

4.2 Streuzersetzende Pilze auf Sturmwurfflächen

von K.-H. Rexer und F. Oberwinkler

4.2.1 Einführung

Seit langem werden Höhere Pflanzen zur Charakterisierung von Standorten verwendet. Mit Hilfe der Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) ist dies zu einer leicht handhabbaren Methode entwickelt worden. Allerdings ist eine differenzierte Reaktion auf rasche Umwandlungen in der Streu- und Humusschicht von höheren Pflanzen nicht zu erwarten. Doch sollten diejenigen Organismen, welche diese Umwandlungen bewirken, als Indikatororganismen hervorragend geeignet sein.

Beim Abbau und bei der Mineralisierung von Streu spielen Pilze eine entscheidende Rolle. Ihre Fähigkeit, auch komplexe Moleküle wie Lignin abzubauen sowie die Eigenschaft, Nährelemente wie Stickstoff zu immobilisieren weist ihnen eine Schlüsselposition im Kreislauf der Nährstoffe zu. Neben unspezifischen Ubiquisten gibt es unter den Streuzersetzern auch Arten, die spezifisch Streu nur bestimmter Pflanzengruppen (z.B. Laub- oder Nadelbäume) oder Pflanzenarten (z.B. *Strobilurus esculentus* ausschließlich auf Fichtenzapfen) besiedeln. Von einigen Arten werden auch spezifische Ansprüche an Standortfaktoren wie pH-Wert oder Nährstoffgehalt gestellt. Es ist daher zu erwarten, daß sich anhand des Auftretens und Verschwindens solcher Spezialisten auf das Fortschreiten von Prozessen in Boden und Streu schließen läßt.

4.2.2 Methoden

In Kap. 3.2.2 wurden die für die mykologischen Untersuchungen eingerichteten Untersuchungsflächen Bebenhausen, Langenau und Bad Waldsee bereits erläutert. Analog zur in Kap. 3.2.2.3 beschriebenen Methode zur Kartierung der Mykorrhizapilze anhand der gebildeten Fruchtkörper wurden auch die Streuzersetzer erfaßt. Dabei wurde besonderer Wert auf eine möglichst eingehende Charakterisierung des jeweiligen Substrats gelegt. Zur Quantifizierung der gefundenen Pilzarten wurden die in Kap. 3.2. Tab. 3.2-1 dargestellten Häufigkeitsklassen verwendet.

Als Maßzahl für die Artmächtigkeit wurde die dritte Potenz der bei der Erhebung der Fruchtkörper verwendeten Häufigkeitsklassen eingesetzt. Die aus der Potenzierung der Häufigkeitsklassen (1 bis 5) resultierenden Maßzahlen (1, 8, 27, 64, 125) wurden als repräsentativ für die Artmächtigkeit einer Spezies angesehen.

Zur Quantifizierung der Ähnlichkeit der Artenspektren verschiedener Gebiete bzw. Varianten wurde der Sörensen-Index verwendet.

Aufgrund eigener Beobachtungen auf den Untersuchungsflächen sowie von Literaturdaten (hauptsächlich aus DERBSCH & SCHMITT 1987, KOST 1992 und KREISEL 1987) wurden die gefundenen Arten in substrat- und standortspezifische Gruppen eingeordnet. Bei den substratspezifischen Gruppen wurde bei der Auswertung nicht zwischen hoch spezifischen Arten, die Streu nur einer einzigen Baumart besiedeln, und weniger spezifischen Arten, die auf der Streu mehrerer Nadel- bzw. Laubbäume gefunden werden können, unterschieden. Einige Pilzarten wurden mehreren Gruppen zugeordnet: *Clitocybe vibecina* ist eine spezifische Art saurer Nadelstreu und wurde daher sowohl den azidophilen Arten wie auch den spezifischen Nadelstreuersetzen zugeordnet.

