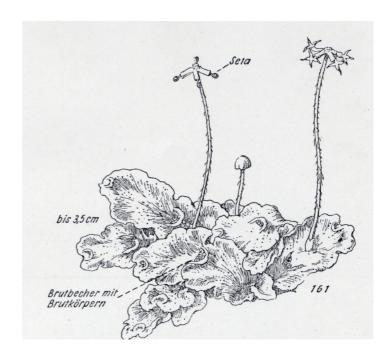
# Landeshauptstadt Hannover



## Schulbiologiezentrum



# 6.12

Das Mondbecher-Lebermoos (Lunularia cruciata) Ein Biodindikator für den "Klimawandel"?

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover

Schulbiologiezentrum

### Impressum:

Titel: Das Mondbecher-Lebermoos (Lunularia cruciata)

Ein Indikator für den "Klimawandel"?

Arbeitshilfe Nr. 6.12

Verfasser: Ingo Mennerich

Titelbild: Aus Weymar, Buch der Moose

mit freundlicher Genehmigung des Ulmer-Verlages, Abbildungen:

der Australian National Botanic Gardens.

und des New Zealand Electronic Text Centres

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover

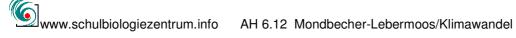
Fachbereich Bibliothek und Schule

Schulbiologiezentrum Vinnhorster Weg 2 30419 Hannover

Tel: 0511/168-47665 Fax: 0511/168-47352

E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de

Internet: www.schulbiologiezentrum.info



## Inhalt

Vorwort	4
Das Mondbecher-Lebermoos (Lunularia cruciata)	5
Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen Lebermoosen	7
Wo das Mondbecher-Lebermoos lebt	8
Wie sich Moose fortpflanzen)	9
Vegetative Vermehrung	10
Sexuelle Fortpflanzung	11
Sexuelle Fortpflanzung des Moosbecher-Lebermooses und das Klima	12
Das Mondbecher-Lebermoos in Kultur	15
Literatur	16



#### Vorwort

Dürfen wir Sie zur Moosblüte zu uns in den Mondbecher-Weg einladen? Nun, was zunächst vielleicht so klingen mag wie der Versuch, ihnen eine Briefmarkensammlung näher zu bringen, hat durchaus einen ernsten, schulbiologischen Hintergrund...

Den Mondbecher-Weg gibt es tatsächlich bei uns, zumindest inoffiziell. Auf ihm wächst das Mondbecher-Lebermoos, klein, grün, unscheinbar und von den wenigsten wahrgenommen. Dieses Moos könnte ein Indikator für den so genannten Klimawandel sein. Denn: Das Mondbecher-Lebermoos auf dem Weg ist möglicherweise aus unseren warmen und frostfreien Gewächshäusern "geflüchtet" und "blüht" vielleicht bald auch im Freiland. Um ehrlich zu sein: Wir haben es bisher noch nicht blühen sehen und können das eingangs Versprochene noch nicht einlösen. Aber das könnte sich ändern.

Wer aber kennt schon Moose oder interessiert sich dafür? Und, blühen Moose überhaupt und wenn ja, dann wie? Und was haben wir davon, wenn wir das wissen?

Wir wollen mit dieser Arbeitshilfe zwei Ziele verwirklichen: Zum Einen möchten wir Ihnen ein Beispiel für die oft vergessenen und nicht wahrgenommenen so genannten "Niederen Pflanzen" näher bringen. Die niederen Pflanzen haben die Erde vom Anbeginn des Lebens bis heute begleitet und sind viel, viel älter als wir Menschen. Sie haben vieles "erfunden", für das wir ihnen eigentlich dankbar sein sollten, wie zum Beispiel die Photosynthese oder die Sexualität. Das hier vorgestellte Lebermoos steht auf einer Entwicklungsstufe die an den ersten "Landgang" der Pflanzen im Silur und Devon vor rund einer halben Milliarde Jahren ähneln. Zur Zeit der Saurier waren die Lebermoose bereits "alt". Sie haben, anders als die Saurier und möglicherweise einst der Mensch, alle von uns so genannte "Katastrophen" überlebt. Machen Sie die Probe und lassen einmal ein Moos richtig austrocknen. Legen Sie es ins dunkle Eisfach ihres Kühlschranks. Viele Moose werden diese Tortur überleben.

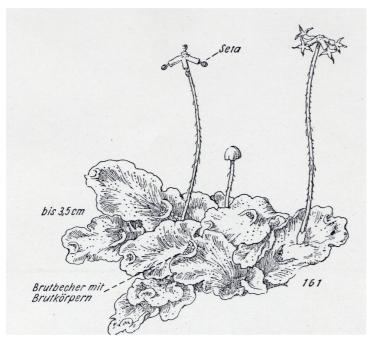
Moose werden zumeist als unangenehmes, den Rasen verunzierendes Unkraut wahrgenommen und mit "Moos-Ex" bekämpft oder am Wochenende im Bewusstsein dass "der Nachbar ja immer zuschaut" mit dem Küchenmesser aus den Pflasterfugen gekratzt. Wer denkt dabei darüber nach, dass die Moose mit ihrer komplizierten Entwicklung mit vegetativer und sexueller Fortpflanzung Vorläufer aller heutigen Blütenpflanzen sind? Und darüber, dass sie ein Naturpark im Miniformat für eine Unzahl von anderen unscheinbaren, aber spannenden Lebewesen sind. Wer je das Glück hatte, unter dem Mikroskop ein Bärtierchen aus einem Moospolster hervorkrabbeln zu sehen wird Moose anders sehen als zuvor. Solche Gelegenheiten sind in der Regel nicht zufällig! Man muss darauf gestoßen werden und welcher Platz wäre besser dafür geeignet als die Schule?

