

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Glarus

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus

Band: 7 (1945)

Artikel: Bodenpilze aus den Schieferschutthalden von Engi (Glarus)

Autor: Blumer, S.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1046721>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

Bodenpilze aus den Schieferschutthalden von Engi (Glarus).

Von *S. Blumer.*

(Aus dem Botanischen Institut und dem Botanischen Garten der Universität Bern.)*

Wer durch das Sernftal wandert, sieht bei Engi-Hinterdorf auf beiden Talseiten die ausgedehnten Schutthalden der Schieferbergwerke, die tiefe Wunden in den Waldbestand beider Talseiten gerissen haben. Auf der linken Talseite ist der Landesplattenberg, wo in verschiedenen Stollen seit Jahrhunderten Schiefer gebrochen wird. Dieses Bergwerk ist als einziges heute noch in Betrieb. Etwas weiter hinten auf der gleichen Seite ist der ehemalige Schwarzkopfplattenberg. Hier wurde in zwei Stollen von 1874—1901 gearbeitet. Endlich ist auf der gegenüberliegenden Seite ein ehemaliges Schieferbergwerk, wo von 1856 bis ca. 1900 Schiefer im Tagbau gebrochen wurde. Ich verdanke diese Zeitangaben den brieflichen Mitteilungen meines Freunden, Lehrer Martin Baumgartner in Engi, der die wechselvolle Entwicklung dieser Schieferbergwerke in einer sehr interessanten, leider unveröffentlichten Studie zusammenstellte.

Seit mehr als 40 Jahren sind die Schutthalden der beiden nicht mehr betriebenen Bergwerke sich selbst überlassen, doch sind sie auch heute noch sehr spärlich bewachsen. Wo die Verwitterung etwas weiter fortgeschritten ist, erscheinen verschiedene krautige Pflanzen, und gelegentlich dringen auch Erlen, Eschen und Ahorn in den Schie-

* Diese Untersuchung konnte mit finanzieller Unterstützung durch die *Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Berner Hochschule* ausgeführt werden, wofür ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen möchte.

ferschutt ein, während die Fichte nur in kleinen Kümmerformen vor kommt. Mit der Zeit wird aber durch diese Pioniere unter den höhern Pflanzen doch etwas Humus gebildet, und schließlich, im Laufe der Jahrhunderte, wird aus dem Schiefergeschutt durch die Stoffproduktion der autotrophen Pflanzen und durch die abbauende Tätigkeit der heterotrophen Bodenorganismen ein Waldboden entstehen. In diesem Prozesse sind also die autotrophen Pflanzen primär, die heterotrophen Bodenorganismen sekundär beteiligt.

Nun sind aber diese Schieferhalden rings von Gebieten umgeben, die dicht mit Vegetation bestanden sind. Es ist deshalb zu erwarten, daß der Vorgang der Neubesiedelung hier noch in einer Modifikation auftritt. Jedes Jahr gelangen nämlich aus den angrenzenden Gebieten beträchtliche Mengen organischen Materials zur Ablagerung. Wind und Wasser bringen Humusteilchen, Blätter, Zweige und vor allem Samen in diese Steinwüsten. Die Samen können vielleicht unter günstigen Umständen keimen, aber sobald die Reserven aufgebraucht sind, entwickeln sich die Pflänzchen nicht mehr weiter und fallen den Bodenpilzen und Bakterien zum Opfer. Diese Organismen können als Luftkeime in den Schutt gelangen, oder sie haften direkt den Blättern und Samen an. Schließlich gelangen durch die Exkreme nte und Ueberreste aller möglichen Tiere auch Substanzen mit bedeutendem Stickstoffgehalt in den Schutt. Auf diesem Material können sich wenigstens zeitweise auch Pilze entwickeln, die bedeutend höhere Ansprüche an das Substrat stellen, als die anspruchslosen, langsam wachsenden Bodenpilze. Damit werden diese Stellen zu Initialpunkten für die Humusbildung, und die heterotrophen Bodenpilze und Bakterien können auf diese Weise Pionierarbeit für die höhern Pflanzen leisten.

Blöchliger (1931) untersuchte die Bakterienflora auf dem Schrat tenkalk am Südabsturz der Churfürsten und stellte am kahlen Fels und am makroskopisch humusfreien Abschabsel des Felsens schon recht bedeutende Keimzahlen fest, die hier in runden Zahlen wieder gegeben werden. Er fand an gelatinewüchsigen Keimen pro Gramm Material: auf der Felsoberfläche und in Feinspalten 73 000 Keime, im Abschabsel 452 000, im Felsschutt 763 000 und im Boden 2,3 Millionen Keime. Daneben erwähnt er besonders das Vorkommen von Aktinomyzeten und Fadenpilzen. Der Keimgehalt nimmt also mit steigendem Verwitterungsgrad des Felsens zu. Diese Mikroflora wirkt

nicht nur durch die Umsetzung der minimalen Mengen organischer Substanz, sondern sie fördert durch die Bildung organischer Säuren und durch das aus der Atmung entstehende Kohlendioxyd auch die biologische Verwitterung des Gesteins und unterstützt durch Korrosionswirkung die mechanische Verwitterung.

Der Anteil der Pilze an diesen Vorgängen kann heute nicht mehr bestritten werden, es ist sogar anzunehmen, daß er unter besondern Umständen, bei saurer Reaktion des Substrates, sehr hoch sein kann. Diese Voraussetzung trifft nun allerdings bei den Schieferschutthalden nicht zu. Allerdings können wir die Pilzflora des Bodens nicht so gut quantitativ erfassen wie die Bakterien. Ein zufällig fruktifizierender Pilz kann in der Kultur eine hohe Keimzahl vortäuschen, während ein steriles Mycel, das vielleicht weite Strecken des Bodens durchzieht, auf den Agarplatten kaum zur Geltung kommt, obschon seine Rolle im Boden viel bedeutender ist (vgl. S. 190—191). In andern Fällen kennen wir die Bedingungen der Sporenekeimung nicht, oder Pilze, die sich langsam entwickeln, können in den Kulturen durch andere Arten gehemmt werden. So bereitet auch die qualitative Erfassung des Pilzinventars eines Bodens erhebliche Schwierigkeiten, auf die schon *Brierley* und Mitarbeiter (1927) hingewiesen haben. Dazu kommen noch die Schwierigkeiten einer einwandfreien Bestimmung der Bodenpilze, die in vielen Fällen nur durch Spezialisten durchgeführt werden könnte. Sehr oft muß man sich begnügen, wenigstens die Gattung mit einiger Sicherheit festzustellen, eine sichere Bestimmung der Arten kann nur erfolgen, wenn man sicher bestimmte Vergleichskulturen zur Hand hat.

