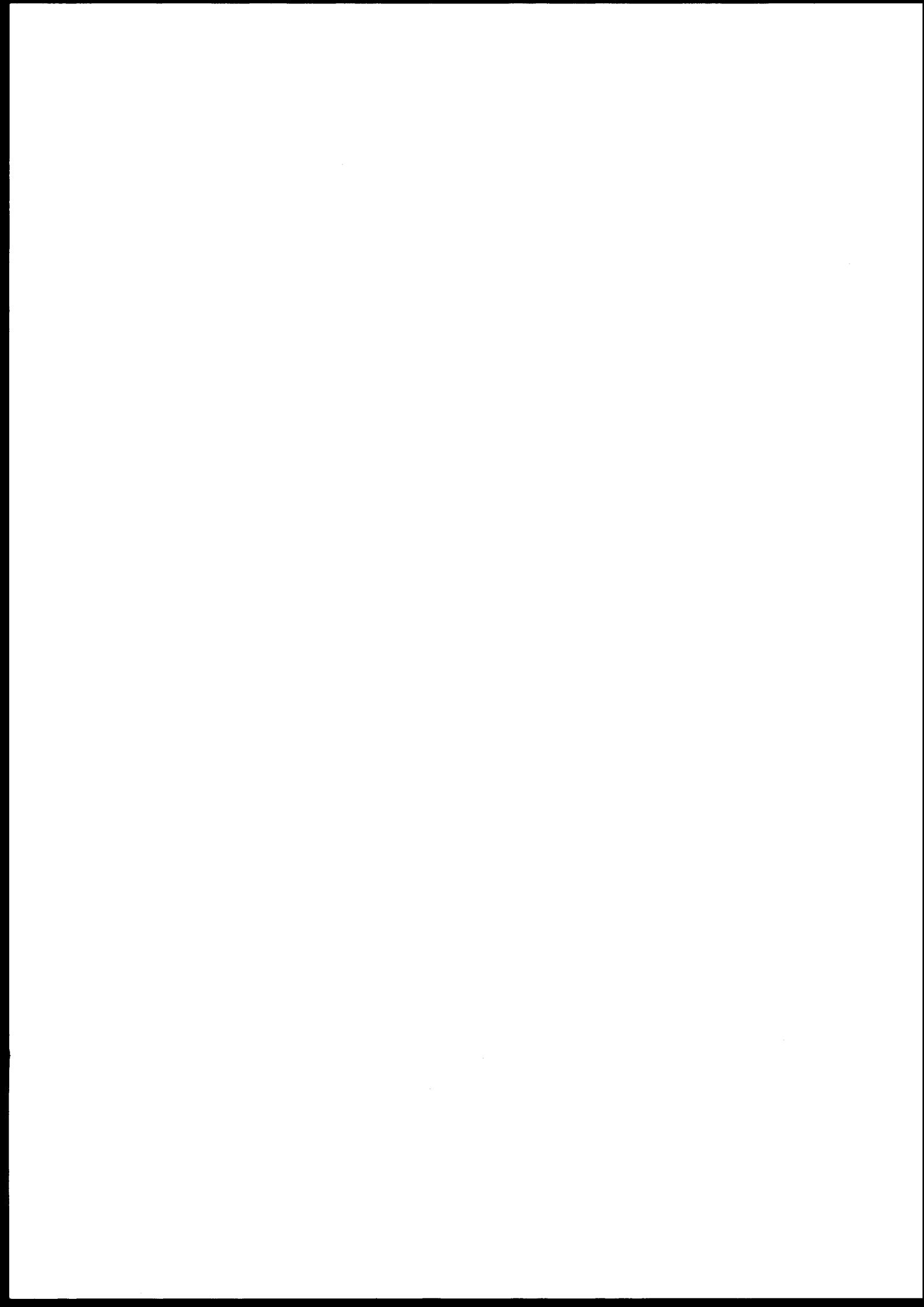


**Einfluss von Aufforstungen mit  
standortsfremden Nadelbaumarten auf die  
Pilzflora im Laubwaldgürtel in der Südschweiz  
(TI, S. Antonino, Copera)**

Abhandlung  
Zur Erlangung des Titels  
Doktorin der Naturwissenschaften  
der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von  
Neria Römer  
dipl. Natw. ETH Zürich  
geboren am 8. Juni 1970  
von Chiasso (TI)

Angenommen auf Antrag von:  
Prof. Dr. E. Horak, Referent  
Prof. Dr. P. Edwards und Dr. S. Egli, Korreferenten



# Inhaltsverzeichnis

	<b>ZUSAMMENFASSUNG – SUMMARY – RIASSUNTO</b>	<b>III</b>
	<b>DANKSAGUNGEN</b>	<b>IX</b>
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>1</b>
1.1.1	Künstliche Einführung von Organismen in neue Lebensräume: Effekte auf Ökosysteme	1
1.1.2	Aufforstungen mit exotischen Baumarten: Effekte auf die Pilzflora	2
1.1.3	Pilze als Bioindikatoren	3
<b>1.2</b>	<b>Zielsetzungen</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODE</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Laubwald-Gürtel im Tessin</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Untersuchungsgebiet: Versuchsaufforstung Copera</b>	<b>7</b>
2.3.1	Geographische Lage von Copera	9
2.3.2	Geologie	10
2.3.3	Klima	10
2.3.4	Ehemalige Ziele der Aufforstung	10
2.3.5	Copera heute (nach 40 Jahren)	12
<b>2.4</b>	<b>Versuchsflächen für mykosoziologische Untersuchungen</b>	<b>12</b>
2.4.1	Auswahl der Flächen	12
2.4.2	Charakterisierung der VF	13
<b>2.5</b>	<b>Klimatische Untersuchungen</b>	<b>15</b>
2.5.1	Meteorologische Station Copera	15
2.5.2	Mikroklimatische Erhebungen in den VF	15
<b>2.6</b>	<b>Vegetation</b>	<b>16</b>
2.6.1	Vegetationsaufnahmen	16
2.6.2	Ökologische Zeigerwerte	16
2.6.3	Auswertung der Vegetationsaufnahmen	16
<b>2.7</b>	<b>Böden</b>	<b>17</b>
2.7.1	Humusformen	17
2.7.2	Physikalische und chemische Boden-Untersuchungen	19
<b>2.8</b>	<b>Mykosoziologische Methoden (Makromyceten)</b>	<b>20</b>
2.8.1	Problemstellung	20
2.8.2	Inventar der Makromyceten	21
2.8.3	Kartierung der epigäischen Ektomykorrhiza-Pilze und der Bäume in den VF	21
2.8.4	Pilzbestimmung und Referenz-Herbar	23
2.8.5	Auswertung der Pilzaufnahmen	23
<b>2.9</b>	<b>Ektomykorrhiza-Symbiosen</b>	<b>24</b>
2.9.1	Isolierung von Myzel-Reinkulturen	24
2.9.2	Inokulationsversuche	25
2.9.3	Morphologie der Ektomykorrhiza an den Wurzelspitzen	27
<b>2.10</b>	<b>Hypogäische Pilzflora</b>	<b>28</b>
2.10.1	Problemstellung	28
2.10.2	Fallen-Fang von Mäusen zur Bestimmung hypogäischer Pilze	29
2.10.3	Analyse der Kotproben	29
2.10.4	Suche und Nachweis mit Hilfe von dressierten „Trüffel-Hunden“	29
<b>3</b>	<b>RESULTATE</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Charakterisierung der Witterungsverhältnisse in den Jahren 1996-1998</b>	<b>30</b>
3.1.1	Niederschläge	30
3.1.2	Temperaturen	32
3.1.3	Windstärke	34
3.1.4	Vergleich des Mikroklimas im Laub- und Nadelwald	35
3.1.4.1	Niederschläge	35

3.1.4.2	Temperaturen	38
3.1.5	Vergleichsdaten aus der meteorologischen Station Copera (Niederschläge, Minimal- und Maximaltemperaturen)	41
<b>3.2</b>	<b>Vegetation</b>	<b>44</b>
3.2.1	Flora und Pflanzensoziologie	44
3.2.2	Oekologische Zeigerwerte der Pflanzengesellschaften	54
3.2.3	Statistische Auswertungen	54
3.2.4	Diversität-Index (Shannon-Wiener-Index)	62
<b>3.3</b>	<b>Boden</b>	<b>63</b>
3.3.1	Kryptopodsole	63
3.3.2	Humusformen	64
3.3.3	Boden-Physikalische Untersuchungen	66
3.3.3.1	Lagerungsdichte	66
3.3.3.2	Feinerde und Skelett	67
3.3.4	Boden-Chemische Untersuchungen	69
3.3.4.1	pH	69
3.3.4.2	Kohlenstoff/Stickstoff Verhältnis	71
3.3.5	Statistische Auswertungen edaphischer Parameter	72
3.3.6	Vergleich der Bodenanalyseresultate mit den berechneten Zeigerwerten der Pflanzenarten	76
<b>3.4</b>	<b>Mykosoziologische Auswertung</b>	<b>78</b>
3.4.1	Verwendete Bestimmungsliteratur	78
3.4.2	Artenliste der Makromyceten	86
3.4.3	Diversität der Makromyceten in den 17 VF	89
3.4.3.1	Diversität-Index (Shannon-Wiener-Index)	92
3.4.4	Saisonale und ganzjährige Aspekte der Pilzflora	93
3.4.5	Phänologie ausgewählter Pilz-Taxa	108
3.4.6	Korrelation zwischen Witterungsverlauf und Pilzfruktifikation	117
3.4.6.1	Niederschläge	118
3.4.6.2	Temperaturen	123
3.4.7	Statistische Auswertungen	125
<b>3.5</b>	<b>Ektomykorrhiza-Pilze</b>	<b>134</b>
3.5.1	Kartierung der EM-Pilzfruchtkörper	134
3.5.2	Morphotypen der mykorrhizierten Wurzeln	155
3.5.3	Myzelreinkulturen und Inokulationsversuche	166
<b>3.6</b>	<b>Hypogäische Pilzflora</b>	<b>178</b>
3.6.1	Mittels Kotproben von Mäusen nachgewiesene Arten	178
3.6.2	Mittels „Trüffel-Hunden“ nachgewiesene Arten	184
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>186</b>
<b>4.1</b>	<b>Pilzflora der autochthonen Kastanien- und Buchenwälder</b>	<b>186</b>
<b>4.2</b>	<b>Pilzflora der gepflanzten Nadelbäume</b>	<b>189</b>
<b>4.3</b>	<b>Vergleich der Pilzflora der Kastanien- und Buchenwälder mit derjenigen der eingeführten Nadelbäume</b>	<b>191</b>
<b>4.4</b>	<b>Pilzflora und Standortfaktoren</b>	<b>192</b>
4.4.1	Klima	192
4.4.1.1	Zusammenhang zwischen Witterungsablauf und Pilzfruktifikation	192
4.4.1.2	Vergleich des Mikroklimas im Laub- und Nadelwald	193
4.4.2	Vegetation	194
4.4.3	Boden	195
<b>4.5</b>	<b>Ektomykorrhiza-Symbiose</b>	<b>196</b>
<b>4.6</b>	<b>Hypogäische (Trüffel-artige) Pilze</b>	<b>197</b>
<b>4.7</b>	<b>Pilze als Bioindikatoren</b>	<b>197</b>
<b>4.8</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>198</b>
<b>4.9</b>	<b>Interpretationsgrenzen</b>	<b>199</b>
<b>4.10</b>	<b>Nicht abgeklärte Aspekte</b>	<b>199</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>201</b>
	<b>ANHANG 1-4</b>	
	<b>CURRICULUM VITAE</b>	



## Zusammenfassung

Von Juli 1995 bis Dezember 1998 wurden während der Vegetationsperiode die Makromyceten in 17 permanenten Untersuchungsflächen von je 216 m<sup>2</sup> mykosoziologisch analysiert. Alle Flächen wurden auf 500 bis 800 m Höhe in der Aufforstung Copera eingerichtet (Kanton Tessin, Südschweiz). Vier Versuchsflächen wurden zu Vergleichszwecken im autochthonen Laubwald (*Castanea sativa* und *Fagus sylvatica*, je zwei Versuchsflächen) und 13 in den eingeführten Nadelwäldern eingerichtet: *Pseudotsuga taxifolia* und *Picea excelsa* (je drei Versuchsflächen), *Pinus silvestris*, *Pinus strobus* und *Larix decidua* (je zwei Versuchsflächen), *Pinus nigra* (eine Versuchsfläche). Die Makromyceten in den 17 Versuchsflächen wurden qualitativ und quantitativ erfasst. Ausserdem wurden folgende Daten erhoben: Vegetation, edaphische Parameter (Humusformen, physikalische und chemische Bodeneigenschaften) und klimatische Parameter (Niederschlag, Maximum- und Minimum-Temperaturen) sowie die Morphologie der mykorrhizierten Wurzeln. Aus Fruchtkörpern von Ektomykorrhizapilzen wurden Reinkulturen hergestellt und damit steril aufgezogene Keimlinge inokuliert. Die in vitro gebildeten Ektomykorrhizen wurden untersucht und mit den natürlich vorkommenden verglichen. Die Fruchtkörper-Fundstellen der Ektomykorrhizapilze, die Standorte der Bäume sowie ihre auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen wurden kartiert.

Das Hauptziel des Projektes war es, festzustellen, welchen Einfluss die Einführung standortsfremder Nadelbaumarten auf die Diversität der Pilzflora, auf die Ektomykorrhiza-Verhältnisse an den Wurzeln und auf die Humusbildung hat. Sind festgestellte Veränderungen in der Struktur und Diversität der Pilzflora durch die Wirtsspezifität erklärbar oder sind sie Folge veränderter Standortbedingungen oder sind sie auf die Einführung fremder Pilzarten mit den eingeführten Bäumen zurückzuführen? Verhalten sich in Aufforstungen hypogäische Pilzarten wie epigäische?

Während der 3 Untersuchungsjahre wurden 119 Sammelexkursionen durchgeführt. Im ganzen wurden 342 Arten erfasst, welche mit insgesamt 13'131 Fruchtkörpern registriert wurden. Davon waren 319 (93 %) Basidiomyceten, 17 (5 %) Ascomyceten, 5 (1 %) Myxomyceten und 1 Art der Zygomyceten. Insgesamt wurden 114 Ektomykorrhizapilze, 17 Lignicole-, 40 Terricole-Saprobe und 10 Parasiten festgestellt. Die pflanzensoziologischen Untersuchungen der 17 Versuchsflächen ergaben insgesamt 78 Phanerogamen und 8 Pteridophyten.

Die Auswertung der aufgenommenen Daten hat folgende Resultate und Schlussfolgerungen gebracht:

- Die verschiedenen, in Copera untersuchten Waldtypen können mit Pilzen besser differenziert werden als mit Pflanzen.
- Die Diversität der Makromyceten ist im autochthonen Laubwald grösser als in den Versuchsflächen mit exotischen Nadelbäumen. Vor allem bezüglich Ektomykorrhiza-Pilze sind die Kastanienwälder artenreicher, d.h. 63 Ektomykorrhiza-Arten im Kastanienwald vs. 16 bis 38 unter den Nadelbäumen. Das Verhältnis Ektomykorrhiza vs. Saprobe beträgt 1 im Kastanienwald und 0.3 für Douglasie. Die hochgerechneten Werte für den Laubwald vs. Nadelwald sind 0.7 vs. 0.4.
- Sowohl die Ektomykorrhiza-Pilze als auch die übrigen Pilzarten sind im Nadelwald jahreszeitlich früher als im Laubwald erschienen. Die saisonalen Aspekte der Pilzfruktifikation sind sonst in beiden Waldtypen ähnlich.

- Im Douglasienwald wurden im Vergleich zum Kastanienwald mehr hypogäische Arten nachgewiesen (12 vs. 7).
- An den Feinwurzeln der Kastanie wurden 18 Morphotypen festgestellt. Im Vergleich dazu 7 bei Buche, 4 bei Fichte, 6 bei Weymouthsföhre und 10 bei Douglasie. Der Besatz an Ektomykorrhiza ist im autochthonen Laubwald immer höher. Die Analyse hat gezeigt, dass viele Wurzelspitzen der exotischen Nadelbäume, v.a. aber bei der Douglasie, nicht mykorrhiziert und/oder das Myzel der Ektomykorrhiza kollabiert war.
- Rohhumusartiger Moder ist der in den Versuchsflächen mit Nadelbäumen am häufigsten angetroffene Humustyp. Im Gegensatz dazu dominiert der Mullartige Moder im autochthonen Laubwald. Die beiden Waldtypen unterscheiden sich aber bezüglich pH und C/N Verhältnis nicht. Es lassen sich auch klimatisch (Niederschlag, T max. und T min.) keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen Laub- und Nadelwaldtypen feststellen. Die Unterschiede der Pilzartenspektren sind somit nicht durch die veränderten Standortbedingungen, sondern eher durch die Wirtsspezifität der Pilze und das Auftreten zusätzlicher, standortsfremder Pilzarten erklärbar.
- Die Mehrheit der mit exotischen Nadelbäumen assoziierten Mykorrhiza-Pilze sind Ubiquisten. Eine Art, nämlich *Rhizopogon villosulus*, wurde vermutlich aus Nord-Amerika mit der Douglasie in Copera eingeschleppt. Die typischen, an natürlichen Standorten vorkommenden Lärchen- und Föhren-begleitenden Pilze wurden auch in den Versuchsflächen mit aufgeforsteten Nadelbäumen wiedergefunden.
- Im Kastanienwald sind die meisten Arten und Fruchtkörper im Abstand von 2.1 - 2.5 m zum nächststehenden Baum aufgetreten, im Fichtenwald hingegen bei 0.6 - 1 m und im Douglasienwald bei 0.6 - 2 m.
- Acht Ektomykorrhizapilze (*Xerocomus rubellus*, *X. subtomentosus*, *X. chrysenteron*, *X. badius*, *Tylopilus felleus*, *Paxillus involutus*, *Rhizopogon villosulus* und *Amanita citrina*), die aus dem lokalen Kastanienwald gesammelt wurden, wurden isoliert und in vitro mit steril aufgezogenen Föhren-, Fichten- und Douglasienkeimlingen konfrontiert. Nach ca. 1 Jahr waren die beimpften Keimlinge mykorrhiziert.
- Die obligate, ektotrophe Symbiose von *Rhizopogon villosulus* x Douglasie wurde im Labor mit Inokulationsversuchen synthetisiert.
- *Xerocomus*- Arten (*X. badius*, *X. rubellus* und *X. subtomentosus*) konnten in vitro Fruchtkörper bilden, auch ohne Kontakt mit der Wirtspflanze zu haben.

## Summary

This study investigates the impacts on the local mycoflora resulting from the introduction of non-indigenous conifers into an area formerly occupied by broadleaved trees. Particular attention was paid to effects on the diversity of macromycetes, the presence of ectomycorrhizae on the fine-roots of the host trees, and humus formation. The main question was: to what extent can the observed changes in the mycoflora be explained by host specificity, by changing site conditions and by the introduction of foreign fungus species?

The study site was an afforested area at Copera near Bellinzona (Ct. Ticino) in southern Switzerland. Between July 1995 and December 1998 the macromycetes occurring in 17 permanent investigation plots (216 m<sup>2</sup> each) at 500-800 m altitude were investigated from several mycoecological points of view. Four reference plots were located in autochthonous deciduous forests (*Castanea sativa* and *Fagus sylvatica*, 2 plots each). The remaining 13 plots were under planted, allochthonous conifers viz. *Pseudotsuga taxifolia* and *Picea excelsa* (3 plots each), *Pinus silvestris*, *Pinus strobus* and *Larix decidua* (2 plots each) as well as *Pinus nigra* (one plot). In addition to the assessment of the vegetation types, edaphic (physical and chemical properties of the soil) and climatic parameters (precipitation, minima and maxima of temperature), and the morphology of the ectomycorrhizae on rootlets of the host trees were monitored. During the observation period, all basidiomes of ectomycorrhizal fungi occurring in and close to the plots were mapped.

During 119 collecting trips, 13'131 basidiomes representing 342 species - 319 (93 %) Basidiomycetes, 17 (5 %) Ascomycetes, 5 (1 %) Myxomycetes and one Zygomycetes – were recorded. These included 114 ectomycorrhizal, 17 lignicolous, 40 terricolous saprobic and 10 parasitic species. The phytosociological survey yielded 78 phanerogams and 8 pteridophytes.

Analysis of the data led to the following conclusions:

- The different forest types studied in Copera can be better differentiated by macrofungi than by the associated plant composition.
- The diversity of the macromycetes in plots of autochthonous deciduous forest is higher than in the plots with planted exotic coniferous trees. Of the ectomycorrhizal fungi, 63 species were found in chestnut forest, and 16-38 under different coniferous trees. The ratio of ectomycorrhizal to saprobic species is 1 in chestnut forest but 0.3 in Douglas fir stands. The ratio for all deciduous stands is 0.7 compared with 0.4 for the coniferous stands.
- In the exotic coniferous forests the basidiomes of all observed fungal species tended to appear earlier in the season than in the deciduous forests. The seasonal aspects of the productivity of basidiomes, however, are similar in the two types of forest.
- Under Douglas fir more hypogeous ectomycorrhizal species (12) were found than under the autochthonous chestnut trees (7).
- On the rootlets of the host trees, 18 mycorrhizal morphotypes were distinguished for chestnut, 7 for beech, 4 for spruce, 6 for White pine and 10 for Douglas fir. In the autochthonous deciduous forests the rate of ectomycorrhizal presence was always higher. Morphoanatomical analysis revealed no ectomycorrhizal sheaths on many rootlets of the exotic conifers, in particular those of Douglas fir.
- In the study plots under coniferous trees, mor/moder is the most frequently encountered type of humus. In contrast, mull/moder dominates in soil profiles of

the autochthonous deciduous forests. In general, the two types of forests do not differ in pH and nutrient content. Moreover, no statistical significant differences in climatic parameters (precipitations, T max., T min.) could be found between deciduous and coniferous forest. The differences in the fungus species diversity are therefore not due to changes in edaphic site conditions, but rather to the host specificity of the fungi and the presence of introduced species.

- The majority of the ectomycorrhizal fungi associated with coniferous trees are ubiquists. Only the North American species *Rhizopogon villosulus* was probably inadvertently imported into Copera together with plantlets of Douglas fir. The typical fungi associated with larches and pines in their natural habitat have also been collected in the study plots with introduced coniferous trees.
- In the chestnut forest the basidiomes of most species were found at a distance of 2.1 - 2.5 m from the trunk of the nearest tree. Under spruce the distance was 0.6 - 1 m, and under Douglas fir 0.6 - 2 m.
- In the chestnut forest, basidiomes of eight ectomycorrhizal species (*Amanita citrina*, *Paxillus involutus*, *Rhizopogon villosulus*, *Tylopilus felleus*, *Xerocomus badius*, *X. chrysenteron*, *X. rubellus*, and *X. subtomentosus*) were gathered. Mycelium grown in pure cultures was successfully used to inoculate sterile-grown plantlets of pine, spruce and Douglas fir.
- In the course of synthesis experiments, the obligate ectomycorrhizal symbiosis between *Rhizopogon villosulus* x Douglas fir was established *in vitro*.
- Three species - *Xerocomus rubellus*, *X. subtomentosus* and *X. badius* - were observed to produce basidiomes *in vitro* without having any contact to roots of a host tree.

## Riassunto

Nel presente studio è stato analizzato l'influsso dell'introduzione di conifere alloctone sulla funga. In particolare è stata studiata la diversità dei macromiceti, la presenza di ectomicorrize sulle radici delle piante e la formazione dell'humus. I cambiamenti registrati nella struttura e diversità della funga, sono dovuti alla specificità dei funghi verso la pianta ospite, sono conseguenze delle mutate condizioni ambientali o sono da attribuire all'introduzione di specie fungine legate alle conifere introdotte?

Nella piantagione di Copera (St. Antonino, Canton Ticino) da luglio 1995 a dicembre 1998, sono stati studiati i macromiceti dal punto di vista micosociologico. Sono state delimitate 17 superfici di studio di 216 m<sup>2</sup> ognuna e situate tra i 500 e gli 800 m di altitudine. Quattro superfici sono state delimitate nel bosco di latifoglie autoctono (*Castanea sativa* e *Fagus sylvatica*, 2 superfici ognuno) e 13 nel bosco di conifere introdotte: *Pseudotsuga taxifolia* e *Picea excelsa* (3 superfici), *Pinus silvestris*, *Pinus strobus* e *Larix decidua* (2 superfici) e *Pinus nigra* (1 superficie).

Oltre alle analisi fitosociologiche, sono stati rilevati parametri edafici (tipi di humus, fattori fisici e chimici del terreno), fattori climatici (precipitazioni, temperatura minima e massima) e la morfologia delle radici micorrizzate. Dai corpi fruttiferi dei funghi micorrizici sono state isolate culture pure di micelio, che sono poi state inoculate in plantule cresciute in condizioni sterili. Le micorrize formatesi in vitro sono state analizzate e paragonate con quelle trovate in natura. Sono stati cartografati i punti di ritrovamento dei funghi micorrizici, la collocazione delle piante e la proiezione delle corone sulle superfici di studio.

Durante i 3 anni di studio sono state effettuate 119 escursioni che hanno portato al ritrovamento di 342 specie fungine, per un totale di 13'131 corpi fruttiferi. Di questi, 319 specie (93 %) sono basidiomiceti, 17 (5 %) ascomiceti, 5 (1 %) mixomiceti e 1 zigomicete. In tutto sono stati rilevati 114 specie di funghi ectomicorrizici, 17 di saprofiti lignicoli, 40 di saprofiti terricoli e 10 parassiti.

Dal punto di vista floristico nelle 17 superfici di studio sono state rilevate 78 fanerogame e 8 pteridofite.

L'analisi dei dati rilevati ha portato ai seguenti risultati e alle seguenti conclusioni:

- i differenti tipi di bosco studiati si differenziano meglio dal punto di vista micologico che fitosociologico
- la diversità dei macromiceti nel bosco di latifoglie autoctono è maggiore rispetto a quella nelle superficie con conifere introdotte. Considerando solo i funghi ectomicorrizici, nel bosco di castagno sono state rilevate 63 specie, mentre nei diversi boschi di conifere da 16 a 38 specie. Il rapporto funghi micorrizici vs. funghi saprofiti è 1 nel bosco di castagno e 0.3 nel il bosco di douglasia. I valori calcolati per il bosco di latifoglie vs. bosco di conifere sono 0.7 vs. 0.4.
- I corpi fruttiferi, sia dei funghi micorrizici che di quelli saprofiti, apparvero nel corso dell'anno nel bosco di conifere prima rispetto che nelle latifoglie. Altrimenti l'andamento stagionale della fruttificazione è simile nei due tipi di bosco.
- Nel bosco di douglasia sono stati trovati più specie ipogee rispetto al bosco di castagno (12 vs. 7).
- Sulle radichette dei castagni sono stati registrati 18 morfotipi, su quelle del faggio 7, dell'abete rosso 4, del pino strobo 6 e della douglasia 10. Il grado di micorizzazione nel bosco di latifoglie autoctono è sempre maggiore. Molte radichette delle conifere

- esotiche, soprattutto della douglasia, non erano micorrizzate o le micorrize erano collassate.
- Il tipo di humus riscontrato più di frequente nelle conifere è un "Moder" che tende all'humus greggio. Nel bosco di latifoglie autoctono domina invece un "Moder" che tende al "Mull". Per contro i due tipi di bosco non si differenziano per quanto concerne il pH e il contenuto in nutrienti. Anche dal punto di vista climatico (precipitazione, temperatura minima e massima), non si riscontrano differenze statisticamente rilevabili tra bosco di latifolia e bosco di conifera. Le differenze nella composizione fungina non sembrano quindi essere attribuibili alle mutate condizioni ambientali ma piuttosto alla specificità dei funghi verso la pianta ospite e all'introduzione di specie legate all'essenza introdotta.
  - La maggior parte dei funghi micorrizici associati alle conifere esotiche sono ubiquisti. Una specie, *Rhizopogon villosulus*, è stata probabilmente importata a Copera dal Nord America con la douglasia. I funghi tipici dei boschi naturali di larice, pino e abete rosso sono stati rilevati anche nei rimboschimenti di Copera.
  - Nel bosco di castagno la maggior parte delle specie e dei corpi fruttiferi sono stati rilevati ad una distanza di 2.1 - 2.5 m dalla pianta più vicina, nel bosco di abete rosso invece, ad una distanza di 0.6 - 1 m e nel bosco di douglasia 0.6 - 2 m.
  - 8 funghi micorrizici (*Xerocomus rubellus*, *X. subtomentosus*, *X. chrysenteron*, *X. badius*, *Tylopilus felleus*, *Paxillus involutus*, *Rhizopogon villosulus* e *Amanita citrina*), raccolti nei castagneti locali, sono stati isolati e inoculati in vitro con plantule di pino, abete rosso e douglasia, cresciute in condizioni sterili. Dopo 1 anno dall'inizio dell'esperimento sono state rilevate le micorrize.
  - La simbiosi ectotrofica obbligata di *Rhizopogon villosulus* con la douglasia è stata dimostrata in laboratorio attraverso esperimenti di inoculazione.
  - Alcune specie del genere *Xerocomus* (*X. badius*, *X. rubellus*, *X. subtomentosus*) sono in grado di fruttificare in vitro, anche senza l'associazione con la pianta ospite.

## Danksagungen

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1995 - 1999 an der Aussenstelle der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), in Bellinzona. Sie wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds finanziert (Projekt Nr. 31-45799.95), dem ich zu grossem Dank verpflichtet bin.

Hierbei möchte ich meinen Dank aussprechen an alle diejenigen, die mir bei der Durchführung dieser Arbeit geholfen haben.

In erster Linie danke ich Prof. Dr. E. Horak und Dr. S. Egli, unter deren Leitung die Arbeit entstand, für die hilfreiche Beratung und Aufmunterung durch Diskussionen und Ratschläge, für die Hilfe im Labor und im Felde und bei der Verfassung und Korrektur des vorliegenden Manuskriptes.

Dr. E. Zenone schulde ich einen speziellen Dank für die Feldaufnahmen und Bestimmungen der Aphylophorales (Polyporaceae und Corticiaceae). Einige, kritische Kollektionen der Corticiaceae wurden freundlicherweise von E. Martini bestimmt bzw. revidiert. Für die Hilfe bei der Ortung von hypogäischen Pilzarten gehen meine Danksagungen an M. Sarasini und A. Bincoletto sowie an deren "Trüffel-Hunde" Dick und Dora aus Monza.

Mein Dank für die Herstellung der mikroskopischen Präparate zur Untersuchung der mykorrhizierten Wurzelspitzen geht an B. Schneider. Sie hat auch bei der Einwaage der Bodenproben für die C/N Messungen mitgeholfen.

Für die Hilfe bei den bodenkundlichen Untersuchungen danke ich P. Marxer (Feldarbeit), Dr. P. Lüscher (Ansprache der Humusformen), R. Koechli und M. Walser (pH-Messungen) sowie D. Pezzotta des Zentrallabors der WSL (C/N Messungen).

Ein grosser Dank geht auch an P. Giorgetti und Dr. A. Antonietti für die vegetationskundlichen Anregungen sowie an C. Hofmann und A. Persico, die bei der Bewältigung von Problemen mit den statistischen Programmen ADE-4 bzw. Mulva-5 stets hilfsbereit waren. Dr. F. Graf, Ing. M. Fürst gaben mir während der ganzen Arbeit gute Ratschläge.

Die Mitarbeiter der Sottostazione der WSL haben mich bei meiner Arbeit unterstützt. Insbesondere möchte ich mich bei F. Fibbioli und K. Siegrist für die Mithilfe in der Feldarbeit und bei Ing. F. Giudici für die Projektleitung bedanken.

Die Verfassung der englischen Zusammenfassung wurde freundlicherweise von Prof. Dr. P. Edwards, Prof. Dr. E. Horak, Dr. T. Quadri und B. Pezzati übernommen.

Mein herzlicher Dank gilt auch allen Mitgliedern des Museo cantonale di storia naturale in Lugano, insbesondere dem Direktor F. Rampazzi und G.F. Lucchini.

Mein Dank gilt natürlich meinen Eltern und Flavio Del Fante, sowie Dr. A. & C. Spinelli und A. & F. Müller, deren Unterstützung während der ganzen Arbeit nie nachliess. Flavio danke ich auch von Herzen für die Durchführung der schönen Zeichnungen im vorliegenden Manuskript.





# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

### 1.1.1 Künstliche Einführung von Organismen in neue Lebensräume: Effekte auf Ökosysteme

Die UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro im Juni 1992 hat das neue Internationale Abkommen, die Konvention zur Erhaltung der Biologischen Vielfalt („Biodiversity Convention“), verabschiedet. Damit wurde durch die unterzeichnenden Staaten die Erfassung und nachhaltige Nutzung der Biodiversität zu einer gesellschaftlichen Aufgabe erklärt. Die Schweiz hat die Beschlüsse von Rio im November 1994 ratifiziert. *„Biodiversität ist heute ein Schlagwort, das in vielen Zusammenhängen auftaucht, ohne dass es genau verstanden wird....Biodiversität oder biologische Vielfalt umfasst viele Aspekte, die in Definitionen des Begriffes einfließen. Erstens kann Biodiversität für unterschiedliche Einheiten definiert werden: Erbanlagen oder Gene; Individuen, Arten, und höhere systematische Einheiten (z.B. Insektenordnungen); Ökosysteme, Ökosystemprozesse und Landschaften. Zweitens kann Biodiversität auf unterschiedlicher Skala definiert werden: innerhalb kleiner Flächen ( $\alpha$ -Diversität), zwischen Flächen ( $\beta$ -Diversität) oder gesamthaft über eine grosse Fläche ( $\gamma$ -Diversität). Drittens kann sich Biodiversität als Mass auf die blosse Anzahl, auf die Verteilung oder auf die Unterschiedlichkeit der betrachteten Einheiten beziehen (GASTON 1996)....Eigentlich sollte man Biodiversität auch als Mass für die Komplexität von Interaktionen verwenden“* (SCHMID 2000).

Die Artenvielfalt alleine ergibt keine genügende Umschreibung der biologischen Vielfalt, sie ist aber leichter erfassbar als die genetische- und die Ökosystem-Vielfalt (MARTIN 1995).

Ursachen der biologischen Vielfalt sind sowohl die Mutationen als auch die mögliche Einführung von Arten und Allelen von aussen. Die entstandene Diversität ist der natürlichen Selektion unterworfen: Gene und Arten, je nach ihrer Anpassungsfähigkeit an das Ökosystem, werden überleben oder aussterben. Eine Abnahme der Biodiversität würde sich auf die Qualität des Ökosystems auswirken: die genetische Diversität ist die Voraussetzung dafür, dass die Arten auf ungünstige Umweltbedingungen reagieren und sich an die neuen Bedingungen anpassen können. Die Beeinträchtigung der Biodiversität verursacht eine Abnahme der Produktivität und der Pufferkapazität eines Ökosystems. Einheimische Populationen stellen das Ergebnis der Evolution der Arten eines Ökosystems zu einem bestimmten Zeitpunkt dar. Die Arten haben sich über lange Zeit mit dem Ökosystem entwickelt. Exotisch heisst dem Ökosystem fremd; exotische Arten wurden ausserhalb eines Ökosystems selektioniert.

Der Mensch hat die Ursachen und Spielregeln der Biodiversität geändert (SELOSSE 1997). Seit mehr als 200 Jahren werden z. B. aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen, Jagd-, Fischerei- und ästhetischen Gründen, Tiere und Pflanzen vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich in neue Lebensräume eingeführt. Die künstliche Einführung von Lebewesen in neue Biome verursacht früher oder später tiefgreifende Veränderungen dieser Ökosysteme: falls die eingeführten Arten grosse Konkurrenzfähigkeit beweisen, können sie die einheimischen und die an diese, parasitisch bzw. symbiontisch gebundenen Arten verdrängen und im Extremfall

ausrotten. Von den heute im Tessin lebenden 35 Fischarten wurden 1/3 eingeführt (der Sonnenbarsch und die kanadische Seeforelle haben sich z. B. auf Kosten der Finte und des Aales ausgebreitet). Die Anzahl der 2000 exotischen Pflanzenarten, die seit dem achtzehnten Jahrhundert als Zierpflanzen im Tessin eingeführt wurden, ist derjenigen der einheimischen Pflanzen vergleichbar. *Polygonum cuspidatum* Sieb., *Lonicera japonica* Thunb., *Impatiens glandulifera* Royle, *Helianthus tuberosus* L. sind Beispiele von adventiven, konkurrenzkräftigen Arten (RAMPAZZI 1998).

### 1.1.2 Aufforstungen mit exotischen Baumarten: Effekte auf die Pilzflora

Seit mehr als 100 Jahren werden, hauptsächlich aus wirtschaftlichen Gründen, in allen Erdteilen Aufforstungen mit standortsfremden Nadelbaumarten durchgeführt. Nach FAO (1993), GAUTHIER (1991) und PANDY (1995) gab es 1990 in der Welt ca. 135 Millionen ha Aufforstungen, davon die Mehrheit mit exotischen Baumarten. Ca. 13.5 Millionen ha (10 %) werden jedes Jahr gepflanzt (FAO 1993; MATHER 1993; PANDY 1995). Die aus Nord-Amerika stammende Douglasie, *Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britton wurde 1827 in Europa eingeführt (PARLADE et al. 1996) und bis heute wurden 500'000 ha für die Holzproduktion mit diesem Nadelbaum aufgeforstet (BERNETTI 1995; BERNETTI 1998).

Über die Auswirkung der Einführung von exotischen Baumarten auf die Pilzflora ist wenig bekannt. In der Literatur sind Arbeiten aus Puerto Rico, Guinea, Zaire, SSR, Dänemark, Australien, Äthiopien und Nord Amerika bekannt (MIKOLA 1970; THOEN 1974; TARASOVA 1981; THOEN & DUGOUSSO 1989; LANGE 1993; MICHELSEN et al. 1993; AMARANTHUS et al. 1994; PARLADE et al. 1996; DUNSTAN et al. 1998). Untersuchungen aus der mitteleuropäischen sommergrünen Laubwaldzone, wo oft standortsfremde Nadelbäume gepflanzt werden, fehlen. Die Gründe dafür sind u.a. dass selbst die einheimische Artenvielfalt eines Ökosystems wenig bekannt ist: Pilze werden meist anhand ihrer Fruchtkörper nachgewiesen. Diese erscheinen nur an wenigen Tagen im Jahr (wenn überhaupt) und sind rasch vergänglich. Um das Artenspektrum abzuschätzen, sind mehrere Aufnahmen über einem Zeitraum von 4-5 Jahren nötig (vgl. Kapitel 2.8.1). Zudem ist das Konzept „autochthon“ an und für sich wegen des Einflusses des Menschen unzuverlässig (SOULE 1990): die Einführung von exotischen Baumarten hat schon vor 200-300 Jahren begonnen (MIKOLA 1969) und fremde Pilzarten konnten durch mit Sporen infizierten Samen bzw. Erde eingeführt werden. Zu dieser Zeit war keine Quarantäne erforderlich. Die Symbiose zwischen Pilzhyphen und Wurzelspitzen von Pflanzen ist seit 1885 bekannt (FRANK 1885). Erfahrungen zeigen, dass Aufforstungsversuche mit exotischen Baumarten nur dann erfolgreich sind, wenn die Bäume an ihrem neuen Standort eine ökophysiologisch spezifische Pilzflora vorfinden (MIKOLA 1969, MIKOLA 1970, TARASOVA 1981, THOEN 1989, THOEN 1974, MALAJCZUK, 1982).

Die Feuchtigkeit des Bodens ist ein limitierender Faktor, v.a. während der ersten Stadien der Entwicklung eines Baumes. Die Pilzhyphen an den Wurzeln verbessern die Wasseraufnahmefähigkeit der Pflanze am Standort und ermöglichen es dem Keimling, ungünstige Umweltbedingungen zu überleben. In der arкто-alpinen Zone erlaubt die Pilzsymbiose der Pflanze während der kurzen vegetativen Saison, genügend Nährstoffe aufzunehmen, um trockenheits- und frostresistente Knospen zu produzieren (MOSER 1967). In Pflanzungen müssen die Bäume oft ausserhalb ihres natürlichen

Verbreitungsareales ohne geeignete Mykorrhiza-Pilze wachsen. Wenn ein Baum an einem neuen Standort ohne seine üblichen Mykorrhiza-Partner gepflanzt wird, kann er sich entweder nicht etablieren (z.B. Einführung von *Pinus caribaea* in Puerto Rico (MIKOLA 1970)), oder wird eine unspezifische Symbiose mit den dort vorhandenen Pilzarten (Ubiquisten und fakultative Mykorrhiza-Pilze) eingehen. Sobald aber die spezifischen Symbionten künstlich eingeführt oder (spontan) vorhanden sind, werden die anfangs fakultativen zugunsten der obligaten Pilzpartner gewechselt (MIKOLA 1969; DAHLBERG & STENSTROEM 1991). MIKOLA (1969) und IVORY (1980) stellten fest, dass in Aufforstungen mit exotischen Bäumen einheimische Ektomykorrhiza-Pilze vorkommen können, deren Mehrheit aber exotisch ist. Nach MIKOLA (1969), DURRIEU & CHAUMETON (1992) und SELOSSE (1997) haben Aufforstungen mit exotischen Baumarten im allgemeinen die Pilzflora bereichert, vorausgesetzt, dass die einheimischen Bäume nicht vollständig ersetzt wurden. In der Südhemisphäre sind alle *Suillus*-Arten mit *Pinus* eingeführt worden. Mehrere der in Europa bekannten *Phallales* stammen aus tropischen- oder subtropischen Gebieten. *Amanita phalloides* Fr. wurde Ende 1960 in S- und O-Amerika und in S-Afrika mit *Quercus* eingeschleppt. Aufforstungen mit Douglasie sind für die Verbreitung von *Suillus amabilis* (Peck) Singer, *S. lakei* (Murrill) A.H. Sm. & Thiers und einigen *Rhizopogon*-Arten ausserhalb N-Amerikas verantwortlich (SELOSSE 1997). Einige Mykorrhiza-Pilze wie *Laccaria laccata* (Scop.) Fr., *Thelephora terrestris* Ehrh., *Paxillus involutus* (Batsch) Fr. und *Cenococcum geophilum* Fr. weisen eine grosse geographische Verbreitung auf. Ein Baum kann somit einige seiner natürlichen Symbionten auch ausserhalb seines natürlichen Verbreitungsareales finden. THOEN & DUGOUSSO (1989) haben festgestellt, dass in Fouta Djallon (W-Afrika) die Diversität der Ektomykorrhiza-Pilze in einheimischen Wäldern grösser war als in aufgeforsteten.

### 1.1.3 Pilze als Bioindikatoren

Dank der Kenntnis der ökologischen Ansprüche der Pilzarten können Standorte ökologisch charakterisiert werden. Dies kann insbesondere in Waldgesellschaften von Bedeutung sein, wo oft nur eine spärliche oder sehr artenarme Krautschicht und damit Zeigerpflanzen fehlen. Diese Bioindikatorfunktion kann dort von Pilzarten übernommen werden. Pilze können als Bioindikatoren über folgende Standortparameter Auskunft geben: pH des Bodens (kalkliebende bzw. -meidende Arten); Nährstoffangebot (ein niedriges Verhältnis EM-Arten/ bodenbewohnender Saprophyten weist z.B. auf vermehrten Stoffumsatz im Boden und somit auf höhere Werte an verfügbarem Stickstoff hin); Feuchtigkeitsverhältnisse; Höhenlage; Wärmehaushalt; Baumartenbestand; Schwermetallgehalt des Bodens (IRLET 1985, PEINTNER 1995b; PEINTNER & MOSER 1996); Vitalitätszustand des Waldes (Massenentwicklung von Parasiten signalisiert z.B. den geschwächten Gesundheitszustand von Bäumen); forstliche Nutzung (Nachweis weniger baumspezifischer Pilzarten, gehäuftes Vorkommen des Wurzelparasiten *Heterobasidium annosum* kann als Anzeichen für zu intensiv bewirtschaftete Bestände dienen (KOST 1992)).

Bereits geringe Veränderungen von Umweltfaktoren können zu signifikanten Verschiebungen der Artenzusammensetzung führen. Infolge von Luftverschmutzung (Eutrophierung durch passive Düngung mit NO<sub>x</sub>-Verbindungen, erhöhtes Nährstoffangebot) nimmt die Anzahl der ektomykorrhizabildenden Arten ab, die Zahl

der Saproben nimmt jedoch zu (Zunahme an Streu und Totholz) (ARNOLDS 1991, ARNOLDS 1992, HORAK 1988, FELLNER 1993).

Die Charakterisierung des Ist-Zustandes eines Ökosystems ist schwierig, weil zeitaufwendig. Zudem sind die spezifischen Lebensansprüche der meisten Pilzarten nicht bekannt. Ausserdem fehlt eine internationale Standardisierung der Aufnahmemethoden (Grösse der Untersuchungsflächen, Aufnahme-Frequenz, Beobachtungsdauer, Auswahl von Pilzarten bzw. Gruppen (PEINTNER 1995a)).

## 1.2 Zielsetzungen

Das vorliegende Projekt geht von der Arbeitshypothese aus, dass durch die verschiedene Streuqualität der angepflanzten exotischen Baumarten die Struktur und der Chemismus des Oberbodens beeinflusst und nachhaltig verändert werden. Empirisch kann erwartet werden, dass sich in der Folge auch die Diversität der substratspezifischen saproben Pilze und der symbiontischen humusbewohnenden EM-Pilze verändert hat. Auch auf Grund der zum Teil ausgeprägten Wirtsspezifität von EM-Pilzen sind Änderungen und Verschiebungen im Artenspektrum der lokalen EM-Pilzflora zu erwarten.

Die Aufforstungen in Copera sind aus pilzökologischer Sicht deshalb von grossem Interesse, weil sich die einmalige Möglichkeit bietet, langfristige Einflüsse von standortsfremden Baumarten auf die Pilzflora zu studieren und Rückschlüsse auf die Wirtsspezifität, die Adaptationsfähigkeit und die ökologische Rolle der Pilzflora, insbesondere von EM-Pilzen und von saproben Makromyceten zu ziehen.

Die Ziele des Projektes sind:

- A. Erforschung des Einflusses der Pflanzung standortsfremder Nadelbaumarten auf die:
  - Artendiversität von epi- und hypogäische EM-, saproben und pathogenen Pilzarten
  - EM-Verhältnisse an den Wurzeln (Diversität der Morphotypen und Infektionsstatus)
  - Humusbildung
- B. Erforschung der Ursachen der Struktur- und Diversitätsveränderungen der Pilzflora in Zusammenhang mit:
  - Wirtsspezifität
  - veränderten Standortbedingungen
  - Einführung fremder, den gepflanzten Nadelbaumarten vergesellschafteten Pilzarten
- C. Erforschung des Verhaltens von epi- und hypogäischen Pilzarten in den Aufforstungen (Vergleich).

Die Bedeutung des Projektes liegt u.a. auch im Versuch, moderne vegetationskundliche Auswertungsmethoden mit mykosoziologischen Parametern zu vernetzen. Damit könnte die Komponente "Pilze" als Beurteilungselement in der Standortkunde besser evaluiert werden. Es wird erwartet, dass dieses Projekt auch Hinweise bezüglich der Eignung von Pilzen als Bioindikatoren in vom Menschen veränderten Wald-Oekosystemen liefert.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Abkürzungen

Die folgenden Abkürzungen wurden in Text, Abbildungen und Tabellen verwendet. Autonomie der Pflanzen nach HESS et al. (1976-1980), der Pilze nach MOSER (1983) und Spezialliteratur:

Abb.	: Abbildung	OI	: Ochiai-Index
bzw.	: beziehungsweise	P	: Pearson Koeffizient
ca.	: zirka	PCA	: Hauptkomponentenanalyse
CASSAT	: <i>Castanea sativa</i>	PICEXC	: <i>Picea excelsa</i>
CCA	: Kanonische Korrespondenz-Analyse	PINNIG	: <i>Pinus nigra</i>
COA	: Korrespondenzanalyse	PINSIL	: <i>Pinus silvestris</i>
E	: Evenness	PINSTR	: <i>Pinus strobus</i>
EAFV	: Eidgenössische Anstalt für forstliche Versuchswesen	PSETAX	: <i>Pseudotsuga taxifolia</i>
EK	: Ellenberg & Klötzli 1972	s.l.	: sensu lato
EM	: Ektomykorrhiza	SMA	: Schweizerische Meteorologische Anstalt
FAGSIL	: <i>Fagus silvatica</i>	sp., spp.	: Art, Arten
Frkp.	: Fruchtkörper	T	: Temperatur
GIS	: Geographisches Information- System	Tab.	: Tabelle
Hs	: Shannon-Index	u.a.	: unter anderem
Ihf	: Humusformindex	usw.	: und so weiter
J	: Jaccard-Index	v.a.	: vor allem
Koord.	: Koordinaten	VF	: Versuchsfläche(-n)
LARDEC	: <i>Larix decidua</i>	vgl.	: vergleich(-e)
Max.	: Maximum	vs.	: versus
Min.	: Minimum	z. B.	: zum Beispiel
MMN	: modifizierter Melin-Norkrans Agar	WSL	: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
m ü. M.	: Meter über Meer	⊙	: Nord

### 2.2 Laubwald-Gürtel im Tessin (Abb. 2.1)

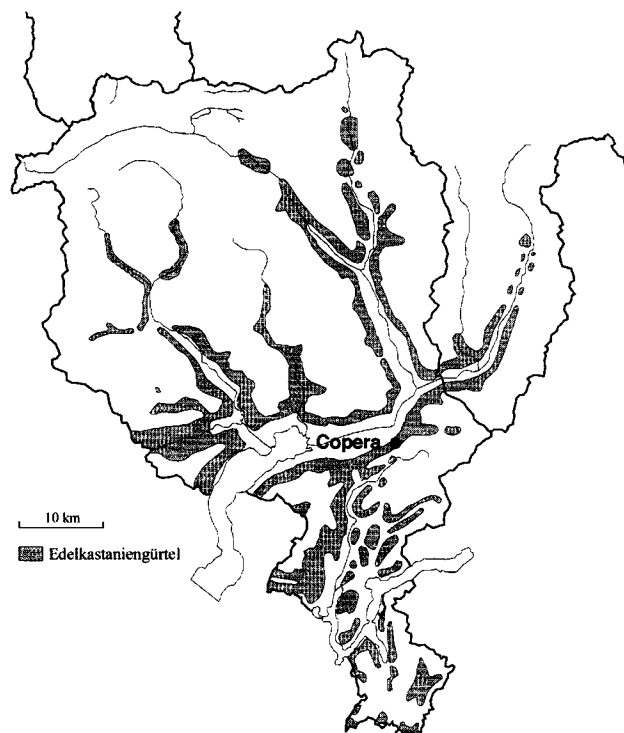
Auf der Alpensüdseite ist heute die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) in den wintermilden Lagen der kollin/submontanen Stufe bis 800-1000 m ü.M. mit einem Anteil von 54% die landschaftsprägende Baumart (Edelkastaniengürtel). Die Edelkastanie ist aber in Mitteleuropa nicht einheimisch (ZOLLER 1961). Sie wurde von den Etruskern aus dem östlichen Mittelmeerraum in die Südalpen gebracht, wo sie später von den Römern seit Beginn unserer Zeitrechnung verbreitet wurde. Dank der günstigen Umweltbedingungen, der Fähigkeit des Stockausschlages und der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Edelkastanie (Frucht- und Holzproduktion), wurde sie von der ansässigen Bevölkerung gegenüber den natürlich vorkommenden Laubbaumarten (Eiche, Esche, Buche) über Jahrhunderte besonders begünstigt. Die Edelkastanie ist z. B. der Eiche sowohl bezüglich des Stockausschlages als auch in der Wuchskraft in mittleren Lagen (bis 1000 m ü.M.) oder auf flachgründigen Standorten überlegen.

Keine andere Waldbaumart erreicht den früheren ökonomischen Stellenwert der Edelkastanie. Im Tessin wird von einer eigentlichen "Kultur der Edelkastanie" gesprochen, d.h. die Früchte waren dort bis ins 18. Jahrhundert das Hauptnahrungsmittel und deckten 1/3 des Kalorienbedarfs der Bevölkerung. Später hat dieser "Brotbaum" durch den Anbau von Kartoffeln und Mais und in unserem Jahrhundert durch die intensivierte Landwirtschaft und den zunehmenden Fremdenverkehr (Gotthardtunnel) an Bedeutung verloren (CONEDERA & GIUDICI 1994). Besonders häufig ist die Edelkastanie an Hängen anzutreffen, weil ebene Lagen im Tessin relativ seltene Standorte sind und den Siedlungen und der Landwirtschaft vorbehalten sind.

ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) haben in der Edelkastanienstufe des Tessins auf kalkarmem Gestein drei Gruppen von Waldgesellschaften unterschieden:

1. *Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanosum* (Rapunzel-Eichenmischwald mit Edelkastanie, EK 42).
2. *Cruciato glabrae-Quercetum castanosum* (Laubkraut-Eichenmischwald mit Edelkastanie, EK 34).
3. *Arunco-Fraxinetum castanosum* (Geissbart-Eschenmischwald mit Edelkastanie, EK 33).

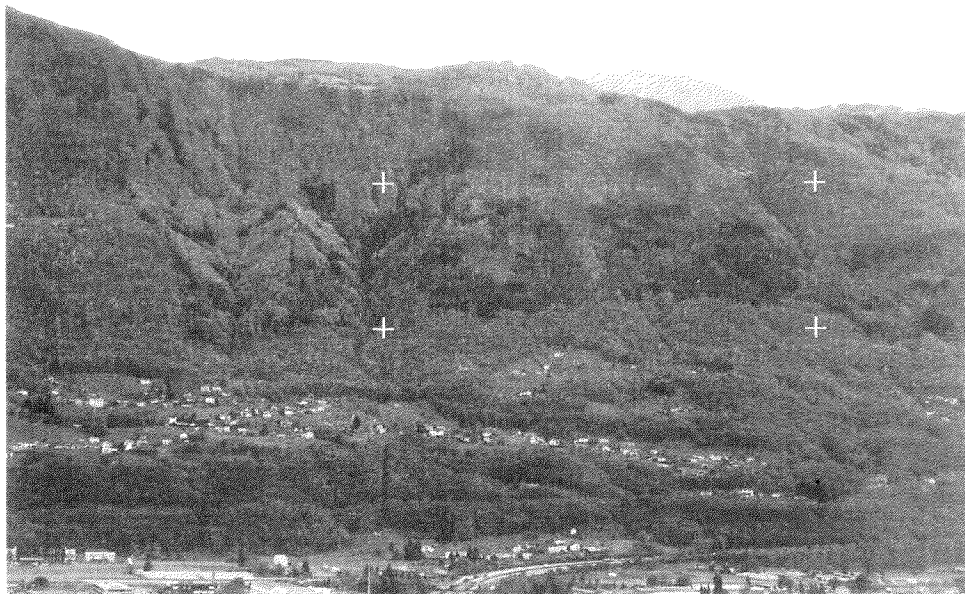
Die Edelkastanie kommt sowohl in zur Fruchternte angelegten Hochwäldern, den sog. Selven, als auch in Niederwäldern vor, wo sich die Bäume durch Stockauschlag regenerieren (genutzt für die Produktion von Pfählen). Die Selven ("selva"= aus dem lateinischen "silva", d.h. "der Wald" im eigentlichen Sinn) bestehen aus Bäumen mehrerer ausgewählter Sorten. Die parkartigen Standorte wurden durch Vieh beweidet und lieferten zudem neben Kastanien, auch Gras, Streu, Heu und Brennstoff.



**Abb. 2.1:** Verbreitung der Edelkastanie (schraffiert) im Tessin mit geographischer Lage des Untersuchungsgebietes Copera (schwarzer Punkt) (IFRF 1958).

In etwa 900 m ü.M. gehen die Edelkastanienwälder in die Sauerhumus-Buchenwälder über. Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) hat ihren ökologischen Schwerpunkt im subatlantischen Klimabereich, fehlt dagegen in kontinentalen, niederschlagsarmen Gebieten Europas. Trotz forstwirtschaftlicher Eingriffe ist die Buche in der montanen Stufe des Tessins die häufigste Baumart. Im südlichen Tessin steigt sie bis 1800 m (BRÄNDLI 1996). Die Klimax-Gesellschaft auf kalkarmem Gestein in der montanen Stufe der Alpensüdseite ist der insubrische Schneesimsen-Buchenwald (*Luzulo niveae*-Fagetum). Diese Assoziation lässt sich nur noch an mehr oder weniger steilen Hängen finden. Soweit ebene Flächen vorkommen, sind sie längst entwaldet und durch Weidenutzung verwandelt worden (KELLER 1998). Auf ähnlichen, aber etwas kühleren und luftfeuchteren Standorten kommt die farnreiche Untergesellschaft (*Luzulo niveae*-Fagetum *dryopteridetosum*) vor, während eine Buchenwald-Gesellschaft mit üppigem Kraut-Untewuchs (*Streptopo*-Fagetum) für basenreichere Böden typisch ist.

### 2.3 Untersuchungsgebiet: Versuchsaufforstung Copera (Abb. 2.2, Tab. 2.1)



**Abb. 2.2:** Aufnahme der Versuchsaufforstung Copera (Fläche zwischen gelben Kreuzen) (Sementina, April 2000).

Auf dem NW- exponierten Hang zwischen Bellinzona und dem Monte Ceneri breitet sich die im Landschaftsbild auffällige Waldfläche der Versuchsaufforstung Copera aus, die in den 1950er Jahren durch die ehemalige Eidgenössische Anstalt für forstliches Versuchswesen EAFV (heute WSL) angelegt wurde. Im überwiegend aus Edelkastanien bestehenden Laubwaldgürtel liegt ein Raster mit Aufforstungsflächen vieler verschiedener Nadelbaumarten (GIUDICI & ORTLOFF 1998). In der 30 ha grossen Fläche (eine der grössten Versuchsaufforstungen Europas), die vom Kanton Tessin der EAFV für langfristige Forschung zur Verfügung gestellt wurde, sind über die Jahre 71 verschiedene Baumarten (37 Laub- und 34 Nadelholzarten) auf Versuchsflächen angepflanzt worden. Davon sind 22 Arten einheimisch und 49 Exoten.

Insgesamt wurden zwischen 1952 und 1963 ca. 240 Einzelflächen mit ca. 240'000 Bäumen bestockt.

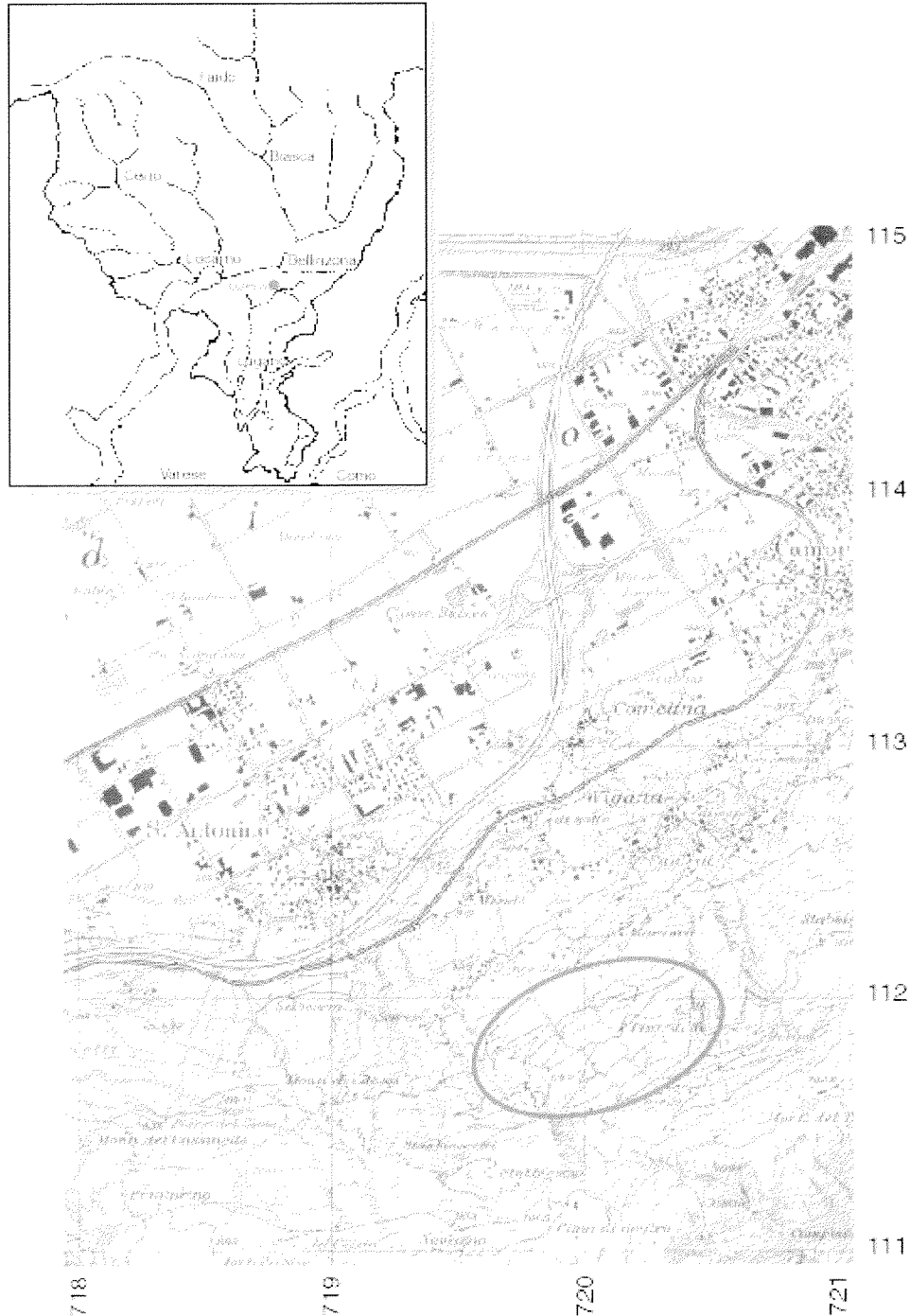
**Tab. 2.1:** Zwischen 1952 und 1963 in der Aufforstung Copera gepflanzte Baumarten (BUFFI 1987). Halbfett: mykosoziologisch untersuchte Arten in den Versuchsflächen.

<b>Einheimische Baumarten</b>	
Abies alba Mill.	Fraxinus excelsior L.
<b>Larix decidua</b> Mill.	Fraxinus ornus L.
<b>Picea abies</b> (L.) Karst	Juglans regia L.
<b>Pinus silvestris</b> L.	Populus tremula L.
Acer pseudoplatanus L.	Prunus avium L.
Alnus incana (L.) Moench	Quercus cerris L.
Betula pendula Roth.	Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.
Betula pubescens Ehrh.	Quercus pubescens Willd.
<b>Castanea sativa</b> Mill.	Quercus robur L.
Celtis australis L.	Tilia cordata Mill.
<b>Fagus sylvatica</b> L.	Ulmus glabra Huds.
<b>Exotische Baumarten</b>	
<b>Aus Nord-Amerika</b>	
Abies concolor (Gord. & Glend.) Lindl.	Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg
Abies grandis (Dougl.) Lindl.	Acer negundo L.
Abies magnifica A. Murr.	Acer saccharum Marsh.
Abies procera Rehd.	Betula alleghaniensis Britt.
Chamaecyparis lawsoniana (A. Murr.) Parl.	Fraxinus americana L.
Cupressus arizonica Greene	Juglans cinerea L.
Larix laricina (Du Roi) K. Koch	Juglans nigra L.
Pinus contorta Dougl.	Liquidambar styraciflua L.
Pinus ponderosa Dougl. ex Laws.	Liriodendron tulipifera L.
Pinus resinosa Ait.	Nyssa aquatica L.
<b>Pinus strobus</b> L.	Prunus serotina Ehrh.
<b>Pseudotsuga taxifolia</b> (Lamb.) Britton	Quercus rubra L.
Sequoia sempervirens (D. Don) Endl.	
Sequoiadendron giganteum (Lindl.) Buchh.	
Thuja plicata Donn	
Tsuga canadensis (L.) Carr.	
<b>Aus Asien</b>	
Abies nordmanniana (Stev.) Spach.	Acer ginnala Maxim.
Cedrus deodara (D. Don) G. Don	Ailanthus altissima (Mill.) Swingle
Cryptomeria japonica D. Don.	Castanea crenata Sieb. & Zucc.
Larix leptolepis (Sieb. Et Zucc.) Sieb. ex Gord.	Cercidiphyllum japonicum Sieb. & Zucc.
Metasequoia glyptostroboides Hu & Cheng	Eucalyptus sp.
Picea orientalis (L.) Link	Fagus orientalis Lipsky
Picea spinulosa (Griff.) Henry	Quercus castaneifolia C. A. Mey.
Pinus wallichiana A. B. Jacks.	Tilia dasystyla Stev.
<b>Aus Europa</b>	
Picea omorika Purk.	
<b>Pinus nigra</b> Arnold	
Pinus pinaster Soland	



### 2.3.1 Geographische Lage von Copera (Abb. 2.3)

Die Versuchsaufforstung Copera breitet sich zwischen 510 und 800 m ü.M. auf einem nach N bis NW exponierten Hang zwischen Bellinzona und dem Monte Ceneri aus (Koord. 720.075/ 111.800). Die Hangneigung liegt im Mittel bei 60% (27°), erreicht aber stellenweise max. 100% (45°).



**Abb. 2.3:** Geographische Lage des Untersuchungsgebietes (roter Punkt) im Kanton Tessin (oben links) und Aufforstung Copera (rote Ellipse) (Landeskarte der Schweiz 1:25'000, Blatt 1313, Bellinzona; reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 21 Februar 2001.

### 2.3.2 Geologie

Das Muttergestein, glimmerreicher Ortho- und Paragneis des Monte Ceneri Gebietes, ist mit eiszeitlichem Moränenmaterial unterschiedlicher Herkunft überdeckt. Die verschieden gründigen Böden werden von wasserführenden Schichten (Ton/Lehm) durchzogen (SCHWEIZ. GEOL. KOMMISSION 1955, REINHARD et al. 1964). Die Böden im Bereich von Copera werden von BLASER (1973) als Krypto-Humuspodsole bezeichnet. Es handelt sich um durchlässige, gut durchlüftete, skelett- und sandreiche Böden mit wenig Tonanteil, die bis in grosse Tiefe (80 cm) einen hohen Anteil von umgewandelten organischen Substanzen enthalten. Ihre Oberflächen weisen eine Tendenz zur Austrocknung auf. Die tiefreichenden Wurzeln und der hohe Humusanteil weisen darauf hin, dass der Boden nährstoffreicher ist als der niedrige pH-Wert vermuten lässt (BLASER 1973).

### 2.3.3 Klima

Das insubrische Klima des Tessins in der Umgebung von Copera lässt sich durch folgende Parameter charakterisieren:

- Die Niederschlagsmengen liegen zwischen 1800 und 2000 mm im Jahr und sind, wie die Niederschlagshäufigkeit, im Mai und Oktober am grössten. Die Zahl der Tage mit Regen ist klein, intensive, kurz anhaltende Regenfälle dafür aber häufig. Die Intensität der Regengüsse erreicht im September das Maximum.
- Im regenarmen Spätherbst und Winter treten häufig längere Trockenperioden auf (Brandgefahr).
- Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt zwischen 11 und 12 °C. Der Winter ist besonders mild.
- Die frostfreie Zeit des Jahres beträgt in Locarno durchschnittlich 294 Tage, in Lugano und Bellinzona ca. einen Monat weniger.
- Nass-Schneefälle kommen im Winter häufig vor, aber eine länger andauernde Schnee-Bedeckung ist selten zu beobachten.
- Nebel wird selten registriert.
- Die mittlere Luftfeuchtigkeit liegt im Frühling (Anfang der Vegetationszeit) verhältnismässig tief.
- Berg- und Talwinde sind für die Magadino Ebene (THAMAS & ZENONE 1955) typisch, v.a. der Nord-Süd-Föhn ist durch seine austrocknende Wirkung bekannt.

### 2.3.4 Ehemalige Ziele der Aufforstung (Abb. 2.4)

Die Nachhaltigkeit der Edelkastanie war vor wenigen Jahren durch den epidemieartigen Befall durch den Kastanienrindenkrebs, *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr., bedroht. Die Versuchsaufforstung Copera wurde hauptsächlich angelegt, um geeignete Baumarten zu finden, damit die von diesem Ascomyceten befallenen Edelkastanien der südalpinen Hügelstufe ersetzt werden können. Nachdem der Edelkastanienrindenkrebs die Wälder der Edelkastanie in den USA auf einem Areal von 400'000 ha (10-fache Fläche der Schweiz) in wenigen Jahren total zerstört hatte, erreichte diese Baumkrankheit 1938 auch Europa. Es wird vermutet, dass der Pilz mit in Süditalien

gelöschten Munitionskisten im Mediterrangebiet eingeschleppt wurde. Im Tessin wurde die Krankheit erstmals im Jahre 1948 festgestellt und bereits 1962 waren 90% der Edelkastanienwälder infiziert (CONEDERA 1993). Es wurde anfänglich befürchtet, dass die Edelkastanienbestände der Südschweiz innerhalb weniger Jahre verschwinden werden. Der Bund beschloss deshalb im Jahr 1956, dass im Rahmen eines Langzeitprojektes 20'000 ha Waldfläche durch andere Baumarten ersetzt werden müssen.

Das von der EAFV gestartete Versuchsprogramm verfolgte zwei Ziele:

- Selektion von Edelkastanien, die widerstandsfähiger gegen die Pilz-Krankheit sind. Als Ausgangsmaterial wurden einheimische Edelkastanien berücksichtigt; daneben wurden aber auch Hybriden zwischen asiatischen (*Castanea crenata*, *Castanea mollissima*) und einheimischen Provenienzen getestet.
- Suche nach geeigneten Baumarten, um die Edelkastanie sukzessiv zu ersetzen. Als wichtiges Kriterium stand die Produktion von schnellwachsendem Qualitätsholz im Vordergrund. Für erfolgversprechende Baumarten wurden gleichzeitig verschiedene Herkünfte und Pflanzmethoden getestet.

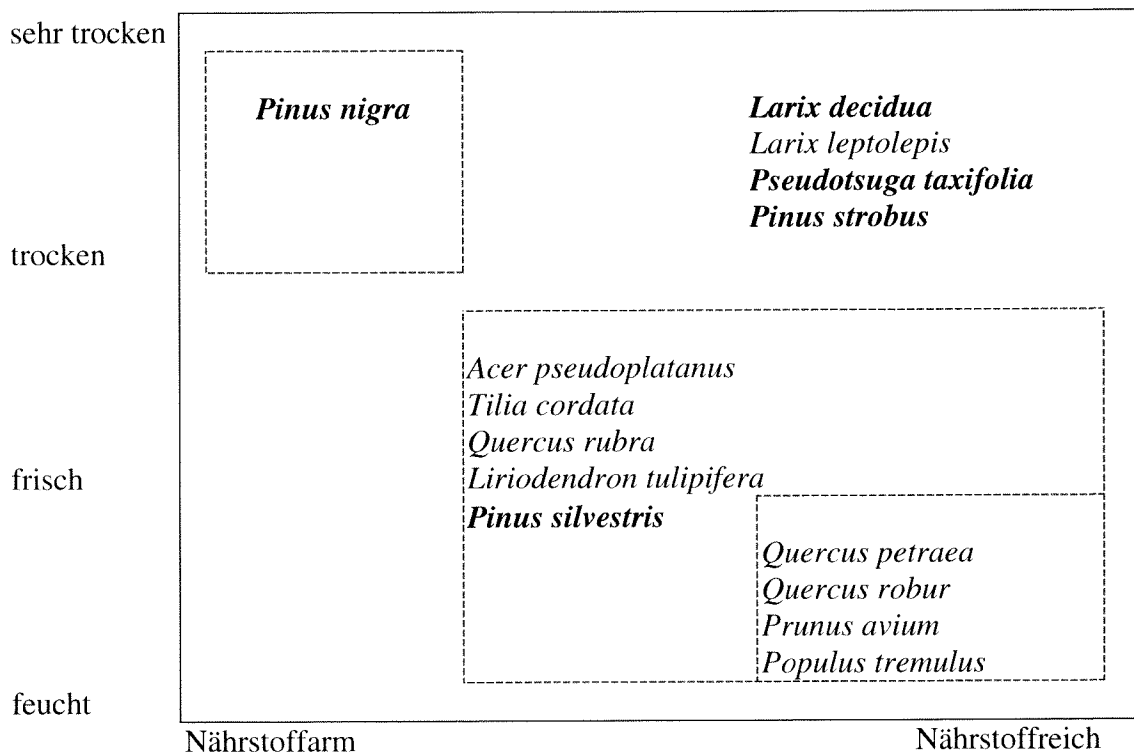


Abb. 2.4: Ökogramm mit den für den Edelkastaniengürtel geeigneten Baumarten (Arten, die nach 5 Jahren ca. 2 m Höhe erreichen). Der Zuwachs hängt mehr von genetischen und Standort- als von Konkurrenz-Faktoren zwischen Individuen ab (BUFFI 1987). Halbfett: mykosoziologisch untersuchte Arten in den Versuchsflächen.

### 2.3.5 Copera heute (nach 40 Jahren)

Die Edelkastanienwälder auf der Alpensüdseite wurden, entgegen ersten Befürchtungen, glücklicherweise nicht durch den Kastanienkrebs ausgerottet. Die Gründe des weniger dramatischen Verlaufes der Krankheit ist u.a. die Tatsache, dass die europäische Edelkastanie im Vergleich resistenter als die amerikanische ist. Zudem wurden einige Jahre nach der Einschleppung der Krankheit deutlich weniger virulente Krebsformen festgestellt (CONEDERA 1993). Ursache dafür ist ein Virus, das *Cryphonectria* parasitiert und ihre Aggressivität reduziert. Durch die zunehmende Ausbreitung dieser Hypovirulenz ist der Kastanienrindenkrebs zumindest auf der Alpensüdseite bzw. im Tessin nur noch lokal für die Edelkastanie bedrohlich. Eine der ursprünglichen Aufgaben der (Wieder-) Aufforstung, nämlich Ersatzbaumarten für die Edelkastanie zu finden, war damit hinfällig oder wirtschaftlich nicht mehr im Vordergrund stehend. Die langjährig durchgeführten Zuwachsmessungen an den Ersatzbaumarten sind aber wertvoll, weil heute die Forstpraxis damit Empfehlungen bezüglich Auswahl von regional optimalen Baumarten geben kann. Von den 240 Teilflächen werden heute nur noch 50-60 regelmässig untersucht. Gleichzeitig werden sowohl die ertragkundlichen als auch die waldbaulichen Erhebungen nur noch in reduziertem Umfang weitergeführt. Die gute Zugänglichkeit und die in Copera vorhandenen Infrastrukturen erleichtern die Pflege der Versuchsaufforstung, die heute im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten weiter untersucht werden, z.B.: Bodenkunde (ZYSSET et al. 1997), Einfluss von Waldbränden (MARXER et al. 1998) oder Einfluss von Immissionen (Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönbuch). Die Versuchsflächen in Copera sind für die Öffentlichkeit frei zugänglich und das Areal wird zunehmend auch für didaktische und andere Ausbildungszwecke benützt

## 2.4 Versuchsflächen für mykosoziologische Untersuchungen

### 2.4.1 Auswahl der Flächen

Die Versuchsflächen (VF) wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

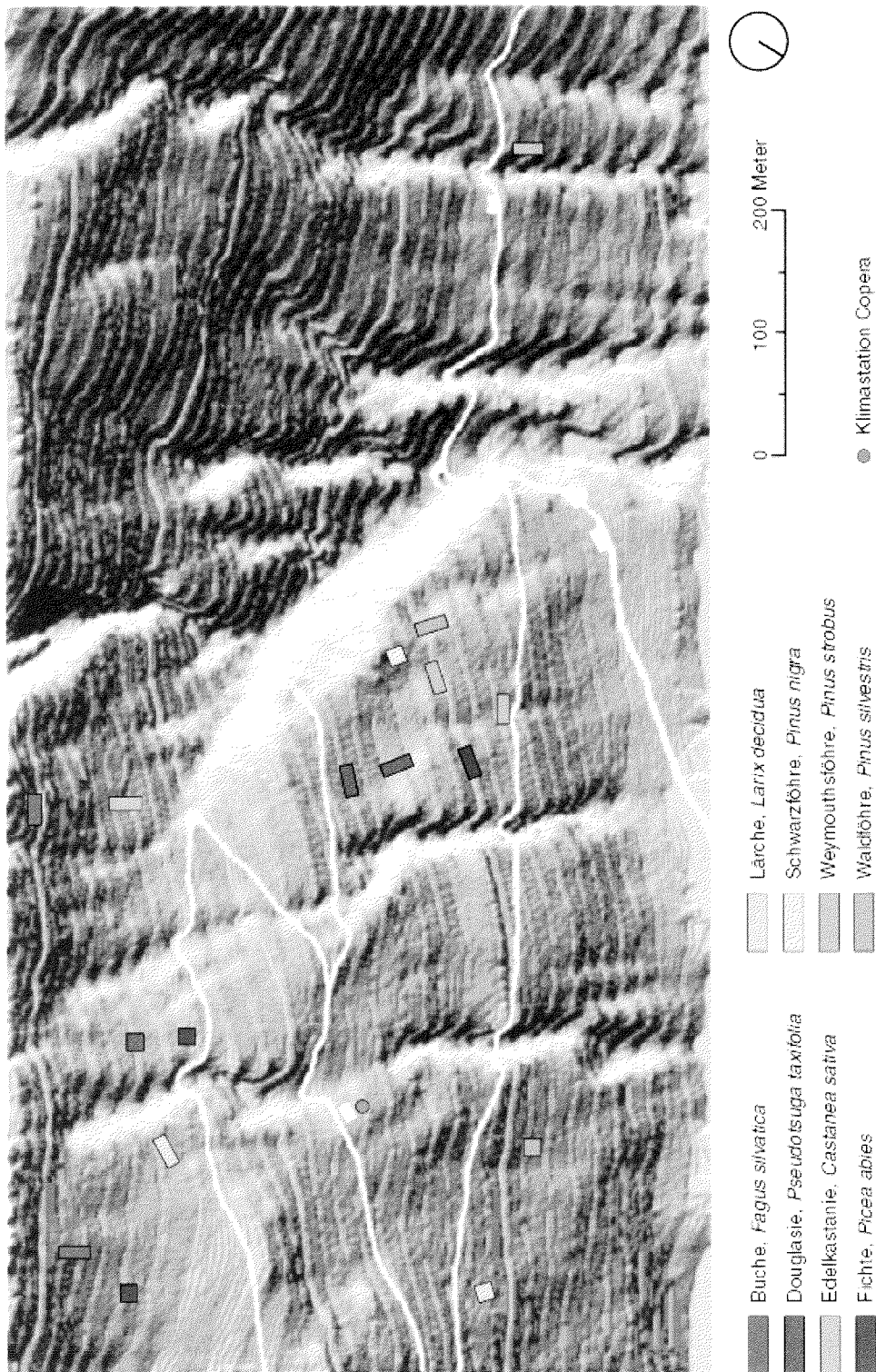
- Die mykosoziologische Homogenität eines Standortes hängt primär von der Vegetation (in diesem Fall Baumbestand) ab. Mit einer oder wenigen Begehungen kann die Diversität der Pilzflora nicht erfasst werden.
- Für den Nachweis der potentiell vorkommenden Pilz-Arten müssen erfahrungsgemäss die VF ein Minimumareal von 100 m<sup>2</sup> pro Baumart-Parzelle aufweisen.
- Um den Einfluss störender Randeffekte zu vermeiden oder zu vermindern, muss die Kernzone (Sanktuarium) im Zentrum der mit einer Baumart bestockten Aufforstungsparzelle liegen und einen minimalen Abstand von 10 m zum Nachbarbestand haben.
- In vorliegender Untersuchung wurden die Baumarten berücksichtigt, bei denen erstens die Versuchspartellen die oben genannten Kriterien erfüllten, zweitens forstlich interessant waren und drittens eine fakultative bzw. obligate, mutualistische Symbiose (EM) mit den Wurzeln der Bäume eingehen.

### 2.4.2 Charakterisierung der VF (Abb. 2.5, Tab. 2.2)

- In der Aufforstung Copera wurden 17 VF, mit einer Kernfläche von je 100 m<sup>2</sup>, nach den topographischen Gegebenheiten im Feld entweder mit einer Grösse von 20 x 5 m oder 10 x 10 m (vgl. Abb. 2.6) eingerichtet. Jede VF weist ausserdem eine um das Versuchsareal laufende Randzone von 2 bzw. 2.5 m Breite (ca. 116 m<sup>2</sup>) auf.
- Auf den 17 untersuchten VF wachsen folgende Baumarten:  
heimische (autochthone) Laubbäume:  
Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill., 2 VF)  
Buche (*Fagus sylvatica* L., 2 VF)  
  
eingeführte (exotische) Nadelbäume:  
Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britton, 3 VF)  
Waldföhre (*Pinus silvestris*, 2 VF)  
Fichte (*Picea excelsa* (Lam.) Link (3 VF)  
Schwarzföhre (*Pinus nigra* Arnold, 1 VF)  
Weymouthsföhre (*Pinus strobus* L., 2 VF)  
Lärche (*Larix decidua* Mill., 2 VF)

**Tab. 2.2:** Bestandesbegründung, letztes Bewirtschaftungsjahr, Provenienz, Jahre in der Samenschule, Jahre in der Baumschule, Pflanzungsart, Höhe ü. M., Neigung, Exposition und Vorgeschichte der 17 VF.

VF	H. ü. M.	Neig. %	Exp.	Vorgeschichte des Standorts	Herkunft	Zeit in der Samenschule Jahr	Zeit in der Baumschule Jahr	Bestandesbegründung Jahr	Pflanzungsart	Letzter Eingriff Jahr
PICEXC1	600	40	NW	Laubmischwald	Faido, Cavagnago, Cadempino, N Schweden	2	0	1956/1960	Nackt-Wurzel	1994
PICEXC2	760	26	N/NW	Wiese	Quinto, Altanca	2	0	1956	Nackt-Wurzel	1989
PICEXC3	736	28	NW	Wiese	Dielsdorf	2	0	1953	Nackt-Wurzel	1994
PINSTR1	600	28	NW	unbekannt	Bern, Lenzburg	1	0	1962	Sackpflanzung	1990
PINSTR2	740	40	NW	Laubmischwald	Kaisten	2	3	1953	Nackt-Wurzel	1996
PINSIL1	600	40	NW	unbekannt	?	1	2		Sackpflanzung	1990
PINSIL2	585	38	N	Laubmischwald	?	1; 2	1; 2; 0	1956	Nackt-Wurzel	1989
PINNIG	620	40	NW	unbekannt	Korsika (versch. Erk.)	1	1	1962	Jute	1994
PSETAX1	625	20	NW	Laubmischwald	USA: Pazifik Küste	1	0	1955	Nackt-Wurzel	1989
PSETAX2	650	34	NW	Laubmischwald	USA: Pazifik NW	1	0	1955	Nackt-Wurzel	1989
PSETAX3	750	28	NW	Laubmischwald	USA: Pazifik Küste + NW	2	1/0	1955	Nackt-Wurzel	1990
LARDEC1	750	30	NW	land. Zwischennutzung	Tirol, Prov. Trento, Frankreich	1	1	1957	Sackpflanzung	1994
LARDEC2	610	36	NW	Laubmischwald	lokal	2	1	1952	Nackt-Wurzel	1989
CASSAT1	530	26	NW	(autochthoner Wald)	lokal	-	-	-	-	-
CASSAT2	500	34	N	(autochthoner Wald)	lokal	-	-	-	-	-
FAGSIL1	660	50	NW	Laubmischwald	lokal	?	?	1930-1935; 1952-1956	?	?
FAGSIL2	800	38	N	Laubmischwald	lokal	?	?	1930-1935; 1952-1956	?	?



**Abb. 2.5:** Position der 17 Versuchsflächen und der Klimastation (roter Kreis) in der Aufforstung Copera. Je dunkler die Zone in der Karte erscheint, desto östlicher; je heller, desto westlicher exponiert.

## 2.5 Klimatische Untersuchungen

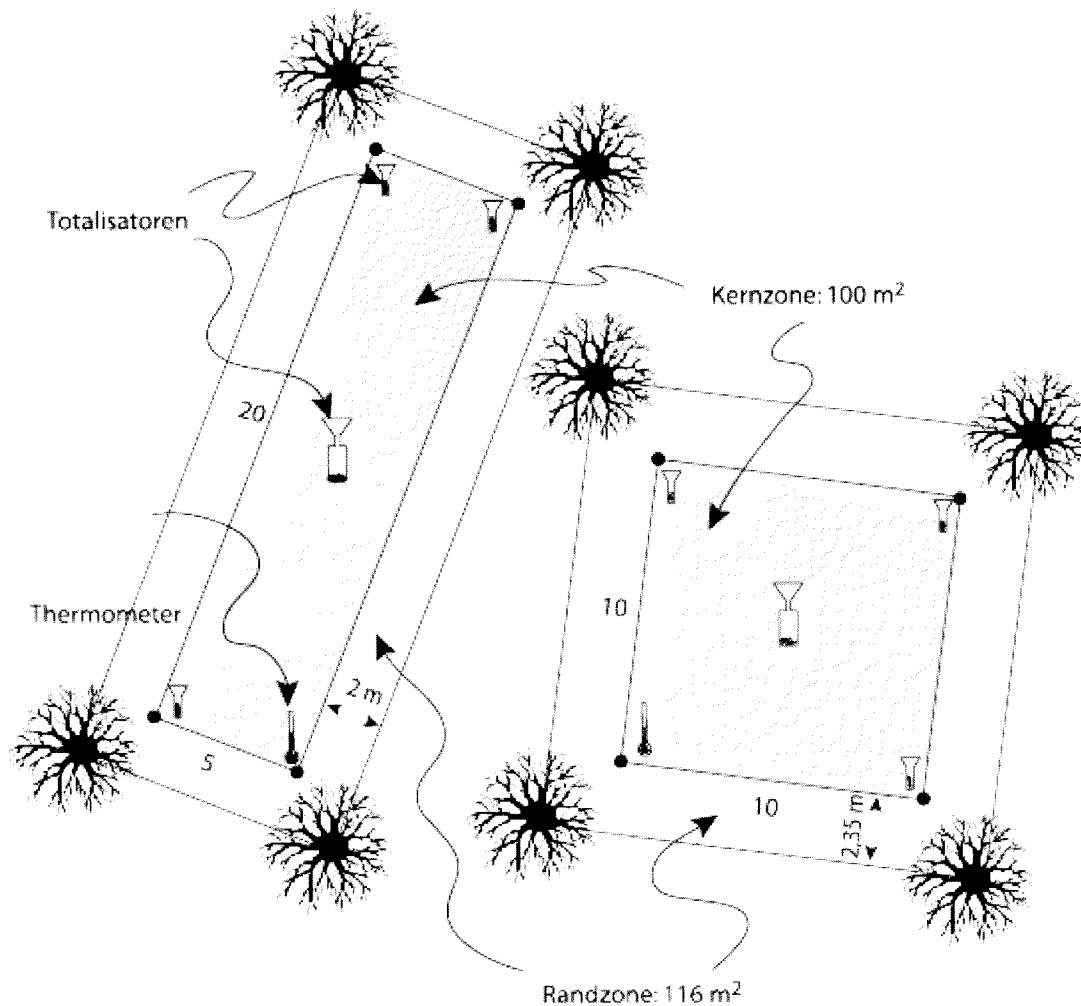
### 2.5.1 Meteorologische Station Copera

Im Bereich der Aufforstung Copera läuft seit 1972 eine Meteorologische Station (665 m ü.M, Koord. 720.115/111.925, vgl. Abb. 2.5). Mit einem Thermo-Hygrographen wird die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit permanent registriert; ausserdem werden die Niederschläge sowohl mit einem automatischen Regenmesser (RG 200.1, Fa. Gertsch, Zürich) als auch mit einem Totalisator (Hellmann) laufend erfasst.

### 2.5.2 Mikroklimatische Erhebungen in den VF (Abb. 2.6)

Klima beeinflusst nachhaltig Mycelwachstum, Primordien-Bildung, Fruchtkörper-Entwicklung und Ektomykorrhiza-Bildung.

Um ökologisch verlässliche meteorologische Daten (vor allem bez. Interzeption der Niederschläge) zu erhalten, wurden in jeder VF vier Regenmesser (drei mit  $40 \text{ l/m}^2$  und einer mit  $200 \text{ l/m}^2$  Auffangkapazität) sowie je ein Minimum-Maximum Thermometer installiert, die während der Pilzsaison wöchentlich abgelesen wurden (vgl. Abb. 2.6).



**Abb. 2.6:** Skizze der 2 VF-Typen und Position der 4 Totalisatoren und des Thermometers.

## 2.6 Vegetation

Die Vegetation beeinflusst in den VF Licht, Temperatur, Feuchtigkeitverhältnisse und Nährstoffkreisläufe im Boden und spielt demzufolge auch für das Vorkommen und die Interaktion der wirtsspezifischen Pilze eine ökologisch wichtige Rolle.

### 2.6.1 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten im Mai 1997 nach der Methode BRAUN-BLANQUET (1964) und BRAUN-BLANQUET (1971). Die Vegetationsdecke wurde in Baum- ( $\phi$ ), Strauch- ( $v$ ) und Krautschicht gegliedert und der Deckungsgrad der einzelnen Pflanzenarten mit der 7-teiligen Standard-Skala (r, +, 1-5: r = selten, + = <1%, 1 = 1-5%, 2 = 5-25%, 3 = 25-50%, 4 = 50-75%, 5 = 75-100%) bewertet.

Die Phanerogamen wurden nach HESS (1976-1980) bestimmt. Die pflanzensoziologische Zuordnung der Waldgesellschaften wurde anhand von Charakterarten-Gruppen nach ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) durchgeführt.

### 2.6.2 Ökologische Zeigerwerte

Anhand der an einem Standort wachsenden Pflanzen können Aussagen über die Standortfaktoren einer Biozönose gemacht werden: jede Art hat ihre spezifischen, ökologischen Ansprüche, die mit empirischen Indikatorwerten erfasst und bewertet werden können. Diese Zeigerwerte basieren auf der 5-teiligen Skala nach LANDOLT (1977):

F= Feuchtezahl (1: trocken - bis - 5: nasse, w: wechselfeuchte Böden).

R= Reaktionszahl (1: saure - bis - 5: basen- bzw. kalkreiche Böden).

N= Nährstoffzahl (1: nährstoffarme - bis - 5: sehr nährstoffreiche Böden)

H= Humuszahl (1: Rohböden - bis - 5: humusreiche Böden).

D= Dispersität und Durchlüftungsmangelzahl (1: Felsen oder Mauern - bis - 5: sehr feinkörnige, tonige oder torfige, schlecht durchlüftete Böden).

L= Lichtzahl (1: sehr schattige Lagen - bis - 5: Lagen in vollem Licht).

T= Temperaturzahl (1: kalte Lagen (meist alpine Stufe) - bis - 5: wärmste Lagen (der kollinen Stufe)

K= Kontinentalitätszahl (1: ozeanisches - bis - 5: kontinentales Klima)

### 2.6.3 Auswertung der Vegetationsaufnahmen

- Die Vegetationstabellen wurden mit dem statistischen Programm **Mulva-5** (WILDI & ORLOCI 1990) bearbeitet. Dieses multivariate Verfahren eignet sich, um die Beziehungen zwischen Vegetation und Standortfaktoren der verschiedenen VF zu evaluieren. Die Aufnahmen (VF) werden nach vorkommenden Arten verglichen und gruppiert. Die berechneten Zeigerwerte der einzelnen Aufnahmen erleichtern die Interpretation der Ergebnisse. Die Aufnahmen können auch anhand der aufgenommenen Standortfaktoren gruppiert werden.

- Zusätzlich zu Mulva wurde für die Hauptkomponenten-, Korrespondenz- und Co-Inertia Analyse das Programm **ADE-4** (Analyse des données écologique, von der



Universität Lyon entwickelt) angewendet, weil es sich bezüglich Darstellung und Interpretation der Ergebnisse als besser erwiesen hat.

- Zur Beschreibung von Artengemeinschaften (Zusammensetzung, Verteilung, Ähnlichkeit) wurde der **Diversität-Index** nach Shannon-Wiener (MUEHLENBERG 1993) verwendet, der hauptsächlich von der Abundanz der häufigen Arten beeinflusst wird:

$$H_s = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad p_i = n_i/N \quad \sum p_i = 1$$

$H_s$  = Shannon-Index  
 $p_i$  = relative Häufigkeit der i-ten Art  
 $n_i$  = Individuenzahl Art i  
 $N$  = Gesamtindividuenzahl  
 $S$  = Artenzahl

Der Shannon-Index ( $H_s$ ) nimmt Werte zwischen 0 und  $\ln S$  auf:

$$\text{falls } S = 1 \Rightarrow p_i = 1 \Rightarrow H_s = 0$$

$$\text{falls } N = n_i S \text{ (alle Arten gleichverteilt)} \Rightarrow p_i = 1/S \Rightarrow H_s = -\sum 1/S \ln(1/S) = \ln S$$

Die **Shannon-Evenness** (E) ist das Verhältnis zwischen gefundenem und maximalem  $H_s$ -Wert bei gegebener Artenzahl:

$$E = H_s/H_{\max} = H_s/\ln S$$

E = Evenness  
 $H_s$  = Shannon-Index  
 $H_{\max}$  = Shannon-Index Wertmaxima  
 $S$  = Artenzahl

Mit diesem Verfahren lässt sich abschätzen, ob ein hoher  $H_s$ -Wert durch eine ausgewogene Verteilung oder durch eine hohe Artenzahl verursacht wird. E nimmt Werte zwischen 0 (unausgewogene Verteilung) und 1 (alle Arten gleich häufig) ein.

## 2.7 Böden

### 2.7.1 Humusformen (Abb. 2.7)

Mikrobiell abgebaute Pflanzenrückstände wie Streu, Blätter, Wurzeln, Rinde oder Holz sind die Hauptquelle für Humussubstanzen des Bodens. Sowohl alle in als auch auf dem Boden liegenden, abgestorbenen wie auch in Zersetzung stehenden organischen Stoffe und ihre Umwandlungsprodukte werden in ihrer Gesamtheit als "Humus" bezeichnet. Diese organische Substanzen kommen in den verschiedenen Böden in unterschiedlicher Kombination, morphologischer Ausbildung und Tiefenverteilung vor. Das Auftreten eines bestimmten Humus-Typ's erlaubt Rückschlüsse auf die biologische

Aktivität, den Wasser- und Lufthaushalt und die Nährstoffdynamik der Böden (BEYER 1996). Die einzelnen Humusformen reagieren empfindlich und schnell auf lokale anthropogene Einflüsse (Bewirtschaftung, Streunutzung, Tritt und folgender Bodenverfestigung, Schadstoffeintrag durch Immission).

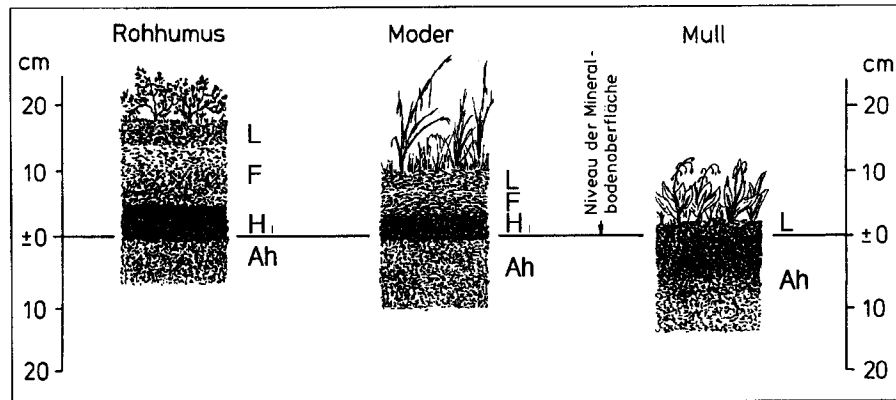
In Waldböden mit hoher biologischer Aktivität werden die Pflanzenrückstände von Bodentieren in den (Unter-) Boden eingearbeitet (Bioturbation) und dort von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) weiter verändert (Ah-Horizont). Ein hoher Anfall von organisch schwer abbaubarem Streumaterial, kombiniert mit ungünstigen Umweltbedingungen bewirkt, dass ein mehr oder weniger grosser Anteil auf der Bodenoberfläche kumuliert wird (L-Horizont).

Die wichtigsten, humusgeprägten Bodenhorizonte sind nach LUESCHER (1991) wie folgt definiert:

- L-Horizont: Streu-Horizont: besteht aus weitgehend unzersetzten, meist einjährigen, oberirdischen Pflanzenresten. Die Herkunft des Substrats ist noch erkennbar.
- F-Horizont: Fermentations-Horizont: die mehrjährige, organische Substanz ist teilweise abgebaut (Pilzmyzel weist auf Zersetzungsvorgänge hin). Die Herkunft des Substrats ist z. T. noch ersichtlich.
- H-Horizont: Humusstoff-Horizont: die organische Substanz ist stark abgebaut und humifiziert, besteht zur Hauptsache aus organischer Feinsubstanz und wenigen, kleinen oberirdischen Pflanzenresten. Bodenstruktur amorph, in feuchtem Zustand speckig, schmierig.
- Ah-Horizont: humushaltiger Mineralerde-Horizont: die organische Substanz ist stark mit Mineralerde vermischt.

Nach LUESCHER (1991) werden Humusformen wie folgt charakterisiert:

- Mull: Humusform nährstoffreicher, biotisch aktiver Böden. Anfallende leicht abbaubare Vegetationsrückstände werden rasch im Ah-Horizont zersetzt, humifiziert und von der Bodenfauna (v.a. Regenwürmer) mit Mineralkörpern vermischt. Humusstoff- und Fermentationshorizont fehlen. Kohlenstoff/ Stickstoff-Verhältnis: 8-15.
- Moder: Humusform zwischen Mull und Rohhumus. Die Streuzersetzung verläuft langsamer, v.a. in den rein organischen Auflagehorizonten. Die gebildeten Huminstoffe können verlagert werden, jedoch nicht in so starkem Ausmass wie im Rohhumus. Die Horizontgrenzen sind unscharf. Kohlenstoff/ Stickstoff-Verhältnis: 5-25.
- Rohhumus: Humusform nährstoffarmer, biotisch inaktiver Böden. Schwer abbaubare Rückstände bilden den sog. "Auflagehumus" über dem Mineralboden. Immer sind L-, F- und H-Horizonte übereinander geschichtet, mit scharfen Übergängen. Würmer fehlen. Kohlenstoff/ Stickstoff-Verhältnis: >25.



**Abb. 2.7:** Schematische Darstellung typischer Waldhumusformen, nämlich Rohhumus, Moder und Mull (LAATSCH 1954, verändert). L= Streu-Horizont; F= Fermentations-Horizont; H= Humusstoff-Horizont; Ah= humushaltiger Mineralerde-Horizont.

Die Humusformen lassen sich zahlenmässig mit dem **Humusformindex ( $I_{hf}$ )** erfassen (LUESCHER 1991). Berücksichtigt werden dabei die Mächtigkeit der rein organischen Auflagehorizonte ohne L-Horizont sowie die Mächtigkeit des Ah-Horizonts.

$$I_{hf} = \frac{\text{Mächtigkeit (cm) Ah}}{\text{Mächtigkeit (cm) F+H+Ah}}$$

- $I_{hf}$  = Humusformindex  
 Ah = humushaltiger Mineralerde-Horizont  
 F = Fermentations-Horizont  
 H = Humusstoff-Horizont

Die verschiedenen Humusformen haben folgende  $I_{hf}$ -Werte:

	$I_{hf}$
typischer Mull	1
moderartiger Mull	>0.9
mullartiger Moder	0.8-0.9
typischer Moder	0.7-0.8
rohhumusartiger Moder	0.6-0.5
typischer Rohhumus	<0.5

## 2.7.2 Physikalische und chemische Boden-Untersuchungen

Auf jeweils zwei VF mit fünf verschiedenen Baumarten (*Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Pinus strobus* und *Picea excelsa*) wurden im Frühling 1998 Bodenprofile gegraben (10 Wiederholungen pro Fläche), um chemische und physikalische Parameter des Oberbodens zu erfassen. Bodenproben aus den obersten 10 cm (Ah Horizont) wurden stufenweise entnommen, im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet und anschliessend mit einem Sieb mit 2 mm Maschenweite in Feinerde und

Skelett aufgetrennt. An der Feinerde wurden pH sowie  $C_{org}$  und  $N_{tot}$  gemessen. Der pH-Wert der Feinerde wurde in einer 0.01 M  $CaCl_2$ -Lösung (Feinerde: 0.01 M  $CaCl_2$ = 1:2) elektrometrisch gemessen (zwei Messungen pro Bodenprobe). Die Verhältniszahl zwischen  $C_{org}$  und  $N_{total}$  wurde mit einem automatischen CN Analyser (Carlo Erba Instruments NA 1500) gemessen.

Ausserdem wurden pro VF jeweils 6 Burgerzylinder-Proben mit  $1\text{ dm}^3$  Volumen entnommen, um Lagerungsdichte (Trockengewicht pro Volumeneinheit; Mass für die Durchwurzelbarkeit des Bodens), Skelett-, Feinerde- und Wurzelanteil zu bestimmen.

## 2.8 Mykosoziologische Methoden (Makromyceten)

Mykosoziologie ist definiert als qualitative und quantitative Inventarisierung aller Pilze, die auf einer Fläche mit genau definierten Pflanzengesellschaften (in Dauerquadraten) vorkommen (ARNOLDS 1981). Sie ist eine relativ junge Wissenschaft, die erst 1932 mit HAAS (1932) begonnen hat. WINTERHOFF (1975), BARKMANN (1976), THOEN (1976), ARNOLDS (1981), ARNOLDS (1982), WINTERHOFF (1984) und BARKMANN (1987) haben die Mykosoziologie mit verfeinerten Kriterien und Methoden weiter ausgebaut.

Die Untersuchung umfasst die Anfertigung einer Liste der während der Untersuchungsperiode in den VF gefundenen Makromyceten. Die Makromyceten werden systematisch aufgelistet und in ökologische Gruppen geteilt. Um Hinweise über die Ausdehnung und Aktivität des Mycels im Boden zu haben, wurden die Frkp. gezählt (quantitative Erfassung).

### 2.8.1 Problemstellung

- Die Makromyceten lassen sich in der Regel nur mittels ihrer Frkp. nachweisen, weil sich das vegetative Myzel durch das Wachstum im Boden oder anderen Substraten der direkten Beobachtung entzieht. Das vegetative Myzel ist zudem morphologisch wenig differenziert, sodass eine Artzuordnung nur durch molekularbiologische Methoden möglich ist. Die Fruchtkörper sind häufig kurzlebig und der Nachweis wird durch wetterbedingte saisonale und jährliche Schwankungen erschwert. Um ein repräsentatives Bild der Diversität der Pilzflora an einem Standort zu erhalten, ist der Mykologe gezwungen, das Untersuchungsgebiet in der Hauptsaison wöchentlich während mindestens 3 Jahren zu begehen. Auf diese Weise können durchschnittlich 60% der in einem Gebiet potenziell vorkommenden Pilze erfasst werden (EGLI et al. 1997). Während diesen langzeitlichen Untersuchungen kann sich aber die Ökologie bzw. die Vegetation am Standort ändern (THOEN 1976; ARNOLDS 1981; WINTERHOFF 1984; BARKMANN 1987; BRUNNER 1987; GRIESSER 1992; GRAF 1994; PEINTNER 1995a).
- Die systematische Zuordnung einer Pilzart wird anhand von makro- und mikroskopischen Merkmalen bestimmt. Viele makroskopische Merkmale sind aber ephemere (z. B. Velum, Geruch, Farbe) und sowohl Nachweis als auch Bewertung hängen massgeblich vom Alter der Basidiome bzw. von der Witterung während ihrer Entwicklung ab. Für eine sichere Artbestimmung, v.a. bei kritischen Taxa, müssen mindestens drei Fruchtkörper in verschiedenen Entwicklungsstadien

vorliegen. Diese Voraussetzung ist jedoch bei mykosoziologischen (im Gegensatz zu floristischen) Untersuchungen nur selten erfüllt.

### 2.8.2 Inventar der Makromyceten

Als Makromyceten werden Pilzarten definiert, deren Frkp. von blossem Auge erkennbar sind, d.h. mit einer Fruchtkörpergrösse von mehr als 1 mm (ARNOLDS 1981; GRIESSER 1992; GRAF 1994).

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf die Basidiomycetes, nämlich Agaricales, Boletales, Russulales und Gasteromycetes gelegt. Die Aphyllophorales und Polyporales wurden freundlicherweise von Herrn Dr. E. Zenone gesammelt und untersucht. Funde von Ascomycetes und Myxomycetes wurden nicht systematisch registriert. Deuteromycetes, Uredinales, Ustilaginales, obwohl z.T. mit von Auge gut sichtbaren Frkp., wurden nicht berücksichtigt.

