

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 104 (1953)

Heft: 4-5

Artikel: Beobachtungen über den Streueabbau einiger Baumarten im Lehrwald der ETH

Autor: Leibundgut, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767567>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Beobachtungen über den Streueabbau einiger Baumarten im Lehrwald der ETH¹

Von Hans Leibundgut

(Aus dem Institut für Waldbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich)
(11. 44. 2)

1. Versuchsfrage und Versuchsanlage

Der verschieden rasche Abbau der Laubstreu der einzelnen Baumarten ist eine bekannte und schon wiederholt untersuchte Erscheinung (vgl. A l t o n e n , 1). Trotzdem schien uns im Zusammenhang mit Fragen der Umwandlung standortswidriger Fichtenbestände ein weiterer Versuch gerechtfertigt, wobei wir von folgenden, auf unsern Lehrwald beschränkten *Versuchsfragen und Versuchsanlagen* ausgingen:

1. Bestehen in verschiedenen Beständen unter sonst gleichen Bedingungen Unterschiede hinsichtlich der Geschwindigkeit des Laubstreuabbaues einzelner Baumarten?
2. Welchen Einfluß übt die Laubstreu der einzelnen Baumarten auf die biologische Aktivität der Böden unter verschiedenen Beständen aus?

Zu diesem Zwecke wurde während sieben Jahren, vom September 1940 bis November 1947, in drei verschiedenen Beständen des Lehrwaldes der Abbau von acht Laubarten untersucht, nämlich von Hagebuche (*Carpinus Betulus*), Winterlinde (*Tilia parvifolia*), Bergahorn (*Acer Pseudoplatanus*), Bergulme (*Ulmus scabra*), Buche (*Fagus sylvatica*), Stieleiche (*Quercus Robur*), Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und Esche (*Fraxinus excelsior*). Das Laub wurde jeweils sofort nach dem Laubfall gesammelt, sortiert und bis zur Verwendung unter Dach trocken aufbewahrt. Die im folgenden angegebenen Laubmengen beziehen sich auf das Trockengewicht. Zum Auslegen des Laubes erstellten wir 3 m lange, 2 m breite und 30 cm hohe, mit Drahtgeflecht überspannte Bretterrahmen, welche durch 6 cm hohe Leisten in sechs Einzelflächen von je 1 m² aufgeteilt waren. Drei solche Einzelflächen wurden jeweils mit Laubstreu belegt, während drei Flächen zum Vergleich unbelegt blieben. Für jede Baumart verwendeten wir in jedem der drei untersuchten Bestände einen solchen Bretterrahmen. Insgesamt wurde also der Laubabbau auf 72 Probeflächen verfolgt. Das erforderliche Laub sammelte unser Förster K. R a h m im Lehrwald der ETH.

Die Untersuchungen wurden auf ebenen Flächen im Lehrwald Albisriederberg der ETH bei Zürich angelegt. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt dort zirka 1100 mm, das Jahresmittel der Temperatur zirka 8,5°. Die frischen, tonreichen, sehr fruchtbaren, vollent-

¹ Herrn Schulratspräsident Prof. Dr. H. Pallmann zu seinem 50. Geburtstag am 21. Mai 1953.

wickelten Braunerden sind aus Reißmoränen hervorgegangen. Es handelt sich um folgende Bestände:

Bestand 1: Abt. 7, Breitenacker:

70- bis 80jähriger stark durchforsteter Fichtenkultbestand I./II. Bonität in 620 m ü. M. auf Standort des Stieleichen-Hagebuchenwaldes mit Aronstab (*Querceto-Carpinetum aretosum*).

Bestand 2: Abt. 7, Breitenacker:

40jähriger noch schwach durchforsteter Fichtenkultbestand I./II. Bonität in gleicher Höhe und auf gleichem Standort wie Bestand 1.

Bestand 3: Abt. 13, Wiedikerhau:

Ehemaliger vorratsarmer Mittelwald mit Stieleiche, Esche, Kirschbaum und Schwarzerle im Oberholz und Esche, Bergulme, Schwarzerle und Bergahorn in der etwa 50jährigen Hauschicht. 670 m ü. M. auf Standort des Stieleichen-Hagebuchenwaldes (*Querceto-Carpinetum aretosum*) mit Anklängen zum feuchten Ahorn-Eschenwald (*Acereto-Fraxinetum caricetosum pendulae*).

Die ausgelegten *Laubmengen* betragen:

November 1940 . . .	300 g pro m ²
» 1941 . . .	300 g pro m ²
» 1942 . . .	250 g pro m ²
» 1943 . . .	350 g pro m ²
» 1944 . . .	500 g pro m ²
» 1945 . . .	350 g pro m ²
» 1946 . . .	400 g pro m ²

total in sieben Jahren 2450 g Trockensubstanz pro m²

durchschnittlich pro Jahr 350 g Trockensubstanz pro m²

Die natürliche Laubfallmenge beträgt nach unseren Beobachtungen im Lehrwald je nach Jahr und Baumarten 170 bis 490 g pro m². Die von uns ausgelegte Laubmenge liegt demnach eher etwas über dem Durchschnitt.