Trotz diesen Schwierigkeiten betrachtete ich es als eine reizvolle Aufgabe, die Pilzflora der Schieferschutthalden und der Bergwerkstollen einmal näher zu untersuchen. Die Proben entstammen alle dem noch heute in Betrieb stehenden Landesplattenberg und dem seit über 40 Jahren nicht mehr betriebenen Schwarzkopfplattenberg. Beide Schutthalden weisen eine ähnliche Exposition auf, und es ist somit anzunehmen, daß für allfällige Unterschiede in der Pilzflora nicht klimatische Ursachen in Betracht kommen. Für eine endgültige Abklärung der biologischen Verhältnisse reichen die untersuchten Proben nicht aus. Es sollen hier aber die vorläufigen Ergebnisse mitgeteilt werden, weil es mir unmöglich ist, diese Untersuchungen in absehbarer Zeit auf breiterer Grundlage weiterzuführen.

I. Der Schiefer als Substrat für Mikroorganismen.

Nach Analysen der Eidg. Materialprüfungsanstalt, die mir mein alter Schulkamerad und jetziger Pächter des Landesplattenberges, Herr *Fritz Marti*, in verdankenswerter Weise zur Verfügung stellte, hat der oligozäne Flysch-Schiefer von Engi folgende Zusammensetzung:

SiO_2	43,97 %	MgCO_3	2,32 %
Al_2O_3	14,32 %	CaSO_4	0,06 %
Fe_2O_3	3,16 %	FeS_2	0,66 %
MgO	2,27 %	Wasser und Bitumen	
CaCO_3	28,49 %	(kohlige Bestandteile)	2,96 %

Es fehlen diesem Schiefer also die für Pilze lebensnotwendigen Stickstoff-, Phosphor- und Kaliverbindungen. Der Stickstoffzuwachs durch die Niederschläge ist wohl so gering, daß er für die Ernährung der Pilze kaum in Betracht fällt. Die »kohligen Bestandteile« des Schiefers können von den Pilzen kaum verwertet werden. Wenn sich also in den Schieferschutthalden dennoch Pilze ansiedeln können, so müssen die wichtigsten Nährstoffe von außen zugeführt worden sein. Die leicht alkalische Reaktion des Schutttes ist für die meisten Pilze nicht günstig.

Die physikalische Verwitterung schreitet in den Schutthalden ziemlich langsam fort. Obschon der Schiefer zu den Gesteinen gehört, die relativ leicht verwittern, wirkt die Lagerung der Platten in den Schutthalden einer raschen Verwitterung entgegen. Durch das Abrutschen von der Aushubstelle liegen die Platten in den Schutthalden naturgemäß flach auf dem Boden. Das Wasser rinnt von ihnen ab, ohne einzudringen (vgl. *Pallmann*, 1942).

Auch die Schutthalde am Schwarzkopf, wo die Verwitterung am weitesten fortgeschritten ist, zeigt kaum Anzeichen einer eigentlichen Bodenbildung oder einer Schichtung. Unter dem oberflächlichen Feinschutt kommen wieder größere und kleinere Schieferplatten und zwischen ihnen unregelmäßige Hohlräume zum Vorschein. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die größeren Sträucher, die sich hier angesiedelt haben, mit ihren Wurzeln den Schutt durchwachsen und die ursprüngliche Bodenoberfläche erreicht haben.

II. Die Probeentnahme.

Die Schuttproben wurden am 13. August 1943 in großen sterilen Reagenzgläsern an folgenden Stellen entnommen:

1. Landesplattenberg, im Stollen auf der »Egg«.
 - a) Im Seitenstollen, lockerer Schutt und Schieferstaub, oberflächlich.
 - b) Im Seitenstollen, lockerer Schutt und Schieferstaub, aus 30 cm Tiefe.
 - c) Schutt im Hintergrunde des Hauptstollens, der zur Zeit gerade abgeräumt wurde.
2. Aushubmaterial aus diesem Stollen. Aus dem mittlern Teil der Schutthalde, bewachsen mit einem 2 m hohen Grauerlenstrauch, jungen Eschen und Weiden (ca. 30 cm hoch), ferner mit *Saxifraga aizoides*, *Linaria alpina* und etwas weiter entfernt *Epilobium angustifolium*. Bestand nicht geschlossen.
 - a) aus 5 cm Tiefe, schwach durchwurzelt
 - b) aus 20 cm Tiefe
 - c) aus 30 cm Tiefe
3. Schwarzkopfplattenberg, Stollen. Im Hintergrunde des kleinern Stollens hat sich im Winkel der schräg einfallenden Schieferschichten und der linken ausgehauenen Wand eine mindestens 40—50 cm tiefe Schicht von Schieferstaub angesammelt, der von Sickerwasser durchtränkt ist. Sehr wahrscheinlich enthält dieses Material auch Exkreme von Gemsen, die nicht selten in diesen Stollen Schutz suchen.
 - a) aus 3 cm Tiefe
 - b) aus 20 cm Tiefe
 - c) aus 30 cm Tiefe
4. Schutthalde am Schwarzkopfplattenberg, oberster Teil. Ziemlich feiner Schieferschutt, 3 m unter dem anstehenden Fels. Mit kränkelnden jungen Fichten, ferner mit *Leontodon hispidus*, *Carduus defloratus*, *Campanula cochleariifolia* und *Rubus sp.* bewachsen.
 - a) aus 2—3 cm Tiefe
 - b) aus 10 cm Tiefe
 - c) aus 30 cm Tiefe

5. Schutthalde am Schwarzkopfplattenberg, unterer Teil. Zwei ca. 4 m hohe Grauerlensträucher (evtl. im Untergrunde wurzelnd) scheinen gut zu gedeihen, daneben zahlreiche junge Eschen, *Galium Mollugo*, *Hypericum perforatum*, *Origanum vulgare*, *Campanula cochleariifolia*, *Carduus defloratus*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*. Oberflächlich eine etwa 10 cm dicke Schicht von Feinschutt, ziemlich reich an organischem Material. Darunter kommen wieder größere Schieferplatten. Die Baumwurzeln wachsen durch die Hohlräume in die Tiefe.

