforderlich ist, den Wegrand in kleine bis sehr kleine Einheiten zu strukturieren (z.B. dichte Hecke, vorwiegend aus *Crataegus* spec. bestehend – freies Stück mit wenig Bewuchs, aber starkem Stickstoffeintrag – Einheit mit vorwiegendem Gräserbestand). Hier wechseln die Bedingungen so häufig, daß nicht mehr behauptet werden kann, es handele sich um ein homogenes Untersuchungsgebiet. Der Standort „Wegrand" ist somit nur ein Überbegriff und kann dementsprechend nur allgemeine Aussagen über die ökologischen Bedingungen der gefundenen Pilzarten zulassen. Eine Differenzierung ist unbedingt notwendig, will man spezifischere Aussagen über die Standortansprüche einzelner Pilzarten machen.

Die weitere Einteilung des Untersuchungsgebietes sollte sich – wie bereits erwähnt – an annähernd homogenen Einheiten orientieren. So sind die mikroklimatischen (und mikroedaphischen) Bedingungen innerhalb der zu untersuchenden Fläche zumindest ähnlich, wenn auch nicht immer völlig gleich. Detailliertere klimatische und edaphische Untersuchungen (s. 3.2) des Gesamtgebietes sind in jedem Falle unerläßlich.

3. Untersuchungsmethoden und Untersuchungsparameter

Im folgenden sollen die Methoden, die während der in den Teilen 1 und 2 dieser Publikation (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995) vorgestellten Untersuchungen angewendet worden sind, kritisch auf ihre Praktikabilität und Aussagekraft hin beleuchtet werden.

3.1. Methoden zur Erfassung des Pilzvorkommens

Stehen die grundsätzliche Fragestellung und das Untersuchungsgebiet fest, so sollte man die Durchführung der angestrebten Untersuchung genau planen. Dazu müssen die Fragen nach dem Untersuchungszeitraum, den Begehungen (Art, Dauer und Frequenz), der Artenaufnahme und der Artenbestimmung geklärt werden.

3.1.1 Der Untersuchungszeitraum

In der Literatur trifft man auf vielfältige Auffassungen, welcher Untersuchungszeitraum und welche Anzahl von Begehungen innerhalb dieses Zeitraums notwendig sind, um das gesamte Pilzvorkommen eines bestimmten Gebietes zu erfassen. Es gibt bisher diesbezüglich keine einheitliche Meinung oder verbindliche Aussage. Die meisten Autoren sind der Meinung, daß der Untersuchungszeitraum mehrere Jahre umfassen müsse (z.B. EINHELLINGER 1969: 4 Jahre; RUNGE 1963: 5 Jahre; KRIEGLSTEINER 1977: 7 Jahre).

Diese teilweise sehr langen Beobachtungszeiträume lassen sich folgendermaßen begründen: Das Mycel im Substrat kann im Gelände nicht direkt beobachtet und kartiert werden; der Beobachter ist auf das Fruktifikationsprodukt des Mycels, den Pilzfruchtkörper, angewiesen. Die Fruktifikation ist wiederum abhängig von verschiedenen exogenen und endogenen Faktoren und z.T. auch von deren Zusammenwirken. „Manche Arten fruchten nur einmal in 7 Jahren oder noch seltener ..." (WINTERHOFF 1984). Zusätzlich kommt noch erschwerend hinzu, daß viele Pilzfruchtkörper sehr schnell vergehen und so bestimmte Pilzarten oft gar nicht aufgenommen werden kön-

nen. Eine mehrjährige Untersuchung vergrößert die Chancen einer weitgehend vollständigen Aufnahme des Pilzarteninventars erheblich. WINTERHOFF (1984) beispielsweise hält eine Beobachtungsdauer von drei Jahren für „hinreichend, aber auch notwendig" und empfiehlt allgemein, den Untersuchungszeitraum nicht vor dem Beginn der Arbeit festzulegen, sondern ihn vielmehr „bis zu einem 'guten Pilzjahr'" auszudehnen. Dies scheint tatsächlich am sinnvollsten zu sein. In manchen Fällen ist aber eine Beschränkung unerläßlich, so daß hier möglicherweise mit einer erhöhten Begehungsfrequenz ausgeglichen werden kann (s. 3.1.2).

In den meisten Fällen wird es aber sicherlich so sein, daß viele Mykologen „ihr" spezielles Untersuchungsgebiet haben, das sie über viele Jahre hinweg beobachten.

3.1.2 Die Begehungen

Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Methoden zur Art der Begehung eines Untersuchungsgebietes. Zum einen kann einer vorher festgelegten und während des Untersuchungszeitraums nicht geänderten Route gefolgt werden, zum anderen kann an jedem Begehungstag ein neuer, zufälliger, aber möglichst flächendeckender Weg gewählt werden.

Die erste Methode eignet sich für pilzsoziologische Untersuchungen mit festgelegten Probeflächen, durch die größere Gebiete quantitativ-vergleichend bearbeitet werden können. Allerdings sind durch die Auswahl der Probeflächen mögliche Pilzstandorte von vornherein subjektiv festgelegt und andere prinzipiell ausgeschlossen. Für Untersuchungen mit pilzökologischem Schwerpunkt ist daher die zweitgenannte Methode geeigneter. Die ständig wechselnden Wege erlauben zudem die häufig angestrebte, weitgehend vollständige Erfassung und Kartierung der fruktifizierenden Pilzarten, weil keine potentiellen Standorte ausgeschlossen werden.

Die Dauer der Begehungen richtet sich nach der Größe und der jeweiligen Struktur des Bestandes. Es ist wenig sinnvoll, für jede ausgewählte Untersuchungsfläche exakt die gleiche Zeit aufzuwenden, wenn es sich z.B. um unterschiedlich große Flächen oder Flächen mit unterschiedlicher Bestandesstruktur handelt. Ein Buchenhallenwald ohne Strauchschicht läßt sich wesentlich schneller durchstreifen als beispielsweise ein dichter Fichtenforst mit hohem Totholzanteil. Ebenso ist die Begehungsdauer von der Jahreszeit abhängig; im Winter bzw. Frühjahr wird naturgemäß weniger Zeit benötigt als in den Spätsommer- und Herbstmonaten.

Für die annähernd flächendeckende Begehung eines ausschließlich mit Coniferen bestandenen Untersuchungegebietes von ca. 100.000 m^2 werden in den Sommer- und Herbstmonaten etwa 4–5 Stunden benötigt (MÜLLER 1989), für die Begehung eines ähnlich großen Gebietes mit Buchenbeständen zur gleichen Jahreszeit etwa 3-4 Stunden (PAULY 1991).

Unabhängig von der gewählten Gesamtuntersuchungszeit sollten während jeder Jahreszeit Begehungen durchgeführt werden. Eine bloße Beschränkung auf die sogenannte Hauptpilzzeit im Spätsommer und Herbst reicht nicht aus. Um die Arten eines Gebietes und deren ökologische Ansprüche erfassen zu können, müssen die Begehungen während des gesamten Jahres stattfinden.

Findet allerdings eine Begrenzung auf bestimmte ökologische oder taxonomische Gruppen statt, z.B. sollen nur die Russulales untersucht werden, so ist eine Beschränkung der Begehungen auf bestimmte Abschnitte des Jahres durchaus vertretbar.

Ein wichtiger methodischer Parameter ist die Frequenz der Begehungen. Gerade bei ökologisch ausgerichteten Untersuchungen wird eine möglichst vollständige Aufnahme und Kartierung des vorhandenen Pilzinventars angestrebt, denn ohne eine solch umfassende Kartierung können beispielsweise die tatsächliche Verbreitung von Pilzarten und ihre Habitatsansprüche kaum erschlossen werden. Unabhängig von der Gesamtdauer der Untersuchung ist es daher sinnvoll, so oft wie möglich die Untersuchungsflächen aufzusuchen. Optimal wäre sicherlich ein täglicher Besuch des Untersuchungsgebietes, da hierdurch auch sehr kurzlebige Fruchtkörper (z.B. beträgt

die Lebensdauer von *Mycena*- und *Galerina*-Fruchtkörpern nach RICHARDSON (1970) im Mittel nur 1–3 Tage und erreicht nur sehr selten eine Woche) gefunden werden können. Doch dies ist in den meisten Fällen nicht realisierbar.

MÜLLER (1989) und PAULY (1991) besuchten ihre Flächen zweimal pro Woche; die hohe Artenzahl, die aufgenommen wurde, ist offensichtlich auf diese hohe Begehungsfrequenz zurückzuführen. In weiteren, unregelmäßigen Begehungen in den Jahren danach betrug der Anteil der neuen Arten im Schnitt etwa 2-3%, so daß heute nach 7 Jahren Beobachtungsdauer ca. 700 Arten für das Untersuchungsgebiet verzeichnet werden können. Und dennoch wird das Arteninventar des Gebietes (aus oben genannten Gründen) immer noch nicht vollständig erfaßt worden sein. Doch diese hohe Begehungsfrequenz kann nicht immer geleistet werden.

