

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)
Band: 35 (1959)

Artikel: Bodenbakterienzahlen und Bodenatmung in ihrer Beziehung zur Vegetation
Autor: Haber, Wolfgang
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308132>

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: 30.03.2025

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

Bodenbakterienzahlen und Bodenatmung in ihrer Beziehung zur Vegetation

VON WOLFGANG HABER

Botanisches Institut der Universität Münster (Westfalen)

Während des Aufenthaltes der Teilnehmer der XI. Pflanzengeographischen Exkursion in K ä r n t e n machte E. AICHINGER besonders auf jene Gebiete aufmerksam, in denen auf engem Raum verschiedene Stadien der Vegetations-Entwicklung vertreten sind. Dies waren vor allem die B e r g s t u r z g e b i e t e in der Schütt am Südhang der Villacher Alpe (siehe IPE-Führer, p. 40; ferner AICHINGER 1951) und am Singerberg in den Karawanken, an der Loiblpaß-Straße (IPE-Führer, p. 50), sowie die A u e n d e s D r a u f l u s s e s (ibid. p. 54). Hier konnte AICHINGER seine dynamische Betrachtungsweise der Vegetationskunde besonders einprägsam darlegen.

Die gleichen Gebiete waren im Sommer 1956 Ort von vergleichend-ökologischen Untersuchungen, in denen der Versuch unternommen wurde, Beziehungen zwischen der Entwicklungshöhe der Vegetation und der quantitativen Entwicklung der Bodenbakterien, zum Teil auch der biologischen Aktivität des Bodens festzustellen. Diese Untersuchungen führte der Verfasser im Rahmen einer Zusammenarbeit des Botanischen Institutes der Universität Münster (Vorstand: Prof. Dr. S. STRUGGER) mit dem Institut für angewandte Pflanzensoziologie in Klagenfurt (Vorstand: Prof. Dr. E. AICHINGER) durch. Da sie während der IPE Erwähnung fanden und auch mit einigen Teilnehmern diskutiert wurden, mag ein kurzer Ergebnisbericht an dieser Stelle von Interesse sein.

Bei der Beschreibung von Pflanzengesellschaften — oder auch nur von Standorten bestimmter Pflanzen — ist die Bodenmikroflora, von wenigen Ausnahmen (cf. LÜDI 1948) abgesehen, bisher kaum berücksichtigt worden. Nur physikalisch-chemische Bodeneigenschaften finden gewöhnlich Erwähnung. Daher bestehen bisher nur wenige Vorstellungen über die Art des Zusammenhanges zwischen der Ausbildung und dem Zustand der oberirdischen Vegetation und dem Bodenleben. (Cf. BURRICHTER 1954).

Nun ist der analysierende Zugang zum Bodenleben methodisch schwierig, und er wird daher vom Geobotaniker oder Pflanzensoziologen verständlicherweise gescheut. Der weitaus größte Teil der Bodenbewohner sind Mikroorganismen, die nur mit Hilfe eines starken Mikroskopes sichtbar sind. Zu ihrer Identifizierung genügt das aber noch nicht. Dazu müssen auf besonderen Nährböden Mikrobekulturen angelegt werden, auf denen allein eine eindeutige Unterscheidung der For-

men beruht. Die Kulturen sind aber wiederum mit dem schwerwiegenden Nachteil belastet, daß sie «standortfremd» sind und die standörtliche Zusammensetzung der Bodenpopulation in unkontrollierbarer Weise verändern.

Trotz solcher Schwierigkeiten ist aber ein Einblick in die bodenbiologischen Verhältnisse möglich, der auch dem Geobotaniker zugänglich und dienlich sein dürfte, und zwar bei Beschränkung auf zwei einfache und relativ leicht erfaßbare Kriterien. Das eine ist die Zahl der Bodenbakterien als wohl wichtigster Gruppe der Bodenmikroorganismen, ohne Rücksicht auf ihre artliche Zugehörigkeit; das andere ist eine Lebensäußerung der Bodenbewohner, die als Bodenatmung oder CO_2 -Produktion des Bodens bezeichnet wird.

