

Sonderdruck aus „Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch“, 62. Jahrgang, Heft 6/1985

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und Futterbau – Justus-Liebig-Universität Gießen und dem Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan

Nettoprimärproduktion und Umsatz der oberirdischen Pflanzenmasse einer nicht mehr genutzten Glatthaferwiese unter dem Einfluß der ungestörten Sukzession und des Mulchens

Von Brigitte Iffert und U. Simon

Zusammenfassung

Es werden Nettoprimärproduktion und Umsatz der oberirdischen Pflanzenmasse einer nicht mehr genutzten Glatthaferwiese unter dem Einfluß der ungestörten Sukzession („Sukzession“) und des Mulchens untersucht.

Zu Beginn des Versuchs im Jahr 1979 waren die Parzellen weitgehend homogen.

In der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse sind bei der „Sukzession“ im Jahr 1979 nach dem Mulchen und im Jahr 1980 höhere Werte als bei den gemulchten Flächen zu verzeichnen. Auf den Flächen mit ungestörter Sukzession befindet sich an den Entnahmetermeninen des Jahres 1980 mehr gesamte oberirdische Pflanzenmasse als an den Vergleichsterminen des Vorjahres. Bei den gemulchten Flächen treten solche Veränderungen in der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse nicht auf.

Im Hinblick auf die lebende oberirdische Pflanzenmasse sind weder erhebliche Unterschiede zwischen den Behandlungen noch zwischen den Jahren zu erkennen.

Bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse sind die Werte der „Sukzession“ nach dem Datum des Mulchens 1979 und im Jahr 1980 stets höher als die Vergleichswerte der gemulchten Flächen. Bei der „Sukzession“ liegen die Werte der toten oberirdischen Pflanzenmasse im Jahr 1980 erheblich unter den Vergleichswerten des Vorjahres, während bei den gemulchten Flächen keine Unterschiede zwischen den Jahren zu verzeichnen sind.

Die Zersetzungsrate ist im Mittel sowohl vor als auch nach dem Mulchen 1980 bei den gemulchten Flächen höher als bei der „Sukzession“. Es ist jedoch durchaus ein positiver Effekt des Mulchens auf die Werte festzustellen.

Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse ist im Jahr 1980 bei den gemulchten Flächen mit 334 g TS/m² höher als bei der „Sukzession“ (240 g TS/m²).

Die Mortalität der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse zeigt keine Unterschiede zwischen den Jahressummen beider Behandlungen. Im Gegensatz zur „Sukzession“ tritt bei den gemulchten Flächen fast die gesamte Mortalität, infolge des Mulchschnittes, im August auf.

Die Nettoprimärproduktion an lebender, oberirdischer Pflanzenmasse ist im Jahr 1980 mit 627 g TS/m² bei der „Sukzession“ und 557 g TS/m² bei den gemulchten Flächen etwa gleich hoch.

Eingang des Manuskripts: 23. 5. 1985

Einleitung und Problemstellung

Wenn die landwirtschaftliche Nutzung des Grünlands wegfällt, ändern sich Einflußgrößen, die das Ökosystem prägen. Im Gegensatz zu Flächen, auf denen Grüngrut gemäht und abgefahren wird, verbleibt die Pflanzenmasse an Ort und Stelle.

STÄHLIN u. a. (1975a, b) weisen dabei auf die Gefahr einer Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse und ihre negativen Folgen hin. CAMPINO (1978), WOLF (1979) und SCHIEFER (1981) untersuchen in diesem Zusammenhang das Gewicht der toten oberirdischen Pflanzenmasse bzw. der Streu. CAMPINO (1978) schließt in seiner umfassenden

den Beschreibung einiger Ökosysteme die Zersetzungsrate mit ein und schreibt dem Wechselspiel zwischen der toten Pflanzensubstanz und den Zersetzern besondere Bedeutung zu.

Für die Menge und Geschwindigkeit des Umsatzes spielen einige Teilgrößen, wie z. B. das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse, die Mortalität und die Nettoprimärproduktion lebender oberirdischer Pflanzenmasse, eine wichtige Rolle.

Diese Umsatzgrößen sind zwar schon zum Teil untersucht worden (WEAVER und ROLAND 1952, ODUM 1960, WIEGERT und EVANS 1964, TYLER 1971, JANKOWSKA 1971, GLUCH 1973, WALLENTINUS 1973, SINGH u. a. 1975, WIEGERT und MCGINNIS 1975), aber noch nicht auf mitteleuropäischem Mähgrünland. Vergleichende Untersuchungen zwischen Brachflächen mit ungestörter Sukzession und gemulchten Flächen in Bezug auf die Umsatzgrößen fehlen, obgleich das Mulchen ein häufig praktiziertes Verfahren zur Pflege von Brachflächen ist.

In der vorliegenden Arbeit werden daher die aktuellen Werte der oberirdischen Pflanzenmasse und der Zersetzungsrate, das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse, die Mortalität und die Nettoprimärproduktion lebender oberirdischer Pflanzenmasse einer nicht mehr genutzten Glatthaferwiese unter dem Einfluß der ungestörten Sukzession und des Mulchens untersucht.

1. Standort und Methoden

1.1 Standort

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1979–1981 auf dem Versuchsfeld des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II der Justus-Liebig-Universität Gießen in Linden-Forst durchgeführt.

Die Versuchsfläche wurde bis 1978 jährlich zweimal gemäht und mit 50 kg N, 50 kg P₂O₅ und 80 kg K₂O gedüngt.

Die Klimadaten stammen von der knapp 5 km entfernten Gießener Wetterstation und sind in Abb. 1 graphisch dargestellt.

Die Jahresdurchschnittstemperatur lag in den Versuchsjahren 1979–1981 mit 8,5° C, 8,6° C bzw. 8,9° C unter dem langjährigen Mittel (9,05° C).

Die Jahressummen der Niederschläge sind in den Jahren 1979–1981 mit 722 mm, 642 mm bzw. 952 mm höher als das langjährige Mittel (587 mm).

Der Boden, ein Pseudogley, war bei Versuchsbeginn im oberen Bodenbereich (0–10 cm) stark humos; der pH-Wert des Bodens lag mit 6,4 im schwach sauren Bereich. Der Phosphorsäure- (10 mg/100 g Boden) und Kaligehalt (13 mg/100 g Boden) in der Bodenschicht von 0–10 cm waren gering.

Im Pflanzenbestand, eine Glatthaferwiese wechselfeuchter Ausprägung, waren zu Versuchsbeginn *Arrhenatherum elatius*, *Alopecurus pratensis*, *Achillea millefolium*, *Centaurea jacea*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* als Hauptbestandbildner vertreten.

1.2 Versuchsglieder

„Ungestörte Sukzession“: Pflanzenbestand verbleibt ohne Pflegemaßnahme, im folgenden als „Sukzession“ bezeichnet.

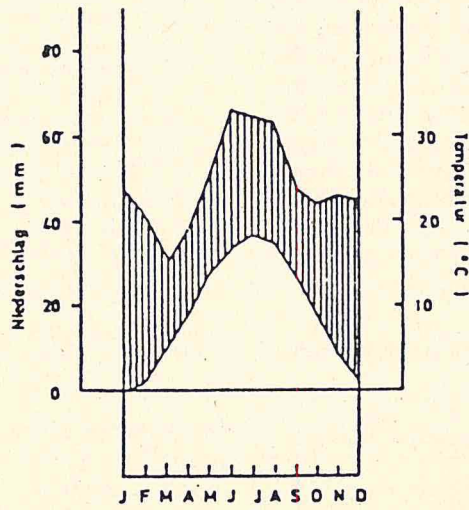
„Mulchen“: Einmal jährlich Mulchen des Primäraufwuchses mittels Schlegelhäckslers. Die Termine des Mulchens waren: 16. 7. 1979, 1. 8. 1980, 9. 7. 1981.

