

Forschungsbericht FZKA-BWPLUS

**Gesundheit der Fein- und Feinstwurzeln  
an Stiel- und Traubeneiche  
in Bezug zu Bodenparametern**

von

Katrin Wezel, B. Metzler, D. Seemann, H. Schröter

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg  
Abt. Waldschutz  
Wonnhaldestr. 4  
79100 Freiburg/Br.

Förderkennzeichen: PEF 197003

Die Arbeiten des Programms Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung  
wurden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Juli 1999

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1 Schadphänomene an Eichen .....	4
1.2 Standortsansprüche von Stiel- und Traubeneiche .....	5
1.3 Pathogene Pilze an Wurzeln .....	6
1.4 Mykorrhiza.....	7
<b>2 ZIELE DER UNTERSUCHUNG</b> .....	<b>7</b>
<b>3 MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>7</b>
3.1 Untersuchungsflächen .....	8
3.2 Probenahme und Aufarbeitung .....	9
3.3 Pilzisolierung .....	9
3.4. Ermittlung der Mykorrhizierung .....	11
<b>4 ERGEBNISSE</b> .....	<b>11</b>
4.1. Pathogenbesatz der Feinwurzeln.....	11
4.3 Vergleich Pathogenbesatz und Kronenzustand.....	14
4.4 Vergleich des jahrezeitlichen Vorkommens der pathogenen Pilzarten.....	15
4.5 Feinstwurzelgesundheit in Abhängigkeit von der Durchlüftung des Oberbodens.....	17
4.6 Feinstwurzelgesundheit und pH-Wert .....	19
4.7 Mykorrhizierungsgrad und Feinstwurzelverteilung .....	21
<b>5 DISKUSSION</b> .....	<b>23</b>
5.1 Wurzelpathogene .....	23
5.2 Bodendurchlüftung und Pathogenbesatz.....	26
5.3 pH-Wert und Pathogenbesatz.....	27
5.4 Mykorrhizierung.....	27
5.5 Schlußfolgerung .....	27
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>28</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>32</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>32</b>
<b>7 ANHANG</b> .....	<b>35</b>

### 1 Einleitung

#### 1.1 Schadphänomene an Eichen

Eichenschäden haben in Südwestdeutschland in den Neunzigerjahren stark zugenommen und erreichten ihren vorläufigen Höhepunkt 1996 (SCHRÖTER et al. 1997). Die Symptome reichen von Schleimflußflecken am Stamm über Blatt- und Feinreisigverlust (Abb. 1) bis zum Absterben der Bäume. Das Absterben der Eiche ist als ein komplexer Prozeß unter Beteiligung von verschiedenen Faktoren zu sehen. Man unterscheidet zwischen abiotischen Faktoren wie Standort, Witterung, Klima und biotischen Faktoren wie Insekten z.B. Eichenwickler, Großer, Kleiner Frostspanner, Schwammspinner und Prachtkäfer, sowie Pilzen z.B. Hallimasch, Mehltau oder den Rindenpilz *Cytospora* (SEEMANN 1996).



Abb. 1 Absterbende Eiche im Forstbezirk Emmendingen

Über den Zusammenhang zwischen Eichenschäden und Standort gibt es inzwischen eine Reihe von Erkenntnissen aus anderen Regionen. Für Norddeutschland führen ACKERMANN und HARTMANN (1992) aus, daß Stieleichenbestände einen schlechteren Kronenzustand aufweisen als Traubeneichenbestände. Die größten Schäden traten in Stieleichenbeständen auf wechselfeuchten Standorten auf. In reinen Eichenbeständen rechnet HARTMANN (1996) mit einem jährlichem Verlust von drei bis fünf Bäumen je Hektar. Auch für die Eichenbestände Baden-Württembergs verdichteten sich aus Praxisbeobachtungen und systematischen Erhebungen die

Hinweise, daß die stärksten Schäden an Stieleichen besonders auf pseudovergleyten Standorten auftreten (SEEMANN 1996). HARTMANN und BLANK (1998) stellen für Niedersachsen weiterhin das komplexe Zusammenspiel von Insektenfraß und Klimaextremen in den Vordergrund. BLOCK et al. (1995) sehen einen Einfluß von Kahlfraß durch Schwammspinner und zeitweiligem Stauwassereinfluß auf die Wurzelgesundheit.

## 1.2 Standortsansprüche von Stiel- und Traubeneiche

Die Stieleiche (*Quercus robur* L.) besiedelt Aueböden sowie Grundmoränen-, Mergel-, Lehm-, Lößböden der planaren und kollinen Stufe. Verbreitet ist sie auch auf dichten und verdichteten Pseudo- und Stagnogleyböden. Auf diesen für andere Wirtschaftsbaumarten meist weniger geeigneten Standorten, die in der Praxis deshalb als „Zwangsstandorte“ für Stieleiche bezeichnet werden, erfuhr sie eine Förderung durch künstliche Einbringung. Die Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) ist in warmen Hanglagen der submontanen Stufe auf Standorten mit einem relativ geringem Wasserangebot verbreitet. Dazu gehören vorwiegend die mehr oder weniger lehmigen Sandböden im Diluvialgebiet und die Sandsteinverwitterungsböden (DENGLER 1980).

Untersuchungen von KREUTZER (1961), KRAHL-URBAN (1951) und KRAUSS et al. (1939) zeigten, daß Stieleichen einen dichten sauerstoffarmen Pseudogley tiefer durchwurzeln, als viele andere Baumarten. Auf Pseudogley wurden während der ganzen Vegetationszeit auch im Unterboden wachsende Wurzelspitzen festgestellt (KREUTZER 1961). Nach Untersuchungen von SCHEFFOLD (1971) werden von der Stieleiche nicht nur gut durchwurzelbare, lockere Böden wie beispielsweise der braune Altmoränelehm, sondern auch stark versauerte, wechselfeuchte und wenig durchlüftete marmorierte Lehme bis in Bodentiefen von über 1 m erschlossen. Danach stellen wenig durchlüftete Böden mindestens nicht von vorneherein ein Hindernis für die Durchwurzelung dar. Versuche mit dreijährigen Pflanzen haben ebenfalls gezeigt, daß besonders die Stieleiche mit verdichteten Böden zurechtkommt (KOROTAEV 1992).

Ursachen, die zur Beeinträchtigung des Wurzelwachstums führen, sind Standortfaktoren und das Alter. Durch Veränderungen des Standorts in Bezug auf den Wasserhaushalt kann es zum teilweisen Absterben der Wurzeln durch Trockenheit kommen. Absenken des Grundwasserspiegels, wie auch Schwinden schwerer Böden durch Dürreperioden, kann zu Wurzelschäden führen (KÖSTLER et al. 1968). SEEGER (1930) beobachtete, daß Stieleichen in der oberrheinischen Tiefebene auf Standorten mit Schichten von Kies und verfestigtem Sand nur eine schwache Wurzelbildung aufweisen.

### 1.3 Pathogene Pilze an Wurzeln

Über den Zustand der Eichenfeinwurzeln auf unterschiedlichen Standorten ist noch wenig bekannt. Bis heute gibt es nur wenige mykologische Untersuchungen. JUNG et al. (1996) zielen besonders auf *Phytophthora*-Arten, welche zu Feinwurzelschäden und Kambialnekrosen führen können. Inwieweit andere Pathogene wie z.B. *Cylindrocarpon*- oder *Cryptosporiopsis*-Arten für die Gesundheit der Eichenfeinwurzeln eine Rolle spielen, war bisher wenig bekannt. Es liegen auch noch keine Untersuchungen über mögliche Auswirkungen von Oberbodenveränderungen auf Pathogenbesatz an Feinwurzeln und Mykorrhizierung der Eiche vor. Beide letztgenannten Faktoren werden als wesentliche Elemente der Feinwurzelgesundheit betrachtet.

Untersuchungen an Jungpflanzen haben gezeigt, daß Wurzelfäuleerreger zum Absterben von Eichen beitragen können. SCHÖNHAR (1967) fand an Eichen-Verschulpflanzen *Cylindrocarpon destructans* (= *Nectria radicola*) und *Pythium spec.* als Schaderreger. UROSEVIC und JANCARIK (1959) ermittelten an absterbenden Eichensämlingen *Rosellinia quercina* als wichtigsten Schadfaktor. KOWALSKI (1983) fand an den Wurzeln abgestorbener Eichen u.a. folgende pathogene Pilze: *Cylindrocarpon destructans*, *Mycelium radialis atrovirens*, *Phomopsis quercella* und *Trichoderma viride*. Nach Ansicht des Autors besiedelten diese Pilze vorwiegend Wurzeln von Bäumen, welche infolge von Immissionsschäden und/oder Frost abgestorben waren. In Polen starben Anfang der 80ziger Jahre viele Eichen ab. PRZEZBORSKI (1987) führte dieses Absterben von Eichen auf längere Trockenheit und den Befall durch Sekundärschädlinge zurück. Die Isolation der Pilze aus lebenden Feinstwurzeln ergab, daß *Mycelium radialis atrovirens* und *Mortierella nana* sehr oft vertreten waren.

Das Absterben von *Quercus suber* und *Quercus ilex* in Portugal und Spanien wurde von BRASIER (1993) auf den Oomyceten *Phytophthora cinnamomi* zurückgeführt. Der Pilz trat dort in Verbindung mit Kambialnekrosen am Wurzelanlauf und an Starkwurzeln auf. In Bayern wurden *Phytophthora*-Arten erstmals durch BLASCHKE (1994) in den Zusammenhang mit den Eichenschäden gebracht. Durch JUNG et al. (1996a) und JUNG (1998) konnten auf verschiedenen Eichenstandorten in Deutschland, der Schweiz, Ungarn, Slowenien, Italien und Frankreich zahlreiche Oomyceten isoliert werden. Als besonders gravierend für das Entstehen von Feinwurzelschäden und für den Verlauf der Eichenerkrankung insgesamt werden von den Autoren die erstmals in mitteleuropäischen Eichenbeständen isolierten *Phytophthora*-Arten angesehen. Bei Wurzeluntersuchungen in Österreich fanden TOMICZEK et al. (1997) allerdings in keiner der untersuchten Proben *Phytophthora*-Isolate. HANSEN und DELATOUR (1998) fanden in einer Studie in einem als gesund eingestuften Eichenbestand bei Nancy, daß die vorhandenen *Phytophthora*-Arten (*P. gonapodyides*, *P. quercina*) dort nicht mit Eichenschäden in Verbindung stehen.

## 1.4 Mykorrhiza

Die Eiche ist wie viele Waldbäume mit ektotrophen Mykorrhizapilzen symbiontisch vergesellschaftet. Durch die weitreichenden Hyphen wird für den Baum ein größeres Bodenvolumen erschlossen. Die Pilzpartner liefern dem Baum Wasser und Nährstoffe, besonders Stickstoffverbindungen und Phosphate. Als Gegenleistung bezieht der Pilz lösliche Zucker und Wirkstoffe. Der Austausch findet im Hartig-Netz statt, wo die Pilzhyphen mit den Wurzelrindenzellen in engem Kontakt stehen. Der Pilzmantel dient auch zum mechanischen Schutz. Ferner entwickeln manche dieser Pilze spezifische antibiotische Wirkstoffe und schützen so die Wurzel vor Pathogenen. Insofern stellt eine intakte Mykorrhizierung ein wesentliches Element der Wurzelgesundheit dar.