Der zweite Anlass ist der so genannte "Klimawandel" der heute in aller Munde ist und vor allem eine anthropozentrische Sichtweise darstellt. Klimawandel hat es immer gegeben und was Knut, dem Eisbären möglicherweise nicht gut tut ist für andere Lebewesen wie etwa die Tigermücke durchaus positiv. Denken wir daran: Wir sind nicht allein auf dieser Erde.

Das Mondbecher-Lebermoos pflanzt sich bei uns in Deutschland in der Regel vegetativ wie die Kartoffel durch in halbmondförmigen Brutbechern entstehenden "Brutkörper" fort und kennt keinen Sex. Das ist in wärmeren Ländern, und daher stammt das Mondbechermoos, ganz anders. Da vollzieht sich, ganz offen, ein komplizierter so genannter heterophasischer heteromorpher Generationswechsel und die männlichen Mondbechermoose "haben" etwas mit ihren weiblichen "Partnern". Nun mehren sich die Meldungen, dass das Mondbecher-Lebermoos auch in Deutschland sexuell aktiv wird. Das ist relativ einfach festzustellen und bietet unter Umständen auch in der Schule eine Möglichkeit, dieses Moos als leicht verfügbaren Bioindikator für den Klimawandel zu nutzen.

Das deutsche Mondbecher-Lebermoos wird mit dem Sex vielleicht noch warten müssen, vielleicht auch nicht. Wir würden Ihnen mit dem "Fall Lunularia" in jedem Fall gerne ein Auge öffnen für Veränderungen, die sich langsam und im Kleinen vollziehen oder auch nicht. Vielleicht kann uns Lunularia, das Mondbecher-Lebermoos zeigen, ob und wie sich das Klima verändert. Oder uns zeigen, dass das schon immer so war…?

## **Das Mondbecher-Lebermoos (Lunularia cruciata)**



Mondbecher-Lebermoos Lunularia cruciata

weibliche Pflanze

Abbildung aus Herbert Weymar, Das Buch der Moose, Neumann-Verlag, Radebeul 1956

Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Ulmer Verlages



Lunularia cruciata (Mondbecher-Lebermoos) mit Brutbechern

Foto: Heino Lepp, Australian Bryophytes, Australian National Botanic Gardens, Australian National Herbarium Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Australian National Botanic Gardens



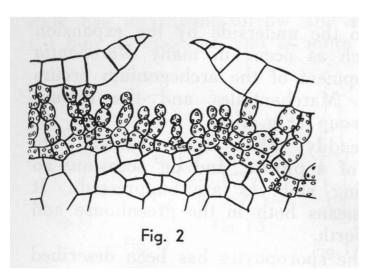
Das Mondbechermoos, genauer das Mondbecher-Lebermoos, ist ein flach auf dem Erdboden wachsendes, unscheinbares, thallöses (lagerförmiges), satt-grünes, glänzendes und auf den ersten Blick sehr einfach strukturiertes Pflänzchen. Es besteht aus kleinen, wenige Millimeter bis wenige Zentimeter großen, beidseitig grünen Lappen und gehört zu den Lebermoosen, die ihren Namen zum Einen aufgrund ihrer an eine Leber erinnernde Form, zum Anderen über die Signaturenlehre der mittelalterlichen Heilkunst erhielten. Danach bestimmte – kurz gesagt – die Form der Pflanze die Anwendung in der Medizin, hier zum Kurieren von Leberkrankheiten. Unter den Lebermoosen gibt es thallöse (lappenartige) Formen, wie das Mondbecher-Lebermoos, und foliose (beblätterte) Formen. Ein Beispiel für foliose Lebermoose sind die Gattungen Lophocolea, Calypogeia oder Plagiochila die bei uns vorzugsweise in Fichtenforsten auf morschem Holz, etwa auf verrottenden Baumstümpfen häufig sind. Lebermoose sind auf den ersten Blick viel einfacher gebaut als die mit Stängel, Blättchen und

Lebermoose sind auf den ersten Blick viel einfacher gebaut als die mit Stängel, Blättchen und den vom Laien als "Blüte" bezeichneten Sporenbehältern versehenen Laubmoose.

Die thallösen Lebermoose sind, anders als die foliosen Lebermoose und die Laubmoose nicht in Stiel und Blättchen gegliedert sonder ähneln in ihrem Habitus einfachen Lagerpflanzen, wie heute noch lebenden einfachen Algen (z.B. dem Meersalat Ulva lactuca). Solche Lagerpflanzen gehörten zu den ersten Pflanzen, die im Silur/Devon an Land gingen.

Lunaria cruciata ist im Aufbau deutlich differenzierter als der Meersalat und enthält entsprechend mehr Zelltypen. So ist der Thallus aus mehreren Schichten aufgebaut. Anders aber als bei den höheren Pflanzen ist bei den Moosen ein nach außen isolierendes Abschlussgewebe (Kutikula) nicht oder nur schwach entwickelt.

