

# **Mikrobiologische Untersuchungen an verwitternden Schrattenkalkfelsen**

---

Von der  
Eidgenössischen Technischen Hochschule  
in Zürich zur Erlangung der Würde eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
genehmigte

## **Promotionsarbeit**

vorgelegt von  
**GUSTAV BLOCHLIGER**  
dipl. Ingenieur-Agronom  
aus Ernetswil (St.Gallen)

No. 663

Referent: Herr Prof. Dr. Max Duggeli  
Korreferent: Herr Prof. Dr. Georg Wiegner

ZÜRICH 1931  
BUCHDRUCKEREI FRISCHKNECHT & LÜSCHER

## IX. Schlussbetrachtungen.

1. Durch die vorliegenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Bakteriengehalt mit steigendem Verwitterungsgrad des Felsens gewaltig zunimmt. Die Vermutung liegt allerdings nahe, dass der kahle, nackte Fels nicht allen dort anzutreffenden Mikroorganismen ständig passende Lebensbedingungen bieten kann. Es liegen vermutlich ähnliche Verhältnisse vor wie bei den Wasser- und Bodenorganismen, wo man von echten und zufälligen Wasser- oder Bodenbewohnern sprechen kann. Es wäre daher denkbar, auch beim Fels eine Einteilung in drei Gruppen vorzunehmen:

- a) Echte Felsbewohner = Lithobionten.
- b) Felsliebende Formen = Lithophile.
- c) Felsfremde Organismen = Lithoxene.

Diejenigen Organismen, die in „bodenähnlichen“ Bedingungen leben, z. B. in Grobspalten mit reichlich Humus, auf Felsabsätzen und Felsvertiefungen mit angeschwemmter Feinerde usw. dürfen wir nicht zu den eigentlichen Felsbewohnern zählen, da die von ihrem Standort gebotenen Lebensbedingungen wesentlich andere sind, als die auf oder im kahlen Fels herrschenden Daseinsfaktoren.

2. Die Ansicht, dass der scheinbar nackte Fels infolge vermeintlichen Fehlens an Humusstoffen nur autotroph lebenden Mikroorganismen günstige Existenzbedingungen zu bieten imstande sei, trifft für unser Untersuchungsgebiet und aller Voraussicht nach auch für andere Vorkommnisse nicht zu. Indirekt konnte infolge der verhältnismässig in grosser Zahl während des ganzen Jahres (bezw. während zwei Jahren) nachzuweisenden typisch saprophytisch lebenden Mikroorganismen, sowie aus den Ergebnissen der Elektivkulturen auf das Vorhanden-

sein organischen Materials im makroskopisch humusfreien Abschabel geschlossen werden. Der direkte Nachweis erfolgte durch Auflösen des Verwitterungsmaterials in verdünnter Salzsäure, sowie durch die quantitative chemische Humusbestimmung.

3. Saprophytisch lebende Bakterien und Strahlenpilze (Aktinomyzeten), sowie die bekannten nitrifizierenden Spaltpilze gehören auch zur Gemeinschaft der Lithobionten. Das häufige Auftreten von gemeinen Bodenbakterien im Felsverwitterungsmaterial führte zur Einsicht, dass es sich bei den Lithobionten nicht ausschliesslich um eine spezifisch geartete, nur in diesen Verhältnissen anzutreffende Mikroorganismenwelt handelt, sondern dass angeschwemmte und angewehrte Mikroben infolge Vorhandenseins — wenn auch nur minimaler Mengen — organischen Materials, erträgliche Existenzbedingungen finden. Ihre auffallend grosse Schleimhülle kann als Anpassungserscheinung bewertet werden, indem nach mehrmaligem Ueberimpfen im Laboratorium diese Eigenschaft wieder verloren ging.

4. Das sonst weit verbreitete aerobe, freilebende Stickstoff fixierende *Azotobacter chroococcum* konnte in keiner Verwitterungsstufe des Felsens nachgewiesen werden.

5. Wie in der Einleitung bemerkt wurde, ist bei den Botanikern im allgemeinen die Ansicht verbreitet, dass felsbewohnende Flechten und Moose als erste Humusbildner auf nacktem Fels in Betracht fallen. Es fehlt aber auch nicht an Stimmen, die den Mikroorganismen die Priorität zuerkennen möchten. So äussert sich z. B. *Francé*<sup>24)</sup>, dass durch die Lithobionten im Verein mit den Wirkungen von Regen und Spaltenfrost den felsbewohnenden Flechten und Moosen, deren Rolle als Vegetationspioniere unbestritten sei, in hervorragender Weise vorgearbeitet und das Keimbett bereitet werde. *Falger*<sup>25)</sup> schreibt: „Ungesehen und unbeachtet erobern die Lithobionten dem Leben Neuland; ihnen gebührt der Rang der ersten Ansiedler auf Fels, den man bisher meist den Flechten zuerkannt hat.“ *J. Kürsteiner*<sup>26)</sup> bemerkt: „Die Frage liegt nahe, ob Bakterien den Flechten als Pioniere und erste Erschliesser neuer Wohnstätten vorangehen.“