4.2.3 Ergebnisse und Diskussion

4.2.3.1 Artenspektrum und Vergleich der Untersuchungsgebiete

Insgesamt wurden im Zeitraum von 1991 bis 1995 auf den 11 Dauerbeobachtungsflächen der drei Untersuchungsgebiete 153 fruchtkörperbildende streuzersetzende Pilzarten nachgewiesen. Es handelte sich fast ausschließlich um agaricoide Basidiomyceten.

Tab. 4.2-1: Anzahl der Arten von Streuzersetzern. In den drei Untersuchungsgebieten Bebenhausen, Langenau und Bad Waldsee sowie in den Behandlungsvarianten Alt-Bestand, belassene bzw. geräumte Sturmwurffläche (Anzahl der untersuchten Probenflächen in Klammern) insgesamt sowie nach ausgewählten ökologischen Artengruppen.

Gebiet/Variante	Artenzahl	Substratspez. für	Artenzahl	Standortsspez. für	Artenzahl
Bebenhausen (4)	70	Nadelstreu	42	(sehr) saure Böden	42
Langenau (3)	102	Laubstreu	15	neutrale Böden	23
Bad Waldsee (4)	98	krautige Pflanzen	8	nährstoffreiche Böden	8
Bestand (4)	96			mäßig nährstoffr. Böden	18
Belassen (5)	120			magere Böden	3
Geräumt (2)	49				

Während die Anzahl der festgestellten Arten (Tab. 4.2-1) in Bad Waldsee und Langenau etwa gleich groß ist, wurden auf den Probeflächen bei Bebenhausen deutlich weniger Arten festgestellt. Dies ist sehr wahrscheinlich auf den starken Brokenkäferbefall derjenigen Fichtenbestände zurückzuführen (vgl. Kap. 5.7) in denen ursprünglich die Probeflächen der Variante "ungeschädigter Nachbarbestand" lokalisiert waren. Durch das vollständige Absterben aller Altbäume dieser Flächen haben sich hier annähernd "Freiflächenbedingungen" eingestellt. Das Spektrum der fruktifizierenden Streuzersetzer hat sich entsprechend verändert und dem Artenspektrum der Sturmwurfflächen stärker angenähert (Abb. 4.2-1).

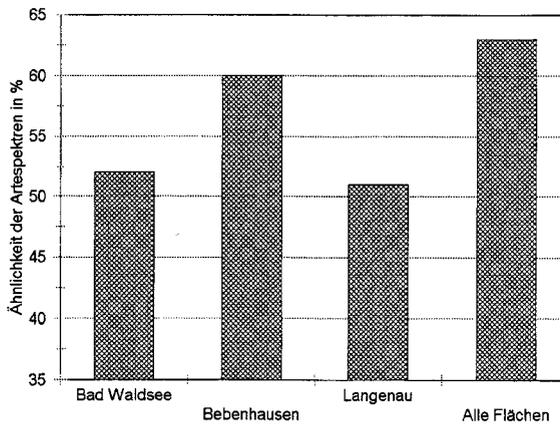


Abb. 4.2-1: Vergleich der Ähnlichkeitswerte nach Sörensen zwischen den belassenen Sturmwurfflächen und den parallel untersuchten Fichtenbeständen des jeweiligen Untersuchungsgebiets.

Das Maß der Übereinstimmung des Artenspektrums der Streuzersetzer zwischen den drei Untersuchungsgebieten beträgt 55 % bis 60 % (Abb. 4.1-2), wobei der Vergleich der jeweiligen Bestandesflächen der verschiedenen Gebiete (54 % bis 60 %) eine höhere Übereinstimmung ergibt als der entsprechende Vergleich der belassenen Sturmwurfflächen (45 % bis 49 %). Das heißt, daß die durch die stand-örtlichen Unterschiede bedingten ursprünglichen Unterschiede der Artenspektren der drei Untersuchungsgebiete sich im Laufe der spezifischen Entwicklungen auf den jeweiligen belassenen Sturmwurfflächen noch stärker ausgeprägt haben.

