

Zeitschrift:	Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel
Herausgeber:	Entomologische Gesellschaft Basel
Band:	28 (1978)
Heft:	4
Artikel:	Die Bedrohung der humusbildenden Bodenfauna durch Fluor-Immissionen : mit besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari) und Springschwänze (Collembola)
Autor:	Bühlmann, A.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1042622

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

N.F./28. Jahrgang

Dezember 1978

DIE BEDROHUNG DER HUMUSBILDENDEN BODENFAUNA DURCH
FLUOR-IMMISSIONEN

Mit besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari) und Springschwänze (Collembola).

A. Bühlmann

1. Einführung

Die Fluor-Immissionen, die von Badisch-Rheinfelden ausgehend, das Fricktal (Kanton Aargau/Schweiz) bedrohen, waren bis etwa 1975 regelmässig für Schlagzeilen in der Presse verantwortlich. Titel wie: "Mit Fluorschäden leben lernen", "Fluorimmissionen und Waldzerfall" oder "Der 'stumme Frühling' im Fricktal" wurden jedoch nach und nach durch die weit schlimmeren Zustände im Wallis überflügelt: "Wir sahen eine Wüste", hiess es dort.

Heute bestreitet wohl niemand mehr, dass Fluor von einer bestimmten Konzentration an Unheil anrichtet: Menschen und Wirbeltiere erkranken an Fluorose; Pflanzen, insbesondere Nadelbäume, können an Stoffwechselbeschädigungen eingleichen. Welche Konzentration jedoch als Bedrohung anzusehen ist, darüber scheinen sich Gesetzgeber, Gutachter und Gegengutachter nicht einigen zu können.

C. BADER (1974) hat sich, durch sein persönliches Interesse geleitet, mit diesem Schädlichkeitsproblem beschäftigt. Ich durfte dieses Thema in Form einer Diplomarbeit aufgreifen, um verschiedene Untersuchungsmethoden zu überprüfen. Das Interesse lag bei meiner Arbeit nicht so sehr bei den unmittelbaren Schäden. Es handelte sich hier letztlich um die Frage nach der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit: Wer morgen einen guten Boden haben will, der muss schon heute dafür besorgt sein! Damit werden Perspektiven in die Zukunft freigelegt, die in keiner Schadenersatzrechnung berücksichtigt werden. Besondere Bedeutung hat dies vor allem für die Waldwirtschaft, wo bekanntlich langfristig geplant werden muss.

In den Wäldern nördlich von Möhlin, welche die höchste Fluorkonzentration abbekommen, sterben die Nadelbäume aufgrund einer physiologischen Erkrankung ab. Sie müssen durch Eichen und Buchen ersetzt werden.

Der Abbau des anfallenden organischen Materials läuft bei einer Beeinträchtigung der Bodenfauna über andere Stufen, es entsteht sowohl physikalisch (Krümelstruktur) wie auch chemisch (Düngewert) ein schlechteres Pflanzensubstrat. Damit ist jedoch mit einem geringeren Holzzuwachs unbekannter Grösse zu rechnen. Aus diesen Gründen wäre es wünschenswert,

wenn Forschungen über das Bodenleben gefördert würden. Ich denke in erster Linie an die Erhaltung respektive Förderung der Bodenfruchtbarkeit in der Landwirtschaft, wo heute der Einsatz von chemischen Mitteln enorme Ausmasse erreicht hat.

Warum gerade Milben? Die Bodenforschung an Kulturflächen konzentriert sich jetzt hauptsächlich auf bakteriologische Untersuchungen . Die Milben aber eignen sich deshalb besonders gut zur Erfassung einer Zootönose, weil sie eine hohe Diversität aufweisen. Sie sind auf allen Erdteilen, von der Heisswasserquelle bis zum Gletscher, zu finden. Ihr enormer Formenreichtum erlaubt ihnen, praktisch jede Nahrungsquelle auszuschöpfen: Wir kennen sie als Parasiten, Räuber, Aasfresser, Pflanzenfresser, Paraphagen und Kommensalen. Wir sehen durch sie die Beziehung innerhalb eigenen, sowie zu allen anderen, in einer Zootönose lebenden, Gruppen. Mit einer einzigen Fangmethode kann man die Milben erfassen und mit wachsenden Kenntnissen über diese Beziehungen schliesslich die Gemeinschaft beurteilen.

1.1 Geographie (Abb. 1)

Wie aus dem Kartenausschnitt (Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Rheinfelden, Blatt 1048) zu ersehen ist, liegen die untersuchten Waldgebiete "Heimeholz" und "Unteri Rüchi" am linken Ufer in der Rheinschlaufe nördlich von Möhlin. Die Fluor-emittierende Industrie hat sich am rechten, deutschen Ufer angesiedelt. Durch die vorherrschenden Winde in West-Ost-Richtung wird vor allem das "Heimeholz" mit Fluoriden belastet.

1.2 Fluor-Immissionen

Während der Produktion des zur Zeit wichtigsten Leichtmetalls, dem Aluminium, entsteht Fluor. Aluminium wird auf elektrolytischem Wege aus Tonerde (Al_2O_3) und Kryolith (Na_3AlF_6) hergestellt. Die Produkte sind neben metallischem Aluminium Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), aber auch Fluoride verschiedener Art: gasförmige Fluorwasserstoffverbindungen, staubförmiges Kryolith und Tonerde.

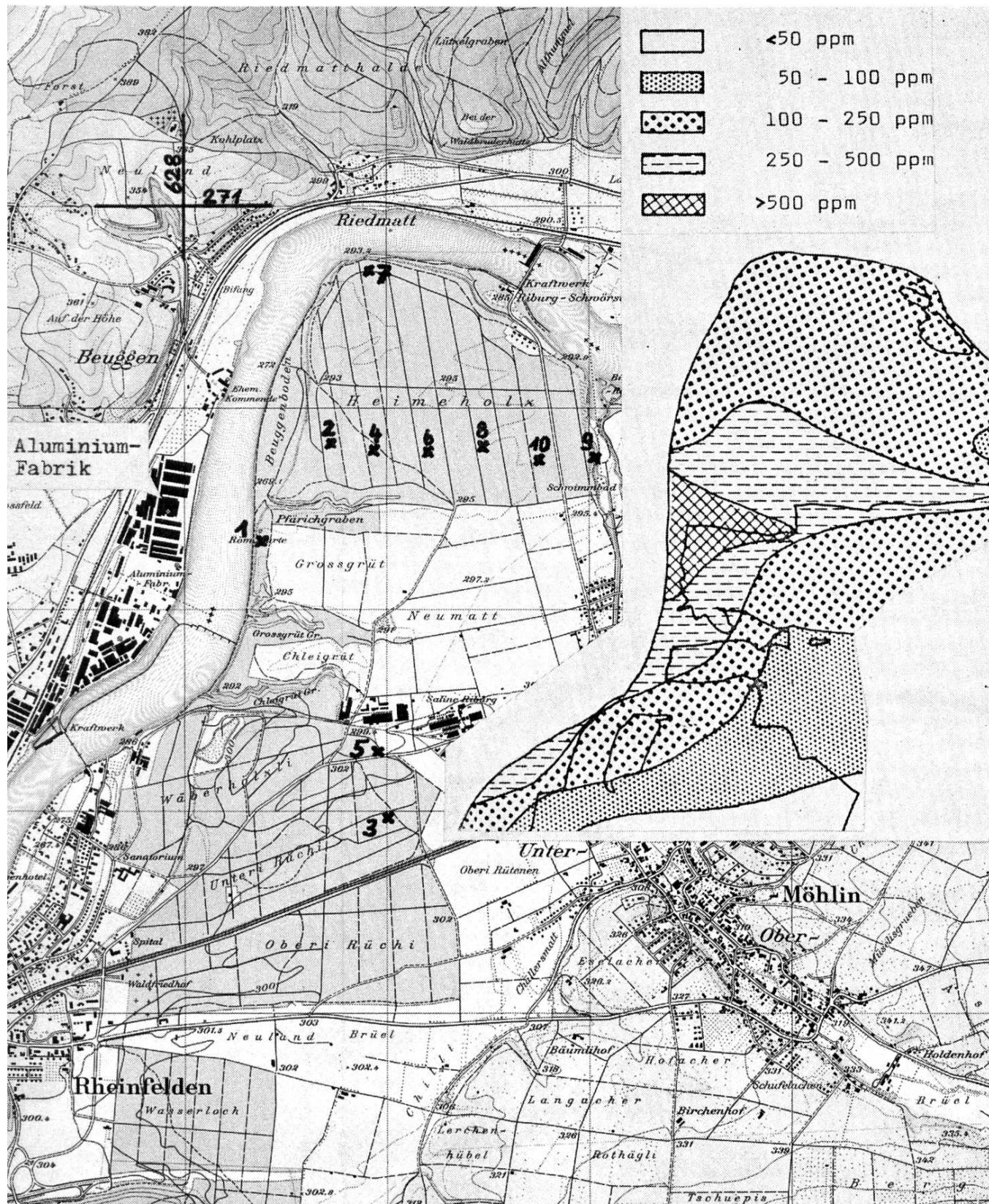
Das "neue" Abgasreinigungsverfahren des Rheinfelder Alu-Werks saugt die F-haltige Hallenluft durch eine Waschanlage ab. ^(Abb. 2) Pro Stunde blasen die Ventilatoren ca. 10 Mio m³ Abluft aus, die pro m³ noch 0,05 bis 0,25 mg FH enthalten. Das ausgewaschene Fluor gelangt mit dem Waschwasser in den Rhein und bereichert ihn um ca. 10% seines F-Gehaltes (nach mündlicher Mitteilung der Direktion des Alu-Werkes). Diese Werte erscheinen dem Betrachter zunächst sehr hoch. Dem steht jedoch die Tatsache gegenüber, dass die gesetzlich zugelassenen MIK-Werte (maximale-Immissions-Konzentration) die ungefähr doppelte Menge zulassen. Während einer Führung im Werk waren wir von den laufend durchgeföhrten Abluftmessungen und den Versuchen mit geschlossenen Oefen zunächst beeindruckt. Durch einen Bericht der NZZ (Neue Zürcher-Zeitung Nr. 48, 1977) wurde uns nachträglich gezeigt, was die so hoch gepriesene Reinigungsmethode in Badisch-Rheinfelden leistet. Laut einer Untersuchung der IPA (Intern. Primary-Aluminium-Institution) liegt dieses Verfahren unter den 20 bestehenden auf dem zweitletzten Platz! Darum scheinen unsere aufkommenden Zweifel an den guten Absichten des Alu-Werkes betreffend Emissionsverringerung nicht unbegründet!