Die quantitative Erfassung der Polyporaceae und Corticiaceae ist problematisch, weil die oft zusammenfliessenden Frkp. nicht einzeln erfasst werden können. Diese wurden also nur als einzelne Funde aufgenommen.

Zwischen August 1995 und Dezember 1998 wurden im Untersuchungsgebiet insgesamt

119 Exkursionen durchgeführt. Bei den Begehungen wurden die Fruchtkörper bekannter Arten schon im Feld protokolliert (Datum, VF, Arname, Anzahl der Kollektionen, Anzahl Fruchtkörper, Substrat, Wuchsform). Als Kollektion werden Funde verstanden, deren Fruchtkörper lokal nebeneinander wachsen, d.h. hypothetisch demselben Myzel zugeordnet werden können. Im Fall von EM-Pilzen wurden auch die Standortskordinaten (s. Kapitel 2.8.3) aufgenommen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurde der Hut der Fruchtkörper mit Methylblau markiert. Makroskopisch nicht sicher bestimmbar Funde wurden in Plastikdosen verpackt und anschliessend im Labor weiter bearbeitet (s. Kapitel 2.8.4).

Bei den Erhebungen musste darauf geachtet werden, dass die Kernzone (Sanktuarium) der VF nicht betreten wurde, um das vegetative Myzelgeflecht im Boden nicht zu zerstören.

### 2.8.3 Kartierung der epigäischen Ektomykorrhiza-Pilze und der Bäume in den VF (Tab. 2.3)

Die 17 VF wurden in Rechtecke zu je 5 m Seitenlänge eingeteilt, um die Kartierung der EM-Frkp. zu erleichtern. Die Lage jedes Frkp. bzw. jeder Population einer Pilzart wurde in Blockflächen von je 50 cm Seitenlänge und im Massstab 1: 125 eingetragen.

Die Fundkarten zeigen einerseits Position und Abstand der produzierten Frkp. zum Wirtsbaum, und andererseits erlauben sie Rückschlüsse über die Verbreitung der vegetativen Myzelien im Boden.

In den VF wurden alle Bäume mit einem Durchmesser von mehr als 5 cm Brustdurchmesser kartiert. Es gilt die Faustregel, dass die Kronenfläche ungefähr

die Verbreitung der Wurzeln eines Baumes im Boden abdeckt. Aus diesem Grund wurden auch die auf die VF projizierten Kronenflächen der Bäume aufgezeichnet, damit die im peripheren Wurzelbereich vorkommenden EM-Pilzarten ihren Baumpartnern zugeordnet werden können.

In den Fundkarten wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

1. Unter welcher Kronendeckung kommen die meisten EM-Arten und Frkp. vor?
2. Mit welchem Abstand zum nächststehenden Baum kommen die meisten EM-Arten und Frkp. vor?
3. Wie sind die EM-Arten auf den VF verteilt (zufällig, „clustered“ oder uniform)?
4. Wie verhalten sich die verschiedenen EM-Arten zueinander: Überlappung (Koexistenz), Ausschluss (antagonistische Beziehungen) oder zufällige Verteilung (indifferentes Verhalten) der Myzelien?
5. Welche EM-Arten sind während der Beobachtungszeit standortstreu?

Die Korrelation einer Art mit einer anderen (Bindung oder Ausschluss) wurde mit dem **Kontingenztest** nach PIELOU (1977) geprüft (vgl. Tab. 2.3). Die VF wurden auf den Karten in Quadrate von 1m<sup>2</sup> Fläche eingeteilt (Gitterraster), die auf Präsenz und Absenz der zu vergleichenden Paare ausgezählt und in eine Vierfeldtafel übertragen wurden. Das Mass der Korrelation wurde mit dem **Ochiai-Index** (OI) (OCHIAI 1957) getestet. Dieser Index hat Werte zwischen 0 und 1. Werte grösser als 0.4 sprechen für Assoziation der beiden Arten.

**Tab. 2.3:** Kontingenztafel nach PIELOU (1977)

Art A	Art B		
	Präsenz	Absenz	
Präsenz	a	b	a+b=m
Absenz	c	d	c+d=n
	a+c=r	b+d=s	N

$$OI = \frac{a}{\sqrt{(a+b)} \sqrt{(a+c)}}$$

**Jaccard-Index** (J) (JACCARD 1908) wurde verwendet, um die Artenzusammensetzung (EM-Pilze) der 17 VF während der 4 Untersuchungsjahre zu vergleichen. Der Index liegt zwischen 0 und 1: „Eins“ bedeutet, dass die Artenzusammensetzung des untersuchten Jahr-Paares zu 100% identisch ist. „Null“ dagegen ergibt sich falls keine einzige Art während zwei Jahren gemeinsam vorkommt.

$$J = \frac{a}{a+b+c}$$

Die Korrelation einer Art mit ihresgleichen im nächsten Jahr (Standorttreue) wurde mit dem **Pearson Koeffizient** (P) (PIELOU 1977) getestet. Die Koeffizienten liegen zwischen -1 und 1. Für diese Analyse wurden pro VF die Arten berücksichtigt, die in

allen vier Untersuchungsjahren Frkp. gebildet haben und zudem in mindestens 10 Quadraten à 1m Seitenlänge (Gitterraster) vorgekommen sind.

$$P = \frac{ad-bc}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}$$

Für die VF CASSAT1, CASSAT2, PICEXC2 und FAGSIL2 wurden **topographische Karten** erstellt, um die Feuchtigkeitsbedingungen im Boden besser zu ermitteln und um eventuelle Korrelationen mit den Fundstellen der Frkp. zu erhalten. Dafür wurde die VF in Rechtecke von 2 m<sup>2</sup> (2 m x 1 m Gitterraster) eingeteilt und die Höhenunterschiede jedes Rasters gemessen. Die Karten wurden mit dem Programm Mapfactory (GIS) erstellt.

#### 2.8.4 Pilzbestimmung und Referenz-Herbar

Unbekannte Pilzarten wurden gesammelt, makroskopisch beschrieben und gezeichnet (1:1), anschliessend mit einem Dörrex getrocknet (bei 50 °C während 24 Std.) und herbarisiert. Bei den mikroskopischen Untersuchungen wurden Präparate von Huthaut, Lamellen und Stieloberfläche in 4%-ige KOH gelegt. Die mikroskopische Analyse wurde mit einem Olympus Mikroskop CH3 mit Zeichen-Tubus durchgeführt. Als Routine wurde die Huthaut im Massstab 1:500, alle Cystiden (auf Lamellenschneide, Lamellenseiten, auf Stieloberfläche bzw. in der Huthaut) 1:1000 und die Sporen 1:2000 gezeichnet.

Diese mikroskopischen und makroskopischen Daten erlaubten, zusammen mit Hilfe spezieller Literatur, die gesicherte Bestimmung einer Pilzart.

Repräsentative Exsikkate der gesammelten Kollektionen sind im Herbarium Z+ZT in Zürich und im Museo di storia naturale in Lugano deponiert.

#### 2.8.5 Auswertung der Pilzaufnahmen

Die folgenden, computergestützten, statistischen Programme wurden für die Auswertung der Pilzaufnahmen verwendet:

##### Mulva-5 (Multivarianzanalyse)

Diese in der Vegetationskunde routinemässig verwendeten Verfahren (vgl. Kapitel 2.6.3) wurde auch in Kombination mit mykosoziologischen Daten angewendet, um die VF anhand der Pilzaufnahmen zu charakterisieren und die entsprechenden Charakter-Arten auszuarbeiten (Diagonalisierung der Tabelle mit den Pilzarten in den Zeilen und den Aufnahmen in den Spalten).

##### ADE-4 (Analyse des données écologique)

Dieses statistische Programm wurde von der Universität Lyon entwickelt, um

ökologische, v.a. faunistische und vegetationskundliche, Daten auszuwerten. Das Programm wurde für die Hauptkomponenten-, Korrespondenz-, Kanonische Korrespondenz-, und Cluster Analyse angewendet sowie für die Berechnung des Ochiai-, Jaccard-Index und des Pearson Koeffizienten.

#### Shannon-Wiener-Index und Evenness

Wie für die Pflanzen (vgl. Kapitel 2.6.3), wurden auch für die vorkommenden Pilzarten der Diversität-Index nach SHANNON & WIENER (1949) und die Evenness nach PIELOU (1977) für jede der 17 VF errechnet.

#### Mapfactory

Dieses Programm (GIS) wurde für die Kartierung der EM-Pilze und der Bäume (vgl. Kapitel 3.5) sowie für die Darstellung der 17 VF in der Aufforstung Copera (vgl. Abb. 2.5) und die Erstellung der mikrotopografischen Karten verwendet. Die Fundkarten zeigen die Lage der Frkp. zueinander und zu den Bäumen in massstabgetreuer Verkleinerung. Die gesamte Fundzahl der 4 Jahre pro VF wurde auf einer Karte zusammengefasst. Zudem wurden Karten erstellt, die das Vorkommen von einzelnen Pilzarten pro VF während der 4 Jahre verfolgen.

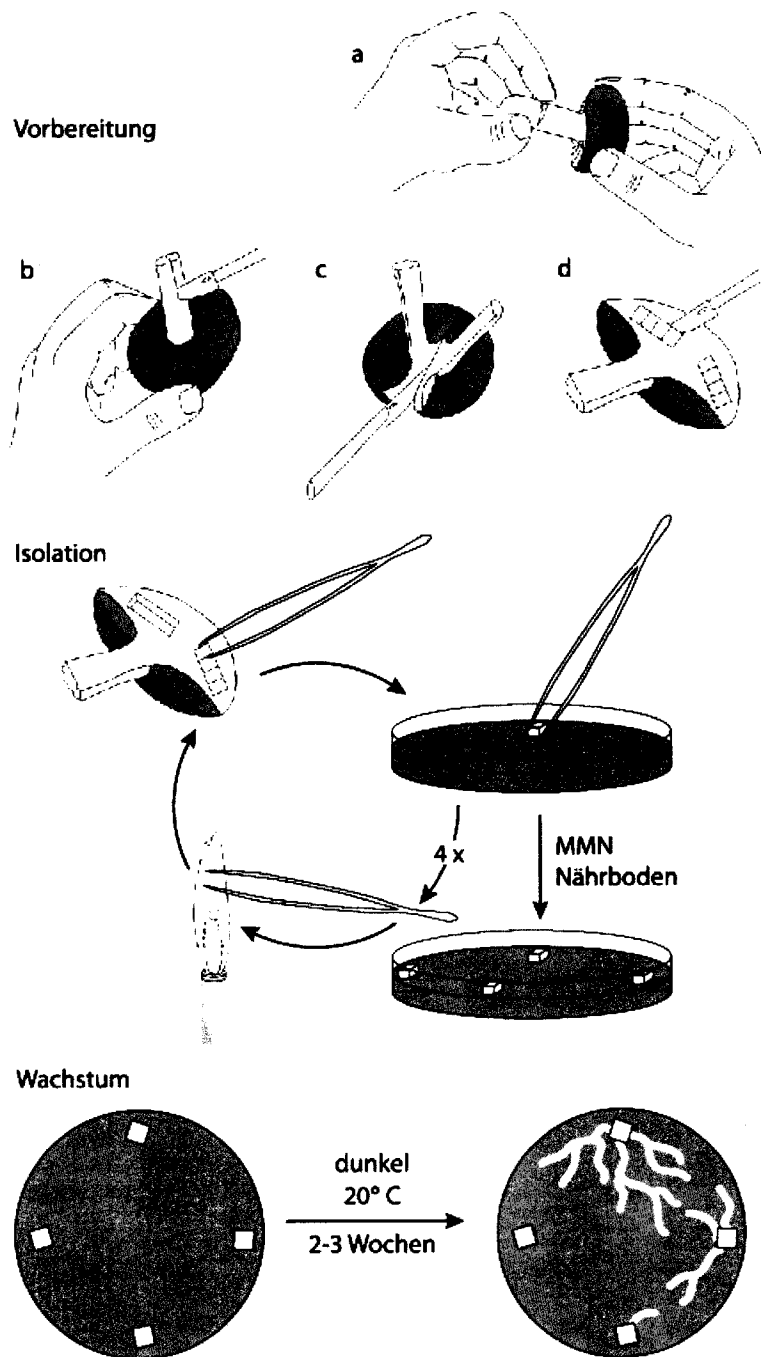
## **2.9 Ektomykorrhiza-Symbiosen**

### **2.9.1 Isolierung von Myzel-Reinkulturen (Abb. 2.8)**

Fruchtkörper potentieller EM-Pilze wurden isoliert, um Myzelreinkulturen für Inokulationsversuche zu erhalten. Die Isolation läuft folgendermassen ab (vgl. Abb. 2.8):

Aus dem Fleisch von jungen, frischen Frkp. wurden Würfel von ca. 3 mm Seitenlänge steril entnommen. Diese Impfstücke wurden auf ein Nährmedium (modifizierter Melin-Norkrans-Agar, MMN (MARX & BRYAN 1975)) in einer Petrischale gelegt. Die Petrischalen wurden anschliessend 2 bis 3 Wochen im Dunkeln und bei einer Temperatur von 20°C inkubiert.





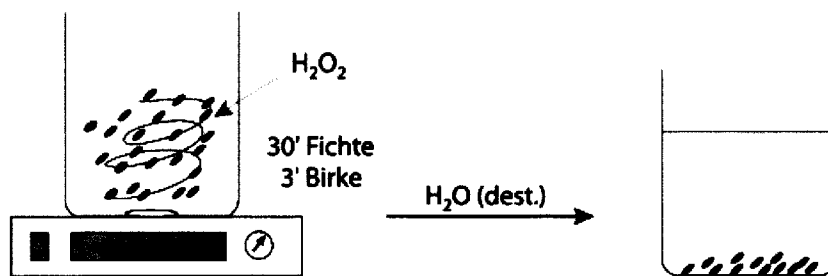
**Abb. 2.8:** Isolation von Myzelreinkulturen aus dem Hutfleisch von EM-Frhp.

### 2.9.2 Inokulationsversuche (Abb. 2.9, Abb. 2.10)

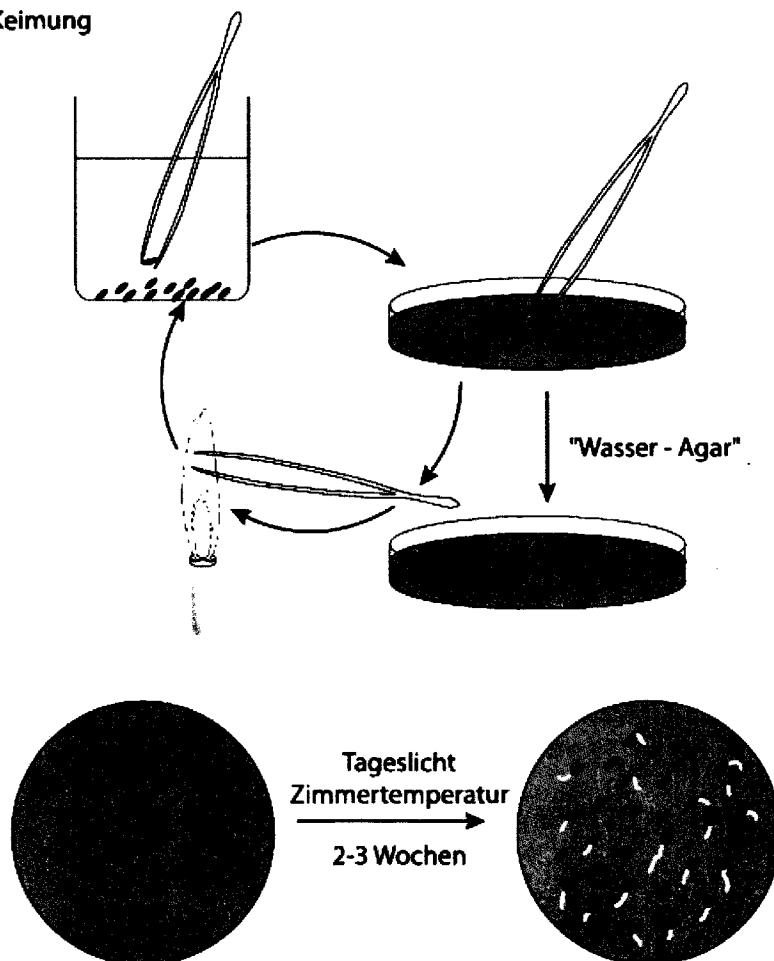
Um die Wirtsspezifität der isolierten EM-Pilze zu testen, wurden gleichzeitig Samen der Baumpartner im unmittelbaren Untersuchungsgebiet gesammelt. Die Oberfläche der Samen wurde in 35%-iger  $H_2O_2$  für 30 Minuten sterilisiert, anschliessend in sterilem Wasser gewaschen, auf Wasser-Agar gelegt und für die Keimung bei Zimmertemperatur mit Tageslicht belassen (vgl. Abb. 2.9). Nach 3 Wochen wurden die Keimlinge sorgfältig mit einer abgeflamten Zange in

autoklavierte (20 Minuten, 120 °C) Erlenmeyerkolben (mit Vermiculit-Torf-Substrat und MMN-Nährlösung) transferiert. Gleichzeitig wurde das Pilz-Mycel dazugeimpft (vgl. Abb. 2.10.) und die Behälter in der Klimakammer (bei 16 Std. Licht/Tag, 20 °C, 70 % Luftfeuchtigkeit) gelagert. Das Synthese-Experiment dauerte ca. 1 Jahr. Am Ende des Versuches wurden die Wurzeln sorgfältig entnommen, ausgewaschen und unter der Stereolupe untersucht. Die mykorrhizierten Wurzelspitzen wurden morphologisch beschrieben, fotografiert und für die weitere Verwendung in 6 % Formaldehyd fixiert (s. Kapitel 2.9.3).

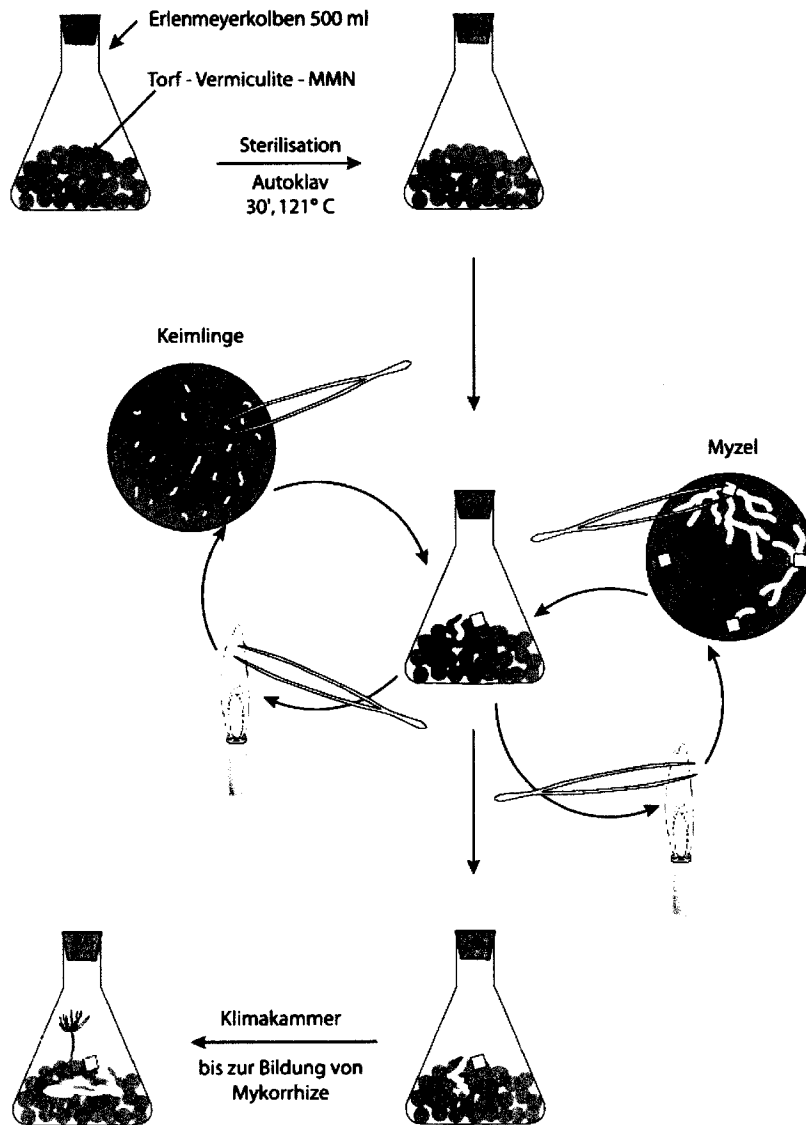
## a) Sterilisation



## b) Keimung



**Abb. 2.9:** Oberflächen-Sterilisation und Keimung der Samen.



**Abb. 2.10:** Inokulation von Pilzmyzel in Erlenmeyerkolben mit den Pflanzenkeimlingen.

### 2.9.3 Morphologie der Ektomykorrhiza an den Wurzelspitzen

Aus 10 verschiedenen VF (2 Douglasien-, 2 Weymouthsföhren-, 2 Buchen-, 2 Kastanien- und 2 Fichten-Flächen) wurden im Frühling und Herbst 1997 und 1998 je 6 Bodenproben (total 240) mit dem Burger-Zylinder (1dm<sup>3</sup>, 10 cm Tiefe) entlang eines Transektes entnommen. Die Wurzelproben wurden im Wasser aufgeweicht, um die Erde sorgfältig wegspülen zu können. Anschliessend wurde das Wurzelmaterial in 6% Formaldehyd fixiert und im Dunkeln bei 4 °C gelagert.

Bei der im weiteren mit einer Stereolupe durchgeführten Untersuchung wurden die Morphotypen der Wurzelspitzen differenziert, fotografiert und der Prozentsatz der mykorrhizierten Kurzwurzeln bestimmt.

Für die Differenzierung der Morphotypen gelten folgende Kriterien (nach Checkliste von S. Egli, WSL Birmensdorf):

- Verzweigungstyp: einfach, pinnat (2-dimensional), pyramidal (3-dimensional), unregelmässig, etc.
- Form, Aussehen: verdickt, gerade, gekrümmt, eingeschnürt. etc.
- Pilzmantel: Dicke, mit/ohne Myzel auf der Oberfläche, glatt, körnig, wollig, stachelig, mit Lactiferen, etc.
- Farbe: einheitlich oder gefleckt, Spitze gleichfarben oder heller, etc.
- Rhizomorphen: glatt, aufgefächert, mehr oder weniger aufgelöst, etc.
- Zusätzliche Merkmale und Bemerkungen: einzeln oder gehäuft vorkommend, viel oder wenig externes Myzel, Sklerotien oder kristalline Ausscheidungen, Abgrenzung zu andern Typen, Ähnlichkeit mit andern Typen, etc.
- Vergleich mit Literatur

Für die mikroskopischen Untersuchungen wurden die in 6% Formaldehyd fixierten Wurzelspitzen wie folgt behandelt:

- Entwässerung in Ethanol 70 % (1h), 96 % (2h) und 100% (1h)
- Präinfiltration in einer Lösung aus 100 % Ethanol und Technovit 7100 der Firma Kulzer in Verhältnis 1/1 während 2 h bei Zimmertemperatur
- Infiltration in Einbettformen mit Technovit 7100 während 24 h
- Polymerisation 1h bei 23 °C und 1 h bei 37°C
- Schneiden (Längsschnitte) der erhaltenen, transparenten Kunststoffblöckchen mit Glasmessern am Universalmikrotom 2050/ Supercut der Firma Reichert-Jung (Schnittdicke ca. 2 µm)
- Wasserbad bei Zimmertemperatur
- 15 Minuten bei 60 °C trocknen
- Anfärbung mit Giemsa für chitinoide Material und Montieren der Schnitte auf mit dem Einschlussmittel DPX (Fluka Nr. 44581) vorpräparierten Objektträgern (Herstellung von Dauerpräparaten).

Die Dauerpräparate mit den Schnitten der mykorrhizierten Wurzeln wurden unter dem Stereomikroskop charakterisiert und fotografiert (Mantel, Hartig'sches-Netz, Cystiden, Rhizomorphe).

## **2.10 Hypogäische Pilzflora**

### **2.10.1 Problemstellung**

Die Biomasse der nur im Boden (hypogäisch) vorkommenden Pilzfruchtkörper ist jener der oberirdisch (epigäisch) mit Basidiomen fruktifizierenden Pilze vergleichbar (BERGSTROM 1976). Dank ihrer sehr widerstandsfähigen Dauerorgane (Sporen, Sklerotien) zählen sie zu den in Kahlschlägen am besten überlebenden mykorrhizabildenden Pilzarten. Sie sind klimatischen Einflüssen gegenüber weniger anfällig. Ausserdem sind die Frkp. relativ langlebig (FROIDEVEAUX 1977). Hypogäische Pilze können während des ganzen Jahres

gefunden werden, haben aber in der temperierten Zone meistens im Frühling und Herbst reife Frkp. Die aktive Verbreitung der Basidiosporen (oder Ascosporen) von hypogäischen Pilzen wird zur Hauptsache von Kleinsäugetern, Huftieren, Arthropoden und Mollusken übernommen, die sich teilweise auch von diesen Pilzen ernähren. Untersuchungen von MASER et al. (1978) haben gezeigt, dass die oben erwähnten, spezialisierten Tiergruppen (Vektoren) hypogäische, im Vergleich mit epigäischen, Fruchtkörper bis zu 88% bevorzugen. Die Sporen werden ohne feststellbare morphologische Veränderungen von den Tieren wieder mit den Exkrementen ausgeschieden. Durch Untersuchungen der Sporen im Kot können die Pilze mindestens bis zur Gattung bestimmt werden (CASTELLANO et al. 1989; MONTECCHI & LAZZARI 1993).

### **2.10.2 Fallen-Fang von Mäusen zur Bestimmung hypogäischer Pilze**

Die »home range« von Mäusen (Fläche, die von einem Individuum während seiner normalen Aktivität von Nahrungsaufnahme, Paarung und Aufzucht, durchquert wird), variiert je nach Jahreszeit, Geschlecht, Art, Nahrungsquelle, usw. von 200 bis 20'000 m<sup>2</sup> (HOLISOVA 1974; FLOWERDEW et al. 1984). Im Winter sind die Tiere wegen Brutpflege ortsgebundener. Zu dieser Jahreszeit ist auch die Anzahl der epigäischen Frkp. bedeutend kleiner.

Im Dezember 1996 und 1997, wurden während je 2 Wochen in 3 VF (Kastanie, Buche und Douglasie) je 30 Lebendfallen gelegt. Nur diese 3 VF haben die nötige minimale Distanz bis zum Nachbarbestand aufgewiesen. Die Fallen wurden jeweils früh am Morgen besucht, die gefangenen Tiere bestimmt und frei gelassen und die in den Fallen freigesetzten Exkreme (Stressreaktion) gesammelt.

### **2.10.3 Analyse der Kotproben**

Die Maus-Exkreme wurden in 10 % Formaldehyd fixiert, anschliessend in H<sub>2</sub>O suspendiert und in 4 % KOH-Präparaten mit dem Stereomikroskop untersucht. Pro Mäuse-Fang wurden 10 Präparate analysiert. Die Artendiversität wurde anhand von spezifischen Sporenmerkmalen bestimmt (CASTELLANO et al. 1989; MONTECCHI & LAZZARI 1993).

### **2.10.4 Suche und Nachweis mit Hilfe von dressierten „Trüffel-Hunden“**

Die hypogäische Pilzflora in den oben genannten VF wurde auch mit der Unterstützung von zwei dressierten „Trüffel-Hunden“ untersucht. Im Frühling und Herbst 1997 und 1998 wurden (insgesamt vier) eintägige Exkursionen in der Aufforstung Copera durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass mit Hilfe der Hunde (geführt von A. Bincoletto und M. Sarasini, Monza, Italien) vor allem (reife) Fruchtkörper mit starkem Geruch nachgewiesen werden können.



## 3 Resultate

### 3.1 Charakterisierung der Witterungsverhältnisse in den Jahren 1996-1998

#### 3.1.1 Niederschläge (Abb. 3.1, Abb. 3.2)

Da Pilzfruchtkörper zu ca. 90 % aus Wasser bestehen, spielen die Niederschläge für die Fruktifikation der Makromyceten eine wichtige Rolle.

Das insubrische Klima des Tessins ist durch verhältnismässig reiche Niederschläge, die besonders am Ende des Sommers bzw. anfangs Herbst fallen, gekennzeichnet. Die Anzahl der Regentage ist aber nieder, d.h. die Regenfälle sind meist intensiv und kurz anhaltend (in einer Stunde können bis zu  $70 \text{ l/m}^2$  Wasser fallen, bzw. in 10 Minuten bis zu  $30 \text{ l/m}^2$ ). Im Winter treten häufig längere Trockenperioden auf.

Zwischen 1996 und 1998 lagen die mittleren Jahresniederschläge in den 17 VF der Aufforstung Copera bei  $1389 \text{ l/m}^2$ . Der langjährige Mittelwert (zwischen 1961 und 1990) der Klimastation in Bellinzona (225 m. ü. M., Koord. 721.080/116.840, 5.2 km Luftlinie Entfernung von Copera) ist  $1562 \text{ l/m}^2$ . In den Jahren 1996 und 1998 ist eine relativ lineare Zunahme der Niederschlagsmenge festzustellen (vgl. Abb. 3.1). Das Jahr 1997 zeigt hingegen den für das insubrische Klima typischen Verlauf, d.h. intensive Niederschläge während der Vegetationszeit (vgl. Abb. 3.1).

#### 1996

Das in den 17 VF im Wald gemessene Niederschlags-Total (Summe der wöchentlichen Mittelwerte) des Jahres 1996 war  $1378 \text{ l/m}^2$  (vgl. Abb. 3.1), 88 % des langjährigen Mittelwertes der meteorologischen Station Bellinzona ( $1562 \text{ l/m}^2$ ).

Januar war in Copera verhältnismässig reich an Niederschlägen, Februar, März und April hingegen niederschlagsarm. Sonst ist eine relativ lineare Zunahme der Niederschlagsmenge zu beobachten (vgl. Abb. 3.1).

#### 1997

Die Niederschlagssumme erreichte  $1472 \text{ l/m}^2$  (94% des langjährigen Mittelwertes der meteorologischen Station Bellinzona) (vgl. Abb. 3.1).

Das Jahr ist durch die starke und anhaltende Trockenperiode zwischen Februar und April gekennzeichnet. Ein für Länge, Dauer und Zeitpunkt ähnlicher Ablauf wurde im Tessin nur noch im Jahr 1938 registriert. Der Witterungsablauf des Jahres in den 17 VF lässt sich in folgende Perioden unterteilen: Januar mit normalen Niederschlagsmengen; Februar bis April ausserordentlich trocken; Mai bis Juli, v.a. Juni, sehr reich an Niederschlägen; August bis Oktober praktisch ohne Regen; November und Dezember sehr niederschlagsreich (vgl. Abb. 3.1 und Abb. 3.2).

#### 1998

Die Niederschlagssumme betrug  $1318 \text{ l/m}^2$  (84% des langjährigen Mittelwertes der meteorologischen Station Bellinzona) (vgl. Abb. 3.1). Das Jahr ist wie 1997 durch die anhaltende trockene Periode im Frühling gekennzeichnet. Erst anfangs April konnten die ersten, dafür aber reichlichen Niederschläge registriert werden. Starke Niederschläge wurden noch im September gemessen. November und Dezember blieben trocken (vgl. Abb. 3.2).

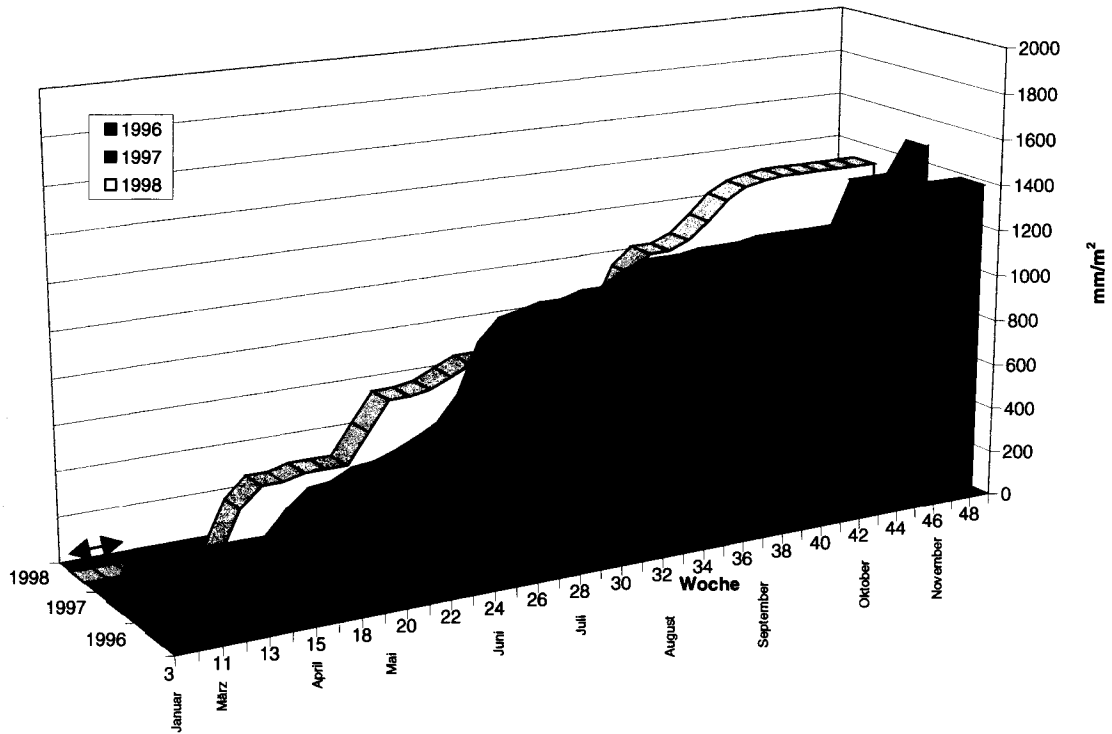


Abb. 3.1: Kumulative Niederschlagsmengen in den Jahren 1996, 1997 und 1998. Bis zur 11. Woche wurden die Daten nicht wöchentlich aufgenommen (doppelter Pfeil).

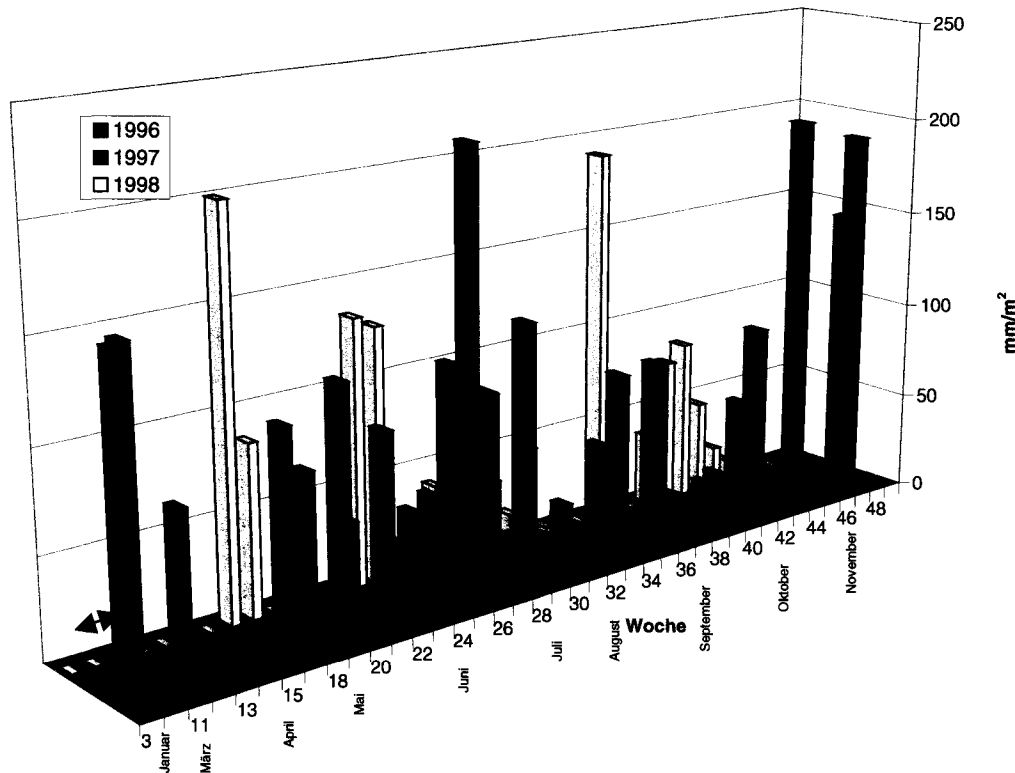


Abb. 3.2: Wöchentliche Mittelwerte der in den 17 VF gemessenen Niederschlagsmenge für die Jahre 1996, 1997 und 1998. Bis zur 11. Woche wurden die Daten nicht wöchentlich aufgenommen (doppelter Pfeil).



### 3.1.2 Temperaturen (Abb. 3.3, Abb. 3.4)

Die Temperatur beeinflusst den Stoffwechsel des Myzels, die Entwicklung und Lebensdauer der Pilzfruchtkörper. Die Temperaturansprüche der Pilze sind je nach Art bzw. ökologischer Gruppe verschieden. Die Bodenpilze der Wälder unserer Breiten erreichen als mesophile Organismen ihre maximalen Wachstumsraten zwischen 20 und 40 °C (SCHWANTES 1996). Die Pilzsaison der meisten Pilze der gemässigten Zonen und der tieferen Lagen wird durch Früh- und Spätfröste jahreszeitlich begrenzt. Steigende Temperaturminima zu Beginn der Vegetationsperiode induzieren, oft in Verbindung mit erhöhter Niederschlagsmenge, die Fruchtkörperproduktion zahlreicher Grosspilze. Die ersten Nachtfroste im Oktober und November führen bei vielen Pilzarten zu einem +/- abrupten Ende der Fruchtkörperproduktion (BRUNNER 1987, GRIESSER 1992).

Zwischen 1996 und 1998 betrug die mittlere Jahrestemperatur 12.8 °C. Der langjährige Mittelwert (zwischen 1961 und 1990) der Klimastation in Locarno-Monti (366 m ü. M., Koord. 704.160/ 114.350, 16 Km westlich von Copera) beträgt 11.7 °C (seit 1980 werden an der näher liegenden Klimastation Bellinzona keine Temperaturen mehr aufgenommen).

Die tiefste Temperatur (-8 °C) wurde am 30. Dezember 1996 und die höchste Temperatur (30 °C) am 13 Juni 1996 registriert. Ende April wurde im Jahr 1998 die unterdurchschnittlich tiefe minimale Temperatur von -3 °C registriert (Spätfrost). Ende Oktober 1997 wurden Temperaturen unter dem Nullwert registriert (Frühfrost).

#### 1996

Im Jahr 1996 fallen April und v.a. Juni für die überdurchschnittlichen Minimum-Temperaturen und September für die unterdurchschnittlichen Maximum-Temperaturen auf. Die erste Hälfte des Monats Juni war ausserordentlich warm (bis 30 °C), sehr wahrscheinlich die wärmste Monatstemperatur des Jahrhunderts. Der Sommer war bis Mitte September kühl und am 30. Dezember wurde die tiefste Jahrestemperatur von -8 °C registriert (vgl. Abb. 3.3, Abb. 3.4).

#### 1997

Im Vergleich zur Durchschnittstemperatur, die in den letzten 30 Jahren in Locarno-Monti gemessen wurde, war sie im Jahr 1997 (13.2 °C) um 1.2 °C höher. Verglichen mit den Jahren 1996 und 1998 war es im Frühling und im Herbst wärmer, dagegen im Oktober bis November kühler. Die tiefste Temperatur wurde am 1. Januar (-3 °C) und die höchste Temperatur am 25. Juli (26 °C) registriert (vgl. Abb. 3.3, Abb. 3.4).

#### 1998

Der Monat Februar war wie 1997 ausserordentlich mild. Nur im April (Spätfrost), anfangs Oktober und November (Frühfrost) wurden unterdurchschnittlich tiefe Temperaturen festgestellt. Die tiefste Temperatur wurde am 23. November (-4 °C) registriert, das Temperatur-Maximum am 11. August (28 °C) (vgl. Abb. 3.3, Abb. 3.4).

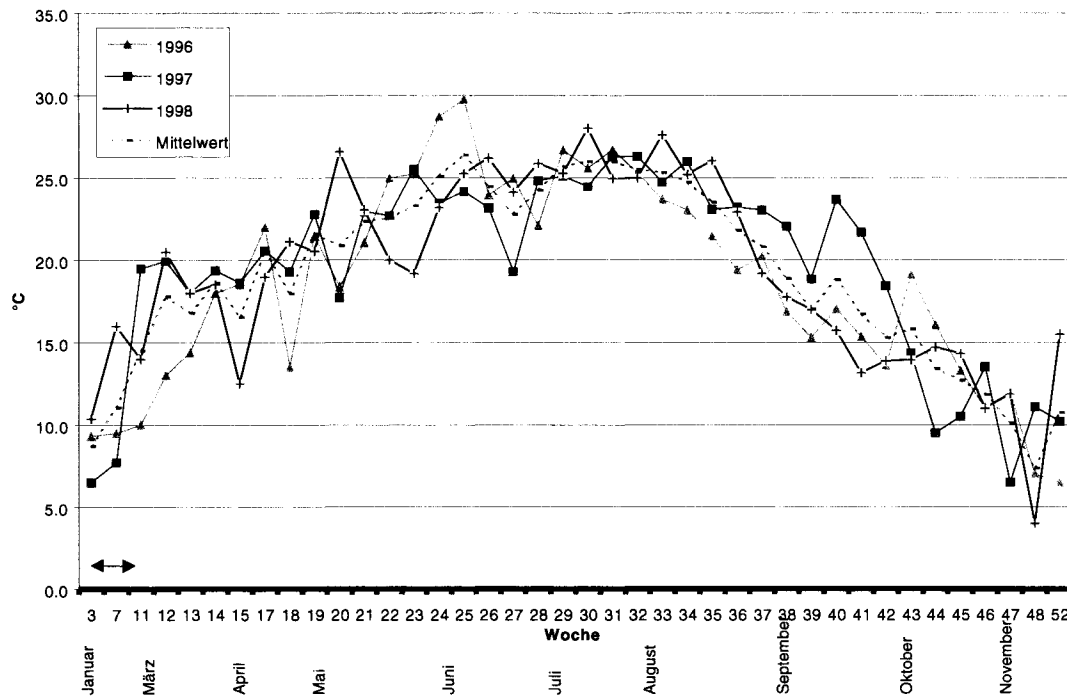


Abb. 3.3: Wöchentliche Mittelwerte der in den 17 VF gemessenen Temperaturmaxima für die Jahre 1996, 1997 und 1998. Bis zur 11. Woche wurden die Daten nicht wöchentlich aufgenommen (doppelter Pfeil).

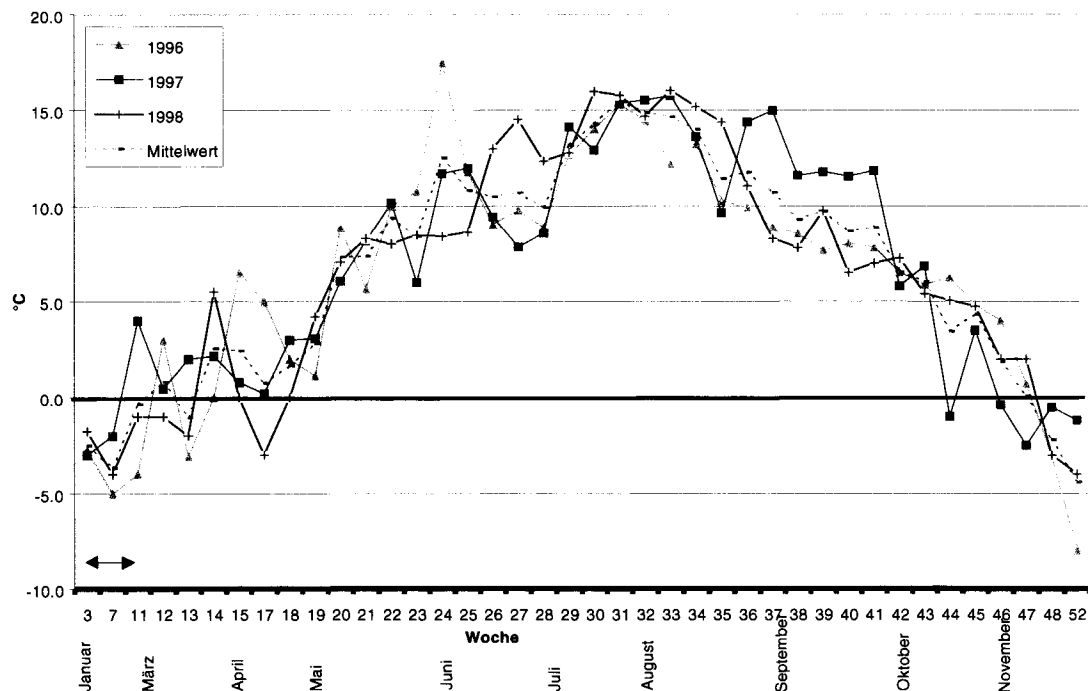


Abb. 3.4: Wöchentliche Mittelwerte der in den 17 VF gemessenen Temperaturminima für die Jahre 1996, 1997 und 1998. Bis zur 11. Woche wurden die Daten nicht wöchentlich aufgenommen (doppelter Pfeil).

### 3.1.3 Windstärke (Abb. 3.5)

Die Messwerte der Windstärken für die Jahre 1996, 1997 und 1998 wurden den Tabellen der Klimastation der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Locarno-Magadino (198 m.ü.M., Koord. 711.160/113.540, 9 Km westlich von Copera, Windmesser 28 m über Boden) entnommen.

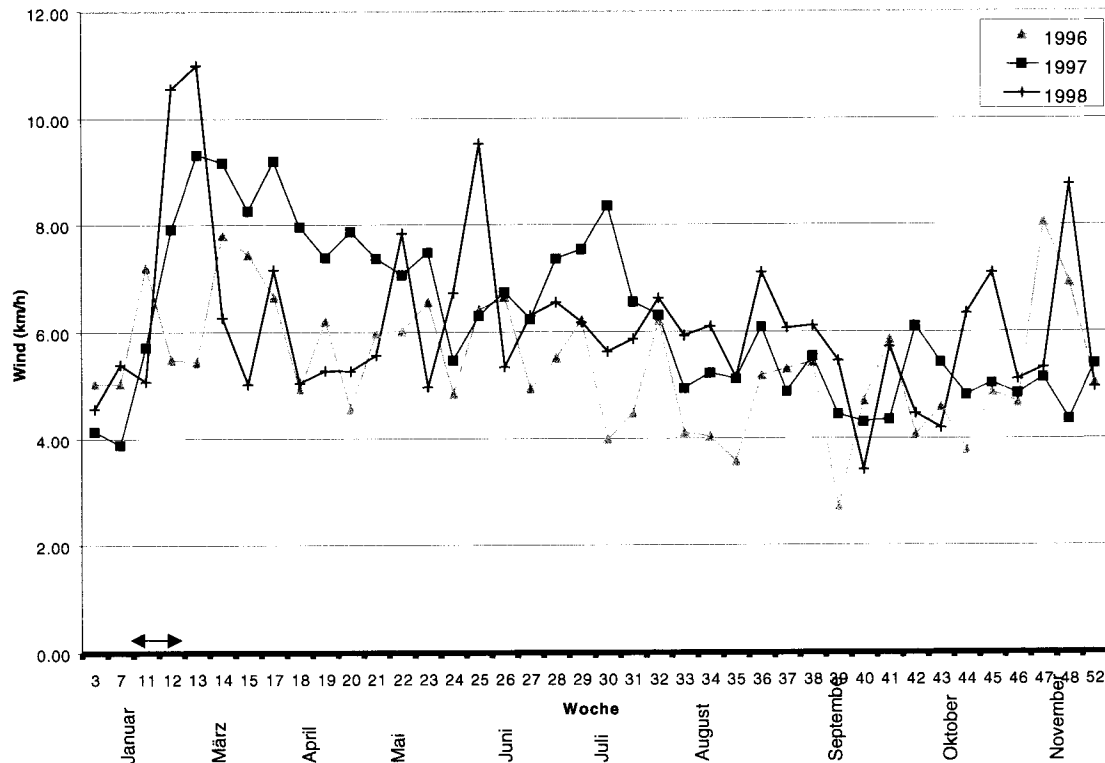


Abb. 3.5: Wöchentliche Mittelwerte der Windstärken für die Jahre 1996, 1997 und 1998 (Daten der Klimastation Locarno-Magadino). Bis zur 11. Woche sind die Daten nicht in wöchentlichen Abständen eingetragen (doppelter Pfeil).

1996 war verglichen mit den Jahren 1997 und 1998 bis zum Monat November relativ windstill. Im Frühling, Ende Juli und Mitte Oktober 1997 wurden verhältnismässig hohe Windstärken registriert. Der höchste Wert (11 km/h) wurde Ende März 1998 registriert. Hohe Windstärken wurden im Jahr 1998 auch noch im Juni, September und November festgestellt (vgl. Abb. 3.5).

Die hohen Windstärken im Frühling 1997 und 1998 haben die für die Pilzflora negativen Effekte der anhaltenden Trockenheit noch signifikant verschlimmert.

### 3.1.4 Vergleich des Mikroklimas im Laub- und Nadelwald

#### 3.1.4.1 Niederschläge (Abb. 3.6, Abb. 3.7)

Die wöchentlichen, durchschnittlichen Niederschlagsmengen im umgebenden Laubwald (Kastanie und Buche) der VF in Copera lassen sich kaum von denen des Nadelwaldes (Fichte, Douglasie, Waldföhre, Weymouthsföhre, Schwarzföhre, Lärche) unterscheiden (vgl. Abb. 3.6). Die grossflächigen Blätter der Laubbäume in Copera halten bis zu ihrer vollständigen Benetzung vergleichsweise mehr Regen zurück. Diese Tendenz ist v.a. im Sommer, wenn die Bäume belaubt sind, ersichtlich. Der Kronendurchlass der Laubbäume im Sommer ist nur bei niedrigen Niederschlägen und hohen Windstärken grösser als derjenige der Nadelbäume.

In Abb. 3.7 wurden die Nadelbäume in Nadellichtbäume (Föhren und Lärche) und Nadelschattbäume (Fichte und Douglasie) eingeteilt. Die Niederschlagswerte unter Fichte und Douglasie sind durchschnittlich höher.

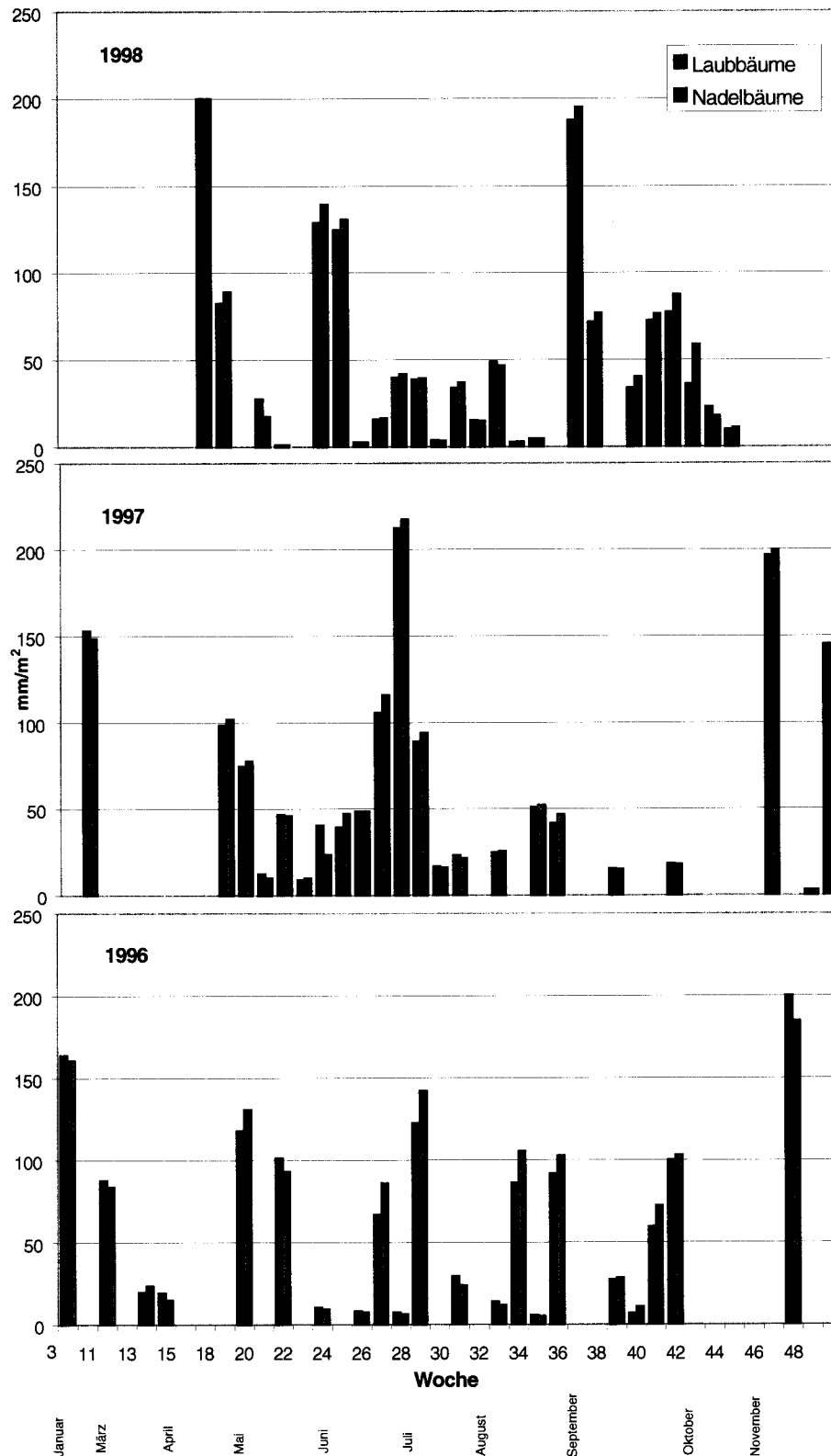


Abb. 3.6: Wöchentliche Mittelwerte der Niederschlagsmengen in Laubwald (*Castanea sativa*, *Fagus silvatica*) und Nadelwald (*Picea abies*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Larix decidua*, *Pinus strobus*, *Pinus nigra*, *Pinus silvestris*) der untersuchten VF in der Aufforstung Copera.

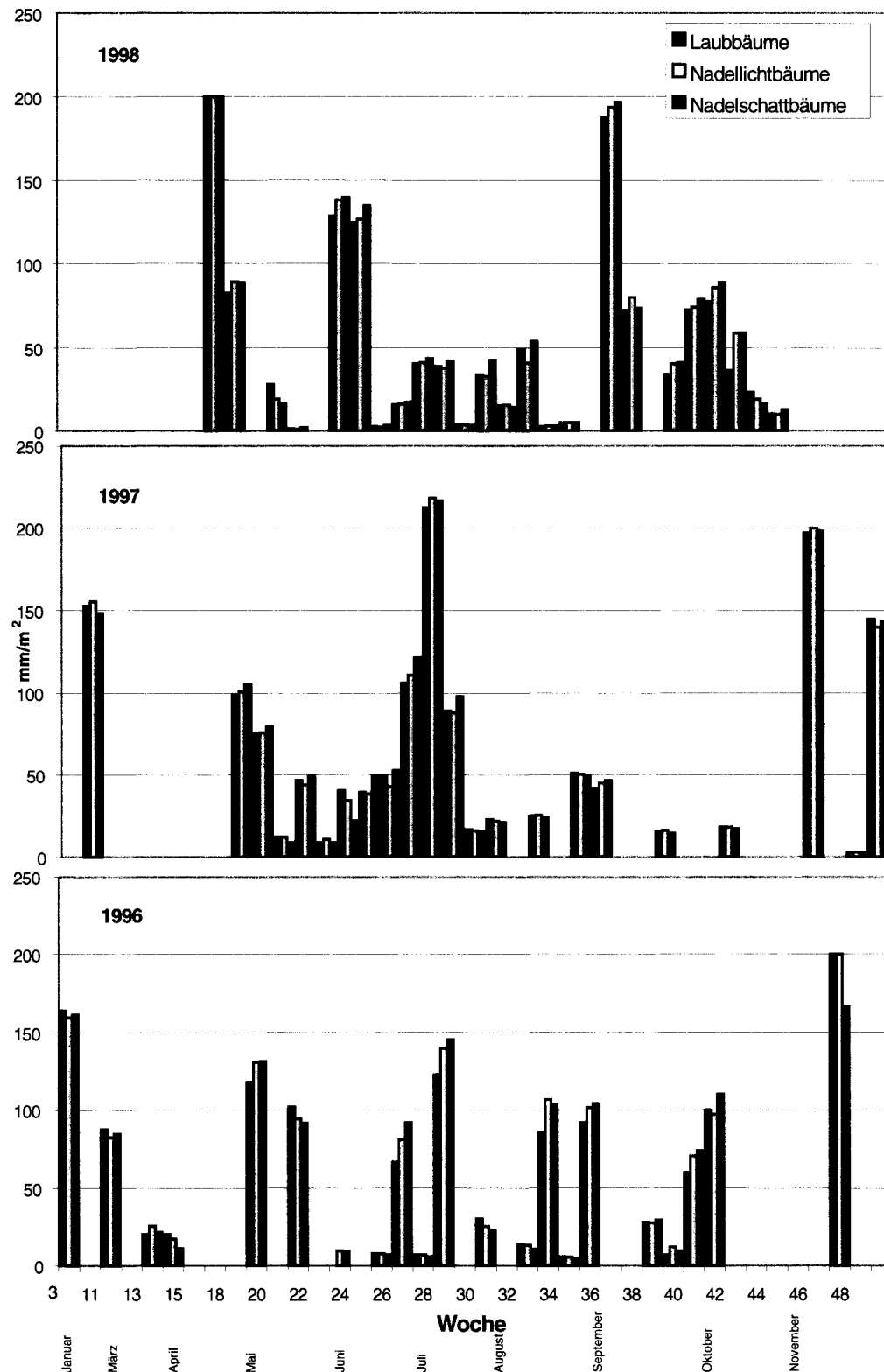


Abb. 3.7: Wöchentliche Mittelwerte der Niederschlagsmengen in Laubwald (*Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*), in Nadelschattwald (*Picea abies*, *Pseudotsuga taxifolia*) und in Nadellichtwald (*Pinus strobus*, *Pinus nigra*, *Pinus silvestris*, *Larix decidua*).

#### 3.1.4.2 Temperaturen (Abb. 3.8, Abb. 3.9)

In Copera sind die Minimaltemperaturen im Laubwald praktisch identisch mit denjenigen des Nadelwaldes. Die Maximaltemperaturen hingegen sind im Nadelwald etwas höher (durchschnittlich 0.7 °C höher). Diese Unterschiede sind v.a. zwischen Mai und September festzustellen (vgl. Abb. 3.8): infolge ihres laublosen Zustands haben Buchen- und Kastanienwälder im Winter relativ niedrige Temperaturen, erwärmen sich aber wegen der dichten Belaubung auch im Sommer nicht sehr stark. In Abb. 3.9 wurden die Nadelbaumarten in Nadelschattbäume und Nadellichtbäume eingeteilt. Unter Föhren und Lärchen wurden im Sommer die höchsten Maximaltemperaturen registriert.

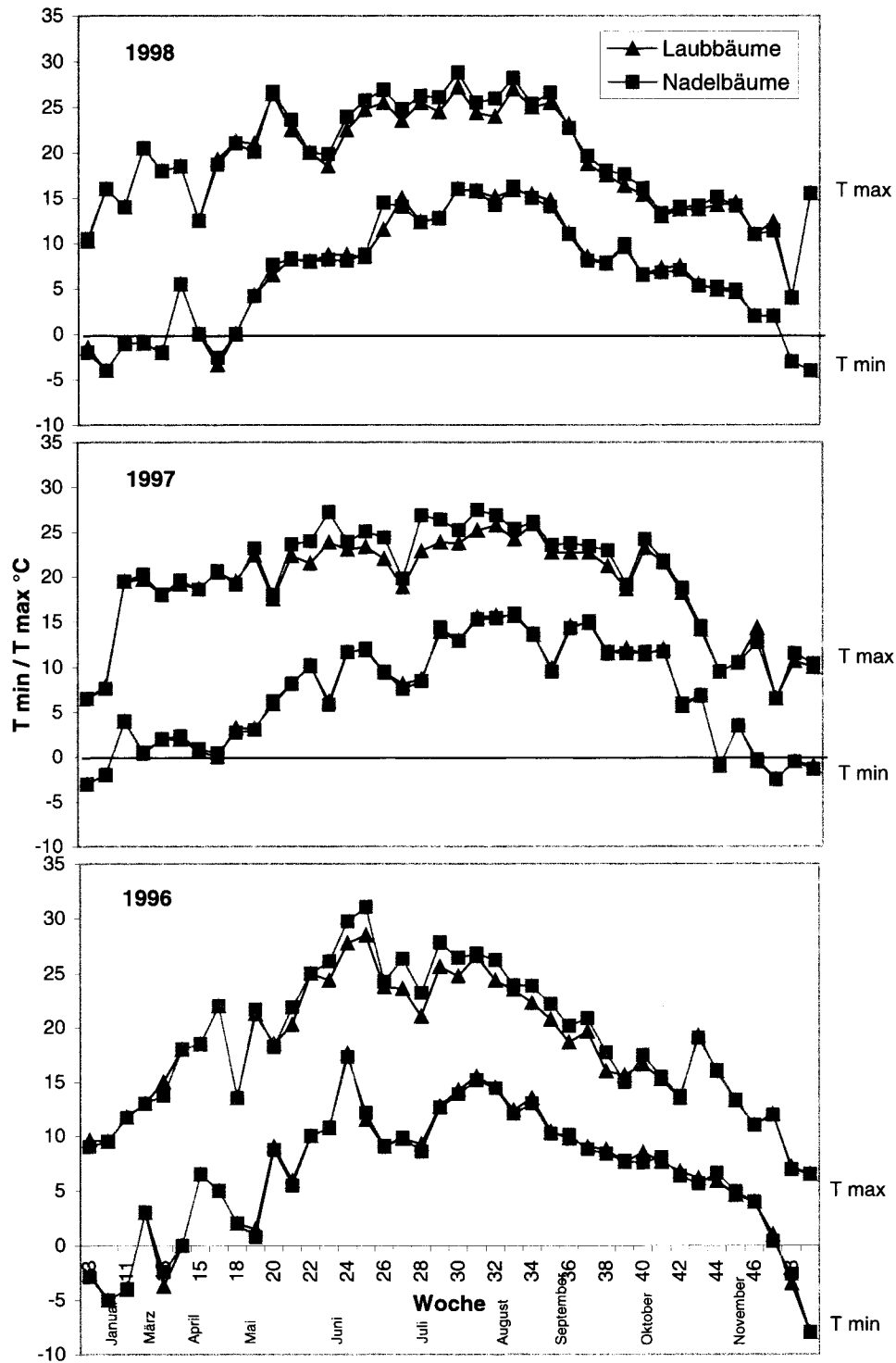


Abb. 3.8: Wöchentliche Mittelwerte der Minimum- und Maximum-Temperaturen in Laubwald (*Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*) und in Nadelwald (*Picea excelsa*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Larix decidua*, *Pinus strobus*, *Pinus nigra*, *Pinus silvestris*) der untersuchten VF in der Aufforstung Copera.



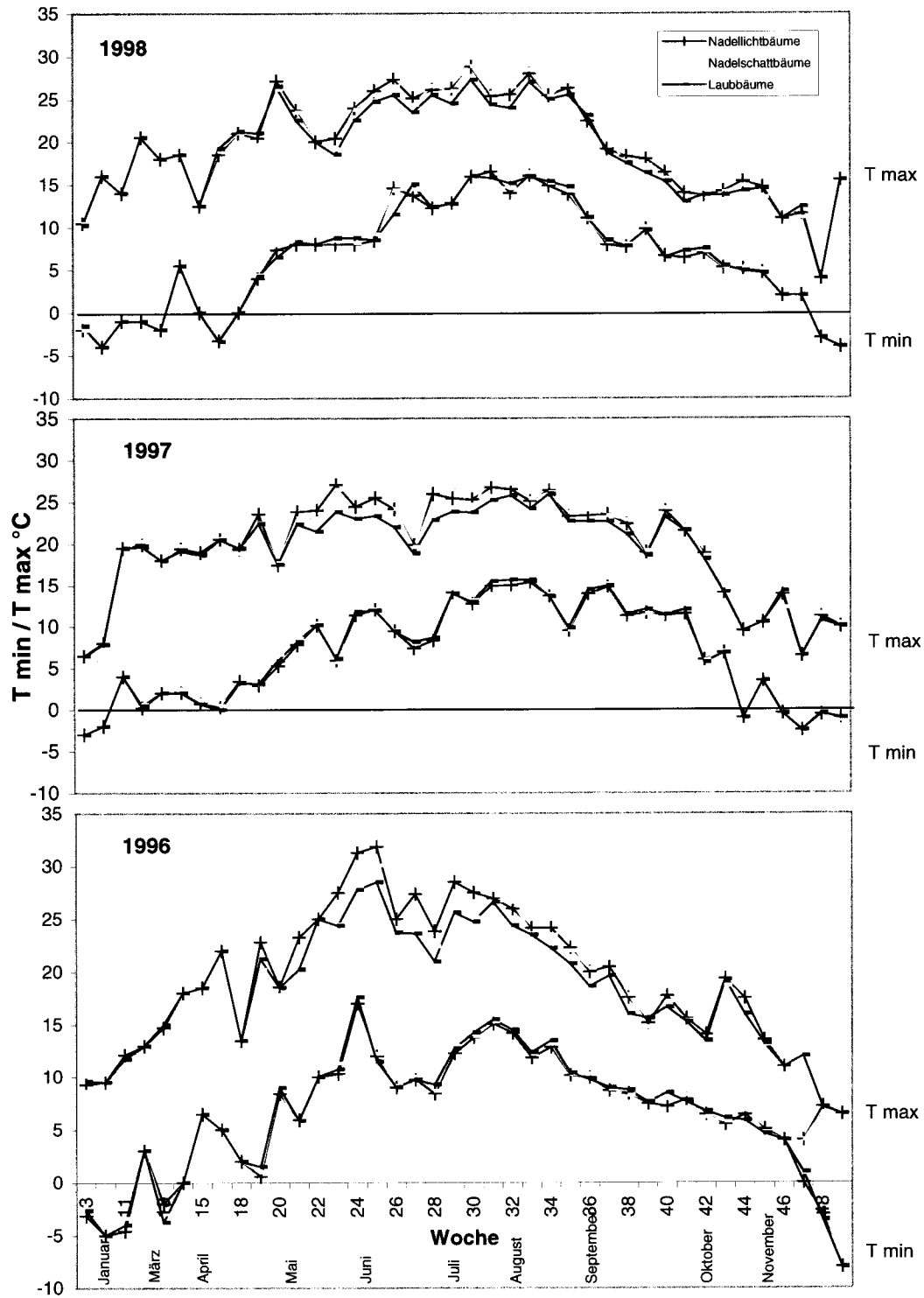


Abb. 3.9: Wöchentliche Mittelwerte der Minimum- und Maximum-Temperaturen in Laubwald (*Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*), in Nadelschattwald (*Picea excelsa*, *Pseudotsuga taxifolia*) und in Nadellichtwald (*Pinus strobus*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua*) der untersuchten VF in der Aufforstung Copera.

### 3.1.5 Vergleichsdaten aus der meteorologischen Station Copera (Niederschläge, Minimal- und Maximaltemperaturen) (Abb. 3.10 - Abb. 3.13, Tab. 3.1, Tab. 3.2)

In der Aufforstung Copera läuft seit 1972 eine Klimastation (665 m ü. M., Koord 720.115/111.925, Lage zu VF vgl. Abb. 2.5, Kapitel 2.4.2).

Tab. 3.1: Langjährige (1972-1998) Mittelwerte der Temperatur (°C), Luftfeuchtigkeit (%) Niederschläge (mm), absolute Minimum- und Maximum-Temperatur (°C), Anzahl Tage mit Regen und Frost, Anzahl Monate mit Schneebedeckung, Schneemächtigkeit (cm).

	T abs. Mittelwert	Tmax abs.	Tmin abs.	Luftfeuchtigkeit %	Nied. mm	Tage mit Regen	Schnee cm	Anzahl Monate mit Schneebedeckung
1972	9.6	29.5	-4.5	71.2	1846			
1973	10.3	29	-9	63.9	1472			
1974	10.3	30	-3.5	67.1	1724			
1975	10	29	-4	67	2001	107		
1976	10.4	31.6	-5.9	57.2	2096	63	29.5	3
1977	9.5	26.7	-5.7	62.3	2687	68	200	5
1978	9.1	27.5	-5.4	59.9	1845	94	283	4
1979	9.4	28	-9.6	63.1	2230	117	69	4
1980	9.2	29.2	-6.8	59.7	1684	95	49	4
1981	9.5	30	-8.2	64.4	2114	74	117	6
1982	10.25	30.2	-6.7	66.6	1990	99	54	4
1983	10.27	34.2	-6.4	60.3	1747	92	87	5
1984	9.32	30.6	-6	59	1809	83	100	6
1985	9.59	28.3	-12.2	59.5	1561	101	109	5
1986	9.5	31.8	-10.4	71.1	1458	85	195	4
1987	9.52	28.9	-10.4	69.3	2017	7	66	4
1988	10.14	29.6	-5	69.3	2007	105	28	2
1989	10.53	28	-3	71.3	1453	93	74	2
1990	10.53	29.2	-6	69.3	1451	74	220	3
1991	10.4	31	-11.7	68	1602	63	121	5
1992	10.45	31	-6	70.7	1902	89	77	4
1993	9.73	29.2	-7.5	73.3	1883	101	55	4
1994	11	32.4	-8.6	75.8	2077	99	35	3
1995	9.7	29.5	-7.1	80.1	1508	122	82	4
1996	9.3	30.1	-9	80.3	1890	229	94	4
1997	10.3	32.2	-5	77.5	1491	81	9	1
1998	10.29	30.1	-5.5	74	1670	109	29	4

Die Daten der in offener Lage stehenden Klimastation Copera weichen von jenen in den VF in folgenden Punkten ab:

- die Klimastation Copera hat ein Plus an Niederschlägen von 37.2 % (1996), 1.3 % (1997) und 26.7 % (1998). Die Menge des Regenwassers, das den Boden erreicht, ist im Waldbestand geringer als im Freiland (Interzeptionsverdunstung) (vgl. Tab. 3.2).
- die durchschnittlichen Minimaltemperaturen sind im Waldbestand etwas höher als im Freiland (durchschnittlich 0.3 °C höher, vgl. Tab. 3.2): das Kronendach schützt nachts gegen Ausstrahlung.

- die durchschnittlichen Maximaltemperaturen sind im Waldbestand etwas tiefer als im Freiland (durchschnittlich  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  tiefer, vgl. Tab. 3.2): die Einstrahlung wird durch die Kronen behindert.

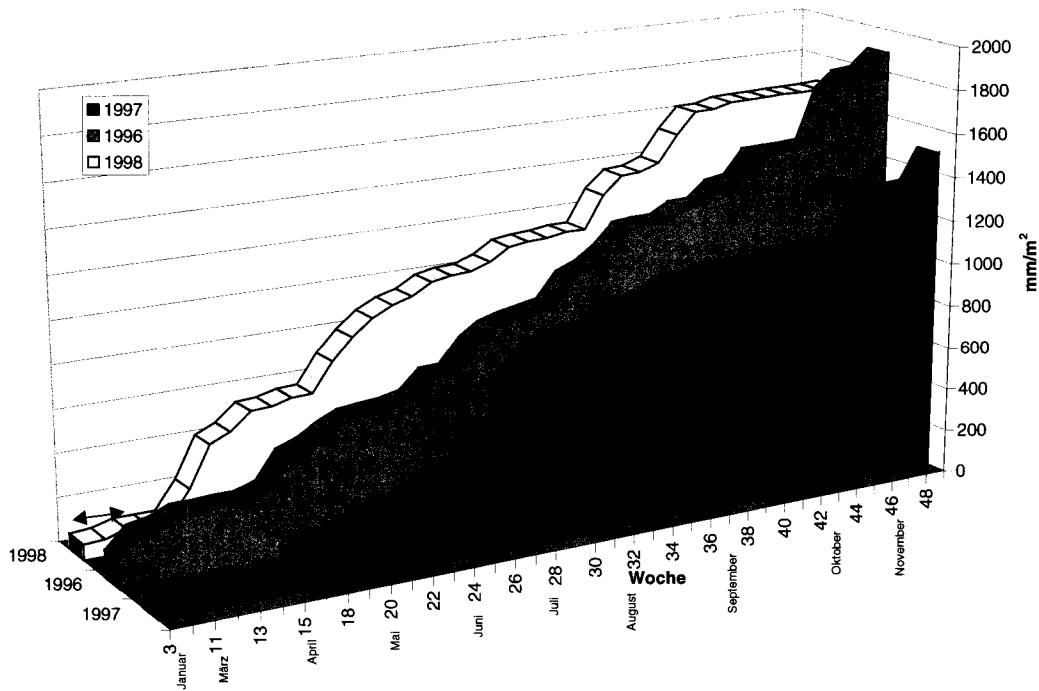


Abb. 3.10: Copera: Niederschlagsmenge kumuliert in den Jahren 1996, 1997 und 1998.

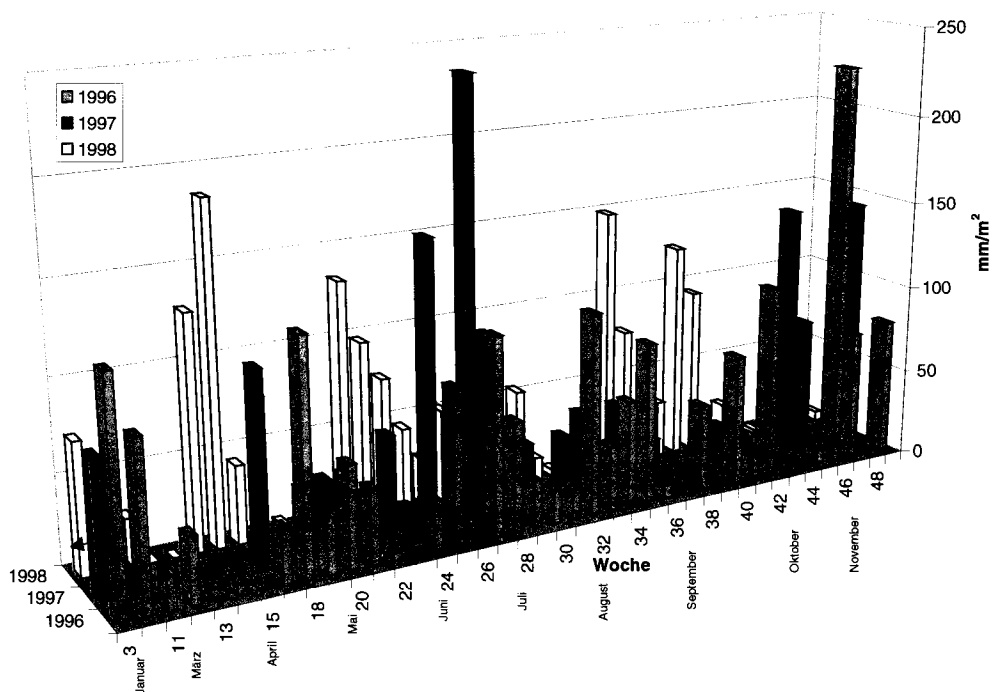


Abb. 3.11: Copera: wöchentliche Mittelwerte der Niederschlagsmenge für die Jahre 1996, 1997 und 1998.

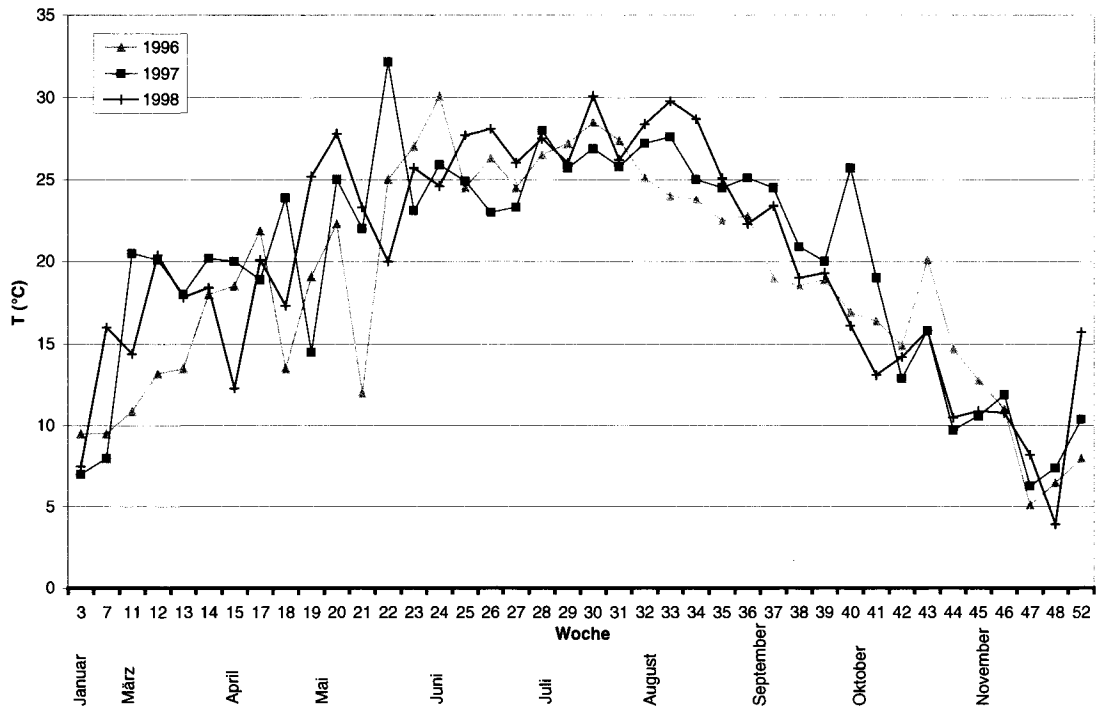


Abb. 3.12: Copera: wöchentliche Mittelwerte der Maximum-Temperaturen.

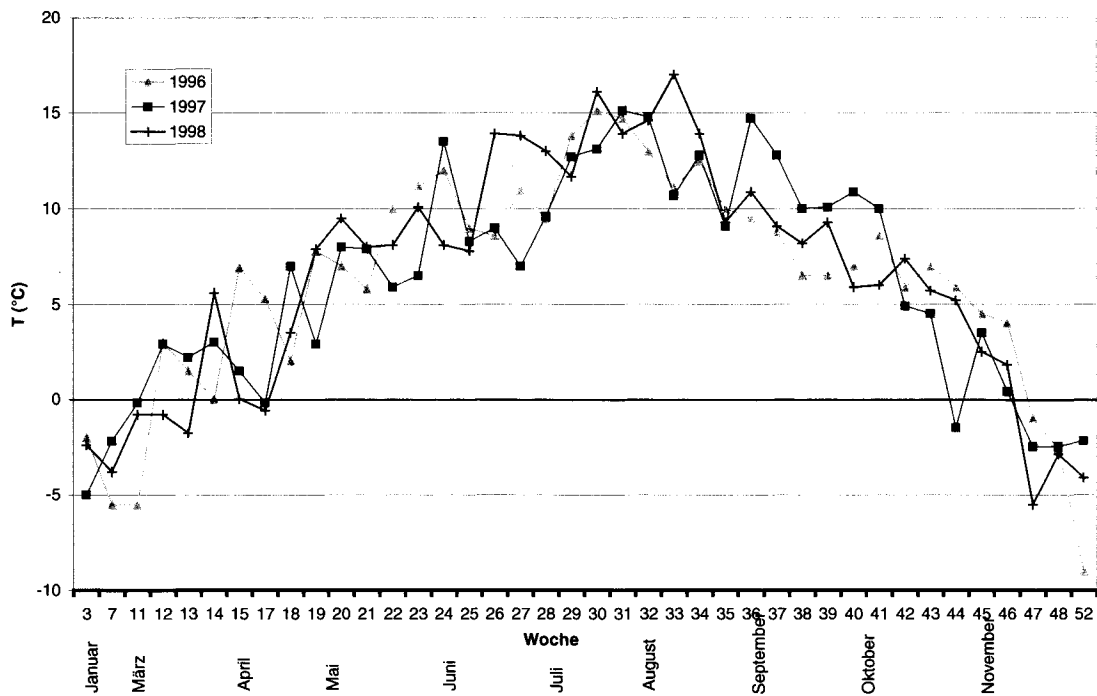


Abb. 3.13: Copera: wöchentliche Mittelwerte der Minimum-Temperaturen.

Tab. 3.2: Kumulierte Niederschlagsmenge, mittlere Minimum- und Maximum-Temperaturen für die Jahre 1996, 1997 und 1998 der Klimastation Copera und in den 17 VF.

Stationen	1996			1997			1998		
	Nied. (mm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Nied. (mm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Nied. (mm)	Tmin (°C)	Tmax (°C)
<b>Copera</b>	1890	6.2	18.7	1491	6.2	20	1670	6.4	19.9
<b>VF (1-17)</b>	1378	6.4	18.6	1472	6.9	19.5	1318	6.5	19.3

Die Klimadaten hängen u.a. von der geographischen Lage, Höhe, Neigung, Exposition und vom Deckungsgrad der Vegetation ab (Interzeption von Wasser und Sonneneinstrahlung). Deswegen ist es wichtig, während langjähriger mykosoziologischer Untersuchungen die Klimadaten direkt in den VF zu erheben.

## 3.2 Vegetation

### 3.2.1 Flora und Pflanzensoziologie (Abb. 3.14, Abb. 3.21, Tab. 3.1)

In den 17 VF (insgesamt ca. 3672 m<sup>2</sup>) der Aufforstung Copera wurden total 86 Phanerogamen registriert (vgl. Tab.3.3). Für die Zuordnung einer Pflanzengesellschaft sind mehrere Aufnahmen pro Baumartbestand nötig. Die einzelnen Parzellen mit aufgeforsteten Nadelbaumarten waren z.T. zu klein, damit mehrere Aufnahmen durchgeführt werden konnten. Zudem sind sie z.T. sehr artenarm. Für die exotischen Arten (z.B. *Pseudotsuga taxifolia*) sind für die Schweiz keine Gesellschaften beschrieben worden.

1. CASSAT1 und CASSAT2 (*Castanea sativa* Mill.)Abb. 3.14: Aufnahme der VF CASSAT2 (*Castanea sativa*)

Aufgrund der Artengarnitur sind die VF CASSAT1 und CASSAT2 pflanzensoziologisch dem *Arunco-Fraxinetum castanosum*, Geissbart-Eschenmischwald mit Edelkastanie (EK 33) zuzuordnen. Diese Assoziation entspricht dem *Quercus-Fraxinetum* prov. von ANTONIETTI (1968).

Nach ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) ordnet sich diese Assoziation in das System der Waldgesellschaften wie folgt ein:

Verband: *Carpinion betuli*  
 Ordnung: *Fagetalia*  
 Klasse: *Quercus-Fagetea*

*Carpinus betulus* und *Fagus sylvatica* selbst spielen allerdings eine untergeordnete Rolle. Die bodenfeuchten Eschenwälder des Verbandes *Alno-Fraxinion* sind floristisch nicht nahe verwandt. Der Geissbart-Eschenmischwald ist heute vorwiegend an mehr oder minder steilen Hängen zu finden, würde jedoch in der Naturlandschaft auch ebene Lagen einnehmen. Grosse Flächen des fruchtbarsten Kulturlandes in den Tälern des Kantons Tessin sind dem *Arunco-Fraxinetum* abgewonnen worden (KELLER 1998). KELLER (1998) gibt für diese Gesellschaft im Tessin eine mittlere Artenzahl von 36 an. In der VF CASSAT1 wurden 31, in VF CASSAT2 20 Arten registriert.

2. FAGSIL1 und FAGSIL2 (*Fagus silvatica* L.)Abb. 3.15: Aufnahme der VF FAGSIL1 (*Fagus silvatica*)

Aufgrund der Artengarnitur ist die VF FAGSIL1 pflanzensoziologisch dem *Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum*, Farnreicher Schneesimsen-Buchenwald (EK 4) zuzuordnen.

Nach ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) ordnet sich diese Assoziation in das System der Waldgesellschaften wie folgt ein:

Unterverband: *Luzulo-Fagion*  
 Verband: *Fagion*  
 Ordnung: *Fagetalia*  
 Klasse: *Querco-Fagetea*

Das *Luzulo niveae-Fagetum typicum* (EK 3) ist die Klimax – Gesellschaft auf kalkarmem Gestein in der montanen Stufe des Tessins. Es handelt sich um eine farnreiche Variante, die in der montanen Stufe der Alpensüdseite häufig ist und deshalb als besondere Untergesellschaft herausgestellt wird (KELLER 1998). Die Farne weisen auf grosse Luftfeuchtigkeit und kühle Lage hin.

KELLER (1998) gibt für diese Gesellschaft in der Schweiz eine mittlere Artenzahl von 26. Im Vergleich dazu wurden 21 Arten in der VF FAGSIL1 registriert.

VF FAGSIL2 könnte, obschon die floristischen Unterschiede verglichen mit FAGSIL1 klein sind, dem *Streptopo-Fagetum*, Knotenfuss-Buchenwald (EK5) zugeordnet werden. Diese ist eine Buchenwald-Gesellschaft mit üppigem Kraut-Unterwuchs, die an klimatisch ähnlichen Standorten wie das *Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum* aber auf etwas feuchteren Böden gedeiht (KELLER 1998). In der VF FAGSIL1 wachsen *Betula pendula* und *Potentilla erecta*, die indikativ für etwas trockene, nährstoffarme Standorte sind. In der VF FAGSIL2 kommt noch der Nährstoffarmutszeiger *Calluna*

*vulgaris* vor, dazu ist aber auch *Aruncus silvester* zu finden, der nährstoffreichere Böden bevorzugt.

KELLER (1998) gibt für diese Gesellschaft im Tessin eine mittlere Artenzahl von 37 an. In der VF FAGSIL2 wurden 28 Arten registriert.

Auf beiden VF mit Buche als dominante Baumart, FAGSIL1 und FAGSIL2, fehlen aber die Charakterarten der Buchenwald-Gesellschaften auf kalkarmem Gestein (*Astrantia minor*, *Phyteuma scheuchzeri*, *Rhododendron ferrugineum*, etc.).

Diese Parzellen liegen nicht in einem natürlichen Wald, sondern wurden, wie die Nadelbäume, vor 40 Jahren gepflanzt.

### 3. LARDEC1 und LARDEC2 (*Larix decidua* Mill.)



Abb. 3.16: Aufnahme der VF LARDEC1 (*Larix decidua*)

*Larix decidua* ist eine lichtbedürftige Pionierart, die wenig konkurrenzfähig gegenüber anderen, schattentoleranten Baumarten ist. In der subalpinen Stufe der Alpensüdseite gibt es viele Lärchen-Wälder. In tiefen Lagen kommt sie in der Regel beigemischt (v.a. mit der Schattenart Fichte) vor (BRÄNDLI 1996).

Die VF LARDEC1 und LARDEC2 zeigen eine gut entwickelte Strauchschicht (*Tilia cordata*, *Corylus avellana*, *Sorbus aria*). Der Deckungsgrad mit Farnen (*Pteridium aquilinum*) ist hoch (Stetigkeitsklasse 2: 20-40% Deckung). Aufgrund der Artengarnitur könnten beide VF pflanzensoziologisch dem *Arunco-Fraxinetum castanosum* (EK 33) zugeordnet werden.

Für VF LARDEC1 (gleichzeitig artenreichste aller VF) ist die Anzahl der vorkommenden Phanerogamen 35 und 28 für VF LARDEC2.



4. PINSIL1 und PINSIL2 (*Pinus silvestris* L.)Abb. 3.17: Aufnahme der VF PINSIL2 (*Pinus silvestris*)

*Pinus silvestris* ist eine lichtbedürftige, anspruchslose Pionierbaumart, die sich nur auf Extremstandorten gegen die Konkurrenz anderer Arten durchsetzen kann. Der Föhrenanteil ist in der Schweiz in den tiefsten Lagen am höchsten, sie bildet aber selten Reinbestände. Als Mischarten kommen Fichte, Buche, Tanne, Lärche und Eiche vor. Die Reinbestände sind überwiegend in den Alpen zu finden (BRÄNDLI 1996). VF PINSIL1 und PINSIL2 zeigen wie die VF Lärche ein gut entwickeltes Unterholz. VF PINSIL1 ist stark mit *Castanea* (sowohl in der Baumschicht als auch in der Strauchschicht) und *Tilia*, in VF PINSIL2 hingegen mit *Fagus* besetzt. *Pteridium aquilinum* ist in beiden VF ziemlich stark deckend. In beiden VF wurden 23 Arten aufgenommen. Aufgrund der Artengarnitur könnten beide VF pflanzensoziologisch dem *Cruciato glabrae-Quercetum castanosum* (EK 34) zugeordnet werden. Das *Cruciato-Quercetum* gehört wie das *Arunco-Fraxinetum* zum Verband *Carpinion* und zur Ordnung *Fagetalia*, leitet aber ökologisch und floristisch zum stark säureliebenden *Phyteumo-Quercetum* und damit zur Ordnung und Klasse der säureliebenden Eichenmischwälder über.

5. PINSTR1 und PINSTR2 (*Pinus strobus* L.)

Abb. 3.18: Aufnahme der VF PINSTR1 (*Pinus strobus*)

*Pinus strobus* wurde als Zierbaum aus dem östlichen Nordamerika seit Beginn des 18. Jahrhunderts in Europa eingeführt, gedeiht gerne im Halbschatten und ist auf feuchten bis nassen Böden die schnellstwüchsigste der bei uns vorkommenden Föhrenarten. Auf trockenen Standorten ist die Strobe nicht konkurrenzfähig (ETH 1993). VF PINSTR1 und PINSTR2 sind artenarm: nur 15 bzw. 21 Phanerogamen wurden in den VF aufgenommen. Eine Strauchschicht fehlt völlig.

6. PINNIG (*Pinus nigra* Arnold)

Abb. 3.19: Aufnahme der VF PINNIG (*Pinus nigra*)

In der Schweiz wurde *Pinus nigra* v.a. auf extremen Standorten (mit trockenen-, nährstoffarmen Böden) bis zu 1300 m.ü.M. angepflanzt. Die Schwarzföhre erträgt Trockenheit besser als die Waldföhre, gedeiht aber auch auf wechselfeuchten bis nassen Böden (ETH 1993).

In der VF PINNIG ist *Castanea sativa* in der Strauchschicht und *Molinia litoralis* in der Krautschicht stark vertreten (Stetigkeitklasse 2). Die Anzahl der aufgenommenen Arten ist 17.

7. PSETAX1, PSETAX2, PSETAX3 (*Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britton)

Abb. 3.20: Aufnahme der VF PSETAX1 (*Pseudotsuga taxifolia*)

*Pseudotsuga taxifolia* gelangte 1827 erstmals aus Nordamerika nach Grossbritannien und wird heute in Europa erfolgreich angepflanzt. In der Schweiz ist sie bis 1000 m.ü.M. eindeutig schnellwüchsiger als die einheimische Fichte und Tanne. 43% der Aufforstungen mit exotischen Baumarten sind heute mit Douglasien bestockt. Allgemein folgt die Douglasie den Standortansprüchen der Weisstanne: ozeanisches Klima mit langer Vegetationszeit und geringer Frostgefahr im Frühjahr (ETH 1993). VF PSETAX1 und PSETAX2 befinden sich in einem ausgedehnten, dichten, reinen Douglasien-Bestand und sind deshalb in der Krautschicht extrem artenarm (2 bzw. 4 Arten). PSETAX3 ist artenreicher (21 Arten), weil die Aufforstungsparzelle kleiner ist und im Randbereich mehr Licht einfällt.

8. PICEXC1, PICEXC2 und PICEXC3 (*Picea excelsa* (Lam.) Link)Abb. 3.21: Aufnahme der VF PICEXC3 (*Picea excelsa*)

*Picea excelsa* ist in der Schweiz unter dem anthropogenen Einfluss besonders in tieferen Lagen weit über ihr natürliches Areal hinaus verbreitet. Die Fichte hat dank ihrer guten holztechnologischen Eigenschaften, ihrer grossen Wuchsleistung, ihrer einfachen waldbaulichen Behandlung und ihrer breiten ökologischen Amplitude starke Verbreitung gefunden. Sie ist wirtschaftlich die bedeutendste Baumart der Schweiz. Nach der Kastanie, bildet sie am häufigsten Reinbestände (zum grössten Teil in höheren Lagen). Ansonst kommt sie v.a. mit Buche und Tanne vor (BRÄNDLI 1996). Limitierend für ihre Verbreitung ist einzig ihre Empfindlichkeit gegen Dürre und Frosttrocknis in Hochlagen (ETH 1993). VF PICEXC1 und PICEXC2 liegen in einer homogenen, dicht bewachsenen und grossräumigen Aufforstungsparzelle, die das Aufwachsen des Unterholzes weitgehend verhindert. PICEXC3 hingegen befindet sich im Zentrum eines viel kleineren Bestandes, dessen Waldränder mehr Licht eintreten lassen.

Tab.3.3: Pflanzensoziologische Aufnahmen aus den 17 VF (Nomenklatur nach HESS et al. (1976-1980)). φ= Baumschicht, v= Strauchschicht. Die Gruppierung der einzelnen Aufnahmen und der Arten geht aus der im Kapitel 3.2.3 erklärten statistischen Analysen hervor. Die Zeigerwerte wurden mit dem statistischen Programm Mulva (WILDI & ORLOCI 1990) berechnet.

Aufnahme	1	2:	5:	6:	7:	8:	11:	9:	3:	4:	10:	12:	13:	14:	15:	16:	17:
Gruppe	1	1	1	1:	1	1:	1:	1	2:	2:	2:	3:	4:	5:	6:	6:	6:
FLAECHE	CASSAT1	CASSAT2	LADCEC1	LADCEC2	PNSEL1	PNSEL2	PNRNG	PNSTR1	FAOSIL1	FAOSIL2	PNSTR2	PSETAX1	PIECEC3	PIECEC1	PIECEC2	PSETAX1	PSETAX2
Feuchtezahl	2.87	2.79:	3.04	2.85:	2.88	2.67:	2.7:	2.7	3.08	2.84:	2.8	2.75	2.25	3	3.33	3	3
Lichtzahl	2.35	2.29:	2.46	2.3:	2.47	2.31:	2.9:	2.5	2.71	2.42:	2.33	2.25	2.2	1	2	2	2
Temperaturzahl	3.35	3.29:	3.13	3.15:	3.53	3.23:	3.7:	3.4	3.07	3.05:	3.27	3.12:	3:	2	3	3	3
Kontinentalitätszahl	2.74	2.64:	2.71	2.75:	2.76	2.69:	2.8:	2.8	2.57	2.74:	2.8	2.62	2.75	3	2.33	2	2
Reaktionszahl	2.78	2.5:	2.83	2.75:	2.62	2.45:	2.66:	2.22	3.18	2.79:	2.92	3.06	3.33	0	3.6	3	3
Nährstoffe	2.57	2.57:	2.71	2.65:	2.47	2.46:	2.3:	2.1	2.5	2.58:	2.53	2.94	2.5	3	3.33	3	3
Humuszahl	3.74	3.86:	3.67	3.65:	3.75	3.75:	3.8:	4	3.85	3.74:	3.73	3.69	3.75	4	3.33	4	4
Dispersitätszahl	3.83	4:	3.92	3.8:	3.94	3.92:	4	4	3.92	3.89:	3.8	3.62	3.33	0	4	4	4
<i>Prunus avium</i> v	+																
<i>Frangula alnus</i>	+																
<i>Gentiana asclepiadea</i>	+																
<i>Sorbus aria</i> φ	+																
<i>Polypodium vulgare</i>	+																
<i>Castanea sativa</i> φ	2	4			2												
<i>Aruncus silvestris</i>	+	+															
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	+	+															
<i>Prunus serotina</i>	+																
<i>Stachys silvatica</i>		+															
<i>Conylus avellana</i> v		2															
<i>Conylus avellana</i>		1															
<i>Lastrea oreopteris</i>		1															
<i>Veratrum album</i>		1															
<i>Fraxinus excelsior</i> v		+															
<i>Adenosites allianae</i>		+															
<i>Tilia cordata</i> φ		2	2		2												
<i>Tilia cordata</i> v		3	+			1											
<i>Lam. decidua</i> φ		2	2														
<i>Galium</i> sp.		+	+														
<i>Stellaria nemorum</i>		+	+														
<i>Solidago virgaurea</i>	+	1	1														
<i>Aguga reptans</i>																	
<i>Carex digitata</i>																	
<i>Mycelis muralis</i>																	
<i>Morchinga muscosa</i>																	
<i>Ulmus scabra</i> v																	
<i>Lastrea phegopteris</i>																	
<i>Ulmus carpiniifolia</i>																	
<i>Tilia platyphyllos</i> v																	
<i>Ulmus carpiniifolia</i> v																	
<i>Tilia platyphyllos</i>																	
<i>Pinus silvestris</i> φ						2	2										
<i>Acer pseudoplatanus</i> v		+					1										+
<i>Pinus nigra</i>																	
<i>Teuchium scordonia</i>																	
<i>Pinus nigra</i> φ																	
<i>Quercus petraea</i>																	
<i>Cytisus scoparius</i>																	
<i>Pinus strobus</i> φ																	
<i>Calluna vulgaris</i>																	
<i>Betula pendula</i>																	
<i>Potentilla erecta</i>																	
<i>Prunus avium</i>																	
<i>Lastrea dryopteris</i>																	
<i>Fagus silvatica</i> φ																	
<i>Fagus silvatica</i> v	1																
<i>Fagus silvatica</i>																	
<i>Laburnum anagyroides</i>																	
<i>Picea excelsa</i>																	
<i>Saxifraga cuneifolia</i>																	
<i>Veronica latifolia</i>																	
<i>Pinus strobus</i>																	
<i>Scrophularia nodosa</i>																	
<i>Solanum dulcamara</i>																	
<i>Stellaria media</i>																	
<i>Picea excelsa</i> φ																	
<i>Pseudotsuga taatifolia</i>			+														
<i>Pseudotsuga taatifolia</i> φ																	
<i>Dryopteris borneri</i>																	
<i>Dryopteris filix-mas</i>																	
<i>Luzula silvatica</i>																	
<i>Sorbus aucuparia</i> v	1																
<i>Athyrium filix-femina</i>	+	1															
<i>Castanea sativa</i> v	1	1															
<i>Sorbus aria</i> v	+	1	2														
<i>Anemone nemorosa</i>	+																
<i>Sorbus aria</i>	+																
<i>Frenanthes purpurea</i>	+																
<i>Carex micrantha</i>																	
<i>Acer pseudoplatanus</i>																	
<i>Tilia cordata</i>																	
<i>Oxalis acetosella</i>	1																
<i>Hieracium murorum</i>																	
<i>Fraxinus excelsior</i>																	
<i>Polygonatum multiflorum</i>																	
<i>Viola silvestris</i>																	
<i>Deschampsia flexuosa</i>																	
<i>Majanthemum biflorum</i>	1																
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	1															
<i>Pteridium aquilinum</i>	2	1	2	2													
<i>Rubus</i> sp.	1																
<i>Vaccinium myrtillus</i>																	
<i>Molinia litoralis</i>	+																
<i>Castanea sativa</i>	2	1															
<i>Luzula nivea</i>	2	+															
Tot Arten/VF	31	20:	35	29:	27	23:	17:	15	21	28:	21	21	5	1	3	4	2

### 3.2.2 Oekologische Zeigerwerte der Pflanzengesellschaften

Feuchte (F)-, Reaktions (R)- und Humus (H)-Zahlen um Wert 3 charakterisieren Böden mit durchschnittlichen Standortseigenschaften. Eine Dispersitätszahl (D) um 4 charakterisiert normale Bodendurchlüftung. T-Zahlen um 3 entsprechen den Temperaturverhältnissen in der montanen Stufe. Niedere Kontinentalitätszahlen zeigen geringe Temperaturunterschiede und grosse Luftfeuchtigkeit an (ozeanisches Klima), hohe Werte sprechen hingegen für grosse Temperaturunterschiede und hohe Lufttrockenheit (kontinentales Klima).

Bereits kleine Abweichungen von diesen Normalwerten um 3 weisen auf spezielle Standortverhältnisse hin (LANDOLT 1977).

Verhältnisse in den VF Copera:

- F: Für die VF in der Aufforstung Copera liegen F-Zahlen zwischen 2 und 3 vor. Mässig trockene bis feuchte Böden weisen VF FAGSIL1, PICEXC1, PICEXC2, PSETAX1 und PSETAX2 auf. Die Zahlen der übrigen VF deuten auf mässige Trockenheit hin.
- L: die Lichtzahlen der VF deuten auf schattige bis halbschattige Lagen. Die tiefsten Werte haben VF PSETAX1, PSETAX2, PICEXC1 und PICEXC2.
- T: die T-Zahlen der VF sind typisch für Pflanzen mit Hauptverbreitung in der montanen Stufe, die aber häufig auch noch in der kollinen und in der subalpinen Stufe vorkommen. VF PINNIG und PICEXC1 weichen von diesen Werten etwas ab und deuten auf etwas wärmere bzw. kühlere Standorte hin.
- K: die Werte sprechen für Pflanzen mit Hauptverbreitung in Gegenden mit subozeanischem Klima.
- R: Zahlen zwischen 3 und 4.5 kennzeichnen saure Böden, Zahlen zwischen 4.5 und 5.5 hingegen schwach saure Böden.
- N: PINSTR1 weist N-Zahlen auf, die für nährstoffarme Böden sprechen. Die Zahlen der übrigen VF deuten auf mässig nährstoffarme bis mässig nährstoffreiche Böden.
- H: die Humuszahlen (um 4) deuten auf humusreiche Böden hin.
- D: die Werte (um 4) zeigen skelettarme, +/- durchlüftete Böden an.

Die Zeigerwerte der VF PICEXC1, PICEXC2, PSETAX1 und PSETAX2 sind statistisch nicht relevant, weil die Zahl der registrierten Pflanzenarten zu niedrig ist.

### 3.2.3 Statistische Auswertungen (Abb. 3.22 - Abb. 3.29, Tab. 3.4)

Um die 17 VF anhand der gefundenen Arten miteinander zu vergleichen, wurde zuerst eine Korrespondenzanalyse (COA) mit allen VF und aufgenommenen Pflanzenarten durchgeführt (Tab.3.3). Die Korrespondenzanalyse ist eine Methode, die die korrespondierenden Elemente zwischen Linien (Aufnahmen) und Spalten (Arten) einer

Tabelle hervorhebt und auf derselben faktoriellen Ebene darstellt. Die Analyse ist mehrdimensional wobei Achse 1 und 2 die am meisten Informationen tragende Projektion darstellen. Zwei Punkte, die im Abstand einer Achse weit entfernt stehen, sind signifikant verschieden. Dieses Verfahren eignet sich für die Analyse von Vegetationstabellen, die kategorische (diskrete) Daten enthalten (WILDI & ORLOCI 1990).

