



**Schutz und Regeneration
der gefährdeten Schlamm Bodenfluren
(Elatino-Eleocharition ovatae)
an der Westerwälder Seenplatte**

**Gefördert durch die
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)**



Abschlussbericht DBU-AZ: 32743/01
Berichtszeitraum 29.01.2016 – 28.01.2018
Verfasser E. Fischer & D. Killmann
unter Mitarbeit von B. Leh, S. Henke & I. Theisen

Projektleitung

Prof. Dr. Eberhard Fischer
Institut für Integrierte
Naturwissenschaften,
Abteilung Biologie
Universität Koblenz-Landau
Universitätsstraße 1
56070 Koblenz
0261 287 2224
efischer@uni-koblenz.de

Dr. Dorothee Killmann
Institut für Integrierte
Naturwissenschaften,
Abteilung Biologie
Universität Koblenz-Landau
Universitätsstraße 1
56070 Koblenz
0261 287 2230
killmann@uni-koblenz.de



Kooperationspartner

Struktur- und Genehmigungsdirektion
Nord, Koblenz

Ansprechpartner: Dr. Axel Schmidt



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Zusammenfassung	9
1. Anlass und Zielsetzung der Arbeit	11
2. Das Untersuchungsgebiet	13
3. Material und Methoden	15
4. Ergebnisse.....	26
4.1 Vegetationskundliche Erfassungen am Hofmannsweiher	26
4.2. Boden-Samenbank-Untersuchungen	34
4.3 Boden- und gewässerkundliche Untersuchungen	61
5. Diskussion	63
6. Öffentlichkeitsarbeit	64
7. Fazit.....	64
8. Danksagung	65
9. Literaturverzeichnis	66
Anhang	71

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Verbreitung von <i>Elatine hexandra</i> in Deutschland (Netzwerk Phytodiversität Deutschlands & Bundesamt für Naturschutz 2013). Der Kreis zeigt die Lage der Westerwälder Seenplatte.....	12
Abb. 2. Verbreitung von <i>Carex bohemica</i> in Deutschland (Netzwerk Phytodiversität Deutschlands & Bundesamt für Naturschutz 2013). Der Kreis zeigt die Lage der Westerwälder Seenplatte.....	12
Abb. 3. Lage der Transekte zur Entnahme von Schlammproben an Dreifelder Weiher, Hofmannsweiher, Haidenweiher und Brinkenweiher im Jahr 2016 (gelb) und 2017 (rot)	16
Abb. 4. A, B. Probeentnahmedesign. Transekt zur Entnahme von Schlammproben.	17
Abb. 5. A. Brinkenweiher Transekt 1. B. Brinkenweiher Transekt 2 (26.06.2016)	18
Abb. 6. A. Dreifelder Weiher Transekt 1. B. Dreifelder Weiher Transekt 3 (10.06.2016)	19
Abb. 7 A, B. Probenentnahme am Hofmannsweiher (14.06.2016)	20
Abb. 8. Fast vollständig abgelassener Hofmannsweiher am 12.10.2016	21
Abb. 9. Folientunnel mit den Schalen der Schlamm Bodenfluren, Botanischer Garten Bonn	22
Abb. 10. Querschnitt einer Schale: 2-3 cm reiner Quarzsand, aufgelagert 1 cm Probensubstrat	23
Abb. 11. Aufbau eines Transektes; 10 Subplots; unten rechts Blindprobe	23
Abb. 12. Pflanzschale mit eingezeichneten Sektoren.....	24

Abb. 13. A, B. Hofmannsweiher am 12.09.2016. Deutlich sichtbar sind die dichten Bestände von <i>Littorella uniflora</i> , die sich in Hochblüte befinden.....	28
Abb. 14. Hofmannsweiher am 12.10.2016. A. Strandling (<i>Littorella uniflora</i>). B. Subplot 3-1 mit <i>Ranunculus trichophyllus</i> , <i>Rumex maritimus</i> , <i>Alopecurus geniculatus</i> , <i>Elatine hexandra</i> , <i>Eleocharis acicularis</i> . C. Subplot 2-6 mit <i>Ranunculus trichophyllus</i> und <i>Elatine hexandra</i> , <i>Eleocharis acicularis</i> . D. Fast vollständig trocken gefallener Teichboden.....	29
Abb. 15: Algenblüte am Hofmannsweiher im Bereich von Transekt 1, 21.09.2017 ...	30
Abb. 16: Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 1 (Ufer)	33
Abb. 17: Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 2 (Mitte)	33
Abb. 18: Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 3 (See)	33
Abb. 19. A. <i>Botrydium granulatum</i> B-D. <i>Riccia huebneriana</i> E-F. <i>Riccia fluitans</i> G-H. <i>Physcomitrium sphaericum</i>	38
Abb. 20. A-C. <i>Elatine hexandra</i> D-F. <i>Carex bohemica</i>	39
Abb. 21. A-C. <i>Eleocharis ovata</i> D-E. <i>Eleocharis acicularis</i>	40
Abb. 22. A. <i>Littorella uniflora</i> B. <i>Rumex maritimus</i> C. <i>Persicaria lapathifolia</i> ssp. <i>brittingeri</i>	41
Abb. 23. A. <i>Gnaphalium uliginosum</i> B-C. <i>Veronica scutellata</i> D. <i>Isolepis setacea</i> E. <i>Ranunculus sceleratus</i> F. <i>Limosella aquatica</i>	42

Abb. 24: Sukzession Hofmannsweiher 2017, Transekt 4, Subplot 1; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe	54
Abb. 25: Sukzession Brinkenweiher 2017, Transekt 6, Subplot 10; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe	55
Abb. 26. Sukzession Brinkenweiher 2016 , Transekt 1, Subplot 6; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe	56
Abb. 27. Sukzession Dreifelder Weiher 2016, Transekt 3, Subplot 4; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe	57
Abb. 28. Sukzession Hofmannsweiher 2016, Transekt 1, Subplot 7; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe	58
Abb. 29. Sukzession Haidenweiher 2016, Transekt 2, Subplot 2; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) Woche nach Ausbringung der Bodenprobe	59
Abb. 30: Cluster-Analyse der pflanzensoziologisch aufgenommenen Subplots der Transekte 2016.....	60

10. Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Gefährdung der Blütenpflanzen nach KORNECK et al. (1996) und der Moose nach LUDWIG et al. (1996), *bereits von FRAHM (1998) wieder an der Westerwälder Seenplatte nachgewiesen.....	15
Tab. 2: GPS-Koordinaten der untersuchten Transekte.....	17
Tab. 3. Skala nach BRAUN-BLANQUET	25
Tab. 4: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher (12.10.2016).....	27
Tab. 5: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 3	31
Tab. 6: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 4	31
Tab. 7: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 5	32
Tab. 8: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 6	32
Tabelle 9: Artenliste der Boden-Samenbank	37
Tabelle 10: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Hofmannsweiher 2016.....	43
Tabelle 11: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Hofmannsweiher 2017.....	44
Tabelle 12: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Haidenweiher 2016.....	45
Tabelle 13: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Haidenweiher 2017.....	46
Tabelle 14: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Dreifelder Weiher 2016.....	47
Tabelle 15: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Dreifelder Weiher 2017.....	48

Tabelle 16: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Brinkenweiher 2016.....49

Tabelle 17: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Brinkenweiher 2017.....50

Zusammenfassung

In vier Teichen der Westerwälder Seenplatte (Brinkenweiher, Dreifelder Weiher, Haidenweiher und Hofmannsweiher) wurden in den Jahren 2016 und 2017 in je sechs Transekten von 5 m Länge in 10 Subplots Schlamm gesammelt und in flachen Schalen in einem Folientunnel im Botanischen Garten Bonn ausgebracht. Die Schalen wurden über einen Zeitraum vom 14.06.2016 bis zum 07.10.2016 bzw. 02.06.2017 bis zum 13.10.2017 kultiviert und die aus der Boden-Samenbank keimenden Pflanzenarten erfasst. Dabei konnten insgesamt 42 verschiedene Gefäßpflanzenarten aus den beprobten Schlammböden ermittelt werden. Zusätzlich wurde eine Gelbgrünalge, drei Lebermoose und zwei Laubmoose nachgewiesen.

Die im Bestand gefährdete Schlamm Bodenflur konnte in allen beprobten Teichen mit den für die Assoziation kennzeichnenden Arten notiert werden. Hierzu zählen auch die für ein dauerhaftes Monitoringkonzept vorgesehenen Rote Liste Arten *Carex bohemica*, *Elatine hexandra*, *Eleocharis acicularis*, *Eleocharis ovata*, *Littorella uniflora* (nur im Hofmannsweiher), *Riccia huebneriana* und *Physcomitrium sphaericum*, die alle mit einer hohen Populationsdichte nachgewiesen wurden. Lediglich im Dreifelder Weiher konnte die Kennart *Eleocharis ovata* nur fragmentarisch gefunden werden, während *Carex bohemica* überhaupt nicht auftrat. Typische Schlamm Bodenarten wie *Coleanthus subtilis*, *Elatine triandra* und *Physcomitrium eurystomum* konnten bei der aktuellen Kartierung nicht wiedergefunden werden.

Bei dem im Sommer 2016 und 2017 abgelassenen Hofmannsweiher konnte beobachtet werden, dass dort die typischen Schlamm Bodenfluren nur fragmentarisch entwickelt waren. Bei den vegetationskundlichen Erfassungen waren nur die schon im Flachwasser gekeimten Rasen von *Elatine hexandra* und *Eleocharis acicularis* entwickelt. *Carex bohemica* wurde 2016 in einem einzigen Exemplar ohne Blüte und 2017 überhaupt nicht gefunden. *Eleocharis ovata* und die Moose *Riccia huebneriana* und *Physcomitrium sphaericum* konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Dies legt nahe, dass das Ablassen des Wassers zu spät erfolgte und damit die notwendigen Keimtemperaturen dieser Arten nicht mehr erreicht wurden.

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass sich im Teichboden der vier untersuchten Teiche auch nach Jahrzehnten noch keimfähige Diasporen der Arten des

Elatino-Eleocharition ovatae befanden. Bei einer veränderten Bewirtschaftung ist davon auszugehen, dass sich die gefährdeten Schlamm Bodenfluren erhalten lassen und darüber hinaus positiv entwickeln werden.

1. Anlass und Zielsetzung der Arbeit

Die Zwergbinsengesellschaften der Klassen Littorelletea und Isoëto-Nanojuncetea gehören zum prioritären Lebensraumtyp „3130 Oligo- bis mesotrophe Stillgewässer“ der FFH-Richtlinie. Die Schlamm Bodenfluren der Isoëto-Nanojuncetea, insbesondere des Verbandes Elatino-Eleocharition ovatae entwickeln sich auf trockengefallenen Böden von Teichen oder Talsperren (BERNHARDT & POSCHLOD 1993) und vollziehen ihren Lebenszyklus von der Keimung auf dem trockenfallenden Substrat bis zur Fruchtreife in wenigen Wochen (OESAU 1972, LAMPE 1996). Viele der Kennarten wie *Carex bohemica*, die Arten der Gattung *Elatine* oder *Eleocharis ovata* gehören zu den bundesweit gefährdeten Arten. Eine Rückgangsursache liegt in der immer seltener zu findenden Teichbewirtschaftung mit spätsommerlichem Ablassen. Allerdings bleiben die Diasporen vieler Arten über Jahrzehnte (POSCHLOD 1993) keimfähig. Die Bedeutung einer solchen Boden-Samenbank für die Erhaltung gefährdeter Arten ist sehr groß (BISSELS et al. 2005, BERNHARDT et al. 2004).

Neben Blütenpflanzen sind auch die Moose von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung. Oftmals entwickeln sie sich in kurzer Zeit zu einer Massenvegetation. So konnte FRAHM (2008) an der seit ihrem Bau in den 50er Jahren 2008 erstmals abgelassenen Wahnbachtalsperre die Art *Physcomitrium sphaericum* mit 50 Sporophyten pro cm² und damit hochgerechnet 500.000 fruchtenden Pflanzen pro m² nachweisen. Wie diese Menge an Diasporen in den seit ca. 50 Jahren überstauten Schlamm Boden kam, ist unklar. FRAHM (2008) konnte zudem 12 Arten der Gattung *Riccia* nachweisen, während die typischen Blütenpflanzen des Elatino-Eleocharition ovatae fehlten.

Viele Arten der Schlamm Bodenfluren, z.B. *Carex bohemica*, *Elatine hexandra* oder *Coleanthus subtilis*, haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Südosten (z.B. Erlangen) oder Osten (Sachsen) Deutschlands (PIETSCH & MÜLLER-STOLL 1968), wohingegen sie in Westdeutschland sehr selten sind (vgl. Abb. 1, 2). Weitere wichtige Vorkommen liegen in Polen und Tschechien (vgl. POPIELA et al. 2009). Die prioritäre FFH-Art *Coleanthus subtilis*, das Scheidenblütengras, ist aus dem Westen Deutschlands nur von einer Beobachtung aus dem Gebiet der Westerwälder Seenplatte (WOIKE 1963, 1968, 1969) bekannt. Der Naturschutz an der Westerwälder Seenplatte liegt im Spannungsfeld unterschiedlicher Interessen. Als überregional

bedeutsames Vogelschutzgebiet ist die Seenplatte potentiell Brutgebiet des Fischadlers. Da zur Ansiedlung des Fischadlers ein entsprechend großer überstauter Wasserkörper notwendig ist, kollidieren diese Ansprüche

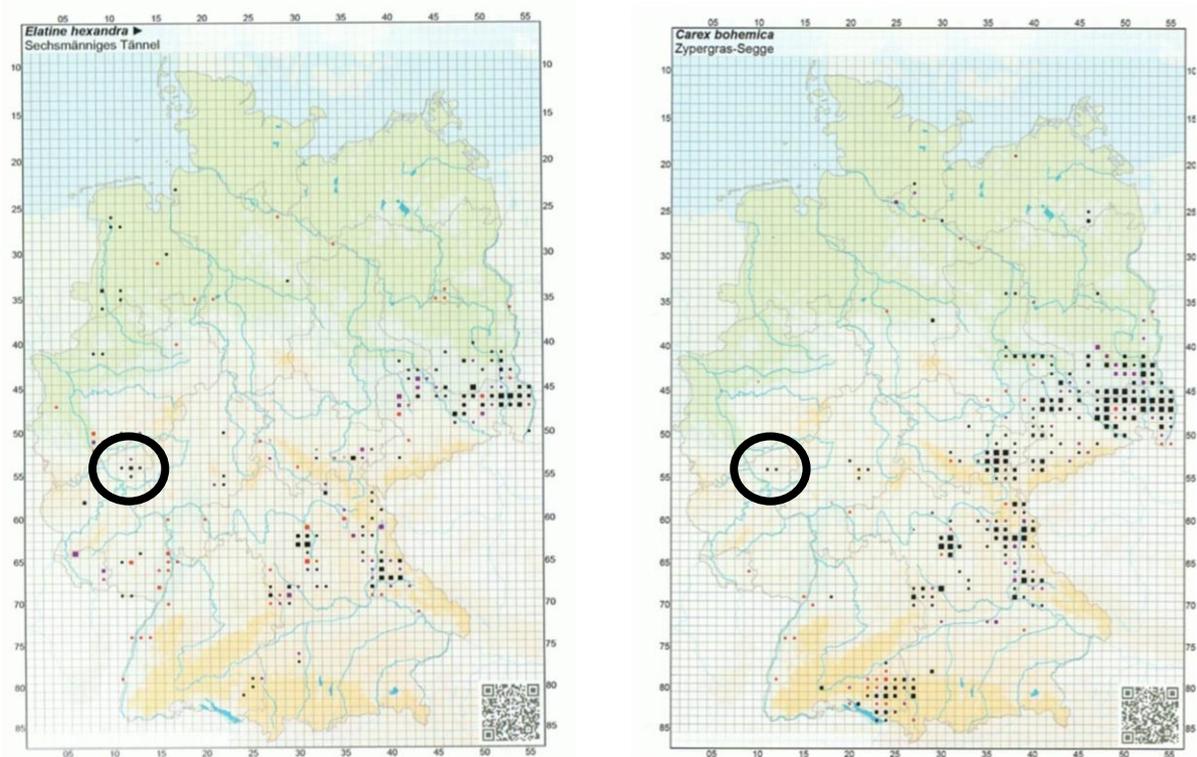


Abb. 1, 2. Verbreitung von *Elatine hexan* (Netzwerk Phytodiversität Deutschlands & Bundesamt für Naturschutz 2013). Der Kreis zeigt die Lage der Westerwälder Seenplatte.

zunächst einmal mit der Erhaltung der Schlamm Bodenfluren. Aus ornithologischen Gründen müssten die Teiche überstaut bleiben, während sie zum Erhalt der Schlamm Bodenfluren im Spätsommer abgelassen werden müssten. Aber auch durch die Fischereinutzung und den Tourismus gerät die Westerwälder Seenplatte in ein Spannungsfeld. Das Abfischen der Teiche findet heute so spät statt (oft erst im Oktober, vgl. FISCHER & KILLMANN 2014), dass es aufgrund der niedrigen Temperaturen nicht mehr zur Keimung und damit zur Entwicklung der Schlamm Bodenfluren kommt.

