24. Jahrgang
HEFT 2 – 3
November 1992

ISSN 0344 - 7227

HERAUSGEGEBEN
VON DER DELATTINIA
ARBEITSGEMEINSCHAFT
FÜR TIER- UND PFLANZENGEOGRAPHISCHE HEIMATFORSCHUNG IM SAARLAND

Faunistisch-floristische Notizen aus dem Saarland

Collembolen im Stammablaufbereich von Buchen

- Untersuchungsfläche Bliesmengen-Bolchen / Bliesgau -

von Norbert Fritsch

Abstract

The effect of stemflow on the chemical state of the soil and its fauna, especially collembola, was studied in a beech forest, almost 100 years old and situated 15 km south-east of Saarbrücken. The soil was divided into three categories: area between stems, stemflow area and stembase area.
The abundance of collembola was greatly increased (ca. 140,000 ind./m²) in the stemflow area. Several ecological groups of species were found within the collembola colony. In the stemflow area, the ubiquitous species reacted with a drastic decrease in numbers, whilst the so-called stemflow species had their main distribution points here. *Proisotoma minima* belongs to this group, reaching an abundance of approximately 100,000 ind./m².

Keywords

soil acidification, beech forest, stemflow, soil fauna, collembola

1. Einleitung

Industrie, Verkehr, Haushalte und auch die Landwirtschaft erzeugen sozusagen als Nebenprodukt enorme Mengen an Emissionen, die zur Luftverschmutzung führen. Die Schadstoffausbreitung durch die Luft wirkt sich als diffuse, weiträumige Immissionsbelastung des Menschen und seiner Umwelt aus. Die Deposition der Schadstoffe erfolgt aber nicht gleichmäßig über die Landschaft, sondern ist in Waldgebieten wesentlich höher als in anderen Landschaftsbereichen. Gerade die Filterfunktion des Waldes für die Luft, d.h. das Auskämmen der Emission aus der Luft, was die Luft selbst reinigt, belastet die Waldökosysteme in besonderem Maße. Innerhalb des Waldes gelangen die Schadstoffe durch die Niederschläge von der Vegetation in den Boden, der seinerseits wieder Filterfunktion für das durch ihn sickernde Wasser besitzt. Letztendlich bleiben die Schadstoffe also vor allem im Waldboden hängen, sofern nicht die Filterkapazität des Bodens bereits überschritten ist und sie dann ins Grundwasser ausgewaschen werden. Im Boden konzentrieren sich die Schadstoffe allmählich und entfalten ihre Wirkung. Bodenversauerung, Nährstoffauswaschung, Schwermetallakkumulation, Aluminium-Toxizität, Humusdegradation, Absterben von Feinwurzeln, Veränderungen der Mikroflora und der Bodenfauna usw. sind die Folgen.

Diese Schadstoffkonzentration im Waldboden erfährt durch die besonderen Niederschlagsverhältnisse im Wald, d.h. durch die Bestandeshydrologie, eine weitere Differenzierung in verschieden stark belastete Bereiche. Es kommt hinzu, daß sich die Immissionen nicht nur vertikal gesehen im Ökosystemkompartiment Boden, sondern zusätzlich horizontal gesehen in bestimmten durch die Bestandeshydrologie definierten Bereichen des Waldbodens konzentrieren.

Der auf eine Waldfläche fallende Niederschlag entspricht in der Summe dem Freilandniederschlag oder Freiflächenniederschlag; er erfährt jedoch bei der Passage durch das Kronendach Veränderungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Ein Teil des Niederschlages tropft von den Blättern und Zweigen in freiem Fall auf den Waldboden; er wird als Kronentraufe bezeichnet. Ein anderer Teil läuft an den Ästen und dem Stamm entlang nach unten und bildet den Stammablauf. Ein weiterer Teil verdunstet von der Blatt- und Rindenoberfläche ohne überhaupt auf den Boden gelangt zu sein; das ist die Interzeptionsverdunstung. Kronentraufe und Stammablauf bilden zusammen den Bestandesniederschlag, der dem Freiflächenniederschlag gegenübergestellt wird. Die Kronentraufe umfaßt in Buchenbeständen ca. 70 % des Freilandniederschlages, der Stammablauf ca. 15 % und die Interzeptionsverdunstung die restlichen 15 %.

Der vergleichsweise hohe Anteil des Stammablaufs am Bestandesniederschlag bei Buchen ist durch ihre glatte Rinde und die steile Stellung der Äste zu erklären. Beide Faktoren bedingen das schnelle Sammeln und Abfließen des Stammablaufs, ohne daß das Wasser infolge geringer Neigung der Äste zu langsam fließt und abtropft oder durch Benetzung einer reichstrukturierten Oberfläche vermehrt verdunstet.

Durch das Abwaschen der Depositionen von den Blättern und Zweigen und das Leaching der Blätter erfährt das zunächst saure Niederschlagswasser als Kronentraufe eine Aufbasung. Demgegenüber nimmt der Stammablauf durch das

Abwaschen der Rinde von Ästen und Stamm vor allem saure Depositionen auf, die eine weitere Versauerung bewirken. Kennzeichen der Kronentraufe bzw. des Stammablaufs sind der Weg durch den Bestand zum Waldboden, der mengenmäßige Anteil am Gesamtniederschlag sowie die chemische Beschaffenheit. Es lassen sich nun Bereiche auf dem Waldboden abgrenzen bzw. definieren, die vom Bestandesniederschlag unterschiedlich beeinflußt werden.

Der Bereich des Waldbodens, in dem die Kronentraufe versickert, ist der Kronentraufebereich oder Zwischenstammbereich und entspricht dem Makrostandort (Abb. 1). Inselartig darin verteilt sind die Bereiche, in denen der Stammablauf versickert. Hier muß man, ganz besonders bei Buchen, weiter differenzieren. Der potentielle Einsickerungsbereich des Stammablaufs ist der Stammfußbereich. Infolge einer häufig festzustellenden Stammneigung wenigstens in einem Stammabschnitt, einer Wölbung im unteren Stammabschnitt oder einfach durch die Anordnung der Astansätze auf einer Seite wird der Stammablauf auf eine bestimmte Seite des Stammes gelenkt und fließt dort in einer deutlich sichtbaren, schwärzlichen Stammablaufrinne ab. Diese Ablaufrinne läßt sich bis in den Stammfußbereich verfolgen, wo der Stammablauf gewöhnlich in einer Bucht zwischen zwei Wurzelanläufen versickert. An den meisten Buchen kann man diese Konzentration fast des gesamten Stammablaufs auf einen kleineren Ausschnitt des Stammfußbereichs beobachten. Dieser Bereich des Waldbodens, d.h. der Einsickerungsbereich des einseitig konzentrierten Stammablaufs, ist der eigentliche Stammablaufbereich. Der komplementäre Restbereich am Stammfuß der Buchen, der vom Stammablauf in wesentlich geringerem Maße beeinflußt wird und fast den gesamten Stammfuß umfaßt, soll als Stammfußbereich bezeichnet werden. Stammablaufbereich und Stammfußbereich werden als zwei verschiedene Mikrostandorte behandelt. So ergeben sich aus der Bestandeshydrologie drei unterschiedliche Bereiche des Waldbodens: der Zwischenstammbereich, der Stammablaufbereich und der Stammfußbereich.

Als Folge mehrfacher Konzentrationsvorgänge von Niederschlag und Immisionsbelastung ist zu erwarten, daß einerseits enorme Wassermengen von etlichen Tausend Millimeter Jahresniederschlag im Stammbereich versickern und mit ihm ebenfalls beträchtliche Mengen an Säure und anderen Schadstoffen miteingebracht werden, die die Bodenentwicklungsprozesse hier stark beschleunigen und die Lebensbedingungen drastisch verändern. Die Auswirkungen dieser extremen Verhältnisse auf die Bodenfauna im Vergleich zu den angrenzenden Bereichen zu untersuchen, war die Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

Ebenso lokal und punktförmig wie die Emission der Schadstoffe aus Schloten und Auspuffrohren ihren Anfang nahm, findet ihre Immission im eng begrenzten Stammablaufbereich der Buche ihr vorläufiges Ende.

2. Untersuchungsstandort

Die Untersuchungsfläche befindet sich im Saarland, ca. 15 km südöstlich von Saarbrücken. Die Trias bildet hier mit den Schichten von Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper (im benachbarten Lothringen) ein Schichtstufenland, das man als den östlichen Rand des Pariser Beckens auffassen kann.

In der vor allem durch extensive landwirtschaftliche Nutzung geprägten Muschelkalk-Landschaft des Bliesgaus liegt die Untersuchungsfläche auf einem waldbestandenen Hochplateau des oberen Muschelkalks, dem Allenberg, unweit der Ortschaft Bliesmengen-Bolchen. Ihre Höhe beträgt 325 m ü. NN; die Gauß-Krüger-Koordinaten sind H 54 46 375 und R 25 83 200. Die Fläche selbst ist aufgrund ihrer Lage auf einem Plateau fast eben bzw. mit ungefähr 1° schwach nach Süden geneigt. Das Klima ist subatlantisch geprägt, mit einem mittleren Jahresniederschlag von 810 mm/a und einer mittleren Jahrestemperatur von 9,3 °C.
Ausgangssubstrat für die Bodenbildung ist der Ceratitenkalk des oberen Muschelkalks, der allerdings noch von einem quartären äolischen Decksediment überlagert wird. Daher entwickelte sich hier eine Braunerde, im Gegensatz zu anderen Böden im Muschelkalkgebiet, wo die Entwicklung nur bis zur Rendzina führte. Die Humusform ist als typischer Mull (L-Mull) anzusprechen; zahlreiche Türmchen aus Regenwurmkot stehen damit im Einklang.