Der deutliche Unterschied der Artenzahlen auf den geräumten und den belassenen Sturmwurfflächen (Tab. 4.2-1) ist im wesentlichen auf die unterschiedliche Anzahl der Probeflächen (5 belassene versus zwei geräumte Sturmwurfprobeflächen) und der Untersuchungsgebiete (geräumte Variante nur bei Bad Waldsee, belassene Variante in drei Gebieten untersucht) zurückzuführen. Abb. 4.2-3 zeigt das Ausmaß der Ähnlichkeit der Artenspektren der Probeflächen im

Gebiet bei Bad Waldsee anhand des Sörensen-Index; die Fläche im Fichtenbestand wird als repräsentativ für die Ausgangssituation angesehen. Die belassene und die geräumten Sturmwurf- flächen haben eine unterschiedlich lange Entwicklung seit dem jeweiligen Sturmwurfereignis vollzogen (die belassene Fläche ist die "jüngste", die Fläche Geräumt 2 ist die "älteste"). Die Ähnlichkeiten der Artenspektren der Streuzersetzer des Fichtenbestands und der jeweiligen Sturmwurffläche wird geringer, je länger die Entwicklung auf den Sturmwurfflächen voran- schreiten konnte.

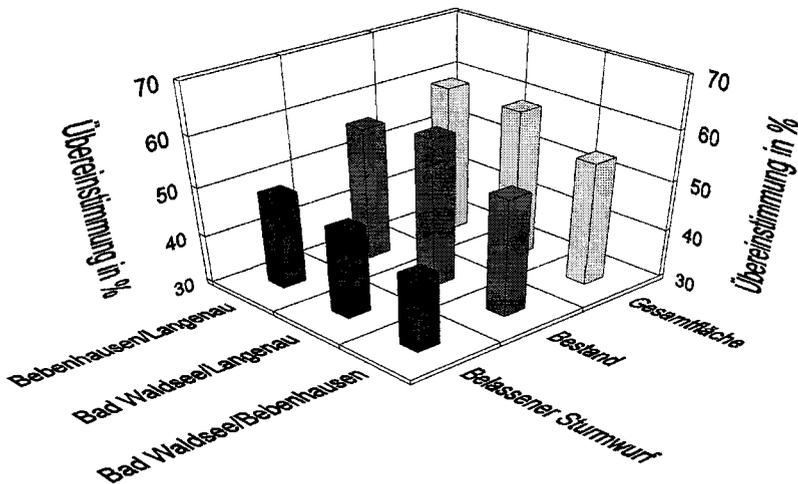


Abb. 4.2-2: Ähnlichkeit der Gesamtartenspektren der Untersuchungsgebiete. Der Sörensen-Index wurde jeweils für die belassenen Sturmwurfflächen, die zugehörigen Fichtenbestände und die Gesamt-Bestände berechnet.

Bei den in Tab. 4.2-1 aufgeführten Artenzahlen spezifischer ökologischer Gruppen der Streuzersetzer stellen die spezifischen Nadelstreubesiedler die artenreichste Gruppe. Es ist wenig verwunderlich, daß in den untersuchten Fichtenwaldparzellen zahlreiche spezi- fische Nadelstreu- zersetzer festzustellen sind (Tab. 4.2-1), wobei viele dieser Arten auch typische Besiedler saurer Standorte sind. Die spezifischen Besiedler der Streu krautiger Pflanzen wurden vor allem auf den Sturmwurfflächen festgestellt. Dort wurde auch eine große Zahl von Arten gefunden, die Zeiger für nährstoffreichere Standorte sind.