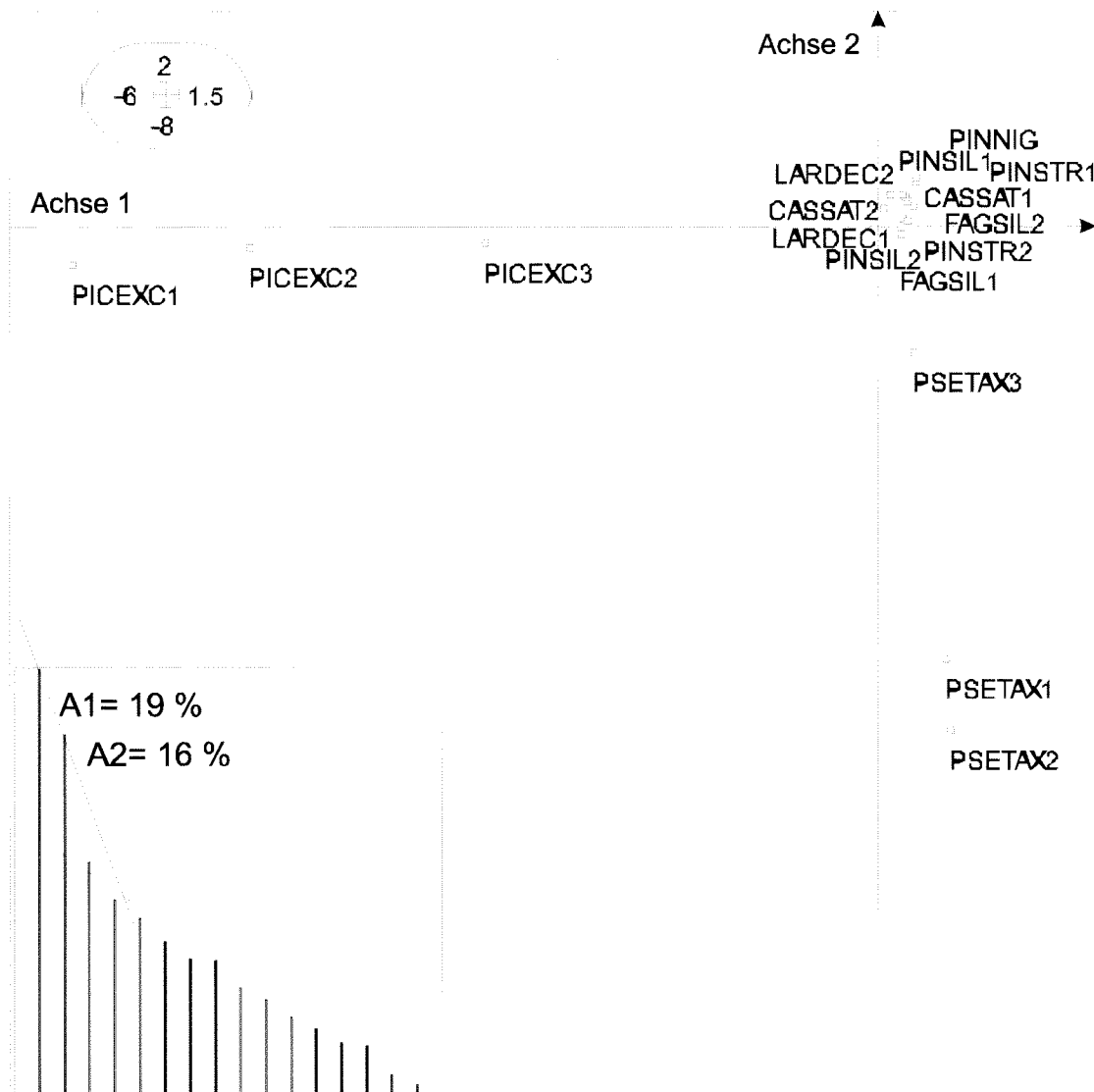


Abb. 3.22: COA der Vegetationstabelle: Projektion der 17 VF in der A1-A2 Ebene und entsprechende Eigenvalue-Darstellung (links unten).

Mit den ersten zwei Achsen der Abb. 3.22 wurde 35 % Inertia (Mass für die Variabilität innerhalb der Daten) erreicht. Entlang der ersten Achse lassen sich die drei Fichten-Flächen und entlang der zweiten, die drei Douglasien-Flächen differenzieren. Die übrigen Flächen lassen sich in dieser Darstellung nicht unterscheiden. Um die Interpretation der beiden Achsen zu erleichtern, wurde mit den berechneten Zeigerwerten für jede VF eine auf der vorigen COA abgewogene Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Die Methode ist analog zur COA für



kontinuierliche Daten, setzt aber normal verteilte, lineare Daten voraus. Bei Nichtlinearität der Daten kommt es bei der Darstellung der Objekte bezüglich der Hauptkomponenten zu einer hufeisenförmigen Verteilung. Die Resultate aus den beiden Analysen wurden durch eine Co-Inertia Analyse verglichen.

Der Permutation-Test (Monte-Carlo Test) überprüft, ob die beschriebene Co-Inertia nicht auf Zufall zurückzuführen ist. Das Ergebnis hat eine signifikante Beziehung der beiden Tabellen gezeigt, weil keine der 1000 Permutationen höhere Werte als die beobachtete Co-Inertia erwiesen haben. Ausserdem können die Projektion der Inertia-Achsen der PCA (Abb. 3.24a) und der COA (Abb. 3.24b) auf der A1-A2 Ebene der Co-Inertia nach einer Rotation überlagert werden (ähnliche Struktur).

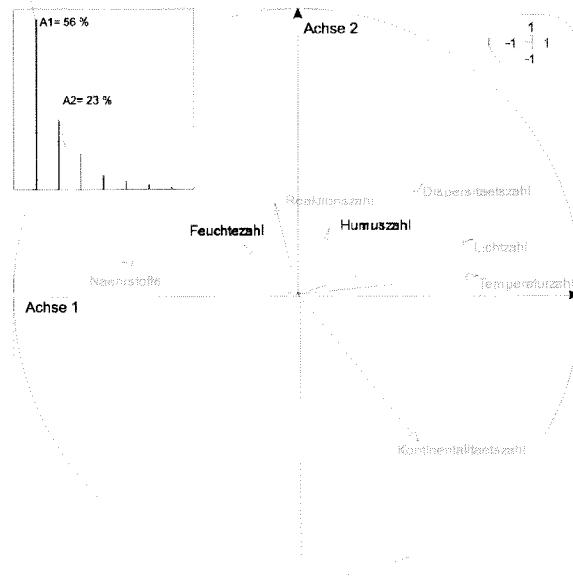


Abb. 3.23: Co-Inertia Analyse der Vegetationstabelle und der Zeigerwerte: Projektion der Zeigerwerte auf der A1-A2 Ebene. Temperatur-, Licht-, Dispersitäts- und Nährstoffzahl sind stark mit der ersten Achse, Reaktions- und Kontinentalitätszahl dagegen mit der zweiten korreliert (in der Darstellung rot gefärbt).

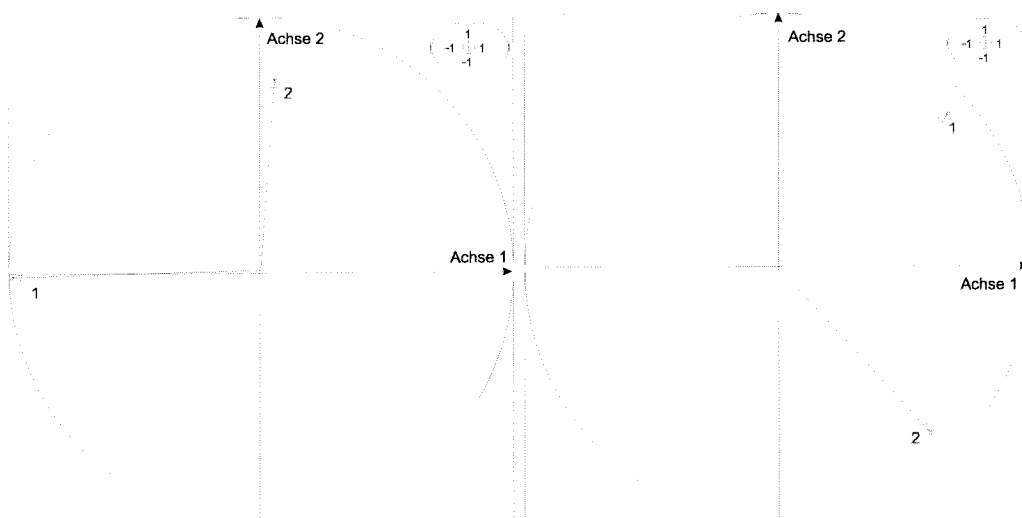


Abb. 3.24a und b: Co-Inertia Analyse der Vegetationstabelle und der Zeigerwerte: Projektion der Inertia-Achse der PCA (links) und der COA (rechts) auf der A1-A2 Ebene.

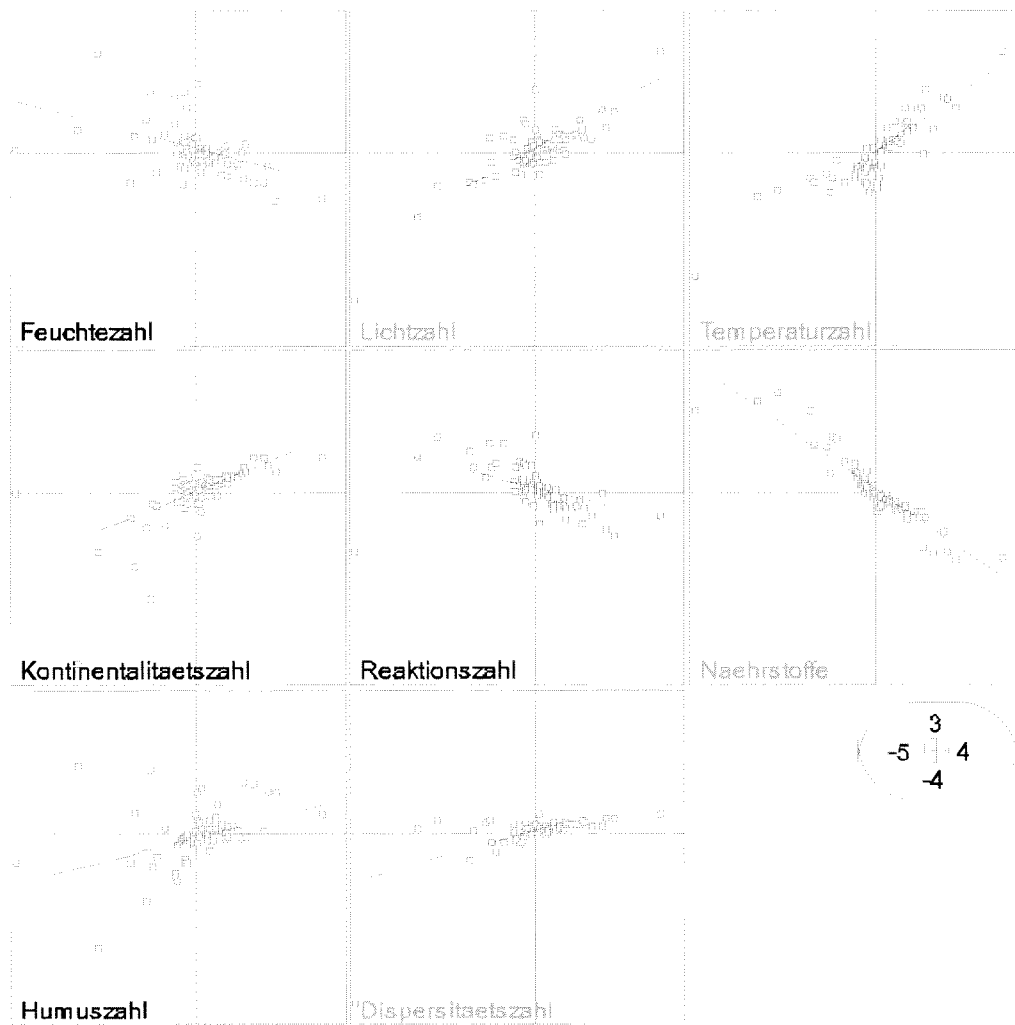


Abb. 3.25: Korrelation der Zeigerwerte mit der ersten Achse (stark korrelierte Zeigerwerte rot eingetragen).

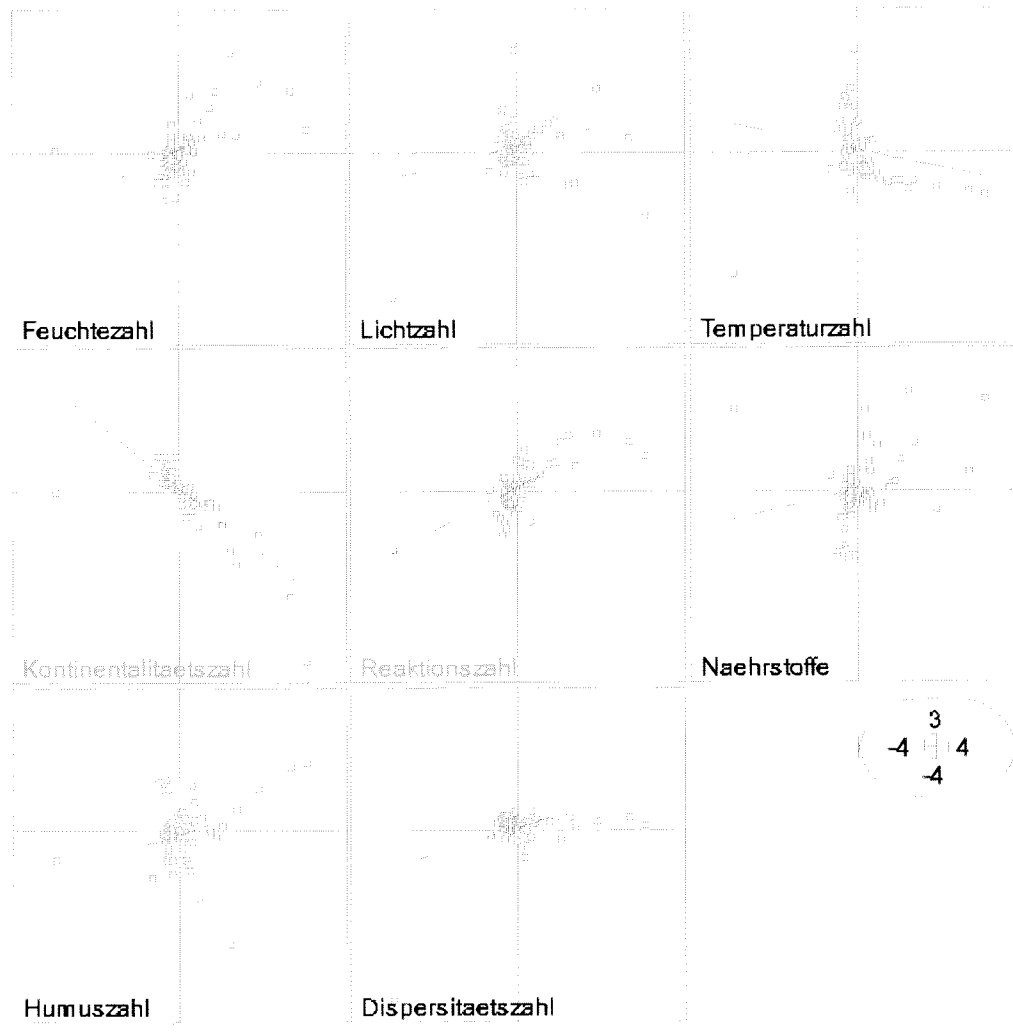


Abb. 3.26: Korrelation der Zeigerwerte mit der zweiten Achse (stark korrelierte Zeigerwerte rot eingetragen).

Tab. 3.4: Inertia-Analyse: Beitrag (%) der 2 gewählten Achsen zur Anordnung der Zeigerwerte in Abb. 3.23 (Beiträge grösser als 50 % sind grau unterlegt).

Zeigerwerte	Achse 1	Achse 2
F	19.71	16.73
L	81.77	7.45
T	82.91	0.75
K	37.33	55.31
R	3.42	57.33
N	88.23	3.04
H	5.06	20.76
D	50.96	38.20

Mit den ersten 2 Achsen der Abb. 3.23 wurde 79 % Inertia erreicht. L-, T-, N- und D-Zahlen sind mit der ersten, K- und R-Zahlen hingegen mit der zweiten Achse korreliert. (vgl. Tab. 3.4). Licht und Temperatur sind also entscheidende Faktoren für die Differenzierung der Fichten-Flächen, dagegen Kontinentalität und Nährstoffe für die Differenzierung der Douglasien-Flächen.

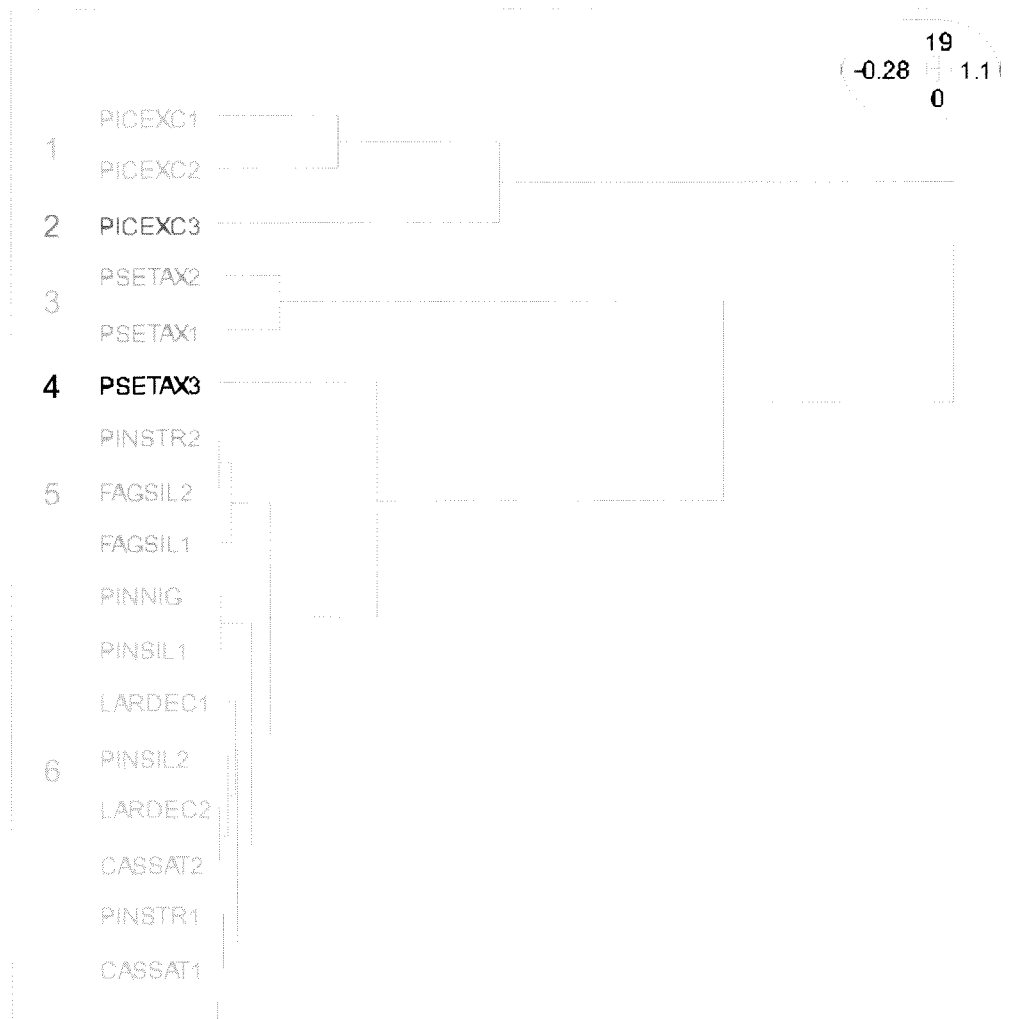


Abb. 3.27: Clusteranalyse. Die Abstände zwischen den 17 VF wurden anhand der vorkommenden Pflanzenarten berechnet. Die 6 differenzierten Gruppen sind farblich markiert.

Um die Unterschiede zwischen den verschiedenen VF zu ermitteln, wurden Clusteranalysen durchgeführt. Für die Berechnung der Ähnlichkeit-Matrix eignete sich der Jaccard Index, weil damit doppelte Nullwerte nicht als Ähnlichkeit berücksichtigt werden (WILDI & ORLOCI 1990). Als Gruppierungsmethode wurde „complete-linkage“ verwendet.

Aus Abb. 3.27 lassen sich die folgenden 6 Gruppen differenzieren:

- Gruppe 1 PICEXC1, PICEXC2
- Gruppe 2 PICEXC3
- Gruppe 3 PSETAX1, PSETAX2

- Gruppe 4 PSETAX3  
 Gruppe 5 PINSTR2, FAGSIL2, FAGSIL1  
 Gruppe 6 PINNIG, PINSIL1, LARDEC1, PINSIL2, LARDEC2, CASSAT2,  
 PINSTR1, CASSAT1

Das Unterholz der VF PINNIG, PINSIL1-2, LARDEC1-2 und PINSTR1 lassen noch den „Naturzustand“ der Kastanienwälder erahnen (Gruppe 6). PINSTR2 zeigt hingegen eine pflanzensoziologische Verwandtschaft mit dem Buchenwald (Gruppe 5). Die Fichten- und Douglasien-VF trennen sich pflanzenökologisch von den Kastanien- und Buchenwäldern ab. Um die Diversität innerhalb der übrigen VF näher aufzuschlüsseln wurde eine zweite COA durchgeführt, in der VF PSETAX1-3 und PICEXC1-3 nicht einbezogen wurden (Abb. 3.28, Abb. 3.29).

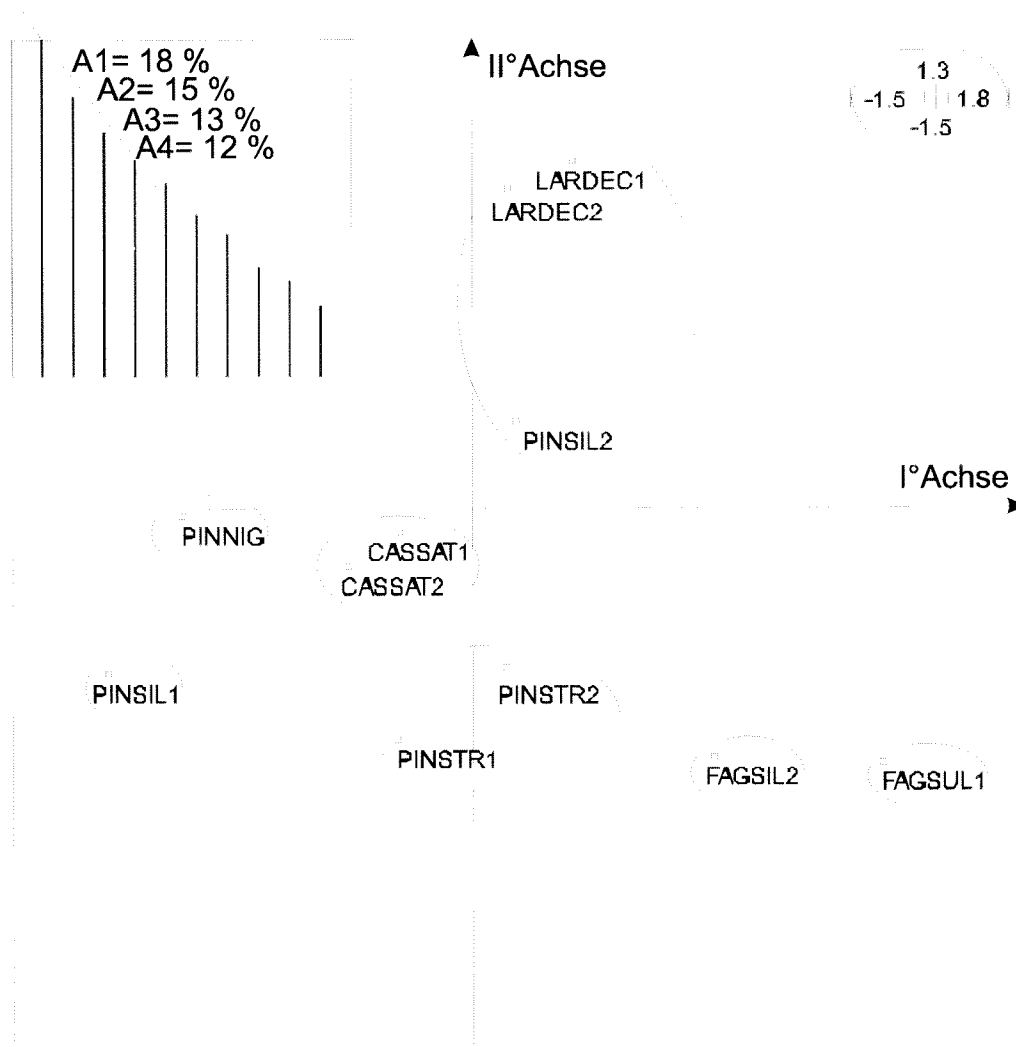


Abb. 3.28: COA der Vegetationstabelle ohne VF PSETAX1-3 und PICEXC1-3: Projektion der 11 VF in der A1-A2 Ebene und entsprechende Eigenvalue-Darstellung (links oben). Die 7 differenzierten Gruppen sind mit Ellipsen markiert.

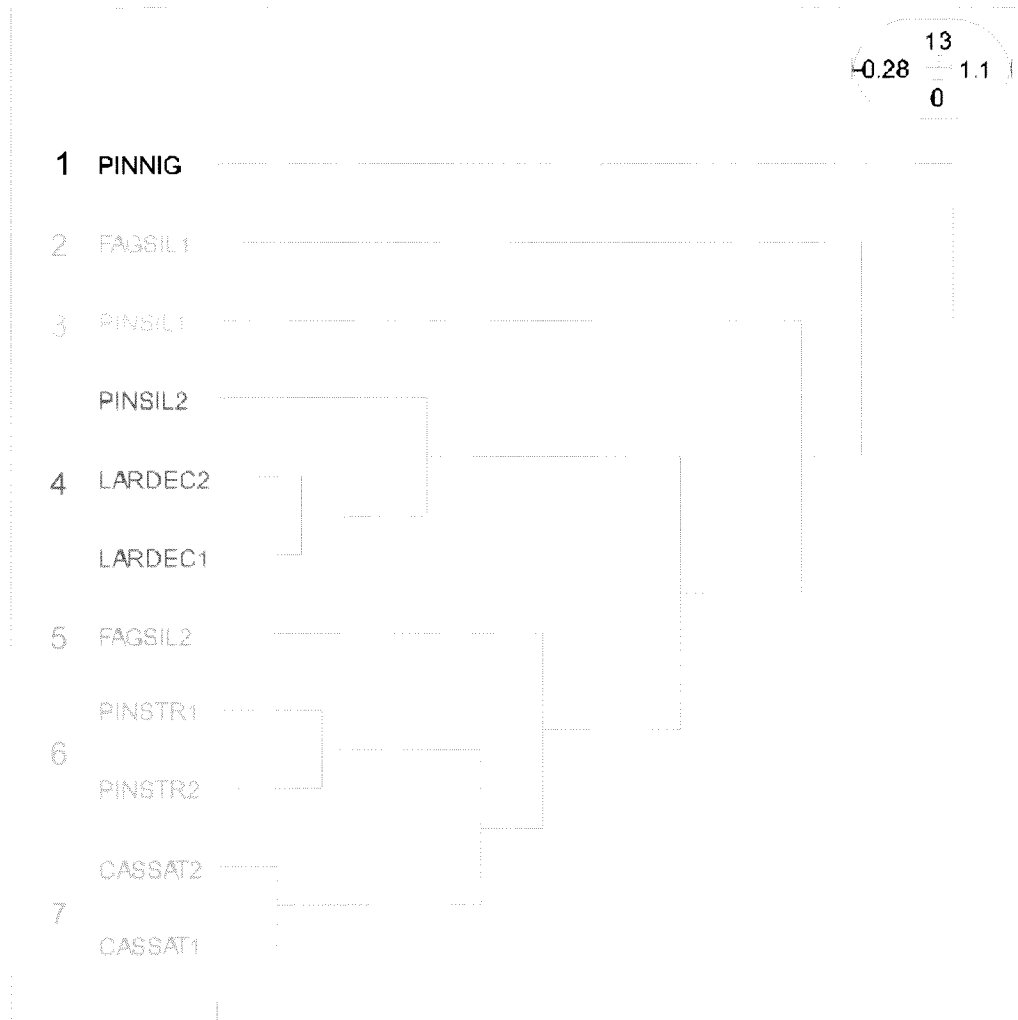


Abb. 3.29: Cluster-Analyse der 11 VF (ohne VF PSETAX1-3 und PICEXC 1-3) in Kombination mit den vorkommenden Pflanzenarten. Die 7 differenzierten Gruppen sind farbig markiert.

Mit den ersten vier Achsen der Abb. 3.28 wurde 58 % Inertia erreicht. Dabei lassen sich 7 Gruppen unterscheiden, wobei FAGSIL1 und FAGSIL2 deutlich getrennt erscheinen (vgl. Abb. 3.29). Die Vermutung, dass diese beiden VF pflanzensoziologisch zu zwei verschiedenen Assoziationen (VF FAGSIL1 dem *Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum* und VF FAGSIL2 dem *Streptopo-Fagetum*, vgl. Pkt 3.2.1) zuzuordnen sind, wird mit dieser Analyse bestätigt.

### 3.2.4 Diversität-Index (Shannon-Wiener-Index) (Tab. 3.5)

Zur Beschreibung von Artengemeinschaften wurde der Shannon-Wiener-Index (MUEHLENBERG 1993) berechnet (vgl. Kapitel 2.6.3).

Tab. 3.5: Errechneter Shannon-Index (Hs) und Evenness (E) in den 17 VF. Die Häufigkeitskala wurde dabei wie folgt umgerechnet: r = 1; + = 2, 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5, 4 = 6, 5 = 7. Höchste Hs- und E-Werte sind grau unterlegt.

VF	Hs	E
PICEXC1	0.0000	0.0000
PSETAX2	0.530	0.764
PICEXC2	0.908	0.826
PSETAX1	1.034	0.746
PICEXC3	1.430	0.889
PINSTR1	2.639	0.975
PINNIG	2.763	0.975
CASSAT2	2.944	0.983
FAGSIL1	2.990	0.982
PSETAX3	2.991	0.982
PINSTR2	2.992	0.983
PINSIL1	3.095	0.987
PINSIL2	3.103	0.990
FAGSIL2	3.287	0.987
LARDEC2	3.332	0.990
CASSAT1	3.388	0.987
LARDEC1	3.509	0.987

Die niedrigsten Werte beziehen sich auf die VF PICEXC1, wo die Fichte als einzige Art vorkommt. Höchste Hs-Werte hat VF LARDEC1 ergeben, dagegen liegen die höchsten E-Werte (ausgewogene Verteilung) für VF PINSIL2 und LARDEC2 vor (vgl. Tab. 3.5). VF mit dem gleichen Baumartbestand haben verschieden Resultate ergeben.

### 3.3 Boden

#### 3.3.1 Kryptopodssole (Abb. 3.30, Abb. 3.31, Tab. 3.6)

Die Böden auf Glimmerschiefern und Gneissen (saure, Aluminium-reiche Muttergesteine) in der Kastanienstufe des Kantons Tessin wurden von BLASER (1973), je nach Profildifferenzierung, als kryptopodsolierte Ranker (O-A<sub>h</sub>-AE-BC) oder als Krypto-Humuspodsole (O-A<sub>h</sub> (0-9 cm)-AE (9-17 cm) -B<sub>h</sub> (17-40 cm) -B<sub>s</sub> (40-80 cm) – BC (80-120 cm)) bezeichnet. Die Böden weisen die kennzeichnenden Merkmale einer Podsolierung auf, nämlich nach BLASER (1973):

- sind sehr durchlässig und gut durchlüftet
- haben eine Moderauflage
- enthalten bis in grosse Tiefe viel und stark umgewandelte organische Substanz
- enthalten viel Skelett, die mineralische Feinerde ist sandig bis schluffig und chemisch nicht vollständig verwittert
- organische Substanz, „freies“ Aluminium, Kieselsäure und wahrscheinlich auch „freies“ Eisen werden im Profil verlagert
- haben ein tiefes pH und einen geringen Basenanteil an der Kationen-Tauschgarnitur.

Die Böden heben sich aber dadurch von den klassischen Podsolen ab, in dem eine sichtbare Bleichung im E-Horizont fehlt. Der gesamte Wurzelraum (bis in 80 cm Tiefe, Bs-Horizont) ist humusreich und dadurch schwarz-braun gefärbt. Auf den ersten Blick könnte man von Ranker (AC) sprechen. Eine genauere morphologische Betrachtung und die chemischen Analysen zeigen aber, dass sich im scheinbar einheitlichen A-Horizont, verschiedene Horizonte unterscheiden lassen (BLASER 1973). Die organische Substanz maskiert farblich diese Horizont-Differenzierung. An den trockensten, südexponierten Standorten finden sich unter den Kastanienwäldern kryptopodsolierte Ranker. An etwas feuchteren und kühleren Standorten (Nordhängen) geht die Bodenbildung zu Krypto-Humuspodsolen über.

Kryptopodssole sind tiefgründig (120 cm) und bieten den Pflanzen die Möglichkeit zur Ausbildung eines grossen Wurzelwerkes (bis in 80 cm Tiefe). Der Tongehalt ist niedrig und hat bis in grosse Tiefen einen hohen Humusanteil. Die klimatischen Bedingungen im Tessin begünstigen an sich die Aktivität der Bodenmikroorganismen. Man würde deshalb erwarten, dass Streuabbau und Humusmineralisation relativ rasch ablaufen. BLASER & KLEMMEDSON (1987) vermuten, dass die Humusmineralisation in den Kryptopodsolen durch die Bindung von Aluminium an die organische Substanz gehemmt wird (humose Horizonte eines Kryptopodsols enthalten viel mehr Al als entsprechende Horizonte einer sauren Braunerde, das Vergleichsprofil, das aus einem Kalksilikatgestein hervorgeht). Es lässt sich aber auch nicht ausschliessen, dass die Aktivität der Mikroorganismen durch tiefes pH, hohe Mengen von austauschbarem Al und geringe Mengen von „labilem“ P gehemmt wird (BLASER & KLEMMEDSON 1987).

Da die Böden sehr durchlässig sind, kann es besonders in den obersten Horizonten leicht zur Austrocknung kommen. Unter trockenen Bedingungen wird sowohl das Myzelwachstum als auch die Fruchtkörperproduktion gehemmt.



3.3.2 Humusformen (Tab. 3.6)



Abb. 3.30: Bodenprofil (oberste 40 cm) der VF FAGSIL2 (*Fagus silvatica*).

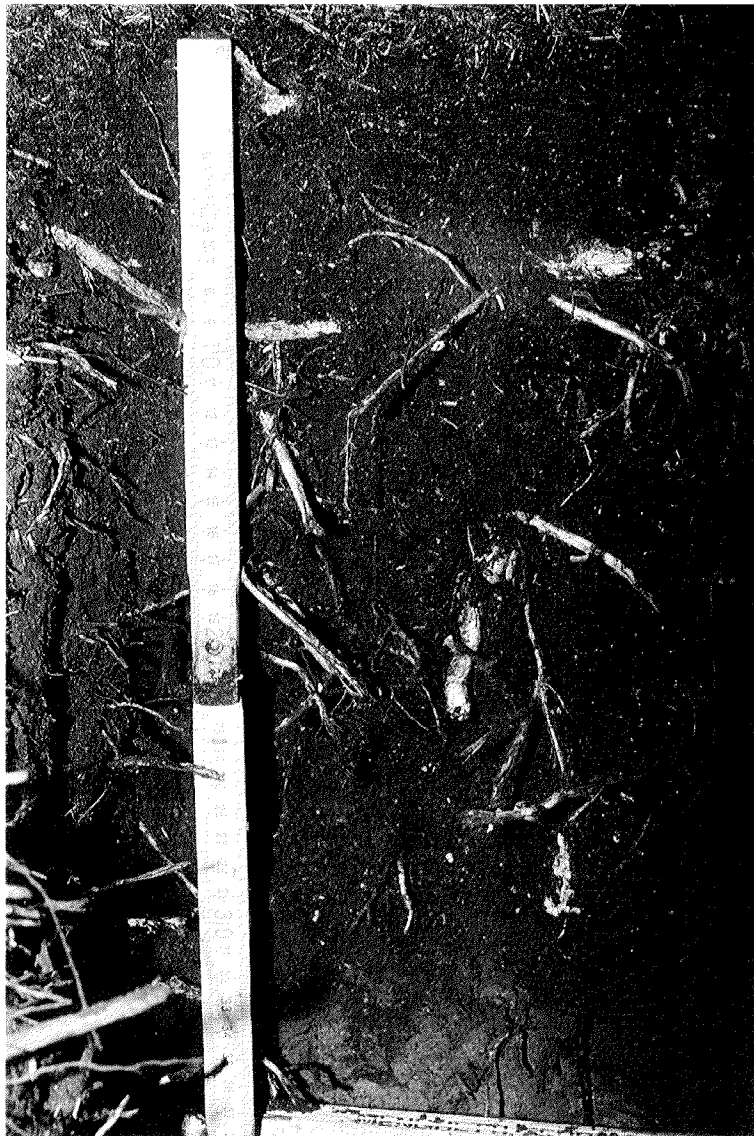


Abb. 3.31: Bodenprofil (oberste 40 cm) der VF PICEXC1 (*Picea excelsa*).

Aufgrund der Ausprägung und der Abfolge der einzelnen Humushorizonte wurden in den VF in Copera folgende Humusformen klassiert:

#### **Mullartiger Moder**

Horizontenfolge: L – F- (H)- Ah.

Der Fermentationshorizont (F) kann eine schichtige Lagerung aufweisen. Der Humusstoffhorizont (H) ist nur schwach ausgeprägt und gering mächtig (<0.5 cm) mit unscharfem Übergang zum Ah-Horizont. Kommt an Stellen mit stark saurer Bodenreaktion und einseitigem Streueintrag vor (LUESCHER 1991).

Dieser Humus-Typ wurde in den VF CASSAT1, FAGSIL1 und FAGSIL2 festgestellt.

#### **Typischer Moder**

Horizontenfolge: L- F- (H)-Ah-Horizont.

Die einzelnen Horizonte gehen stets unscharf ineinander über. Die Streuzersetzung verläuft langsamer. Die

Vernetzung der Pflanzenreste nimmt von oben nach unten zu. Signifikant für die Klassierung ist der F-Horizont. Dieser Humus-Typ wurde bei den VF PSETAX2, PICEXC1, PINSTR1 und CASSAT2 festgestellt.

**Rohhumusartiger Moder** Horizontenfolge: L- F-(2-3 cm) H (3-6 cm)- Ah.  
Die einzelnen Horizonte werden, bedingt durch die fehlende tierische Aktivität, durch scharfe Horizontgrenzen getrennt. Das Sickerwasser verlagert Huminstoffe. Diese Humusform ist für Böden mit für die Streuumsetzung ungünstigen Bedingungen typisch (alpine Zone).  
Dieser Humustyp wurde bei den VF PICEXC2, PSETAX1, PINSTR2 festgestellt.

Die für die 10 bodenkundlich untersuchten VF in Copera berechneten Ihf-Werte bestätigen die aufgrund der Horizontabfolge und der Ausprägung der Humushorizonte erhaltene Klassifikation (vgl. Tab. 3.6).

Tab. 3.6: Ihf-Werte der 10 VF und die dazugehörige Humusformen.

Flächen	F (cm)	H (cm)	Ah (cm)	Ihf	Humusform
PICEXC2	1.90	3	5.00	0.51	Rohhumusartiger Moder
PSETAX1	1.78		3.80	0.68	Rohhumusartiger Moder
PINSTR2	3.67		8.17	0.69	Rohhumusartiger Moder
PSETAX2	1.45		3.50	0.71	typischer Moder
PICEXC1	1.13		3.70	0.77	typischer Moder
PINSTR1	1.90		6.60	0.78	typischer Moder
CASSAT2	1.25		4.67	0.79	typischer Moder
FAGSIL1	1.20		6.40	0.84	Mullartiger Moder
CASSAT1	1.00		6.80	0.87	Mullartiger Moder
FAGSIL2	1.00		7.40	0.88	Mullartiger Moder

### 3.3.3 Boden-Physikalische Untersuchungen

#### 3.3.3.1 Lagerungsdichte (Abb. 3.32)

Die Lagerungsdichte  $\rho_a$  (auch Scheinbare Dichte genannt) ist das Verhältnis zwischen Trockenmasse und Volumen einer Bodenprobe. Sie ist ein Mass für die Durchwurzelbarkeit des Bodens, weil sie in linearer Beziehung mit der Porosität steht. Je kleiner  $\rho_a$  ist, desto lockerer stehen die Bodenpartikel zueinander und desto besser ist der Boden durchwurzelbar.

Die Werte aus den 10 VF (Mittelwerte aus je 10 Proben pro VF) variieren zwischen 0.4 (PICEXC1) und 0.71 (PSETAX1). Sowohl innerhalb derselben VF, als auch innerhalb der mit gleicher Baumart bestockten VF, schwanken die Werte ziemlich stark. Etwa

gleiche Werte zeigen nur VF FAGSIL1 (0,49) bzw. FAGSIL2 (0,47) und CASSAT1 (0,59) bzw. CASSAT2 (0,54) (vgl. Abb. 3.32). Alle Werte deuten auf gut durchwurzelbare Böden hin.

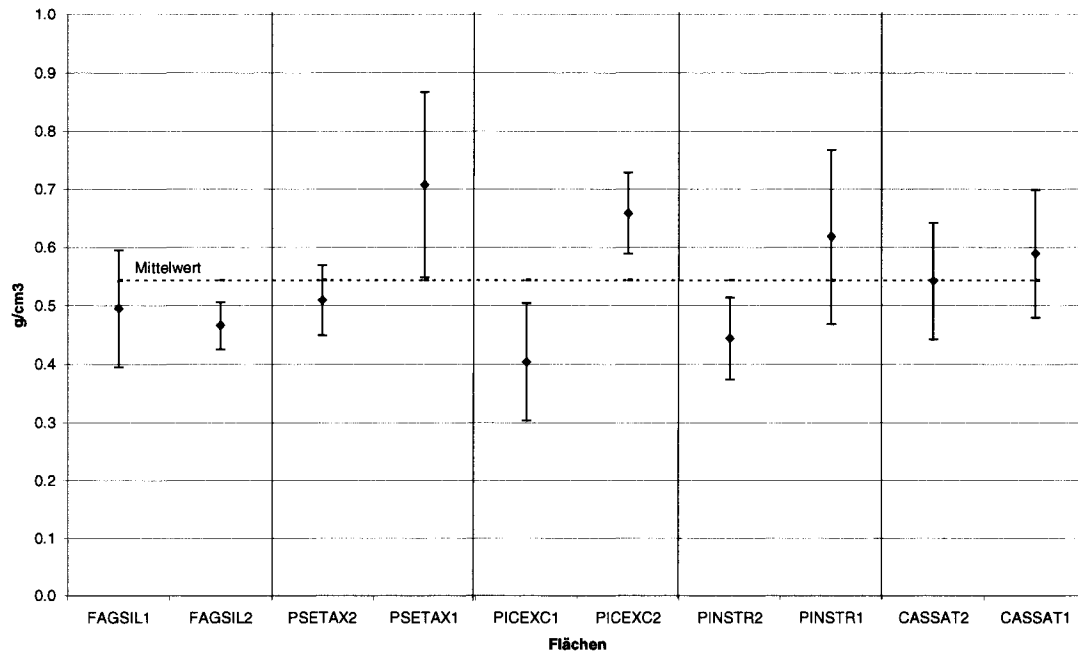


Abb. 3.32: Mittelwerte der Lagerungsdichte ( $\text{g/cm}^3$ ) der 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

### 3.3.3.2 Feinerde und Skelett (Abb. 3.33, Abb. 3.34)

Kornfraktionen mit einem Durchmesser  $>2$  mm bilden das Bodenskelett, der Rest ( $<2$  mm) die Feinerde. Die Feinerde wird weiter in die Sand-Fraktion (2000-63  $\mu\text{m}$ ), in die Schluff-Fraktion (63-2  $\mu\text{m}$ ) und in die Ton-Fraktion ( $<2$   $\mu\text{m}$ ) unterteilt. Böden mit hohem Tongehalt weisen einen hohen Anteil an Feinporen und einen geringen Anteil an Grobporen auf. Sie neigen daher zu Vernässung und Sauerstoffmangel (GISI et al. 1990).

Die Variabilität der Werte aus den 10 VF ist bezüglich Feinerde, sowohl innerhalb derselben VF, als auch innerhalb der mit gleicher Baumart bestockten VF, sehr hoch. Den höchsten Wert hat VF PICEXC2 (83 %), den tiefsten, die VF PINSTR2 (69 %) aufgewiesen (vgl. Abb. 3.33).

Den höchsten Skelettanteil hat VF PSETAX1 (32 %), den tiefsten die VF CASSAT2 (13 %) ergeben (vgl. Abb. 3.34).

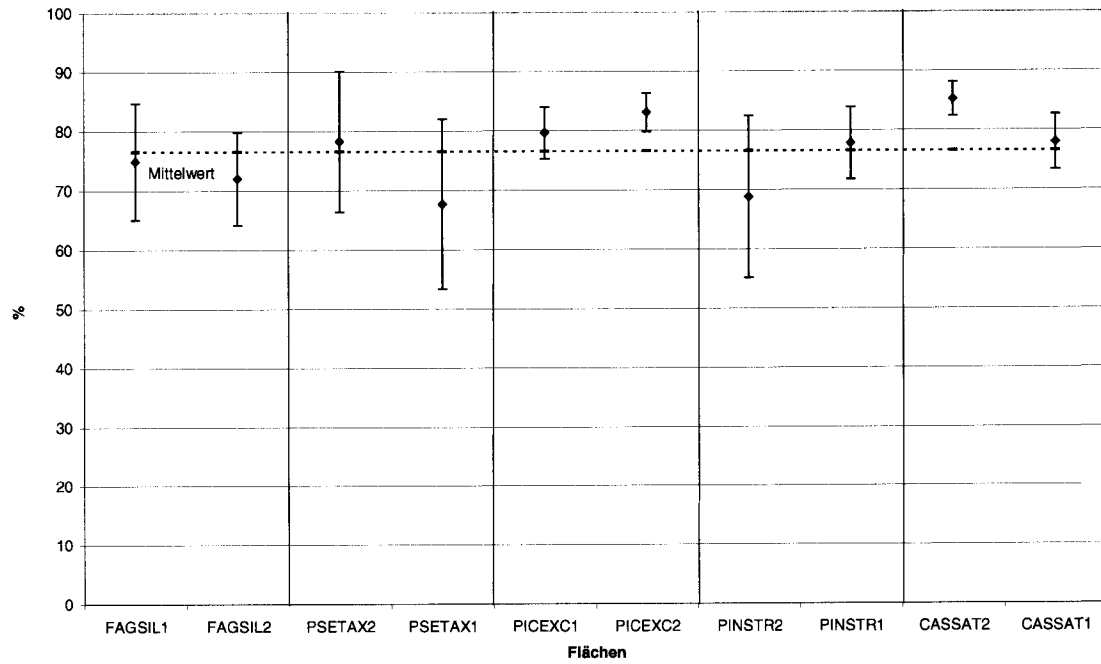


Abb. 3.33: Feinerdeanteil (%) in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

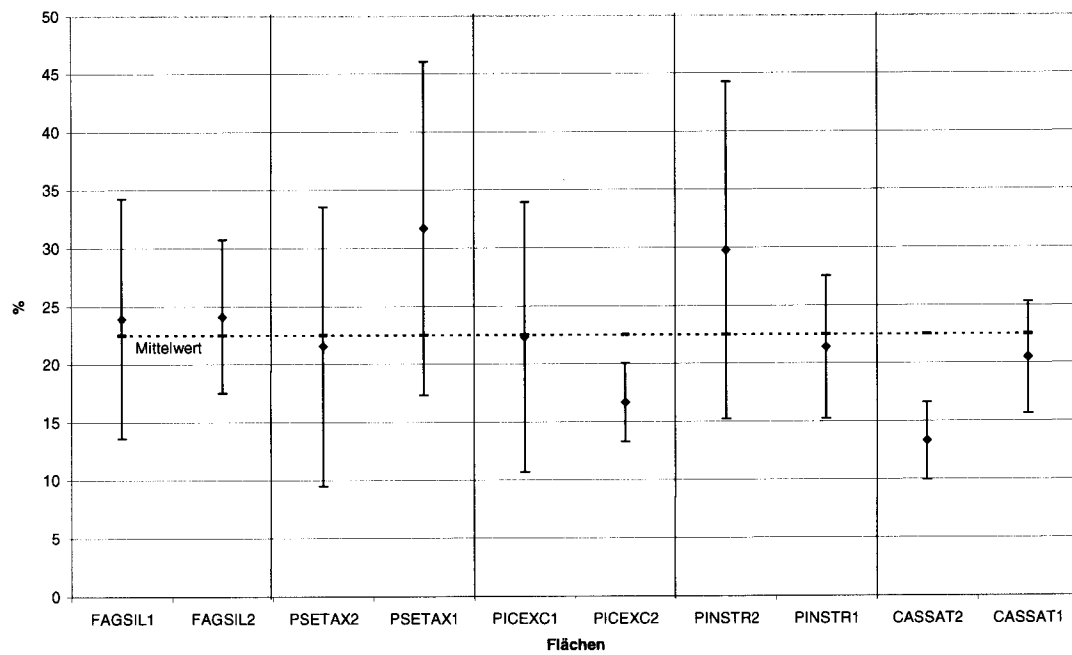


Abb. 3.34: Skelettanteil (%) in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

### 3.3.4 Boden-Chemische Untersuchungen

#### 3.3.4.1 pH (Abb. 3.35, Abb. 3.36)

Der pH-Wert beeinflusst das Ausmass und die Geschwindigkeit der Hydrolyse von Silikaten, sowie die Löslichkeit der bei der Verwitterung entstehenden Reaktionsprodukte. Der pH-Wert der Bodenlösung wird nicht nur von den Mineralien und ihren Verwitterungsprodukten, sondern auch von der  $H^+$  Zufuhr von aussen, von der biologischen Aktivität, vom Wasserhaushalt, vom Redoxpotential, usw. beeinflusst. Die  $pH_{CaCl_2}$ -Werte (Mittelwerte aus 10 Proben pro VF, jeweils 2 Messungen pro Probe) des Ah-Horizontes liegen zwischen 3.4 (VF CASSAT2) und 3.67 (VF CASSAT1) (vgl. Abb. 3.35). Diese Werte sprechen für stark saure Böden. Ein pH zwischen 3.0 und 4.2 ist vom Hydrolysegleichgewicht der Al-Ionen in der Bodenlösung abhängig (STICHER WS 1987-1988):



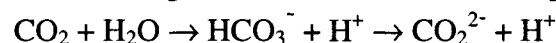
Die Auswaschung von austauschbaren Nährelementen ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) ist bei solchem pH-Bereich hoch.

ZYSSET et al. (1997) geben für den Ah-Horizont eines Kryptopodsol in Copera  $pH_{H_2O}$ -Wert von 4.05, der etwa  $pH_{CaCl_2}$  von 3.45 entspricht.

Die  $pH_{CaCl_2}$ -Werte (Mittelwerte aus 10 Proben pro VF, jeweils 2 Messungen pro Probe) des AE-Horizont liegen zwischen 3.57 (VF PICEXC2) und 3.93 (VF CASSAT1).

ZYSSET et al. (1997) geben für den entsprechenden Horizont  $pH_{H_2O}$ -Werte von 4.26 (ca.  $pH_{CaCl_2}$ -Werte von 3.66) (vgl. Abb. 3.36)

Der pH nimmt im Boden von oben nach unten zu, weil Produktion von H-Ionen und Verlust an basisch wirkenden Kationen im humosen, stärker durchwurzelten Oberboden höher als im Unterboden sind (STICHER WS 1987-1988). Bei der Wurzelatmung und den Abbauprozessen wird  $CO_2$  freigesetzt und dadurch sinkt der pH ab:



Beim Ionenaustausch durch Pflanzen werden ebenfalls Protonen oder  $OH^-$  freigesetzt, um die Ladungsneutralität der Bodenlösung zu erhalten.

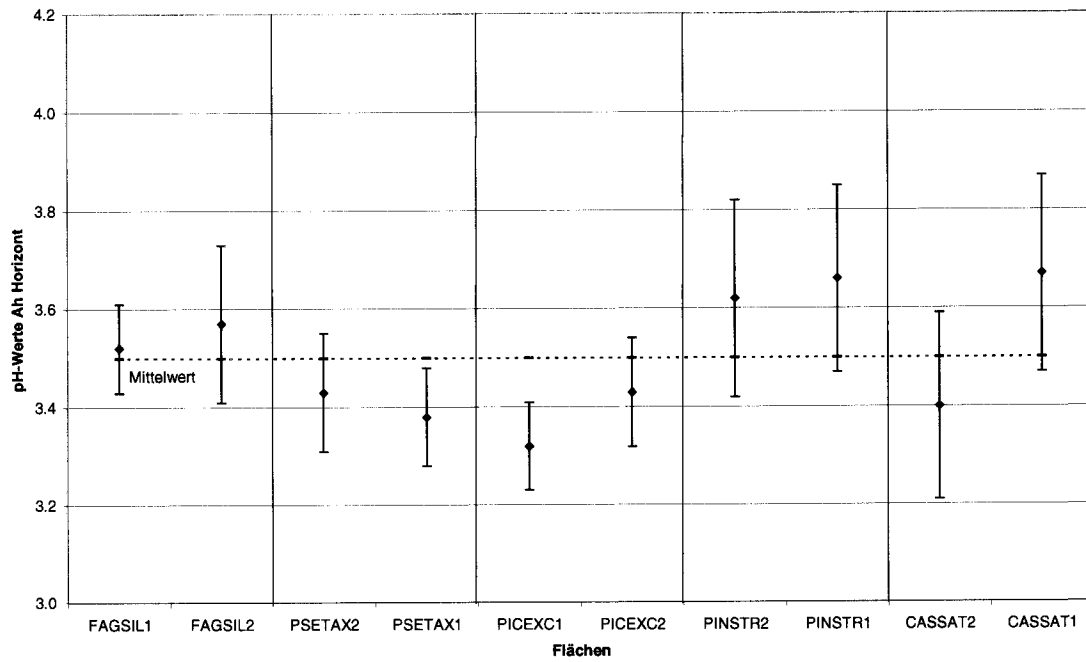


Abb. 3.35: pH-Werte des Ah-Horizontes in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

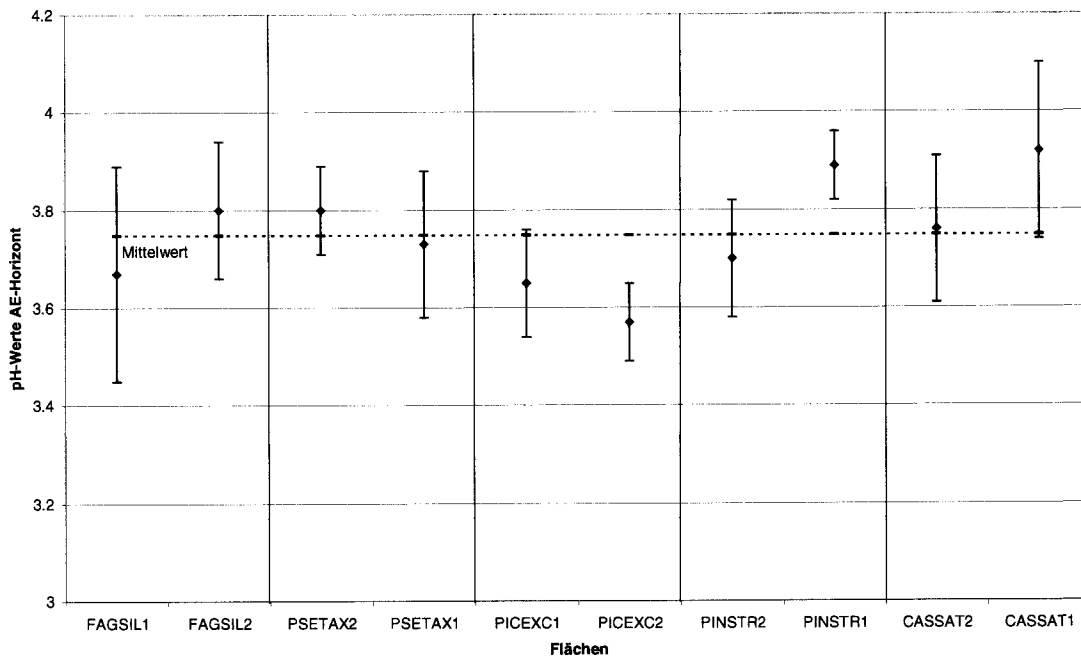


Abb. 3.36: pH-Werte des AE-Horizontes in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

## 3.3.4.2 Kohlenstoff/Stickstoff Verhältnis (Abb. 3.37, Abb. 3.38)

Das C/N-Verhältnis ist ein Mass für die Zersetzbarkeit und die biotische Aktivität des Bodens. Werte > 25 sprechen für gehemmten Streuabbau.

C/N-Werte der 10 VF in Copera liegen zwischen 14.65 (VF FAGSIL1) bzw. 19.28 (PICEXC1) für den Ah-Horizont und 13.08 (VF PINSTR2) bzw. 19.41 (VF PSETAX2) für den AE-Horizont (vgl. Abb. 3.37 und Abb. 3.38). Die Werte des AE-Horizontes liegen ausser für VF PINSTR2 etwas höher als diejenigen des Ah-Horizontes. BLASER et al. (1997) haben für 2 Kryptopodsole aus Copera Werte im Bereich zwischen 16 und 26 festgestellt.

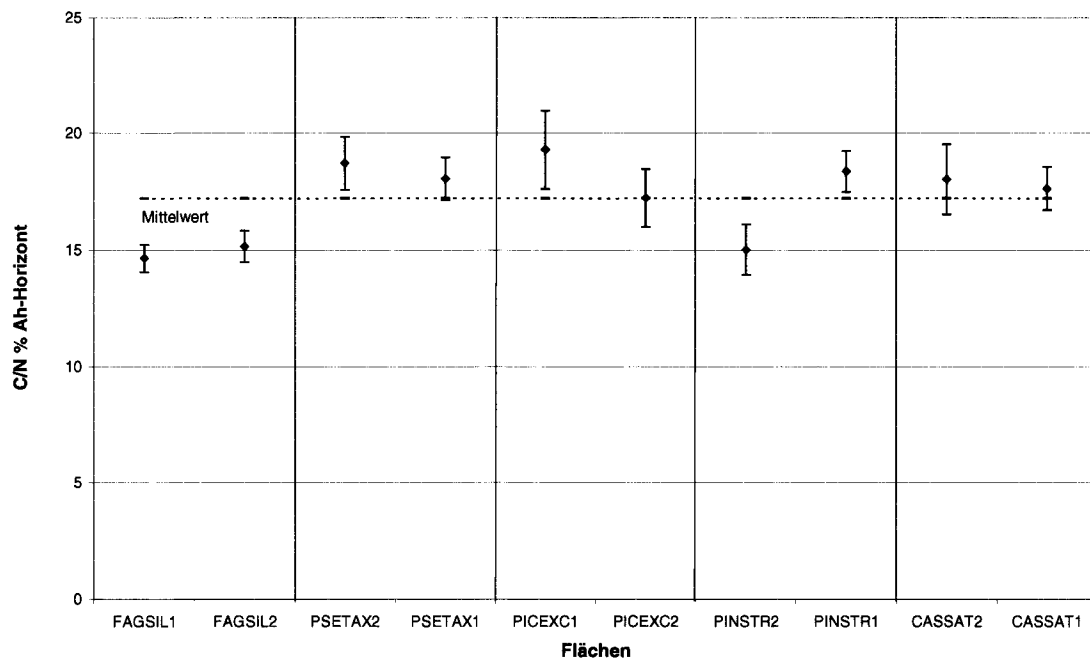


Abb. 3.37: C/N Verhältnisse des Ah-Horizont in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.



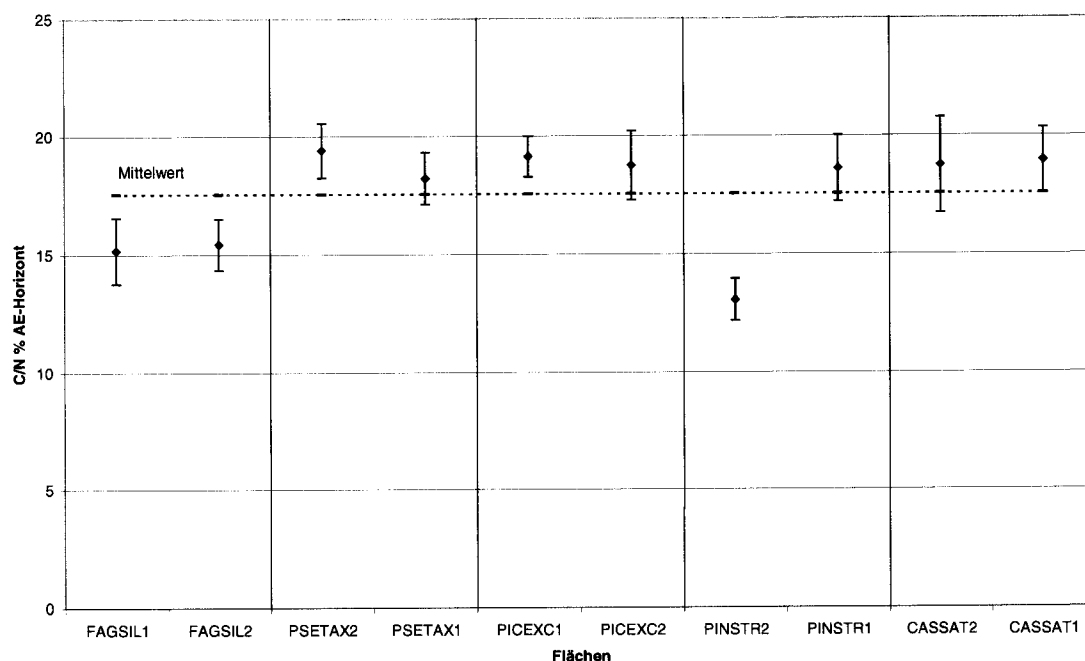


Abb. 3.38: C/N Verhältnisse des AE-Horizontes in den 10 VF und entsprechende Standardabweichungen.

### 3.3.5 Statistische Auswertungen edaphischer Parameter (Abb. 3.37 - Abb. 3.43, Tab. 3.7)

Die 10 bodenkundlich untersuchten VF (FAGSIL1-2, PSETAX1-2, PICEXC1-2, PINSTR1-2, CASSAT1-2) und die 9 gemessenen Parameter (Ihf, Dichte  $g/cm^3$ , Skelett %, Feinerde %,  $pH_{Ah}$ ,  $pH_{AE}$ , pH 1-10 cm,  $C/N_{Ah}$ ,  $C/N_{AE}$ ) wurden durch eine PCA korreliert. Dabei wurde mit den ersten 2 Achsen 67 % Inertia erreicht und die VF lassen sich somit in 6 grobe Gruppen unterteilen (vgl. Abb. 3.39 und Abb. 3.40).  $C/N_{Ah}$ ,  $C/N_{AE}$  und Feinerde haben sich als auf der ersten Achse korreliert erwiesen,  $pH_{Ah}$  und  $pH_{AE}$  dagegen mit der zweiten Achse (vgl. Abb. 3.41 und Abb. 3.42 und Tab. 3.7). VF CASSAT1 und CASSAT2 werden, wegen der statistisch relevanten Unterschiede in den pH-Werten, entlang der zweiten Achse getrennt. PINSTR1 und PINSTR2 werden, wegen der statistisch relevanten Unterschiede in den C/N-Werten, im Bereich der ersten Achse differenziert.

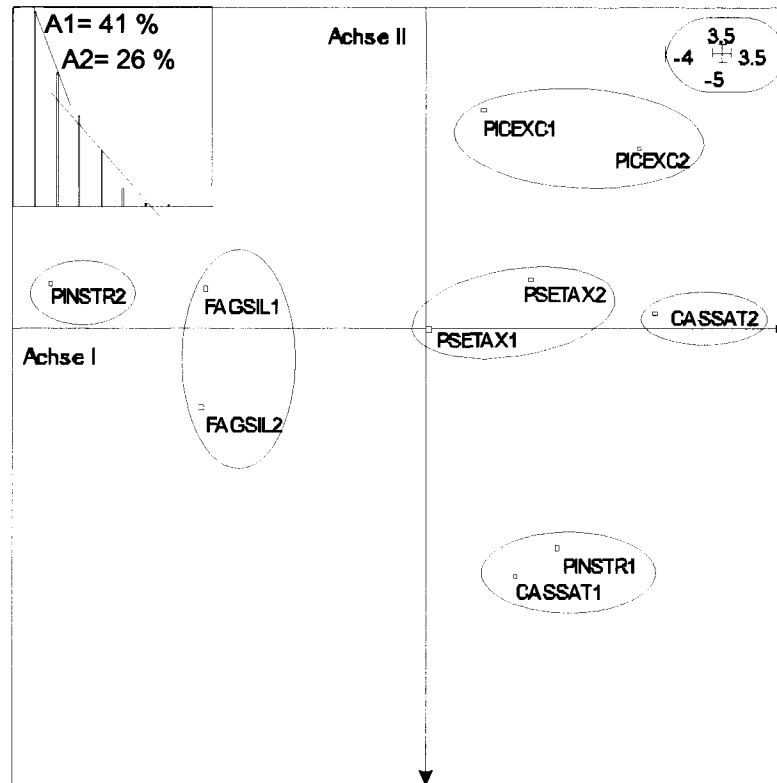


Abb. 3.39: PCA der 10 bodenkundlich untersuchten VF: Projektion der Aufnahmen in die A1-A2 Ebene und entsprechende Eigenvalue-Darstellung (links oben). Die 6 differenzierten Gruppen sind mit Ellipsen hervorgehoben.

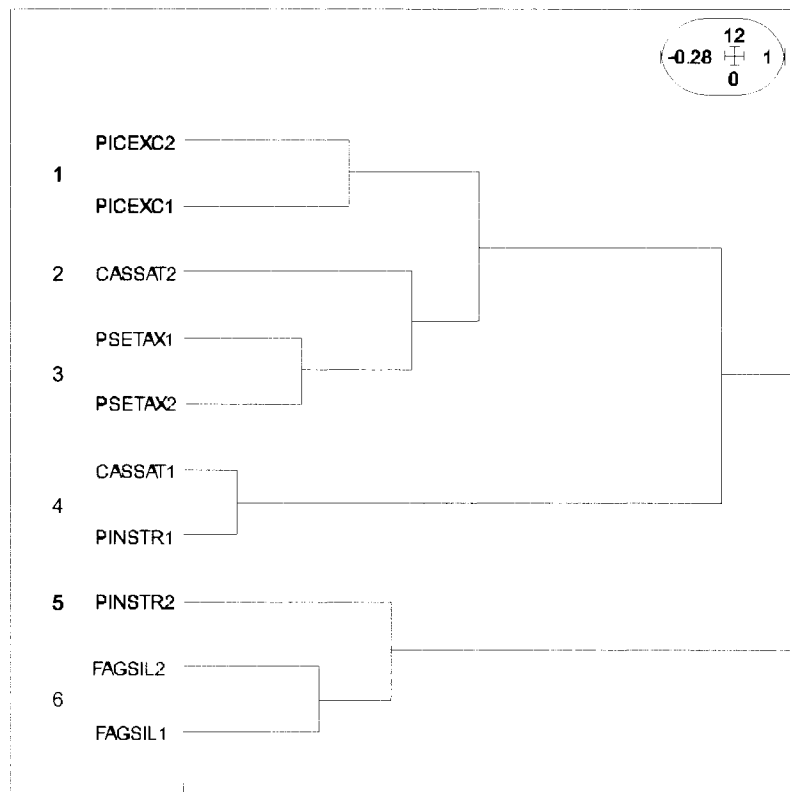


Abb. 3.40: Cluster-Analyse der 10 bodenkundlich untersuchten VF (Darstellung der VF). Die 6 differenzierten Gruppen sind mit Farben hervorgehoben.

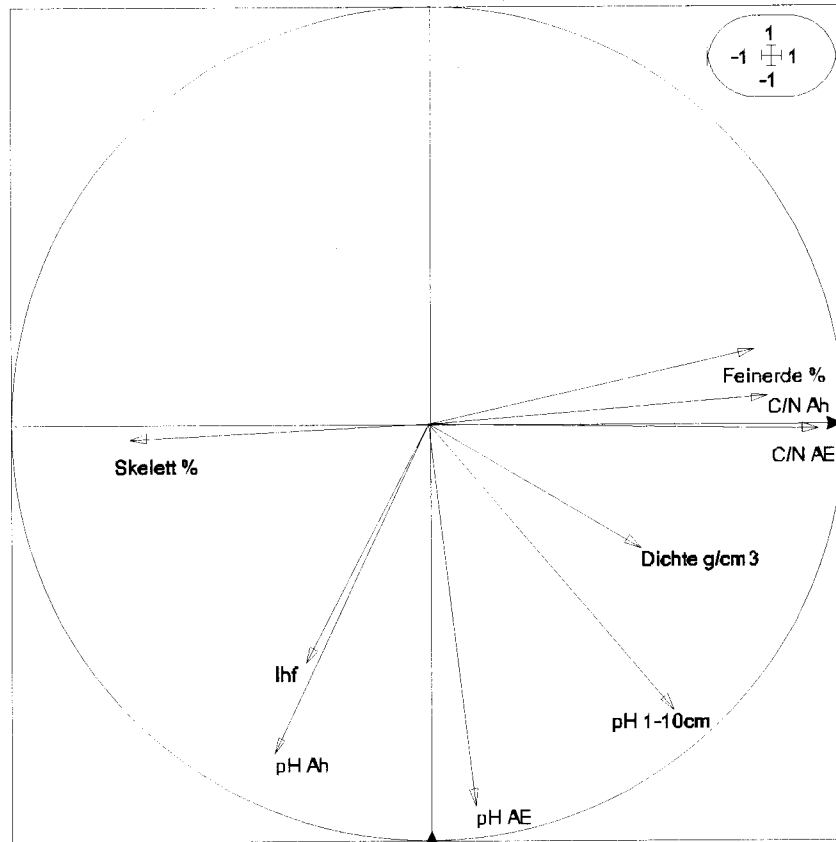


Abb. 3.41: PCA der 10 bodenkundlich untersuchten VF: Projektion der Parameter in die A1-A2 Ebene. Feinerde, C/N A<sub>H</sub> und C/N A<sub>E</sub> sind stark mit der ersten Achse korreliert, pH A<sub>H</sub> und pH A<sub>E</sub> hingegen mit der zweiten (in der Darstellung rot hervorgehoben).

Tab. 3.7: Inertia-Analyse: Beitrag der 2 gewählten Achsen (%) zur Anordnung der Bodenparameter in Abb. 3.41. Beiträge grösser als 60 % sind grau unterlegt.

Bodenparameter	Achse 1	Achse 2
lhf	8.48	33.03
Dichte g/cm <sup>3</sup>	26.15	8.93
Skelett %	50.77	0.13
Feinerde %	61.34	3.09
pH Ah	13.52	62.71
pH AE	1.23	84.16
pH 1-10	34.82	47.28
C/N Ah	66.6	0.4
C/N AE	88.14	0.02

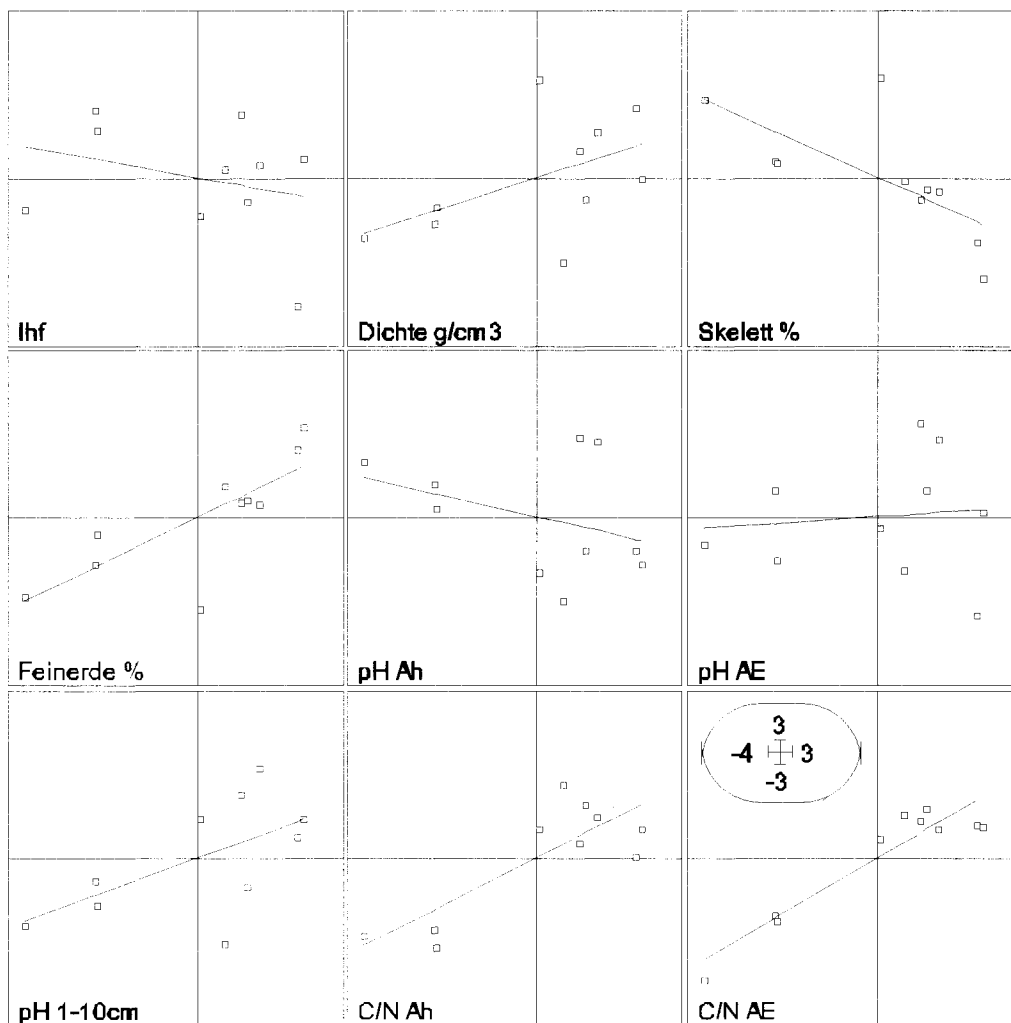


Abb. 3.42: Korrelation der Bodenparameter mit der ersten Achse. Feinerde, C/N A<sub>h</sub> und C/N A<sub>E</sub> sind stärker korreliert und in der Darstellung rot hervorgehoben. Die Punkte stellen die 10 VF in folgender Reihenfolge dar: PINSTR2, FAGSIL2, FAGSIL1, PSETAX1, PICEXC1, CASSAT1, PSETAX2, PINSTR1, PICEXC2, CASSAT2.

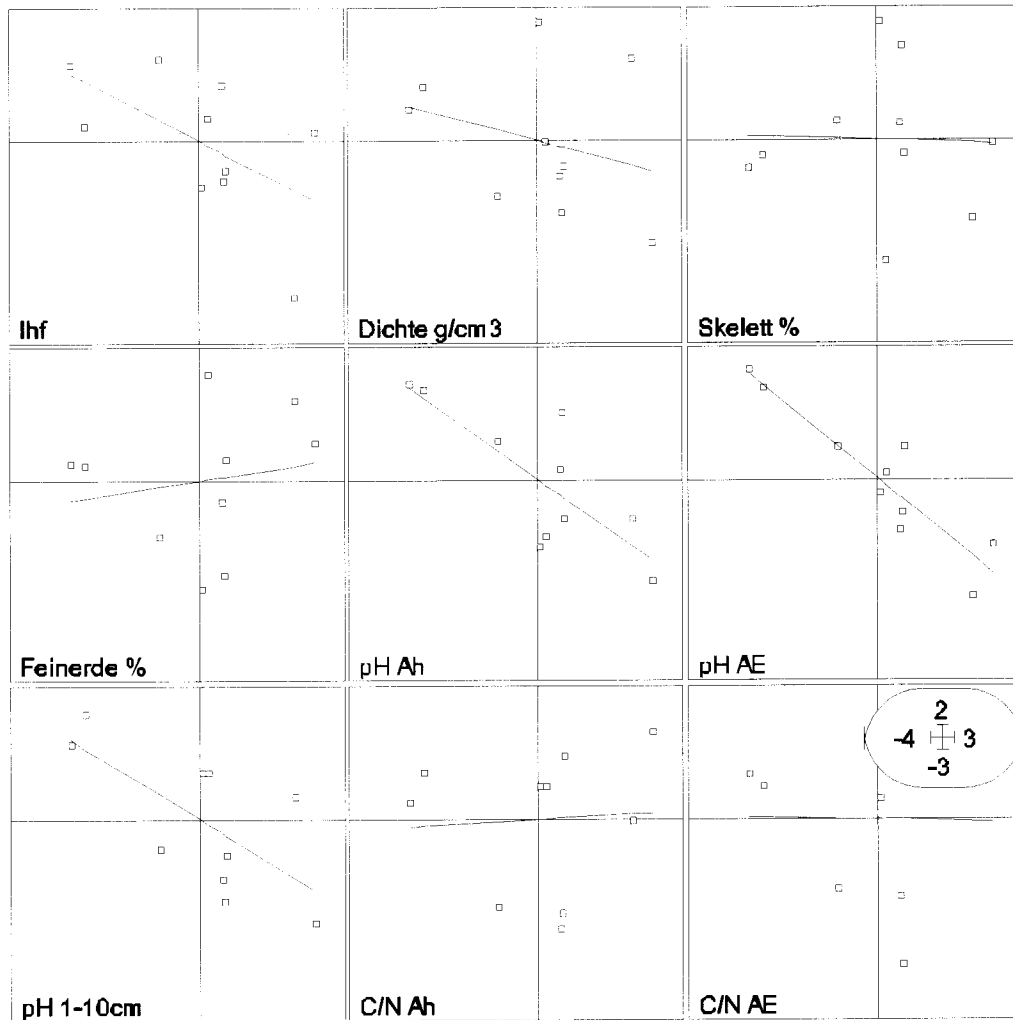


Abb. 3.43: Korrelation der Bodenparameter mit der zweiten Achse. pH A<sub>h</sub> und pH A<sub>E</sub> sind stärker korreliert und in der Darstellung rot hervorgehoben. Die Punkte stellen die 10 VF in folgender Reihenfolge dar: CASSAT1, PINSTR1, FAGSIL2, PSETAX1, CASSAT2, FAGSIL1, PINSTR2, PSETAX2, PICEXC2, PICEXC1.

### 3.3.6 Vergleich der Bodenanalyseresultate mit den berechneten Zeigerwerten der Pflanzenarten

Die gemessenen physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften geben die Verhältnisse für eine bestimmte Jahreszeit und einen definierten Bodenhorizont wieder, während die mittleren ökologischen Zeigerwerte von Pflanzengesellschaften eine integrale, profilumfassende Aussage über die Standortfaktoren ermöglichen (GRIESSER 1992).

Um die Beziehungen zwischen Pflanzenarten und Standorte (Biozönose vs. Biotope) zu untersuchen, wurden Co-Inertia Analysen durchgeführt. Durch Co-Inertia Analyse werden 2 Tabellen, nämlich abiotische Faktoren (Bodenparameter bzw. Zeigerwerte)

und biotische Faktoren (Pflanzenarten), auf Ähnlichkeiten geprüft. Die Tabellen beziehen sich auf die gleichen Aufnahmeflächen.

Der Permutations-Test (Monte-Carlo Test) zwischen den Resultaten aus der COA der reduzierten Vegetationstabelle (nur 10 VF) und den Resultaten aus auf Basis der vorerwähnten COA ausgewogenen PCA der Bodenparameter, hat keine statistisch gesicherte Ergebnisse ergeben: die beobachtete Co-Inertia war nicht grösser als 1000 der „at random“ errechneten Permutationen. Eine Co-Inertia Analyse konnte demzufolge nicht durchgeführt werden.

Dieselben Ergebnisse hat der Permutations -Test zwischen den Resultaten aus der PCA der Bodenparameter und den Resultaten auf Basis der vorerwähnten PCA ausgewogenen PCA der Zeigerwerte (10 VF) ergeben. Auch in diesem Fall konnte keine CO-Inertia Analyse durchgeführt werden. Die Tabellen, im Gegensatz zur Vegetationstabelle und der Tabelle mit den Zeigerwerten (Kapitel 3.2.3), sind nicht direkt miteinander vergleichbar.

### 3.4 Mykosoziologische Auswertung

#### 3.4.1 Verwendete Bestimmungsliteratur

- Alessio C.L., 1985: *Boletus* Dill. ex L. (sensu lato). Fungi Europaei 2. Saronno. 712 S.
- Alessio C.L., 1991: Supplemento a *Boletus* Dill. ex L. (sensu lato). Fungi Europaei 2a. Saronno. 126 S.
- Alessio C.L., Rebaudengo E., 1980: *Inocybe*. Iconographia Mycologica Vol. XXIX. Trento. 367 S. Tav. 1100.
- Antonin V., Noordeloos M.E., 1993: A Monograph of *Marasmius*, *Collybia* and related genera in Europe, Part 1. Libri Botanici 8. Eching. 229 S.
- Arbeitsgemeinschaft Mykologie Ostwürttemberg. Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas (AMO) 1990. Sonderheft Myxomyceten. Bd. VI. Schwäbisch Gmünd. 232 S.
- Arnold N., 1993: Morphologisch-anatomische und chemische Untersuchungen an der Untergattung *Telamonia* (*Cortinarius*, Agaricales). Libri Botanici 7. Eching. 213 S.
- Bas C., Kuyper Th.W., Noordeloos M.E., Vellinga E.C., 1988: Flora agaricina neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Volume 1. A. General part, B. Special part: Entolomataceae. Rotterdam. 182 S.
- Bas C., Kuyper Th.W., Noordeloos M.E., Vellinga E.C., 1990: Flora agaricina neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Volume 2. A. General part, B. Taxonomic part: Pleurotaceae, Pluteaceae, Tricholomataceae. Rotterdam. 137 S.
- Bas C., Kuyper Th.W., Noordeloos M.E., Vellinga E.C., 1995: Flora agaricina neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Volume 3. A. General part, B. Taxonomic part: Tricholomataceae (2). Rotterdam. 183 S.
- Basso M.T., 1999: *Lactarius* Pers. Fungi Europaei 7. Saronno. 845 S.
- Bernicchia A., 1990: Polyporaceae s.l. in Italia. Bologna. 594 S.
- Boertmann D. et al., 1992: Nordic Macromycetes Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. Copenhagen. 474 S.
- Boidin J., 1988: Pour une lecture actualisée des 'Hyménomycètes de France' de Bourdot & Galzin. Bull. Soc. Mycol. France 104: 1-40.
- Boidin J., 1994: Les Peniophoraceae des parties tempérées et froides de l'hémisphère nord (Basidiomycotina). Bull. Soc. linn. Lyon 63 (9): 317-334.
- Boidin J., Gilles G., 1990: Corticiés s.l. intéressants ou nouveaux pour la France (Basidiomycotina). Bull. Soc. Mycol. France 106: 135-67.
- Boidin J., Gilles G., 1994: Contribution à la connaissance des Corticiés à basides urniformes ou suburniformes (Basidiomycotina). Bull. Soc. Mycol. France 110 (4): 185-229.
- Boidin J., Lanquetin P., 1977: *Peniophora* (subgen. *Duportella*) *malençonii* nov. sp. (Basidiomycètes Corticiaceae), espèce méditerranéenne partiellement interstérile avec son vicariant californien. Rev. Mycol. (Paris) 41: 119-128.
- Boidin J., Lanquetin P., 1995: Sur quelques corticiés (Basidiomycotina) de l'Éthiopie. Cryptog. Mycol. 16(2): 85-99.
- Boidin J., Lanquetin P., Gilles G., 1993: Contribution à la connaissance des Phanerochaetoideae de France (Basidiomycotina). Cryptog. Mycol. 14: 195-206.

- Boidin J., Lanquetin P., Gilles G., 1994: Contribution a la connaissance du genre *Vuilleminia* (Basidiomycotina). Bull. Soc. Mycol. France 110 (2): 91-107.
- Bon M., 1984: Les Tricholomes de France et d'Europe occidentale. Encyclopédie Mycologique 36. Paris. 324 S.
- Bourdot H., 1922: Hyménomycètes de France, IV. Corticiés. Additions aux Corticiés de la Flore mycologique de France. Rev. Sci. Bourbonnais Centre France (du tiré à part].
- Bourdot H., Galzin A., 1927: Hyménomycètes de France. Paris. Soc. Mycol. France. 761 S.
- Brandrud T., Lindström H., Marklund H., Melot J., Muskos S., 1990-1994: *Cortinarius*. Flora Photographica. Vol. 1-3. Matfors.
- Breitenbach J., Kränzlin F., 1984: Champignons de Suisse. Tome 1. Les Ascomycètes. Luzern. 310 S.
- Breitenbach J., Kränzlin F., 1986: Champignons de Suisse. Tome 2. Champignons sans lames, Hétérobasidiomycètes, Aphylophorales, Gastéromycètes. Luzern. 412 S.
- Breitenbach J., Kränzlin F., 1991: Champignons de Suisse. Tome 3. Bolets et champignons à lames. 1ère partie. Luzern. 364 S.
- Breitenbach J., Kränzlin F., 1995: Champignons de Suisse. Tome 4. Agaricales (Champignons à lames) 2ème partie. Luzern. 371 S.
- Bresadola G., 1881: Fungi Tridentini, *novi vel nondum delineati I*. Bologna, 1976, 105 S, Tab. 1-105.
- Bresadola G., 1892: Fungi Tridentini, *novi vel nondum delineati II*. Bologna, 1976, 106 S., Tab. 106-217.
- Bresadola G., 1927-1933: Iconographia Mycologica Vol. I-XXVI. Milano.
- Bresinsky A., 1985: Die Arten der Gattung *Russula* in der Bundesrepublik Deutschland und deren Bestimmung nach Romagnesi. Hoppea 43: 287-342.
- Bresinsky A., 1989: Übersicht der *Inocybe* Arten in der Bundesrepublik Deutschland. Hoppea 46: 389-394.
- Burt E.A., 1926: The Thelephoraceae of North America XV. Conclusion, with supplement and general index. Ann. Missouri Bot. Gard. 13: 173-354.
- Candusso M., 1997: *Hygrophorus* s.l. Fungi Europaei 6. Saronno. 784 S.
- Castellano M.A. et al., 1989: Key to spores of the genera of hypogeous fungi of the North Temperate forests. Eureka: Med River Press. 186 S
- Ceruti A., 1960: Elaphomycetales et Tuberales. Iconographia Mycologica Vol. XXVIII. Trento.
- Cléménçon H., 1984: Kompendium der Blätterpilze: *Clitocybe*. Z. Mykol., Beih. 5: 1-168.
- Coker W.C., Couch J.N., 1928: The Gasteromycetes of the Eastern United States and Canada. North Carolina. 201 S., 123 Plates.
- Corfixen P. et al., 1997: Nordic Macromycetes. Vol.3. Heterobasidioid, Aphylophoroid and Gastromycetoid Basidiomycetes. Copenhagen. 444 S.
- Corner E.J.H., 1968: A Monograph of *Thelephora* (Basidiomycetes). Lehre. 110 S., Pl. 1-6.
- Courtecuisse R., Duhem B., 1994: Les Champignons de France. Paris. 448 S.
- Dennis R.W.G., 1978: British Ascomycetes. Revised and enlarged edition illustrated by 44 coloured plates and 31 full page figures. Vaduz. 585 S.
- Domanski S., 1988: Mala flora grzybow. Tom I. Basidiomycetes Aphylophorales. Czesc 5. Corticiaceae, *Acanthobasidium irpicodon*. Warszaw. 427 pp.
- Einhellinger A., 1985: Die Gattung *Russula* in Bayern. Hoppea 43.384 S.



- Ellis M.B., Ellis J.P., 1985: *Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook*. London. 818 S.
- Ellis M.B., Ellis J.P., 1988: *Microfungi on Miscellaneous Substrates. An Identification Handbook*. London. 244 S.
- Enderle M., Stangl J., 1980/1981: Beitrag zur Kenntnis der Ulmer Pilzflora: Rißpilze (Inocyben). *Mitt. Ver. Naturwiss. Math.* (31). 170 S.
- Engel H., 1978: *Rauhstielröhrlinge. Die Gattung Leccinum in Europa*. Weidhausen b. Coburg. 76 S.
- Engel H., 1983: *Dickröhrlinge. Die Gattung Boletus in Europa*. Weidhausen b. Coburg, 157 S.
- Engle H. et al., 1996: *Schmier- und Filzröhrlinge s. l. in Europa. Die Gattungen: Boletellus, Boletinus, Phylloporus, Suillus, Xerocomus*. Weidhausen b. Coburg. 268 S, 56 Tafeln
- Eriksson J. Et al., 1988: *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 8 Thanatephorus-Ypsilonidum*. *Fungiflora*. Oslo. 1450-1631.
- Eriksson J., Hjortstam K., Ryvarden L., 1978: *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 5: Mycoaciella: Phanerochaete*. Oslo. *Fungiflora*: 889-1047.
- Eriksson J., Hjortstam K., Ryvarden L., 1981: *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 6: Phlebia, Sarcodontia*. Oslo. *Fungiflora*: 1051-1276.
- Eriksson J., Hjortstam K., Ryvarden L., 1984: *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 7: Schizopora, Suillosporium*. Oslo. *Fungiflora*: 1283-1449.
- Eriksson J., Ryvarden L., 1973: *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 2: Aleurodiscus, Confertobasidium*. Oslo. *Fungiflora*: 60-261.
- Eriksson J., Ryvarden L., 1975: *The Corticiaceae of North Europe, Vol. 3: Coronicium, Hyphoderma*. Oslo. *Fungiflora*: 288-546.
- Eriksson J., Ryvarden L., 1976: *The Corticiaceae of North Europe, Vol. 4: Hyphodermella, Mycoacia*. Oslo. *Fungiflora*: 549-886.
- Eriksson J., Weresub L., 1974: *Amylocorticium canadense* (Burt) John Eriksson & Weresub. *Fungi Canadenses* 45.
- Galli R., 1996: *Le Russule*. Milano. 480 S.
- Gilbertson R.L., Lindsey J.P., 1989: North American species of *Amylocorticium*, a genus of brown rot fungi. *Mem. N. Y. Bot. Gard.* 49: 138-146.
- Gilles G., 1994: *Le genre Trechispora Karsten 1890*. 32 S.
- GINNS J.H., 1982: A monograph of the genus *Coniophora*. *Opera Botanica* 61: 1-61.
- GINNS J.H., Lefebvre M.N.L., 1993: Lignicolous corticioid fungi (Basidiomycota) of North America. Systematics, distribution and ecology. *Mycol. Mem.* 19: 1-247.
- Grosse Brauckmann H., 1990: Corticioide Basidiomyceten in der Bundesrepublik Deutschland. Funde 1960 bis 1989. *Z. Mykol.* 56: 95-130.
- Hallenberg N., 1978: Woodfungi (Corticiaceae, Coniophoraceae, Lachnocladiaceae, Thelephoraceae) in N. Iran 1. *Iran J. Plant Pathol.* 14: 3887.
- Hallenberg N., 1980: New taxa of Corticiaceae from N. Iran (Basidiomycetes). *Mycotaxon* 11: 447-475.
- Hallenberg N., 1984: Compatibility between species of Corticiaceae s.l. from Europa and North America. *Mycotaxon* 21: 335-388.
- Hallenberg N., 1985: *The Lachnocladiaceae and Coniophoraceae of North Europe*. Oslo. *Fungiflora*. 96 S.
- Halling R.E., 1983: *The Genus Collybia (Agaricales) in the Northeastern United States and adjacent Canada*. Braunschweig. 148 S.

- Heilmann-Clausen J., Verbeken A., Vesterholt J., 1998: The genus *Lactarius*. Fungi of northern Europe. Vol.2 . Denmark. 287 S.
- Hesler L.R., Smith A.H., 1963: North American Species of *Hygrophorus*. Knoxville. 416 S.
- Hesler L.R., Smith A.H., 1979: North American Species of *Lactarius*. Ann Arbor. 841 S.
- Hjortstam K., 1974: Studies in the Swedish species of the genus *Tomentella* (Thelephoraceae). III. The genus *Tomentellopsis*. Sv. Bot. Tidskr. 68: 51-56.
- Hjortstam K., 1980: Notes on Corticiaceae VII. A synopsis of the genus *Amylocorticium* Pouzar. Mycotaxon 11: 430-434.
- Hjortstam K., 1983: Studies in tropical Corticiaceae (Basidiomycetes) 5. Specimens from East Africa, collected by L. Ryvardeen. Mycotaxon 17: 555-572.
- Hjortstam K., 1984: Notes on Corticiaceae (Basidiomycetes). XIII. Mycotaxon 19: 503-513.
- Hjortstam K., Ryvardeen L., 1979: Notes on Corticiaceae (Basidiomycetes), V. Mycotaxon 10 (1): 201-209.
- Hjortstam K., Ryvardeen L., 1988: Notes on the Corticiaceae of northern China. Acta Mycol. Sinica 7: 77-88.
- Holmgren P.K., Holmgren N.H., Barnett L.C. (eds.), 1990: Index Herbariorum, part 1. The herbaria of the world. New York Botanical Garden. 693 S.
- Horak E., 1968: Synopsis generum Agaricalium (Die Gattungstypen der Agaricales). Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz 13. 741 S.
- Horak E., Baici A., 1990: Beitrag zur Kenntnis der Basidiomycota (Aphylophorales s.l. - Heterobasidiomycetes) im Unterengadin (GR, Schweiz). Mycol. Helv. 3: 351-384.
- Jahn H., 1981: Die resupinaten *Phellinus*-Arten in Mitteleuropa mit Hinweisen auf die resupinaten *Inonotus*-Arten und *Poria expansa* (Desm.). Bibl. Mycol 81: 1-151.
- Jülich W., 1981: Higher Taxa of Basidiomycetes. Vaduz. 485 S.
- Jülich W., 1984: Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze (Aphylophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes). In: Gams H., Kleine Kryptogamenflora Band IIb/1. Stuttgart. 626 S.
- Jülich W., 1984: Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze (Aphylophorales, Heterobasidiomycetes, Gasteromycetes). - Stuttgart Fischer. 626 S.
- Jülich W., Jülich U., 1976: A contribution towards a revision of the genus *Tulasnella*. Leiden. Persoonia 9 (1): 49-64.
- Jülich W., Stalpers J.A., 1980: The resupinate non-poroid Aphylophorales of the temperate northern hemisphere. Amsterdam (etc.). North Holland. 335 S.
- Kits Van Waveren E., 1985: The Dutch, French and British species of *Psathyrella*. Persoonia 2 (Supplement). 300 S.
- Konrad P., Maublanc A., 1924-1937: Icones selectae fungorum. Vol. I-VI. Paris. 558 S., Pl. 1500.
- Konrad P., Maublanc A., 1948: Les Agaricales. Classification, Révision des Espèces, Iconographie, Comestibilité. Encyclopédie Mycologique 14. Paris. 469 S.
- Konrad P., Maublanc A., 1952: Les Agaricales. Classification, Révision des Espèces, Iconographie, Comestibilité. Tome II. Encyclopédie Mycologique 20. Paris. 202 S.
- Krieglsteiner G.J., 1991a: Verbreitungsatlas der Grosspilze Deutschlands (West). Band 1: Ständerpilze, Teil A: Nichtblätterpilze. Stuttgart: 14-16.
- Krieglsteiner G.J., 1991b: Verbreitungsatlas der Grosspilze Deutschlands (West). Band 1: Ständerpilze, Teil B: Blätterpilze. Stuttgart: 421-1016.

- Krieglsteiner G.J., 1993: Verbreitungsatlas der Grosspilze Deutschlands (West). Band 2: Schlauchpilze. Stuttgart, 596 S.
- Kühner R., 1935: Le genre *Galera* (Fries) Quélet. Encycopédie Mycologique 7: 1-223.
- Kühner R., 1938: Le genre *Mycena*. Encyclopédie Mycologique 10. Paris. 710 S..
- Kühner R., Romagnesi H., 1953: Flore Analytique des Champignons supérieurs. Paris. 556 S.
- Kühner R., Romagnesi H., 1954-1958: Compléments à la "Flore Analytique". (Reprint 1977, Bibl. Mycol. 56. 484 S.).
- Kuyper T.W., 1986: A revision of the genus *Inocybe* in Europe. I. Subgenus *Inosperma* and the smooth-spored species of subgenus *Inocybe*. Leiden. 247 S.
- Kuyper T.W., 1994: Provisional key to the angular-spored species of *Inocybe* subgenus *Inocybe*. copy.
- Lange J., 1935-1940: Flora Agaricina Danica. Vol. III. Copenhagen (Reprint: Saronno, 1993-1994, 880 S., Pl. 1200).
- Lange J., Lange M., 1964: Guide des champignons. Neuchâtel. 241 S.
- Langer E., 1994: Die Gattung *Hyphodontia* John Eriksson. Berlin-Stuttgart. Bibl. Mycol. 154. 298 S.
- Langer E., Oberwinkler F., 1993: Corticioid Basidiomycetes. I. Morphology and ultrastructure. Göteborg. Windahlia 20: 1-28.
- Langer G., 1994: Die Gattung *Botryobasidium* Donk (Corticaceae, Basidiomycetes). Bibl. Mycol. 158: 1-459.
- Larsen M., Cobb-Pouelle L.A., 1990: *Phellinus* (Hymenochaetaceae). A survey of the world taxa. Fungiflora Oslo. 206 S.
- Larsen M.J., 1968: Tomentelloid fungi of North America. Syracuse (Syracuse Univ.). 157 S.
- Larsen M.J., 1974: A contribution to the taxonomy of the genus *Tomentella*. Mycol. Mem. 4. 145 S.
- Liberta A.E., 1969: Descriptions of the nomenclatural types of Corticiums described by Burt. Nova Hedwigia 18: 215-233.
- Litschauer V., 1934: Über zwei neue *Corticium*-Arten aus Tirol. Ann. Mycol. 32: 52-56.
- Litschauer V., 1939: Ein Beitrag zur Kenntnis der Basidiomyceten der Umgebung des Lunzer Sees in Niederdonau. Öst. Bot. Z. 88: 104-147.
- Litschauer V., 1941: Neue schwedische Corticiaceen aus dem Herbar L.Romell's. Ann. Mycol. 39(2-3): 117-135.
- Lucchini G.F., Zenone E., Martini E., Pellandini W., 1990: I macromiceti delle Bolle di Magadino. Boll. Soc. Ticinese Sci. Natur.78: 33-132.
- Lucchini G.F., 1997: I funghi del Cantone Ticino e di altre regioni svizzere ed estere conservati al Museo di storia naturale. Catalogo ragionato dei reperti 1978 – 1996. Ed. E. Lucchini-Balmelli, Gentilino. 520 S.
- Maas Geesteranus R.A., 1975: Die terrestrischen Stachelpilze Europas (The terrestrial hydnums of Europe). Amsterdam. 127 S., Taf. 140.
- Maas Geesteranus R.A., 1992: Mycenas of the Northern Hemisphere 1. Studies in Mycenas and other papers. Amsterdam. 391 S.
- Maas Geesteranus R.A., 1992: Mycenas of the Northern Hemisphere 2. Conspectus of the Mycenas of the Northern Hemisphere. Amsterdam. 493 S.
- Malençon G., Bertault R., 1970-1975: Flore des Champignons Supérieurs du Maroc. Tomes I-II. Rabat.

- Malençon M.G., 1982: Nouvelles contributions à la flore mycologique du Maroc. III. - Bull. Soc. Mycol. France 98: 183-248.
- Martin C.E., 1903: Le "*Boletus subtomentosus*" de la région genevoise. Berne. 39 S., Pl. IXVIII.
- Martin G.W., Alexopoulos C.J., 1969: The Myxomycetes. Iowa City. 561 S.
- Martin K.J., Gilbertson, R.L., 1977: Synopsis of wood-rotting fungi on spruce in North America 1. Mycotaxon 6: 43-77.
- Martini E., 1988: Alcune interessanti afilliforali resupinate del Ticino. Mycol. Helv. 3: 73-82.
- Martini E., 1991: Woodinhabiting resupinate fungi from Southern Switzerland 1. *Gloeodontia columbiensis* Burt ex Burdsall & Nakasone. Mycol. Helv. 4: 179-182.
- Mattirolo O., 1935: Catalogo ragionato dei Funghi ipogei raccolti nel Canton Ticino e nelle Provincie italiane confinanti. Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz 8 (2). 59 S.
- Melot J., 1982: *Collybia butyracea*, *Collybia filamentosa* et l'*Agaricus asemus*. Bull. Soc. Mycol. France 98 (2): 175-181.
- Miller J.H., 1961: A monograph of the World Species of *Hypoxylon*. Athens. 158 S.
- Miller O.K. Jr., 1984: Mushrooms of North America. New York. 368 S.
- Montecchi A., Lazzari G., 1993: Atlante Fotografico di funghi ipogei. Gavirate. 490 S.
- Moser M., 1960: Die Gattung *Phlegmacium* (Schleimköpfe). Bad Heilbrunn. 440 S., Taf. IXXXII.
- Moser M., 1963: Ascomyceten (Schlauchpilze). In: Gams H., Kleine Kryptogamenflora Band IIa. Stuttgart. 147 S.
- Moser M., 1983: Die Röhrlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). In: Gams H., Kleine Kryptogamenflora Band IIb/2. Stuttgart. 553 S.
- Moser M., Jülich W., 1985-1995: Farbatlas der Basidiomyceten. Stuttgart.
- Müller G.M., 1992: Systematics of *Laccaria* (Agaricales) in the Continental United States and Canada, with Discussions on Extralimital Taxa and Descriptions of Extant Types. Fieldiana Botany, n.s., 30. 158 S.
- Neubert, H., Nowotny, W., Baumann K., 1993: Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Bd. 1: Ceratiomyxales, Echinosteliales, Liceales, Trichiales. 343 S. Gomaringen.
- Neubert, H., Nowotny, W., Baumann K., 1995: Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Bd. 2: Physarales. Gomaringen. 368 S.
- Neuhoff W., 1956: Die Milchlinge. Bad Heilbrunn., 248 S., Taf. IXX.
- Noordeloos M.E., 1987: *Entoloma* (Agaricales) in Europe. Nova Hedwigia, Beih. 91. Berlin 419 S.
- Noordeloos M.E., 1992: *Entoloma* s.l. Fungi Europaei 5. Saronno. 760 S.
- Orton P.D., 1960: New Check list of British Agarics and Boleti III. Trans. Brit. Mycol. Soc. 43 (2): 159-439.
- Orton P.D., 1986: British fungus flora 4. Pluteaceae: *Pluteus* & *Volvariella*. Edinburgh. 99 S.
- Orton P.D., Watling R., 1979: British fungus flora 2. Coprinaceae: *Coprinus*. Edinburgh. 149 S.
- Parmasto E., 1968: Conspectus Systematis Corticiacearum. Inst. Zool. Bot. Acad. Sci. Estonicae. 261 S Tartu.
- Pegler D.N., Spooner B.M., Young T.W.K., 1993: British Truffles. A Revision of British Hypogeous Fungi. Kew. 216 S., Pl. 126.

- Persoon C.H., 1801: Synopsis methodica fungorum sistens enumerationem hucusque detectarum specierum cum brevibus descriptionibus nec non synonymis et observationibus selectis. Gottinga, 706 S.
- Petrini L., Müller E., 1986: Haupt und Nebenfruchtformen europäischer *Hypoxylon* Arten (Xylariaceae, Sphaeriales) und verwandter Pilze. Mycol. Helv. 1 (7): 501-627.
- Phillips R., 1991: Mushrooms of North America. Boston. 319 S.
- Pilat A., 1958: Flora CSR B1. Gasteromycetes. Praga. 864 S.
- Rattan S.S., 1977: The resupinate Aphyllophorales of the north western Himalayas. Bibl. Mycol. 60: 1-427.
- Rayner R.W., 1985: Keys to the British species of *Russula*. 3rd., rev. ed. Cambridge. 99 S.
- Reid D.A., 1965: May fungi in Portugal. Rev. Biol. 5: 135-158.
- Reid D.A., 1974: A monograph of the British Dacrymycetales. Trans. Br. Mycol. Soc. 62 (3): 433-494.
- Riva A., 1988: *Tricholoma* (Fr.) Staude. Fungi Europaei 3. Saronno. 618 S.
- Romagnesi H., 1956-1967. Nouvel Atlas des Champignons 1-4. Paris [Reprint: Paris, 1970-1972].
- Romagnesi H., 1967: Les Russules d'Europe et d'Afrique du Nord. Paris. 998 S.
- Ryvarden L., 1976-1978: The Polyporaceae of North Europe. Vol. 1-2. Oslo. 507 S.
- Ryvarden L., 1991: Genera of Polypores. Nomenclature and taxonomy. Synopsis Fungorum 5. Oslo. 363 S.
- Ryverden L., Gilbertson R.L., 1993: European Polypores, part 1: *Abortiporus-Lindtneria*. Fungiflora. Oslo. 187 S.
- Ryverden L., Gilbertson R.L., 1993: European Polypores, part 2: *Meripilus-Tyromyces*. Fungiflora. Oslo. 394-743.
- Sarnari M., 1993: Russule nuove o interessanti dell'Italia Centrale e Mediterranea. 18° contributo. Le sottosezioni *Griseinae* e *Ilicinae* nell'Italia Centrale. Micol. e Veget. Medit. 8 (1): 15-66.
- Sarnari M., 1998: Monografia illustrata del genere *Russula* in Europa. Vol.1. Trento. 799 S.
- Schäffer J., 1952: *Russula* Monographie. (Reprint: Lehre, 1970, 295 S., Taf. IXX).
- Schmid I., Schmid H., 1990-1991: Ascomyceten im Bild, 1 & 2. Eching. 100 S.
- Singer R., 1965: Die Röhrlinge Teil I. Die Boletaceae (ohne Boletoidae). Bad Heilbrunn. 131 S., Taf. IXXI.
- Singer R., 1967: Die Röhrlinge Teil II. Die Boletoidae und Strobilomycetaceae. Bad Heilbrunn. 151 S., Taf. IXXVI.
- Singer R., 1967: Notes sur le genre *Laccaria*. Bull. Soc. Mycol. France 83: 104-123.
- Singer R., 1977: Die Gruppe der *Laccaria laccata* (Agaricales). Pl. Syst. Evol. 126: 347-370.
- Singer R., 1986: The Agaricales in Modern Taxonomy. Fourth fully revised edition with 88 plates. Königstein. 981 S., Pl. 188.
- Smith A.H., Singer R., 1964: A Monograph on the Genus *Galerina* Earle. New York, 384 S.
- Smith A.H., Thiers H.D., 1964: A contribution toward a monograph of North American species of *Suillus*. Ann Arbor. 116 S., Pl. 146.
- Snell W.H., Dick E.A., 1970: The Boleti of Northeastern North America. Lehre. 115 S., Pl. 187.
- Stangl J., 1989: Die Gattung *Inocybe* in Bayern. Hoppea 46. 409 S.
- Tartarat A., 1988: Flore analytique des Cortinaires. Bellegarde. 320 S.