Ziel des Projektes ist daher die Untersuchung der Boden-Samenbank in den Teichböden, um die potentielle Zusammensetzung der gefährdeten Pflanzengesellschaften zu erfassen. Neben einem Monitoring von Zielarten sollen Maßnahmen zur Regeneration der Schlamm Bodenfluren entwickelt werden.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, die Westerwälder Seenplatte, liegt im nördlichen Rheinland-Pfalz zwischen den Orten Freilingen, Wölferlingen und Steinebach und umfasst 6 Teiche, die in ihrer heutigen Form im 17. Jahrhundert auf Veranlassung des Grafen Friedrich zu Wied entstanden. Sie gehören zum Besitz der Fürsten zu Wied und sind zurzeit an die Westerwälder Fischzucht verpachtet, die im Herbst regelmäßig abfischt (vgl. u.a. DIEKJOBST 1986). Neben *Coleanthus subtilis* sind zahlreiche weitere gefährdete Arten der Schlamm Bodenfluren von der Westerwälder Seenplatte bekannt (KORNECK 1959, 1960, LÖTSCHERT 1966, 1977, ROTH 1984, FISCHER 1984, RIEDL 1985, DIEKJOBST 1986). Dies sind *Eleocharis ovata*, *Carex bohemica*, *Elatine hexandra*, *Elatine triandra* (zuletzt KORNECK 1960 am Hausweiher), *Eleocharis acicularis*, *Peplis portula*, *Isolepis setacea*, *Limosella aquatica* und *Veronica scutellata*, die mehrheitlich ihren Verbreitungsschwerpunkt in Deutschland im Osten und Süden des Gebietes aufweisen (Abb. 1, 2). Der Nachweis von *Elatine hydropiper* beruht auf einer Verwechslung mit *Elatine triandra* (KORNECK 1960). Die Angaben von *Cicendia filiformis* und *Radiola linoides* (RUDIO 1851, WIGAND & MEIGEN 1891) sind seit dem 19. Jahrhundert nicht mehr bestätigt worden. Damit besitzt dieses Teichgebiet bundesweite Bedeutung, und 4 Teiche (Dreifelder Weiher, Haidenweiher, Brinkenweiher und Wölferlinger Weiher) sind als Naturschutzgebiete sowie als FFH-Gebiet 5412-301 und Vogelschutzgebiet 5412-401 ausgewiesen (FRAHM (1998)

konnte auch 3 gefährdete Moosarten der Schlamm Bodenfluren (*Riccia huebneriana*, *Physcomitrium eurystomum*, *Physcomitrium sphaericum*) nachweisen.

Die Westerwälder Seenplatte gilt auch als ornithologisch überregional bedeutendes Gebiet. Neben Brutarten wie Haubentaucher, Zwergtaucher, Rothalstaucher, Schwarzhalstaucher, Bekassine, Braunkehlchen, Wasserralle, Reiherente, Tafelente und Krickente sind die Teiche auch als Mauser- und Durchzugsgebiet von Schwimmvögeln und Limikolen sowie als Rastplatz für Kraniche von Bedeutung. Darüber hinaus gelten die Teiche als potentiell Brutgebiet für den Fischadler, der hier regelmäßig beobachtet wird.

Umweltrelevanz der Problemstellung

Die Intensivierung der Teichwirtschaft führt gerade bei Arten, die an mesotrophe Verhältnisse angepasst sind, zu deutlichen Rückgängen. Aus der älteren Literatur und von Herbarbelegen sind von der Westerwälder Seenplatte die folgenden lebensraumtypischen Pflanzenarten bekannt, die seit mehr als 100 Jahren nicht mehr nachgewiesen werden konnten: *Cicendia filiformis*, *Pilularia globulifera*, *Radiola linoides*, *Sedum villosum* (DIEKJOBST 1986, MELSHEIMER 1884). *Coleanthus subtilis* wurde zum letzten Mal 1962 beobachtet (WOIKE 1963), und *Juncus tenageia* wurde zuletzt 1979 gefunden (DIEKJOBST 1986). Mit Hilfe der Diasporenbank lässt sich das Potenzial der Schlamm Bodenfluren an den Teichen aufzeigen (vgl. auch BERNHARDT & ULBEL 2004, BERNHARDT et al. 2005). Die Ergebnisse können mit dem tatsächlich noch nachgewiesenen Arteninventar verglichen werden. Zudem lassen sich aufgrund der zu erzielenden Ergebnisse auf gezielten Flächen Renaturierungsmaßnahmen durchführen (vgl. FRANKE & MARABINI 2014). Aufgrund der überregionalen Bedeutung der Schlamm Bodenfluren sind derartige Maßnahmen prioritär und müssen in Abstimmung mit der Fischereiwirtschaft und dem Naturschutz durchgeführt werden. Damit sollen z.B. Bereiche identifiziert werden, in denen schon im Sommer Wasserspiegelabsenkungen durchgeführt werden können, um eine optimale Entwicklung der Schlamm Bodenvegetation zu ermöglichen. Schließlich sollen Daten zur Autökologie gefährdeter Arten erhoben werden, deren Erhalt über eine einfache Unterschutzstellung nicht gewährleistet werden kann (vgl. auch LESICA 1992). Zielarten für ein Monitoringkonzept sind dabei die folgenden, an der Westerwälder Seenplatte nachgewiesenen Moos- und Blütenpflanzenarten:

Art	Rote Liste Rheinland-Pfalz	Rote Liste Bundesrepublik
<i>Carex bohemica</i>	3 gefährdet	3 gefährdet
<i>Coleanthus subtilis</i>	0 verschollen	3 gefährdet
<i>Elatine hexandra</i>	2 stark gefährdet	3 gefährdet
<i>Elatine triandra</i>	2 stark gefährdet	3 gefährdet
<i>Eleocharis acicularis</i>	3 gefährdet	3 gefährdet
<i>Eleocharis ovata</i>	3 gefährdet	3 gefährdet
<i>Littorela uniflora</i>	2 stark gefährdet	2 stark gefährdet
<i>Riccia huebneriana</i>	G Gefährdung anzunehmen	G Gefährdung anzunehmen
<i>Physcomitrium eurystomum</i>	2 stark gefährdet	3 gefährdet
<i>Physcomitrium sphaericum</i>	0 verschollen*	3 gefährdet

Tab. 1. Gefährdung der Blütenpflanzen nach KORNECK et al. (1996) und der Moose nach LUDWIG et al. (1996), *bereits von FRAHM (1998) wieder an der Westerwälder Seenplatte nachgewiesen.

Vorarbeiten

Der Antragsteller beschäftigt sich seit 1984 mit der Flora und Vegetation der Westerwälder Seenplatte (FISCHER 1984). Vergleichbare Untersuchungen wurden seither regelmäßig durchgeführt (z.B. SABEL & FISCHER 1992, FISCHER & KILLMANN 2014). Eine Auswertung von Herbarbelegen aus dem Rheinischen Herbar des Naturhistorischen Vereins ergab zahlreiche unveröffentlichte Fundangaben von Zielarten der Schlamm Bodenfluren (z.B. *Pilularia globulifera*, dessen letzter Nachweis um 1860 erfolgte). Erfahrungen zur Boden-Samenbank liegen aus einer vom Antragsteller mitbetreuten Dissertation vor (KOSACK 2014), in der die Diasporen des Rheinufer erfasst wurden. Dabei konnte ebenfalls auf Versuchsgewächshäuser der Botanischen Gärten in Bonn zurückgegriffen werden, die auch für die geplanten Untersuchungen vorgesehen sind.

3. Material und Methoden

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Teichböden von vier verschiedenen Weihern (Brinkenweiher [B], Dreifelder Weiher [DW], Haidenweiher [Haid] und Hofmannsweiher [Hof]) zur Untersuchung der Boden-Samenbank herangezogen. Pro Teich wurden jeweils 3 Transekte pro Jahr angelegt, die Transekte 1-3 im Jahr 2016 und die Transekte 4-6 im Jahr 2017 (vgl. Abb. 3, Tab. 2). Die Geländeuntersuchungen

zur Entnahme der Schlammproben erfolgten am 10.06.2016, 11.06.2016, 26.06.2016 sowie am 29.05.2017, 02.06.2017 und am 12.06.2017. Die Transekte umfassten jeweils eine Länge von 5 m und erstreckten sich von der Röhrichtzone (Richtung Seeufer) bis zur Pionierzone (Richtung Seemitte). Sie wurden zu beiden Seiten durch zwei Holzstöcke markiert. Diese wurden mit einem Hammer in den weichen Seeboden eingeschlagen (vgl. Abb. 6 A). Jedes Transekt wurde in 10 Subplots à 50 cm unterteilt (vgl. Abb. 4). Diese Subplots wurden zwischen den Holzstöcken durch weiße Nylonknoten an einer orangefarbenen Schnur markiert. Aus jedem Subplot wurde jeweils eine Bodenprobe im Umfang von ca. 1 dm³ entnommen (vgl. Abb. 5-9).

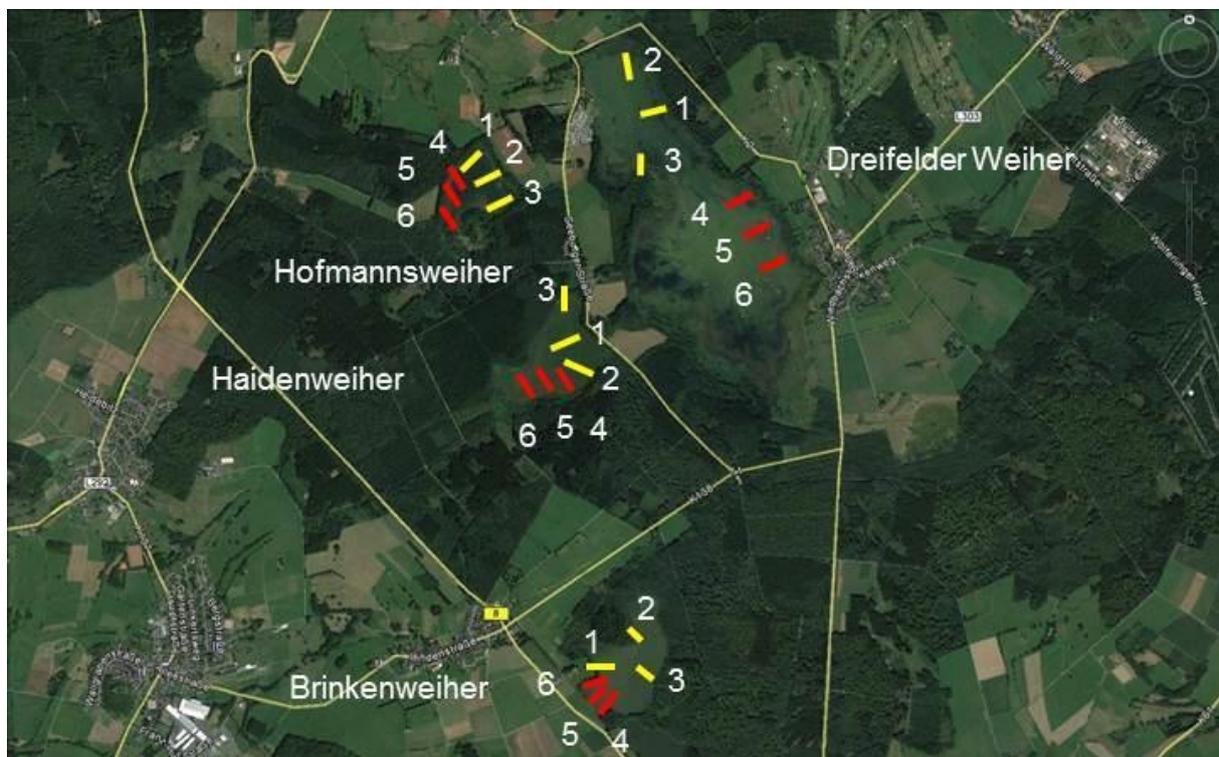


Abb. 3. Lage der Transekte zur Entnahme von Schlammproben an Dreifelder Weiher, Hofmannsweiher, Haidenweiher und Brinkenweiher im Jahr 2016 (gelb) und 2017 (rot).

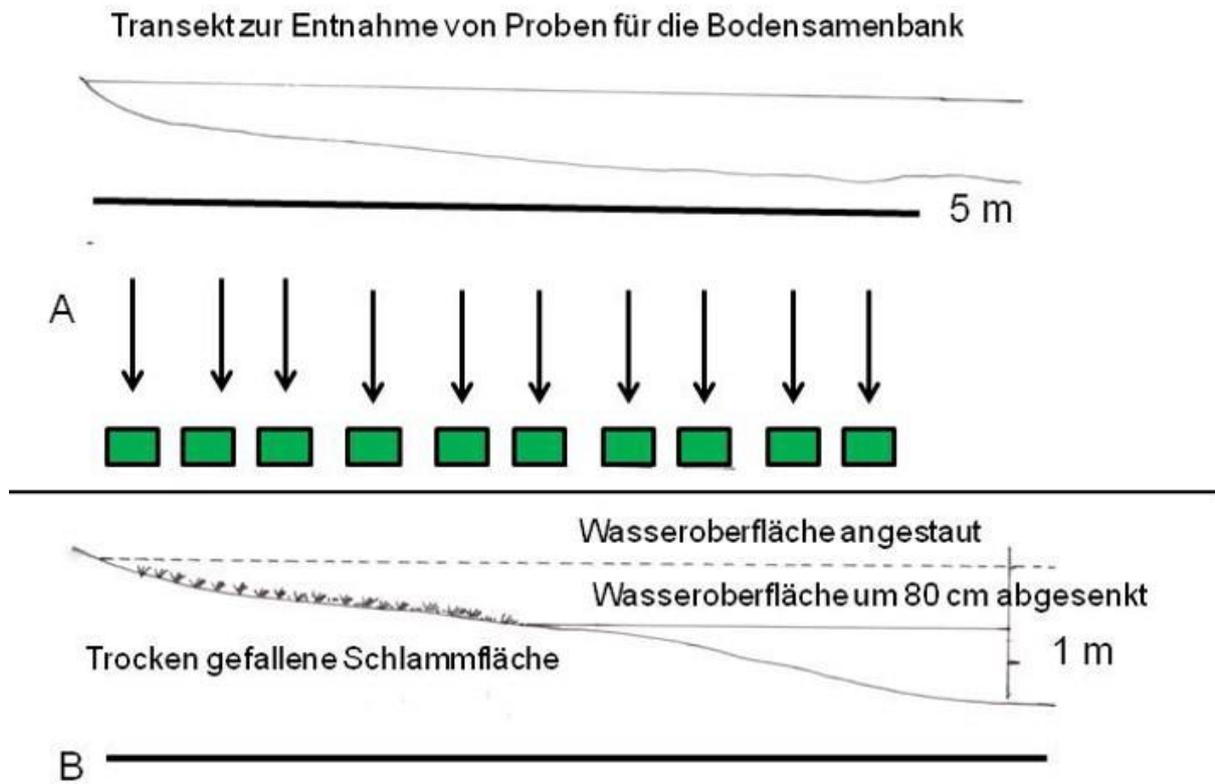


Abb. 4. A, B. Probeentnahmedesign. Transekt zur Entnahme von Schlammproben.

	Dreifelder Weiher	Haidenweiher	Hofmannsweiher	Brinkenweiher
Transekt 1	50° 35' 39.93" N 07° 49' 37.06" E	50° 35' 13.22" N 07° 49' 01.24" E	50° 35' 46.45" N 07° 48' 30.71" E	50° 34' 12.86" N 07° 49' 04.26" E
Transekt 2	50° 36' 04.78" N 07° 49' 07.20" E	50° 35' 10.99" N 07° 49' 02.74" E	50° 35' 44.60" N 07° 48' 32.58" E	50° 34' 13.34" N 07° 49' 14.73" E
Transekt 3	50° 35' 42.34" N 07° 49' 10.03" E	50° 35' 19.26" N 07° 48' 53.53" E	50° 35' 40.42" N 07° 48' 36.46" E	50° 34' 18.37" N 07° 49' 16.87" E
Transekt 4	50° 35' 32.01" N 07° 49' 48.15" E	50° 35' 09.55" N 07° 49' 00.10" E	50° 35' 42.07" N 07° 48' 23.04" E	50° 34' 13.99" N 07° 49' 00.01" E
Transekt 5	50° 35' 27.68" N 07° 49' 50.08" E	50° 35' 07.04" N 07° 48' 56.87" E	50° 35' 38.96" N 07° 48' 21.83" E	50° 34' 16.58" N 07° 48' 58.80" E
Transekt 6	50° 35' 21.55" N 07° 49' 52.79" E	50° 35' 05.37" N 07° 48' 53.75" E	50° 35' 37.01" N 07° 48' 21.67" E	50° 34' 19.64" N 07° 49' 00.90" E

Tab. 2: GPS-Koordinaten der untersuchten Transekte.



Abb. 5. A. Brinkenweiher Transekt 1. B. Brinkenweiher Transekt 2 (26.06.2016).



Abb. 6. A. Dreifelder Weiher Transekt 1. B. Dreifelder Weiher Transekt 3 (10.06.2016).



Abb. 7. A, B. Probenentnahme am Hofmannsweiher (11.06.2016).

Am Hofmannsweiher wurde im ersten Projektjahr der Wasserspiegel ab Juli um etwa 80 cm abgesenkt. Dadurch wurde im August-September ein 2-3 m breiter Streifen trockengefallenen Schlamms erzielt. Ein weiteres Absenken des Wasserspiegels führte zu einem fast vollständigen Trockenfallen des Weiher im Oktober, wobei dies durch den defekten Mönch bedingt war (vgl. Abb. 8).



