

## Entwicklung von Brachflächen in Baden-Württemberg unter dem Einfluß verschiedener Landschaftspflegemaßnahmen

Karl-Friedrich Schreiber

In 1975 a 'Derelict Land-Program' with trials in 15 proving grounds has been started in Baden-Württemberg. The influence of extensive pasturing with cattle, sheep and goats, different time-spacing and dates of mulching, herbicide management, prescribed burning, and not less important, the development of natural vegetation has been studied there.

Besides distinct dynamics in species and plant life forms it seems to be that the above ground phytomass production improves, as the amount of nutrient contents and organic matter contained in those soils, which have not yet reached their optimal humus level, increased since 1975. The whole phytomass produced in one vegetation period is decomposed in sites with well ventilated as also well water-supplied soils within one year at a rate of more than 10 000 kg/ha dry matter.

Earthworm abundance decreases with the reduction of grassland 'manipulation' as the lowest number of them has been found in the trials for natural vegetation development and in prescribed burning areas; the biological activity of the soils seem to show the same trend.

*Abandoned meadows and pastures, life-form spectra, shrub invasion, phytomass production, litter decomposition, earthworms, biological activity of soils, extensive grazing, mulching, prescribed burning, natural succession, landscape management.*

### 1. Einführung

Seit 1975 wird in Baden-Württemberg in einem umfangreichen Versuchsprogramm die natürliche, ungestörte Vegetationsentwicklung auf Grünlandbrachen untersucht und werden verschiedene Möglichkeiten des Offenhaltens dieser Flächen durch extensive Pflegemaßnahmen geprüft. Eine Kartenübersicht und die knappe Charakterisierung der Versuchsflächen hinsichtlich Lage, Klima, Böden und Vegetationsverhältnissen ist bereits früher gegeben worden (SCHREIBER 1977).

Die ursprüngliche Konzeption der Maßnahmen wurde in der Zwischenzeit durch weitere Varianten ergänzt, die sich aus den bisherigen Ergebnissen als notwendig und prüfungsbedürftig aufdrängten. Das gesamte Versuchsprogramm umfaßt nun folgende Maßnahmen, deren technische Durchführung in den Händen von Dienststellen der Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württembergs liegt:

1. Ungestörte Vegetationsentwicklung als "natürliche Sukzession"
  - 1.1 ohne jeden menschlichen Eingriff
  - 1.2 gesteuert durch gezielte Begünstigung oder Entfernung einzelner Arten;
2. Mulchen zu verschiedenen Zeitpunkten
  - 2.1 Mulchen 2 x jährlich zu den ortsüblichen Schnittzeiten einer zweimaligen Wiesenutzung ohne Entzug, aber auch ohne Düngung - zugleich als Basis- oder Bezugsparzelle
  - 2.2 Mulchen 1 x jährlich
    - 2.21 zur Zeit des ersten Schnittes (später eingeführt)
    - 2.22 zur Zeit des Vergilbens der Gräser bzw. des zweiten Schnittes (Anfang August)
  - 2.3 Mulchen jedes 2. Jahr zum Zeitpunkt des Vergilbens der Gräser (Anfang August)
  - 2.4 Mulchen jedes 3. Jahr zum Zeitpunkt des Vergilbens der Gräser (Anfang August)
3. Kontrolliertes Brennen
  - 3.1 jährlich 1 x vor Beginn der Vegetationsentwicklung
  - 3.2 jedes 2. Jahr vor Beginn der Vegetationsentwicklung (später eingeführt)
4. Herbizidanwendung, in einem Versuch mit wuchshemmenden Mitteln; sonst in der Regel nur punktuell und gezielt zur Verhinderung der Verbuschung, bis jetzt nur vereinzelt angewendet
5. Extensive Weidenutzung
  - 5.1 durch Schafe
  - 5.2 durch Rinder
  - 5.3 durch Ziegen

Unter Berücksichtigung von Flächengrößen und Bewirtschaftungsmöglichkeiten wurden 3 Gruppen von jeweils 5 Versuchsflächen gebildet:

- Parzellenversuche (I) mit (fast) vollständigem Versuchsprogramm - in der Regel aber mit Ausnahme der Beweidung, z.T. ergänzt durch lokale Zusatzfragen -
- Parzellenversuche (II) mit reduziertem Programm, mindestens aber mit der Bezugsparzelle 'Mulchen 2 x jährlich', 'Mulchen jedes 2. Jahr', 'gezielte Herbizidanwendung' und 'natürliche Sukzession' ohne und mit Steuerung
- Großflächenversuche mit Rindern, Schafen und/oder Ziegen und einer Sukzessionsparzelle

Untersuchungen der Vegetationsdynamik unter dem Einfluß der verschiedenen Behandlungsmaßnahmen erfolgten auf ausgepflochten Dauerbeobachtungsquadraten von 5 x 5 m unter Verwendung der von SCHMIDT et al. (1974) empfohlenen verfeinerten Schätzskala des Deckungsgrades der einzelnen Arten.

## 2. Zur Artendynamik und Strukturveränderung

Über die bis 1978 beobachteten Veränderungen der Pflanzendecke hinsichtlich der Artenzusammensetzung und Bestandesstruktur an Hand von Lebens- und Wuchsformenspektren wird SCHIEFER (1980) ausführlich berichten. Hier seien nur einige allgemeine Angaben und ausgewählte Beispiele von Hepsisau (am mittleren Albtrauf bei Weilheim a.d.Teck) vorweggenommen, die für das Verständnis der im folgenden mitgeteilten Ergebnisse wichtig erscheinen.

Die Vegetationsentwicklung auf den ungestörten Brachflächen, den Sukzessionsparzellen, verlief je nach Standort und Pflanzenbestand teils stürmisch, teils - insbesondere auf den trockenen Standorten - relativ langsam (Abb. 1).

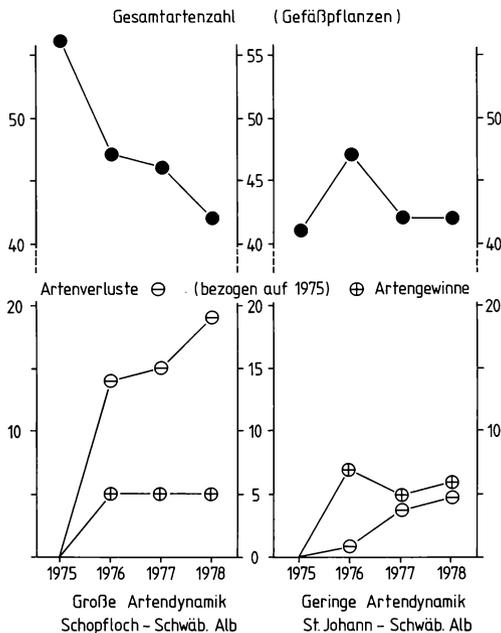


Abb. 1: Artendynamik auf ungestörten Brachflächen

Auf vielen Versuchsparzellen mit 'natürlicher Sukzession' fanden in der Versuchszeit von 1975 bis 1978 nach dem "Brachfallen" große Artenverschiebungen statt; im allgemeinen war der Artenverlust größer als die Zahl neu hinzugekommener Arten (vgl. linke Seite). Andere Parzellen zeigten sich in ihrem Artengefüge relativ stabil, z.B. die bereits längere Zeit vor Versuchsbeginn extensiv genutzten Halbtrockenrasen von St. Johann. Das Trockenjahr 1976 hat sich auf der Alb weniger stark bemerkbar gemacht als auf trockenen Standorten tieferer Lagen (nach SCHIEFER).

In der Sukzessionsparzelle von Hepsisau haben sich zwar deutlich die Deckungsanteile der pflanzensoziologisch-systematischen Artengruppen und einiger ökologisch-struktureller Gruppierungen verschoben, die jeweils dazugehörenden Artenzahlen haben sich aber nicht wesentlich geändert (Abb. 2). Allerdings hat es innerhalb der einzelnen Gruppen durch Zu- und Abgänge Veränderungen in der Artengarnitur gegeben, die man als Anpassungen an die sich ändernden Konkurrenz- und Bestandsverhältnisse ansehen kann, z.B. durch entsprechende Lebens- und Wuchsformen. Ob die im folgenden noch zu besprechenden Nährstoffverhältnisse im Versuchszeitraum 1975-78 oder andere Bestandeseigentümlichkeiten einen Einfluß auf das Ausbleiben der sog. Magerkeitszeiger gehabt haben, muß vorerst noch offen bleiben.

Die gleichen Feststellungen über auffällige Verschiebungen der Deckungsgrade bei unbedeutenden Veränderungen in der Gesamtartenzahl treffen auf die Lebens- und Wuchsformspektren in der Sukzessionsparzelle Hepsisau zwischen 1975 und 1978 zu (Abb. 3). Deutlich ist, worauf SCHIEFER auch bei fast allen anderen Versuchsflächen hinweist, die Zunahme von rhizom- und stolonenbildenden Arten, während u.a. mehr oder weniger lichtbedürftige Rosettenpflanzen dem Einfluß einer längerfristigen Streubedeckung im Bestand weichen. - Im übrigen gibt die vergleichende Bestands-

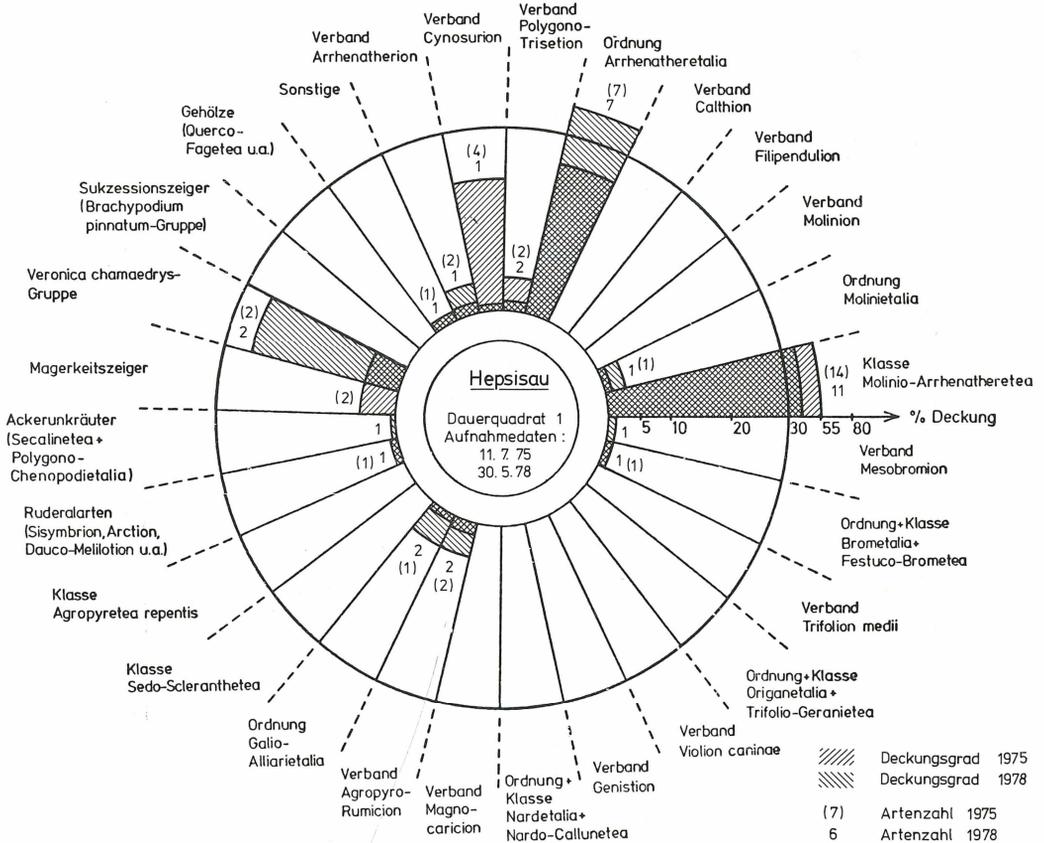


Abb. 2: Veränderungen der pflanzensoziologischen Zuordnung von Brachflächen Ohne nennenswerte Änderungen in den Artenzahlen - u. U. aber innerhalb der Arten (vgl. Abb. 1) - hat sich das Bild der Sukzessionsparzelle in Hepsisau durch starke Verschiebungen in den Deckungsanteilen der einzelnen pflanzensoziologischen und ökologischen Gruppen gewandelt; Magerkeitszeiger und Weidepflanzen sind stark zurückgetreten (nach SCHIEFER 1980).