- Telleria M.T., 1980: Contribución al estudio de los Aphyllophorales españoles. *Bibl. Mycol.* 74: 1-464.
- Telleria M.T., 1990: Annotated list of the Corticiaceae, sensu lato for Peninsular Spain and Balearic Islands. *Bibl. Mycol.* 135: 1-152.
- Telleria M.T., MELO I., 1995: Aphyllophorales resupinatae non-poroides. I. *Acanthobasidium-Cystostereum*. Madrid (etc.). *J. Cramer.* 223 S.
- Vittadini C., 1831: Monographia Tuberacearum. In: Riva et al. *Funghi ipogei*. Chiasso, 1991: 121-216 (trad. in ital. S. 11-119).
- Watling R., 1982: British fungus flora 3. Bolbitiaceae: *Agrocybe*, *Bolbitius* & *Conocybe*. Edinburgh. 139 S.
- Watling R., Gregory N.M., 1987: British fungus flora 5. Strophariaceae & Coprinaceae p.p. Edinburgh. 121 S.
- Watling R., Gregory N.M., 1989: British fungus flora 6. Crepidotaceae, Pleurotaceae and other pleurotoid agarics. Edinburgh. 157 S.
- Watling R., Gregory N.M., Orton P.D., 1993: British fungus flora 7. Cortinariaceae p.p. Edinburgh. 131 S.
- Watling R., Turnbull, E., 1998: British fungus flora 8. Cantharellaceae, Gomphaceae and amyloid-spored and xeruloid members of Tricholomataceae (excl. *Mycena*). Edinburgh. 189 S.
- Zenone E., 1983: Elenco delle Polyporaceae s. l. presenti al Museo cantonale di storia naturale in Lugano (Svizzera) fino al 31.12.1983. *Boll. Soc. tic. sci. natur.* 71: 131-149.
- Zhukoff E.A., 1995: Aphyllophorales (Basidiomycetes) from Central Siberia. *Mycotaxon* 53: 437-445.

### 3.4.2 Artenliste der Makromyceten (Abb. 3.44 - Abb. 3.47)

In den 17 VF (insgesamt ca. 3672 m<sup>2</sup>) der Aufforstung Copera wurden während der 119 durchgeführten Exkursionen insgesamt 342 Pilzarten gefunden. Davon sind 317 (93 %) Basidiomyceten, 19 (6 %) Ascomyceten, 5 (1 %) Myxomyceten und 1 Art der Zygomyceten. In der Klasse der Basidiomyceten sind die Ordnungen Boletales mit 23, Agaricales mit 99, Russulales mit 32, Aphyllophorales (ohne Cantharellales) mit 142, Cantharellales mit 6, die Gasteromyceten mit 8 und die Heterobasidiomyceten (Dacrymycetales, Tremellales und Tulasnellales) mit 7 Arten vertreten. Bei der Ordnung der Agaricales dominiert die Familie der Tricholomataceae mit 18 Gattungen und 40 Arten. Die Gattung *Russula* ist mit 23 Taxa am artenreichsten, gefolgt von *Mycena* und *Hyphodontia* mit je 13 Arten, *Inocybe* mit 12, *Hyphoderma* mit 10 und *Amanita* und *Lactarius* mit je 9 Arten (vgl. Anhang 1). Kleine Ascomyceten und Myxomyceten wurden bei den Feldaufnahmen nicht speziell berücksichtigt. 135 Arten (40 %) konnten im Zeitraum von 4 Jahren nur in einem Jahr beobachtet werden. 78 Arten (23 %) sind nur mit einem einzigen Fund belegt.

Insgesamt wurden 13131 Frkp. registriert. Dieser Wert ist aber nicht repräsentativ, weil die Aphyllophorales meist nur als Einzelfund aufgenommen wurden. Die quantitative Erfassung dieser Gruppe ist schwierig, weil die oft zusammenfliessenden Fruchtkörper nicht einzeln abgegrenzt werden können. Dasselbe gilt auch für andere Gruppen, wie Myxomyceten oder Heterobasidiomyceten.

Bei den Agaricales hat *Mycena galopoda* die grösste Fruchtkörper-Produktivität aufgewiesen. Diese Art ist im Jahr 1995 mit 938 Frkp. aufgetreten und hat während der gesamten Untersuchungsperiode 1526 Frkp. gebildet.

Bei den EM-Pilzen haben *Laccaria laccata* mit 484, *Xerocomus badius* mit 483 und *Russula nigricans* mit 225 Frkp. die grösste Produktivität während der 4 Jahre dauernden Untersuchungen gezeigt (vgl. Anhang 1).

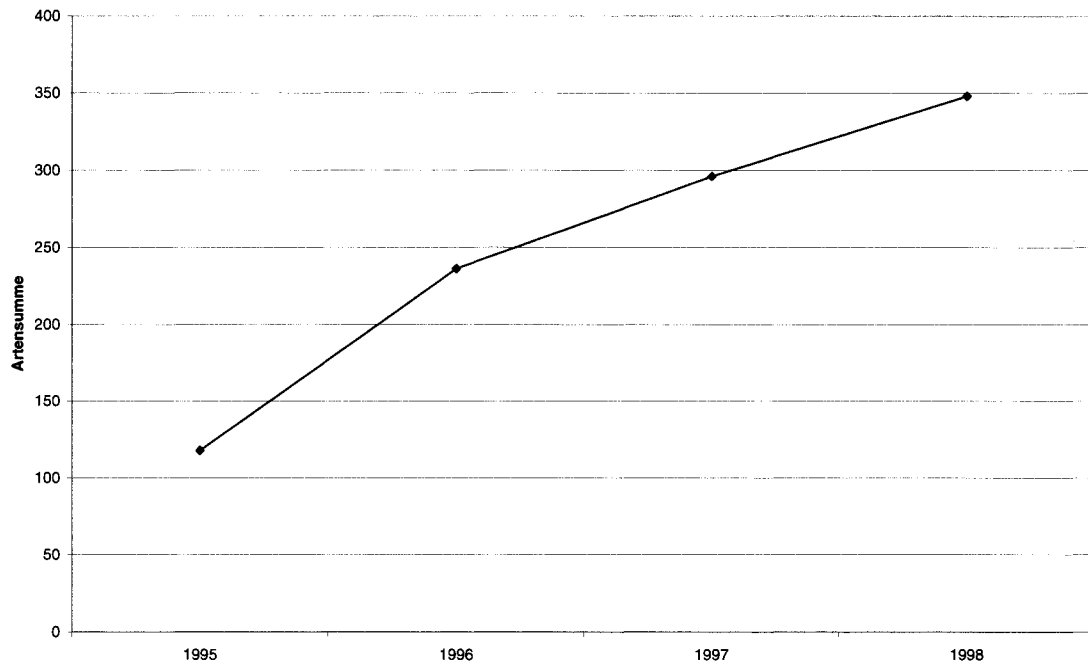


Abb. 3.44: Summationskurve der im Zeitraum 1995-1998 total erfassten Pilzarten (1995 erst ab Juli aufgenommen).

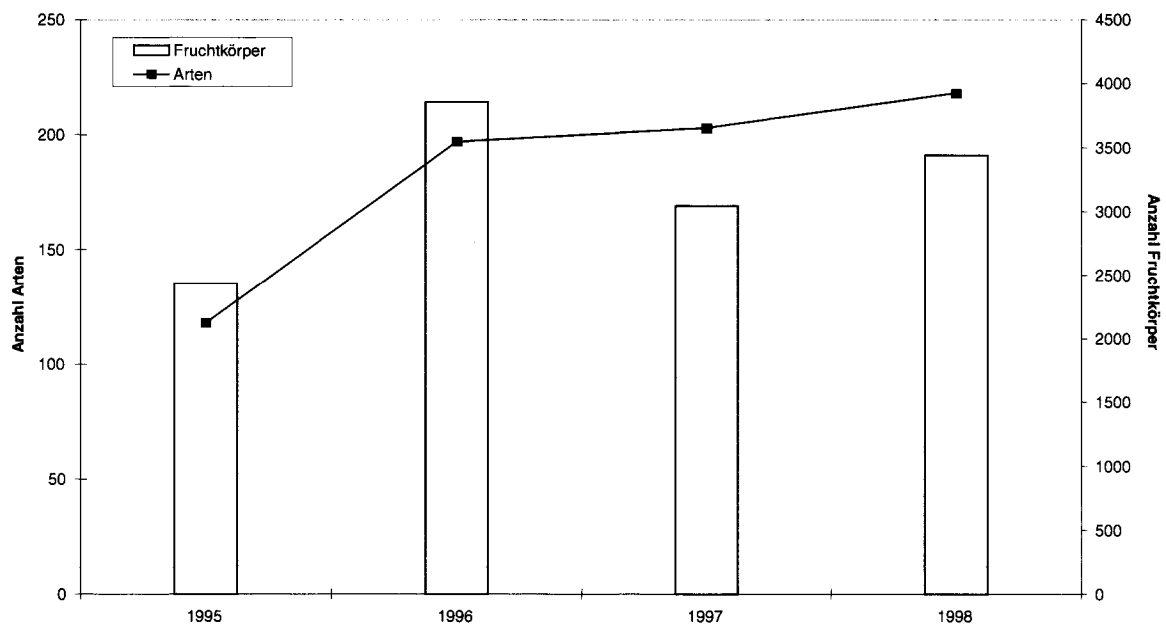


Abb. 3.45: Anzahl der zwischen 1995 und 1998 registrierten Pilz-Arten und Fruchtkörper (1995 erst ab Juli aufgenommen).

Insgesamt wurden 114 Arten und 3893 Frkp. von EM Pilzen, 40 Arten und 2673 Frkp. von terricolen Pilzen, 178 Arten und 5994 Frkp. von lignicolen Pilzen, 10 Arten und 217 Frkp. von parasitischen Pilzarten aufgenommen.

1998 war das artenreichste Jahr mit 218 Arten, das fruchtkörperreichste war 1996 mit 3854 Frkp (vgl. Abb. 3.45). Die Anzahl der gefundenen EM- und terricolen Pilzarten in



den Jahren 1996, 1997 und 1998 war praktisch identisch (73 EM-Pilzarten, 19 terricole Arten). Im Jahr 1995 (ab Juli) wurden 27 terricole Arten aufgenommen (vgl. Abb. 3.46).

Auch bezüglich aller vier ökologischen Gruppen war das Jahr 1996 das fruchtkörperreichste (vgl. Abb. 3.47).

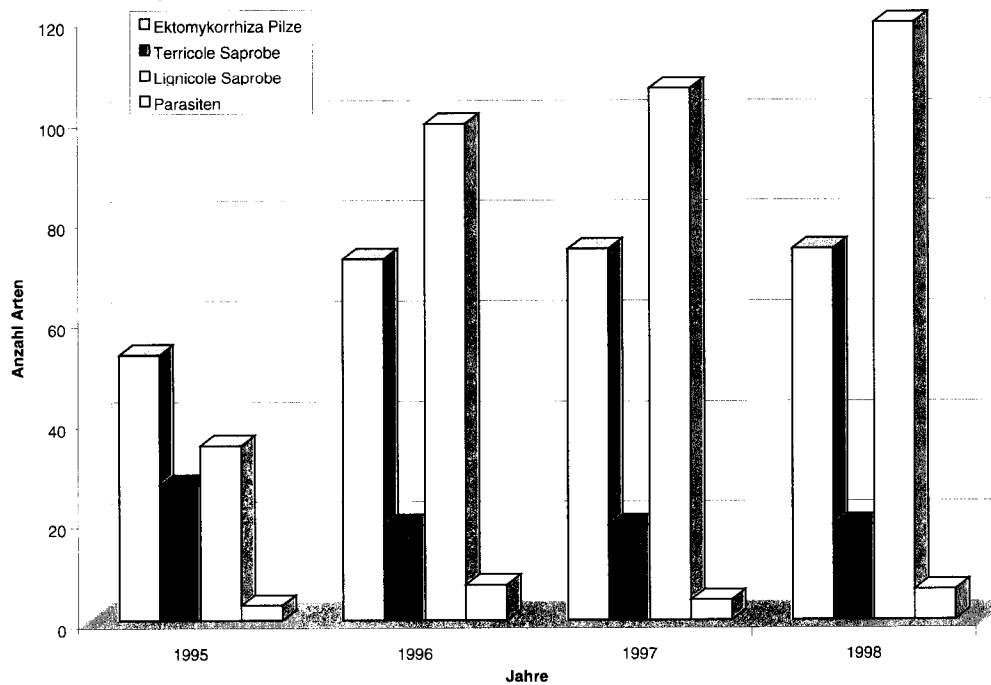


Abb. 3.46: Anzahl Arten pro ökologische Gruppe zwischen 1995 und 1998.

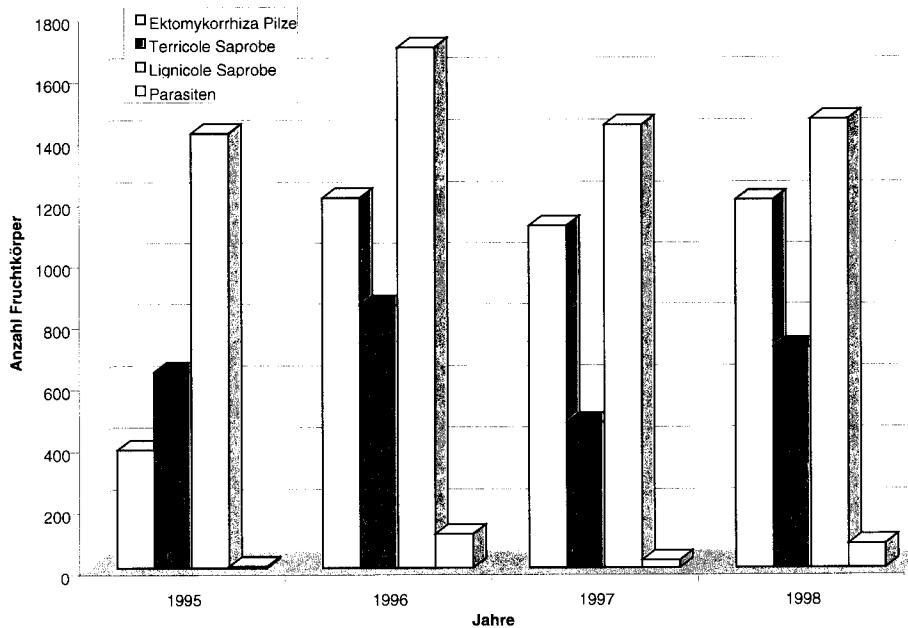


Abb. 3.47: Anzahl Fruchtkörper pro ökologische Gruppe zwischen 1995 und 1998.

### 3.4.3 Diversität der Makromyceten in den 17 VF (Abb. 3.48 - Abb. 3.52)

Die artenreichste VF war CASSAT1 mit 94 Pilzarten, die artenärmste PICEXC2 mit 50 Pilzarten. Die beiden Kastanienflächen haben die grösste Anzahl an EM-Pilzarten aufgewiesen (49 und 46 Arten). Alle übrigen VF waren v.a. bezüglich EM-Pilze vergleichsweise artenarm (vgl. Abb. 3.48).

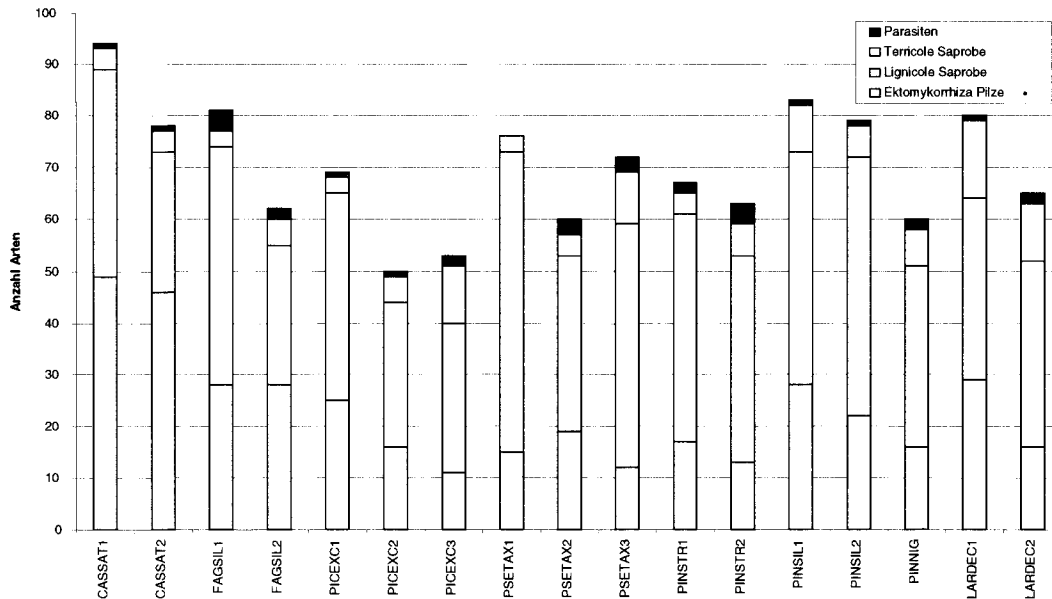


Abb. 3.48: Anzahl der während der Jahre 1995 bis 1998 erfassten Arten, nach ökologischen Gruppen und Aufnahmeflächen.

VF LARDEX1 hat mit 2033 Frkp. die grösste Produktivität gezeigt. Die an EM-Frpk. häufigsten VF waren LARDEC1 mit 539, PICEXC1 mit 527 und CASSAT1 mit 405 Frkp. Die mit terricolen Saproben reichsten VF waren LARDEC1 mit 619 und PINSIL1 mit 412 Frkp (vgl. Abb. 3.49).

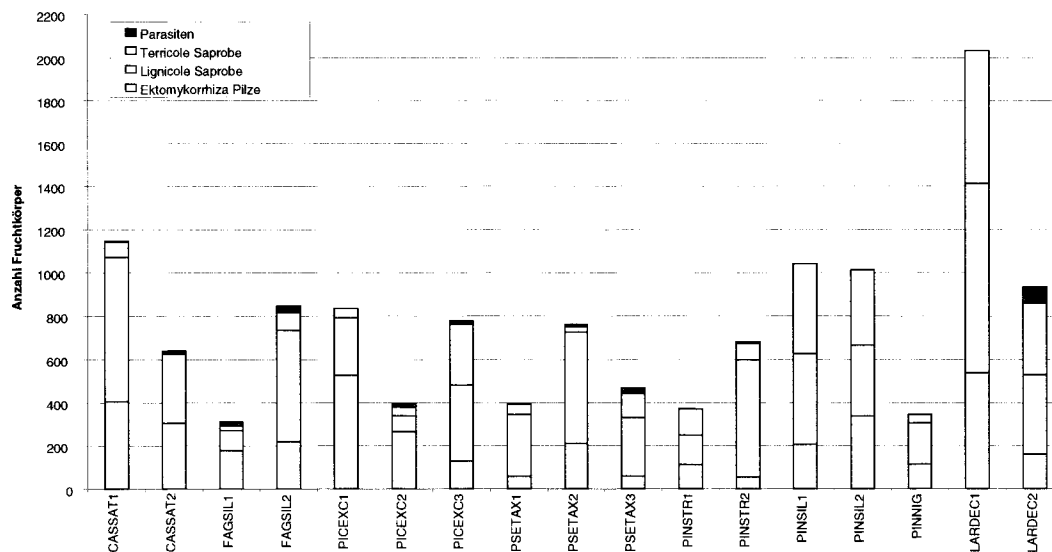


Abb. 3.49: Anzahl der während der Jahre 1995 bis 1998 erfassten Fruchtkörper, nach ökologischen Gruppen und Aufnahmeflächen.

Nicht für alle VF war 1998 das artenreichste Jahr: VF CASSAT2, FAGSIL1 und FAGSIL2 haben die grösste Artenzahl im Jahr 1996 aufgewiesen, dagegen VF PSETAX3, PICEXC2 und LARDEC2 im Jahr 1997 (vgl. Abb. 3.50).

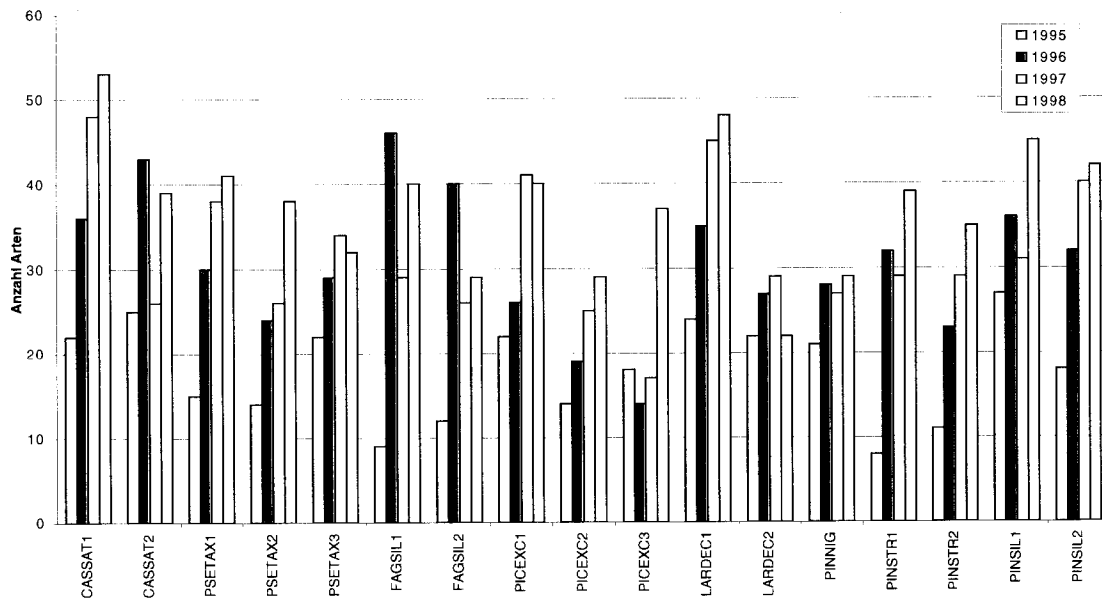


Abb. 3.50: Anzahl der erfassten Arten, nach Aufnahmeflächen und Aufnahmejahren.

LARDEC1 hat besonders im Jahr 1997 mit 940 Frkp., PINSIL1 im Jahr 1995 mit 655 Frkp., FAGSIL2 im Jahr 1996 mit 429 Frkp. und CASSAT1 im Jahr 1998 mit 419 Frkp. die grösste Produktivität zeigt (vgl. Abb. 3.51).

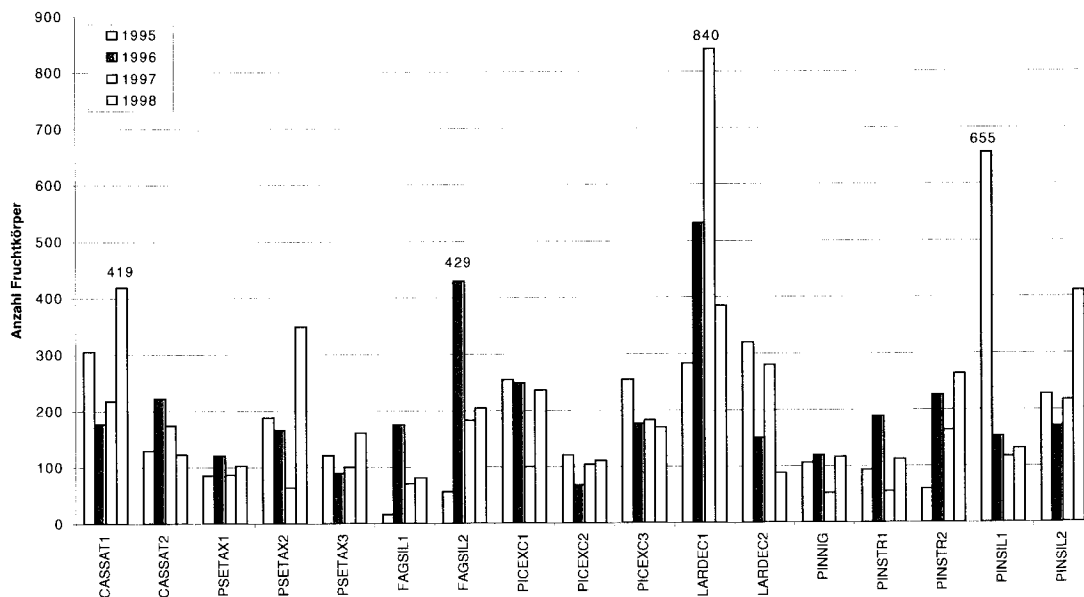


Abb. 3.51: Anzahl der erfassten Fruchtkörper, nach Aufnahmeflächen und Aufnahmejahren.

Total wurden 126 Arten (37 %) im Kastanienwald und Waldföhrenwald (je 2 VF), 110 (32 %) im Buchen- (2VF) und Fichtenwald (3VF), 107 (31 %) im Lärchewald (2VF), 95 (28 %) im Weymouthsföhrenwald (2 VF), 61 (18 %) im Schwarzföhrenwald (1 VF) und 125 (36 %) im Douglasienwald (3 VF) erfasst (vgl. Abb. 3.52).

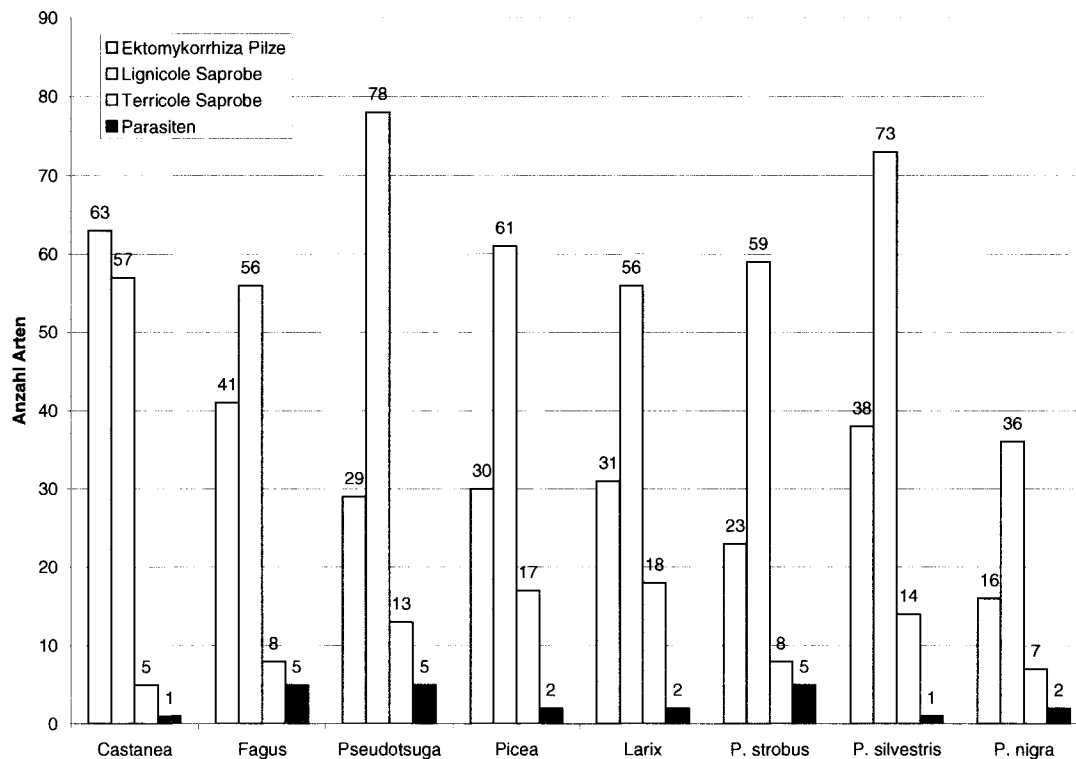


Abb. 3.52: Anzahl der während der Jahre 1995 bis 1998 erfassten Arten, nach ökologischen Gruppen und Baumarten.

## 3.4.3.1 Diversität-Index (Shannon-Wiener-Index) (Tab. 3.8, Tab. 3.9)

(Formel vgl. Kapitel 2.6.3)

Der aus der Arten- und Frkp.-Zahl berechnete Shannon-Wiener-Index hat für die 17 VF die Resultate in Tab. 3.8 ergeben.

Tab. 3.8: Shannon-Index (Hs) und Eveness (E): die 17 Versuchsflächen (VF) wurden nach steigendem Hs-Wert angeordnet.

VF	Hs	E
PINSTR2	2.09	0.504
PSETAX2	2.348	0.573
PINSIL1	2.42	0.547
LARDEC2	2.466	0.591
PICEXC3	2.479	0.624
LARDEC1	2.545	0.581
FAGSIL2	2.579	0.625
PICEXC2	2.683	0.686
PINSTR1	2.866	0.682
PINSIL2	2.92	0.668
PINNIG	2.957	0.722
CASSAT1	2.978	0.656
PSETAX1	3.202	0.739
PICEXC2	3.268	0.772
PSETAX3	3.398	0.795
CASSAT2	3.409	0.782
FAGSIL1	3.719	0.846

Der niedrigste Hs-Wert wurde für VF PINSTR2 errechnet (2.09), den höchsten Hs-Wert hat VF FAGSIL1 ergeben (3.719). Der Shannon-Index (Hs) nimmt sowohl mit steigender Artenzahl als auch mit zunehmender Gleichverteilung der vorhandenen Individuen (Frkp.) unter den Arten zu (MUEHLENBERG 1993). Mit der Eveness lässt sich abschätzen, ob ein hoher Hs-Wert durch eine ausgewogene Verteilung oder durch eine hohe Artenzahl verursacht wird ( $E = 1$  wenn alle Arten gleich häufig sind). In der VF FAGSIL1 wurden 81 Arten aufgenommen und die Frkp. waren unter den Arten mehr oder weniger gleichmässig verteilt ( $E = 0.846$ ). In der VF CASSAT1 wurden mehr Arten aufgenommen (94 Arten). Weil aber die Frkp. unter den Arten weniger gleichmässig verteilt sind ( $E = 0.656$ ), hat diese VF einen niedrigeren Hs-Wert ergeben (2.978). In der VF PINSTR2 wurden 63 Arten aufgenommen, wobei 1 Art (*Hypholoma fasciculare*) mit einer grossen Anzahl von Frkp. (294) aufgetreten ist. Hs und E nehmen also niedrige Werte ein.

Die Berechnung des Shannon-Wiener-Index unter Berücksichtigung „nur EM Pilze“, hat die Resultate in Tab. 3.9 ergeben.

Tab. 3.9: Aus der Arten- und Frkp.-Zahl der EM-Pilze berechnete Shannon-Index (Hs) und Eveness (E). Höchste Hs- und E-Werte schraffiert.

VF	Hs	E
PINSTR2	1.554	0.626
PICEXC2	1.695	0.587
PINNIG	1.906	0.687
PSETAX1	1.919	0.727
PINSIL2	1.975	0.671
PSETAX2	2.026	0.715
PICEXC3	2.040	0.821
PINSTR1	2.077	0.733
PSETAX3	2.184	0.879
LARDEX1	2.252	0.683
PICEXC1	2.274	0.715
LARDEC2	2.388	0.882
PINSIL1	2.748	0.834
FAGSIL2	2.779	0.853
FAGSIL1	2.868	0.870
CASSAT1	3.166	0.818
CASSAT2	3.184	0.841

Die höchsten Werte zeigen die VF mit lokaler Vegetation. VF LARDEC2 nimmt trotz der geringen Artenzahl von 15 (in der VF CASSAT1 wurden 48 EM-Pilzarten aufgenommen) relativ hohe Hs-Werte ein, weil die Frkp. unter den Arten gleichmässig verteilt sind (E = 0.882). VF LARDEC1 hat dieselbe Artenzahl an EM-Pilze wie die VF FAGSIL1 und PINSIL1, nämlich 27. Weil aber in dieser VF eine Art (*Laccaria laccata* mit 221 Frkp.) dominant aufgetreten ist, ist sie durch niedrigere Werte charakterisiert.

#### 3.4.4 Saisonale und ganzjährige Aspekte der Pilzflora (Abb. 3.53 - Abb. 3.66)

Die Artenzusammensetzung eines Gebietes verändert sich im Verlauf des Jahres und von Jahr zu Jahr, weil die Bildung von Frkp. stark witterungsabhängig ist. Zudem reagiert jede Art anders auf das Klima. Von Jahr zu Jahr zeigt sich somit die Artenvielfalt der im Boden vorkommenden Myzelien bzw. der assoziierten Frkp. nur teilweise.

Der Beginn des Frühlingsaspektes wird durch das Auftreten von Spätfrösten zeitlich festgelegt. Wenn die Minimum-Temperatur während einiger Tage über dem Gefrierpunkt bleibt, dann setzt bei genügender Feuchtigkeit die Frkp.Produktion rasch ein. Im Frühling treten aber im Tessin oft Trockenperioden mit Nord-Föhn auf, die sich auf die Produktion von Frkp. negativ auswirken.

Hohe Temperaturen und genügend Feuchtigkeit bewirken im Sommer in der Regel einen Aufschwung der Artenvielfalt. Das Ausbleiben der hochsommerlichen Temperatur induziert, ausreichende Niederschläge vorausgesetzt, den Herbstaspekt. Im November treten die ersten Fröste auf, die den Winteraspekt einleiten und die Frkp.-Produktion der spätherbstlichen Pilzflora einstellen.

Abb. 3.53 und Abb. 3.54 zeigen die saisonalen Aspekte der Pilzfruktifikation (Anzahl Arten bzw. Anzahl Frkp. pro Woche) in Copera zwischen 1996 und 1998. Dabei wurden die 17 VF zusammen interpretiert. Die jahreszeitliche Entwicklung der EM-

Pilze (sowohl Arten- als auch Fruchtkörperzahl) in den Jahren 1997 und 1998 zeigt eine zwei Amplituden umfassende Kurve mit Fundspitzen im Sommer und Herbst. Die zweite Fundspitze ist 1998 jahreszeitlich um 4 Wochen verschoben. Die übrigen Pilze (terricole, lignicole Saprobe und Parasiten) haben die Frkp. Produktion während der gesamten Vegetationsperiode +/- kontinuierlich beibehalten. Im Jahre 1998 hat die Fruchtkörperbildung praktisch erst im Oktober eingesetzt (vgl. Abb. 3.54).

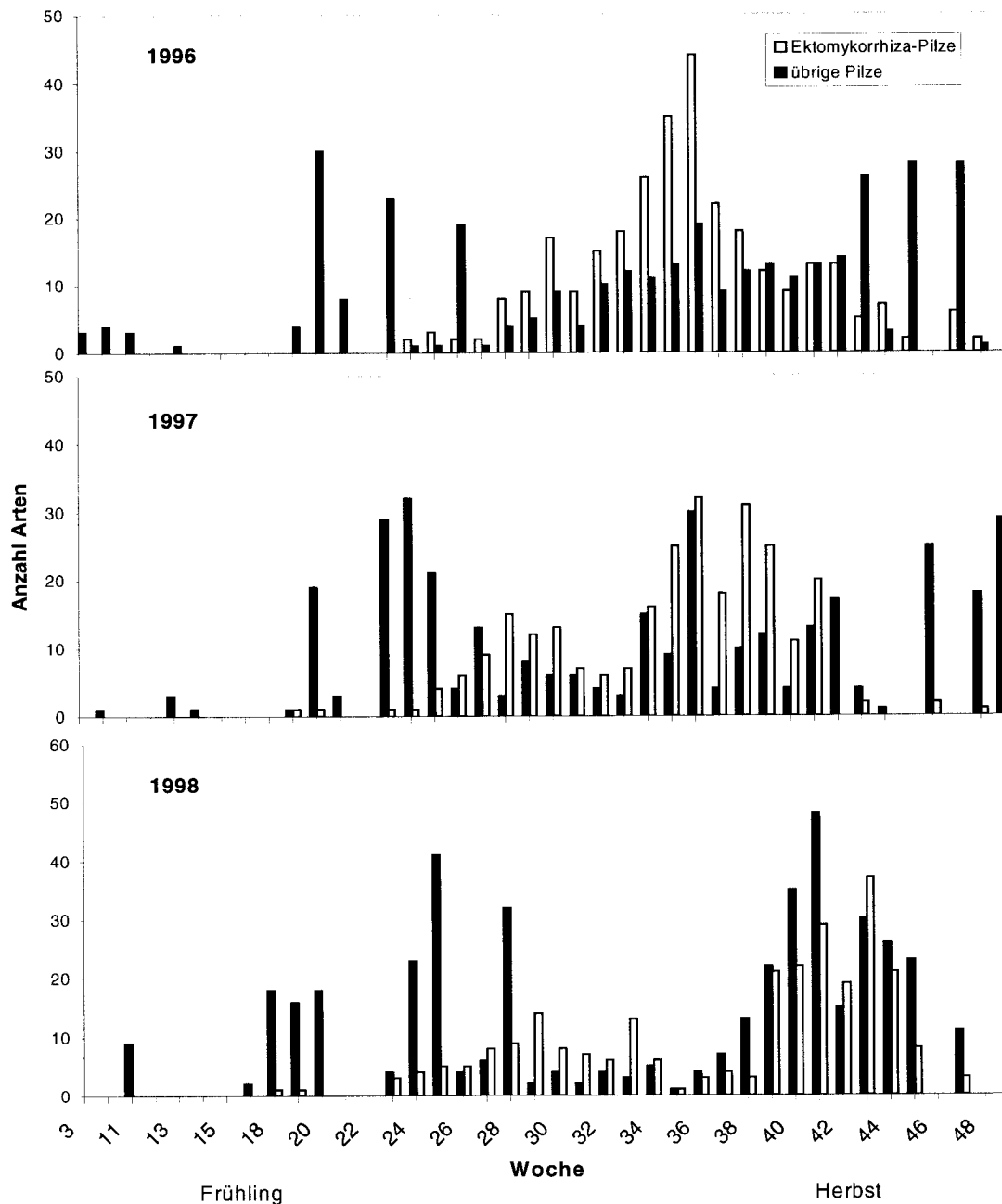


Abb. 3.53: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation in Copera zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 VF vorkommenden **Arten** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

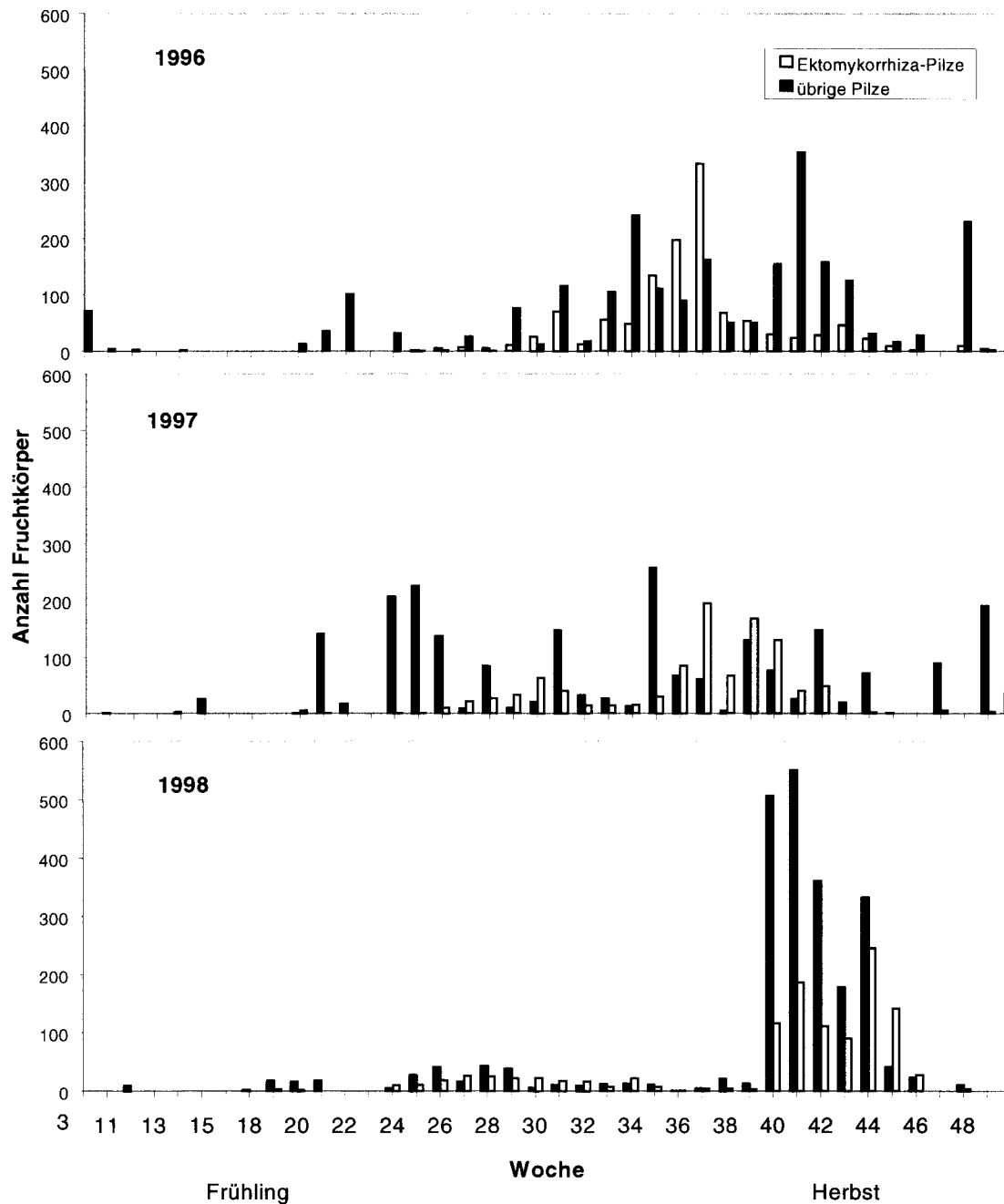


Abb. 3.54: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation in Copera zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 VF vorkommenden **Fruchtkörper** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

In Abb. 3.55 und Abb. 3.56 wurden die VF nach autochthonen Laubbäumen und eingeführten Nadelbaumarten getrennt ausgewertet. Der Aspekt im Laubwald bezieht sich somit auf die Daten aus 4 VF, derjenige im Nadelwald dagegen auf die Daten aus 13 VF. Sowohl die EM-Pilze als auch die übrigen Pilzarten sind im Nadelwald jahreszeitlich früher als im Laubwald erschienen. Im Nadelwald wurden v.a. mehr



lignicole Pilzarten als im Laubwald registriert. Der saisonale Aspekt der Pilzfruktifikation ist sonst in beiden Waldtypen ähnlich.

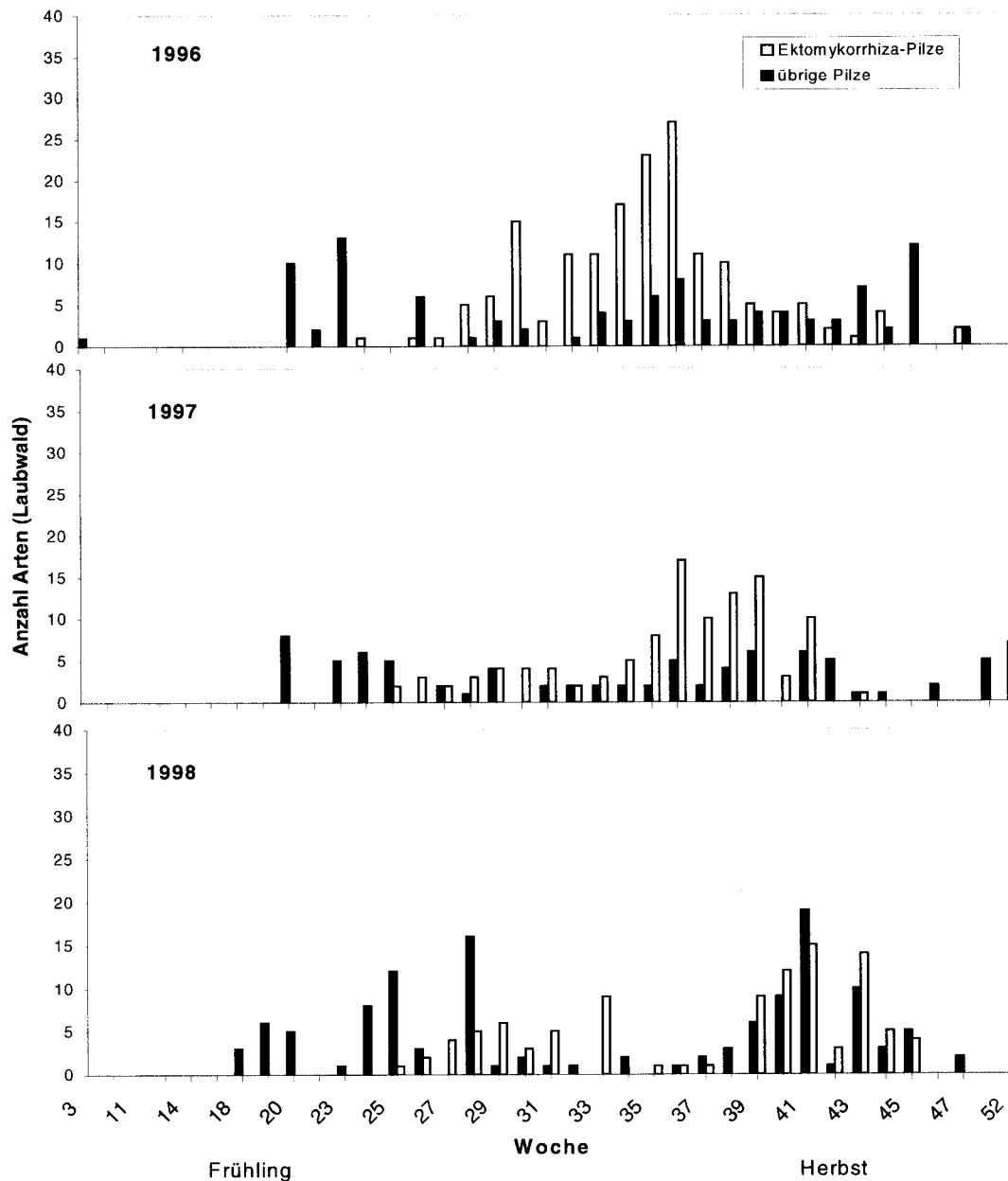


Abb. 3.55: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation im **lokalen Laubwald** zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 4 VF (2 mit *Castanea sativa* und 2 *Fagus sylvatica* als dominante Baumart) vorkommenden **Arten** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

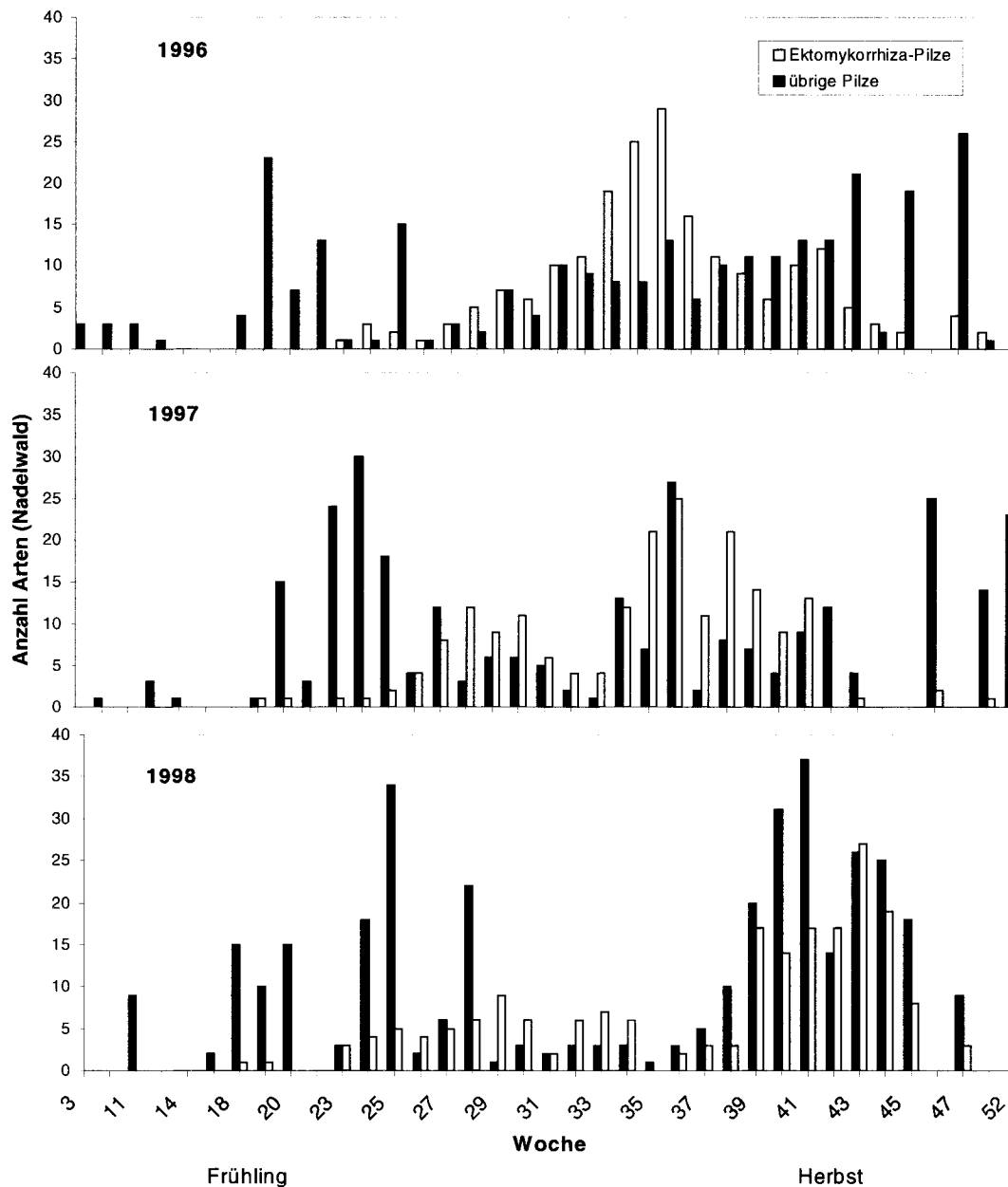


Abb. 3.56: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation im **aufgeforsteten Nadelwald** zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 13 VF (3 mit *Picea excelsa*, 3 mit *Pseudotsuga taxifolia*, 2 mit *Pinus strobus*, 1 mit *Pinus nigra*, 2 mit *Pinus silvestris* und 2 mit *Larix decidua* als Baumarten) vorkommenden **Arten** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

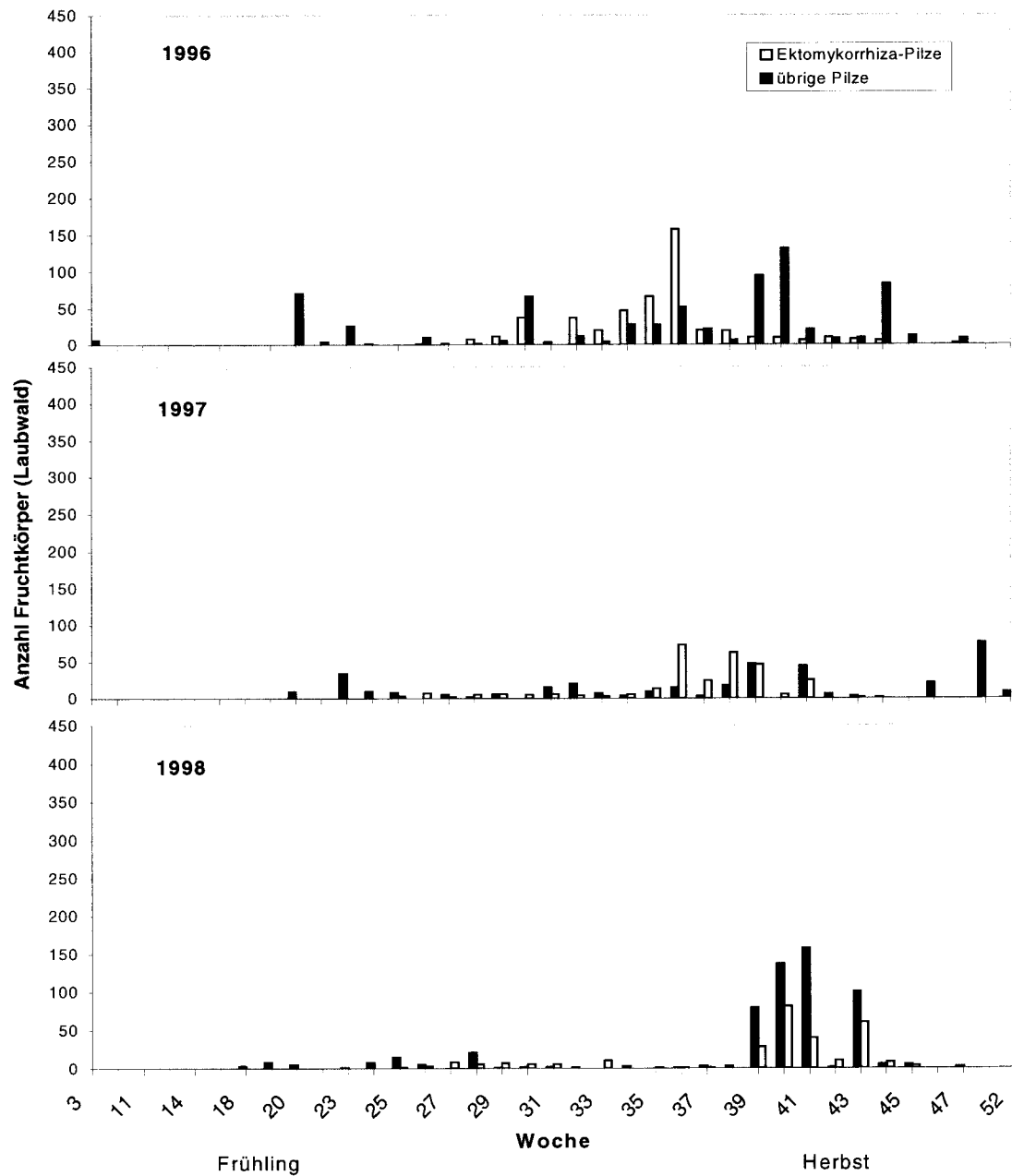


Abb. 3.57: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation im **lokalen Laubwald** zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 4 VF (2 mit *Castanea sativa* und 2 *Fagus sylvatica* als dominante Baumart) vorkommenden **Fruchtkörper** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

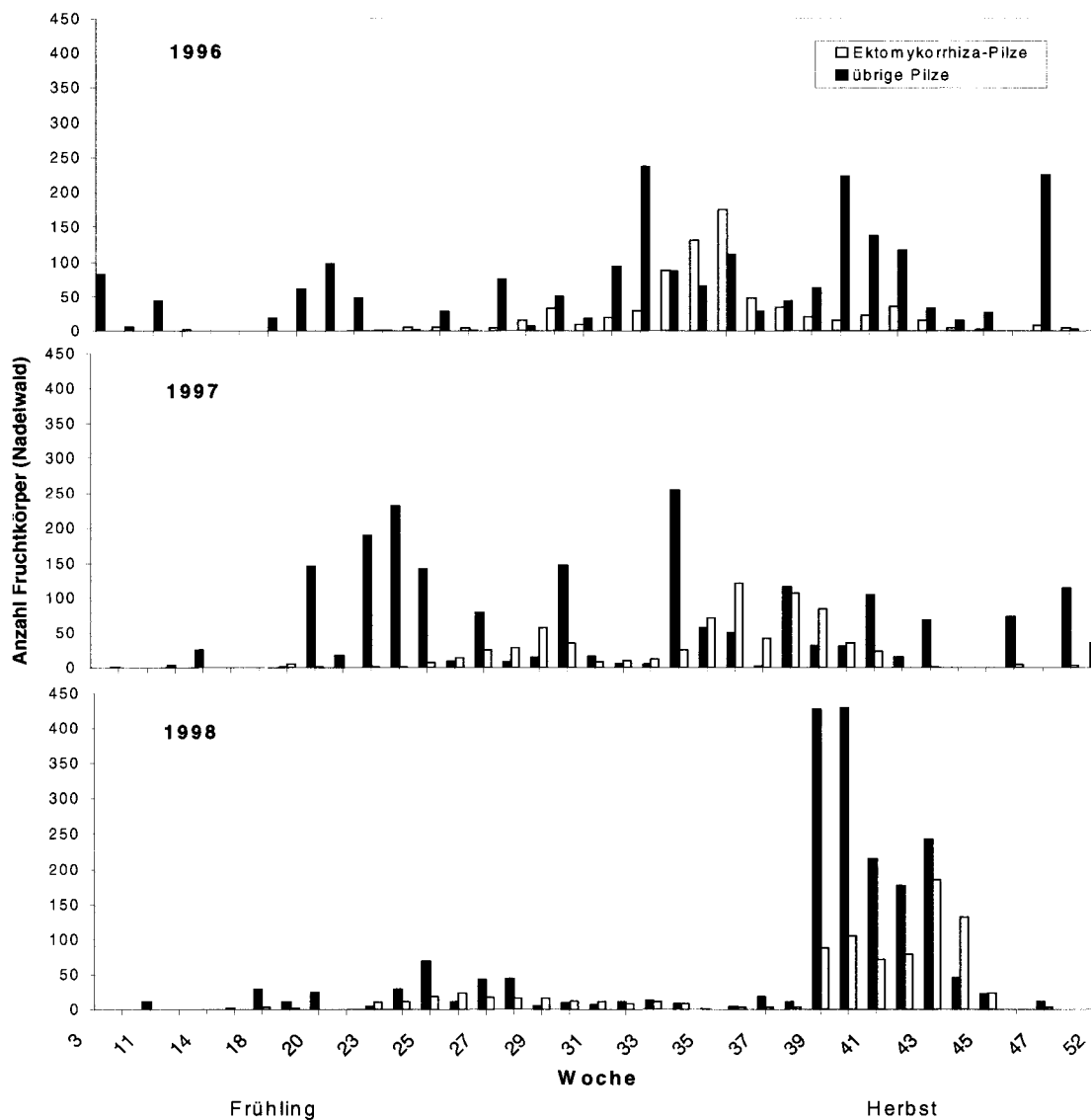


Abb. 3.58: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation im **aufgeforsteten Nadelwald** zwischen 1996 und 1998: Summe der pro Woche in den 13 VF (3 mit *Picea excelsa*, 3 mit *Pseudotsuga taxifolia*, 2 mit *Pinus strobus*, 1 mit *Pinus nigra*, 2 mit *Pinus silvestris* und 2 mit *Larix decidua* als Baumarten) vorkommenden **Fruchtkörper** von Ektomykorrhiza-Pilzen (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich terricole, lignicole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

Im Folgenden wird der saisonale Aspekt der Pilzfruktifikation in den einzelnen VF während der Untersuchungszeit (zwischen 1996 und 1998) beschrieben. (Zusammenhang zwischen Pilzfruktifikation und Witterungsverlauf vgl. in Kap. 3.4.6). Die VF wurden nach Baumarten gruppiert und die vorkommenden Pilzarten zusammengezählt. Der Aspektverlauf im Fichten- und Douglasienwald bezieht sich somit auf die Daten aus jeweils 3 VF, aber derjenige im Schwarzföhrenwald auf die Daten einer einzigen VF. Die Auswertung des Aspektverlaufes in den 5 übrigen

Waldtypen (Kastanien-, Buchen-, Lärchen-, Waldföhren- und Weymouthsföhrenwald) stützt sich auf die Daten aus jeweils 2 VF.

*Castanea sativa* (Abb. 3.59)

Die ersten holzsaprobe Pilzarten sind im Kastanienwald zwischen der 18. und der 20. Kalenderwoche (Anfang bzw. Mitte Mai) aufgetreten. Die ersten EM-Pilze (*Amanita spissa*, *Lactarius decipiens*) konnten erst Mitte Juni aufgenommen werden. Im Jahre 1998 ist die erste EM-Pilzart (*Lactarius volemus*) erst im Juli aufgetreten. Sommer- und Herbstaspekt sind im allgemeinen durch das Auftreten der EM-Pilzarten gekennzeichnet. 1998 beginnt der Herbstaspekt erst im Oktober. Die jahreszeitliche Entwicklung der Pilzflora zeigt in den Jahren 1996 und 1997 eine charakteristische, zwei Amplituden umfassende Kurve mit ausgeprägten Fundspitzen an Holzsaprobe im Frühling und an EM-Pilzen im September. Im Jahre 1998 ist die zweite Fundspitze für EM-Pilze zum Oktober verschoben. Zudem ist im Sommer 1998 ein dritter Aspekt für EM-Pilze zu beobachten.

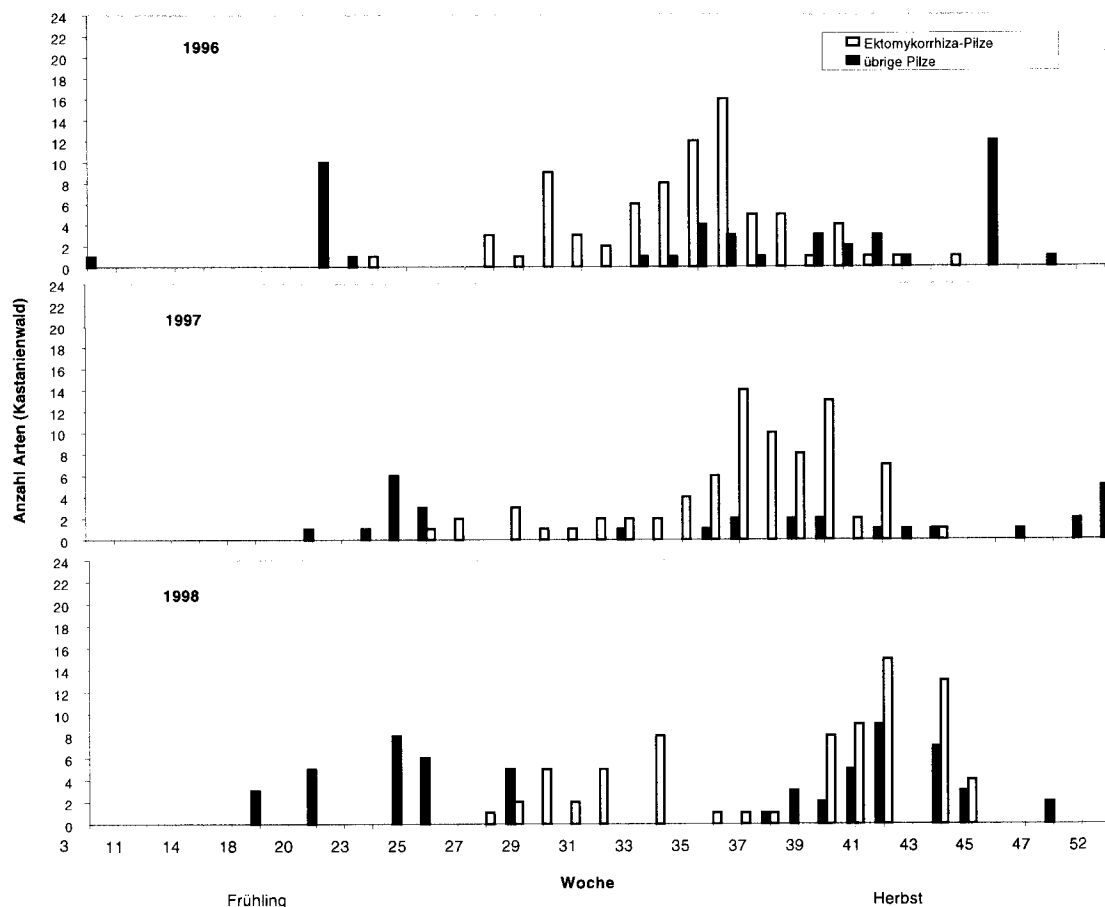


Abb. 3.59: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im lokalen **Kastanienwald** (2 VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

*Fagus silvatica* (Abb. 3.60)

Der jahreszeitliche Aspekt der Pilzflora im Buchenwald zeigt für alle drei Jahre eine zwei Amplituden umfassende Kurve mit ausgeprägten Fundspitzen im Frühling (ca. 21. Kalenderwoche) und im Spätsommer-Herbst. Das zweite Fruktifikationsmaximum im Herbst 1997 ist niedriger ausgefallen (keine deutliche Fundspitze im September). Im Jahr 1998 ist sie um etwa 3-4 Wochen auf den Monat Oktober verschoben. Die ersten EM-Pilzarten (*Amanita gemmata*, *Amanita rubescens*) konnten erst Ende Juni festgestellt werden. Ende November wurden noch 2 EM-Pilzarten (*Cortinarius anomalus*, *Russula ochroleuca*) in den VF angetroffen.

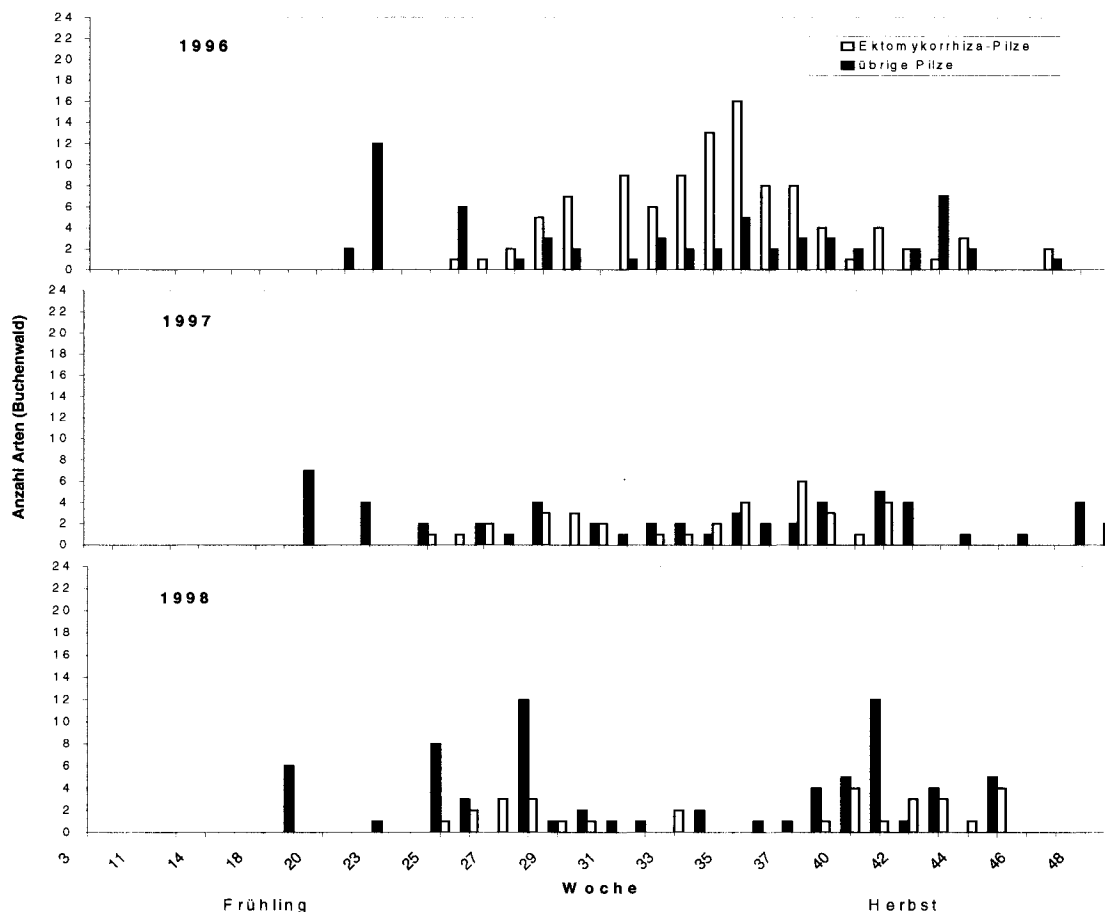


Abb. 3.60: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im lokalen **Buchenwald** (2VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

*Larix decidua* (Abb. 3.61)

Die zwei Amplituden umfassende Kurve mit Fundspitzen für Holzsaprobe im Frühling und EM-Pilze im September ist auch beim jahreszeitlichen Aspekt der Pilzflora im Lärchenwald in den Jahren 1996 und 1997 ersichtlich. Im Jahr 1998 ist der Kurvenverlauf etwas gedämpft und das zweite Maximum ist auf den Oktober

verschoben. Die ersten *Inocybe* Arten wurden in den Jahren 1997 und 1998 schon Ende Mai aufgenommen. Im Jahr 1996 konnten hingegen die ersten EM-Pilze (*Russula*-Arten) erst einen Monat später beobachtet werden. *Laccaria*-, *Inocybe*- und *Clavulina*-Arten wurden am Ende der Saison noch Ende November registriert.

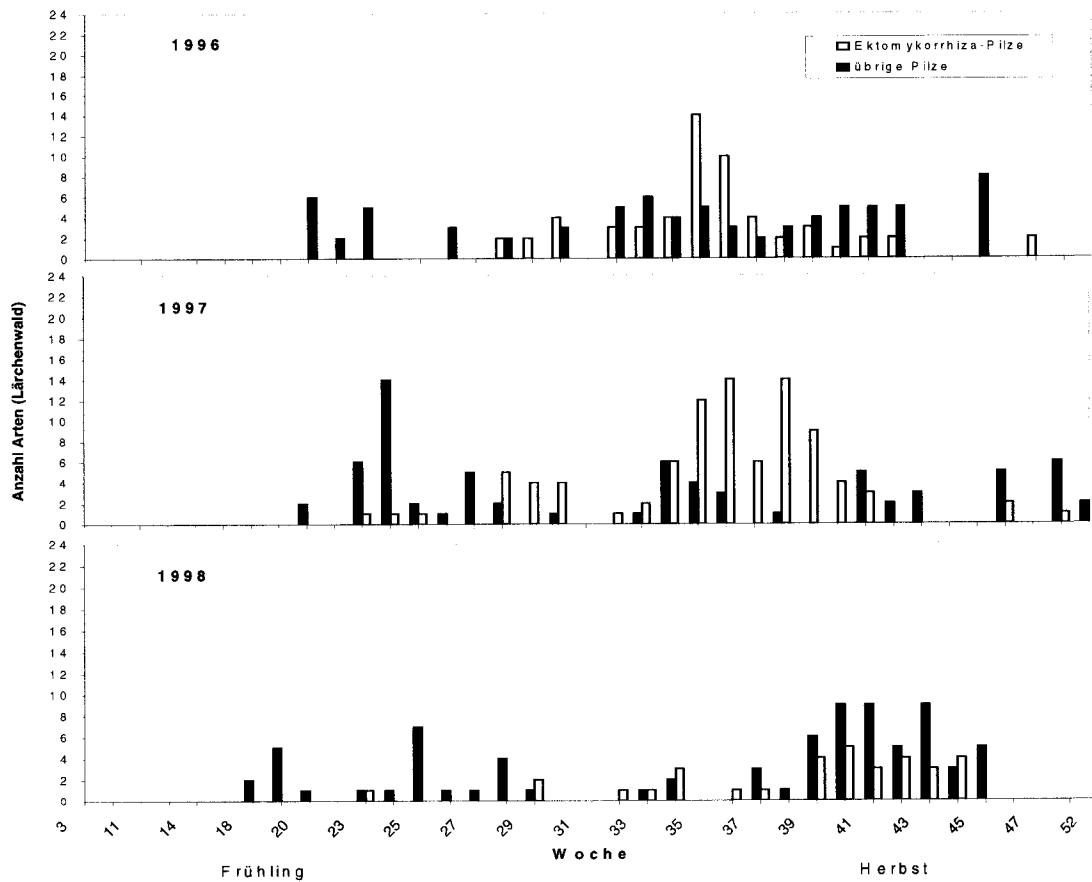


Abb. 3.61: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Lärchenwald** (2VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

### *Pinus silvestris* (Abb. 3.62)

Der Winter- und Frühlingsaspekt der Pilzflora im Waldföhrenwald ist besonders durch das Auftreten von Holzsaproben gekennzeichnet. Die ersten EM-Pilze (*Amanita gemmata*, *Amanita spissa*) wurden in den Jahren 1996 und 1997 Ende Juni, bzw. anfangs Juli aufgenommen. Im Jahre 1998 ist der Sommeraspekt praktisch ausgeblieben und die EM-Pilzarten wurden erst später im Herbst registriert. Das Maximum der Pilzfunde wurde Ende Oktober erreicht.

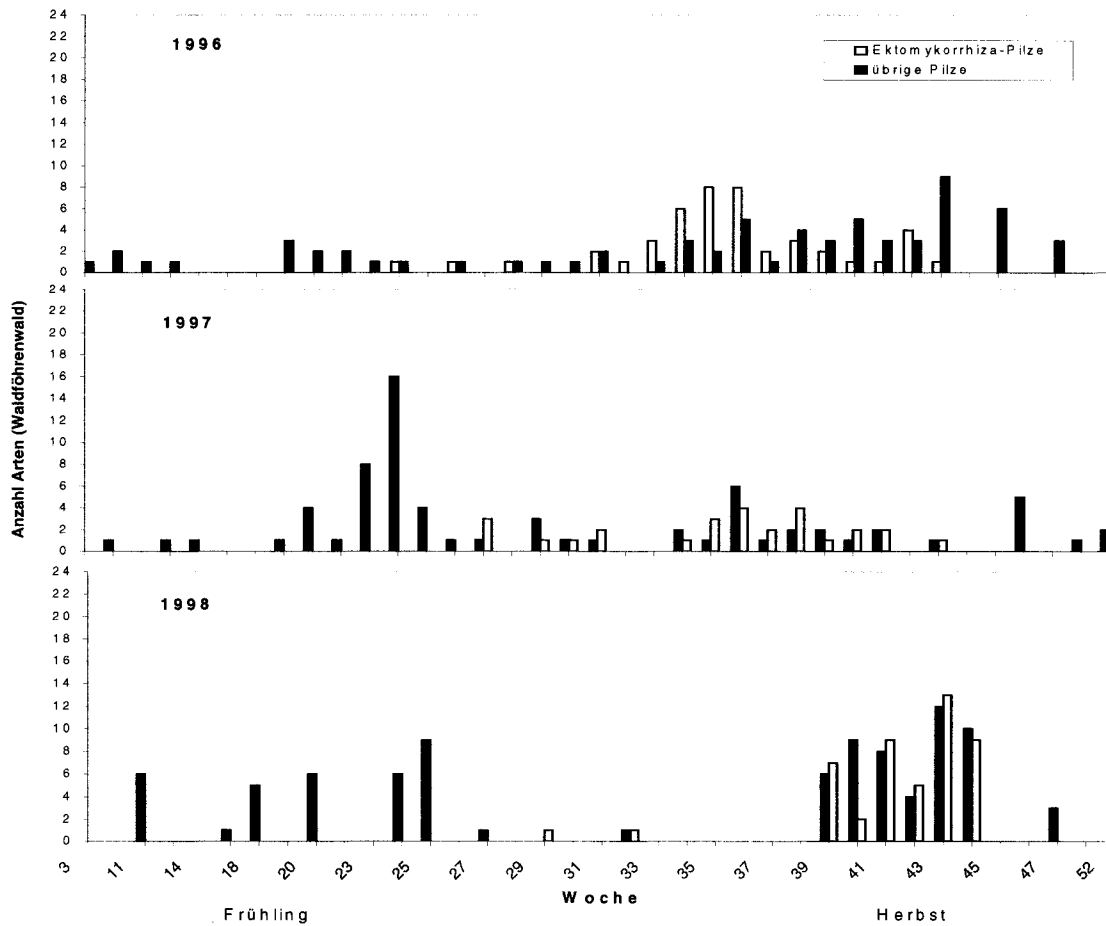


Abb. 3.62: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Waldföhrenwald** (2VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

### *Picea excelsa* (Abb. 3.63)

Der jahreszeitliche Aspektverlauf der Pilzflora im Fichtenwald ähnelt dem des Kastanienwaldes: zwei Fundspitzen im Frühling und Ende des Sommers in den Jahren 1996 und 1997, mit einem dritten Maximum im Jahr 1998. Einige Abweichungen: die Fundspitze im Frühling 1996 ist niedriger und 1998 jahreszeitlich verschoben. Das Fundmaximum im Herbst 1998 ist durch holzsaprobe und nicht durch EM-Pilze gegeben.

*Elaphomyces granulatus* wurde im Mai aufgenommen, sonst wurden die ersten EM-Pilzarten (*Amanita gemmata*, *Amanita spissa*) erst Ende Juni registriert. 1996 und 1998 wurde *Amanita gemmata*, *Xerocomus badius*, *Russula ochroleuca* und *Inocybe*-Arten noch Ende November gefunden.



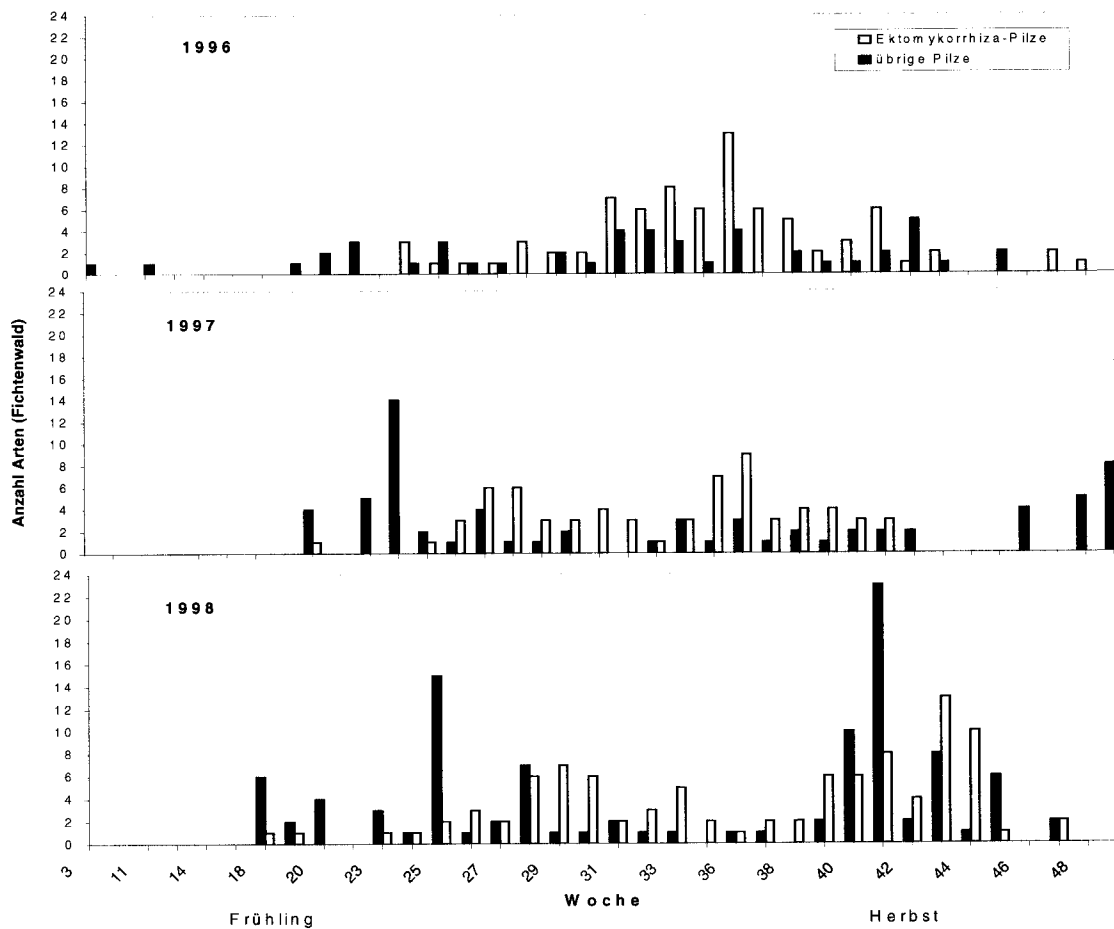


Abb. 3.63: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Fichtenwald** (3 VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

#### *Pinus nigra* (Abb. 3.64)

Der jahreszeitliche Aspekt der Pilzflora in der VF mit *Pinus nigra* als dominierende Baumart zeigt keine deutlich ausgeprägte Fundspitze. Die Artenarmut lässt sich teilweise aus der Tatsache erklären, dass nur eine einzige VF vorhanden war. *Amanita gemmata* beginnt Ende Mai zu fruktifizieren und schliesst im November den Aspektverlauf der EM-Pilzarten ab.

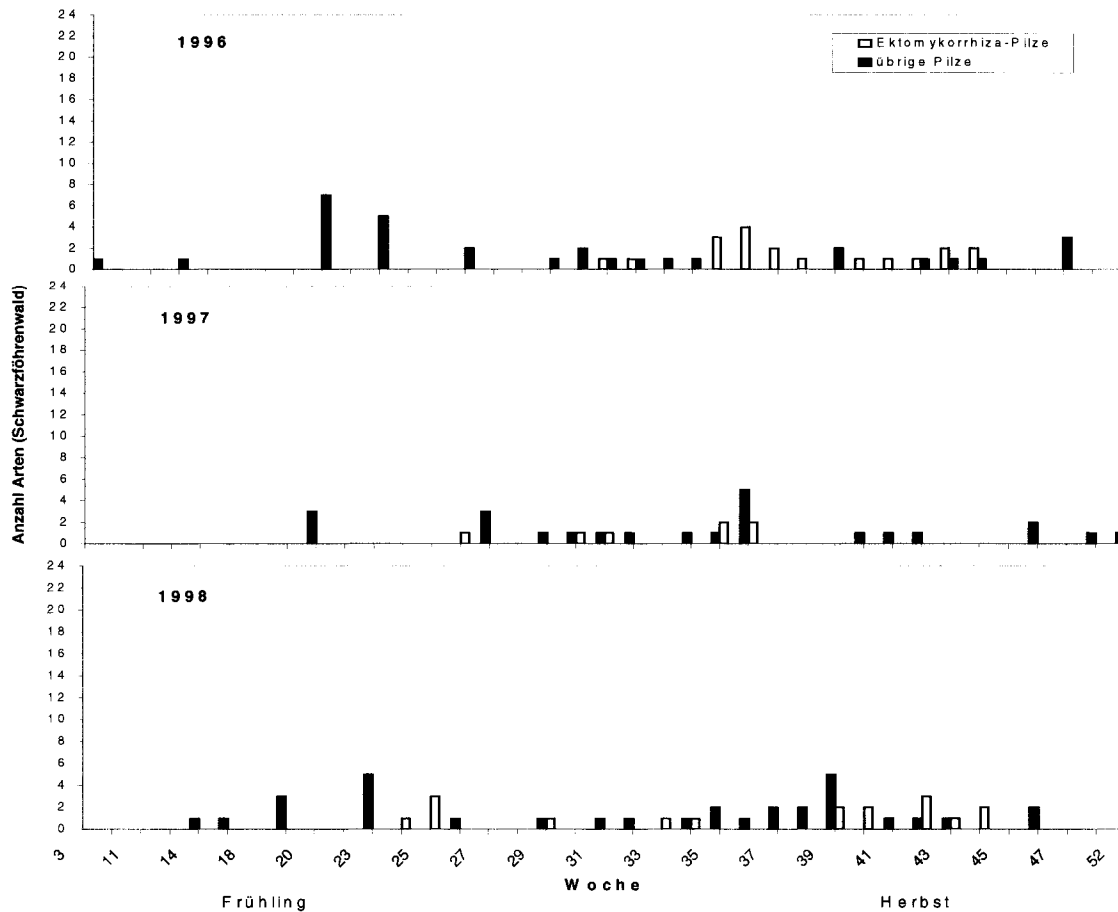


Abb. 3.64: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Schwarzföhrenwald** (1VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

#### *Pinus strobus* (Abb. 3.65)

Der Aspektverlauf der Pilzflora im Weymouthsföhrenwald ist mit derjenigen des Waldföhrenwaldes vergleichbar, mit der Ausnahme, dass unter *Pinus strobus* weniger Arten aufgenommen wurden. Im Jahre 1998 ist die Fundspitze in den Spätfrühling verschoben, der Sommeraspekt ist praktisch ausgeblieben und die ersten EM-Pilze wurden erst im Herbst aufgenommen.

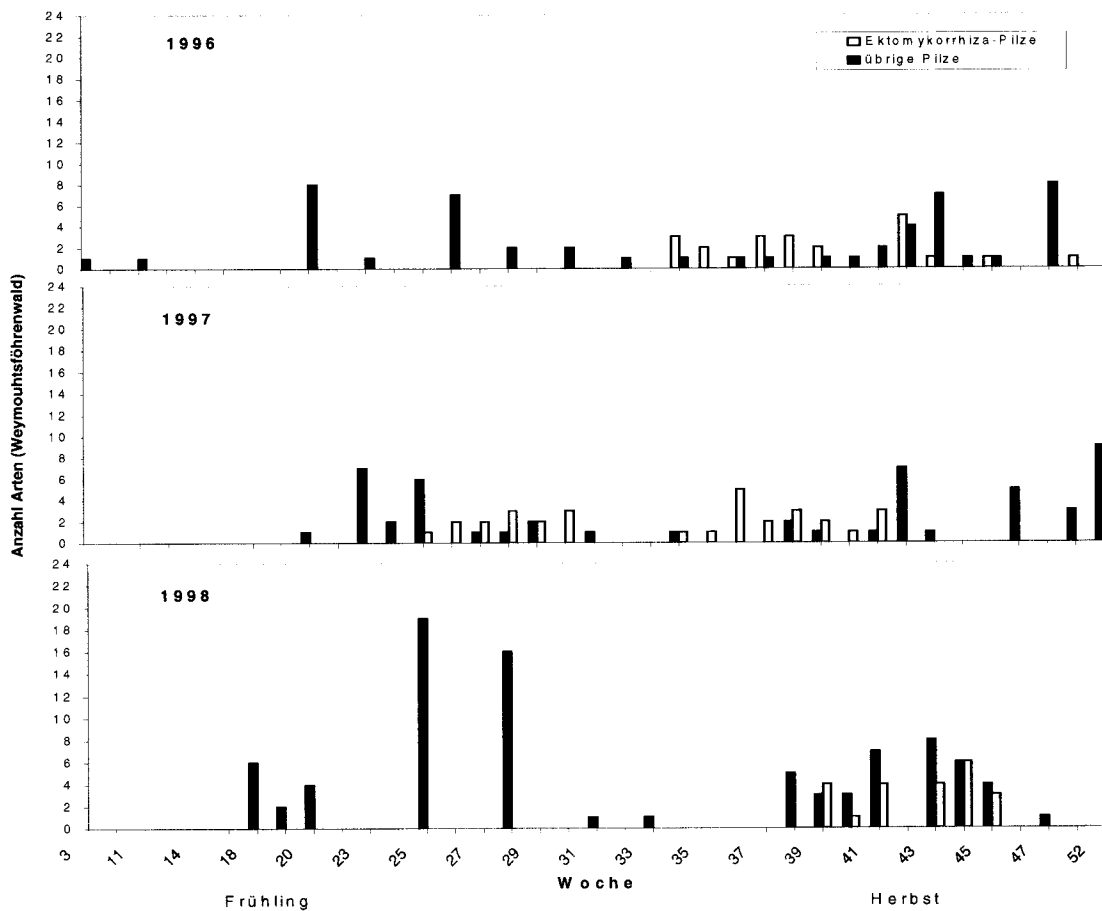


Abb. 3.65: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Weymouthsföhrenwald** (2 VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

#### *Pseudotsuga taxifolia* (Abb. 3.66)

Der saisonale Aspekt der Pilzfruktifikation im Douglasienwald gleicht weitgehend dem des Lärchen- und Föhrenwaldes. Die Fundspitze der zwei Amplituden umfassenden Kurve im Frühling und Herbst wird aber quantitativ durch Holzproben verursacht. *Elaphomyces granulatus* und *Amanita gemmata* beginnen, *Amanita gemmata* und *Inocybe*-Arten beenden den Aspektverlauf der EM-Pilzarten.

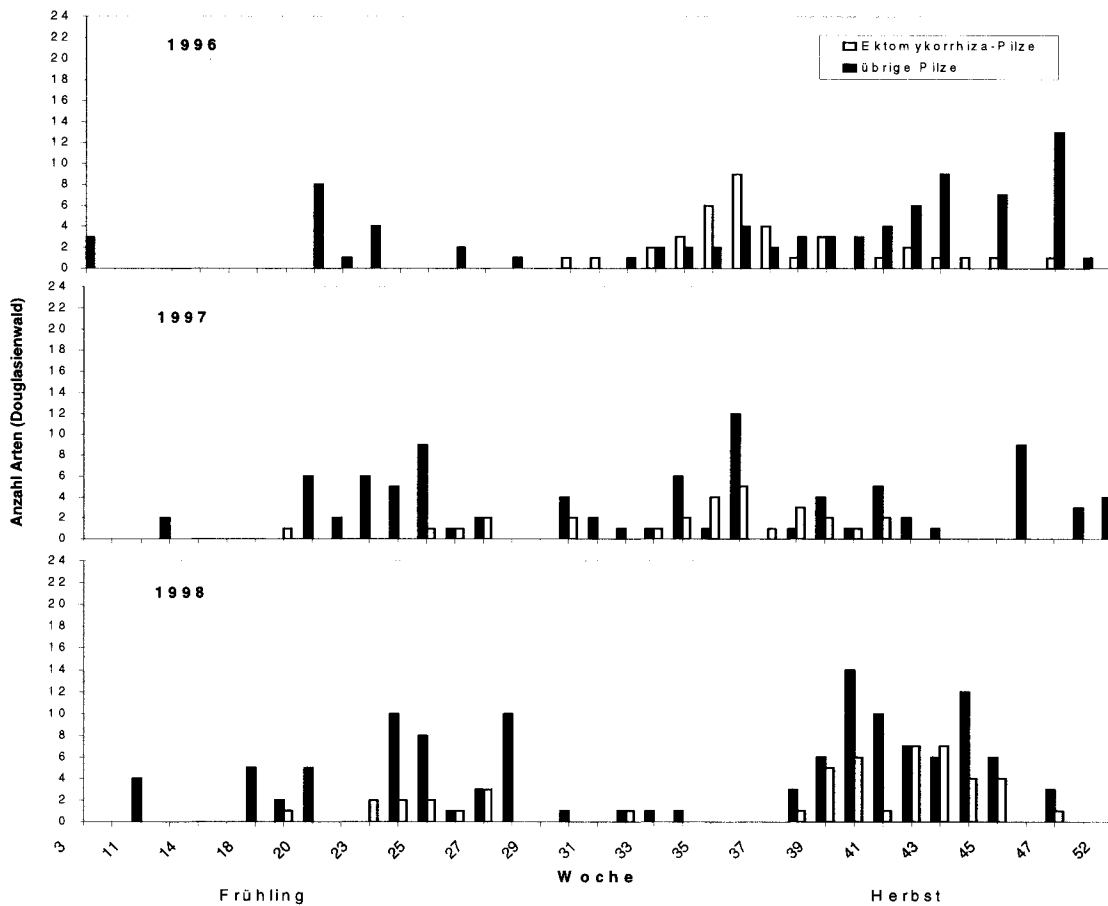


Abb. 3.66: Saisonale Aspekte der Pilzfruktifikation zwischen 1996 und 1998 im aufgeforsteten **Douglasienwald** (3 VF): Summe der pro Woche vorkommenden Arten von EM-Pilze (weisse Säule) und übrigen Pilzarten, nämlich lignicole, terricole Saprobe und Parasiten (schwarze Säule).

### 3.4.5 Phänologie ausgewählter Pilz-Taxa (Abb. 3.67 - Abb. 3.75)

Im Folgenden werden die zeitlichen Aspekte der Fruktifikation von Pilzarten charakterisiert, welche im Verlauf der Untersuchungsjahre (1996 – 1998) mit wenigstens 20 Frkp. aufgetreten sind. Die Arten, die nur sporadisch und mit einzelnen Frkp. nachgewiesen wurden, sind in der Auswertung nicht berücksichtigt. Die Interpretation bezieht sich auf Daten aus allen 17 VF.

Bei gewissen Taxa hält die Frkp.-Produktion während der gesamten Vegetationsperiode +/- kontinuierlich an (*Amanita gemmata*, *Phallus impudicus*). Andere Pilzarten sind im Gegensatz dazu nur während einer kurzen Zeit im Jahr anzutreffen (*Strobilurus stephanocystis*, *Mycena abramsii*). Je nachdem wie schnell eine Art auf Regen bzw. auf Trockenheit reagiert, kann sie auch mehrmals die Bildung von Frkp. an- und aussetzen (*Mycena sanguinolenta*). Je nach Temperatur- und Niederschlags-Verhältnissen ändert sich die Periodizität einer Art von Jahr zu Jahr.

#### Boletales (Abb. 3.67)

In Abb. 3.67 ist der zeitliche Aspekt der Fruktifikation von 5 Arten aus der Ordnung der Boletales während der Jahre 1996, 1997 und 1998 dargestellt. Die Frkp.-Produktion von *Xerocomus badius* hat ab Ende Juli bis Ende November +/- kontinuierlich angehalten (mit Maximum im September bzw. 4 Wochen später im Jahr 1998). Die Frkp.-Produktion von *Tylophilus felleus* und *Paxillus atrotomentosus* hingegen konzentriert sich auf den Sommer und diejenige von *Suillus bovinus* und *Paxillus involutus* auf den Herbst. *Paxillus atrotomentosus* ist in jedem der drei untersuchten Jahre +/- konstant aufgetreten, die Frkp. Produktion von *Paxillus involutus* hingegen ist v.a. im Jahr 1997 stark zurückgegangen. Weil vergrabenes Holz nicht so schnell austrocknet, hat *P. atrotomentosus* vermutlich nicht so stark unter der anhaltenden Trockenperiode im Frühling 1997 und 1998 gelitten. Die Fruktifikation von Pilzarten aus der gleichen Gattung können eine zeitliche Abfolge (zeitliche Vikarianz) aufweisen (GRIESSER 1992). *P. atrotomentosus* hat die Fruktifikationsperiode Ende September beendet und wurde ab Oktober von *P. involutus* abgelöst. Beide Arten gehören aber zu zwei verschiedenen ökologischen Gruppen: *P. atrotomentosus* ist ein Holzsaprober der v.a. auf toten Nadelholzstümpfen auftritt. *P. involutus* dagegen ist eine EM-Art mit einer breiten ökologischen Amplitude. Die Frkp.-Produktion von *X. badius* und *S. bovinus* waren 1996 am grössten; 1997 ist sie zurückgefallen, um im Jahre 1998 wieder anzusteigen. *Tylophilus felleus* hat vergleichsweise im Jahre 1997 die meisten Frkp. gebildet.

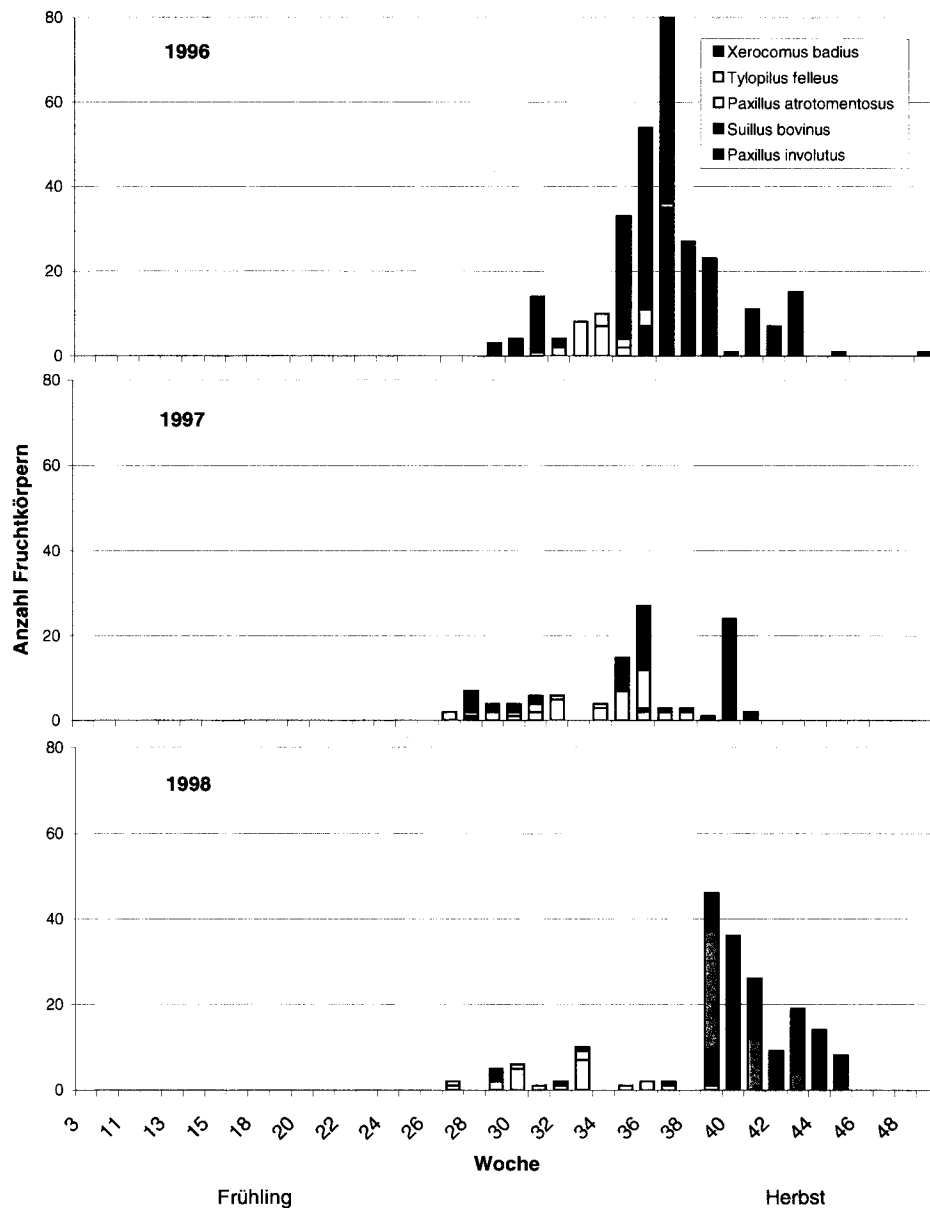


Abb. 3.67: Phänologie von fünf Arten der Ordnung Boletales (*Xerocomus badius*, *Tylopilus felleus*, *Suillus bovinus*, *Paxillus involutus*, *Paxillus atrotomentosus*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

#### Amanita (Abb. 3.68)

Abb. 3.68 zeigt den zeitlichen Aspekt der Frkp.-Bildung von 6 Arten der Gattung *Amanita* während der dreijährigen Untersuchungsperiode. *Amanita gemmata*, *A. rubescens* und *A. spissa* haben 1997 und 1998 zwei Fruktifikationschübe im Sommer und im Herbst. Im Jahr 1996 sind *A. spissa* und *A. gemmata* von Juli bis Oktober-November +/- kontinuierlich vertreten, mit Frkp.-Maxima im August. *A. muscaria*, *A. citrina* und *A. vaginata* sind v.a. im Herbst erschienen.

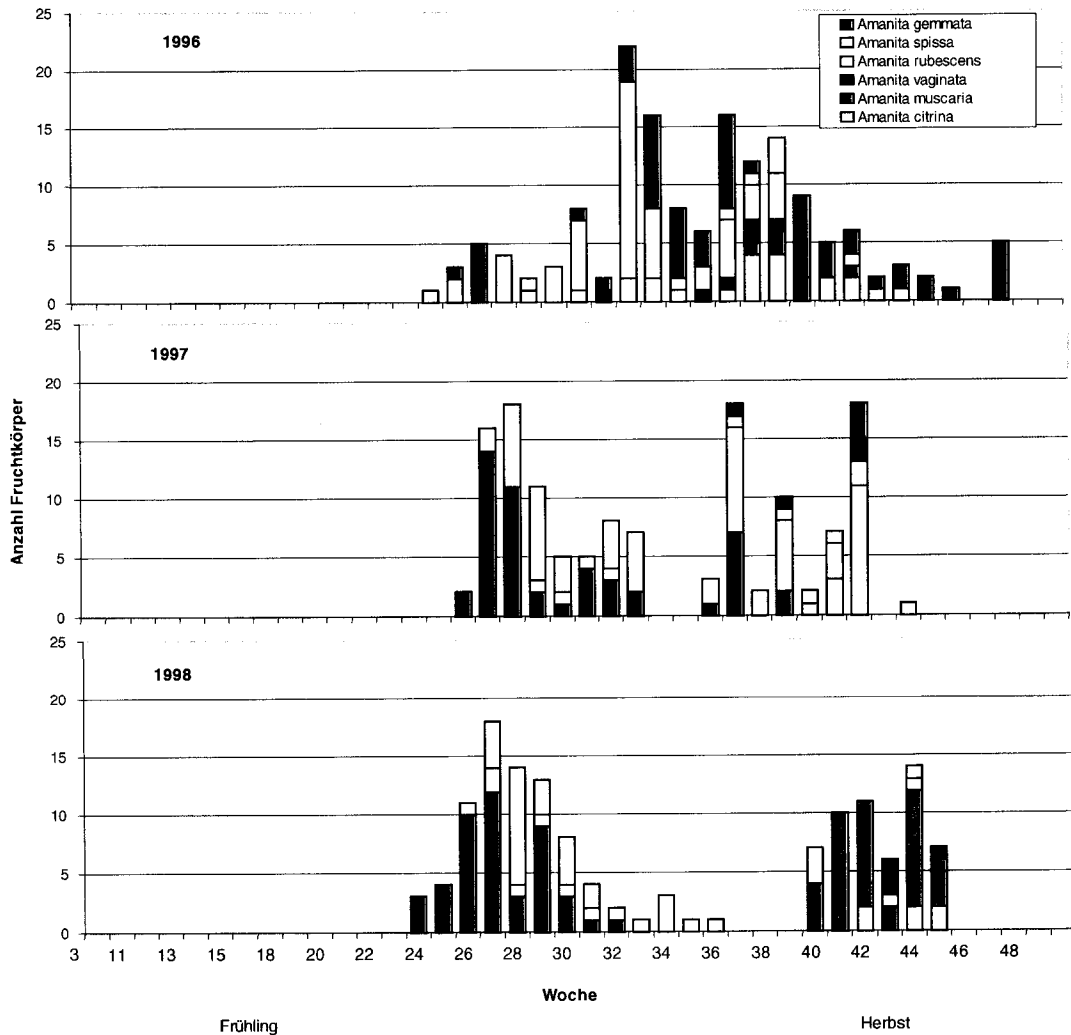


Abb. 3.68: Phänologie von sechs Arten der Gattung *Amanita* (*A. gemmata*, *A. rubescens*, *A. spissa*, *A. muscaria*, *A. citrina*, *A. vaginata*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

#### Laccaria (Abb. 3.69)

Abb. 3.69 zeigt den zeitlichen Aspekt der Frkp.-Bildung von drei Arten der Gattung *Laccaria* während der drei Untersuchungsjahre. Die dominierende Art war *L. laccata*. Die drei Arten schliessen sich im Kleinareal nicht aus und kommen zusammen vor. Die Arten haben Fruktifikationsschübe Ende September (bzw. Ende Oktober im Jahr 1998) verzeichnet. Das Vorkommen von Fruchtkörpern dauerte 1996 und 1997 von August bis Ende November. Im Gegensatz dazu sind 1998 diese Arten nur zwischen Oktober und November aufgetreten. Erstaunlicherweise wurden auch diese Pionierarten (HORAK & RÖLLIN 1988), die wie *Inocybe*-Arten typisch für gestörte Standorte sind, bezüglich Fruktifikation von den klimatisch besonderen Bedingungen des Jahres 1998 stark beeinflusst.