Die Versuchsanlage war eingezäunt, die Entnahme von Pflanzenmasse durch Herbivore konnte somit vernachlässigt werden. Der Versuch wurde als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug $14 \times 6 = 84 \text{ m}^2$.

1.3 Methoden

Zur Ermittlung der aktuellen Werte der oberirdischen Pflanzenmasse (ohne Moos) wurde auf jeder Parzelle von zwei 0,20 m² großen Quadraten das dort vorhandene Pflanzenmaterial entfernt, bei –18° C eingefroren, später aufgetaut und den Komponenten „lebend“ und „tot“ zugeordnet, bei 105° C getrocknet und dann gewogen. Der Komponente „tot“ gehörten alle nicht mehr grünen Pflanzenteile an.

Langjähriges Mittel (1931-60)
(Gießener Wetterstation)



Niederschlag und Temperatur in den Versuchsjahren

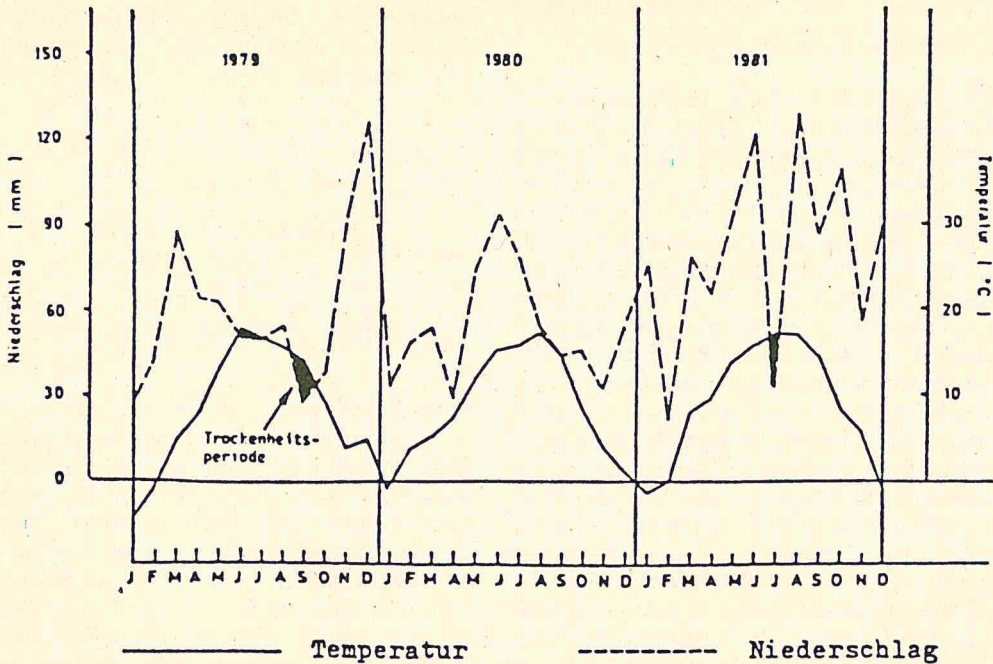


Abbildung 1

Klimadiagramm nach WALTER (1957) des Standorts Linden-Forst

Die Entnahmetermine sind aus der Tab. 1 zu ersehen.

Die Zersetzungsrate wurde im Jahre 1980 mit Hilfe des „Litter-Bag“-Verfahrens bestimmt. Hierzu wurde jeweils kurz vor der Exposition von den Teilstücken tote oberirdische Pflanzenmasse (tote = nicht mehr grüne Pflanzenmasse), bei 60° C getrocknet, in Kunststoffbeutel aus Fliegengaze gefüllt und auf den im Rahmen der Pflanzenmassenbestimmung von Vegetation befreiten 0,20 m² großen Quadraten der betreffenden Parzellen ausgelegt.

Tabelle 1: Entnahmetermine der oberirdischen Pflanzenmasse

1979		1980	
Sukzession	Mulchen	Sukzession	Mulchen
10. 5.	10. 5.	28. 3.	28. 3.
4. 7.	4. 7.	12. 5.	12. 5.
16. 7.	16. 7. ¹⁾	9. 7.	9. 7.
	28. 8.	23. 7.	23. 7.
			1. 8. ¹⁾
15. 11.	15. 11.	16. 9.	16. 9.
		12. 11.	12. 11.

) Pflanzenmasse unmittelbar nach dem Mulchen.

Das Füllgewicht sollte dem Gewicht der tatsächlich auf den Flächen vorhandenen Pflanzenmasse entsprechen; es lag aus methodischen Gründen (s. IFFERT 1983) jedoch meist darunter (Tab. 2). Vor allem bei der „Sukzession“ traten erhebliche negative Abweichungen vom „Soll-Gewicht“ auf. Die Menge des dem Boden zugeführten Pflanzenmaterials kann jedoch je nach dessen Qualität Einfluß auf die Zersetzungsrate nehmen (BROADBENT und BARTHOLOMEW 1948, JENKINSON 1971, JENKINSON 1977). Während bei einer stickstoffreichen Substanz nach JENKINSON (1977) die Menge der zugeführten Pflanzenmasse kaum Auswirkungen auf die Zersetzungsrate hat, stellen BROADBENT und Bartholomew (1948) bei einer stickstoffarmen Pflanzensubstanz ein Ansteigen der Zersetzungsrate bei Verminderung der zugegebenen Menge fest. Bei höheren Füllgewichten wären somit voraussichtlich niedrigere Zersetzungsraten ermittelt worden. Diese Überlegung spielt vor allem bei den Zersetzungsraten,

die auf der „Sukzession“ ermittelt wurden, eine Rolle.

Tabelle 2: Füllgewicht der Beutel (g TS) und Expositionszeiten bei der Bestimmung der Zersetzungsrate im Jahr 1980

Sukzession	Füllgewicht Mulchen	Expositionszeitraum	Tage
61,2 (64,4) ¹⁾	42,3 (33,2)	28. 3.–12. 5.	45
34,1 (45,8)	21,0 (14,8)	12. 5.– 9. 7.	58
22,0 (46,2)	13,0 (24,0)	9. 7.–23. 7.	14
17,9 (49,4)	103,5 (108,8)	1. 8.–16. 9.	46
17,6 (78,6)	47,2 (45,6)	16. 9.–12. 11.	57

¹⁾ () tote oberirdische Pflanzenmasse zu Beginn des Meßzeitraums (a_{i-1}) in g TS/0,20 m²

Der Anfangs- und Endzeitpunkt der Exposition (Tab. 2) war mit den Entnahmezeitpunkten der oberirdischen Pflanzenmasse im Jahr 1980 identisch. Vom 23. 7.–1. 8. 1980 wurde jedoch keine Zersetzungsrate ermittelt.

