



Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz	Band 72 Heft 1	S. 115 - 120	2000
--	-------------------	--------------	------

ISSN 0373-7586

Vortrag zum 2. Milbenkundlichen Kolloquium
vom 14. bis 16. Oktober an der Universität Bremen

Gamasina von TNT- belasteten Standorten (»Werk Tanne«, Harz)

HARTMUT KOEHLER

Universität Bremen, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie

Abstract

Gamasina of TNT-contaminated sites (»Werk Tanne«, Harz, Germany)

The abandoned military facility »Werk Tanne«, which extends over approx. 800 m x 1600 m, produced TNT from 1939-1944. The area is in parts heavily contaminated with TNT and its metabolites. Soil samples were taken from six sites (ruderal and afforested), with contaminations up to almost 3300 mg kg⁻¹ dry wt. soil (TNT and minor amounts of A-DNTs). With this explorative sampling, 42 Gamasina species are documented. Problems concerning the type of contamination, bioavailability, and indirect effects are briefly discussed.

1. Einleitung

Das ehemalige Sprengstoffwerk vor den Toren von Clausthal-Zellerfeld produzierte von 1939-1944 über 100000 t TNT (BRAEDT et al. 1999) und gehört zu den größten Rüstungsaltslasten des Deutschen Reiches. Der Sprengstoff ist toxisch (karzinogen) und unter natürlichen Verhältnissen schwer abbaubar bei geringer Wasserlöslichkeit (130 mg/L (20°C)). Die Verseuchungen des Bodens beruhen, soweit bekannt, fast ausschließlich auf TNT und seinen Metaboliten. Das TNT ist bereichsweise in starkem Maße fein bis grob partikulär auf der damaligen Oberfläche verteilt, d.h., es liegt unter der heutigen Humusdecke begraben.

Im Zuge einer angestrebten Sanierung des 800 m x 1600 m großen Geländes wurde vom BMBF das Verbundprojekt »Maßstabsgerechte Erprobung von biologischen Verfahren mit Erfolgskontrolle am Standort *Werk Tanne* bei Clausthal- Zellerfeld« ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Forschungsverbundes führt das Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie der Universität Bremen seit Anfang 1999 die Entwicklung und Erprobung eines pflanzenbasierten in situ Dekontaminationsverfahrens durch, wobei die Erfolgskontrolle wesentlicher Bestandteil ist.

Die analytisch dokumentierte Dekontamination wird mit einem standortabgeleiteten, hinreichend komplexen und dennoch praktikablen Indikatorensystem begleitet, das Laborversuche (ökotoxikologische Testbatterie) und Freilandhebungen von Boden-

tiertaxa umfaßt. Die Auswahl der Bodentiergruppen erfolgt vor dem Hintergrund der trophischen Systeme von HEAL & DIGHTON (1985). Die Gamasina sind in dieses Monitoringsystem eingebunden.

Im Zusammenhang mit der Suche nach geeigneten Versuchsflächen für das pflanzenbasierte Dekontaminationsverfahren wurden explorative Beprobungen ausgewählter Flächen mit unterschiedlicher Kontamination durchgeführt, die u.a. der Erhebung erster Daten über die Zusammensetzung der Gamasinen-Taxozönose dienten. Damit werden zum einen Kenntnisse gewonnen über den Artenbesatz des Geländes, zum anderen wird nach Auffälligkeiten der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften der belasteten Flächen gesucht.

Die Flächen zur Erprobung des Verfahrens sind im Mai 1999 nahe dem sogenannten Tonsil-Erde Lager (»Moosburger Tonerde«; Gebäude 110) eingerichtet worden. Die Darstellung des Verfahrens und der Entwicklung der Gamasinen-Taxozönose dieser Flächen ist späteren Berichten vorbehalten.

2. Probeflächen, Material und Methoden

Das Gelände ist ein aufgelassenes Industriegelände mit starken Kriegs- und Nachkriegseinwirkungen. Der ursprüngliche Bodentyp ist eine Braunerde aus lößhaltiger Fließerde über Grauwacke, ein schluffig-sandiger Lehm mit stellenweise ausgeprägtem Skelett und pH-Werten um 4. Wie vielerorts im Harz wurde Ende der 40er Jahre nach Abholzung mit Fichte aufgeforstet.