Unter dem Binokular entdeckt man eine mehr oder weniger deutliche Felderung der Oberseite. In der Mitte jeweils eines Feldes erhebt sich ein pustelförmiger grüner Hügel der sich bei näherer Untersuchung als schornsteinartige Atemöffnung zeigt. Die "Felder" an der Oberfläche bilden die Grenzen jeweils einer abgeschlossenen Luftkammer die im Inneren von senkrechten Zellstapeln eingenommen wird. Die Atemöffnung kennzeichnet die Mitte dieses Raumes.



Lunularia cruciata:

# Atemöffnung mit darunter liegender Luftkammer

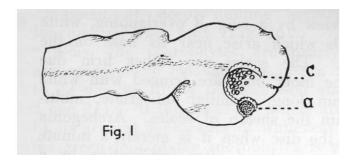
#### Quelle:

Ella O. Campbell, Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965

http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-d4.html

Abdruck mir freundlicher Genehmigung: NZETC, New Zealand Electronic Text Centre, http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html, http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz

Die Atemöffnungen besitzen im Gegensatz zu den Spaltöffnungen der höheren Pflanzen keine Schließzellen und können daher nur sehr begrenzt zur Regulation des Gasaustausches beitragen. Der Querschnitt des Thallus, unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt den Aufbau der Atemöffnung, in mehreren Stockwerken ringförmig angeordnete Zellen. Die Atemöffnung dient wie bei höheren Pflanzen dem Gasaustausch bei Photosynthese und Atmung. Weiterhin verhindert sie das Eindringen von Wasser in die darunter liegende Luftkammer: Sie ist kleiner als ein Wassertropfen aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers sein könnte. Kennzeichnend und Namen gebend (Luna = Mond) sind die bereits erwähnten halbmondförmigen Brutbecher auf der Thallusoberseite in denen grüne, linsenförmige, schwimmfähige und sich bei Regen von der Pflanze ablösende Brutkörper entstehen. Sie dienen der vegetativen, also ungeschlechtlichen Fortpflanzung.



- c) halbmondförmige Brutbecher
- a) Antheridien (sexuelle Fortpflanzung)

Quelle:

Ella O. Campbell, Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965

http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-d4.html

Abdruck mir freundlicher Genehmigung: NZETC, New Zealand Electronic Text Centre, http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html, http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz

Die grüne Unterseite des Thallus ist mit hellen Bauchschuppen und mit wurzelartigen, sehr einfach gebauten und transparenten Rhizoiden besetzt die wiederum im Gegensatz zu den Wurzeln höherer Pflanzen nicht mit Leitungsbahnen ausgestattet und damit nur begrenzt zum Nährsalz- und Wassertransport geeignet sind. Sie dienen in erster Linie zur mechanischen Befestigung am Substrat.

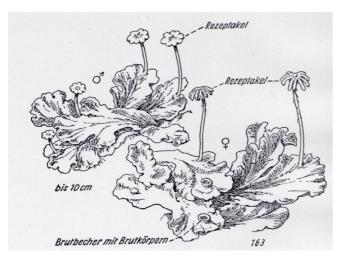
Unter dem Binokular sind auf der Unterseite weiterhin helle Punkte zu erkennen: Es sind Zellen mit Öltröpfchen, die wiederum verantwortlich sind für den auffälligen Geruch vieler Lebermoose.

## Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen Lebermoosen

Lunularia ist eine "monotypische" Gattung. Das heißt, die Gattung "Lunularia" ist nur durch eine einzige Art ("cruciata") vertreten. Sie ist durch die Form der Brutbecher unverwechselbar. Brutbecher treten praktisch auf jeder Pflanze und mehr oder weniger ganzjährig auf. Verwechslungsmöglichkeiten gibt es mit dem ähnlichen Kegelkopf-Lebermoos (Conocephalum) das im Gegensatz zu Lunularia aber keine Brutbecher besitzt.

Mit wiederum unverwechselbaren, topf- oder brunnenförmigen Buchtbechern ausgestattet ist das Brunnenlebermoos (Marchantia polymorpha, polymorpha = vielgestaltig). Ihm ist, da es seit vielen Jahren im Schulbiologiezentrum Hannover erhältlich, jetzt eine eigene kurze Arbeitshilfe gewidmet. In Schulbüchern wird das Brunnenlebermoos als typischer Vertreter der thallösen Lebermoose dargestellt. Abgesehen davon, dass Marchantia und Lunularia eher hochentwickelte und damit untypische Lebermoose sind, ist Lunularia aufgrund ihrer Verbreitung und ebenso leichten Beschaffbarkeit fast genau so gut für den Unterricht geeignet. Allerdings kommt Lunularia – anders als Marchantia – unter mitteleuropäischen Bedingungen wie gesagt kaum zur "Blüte". Marchantia "blüht" in unseren Gewächshäusern reichlich und wird auch im Freiland blühend gesichtet. Beide Moose stellen wir Ihnen für Unterrichts- und Experimentierzwecke gerne zur Verfügung. Weitere Verwechslungsmöglichkeiten bestehen mit den bei uns nicht beobachteten Gattungen Pellia, Sauteria, Preissia oder Reboulia. Dazu sei auf die Fachliteratur verwiesen.





Brunnenlebermoos Marchantia polymorpha

männliche Pflanze (links) weibliche Pflanze (rechts)

Abbildung aus Herbert Weymar, Das Buch der Moose, Neumann-Verlag, Radebeul 1956

Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Ulmer Verlages

Marchantia ist wie Lunularia zweihäusig, das heißt, es gibt männliche und weibliche Pflanzen. Zur sexuellen Fortpflanzung später mehr.