6. Auch bei Berücksichtigung der autotroph lebenden Mikroorganismen, die nach ihrem Tode als erste Humusbildner in Frage kommen, steht die Bildung und Zersetzung von Humusstoffen im Mittelpunkt der biologischen Felsverwitterung. Als verwitternde Agenzien kommen die bei der Zersetzung der Humusstoffe gebildeten sauren Stoffwechselprodukte, Kohlendioxyd, anorganische und organische Säuren, sowie die Atmungskohlensäure der Mikroben in Betracht. Die hohe chemische Aktivität der Kohlensäure wird, wenn durch Mikroorganismen produziert, noch gesteigert, indem sie gewissermassen in statu nascendi wirkt. Die Versuchsergebnisse der quantitativen Beziehungen zwischen mikrobieller Säureproduktion und Kalklösung (Kap. VII) erbrachten den Beweis, dass die Menge des gelösten Kalkes parallel mit den von den Bakterien erzeugten Säuren geht.

7. Nicht zu unterschätzen ist aber auch die Bedeutung der felsbewohnenden Mikroorganismen für die abiotische Verwitterung. Der schon etwas angewitterte Fels bietet der weitem Zersetzung geeignete Angriffspunkte. Das Wasser, das zudem noch Spuren von Säuren enthält, greift das Gestein an den korrodierten Stellen besser an als an glatten Flächen. Es wird durch die kleinen Vertiefungen, sowie durch die Organismen selbst länger festgehalten, die Unterlage bleibt länger feucht, kurz, der gesamte Wasserhaushalt des Felsens wird nicht unwesentlich beeinflusst und damit die physikalischen und chemischen Verwitterungseinflüsse des Wassers selbst bedeutend gesteigert.

8. Die Definitionen des Begriffes „Boden“ sind im Zusammenhang mit vorliegender Arbeit besonders interessant. Während man vom landwirtschaftlichen, forstlichen und kulturtechnischen Standpunkt aus unter Boden die oberste Schicht der festen Erdrinde versteht, soweit sie fähig ist, höhere Pflanzen hervorzubringen (Wahnschaffe u. a.), ist die klassische Begriffsbestimmung von *Ramann* viel umfassender: Der Boden (Erdboden) ist die obere Verwitterungsschicht der festen Erdrinde. In unserem Untersuchungsgebiet hätten wir also, streng genommen, nur zu unterscheiden gehabt

zwischen nacktem, kahlem, anstehendem Fels und Boden. Das Abschabel, wie der Fels-Schutt wären mit dem Begriff „Boden“ zusammengefallen.

*H. Stremme*<sup>66)</sup> äussert sich folgendermassen: „Wenn man den Boden schlechthin als die Verwitterungsdecke der Erdrinde ansieht, muss man ohne Zweifel den Gesteinszerfall unter die Bodenbildungen rechnen. Wir wollen uns jedoch hier auf die Böden beschränken, welche sich von den Gesteinen durch ihren Gehalt an lebenden Organismen, Pflanzen und Tieren unterscheiden, auf welchen die Nutzpflanzen gedeihen, oder wenn angebaut, gedeihen können.“

Da sich aber, wie aus unsern Untersuchungen deutlich hervorgeht, tatsächlich schon in der „obern Verwitterungsschicht der festen Erdrinde“ lebende Organismen dauernd vorfinden, erscheint die Definition des Bodens nach *Ramann* auch unter Berücksichtigung der biologischen Verhältnisse als durchaus haltbar, ja sogar neu befestigt. — Ist dieser Boden in seiner Entwicklung so weit fortgeschritten, dass er fähig ist, höhere Pflanzen hervorzubringen, dann könnte man von einem Kulturboden reden.

---

Meinem hochverehrten Lehrer und Chef, Herrn Prof. Dr. *Max Düggeli*, der mir nicht nur mit vielen Ratschlägen zur Seite stand, sondern auch in sehr zuvorkommender Weise die notwendigen technischen Hilfsmittel zur Verfügung stellte, möchte ich nochmals meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Ich danke auch den Herren Prof. Dr. *G. Wiegner* und seinen Assistenten Dr. *Pallmann* und *J. Geering*, die durch ihr Interesse an der vorliegenden Arbeit dieselbe mit verschiedenen guten Ideen bereicherten.