analyse nach Lebens- und Wuchsformen oft bessere Einblicke in die Ursache-Wirkungsbeziehungen als die pflanzensoziologisch-systematische Betrachtung, auch wenn von den meisten Arten erst durch SCHIEFER die Einordnung in die Subkategorien erarbeitet werden mußte; darüber hinaus trägt sie zu einer beträchtlichen Reduzierung der Vielfalt möglicher Entwicklungsreihen der üblichen Sukzessionsschemata auf wenige Standorts-Strukturtypen-Abläufe in der natürlichen Sukzession bei (vgl. SCHREIBER 1977).

In manchen Fällen ließen sich, wie beispielsweise in den Halbtrockenrasen bei St. Johann auf der Schwäbischen Alb, ohne detaillierte Bestandsaufnahmen in dem

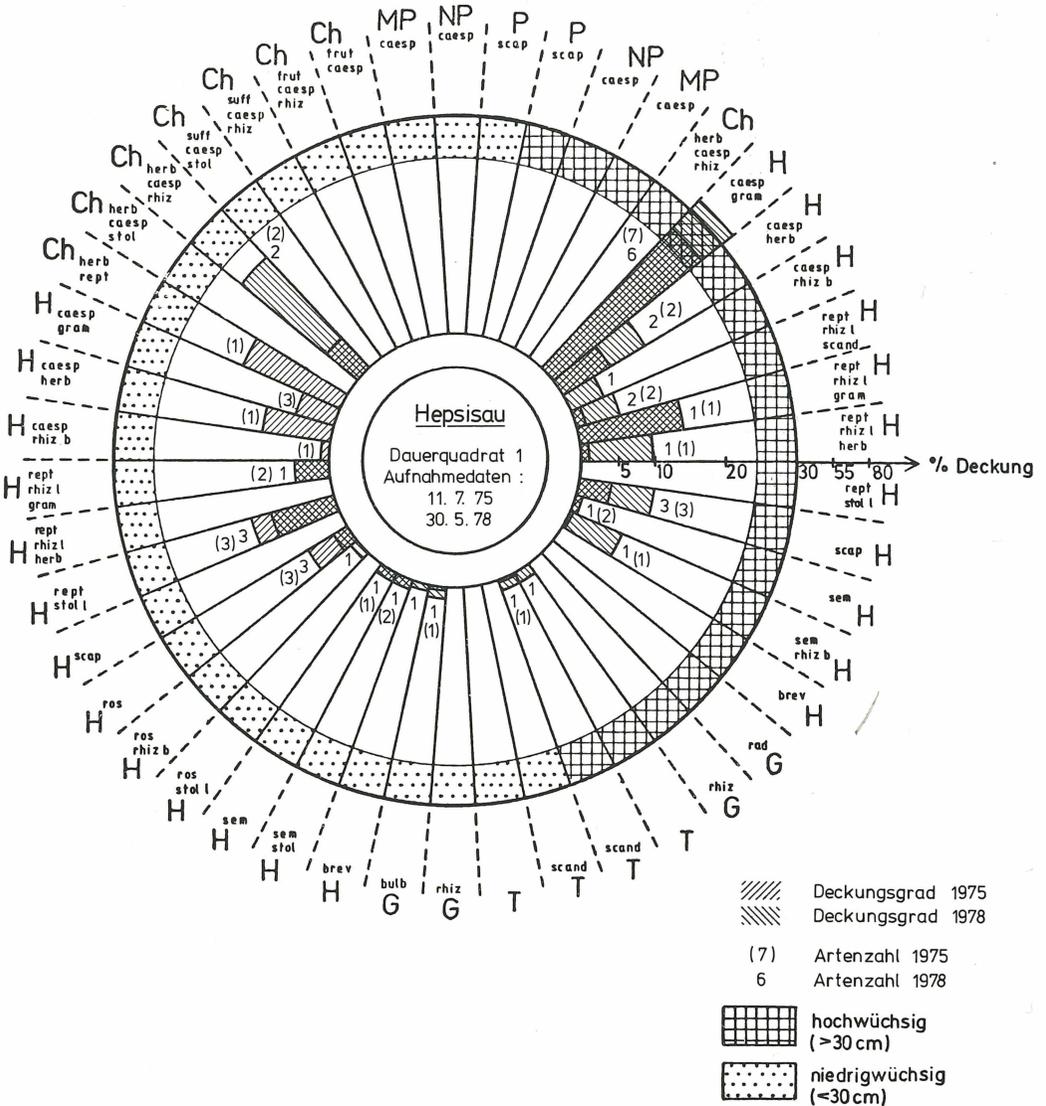


Abb. 3: Veränderungen der Lebensformenspektren von Brachflächen  
Hochwüchsige Gräser und Kräuter sowie rhizombildende oder unterirdische Ausläufer treibende Arten haben das Lebens- und Wuchsformenspektrum deutlich verändert, sich auf der Sukzessionsparzelle in Hepsisau innerhalb von 4 Jahren zu den Hauptbestandsbildnern entwickelt und manche lichtbedürftige Art zurückgedrängt (nach SCHIEFER 1980).

Zeitabschnitt von 1975-1978 weder auf der gleichen Fläche noch zwischen verschiedenen behandelten Parzellen "makroskopisch" ins Auge fallende Unterschiede in der Artenzusammensetzung und der Bestandsstruktur erkennen (Abb. 4).



Abb. 4: Parzelle 'natürliche Sukzession' und 'Mulchen 2 x jährlich' in St. Johann

Vor dem ersten Mulchtermin im späten Frühjahr 1979 ist kein Unterschied in dem ziemlich homogen erscheinenden Kalk-Halbtrockenrasen (*Gentiano-Koelerietum*) zu erkennen; die Grenze zwischen beiden Parzellen zieht sich quer durch die Bildmitte. Im Hintergrund Blick über den Albtrauf auf Albvorland und Achalm bei Reutlingen.

Man beobachtet zwar gelegentlich, vermutlich zunächst, eine meist nur leichte Artenzunahme auf den Sukzessionsparzellen. Dennoch bedeutet die Beendigung der bisherigen Nutzung und Einleitung einer ungestörten Entwicklung von Grünlandbrachen in der Regel und auf längere Sicht eine Abnahme der Spezies-Diversität, zumindest im Bereich der Gefäßpflanzen (vgl. Abb. 1).

Die von WILMANN'S (1975) mitgeteilte Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schlehe (*Prunus spinosa*) von etwa 0.5 m/Jahr können wir auf trockenem, mittel- bis flachgründigen, aber meist tiefer durchwurzelbaren, durchlässigen Standorten auch in unseren Versuchen beobachten (Abb. 5). Auf flachgründigen, aber infolge fehlender Klüftung kaum tiefer durchwurzelbaren, tonigen und wechsellückigen Böden des Gipskeupers in Rangdingen-Hart hingegen reduziert sich die jährliche Ausdehnung von Schlehenpolykormonen auf cm-Dimensionen; in Trockenjahren wie 1976 kommt es u.U. nicht nur zum Stillstand der Front, sondern durch Trockenschäden sogar stellenweise zu einer Rückverlegung. Die z.T. über mehrere Jahrzehnte alten Schlehengebüsche inner- und außerhalb unserer Versuchsfläche sind im Versuchszeitraum nicht nennenswert in die Brache-parzellen vorgedrungen. Auf frischen Standorten hingegen kann sich die Schlehe jährlich um einen Meter und mehr in die Fläche hineindrängen, wie z.B. in Hepsisau. Allerdings erreicht sie hier zunächst nicht die Dichte wie beispielsweise auf den Muschelkalkhängen des Taubergebietes (Abb. 5).

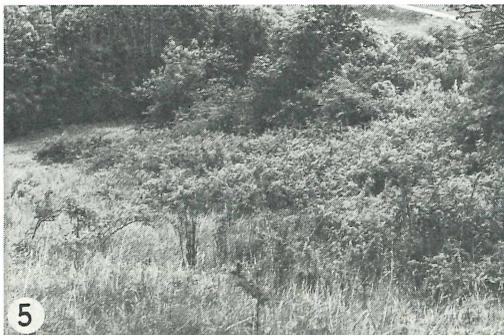


Abb. 5: Vordringende Schlehe (Niederstetten-Oberstetten)

Eine jährlich um etwa einen halben Meter vordringende Front der Schlehe (*Prunus spinosa*) hat bereits einen großen Teil dieser Sukzessionsparzelle mit geschlossenem Gebüsch überzogen. Das zunehmende Alter der Schlehenbüsche läßt sich an der zum Lesesteinriegel ansteigenden Bestandshöhe erkennen; von dort haben die Schlehen - früher durch den Weinbau und die nachfolgende Grünlandnutzung durch Mähen an einer Ausbreitung gehindert - ihren Eroberungszug auf die Weinbergsbrachen im Taubergebiet angetreten.

Neben der stellenweise starken Invasion durch Polykormone bildende Gebüsch ist das Aufkommen von Baumsämlingen in den Grünlandbrachen bisher relativ selten. In Hepsisau war in einem der Dauerquadrate der Sukzessionsparzellen nur kurzfristig das Vorkommen einer Esche (*Fraxinus excelsior*) zu verzeichnen. Hingegen halten sich außerhalb des Dauerquadrats auf der Fläche fast 20 junge Eschen, die nahezu alle einer Altersgeneration angehören; sie müssen im Jahre 1974 bei der Umstellung der Versuchsfläche von extensiver Schafbeweidung auf den Bracheversuch eingedrungen sein und konnten sich - trotz zunehmenden Druckes hochwüchsiger Arten und starker Lichtkonkurrenz - auf der frisch eingerichteten Sukzessionsparzelle meist weiterentwickeln - ein Phänomen, auf das bereits HARD (1976) aufmerksam gemacht hat -. Möglicherweise sind sie als junge Keimpflanzen auch auf der restlichen Versuchsfläche vorhanden gewesen, aber dem ersten Mulchschnitt der sonst in unterschiedlichen Intervallen gemulchten Parzellen zum Opfer gefallen. Auf der Weideparzelle wurden sie nicht beobachtet.

