Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld

Teil 2: Das Artenvorkommen und seine Abhängigkeit von abiotischen Faktoren

S. MÜLLER & A. GERHARDT

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

Eingegangen am 8.12.1994

Müller, S. & A. Gerhardt (1994): Studies on the occurence and the ecology of higher fungi in the Bielefeld area (Germany). Part 2: The occurence of species in correlation with abiotic factors. Z. Mykol. 61(1): 59 - 78.

K e y w o r d s : Ecology, 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 part one of the „Studies on the occurence and ecology of higher fungi in the Bielefeld area (Germany)" dealt with the occurence of species and their ecological classification, part two, presented here, is concerned with the dependence of species on abiotic factors. Over the year, alternating influences of different climatic factors on the fructification of Ascomycetes and Basidiomycetes could be ascertained: the largely direct influence of precipitation during the summer, the constantly high atmospheric humidity in the autumn, and minimum temperatures below freezing during the winter. It became clear that collecting data directly in the area of investigation is essential.

Concerning edaphic factors the following trends were observed: The carbonate content of all areas of investigation is low, and so is the water-holding capacity. The general condition of the soil cannot be concluded solely from the nature of the stratum. Calciphile and acidophile species do not necessarily exclude each other („double-indicator" species found are *Boletus edulis*, *Lactarius deterrimus*, *Russula violeipes*). The species found do not appear to be altogether very demanding as far as the quality of soil is concerned.

Measurements collected in the direct surrounding of the mycelium of selected species showed that the conditions found there were notably different from those of the respective area of investigation. These results call for further measurements performed directly at the mycelium.

Z u s a m m e n f a s s u n g : Während der erste Teil der „Untersuchungen zu Vorkommen und Ökologie von Großpilzen im Raum Bielefeld" mit dem Artenspektrum und der Artenzuordnung zu ökologischen Gruppen behandelte, befaßt sich der vorliegende zweite Teil mit der Abhängigkeit der Arten von abiotischen Faktoren. Im Jahresverlauf konnte ein wechselnder Einfluß verschiedener klimatischer Faktoren auf das Fruktifikationsverhalten von Makromyceten festgestellt werden: im Sommerhalbjahr ein überwiegend direkter Einfluß des Niederschlages, im Herbst die konstant hohe relative Luftfeuchtigkeit und im Winter den Gefrierpunkt unterschreitende Minimum-Temperaturen. Es stellte sich heraus, daß Messungen direkt im Bestand unerläßlich sind.

Bezüglich der edaphischen Faktoren wurden folgende Tendenzen ermittelt: Der Carbonatgehalt ist in allen Untersuchungsflächen (UF) gering, die Wasserkapazität ebenfalls. Es darf nicht ausschließlich aufgrund des Ausgangsgesteines auf das generelle Verhalten des Bodens geschlossen werden. Kalkliebende und

säureliebende Arten schließen sich nicht zwangsläufig aus (gefundene „Doppelzeigerarten": *Boletus edulis*, *Lactarius deterrimus*, *Russula violeipes*). Die gefundenen Arten scheinen insgesamt relativ geringe Ansprüche an die Bodenverhältnisse zu stellen.

Messungen direkt am Mycel ausgewählter Arten zeigten, daß sich die dort herrschenden Bedingungen von denen in der jeweiligen UF unterscheiden. Das gibt Anlaß, weiterhin Messungen direkt am Mycel durchzuführen.

1. Einleitung

In Teil 1 dieser Publikation (MÜLLER & GERHARDT 1994) wurden das Artenspektrum und seine Zuordnung zu ökologischen Gruppen vorgestellt. Im vorliegenden Teil soll nun das Artenvorkommen in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren näher beleuchtet werden.

2. Korrelation des Pilzvorkommens mit den Ergebnissen der abiotischen Messungen

Das Pilzvorkommen ist in „komplizierter Weise abhängig von klimatischen und edaphischen Verhältnissen" (HÖFLER 1955). Um ökologische Zusammenhänge darstellen zu können, ist daher auch bei mykologischen Freilanduntersuchungen die Messung von abiotischen Faktoren unabdingbar. Ihre Auswahl muß unter Berücksichtigung der möglichen Relevanz für die Pilze erfolgen. Die für diese Untersuchung ausgewählten Faktoren und Methoden sind Teil 1 der vorliegenden Publikation zu entnehmen. Eine methodische Diskussion dieser Faktorenmessungen wird in Teil 3 dieser Publikation durchgeführt werden.

Im folgenden sollen ausgewählte Ergebnisse der verschiedenen durchgeführten Messungen vorgestellt werden. Dabei wird es nicht immer möglich sein, alle Untersuchungen mit einzubeziehen, da die Vergleichbarkeit aus verschiedenen Gründen nicht immer gegeben ist. Doch lassen sich in vielen Fällen einzelne Untersuchungsgebiete (UG) stellvertretend für das Gesamtuntersuchungsgebiet anführen.

2.1 Die klimatischen Faktoren

Temperatur, Niederschlag und auch die Luftfeuchtigkeit sind für die Fruktifikation von Pilzen wichtige Faktoren. Soll das ökologische Verhalten von Pilzen oder bestimmter Pilzgruppen ermittelt werden, so müssen diese Faktoren mittels verläßlicher Meßmethoden aufgenommen und notiert werden.

Die oben genannten klimatischen Faktoren sind daher während fast jeder hier vorgestellten Untersuchung an eigens für diesen Zweck errichteten Meßstationen gemessen worden (vgl. Teil 1).

Da jedes Kalenderjahr einen eigenen Witterungsverlauf hat, fast jede Untersuchung in einem anderen Jahr stattfand und noch dazu die Begehungszeiträume unterschiedlich waren, lassen sich die Ergebnisse dieser Messungen schlecht im Vergleich darstellen. Es werden daher beispielhaft die klimatischen Verhältnisse korreliert mit dem Gesamtpilzartenvorkommen einzelner Untersuchungen dargestellt.

2.1.1 Bodennahe Lufttemperatur

Abbildung 1 stellt die Artenzahl und die Temperaturverhältnisse (Minimum- und Maximum-Temperatur) im Jahresverlauf des UG von MÜLLER (1989) dar. Dieses UG wurde ausgewählt, weil es insgesamt die höchste Pilzartenzahl aufwies, aus nur gering voneinander unterschiedenen UF bestand und mit einer hohen Begehungsfrequenz untersucht wurde. Die Zusammenfassung der ermittelten Werte kann in diesem Fall vertreten werden.

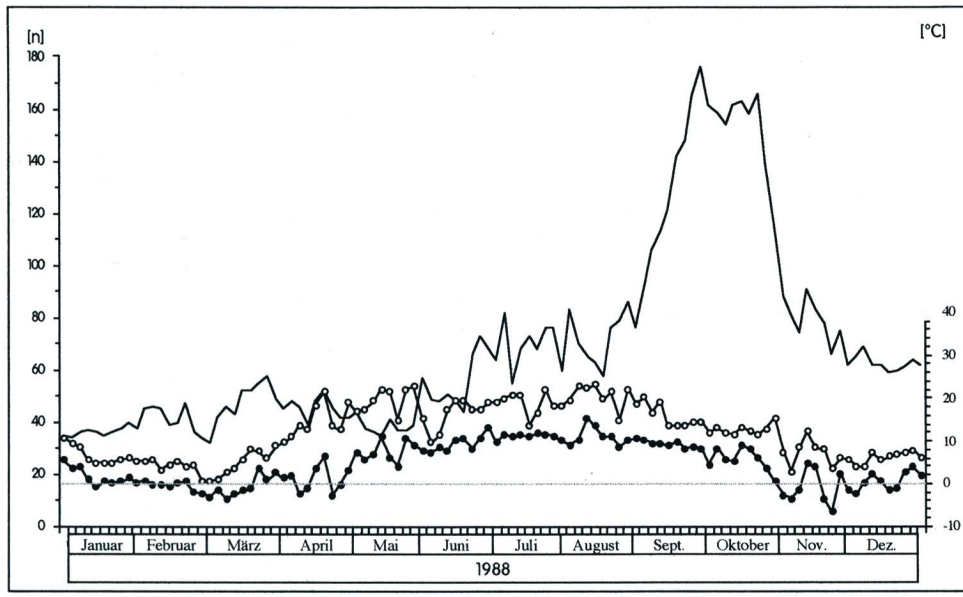

Abb. 1: Artenzahlen (-) sowie Durchschnittswerte der Minimum- (-●-) und Maximum- (-o-) Temperaturen pro Begehungstag (MÜLLER 1989)

Beginnend mit dem Vergleich von Gesamtpilzartenkurve und Minimum- und Maximum-Temperaturkurve fällt zunächst auf, daß alle drei Kurven ab Ende Oktober einen ähnlichen Verlauf zeigen, der durch relativ starke Schwankungen gekennzeichnet ist. Die nähere Betrachtung zeigt, daß immer dann, wenn die Minimum-Temperatur die 0 °C-Isotherme unterschreitet oder zumindest dieser Isotherme sehr nahe kommt, die Pilzartenzahl pro Begehungstag deutlich zurückgeht. Umgekehrt zeigt sich, daß die Pilzartenzahl ansteigt, wenn die Minimum-Kurve die 0 °C-Isotherme wieder deutlich überschreitet. Dabei korreliert die Pilzartenzahl allerdings nicht analog zur Höhe der Temperatur. Die Maximum-Temperatur-Kurve weist in diesem Abschnitt sehr ähnliche Schwankungen auf, u.z. im Bereich der 5 °C-Isotherme; sie korreliert in ähnlichem Maße wie die Minimum-Temperatur-Kurve mit der Gesamtpilzartenzahl pro Begehungstag.