- a) aus 1 cm Tiefe
- b) aus 8 cm Tiefe, ziemlich gut durchwurzelt.

III. Die Aufarbeitung der Proben.

Sämtliche Proben kamen für 5 Tage in den Kühlschrank und wurden dann nach und nach verarbeitet. Verwendete Nährböden:

1. Agar-Nährböden.

- a) Pepton-Glykokoll-Agar ($0,5\%$ KH₂PO₄, $0,5\%$ K₂HPO₄, $0,5\%$ MgSO₄, $0,5\%$ Pepton Merck, $0,5\%$ Glykokoll, 1% Glukose, 2% Agar), eingestellt auf pH 7,2—7,3.
- b) Hefeextrakt-Agar (1% KH₂PO₄, $0,5\%$ MgSO₄, 1% Asparagin, 1% Glukose, 10 cm^3 Hefeextrakt pro Liter, 2% Agar), eingestellt auf pH 5,5.

Auf diesen beiden Nährböden wurden für jede Probe je drei parallele Reihen von 6 Verdünnungen angelegt. 1 g des Materials wurde in 10 cm^3 steriles Wasser tüchtig durchgeschüttelt (z. T. 15 Minuten im Schüttelapparat), worauf 6 Verdünnungen mit je 1 cm^3 angelegt wurden. Es war damit eine quantitative Auszählung beabsichtigt, doch zeigte es sich bald, daß man auf diese Weise wohl zu Zahlen kommen konnte, aber niemals zu Ergebnissen, die den Verhältnissen im Schutt auch nur einigermaßen entsprechen. Es mag vielleicht am Platze sein, hier einen Fall näher zu besprechen, in dem die Verdünnungsmethode gründlich versagte: In einer Verdünnungsreihe der Probe 4c trat von der 3. Verdünnung an *Chaetophoma sp.* auf. Die

Kolonien dieses Pilzes waren in der 6. Verdünnung noch so zahlreich, daß man daraus einen Keimgehalt von vielen Millionen pro Gramm Schutt hätte berechnen können. Dabei fehlte der Pilz in den ersten beiden Verdünnungen dieser Reihe, wie auch in den fünf parallelen Verdünnungsreihen vollständig. Man kann sich diese Erscheinung nur so erklären, daß man annimmt, daß bei der Uebertragung von der zweiten in die dritte Verdünnung eine Pyknidie zufällig platzte, wobei eine Unmenge von Konidien frei wurde. Es handelt sich also wahrscheinlich nur um einen einzigen Fruchtkörper, von dem wir nicht einmal wissen, ob er überhaupt im Schutte entstanden ist, oder ob er zufällig, vielleicht durch Tiere, dorthin verschleppt wurde. Solche Fälle, die übrigens für zahlreiche andere Pilze wie *Penicillium*, *Phoma*, *Fusarium*, *Myrothecium* u. a. ebenfalls zutreffen, zeigen, daß man die bakteriologischen Methoden nicht kritiklos auf die Bodenpilze anwenden darf. Immerhin wurde auch nach diesen Erfahrungen die Verdünnungsmethode weiter angewendet, um einzelne Arten mühelos und sicher zu isolieren. Um die Häufigkeit einzelner Arten im Boden festzustellen, bleibt wohl nichts anderes übrig, als möglichst viele Proben zu verarbeiten.

Neben den Verdünnungsreihen wurden von jeder Schutprobe drei weitere Agarplatten in der Weise beimpft, daß möglichst feine Partikel direkt auf die Oberfläche des erstarrten Agars gebracht wurden. Die Ergebnisse dieser direkten Methode deckten sich ungefähr mit denen der Verdünnungsreihen. Ebenso ergaben die Kulturen auf den beiden Nährböden a und b keine starken Unterschiede, wenn auch bei der schwach alkalischen Reaktion von a naturgemäß die Bakterienentwicklung mehr in den Vordergrund trat und viele Pilze dadurch deutlich gehemmt wurden.

2. Elektivnährböden.

Während in der Bodenbakteriologie die Methode der Elektivnährböden schon lange Eingang gefunden hat und namentlich durch *M. Duggeli* und seine Schule entwickelt und gefördert wurde, sind wir in der Untersuchung der Bodenpilze noch lange nicht so weit vorgerückt. Um jedoch einen tiefen Einblick in die Bedeutung dieser Organismen für die Humusbildung zu gewinnen, müßten entsprechende Methoden auch für die Bodenpilze ausgearbeitet werden. Al-

Ierdings ist der Stoffwechsel der Pilze bedeutend vielseitiger und kann je nach den Bedingungen des Substrates in verschiedener Richtung gesteuert werden. Es ist aus diesem Grunde viel schwieriger, Nährböden zu finden, auf denen nur gewisse Arten wachsen, andere dagegen ausgeschlossen werden. Für diese Arbeit wurden drei Nährlösungen angewendet, die mehr oder weniger als Elektivnährböden bezeichnet werden können, nämlich zwei für Pilze und einer für Azotobakter. Je 5 Kolben dieser Nährösungen wurden direkt mit Schieferschutt beimpft.