KLAR (1995) und HÖLNIGK (1995) begingen ihre Untersuchungsgebiete jeden 5. Tag. Die Ergebnisse sind zufriedenstellend. Doch auch diese relativ hohe Frequenz wird zumindest vom Hobbymykologen oft nicht eingehalten werden können.

Eine Begehung des Untersuchungsgebietes einmal pro Woche scheint dagegen realistisch zu sein. In diesen Abständen kann das Untersuchungsgebiet, wenn es nicht zu groß ist, genau beobachtet werden. Auch die nachträgliche Bestimmung der Arten im Labor ist in diesem Zeitrahmen gut zu leisten. Die Erfahrung zeigt, daß im Schnitt pro Begehung (je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen) etwa 5–20 neue Arten hinzukommen, von denen nicht alle im Gelände bestimmt werden können. Sie müssen mitgenommen und mit Hilfe des Mikroskopes identifiziert

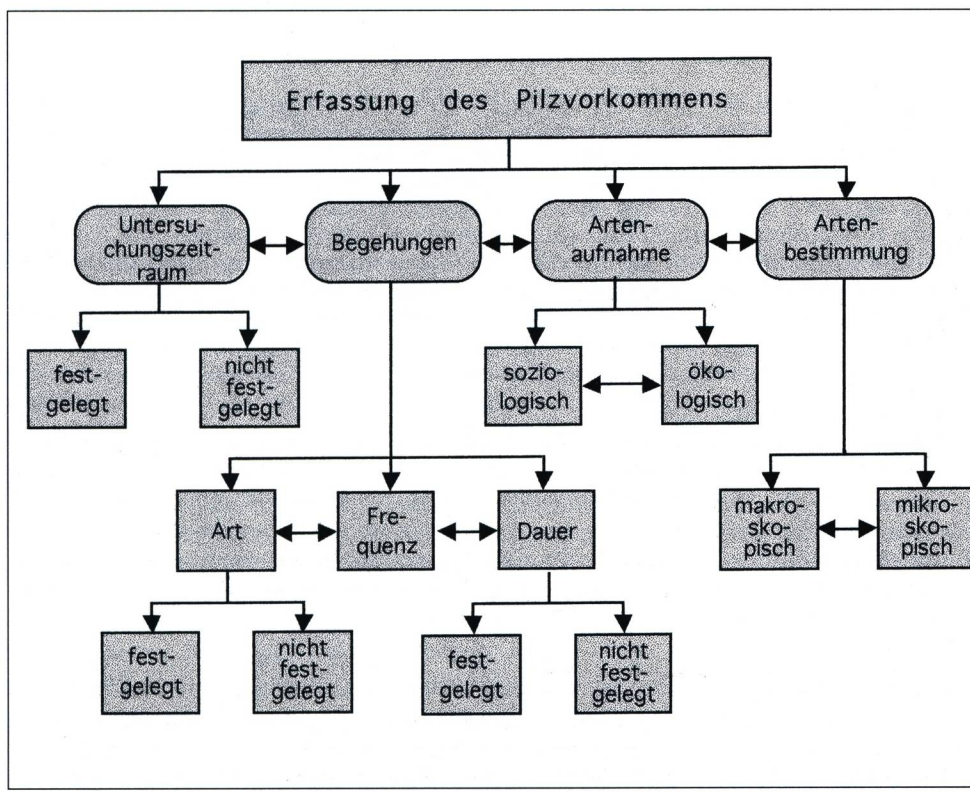

Abb. 2: Hinweise zur Erfassung des Pilzvorkommens

werden. Dafür muß man in der Regel nochmal etwa 2-3 Stunden veranschlagen, so daß insgesamt etwa 4-6 Stunden pro Begehung einzuplanen sind.

Geringer als einmal wöchentlich sollte die Begehungsfrequenz bei einer Untersuchung mit ökologischer Fragestellung allerdings nicht sein. Eine Begehung nur alle 4–6 Wochen hat ein unvollständiges Bild des Arteninventars und der Amplitude der ökologischen Ansprüche zur Folge. Auch eine langfristige Ausdehnung des Gesamtbeobachtungszeitraums kann die geringe Begehungsfrequenz nicht auffangen. Wenn sogar nur während der sogenannten „Hauptpilzzeit" Begehungen stattfinden, sind keine Aussagen über das gesamte ökologische Spektrum einer Art möglich. Sollten aufgrund einer derart niedrigen Begehungsfrequenz Aussagen dazu gemacht werden, dann sind sie äußerst kritisch zu bewerten.

Dies gilt, wie bereits oben angesprochen für Untersuchungen mit ökologisch orientierter Fragestellung. Bei soziologisch ausgerichteten Untersuchungen dagegen muß eine vollständige Aufnahme der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Pilzarten wegen des damit verbundenen großen Arbeitsaufwandes gegen die soziologische Bedeutung der z.T. erst nach einer mehrjährigen Beobachtungsdauer gefundenen Arten abgewogen werden. Bei pilzsoziologischen Arbeiten kommt es eher darauf an, „die wesentlichen Züge der Pilzflora einer Pflanzengesellschaft", z.B. die Charakterarten einer Pilzgesellschaft, zu erfassen (WINTERHOFF 1984). Grundsätzlich braucht dafür die Begehungsfrequenz nicht übermäßig hoch zu sein.

3.1.3 Die Artenaufnahme

Um ökologische Ansprüche von Pilzarten erkennen zu können, müssen nicht nur die Arten selbst notiert werden, sondern auch ihre nähere Umgebung. Im Rahmen der Pilzkartierung 2000 sind sehr ausführliche Hinweise dazu gegeben worden (KRIEGLSTEINER 1993).

So ist es für die Aufnahme von Mykorrhizapilzen mittlerweile selbstverständlich geworden, auch die in der Nähe stehenden Bäume zu notieren, da sie potentielle Partner dieser Symbiosepilze sein können. Nur durch eine genaue Notierung dieser Umgebung ist es möglich geworden, bestimmte Mykorrhizapilze bestimmten Bäumen zuzuordnen und als Symbiosepartner zu identifizieren.

Ähnlich verhält es sich mit den saprobiontischen Pilzarten. Es sollten genauestens das Substrat und dessen besondere Ausprägung notiert werden. Für das Vorkommen eines holzzersetzenden Pilzes — diese ökologische Gruppe soll hier beispielhaft Erwähnung finden — ist nicht nur die Quantität des vorhandenen Substrates (Konkurrenzdruck) entscheidend, sondern auch seine Qualität. Diese stellt eine wichtige Komponente für die Besiedlung ökologischer Nischen dar. Unter Qualität sollen hier mehrere Aspekte verstanden werden.

Zunächst wird die Qualität des Totholzes für den Pilz durch die Holzart bestimmt, der das Totholz angehört. So ist grundsätzlich zwischen Nadel- und Laubholz ein Qualitätsunterschied. Für holzbewohnende Pilze reicht es aber nicht aus, zu notieren, ob die Art auf Nadel- oder Laubholz vorkommt. Eine genauere Bestimmung der Gehölzart ist von äußerster Wichtigkeit, da die verschiedenen Hölzer in ihrer chemischen Zusammensetzung unterschiedlich aufgebaut sind und daher an den Zersetzer unterschiedliche Anforderungen stellen. In vielen Fällen muß daher ein Holzbestimmungsschlüssel zu Rate gezogen werden, um die Holzart genau identifizieren zu können.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß es zudem ebenso wichtig ist, und bisher leider häufig vernachlässigt wurde, die genaue Ausprägung des Holzsubstrates zu notieren. Handelt es sich um einen liegenden Stamm, einen alten Holzstumpf, ein dünnes Ästchen an einem stehenden Stamm? Hat das Substrat Bodenkontakt? In der Literatur wird oft darauf hingewiesen, daß Holzpilze beispielsweise vom Niederschlag relativ unabhängig seien, da das Substrat Holz über ein besseres Wasserspeichervermögen verfüge als der Boden (z.B. JAHN 1979).

Das Wasserangebot ist sicherlich in z.B. liegenden Stämmen großen Durchmessers höher als im Boden, doch das gilt nicht für dünne Ästchen, wenn sie zusätzlich keinen Bodenkontakt haben, durch den die Austrocknungsgefahr des Substrates vermindert werden könnte. Es ist also auch wichtig zu notieren, wo sich das Substrat befindet. Ebenso sollte notiert werden, ob der Pilz an einem unberindeten Stück Holz fruktifizierte oder möglicherweise auf der Rinde. Pilze, die in der Lage sind, die in der Rinde befindlichen Gerbstoffe und Suberine aufzulösen, stellen sicherlich andere Ansprüche an ihr Habitat, besiedeln also eine andere ökologische Nische, als Pilzarten, die bevorzugt an der Schnittfläche von liegenden Stämmen zu finden sind.