Untersuchungen von EGLI (1981) an Eiche zeigten, daß auf verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Bodentypen (basenreiche Braunerde mit leichter Pseudovergleyung, saure Braunerde mit leichter Pseudovergleyung und sehr saure Braunerde) unabhängig von der Bodentiefe alle lebenden Wurzelspitzen zu 100 % mykorrhiziert waren. Edaphische Faktoren wie pH-Wert, Bodendurchlüftung und Sauerstoffversorgung, Bodenfeuchtigkeit und Nährstoffangebot zeigen danach weniger Auswirkungen auf das Vorkommen dieser Pilze an sich, sondern eher auf deren Artenzusammensetzung.

## 2 Ziele der Untersuchung

Ziel dieses Projektes war es, bessere Kenntnisse über den Einfluß der unterschiedlichen Bodenparameter auf die Wurzelgesundheit von Eichen zu erhalten. Dabei wird folgenden Fragen nachgegangen:

- Welches Spektrum pathogener Pilze läßt sich aus den Eichenwurzeln nachweisen?
- Besteht eine Beziehung zwischen dem Kronenzustand von Eichen und dem ermittelten Pathogenbesatz der Wurzeln?
- Läßt sich ein Zusammenhang zwischen Bodenzustand und dem Gesundheitszustand der Wurzeln feststellen?
- Wie ist die Verteilung der Feinwurzeln und der mykorrhizierten Wurzelspitzen in den verschiedenen Bodentiefen?

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Untersuchungsflächen

Alle Untersuchungsflächen sind Flächen des Eichenprojekts der FVA Baden-Württemberg. Durch die FVA-Abt. Waldschutz wurde der Kronenzustand, durch die FVA-Abt. Bodenkunde der Bodenzustand erhoben (Tab. 1). Ergänzend wurden drei im Frühjahr 1998 abgängige Eichen in die Untersuchungen mit einbezogen (Fläche OBE). Um bei vergleichbaren Standorten die Auswirkungen einer veränderten Oberbodenstruktur hinsichtlich des Pathogenbesatzes zu untersuchen, waren auch die von der FVA-Abteilung Bodenkunde (FVA) ausgewählten Flächenpaare (GÄRTIG et al. 1999) in Langenau, Müllheim und Tauberbischofsheim aufgenommen worden. Jedes Flächenpaar besitzt eine verdichtete und eine unverdichtete Variante. Durch okulare Ansprache des Oberbodens wurde auf der verdichteten Fläche ein kohärentes Gefüge im Oberboden und auf der unverdichteten eine krümelige Oberbodenstruktur festgestellt. Unter Verdichtung des Bodens wird eine Zunahme der Lagerungsdichte einhergehend mit einer Abnahme des Hohlraumvolumens verstanden (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1984).

Tab.1: Auflistung der in die Untersuchung einbezogenen Standorte, sowie Art und Zahl der untersuchten Bäume

Untersuchungsfläche	Abk.	Standortseinheit	SEi (n)	TEi (n)	Hybride (n)
Britzingen	MÜL	Frischer Feinlehm		3	
Müllheim	S1	Mäßig frischer Feinlehm		3	
Tauberbischofsheim	TBB	Grundfrischer Decklehm			3
Werbach	S2	Frischer Feinlehm		3	
Langenau (verdichtet)	LANv	Frischer Schichtlehm	2	1	
Langenau (unverdichtet)	LANu	Frischer Feinlehm	1	2	
Langenau	409	Frischer Feinlehm	3	1	2
Emmendingen	EMM	Mäßig frischer kiesgründiger sandig-lehmiger Boden	6		
Oberkirch	401	Schwach wechselfeuchter Lehm	6		
Breisach	BRE	Mäßig trockener lehmiger Kiesboden		5	1
Sonderfläche Oberkirch	OBE	Wechselfeuchter Lehm	3		
Summe			21	18	6

Jedes Flächenpaar ist anhand sonstiger Parameter wie Klima und Bodentyp miteinander vergleichbar. Für die Flächenpaare und die Untersuchungsflächen BRE, EMM und OBE wurde anhand eines Bodenprofils der Diffusionskoeffizient des Bodens im Gelände und mit Hilfe von Bodenproben unter Laborbedingungen bei definierter Wasserspannung (60 und 300 hPa) gemessen. Der Diffusionskoeffizient des Bodens gibt einen Wert für das vorhandene Belüftungspotential wieder.

Die untersuchten Eichen waren zwischen 70 und 170 Jahre alt und gehörten alle den Krafft'schen Baumklassen I oder II an. Die Baumart wurde anhand von morphologischen Merkmalen teils durch Herrn Dipl. Biol. Sander (FVA-Abt. Botanik und Standortkunde), teils durch Herrn Ass. d. F. Frick (FVA-Abt. Waldschutz) bestimmt. Die Einschätzung des Kronenzustandes anhand des Feinreisigverlusts beruht auf Bonituren von Ass. d. F. Fischer (FVA, Abt. Waldschutz). Der Boniturschlüssel der Feinreisigansprache der FVA/Freiburg wurde von FISCHER (1998, unveröffentlicht) erstellt. Für die Auswertungen wurden die Boniturstufen 0-1 (keine - leichte Strukturfehler in der Krone) als guter Kronenzustand und die Boniturstufe 2 (deutliche Strukturfehler in der Krone) als schlechter Kronenzustand eingeteilt.

### **3.2 Probenahme und Aufarbeitung**

Mit einem Wurzelbohrer nach MURACH (1984) wurden an allen ausgewählten Eichen etwa 1 m vom Stammfuß entfernt Wurzelproben entnommen. Der Stechzylinder hatte einen Durchmesser von 7,5 cm und eine Länge von 20 cm. Die Probenahmen erfolgten jeweils im Frühjahr, im Sommer, sowie im Winter pro Baum aus drei Tiefenstufen (0-20 ohne OL, 20-40, 40-60 cm). Es wurde auf Abstand zu unterständigen Bäumen geachtet. Abweichend von den Probeterminen wurde die Untersuchungsfläche LAN nur im Winter und die Sonderfläche OBE nur im Frühjahr beprobt. Die Bodenproben wurden vor Austrocknung geschützt und bei 6 °C längstens 6 Wochen gelagert. Die Wurzeln wurden solange in Wasser gewaschen, bis sich alle Bodenpartikel abgelöst hatten. Die gesamte Wurzelmasse wurde mit einem Sieb mit 1 mm Maschenweite aufgefangen. Das auf dem Wasser schwimmende abgestorbene Material wurde verworfen.

### **3.3 Pilzisolierung**

Aus den drei Tiefenstufen einer Bohrung wurden je 5 vitale bis subvitale Feinstwurzeln (< 1mm Durchm.) mit weißem Zentralzylinder zufällig ausgewählt. Mykorrhizierte Wurzeln wurden ent-



fernt. Nach einer Oberflächensterilisation (Natrium-Hypochlorit, ca. 1,2% wirksames Chlor, Benetzungsmittel Triton 2 min) und zwei Waschungen in sterilem Leitungswasser (je 1 min) wurden aus jeder Wurzel 2 separate Wurzelstücke von 5 mm Länge herausgeschnitten. Zur Pilzbestimmung wurden diese 10 Wurzelstücke pro Einzelprobe auf SNA-Agar (NIRENBERG, 1976, 1,7% Agar) mit Antibiotika (SAUTHOFF et al. 1994) bei Raumtemperatur incubiert. Für eine Begünstigung der Pilzsporulation wurden die Petrischalen in der zweiten Woche unter UV-A Licht gestellt. Die sich langsam entwickelten Mycelien wurden, um ein Überwachsen durch andere Mycelien zu verhindern, auf neue Platten überimpft. Die lichtmikroskopische Bestimmung der ggf. auswachsenden Pilze erfolgte nach zwei und nach vier Wochen. Pilze artenreicher, jedoch generell nicht als pathogen einzustufender Gattungen (*Penicillium*, *Mortierella* u.a.) wurden nur bis zur Gattung bestimmt. Die Pilzbestimmungen erfolgten nach DOMSCH et al. (1980), ZYCHA et al. (1969), BOOTH (1966) und BISSETT (1991), STAMPS et al. (1990), KRÖBER (1985) und weiterer Spezialliteratur. Nicht identifizierbare sterile Mycelien wurden anhand ihrer Pigmentierung typisiert.



Abb. 2: Ködermethode zur Isolierung von Oomyceten aus Erdproben; Rechts: Kontrolle

Zur gezielten Isolierung von Oomyceten wurden zusätzlich Bodenproben aus den Untersuchungsflächen mit drei spezifischen Ködermethoden untersucht. Die Bodenproben von jeweils ca. 400 ml wurden mit Aqua dest. aufgeschwemmt. Auf die Wasseroberfläche wurden für die Frühjahrsproben junge Eichenblätter (JUNG et al. 1996), für die Winterproben Nelkenblätter (PONCHET et al. 1972) als Köder verwendet. Die Blätter mit Anzeichen einer Infektion durch Oomyceten, wurden zur Isolierung der Pilze auf PARPNH-Selektivmedium nach TSAO (1983, ohne Hymexazol) ausgelegt. Bei der Apfelködermethode (CAMPBELL 1949),

angewendet für die Sommerprobe, wurde ca. 1 ml befeuchteter Boden in ein gestanztes Loch eingefüllt und mit Parafilm vor Austrocknung geschützt. Beim Auftreten einer schnellen Fäule wurde Fruchtfleisch auf das Selektivmedium ausgelegt. Insgesamt wurden mit den drei beschriebenen Methoden 351 Bodenproben untersucht.

### **3.4. Ermittlung der Mykorrhizierung**

Der Mykorrhizierungsgrad wurde nur für die Winterprobe bestimmt. Nach KÖSTLER et al. (1968) ist das Wachstum der Eichenwurzeln Ende Mai und Ende August am stärksten und ist Anfang September abgeschlossen. Die Wurzeln wurden zunächst ausgewaschen, nach Vitalität und Durchmesserstufen nach KÖSTLER et al. (1968) sortiert. Anschließend wurden die Spitzen der Feinstwurzeln (< 1mm Durchm.) unter dem Stereomikroskop auf Mykorrhizierung bonitiert. Daraus wurde der Mykorrhizierungsgrad, sowie die Mykorrhizen pro Feinstwurzeltrockengewicht errechnet. Für die Flächen Breisach und Emmendingen konnten die bodenvolumenbezogenen Werte aufgrund des sandig-kiesigen Substrats nur näherungsweise ermittelt werden.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1. Pathogenbesatz der Feinwurzeln**

An den 4044 untersuchten Eichenwurzeln wurden über 6700 Pilzmycelien aus 101 Pilztaxa identifiziert oder typisiert (siehe Anhang). Unter Einschluß der nicht weiter aufgeschlüsselten Gattungen wie *Penicillium* oder *Mortierella* dürfte in den untersuchten Eichenfeinwurzeln mit insgesamt ca. 130 Pilzarten zu rechnen sein. Davon sind 9 Arten als Pathogene einzustufen, darunter *Cryptosporiopsis radicicola* (Abb. 3) und *Cylindrocarpon destructans*, als häufigste dieser Gruppe. Als weitere wichtige Pathogene wurden *Mycelium radialis atrovirens*, *Trichoderma viride*, *Cylindrocarpon didymum*, *Cylindrocarpon orthosporum*, *Colletotrichum cf. trichellum* und *Cylindrocladium* sp. nachgewiesen. Die Anzahl der isolierten Pathogene im Verhältnis zu den Gesamtisolaten ergibt einen Prozentsatz von 16,1. Die höchsten Werte treten auf der Sonderfläche Oberkirch und Langenau (LAN, verdichtet) auf. Mäßig hohe Werte auf den Untersuchungsflächen Oberkirch (401) und Langenau (409) (Tab. 2) .

