

Moose im Botanischen Garten Freiburg



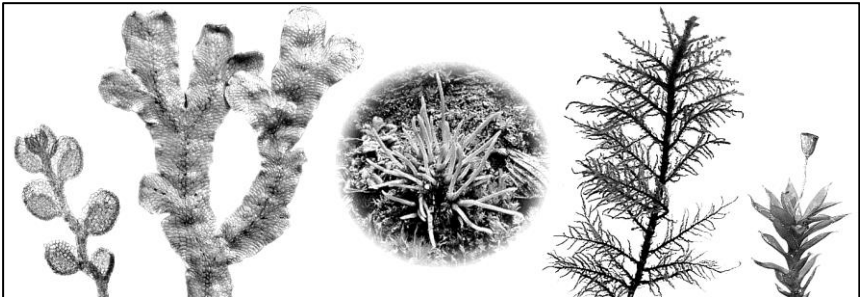
Botanischer Garten der Universität Freiburg
Schänzlestraße 1
79104 Freiburg
Tel.: 0761 2032872
Fax.: 0761 2032880
www.botanischer-garten.uni-freiburg.de

Öffnungszeiten:

Freiland	Täglich	08:00 bis 18:00 Uhr
Gewächshäuser	Montag bis Donnerstag Sonn- und Feiertag	12:00 bis 16:00 Uhr 14:00 bis 16:00 Uhr (Letzter Einlass jeweils 15:45 Uhr)

Inhalt

Was sind Moose	4
Die Moose im Botanischen Garten	6
Mooslebensräume im Botanischen Garten	6
Pflasterritzen und Wege	6
Mauern und Gesteine	7
Epiphytische Moose	9
Erdmoose	11
Gewächshäuser	13
Liste der im Botanischen Garten Freiburg gefundene Moosarten	14



Von links nach rechts: Lebermoose (*Cololejeunea*, *Conocephalum*),
Hornmoos (*Anthoceros*), Laubmoose (*Thuidium*, *Pottia*)

Was sind Moose?

Moose sind sehr einfach konstruierte Pflanzen und stehen morphologisch zwischen den Algen und den Gefäßpflanzen. Sie haben den Urozean verlassen, und als erste Lebewesen das feste Land besiedelt. Es gibt drei große Gruppen von Moosen (im weiteren Sinne): Laubmoose (Moose im engeren Sinne), Lebermoose und Hornmoose. Die drei Moosgruppen stellen getrennte, monophyletische Pflanzenabteilungen dar. Die Lebermoose sind als erste abgezweigt, danach die Laubmoose und schließlich die Hornmoose, die die Schwestergruppe der vaskulären Pflanzen darstellen.

Wie die Farne sind Moose Sporenpflanzen. Allerdings unterscheidet sich der **Generationswechsel** von Moosen und Farnen deutlich. Bei den Farnen wachsen aus den haploiden (einfacher Chromosomensatz) Sporen Prothallien (Vorkeime) mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen. Aus einem befruchteten Prothallium wächst dann die diploide (doppelter Chromosomensatz) Farnpflanze. In den Sporangien kommt es während der Sporenbildung dann zur Halbierung des Chromosomensatzes, so dass die Sporen wieder haploid sind. Die Moose unterscheiden sich vor allem dadurch, dass aus dem haploiden Protoneuma (aus keimenden Sporen entwickeltes Fädengeflecht) direkt die Moospflanze hervorgeht, diese also haploid ist. Auf der Moospflanze kommt es dann zur Befruchtung und es entsteht ein diploider Sporophyt (Sporenträger), in dem die haploiden Sporen gebildet werden.

Moose haben keine Wurzeln, kein Leitungssystem und keine Epidermis, besitzen im Gegensatz zu den Gefäßpflanzen also keine Organe zur Wasserversorgung und -regulierung. Ihre Blättchen sind oft nur aus einer Zellschicht aufgebaut. Wasser und Nährstoffe nehmen sie direkt über die Blattoberfläche in die Zellen auf. Bei Trockenheit verlieren sie das Wasser nahezu ungehindert. Allerdings besitzen sie die Fähigkeit des „**latenten Lebens**“, sie können in Sekunden ihre Zellstrukturen molekular so umbauen, dass die Trockenheit keine Schäden verursacht. In dieser „Trockenstarre“ ertragen sie dann auch extrem niedrige (bis -100° C) und hohe (über 70° C) Temperaturen und können wochen-

monatelang unbeschadet in diesem Zustand ausharren. Bei Befeuchtung sind sie nach wenigen Sekunden (!) wieder zur Photosynthese fähig.

