Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands

Heft 12

Montio-Cardaminetea (C6)

Quell- und Waldsumpf-Gesellschaften

Göttingen 2017

Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands

Übersicht der zu bearbeitenden und bereits publizierten Syntaxa

A Salzmarschen und verwandte Gesellschaften
1. Zosteretea marinae
2. Ruppietea
3. Thero-Salicornietea
4. Spartinetea maritimae
5. Juncetea maritimi

B Sand- und Felsküsten-Gesellschaften
1. Cakiletea maritimae
2. Saginetea maritimae
3. Honckenyo-Elymetea
4. Ammophiletea arenariae
5. Crithmo-Staticetea

C Süßwasser- und Sumpfgesellschaften
1. Lemnetea minoris
2. Utricularietea intermedio-minoris
3. Potamogetonetea
4. Isoëto-Littorelletea
5. Phragmito-Magnocaricetea
6. *Montio-Cardaminetea* (Heft 12)

D Therophytenreiche und ausdauernde (Dauer-)Pioniergesellschaften
1. *Isoëto-Nanojuncetea* (Heft 7)
2. Bidentetea tripartitae
3. Stellarietea mediae
4. Sisymbrietea
5. Polygono-Poëtea annuae
6. Thlaspietea rotundifolii
7. Asplenietea trichomanis

E Ausdauernde Grasland- und Hochstaudengesellschaften vorwiegend mittlerer Standorte
1. *Molinio-Arrhenatheretea*
   1.1. *Arrhenatheretalia* (Heft 3)
   1.2. *Molinietalia* und Klassenübersicht (Heft 9)
   1.3. *Polygono-Potentilletalia* (Heft 11)
2. Mulgedio-Aconitetea
3. Galio-Urticetea
4. Artemisietea vulgaris / Epilobietea angustifolii

F Xerothermrasen und entsprechende Saumgesellschaften
1. Koelerio-Corynephoretea
2. Festuco-Brometea / Violetea calaminariae
3. Elyno-Seslerietea / Carici rupestris-Kobresietea bellardii
4. Trifolio-Geranietea sanguinei / Melampyro-Holcetea mollis

G Moore, bodensaure Magerrasen und Zwergstrauchheiden
1. Scheuchzerio-Caricetea fuscae
2. Oxycocco-Sphagnetea
3. *Calluno-Ulicetea*
   3.1. *Nardetalia* (Heft 8)
   3.2. Vaccinio-Genistetalia
4. Caricetea curvulae
5. Salicetea herbaceae

H Gehölz-Gesellschaften
1. *Franguletea* (Heft 4)

2A. *Rhamno-Prunetea* (Heft 5)

2B. *Salicetea arenariae* (Heft 6)

3. Salicetea purpureae
4. Alnetea glutinosae
5. *Querco-Fagetea*
   5.1. *Quercion roboris* (Heft 2)
6. *Erico-Pinetea* (Heft 1)
7. *Vaccinio-Piceetea*
   7.1 *Dicrano-Pinion* (Heft 10)
8. Vaccinio uliginosi-Pinetea sylvestris
9. Betulo carpaticae-Alnetea viridis

Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands

Heft 12

Montio-Cardaminetea (C 6)

Quell- und Waldsumpf-Gesellschaften

bearbeitet von

Dirk Hinterlang

Für die Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft
und die Reinhold-Tüxen-Gesellschaft
herausgegeben von

Hartmut Dierschke

Göttingen 2017

Vorwort

Bei einem Treffen des damaligen Pflanzensoziologischen Arbeitskreises der FlorSoz in Münster/Westf. wurde 1985 die Erarbeitung einer fundierten, auf Vegetationstabellen aufbauenden syntaxonomischen Gliederung der Vegetation Deutschlands beschlossen. Zunächst war der Eifer groß, die lange Liste der Vegetationsklassen bald mit Inhalt füllen zu können (s. Innenseite der vorderen Einbandes). Das erste Heft der neu geschaffenen Synopsis-Reihe erschien dann 1996, dem in kurzen bis längeren Abständen weitere Hefte folgten (s. hinterer Einband innen). Mit Heft 11 (2012) schien ein zumindest vorläufiges Ende erreicht. Es gab nämlich inzwischen kaum noch Experten, die für die aufwändige Bearbeitung einzelner Vegetationsklassen oder größerer Teile genügend Interesse bzw. Zeit aufbrachten. Dabei waren die bisherigen Ergebnisse durchaus gefragt; vier Hefte sind inzwischen vergriffen, weitere teilweise nur noch in Restbeständen erhältlich.