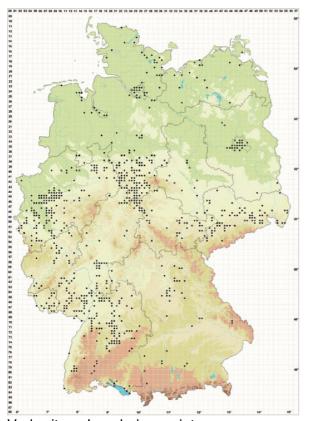
#### Wo das Mondbecher-Lebermoos lebt

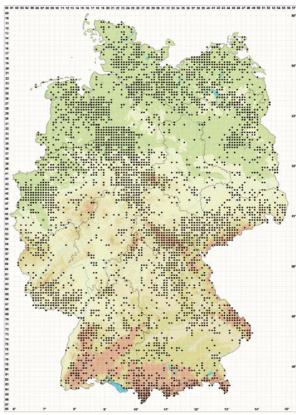
Das Mondbechermoos Lunularia ist an feuchten, schattigen Stellen, z.B. auf Wegen und an Mauern weltweit verbreitet und bildet, wo es konkurrenzlos ist (Wege!) oft unerkannt viele Quadratmeter große Rasen. Es bevorzugt basenhaltige bis neutrale, feuchte Böden und halbschattige Lagen. Lunularia ist – aus heutiger Perspektive - ein Neophyt und gelangte um etwa 1830 mit Topfkulturen aus dem Mittelmeergebiet und dem ozeanischen Westeuropa nach Deutschland. Das erklärt, dass es für einen vollständigen Entwicklungszyklus relativ hohe Temperaturen und vor allem milde Winter braucht. Heute ist es nach DÜLL/DÜLL-WUNDER im Rheinland an Bachufern fest eingebürgert und auch im Schweizer Jura und in Brandenburg anzutreffen. Nach FRAHM ist Lunularia in meridionalen Breiten Europas und Nordamerikas sowie an einzelnen Standorten auf der Südhalbkugel verbreitet, nach DÜLL/DÜLL-WUNDER ist es weltweit als Kulturfolger verschleppt. In den USA wird es offiziell als "weed" (Unkraut) bezeichnet.

Typisch ist das Vorkommen auf Wegen, die z.B. mit Rotasche bestreut sind, so etwa auf Friedhöfen oder in Parks. Im Schulbiologiezentrum bedeckt es massenhaft beschattete und daher über längere Zeit hinweg feuchte Wege. Aber auch nicht auf allen. Der "Mondbecher-Weg" verläuft nördlich des alten Eingangs Brockenweg und von dort bis zum Westrand des Weihers, also an der Westgrenze des Schulbiologiezentrums. Auch er wurde vor langer Zeit mit Rotasche, diesem auch auf Sportplätzen (Aschenbahnen) verwendeten Material befestigt. Das Mondsichelmoos ist aber auch ein Bewohner von Gewächshäusern, im Falle des Schulbiologiezentrums in erster Linie des "Kalthauses". Dort bildet es einen Grünstreifen an der Nordwand des Gebäudes. Lunularia ist im Schulbiologiezentrum wohl ein "Gewächshausflüchtling" der sich beim Auskoffern und Abfahren des Gewächshausbodens von selbst "ausgesät" hat. Dazu mehr unter "vegetative Vermehrung" und "Regenerationsfähigkeit". Auch in Balkonkästen die nicht der direkten Sonne ausgesetzt sind (z.B. beim Verfasser zu Hause) fühlt es sich wohl. Das heißt, einer "Inkulturnahme" zu Beobachtungszwecken spricht nichts entgegen. Wir stellen Ihnen die Pflanze dazu gerne zur Verfügung. Es gibt, wie das Auftreten im Schulbiologiezentrum zeigt, frostresistente Varitäten. Ein mehrere Quadratmeter großer Rasen ist auch im Januar/Februar 2009 bei wiederholtem kräftigen Nachtfrost nicht deutlich geschädigt worden. Höhere Temperaturen scheinen aber notwendig für die sexuelle Fortpflanzung zu sein. Die leicht beobachtbare Entwicklung der Sexualorgane macht Lunularia cruciata daher zu einem möglichen Bioindikator für Klimaveränderungen.

#### Vorkommen in Deutschland:

Der unter <a href="www.moose-deutschlands.de">www.moose-deutschlands.de</a> abrufbare Verbreitungsatlas der in Deutschland wachsenden Moose zeigt relativ inselartige Vorkommen von Lunularia cruciata (z.B. in der Region Hannover und südlich davon), wogegen Marchantia polymorpha breit gestreut fast deutschlandweit verbreitet ist. Die Vermutung liegt nahe, dass sich bei Lunularia der Status des "Gewächshausflüchtlings" (Botanische Gärten, Zentren des Erwerbsgartenbau) widerspiegelt.





Verbreitung Lunularia cruciata

Verbreitung Marchantia polymorpha

Quelle: MOOSE-DEUTSCHLAND.DE (2009): Internetplattform der Zentralstelle Deutschland GbR, Dienstleistungszentrum für die Darstellung biologischer Grundlagendaten im Internet: http://www.moose-deutschland.de vom 03.05.2009.