Auf dieser Fläche stockt ein hallenartiger Buchenwald mit relativ wenig Unterwuchs. Die Bestandesgründung erfolgte im Jahre 1893, d.h. zur Zeit der Untersuchung im Jahre 1988 war der Bestand fast 100 Jahre alt. Nach seiner Artenzusammensetzung wäre er pflanzensoziologisch als relativ armer Waldmeister-Buchenwald (Asperulo-Fagetum) und nach ökologischen Kriterien (ELLENBERG, 1982) als Mullbuchenwald bzw. Braunmullbuchenwald anzusehen.

3. Material und Methoden

Auf dem Untersuchungsstandort bei Bliesmengen-Bolchen im Bliesgau wurden auf einer Fläche von ungefähr einem halben Hektar (70 m x 70 m) an vier verschiedenen Terminen Proben genommen. Die Probenahmetermine lagen zwischen dem Herbst 1987 und dem Sommer 1988 (am 08.12.87, 02.02.88, 07.04.88 und 10.06.88).

Es wurden die drei durch die Bestandeshydrologie und die Raumstruktur definierten Waldbodenbereiche Zwischenstammbereich, Stammablaufbereich und Stammfußbereich beprobt. In jedem Bereich wurden pro Termin je fünf Parallelproben gezogen, d.h. insgesamt also 4 x 3 x 5 = 60 Proben. An den einzelnen Probenahmepunkten wurden die Straten Streu und Boden voneinander getrennt und im weiteren Verlauf auch getrennt bearbeitet, so daß 2 x 60 = 120 Teilproben entstanden.

Die Streuproben umfaßten die Humusauflage oder organische Auflage, je nach Ausbildung aus verschiedenen Anteilen der Horizonte bzw. Lagen des Auflagehumus (Förna-Horizont, Vermoderungs-Horizont, Humusstoff-Horizont) bestehend; sie wurden mit einem kleinen Metall-Stechrahmen mit 25 cm² Grundfläche ausgestochen. Unmittelbar darunter wurden die Bodenproben mit Hilfe eines Bodenstechers mit 14,8

cm² Grundfläche bis zu einer Tiefe von 6 cm des mineralischen, humushaltigen Oberbodens (Ah-Horizont) gezogen.

Das Probenmaterial wurde zum Transport in luftdicht verschließbare Plastikbeutel gefüllt. Am gleichen Tage noch wurden die Proben in eine Berlese-Apparatur eingestellt, sie wurden hierzu zerbröckelt, um den Bodentieren das Herauskriechen zu erleichtern. Aufgrund des Helligkeits-, Temperatur- und Feuchtigkeitsgradienten vollzog sich eine aktive Wanderungsbewegung der Bodenfauna aus der Probe nach unten in ein mit Pikrinsäure (Pikrinsäure-Wasser 1:1) gefülltes Auffanggefäß. Die Maschenweite des Siebgewebes betrug 2 mm und ließ daher die gesamte Mesofauna und einen Teil der Makrofauna durchschlüpfen.

Nach ca. 10 Tagen Aufenthalt in der Berlese-Apparatur war die Austreibung beendet. Danach wurden die Bodenfaunagruppen unter dem Binokular sortiert und ausgezählt. Die Collembolen wurden nach Präparation, d.h. Aufhellung in Milchsäure und Übertragung in ein Gemisch aus Aqua dest., pulverisiertem Gummi arabicum, Chloralhydrat und Glyzerin unter dem Mikroskop bestimmt. Als Bestimmungsliteratur wurden GISIN (1960), PALISSA (1964) und FJELLBERG (1980) benutzt.

Aus den Rohdaten wurden die Abundanz, Dominanz und Konstanz der einzelnen Bodenfaunagruppen und Collembolenarten als Jahresmittelwerte berechnet, sowie die Artenidentität (Jaccard-Index), die Dominanz-Identität (Renkonen-Index), der Diversitätsindex nach der Shannon-Wiener-Formel und die Äquität oder Evenness für die einzelnen bestandeshydrologischen Bereiche (Zwischenstammbereich, Stammablaufbereich, Stammfußbereich) ermittelt (s. FRITSCH, 1989).

Die Bodenproben wurden nach der Austreibung noch für bodenchemische Analysen gebraucht. Dadurch beziehen sich die Meßwerte der Bodenchemie auf dieselben Proben wie die Daten der Bodenfauna. Im einzelnen wurden der pH-Wert (in Aqua dest. und 1-molarer KCl), die potentielle und die effektive Kationen-Austauschkapazität (AKe), der C-Gehalt, der N-Gehalt (daraus abgeleitet Gehalt an organischer Substanz und C/N-Verhältnis) und die Gehalte der austauschbaren Ionen von Ca, Mg, Na, K, Mn, Al, Fe und H gemessen (s. FRITSCH, 1990).

4. Ergebnisse

4.1 Mikroklimatische und bodenchemische Faktoren

Für den Untersuchungsstandort im Bliesgau ist von einem mittleren Jahresniederschlag von 810 mm/a auszugehen. Dieser Wert entspricht dem Freilandniederschlag. Innerhalb eines Altbuchenbestandes gelten jedoch andere Werte, da erstens ein Teil des Niederschlages gleich wieder verdunstet (Intezeptionsverlust) und der Rest sich in Kronentraufe und Stammablauf aufspaltet. Da die Kronentraufe einen Anteil von 70 % am Freilandniederschlag hat, fallen im Kronentraufebereich oder Zwischenstammbereich ca. 570 mm/a. Bei einem Anteil des Stammablaufs von 15 % am Freilandniederschlag entstehen ca. 120 mm/a an Stammablauf, d.h. pro Quadratmeter im Mittel 120 Liter pro Jahr. Die Bezugsfläche für den Stammablauf eines Baumes ist die Fläche der Krone, die den Niederschlag sammelt.

Wenn man eine Kronenraumfläche von 50 - 100 m² annimmt, beträgt die Menge des Stammablaufs eines Baumes 6.000 - 12.000 Liter pro Jahr. Sie konzentriert sich punktförmig auf den kleinflächigen Stammablaufbereich am Stammfuß der Buchen, so daß man in Abhängigkeit von seiner Fläche zu verschiedenen Werten gelangt.

Setzt man einen Quadratmeter Einsickerungsfläche an, beträgt der Stammablauf 6.000 - 12.000 mm/a, bei geringerer Fläche steigt er entsprechend auf ein Vielfaches. Da hier die Stammablaufbereiche von Buchen mit einseitig in einer Stammablaufrinne konzentriertem Stammablauf untersucht wurden, ist wahrscheinlich mit Werten von über 10.000 mm/a oder noch wesentlich mehr zu rechnen. In dem vom eigentlichen Stammablaufbereich unterschiedenen Stammfußbereich kann die Niederschlagsmenge nur sehr schlecht abgeschätzt werden, dürfte aber infolge des gleichwohl geringeren Einflusses des Stammablaufs etwas über dem Wert des Zwischenstammbereichs liegen.

Allein aufgrund der enormen Wassermengen des Stammablaufs muß man ihn als einen einschneidenden und prägenden Faktor des Mikroklimas ansehen. Häufige Überschwemmungen, intensive Durchfeuchtung, zeitweiser Sauerstoffmangel, generell höherer Wassergehalt, langsamere Erwärmung, niedrigere Temperaturen usw. konnten beobachtet werden. Hinzu kommt noch die Immissionsbelastung des Stammablaufs, die zusammen mit den rein qauntitativen Effekten eine Veränderung des chemischen Bodenzustands und der Zersetzungsbedingungen bewirken.

Der pH-Wert des Bodens erreicht im Zwischenstammbereich im Durchschnitt 5,4; die meisten Werte liegen aber zwischen 6-7. Damit gehört der Boden des Makrostandorts in den Silikat-Pufferbereich (pH 5,0 - 6,2) bzw. reicht in den Karbonat-Pufferbereich (pH 6,2 - 8,6). Gute Nährstoffversorgung und eine günstige Humusform (typischer Mull) sind mit diesen Bedingungen verknüpft und auf einem, wenn auch äolisch überprägten, Muschelkalkstandort zu erwarten.

Im Stammfußbereich sinkt der pH-Wert bereits auf 4,5 ab; der Boden ist somit dem Austauscher-Pufferbereich (pH 4,2 - 5,0) zuzuordnen, der durch Nährstoffauswaschung, Tonmineralveränderung und zunehmende Aluminium-Belegung der Austauscher (vor allem Humusstoffe, Tonminerale) gekennzeichnet ist.

Der Stammablaufbereich weist eine extreme Versauerung auf, der pH-Wert liegt knapp unter 3,8, also an der Grenze von Aluminium-Pufferbereich (pH 4,2 - 3,8) und Aluminium-Eisen-Pufferbereich (pH 3,8 - 3,2). Hier ist die Nährstoffverfügbarkeit schon sehr eingeschränkt, während eine starke Freisetzung von toxischen Aluminium-Ionen durch Tonmineralzerstörung erfolgt. Die Al-Belegung der Austauscher beläuft sich im Zwischenstammbereich nur auf ca. 2 %, im Stammfußbereich sind es schon 38 % und im Stammablaufbereich steigt der Wert auf über 50 %. Ähnliche Ergebnisse zeigt die Basensättigung des Bodens, d.h. die Belegung der Austauscher mit basischen Kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} und Na^{+}), die abgesehen von Natrium wichtige Pflanzennährstoffe darstellen. Hier werden die Anteile an der effektiven Austauschkapazität (AKe) betrachtet. Im Zwischenstammbereich beträgt die Basensättigung 95 %, im Stammfußbereich sinkt sie auf 53 % und im Stammablaufbereich erreicht sie nur noch 25 %. Während einerseits eine

Nährstoffauswaschung stattfindet, reichern sich andererseits die sauren Kationen (Mn^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, H^{+}) an den Kationen-Austauschern und in der Bodenlösung an.