Von Bedeutung für die ökologische Charakterisierung ist auch der Zustand des Holzes. Befindet sich der Pilz an einem jungen, frischen Stück Totholz oder an einem schon stark zersetzten? Holzzersetzende Pilze haben unterschiedliche Enzymausstattungen, sind also diesbezüglich auf einen bestimmten Standort beschränkt. So kann beispielsweise *Lycoperdon pyriforme* aufgrund seiner speziellen Enzymausstattung kein frisches Totholz zersetzen; diese Pilzart ist nur in der Lage, bereits in der Optimalphase befindliches Totholz weiter zu verwerten. Dadurch besiedelt dieser Pilz eine spezielle ökologische Nische; seine ökologischen Ansprüche, die er an das Substrat stellt, können so näher eingegrenzt werden.

Bezüglich der bodenbewohnenden Pilzarten sollte das Substrat ebenfalls genauestens notiert und charakterisiert werden (s. Anleitungen der Pilzkartierung 2000).

In den Teilen 1 und 2 dieser Publikation (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995) vorgestellten Untersuchungen wurde versucht, dem Rechnung zu tragen. Dennoch waren die ausgewählten Aufnahmekriterien bisweilen nicht speziell genug. Dies sollte in künftigen mykologischen Freilandarbeiten berücksichtigt werden, auch wenn es den Mykologen vor eine schwierige Aufgabe stellt. Eine Beschränkung auf bestimmte Pilzgruppen scheint daher unerläßlich zu sein.

3.1.4 Die Artenbestimmung

Durch die fortschreitende und ständig intensivierte taxonomische Auseinandersetzung mit den höheren Pilzen, die nicht zuletzt durch verbesserte technische Hilfsmittel entstand, gibt es seit einigen Jahren eine erhöhte Zahl an Veröffentlichungen, die viele Pilzgruppen systematisch neu einordnen. Zur sicheren und eindeutigen Identifizierung einer Pilzart reicht daher eine rein makroskopische Bestimmung in den meisten Fällen nicht mehr aus. Sicherlich würde niemand Pilze wie *Ganoderma lipsiense* oder *Russula ochroleuca* mikroskopieren. Doch da gerade weichfleischige Fruchtkörper stark von den jeweils herrschenden Witterungsverhältnissen in ihrem Aussehen verändert werden können, ist es ratsam, auch anscheinend bekannte Arten vorsichtshalber zu mikroskopieren. Man erlebt immer wieder Überraschungen. So kommt der Maipilz gewöhnlich nur im Frühjahr vor. Doch er wurde in der Bielefelder Umgebung auch schon im Herbst gefunden. Nur die mikroskopische Bestimmung brachte Gewißheit.

Viele Pilzarten einer Gattung lassen sich nur aufgrund mikroskopischer Merkmale sicher unterscheiden. Will man also Gewißheit haben über die Identität einer Pilzart, so sollte in Zukunft nicht mehr auf das Mikroskop verzichtet werden.

3.2 Methoden zur Messung abiotischer Faktoren

Um ökologische Zusammenhänge darstellen zu können, ist die Messung von abiotischen Faktoren unabdingbar. Die Beschreibung der Habitate ausschließlich nach vegetationsbedingten Zeigerarten (z.B. ELLENBERG 1979) ist in vielen Fällen nicht ausreichend.

Bezüglich der Einordnung in die klassischen Bereiche „klimatisch" und „edaphisch" muß an dieser Stelle bemerkt werden, daß eine exakte Zuordnung bestimmter Faktoren nicht erfolgen kann. Als Beispiel sei hier die Bodentemperatur genannt. Sie wird ohne Zweifel u.a. von einem klimatischen Faktor bedingt (Lufttemperatur), auch wenn sie im Medium Boden wirkt. Eine Einordnung in einen der beiden klassischen Bereiche ist unseres Erachtens nicht sinnvoll.

Welche abiotischen Parameter im Rahmen von mykologischen Freilanduntersuchungen gemessen werden, hängt von ihrer möglichen Relevanz für das Wachstum bzw. die Fruktifikation von Pilzen ab. Diese Parameter wurden für die dargestellten Untersuchungen aus der entsprechenden Literatur entnommen und nach (möglichst) einheitlichen Methoden ermittelt. Zusätzlich wurden weitere Parameter ausgewählt, von denen angenommen wurde, daß sie wichtig sind (MÜLLER & GERHARDT 1995).

In der mykologischen Fachliteratur werden als wichtige klimatische Parameter (für die Fruktifikation von Pilzarten) die Temperatur, der Niederschlag und die Luftfeuchtigkeit genannt (z.B. AGERER 1985). Besonders wichtige edaphische Parameter sind die Gefügeform bzw. der Bodentyp, die Wasserkapazität, der Carbonatgehalt, die Azidität.

3.2.1 Die klimatischen Faktoren

In vielen pilzkundlichen Arbeiten beziehen sich die Autoren bezüglich der Wetterdaten auf Angaben naheliegender Meßstationen des Deutschen Wetterdienstes. Dies hat sicherlich seine Berechtigung, wenn die klimatischen und geographischen Gegebenheiten dieser Stationen annähernd mit denen des Untersuchungsgebietes übereinstimmen. Häufig ist dies aber nicht der Fall. So z.B. bezüglich der Untersuchungsgebietes von PAULY (1991): Die diesem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Außenstelle des Wetteramtes Essen befindet sich in Bad Salzuflen. Diese Station liegt in einer Höhe von 98m über NN; das bedeutet gegenüber dem Untersuchungsgebiet einen Höhenunterschied von ca. 100 bis 150m. Schon allein aufgrund dieses Höhenunterschiedes war zu erwarten, daß die Temperaturen und Niederschlagsmengen der beiden Orte mehr oder weniger stark differieren. Da aber die Temperatur und die Niederschlagsmenge wichtige Parameter in der Ökologie der Pilze darstellen (z.B. LEISCHNER–SISKA 1939, FRIEDRICH 1940, MOSER 1965, KRIEGLSTEINER 1977, AGERER 1985), können die Werte der Station in Bad Salzuflen nur bedingt auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden. Außerdem werden die Daten an den offiziellen Meßstationen in der Regel als Freiflächenmessungen durchgeführt; diese Werte sind schon allein deshalb nicht mit Messungen in Beständen vergleichbar.

Um also Aussagen über die tatsächlichen klimatischen Bedingungen des Untersuchungsgebietes bzw. einzelner Untersuchungsflächen machen zu können, sind Messungen direkt im Bestand unerläßlich.

Daher wurden für die Dauer der Untersuchungen an repräsentativen Stellen der Untersuchungsgebiete Meßstationen eingerichtet. Es wurde versucht, Punktmessungen zu vermeiden, um allgemeinere und vergleichbare Aussagen machen zu können. Immer war das allerdings nicht möglich.

Eine Schwierigkeit bei dieser Vorgehensweise ist die Gefahr der Zerstörung der eingerichteten Meßstationen. Während der in Teil 1 und 2 dieser Publikation vorgestellten Untersuchungen (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995) kam es (leider) des öfteren zu kleineren Zwischenfällen mit Zerschlagen von Auffangbehältern oder Entwendung von kleineren Meßgeräten. Daher sollte in Untersuchungsgebieten mit starker anthropogener Frequentierung die Meßstation etwas versteckter aufgestellt und damit notgedrungen auf eine repräsentative Plazierung verzichtet werden. Das ist sicherlich (wissenschaftlich) nicht ganz korrekt, doch durchaus vertretbar, will man nicht ganz auf die Aufnahme solcher Daten verzichten.

Die während der hier vorgestellten Untersuchungen eingerichteten Meßstationen haben sich im Prinzip bewährt. Statt des Haarhygrometers (Punktmessung) sollte allerdings ein mechanischer oder batteriebetriebener Schreiber aufgestellt werden (s. 3.2.1.3 und Abb. 3).

3.2.1.1 Lufttemperatur

Die Messung der Lufttemperatur erfolgte mit Minimum–Maximum–Thermometern etwa 20-30 cm über dem Boden, also dort, wo sie eine Wirkung auf die Fruktifikation der Pilze haben

sollte. An jedem Begehungstag wurden beide Temperaturen abgelesen und notiert. Diese Messung hat sich als sehr sinnvoll herausgestellt, da sie den Zeitraum vor der jeweiligen Fruktifikation (zumindest der weichfleischigen) Arten erfaßte. Eine Messung der aktuellen Lufttemperatur erwies sich als nicht sehr sinnvoll, da sie nur den Wert des Ablesezeitpunktes angab und sich somit für eine Korrelation mit der Fruktifikation nicht eignete.

Anhand der ermittelten Temperaturdaten lassen sich Aussagen über das Fruktifikationsverhalten der Pilze machen (vgl. dazu Teil 2 dieser Publikation, MÜLLER & GERHARDT 1995).