Abb. 1:

Geographische Übersicht

Ausschnitt aus der Landeskarte der Schweiz 1 : 25'000 Blatt 1048 Rheinfelden, 1970

Fluorkarte vom 24.9.71
(nach Keller, 1975)



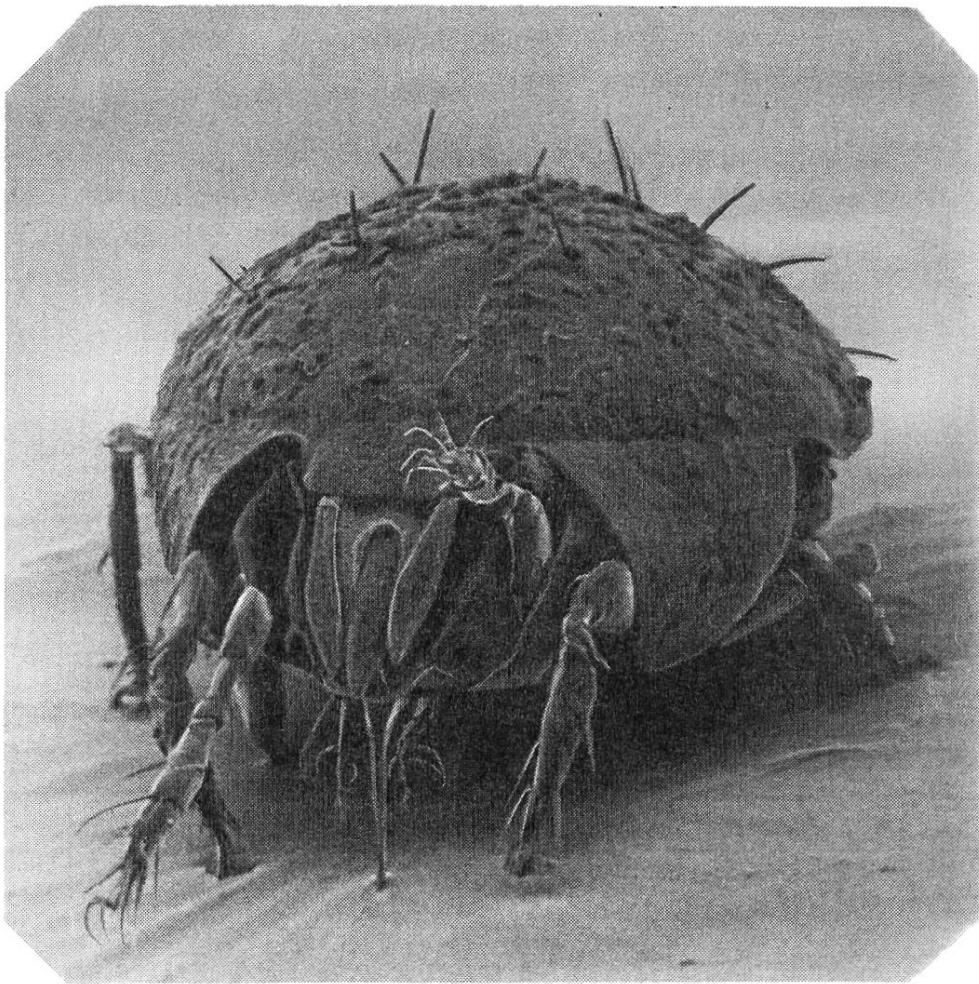


Foto 1: Cryptostigmate Milbe von ca. 0,5 mm Länge.

Aufnahme: Institut für Raster-Elektronen-mikroskopie der Universität Basel.

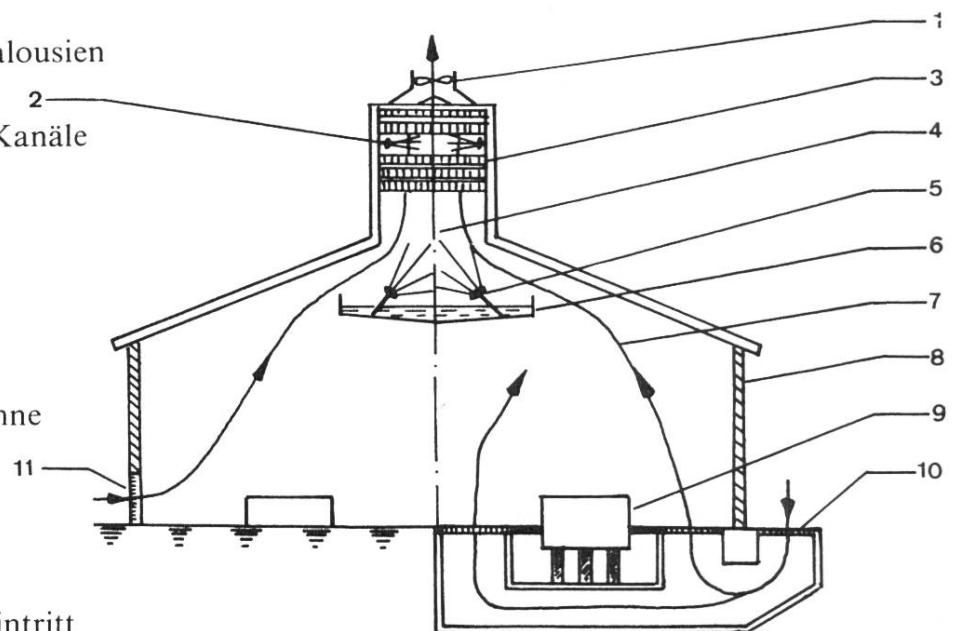
Abb. 2:

Schema der Hallenabluftreinigungsanlage (Nach Moser, 1969)

Links: Lufteintritt durch Jalousien

Rechts: Lufteintritt durch Kanäle

- 1 Lüfter
- 2 Flachstrahldüsen
- 3 Kunststoffgewebefilter
- 4 Waschkammer
- 5 Spritzdüsen
- 6 Waschwasser-Sammelrinne
- 7 Luftzirkulation
- 8 Halle
- 9 Ofen
- 10 Befahrbare Gitterroste
- 11 Jalousien für den Lufteintritt



Man darf sich nicht darüber hinwegtäuschen lassen, dass nach wie vor bei der Aluminium-Herstellung das Hauptproblem die Beseitigung des Fluors ist. Eine reine Umverteilung von der Luft ins Rheinwasser ist doch keine Lösung! Nur das Binden der F-haltigen Stoffe für eine Wiederverwertung hilft hier weiter.

Interessant ist noch die Mitteilung der Werkleitung, dass sich ausschliesslich die schweizerischen Nachbarn geschädigt fühlen, während von deutschen Landwirten keine Reklamationen vorliegen.

Ich möchte festhalten, dass ich neben dem so dringenden Schutz der Umwelt auch die Notwendigkeit sehe, dass ein Unternehmen nach ökonomischen Gesichtspunkten zu führen ist. Hält es sich dabei an die Gesetze, so kann ihm kein Vorwurf gemacht werden, wenn es auf die erheblichen Investitionen für den Umweltschutz verzichtet, den der Gesetzgeber nicht als zwingend erachtet. Damit ist auch angehtönt, wo bei nachgewiesen "negativen Auslenkungen" der Hebel anzusetzen ist.

2. Methoden und Material

Mit unseren recht verschiedenartigen Untersuchungen wurde angestrebt, möglichst viele der variablen abiotischen Faktoren zu erfassen. Alle Messungen führten wir ausschliesslich an einem Tag durch, sie zeigen also den bodenzoologischen "Fall Heimeholz" als Momentaufnahme.

2.1 Untersuchungsanlage und Fang

In Anlehnung an die Versuchsanlage von C. BADER ordnete ich die Probestellen in verschiedenen Entfernungen von der Immissionsquelle in West-Ost-Richtung (vorherrschende Windrichtung) an. Ich beschränkte mich auf die Untersuchung des "Heimeholzes", während C. BADER weiter östlich noch Proben entnommen hatte. Die Gründe für meine Einteilung waren erstens, noch unbekannte Störfaktoren auszuschliessen und zweitens, einen möglichst einheitlichen Boden und Baumbestand zu erhalten. Es sollte von vornherein vermieden werden, unterschiedlich geartete abiotische Faktoren zu provozieren, deren Auswirkungen auf die Bodenfauna zwar erheblich sein können, aber äusserst schwer abzuschätzen sind. So beschränkten sich die Untersuchungen auf eine maximale Distanz von ungefähr zwei Kilometern vom Alu-Werk. Aufgrund der Publikation von Th. KELLER (1975), der anhand von Holunderblattanalysen Fluor- und Chlorkarten anlegte, musste auch die Nord-Süd-Achse in der Probenverteilung berücksichtigt werden. (Abb. 1)

Zum Fang der Mesofauna verwendete ich Stechzylinder. Die Proben hatten einen Durchmesser von 5 cm (ca. 20 m²) und reichten in 5 cm Tiefe (ca. 100 m³). Der Vorteil dieser Ausrüstung bestand darin, dass die Proben nach dem Ausstechen in den Metallzylindern belassen werden konnten. Damit war ein Zerdrücken der Proben beim Transport ausgeschlossen.