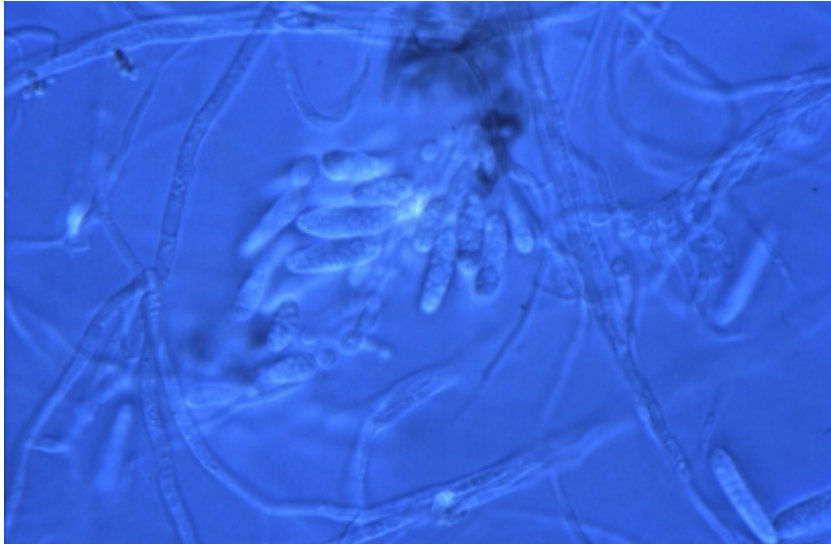


Abb. 3: *Cryptosporiopsis radicicola*, isoliert von der Fläche LAN

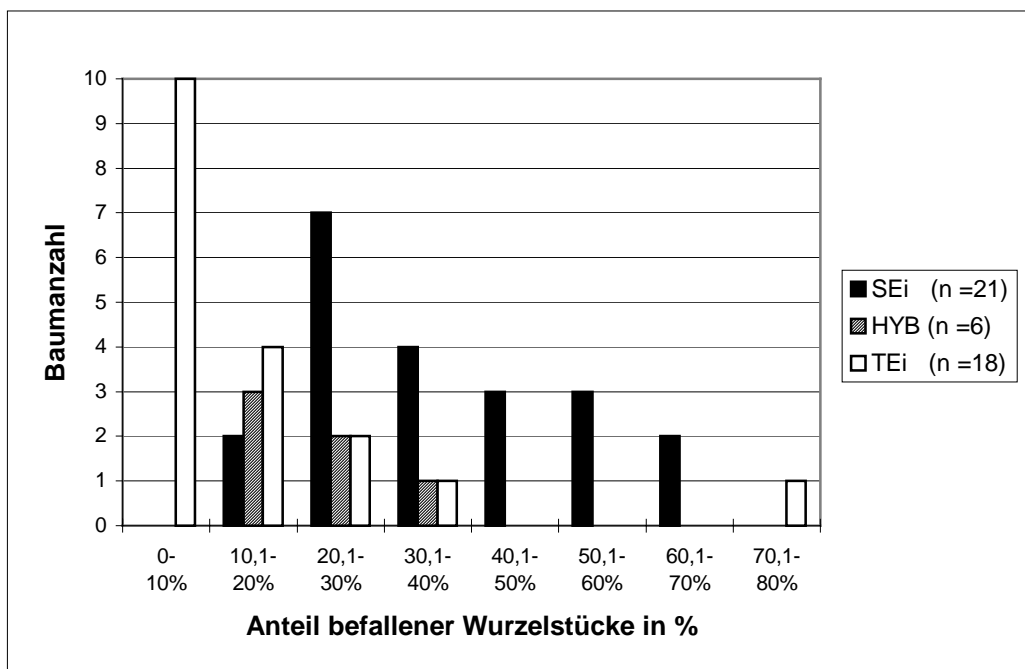


Abb. 4: Anzahl der untersuchten Bäume eingeteilt nach Baumart und dem Prozentsatz der mit pathogenen Pilzen befallenen Feinstwurzelstücke

Tab. 2: Häufigkeit der isolierten Pathogene aufgedgliedert nach den Untersuchungsflächen (Frequenz: Prozentualer Anteil der besiedelten Wurzelabschnitte; Dominanz: Prozentualer Anteil einer Pilzart oder -gruppe an den Gesamtisolaten)

	Untersuchungsflächen											Summe
	401	409	OBE	BRE	EMM	MÜL(u)	S1(v)	S2(u)	TBB(v)	LAN(u)	LAN(v)	
<b>Anzahl beprobter Bäume</b>	6	6	3	6	6	3	3	3	3	3	3	45
<b>n untersuchte Wurzelstücke</b>	539	539	270	538	540	270	270	270	270	268	270	4044
<b>Frequenz der Pathogene:</b>												
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	11,3	23,0	7,8	10,4	11,3	2,6	1,9	9,6	3,0	6,0	16,7	10,6
<i>Cryptosporiopsis radicicola</i>	24,1	14,5	37,0	0,2	1,9	0,7	0,4	2,6	4,1	7,5	19,6	10,2
<i>Mycelium radicis atrovirens</i>	1,5	1,3	20,7	1,9	5,4	0,0	1,9	3,7	4,1	1,9	5,6	3,9
<i>Trichoderma viride</i>	2,2	0,2	0,7	1,3	2,8	1,5	1,9	1,1	1,1	0,7	0,7	1,4
Seltene Pathogene	0,9	0,9	0,0	1,1	2,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,1	3,3	1,0
<b>Frequenz aller pathogenen Isolate</b>	40,1	39,9	66,3	14,9	23,3	4,8	5,9	17,4	12,2	17,2	45,9	27,1
<b>Gesamtsumme aller Pilzisolat</b>	956	735	412	1128	1231	392	412	374	439	357	374	6815
<b>Dominanz der Pathogene in %</b>	22,6	29,25	45,7	7,09	10,2	3,3	3,9	12,6	7,5	12,88	33,15	16,1

Betrachtet man den Pathogenbesatz aller untersuchten Eichen unabhängig vom Standort, so ist ein deutlich geringeres Befallsprozent für die Traubeneichenwurzeln gegenüber denen der Stieleichen zu erkennen, während die Hybrideichen eine intermediäre Stellung einnehmen (Abb. 4). Die 21 untersuchten Stieleichen wiesen einen durchschnittlichen Befallsanteil von 37,1% (20-70%) auf, während dieser bei den 18 untersuchten Traubeneichen bei 14,4% (2,2-34%) liegt. Der Befall der 6 Hybrideichen (22,1%) liegt zwischen den Werten der Stiel- und Traubeneichen.

### 4.2. Selektive Isolierung von Oomyceten aus Erdproben

Durch die beschriebenen Oomyceten-spezifischen Ködermethoden wurden aus 351 Erdproben 14 Isolate aus fünf *Pythium*-Arten isoliert (Tab. 3). Davon stammen acht Isolate aus der Fläche Langenau (409). Hier waren *Pythium* sp.1, *Pythium intermedium* und *Pythium* sp.2 vertreten. Auf der Fläche Müllheim wurden *Pythium* sp.1, in Oberkirch *Pythium anandrum* und in Breisach *Pythium sylvaticum*<sup>1</sup> gefunden. In der Bodentiefe 40-60 cm waren insgesamt sieben, also die Hälfte der Isolate zu finden. Die häufigste Art ist *Pythium* sp.1.. Auf allen anderen Untersuchungsflächen war der Befund mit den genannten Methoden negativ. Isolate aus der Gattung *Phytophthora* wurden nicht gefunden.

Tab. 3: Häufigkeit der Isolierungen mit den unterschiedlichen Ködermethoden

Jahreszeit/Köder	Summe der Bodenproben	Positive Bodenproben
Frühling/ Eichenblätter	117	9
Sommer/ Äpfel	126	2
Winter/ Nelkenblätter	108	3
Summe	351	14

### 4.3 Vergleich Pathogenbesatz und Kronenzustand

Die Feinreisigansprache (FRV) der Bäume ist ein Kriterium für den Gesundheitszustand der Krone. Aus Tab. 4 ist ersichtlich, daß bei Stieleichen mit dem Anstieg des Feinreisigverlustes

<sup>1</sup> Für die Bestimmung von *Pythium sylvaticum* und *P. intermedium* bedanken wir uns bei Frau U. Poerschke/BBA Berlin-Dahlem

auch eine Zunahme des Anteils mit Pathogenen befallener Wurzelstücke zu verzeichnen ist. Diese Tendenz zeigt sich auch beim Vergleich der Mittelwert: der Anteil befallener Wurzelstücke beträgt in Stufe 0-1 35%, in Stufe 2 dagegen 41 %.

Tab. 4: Gegenüberstellung von Feinreisigverlust (FRV) als Parameter für den Kronenzustand und Pathogenbesatz an Feinstwurzeln

Anteil befallener Wurzelstücke	Stieleichen				Hybride		Traubeneichen	
	FRV 0-1		FRV 2		FRV 0-1		FRV 0-1	
	n	%	n	%	n	%	n	%
0 - 20 %	2	14	0	0	3	50	14	79
20 - 40 %	8	57	3	43	3	50	3	17
40 - 60%	3	21	3	43	0	0	0	0
60 - 80%	1	7	1	14	0	0	1	6
<b>insgesamt</b>	14	100	7	100	6	100	18	100

#### 4.4 Vergleich des jahreszeitlichen Vorkommens der pathogenen Pilzarten

Im jahreszeitlichen Verlauf zeigt sich im Mittel aller Flächen (außer OBE und LAN, s.u.) eine stärkere Präsenz von *Mycelium radialis atrovirens*, *Cylindrocarpon destructans* und *Cryptosporiopsis radialis* im Frühjahr und im Sommer, während *Trichoderma viride* im Winter verstärkt nachgewiesen wurde (Abb. 5)

Bei der Sonderfläche OBE (Frühjahr) und den Flächen LAN (Winter) beschränkte sich die Probenahme auf eine Jahreszeit. Dort zeigte sich, daß sich die Befallsquoten zur gleichen Jahreszeit nur wenig unterscheiden (Abb. 6 und 7).

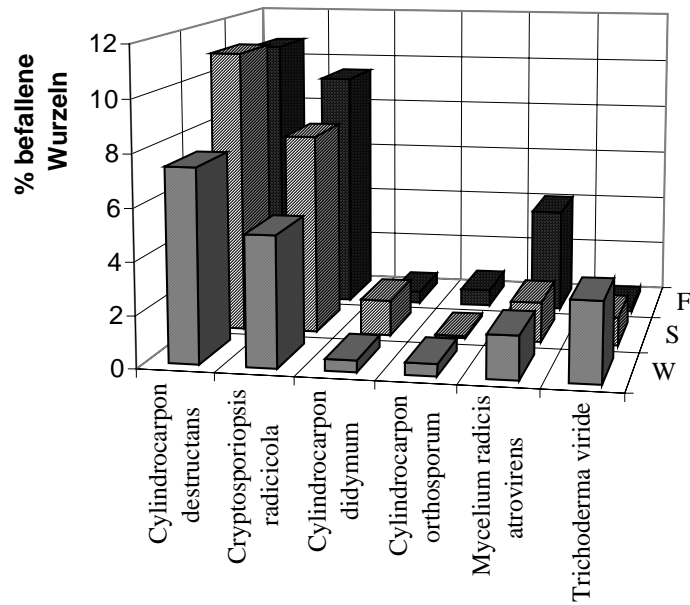


Abb. 5: Die Häufigkeit der isolierten pathogenen Pilze an Feinstwurzeln im Frühjahr (F), im Sommer (S) und im Winter (W) (% befallene Wurzeln = Frequenz).