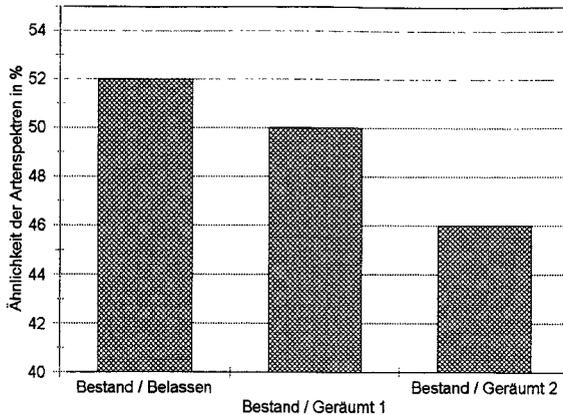


Abb. 4.2-3: Vergleich der Übereinstimmung der Artenspektren der Probeflächen auf den Sturmwurfflächen im Gebiet Bad Waldsee mit dem Altbestand anhand des Sörensen-Index.

4.2.3.2 Entwicklung der Dominanzverhältnisse ausgewählter ökologischer Gruppen

Um die Entwicklung der Dominanzverhältnisse im Untersuchungszeitraum 1991 bis 1995 zu analysieren wurden 4 wichtige ökologische Gruppen ausgewählt und analysiert: (1) spezifische Nadelstreubesiedler, (2) spezifische Laubstreubesiedler, (3) Arten (sehr) saurer Standorte und (4) Arten von Böden mit guter Nährstoffversorgung. Dazu wurden die Summen der maximalen Artmächtigkeiten verwendet. Um die Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Untersuchungsjahren zu gewährleisten, wurden die jährlichen Aufkommen der Arten der jeweiligen ökologischen Gruppe in Relation zum Gesamtaufkommen der Streuzersetzer der jeweiligen Behandlungsvariante gesetzt. Die Ergebnisse sind in den Abb. 4.2-4, 4.2-5 und 4.2-6 gesondert für jede Behandlungsvariante dargestellt. Die Altbestände von Bebenhausen wurden wegen der massiven Beeinflussung durch Borkenkäferbefall nicht mit berücksichtigt.

Erwartungsgemäß dominieren in den Fichten-Altbeständen die azidophilen Arten und die spezifischen Nadelstreubesiedler (Abb. 4.2-4). Das (geringe) Aufkommen spezifischer Laubstreubesiedler in den Jahren unmittelbar nach den Stürmen und das allmähliche Zurücktreten dieser Arten im weiteren Verlaufe der Entwicklung könnte auf den sturmbedingten Eintrag von Streu aus weiter entfernten Beständen und dessen inzwischen fast vollständigen Abbau zurückzuführen sein.

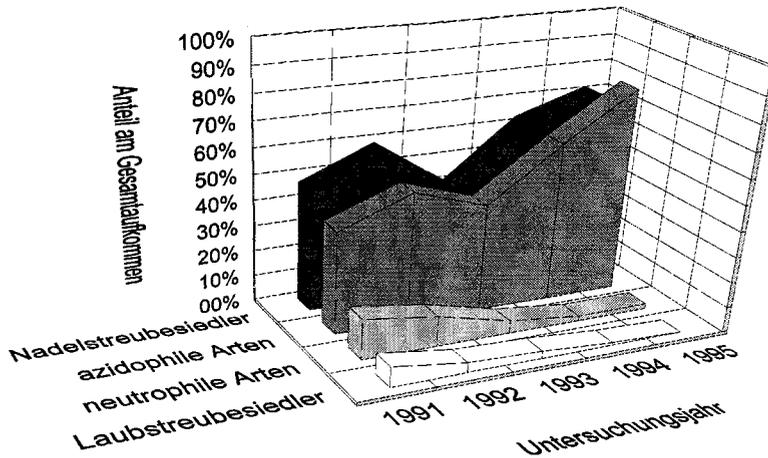


Abb. 4.2-4: Entwicklung der Dominanzverhältnisse ausgewählter ökologischer Artengruppen der Streuzersetzer in den intakten Fichten-Altbeständen der Gebiete Langenau und Bad Waldsee (nicht dargestellt die unspezifischen Arten).