Abb. 8. Fast vollständig abgelassener Hofmannsweiher am 12.10.2016.

Zur Bestimmung der Zusammensetzung der Boden-Samenbank wurde die traditionelle Keimlingsmethode angewendet (ROBERTS 1981, TER HEERDT et al. 1996), die gegenüber der Sieb-basierten Auswaschmethode, dem Auswaschen der Bodenproben über Sieben unterschiedlicher Maschenweite (ROBERTS 1981, BERNHARDT & HURKA 1989), den Vorteil besitzt, dass winzige Diasporen (z. B. Moossporen) in diesen Untersuchungen mit erfasst werden. Ein Vergleich beider Methoden mit Schlamm Bodenfluren, in denen ebenfalls Arten wie *Carex bohemica*, *Coleanthus subtilis*, *Elatine hexandra* und *Eleocharis ovata* vorkamen, ergab zwar

signifikant höhere Samenzahlen mit der Auswaschmethode (BERNHARDT et al. 2008), doch wurden in diesen Untersuchungen keine Moose berücksichtigt. Eine Erfassung der Sporen von naturschutzfachlich bedeutsamen Arten wie *Riccia huebneriana*, *Physcomitrium sphaericum* oder *P. eurystomum* ist über die Auswaschmethode kaum möglich. Um eine repräsentative Entnahme zu gewährleisten, wurde eine größere Zahl kleinflächiger Bodenproben einer kleinen Zahl großflächiger Proben vorgezogen (BIGWOOD & INOUE 1988). Eine Analyse der räumlichen Verteilung der Diasporen entlang eines Störungsgradienten ist gerade für spätere Naturschutz- und Regenerationsmaßnahmen wichtig (ABERNETHY & WILLBY 1999, APONTE et al. 2010). Die Proben wurden in den Botanischen Gärten der Universität Bonn im ersten Jahr vom 14.06.2016 bis zum 07.10.2016 und im zweiten Jahr von 02.06.2017 bis 13.10.2017 in einem Folientunnel mit einer Gesamtlänge von 14 m und einer Breite von 5 m kultiviert (Abb. 9). Die Schalengröße beträgt jeweils 38 cm Länge, 24 cm Breite und 6 cm Tiefe. Dabei werden die Proben auf 3 cm reinen Quarzsand-Untersubstrat (POSCHLOD et al. 1999, BERNHARDT & HURKA 1989) in Pflanzschalen überführt (Abb. 10) und die Abundanz der gekeimten Moose und Blütenpflanzen bestimmt.



Abb. 9. Folientunnel mit den Schalen der Schlamm Bodenfluren, Botanischer Garten Universität Bonn.



Abb. 10. Querschnitt einer Schale: 2-3 cm reiner Quarzsand, aufgelagert 1 cm Probensubstrat.

Die aufkommenden Keimlinge wurden quantitativ und qualitativ erfasst, dann aber teilweise entfernt, um die Keimung weiterer Diasporen zu ermöglichen. Um die Fremdeinträge aus der Umgebung als Artefakte zu erkennen, wurden zwischen den Pflanzschalen aus den Transekten auch mit reinem Quarzsand gefüllte Blind-Schalen platziert (Abb. 11).

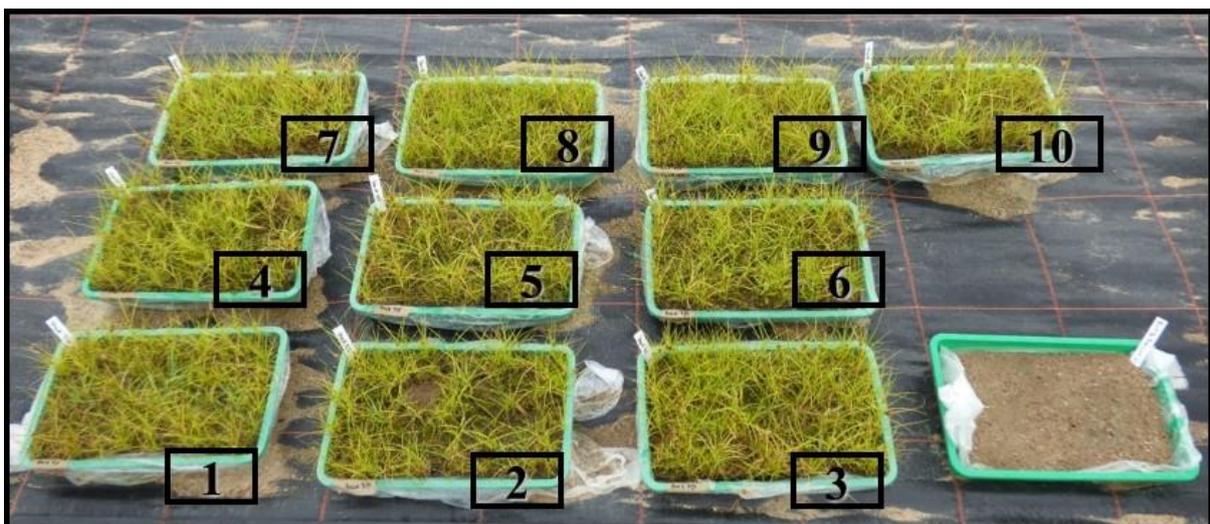


Abb. 11. Aufbau eines Transektes; 10 Subplots; unten rechts Blindprobe.

Fotodokumentation

Während des gesamten Kultivierungsversuches in den Jahren 2016 und 2017 im Folientunnel wurde jede Plastikschaale montags und freitags in einer Gesamtaufnahme der Schale und in sechs Detailbereichen fotografiert. Die Reihenfolge dieser Sektoren beginnt links oben (1), Mitte oben (2), rechts oben (3), rechts unten (4), Mitte unten (5) und endet links unten (6). Als Markierung der Sektorengrenzen dienten jeweils zwei Stecknadeln (Abb. 12).



Abb. 12. Pflanzschale mit eingezeichneten Sektoren.

Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet

Mit einer pflanzensoziologischen Aufnahme wurden die Pflanzenbestände in den Pflanzschalen in ihrer Artenzusammensetzung und Abundanz erfasst. Hierfür wurde die Methode von BRAUN-BLANQUET (1964, vgl. Tab. 3) angewandt und für die Datenanalyse mit PC-ORD die prozentuale Flächendeckung notiert. Die Vegetationsaufnahmen wurden zu Vegetationstabellen zusammengefasst, in denen die Daten anschaulich geordnet wurden (vgl. Tab. 10 -17).

Skala	Individuenzahl	Artmächtigkeit
r	1 – 5	unbedeutend
+	6 – 20	gering
1	reichlich	< 5 %
2	beliebig	5- 25 %
3	beliebig	25 – 50 %
4	beliebig	50 – 75 %
5	beliebig	75 – 100%

Tab. 3. Skala nach BRAUN-BLANQUET.

Clusteranalyse nach PC-ORD

PC-ORD (MCCUNE & MEFFORD 2011) ist ein Windows Programm für die multivariable Analyse von ökologischen Parametern. Zur Erstellung einer Clusteranalyse wurden die Parameter Abundanz und Individuenzahl genutzt, um Ähnlichkeiten zu berechnen (vgl. Abb. 30).

Monitoring ausgewählter Zielarten

Ein weiterer Aspekt ist das Monitoring ausgewählter Zielarten. Hier soll die tatsächlich zur Entwicklung gekommene Populationsgröße von *Carex bohemica*, *Coleanthus subtilis*, *Elatine hexandra*, *Elatine triandra*, *Eleocharis acicularis*, *Eleocharis ovata*, *Physcomitrium eurystomum*, *Physcomitrium sphaericum* und *Riccia huebneriana* an allen 4 Teichen in beiden geplanten Untersuchungsjahren erfasst werden. Diese Entwicklung ist abhängig von der jeweiligen Witterung im Sommer. Lediglich am Hofmannsweiher konnte durch künstliche temporäre Absenkung die Entwicklung der Zielarten unter kontrollierten Bedingungen erfasst werden.

Gewässer- und bodenkundliche Untersuchungen

Im Projektjahr 2017 wurden bei der Entnahme der Schlammproben aus den vier Weihern jeweils eine Gewässerprobe sowie pro Transekt eine Schlammprobe entnommen. Alle Proben wurden im Labor der Abteilung Geographie der Universität Koblenz-Landau untersucht.

4. Ergebnisse

4.1 Vegetationskundliche Erfassungen am Hofmannsweiher

Die vegetationskundlichen Untersuchungen am Hofmannsweiher im Jahr 2016 erfolgten entlang der vorher definierten Transekte für die Boden-Samenbank. Insgesamt wurden 30 Aufnahmen, d.h. 10 Aufnahmen pro Transekt, durchgeführt (vgl. Tab. 4). Es konnten hierbei keine neu ausgekeimten Arten der annuellen und kurzlebigen Schlamm Bodenflur entdeckt werden. Lediglich vegetative Zuwächse der perennierenden *Eleocharis acicularis*, eine bereits im Flachwasser keimende Art, und der ein- bis mehrjährige *Ranunculus trichophyllus*, waren mit Artmächtigkeiten von 5 bis 50% Flächendeckung vorhanden. Wenige Arten der Begleitflora der Assoziation Eleocharito-Caricetum bohemicae (z.B. *Rumex maritimus*, *Juncus effusus*, *Myosotis scorpioides*, *Veronica scutellata*, *Lycopus europaeus*) waren nur im Ufer nahen Bereich bzw. ebenso im dicht bewachsenen Ufer zu kartieren. Offensichtlich ließen – bedingt durch das späte (Start im Juli), über Monate sich hinziehende Ablassen des Weihers – die herbstlich niedrigen Außentemperaturen eine Keimung der Arten (insbesondere die Moose *Riccia huebneriana*, *R. fluitans*, *Physcomitrium sphaericum*) und damit eine Etablierung der Schlamm Bodenflur nicht mehr zu. Bemerkenswert auch das Auftreten des ausdauernden und in Deutschland stark gefährdeten Strandlings *Littorella uniflora*, der sich im Weiher vorwiegend vegetativ vermehrt und damit nur wenige Diasporen im Teichboden hinterlassen kann, so dass in der Boden-Samenbank 2016 keine Keimlinge dieser Art nachgewiesen werden konnten. Dagegen ist *Littorella uniflora* als Bestandteil einer homogenen Einart-Gesellschaft (*Littorella uniflora*-Gesellschaft, Pott 1995) in Klarwasserteichen in Ufernähe dominant (Abb. 13, 14, 22).

Von den Kennarten war nur die im Flachwasser gekeimte *Elatine hexandra* entwickelt. *Carex bohemica* fand sich nur im nichtblühenden Zustand an einer Stelle der unmittelbaren Uferregion.

	Ufer	Hof 1-1	Hof 1-2	Hof 1-3	Hof 1-4	Hof 1-5	Hof 1-6	Hof 1-7	Hof 1-8	Hof 1-9	Hof 1-10	Hof 2-1	Hof 2-2	Hof 2-3	Hof 2-4	Hof 2-5	Hof 2-6	Hof 2-7	Hof 2-8	Hof 2-9	Hof 2-10	Hof 3-1	Hof 3-2	Hof 3-3	Hof 3-4	Hof 3-5	Hof 3-6	Hof 3-7	Hof 3-8	Hof 3-9	Hof 3-10	
A Carex bohemica	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DUV Elatine hexandra	.	1	2	1	2	1	3	2	3	3	3	.	3	3	4	5	3	2	3	2	3	2	4	4	5	5	4	.	3	5	4	
B Ranunculus trichophyllus	.	3	2	2	2	1	2	3	3	3	2	1	+	2	2	2	3	+	r	3	3	4	2	1	1	1	1	3	4	+	+	
Eleocharis acicularis	.	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	4	2	2	3	2	2	2	2	1	2	3	.	2	2	1	1	2	1	2	2	
Rumex maritimus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	4	2	.	.	.	.	.	.	1	2	1	+	+	.	.	.	.	.
Alopecurus geniculatus	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Littorella uniflora	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
Juncus effusus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis scorpioides	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lycopus europaeus	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bidens radiata	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica scutellata	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Persicaria lapathifolia ssp. brittingeri	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eleocharis mamillata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium arvense	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Elodea canadensis	.	.	1	1	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 4: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher (12.10.2016).



Abb. 13. A, B. Hofmannsweiher am 12.09.2016. Deutlich sichtbar sind die dichten Bestände von *Littorella uniflora*, die sich in Hochblüte befinden.

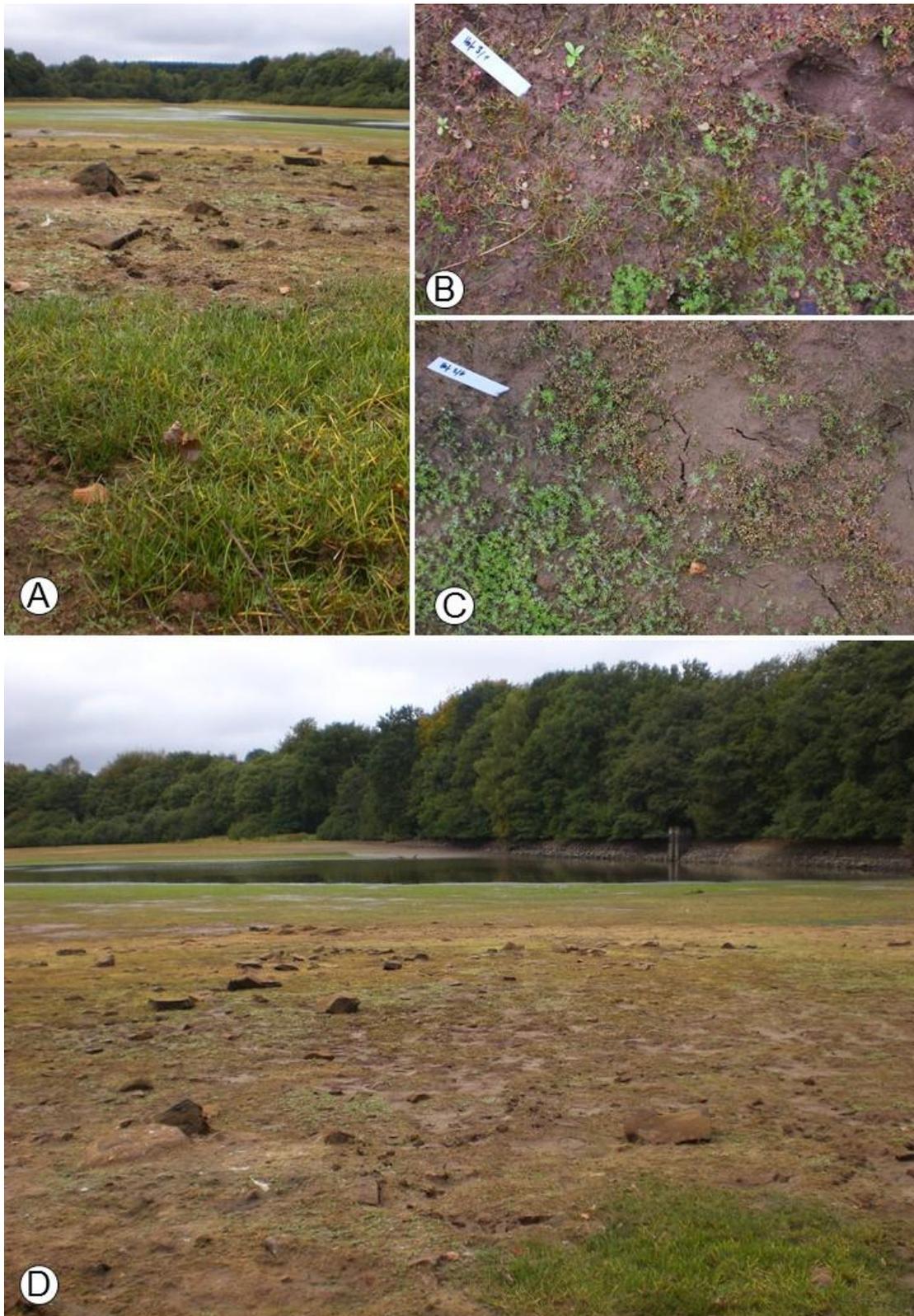


Abb. 14. Hofmannsweiher am 12.10.2016. A. Strandling (*Littorella uniflora*). B. Subplot 3-1 mit *Ranunculus trichophyllus*, *Rumex maritimus*, *Alopecurus geniculatus*, *Elatine hexandra*, *Eleocharis acicularis*. C. Subplot 2-6 mit *Ranunculus trichophyllus*, *Elatine hexandra* und *Eleocharis acicularis*. D. Fast vollständig trocken gefallener Teichboden.

Auch im zweiten Projektjahr wurden am Hofmannsweiher Vegetationsaufnahmen durchgeführt und pflanzensoziologische Daten aufgenommen (vgl. Tab. 5-8). Die Aufnahme erfolgte am 21.09.2017. Wie im Jahr 2016 erfolgte das Ablassen des Wassers jedoch zu spät, so dass fast der gesamte westliche Hofmannsweiher überflutet war. Daher konnten in den Transekten 1 und 2 keine vegetationskundlichen Aufnahmen gemacht werden. Darüber hinaus wurde im September 2017 eine Algenblüte beobachtet, welche die vegetationskundlichen Untersuchungen zusätzlich erschwerte (vgl. Abb. 15).