Die mittlere (= durchschnittliche) tägliche Zersetzungsrate wurde nach WIEGERT und EVANS (1964) errechnet:

$$r = \frac{\ln \frac{w_0}{w_1}}{t_1 - t_0} \cdot 1000$$

r = Zersetzungsrate (mg/g TS/Tag)
 ln = Natürlicher Logarithmus
 w₀ = Ausgangsgewicht (g TS)
 w₁ = Endgewicht (g TS)
 t₁ - t₀ = Expositionsdauer (Tage)

Die mit Hilfe des „Litter-Bag“-Verfahrens bestimmten Werte liegen in der Regel unter den realen Werten (vergleiche WIEGERT und EVANS 1964, WALLENTINUS 1973, WIEGERT und MCGINNIS 1975); denn einem großen Teil der zersetzenden Bodenfauna wird der Zugang zu dem Pflanzenmaterial im Beutel durch das Maschengewebe erschwert oder gar unmöglich gemacht (EDWARDS und HEATH 1963, HEATH u. a. 1966). Außerdem begünstigt die gegenüber realen Bedingungen verhältnismäßig dichte Lagerungsweise innerhalb der Beutel eine anaer-

robe Zersetzung. Hinzu kommt, daß auch die mikroklimatischen Verhältnisse im Beutel nicht den realen Bedingungen entsprechen. Zwar tritt an die Stelle der Beschattung durch den Pflanzenbestand die Beschattung durch den Beutel selbst, die Temperatur- und Feuchteverhältnisse jedoch dürften in den Beuteln andere sein. Trotzdem wird in dieser Arbeit auf das „Litter-Bag“-Verfahren zurückgegriffen, weil die von WIEGERT und EVANS (1964) als präziseres Verfahren vorgeschlagene „Paired-Plot“-Methode in ihrer Anwendung ebenfalls problematisch (SINGH u. a. 1975, SINGH und GUPTA 1977) ist.

Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse, die Mortalität der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse und die Nettoprimärproduktion lebender oberirdischer Pflanzenmasse wurden aus den aktuellen Werten der oberirdischer Pflanzenmasse und der Zersetzungsrate nach WIEGERT und EVANS (1964) errechnet:

- t_i : Meßzeitraum (in Tagen)
 b_{i-1} : Gewicht der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse zu Beginn des Meßzeitraums gTS/m^2
 b_i : Gewicht der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse am Ende des Meßzeitraums gTS/m^2
 Δb_i : Veränderung im Gewicht der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse während des Meßzeitraums gTS/m^2
 $\Delta b_i = b_i - b_{i-1}$
 a_{i-1} : Gewicht der toten oberirdischen Pflanzenmasse zu Beginn des Meßzeitraums gTS/m^2
 a_i : Gewicht der toten oberirdischen Pflanzenmasse am Ende des Meßzeitraums gTS/m^2
 Δa_i : Veränderung im Gewicht der toten oberirdischen Pflanzenmasse während des Meßzeitraums gTS/m^2
 $\Delta a_i = a_i - a_{i-1}$
 r_i : Zersetzungsrate der toten oberirdischen Pflanzenmasse während des Meßzeitraums ($g/g TS/Tag$)

Mit Hilfe dieser Größen werden ermittelt:

- x_i : Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse während des Meßzeitraums gTS/m^2

$$x_i = \frac{(a_i + a_{i-1}) \cdot r_i t_i}{2}$$

- d_i : Mortalität der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse während des Meßzeitraums, d. h. das Gewicht der Pflanzenmasse, die während des Meßzeitraums von der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse in die tote oberirdische Pflanzenmasse übergeht gTS/m^2

$$d_i = x_i + \Delta a_i$$

Es gilt die Bedingung:

$$d_i \geq 0$$

- y_i : Nettoprimärproduktion des Meßzeitraums, d. h. Gewicht der während des Meßzeitraums produzierten oberirdischen Pflanzenmasse gTS/m^2

$$y_i = \Delta b_i + d_i \text{ oder}$$

$$y_i = (b_i - b_{i-1}) + (a_i - a_{i-1}) + \frac{(a_i + a_{i-1})}{2} \cdot r_i t_i$$

In der obigen Gliederung wird vorausgesetzt, daß eine Entnahme von Pflanzenmasse durch Herbivore vernachlässigt werden kann und daß die Versuchspartellen weitgehend homogen sind (WIEGERT und EVANS 1964).

Vom 23. 7. bis 1. 8. 1980 wurde, wie erwähnt, keine Zersetzungsrate ermittelt. Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse konnte somit nicht berechnet werden. Da dieser Meßzeitraum jedoch nur 9 Tage umfaßt, also das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse sehr klein sein dürfte, wurde diese Größe bei dem Versuchsglied „Mulchen“ gleich Null gesetzt. Bei dem Versuchsglied „Sukzession“ wurde, da der 1. 8. 1980 als Entnahmetermin der Pflanzenmasse hier entfällt, die Zersetzungsrate des Meßzeitraums vom 1. 8.–16. 9. 1980 zur Berechnung von Mortalität und Nettoprimärproduktion während des Meßzeitraums vom 23. 7.–16. 9. 1980 herangezogen.

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse wurde mit Hilfe der EDV-Anlage des Rechenzentrums der Justus-Liebig-Universität in Gießen durchgeführt¹⁾. Die kritischen Differenzen (KD) wurden mit Hilfe des TUKEY-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P = 5\%$ und $P = 1\%$ berechnet (WEBER 1967).

¹⁾ Herrn Dr. S.-J. HWANG danken wir für die freundliche Erlaubnis, die von ihm erarbeiteten Rechenprogramme zu benutzen.