### 3. Phytomassenproduktion und Streuzersetzung

Phytomassenproduktion und -abbau halten sich auf Brachflächen durchaus nicht immer die Waage. Auf trockenen Standorten mit durch häufige Austrocknung der Streuauflage zwangsweise herbeigeführter Verminderung der Zersetzungsrate, bleibt in Jahren mit einigermaßen normalem Witterungsverlauf, erst recht in Trockenjahren, in der Regel Reststreu übrig, die sich im Laufe der Jahre akkumuliert und zu einer Auflage organischer Substanz führt (vgl. Abb. 6, 8a). In ausgesprochen feuchten Jahren dagegen - wie beispielsweise 1978 - ist die Zersetzung intensiver und kann u.U. den größten Teil der Jahresproduktion und der meist mullartigen Auflage aufzehren. Es stellt sich schließlich eine Art Gleichgewichtszustand ein (vgl. ODUM 1960), dem, als immer vorhandene Quelle, die kalkreichen Rendzinen ihre hohen Anteile an schwer angreifbarer organischer Substanz verdanken. Nur auf frischen Standorten, wie sie beispielsweise von den typischen oder wechselfeuchten Glatthaferwiesen besiedelt werden, wird selbst bei hoher jährlicher Phytomassenproduktion in einer ausreichend langen Vegetationsperiode die gesamte Streu im Laufe von zwei halben Vegetationsperioden etwa von Juli bis zum Juni des folgenden Jahres abgebaut. Ähnliches berichtet HERLITZIUS (1975) von der Laubstreuersetzung in Buchenwäldern.

Im allgemeinen wird der kleinere Teil der anfallenden Streumenge (abgestorbene oberirdische Phytomasse) bis zum Ende der Vegetationsperiode zersetzt (Tab. 1). Bei der Parzelle 'Mulchen 2 x jährlich' fällt zum Zeitpunkt des jeweiligen Schnittes z.B. in Hepsisau zwar relativ viel Phytomasse an (Abb. 7a); sie wird jedoch infolge

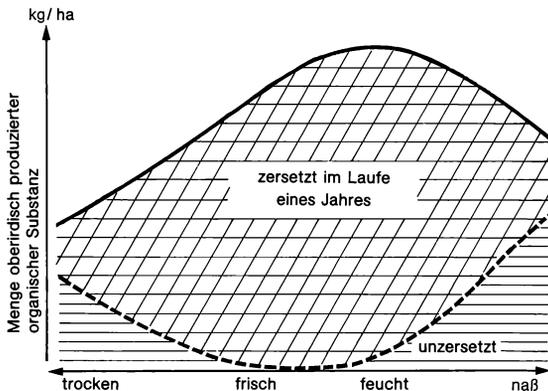


Abb. 6: Verlauf der oberirdischen Phytomassenproduktion und Zersetzung der anfallenden Streumenge im Laufe eines Jahres auf Grünlandbrachen entlang eines Feuchtgradienten.

Optimale Feuchte- und Durchlüftungsverhältnisse führen vor allem auf frischen Standorten bei einer ausreichend langen Vegetationsperiode - nach eigenen Beobachtungen in Südwestdeutschland mindestens 180-190 Tage mit Ein- bzw. Austrittsmarken der Tagesmittel von 7,5°C im Frühjahr und 5°C im Herbst - zu einer nahezu vollständigen Aufarbeitung durch Bodentiere und durch mikrobielle Zersetzung vom Abfallen der ersten vergilbten Blätter im Juli bis zum Juni des nächsten Jahres. Feuchte Jahre senken den linken Ast der "Zersetzungskurve" auf trockenen Standorten, kürzere Vegetationszeit durch witterungsbedingte Verspätung der Vegetationsperiode verschiebt die Abszissen nach oben. Im trockenen Bereich kommt es zu einer, nach einiger Zeit im Gleichgewicht zwischen Zuwachs und Abbau stehenden, Mull- oder Moderauflage, unter feucht-nassen Bedingungen zu Anmoor- und Moorbildung.



Abb. 7: Versuchsflächen 'Mulchen 2 x jährlich' in Hepsisau

- a: Große Mengen an noch relativ eiweißreicher Streu kommen nach dem ersten Mulchschnitt auf den Boden und werden rasch zersetzt. Abgebildet ist der zuerst gewogene und nach Entnahme einer Mischprobe zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes auf der Fläche wieder ausgebreitete Aufwuchs des 5 x 5 m-Quadrats zur Ertragsmessung im Juni 1976.
- b: Auch der zweite Mulchschnitt der Parzelle ist im November 1977 bereits weitgehend "aufgearbeitet" worden (Vordergrund), während die weitgehend abgestorbene oberirdische Phytomasse der 'natürlichen Sukzession' großenteils noch auf dem Halm steht und erst durch Schnee und Regen des Winterhalbjahres zu Boden gedrückt wird und von Bodenfauna bzw. -mikroorganismen zersetzt wird.

ihres hohen Eiweißgehaltes und engeren C/N-Verhältnisses erheblich rascher abgebaut als die nicht geschnittene, abgestorbene Phytomasse der Sukzessionsparzelle. Selbst das Material des zweiten Mulchschnitts ist im Spätherbst meist weitgehend verschwunden, während die "Streu" der Sukzessionsparzelle großenteils noch auf dem Halm steht (Abb. 7b). Erst Regen und Schnee des Winterhalbjahres sorgen dafür, daß Stengel und Halme zu Boden gedrückt werden und nun für die mikrobielle Arbeit und den Bodentierfraß zur Verfügung stehen. Abb. 8 zeigt die Streubedeckung im zeitigen Frühjahr zu Beginn der Vegetationsperiode (a) auf einem wüchsigen Halbtrockenrasen und (b) in dem Versuch Hepsisau mit einer frischen Glatthaferwiese auf den Parzellen 'natürliche Sukzession' und 'Mulchen 2 x jährlich'. Selbst die nach dem wüchsigen Feuchtjahr 1978 verbliebene weitgehend bodenbedeckende Reststreu von etwa 5000 kg/ha Trockensubstanz ist in der Sukzessionsparzelle bis zum folgenden Sommer vollständig abgebaut worden (Tab. 1), obgleich der durch Kälteeinbrüche verzögerte Beginn der Vegetationsperiode 1979 weniger Zeit ließ als in Normaljahren.



Abb. 8: Streubedeckung im Frühjahr vor Beginn der Vegetationsperiode.

- a: Auf den Halbtrockenrasenstandorten des Alptraufs schiebt die auf dieser ehemaligen Schafweide bestandsbildend gewordene Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum*) Ende April 1974 gerade ihre ersten jungen Halme durch die noch geschlossene Streudecke ihrer vorjährigen Phytomasse, die auch im Laufe des Sommers nicht vollständig abgebaut wird.
- b: Schnee und Regen haben im Winter auf den Sukzessionsparzellen Hepsisau (Vorder- und Hintergrund) die Streu weitgehend zu Boden gedrückt. Sie wurde, obwohl mengenmäßig größer als auf dem Zwenkenrasen (vgl. 7b), inzwischen trotz früherer Jahreszeit im März 1977 schon teilweise abgebaut und läßt einen deutlichen Aufwuchs der Grasnarbe erkennen; die Parzelle 'Mulchen 2 x jährlich' im Mittelgrund läßt keine Reste der rd. 10 700 kg TS/ha aberntbarer Phytomasse des Vorjahres bei der geschlossen wirkenden, grünen Pflanzendecke erkennen; man muß sie unter dem Aufwuchs suchen.

Tab. 1: Abbau der Streuproduktion (abgestorbene oberirdische Phytomasse, als Trockensubstanz TS) in der Sukzessionsparzelle im Bracheversuch Hepsisau vom Vergilben der ersten Blätter im Juli bis zum Juni des nächsten Jahres

Produktionsjahr	Streuproduktion	Reststreuauflage im folgenden März		Reste von Vorjahresstreu im folgenden Sommer
	10 <sup>2</sup> kg/ha TS	10 <sup>2</sup> kg/ha TS	%	
1976	ca. 50	30	60	keine
1978	ca. 80	52	65	keine

Vergleicht man die in den einzelnen Versuchsjahren erzielten Erträge der Bezugsparzelle 'Mulchen 2 x jährlich' miteinander (Abb. 9), dann fällt die in einigen Versuchen erzielte Ertragsleistung ungedüngter Flächen auf. Die gerade in Hepsisau auf zwar frischen, aber bestenfalls mittelgründigen Kalk-Pelosolen über Weißjuragehängeschutt produzierte Trockensubstanzmenge von >11 000 kg/ha im Jahr 1978 hätte man vor 15-20 Jahren nicht einmal von gedüngten, leistungsfähigen zweischürigen Wiesen erwartet. Bei 'natürlicher Sukzession' wurde in der Regel höchsten 1/3 weniger an oberirdischer Phytomasse produziert. Im Prinzip folgt die Ertragsleistung derjenigen der Parzelle 'Mulchen 2 x jährlich'. Die Trockensubstanzgehalte der Grünmasse bei 'natürlicher Sukzession' sind, nimmt man zur Zeit des 2. Mulchens eine Probe, nahezu doppelt so hoch (>40%) wie auf der 2 x gemulchten Parzelle mit durchschnittlich 20-30% TS. Infolgedessen lag auf der jedes 2. Jahr gemulchten Parzelle in Hepsisau bei dem 1979 erfolgten Mulchen der Trockensubstanzertrag/ha nahezu auf der gleichen Höhe wie bei der Parzelle 'Mulchen 2 x jährlich'.

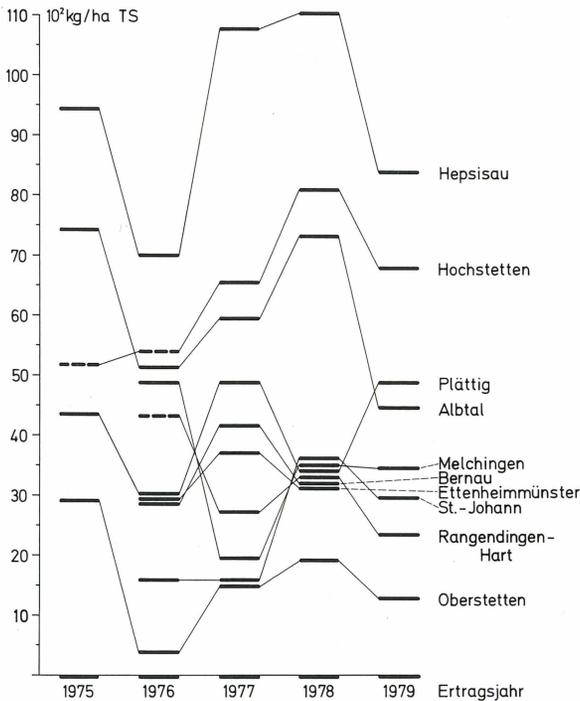


Abb. 9: Ertragsverlauf der Parzellen 'Mulchen 2 x jährlich' in allen Parzellenversuchen von 1975 bis 1979, bei Trockensubstanzgehalten der Grünmasse von ca. 20 bis max. 30%.

