

Die «Lichtfäule» in Gruben und Bergwerken - ein historischer Rückblick

Zusammenfassung

Das Phänomen der «Lichtfäule», d.h. die Emission von Licht aus faulem, mit Pilzen befallenen Holz, ist weit verbreitet. Dieses Schauspiel ist aber heute in unseren Wäldern wegen der zunehmenden «Lichtvermutzung» eher selten zu erkennen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass leuchtendes Holz v.a. an ganz abgedunkelten Standorten (in Gruben und Bergwerken) beobachtet worden ist. Erste Belege reichen ins Jahr 1796 zurück.

Hintergrund

Der österreichische Botaniker und Pflanzenphysiologe Hans Molisch schrieb vor knapp hundert Jahren (Molisch, 1912): *«Es dürfte wenige physiologische Erscheinungen geben, die schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen in so hohem Grade erregt haben wie das Leuchten des Holzes. Namentlich in der Zeit des Aberglaubens übte der Anblick leuchtenden Holzes auf die Gemüter einen mächtigen Einfluss, und viele glaubten in dem in der Finsternis magisch leuchtenden Holze allerlei Spuk und Zauberei vermuten zu dürfen.»* Der Ursache für dieses Leuchten wurde ursprünglich dem Verfaulen des Holzes («Lichtfäule») zugeschrieben, hervorgerufen durch Oxidationsprozesse beim Faulprozess im Holz selbst (Heinrich, 1815). Es zeigte sich aber, dass der Grund für die Lichtemission im Befall des Holzes durch Pilze lag, v.a. durch *Armillaria mellea* (Hallimasch) (Molisch, 1912). Rhizomorphe Wachstumsformen des Pilzes (= Mycelbündel, die das Holz durchziehen und v.a. unterirdisch vorkommen) emittieren ein grünlich-weisses Licht. *«Das Licht wird überall gleich beschrieben als ruhig und gleichförmig anhaltend, bläulichgrün bis schön grün»* (Heller 1853). Der Pilzhut (Fruchtkörper) des Hallimasch zeigt aber kein Leuchten (Brandl 2000). Dazu berichtete Friedrich Ludwig (Ludwig 1901): *«An der Strasse, die von Greiz [Kreisstadt in Thüringen] nach dem idyllisch gelegenen Ida-Waldhaus führt, waren an einem Waldschlag, der von hallimaschkranken Fichten bestanden war, Wurzelstöcke ausgerodet und in Klaftern aufgeschichtet worden. Da das von dem Hallimaschpilz befallene Holz regelmässig leuchtet, bieten derartige Schläge in finsterner Nacht einen prächtigen Anblick und die Passanten ziehen öfter mit den leuchtenden Holzstücken*

vom Waldhaus nach Greiz heimwärts, was dem Beschauer wie ein gespenstischer Laternenzug erscheint. Als ich am 1. September vorigen Jahres mit den Herren William und C. Ficke und Oberlehrer Gutgesell den leuchtenden Schlag nachts ½11 Uhr bei grosser Dunkelheit aufsuchte, trafen wir das Holz der Stöcke, soweit das Hallimaschmycel und seine wurzelartigen Stränge (Rhizomorpha und Xylostroma) dasselbe durchwuchert hatten, in prächtigster Phosphorescenz und nahmen uns Stücke davon mit nach Hause. Vor uns hatten andere Personen leuchtende Stücke verloren, die noch am Weg leuchteten.» Der Grund für die Lichtemissions des Pilzes war lange Zeit unbekannt. Man vermutete «eine Art von Selbstverbrennung» oder «ein Vegetiren im Feuchten, ein Zersetzen des Wassers, ein damit gleichzeitiges, sanftes Verbrennen des frey werdenden Wasserstoffgases in der unterirdischen Atmosphäre zu erkennen» (Nees van Esenbeck 1823). Schon Francis Bacon erkannte aber, dass mit der Emission des Lichts keine Wärmestrahlung einherging. Er bemerkte dazu (Bacon 1620): «*Omne ignitum ita ut vertatur in ruborem igneum etiam sine flamma perpetuo calidum est; [...]* sed quod in proximo est videtur esse lignum putre, quod splendet noctu neque tamen deprehenditur calidum, [...]» (übersetzt ungefähr: «Alles was angezündet wird, geht in feuriger Röte auf und ist sogar ohne Flamme ständig heiss, [...] Was diesem am nächsten zu kommen scheint, ist faules Holz, welches in der Nacht leuchtet, sich aber trotzdem nicht heiss anfühlt;» [...])