Messungen zur bodennahen Lufttemperatur sollten auch in zukünftigen mykologischen Freilanduntersuchungen durchgeführt werden; Minimum–Maximum–Thermometer mit einem (leichten) Plastikgehäuse lassen sich in jedem größeren Supermarkt käuflich erwerben und aufgrund des geringen Preises auch schon mal ersetzen.

3.2.1.2 Niederschlagsmenge und -verteilung

Der Niederschlag wurde in Plastikbehältern mit Öffnungen definierter Größe aufgefangen und notiert. Die Behälter wurden in den Boden eingegraben. Gerade diese Messung hat sich als sehr sinnvoll herausgestellt, da diese Werte von denen der offiziellen Meßstationen des Deutschen Wetterdienstes erheblich abwichen. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da es sich in den Untersuchungsgebieten in den meisten Fällen um Bestandesmessungen handelte. Das verfügbare Wasser für die Pilze spielt eine große Rolle bei der Fruktifikation; in unterschiedlich dichten Beständen hat der ankommende Niederschlag daher einen großen Einfluß auf das Pilzvorkommen. MÜLLER (1989) untersuchte ausschließlich Coniferenbestände, die sich hinsichtlich ihrer Struktur auf den ersten Blick nur wenig von einander unterschieden. Betrachtet man aber die Jahresniederschlagssummen der einzelnen Untersuchungsgebiete (Tab. 1), so lassen sich z.T. auffällige Unterschiede ablesen. Durch diese verschiedenen Niederschlagsmengen ließ sich zumindest die Quantität des Artenvorkommens in einigen Untersuchungsflächen begründen. Bedingt durch die Dichte und den Benadelungszustand der Bäume ergab sich somit eine unterschiedliche Verteilung der Niederschläge bezüglich der Gesamtsumme im Untersuchungsjahr.

UF	Jahresniederschlagssumme [mm]
1	301,1
2	678,75
3	577,82
4	504,9
5	1080,23
6	560,91
7	863,1
8	816,95
9	679,89
10	661,68

Tab. 1: Jahresniederschlagssummen der Untersuchungsflächen von MÜLLER (1989)

Auch aus der Verteilung der Niederschläge über das Jahr konnte Aufschluß gewonnen werden über den Einfluß des Niederschlages auf das Fruktifikationsverhalten von Pilzen. In Teil 2 dieser Publikation wurde dies besprochen (MÜLLER & GERHARDT 1995).

Plastikbehälter lassen sich einfach besorgen und relativ unauffällig postieren. Zum Abmessen des Niederschlages wird eine Pipette (5 oder 10ml) benötigt, die sich ohne große Probleme beschaffen läßt.

3.2.1.3 Relative Luftfeuchtigkeit

Bei der Messung der relativen Luftfeuchtigkeit mußte in allen Untersuchungen leider auf Punktwerte zurückgegriffen werden. Die Messung erfolgte i.d.R. mit Haarhygrometern, die sich in Bodennähe an der Meßstation befanden, oder bisweilen ersatzweise mit Schleuderpsychrometern. So wurde nur die jeweils aktuelle Luftfeuchtigkeit aufgenommen. Es mußte bei den Messungen darauf geachtet werden, daß sie an jedem Begehungstag annähernd zur gleichen Zeit durchgeführt bzw. abgelesen wurde, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

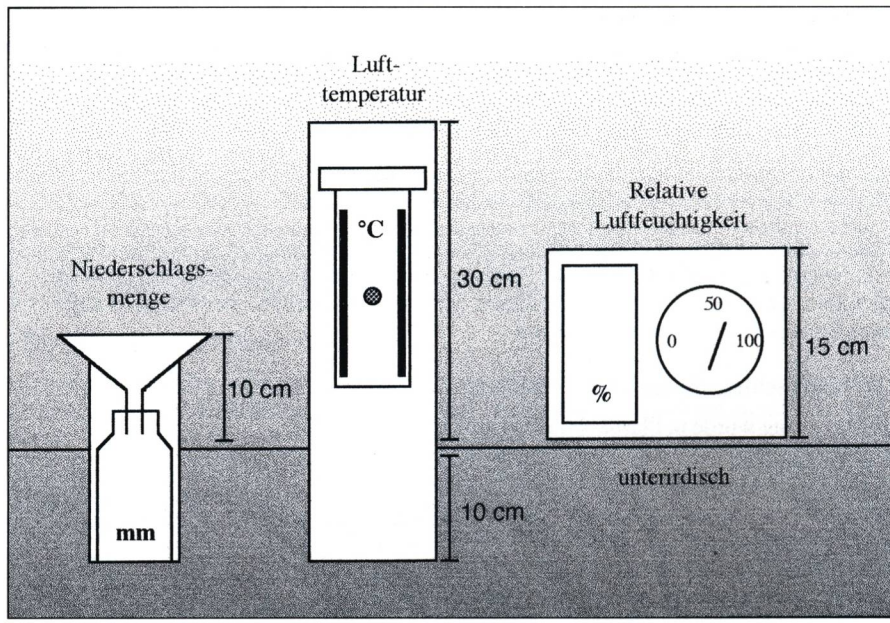

Abb. 3: Idealisierte Meßstation zur Aufnahme von klimatischen Daten

Dennoch treten diesbezüglich Schwierigkeiten auf, wenn zu Beginn der Begehung trockenes Wetter, einige Stunden später aber Regenwetter herrscht. Haarhygrometer reagieren relativ rasch auf veränderte Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, so daß die so entstandenen Meßwerte innerhalb eines Untersuchungsgebietes bei mehreren Stationen nicht mehr miteinander vergleichbar sind. Ein einfacher Schreiber (mechanisch, muß etwa einmal pro Woche aufgezogen werden, oder batteriebetrieben) an einer zentralen Meßstation im Gebiet könnte hier Abhilfe schaffen.

Die während der hier vorgestellten Untersuchungen durchgeführte Messung eignet sich daher nur für die Aussage von Tendenzen, die sich aber klar ablesen lassen (s. Teil 2 dieser Publikation, MÜLLER & GERHARDT 1995). Die relative Luftfeuchtigkeit hängt in erheblichem Maße von der Temperatur ab. Da der Temperaturverlauf in Waldbeständen ausgeglichener verläuft als auf Freiflächen, ist die relative Luftfeuchtigkeit im Wald nach vielen Literaturangaben (z.B. DYLLA & KRÄTZNER 1986) annähernd 100%. Während der hier vorgestellten Untersuchungen konnte das in diesem Maße nicht bestätigt werden. Auch wenn es sich bei den Messungen nur um Punktwerte handelte, ist deutlich geworden, daß die Luftfeuchtigkeit in den untersuchten Gebieten häufig stark schwankt. Ein Vergleich mit den Werten offizieller Stationen des Deutschen Wetterdienstes, an denen ähnliche Messungen durchgeführt werden, zeigt, daß die Schwankungen zwar nicht ganz so stark, aber dennoch vorhanden sind. Eine Ausnahme stellt der Herbst dar; bei den Bestandesmessungen konnte in fast jedem untersuchten Gebiet eine Phase gleichbleibender hoher Luftfeuchtigkeit festgehalten werden. Mit Hilfe dieser Messung konnte festgestellt werden, daß auch die Luftfeuchtigkeit einen gewissen Einfluß auf das Fruktifikationsverhalten der Pilze hat. Sie sollte nach Möglichkeit bei zukünftigen mykologischen Freilanduntersuchungen berücksichtigt werden.

Stehen weder Haarhygrometer bzw. Schleuderpsychrometer noch Schreiber zur Verfügung, so muß unter der Berücksichtigung des Vorhergesagten doch auf die Werte einer Station des Deutschen Wetterdienstes zurückgegriffen werden.

3.2.2 Die edaphischen Faktoren

Der Boden ist einer der wichtigsten Lebensräume für Pilze. Die meisten Mykorrhizapilze und bodensaprophytischen Pilzarten leben in den gut durchlüfteten Streu- und Humushorizonten der Oberböden bis etwa 20cm Tiefe (SCHMITT 1987). Für Bodenpilze ist in etwa 7,5cm Tiefe der Ort des Mycelwachstums und der Fruchtkörperbildung (WILKINS & HARRIS 1946).

Mehrere Bodenfaktoren wie z.B. Bodenreaktion, Bodenfeuchte, Carbonatgehalt können auch holzbewohnende Pilzarten beeinflussen, wenn das Holz direkten Bodenkontakt hat (SCHMITT 1987, JAHN 1979).

Neben den klimatischen Faktoren sollten daher auch einige edaphische Parameter näher untersucht werden.