Auch auf den belassenen Sturmwurfflächen dominierten zu Beginn der Untersuchungen die Nadelstreubesiedler (Abb. 4.2-5). Bei äußerst reduzierter Nadelstreunachlieferung entziehen sich die spezifischen Besiedler dieses Substrats im Laufe der Zeit selbst ihre Nahrungsgrundlage. Ihr Anteil am Gesamtaufkommen der Streuzersetzer wird daher immer geringer. Dagegen steigt seit 1993 der Anteil der Laubstreubesiedler stetig an. Dies steht in Beziehung zur erfolgreichen Etablierung von Vorwaldgehölzen (z.B. Birke, Weide, Erle) und Sträuchern (z.B. *Sambucus racemosa*) auf den belassenen Sturmwurfflächen.

Die Entwicklung der azidophilen Arten auf den belassenen Sturmwurfflächen war weniger eindeutig, in der Tendenz jedoch abnehmend. Auf den Flächen bei Bebenhausen (über Rätsandstein) und bei Bad Waldsee (über Jungmoränenschottern) werden diese Arten wohl auch in Zukunft einen erheblichen Anteil am Spektrum der Streuzersetzer ausmachen. Auf den Flächen bei Langenau (über Jura-Kalken) kann, unter der Voraussetzung, daß sich hier auf den belassenen Sturmwurfflächen kein reiner Fichtenbestand entwickelt, auf längere Sicht mit einer stetigen Abnahme des Anteils der azidophilen Arten gerechnet werden.

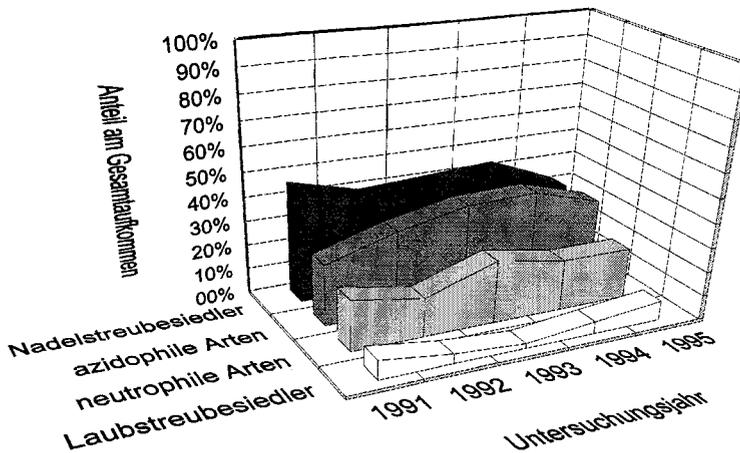


Abb.4.2- 5: Entwicklung der Dominanzverhältnisse ausgewählter ökologischer Artengruppen der Streuzersetzer der belassenen Sturmwurfprobleflächen aller drei Untersuchungsgebiete (nicht dargestellt die unspezifischen Arten).

Der über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg auf den belassenen Sturmwurfflächen fast gleichgebliebene Anteil derjenigen Arten, die besser nährstoffversorgte Standorte mit weniger saurem pH-Wert bevorzugen, ist an sich nur schwer interpretierbar. Allerdings sollten die Dominanzverhältnisse dieser Gruppe in Relation zum Aufkommen der azidophilen Arten auf diesem Flächentyp betrachtet werden. Dabei wird deutlich, daß sich das Verhältnis zwischen diesen beiden ökologischen Artengruppen im Laufe der Zeit immer mehr zugunsten der eher neutrophilen Arten verschoben hat und wohl auch weiter verschieben wird. Vergleicht man diesen Verlauf mit den Verhältnissen bei der Behandlungsvariante "intakter Fichtenbestand" (Abb. 4.2-4), so wird der grundsätzliche Unterschied zwischen diesen beiden Varianten deutlich. Die Relation zwischen azidophilen und neutrophilen Arten verschob sich auf den Flächen im Bestand während des Untersuchungszeitraums sehr stark zugunsten der standortstypischen säureliebenden Arten.