Sowohl die Versauerung als auch die Nährstoffauswaschung im Stammablaufbereich kann man als Ergebnis der Einwirkung der riesigen, immissionsbelasteten Mengen von Stammablaufwasser plausibel erklären. Erstaunlich ist nur die unmittelbare Nachbarschaft dieser offensichtlich so verschiedenen Bereiche und die starken Gradienten auf so kurzer Distanz.

Ein weiteres Ergebnis ist die Humusakkumulation im Stammablaufbereich, die man als Zeugnis schlechterer Zersetzungsbedingungen verstehen kann. Der Anteil der organischen Substanz im Boden liegt im Zwischenstammbereich und im Stammfußbereich gleichermaßen bei 6 %, im Stammablaufbereich dagegen bei über 12 %. Sowohl die Versauerung als chemische Komponente wie die Vernässung als mikroklimatische Komponente tragen zu dieser Humusanreicherung bei. Zusätzlich wurde noch das Einschwemmen von abgestorbenen, rindenbewohnenden Luftalgen mit dem Stammablauf beobachtet.

All diese mikroklimatischen und chemischen Faktoren charakterisieren die Verschiedenheit der Lebensbedingungen in den betrachteten, durch die Bestandeshydrologie und die Raumstruktur definierten Bereichen.

4.2 Bodenfaunagruppen

Entsprechend dem beschriebenen Rahmen der abiotischen Verhältnisse ist in den verschiedenen Bereichen auch mit deutlichen Unterschieden in der Besiedlung durch Bodentiere zu rechnen.

Die Austreibung der Bodenfauna mit Hilfe einer Berlese-Apparatur liefert nur für die Bodenlufttiere der Mesofauna zuverlässige Ergebnisse, für die Bodenwassertiere der Mesofauna ist dies nicht die adäquate Methode. Größere Vertreter der Makrofauna werden durch die für sie zu enge Siebmaschenweite nicht erfaßt.

Dennoch sollen an dieser Stelle die Enchyträen erwähnt werden, die vermutlich nicht vollständig ausgetrieben werden konnten. In der Streu liegt ihre Besiedlungsdichte im Zwischenstammbereich und im Stammfußbereich bei 700 Ind./m², im Stammablaufbereich ein wenig höher bei 900 Ind./m²; das wäre nicht besonders spektakulär. Im Boden ist ihre Abundanz in den beiden erstgenannten Bereichen noch etwas niedriger und beträgt in beiden wieder gleich ca. 300 Ind./m², im Stammablaufbereich jedoch fast 4.700 Ind./m².

Für die Dipterenlarven gilt ähnliches - auch methodisch. Auch bei dieser Gruppe findet man mit 1250 Ind./m² im Boden des Stammablaufbereich die höchsten Abundanz im Vergleich zu den anderen Bereichen (500 bzw. 200 Ind./m²). Insbesondere Zuckmückenlarven (Chironomidae) waren im Stammablaufbereich zahlreicher zu finden.

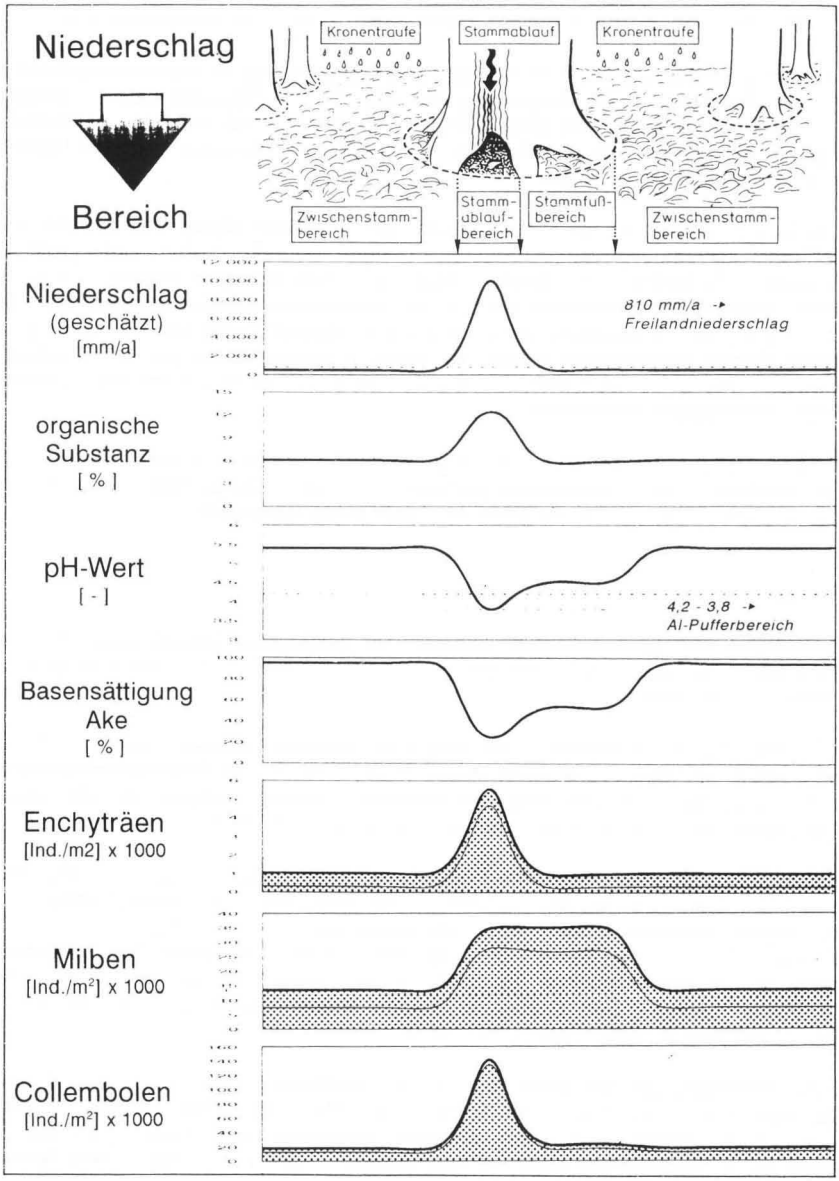


Abb. 1: Einfluß des Niederschlags und der Raumstruktur auf die Gliederung in Bereiche des Waldbodens sowie Niederschlagshöhe, verschiedene Bodenkennwerte und Abundanz einiger Bodenmesofaunagruppen in den verschiedenen Bereichen; Trennlinie zwischen Streu und Boden.

Einige weniger stark vertretene Gruppen zeigen bestimmte Tendenzen. Auffällig war das vollkommene bzw. fast vollkommene Fehlen der Diplopoden und Dipluren bzw. der Symphylen im Stammablaufbereich. Andere Gruppen wie die Chilopoden, Spinnen und Käfer konzentrierten sich stärker auf den Stammfußbereich. Die Beintastler (Protura) kommen auf dem Untersuchungstandort praktisch nur im Boden vor, wobei der Stammablaufbereich gemieden und der Stammfußbereich ganz klar bevorzugt wird bei einer Abundanz von 900 Ind./m².

Die beiden wichtigsten Gruppen der Bodenmesofauna sind die Milben (Acari) und die Springschwänze (Collembola). In der Streu bewegt sich die Besiedlungsdichte der Milben zwischen 6.000 - 8.000 Ind./m² mehr oder weniger gleichmäßig für alle Bereiche. Im Boden jedoch liegt ihre Abundanz bei 7.500 im Zwischenstammbereich gegenüber ca. 27.000 Ind./m² im Stammablauf- und Stammfußbereich. Für Streu und Boden zusammen betragen die Abundanzen 13.500 Ind./m² im Zwischenstammbereich und 35.000 Ind./m² im Stammfuß- und Stammablaufbereich. Auf Gruppenniveau scheinen die Milben ausgesprochen an den versauerten Bodenbereich in Baumnähe gebunden zu sein - unabhängig vom Einfluß des Stammablaufs.

Die Collembolen weisen in der Streu wie die Milben eine recht ähnliche Besiedlungsdichte von ca. 6.000 Ind./m² in allen Bereichen auf. Ganz im Gegensatz dazu stehen die Verhältnisse im Boden. Im Zwischenstammbereich beträgt ihre Abundanz 12.500 Ind./m² und im Stammfußbereich 17.000 Ind./m² - immerhin noch dieselbe Größenordnung. Im Stammablaufbereich aber schnellt die Abundanz der Collembolen auf 134.000 Ind./m², d.h. auf mehr als das Zehnfache im Vergleich zum angrenzenden Zwischenstammbereich. Die Relation ist ähnlich wie bei den Enchyträen, die Dimension der Zahlen allerdings übertrift alle anderen bei weitem. Für Streu und Boden zusammen betragen die Abundanzen 18.000 Ind./m² im Zwischenstammbereich, 23.000 Ind./m² im Stammfußbereich und 141.000 Ind./m² im Stammablaufbereich.

Allgemein hätte man unter den gegebenen Voraussetzungen, d.h. bei den extremen Verhältnissen im Stammablaufbereich eine Beeinträchtigung der Bodenfauna erwarten können. Einige Gruppen reagieren dementsprechend negativ mit einer Meidung des Stammablaufbereichs oder einer ausgesprochenen Bevorzugung des nicht vom Stammablauf beeinflußten Stammfußbereichs.