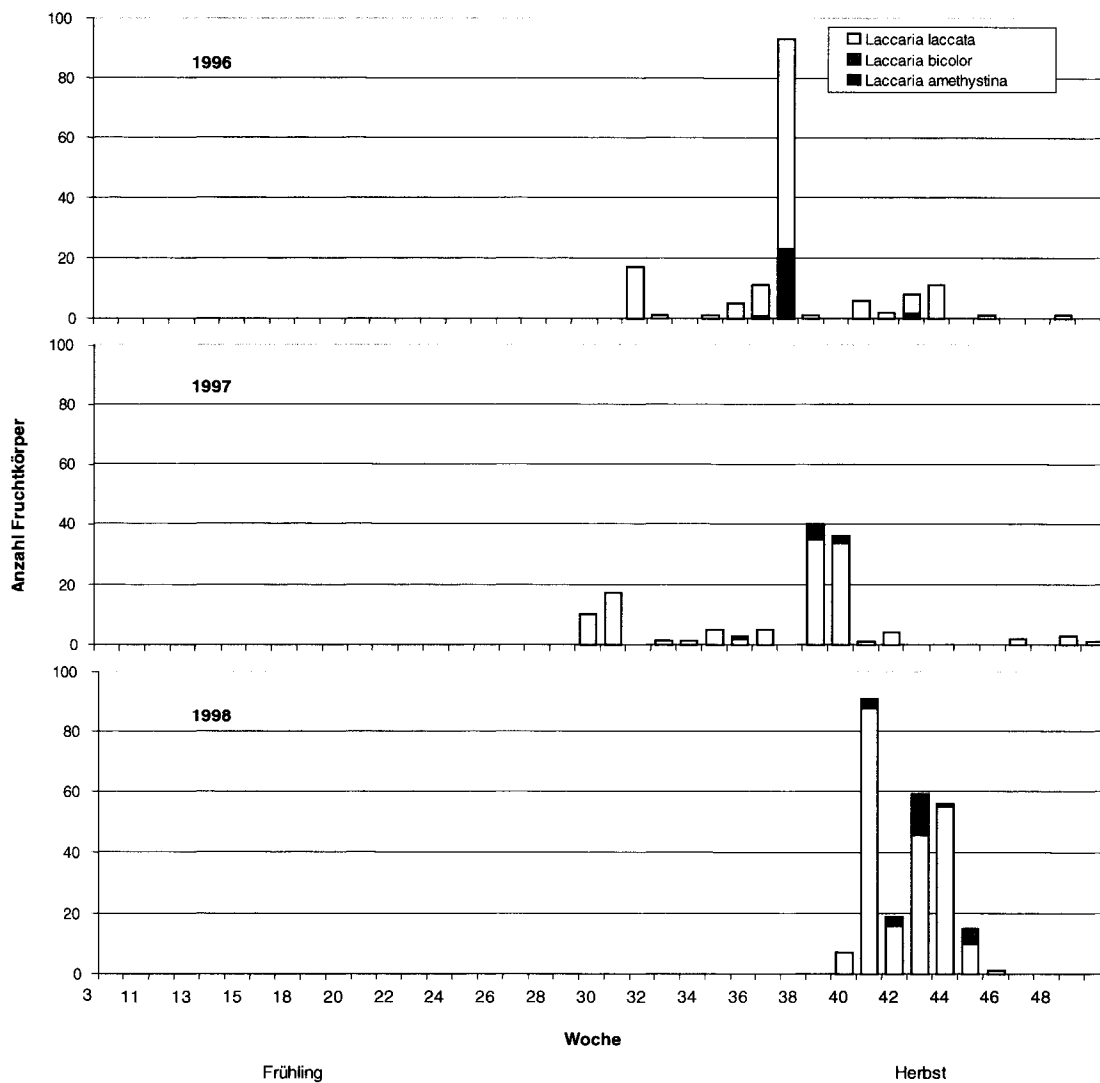


Abb. 3.69: Phänologie von drei Arten der Gattung *Laccaria* (*L. laccata*, *L. amethystina*, *L. bicolor*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

### Inocybe (Abb. 3.70)

Die vier ausgewerteten Arten von *Inocybe* haben 1996 und 1997 zwischen Juli-August und November +/- kontinuierlich Frkp., mit Maximum im September gebildet. 1998 sind zwei Fruktifikationschübe ersichtlich, die durch einen sommerlichen Produktionsunterbruch scharf voneinander getrennt sind.



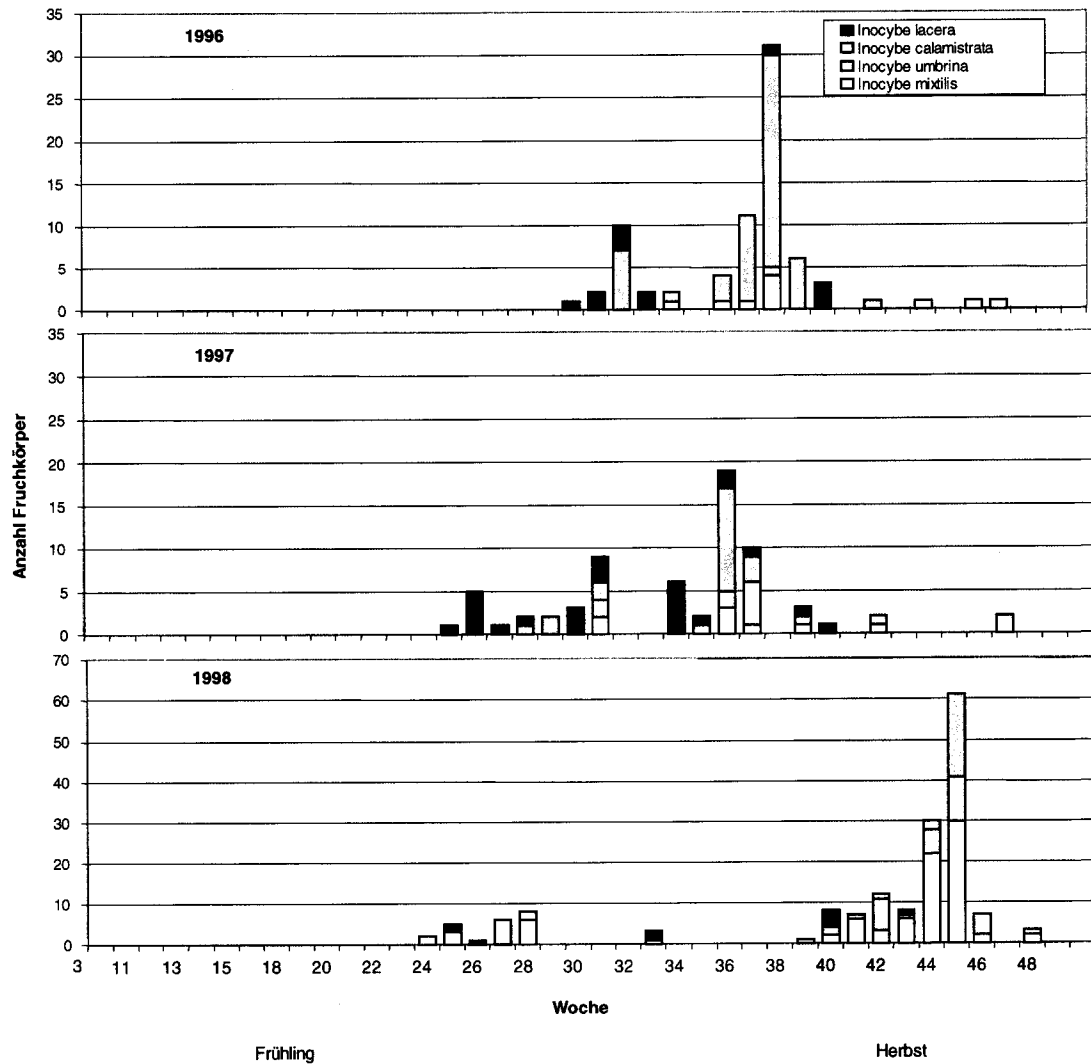


Abb. 3.70: Phänologie von vier Arten der Gattung *Inocybe* (*I. calamistrata*, *I. umbrina*, *I. mixtilis*, *I. lacera*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

### Russula (Abb. 3.71)

Abb. 3.71 zeigt den zeitlichen Aspekt der Frkp.-Bildung von acht Arten der Gattung *Russula* zwischen 1996 – 1998. *Russula ochroleuca* hat einen herbstlichen Aspekt aufgewiesen, die übrigen *Russula*-Arten sind von August bis November +/- kontinuierlich aufgetreten. Die Saison 1998 war für die Fruktifikation von *Russula*-Arten (mit der Ausnahme von *R. ochroleuca* und *R. vesca*) nicht optimal.

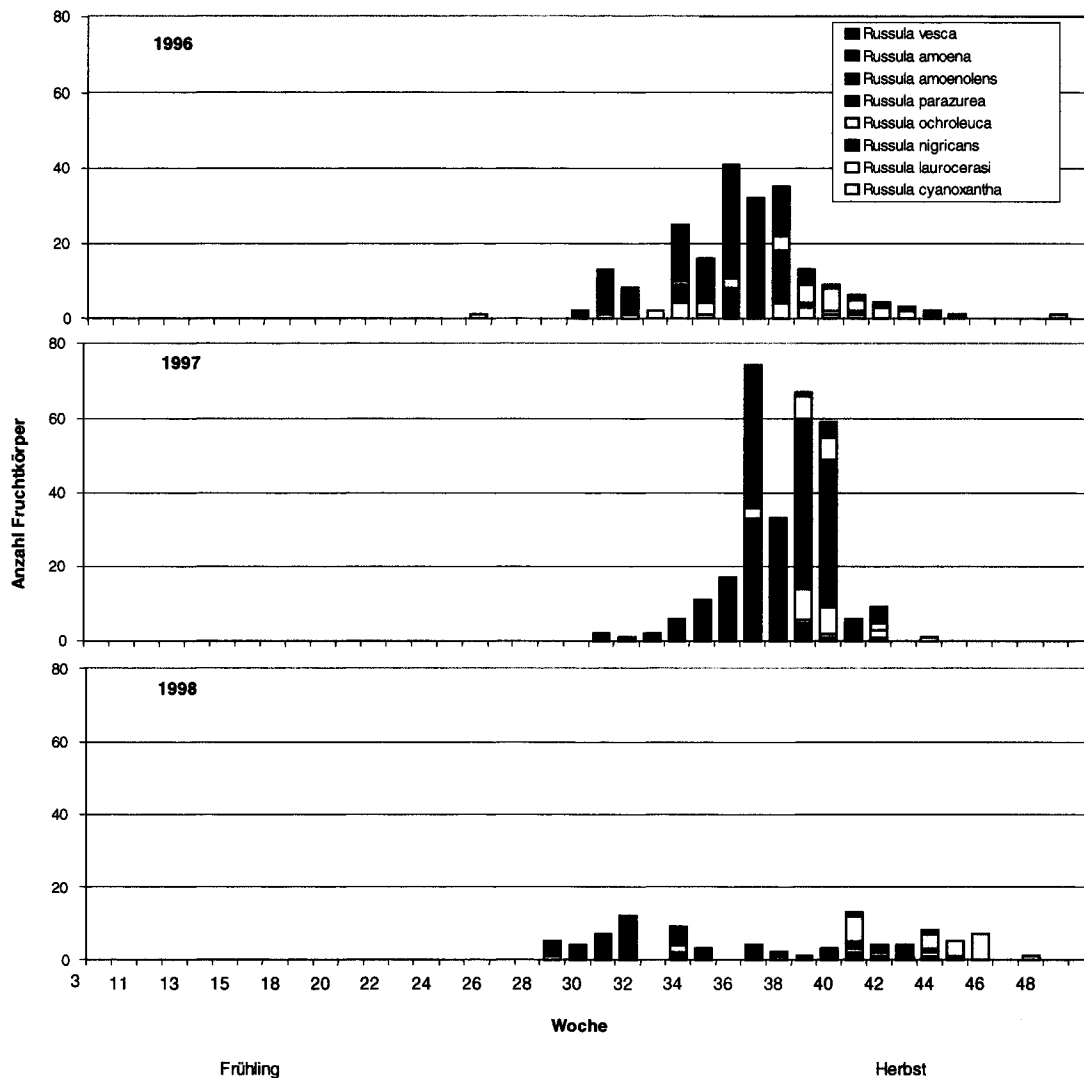


Abb. 3.71: Phänologie von acht Arten der Gattung *Russula* (*R. ochroleuca*, *R. amoena*, *R. amoenolens*, *R. parazurea*, *R. vesca*, *R. nigricans*, *R. cyanoxantha*, *R. laurocerasi*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

### *Mycena* (Abb. 3.72)

Das Fruktifikationsverhalten von EM-Pilzen und Saprobe zeigt deutliche Unterschiede. Die Frkp.-Produktion der Saprobe ist oft diskontinuierlich über mehrere Monate verteilt und wird hauptsächlich von Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen geprägt. Diejenige der EM-Pilze ist v.a. durch den Temperaturverlauf in der ersten Jahreshälfte und die sogenannten Vorausgangs-Niederschläge bestimmt (AGERER 1985, GRIESSER 1992). Die EM-Pilzarten weisen meist Ende September einen Frkp.-Schub auf, da dann die Assimilatverfügbarkeit an den Wurzeln der Bäume am grössten ist.

*Mycena abramsii* ist nur im Frühling, *Mycena inclinata* und *Mycena galericulata* sind dagegen immer nur im Herbst aufgetreten. Die übrigen *Mycena*-Arten haben eine diskontinuierliche Verteilung der Frkp. während des Jahres gezeigt. 1998 sind die

*Mycena*-Arten (sowohl die lignicolen Arten als auch die Humus und Streu abbauende Arten) bis zum Monat Oktober fast vollständig ausgeblieben.

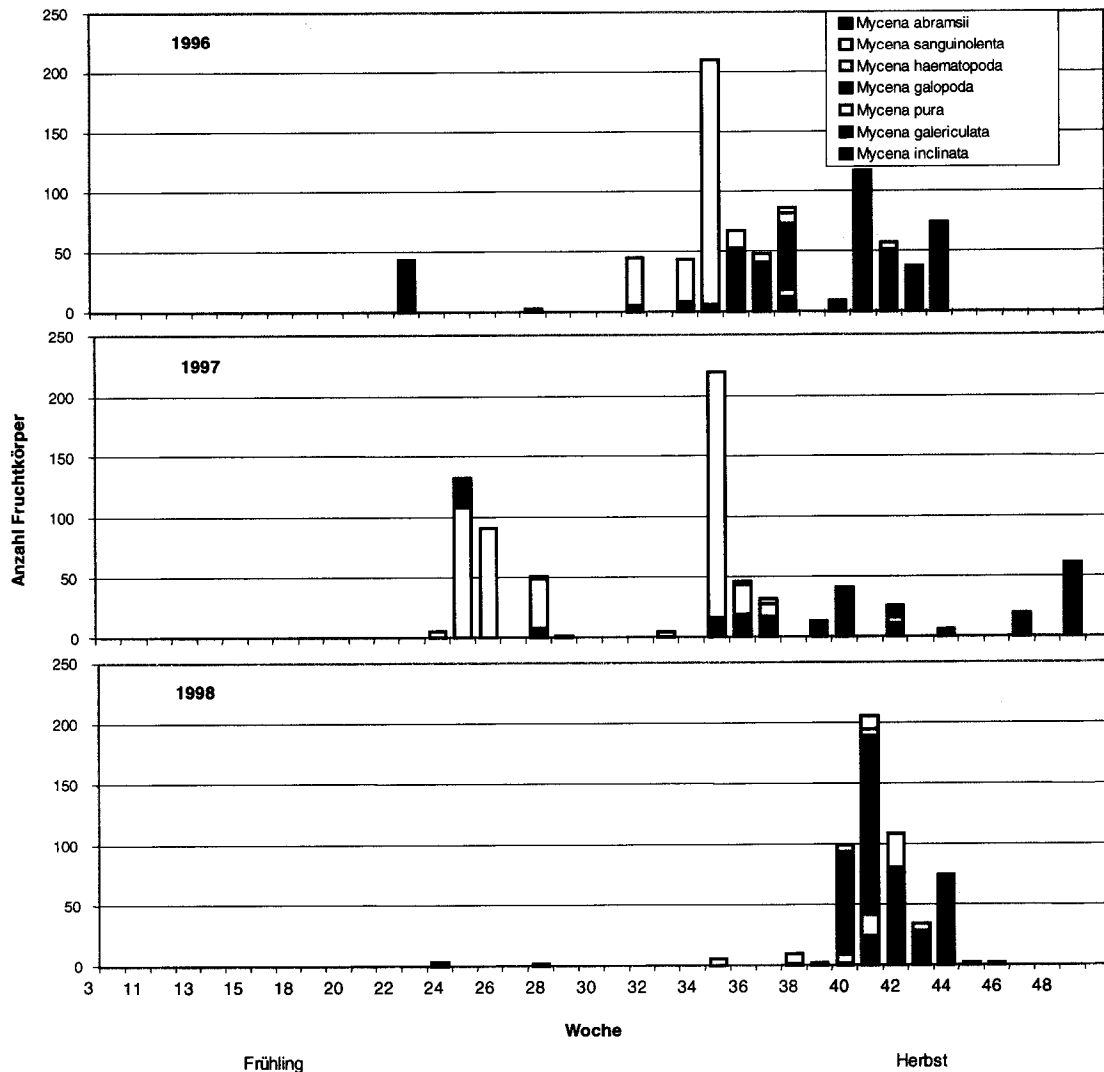


Abb. 3.72: Phänologie von 7 Arten der Gattung *Mycena* (*M. pura*, *M. abramsii*, *M. sanguinolenta*, *M. inclinata*, *M. haematopoda*, *M. galopoda*, *M. galericulata*) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

#### Armillaria, Hypholoma (Abb. 3.73)

Abb. 3.73 zeigt den zeitlichen Aspekt der Frkpf. Bildung von *Armillaria mellea*, *Hypholoma fasciculare* und *Hypholoma sublateritium*. Diese Holzsaproben weisen v.a. einen herbstlichen Fruktifikationsaspekt auf. Im Gegensatz zum Wurzelparasiten *Heterobasidium annosum*, der in allen aufgeforschten VF massenhaft vorgekommen ist, war *A. mellea* ziemlich selten.

Die VF in Copera werden seit Jahren regelmässig durchforstet, wobei viele Holzreste an Ort und Stelle zurückbleiben, sodass das Auftreten der Holzsaproben begünstigt wird.

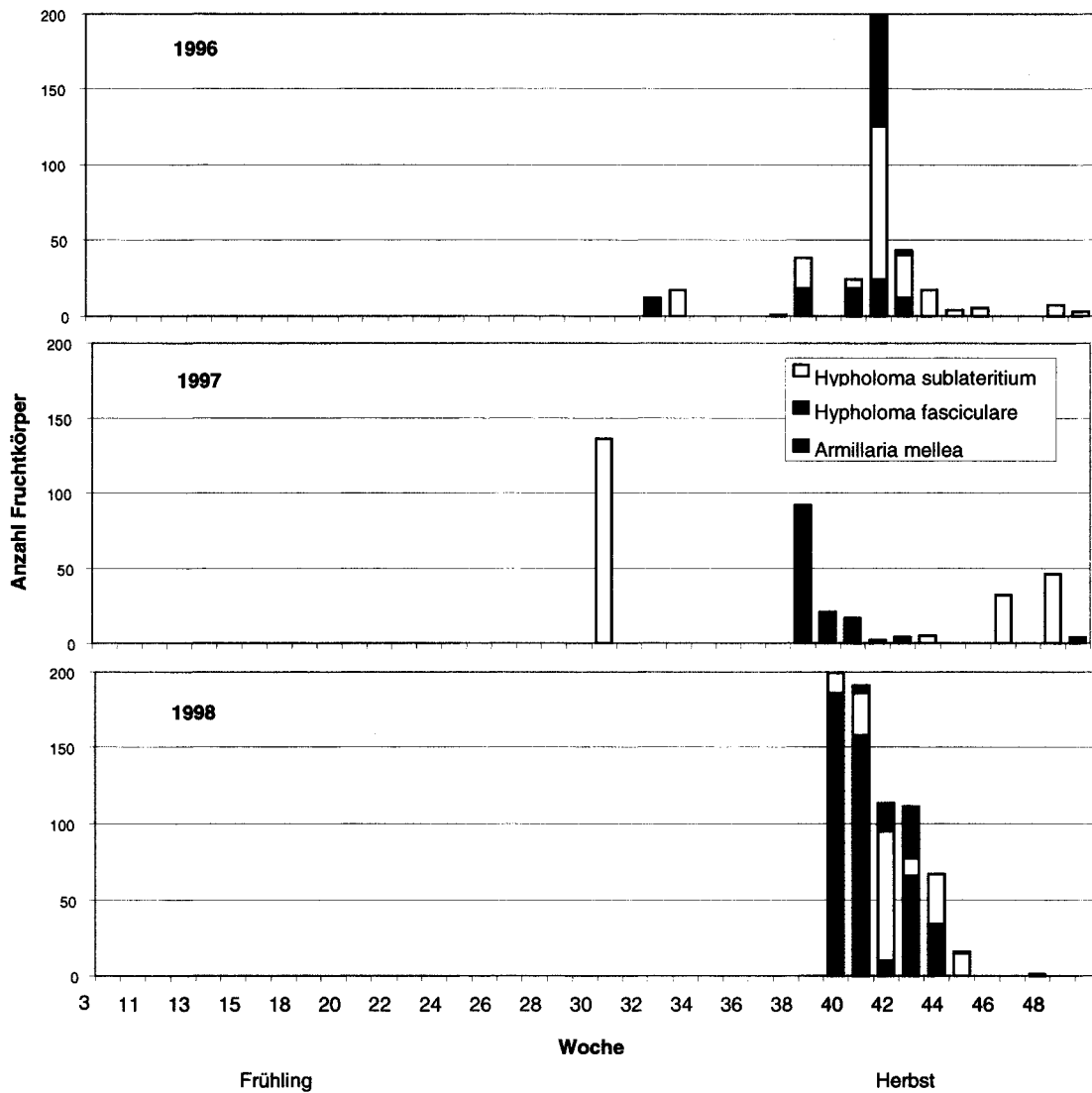


Abb. 3.73: Phänologie von *Armillaria mellea* s.l., *Hypholoma fasciculare* und *Hypholoma sublateritium* im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

In Abb. 3.74 ist der zeitliche Aspekt der Frkp. Vorkommen von *Phallus impudicus*, *Scleroderma citrinum*, *Clitopilus prunulus* und *Leotia lubrica* während den 3 Untersuchungsjahren dargestellt.

*Clitopilus prunulus* und *Phallus impudicus* haben zwischen Juli und November +/- kontinuierlich Frkp. gebildet. Die Frkp.-Spitze von *Phallus impudicus* war Ende Juli, diejenige von *Clitopilus prunulus* im September. Das Frkp.-Maximum von *Leotia lubrica* und *Scleroderma citrinum* fällt in die Monate September und Oktober. *Phallus impudicus* wurde von den klimatisch besonderen Bedingungen des Jahres 1998 nicht beeinflusst (Trockenheit im Frühling), sondern hat unerwartet mehr Frkp. gebildet. Vermutlich wurde dank der Rhizomorphen Feuchtigkeit aus tieferen Bodenschichten mobilisiert.

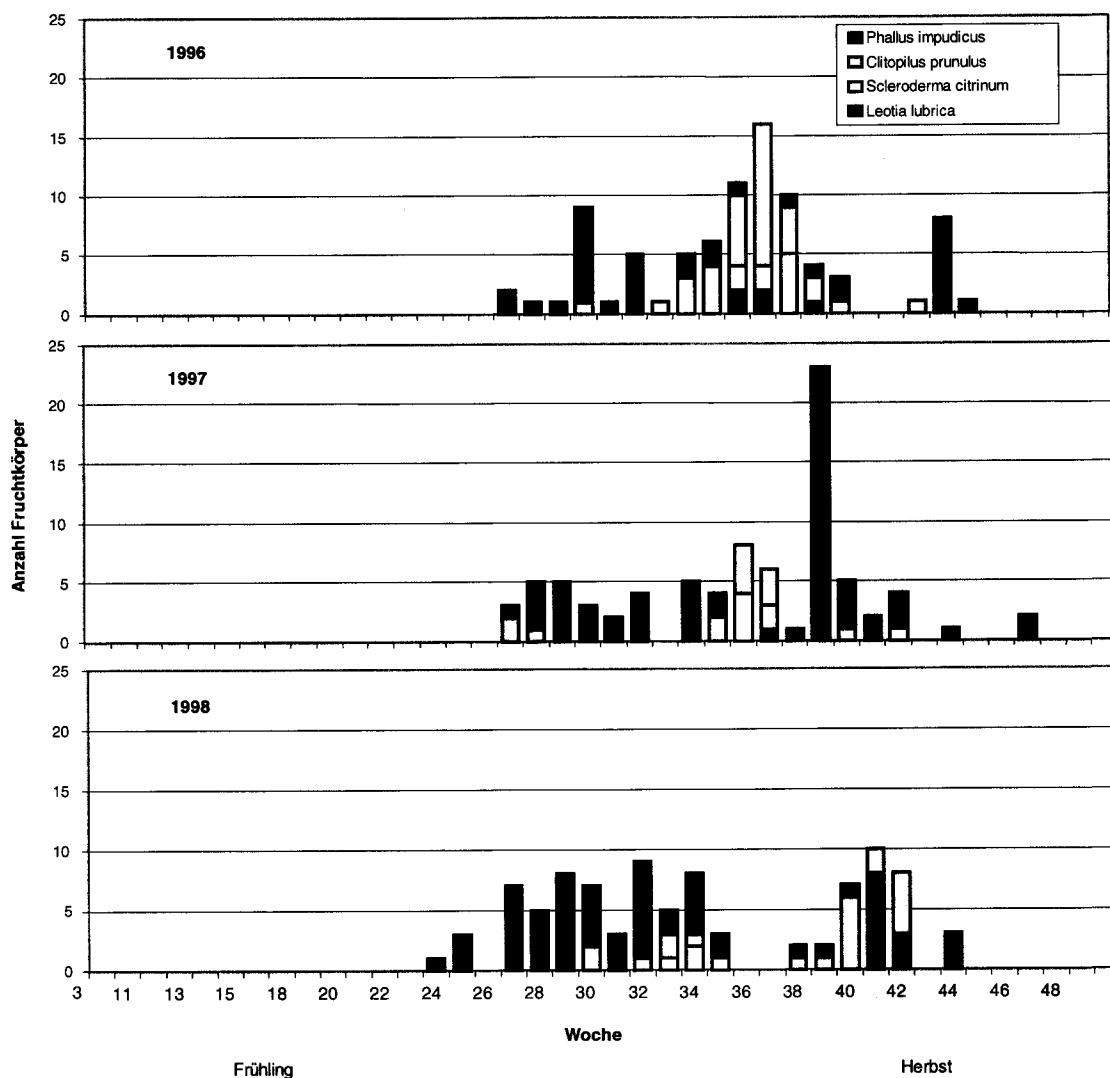


Abb. 3.74: Phänologie der fakultativ Ektomykorrhiza bildenden Arten *Phallus impudicus*, *Scleroderma citrinum*, *Clitopilus prunulus* und der saproben *Leotia lubrica* im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

In Abb. 3.75 ist der zeitliche Aspekt der Frkp.-Bildung von *Strobilurus stephanocystis*, *Oudemansiella radicata* und *Rutstroemia* zwischen den Jahren 1996 – 1998 dargestellt. *Strobilurus stephanocystis* ist nur im Frühjahr auf Föhrenzapfen aufgetreten. Im Gegensatz dazu ist *Rutstroemia echinophila* nur im Herbst auf den am Boden liegenden Kastanienigeln anzutreffen. *Oudemansiella radicata* wurde im Buchenwald zwischen August und November aufgenommen. Dank ihres wurzelnden Stieles, der aus den tieferen Bodenschichten Wasser entnimmt, hat sie auch noch im trockenen Sommer 1998 Frkp. gebildet.

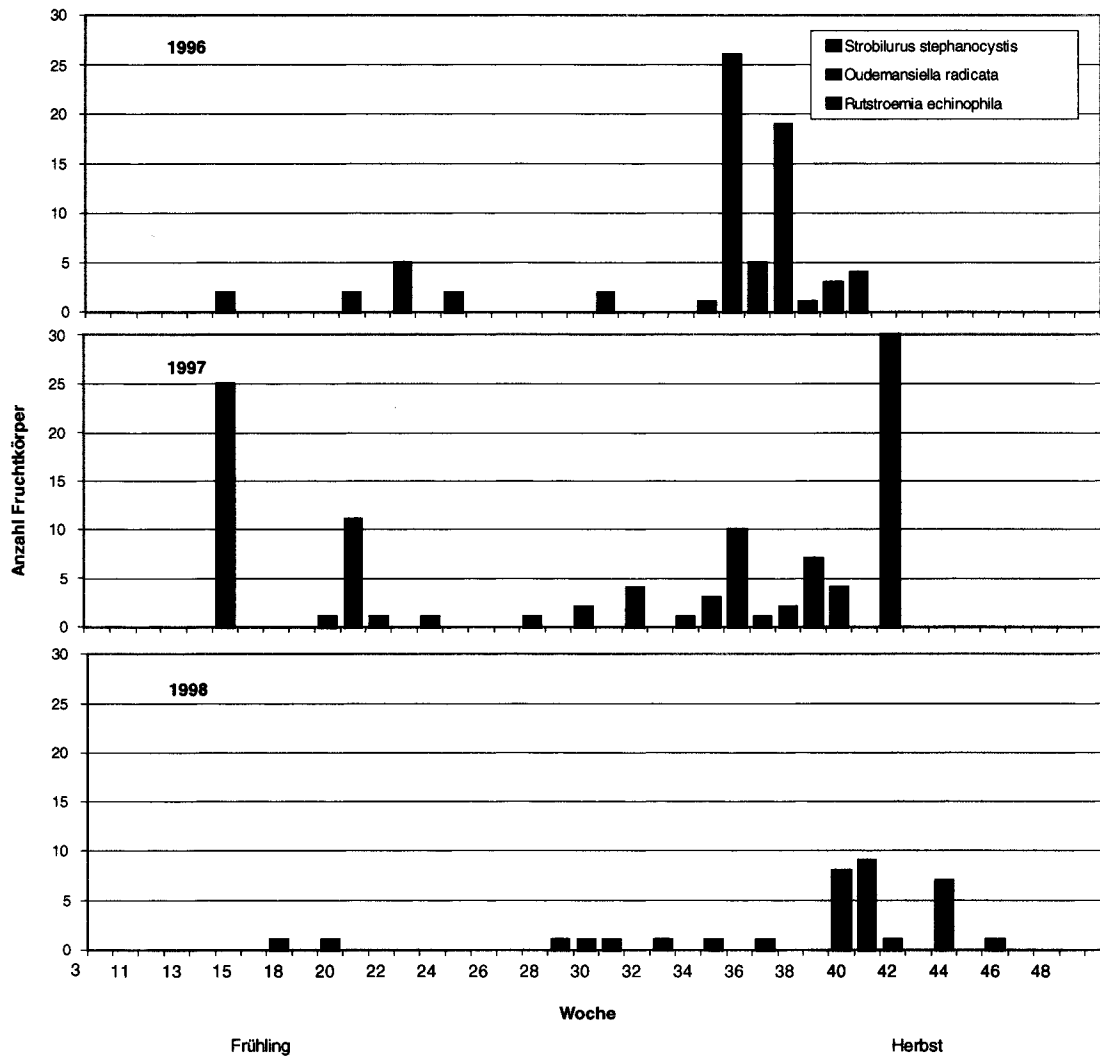


Abb. 3.75: Phänologie von *Strobilurus stephanocystis* (auf Föhrenzapfen), *Oudemansiella radicata* (auf Wurzeln von Buchen) und *Rutstroemia echinophila* (auf Kastanienigel) im Laufe der Jahre 1996, 1997 und 1998: Summe der pro Woche in den 17 Versuchsflächen aufgetretenen Fruchtkörper.

### 3.4.6 Korrelation zwischen Witterungsverlauf und Pilzfruktifikation

In den folgenden Darstellungen der Phänologie der Makromyceten wurde die Anzahl der in den 17 VF vorkommenden Arten bzw. Frkp. im Vergleich zu den jährlichen Mittelwerten (alle VF) der Niederschläge bzw. Temperaturen berücksichtigt.

## 3.4.6.1 Niederschläge (Abb. 3.76 - Abb. 3.81)

Während der drei Untersuchungsjahre wurde immer eine totale Niederschlagsmenge von ca. 1400 l/m<sup>2</sup> erreicht. Im Jahre 1996 ist eine relativ gleichmässige, lineare Zunahme der Niederschlagsmenge zu beobachten. In den Jahren 1997 und 1998 dagegen, nach einer anhaltenden Trockenperiode im Frühling, sind später im Laufe des Jahres Perioden mit starken Niederschlägen aufgetreten (Abb. 3.76 und Abb. 3.77). 1997 war im Mittel niederschlagsreicher (1472 l/m<sup>2</sup>) aber gleichzeitig das Frkp.-ärmste Jahr (3044 Frkp. gegenüber 3854 im Jahr 1996 und 3443 im Jahr 1998). Die Zahl der pro Jahr registrierten Arten war zwischen 1996 und 1998 +/- gleich (197 Arten im Jahr 1996, 203 im Jahr 1997 und 218 im Jahr 1998, vgl. Abb. 3.45 im Kapitel 3.4.2). Unterschiede in der Anzahl der auftretenden Arten und Frkp. während der Untersuchungsperiode waren aber zwischen den einzelnen VF zu beobachten (vgl. Abb. 3.50 und Abb. 3.51 im Kapitel 3.4.3 und Kapitel 3.4.4). LARDEC1 hat z.B. die grösste Produktivität im Jahr 1997, VF CASSAT1 dagegen im Jahr 1998 gezeigt.

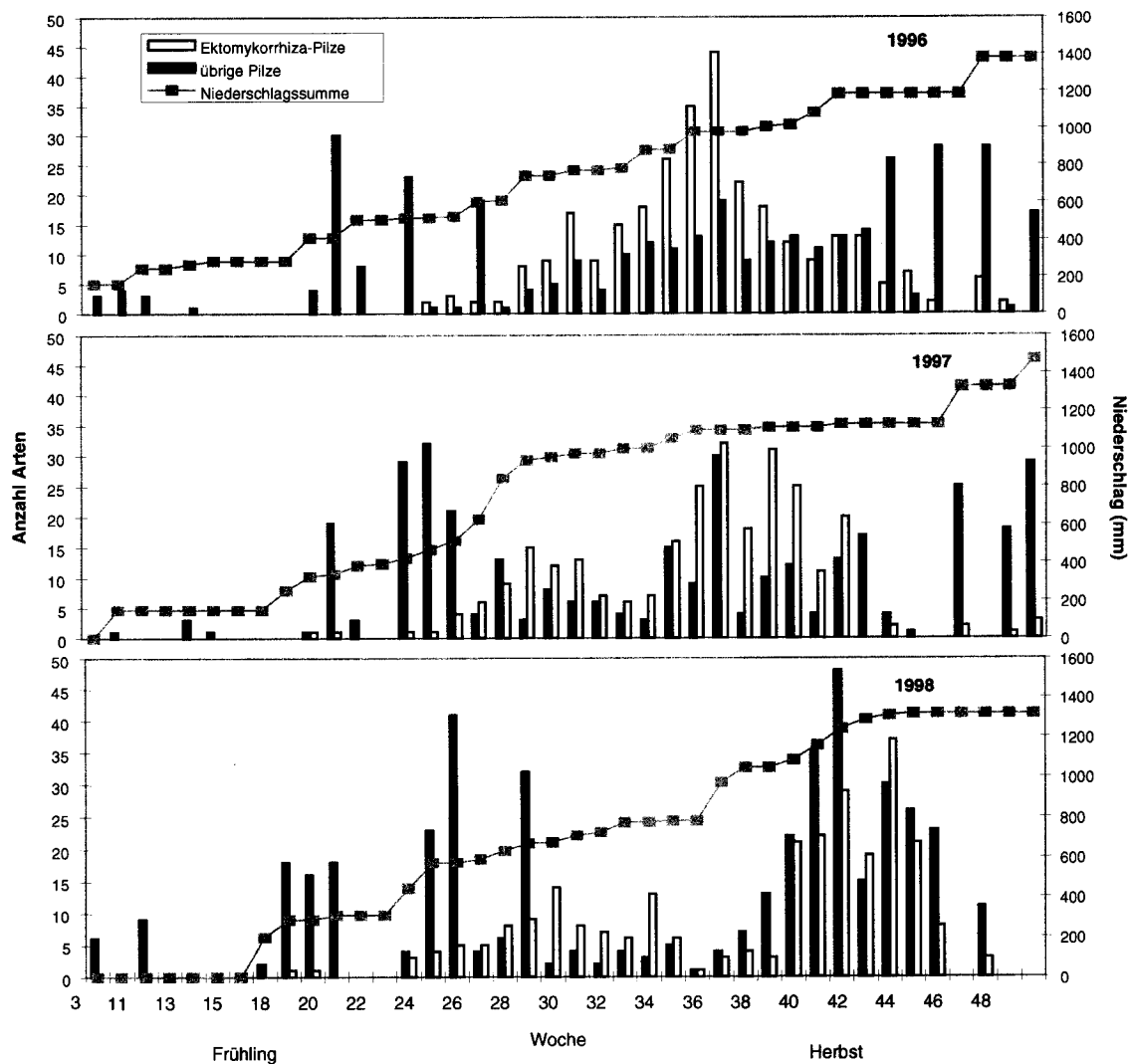


Abb. 3.76: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der in den 17 Versuchsfeldern gefundenen Ektomykorrhiza- und übrigen **Pilzarten** im Vergleich zur kumulierten **Niederschlagssumme**.

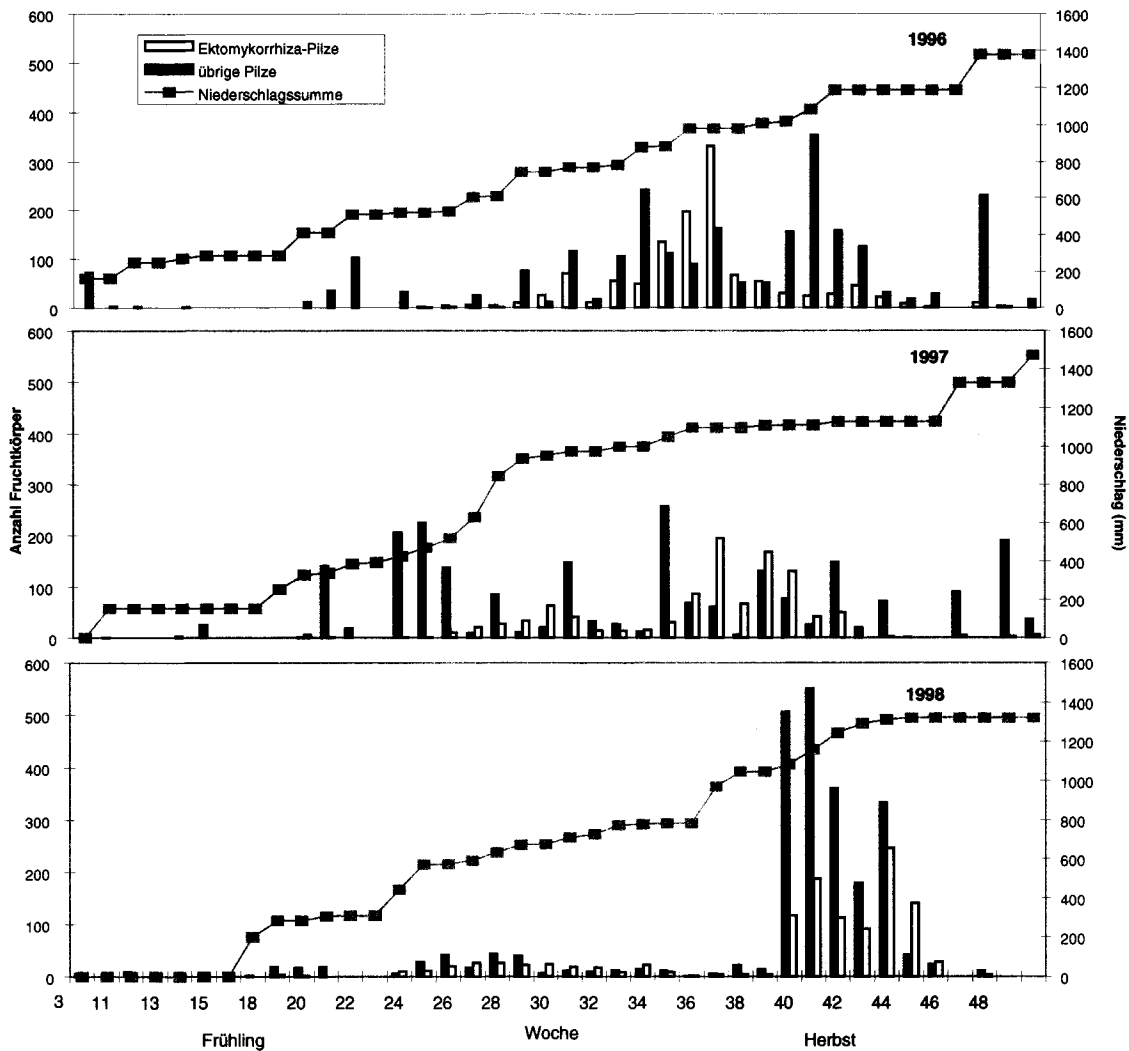


Abb. 3.77: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der in den 17 Versuchsfeldern gefundenen Ektomykorrhiza- und übrigen **Fruchtkörper** im Vergleich zur kumulierten **Niederschlagssumme**.

Abb. 3.78 stellt die Arten-Phänologie der **Saprobien** zusammen mit den wöchentlichen Voraussagen-Niederschlägen während der Jahre 1996, 1997 und 1998 dar. Die Regenfälle im Jahr 1996 waren +/- gleichmässig über das ganze Jahr verteilt. Die jahreszeitliche Produktivität der Saprobien folgte demselben Verlauf. Die Jahre 1997 und 1998 sind durch die anhaltende Trockenperiode im Frühling und durch das Auftreten von starken Niederschlägen im Laufe des Jahres (v.a. im Juni 1997) gekennzeichnet. Die Artenzahl der Saprobien im Frühling war demzufolge klein, um dann im Laufe des Jahres +/- rasch auf Regenfälle zu reagieren. Intensive Niederschläge bewirken, mit gewissen Ausnahmen, Maxima in der Arten-Abundanz der Saprobien mit einem Zeitintervall von 1-3 Wochen. Die Streuschicht erfährt eine vergleichsweise schnelle, Totholz aber eine langsamere Durchnässung während einer Niederschlagsperiode. Dafür trocknet aber Holz nicht rasch aus und liefert deshalb auch in einer folgenden



Trockenperiode genügend Feuchtigkeit für die Entwicklung saprober Frkp. (AGERER 1985).

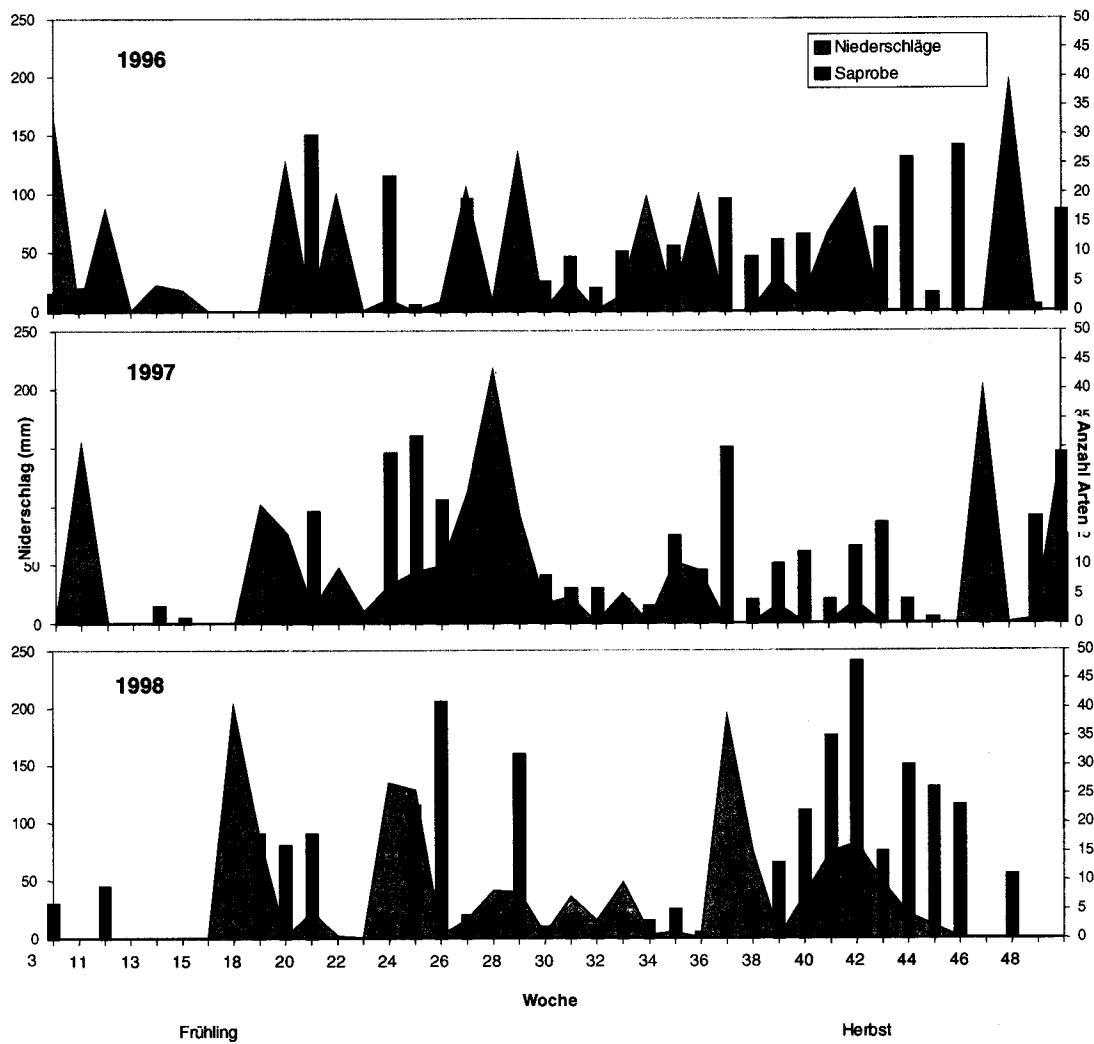


Abb. 3.78: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Niederschläge und der in den 17 VF gefundenen **Saprobe**-Arten.

Abb. 3.79 stellt die Frkp.-Phänologie der Saprobe dar. Dabei fällt auf, dass sich die Frkp.-Produktion der Saprobe im Trockenjahr 1998 auf die Herbst-Monate konzentriert.

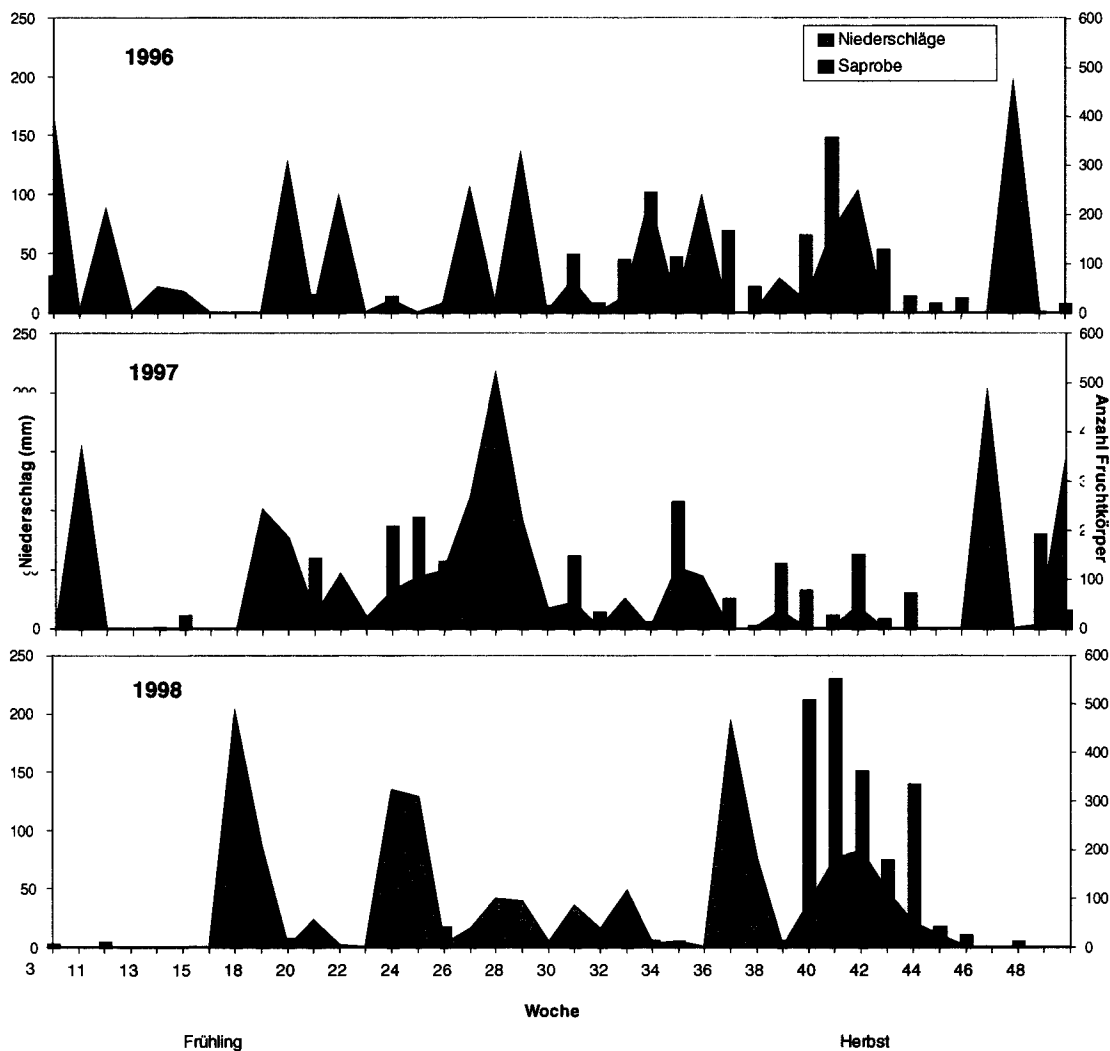


Abb. 3.79: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Niederschläge und der in den 17 VF gefundenen **Saprobe-Fruktkörper**.

Abb. 3.80 stellt die Arten-Phaenologie der **EM-Pilze** zusammen mit den wöchentlichen Vorausgangs-Niederschlägen während der Jahre 1996, 1997 und 1998 dar. Im Jahre 1996 ist ein Artenschub mit Arten-Spitze Ende September ersichtlich. Im Laufe der Jahre 1997 und 1998 haben dagegen die EM-Pilze zwei Artenschübe, mit der ersten Spitze im August und der zweiten im September-Oktober (1998 war die zweite Spitze um 4 Wochen verspätet) ausgebildet. Maxima in der Arten-Abundanz wurden 1996 und 1997 acht Wochen nach den letzten intensiven Niederschlägen (in der 26. Kalenderwoche) erreicht. Das zweite Maximum im Jahr 1998 wurde 4-5 Wochen nach den letzten intensiven Regenfällen erreicht, die erst in der 36. Kalenderwoche aufgetreten sind.

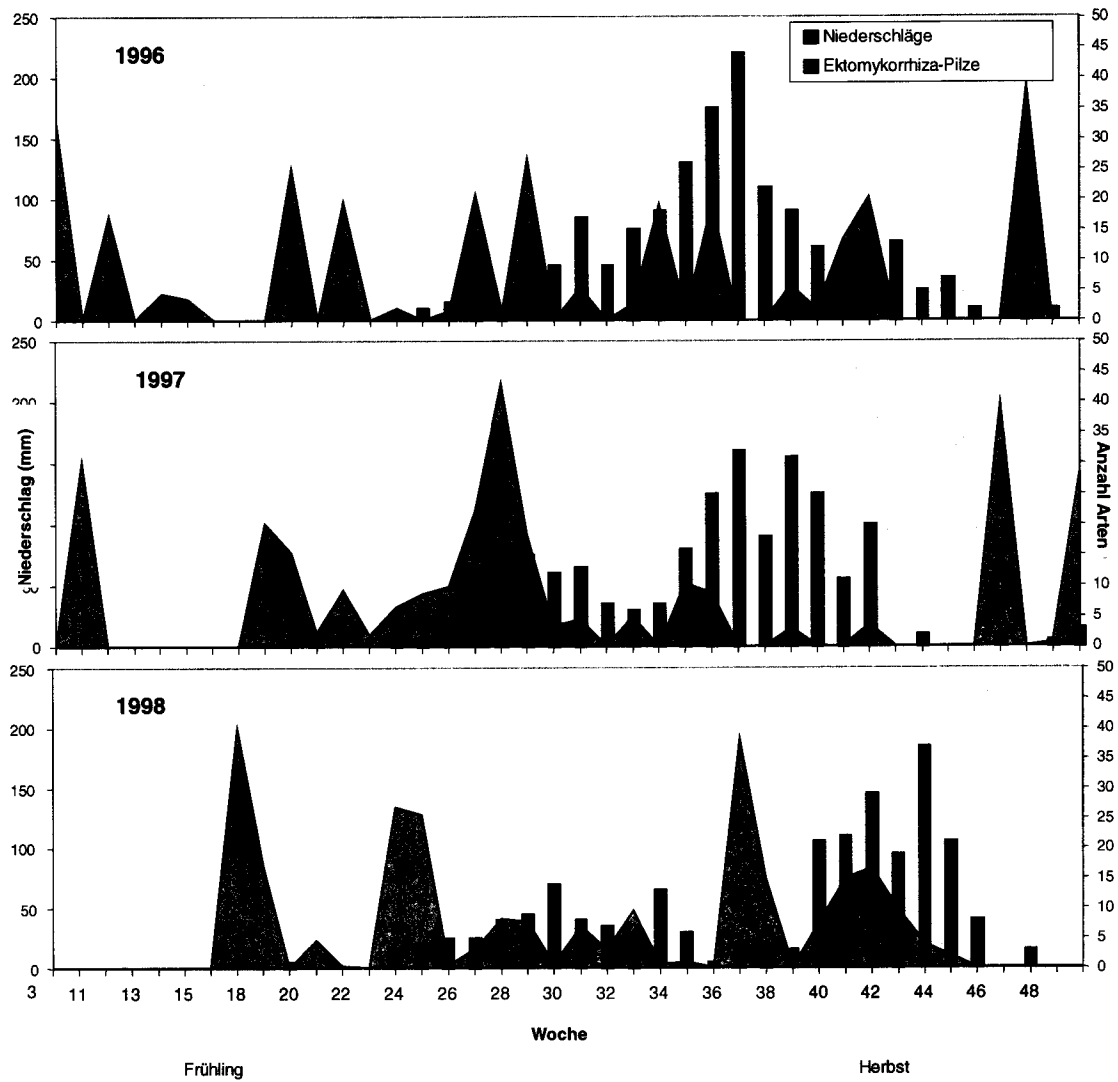


Abb. 3.80: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Niederschläge und der in den 17 VF gefundenen **Ektomykorrhiza-Pilzarten**.

Die wöchentliche Produktivität der EM-Frpk. während der Jahre 1996, 1997 und 1998 (Abb. 3.81) zeigt denselben Verlauf wie die der Arten.

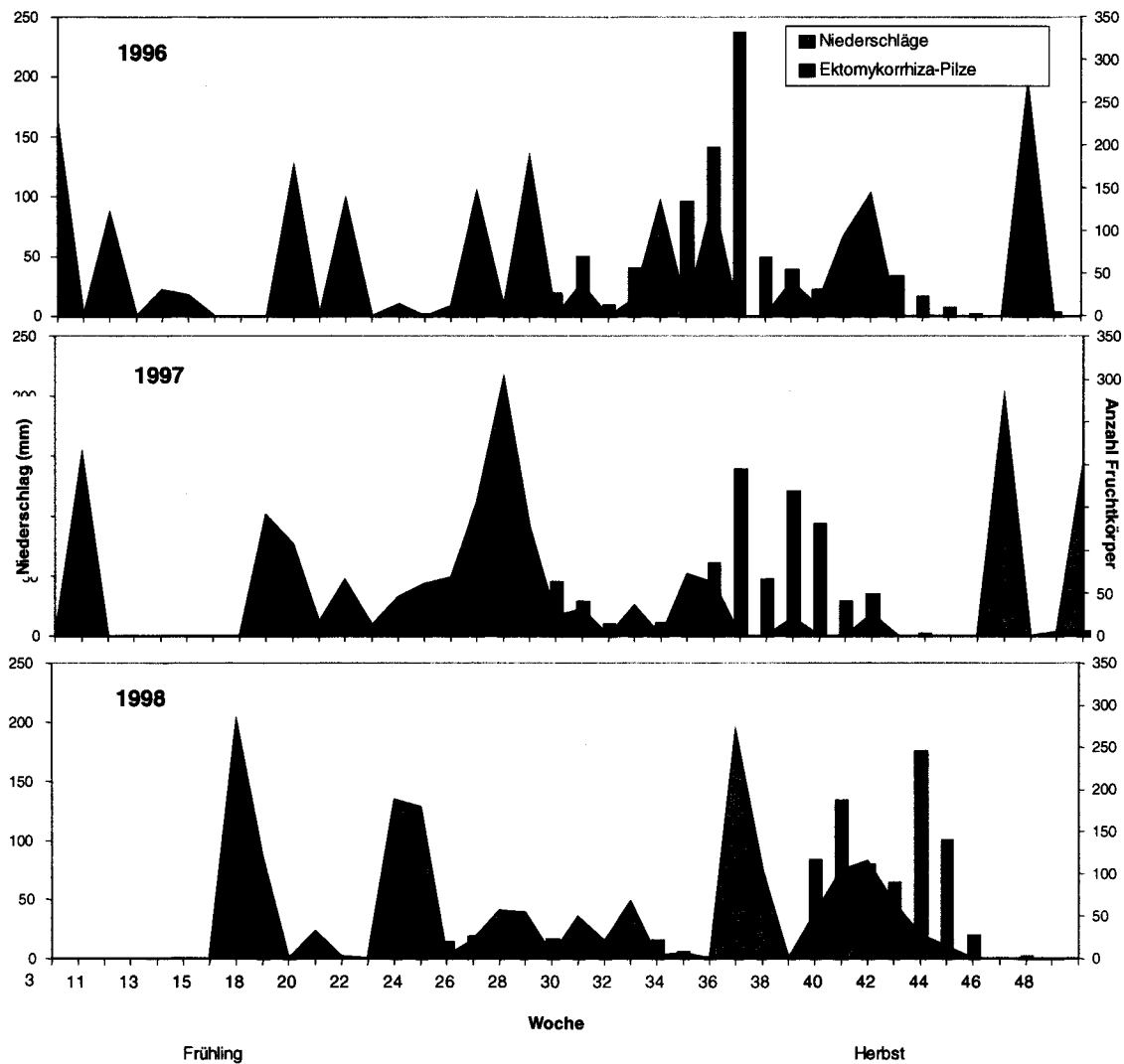


Abb. 3.81: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Niederschläge und der in den 17 VF gefundenen **Ektomykorrhiza-Pilzfruchtkörper**.

#### 3.4.6.2 Temperaturen (Abb. 3.82, Abb. 3.83)

Abb. 3.82 zeigt die Anzahl der wöchentlich in den 17 VF gefundenen **Saprobien-Frpk.** und den Minimum- bzw. Maximum-Temperatur-Verlauf auf der Bodenoberfläche während der Jahre 1996, 1997 und 1998. 1996 fallen April und v.a. Juni für die überdurchschnittlichen Minimum-Temperaturen und September für die unterdurchschnittlichen Maximum-Temperaturen auf. Verglichen mit den Jahren 1996 und 1998 war es 1997 im Frühling und im Herbst wärmer, dagegen im Oktober bis November kühler. 1998 wurden im April unterdurchschnittlich tiefe Temperaturen festgestellt (Spätfrost).

Die Frkp.-Produktion der Saprobien im Laufe der Jahre 1996 und 1997 zeigt einen +/- kontinuierlichen Verlauf. 1998 sind die meisten Frkp. der Saprobien erst im Herbst erschienen: erstaunlicherweise wird auch die Frkp.-Produktion der Saprobien von der

anhaltenden Trockenperiode im Frühling und von den im April aufgetretenen Spätfrösten beeinflusst.

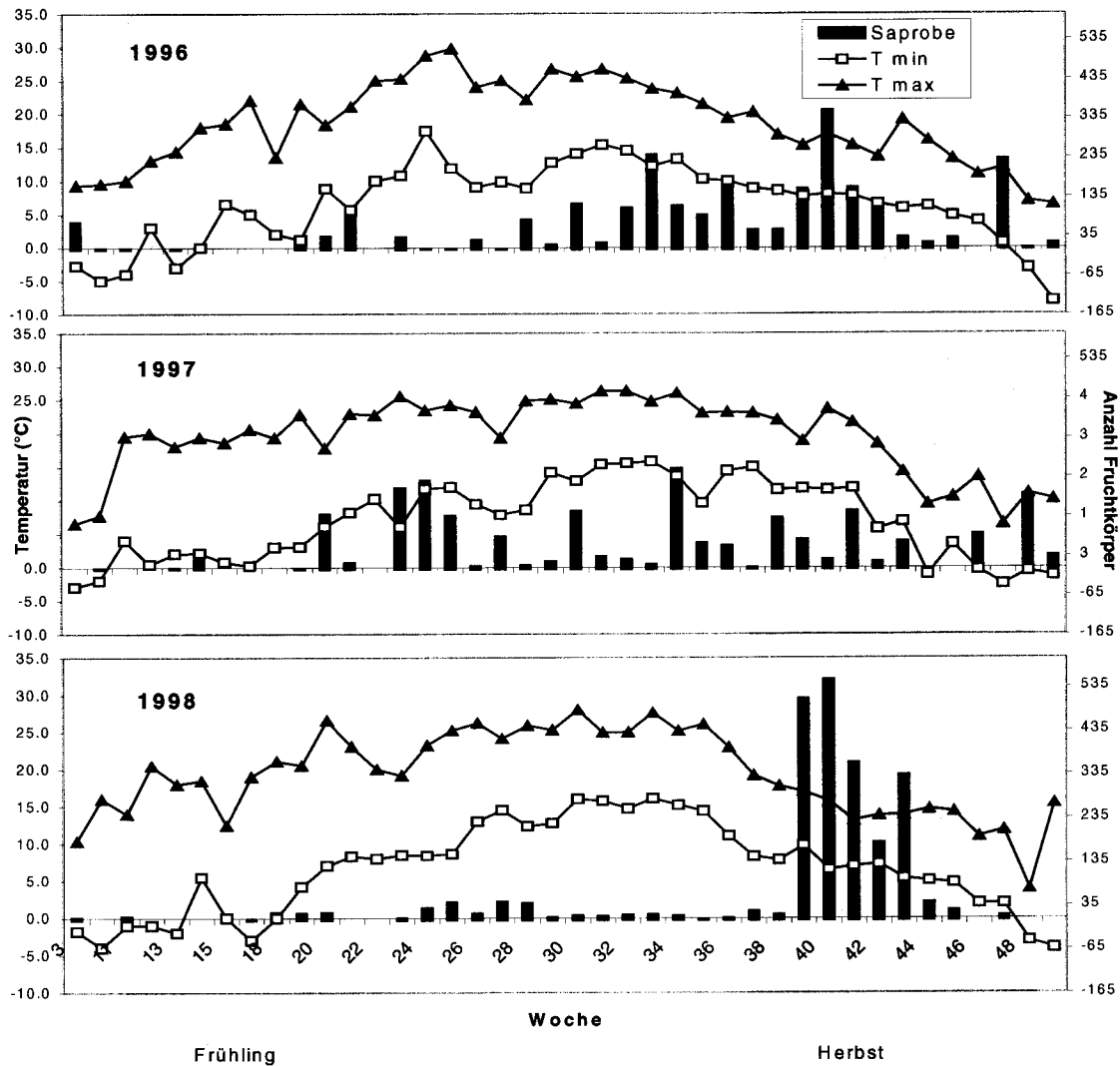


Abb. 3.82: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Minimum- bzw. Maximum-Temperaturen im Vergleich zu den in den 17 VF gefundenen **Saprobe-Fruchtkörpern**.

Abb. 3.83 zeigt die Situation für die **EM-Frpk.**: die milden Temperaturen im Frühling 1997 bewirkten, dass ein Teil der EM-Pilzarten im Vergleich zum Jahr 1996 früher zur Fruktifikation gekommen sind und somit zwei Frkp.-Schübe zu verzeichnen sind. Der im April 1998 aufgetretene Spätfrost bewirkte dagegen, dass die Mehrzahl der EM-Pilzarten jahreszeitlich später Frkp. gebildet haben. Zudem weist die Kurve „Maximum-Temperatur minus Minimum-Temperatur“ im Frühjahr 1998 einen diskontinuierlichen Verlauf auf.

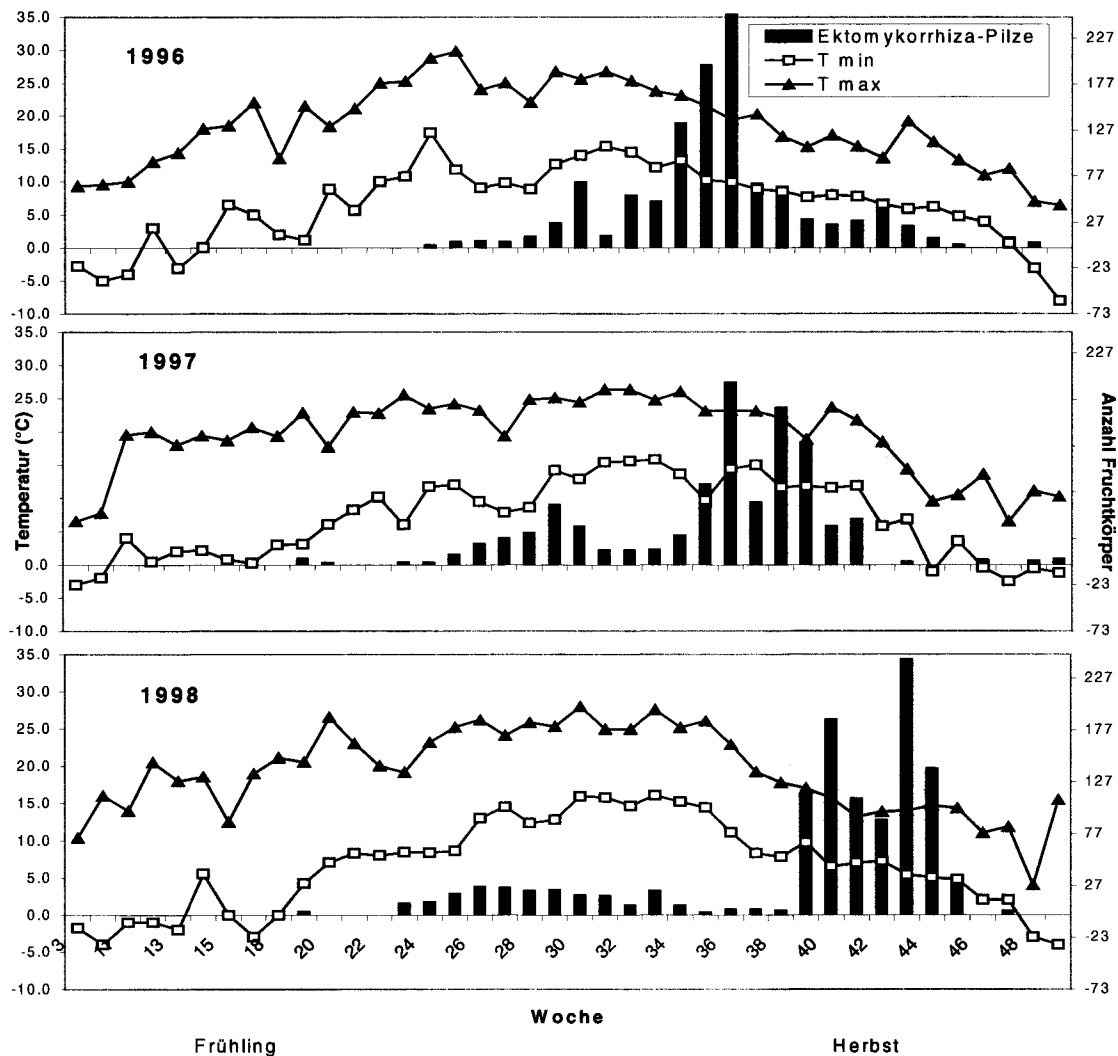


Abb. 3.83: Jahreszeitlicher und wöchentlicher Verlauf der Minimum- bzw. Maximum-Temperaturen im Vergleich zu den in den 17 VF gefundenen Ektomykorrhiza-Pilzfruchtkörpern.

### 3.4.7 Statistische Auswertungen (Abb. 3.84 - Abb. 3.89)

Um die 17 VF mykosoziologisch zu vergleichen, wurde zuerst eine Korrespondenzanalyse (COA) durchgeführt. Dabei wurde die Präsenz-Absenz der in jeder VF gefundenen Arten und nicht ihre Abundanz berücksichtigt (vgl. Abb. 3.84).

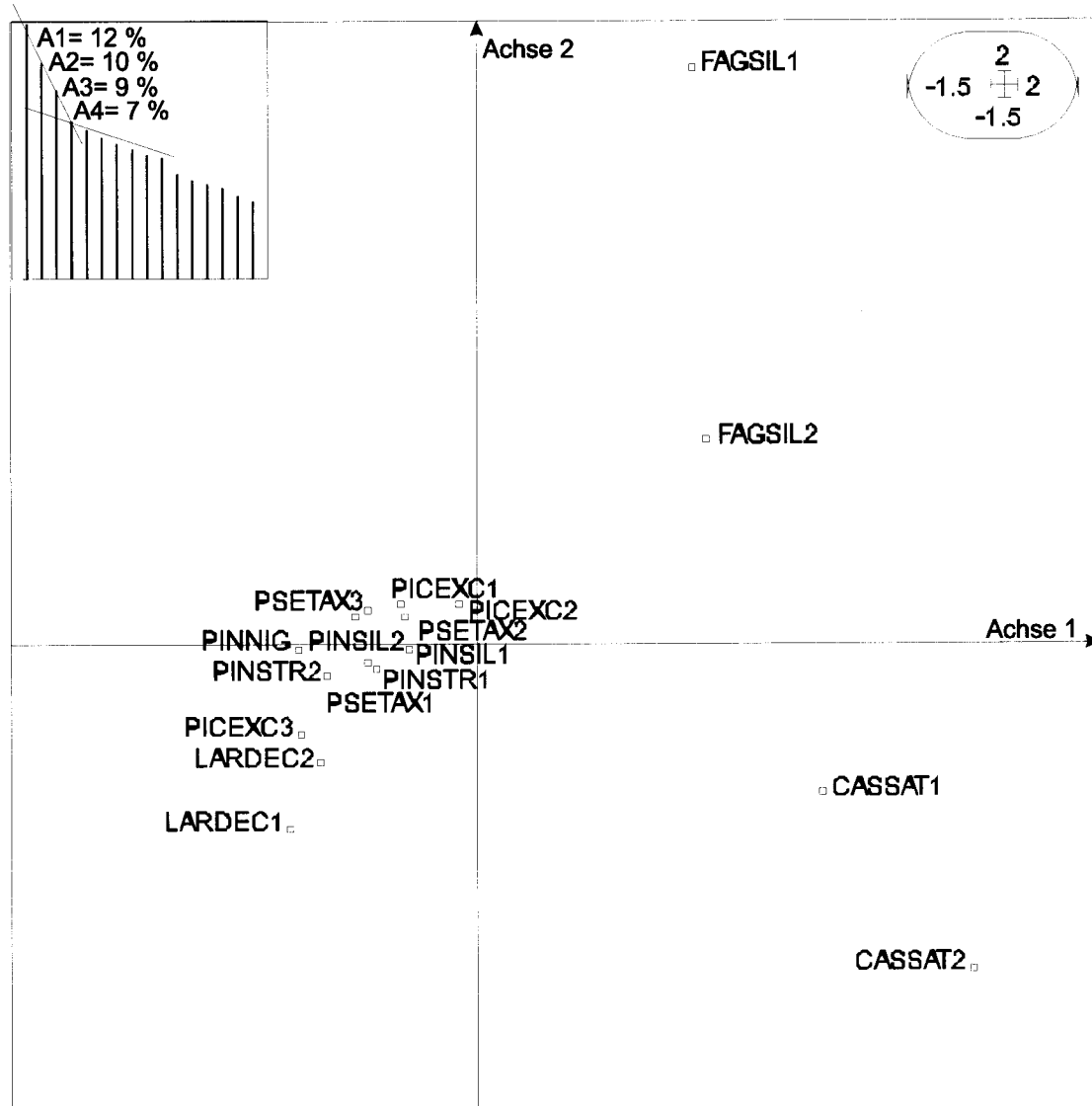


Abb. 3.84: Korrespondenzanalyse der Aufnahme­flächen und der gefundenen Pilzarten: Projektion der 17 Versuchs­flächen in der A1-A2 Ebene und entsprechende Eigenvalue-Darstellung.

Mit den ersten 4 Achsen der Abb. 3.84 wurde 38 % Inertia erreicht. Entlang der ersten Achse lassen sich der aufgeforstete Nadelwald vom autochthonen Laubwald und entlang der zweiten die beiden lokalen Kastanien- von den Buchenstandorten differenzieren.

Mit denselben Daten wurde auch eine Clusteranalyse durchgeführt, in der für die Berechnung der Ähnlichkeit-Matrix der Jaccard-Index und als Gruppierungsmethode „complete-linkage“ verwendet wurden (vgl. Abb. 3.85).

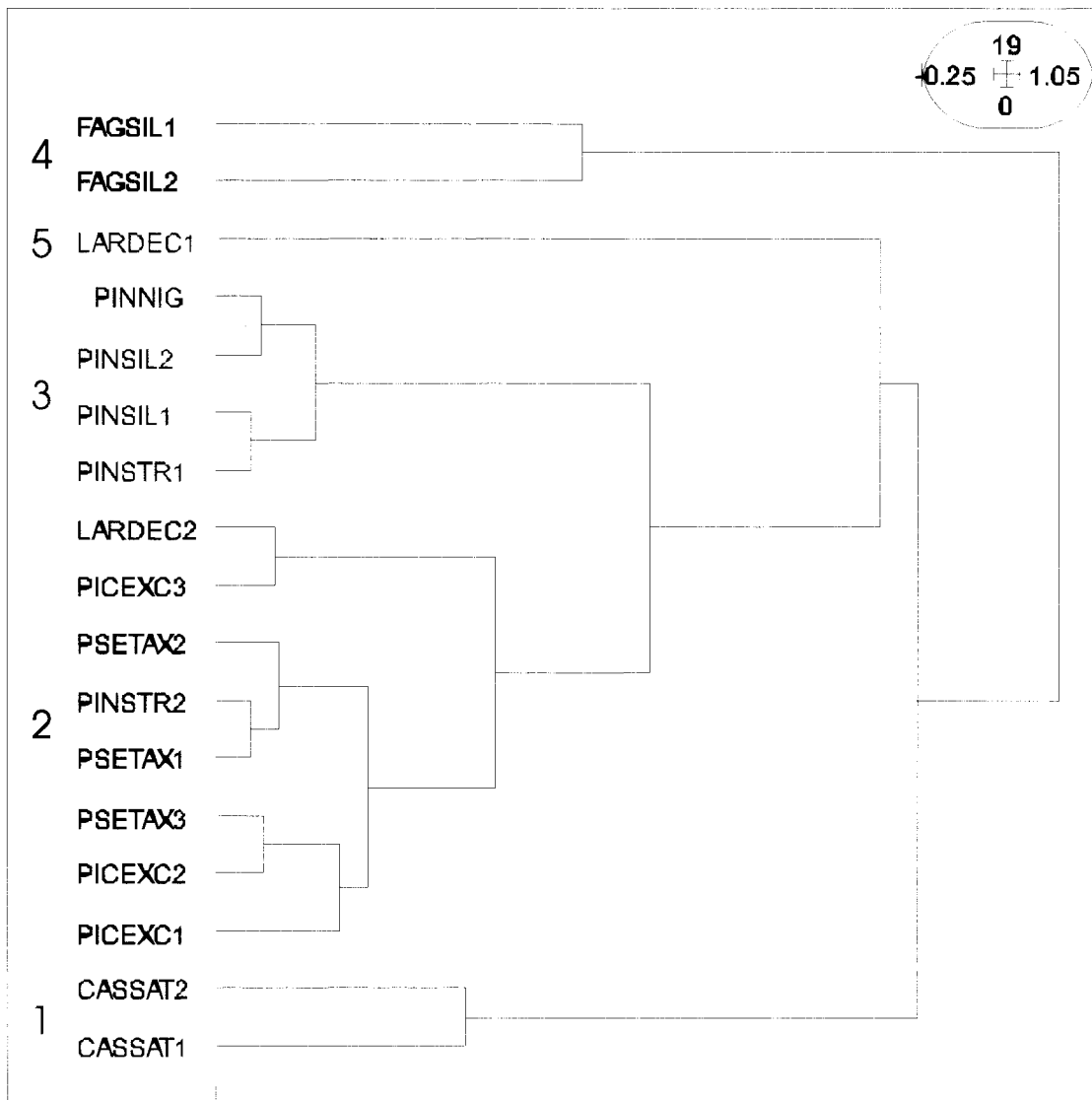


Abb. 3.85: Cluster-Analyse: der Jaccard-Index wurde für die Berechnung der Ähnlichkeit-Matrix zwischen den 17 VF und den 342 Pilzarten und als Guppierungsmethode wurde „complete-linkage“ verwendet. Die fünf differenzierten Gruppen sind farbig markiert.

Aus Abb. 3.85 lassen sich die folgenden 5 ökologischen Gruppen differenzieren:

Gruppe 1: CASSAT1, CASSAT2

Gruppe 2: PICEXC1, PICEXC2, PSETAX3, PSETAX1, PINSTR2, PSETAX2, PICEXC3, LARDEC2

Gruppe 3: PINSTR1, PINSIL1, PINSIL2, PINNIG

Gruppe 4: FAGSIL2, FAGSIL1

Gruppe 5: LARDEC1

Anhand dieser Analyse lassen sich die lokalen Laubbäume von den eingeführten Nadelbäumen und die Föhren von den übrigen Nadelholzarten trennen (mit Ausnahme der VF PINSTR2). Die Lärchen (LARDEC1) stehen als eigene Gruppe zwischen den autochthonen Laubbäumen und den anderen eingeführten Nadelbaumarten.



Um die Interpretation der Resultate zu erleichtern, wurde die Tabelle mit den Daten der in den 17 VF vorkommenden Pilzarten mit den Daten der in denselben VF gemessenen Standortfaktoren, anhand einer „Kanonische Korrespondenz-Analyse“ (CCA) korreliert. Dieses Verfahren ist der COA sehr ähnlich. Die Arten bzw. die VF können in einer CCA direkt mit Standortfaktoren korreliert werden, weil die Achsen lineare Kombinationen von Umweltfaktoren sind (TER BRAAK 1986). Die Interpretation der Achsen einer COA ist dagegen schwieriger und v.a. nicht direkt: die Diversität der Ausgangstabelle wird in orthogonale Achsen geteilt, die einen immer kleiner werdenden % der Diversität darstellen. Jede Achse kann mindestens z.T. durch einen Umweltfaktor erklärt werden, der aber a posteriori zu bestimmen ist.

Die Anzahl der Achsen einer CCA hängt von der Anzahl der Umweltparameter ab. In der aus der Analyse erhaltenen Darstellung werden die Arten und die VF mit Punkten und die Standortfaktoren mit Pfeilen dargestellt. Je länger der Pfeil, desto grösser ist die Rolle, die der Umweltfaktor bei der Anordnung der Arten bzw. der VF spielt. Die Position der senkrechten Projektion einer bestimmten Art bzw. VF auf einen bestimmten Umweltparameter (die Pfeile können verlängert werden) bewirkt inwiefern und wie diese Art bzw. VF von Umweltfaktoren beeinflusst werden. Der Koordinatennullpunkt stellt den Mittelwert aller Umweltfaktoren dar. Je näher eine Art bzw. VF an dem Koordinatennullpunkt liegt, desto schwieriger ist die Interpretation ihrer Anordnung bezüglich der Umweltfaktoren.

In einer CCA muss die Anzahl der Umweltparameter kleiner sein als die Anzahl der VF. In Abb. 3.86 wurden 10 VF und 7 Umweltfaktoren berücksichtigt.

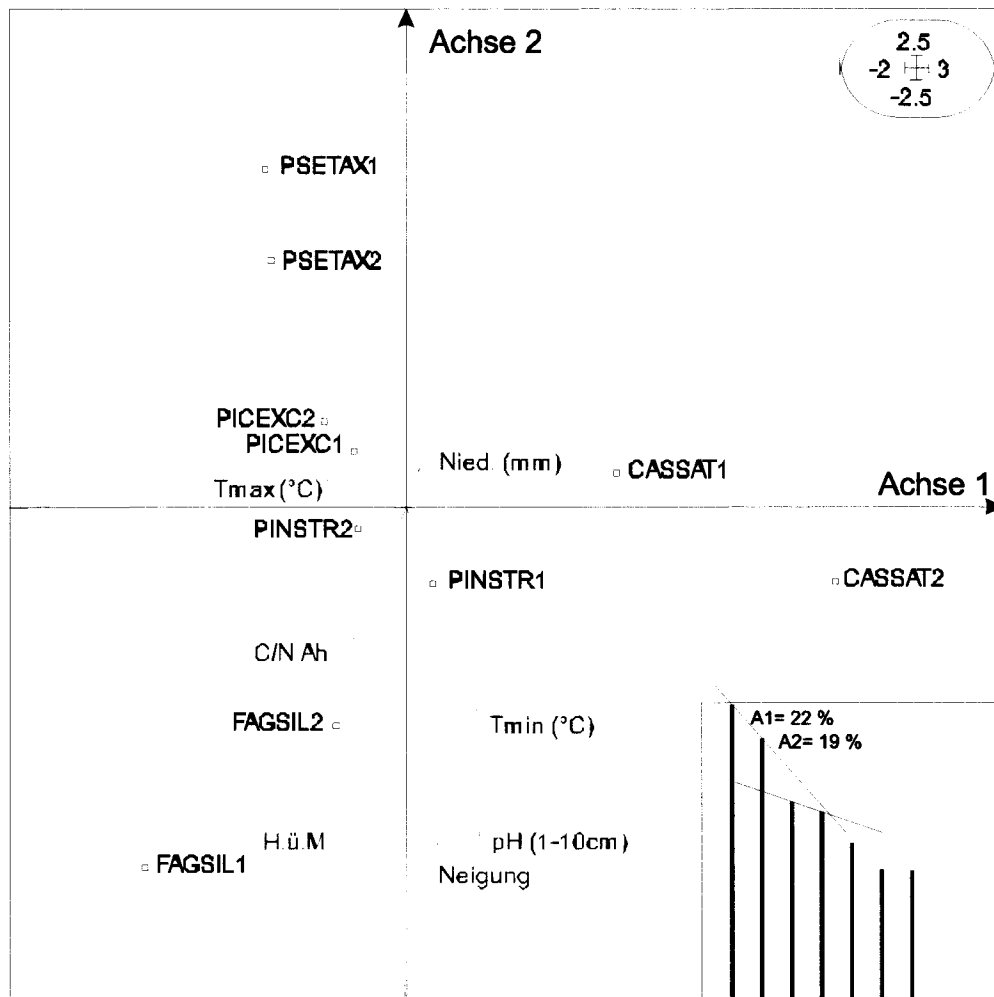


Abb. 3.86: „Kanonische Korrespondenz-Analyse“ (CCA): Korrelation zwischen den in 10 Versuchsflächen gefundenen Pilzarten und den gemessenen Umweltparametern, nämlich Höhe ü.M., Neigung, Mittel der jährlichen Minimum- und Maximum-Temperaturen und Niederschläge, pH und C/N. Die Versuchsflächen sind mit Punkten, die Umweltfaktoren mit roten Pfeilen dargestellt. Rechts unten ist die Eigenvalue-Darstellung eingetragen.

Mit den ersten zwei Achsen in Abb. 3.86 wurde 40 % Inertia erreicht. Die VF mit derselben Baumart fallen in der Darstellung nahe zueinander (5 Gruppen). Neigung, Höhe ü. M. und pH des Mineralbodens (oberste 10 cm) sind die Umweltfaktoren, die am meisten an der Anordnung der VF in der Darstellung beitragen und sind mit der zweiten Achse korreliert. Anhand der Position der senkrechten Projektion der VF auf der kanonischen Achse „Höhe ü. M.“ sieht man, dass FAGSIL1 und FAGSIL2 höher, CASSAT2 und PSETAX1 dagegen tiefer gelagert sind. Dasselbe lässt sich für die Projektion auf der kanonischen Achse „Neigung“ extrapolieren: FAGSIL1-2 und CASSAT2 sind stärker geneigt als PSETAX1 und PSETAX2. Die Anordnung der VF auf der kanonischen Achse der pH-Werte entspricht dagegen nicht den gemessenen Daten: VF FAGSIL1-2 weisen tiefere Werte als die VF PSETAX1-2 auf. 76% der Variabilität im Pilzarten-Dataset kann anhand von multivariaten Regressionen erklärt werden; 24% dagegen können nicht modelliert werden. Der Monte-Carlo Permutations-Test hat aber keine statistisch gesicherte Beziehung zwischen VF und

gemessenen Umweltfaktoren ergeben. Die Resultate aus der CCA sind also mit gewisser Vorsicht zu interpretieren.

In Abb. 3.87 ist die Variabilität von 7 Parametern (Niederschlag, Minimum- und Maximum-Temperatur, Anzahl Arten Saprobe und EM-Pilze, Anzahl Frkp. Saprobe und EM-Pilze) bezüglich Aufnahme-Flächen und –Jahre anhand einer PCA dargestellt. Dabei geht hervor, dass:

- die Niederschlagsmengen in den VF CASSAT1, PICEXC1 und PINSIL2 während der drei Jahre unter dem Durchschnitt sind, in den VF LARDEC2, PSETAX2 und PSETAX3 dagegen über dem Durchschnitt.
- Unterdurchschnittlich tiefe Maximum-Temperaturen haben VF CASSAT2, FAGSIL1, FAGSIL2, PICEXC2, PICEXC3 und PSETAX3, überdurchschnittlich hohe Maximum-Temperaturen wurden in PINNIG und PSETAX1 registriert.
- 1998 waren die Minimum-Temperaturen über dem Durchschnitt. In VF FAGSIL1 wurden vergleichsweise tiefe, in VF CASSAT2, PICEXC3 und PSETAX1 dagegen vergleichsweise hohe Minimum-Temperaturen registriert.
- Hohe Anzahl an Saprobe-Frpk. hat VF LARDEC1 gezeigt. Im autochthonen Laubwald und in den VF LARDEC1 und PICEXC1 wurden mehr EM-Frpk. aufgenommen als in den übrigen VF.
- Hohe Anzahl von Pilzarten, v.a. an EM-Pilzen, haben die Laubbäume und VF LARDEC1 gezeigt. Die exotischen Nadelbaumarten waren bezüglich EM-Pilzen artenarm.

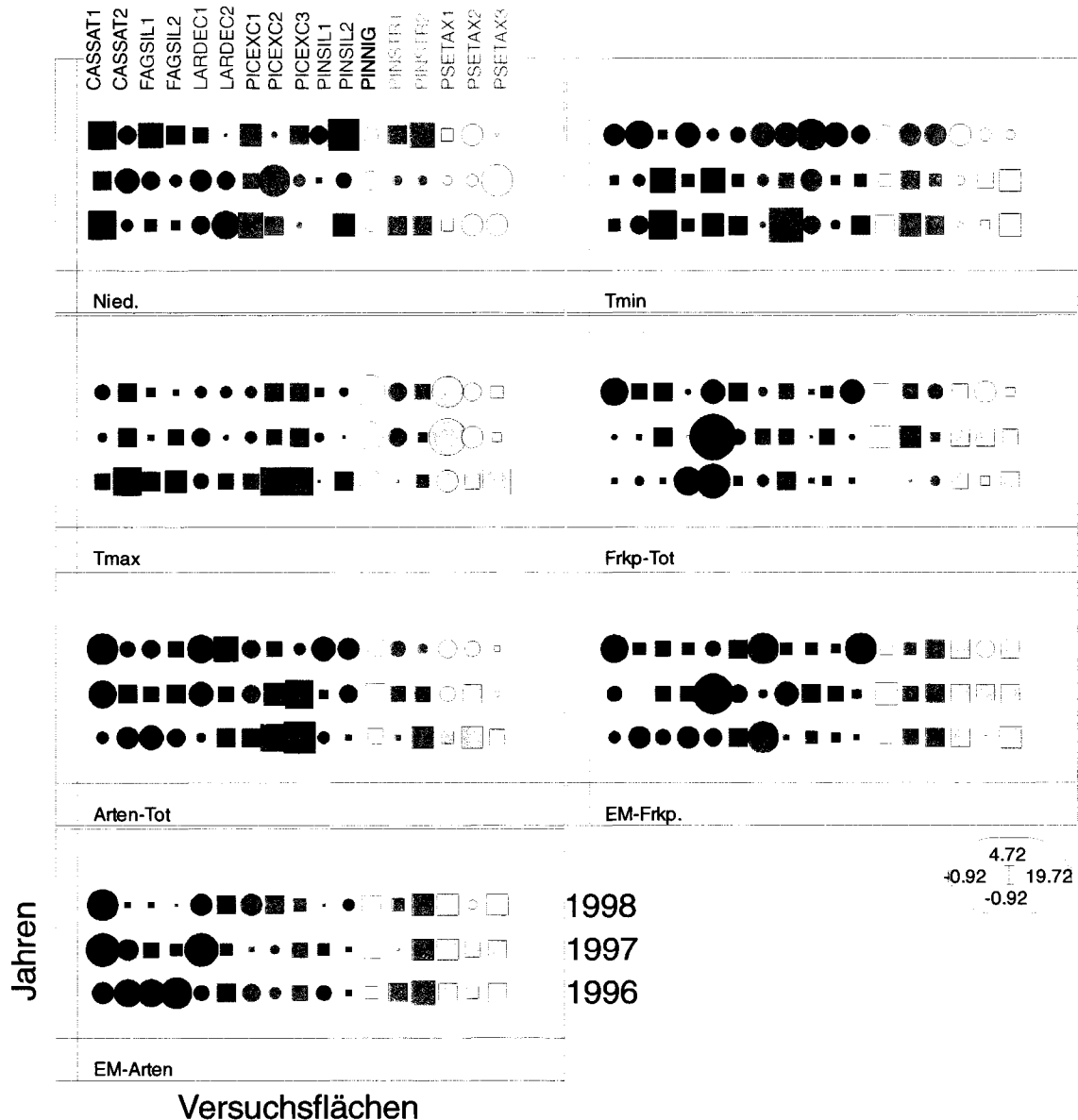


Abb. 3.87: „Principal Component Analysis“ (PCA): räumliche und zeitliche Darstellung der Niederschläge, Minimum- und Maximum-Temperatur, Anzahl Arten Saprobe und Ektomykorrhiza-Pilze, Anzahl Fruchtkörper Saprobe und Ektomykorrhiza -Pilze (normierte Werte). Werte über dem Durchschnitt sind mit Kreisen, unter dem Durchschnitt mit Quadraten dargestellt. Die Größe der Symbole ist dem Wert proportional. Die Farben gruppieren die VF nach Baumarten.

In Abb. 3.88 ist die Variabilität derselben Parameter bezüglich Aufnahme-Wochen und -Jahre anhand einer PCA dargestellt. Maximum- und Minimum-Temperaturen waren Ende Frühling 1998 und Herbst 1997 vergleichsweise tief. Im Frühling 1997 war es dagegen mild. Die anhaltenden Trockenperioden in den Jahren 1997 und 1998 werden hervorgehoben. Die EM-Pilze haben v.a. einen herbstlichen Aspekt aufgewiesen, der 1998 verspätet auf Ende Oktober verschoben wurde. Die Saproben haben in der Regel zwei Schübe, Ende Frühling und im Herbst.

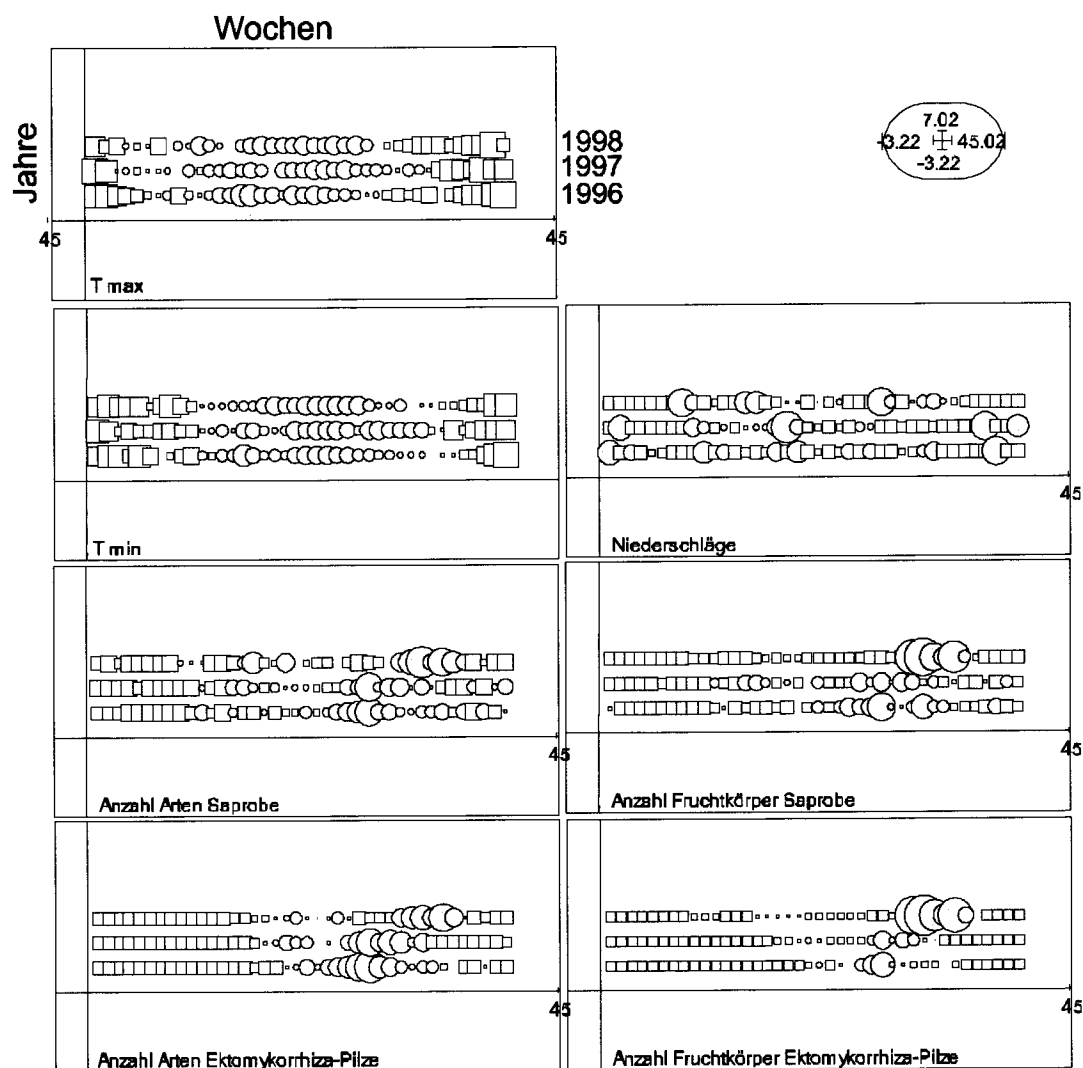


Abb. 3.88: „Principal Component Analysis“ (PCA): wöchentliche und jährliche Darstellung der Niederschläge, Minimum- und Maximum-Temperatur, Anzahl Arten Saprobe und Ektomykorrhiza-Pilze, Anzahl Fruchtkörper Saprobe und Ektomykorrhiza -Pilze (normierte Werte). Werte über dem Durchschnitt sind mit Kreisen, unter dem Durchschnitt mit Quadraten dargestellt. Die Grösse der Symbole ist dem Wert proportional.

In Abb. 3.89 wurden die Arten bzw. Frkp. Diversität der holz- und terricolen Saprobe, Parasiten und EM-Pilze bezüglich der 17 VF anhand einer PCA getestet. Dabei geht hervor, dass sich die VF anhand der Anzahl Arten Lignicole, Terricole und Parasiten nicht unterscheiden lassen. Entscheidende Differenzierungsmerkmale liefern die Anzahl Arten bzw. Frkp. der EM-Pilze.

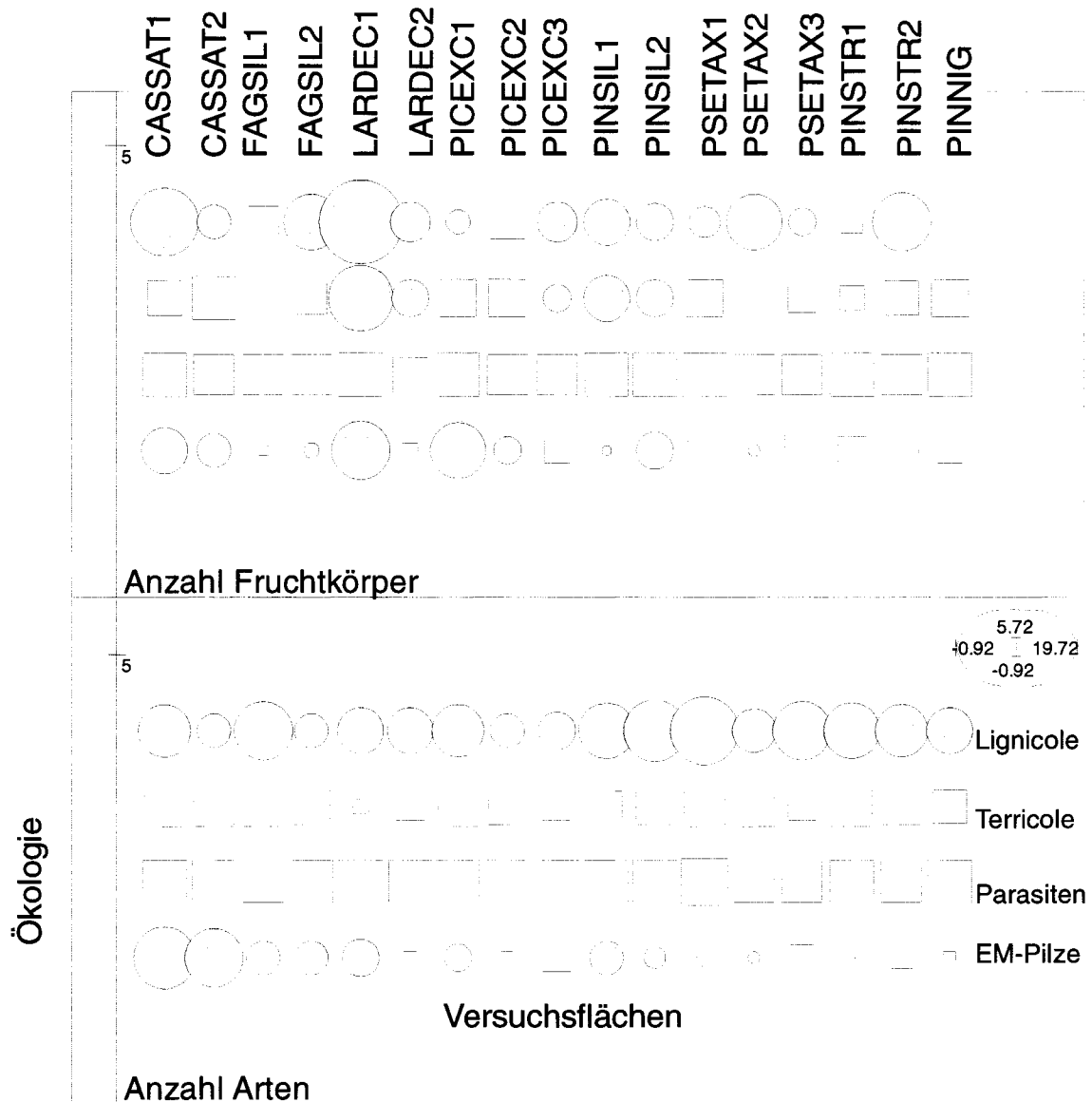


Abb. 3.89: „Principal Component Analysis“ (PCA): Darstellung der Anzahl Arten bzw. Fruchtkörper in vier ökologischen Gruppen, nämlich lignicole Saprobe, terricole Saprobe, Parasiten und Ektomykorrhiza-Pilze bezüglich der 17 Versuchsflächen (normierte Werte). Werte über dem Durchschnitt sind mit Kreisen, unter dem Durchschnitt mit Quadraten dargestellt. Die Grösse der Symbole ist dem Wert proportional.

### 3.5 Ektomykorrhiza-Pilze

#### 3.5.1 Kartierung der EM-Pilzfruchtkörper (Abb. 3.90 - Abb. 3.107, Tab. 3.10 - Tab. 3.18)

Die Frkp.-Fundstellen der EM-Pilze, die Standorte der Bäume sowie ihre auf die VF projizierten Kronenflächen, wurden massstabgetreu in planaren Karten eingetragen, die die Situation jeder VF im Wald wiedergeben. Die Wuchsorte der Pilze sind schwer lokalisierbar. Die Frkp. ermöglichen keine Aussage über die dreidimensionale Ausdehnung ihres vegetativen Myzels im Boden. Es wird angenommen, dass die Frkp. in nächster Nähe des Myzels im Boden erscheinen. Nur beim Auftreten einer hohen Zahl von Frkp. einer Art, kann die Ausdehnung des Myzels dieser Art ungefähr definiert werden.

In den Fundkarten (Abb. 3.90, Abb. 3.101) wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

1. Bei welcher Kronendeckung kommen die meisten EM-Pilzarten und Frkp. vor?
2. Mit welchem Abstand zum nächststehenden Baum kommen die meisten EM-Pilzarten und Frkp. vor?
3. Wie sind die EM-Pilzarten auf den VF verteilt (zufällig, „clustered“ oder uniform)?
4. Wie verhalten sich die verschiedenen EM-Pilzarten zueinander (Bindung bzw. Ausschluss)?
5. Welche EM-Pilzarten sind während der Beobachtungszeit standortstreu?

Abb. 3.90 bis Abb. 3.97 zeigen ausgewählte Beispiele solcher Karten für die VF CASSAT1 und PICEXC1 (1995 bis 1998).