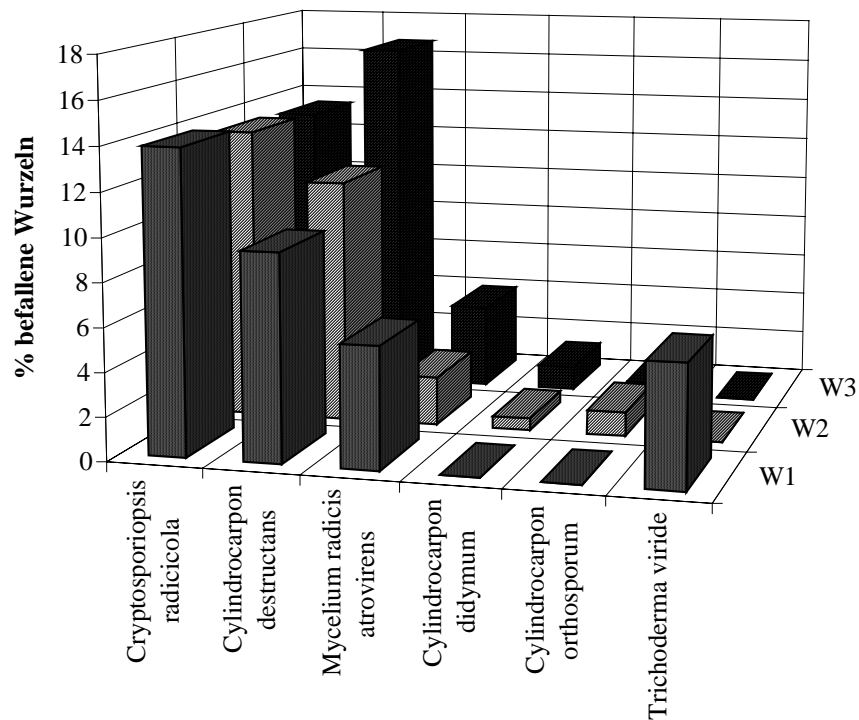


Abb. 6: Vergleich der gleichzeitig gezogenen Einzelproben (W1, W2, W3) der Flächen LAN hinsichtlich des Befalls mit Wurzelpathogenen.

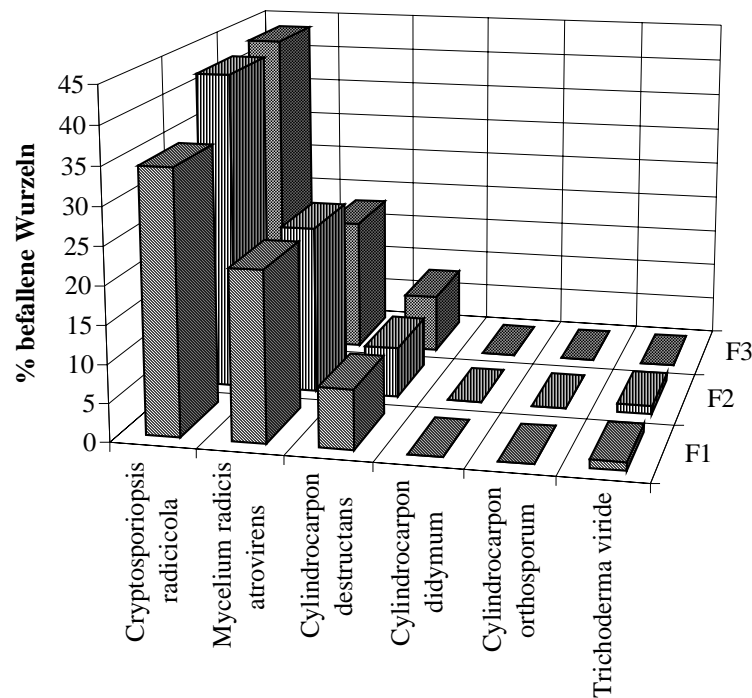


Abb. 7 : Gegenüberstellungen der gleichzeitig gezogenen Einzelproben (F1, F2, F3) der Sonderfläche OBE hinsichtlich des Befalls mit Wurzelpathogenen

#### 4.5 Feinstwurzelgesundheit in Abhängigkeit von der Durchlüftung des Oberbodens

In 4.1 war festgestellt worden, daß sich die untersuchten Stiel- und Traubeneichen deutlich im Pathogenbesatz an den Feinstwurzeln unterscheiden (Abb. 4). Betrachtet man die Standortseinheiten der Untersuchungsflächen, wird deutlich, daß sich die Stieleichen zum größten Teil auf Standortseinheiten befinden, die vom Substrat her verdichtet sind oder zu den wechselfeuchten Standorten gehören. Nur der Stieleichenbestand Emmendingen mit sandig - kiesigem Substrat besitzt eine gute Belüftungssituation und läßt sich deshalb zum Vergleich heranziehen. Abb. 8 zeigt die Abhängigkeit des Pathogenbesatzes bei Stieleichen von der Standortseinheit. Mit einer Verschlechterung der Durchlüftungssituation steigt auch der Pathogenbesatz der Wurzeln.



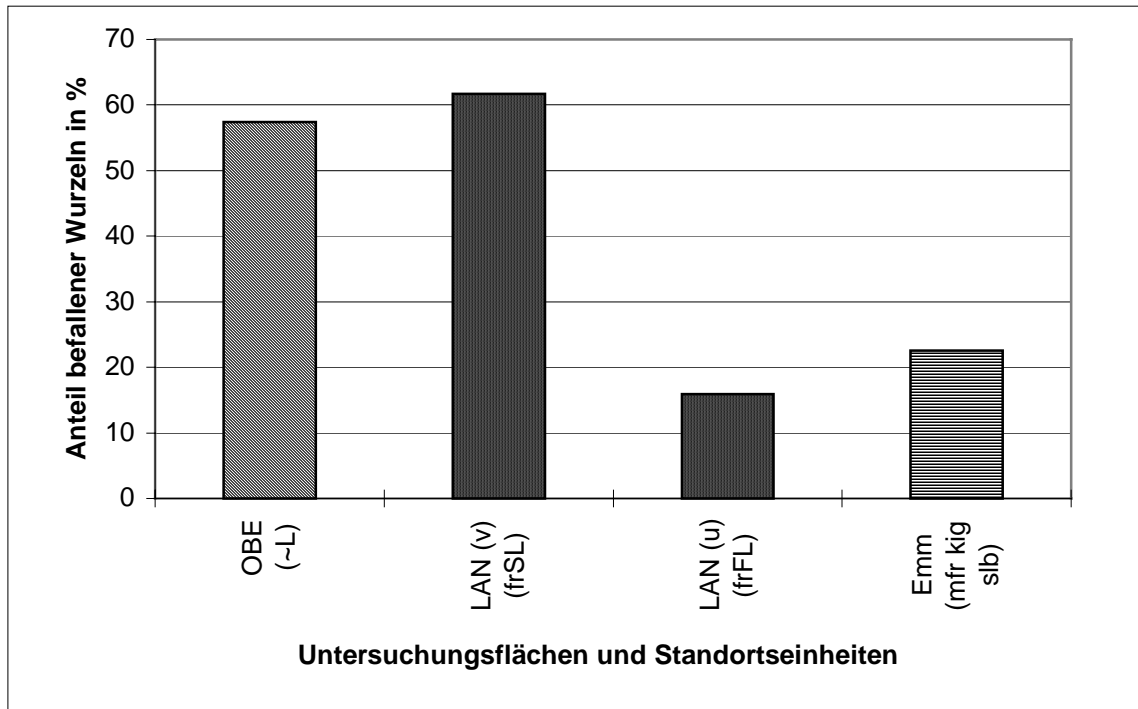


Abb. 8: Besatz der Feinstwurzeln der Stieleichen mit pathogenen Pilzen auf unterschiedlichen Standortseinheiten

Für fast jede Untersuchungsfläche wurde im Rahmen der Bodenzustandserhebung an einem Bodenprofil, das für die Fläche repräsentativ ist, der Gasdiffusionskoeffizient bei konstanter Wasserspannung (60 hPa und 300hPa) gemessen (GÄRTIG et al., 1999). Es zeigt sich, daß der Befall der Stieleichenwurzeln mit *Cryptosporiopsis radicola* mit der Verschlechterung der Belüftungssituation zunimmt (Abb. 9). Dieser Pilz weist ferner in der Isolierungsrate einen deutlichen Gradienten mit der Bodentiefe auf. Die durchschnittliche Frequenz in den untersuchten Wurzelstücken steigt von 5,6 % im oberen Bodenhorizont (0-20 cm) über 9,7 % (20 - 40 cm) bis auf 15,4 % im untersten Bodenhorizont (40 - 60 cm).

Der Gasdiffusionskoeffizient (60 hPa) für die insgesamt weniger von Pathogenen befallenen Traubeneichen (n=11, Abb. 4) liegt mit einer Ausnahme (0,0127 hPa) über 0,03 hPa, d.h. es liegt eine gute Belüftungssituation vor.

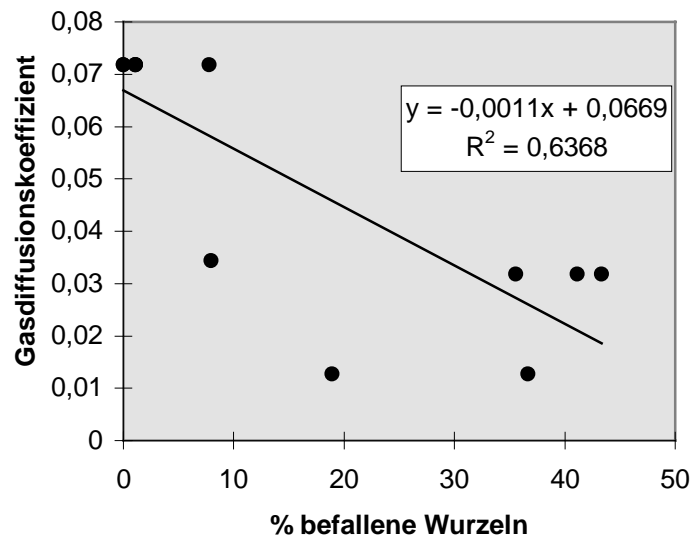


Abb. 9: Zusammenhang zwischen dem für die Fläche ermittelten Gasdiffusionskoeffizienten (gemessen bei 60 hPa) und dem Anteil mit *Cryptosporiopsis radicularis* befallener Wurzeln in %

#### 4.6 Feinstwurzelgesundheit und pH-Wert

Für alle Flächen fand eine baumweise Erhebung des pH-Wertes statt. Die pH-Werte der Flächen Müllheim, Britzingen und Emmendingen wurden aus der Arbeit von GÄRTIG et al. (1999) übernommen. Da im Wurzelbefall zwischen den Eichenarten ein deutlicher Unterschied festgestellt wurde (Abb. 4), sollte auch überprüft werden, inwieweit der pH-Wert des Bodens den Befall der Wurzeln mit potentiellen Pathogenen begünstigt. Vergleicht man die entsprechenden pH-Werte (H<sub>2</sub>O) für alle Stieleichen mit denen der Traubeneichen ergeben sich für beide Eichenarten pH-Mittelwerte von 4,7.