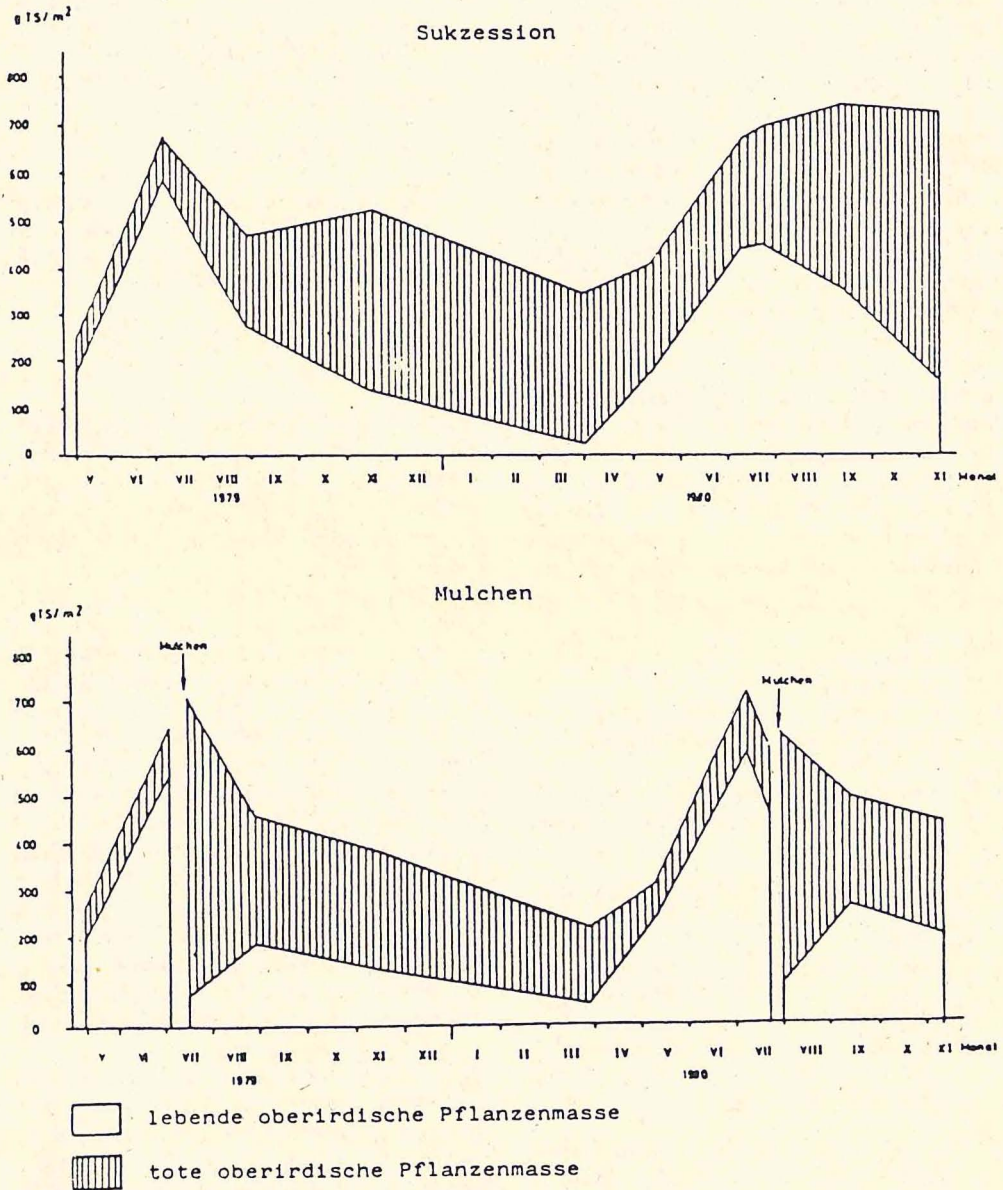


Abbildung 2

Die Anteile der lebenden und toten oberirdischen Pflanzenmasse an der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse (ohne Moos)

2. Ergebnisse

2.1 Die oberirdische Pflanzenmasse (ohne Moos)

Im Hinblick auf die gesamte sowie die tote und die lebende oberirdische Pflanzenmasse sind die Ausgangswerte am Versuchsbeginn bei den für beide Behandlungen vorgesehenen Flächen etwa gleich (Tab. 3–5).

Bei der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse treten Unterschiede zwischen den Behandlungen, wie Tab. 3 und Abb. 2 zeigen, schon am Ende des Jahres 1979 auf, wobei die „Sukzession“ die höheren Werte aufweist. Weit größer sind jedoch die Differenzen zwischen den Versuchsgliedern im zweiten Versuchsjahr. Mit Ausnahme des Entnahmetermins vom 9. 7. 1980 sind die Werte der „Sukzession“ signifikant höher als die der gemulchten Flächen. Der Novemberwert des Jahres 1980 liegt mit 732 g TS/m² sogar ganz erheblich über dem Wert des Versuchsglieds „Mulchen“ (431 g TS/m²). Bei der „Sukzession“, nicht jedoch bei den gemulchten Flächen, ist im Jahre 1980 ein starker Anstieg in der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse gegenüber den vergleichbaren Meßterminen des Vorjahres zu beobachten.

Als Ursache für diese Entwicklung (s. hierzu auch Abb. 2) kann die Komponente „lebende oberirdische Pflanzenmasse“, wie der Tab. 4 zu entnehmen ist, weitgehend ausgeschlossen werden, da hier weder zwischen den Behandlungen noch zwischen den Jahren tiefgreifende Unterschiede auftreten.

Deutlich werden jedoch die großen Differenzen zwischen den Versuchsgliedern bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse (Tab. 5). Vom 15. 11. 1979 bis zum 12. 11. 1980 weist die „Sukzession“ signifikant höhere Werte als die gemulchten Flächen auf. Während sich beim Versuchsglied „Mulchen“ die Novemberwerte beider Jahre bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse nicht signifikant unterscheiden, liegt der Novemberwert der „Sukzession“ im Jahr 1980 mit 568 g TS/m² um 180 g TS/m² signifikant über dem Wert des Vor-

jahres. Es ist also bereits in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraum von einem Jahr nach Wegfall der landwirtschaftlichen Nutzung auf den der ungestörten Sukzession überlassenen Versuchsflächen zu einer signifikanten Anreicherung toter oberirdischer Pflanzenmasse gekommen.

2.2 Die Zersetzungsrate

Die Höhe der Zersetzungsraten lassen sowohl einen jahreszeitlichen Einfluß als auch einen deutlichen Effekt der Behandlung erkennen (Tab. 6, Abb. 3).

Wie aus Tab. 6 hervorgeht, steigt die Zersetzungsrate von März bis Juli an und ist im ersten Halbjahr 1980 im Mittel auf den im Vorjahr gemulchten Flächen signifikant höher als auf den Flächen ohne Pflegemaßnahme. Als Effekt der Behandlung weisen 1980 die gemulchten Flächen vom 1. 8. bis zum 12. 11. sogar eine erheblich höhere Zersetzungsrate als die „Sukzession“ auf. Vom Mulchtermin an entwickeln sich die Zersetzungsraten auf den beiden Versuchsgliedern entgegengesetzt. Während sie bei der „Sukzession“, wie die Abb. 3 zeigt, von Juli bis November wieder absinkt, ist bei den gemulchten Flächen ein weiterer Anstieg zu verzeichnen.

2.3 Die Umsatzgrößen

2.3.1 Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse

Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse während eines Meßzeitraums wird durch die Höhe der Zersetzungsrate und durch das Gewicht der auf den Flächen vorhandenen toten oberirdischen Pflanzenmasse bestimmt. Die Veränderungen in der toten oberirdischen Pflanzenmasse und damit auch die aktuellen Werte lassen sich ihrerseits von der Mortalität der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse und dem Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse ableiten ($a_i - a_{i-1} = d_i - x_i$).

Das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse ist über das Jahr 1980 bei den gemulchten Flächen mit 334 g

Tabelle 4

Die lebende oberirdische Pflanzenmasse in g TS/m²

Entnahmetermi- nNr.	1979					1980						1979		1980		
	10.5. 1	4.7. 2	16.7. 3	28.8. 4	15.11. 5	28.3. 6	12.5. 7	9.7. 8	23.7. 9	1.8. 10	16.9. 11	12.11. 12	Mittel 1 10.5. + 4.7.	Mittel 2 28.8. + 15.11.	Mittel 3 12.5. + 9.7.	Mittel 4 16.9. + 12.11.
Ungestörte Sukzession	178	587	-	269	135	24	178	438	448	-	349	164	303	202	308	257
Mulchen ¹⁾	194	544	70	182	121	43	234	585	451	81	254	190	369	152	410	222
Mittel	186	566		226	128	34	206	512	450		302	177	376	177	359	240

<p>KD für den Vergleich zwischen den Behandlungen je Entnahmetermi- n</p> <p>für die Entnahmetermine <u>4 - 5</u> 5% 60 <u>6 - 9</u> 5% 62 <u>11 - 12</u> 5% 65 1% 86 1% 85 1% 93</p> <p>KD für den Vergleich zwischen den Entnahmetermi- nen</p> <p>für die Behandlung <u>Ungestörte Sukzession</u> (Entnahmetermine 1 - 12) 5% 106 1% 127</p> <p><u>Mulchen</u> (Entnahmetermine 3 - 12) 5% 81 1% 98</p>	<p>KD für den Vergleich der Mittel der Jahreshälften (Mittel 1 - 4) zwi- schen den Jahren je Behandlung für</p> <p><u>Mittel 1 : Mittel 3</u> 5% 47 1% 64</p> <p><u>Mittel 2 : Mittel 4</u> 5% 38 1% 52</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹⁾ gemulcht wurde am: 16.7.1979, 1.8.1980