a) Tannin-Nährlösung nach *A. Rippel*. Von der Tatsache ausgehend, daß *Aspergillus niger* bedeutende Tanninkonzentrationen erträgt, hat *A. Rippel* (1940) für den Nachweis dieses Pilzes im Boden eine Nährösung mit 20 % Tannin vorgeschlagen. *Aspergillus niger* stellt gewisse Ansprüche an die Temperatur, und ich war deshalb ziemlich überrascht, ihn in drei verschiedenen Verdünnungsreihen im Schieferschutt zu finden (Probe 2a). Aus diesem Grunde wurden von allen Proben Kulturen mit der Tannin-Nährösung ausgeführt. Sie schlügen jedoch ohne Ausnahme fehl, d. h. *Aspergillus niger* entwickelte sich in dieser Nährösung nicht, auch wenn er in den Agarkulturen mit Sicherheit erschien. Ein aus einem Boden von Bern isolierter Stamm dieses Pilzes wuchs in derselben Lösung kümmerlich. Ob das verwendete Tannin für den Pilz ungeeignet war, oder ob der aus dem Schieferschutt isolierte Pilz weniger resistent gegenüber hohen Tanninkonzentrationen war, kann nicht entschieden werden.

b) Zellulose-Nährlösung nach *Meyer* (modifiziert). Da Zellulose von einer großen Zahl von Pilzen abgebaut wird, hat diese Nährösung nicht den Wert eines Elektivnährbodens. Immerhin kann damit eine große Gruppe von Bodenpilzen ausgeschaltet werden, nämlich die rasch wachsenden Mucorineen, die in Agarkulturen oft die Beobachtung der andern Pilze fast unmöglich machen. Die Nährösung wurde in folgender Zusammensetzung angewendet: 1 % KH₂PO₄, 0,1 % CaCl₂, 0,3 % MgSO₄, 0,1 % NaCl, 0,01 % FeCl₃, 0,01 % MnCl₂, 0,0001 % CuSO₄, 0,001 % ZnSO₄, 1 % (NH₄)₂SO₄, 2—3 g Filtrerpapier, gerollt; pH eingestellt auf 6,5. Diese Nährösung wurde teils in Erlenmeyerkolben zu 150 cm³, teils in Petrischalen verwendet und erwies sich für zahlreiche Pilze als geeignet.

Für die Gewinnung von Reinkulturen kommt sie weniger in Betracht, weil zahlreiche Keime in dieser Lösung lebensfähig bleiben, ohne sich zu entwickeln.

c) Mannit-Nährlösung zum Nachweis von Azotobakter. Daß dieser aerobe Stickstoffbinder in den Schuttböden vorkomme, war nicht zu erwarten. Azotobakter stellt nach Stöckli (1944) ungefähr dieselben Ansprüche an den Boden wie die Kulturpflanzen, sein Auftreten ist besonders durch den Vorrat an Kali und Phosphorsäure bedingt, also durch Verbindungen, die im Schiefer- schutt sicher in ungenügender Menge vorhanden sind. Da dieser Organismus eigentlich nicht in den Rahmen unserer Untersuchung gehört, sei hier bemerkt, daß Azotobakter nur in den Proben aus dem untersten Teil der Schutthalde am Schwarzkopf nachgewiesen werden konnte (Proben 5a und 5b), also in einem Gebiet, das schon ziemlich gut von Phanerogamen besiedelt ist. Quantitative Bestimmungen wurden nicht ausgeführt.

IV. Liste der gefundenen Pilze.

Es wurde schon einleitend ausgeführt, daß die folgende Aufzählung nicht vollständig sein kann. Dafür wäre die Zahl der Schuttproben viel zu klein. Sterile Mycelien wurden nicht näher beschrieben. Ebenso wurden ca. 20 Pilze, deren Bestimmung zuviel Zeit und Aufwand gekostet hätte, hier einfach weggelassen. Damit wird natürlich die Auswahl etwas willkürlich, sie ist durch Material und Methode und nicht zuletzt auch durch den Bearbeiter bedingt.

Die mit * bezeichneten Arten wurden durch das Centraalbureau voor Schimmelcultures in Baarn bestimmt. Wenn die Bestimmung der Art wegen Mangel an authentischem Vergleichsmaterial nicht über alle Zweifel erhaben war, wurde die Speziesbezeichnung in Klammern gesetzt. Bei schwierigen Gattungen, z.B. *Penicillium*, *Fusarium*, *Sporotrichum* und andern wurde auf die Angabe der Spezies verzichtet.

Die mit (A) bezeichneten Formen traten nur in Agarkulturen auf, die mit (Z) bezeichneten nur in der Zellulose-Nährlösung. Arten, die auf beiden Substraten wuchsen, erhielten die Bezeichnung (AZ).

*Proben aus Standort 1: Landesplattenberg, im Innern des Stollens.**1a. Seitenstollen, Schieferschutt, oberflächlich.*

Mortierella (stylospora Dixon-Stewart)	(A)	Cephalosporium acremonium Cda.	(A)
Myxotrichum chartarum Kze.	(AZ)	Cladosporium sp.	(A)
Penicillium sp.	(A)	Dematium sp.	(A)
Scopulariopsis sp.	(A)	Stemphylium pyriforme	
Sepedonium sp.	(A)	Bonord.	(A)
Geomycetes sp.	(AZ)	Stysanus Stemonites Pers.	(A)
Verticillium sp.	(A)	Echinobotryum atrum Cda.	(A)
Botryotrichum piluliferum Sacc. et March.	(A)	Fusarium sp.	(A)

1b. Seitenstollen, Schieferschutt, aus 30 cm Tiefe.

Mortierella (stylospora Dixon-Stewart)	(A)	Hapalaria pallida Harz	(A)
Mucor sp.	(A)	Geomycetes sp.	(A)
Myxotrichum (chartarum Kze.)	(A)	Cylindrodendron sp.	(A)
Penicillium sp.	(A)	Chalara sp.	(Z)
Sepedonium sp.	(A)	Cephalosporium sp.	(A)
Trichoderma viride Fr. ex. Pers.*	(Z)	Stysanus Stemonites Pers.	(A)
		Echinobotryum atrum Cda.	(A)

1c. Schutt im Hauptstollen.

