

## Bodenbiologische Untersuchungen an einer Streuobstwiese: Dekompositionsraten und Carboxymethylcellulase-Aktivität

Monika Eder, Thomas Knacker und Bernhard Förster

### Synopsis

The decomposition of organic matter was investigated in a grassland near Frankfurt/Main, Germany by exposing litterbags with different meshwidths (20  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 5 mm) filled with dried grassland plants for a period of eight months. It could be shown that the decomposition was much faster in litterbags with large meshwidths than in litterbags with small meshwidths. The measured decayrates indicated high values at the beginning of the investigation period (October – January) followed by reduced decayrates. In the period of October to March the decreasing activity of Carboxymethylcellulase in the upper 5 cm of the topsoil was dependent on decreasing soil temperatures. During spring and summer, however, in the field the soil enzyme activity was not only dependent on soil temperature but was also influenced by low soil humidity as demonstrated by laboratory experiments.

*decomposition, litterbags, soil enzymes, carboxymethylcellulase activity, grassland*

### 1. Einleitung

Der Streuabbau stellt einen wichtigen Prozeß des Nährstoffkreislaufes im terrestrischen Ökosystem dar. Dabei kommt es nur durch biotische und abiotische Interaktionen zu einer optimalen Umsetzung des Substrates (SWIFT & al. 1979). Als ein diesen Prozeß integrierender Parameter wird der Gewichtsverlust der Streu gewählt. Dieser wird mit Hilfe der Litterbag-Methode ermittelt, wobei der Anteil der leicht auswaschbaren Inhaltsstoffe durch "abiotische Litterbags" abgeschätzt wird. Bedeutender Teil der biotischen Prozesse ist der mikrobielle Abbau, der durch extracelluläre Enzyme gesteuert wird. Enzyme sind aufgrund ihrer Spezifität u. a. zum Vergleich der Aktivität stoffwechselphysiologischer Gruppen, zum Abschätzen von anthropogenen Eingriffen bzw. von Ökosystemvariablen auf die Leistung der Mikroflora geeignet (SINSABAUGH & al. 1991). Extracelluläre Bodenenzyme können somit als Ausdruck der stoffwechselphysiologischen Aktivität im Boden verstanden werden und stellen einen Indikator des biologischen Zustandes des Bodens dar. Hierfür ist insbesondere die bodenenzymatische Aktivität von Carboxymethylcellulase geeignet. Ziel dieser Arbeit ist es, die Dekompositionsrate von Wiesenstreu und die diesen Prozeß beeinflussende Aktivität der Carboxymethylcellulase mit ihrer Dynamik im Jahresverlauf darzustellen und die Ergebnisse mit Untersuchungen aus anderen Ökosystemen zu vergleichen.

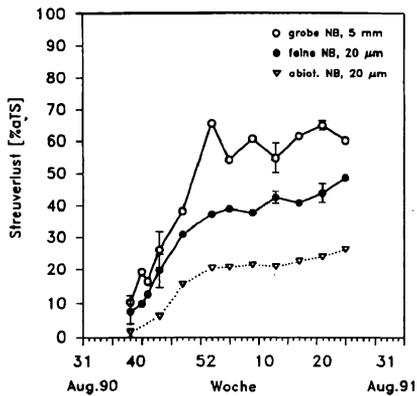
### 2. Material und Methoden

Die dargestellte Untersuchungsfläche liegt in einem Streuobstgebiet in der Nähe von Frankfurt/Main. Die Vegetation der Streuobstwiese ist eine artenarme frische Tal-Glatthaferwiese (*Arrhenatheretum elatioris*). Der vorherrschende Bodentyp ist eine Parabraunerde aus Lößlehm. Auf randomisierten Planquadraten wurden Netzbeutel (Größe: 10•20 cm, Maschenweite: 20  $\mu\text{m}$  (fein), 5 mm (grob)) ausgelegt, die mit 10 g luftgetrocknetem Wiesenstreu der zweiten Mahd gefüllt wurden. Monatlich wurden 2 Parallelen sowie an vier ausgewählten Terminen 5 Parallelen bearbeitet. 15 Netzbeutel mit einer Maschenweite von 20 mm wurden 30 cm über der Bodenoberfläche an Schnüren aufgehängt, wöchentlich autoklaviert und entsprechend den übrigen Netzbeuteln zur Gewichtsverlustbestimmung herangezogen. In diesen Netzbeuteln war eine Woche nach Exposition im Freiland keine  $\text{CO}_2$ -Entwicklung nach der SIR-Methode messbar (FÖRSTER 1992b). Sie wurden daher, im Gegensatz zu den mit Bodenkontakt exponierten Netzbeuteln, als "abiotische Netzbeutel" bezeichnet. Die Trockensubstanzbestimmung der Wiesenstreu erfolgte bei 105°C für 24 Stunden. Die Veraschung der zuvor gemahlenen Streuproben wurde bei 550°C für 5–6 Stunden im Muffelofen durchgeführt (GREWELING 1976). Auf den gleichen Planquadraten, auf denen die Netzbeutel lagen, wurden mit einem Stechbohrer ( $\varnothing$ : 56 mm) Bodenproben aus 0–5 cm und 5–15 cm Tiefe entnommen. In diesen wurde die Aktivität der Carboxy-