Aus diesem Grund sind Moose in der Lage **extreme Standorte** zu besiedeln. Es gibt Moose an exponierten Felsen in der Nivalstufe der Hochgebirge mit extremen Temperaturunterschieden, austrocknenden Winden und minimalen Wasser- und Nährstoffangeboten. Man findet Moose auch noch in Wüsten, wo sie, von Sand fast bedeckt, monatelang auf Wasser warten. Bei Befeuchtung schieben sie mittels quellender Zellstrukturen den Sand beiseite und nutzen die Feuchtigkeit, solange sie anhält. Einige dieser Moose wachsen bei uns am Kaiserstuhl an Lößwänden. Bei Trockenheit sieht man sie kaum, da sie halb von Löß bedeckt sind.

Natürlich sind Moose nicht auf Extremstandorte beschränkt. Auch sie bevorzugen Standorte mit guter Wasser- und Nährstoffversorgung. Allerdings geraten sie da in **Konkurrenz** mit den Gefäßpflanzen und werden bei geeigneten Bedingungen von diesen schlicht überwachsen. Durch ihren einfachen Bau (einfache, nicht regulierbare Wasserversorgung, kein Stützgewebe) sind die Moose den Gefäßpflanzen im Längenwachstum deutlich unterlegen. Sie wachsen deshalb v.a. in Nischen, in welche die Gefäßpflanzen nicht vordringen können. Das sind zum Beispiel der dunkle Waldboden, das nährstoffarme Moor, die trockene Heide, der schnellfließende Gebirgsbach und die kalte und nährstoffarme alpine Quellflur. Es sind aber auch Kleinstandorte wie Totholz, die Rinde lebender Bäume, die Oberfläche von Steinen und Mauern und die Ritzen von gepflasterten Straßen und Wegen. Wer die Natur aufmerksam beobachtet, wird viele Mooslebensräume entdecken. Nicht jede Art kann an jedem Standort leben, oft sind es ganz bestimmte Arten, die sich an spezielle Lebensräume angepasst haben.

Die Moose im Botanischen Garten Freiburg

Es gibt weltweit etwa 15 - 20.000 Moosarten, 1.600 sind es in Europa und ungefähr 1.200 in Deutschland. Auf den 100 km² (10.000 ha) des Messtischblattes TK 7913, auf dem der Botanische Garten liegt, sind derzeit etwa 300 Moosarten bekannt. Auf den knapp 4 ha Gelände des Botanischen Gartens konnten bisher über 75 Arten nachgewiesen werden. Das erscheint für einen Botanischen Garten zunächst nicht viel. Allerdings wurde keine der gefundenen Moosarten gepflanzt, es sind nur die wild vorkommenden Arten und das ist auf einer so kleinen Fläche eine recht hohe Zahl, vor allem, wenn man bedenkt, dass der Garten auf dem jetzigen Gelände erst etwas über 100 Jahre existiert.

Mooslebensräume im Botanischen Garten Freiburg

Pflasterritzen und Wege

Wenn man den Botanischen Garten von der Schänzlestraße her betritt, läuft man über Moos. Die Zwischenräume der runden Betonpflaster sind mit Moosen bewachsen. Da die Pflanzen hier einer ständigen Trittbelastung ausgesetzt sind, bleibt ihr Höhenwachstum minimal. Sie ducken sich zwischen die schützenden Pflastersteine.