Die Messfläche der Vegetationsaufnahmen betrug in jeder Aufnahme 2 x 2 m. Es wurden, soweit möglich, jeweils 3 Aufnahmen pro Transekt durchgeführt, wobei die Aufnahmefläche Nr. 1 am Ufer, die Aufnahmefläche Nr. 2 zwischen Ufer und See und die Aufnahmefläche Nr. 3 am See lag (vgl. Abb. 16 -18).



Abb. 15: Algenblüte am Hofmannsweiher im Bereich von Transekt 1, 21.09.2017.

Gattung	Art	Aufnahme 1	Aufnahme 2	Aufnahme 3
<i>Alopecurus</i>	<i>geniculatus</i>	+	+	r
<i>Bidens</i>	spec.	r	+	+
<i>Carex</i>	<i>elata</i>	+	-	-
<i>Elatine</i>	<i>hexandra</i>	1	2	4
<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	1	1	2
<i>Lemna</i>	spec.	r	r	-
<i>Limosella</i>	<i>aquatica</i>	-	-	+
<i>Litorella</i>	<i>uniflora</i>	5	4	2
<i>Myosotis</i>	<i>scorpioides</i>	1	-	-
<i>Myosotis</i>	spec.	+	-	-
<i>Rumex</i>	<i>maritimus</i>	r	r	-
Deckung		98%	80%	80%

Tab. 5: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 3

Gattung	Art	Aufnahme 1	Aufnahme 2	Aufnahme 3
<i>Alopecurus</i>	<i>geniculatus</i>	-	1	2
<i>Bidens</i>	spec.	1	+	-
<i>Bidens</i>	<i>radiata</i>	2	1	+
<i>Carex</i>	<i>elata</i>	+	+	r
<i>Elatine</i>	<i>hexandra</i>	-	3	4
<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	-	1	2
<i>Gnaphalium</i>	<i>uliginosum</i>	-	+	-
<i>Litorella</i>	<i>uniflora</i>	5	4	+
<i>Myosotis</i>	<i>scorpioides</i>	+	-	-
<i>Myosotis</i>	spec.	r	+	-
<i>Ranunculus</i>	<i>trichophyllus</i>	-	+	r
<i>Rumex</i>	<i>maritimus</i>	-	-	r
<i>Veronica</i>	<i>scutellata</i>	-	r	+
Deckung		98%	98%	80%

Tab. 6: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 4

Gattung	Art	Aufnahme 1	Aufnahme 2
<i>Alopecurus</i>	<i>geniculatus</i>	+	1
<i>Bidens</i>	<i>radiata</i>	1	r
<i>Carex</i>	<i>elata</i>	+	-
<i>Elatine</i>	<i>hexandra</i>	+	2
<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	2	1
<i>Elodea</i>	<i>nuttalii</i>	-	r
<i>Litorella</i>	<i>uniflora</i>	4	4
<i>Myosotis</i>	spec.	1	-
<i>Persicaria</i>	<i>lapathifolia</i> ssp. <i>brittingeri</i>	-	r
<i>Phragmites</i>	<i>australis</i>	1	r
<i>Rumex</i>	<i>maritimus</i>	+	-
<i>Veronica</i>	<i>scutellata</i>	+	r
<i>Bryum</i>	spec.	r	-
Deckung		98%	80%

Tab. 7: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 5

Gattung	Art	Aufnahme 1	Aufnahme 2	Aufnahme 3
<i>Alopecurus</i>	<i>geniculatus</i>	r	+	1
<i>Bidens</i>	spec.	r	r	-
<i>Carex</i>	<i>elata</i>	+	+	r
<i>Elatine</i>	<i>hexandra</i>	r	+	1
<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	-	+	2
<i>Litorella</i>	<i>uniflora</i>	5	5	4
<i>Myosotis</i>	<i>scorpioides</i>	r	1	+
<i>Phragmites</i>	<i>australis</i>	+	+	-
<i>Ranunculus</i>	<i>trichophyllus</i>	-	r	+
<i>Rumex</i>	<i>maritimus</i>	-	r	r
<i>Salix</i>	spec.	r	r	-
<i>Veronica</i>	<i>scutellata</i>	r	-	r
<i>Bryum</i>	spec.	+	r	r
<i>Riccia</i>	<i>fluitans</i>	-	r	-
Deckung		98%	95%	70%

Tab. 8: Pflanzensoziologische Aufnahme am Hofmannsweiher, Transekt 6



Abb. 16. Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 1 (Ufer), 21.09.2017



Abb. 17. Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 2 (Mitte), 21.09.2017



Abb. 18. Hofmannsweiher Transekt 1, Aufnahme 3 (See), 21.09.2017

In den Transekten 3, 4, 5 und 6 konnten als typische Arten des Elatino-*Eleocharition ovatae* nur *Elatine hexandra* und *Eleocharis acicularis* beobachtet werden. Beide Arten traten vor allem gegen die Seemitte hin auf, während sie am Ufer mit Ausnahme von Transekt 5 nur spärlich vertreten waren oder gänzlich fehlten. Als Besonderheiten sind *Limosella aquatica* (selten in Transekt 3) und *Veronica scutallata* zu nennen. *Litorella uniflora* trat als ausdauernde Art vor allem im Uferbereich des Hofmannsweiher auf. Von den schlammbodentypischen Moosen konnte keine Art nachgewiesen werden. In den Transekten 5 und 6 fand sich eine sterile *Bryum*-Art, sowie zusätzlich in Transekt 6 das Lebermoos *Riccia fluitans*. Die Charakterart *Carex bohemica* konnte in keiner Aufnahme fläche nachgewiesen werden. Diese Untersuchungen deuten ebenfalls darauf hin, dass zum Erhalt der Schlamm Bodenfluren ein früherer Ablasstermin zwingend notwendig ist.

4.2. Boden-Samenbank-Untersuchungen

Insgesamt dokumentieren ca. 40.000 Fotos den chronologischen Verlauf der Kultur der 240 Bodenproben (4 Teiche mit jeweils 6 Transekten à 10 Subplots) von der Aussaat bis zum 7.10.2016 bzw. 13.10.2017.

α -Diversität:

Es konnten insgesamt 42 verschiedene Gefäßpflanzen-Arten bestimmt werden, von denen 6 Vertreter in Deutschland als gefährdete Rote Liste-Arte gelten (siehe Tabelle 1). Daneben wurden eine Gelbgrünalge, drei Lebermoose sowie zwei Laubmoosarten beobachtet.

		HOF 2016	HOF 2017	HAID 2016	HAID 2017	DW 2016	DW 2017	BRIN 2016	BRIN 2017
Gelbgrünalgen									
<i>Botrydium granulatum</i>	nicht gefährdet							X	
Lebermoose									
<i>Marchantia polymorpha</i>	nicht gefährdet	X		X		X		X	
<i>Riccia fluitans</i>	nicht gefährdet	X		X		X		X	
<i>Riccia huebneriana</i>	Gefährdung anzunehmen	X	X	X	X	X		X	X
Laubmoose									
<i>Bryum spec.</i>			X						
<i>Physcomitrium sphaericum</i>	gefährdet	X	X	X	X	X	X	X	

Tabelle 9: Artenliste der Boden-Samenbank.

Die Arten *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Chenopodium polyspermum*, *Epilobium lamyi*, *Solanum nigrum* und *Sonchus arvensis* gehen möglicherweise auf Samenanflug zurück.

Die 240 untersuchten Bodenproben wiesen meist 7-11 verschiedene Arten je Subplot auf. Bemerkenswert ist die besondere Arten-Armut des Dreifelder-Weiher. Hier lag die Artenvielfalt im Untersuchungsjahr 2016 meist zwischen 4-9, und im Untersuchungsjahr 2017 meist bei 2-5 Arten, einmalig sogar bei nur 1 Art. Am artenreichsten ist der Bewuchs des Haiden-Weiher mit bis zu 18 verschiedenen Arten im Subplot in 2016 (siehe Tabelle 12), aber auch hier lagen die Artzahlen in 2017 deutlich niedriger mit nur 5-11 dokumentierten Arten.

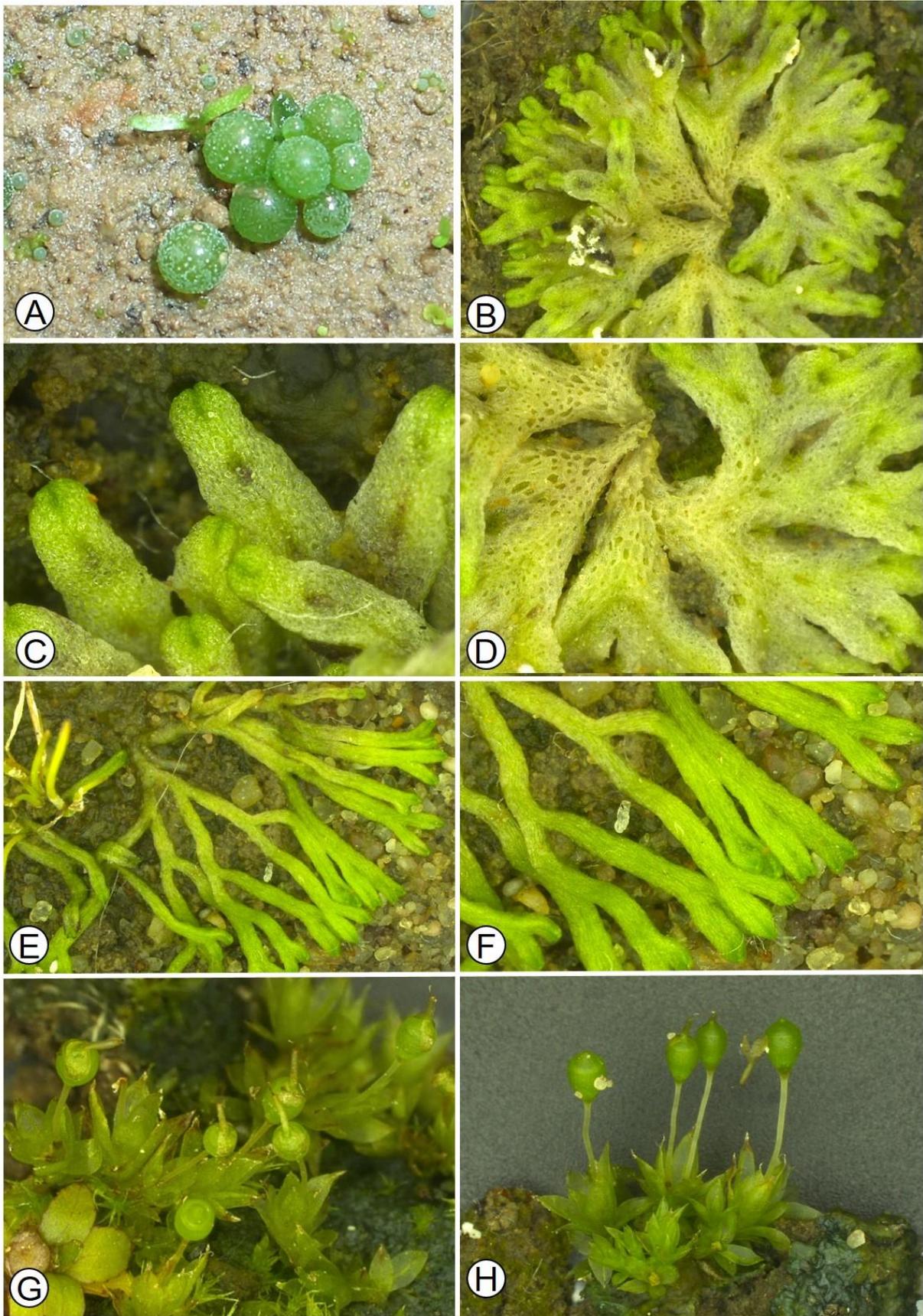


Abb. 19. A. *Botrydium granulatum* B-D. *Riccia huebneriana* E-F. *Riccia fluitans* G-H. *Physcomitrium sphaericum*.

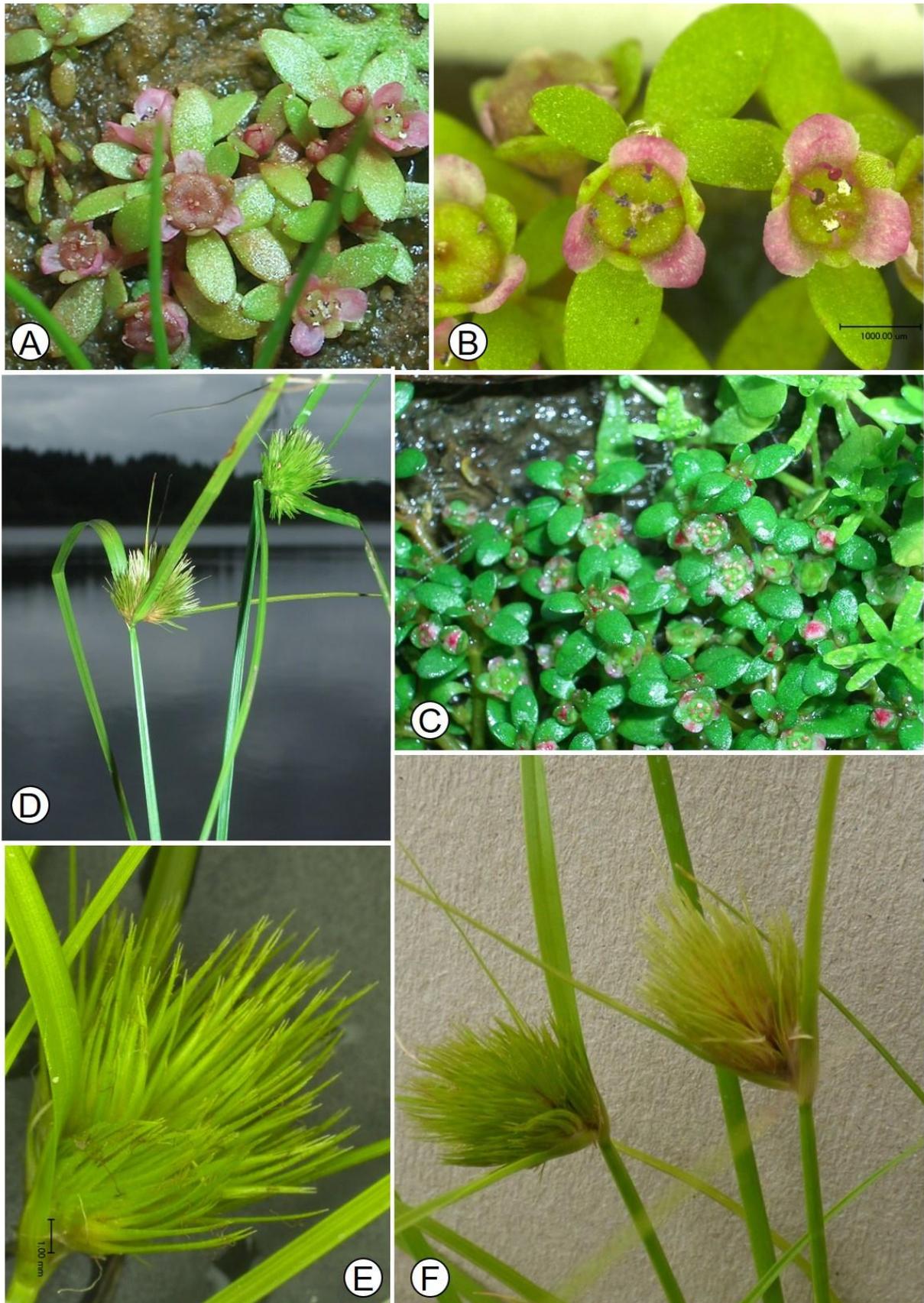


Abb. 20. A-C. *Elatine hexandra* D-F. *Carex bohemica*.



Abb. 21. A-C. *Eleocharis ovata* D-E. *Eleocharis acicularis*.



Abb. 22. A. *Littorella uniflora* B. *Rumex maritimus* C. *Persicaria lapathifolia* ssp. *brittingeri*.