Die Milben zeigen scheinbar keine Reaktion auf den Stammablauf. Ihre Verteilung könnte man entweder mit der Habitatstruktur im unmittelbaren Bereich des Baumes oder mit der hier stärkeren Versauerung mit all ihren Konzequenzen erklären. Auf Artniveau könnten sich noch andere Deutungen ergeben. Bei den Collembolen und auch bei den weniger zahlreichen Enchyträen und Dipterenlarven ist eine sehr deutliche positive Reaktion festzustellen. Im Falle der beiden letzten Gruppen könnte die höhere Durchfeuchtung einen Erklärungsansatz bieten. Die Collembolen reagieren als Gruppe jedoch so unerwartet und ausgeprägt positiv auf den Stammablauf, daß dafür eine plausible Erklärung in einer Analyse auf Artniveau zu finden ist.

4.3 Collembolen - ökologische Artengruppen

Die Collembolen haben mit 18.000 Ind./m² die höchste Abundanz aller untersuchten Gruppen des Makrostandorts (Zwischenstammbereich), und mit 141.000 Ind./m² die mit Abstand höchste an dem hier vor allem interessierenden Mikrostandort, dem Stammablaufbereich.

Das Artenspektrum setzt sich aus 50 verschiedenen Collembolenarten zusammen:

Fam. Poduridae (Kurzspringer)

Hypogastrura denticulata (Bagnall, 1941)
Xenylla tullbergi Börner, 1903
Xenylla grisea Axelson, 1900
Willemia aspinata Stach, 1949
Friesea mirabilis (Tullberg, 1871)
Odontella empodialis Stach, 1934
Pseudachorutes parvulus Börner, 1901
Anurida pygmaea (Börner, 1901)
Neanura muscorum (Templeton, 1835)

Fam. Onychiuridae (Blindspringer)

Onychiurus furcifer (Börner, 1901)
Onychiurus armatus (Tullberg, 1869)
Onychiurus quadriocellatus Gisin, 1947
Onychiurus jubilarius Gisin, 1957
Onychiurus silvarius Gisin, 1952
Tullbergia callipygos Börner, 1902
Tullbergia quadrispina (Börner, 1901)
Mesaphorura hylophila (Rusek, 1982)
Mesaphorura yosii Rusek, 1971
Mesaphorura macrochaeta (Rusek, 1976)
Mesaphorura tenuisensillata (Rusek, 1974)

Fam. Isotomidae (Gleichringler)

Folsomia quadrioculata (Tullberg, 1871)
Folsomia candida (Willem, 1902)
Isotomodes templetoni Bagnall, 1939
Isotomiella minor (Schäffer, 1896)
Proisotoma minima (Absolon, 1901)
Isotoma sensibilis (Tullberg, 1876)
Isotoma arborea (Linné, 1758)
Isotoma notabilis Schäffer, 1896
Isotoma violacea Tullberg, 1876

Fam. Entomobryidae (Laufspringer)

Entomobrya muscorum (Nicolet, 1841)
Orchesella flavescens (Bourlet, 1839)
Orchesella bifasciata Nicolet, 1841
Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)
Lepidocyrtus lignorum (Fabricius, 1871)
Lepidocyrtus cyaneus Tullberg, 1871
Lepidocyrtus violaceus Lubbock, 1873
Pseudosinella alba (Packard, 1873)
Pseudosinella ksenemani Gisin, 1944
Pseudosinella immaculata (Lie-Pettersen, 1896)
Tomocerus flavescens (Tullberg, 1871)
Tomocerus minor (Lubbock, 1862)

Fam. Sminthuridae (Kugelspringer)

Neelus minimus (Willem, 1900)
Sminthurides parvulus (Krausbauer, 1898)
Arrhopalites caecus (Tullbeg, 1871)
Sminthurinus aureus (Lubbock, 1862)
Sminthurinus flammeolus Gisin, 1957
Sminthurinus niger (Lubbock, 1876)
Dicyrtoma ornata (Nicolet, 1841)
Dicyrtoma minuta (O.Fabricius, 1783)
Dicyrtoma fusca (Lucas, 1842)

Eine detaillierte, systematische Auswertung der Einzelergebnisse der Collembolenarten und eine ökologisch sinnvolle Gruppierung der Arten wurde in einer sogenannten Verteilungstypenanalyse versucht. Unter Verteilung ist hier das spezifische Vorkommen einer Art in den drei Bereichen Zwischenstammbereich, Stammablaufbereich und Stammfußbereich zu verstehen. Das Vorkommen wird durch die Größen Abundanz, Dominanz und Konstanz beschrieben. Je nach dem Schwerpunkt des Vorkommens einer Art bzw. ihrem Verteilungsschwerpunkt innerhalb der drei Bereiche wird sie einem Verteilungstyp zugeordnet. Bei drei Bereichen gibt es acht Haupttypen und entsprechende Übergangstypen. Der Verteilungsschwerpunkt einer Art kann in einem oder zwei Bereichen liegen oder sie ist über alle Bereiche gleichmäßig verteilt. Die Bezeichnung der Verteilungstypen erfolgt mit Hilfe der Symbole 0 (Referenzstandort = Zwischenstammbereich), 1 (erster Mikrostandort = Stammablaufbereich) und 2 (zweiter Mikrostandort = Stammfußbereich).

Unter der Voraussetzung, daß die Arten, die einem bestimmten Verteilungstyp zugeordnet werden, auch ähnlich auf die gleichen Faktoren bzw. Faktorenkombinationen reagieren, kann man die Arten eines Typs zu ökologischen Artengruppen zusammenfassen. Die Verteilungstypen entsprechen folglich bestimmten ökologischen Artengruppen; gegebenenfalls verbergen sich hinter einem Verteilungstyp aber auch mehrere verschiedene ökologische Artengruppen.

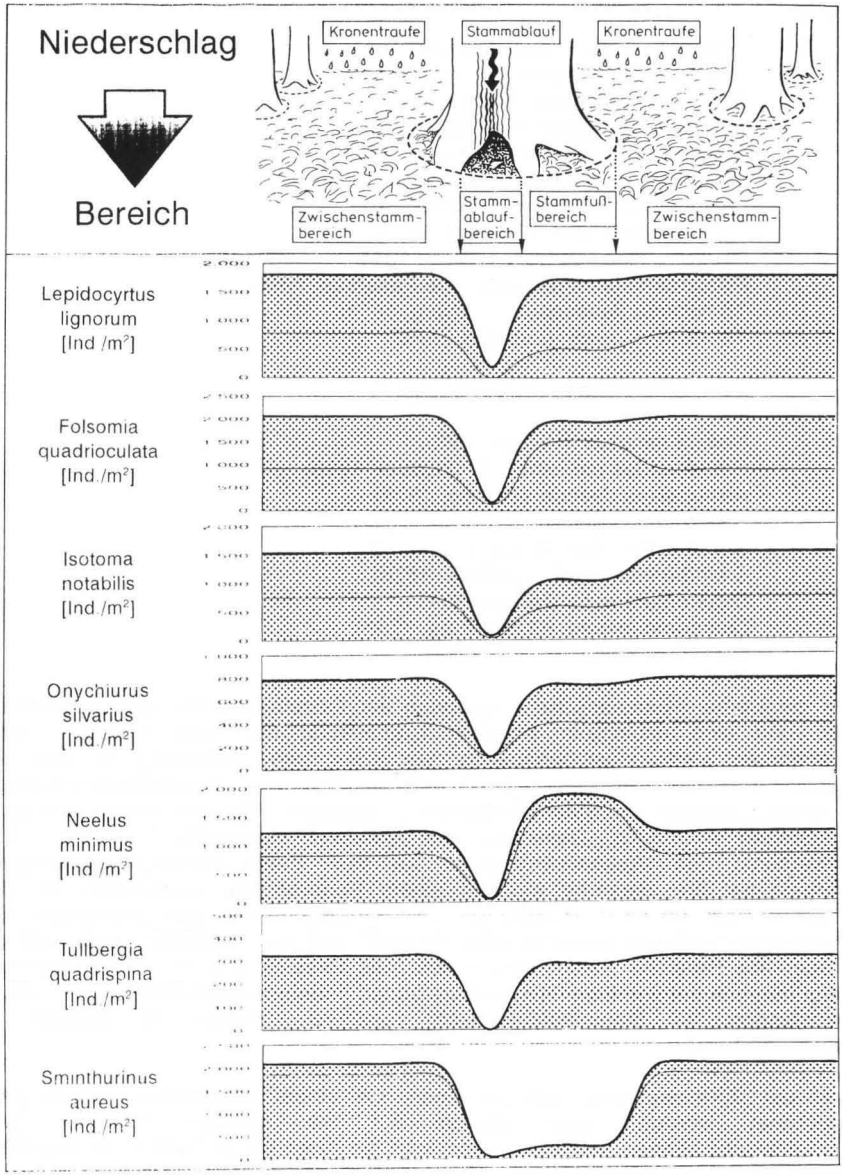


Abb. 2: Abundanz der Collembolenarten des Verteilungstyps 02 (empfindlichere Ubiquisten) und 0 in den verschiedenen Bereichen des Waldbodens; Trennlinie zwischen Streu und Boden.