Mucor sp.	(A)	Sporotrichum sp.	(A)
Penicillium sp.	(A)	Hypoderma roseum Hoffm.	(Z)
Sepedonium sp.	(A)	Stysanus Stemonites Pers.	(A)
Verticillium sp.	(A)	Echinobotryum atrum Cda.	(A)
Corethropsis hominis Vuill.* (AZ)		Fusarium sp.	(A)

*Proben aus Standort 2: Landesplattenberg, Schutthalde.**2a. Schutthalde aus 5 cm Tiefe.*

Mortierella reticulata v. Tiegh. et Le Monn.	(A)	Aspergillus niger v. Tiegh.	(A)
Mortierella sp.	(A)	Penicillium (2 Arten)	(A)
Absidia repens v. Tiegh.	(A)	Chaetomium bostrychodes Zopf	(A)
Mucor hiemalis Wehmer	(A)	Podospora setosa Winter	(AZ)
Gymnoascus Reessii Baranetzky	(AZ)	Sordaria fimicola (Rbh.) Ces. et de Not.	(A)
Sporotrichum sp.	(A)	Myrothecium roridum Tode*	(AZ)
Mucor racemosus Fres.	(A)		

2b. Schutthalde aus 20 cm Tiefe.

Mortierella sp.	(A)	Sporotrichum sp.	(A)
Mucor racemosus Fres.	(A)	Geomycetes (cretaceus Traaen)	(A)
Eurotium sp.	(A)	Geomycetes sp.	(AZ)
Penicillium sp.	(A)	Hapalaria pallida Harz	(Z)
Chaetomium bostrychodes Zopf	(AZ)	Acremonium sp.	(A)
Sepedonium sp.	(A)	Chalara (Kriegeriana Bres.)	(Z)
		Cladosporium sp.	(A)

2c. Schutthalde aus 30 cm Tiefe.

Mortierella sp.	(A)	Chalara sp.	(Z)
Magnusia nitida Sacc.	(A)	Torula sp.	(A)
Chaetomium sp.	(Z)	Stysanus Stemonites Pers.	(A)
Sporotrichum sp.	(A)	Echinobotryum atrum Cda.	(A)
Haplaria pallida Harz	(AZ)	Phoma sp.	(AZ)
Geomycetes sp.	(AZ)		

Proben aus Standort 3: Stollen des Schwarzkopf-Plattenbergs.

3a. Aus 3 cm Tiefe.

Zahlreiche hochwüchsige Mucorineen	(A)	Pythium sp.	(A)
Mortierella reticulata v. Tiegh. et Le Monn.	(A)	Eurotium sp.	(A)
Mortierella simplex v. Tiegh. et Le Monn.	(A)	Penicillium sp.	(A)
Mortierella polycephala Coem.	(A)	Sporotrichum sp.	(AZ)
		Fusarium (2 Arten)	(A)

3b. Aus 20 cm Tiefe.

Actinomyces sp.	(A)	Sporotrichum sp.	(A)
Pythium sp.	(A)	Rhodotorula (rubra [Demme] Lodder)	(A)
Penicillium sp.	(A)	Cladosporium sp.	(A)
Trichoderma viride Fr. ex Pers.*	(Z)	Echinobotryum atrum Cda.	(A)
Cephalosporium acremonium Cda.	(A)		

3c. Aus 30 cm Tiefe.

Mortierella sp.	(A)	Geomycetes sp.	(AZ)
Penicillium sp.	(A)	Sporotrichum sp.	(A)

Proben aus Standort 4:
Oberer Teil der Schutthalde am Schwarzkopf.

4a. Aus 2—3 cm Tiefe.

Mucor sp.	(A)	Acrothecium apicale	
Mortierella sp.	(A)	Berk. et Br.	(A)
Penicillium sp.	(A)	Fusarium sp.	(A)
Trichosporium sp.	(A)	Volutella sp.	(A)
Dematium sp.	(A)	Myrothecium roridum Tode*	(AZ)

4b. Aus 10 cm Tiefe.

Mucor sp.	(A)	Geomycetes (cretaceus Traaen)	(AZ)
Mortierella (stylospora Dixon- Stewart)	(A)	Trichoderma viride Fr. ex Pers.	(Z)
Syncephalis sp.	(A)	Fusarium sp.	(A)
Mucor hiemalis Wehmer	(A)	Myrothecium roridum Tode*	(AZ)
Penicillium sp.	(A)	Volutella sp.	(A)
Acaulium sp.	(A)		
Trichosporium (murinum Ditm.)	(Z)		

4c. Aus 30 cm Tiefe.

Zahlreiche Mucorineen	(A)	Dematium sp.	(A)
Aspergillus sp.	(A)	Alternaria humicola Oudem.	(AZ)
Citromyces sp.	(A)	Chaetophoma sp.	(AZ)
Gymnoascus Reessii		Myrothecium roridum Tode*	(AZ)
Baranetzky	(A)	Zahlreiche sterile Mycelien	(A)
Acrothecium apicale Berk. et Br.	(A)		

Proben aus Standort 5: Unterer Teil der Schutthalde am Schwarzkopf.

5a. Aus 1 cm Tiefe.

Mucor spinosus v. Tiegh.	(A)	Pythium sp.	(A)
Mucor racemosus Fres.	(A)	Penicillium sp.	(A)
Mucor hiemalis Wehmer	(A)	Dematium sp.	(A)
Absidia (coerulea Bainier)	(A)	Fusarium (2 Arten)	(A)
Verschiedene andere Mucorineen	(A)	Myrothecium roridum Tode*	(AZ)
		Mehrere sterile Mycelien	(AZ)

5b. Aus 8 cm Tiefe.

Zahlreiche Mucorineen (meist die gleichen Arten wie Probe 5a)	(A)	Botrytis sp.	(A)
Penicillium sp.	(A)	Myrothecium roridum Tode*	(AZ)
Dematium sp.	(A)	Volutella sp.	(A)
		Fusarium sp. (3 Arten)	(A)
		Mehrere sterile Mycelien	(AZ)

V. Allgemeines über die Pilze des Schieferschuttes.

1. Landesplattenberg.

Im Schutt aus dem hintersten Teil des noch in Betrieb stehenden Stollens finden wir eine bunt gemischte und relativ reichhaltige Mikroflora. Mehrere Arten sind wohl als Ubiquisten zu betrachten, und es ist anzunehmen, daß sie als Luftkeime in den Stollen verweht wurden. Zu diesen gehören die *Mucorineen*, ferner *Dematium*, *Cladosporium* u. a. Wir wissen nicht, ob die in den Kulturen gewachsenen Pilze sich im Schutte des Stollens überhaupt entwickelt haben, oder ob sie nur in der Sporenform vorhanden waren.