Die Kontamination des Werksgeländes ist sehr unterschiedlich. Auf der Grundlage von Erkenntnissen der das Gesamtprojekt betreuenden Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) erfolgte eine explorative Beprobung von 6 belasteten Flächen (zur Klassifizierung der Flächen s.u.). Die Nitroaromaten-Gehalte des Bodens wurden nach Methanol-Extraktion mit HPLC ermittelt (TNT und Metaboliten 4-A-2,6-DNT, 2-A-4,6-DNT); die Analysenwerte beziehen sich auf Trockensubstanz Boden ($\text{mg kg}^{-1} \text{ m}_x$). Die Belastung ist hoch heterogen, mit Maximalwerten von TNT einschließlich Metaboliten von bis zu 3300 mg kg^{-1} . Die Anteile der beiden A-DNTs als primäre Metaboliten können zusammen genommen Werte bis etwas über 100 mg kg^{-1} erreichen.

Mit einer Handschaufel wurden an 4 Terminen (Sept. 1996; April, Juni, Okt. 1998) oberflächennah (Streuschicht, 0-5 cm Bodentiefe) und aus 5-10 cm Bodentiefe insgesamt 40 Mischproben entnommen. Zur Extraktion gelangten ca. 1 L (300 - 800 g) Trockenmasse je Mischprobe. Auf eine Angabe von Siedlungsdichten wird vor dem Hintergrund des explorativen Charakters der Beprobungen verzichtet.

Die Raubmilben wurden innerhalb von 10 Tagen mit einer modifizierten Tullgren-Apparatur ausgetrieben (tägliche Temperaturerhöhung 5 K, Endtemperatur Probenoberfläche $> 55 \text{ }^\circ\text{C}$). Die Tiere wurde in PVA dauerhaft präpariert und mit einer DIK-Einrichtung mikroskopiert. Die Determination erfolgte im wesentlichen nach KARG (1993), falls erforderlich unter Zuhilfenahme von Spezialliteratur.

Die Ergebnisse der Gamasinen-Fänge sind zum einen in einer sortierten Tabelle dargestellt, wobei die Proben nach 4 Belastungsklassen eingeteilt und die Streuproben gesondert aufgeführt werden. Zum anderen wurden die Daten einer multivariaten Analyse unterzogen (Canonical Correspondence Analysis, Canoco; JONGMAN et al. 1985), unter Verwendung der log-transformierten Gamasina-Dominanzen (relative Abundanzen). Die Umweltvariable TNT ging als mg TNT kg^{-1} Trockensubstanz Boden in die Analyse ein.

Die beiden anderen Variablen wurden folgendermaßen klassifiziert (Zwischenwerte sind möglich): Stratum (Strat): (0) Streu, (1) oberflächennah (über 5 cm Bodentiefe), (2) Bodentiefe (tiefer als 5 cm); Vegetation (Veg): (1) Ruderalvegetation, (2) Gramineen, (3) Wald (*Picea abies*).

3. Ergebnisse

Es wurden insgesamt fast 750 Gamasinen determiniert, womit 41 Arten nachgewiesen werden konnten, von denen über 2/3 als typische Waldarten einzustufen sind (Tab. 1). Achtzehn der Arten wurden ausschließlich in den als gering belastet eingestuften Proben (< 100 mg/kg) gefunden. Die Artenzahl der höher belasteten Flächen ist mit 23 niedriger als die der gering belasteten (36 Arten). Eine hohe Belastung hat jedoch weder eine drastische Einbuße der Artenzahl noch, so weit erkennbar, eine Verringerung des Tierbesatzes zur Folge.

Die multivariate Analyse (Abb. 1) belegt für alle drei ermittelten Umweltgrößen (Stratum, Vegetationstyp, TNT-Belastung) recht hohe Korrelationen der Arten (> 0,76). Wie auch aus Tab.1 ableitbar, ist ein Artenkomplex für die belasteten Flächen auszumachen, der *Geholaspis alpinus*, *Arctoseius semiscissus*, *Epicriopsis horridus*, *Holoparasitus coronarius*, *Macrocheles dentatus* umfaßt. Die übrigen Arten sind überwiegend in einem Komplex-Gradienten angeordnet, der aus Stratum und Vegetationstyp besteht.