Sobald sich eine Moospflanze über die Steine hinausreckt, wird sie durch die darüber laufenden Schuhe abgerissen. Dies ist zum einen ein Schaden, zum anderen aber eine Chance: die abgerissenen Sprosse können in einer unbesiedelten Ritze weiterwachsen. So breiten sich die Arten recht schnell über die ganze Fläche aus. Unterstützt wird die Ausbreitung dadurch, dass die meisten hier wachsenden Moosarten Brutkörper in ihren Blattachseln bilden. Diese Brutkörper werden durch herumlaufende Füße leicht ausgebreitet. Ursprünglich ist dies eine Anpassung an ständig wechselnde Standorte wie zum Beispiel Flussufer, die durch eine solche vegetative Ausbreitung sehr schnell besiedelt werden können. In den Bereichen der stärksten Trittbelastung sind die einzelnen Moosarten nur schwer zu erkennen, da sie lediglich in Kümmerformen vorkommen. Am Wegrand und zwischen Hindernissen, wo die Trittbelastung minimal ist, entwickeln sich die Arten optimal und kommen gelegentlich sogar zur Bildung von Sporenkapseln. Am häufigsten findet man auf den Wegen die Arten *Barbula convoluta*, *Ceratodon purpureus*, *Bryum barnesii*, *Bryum rubens* und *Bryum argenteum*. Letztere Art ist fast immer vertreten und gilt als Charakterart dieses Lebensraumes. Sie ist leicht zu erkennen, da die Blattspitzen entfärbt sind und das Moos daher einen silbrigen Glanz erhält, woher auch der deutsche Name Silbermoos stammt.

Mauern und Gesteine

Auf Mauerkronen und Felsbändern, in Mauerritzen und Felsspalten kann sich Feinerde ansammeln, was das Vorkommen von Gefäßpflanzen ermöglicht. Diese vermögen jedoch nicht, die senkrechte Mauer



Mauermoose auf den Betonpfosten der Umgebungsmauer und auf Steinblöcken im Botanischen Garten

oder den bloßen Fels zu besiedeln, wozu aber Moose in der Lage sind. Sie besitzen dafür Haftorgane, die haarfeinen Rhizoide, mit denen sie sich an kleinsten Unebenheiten anklammern können. Da sie das Wasser über die Blattoberfläche aufnehmen, brauchen sie auch keinen Boden, in den sie Wurzeln versenken müssten.

Hat sich ein Moos einmal an einer Mauer oder einem Fels angesiedelt, werden durch die feine Blattstruktur Feinstaub und gröbere Partikel aus der Luft herausgefiltert. Dieses Feinmaterial bleibt zwischen den Blättchen hängen. Mit der Zeit sammelt sich so immer mehr Feinerde unter dem Moospolster, die dann als Vorratsspeicher für Nährstoffe und Wasser dient. Eine junge Moospflanze auf Gestein hat es am Anfang schwer und wächst nur sehr langsam. Hat sie dann eine gewisse Größe erreicht und beginnt Feinmaterial zu sammeln, wird sie schnell kräftig und übersteht auch schlechte Zeiten.

Bei Gesteinsmoosen lassen sich Arten basenarmer und basenreicher Standorte unterscheiden. Mauern sind in der Regel basenreich, auch die Betonpfeiler um den Botanischen Garten. Die Steinblöcke des Alpiums und einiger Beetumfassungen sind überwiegend aus Kalk, also auch basenreich. Einige Blöcke im Alpinum sind zwar aus basenarmem Gestein, die Umgebung ist jedoch basenreich und daher auch die Stäube, weshalb hier auch auf den basenarmen Steinen nur basenzeigende Moose wachsen. Es sind meist typische Mauermoose (man kann sie in jeder Stadt Europas antreffen), die auf den Steinblöcken wie auf den Betonpfosten vorkommen, nämlich *Grimmia pulvinata*, *Orthotrichum anomalum*, *Tortula muralis* und *Schistidium crassipilum*. An etwas schattigen Stellen und unter Bäumen kommen *Homalothecium serice-*



Grimmia pulvinata



Schistidium crassipilum

um, *Bryum capillare*, *Hypnum cupressiforme* und *Brachythecium rutabulum* dazu. Unter Bäumen finden sich vereinzelt auch epiphytische Moose auf Mauern und Gestein, meist sind es *Orthotrichum affine* und *Tortula papillosa*. Auf den Kalksteinblöcken finden sich außerdem typische Kalkmoose. Häufig sind dies *Tortella tortuosa* und *Tortella inclinata*. An zwei Stellen im Botanischen Garten konnte außerdem *Pseudocrossidium revolutum* nachgewiesen werden, eine im Oberrheingebiet seltene Art. Vermutlich wurde das Moos mit den Steinblöcken eingebracht.