Der dargestellte Verlauf der Dominanzverhältnisse der Streuzersetzer auf den belassenen Sturmwurfflächen spiegelt die Veränderungen der geoökologischen Parameter wider: im Kap. 2.2.6.1 wurde gezeigt, daß es auf den Sturmwurfflächen zu einer Verschiebung der pH-Werte um etwa eine halbe pH-Einheit zum neutralen hin gekommen ist und daß der Gesamtstickstoff des Oberbodens ± deutlich abgenommen hat.

Die in Abb. 4.2-6 dargestellte Entwicklung der Dominanzverhältnisse der spezifischen Streubesiedler der geräumten Sturmwurf­flächen ist nur schwer interpretierbar. Eine schlüssige Begründung für den Rückgang der Nadelstreubesiedler und der azidophilen Arten bis zum Jahre 1993 und für den anschließenden Anstieg der Dominanz dieser Gruppen auf etwa das gleiche Niveau wie zu Beginn der Untersuchungen konnte nicht gefunden werden. Auch der fast wellenförmige Verlauf der Dominanzstrukturen der Laubstreubesiedler und neutrophilen Arten läßt sich nicht mit anderen Standortfaktoren korrelieren.

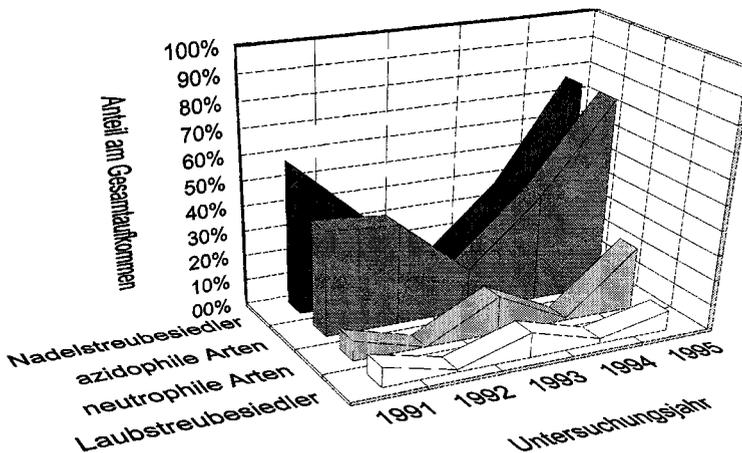


Abb. 4.2-6: Entwicklung der Dominanzverhältnisse ausgewählter ökologischer Artengruppen der Streuzersetzer der geräumten Probestellen im Gebiet bei Bad Waldsee (nicht dargestellt die unspezifischen Arten).

4.2.3.3 Vorkommen von spezifischen Zeigerarten im Gebiet Langenau

Ähnliche Ergebnisse wie für die ökologischen Streuzersetzergruppen erhält man, wenn man die Entwicklung des Vorkommens von spezifischen Einzelarten auswertet. Als Beispiel soll das Arteninventar der Probestellen bei Langenau dienen. Dieses Untersuchungsgebiet ist besonders geeignet, weil hier weder Altbäume auf den belassenen Sturmwurf­flächen erhalten geblieben waren noch die Vergleichsfläche im stehenden Nachbarbestand durch Borkenkäferschäden beeinträchtigt wurde.

In Abb. 4.2-7 sind die maximalen Abundanzklassen von 4 ausgewählten Streuzesetzern für die Jahre 1992 und 1994 dargestellt. Dabei wurde zwischen den belassenen Sturmwurfllächen einerseits und dem stehenden Nachbarbestand andererseits unterschieden. Die ausgewählten Arten stehen stellvertretend für bestimmte ökologische Artengruppen. Die Dynamik ihrer Dominanzverhältnisse ist repräsentativ für die Entwicklung dieser Gruppen während der Sukzession auf den Sturmwurfllächen.