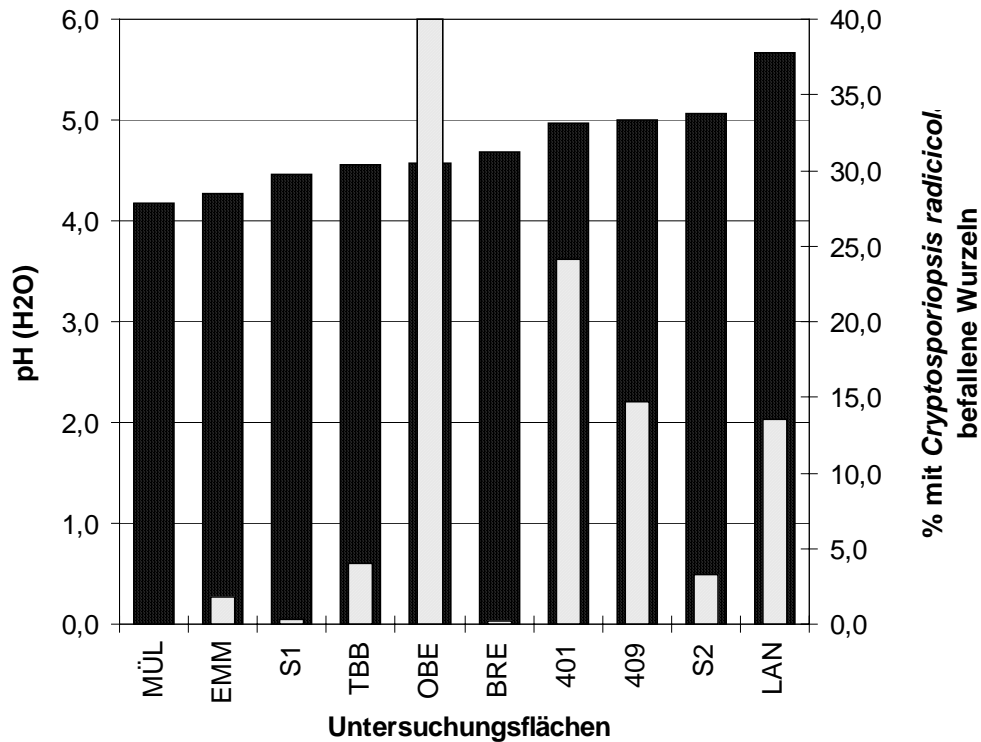


Abb. 10: Vergleich pH (H<sub>2</sub>O) gemittelt für die Fläche und dem Pathogenbesatz der Wurzeln mit *Cylindrocarpon destructans*.

Eine getrennte Betrachtung der Pathogene zeigt jedoch, daß *Cylindrocarpon destructans* abhängig vom pH-Wert ist (Abb. 10). Mit steigendem pH-Wert wurde diese Pilzart vermehrt aus den Wurzeln isoliert. Die vom Standort und dem Gesundheitszustand der Eichen gut miteinander vergleichbaren Aufnahmeflächen S1 und MÜL sowie S2 und TBB zeigen, daß der pH (H<sub>2</sub>O) und der Besatz der Feinstwurzeln mit *Cylindrocarpon destructans* korrelieren.

Bei *Cryptosporiopsis radicialis* besteht dagegen keine enge Bindung an den pH-Wert (Abb. 9). Auch die Betrachtung der anderen auftretenden pathogenen Pilzarten ergibt kein erhöhtes oder verringertes Vorkommen dieser Arten mit steigendem pH-Wert.

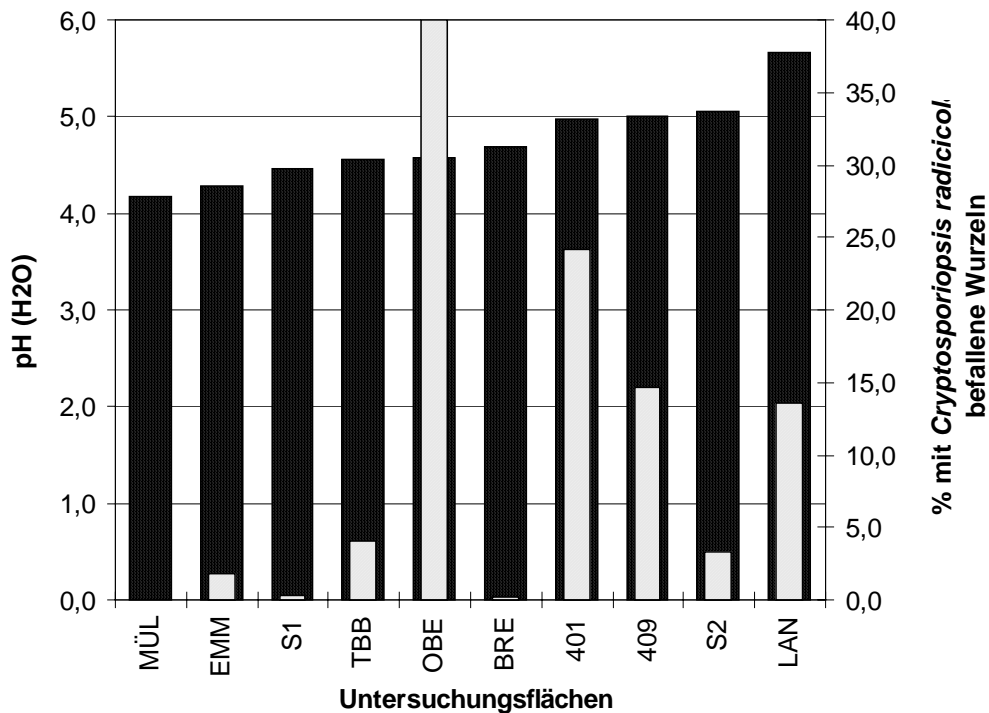


Abb. 11: Gegenüberstellung des gemittelten pH (H<sub>2</sub>O) für die Untersuchungsflächen und dem Auftreten des Pathogenen *Cryptosporiopsis radicialis* an den Feinstwurzeln.

*Pythium*-Arten traten nur vereinzelt auf. *Pythium sp.1* wurde bei einem pH (H<sub>2</sub>O) von 4,31-6,53 isoliert. Der pH (H<sub>2</sub>O) der Bodenproben aus denen Isolate von *Pythium sylvaticum* gewonnen wurden, bewegt sich zwischen 4,65 und 7,96, bei *Pythium intermedium* ergeben sich Werte von 4,82 und 5,17 und bei *Pythium anandrum* 4,63. *Pythium*-Arten wurden folglich in pH-Bereichen von 4,31-7,96 vorgefunden.

#### 4.7 Mykorrhizierungsgrad und Feinstwurzelverteilung

Die Aufnahme der Feinstwurzeln und des Mykorrhizierungsgrades erfolgte für alle Bäume nur aus der Winterprobe. Die Ergebnisse sind auf allen Flächen weitgehend einheitlich. Im oberen Bodenhorizont (0-20 cm) befinden sich die meisten Feinstwurzeln und Mykorrhizen bezogen auf das Bodenvolumen der Probe. Eine Beziehung zwischen mykorrhizierten Wurzeln und Trockengewicht der vitalen Feinstwurzeln in unterschiedlichen Horizonten ist festzustellen. In den beiden oberen Bodenhorizonten (0-20 cm und 20-40 cm) sind immer mehr mykorrhizierte Wur-

zelspitzen pro Feinstwurzeltrockengewicht vorhanden als im untersten Horizont. Die Wurzelspitzen sind nahezu 100 % mit Mykorrhiza besiedelt.

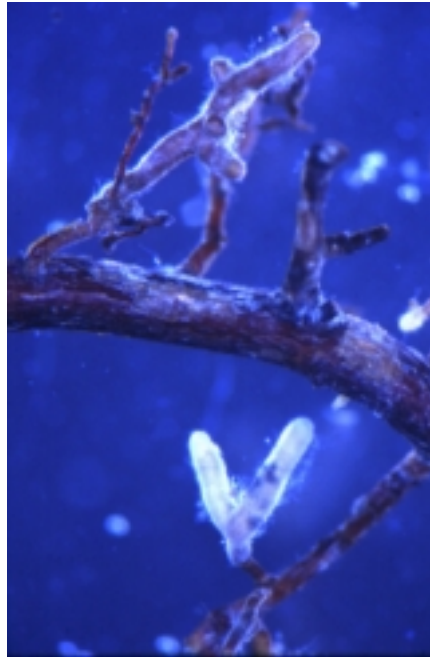


Abb. 12: Eichenmykorrhiza aus der Versuchsfläche LAN im Forstbezirk Langenau

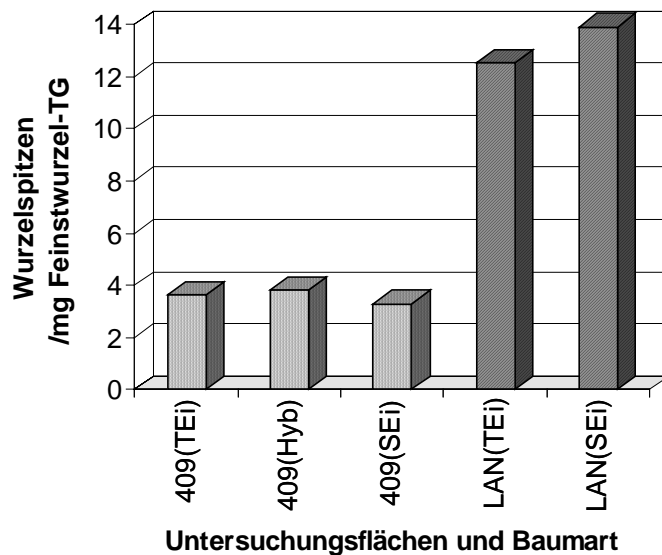


Abb. 13: Mykorrhizierte Wurzelspitzen pro mg Feinstwurzeltrockengewicht der Fläche 409 (Aufnahme 1997/98) und LAN (beide Teilflächen, Aufnahme 1996) aufgliedert nach Baumarten.

Auf Abb. 13 ist zu erkennen, daß zwischen den Baumarten einer Untersuchungsfläche keine Unterschiede im Verhältnis mykorrhizierter Wurzelspitzen pro mg Feinstwurzeltrockengewicht auftreten. Die Eichen auf der Fläche LAN weisen den höchsten, die aus der Fläche EMM den geringsten Anteil an Wurzelspitzen pro Feinstwurzeltrockengewicht auf (Abb. 14).

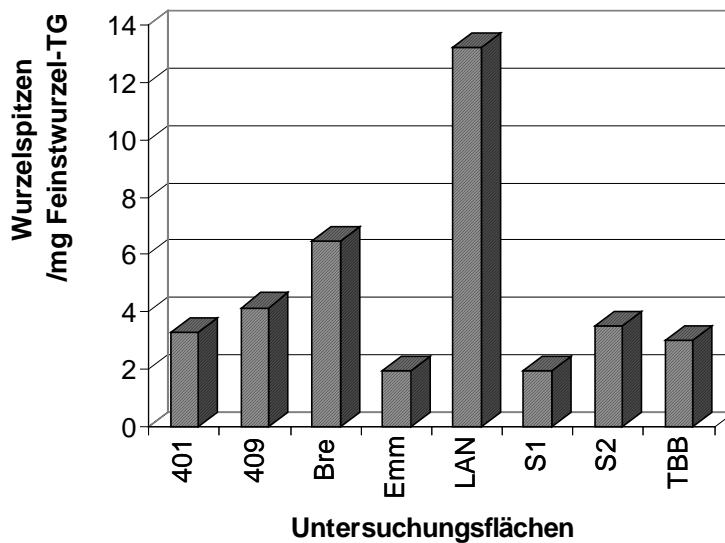


Abb. 14: Vergleich des Mittelwertes aller ausgezählten lebenden Wurzelspitzen pro mg Feinstwurzeltrockengewicht der untersuchten Bäume einer Fläche

## 5 Diskussion

### 5.1 Wurzelpathogene

16,1% aller Pilzisolat gehören den als pathogen eingestuften Taxa an. Über 76% davon entfallen auf die beiden häufigsten Arten *Cylindrocarpon destructans* und *Cryptosporiopsis radicola*. Da über die Pathogenität der gefundenen Pilze an Eichenwurzeln oft nur wenig bekannt ist,

wird die Einschätzung der Pathogenität anhand von Kenntnissen über andere Baumarten durchgeführt.