Heute weiss man, dass das Licht aus einer Stoffwechselreaktion des Pilzes stammt, bei welcher in einer Luciferin/Luciferase-Reaktion Elektronen aus dem Pilzmetabolismus auf einen Akzeptor (Luciferin) übertragen werden, welcher dann durch ein Enzym (Luciferase) in der Gegenwart von Sauerstoff gespalten und dadurch in einen angeregten Zustand gebracht wird (Winkler & Sicher 1996). Schliesslich erfolgt der Übergang vom angeregten zurück in den normalen Zustand unter Emission von Licht mit einem Maximum bei ungefähr 525 nm.

Das Phänomen des leuchtenden Holzes wurde aber schon vom griechischen Philosophen Aristoteles (384 – 322 v. Chr.) und vom römischen Gelehrten Gaius Plinius Secundus (23 – 79 n. Chr.) erwähnt. Johann Florian Heller schrieb dazu (Heller 1853): «*Eines der interessantesten allliterarischen Daten, welches ich bisher auffinden konnte und unter den alten Autoren von wirklichem Werthe erscheint, ist die Mittheilung von Aristoteles (de anima Lit. II. Cap. VII.), dass nämlich manche Schwämme im Finstern einen leuchtenden Schein verbreiten sollen. Spätere Naturforscher läugneten es, bis man wieder bei Grubenbauten durch die Bergleute die schon von Aristoteles gemachte Beobachtung bestätigt fand.*»

«Phosphorescierendes Holz in den Gruben»

Gemäss Alexander von Humboldt (von Humboldt, 1799) war Johann Carl Freiesleben, damals Bergamtsassessor in Marienberg (später königlich sächsischer Oberberghauptmann), der erste, der 1796 in den Bergwerken von Freiberg die Lumineszenz von Rhizomorphen beobachtete. Von Humboldt berichtete dazu: «*Erst seit kurzem halte ich mich durch glaubwürdige Zeugen versichert, dass in den Gruben selbst phospho-*

rescierendes Holz gesehen worden ist. Alte Bergleute in der Marienberger-Bergamtsrevier haben diese seltne Erscheinung beobachtet, und ein allgemein geschätzter, vortreflicher Beobachter, Herr Freiesleben hat mir im Sommer 1796 Fragmente einer unterirdischen Pflanzen geschickt, welche er selbst leuchtend gefunden und frisch für mich gesammelt hatte. Diese Pflanze war ein Lichen filamentosus und meinem L. pinnatus nahe verwandt. An der Wirklichkeit dieses Phänomens ist demnach keineswegs zu zweifeln.» Von Humboldt stellte fest, dass des Temperaturoptimum für die Lichtemission des Holzes zwischen 8 und 15°C war, wogegen bei Temperaturen >32°C kein Leuchten mehr sichtbar war. Die Luftfeuchtigkeit schien einen geringen Einfluss auf das Leuchten auszuüben. Von Humboldt gelang es aber nicht, Komponenten zu isolieren, die auch ohne die Gegenwart von Holz Licht emittierten (Harvey 1957). Dies blieb «Bergrath und Bergamtsdirector» von Derschau aus Bochum vorbehalten, welcher in einem Brief die helle Lumineszenz von Holzstützen und Balken in einem Kohlebergwerk beschreibt; so hell, dass Lampen unnötig waren (Harvey 1957). Von Derschau bemerkte, dass das Licht ausschliesslich von schwarzen Linien und Streifen auf dem Holz stammt, welche von Hand abgekratzt werden konnten.

Von Derschaus Brief fand Eingang in eine Notiz des deutschen Botanikers Theodor Friedrich Ludwig Nees von Esenbeck (1787 – 1837), in welcher er die von Derschau beim Befahren eines Stollens gemachten Beobachtungen veröffentlichte (Nees von Esenbeck 1823): *«Mancherlei Hindernis, zum Theil auch die Furcht vor 20–30°R. [= 25 bis 38°C] Grubentemperatur, hielten mich ab, die Stöckerdreckbank [ein Steinkohlenflöz bei Sprockhövel südlich von Bochum, in welchem die Stock- und Scheerenberger Gruben liegen] in botanischen Absichten zu befahren, besonders in den Wintermonaten, welche, während es bei Ihnen in Bonn mild ist, dort in den Bergen einen recht nördlichen Charakter annehmen.*

Der Oberbergamts-Referendär, Hr. von Laroche, welcher gerade jenen Theil des Reviers bereiste, übernahm es daher, jene im Sommer von mir gemachte Beobachtung, dass die Rhizomorpha subterranea, besonders aber ihre äussersten Triebspitzen leuchten, oder einen phosphorischen Schein werfen, zu wiederholen und näher zu bestätigen.