methylcellulase indirekt nach einer adaptierten Methode von PANCHOLY & RICE (1973) bestimmt: Die Enzym-Substrat-Reaktion wurde durch die in einer bestimmten Zeiteinheit anfallenden Reaktionsprodukte, in diesem Falle Glucose, erfaßt. Dabei wurde jeweils 5 g Boden mit 5 ml Toluol behandelt, nach 15 Minuten der für das Enzymsystem optimale pH-Wert von 5.5 mit 20 ml 1M Na-Acetatpuffer eingestellt und der Ansatz mit 25 ml 3%iger (w/v) Carboxymethylcellulose beimpft. Nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden bei 30°C wurde in drei Parallelansätzen eine photometrische Zuckerbestimmung durchgeführt (NELSON 1944, SOMOGYI 1945). Die Carboxymethylcellulase-Aktivität wird als  $\mu\text{mol Glucose} / \text{g Boden (Trockensubstanz)}$  in 24 Stunden bei 30°C angegeben. Außerdem wurden Bodenproben bei unterschiedlichen Wassergehalt des Bodens inkubiert und mit den gleichen Methoden untersucht. Zur Bestimmung des Wassergehaltes des Bodens, der Bodendichte, des Kohlenstoffgehaltes, der Bodentemperatur siehe FÖRSTER & al. (1992a).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Nach acht Monaten wurde in den groben Netzbeuteln ein größerer Streuverlust (60%) als in den feinen Netzbeuteln (45%) festgestellt (Abb. 1). Dies ist wahrscheinlich auf die Fraßaktivität der Regenwürmer (*Lumbricidae*) zurückzuführen, deren Zugang zu den groben Netzbeuteln nicht behindert ist und die den größten Anteil an der Biomasse der Makrofauna aufweisen (RÖMBKE & al. 1992).



**Abb. 1:** Gewichtsverlust (% aschefreie Trockensubstanz (aTS)) der Wiesenstreu in groben (5 mm Maschenweite), feinen und "abiotischen" (20 mm Maschenweite) Netzbeuteln.

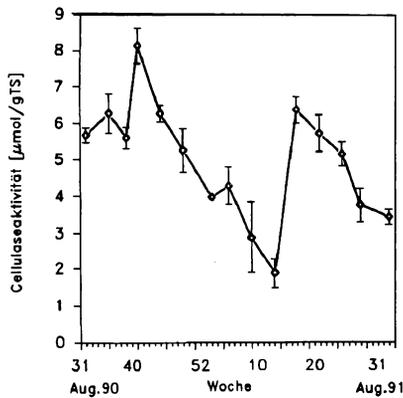
Besonders ist auf den starken Verlust in den ersten vier Monaten hinzuweisen. Die verlangsamte Abnahme der Streumenge seit Jahresanfang ist auf die mit hohen Niederschlägen und mit sinkenden Lufttemperaturen (Abb. 3) verbundene reduzierte biologische Aktivität zurückzuführen, wie z. B. der Rückgang der Aktivität der Carboxymethylcellulase im Boden zeigt.

Obwohl die "abiotischen Netzbeutel" wöchentlich autoklaviert wurden, wodurch die Blattstruktur verändert werden konnte, zeigten sie bei niedrigerem Niveau den gleichen Verlauf im Abbau des Streumaterials wie die feinen Netzbeutel (Abb. 1). Somit kann der Streuabbau in eine Anfangsphase mit verstärktem Abbau und hoher Auswaschung und eine Phase des verlangsamten Abbaus unterteilt werden. Bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum liegt die Abbaurrate zwischen 0.18% bis 0.25% pro Tag. In der Anfangsphase ist dieser Wert mit 0.35% bis 0.62% pro Tag deutlich höher als in der verlangsamten Phase mit 0.08% bis 0.03% pro Tag (Tab. 1). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit anderen Untersuchungen des Streuabbaus in Wiesengesellschaften mit der Litterbag-Methode. So zeigte z. B. CURRY (1969) von einer Wiesengesellschaft aus *Agrostis tenuis* und *Festuca rubra* auf tonigem Lehm eine Abbaurrate von 0.22% pro Tag. Im Solling lag die Abbaurrate auf einer rotschwingelreichen typischen Wiesenrispen-Goldhaferwiese zwischen 0.14–0.46% pro Tag bei verschiedenen Maschenweiten (CONRADY 1987).