Tabelle 5

Die tote oberirdische Pflanzenmasse in g TS/m²

Entnahme- termin Nr.	1979					1980						1979		1980		
	10.5. 1	4.7. 2	16.7. 3	28.8. 4	15.11. 5	28.3. 6	12.5. 7	9.7. 8	23.7. 9	1.8. 10	16.9. 11	12.11. 12	Mittel 1 10.5. + 4.7.	Mittel 2 28.8. + 15.11.	Mittel 3 12.5. + 9.7.	Mittel 4 16.9. + 12.11.
Ungestörte Sukzession	79	85	-	207	388	322	229	231	247	-	393	568	82	298	230	481
Mulchen ¹⁾	69	98	633	275	259	166	74	120	147	544	228	242	84	267	97	235
Mittel	74	92		241	324	244	102	176	197		311	405	83	283	164	358
KD für den Vergleich zwischen den Behandlungen je Entnahmeterrin für die Entnahmeterrine <u>4 - 5</u> 5% 102 1% 146 <u>6 - 9</u> 5% 68 1% 93 <u>11 - 12</u> 5% 128 1% 184												KD für den Vergleich der Mittel der Jahreshälften (Mittel 1 - 4) zwi- schen den Jahren je Behandlung für <u>Mittel 1 : Mittel 3</u> 5% 41 1% 56 <u>Mittel 2 : Mittel 4</u> 5% 66 1% 90				
KD für den Vergleich zwischen den Entnahmeterrinen für die Behandlung <u>Ungestörte Sukzession</u> (Entnahmeterrine 1 - 12) 5% 134 1% 161 <u>Mulchen</u> (Entnahmeterrine 3 - 12) 5% 123 1% 148																

1) gemulcht wurde am: 16.7.1979, 1.8.1980

TS/m² signifikant größer als bei der „Sukzession“ (240 g TS/m²). Wie weiter aus Tab. 6 hervorgeht, wird bis zum Mulchtermin des Jahres 1980 auf der „Sukzession“ vom 12. 5. bis zum 23. 7. mehr tote oberirdische Pflanzenmasse zersetzt als auf den gemulchten Flächen, nach dem Mulchen ist es jedoch umgekehrt.

Bei der „Sukzession“ steigt das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse (s. Tab. 6 u. Abb. 4) in der ersten Jahreshälfte an und bleibt in der zweiten Jahreshälfte nahezu konstant. Bei den gemulchten Flächen erhöht sich das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse nach dem Mulchen zunächst drastisch, sinkt dann aber wieder bis zum Ende des Jahres ab.

2.3.2 Die Mortalität der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse

Im Hinblick auf die Mortalität ist über das Jahr 1980 gesehen keine signifikante Differenz zwischen den Behandlungen zu erkennen. Wie die Tab. 6 zeigt, liegen die Jahressummenwerte beider Behandlungen zwischen 400 und 500 g TS/m². Eine signifikante Differenz zwischen den Behandlungen tritt nur im Meßzeitraum 4 auf,

wobei die „Sukzession“ den höheren Wert aufweist.

Bei den gemulchten Flächen ist fast die gesamte Mortalität auf das Mulchen zurückzuführen. Nach dem Mulchen erreicht die Mortalität bei dieser Behandlung einen negativen Wert, steigt dann aber bis zum Jahresende wieder an (Abb. 4). Bei der „Sukzession“ treten signifikante Unterschiede zwischen den Meßzeiträumen nicht auf.

Während einzelner Meßzeiträume (s. Tab. 6 u. Abb. 4) wurden negative Werte errechnet. Negative Werte für die Mortalität sind vorwiegend auf die methodischen Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Zersetzungsrates zurückzuführen. Die durch das „Litter-Bag“-Verfahren ermittelten Werte sind als zu niedrig anzusprechen (s. auch Kapitel 1.3).

Trotz dieser Tatsache wurden die negativen Werte bei der Mortalität (und bei der Nettoprimärproduktion) lebender oberirdischer Pflanzenmasse in die Jahressumme miteinbezogen, um das Ergebnis nicht durch eine partielle Korrektur von Werten zu verfälschen und einen Vergleich zwischen den Behandlungen zu ermöglichen (IFFERT 1983).

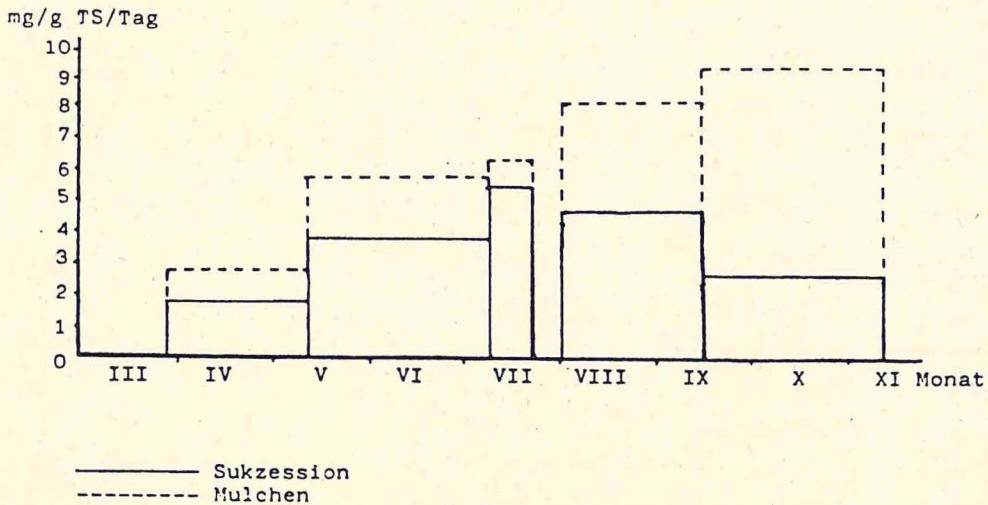


Abbildung 3

Die Zersetzungsraten im Jahr 1980

2.3.3 Die Nettoprimärproduktion lebender oberirdischer Pflanzenmasse

Bei der Nettoprimärproduktion (s. Tab. 6) zeigt sich wie bei der Mortalität keine

signifikante Differenz zwischen der Jahressumme der „Sukzession“ (627 g TS/m²) und der gemulchten Flächen (557 g TS/m²). Der einzige signifikante Unterschied zwi-

Tabelle 6

Ersetzungsrate (r_1), Gewicht der ersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse (x_1), Mortalität (d_1) und Nettoprimärproduktion (y_1) oberirdischer Pflanzenmasse im Jahr 1980