Die Aufnahmen der Flächen erfolgten regelmäßig in der ersten Septemberhälfte und im Sinne einer Zwischenbeobachtung Ende Mai oder anfangs Juni. Häufigere Aufnahmen waren infolge der starken Belastung durch Militärdienst unmöglich. Für die Unterstützung bei den Aufnahmen und Untersuchungen darf ich meinen ehemaligen Mitarbeitern Dr. F. Fischer, Dr. A. Kurth, Dr. Ch. Auer, Dr. H. Lamprecht, Dr. R. Karschon, dem verstorbenen Forstingenieur V. Schmid und namentlich Dr. J. Fabijanowski danken, der die Reißproben anlegte und zusammen mit cand. Forsting. Nick verarbeitete. Der verstorbene Prof. Dr. M. Dügge li untersuchte eine große Anzahl Bodenproben aus den Flächen bakteriologisch. Leider war ihm nicht mehr möglich, die Ergebnisse zu verarbeiten.

2. Die Menge des Falllaubes

Über die *Menge des Falllaubes* hat bereits E b e r m a y e r (4) im Jahre 1876 Beobachtungen mitgeteilt, wonach Buchenbestände durchschnittlich pro Jahr 3331 kg Laubstreu pro ha ergeben. Nach C h a n d l e r (5) beträgt der Streuertrag gemischter Laubwälder auf guten Standorten etwa 3400 kg, während nordische Beobachter (M o r k, 6) in Birkenwäldern nur etwa 1300 kg, im Gebirge sogar nur 600 kg feststellten.

Im Lehrwald der ETH haben wir in Übungen mit Studierenden im Herbst 1951 in stark durchforsteten, natürlichen Beständen folgende Fallaubmengen bestimmt:

60jähriger, nahezu reiner Buchenbestand II. Bonität . . .	2810 kg/ha
100—120jähr., stark gelichteter Buchenbestand II. Bonität	1730 kg/ha
40jährige Mischbestände aus Schwarzerle, Aspe, Esche, Hagebuche	4100 kg/ha

Aufschlußreich ist der Anteil der Baumarten in zwei zirka 40jährigen Beständen auf einem Stieleichen-Hagebuchenwald-Standort (*Querceto-Carpinetum aretosum*) am Derbholtzvorrat und an der Laubmenge:

*Anteil der Baumarten am Holzvorrat und Fallaub
in einem 40jährigen Laubmischwald
(Mittel aus zwei Probeflächen)*

Baumart	Prozentualer Anteil am	
	Vorrat ¹ %	Fallaub ² %
Schwarzerle	20	18
Esche	42	36
Aspe	19	15
Birke	1	1
Eiche	4	3
Hagebuche	6	12
Buche	3	5
Bergahorn	3	7
andere Arten	2	3
Total	100	100
	(276 m ³ /ha)	(3590 kg/ha)

Obwohl die Zahlen über die Fallaubmengen starken örtlichen Schwankungen unterworfen sind, geht doch daraus deutlich hervor, daß die Lichtbaumarten im Vergleich zum Vorratsanteil verhältnismäßig wenig, die Schattenbaumarten dagegen viel Fallaub ergeben.

¹ Material über 8 cm Durchmesser in Brusthöhe. Der Anteil des schwächeren Materials an der Fallaubmenge dürfte in den untersuchten Beständen gering sein.

² Durch örtliche Verschiedenheiten der Baumartenmischung und Verwehung können starke Unterschiede entstehen. Die Angaben beziehen sich auf Mittelwerte aus sechs Proben.

3. Die Geschwindigkeit des Laubabbaues

Die *Geschwindigkeit des Laubabbaues* ist von zahlreichen Faktoren abhängig, wie chemische Zusammensetzung der Streu, Temperatur, Feuchtigkeit, chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens usw. Es treten daher erfahrungsgemäß von Ort zu Ort große Unterschiede auf, die sogar dazu führen können, daß bestimmte Baumarten, wie die Buche, bald als bodenpfleglich, bald als bodenverschlechternd bezeichnet werden. Von besonderem Interesse ist daher die Frage, ob die Reihenfolge der Baumarten hinsichtlich der Abbaugeschwindigkeit ihrer Laubstreu unter verschiedenen Bedingungen dieselbe bleibt. Trotz der verschiedenen Bestockung waren unsere Versuchsflächen zu ähnlich, um durch einen Vergleich der Ergebnisse diese Frage beantworten zu können. Dagegen sind Vergleiche mit anderen Versuchen aufschlußreich.