Die Gesamterträge der aberntbaren Phytomassenproduktion, jeweils zum Zeitpunkt des Mulchens Ende Mai/Anfang Juni und Ende Juli/Anfang August ermittelt, sind in Trockensubstanz umgerechnet; bei Vergleichen mit Heuerträgen müssen noch ca. 15% Feuchtigkeit hinzugerechnet werden. In vielen Parzellen scheint sich in Abhängigkeit von den Standortsverhältnissen und dem jeweiligen Anfangszustand der Artenzusammensetzung eine Tendenz zu steigenden Erträgen abzuzeichnen. Insbesondere fällt das sehr feuchte, zumindest in den tieferen Lagen jeweils Höchstertäge bringende Jahr 1978 auf (gestrichelt = Ertragsangaben nur bedingt vergleichbar).

Neben der weiten Ertragsauffächerung der standörtlich sehr unterschiedlichen Versuchsflächen wird insbesondere in den ertragsstärkeren Bracheversuchen nach der kräftigen Depression im Trockenjahr 1976 eine Tendenz zu steigenden Erträgen deutlich. Der 1979 zu beobachtende Abfall ist wahrscheinlich auf die durch verschiedene Kälteeinbrüche verkürzte Vegetationsperiode zurückzuführen und auch bei anderen, in kühleren Klimabereichen liegenden Versuchen zu verzeichnen, deren Ertragszahlen nun inzwischen vorliegen. Es bleibt abzuwarten, ob dieser Trend zu steigenden Erträgen in den folgenden Jahren mit durchschnittlichen Witterungsverhältnissen anhalten wird. Denkbar ist eine solche Entwicklung durchaus, wenn man von der Annahme ausgeht, daß keine Nährstoffe mehr in diesen durch die bisherige extensive Nutzung meist verarmten Grünlandgesellschaften verloren gehen, jährlich aber mit Niederschlägen und Staub inzwischen schon bemerkenswerte Einträge stattfinden, insbesondere von Stickstoff, dessen Eintragsrate wir nach den Untersuchungen von ULRICH, MAYER (1973) mit mehr als 20 kg/ha jährlich annehmen dürfen (vgl. ELLENBERG 1977). Eine häufig mehr oder weniger deutliche Artenumschichtung, eine Zunahme stickstoffbindender Leguminosen auf den Sukzessionsparzellen (vgl. BORSTEL 1974, HARD 1976) und das Zurücktreten oder Ausbleiben von Magerkeitszeigern (vgl. Abb. 2) passen in dieses Bild.

#### 4. Untersuchungen zum Nährstoffumsatz auf den Brachflächen

Die genaue Bestimmung der im Laufe einer Vegetationsperiode auf der Sukzessionsparzelle gebildeten Phytomasse ist nicht unproblematisch. Jede Probenentnahme verändert zwangsläufig durch den Schnitt die nachfolgenden Aufwuchsverhältnisse entscheidend gegenüber den ungestörten, auf dem Halm stehenden Beständen. Bisher wurden deshalb hier außer einigen Stichproben die Erträge nur geschätzt.

Tab. 2: Nährstoffgehalte von Streuproben der Sukzessionsparzelle in Hepsisau; Probenahme am 28.3.1979

Oberirdische Phytomassenproduktion 1978 (TS)		ca. 8000 kg/ha
Streuauflage auf der Fläche(Trockensubstanz)		5200 kg/ha
Gesamt - C	41.3%	
Gesamt - N	71 %	
Organische Substanz	1.4%	
C : N - Verhältnis	29	
K <sub>2</sub> O (Doppellaktat)	380.1 mg/100g TS	20 kg/ha
(verascht)	720.6 mg/100g TS	38 kg/ha
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Doppellaktat)	127.1 mg/100g TS	7 kg/ha
(verascht)	242.9 mg/100g TS	13 kg/ha
Ca	507.5 mg/100g TS	26 kg/ha
Mg	56.15 mg/100g TS	3 kg/ha
Na	5.23 mg/100g TS	0.3 kg/ha

Dessen ungeachtet sind die Nährstoffmengen, die bei vollständiger Zersetzung der Streu in jedem Jahr in den Boden gelangen, beträchtlich (Tab. 2). Selbst nach starker Auswaschung durch Schnee und Regen lagen im Frühjahr 1979 noch Streumengen in der Höhe einer schwachen organischen Düngung auf der Sukzessionsparzelle in Hepsisau (eine Stallmistdüngung, in der Regel aber nur jedes 3. Jahr ausgebracht, beträgt etwa das 4- bis 6fache dieser Menge, allerdings mit höheren Nährstoffgehalten). Die Probennahme erfolgte auf zwei je 1 m<sup>2</sup> großen Flächen, die jeweils einzeln untersucht wurden, ohne nennenswerte Streuungen zu zeigen. Bei diesen jährlich anfallenden Mengen an Nährstoffen und organischer Substanz stellt sich die Frage, was mit ihnen passiert. Ein Vergleich der Untersuchungen von Bodenkennwerten bei Beginn der Versuchsanstellung mit denen der Probennahme im Jahre 1978 erbrachte folgende Ergebnisse:

Eine Kategorie von Versuchen zeichnete sich durch praktisch gleichgebliebene oder höchstens unbedeutend veränderte pH-Werte sowie Gehalte an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Gesamt-N und Gesamt-C aus; diese fielen zugleich durch hohe Gehalte an organischer Substanz auf. Insbesondere in Hepsisau traten trotz der relativ hohen Werte an leicht löslichen Nährstoffen im zeitigen Frühjahr (Tab. 2) gegenüber den vor der Versuchsanstellung überweideten Flächen mit Nährstoffentzug zum Probennahmetermine Ende April 1975 und 1978 keine Veränderungen auf (vgl. Tab. 3a). Von der offenbar weitgehend mineralisierten organischen Substanz muß entweder der größte Teil ausgetragen worden sein - folgte man beispielsweise den Ausführungen von SCHMID (1974) über erhöhte Nährstoffausträge aus Brachegebieten - oder dieser ist weitgehend wieder von den

Tab. 3: Wichtige Nährstoffverhältnisse, Gesamt-Stickstoff-, Gesamt-Kohlenstoff-Gehalte und organische Substanz auf mittelgründigem Kalk-Pelosol zu Beginn der Versuchsdurchführung 1975 und im Jahre 1978 in Hepsisau am Ablauf bei Weilheim (Die Werte von N, C, Org. Subst. und N:C-Verhältnis wurden abgerundet).

a: Probenahmen jeweils Ende April

Tiefe cm	pH				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g Boden				K <sub>2</sub> O mg/100g Boden				Gesamt-N %				Gesamt C %				Organ. Substanz %				C : N - Verhältnis			
	1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978	
	ext. Weide	nat. Sukz.	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch	ext. Weide	2x Mulch
0-4	6.9	7.0	6.9	6.3	3	5	4	3	19	30	30	17	0.8	0.7	0.8	0.7	8.4	9.0	8.1	8.3	14.4	15.8	13.8	14.3	11	12	10	12
4-8	7.0	7.1	6.9	6.5	3	4	4	2	15	21	16	12	0.7	0.8	0.7	0.7	8.1	7.9	6.4	7.0	13.9	13.6	11.0	12.0	12	10	9	10
8-12	7.0	7.1	7.1	6.6	2	3	2	1	12	16	11	9	0.6	0.7	0.6	0.6	6.9	6.5	6.3	5.1	11.7	11.2	10.9	8.7	12	9	11	9
12-20	7.0	7.2	7.2	7.0	2	6	2	1	12	12	9	8	0.7	0.6	0.5	0.5	6.0	6.5	4.7	5.1	10.3	11.1	8.1	8.8	9	12	11	10
20-40	7.2	7.2	7.3	7.0	1	6	1	1	8	8	9	9	0.3	0.4	0.3	0.4	3.2	5.1	3.6	4.0	5.5	8.7	6.2	6.9	11	14	12	10

b: Probenahmen Anfang Oktober

0-4						2	9	18			27	83	68			0.4	0.5	0.6			8.0	9.0	9.3			13.7	15.5	16.0			20	15	16
4-8						2	4	8			20	28	25			0.4	0.4	0.4			7.8	7.3	7.1			13.5	12.5	12.3			20	18	18
8-12						2	2	0.4			19	18	19			0.3	0.4	0.3			6.6	6.7	6.1			11.4	11.5	10.5			22	17	20
12-20						0.3	-	-			7	14	13			0.2	0.3	0.2			5.3	6.2	5.4			9.0	10.6	9.2			27	21	27
20-40						-	-	-			5	10	6			0.1	0.2	0.1			3.6	3.6	3.8			6.2	6.2	6.5			36	18	38

ext. Weide = extensive Schafweide als Ausgangszustand der Versuchsanstellung  
 nat. Sukz. = natürliche Sukzession, ungestörte Vegetationsentwicklung auf einer Versuchspartzeile  
 2 x Mulch = 2 x jährlich Mulchen als Bezugspartzeile

Wurzeln aufgenommen und in den Nährstoffkreislauf innerhalb dieses Systems eingeschleust worden. Für die letzte Annahme spricht die ungewöhnlich hohe oberirdische Phytomassenproduktion, die man an diesem Standort eigentlich nicht erwarten würde, sowie die, zumindest bislang, noch steigenden Erträge (Abb. 9). Bemerkenswert erscheinen im übrigen die hohen Gehalte an organischer Substanz; trotz laufender Zufuhr ist der Gesamt-Kohlenstoffgehalt nicht weiter angestiegen. Diese Böden haben offenbar bereits den höchstmöglichen "Humusspiegel" erreicht (KÖHNLEIN 1964), d.h. den Humusgehalt, der nach KLAPP (1971) kaum überschreitbar durch Klima, Boden, Nutzungsweise und andere Faktoren begrenzt wird. Offensichtlich finden bereits in der laufenden Vegetationsperiode starke Umsetzungen statt, wie sie die Analysen der Probenahme im Herbst 1978 (Tab. 3b) deutlich machen. In den Parzellen mit größerem Anfall an Streu, wie 'natürliche Sukzession' und '2 x jährlich Mulchen', treten deutlich höhere Phosphat- und Kalium-Werte als in der Weideparzelle auf. Diese sind allerdings auf die oberen Bodenhorizonte beschränkt und lassen - zusammen mit den Frühjahrswerten - mengenmäßig ins Gewicht fallende Verlagerungen in die Tiefe sowie Austräge kaum erwarten. Die erniedrigten Mengen an Gesamt-N lassen eine stärkere Stickstoff-Aufnahme durch die Wurzeln oder Festlegung durch Mikroorganismen vermuten.

Wir haben es hier offenbar mit einem System zu tun, in dem, ähnlich einem tropischen Regenwald, der Kreislauf der Nährstoffe einigermaßen verlustlos geschlossen erscheint: Eine Umlagerung von Stoffen aus den absterbenden Sproßteilen in die Wurzeln, beginnende Zersetzung und Mineralisierung der dem Boden aufliegenden Streu und Aufnahme der Nährstoffe durch die Wurzeln der Grasnarbe; einen durch den Winter bedingten Aktivitätswechsel, der sowohl Zersetzung und Mineralisierung als auch Aufnahme stagnieren läßt; im folgenden Frühjahr laufen diese Prozesse wieder an, die inzwischen gänzlich zu Boden gedrückten Reststreumungen werden bis zum Sommer aufgearbeitet, die - neben mikrobiellen Umsätzen - pflanzenverfügbaren Nährstoffe aufgenommen und mit den Vorräten in den Wurzeln für den Aufbau der oberirdischen Phytomasse verwendet. Um die jeweiligen Größenordnungen etwas genauer kennenzulernen, ist in der Vegetationsperiode 1979 in Zusammenarbeit mit Prof. Jacob (Institut für Grünlandlehre Hohenheim) ein Untersuchungsprogramm angelaufen, das die Bestimmung der ober- und unterirdischen Phytomassenbildung auf der Sukzessionsparzelle in Hepsisau einschließlich der zu den Probenahmezeitpunkten in den verschiedenen Sproß- und Wurzelmassen enthaltenen wichtigsten Nährstoffe zum Ziele gehabt hat. Über Ergebnisse, insbesondere die nicht unproblematische Nährstoffbestimmung in der Wurzelmasse, kann noch nicht berichtet werden.