Eine Gruppe von Arten veränderte ihre Abundanz im Laufe der Sukzession auf den belassenen Sturmwurfllächen nicht signifikant. Ein Teil dieser Arten ist außerdem in gleicher Häufigkeit im stehenden Bestand präsent. Bei diesen Arten handelt es sich zumeist um unspezifische Ubiquisten, die zahlreiche verschiedene Substrate besiedeln können und folglich in verschiedenen Habitaten auftreten. Typisches Beispiel für diese Gruppe ist *Mycena sanguinolenta*, die in der Streu von Laub- und Nadelwäldern der verschiedensten Ausprägungen häufig und weit verbreitet ist.

Eine zweite Gruppe von Arten nahm im Laufe der Bestandesentwicklung auf den belassenen Sturmwurfllächen in ihrer Abundanz zu bzw. erschien erstmals in den Jahren 1993 oder 1994 auf den Sturmwurfllächen. Besonders die Entwicklung der Häufigkeit von *Clitocybe clavipes* zeigt die fortschreitende Umwandlung der ursprünglichen Fichtenwaldstreu recht deutlich. Die Art tritt zwar auch in der Vergleichsfläche auf, besitzt dort jedoch eine wesentlich geringere Abundanz als in den Sturmwurfllächen im Jahre 1994. Die Art kann in Laub- und Nadelwäldern gefunden werden und bevorzugt stets gut nährstoffversorgte Standorte. Die Umsetzungen auf den Sturmwurfllächen und die daraus resultierende Freisetzung von Nährstoffen (Kap. 2.2.6.3), ermöglichen es dieser Art sich auszubreiten.

Schließlich handelt es sich bei der dritten Gruppe von Streuzesetzern um Arten, die im Laufe der Bestandesentwicklung in ihrer Abundanz abnahmen bzw. mittlerweile von den belassenen Sturmwurfllächen verschwunden sind. Zu den bereits verschwundenen Arten gehört *Clitocybe vibecina*. Diese Art trat in der Fläche im stehenden Bestand regelmäßig und mit großer Abundanz auf, während sie auf den belassenen Sturmwurfllächen letztmals 1992 registriert wurde. Der Pilz bevorzugt nährstoffarme, saure Standorte in Nadelwäldern, wobei er dicke Nadelpolster favorisiert (KUYPER & BOKELOH 1994). Auf den Sturmwurfllächen wurde *C. vibecina* im Laufe der Zeit von Arten wie *C. clavipes* verdrängt.

Die Spezifität der Streuzesetzer ermöglicht es auch Aussagen über den Fortschritt beim Abbau der Streu zu machen. Fichtenzapfen gehören zu den langlebigsten Bestandteilen der Fichtenwaldstreu. Nur wenige spezialisierte Pilzarten können dieses Substrat abbauen. Zu diesen gehört *Strobilurus esculentus*. Diese Art besiedelt ausschließlich Fichtenzapfen, auch wenn diese bereits in tiefere Lagen der Streu oder des Humus eingearbeitet sind. *S. esculentus* produziert auf besiedelten Zapfen regelmäßig jedes Jahr vor allem im Frühjahr und im Spätherbst Fruchtkörper, bis die Zapfen gänzlich abgebaut sind (REXER & KOST 1989). Da auf oder nahe bei den

Sturmwurfflächen im Gebiet Langenau keine Fichten die Stürme überstanden, also seit 1990 keine neuen Fichtenzapfen auf die Flächen gelangen konnten, stammen alle dort befindlichen Fichtenzapfen aus dem von den Stürmen zerstörten Fichtenbestand. Solange also diese Art gefunden wird sind noch Fichtenzapfenreste vorhanden, die aus den Sturmwurfbeständen stammen. Mit dem Verschwinden dieser Art wird andererseits angezeigt, daß alle aus dem ursprünglichen Bestand stammende Streu abgebaut ist.