Aufgrund dieser beobachteten Korrelationen kann vermutet werden, daß die Minimum-Temperatur, und in gewisser Hinsicht auch die Maximum-Temperatur, für die Fruktifikation vieler Pilzarten einen limitierenden Faktor darstellt, wenn sie die 0 °C-Isotherme (Minimum-Temperatur) bzw. 5 °C-Isotherme (Maximum-Temperatur) unterschreitet. Bereits MOSER (1958) weist darauf hin, daß niedrige Minimum-Temperaturen den limitierenden Faktor für die Fruktifikation bedeuten; allerdings setzt er die Grenze bei einer durchschnittlichen Minimum-Temperatur von 5 °C an. Diese Grenze kann aufgrund der Pilzfunde in der Untersuchung von MÜLLER (1989) nicht bestätigt werden, da in einigen Untersuchungsflächen bei Minimum-Temperaturen von etwa 1 °C noch frische Fruchtkörper von z.B. *Hygrophorus pustulatus* und *Hygrophorus olivaceoalbus* gefunden wurden. Sobald die Minimum-Temperatur aber die 0 °C-Isotherme unterschritt, blieb die Fruchtkörperbildung auch dieser Arten aus.

Eine mögliche Ursache für dieses Phänomen könnte die herabgesetzte Stoffwechselaktivität der Pilze sein, wodurch die Fruchtkörperbildung gehemmt wird. Das heißt aber nicht, daß bei diesen niedrigen Temperaturen die Fruktifikation der Makromyceten völlig „abgeschal-

tet" ist oder gar die Mycelien Schaden nehmen. Hielten nämlich die Temperaturen nicht allzu lange an - wie es im Untersuchungsjahr von MÜLLER (1989) der Fall war - und wird die kritische Isotherme häufig zeitweise überschritten, steigt die Anzahl der Arten wieder an. Dabei überwiegen dann Arten, die bereits vor dem Kälteeinbruch gefunden wurden, d.h. möglicherweise vorher angelegte Primordien sind nicht geschädigt worden. Dieser Effekt wird im vorgestellten Untersuchungszeitraum durch den eher fehlenden Winter und das dadurch oftmals erfolgende Ansteigen der Temperaturen begünstigt (MÜLLER, PAULY & GERHARDT 1991).

Die Untersuchung des restlichen Jahres im Hinblick auf diesen Effekt ergibt, daß in dem Zeitraum, in dem Schnee und die Minimum-Temperatur lange deutlich unter 0 °C lagen (Ende Februar bis Mitte März), die Minimum-Temperatur in Zusammenhang mit der Maximum-Temperatur für den zunächst erfolgenden Artenrückgang (niedrigster Artenzahlstand [32] des gesamten Untersuchungszeitraumes) verantwortlich ist. Der dann stattfindende Artenzuwachs beginnt gleichzeitig mit dem Ansteigen der Maximum-Temperatur (ab Anfang März); die Minimum-Temperatur befindet sich zu diesem Zeitpunkt noch unter 0°C. Die Arten, die in diesem Zeitraum fruktifizieren, ertragen anscheinend diese tiefen Minimum-Temperaturen, benötigen aber tagsüber eine gewisse Wärmemenge: z.B. *Hypholoma*-Arten, *Strobilurus esculentus, Mycena polygramma, Dasyscyphella nivea, Hyaloscypha leuconica, Mollisia cinerea.*

Nachdem die Minimum-Temperatur die 0 °C-Isotherme wieder überschritten hat (ab Ende März), können auch temperaturempfindlichere Pilze fruktifizieren, so daß die Pilzartenzahl zunächst weiter ansteigt. Dann ist zu erkennen, daß die Artenzahlkurve eher der Minimum- als der Maximum-Temperatur-Kurve folgt. Dies wird deutlich bei der Betrachtung der beiden Punkte, an denen die Minimum-Temperatur die 0 °C-Isotherme wieder unterschreitet (Mitte und Ende April). Die Maximum-Temperatur liegt in diesem Zeitraum immer über 12°C, d.h. sie kann nicht der bestimmende Faktor sein. Diese Rolle fällt offensichtlich der Minimum-Temperatur zu, ähnlich wie am Jahresende. Dieses Phänomen ist in ähnlicher Weise bei HÖLSCHER (1988), PAULY (1991) und KLAR (1995) zu beobachten.

Es kann also bestätigt werden, daß die Minimum-Temperatur für die Fruktifikation vieler Pilzarten einen limitierenden Faktor darstellt, sobald sie eine bestimmte Isotherme unterschreitet. Wie aus Abbildung 1 zu ersehen ist, weist vieles darauf hin, daß die limitierende Wirkung eintritt, wenn die 0 °C-Isotherme unterschritten wird. Dies stützt die Beobachtung vieler Autoren (z.B. FRIEDRICH 1940, HÖFLER 1954, KRIEGLSTEINER 1977), daß die ersten Fröste im Herbst die Fruktifikation vieler Pilzarten unterbinden. Das gleiche gilt für die Spätfröste im Frühjahr.

Durch die Betrachtung der Temperatur-Kurven ist aber nicht der gesamte Verlauf der Gesamtartenzahlkurve zu erklären. Der Bereich zwischen den ersten und letzten Wochen des Untersuchungsjahres scheint weniger temperaturabhängig zu sein.

2.1.2 Niederschlag

Auch der Niederschlag hat einen großen Einfluß auf die Fruktifikation der Makromyceten (KRIEGLSTEINER 1977, AGERER 1985). Bei der folgenden Diskussion wurde aus oben genannten Gründen ebenfalls auf die Ergebnisse von MÜLLER (1989) zurückgegriffen.

Die Betrachtung von Abbildung 2 zeigt, daß ein Großteil der Korrelation des Niederschlages mit den Pilzartenzahlen auf einem Abfall der Artenkurve bei nicht erfolgtem Niederschlag beruht. Dies wird besonders deutlich in dem Zeitraum von Mitte Juni bis Anfang September, in dem die Artenzahlkurve stark und unregelmäßig schwankt. Praktisch jeder Artenrückgang innerhalb dieses Zeitraumes korreliert mit fehlendem oder extrem geringem Niederschlag.

Auch in den vorhergehenden Monaten April und Mai, in denen sehr wenig Niederschlag fiel, zeigt sich ein kontinuierlicher Abfall der Artenkurve. Gelegentlich auftretende Niederschläge im April unterbrechen diesen Artenrückgang kurzfristig. Genauso verhält es sich mit der Trockenphase im August; die Artenzahl fällt stetig, und da zwischendurch keine Niederschläge zu verzeichnen sind, ist dies noch deutlicher zu erkennen.

Jede dieser Phasen wird beendet durch relativ starken Niederschlag, der einen deutlichen Anstieg der Pilzartenkurve zur Folge hat. Eine auffällige Ausnahme ist die fast niederschlagsfreie Zeit zwischen Mitte Oktober und Mitte November: Zunächst bleibt die Pilzartenzahl auf dem hohen Niveau und steigt dann Ende Oktober noch einmal deutlich an. Danach folgt zwar ein starker Artenrückgang, aber der nachfolgende Wiederanstieg der Artenzahl korreliert nicht mit dem Niederschlag, so daß auch der Zusammenhang zwischen dem Abfall der Pilzartenkurve und dem fehlenden Niederschlag in diesem Zeitraum bezweifelt werden darf. Dies ergibt sich aus dem Vergleich mit den beiden anderen Trokkenphasen, in denen der Abfall der Artenkurve wesentlich schneller auf das Fehlen des Niederschlages erfolgt und bei denen dann ein Anstieg mit einsetzendem Niederschlag stattfindet.

Der Einfluß des Niederschlages scheint bei hohen Temperaturen am deutlichsten zu sein. Dies läßt sich am Vergleich der beiden Trockenphasen April/Mai und August feststellen. In der trockenen Frühjahrsphase ist der Rückgang der Arten vergleichsweise schwach. Die Maximum-Temperaturen sind relativ hoch, die Minimum-Temperaturen jedoch relativ niedrig. Im August sind sowohl die Minimum- als auch die Maximum-Temperaturen hoch, d.h. die Verdunstung der Pilzfruchtkörper ist höher und der Abfall der Pilzartenkurve entsprechend stärker.

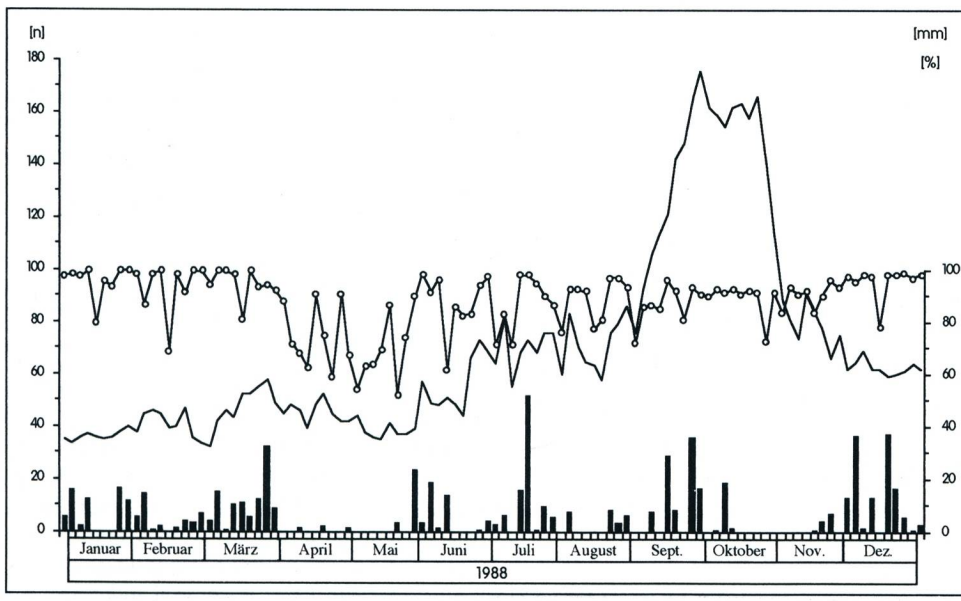

Abb. 2: Artenzahlen (-) und Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchtigkeit (-o-) und des Niederschlages (▮) pro Begehungstag (MÜLLER 1989)

Auch in hier nicht ausführlich angesprochenen Zeiträumen läßt sich ein, wenn auch eher undeutlicher Zusammenhang zwischen Pilzartenzahl und Niederschlag erkennen (z.B. im März). Dies gilt aber nicht für das Jahresende; hier führt Niederschlag zu keinerlei Reaktion der Pilzartenkurve. Wie bereits besprochen, wirkt in diesem Zeitraum die Temperatur als limitierender Faktor für die Fruchtkörperbildung.