Im Hinblick auf den Zeitaufwand für die Bestimmung der anfallenden Tiere und auf die statistische Notwendigkeit, möglichst viele Probestellen für eine sukzessive Reihe zu erhalten, wählten wir an zehn Orten fünf Parallelproben. Sie wurden innerhalb einer ausgewählten Fläche von zwei mal ein Quadratmeter in einem gegenseitigen Abstand von mindestens 30 cm entnommen. Es wurde darauf geachtet, dass alle Probestellen gleichmässig Streuschichten aufwiesen, keine grösseren abgestorbenen Holzteile enthielten und mit

möglichst wenig Kräutern oder Moosen bewachsen waren. Die Proben wurden unverzüglich in Plastiksäckchen verpackt und verschlossen. Gleichzeitig wurden die Temperatur und der pH-Wert gemessen, zwei Streuproben für die F-Cl-Untersuchungen sowie die Gewichts- und Baumbestimmung eingesammelt und anschliessend zwei Bodenproben zur Feuchteanalyse entnommen.

2.2 Ausleseverfahren

Zur Isolierung der Bodenfauna gelangte die Berlese-Tullgren-Methode zur Anwendung. Diese beruht auf dem negativen photo- und hygrotaktischen Verhalten der Bodentiere. Mit Licht und Wärme werden die Proben von oben bestrahlt, sodass die Tiere aktiv nach unten auswandern müssen, wo sie in einem Gefäß mit Konservierungslösung aufgefangen werden.

Die von uns verwendete Apparatur besteht im wesentlichen aus einer, über der Probe liegenden Licht- und Wärmequelle, einem Probenbehälter mit Gitterboden und einem darunter angebrachten Trichter, alles im oberen, beheizten Raum. Das Auffangglas befindet sich im unteren, kühleren (Raumtemperatur) Teil des Barlese-Apparates.

Als Probenbehälter dienten Joghurtbecher, deren Böden ausgestanzt und durch ein Gitter mit ca. 2 mm Maschenweite ersetzt worden waren. Vorsichtig zerbröckelte Proben lieferten bessere Resultate als solche, die intakt und mit der Oberfläche nach unten gedreht (zunehmende Porenweite in Wanderrichtung!), eingefüllt wurden. Insbesondere die weichhäutigen Milben (Prostigmata und Larven) erschienen so häufiger, hingegen waren jeweils die Collembolen in geringerer Anzahl vorhanden. Da ich das Schwergericht auf die Acari legte, zerkleinerte ich die Proben sorgfältig. Intakt eingefüllte Proben trocknen hauptsächlich von oben und von der Seite her an, gleichzeitig aber auch von unten. So verbleibt im Zentrum des unteren Probendrittels eine etwas feuchtere Stelle, wo sich die Tiere anhäufen und selbst bei weiterem Austrocknen nicht auswandern. Die zerbröckelten Proben schliessen hingen seitlich bis an den Becherrand an, sodass sie nur von oben nach unten austrocknen und die Tiere ungehindert nach unten entweichen können.

Unter dem Becher befindet sich ein Trichter. Zwischen dem unteren Becherrand und dem Trichter muss ein schmaler Spalt offen bleiben, Er verhindert die Bildung von Kondenswasser im Trichter, in dem die abgewanderten Tiere hängenbleiben und verkleben können. Die Trichter mündeten in Tablettenröhren als Auffanggefässe. Zum Fixieren bewährten sich die Oudemans'sche Flüssigkeit, bestehend aus Glycerin, Alkohol (70%) und Eisessig im Verhältnis 5:87:8 oder die Gisin'sche Lösung aus Isopropanol (1000 Teile), Eisessig (30 Teile) und Formol (3 Teile). Die Oudemans'sche Flüssigkeit hat den Nachteil, dass die Collembolen an der Oberfläche schwimmen.

Zur Beleuchtung dienen zwei 40 Watt Leuchtstoffröhren, unterstützt durch zwei 25 Watt Birnen. So erreichte der obere Raum eine Temperatur von 31°C. Aus der Anordnung der beiden Birnen resultierte eine ungleichmässige erwärmung (Minimaltemperatur 28,5°C). Die ganze Apparatur wurde in einem, an drei Seiten geschlossenen Regal installiert. Zwei Tablare dienen als Dekkel mit den Lampen respektive als Trennboden zwischen dem oberen und dem unteren Teil. Das untere Tablar trägt die Auffanggläser. Der Apparat kann auf der Vorderseite verschlossen werden.

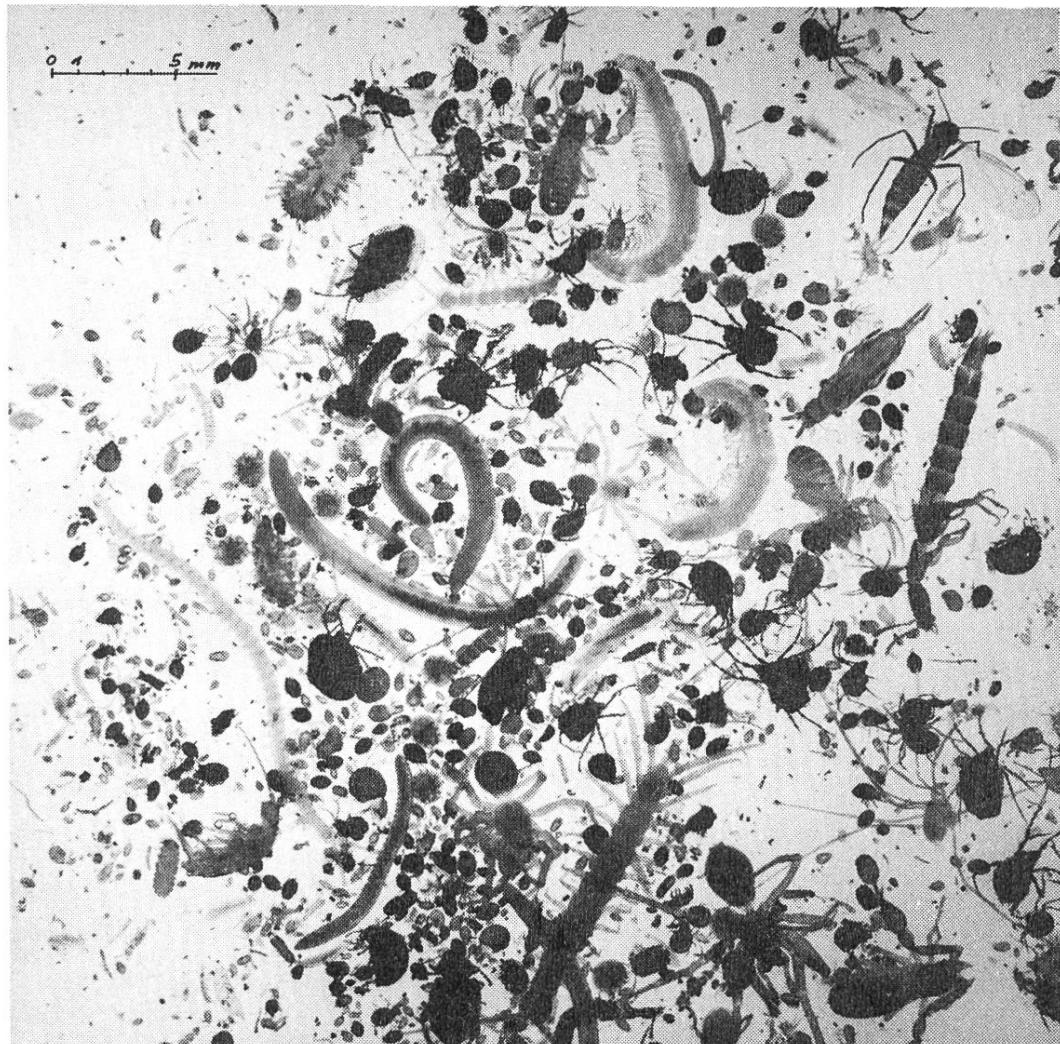


Foto 2

Aufnahme: Dr. C. Bader

Foto 2 zeigt die Vielfalt der Bodentiere, welche im Berlese-Apparat ausgelesen werden können.