Was ich selbst in dieser Hinsicht beobachtete ist Folgendes: Bei Gelegenheit meiner letzten Befahrung jener Grube, durchfuhr ich mit dem Steiger eine auf dem Flötze stehende, verzimmerte, etwa 200 Fuss unter der Oberfläche befindliche Vorrichtungsstrecke, welche durch ausserordentliche Wärme bei übrigens unverdächtigen leidlichen Wettern auszeichnet. Das stark faulende Holzwerk war dort, wie sonst hier häufig der Fall ist, mit den gewöhnlichen Arten unterirdischen Pflanzen und auch mit der genannten Pflanzenbildung überzogen.

Der Steiger bemerkte mir, dass man in dieser Strecke an einzelnen Stellen keiner Lampe bedürfe, indem das Holzwerk hinreichend leuchte. Die Grubenlichter wurden dann gelöscht, und es fand sich wirklich die Strecke stellenweise matt, aber dennoch so weit erleuchtet, dass man die zu nehmende Richtung erkennen konnte. Bei näherer Betrachtung fand ich das Holzwerk mit blaulich leuchtenden Linien und Puncten überzogen,

welche die einzelnen Thürstöcke und Kappen bezeichneten, und an einigen Stellen so hell schimmerten, dass man bei diesem Schein die Fläche meiner Hand wahrnehmen konnte. Meine Begleiter wollten dies dem faulenden Holz zuschreiben, so oft ich aber nach jenen leuchtenden Puncten griff gerieten immer Teile der Pflanze [...] in meine Hand. Eine noch nähere Untersuchung bewies mir, dass nur diese Pflanze [...] das Leuchten hervorbringe, und zwar besonders die End- und Triebspitzen derselben, welche letztere gewöhnlich weiss sind und zuweilen herunterhängen. Beim Zerreiben einer solchen Spitze in der Grube leuchteten die Finger einige Secunden lang. [...] Dieses merkwürdige Phänomen, das uns das Fortwachsen einer unterirdischen Pflanze mit Lichtentwicklung verbunden zeigt, wenn erhöhte Temperatur mitwirkt, verdient um so mehr unsre Aufmerksamkeit, je weniger hiebei, wie bei so vielen anderen Phosphoren, wegen des tiefen unterirdischen Stands an eine vorhergehende Insolation gedacht werden kann. Von dem herabsinternden Wasser getränkt, von der Atmosphäre der Gruben umgeben, muss uns die Rhizomorpha in ihrem Wachsthum zugleich chemisch wirksam erscheinen, – wie sie, ihre Umgebung zersetzend und theilweise mit sich verbindend, die Spur ihres Fortschreitens gleichsam mit kleinen Irrlichtern bezeichnet und in demselben Maasse abstirbt, in welchem sie durch eine Art von Selbstverbrennung, jene todte geschwärzte Rinde um sich selbst legt. [...]

Der Bonner Geologe und Oberbergrat Johann Jacob Nöggerath ergänzte die Publikation Nees von Esenbecks mit der Bemerkung: «Die Gewohnheit, Bergwerke nur mit Geleuchte zu befahren, ist vielleicht allein Ursache, dass diese auffallende Erscheinung nicht früher beobachtet wurde, und es wäre daher möglich, dass dieselbe auch in niedriger Temperatur statt fände. Das rheinische Oberbergamt in Bonn hat nicht allein die Aufmerksamkeit sämmtlicher Bergbehörden seines umfassenden Bezirks darauf durch ein Circularschreiben gerichtet, sondern durch Vermittlung der obersten Bergwerksbehörde in Berlin sind auch die Bergwerksbehörden in Schlesien und Preussisch-Sachsen von jenen Beobachtungen unterrichtet worden. Es steht daher zu erwarten, dass wir bald vollständige Aufklärung über aller erforschbaren Bedingungen dieses interessanten Phänomens erhalten werden.»