Weitaus die meisten der im Stollen gefundenen Pilze sind als Bewohner von allen möglichen pflanzlichen Abfällen bekannt. Sie mögen mit verwehten Blättern und hauptsächlich mit dem im Stollen verwendeten Holz verschleppt worden sein. In diese Gruppe gehören *Myxotrichum*, *Sepedonium* (wohl eine Nebenfruchtform von *Hypomyces*), *Stysanus*, *Stemphylium*, *Hapalaria*, *Fusarium* und vor

allem die allgegenwärtige *Trichoderma*. Diese Pilze finden im Innern des Stollens in mancher Hinsicht bessere Bedingungen als in den Schutthalde, wo sie zeitweise einer starken Austrocknung ausgesetzt sind.

Eigentliche Bodenpilze finden wir im Schutte des Stollens kaum. Vielleicht wären *Geomyces* und *Scopulariopsis* dahin zu zählen.

Besonders bemerkenswert ist schließlich eine letzte kleine Gruppe von Pilzen, die mit großer Wahrscheinlichkeit mit Tieren in Zusammenhang gebracht werden kann. Von *Cephalosporium acremonium* wird in der Literatur angegeben, daß es auf toten Insekten vorkomme. *Botryotrichum piluliferum* ist ein Bewohner von Mist, wobei hier wohl vor allem Mäuse in Betracht kommen. In der Gattung *Sporotrichum* gibt es zahlreiche Arten, die auf allen möglichen Substraten pflanzlicher oder tierischer Herkunft, z. B. auf Haaren, Federn, Fellen usw., vorkommen.

Der interessanteste Pilz dieser Gruppe ist *Corethropsis hominis* Vuill., der von Vuillemin 1913 als Erreger einer harmlosen Epidermophytie beim Menschen beschrieben wurde. Er fand ihn am Vorderarm eines Schuhmachers in Nancy. Im Stollen des Schieferbergwerkes scheint sich dieser Pilz saprophytisch auf irgendwelchen tierischen Ueberresten entwickelt zu haben, wahrscheinlich auf toten Insekten. Nach Dodge (Medical Mycology, S. 832) betrachtet Sacardo die verwandte Art *Corethropsis paradoxa* Cda. als Parasit einer *Isaria* und stellt sie damit ebenfalls in Beziehung zu toten Insekten. Es ist mir nicht bekannt, ob der Pilz jemals auf die Arbeiter des Bergwerkes übergegangen ist. Wir haben mit dem Funde dieses Pilzes in einem Bergwerkstollen ein weiteres Beispiel für die schon mehrfach beobachtete Tatsache, daß menschenpathogene Pilze nicht auf den Menschen spezialisiert sind, sondern daß sie als Gelegenheitsparasiten von allen möglichen tierischen Substraten auf den Menschen überzugehen vermögen.

Die gleichen ökologischen Gruppen von Pilzen lassen sich auch in der Schutthalde des Landesplattenberges nachweisen. Die Auslese der Arten erscheint hier ungefähr gleich zufällig wie im Stollen. Aus der Umgebung können die Pilze durch die Luft, mit verwehten Blättern oder durch Tiere in die Schutthalde gelangen. Die Gruppe der Saprophyten, die besonders pflanzliche Substrate besiedeln, ist durch folgende Arten vertreten: *Mucor*-Arten, *Absidia repens*, *Aspergillus*

niger, *Sepedonium*, *Chalara*, *Penicillium*, *Haplaria*, *Acremonium* und wohl auch *Stysanus*. Dieser letztere Pilz trat in allen Proben aus der Schutthalde auf und war fast regelmäßig mit *Echinobotryum atrum* vergesellschaftet. In diese Gruppe gehört wohl auch eine nicht näher bestimmte *Phoma*-Art, die in den Zellulose-Kulturen geradezu üppig wuchs und die ganze Fläche des Papiers mit ihren schwarzen Pyknidien bedeckte.

In allen drei Proben aus der Schutthalde waren die koprophenen Pilze auffallend stark vertreten. Ob dies nur Zufall war, müßten weitere Untersuchungen zeigen. Neben verschiedenen Mucorineen, die in diese Gruppe zu rechnen sind, wären hier folgende Pilze zu erwähnen: *Gymnoascus*, *Chaetomium*, *Magnusia*, *Sordaria*, *Podospora* und *Eurotium*. Besonders häufig erschien in den Kulturen *Podospora setosa*, die auch auf Filtrierpapier sehr gut wuchs. Die schnabelartigen Fortsätze der Peritheciens ragten dicht gedrängt aus dem Papier heraus. Die Sporen wurden bis an den Watteverschluß des Kolbens hinauf, also 8—10 cm hoch, geschleudert. Alle diese koprophenen Pilze zeichnen sich durch ein ziemlich schnelles Wachstum aus.

Verwesende Tierkörper und Exkremeante sind für die meisten Pilze ein hochwertiges Substrat und werden deshalb sofort besiedelt und umgesetzt. Bei der Besiedelung der Schutthalden durch Mikroorganismen bilden sie noch viel mehr als die nährstoffärmern und schwieriger aufschließbaren pflanzlichen Ueberreste die eigentlichen Initialpunkte. Die koprophenen schnellwüchsigen Pilze bilden auf diesem Substrat die ersten Glieder der pilzlichen Sukzession. Bei der zunehmenden Erschöpfung des Substrates gehen diese relativ anspruchsvollen Formen mit der Zeit zugrunde und machen andern Formen Platz, die zum Abbau der schwerer zersetzbaren Verbindungen befähigt sind. Dahin gehören *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sporotrichum*, *Stysanus*. Mit der Zeit siedeln sich auf den Ueberresten dieser Pilze schließlich die anspruchslosesten, langsam wachsenden Formen, z. B. *Geomycetes*, *Haplaria*, *Cladosporium* und andere an. Aus diesen pilzlichen Mikro-Sukzessionen resultiert für den Boden mit der Zeit ein ansehnlicher Gewinn an organischer Substanz, der keineswegs unterschätzt werden darf. Dazu kommen als wirksame Faktoren für die biologische Bodenbildung die Säurebildung durch die Pilze, sowie wahrscheinlich auch eine Erhöhung der Wasserkapazität. Auf diese Weise werden die heterotrophen Pilze doch zu Pionieren für die

autotrophen Pflanzen, obschon sie ohne die Ueberreste höherer Organismen im Gesteinsschutt gar nicht aufkommen könnten. Es sei schließlich noch betont, daß *Azotobakter*, der eigentlich das Kriterium für einen kulturfähigen Boden bildet, in keiner Probe aus dem Stollen und aus der Schutthalde des Landesplattenberges nachzuweisen war.