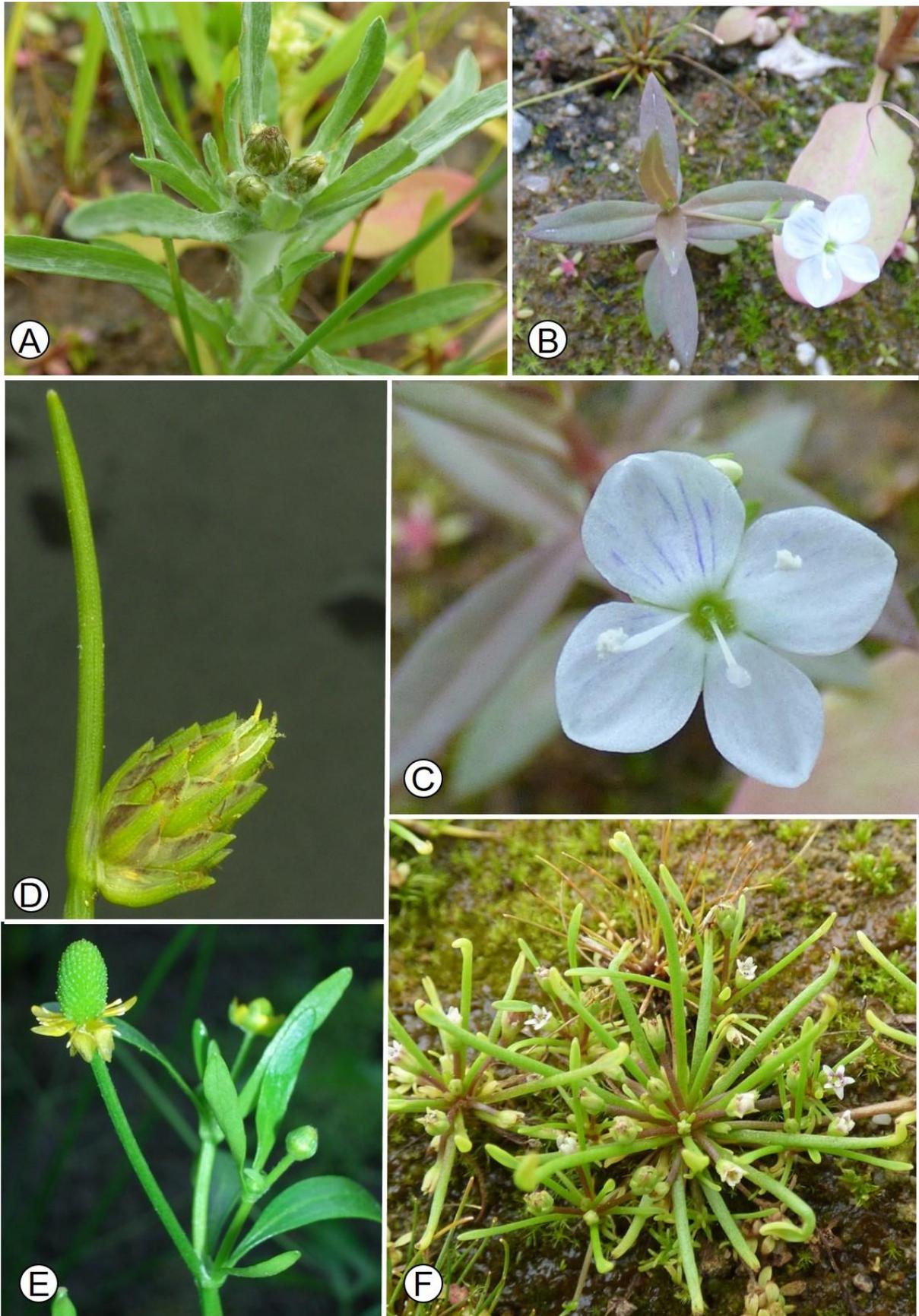


Abb. 23. A. *Gnaphalium uliginosum* B-C. *Veronica scutellata* D. *Isolepis setacea* E. *Ranunculus sceleratus* F. *Limosella aquatica*.

Anzahl Arten	Hof 4-1	Hof 4-2	Hof 4-3	Hof 4-4	Hof 4-5	Hof 4-6	Hof 4-7	Hof 4-8	Hof 4-9	Hof 4-10	Hof 5-1	Hof 5-2	Hof 5-3	Hof 5-4	Hof 5-5	Hof 5-6	Hof 5-7	Hof 5-8	Hof 5-9	Hof 5-10	Hof 6-1	Hof 6-2	Hof 6-3	Hof 6-4	Hof 6-5	Hof 6-6	Hof 6-7	Hof 6-8	Hof 6-9	Hof 6-10		
A Eleocharito-Caricetum bohemicae																																
Eleocharis ovata	r
Carex bohemica	2	2	1	1	+	r	r	2	1	1	1	1	.	1	1	r	1	1	1	1	r	+	+	2	+	2	+	1	+	+	1	
DA Rumex maritimus	.	r	1	2	1	2	r	1	r	.	1	1	1	+	1	.	.	+	.	r	.	1	+	1	.	2	r	r	r	r		
DUV Elatine hexandra	1	1	1	1	2	1	.	.	r	r	+	1	1	1	1	1	1	+	1	.	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1		
O Riccia huebneriana																																
Physcomitrium sphaericum	1	1	+	2	2	2	+	2	+	2	1	2	1	1	2	2	2	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	1	+	+	
Gnaphalium uliginosum	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	
Peplis portula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	r	r	r	r	r	
Limosella aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Littorella uniflora	1	1	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
DO Juncus articulatus																																
Juncus articulatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	.	.	r	.	
B Juncus effusus																																
Eleocharis acicularis	2	2	+	1	2	+	.	+	.	.	.	+	+	.	+	.	.	2	1	.	.	r	r	+	.	.	+	+	+			
Carex elata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus tenuis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Callitriche palustris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Persicaria lapathifolia ssp. brittingeri	r	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	r	.	.	r	.	r	.	r	r	.	r	.	.	.	.	.
Alopecurus geniculatus	.	.	r	r	r	r	r	r	.	1	1	.	+	+	.	r	r	.	r	.	.	.	.	r	r	r	.	.	.	.
Ranunculus trichophyllus	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Epilobium tetragonum	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica scutellata	r	.	.	r	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	r	.	.	.	r	r	.	
Glyceria fluitans	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rorippa palustris	.	r	+	r	r	r	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.
Bidens radiata	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus uliginosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis scorpioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chenopodium polyspermum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lythrum salicaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Typha latifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Solanum nigrum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium oleraceum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium arvense	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Daucus carota	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tabelle 11: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Hofmannsweiher 2017.

Anzahl Arten	Haid 1-1	Haid 1-2	Haid 1-3	Haid 1-4	Haid 1-5	Haid 1-6	Haid 1-7	Haid 1-8	Haid 1-9	Haid 1-10	Haid 2-1	Haid 2-2	Haid 2-3	Haid 2-4	Haid 2-5	Haid 2-6	Haid 2-7	Haid 2-8	Haid 2-9	Haid 2-10	Haid 3-1	Haid 3-2	Haid 3-3	Haid 3-4	Haid 3-5	Haid 3-6	Haid 3-7	Haid 3-8	Haid 3-9	Haid 3-10						
A Eleocharito-Caricetum bohemicae																																				
Eleocharis ovata	+	+	+	1	.	r	+	+	+	.	+	2	1	.	1	2	.	1	+	+	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2					
Carex bohemica	1	1	2	1	1	+	2	+	1	1	4	4	4	2	4	3	4	3	3	3	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5					
DA Rumex maritimus																																				
DUV Elatine hexandra																																				
O Riccia huebneriana	.	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1					
Physcomitrium sphaericum	1	1	1	1	2	2	2	1	3	3	1	1	2	2	2	2	2	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gnaphalium uliginosum	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Peplis portula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Limosella aquatica	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	1	+	+	r	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DO Juncus articulatus																																				
B Juncus effusus																																				
Eleocharis acicularis	1	2	+	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	.	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	r	1	+				
Carex elata	r				
Juncus tenuis	r	r	+	+	r	.	+	.	+	.	1	2	1	3	1	1	.	+	1	+	r	r				
Riccia fluitans	1				
Callitriche palustris	.	r	r	+	.	r	+	r	1	1	1	+	+	.	+	+				
Botrydium granulatum				
Persicaria lapathifolia ssp. brittingeri	.	r	r	+	.	r	.	r	.	.	3	2	2	.	r	+	+	+	r	r				
Alopecurus geniculatus	r	r	r	.	+	r	.	r	.	.	+	.	+	.	r	r	+	r	+	r	.	+	+	+	+	+	+	.	.	.	r	.				
Ranunculus trichophyllus			
Ranunculus sceleratus	r	r			
Epilobium tetragonum	.	r	.	r			
Veronica scutellata			
Glyceria fluitans			
Rorippa palustris	r	.	+	+	.	r	r	.	+	.	3	3	2	r	1	+	+	+			
Bidens radiata	.	r	.	r	r	r	r	r	r	.	1	+	r	.	+			
Lotus uliginosus			
Lycopus europaeus			
Marchantia polymorpha	r			
Alisma plantago-aquatica	.	.	+	r	.	r	r	+	r			
Myosotis scorpioides	r	r			
Typha latifolia	.	.	r	r		
Urtica dioica	r		
Plantago major ssp. intermedia		
Solanum nigrum	r	.	
Sonchus arvensis	r	
Chenopodium album	r	
Cirsium arvense
Epilobium hirsutum	r
Epilobium lamyi
Poa annua

Tabelle 12: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Haidenweiher 2016.

Anzahl Arten	Haid 4-1	Haid 4-2	Haid 4-3	Haid 4-4	Haid 4-5	Haid 4-6	Haid 4-7	Haid 4-8	Haid 4-9	Haid 4-10	Haid 5-1	Haid 5-2	Haid 5-3	Haid 5-4	Haid 5-5	Haid 5-6	Haid 5-7	Haid 5-8	Haid 5-9	Haid 5-10	Haid 6-1	Haid 6-2	Haid 6-3	Haid 6-4	Haid 6-5	Haid 6-6	Haid 6-7	Haid 6-8	Haid 6-9	Haid 6-10	
A Eleocharito-Caricetum bohemicae																															
Eleocharis ovata	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	r	r	r	.	r	r	r	r	1	r	.	r	1	r	+	.	2	
Carex bohemica	+	1	1	2	1	.	.	1	.	.	+	2	+	3	2	1	1	+	1	+	3	2	3	1	2	1	2	3	+	1	
DA Rumex maritimus																															
DUV Elatine hexandra	3	3	4	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	3	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	+	+	+	.	r	
O Riccia huebneriana																															
Physcomitrium sphaericum	.	+	.	1	1	1	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
Gnaphalium uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Peplis portula	.	.	r	r	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Isolepis setacea	r	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Limosella aquatica	.	r	.	+	.	r	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Littorella uniflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DO Juncus articulatus																															
Juncus articulatus	+	.	.	.	.	+	.	.	r	.	r	+	+	.	+	+	r	+	r	+	+	+	+	+	1	1	+	.	.	.	
B Juncus effusus																															
Eleocharis acicularis	1	1	1	1	2	1	1	1	2	+	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	r	.	.	.	r	.	.	+	.
Carex elata	r	.	+	.	+	r	r	.	r	+	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus tenuis	.	r	1	1	+	+	1	+	r	.	.	+	+	.	r	+	+	.	.	.	.	r	.	r	.	r	.	.	.	.	.
Callitriche palustris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Persicaria lapathifolia ssp. brittingeri	.	.	.	r	.	r	.	r	.	.	r	r	.	.	r	.	r	r	.	.	.	r	r	.	r	r	.	r	.	r	r
Alopecurus geniculatus	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus trichophyllus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epilobium tetragonum	.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica scutellata	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Glyceria fluitans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rorippa palustris	r	.	.	r	+	r	r	r	r	r	.	r	.	.	r	r	r	.	r	r	r	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Bidens radiata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lotus uliginosus	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	r
Myosotis scorpioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chenopodium polyspermum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lythrum salicaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
Typha latifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Solanum nigrum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium oleraceum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium arvense	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Daucus carota	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tabelle 13: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Haidenweiher 2017.

Anzahl Arten	6 B4-1	11 B4-2	13 B4-3	12 B4-4	9 B4-5	6 B4-6	10 B4-7	7 B4-8	8 B4-9	8 B4-10	9 B5-1	5 B5-2	8 B5-3	7 B5-4	8 B5-5	5 B5-6	5 B5-7	6 B5-8	6 B5-9	8 B5-10	6 B6-1	7 B6-2	6 B6-3	11 B6-4	6 B6-5	7 B6-6	6 B6-7	7 B6-8	6 B6-9	6 B6-10		
A Eleocharito-Caricetum bohemicae																																
Eleocharis ovata	.	.	r	+	+	+	+	1	+	+	r	r	r	+	1	+	2	2	2	2	r	r	r	r	+	+	r	r	+	+		
Carex bohemica	.	2	2	1	1	+	+	1	.	+	+	.	+	.	r	r	.	r	r	r	r	r	+	+	+	+	r	r	1	r	+	
DA Rumex maritimus	.	+	1	2	2	1	+	+	+	r	+	1	+	r	+	r	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	2	+	1		
DUV Elatine hexandra	1	3	3	2	4	5	3	4	.	3	+	.	1	1	1	1	.	1	2	2	1	2	1	3	2	2	3	2	4	4		
O Riccia huebneriana	r	.	+	+	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Physcomitrium sphaericum		
Gnaphalium uliginosum		
Peplis portula		
Isolepis setacea		
Limosella aquatica		
Littorella uniflora		
DO Juncus articulatus	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	r	.	r	.	r	.	.	.	
B Juncus effusus	.	.	+	1	1	.	r	r	+	+	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	.	.	.	1	+	.	.	r	.	.		
Eleocharis acicularis	1	1	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Carex elata	1	+	+	+	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Juncus tenuis	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Callitriche palustris	.	1	+	+	r	r	+	+	+	r	.	.	.	r	r	.	r	+	.	+	.	+	r	r	r	1
Persicaria lapathifolia ssp. brittingeri	.	+	r	r	r	.	r	.	.	.	r	1	+	r	r	.	r	r	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	r	r	r
Alopecurus geniculatus	r	r	.	r	.	r	.	.	.	
Ranunculus trichophyllus	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus sceleratus	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epilobium tetragonum	r	+	r	r	r	r	r	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica scutellata	
Glyceria fluitans	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rorippa palustris	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bidens radiata	
Lotus uliginosus	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alisma plantago-aquatica	
Myosotis scorpioides	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chenopodium polyspermum	
Lythrum salicaria	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Typha latifolia	
Solanum nigrum	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium oleraceum	
Cirsium arvense	
Daucus carota	

Tabelle 17: Pflanzensoziologische Aufnahmen Subplots Brinkenweiher 2017.

Chronologische Abfolge der Sukzession

Die schnell keimenden und früh blühenden Diasporen der Kennarten der Schlamm Bodenflur hatten mehrheitlich bereits vor der August-Hitze (bei Gewächshaus temperaturen von ca. 40°C) mit ihrem Lebenszyklus abgeschlossen, bzw. hatten, wie die *Riccia-Moose*, sehr unter den hohen Temperaturen zu leiden. Besonders im Untersuchungsjahr 2017 ist wegen der hohen Temperaturen Ende Juni ein quantitativ merklicher Rückgang der *Riccia*-Arten gegenüber 2016 zu verzeichnen gewesen. Lediglich *Riccia huebneriana* wurde in vitro dokumentiert, die empfindlichere *Riccia fluitans* wurde 2017 in keiner Pflanzschale gefunden. Die Sukzessionsarten bzw. Arten des Röhrchtes, der Zweizahnfluren oder Uferbewuchses keimten und blühten merklich später (z.B. *Bidens radiata*, *Lycopus europaeus*, *Veronica scutellata* Anthese im August).

Alle in Pflanzschalen der Transekte zeigten eine bestimmte Abfolge in der Sukzession der verschiedenen Arten.

1. Woche: Auf den noch sehr feuchten bis nassen Böden der Pflanzschalen zeigt sich zuerst im Initialstadium die Alge *Botrydium granulatum* (Xanthophyceae - Gelbgrün-Alge) als einziger Besiedler.

2. Woche: Zu Beginn der zweiten Woche folgen keimende annuelle Arten der Schlamm Bodenflur: *Elatine hexandra*, *Eleocharis acicularis*, *Eleocharis ovata*, *Callitriche palustris*, *Carex bohémica*, *Limosella aquatica* und *Peplis portula*. Es folgten die Keimlingsstadien der Arten *Bidens radiata*, *Persicaria lapathifolia* ssp. *brittingeri*, *Rorippa palustris* und *Rumex maritimus*. An den feuchteren Stellen am Schalenrand werden erste Exemplare von *Riccia huebneriana* und *Riccia fluitans* sichtbar. Teilweise war in den Proben noch Blatt- und Wurzelmaterial der ein- bis mehrjährigen *Eleocharis acicularis* enthalten, die somit einen kleinen Wachstumsvorsprung haben und rasenartige Bestände ausbilden. Das erste Blütenstadium von *Eleocharis acicularis* erfolgte bei den in den Proben vorhandenen Mutterpflanzen. Im Untersuchungsjahr 2017 konnten in den Pflanzschalen des Hofmannsweiher erstmals auch *Littorella uniflora*-Keimlinge dokumentiert werden, die sich äußerst selten über Samen reproduziert. Dies war nur deshalb möglich, weil 2016 der Hofmannsweiher rechtzeitig im Frühsommer abgelassen wurde und so der Strandling zur Anthese und Samenreife

gelange konnte. Es wären hier Folgestudien in den kommenden Jahren wünschenswert, um feststellen zu können, wie lange die Samen fertil bleiben die sich nach der einmaligen Blüte und Samenproduktion im Teichboden ansammeln konnten.

3. Woche: Keimung von *Alisma plantago-aquatica*, *Alopecurus geniculatus*, *Ranunculus trichophyllus* und *Veronica scutellata*. Verschiedene *Juncus*-Arten waren zu diesem Zeitpunkt bereits gewachsen, konnten aber erst später eindeutig identifiziert werden. Durch die schnellwachsende *Elatine hexandra* sind große Bereiche der Schalen teppichartig bedeckt und rötlich gefärbt.

4. Woche: Die Blühphasen von *Carex bohemica*, *Elatine hexandra*, *Eleocharis ovata*, *Limosella aquatica*, *Persicaria lapathifolia* ssp. *brittingeri* und *Rorippa palustris* beginnen. Zunehmend verdrängen die größeren Arten die flachwachsenden Schlammflur-Arten: die roten Bodendecker wie *Elatine* werden durch die gelbgrünen, rasenartigen Bestände von *Carex bohemica* verdrängt. Die Arten *Carex elata*, *Physcomitrium sphaericum* und *Ranunculus sceleratus* sind nachweisbar. Die heißen Sommertemperaturen führen zu Verbrennungen, die an *Riccia*-Arten bei Exemplaren des Haidenweiher und Dreifelder Weiher zu sehen waren. Dadurch starben die Thallus-Enden ab und verfärbten sich grauweiß.