Um den Abbau des Laubes und dessen Wirkungen auf den Standort nicht zu stören, haben wir uns damit begnügt, den Grad des Abbaues nach folgenden Stufen einzuschätzen:

- Stufe 1: *sehr rasch*: Laub nach einem Jahr vollständig abgebaut.
Stufe 2: *rasch*: Laub nach einem Jahr bis auf Blattstiele und kleine, nach Art nicht mehr erkennbare Reste abgebaut.
Stufe 3: *langsam*: Laub nach einem Jahr stark angegriffen, aber nur teilweise abgebaut und Reste nach Art noch deutlich erkennbar.
Stufe 4: *sehr langsam*: Laub nach einem Jahr noch weitgehend erhalten.

Auf Grund dieser Abstufung stellten wir in allen Flächen und in allen Jahren die gleiche Reihenfolge fest:

- sehr rasch*: Esche, Schwarzerle, Hagebuche, Ulme
rasch: Linde, Bergahorn
langsam: Stieleiche
sehr langsam: Buche

Diese Beobachtungen decken sich weitgehend mit den Ergebnissen anderer Versuche. Mattson und Koutler-Andersson (2) haben beispielsweise die Zersetzung der Streu unter Laboratoriumsbedingungen während eines Jahres verfolgt und folgenden Verlust des organischen Stoffes festgestellt:

Esche	70,6 %
Bergulme	65,1 %
Stieleiche	45,6 %
Buche	44,3 %

Versuche Wittichs (3) ergaben die nachstehende Reihenfolge:

Ulme (rascher Abbau)
Schwarzerle
Esche
Hagebuche
Bergahorn
Linde
Stieleiche
Buche (langsamer Abbau)

Schließlich gibt Aaltönen (1) für nordische Verhältnisse die Reihenfolge an:

Esche, Ulme
Ahorn, Linde
Birke, Aspe, Weißerle
Buche, Eiche

Der rasche Abbau von Esche, Schwarzerle, Hagebuche, Ulme, Linde und Bergahorn darf demnach als allgemeine Erscheinung betrachtet werden. Das Laub der Eiche wird dagegen überall wesentlich langsamer abgebaut, führt aber auch unter ungünstigen Bedingungen kaum irgendwo zur Bodenversauerung, wie dasjenige der Buche unter extrem ungünstigen Verhältnissen.

Ein Vergleich der Abbaugeschwindigkeit in den drei Beständen unserer Versuchsanlage war praktisch nur für Eiche und Buche möglich. Das Laub der andern Baumarten war jeweils schon bei der Zwi- schenaufnahme Ende Mai oder anfangs Juni allgemein stark angegriffen und nach einem Jahr nahezu vollständig von der Bodenoberfläche ver- schwunden. Das Eichenlaub blieb dagegen bis gegen Ende der zweiten Vegetationsperiode teilweise noch als solches erkennbar, und beim Buchenlaub waren sogar noch im dritten Jahr einzelne Blätter erhalten. Auf Grund der Abstufungen bei unseren Aufnahmen ergaben sich zwi- schen den beiden Fichtenbeständen keine nennenswerten Unterschiede. Im Laubmischwald erfolgte der Abbau dagegen merklich rascher. Vor allem bewirkte hier die äußerst intensive Wühltätigkeit der Mäuse eine rasche Vermischung und Überdeckung des Laubes mit Erde. Es wird dadurch die praktische Erfahrung bestätigt, wonach der Bestandesauf- bau den Laubabbau stark beeinflußt. Wir haben in angrenzenden Be- ständen zudem beobachtet, daß das Eichen- und Buchenlaub in Mischung mit der Streu anderer Baumarten selbst bei größeren Laubmengen zum großen Teil schon im ersten Jahr, auf alle Fälle aber in der zweiten Vegetationsperiode vollständig abgebaut wird.

4. Der Einfluß der Laubstreu auf den Boden

Bei der *Bodenuntersuchung* begnügten wir uns damit, vor der An- lage und nach Abschluß des Versuches in allen Teilflächen die pH-Werte

zu bestimmen. Dabei ließ sich eine meßbare Veränderung nur in der obersten Bodenschicht, d. h. bis in etwa 10 cm Tiefe, feststellen. Wir entnahmen deshalb in den Probeflächen pro m² je drei Bodenproben in 1 bis 3 cm und in 5 bis 10 cm Tiefe, so daß also die folgenden Angaben Mittelwerte aus neun Messungen darstellen:

Mittlere pH-Werte der Bodenproben nach sechsjähriger Versuchsdauer

Bestand	Baumart	mit Laub gedüngt		nicht gedüngt	
	Tiefe	1-3 cm	5-10 cm	1-3 cm	5-10 cm
1 Abt. 7	Ulme	6,1	5,2	5,3	5,3
	Linde	6,5	5,6	5,2	5,2
	Esche	6,1	5,3	5,4	5,3
	Buche	6,2	5,8	5,5	5,3
	Schwarzerle	5,7	5,1	5,4	5,2
	Bergahorn	6,2	5,2	5,2	5,2
	Eiche	5,3	4,9	5,1	5,1
	Hagebuche	5,8	5,7	5,6	5,5
2 Abt. 7	Ulme	6,5	6,0	6,0	5,8
	Linde	7,2	6,5	6,0	6,0
	Esche	6,2	5,9	5,4	5,6
	Buche	6,3	6,1	6,1	6,1
	Schwarzerle	5,4	5,3	5,1	5,2
	Bergahorn	5,9	5,2	5,1	5,2
	Eiche	5,4	5,3	5,2	5,1
	Hagebuche	5,6	5,2	5,3	5,3
3 Abt. 13	Ulme	7,5	7,2	7,0	7,2
	Linde	7,0	6,7	6,5	6,3
	Esche	6,5	6,0	5,9	5,5
	Buche	6,6	5,8	5,8	5,5
	Schwarzerle	6,8	6,7	6,3	6,2
	Bergahorn	6,7	6,0	6,1	5,8
	Eiche	6,6	6,3	6,5	6,3
	Hagebuche	6,3	6,2	6,1	5,9

Vor der Anlage des Versuches betragen die pH-Werte in Bestand 1, Abt. 7:

in 1—5 cm Tiefe 5,1
 » 5—10 cm » 5,1
 » 30 cm » 5,8
 » 60 cm » 6,4

Bestand 2, Abt. 7:

in	1—5 cm	Tiefe	5,1
»	5—10 cm	»	5,1
»	30 cm	»	5,7
»	60 cm	»	6,5

Bestand 3, Abt. 13:

in	1—5 cm	Tiefe	5,8
»	5—10 cm	»	5,6
»	40 cm	»	6,3
»	70 cm	»	6,6

Die stärkste oberflächliche *Veränderung des pH-Wertes* ist durch das Laub von Linde, Esche und Bergahorn verursacht. Merklich ist auch der Einfluß des Buchenlaubes, während bei den andern Arten die Wirkung eher unbedeutend erscheint; außer beim Lindenlaub verliert sie sich auch schon in 5—10 cm Tiefe. Die nicht gedüngten Quadrate innerhalb der Gitterrahmen sind durch die Regenwurmtätigkeit wesentlich mitbeeinflusst. Dies trifft besonders bei denjenigen Laubarten zu, welche die Regenwurmtätigkeit anregen. Es war deutlich festzustellen, daß sich die Laubdüngung auf einen weiteren Umkreis auswirkte. Vor allem in den Flächen mit Hagebuchenlaub stellten wir eine auffallend tiefreichende Bodendurchmischung durch Würmer und Mäuse fest, so daß jedenfalls die Wirkung der einzelnen Laubarten nicht allein durch die oberflächliche Veränderung der pH-Werte beurteilt werden darf. Die Bodenoberfläche war im Herbst in einzelnen Quadraten nahezu vollständig von Wurm Kot bedeckt oder von Mäusen und Maulwürfen derart durchwühlt, daß ein meßbarer Einfluß der Laubdüngung auf die chemischen Bodeneigenschaften nicht zu erwarten war. Wir beschränkten uns daher hauptsächlich auf die Untersuchung der biologischen Wirkungen.

5. Der Einfluß der Laubstreu auf die Bodenbakterien

Leider war es Prof. Dr. M. D ü g g e l i († 1946) nicht mehr möglich, die am 18. Juni 1942 und 16. Oktober 1945 entnommenen und bakteriologisch untersuchten 48 Bodenproben zu ergänzen und selbst zu verarbeiten. Zweifellos wäre er in der Lage gewesen, aus dem Zahlenmaterial mehr herauszulesen, als dies uns möglich ist.

Die große Streuung der Einzelwerte ist jedenfalls auf Zufälligkeiten infolge einer zu geringen Anzahl Proben zurückzuführen. Immerhin geht aber aus den Zahlen in ihrer Gesamtheit ein deutlicher Einfluß der Laubstredüngung auf die Bakterienflora hervor. In den mit Laubstreu gedüngten Böden sind die Bakterienzahlen im allgemeinen wesentlich höher als in den ungedüngten Flächen. Es ist jedoch auch hier auf die starke Beeinflussung der nicht gedüngten Teilflächen durch die ge-

Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung vom 18. Juni 1945

Versuchsfläche	Bestand 3, Abt. 13, Wiedikerhau				Bestand 2, Abt. 7, Breitenacker				
	Fichte	Buche	Esche	Hagebuche	Eiche	Buche	Esche	Hagebuche	
Mit Laubstreuen belegte Flächen	Wassergehalt in % d. Frischgewichtes	24,8	26,2	28,1	27,7	31,4	30,8	26,1	27,6
	Gelatinewüchsige Bakterien (in Mio)	3,2	3,9	4,6	3,4	8,1	8,9	6,9	8,6
	Agarwüchsige Bakterien (in Mio)	2,4	2,6	5,0	2,7	4,8	4,1	3,5	5,3
	In Zuckeragar hoher Schicht wachsende Bakterien (in Mio)	0,39	0,37	0,46	0,32	0,47	1,55	0,57	0,59
	Harnstoffvergärer (in Tausend)	500	1000	1000	1000	50	1000	500	100
	Denitrifizierende Bakterien	1000	<100	100	<100	1000	<100	<100	<100
	Pektinvergärer (in Tausend)	500	100	100	100	100	100	100	100
	Anaerobe Zellulosevergärer	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1
	Buttersäurebazillen	1000	10 000	10 000	10 000	<100	500	100	5000
	Anaerobe Eiweißersetzer	<10	<10	<10	<10	10	50	<10	<10
	Nitrifizierende Bakterien	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Anaerobe N-fixierende	100	100	100	100	1000	500	100	5000
	Aerobe N-fixierende	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Flächen ohne Laubstreuen	Wassergehalt in % d. Frischgewichtes	22,0	24,3	27,7	27,1	28,3	29,5	25,1	26,9
	Gelatinewüchsige Bakterien (in Mio) .	3,0	4,1	4,6	4,3	7,8	5,4	5,3	9,3
	Agarwüchsige Bakterien (in Mio) . . .	2,5	2,7	3,7	3,0	4,5	3,4	3,0	5,7
	In Zuckeragar hoher Schicht wachsende Bakterien (in Mio)	0,43	0,60	0,58	0,55	0,54	0,82	0,76	0,87
	Harnstoffvergärer (in Tausend)	50	10	100	10	500	100	500	50
	Denitrifizierende Bakterien	<100	100	100	<100	<100	<100	<100	5000
	Pektinvergärer (in Tausend)	<10	100	100	10	50	100	10	<10
	Anaerobe Zellulosevergärer	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1
	Buttersäurebazillen	1000	1000	10 000	10 000	100	<100	500	500
	Anaerobe Eiweißersetzer	<10	10	<10	10	50	10	<10	<10
	Nitrifizierende Bakterien	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Anaerobe N-fixierende	100	100	100	<10	500	100	100	100
	Aerobe N-fixierende	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung vom 16. Oktober 1945 im Bestand 3 (Abt. 13, Wiedikerhau)

Versuchsfläche		Ulme	Linde	Eiche	Buche	Schwarzerle	Bergahorn	Esche	Hagebuche	
Mit Laubstreuen belegte Flächen	Wassergehalt in % d. Frischgewichtes	26,3	31,5 +	29,6	26,1 —	27,6	26,4	28,6	28,6	
	Gelatinewüchsige Bakterien	3300	7300 +	4400	1600	1500	3200	3800	1300 —	
	Davon gelatineverflüssigende	400	500 +	500 +	100	100	200	200	20 —	
	Agarwüchsige	1400	3800 +	3100	1400	1600	2000	3200	1100 —	
	In Zuckeragar hoher Schicht wachsende	340	520 +	240	280	190 —	210	490	200	
	Harnstoffvergärer	10	100 +	100 +	10	100 +	100 +	100 +	10	
	Denitrifizierende	0,1	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	
	Pektinvergärer	10	100	100	0,1	1	10	1	10	
	Anaerobe Zellulosevergärer	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	
	Buttersäurebazillen	0,001	10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Anaerobe Eiweißzersetzer	0	0,1	0,01	0,1	0	0,01	0,01	0,1	
	Nitrifizierende	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Anaerobe N-fixierende	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	
	Aerobe N-fixierende	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Flächen ohne Laubstreuen	Wassergehalt in %	28,3	29,6	28,2	25,2	21,8	26,8	24,4	28,6
		Gelatinewüchsige	3400	4400	1400	1100	1800	2400	1700	4400
		Davon gelatineverflüssigende	1000	500	100	50	100	400	300	500
Agarwüchsige		1700	3100	800	600	1800	1500	900	2200	
In Zuckeragar hoher Schicht		100	240	180	220	140	170	350	260	
Harnstoffvergärer		10	100	100	100	100	10	100	10	
Denitrifizierende		0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	
Pektinvergärer		1,0	100	1	10	1	10	100	100	
Anaerobe Zellulosevergärer		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	
Buttersäurebazillen		0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	
Anaerobe Eiweißzersetzer		0,01	0,01	10	0	0	0	0	0,01	
Nitrifizierende		—	—	—	—	—	—	—	—	
Anaerobe N-fixierende		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	
Aerobe N-fixierende		—	—	—	—	—	—	—	—	