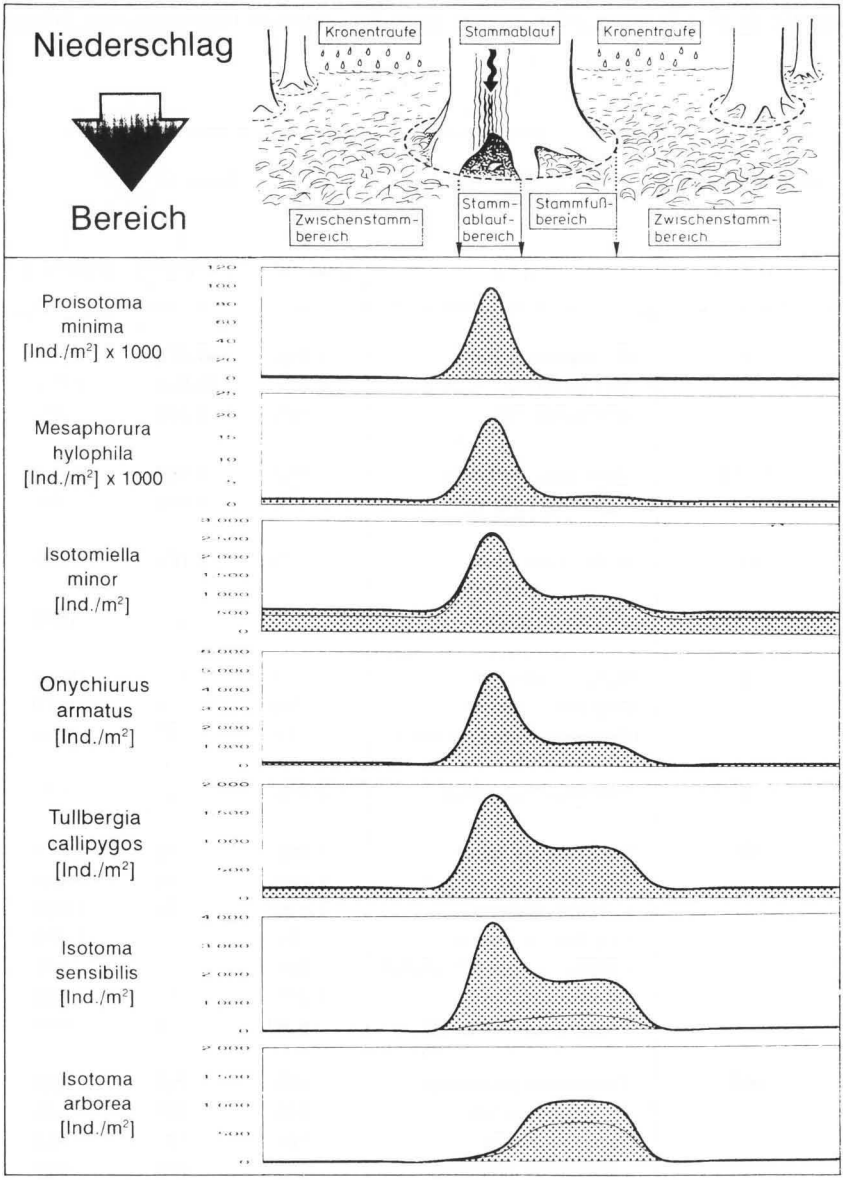


Abb. 3: Abundanz der Collembolenarten des Verteilungstyps 1 und 1-12 (Stammablaufarten) sowie 12 und 2 (Baumarten); Trennlinie zwischen Streu und Boden.

Tab. 1: Verteilungstypen bzw. ökologische Artengruppen der Collembolen und Abundanz der einzelnen Arten im Zwischenstammbereich **0**, Stammablaufbereich **1** und Stammfußbereich **2**.

Verteilungstyp	**Collembolenart**	**Abundanz**		
[-]	[-]	**0** [Ind./m²]	**1** [Ind./m²]	**2** [Ind./m²]
1	*Proisotoma minima*	1.812	**99.084**	782
	Mesaphorura hylophila	1.314	**19.511**	2.167
	Isotomiella minor	595	**2.692**	995
1 - 12	*Onychiurus armatus*	142	**4.867**	1.229
	Tullbergia callipygos	178	**1.812**	888
12	*Isotoma sensibilis*	0	**3.764**	**1.725**
2 - 12	*Dicyrtoma ornata*	0	105	**324**
2	*Isotoma arborea*	0	170	**1.018**
	Onychiurus furcifer	36	0	**147**
	Pseudachorutes parvulus	42	57	**355**
0	*Sminthurinus aureus*	**2.078**	36	270
02	*Lepidocyrtus lignorum*	**1.807**	189	**1.712**
	Folsomia quadrioculata	**2.062**	184	**1.942**
	Isotoma notabilis	**1.526**	78	**1.032**
	Onychiurus silvarius	**784**	107	**7.280**
	Onychiurus quadriocellatus	**254**	120	**296**
	Neelus minimus	**1.217**	57	**1.832**
	Tullbergia quadrispina	**320**	0	**284**
012	*Tomocerus flavescens*	**183**	**332**	**303**
	Dicyrtoma minuta	**416**	**404**	**176**
	Xenylla tullbergi	**126**	**197**	**63**
	Onychiurus jubilarius	**142**	**178**	**107**
	Mesaphorura macrochaeta	**1.954**	**6.238**	**2.878**

Selbstverständlich können nur die Arten einem Verteilungstyp zugeordnet werden, für die ausreichend Daten hinsichtlich ihres Vorkommens vorhanden sind; so konnten nur die häufiger und zahlreicher vorkommenden Arten typisiert werden. Im folgenden werden die tatsächlich festgestellten Verteilungstypen bzw. zugehörigen ökologischen Artengruppen besprochen.

Der Verteilungstyp 012 zeigt eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung über alle Bereiche. Hierher gehören ausgesprochene Ubiquisten und Arten mit breiter ökologischer Valenz wie *Tomocerus flavescens*, *Dicyrtoma minuta* und *Xenylla tullbergi* in der Streu und die weitverbreitete, fast allgegenwärtige *Mesaphorura macrochaeta* im Boden; daneben scheint auch die etwas seltenere Art *Onychiurus jubilarius* in jedem Bereich gleich stark vorzukommen.

Sehr ähnlich erscheint Verteilungstyp 02, allerdings mit dem Unterschied, daß der Stammablaufbereich keine oder nur eine sehr schwache oder sporadische Besiedlung aufweist. Größtenteils handelt es sich ebenfalls um Ubiquisten oder weitverbreitete Waldarten, die aber gegenüber den besonderen im Stammablaufbereich wirksamen Faktoren äußerst empfindlich reagieren. Es sind praktisch Standardarten für Waldstandorte, die auch hier als dominante oder subdominante Arten den gesamten Standort gleichmäßig dicht besiedeln - mit deutlicher Ausnahme der Stammablaufbereiche. In der Reihenfolge ihrer Bevorzugung der Streu sind dies *Lepidocyrtus lignorum*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotoma notabilis*, *Onychiurus silvarius*, *Onychiurus quadriocellatus*, *Neelus minimus* und die ausschließlich bodenbewohnende Art *Tullbergia quadrispina*.

Der Verteilungstyp 0 kommt praktisch nur im Zwischenstammbereich vor und spart die Bereiche an den Bäumen aus; Gegensatz ist Typ 12. Lediglich eine Art, *Sminthurinus aureus*, zeigte eine klare derartige Verteilung. Hierbei waren vor allem auch juvenile Exemplare ausschlaggebend, die sich bevorzugt im Boden aufhielten.

Bei dem Verteilungstyp 2 ist der Lebensraum noch weiter eingeschränkt. Weder der Zwischenstammbereich, noch der Stammablaufbereich, sondern nur der Stammfußbereich wird von hierzu gehörenden Arten bewohnt. Für die baumbewohnende Art *Isotoma arborea* leuchtet diese Verteilung ein, für *Onychiurus furcifer* und die hier nur im Boden vorkommende Art *Pseudachorutes parvulus* kommen die etwas stärker sauren Verhältnisse wahrscheinlich eher in Betracht.

Auch Dicyrtoma ornata, die dem Übergangstyp 2 - 12 zugeordnet wurde, dürfte an das Habitat des Stammfußes besonders angepaßt sein; interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die nahe verwandte Art *Dicyrtoma minuta* (Typ 012) zwar in allen Bereichen regelmäßig vorkommt, ausgerechnet aber im Stammfußbereich weniger zahlreich ist, d.h. womöglich eine inverse Verteilung zu *Dicyrtoma ornata* aufweist.

Zum Verteilungstyp 12 sind Arten zu zählen, die den gesamten Stammfußbereich samt Stammablaufbereich bewohnen, im Zwischenstammbereich aber nicht zu finden sind. Offensichtlich handelt es sich bei streubewohnenden Arten dieses Typs um Baumarten, die an dieses Habitat gebunden sind und die Fläche zwischen den Bäumen wegen der fehlenden Strukturen meiden. Gleichzeitig werden sie vom

Stammablauf nicht beeinträchtigt. Für *Isotoma sensibilis* trifft dies in beispielhafter Weise zu; nicht ein einziges Exemplar wurde im Zwischenstammbereich gefunden. Die beiden weiter oben angeführten Arten *Isotoma arborea* (Typ 2) und *Dicyrtoma ornata* (Typ 2-12) kann man ebenfalls als Baumarten auffassen, da sie nur am Baum und dort als Adulte vor allem in der Streu vorkommen; sie reagieren aber wesentlich empfindlicher auf den Stammablauf. Analog zu den robusteren Ubiquisten (Typ 012) und den empfindlichen Ubiquisten (Typ 02) lassen sich die robusten Baumarten (Typ 12) den empfindlicheren Baumarten (Typ 2) gegenüberstellen.