Seit kurzem ist wieder etwas Hoffnung auf weitere Hefte gegeben. Eine kleine Arbeitsgruppe widmet sich der Küstenvegetation und lässt in absehbarer Zeit Ergebnisse erwarten. Und ganz plötzlich kam das Angebot zu dem jetzt vorliegenden Heft 12. Dirk Hinterlang ist ein langzeitiger Experte für die Vegetation von Quellen und verwandter Pflanzengesellschaften. Wie das Heft zeigt, ist über deren syntaxonomische Gliederung viel gearbeitet und diskutiert worden. Für Deutschland liegt jetzt eine sinnvolle Gliederung vor. So hoffe ich, dass auch dieses recht spezielle, aber gerade für Anwendungen im Naturschutz wichtige Heft viel Interesse finden wird. Vielleicht werden auch wieder andere ermuntert, sich an einem Synopsis-Heft zu beteiligen.

Hartmut Dierschke

Die in lockerer Folge erscheinenden Einzelhefte umfassen ganze Vegetationsklassen oder größere Teile. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den jeweiligen Bearbeitern.

Die Heftreihe kann im Abonnement bezogen werden. Der Preis richtet sich nach dem Umfang der Hefte (+ Versandkosten) und wird jeweils vorher per Rechnung mitgeteilt. Der Versand der Hefte erfolgt nach Eingang des Rechnungsbetrages.

Für Mitglieder der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft ist der Bezug der Synopsis im Jahresbeitrag enthalten. Mitglieder der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft erhalten die Hefte zu ermäßigtem Preis.

Einzelhefte sind nur in begrenzter Zahl zu höherem Preis verfügbar.

Selbstverlag der
Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft e.V.
Untere Karspüle 2, D-37073 Göttingen

Gesamtherstellung: Goltze Druck GmbH & Co. KG, Göttingen
ISSN 1433-8440

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Abstract 4

I. Einleitung 5

II. Material und Methoden 8

III. Gliederung und Kurzdarstellung der Syntaxa der *Montio-Cardaminetea* 11

1. *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944 11

1.1. *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928 22

1.1.1. *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925 25

1.1.1.1. *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* Br.-Bl. 1925 33

1.1.1.2. *Philonoto fontanae-Montietum rivularis* Büker & Tx. 1941 35

1.1.1.3. *Stellario alsines-Montietum fontanae* De Foucault 1981 40

1.1.2. *Philonotidion seriatae* Hinterlang 1992 43

1.1.2.1. *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976 48

1.1.2.2. *Mniobryetum albicantis* Šmarda 1950 51

1.1.2.3. *Scapanietum uliginosae* (Sjörs 1946) Dahl 1957 54

1.1.2.4. *Scapanietum paludosae* K. Müller 1938 56

1.1.3. *Cratoneurion commutati* Koch 1928 nom. cons. 57

1.1.3.1. *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv. 63

1.1.3.2. *Cardamino-Cratoneuretum* Kornas & Medwecka-Kornas 1967 67

1.1.3.3. *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* (Oberd. 1957) Th. Müller 1961 nom.inv. 69

1.1.3.4. *Eucladietum verticillati* Allorge 1922 71

1.2. *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii* Hinterlang 1992 corr. 72

1.2.1. *Caricion remotae* Kästner 1940 77

1.2.1.1. *Chrysosplenietum oppositifolii* Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977 ... 83

1.2.1.2. *Caricetum remotae* (Kästner 1941) Schwickerath 1944 96

IV. Literatur 99

V. Klassenübersicht der *Montio-Cardaminetea* 107

VI. Register der Syntaxa 108

Adresse des Autors:
Dr. Dirk Hinterlang
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Leibnizstraße 10
D-45659 Recklinghausen
dirk.hinterlang@lanuv.nrw.de

Zusammenfassung

Quell- und Waldsumpf-Gesellschaften sind charakteristische, zumeist artenarme Elemente der Fließgewässer, an der Schnittstelle zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Sie sind ökologisch gekennzeichnet durch relativ winterwarme, aber sommerkühle Wassertemperaturen und deshalb Lebensraum für Pflanzenarten, die eine gewisse Toleranz für ganzjährig niedrige Temperaturen im Wurzelbereich mitbringen müssen, andererseits einen gewissen Frostschutz genießen. Grundwasser ist zudem sehr nährstoffarm, weshalb natürliche Quellstandorte nur eine geringe Nettoprimärproduktion hervorbringen. Auch dies wirkt sich stark auf die Konkurrenz zwischen Quellspezialisten und euryöken Arten aus. Beide Merkmale zusammen verschaffen den Quellspezialisten konkurrenzarme Lebensräume, die von einer Vielzahl gut differenzierter, wenn auch artenarmer Pflanzengesellschaften besiedelt werden. Die weitaus meisten Gesellschaften naturnaher Quelllebensräume in Deutschland gehören zu den *Montio-Cardaminetea*.