Später berichtete Freiesleben in einem Brief an Nöggerath vom 13. November 1824 über Beobachtungen des Königlich-Preussischen Bergrats Erdmann im März desselben Jahres beim Besuch der Steinkohlegruben Grossburgk in der Nähe von Dresden (Freiesleben 1825): «Die leuchtende Pflanze habe ich hier (in Burgk) in wundersamer Schönheit gefunden; ich werde den Anblick ihrer Herrlichkeit nie vergessen. Wie in ein Zauberschloss tritt man in das Ort, wo sie sich in solcher Menge befindet, dass sie Seitenstösse, Firste und Thürstöcke ganz übersponnen hat, und in ihrem strahlenden Phosphorglanze fast das Auge blendet. Der Schein, den sie verbreitet, ist wie blasses Mondenlicht, so dass zwei Personen, nahe zusammenstehend, die Umriss ihrer Körper erkennen können. Die Hand, vor den Stoss gehalten, kann man, nebst jeder ihrer Bewegung, deutlich erkennen. Die leuchtende Pflanze ist an sehr vielen Orten der hiesigen Gruben, doch von mir nur an einer einzigen Stelle leuchtend, gefunden worden, wo sie ungefähr sechs Lachter lang, theilweise Seitenstösse und Förste überzieht. Nach meinen Beobachtungen sind Nässe und starke Erwärmung der

Grubenluft Bedingnisse des Leuchtens; demnächst muss die Pflanze jung und an nicht zu faulem Holze, vielmehr an solchem, in welchem erst die Auflösung ihren Anfang nimmt, gewachsen seyn.»

Wiederum ergänzte Nöggerath diesen Bericht mit verschiedenen Bemerkungen: *«Die erhöhte Temperatur ist nicht absolute Bedingung des Leuchtens, aber sie steigert das Phänomen in so weit, als dasselbe vorzüglich von dem üppigen Wachsthum der Pflanzen mitabhängig ist und letzterer durch Wärme begünstigt wird. So sah ich unter andern das Leuchten nie schöner, als in den Blei- und Kupfergruben zu Berncastel an der Mosel, welche ich im verflossenen Herbst befuhr, und worin, durch eine heftig greifende Zersetzung geschwefelter Erze, die Temperatur der Luft und der Wasser sich stets auf einer unerträglichen Höhe befanden.»*

Johann Florian Heller griff Jahre später den Bericht von Derschau nochmals auf (Heller 1853) und erweiterte ihn mit eigenen Beobachtungen: *«Von Derschau war der erste welcher den leuchtenden Rhizormorphen in den Bergwerksbauten mehr Aufmerksamkeit schenkte und zu weiteren wissenschaftlichen Beobachtungen die Veranlassung gab. [...] Von Derschau bemerkte, dass die End- und Triebspitzen der Rhizomorphen besonders stark leuchten; eine Thatsache, die auch ich bestätigt habe, indem ich bereits oben erwähnte, dass selbst herabhängende Fäden und Verästelungen, also mit dem Holze nicht in unmittelbarer Berührung stehende Partien des Pilzes leuchten. Wenn man solche Theile des leuchtenden Pilzes mit den Fingern anfasst, so bleiben leuchtende Theile, namentlich die Sporen, an den Fingern kleben und es leuchten die Fingerspitzen lange fort.*

Zwei Arten der Pflanzengattung sind es vorzüglich, welche man in den Gruben und am Gehölze überhaupt findet, welche stark leuchten, nämlich Rhizomorpha aïdela (v. Humboldt) und Rh. stellata (v. Nees). Die Pflanzen kommen, wenn sie sich völlig ausbilden, bis zu einigen 20 Fuss langen Ranken, die sich längs der feuchten Zimmerung ziehen, vor. Sie kommt auch in sehr starker Ausbildung an manchen Stellen vor, wo man kein oder nur unbedeutendes Leuchten bemerkt, und dies sind immer trockene Stellen. Es ist ein ziemlich hohe Grad von Feuchtigkeit immer eine wesentliche Bedingung, dass das Leuchten eintrete. So ist auch etwas mehr Wärme eine besondere Beförderung doch keineswegs Bedingung des Leuchtens. So leuchten die Rhizomorphen nach meinen und Anderer Beobachtungen viel schöner in Gruben, wo die Temperatur höher ist und selbst über 20° R. [= 25°C] reicht: Ich selbst sah dies bei Pribram und Pilsen (Birkenberg, Klabava) in Böhmen so stark, dass man die Funzen (Grubenlichter) auslöschen konnte und dennoch ganz gut sehen konnte, um weiter zu gehen und die umstehenden Personen zu erkennen, ja selbst gewöhnliche Druckschrift lesen zu können. Vorzüglich kommen diese Rhizomorphen in Kohlengruben vor; ja man findet sie selbst auf Thonschiefer aufsitzen.» In der Publikation von Heller ist auch erstmals eine Abbildung des für das Leuchten verantwortlichen Pilzmycels zu finden (Abb. 1).