düngten hinzuweisen. Die Unterschiede zwischen den mit Laubstreu gedüngten und den ungedüngten Böden dürften daher größer sein, als aus unseren Zahlen hervorgeht. Zudem scheinen diese Unterschiede von der Jahreszeit wesentlich abhängig zu sein. Bei den im Juni entnommenen Proben waren sie zum Beispiel größer als im Oktober. Zu einem Vergleich der mit verschiedenen Laubarten belegten Flächen war die Anzahl der entnommenen Proben zu klein. Auffallend günstig scheint immerhin das Lindenlaub auf die Bakterienflora zu wirken. Aus den vorliegenden Zahlen ist auch zu entnehmen, daß die verschiedenen Laubarten die Bakterien in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich stark beeinflussen. Während beispielsweise die mit Buchenlaub belegten Flächen im Oktober eher eine geringe Bakterienzahl aufweisen, zeichneten sich im Juni die Proben in diesen Flächen gerade umgekehrt aus, was auch mit der Beeinflussung durch die Bodenfeuchtigkeit im Zusammenhang steht. In diesen Unterschieden liegt auch eine Erklärung dafür, daß die biologische Aktivität bei gemischter Laubstreu am günstigsten erscheint.

6. Der Einfluß der Laubstreu auf die Regenwurm-tätigkeit

Die in den einzelnen Flächen auffallend verschieden intensive Tätigkeit der Regenwürmer konnte nur durch Schätzungen erfaßt werden, da wir eine Störung der Verhältnisse durch die Entnahme von Proben vermeiden wollten. Nach sorgfältiger Beobachtung jeder einzelnen Fläche haben wir folgende Stufen gebildet:

- Stufe 1: Regenwurm-tätigkeit *sehr gering*; höchstens ganz vereinzelte Exkreme-mente festzustellen.
- Stufe 2: Regenwurm-tätigkeit *gering*; Exkreme-mente zwar häufig, aber nur einen geringen Teil der Fläche bedeckend.
- Stufe 3: Regenwurm-tätigkeit *mäßig*; Exkreme-mente weniger als ein Viertel und mehr als ein Zehntel der Fläche bedeckend.
- Stufe 4: Regenwurm-tätigkeit *stark*; Exkreme-mente mehr als ein Viertel, aber weniger als die Hälfte der Fläche bedeckend.
- Stufe 5: Regenwurm-tätigkeit *sehr stark*; Exkreme-mente mehr als die Hälfte der Fläche bedeckend.

Die Schätzungen aus den Jahren 1942 und 1945, die für einen Vergleich am geeignetsten erscheinen, ergaben die auf S. 189 zusammengestellten Mittelwerte ¹:

Aus den Zahlen geht vorerst offensichtlich der Einfluß des Bestandes auf die Regenwurm-tätigkeit hervor. Im dicht geschlossenen 40-jährigen Fichtenbestand 2 ist die Wurm-tätigkeit wesentlich geringer als im Altholzbestand 1 oder gar im Laubmischwald 3. Ferner ergeben sich auffallende Unterschiede zwischen den mit verschiedenen Laubstreuarten

¹ Mittel aus je drei Schätzungen für die mit Laubstreu belegten und unbelegten Quadrate in den Probeflächen für die einzelnen Laubstreuarten.

belegten Flächen. Die Streu von Hagebuche, Ulme, Bergahorn, Esche und Linde aktivieren die Regenwurmtätigkeit im allgemeinen stärker als diejenige von Eiche und namentlich Schwarzerle und Buche. Ein allzu rascher Abbau (Schwarzerle) ist demnach ebensowenig günstig wie ein allzu langsamer (Buche). Die Beobachtungen der Praxis werden also durch unsere Aufnahme bestätigt.

Baumart	Bestand 1		Bestand 2		Bestand 3		Mittel	
	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt
Hagebuche ...	4,0	3,5	2,5	1,8	3,8	3,1	3,5	2,8
Ulme	4,3	2,8	2,0	2,1	3,6	3,0	3,3	2,6
Bergahorn	3,1	2,1	2,5	1,7	3,5	3,0	3,0	2,2
Esche	3,8	2,7	2,7	2,0	2,6	2,5	3,0	2,4
Linde	2,6	2,1	2,1	1,6	4,0	3,3	2,9	2,3
Eiche	3,1	2,0	2,6	1,6	3,0	2,5	2,9	2,0
Schwarzerle ...	3,3	2,3	2,0	1,5	3,3	3,3	2,7	2,4
Buche	2,7	2,3	1,8	1,6	3,1	3,1	2,5	2,3
Mittel	3,4	2,4	2,3	1,7	3,4	3,0	3,0	2,4