Die Arten des Verteilungstyps 1 haben ihren Verteilungsschwerpunkt im Stammablaufbereich, genau dort, wo die oben beschriebenen Faktoren extreme Werte annehmen und daher extreme Lebensbedingungen herrschen. Diese Arten sind für die hohe Abundanz der Collembolen 141.000 Ind./m² verantwortlich. Allen voran ist hier *Proisotoma minima* zu nennen, die allein schon 99.000 Ind./m² stellt. Davon leben 97.500 Ind./m² im Boden und lediglich 1.500 Ind./m² in der Streu. Sie hat hier einen Dominanzanteil von etwas mehr als 70 % und ist damit superdominant; die Konstanz liegt gleichzeitig bei 90 %.

Ihre Zahl von 800 - 1.800 Ind./m² in den anderen Bereichen und auch in der Streu des Stammablaufbereichs ist als Überquellen dieses Massenvorkommens zu verstehen, denn normalerweise findet man die Art nur sporadisch in Einzelexemplaren. Sie gehört nicht zum üblichen Arteninventar bzw. zur Gruppe der dominanten oder subdominanten Arten eines Waldstandorts.

Gerade unter diesen extremen Bedingungen und bei Konkurrenzausschluß der sonst stets vorhandenen Arten (besonders des Typs 02) , erreicht *Proisotoma minima* diese enorme Besiedlungsdichte. Dies charakterisiert sie als einen r-Strategen, der zwar die Konkurrenz anderer Arten nicht verkraftet, aber bei deren Fehlen auch den widrigsten Bedingungen trotzt und sich dann massenhaft vermehrt. Wahrscheinlich ist die Kapazität der kleinen Inseln des Stammablaufbereichs, ihres eigentlichen Lebensraumes, sogar z.T. überschritten, so daß sie in angrenzende Bereiche vordringt.

Ähnlich verhält sich auch *Mesaphorura hylophila*, jedoch erreicht ihre Abundanz nur 19.500 Ind./m²; immerhin die gleiche Größenordnung wie die Gesamtabundanz der Collembolen in den anderen Bereichen. Auch *Isotomiella minor*, eine ansonsten eher ubiquitäre Art, hat einen eindeutigen Verteilungsschwerpunkt im Stammablaufbereich.

Einen stärker stufenweisen Anstieg der Abundanz vom Zwischenstammbereich über den Stammfußbereich zum Stammablaufbereich zeigen die Arten *Onychiurus armatus* und *Tullbergia callipygos*, die deswegen den Übergangstyp 1-12 bilden. Dennoch können sie mit den drei Arten des Typs 1 als Stammablaufarten zusammengefaßt werden. Ihr gemeinsames Merkmal ist der Verteilungsschwerpunkt im Boden des Stammablaufbereichs.

Die unterschiedenen Verteilungstypen dürften weitgehend ökologischen Artengruppen gleichzusetzten sein, die gegebenenfalls weiter zu differenzieren sind (s.Typ 2), andererseits auch wieder in Ubiquisten (Typ 012, Typ 02 u. evtl. Typ 0), Baumarten (Typ 2 u. Typ 2-12 u. Typ 12) und Stammablaufarten (Typ 1 u. Typ 1-12) eingeteilt werden können.

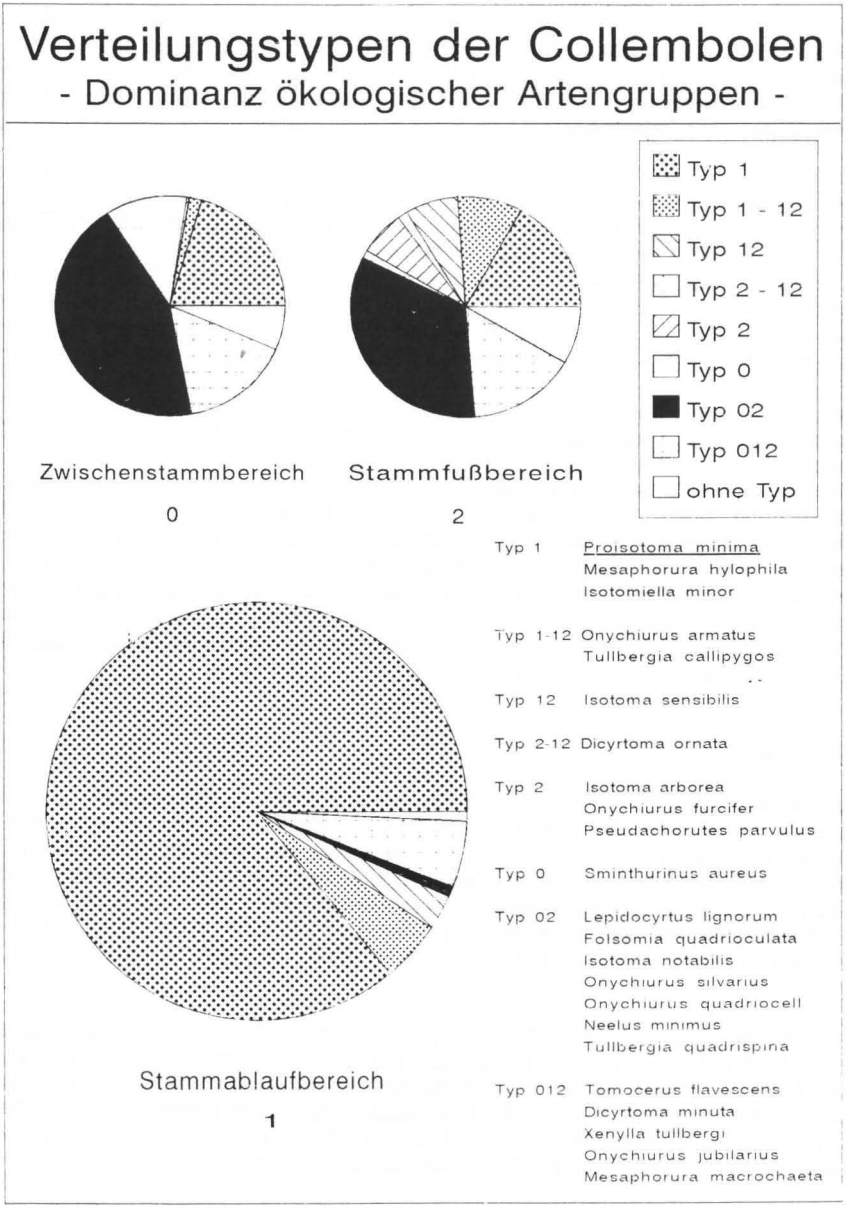


Abb. 4: Dominanzanteile der Verteilungstypen der Collembolen bzw. ökologischer Artengruppen in den verschiedenen bestandeshydrologischen Bereichen

Durch die Verteilungstypenanalyse konnten die wichtigsten Collembolen-Arten hinsichtlich ihres ökologischen Verhaltens charakterisiert werden. Gleichzeitig wurden hierdurch die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der drei durch Raumstruktur und Bestandeshydrologie definierten Bereiche anhand der Zusammensetzung ihrer Collembolenfauna aus verschiedenen Verteilungstypen bzw. ökologischen Artengruppen herausgearbeitet.

Vergleicht man die Dominanzanteile der einzelnen Verteilungstypen an der Collembolengemeinschaft der Bereiche (Abb. 4), so erkennt man die große Ähnlichkeit von Zwischenstammbereich und Stammfußbereich mit dem markanten Anteil des Typs 02 von 44 % bzw. 34 %, der im Stammablaufbereich auf 0,5 % zusammenschmilzt. Die o.g. Ähnlichkeit wird durch die Berechnung der Dominanzidentität (Renkonen-Index) bestätigt; zwischen Zwischenstammbereich und Stammfußbereich beträgt sie 51 % in der Streu und im Boden, zwischen diesen Bereichen und dem Stammablaufbereich dagegen nur ca. 20 % in der Streu und 2 % im Boden.

Ganz klar geht das starke Anwachsen der Dominanz des Typs 1 im Stammablaufbereich aus dem Vergleich mit den anderen Bereichen hervor. Die Diversität wird ebenfalls in den Dominanzanteilen der Verteilungstypen widergespiegelt. Hier erweist sich der Stammfußbereich als am besten aufgefächert, entsprechend einem Diversitätsindex von 2,77 (bzw. Evenness von 0,79); der Zwischenstammbereich erreicht einen etwas niedrigeren Wert von 2,44 (bzw. Evenness von 0,69). Dagegen setzt sich der Stammablaufbereich durch das Überwiegen der superdominanten *Proisotoma minima* und einiger weniger anderer Arten mit HS=1,14 (bzw. Evenness von 0,33) sehr deutlich ab. Auch die Ergebnisse der Bodenfauna und insbesonders der Collembolen belegen, daß der Mikrostandort Stammablaufbereich ein Extremfall ist.

5. Diskussion

Die Besonderheit des Mikrostandorts Stammablaufbereich wurde aus dem Vergleich der bodenchemischen und bodenzoologischen Ergebnisse der hier unterschiedenen Bereiche hergeleitet. Extreme Versauerung, gekoppelt mit Nährstoffauswaschung und zunehmender Aluminium-Toxizität, sowie Schwermetallakkumulation wurden in allen bodenchemischen Untersuchungen in Mitteleuropa festgestellt, die sich mit dem Einsickerungsbereich des Stammablaufs befassen (KOENIES, 1982; GLATZEL et al., 1983; GLATZEL & KAZDA, 1984; JOCHHEIM, 1985; SCHÄFER, 1988; FRITSCH, 1990).