3.2.2.1 Bodenprofile

Das Bodenprofil ermöglicht Aussagen über die Bodenart, Bodentiefe und Durchwurzelung, über Wasser- und Humuseigenschaften und über die Bodendurchlüftung. Ähnlich den topographischen Karten (MTB) gibt es entsprechende Bodenkarten. Für eine erste Orientierung über den grundsätzlichen Bodenaufbau des Untersuchungsgebietes sind diese Karten ausreichend. Doch für die nähere Bestimmung des Bodenaufbaus im jeweiligen Untersuchungsgebiets sind bisweilen eigene Untersuchungen notwendig.

So konnte PAULY (1991) in einer ihrer über porösem Karstgestein liegenden Untersuchungsflächen durch die Erstellung eines Bodenprofils in ca. 55cm Tiefe eine etwa 30 cm dicke Tonschicht feststellen, die für die Staunässe in Teilbereichen dieser Fläche verantwortlich war (vgl. Abb. 4). Vor der Erstellung des Profils war eine Deutung der ungewöhnlichen Wasserverhältnisse bzw. der eher als Feuchtigkeitszeiger eingestuften Pilzarten (z.B. *Exidia glandulosa, Inonotus radiatus, Lactarius vellereus, Pholiota lenta*) nicht möglich.

Mit Hilfe der Bodenprofile lassen sich Bodenart und Bodentyp relativ einfach bestimmen. In den meisten Fällen erfordert die exakte Einordnung allerdings etwas Übung, da die im Gelände gezogenen Profile nur selten exakt mit den Beschreibungen in den Fachbüchern übereinstimmen. Hier kann sich der Untersuchende an die Angaben in der Standardliteratur (z.B. Richtlinien der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 1982: Nomenklatur der Bodenart; MÜCKENHAUSEN 1959: Bestimmung des Bodentyps) halten und so vergleichbare Beschreibungen des Bodens anfertigen.

Die Entnahme eines Bodenprofils kann also hilfreich sein. Man benötigt dafür nicht unbedingt einen Pürckhauer Bohrstab; ein Spaten, mit dem eine Grube ausgehoben wird, an deren Wänden das Profil des Bodens ebenso gut abgelesen werden kann, ist ausreichend.

3.2.2.2 Maximale Wasserkapazität

Die Erfassung der sogenannten maximalen Wasserkapazität (=Feldkapazität) läßt Aussagen über das allgemeine Wasserhaltevermögen des Bodens zu. Dies ist wichtig für die Wasserversorgung der Mycelien in

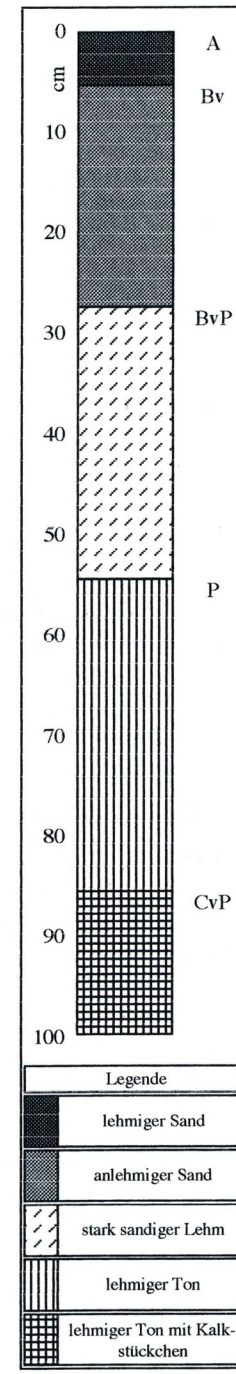

Abb. 4: Bodenprofil (schematisch) in einer UF von PAULY (1991)

den obersten Bodenschichten und kann im Zweifel für das Ausbleiben oder Vorkommen einzelner Pilzarten als Begründung herangezogen werden.

Während der hier vorgestellten Untersuchungen wurden eher niedrige Werte zur maximalen Wasserkapazität ermittelt (vgl. Teil 2 dieser Publikation, MÜLLER & GERHARDT 1995). Dies ist nicht weiter verwunderlich, denn es handelte sich bei den meisten Untersuchungsgebieten um sandige oder kalkhaltige Ausgangsgesteine, welche naturgemäß nur wenig Wasser zu halten vermögen. Zum Teil geringe Artenzahlen lassen sich durch die Daten dieser Messung zumindest teilweise begründen.

Die Messung der Wasserkapazität ist nach unseren Erfahrungen sinnvoll und sollte daher auch in zukünftigen mykologischen Freilanduntersuchungen durchgeführt werden.

3.2.2.3 Aktuelle Bodenfeuchte

Eine Messung des aktuellen Feuchtegehaltes des Bodens ist eher abzulehnen, da sie eine Punktmessung darstellt und sehr stark von der jeweils herrschenden Witterung abhängig ist. Hier gilt Ähnliches wie bei der relativen Luftfeuchtigkeit: Die Daten vermitteln allenfalls Tendenzen. Eine direkte Korrelation mit Pilzarten war nicht möglich, so daß die Durchführung dieser Messung in Zukunft überdacht werden sollte. Der Aufwand steht in keinem Verhältnis zu den Ergebnissen.

3.2.2.4 Carbonatgehalt

Der Carbonatgehalt eines Bodens hängt zum einen vom Kalkgehalt des Ausgangsgesteines, zum anderen von klimatischen Einflüssen (z.B. von der Niederschlagsmenge) und anthropogen bedingten Faktoren ab (z.B. Entkalkung und Versauerung) (KUNTZE ET AL. 1988). Ihn zu bestimmen schien sinnvoll zu sein.

Mittels Auftropfen von 10%iger Salzsäure wurde der Carbonatgehalt optisch und akustisch in Gewichtsprozent bestimmt (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 1982).

Durch diese einfache Messung wurde in den Untersuchungsgebieten eine z.T. erhebliche Diskrepanz zwischen Ausgangsgestein und Oberboden bezüglich des Kalkgehaltes ermittelt. Bei MÜLLER (1989; Coniferenbestände) wurde im Oberboden trotz des nur in wenigen Zentimetern Entfernung anstehenden Kalk-Ausgangsgesteines in einigen Untersuchungsflächen ein Kalkgehalt von nur 0,5–2 Gew.% Carbonat festgestellt. Diese Untersuchungsflächen sind also als carbonatarm zu bezeichnen. Die Versauerung des Oberbodens durch die Nadelstreu ist hier bereits so weit fortgeschritten, daß das Ausgangsgestein kaum noch Einfluß auf den Oberboden hat. Ähnliches war bei PAULY (1991) zu verzeichnen; doch in diesem Fall kann dies nicht mit der Streu (Buchenlaub) zusammenhängen. Hier müssen andere Faktoren eine Rolle spielen, beispielsweise der pH-Wert des Niederschlages.

Im Rahmen der Untersuchung hat sich gezeigt, daß man mit der Beurteilung der Bodenverhältnisse eines Gebietes vorsichtig sein muß. Der Boden eines sich über Muschelkalk befindenden Untersuchungsgebiets muß nicht demzufolge auch carbonatreich sein. Dies hat Auswirkungen auf das Pilzvorkommen an sich und auf die Artenzusammensetzung des Untersuchungsgebietes.

Die Carbonatbestimmung hat sich also als sinnvoll erwiesen und sollte auch zukünftig durchgeführt werden.

3.2.2.5 Aktuelle Azidität des Bodens

Die Azidität hat einen bedeutenden Einfluß auf das Vorkommen einer Pilzart. In der Annahme, deutliche Korrelationen der aktuellen Azidität mit dem Pilzvorkommen durchführen zu können, wurden während fast aller hier vorgestellten Untersuchungen an jedem Begehungstag für jedes Untersuchungsgebiet der pH-Wert der Streuschicht und des A–Horizontes ermittelt. In Teil 2 dieser Publikation wurden die Ergebnisse beispielhaft dargestellt (MÜLLER & GERHARDT 1995).

Es muß im nachhinein festgestellt werden, daß der Aufwand der pH-Wert-Ermittlungen an jedem Begehungstag in keinem Verhältnis zu den Ergebnissen steht. Diese exakte und wiederholte Messung ist wenig sinnvoll, da sich keinerlei Korrelationen mit dem Artenvorkommen im Jahresverlauf ergaben. Allein durch die mikrobiellen Aktivitäten ergeben sich bereits im Tagesverlauf starke Schwankungen.

Allenfalls für die Errechnung des Mittelwertes einer Untersuchungsfläche lohnt sich die hohe Anzahl an Stichproben. Die so erhaltenen Mittelwerte sind unseres Erachtens sehr aussagekräftig und können zur Charakterisierung der Untersuchungsflächen herangezogen werden.

Für die Praktikabilität und Aussagekraft reichen mehrmalige Messungen anhand von Mischproben (etwa 5–10) pro Jahr; wünschenswert wäre eine Verteilung über die Jahreszeiten oder pro Monat.