Aus den eben erfolgten Betrachtungen kann geschlossen werden, daß der Niederschlag bzw. die Feuchtigkeit, die er zur Verfügung stellt, ein sehr wichtiger Faktor für die Fruktifikation von Pilzen ist. Dabei ist allerdings nicht die Menge, sondern die Verteilung der Niederschläge ausschlaggebend; kurze Regengüsse haben nicht den gleichen positiven Effekt wie längere, gleichmäßige Niederschläge, da nur durch letztere die Speicherkapazität des Bodens ausgenutzt werden kann (KRIEGLSTEINER 1977). Im Sommer spielt der Niederschlag offenbar eine größere Rolle als im Herbst und im Winter. In Zeiten, in denen die Feuchtigkeit aufgrund hoher Temperaturen schnell verbraucht ist und auch keine neue mehr hinzukommt, wird die Fruchtkörperbildung der meisten Makromyceten sehr schnell eingestellt. Allerdings können viele Pilze gerade in diesem Zeitraum besonders rasch auf auftretende Niederschläge reagieren. Dazu gehören v.a. viele kleinere Pilzarten wie z.B. Arten der Gattungen *Mycena, Coprinus* und *Marasmius*. Da diese Pilze aber gleichzeitig sehr austrocknungsgefährdet sind, verschwinden sie bei fehlendem Niederschlag wieder sehr schnell.

Nach der Diskussion der Einflüsse von Temperatur und Niederschlag sind aber immer noch nicht alle Bereiche der Artenkurve in den Abbildungen 1 und 2 hinreichend erklärt.

2.1.3 Relative Luftfeuchtigkeit

Neben der Temperatur und dem Niederschlag kann auch die relative Luftfeuchtigkeit als beeinflussender Faktor für die Fruktifikation von Pilzen betrachtet werden (MOSER 1962, KRIEGLSTEINER 1977).

Aus Abbildung 2 läßt sich erkennen, daß die relative Luftfeuchtigkeit zunächst immer dort mit der Pilzartenkurve korreliert, wo schon eine Korrelation mit dem Niederschlag erfolgte; und zwar immer dann, wenn die Luftfeuchtigkeit mit dem Niederschlag selbst korreliert. Interessant wird die Betrachtung der relativen Luftfeuchtigkeit in diesem Zusammenhang daher erst dann, wenn sie nicht mit dem Niederschlag zusammenpaßt. In diesen Zeiträumen läßt sich die Pilzartenzahl gut mit der relativen Luftfeuchtigkeit korrelieren. Mitte Mai steigt sie auf über 92%, und die Artenzahl erhöht sich auf 42, obwohl der Niederschlag ausbleibt. Andererseits fällt Ende Mai die Luftfeuchtigkeit wieder auf etwa 51% ab, und gleichzeitig kommt es zu einem Artenrückgang auf 37 Arten, obwohl es, wenn auch wenig, geregnet hat. Besonders deutlich wird dies zu Beginn der bereits angesprochenen Phase von Mitte bis Ende Oktober: Während der Niederschlag in diesem Zeitraum fehlt, bleibt die Luftfeuchtigkeit konstant hoch (um 90%); dies ist wahrscheinlich bedingt durch die gleichbleibende, relativ niedrige Maximum-Temperatur und die zu dieser Jahreszeit typischen Tau- und Nebelbildungen. Diesem Verhalten der relativen Luftfeuchtigkeit entspricht das mehr oder weniger gut ausgebildete Plateau in der Pilzartenkurve. So erklärt sich, warum die Pilze nicht auf den fehlenden Niederschlag reagieren; durch die gleichbleibend hohe Luftfeuchtigkeit steht ihnen offenbar genügend Feuchtigkeit für die Fruktifikation zur Verfügung. An dem Punkt, an dem die Luftfeuchtigkeit wieder abfällt (Ende Oktober auf etwa 73%), fällt auch die Pilzartenkurve stark ab. Letzteres kann eigentlich nicht auf die Temperaturen zurückgeführt werden, da zum einen die Minimum-Temperatur noch nicht extrem gefallen und zum anderen die Maximum-Temperatur sogar noch etwas gestiegen ist.

Es kann daher vermutet werden, daß zumindest im Herbst die Luftfeuchtigkeit indirekt über das Substrat zur Fruchtkörperbildung genutzt werden kann. Eine weitere Schlußfolgerung ist, daß die Luftfeuchtigkeit als Maß für das Zusammenspiel von Temperatur und Niederschlag, also als Maß für den Transpirationsdruck, dem die Pilze unterliegen, aufgefaßt werden kann. Das bedeutet, je höher der Transpirationsdruck ist, desto weniger Pilze können fruktifizieren; ein geringer Transpirationsdruck fördert die Fruchtkörperbildung der meisten Arten (MOSER 1962, 1964). So kann auch der Transpirationsdruck, der sich über die Luftfeuchtigkeit ermitteln läßt, für die Fruktifikation der Pilze ein limitierender Faktor sein.

Hierdurch ergibt sich auch eine vermutete Begründung für den Herbst als Hauptpilzzeit: In dieser Jahreszeit ist der Transpirationsdruck über längere Zeit sehr gering. Die hohe Luftfeuchtigkeit stellt auch bei ausbleibendem Niederschlag genügend Feuchtigkeit zur Fruchtkörperstreckung zur Verfügung. Zusätzlich sind auch die Temperaturen noch nicht zu gering bzw. nicht mehr zu hoch. Es ergeben sich also für viele Pilze langanhaltende gute Fruktifikationsbedingungen, wie sie sonst das ganze Jahr über nicht herrschen.

2.1.4 Zusammenwirken der klimatischen Faktoren

Die Erläuterungen unter 2.1.1 bis 2.1.3 erklären die starke Abhängigkeit der Fruktifikation von klimatischen Faktoren. Nach WILKINS & HARRIS (1946) wären die meisten Pilze dazu in der Lage, zu jeder Jahreszeit zu fruktifizieren, wenn die erforderlichen klimatischen Bedingungen gegeben wären.

Insgesamt wird deutlich, daß die Fruktifikation der Pilze u.a. von verschiedenen klimatischen Faktoren beeinflußt wird, wobei sich je nach Jahreszeit unterschiedlich starke Beeinflussungen ergeben. Im Sommerhalbjahr kann ein überwiegend direkter Einfluß des Niederschlags festgestellt werden; für die günstigen Fruktifikationsbedingungen des Herbstes scheinen v.a. die hohe relative Luftfeuchtigkeit und der daraus resultierende geringe Transpirationsdruck verantwortlich zu sein. Im Winter überwiegt der Einfluß tiefer, den Gefrierpunkt unterschreitender Minimum-Temperaturen.

Um jedoch genauere Aussagen über verschiedene Pilzgruppen oder sogar einzelne Arten machen zu können, sind differenziertere Messungen, möglichst am Ort der Fruchtkörperbildung, durchzuführen.

2.2 Die edaphischen Faktoren

Der Boden stellt nicht nur ein wichtiges Substrat für die in ihm lebenden Pilze (z.B. humuszehrende Arten, Mykorrhizapilze) dar, viele Parameter (z.B. der Carbonatgehalt oder die Azidität) haben auch Einfluß auf holz- und streuzersetzende Arten (KRIEGLSTEINER 1982). Daher ist die Charakterisierung des Bodens innerhalb mykologischer Freilanduntersuchungen von äußerster Wichtigkeit. Da sich das Medium Boden aus verschiedenen Schichten zusammensetzt, scheint es notwendig, differenziertere Untersuchungen durchzuführen, die zumindest zwischen O-Horizont (Streuschicht), A-Horizont (Auswaschungs- oder Eluvialhorizont) und B-Horizont (Einwaschungs- oder Illuvialhorizont) unterscheiden.

In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen Ergebnisse der edaphischen Untersuchungen zusammenfassend dargestellt. Im folgenden sollen ausgewählte Parameter näher erläutert werden.