Tab. 4: Wichtige Nährstoffverhältnisse, Gesamt-Stickstoff-, Gesamt-Kohlenstoff-Gehalte und organische Substanz auf zwei flachgründigen, trockenen Bracheflächen zu Beginn der Versuchsdurchführung 1975 und im Jahre 1978; Probenahme jeweils Ende April

a: St.-Johann, mittlere Kuppenalb (Rendzina-Braunerden)

Tiefe cm	pH					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g Boden					K <sub>2</sub> O mg/100g Boden					Gesamt-N %					Gesamt-C %					Organische Substanz %					C : N - Verhältnis				
	1978					1978					1978					1978					1978					1978					1978				
	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.	ext. Weide	ext. Mulch	2x Sukz.	nat. Brenn.	kont. Brenn.
0- 4	6.0	5.8	6.0	5.8	6.2	2	5	3	3	2	7	15	14	15	15	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	9.4	7.6	9.6	9.1	9.4	16.2	13.0	16.4	15.7	16.2	14	13	16	16	13
4- 8	6.2	6.1	6.2	6.0	6.2	2	4	2	2	1	5	7	5	6	7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	8.5	6.7	8.1	8.0	7.9	14.6	11.4	14.0	13.7	13.6	13	11	14	14	14
8-12	6.5	6.1	6.7	6.3	6.7	2	4	2	1	1	5	6	4	5	6	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	7.7	6.0	7.5	7.6	7.7	13.2	10.3	12.9	13.1	13.2	13	16	14	13	13
12-20	6.9	6.8	7.0	6.8	6.9	2	2	2	1	1	4	4	4	5	4	0.4	0.4	0.6	0.2	0.2	4.6	4.6	6.8	7.2	6.9	7.9	7.8	11.7	12.4	11.9	11	8	12	12	12
20-40	7.2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	6.4	-	-	-	-	12	-	-	-	-

b: Rangendingen-Hart, Gipskeuperfußlagen der Keuperstufe bei Hechingen (Pelosole)

Tiefe	pH				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g Boden				K <sub>2</sub> O mg/100g Boden				Gesamt-N %				Gesamt-C %				Organische Substanz %				C : N - Verhältnis							
	1978				1978				1978				1978				1978				1978				1978							
	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.	nat. Sukz.	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn.
0- 4	6.8	7.0	6.9	7.0	2	7	6	3	31	46	39	39	0.4	0.4	0.4	0.4	4.9	5.5	5.4	5.6	8.4	9.4	9.3	9.6	12	14	14	14	14	14	14	14
4- 8	6.9	7.1	7.0	7.0	1	6	4	2	21	32	28	26	0.3	0.3	0.3	0.3	3.6	4.8	4.3	5.0	6.2	8.2	7.4	8.5	13	14	14	16	16	16	16	16
8-12	7.0	7.2	7.1	7.1	1	4	5	2	16	23	20	17	0.2	0.3	0.2	0.3	3.2	3.6	3.1	3.6	5.5	6.3	5.3	6.2	15	14	13	14	14	14	14	14
12-20	7.1	7.3	7.1	7.2	0	3	2	2	12	14	16	12	0.2	0.2	0.2	0.2	2.6	1.9	1.8	2.5	4.5	3.3	3.1	4.4	12	11	11	15	15	15	15	15
20-40	7.2	7.4	7.2	7.3	1	4	3	2	12	10	14	11	0.2	0.1	0.1	0.2	2.1	1.5	1.9	2.8	3.6	2.6	3.3	4.8	13	22	16	18	18	18	18	18

ext. Weide = extensive Schafweide  
nat. Sukz. = natürliche Sukzession  
2 x Mulch = 2 x jährlich Mulchen (Bezugsparzelle)  
kont. Brenn= kontrolliertes Brennen

Eine andere Gruppe von Versuchen, aus denen nur drei herausgegriffen seien, zeigte eine meist über Tendenzen hinausgehende Zunahme in den Kalium- und Phosphatgehalten und leichte Steigerungen in den Anteilen der organischen Substanz bzw. der Gesamt-Kohlenstoffmengen (Tab. 4, 5). Dabei fallen zunächst die nicht veränderten, schon 1975 recht hohen Gehalte an organischer Substanz in St. Johann auf, die allerdings für Rendzinen bzw. Rendzina-Braunerden nicht ungewöhnlich sind (Tab. 4a). Wodurch die Erniedrigung der organischen Substanz der unverändert weiterbewirtschafteten, extensiv beweideten Fläche zustande gekommen ist, bleibt vorerst unklar. Möglicherweise hat hier eine Humuszehrung durch Pilzmyzelien eines Hexenringes stattgefunden, auf die bereits MEYER (1974) aufmerksam machte; in der weiteren Nachbarschaft sind nämlich erstmals vor zwei Jahren bei der Fläche in St. Johann Spuren von Hexenringen beobachtet worden.

Im Gegensatz zu St. Johann haben die wechsellückigen, flachgründigen Pelosole in Rangendingen-Hart eine Kohlenstoffanreicherung erfahren, und selbst die Kaliumgehalte noch deutlich angestiegen (Tab. 4b).

Auf einem ganz anderen Niveau liegen die Nährstoffgehalte der Böden in Oberstetten, die durch Düngung der ehemaligen überweideten Weinbergslagen (Tab. 5a) und der beackerten Hangfußflächen (Tab. 5b) angereichert sind. Dennoch ist auch hier in allen "Pflegevarianten" bei Phosphat und Kalium nach Einsetzen der Versuchsanstellung mit Belassen allen Aufwuchses auf der Fläche eine deutliche Erhöhung eingetreten; auch die Humusgehalte sind auf den hitzigen, umsatzfreudigen Hängen trotz längerer Grünlandnutzung angestiegen, wie es auf den ehemaligen Ackerflächen ohnehin zu erwarten war.

Zu vermerken ist schließlich, daß keine der kontrolliert gebrannten Parzellen irgendwie durch Veränderungen im Nährstoff- oder Kohlenstoffspiegel auffällt. Das trifft nicht nur für die genannten Versuche in den Tab. 4 und 5 zu, sondern gilt allgemein für alle Parzellen, in denen durch gezielten Feuereinsatz unter Berücksichtigung von Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte und Streufeuchte sowie unter Schonung der Erneuerungsknospen der Grasnarbe der obere, größere und trockenere Teil der Streuauflage im zeitigen Frühjahr vor Vegetationsbeginn abgebrannt wurde. Trotz wesentlich geringerer Streureste nach dem Brand, die nicht nur mineralisiert, sondern offensichtlich auch humifiziert wurden, sind in gleichem Umfang Anreicherungen von Phosphat, Kalium und organischer Substanz im Boden erfolgt wie bei den anderen Versuchspartellen mit vollständigem Verbleiben der produzierten Phytomasse. Offensichtlich hat damit das Kontrollierte Brennen - im Gegensatz zu vielen geäußerten Befürchtungen - bisher keinen mit den verwendeten Methoden nachweisbaren Einfluß auf den Humusgehalt der gebrannten Flächen ausgeübt. Auch der Verlust an gasförmig entweichendem Stickstoff bei jährlich wiederholtem Brennen hatte keinen Einfluß auf die Gesamtstickstoffmengen, die nach 4jähriger Versuchszeit im Boden festgestellt wurden (vgl. Tab. 4a, b; 5a, b). Hinsichtlich der Kohlenstoffbilanz ist es offenbar ohne nennenswerten Einfluß, ob der Kohlenstoff in der organischen Substanz durch Feuer oder chemische Umsetzungsprozesse als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben wird. In jedem Falle ist es beim höchst erreichbaren "Humuspiegel" geblieben, oder er ist auch bei den Brennparzellen trotz Feuereinsatz angehoben worden.

##### 5. Regenwurmdichte und Artenspektrum sowie biologische Aktivität in verschieden behandelten Parzellen

Bei der hohen Zersetzungsrate der oberirdischen - und vermutlich gleichermaßen auch der abgestorbenen unterirdischen - Phytomasse im Jahresablauf lag es nahe, den Regenwurmbesatz genauer zu untersuchen; werden den Regenwürmern doch beachtliche Leistungen in Grünlandböden nachgesagt. Sie besiedeln diese in größerer Anzahl als beispielsweise Ackerflächen. REMUS (1964) nennt Zahlen von über 700 Exemplaren je m<sup>2</sup>, und STÖCKLI (1957) schätzt ihre Arbeitsleistung in der Zerkleinerung organischer



Abb. 10: Regenwurmdichte in den Bracheversuchen Baden-Württembergs auf verschieden behandelten Versuchspartellen.

In diese vergleichende Betrachtung gingen jeweils die Gesamtzahlen aller juvenilen und adulten Regenwürmer ein. Die Probenahmen erfolgten nach der Formalin-Methode auf je 1 m<sup>2</sup> im September 1977, August 1978 sowie April/Mai 1979. Die Unterschiede zwischen den beiden ersten Versuchsvarianten sind im allgemeinen sehr gering, in der Weidepartelle eher höher als in der 2 x gemulchten. Mit abnehmender Häufigkeit der "Nutzung" nehmen allerdings die Dichtezahlen/m<sup>2</sup> erheblich ab (vgl. auch Tab. 6). Die höchsten Individuenzahlen betragen bis zu 393/m<sup>2</sup> Probestfläche, die geringsten Werte lagen zwischen 2-10/m<sup>2</sup> bei jeweils deutlich höheren Anteilen in anderen, häufiger gemulchten Parzellen des gleichen Versuchs.