Am häufigsten von den aus den Eichenwurzeln isolierten Pathogenen wurde *Cylindrocarpon destructans* (Hauptfruchtform *Nectria radicola* GERLACH und L. NILSON) gefunden (Tab. 2). *C. destructans* ist nicht wirtsspezifisch und kommt sowohl auf Nadel- wie auch Laubhölzern vor. Der Befall mit *C. destructans* verstärkt sich mit der Schwächung seines Wirtes. Dieser Pilz befindet sich oft an abgestorbenen Eichenwurzeln von Verschulpflanzen. Er ist als mäßig starkes Wurzelpathogen einzustufen (BUTIN 1996, METZLER 1995). HART (1965) ermittelte an durch Frost vorgeschädigten *Quercus ellipsoidalis*-Pflanzen 68% Mortalität durch *C. destructans*-Befall. In Keimlingsversuchen mit *C. destructans* an Fichte wurden unter sonst keimfreien Bedingungen nach 12 Tagen Fäulniserscheinungen an der Wurzel sichtbar. Am Ende des Versuchs nach 64 Tagen waren alle Pflanzen abgestorben (FORBRIG 1989).

*Cryptosporiopsis radicola* zeigte die höchste Affinität zu schlecht belüfteten Böden in den Forstbezirken Oberkirch (Fläche OBE und 401) und Langenau (409v). Dieser Pilz wurde erst kürzlich von KOWALSKI und BARTNIK (1995) beschrieben. Sie isolierten diesen Pilz häufig von abgängigen Stieleichen und vermuten einen wichtigen Einfluß dieses Pilzes auf das Krankheitsgeschehen.

Die Geschwisterart *Cryptosporiopsis abietina* wurde von geschädigten Fichtenfeinwurzeln oft isoliert und die Pathogenität dieses Pilzes in Versuchen überprüft. Dabei zeigte es sich, daß ein hoher Prozentsatz von Fichtenkeimlingen durch den Pilz infiziert war (SCHÖNHAR 1989). Der Pilz dringt nach HAUG et al. (1988) in den Zentralzylinder ein und führt zum Absterben von Fichtenkeimlingen. In vergleichenden Infektionsversuchen war die Aggressivität dieses Pilzes ähnlich mit der einer virulenten *Pythium*-Art (METZLER 1995).

Bei allen untersuchten Eichen wurde *Trichoderma viride* nur in geringer Häufigkeit isoliert. Diese Pilzart wurde in knapp über 1% der Wurzeln gefunden, dabei um das 3,6-fache häufiger an Eichen mit einem schlechten Kronenzustand. An Fichtensämlingen, die mit *Trichoderma viride* infiziert wurden, erschienen nach 12 Tagen Nekrosen und Fäule an den Wurzeln. Es wurden Infektionen mit verschiedenen Stämmen von *Trichoderma viride* durchgeführt, wobei aggressivere Stämme zum Absterben der infizierten Pflanzen führten (SCHÖNHAR 1986, FORBRIG 1989). Nach den In-Vitro-Versuchen von METZLER (1995) rangiert die Virulenz dieses Pilzes eher im schwächeren Bereich. Zu berücksichtigen ist weiterhin, daß dieser Pilz als wichtiger Antagonist von wesentlich stärkeren Pathogenen bekannt ist, und somit vermutlich seine nützliche Funktion überwiegt (WEINDLING 1932, KÖHL und SCHLÖSSER 1991).

*Mycelium radialis atrovirens* (*M.r.a.*) hat einen Verbreitungsschwerpunkt in der Sonderfläche OBE. Wie bei Fichte (METZLER 1998) wurde auch hier die Präferenz von *M.r.a.* für tiefere Bodenhorizonte festgestellt. MELIN (1923) berichtete erstmals von dem Vorkommen dieses sterilen pigmentierten Mycels an Baumwurzeln. Seine Versuche an Kiefer und Fichte mit *M.r.a.* führten nach 2-4 Monaten zum Absterben der Pflanzen. *M.r.a.* entwickelte sich auf einem nährstoffreichen Substrat an Fichtenkeimlingen aggressiver als auf einem nährstoffärmeren Substrat. Nach HAUG et al (1988) führt dieser Pilz insbesondere zu einer Schädigung der primären Rindenzellen. *M.r.a.* ist in Waldböden sehr weit verbreitet und kann nur bei besonders häufigem Auftreten auf manchen Untersuchungsflächen als Schaderreger in Betracht kommen.

Angesichts der 351 Erdproben, die selektiv auf Oomyceten untersucht wurden, ist die Zahl von 14 erzielten Isolaten aus der Gattung *Pythium* sehr gering. Da auch kein einziges *Phytophthora*-Isolat erzielt werden konnte, erscheint die Belastung der Böden durch diese Pilzgruppe als unbedeutend. Von JUNG et al. (1996b) werden der *Phytophthora*-Erkrankung für weite Bereiche Mitteleuropas eine entscheidende Rolle im Krankheitsgeschehen „Eichensterben“ zugesprochen. Es gibt mindestens vier Gründe, warum an unseren Flächen und bei den angewendeten Methoden eine geringere Wahrscheinlichkeit bestand, *Phytophthora*-Arten zu finden:

- 1) In den Böden unserer Untersuchung konnte fast durchgängig kein Kalk gefunden werden. JUNG (1998) erzielte aus carbonathaltigen Flächen doppelt so häufig *Phytophthora*-Arten als in carbonatfreien.
- 2) Die Mehrzahl der von JUNG untersuchten Flächen sind stark wasserbeeinflusst. Die einzige wechselfeuchte Fläche unserer Untersuchung (OBE) ist versauert (pH (H<sub>2</sub>O) 3,89 in 0 - 20 cm Bodentiefe).
- 3) Unsere Untersuchung war darauf angelegt, Erkenntnisse aus repräsentativen Eichenbeständen zu gewinnen, stark erkrankte Eichen wurden nur in OBE beprobt.
- 4) Wesentlich für die Isolierungswahrscheinlichkeit von Mikroorganismen ist das genommene Probenvolumen. Dieses ist bei JUNG (1998) nur ungenau definiert (Mischproben aus insgesamt ca. 24 bis vermutlich 50 l); jedenfalls ist es wesentlich größer als in unserer Untersuchung mit ca. 750 - 880 ml (rechnerisch 883 ml). Wenn auch aufgrund der starken Populationsschwankungen und aufgrund der Aggressivität vieler *Phytophthora*-Arten ein qualitativer Nachweis bereits eine wichtige Aussage darstellt, kann bei vergleichenden Untersuchungen der quantitative Aspekt nicht vernachlässigt werden.



### 5.2 Bodendurchlüftung und Pathogenbesatz

Die Stieleiche wird in der Forstwirtschaft als eine Baumart angesehen, die auch mit schwierigeren Standorten zurechtkommt und deswegen unter anderem auf Problemstandorte wie Pseudo- und Stagnogleyböden angesiedelt wird (DENGLER 1980). Nach SCHEFFOLD (1971) und KÖSTLER et al. (1968) kann die Stieleiche wenig durchlüftete Böden, wie einen dichten sauerstoffarmen Pseudogley tiefer durchwurzeln. Der Vergleich der beprobten Stieleichen auf unterschiedlichen Standortseinheiten weist darauf hin, daß die Stieleiche auf stark verdichtetem Boden einen höheren Pathogenbesatz aufweist als auf weniger verdichteten Flächen. Diesen Zusammenhang zeigt schon die Arbeit von WELLMANN (1997), die für drei Stiel- und drei Traubeneichen auf dem Flächenpaar LAN bei niedrigen Diffusionskoeffizienten (hoher Verdichtungsgrad) einen erhöhten Befall der Wurzeln nachweisen konnte. Danach hat der Faktor Standort einen nachweisbaren Einfluß auf den Pathogenbesatz bei Eichen. Für die forstliche Praxis kann dies bedeuten, daß die Stieleiche auf deutlich verdichteten Standorten, auf denen sie als häufig als Zwangsbaumart gesehen wird hinsichtlich ihrer Wurzelgesundheit nicht überschätzt werden darf. Dies bekräftigt die Aussage von JAHN (1971), der infolge von Wurzelgrabungen zu der Folgerung kam, daß man „selbst Stieleichen in Bezug auf die Unempfindlichkeit ihrer Wurzeln gegenüber Vernässungserscheinungen eines Bodens nicht in jedem Falle allzuviel zutrauen darf“.

Inwieweit dieser Zusammenhang auch für die Traubeneiche gilt, kann nicht abschließend geklärt werden, da für die Traubeneiche keine verdichteten Flächen untersucht werden konnten. Allerdings ist bekannt (DENGLER 1980), daß die Traubeneiche im Vergleich zur Stieleiche verdichtete wasserbeeinflusste Standorten von Natur aus meidet und dort deutlich weniger geeignet ist.

Betrachtet man die isolierten Pathogene nach Arten getrennt, fällt auf, daß *Cryptosporiopsis radicicola* in Abhängigkeit von der Bodendurchlüftung auftritt. Je schlechter die Werte des Gasdiffusionskoeffizienten (bei 60 hPa), desto häufiger wurde diese Pilzart festgestellt. Im Boden der gut durchlüfteten Breisacher Fläche wurde *Cryptosporiopsis* dagegen lediglich einmal isoliert. Extrem mit *Cr. radicicola* belastet ist die Sonderfläche Oberkirch. Dies geht einher mit dem Absterben der untersuchten Bäume, sowie mit dem ungünstigen Wasserhaushalt dieses Standortes, der gelegentlich sogar überflutet wird. Auch die Tatsache, daß *Cr. radicicola* aus Wurzeln in 40 - 60 cm Bodentiefe fast dreimal häufiger isoliert wurde als in den oberen 20 cm, zeigt die erhöhte Anfälligkeit der Wurzeln für dieses Pathogen bei schlechter Sauerstoffversorgung.

Eine ähnliche Konstellation für die Baumart Fichte fand METZLER (1998). An einem Pseudogleystandort mit schlechtester Bodendurchlüftung stellte er den höchsten Pathogenbesatz fest, unter anderem mit der für Fichte als hochvirulent eingestuften *Cr. abietina*. Anhand dieser Er-

gebnisse läßt sich somit ein direkter Einfluß des Zustandes des Bodens auf den Gesundheitszustand der Feinstwurzeln nachweisen.

### **5.3 pH-Wert und Pathogenbesatz**

Mit dem Ansteigen des pH-Wertes ist ein verstärktes Vorkommen von *Cylindrocarpon destructans* in den Eichenwurzeln zu verzeichnen. Nach Aussage von HOLDENRIEDER (1989) fördert kalkhaltiger Boden das Vorkommen dieses Pilzes. Auch die wenig gefundenen Oomyceten bevorzugen weniger versauerte Substrate und bestätigen die von anderen Autoren gemachten Aussagen (HARTMANN und BLANK 1998, ERWIN und RIBEIRO 1996)

### **5.4 Mykorrhizierung**

Die Mykorrhizierung kann neben dem Pathogenbesatz als ein weiterer wesentlicher Faktor der Feinstwurzelgesundheit betrachtet werden (METZLER 1998). Die vorliegenden Eichenuntersuchung zeigen, daß die Wurzelspitzen unabhängig von der Fläche und vom Bodenhorizont zu fast 100% mykorrhiziert waren. Das festgestellte Ausmaß von Bodenverdichtung auf den Versuchsf lächen hat offensichtlich keinen Einfluß auf den Mykorrhizierungsgrad. Dies entspricht der Aussage von EGLI (1981), daß edaphische Faktoren weniger Auswirkungen auf die Mykorrhizierung der Eiche an sich, sondern vielmehr auf die beteiligten Pilzarten haben. Einschränkend muß dazu bemerkt werden, daß sich unsere Untersuchungen nur auf den Winterzustand beziehen und bei EGLI (1981) keine Angaben zum Probenahmezeitpunkt gegeben sind.