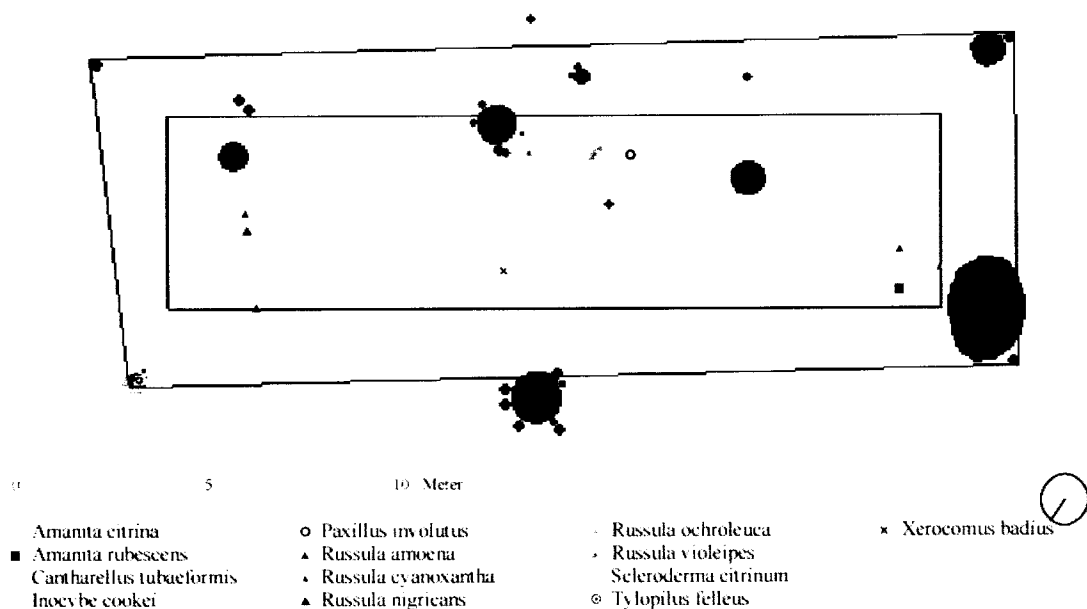


Abb. 3.90: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1995** in der Versuchsfläche **CASSAT1** (*Castanea sativa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

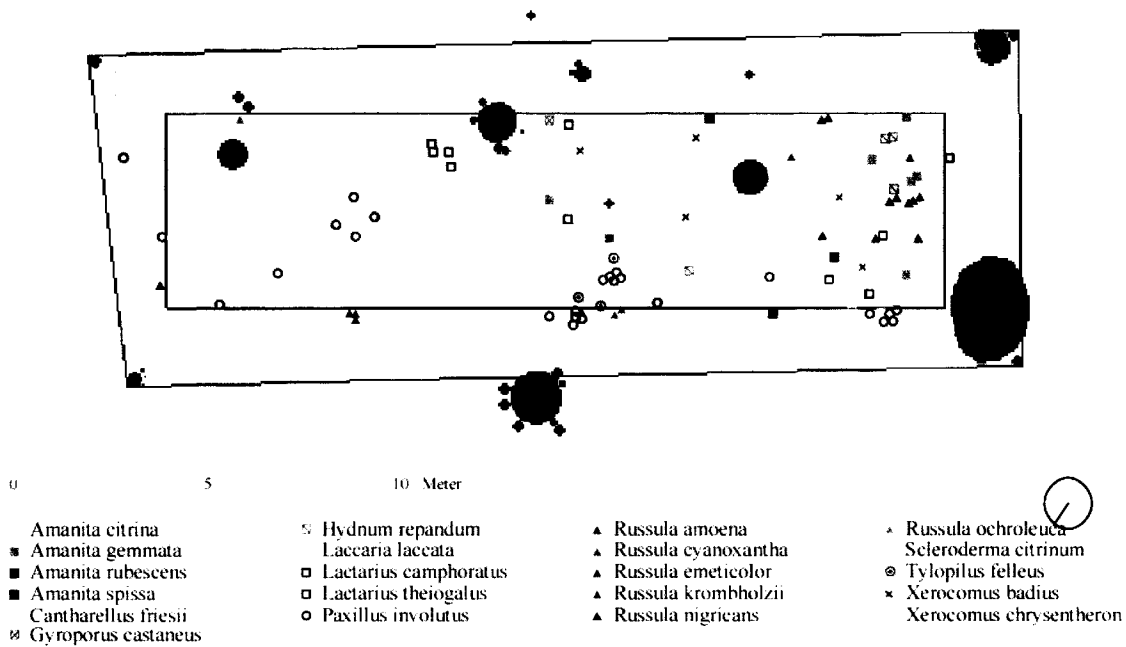


Abb. 3.91: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1996** in der Versuchsfläche **CASSAT1** (*Castanea sativa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

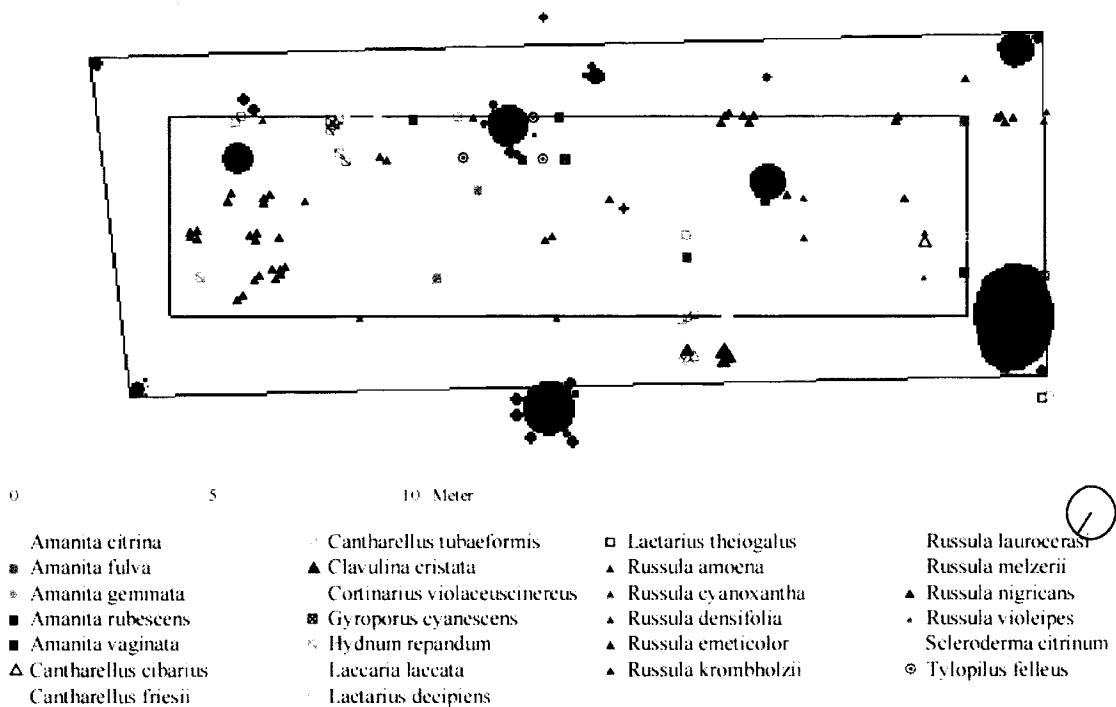


Abb. 3.92: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1997** in der Versuchsfläche **CASSAT1** (*Castanea sativa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).



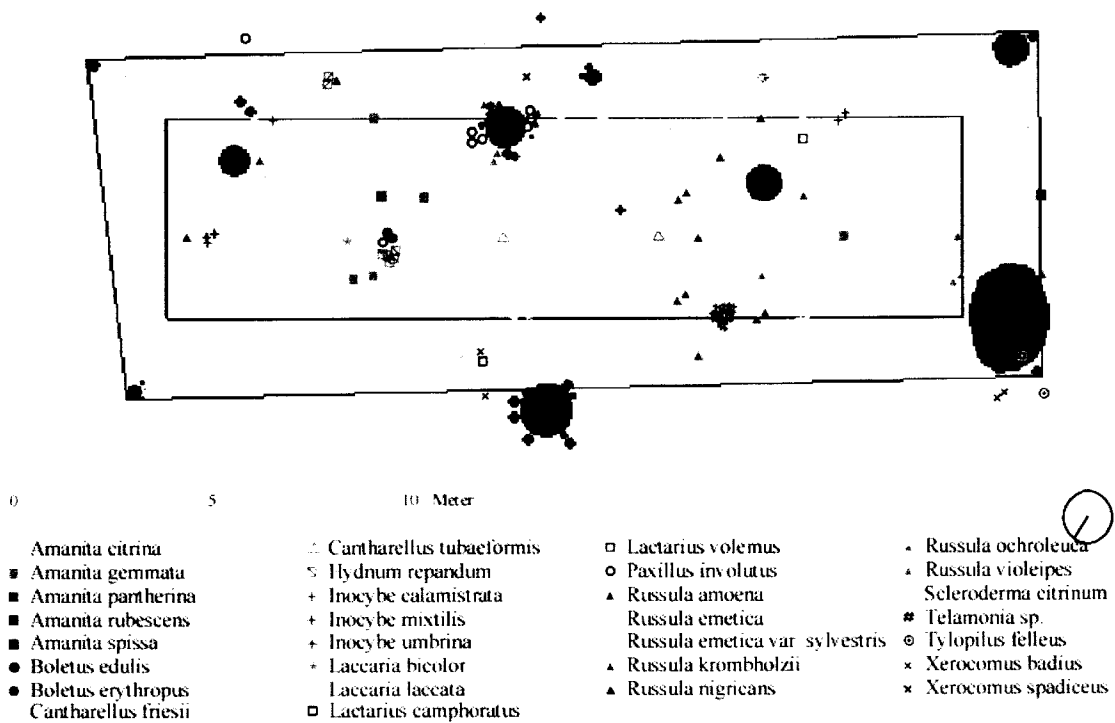


Abb. 3.93: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1998** in der Versuchsfläche **CASSAT1** (*Castanea sativa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

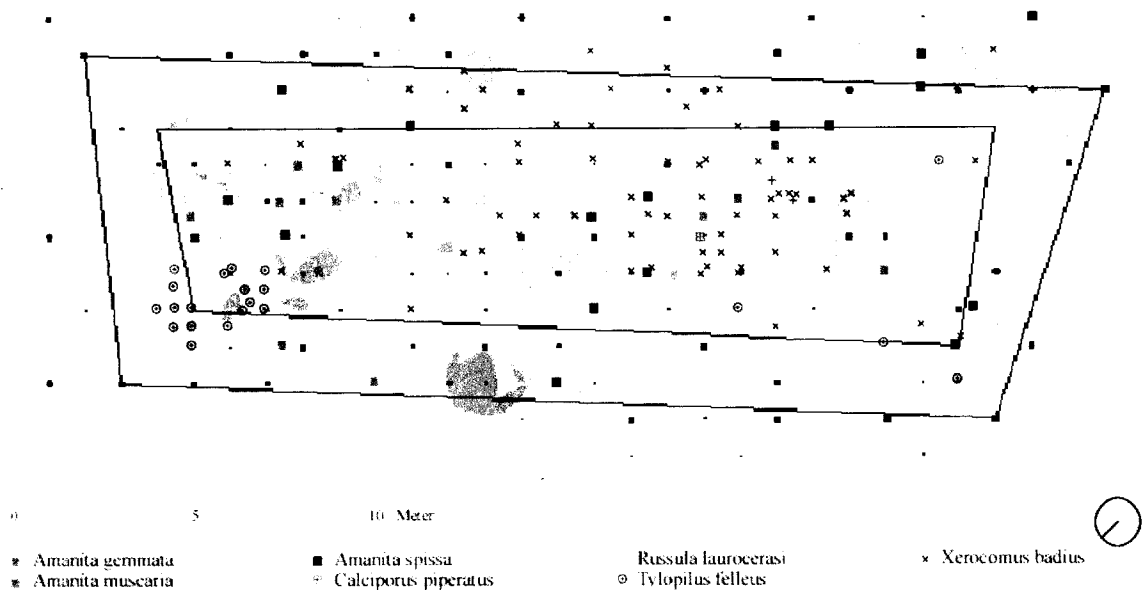


Abb. 3.94: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1995** in der Versuchsfläche **PICEXC1** (*Picea excelsa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

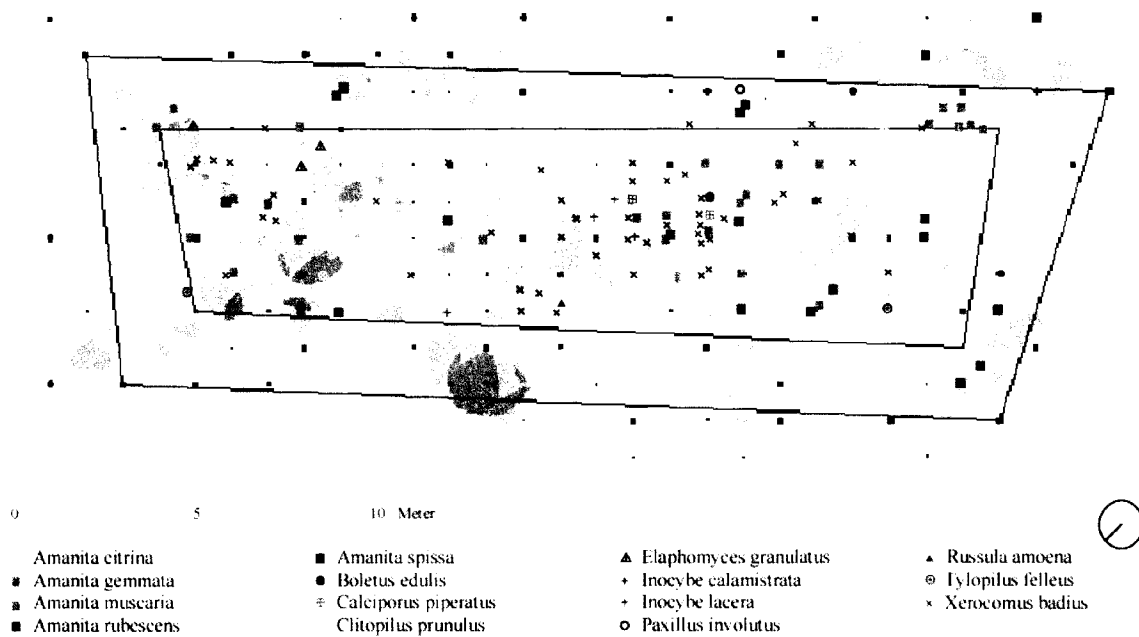


Abb. 3.95: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1996** in der Versuchsfläche **PICEXC1** (*Picea excelsa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

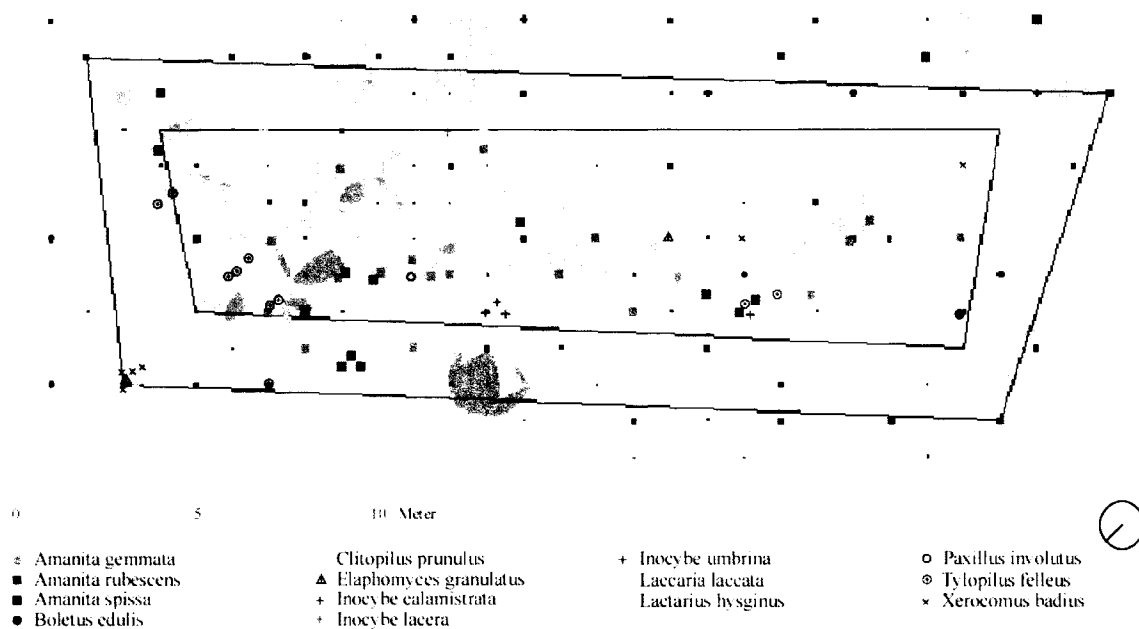


Abb. 3.96: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1997** in der Versuchsfläche **PICEXC1** (*Picea excelsa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

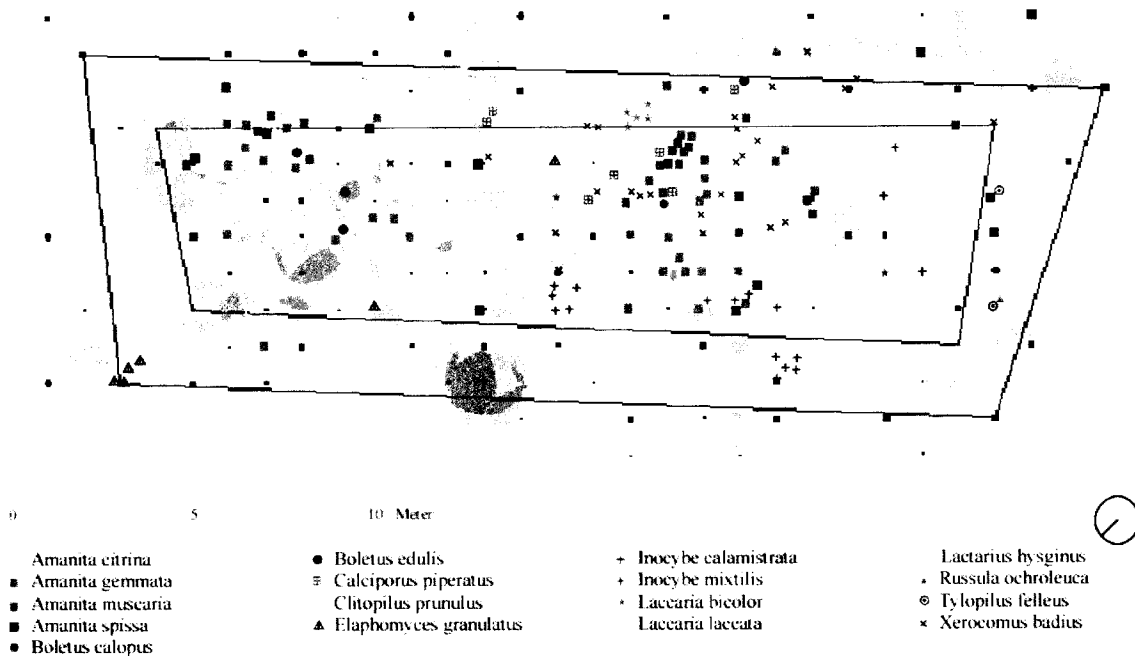


Abb. 3.97: Karte der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1998** in der Versuchsfläche **PICEXC1** (*Picea excelsa*) gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze, der Standorte der Bäume (schwarz) sowie der auf die Versuchsfläche projizierten Kronenflächen (massstabgetreu).

### 1. Bei welcher Kronendeckung kommen die meisten EM-Pilzarten und Frkp. vor?

Die Kronendeckung wurde in 6 Klassen geteilt:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| Deckungsklasse 0  | keine Kronendeckung – offener Standort      |
| Deckungsklasse 1: | Kronenfläche eines einzigen Baumes          |
| Deckungsklasse 2: | Überlappung von zwei Kronenflächen          |
| Deckungsklasse 3  | Überlappung von drei Kronenflächen          |
| Deckungsklasse 4: | Überlappung von vier Kronenflächen          |
| Deckungsklasse 5: | Überlappung von mehr als vier Kronenflächen |

Die Mehrzahl der Arten und Frkp. sind in Kronen-Deckungsklasse 1 aufgetreten (vgl. Abb. 3.98), im Gegensatz zum Kastanien- und Fichtenwald, wo die meisten Frkp. und Arten in der Deckungsklasse 2 vorgekommen sind.

In offener Lage ist die Ein- und Ausstrahlung gross, dagegen tritt kein Interzeptionverlust auf. Zudem ist in Offener Lage für ein EM-Pilzmyzel die Wahrscheinlichkeit Baumwurzeln zu finden geringer (Wurzelbereich +/- Kronenfläche).

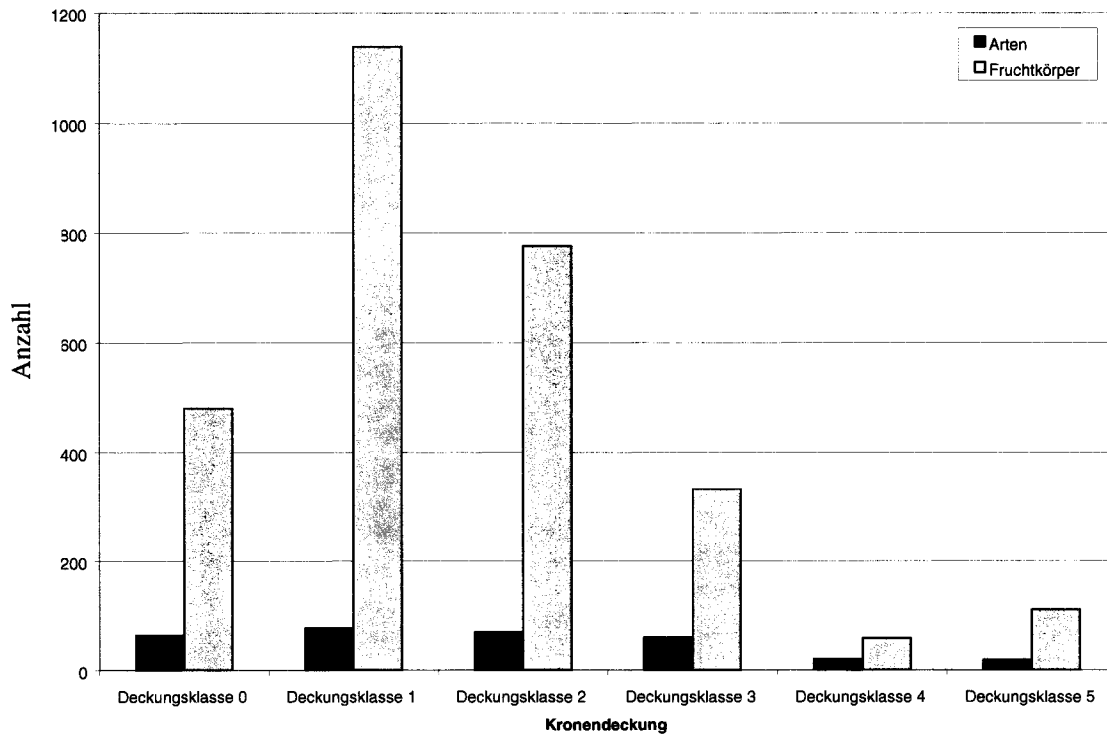


Abb. 3.98: Verteilung aufgetretener Ektomykorrhiza-Pilzarten und Fruchtkörper in Bezug zur Kronendeckung (in den Versuchsflächen 1-17).

## 2. In welchem Abstand zum nächsten Baum kommen die meisten EM-Pilzarten und Frkp. vor?

Die Abstände einer EM-Fundstelle zum nächststehenden Baum wurden in 9 Klassen eingeteilt:

1:	<0.5 m	6:	2.6 – 3 m
2:	0.6 – 1 m	7:	3.1 – 3.5 m
3:	1.1 – 1.5 m	8:	3.6 – 4 m
4:	1.6 – 2 m	9:	4.1 – 4.5 m
5:	2.1 – 2.5 m		

Die meisten EM-Pilzarten und Frkp. sind im Abstand von 0.6 - 1 m zum nächsten Baum aufgetreten (vgl. Abb. 3.99). Die Wahrscheinlichkeit Frkp. zu finden nimmt mit zunehmendem Abstand vom Baum ab (signifikante, kontinuierliche Abnahme der Frkp.-Zahl mit der Distanz).

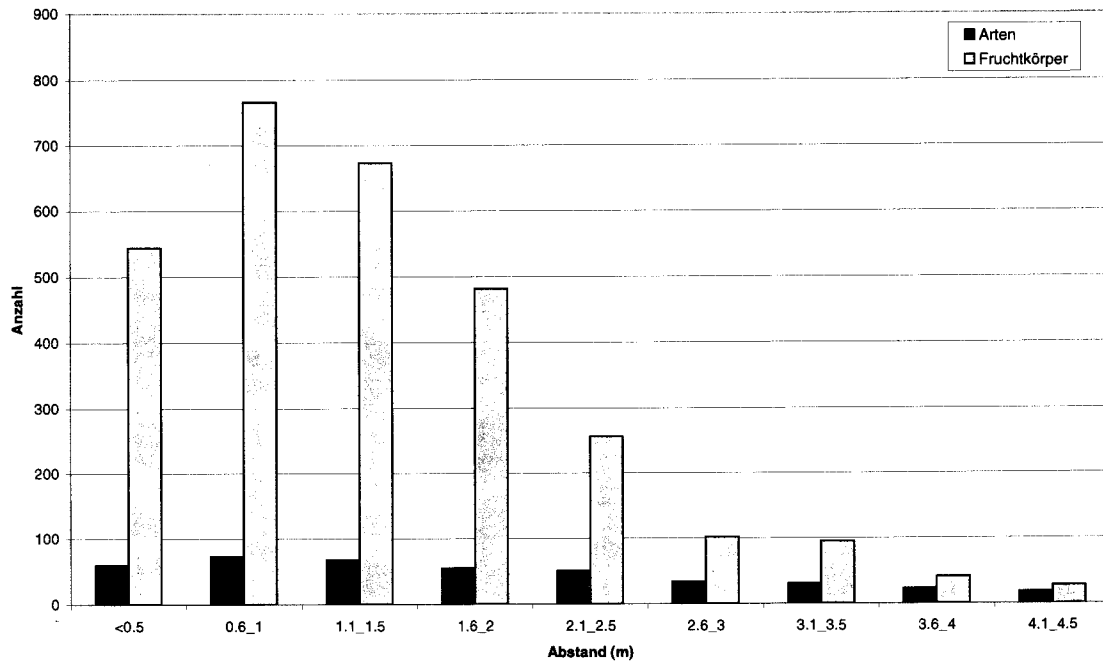


Abb. 3.99: Verteilung aufgetretener Ektomykorrhiza-Pilzarten und Fruchtkörper in Bezug auf ihren Abstand bis zum nächsten Baum (in den Versuchsflächen 1-17).

Im Kastanienwald sind die meisten Frkp. und Arten im Abstand von 2.1 - 2.5 m zum nächsten Baum aufgetreten. Der Kastanienwald ist verglichen mit den übrigen untersuchten Waldbeständen weniger dicht und die Wurzelspitzenfront im Boden kann sich weiter ausbreiten.

Tab. 3.10: Abstand (m) der Mehrzahl der Fruchtkörper-Funde von Ektomykorrhiza-Pilzarten: Daten in Bezug auf Waldtypen ausgewertet.

Baumart	Abstand (m)
<i>Picea excelsa</i>	0.6 – 1
<i>Fagus silvatica</i>	0.6 – 1.5
<i>Larix decidua</i>	0.6 – 1.5
<i>Pinus strobus</i>	0.6 – 2
<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	0.6 – 2
<i>Pinus nigra</i>	1.1 – 1.5
<i>Castanea sativa</i>	2.1 – 2.5

### 3. Wie sind die EM-Pilzarten auf den VF verteilt?

Es gibt drei Möglichkeiten wie eine Pilzart auf einer Fläche verteilt sein kann (JANSEN 1984): zufällig, gruppenweise („clustered“) oder uniform (regelmässig). Die dritte Art des Verbreitungsmusters der Frkp. kommt sehr selten vor. Am häufigsten sind die inhomogenen Verteilungsmuster, bei denen die Frkp. in sogenannten Clusters in der Fläche beschränkt sind. Dieser Verbreitungstyp dürfte sich oft auf kleinräumige

Unterschiede bezüglich der Standortsfaktoren Licht, Feuchtigkeit oder Substratzusammensetzung zurückführen lassen, oder basiert auf Zufälligkeiten der Sporenverteilung und -keimung (BIERI et al. 1992).

Abb. 3.100 und Abb. 3.101 zeigen als Beispiel die Verbreitung von *Xerocomus badius* und *Tylopilus felleus* in der Fläche PICEXC1 zwischen 1995 und 1998.



Abb. 3.100: Verbreitungsmuster „zufällig“ von *Xerocomus badius* in Fläche PICEXC1 zwischen 1995 und 1998. Grau zeigt die Projektion der Kronenfläche der Bäume (schwarze Punkte) auf die Versuchsfläche.

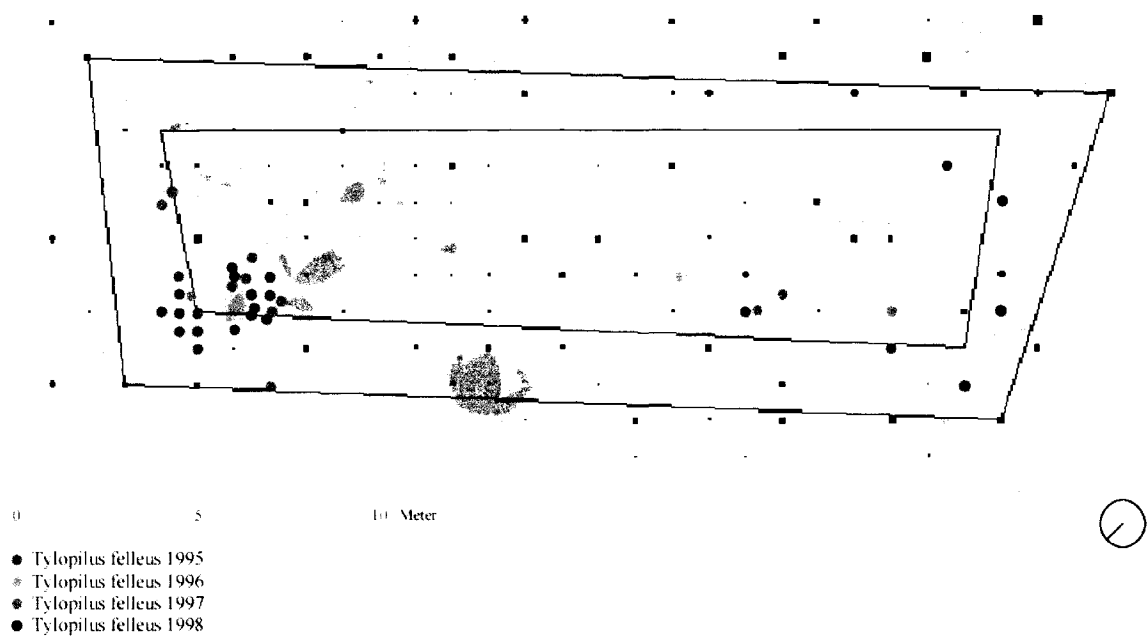


Abb. 3.101: Verbreitungsmuster „Cluster“ von *Tylopilus felleus* in Fläche PICEXC1 zwischen 1995 und 1998. Grau zeigt die Projektion der Kronenfläche der Bäume (schwarze Punkte) auf die Versuchsfläche.

#### 4. Wie verhalten sich die verschiedenen EM-Pilzarten zueinander?

Wenn sich zwei Pilzmyzelien mit signifikanter Häufigkeit überlappen, liegt eine Verträglichkeit (Koexistenz) der beiden Arten vor (GRIESSER 1992). Ähnliche räumliche Ansprüche erhöhen die Wahrscheinlichkeit gemeinsamen Vorkommens, aber auch symbiotische bzw. parasitäre Vergesellschaftung (z.B. *Scleroderma citrinum* und *Xerocomus parasiticus*) zweier Arten.

Zwei Arten-Areale können sich auch ausschliessen, d.h. die beiden Pilzmyzelien grenzen sich gegenseitig ab (Antagonismus). Die Gründe dafür können Substratkonkurrenz oder Ausscheidung von allelopathisch wirkenden Stoffen sein (AUGUSTIN 1974, MURAKAMI 1987).

Die Korrelation (Koexistenz oder Antagonismus) wurde mit dem Kontingenztest nach PIELOU (1977) geprüft. Die VF wurden auf den Karten in Quadraten von 1m<sup>2</sup> Fläche eingeteilt (Gitterraster), die auf Präsenz und Absenz der zu vergleichenden Paare ausgezählt und in einer Vierfeldtafel übertragen wurden. Das Mass der Korrelation wurde mit dem Ochiai-Index (OCHIAI 1957) getestet. Dieser Index hat Werte zwischen 0 und 1. Werte grösser als 0.4 sprechen für Koexistenz der beiden Arten (vgl. Kapitel. 2.8.3).





26 der 1058 in der VF CASSAT1 vorkommenden Ektomykorrhiza-Arten-Paare haben eine signifikante positive Korrelation aufgewiesen. Diese Aussage ist mit Vorbehalt zu interpretieren, weil die Stärke der Bindung durch die Grösse (in diesem Fall  $1\text{m}^2$ ) und die Anzahl der Stichproben beeinflusst werden kann. Der Ochiai-Index berücksichtigt die Anzahl der Stichproben nicht, in denen beiden Arten nicht vorkommen. Im Gegensatz zu Chiquadrat ist also eine gleichmässige Verteilung der Arten nicht vorausgesetzt.

*Laccaria laccata* hat nach Ochiai-Index ein Assoziations-Verhalten mit 8 verschiedenen Arten gezeigt, nämlich mit *Hydnum repandum* (0.82), *Lactarius camphoratus* (0.98), *Russula amoena* (0.82), *Russula nigricans* (0.63), *Russula ochroleuca* (0.98), *Scleroderm citrinum* (0.91), *Tylophilus felleus* (0.91) und *Xerocomus badius* (0.91). Signifikanter, gegenseitiger Ausschluss (Ochiai-Index=0) wurde bei 909 Arten-Paaren (86 %) festgestellt.

### PICEXC1

Tab. 3.12: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche PICEXC1 gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	<i>Amanita citrina</i>	<i>Amanita gemmata</i>	<i>Amanita muscaria</i>	<i>Amanita rubescens</i>	<i>Amanita spissa</i>	<i>Boletus calopus</i>	<i>Boletus edulis</i>	<i>Calocyporus piperatus</i>	<i>Clitopilus prunulus</i>	<i>Elaphomyces granulatus</i>	<i>Inocybe calamistrata</i>	<i>Inocybe lacera</i>	<i>Inocybe mixtilis</i>	<i>Inocybe umbrina</i>	<i>Laccaria bicolor</i>	<i>Laccaria laccata</i>	<i>Lactarius hyginus</i>	<i>Paxillus involutus</i>	<i>Russula amoena</i>	<i>Russula laurocerasi</i>	<i>Russula ochroleuca</i>	<i>Tylophilus felleus</i>	<i>Xerocomus badius</i>	
<i>Amanita citrina</i>	1.00																							
<i>Amanita gemmata</i>	0.16	1.00																						
<i>Amanita muscaria</i>	0.13	0.21	1.00																					
<i>Amanita rubescens</i>	0.00	0.16	0.00	1.00																				
<i>Amanita spissa</i>	0.09	0.36	0.24	0.00	1.00																			
<i>Boletus calopus</i>	0.00	0.00	0.22	0.00	0.15	1.00																		
<i>Boletus edulis</i>	0.00	0.22	0.09	0.00	0.00	0.00	1.00																	
<i>Calocyporus piperatus</i>	0.00	0.10	0.40	0.00	0.05	0.35	0.29	1.00																
<i>Clitopilus prunulus</i>	0.00	0.31	0.23	0.12	0.10	0.00	0.26	0.00	1.00															
<i>Elaphomyces granulatus</i>	0.00	0.10	0.17	0.00	0.06	0.00	0.15	0.00	0.16	1.00														
<i>Inocybe calamistrata</i>	0.00	0.12	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00													
<i>Inocybe lacera</i>	0.00	0.08	0.13	0.00	0.09	0.00	0.00	0.20	0.12	0.00	0.00	1.00												
<i>Inocybe mixtilis</i>	0.00	0.08	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	1.00											
<i>Inocybe umbrina</i>	0.00	0.14	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	1.00											
<i>Laccaria bicolor</i>	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00										
<i>Laccaria laccata</i>	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.13	0.00	0.00	0.14	0.00	0.09	0.00	0.00	1.00									
<i>Lactarius hyginus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.29	0.14	0.00	0.00	1.00								
<i>Paxillus involutus</i>	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
<i>Russula amoena</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00						
<i>Russula laurocerasi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
<i>Russula ochroleuca</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
<i>Tylophilus felleus</i>	0.13	0.15	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.06	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	1.00			
<i>Xerocomus badius</i>	0.00	0.38	0.38	0.06	0.30	0.11	0.09	0.24	0.26	0.21	0.10	0.19	0.16	0.00	0.17	0.25	0.23	0.08	0.11	0.00	0.00	0.10	1.00	

Von den 264 getesteten Ektomykorrhiza-Arten-Paaren hat nur *Chalciporus piperatus* - *Amanita muscaria* einen Ochiai-Index grösser als 0.4 aufgewiesen. *Amanita muscaria*, *Boletus edulis* und *Clitopilus prunulus*, die erfahrungsgemäss oft in Fichtenwäldern zusammen vorkommen, haben in dieser angepflanzten VF keine signifikante Vergesellschaftung. Signifikanter, gegenseitiger Ausschluss (Ochiai-Index= 0) haben 175 Arten-Paaren gezeigt (66 %).

PINSTR1

Tab. 3.13: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche PINSTR1 gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	<i>Amanita gemmata</i>	<i>Amanita rubescens</i>	<i>Amanita spissa</i>	<i>Inocybe calamistrata</i>	<i>Inocybe umbrina</i>	<i>Inocybe lacera</i>	<i>Inocybe mixtilis</i>	<i>Laccaria laccata</i>	<i>Lactarius decipiens</i>	<i>Russula laurocerasi</i>	<i>Russula nigricans</i>	<i>Russula ochroleuca</i>	<i>Scleroderma citrinum</i>	<i>Suillus placidus</i>	<i>Tylopilus felleus</i>	<i>Xerocomus badius</i>	<i>Xerocomus parasiticus</i>
<i>Amanita gemmata</i>	1.00																
<i>Amanita rubescens</i>	0.00	1.00															
<i>Amanita spissa</i>	0.17	0.00	1.00														
<i>Inocybe calamistrata</i>	0.12	0.00	0.00	1.00													
<i>Inocybe umbrina</i>	0.00	0.00	0.33	0.00	1.00												
<i>Inocybe lacera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00											
<i>Inocybe mixtilis</i>	0.26	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	1.00										
<i>Laccaria laccata</i>	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00									
<i>Lactarius decipiens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00								
<i>Russula laurocerasi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
<i>Russula nigricans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	1.00						
<i>Russula ochroleuca</i>	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.19	1.00					
<i>Scleroderma citrinum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
<i>Suillus placidus</i>	0.29	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			
<i>Tylopilus felleus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00		
<i>Xerocomus badius</i>	0.17	0.00	0.22	0.08	0.11	0.00	0.09	0.19	0.00	0.14	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.00	
<i>Xerocomus parasiticus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00	1.00

Von den 145 getesteten Arten-Paaren, haben 6 einen Index >0.40 gezeigt. *Xerocomus parasiticus* hat eine parasitäre Vergesellschaftung mit *Scleroderma citrinum* und deswegen hat das Arten-Paar den Ochiai-Index-Höchstwert von 1.00 gegeben. *Russula nigricans* und *Russula laurocerasi* grenzen sich gegenseitig nicht ab. Dasselbe gilt für *Tylopilus felleus* und das Paar *Scleroderma citrinum* - *Xerocomus parasiticus*. Signifikanten, gegenseitigen Ausschluss haben 113 Arten-Paare gezeigt (78 %).

## PINNIG

Tab. 3.14: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche PINNIG gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	<i>Amanita gemmata</i>	<i>Cantharellus cibarius</i>	<i>Cantharellus friesii</i>	<i>Elaphomyces granulatus</i>	<i>Elaphomyces personii</i>	<i>Gomphidius roseus</i>	<i>Inocybe friesii</i>	<i>Inocybe mixtilis</i>	<i>Laccaria laccata</i>	<i>Lactarius hyginus</i>	<i>Russula amoena</i>	<i>Russula nigricans</i>	<i>Russula parazurea</i>	<i>Suillus bovinus</i>	<i>Telamonia pygmaeus</i>	<i>Tylopilus felleus</i>	<i>Xerocomus badius</i>
<i>Amanita gemmata</i>	1.00																
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.33	1.00															
<i>Cantharellus friesii</i>	0.00	0.00	1.00														
<i>Elaphomyces granulatus</i>	0.24	0.00	0.00	1.00													
<i>Elaphomyces personii</i>	0.00	0.00	0.35	0.00	1.00												
<i>Gomphidius roseus</i>	0.24	0.00	0.00	0.50	0.00	1.00											
<i>Inocybe friesii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00										
<i>Inocybe mixtilis</i>	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00									
<i>Laccaria laccata</i>	0.00	0.00	0.29	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	1.00								
<i>Lactarius hyginus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
<i>Russula amoena</i>	0.17	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00						
<i>Russula nigricans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
<i>Russula parazurea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
<i>Suillus bovinus</i>	0.11	0.00	0.00	0.22	0.22	0.45	0.00	0.14	0.18	0.22	0.16	0.00	0.00	1.00			
<i>Telamonia pygmaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00		
<i>Tylopilus felleus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
<i>Xerocomus badius</i>	0.18	0.18	0.27	0.13	0.13	0.00	0.13	0.08	0.21	0.00	0.09	0.18	0.00	0.06	0.13	0.18	1.00

Wie bei VF PINSTR1 wurden 145 Arten-Paare getestet und 6 Paare haben einen Index > 0.40 gezeigt. Die aus natürlichen Föhrenwäldern bekannte Vergesellschaftung zwischen *Suillus bovinus* und *Gomphidius roseus* wird durch den Ochiai-Index = 0.45 bestätigt. Signifikanten, gegenseitigen Ausschluss haben 103 Arten-Paare gezeigt (71 %).

PSETAX1

Tab. 3.15: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche PSETAX1 gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	Amanita gemmata	Amanita rubescens	Elaphomyces asperulus	Elaphomyces granulatus	Inocybe calamistrata	Inocybe lacera	Inocybe umbrina	Laccaria laccata	Russula amoenolens	Russula ionochlora	Russula laurocerasi	Russula nigricans	Russula ochroleuca	Xerocomus badius
Amanita gemmata	1.00													
Amanita rubescens	0.00	1.00												
Elaphomyces asperulus	0.00	0.00	1.00											
Elaphomyces granulatus	0.00	0.00	0.00	1.00										
Inocybe calamistrata	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00									
Inocybe lacera	0.00	0.00	<u>0.50</u>	0.00	0.00	1.00								
Inocybe umbrina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
Laccaria laccata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<u>0.71</u>	1.00						
Russula amoenolens	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
Russula ionochlora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
Russula laurocerasi	0.35	0.00	<u>0.50</u>	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	<u>0.50</u>	0.00	1.00			
Russula nigricans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.15	0.22	0.00	0.00	0.00	1.00		
Russula ochroleuca	0.00	<u>0.50</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Xerocomus badius	0.00	0.00	0.00	<u>0.58</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Das stärkste Koexistenz-Verhalten hat das Arten-Paar *Laccaria laccata* – *Inocybe umbrina* (Ochiai-Index= 0.71) gezeigt. *Inocybe*- und *Laccaria*-Arten sind typisch für gestörte Standorte. Sie sind sogenannte „r-Strategen“ (ruderales Arten), die auf diskontinuierliche Nährstoffversorgung und auf schnell verbrauchtes Substrat angewiesen sind (hoher Disturbations-Toleranz).

*Russula laurocerasi* und *Russula amoenolens*, die in derselben taxonomischen Gruppe „Ingratae“ stehen, grenzen sich nicht gegenseitig aus.

Ein Ochiai-Index von Null (signifikanter, gegenseitiger Ausschluss) hat sich bei 79 Arten-Paaren ergeben (81 %).

## LARDEC1

Tab. 3.16: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche LARDEC1 gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	Amanita gemmata	Clavulina cinerea	Clavulina cristata	Gomphidius maculatus	Hygrophorus lucorum	Inocybe Cookei	Inocybe flavella	Inocybe fuscidula	Inocybe lacera	Inocybe pseudoumbriina	Inocybe sapinea	Inocybe umbrina	Laccaria amethystina	Laccaria bicolor	Laccaria laccata	Lactarius pompinis	Paxillus involutus	Russula amoena	Russula amoenicolor	Russula amoenolens	Russula nigricans	Russula ochroleuca	Scleroderma citrinum	Suillus grevillei	Suillus viscidus	Telephora terrestris	Tricholoma ustale	Xerocomus badius	Xerocomus chrysenteron		
Amanita gemmata	1.00																														
Clavulina cinerea	0.00	1.00																													
Clavulina cristata	0.00	0.13	1.00																												
Gomphidius maculatus	0.00	0.00	0.19	1.00																											
Hygrophorus lucorum	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																										
Inocybe Cookei	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.00																									
Inocybe flavella	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																								
Inocybe fuscidula	0.00	0.22	0.12	0.16	0.00	0.00	0.00	1.00																							
Inocybe lacera	0.00	0.00	0.13	0.09	0.00	0.19	0.00	0.11	1.00																						
Inocybe pseudoumbriina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																					
Inocybe sapinea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	1.00																				
Inocybe umbrina	0.00	0.00	0.22	0.20	0.00	0.31	0.28	0.00	0.14	0.00	0.00	1.00																			
Laccaria amethystina	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																		
Laccaria bicolor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.00																		
Laccaria laccata	0.00	0.20	0.22	0.14	0.08	0.15	0.00	0.30	0.24	0.00	0.10	0.19	0.07	0.00	1.00																
Lactarius pompinis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.25	0.00	0.14	1.00																
Paxillus involutus	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	0.00	1.00													
Russula amoena	0.00	0.00	0.09	0.12	0.19	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.14	0.00	0.35	0.07	0.00	0.00	0.00	1.00												
Russula amoenicolor	0.00	0.00	0.00	0.18	0.10	0.19	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.14	0.00	0.35	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00											
Russula amoenolens	0.00	0.17	0.45	0.12	0.10	0.19	0.00	0.08	0.30	0.00	0.24	0.23	0.08	0.00	0.35	0.08	0.00	0.28	0.08	1.00											
Russula nigricans	0.00	0.19	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.10	0.38	0.27	0.05	0.00	0.38	0.13	0.00	0.13	1.00											
Russula ochroleuca	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	1.00									
Scleroderma citrinum	0.00	0.16	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.28	0.24	0.00	0.00	0.00	0.32	0.22	0.26	0.00	0.00	0.21	0.16	0.27	0.12	0.00	1.00								
Suillus grevillei	0.00	0.00	0.13	0.17	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.17	0.13	0.24	0.34	0.07	0.00	0.00	0.08	0.12	0.20	0.28	0.10	0.15	1.00								
Suillus viscidus	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.13	0.00	0.00	0.16	1.00							
Telephora terrestris	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00						
Tricholoma ustale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
Xerocomus badius	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	1.00			
Xerocomus chrysenteron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.24	0.00	0.00	1.00

Von den 421 untersuchten Arten-Paaren, haben nur drei einen Index > 0.40 gegeben: *Clavulina cinerea* – *Paxillus involutus*, *Clavulina cristata* – *Russula amoenolens*, *Xerocomus badius* – *Tricholoma ustale*. „Koexistenz-Verhalten“ tritt im Naturwald häufiger auf.

Ein signifikanter, gegenseitiger Ausschluss hat sich bei 296 Arten-Paaren gezeigt (70 %).

## FAGSIL1

Tab. 3.17: Matrix des Ochiai-Index der in der Versuchsfläche FAGSIL2 gefundenen Ektomykorrhiza-Pilze. Index > 0.40 (rot unterstrichen) deuten auf Koexistenz der Arten-Paare (1= Arten-Paare stark gebunden).

	Amanita gemmata	Amanita muscaria	Amanita rubescens	Amanita spissa	Boletus calopus	Boletus edulis	Boletus erythropus	Clavulina cristata	Cortinarius anomalus	Cortinarius violaceus	Elaphomyces granulatus	Inocybe calamistrata	Inocybe lacera	Inocybe mixtilis	Inocybe pseudoasterospora	Laccaria amethystina	Laccaria bicolor	Laccaria laccata	Lactarius subdulcis	Leotia lubrica	Phaeocollybia cidaris	Phaeocollybia lugubris	Russula amoena	Russula cyanoxantha	Russula emetricolor	Russula minutula	Russula nigricans	Russula parazurea	Russula vesca	Telamonia pygmaeus	Tricholoma ustale	Xerocomus badius	
Amanita gemmata	1.00																																
Amanita muscaria	0.00	1.00																															
Amanita rubescens	0.00	0.00	1.00																														
Amanita spissa	0.13	0.32	0.00	1.00																													
Boletus calopus	0.24	0.00	0.00	0.18	1.00																												
Boletus edulis	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.00																											
Boletus erythropus	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.29	1.00																										
Clavulina cristata	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	1.00																									
Cortinarius anomalus	0.00	0.25	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																								
Cortinarius violaceus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																							
Elaphomyces granulatus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																						
Inocybe calamistrata	0.00	0.00	0.27	0.10	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	1.00																					
Inocybe lacera	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.00																			
Inocybe mixtilis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																		
Inocybe pseudoasterospora	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																	
Laccaria amethystina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00																
Laccaria bicolor	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00														
Laccaria laccata	0.00	0.00	0.31	0.08	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.17	0.00	0.00	0.27	0.00	0.38	1.00														
Lactarius subdulcis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00													
Leotia lubrica	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	1.00												
Phaeocollybia cidaris	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	1.00										
Phaeocollybia lugubris	0.00	0.00	0.20	0.11	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00									
Russula amoena	0.00	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.13	0.00	0.00	0.11	0.09	1.00										
Russula cyanoxantha	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00								
Russula emetricolor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
Russula minutula	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
Russula nigricans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.24	0.00	0.18	0.00	0.00	0.15	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
Russula parazurea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.00		
Russula vesca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Telamonia pygmaeus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Tricholoma ustale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Xerocomus badius	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.24	0.09	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.33	0.00	0.00	0.00	1.00	

Bei 512 auf Koexistenz-Verhalten getesteten Arten-Paaren haben 6 davon positive Ergebnisse gegeben. Die starke Assoziation (Ochiai-Index= 1) zwischen *Leotia lubrica* und *Inocybe pseudoasterospora* stützt sich auf einen einzigen Fund der letztgenannten Art.

Signifikanten, gegenseitigen Ausschluss haben 428 Arten-Paare gezeigt (83 %).

## 5. Welche EM-Pilzarten sind standortstreu?

Der Jaccard-Index (JACCARD 1908) wurde verwendet, um die Artenzusammensetzung (EM-Pilze) in den 17 VF während der 4 Untersuchungsjahre zu vergleichen. Der Index liegt zwischen 0 und 1: „Eins“ bedeutet, dass die Artenzusammensetzung des untersuchten Jahr-Paares identisch ist. „Null“ dagegen ergibt sich falls die zwei Jahre keine einzige Art gemeinsam haben.

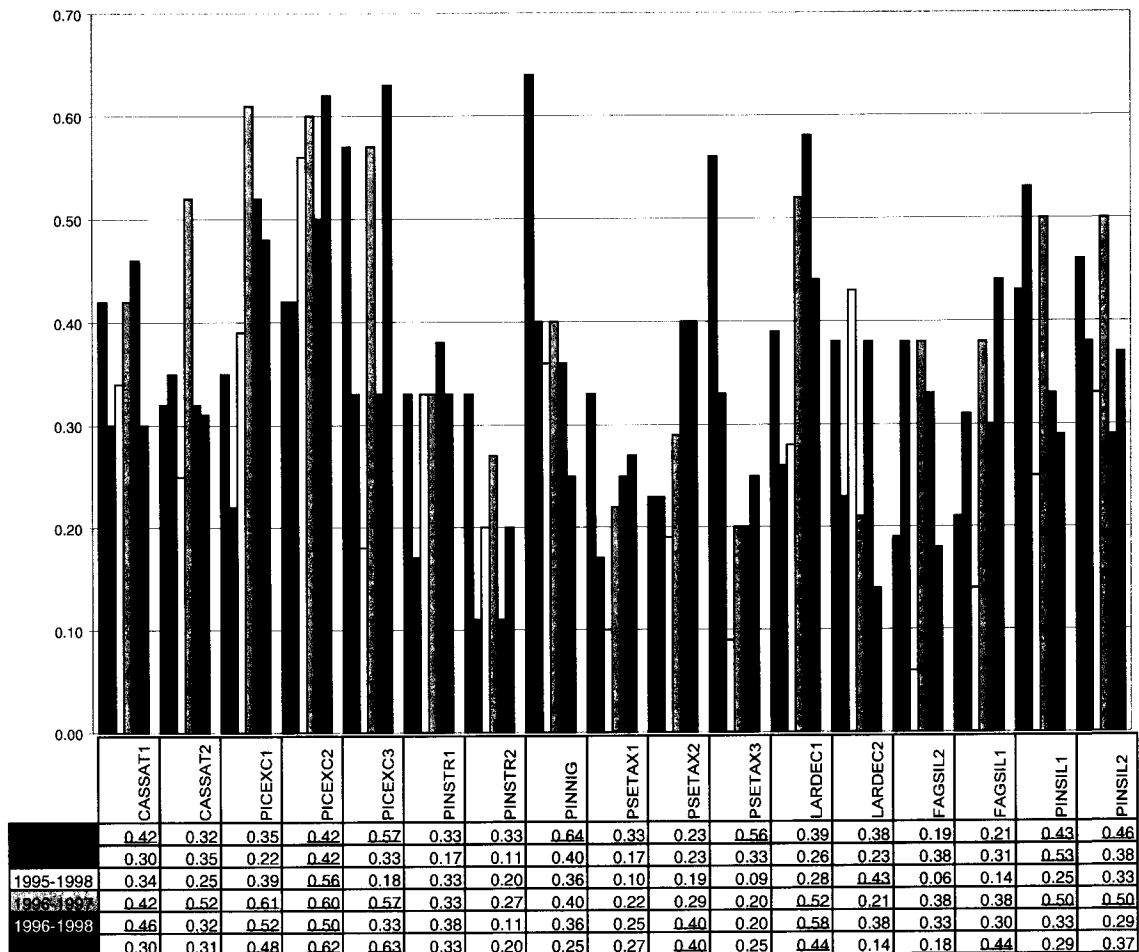


Abb. 3.102: Jaccard-Index, um die Artenzusammensetzung der untersuchten Jahr-Paare für die 17 Versuchsflächen zu vergleichen. Dabei wurden alle zwischen 1995 und 1998 kartierten Ektomykorrhiza-Pilze berücksichtigt (Werte >0.4 rot und unterstrichen).

Die ähnlichste Artenzusammensetzung zwischen den untersuchten Jahr-Paaren hat VF PICEXC2 gezeigt: für alle sechs Jahr-Paare wurden Jaccard-Index Werte grösser als 0.40 erreicht. VF FAGSIL2 dagegen, hat für alle untersuchten Jahr-Paare Werte kleiner als 0.40 gegeben. Die tiefsten Werte wurden von den VF PSETAX3 (0.09) und FAGSIL2 (0.06) für das Jahr-Paar 1995-1998 registriert. Den höchsten Wert (0.64) hat VF PINNIG für das Jahr-Paar 1995-1996 registriert.

Die über Jahre andauernde Standorttreue einer Pilzart wurde mit dem Pearson Koeffizient (PIELOU 1977) getestet. Die Koeffizienten liegen zwischen -1 und 1. Für diese Analyse wurden pro VF die Arten berücksichtigt, die in allen vier Untersuchungsjahren Frkp. gebildet haben und zudem in mindestens 10 Quadraten à 1m Seitenlänge (Gitterraster) vorgekommen sind. Die Resultate dieser Analyse sind in Tab. 3.18 zusammengefasst.

Tab. 3.18: Korrelationswerte nach Pearson der zweijährlichen statistischen Standortstreue-Analyse der produktivsten Ektomykorrhiza-Arten. Maximaler Werte = 1. Werte rot und unterstrichen bezeichnen 5% Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Arten	Versuchsfläche	1995-1996	1995-1997	1995-1998	1996-1997	1996-1998	1997-1998
<i>Amanita gemmata</i>	PINSTR1	-0.20	-0.53	-0.13	-0.53	-0.13	-0.36
<i>Amanita gemmata</i>	PINNIG	-0.60	-0.29	-0.19	-0.06	-0.40	-0.19
<i>Amanita gemmata</i>	PICEXC1	0.08	-0.26	-0.07	-0.41	-0.42	-0.42
<i>Amanita spissa</i>	PICEXC1	-0.27	-0.37	-0.46	-0.18	-0.15	-0.16
<i>Boletus erythropus</i>	FAGSIL2	-0.45	-0.20	-0.32	-0.45	-0.71	0.63
<i>Inocybe umbrina</i>	LARDEC1	-0.18	-0.46	-0.18	-0.46	-0.18	-0.46
<i>Laccaria laccata</i>	LARDEC1	-0.26	-0.38	-0.33	-0.10	-0.14	-0.23
<i>Russula amoenolens</i>	LARDEC1	0.02	-0.39	-0.37	0.25	-0.20	-0.26
<i>Russula nigricans</i>	CASSAT1	-0.18	0.14	-0.09	-0.46	-0.27	-0.23
<i>Russula nigricans</i>	PSETAX1	0.26	-0.29	-0.05	-0.91	0.26	-0.29
<i>Scleroderma citrinum</i>	LARDEC1	0.33	-0.27	-0.17	-0.41	-0.50	-0.41
<i>Tylopilus felleus</i>	PICEXC1	-0.07	-0.38	-0.41	-0.27	-0.11	-0.27
<i>Xerocomus badius</i>	PINSTR1	-0.32	-0.16	-0.32	-0.06	-0.58	-0.06
<i>Xerocomus badius</i>	PINNIG	-0.32	-0.31	-0.39	-0.23	-0.22	0.14
<i>Xerocomus badius</i>	PICEXC1	-0.40	-0.23	-0.03	-0.25	-0.07	-0.14

Die höchsten Korrelationswerte (0.63) hat *Boletus erythropus* in der VF FAGSIL2 für das Jahr-Paar 1997-1998 erreicht. In den nachfolgenden Jahren (1995-1996/ 1996-1997/ 1997-1998) und in den dreijährigen Perioden (1995-1997/ 1996-1998) weisen die Standortstreue-Analysen allgemein mehr signifikante Korrelationen auf als in der vierjährigen Periode (1995-1998): die Myzelareale im Boden verlagern sich stark im Verlauf von vier Vegetationsperioden, sodass die Frkp. nicht mehr in der gleichen Quadratmeter-Fläche zu finden sind (FORD et al. 1980).

### Mikrotopographische Karten

Für die VF CASSAT1, CASSAT2, PICEXC2 und FAGSIL2 wurden topographische Karten erstellt, um die Feuchtigkeitsbedingungen im Boden besser zu ermitteln und um eventuelle Korrelationen mit den Fundstellen der Frkp. zu erhalten.

Kleinräumige Standortsfaktoren wie Licht, Feuchtigkeit oder Substratzusammensetzung können die am häufigsten anzutreffende „clusterartige“ Verteilung der Pilzfruchtkörper erklären. FRIEDRICH (1940) beschreibt sogenannte „Pilzoasen“, d.h. Orte wo Pilze zusammen auf wenigen Quadratmetern konzentriert auftreten. Der Boden dieser Zonen ist nach FRIEDRICH (1940) feuchter als ihre Umgebung. Mulden und Depressionen können, v.a. während langer Trockenperioden, die edaphischen Voraussetzungen für „Pilzoasen“ liefern.

Diese „Boden-Inhomogenitäten“ wurden in Copera selektiv in Kleinarealen erfasst, auf topographische Karten übertragen und mit den Frkp.-Fundstellen korreliert. Abb. 3.103 bis Abb. 3.106 zeigen Beispiele solcher Karten für die VF CASSAT1.



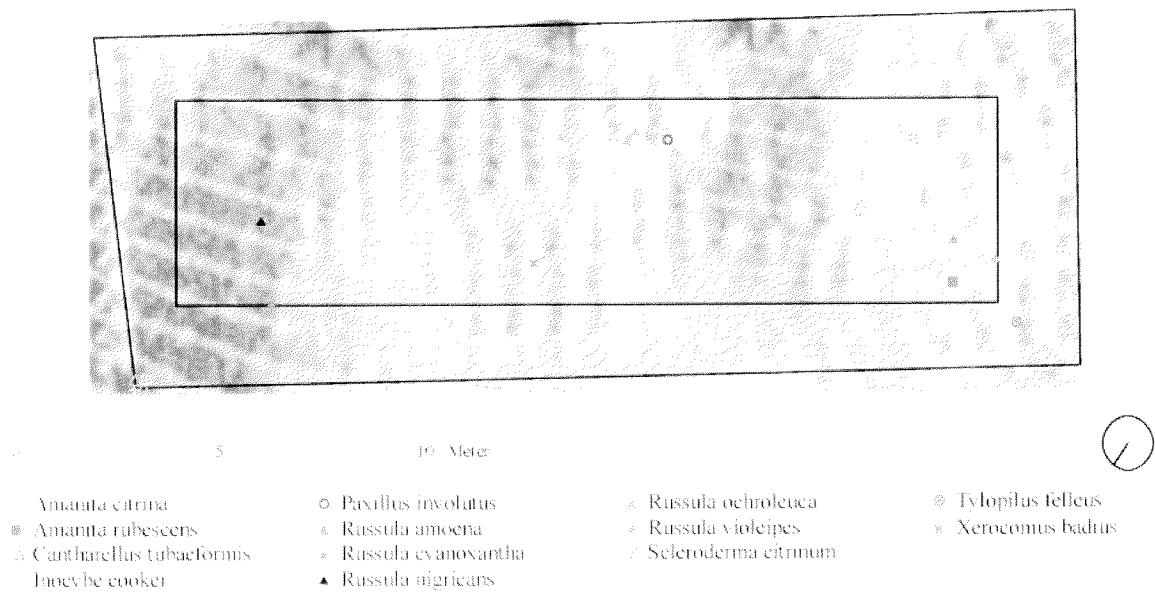


Abb. 3.103: Karte der Mikrotopographie sowie der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1995** in der Versuchsfläche CASSAT1 (*Castanea sativa*) registrierten Ektomykorrhiza-Pilze.

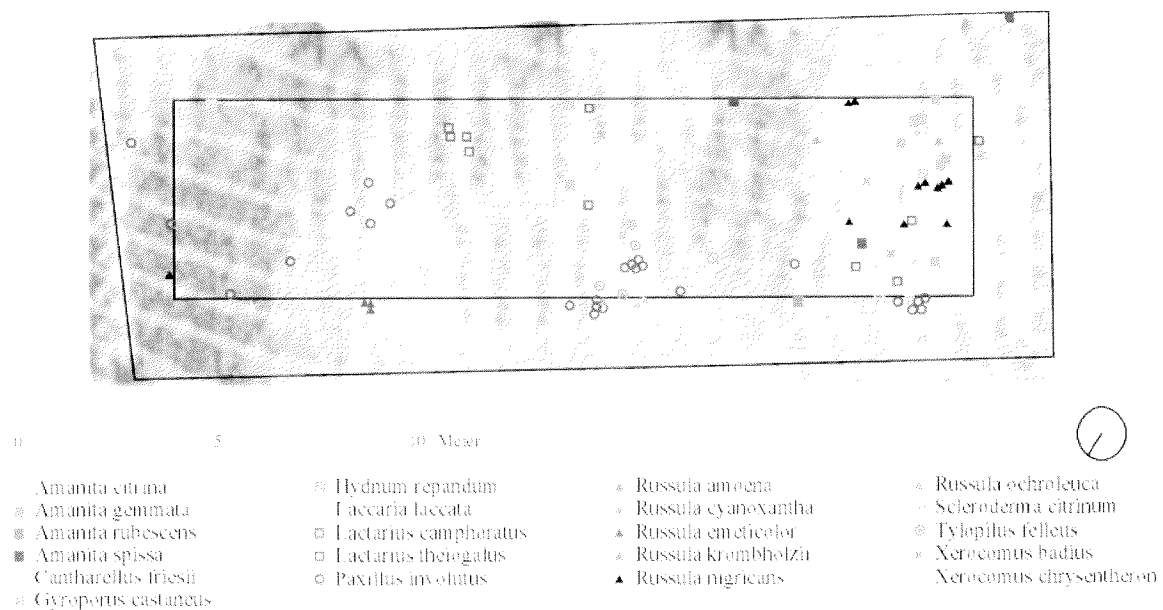


Abb. 3.104: Karte der Mikrotopographie sowie der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1996** in der Versuchsfläche CASSAT1 (*Castanea sativa*) registrierten Ektomykorrhiza-Pilze.

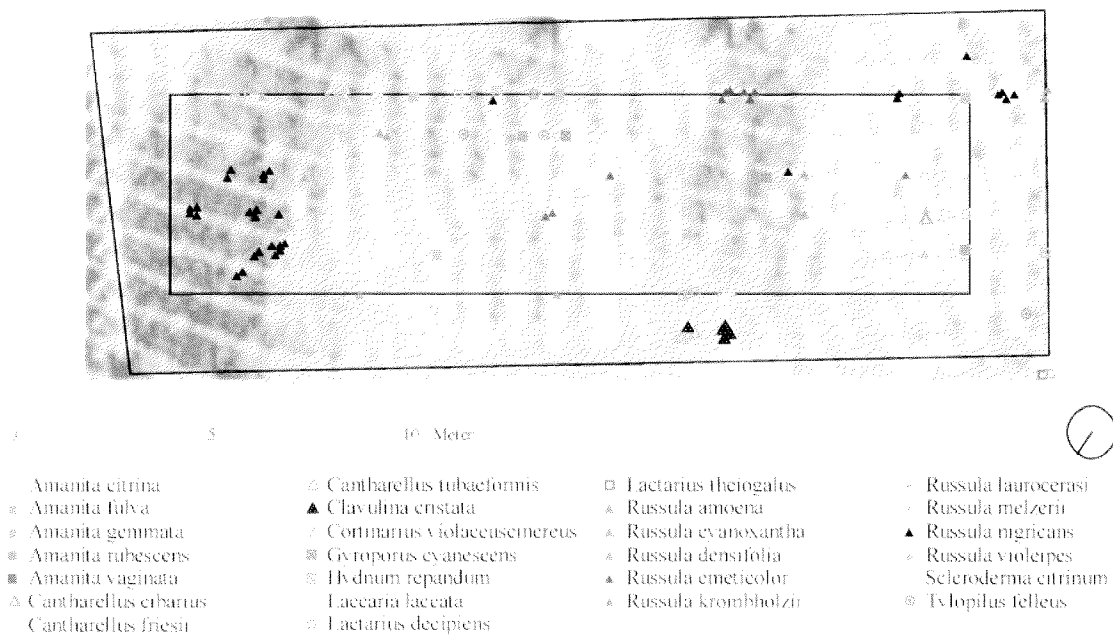


Abb. 3.105: Karte der Mikrotopographie sowie der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1997** in der Versuchsfläche CASSAT1 (*Castanea sativa*) registrierten Ektomykorrhiza-Pilze.

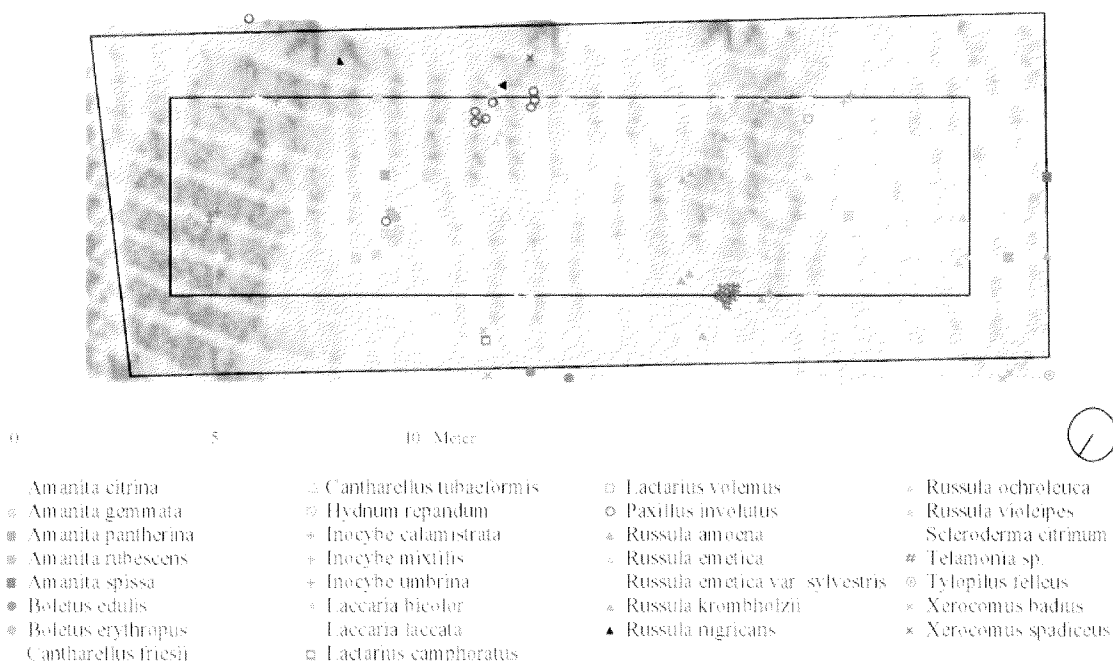


Abb. 3.106: Karte der Mikrotopographie sowie der Fruchtkörper-Fundstellen der im **Jahr 1998** in der Versuchsfläche CASSAT1 (*Castanea sativa*) registrierten Ektomykorrhiza-Pilze.

Die dunkleren Zonen in der Karte sind östlicher exponiert, die helleren westlicher. Die Aufforstung Copera befindet sich an einem Nord-exponierten Hang und die

Sonneneinstrahlung erreicht erst am Nachmittag den Boden. Die östlicheren Zonen bleiben also geschützter und deshalb kühler im Vergleich zu den westlicheren Zonen. Die Mehrheit der Arten und Frkp. sind in den blass grauen Zonen aufgetreten. Es ist aber zu betonen, dass die Nord-exponierten Zonen auf der Karte stärker vertreten sind. Die Anzahl der in Ost-exponierten Zonen vorgekommenen Arten (27 Arten) ist jenen in den West-exponierten (28 Arten) vergleichbar (vgl. Abb. 3.107).

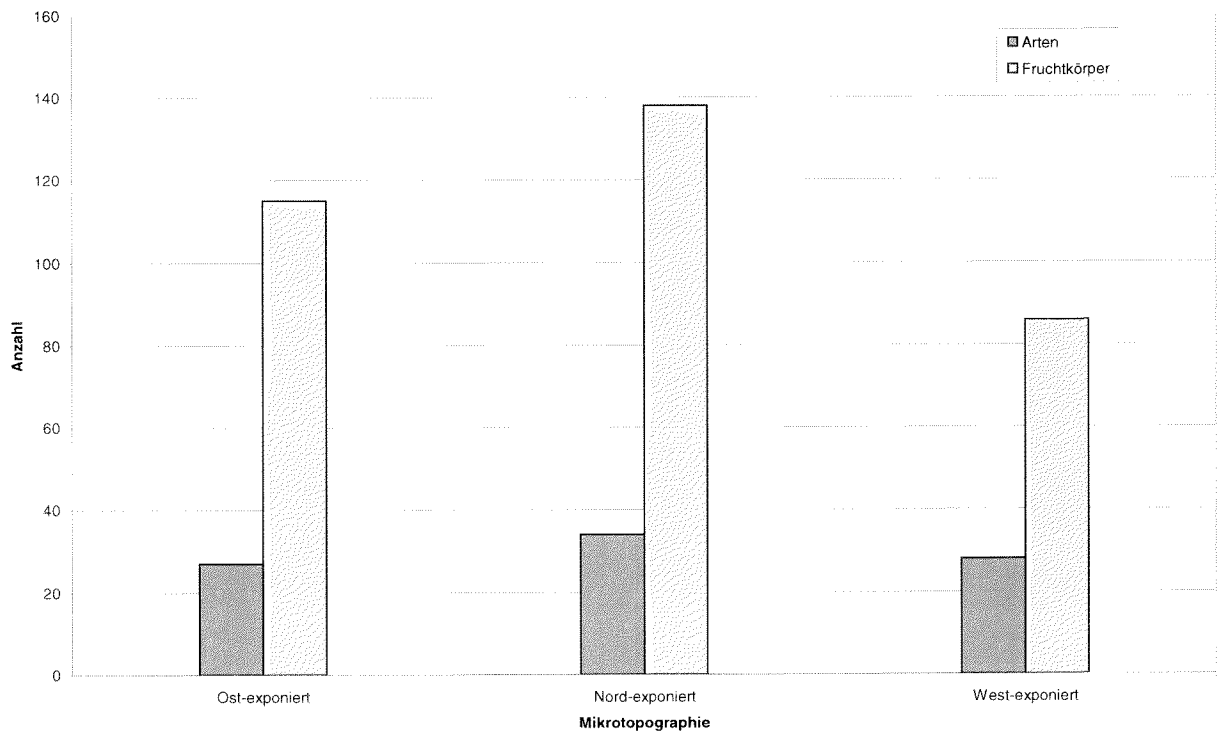


Abb. 3.107: Anzahl aufgetretener Ektomykorrhiza-Arten und Fruchtkörper in Bezug zur Mikrotopographie.



### 3.5.2 Morphotypen der mykorrhizierten Wurzeln (Abb. 3.108 – 3.112, Tab. 3.19)

Von fünf Baumarten in 10 VF wurden die Morphotypen der Wurzelspitzen differenziert. Dafür wurden 24 Bodenproben (à je 1 dm<sup>3</sup> Vol. und bis 10 cm Tiefe) pro VF entlang eines Transektes entnommen und untersucht. Tab. 3.19 fasst die Resultate dieser Analysen zusammen. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass die Morphotypen anhand von makroskopischen Merkmalen differenziert wurden und diese von Alter und Vitalität der Symbiose abhängig sind. Die Morphotypen wurden mit in der Literatur publizierten Beschreibung von definierten Ektomykorrhiza-Typen (AGERER 1987-1995; INGLEBY et al. 1990) verglichen. Die Zugehörigkeit der Ektomykorrhiza zu bestimmten Pilzarten ist schwierig zu zuordnen und nur für häufige und charakteristische Typen möglich, wie z. Bsp. *Russula ochroleuca* und *Cenococcum geophilum*. Auch Arten aus den Gattungen *Lactarius*, *Inocybe*, *Tuber*, *Laccaria* und *Hebeloma* produzieren makroskopisch charakteristische Morphotypen.

Tab. 3.19: Anzahl der festgestellten Morphotypen und Anzahl Ektomykorrhiza-Pilzarten (anhand der zwischen 1995 und 1998 gefundenen Fruchtkörper bestimmt) im Kastanien-, Buchen-, Fichten-, Douglasien- und Weymouthsföhrenwald (jeweils zwei Versuchsflächen pro Baumart und 24 Bodenproben à 1 dm<sup>3</sup> Vol. bis 10 cm Tiefe pro Versuchsfläche).

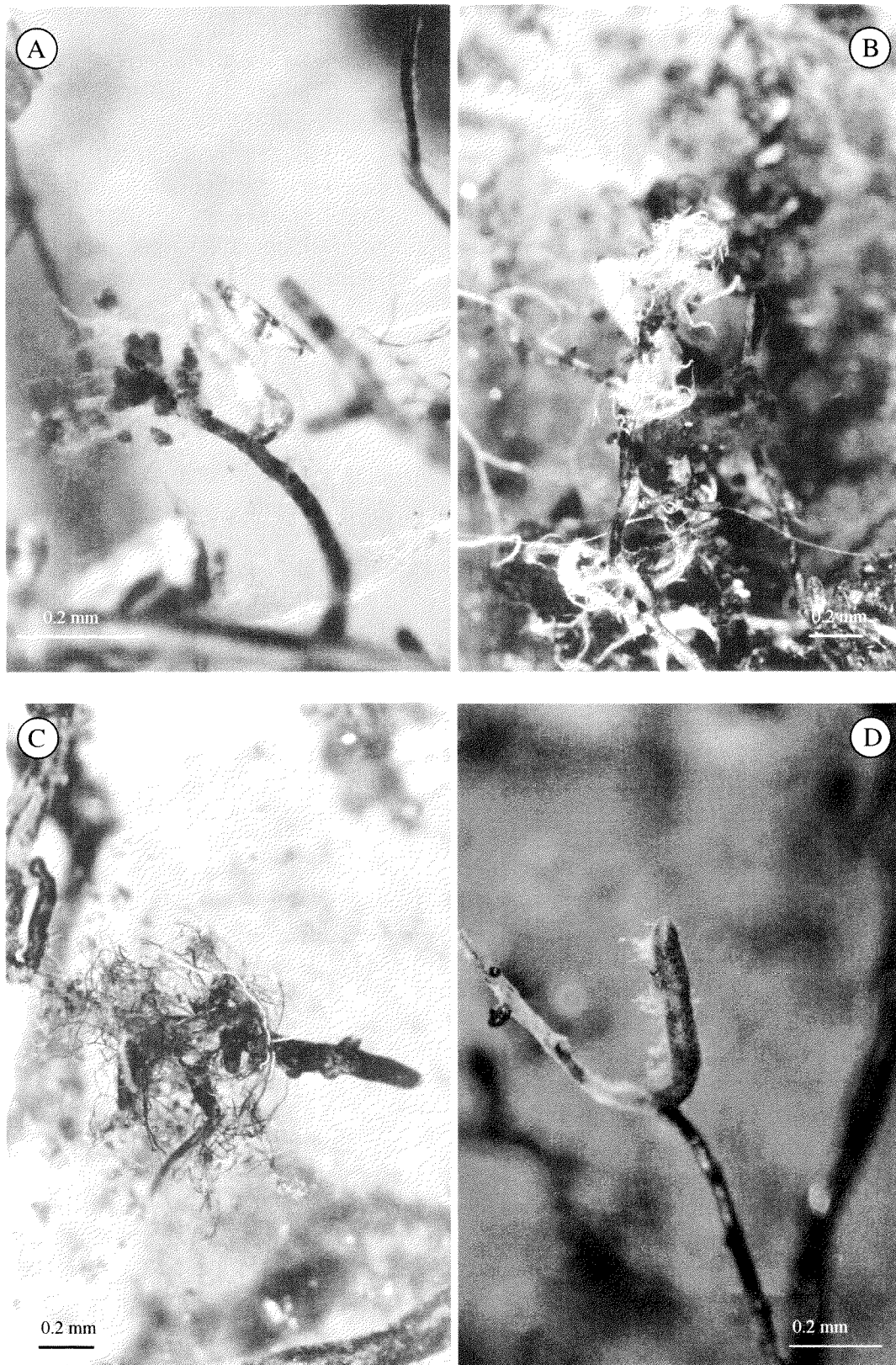
Baumart	Anzahl Morphotypen	Anzahl Ektomykorrhiza-Pilzarten
<i>Castanea sativa</i>	18	63
<i>Fagus silvatica</i>	7	42
<i>Picea excelsa</i>	4	29
<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	10	25
<i>Pinus strobus</i>	6	23

Überraschenderweise wurden im Buchen- und Fichtenwald nur wenige Morphotypen beobachtet, die aber stark vertreten waren ( hoher Mykorrhizabesatz). Im Douglasienwald wurden dagegen mehr Typen differenziert, dafür waren aber viele Wurzelspitzen nicht mykorrhiziert und das Myzel der Ektomykorrhiza war kollabiert. Im Kastanienwald sind oft mehrere Morphotypen pro Wurzelspitze aufgetreten (vgl. Abb. 3.108 E).

Die Zahl der auf den Standorten gefundenen EM-Pilzarten ist viel höher als die der Morphotypen. Weil viele Pilze nicht jedes Jahr fruktifizieren oder unterirdische Frkpf. bilden und in drei Jahren nur ein Teil des in einem Gebiet potenziell vorkommenden Artenspektrums aufgenommen werden kann, hätte man das Gegenteil erwartet.

Die Differenzierung der Morphotypen anhand von makroskopischen Merkmalen ist aber schwierig: verschiedene Arten (v.a. derselben Gattung) können sehr ähnliche bzw. identische Typen ausbilden. Die Differenzierung ist für gewisse Arten sogar mit genetischen Untersuchungen problematisch (BRUNNER et al. 1992; MEHMANN et al. 1995).

Abb. 3.108 bis Abb. 3.112 zeigen Beispiele von Morphotypen der einzelnen Baumarten.

*Castanea sativa* Abb. 3.108 (A-P)Abb. 3.108: Morphotypen von *Castanea sativa* (CASSAT1 und CASSAT2) (A-P).

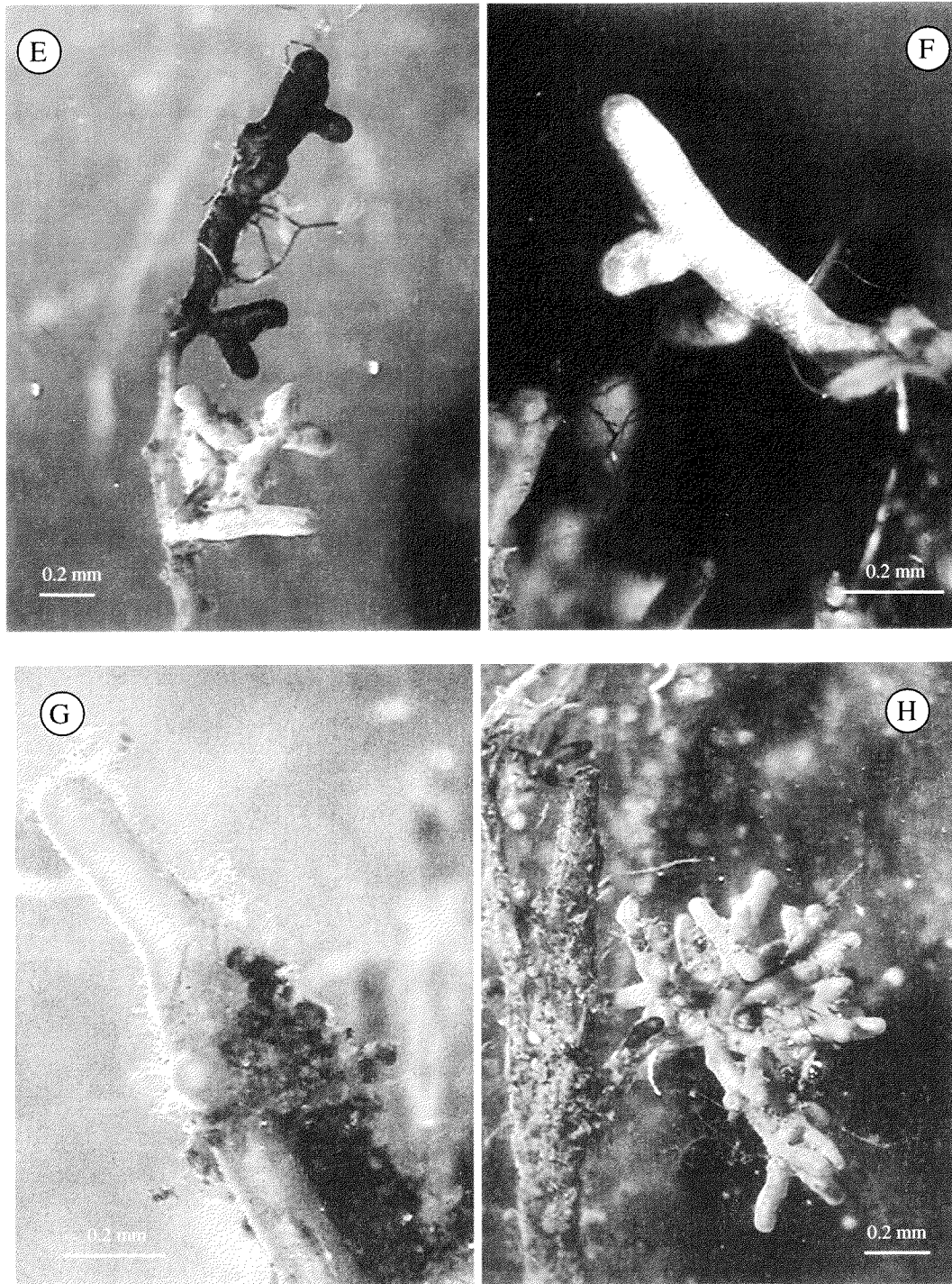


Abb. 3.108 (Fortsetzung)



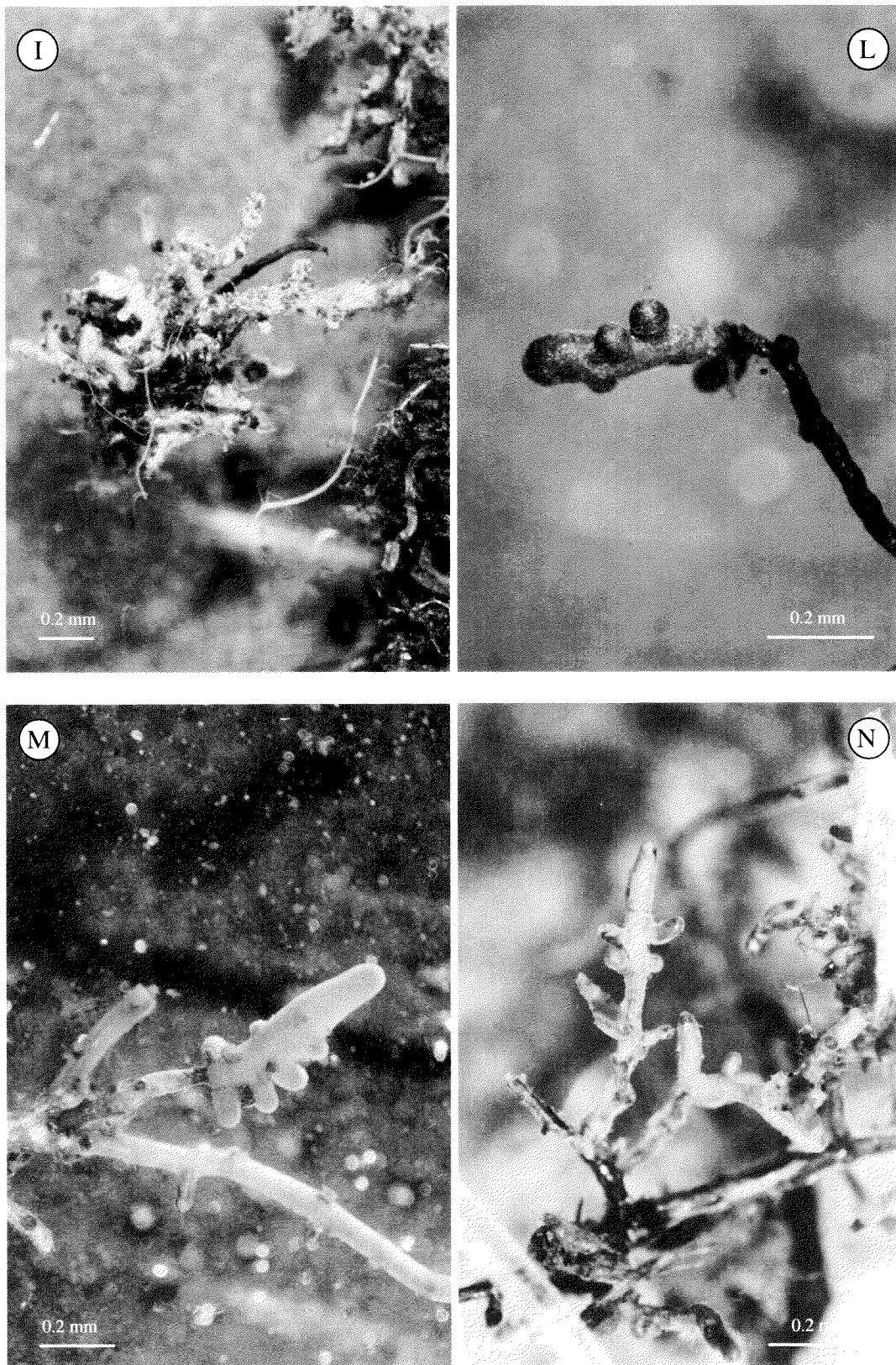


Abb. 3.108 (Fortsetzung)



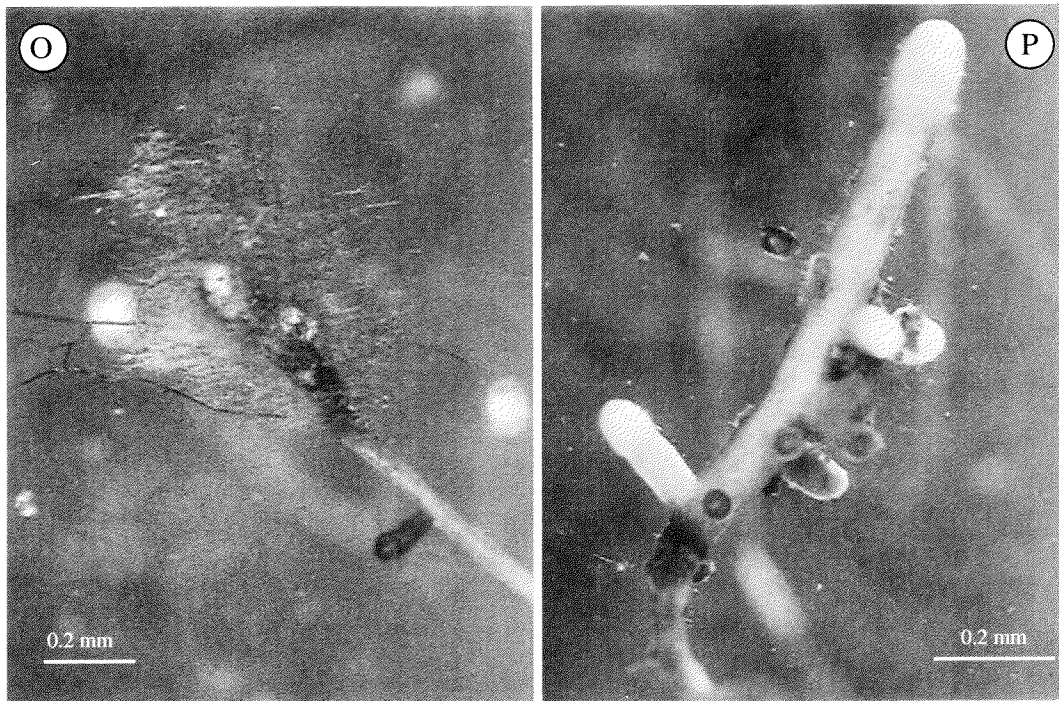


Abb. 3.108 (Fortsetzung)

Legende zu den bei Kastanie beobachteten Morphotypen:

- Typ A: Farbe weiss; Form monopodial, gekrümmt; Oberfläche durchscheinend, watteartig mit langen, einzelnen Haaren
- Typ B: Farbe intensiv gelb; Form monopodial, gestreckt; Oberfläche wollig, mit aufgefächerten Rhizomorphen
- Typ C: Farbe schwarz-braun; Form pinnat; Oberfläche glatt mit langen, steifen, schwarzen Rhizomorphen
- Typ D: Farbe schwarz metallisch; einzelstehend, Form gestreckt; Oberfläche watteartig
- Typ E: 2 Typen zusammen an einer Wurzelspitze: Typ 1: schwarz gefärbt; Form pyramidal; Oberfläche glatt mit langen, steifen Rhizomorphen (vgl. Typ C).  
Typ 2: weiss gefärbt, Form pyramidal; Oberfläche glatt
- Typ F: Farbe weiss; Form pinnat; Mantel dünn, durchscheinend (mit Luft gefüllt), filzig, mit langen, kompakten Rhizomorphen. Symbiontart: Amanita
- Typ G: Farbe violett-rosa; Form einfach-pinnat; Oberfläche watteartig mit abstehenden Hyphen
- Typ H: Farbe grau-grün mit orangefarbigem Stich; Form koralloid; Oberfläche glatt. Symbiontart: Lactarius
- Typ I: Farbe hellbraun; unregelmässig verzweigt; Oberfläche wollig, mit Rhizomorphen. Symbiontart: *Paxillus involutus*
- Typ L: Farbe metallisch schwarz; Form pinnat; Oberfläche filzig
- Typ M: Farbe rosa; Form pinnat; Oberfläche körnig
- Typ N: Farbe gelb-braun; Form pyramidal; Oberfläche glatt
- Typ O: Farbe blau-schwarz; einfach; Oberfläche wollig, mit langen abstehenden blauen Haaren
- Typ P: Farbe gelb-braun; Form pyramidal, apikal verdickt und heller; Oberfläche glatt, faserig

*Fagus silvatica* Abb. 3.109 (A – D)

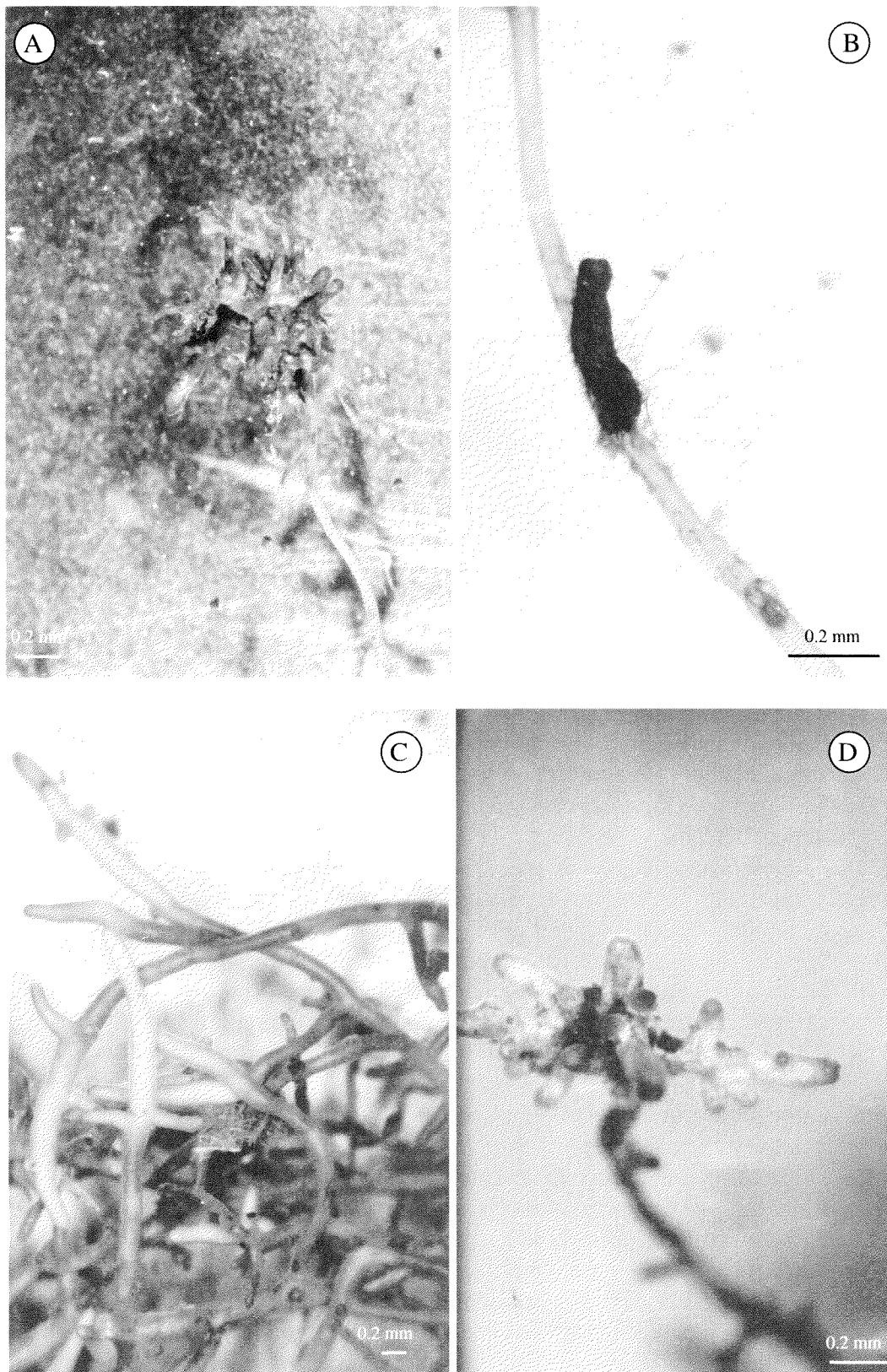


Abb. 3.109: Morphotypen von *Fagus silvatica* (FAGSIL1 und FAGSIL2) (A-D).

Legende zu den bei Buche beobachteten Morphotypen:

- Typ A: Farbe violett; Form unregelmässig verzweigt, gestreckt; Oberfläche filzig  
 Typ B: Farbe schwarz; einzelstehend, Form gerade; Oberfläche mit langen, steifen, brüchigen und schwarzen Haaren, senkrecht abstehend, zum Teil verzweigt.  
 Symbiont: *Cenococcum geophilum*  
 Typ C: Farbe gelb-braun; unregelmässig verzweigt; Oberfläche glatt  
 Typ D: Farbe weiss; pyramidal; Oberfläche filzig

*Picea excelsa* Abb. 3.110 (A – D)

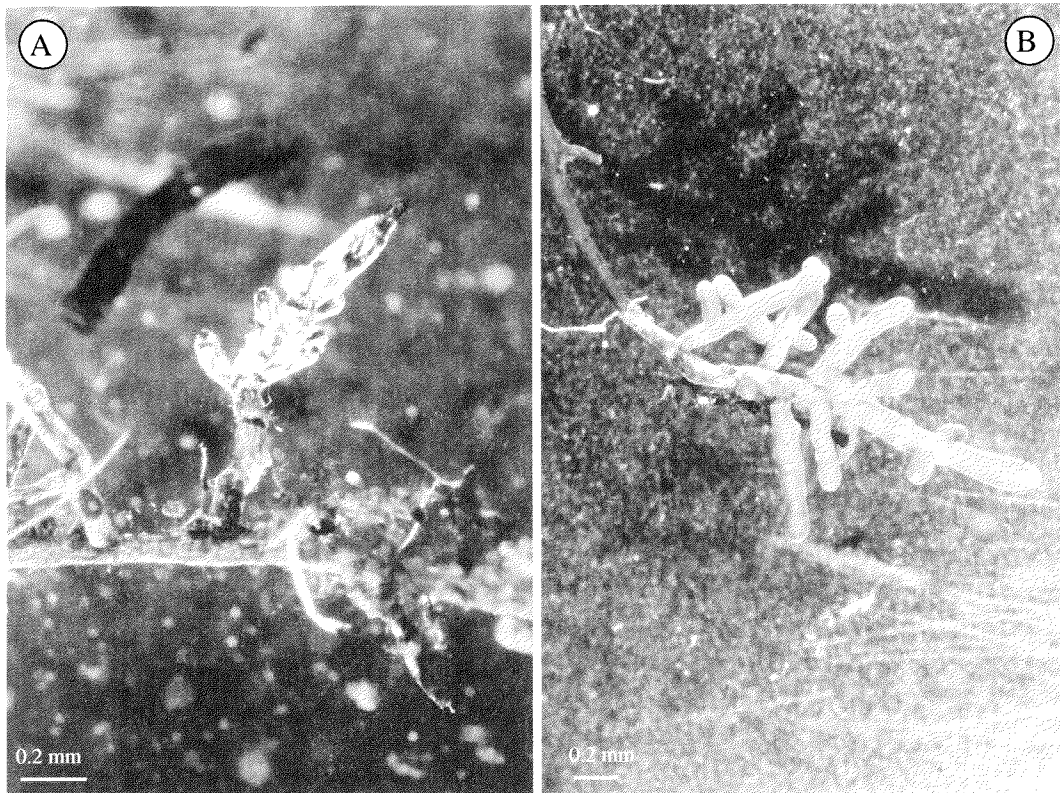


Abb. 3.110: Morphotypen von *Picea excelsa* (PICEXC1 und PICEXC2) (A-D).

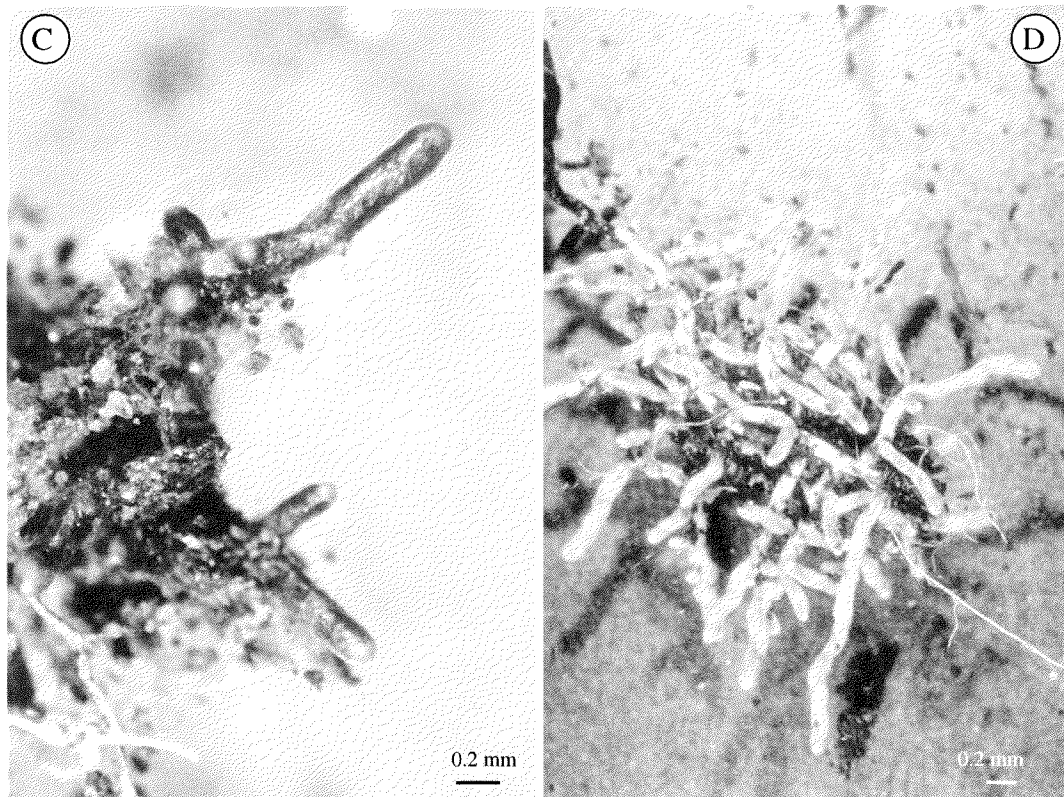


Abb. 3.110 (Fortsetzung)

Legende zu den bei Fichte beobachteten Morphotypen:

- Typ A: Farbe weiss; Form pyramidal; Oberfläche filzig, mit kompakten, weissen Rhizomorphen
- Typ B: Farbe creme gelblich; Form pinnat, schwach eingeschnürt; Oberfläche filzig
- Typ C: Farbe braun-schwarz; einfach-pinnat; Oberfläche watteartig mit langen dünnen Myzel
- Typ D: Farbe weiss; unregelmässig verzweigt, schwach eingeschnürt; Oberfläche filzig, mit weissen Rhizomorphen



*Pseudotsuga taxifolia* Abb. 3.111 (A – G)

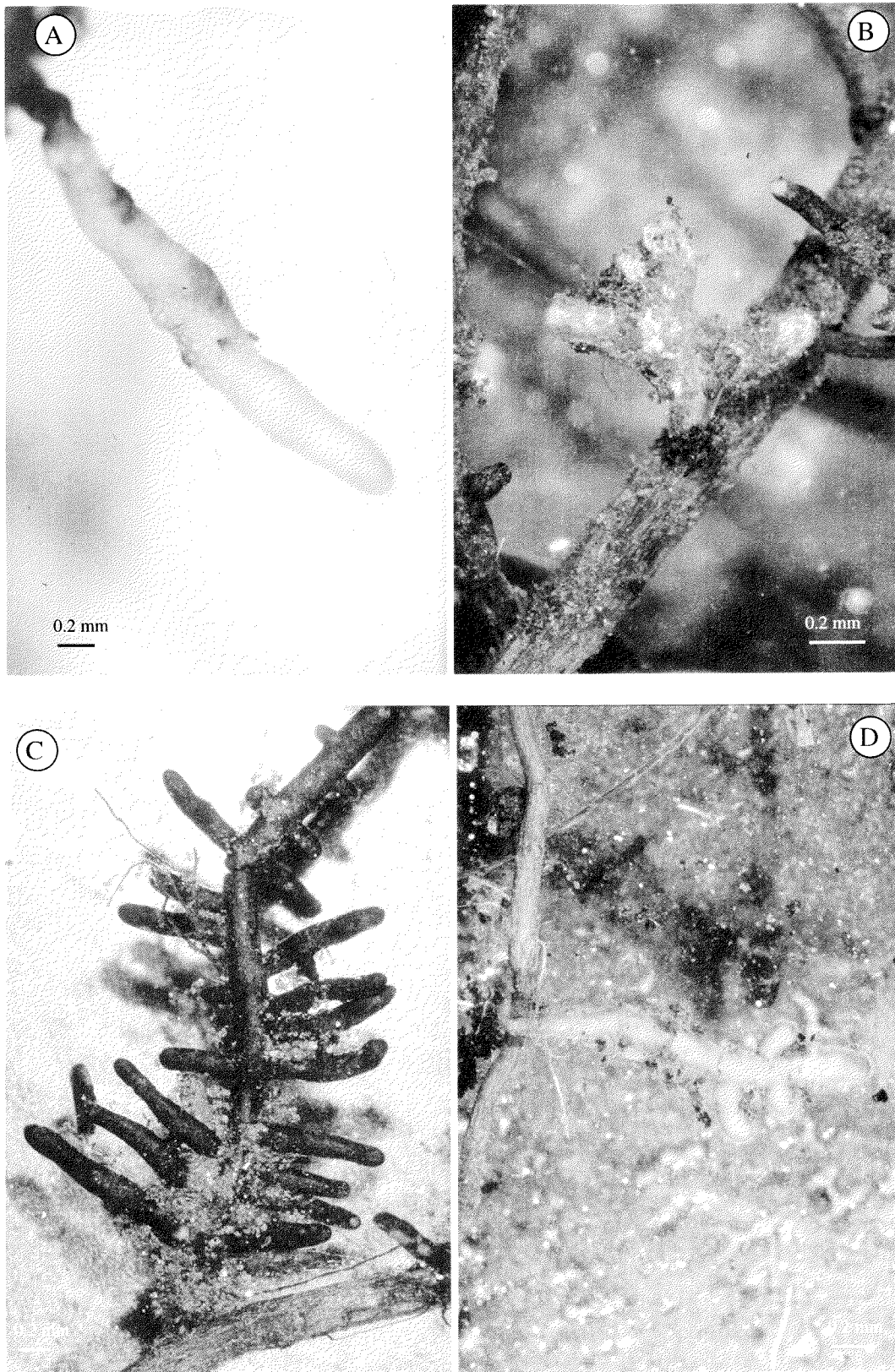


Abb. 3.111: Morphotypen von *Pseudotsuga taxifolia* (PSETAX1 und PSETAX2) (A-G).