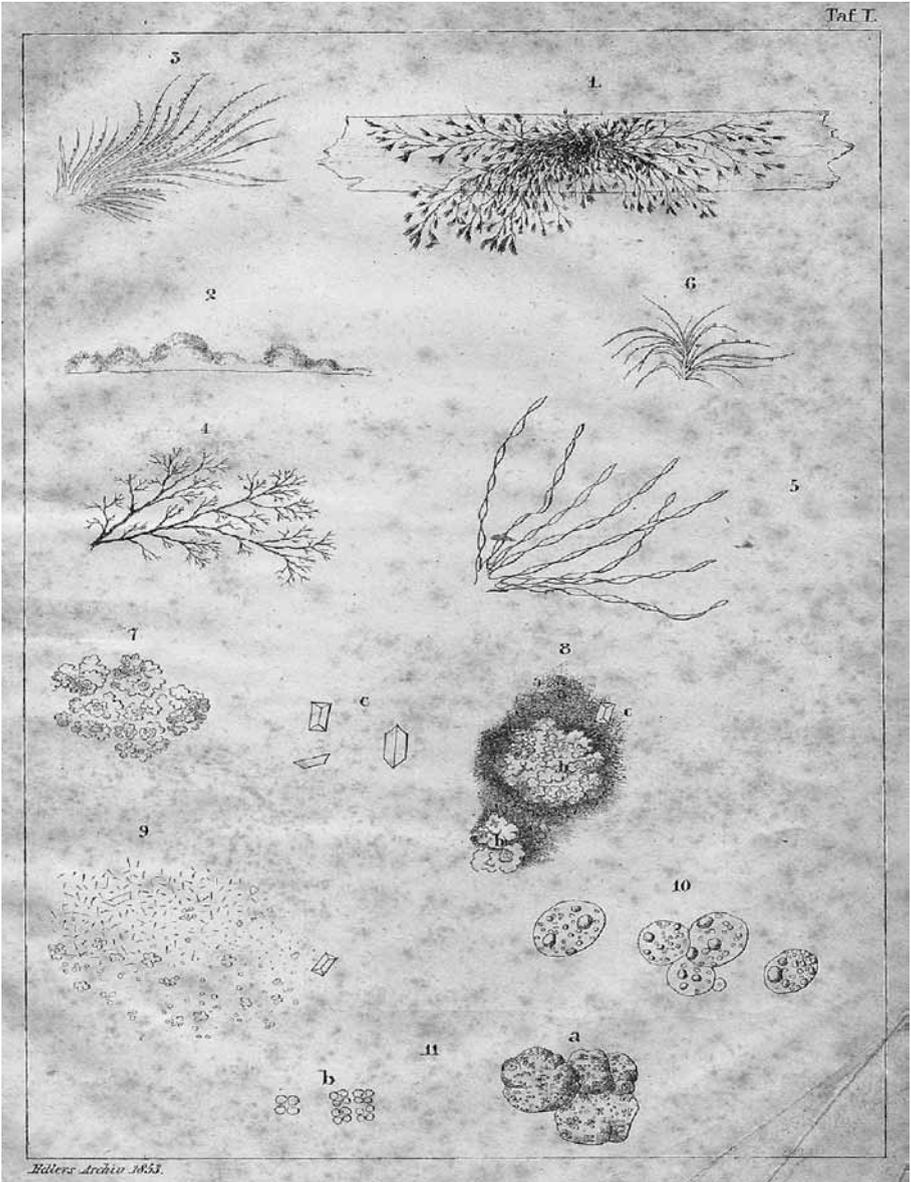


Abb. 1. Tafel (aus Heller 1853) mit den Erklärungen dazu: (1) *Leuchtender Pilz auf Holz (Pinus silvestris)*. Das Holz lag nach der Fällung in einem offenen Schoppen unter Dach. Es war somit noch nicht verwest. Der Pilz ist in natürlicher Grösse gezeichnet und stellt eine vom Holze herabhängende, aber dennoch leuchtende Gruppe vor. (2) Ebenfalls leuchtender Pilz aus dem Innern eines leuchtenden Stück verwesten Holzes (*Salix*) mit unbewaffnetem Auge zu sehen. (3) Leuchtender Pilz (*Rhizomorpha noctiluca*) auf verwestem Holz von *Pinus silvestris* bei 300maliger Diametralvergrößerung. [...]