Eine relativ einfache und zuverlässige Methode zur raschen Ermittlung der Bodenbakterienzahl, die früher ebenfalls nur auf der unsicheren Grundlage von Kulturen festgestellt wurde, verdanken wir der Einführung der Fluoreszenzmikroskopie in die Bodenmikrobiologie durch STRUGGER (1949). Eine wäßrige Frischboden-Suspension bestimmter Dichte und Beschaffenheit wird mit dem Vitalfarbstoff Acridinorange angefärbt. Dann werden gleiche Anteile der Suspension in einem Blaulicht-Fluoreszenzmikroskop mit Hilfe von Zählkammern auf den quantitativen Bakterienbesatz untersucht. Bodenteilchen und lebende Bakterien sind dabei infolge ihrer verschiedenen Fluoreszenz (rot bzw. grün) deutlich zu unterscheiden. Die Zahl der Bakterien, bezogen auf 1 Gramm Boden-Trockengewicht, beträgt meist einige Milliarden. Für Einzelheiten der Methode sei auf STRUGGER (1949), BURRICHTER (1953) und HABER (1957, 1958) verwiesen.

Der quantitative Bakterienbesatz, vergleichbar etwa der Individuendichte in einem Bestand höherer Pflanzen, gibt bereits Aufschluß über den Zustand des Bodenlebens. Darüber hinaus ermöglicht die Messung der Bodenatmung einen Einblick in die biologische Aktivität des Bodens. Es ist freilich zu beachten, daß die Bodenatmung nicht nur die Bodenbakterien, sondern das gesamte Bodenleben einschließlich der unterirdischen Pflanzenteile betrifft; sie kann außerdem stark von Witterungsfaktoren beeinflusst und daher nur in mehr oder minder ausgedehnten Meßreihen eindeutig erfaßt werden. Dies kann ohne großen apparativen Aufwand mit einer Freilandmethode nach WALTER (1952) und HABER (1958) hinreichend genau geschehen. Ein oben geschlossener Metallzylinder («Glocke») wird 12 Stunden lang auf den Boden aufgesetzt; unter ihm befindet sich eine weithalsige Flasche mit einer bekannten Menge $n/1$ Kalilauge, die einen bestimmten, im Mittel gleichbleibenden Teil (75%) des aus dem Boden diffundierenden CO_2 absorbiert. Durch Titration wird dessen Menge bestimmt. Modellversuche

erwiesen das gute Funktionieren dieser ganz auf die Freiland-Meßreihen zugeschnittenen einfachen Methode.

Die Ergebnisse einer solchen bodenbiologisch-ökologischen Untersuchungsreihe seien am Beispiel der Untersuchungen in den Drau-Auen dargestellt. Sie wurden auf die verschiedenen Entwicklungsstadien der Vegetation («Vegetations-Entwicklungs-Typen» nach AICHINGER) abgestimmt. Diese sind von AICHINGER und SIEGRIST (1930) und auch im IPE-Führer (p. 54) beschrieben. Hier sei nur erwähnt, daß zwei Vegetations-Entwicklungsreihen unterschieden werden können, eine «feuchte» und eine «trockene». Erstere beginnt mit lockeren Rasen von z. B. *Agrostis alba* var. *stolonifera*, die feinsandige Flußablagerungen als erste besiedeln, und führt über die Stadien des Weidengebüsches (*Salix purpurea*, *S. alba* u. a.) und des Grauerlen-Weiden-Bestandes zum typischen Alnetum *incanae*, das sich zum Fichtenmischwald weiterentwickelt. Dieses Schlußstadium ist hier zwar noch nicht erreicht, doch zeigt das Auftreten bestimmter anspruchsvoller Pflanzen wie *Struthiopteris germanica* an, daß sich stellenweise bereits günstige Lebensbedingungen für die Fichte eingestellt haben. — Die «trockene» Reihe findet sich auf den Grobschotter- und Kiesbänken, denen ein kapillarer Grundwasseraufstieg fehlt. Hier sind die Erstbesiedler Moose wie z. B. *Tortella inclinata*; typisch für weiter fortgeschrittene Besiedlung ist das Bild der «Heißländern» mit xerophytischen Sträuchern und Kräutern. Über *Hippophaë rhamnoides* geht die Entwicklung zum Kiefernwald und dann ebenfalls zum Fichtenmischwald. — Der natürliche Ablauf der Vegetationsentwicklung wird durch menschliche Eingriffe gestört, unter denen die Beweidung am folgenreichsten ist. Der ständige Tritt des Weideviehs lenkt die Entwicklung in andere Bahnen und verdrängt die anspruchsvollen Waldpflanzen. Im äußerlich einheitlich wirkenden Grauerlenwald (Alnetum *incanae*) liegen trittbeeinflusste und ungestörte Vegetationsflecken mosaikartig nebeneinander.