Aus den über 1800 gesichteten Vegetationsaufnahmen, von denen weit über 900 in Tabellen verarbeitet wurden, wird eine Gliederung abgeleitet und vorgestellt, die vor allem die deutlichen floristischen Unterschiede zwischen Quellvegetation im Wald und im Freiland hervorhebt und die Gesellschaften auf Ordnungsebene trennt. Während die Freilandquellen in drei Verbände mit insgesamt 11 Assoziationen aufgeteilt werden, enthält die Ordnung der Waldquellen und -sümpfe nur einen Verband und zwei Assoziationen. Zentrale Aspekte für jede Einheit sind Syntaxonomie und Nomenklatur, die floristische Abgrenzung und Untergliederung. Darüber hinaus werden Untersuchungen zur Vegetationsstruktur und zu ökologischen Standortfaktoren vorgestellt, welche die soziologische Gliederung untermauern. Schließlich werden Angaben zu Dynamik, Verbreitung, wirtschaftlicher Bedeutung, Biozönologie und Naturschutz an geeigneter Stelle gemacht. Für jede Assoziation gibt es Spalten mit Stetigkeitsangaben in einer Übersichtstabelle für den Verband und für Verbände und Ordnungen eine Übersichtstabelle für die Klasse. Die Tabellen sind ergänzt durch Angaben zu ökologischen Standortfaktoren, die aus den Messreihen zu Einzelaufnahmen errechnet wurden. Eine Übersicht der Vegetationstypen mit ihren diagnostischen Arten am Ende dieses Heftes erleichtert das Erkennen der floristischen Eigenheiten der *Montio-Cardaminetea*.

Abstract

Spring habitats in woodland and grassland areas are part of the fresh water system, marking the spots where ground water discharges and becomes surface water. Ecologically they are characterized by water temperatures that are relatively low in the summer and relatively high in the winter, supporting plant species that are tolerant of low temperatures around their roots at all times. Ground water, by nature, is poor in nutrients, so that net primary production is low. For this reason, the typical plant species in spring habitats do not suffer from strong competition. The most widespread communities of spring habitats belong to the *Montio-Cardaminetea* and contain only plant species with low demand on temperature and nutrient supply.

Some 1,800 relevés, of which more than 900 were processed in vegetation tables, were the basis of this investigation into the vegetation of spring habitats in Germany. The comparison of the relevés lead up to a distinction on the high syntaxonomical level of orders, dividing spring vegetation in woodland areas, on one side, from spring vegetation in grassland habitats, on the other side. Spring vegetation in grassland habitats is subdivided into thee alliances with 11 associations in total, whereas, spring vegetation in woodland areas comprises only one alliance with two associations. Relevant parts of the syntaxon descriptions are: syntaxonomy and nomenclature, floristic characterization and differentiation. Furthermore, investigations of vegetation structure and ecology are presented to underpin the syntaxonomical differentiation. Further information is added on: vegetation dynamics, distribution, economic importance, zoocenology, and nature conservation. For each alliance and for the class a vegetation table with constancy values is provided. In addition, tables with average ecological parameters describe the ecological conditions for the given syntaxa. An overview of the syntaxa and their diagnostic species simplifies the determination and shows the floristic peculiarities of *Montio-Cardaminetea*.

Keywords: *Montio-Cardaminetea*, Germany, syntaxonomy, classification, vegetation structure, ecology, dynamics, distribution, biocenology, nature conservation.

I. Einleitung

Pflanzengesellschaften an Quellen waren schon in den frühen 1920er Jahren des vorigen Jahrhunderts, zu Beginn der vegetationskundlichen Forschung nach den Methoden der Zürich-Montpellier-Schule, Gegenstand pflanzensoziologischer Untersuchungen.