Nr.	Messzeitraum von ... bis	Tage	Behandlung	r_1		x_1		d_1		y_1	
				mg/g TS/ Tag	g TS/m ² / Tag	g TS/m ² / Messzeitr.	g TS/m ² / Tag	g TS/m ² / Messzeitr.	g TS/m ² / Tag	g TS/m ² / Messzeitr.	
1	28. 3.-12. 5.	45	Sukzession	1,92	0,53	23,95	-1,53	-68,68	1,89	85,26	
			Mulchen ¹⁾	2,73	0,33	14,77	-1,72	-77,48	2,52	113,27	
2	12. 5.- 9. 7.	58	Sukzession	3,89	0,89	51,78	0,92	53,60	5,41	313,66	
			Mulchen	5,77	0,58	33,48	1,37	79,67	7,43	431,11	
3	9. 7.-23. 7.	14	Sukzession	5,38	1,26	17,65	2,43	34,02	3,13	43,77	
			Mulchen	6,32	0,78	10,97	2,66	37,28	-6,95	-97,28	
4a	23. 7.- 1. 8.	9	Sukzession	-	-	-	-	-	-	-	
			Mulchen	-	-	-	(44,17)	(397,50)	(3,12)	(28,07)	
4b	1. 8.-18. 9.	46	Sukzession	4,41	-	-	-	-	-	-	
			Mulchen	8,28	3,17	145,99	-3,69	-169,95	0,07	3,12	
4	23. 7.-18. 9.	55	Sukzession	-	1,29	71,17	3,93	216,35	2,14	117,48	
			Mulchen	-	-	-	-	(227,55)	-	(31,17)	
5	16. 9.-12.11.	57	Sukzession	2,78	1,32	75,46	4,40	250,78	1,17	66,46	
			Mulchen	9,66	2,27	129,24	2,50	142,74	1,38	78,42	
1 bis 3	28. 3.-23. 7.	117	Sukzession	3,31	0,80	93,36	0,16	18,94	3,70	442,60	
			Mulchen	4,67	0,51	59,22	0,34	39,47	3,82	447,10	
4 und 5	23. 7.-12.11.	112	Sukzession	3,51 ²⁾	1,31	146,63	4,17	467,13	1,64	183,94	
			Mulchen	-	-	-	-	-	-	(109,59)	
1 bis 5	28. 3.-12.11.	229	Sukzession	3,40	-	240,01	-	486,07	-	626,63	
			Mulchen	-	-	-	-	(409,76)	-	(556,69)	
		220 ²⁾					12,26		528,64		

KD für den Vergleich zwischen

	den Behandlungen je Messzeitraum für die Messzeiträume		den Messzeiträumen für die Behandlung	
	1 - 3	4 - 5	Sukzession	Mulchen
r_1	5% 1,35 1% 1,86	5% 1,66 1% 2,39	5% 2,21 1% 2,86	5% 2,08 1% 2,69
x_1	5% 0,30 1% 0,42	5% 0,72 1% 1,03	5% 0,64 1% 0,83	5% 0,90 1% 1,17
d_1	5% - 1% -	5% 2,78 1% 4,00	5% - 1% -	5% 3,38 1% 4,38
y_1	5% 5,19 1% 7,18	5% - 1% -	5% - 1% -	5% 5,79 1% 7,50

¹⁾ gemulcht wurde am: 16.7.1979, 1.8.1980

²⁾ Messzeitraum 4a entfällt

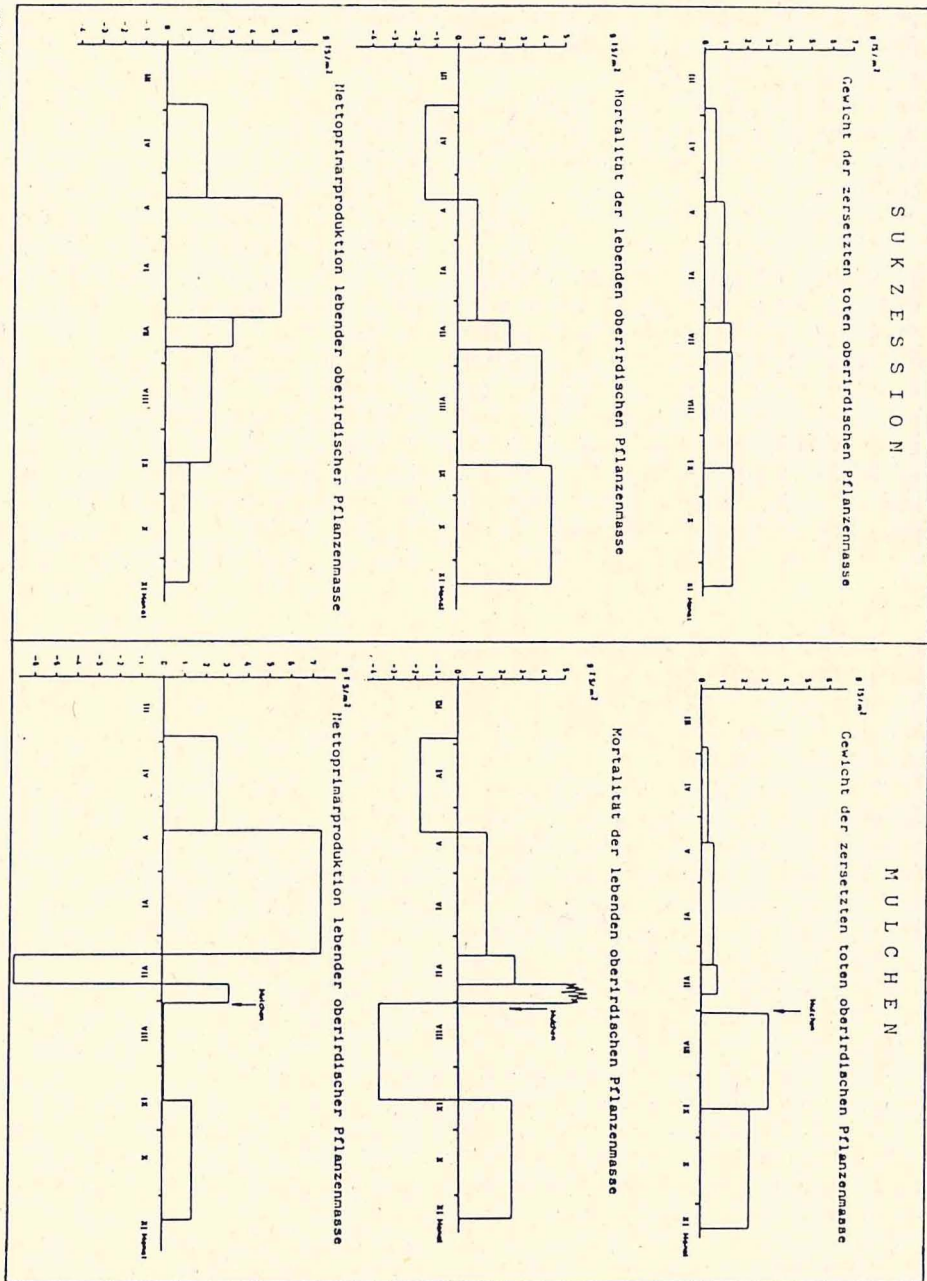


Abbildung 4
Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse (x_1), Korallenheit (d_1) und Nettoprimärproduktion (y_1) lebender oberirdischer Pflanzenmasse im Jahr 1980

schen den Behandlungen ist auf einen negativen Wert beim Versuchsglied „Mulchen“ während des Meßzeitraums 3 zurückzuführen, der Wert der „Sukzession“

ist während dieses Zeitraums signifikant höher. Zwischen den Meßzeiträumen tritt nur beim Versuchsglied „Mulchen“ eine signi-

fikante Differenz auf, vom zweiten bis zum dritten Meßzeitraum geht die Nettoprimärproduktion zurück (Abb. 4).

Die Umsatzgrößen bestimmen gemeinsam die Veränderungen in der lebenden und toten oberirdischen Pflanzenmasse.