**Tab. 1:** Durchschnittliche Streuverlustraten in Netzbeuteln auf einer Parabraunerde in % je Untersuchungszeitraum und % pro Tag.

Litterbags	Ges. Zeitraum		Erste Phase		Zweite Phase	
	0–8 Monate	1Tag	0–4 Monate	1Tag	4–8 Monate	1Tag
fein–abiot.	26.3%	0.104%	20.6%	0.196%	05.7%	0.048%
fein	46.2%	0.183%	37.2%	0.354%	09.0%	0.075%
grob	62.5%	0.248%	65.5%	0.624%	03.0%	0.025%

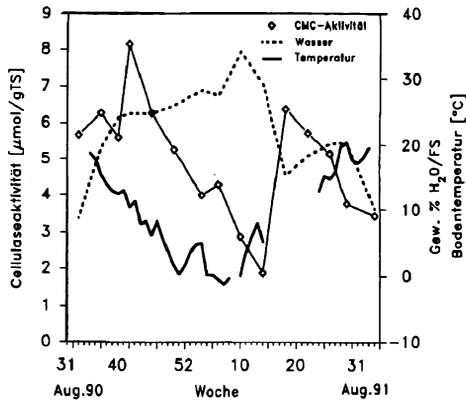
Die Aktivität der Carboxymethylcellulase für 0–5 cm Tiefe einer Parabraunerde liegt im Bereich von 2–8  $\mu\text{mol}$  Glucose pro g Boden (Trockensubstanz) in 24 Stunden bei 30°C (Abb. 2).



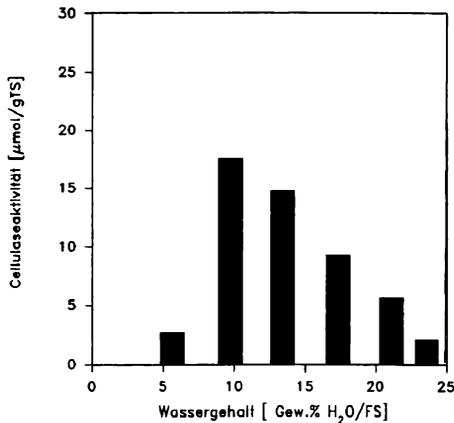
**Abb. 2:** Carboxymethylcellulaseaktivität ( $\mu\text{mol}$  Glucose pro g Trockensubstanz in 24 Stunden bei 30°C) in 0–5 cm Tiefe einer Parabraunerde unter Streuobstwiese im Jahresverlauf.

Dieser Bereich ist vergleichbar mit Ergebnissen von PANCHOLY & RICE (1973), die an drei verschiedenen Standorten eine Aktivität der Carboxymethylcellulase im Boden zwischen 1–23  $\mu\text{mol}$  pro g Boden (Trockensubstanz) bei gleichen Inkubationsbedingungen fanden. Die von GOMAH & GOMAA (1980) untersuchten Akerböden wiesen Carboxymethylcellulase-Aktivitäten kleiner als 1  $\mu\text{mol}$  pro g Boden (Trockensubstanz) auf. Von Oktober bis Ende März nahm die Aktivität der Carboxymethylcellulase ab. Ein ähnlicher Verlauf wurde auch von anderen Autoren nachgewiesen (PANCHOLY & RICE 1973; RHEE & al. 1985). Dieser Aktivitätsverlauf im Herbst bis Frühling scheint von der Bodentemperatur abzuhängen (Abb. 3). Ab dem Frühsommer können noch weitere Einflußfaktoren eine Rolle spielen, da Aktivitäts- und Temperaturverlauf sich gegenläufig verhalten. Zum Beispiel führte ein Wassergehalt von weniger als 25% im Laborexperiment zu einer gesteigerten Enzymaktivität im Boden, so daß eine Beeinflussung durch den Wassergehalt zu erwarten ist (Abb. 4).

An vier Probennahmeterminen wurde die Aktivität der Carboxymethylcellulase zusätzlich in einer Tiefe von 5–15 cm untersucht. Im Vergleich zur Bodentiefe von 0–5 cm lag sie um 75% niedriger. Selbst bei Berücksichtigung der größeren Dichte in 5–15 cm Tiefe (1.45 gegenüber 1.14 in 0–5 cm Tiefe) ist noch immer eine um 65% niedrigere Aktivität der Carboxymethylcellulase pro Volumeneinheit festzustellen. Als Ursache für den Rückgang der Enzymaktivität mit der Bodentiefe kann die Abnahme des Kohlenstoffgehaltes (30% in 5–15 cm Tiefe, 70% in 0–5 cm Tiefe) sowie eine reduzierte mikrobielle Biomasse angenommen werden (FÖRSTER & al. 1992a). Einen ähnlichen Verlauf der Carboxymethylcellulase-Aktivität im Jahresverlauf scheint sich auch in einer Tiefe von 5–15 cm leicht gedämpft fortzusetzen.