Immer wieder wurde der Modellcharakter des Stammablaufbereichs hinsichtlich der Entwicklung des Bodens unter der fortschreitenden Immissionsbelastung und damit seine Indikatorfunktion betont. Veränderungen, die zunächst nur den Stammablaufbereich betreffen, werden sich unter Beibehaltung der Belastungssituation langfristig auf den gesamten Bestand ausdehnen. Dabei scheint den Immissionen, nicht der hohen Niederschlagsmenge, die Rolle des wirksamen Faktors zuzukommen.

In Gebieten ohne nennenswerte Immisionsbelastung wurden die o.g. Effekte des Stammablaufs nicht nachgewiesen (GLAVAC et al., 1985). So waren in

Buchenwäldern Korsikas und SW-Kroatiens die bodenchemischen Kennwerte pH-Wert und effektive Kationen-Austauschkapazität (AKe) sowie die Schwermetallgehalte im Mikro- und Makrostandort gleich.

Aus bodenzoologischen Untersuchungen im Eggegebirge (LOSSE, 1986) geht hervor, daß die Enchyträen im Stammfußbereich zahlreicher vorkommen und davon zwei säureliebende oder wenigstens säuretolerante Arten, *Cognettia sphagnetorum* und weniger ausgeprägt auch *Marionina clavata*, im Stammablaufbereich meist sogar ihre höchsten Abundanzen erreichen. Die vorliegenden Ergebnisse aus dem Bliesgau zeigen eine ähnliche Tendenz, wobei die Enchyträen aber eine deutliche Massierung speziell im Stammablaufbereich aufweisen.

Im Eggegebirge (LOSSE, 1986) meiden die Collembolen den Stammablaufbereich und erreichen im gesamten Stammfußbereich nur Abundanzen zwischen 4.000 bis 5.000 Ind./m² während in einer Entfernung von 0,5 - 1,0 m schon 10.000 - 15.000 Ind./m² vorkommen. Die Arten *Isotoma sensibilis*, *Onychuirus armatus*, *Tullbergia krausbaueri* (bzw. Arten der Gattung Mesaphorura) und *Folsomia quadrioculata* haben dort unmittelbar am Stamm relativ hohe Dominanzen. Abgesehen von der euryöken Art *Folsomia quadrioculata* konnten im Bliesgau die o.a. Arten aufgrund ihres Verteilungsschwerpunktes als Baumarten (*Isotoma sensibilis*) oder sogar Stammablaufarten (*Isotomiella minor*, *Onychiurus armatus* und *Mesaphorura hylophila*) charakterisiert werden. Im Bliesgau kommt jedoch noch die für die Gesamtabundanz entscheidende Art *Proisotoma minima* mit alleine fast 100.000 Ind./m² im Stammablaufbereich hinzu, die im Eggegebirge fehlt.

In einer bodenzoologischen Untersung im Wienerwald (KOPESZKI, SCHALLER u. CHRISTIAN, 1986) stellte sich heraus, daß sich die relative Häufigkeit (Dominanz) und die Besiedlungsdichte (Abundanz) der Gattung Mesaphorura gegen die Stammbasis erhöhen, so daß die Gattung Mesaphorura im Einsickerungsbereich des Stammablaufs deutlich dominiert. Hierbei wird die zunehmende Versauerung als Erklärungshypothese angeführt, aber es werden auch die veränderten Konkurrenzverhältnisse in Betracht gezogen, denn umgekehrt wie Mesaphorura zunimmt, nehmen die Isotomiden generell ab. Auch im Bliesgau hat die Gattung Mesaphorura ihre höchste Abundanz im Stammablaufbereich. *Mesaphorura hylophila* (19.500 Ind./m²) wurde als ausgesprochene Stammablaufart erkannt. Die zweite hier zahlreich auftretende Art der Gattung ist *Mesaphorura macrochaeta*; sie wurde aufgrund ihrer geringeren Konstanz im Stammablaufbereich gegenüber den anderen Bereichen nicht als Stammablaufart aufgefaßt, hat aber dennoch hier ihre höchste Abundanz (6.000 Ind./m²) im Vergleich zum Stammfußbereich (3.000 Ind./m²) und im Zwischenstammbereich (2.000 Ind./m²). Die Isotomiden allerdings gehen im Stammablaufbereich nicht wie im Wienerwald zurück, sondern vermehren sich massenhaft, jedenfalls die Art *Proisotoma minima*.

Allein die hohen Abundanzen der Collembolen von 141.000 Ind./m² im Stammablaufbereich und insbesondere die Abundanz von *Proisotoma minima* (99.000 Ind./m²) stellen für sich schon etwas Bemerkenswertes dar. Die Besiedlungsdichten der Collembolen in Buchenwäldern liegen ansonsten für den Makrostandort bei 8.500 Ind./m² im Eggegebirge (GERDSMEIER, 1984), bei 13.000 Ind./m² im Nord-Schwarzwald (KOGLIN, 1979), bei 19.000 Ind./m² im Kottenforst bei

Bonn (SCHLEUTER, 1984), bei 37.000 Ind./m² in einem Kalkbuchenwald bei Göttingen (WOLTERS, 1983) und bei 63.000 Ind./m² im Solling (SCHAUERMANN, 1977).

Daraus ist einerseits abzulesen, daß die Abundanz für den Zwischstammbereich (Makrostandort) im Bliesgau mit 18.000 Ind./m² eine mittlere Höhe hat und die o.a. Abundanz im Stammablaufbereich einen sehr hohen Wert darstellt. Das konzentrierte Massenvorkommen von *Proisotoma minima* ist gewiß als interessanteste Entdeckung in dieser Untersuchung zu werten. Ursprünglich hielt man sie für eine Höhlenform (Handschin, 1929). Später wurde sie in Wäldern (KACZMAREK, 1977; DUNGER, 1972; BOCKEMÜHL, 1956; SCHLEUTER, 1984), Wiesen (LEUTHOLD, 1961) und Weinbergen (DIELMANN, 1982) gefunden. Sie gilt als hygrophil (GISIN, 1943), was gut mit dem reichlichen Niederschlagswasser im Stammablaufbereich übereinstimmt. Bisher wurde sie aber nie in großen Mengen angetroffen (SCHLEUTER, 1984).

Ihr Massenvorkommen im Stammablaufbereich charakterisiert sie als eine gegenüber Vernässung und Versauerung außerordentlich widerstandsfähige, gegenüber Konkurrenz allerdings wahrscheinlich sehr schwache Art. Das Zusammentreffen extremer abiotischer Verhältnisse mit geringer Konkurrenz im Stammablaufbereich begünstigt *Proisotoma minima* offensichtlich in dramatischer Weise.

Ähnliche Erscheinungen wurden für *Isotomina thermophila* auf Schutthalden eines Stahlwerks bei Völklingen/Saarland festgestellt (GUTTMANN, 1979). Diese Art ist, wie ihr Name schon besagt, äußerst thermophil und erträgt Temperaturen von über 40°C. Auf den z.T. im Innern brennenden Schlackenhalden war sie auch in den heißen Dampfspalten vorhanden und erreichte auf den wärmsten Untersuchsflächen eine Dominanz von 98 %.

Dieselbe Art erwies sich in einer anderen Untersuchung als hochgradig resistent gegen Parathion (OLIVIER u. RYKE, 1969). Auf einer Zitrus-Plantage in Nord-Transvaal wurden Flächen mit unterschiedlichen Mengen des Insektizids Parathion behandelt. Ausgerechnet die höchstbelastete Variante hatte die höchste Abundanz von *Isotomina thermophila* aufzuweisen mit fast 29.000 Ind./m², im Vergleich zu 500 Ind./m² auf der Kontrolle. Insbesondere die Resistenz gegen Parathion und das dadurch ausgelöste Fehlen ihrer Freßfeinde, der Raubmilben, wird als Erklärungshypothese herangezogen.

Eine andere außergewöhnliche Art ist *Folsomides deserticola*, die als charakteristische Art der ariden und semiariden Gebiete Australiens gilt, und als Indikator für saisonale sowie regionale Aridität (WOOD, 1971). Immerhin erreicht sie in den Wüstenböden noch 1.300 Ind./m² und stellt damit 50-90 % der Collembolenpopulation; in der subhumiden Region dagegen dünnt sie aus und verschwindet dann ganz. Die scheinbar ungünstigsten Lebensbedingungen, zumal für Collembolen (Feuchtlufttiere!), werden von *Folsomides deserticola* offenbar optimal genutzt. Auch in diesem Fall ist eine hohe Widerstandskraft gegenüber extremen abiotschen Faktoren, hier Hitze und Trockenheit, mit einer vermutlichen Schwäche gegenüber Konkurrenten oder Freßfeinden gepaart.

Auf Brandrodungsflächen im brasilianischen Regenwald waren neben den Hypogastruriden vor allem die Isotomiden mit Augen, nicht aber die blinden Isotomiden, bereits einen Monat nach der Rodung und dem Niedergang der Primärwaldfauna die typischen Erstbesiedler (HÜTHER, 1983). Mit dem Fortschreiten der Sukzession verschwanden sie wieder. Hüther sieht hierin eine interessante Übereinstimmung mit der Wieder- und Neubesiedlung von Stahlwerkshalden (GUTTMANN, 1979) und Braunkohle-Rekultivierungsflächen (BODE, 1973) in Mitteleuropa.

Die oben als Beispiele angeführten Arten *Isotomina thermophila*, *Folsomides deserticola* und ebenso *Proisotoma minima* aus der vorliegenden Untersuchung gehören in eben die von Hüther herausgestellte systematische Gruppe der Isotomiden. In dieser Gruppe gibt es offensichtlich gehäuft Pionierarten, die den verschiedensten extremen abiotischen Faktoren trotzen, dem Konkurrenz- und Feinddruck jedoch erliegen.