## Wie sich Moose fortpflanzen

Moose können sich sowohl sexuell als auch ungeschlechtlich (vegetativ) fortpflanzen. Die für den Menschen typische und als "natürlich" empfundene sexuelle Fortpflanzung mit Spermien (Spermatozoen) und Eizelle vollzieht sich bei den Moosen im mikroskopisch Kleinen, aber ganz offen, viel offener als bei den Blütenpflanzen. Der Wechsel zwischen zwei Generationen, der bei den Blütenpflanzen (und auch beim Menschen) sehr versteckt abläuft, tritt bei Moosen, Bärlappen, Schachtelhalmen und Farnen sichtbarer zu Tage.

Die Vorgänge bei der Bestäubung, Befruchtung und Samenentwicklung bei Blütenpflanzen lassen sich eigentlich nur verstehen, wenn man die sexuellen Techniken ihrer Vorgänger in der Evolution verstanden hat. Und das geschieht – wie immer – am besten durch Beobachtung und das Experiment. Dazu sollte man das Objekt in Kultur nehmen.

Bei der vegetativen Fortpflanzung, die meistens mit einer Vermehrung verbunden ist, bilden sich "Klone", die mit den "Mutterpflanzen" identisch sind.

Sexuelle und vegetative Fortpflanzung sind Vorgänge mit ganz unterschiedlichem Ziel. Die Sexualität dient der Neukombination und Umstrukturierung der Gene schafft damit eine große, auf Umweltveränderungen plastisch reagierende Variationsbreite.

Die Vegetative Fortpflanzung dagegen hat das Ziel der Vermehrung und Ausbreitung dieser erfolgreichen Gene.



Moose lassen beides erkennen. Lunularia und Marchantia sind dafür bestens geeignet. Darin liegt ihr hoher didaktischer Wert.

## **Vegetative Vermehrung**

Kennzeichnend und namengebend (Lunula = der kleine Mond) sind die sichelmondförmigen, an einer Seite offenen Brutbecher auf der Thallusoberseite. Die Brutbecher der Lebermoose werden auch Gemmen genannt, sind gattungs- oder arttypisch gestaltet und damit ein gutes Bestimmungsmerkmal. Beim Mondbechermoos enthalten die Gemmen jeweils eine Vielzahl hellgrüner, linsenförmiger Brutkörper, vegetative, durch "einfache" Mitose entstandene Vermehrungsstadien, also genetisch identische Klone.



Lunularia cruciata:

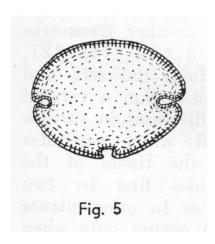
### Brutbecher mit Brutkörpern

Foto: Heino Lepp, Australian Bryophytes, Australian National Botanic Gardens, Australian National Herbarium http://www.anbg.gov.au/bryophyte/index.html

Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Australian National Botanic Gardens

Die Brutkörper lassen sich unter dem Binokular mit einem feinen Pinsel oder einer Präpariernadel isolieren und auf einem feuchten nährstoffreichen Substrat zur Keimung bringen. Noch besser ist es Lunularia in etwas Wasser zu geben oder mit der Pipette unter dem Binokular einen Wassertropfen auf die Brutbecher zu geben. Die Brutkörper schwimmen auf und lassen sich leicht von der Oberfläche abfiltrieren oder absaugen.

Geben Sie etwas angefeuchtete Blumenerde in den Deckel eines Marmeladenglases, beimpfen Sie die Erde mit den Brutkörpern und schrauben das Glas umkehrt auf den Deckel. So entsteht ein kleines "Lebermoosarium" (oder klingt "Hepaticiarium" schöner?), dass, an einen warmen Platz gestellt eine kleine abgeschlossene Welt (Biosphäre) darstellt. Die kleinen Forschungsobjekte im Deckel lassen sich, wenn das umgestülpte Glas abgeschraubt wird leicht unter dem Binokular oder dem Mikroskop (mit Auflicht) beobachten. So lässt sich natürlich auch das "erwachsene" Lebermoos halten.



#### Lunularia cruciata:

#### Brutkörper

Quelle:

Ella O. Campbell, Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965

http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-d4.html

Abdruck mir freundlicher Genehmigung: NZETC, New Zealand Electronic Text Centre, http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html, http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz



Moose verfügen generell über ein hohes Regenerationsvermögen: Wird Lunularia in Stücke gerissen oder gar fein zerhackt, entwickelt sich jedes Stück zu einem "neuen" Mondbecher-Lebermoos. Dies findet auch spontan statt und wird als "Fragmentation" bezeichnet. Man kann Lunularia also auf zwei Arten zur Vermehrung bringen: Durch Beimpfen von Erde mit Brutkörpern und mit Hilfe eines mit einem Küchenmixers hergestellten Breies aus Lebermoosen der ebenso auf die Erde, z.B. in einer Petrischale ausgebracht wird. Eine weitere, aber erst im Zusammenhang mit der sexuellen Fortpflanzung mögliche Form der vegetativen Vermehrung ist die Produktion von Sporen. Diese ist ein Teil des Generationswechsels (Sporophyt – Gametophyt) und wird daher unter dem Aspekt der sexuellen Fortpflanzung vorgestellt.