2.2.1 Der Carbonatgehalt

Nährstoff- und Basenversorgung der Böden hängen i.a. von den Eigenschaften des Ausgangsgesteines ab, aus dem sie sich entwickelt haben. So ist Kalkgestein gewöhnlich basen-

Untersuchung / edaph. Faktor	KOCH & POLLMANN (1985)	HÖLSCHER (1988)	MÜLLER (1989)	PAULY (1991)	KLAR (1994)	HÖLNIGK (1994)
Ausgangsgestein	*Sand*	*Kreidekalk*	*Muschelkalk*	*Muschelkalk*	*Sand*	*Sand*
Bodentyp	—	—	*überwiegend Parabrauner-den*	*überwiegend Parabrauner-den/Pelosole*	*überwiegend Ranker-Podsol-Böden*	*überwiegend Ranker-Podsol-Böden*
Carbonatgehalt [Gew.-%]	—	—	*carbonatarm (0,5–2) bis schwach carbonathaltig (2–4)*	*carbonatarm (0,5–2) bis schwach carbonathaltig (2–4)*	*carbonatarm (0,5–2)*	*carbonatarm (0,5–2)*
Maximale Wasserkapazität [Gew.-%]	—	*(20 - 40)*	*10 – 13*	*10 – 14*	*11 - 15*	*20 - 30*
pH-Wert O-Horizont	—	—	*4,1 – 5,2*	*4,8 – 6,0*	*4,8 – 5,8*	—
pH-Wert A-Horizont	*3,5 – 4,5*	*4,5 –5,5*	*3,8 – 6,3*	*4,2 – (6,1)*	*4,7 – (6,1)*	*4,6 – (7,1)*

Tab. 1: Die Ergebnisse der edaphischen Messungen (Durchschnittswerte)

reich, während Sande eher als basenarm einzustufen sind. Daß der Carbonatgehalt von A- und B-Horizont in den UG von KLAR (1995) und HÖLNIGK (1995) sehr niedrig ist, geht mit den Literaturangaben für sandige Ausgangsgesteine konform (MÜCKENHAUSEN 1985).

Die Werte der Arbeiten von MÜLLER (1989) und PAULY (1991) erstaunen daher zunächst, handelt es sich beim Ausgangsgestein doch um Muschelkalk: A- und B-Horizont sind nur schwach carbonathaltig. Bezüglich der Arbeit von MÜLLER (1989) ließe sich dies u.a. möglicherweise auf den Einfluß der Gerbsäure enthaltenden herabgefallenen Nadeln zurückführen. Andererseits könnte der geringe Carbonatgehalt aber auch von einer vermehrten H_3O^+-Ionenzufuhr durch versauerte Niederschläge herrühren. Zunehmende Versauerung bewirkt eine verstärkte Lösungsverwitterung der Carbonate, die dann leichter ausgewaschen werden können. Der Einfluß des kalkhaltigen Untergrundes wird somit vermindert. Dies könnte auch ein Grund für den geringen Carbonatgehalt des UG von PAULY (1991) sein.

Die Untersuchung des Carbonatgehaltes hat insofern Aufschlüsse bezüglich des Pilzvorkommens gegeben, als daß die in den UG gefundenen Arten eher basenärmere Standorte bevorzugen bzw. bezüglich des Basengehaltes keine besonderen Ansprüche stellen. Daß aber der Carbonatgehalt eines Bodens nicht der limitierende Faktor für das Vorkommen einer Art sein muß, wird dadurch deutlich, daß einige Pilzarten sowohl auf basenreichen als auch auf sauren Böden vorkommen (z.B. *Boletus edulis* (KRIEGLSTEINER 1982), *Russula violeipes* (KRIEGLSTEINER 1987)). KRIEGLSTEINER (1987) vermutet, daß „nicht einmal so sehr die tatsächliche Anwesenheit des Ca-Ions oder entsprechender Ionen-Kombinationen, sondern die (dadurch oder anders verursachte) Abwesenheit (bzw. nieder gehaltener) Konzentrationen giftiger Metall-Ionen" Mycelwachstum und Fruktifikation der kalkliebenden Arten ermöglichen. Wenn das Vorkommen sogenannter kalkliebender Arten tatsächlich eher vom Fehlen giftiger Ionen als vom Vorhandensein der Ca-Ionen abhängt, so müssen in Zukunft bei der Beurteilung auch Exposition und naturräumliche Lage des jeweiligen Standortes mit einbezogen werden. KRIEGLSTEINER (1981) schreibt dazu: „im Gebirge, wo starke Niederschläge [...] für entsprechende Verdünnung und Auswaschung [...] giftiger Ionen sorgen, mag somit eine 'breitere ökologische Amplitude' als im Flachland, in nieder-

Arten	KOCH (1985)	HÖLSCHER (1988)	MÜLLER (1989)	PAULY (1991)	KLAR (1994)	HÖLNIGK (1994)	Quelle
Calocybe gambosa	—	x	x	—	x	x	4
Clitocybe nebularis	x	x	x	x	x	—	5
Clitocybe phaeophthalma	—	x	—	—	—	x	11
Collybia butyracea	x	x	x	x	x	x	3
Cystolepiota sistrata	—	—	x	x	—	—	11
Geastrum fimbriatum	—	x	x	—	—	—	2
Hygrophorus agathosmus	—	—	x	—	—	—	8
Hygrophorus eburneus	—	x	—	x	—	—	10
Inocybe asterospora	—	—	—	x	x	—	12
Inocybe bongardii	—	x	x	x	—	—	8
Inocybe obscura	—	—	x	—	—	—	8
Inocybe rimosa	—	x	x	x	x	x	9
Lactarius ichoratus	—	—	x	—	—	—	5
Lepiota aspera	—	x	x	—	x	x	10
Lepiota castanea	—	—	—	x	—	—	1
Lycoperdon echinatum	x	x	—	x	—	x	10
Lycoperdon molle	—	x	x	x	—	—	2
Macrocystidia cucumis	x	—	x	—	x	—	4
Macrolepiota procera	—	—	x	x	—	x	5
Marasmius wynnei	x	x	x	x	—	—	4
Melanoleuca melaleuca	x	x	x	x	x	x	10
Psathyrella corrugis	—	x	x	x	—	x	10
Russula aurata	—	—	x	—	—	—	4
Russula integra	—	—	x	—	—	—	6
Russula nauseosa	—	—	x	—	x	x	6
Russula rosacea	—	—	—	x	x	—	5
Russula viscida	—	—	x	x	—	—	7
Stropharia caerulea	—	x	x	x	x	x	5

Tab. 2: In der Literatur als calciphil eingestufte Arten und ihr Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsgebieten; grau unterlegt: Arten, die in allen UG vorkommen (Quellen: 1 - ENDERLE ET AL. 1989; 2 - GROSS ET AL. 1980; 3 - HAAS 1979; 4 - KRIEGLSTEINER 1981; 5 - KRIEGLSTEINER 1984; 6 - KRIEGLSTEINER 1987; 7 - MICHAEL ET AL. 1983; 8 - MICHAEL ET AL. 1985; 9 - RICEK 1981; 10 - RUNGE 1981; 11 - RUNGE 1986; 12 - STANGL 1989)

schlagsarmen oder abflußträgen Lagen konstatiert werden". Diese Vermutung kann zumindest tendenziell bestätigt werden, wenn auch zur Sicherung ausführlichere Untersuchungen stattfinden sollten.

Tabelle 2 zeigt einige, laut Literatur typische calciphile Arten und ihr Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsgebieten. Bei einigen Arten können die Literaturangaben bestätigt werden: *Geastrum fimbriatum, Hygrophorus eburneus, Inocybe bongardii* und *Lycoperdon molle* kommen ausschließlich in den UG mit kalkhaltigem Ausgangsgestein vor. Dabei scheint es für die Arten unerheblich zu sein, ob der Oberboden versauert ist oder nicht. Letzteres kann von *Russula viscida, Lactarius ichoratus* und *Inocybe obscura* jedoch nicht ohne nähere Überprüfung behauptet werden. Denn diese Arten kommen zwar auf Kalk, aber nur in den UG von MÜLLER (1989) und PAULY (1991), nicht bei HÖLSCHER (1988) vor. Die anderen aufgelisteten Arten scheinen nicht auf das Vorhandensein eines bestimmten Untergrundes festgelegt zu sein, sie kommen sowohl auf kalkhaltigen als auch auf kalkfreien Untergründen vor. Ganz deutlich wird dies bei *Clitocybe nebularis* und *Melanoleuca melaleuca*; die diesbezüglichen Angaben in der Literatur können nicht bestätigt werden.

Diese nur knapp dargestellten Ergebnisse zeigen ganz deutlich, daß tiefergehende Untersuchungen bezüglich der Präferenz einiger Pilzarten für bestimmte Ausgangsgesteine durchgeführt werden und daß diese Ausgangsgesteine nicht allein ausschlaggebend für das Vorkommen bestimmter Arten sein müssen. V.a. Mykorrhizapilze sind in erster Linie aufgrund des Vorhandenseins ihres Symbiosepartners in bestimmten Gebieten anzutreffen.

2.2.2 Die maximale Wasserkapazität

Als maximale Wasserkapazität bezeichnet man die „höchste adsorptiv und kapillar gebundene Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft zurückzuhalten vermag" (STEUBING & FANGMEIER 1992). In einigen Untersuchungen, in denen diese Messung durchgeführt wurde, wurden relativ geringe Werte ermittelt.

Da die Wasserkapazität in dem Maße zunimmt wie die Bodenteilchen kleiner werden, ist der geringe Wert bei KLAR (1995) nicht verwunderlich: Sand ist ein grobkörniges Material und vermag nur wenig Wasser zu halten. Ein magerer Sandboden ist aber bereits bei etwa 20-30 Gewichtsprozenten wassergesättigt (STEUBING & FANGMEIER 1992), so daß die von KLAR ermittelten Werte bezüglich des Pilzvorkommens durchaus akzeptabel sind.

Obwohl KOCH & POLLMANN (1985) keine diesbezüglichen Untersuchungen durchgeführt haben, kann aufgrund dieser Ergebnisse auf ähnliche Werte geschlossen werden (GERHARDT, KOCH & POLLMANN 1988).