Folgende Tiergruppen sind zu erkennen:

Enchyträen

Hundertfüssler (Chilopoda)

Tausendfüssler (Diplopoda)

Springschwänze (Collembola)

Zweiflügler (Diptera), im Berlese-Apparat geschlüpft

Käfer (Polyphagus)

Gitterwanze (Tingidae)

Kurzflügler (Staphylinidae)

Spinnen (Araneae)

Pseudoscorpione

Milben (Acari), besonders Cryptostigmata und Mesostigmata

2.3 Präparation

Probenweise wurden die konservierten Tiere in die Gruppen

- Mesostigmata (Parasitiformes)
- Cryptostigmata (Sarcoptiformes)
- Astigmata (Sarcoptiformes)
- Prostigmata (Trombidiformes)
- Collembola

und -"Diverses" (andere Arthropoden und Vermes)

eingeteilt und ausgezählt. Das Einbettmittel zur Weiterverarbeitung auf Objekträgern oder in Tablettenrörchen richtete sich nach der Stärke des Integuments. Collembolen z.B. platzten nach wenigen Tagen in Milchsäure (85%) oder auch in Milchsäure-Glycerin-Gemisch (1:1). Zur Streckung und rascheren Aufhellung der Tiere durch die Milchsäure erwärmtten wir die Präparate während 30 Minuten auf 60°C. Es empfiehlt sich, die Deckgläser gut abzustützen. Das Medium wird in der Wärme dünnflüssiger, wodurch das Deckglas auf das Objekt gezogen wird und dabei auch hart gepanzerte Arten zerdrücken kann. Die Bestimmung führte, je nach vorhandener Literatur, bis zur Art, Gattung oder, seltener, bis zur Familie (Astigmata, Collembola). Larven und Nymphen konnten meist nicht exact einer Art zugeordnet werden, dazu fehlen die Kenntnisse fast völlig. Für Dauerpräparate wurde "Hoyer's Fluid" verwendet, ein in der Acarologie übliches Einbettungsmittel.

3. Resultate

Alle Proben wurden am 6. April 1976 innerhalb eines Zeitraumes von ca. zweieinhalb Stunden entnommen.

3.1 Abiotische Daten

Die im Folgenden auszuführenden Ergebnisse dienten zur Erfassung des Lebensraumes der Populationen. Es sollte dabei festgestellt werden, ob die Biotope direkt vergleichbar sind oder welche Faktoren einen statistisch erfassbaren Einfluss ausüben..

Die Klimadaten von Mai 1975 bis April 1976 lieferte mir freundlicherweise das Wetteramt Freiburg i. Br., dessen Messtation in Badisch-Rheinfelden liegt. Erfasst wurden die Monatsmittel der Temperatur, der Windrichtung und der Niederschläge. Mit diesen Angaben soll gezeigt werden, welche, durch die Wetterlage bedingten, Möglichkeiten die Populationen zur Entwicklung hatten und inwieweit Vergleiche mit anderen Bodenuntersuchungen möglich sind. Erstaunlich war, dass in dieser Messperiode nur während drei Monaten der fluorbringende Westwind vorherrschte. Im Gutachten der EMPA / LIA (1968, nicht veröffentlicht) wird von gleichen West- und Ostwindanteilen, allerdings während einer mehrjährigen Messperiode, berichtet.

(Abb. 3)

Der Chlor- und Fluorgehalt wurde an getrockneter Laubstreu ermittelt. Diese diffizilen Untersuchungen übernahm das Labor der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene in Liebefeld auf Vermittlung von Th. KELLER, EAFAV Birmensdorf, welches schon seine Analysen für die Chlor- und Fluorkarte durchgeführt hatte. Der Chlorgehalt musste deshalb bestimmt werden, weil die Alu-Werke eine benachbarte, Chlor emit-

tierende Firma für die Waldschäden im "Heimeholz" mitverantwortlich machten. Laut Th. KELLER sollen jedoch die gemessenen Cl-Werte keinen negativen Einfluss auf die Pflanzen haben. Diese Messungen deckten sich nicht mit den auf der Cl-Karte von Th. KELLER verzeichneten Werten. So liegt unsere Probestelle Nr. 1, mit dem niedrigsten Cl-Gehalt der ganzen Serie, ausgerechnet in der Zone der höchsten, auf Holunder gemessenen Konzentration! Es scheinen demnach grosse Unterschiede zwischen lebendem und totem Material einerseits und der Pflanzenart andererseits zu bestehen. Im Gegensatz dazu stimmen die F-Analysen, abgesehen von den zum Teil erklärbaren Ausnahmen, mit der F-Karte überein. Die Untersuchungen zeigen deutlich, dass nicht zwingend ein Zusammenhang zwischen Distanz von der Emissionsquelle und der niedergeschlagenen Menge bestehen muss. So kann eine Lichtung (Probestelle Nr. 6) oder ein Tal (Möhlinbach, in unmittelbarer Nähe der Probestelle Nr. 9) zu einer höheren Konzentration führen. Die verschmutzte Luftschicht dürfte an diesen Stellen absinken.

Unsere im Süden liegenden Probestellen Nr. 3 und Nr. 5 sind wider Erwartung stark verschieden. Dabei ist die südlicher entnommene Probe Nr. 3 stärker F-haltig als Nr. 5. Es scheint hier ein komplexes Zusammenwirken von freiem Feld, Strasse und einer Fabrikhalle auf die Luftströmung zu diesem Ergebnis zu führen.

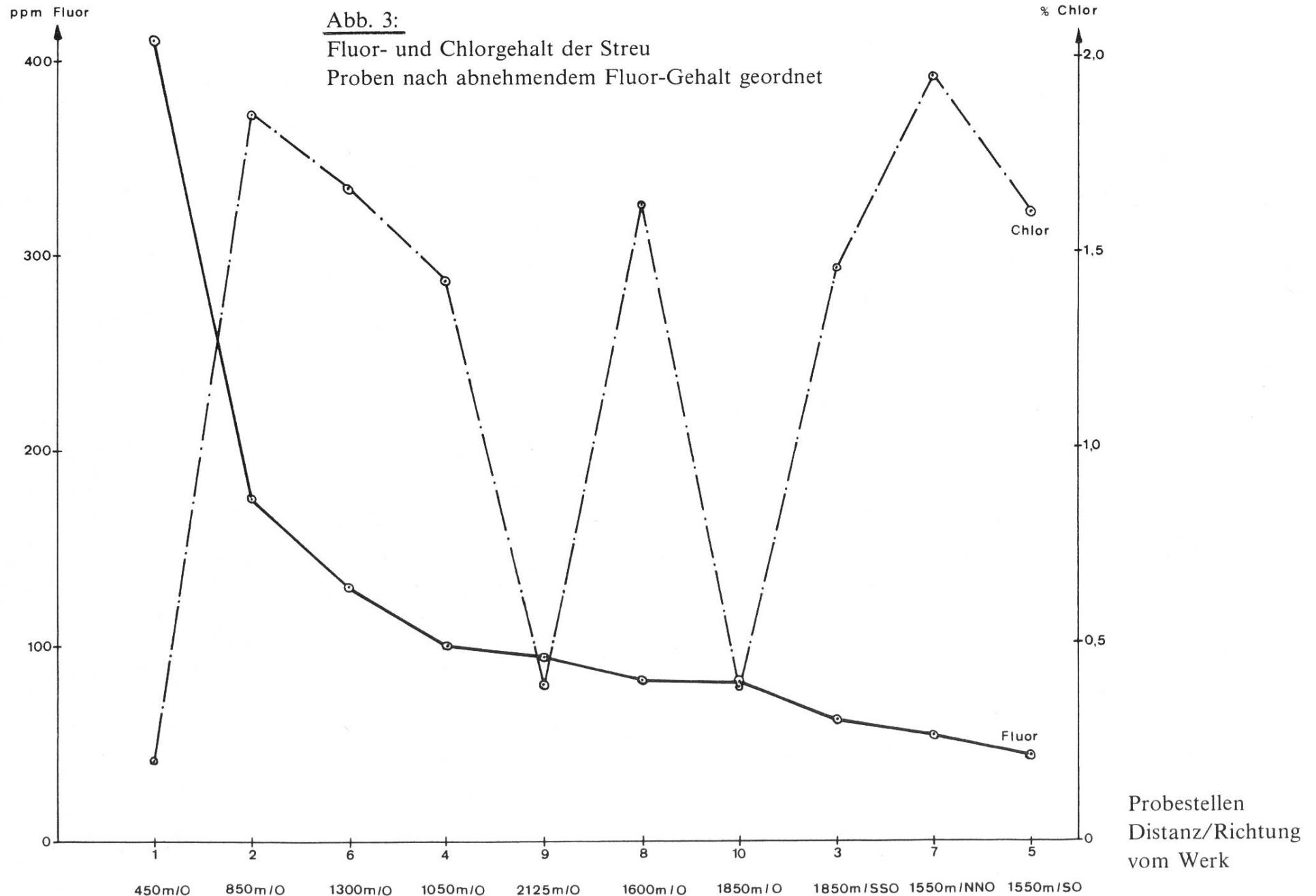
Die Bodentemperatur schwankte geringfügig zwischen 7,5°C und 9°C, der pH-Wert bewegte sich zwischen 3,9 und 5,2. Während neun Probestellen innerhalb einer pH-Einheit liegen, fällt Nr. 5 mit pH 5,2 deutlich auf.^(Abb. 4) Die pH-Abhängigkeit der Milben wird, im Gegensatz zu den Collembolen, in der Literatur als gering betrachtet. Ein Zusammenhang zwischen pH-Wert und F-Gehalt kann nicht angenommen werden.

Die Feuchte ist eine sehr wichtige mikroklimatische Grösse. Den absoluten Spitzenwert erreichte Probestelle Nr. 9 mit dem doppelten Gehalt der restlichen Proben. Diese Feststellung wird im Zusammenhang mit den Fangzahlen zu besprechen sein.

Das Porenvolumen des Bodens hat einen Einfluss auf die Besiedelungsdichte und -art, da die untersuchten Milben und Collembolen nicht aktiv grabend sind. Außerdem besteht eine Abhängigkeit zwischen der "Kondensatorwirkung" des Substrates und dem Porenvolumen. Der Wechsel der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Luftzusammensetzung unterliegt im Boden einer verzögerten Eigendynamik. Das Porenvolumen ist wesentlich von der Grösse der Partikel abhängig. Durch Bestimmung der prozentualen Gewichtsverteilung der Korngrössen erhält man eine Klassierung des Bodens, die jedoch keine direkte Beschreibung des Porenvolumens erlaubt.

