

Hofbauer, Gottfried (2013): **Biokrusten - mit Fokus auf den Dolomit der Frankenalb.**  
Zusammenfassung eines von G. FLUHRER & G. HOFBAUER veranstalteten Kurses an der  
Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg im Juni 2013. - [www.gdgh.de/berichte/b16](http://www.gdgh.de/berichte/b16)  
(13. Juli 2013).



Abb. 1: Flechten auf und im Dolomit

## **Biokrusten - mit Fokus auf den Dolomit der Frankenalb**

**Kurs von Günther Fluhrer & Gottfried Hofbauer  
NHG Nürnberg, Juni 2013  
Zusammenfassung und Diskussion: Gottfried Hofbauer**

Im Juni 2013 fand in der Naturhistorischen Gesellschaft (NHG) Nürnberg ein interdisziplinärer Kurs zu dem Thema Gesteine und Flechten statt. Mitwirkend war die Abteilung "Pilz- und Kräuterkunde" mit **Günther Fluhrer**, der die zahlreichen Teilnehmer in anschaulicher und spannender Weise in diese für die Geologen unbekanntere Welt einführte. Aus geologischer Sicht ging es um die Bedeutung der **auf** Gesteinen und oberflächennah **in** den Gesteinen wachsenden Flechten. **Unterstützen sie die Zerstörung des Gesteins oder schützen sie es eher vor dem Angriff äußerer Wirkungen, wie etwa Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen?**

Im Rahmen einer Exkursion hat Günther Fluhrer die Wahrnehmung der Teilnehmer geschult: Welche Organe kann man an den Flechten erkennen, welche wachsen in und welche auf dem Gestein, was sind hingegen von Bakterien gebildete Biofilme oder Ansiedlungen von Algen?

Die Fokussierung auf die biologische Besiedlung des Dolomit der Frankenalb hat ihren Hintergrund in parallel laufenden Forschungen zu den Oberflächen-Variationen der Felsen. Hier lassen sich auf der einen Seite Flächen mit aktiver Formungsdynamik (Abschuppung, Sickerloch- und Sickerbahnverwitterung), auf der anderen Seite aber auch mit dichten Biokrusten überwachsene und offenbar langfristig stabilisierte Felsflächen unterscheiden.

### **A - Begriffe und Objekte**

#### **1. Unterscheidung der verschiedenen räumlichen Positionen biologischer Gesteins-Besiedlung:**

- epi-/endolithisch (d.h. auf/ im Gestein siedelnd)
- chasmo-, krypto-, euendolithisch (d.h. in Spalten, Höhlungen oder selbst geschaffenen Hohlformen siedelnd)

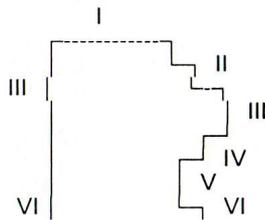
#### **2. Unterscheidung verschiedener epi- wie endolithischer Organismengruppen**

- *Cyanobakterien - Grünalgen - Flechten - Moose*

#### **3. Unterscheidung von Gesteins-Krusten: biologische / mineralische Krusten**

In diesem Zusammenhang wird oft auch der Begriff **Biofilm** verwendet. Es war festzustellen, dass diese Bezeichnung unterschiedlich weit gefasst wird: zumeist ist damit feuchter, gallertartiger Bewuchs durch Cyanobakterien gemeint. EPS (extrazelluläre polymere Substanzen) sind aber nicht auf solche Feuchtigkeit bewahrenden Formen beschränkt, sondern können eine Vielfalt von Verbindungen bilden, darunter auch trockene oder gar hydrophobe. Solche trockenen "Filme" sind allerdings nicht schon auf den ersten Blick wahrzunehmen. Auch Flechten sind in der Lage, EPS zu bilden.

Mineralische Krusten sind hingegen die Folge von Mineral-Neubildungen an der Gesteinsoberfläche, entweder durch Zufuhr aus dem inneren des Gesteins, oder aus den an der Oberfläche sich sammelnden atmosphärischen Niederschlägen, aus deren chemischen Komponenten ebenfalls Minerale kristallisieren können.

