

## Ökologische Untersuchungen an Proturen (*Arthropoda: Insecta*) in süddeutschen Wäldern\*

JÖRG STUMPP

Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle

### Zusammenfassung

In den Jahren 1984—1988 wurden in verschiedenen Wäldern Süddeutschlands Untersuchungen zur Taxonomie und Ökologie von Proturen durchgeführt. Die vorgestellten Ergebnisse beinhalten Artenspektrum, Abundanz, Populationsdynamik, vertikale und horizontale Verteilung sowie Untersuchungen zur Empfindlichkeit dieser Tiere gegenüber Umweltveränderungen.

### Summary

Investigations on the ecology of Protura were made in different forests of the southern part of the Federal Republic of Germany from 1984 to 1988. The results inform about spectrum of species, abundance, population-dynamics, vertical and horizontal distribution and the sensibility of these animals to environmental alterations.

### Einleitung

Die Ordnung Protura oder Beintastler umfaßt 0,5—2,4 mm kleine, primär flügellose Tiere, die vorwiegend humusreiche Waldböden besiedeln. Ihnen fehlen Augen und Antennen. Die Tastfunktion übernehmen dafür die Vorderbeine. Über ihre Biologie und Ökologie ist bisher nur wenig bekannt. Besonders erwähnenswert ist die Entdeckung ihrer hochspezialisierten Ernährungsweise als Mykorrhizazehrer durch STURM 1959. Einige Arbeiten geben Hinweise auf ihre Eignung als Bioindikatoren (FUNKE 1986, NOSEK 1982, STUMPP 1987).

Die folgenden Untersuchungen waren in ein Projekt zur Erforschung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldökosysteme (PEF, Kernforschungszentrum Karlsruhe) integriert.

### Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen wurden vorwiegend in 50—120jährigen Fichtenforsten mit unterschiedlichen Schädigungsgraden und Höhenlagen durchgeführt: bei Ulm (U1), bei Ochsenhausen (Ux und Oc), im Welzheimer Wald (Ed), im Süd- und Nordschwarzwald (Ks und Fs) sowie im Fichtelgebirge (Fg) und Harz (Kk). Daneben wurden ein Buchen- (Ef), ein Eichen-Hasel-Mischwald (U2) und 2 Auwälder (Gr und Au) berücksichtigt. Ziel weiterer Untersuchungen waren auch mit Nexit-, Ripcord 40-, H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>- und NaCl-Lösung besprühte „Begiftungsflächen“ in U1 (Einzelheiten siehe FUNKE 1986).

### Material und Methoden

Auf den Untersuchungsflächen wurden Bodenproben mit einem zylindrischen Metallstechrohr entnommen. Die Bohrkern wurden in 3 cm dicke Teilproben unterteilt und der Extraktion nach MACFADYEN 1961 unterzogen. Die damit ausgetriebenen Tiere wurden in Alkohol fixiert und

\*Kurzfassung eines Vortrages der 14. Entomologischen Wochenendtagung im Fuhlrott-Museum am 8. und 9. Oktober 1988

	U1 <sup>1</sup>	Ux <sup>1</sup>	Oc <sup>1</sup>	Ks <sup>1</sup>	Fs <sup>1</sup>	Ed <sup>1</sup>	Fg <sup>1</sup>	KK <sup>1</sup>	U2 <sup>2</sup>	Ef <sup>3</sup>	Gr <sup>4</sup>	Au <sup>4</sup>
<u>Eosentomidae</u>												
<i>Eosentomon armatum</i> STACH									*	*	*	
<i>E. fichteliense</i> RUS							*					
<i>E. foliaceum</i> RUS	*	*							*			
<i>E. funkei</i> RUS						*	*					
<i>E. rusekianum</i> STU & SZEP												*
<i>E. stachi</i> GIS									*		*	*
<i>E. stumppi</i> RUS												*
<i>E. transitorium</i> BERL		*	*	*	*	*	*					
<i>E. cf. transitorium</i>	*	*							*	*		
<i>E. zodium</i> SZEP												*
<i>E. sp. Typ A</i>											*	
<i>E. sp. Typ B</i>											*	
<i>E. sp. Typ C</i>												*
<i>E. sp. Typ D</i>		*	*									
<u>Protentomidae</u>												
<i>Hesperentomon n. sp.</i>											*	*
<i>Protentomon tuxeni</i> NOS											*	
<i>Proturentomon condei</i> NOS											*	*
<u>Acerentomidae</u>												
<i>Acerentulus gisini</i> CONDE											*	
<i>A. oxsenhausenus</i> RUS	*	*	*									
<i>A. sp. Typ A</i>												*
<i>Acerentomon affine</i> BAG			*									
<i>A. gallicum</i> ION		*					*	*		*		
<i>A. mesorhinus</i> ION				*	*							