6. Zusammenfassung

In einem fast 100-jährigen Buchenbestand wurden die Auswirkungen des in Mitteleuropa stark immissionsbelasteten Stammablaufs auf den chemischen Bodenzustand und die Bodenfauna, insbesondere die Collembolen, des Stammablaufbereichs im Vergleich zu den Verhältnissen im angrenzenden Stammfußbereich und im Zwischenstammbereich untersucht.

Die Untersuchungsfläche liegt im Saarland, ca. 15 km südöstlich von Saarbrücken, auf einem Muschelkalkplateau. Streu- und Bodenproben wurden in einer Berlese-Apparatur ausgetrieben, der Boden wurde anschließend chemischen Analysen unterzogen, die Bodenfaunagruppen ausgezählt und davon die Collembolen auf Artniveau bestimmt.

Auffallend waren die gegenüber den anderen Bereichen stark erhöhten Abundanzen der Enchyträen, Dipterenlarven und besonders der Collembolen im Stammablaufbereich. Die Collembolen erreichten hier eine recht hohe Abundanz von ca. 140.000 Ind./m² gegenüber ca 20.000 Ind./m² in den anderen Bereichen.

Aufgrund der Lage ihres Verteilungsschwerpunktes wurden mehrere Verteilungstypen bzw. ökologische Artengruppen bei den Collembolen unterschieden; die wichtigsten Gruppen sind die Ubiquisten, die Baumarten und die Stammablaufarten. Zu den Ubiquisten zählen fünf weniger empfindliche, über alle Bereiche mehr oder weniger gleichmäßig verteilte Arten und sieben empfindlichere Arten, die im Stammablaufbereich praktisch ausfallen.

Das genau entgegengesetzte, sozusagen inverse Verteilungsmuster mit Verteilungsschwerpunkt im Stammablaufbereich zeigen die Stammablaufarten, zu denen fünf Arten gehören. Unter diesen fällt *Proisotoma minima* durch ihre Abundanz von fast 100.000 Ind./m² im Stammablaufbereich gegenüber 1.000 - 2.000 Ind./m² in den anderen Bereichen auf. Damit wurde ein Massenvorkommen dieser sonst nur sporadisch vorkommenden Art an einem Mikrostandort mit extremen abiotischen

Faktoren festgestellt. *Proisotoma minima* ist eine Pionierart, die starke Vernässung, Versauerung, Nährstoffauswaschung, Aluminium-Toxizität und wahrscheinlich auch Schwermetallakkumulation zumindest toleriert und bei gleichzeitig geringem Konkurrenz- und/oder Feinddruck sich als r-Stratege massenhaft vermehrt.

7. Literatur

BOCKEMÜHL, J. (1956): Die Apterygoten des Spitzberges bei Tübingen, eine faunistisch-ökologische Untersuchung. - Zool. Jb. (Syst.) **84**: 113-194.

BODE, E. (1973): Beiträge zu den Erscheinungen einer Sukzession der terricolen Zoozönose auf Rekultivierungsflächen. - Dissertation, Braunschweig.

DIELMANN, H. (1982): Untersuchung zur Collembolenfauna verschiedener Weinbergsböden im oberen Rheingau. - Diplomarbeit, Bonn.

DUNGER, W. (1972): Systematische und ökologische Studien an der Apterygotenfauna des Neißetales bei Ostritz (Oberlausitz). - Abh. Ber. Nat. Mus. Görlitz **47**: 1-42.

FJELLBERG, A. (1980): Identification keys to Norwegian Collembola. - Norsk Entomologisk Forening.

FRITSCH, N. (1989): Differenzierung bestandeshydrologischer Bereiche anhand von Collembolenzönosen. - Diplomarbeit, Saarbrücken.
FRITSCH, N. (1990): Der chemische Bodenzustand unter dem Einfluß des Stammablaufs in Altbuchenbeständen. - Diplomarbeit, Saarbrücken.

GERDSMEIER, J. (1984): Zur Kenntnis der Colembolenfauna immissionsbelasteter Waldböden. - Diplomarbeit, Münster.

GISIN, H. (1943): Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet. - Rev. suisse Zool. **50**: 131-224.

GISIN, H. (1960): Collembolenfauna Europas. - Genf.

GLATZEL, G. & KAZDA, M. (1984): Schwermetallanreicherung und Schwermetallverfügbarkeit im Einsickerungsbereich von Stammablaufwasser in Buchenwäldern (Fagus sylvatica) des Wienerwaldes. - Z.Pflanzenernaehr.Bodenk., **147**, 743-752.

GLATZEL, G., SONDEREGGER, E., KAZDA, M. & PUXBAUM, H. (1983): Bodenveränderungen durch schadstoffangereicherte Stammablaufniederschläge in Buchenbeständen des Wienerwaldes. - AFZ, **26/27**, 693-694.

GLAVAC, V., JOCHHEIM, H., KOENIES, H., RHEINSTÄDTER, R. & SCHÄFER, H. (1985): Einfluß des Stammablaufwassers auf den Boden im Stammfußbereich von Altbuchen in unterschiedlich immissionsbelasteten Gebieten. - AFZ, **51/52**, 1397-398.

GUTTMANN, R. (1979): Untersuchungen zur Entwicklung der Bodenfauna rekultivierter Schutthalden eines Stahlwerkes. - Dissertation, Braunschweig.

HANDSCHIN, E. (1929): Urinsekten oder Apterygota. - Jena.

HÜTHER, W. (1983): Collembolen-Populationen brasilianischer Regenwälder und ihre Beeinflussung durch den Menschen. - Pedobiologia **25**: 317-323.

JOCHHEIM, H. (1985): Der Einfluß des Stammablaufwassers auf den chemischen Bodenzustand und die Vegetation in Altbuchenbeständen verschiedener Waldgesellschaften. - Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben, **13**, 1-255.

KACZMAREK, M. (1977): Comparison of the role of Collembola in different habitats. - Ecol. Bull. **25**: 64-74.

KOENIES, H. (1982): Über die Eigenart der Mikrostandorte im Fußbereich der Altbuchen unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetallgehalte in der organischen Auflage und im Oberboden. - Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, **9**, 1-288 (Nachdruck 1985).

KOGLIN, J. & BECK, L. (1983): Die Wirkung von Umweltveränderungen auf die Collembolenfauna (Insecta, Apterygota) eines Buchenwaldes. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1983.

KOPESZKI, H., SCHALLER, F. & CHRISTIAN, E. (1987): Bodenzoologische Untersuchungen im Einflußbereich des Buchen-Stammablaufs. - Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Österreich, Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Bericht 1987, Wien.

LEUTHOLD, R. (1961): Vergleichende Untersuchung der Tierwelt verschiedener Wiesenböden im oberbayerischen Raum unter besonderer Berücksichtigung der Collembolen. - Z. ang. Ent. **49**: 1-49.

LOSSE, G. (1986): Zoocoenosen und Bodenstruktur im Stammfußbereich von Altbuchen des Eggegebirges. - Diplomarbeit, Münster.

OLIVIER, P.G. & RYKE, P.A. (1969): The influence of citricultural practices on the composition of soil Acari and Collembola populations. - Pedobiologia **9**: 227-281.

PALISSA, A. (1964).: Apterygota in BROHMER, P., EHRMANN, P. & ULMER, G.: Die Tierwelt Mitteleuropas, Band IV. Insekten I. Teil Apterygota. - Leipzig.

SCHAUERMANN, J. (1977): Zur Abundanz- und Biomassedynamik der Tiere in Buchenwäldern des Solling. - Verh. Ges. Ökol. 1976: 113-124.

SCHÄFER, H. (1988): Auswirkungen der Deposition von Luftschadstoffen auf die Streuzersetzung in Waldökosystemen - Eine Fallstudie an den durch Stammablaufwasser stark säure- und schwermetallbelasteten Baumfuß-Bodenbereichen alter Buchen. - Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, **37**, 1-244.

SCHLEUTER, M. (1984): Untersuchung der Collembolenfauna verschiedener Waldstandorte des Naturparkes Kottenforst-Ville. - Dissertation, Bonn.

WOLTERS, V. (1983): Ökologische Untersuchungen an Collembolen eines Buchenwaldes auf Kalk. - Pedobiologia **25**: 73-85.

WOOD, T.G. (1971): The distribution and abundance of *Folsomia deserticola* (Collembola: Isotomidae) and other micro-arthropods in arid and semi-arid soils in Southern Australia, with a note on nematode populations. - Pedobiologia **11**: 446-468.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Dipl.-Geol.
Norbert Fritsch
Petersheckstr. 8
6682 Ottweiler-Fürth

Schriftleitung: Dr. Harald Schreiber

Verlag: Eigenverlag der DELATTINIA, FR Biogeographie
Universität des Saarlandes, 6600 Saarbrücken 11

Druck: eschl druck
Hochstraße 4a, Telefon 0 68 21 / 76 95, Telefax 0 68 21 / 7 98 93
6683 Spiesen-Elversberg

Preis: DM 6.00

Mitgliedsbeiträge können auf das Konto 2550 bei der Sparkasse Saarbrücken eingezahlt werden.

Sie erleichtern uns die Arbeit, wenn Sie eine Einzugsermächtigung ausfüllen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Faunistisch-floristische Notizen aus dem Saarland

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: 24_1992

Autor(en)/Author(s): Fritsch Norbert

Artikel/Article: Collembolen im Stammablaufbereich von Buchen-Untersuchungsfläche Bliesmengen-Bolchen / Bliesgau - 225-248