**Bezeichnungen von Felsstandorten:**

I.....	Kulm- oder Zenitfläche
II.....	Neigungsfläche
III.....	Stirnfläche
IV.....	Überhangfläche
V.....	Grotte
VI.....	Fußfläche

**Abb. 2:** aus BRACKEL: Die Moos- und Flechtengesellschaften Süddeutschlands, 1993.

## B - Das Fels-Ökotoip

### 1. Gliederung nach Form und Lage der Wände

ist das übliche Verfahren. Die in von BRACKEL (1993, vgl. Abb. 2) verwendete Gliederung ist offenbar in der Flechtenszene weit verbreitet. Sie wird in der Praxis durch Hinweise auf Lichtexposition und Mikroklima weiter differenziert. Einige Begriffe sind vielleicht etwas merkwürdig, bedeutender ist aus unserer Sicht allerdings, dass eine solche allein nach Form und Lage gehende Gliederung nicht ausreicht, wenn man nach der Bedeutung der Flechten für die Entwicklung von Felsoberflächen fragt.

### 2. Klassifikation der Wand nach geologischen bzw. mikro/mesomorphologischen Kriterien.

Die Morphologie der Felsoberflächen zeigt unterschiedliche Aktivitäten an: aktive Abschuppung, Sickerwasserbahnen

und -höhlen (mit Rückwänden, Decken und Bodenbereichen), strukturzeichnende oder strukturdeckende Krusten u.a. (HOFBAUER, im Druck) Die Gliederung (1) kann dadurch erweitert oder modifiziert werden. So müsste es etwa heißen: die Flechtenassoziation XYZ wächst bevorzugt im Bereich von episodisch aktiven Sickerbahnen mit geringer Lichtexposition; oder die Flechtenassoziation FGH auf vertikalen, nach Süden ausgerichteten Wänden, etc.

**3.** Nicht nur die **Flechtenassoziation**, sondern auch die **Flechtendichte** ist gerade hinsichtlich der Frage der Stabilisierung oder Mobilisierung von Felsoberflächen wichtig. Hier könnte man quantitative Raster oder halbquantitativ-qualitative Kategorien entwickeln, etwa: schwach flächendeckend - stark flächendeckend - vollständig flächendeckend - (oder sogar: mehrlagig flächendeckend?) **Die Bezeichnung "biologische Kruste" setzt mindestens einen "stark flächendeckenden" Bewuchs voraus.**



**Abb. 3:** Almos - nach N gerichtete Felswand

## C - Beobachtungen und Ergebnisse

### 1. Felsen unmittelbar E-lich der B2 gegenüber Almos 49.669567° N / 11.349454° E

Nach N exponierte Felswand mit starkem bis flächendeckendem Flechtenbewuchs (Abb. 3). An aktiven Sickerbahnen waren nebeneinander schwarze wie gelbgrüne Biofilme entwickelt (Abb. 4). Die schwarzen Biofilme müssten der Literatur zufolge v.a. aus dem Cyanobakterium *Gloecocapsa magma* aufgebaut sein. *Gloecocapsa* soll vor allem auf karbonathaltigem Gestein die schwarzen, oft schon aus weiter Distanz wahrnehmbaren Streifen verursachen.

Die Entwicklung dunkelgrau-schwarzer Felsoberflächen scheint aber komplexer zu sein. Da die Sickerbahnen meistens nur episodisch aktiv sind, sterben die Bakterien ab und es bleiben dunkle Felsüberzüge - offenbar aus abgestorbenen Biofilmen - zurück. Das ist auch deutlich an dem Felsen von Almos zu sehen: die vertikale Streifung verweist auf den Ursprung durch *Gloecocapsa*-Besiedlung, obwohl die Sickerbahnen nicht aktiv sind.

Ein genauere Blick zeigt dann aber, dass viele der dunklen



**Abb. 4:** Almos - Sickerbahnen mit zwei unterschiedlichen Biofilm-Assoziationen.



**Abb. 5:** Almos - flächendeckende Biokruste. Die dunkle Flechte müsste die auf solchen Wänden häufige *Verrucaria nigrescens* sein.