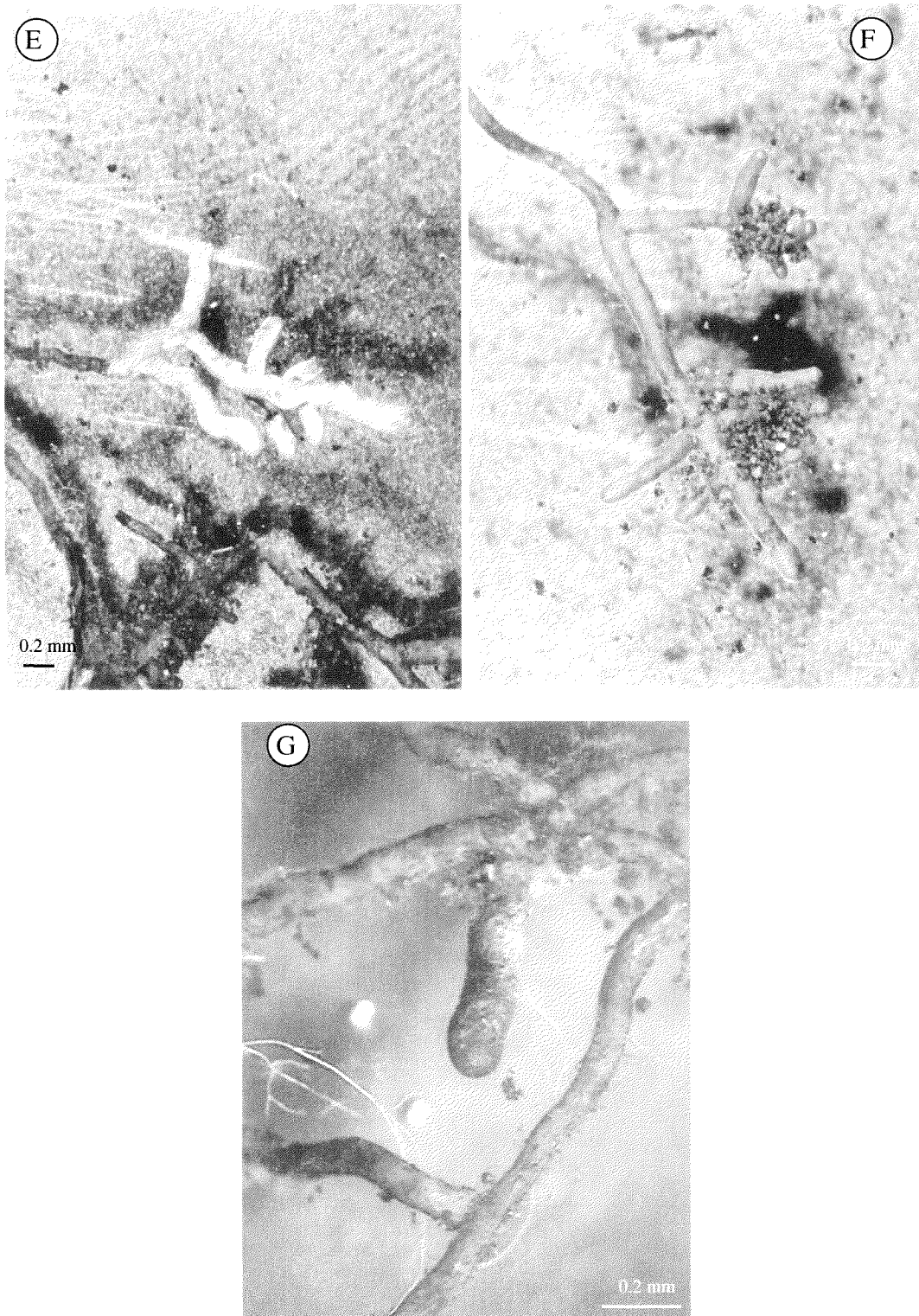


Abb. 3.111 (Fortsetzung)

Legende zu den bei Douglasie beobachteten Morphotypen:

Typ A: Farbe gelb; Form einfach pinnat; Oberfläche warzig. Symbiont: *Russula ochroleuca*

Typ B: Farbe weiss; Form unregelmässig verzweigt; Oberfläche watteartig

- Typ C: Farbe schwarz-braun; pinnat-pyramidal, gestreckt; Oberfläche watteartig, mit steifen Rhizomorphen
- Typ D: Farbe gelb-braun; Form pinnat, gestreckt; Oberfläche watteartig
- Typ E: Farbe licht-creme, Form pinnat, gekrümmt; Oberfläche filzig
- Typ F: Farbe braun-grün; Form pyramidal, apikal verdickt; Oberfläche watteartig, faserig
- Typ G: Farbe violett; Form einfach, Oberfläche filzig

*Pinus strobus* Abb. 3.112 (A – D)

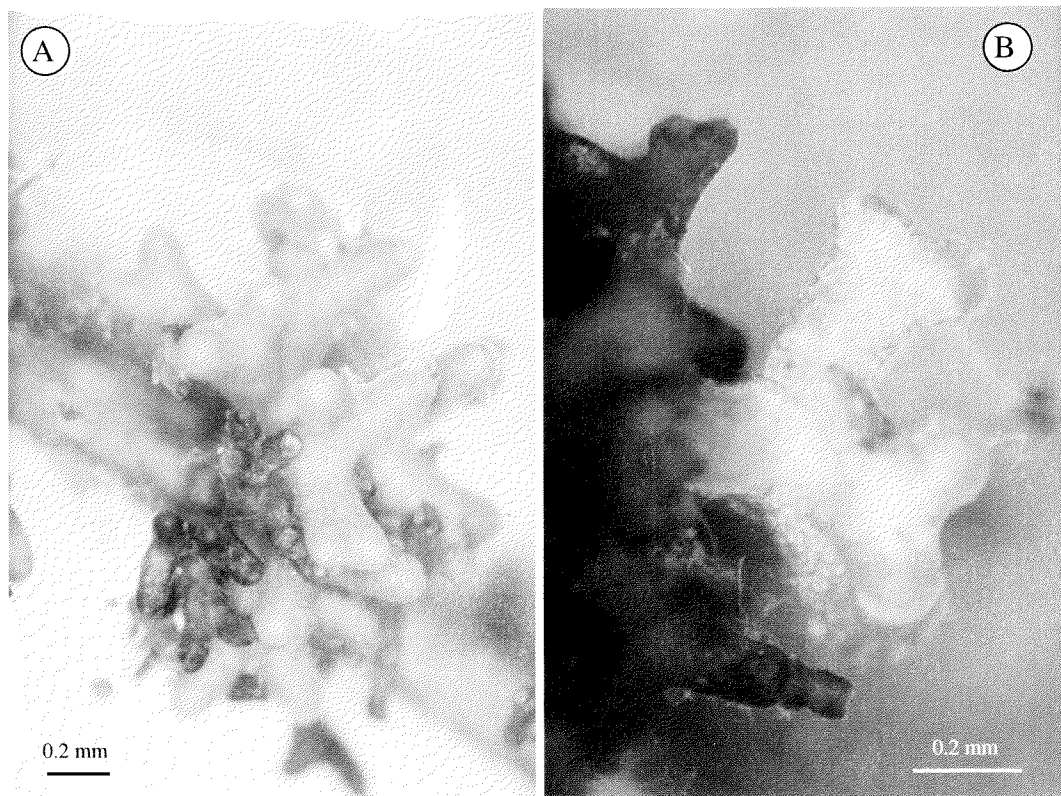


Abb. 3.112: Morphotypen von *Pinus strobus* (PINSTR1 und PINSTR2) (A-D).  
Ersichtlich die typische dichotome Verzweigung der Mykorrhizen mit Föhrenwurzeln.

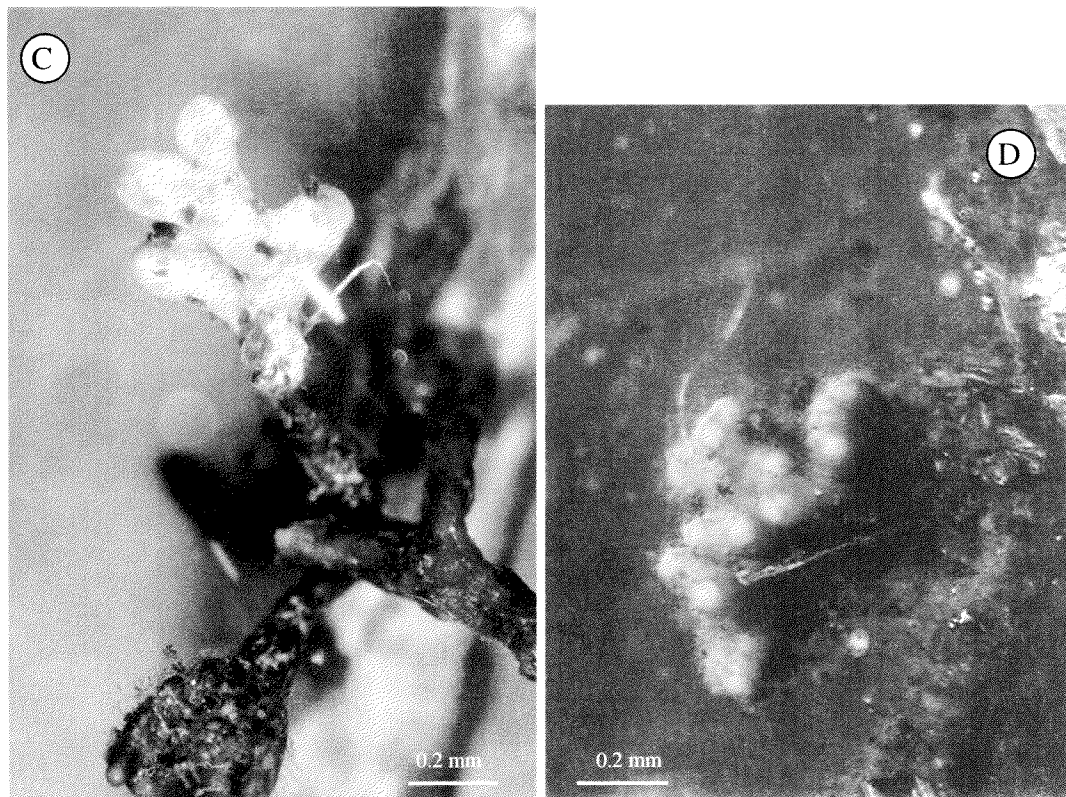


Abb. 3.112 (Fortsetzung)

Legende zu den bei Strobe beobachteten Morphotypen:

- Typ A: Farbe gelb; dichotom verzeit; Oberfläche glatt-filzig
- Typ B: Farbe weiss; dichotom verzeit; Oberfläche filzig
- Typ C: wie B, aber mit Rhizomorphen
- Typ D: wie A aber mit watteartiger Oberfläche

### 3.5.3 Myzelreinkulturen und Inokulationsversuche (Abb. 3.113 – 3.123, Tab. 3.20)

Erfolgreich wurden die Frkp. von in der Tab. 3.20 aufgeführten EM-Pilzarten isoliert. Die erhaltenen Myzelreinkulturen wurden in Inokulationsversuchen mit Fichte, Douglasie, Weymouthsföhre, Schwarzföhre und Waldföhre verwendet, um die Wirtsspezifität der isolierten EM-Pilze zu testen. Tab. 3.20 zeigt die Resultate der Synthese-Experimente.



Tab. 3.20: Isolierte Ektomykorrhiza-Pilzarten, Provenienz der isolierten Fruchtkörper, getestete Baumarten und Resultate der Synthese-Versuche (+ = Bildung von Ektomykorrhize).

EM-Pilzart	Fundort (Wald)	Wirtspartner im Synthese-Versuch	Ektomykorrhizen in Vitro	Bemerkungen
<i>Xerocomus rubellus</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	+	Bildung von Fruchtkörpern
<i>Xerocomus rubellus</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Xerocomus rubellus</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	+	Bildung von Fruchtkörpern
<i>Xerocomus rubellus</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	+	Bildung von Fruchtkörpern
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	-	
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	Bildung von Fruchtkörpern
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	-	
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	-	
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	+	
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	-	
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	-	
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	+	
<i>Xerocomus badius</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	-	
<i>Xerocomus badius</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	-	
<i>Xerocomus badius</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	-	
<i>Xerocomus badius</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	-	
<i>Xerocomus badius</i>	Fichte	<i>Picea excelsa</i>	+	Myzelkultur hat Fruchtkörper gebildet
<i>Xerocomus badius</i>	Fichte	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Xerocomus badius</i>	Fichte	<i>Pinus strobus</i>	+	
<i>Xerocomus badius</i>	Fichte	<i>Pinus nigra</i>	-	
<i>Tylopilus felleus</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	+	
<i>Tylopilus felleus</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Tylopilus felleus</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	+	
<i>Tylopilus felleus</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	+	
<i>Paxillus involutus</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	+	
<i>Paxillus involutus</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Paxillus involutus</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	+	
<i>Paxillus involutus</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	+	
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Douglasie	<i>Picea excelsa</i>	-	
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Douglasie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Douglasie	<i>Pinus strobus</i>	-	
<i>Rhizopogon villosulus</i>	Douglasie	<i>Pinus nigra</i>	-	
<i>Amanita citrina</i>	Kastanie	<i>Picea excelsa</i>	+	
<i>Amanita citrina</i>	Kastanie	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>	+	
<i>Amanita citrina</i>	Kastanie	<i>Pinus strobus</i>	+	
<i>Amanita citrina</i>	Kastanie	<i>Pinus nigra</i>	+	

Die Myzelreinkulturen von im Kastanienwald gesammelten Frkp. von *Xerocomus rubellus*, *Tylopilus felleus*, *Paxillus involutus* und *Amanita citrina* haben in vitro eine Assoziation mit den Wurzeln der vier getesteten Nadelbäumen etabliert: sie sind Ektomykorrhiza-Pilze, die ein breites Spektrum von Partnern aufweisen. *Xerocomus subtomentosus* hat nicht nur mit Douglasie Ektomykorrhiza sondern auch Frkp. (vgl. Abb. 3.113) gebildet.



Abb. 3.113: Synthese-Versuch mit *Xerocomus subtomentosus* und *Pseudotsuga taxifolia* als Wirtspartner: Bildung von fertilen Fruchtkörpern.

Die Synthese-Versuche von *Xerocomus chrysenteron* mit Fichte und Douglasie waren infolge Kontaminationen nicht erfolgreich.

Interessanterweise haben nur die Synthese-Experimente von im Fichtenwald gesammelten Frkp. von *Xerocomus badius* positive Ergebnisse gegeben. Die im Kastanienwald gesammelten Frkp. haben dagegen keine Assoziation mit den vier getesteten Koniferen gezeigt. Die zwei Myzelreinkulturen zeigten auf Agar in der Petrischale makroskopische Unterschiede, wie z.B. die Farbe des Myzels („Fichten-Provenienz“ weiss, „Kastanien-Provenienz“ orange) und die verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit („Kastanien-Provenienz“ ist schneller gewachsen) (vgl. Abb. 3.114).

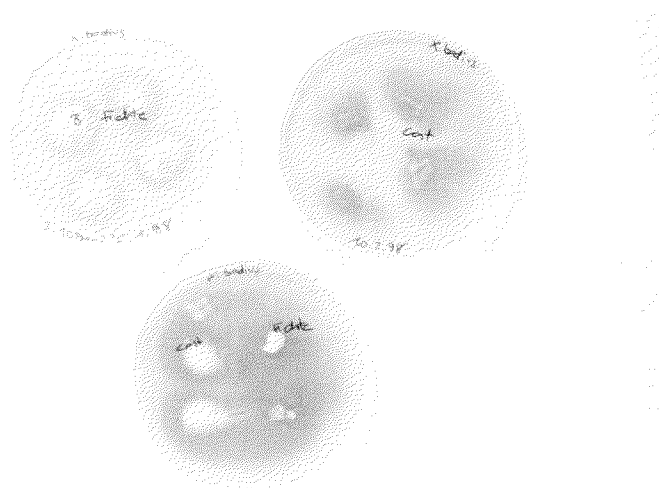


Abb. 3.114: Myzelreinkulturen von *Xerocomus badius*: links oben „Kastanien-Provenienz“, rechts oben „Fichten-Provenienz“, Mitte unten „Fichten- und Kastanien-Provenienz“ zusammen.

Die beiden Myzelien-Provenienzen waren aber somatisch kompatibel, weil die Hyphen in der Petrischale fusioniert und Schnallen gebildet haben (vgl. Abb. 3.114).

Die Myzelreinkultur der „Fichten-Provenienz“ hat zudem in der Petrischale, ohne Kontakt mit dem Wirtsbaum zu haben, Primordien und Frkpn. gebildet (vgl. Abb. 3.115).

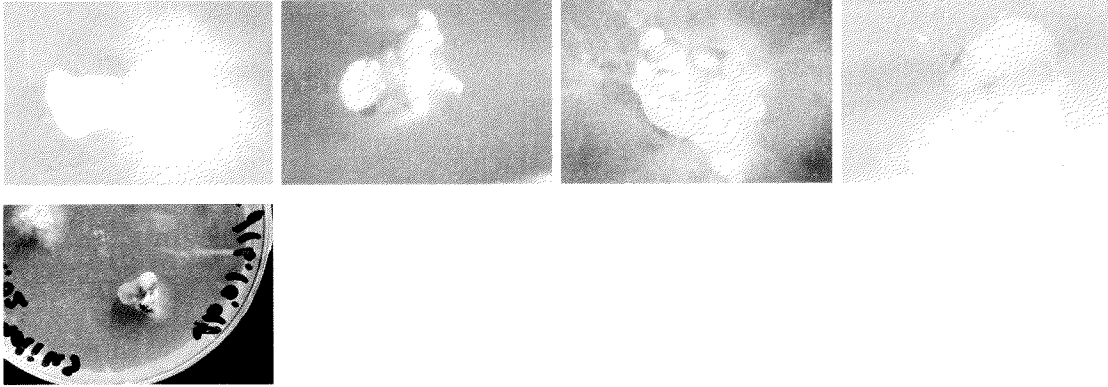


Abb. 3.115: Myzelreinkultur von *Xerocomus badius*: Bildung von Primordien und Furchtkörpern in vitro.

*Rhizopogon villosulus* ist hoch spezifisch und hat nur mit der Douglasie Ektomykorrhiza gebildet.

Beispiele von in vitro synthetisierter Ektomykorrhiza sind in Abb. 3.116 bis Abb. 3.123 gezeigt

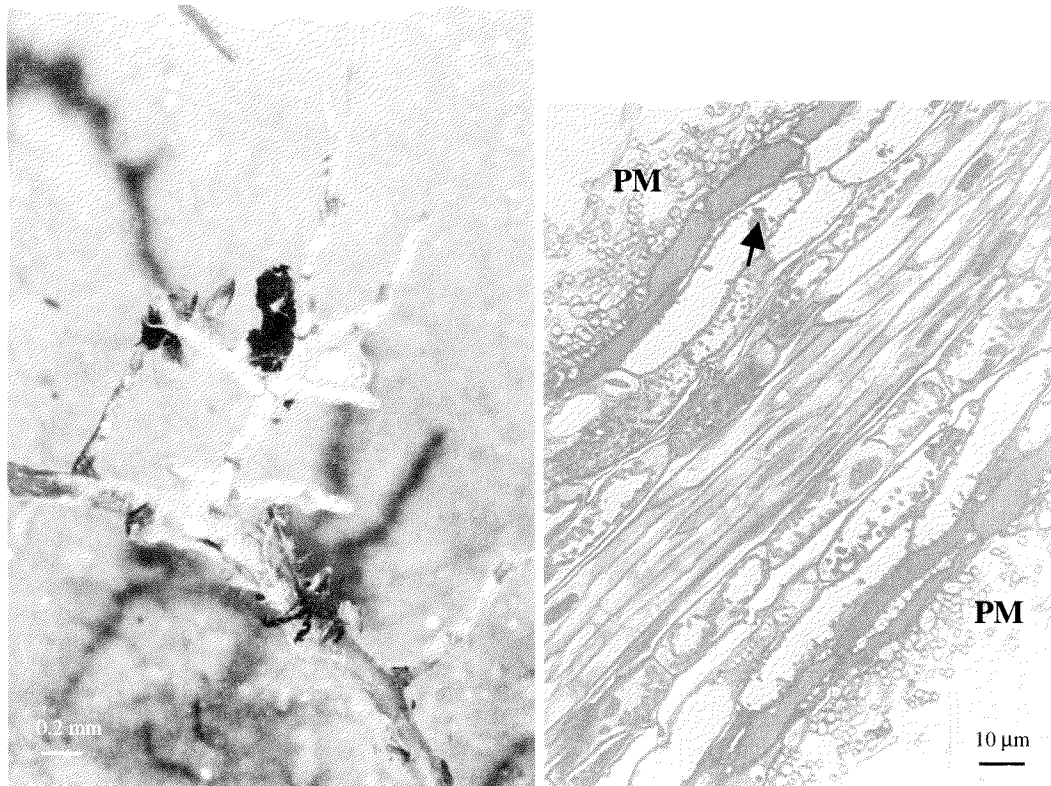


Abb. 3.116: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Paxillus involutus* mit *Picea excelsa*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe weiss-grau bis hellbraun, monopodial-pinnat, gestreckt. Oberfläche watteartig mit Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch, Oberfläche mit lockerem Hyphengewebe
- Hartig'sches Netz: mit gelappten bzw. verzweigten Hyphenzellen

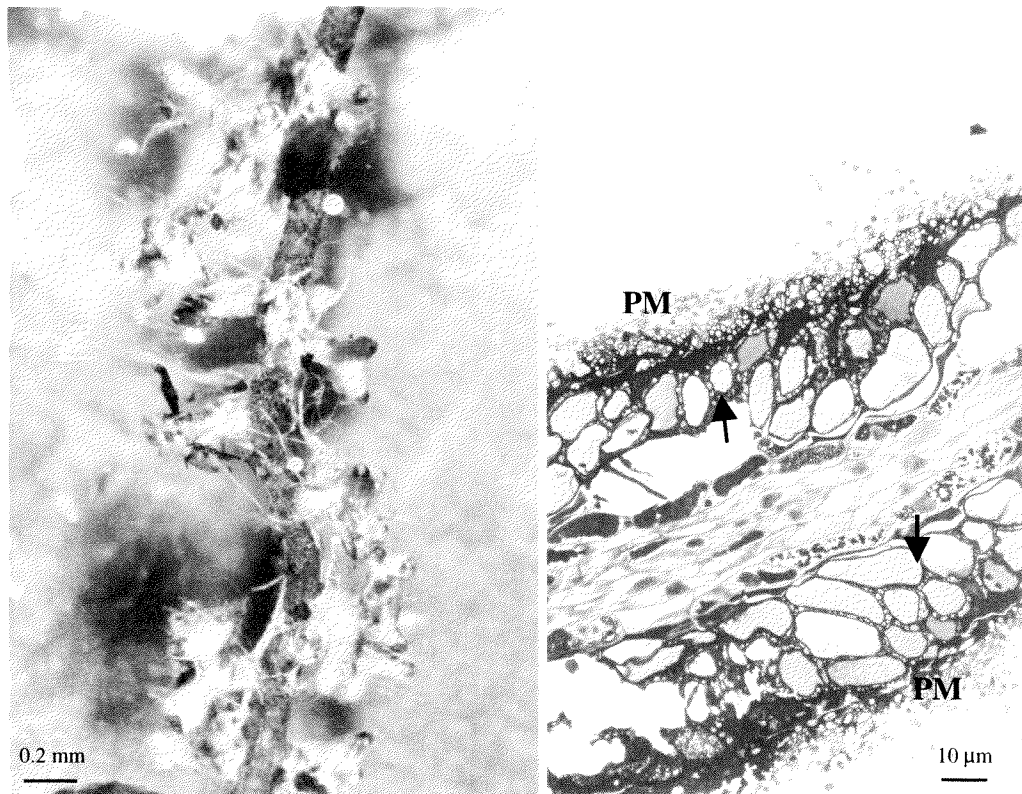


Abb. 3.117: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Paxillus involutus* mit *Pinus strobus*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe hellbraun, dichotom verzweigt (typisch für EM mit *Pinus* sp.), gestreckt. Oberfläche watteartig mit Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch, Oberfläche mit lockerem Hyphengewebe
- Hartig'sches Netz: mit Palmetti-Typ und einzelnen hyphalen Zellen sowie rundlichen Erweiterungen

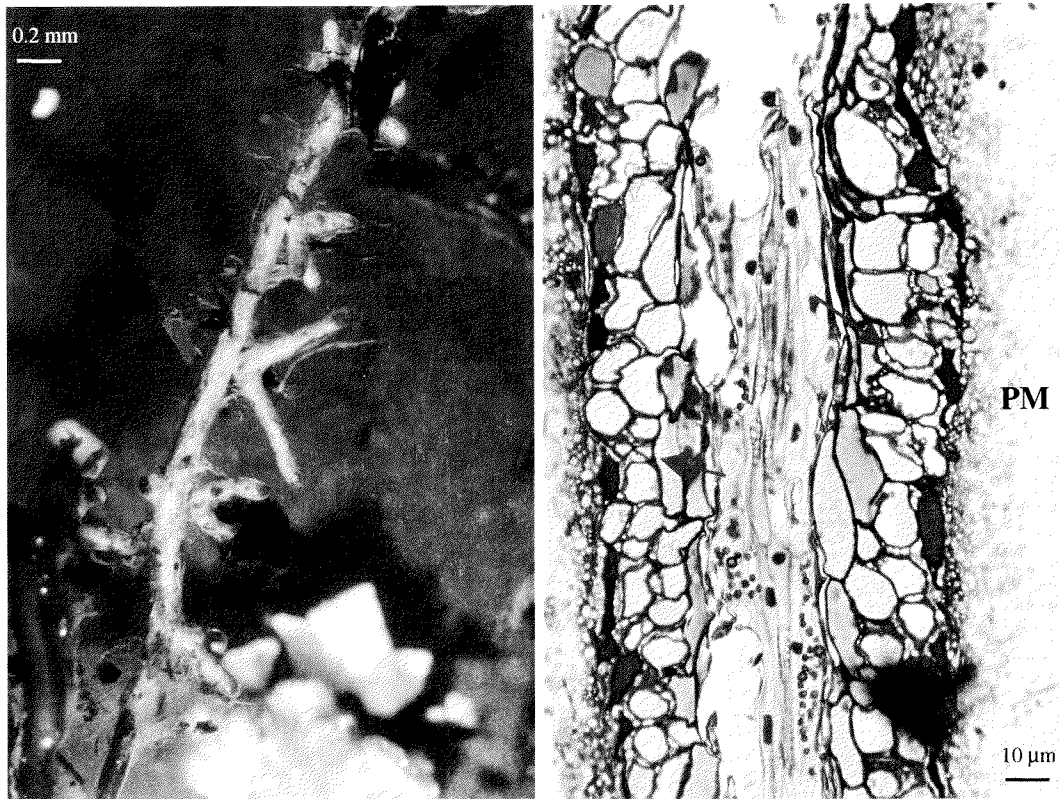


Abb. 3.118: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Paxillus involutus* mit *Pinus nigra*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe hellbraun; gegabelt, gestreckt; Oberfläche filzig-watteartig mit braunen, kompakten Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch, Oberfläche mit lockerem Hyphengewebe
- Hartig'sches Netz: Zellen mit rundlichen Erweiterungen, sowie mit verzweigten Zellen

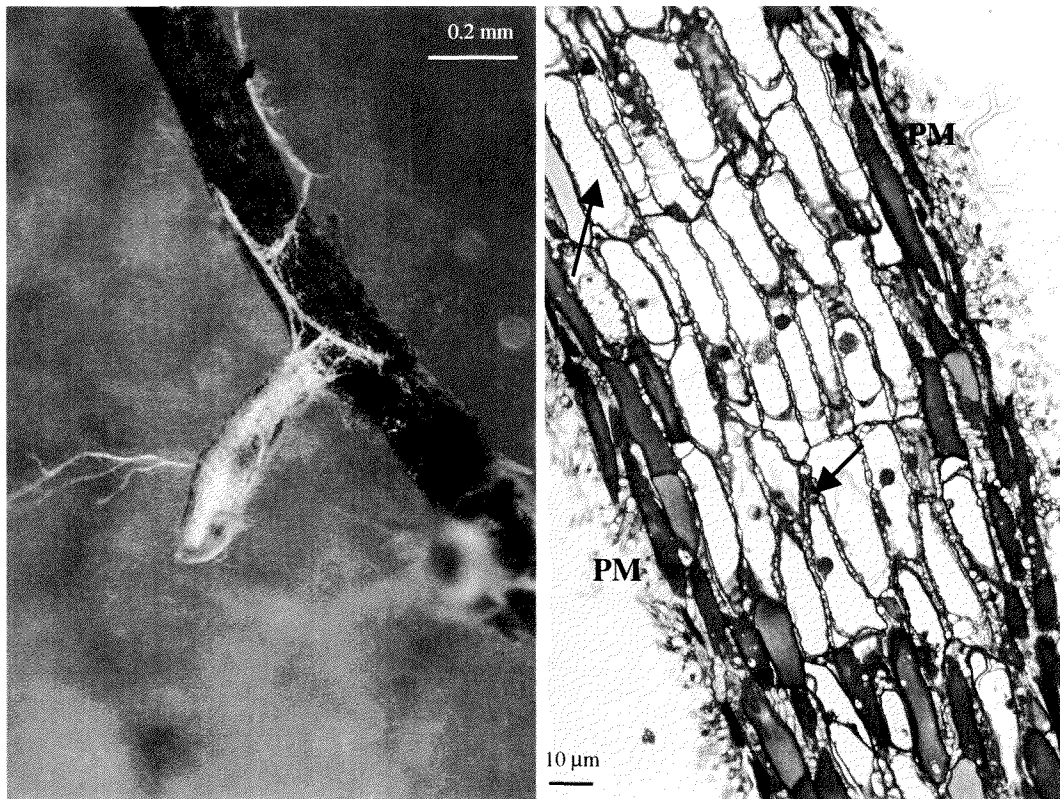


Abb. 3.119: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Paxillus involutus* mit *Pseudotsuga taxifolia*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe hellbraun; einfach, gerade; Oberfläche filzig, mit weisslichen Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch, Oberfläche mit lockerem Hyphengewebe
- Hartig'sches Netz: Zellen mit rundlichen Erweiterungen sowie mit verzweigten Zellen

Gleiche Pilzarten bilden oft ähnliche EM auch mit verschiedenen Wirtspartnern aus.



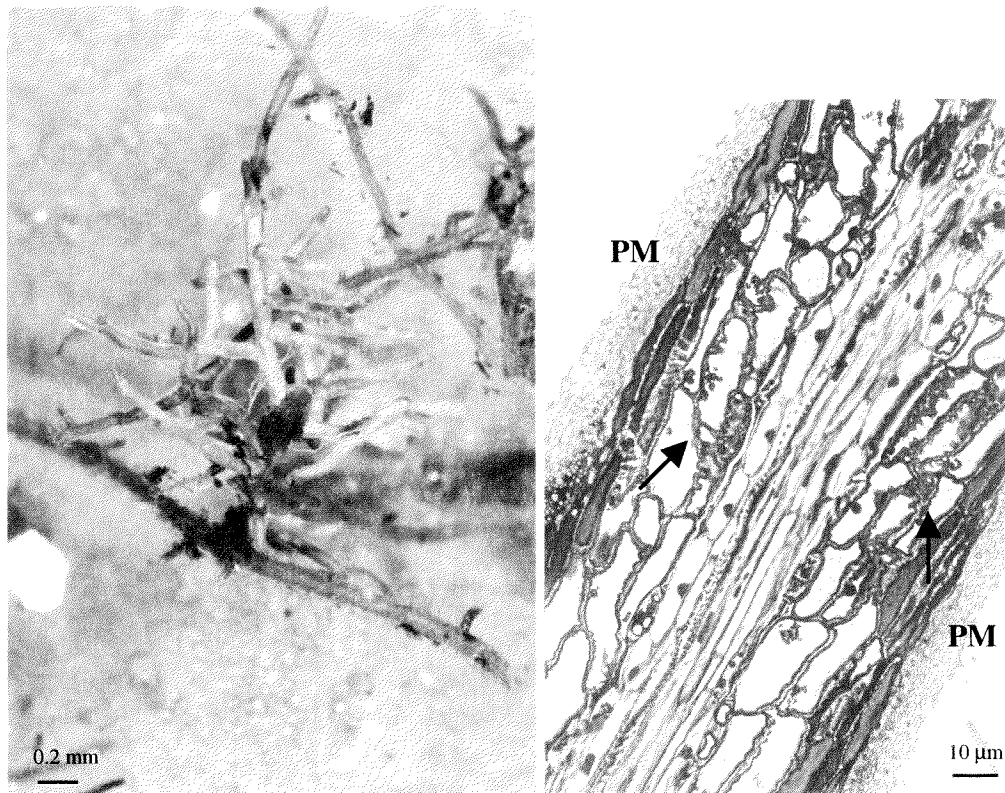


Abb. 3.120: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Xerocomus chrysenteron* mit *Picea excelsa*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe weiss-grau bis hellbraun, pyramidal, gestreckt. Oberfläche watteartig
- Mantel: Synenchymatisch, äussere Mantelschicht prosenchymatisch
- Hartig'sches Netz: mit weiten, verzweigten Lappen sowie Haustorien

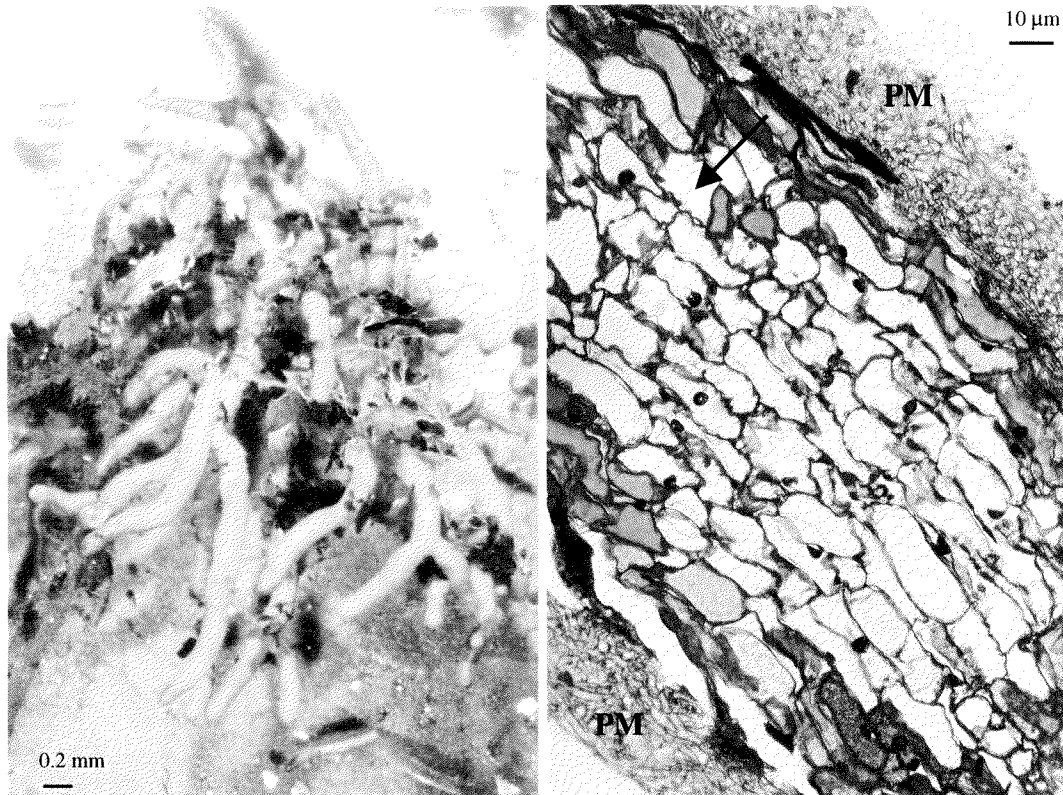


Abb. 3.121: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Xerocomus badius* mit *Picea excelsa*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe grau-braun; unregelmässig verzweigt, gekrümmt; Oberfläche filzig, mit Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch (mauersteinartig), äussere Mantelschicht prosenchymatisch (filzig)
- Hartig'sches Netz: mit verzweigten Haustorien



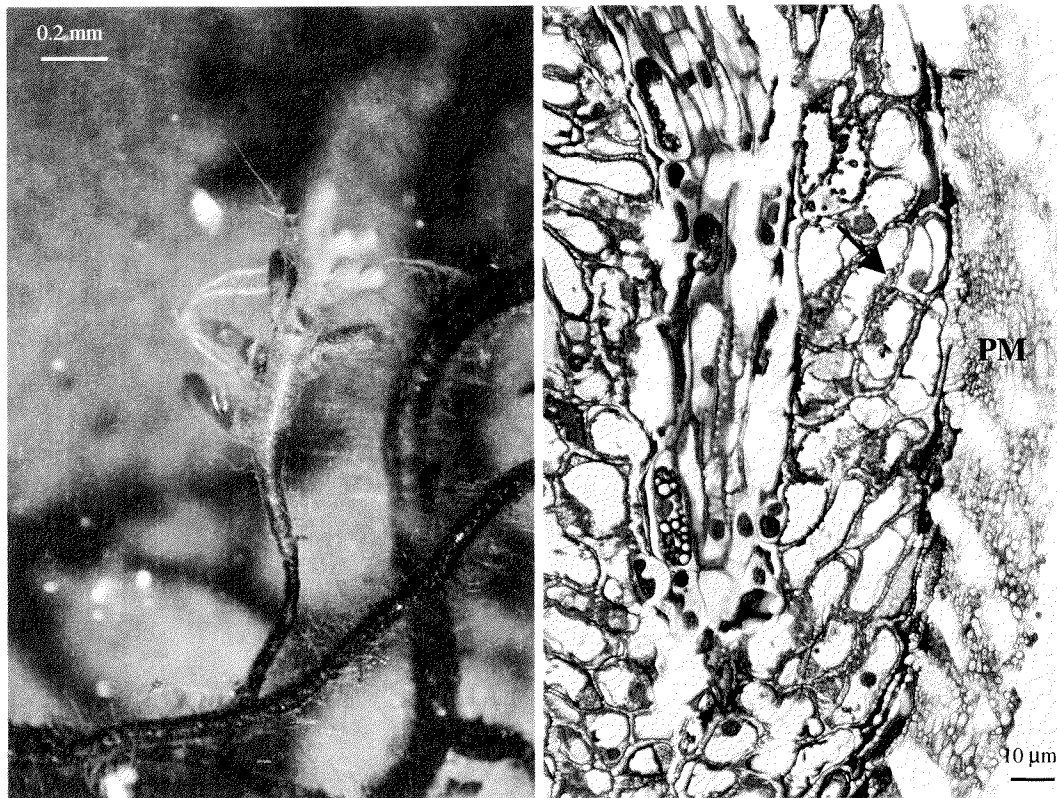


Abb. 3.122: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Xerocomus badius* mit *Picea excelsa*: links makroskopische, rechts mikroskopische Aufnahme (Längsschnitt). PM= Pilzmantel, Pfeil= Hartig'sche Netz.

- Habitus: Farbe weisslich; pinnat, gestreckt; Oberfläche mit Luft gefüllt, watteartig-filzig, mit weisslichen, kompakten Rhizomorphen
- Mantel: Synenchymatisch (mauersteinartig), äussere Mantelschicht prosenchymatisch (filzartig)
- Hartig'sches Netz: mit verzweigten Haustorien

Abb. 3.121 und Abb. 3.122 zeigen beide die Ektomykorrhiza von *Xerocomus badius* mit Fichte als Wirtspartner, sehen aber makroskopisch ziemlich unterschiedlich aus.

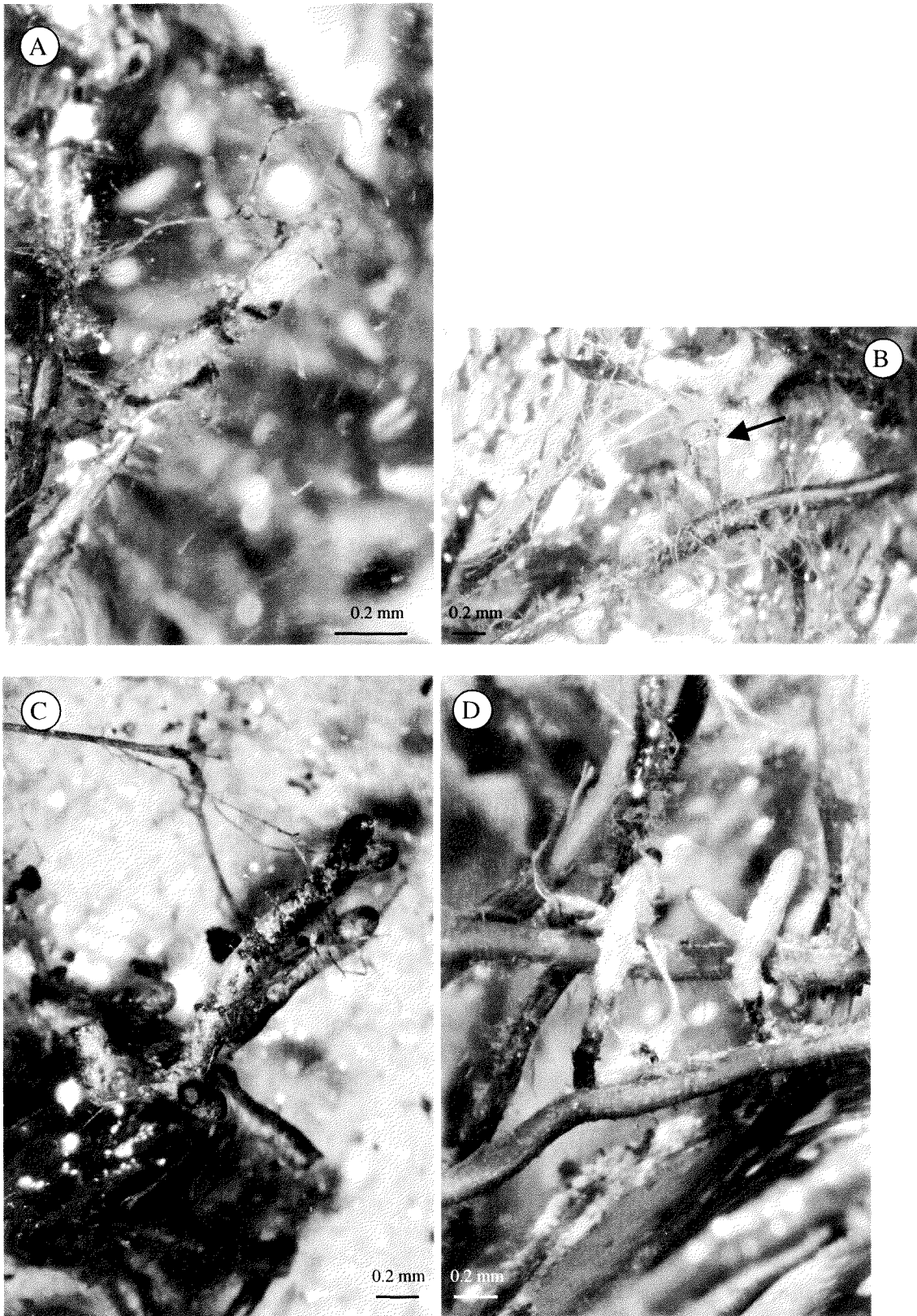


Abb. 3.123: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza



Abb. 3.123 (Fortsetzung)

- A: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Rhizopogon villosulus* mit *Pseudotsuga taxifolia*.  
Farbe rot-braun; einfach, gerade; Oberfläche filzig bis watteartig
- B: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Xerocomus subtomentosus* mit *Pseudotsuga taxifolia*.  
Farbe weiss; einfach, gestreckt; Oberfläche samtig-filzig, mit weissen, aufgefächerten Rhizomorphen. Fruchtkörper-Bildung auf der Wurzel im Erlenmeyer (vgl. Pfeil) .
- C: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Xerocomus rubellus* mit *Pinus strobus*.  
Farbe rot-braun; einfach, apikal verdickt; Oberfläche filzig, samtig, mit kompakten braunen Rhizomorphen
- D: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Tylopilus felleus* mit *Pseudotsuga taxifolia*.  
Farbe weiss; pinnat, gerade; Oberfläche samtig, mit kompakten weissen Rhizomorphen
- E: In vitro synthetisierte Ektomykorrhiza von *Amanita citrina* mit *Pseudotsuga taxifolia*.  
Farbe weiss; pinnat; Oberfläche samtig bis watteartig, mit kompakten, weissen Rhizomorphen



### 3.6 Hypogäische Pilzflora

#### 3.6.1 Nachgewiesene Arten mittels Kotproben von Mäusen (Abb. 3.124 – 3.125, Tab. 3.21 - 3.22)

Die Pilze bilden eine wichtige Nahrungsquelle für kleine Säugetiere, v.a. im Winter wenn die Lebensbedingungen schwierig sind. Die Analyse des Mageninhalts verschiedener Kleinsäuger beweist diesen Sachverhalt überzeugend (MASER et al. 1978, GORDON & COMPORT 1998, CASTELLANO et al. 1989, TRAPPE & MASER 1976, FOGEL & TRAPPE 1978). Nach MASER et al. (1978) sind in Nadelwäldern in Oregon 88% der von diesen Tieren gefressenen Pilze hypogäisch. Die Tiere bevorzugen hypogäische Pilze vermutlich wegen des starken Geruches der reifen Frkp. oder wegen ihres Nahrungswertes. Diese kleinen Säugetiere (auch die als schädlich geltenden Nager) spielen eine grosse ökologische Rolle bei der Verbreitung der Sporen von unterirdisch wachsenden Pilzen, die sonst an Ort und Stelle verfaulen würden. Die Ballisto-Sporen der oberirdisch wachsenden Pilzen werden in der Regel durch den Wind verbreitet. Wenn die Frkp. vom Tier gefressen sind, werden die Sporen mit den Exkrementen anderswo wieder freigesetzt. Auf diese Weise hilft das Tier zur geographischen Verbreitung dieser Pilzarten. Diese Tatsache ist für das Ökosystem Wald von ausserordentlicher Bedeutung, da die meisten hypogäischen Pilze, mit Ausnahme einiger weniger Arten, als Mykorrhizapilze für die Ernährungs- und Wachstumsfunktionen des Baumes von grösster Bedeutung sind (AYER & EGLI 1995a; AYER & EGLI 1995b). Mit den Exkrementen werden nicht nur Sporen, sondern auch andere für die Baummykorrhizen wichtige Mikroorganismen wie Hefen und Bakterien freigesetzt (LI et al. 1986). Nach BERGSTROM (1976) stammt ungefähr die Hälfte der Biomasse der im Wald wachsenden Pilze von unterirdisch wachsenden Frkp.



Abb. 3.124: Links Lebendfalle, rechts eine gefangene Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*)

Im Winter 1996 wurden im Douglasienwald 30 Fallen aufgestellt und während zweier Wochen wurden insgesamt 15 Tiere gefangen (s. Tab. 3.21). Ein Jahr später wurden jeweils 30 Fallen auch im Kastanien- und Buchenwald eingerichtet. Im Verlauf einer Woche wurden im Kastanienwald 10, im Buchenwald 3 und im Douglasienwald 29 Mäuse gefangen (s. Tab. 3.21).

Tab. 3.21: Im Kastanien-, Buchen- und Douglasienwald gefangene Mäuse

Anzahl gefangene Mäuse Fangperiode	Versuchsfläche			
	<i>Castanea sativa</i> 25.11 - 3.12 1997	<i>Fagus silvatica</i> 25.11 - 3.12 1997	<i>Pseudotsuga taxifolia</i> 10 - 26.11 1996   25.11 - 3.12 1997	
<i>Clethrionomys glareolus</i> (Rötelmaus)	5	-	10	22
<i>Apodemus sylvaticus</i> (Waldmaus)	4	1	4	7
<i>Apodemus flavicollis</i> (Gelbhalsmaus)	1	2	-	-
<i>Sorex araneus</i> (Waldspitzmaus)	-	-	1	-
Total	10	3	15	29

Die Analyse der Sporen in den Kotproben hat die in Tab. 3.22 ersichtlichen Resultate ergeben.

Tab. 3.22: Nachgewiesene hypogäische Pilzgattungen und –Arten in Kotproben von Mäusen im Kastanien-, Buchen- und Douglasienwald

Pilzarten	Versuchsfläche		
	<i>Castanea sativa</i>	<i>Fagus silvatica</i>	<i>Pseudotsuga taxifolia</i>
<i>Elaphomyces sp.</i>	x	x	x
<i>Elasmomyces sp.</i>	-	-	x
<i>Endogone lactiflua</i>	x	x	x
<i>Glomus sp.</i>	-	-	x
<i>Hydnотrya michaelis</i>	x	-	x
<i>Hydnотrya tulasnei</i>	-	-	x
<i>Hymenogaster sp.</i>	x	-	x
<i>Melanogaster sp.</i>	x	x	x
<i>Octavianina asterosperma</i>	-	-	x
<i>Rhizopogon villosulus</i>	-	-	x
<i>Sclerogaster sp.</i>	-	-	x
<i>Terfezia sp.</i>	x	-	-
<i>Tuber sp.</i>	x	x	x
Anzahl Gattungen	7	4	12

- Im Vergleich zum Kastanien- und Buchenwald wurden im Douglasienwald mehr Mäuse gefangen, und zudem waren die Pilzsporen in den Exkrementen häufiger. Im Spätherbst stellen hypogäische Pilze im Douglasienwald vermutlich die einzige Nahrungsquelle dar.
- Im Douglasienwald wurden aus den Kotproben insgesamt 12 hypogäische Taxa (7 Basidiomyceten, 3 Ascomyceten und 2 Zygomyceten) bestimmt. Im Vergleich dazu wurden 20 epigäische Pilzarten (aus 7 Basidiomyceten-Gattungen) registriert. Im Kastanienwald wurden 7 hypogäische Pilze registriert (2 Basidiomyceten, 4 Ascomyceten und 1 Zygomycet). Im Vergleich dazu wurden 61 epigäische Pilzarten (aus 21 Basidiomyceten-Gattungen) registriert. Im Buchenwald wurden nur 1 Basidiomycet, 2 Ascomyceten und 1 Zygomycet als Hypogäen registriert. Die Zahl der epigäischen Pilzarten erreichte an diesem Standort dagegen 40 (aus 12 Basidiomyceten- Gattungen).
- Sporen von *Elaphomyces granulatus*, der als Massenpilz der Fichten- und Kieferwälder auf saurem Boden (mit Ausnahme der Douglasie) gilt (FROIDEVEAUX & SCHWÄRZEL 1977), wurden in allen Präparaten und in grosser Menge gefunden.
- Dasselbe gilt für Sporen von *Endogone lactiflua*, ein Nadelbaum-Begleiter (MASER et al. 1978, MONTECCHI & LAZZARI 1993).

- Das Vorkommen von *Rhizopogon villosulus* wurde in Europa zum ersten Mal 1966 von A. Petitbergheim für Frankreich belegt (GROSS 1968). Diese, sowie die von GROSS (1968) erwähnten Funde, stammen auch aus Anpflanzungen mit Douglasien. Die Inokulationsversuche (vgl. Kap. 3.5.3) bestätigen die Wirtsspezifität dieser Pilzart, die nur mit Douglasie vergesellschaftet ist und deren Sporen vermutlich zusammen mit Samen aus Nordamerika importiert wurden.

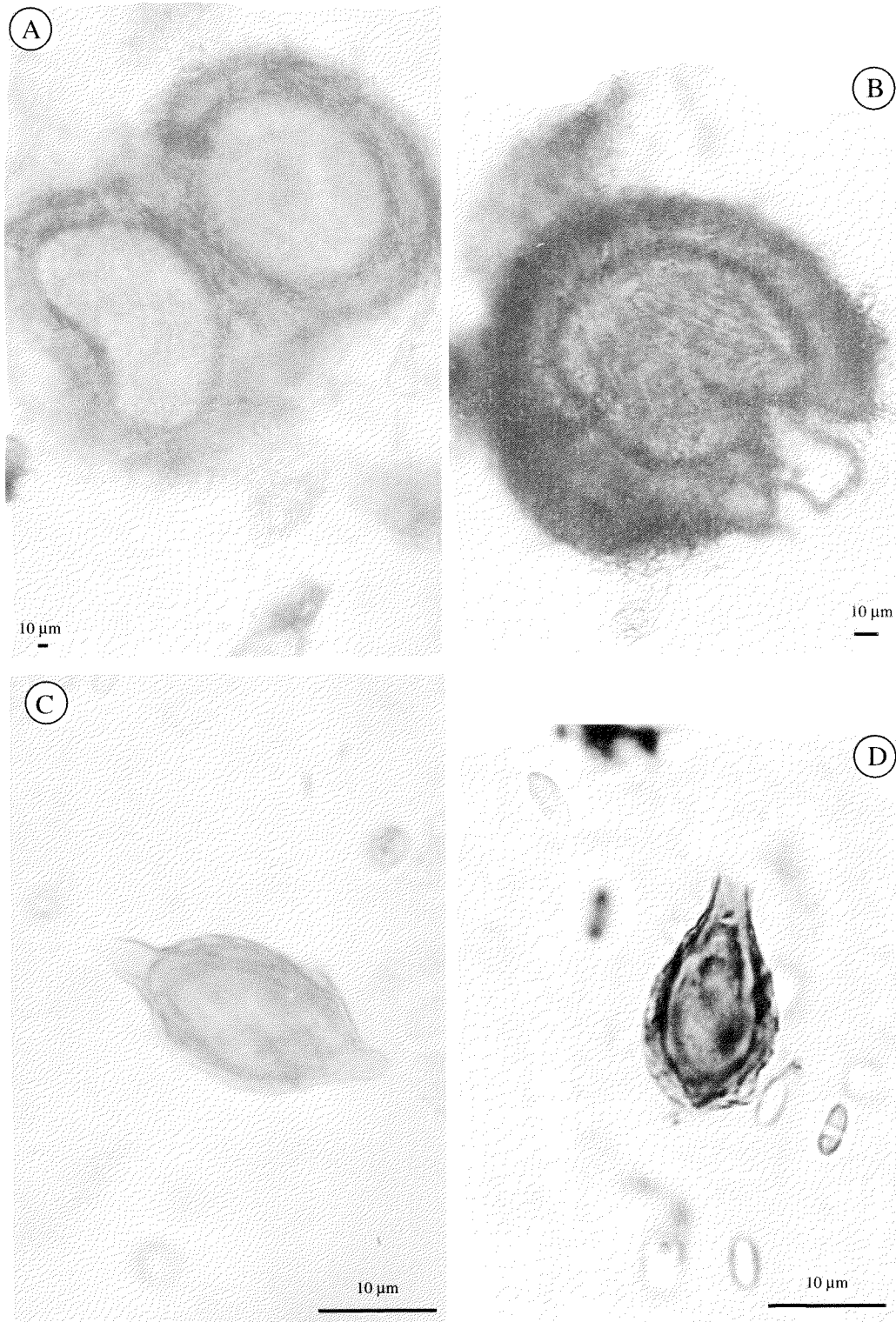


Abb. 3.125: Nachgewiesene Sporen in Kotproben von Mäusen (A –N).



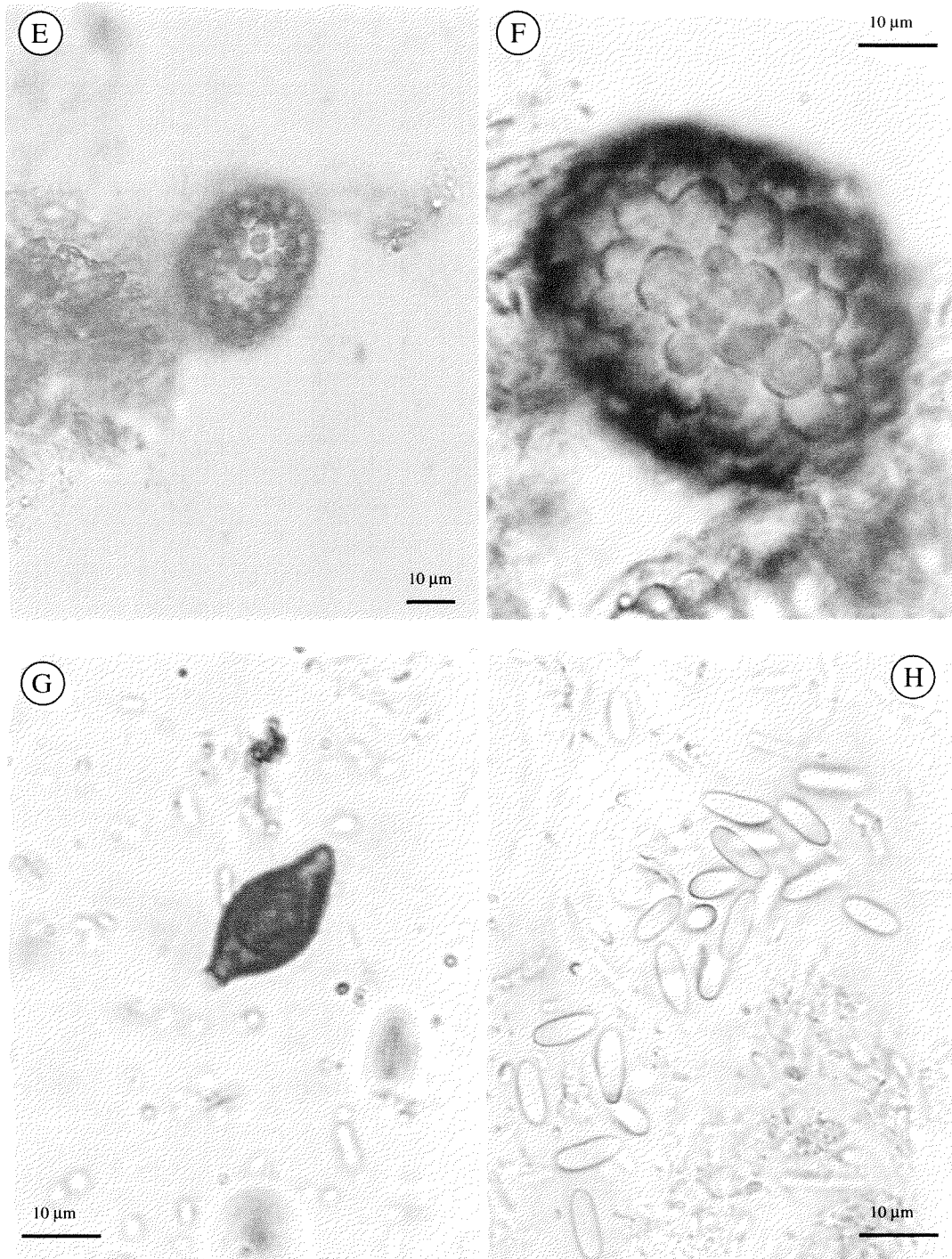


Abb. 3.125 (Fortsetzung)



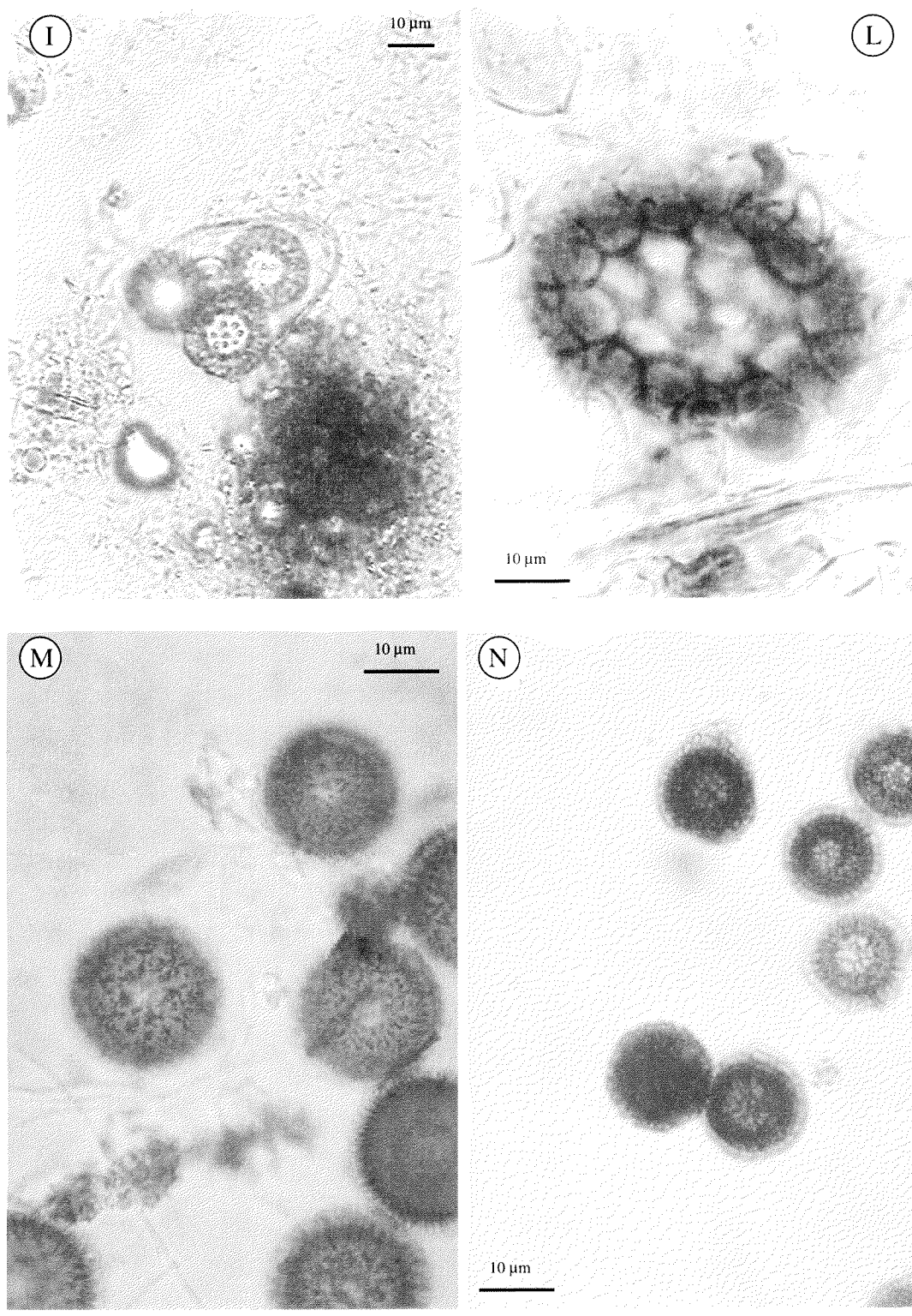


Abb. 3.125 (Fortsetzung)

Legende zu den in Kotproben von Mäusen nachgewiesenen Sporen:

- A – B: *Endogone lactiflua* Berk. & Br. (Zygomycetes)  
 Zygosporien bis 180 µm Ø, kugelig bis breit elliptisch, gelb-orange, von einem mehrschichtigen, aus verflochtenen Hyphen bestehenden Mantel umgeben
- C – D: *Hymenogaster* sp. (Cortinariales)  
 Sporen bis 24 x 9.5 µm, spindelig bis zitronenförmig, gelb-braun, mit Sterigma-Resten und apikaler Papille, von einem sich abtrennenden Perisporium umgeben
- E – F: *Hydntria michaelis* (Fischer) Trappe (Pezizales)  
 Ascosporen bis 35 x 22 µm, elliptisch, gelb-braun, dickwandig, grobwarzig, Warzen halb-kugelig, bis 3 µm hoch
- G: *Melanogaster ambiguus* (Vitt.) Tul. & C. Tul. (Agaricales)  
 Sporen bis 16.5 x 8.5 µm, spindelig bis rhomboidal, mucronat mit hyalinen Sterigma-Resten, dunkelbraun, glatt
- H: *Rhizopogon villosulus* Zeller (Boletales)  
 Sporen bis 7 x 2.5 µm, schmal elliptisch, hyalin bis grünlich, glatt
- I: *Terfezia* sp. (Pezizales)  
 Ascosporen bis 16 µm (im Ascus), kugelig, hell gelb-braun, warzig
- L: *Tuber foetidum* Vittad. (Pezizales)  
 Ascosporen bis 33.5 x 24 µm, elliptisch, gelb-braun, Ornamentierung netzartig, mit breiten, polygonalen Maschen, bis 4 µm hoch
- M: *Elaphomyces granulatus* Fr. (Elaphomycetales)  
 Sporen bis 28 µm, kugelig, braun, dicht und gleichmässig fein warzig
- N: *Elaphomyces cyanosporus* Tul. & C. Tul. (Elaphomycetales)  
 Sporen bis 22 µm, kugelig, schwarz-braun mit blauem Stich, Oberflächestruktur netzartig, mit polygonalen und engen, nicht immer vollständigen Maschen

### 3.6.2 Mittels „Trüffel-Hunden“ nachgewiesene Arten (Abb. 3.126)

Die hypogäische Pilzflora wurde in den VF auch mit der Unterstützung von zwei dressierten „Trüffel-Hunden“ untersucht. Anhand der gefundenen Frkp. konnten die folgenden, schon mit Sporen in den Kotproben von Mäusen nachgewiesene Gattungen bis zur Art bestimmt werden:

- *Endogone lactiflua*
- *Elaphomyces cyanosporus*
- *Elaphomyces granulatus*
- *Rhizopogon villosulus*

Zusätzlich wurden Frkp. von *Elaphomyces muricatus* Fr. und *Hydnotrya tulasnei* Berk. & Br. von den Hunden aufgespürt.

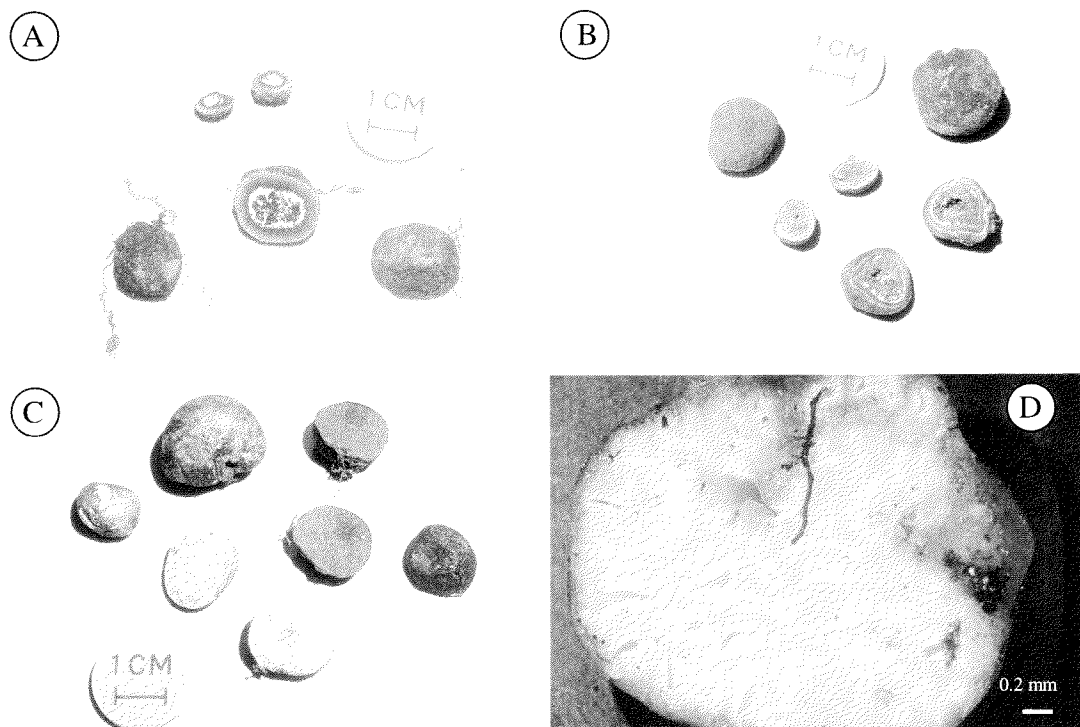


Abb. 3.126: Im Douglasienwald mit „Trüffel-Hunden“ gefundene hypogäische Mykorrhiza-Fruchtkörper

- A: *Elaphomyces muricatus* Fr.  
Frkp. bis 3 cm, +/- kugelförmig, gelblich bis braun. Peridium auf der Oberfläche warzig, netzartig im Schnitt, weisslich gegen aussen und braun-schwarz gegen die Gleba. Gleba zuerst weisslich rosa, mit der Reife braun. Kommt sowohl im Laub- als auch Nadelwald vor.
- B: *Elaphomyces cyanosporus* Tul. & C. Tul.  
Frkp. bis 1.5 cm, kugelig, dunkelbraun bis schwarz. Peridium im Schnitt weisslich gegen aussen, braun-schwarz gegen innen. Oberfläche fein warzig. Gleba zuerst weisslich, dann blau und schliesslich braun. Geruch „Tuber-artig“ mit knoblauchartiger Komponente. Kommt im Laubmischwald vor.

- C: *Rhizopogon villosulus* Zeller  
Frkp. bis 2 cm, kugelförmig, elliptisch bis eiförmig, braun. Peridium aus zwei Schichten aufgebaut: Aussenschicht aus braun gefärbten, dickwandigen, verflochtenen Hyphen; Innenschicht aus hyalinen, +/- parallel angeordneten Hyphen. Gleba gelblich, oliv bis braun-schwarz bei altem Material. Geruch essigartig. Obligate EM-Pilze der Douglasie.
- D: *Hydnотrya tulasnei* Berk. & Br.  
Frkp. bis 3 cm, unregelmässig, kugelförmig bis gelappt, himbeerrot. Peridium +/- kontinuierlich auch in den Einbuchtungen, leicht bereift auf der Aussenseite. Gleba eingebuchtet, flatterig, labyrinthisch, Hymenium weiss. Mykorrhiza-Pilze mit breiter ökologischer Amplitude.

## 4 Diskussion

### 4.1 Pilzflora der autochthonen Kastanien- und Buchenwälder (Tab. 4.1, Tab. 4.2)

Die Pilzflora der Kastanienwälder ist artenreich: CHAUVIN & SALESSES (1987) sprechen von 20 EM-Gattungen und mehr als 100 EM-Pilzarten. Repräsentative Gattungen sind: *Amanita*, *Boletus*, *Russula*, *Lactarius*, *Cortinarius*, *Tricholoma*. In Copera wurden 7 *Amanita*-Arten, 10 Arten der Ordnung Boletales und 22 Arten der Ordnung Russulales festgestellt. Erstaunlicherweise sind praktisch keine *Cortinarius*- und *Tricholoma*-Arten vorgekommen.

Die Zahl der gesellschaftsvagen Pilzarten in Pflanzengesellschaften ist meistens bedeutend höher als diejenige der Charakterarten (RUECKER et al. 1990).

Dementsprechend ist es oft schwierig, Kennpilzarten für pflanzensoziologische Einheiten zu bezeichnen.

In den untersuchten VF der Aufforstung Copera wurden 38 Arten (11%) nur im Kastanienwald registriert. Als Beispiele sind zu erwähnen *Gyroporus cynescens*, *G. castaneus*, *Russula krombholzii*, *Russula lepida*, *Amanita fulva*, *Lactarius volemus*, *Boletus erythropus*, *Hydnum repandum*, *Hymenochaete rubiginosa*, *Rutstroemia echinophila* etc. Total wurden 126 Arten (37 %) in den Kastanienwäldern aufgenommen, davon waren 63 (55 %) EM, 57 (32 %) lignicole Saprobe und 5 (13 %) terricole Saprobe (vgl. Anhang 3).

Beim Vergleich der Artenlisten von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Kastanienwäldern (BÄSSLER 1944; FENAROLI 1945; TRAPPE 1962; TORTIC & LISIEWSKA 1978; CHAUVIN et al. 1988; ORSINO & DAMERI 1989; BARLUZZI et al. 1992), zeigt sich, dass nur maximal 20 % der Arten gemeinsam sind (vgl. Tab. 4.1). Aus der Literaturoswertung konnten 646 potenziell zu erwartende Makromyceten bezeichnet werden (326 EM und 319 Saproben), davon wurden 75 Arten auch in den Kastanienwäldern von Copera erfasst.

Tab. 4.1: Vergleich der Pilzartenlisten von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Kastanienwäldern: Anzahl Arten total, Anzahl und % gemeinsamer Arten, Anzahl und Verhältnis Mykorrhiza-Pilze (EM) und Saprobe (S).

Autor	Barluzzi et al.	Bässler	Chauvin et al.	Fenaroli	Galli	Orsino & Dameri	Tortic & Lisiewska	Trappe	Römer
Jahr	1992	1944	1988	1945	1998	1989	1978	1962	2001
Untersuchungsgebiet	Toscana (I)	Pfalz (D)	Bordeaux (F)	(I)	(I)	Ligurien (I)	Jugoslawien	-	Tessin (CH)
Anzahl Arten total	200	252	75	43	132	384	4	29	126
Anzahl gemeinsame Arten	40	59	28	17	43	65	0	14	
% gemeinsame Arten	14	19	16	11	20	15	0	10	
Anzahl EM	90	149	73	34	109	203	0	28	63
Anzahl S	110	103	2	9	23	181	4	1	63
EM/S	0.8	1.4	36.5	3.8	4.7	1.1	0.0	28.0	1.0

Es ist bemerkenswert, dass es keine ausschliesslich an Kastanie gebundene Pilzflora gibt. In erster Linie sind im Kastanienwald Eichenwaldarten wie *Lactarius quietus*, *L. chrysorrhoeus*, *Amanita phalloides*, *Collybia fusipes* und *Russula krombholzii* heimisch (BÄSSLER 1944). Deutlich tritt die systematische Verwandtschaft zwischen Kastanie und Eiche v.a. bei den Holzbewohnern hervor (BÄSSLER 1944; TORTIC &

LISIEWSKA 1978) (*Fistulina hepatica*, *Daedalea quercina*, etc.). Manche Pilze wie *Russula fellea*, *Tricholoma sejunctum*, *Russula cyanoxantha* sind für die Buche typisch, die systematisch ebenfalls mit der Kastanie eng verwandt ist. Die untersuchten Kastanien- und Buchenwälder in Copera haben 49 gemeinsame Arten aufgewiesen, davon 26 EM-Arten.

In Kastanienwäldern kommen Makromyceten vor, die typisch für +/- saure Böden sind. Auch spezifische Arten des Nadelwaldes werden beobachtet (z.B. *Chalciporus piperatus*, *Xerocomus badius* und *Tylopilus felleus*, die sich aber oft am Wurzelstock oder am Kastanienstrunk ansiedeln).

Die Buchenwälder gehören zu den am besten untersuchten Pflanzengesellschaften und sind, zusammen mit Fichtenwäldern, die artenreichsten.

In den untersuchten VF der Aufforstung Copera wurden 25 Arten (7 %) nur im Buchenwald registriert. Spezifische Buchenbegleiter wie *Lactarius pallidus*, *L. blennius*, *Albatrellus pes-caprae*, *Cortinarius splendens*, *C. bolaris*, *Hygrophorus eburneus*, *H. poetarum* wurden hier nicht nachgewiesen (mit Ausnahme von *Cortinarius violaceus* und *Oudemansiella platyphylla*). Es ist zu betonen, dass die Buchenwälder in Copera ebenfalls aufgeforstet wurden und deshalb nicht als „Naturwald“ zu sehen sind. Total wurden 110 Arten (32 %) im Buchenwald erfasst, davon waren 41 Arten EM (36 %), 56 lignicole Saproben und 8 (20 %) terricole Saproben (vgl. Anhang 3).

Beim Vergleich der Artenlisten von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Buchenwäldern (TRAPPE 1962; LISIEWSKA 1974; TORTIC & LISIEWSKA 1974/1975; AMMIRATI et al. 1987; SENN-IRLET 1987; RUNGE 1988; BIERI et al. 1992; BUJAKIEWICZ 1992; HANSEN & TYLER 1992; KEIZER 1993a; KEIZER 1993b; LANGE 1993; ARNOLDS 1994) zeigt sich, dass nur maximal 14 % der Arten gemeinsam sind (vgl. Tab. 4.2). Aus der Literaturlauswertung konnten für den Buchenwald 757 potenziell zu erwartende Pilzarten ermittelt werden (329 EM, 427 Saproben), davon wurden 64 auch in Copera erfasst.

Tab. 4.2: Vergleich der Pilzartenlisten von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Buchenwäldern: Anzahl Arten total, Anzahl und % gemeinsamer Arten, Anzahl und Verhältnis Mykorrhiza-Pilze (EM) und Saprobe (S).

Autor Jahr	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	Anzahl gemeinsame Arten	% gemeinsame Arten	Anzahl EM	Anzahl S	EM/S	Ammirati et al. 1987 USA	Arnolds 1994 Holland	Bieri & Lussi 1992 CH	Bujakiewicz 1992 Europa	Galli 1995 I	Galli 1999 I	Hansen & Tyler 1992 Schweden	Keizer 1993 Holland	Keizer 1993 Holland	Keizer 1993 Holland	Lange 1993 Dänemark	Listewska 1974 Bosnia	Runge 1999 Sauerland (D)	Samm-Hiet 1987 CH	Toric & Listewska 1974 Jugoslawien	Treppe 1962 -	Römer 2001 Tessin (CH)		
		166	16	9.6	127	0	0.3																			
		34	1	2.9	27	0	0.4																			
		14	1	7.1	12	0	0.4																			
		39	16	41.0	30	0	0.4																			
		127	0	0.0	102	0	0.4																			
		0.3	16.0	5.0	2.4	5.0	4.3																			
		145	74	51.0	102	0	0.4																			
		27	22	81.5	22	0	0.4																			
		12	12	100.0	12	0	0.4																			
		11	6	54.5	6	0	0.4																			
		18	72	400.0	72	0	0.4																			
		50	81	162.0	30	0	0.4																			
		0.4	0.8	2.0	2.4	0.7	4.3																			
		74	74	100.0	74	0	0.4																			
		19	4	21.1	19	0	0.5																			
		301	39	12.9	301	0	0.5																			
		76	15	19.7	76	0	0.5																			
		192	24	12.5	192	0	0.5																			
		41	10	24.4	41	0	0.5																			
		100	18	18.0	100	0	0.5																			
		110	9	8.2	110	0	0.6																			
		41	7	17.1	41	0	0.6																			
		10	9	90.0	10	0	0.6																			
		20	20	100.0	20	0	0.6																			
		21	21	100.0	21	0	0.6																			
		6	6	100.0	6	0	0.6																			
		69	88	127.5	69	0	0.6																			
		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6																			
		15.7	15.7	100.0	15.7	0	0.6																			

## 4.2 Pilzflora der gepflanzten Nadelbäume (Tab. 4.3)

Der Anteil der EM-Pilzarten ist in Nadelwäldern allgemein höher als in den Buchenwäldern (BIERI et al. 1992). In Pflanzungen ist aber die Wahrscheinlichkeit, dass Kennarten auftreten, gering. Nach KOST (1992a) ist die Pilzflora einer Fichtenaufforstung artenärmer im Vergleich zu „Naturwald“ und das Artenspektrum besteht meist aus häufigeren Arten, mit einer breiten ökologischen Amplitude. Die Resultate aus Copera bestätigen die Ergebnisse von KOST (1992a): in den 3 untersuchten Fichtenflächen wurden nur 11 standortsspezifische Arten nachgewiesen und davon nur 2 EM-Pilze (*Hygrophorus pustulatus*, *Chalciporus piperatus*). Die typischen Fichtenbegleiter der montanen- und subalpinen Stufe auf sauren Böden, wie *Russula mustelina*, *Hygrophorus piceae*, *Lactarius deterrimus*, *L. lignyotus*, *L. picinus*, fehlen völlig. Total wurden in den Fichtenwäldern 110 Arten (32 %) erfasst, wobei 30 (26 %) EM, 61 (34 %) lignicole Saprobe und 17 (43 %) terricole Saprobe waren. Nach KOST (1992a) ist die Artendiversität in Lärchenaufforstungen gering, die einzelnen Arten können aber produktiv sein. VF LARDEC1 war in Copera die Frkpr.reichste. Exklusiv im Lärchenwald wurden 26 Arten aufgenommen. Die typischen Lärchenbegleiter (*Boletinus cavipes*, *Suillus viscidus*, *S. grevillei*, *Lactarius porninis*, *Gomphidius maculatus*, *Hygrophorus lucorum*) wurden auch in Copera festgestellt. Total wurden im Lärchenwald 107 Arten (31 %) nachgewiesen, 31 Arten davon (27 %) waren EM, 56 (31 %) lignicole Saprobe und 18 (45 %) terricole Saprobe. *Strobilurus stephanocystis*, *Suillus placidus*, *Suillus bovinus* und *Gomphidius roseus*, die als typische Föhren-Begleiter einzustufen sind, kommen auch in Copera vor. Ausschliesslich unter Waldföhre wurden 20 Arten, im Weymouthsföhrenwald 13 und im Schwarzföhrenwald 6 Arten registriert (vgl. Anhang 3). Im Douglasienwald wurden nur 21 standortsspezifische Arten nachgewiesen. Der hypogäische *Rhizopogon villosulus* wurde vermutlich mit Sporen an Saatgut aus Nordamerika eingeführt. Total wurden im Douglasienwald 125 Arten registriert (fast so viel wie im Kastanienwald), davon sind aber nur 29 Arten (25 %) EM-Pilze. Tab. 4.3 zeigt den Vergleich der Artenliste von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Nadelwäldern: maximal 14 % der Arten kommen gemeinsam vor. Aufgrund der Literatúrauswertung konnten für den Lärchenwald 149 (62 Ektomykorrhiza und 87 Saprobe), für den Fichtenwald 649 (338 Ektomykorrhiza und 310 Saprobe), für den Schwarzföhrenwald 90 (44 Ektomykorrhiza und 46 Saprobe), für den Weymouthsföhrenwald 200 (81 Ektomykorrhiza und 119 Saprobe), für den Waldföhrenwald 264 (156 Ektomykorrhiza und 107 Saprobe) und für den Douglasienwald 202 (89 Ektomykorrhiza und 113 Saprobe) bezeichnet werden. Nach der oben genannten Liste wurden in Copera 6 unter Lärche, 49 unter Fichte, 3 unter Schwarzföhre, 11 unter Weymouthsföhre, 23 unter Waldföhre und 17 unter Douglasie nachgewiesen.



Tab. 4.3: Vergleich der Pilzartenlisten von Copera mit methodisch ähnlich untersuchten Nadelwäldern (Lärche, Fichte, Schwarzföhre, Weymouthsföhre, Waldföhre, Douglasie): Anzahl Arten total, Anzahl gemeinsamer und % gemeinsamer Arten, Anzahl und Verhältnis Mykorrhiza-Pilze (EM) und Sprobe (S).

Autor	Jahr	Untersuchungsgebiet	Galli 1997	Horak 1963	Kost 1992	Trappe 1962	Römer 2001						
							Tessin (CH)	Tessin (CH)					
<b>Lenix</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	5	25	12	33	107						
			1	4	4	4	6						
			1	3	4	4	4						
			5	15	12	0	31						
			0	10	0	0	76						
			5.0	12.0	0.0	0.4							
<b>Picea</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	13	108	279	32	121	1712					
			1	0	7	28	8	20	22	4			
			11	0	5	3	8	9	8	3			
			21	1	13	81	143	9	82	100	9		
			27	0	0	27	136	23	39	71	11		
			0.8	1.0	13.0	3.0	1.1	0.4	2.1	1.4	0.8	0.9	1.1
<b>Pinus nigra</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	33	61									
			3	3									
			3	3									
			31	16									
			2	45									
			15.5	0.4									
<b>Pinus strobus</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	78	39	55								
			7	5	4								
			4	4									
			33	31	23								
			45	8	72								
			0.7	3.9	0.3								
<b>Pinus sylvestris</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	38	63	115	125							
			11	11	16	7							
			37	62	100	38							
			37	15	15	38							
			37.0	4.7	6.7	0.4							
<b>Pseudotsuga</b>	Untersuchungsgebiet	Anzahl Arten total	0	4	22	50	125						
			0	7	5	2	4						
			0	7	5	2	48						
			1	35	2	20	29						
			0	1	20	2	96						
			0.0	35.0	0.1	24.0	0.3						

### 4.3 Vergleich der Pilzflora der Kastanien- und Buchenwälder mit derjenigen der eingeführten Nadelbäume

Im Durchschnitt (pro VF begerechnet) ist die Pilzflora des autochthonen Laubwaldes artenreicher als diejenige des Nadelwaldes (47 vs. 21 Arten): im autochthonen Laubwald (4 VF) wurden 72 standortsspezifische Arten nachgewiesen, davon 32 EM. Total wurden 188 Arten erfasst, davon 79 EM (vgl. Anhang 4).

Im Nadelwald (13 VF) wurden 157 spezifische Arten nachgewiesen, davon 35 EM. Total wurden 272 Arten erfasst, davon 80 EM. Die Laub- und Nadelwälder in Copera haben 115 gemeinsame Arten aufgewiesen (vgl. Anhang 4).

Diese Ergebnisse decken sich prinzipiell mit den Daten von THOEN & DUGOUSSO (1989), die gezeigt haben, dass in Guinea (W-Afrika) die Diversität der EM im autochthonen Tropenwald höher ist als in benachbarten Aufforstungsflächen mit exotischen Pinus- und Eukalyptus-Arten. AMARANTHUS et al. (1994) stellte ebenfalls fest, dass die Trüffelproduktion in einem 180 Jahre alten Douglasienwald 20- bis 30-Mal grösser war als in 4-27 Jahre alten Aufforstungen. KOST (1992a) stellte fest, dass die natürlichen Fichten- und Föhrenwälder auch in Europa artenreicher im Vergleich zu den entsprechenden Aufforstungen waren.

In Copera ist das Verhältnis EM vs. Saprobe (sowohl der standortsspezifischen Arten, als auch gesamthaft berechnet) im autochthonen Laubwald höher als in den mit exotischen Nadelbäumen aufgeforsteten Beständen (0.7 vs. 0.4), obwohl die bodenchemischen Verhältnisse in beiden Waldtypen gleichwertig sind (vgl. Kapitel 4). Die Unterschiede im Verhältnis EM vs. Saprobe sind also auf die Einführung fremder Baumarten zurückzuführen: nicht alle einheimischen Pilze sind in der Lage, sich auch mit den eingeführten Nadelbäumen zu vergesellschaften (45 Arten). Nur einige Nadelbaum-spezifische Pilze (35 Arten) sind in der Lage, sich in den Aufforstungen erfolgreich zu etablieren. Diese Arten sind meist typische Lärchen-, Föhren- bzw. Fichtenbegleiter, die sonst im Tessin nur in höheren Lagen zu finden sind: *Gomphidius maculatus*, *G. roseus*, *Hygrophorus lucorum*, *H. pustulatus*, *Lactarius porninsis*, *Suillus bovinus*, *S. grevillei*, etc.). Als einzige exotische Art kommt nur *Rhizopogon villosulus* mit Douglasie als Wirtsbaum in Frage.

Diese Ergebnisse sind im Widerspruch zu den Ergebnissen von MIKOLA (1969), DUNSTAN et al. (1998) und SELOSSE (1997), die feststellen, dass die Mehrheit der Pilze in Aufforstungen mit Nadelhölzern exotisch ist. PARLADE et al. (1996) zeigte hingegen, dass die typischen Douglasienbegleitpilze nach der Einpflanzung durch einheimische Pilzarten progressiv ersetzt werden. Dieselben Beobachtungen machte DAHLBERG & STENSTROEM (1991) in Aufforstungen mit *Pinus silvestris* in Schweden.

In Copera zeigte sich, dass die Waldföhre (im Vergleich mit den anderen dort gepflanzten Nadelbaumarten) 52 gemeinsame Pilzarten mit der Kastanie hat.

## 4.4 Pilzflora und Standortfaktoren

### 4.4.1 Klima

#### 4.4.1.1 Zusammenhang zwischen Witterungsablauf und Pilzfruktifikation

Die Fruktifikation der Pilze wird durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren induziert, wobei generell der Witterungsablauf eine entscheidende Rolle spielt. Der saisonale Verlauf von Niederschlägen und Temperaturen wirkt sich massgeblich auf die Periodizität und Abundanz der Makromyceten aus (HORAK 1963; BRUNNER 1987; EVELING et al. 1990; GRIESSER 1992; GRAF 1994; PEINTNER 1995).

Das Fruktifikationsverhalten von EM-Pilzen und Saproben zeigt deutliche Unterschiede. Im Verlauf der Pilzsaison ist die Frkp. Produktion der Saproben oft diskontinuierlich über mehrere Monate verteilt und wird hauptsächlich von Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen geprägt. Diejenige der EM-Pilze ist v.a. durch den Temperaturverlauf in der ersten Jahreshälfte und die sogenannten Voraugangs-Niederschläge bestimmt (AGERER 1985; GRIESSER 1992). Bevor Niederschlagswasser für das Fruktifizieren des Pilzpartners zur Verfügung steht, wird wahrscheinlich zuerst der Wasserbedarf des Baumpartners gedeckt (GRIESSER 1992). Die EM-Pilzarten weisen meist Ende September einen maximalen Frkp.-Schub auf, weil im Herbst die Verfügbarkeit an Assimilaten in den Wurzeln der Bäume am höchsten ist.

Die jährliche Gesamtniederschlagssumme ist nicht ausschlaggebend für die Phänologie der Makromyceten, sondern die saisonale Verteilung der Regenfälle (GRIESSER 1992). Spätfröste im Frühling und Frühfröste im Herbst begrenzen die Länge der maximal für die Fruktifikation zur Verfügung stehende Vegetationsperiode (GRIESSER 1992). Steigende Minimum-Temperaturen, in Verbindung mit starken Niederschlägen, lösen den Beginn der Frkp.-Bildung aus. Im Spätherbst sind sinkende Temperaturen und Fröste die limitierenden Faktoren für das Ende der Pilzfruktifikation. Längerfristige Perioden mit Temperaturen um den Gefrierpunkt, bzw. deutlich unter 0 °C sinkende Minimum-Temperaturen, führen zu einem mehr oder weniger abrupten Abbruch der Frkp.-Produktion fast aller Pilz-Taxa (GRIESSER 1992). Extrem hohe Temperatur-Bedingungen können lokal zu einer oberflächennahen Austrocknung des obersten Bodenhorizontes führen und die Frkp.-Bildung negativ beeinflussen. Der Temperatur-Verlauf in der ersten Jahreshälfte steuert nach AGERER (1985) die Frkp.-Bildung der EM-Pilze, d.h. erhöhte, über dem Mittel liegende Wärmesummen zu Jahresbeginn bewirken ein frühzeitigeres Auftreten der Frkp.-Maxima.

Der Wind spielt bezüglich der Austrocknung der oberen Bodenschichten eine wichtige Rolle für das Wachstum und Vorkommen der Makromyceten. Besonders kleine und ephemere Fruchtkörper sind in ihrer Entwicklung stark feuchtigkeitsabhängig (HORAK 1963). Der Nord-Föhn, der im Tessin v.a. zwischen März und April auftritt, spielt in Copera eine wichtige ökologische Rolle. Die relative Luftfeuchtigkeit kann dabei längerfristig bis auf 15 % absinken, sodass die Wasserversorgung für die Pilzfruchtkörper problematisch werden kann.

Die Ergebnisse in Copera stimmen weitgehend mit Daten aus der Literatur überein: die Regenfälle im Jahr 1996 waren mehr oder weniger gleichmässig über das ganze Jahr

verteilt. Die jahreszeitliche Produktivität der Saproben folgte synchron diesem Verlauf. Die Jahre 1997 und 1998 sind durch die anhaltende Trockenperiode im Frühling und durch das Auftreten von starken Niederschlägen im Sommer (v.a. im Juni 1997) gekennzeichnet. Die Artenzahl der Saproben im Frühling war demzufolge klein, um dann im Laufe des Jahres +/- rasch nach Regen mit einem Produktionsschub zu reagieren. Intensive Niederschläge bewirken, mit Ausnahmen, Maxima in der Arten-Abundanz der Saproben nach Ablauf eines Zeitintervalls von 1-3 Wochen. Nach AGERER (1985) erfährt die Streuschicht während einer Niederschlagsperiode eine vergleichsweise schnelle, Totholz aber eine langsamere Durchnässung. Dafür trocknet aber totes Holz weniger rasch aus und liefert deshalb auch in nachfolgenden Trockenperioden genügend Feuchtigkeit für die Entwicklung saprober Frkp. 1998 sind die meisten Frkp. der Saproben erst im Herbst erschienen: auch die Frkp.-Produktion der Saproben wird von der anhaltenden Trockenperiode im Frühling und von den im April aufgetretenen Spätfrösten beeinflusst. Maxima in der Arten-Abundanz der EM-Pilzarten wurden 1996 und 1997 acht Wochen nach den letzten intensiven Niederschlägen erreicht. Das zweite Maximum im Jahr 1998 wurde 4-5 Wochen nach den letzten starken Regenfällen erreicht. Die milden Temperaturen im Frühling 1997 bewirkten, dass ein Teil der EM-Pilzarten im Vergleich zum Jahr 1996 früher zur Fruktifikation gekommen sind und somit in diesem Jahr zwei Frkp.-Schübe zu verzeichnen sind. Der im April 1998 aufgetretene Spätfrost bewirkte dagegen, dass die Mehrzahl der EM-Pilzarten später Frkp. gebildet haben.

#### 4.4.1.2 Vergleich des Mikroklimas im Laub- und Nadelwald

##### Niederschläge

Nach MITSCHERLICH (1981) ist der Niederschlag im Nadelwald geringer, d.h. der Interzeptionsverlust höher als im Laubwald. Von den Nadelbäumen haben die Halbschattenarten Douglasie und Fichte mit ihrem hohen Blattflächenindex die grössten Interzeptionsverluste (ca. 34 % des Freilandniederschlags). Die unter Kiefer und Lärche messbare Niederschlagsdurchlässigkeit liegt im Vergleich zum Freilandniederschlag bei einem Interzeptionsverlust von ca. 27%. Die Messwerte unter Buche betragen dagegen ca. 15% des Freilandniederschlags.

Im Winter ist der Kronendurchlass bei Laubbäumen wegen der Entlaubung ca. 5% höher als im Sommer, weil durch die Belaubung die Gesamtoberfläche der Kronen vergrössert wird. Bei Nadelbäumen ist der Kronendurchlass in der Regel im Winter kleiner als im Sommer.

Die Ergebnisse in Copera sind im Widerspruch zu den von MITSCHERLICH (1981) publizierten Daten, nämlich, dass der Interzeptionsverlust bei Laubbäumen geringer ist als bei Nadelbäumen. Die Durchlässigkeitsrate für Regen steht aber in engem kausalen Zusammenhang sowohl mit der Niederschlagsintensität als auch der Windstärke während des Regens.

In Copera zeigte sich zudem, dass die Interzeption unter Kiefer und Lärche (im Vergleich zu Fichte und Douglasie) durchschnittlich etwas höher lag. Der Grund dafür ist vermutlich, dass sich im Nadellichtwald die lokal heimische Kastanie im Unterwuchs wieder etabliert hat.

### Temperaturen

Nach MITSCHERLICH (1981) ist die durchschnittliche Temperatur unter Fichte und Douglasie im Winter höher, dagegen im Sommer aber niedriger als unter Lichtbaumarten. Die Temperaturschwankungen im erstgenannten Waldtyp sind zudem stärker ausgeglichen.

In Copera sind die Minimaltemperaturen im Laubwald praktisch identisch mit denjenigen des Nadelwaldes. Dagegen sind die Maximaltemperaturen, im Widerspruch zu MITSCHERLICH (1981), im Nadelwald um durchschnittlich 0.7 Grad höher. Diese Unterschiede sind v.a. zwischen Mai und September festzustellen: wegen der dichten Belaubung erwärmen sich Buchen- und Kastanienwälder auch im Sommer weniger. Im Vergleich dazu wurden im Föhren- und Lärchenwald die Temperaturmaxima im Sommer gemessen.

#### **4.4.2 Vegetation**

Im Allgemeinen sind Substrat (Bodenchemismus, Streuangebot), Baumartenzusammensetzung und Baumalter für die Ausbildung einer bestimmten Grosspilzflora entscheidend (RUECKER et al. 1990). Das Auftreten von EM-Pilzarten hängt vom Vorhandensein ihrer obligaten bzw. fakultativen Wirtsbäume ab (TRAPPE 1962). Die Qualität des organischen Substrates (stehendes und liegendes Totholz, Streu, Humus) bestimmt die quantitative und qualitative Vielfalt an Saproben (GRIESSER 1992). Mit fortschreitender Entwicklung einer Pflanzengesellschaft lässt sich parallel auch eine Sukzession in der Zusammensetzung der Pilzflora beobachten (FORD et al. 1980; RICEK 1981; RUECKER et al. 1990).

In Copera wurde in Übereinstimmung mit KEIZER (1993a) keine Korrelation zwischen Zahl der Pflanzen- und Pilzarten festgestellt. Die Anzahl der insgesamt registrierten Pilzarten war 4-mal grösser als die der Pflanzen (342 vs. 86). Die Kastanienwälder erwiesen sich als die pilzartenreichsten. Der höchste Anteil an Phanerogamen wurde hingegen im Lärchenwald beobachtet.

Anhand der Pflanzenartenzusammensetzung lassen sich die 3 Fichten-Flächen und die 3 Douglasien-Flächen differenzieren. Die übrigen Flächen lassen sich vegetationskundlich nicht klar unterscheiden. Die Kraut- und Strauchschicht der Nadellichtbäume (*Pinus strobus*, *Pinus silvestris*, *Pinus nigra*, *Larix decidua*) lässt den früheren „Naturzustand“ der Kastanien-Birkenwälder immerhin erahnen, sodass diese „neue Gesellschaft“ als Übergang bzw. eine Varietät der ursprünglichen Vegetation interpretiert werden könnte. Die Vegetation unter PINSTR2 zeigt hingegen eine pflanzensoziologische Verwandtschaft mit dem Buchenwald.

Basierend auf der Pilzartenzusammensetzung, können die VF mit autochthonem Wald eindeutig sowohl von den mit eingeführten Nadelbäumen und als auch von den mit Föhren bestockten VF getrennt werden.

PSETAX3 lässt sich pflanzenökologisch von den übrigen Douglasienflächen (22 Pflanzenarten vs. 4 bzw. 2) abgrenzen. Pilzökologisch werden aber die 3 VF nicht getrennt. VF LARDEC1 und LARDEC2 weisen eine ähnliche Pflanzenartenzusammensetzung auf, lassen sich aber bezüglich ihrer Pilzartenzusammensetzung unterscheiden.

Der Shannon-Index (Hs-Wert) der VF mit demselben Baumartbestand ergibt sowohl für die Pflanzen als auch für die Pilze unterschiedliche Werte.

#### 4.4.3 Boden

Bodengefüge, Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt der Kryptopodssole werden primär durch die Provenienz des Humus beeinflusst (BLASER 1973). Die Humusbildung wird von der Summe der Standortfaktoren (Klima, Chemismus und Verwitterbarkeit des Gesteins, Bodenorganismen, Relief, pH und Durchlüftung des Bodens), wie auch durch die Natur der Streu gesteuert. Die Bewirtschaftung eines Waldes wirkt sich nachhaltig auf die Humusbildung aus. Pflanzen mit leicht abbaubarer Streu begünstigen unter sonst gleichen Standortverhältnissen die Mineralisierung der organischen Substanz auf Kosten der Humifizierung (BLASER 1973).

Das C/N-Verhältnis der relativ schwer abbaubaren Kastanien-Blättern liegt bei ca. 48. Die Nadelbaumarten haben ein relativ breite C/N-Amplitude (48-77) und die Nadelstreu begünstigt zudem die Bildung einer Rohhumus-Auflage. Dadurch werden Humifizierung und Nährstoffnachlieferung verzögert, dagegen aber die Verlagerung von organischer Substanz und mehrwertigen Kationen begünstigt (Podsolierung) (BLASER 1973).

Die in den VF von Copera allgemein feststellbare Humusform ist Moder. Nadelstreu begünstigt die Bildung einer Rohhumus-Auflage und die resultierende Humusform lässt sich als rohhumusartiger Moder klassifizieren. Unter den autochthonen Laubbäumen bildet sich dagegen mullartiger Moder.

In allen VF ist die Humusmineralisation durch die Bindung von Aluminium (aus dem Muttergestein) an die organische Substanz gehemmt (humose Horizonte eines Kryptopodsols enthalten deutlich mehr Al als entsprechende Horizonte einer sauren Braunerde, die sich über Kalksilikatgesteinen entwickelt). Die Humusanreicherung im Profil ist also in Copera nicht durch die Vegetation bedingt.

Aus demselben Grund wurde durch die verschiedene Streuqualität der angepflanzten Baumarten der Chemismus des Oberbodens nicht stark beeinflusst: pH und C/N-Verhältnis des Mineralbodens in den autochthonen Laubwäldern haben im Vergleich mit denjenigen unter eingeführten Nadelbäumen keinen statistisch relevanten Unterschied gezeigt.

Die verschiedenen Pilzartenspektren unter autochthonen Laubbäumen und gepflanzten Nadelbäumen sind somit auf Grund der Untersuchungsergebnisse in Copera nicht auf die veränderten Bodeneigenschaften zurückzuführen. Dies schliesst aber nicht aus, dass eventuell die Streu verschiedener Baumarten (und ihre Inhaltstoffe) sich auf die Pilzflora auswirken könnte (vgl. Kapitel 4.10).

## 4.5 Ektomykorrhiza-Symbiose

Von morphologischen Merkmalen der mykorrhizierten Wurzeln ausgehend ist nur in seltenen Fällen eine eindeutige makroskopische Zuordnung des Mykorrhizapilzpartners möglich (MEHMANN et al. 1995). In der vorliegenden Untersuchung konnten nur 2 Morphotypen bis zur Art, nämlich *Russula ochroleuca* und *Cenococcum geophilum*, bestimmt werden.

Ein Vergleich der in der Natur festgestellten EM mit den synthetisierten EM hat bezüglich der Morphotypen folgende Ähnlichkeiten gezeigt: *Paxillus involutus* mit Morphotyp „I“ (bei *Castanea sativa*), bzw. *Amanita citrina* mit Morphotyp „F“ (mit *Castanea sativa*), und mit Morphotyp „A“ und „C“ (mit *Picea excelsa* und *Pinus strobus*).

In Übereinstimmung mit GRAF & BRUNNER (1996), bilden gleiche Pilzarten ähnliche EM (auch) mit verschiedenen Wirtspartnern aus: die Mykorrhizen von *Paxillus involutus* mit Douglasie, Schwarzföhre, Weymouthsföhre und Fichte sind makroskopisch und mikroskopisch (Mantel und Hartig'sches Netz) identisch.

In Übereinstimmung mit MEHMANN et al. (1995), EGLI & KÄLIN (1991) und PALENZONA & FONTANA (1970) konnte bestätigt werden, dass die von einer Pilzart induzierte EM bei gleichem Baumpartner makromorphologisch verschieden ausgebildet sein kann. Die Gründe dafür sind vor allem Alter und die allgemeinen Wachstumsbedingungen bei der Synthese in vitro. Mikroskopisch sind aber die Strukturen identisch (vgl. EM von *Xerocomus badius* mit Fichte).

Die Morphotypen von *Russula ochroleuca* (auch mit oberirdischen Frkp.) und *Cenococcum geophilum* wurden in allen getesteten VF nachgewiesen. Die Frkp. und die Morphotypen von *Paxillus involutus* wurden in allen VF, mit Ausnahme der Buche, festgestellt. Die potenzielle Mykorrhizierung von *Paxillus* mit Fichte, Douglasie und allen Föhrenarten wurde auch durch Laborversuche bestätigt. Frkp. von *Amanita citrina* wurden im Laubwald und im Nadelwald, aber nur unter Fichte, registriert. In Synthese-Versuchen hat aber *A. citrina* eine EM auch mit Douglasie und den Föhren etabliert.