**Abb. 3:** Carboxymethylcellulaseaktivität ( $\mu\text{mol}$  Glucose pro g Trockensubstanz in 24 Stunden bei  $30^\circ\text{C}$ ) in 0-5 cm Tiefe einer Parabraunerde unter Streuobstwiese in Abhängigkeit von Bodentemperatur und Bodenfeuchte.



**Abb. 4:** Carboxymethylcellulaseaktivität ( $\mu\text{mol}$  Glucose pro g Trockensubstanz in 24 Stunden bei  $30^\circ\text{C}$ ) im Laboransatz bei Wassergehalten zwischen 5–25% der Frischsubstanz.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Teilaspekt eines Projektes wieder, in dem die Wirkungsmechanismen von Stressoren auf verschiedene terrestrische Ökosysteme präzisiert und ihre Übertragbarkeit untersucht werden. Die natürliche jahreszeitliche Dynamik der zu messenden Parameter muß unter kontrollierten Bedingungen im Labor überprüft werden. So konnte zum Beispiel die Beeinflussung der Carboxymethylcellulaseaktivität im Boden durch unterschiedlichen Bodenwassergehalt im Laborversuch gezeigt werden. Die höchste Aktivität ist bei einem Wassergehalt von 10% der Frischsubstanz zu erkennen, eine weitere Zunahme führt dagegen zu einer Abnahme der Aktivität (Abb. 4).

## Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungszentrum Jülich, Projektträger Biologie, Energie, Ökologie.

## Literatur

- CONRADY, D., 1987: Untersuchungen zur Struktur und Funktion der Tiergemeinschaft eines submontanen Grünlandes: Einfluss von Umweltchemikalien und Raumstruktur. – Diss. Univ. Göttingen.
- CURRY, J., 1969: The decomposition of organic matter in soil. Part I. The role of the fauna in decaying grassland herbage. – Soil. Biol. Biochem. 1, 253 – 258.
- FÖRSTER, B., SCHALLNAß, H. & M. EDER, 1992a: Bodenbiologische Untersuchungen an einer Streuobstwiese: Natürliche Variabilität am Beispiel von Bodeneigenschaften und Bodenmikroflora. – Verh. Ges. Ökol. 21: (dieser Band).
- FÖRSTER, B., 1992b: Persönliche Mitteilung.
- GOMAH, A. & M. GOMAA, 1980: CM-Cellulase activity in soil as affected by addition of organic materials, temperature, storage and drying and wetting cycles. – Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 143: 349–356.
- GREWELING, T., 1976: Chemical analysis of plant tissues. – Search Agricult. 6: 1–35.
- NELSON, N., 1944: A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. – J. Biol. Chem. 153: 375–380.
- FANCHOLY, S. & E. RICE, 1973: Soil enzymes in relation to old field succession: Amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urease. – Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 536–537.
- RHEE, Y., Yung-Chil, H. & H. SOON-WOO, 1985: Distribution of abiotic carboxymethylcellulase in relation to microbial growth and activity in forest soils. – Kor. Jour. Microbiol. 23: 147–156.
- RÖMBKE, J., KNACKER, T., FÖRSTER, B. & A. MARCINKOWSKI, 1992: Comparison of effects of two pesticides on soil organisms in laboratory tests, microcosms and in the field. – Proc. SETAC conf., Sheffield (in press).
- SINSABAUGH, R., ANTIBUS, R. & A. LINKINS, 1991: An enzymic approach to the analysis of microbial activity during plant litter decomposition. – Agricult. Ecosyst. Environ. 34: 43–54.
- SOMOGYI, M., 1945: A new reagent for the determinations of sugars. – J. Biol. Chem. 160:61–68.
- SWIFT, M., HEAL, O. & J. ANDERSON, 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems. Stud. in Ecol. 5. Blackwell, Oxford.

## Adresse

Monika Eder  
Thomas Knacker  
Bernhard Förster  
Battelle-Institut e.V.  
Arbeitsgruppe Ökotoxikologie  
Am Römerhof 35

6000 Frankfurt 90

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21\\_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Knacker Thomas, Förster Bernhard, Eder Monika

Artikel/Article: [Bodenbiologische Untersuchungen an einer Streuobstwiese: Dekompositionsraten und Carboxymethylcellulase-Aktivität 53-57](#)