Der im Untersuchungsgebiet aus Flussablagerungen hervorgegangene Boden reicht von Feinsand ($D_{50} = 0,19$ mm) bis Mittelkies ($D_{50} = 16,5$ mm). Es war aber keine Korrelation mit anderen Faktoren oder der Fauna festzustellen. Möglicherweise ist die Besiedelungsdichte der Streu und der dünnen Humusschicht so gross, dass die geringe Zahl der Tiere in den tieferen Horizonten keine Abhängigkeit vom Porenvolumen auszudrücken vermag.

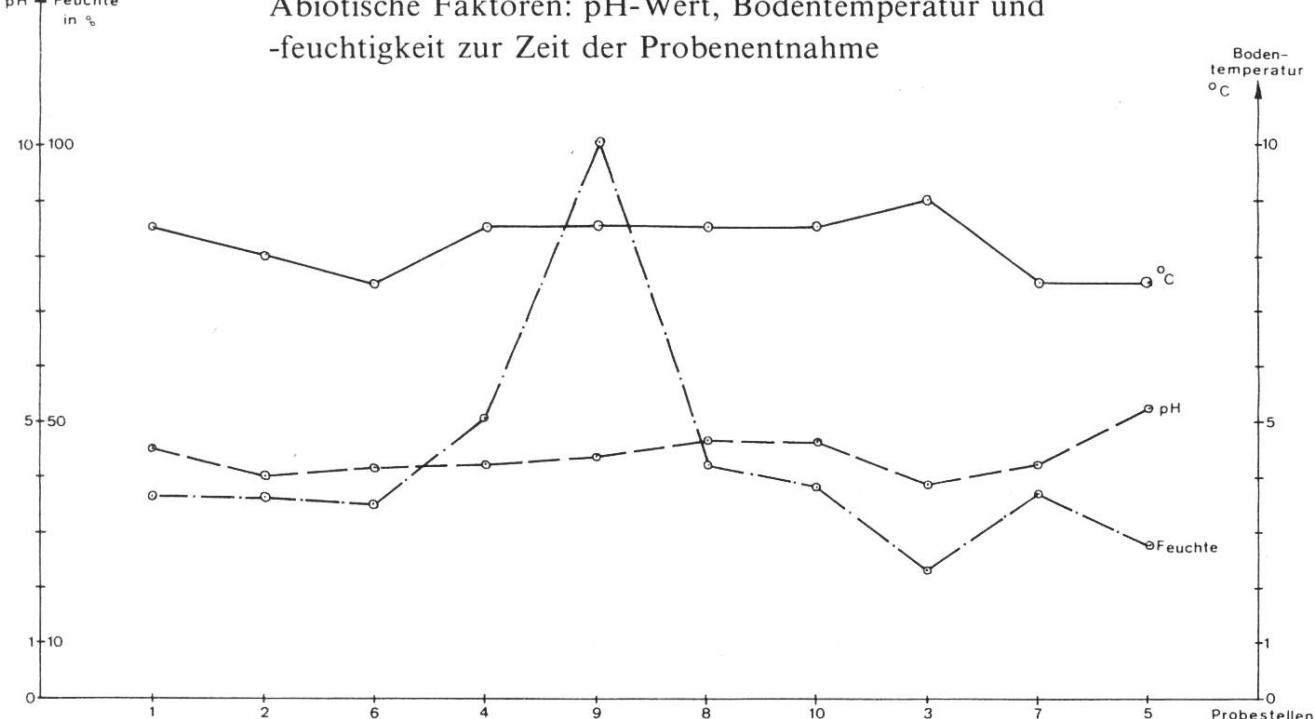
Die eingesammelte Laubstreu wurde nach verschiedenen Gesichtspunkten geprüft. Zuerst wurde die Trockensubstanz pro Fläche in Gramm (= Futterangebot) an jeder Probestelle ermittelt. Probestelle Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3 erreichten dabei die Höchstwerte, während Nr. 5 und Nr. 9 deutlich abfielen.



Probestellen
Distanz/Richtung
vom Werk

Abb. 4:

Abiotische Faktoren: pH-Wert, Bodentemperatur und -feuchtigkeit zur Zeit der Probenentnahme



Blätter, die zerfallen oder angefressen waren, wurden von den unbeschädigten getrennt. Die erste Gruppe ist schon als Nahrung verfügbar. Die ganzen Blätter dagegen -die meisten waren im Herbst 1975 gefallen - müssen zuerst "vorbereitet" werden (Frost, Bakterien, Pilze u.a.). Sie wurden nach Arten getrennt und gewogen. Damit sollte zum einen die potentielle Nahrungs menge pro Standort ermittelt, zum anderen der Präferenz der Bodenfauna für bestimmte Baumarten Rechnung getragen werden. Es ist bekannt, dass stark harzhaltige oder gerbstoffreiche Pflanzenteile erst nach mehreren Jahren Liegezeit gefressen werden.

Altes Pflanzenmaterial konnte besonders bei Stelle Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3 festgestellt werden, wo die Menge die des frischen Materials übertraf. Bei Nr. 1 dominierte die Hainbuche, bei Nr. 4 die Eiche, hingegen bei allen anderen die Rotbuche. Diese Feststellungen lassen nun folgende Schlüsse zu:

- Die grossen Futtermengen von Nr. 1, 2 und 3 sind nicht auf einen dichten Baumbestand zurückzuführen, sondern häufen sich während Jahren an. Dies lässt die Annahme richtig erscheinen, dass der Abbau an diesen Standorten gestört ist. Die dicken Lagen der Laubstreue bieten normaler weise Bodentieren bezüglich Feuchte und Futterangebot eine gute Lebens grundlage. Sie sind jedoch nicht dicht genug besiedelt, um die anfallende Menge abzubauen. Die Präferenz der Streuarten zeigt, dass Hainbuche schon nach eineinhalb Jahren, Buche erst nach drei Jahren zersetzt ist (SCHALLER 1962, nach WITTICH 1943). Somit müsste Nr. 1 ein dichter besiedeltes, artenreiches, gegenüber allen anderen Standorten bevorzug tes Biotop sein.

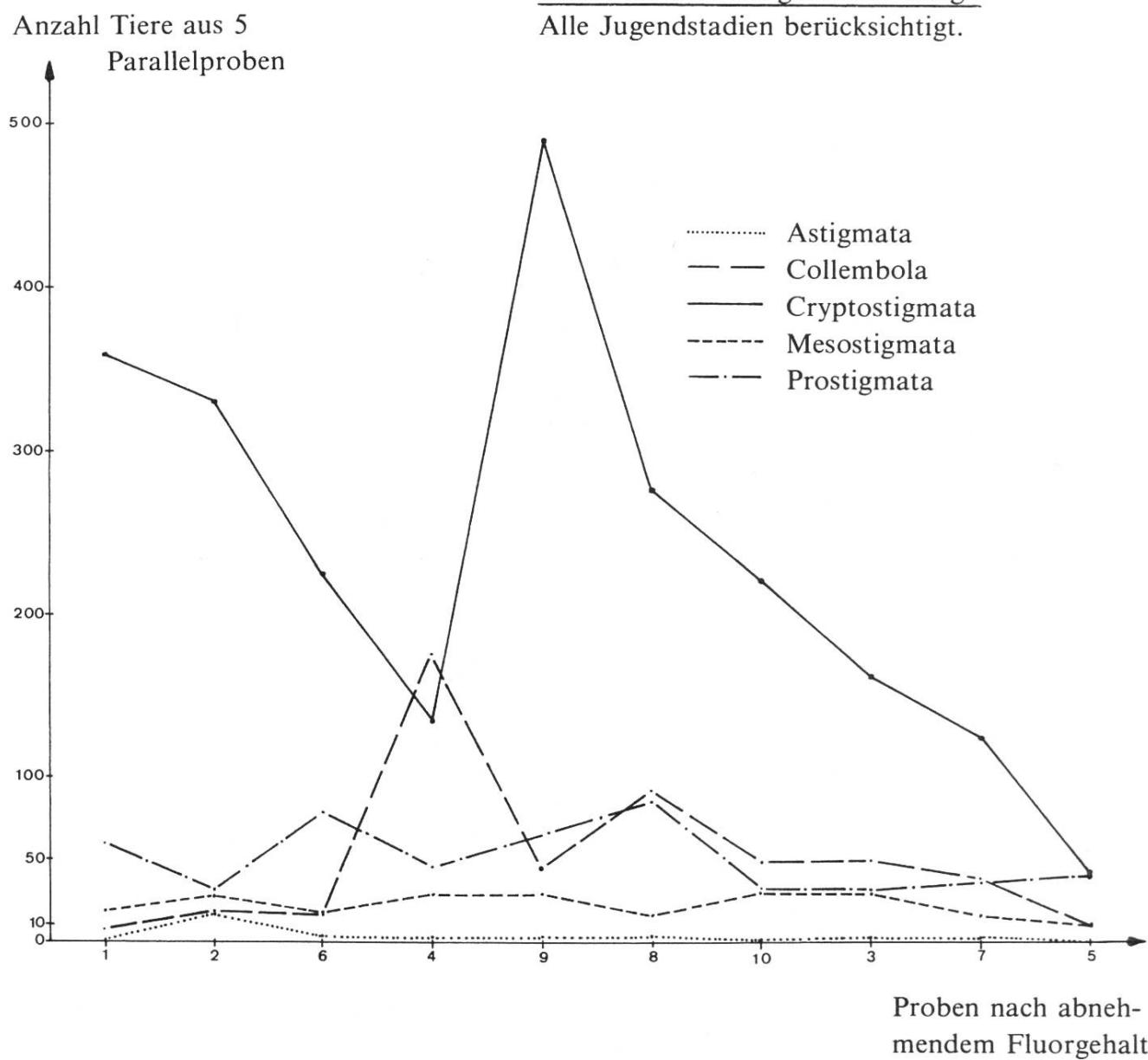
3.2 Fangdaten

Es ist hier festzuhalten, dass unsere Fangergebnisse mit gewissen Fehlern behaftet sind, die sich aus den angewendeten Methoden ergeben. Quantitative Vergleiche mit anderen Untersuchungen sind dadurch erschwert. Der Aussagewert unserer Standortvergleiche bleibt hingegen erhalten, da der relative Fehler immer gleich ist.