In jedem der einzelnen Vegetations-Entwicklungs-Typen beider Reihen wurden mehrfach während der Vegetationszeit Durchschnitts-Bodenproben aus dem A₁-Horizont entnommen, und zwar streng gleichzeitig, und sofort auf ihren Bakterienbesatz untersucht. Die Ergebnisse einer solchen Untersuchungsreihe zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 1. Bodenbakterienzahlen (Md. = Milliarden, bezogen auf 1 g Bodentrockengewicht) in Vegetations-Entwicklungs-Typen der Drau-Auen.

| «Feuchte» Reihe | | «Trockene» Reihe | |
|-----------------------------|----------|-------------------------|----------|
| <i>Agrostis</i> -Rasen | 1,13 Md. | <i>Tortella</i> -Rasen | 1,38 Md. |
| <i>Salix</i> -Gebüsch | 1,59 » | Heißländern | 1,67 » |
| <i>Salix-Alnus incana</i> | 1,69 » | <i>Hippophaë</i> | 2,25 » |
| Alnetum <i>incanae</i> typ. | 2,36 » | <i>Pinus silvestris</i> | 2,80 » |
| <i>Struthiopteris</i> | 3,42 » | | |
| Trittstellen | 4,87 » | | |

Es ist deutlich zu erkennen, daß die quantitative Entwicklung der Bodenbakterien im wesentlichen der Vegetationsentwicklung folgt. Den höchsten Bakterienbesatz wies aber nicht das höchstentwickelte Vegetationsstadium auf (Übergang zum Fichtenmischwald, charakterisiert durch *Struthiopteris germanica*), sondern die Trittgesellschaft. Diese gehört aber, genau genommen, nicht mehr in die Reihe hinein, sondern leitet bereits zu einer Grünland-Vegetationsreihe über. Grünlandboden ist bakterienreicher als Waldboden, wie BURRICHTER (1953) und frühere Untersuchungen des Verfassers (HABER 1957) zeigten. Im Bodenbakterienbesatz der Trittgesellschaft kommt dieses Verhältnis ebenfalls zum Ausdruck.

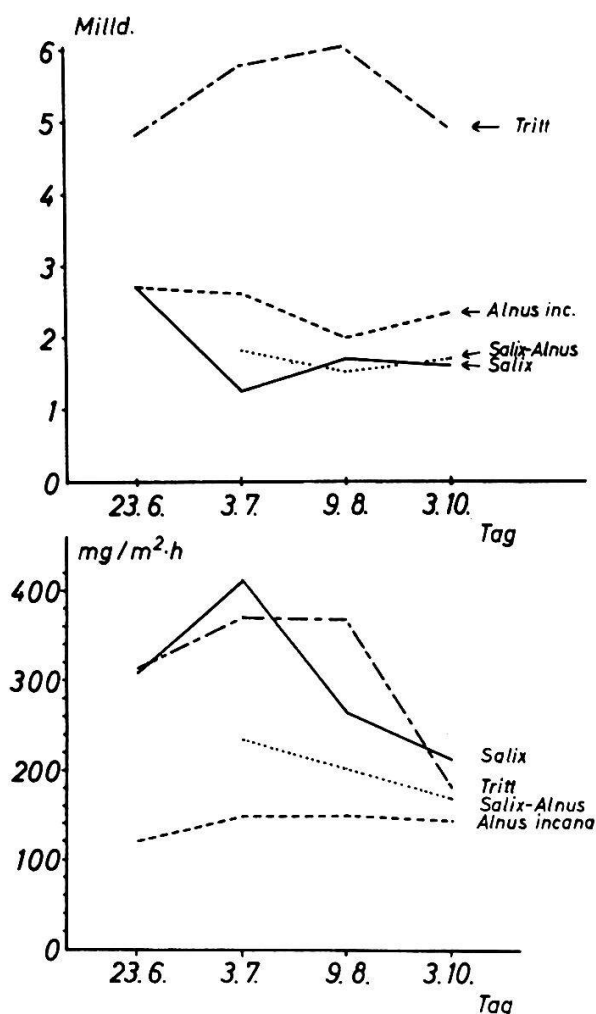


Abb. 1. Zeitlicher Verlauf von Bodenbakterienzahlen (oben) und Bodenatmung (unten) in vier Vegetations-Entwicklungs-Typen der Drau-Auen in Kärnten.