Felspartien aber auch durch die schwarze Krusten-Flechte *Verrucaria nigrescens* besiedelt werden (Abb. 5). Diese markiert die Veränderung zu einem trockeneren Standort. Dunkle Felsoberflächen können demnach das Ergebnis einer längeren Besiedlungsfolge über unterschiedliche Standortbedingungen

hinweg sein. **Die Stabilisierung der Felsoberflächen scheint so Ausdruck zunehmender Aridität und der damit einhergehenden Ablösung der feuchten Bakterienfilme durch Flechten zu sein.**



**Abb. 6:** Aus der Kombination vieler einzelner Sickerlöcher ist eine zusammenhängende Sickerloch-Höhle entstanden. Ein Teil der Sickerlöcher ist aktiv (v.a. an der Rückwand), benachbarte Flächen sind teilweise schon von Flechten besiedelt. - **Höllenstein** (Foto März 2013: Eiszapfen, nicht Sinter!)



**Abb. 7:** Aktive Wabenverwitterung am Dach einer Sickerwasserhöhlung. Die Bereiche zwischen den Waben sind durch eine aus austretenden Sickerwässern stammende Calcit-Zementierung stabilisiert, während in den Waben (v.a. an deren Rückwänden) anhaltende Durchfeuchtung eine Destabilisierung des Dolomits verursacht. Die Waben sind von Algen und/oder Bakterien besiedelt, wobei diese Besiedelung offenbar keine Stabilisierung zu leisten vermag. - **Höllenstein**

## 2. Höllenloch zwischen Obertrubach und Neudorf

49.691920° N / 11.355499° E

Das Höllenloch ist ein morphologisch völlig anderes Gebilde als der Felsen von Almos. Anstatt an einer vertikalen Wand befinden wir uns hier in einer Höhlenruine mit zahlreichen aktiven Sickerlöchern. In den aktiven Sickerlöchern findet zugleich eine junge, aktive Rückverwitterung statt (Abb. 6). In diesen Bereichen trifft man nicht auf Flechten, sondern auf dünne, grünliche oder gelbliche, schleierartige Beläge - vermutlich Grünalgen (Abb. 7).



**Abb. 8:** Inaktive Sickerlöcher und umgebende Wände sind nahezu flächendeckend von Flechten bewachsen. - **Höllenstein**



**Abb. 9:** Die Alge *Trentepohlia aurea* siedelt auf Felsoberflächen wie auch pflanzlichen Geweben - und auch auf Flechten. - **Höllenstein.**



**Abb. 10:** Steil geneigte Fläche mit mehrlagiger biologischer Kruste. Oberflächliche, fleckenhafte Besiedlung mit der roten Alge *Trentepohlia aurea* sowie der grünblauen Flechte *Lepraria incana*. Moose indizieren einen relativ feuchten Standort. - **Höllenstein.**

Deutlich ist hier eine Konzentration der (mutmaßlichen) Algen auf die feuchten Bereiche und die Waben-Hohlräume festzustellen. Die prinzipiell rasche Besiedlung von Felsflächen durch Algen bildet offenbar kein Hindernis für die Aktivität der Sickerloch-Verwitterung: die Dekomposition des Dolomit-Gefüges vollzieht sich zwar rasch, aber der Algen-Bewuchs kann damit ohne weiteres Schritt halten. Die Wände zwischen den aktiven Bereichen hingegen sind bereits weitgehend mit Flechten besiedelt, insbesondere wenn sie nicht zu schattig sind (Abb. 8).

Wie im Almos findet man auch am Höllenstein die gelbrote Alge *Trentepohlia aurea* (Abb. 9). Diese auffällige Alge haftet - wie auch die Flechte *Lepraria*

*incana* - vermutlich zu oberflächlich, um eine Wirkung auf das Gestein haben zu können. Die biologische Flechtenkruste, der diese Organismen aufsitzen, versiegelt eine morphologisch kleinräumig differenzierte, steil geneigte Felsfläche (Abb. 10). Ihre Erscheinungsbild, insbesondere die Flechtenassoziation - scheint von der in Almos abzuweichen und bedürfte eine genaueren Betrachtung.



**Abb. 11:** Flechtenkunde im Regen - am **Kachelstein** bei Wohlmuthshüll.

### 3. Kachelstein N-lich Wohlmuthshüll

(an der von Ebermannstadt nach Moggast hinauf führenden Straße 49.778679° N / 11.225505° E)

Der Kachelstein ist ein frei in der Landschaft stehender Erosionsrest aus Dolomitstein (Abb. 11). Der Fels ist nahezu vollständig biologisch besiedelt.