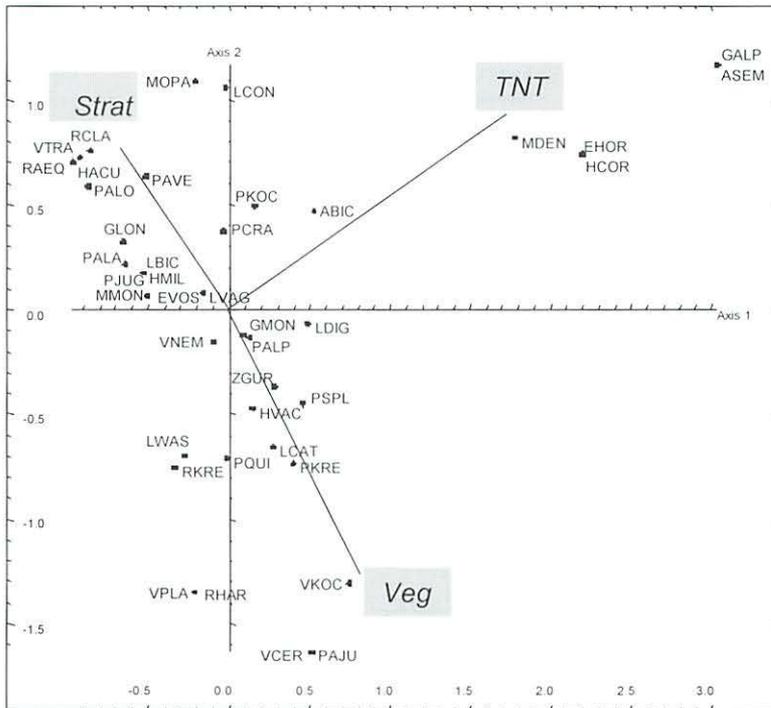


Abb. 1 Kanonische Korrespondenzanalyse der Gamasinen-Arten (Kürzel s. Tab. 1) unter Berücksichtigung von drei Umweltvariablen (TNT: TNT-Belastung des Bodens in mg kg⁻¹ m_s; Strat: Stratum; Veg: Vegetationstyp; vgl. 2)

Tab. 1 Gamasinenfunde auf dem Gelände der Rüstungsalzlast *Werk Tanne* (Clausthal-Zellerfeld) mit Angabe der Nitroaromaten-Belastung

Arten			Kürzel ¹	Streu	NA-Belastung in mg kg ⁻¹ m _s				
					0-10	10-100	100-1000	>1000	
<i>Pachylaelaps</i>	<i>jurassicus</i>	Schweizer, 1961	PAJU	#					
<i>Veigaia</i>	<i>cerva</i>	(Kramer, 1876)	VCER	#					
<i>Lysigamasus</i>	<i>wasmanni</i>	(Oudemans, 1902)	LWAS	#	#				
<i>Pergamasus</i>	<i>quisquiliarum</i>	(Can., 1882)	PQUI	#	#				
<i>Eviphis</i>	<i>ostrinus</i>	(Koch, 1836)	EVOS		#				
<i>Geholaspis</i>	<i>longispinosus</i>	(Kramer, 1876)	GLON		#				
<i>Hypoaspis</i>	<i>aculeifer</i>	(Can., 1883)	HACU		#				
<i>Hypoaspis</i>	<i>miles</i>	(Berlese, 1892)	HMIL		#				
<i>Leiosteius</i>	<i>bicolor</i>	(Berlese, 1918)	LBIC		#				
<i>Macrocheles</i>	<i>montanus</i>	(Willmann, 1951)	MMON		#				
<i>Pachylaelaps</i>	<i>laeuchli</i>	Schweizer, 1922	PALA		#				
<i>Proprioseiopsis</i>	<i>jugortus</i>	(Athias-Henriot, 1966)	PJUG		#				
<i>Rhodacarus</i>	<i>aequalis</i>	Karg, 1971	RAEQ		#				
<i>Rhodacarus</i>	<i>haarlovi</i>	Scherbak, 1977	RHAR		#				
<i>Rhodacarellus</i>	<i>kreuzi</i>	Karg, 1965	RKRE		#				
<i>Veigaia</i>	<i>planicola</i>	(Berlese, 1892)	VPLA		#				
<i>Pachylaelaps</i>	<i>longisetosus</i>	Halbert, 1915	PALO		#	#			
<i>Veigaia</i>	<i>transistalae</i>	(Oudemans, 1902)	VTRA			#			
<i>Rhodacarus</i>	<i>clavulatus</i>	Athias-Henriot, 1961	RCLA				#		
<i>Arctoseius</i>	<i>semiscissus</i>	(Berlese, 1892)	ASEM					#	
<i>Epicriopsis</i>	<i>horridus</i>	Kramer, 1876	EHOR					#	
<i>Geholaspis</i>	<i>alpinus</i>	(Berlese, 1887)	GALP					#	
<i>Holoparasitus</i>	<i>coronarius</i>	Karg, 1971	HCOR					#	
<i>Paragamasus</i>	<i>alpestris</i>	(Berlese, 1904)	PALP		#			#	
<i>Veigaia</i>	<i>kochi</i>	(Trägardh, 1901)	VKOC	#				#	
<i>Asca</i>	<i>bicornis</i>	(Can. et Fanz., 1887)	ABIC		#			#	
<i>Hypoaspis</i>	<i>vacua</i>	(Michael, 1891)	HVAC		#			#	
<i>Lysigamasus</i>	<i>digitulus</i>	Karg, 1963	LDIG		#			#	
<i>Macrocheles</i>	<i>dentatus</i>	Evans & Browning, 1956	MDEN		#			#	
<i>Lysigamasus</i>	<i>runcatellus</i>	(Berlese, 1903)	LCAT	#	#			#	
<i>Parasitus</i>	<i>kraepelini</i>	(Berlese, 1903)	PKRE	#	#			#	
<i>Pseudoparasitus</i>	<i>placentulus</i>	(Berlese, 1887)	PSPL	#	#			#	
<i>Zercon</i>	<i>gurensis</i>	Miheleic, 1962	ZGUR	#	#			#	
<i>Lysigamasus</i>	<i>comus</i>	Karg, 1971	LCON		#	#		#	
<i>Macrocheles</i>	<i>opacus aciculatus</i>	Berlese, 1918	MOPA		#	#		#	
<i>Gamasellus</i>	<i>montanus</i>	(Willmann, 1936)	GMON	#	#	#		#	
<i>Lysigamasus</i>	<i>vagabundus</i>	Karg, 1968	LVAG	#	#	#		#	
<i>Prozercon</i>	<i>kochi</i>	Sellnick, 1943	PKOC	#	#	#		#	
<i>Pachylaelaps</i>	<i>vexillifer</i>	Willmann, 1956	PAVE		#	#	#	#	
<i>Pergamasus</i>	<i>crassipes</i>	(Linne, 1758)	PCRA		#	#	#	#	
<i>Veigaia</i>	<i>nemorensis</i>	(C.L. Koch, 1839)	VNEM	#	#	#	#	#	
Proben					6	20	5	4	5
Artenz.					13	32	10	4	22
					36		23		
Artenz. %					32	78	24	10	54
Artenz. %					88		56		