Abb. 1 zeigt Bodenbakterienzahlen und Bodenatmung aus vier Vegetations-Entwicklungs-Typen der Drau-Auen an vier verschiedenen Tagen während der Vegetationszeit. Bei den Bodenbakterienzahlen wird deutlich, daß sich ihre Verhältnisse zueinander relativ wenig ändern

und der oben beschriebenen Reihenfolge (Tabelle 1) entsprechen. Die Bodenatmungswerte zeigen sowohl eine andere Reihenfolge als auch einen anderen Verlauf. Am höchsten war die Bodenatmung im Weidengebüsch, geringer im Weiden-Grauerlen-Bestand, und am geringsten im typischen *Alnetum incanae*. Es war demnach in den Böden der zum Teil noch pionierhaften Pflanzengesellschaften niedriger Entwicklungshöhe eine höhere biologische Aktivität zu verzeichnen als in den höher entwickelten. — Die Trittgemeinschaft verhält sich auch hier wieder anders und zeigt analog dem Bakterienbesatz eine hohe Bodenatmung. Wichtig ist aber, daß hoher Bakterienbesatz und hohe Bodenatmung nicht parallel zu gehen brauchen. Diese Tatsache erlaubt einen interessanten Einblick in die Intensität der im Oberboden ablaufenden Lebensvorgänge. Man bestimmt also mit der bloßen Feststellung des Bakterienbesatzes (ähnliches gilt auch für den Gehalt an organischer Substanz oder den Enzymgehalt des Bodens) nur Größen von mehr potentieller Bedeutung.

In dem Bergsturzgebiet am Singerberg in den Karawanken, wo verschieden alte Bergsturzflächen nebeneinander liegen und eine verschieden hoch entwickelte Vegetation tragen, geht die Vegetationsentwicklung über die *Erica carnea*-Heide zum Schwarzkiefernwald (*Pinetum nigrae*) und endlich zum Rotbuchen-Tannen-Wald. Von den Erstbesiedlern der Schuttflächen, die von dem letzten, 600 Jahre alten Bergsturz herrühren, findet sich *Globularia cordifolia (bellidifolia)* vorzugsweise auf Feinschutt, *Arctostaphylos uva ursi* dagegen auf Grobschutt. Unter den Teppichen dieser Polsterpflanzen entstehen die ersten Humusansammlungen, die auch bereits auf ihren Bakteriengehalt untersucht werden können. Für diese und die weiteren Vegetations-Entwicklungs-Typen ergaben sich folgende Bakterienzahlen (Durchschnitte aus je 4 Zählungen in den Monaten Juni—August):

Tabelle 2. Bodenbakterienzahlen (in Milliarden, bezogen auf 1 g Bodentrockengewicht) von Vegetations-Entwicklungs-Typen im Bergsturzgebiet des Singerberges.

| | |
|--|---------|
| <i>Arctostaphylos</i> -Humus (Grobschutt) | 5,5 Md. |
| <i>Globularia</i> -Humus (Feinschutt) | 4,5 » |
| <i>Ericetum carnea</i> | 4,6 » |
| <i>Pinetum nigrae</i> mit <i>Erica carnea</i> , <i>Amelanchier ovalis</i> | 5,5 » |
| <i>Fagetum silvaticae</i> (sekundär) mit <i>Mercurialis perennis</i> , <i>Anemone trifolia</i> | 6,2 » |
| <i>Fagetum silvaticae</i> (sekundär), als Folge der Streunutzung lokal versauert. mit <i>Uccinium myrtillus</i> | 4,7 » |

Die Unterschiede im Bakteriengehalt waren hier nicht groß. Offenbar entwickelt sich in dem Kalkboden von Anfang an ein intensives Bakterienleben, das keine wesentliche Steigerung mehr erfährt. Auf-

schlußreich ist die Wirkung der Streunutzung, deren schädigender Einfluß auf das Bodenleben von AICHINGER mehrfach betont wurde.