Leuchtendes Holz in unseren Wäldern

Das Phänomen der Biolumineszenz (Lichterzeugung durch Tiere, Pflanzen, Pilze oder Bakterien) – in unserem Fall die «Lichtfäule» durch Pilze – ist weit verbreitet und leuchtendes Holz ist bei einem Spaziergang durch unsere Wälder leicht zu finden. Hans Molisch und Klaus Dobat geben eine einfache Beschreibung dafür (Molisch & Dobat 1979): *«Wenn man eine Umfrage halten würde, wie viele Menschen von Hundert leuchtendes Holz in der Natur gesehen haben, so würde sich nur eine verhältnismässig geringe Zahl dazu bekennen. Die meisten Menschen gehen nicht gern im finsternen Wald spazieren, und so bleibt es gewöhnlich dem Zufall überlassen, bis endlich jemand auf leuchtendes Holz stösst. Man hat es infolgedessen für eine grosse Seltenheit gehalten, aber zu Unrecht, denn es gelingt ziemlich leicht, sich solches Holz zu verschaffen: Löst man von alten, verwesenden Baumstümpfen z. B. der Kiefer (Pinus), der Fichte (Picea) oder der Eiche (Quercus) die Rinde ab und findet auf dem nackt zutage liegenden Holz schwarze «Adern» oder verzweigte schwarze Stränge, so ist es sehr wahrscheinlich, dass man leuchtendes Holz vor sich hat. Zuerst sammle man die schwarzen Stränge für sich, lege sie zwischen feuchtes Papier oder in eine Büchse und beobachte in der Nacht mit wohlausgeruhtem Auge. Dann wird man in vielen Fällen besonders die jungen, noch weiblichen Spitzen der schwarzen Stränge im Finstern leuchten sehen. Die Stränge sind das Dauermyzel (sog. Rhizomorpha) des schon genannten Hallimasch, aus dem die nicht leuchtenden Fruchtkörper hervorkommen.»*

Literatur

- BACON F. (1620) Novum organum. Liber secundus aphorismorum de interpretatione naturae sive de regno hominis. London.
- BRANDL H. (2000) Leuchtende Pilze und Pilzleuchtstoffe. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie 49(3):15-18.
- FREIESLEBEN (1825) Lichterscheinungen. I. Leuchten der Rhizomorphen. Journal für Chemie und Physik 44:65-73.
- HELLER J.F. (1853) Ueber das Leuchten im Pflanzen- und Thierreiche. Archiv für physiologische und pathologische Chemie und Mikroskopie 6: 44-54, 81-90, 121-137, 161-166, 201-216, und 241-251.
- HARVEY E.N. (1957) A history of luminescence from the earliest times until 1900. The American Philosophical Society, Philadelphia.
- HEINRICH P. (1815) Die Phosphoreszenz der Körper oder die im Dunkeln bemerkbaren Lichtphänomene der anorganischen Natur. Verlag Johann Leonhard Schrag, Nürnberg.
- LUDWIG F. (1901) Phosphoreszierende Tausendfüssler und die Lichtfäule des Holzes. Centralblatt für Bacteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. 2.Abt., 7:270-274.
- MOLISCH H. (1912) Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MOLISCH H., DOBAT K. (1979) Botanische Versuche und Beobachtungen mit einfachen Mitteln. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

NEES VON ESENBECK T.F.L. (1823) Correspondenz. Flora 6:115-123.

VON HUMBOLDT F.A. (1799) Ueber die unterirdischen Gase und die Mittel ihren Nachtheil zu mindern.
Verlag Friedrich Vieweg, Braunschweig.

WINKLER U.K., SICHER J. (1996) Die Biolumineszenz von Tieren, Pflanzen und Bakterien. Naturwissenschaften 83:312-320.

Adresse des Autors: PD Dr. Helmut Brandl
Universität Zürich
Institut für Umweltwissenschaften
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich
Tel. 044 635 61 25
Fax 044 635 57 11
Email: hbrandl@uwinst.uzh.ch