Es gilt:

$$d_1 - x_1 = \Delta a_1$$

$$y_1 - d_1 = \Delta b_1$$

Bei beiden Behandlungen ergibt sich von März bis November 1980 als Summe der Veränderungen für Δa_1 und Δb_1 ein positiver Wert. Bei der „Sukzession“ ist die Differenz zwischen der Mortalität und dem Gewicht der zersetzten oberirdischen Pflanzenmasse 1980 jedoch wesentlich größer als bei den gemulchten Flächen. Auf der „Sukzession“ ist ein Zuwachs an toter oberirdischer Pflanzenmasse zu verzeichnen. Die schon im März 1980 bei der „Sukzession“ höheren Werte der toten oberirdischen Pflanzenmasse erhöhen sich im Verlauf des Jahres 1980 noch, die Differenz zwischen den Behandlungen wird größer.

In der ersten Jahreshälfte 1980 ist, wie sich Tab. 6 entnehmen läßt, auf beiden Behandlungen eine Abnahme bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse zu verzeichnen, die Mortalität ist gering, das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse dagegen vor allem bei der „Sukzession“ hoch. Auf der „Sukzession“ sind jedoch die Ausgangswerte des Jahres 1980 bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse höher als bei den gemulchten Flächen, die Rangfolge der Versuchsglieder bleibt erhalten. Bis zum Ende des Jahres wird infolge der Mulchbehandlung dieser Unterschied noch größer. Auf der „Sukzession“ wird wesentlich mehr tote oberirdische Pflanzenmasse gebildet als zersetzt wird, auf den gemulchten Flächen sind diese Größen eher ausgeglichen.

4. Diskussion

Während die lebende oberirdische Pflanzenmasse im Vergleich zwischen den Versuchsgliedern keine wesentlichen Differenzen aufweist, sind die Werte der „Sukzession“ sowohl bei der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse als auch bei der

toten oberirdischen Pflanzenmasse zu meist höher als bei den gemulchten Flächen. Auch CAMPINO (1978) und SCHIEFER (1981) verzeichnen bei einem sich selbst überlassenen Pflanzenbestand eine größere Menge toter oberirdischer Pflanzenmasse bzw. Streu als auf den gemulchten Flächen. Während beide Autoren eine Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse bzw. Streu auf den Flächen mit ungestörter Sukzession feststellen, kann WOLF (1979) bei einer Johanniskraut-Glatthaferwiese eine Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse bei natürlicher Sukzession nicht beobachten.

Die im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen deuten auf eine Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse bei der „Sukzession“ hin, denn die Werte des Jahres 1980 liegen bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse und dadurch bedingt auch bei der gesamten oberirdischen Pflanzenmasse über den Werten des Vorjahres.

Die Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse ist für die Entwicklung des Bodens bzw. des Pflanzenbestandes jedoch nicht unproblematisch (JACOB 1953, STÄHLIN u. a. 1972, STÄHLIN u. a. 1975a, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1976). Bei den gemulchten Flächen bleibt ein Anstieg der Werte zwischen den Jahren sowohl bei der gesamten als auch bei der toten oberirdischen Pflanzenmasse aus.

Bei keinem der Versuchsglieder ist ein Anstieg in den Werten der lebenden oberirdischen Pflanzenmasse zwischen den Jahren festzustellen.

Die Zersetzungsrate ist bei der „Sukzession“, wie auch schon in der Arbeit von CAMPINO (1978) dokumentiert wird, erheblich niedriger als bei den gemulchten Flächen.

Ein Grund hierfür dürfte zunächst in der Art und Beschaffenheit der zersetzbaren Pflanzenmasse beider Behandlungen liegen. In der ersten Jahreshälfte des Jahres 1980 wird auf der „Sukzession“ in der Hauptsache abgestorbenes Pflanzenmaterial der zweiten Jahreshälfte 1979 zersetzt, auf den gemulchten Flächen zwar auch,

doch spielt hier die Komponente „Mulchmasse aus dem Jahr 1979“ eine entscheidende Rolle. Bei der „Sukzession“ wird trotz geringerer Zersetzungsrates in der ersten Jahreshälfte 1980 mehr tote oberirdische Pflanzenmasse abgebaut als bei den gemulchten Flächen. Der Anteil der in der ersten Jahreshälfte 1980 gebildeten toten oberirdischen Pflanzenmasse (s. auch Mortalität) an der zersetzten Pflanzenmasse dieser Jahreshälfte ist auf beiden Behandlungen eher gering.

In der zweiten Jahreshälfte 1980 wird auf der „Sukzession“ neben der noch nicht zersetzten Pflanzenmasse des Vorjahrs und der der ersten Jahreshälfte 1980, die Pflanzenmasse der jetzt im verstärkten Maße absterbenden Vegetation zersetzt. Bei den gemulchten Flächen ist in der zweiten Jahreshälfte des Jahres 1980 für die Abbaubarkeit der toten oberirdischen Pflanzenmasse vor allem die Art und Beschaffenheit der Mulchmasse eine entscheidende Größe, der Anteil an nicht zersetzter Pflanzenmasse aus dem Vorjahr und der ersten Jahreshälfte 1980 an der zersetzbaren toten oberirdischen Pflanzenmasse ist hier nur gering.

Die Unterschiede im Abbau toter oberirdischer Pflanzenmasse zwischen beiden Versuchsgliedern wurden also im wesentlichen durch die Mulchbehandlung geprägt. Mulchen und erhöhte Zersetzungsrates stehen also in einem engen Zusammenhang. Die Unterschiede zwischen den Behandlungen dürften in der Realität noch größer sein, wenn man an das vor allem bei der „Sukzession“ zu geringe Füllgewicht der Kunststoffbeutel (s. weiter oben) denkt, die zu höheren ermittelten Zersetzungsrates führen könnten.

Als zersetzungsfördernde Faktoren können die relativ gute Zersetzbarkeit der Mulchmasse (größere angreifbare Oberfläche der Pflanzenbestandteile durch Zerreißen und Schnitt, jüngeres Alter der Pflanzen, Bodennähe) und der günstige Zeitpunkt des Abbaus der Hauptpflanzenmasse durch das Mulchen gelten. Außerdem können Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbe-

standes verbunden mit einer spezifischen Abbaubarkeit von Pflanzenarten und Artengruppen zu unterschiedlichen Zersetzungsrates führen (weiteres bei IFFERT 1983). Es ist auch denkbar, daß die Pflanzen auf den gemulchten Flächen im Herbst in einem jüngeren Stadium als auf der „Sukzession“ absterben. Ferner scheint die Bodentemperatur bei den gemulchten Flächen an der Bodenfläche bzw. im oberen Bodenbereich oft höher als bei der „Sukzession“ zu sein (CAMPINO 1978, IFFERT 1978, SCHIEFER 1981). Unter Strohbedeckung stellen FUSS (1971) sowie HOYNNINGEN-HUENE (1971/1972) einen gegenüber unbedecktem Boden gleichmäßigeren Temperatur- und Feuchteverlauf fest. Unter Mulch ist die mikrobiologische Aktivität des Bodens erhöht (CAMPINO 1978, IFFERT 1978) und die Anzahl der Regenwürmer oft höher als bei Flächen ohne Pflegemaßnahme (CAMPINO u. a. 1979, SCHREIBER 1980), was die Zersetzung begünstigt.

Als direkte Folge der größeren Zersetzungsrates ist das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse über das Jahr 1980 auf den gemulchten Flächen höher als auf der „Sukzession“. Die vor dem Mulchtermin im Jahre 1980 bei der „Sukzession“ höheren Werte sind lediglich auf die größere Menge toter Pflanzenmasse zurückzuführen, die noch unzersetzt vermutlich aus dem Vorjahr stammen.