**Tab. 5:** Wichtige Nährstoffverhältnisse, Gesamt-Stickstoff-, Gesamt-Kohlenstoff-Gehalte und organische Substanz zu Beginn der Versuchsdurchführung 1975 und im Jahre 1978 in Niederstetten - Oberstetts, Tabergebiet; Probenahme jeweils Ende April

a: ehemalige Weinbergslagen, überweidetes, brachgefallenes Grünland an steileren Sonnhängen (meist mittelgründige, steinreiche Kalk-Braunerden)

Tiefe cm	pH				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g Boden				K <sub>2</sub> O mg/100g Boden				Gesamt-N %				Gesamt-C %				Organ. Substanz %				C : N - Verhältnis			
	1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978		1975		1978					
	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn	ext. Weide	nat. Sukz.	2x Mulch	kont. Brenn				
0- 4	7.1	7.2	7.2	7.0	34	39	73	88	53	63	69	68	0.3	0.5	0.4	0.4	4.0	6.3	5.9	6.5	6.7	10.8	8.9	11.1	12	13	14	15
4- 8	7.1	7.3	7.2	7.1	16	28	34	30	44	38	53	55	0.3	0.3	0.3	0.3	3.3	4.3	3.7	4.3	5.7	7.3	6.4	7.4	12	14	14	14
8-12	7.2	7.3	7.2	7.2	10	22	21	22	33	22	38	43	0.3	0.3	0.3	0.3	3.2	3.2	3.1	3.8	5.5	5.4	5.4	6.6	12	13	12	14
12-20	7.2	7.3	7.3	7.2	5	18	16	16	22	20	28	26	0.2	0.2	0.2	0.2	2.6	2.1	2.8	3.4	4.5	3.6	4.8	5.9	12	12	12	17
20-40	7.4	7.3	7.4	7.1	1	14	10	8	13	12	16	16	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5	3.1	2.9	3.2	2.6	5.4	4.1	5.6	12	28	22	25

b: vor der Versuchsanstellung beackerte Hangfußlagen (mittel- bis tiefgründige kolluviale Kalk-Braunerden)

Tiefe cm	Acker				Acker				Acker				Acker				Acker				Acker							
	ext.	nat.	2x	kont.	ext.	nat.	2x	kont.	ext.	nat.	2x	kont.	ext.	nat.	2x	kont.	ext.	nat.	2x	kont.	ext.	nat.	2x	kont.				
0- 4	7.2	7.1	7.2	7.2	30	57	55	52	61	82	82	81	0.3	0.3	0.3	0.3	3.1	4.4	4.0	3.9	5.3	7.6	7.0	6.7	12	15	14	13
4- 8	7.3	7.1	7.2	7.3	30	52	51	49	68	78	77	79	0.3	0.3	0.3	0.3	3.0	3.5	3.9	3.7	5.2	6.0	6.8	6.3	12	13	14	15
8-12	7.3	7.2	7.2	7.3	30	53	53	47	65	77	72	72	0.3	0.3	0.3	0.3	3.0	3.8	3.4	3.2	5.2	6.5	5.9	5.5	12	14	13	12
12-20	7.3	7.2	7.2	7.2	21	56	48	42	58	74	68	66	0.2	0.2	0.2	0.2	2.6	3.4	4.0	2.8	4.4	5.9	6.9	4.9	12	14	17	12
20-40	7.4	7.3	7.2	7.3	8	56	20	18	36	80	46	54	0.2	0.2	0.1	0.1	2.0	2.7	3.9	1.4	3.4	4.7	6.6	2.4	13	18	28	10

Substanz auf bis zu 5000 kg/ha und die Ablage von Wurm Kot an der Bodenoberfläche bis zu 90 000 kg/ha und Jahr. Ihre große Bedeutung für das Bodengefüge und die Bildung von Ton-Humus-Komplexen ist seit langem bekannt (vgl. u.a. KLAPP 1971). Auch HERLITZIUS (1975) weist darauf hin, daß hohe Abbauraten von Laubstreu im Wald nur bei Anwesenheit einer gut entwickelten Bodenfauna mit überwiegendem Anteil von Regenwürmern zu erwarten sind.

Aus unseren nunmehr 3jährigen Untersuchungen (Probenahmen und Artenbestimmung 1977 durch H. MATTES; 1978/79 durch A. WESTHOFF-SAVRDA (Artenbestimmung noch nicht abgeschlossen) mit Hilfe der Formalin-Methode nach RAW (1959) über Zahl und Artenspektrum von Regenwürmern auf den verschieden behandelten Parzellen nahezu aller Versuche ergab sich eine klare Abhängigkeit von der Art und Intensität der Bewirtschaftung (Abb. 10). Dies steht in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von VOISIN (1958) und WATKIN, WHEELER (1966) auf genutzten Grünlandflächen, über die KLAPP (1971) zusammenfassend referierte. Interessant ist, daß sich die Parzelle 'Kontrolliertes Brennen' als letztes Glied in diese Abfolge einreicht. Möglicherweise spielt die im Frühjahr fehlende Streudecke nach dem Brand und u.U. eine raschere Austrocknung der Oberböden eine die Individuenzahl begrenzende Rolle; nicht auszuschließen sind aber auch andere Ursachen, die das C/N-Verhältnis sowie den "Geschmack" der Regenwürmer betreffen, den bestimmte Stoffe nach dem Brennen auf der Fläche beeinflussen könnten. Regenwürmer nehmen nach den Untersuchungen von WITTICH (1953) bestimmte Streuarten trotz günstigen C/N-Verhältnisses erst dann an, wenn störende Geschmacksstoffe abgebaut oder ausgewaschen worden sind. Der "Geschmack" von *Lumbricus terrestris* und die Annahme der Nahrung korreliert nach SATCHELL, LOWE (1967) deutlich mit dem Polyphenolgehalt verschiedener Blattarten, von denen die weniger phenolhaltigen eher verarbeitet werden. Die Regenwurmdichte schwankte zwischen den einzelnen Probenahmeterminen erheblich. Tab. 6 gibt für die Versuchsanlage in Hepsisau einen Überblick über die in den 3 Untersuchungsjahren aufgetretene Schwankungsbreite, läßt aber die in Abb. 10 wiedergegebene Abfolge dennoch in jedem Jahr deutlich erkennen; gelegentlich gibt es zwar auch "Ausreißer", die aber das Abfolge-Prinzip nicht in Frage stellen.

Tab. 6: Regenwurmdichte in verschiedenartig genutzten Bracheparzellen in Hepsisau

Behandlungsvariante	Regenwürmer / m <sup>2</sup>			Bodentemperaturen bei der Probenentnahme im April 1979 in °C		
	September	August	Mitte April	April 1979 in °C		
	1977	1978	1979	0 cm	Tiefe	10 cm
Mulchen 2 x jährlich	306	144	119	11.2		5.8
extensive Beweidung	-	151	89	9.8		5.4
natürliche Sukzession	164	50	32	8.4		4.1

Bei dem relativ zeitigen Termin im April 1979 wurden von WESTHOFF in allen Versuchsanlagen zugleich Bodentemperaturen gemessen, um eine Erklärung für möglicherweise von den Herbstfängen abweichende Zahlen zu erhalten; denn ein Kälteeinbruch verzögerte bzw. stoppte unmittelbar vor der Probenahme die phänologische Entwicklung der Pflanzendecke deutlich; deshalb mußte auch mit rückläufigen Bodentemperaturen und Wanderbewegungen der Regenwürmer gerechnet werden. Wenngleich in dieser Beziehung keine eindeutigen Befunde vorliegen - will man nicht die Individuenzahlabnahme unmittelbar darauf zurückführen, was allerdings im August mit den relativ höchsten Bodentemperaturen schwerfallen dürfte - so machen die in Tab. 6 wiedergegebenen Temperaturwerte doch eines deutlich, was auch SCHIEFER mit seinen Beobachtungen bzw. Messungen belegen konnte: Die Streudecke der 'natürlichen Sukzession' (vgl. Abb. 8b) wirkt auf den Boden temperaturdämpfend, selbst in 10 cm Tiefe liegt die Bodentemperatur noch um 2°C unter derjenigen der Parzelle 'Mulchen 2 x jährlich'. Neben negativen Folgen, wie einer phänologischen Verzögerung, müssen damit auch positive Effekte verbunden werden: Niedrigere Temperaturen haben, abgesehen von dem ohnehin gegebenen "Verdunstungsschutz" der Streudecke, auch eine geringere Evaporation und Austrocknung des Oberbodens und der unteren Streulage zur Folge, die ihrerseits der stark temperaturabhängigen mikrobiellen Zersetzung förderlich sind.

Von den gefundenen Arten hat außer dem auf die Hochlagen des Südschwarzwaldes im Versuch Bernau beschränkten, bis zu 25 cm langen *Lumbricus badensis* insbesondere *Lumbricus terrestris* ein spezifisches Verbreitungsbild. Ordnet man die Versuchsanlagen in einem Ökogramm nach Feuchtestufen und Höhenlagen mit abnehmender Vegetationsperiode, so nimmt *Lumbricus terrestris* - als verbreiteter Acker-Regenwurm - bei den Auszahlungen von 1978 mittlere Standorte ein; er fehlt sowohl in den trockenen als auch feuchten Bereichen und meldet kühle Höhenlagen mit kurzer Vegetationszeit (Abb. 11). Warum er in dem Großflächenversuch Mambach mit Ziegenbeweidung fehlt,

# Lumbricus terrestris

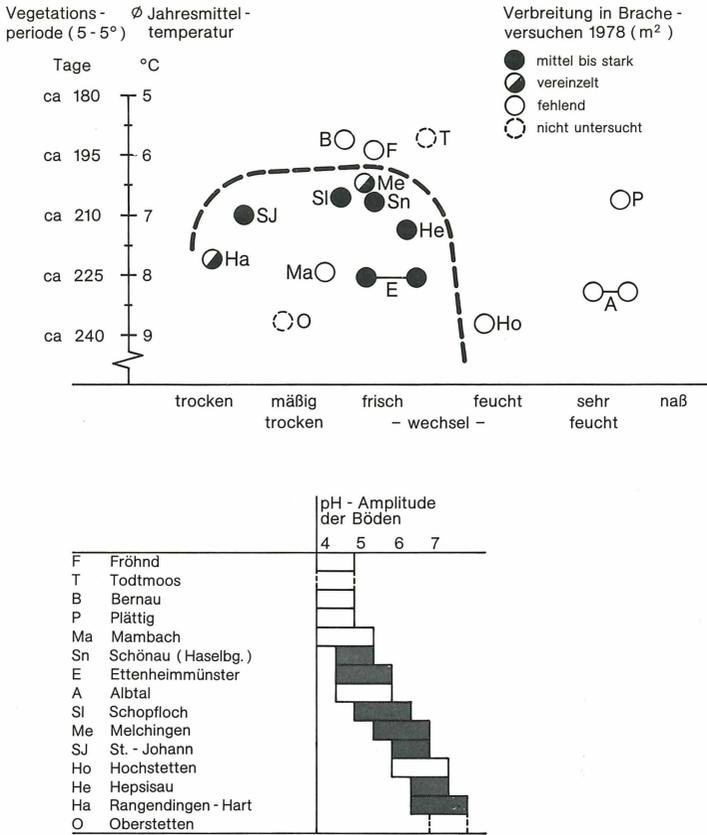


Abb. 11: Das Verbreitungsbild von *Lumbricus terrestris* L., dem Großen Regenwurm, in den Bracheversuchsflächen Baden-Württembergs im August 1978.

Sein ökologischer Verbreitungsschwerpunkt liegt bei mittleren klimatischen und edaphischen Verhältnissen. Er scheint auch Böden mit niedrigen pH-Werten um 4, wie z.B. in Mambach, zu meiden; zumindest kann man dies aus der Übersicht der Versuchsanlagen nach den pH-Werten ihrer Böden im unteren Teil der Abb. herauslesen.

kann noch nicht endgültig beantwortet werden; möglicherweise sind die ausgewählten Probenflächen trockener als angenommen und damit im Ökogramm falsch plaziert. Offenbar meidet *Lumbricus terrestris* aber auch sehr saure Standorte; zumindest fehlt er bei einer Reihung der Versuchsanlagen nach der pH-Amplitude ihrer Böden im unteren Teil der Abb. 11 den Flächen mit den niedrigsten pH-Werten, zu denen unter anderem auch die Ziegenweide in Mambach gehört. Das C/N-Verhältnis ist mit einer Spanne von 14 bis 18 - und einem Höchstwert von 28 - keinesfalls ungünstiger als in Böden anderer Versuche, in denen er vorkommt. In der anfallenden Streu ist das C/N-Verhältnis nicht ermittelt worden.