Ein Motiv für den Besuch des Felsen war die Besiedlung mit Laubflechten, vermutlich *Collema cristatum* (Abb. 12). Das Wachstumsmuster dieser v.a. an der E-Seite der überkragenden Dachbank sitzenden Flechte ist bemerkenswert, in dem sie wie ein biologischer Zaun die dicht mit Krustenflechten bewachsenen Außenbereiche von den hellen, von weniger Flechten besiedelten Innenbereichen trennt.



**Abb. 12:** Die Blatflechte *Collema* umgrenzt helle Höfe aus weniger dicht besiedelter Dolomitoberfläche. - Kachelstein bei Wohlmuthshüll.



**Abb. 13:** Die vorwiegend helle Kruste des Kachelsteins wird durch das Vorherrschen von Flechten wie *Placocarpus* gegenüber der dunklen *Verrucaria nigrescens* verursacht.



**Abb. 14:** Auch wenn es nicht direkt zu sehen ist: die Schnecke scheint gerade die Flechten abzuweiden.

Es scheint, als ob diese Flechte dazu beiträgt, unterschiedliche Gesteinsoberflächen zu trennen oder gar zu schaffen. Für ein genaueres Studium hätten wir allerdings eine Leiter gebraucht ...

Die biologische Kruste an den Seitenwänden des unterhalb des Felsdaches ist vielgestaltig. Obwohl auch hier - insbesondere auf der nach N exponierten Seite - *Verrucaria nigrescens* zu beobachten war, ist sie doch auf eher kleinere Flecken beschränkt, so dass der Grundton der Oberfläche durch *Lecanora*- und *Placocarpus*-Typen eher hellgrau wirkt (Abb. 13).

Das regnerische Wetter hatte die Mobilität der Schnecken angestoßen - so war es uns auch vergönnt, einen gestandenen Vertreter dieser Tiergruppe beim Weiden auf den Flechten zu beobachten (Abb. 14).

## D - FAZIT

Der Kurs versuchte eine erste Einführung in die Flechtenkunde mit der Frage nach der Bedeutung der Flechten für die Stabilisierung/Destabilisierung von Gesteinsoberflächen zu verbinden.

Eine Literaturdurchsicht ergab unterschiedliche Urteile über die Rolle der Flechten bei der Verwitterung von Felsoberflächen. POHL (2000) betont die Schutzwirkung der Flechten, auch DREWELLO & DREWELLO (2009) betonen diese und warnen sogar vor Versuchen, aus denkmalschützerischen oder ästhetischen Motiven flechtenbewachsene Oberflächen zu reinigen.

Andere Autoren beschreiben hingegen die zerstörerische Wirkung von Flechten (CHEN ET AL. 2000); BÜDEL ET AL (2004) handeln nicht von Flechten, sondern kryptoendolithischen Cyanobakterien, die ein die Sandstein-Zementation zersetzendes alkalisches Milieu erzeugen.

Dennoch scheint eine die Gesteinsoberfläche schützende Wirkung bei weitem zu überwiegen: sobald die Flechten auf oder in den oberen Millimetern des Gesteins Platz genommen haben, wird ihr Stoffwechsel durch atmosphärische Bedingungen und nicht durch Stoffextraktion aus dem Gestein bestimmt. Unsere eigenen Beobachtungen deuten ebenfalls auf diese Schutzwirkung hin: vor allem vertikale Felswände sind oft vollständig mit Flechten überkrustet, und man findet keine Hinweise darauf, dass hier ein Rückbau der

Oberfläche oder ein enger Zyklus von schichtartigen Abplatzen und Wiederbesiedlung stattfindet. **Diese völlig überkrusteten Flächen müssen daher - mindestens - über viele Jahrzehnte, eher sogar Jahrhunderte, stabil geblieben sein.** Felsoberflächen, die gegenwärtig aktiv durch Sickerwasser-Verwitterung oder Abschuppung zurück verlegt werden, zeigen dagegen keinen oder nur schwachen Flechtenbewuchs - die Zurückverlegung erfolgt hier in einer Intensität, die die der mit Biokrusten überwachsenen Flächen deutlich übertrifft (HOFBAUER, im Druck).