2. Schwarzkopfplattenberg.

Man darf nicht erwarten, daß in 40 Jahren ungestörter Entwicklung ein Trümmerfeld zu einem brauchbaren Kulturboden werden könnte. Wenn man aber bedenkt, was auf diesen Schutthalden in einem einzigen Jahre an Samen, Blättern und Tierkadavern aus den umgebenden Wäldern herbeigeweht und herabgeschwemmt wird, so erhält man doch den Eindruck, daß auch bei einem ungenügenden Verwitterungsgrad die Voraussetzungen für die Ansiedelung von Mikroorganismen vorhanden sind.

Die Proben aus dem alten Stollen können in diesem Zusammenhange nicht verwertet werden, da hier unter dem Einfluß der starken Düngung durch Gemsen besondere Verhältnisse entstanden. Wir finden hier in der obersten Probe (3a) eine reiche Mucorineenflora, während die übrigen Pilze kaum in Erscheinung treten. Nach der Tiefe zu nimmt die Zahl der Pilze wohl wegen Sauerstoffmangel schnell ab. Die Bakterien waren in allen drei Proben sehr stark vertreten.

Die beiden Standorte aus der Schutthalde des Schwarzkopfplattenbergs zeigten gegenüber den entsprechenden Proben aus dem Landesplattenberg einige auffallende Verschiedenheiten. Zunächst ist hier ein viel stärkeres Auftreten der Mucorineen, besonders der hochwüchsigen Arten, festzustellen. Dies weist darauf hin, daß in diesem Schutt doch bedeutend mehr leicht aufschließbare organische Substanz vorhanden ist als in den Schutthalden des Landesplattenbergs.

Außer *Gymnoascus*, der übrigens nur einmal auftrat, fehlen in der Schutthalde des Schwarzkopfs die eigentlichen koprophilen Pilze. Ich betrachte dies als einen Hinweis darauf, daß in diesen älteren Stadien der Schutthalden, wo schon von einer beginnenden Bodenbildung gesprochen werden kann, die mehr zufälligen Ueberreste und

Exkremeante von Tieren im Vergleich zu den viel häufiger pflanzlichen Ueberresten keine so wichtige Rolle als Initialpunkte für das Wachstum der Bodenorganismen mehr spielen. Gelangen Kadaver oder Exkremeante von Tieren in diese Schuttböden, so werden sie sofort von den schon im Schutt vorhandenen Mikroorganismen durchwachsen und zersetzt. Eine eigentliche koprophile Pilzflora könnte sich nur entwickeln, wenn größere Massen von Exkrementen abgesetzt würden.

Die Schieferschutthalde am Schwarzkopf zeigte eine große Zahl von Pilzen aus der Gruppe der *Tubercularineen*. Den ersten Platz nehmen hier die *Fusarien* ein, die mit mindestens fünf Arten besonders im untern Teil der Schutthalde sehr häufig vorkommen. Diese Pilze scheinen allgemein neutrale und leicht alkalische Böden zu bevorzugen. In mehreren Proben trat ferner eine nicht näher bestimmte *Volutella*-Art auf. Die Arten dieser Gattung sind meist Bewohner von allen möglichen pflanzlichen Ueberresten. Weitaus der häufigste und auffälligste Pilz dieser alten Schutthalde war *Myrothecium roridum*. Diese Art wurde meines Wissens bis jetzt noch nie als eigentlicher Bodenbewohner gefunden. Nach *Lindau* tritt sie auf faulenden Teilen aller möglichen Pflanzen, auf faulem Holz, Löschpapier und Abfällen auf. Während dieser Pilz in der Schutthalde des Landesplattenbergs nur einmal (Probe 2a) spärlich auftrat, fehlte er in den Proben vom Schwarzkopf überhaupt nie und trat in mehreren Platten so häufig auf, daß die andern Pilze, mit Ausnahme der rasch wachsenden *Mucorineen*, überhaupt nicht mehr zur Geltung kamen. Auch in den Zellulose-Kulturen wuchs *Myrothecium* sehr gut, ebenso in einer rein synthetischen Nährlösung mit Glukose als C-Quelle. Da die äußern Bedingungen in den zwei Schutthalden kaum stark verschieden sind, muß das massenhafte Auftreten dieser Art durch eine andere Beschaffenheit des Substrates bedingt sein. Wir hätten hier also einen Fall, wo ein bestimmter Pilz für eine Entwicklungsstufe in der Bodenbildung als Charakterart auftritt. Für den Abbau der Zellulose scheint *Myrothecium* in dieser Schutthalde die Hauptrolle zu spielen. *Trichoderma* kommt zwar vor, ist aber nicht sehr häufig; dasselbe gilt für *Alternaria humicola* und einige langsam wachsende sterile Mycelien, die ebenfalls auf Filtrierpapier wuchsen. Gegenüber der Schutthalde am Landesplattenberg war ferner eine viel größere Zahl steriler Mycelien festzustellen.

Nach den untersuchten Proben scheint es also, daß die alte Schutt-halde am Schwarzkopf eine andere Zusammensetzung der Pilzflora aufweist. Die koprophenen Arten, die in jungen Schieferschutthalde, wie auch im Stollen selbst, die Initialpunkte für die weitere Entwicklung bilden, treten zurück. Dafür treten Arten auf, die in erster Linie auf pflanzlichen Ueberresten vorkommen.