Als Ergebnis dieser und einer Anzahl weiterer vergleichender Untersuchungen dieser Art ist hervorzuheben, daß unter einheitlichen Standortverhältnissen die verschiedenen Stadien der Vegetationsentwicklung von charakteristischen Änderungen des Bakteriengehaltes und der biologischen Aktivität des Bodens begleitet sind. Witterungs- und Bodenfaktoren können beide Größen stark beeinflussen, ohne aber ihren Zusammenhang mit der Vegetation zu verdecken.

Noch einige weitere Anwendungen solcher Untersuchungen seien genannt. So können sie Aufschluß über die Intensität des Bodenlebens einzelner Bodenschichten geben. Im IPE-Führer ist auf Seite 49 ein Bodenprofil aus einem *Erica carnea*-reichen Pinetum nigrae bei Unterbergen (Loibltal, Karawanken) abgebildet. Die dunklen Schichten im Unterboden sind verschüttete Humus- (A_1 -) -Horizonte, Folge gewaltiger Muren, die von Zeit zu Zeit die Vegetation begraben haben. Die Tiefwurzler unter den heute dort wachsenden Pflanzen stoßen oft bis zu diesen Horizonten durch und breiten in ihnen ein Feinwurzelnetz aus. Es erhob sich die Frage, ob in diesen verschütteten Humusschichten noch ein aktives Bodenleben vorhanden ist. Zwei von ihnen, in 1—1,5 m Tiefe gelegen, sowie die «sterilen» Rohboden-Zwischenschichten wurden auf Bakteriengehalt, CO_2 -Produktion (nach ISERMAYER 1952, CO_2 -Entwicklung einer 100-g-Bodenprobe in 48 h), Wassergehalt, Gehalt an organischer Substanz und pH-Wert untersucht. Die Ergebnisse, fünf parallele Kurven, zeigt Abb. 2, die wohl einer Erläuterung nicht bedarf.

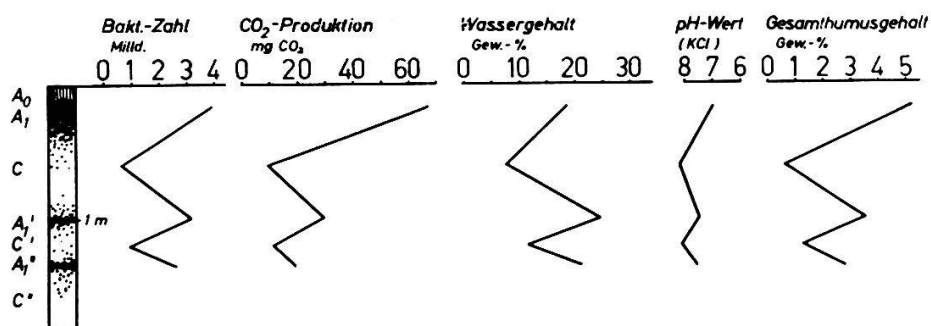


Abb. 2. Bodenbakterienzahlen und CO_2 -Produktion des Bodens sowie einige wesentliche Bodeneigenschaften in einem durch Vermurung überschütteten Bodenprofil. (Singerberg, Karawanken)

Endlich können sich die Standorte einzelner Pflanzen bodenbiologisch von ihrer Umgebung unterscheiden. Dies konnte z. B. für *Wulfenia carinthiaca* festgestellt werden, jene auf ein kleines Areal in den Karnischen Alpen beschränkte Pflanze, deren Massenvorkommen an dieser Stelle den IPE-Teilnehmern sicherlich in Erinnerung geblieben

ist. So enthielt Boden (0—8 cm Tiefe) von *Wulfenia*-Standorten im Mittel 7,4 Milliarden, Boden von unmittelbar benachbarten, aber nicht von *Wulfenia* bewachsenen Stellen 5,9 Milliarden Bakterien (bezogen auf 1 g trockenen Boden). Die CO₂-Produktion einer 100-g-Bodenprobe in 48 h betrug beim *Wulfenia*-Boden 145 mg, beim anderen 84 mg.