## Sexuelle Fortpflanzung

Das Mondbechermoos kann, was im Schulbiologiezentrum und wohl in Mitteleuropa generell nicht häufig geschieht. Geschlechtsorgane ausbilden und sich sexuell fortpflanzen. Nach FRAHM (Archive for Bryology 2006) entstehen unter Gewächshausbedingungen (Botanischer Garten Bonn, 2005) auf der Thallusoberseite weibliche, weißliche, Archegoniophoren genannte Behälter mit Archegonien, die erst nach (!) der Befruchtung durch einen emporwachsenden Stiel von der Thallusoberfläche abheben. Durch Umstülpen der Archegonien nach außen bilden sich winzige und auf dem Archegoniophor verbleibende Sporophyten mit einem kurzen Stiel, der auch die Laubmoos-"Blüte" tragenden Seta und einem Sporen erzeugenden Sporangium. Die männlichen, Spermatozoiden erzeugenden Geschlechtsorgane (Antheridien) sind in Antherdienbehältern (Antheridiophoren) am Rand des Thallus zusammnengefasst. Lunaria cruciata ist, wie die Weiden, die Große Brennnessel oder die Eibe zweihäusig, das heißt, männliche und weibliche Geschlechtsorgane (Gametangien: Antheridien bzw. Archegonien) entstehen auf getrennten Pflanzen. MÜLLER (1954) und FRAHM (1983) meinten noch, dass alle Pflanzen in Deutschland weiblich und steril seien und keine Gametangien ausbilden. Das steht heute in Frage: In neuerer Zeit sind in Deutschland weibliche Pflanzen mit Archegoniophoren/Archegonien wie auch männliche Pflanzen mit Antheridiophoren/Antheridien beobachtet worden. Kommt es in Deutschland bald zur "sexuellen Befreiung" des Mondbechermooses?

Vielleicht liegt die Unsicherheit darin, dass die Zahl der möglichen Lunularia-Standorte groß, die Zahl fachkundiger Bryologen (Mooskundler) oder interessierter Laien aber klein ist. Moose sind, wie gesagt, durch einen heterophasischen heteromorphen Generationswechsel gekennzeichnet. Hinter diesem Begriffsungetüm verbirgt sich folgendes: Moose pflanzen sich abwechselnd ungeschlechtlich durch Sporen und geschlechtlich durch Spermatozoiden und Eizellen fort. Die Sporen dienen in erster Linie der massenhaften Verbreitung. Sie sind zugleich Überdauerungsstadien bei widrigen Umweltbedingungen, z.B. bei Trockenheit. Die Sporen entstehen auf dem diploiden Sporophyten durch die Meiose genannten Reduktionsteilung(en) bei denen der doppelte (diploide) Chromsomensatz auf einen einfachen, haploiden Satz reduziert wird. Der daraus sich entwickelnde, die Geschlechtszellen erzeugende Gametophyt ist also haploid. Er wächst durch einfache Zellteilungen (Mitose). Auch die Geschlechtszellen (Spermatozoiden und Eizellen) entstehen durch Mitose und sind haploid. Erst die Verschmelzung eines Spermatozoids mit der Eizelle stellt den ursprünglichen Zustand wieder her. Der aus der befruchteten Einzelle (Zygote) entwachsende Sporophyt ist also wieder diploid. Der Wechsel zwischen dem diploiden und haploiden Zustand wird als heterophasisch oder als Kernphasenwechsel bezeichnet.

Sporen entstehen also auf dem diploiden Sporophyten, der "Sporenpflanze". Die sexuellen Keimzellen entstehen in speziellen Geschlechtsorganen (Antheridien und Archegonien) auf dem haploiden Gametophyten, der "Geschlechtspflanze". Die Reduktion vom diploiden zum haploiden Chromsosomensatz findet bei der Sporenreifung statt (Meiose). Sporophyt und Gametophyt sind bei den Moosen völlig unterschiedlich gebaut. Das haben sie mit den Farnen gemeinsam, deren Entwicklung zwischen dem eigentlichen Farn, dem Sporophyten und dem unscheinbaren und kurzlebigen, von den wenigsten je wahrgenommenen Gametophyten, dem Prothallium wechselt. Das lappige (thallöse) Farn-Prothallium mit seinen



Archegonien und Antheridien erinnert im Bau sehr stark an ein einfaches Lebermoos. Bei einigen Algen, z.B. dem oft an der Nordseeküste angeschwemmten grünen Meersalat (Ulva lactuca) sind Sporophyt und Gametophyt in der Fortpflanzungsweise verschiedene, aber äußerlich gleich gestaltete Pflanzen, weshalb man von einem isomorphen Generationswechsel spricht. Bei Moosen, Bärlappen, Schachtelhalmen und Farnen ist der Generationswechsel heteromorph, Sporophyt und Gametophyt sind verschieden gebaut. Anders als beim Meersalat sind bei Moosen und Farnen die beiden Generationen physisch nicht voneinander unabhängig: Bei Moosen wächst der Sporen erzeugende Sporophyt auf dem Gametophyten, der eigentlichen Moospflanze und wird weitgehend von ihr ernährt. Der Sporophyt ist das, was Laien als die "Moosblüte" bezeichnen. Er sitzt mit mehr oder weniger langem Stiel (der Seta) wie eine Blüte auf oder am Moos und entwickelt Sporenkapseln die sich öffnen oder gar explodieren und die Sporen weit verstreuen.

Wie gesagt, bei Moosen ist der Gametophyt die eigentliche Moospflanze. Das ist bei den Farnen anders. Der eigentliche Farn mit seinen Wedeln ist der Sporophyt. Auf der Unterseite der fertilen Wedel entwickeln sich die Sporen. Die Wedel sind damit mit der mehr oder weniger gestielten Sporenkapsel der Moose zu vergleichen.