3.2.3 Sonstige Faktoren

Im folgenden sollen diejenigen Faktoren ausführlicher diskutiert werden, die nicht direkt den klimatischen bzw. edaphischen Faktoren zugeordnet werden können.

3.2.3.1 Bodentemperatur

Auch die Bodentemperatur hat laut Literatur einen Einfluß auf das Fruktifikationsverhalten der Pilzarten. Sie wurde in einigen der hier vorgestellten Untersuchungen ermittelt. Ihre ausführliche Darstellung ist in dieser Publikation unterblieben, da sie sich — zumindest in den hier vorgestellten Untersuchungen — nicht eindeutig mit den Pilzen korrelieren ließ.

Einzig bei der Untersuchung von HÖLNIGK (1995), die Rasenflächen bearbeitete, sind leichte Einflüsse der Bodentemperatur auf die Fruktifikation der Pilze zu erkennen. Diese beschränken sich allerdings auf den kurzen Zeitraum von Ende Dezember bis Ende Januar 1991. Ob diese Verhältnisse typisch sind für Freiflächen, muß sich in weiterführenden Untersuchungen herausstellen.

Für Untersuchungen in Waldbeständen scheint sie eher bedeutungslos zu sein, da man die Bodentemperatur von der Lufttemperatur ableiten kann. Zudem stellt diese Messung eine Punktmessung dar, die allenfalls Tendenzen aufzeigen kann. Besteht die Möglichkeit, diesen Faktor analog zur Lufttemperatur mit Minimum- und Maximum-Werten zu ermitteln, so sollte sie genutzt werden.

3.2.3.2 Azidität des Niederschlages

Da die fortschreitende Versauerung des Niederschlages nicht ohne Einfluß auf den Boden und damit auf das in ihm lebende Mycel und dessen Fruktifikation bleibt, sollte mit dieser Messung, die allerdings erst in den späteren Arbeiten durchgeführt wurde, versucht werden, Informationen über das Ausmaß des Säureeintrags in den Untersuchungsgebieten zu erhalten.

Der Niederschlag besitzt einen natürlichen pH-Wert von etwa 5,6, der sich theoretisch aus der Bildung von Kohlensäure bei einem gegebenen CO_2-Gehalt der Luft ergibt (KUES ET AL. 1991).Im Zuge der fortschreitenden Luftverschmutzungen weicht der tatsächlich gemessene pH-Wert des Niederschlages mehr oder weniger stark von diesem theoretisch zu fordernden Wert ab. Besonders SO_2 und NO_x werden in der Atmosphäre nahezu vollständig in starke Säuren umgewandelt und führen zu einer bedeutsamen Versauerung des Niederschlagswassers. Man spricht deshalb von „Saurem Regen", wenn der pH-Wert des Niederschlages unterhalb des natürlichen Wertes von 5,6 liegt. Für die Bundesrepublik Deutschland in den Grenzen von 1948 geben KUES ET AL. (1991) einen durch derartige Luftverschmutzungen bedingten durchschnittlichen pH-Wert von 4,1 an.

Monat \ UF	B1	B2	B3	B4	B5	Bi	EB
Januar	4,48	5,43	5,07	5,57	5,20	5,24	5,06
Februar	5,36	5,40	5,72	5,59	5,04	5,33	5,22
März	4,88	5,17	5,74	4,97	4,93	5,12	4,96
April	5,25	5,44	5,81	5,22	5,70	5,63	5,45
Mai	5,66	6,20	6,29	5,99	5,93	6,07	6,15
Juni	6,17	6,25	6,32	5,99	6,67	6,35	6,11
Juli	5,84	5,77	6,06	6,11	6,26	6,02	5,65
August	5,95	5,47	6,18	6,27	6,20	6,01	5,93
September	5,76	6,11	6,15	6,11	5,73	6,20	5,66
Oktober	5,67	5,62	5,75	6,01	5,33	6,34	5,34
November	5,56	5,74	5,45	5,40	5,27	6,19	5,00
Dezember	4,65	4,64	4,67	4,75	4,56	5,12	4,84

Tab. 2: Durchschnittliche monatliche pH-Werte des Niederschlagwassers in den einzelnen Untersuchungsflächen von Pauly (1991)
[UF = Untersuchungsfläche; B1 - B5: Buchenbestände, Bi: Birkenmischbestand; EB: Eichen-Buchen-Mischbestand; grau unterlegt: pH-Wert über 5,6]

Die Ergebnisse dieser Messungen, die monatsweise zusammengefaßt wurden, waren zunächst erstaunlich, da über die Hälfte der Werte oberhalb des natürlichen pH-Wertes von 5,6 lagen (Extremwert bei PAULY im Juni 1988: 6,67 in einem Buchenbestand; bei MÜLLER im August 1988: 6,55 in einem Fichtenforst). Diese Werte wurden hauptsächlich in den Sommermonaten gemessen und weisen auf einen nicht unerheblichen Eintrag von Ammoniumionen in die untersuchten Bestände von PAULY (1991) hin. Dies führt zum einen zu einer Abschwächung der Oberbodenversauerung, zum anderen aber auch zu einer unnatürlichen Nährstoffanreicherung. In den Wintermonaten (v.a. im Januar und Dezember) überwogen dagegen saure Niederschläge mit pH-Werten unter 5,6 (Extremwert bei PAULY im Januar 1988: 4,48 in einem Kalkbuchenbestand; bei MÜLLER ebenfalls im Januar 1988: 3,84 in einem Fichtenforst). In dieser Zeit sind Waldbestände also eher einem vermehrten Säureeintrag ausgesetzt.

Eine direkte Korrelation der Artenzahl mit dem pH-Wert des Niederschlages pro Begehungstag ist nicht möglich, da nicht an jedem Begehungstag Niederschlag zu verzeichnen war. Auch die monatliche Zusammenfassung beider Werte-Serien hat sich als nicht sinnvoll herausgestellt. Dennoch haben die Messungen Aufschluß über den Säure- bzw. Ammoniumeintrag in die Untersuchungsgebiete gebracht. Dadurch wurde eine bessere Charakterisierung des Gesamtgebietes möglich. Das Auftreten eher stickstoffliebender Pilzarten (z.B. *Inocybe asterospora* oder *Psathyrella spadiceogrisea*) läßt sich durch die Niederschlags-pH-Werte gut erklären.

Messungen zur Acidität des Niederschlags müssen nicht unbedingt während einer mykologischen Freilanduntersuchung durchgeführt werden. Doch wenn im Rahmen einer Untersuchung die Menge des Niederschlages gemessen wird, so ist die zusätzliche Messung des pH-Wertes nur ein geringer Aufwand, der sich lohnt.

3.2.3.3 Lux–Messung

Während der Untersuchung von HÖLSCHER (1988) wurde in wechselnden Abständen auch die Lichtintensität in den Untersuchungsflächen gemessen. Für eine grobe Charakterisierung des prozentualen Lichteinfalls in den jeweiligen Beständen gegenüber der Lichtintensität der Freifläche ist diese Messung sicherlich nicht unwichtig. Dennoch muß berücksichtigt werden, daß es sich um eine Punktmessung handelt, die zudem gleichzeitig sowohl außerhalb als auch innerhalb des zu untersuchenden Bestandes durchgeführt werden muß.

Eine Korrelation mit den Pilzen ist weder in bezug auf Vorkommen noch auf Fruktifikationsverhalten festzustellen. Pilz sind relativ unabhängig vom Licht. Zum Wachstum wird es fast über-

haupt nicht benötigt, denn das Mycel befindet sich im Substrat, und auch die Fruktifikation erfolgt bei geringen Lichtmengen ohne Störungen. Manche Arten können sogar vollständig auf Licht verzichten (z.B. *Agaricus bisporus, Abortiporus biennis*; MICHAEL ET AL. 1983). Licht kann fast sämtliche Prozesse im Leben eines Pilzes beeinflussen, doch spielen in diesem Zusammenhang nicht nur die Lichtintensität, sondern auch die Lichtqualität (Wellenlänge) und die Belichtungsdauer eine Rolle. Der spezifische Einfluß des Faktors Licht kann daher detailliert nur im Labor untersucht werden.

Eine kontinuierliche Lux-Messung im Gelände erscheint daher wenig sinnvoll.

3.2.4 Messungen am Mycel

In einer Untersuchung (KLAR 1995) sollte an ausgewählten Pilzarten im Einzelfall überprüft werden, ob sich die Durchschnittswerte von Daten ausgewählter abiotischer Faktoren, die aus als (weitgehend) homogen betrachteten Untersuchungsflächen gewonnen wurden, von Messungen derselben Parameter am Mycel von Pilzarten in denselben Untersuchungsflächen unterscheiden. Durch die Probenentnahme direkt am Fruchtkörper war gesichert, daß die gewonnenen Daten für das zugehörige Mycel gültig waren.