In Übereinstimmung mit MEHMANN et al. (1995) und DAHLBERG & STENSTROEM (1991) korreliert die Anzahl der anhand der Frkp. festgestellten Pilzarten nicht mit der Anzahl der differenzierten Morphotypen. Bei MEHMANN et al. (1995) war aber die Diversität der Morphotypen grösser als diejenige der oberirdisch festgestellten Frkp. Im Gegensatz zu diesen Befunden zeigte sich in Copera, dass die Zahl der oberirdisch beobachteten Frkp. grösser war als die an den Wurzelspitzen der Baumpartner festgestellten Morphotypen. Bei der Interpretation dieser Daten muss jedoch berücksichtigt werden, dass verschiedene Pilzarten ähnliche Morphotypen ausbilden können (BRUNNER et al. 1992; MEHMANN et al. 1995).

Der Kastanienwald zeigte die höchste Diversität bezüglich der EM-Pilzarten und der Morphotypen an den mykorrhizierten Wurzeln. Bei Buche und Fichte wurden im Vergleich zu Kastanie und Douglasie wenige Morphotypen differenziert. Gleichzeitig war aber der Mykorrhizabesatz hoch. Nach TERMORSHUIZEN & SCHAFFERS (1989) und AGERER (1990) sollte der Mykorrhizabesatz mit der Anzahl der Frkp. korrelieren.

## 4.6 Hypogäische (Trüffel-artige) Pilze

In der europäischen Literatur sind nur wenige Arbeiten über die Beziehungen von hypogäischen Pilzen vs. Kleinsäuger bekannt. So z.B. unterstreichen AYER & EGLI (1991); AYER & EGLI (1995a); AYER & EGLI (1995b) die Wichtigkeit der Pilze als Nahrungsquelle für Eichhörnchen (Aufforstung Moosboden im Kanton Fribourg). Die meisten Arbeiten zu diesem Thema sind in den USA durchgeführt worden (MASER et al. 1978, GORDON & COMPORT 1998, CASTELLANO et al. 1989, TRAPPE & MASER 1976, FOGEL 1975, FOGEL & TRAPPE 1978, FOGEL & HUNT 1983, HUNT & TRAPPE 1987).

Nach FROIDEVEAUX & SCHWÄRZEL (1977) ist die Mehrheit der Hypogäen, wegen ihrer breiten symbiotischen Anpassungsfähigkeit, in der Lage, sich auch mit exotischen Bäumen zu vergesellschaften. Dank ihrer widerstandsfähigen Sporen und Sklerotien zählen sie zu den in Kahlschlägen am längsten überlebenden Mykorrhizapilzen. In Copera beträgt im Kastanienwald das Verhältnis epigäische EM-Pilze (62 spp.) vs. hypogäische (7 spp.) 8.8, im Douglasienwald dagegen 1.7 (20 spp. vs. 12 spp.). Im Douglasienwald wurde der höchste Anteil an hypogäischen Pilzarten nachgewiesen, die als EM Pilze eine ökologisch wichtige Rolle in der Aufforstung spielen dürften.

Von den im Douglasienwald spezifisch nachgewiesenen hypogäischen Gattungen bzw. Arten, ist nur *Rhizopogon villosulus* ein obligater EM-Partner der Douglasie.

*Elasmomyces* sp., *Hydnотrya tulasnei*, *Octavianina asterosperma* und *Glomus* sp. kommen (nach Literatur) aber sowohl unter Laub- als auch Nadelbäumen vor. Die vermutlich saproben Arten von *Sclerogaster* haben ihren Standort zwischen Moosen und in Nadel- bzw. Laubstreu.

Für Douglasienwälder in Oregon werden 30 verschiedene hypogäische Pilzarten von HUNT & TRAPPE (1987), bzw. 24 von FOGEL (1975) gemeldet. Im Vergleich dazu lag in Copera die Zahl der gefundenen Arten bei 12.

Nur mit der Unterstützung von zwei dressierten „Trüffel“-Hunden konnten die Frkp. der mit der Douglasie aus Nord-Amerika eingeführten, hypogäischen *Rhizopogon villosulus* nachgewiesen werden, deren Sporen schon früher in Kotproben von Mäusen beobachtet werden konnten. In Kotproben konnten unter Douglasie ausserdem die Sporen von *Endogone lactiflua*, *Elaphomyces cyanosporus* und *Hydnотrya tulasnei* isoliert werden. Die Frkp. wurden dann später mit Hilfe der „Trüffel“-Hunde im Waldboden geortet.

## 4.7 Pilze als Bioindikatoren

Die Zahl der aufgenommen Pilzarten in Copera ist 4-mal höher als diejenige der Pflanzen (Phanerogamen, Pteridophyten). Die Resultate der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass sich die in Copera untersuchten Waldtypen mykosoziologisch besser und eindeutiger als mit Hilfe der Pflanzen charakterisieren lassen, da Zeigerpflanzen meist fehlen (vgl. Abb. 3.22 vs. Abb. 3.84).

Auf Grund ihrer symbiotischen Lebensweise sind v.a. die EM-Pilzarten für die ökologische Bewertung eines Standorts geeignet (vgl. Abb. 3.89).



Das Verhältnis EM vs. Saprobe ist in den autochthonen Laubwäldern höher als in den aufgeforsteten Nadelwäldern. Eine Verschiebung des Artenspektrums kann nachgewiesen werden.

Die Pilzflora in den aufgeforsteten VF in Copera setzt sich aus meist häufigen Arten mit breiter, ökologischer Amplitude zusammen. Die Zahl der Kennarten (38) im Kastanienwald ist höher als in den verschiedenen Nadelwald-Parzellen (6 bis 24). Die Artendiversität der Pilze in den VF mit Nadelwald ist vergleichsweise niedrig, jedoch können einzelne Arten durch die Bildung von zahlreichen Frkp. auffallen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch PACIONI et al. (1985), RUECKER et al. (1990), KOST (1992a), PARLADE et al. (1996).

#### 4.8 Schlussfolgerungen

- Die verschiedenen, in Copera untersuchten Waldtypen können mit Pilzen besser differenziert werden als mit Pflanzen.
- Die Diversität der Makromyzetten ist im autochthonen Laubwald grösser als in den VF mit exotischen Nadelbäumen. Vor allem bezüglich EM-Pilze sind die Kastanienwälder artenreicher, d.h. 63 EM-Arten im Kastanienwald vs. 16 bis 38 unter den Nadelbäumen. Das Verhältnis EM vs. Saprobe beträgt 1 im Kastanienwald und 0.3 für Douglasie. Die hochgerechneten Werte für den Laubwald vs. Nadelwald sind 0.7 vs. 0.4.
- Im Douglasienwald wurden im Vergleich zum Kastanienwald mehr hypogäische Arten nachgewiesen (12 vs. 7).
- An den Feinwurzeln der Kastanie wurden 18 Morphotypen festgestellt. Im Vergleich dazu 7 bei Buche, 4 bei Fichte, 6 bei Weymouthsföhre und 10 bei Douglasie. Der Besatz an EM ist im autochthonen Laubwald immer höher. Die Analyse hat gezeigt, dass viele Wurzelspitzen der exotischen Nadelbäume, v.a. aber bei der Douglasie, nicht mykorrhiziert und/oder das Myzel der EM kollabiert war.
- Rohhumusartiger Moder ist der in den VF mit Nadelbäumen am häufigsten angetroffene Humustyp. Im Gegensatz dazu dominiert der Mullartige Moder im autochthonen Laubwald. Die beiden Waldtypen unterscheiden sich aber bezüglich pH und C/N Verhältnis nicht. Es lassen sich auch klimatisch (Niederschlag, T max. und T min.) keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen Laub- und Nadelwaldtypen feststellen. Die Unterschiede der Pilzartenspektren sind somit nicht durch die veränderten Standortbedingungen, sondern eher durch die Wirtsspezifität der Pilze und das Auftreten zusätzlicher, standortsfremder Pilzarten erklärbar.
- Die Mehrheit der mit exotischen Nadelbäumen assoziierten Mykorrhiza-Pilze sind Ubiquisten. Eine Art, nämlich *Rhizopogon villosulus*, wurde vermutlich aus Nordamerika mit der Douglasie in Copera eingeschleppt. Die typischen, an natürlichen Standorten vorkommenden Lärche- und Föhrebegleitenden Pilze wurden auch in den VF mit aufgeforsteten Nadelbäumen wiedergefunden.
- Die obligate, ektotrophe Symbiose von *Rhizopogon villosulus* x Douglasie wurde im Labor mit Inokulationsversuchen synthetisiert.
- *Xerocomus* Arten können auch in vitro Frkp. bilden, ohne Kontakt mit der Wirtspflanze zu haben.

## 4.9 Interpretationsgrenzen

- Mit einer Aufnahmedauer von 3 Jahren wurden ca. 60 % aller potentiell in den VF vorkommenden Arten erfasst: die Summationskurve (vgl. Abb. 3.44) steigt anfangs stark an, flacht sich nach zwei Jahren allmählich ab, aber steigt auch im dritten Untersuchungsjahr noch leicht an. Die Frage, wieviele Jahre sind nötig, um die Pilzflora eines Gebietes vollständig zu erfassen, kann anhand der für Copera vorliegenden Ergebnisse nicht allgemein gültig beantwortet werden (vgl. Kapitel 2.8..1). Generell wächst die Artenzahl mit jedem zusätzlichen Aufnahmejahr weiter an. Bei einjährigen mykosoziologischen Untersuchungen werden im schlechtesten Fall 10 % und im besten Fall 65 % aller am Standort vorkommenden Arten erfasst (EGLI et al. 1997)
- Dank des Stockausschlages kann sich die Kastanie schnell und erfolgreich regenerieren und ist auch noch nach 40 Jahren in den mit Nadelhölzern aufgeforsteten VF (v.a. unter den Lichtbaumarten Lärche und Föhre) vorhanden und beeinflusst deshalb die Pilzflora.
- Die Pilzartenzusammensetzung eines Waldes ändert sich generell mit dem Alter und der Entwicklung des Bestandes (RICEK 1981; DIGHTON et al. 1986; KOST 1992b; MEOTTO et al. 1994). Mit der vorliegenden Untersuchung wurde der Ist-Zustand (d.h. 40 Jahre alte Aufforstungen mit exotischen Koniferen) erfasst.
- Waldbauliche Massnahmen beeinflussen die Diversität der Pilzflora. Besonders gravierend sind: Durchforstungen, mit temporärer Wirkung auf die Bestandesstruktur und auf die Bodenvegetation; Entfernung von Holz und Rinde als Substrat für saprobe und pathogene Pilze; Einsatz von Herbiziden; Bodenverdichtung, durch verschiedene waldbauliche Massnahmen oder Begehung.

## 4.10 Nicht abgeklärte Aspekte

Die folgenden 3 Themen konnten im Rahmen der Dissertation aus Zeitmangel oder aus technischen Gründen nicht bearbeitet werden:

- Biotests zur Erfassung von EM-Infektionspotential und -diversität in Saatversuchen (Gewächshaus) mit Sämlingen der entsprechenden Baumarten, sowie anderen Indikatorpflanzen
- Biotests zur Erfassung der Wirkung von Streuextrakten auf das Wachstum von EM-Pilzen (Fallbeispiele bez. fungitoxischer Wirkung auf Myzel)
- Geplante Inokulationsversuche mit Kastanie und Buche als Wirtsbäume konnten nicht durchgeführt werden, weil es nicht gelang die grossen Samen dieser Bäume steril in vitro zu kultivieren.

Folgende Punkte wären interessant, um bei ähnlichen mykosoziologischen Studien berücksichtigt zu werden:

- Molekularbiologische Identifikation der Morphotypen

- Rolle der saproben Pilze im Prozess des Streuabbaues und sein Einfluss auf die Zusammensetzung der EM-Pilzarten am Standort (BAAR 1995; BAAR & KUYPER 1998; KOIDE et al. 1998).
- Erfassung der Ektomykorrhiza-Verhältnisse an den Wurzeln der Bäume in tieferen Bodenhorizonten. Myzel von EM-Pilzen wurden im Mineralboden noch bis in Tiefen von 2.6 m gefunden (BRAND 1991; VILLENEUVE et al. 1991).
- Um die Korrelation zwischen Witterungsablauf und Fruchtkörper-Bildung besser extrapolieren und prognostizieren zu können, müssten weitere Standortparameter wie Wind, Luft- und Bodenfeuchtigkeit (mit automatischer Regenmessung am Standort) in die mykosoziologischen Untersuchungen einbezogen werden.

„L'UOMO NON È CHE UN GIUNCO, IL PIÙ DEBOLE DELLA  
NATURA, MA È UN GIUNCO CHE PENSA“

Blaise Pascal



## Literaturverzeichnis

- AGERER R., 1985: Zur Ökologie der Mykorrhizapilze. Cramer, Vaduz. Bibl. Mycol. 97. 160 S.
- AGERER R., 1987-1995: Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn Verlag, Dietenberger.
- AGERER R., 1990: Gibt es eine Korrelation zwischen Anzahl der Ektomykorrhizen und Häufigkeit ihrer Fruchtkörper? Z. Mykol. 56(1): 155-158.
- AMARANTHUS M. et al., 1994: Hypogeous fungal production in mature Douglas-fir forest fragments and surrounding plantations and its relation to coarse woody debris and animal mycophagy. Can. J. For. Res. 24: 2157-2165.
- AMMIRATI S. et al., 1987: Spatial and temporal distributions of ectomycorrhizal fungi in a Douglas-plantation. In, Sylvia D.M., Hung L.L., Graham J.H. (Hrsg.): Mycorrhizae in the next decade. Practical applications and research priorities. North American Conference on mycorrhizae. Gainesville, Florida, 3-8- May, 1987.
- ANTONIETTI A., 1968: Le associazioni forestali dell'orizzonte submontano del Cantone Ticino su substrati pedologici ricchi di carbonati. Mitt. Eidg. Forschung. Anst. WSL 44: 81-226 S.
- ARNOLDS E., 1981: Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, the Netherlands. 1. Introduction and synecology. Cramer, Vaduz. Bibl. Mycol. 83. 407 S.
- ARNOLDS E., 1982: Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, the Netherlands. 2. Autecology, 3. Taxonomy. Cramer, Vaduz. Bibl. Mycol. 90. 501 S.
- ARNOLDS E., 1991: Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. Agr. Ecosyst. Environ. 35: 209-244.
- ARNOLDS E., 1992: The role of macrofungi in environmental conservation. Giornale botanico italiano 126: 779-795.
- ARNOLDS E., 1994: Mycocoenology of stands of *Fagus sylvatica* L. in the northeastern Netherlands. Phytocoenologia 24: 507-530.
- AUGUSTIN A., 1974: Über die Verteilung einiger Täublingsarten auf kleinstem Raum. Schweiz. Z. Pilzk. 40: 215-220.
- AYER F., EGLI S., 1991: Les champignons, source importante de nourriture pour des petits mammifères forestiers. Schweiz. Z. Forstw. 142(12): 979-982.
- AYER F., EGLI S., 1995a: Beobachtungen über die Suche und den Verzehr von Pilzen durch Eichhörnchen. Schweiz. Z. Pilzk. 73 (4): 76-78.
- AYER F., EGLI S., 1995b: Pilze als wichtige Nahrungsquelle für kleine im Wald lebende Säugetiere. Schweiz. Z. Pilzk. 73 (3): 56-57.
- BAAR J., 1995: Ectomycorrhizal fungi of scots pine as affected by litter and humus. ?, 136 S.
- BAAR J., KUYPER T.W., 1998: Restoration of aboveground ectomycorrhizal flora in stands of *Pinus sylvestris* (Scots Pine) in the Netherlands by removal of litter and humus. Restoration ecology 6 (3): 227-237.
- BARKMANN J.J., 1976: Terrestrische fungi in Jeneverbesstruwelen. Coolia 19(3): 94-110.
- BARKMANN J.J., 1987: Methods and results of mycocoenological research in the Netherlands. In, Pacioni G. (Hrsg.): Studies on fungal communities. Soc. Bot. Italiana, L'Aquila: 7-40.

- BARLUZZI C. et al., 1992: Coenological research on macrofungi in chestnut coppices of Tuscany. *Phytocoenologia* 20(4): 449-465.
- BÄSSLER K., 1944: Untersuchungen über die Pilzflora der Pfälzer Kastanienwälder. *Mitt. des Vereins für Naturkunde und Naturschutz in der Westmark. Pollichia* 105 (12). 1-87 S.
- BERGSTROM D., 1976: An underground boost for seedlings. *Forestry Research: What's New in the West*: 3.
- BERNETTI G., 1995: *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino. 415 S.
- BERNETTI G., 1998: Probabilità e aspetti della naturalizzazione della Douglasia (*Pseudotsuga menziesii* v. *menziesii*). *L'Italia forestale e montana. Rivista di politica e economica e tecnica* 3: 143-153.
- BEYER L., 1996: Der morphologische Aufbau und die chemische Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz unterschiedlicher Humusformen in Waldböden Schleswig-Holsteins. *Forstw. Cbl.* 115: 129-145.
- BIERI C. et al., 1992: Zur Synökologie der Makromyzeten in wichtigen Waldgesellschaften des Berner Mittellandes, Schweiz. *Mycol. Helv.* 5: 99-127.
- BLASER P. et al., 1997: Cryptopodzolic Soils in Switzerland. *European Journal of Soil Science* 48: 411-423.
- BLASER P., 1973: Die Bodenbildung auf Silikatgestein im südlichen Tessin. *Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswesen* 49 (3): 253-338.
- BLASER P., KLEMMEDSON J.O., 1987: Die Bedeutung von hohem Aluminiumgehalt für die Humusanreicherung in sauren Waldböden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150: 334-341.
- BRAND F., 1991: Ectomykorrhizen an *Fagus sylvatica*. Charakterisierung und Identifizierung, ökologisch Kennzeichnung und unsteril Kultivierung. *Libri Botanici* 2. 229 S.
- BRÄNDLI U.B., 1996: Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. *Ber. Eidg. Forsch. Anst. WSL* 342. 278 S.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964: *Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Wien/ New York. 865 S.
- BRAUN-BLANQUET J., 1971: Übersicht der Pflanzengesellschaften der rhätischen Alpen im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübél, Zürich*. 46. 70 S.
- BRUNNER I. et al., 1992: Ectomycorrhizal syntheses with *Picea abies* and three fungal species: a case study on the use of an in vitro technique to identify naturally occurring ectomycorrhizae. *Mycorrhiza* 2: 89-96.
- BRUNNER I., 1987: Pilzökologische Untersuchungen in Wiesen und Brachland in der Nordschweiz (Kt. Schaffhausen). *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübél, Zürich* 92. 241 S.
- BUFFI R., 1987: Le specie forestali per la zona castanile insubrica. La crescita giovanile di specie forestali indigene ed esotiche nei rimboschimenti sperimentali di Copera. *Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswesen* 63 (3): 409-656 S.
- BUJAKIEWICZ A., 1992: Macrofungi on soil in deciduous forests. In, Winterhoff W. (Hrsg.): *Fungi in Vegetation science. Handbook of vegetation science*. Kluwer Academic Publishers, London. 19 (1): 49-78.
- CASTELLANO M.A. et al., 1989: Key to spores of the Genera of hypogeous fungi of north temperate forests with special reference to animal mycophagy. *Eureka Mad River Press, California*. 186 S.

- CHAUVIN J.E. et al., 1988: Mycorrhization in vitro de clones de châtaigniers. Perspectives d'application à la lutte biologique contre les agents de l'encre et à la production de champignons comestibles. In, CTIFL et al.: 8<sup>e</sup> Colloque sur les recherches Fruitières: "la racine-le porte-greffe". Bordeaux, 7-8 décembre 1988: 137-149.
- CHAUVIN J.E., SALESSES G., 1987: Quelques aspects de la culture in vitro chez le châtaignier (*Castanea* sp.). In, CTIFL et al.: 7<sup>e</sup> Colloque sur les recherches Fruitières. Bordeaux, 2-3 décembre 1987: 147-161.
- CONEDERA M., 1993: Cancro corticale del castagno. Ber. Eidg. Forsch. Anst. WSL 335: 40.
- CONEDERA M., GIUDICI F., 1994: Problemi della fascia castanile al Sud delle Alpi della Svizzera: analisi della situazione e promovimento della ricerca. Professur Forstpolitik und Forstökonomie ETH, Zürich. Arbeitsberichte 94/1. 36 S.
- DAHLBERG A., STENSTROEM E., 1991: Dynamic changes in nursery and indigenous mycorrhiza of *Pinus sylvestris* seedlings planted out in forest and clearcuts. Plant and soil 136: 73-86.
- DIGHTON J. et al., 1986: Changes in occurrence of basidiomycete fruit bodies during forest stand development: with specific reference to mycorrhizal species. Trans. Brit. Mycol. Soc. 87: 163-171 S.
- DUNSTAN W.A. et al., 1998: The diversity of ectomycorrhizal fungi associated with introduced *Pinus* spp. in the Southern Hemisphere, with particular reference to Western Australia. Mycorrhiza 8: 71-79.
- DURRIEU G., CHAUMETON J.P., 1992: Les champignons en danger? Bull. Soc. Myc. Fr. 108 (1): 29-37.
- EGLI S. et al., 1997: Die Beschreibung der Diversität von Makromyzeten. Erfahrungen aus pilzökologischen Lanzeitstudien im Pilzreservat La Chanéaz, FR. Mycol. Helv. 9(2): 19-32.
- EGLI S., KÄLIN I., 1991: The root window: a technique for observing mycorrhizae on living trees. Agric. Ecosyst. Environ. 28: 107-110.
- ELLENBERG H., KLÖTZLI F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorten der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. Forst. Versuchswesen 48 (4): 587-930.
- ETH Z., 1993: Le specie arboree forestali medioeuropee: descrizione botanica e ecologia delle specie con particolare riferimento alla situazione svizzera. Cattedra di silvicoltura e cattedra di patologia forestale e dendrologia ETH Zurigo, Zurigo. 249 S.
- EVELING D.W. et al., 1990: Environmental effects on sporocarp counts over fourteen years in a forest area. Mycological Research 94 (7). 998-1002 S.
- FAO SECRETARIAT, 1993: Forest resources assessment 1990. Tropical countries. FAO Forestry Paper 112: 61.
- FELLNER R., 1993: Air pollution and mycorrhizal fungi in central Europe. In, Pegler D.N., Boddy L., Ing B., Kirk P.M. (Hrsg.): Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation. Royal Botanic Gardens, Kew: 239-249.
- FENAROLI L., 1945: Il castagno. Roma. Trattati di agricoltura I. 51; 58-59 S.
- FLOWERDEW J.R. et al., 1985: The ecology of woodland rodents. Bank voles and wood mice. In, Flowerdew J.R., Gurnell J., Gipps J.H.W. (Hrsg.): The Proceedings of a Symposium held at the Zoological Society of London. London, 23-24 november 1984. Oxford, Clarendon Press. 418 S.
- FOGEL R., 1975: Ecological studies of hypogeous fungi. II. Sporocarp phenology in a western Oregon Douglas Fir stand. Can. J. Bot. Res. 54: 1152-1162.

- FOGEL R., HUNT G., 1983: Contribution of mycorrhizae and soil fungi to nutrient cycling in a Douglas-fir ecosystem. *Can. J. For. Res.* 13: 219-232.
- FOGEL R.D., TRAPPE J.M., 1978: Fungal consumption (mycophagy) by small mammals. *Northwest science* 52(1): 1-31.
- FORD E.D. et al., 1980: Spatial patterns of sporophore distribution around a young birch tree in three successive years. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 75 (2): 287-296.
- FRANK A.B., 1885: Über die physiologische Bedeutung der Mykorrhiza. *Ber. Dt. bot. Ges.* 6: 248-268.
- FRIEDRICH K., 1940: Untersuchungen zur Oekologie der höheren Pilze. *Pflanzenforschung* 22: 1-53.
- FROIDEVEAUX L., SCHWÄRZEL C., 1977: Aspects qualitatifs et quantitatifs des champignons hypogés truffoïdes mycorrhiziques en forêt. *Schweiz. Z. Forstw.* 128: 800-813.
- GASTON K.J., 1996: Biodiversity: a biology of numbers and difference. Oxford, Blackwell Science Publ. 396 S.
- GAUTHIER J., 1991: Les bois de plantation dans le commerce mondial des produits forestiers. In, AFOCEL (Hrsg.): L'emergence des nouveaux potentiels forestiers dans le monde. Paris: 9-20.
- GISI U. et al., 1990: Bodenökologie. Stuttgart, New York. Georg Thieme Verlag. 304 S.
- GIUDICI F., ORTLOFF W., 1998: Argumente aus der Forschung. *Eidg. Forsch. Anst. WSL* 14: 2-11.
- GORDON V., COMPORT S., 1998: Comparison of tree methods for extraction of spores of ectomycorrhizal fungi from mammal scats. *Mycologia* 90 (1): 47-51.
- GRAF F., 1994: Ecology and sociology of macromycetes in snow-beds with *Salix herbacea* L. in the alpine Valley of Radönt (Grisons, Switzerland). Dissertation. Geobotanisches Institut, Zürich, ETH. 242 S.
- GRAF F., BRUNNER I., 1996: Natural and synthesized ectomycorrhizas of the alpine dwarf willow *Salix herbacea*. *Mycorrhiza* 6: 227-235.
- GRIESSER B., 1992: Mykosoziologie der Grauerlen- und Sanddorn-Auen (*Alnetum incanae*, *Hippophaëtum*) am Hinterrhein (Domleschg, Graubünden, Schweiz). Zürich. Veröff. des Geobot. Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel 109. 235 S.
- GROSS G., 1968: Drei Funde nordamerikanischer *Rhizopogon*-Arten im Saarland. *Schweiz. Z. Pilzk.* 34 (1/2): 33-39.
- HAAS H., 1932: Die bodenbewohnenden Grosspilz in den Waldformationen einiger Gebiete von Württemberg. *Beih. bot. Centralbl.* B 50: 35-134.
- HANSEN P.A., TYLER G., 1992: Statistical evaluation of tree species affinity and soil preference of the macrofungal flora in south Swedish beech, oak and hornbeam forests. *Cryptogamic Botany* 2: 355-361.
- HESS H.E. et al., 1976-1980: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Basel. 2690 S.
- HOLISOVA V., 1974: Movements of *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis* in a mixed forest. *Zoologické Listy* 23 (4): 303-320.
- HORAK E., 1963: Pilzökologische Untersuchung in der subalpinen Stufe (*Piceetum subalpinum* und *Rhodoreto-Vaccinietum*) der Rätischen Alpen (Dischmatal, GR). *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen* 39 (1). 1-112 S.



- HORAK E., RÖLLIN O., 1988: Der Einfluss von Klärschlamm auf die Makromycetenflora eines Eichen-Hainbuchen-Waldes bei Genf, Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen 64. 21-147 S.
- HUNT G.A., TRAPPE J.M., 1987: Seasonal hypogeous sporocarp production in a western Oregon Douglas-fir stand. Can. J. Bot. 65: 438-445.
- IFRF, 1958: Carta di distribuzione del castagno. Istituto federale di ricerche forestali (IFRF). 16 Fogli CN 1:25'000 e commento 3 pagg.
- INGLEBY K. et al., 1990: Identification of ectomycorrhizas. Institute of terrestrial ecology (ITE) 5. 112 S.
- IRLET B., RIEDER K., 1985: Cadmium und Blei in den Pilzen aus der alpinen Stufe der Schweizer Alpen. Mycol. Helv. 1(6): 393-399.
- IVORY M.H., 1980: Ectomycorrhizal fungi of lowland tropical pines in natural forests and exotic plantations. Tropical mycorrhiza research: 110-117.
- JACCARD P., 1908: Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. neuch. Sci. Nat. 44: 223-270.
- JANSEN A.E., 1984: Vegetation and macrofungi of acid oawood in the north-east of the Netherlands. Pudoc, Wageningen. 162 S.
- KEIZER P.J., 1993a: The ecology of macromycetes in roadside verges planted with trees. Cip-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, Wageningen. 290 S.
- KEIZER P.J., 1993b: Mycocoenology of roadside verges planted with beech trees (*Fagus sylvatica*) in Drenthe, the Netherlands. In, Keizer P.J. (Hrsg.): The ecology of macromycetes in roadside verges planted with trees. Cip-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, Wageningen: 19-48.
- KELLER W., 1998: Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der "Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz" von Ellenberg H. & Klötzli F. (1972). Mitt. Eidg. Forsch. Anst. WSL 73 (2). 357 S.
- KIRK P.M., ANSELL A.E., 1992: Authors of fungal names. A list of authors of scientific names of fungi, with recommended standard forms of their names, including abbreviations. CAB International, Wallingford. 95 S.
- KOIDE R.T. et al., 1998: Interactions between needles of *Pinus resinosa* and ectomycorrhizal fungi. New Phytol. 140: 539-547.
- KOST G., 1992: Pilze als Bioindikatoren in Waldgesellschaften. Hohenheimer Umwelttagung. Hohenheim: 243-251.
- KOST G., 1992a: Macrofungi on soil in coniferous forests. In, Winterhoff W. (Hrsg.): Fungi in Vegetation science. Kluwer Academic Publishers, London. 19 (1): 79-111.
- LAATSCH W., 1954: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden & Leipzig Steinkopff. 277 S.
- LANDOLT E., 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Zürich. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 64. 208 S.
- LANGE M., 1993: Macromycetes under twelve tree species in ten plantations on various soil types in Denmark. Opera botanica 120: 5-53.
- LI C.Y. et al., 1986: Initial survey of acetylene reduction and selected microorganismes in the feces of 19 species mammals. Great Naturalist 46 (4): 646-650.
- LISIEWSKA M., 1974: Macromycetes of beech forests within the eastern part of the *Fagus* area in Europa. Acta Mycologia X(1): 3-72.
- LUESCHER P., 1991: Humusbildung und Humusumwandlung in Waldbeständen. Dissertation, Zürich, Eid. Tech. Hochschule. 146 S.

- MALAJCZUK N. et al., 1982: Ectomycorrhiza formation in *Eucalyptus*. I. Pure culture synthesis, host specificity and mycorrhizal compatibility with *Pinus radiata*. *New Phytol.* 91: 467-482.
- MARTIN C., 1995: Ist die Erhaltung der "Biologischen Vielfalt" eine gesellschaftliche Notwendigkeit? *Forum für Wissen*: 7-11.
- MARX D.H., BRYAN W.C., 1975: Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *For. Sci.* 21: 245-254.
- MARXER P. et al., 1998: Postfire runoff and soil erosion in sweet chestnut forests in South Switzerland. III International Conference on Forest Fire Research. Luso, Coimbra, Portugal, 16.-20. November 1998: 1317-1331.
- MASER C. et al., 1978: Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology* 59 (4): 799-809.
- MATHER A., 1993: Afforestation: policies, planning and progress. 223 S.
- MEHMANN B. et al., 1995: Coincidence between molecularly or morphologically classified ectomycorrhizal morphotypes and fruitbodies in a spruce forest. In, Stocchi V. et al. (Hrsg.): *Biotechnology of ectomyrrhizae*: 41-52 S.
- MEOTTO F.M. et al., 1994: Funghi ectomycorrhizici del castagno con particolare riferimento ai funghi eduli. *Italus Hortus* 2: 58-64.
- MICHELSEN A. et al., 1993: Impacts of tree plantations in the Ethiopian highland on soil fertility, shoot and root growth, nutrient utilisation and mycorrhizal colonisation. *Forest Ecology and Management* 61: 299-324.
- MIKOLA P., 1969: Mycorrhizal fungi of exotic forest plantations. *Karstenia* 10: 169-176.
- MIKOLA P., 1970: Mycorrhizal inoculation in afforestation. *Int. Review of forestry research* 3: 123-197.
- MITSCHERLICH G., 1981: Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. 2. Bd. Waldklima und Wasserhaushalt. Sauerländer's J.D., Frankfurt am Main: 110-225 S.
- MONTECCHI A., LAZZARI G., 1993: Atlante fotografico dei funghi ipogei. *Gavirate*. 490 S.
- MOSER M., 1967: Die ektotrophe Ernährungsweise an der Waldgrenze. *Mitt. Forst. Bundes-Versuchanst.* 75: 357-380.
- MOSER M., 1983: Die Röhrlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). In: Gams H., *Kleine Kryptogamenflora Band IIb/2*. Stuttgart. 553 S.
- MUEHLENBERG M., 1993: Freilandökologie. Quelle & Meyer, Stuttgart. *UTB für wissenschaft*: 344-363 S.
- MURAKAMI Y., 1987: Spatial distribution of *Russula* species in *Castanopsis cuspidata* forest. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 89: 187-193.
- OCHIAI A., 1957: Zoogeographic studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 22: 526-530.
- ORSINO F., DAMERI R.M., 1989: Ricerche sulla flora micologica della Liguria. 2. I macromiceti dei castagneti delle alte Valli Scrivia e Polcevera (Appennino ligure). *Webbia* 43(2): 355-386.
- PACIONI G. et al., 1987: Approccio micosociologico allo studio della vegetazione: Il caso di una pineta da rimboschimento dell'Appennino Centrale (L'Aquila). In, Giovanni P. (Hrsg.): *Studies on fungal communities: Mycosociology or mycocoenology? Problems and methods*. L'Aquila, 15-16 Nov. 1985. Università degli studi di L'Aquila, Dipartimento di Scienze Ambientali: 245.

- PALENZONA M., FONTANA A., 1970: Influenza di tipi di suolo su tre forme micorriziche del pino strobo. *Allionia* 16: 101-113.
- PANDY D., 1995: Forest resources assessment 1990. Tropical forest plantation resources. FAO Forestry Paper 128: 81.
- PARLADE J. et al., 1996: Ability of native ectomycorrhizal fungi from northern Spain to colonize Douglas-fir and other introduced conifers. *Mycorrhiza* 6: 51-55.
- PARLADE J. et al., 1996: Ability of native ectomycorrhizal fungi from northern Spain to colonize Douglas-fir and other introduced conifers. *Mycorrhiza* 6: 51-55.
- PEINTNER U., 1995a: Mykosoziologische Untersuchung des Projektgebietes Achenkirch unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffeinträgen. Dissertation. Institut für Mikrobiologie, Innsbruck, Leopold Franzens Universität Innsbruck. 185 S.
- PEINTNER U., 1995b: Schwermetallgehalte von Basidiomyzeten und deren Eignung als Bioindikatoren. In, Herman F., Smidt S. (Hrsg.): Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Bewertung der Belastung von Gebirgswälder - Schwerpunkt Rhizosphäre. FBVA- Berichte (Sonderdruck), Wien. 87: 161-168.
- PEINTNER U., MOSER M., 1996: Survey of heavy metal deposition at the Schulterberg (Achenkirch altitude profiles) by using basidiomycetes as Bioindicators. *Phyton* 36(4): 155-162.
- PIELOU E.C., 1977: An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York. 286 S.
- RAMPAZZI F. et al., 1998: Uomo e natura tra passato e futuro dal Ticino del 1798 al Ticino del 2198. Banca del Gottardo. 80 S.
- REINHARD M. et al., 1964: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1333, Tesserete: Erläuterungen: 56.
- RICEK E.W., 1981: Fungus associations in growing-up *Picea*-plantations on former meadows. *Z. Mykol.* 47(1): 123-148.
- RUECKER T. et al., 1990: Mykosoziologische Untersuchungen in Fichtenwälder im Bundesland Salzburg, Österreich. *Myk. Hel.* 4: 75-98.
- RUNGE A., 1988: Elfjährige pilzkundliche Untersuchungen im nordöslichen Sauerland. *Z. Mykol.* 55(1): 17-30.
- SCHMID B., 2000: Biodiversität: dynamisch, kostbar und schützenswert. *Z. f. Agrarforschung* 7: 528-533.
- SCHWANTES H.O., 1996: Biologie der Pilze. Stuttgart. 478 S.
- SCHWEIZ. GEOL. KOMMISSION, 1955: Carta geologica generale della Svizzera: Ticino, Foglio 7, 1:200'000. Orell Füssli, Zürich.
- SELOSSE M.A., 1997: Introduire des souches ectomycorhiziennes exotiques: faits et conséquences potentielles. *Reveu Forestale XLIX*: 185-197.
- SENN-IRLET B., 1987: Macromycetes as an element of forest structure in the region of Bern (Switzerland). In, Pacioni G. (Hrsg.): Studies on fungal communities. Proceedings of the meeting: Mycosociology or mycocoenology? Problems and methods. L'aquila, 15-16 November 1985 1987. Società botanica Italiana. Gruppo di lavoro per la micologia: 195-219.
- SHANNON C.E., WIENER W., 1949: The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana. 117 S.
- SOULE M.E., 1990: The onslaught of alien species, and other challenges in the coming decades. *Conservation biology* 4 (3): 233-239.
- STICHER H., WS 1987-1988: Unterlage zur Vorlesung Bodenchemie. Vorlesung ETH, Zürich. 72 S.

- TARASOVA Z.G., 1981: Anatomical and morphological structure of mycorrhizas of some conifer exotics in the Armenian SSR. *Biolog. Zhurnal Armenii* 34 (4): 384-389.
- TER BRAAK C.J.F., 1986: Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5): 1167-1179.
- TERMORSHUIZEN A.J., SCHAFFERS A.P., 1989: The relation in the fields between fruitbodies of mycorrhizal fungi and their mycorrhizas. *Agric. Ecosyst. Environ.* 28: 509-512.
- THAMAS J.C., ZENONE E., 1955: Osservazioni sui venti di monte e di valle nel Piano di Magadino (Svizzera subalpina). *Geofisica pura e applicata* 30 (1): 185-194.
- THOEN D., 1974: Premières indications sur les mycorrhizes et les champignons mycorrhiziques des plantations d'exotiques du Haut-Shaba (Zaire). *Bull. Recherches Agronomique Gembloux* 9 (2): 215-227.
- THOEN D., 1976: Facteurs physiques et fructification des champignons supérieurs dans quelques pessières d'Ardenne meridionale (Belgique). *Bull. Soc. Linn. Lyon* 45: 269-284.
- THOEN D., DUGOUSSO M., 1989: Champignons et ectomycorhizes du Fouta Djallon. *Bois et Forêts de Tropiques* 221: 45-63.
- TORTIC M., LISIEWSKA M., 1974/1975: Mycological investigations in some beech forests of Bosnia, Yugoslavia. *Wiss. Mitt. des Bosnisch-herzegov. Landesmuseums* IV-V(C): 117-124.
- TORTIC M., LISIEWSKA M., 1978: Macromycetes in some chestnut forests in the vicinity of Zagreb. *Acta. Bot. Croat.* 37: 189-201.
- TRAPPE J.M., 1962: Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae. *Botanical Review, Forest Service, U.S. Department of Agriculture for official use*: 538-606.
- TRAPPE J.M., MASER C., 1976: Germination of spores of *Glomus macrocarpus* (Endogonaceae) after passage through a rodent digestive tract. *Mycologia* 68: 433-436.
- VILLENEUVE N. et al., 1991: Survival of inoculated *Laccaria bicolor* in competition with native ectomycorrhizal fungi and effects on the growth of outplanted Douglas fir seedlings. *Plant and soil* 135: 95-107.
- WILDI O., ORLOCI L., 1990: Numerical exploration of community patterns. A guide to use of MULVA-5. SPB Academic Publishing, 171 S.
- WINTERHOFF W., 1975: Die Pilzvegetation der Dünenrasen bei Sandhausen (nördliche Oberrheinebene). *Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschl.* 34: 445-462.
- WINTERHOFF W., 1984: Analyse der Pilze in Pflanzengesellschaften, insbesondere der makromyzeten. In: Winterhoff W. (Hrsg.): *Handbook of vegetation science 4: Sampling methods and Taxon analysis in vegetation science: relevé surveys, "Vegetationsaufnahme", floristic analysis of plant communities"*. The Hague a.o., Junk. 370 S.
- ZOLLER H., 1961: Die kulturbedingte Entwicklung der insubrischen Edelkastanienregionen seit den Anfängen des Ackerbau im Neolithikum. *Ber. Geobot. Inst. Eidgenöss. Tech. Hochsch., Stift. Rübel* 32: 263-279.
- ZYSSET M. et al., 1997: Kritische Säurebelastung im Tessin: Ergebnisse einer Fallstudie am Standort Copera. *Forum für Wissen*: 37-72.

## ANHANG 1

Auflistung der Pilzarten mit entsprechenden Fruchtkörper-Zahlen in den 17 VF während der Jahre 1995 bis 1998. Nomenklatur nach Spezialliteratur (vgl. Liste), Abkürzungen der Autoren nach (KIRK & ANSELL 1992), Systematik nach (SCHWANTES 1996). EM = Ektomykorrhiza-Pilze, S-Terricole = terricole Saprobe, S-Holz = lignicole Saprobe, P = Parasiten.



Nr.	ARTENNAME	PIPEV2	CASSA1				CASSA2				FAGSIL1				FAGSIL2				PICEXC1				PICEXC2				PICEXC3				PICETAX1				PICETAX2				PICETAX3				PINSTR1				PINSTR2				PINSIL1				PINSIL2				PINIG				LARDEC1				LARDEC2				Tot.				Total	Anzahl			
			95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96	97	98	Tot.	95	96			97	98	Tot.

Kl. Basidiomycetes		O. Boletales	
1	Boletinus calopus (Fr.) Kuntze	EM	0
2	Boletus calopus Fr.	EM	2
3	Boletus erythropus (Fr.: Fr.) Krombh.	EM	2
4	Chalciporus piperatus (Bull.: Fr.) Bataille	EM	2
5	Gomphidius maculatus (Scop.) Fr.	EM	0
6	Gomphidius roseus (Fr.) Fr.	EM	0
7	Gyroporus castaneus (Bull.: Fr.) Quél.	EM	1
8	Gyroporus cyanescens (Bull.: Fr.) Quél.	EM	1
9	Hygrophorus aurantiaca (Wulfen: Fr.) Maire	S. Boden	0
10	Leccinum scabrum (Bull.: Fr.) Gray	EM	0
11	Paxillus atrotomentosus (Batsch: Fr.) Fr.	S. Holz	0
12	Paxillus involutus (Batsch: Fr.) Fr.	EM	1
13	Phylloporus rhodoxanthus (Schwein.) Bres.	EM	0
14	Suillus bovinus (L.: Fr.) Kuntze	EM	0
15	Suillus grevillei (Klotzsch: Fr.) Singer	EM	0
16	Suillus placidus (Bonord.) Singer	EM	0
17	Suillus viscidus (Fr. & Hök) Rauschert	EM	0
18	Tylopilus felleus (Bull.: Fr.) P. Karst.	EM	1
19	Xarcomus badius (Fr.) Kühner	EM	1
20	Xarcomus chrysenteron (Bull.) Quél.	EM	1
21	Xarcomus ferrugineus Schaeff.	EM	1
22	Xarcomus parasiticus (Bull.: Fr.) Quél.	P	0
23			

O. Agaricales		Tot. Frkp.		Tot. Arten	
24	Amanita caesaria (Berk. & Broome) Bas	EM	0		
25	Amanita citrina (Schaeff.) Gray	EM	2		
26	Amanita fulva (Schaeff.) Singer	EM	4		
27	Amanita gemmata (Fr.) Bertillon	EM	7		
28	Amanita muscaria (L.) Pers.	EM	0		
29	Amanita pantherina (DC.: Fr.) Krombh.	EM	1		
30	Amanita rubescens (Pers.: Fr.) Gray	EM	1		
31	Amanita spissa (Fr.) P. Kumm.	EM	3		
32	Amanita vaginata (Bull.: Fr.) Vittad.	EM	1		
33	Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm.	P	0		
34	Asterophora lycoperidoides (Bull.) Ditmar	P	4		
35	Clitocybe clavipes (Pers.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
36	Clitocybe odora (Bull.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
37	Clitocybe vibecina (Fr.) Quél.	S. Boden	0		
38	Clitopilus punulus (Scop.: Fr.) P. Kumm.	EM	0		
39	Collybia butyracea (Bull.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
40	Collybia Cookei (Bres.) J.D. Arnold	S. Boden	0		
41	Collybia distorta (Fr.) Quél.	S. Holz	0		
42	Collybia dryophila (Bull.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
43	Collybia erythropus (Pers.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
44	Collybia maculata (Alb. & Schwein.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
45	Collybia peronata (A.T. Bolton: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
46	Collybia tuberosa (Bull.: Fr.) P. Kumm.	S. Boden	0		
47	Coprinus micaceus (Bull.: Fr.) Fr.	S. Boden	0		
48	Cortinarius anomalus (Fr.: Fr.) Fr.	EM	0		
49	Cortinarius castaneus (Bull.: Fr.) Fr.	EM	0		
50	Cortinarius jubatus Fr.	EM	0		
51	Cortinarius pygmaeus (Velen.) M.M. Moser	EM	0		
52	Cortinarius traganus (Fr.: Fr.) Fr.	EM	0		
53	Cortinarius violaceocinereus (Pers.) Fr.	EM	0		
54	Cortinarius violaceus (L.: Fr.) Fr.	EM	0		
55	Delicatula integrella (Pers.: Fr.) Fayod	S. Holz	0		
56	Entoloma conferendum (Britzelm.) Noordel.	S. Boden	0		
57	Entoloma lanuginosipes Noordel.	S. Boden	0		
58	Entoloma nidorosum (Fr.) Quél.	S. Boden	0		
59	Entoloma nitidum Quél.	S. Boden	0		
60	Entoloma plebeium (Kalchbr.) Noordel.	S. Boden	0		
61	Entoloma rhodocylix (Lasch) M.M. Moser	S. Boden	0		
62	Entoloma sericeum s.l. (Bull.) Quél.	S. Boden	0		
63	Entoloma turbidum Fr.	S. Boden	0		
64	Flammulina velutipes (M.A. Curtis: Fr.) Singer	S. Holz	0		
65	Galerina hyponum (Schrank) Kühner	S. Boden	0		
66	Galerina marginata (Batsch) Kühner	S. Holz	0		
67	Galerina pseudocamerina Singer	S. Holz	0		
68	Gymnopilus hybridus (Fr.: Fr.) Singer	S. Holz	0		
69	Hygrophorus lucorum Kalchbr.	EM	0		
70	Hygrophorus pustulatus (Pers.: Fr.) Fr.	EM	0		
71	Hypotoloma capnoides (Fr.) P. Kumm.	S. Holz	0		
72	Hypotoloma fasciculare (Huds.: Fr.) P. Kumm.	S. Holz	52		
73	Hypotoloma sublateritium (Fr.) Quél.	S. Holz	13		
74	Inocybe calamistrata (Fr.: Fr.) Gillet	EM	1		
75	Inocybe Cookei Bres.	EM	1		
76	Inocybe flavella P. Karst.	EM	0		
77	Inocybe fuscicula Velen.	EM	0		
78	Inocybe lacera s.l. (Fr.: Fr.) P. Kumm.	EM	0		

Tot. Frkp.		Tot. Arten	
953	235	326	168
224			
23			
1	0	1	0
43	8	13	6
10	0	2	8
42	3	9	3
192	28	57	49
42	3	9	3
2	0	1	0
70	5	22	16
128	19	48	34
15	1	6	4
146	9	77	2
13	0	9	4
2	1	0	1
3	3	0	0
10	4	6	0
7	7	29	13
38	12	8	17
10	7	3	0
8	0	0	8
10	0	0	10
14	11	0	3
12	5	5	2
32	20	6	6
96	0	0	77
188	87	11	90
4	0	1	0
13	0	0	13
1	1	0	0
3	0	0	3
7	0	0	7
1	0	0	1
3	0	3	0
3	3	0	0
1	1	0	0
1	0	0	1
5	0	0	5
1	0	0	1
1	1	0	0
28	28	0	0
1	0	0	1
14	0	0	14
2	0	0	2
1	1	0	0
1	1	0	0
687	215	84	134
687	69	209	229
109	7	52	19
5	1	1	3
1	0	0	1
5	4	0	1
52	4	12	26







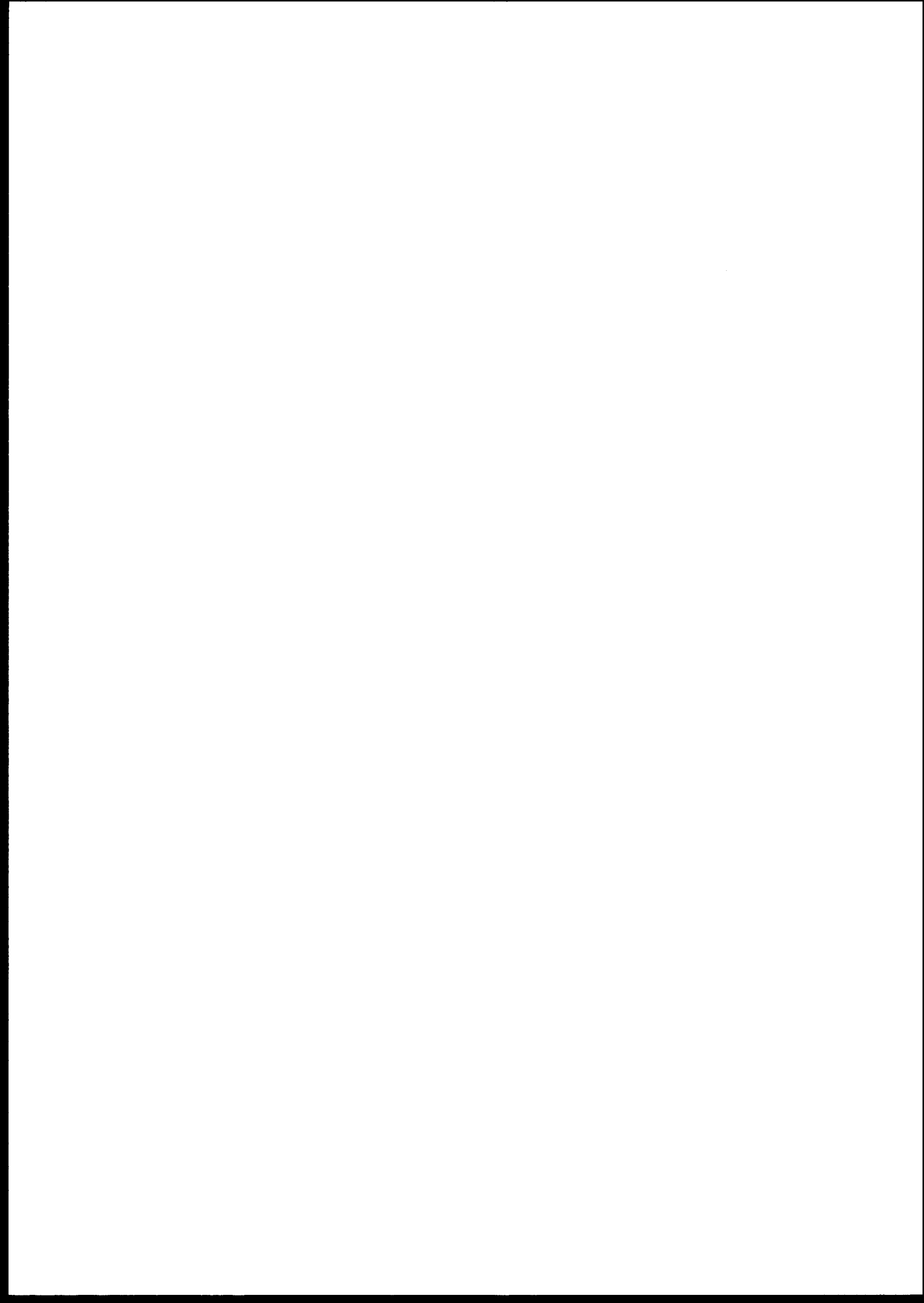






## ANHANG 2

Artenliste (Präsenz-Absenz) der Makromyceten in den 17 Versuchsflächen: die Gruppierung der einzelnen Aufnahmen und der Arten geht aus der im Kapitel 3.4.7 erklärten statistischen Analysen hervor (Korrespondenzanalyse).





RELEVÉ NO.	12	9	2	7	6	13	17	14	3	11	16	4	5	15	10	1	8
GRUPPE	8	5	5	6	6	6	4	4	4	7	7	3	3	2	2	1	1
FLAECHE	PICEXC3	PICEXC2	PICEXC1	PSETAX2	PSETAX1	PSETAX3	PINSIL2	PINSTR2	PINSTR1	LARDEC1	LARDEC2	PINSIL1	PINNIG	FAGSIL2	FAGSIL1	CASSAT1	CASSAT2
57	Collybia erythropus					1							1				
58	Fomitopsis pinicola					1									1		
59	Gymnopilus hybridus					1				1							
60	Peziza badia					1				1							
61	Phylloporus rhodoxanthus					1											1
62	Russula chloroides					1											1
63	Trechispora mollusca					1		1									
64	Vararia ochroleuca					1								1			
65	Hypholoma capnoides		1			1						1					
66	Mutinus caninus	1				1									1		
67	Antrodia alba						1										
68	Boletinus cavipes						1										
69	Cortinarius traganus						1										
70	Dacrymyces variisporus						1										
71	Marasmiellus ramealis						1										
72	Collybia cookei						1										
73	Inocybe petiginosa						1										
74	Peniophora pseudoversicolor						1										
75	Phanerochaete martelliana						1										
76	Hirschioporus fuscoviolaceus						1										
77	Tubulicrinis borealis						1										
78	Xylaria hypoxylon						1										
79	Hyphodontia rimosissima						1		1								
80	Coprinus micaceus						1		1								
81	Hyphodontia spathulata						1					1					
82	Lactarius subdulcis						1								1		
83	Phanerochaete velutina						1					1					
84	Collybia peronata							1									
85	Dasyscyphus bicolor							1									
86	Entoloma lanuginosipes							1									
87	Laetiporus sulphureus							1									
88	Physisporinus sanguinolentus							1									
89	Tomentella coerulea							1									
90	Botryobasidium botryosum						1	1	1								
91	Phlebia livida							1			1				1		
92	Coniophora puteana								1								
93	Gloeoporus taxicola								1								
94	Hyaloscypha hyalina								1								
95	Hyphodontia cineracea								1								
96	Pseudomerulius aureus								1								
97	Suillus placidus								1								
98	Xerocomus parasiticus								1								
99	Lenzites betulina								1								1
100	Tomentella sp.							1				1					
101	Tyromyces stipticus			1				1		1							
102	Paxillus atrotomentosus							1				1	1				
103	Ceraceomyces tessulatus							1								1	1
104	Chlorosplenium aeruginascens							1						1	1		
105	Thelephora terrestris									1							
106	Hygrophorus lucorum									1							
107	Suillus viscidus									1							
108	Russula amoenicolor									1							
109	Lycoperdon perlatum									1							
110	Lactarius porninensis									1							
111	Inocybe sapinea									1							

RELEVE NO.	12	9	2	7	6	13	17	14	3	11	16	4	5	15	10	1	8
GRUPPE	8	5	5	6	6	6	4	4	4	7	7	3	3	2	2	1	1
FLAECHE	PICXC3	PICXC2	PICXC1	PSETAX2	PSETAX1	PSETAX3	PINSIL2	PINSTR2	PINSTR1	LARDEC1	LARDEC2	PINSIL1	PINNIG	FAGSIL2	FAGSIL1	CASSAT1	CASSAT2
112	Inocybe fuscidula									1							
113	Inocybe flavella									1							
114	Gomphidius maculatus									1							
115	Clitocybe vibecina									1							
116	Clitocybe odora									1							
117	Clavulina cinerea									1							
118	Suillus grevillei									1	1						
119	Inocybe pseudoumbrina									1	1	1					
120	Entoloma sericeum s.l.									1	1						
121	Clitocybe clavipes									1	1						
122	Cylindrobasidium evolvens									1					1		
123	Stereum sanguinolentum						1			1	1						
124	Mycena pura	1								1	1						
125	Xerocomus chrysenteron									1	1					1	
126	Laccaria amethystina									1				1	1		
127	Inocybe cookei									1						1	1
128	Hymenochaete rubiginosa									1						1	1
129	Clavulina cristata									1				1		1	
130	Trametes hirsuta										1						
131	Resupinatus applicatus										1						
132	Leptosporomyces galzinii										1						
133	Lachnellula occidentalis										1						
134	Galerina marginata										1						
135	Entoloma turbidum										1						
136	Entoloma plebejum										1						
137	Collybia distorta										1						
138	Dasyscyphus virgineus									1		1				1	
139	Entoloma nidorosum									1				1			1
140	Marasmius scorodoniis											1					
141	Hyphoderma tsugae											1					
142	Entoloma conferendum											1					
143	Diplomitiporus lindbladii											1					
144	Cortinarius jubarinus											1					
145	Botryobasidium candicans								1			1					
146	Botryohypochnus isabellinus											1					
147	Gomphidius roseus											1	1				
148	Athelia arachnoidea											1					1
149	Cantharellus tubaeformis											1				1	
150	Cortinarius anomalus											1		1			
151	Stereum rugosum											1			1		
152	Tomentellopsis echinospora											1				1	
153	Orbilia xanthostigma												1				
154	Inocybe nitidiuscula												1				
155	Galerina hypnorum												1				
156	Entoloma rhodocylix												1				
157	Elaphomyces cyanosporus												1				
158	Athelia decipiens												1				
159	Cantharellus cibarius												1			1	
160	Fistulina hepatica												1			1	
161	Gloeocystidiellum porosum												1		1		
162	Phlebia radiata												1		1		
163	Suillus bovinus							1				1	1				
164	Strobilurus stephanocystis							1				1	1				
165	Lactarius hygginus			1				1				1	1				
166	Tricholoma ustale													1			





	RELEVE NO.	12	9	2	7	6	13	17	14	3	11	16	4	5	15	10	1	8
	GRUPPE	8	5	5	6	6	6	4	4	4	7	7	3	3	2	2	1	1
	FLAECHE	PICEXC3	PICEXC2	PICEXC1	PSETAX2	PSETAX1	PSETAX3	PINSIL2	PINSTR2	PINSTR1	LARDEC1	LARDEC2	PINSIL1	PINNIG	FAGSIL2	FAGSIL1	CASSAT1	CASSAT2
222	Cortinarius pygmaeus																	1
223	Sarcodon scabrosus																	1
224	Russula lepida																	1
225	Polyporus varius																	1
226	Phellodon confluens																	1
227	Leccinum scabrum																	1
228	Lactarius piperatus																	1
229	Lactarius pallidus																	1
230	Inocybe sambucina																	1
231	Hyphoderma radula																	1
232	Gyroporus cyanescens																	1
233	Elaphomyces muricatus																	1
234	Cortinarius castaneus																	1
235	Botrybasidium conspersum																	1
236	Schizopora radula							1								1		1
237	Bjerkandera adusta			1												1		1
238	Russula vesca		1												1	1		
239	Russula emeticicolor														1		1	1
240	Ceriporia reticulata														1		1	1
241	Boletus calopus			1											1			1
242	Boletus erythropus														1	1	1	1
243	Phanerochaete tuberculata														1	1	1	1
244	Psathyrella piluliformis							1					1					1
245	Russula violeipes	1	1															1
246	Collybia maculata				1								1		1			
247	Amanita muscaria			1				1							1			
248	Amanita citrina			1												1	1	1
249	Leotia lubrica							1							1		1	1
250	Tulasnella violea			1								1				1		1
251	Pluteus cervinus							1				1			1		1	
252	Phaeocollybia sp.				1	1									1	1		
253	Mycena haematopus				1	1									1	1		
254	Peniophora cinerea			1			1								1	1		
255	Tyromyces leucomalleus					1	1						1	1				
256	Russula ionochlora				1	1							1	1				
257	Coniophora olivacea				1				1		1			1				
258	Trechispora hymenocystis	1	1						1		1							
259	Hirschioporus abietinus	1						1	1	1								
260	Tylospora asterophora	1			1	1			1									
261	Russula cyanoxantha												1		1	1	1	1
262	Cantharellus friesii												1	1		1	1	1
263	Amanita vaginata			1					1							1	1	1
264	Scleroderma citrinum									1	1						1	1
265	Peniophora incarnata			1	1						1				1			1
266	Hyphodontia pallidula	1	1				1				1							1
267	Hyphoderma roseocremeum			1				1							1	1	1	
268	Boletus edulis			1	1										1	1	1	
269	Hyphoderma puberum					1		1		1	1					1		
270	Russula parazurea		1						1					1	1	1		
271	Hyphoderma argillaceum							1	1	1				1	1			
272	Hyphoderma setigerum			1			1		1					1	1			

	RELEVÉ NO.	12	9	2	7	6	13	17	14	3	11	16	4	5	15	10	1	8
	GRUPPE	8	5	5	6	6	6	4	4	4	7	7	3	3	2	2	1	1
	FLAECHE	PICXC3	PICXC2	PICXC1	PSETAX2	PSETAX1	PSETAX3	PINSIL2	PINSTR2	PINSTR1	LARDEC1	LARDEC2	PINSIL1	PINNIG	FAGSIL2	FAGSIL1	CASSAT1	CASSAT2
273	Collybia tuberosa	1					1	1			1		1					
274	Russula amoenolens				1	1					1	1	1					
275	Collybia butyracea	1							1	1	1	1						
276	Tyromyces subcaesius			1		1	1		1			1						
277	Telamonia sp.			1				1	1			1					1	1
278	Athelia epiphylla s.l.		1	1			1						1			1		1
279	Dictydiaethalium plumbeum	1			1	1	1				1							1
280	Coltricia perennis			1					1	1					1		1	
281	Hyphodontia crustosa					1		1		1			1	1			1	
282	Skeletocutis amorpha	1				1			1	1			1	1				
283	Fuligo septica	1	1	1			1	1					1					
284	Amylostereum chailletii	1			1		1		1	1	1							
285	Trechispora candidissima	1	1		1		1		1		1							
286	Laccaria bicolor			1							1		1		1	1	1	1
287	Tylopilus felleus	1		1	1					1			1				1	1
288	Lycogala epidendrum			1		1	1	1		1		1						1
289	Panellus stypiticus			1	1	1	1	1				1						1
290	Mycena galericulata					1	1	1					1		1	1	1	
291	Mycena rorida	1				1	1				1	1	1			1		
292	Armillaria mellea	1	1				1		1		1	1				1		
293	Phlebiopsis gigantea	1		1		1			1	1			1	1				
294	Hyphodontia aspera			1				1	1	1	1	1		1				
295	Tubulicrinis subulatus				1	1	1	1	1	1			1					
296	Paxillus involutus	1		1	1			1	1		1						1	1
297	Stereum hirsutum					1				1		1	1	1	1	1	1	
298	Phallus impudicus	1	1				1		1		1	1			1	1		
299	Phanerochaete sordida			1	1		1	1	1	1						1		
300	Hypochnicium sphaerosporum			1	1	1	1		1		1		1		1			
301	Phanerochaete sanguinea			1		1	1	1			1	1	1	1				
302	Marasmius androsaceus	1	1			1	1	1			1	1		1				
303	Calocera viscosa	1		1		1	1		1	1		1	1					
304	Inocybe calamistrata			1	1	1				1			1		1	1	1	1
305	Russula laurocerasi			1	1	1	1			1						1	1	1
306	Inocybe umbrina			1	1	1				1	1	1	1				1	1
307	Phlebiella vaga	1	1	1		1	1		1		1		1					1
308	Amanita spissa	1	1	1				1		1			1		1	1	1	
309	Mycena epipterygia	1			1	1	1				1	1	1	1			1	
310	Trechispora farinacea				1	1	1	1	1	1			1	1			1	
311	Trametes versicolor			1	1	1	1			1			1	1	1	1		
312	Dacrymyces stillatus	1	1	1		1		1	1		1		1		1	1		
313	Phanerochaete binucleosporida			1	1	1	1	1	1			1	1			1		
314	Inocybe lacera			1	1		1			1	1	1	1		1			
315	Heterobasidion annosum	1		1	1			1	1	1		1	1	1				
316	Resinicium bicolor	1			1		1	1	1	1	1	1	1					
317	Dacryobolus sudans			1	1	1	1		1	1		1	1					1
318	Mycena sanguinolenta	1	1	1		1	1	1		1	1	1						1
319	Elaphomyces granulatus	1		1	1	1	1	1	1					1	1	1		
320	Hyphoderma praetermissum					1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
321	Inocybe mixtilis			1	1	1		1		1			1	1	1	1	1	1
322	Amanita rubescens	1	1	1	1	1			1	1					1	1	1	1
323	Radulomyces confluens	1	1	1	1	1	1	1		1					1	1		





## ANHANG 3

Artenliste (Präsenz-Absenz) der Makromyceten der acht verschiedenen Waldtypen. Anzahl und % EM-, lignicole, terricole Saprobe-Arten und Parasiten, sowie Anzahl standortsspezifische Arten und Verhältnis EM/S.



	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
1	Amanita	fulva	EM	1							
2	Artomyces	pyxidatus	S_Holz	1							
3	Asterophora	lycoperdoides	P	1							
4	Athelia	acrospora	S_Holz	1							
5	Botryobasidium	consersum	S_Holz	1							
6	Ciboria	batschiana	S_Holz	1							
7	Cortinarius	castaneus	EM	1							
8	Cortinarius	pygmaeus	EM	1							
9	Cortinarius	violaceocinereus	EM	1							
10	Dichomitus	campestris	S_Holz	1							
11	Elaphomyces	muricatus	EM	1							
12	Gloeocystidiellum	lactescens	S_Holz	1							
13	Gyroporus	castaneus	EM	1							
14	Gyroporus	cyanescens	EM	1							
15	Hydnum	repandum	EM	1							
16	Hymenochaete	tabacina	S_Holz	1							
17	Hyphoderma	radula	S_Holz	1							
18	Hyphoderma	transiens	S_Holz	1							
19	Inocybe	sambucina	EM	1							
20	Lactarius	chrysorrheus	EM	1							
21	Lactarius	pallidus	EM	1							
22	Lactarius	piperatus	EM	1							
23	Lactarius	volemus v. oedematopus	EM	1							
24	Leccinum	scabrum	EM	1							
25	Mycena	polygramma	S_Holz	1							
26	Phellodon	confluens	S_Boden	1							
27	Polyporus	varius	S_Holz	1							
28	Russula	densifolia	EM	1							
29	Russula	emetica	EM	1							
30	Russula	emetica v. silvestris	EM	1							
31	Russula	krombholzii	EM	1							
32	Russula	lepida	EM	1							
33	Russula	melzeri	EM	1							
34	Rutstroemia	echinophila	S_Holz	1							
35	Sarcodon	scabrosus	EM	1							
36	Tricholoma	saponaceum	EM	1							
37	Vuilleminia	comedens	S_Holz	1							
38	Xerocomus	ferrugineus	EM	1							
39	Amanita	ceciliae	EM		1						
40	Cerrena	unicolor	S_Holz		1						
41	Corticium	roseum	S_Holz		1						
42	Cortinarius	violaceus	EM		1						
43	Daedaleopsis	tricolor	S_Holz		1						
44	Datronia	mollis	S_Holz		1						
45	Exidiopsis	effusa	S_Holz		1						
46	Flammulina	velutipes	S_Holz		1						
47	Ganoderma	applanatum	S_Holz		1						
48	Hymenochaete	cinnamomea	S_Holz		1						
49	Inonotus	hastifer	S_Holz		1						
50	Laxitextum	bicolor	S_Holz		1						
51	Phaeocollybia	cidaris	P		1						
52	Plebia	sp.	S_Holz		1						
53	Psathyrella	lutensis	S_Holz		1						
54	Pulcherricum	caeruleum	S_Holz		1						
55	Russula	illota	EM		1						
56	Scopuloides	rimosa	S_Holz		1						



	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
57	Skeletocutis	nivea	S_Holz		1						
58	Steccherinum	bourdotii	S_Holz		1						
59	Steccherinum	fimbriatum	S_Holz		1						
60	Trametes	pubescens	S_Holz		1						
61	Tricholoma	columbetta	EM		1						
62	Tricholoma	ustale	EM		1						
63	Vararia	ochroleuca	S_Holz		1						
64	Amanita	pantherina	EM	1	1						
65	Boletus	erythropus	EM	1	1						
66	Ceriporia	reticulata	S_Holz	1	1						
67	Phanerochaete	tuberculata	S_Holz	1	1						
68	Russula	cyanoxantha f. pelterei	EM	1	1						
69	Russula	emeticicolor	EM	1	1						
70	Russula	minutula	EM	1	1						
71	Schizopora	flavipora	S_Holz	1	1						
72	Antrodia	vaillantii	S_Holz			1					
73	Ceraceomyces	serpens	S_Holz			1					
74	Delicatula	integrella	S_Holz			1					
75	Elaphomyces	asperulus	EM			1					
76	Endogone	lactiflua	EM			1					
77	Hydnotrya	tulasnei	EM			1					
78	Hygrophoropsis	aurantiaca	S_Boden			1					
79	Hymenogaster	sp.	EM			1					
80	Hyphodontia	hastata	S_Holz			1					
81	Hyphodontia	sambuci	S_Holz			1					
82	Hypochniciellum	molle	S_Holz			1					
83	Hypochnicium	punctulatum	S_Holz			1					
84	Melanogaster	ambiguus	EM			1					
85	Octavianina	asterosperma	EM			1					
86	Oligoporus	sericeomollis	S_Holz			1					
87	Omphaliaster	asterosporus	S_Boden			1					
88	Phyllotopsis	nidulans	S_Holz			1					
89	Pluteus	pouzarianus	S_Holz			1					
90	Rhizopogon	villosulus	EM			1					
91	Tuber	sp.	EM			1					
92	Tyromyces	fragilis	S_Holz			1					
93	Chalciporus	piperatus	EM				1				
94	Collybia	dryophila	S_Boden				1				
95	Entoloma	nitidum	S_Boden				1				
96	Hygrophorus	pustulatus	EM				1				
97	Hymenochaete	corrugata	S_Holz				1				
98	Hyphodontia	abieticola	S_Holz				1				
99	Mycena	rubromarginata	S_Boden				1				
100	Orbilbia	coccinella	S_Holz				1				
101	Phanerochaete	septocystidia	S_Holz				1				
102	Sistotrema	musciola	S_Holz				1				
103	Strobilurus	esculentus	S_Boden				1				
104	Clavulina	cinerea	EM					1			
105	Clitocybe	clavipes	S_Boden					1			
106	Clitocybe	odora	S_Boden					1			
107	Clitocybe	vibecina	S_Boden					1			
108	Collybia	distorta	S_Holz					1			
109	Entoloma	plebejum	S_Boden					1			
110	Entoloma	sericeum s.l.	S_Boden					1			
111	Entoloma	turbidum	S_Boden					1			
112	Galerina	marginata	S_Holz					1			

	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
113	Gomphidius	maculatus	EM					1			
114	Hygrophorus	lucorum	EM					1			
115	Inocybe	flavella	EM					1			
116	Inocybe	fuscidula	EM					1			
117	Inocybe	sapinea	EM					1			
118	Lachnellula	occidentalis	S_Holz					1			
119	Lactarius	porninsis	EM					1			
120	Leptosporomyces	galzinii	S_Holz					1			
121	Lycoperdon	perlatum	EM					1			
122	Resupinatus	applicatus	S_Holz					1			
123	Russula	amoenicolor	EM					1			
124	Suillus	grevillei	EM					1			
125	Suillus	viscidus	EM					1			
126	Thelephora	terrestris	EM					1			
127	Trametes	hirsuta	S_Holz					1			
128	Collybia	peronata	S_Boden						1		
129	Coniophora	puteana	S_Holz						1		
130	Dasyscyphus	bicolor	S_Holz						1		
131	Entoloma	lanuginosipes	S_Boden						1		
132	Gloeoporus	taxicola	S_Holz						1		
133	Hyaloscypha	hyalina	S_Holz						1		
134	Hyphodontia	cineracea	S_Holz						1		
135	Laetiporus	sulphureus	P						1		
136	Physisporinus	sanguinolentus	S_Holz						1		
137	Pseudomerulius	aureus	S_Holz						1		
138	Suillus	placidus	EM						1		
139	Tomentella	coerulea	EM						1		
140	Xerocomus	parasiticus	P						1		
141	Antrodia	albida	S_Holz							1	
142	Boletinus	cavipes	EM							1	
143	Botryohypochnus	isabellinus	S_Holz							1	
144	Collybia	cookei	S_Boden							1	
145	Cortinarius	jubarinus	EM							1	
146	Cortinarius	traganus	EM							1	
147	Dacrymyces	variisporus	S_Holz							1	
148	Diplomitiporus	lindbladii	S_Holz							1	
149	Entoloma	conferendum	S_Boden							1	
150	Hirschioporus	fuscoviolaceus	S_Holz							1	
151	Hyphoderma	tsugae	S_Holz							1	
152	Hyphodontia	spathulata	S_Holz							1	
153	Inocybe	petiginosa	EM							1	
154	Marasmiellus	ramealis	S_Holz							1	
155	Marasmius	scorodonus	S_Boden							1	
156	Peniophora	pseudoversicolor	S_Holz							1	
157	Phanerochaete	martelliana	S_Holz							1	
158	Phanerochaete	velutina	S_Holz							1	
159	Tubulicrinis	borealis	S_Holz							1	
160	Xylaria	hypoxylon	S_Boden							1	
161	Athelia	decipiens	S_Holz								1
162	Elaphomyces	cyanosporus	EM								1
163	Entoloma	rhodocylix	S_Boden								1
164	Galerina	hypnorum	S_Boden								1
165	Inocybe	nitidiuscula	EM								1
166	Orbilbia	xanthostigma	S_Holz								1
170	Athelia	arachnoidea	S_Holz	1						1	
171	Byssocorticium	atrovirens	S_Holz	1			1				

	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
169	Cantharellus	cibarius	EM	1							1
181	Cantharellus	tubaeformis	EM	1						1	
178	Ceraceomyces	tessulatus	S_Holz	1					1		
167	Cerocorticium	rickii	S_Holz	1		1					
184	Clitopilus	prunulus	EM	1			1				
180	Fistulina	hepatica	S_Holz	1							1
176	Guepiniopsis	buccina	S_Holz	1		1					
183	Hymenochaete	rubiginosa	S_Holz	1				1			
174	Inocybe	cookei	EM	1				1			
185	Lactarius	camphoratus	EM	1						1	
175	Lenzites	betulina	S_Holz	1					1		
177	Phylloporus	rhodoxanthus	EM	1		1					
179	Psathyrella	piluliformis	S_Holz	1						1	
168	Russula	chloroides	EM	1		1					
182	Russula	violeipes	EM	1			1				
172	Tomentellopsis	echinospora	S_Holz	1						1	
173	Xerocomus	chrysenteron	EM	1				1			
197	Chlorosplenium	aeruginascens	S_Holz		1				1		
190	Cortinarius	anomalus	EM		1					1	
191	Cylindrobasidium	evolvens	S_Holz		1			1			
186	Exidia	glandulosa	S_Holz		1	1					
194	Fomitopsis	pinicola	P		1	1					
188	Gloeocystidiellum	porosum	P		1						1
193	Laccaria	amethystina	EM		1			1			
195	Lactarius	subdulcis	EM		1					1	
199	Mycena	haematopus	S_Holz		1	1					
200	Oudemansiella	radicata	S_Holz		1					1	
198	Phaeocollybia	sp.	P		1	1					
189	Phlebia	radiata	S_Holz		1						1
196	Russula	vesca	EM		1		1				
192	Stereum	rugosum	S_Holz		1					1	
187	Vararia	sp.	S_Holz		1	1					
207	Ceraceomyces	sublaevis	S_Holz			1	1				
201	Collybia	erythropus	S_Boden			1					1
208	Cristinia	helvetica	S_Holz			1		1			
202	Galerina	pseudocamerina	S_Holz			1		1			
212	Gymnopilus	hybridus	S_Holz			1		1			
203	Hyphodontia	subalutacea	S_Holz			1				1	
209	Peziza	badia	S_Boden			1		1			
210	Phaeocollybia	arduennensis	P			1			1		
204	Stemonitis	axifera	S_Holz			1				1	
205	Stropharia	aeruginosa	S_Boden			1	1				
206	Trechispora	mollusca	S_Holz			1			1		
211	Tubulicrinis	accedens	S_Holz			1				1	
216	Amphinema	byssoides	S_Holz				1			1	
217	Confertobasidium	olivaceoalbum	S_Holz				1	1			
213	Mycena	aetites	S_Boden				1	1			
214	Mycena	pura	S_Boden				1	1			
215	Mycoacia	uda	S_Holz				1		1		
218	Inocybe	pseudoumbrina	EM					1		1	
219	Stereum	sanguinolentum	S_Holz					1		1	
224	Botryobasidium	botryosum	S_Holz						1	1	
220	Botryobasidium	candicans	S_Holz						1	1	
221	Coprinus	micaceus	S_Boden						1	1	
222	Hyphodontia	rimosissima	S_Holz						1	1	
223	Tomentella	sp.	EM						1	1	

	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
225	Gomphidius	roseus	EM							1	1
226	Strobilurus	stephanocystis	S_Boden							1	1
227	Suillus	bovinus	EM							1	1
228	Clavulina	cristata	EM	1	1			1			
229	Entoloma	nidosum	S_Boden	1	1			1			
230	Schizopora	radula	S_Holz	1	1					1	
231	Boletus	calopus	EM	1	1		1				
232	Bjerkandera	adusta	S_Holz	1	1		1				
233	Boletus	edulis	EM	1	1		1				
234	Dasyscyphus	virgineus	S_Holz	1				1			1
235	Leotia	lubrica	EM	1	1					1	
236	Russula	cyanoxantha	EM	1	1					1	
237	Amanita	citrina	EM	1	1		1				
238	Hypoxylon	fragiforme	S_Holz		1	1	1				
239	Collybia	maculata	S_Boden		1	1				1	
240	Russula	aeruginea	EM		1		1		1		
241	Amanita	muscaria	EM		1		1			1	
242	Mutinus	caninus	S_Boden		1	1	1				
243	Phlebia	livida	S_Holz		1			1	1		
244	Peniophora	cinerea	S_Holz		1	1	1				
245	Mycena	abramsii	S_Holz			1	1	1			
246	Hypholoma	capnoides	S_Holz			1	1				1
247	Hyphodontia	alutacea	S_Holz			1				1	1
248	Tyromyces	leucomalleus	S_Holz			1				1	1
249	Amylostereum	areolatum	S_Holz			1	1	1			
250	Tylospora	asterophora	S_Holz			1	1		1		
251	Tyromyces	caesius	S_Holz			1	1	1			
252	Russula	amoenolens	EM			1		1		1	
253	Tubulicrinis	subulatus	S_Holz			1			1	1	
254	Mycena	stipata	S_Boden				1	1		1	
255	Collybia	butyracea	S_Boden				1	1	1		
256	Hirschioporus	abietinus	S_Holz				1	1	1	1	
257	Tyromyces	stipticus	S_Holz				1	1	1		
258	Trechispora	hymenocystis	S_Holz				1	1	1		
259	Lactarius	hysginus	EM				1			1	1
260	Paxillus	atrotomentosus	S_Holz						1	1	1
261	Hyphoderma	argillaceum	S_Holz						1	1	1
262	Amylostereum	chailletii	S_Holz			1	1	1	1		
263	Cantharellus	friesii	EM	1	1					1	1
264	Coniophora	olivacea	S_Holz			1		1	1	1	
265	Fuligo	septica	S_Holz	1		1	1	1		1	1
266	Dictydiathalium	plumbeum	S_Holz	1		1	1	1		1	1
267	Hyphoderma	roseocremeum	S_Holz	1	1		1			1	
268	Hyphodontia	pallidula	S_Holz	1		1	1	1			
269	Mycena	galericulata	S_Holz	1	1	1				1	
270	Tyromyces	subcaesius	S_Holz			1	1	1	1		
271	Peniophora	incarnata	S_Holz	1	1		1	1			
272	Pluteus	cervinus	S_Holz	1	1			1		1	
273	Russula	ionochlora	EM		1	1		1		1	
274	Scleroderma	citrinum	EM	1				1	1	1	
275	Trechispora	candidissima	S_Holz			1	1	1	1		
276	Tulasnella	violea	S_Holz	1	1		1	1			
277	Amanita	rubescens	EM	1	1	1	1		1		
278	Amanita	spissa	EM	1	1		1		1	1	
279	Amanita	vaginata	EM	1	1		1		1	1	
280	Armillaria	mellea	P		1	1	1	1	1		



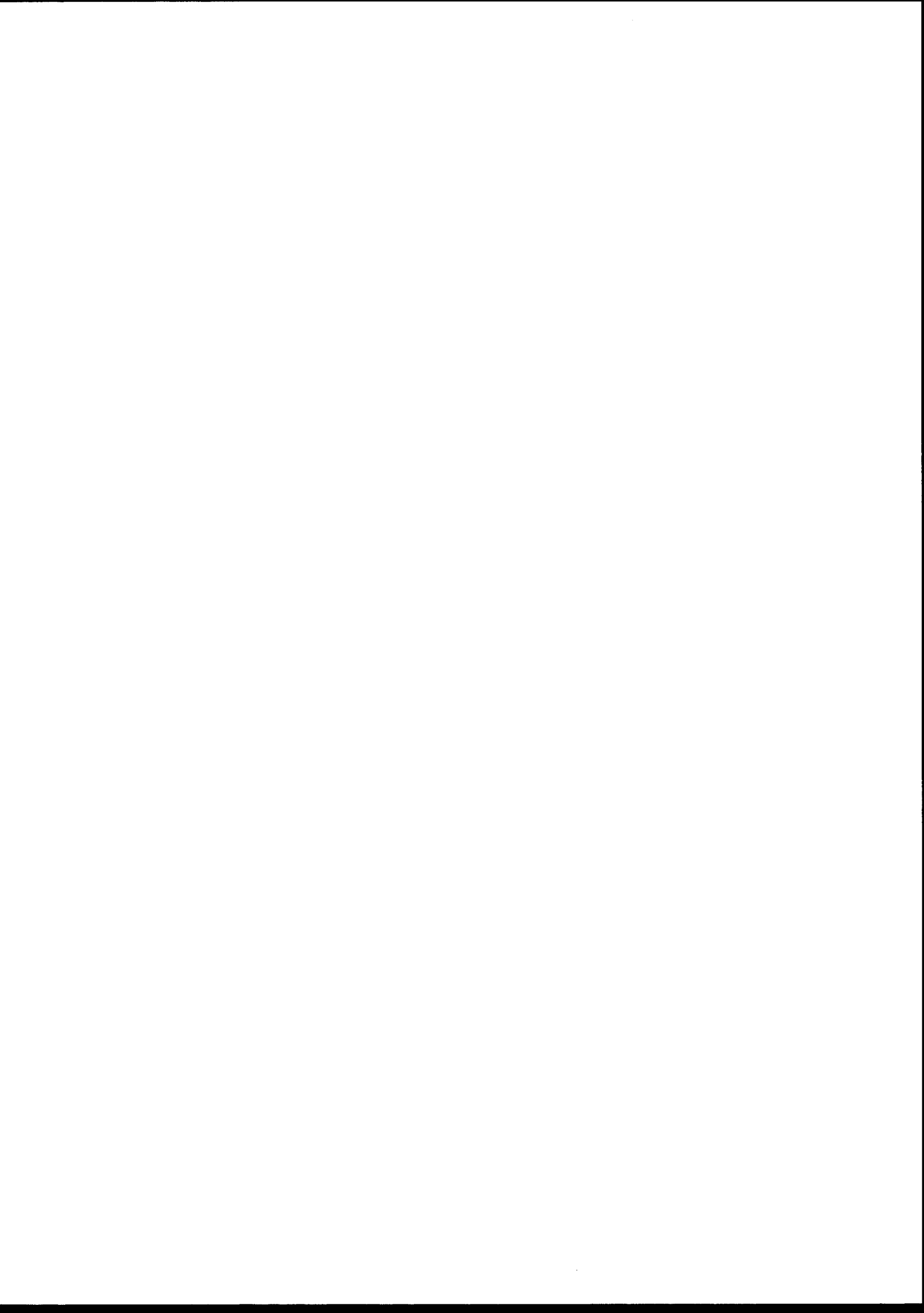
	Gattung	Art	Ökologie	Castanea	Fagus	Pseudotsuga	Picea	Larix	P. strobus	P. silvestris	P. nigra
337	Hypholoma	sublateritium	S_Holz	1	1	1	1	1	1	1	1
338	Laccaria	laccata	EM	1	1	1	1	1	1	1	1
339	Mycena	galopus	S_Boden	1	1	1	1	1	1	1	1
340	Mycena	inclinata	S_Holz	1	1	1	1	1	1	1	1
341	Phanerochaete	laevis	S_Holz	1	1	1	1	1	1	1	1
342	Xerocomus	badius	EM	1	1	1	1	1	1	1	1
		<b>Anzahl Arten Tot.</b>	<b>342</b>	<b>126</b>	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>110</b>	<b>107</b>	<b>95</b>	<b>126</b>	<b>61</b>
		%		<b>37</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>18</b>
		<b>Ektomykorrhiza Pilze</b>	<b>114</b>	<b>63</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>16</b>
		%		<b>55</b>	<b>36</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>14</b>
		<b>Lignicole Saprobe</b>	<b>178</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>78</b>	<b>61</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>36</b>
		%		<b>32</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>20</b>
		<b>Terricole Saprobe</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>7</b>
		%		<b>13</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>20</b>	<b>35</b>	<b>18</b>
		<b>Parasiten</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
		<b>Anzahl Exklusive Arten</b>		<b>38</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>6</b>
		<b>EM/S</b>		<b>1</b>	<b>0.6</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>



## ANHANG 4

Artenliste (Präsenz-Absenz) der Makromyceten im Laubwald vs. Nadelwald. Anzahl EM-, lignicole, terricole Saprobe-Arten und Parasiten, sowie Verhältnis EM/S.





	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
1	Amanita	fulva	EM	1	
2	Amanita	ceciliae	EM	1	
3	Amanita	pantherina	EM	1	
4	Artomyces	pyxidatus	S_Holz	1	
5	Asterophora	lycoperdoides	P	1	
6	Athelia	acrospora	S_Holz	1	
7	Boletus	erythropus	EM	1	
8	Botryobasidium	conspersum	S_Holz	1	
9	Ceriporia	reticulata	S_Holz	1	
10	Cerrena	unicolor	S_Holz	1	
11	Ciboria	batschiana	S_Holz	1	
12	Corticium	roseum	S_Holz	1	
13	Cortinarius	castaneus	EM	1	
14	Cortinarius	violaceus	EM	1	
15	Cortinarius	violaceocinereus	EM	1	
16	Daedaleopsis	tricolor	S_Holz	1	
17	Datronia	mollis	S_Holz	1	
18	Dichomitus	campestris	S_Holz	1	
19	Elaphomyces	muricatus	EM	1	
20	Exidiopsis	effusa	S_Holz	1	
21	Flammulina	velutipes	S_Holz	1	
22	Ganoderma	applanatum	S_Holz	1	
23	Gloeocystidiellum	lactescens	S_Holz	1	
24	Gyroporus	castaneus	EM	1	
25	Gyroporus	cyanescens	EM	1	
26	Hydnum	repandum	EM	1	
27	Hymenochaete	cinnamomea	S_Holz	1	
28	Hymenochaete	tabacina	S_Holz	1	
29	Hyphoderma	radula	S_Holz	1	
30	Hyphoderma	transiens	S_Holz	1	
31	Inocybe	sambucina	EM	1	
32	Inonotus	hastifer	S_Holz	1	
33	Lactarius	chrysorrhoeus	EM	1	
34	Lactarius	pallidus	EM	1	
35	Lactarius	piperatus	EM	1	
36	Lactarius	volemus v. oedematopus	EM	1	
37	Laxitextum	bicolor	S_Holz	1	
38	Leccinum	scabrum	EM	1	
39	Mycena	polygramma	S_Holz	1	
40	Phaeocollybia	cidaris	P	1	
41	Phanerochaete	tuberculata	S_Holz	1	
42	Phellodon	confluens	S_Boden	1	
43	Plebia	sp.	S_Holz	1	
44	Polyporus	varius	S_Holz	1	
45	Psathyrella	lutensis	S_Holz	1	
46	Pulcherricum	caeruleum	S_Holz	1	
47	Russula	cyanoxantha f. pelterei	EM	1	
48	Russula	densifolia	EM	1	
49	Russula	emetica	EM	1	
50	Russula	emetica v. silvestris	EM	1	
51	Russula	emeticicolor	EM	1	

	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
52	Russula	illota	EM	1	
53	Russula	krombholzii	EM	1	
54	Russula	lepida	EM	1	
55	Russula	melzeri	EM	1	
56	Russula	minutula	EM	1	
57	Rutstroemia	echinophila	S_Holz	1	
58	Sarcodon	scabrosus	EM	1	
59	Schizopora	flavipora	S_Holz	1	
60	Scopuloides	rimosa	S_Holz	1	
61	Skeletocutis	nivea	S_Holz	1	
62	Steccherinum	bourdotii	S_Holz	1	
63	Steccherinum	fimbriatum	S_Holz	1	
64	Cortinarius	pygmaeus		1	
65	Trametes	pubescens	S_Holz	1	
66	Tricholoma	columbetta	EM	1	
67	Tricholoma	saponaceum	EM	1	
68	Tricholoma	ustale	EM	1	
69	Vararia	ochroleuca	S_Holz	1	
70	Vuilleminia	comedens	S_Holz	1	
71	Xerocomus	ferrugineus	EM	1	
72	Amphinema	byssoides	S_Holz		1
73	Amylostereum	areolatum	S_Holz		1
74	Amylostereum	chailletii	S_Holz		1
75	Antrodia	albida	S_Holz		1
76	Antrodia	vaillantii	S_Holz		1
77	Athelia	decipiens	S_Holz		1
78	Boletinus	cavipes	EM		1
79	Botryobasidium	botryosum	S_Holz		1
80	Botryobasidium	candicans	S_Holz		1
81	Botryohypochnus	isabellinus	S_Holz		1
82	Chalciporus	piperatus	EM		1
83	Calocera	viscosa	S_Holz		1
84	Ceraceomyces	serpens	S_Holz		1
85	Ceraceomyces	sublaevis	S_Holz		1
86	Clavulina	cinerea	EM		1
87	Clitocybe	clavipes	S_Boden		1
88	Clitocybe	odora	S_Boden		1
89	Clitocybe	vibecina	S_Boden		1
90	Collybia	butyracea	S_Boden		1
91	Collybia	distorta	S_Holz		1
92	Collybia	dryophila	S_Boden		1
93	Collybia	erythropus	S_Boden		1
94	Collybia	peronata	S_Boden		1
95	Confertobasidium	olivaceoalbum	S_Holz		1
96	Coniophora	arida	S_Holz		1
97	Coniophora	olivacea	S_Holz		1
98	Coniophora	puteana	S_Holz		1
99	Coprinus	micaceus	S_Boden		1
100	Cortinarius	jubarinus	EM		1
101	Cortinarius	traganus	EM		1
102	Cristinia	helvetica	S_Holz		1

	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
154	Inocybe	sapinea	EM		1
155	Lachnellula	occidentalis	S_Holz		1
156	Lactarius	hysginus	EM		1
157	Lactarius	porninsis	EM		1
158	Laetiporus	sulphureus	P		1
159	Leptosporomyces	galzinii	S_Holz		1
160	Lycoperdon	perlatum	EM		1
161	Marasmiellus	ramealis	S_Holz		1
162	Marasmius	androsaceus	S_Holz		1
163	Marasmius	scorodonius	S_Boden		1
164	Melanogaster	ambiguus	EM		1
165	Collybia	cookei	S_Boden		1
166	Collybia	tuberosa	S_Boden		1
167	Mycena	abramsii	S_Holz		1
168	Mycena	aetites	S_Boden		1
169	Mycena	pura	S_Boden		1
170	Mycena	rubromarginata	S_Boden		1
171	Mycena	stipata	S_Boden		1
172	Mycoacia	uda	S_Holz		1
173	Octavianina	asterosperma	EM		1
174	Tyromyces	caesius	S_Holz		1
175	Tyromyces	fragilis	S_Holz		1
176	Tyromyces	leucomalleus	S_Holz		1
177	Oligoporus	sericeomollis	S_Holz		1
178	Tyromyces	stipticus	S_Holz		1
179	Tyromyces	subcaesius	S_Holz		1
180	Omphaliaster	asterosporus	S_Boden		1
181	Orbilina	coccinella	S_Holz		1
182	Orbilina	xanthostigma	S_Holz		1
183	Phanerochaete	septocystidia	S_Holz		1
184	Paxillus	atrotomentosus	S_Holz		1
185	Peniophora	pseudoversicolor	S_Holz		1
186	Peziza	badia	S_Boden		1
187	Phaeocollybia	arduennensis	P		1
188	Phanerochaete	martelliana	S_Holz		1
189	Phanerochaete	sanguinea	S_Holz		1
190	Phanerochaete	velutina	S_Holz		1
191	Phlebiopsis	gigantea	S_Holz		1
192	Phyllotopsis	nidulans	S_Holz		1
193	Physisporinus	sanguinolentus	S_Holz		1
194	Pluteus	pouzarianus	S_Holz		1
195	Pseudomerulius	aureus	S_Holz		1
196	Resinicium	bicolor	S_Holz		1
197	Resupinatus	applicatus	S_Holz		1
198	Rhizopogon	villosulus	EM		1
199	Russula	amoenicolor	EM		1
200	Russula	amoenolens	EM		1
201	Sistotrema	musciola	S_Holz		1
202	Skeletocutis	amorpha	S_Holz		1
203	Stemonitis	axifera	S_Holz		1
204	Stereum	sanguinolentum	S_Holz		1

	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
103	Dacrymyces	variisporus	S_Holz		1
104	Dasyscyphus	bicolor	S_Holz		1
105	Delicatula	integrella	S_Holz		1
106	Diplomitiporus	lindbladii	S_Holz		1
107	Elaphomyces	asperulus	EM		1
108	Elaphomyces	cyanosporus	EM		1
109	Endogone	lactiflua	EM		1
110	Entoloma	conferendum	S_Boden		1
111	Entoloma	lanuginosipes	S_Boden		1
112	Entoloma	nitidum	S_Boden		1
113	Entoloma	plebejum	S_Boden		1
114	Entoloma	rhodocylix	S_Boden		1
115	Entoloma	sericeum s.l.	S_Boden		1
116	Entoloma	turbidum	S_Boden		1
117	Fuligo	septica	S_Holz		1
118	Galerina	hypnorum	S_Boden		1
119	Galerina	marginata	S_Holz		1
120	Galerina	pseudocamerina	S_Holz		1
121	Gloeocystidiellum	ochraceum	S_Holz		1
122	Gloeoporus	taxicola	S_Holz		1
123	Gomphidius	maculatus	EM		1
124	Gomphidius	roseus	EM		1
125	Gymnopilus	hybridus	S_Holz		1
126	Heterobasidion	annosum	P		1
127	Hyaloscypha	hyalina	S_Holz		1
128	Hydnotrya	tulasnei	EM		1
129	Hygrophoropsis	aurantiaca	S_Boden		1
130	Hygrophorus	lucorum	EM		1
131	Hygrophorus	pustulatus	EM		1
132	Hymenochaete	corrugata	S_Holz		1
133	Hymenogaster	sp.	EM		1
134	Hyphoderma	argillaceum	S_Holz		1
135	Hyphoderma	setigerum	S_Holz		1
136	Hyphoderma	tsugae	S_Holz		1
137	Hyphodontia	abieticola	S_Holz		1
138	Hyphodontia	alutacea	S_Holz		1
139	Hyphodontia	aspera	S_Holz		1
140	Hyphodontia	cineracea	S_Holz		1
141	Hyphodontia	hastata	S_Holz		1
142	Hyphodontia	sambuci	S_Holz		1
143	Hyphodontia	spathulata	S_Holz		1
144	Hyphodontia	subalutacea	S_Holz		1
145	Hyphodontia	rimosissima	S_Holz		1
146	Hypholoma	capnoides	S_Holz		1
147	Hypochniciellum	molle	S_Holz		1
148	Hypochnicium	punctulatum	S_Holz		1
149	Inocybe	flavella	EM		1
150	Inocybe	nitidiuscula	EM		1
151	Inocybe	fuscidula	EM		1
152	Inocybe	petiginosa	EM		1
153	Inocybe	pseudoumbrina	EM		1

	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
205	Strobilurus	esculentus	S_Boden		1
206	Strobilurus	stephanocystis	S_Boden		1
207	Stropharia	aeruginosa	S_Boden		1
208	Suillus	bovinus	EM		1
209	Suillus	grevillei	EM		1
210	Suillus	placidus	EM		1
211	Suillus	viscidus	EM		1
212	Thelephora	terrestris	EM		1
213	Tomentella	coerulea	EM		1
214	Tomentella	sp.	EM		1
215	Trametes	hirsuta	S_Holz		1
216	Trechispora	candidissima	S_Holz		1
217	Trechispora	hymenocystis	S_Holz		1
218	Trechispora	mollusca	S_Holz		1
219	Hirschioporus	abietinus	S_Holz		1
220	Hirschioporus	fuscoviolaceus	S_Holz		1
221	Tuber	sp.	EM		1
222	Tubulicrinis	accedens	S_Holz		1
223	Tubulicrinis	borealis	S_Holz		1
224	Tubulicrinis	subulatus	S_Holz		1
225	Tylospora	asterophora	S_Holz		1
226	Xerocomus	parasiticus	P		1
227	Xylaria	hypoxylon	S_Boden		1
228	Amanita	citrina	EM	1	1
229	Amanita	gemmata	EM	1	1
230	Amanita	muscaria	EM	1	1
231	Amanita	rubescens	EM	1	1
232	Amanita	spissa	EM	1	1
233	Amanita	vaginata	EM	1	1
234	Armillaria	mellea	P	1	1
235	Athelia	arachnoidea	S_Holz	1	1
236	Athelia	epiphylla	S_Holz	1	1
237	Bjerkandera	adusta	S_Holz	1	1
238	Boletus	calopus	EM	1	1
239	Boletus	edulis	EM	1	1
240	Botryobasidium	subcoronatum	S_Holz	1	1
241	Byssocorticium	atrovirens	S_Holz	1	1
242	Cantharellus	cibarius	EM	1	1
243	Cantharellus	friesii	EM	1	1
244	Cantharellus	tubaeformis	EM	1	1
245	Ceraceomyces	tessulatus	S_Holz	1	1
246	Ceratiomyxa	fruticulosa	S_Holz	1	1
247	Cerocorticium	rickii	S_Holz	1	1
248	Chlorosplenium	aeruginascens	S_Holz	1	1
249	Clavulina	cristata	EM	1	1
250	Clitopilus	prunulus	EM	1	1
251	Collybia	maculata	S_Boden	1	1
252	Coltricia	perennis	S_Boden	1	1
253	Cortinarius	anomalus	EM	1	1
254	Cylindrobasidium	evolvens	S_Holz	1	1
255	Dacryobolus	sudans	S_Holz	1	1

	Gattung	Art	Lebensart	Laubwald	Nadelwald
256	Dacrymyces	stillatus	S_Holz	1	1
257	Dasyscyphus	virginus	S_Holz	1	1
258	Elaphomyces	granulatus	EM	1	1
259	Entoloma	nidosum	S_Boden	1	1
260	Exidia	glandulosa	S_Holz	1	1
261	Fistulina	hepatica	S_Holz	1	1
262	Fomitopsis	pinicola	P	1	1
263	Dictydiaethalium	plumbeum	S_Holz	1	1
264	Gloeocystidiellum	porosum	P	1	1
265	Guepiniopsis	buccina	S_Holz	1	1
266	Hymenochaete	rubiginosa	S_Holz	1	1
267	Hyphoderma	pallidum	S_Holz	1	1
268	Hyphoderma	praetermissum	S_Holz	1	1
269	Hyphoderma	puberum	S_Holz	1	1
270	Hyphoderma	roseocremeum	S_Holz	1	1
271	Hyphodontia	breviseta	S_Holz	1	1
272	Hyphodontia	crustosa	S_Holz	1	1
273	Hyphodontia	nespori	S_Holz	1	1
274	Hyphodontia	pallidula	S_Holz	1	1
275	Hypholoma	fasciculare	S_Holz	1	1
276	Hypholoma	sublateritium	S_Holz	1	1
277	Hypochnicium	sphaerosporum	S_Boden	1	1
278	Hypoxylon	fragiforme	S_Holz	1	1
279	Inocybe	calamistrata	EM	1	1
280	Inocybe	cookei	EM	1	1
281	Inocybe	lacera	EM	1	1
282	Inocybe	mixtilis	EM	1	1
283	Inocybe	umbrina	EM	1	1
284	Laccaria	amethystina	EM	1	1
285	Laccaria	bicolor	EM	1	1
286	Laccaria	laccata	EM	1	1
287	Lactarius	camphoratus	EM	1	1
288	Lactarius	decepiens	EM	1	1
289	Lactarius	subdulcis	EM	1	1
290	Lenzites	betulina	S_Holz	1	1
291	Leotia	lubrica	EM	1	1
292	Lycogala	epidendrum	S_Holz	1	1
293	Mutinus	caninus	S_Boden	1	1
294	Mycena	epipterygia	S_Boden	1	1
295	Mycena	galericulata	S_Holz	1	1
296	Mycena	galopus	S_Boden	1	1
297	Mycena	haematopus	S_Holz	1	1
298	Mycena	inclinata	S_Holz	1	1
299	Mycena	rorida	S_Boden	1	1
300	Mycena	sanguinolenta	S_Holz	1	1
301	Oudemansiella	radicata	S_Holz	1	1
302	Panellus	stypticus	S_Holz	1	1
303	Paxillus	involutus	EM	1	1
304	Peniophora	cinerea	S_Holz	1	1
305	Peniophora	incarnata	S_Holz	1	1
306	Phaeocollybia	sp.	P	1	1

	<b>Gattung</b>	<b>Art</b>	<b>Lebensart</b>	<b>Laubwald</b>	<b>Nadelwald</b>
307	Phallus	impudicus	S_Boden	1	1
308	Phanerochaete	binucleosporida	S_Holz	1	1
309	Phanerochaete	laevis	S_Holz	1	1
310	Phanerochaete	sordida	S_Holz	1	1
311	Phlebia	livida	S_Holz	1	1
312	Phlebia	radiata	S_Holz	1	1
313	Phlebiella	vaga	S_Holz	1	1
314	Phylloporus	rhodoxanthus	EM	1	1
315	Pluteus	cervinus	S_Holz	1	1
316	Psathyrella	piluliformis	S_Holz	1	1
317	Radulomyces	confluens	S_Holz	1	1
318	Russula	aeruginea	EM	1	1
319	Russula	amoena	EM	1	1
320	Russula	chloroides	EM	1	1
321	Russula	cyanoxantha	EM	1	1
322	Russula	ionochlora	EM	1	1
323	Russula	laurocerasi	EM	1	1
324	Russula	nigricans	EM	1	1
325	Russula	ochroleuca	EM	1	1
326	Russula	parazurea	EM	1	1
327	Russula	vesca	EM	1	1
328	Russula	violeipes	EM	1	1
329	Schizopora	paradoxa	S_Holz	1	1
330	Schizopora	radula	S_Holz	1	1
331	Scleroderma	citrinum	EM	1	1
332	Stereum	hirsutum	S_Holz	1	1
333	Stereum	rugosum	S_Holz	1	1
334	Telamonia	sp.	EM	1	1
335	Tomentellopsis	echinospora	S_Holz	1	1
336	Trametes	versicolor	S_Holz	1	1
337	Trechispora	farinacea	S_Holz	1	1
338	Tulasnella	violea	S_Holz	1	1
339	Tylopilus	felleus	EM	1	1
340	Vararia	sp.	S_Holz	1	1
341	Xerocomus	badius	EM	1	1
342	Xerocomus	chrysenderon	EM	1	1
		<b>Anzahl Arten Tot.</b>		<b>186</b>	<b>271</b>
		<b>Anzahl EM</b>		<b>77</b>	<b>81</b>
		<b>Anzahl Lignicole Saprobe</b>		<b>93</b>	<b>143</b>
		<b>Anzahl Holz Saprobe</b>		<b>10</b>	<b>39</b>
		<b>Anzahl Parasiten</b>		<b>6</b>	<b>8</b>
		<b>EM/S</b>		<b>0.7</b>	<b>0.4</b>





---

**Curriculum vitae**

- 1970 geboren am 8. Juni in Sorengo (TI) als Tochter von Milvia und Elvezio Römer
- 1976 – 1981 Volksschule in Pura
- 1981 – 1985 Mittelschule in Agno
- 1985 – 1989 Gymnasium in Lugano, Maturität Typus C
- 1989 – 1993 Studium der Biologie, Richtung Ökologie und Systematik, an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich
- Nov. 1993 Diplom als Naturwissenschaftlerin ETHZ, biologische Richtung
- Ab Juni 1995 Dissertation unter der Leitung von Prof. Dr. E. Horak, Geobotanisches Institut, ETH Zürich und von Dr. S. Egli, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) Birmensdorf, durchgeführt an der Aussenstelle der WSL in Bellinzona
- Mitleitung des Unterrichtes Mykologiepraktikum, Teil Basidiomyceten, ETH Zürich  
Assistenz an der Pilzwoche, ETH Zürich
- Ab Sep. 2000 Stelle am Museo cantonale di storia naturale in Lugano, als Verantwortliche des Sektors Mykologie
- Juli 2001 Schlussprüfung zur Erlangung des Titels Doktorin der Naturwissenschaften, ETH Zürich, Schweiz