Ähnliches ergab sich für ein kleines, isoliertes Vorkommen von *Betula nana*, das ALBL (1956) auf der Millstätter Alpe (Nockgebirge) in 2000 m Höhe inmitten eines Loiseleurietums (mit *Vaccinium uliginosum*, *Polypodium strictum*) entdeckte. Hier wurden die Bodenprofile auf Bakteriengehalt und CO₂-Produktion untersucht; die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3. Bodenbakterienzahlen (in Milliarden, bezogen auf 1 g trockenen Boden) und CO₂-Produktion (einer 100 g-Bodenprobe in 48 h) in einem Loiseleurietum und einem darin liegenden *Betula nana*-Vorkommen auf der Millstätter Alpe in 2000 m Höhe.

| Bodenhorizont | Loiseleurietum | | Betula nana-Standort | |
|----------------|----------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Bakt.-Zahl | CO ₂ -Prod. | Bakt.-Zahl | CO ₂ -Prod. |
| A ₁ | 6,31 Md. | 187 mg | 9,15 Md. | 152 mg |
| A ₂ | 3,12 » | 19 » | 4,36 » | 27 » |
| B | 3,46 » | 26 » | 3,95 » | 31 » |
| C | 1,90 » | 17 » | 1,90 » | 18 » |

Beide Pflanzen, *Wulfenia carinthiaca* und *Betula nana*, zeichnen sich demnach durch ein gegenüber ihrer Umgebung reicheres Bodenleben aus.

Weitere Zusammenhänge zwischen diesen relativ leicht erhältlichen quantitativen Angaben über das Bodenleben und der Vegetation werden an anderer Stelle beschrieben (BURRICHTER 1954, HABER 1957, 1958). Es hat sich gezeigt, daß diese Größen zur Charakterisierung von Pflanzenstandorten oder -gesellschaften mit herangezogen werden können. An diese quantitativen Untersuchungen der Bodenflora können sich qualitative anschließen, die freilich einen größeren Aufwand an Zeit, Material und Spezialkenntnissen bedingen, und möglicherweise in einen bodenbakteriologischen bzw. bodenmykologischen Zweig der Vegetationskunde münden.

Literaturverzeichnis

- Exkursionsführer für die XI. Internationale Pflanzengeographische Exkursion durch die Ostalpen 1956. — Angewandte Pflanzensoziologie 16. Wien 1956.
 AICHINGER, E., 1951: Lehrwanderungen in das Bergsturzgebiet der Schütt am Südfuß der Villacher Alpe. — Angew. Pflanzensoziologie (Wien) 4 (67).
 AICHINGER, E., und SIEGRIST, R., 1930: Das «Alnetum incanae» der Auenwälder an der Drau in Kärnten. — Forstwiss. Cbl. 52 (793).
 ALBL, A., 1956: Ein neuer Fundort von *Betula nana* L. — Carinthia II 66 (62).

- BURRICHTER, E., 1953: Beiträge zur Beurteilung von Böden auf Grund fluoreszenz-
mikroskopischer Untersuchungen ihrer Mikroflora. – Z. Pflanzenernähr., Düngg.,
Bodenk. 63 (154).
- 1954: Regeneration von Heide-Podsolböden und die Entwicklung des Boden-
keimgehaltes in Abhängigkeit von der Bewaldung. – Z. Pflanzenernähr., Düngg.,
Bodenk. 67 (150).
- HABER, W., 1957: Ökologische Untersuchungen des Bakterienbesatzes und der Atmung
von verschiedenen Naturböden Mitteleuropas. – Inaug.-Dissertation Münster/
Westfalen.
- 1958a: Ökologische Untersuchungen der Bodenatmung. – Flora 146, 110.
- 1958b: Vergleichende Untersuchungen der Bodenbakterienzahlen und der Boden-
atmung in verschiedenen Pflanzenbeständen. – Flora (im Druck).
- ISERMEYER, H., 1952: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und
der Karbonate im Boden. – Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenk. 56 (26).
- LÜDI, W., 1948: Die Pflanzengesellschaften der Schynigen Platte bei Interlaken und
ihre Beziehungen zur Umwelt. Eine vergleichende ökologische Untersuchung. –
Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 23.
- STRUGGER, S., 1949: Fluoreszenzmikroskopie und Mikrobiologie. – Hannover.
- WALTER, H., 1952: Eine einfache Methode zur ökologischen Erfassung des CO₂-Faktors
am Standort. – Ber. dt. bot. Ges. 65 (175).
- WALTER, H., und ZIMMERMANN, Waltraut, 1952: Ökologische CO₂-Absorptionsmessungen
in verschiedenen Pflanzenbeständen. – Z. f. Botanik 40 (251).