Im vorliegenden Fall läßt sich somit auch kein Zusammenhang zwischen Mykorrhizierungsgrad an sich und Pathogenbesatz ableiten. Möglicherweise reagieren die Artenzusammensetzung und die aktuelle Vitalität der Mykorrhizen (RITTER 1990) empfindlicher.

### **5.5 Schlußfolgerung**

Die Ergebnisse zeigen, daß die Bodenfaktoren einen erheblichen Einfluß auf Präsenz und Häufigkeit der Pathogene und somit den Gesundheitszustand der Eichenfeinstwurzeln haben. Ist der

Standort durch erhöhten pH-Wert oder schlechte Belüftungsverhältnisse des Bodens gekennzeichnet, weisen die Feinstwurzeln einen erheblichen Pathogenbesatz auf. Die Funktionsstörung der Feinstwurzeln kann zur verringerten Aufnahme von Wasser und Nährsalzen führen. Je höher der Anteil an befallenen Wurzeln ist desto eingeschränkter ihre Funktion. Wie in der Untersuchung auf der Fläche Oberkirch (OBE) an den absterbenden Eichen gezeigt werden konnte, scheinen die Pathogene auch einen Einfluß auf den Kronenzustand der Eichen zu haben. Verdichtete Standorte scheinen trotz zahlreicher Untersuchungen über die gute Durchwurzelung der Stieleiche auf diesen Problemstandorten nicht uneingeschränkt geeignet zu sein und dürfen diesbezüglich nicht überschätzt werden. Für die forstliche Praxis bedeutet dies, daß das Bestocken solcher Standortseinheiten mit Stieleiche Probleme nach sich ziehen kann. Kommen zur standortsbedingten Labilisierung der Feinstwurzeln weitere Belastungsfaktoren hinzu (z.B. Überschwemmung, Fraß durch Insekten, Trockenperioden), kann es zum Absterben der Eichen führen. Außerdem sollte vorbeugend eine zusätzliche Verschlechterung der Durchlüftungssituation, insbesondere durch Befahrung, vermieden werden.

Inwieweit Fraßschäden an der Krone Auswirkungen auf die Gesundheit der Eichenwurzeln haben (BLOCK et al. 1995), konnte nicht überprüft werden, da während des Untersuchungszeitraums keine ausgeprägten Fraßschäden entstanden sind.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ackermann, J., G. Hartmann (1992): Kronenschäden in Eichenbeständen Niedersachsens nach Farbinfrarot-Luftbildern aus den Jahren 1988/89. Forst und Holz 47, 452-460.
- Bissett, J. (1991): A revision of the genus *Trichoderma* II. Infrageneric classification, III. *Pachybasium*. Can. J. Bot. 69: 2357-2372; III. 2373-2417.
- Blaschke, H. (1994): Decline symptoms on roots of *Quercus robur*. Eur. J. Forest Path. 24: 386-398.
- Block, J., H. Delb, G. Hartmann, D. Seemann, H.W. Schröck (1995): Schwere Folgeschäden nach Kahlfraß durch Schwammspinner im Bienwald. AFZ/Der Wald 50: 1278-1281.
- Booth, C.(1966): The genus *Cylindrocarpon*. Mycol. Pap. 104: 1-56.
- Brasier, C.M.(1993): *Phytophthora cinnamomi* as a contributory factor in european oak declines. In: Luisi N et al. eds.Recent advances in studies on oak decline. Brindisi: 13-18 Sept 1992: 49-57.
- Butin, H., (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Thieme Verlag, 261 S.
- Campbell, W.A., (1947): A method of isolating *Phytophthora cinnamomi* directly from soil. Plant Disease Reporter 33, 134-135.
- Dengler, A. (1980): Waldbau. Parey Verlag, Hamburg und Berlin, Bd.I: 283.

- Domsch, K.H., W. Gams, TH. Anderson (1980): Compendium of soil fungi. Bd. I, II. Academic Press London.
- Egli, S. (1981): Die Mykorrhiza und ihre vertikale Verteilung in Eichenbeständen. Schweiz. Z. Forstw. 132: 345-353.
- Erwin D.C., O.K. Ribeiro (1996): *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press St. Paul, Minnesota, 562 S.
- Forbrig, R. (1989): Anatomische und histologische Untersuchungen an pilzinfizierten Fichtenkeimlingen (*Picea abies*) II. AFJZ 160: 137-144.
- Gärtig, T., H. Schack-Kirchner, J. Volkmann, K.v. Wilpert (1999): Physikalische und chemische Bodeneigenschaften als prädisponierende Faktoren neuartiger Eichenschäden. Allg. Forst- u. Jagdz. (im Druck).
- Hansen E., C. Delatour (1998): *Phytophthora* in a French oak forest. Poster In: 7<sup>th</sup> Int. Congr. Plant Pathology (ICPP), Edinburgh 9-16 Aug. 1998.
- Hart, J.H. (1965): Root rot of oak associated with *Cylindrocarpon radicola*. Phytopathology 55: 1154-1155.
- Hartmann, G. (1996): Ursachenanalyse des Eichensterbens in Deutschland - Versuch einer Synthese bisheriger Befunde. In : Wulf ,A., R. Kehr, (Hrsg.) Eichensterben in Deutschland. Mitt. a. d. Biol. Bundesanstalt, 318: 125-152.
- Hartmann, G., R. Blank (1998): Aktuelles Eichensterben in Niedersachsen- Ursachen und Gegenmaßnahmen. Forst und Holz 53: 733-735.
- Haug, I., G. Weber, F. Oberwinkler (1988): Intracellular infection by fungi in mycorrhizae of damaged spruce trees. Eur. J. Forest Path. 18: 112-120.
- Holdenrieder, O. (1989): Endophytes and rhizoplane in Norway spruce. Morrison, DJ. (ed): 7th int. Conf. Root. and butt rots, Canad. 531-545.
- Jahn, R. (1971): Wurzelprofile im Altmoränegebiet des südwestdeutschen Alpenvorlandes. Schriftenr. der Landesforstverw. Baden-Württemberg 33: 7-46.
- Jung, T. (1998): Die *Phytophthora*-Erkrankung der europäischen Eichenarten - Wurzelzerstörende Pilze als Ursache des Eichensterbens. LINCOM Europa, Studien zur Forstwissenschaft 02: 138 S.
- Jung, T., H. Blaschke, P. Neumann (1996a): Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. Eur. J. Forest Path. 26, 253-272.
- Jung T, H. Blaschke, KJ Lang, W. Oßwald (1996b): *Phytophthora*-Wurzelfäule der Stiel- und Traubeneiche. AFZ/Der Wald 51: 1470-1474.
- Köhl, J., E. Schlösser (1991): Antagonism against *Rhizoctonia solani* and cellulolytic activity of strains of *Trichoderma* spp. In: Beemster ABR; Bollen GJ; Gerlagh M; Ruissen MA; Schippers B; Tempel A, (Hrsg.). Biotic interactions and soil-borne diseases. Developments in agricultural and managed forest ecology, 23.
- Köstler, J.N., E. Brückner, H. Bibelriether (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. Parey, 284 S.

- Korotaev, A.A. (1992): Bodenverdichtung und Wurzelwachstum der Bäume. Forstarchiv 63: 116-119.
- Kowalski, T. (1983): Pilze in durch Luftverschmutzung geschädigten Wäldern Oberschlesiens. Eur. J. For. Path 13: 46-59.
- Kowalski, T., C. Bartnik (1995): *Cryptosporiopsis radicola* sp. nov. from roots of *Quercus robur*. Mycol. Res. 99: 663-666.
- Krahl-Urban, J. (1951): Waldfeldbau in einem Mittelgebirgsrevier. Schriftr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen 1: 60 S.
- Krauss, G., F. Härtel, K. Müller, G. Gärtner, H. Schanz (1939): Standortgemäße Durchführung der Abkehr von der Fichtenwirtschaft im nordwestsächsischen Niederland. Tharandt. Forstl. Jahresb. 90: 481-715.
- Kreutzer, K. (1961): Wurzelbildung junger Waldbäume auf Pseudogley. Fw. Zbl.. 80: 356-392.
- Kröber, H. (1985): Erfahrungen mit *Phytophthora* de Bary und *Pythium* Pringsheim. Mitt. a.d. Biol. Bundesanst. 225: 172 S..
- Melin, E. (1923): Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* und *Picea abies*. Falcks Mykol. Unters. und Berichte 2: 73-331.
- Metzler, B. (1995): Differenzierung der Pathogenität von Pilzen an Fichtenwurzeln. Phytomedizin 25(3): 17.
- Metzler, B. (1998): Feinwurzelgesundheit der Fichte in unterschiedlich durchlüfteten Bodenhorizonten. In: Hildebrand E.E. (Hrsg.): Der Gashaushalt von Waldböden. Messung, Modellierung und ökologische Bedeutung. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen Bd. 37: 150-171.
- Murach, D. (1984): Reaktion der Feinwurzelentwicklung von Fichten (*Picea abies*) auf zunehmende Bodenversauerung. Göttinger Bodenkundl. Ber. 77: 1-126.
- Nirenberg, H. I. (1976): Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. Mitt. a.d Biol. Bundesanst. 169, 117 S.
- Ponchet, J, P. Ricci, C. Andreoli, G. Augé (1972): Méthodes sélectives d'isolement du *Phytophthora nicotianae* f. sp. *parasitica* á partir du sol. Ann. Phytopathol. 4, 97-108.
- Przezborski, A. (1987): Über das Epidemische Eichensterben auf Grund der mykologischen Analysen der Bodenumwelt. Zbornik referatov. Sekcia, Zvolen, CSSR 2, 109-116.
- Ritter, Th., 1990: Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur Vitalität der Mykorrhizen von Fichten und Tannen unterschiedlich geschädigter Bestände im Schwarzwald. Diss. Tübingen; 180 pp..
- Sauthoff, W., H.I. Nirenberg, B. Metzler, U. Gruhn (1994): Untersuchungen über den Einfluß einer intensiven Pflanzenproduktion auf die Zusammensetzung der Bodenpilzflora. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. 295: 143-166.
- Scheffer, F., P. Schachtschabel (1984): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart, 11 Aufl.