3.2.1 Uebersicht über die gesamten Fänge (Abb. 5)

In dieser Uebersicht werden die gefangenen Tiere numerisch dargestellt. Die Einteilung geht nur bis zu den Hauptgruppen. Die schon beschriebenen Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Jugendstadien führten dazu, dass diese nur in der Uebersicht mitbehandelt, innerhalb der Hauptgruppen hingegen nicht berücksichtigt werden konnten.

Abb. 5:
Übersicht über die gesamten Fänge
Alle Jugendstadien berücksichtigt.



Die Kurve aller Individuen verläuft gleich wie die der dominierenden Cryptostigmaten: Von Nr. 1 ausgehend sinkt sie zunächst ab, erreicht bei Nr. 9 das Maximum und fällt kontinuierlich bis zum Minimum bei Nr. 5. Der Anstieg bei Nr. 9 ist auf die Cryptostigmaten zurückzuführen, die an diesem, durch hohe Feuchtigkeit gekennzeichneten Ort, scheinbar ideale Bedingungen antreffen. Abgesehen von diesem Anstieg sinken die Fangzahlen parallel zum F-Gehalt ab.

Während die räuberischen Gruppen (Pro- und Mesostigmaten) ein indifferentes Bild ergeben, erreichen die Collembolen bei Nr. 4 das Maximum, gerade dort, wo die Cryptostigmaten den ersten Tiefstand zeigen. Beim erneuten Abfall der Cryptostigmaten von Nr. 9 zu Nr. 8 weisen die Collembolen wieder eine gegenläufige Kurve auf. Im weiteren Verlauf der Kurven sind hingegen keine ähnlichen Beobachtungen zu machen. Hier scheinen die abnehmenden Fangzahlen an einen auf alle Gruppen wirksamen Faktor gebunden zu sein.

Die Untersuchung umfasste total 3704 Tiere.

3.2.2 Fänge nach Gruppen

A. "Diverses"

Diese Gruppe ist nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da die angewendeten Fangmethoden für eine quantitative Erfassung ungeeignet sind.

Oligochaeta	unbestimmt	5
Isopoda	Oniscoidea	1
Myriapoda	Diplopoda	1
	Chilopoda	13
	Syphyla	16
Hexapoda	Diplura	4
	Diptera	3 + 48 Larven
	Rhynchota	5
	Coleoptera	3 + 4 Larven
	Thysanoptera	1
	Protura	4
	Lepidoptera	1 + 1 Larve
	Hymenoptera	5
Arachnida	Araneae	<u>6</u>
	Total	121 Tiere

B. Collembola

Die nur bis zur Familie bestimmten Springschwänze sind quantitativ weit hinter den erwarteten Zahlen zurückgeblieben. Die Gründe dafür liegen sicher im Zerbröckeln der Proben vor der Auslese und in der angetroffenen tiefen Temperatur am Fangtag. Nach den Arbeiten von BOURGEOIS (1972) liegt das Verhältnis Cryptostigmaten: Collembolen im Winter bei 3:1, im Sommer bei 3:2. Das bedeutet, dass die Collembolen den jahreszeitlichen Schwankungen stärker unterworfen sind als die Cryptostigmaten.

Die Poduridae und Isotomidae fehlen bei Nr. 1 völlig, während sie sonst zum Teil recht zahlreich auftreten. Besonders die Poduridae scheinen höhere Fluor-Konzentrationen zu meiden. Im Gegensatz dazu erreichen die Onychiuridae bei Nr. 1 ihr Maximum. Während die Entomobryidae eine schwach steigende Tendenz mit abnehmendem Fluorgehalt zeigen, weisen die individuenstarken Sminthuridae bei Nr. 4 und 8, d. h. im mittleren Fluorbereich, ihre Maximas auf.

Symphyplona	Sminthuridae	230
Arthroplopla	Onychiuridae	9
	Poduridae	27
	Isotomidae	146
	Entomobryidae	74
Total		486 Tiere

C. Mesostigmata

Die Mesostigmata sind, was die Adulti anbelangt, schwach vertreten. Ihre Larven und Nymphen hingegen sind häufig. Es kann vermutet werden, dass die Mesostigmata am 6. April 1976 noch nicht das Frühjahrsmaximum erreicht hatten.

Das Verhalten der Mesostigmata ist vom Zahlenmaterial her recht schwer zu deuten. Dieses ist wenig ergiebig, und Fehlinterpretationen sind nicht auszuschliessen.

<u>Familie</u>	<u>Art</u>	
Parasitidae	Pergamasus crassipes var. longicornis Berl.	2
	Pergamasus misellus Berl.	1
	Pergamasus petrophilus Schweizer	1
	Pergamasus spec.	11
	Amblygamasus septentrionalis var. helvetic.	
		Schweizer 2
	Leptogamasus suedicus Trägardh, 1936	1
Rhodacaridae	Rhodacarus roseus Oudms., 1902	10

Veigaiaidae	<i>Veigaia nemorensis</i> (C. L. Koch)	5
	<i>Veigaia</i> spec.	5
Pachylaelaptidae	<i>Pachylaelaps singularis</i> Schweizer	3
	<i>Pachylaelaps</i> spec.	3
Zerconidae	<i>Paracercon sarekensis</i> Willmann	1
Trachitidae	<i>Trachytes pyriformis</i> (Kramer), 1876	3
	<i>Polyaspinus cylindricus</i> Berl., 1916	2
Uropodidae	<i>Oodinychus</i> spec.	-
	<i>Neodiscopoma splendida</i> var. <i>porticensis</i>	
		Berl.
		1
	<i>Neodiscopoma pulcherrima</i> (Berl.)	4
	<i>Urodiaspis tecta</i> (Kramer), 1876	2
	<i>Ciliba cassidea</i> (Herm.), 1804	13
	Total Tiere	70

D. Prostigmata

Die zerbrechlichen Tiere dieser Unterordnung wurden bis zur Gattung bestimmt. Obwohl diese räuberische Gruppe recht erfolgreich ausgesehen werden konnte, ist keine klare Linie zu erkennen. Die Familie Eupodidae ist an allen Probestellen häufig anzutreffen. Bei den Cocceupodes scheint bei Nr. 1 das Maximum zu liegen.

Interessant ist das zunehmende Auftreten in den letzten drei Proben der Fluorreihe, wo alle anderen Gruppen zahlenmäßig stark absinken. Eine gezielte Untersuchung müsste hier feststellen, ob dies mit einer Kumulierung von Fluor im Körper dieser Sekundärkonsumenten zusammenhängt.

<u>Familie</u>	<u>Gattung</u>	
Eupodidae	<i>Eupodes</i> C. L. Koch, 1836	315
	<i>Cocceupodes</i> Sig. Thor., 1934	82
	<i>Penthaleus</i> C. L. Koch,	2
Bdellidae	<i>Bdelloides</i> Oudms., 1937	1
Rhagidiidae	<i>Rhagidia</i> Thorell, 1871	27
Tydeidae	<i>Tydeus</i> C. L. Koch,	21
Pachygnathidae	<i>Pachygnathus</i> Dugès,	1
Rhaphignathidae	<i>Rhaphignathus</i> Dugès,	4
	<i>Eustigmaeus</i> Berl., 1910	5
	<i>Stigmaeus</i> C. L. Koch,	7
	Total	465 Tiere

E. Cryptostigmata

Die Cryptostigmata sind als die individuenstärkste Gruppe und in ihrer Eigenschaft als Primärkonsumenten zur statistischen Auswertung am besten geeignet.

Sofort ins Auge fallen die beiden kleineren Arten Scutobelba subtrigona und Oppia quadricarinata. Beide sind durchgehend vorhanden, wobei aber besonders Scutobelba subtrigona bei Nr. 1 stark vertreten ist. Andere Arten, z.B. O. fallax, O. f. var. obsoleta, Brachychthonius berlesei etc., fehlen bei Nr. 1 völlig. Puncitoribates semirufus und andere Notaspididae hingegen kommen ausschliesslich bei Nr. 1 vor.

Die aussergewöhnlich hohe Anzahl bei Nr. 9 ist höchstwahrscheinlich auf die enorme Feuchte an dieser Stelle zurückzuführen. Auch hier sind die kleinen Arten der Gattung Oppia und Scutobelba stark vertreten, eine Erscheinung, auf die in der abschliessenden Diskussion noch die Rede kommen wird.