Epiphytische Moose

Die Rinde lebender Bäume hat für die Besiedelung durch Moose einige Gemeinsamkeiten mit Felsen. Der Lebensraum erhebt sich über den Boden und ist damit der Konkurrenz der Bodenvegetation entzogen und es gibt kein bewurzelbares Substrat, weshalb Gefäßpflanzen (zumindest in unseren Breiten) den Lebensraum nicht besiedeln. Allerdings sind nicht alle Baumarten gleich günstig als Wuchsort für Moose. Einige Baumarten wie Birke, Erle und fast alle Nadelbäume besitzen eine sauer reagierende Rinde. Hier können nur säuretolerante Moosarten wachsen. Andere Bäume sind weniger sauer bis neutral oder sogar etwas basisch. Entsprechend werden die Bäume von verschiedenen Moosarten besiedelt. Es sind aber nicht nur die Baumarten verschieden. Die Baumindividuen scheinen ganz unterschiedlich geeignet für Epiphytenvorkommen zu sein. In einer Gruppe von identischen Buchen mit identischem Mikroklima ist oftmals nur eine mit Moosen bewachsen. Die anderen besitzen offenbar einen Borkenchemismus, der Moosen nicht zusagt. Bei einem Gang durch den Botanischen Garten findet man nur vereinzelt Bäume, die üppiges Mooswachstum zulassen. Dafür sind es jedoch über 30 Arten (mehr als ein Drittel aller Moosarten im Botanischen Garten), die auf den wenigen Bäumen mit idealen Bedingungen vorkommen.



Epiphytenbaum

Epiphytische Moose sind gute Zeigerpflanzen für Luftqualität und Klima, da sie der Luft sehr direkt ausgesetzt sind. Der Epiphytenbewuchs kann sich bei wandelnden Bedingungen innerhalb weniger Jahre vollständig verändern. In den 1970er Jahren waren epiphytische Moose (und Flechten) aus den Städten fast völlig verschwunden. Nahezu alle diese Arten standen auf der Roten Liste und kamen nur noch in wenigen Reinluftgebieten vor. Der Hauptverursacher für den Rückgang der Moose war der Schwefel aus Braunkohle, Benzin und Industrieabgasen. Seit man ihn weitgehend aus den Luftemissionen verbannt hat, kommen die Arten wieder zurück.

Die artenreichste Moosgattung unter den Epiphyten in Europa ist *Orthotrichum*. Die über 30 Arten sind als Zeigerarten gut geeignet, da jede Art bestimmte ökologische Präferenzen besitzt und aus der Vergesellschaftung einer Gruppe dieser Arten Aussagen über den Standort möglich sind. An den Bäumen des Botanischen Gartens kommen 13 *Orthotrichum*-Arten vor. Die häufigste ist *Orthotrichum affine*, es ist die Art mit der weitesten ökologischen Amplitude. Daneben gibt es *Orthotrichum diaphanum*, ein Nährstoffzeiger, der ganz typisch für Stadtgebiete ist. *Orthotrichum pumilum* ist ein Licht- und Trockenheitszeiger, der in den eher trockenen Stadtlandschaften ebenfalls typisch ist. Der Schwerpunkt der Verbreitung der Art liegt in Gebieten mit mediterranem Klima, wie auch bei *Orthotrichum tenellum*, einer Art, die aus Südwesten nach Deutschland vordringt und im Freiburger Raum in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. *Orthotrichum pallens*, *O. striatum*, *O. stramineum* und *O. speciosum* sind eher montane Arten, die zeigen,



Orthotrichum tenellum



Orthotrichum rogeri

dass der Botanische Garten am Fuß des Schwarzwaldes liegt und z.B. durch nächtliche Abkühlung klimatisch durch die Berge beeinflusst ist. Im Botanischen Garten konnte außerdem *Orthotrichum rogeri* nachgewiesen werden. Die europaweit geschützte und seltene Art besitzt ganz eng definierte, klimatische und mikroklimatische Standortsansprüche. Der Südschwarzwald und der Freiburger Raum scheinen für die Art besonders günstig, da sie hier mehrere Vorkommen besitzt und vermutlich hier ihren weltweiten Verbreitungsschwerpunkt hat.