Daß es sich hier wirklich um eine weitere Stufe der Bodenbildung handelt, zeigt die Tatsache, daß in den beiden letzten Proben (Standort 5) zum ersten Male *Azotobakter*, der aerobe Stickstoffbinder, auftritt. Das weist darauf hin, daß hier neben den Bestandteilen des Schieferschuttes schon ein beträchtlicher Nährstoffvorrat im Boden vorhanden ist. Wenn trotzdem keine geschlossene Vegetationsdecke entsteht, so ist der Grund wohl darin zu suchen, daß die kaum 10 cm mächtige Schicht von humusreichem Feinschutt für viele Pflanzen nicht ausreicht und weil hier die Austrocknungsgefahr sehr groß ist. Mit dem stärkern Auftreten höherer Pflanzen werden auch die Bedingungen für die Bodenorganismen günstiger. Neben der vermehrten Produktion von organischer Substanz, durch die der Boden auch physikalisch verändert wird, spielen sicher die Wurzelausscheidungen der höhern Pflanze eine bedeutende Rolle. So bestehen nach *Poschenrieder* (1930) bestimmte Wechselbeziehungen zwischen *Azotobakter* und gewissen höhern Pflanzen, so daß das Auftreten dieses Stickstoffbinders nicht als Index für einen bestimmten Zustand des Bodens zu betrachten wäre. Für die Bodenpilze sind die direkten Beziehungen zu den Wurzelausscheidungen der höhern Pflanzen noch nicht systematisch untersucht worden. Es erscheint aber sehr wahrscheinlich, daß gewisse Pilze, die höhere Ansprüche an die Stickstoffversorgung stellen, oder solche, die nicht imstande sind, die nötigen Wachstumsfaktoren selbst zu synthetisieren, auf die Wurzelausscheidungen der höhern Pflanze angewiesen sind.

*

Es ist klar, daß die vorliegende Untersuchung der Pilzflora in den Schieferschutthalde nur den Wert einer vorläufigen Orientierung haben kann. Die Zahl der entnommenen Proben ist viel zu gering, um zufällige Ergebnisse als solche zu erkennen. Wünschenswert wäre auch eine eingehende bakteriologische Analyse dieser Schuttböden, die sicher interessante Ergebnisse zeitigen würde. So scheint es z. B., daß

Bac. mycoides im Landesplattenberg fehlt, während er im Schwarzkopf ziemlich häufig auftritt. Vor allem aber müßten solche Untersuchungen mit einer physikalisch-chemischen Analyse des Schiefer schuttes koordiniert werden. Erst dadurch könnten wir schließlich einen Einblick in die ersten Stufen der Bodenbildung gewinnen.

*

Zusammenfassung.

Es wurden die Bodenpilze in zwei Schieferbergwerken und ihren Schutthalde n im Sernftal untersucht. Beide Bergwerke liegen auf der linken Talseite und weisen eine ähnliche Exposition auf. Das eine (Landesplattenberg) ist heute noch in Betrieb, während das andere (Schwarzkopfplattenberg) seit 1901, also seit 43 Jahren nicht mehr betrieben wurde. Die Vegetation dringt langsam in diese Schutthalde ein. Im Schwarzkopfplattenberg ist die Besiedelung des Bodens durch höhere Pflanzen naturgemäß weiter fortgeschritten. Die Untersuchung der Bodenpilze ergab folgende Ergebnisse:

1. Im Stollen des heute noch betriebenen Bergwerkes hat sich eine verhältnismäßig artenreiche Pilzflora angesiedelt. Da der Schiefer schutt selber keine nennenswerten Mengen von Nährstoffen enthält, können sich diese Pilze, soweit es sich nicht um Luftkeime handelt, die nur in Sporenform im Schutt vorhanden sind, ausschließlich von tierischen und pflanzlichen Ueberresten, die zufällig in den Stollen gelangten, ernähren. Besonders zu erwähnen ist das Vorkommen von *Corethropsis hominis*, dem Erreger einer Hautkrankheit am Menschen. Dieser Pilz kann sich also rein saprophytisch ernähren.

2. In der Schiefer schutthalde unter dem Stollen ist die Artenzahl der Pilze nicht wesentlich höher als im Stollen selbst. Die Zusammensetzung der Pilzflora erscheint rein zufällig. Bemerkenswert ist die relativ große Zahl von koprophilen Pilzen. Tierische Ueberreste und Exkreme nte scheinen hier die wichtigsten Initialpunkte für die Entwicklung der Bodenpilze zu bilden.

3. Im Schiefer schutt unter den seit 43 Jahren nicht mehr in Betrieb stehenden Stollen des Schwarzkopfbergwerkes erscheint die Zusammensetzung der Pilzflora viel weniger zufällig zusammen-

gesetzt. Die koprophilen Arten treten hier zurück. Die hier dominierenden Pilze sind meist als Bewohner von pflanzlichen Substraten bekannt. Besonders häufig sind hier *Fusarium*, *Myrothecium*, *Volutella*, sowie verschiedene hochwüchsige Mucorineen. Im untern Teil dieser Schutthalde tritt *Azotobakter* auf.

Literatur.

- Blöchliger, G.:* Mikrobiologische Untersuchungen an verwitternden Schrattenkalkfelsen. — Diss. ETH. Zürich. 1931.
- Brierley, W. B.:* The micro-flora of the soil. — Jour. Quekett Mikrosk. Club 16: 8—18. 1928.
- Brierley, W. B., Jewson, S. T. and Brierley, M.:* The quantitative study of soil fungi. — Proc. and Papers of the First Internat. Congress of Soil Sci. 1927.
- Pallmann, H.:* Grundzüge der Bodenbildung. — Schweiz. Landwirtsch. Monatshefte 20. 1942.
- Poschenrieder, H.:* Ueber die Verbreitung des Azotobakter im Wurzelbereiche der Pflanzen. — Zentralbl. Bakt. II 80: 369—378. 1930.
- Rippel, A.:* Ueber die Verbreitung von *Aspergillus niger*, insbesondere in Deutschland. — Archiv f. Mikrobiol. 11: 1—32. 1940.
- Stöckli, A.:* Der Umsatz von Stickstoff und organischer Substanz in jungfräulichen und kultivierten Böden. — Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. Teil A. 33: 173—191. 1934.
- Die Verbreitung der Azotobakterorganismen in der Schweiz. — Landwirtsch. Jahrbuch der Schweiz 1944. (p. 67—105).