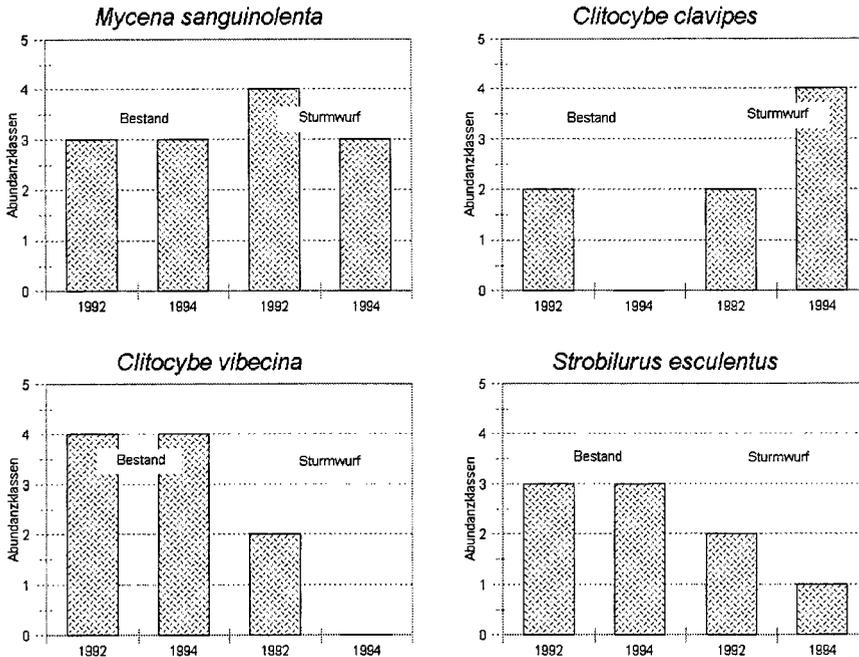


Abb.4.2- 7: Entwicklung der Abundanz von 4 ausgewählten Arten der Untersuchungsflächen im Gebiet Langenau. Die maximalen Abundanzklassen, die diese Arten in den Jahren 1992 und 1994 auf den belassenen Sturmwurfflächen und im benachbarten Bestand erreichten, sind einander vergleichend gegenübergestellt.

4.2.4 Schlußfolgerungen

Sowohl die Dynamik des Vorkommens von spezifischen Einzelarten als auch die Analyse der Artenzusammensetzung und der Dynamik der Dominanzverhältnisse ökologischer Gruppen der Streuzersetzer legen den Verlauf der Umsetzungen in der Streu und Humusschicht offen. Die Streuzersetzer reagieren unmittelbar auf die von ihnen mit verursachten Veränderungen der geoökologischen Standortfaktoren. Sie sind daher hervorragend geeignete Bioindikatororganismen.

Zusammenfassung

In den drei Untersuchungsgebieten Bebenhausen, Langenau und Bad Waldsee wurden im Zeitraum von 1991 bis 1995 die auf insgesamt 11 Dauerbeobachtungsflächen auftretenden fruchtkörperbildenden Streuzersetzer qualitativ und quantitativ erfaßt. Die Artenspektren der Sturmwurfflächen wiesen, verglichen mit den Fichtenbeständen, Ähnlichkeiten zwischen 46 % und 60 % auf. Beim Gebietsvergleich weisen die belassenen Sturmwurfflächen die geringsten Ähnlichkeiten auf, was auf eine fortschreitenden Differenzierung zwischen den Untersuchungsgebieten im Laufe der bisherigen Entwicklung schließen läßt. Um ein genaueres Bild von der Dynamik während des Untersuchungszeitraumes zu gewinnen wurden die Entwicklung der relativen Artmächtigkeiten von Arten ausgewählter ökologischer Gruppen analysiert. Sowohl die Analyse der summierten Daten aller Flächen gleichen Typs als auch die detaillierte Betrachtung spezifischer Einzelarten innerhalb eines Gebiets spiegeln die Veränderungen geoökologischer Standortfaktoren wider und lassen sogar Schlüsse bezüglich des Fortschreitens der Umsetzungen in der Streuschicht zu. Die Streuzersetzer erweisen sich somit als hervorragende Bioindikatororganismen.