7. Der Einfluß der Laubstreu auf die biologische Bodenaktivität (Testverfahren nach Pallmann/Richard)

Nachdem R i c h a r d (7) in verschiedenen Waldgesellschaften mittels eines Reißtestverfahrens mit Eiweiß- und Zellulosefäden wesentliche Unterschiede der biologischen Bodenaktivität zahlenmäßig nachweisen konnte, versuchten wir nach der gleichen Methode auch die durch die Laubstreu der verschiedenen Baumarten möglicherweise bewirkten Unterschiede in der Tätigkeit der Bodenn Mikroorganismen zu erfassen, wobei die diskontinuierliche Versuchsanlage gewählt wurde. Da zwischen den beiden Fichtenbeständen keine großen Unterschiede zu erwarten waren, beschränkten wir uns auf die Versuchsflächen im 40jährigen Fichtenbestand und im Laubmischwald. Sämtliche Laubarten wurden am 11. November 1946 auf die Versuchsbalken ausgelegt (400 g pro m²). Die Versuchsperiode erstreckte sich vom November 1946 bis zum November 1947. In den beiden ersten Etappen wurden in jeder Fläche fünf Horizonte untersucht, in den späteren jedoch nur noch die Horizonte 0—2 cm und 5—10 cm. Mit Ausnahme der ersten Periode, in welcher auch Eiweißfäden verwendet wurden, arbeiteten wir nur mit Zellulosefäden.

Die einzelnen Etappen umfassen:

1. Etappe: 21. November 1946 bis 24./28. März 1947
2. Etappe: 24./28. März 1947 bis 5./8. Mai 1947

3. Etappe: 5./8. Mai 1947 bis 2./4. Juni 1947
4. Etappe: 2./4. Juni 1947 bis 30. Juni/1. Juli 1947
5. Etappe: 30. Juni/1. Juli 1947 bis 28./30. Juli 1947
6. Etappe: 28./30. Juli 1947 bis 1./3. September 1947
7. Etappe: 1./3. September 1947 bis 14./16. Oktober 1947
8. Etappe: 14./16. Oktober 1947 bis 25. November 1947

Im Hinblick darauf, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen, mit verschiedenen Laubarten belegten Flächen in den meisten Fällen statistisch nicht gesichert erscheinen und zudem nur die qualitativen Verhältniszahlen interessieren, verzichteten wir auf eine vollständige Wiedergabe des umfangreichen Zahlenmaterials.

a) Die Horizont-Periodenaktivität

Die Periodenaktivität (*Pdh*) ist im Laubmischwald bei allen Flächen durchwegs erheblich größer als im Fichtenbestand. Im Laubmischwald erscheint die *Pdh* in der obersten Bodenschicht etwas größer als in 5—10 cm, im Fichtenbestand wurden dagegen keine wesentlichen Unterschiede festgestellt. Die mit Laubstreu belegten Quadrate unterscheiden sich von den unbelegten, jedoch infolge der Kleinheit der Flächen stark mitbeeinflussten Quadraten wenig. Im Mittel ergab sich eine

Horizont-Periodenaktivität

	0—2 cm		5—10 cm	
	mit Laubstreu	ohne Laubstreu	mit Laubstreu	ohne Laubstreu
40jähriger Fichtenbestand	0,093	0,095	0,094	0,094
Laubmischwald	0,153	0,163	0,124	0,120

Zwischen den mit verschiedener Laubstreu belegten Flächen fanden wir nur kleine, meist nicht gesicherte Unterschiede.

Relativ gering ist im Laubmischwald die *Pdh* in 0—2 cm Tiefe bei den mit Buchen- und Eichenlaub belegten Versuchsflächen, groß bei den Flächen mit Linden-, Eschen-, Bergahorn- und Hagebuchenlaub. In 5—10 cm Tiefe und allgemein im Fichtenbestand sind die Unterschiede meist gering. Wir dürfen daraus schließen, daß die durch die verschiedene Laubstreu bewirkten Unterschiede in der biologischen Bodenaktivität nach so kurzer Zeit noch nicht deutlich in Erscheinung treten und daher mittels des Reißtestes zum Teil noch nicht erfaßt werden können. Durch eine hohe biologische Aktivität zeichnen sich in beiden Beständen die mit Linden- und Eschenlaub belegten Flächen aus, durch einen langsamen Abbau der Testschnüre die mit Buchenlaub belegten Flächen.

b) Die Horizont-Etappenaktivität (*Edh*)

Eine Fehlerrechnung erwies sich bei den festgestellten geringen Unterschieden und dem sehr umfangreichen Zahlenmaterial als nicht loh-

nend; wir setzten daher auf Empfehlung eines Statistikers, Herrn Ing. G a w l o w s k i, den mittleren Fehler gutachtlich auf ± 20 fest und betrachteten nur Unterschiede, welche größer als 0,20 waren, als wesentlich.

Am geringsten war die biologische Aktivität während der Wintermonate (1. Etappe: November 1946 bis März 1947), am größten in den Etappen 3—5 (Mai—Juli 1947). Im Herbst nahm die *Pdh* mit Ausnahme der mit Hagebuchenlaub belegten Flächen stark ab.