5. Woche: Keimung von *Gnaphalium uliginosum* und *Typha latifolia*. Die Anthese von *Juncus atriculatus*, *Juncus tenuis* und *Veronica scutellata* beginnt.

7. Woche: Die Anthese von *Alopecurus geniculatus*, *Isolepis setacea* und *Poa annua* beginnt.

8. Woche: Hitzewellen und Temperaturen über 40 °C im Folientunnel führen zu hohen Verlusten an *Riccia huebneriana* und *Riccia fluitans* vor allem in Transekt 3 vom Dreifelder Weiher. Die Exemplare in den Randbereichen der Plastikschalen bleiben vitaler, da es hier feuchter ist und diese besser vor der Sonneneinstrahlung geschützt sind.

10. - 12. Woche: *Juncus*-Arten (*Juncus tenuis*, *Juncus effusus*, *Juncus articulatus*) dominieren zunehmend die Pflanzschalen.

Diese Beobachtungen stimmen sehr gut mit den Ergebnissen von PIETSCH & MÜLLER-STOLL (1968) überein:

„Im primären Initialstadium ist die Alge *Botrydium granulatum* zunächst einziger Besiedler der noch sehr feuchten bis nassen ...Stellen in der Nähe des zurückgehenden Wassers. ...Im Bryophyten-Stadium auf den bereits etwas trockener gewordenen Teichböden sind *Riccia glauca* und *Riccia crystallina* [Anmerkung = *Riccia cavernosa*] die Hauptvertreter. ...Wegen ihres raschen Keimvermögens kann auch *Limosella aquatica* als Pionierart auftreten...Bald danach erscheinen annuelle Pflanzen von *Eleocharis acicularis*, die später umfangreiche Rasen bilden...Auch *Elatine*-Arten können ein Initialstadium bilden, das wegen der rötlichen Färbung des Teichbodens schon von weitem zu erkennen ist. ...Die blühenden *Elatine*-Rasen überziehen oft teppichartig große Teile der Teichböden. Bei entsprechender Erwärmung des Teichbodens können die Pflanzen schon bei flacher Wasserüberdeckung zur Keimung und Entwicklung gelangen. ... Schon 2-3 Wochen nach dem ersten Erscheinen der Initialstadien bietet die Vegetation der Teichböden ein ganz anderes Bild. Die wasserfreien Teichflächen können dann den Eindruck sattgrüner Wiesen erwecken...*Carex bohemica* kann bei höchster Abundanz große Siedlungen von 50 bis 250 Quadratmetern bilden. *Eleocharis ovata* tritt in der Regel mehr truppweise auf“ (PIETSCH & MÜLLER-STOLL 1968).

Die Sukzession des Pflanzenbewuchses einer Probenschale zeigen exemplarisch die folgenden Abbildungen 24-29.

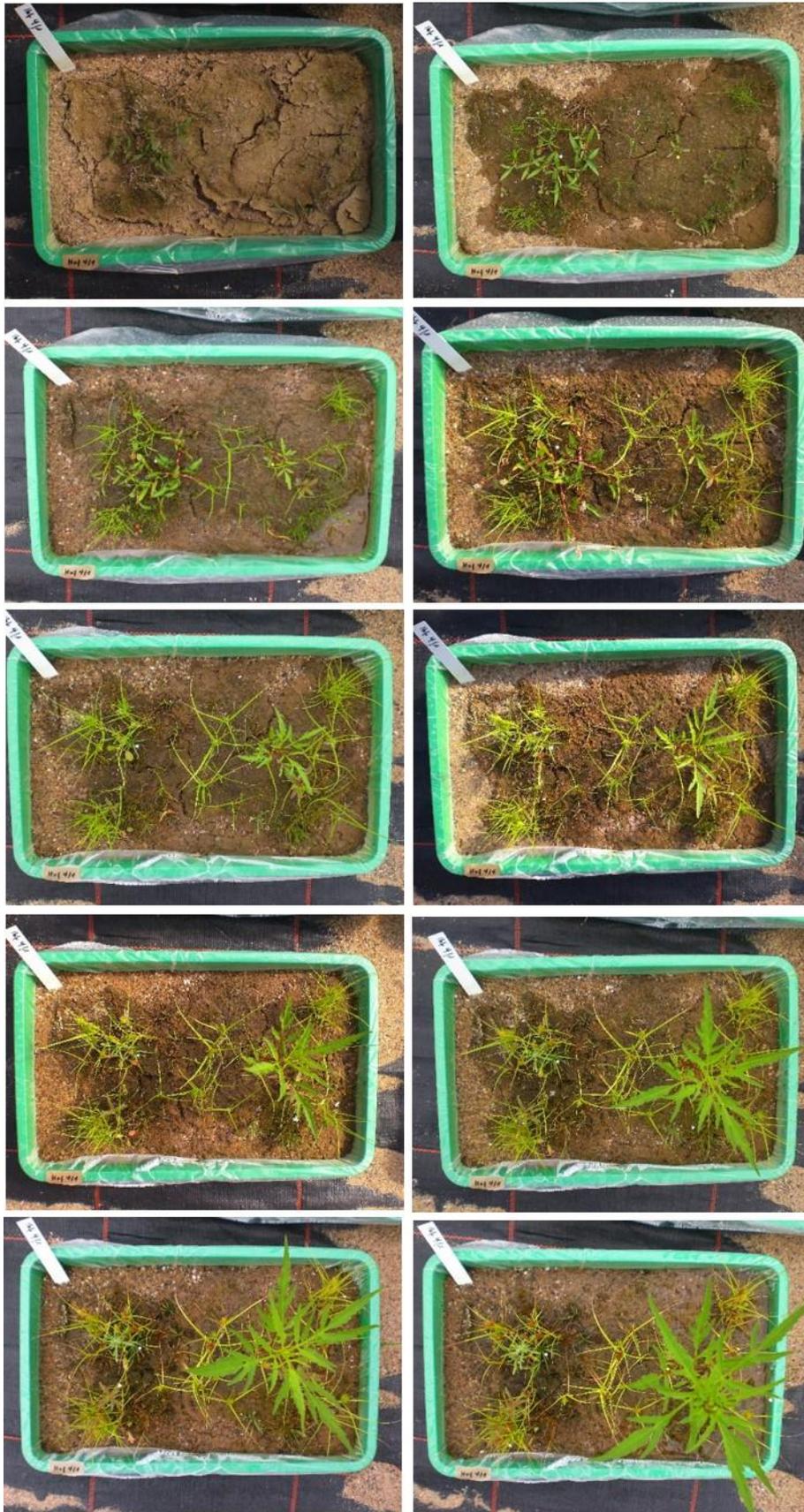


Abb. 24: Sukzession Hofmannsweiher 2017, Transekt 4, Subplot 1; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe.

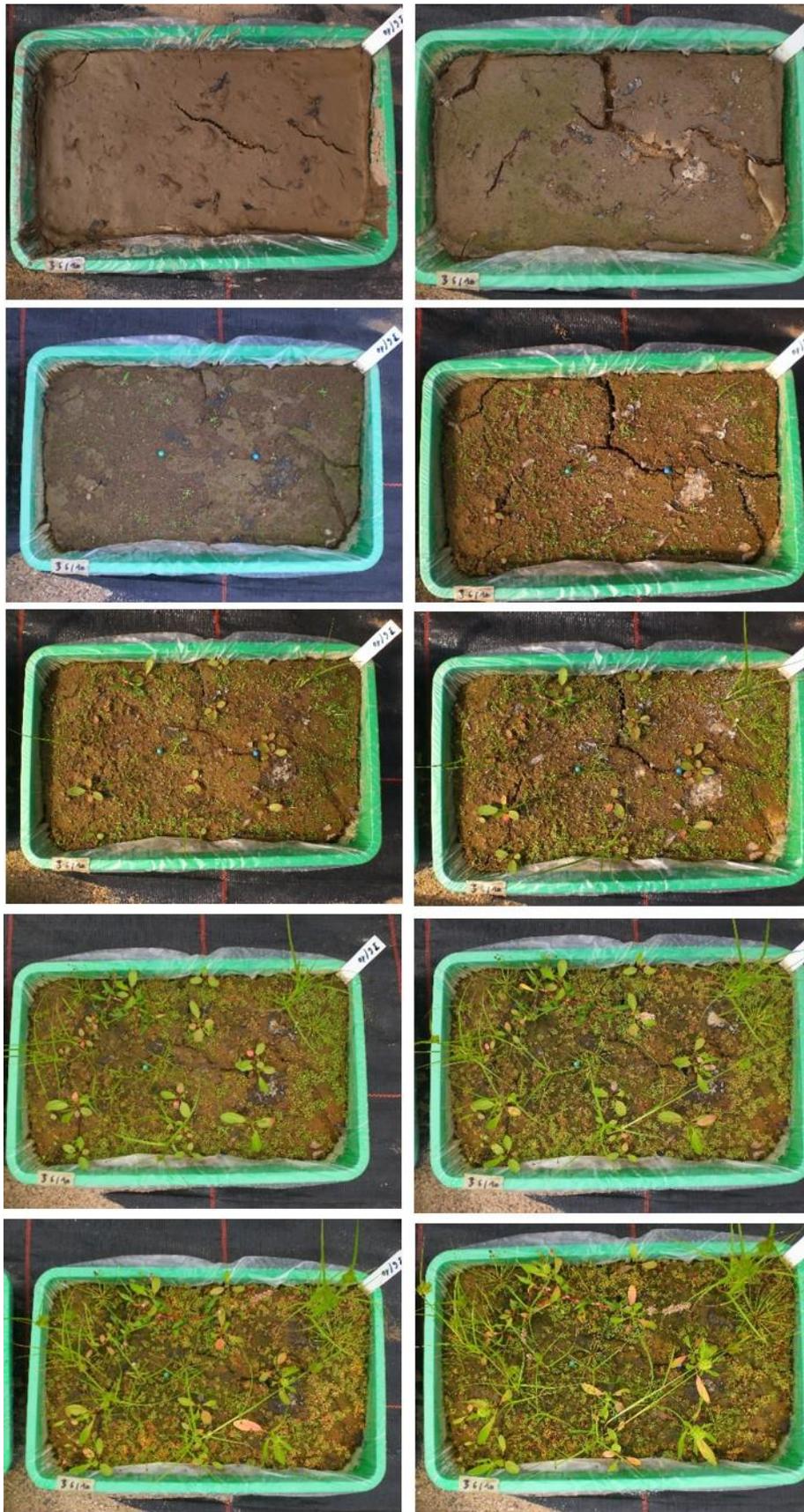


Abb. 25: Sukzession Brinkenweiher 2017, Transekt 6, Subplot 10; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe.



Abb. 26. Sukzession Brinkenweiher 2016, Transekt 1, Subplot 6; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe.

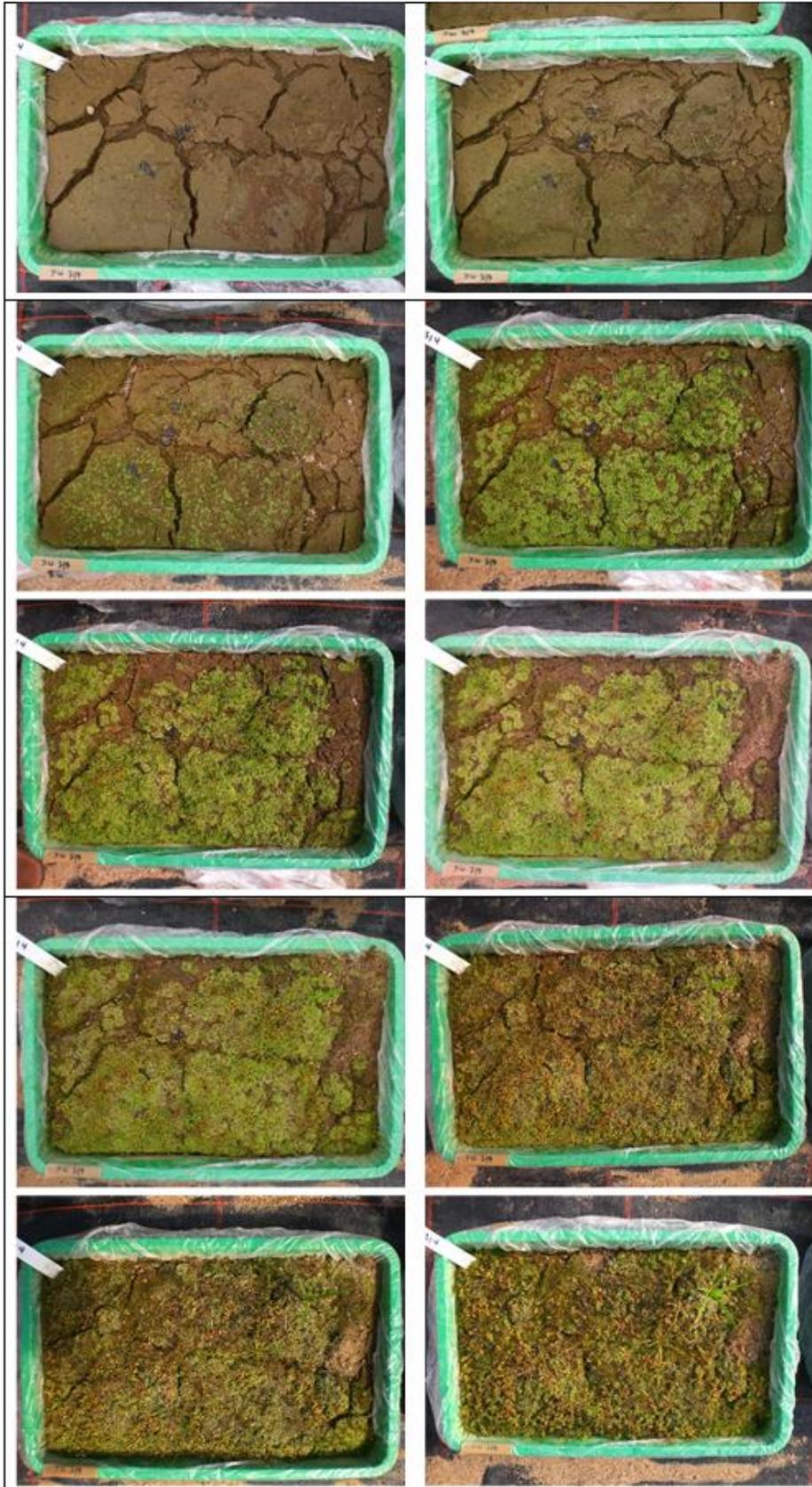


Abb. 27. Sukzession Dreifelder Weiher 2016, Transekt 3, Subplot 4; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe.

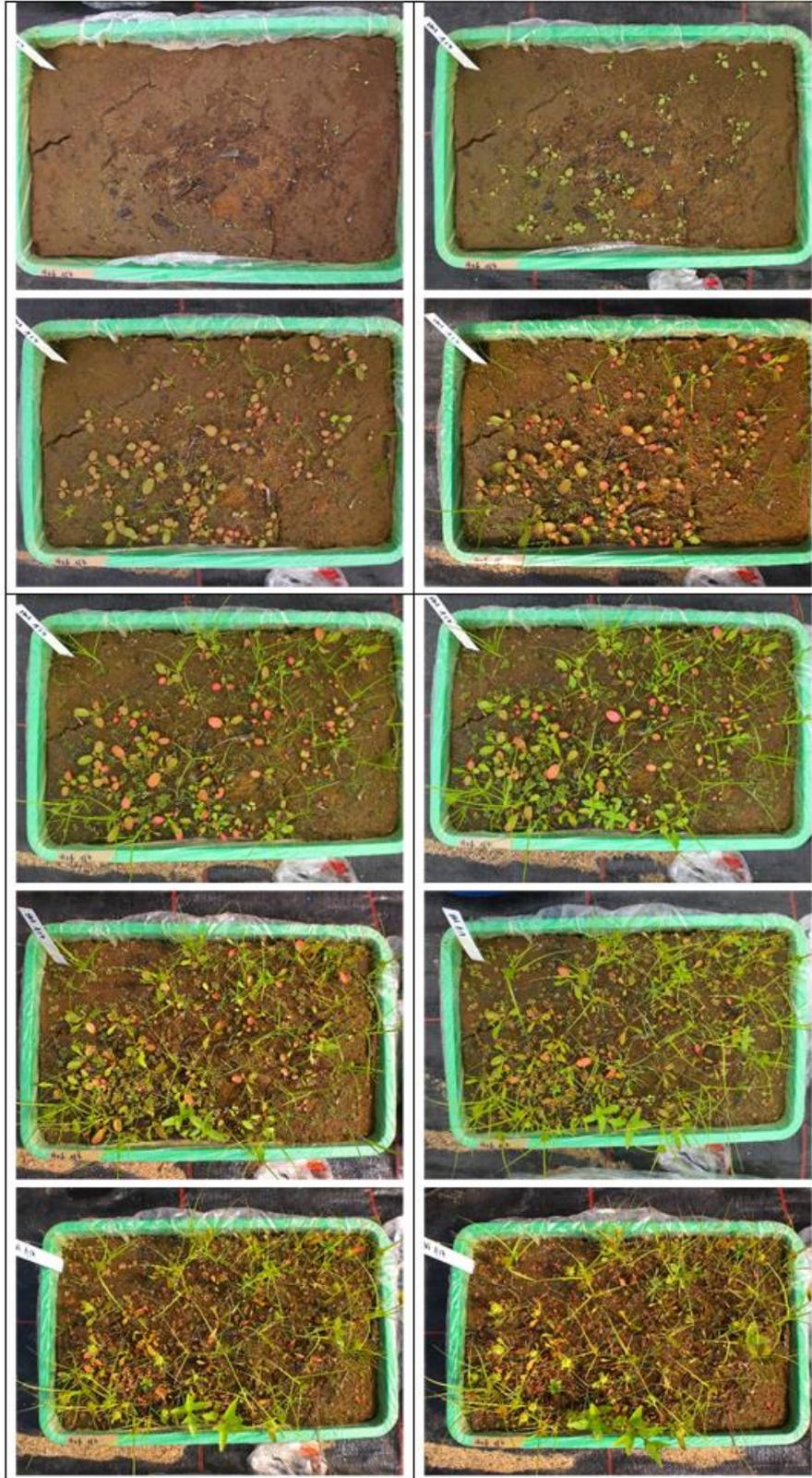


Abb. 28. Sukzession Hofmannsweiher 2016, Transekt 1, Subplot 7; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) nach Ausbringung der Bodenprobe.