<sup>1</sup>: Fichtenforst; <sup>2</sup>: Eichen-Haselmischwald; <sup>3</sup>: Buchenwald; <sup>4</sup>: Auwald

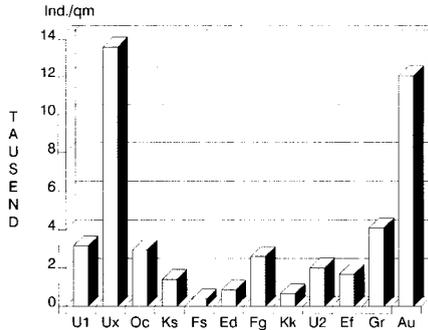
**Tab. 1:** Artenspektrum

dann nach RUSEK 1975 zur Fertigstellung von Dauerpräparaten behandelt, auf einen Objektträger gebracht und eingebettet.

### Ergebnisse

Die Proturen stellen im Vergleich zu anderen Bodenmikroarthropoden eine relativ artenarme Tiergruppe dar (Tab. 1): In den untersuchten Wäldern wurden 23 Arten aus 6 Gattungen nachgewiesen. Es dominierten die Gattungen *Eosentomon* und *Acerentulus*, in den Auwäldern auch *Ionescuellum* und *Proturentomon*. Am artenreichsten (je 8) erwiesen sich die Proturenzoosen der Auwälder; nur je 2—6 Arten wurden in den Fichtenforsten nachgewiesen. Darunter befanden sich 7 neue, bisher unbekannte Spezies (RUSEK 1988, STUMPP & SZEPTYCKI im Druck).

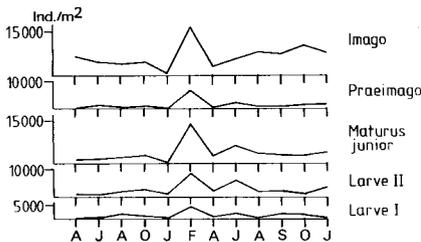
Sie erreichten in Fichtenforsten eine durchschnittliche Populationsdichte von 5 700 Ind./m<sup>2</sup> (Abb. 1). Spitzenwerte wurden hierbei in Ux mit einer mittleren Dichte von 13 000 Ind./m<sup>2</sup> erzielt. Ähnlich hoch lag ihre durchschnittliche Dichte nur im Auwald Au mit 12 000 Ind./m<sup>2</sup>. In den Laubwäldern U2 und Ef waren sie mit 1 700 Ind./m<sup>2</sup> deutlich seltener. Hohe Sommer-/Herbst- und niedrige Winterwerte prägten das Bild saisonaler Schwankungen.



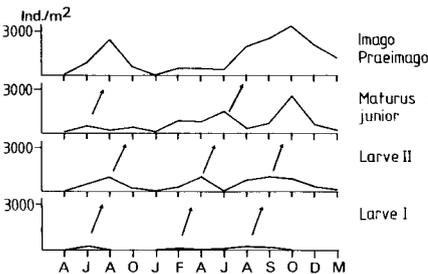
**Abb. 1:** Gemittelte Proturen-Abundanz auf den Untersuchungsflächen.