4. Diskussion

Durch die explorative Beprobung des »Werkes Tanne« wurde ein erster Einblick in eine auf Grund der Heterogenität der Standorte erwartungsgemäß vielfältige Gamasinen-Taxozönose gewonnen. In ihren Untersuchungen in Baden-Württemberg konnte RUF (1997) von sechs beprobten Waldstandorten maximal 36 Taxa (überwiegend Arten) für einen Standort nachweisen, im Gegensatz zu den 41 Arten der vorliegenden Arbeit. Die hohe Artenzahl auf dem Werksgelände ist auf die starke anthropogene Überprägung und die damit verbundene Ruderalisierung und Habitatdiversifizierung zurückzuführen.

Die kleinräumig sehr unterschiedliche Belastung durch Nitroaromaten verbietet eine Mittellung der Werte über größere Probestflächen. Um einem möglichen Einfluß der Belastung auf die Bodentiere nachzugehen, wurden Mischproben nur wenige Meter auseinanderliegender Probestflächen getrennt ausgewertet. Die zeitlich uneinheitliche Beprobung sowie der unterschiedliche Charakter der Flächen und die nur ungenügend nachvollziehbare Geschichte der anthropogen überprägten Areale beschränkt die Aussagekraft der Befunde bezüglich des Einflusses der Belastung auf sehr drastische Effekte.

Der in der Ordination deutlich werdende Einfluß des TNT und seiner Metaboliten ist überwiegend auf zwei über 2000 mg/kg belastete Proben zurückzuführen und somit nicht überzubewerten. Die in diesem Bereich der Grafik liegenden Arten sind ausschließlich bis überwiegend auf diesen Flächen gefunden worden. Die für diese Arten von KARG (1993) gegebene ökologische Charakteristik als oberflächennahe Streubewohner ohne Bevorzugung von Waldstandorten entspricht den Fundorten, die Ruderal- bzw. grasige Vegetation aufweisen. Auf Grund der vertikalen Verteilung des TNT unterhalb der Humusschicht wäre jedoch eine geringe negative Beeinflussung dieser Lebensformtypen und eine verstärkte der Humus- und Bodenbewohner zu erwarten, ein Hinweis auf indirekte Effekte.