Folgende Grundüberlegungen waren für diese Vorgehensweise ausschlaggebend: Die gemittelten Durchschnittswerte der ausgewählten Parameter werden gewöhnlich als repräsentativ für die in der entsprechenden Untersuchungsfläche vorhandenen Pflanzenarten gewertet. Für Pflanzen hat diese Übertragung sicherlich ihre Berechtigung, bei den Pilzen ist die Richtigkeit dieser Annahme jedoch noch zu überprüfen (LARCHER 1994). Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob für Pflanzen entwickelte Methoden sich auch auf andere systematische Gruppen wie z.B. die Pilze berechtigt anwenden lassen. Die für die Fruktifikation als wichtig angenommenen abiotischen Faktoren haben einen unterschiedlichen Stellenwert bereits für die verschiedenen ökologischen Gruppen der Makromyceten, unabhängig davon, wo sie in den Untersuchungsflächen gemessen wurden. Beispielweise sind Niederschläge für einen bodenbewohnenden, nicht-lignicolen Saprophyten unmittelbar wichtiger als für einen lignicolen Saprophyten, der etwa einen Baumstumpf als Wasserreservoir nutzen kann und deshalb relativ unabhängiger von dem Niederschlag ist. Trotzdem bleibt es sinnvoll, den Niederschlag an für die jeweilige Untersuchungsfläche repräsentativen Meßstationen zu erfassen, weil sich die Niederschlagsmengen pro Flächeneinheit in homogenen Beständen kleinräumig nicht sehr stark ändern. Somit muß dieser Faktor für die einzelnen ökologischen Pilzgruppen lediglich jeweils anders gewertet werden. Ähnliches gilt wahrscheinlich auch für die anderen klimatischen Faktoren.

Anders verhält es sich vermutlich mit den edaphischen Faktoren, die kleinräumig stark unterschiedlich sein können. ELLENBERG (1958) erwähnt deutliche Unterschiede in der Bodenreaktion zweier engbenachbarter Stellen, GEIGER (1961) bezeichnet den Boden hinsichtlich der Bodenfeuchte und -temperatur als „Mosaik". Unter diesen Umständen erscheint es sinnvoll, ausgewählte edaphische Faktoren direkt am Mycel bestimmter Pilzarten zu erfassen. Grundsätzlich besteht natürlich die Möglichkeit, alle Messungen an den Orten der Mycelien vorzunehmen.

Am direktesten reagieren unter den Makromyceten die bodenlebenden, nicht-lignicolen Saprophyten auf Veränderungen für sie wichtiger abiotischer Faktoren (RICEK 1967). Sie werden nicht, wie die Ektomykorrhizapilze, von einem Baumpartner unterstützt bzw. sind nicht über das Mycel mit mehreren anderen Organismen verbunden, welche regulierend eingreifen können (SCHMITT 1987). Auch die lignicolen Saprophyten sind nicht so schnell und direkt von Milieuveränderungen im Boden betroffen. Baumstümpfe beispielsweise können Wasser länger speichern als der Boden (HÖFLER 1954, RICEK 1967). Weiterhin ist die Wärmeleitung von Holz im Vergleich zu der des Bodens in den meisten Fällen geringer (GEIGER 1961), demzufolge sind es auch die Temperaturschwankungen in diesem potentiellen Pilzsubstrat. Außerdem können lignicole Saprophyten die genannten Faktoren in gewissen Grenzen beeinflussen (RYPACEK 1966). Dadurch wird

ein feuchtigkeits- und wärmestabiles Milieu geschaffen, das die schnellere Zersetzung des Holzes ermöglicht.

Auch für die Gruppe der Parasiten innerhalb der Makromyceten sind Veränderungen der abiotischen Faktoren zunächst nicht unmittelbar bedeutsam, sondern nur über die Reaktion des von ihnen befallenen Wirtes auf diese Veränderungen.

Daher wurden für die Messungen direkt am Mycel einige bodenbewohnende Sapropyhten ausgewählt, die zusätzlich im Untersuchungsgebiet häufig waren (d.h. viele Fruchtkörper hervorbrachten). Außerdem sollten sie möglichst „typische" Streuzersetzer sein, von denen bekannt ist, daß sich die Mycelien in den untersuchten Bodenschichten befinden.

Hauptsächlich wurde der pH-Wert am Mycel ausgesuchter Arten ermittelt; einige Ergebnisse (*Hygrophoropsis aurantiaca* und *Lepista nuda*) sind in Teil 2 dieser Publikation dargestellt (MÜLLER & GERHARDT 1995).

Es hat sich herausgestellt, daß sich die Ergebnisse der Messungen direkt am Mycel z.T. auffällig von den Ergebnissen der Messungen im Gesamtgebiet unterscheiden. Die direkt am Mycel gewonnenen Daten sind demnach für die ökologische Charakterisierung der Ansprüche und des Verhaltens einer (bodenbewohnenden) Pilzart vorzuziehen.

Doch wie bereits in Teil 2 dieser Publikation dargelegt, bedarf diese Feststellung einer Überprüfung. Die erhobenen Datenmengen sind zu gering, um allgemeingültige Aussagen machen zu können.

4. Fazit

Bisher erfolgte eine kritische Betrachtung der im Rahmen der in Teil 1 und 2 vorgestellten Untersuchungen angewendeten Bearbeitungsmethoden (MÜLLER & GERHARDT 1994, 1995). In Tabelle 3 sind sämtliche Methoden und ihre Bewertung zusammenfassend dargestellt.

Die meisten der in den hier vorgestellten Untersuchungen angewendeten Methoden haben sich im nachhinein als sinnvoll für die Charakterisierung der Untersuchungsgebiete bzw. ökologischer Ansprüche der Pilzarten erwiesen.

In manchen Fällen (z.B. die Messung des pH-Wertes an jedem Begehungstag) hat sich der zeitliche und technische Aufwand nicht gelohnt. Dies herauszustellen ist uns sehr wichtig, um zukünftige Untersucher nicht den gleichen Aufwand betreiben zu lassen. Eine kritische Bewertung sollte auch immer die negativen Erfahrungen offen darstellen.

Als wichtig zu erachtende Parameter haben sich die Minimum- und Maximum-Temperatur, der Niederschlag und (mit Einschränkung) auch die Luftfeuchtigkeit erwiesen. Ebenso sind Bodenart und Bodentyp, die maximale Wasserkapazität, der Carbonatgehalt des Oberbodens, die Azidität des Streu- und des A-Horizontes bedeutend.

Andere als diese Faktoren müssen sicherlich ebenfalls bei der ökologischen Einordnung von Pilzarten berücksichtigt werden. Welche dies im einzelnen sein können, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Dabei kommt es sicherlich bisweilen zu der Erkenntnis, daß sich die Messung eines Parameters nicht „gelohnt" hat (s.o.), doch dies herauszufinden, ist ebenfalls ein Ziel der ökologischen Datenerfassung.

Um eine „Vergleichbarkeit der Konzeptionen und Methoden und also auch der Ergebnisse" (KRIEGLSTEINER 1993) zu gewährleisten, müssen viele solcher Untersuchungen stattfinden, um in absehbarer Zeit eine standardisierte Methode für mykologische Freilanduntersuchungen zu erlangen. Die Vorschläge der Deutschen Gesellschaft für Mykologie, die im Rahmen der Pilzkartierung 2000 gemacht werden, sind ein wichtiger Schritt in diese Richtung.