<u>Familie</u>	<u>Art</u>	
Eulohmanniidae	<i>Eulohmannia ribagai</i> (Berl.), 1910	26
Hypochthoniidae	<i>Hypochthonius rufulus</i> , C. L. Koch, 1836	18
	<i>Hypochthoniella pallidula</i> (C. L. Koch), 1836	3
	<i>Brachychthonius berlesei</i> Willmann, 1928	33
	<i>Heterochthonius gibbus</i> , Berl., 1910	5
Camisiidae	<i>Nothrus silvestris</i> , Nic., 1855	8
	<i>Nothrus palustris</i> , C. L. Koch, 1840	3
	<i>Platynothrus peltifer</i> , (C. L. Koch), 1840	12
Belbidae	<i>Belba spec.</i>	7
Eremaeidae	<i>Scutobelba subtrigona</i> (Oudms.), 1900	901
	<i>Scutobelba trigona</i> (Mich.), 1888	29
	<i>Oppia quadricarinata</i> (Mich.), 1885	206
	<i>Oppia neerlandica</i> (Oudms.), 1900	253
	<i>Oppia fallax</i> (Paoli), 1908	7
	<i>Oppia fallax</i> var. <i>obsoleta</i> (Paoli), 1908	120
	<i>Oppia nitens</i> var. <i>myrmecophila</i> (Sell.), 1928	29
Eremaeidae	<i>Oppia minus</i> (Paoli), 1908	13
	<i>Oppia minutus</i>	35
	<i>Oppia suspectinata</i> (Oudms.), 1901	3
	<i>Oppia ornata</i> (Oudms.), 1900	1

Carabodidae	Tectocepheus velatus (Mich.), 1880	49
	Carabodes labyrinthicus (Mich.), 1879	1
Liacaridae	Adoristes popei (Oudms.), 1906	3
	Cultroribula furcillata (Nordenskiöld), 1901	11
	Liacarus coracinus (C. L. Koch), 1840	4
	Liacarus nitens (Gerv.), 1844	2
	Liacarus tremellae (L.), 1761	2
	Liacarus xylariae (Schrank), 1803	2
Oribatulidae	Liebstadia spec.	2
	Oribatula exilis (Nic.), 1855	14
	Oribatula tibialis (Nic.), 1855	16
Notaspididae	Scheloribates laevigatus (C. L. Koch), 1836	7
	Scheloribates latipes (C. L. Koch), 1844	17
	Scheloribates spec.	6
	Ceratozetes gracilis (Mich.), 1884	9
	Euzetes seminulum (O. F. Müller), 1776	1
	Fuscozetes setosus (C. L. Koch), 1840	1
	Tectoribates latitectus (Berl.), 1908	1
	Tectoribates spec.	1
	Puncitoribates semirufus (C. L. Koch), 1840	6
	Galumna spec.	2
	Joelia connexa var. borussica (Sell.), 1908	3
	Oribatella calcarata (C. L. Koch), 1840	8
	Oribatella berlesei (Mich.), 1898	1
	Oribatella sextentata Berl., 1916	1
	Oribatella meridionalis Berl., 1908	1
Pelopsidae	Pelopos auritus, C. L. Koch, 1840	8
Phthiracaridae	Tropacarus carinatus (C. L. Koch), 1841	4
	Hoploderma magnum (Nic.), 1855	6
	Hoploderma spinosum (Sell.), 1920	7
	Hoploderma striculum (C. L. Koch), 1836	3
	Oribotritia loricata (Rathke), 1799	25
	Phthiracarus piger (Scopoli), 1763	9
	Total Tiere	1935

F. Astigmata

Die Astigmaten, die als Bodentiere im Zusammenhang mit der Humusbildung eine minimale Rolle spielen, und deren Individuenzahlen sehr gering sind, eignen sich nicht für eine Aussage. Sie sind hier, wie die Gruppe "Diverses", der Vollständigkeit halber aufgeführt. Ausser bei Probestelle Nr. 2 liegen die Zahlen weit unter 10. Auf eine Interpretation wird aus diesen Gründen verzichtet.

<u>Familie</u>	<u>Art</u>	
Acaridae	Rhizoglyphus echinopus (Fumouze und Robin)	21
Pediculocheilidae		4
Dermoglyphidae	Dermoglyphus spec.	11
Anvetidae		1
unbestimmte Art		<u>2</u>
	Total Tiere	29

3.3 Auswertung der Ergebnisse

Um einen Vergleich der 10 verschiedenen Standorte vornehmen zu können, wurden Charakteristika der Zoozönose errechnet.

Dazu gehören: die Konstanz ist ein strukturelles Charakteristikum, sie gibt die Häufigkeit einer Art oder Gruppe in % an, mit der diese in einer Probenserie auftreten

die Dominanz bewertet das quantitative Erscheinen einer Art oder Gruppe in % in einer Probe oder Probenserie, ohne aber die Verteilung zu berücksichtigen.

die Abundanz schliesslich berücksichtigt die horizontale Dispersion einer Art oder Gruppe, gibt also die Anzahl Individuen pro Fläche wieder. Diese Grösse ist vor allem für Vergleiche verschiedener Untersuchungen oder bei der Erfassung der Populationsdynamik von Bedeutung.

An allen Probestellen, ausser bei Nr. 4, dominieren die Cryptostigmaten die restlichen Gruppen. Die Konstanz liegt bei den Cryptostigmaten überall bei 100%. Sie sind demzufolge in allen Parallelproben an allen Stellen enthalten. Die Prostigmaten fehlen nur in einer der 50 Proben, die Collembola in drei, die Mesostigmata in fünf, während die Astigmata nur in zwölf Proben vorkommen. Für die Gruppe "Diverses" kann hier keine Aussage gemacht werden, da sie pro Probestelle und nicht pro Parallelprobe aufgewartet worden sind.

Die statistische Auswertung wurde mit der Signifikanzberechnung nach KENDALL durchgeführt. Dazu werden die 10 Standorte als Reihe angenommen, deren Glieder sich gegenseitig nicht beeinflussen. Auf diese Weise konnten nun alle abiotischen Faktoren auf ihren Einfluss auf die Zönosen hin untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind Gegenstand der nachfolgenden Diskussion.

Die detaillierten Angaben können aus Platzmangel nicht dargestellt werden. Sie sind in meiner Diplomarbeit "Die Bedrohung der humusbildenden Bodenfauna durch Fluor-Immissionen", 1976, Natur-historisches Museum Basel, Abteilung Zoologie, enthalten.

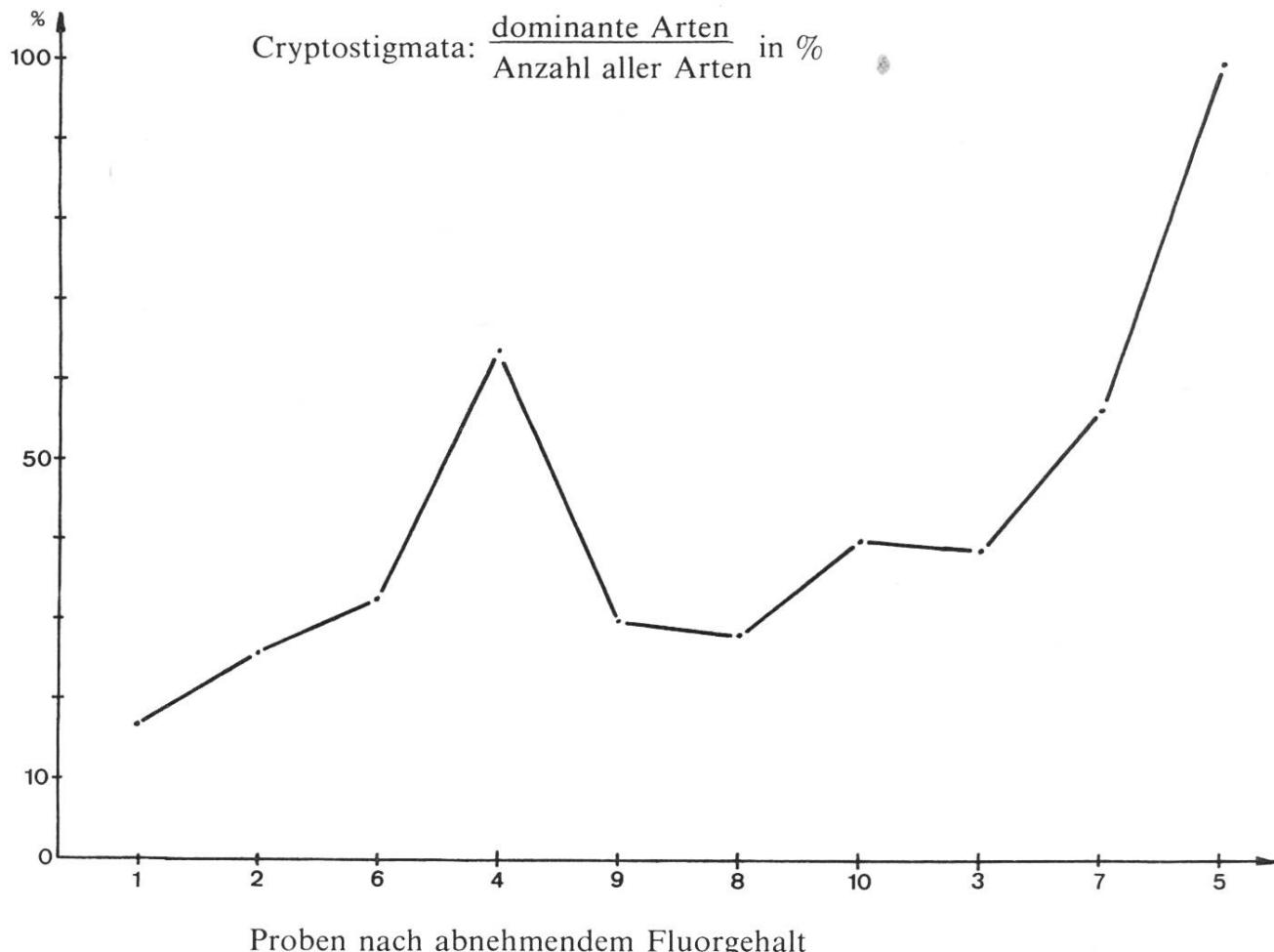
4. Diskussion

Betrachten wir zunächst die Laubstreu, sprich Futtergrundlage, als Mass für die mögliche Populationsdichte an den verschiedenen Standorten. Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3 weisen die grössten Mengen auf. Das zerfallene Material übertrifft an diesen Stellen den Teil, der nach Baumarten bestimmt werden konnte. Ohne auf die Fangzahlen einzugehen, kann daraus im Vergleich mit den anderen Standorten auf eine zu geringe Besetzung, resp. das Ausfallen einer oder mehrerer Glieder in der Sukzession des Abbaus geschlossen werden. Das Nahrungsangebot wird nicht ausgeschöpft. Die Fangzahlen zeigen tendenziell ein Abnehmen parallel zum F-Gehalt. Diese Feststellung erstaunte uns zunächst, da sich die Resultate aus der Voruntersuchung von C. BA-DER direkt entgegengesetzt verhalten.