Doch auch wir haben einige mögliche Ausnahmen beobachtet - insbesondere die Höfe im Zentrum der Blattflechte *Collema* (Abb. 12) könnten eine Besonderheit darstellen und bedürften einer näheren Betrachtung.

Bei der Diskussion dieser Fragestellungen sollte man sich darüber im klaren sein, dass der **Dolomit der Frankenalb** ein besonderes Substrat darstellt, dessen Wechselwirkung mit Flechten bisher offenbar noch nicht in besonderer Weise bearbeitet wurde. Gängige Flechtenstudien unterscheiden traditionell zwischen karbonatischen und silikatischem Substrat, aber nicht nach Körnigkeit und Porenraum. Abgesehen von dem Magnesium-Reichtum des Dolomits sind diese physikalischen Kriterien jedoch von beträchtlicher Bedeutung - siehe DREWELLO & DREWELLO (2009), die hierzu einige Fälle auf Sand- und Kalkstein anführen. Das Gefüge des Frankendolomits ist einem grobkörnigen Sandstein ähnlich, so dass die Ansiedlung von Flechten durch freie Kornzwickele oder die mikromorphologisch rauhe Oberfläche in besonderer Weise unterstützt werden sollte.

Ein weiterer, möglicherweise bedeutender Unterschied zwischen Kalk- und Dolomitstein ist die Permeabilität des Dolomits. Während in Kalksteinen Feuchtigkeit nur entlang Trennflächen (Klüfte und andere Fugen) transportiert werden kann, wird der Dolomit wie ein poröser Sandstein im seinem gesamten Querschnitt durchsickert. Dies bedeutet, dass in diesem Fall auch eine breit gefächerte Feuchtigkeitsversorgung aus dem Gesteinsinneren möglich ist, und Dolomittfels-Standorte tendenziell eine geringere Aridität als Kalkstein-Standorte aufweisen.

## Literatur

- BAYER. AKAD. D. WISSENSCHAFTEN (Hg) (2009): Ökologische Rolle der Flechten. - 190 S., Pfeil-Verlag (München).
- BRACKEL, WOLFGANG VON (1993): Die Flechten- und Moosgesellschaften Süddeutschlands mit ihren Charakterarten und Begleitern. - Röttenbach 1993.
- BRACKEL, WOLFGANG VON (2013): Moose und Flechten auf der Nürnberger Kaiserburg. - Natur und Mensch: Jahresmitteilungen der NHG Nürnberg für 2011, S. 91-106.
- BÜDEL, B. ET AL. (2004): Reshaping of sandstone surfaces by cryptoendolithic cyanobacteria: bioalkalization causes chemical weathering in arid landscapes. - *Geobiology* 2, 261-268.
- CHEN, JIE; BLUME, HANS-PETER & BEYER, LOTHAR (2000): Weathering of rocks induced by lichen colonization - a review. - *Catena* 29, 121-146.
- DREWELLO, RAINER & DREWELLO, URSULA (2009): Flechten auf Denkmälern: Indikatoren und Vermittler zwischen Denkmal- und Naturschutz. - In: Bayer. Akad. d. Wiss. 2009, S. 161-180.
- HOFBAUER, GOTTFRIED (im Druck): Verwitterungsformen an Dolomit-Felsen der Frankenalb. - Natur und Mensch: Jahresmitteilungen der NHG Nürnberg für 2012.
- POHL, WOLFHART (2000): Wechselwirkungen zwischen endolithischen Biofilmen und Karbonatgesteinen in alpinen Gebieten Mitteleuropas. - 175 S., Dissertation Unvi. Göttingen.
- SCHÖLLER, HERIBERT (Hg.) (1997): Flechten: Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. - Kleine Senckenberg-Reihe 27, Frankfurt.
- SCHUMM, FELIX [o.A., 2011]: Kalkflechten der Schwäbischen Alb: Ein mikroskopisch anatomischer Atlas. - 410 S., Books on Demand GmbH Norderstedt (ISBN 978-3-8448-7365-8)
- WIRTH, VOLKMAR & DÜLL, RUPRECHT (2000): Farbatlas Flechten und Moose. - 320 S., Ulmer (Stuttgart-Hohenheim).