Die Sporen des Lebermooses keimen in feuchter Umgebung in wenigen Tagen zu einem aus wenigen von Zellen bestehenden Protonema. Nach einiger Zeit bilden sich Knospen die sich wiederum zum flächigen Thallus, dem an ein Farn-Prothallium erinnernden Lebermoos entwickeln.

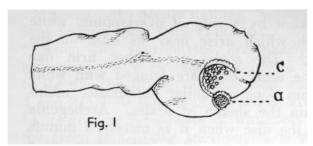
Ein solcher Generationswechsel vollzieht sich, sehr verborgen und daher erst in wissenschaftshistorisch jüngerer Zeit erkannt, auch bei den "höheren Pflanzen". Selbst wir Menschen tragen in der Art der Keimzellbildung (Spermien bzw. Eizellen) Relikte dieses Generationswechsels in uns.

Natur schafft nie wirklich Neues sondern wandelt nur erfolgreiche Prinzipien ab, meist bis zur Unkenntlichkeit. Wer sich intensiver damit beschäftigen möchte, möge als Urlaubslektüre einmal Neil SHUBINs "Der Fisch in uns" oder Richard DAWKINS "Geschichten zur Entwicklung des Lebens" in den Koffer packen, zwei Bücher die meisterlich gut aufzeigen, wie sich das "Niedere" im "Höheren" und das "Höhere" im "Niederen" spiegelt…

## Sexuelle Fortpflanzung des Moosbecher-Lebermooses und das Klima

Im Botanischen Garten der Johann Wolfgang von Goethe-Universität, aber auch in Tübingen wurden in den letzten Jahren erstmals Pflanzen mit Antheridien beobachtet. Dazu erscheint 2010 ein Aufsatz von Roland Kirschner, Martin Nebel & Theodor Butterfass (2010): Sporophytes of *Lunularia cruciata* in Germany. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde - Serie A (in Vorbereitung, 2009) auf den wir heute schon aufmerksam machen möchten.

Antheridien bilden sich als braune, scheibenartige Behälter am Rande der Thalli und werden später durch das Wachstum des Thallus verdrängt. Sie erzeugen die mit zwei Geißeln zur Bewegung ausgestatteten Spermatozoiden. Diese werden in feuchter Umgebung durch die in den Archegonien weiblicher Pflanzen verborgenen Eizellen angelockt werden und sie befruchten. Aus der diploiden Zygote entwickeln die Sporophyten und nach Meiose (Reduktionsteilung) die wiederum haploiden Sporen. Sie keimen unter günstigen Bedingungen zum jeweils männlichen oder weiblichen Gametophyten, dem Mondbecher-Lebermoos aus.



Lunularia cruciata:

- c) halbmondförmige Brutbecher (vegetativ)
- a) Antheridiophor (sexuelle Fortpflanzung)

#### Quelle:

Ella O. Campbell, Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965
http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-

http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-d4.html

Abdruck mir freundlicher Genehmigung: NZETC, New Zealand Electronic Text Centre, http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html, http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz



#### Antheridien

Männliche Pflanzen des Mondbechermooses mit scheibenförmigen graubraunen Antheridienbehältern und halbmondförmigen grünen Brutbechern

Quelle: Botanischer Garten der Johann Wolfgang Goethe-Universität http://www.botanischergarten.uni-frankfurt.de/aktuelles/notizen01.htm Mit freundlicher Genehmigung: Dr. Roland Kirschner, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt



#### Lunularia cruciata:

Aufgeklappter Antheridienbehälter (Antheridiophor) mit Spermatozoiden gefüllte Antheridien

Quelle: Botanischer Garten der Johann Wolfgang Goethe-Universität http://www.botanischergarten.uni-frankfurt.de/aktuelles/notizen01.htm Mit freundlicher Genehmigung: Dr. Roland Kirschner, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt



#### Lunularia cruciata:

#### Archegoniophoren

Foto: Heino Lepp Australian Bryophytes, Australian National Botanic Gardens, Australian National Herbarium http://www.anbg.gov.au/bryophyte/index.html

Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Australian National Botanic Gardens

Nach der Befruchtung der in den Archegonien verborgenen Eizelle(n) entwickeln sich ein schirmartiges, den Thallus weit überragendes Archegoniophor, das die Archegonien und die sich daraus entwickelnden Sporophyten eine zur Sporenverbreitung günstige Höhe bringt.





Wachsende weibliche Gametangien (Archegoniophoren) mir noch unreifen Sporophyten (Sporangien)

Foto:

Heino Lepp Australian Bryophytes, Australian National Botanic Gardens, Australian National Herbarium http://www.anbg.gov.au/bryophyte/index.html

Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Australian National Botanic Gardens

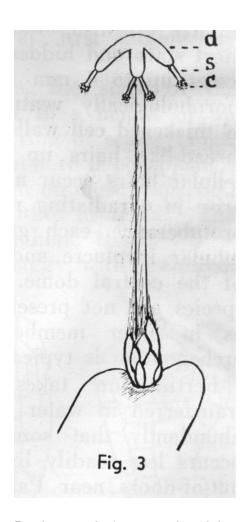


#### Lunularia cruciata:

Weibliche Gametangien (Archegoniophoren mit reifen, an kurzer, transparenter Seta sitzenden Sporangien)