Aus der Differenz zwischen den Novemberwerten der Jahre 1979 und 1980 bei der gesamten bzw. toten oberirdischen Pflanzenmasse kann geschlossen werden, daß das Gewicht der zersetzten toten oberirdischen Pflanzenmasse bei der „Sukzession“ kleiner als die Nettoprimärproduktion bzw. Mortalität ist. Bei den gemulchten Flächen sind dagegen zwischen diesen Größen nur geringe Differenzen zwischen den Jahren festzustellen. Wie aus den Ergebnissen des Jahres 1980 (März bis November) hervorgeht, beruht die Akkumulation toter oberirdischer Pflanzenmasse bei der „Sukzession“ auf einem im Verhältnis zu der produzierten toten oberirdischen Pflanzenmasse zu geringem Gewicht der zersetzten toten oberirdischen

Pflanzenmasse. Wie die Ergebnisse weiter zeigen, sind im Hinblick auf die Mortalität und die Nettoprimärproduktion lebender oberirdischer Pflanzenmasse über das Jahr 1980 hinweg keine signifikanten Differenzen zwischen den Behandlungen festzustellen. Diese Ergebnisse lassen jedoch keinen Schluß auf die Entwicklung der oberirdischen Pflanzenmasse über mehrere Jahre hinweg, bei einem anderen Pflanzenbestand, anderen Ausgangsbedingungen zu.

Einer Untersuchung von JANKOWSKA (1971) zufolge scheint nach Wegfall der Nutzung die Nettoprimärproduktion oberirdischer Pflanzenmasse bei einem *Arrhenatherum elatioris* jedoch zurückzugehen.

Ein Problem bei der Errechnung der Umsatzgrößen stellt die Ermittlung der Zersetzungsrates dar.

Das „Litter-Bag“-Verfahren liefert zu geringe Werte, die auch die Höhe der Umsatzgrößen erheblich vermindern, wie negative Werte bei der Mortalität und Nettoprimärproduktion der oberirdischen Pflanzenmasse zum Ausdruck bringen. Ein präziseres Verfahren zur Bestimmung der Zersetzungsrates würde auch den Umsatzgrößen eine verbesserte Realitätsnähe geben. Als eine solche Methode stellen WIEGERT und EVANS (1964) die „Paired-Plot“-Methode vor, die jedoch in ihrer Anwendung ebenfalls problematisch ist (SINGH u. a. 1975, SINGH und GUPTA 1977).

Literaturverzeichnis

- Broadbent, F. E. und W. V. Bartholomew, 1948: The effect of quantity of plant material added to soil on its rate of decomposition. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13: 271–274.
- Campino Johnson, I., 1978: Einfluß der Nutzungsintensität auf Kompartimente von Grünlandökosystemen. Diss. Gießen.
- , K. Schäfer und I. Wallfahrt, 1979: Abundanz und Biomasse der Lumbricidae in Abhängigkeit von Pflegemaßnahmen auf Sozialbrachen. Eichhof Berichte. Hess. Lehr- und Forschungsanstalt f. Grünlandwirtschaft und Futterbau, Eichhof-Bad Hersfeld. Reihe A, Heft 3.
- Edwards, C. A. und G. W. Heath, 1963: The role of soil animals in break down of leaf material. In: Doeksen, J. und J. van der Drift (1963): Soil organisms – Proceedings of the colloquium on soil fauna, soil microflora and their relationships. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Fuss, F., 1961: Der Einfluß der Bodenbedeckung auf das Klima des Bodens und der bodennahen Luft. Ber. Dt. Wetterdienst 74.
- Gluch, W., 1973: Die oberirdische Nettoprimärproduktion in drei Halbtrockenrasengesellschaften des Naturschutzgebietes des „Leuttratal“ bei Jena. *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch.* 13: 21–42.
- Heath, G. W., M. K. Arnold und C. A. Edwards, 1966: Studies in leaf litter break down. I. Breakdown rates of different species. *Pedobiologica* 6: 1–12.
- Hoynningen-Huene, J., 1971/72: Über den Einfluß einer Strohecke auf den Strahlungshaushalt des Erdbodens. *Agr. Meteorol.* 9: 63–75.
- Iffert, B., 1978: Temperaturverhältnisse in Grünlandbeständen verschiedener Nutzungsintensität. Diplomarbeit, Gießen.
- , 1983: Nettoprimärproduktion und Umsatz der oberirdischen Pflanzenmasse einer nicht mehr genutzten Glatthaferwiese unter dem Einfluß der ungestörten Sukzession und des Mulchens. Diss. Gießen.
- Jacob, A., 1953: Der Boden – Kurzes Lehrbuch der Bodenkunde. Akademie-Verlag, Berlin.
- Jankowska, K., 1971: Net primary production during a three-year succession on a unmowed meadow of the *Arrhenatherum elatioris* plant association. *Bull. Acad. pol. Sci.* (2), Warschau 19: 789–794.
- Jenkinson, D. S., 1971: Studies on the decomposition of 14-C labelled organic matter in soil. *Soil Sci.* 111: 64–70.
- , 1977: Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of the rate of addition. *J. Soil Sci., London* 28: 417–423.
- Odum, E. P., 1960: Organic production and turnover in old field succession. *Ecology* 41: 34–49.
- Scheffer, F. und P. Schachtschabel, 1976: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Schiefer, J., 1981: Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen (Beweidung, Mulchen, kontrolliertes Brennen, ungestörte Sukzession). *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege, Bad.-Württ.* 22: 1–325.

- Schreiber, K.-F., 1980: Brachflächen in der Kulturlandschaft. Daten Dok. Umweltschutz 30: 61-93.
- Singh, J. S., W. K. Lauenroth und R. K. Steinhorst, 1975: Review und assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. The Botanical Review 41: 181-232.
- und S. R. Gupta, 1977: Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. The Botanical Review 43: 449-528.
- Stählin, A., L. Stählin und K. Schäfer, 1972: Über den Einfluß des Alters der Sozialbrache auf den Pflanzenbestand, Boden und Landschaft. Z. Acker- und Pflanzenbau 136: 177-199.
- , - u. -, 1975a: Über Duldung und Lenkung der Vegetationsentwicklung auf Sozialbrache in Mittelgebirgen. Bayer. Landwirtsch. Jb. 52: 542-562.
- , - u. -, 1975b: Zur Frage der Sukzessionslenkung auf aufgelassenem Kulturland. In: Schmidt, W. (Hrsg.): Sukzessionsforschung. - Ber. internat. Sympos. Rinteln (1973): 471-486.
- Tyler, G., 1971: Distribution and turnover of organic matter and minerals in a shore meadow ecosystem. Oikos 22: 265-291.
- Wallentinus, H.-G., 1973: Above-ground primary production of a Juncetum gerardi on a Baltic sea-shore meadow. OIKOS 24: 200-219.
- Walter, H., 1957: Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? Umschau 57: 751-753.
- Weaver, J. E. und N. W. Rowland, 1952: Effects of excessive natural mulch on development, yield, and structure of native grassland. Bot. Gaz. 114: 1-19.
- Weber, E., 1967: Grundriß der biologischen Statistik, 6. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Wiegert, R. G. und F. C. Evans, 1964: Primary production and disappearance of dead vegetation on an old field in south eastern Michigan. Ecology 45: 49-63.
- und J. T. McGinnis, 1975: Annual production and disappearance of detritus on three South Carolina old fields. Ecology 56: 129-140.
- Wolf, G., 1979: Veränderungen der Vegetation und Abbau der organischen Substanz in aufgegebenen Wiesen des Westerwaldes. Sch.-R. Veget. Kde. 13.