Alle übrigen Arten zeigen keine unmittelbare Beziehung zum pH-Wert. In Abb. 12 sind vier weitere Arten in ihrer Verbreitung in den Versuchsflächen dargestellt. Die vorgenommene Abgrenzung bestimmter ökologischer Areale bei *Allolobophora longa* und *Lumbricus castaneus* ist nichts anderes als ein erster Versuch. Bei *Allolobophora rosea* läge eine Einengung des Vorkommens auf mäßig frische bis mäßig feuchte Bereiche nahe, wenn diese Art nicht gerade in einer der feuchtesten Versuchsflächen - Plättig oberhalb Baden-Badens in einem Quellsumpf - ihre mit Abstand größte Population aufwiese. Möglicherweise hat *Lumbricus rubellus* eine Verbreitungsgrenze in sehr trockenen Grünlandflächen; in unseren Versuchsflächen ist er ubiquitär und in Schopfloch vermutlich nur der Probenahme 1978 entgangen.

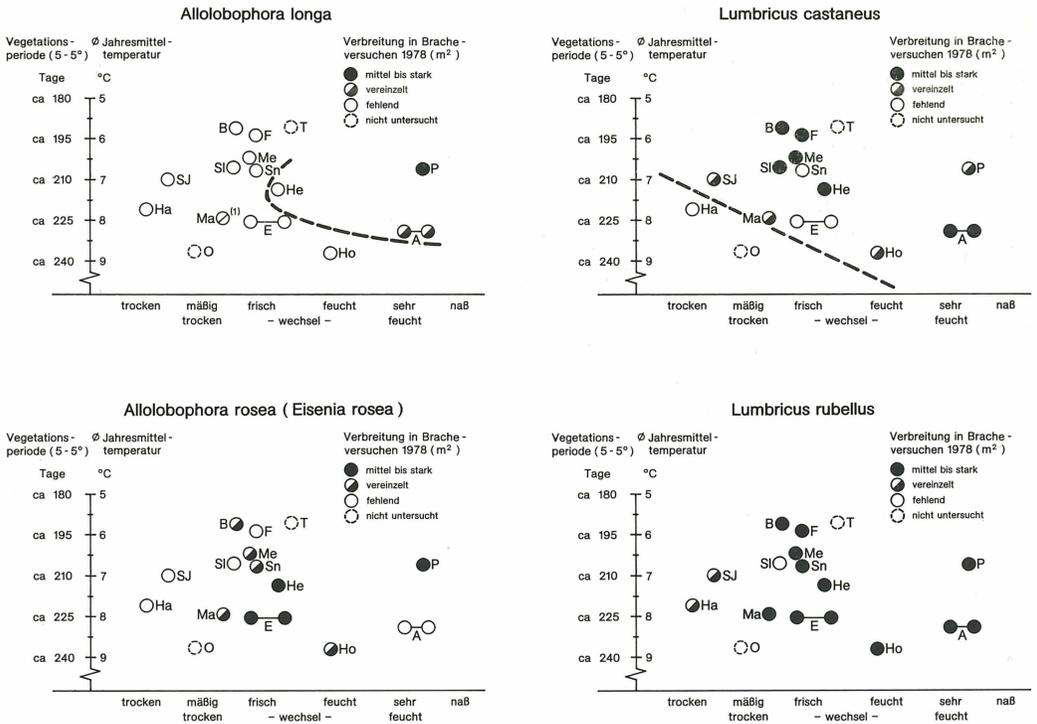


Abb. 12: Die Verbreitung weiterer Regenwurmart in den Bracheversuchen Baden-Württembergs nach einer Probenahme im August 1978.

*Allolobophora longa* (Ude) scheint einen Verbreitungsschwerpunkt in feuchteren Lagen zu besitzen, wenngleich er insgesamt, mit Ausnahme des Quellsumpfes in Plättig oberhalb Baden-Baden, nur in geringer Zahl auftritt. Nach STRESEMANN (1970) kommt er auch "gelegentlich am Wasser" vor. In einem Exemplar ist er auch in Mambach gefunden worden. Die Verbreitung von *Lumbricus castaneus* Savigny stimmt nicht mit den Angaben von STRESEMANN überein. "In feuchten bis nassen Böden mit hohem Humusgehalt", wenn man sein, freilich unbedeutendes, Auftreten in den Halbtrockenrasen von St. Johann sieht; möglicherweise ersetzen die höheren Niederschläge in den kühleren Lagen die von ihm bevorzugte Bodenfeuchte. *Allolobophora rosea* (Savigny) zeigt sich nicht so weit verbreitet, wie von STRESEMANN angegeben, während das Verbreitungsbild von *Lumbricus rubellus* Hoffm. dieser Vorstellung ungefähr entspricht.

Um neben den Regenwürmern als sehr wichtigen Zersettern aus einer Bodenfaunengruppe Anhaltspunkte über die Aktivität der Mikroorganismen zu erhalten, wurden 1979 erstmals Messungen der Bodenatmung als Maß für die bodenbiologische Aktivität durchgeführt. Aus verschiedenen Gründen verzichteten wir auf Freilandversuche, sondern wählten ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Bildung nach einer Bebrütungsphase im Labor nach JÄGGI (1976). Bei der Erprobung dieses Verfahrens wurden fünfmal mit dem Probenstecher je 2 miteinander vermischte Proben von 10 cm Einstichtiefe auf der einzelnen Versuchsparallele entnommen. Sofort nach der Entnahme kamen die Proben in eine im Fahrzeug bereitstehende Tiefkühltruhe, wurden darin von Süddeutschland nach Münster transportiert und dort dem Verfahren von JÄGGI unterzogen. Aus den fünf Einzelwerten einer Parzelle, die Aufschluß über die Streuung geben sollte, wurde schließlich ein Mittelwert für die betreffende Pflegemaßnahme gebildet.

Einige Ergebnisse für die schon verschiedentlich vorgestellten, ausgewählten Versuchsanlagen sind in Abb. 13 zusammengefaßt. Sie liegen vollständig im Rahmen der von JÄGGI mitgeteilten Erfahrungswerte bei der Erprobung seines Verfahrens. Die wichtigsten Behandlungspartellen zeigen hinsichtlich der über die CO<sub>2</sub>-Produktion gemessenen bodenbiologischen Aktivität im allgemeinen eine mit den Individuenzahlen der Regenwürmer (Abb. 10) übereinstimmende Tendenz, d.h. mit abnehmender Intensität der Eingriffe ist auch eine abnehmende bodenbiologische Aktivität verbunden, die zumindest durch den Mittelwert deutlich wird. Von signifikanten Unterschieden kann allerdings nicht gesprochen werden, und auf Grund der in Abb. 13 angegebenen Streuung ist große Zurückhaltung in der Interpretation geboten. Es überrascht, daß ausgerechnet die bodenbiologische Aktivität in den hochproduktiven Versuchspartellen

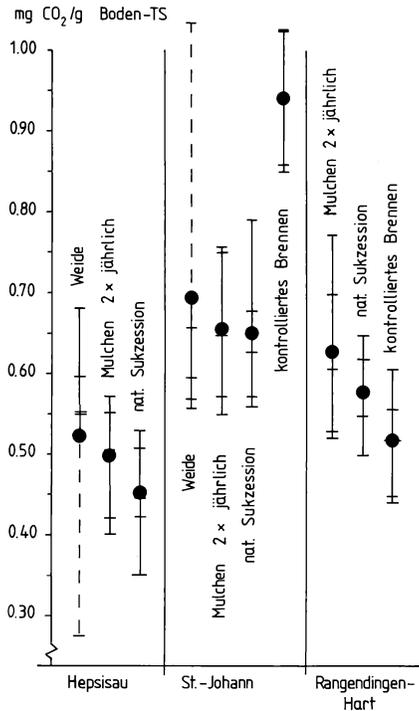


Abb. 13: Die biologische Aktivität der Oberböden (10 cm) von verschiedenen behandelten Parzellen.

Sie läßt in den Bracheversuchen von Hepsisau, St. Johann und Rangendingen-Hart eine leicht abnehmende Tendenz mit gleichlaufender Extensität der "Nutzung" erkennen (weitere Erläuterungen im Text).

von Hepsisau mit intensiver Streuabbautätigkeit niedriger liegt als in den beiden - nur 10 bis 30% der oberirdischen Phytomassenproduktion von Hepsisau erreichenden - Halbtrockenstandorten in St. Johann und Rangendingen-Hart; allerdings sind alle Proben vor der Inkubation auf 50% ihrer maximalen Wasserkapazität angefeuchtet worden. Es erfolgte also kein Vergleich der standortsbedingten und zur Probenahmezeit aktuellen CO<sub>2</sub>-Atmung, sondern eine Feststellung der potentiellen bodenbiologischen Aktivität bei optimalen Feuchteverhältnissen und Bebrütungstemperaturen von 27°C. Auffällig sind ferner die Spitzenwerte der gebrannten Parzelle in St. Johann, deren hohe CO<sub>2</sub>-Produktion in deutlichem Gegensatz zu der immerhin tendenziell abgesenkten Aktivität der kontrolliert gebrannten Parzelle in Hart steht. Möglicherweise bietet der in St. Johann regelmäßig frühe Brennzeitpunkt im Februar - also weit vor Beginn der Vegetationsperiode - eine Erklärung; in Hart wurde in den vergangenen Jahren immer relativ spät gebrannt - erst seit 1978 sind die Brenntermine vergleichbar. Aber die Zusammenhänge bleiben trotzdem noch unklar; weitere Untersuchungen werden zeigen müssen, ob es sich hier um ein wiederkehrendes Phänomen handelt.

## 6. Schlußfolgerungen für die Landschaftspflege

Die Problematik der Artendynamik und Veränderung des Lebens- und Wuchsformenspektrums von Brachflächen wird hier nicht weiter diskutiert, sondern bleibt den Ausführungen von SCHIEFER überlassen.

Sollten die Brachestandorte tatsächlich im Laufe der Zeit leistungsfähiger werden, was sich durch den meist raschen Umsatz der gebildeten organischen Substanz, die fehlende Entnahme und die zusätzlichen anthropogen bedingten Nährstoffeinträge in den tendenziell ansteigenden Ertragsleistungen der 2 x jährlich gemulchten Parzellen, verbunden mit einem Ansteigen des Humusspiegels, anzudeuten scheint (Abb. 9), dann hat das einschneidende Konsequenzen für alle in diesem Versuchsprogramm praktizierten "Pflegemaßnahmen": Die Verbesserung der Nährstoffverhältnisse verschiebt bereits die abiotischen Voraussetzungen für das Konkurrenzverhalten und hat dementsprechend Folgen für die Artenzusammensetzung. Die Anhebung des Humusspiegels bedeutet neben

der freilich langsamen Stickstoffnachlieferung vor allem für trockene Standorte auch eine Verbesserung des Wasserhaushaltes; es wird mehr Wasser sorbiert und mit Hilfe des Stickstoffs mit der gleichen Wassermenge mehr Substanz erzeugt. Auch die Erhöhung der Phytomassenproduktion über diesen Weg greift in das Konkurrenzgefüge ein und verschlechtert bzw. gefährdet die Existenzbedingungen von Arten, die wir möglicherweise als Zeugen extensiv genutzter, verarmter Standorte mit ihren Pflanzengesellschaften erhalten wollen. Um dieses Ziel zu erreichen, scheint eine zumindest gelegentliche Entfernung des Aufwuchses oder der Streu unumgänglich.