Untersuchungen über die Populationsdynamik häufiger Arten (aus U1 und Ux) ließen einen extrem vielschichtigen Altersaufbau der Populationen erkennen (Abb. 2): die einzelnen Larvenstadien und die Imagines traten nebeneinander auf (z. B. bei *Acerentulus ochsenhausenus*). Nur bei *Eosentomon foliaceum* zeigten sich im Jahresverlauf zwei um ca. 2 Monate verschobene Entwicklungslinien.

a

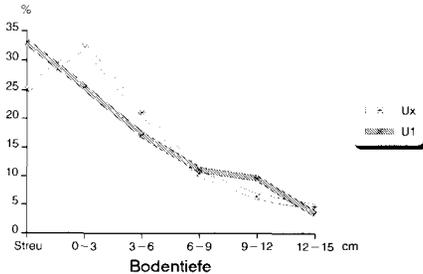


b

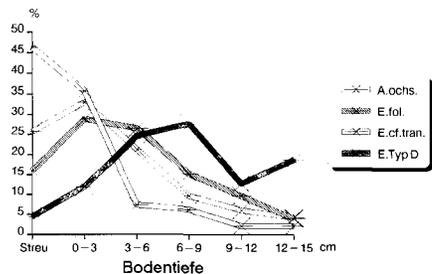


**Abb. 2:** Populationsdynamik (Aug. 1984—Jan. 1986) von a) *Acerentulus ochsenhausenus* in Ux und b) *Eosentomon foliaceum* in U1.

Proturen leben vorzugsweise in oberen Bodenschichten. Mit zunehmender Tiefe ist ein Rückgang ihrer Häufigkeit zu beobachten (Abb. 3). Ihre größten Dichten erreichen sie entweder im Streu- (z. B. in U1) oder im obersten Humusbereich (z. B. in Ux). Dabei bevorzugen einzelne Arten bestimmte Tiefenzonen (Abb. 4): im Fichtenforst Ux wurden die meisten Tiere von *Eosentomon cf. transitorium* in der Streu, von *E. foliaceum* und *Acerentulus ochsenhausenensis* im obersten Humusbereich (0–3 cm) gefunden. Eine weitere Art (*Eosentomon* sp. Typ D) siedelt noch tiefer (6–9 cm). Es wurden auch Vertikalwanderungen beobachtet, die teilweise mit Niederschlägen oder extremen Temperaturen korrelierten.



**Abb. 3:** Vertikalverteilung der Proturen in U1 und Ux. Angaben in % am Gesamtfang.

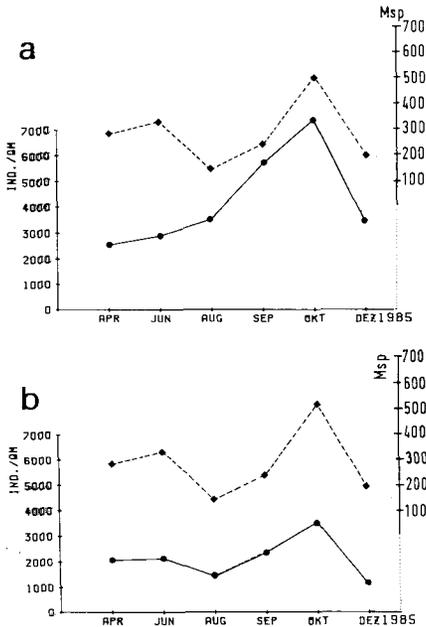


**Abb. 4:** Vertikalverteilung von *Acerentulus ochsenhausenensis*, *Eosentomon foliaceum*, *E. cf. transitorium* und *E. sp. (Typ D)* in Ux.

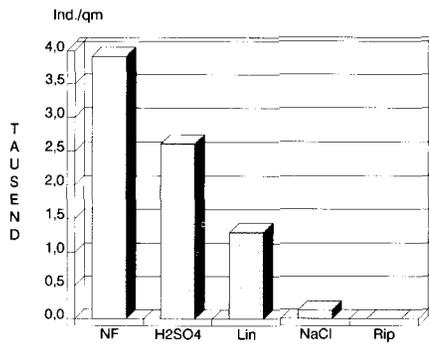
Das horizontale Verteilungsmuster der Proturen ist geprägt durch eine große Tendenz zur Aggregation. Die Analyse der großräumigen Dispersion erbrachte eine inäquale bis kumulative Verteilung. In einem kleinräumigen Dispersionsversuch war ihre Verteilung gleichförmiger.