Erdmoose

Moose gedeihen auf Erde sehr gut. Da hier aber auch Gefäßpflanzen gut wachsen, ist die Konkurrenz groß. Erdmoose findet man daher nur dort, wo das Wachstum der Gefäßpflanzen eingeschränkt ist, wie zum Beispiel auf bewegter Erde nach einem Erdbeben, nach einer Überschwemmung, aber auch nachdem ein Maulwurf einen Haufen aufgeworfen hat. Die Sporen von Pioniermoosen sind weit verbreitet in der Luft und auch bereits in der Erde. Innerhalb weniger Wochen können die Moospioniere solche Standorte begrünen. Zu den ersten Besiedlern der Standorte gehören *Fissidens bryoides*, *Fissidens dubius* und Moose der Pflasterritzen wie *Bryum argenteum* und *Ceratodon purpureus*. Im Botanischen Garten gibt es viele solcher Standorte, da in den Beeten durch Unkrautjäten die Erde ständig bewegt wird. Unscheinbare Erdbewegungen gibt es auch sonst vielerorts, nämlich durch die kleinen Häuf-



Fruchtendes Silbermoos
(*Bryum argenteum*) zwischen Kies am
Rand eines Weges.

chen, die der Regenwurm ausscheidet. Die Konsistenz dieser Erde ist ideal für das Wachstum von *Fissidens bryoides*. Wenn die Erde länger ruht, kommen nach und nach mehr Arten hinzu, bis dann auch die Gefäßpflanzen solche Standorte erobern und mit der Zeit die Moose deren Konkurrenz unterliegen.

Ein wesentlicher Faktor bei der Konkurrenz zwischen Moosen und Gefäßpflanzen ist das Licht. Natürlich benötigen auch Moose Licht zum Wachsen, allerdings können sie mit wesentlich weniger auskommen als die Gefäßpflanzen. Daher ist der dunkle Waldboden ein günstiger Lebensraum für Moose. Wenn die Laubwälder im Herbst ihre Blätter verlieren, kommt für die Moose zusätzlich eine lichtreiche Zeit, die sie zum Wachsen nutzen können, falls sie nicht durch das fallende Laub zugedeckt werden. Im Botanischen Garten findet man Erdmoose fast flächendeckend in den Wiesen unter dem dichten Laubdach der großen nordamerikanischen Laubbäume im Nordosten des Gartens. Etwaige Konkurrenz von Gefäßpflanzen wird durch regelmäßiges Rasenmähen unterdrückt und fallendes Laub wird entfernt. Es sind vor allem die Arten *Plagiomnium undulatum*, *Eurhynchium praelongum*, *Climacium dendroides* und *Atrichum undulatum*, die hier zu finden sind. Auf offenen Rasen wächst europaweit und auch im Botanischen Garten das Moos *Rhytidiadelphus squarrosus*. Im kurz gemähten Rasen hat diese schnellwachsende Art eine Chance, wenn die Luftfeuchtigkeit durch schwache Beschattung (einzelne Bäume, Mauer, Nordhang) etwas erhöht ist.



Plagiomnium undulatum



Eurhynchium praelongum



Climacium dendroides



Atrichum undulatum

Gewächshäuser

Die Lebensräume in den Gewächshäusern sind prinzipiell den Lebensräumen im Freiland ähnlich, nur dass zusätzlich verschiedene Klimaverhältnisse simuliert werden. In anderen Botanischen Gärten sind zum Teil viele Moosarten aus fremden Regionen der Erde mit den eingeführten Pflanzen eingebracht worden. In Freiburg sind es im Wesentlichen nur heimische Arten, die in den Gewächshäusern vorkommen.

Besonders auffällig sind die Moose im Farnhaus. Die andauernde hohe Luftfeuchtigkeit ist ideal für große Lebermoose wie *Conocephalum conicum*, *Pellia epiphylla* und *Lunularia cruciata*. Letztere Art kommt ursprünglich aus dem Mittelmeerraum und wächst dort an luftfeuchten Stellen über Felsen und auf Erde. Seit längerem schon ist das Moos in die mitteleuropäischen Gewächshäuser vorgedrungen, wo es geeignete Bedingungen findet. Seit das Klima hier milder wird, ist die Art aus den Gewächshäusern in die freie Landschaft entwichen und gehört in Süddeutschland mittlerweile zur heimischen Flora.

In den anderen Schaugewächshäusern findet man nur vereinzelt Moose auf den Mauern und auf Erde. Auf den Mauern handelt es sich um *Tortula muralis* und auf Erde sind es meist *Leptobryum pyriforme* und *Amblystegium serpens*.