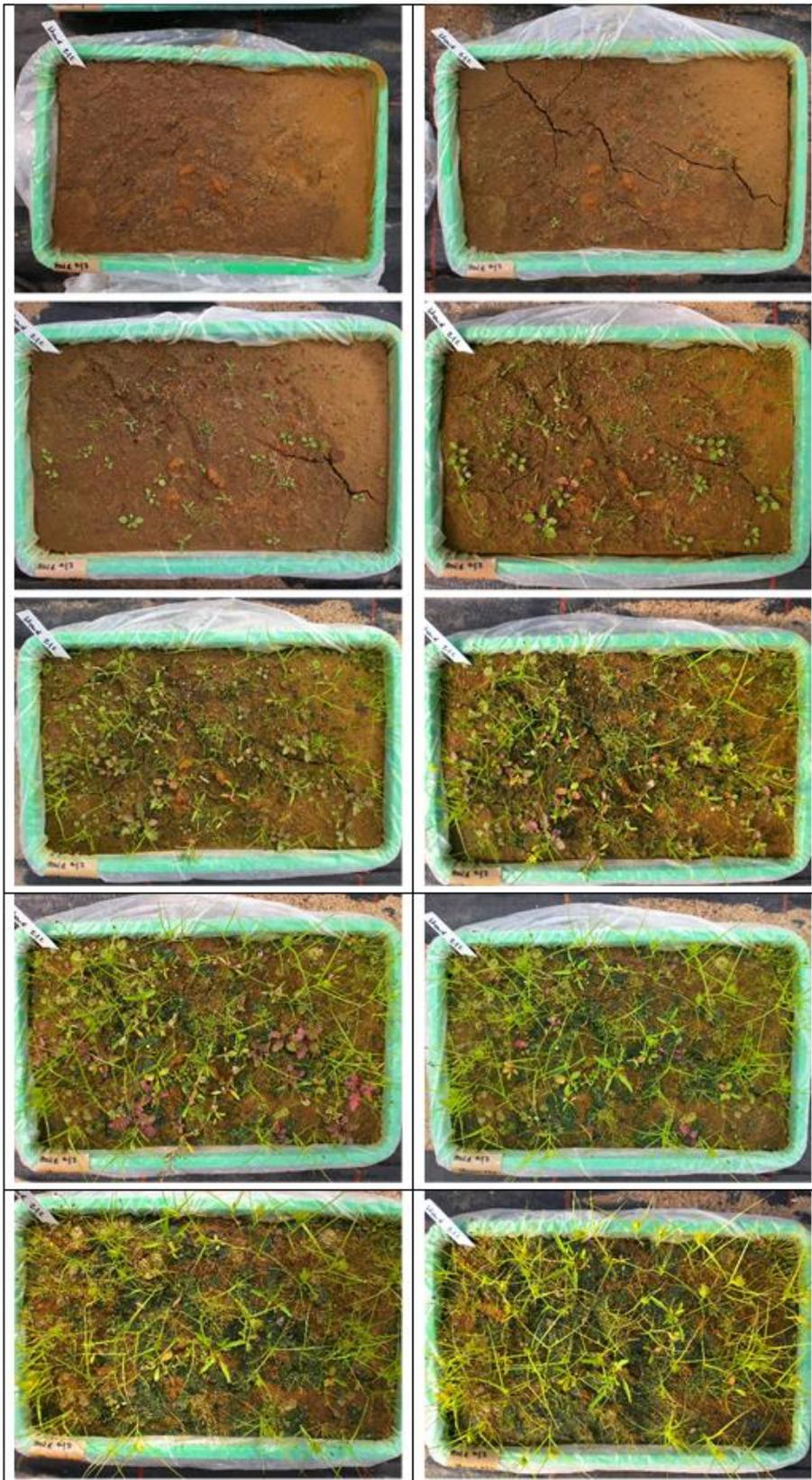


Abb. 29. Sukzession Haidenweiher 2016, Transekt 2, Subplot 2; 2. Woche (oben links) bis 11. Woche (unten rechts) Woche nach Ausbringung der Bodenprobe.

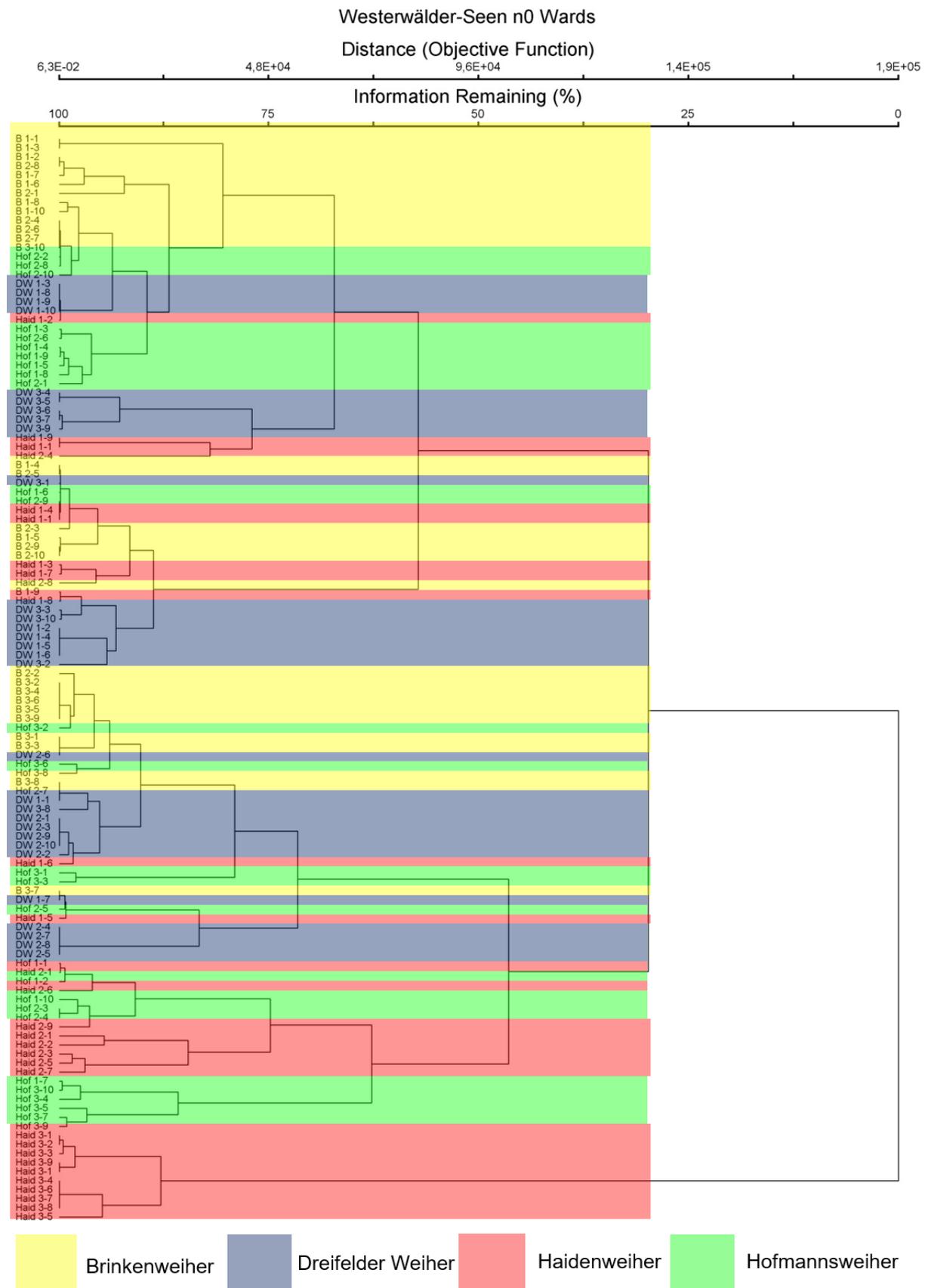


Abb. 30: Cluster-Analyse der pflanzensoziologisch aufgenommenen Subplots der Transekte 2016.

β-Diversität:

Die Cluster-Analyse zeigt, dass der Pflanzenbestand in den verschiedenen Teich-Transekten recht unterschiedlich ist. Differenzen sind hier vorwiegend auf die unterschiedliche Beimischungen der Begleitpflanzen zurückzuführen. Große Ähnlichkeiten in den Artbeständen weisen die Transekte Haidenweiher 2 und 3, sowie Dreifelder Weiher Transekt 3 auf.

Vergleich der Boden-Samenbank 2016 und 2017

Das Arteninventar der Boden-Samenbank in 2016 und 2017 ist weitgehend identisch, sieht man von Zufallsfunden einzelner nicht typischer Arten (z.B. *Epilobium lamyi*, *Poa annua*, *Solanum nigrum*, *Cirsium oleraceum*, *Daucus carota*) ab. Unterschiede ergeben sich aber bei den typischen Arten der Schlamm Bodenfluren. So konnte *Physcomitrium sphaericum* im Brinkenweiher in keiner Probe nachgewiesen werden, während es 2016 regelmäßig vorkam. Wie im Vorjahr war *Eleocharis ovata* im Dreifelder Weiher nur spärlich vertreten und *Carex bohemica* konnte überhaupt nicht nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu 2016 trat 2017 am Dreifelder Weiher *Riccia huebneriana* nicht auf, während *Physcomitrium sphaericum* spärlich nachgewiesen werden konnte. In den Proben des Hofmannsweihers konnten erstmals Keimpflanzen von *Littorella uniflora* nachgewiesen werden, was vermutlich auf das lange Ablassen durch den defekten Mönch und die damit verbundene Samenentwicklung der Art im Jahr 2016 zurückzuführen ist.

Generell waren 2017 in den Proben weniger Moosarten entwickelt. Dies könnte auf die Wärmeperiode Mai/Juni zu Beginn der Ausbringung der Proben und die damit verbundenen hohen Temperaturen in den Gewächshaustunneln zurückgehen.

4.3 Boden- und gewässerkundliche Untersuchungen

Im Projektjahr 2017 wurden bei der Entnahme der Schlammproben aus den vier Weihern jeweils eine Gewässerprobe sowie pro Transekt eine Schlammprobe entnommen. Alle Proben wurden im Labor der Abteilung Geographie der Universität Koblenz-Landau untersucht.

Wasserdaten

Grundsätzlich werden alle gesetzlichen Grenzwerte eingehalten (vgl. Anhang). Die

Leitfähigkeiten sind relativ niedrig, dasselbe gilt auch für die Cl- und SO₄-Gehalte. Die Konzentrationen von Na, K, Mg und Ca sind bei allen Weihern ähnlich. Lediglich der Brinkenweiher weist einen hohen pH-Wert auf, der nur mit einer verstärkten Ammoniakproduktion zu erklären ist. Dies deutet auf eine Eutrophierung hin, für die anderen Weiher trifft dies jedoch nicht zu. Ähnlich verhält es sich mit den Ammoniumkonzentrationen, die im Brinkenweiher deutlich höher sind als in den anderen Probeflächen. Die Nitratwerte sind durchschnittlich, die Schwermetallgehalte (Eisen, Kupfer, Blei) sind mit Ausnahme von Eisen gering (vgl. Anhang).

Sedimentdaten

Die Elementgehalte wurden mittels Königswasserextraktion bestimmt, daher fallen sie relativ hoch aus und umfassen den größten Anteil der im Sediment gebundenen Stoffe. Die Gehalte der untersuchten Elemente (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn) sind relativ durchschnittlich und unauffällig. Differenzen der Elementgehalte innerhalb eines Weihers beruhen auf leichten Unterschieden in der Körnung. Auffällig ist das Verhältnis von K zu Na. K übertrifft die Gehalte an Na an allen Standorten deutlich, vermutlich wird K durch die Anhäufung von abgestorbenen Pflanzenmaterialien am Gewässergrund etwas gegenüber dem Na angereichert. Dies stimmt auch mit den Gehalten an organischem Kohlenstoff (C_{org}) überein, der in allen Proben vergleichsweise hoch ausfällt. C_{org} und N erreichen die höchsten Gehalte im Brinkenweiher. P aus PO₄ wurde mittels CAL-Extraktion ermittelt. Auch hier liegen im Brinkenweiher durchweg höhere Gehalte als bei den anderen Weihern vor, beim Dreifelder Weiher und Hoffmannsweiher treten die niedrigsten Gehalte auf. Interessant ist der pH-Wert der Sedimente. Dieser liegt deutlich niedriger als der pH-Wert des Wassers, da die Sedimente vor der pH-Wert Messung luftgetrocknet wurden. Während der Trocknung oxidieren die unter Sauerstoffabschluss vorliegenden Sulfide bzw. sulfidisch gebundene Fe-/Mn-Verbindungen. Diese Oxidationsprozesse setzen H⁺ Ionen frei, d.h. je mehr im Sediment während der Trocknung oxidiert, desto saurer wird der anschließend gemessene pH-Wert. Dieser ist beim Brinkenweiher deutlich am niedrigsten, bei Dreifelder und Hoffmannsweiher am höchsten. Man kann also davon ausgehen, dass in den Sedimenten von Haiden- und insbesondere des Brinkenweihers die stärksten Oxidationsvorgänge stattfanden und daher vor der Trocknung höhere Sulfidgehalte vorgelegen haben mussten. Höhere Sulfidgehalte

bzw. reduzierende Bedingungen für Fe sprechen für einen größeren Sauerstoffmangel innerhalb des Sedimentes zum Zeitpunkt der Probennahme (vgl. Anhang).

Zusammenfassend kann man folgende Schlussfolgerung aufstellen: Die Nährstoffgehalte verlaufen (im Falle des N, C_{org} und P-PO₄) in der Reihenfolge Brinkenweiher > Haidenweiher > Hoffmansweiher = Dreifelder Weiher. Der Brinkenweiher zeigt zum Zeitpunkt der Probenentnahme deutliche Eutrophierungserscheinungen, die anderen Weiher nicht. Von der Entsorgung von Düngemitteln ist nicht auszugehen, ansonsten würden sich die K/Ca/Mg/P-Gehalte deutlicher voneinander unterscheiden.

5. Diskussion

Die Projektziele wurden alle erreicht und es konnte gezeigt werden, dass in der Boden-Samenbank die Arten des Elatino-Elleocharition noch vorhanden sind. Es waren keine Änderungen des Methoden-Designs erforderlich. Lediglich das parallele und frühzeitige Ablassen des Hofmannsweiher zu Vergleichszwecken funktionierte nicht so wie gewünscht. Durch das späte Ablassen kamen viele Arten (z.B. *Carex bohemica*, *Eleocharis ovata* und die Moose *Riccia huebneriana* und *Physcomitrium sphaericum*) nicht mehr zu Entwicklung. In den bereits Ende Mai/Anfang Juni ausgebrachten Schlammproben aus dem Hofmannsweiher konnte hingegen gezeigt werden, dass die Arten in der Boden-Samenbank vertreten sind.

Die Kooperation mit der Naturschutzbehörde (SGD Nord) und der Firma Stähler, welche die Teiche gepachtet haben, verlief sehr zufriedenstellend. Gespräche mit der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord führten bereits zur Übernahme des regelmäßigen Ablassens in den Managementplan des FFH-Gebietes Westerwälder Seenplatte. Seit der Antragstellung dieses Projektes haben sich zudem die Rahmenbedingungen geändert. Die Firma Stähler, die uns während der Projektlaufzeit stets sehr gut unterstützte, wird voraussichtlich die Teiche der Westerwälder Seenplatte nicht weiter pachten, um dort Fischwirtschaft zu betreiben. Erste Planungen sehen einen Ankauf der Teiche durch die Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz (SNU) vor. Da der Erhalt der Schlamm Bodenfluren eines der

prioritären Ziele für den Naturschutz ist, könnte damit im Einklang mit dem Schutz der Ornithofauna eine extensive Nutzung der Teiche mit regelmäßigem Ablassen erfolgen.

6. Öffentlichkeitsarbeit

Das Projekt wurde bei verschiedenen Gelegenheiten vorgestellt (z.B. in einem Workshop der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord zur Erstellung von Managementplänen, s.o.). Es ist geplant, die Ergebnisse sowohl in wissenschaftlichen Fachzeitschriften als auch in einer Buchpublikation zu veröffentlichen.