Auch in den Bodenschichten der UG von MÜLLER (1989) und PAULY (1991) sind gewisse Anteile von Sand enthalten, was geringere Wasserkapazitäten zumindest wahrscheinlich erscheinen läßt. Daß die Werte von MÜLLER (1989) und PAULY (1991) so extrem gering ausgefallen sind, könnte möglicherweise auf ein benachbartes Karstgebiet zurückzuführen sein. Durch die hohe Saugspannung des porösen Kalkuntergrundes wird dem Oberboden viel Wasser entzogen, wodurch das Wasserhaltevermögen des Bodens stark beeinträchtigt wird.

Die Werte von HÖLINGK (1995) und HÖLSCHER (1988) liegen im Gegensatz dazu wesentlich höher. Die Untersuchungsflächen von HÖLNIGK waren Rasenflächen, die an vielen Stellen mit Moospolstern durchsetzt sind, wodurch es i.a. zu einer starken Wasseranreicherung der obersten Bodenschichten kommt. Dies erklärt die höheren Werte im Vergleich zu den UF von KLAR (1995).

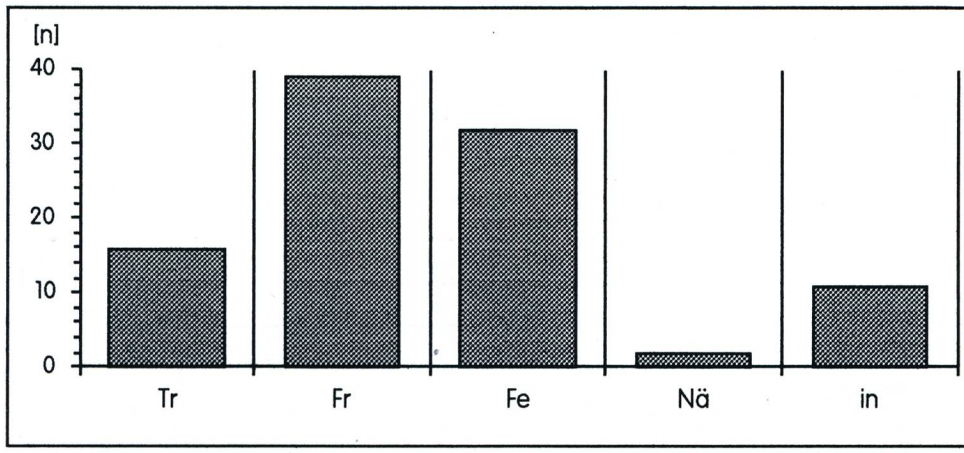

Abb. 3: Verteilung der Arten im Gesamtuntersuchungsgebiet, zu denen in der Literatur Angaben zum bevorzugten Feuchtigkeitsgehalt vorhanden waren (Tr - Trockenzeiger; Fr - Frischezeiger; Fe -Feuchtezeiger; Nä - Nässezeiger; in - indifferente Arten

Die Werte von HÖLSCHER (1988) sind nur bedingt vergleichbar, da es sich hier um Bodenfeuchtemessungen mit Hilfe eines CM-Gerätes handelte. Die so ermittelten Werte liegen gewöhnlich etwas unter denen des Trockenschrankverfahrens. Nach FRIEDRICH (1940) soll die optimale Bodenfeuchte für das Fruktifizieren von Pilzen in Buchenwäldern zwischen 25 und 40 % liegen. Somit wären bei HÖLSCHER diesbezüglich gute Bedingungen gegeben.

In Abbildung 3 ist dargestellt, wie sich die 100 Arten, zu denen aus der Literatur Angaben zum bevorzugten Feuchtigkeitsgehalt entnommen werden konnten, über das Gesamtuntersuchungsgebiet verteilen. Das sind zwar nur 12,56% aller gefundenen Arten, doch läßt sich eine generelle Tendenz ablesen. Den höchsten Anteil nehmen die Frische- und auch Feuchtezeiger ein. Nässezeiger kommen nur wenige vor (z.B. *Mycena acicula*), so bei HÖLSCHER (1988) und KLAR (1995). Das Vorkommen von *Mycena acicula* bei KLAR ist vermutlich auf einen Sonderstandort zurückzuführen. Es sei denn, intensivere Untersuchungen bestätigen diese Art nicht als Nässezeiger. Die Trockenzeiger nehmen ebenfalls einen geringen Anteil ein; sie sind vorzugweise von MÜLLER (1989), PAULY (1991) und KLAR (1995) gefunden worden. Insgesamt gesehen bietet also die Wasserversorgung der untersuchten Böden mäßige bis gute Lebensmöglichkeiten für Pilze. Da Pilzmycelien jedoch noch bei ca. 2-7% der maximalen Wasserkapazität eines Bodens längere Zeit überleben und dann bei auftretendem Niederschlag fruktifizieren können, sind auch bei derart geringen Werten wie bei MÜLLER (1989), PAULY (1991) und KLAR (1995) nicht unbedingt negative Auswirkungen auf das Pilzvorkommen zu erwarten (SCHMITT 1987). Dies wird bestätigt durch die hohe Gesamtartenzahl (796), von der immerhin insgesamt 516 Arten (64,7%) auf den Boden als unmittelbaren Lebensraum angewiesen sind (vgl. Teil 1). Viele der gefundenen Arten scheinen mit den gegebenen Wasserverhältnissen zurechtzukommen; *Clitocybe clavipes, Lactarius rufus, Lepista flaccida, Lepista nuda, Marasmius oreades, Russula cyanoxantha* u.a. Arten gelten sogar als ausgesprochene Trockenzeiger (KRIEGLSTEINER 1981, 1984; MOSER 1965). Die genannten Arten sind vorwiegend in den Untersuchungsgebieten von MÜLLER (1989), PAULY (1991) und KLAR (1995), also den Gebieten mit geringer maximaler Wasserkapazität, gefunden worden.

Arten	KOCH (1985)	HÖLSCHER (1988)	MÜLLER (1989)	PAULY (1991)	KLAR (1994)	HÖLNIGK (1994)	Quelle
Agrocybe praecox	x	x	—	x	x	x	2
Amanita muscaria	x	—	x	x	x	x	3
Amanita pantherina	x	—	—	—	x	x	2
Amanita rubescens	x	—	x	x	x	x	3
Amanita vaginata	—	—	—	x	—	x	3
Clitocybe fragrans	—	—	x	x	x	x	3
Clitocybe nebularis	x	x	x	x	x	x	3
Clitocybe odora	—	x	—	x	—	—	1
Clitocybe phyllophila	x	—	x	x	x	x	3
Collybia butyracea	x	x	x	x	x	x	3
Lactarius blennius	x	x	—	x	—	x	3
Lactarius subdulcis	x	x	—	x	x	—	3
Limacella guttata	—	x	—	x	—	—	1
Marasmius cohaerens	—	x	—	x	—	—	3
Megacollybia platyphylla	x	x	x	x	x	—	1
Mycena epipterygia	x	x	x	x	x	x	2
Mycena rosella	—	—	x	—	x	—	5
Psathyrella piluliformis	x	x	x	x	x	—	1
Russula atropurpurea	—	—	—	x	x	—	4
Russula puellaris	—	—	x	x	x	—	1
Russula xerampelina	—	—	x	—	x	—	4
Stropharia aeruginosa	x	—	x	x	x	x	3
Stropharia caerulea	—	x	x	x	x	x	3

Tab. 3: In der Literatur als Frischezeiger eingestufte Arten und ihr Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsgebieten; grau unterlegt: Arten, die in allen UG vorkommen (Quellen: 1 - KRIEGLSTEINER 1981; 2 - KRIEGLSTEINER 1982; 3 - KRIEGLSTEINER 1984; 4 - KRIEGLSTEINER 1987; 5 - MICHAEL ET AL. 1987)

In Tabelle 3 sind einige häufig vorkommende Arten aufgelistet, zu denen der Literatur Angaben zum bevorzugten Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, hier Frischezeiger, entnommen werden konnten. Trotz der z.T. unterschiedlichen maximalen Wasserkapazität kommen z.B. *Clitocybe fragrans* und *Mycena epipterygia* in jedem Untersuchungsgebiet vor. *Psathyrella piluliformis* dagegen kommt in allen UG vor, mit Ausnahme des Untersuchungsgebietes von HÖLINGK (1995); möglicherweise ist es dort bereits zu feucht für diese Art. *Russula puellaris* ist nur in den Untersuchungsgebieten gefunden worden, in denen niedrige Werte zur maximalen Wasserkapazität gemessen wurden (MÜLLER 1989, PAULY 1991, KLAR 1995).

Die vorhandenen Wasserverhältnisse in diesen Gebieten reichen aber offensichtlich aus, um die Ansiedlung und Fruktifikation von Frischezeigern zu ermöglichen. Andererseits scheinen die anderen Untersuchungsgebiete (KOCH & POLLMANN 1985, HÖLSCHER 1988, HÖLINGK 1995) für diese Art wiederum zu feucht zu sein. Dennoch muß auch hier bedacht werden, daß Mykorrhizapilze in erster Linie aufgrund des Vorhandenseins ihres Symbiosepartners anzutreffen sind, so daß ihre Tauglichkeit bezüglich der Bioindikation möglicherweise zu überdenken ist.

2.2.3 Die aktuelle Azidität

Der pH-Wert kennzeichnet die saure, neutrale und alkalische Reaktion des Bodens. Er ist ein Maß für die Menge der H^+-Ionen in der Bodenlösung; je größer der Anteil der H^+-Ionen ist, desto saurer ist die Bodenreaktion. Die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens kann in vielen Fällen als Indikator für die Mineralstoffversorgung eines Standortes gewertet werden.