- Scheffold, K. (1971): Wurzelprofile im Altmoränegebiet des südwestdeutschen Alpenvorlandes. Schriftenr. der Landesforstverw. Baden-Württemberg 33: 47-86.
- Schröter H., H. Bogenschütz, B. Metzler, H. Schelshorn, D. Seemann (1997): Waldschutzsituation 1996/97 in Baden-Württemberg. AFZ 7: 343-348.
- Schönhar, S. (1967): Untersuchungen über das Vorkommen pilzlicher Wurzelfäuleerreger an Nadel- und Laubholzverschulpflanzen. AFJZ 138: 245-248.
- Schönhar, S. (1986): Infektionsversuche an Fichten- und Kiefernkeimlingen mit aus kranken Fichtenfeinwurzeln isolierten Pilzen. AFJZ 157: 97-98.
- Schönhar, S. (1989): Infektionsversuche an Fichtenkeimlingen mit aus geschädigten Fichtenfeinwurzeln isolierten Pilzen. AFJZ 160: 98-99.
- Seeger, M. (1930): Erfahrungen über die Eiche in der Rheinebene bei Emmendingen (Baden). Allg. Forst- und Jagdtztg. 106: 201-219.
- Seemann, D. (1996): Biotische Aspekte der Eichenerkrankung. Agrarforschung in Baden-Württemberg. Bd. 26. Ulmer Stuttgart 1996: 137-146.
- Stamps, D.J., G.M. Waterhouse, F.J. Newhook, G.S. Hall (1990): Revised Tabular Key to the Species of *Phytophthora*. Mycological Papers, no.162. Kew, Surrey: CMI.
- Tomiczek, Ch., H. Krehan, Th. Cech, E. Donaubaue (1997): Forstsschadenssituation in Österreich. AFZ/Der Wald 52: 387-389.
- Tsao, P.H. (1983): Factors affecting isolation and quantification of *Phytophthora*. Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology. In: Erwin, D.C., S. Bartnicki-Gracia, P.H. (eds.) St.Paul The American Phytopathological Society. pp.219-236.
- Urosevic, B., V. Jancarik (1959): Ophiostomose und Eichenwurzeltöter (*Rosellinia quercina*), zwei wichtige Krankheiten der Eichensämlinge. Zeitschr. Pflanzenkrankh. u. Pfl.schutz 66: 193-199.
- Weindling, R. (1932): *Trichoderma lignorum* as a parasit of other soil fungi. Phytopathology, 22.
- Wellmann, K. (1997): Feinstwurzelgesundheit von Eichen in Abhängigkeit von der Bodendurchlüftung. Diplomarbeit Freiburg, 48 S.
- Zycha, H., R. Siepmann (1969): Mucorales. Cramer, 355 S..

### **Dank:**

Frau Margarete Krambrock danken wir für die engagierte technische Assistenz, dem PEF für die finanzielle Förderung.

### Zusammenfassung

#### **Gesundheit der Fein- und Feinstwurzeln an Stiel- und Traubeneiche in Bezug zu Bodenparametern**

Katrin Wezel, B. Metzler, D. Seemann, H. Schröter  
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br.

Die Untersuchung sollte klären, ob bei den verbreiteten Eichenschäden auch Feinwurzelpathogene beteiligt sind. Die Wurzeln der Probestämme aus 8 Eichenbeständen in Baden-Württemberg wurden auf Pathogenbesatz und Mykorrhizierung untersucht. Unter insgesamt sechs Teilflächen der Standortseinheit Feinlehm mit jeweils ermittelter diffusiver Gasdurchlässigkeit zeigte die Fläche mit dem schlechtesten Belüftungswert den höchsten Pathogenbesatz, insbesondere durch *Cryptosporiopsis radiculicola*. Diese Art befällt die Wurzeln besonders stark in tieferen Bodenschichten.

Die pathogenen Pilzarten sehr unterschiedlich auf die untersuchten Stiel- und Traubeneichen verteilt. Das mittlere Befallsprozent mit Pathogenen lag bei Stieleichen bei 37%, bei Traubeneichen dagegen bei nur 15%. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Traubeneichen auf Standorten mit besserer Bodendurchlüftung stockten.

Ein spezielles Screening auf den Untersuchungsflächen zur Isolierung von Oomyceten (Ködermethoden mit Nelken, Eichenblättern und Äpfeln) ergab 14 *Pythium*-Isolate aus fünf Arten. *Phytophthora*-Arten wurden nicht gefunden.

Die Ermittlung des Mykorrhizierungsgrades ergab keine deutlichen Differenzierung zwischen den verschiedenen Flächen und Eichenarten.

### Summary

#### **Feeder root health of oak in relation to different soil parameters**

Katrin Wezel, B. Metzler, D. Seemann, H. Schröter  
Forest Research Institute of Baden-Württemberg, Freiburg i.Br.

The goal of the study is to show, whether there is a relation between oak decline and feeder root diseases. Colonization of fine roots by pathogenic fungi as well as mycorrhization was determined for eight oak stands in Baden-Württemberg. Among six plots on silty loam the one with the lowest gas diffusion coefficient was affected by the highest number of pathogens. esp. by *Cryptosporiopsis radiculicola*. The roots of the soil level 40-60 cm deep were much more affected by this fungus than roots from the upper 20 cm.

The examined trees of the two oak species were differently affected by pathogenic fungi: 37% of *Quercus robur* root segments were infested, whereas only 15% of *Q. petraea* roots showed infection. *This coincides with the fact, that the pedunculate oak trees grew on better aerated soil.*

Wezel et al.

A special soil screening for Oomycetes (baiting methods with oak leaves, carnation petiols, and apples) revealed 14 *Pythium*-isolates from five species. *Phytophthora* species were not detected.

The degree of mycorrhization appeared to be quite uniform on all stands of the study.





## 7 Anhang

Tabelle I : Zusammenstellung aller Pilzisolat, differenziert nach Probeflächen

Pilzarten	Ort										Sum
	401	409	BRE	EMM	LAN	MÜL	OBE	S1	S2	TBB	
<i>Absidia</i> spec.	0	0	24	43	0	0	0	0	0	3	70
<i>Acremonium</i> spp.	12	4	16	16	5	5	1	11	3	1	74
<i>Acrodontium</i> spec.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Alternaria alternata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Botrytis</i> spp.	0	0	1	2	0	0	0	0	1	1	5
<i>Chaetomium</i> spec.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chalara</i> spec.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Chaunopycnis alba</i>	18	0	7	15	0	3	0	5	0	1	49
<i>Chloridium</i> cf. <i>lignicola</i>	0	1	1	2	0	0	1	0	0	1	6
<i>Chloridium clavaeforme</i>	1	1	0	2	1	0	0	2	0	0	7
<i>Chloridium</i> spec.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chloridium virescens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Chrysosporium merdarium</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Chrysosporium pannorum</i>	13	33	43	35	36	9	1	8	3	10	191
<i>Cladosporium</i> sp. <i>Cladospori-</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Coemansia</i> cf. <i>erecta</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Colletotrichum</i> cf. <i>trichellum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
cf. <i>Coniothyrium</i> spec.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Cordana pauciseptata</i>	5	1	0	4	0	2	0	0	1	1	14
<i>Cryptosporiopsis radicecola</i>	130	78	1	10	73	2	100	1	7	11	413
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	61	124	56	61	61	7	21	5	26	8	430
<i>Cylindrocarpon didymum</i>	3	1	6	10	8	0	0	0	0	0	28
<i>Cylindrocarpon</i> spec. <i>or-</i>	0	4	0	0	3	0	0	0	1	0	8
<i>Cylindrocladium</i> spp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Cytospora</i> spec.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dactylaria chrysospermum</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	6
cf. <i>Daldinia</i> spec.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dictyosporium</i> spec.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Doratomyces nanus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Doratomyces stemonitis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Endophragmia</i> cf. <i>biseptata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Exophiala jeanselmei</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
<i>Exophiala</i> spec.	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	4
<i>Geniculisporium</i> spec.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
<i>Gliocladium roseum</i>	8	2	17	24	0	3	0	6	0	1	61
<i>Gliocladium solani</i>	22	3	8	3	6	0	0	2	1	3	48
<i>Gliomastix murorum</i> v. <i>felina</i>	14	0	44	39	5	6	0	4	0	1	113
<i>Humicola fruscoatra</i>	2	1	3	3	1	0	0	1	2	0	13
cf. <i>Humicola</i> spec.	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Hypoxylon</i> spp.	4	1	0	0	0	0	0	0	2	1	8
<i>Idriella humata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Idriella</i> spec.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
cf. <i>Idriella</i> sp.	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Lecythophora mutabilis</i>	3	1	0	7	2	1	2	0	0	0	16
<i>Lecythophora</i> spec.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Leptodontium irregulare</i>	8	0	1	9	0	6	0	0	1	0	25
<i>Leptodontium</i> spec.	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3
<i>Mariannaea elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Metarrhizium</i> spec.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2

## Feinwurzelgesundheit an Eichen

Fortsetzung Tabelle I:

Pilzarten	Ort										Sum
	401	409	BRE	EMM	LAN	MÜL	OBE	S1	S2	TBB	
<i>Monocillium spec.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Monodictys glauca</i>	2	0	1	0	14	0	0	0	0	0	17
<i>Monodictys putredinis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Monodictys spec.</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Mortierella spp.</i>	22	13	135	96	35	11	11	37	26	59	445
<i>Mucor spp.</i>	0	2	7	8	2	0	0	0	0	0	19
<i>Mycelium radicans atrovirens</i>	8	7	10	29	20	0	56	5	10	11	156
<i>Nectria spec.</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Oidiodendron echinulatum</i>	6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	8
<i>Oidiodendron griseum</i>	7	8	10	5	9	1	0	0	3	3	46
<i>Oidiodendron majus</i>	68	18	61	16	15	8	17	7	14	51	275
<i>Paecilomyces carneus</i>	15	1	11	9	3	0	1	3	2	1	46
<i>Papulaspora viridis</i>	50	22	9	18	11	10	26	7	2	1	156
<i>Penicillium spp.</i>	63	12	222	307	13	36	14	35	11	26	739
<i>Phaeostalagmus tenuissimus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phialophora spp.</i>	0	2	1	3	6	0	3	0	0	1	16
<i>Phoma spec.</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	7
<i>Piptocephalis xenophilia</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Piptocephalis cf. Cylandrospo-</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pseudogymnoascus roseus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	5
<i>Ramichloridium spec.</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Rhizomucor pusillus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Scolecobasidium spec.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Scytalidium lignicola</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sesquicillium spec.</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
<i>Sporidesmium spec.</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Sporothrix schenkii</i>	15	10	11	21	13	4	3	4	9	4	94
<i>Talaromyces spec.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tielavia polygonoperda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Tolypocladium spec.</i>	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Tolypocladium inflatum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trichocladium opacum</i>	9	31	8	20	11	1	4	0	2	1	87
<i>Trichoderma hamatum</i>	60	8	51	62	3	13	4	10	13	5	229
<i>Trichoderma harzianum</i>	8	0	9	11	0	14	0	1	0	2	45
<i>Trichoderma piluliferum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Trichoderma polysporum</i>	1	4	4	24	2	2	3	5	0	2	47
<i>Trichoderma spec.</i>	4	1	0	2	1	1	0	0	0	0	9
<i>Trichoderma viride</i>	12	1	7	15	4	4	2	5	3	3	56
<i>Trichosporiella spec.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Trichosporon spec.</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Varicosporium elodeae</i>	3	10	4	4	5	3	0	0	0	1	30
<i>Verticillium psalliotae</i>	3	3	19	14	0	1	1	0	0	0	41
<i>Verticillium spec.</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	4
<i>Volutella ciliata</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Xylaria hypoxylon</i>	0	2	0	0	11	0	0	0	0	0	13
<i>Xylaria spp.</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Zygorrhynchus heterogamus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
weitere Zygomycetes	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4
Basidiomycetes	1	4	3	0	2	4	0	0	0	2	16
steriles pigmentiertes Mycel	121	121	152	141	40	70	95	61	29	86	916
steriles weißes Mycel.	150	173	134	114	252	156	44	181	183	129	1516
unbekannte Mycelien	6	5	10	13	30	4	2	2	4	1	77
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>956</b>	<b>729</b>	<b>1128</b>	<b>1231</b>	<b>724</b>	<b>392</b>	<b>412</b>	<b>412</b>	<b>374</b>	<b>439</b>	<b>6797</b>