In der Winteretappe sind zwischen den mit verschiedener Laubstreu belegten Flächen keine Unterschiede festzustellen. In den übrigen Etappen bleibt die Reihenfolge der einzelnen Versuchsflächen mit der für die Hagebuche erwähnten Ausnahme praktisch gleich. Ebenso ist die Reihenfolge in den beiden untersuchten Horizonten und in beiden Beständen gleich. In allen Fällen zeigen die mit Buchenlaub belegten Flächen die geringste, die mit Linden- und Eschenlaub belegten Flächen dagegen die größte biologische Aktivität. Bei allen andern Arten sind die Unterschiede klein. Auffallend ist namentlich, daß das sich relativ langsam abbauende Eichenlaub und das leicht abbaubare Schwarzerlenlaub nicht aus dem allgemeinen Rahmen fallen.

8. Zusammenfassung

Der Laubstreuabbau verschiedener Baumarten erfolgte unter sonst gleichen Bedingungen in einem natürlich aufgebauten Laubmischwald und in einem reinen Fichtenbestand verschieden rasch. Zwischen den einzelnen Baumarten zeigten sich wesentliche Unterschiede, und zwar blieb die Reihenfolge in allen Fällen gleich. Der Einfluß der einzelnen Laubarten auf die Bodenbakterienflora, die Regenwurm-tätigkeit und die biologische Aktivität ist verschieden. Besonders günstige Einflüsse stellten wir namentlich bei der Linde fest. Die waldbaulich oft allzu einseitig für den Unterbau und die Bodenverbesserung verwendete Buche zeigte dagegen den geringsten Einfluß. Die vorliegenden Untersuchungen heben den Wert der Laubbäume für die Bodenpflege eindrucklich hervor.

Résumé

Observations sur la décomposition de la fane de quelques essences dans la forêt d'enseignement de l'EPF

On a suivi la décomposition de la fane de différentes essences dans un peuplement pur d'épicéa et dans une forêt mélangée feuillue naturelle. La vitesse de décomposition de la fane varie beaucoup d'une essence à l'autre, mais dans tous les cas les écarts entre essences restèrent les mêmes. La fane des diverses essences influence différemment la flore bactériologique du sol, l'activité des vers et l'activité biologique. Le tilleul se révéla particulièrement favorable, tandis que le hêtre, employé souvent trop unilatéralement pour des sous-plantations ou des améliorations de sol, se montra sans aucun effet. Les observations faites soulignent clairement la valeur des feuillus pour la conservation des qualités du sol.

J.-B. C.

Zitierte Literatur

1. *Aaltonen, V. T.*: Boden und Wald. Berlin und Hamburg 1948.
2. *Mattson, Sante, und Koutler-Andersson, Elisaveta*: The acid-base condition in vegetation, litter and humus. Ann. Agric. Coll. Swed., 9, 1941.
3. *Wittich, W.*: Untersuchungen über den Verlauf der Streuezersetzung auf einem Boden mit Mullzustand. Forstarchiv, 15, Hannover 1939; Forstarchiv, 19, Hannover 1943; Forstarchiv, 20, Hannover 1944.
4. *Ebermayer, E.*: Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues. Berlin 1876.
5. *Chandler, R.*: The amount and mineral nutrient content of freshly fallen leaf in the hardwood forests of Central New York. J. Amer. Soc. Agron., 33, 1941. — Amount and mineral content of freshly fallen needle litter of some northeastern conifers. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1943 (zitiert nach Aaltonen).
6. *Mork, E.*: Om skøfallet i våre skoger. Medd. norske Skogsforsøksves., 29, 1942.
7. *Richard, F.*: Der biologische Abbau von Zellulose- und Eiweißtestschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, XXIV, 1945.

Über das Bodengefüge¹

(11.4)

Von *R. Bach* und *H. Deuel*

Agrikulturchemisches Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

Inhalt

- Einleitung
- I. Formen des Bodengefüges
- II. Beständigkeit des Bodengefüges
- III. Bildung des Bodengefüges
- IV. Das Bodengefüge verschiedener Bodentypen
- V. Methoden zur Analyse des Bodengefüges
- VI. Bodengefüge und Bodenfruchtbarkeit
- VII. Verbesserung des Bodengefüges
- Schluß
- Literatur
- Résumé

Einleitung

Die heutigen Kenntnisse über das Bodengefüge sollen in dieser Arbeit vor allem für die Förster in der Praxis kurz zusammengefaßt werden. Die Literaturangaben werden darum auf einige wenige Arbeiten beschränkt, in denen das Bodengefüge einläßlich behandelt ist, so von *Baver* (1948), *Demolon* (1948), *Joffe* (1949), *Kubiena* (1938), *Russell* (1950), *Shaw* (1952) und *Van Schuylenborgh* (1947). Die Zahl der Veröffentlichungen über das Bodengefüge beträgt viele Hunderte; wenn man die grundlegenden Arbeiten über Konstitution und Eigenschaften der Bodenbestandteile hinzurechnet, welche für das Bodengefüge von Bedeutung sind, so geht sie in die Tausende.

¹ Herrn Schulratspräsident Prof. Dr. H. Pallmann zu seinem 50. Geburtstag am 21. Mai 1953.