Bezüglich der pH-Werte von Streuschicht und A-Horizont treten in allen Untersuchungsgebieten z.T. erhebliche Schwankungen auf (vgl. Tab. 1). In einigen Einzelflächen liegen die Extremwerte bisweilen mehr als 2 pH-Wert-Stufen auseinander (z.B. bei MÜLLER 1989, PAULY 1991). Derartige Schwankungen sind v.a. auf mikrobielle Aktivitäten zurückzuführen und können selbst im Verlauf eines Tages durch die Tätigkeit der Bodenorganismen auftreten (HOFMEISTER 1983). Daher scheint es wenig sinnvoll, den Verlauf einzelner Kurven detailliert zu besprechen. Die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen können im Prinzip nur dazu genutzt werden, Tendenzen der Bodenreaktion in den verschiedenen Untersuchungsgebieten aufzuzeigen und so eine Bewertung von Qualität und Mineralstoffversorgung der Gebiete zu erreichen. Eine direkte Korrelation mit den Pilzarten ist schon allein aufgrund der Untersuchungsmethode (Herstellung von Mischproben) nicht möglich.

Um aber zu veranschaulichen, wie der pH-Wert im Laufe eines Jahres schwanken kann, ist in Abb. 4 der pH-Wert-Verlauf im Boden eines typischen Kalkbuchenwaldes (PAULY 1991) dargestellt.

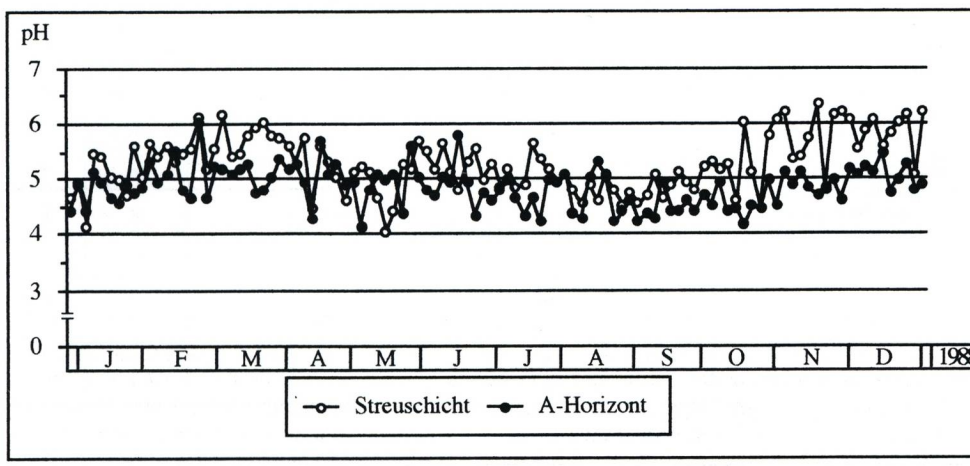

Abb. 4: pH-Werte von Streuschicht und A-Horizont pro Begehungstag einer UF (Buchenhallenwald) von PAULY (1991)

Die Streuschicht weist i.d.R. pH-Werte zwischen 5 und 6 auf; bisweilen werden auch Werte unter 5 erreicht. Generell zeigt die Streuschicht der von PAULY (1991) untersuchten Buchenbestände gegen Ende des Jahres stärkere Schwankungen und weist höhere pH-Werte auf als während der restlichen Untersuchungszeit. Die Tendenz geht dabei in Richtung der neutralen Reaktion. Dies mag mit der Zersetzung der frisch gefallenen Blätter zusammenhängen, die zudem im Verlauf der Untersuchungszeitraumes einem starken Ammonium-Eintrag durch den Niederschlag ausgesetzt waren. Der pH-Wert des A-Horizontes liegt in den Buchenbeständen etwas niedriger. Prinzipiell liegt die Bodenreaktion der untersuchten Buchenbestände im mäßig sauren Bereich. Die Nährstoffversorgung dürfte während des Untersuchungszeitraumes als gut, die Aktivität der Bodenorganismen als mäßig hoch bis hoch einzustufen sein. Trotz des kalkhaltigen Ausgangsgesteins ist der Oberboden relativ sauer. Dies zeigt sich auch recht deutlich bei der Betrachtung der Jahresdurchschnittswerte (Tab. 1). Noch deutlicher wird dies durch die ermittelten Werte von MÜLLER (1989). Der Oberboden ist durch die herabfallenden Nadeln bereits so stark versauert, daß die pH-Werte in beiden untersuchten Bodenschichten mehrheitlich um 4 pendeln. Laut Literatur (HERDER 1984-88) wird der Streuabbau unterhalb eines pH-Wertes von 5 gebremst, bei einem Wert von etwa 4 kommt er völlig zum Erliegen. Dies sollte sich erfahrungsgemäß eher negativ auf das Pilzvorkommen auswirken, doch gerade die Untersuchung von MÜLLER (1989), die ausschließlich Coniferenforste bearbeitete, brachte die höchste Pilzartenzahl im Vergleich mit den anderen hier vorgestellten Unersuchungen hervor. Der Kalkuntergrund scheint also doch noch einen gewissen neutralisierenden Einfluß zu haben; es wurden fast ebenso viele

Arten	KOCH (1985)	HÖLSCHER (1988)	MÜLLER (1989)	PAULY (1991)	KLAR (1994)	HÖLNIGK (1994)	Quelle
Amanita muscaria	x	—	x	x	x	x	7
Amanita rubescens	x	—	x	x	x	x	8
Clitocybe clavipes	—	x	x	x	x	x	5
Collybia maculata	x	x	x	x	x	—	1
Lactarius rufus	x	—	—	—	x	x	7
Lactarius turpis	x	—	x	—	x	x	9
Lepista flaccida	x	x	x	x	x	x	7
Mycena galopus	x	x	x	x	x	x	4
Paxillus involutus	x	x	x	x	x	x	6
Psilocybe montana	—	—	—	—	x	x	2
Russula atrorubens	—	—	x	x	—	—	7
Scleroderma citrinum	x	—	—	—	x	x	3
Stropharia aeruginosa	x	—	x	x	x	x	7
Thelephora terrestris	x	—	x	x	x	x	2

Tab. 4: In der Literatur als acidophil eingestufte Arten und ihr Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsgebieten; grau unterlegt: Arten, die in allen UG gefunden wurden (Quellen: 1 - BREITENBACH & KRÄNZLIN 1991; 2 - DERBSCH & SCHMITT 1987; 3 - GROSS ET AL. 1980; 4 - HAAS 1971; 5 - HAAS 1979; 6 - KRIEGLSTEINER 1982; 7 - KRIEGLSTEINER 1984; 8 - RICEK 1981; 9 - RUNGE 1981)

ebenso viele Kalk- wie Säurezeiger gefunden. Besonders deutlich wird dies durch die gefundenen „Doppelzeigerarten" *Boletus edulis, Lactarius deterrimus* und *Russula violeipes* (KRIEGLSTEINER 1981, 1982, 1987).

Tabelle 4 listet einige in der Literatur als acidophil eingestufte Pilzarten auf. *Lepista flaccida, Mycena galopus* und *Paxillus involutus* gelten als säureliebende Arten (HAAS 1971, KRIEGLSTEINER 1982, 1984). Sie kommen in allen Untersuchungsgebieten vor, und zwar mit hohen Fruchtkörperzahlen, pH-Werte von 3,5 bis 6,3 (vgl. Tab. 1), also Werte, die bis in den neutralen Bereich hineinreichen (KRIEGLSTEINER 1993), können von ihnen vertragen werden. Es ist fraglich, ob diese Arten weiterhin als acidophil bezeichnet werden können. *Scleroderma citrinum* dagegen scheint tatsächlich auf saure Standorte festgelegt zu sein; diese Art kommt nur in den Sandgebieten vor. Hier muß man aber sorgfältig unterscheiden, ob das Vorkommen vom Ausgangsgestein oder dem sauren Oberboden abhängt. Das eine muß ja nicht unbedingt das andere bedingen (s.o.)! Das UG von KLAR (1995) weist erheblich höhere pH-Werte auf als die UG von KOCH & POLLMANN (1985) und HÖLINGK (1995), obwohl alle drei Gebiete über Sennesand liegen.

Insgesamt kann festgehalten werden, daß auch bezüglich der edaphischen Faktoren noch genauere Messungen im jeweils untersuchten Bestand durchgeführt werden müssen, als dies in den vorgestellten Untersuchungen bereits der Fall war. Die während dieser Arbeiten ermittelten Werte können nur Tendenzen der Bodenverhältnisse anzeigen.

3. Messung ausgewählter edaphischer Faktoren direkt am Mycel

Wie aus den vorhergehenden Punkten ersichtlich, konnten mit den Untersuchungen ausgewählter edaphischer Faktoren zumindest Tendenzen bezüglich des Carbonatgehaltes, der Wasserkapazität und der Bodenazidität herausgearbeitet werden. Wie sich aber auch herausgestellt hat, reichen diese Untersuchungen, die sich jeweils auf eine gesamte Untersuchungsfläche beziehen, zur näheren Charakterisierung einzelner Pilzarten bei weitem nicht aus. Es wurden daher während der Untersuchung von KLAR (1994) am Mycel bei ausgewählten Arten (insgesamt 11) zusätzliche Messungen durchgeführt, von denen hier die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen der Standorte zweier Arten vorgestellt werden sollen.