In Laborstudien mit TNT belasteten Kompostmischungen ($> 2000 \text{ mg TNT kg}^{-1} \text{ m}_x$ plus weitere Sprengstoff Kontaminationen) wurden von GUNDERSON et al. (1997) keine Veränderungen der Lebensgemeinschaft der Mikroarthropoden beobachtet. Im Gegensatz dazu berichten PARMELEE et al. (1993) von signifikanten Abundanzerniedrigungen der Oribatiden bei Bodenbelastungen über $200 \text{ mg TNT kg}^{-1} \text{ m}_x$. Die Autoren betonen, daß selbst höhere nachgewiesene TNT- Konzentrationen keinen Effekt auf die Bodenbiozönose haben müssen, wenn die Bioverfügbarkeit eingeschränkt ist. TNT liegt auf dem Werksgelände »Tanne« in diffuser sowie fein- bis grobpartikulärer Form vor, so daß dem Sachverhalt Bioverfügbarkeit große Bedeutung zukommt und direkte Korrelationen zu den Analysenwerten problematisch sein können.

Durch die explorative Beprobung haben sich erhebliche Schwierigkeiten einer Abschätzung des Gefährdungspotentials der Rüstungsaltnlast »Werk Tanne« angedeutet. Die Problematik der Bioverfügbarkeit, der langandauernde Einfluß der Xenobiotika sowie die durch Streuanfall und Humusbildung erfolgte Bedeckung der ursprünglich oberflächennahen Kontamination lassen die oben angesprochenen indirekten Effekte als die wesentlichen erscheinen. Sie können nur durch ökotoxikologische Ansätze nachgewiesen und beurteilt werden, die sowohl Freilandherbungen mit einem komplexeren Indikatoren-system, das weitere Expositionspfade und biozönotische Beziehungen erschließt, als auch Untersuchungen im Labor umfassen.

5. Danksagung

Die Arbeiten wurden vom Bremer Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport und von der Fa. Umweltschutz Nord (Ganderkesee) im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes »Maßstabsgerechte Erprobung von biologischen Verfahren mit Erfolgskontrolle am Standort *Werk Tanne* bei Clausthal- Zellerfeld« gefördert (vgl. DAHN et al. 1999). Besonderer Dank gilt Frau Uebers für die Präparation der Raubmilben als auch Herrn Behrend für die chemische Analytik, sowie dem gesamten »Tanne Team« des Zentrums für Umweltforschung und Umwelttechnologie (UFT, Universität Bremen) für kooperative und diskussionsfreudige interdisziplinäre Zusammenarbeit. Schließlich sei den Referenten des Artikels für die hilfreichen Anmerkungen gedankt.

6. Literatur

- BRAEDT, W., H. HORSELJAU, F. JACOBS & F. KNOLLE (1999): Die Sprengstofffabrik »Tanne« in Clausthal-Zellerfeld; Geschichte und Perspektive einer Harzer Rüstungsaltnast., Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld, 166 S.
- DAHN, A., A. ESCHENBACH, S. FLEISCHMANN & J. MICHELS (1999): BMBF-Forschungsverbund »Biologische Verfahren zur Boden-sanierung«. - In HEIDEN, S., ERB, R., WARRELMANN, J. & R. DIERSTEIN (Hrsg.), Biotechnologie im Umweltschutz: Bioremediation - Entwicklungsstand, Anwendungen, Perspektiven. Erich Schmidt Verlag, Berlin: 43-51
- GUNDERSON, C. A., J. M. KOSTUK, M. H. GIBBS, G. E. NAPOLITANO, L. F. WICKER, J. E. RICHMOND & A. J. STEWART (1997): Multispecies toxicity assessment of compost produced in bioremediation of an explosives-contaminated sediment. - *Environmental Toxicology and Chemistry* **16**: 2259-2537
- JONGMAN, R. H. G., C. J. F. TER BRAAK & O. F. R. VAN TONGEREN (1995): Data analysis in community and landscape ecology. - Cambridge University Press, Cambridge, UK, 299 S.
- KARG, W. (1993): Acari (Acarina), Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta), Cohors Gamasina Leach, Raubmilben.- *Die Tierwelt Dtschld.*, 59: Gustav-Fischer, Jena, Stuttgart, New York, 2. Aufl., 523 S.
- PARMELEE, R. W., R. S. WENTSEL, C. T. PHILLIPS, W. SIMINI & R. T. CHECKAI (1993): Soil microcosm for testing the effects of chemical pollutants on soil fauna communities and trophic structure. *Environmental Toxicology and Chemistry* **12**: 1477-1486
- RUF, A. (1997): Gamasina. - In LFU BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.), Boden als Lebensraum für Bodenorganismen. Karlsruhe, LFU Baden-Württemberg: 282-293

Manuskriptannahme: 20.1.2000

Anschrift des Verfassers:

PD Dr. Hartmut Koehler, Univ. Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie und Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie, POF 330440, D-28334 Bremen