Auch das kontrollierte Brennen kann offenbar trotz gewisser Stickstoffverluste in der Nährstoffbilanz, vielleicht auch Verluste weiterer Nährstoffe durch Auswaschung oder Verblasung der Asche bei sehrzeitigem Feuereinsatz, die frühere nährstoffausführende Bewirtschaftungsweise nicht in jedem Falle ersetzen, der viele schützenswerte Pflanzengesellschaften ihre Entstehung verdanken. Die Fortführung dieser und anderer, z.T. bereits laufender Versuche wird vermutlich eine Klärung darüber herbeiführen, für welche Arten und/oder Pflanzengesellschaften diese extensiven Bewirtschaftungsweisen bzw. Eingriffe durch Feuer bestands- und arterhaltend wirken können oder für welche sie durch andere Maßnahmen ersetzt oder ergänzt werden müssen.

Für die Erhaltung eines Grünlandbestandes als Strukturelement in der Landschaftspflege reichen bei Grünlandbrachen die geprüften Pflegemaßnahmen, vermutlich mit noch größerer Extensivität in der Anwendung bzw. dem Einschub längerer Phasen des Sich-selber-Überlassens (vgl. HARD 1976) aus, da es sich vielfach um dauerhafte gehölzverdämmende Vergesellschaftungen handelt. Eine Ausnahme bilden alle diejenigen Flächen, die durch benachbarte, Polykormone bildende Arten in spezifischer Weise invasionsgefährdet sind und in wenigen Jahren von Gebüsch überzogen sein können. Insbesondere einige *Rubus*-Arten und *Prunus spinosa* sind hier zu nennen. Überhaupt können domestizierte *Prunus*arten, unter ihnen vor allem Zwetschen, Kirschen und Birnen, auch nach Ausstockung im weiteren Umkreis ihres ehemaligen Standraumes durch Wurzelschößlinge zu einer relativ schnellen Heisterverbuschung beitragen, so z.B. in einer der beiden Sukzessionsparzellen in Heipsisau. (Eine Zwetschenhochstammanlage bei der Sieg-Mündung hatte sich etwa 7 Jahre nach Aufgabe jeglicher Nutzung und Pflege durch derartige Schößlingsbildung zu einem nahezu undurchdringlichen Dickicht entwickelt.)

Wird auch die Bildung von Gebüschgruppen oder die totale Verbuschung (Abb. 5) mit ihrer Weiterentwicklung zum Vorwald und Wald als strukturelles, u.U. sogar anreicherndes Element hingenommen, dann kann man die Natur sich selbst überlassen, ohne befürchten zu müssen, daß sich hier Verschlechterungen von Standortseigenschaften einstellen. Vielmehr ist, wie auch die Untersuchungen von BABEL, LeNGOC (1977) für spontan oder durch Pflanzung wiederbewaldete Schafweiden der Schwäbischen Alb zeigen, sogar mit einer Verbesserung ökologischer Eigenschaften zu rechnen (Tab. 4, 5; Abb. 9). Dies gilt zumindest für trockene bis mäßig feuchte Standorte. Ehemals drainierte Feucht- und Naßflächen können beim Verfallen von Drainagen oder Gräben feuchter werden, ein bereits häufig vorgebrachtes Argument. Es bleibt allerdings im Rahmen unserer Versuchsdurchführung abzuwarten, ob nicht eine allmählich steigende Phytomassenproduktion auch auf diesen Flächen eine Art "biologischer Drainage" bewirkt, wie wir dies als Düngungseffekt auf Wiesen bereits kennen: Erhöhte Substanzbildung bedeutet gleichzeitig größeren Wasserverbrauch sowohl für den Aufbau der Pflanzenmasse als auch durch steigende Verdunstung.

## 7. Zusammenfassung

Seit 1975 werden in Baden-Württemberg auf 15 verschiedenen Standorten Bracheversuche durchgeführt. Es stehen einerseits extensive Weideverfahren mit Rindern, Schafen oder Ziegen, andererseits verschiedene Mulchzeitpunkte und -intervalle ohne Entnahme der Phytomasse, gezielte Herbizidanwendung und kontrolliertes Brennen im Vergleich zur ungestörten natürlichen Entwicklung (sekundäre Sukzession) von Grünlandbrachen.

Neben in der Regel deutlichen Artenverarmungen und Strukturveränderungen im Lebens- und Wuchsformenspektrum der sehr extensiv behandelten oder ungestörten Sukzessionsparzellen scheint sich in Abgängigkeit von den Standortverhältnissen und dem Ausgangs-Pflanzenbestand eine leichte Zunahme der Phytomassenproduktion abzuzeichnen. Diese Beobachtung geht einher mit der Zunahme der Gehalte von P und K sowie Gesamt-N und Gesamt-C dort, wo der optimale Humusspiegel der Böden noch nicht erreicht ist. In einer Versuchsanlage sind bei relativ frischen Böden mit hohem Humusspiegel die gemessenen Nährstoffvorräte relativ gering, die produzierte Phytomasse aber ungewöhnlich hoch. Gemulcht oder auf dem Halm abgestorben, wird sie innerhalb kurzer Zeit, zumindest in Jahresfrist, vollständig abgebaut. Verschiedene Hinweise legen die Annahme nahe, daß wir es hier mit einem ziemlich verlustlosen Nährstoffkreislauf, ähnlich einem tropischen Regenwald, zu tun haben, bei dem die durch mikrobielle Tätigkeit bei der Zersetzung frei werdenden Nährstoffe sofort wieder von dem dichten Wurzelfilz der Grasnarbe aufgenommen werden. Mit abnehmender Häufigkeit der Eingriffe von zweimaligem Mulchen oder Weiden über größer werdende Intervalle des Mulchens bis zur natürlichen Sukzession und die kontrolliert gebrannten Flächen nimmt die Zahl der Regenwürmer ab. Einige Arten zeigen eine gewisse Abhängigkeit ihres Vorkommens von den Standortbedingungen der Versuchsflächen. Auch die biologische Aktivität der

Böden scheint einen ähnlichen Trend wie die Regenwurmdichte aufzuweisen. Aus den Ergebnissen lassen sich einige wichtige Hinweise für die Pflegemaßnahmen zur Erhaltung bestimmter Pflanzengesellschaften und gefährdeter Arten ableiten, für die eine Nährstoffanreicherung einen starken Konkurrenzdruck auslösen kann.

Für finanzielle Unterstützung ist dem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, Baden-Württemberg zu danken.

### Literatur

- BABEL U., LeNGOC B., 1977: Regradierung von Mergelböden nach Schafweidenutzung. Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 25: 313-320.
- BORSTEL U.-O. von, 1974: Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung auf ökologisch verschiedenen Grünland- und Ackerbrachen hessischer Mittelgebirge (Westerwald, Rhön, Vogelsberg). Diss. Gießen: 159 S.
- ELLENBERG H., 1977: Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. Oecol. Plant. 12: 1-22.
- HARD G., 1976: Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. KTBL-Schr. 195. Münster-Hiltrup (Landwirtschaftsverlag) 195 S.
- HERLITZIUS R., 1975: Streuabbau in Laubwäldern. Untersuchungen in Kalk- und Sauerhumusbuchenwäldern. Diplomarb. Univ. Göttingen: 59 S.
- JÄGGI W., 1976: Die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Bildung als Maß der bodenbiologischen Aktivität. Schweiz. landw. Forsch. 15: 371-380.
- KLAPP E., 1971: Wiesen und Weisen. 4. Aufl. Berlin (Parey): 620 S.
- KÖHNLEIN J., 1964: Über die Beziehungen zwischen Ertragsbildung, Bodenfruchtbarkeit und Humus. Diss. Univ. Kiel.
- MEYER B., 1974: Pedomorphologische Wirkungen höherer Pilze. Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 18: 262-265.
- ODUM E.P., 1960: Organic production and turnover in old field succession. Ecology 41: 34-49.
- RAW F., 1959: Estimating earthworm populations by using formalin. Nature 184: 1661-1662.
- REMUS A., 1964: Das Vorkommen von Regenwürmern, pterygoten Insekten und Tausendfüßlern in stau-nassen Böden unter Dauerweiden und im Ackerland des Versuchsgutes Rengen (Eifel). Z. Acker- u. Pflanzenbau 119: 29-69.
- SATCHELL J.E., LOWE D.G., 1967: Selection of leaf litter by Lumbricus terrestris. In: (Ed. Graff O., Satchell J.E.) Progress in Soil Biology. Amsterdam: 102-120.
- SCHMID G., 1974: Umweltprobleme durch Brachflächen? Arb. DLG 141: 24-32.
- SCHMIDT W., 1974: Die vegetationskundliche Untersuchung von Dauerprobeflächen. Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 17: 103-106. [s.a. Vegetatio 29: 69-73].
- SCHREIBER K.-F., 1977: Zur Sukzession und Flächenfreihaltung auf Brachland in Baden-Württemberg. Verh. Ges. f. Ökologie (Göttingen 1976). Den Haag (Junk): 251-263.
- STÖCKLI A., 1957: Die Metazoenfauna von Wiesen- und Ackerböden aus der Umgebung von Zürich. Landw. Jb. Schweiz. N.F. (6): 571-595.
- STRESEMANN E. (Ed.), 1970: Exkursionsfauna von Deutschland. Wirbellose I. 4. Aufl. Berlin (Volk u. Wissen): 494 S.
- ULRICH B., MAYER R., 1973: Systemanalyse des Bioelement-Haushalts von Wald-Ökosystemen. In: (Ed. Ellenberg H.) Ökosystemforschung. Berlin (Springer): 165-174.
- VOISIN A., 1958: Die Produktivität der Weide. München (BLV)
- WATKIN B.R., WHEELER J.L., 1966: Some factors affecting earthworm populations under pasture. J. Brit. Grassl. Soc. 21: 14-20.
- WILMANNS O., 1975: Junge Änderungen der Kaiserstühler Halbtrockenrasen. (Univ. Hohenheim). Daten u. Dok. z. Umweltschutz 14: 15-22.
- WITTICH W., 1953: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. Schriftenr. Forstl. Fak. Göttingen 9: 1-33.
- SCHIEFER J., 1980: Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen (Beweidung, Mulchen, kontrolliertes Brennen, ungestörte Sukzession). Diss. Univ. Hohenheim: 274 S.

### Adresse

Prof. Dr. K.-F. Schreiber  
Lehrstuhl Landschaftsökologie  
Institut für Geographie der Universität  
Robert-Koch-Str. 26  
D-4400 Münster

# 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: 1980

Band/Volume: [8\\_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Schreiber Karl-Friedrich

Artikel/Article: [Entwicklung von Brachflächen in Baden-Württemberg unter dem Einfluß verschiedener Landschaftspflegemaßnahmen 185-203](#)