Es wurde u.a. der pH-Wert des obersten Horizontes des Mineralbodens am Mycel zweier nicht-lignicoler Saprophyten, *Lepista nuda* und *Hygrophopsis aurantiaca,* parallel zur entsprechenden Messung an der Untersuchungsflächen-Station ermittelt. Die Bodenschicht am Mycel von *Lepista nuda* unterschied sich bezüglich der Zusammensetzung geringfügig von der der Untersuchungsfläche, sie bestand z.T. aus Gartenabfällen (abgemähtes Gras, Blumen, Blätter etc.). Am Mycel von *Hygrophoropsis aurantiaca* war dagegen die in der UF verbreitete, in der Meßstation erfaßte geringmächtige humose oberste Sandbodenschicht vorhanden.

3.1 pH-Messungen am Mycel von *Lepista nuda*

In Abbildung 5 sind die Meßergebnisse für *Lepista nuda* zu sehen. Da auch der Niederschlag und mit ihm seine Azidität einen Einfluß auf das Medium Boden haben, wurden diese Werte ebenfalls mit in die Bewertung (und somit in die graphische Darstellung) aufgenommen.

Alle pH-Werte (sowohl die in der Untersuchungsfläche als auch diejenigen am Mycel) lassen eine Abhängigkeit von der Niederschlagssumme erkennen. Die Kurve kann wie folgt beschrieben werden:

a) Mit dem Beginn einer Phase regelmäßig vorhandener Niederschläge zeigen die pH-Werte der Messung am Mycel trotz Schwankungen in ihrem Verlauf eine leicht ansteigende Tendenz.

b) Die Schwankungen der beiden pH-Wert-Meßreihen sind jeweils bis relativ kurz nach dem Beginn der Phase regelmäßiger Niederschläge am größten und flachen in derem Verlauf zum gleichen Zeitpunkt ab.

c) Die pH-Werte am Mycel liegen immer über den Werten der Messungen an der Untersuchungsflächenmeßstation.

d) Die pH-Schwankungen am Mycel (Extremwerte: 5,0 und 6,2) sind insgesamt deutlich stärker als die der pH-Werte der Untersuchungsfläche (Extremwerte: 4,6 und 5,1).

e) Der pH-Wert des Niederschlages liegt meist über den pH-Werten der UF, jedoch unter den pH-Werten der Messungen am Mycel.
Als Fazit ergibt sich, daß die pH-Verhältnisse am Mycel und an der Meßstation, die die allgemeinen pH-Verhältnisse der UF repräsentieren soll, trotz ähnlicher tendenzieller Verläufe deutlich verschieden sind. Die Werte der Messungen am Mycel liegen stets über den Werten der Messungen an der Station. Dies könnte in diesem Fall allerdings auch an der unterschiedlichen Bodenzusammensetzung beider Meßorte liegen (s.o.), so daß die Ergebnisse bei diesem Beispiel noch nicht allzu überzeugend sind. Dennoch kann man dieses Ergebnis als einen Hinweis darauf werten, daß es zur Ermittlung der ökologischen Ansprüche und des ökologischen Verhaltens einer Pilzart bezogen auf den Parameter „pH-Wert des Bodens" günstiger ist, die entsprechenden Daten direkt am Mycel und nicht an einer „repräsentativen" Meßstation aufzunehmen. Nur so lassen sich auch kleinräumige Unterschiede feststellen.

3.2 pH-Messungen am Mycel von *Hygrophoropsis aurantiaca*

Abbildung 6 gibt die Meßergebnisse für *Hygrophoropsis aurantiaca* wieder. Auch hier wurden der Niederschlag und dessen Azidität mit berücksichtigt. Der Verlauf der Kurven läßt sich folgendermaßen beschreiben:

a) Steigende Niederschlagssummen sind i.a. mit einem steigenden pH-Wert des Bodens verbunden und umgekehrt. Die Tendenz ist bei der Untersuchungsflächen-Meßreihe deutlicher zu beobachten als in der Meßreihe am Mycel.

b) Es gibt keine allgemeine Anstiegstendenz der pH-Werte beider Meßreihen mit zunehmender Dauer einer Phase regelmäßig vorhandener Niederschläge.

c) Die pH-Schwankungen der UF-Meßreihe sind bis kurz nach dem Beginn der Phase regelmäßig vorhandener Niederschläge am größten; sie flachen dann deutlich ab. Die Meßreihe am Mycel zeigt dieses Verhalten nicht.

d) Die pH-Schwankungen der Untersuchungsfläche (Extremwerte: 4,4 und 5,0) sind trotz des gleichen Substrates meist etwas stärker als die am Mycel des Pilzes (Extremwerte: 4,9 und 5,4).

e) Die pH-Werte am Mycel sind immer höher als die pH-Werte der Untersuchungsflächenstation.

f) Der pH-Wert des Niederschlages liegt meist über dem pH-Wert beider Meßreihen für den Boden; bei den Daten der Untersuchungsfläche ist das etwas häufiger der Fall. Die Differenzen zwischen dem Niederschlags-pH-Wert und dem pH-Wert des Bodens sind bei der Untersuchungsflächen-Meßreihe etwas größer als bei den Daten am Mycel.

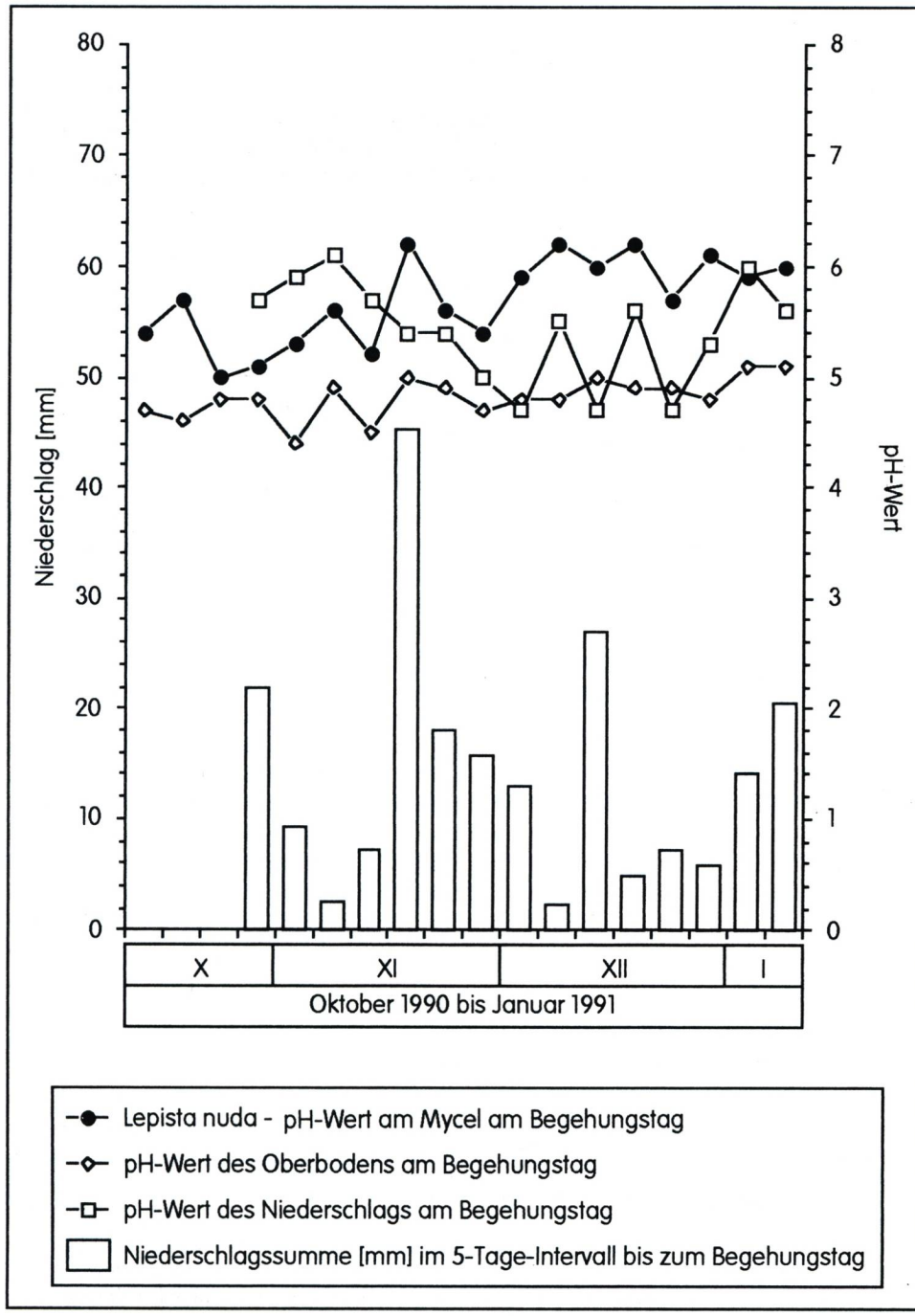

Abb. 5: *Lepista nuda* - pH-Wert am Mycel (KLAR 1995)