Proturen ernähren sich vorzugsweise vom Hyphenmantel der ektotrophen Mykorrhiza höherer Pflanzen (STURM 1959). Fütterungsversuche im Labor konnten diese Beobachtungen bestätigen. Nach einer Hungerhaltung von mehreren Wochen und anschließendem Eintrag mykorrhizierter Wurzelspitzen, gelang es, einige Tiere beim Saugakt zu beobachten. Diese starke Spezialisierung bezüglich der Nahrung führt zu einem engen Beziehungsverhältnis zwischen der Proturen-Abundanz und dem Ausbildungsgrad der Mykorrhiza. Dies kam in einer Untersuchung zum Ausdruck, wo der Anzahl mykorrhizierter Feinwurzeln an intakten Feinwurzelsystemen die Oszillationen der Proturen-Abundanz in U1 gegenübergestellt wurden (Abb. 5). Hierbei ergaben sich besonders bei Jungtieren recht enge Korrelationen. Lebendbeobachtungen haben gezeigt, daß diese nur sehr kurze Zeit ohne Nahrung überdauern können. In stark geschädigten Beständen des Fichtelgebirges, des Südschwarzwaldes und des Harzes waren kaum Proturen nachzuweisen. In wie weit dafür ein u. U. geschädigtes Mykorrhizasystem verantwortlich gemacht werden kann, ist noch ungewiß.

Die Empfindlichkeit dieser Tiere kam auch in einer Versuchsreihe zum Ausdruck, wo die Auswirkungen der Biozide Lindan und Ripcord, verdünnter Schwefelsäure- und Kochsalzlösung auf die Bodenfauna getestet wurden (Abb. 6): Ripcord 40 wirkt letal; Nexit und NaCl verursachen einen starken Abundanzrückgang. Weniger stark waren die Beeinträchtigungen auf der mit verdünnter Schwefelsäurelösung behandelten Fläche. Ganz besonders geschädigt wurden hierbei die Jungtiere.



**Abb. 5:** Oszillationen der Proturen-Abundanz in U1 und (nach FEIL et al. 1986) der Anzahl mykorrhizierter Wurzelspitzen an intakten Feinwurzelsystemen in 1 000 cm<sup>3</sup> Boden. a) Protura Gesamt, b) Juvenile Tiere.



**Abb. 6:** Auswirkungen toxischer Substanzen auf die Proturen-Abundanz. NF: unbehandelte Kontrollfläche; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: mit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- (pH2); Lin: Lindan-; NaCl: Natriumchlorid-; Rip: Ripcordlösung behandelte Areale.

### Literatur

- FEIL, W., KOTTKE, I. & OBERWINKLER, F. (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Auswirkung von Trockenstreß auf Feinwurzelsysteme — KfK-PEF 4, 1; 324—330, Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- FUNKE, W. (1986): Tiergesellschaften im Ökosystem „Fichtenforst“ (Protozoa, Metazoa — Invertebrata) — Indikatoren von Veränderungen in Waldökosystemen — KfK-PEF 9; 1—150, Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- MACFADYEN, A. (1961): Improved funnel-type extractors for soil Arthropods — J. Anim. Ecol. 30; 171—184.
- NOSEK, J. (1982): Indikationsbedeutung der Proturen — Pedobiologia 24; 249—253.
- RUSEK, J. (1975): Eine Präparationstechnik für Springschwänze und ähnliche Gliederfüßer — Mikrokosmos 64; 378—381.
- (1988): *New Eosentomon and Acerentulus species* (Protura) from Federal Republic Germany — Vest. cs. Spolec. zool. 52; 217—237.
- STUMPP, J. (1987): Zur Taxonomie und Ökologie einheimischer Proturen (Arthropoda: Insecta) in Fichtenforsten — Dissertation, Ulm.
- STUMPP, J. & SZEPTYCKI, A. (im Druck)
- STURM, H. (1959): Die Nahrung der Proturen — Die Naturwissenschaften 46; 90—91.

Anschrift des Verfassers:

Dr. JÖRG STUMPP, Universität Ulm, Abt. Ökologie u. Morphologie der Tiere, Oberer Eselsberg M 25, D-7900 Ulm

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Stumpp Jörg

Artikel/Article: [Ökologische Untersuchungen an Proturen \(Arthropoda: Insecta\) in süddeutschen Wäldern 13-17](#)