Zur Zeit läuft die Antragstellung eines Life-Projektes, in dem die Stiftung Natur- und Umwelt Rheinland-Pfalz federführend ist. Bei entsprechender Bewilligung sollen die Untersuchungen zur Ausprägung und Entwicklung der Schlamm Bodenfluren fortgesetzt werden.

7. Fazit

Die gefährdeten Schlamm Bodenfluren (*Elatino-Eleocharition ovatae*) an der Westerwälder Seenplatte sind in ihrer Ausprägung von bundesweiter Bedeutung. Es handelt sich um besonders schützenswerte FFH-Lebensräume, deren Erhalt aber nur durch eine bestimmte Bewirtschaftungsform gewährleistet ist. Diese Lebensgemeinschaften benötigen ein regelmäßiges Ablassen im Sommerhalbjahr, damit sich die kurzlebigen Pflanzengesellschaften entwickeln und ihrerseits wieder Diasporen bilden können. Durch intensivere Fischwirtschaft wurde in den letzten Jahren der Termin des Ablassens spät in den Herbst gelegt, so dass viele Arten gar nicht mehr zum Keimen kamen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass sich im Teichboden auch nach Jahrzehnten noch keimfähige Diasporen der Arten des *Elatino-Eleocharition ovatae* befanden. Dabei konnten sich Keimlinge sowohl in Ufernähe als auch am Ende der 5m-Transekte gegen die Seemitte hin entwickeln. Dies zeigt klar, dass auch ein Trockenfallen eines 2-3 m breiten Schlammstreifens ausreicht, damit sich die Kennarten gut entwickeln können. Entscheidend ist der Zeitpunkt der Absenkung des Wasserspiegels. Wir empfehlen ein Ablassen bereits im Mai, da sich nur dann auch die gefährdeten Moosarten gut entwickeln können. Das Absenken des Hofmannsweiher zu Vergleichszwecken mit der Boden-Samenbank erfolgte leider sowohl 2016 als auch 2017 zu spät, so dass die entsprechenden

Vegetationsaufnahmen nur ein verarmtes *Elatino-Eleocharition ovatae* zeigten. Unsere Untersuchungen konnten ebenfalls zeigen, dass die Diasporen über Jahrzehnte hinweg keimfähig bleiben. Daher ist ein jährliches Ablassen aller Teiche nicht notwendig, sondern dies kann im Rotationsprinzip alle vier Jahre pro Teich erfolgen.

Da bei der intensiven Fischwirtschaft bisher ein regelmäßiger Eintrag an Nährstoffen durch Zufütterung erfolgte, gehen wir davon aus, dass sich die Schlamm Bodenfluren bei einem Wegfall der Eutrophierung positiv entwickeln werden.

8. Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung des vorliegenden Projektes. Die Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord (Koblenz) erteilte die zur Geländearbeit notwendigen Genehmigungen. Die Firma STÄHLER unterstützte unsere Untersuchungen in jeder Weise und ermöglichte uns die Probeentnahme in ihren Fischgewässern. Der Direktor der Botanischen Gärten Bonn, Prof. Dr. MAXIMILIAN WEIGEND, ermöglichte uns die Kultivierung der Schlammproben in den Folientunneln auf dem Gelände des Nutzpflanzengartens. Für die Unterstützung der Arbeiten in den Botanischen Gärten Bonn möchten wir uns ganz herzlich bei den Gärtnerinnen und Gärtnern sowie bei Dr. MARKUS ACKERMANN und ROLAND BUSCH bedanken. Dr. JENS HAHN hat im bodenkundlichen Labor der Abt. Geographie der Universität Koblenz-Landau die Untersuchung der Gewässer- und Bodenproben übernommen.

9. Literaturverzeichnis

- ABERNETHY, V.J. & WILLBY, N.J. (1999): Changes along a disturbance gradient in the density and composition of propagule banks in floodplain aquatic habitats. *Plant Ecology* **140**: 177-190.
- APONTE, C., KAZAKIS, G., GHOSA, D. & PAPANASTASIS, V.P. (2010): Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetlands Ecol. Manage* **18**: 243-253.
- BERNHARDT, K.-G. & HURKA, H. (1989): Dynamik des Samenspeichers in einigen Mediterranen Kulturböden. *Weed Res.* **29**: 247-254.
- BERNHARDT, K.-G. & POSCHLOD, P. (1993): Zur Biologie semiaquatischer Lebensräume aus botanischer Sicht – eine Einführung. In: BERNHARDT, K.-G., HURKA, H. & POSCHLOD, P. (Hrsg.): Symposiumsband: Biologie semi-aquatischer Lebensräume. 5-17. Verlag Natur und Wissenschaft, Solingen.
- BERNHARDT, K.-G. & ULBEL, E. (2004): The importance of soil seed banks for the conservation of nearly extinct species: insights from *Coleanthus subtilis* (Poaceae). *Planta Europa: 4th European Conference on the Conservation of Wild Plants*, 17.-20.09.2004, Valencia, 11.
- BERNHARDT, K.-G., KOCH, M., ULBEL, E. & WEBHOFER, J. (2004): The soil seedbank as a resource for in situ and ex situ conservation of extinct species. *Scripta Bot. Belg.* **29**: 135-139.
- BERNHARDT, K.-G., KOCH, M., KROPF, M., ULBEL, E. & WEBHOFER, J. (2008): Comparison of two methods characterising the seed bank of amphibious plants in submerged sediments. *Aquatic Botany* **88**: 171-177.
- BERNHARDT, K.-G., ULBEL, E., KOCH, M. & WEBHOFER, J. (2005): Erhalt des Scheidengrases in Österreich. Überleben gefährdeter Pflanzenarten im

Teichboden am Beispiel *Coleanthus subtilis*. Naturschutz und Landschaftsplanung. Zeitschrift für angewandte Ökologie **2005**: 88-92.

BIGWOOD, D.W. & INOUE, D.W. (1988): Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. Ecology **69**: 497-507.

BISSELS, S., DONATH, T.W., HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2005): Ephemeral wetland vegetation in irregularly flooded arable fields along the northern Upper Rhine: the importance of persistent seedbanks. Phytocoenologia **35**: 469-488.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer-Verlag. Wien.

DESSAINT, F., CHADOEUF, R. & BARRALIS, G. (1991): Spatial pattern analysis of weed seeds in the cultivated soil seed bank. J. Applied Ecology **28**: 721-730.

DIEKJOBST, H. (1986): Präsenzschwankungen und Vergesellschaftung der *Elatine*-Arten an den Teichen der Westerwälder Seenplatte. Abh. Westfäl. Museum Naturkde **48**: 243-261.

FISCHER, E. (1984): Die Vegetation des Hofmannsweiher, ein Beispiel für die Schutzwürdigkeit und die mögliche Erhaltung einer temporären Phytocoenose. Jahresbericht Ornithologie und Naturschutz 1983 **5**: 33-39.

FISCHER, E. & KILLMANN, D. (2014): Die Schlamm Bodenflur (*Elatino-Eleocharition ovatae*) an der Krombachtalsperre, Rheinland-Pfalz. – Ephemeral wetland vegetation (*Elatino-Eleocharition ovatae*) of the Krombachtalsperre, Rhineland-Palatinate. Decheniana **167**: 36-45.

FRAHM, J.-P. (1998): Bemerkenswerte Moosfunde in der Umgebung Bonns. Decheniana **151**: 95-107.

FRAHM, J.-P. (2008): Die Moosflora der abgelassenen Wahnbachtalsperre 2008. Archive for Bryology **32**: 1-11.

- FRANKE, T. & MARABINI, J. (2014): Verschollen, aber nicht ausgestorben! Erfahrungen bei der Wiederherstellung eines oligo-bis mesotrophen Teich-Lebensraumes. RegnitzFlora – Mitteilungen des Vereins zur Erforschung der Flora des Regnitzgebietes **6**: 55-58.
- KORNECK, D. (1959): Ein Ausflug zur Westerwälder Seenplatte am 6. und 7. Sept. 1958. Hess. Flor. Briefe **8**: 1-4.
- KORNECK, D. (1960): Beobachtungen an Zwergbinsengesellschaften im Jahr 1959. Beitr. Naturkundl. Forschung Südwestdt. **19**: 101-110.
- KORNECK, D., SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. Schr.-R. f. Vegetationskde **28**: 21-87.
- KOSACK, L. (2014): Hemerobe Uferstrukturen des Unteren Mittelrheins und ihre vegetationskundliche Bedeutung. Dissertation Universität Bonn.
- LAMPE, M. VON (1996): Wuchsform, Wuchsrhythmus und Verbreitung der Arten der Zwergbinsengesellschaften. Dissertationes Botanicae **266**, Berlin – Stuttgart.
- LESICA, P. (1992): Autecology of the endangered plant *Howellia aquatilis*: Implications for Management and Reserve design. Ecol. Applications **2**: 411-421.
- LÖTSCHERT, W. (1966): Die Pflanzenwelt der Westerwälder Seenplatte. Natur und Museum **96**: 139-150.
- LÖTSCHERT, W. (1977): Pflanzen und Pflanzengesellschaften im Westerwald. Beitr. Landespflege Rheinl.-Pfalz **5**: 107-156.
- LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F. & SCHWAB, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerotophyta et Bryophyta) Deutschlands. Schr.-R. f. Vegetationskde **28**: 189-306.

- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. (2011): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 5.
- MELSHEIMER, M. (1884): Mittelrheinische Flora, das Rheinthal und die angrenzenden Gebirge von Coblenz bis Bonn umfassend. Neuwied & Leipzig, Heuser's Verlag, I-VII, 1-164.
- NETZWERK PHYTODIVERSITÄT DEUTSCHLANDS & BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg. 2013): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- OESAU, A. (1972): Zur Soziologie von *Limosella aquatica*. Beitr. Biol. Pflanzen **48**: 377-397.
- SABEL, K.J. & FISCHER, E. (1992): Boden- und vegetationsgeographische Untersuchungen im Westerwald. 2. Aufl. Frankfurter Geowiss. Arb. Serie D, 7: 1-268.
- PIETSCH, W. & MÜLLER-STOLL, W.R. (1968): Die Zwergbinsen-Gesellschaft der nackten Teichböden im östlichen Mitteleuropa, Eleocharito-Caricetum bohemicae. Tuexenia **13**: 14-47.
- POPIELA, A., PRAJS, B. & ŁYSKO, A. (2009): New data on the distribution of dwarf ephemeral wetland vascular plant species and communities in western and north-western Poland. Biodiv. Res. Conserv. **15**: 41-46.
- POSCHLOD, P. (1993): „Underground floristics“ – keimfähige Diasporen im Boden als Beitrag zum floristischen Inventar einer Landschaft am Beispiel der Teichbodenflora. Natur und Landschaft **68**: 155-159.
- POSCHLOD, P., BÖHRINGER, J., FENNES, S., PRUNE, C. & TIEKÖTTER, A. (1999): Aspekte der Biologie und Ökologie von Arten der Zwergbinsenfluren. Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde Naturschutz N.F. **17**: 219-260.

- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Auflage.
Ulmer, Stuttgart.
- RIEDL, U. (1985): Beobachtungen am *Eleocharito ovatae*-*Caricetum bohemicae* (Klika 35 em. Pietsch 61) am Hofmanns-Weiher (Westerwälder Seenplatte). *Decheniana* **138**: 7-12.
- ROBERTS, H.A. (1981): Seed banks in the soil. *Advances in Applied Biology* **6**: 1-55.
Academic Press, Cambridge.
- ROTH, H.J. (1984): Die Westerwälder Seenplatte. *Rheinische Landschaften* **2**. 3. Aufl.
- RUDIO, F. (1851): Übersicht der Phanerogamen und Gefäßkryptogamen von Nassau.
Weilburg.
- TER HEERDT, G.N.J., VERWEY, G.L., BEKKER, R.M. & BAKKER, J.P. (1996): An improved method for seed bank analysis: seedling-emergence after removal of the soil by sieving. *Funct. Ecol.* **10**: 144-151.
- WIGAND, A. & MEIGEN, FR. (1891): Flora von Hessen und Nassau 2. – Schr. Ges. Beförderung ges. Naturwiss. zu Marburg **12**.
- WOIKE, S. (1963): *Coleanthus subtilis* (Tratt.) Seidl auch in Westdeutschland. *Hess. Flor. Briefe* **12**: 54-56.
- WOIKE, S. (1968): Funde vom Scheidenblütengras (*Coleanthus subtilis*) in Deutschland. *Natur und Museum* **98**: 1-9.
- WOIKE, S. (1969): Beitrag zum Vorkommen von *Coleanthus subtilis* (Tratt.) Seidl (Feines Scheidenblütengras) in Europa. *Folia geobot. Phytotax.*, Praha **4**: 401-413.

Anhang

Sedimentproben											
Nummer	N [%]	C [%]	C/N	Ca [g/kg]	K [g/kg]	Na [g/kg]	Mg [g/kg]	Fe [g/kg]	Mn [g/kg]	pH-Wert	PO ₄ -P (mg/kg)
Sonderprobe Brinkenweiher 6	0,31	3,73	12,20	0,16	0,58	0,06	0,63	24,32	0,92	3,88	308,8
Sonderprobe Brinkenweiher 4	0,54	5,55	10,22	0,23	0,55	0,16	0,59	20,66	0,50	4,22	451,1
Sonderprobe Brinkenweiher 6	0,21	2,48	12,02	0,14	0,49	0,05	0,50	19,01	0,82	3,79	327,4
Sonderprobe Brinkenweiher 5	0,30	3,48	11,74	0,07	0,61	0,11	0,41	24,31	0,72	3,95	334,7
Sonderprobe Brinkenweiher 5	0,37	4,60	12,37	0,07	1,41	0,08	0,38	23,28	0,68	3,92	350,2
Sonderprobe Brinkenweiher 4	0,42	4,40	10,42	0,08	0,44	0,10	0,49	18,31	0,50	4,43	334,9
Haidenweiher 4	0,18	1,60	8,93	0,15	1,42	0,16	0,49	33,57	3,37	5,01	117,7
Haidenweiher 4	0,34	2,88	8,54	0,05	0,91	0,08	0,48	33,67	3,22	4,92	75,6
Zusatzprobe Haidenweiher 5	0,23	2,14	9,56	0,05	0,42	0,24	0,45	34,98	2,26	5,09	48,6
Zusatzprobe Haidenweiher 5	0,26	2,38	9,25	0,07	1,07	0,18	0,44	35,24	2,42	5,15	43,8
Haidenweiher 6	0,30	3,25	10,83	0,08	0,33	0,06	0,25	10,76	0,37	4,08	263,3
Haidenweiher 6	0,45	4,95	11,04	0,14	0,48	0,08	0,35	12,33	0,35	4,13	21,8
Zusatzprobe Hofmannsweiher	0,15	1,40	9,39	0,32	0,54	0,07	1,49	30,45	1,69	5,16	155,7
Zusatzprobe Hofmannsweiher 4	0,25	2,47	10,13	0,25	0,57	0,06	1,81	35,85	2,27	4,9	81,1
Hofmannsweiher 5	0,10	0,81	7,83	0,08	0,84	0,06	0,87	26,45	1,73	5,42	83,1
Hofmannsweiher 5	0,10	0,85	8,23	0,11	1,52	0,10	1,12	26,94	1,91	5,24	81,7
Zusatzprobe Hofmannsweiher 6	0,21	1,85	9,05	0,08	0,64	0,11	0,48	30,42	2,82	5,43	229,3
Zusatzprobe Hofmannsweiher 6	0,25	2,17	8,87	0,06	0,80	0,09	0,48	28,16	2,39	5,34	34,8
Dreifelder Weiher 1	0,09	0,58	6,83	0,14	1,82	0,17	1,13	30,68	2,35	5,29	47,2
Dreifelder Weiher 2	0,08	0,48	6,30	0,09	0,72	0,14	0,82	28,57	1,99	5,23	60,7
Zusatzprobe Dreifelder Weiher 4	0,14	1,36	10,02	0,14	0,52	0,31	0,78	26,49	1,96	5,33	56,8
Zusatzprobe Dreifelder Weiher 4	0,19	1,78	9,55	0,16	0,98	0,27	0,70	25,03	1,63	5,43	81,4
Dreifelder Weiher 6	0,15	1,56	10,12	0,06	0,57	0,11	0,35	11,99	0,37	4,66	95,9
Dreifelder Weiher 6	0,14	1,43	10,21	0,06	2,15	0,19	0,33	14,02	0,44	5,25	101,8

Wasserproben				
29.05.2017				
	Haidenweiher	Hofmansweiher	Dreifelder Weiher	Brinkenweiher
pH	6,67	6,61	6,97	9,18
eL	62,3	87,7	n.b.	n.b.
NO ₂ ⁻ [mg/L]	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ [mg/L]	0,224	2,848	0,105	0,09
NH ₄ ⁺ [mg/L]	<0,009	0,01	<0,009	0,019
oPO ₄ ³⁻ [mg/L]	<0,009	<0,009	<0,009	0,016
Cl ⁻ [mg/L]	3,096	7,187	9,712	12,562
SO ₄ ²⁻ [mg/L]	9,4	10,61	5,394	3,628
K [mg/L]	0,381	0,906	0,842	0,688
Na [mg/L]	1,834	5,187	4,322	4,609
Mg [mg/L]	1,609	2,650	3,244	2,382
Ca [mg/L]	6,906	9,524	11,11	8,651
Fe [mg/L]	1,031	0,372	0,502	1,447
Cu [mg/L]	0,041	0,044	0,046	0,041
Pb [mg/L]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01