PARAMETER	BEWERTUNG	
Aktuelle Lufttemperatur	Diese Messung stellt eine Punktmessung dar und läßt sich nicht mit dem Pilzvorkommen korrelieren. Sie kann notiert werden, um den Begehungstag zu charakterisieren, ist aber ansonsten nicht notwendig.	–
Minimum– und Maximum–Lufttemperatur	Messungen lassen Aussagen über die Temperaturbedingungen im Zeitraum vor der Begehung zu; dadurch sind Rückschlüsse über direkte Einflüsse dieser Faktoren möglich. Sollte unbedingt durchgeführt werden.	+
Niederschlagsmenge — Niederschlagsverteilung	Der Niederschlag ist ein wichtiger Parameter, der bei jeder Begehung direkt im Bestand gemessen werden sollte. Die Daten über die Niederschlagsmenge ermöglichen eine prinzipielle Einordnung des Untersuchungsgebietes, die Verteilung des Niederschlages kann z.T. direkt mit dem Fruktifikationsverhalten der Pilze im Jahresverlauf korreliert werden.	+
Relative Luftfeuchtigkeit	Als reine Punktmessung nur für tendenzielle Aussagen brauchbar. Die Messung sollte aber wegen ihres direkten Einflusses auf die Pilze durchgeführt werden, nach Möglichkeit mit einem Schreiber direkt im Bestand.	o
Bodenart — Bodentyp	Zur näheren Charakterisierung der Bodenverhältnisse sollten Bodenprofile erstellt und mit dessen Hilfe auch Bodenart und -typ identifiziert werden. Bodenkundliche Karten reichen nicht aus, um kleinräumige Besonderheiten zu erfassen. Diese Untersuchung dient als Grundlage für weitere bodenkundliche Untersuchungen bzw. Einordnungen.	+
Maximale Wasserkapazität	Diese Messung erlaubt Aussagen über das generelle Wasserhaltevermögen des Bodens und somit über die grundsätzliche Wasserverfügbarkeit für Mycelien. Sie sollte mindestens einmal pro Jahr durchgeführt werden.	+
Aktuelle Bodenfeuchte	Als Punktmessung ist dieser Parameter zu sehr von den gerade herrschenden Witterungsverhältnissen abhängig. Es ergaben sich keine näheren Korrelationsmöglichkeiten mit dem Pilzvorkommen.	–
Carbonatgehalt des Oberbodens	Die Bestimmung des Carbonatgehaltes läßt Aussagen über die grundsätzliche Basenverfügbarkeit eines Bodens zu. Sie sollte mindestens einmal pro Jahr durchgeführt werden.	+
Aktuelle Azidität der Streuhorizontes	Die pH–Bedingungen in der Streu sind wichtig für die dort lebenden Mycelien. Diese Messung sollte an Mischproben erfolgen, u.Z. nach Möglichkeit einmal pro Monat. Häufigere Messungen sind nicht notwendig.	+
Aktuelle Azidität des Oberbodens	Die pH–Bedingungen im Oberboden (A- bzw. B-Horizont) beeinflussen die dort lebenden Mycelien. Die Messung sollte an Mischproben erfolgen, nach Möglichkeit einmal pro Monat. Keine häufigeren Messungen.	+
Aktuelle Bodentemperatur	Die aktuelle Bodentemperatur stellt eine Punktmessung dar, die u.a. von der Lufttemperatur abhängig ist. Eine analoge Langzeitmessung mit einem entsprechenden Thermometer scheint sinnvoller zu sein.	o
Lux	Diese Messung gibt Aufschluß über die grundsätzlichen Lichtverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Da aber die Pilze relativ unabhängig vom Licht sind, ist diese Messung nicht notwendig.	–
Azidität des Niederschlages	Der pH-Wert des Niederschlages kann generelle Bodenverhältnisse im Untersuchungsggebiet erklären; eine direkte Korrelation mit den Pilzarten ist nicht möglich.	o

Tab. 3: Bewertung der durchgeführten Untersuchungen zu abiotischen Faktoren

Literatur

AGERER, R. (1983) – Fruchtkörperbildung von Mykorrhizapilzen in Abhängigkeit von Klima und Standort. In: Forstwiss. Centralblatt **102 (5)**.

DÖRFELT, H. (1988) – Lexikon Mykologie. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig.

DYLLA, K. & G. KRÄTZNER (1986) – Das ökologische Gleichgewicht in der Lebensgemeinschaft Wald. Quelle & Meyer, Heidelberg.

EINHELLINGER, A. (1969) – Die Pilze der Garchinger Heide. In: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora **41**.

ELLENBERG, H. (1979) – Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. In: Scripta Geobotanica **9**, Göttingen.

FRIEDRICH, K. (1940) – Untersuchungen zur Ökologie der höheren Pilze. Pflanzenforschung **22**: 1-53.

GEIGER, R. (1961) – Das Klima der bodennahen Luftschicht. Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

GERHARDT, A., B. KOCH. & D. POLLMANN (1988) – Vergleichende ökologische Untersuchungen zur Pilzvegetation unterschiedlicher Waldgebiete der Senne. In: Ber. Naturwiss. Ver. Bielefeld **29**: 55–100.

HÖFLER, K. (1954) – Über Pilzaspekte. In: Vegetatio (Den Haag) **5/6**: 373-380.

HÖLNIGK, S. (1995) – Pilzökologische Untersuchungen auf ausgewählten Rasenflächen des Sennefriedhofes in Bielefeld unter Einsatz der Punktkartierungsmethode. Diplomarbeit, Universität Bielefeld.

HÖLSCHER, P. (1988) – Pilzfloristische und pilzökologische Untersuchungen auf dem Käseberg bei Bielefeld (Brackwede). Diplomarbeit, Universität Bielefeld.

JAHN, H. (1979) – Pilze, die an Holz wachsen. Busse, Herford.

KLAR, B. (1995) – Pilzökologische Untersuchungen in baumbestandenen Flächen des Sennefriedhofs der Stadt Bielefeld unter besonderer Berücksichtigung spezieller edaphischer Messungen am Mycel ausgewählter Arten. Diplomarbeit, Universität Bielefeld.

KOCH, B. & D. POLLMANN (1985) – Vergleichende Untersuchung der Makromyceten acht verschiedener Waldgebiete der Senne unter ökologischem Aspekt. Staatsexamensarbeit, Universität Bielefeld.

KRIEGLSTEINER, G.J. (1977) – Die Makromyceten der Tannen-Mischwälder. Lempp Verlag, Schwäbisch-Gmünd.

— (1993) – Einführung in die ökologische Erfassung der Großpilze Mitteleuropas. In: Beih. Z. Mykol. **8**: 1-240.

KUES, J., E. MATZNER & D. MURACH (1991) – Saurer Regen und Waldsterben. Die Werkstatt, Göttingen.

KUNTZE, H., J. NIEMANN, G. ROESCHMANN & G. SCHWERDTFEGER (1988) – Bodenkunde. Ulmer, Stuttgart.

LARCHER, W. (1994) – Ökophysiologie der Pflanzen. Ulmer, Stuttgart.

LEISCHNER-SISKA, E. (1939) – Zur Soziologie und Ökologie der höheren Pilze. In: Beiheft z. Bot. Centralblatt Bd.LIX.

MICHAEL, E., B. HENNIG & H. KREISEL (1983) – Handbuch für Pilzfreunde. Bd. 5. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1983.

MOSER, M. (1965) – Der Wasserhaushalt höherer Pilze in Beziehung zu ihrem Standort. In: Z. Pilzk. **43 (12)**: 177-182.

MÜCKENHAUSEN, E. (1959) – Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. Kommentator Verlag, Frankfurt/Main.

MÜLLER, S. (1989) – Untersuchungen zur Ökologie der Makromyceten ausgewählter Coniferenbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). Staatsexamensarbeit, Universität Bielefeld.

MÜLLER, S., C. PAULY & A. GERHARDT (1992) – Zur Ökologie der Makromyceten ausgewählter Waldbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). In: Ber. Naturwiss. Ver. Bielefeld **32**: 217-255.

MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1994) – Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld. Teil 1: Artenspektrum und Artenzuordnung zu ökologischen Gruppen. In: Z. Mykol. **60 (2)**: 431-448.

MÜLLER, S. & A. GERHARDT (1995) – Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld. Teil 2: Das Artenvorkommen und seine Abhängigkeit von abiotischen Faktoren. In: Z. Mykol. **61 (1)**: 59-78.

PAULY, C. (1991) – Untersuchungen zur Ökologie fruchtkörperbildender Asco-und Basidiomycetes ausgewählter Laubholzbestände des Bestenberges bei Lämershagen (Bielefeld). Diplomarbeit, Universität Bielefeld.

RICEK, E.W. (1967) – Untersuchungen über die Vegetation auf Baumstümpfen. In: Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereins (Linz) **112**: 185-252.

RICHARDSON, M.J. (1970) – Studies on Russula emetica and other Agarics in a Scots Pine Plantation. In: Trans. Br. Mykol. Soc. **55 (2)**, 217-229.

RUNGE, A. (1963) – Pilzsukzession in einem Eichen-Hainbuchenwald. In: Z. Pilzk. 29: 65-72.

RYPACEK, V. (1966) – Biologie holzzerstörender Pilze. VEB G. Fischer Verlag, Jena.

SCHMITT, J.A. (1987) – Funktion, Bedeutung und Situation der Pilze in saarländischen Wäldern. In: DERBSCH, H. & J.A. SCHMITT [HRSG.] (1987) – Atlas der Pilze des Saarlandes. Teil 2. Eigenverlag, Saarbrücken.

STEUBING, L. & A. FANGMEIER (1992) – Pflanzenökologisches Praktikum: Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. Ulmer, Stuttgart.

WILKINS, W.H. & C.C. HARRIS (1946) – The ecology of the larger fungi. V. In: Appl. Biol. **33**: 179-188.

WINTERHOFF, W. (1984) – Analyse der Pilze in Pflanzengesellschaften, insbesondere der Makromyceten. In: Knapp, R. – Handbook of Vegetations Science 4: 227-247.

DGfM 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 Heftreihe 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. Freigebiger 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: 1995

Band/Volume: 61_1995

Autor(en)/Author(s): Müller S., Gerhardt Almut

Artikel/Article: Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld 2 13 Teil 3: Zur Methodik ökologisch orientierter mykologischer Freilandarbeiten 213-232