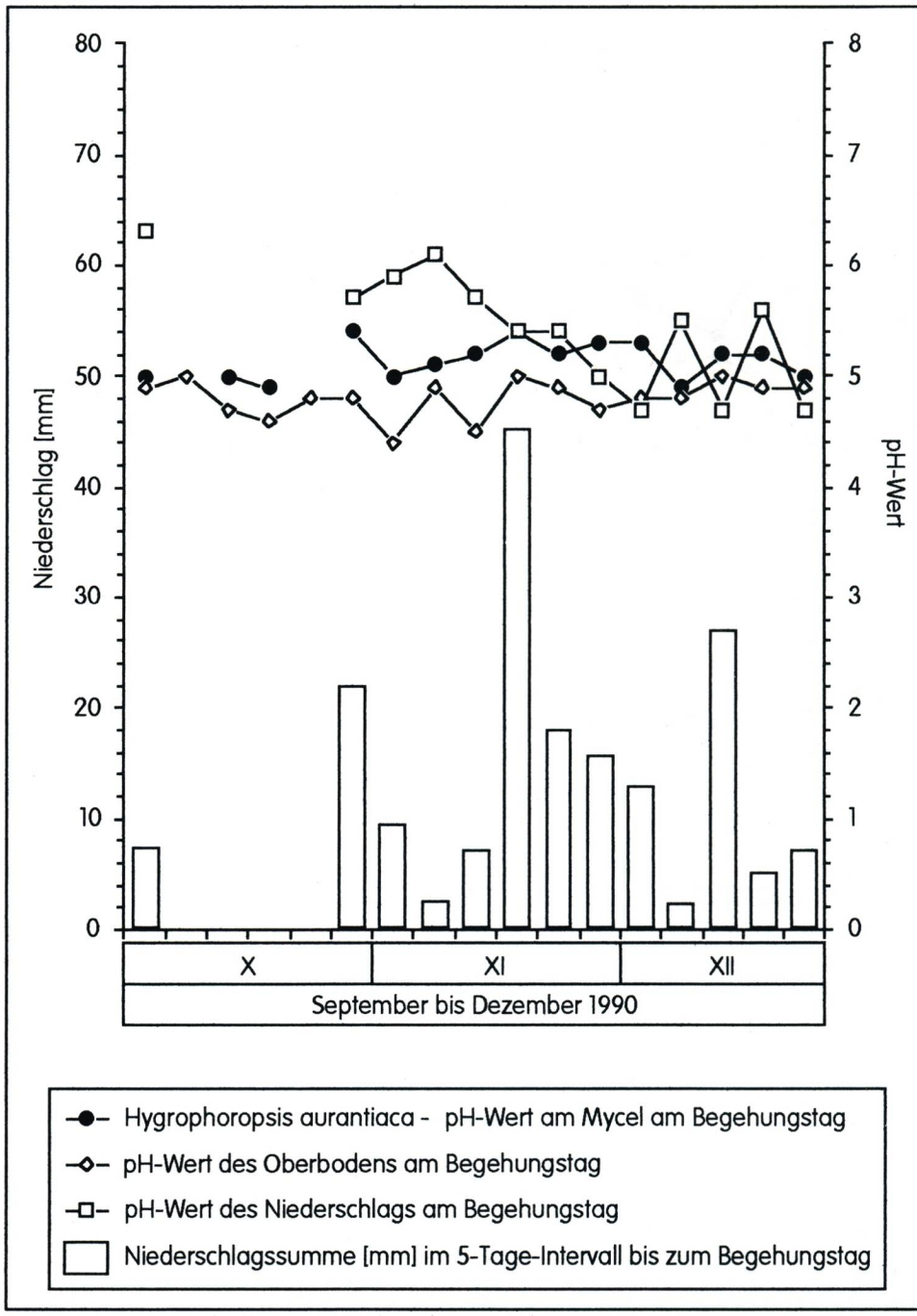

Abb. 6: *Hygrophoropsis aurantiaca* - pH-Wert am Mycel (KLAR 1995)

Dieses Ergebnis zeigt deutlich, daß sich auch bei gleichem Substrat (s.o.) die an der Meßstation ermittelten pH-Werte der Untersuchungsfläche von denen am Mycel unterscheiden. Die Unterschiede sind nicht immer sehr groß, aber regelmäßig vorhanden. Durch diese Untersuchung scheint sich erneut die Vermutung zu bestätigen, daß die direkt am Pilz gewonnenen Daten zur (ökologischen) Charakterisierung der Ansprüche und des Verhaltens einer Pilzart denen von einer Meßstation vorzuziehen sind.

3.3 Fazit

Diese Ergebnisse dürfen allerdings nicht ohne Vorbehalte betrachtet werden. Wegen der geringen Datenmengen und der geringen Anzahl untersuchter Arten sind keine verallgemeinernden Aussagen möglich. Weiterhin ist zu beachten, daß die Ausdehnung des Mycels im Substrat in den meisten Fällen nicht mit dem bloßen Auge zu erkennen ist. Ein Fruchtkörper zeigt zwar an, daß ein Teil des Mycels an eben dieser Stelle vorhanden ist, doch seine gesamte Ausdehnung im Substrat bleibt unbekannt. Es besteht daher die Möglichkeit, daß sich das Mycel in Bereichen des Substrates befindet, die sehr unterschiedlichen Bedingungen unterworfen sind. Mit punktuellen Messungen an nur einer Stelle des Mycels können diese möglichen Variationen nicht erfaßt werden. Die Meßergebnisse bieten jedoch genügend Anlaß, weiterhin gezielt ausgewählte edaphische (und auch klimatische) Faktoren direkt am Mycel zu messen.

Literatur

AGERER, R. (1985) - Zur Ökologie der Mykorrhizapilze. In: Bibliotheca Mycologica 97, Cramer, Vaduz.

BREITENBACH, J. & F. KRÄNZLIN (1991) - Pilze der Schweiz. Band 3. Mycologia, Luzern.

DERBSCH, H. & J.A. SCHMITT (1987) - Atlas der Pilze des Saarlandes. Teil 2: Nachweise, Ökologie, Vorkommen und Beschreibungen. Saarbrücken.

ENDERLE, M. & G.J. KRIEGLSTEINER (1989) - Die Gattung *Lepiota* (Pers.) S.F.Gray emend. Pat. in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). In: Z. Mykol. **55 (1):** 43-104.

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

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

GROSS, G., RUNGE, A. & W. WINTERHOFF (1980) - Bauchpilze (Gasteromycetes s.l.). In: Z. Mykol., Beiheft 2.

HAAS, H. (1971) - Makromycetenflora und Kernfäulebefall älterer Fichtenbestände auf der Schwäbischen Alb. In: Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde **20:** 50-59.

- (1979) - Die Pilzflora in rotfäulebefallenen Fichten-Durchforstungsbeständen auf der Schwäbischen Alb. In: Mitteilungen des Kreises für forstliche Standortskunde und Pflanzenzüchtung.

HERDER (1984-88) - Lexikon der Biologie in 8 Bänden. Freiburg i. Breisgau.

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

- (1955) - Über Pilzsoziologie. In: Verh. Zool. Bot. Ges. Wien **95:** 58-75.

HÖLINGK, 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.

HOFMEISTER, H. (1983) - Lebensraum Wald. Parey, Hamburg/Berlin.

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. Schwäbisch Gmünd.

- (1981) - Verbreitung und Ökologie 150 ausgewählter Blätter- und Röhrenpilze in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). In: Z. Mykol., Beiheft 3. Einhorn, Schwäbisch Gmünd.
- (1982) - Verbreitung und Ökologie 200 ausgewählter Röhren-, Blätter-, Poren- und Rindenpilze in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). In: Z. Mykol., Beiheft 4. Einhorn-Verlag.
- (1984) - Verbreitung und Ökologie 250 ausgewählter Blätterpilze in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). In: Z. Mykol., Beiheft 5. Einhorn, Schwäbisch Gmünd.
- (1987) - Zur Verbreitung und Ökologie der Gattung Russula in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). In: Z. Mykol., Beiheft 7. Einhorn, Schwäbisch Gmünd.
- (1993) - Einführung in die ökologische Erfassung der Großpilze Mitteleuropas. In: Z. Mykol., Beiheft 8. Einhorn, Schwäbisch Gmünd.

MICHAEL, E. ET AL. (1983-88) - Handbuch für Pilzfreunde. 6 Bde. Fischer, Stuttgart.

MOSER, M. (1958) - Der Einfluß tiefer Temperaturen auf das Wachstum und die Lebenstätigkeit höherer Pilze mit spezieller Berücksichtigung von Mykorrhizapilzen. In: Sydowia **12:** 386-399.

- (1962) - Die Rolle des Wassers im Leben der höheren Pilze. In: Schweiz. Zeitschr. f. Pilzk. **40 (9):** 129-141.
- (1964) - Transpirationsschutz bei höheren Pilzen. In: Schweiz. Zeitschr. f. Pilzk. **42:** 50-54.
- (1965) - Der Wasserhaushalt höherer Pilze in Beziehung zu ihrem Standort. In: Schweiz. Zeitschr. f. Pilzk. **43 (12):** 177-182.

MÜCKENHAUSEN, E. (1985) - Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. DLG, Frankfurt/Main.

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

MÜLLER, S., PAULY, C. & A. GERHARDT (1991) - 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. **62 (2):** 431-448.

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

RICEK, E.W. (1981) - Die Pilzgesellschaften heranwachsender Fichtenbestände auf ehemaligen Wiesenflächen. In: Z. Mykol. **47 (1):** 123-148.

RUNGE, A. (1981) - Die Pilzflora Westfalens. Abh. Landesm. Naturk. Münster **43 (1):** 1-135.

- (1986) - Neue Beiträge zur Pilzflora Westfalens. Abh. Landesm. Naturk. Münster 48 (1): 1-99.

SCHMITT, J.A. (1987) - Funktion, Bedeutung und Situation der Pilze in saarländischen Wäldern. In: DERBSCH, H. & J.A. SCHMITT (1987) - Atlas der Pilze des Saarlandes. Teil 2: Nachweise, Ökologie, Vorkommen und Beschreibungen. Saarbrücken, 23-78.

STANGL, J. (1989) - Die Gattung *Inocybe* in Bayern. Hoppea **46:** 5-388; Regensburg.

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: Ann. Appl. Biol. **33:** 179-188.

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 Teil 2: Das Artenvorkommen und seine Abhängigkeit von abiotischen Faktoren 59-78