Eine Klimax-Gesellschaft ist immer eine Zönose, die viele Arten mit wenig Individuen umfasst. THIENEMANN hat dies (SCHWERDTFEGER, 1975) in seinen "biozönotischen Grundprinzipien" formuliert. Sie besagen, dass Veränderungen von Lebensbedingungen, weg vom Normalzustand, eine Artenverarmung und gleichzeitig eine Zunahme der Individuenzahl der verbleibenden Arten zur Folge hat. Eine Veränderung in diesem Sinne bedeutet immer einseitigere Lebensbedingungen, an die weniger Arten adaptiert sind. Solche Lebensräume bieten für die angepassten Arten weniger Konkurrenz und weniger Feinde, sodass sie sich stark entfalten können. Es sind somit nicht die schlichten Zahlen pro Fangplatz, sondern es ist die Zusammensetzung der Zönosen zu vergleichen. Die "Anzahl Individuen pro Art" und der Quotient "Dominante Arten/Anzahl der an einer Stelle gefangenen Arten" sind geeignete Werte für einen solchen Vergleich.

Die "Anzahl Individuen pro Art" zeigt bei unserer Untersuchungsreihe eine signifikante Abnahme entsprechend dem F-Gehalt. Dies bedeutet eine artenreichere Zönosenzusammensetzung bei geringerem F-Gehalt, also eine reichere Tiergesellschaft. Bei hohem F-Gehalt sind nur wenige individuenstarke Arten vorhanden.

Abb. 6:



Der Quotient "Anzahl dominante Arten/Anzahl aller Arten eines Standortes" mit der F-Konzentration verglichen, unterstreicht das Resultat: dieser Wert strebt mit sinkendem F-Gehalt gegen 1. Es sind also mehr Arten in der Lage, sich bei niedrigem F-Gehalt zu entfalten, als dies bei hohen Konzentrationen der Fall ist.

HAARLOV (1960, nach PALISSA, 1964) beobachtete, dass kleinere Formen bei einem starken Wechsel ökologischer Faktoren bessere Überlebenschancen haben. Begründet wird dies damit, dass kleine Arten raschere Generationswechsel aufgrund kürzerer Entwicklungszeiten haben.

Die Eremaeiden sind eine Familie der Cryptostigmata mit mehreren Kleinformen. Im Verlaufe der Untersuchung sind verschiedene Arten dieser Familie gefunden worden (vgl. Artenliste). Scutobelba subtrigona trat bei Nr. 1, Nr. 2 (höchster F-Gehalt) und Nr. 9 (auffallend hohe Feuchte) massenhaft auf. Es war die individuenreichste aller Arten. Nr. 9 unterscheidet sich mit seiner übermäßigen Feuchte mikroklimatisch stark von den anderen Probestellen. Scutobelba subtrigona erreicht jedoch noch höhere Abundanzen bei Nr. 1 und Nr. 2. Auch hier liegt demnach eine extreme abiotische Situation vor. Nr. 1 und Nr. 2 unterscheiden sich von den anderen Probestellen im Wesentlichen durch die Fluor-Konzentrationen. Somit führt der hohe F-Gehalt bei Nr. 1 und Nr. 2 nachweisbar zu einer Auslenkung, die für Scutobelba subtrigona positiv verläuft.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Fluor für die hier untersuchte Bodenfauna einen begrenzenden Faktor darstellt. Die Beeinflussung der Populationen ist, wie erwartet, artspezifisch. Diese kann sowohl zu einer negativen als auch positiven Auslenkung führen. In beiden Fällen wird jedoch die Zönose gestört, was bedeutet, dass der Abbau nicht mehr den "normalen" Weg geht. Die Laubstreu wird über andere Stufen (u. a. Pilze) in Humus umgewandelt. Die umgesetzte Menge liegt dabei unter derjenigen einer weniger oder ganz ungestörten Bodenfauna.

Eine Auslenkung trat im Versuch bei 150-200 ppm (max. über 400 ppm in der Laubstreu gemessen !) sichtbar in Erscheinung. Inwieweit schon geringere Mengen einen Einfluss ausüben, konnte nicht festgestellt werden.
auch

Durch die vorliegende Arbeit soll auf die Notwendigkeit hingewiesen werden, dass die Bodenlebewesen in unser Verständnis von Umweltschutz zu integrieren sind. Zwei wichtige Sachverhalte müssen wir uns stets vor Augen halten:

- Die Bodenfauna stellt das Wesentliche im toten Substrat "Boden" dar. Sie besteht nicht, wie in gewissen Kreisen immer noch angenommen wird, nur aus Bakterien, Regenwürmern und einigen Schadinsekten. Sie ist nur in ihrer Gesamtheit optimal funktionstüchtig.
- Jeder Boden, d. h. Substrat und Fauna, ist bis zum Erreichen der Klimaxstufe in Entwicklung begriffen, mit der eine steigende Fruchtbarkeit einhergeht. Jeder grössere Eingriff kann diese Entwicklung unterbrechen oder sogar verhindern.

Wir sollten mittlerweile erkannt haben, dass die totale Technisierung ihre Grenzen spätestens dort erreicht, wo fundamentale Gesetzmässigkeiten der Oekologie ausser acht gelassen werden. Wir sind gezwungen, unser Vorgehen um 180° zu drehen, indem wir mit der Frage nach dem "Natürlichen" beginnen und erst in zweiter Linie nach dem ökonomisch Technisierbaren suchen. Diese Umstellung ist sicherlich notwendig, wenn wir von der Methode "Flickschuster" wegkommen wollen !

Bibliographie

- BADER, C. 1974 Die Bedrohung der humusbildenden Bodenfauna durch Fabrikimmissionen (vorläufige Mitteilung). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. S. 388-393 (125) Nr. 6.
- BAKER, E.W. und 1952 An introduction to acarology.
WHARTON, G.W. New York: The Macmillan Company.
- BALOGH, H. 2 1958
1) 1953) Lebensgemeinschaft der Landtiere: Ihre Erforschung unter besonderer Berücksichtigung der zoologischen Arbeitsmethoden.
Budapest: Druckerei der Ungar. Akademie der Wissenschaften (Verlagsnr. 8001).

- BOURGEOIS, F. 1972 Oekologische und biologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Milben und Apterygoten.
Basel: Ciba-Geigy AG. Inaugural-Dissertation.
- COINEAU, Y. 1974 Introduction à l'étude des Microarthropodes du sol et de ses annexes: Documents pour l'enseignement pratique de l'école. Paris: Doin.
- GISIN, H. 1960 Collembolenfauna Europas.
Genève: Museum d'histoire naturelle.
- KELLER, TH. 1975 Zur Phytotoxizität von F-Immissionen für Holzarten.
Bd. 51. Heft 2. Zürich: Beer & Co.
- MOSER, E. 1969 Erfahrungen und neue Erkenntnisse mit Abluftreinigungsanlagen für die Aluminium-Elektrolyse.
Erzmetall. S. 322-326. Stuttgart: Dr. Riederer GmbH
- PALISSA, A. 1964 Bodenzoologie in Wissenschaft, Naturhaushalt und Wirtschaft. Reihe Biologie und Landwirtschaftswissenschaften.
Berlin: Akademie.
- SCHALLER, F. 1962 Die Unterwelt des Tierreiches: Kleine Biologie der Bodentiere. Verständliche Wissenschaft.
Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer.
- SCHWEIZER, J. und BADER, C. 1963 Landmilben der Schweiz (Mittelland, Jura, Alpen): Trombidiformes. Herausgeg. mit Subventionen der Eidg. von der Denkschriftenkommission.
Zürich: Gebr. Fretz AG.
- SCHWEIZER, J. 1961 Landmilben der Schweiz (Mittelland, Jura, Alpen): Parasitiformes.
Zürich: Gebr. Fretz AG.
- WILLMANN, C. 1931 Spinnentiere oder Arachnoidea: V: Moosmilben oder Oribatiden (Oribatei). Aus: Die Tierwelt Deutschl. u. der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und ihrer Lebensweise. Teil 22.
Jena: Gustav Fischer.

Adresse des Verfassers:

A. Bühlmann
Naturhistorisches Museum
Augustinergasse 2
CH-4051 B a s e l