Lunularia cruciata

Liste der im Botanischen Garten Freiburg gefundenen Moosarten

(mit Hinweise auf die Lebensräume: P = Pflasterritzen und Wege; M = Mauern und Gestein; E = Epiphytisch; B = ErdBoden; G = Gewächshäuser)

Lebermoose	
<i>Conocephalum conicum</i> , G	<i>Metzgeria furcata</i> , E
<i>Frullania dilatata</i> , E	<i>Pellia endivifolia</i> , B
<i>Marchantia polymorpha</i> , B, G	<i>Pellia epiphylla</i> , B, G
<i>Lunularia cruciata</i> , P, G	<i>Radula complanata</i> , E
Laubmoose	
<i>Amblystegium serpens</i> , M, E, B, G	<i>Ceratodon purpureus</i> , P, M, B, G
<i>Atrichum undulatum</i> , B	<i>Cirriphyllum crassinerve</i> , M
<i>Barbula convoluta</i> , P, B	<i>Climacium dendroides</i> , B
<i>Barbula unguiculata</i> , P, B	<i>Cratoneurum filicinum</i> , P
<i>Brachythecium albicans</i> , B, G	<i>Dicranella heteromalla</i> , B
<i>Brachythecium populeum</i> , M	<i>Dicranoweisia cirrata</i> , E
<i>Brachythecium rutabulum</i> , P, M, E, B	<i>Didymodon luridus</i> , M
<i>Brachythecium salebrosum</i> , M, B, G	<i>Didymodon fallax</i> , M, B
<i>Brachythecium velutinum</i> , B, G	<i>Didymodon insulanus</i> , P, B
<i>Bryum argenteum</i> , P, B	<i>Didymodon sinuosus</i> , M
<i>Bryum barnesii</i> , P, B	<i>Eurhynchium hians</i> , B
<i>Bryum capillare</i> , M, E, G	<i>Eurhynchium praelongum</i> , B, G
<i>Bryum rubens</i> , P, B	<i>Fissidens bryoides</i> , B, G

<i>Fissidens cristatus</i> , B, G	<i>Pottia truncata</i> , B
<i>Grimmia pulvinata</i> , M, E	<i>Plagiothecium laetum</i> , G
<i>Homalothecium lutescens</i> , M, B	<i>Platygyrium repens</i> , E
<i>Homalothecium sericeum</i> , M, E	<i>Pseudocrossidium hornschuchianum</i> , B
<i>Hypnum cupressiforme</i> , M, E, B	<i>Pseudocrossidium revolutum</i> , M
<i>Leptobryum pyriforme</i> , G	<i>Pylaisia polyantha</i> , E
<i>Orthotrichum affine</i> , M, E	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> , B
<i>Orthotrichum anomalum</i> , M, E	<i>Schistidium crassipilum</i> , M
<i>Orthotrichum diaphanum</i> , E	<i>Schistidium elegantulum</i> , M
<i>Orthotrichum lyellii</i> , E	<i>Schistidium robustum</i> , M
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> , E	<i>Scleropodium purum</i> , B
<i>Orthotrichum pallens</i> , E	<i>Tortella inclinata</i> , M, B
<i>Orthotrichum patens</i> , E	<i>Tortella tortuosa</i> , M
<i>Orthotrichum pumilum</i> , E	<i>Tortula laevipila</i> , E
<i>Orthotrichum rogeri</i> , E	<i>Tortula muralis</i> , M, G
<i>Orthotrichum speciosum</i> , E	<i>Tortula pagorum</i> , E
<i>Orthotrichum stramineum</i> , E	<i>Tortula papillosa</i> , E
<i>Orthotrichum striatum</i> , E	<i>Tortula viridis</i> , E
<i>Orthotrichum tenellum</i> , E	<i>Tortula ruralis</i> , P, B
<i>Plagiomnium affine</i> , B	<i>Ulota bruchii</i> , E
<i>Plagiomnium undulatum</i> , B	<i>Ulota crispa</i> , E

Herausgegeben vom Botanischen Garten der Albert-Ludwigs-
Universität Freiburg i. Br.

Direktor: Prof. Dr. Thomas Speck

Text: Michael Lüth

Layout & Herstellung: Katja Stauffer

Titelbild: *Orthotrichum anomalum*

2019 überarbeitet und erweitert