Foto: Bruce Fuhrer, Australian Bryophytes, Australian National Botanic Gardens, Australian National Herbarium http://www.anbg.gov.au/bryophyte/index.html

Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Australian National Botanic Gardens



- d) Archegonien
- s) Kapselstiel (Seta) des Sporenbehälters
- c) Sporenbehälter (-kapsel)

#### Quelle:

Ella O. Campbell, Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965 http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-Bio13Tuat01-t1-body-d4.html

Abdruck mir freundlicher Genehmigung: NZETC, New Zealand Electronic Text Centre, http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html, http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz

Der kreuzartig (namengebend: L. cruciata = gekreuzigt) in vier Teile aufspringende Sporenträger erzeugt gelbe Sporen die durch so genannte, kräuselartig strukturierte Elateren weit in die Umgebung geschleudert werden. Dieser Vorgang der aktiven Sporenverbreitung ist auch bei den foliosen, bei uns heimischen und auf morschen Fichtenstubben häufigen Lophocolea-Arten gut zu beobachten. Obwohl bei den einzelnen Lebermoosen verschieden strukturiert, haben die stark hygroskopischen Elateren die Funktion, das Zusammenballen der Sporen zu verhindern, den Verband also aufzulockern und dem Wind eine größere Angriffsfläche zu bieten. Sie befinden sich zunächst in einem aufgerollten Zustand und entspiralisieren sich bei zunehmender Verdunstung schlagartig. MÜLLER (nach AICHELE/SCHWEGLER spricht von einer Schleuderweite von 4 – 5 cm. Das entspräche dem 5000fachen (!) des Sporendurchmessers. Die Sporen keimen nach wenigen Tagen zu einem wenigzelligen Protonema aus. Aus Knospen bildet sich wiederum der flächige Thallus.

#### Das Mondbecher-Lebermoos in Kultur

Lunularia lässt sich, wie auch Marchantia, relativ leicht kultivieren, zum Beispiel auf feuchter Blumenerde in größeren verschlossenen Gläsern die an einem hellen, aber nicht direkt besonnten Standort aufgestellt werden.

In einem solchen "Hepaticiarium" kann die Brutkörper oder, wenn es denn so weit kommen sollte, die Sporenkeimung beobachtet werden.

Wenn sie bei sonst gleichen Bedingungen bei verschiedenen Temperatur- und Lichtverhältnissen gehalten werden ließe sich ermitteln, unter welchen Umständen sie sich sexuell fortpflanzen.

Dieses Experiment steht zurzeit noch aus. Wir hoffen aber, Ihnen mit dieser Arbeitshilfe Anregungen dazu gegeben zu haben. Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



#### Literatur

Aichele, Dietmar/ Schwegler, Heinz-Werner Unsere Moos- und Farnpflanzen, Kosmos Gesellschaft der Naturfreunde, Franckh´sche Verlagshandlung,

Stuttgart 1984

Bresinsky, A., Körner, C., Kadereit, J.W.,

Neuhaus, G., Sonnewald, U.

Strasburger - Lehrbuch der Botanik, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2008

Weibliche Pflanzen von Lunularia cruciata

Lunularia in New Zealand, Tutuara, Vol. 13 (1), 1965

NZETC, New Zealand Electronic Text Centre

http://www.nzetc.org/tm/scholarly/name-102319.html http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nz

Düll, Ruprecht/ Düll-Wunder, Barbara

Campbell, Ella O.

Moose einfach und sicher bestimmen, Quelle & Meyer

Verlag, Wiebelsheim 2008

Frahm, Jan-Peter/ Frey, Wolfgang Moosflora, Uni-Taschenbücher, Verlag Eugen Ulmer,

Stuttgart, 1983

Frahm, Jan-Peter (Hrsg)

Bryologische Rundbriefe 93, 2005, Bryologische Arbeitsgemeinschaft Deutschlands in der BLAM e.V. http://edocs.ub.uni-frankfurt.de/volltexte/2006/3303/original/BR93.pdf

Gams, Helmut

Kleine Kryptogamenflora, Bd. IV, Die Moos- und Farnpflanzen, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1973

Hübner, J. W.P

Muscologia Germanica. Beschreibung der deutschen Laubmoose, Friedrich Hofmeister, Leipzig 1833 (Reprint als pdf-Dokument, www.books.google.com)

Kirschner, Roland, Nebel Martin, Butterfass, Theodor Sporophytes of Lunularia cruciata in Germany. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde - Serie A (in

Vorbereitung, erscheint 2010)

Lepp, Heino

Australian Bryophytes, Australian National Botanic

Gardens, 2008,

www.anbg.gov.au/bryophyte/liverwort-thalose.html

Meinunger Ludwig, Schröder, Wiebke Dürhammer, Oliver Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands, unter: www.moose-deutschland.de (2009): Internetplattform der Zentralstelle Deutschland GbR, Dienstleistungszentrum für die Darstellung biologischer Grundlagendaten im Internet: http://www.moose-deutschland.de vom 03.05.2009.

Müller, Karl

Deutschlands Moose oder Anleitung zur Kenntnis der Laubmoose Deutschlands, der Schweiz, der Niederlande und Dänemarks, G. Schwetschke scher Verlag, Halle

1853.

(Reprint als pdf-Dokument,:

www.books.google.com)

Weymar, Herbert Buch der Moos

Buch der Moose, Neumann Verlag, Radebeul 1962