1925 beschrieb BRAUN-BLANQUET mit dem *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* die erste Assoziation und legte gleichzeitig den Grundstein für die synsystematische Gliederung der Klasse, indem er dieses *Bryo-Montietum* gemeinsam mit dem zunächst nur namentlich erwähnten *Cardaminetum amarae subatlanticum* im *Cardamin(et)o-Montion* zusammenfasste. 1926 beschrieb er das *Cardaminetum* dann aus der Auvergne mit einer einzigen Aufnahme. Wenngleich GAMS (1927) ein anderes, auf Dominanz basierendes System der Pflanzengesellschaften entwickelte, so wurde auch bei ihm schon früh die Quellvegetation in eigenständige Gesellschaften gegliedert. KOCH (1928) stellte dem *Cardamino-Montion* einen Verband der Kalkquellgesellschaften (*Cratoneurion commutati*) zur Seite, für den er zunächst nur das *Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae* beschrieb. PAWLOWSKI (1928) benannte dann die Ordnung *Montio-Cardaminetalia*. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte sich die Pflanzensoziologie praktisch ausschließlich mit der alpinen Quellvegetation befasst. – In den späten 1930er und frühen 1940er Jahren machten sich TÜXEN (1937), OBERDORFER (1938), KÄSTNER (1938,1941) und BÜKER (1942) dann um die Dokumentation und Beschreibung kollin-montaner Pflanzengesellschaften an Quellen in Deutschland verdient, besonders um die Bearbeitung der Waldquellgesellschaften.Einen vorläufigen Abschluss erreichte die synsystematische Gliederung schließlich mit der Beschreibung der Klasse *Montio-Cardaminetea* von BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1943), mit einer Ordnung, zwei Verbänden und etwa einem halben Dutzend Assoziationen. Nicht wenige Gebietsmonographien und Lehrbücher verwenden diese Einteilung bis zum heutigen Tage, obwohl sie inzwischen mehrfach überarbeitet wurde.

BRAUN-BLANQUET erschienen gerade die Quellgesellschaften besonders geeignet, die Diskontinuitäten im Pflanzenkleid zu veranschaulichen. Es liegt in der Natur der Standortbedingungen, dass Quellvegetation von den umgebenden Pflanzengesellschaften deutlich abgegrenzt ist. Der vom Quellwasser vernässte Bereich ist oft nur wenige Quadratmeter groß und gut überschaubar. Auch der abgestufte Treuebegriff ließ sich an den Arten der Quell-Assoziationen überzeugend herausarbeiten und zu einem hierarchischen System ausdeuten, das bei aller Abstraktion von Typen, durch Charakterarten auf allen synsystematischen Ebenen praktisch greifbar blieb. Gravierende Dominanzverschiebungen bei gleichbleibendem Arteninventar, wie sie z.B. im *Bryo-Montietum* beobachtet werden können, eigneten sich besonders gut zur Abgrenzung gegen die Methoden der skandinavischen Schule nach DU RIETZ (vergl. BRAUN-BLANQUET 1925). Die eigenständigen Lebensformen und Vegetationsstrukturen waren augenfällig (vergl. KÄSTNER 1941) und die standörtliche Differenzierung über verschiedene Assoziationen, z.B. an "Kalkquellen" einerseits und "Silikatquellen" andererseits, eröffnete sogleich Möglichkeiten der Standortkartierung über Pflanzengesellschaften.

Die Fortentwicklung der pflanzensoziologischen Systematik von Quellgesellschaften vollzog sich anschließend in mehreren Phasen. Die erste Überarbeitung erfolgte in den späten 1950er Jahren. Zunächst ergänzte OBERDORFER (1957) die bestehenden Verbände um mehrere Gesellschaften (z.B. *Cochlearion-Cratoneuretum*, *Cardaminetum flexuosae*). Dann sammelte MAAS (1959) erstmals die bis dahin bekannten Vegetationsbeschreibungen und gliederte die Klasse unter Verwendung von rund 120 eigenen Aufnahmen in seiner Monographie völlig neu. Das Ergebnis waren zwei Ordnungen mit insgesamt 4 Verbänden und einer Vielzahl neuer Gesellschaften. Der Gliederungsvorschlag von MAAS wird im weiteren Verlauf noch gebührend berücksichtigt. Anfang bis Mitte der 1970er Jahre waren es BRAUN (1970), SCHLÜTER (1970), NIEMANN et al. (1973), SEBALD (1975), GEISSLER (1976, 1982) und OBERDORFER (1977), die wesentliche Beiträge zur Syntaxonomie der *Montio-Cardaminetea* lieferten. BRAUN überarbeitete die Kalkquellgesellschaften und grenzte sie gegen die Kalkflachmoore ab, SCHLÜTER und NIEMANN et al. befassten sich eingehend mit den

schaften aus der Klasse *Montio-Cardaminetea* herauszunehmen und unter den Moosgesellschaften separat zu gliedern (DIERSCHKE 1994, RENNWALD 2000). Man möge sich mal vorstellen, mit diesem Argument würde vorgeschlagen, das *Sphagnetum magellanici* aus den *Oxycocco-Sphagnetea* herauszubrechen – ein berechtigter Sturm der Entrüstung und des Unverständnisses würde losbrechen. Ebenso absurd klingt dieser Vorschlag auch für den Quellökologen, weil die Idee der Pflanzensoziologie, das Zusammenleben aller Arten verschiedenster Vegetationsschichten in Gesellschaften zu beschreiben und ökologisch zu erklären, konterkariert würde mit einer ökologisch sinnentleerten Auflösung in Details, die sich ausschließlich sippensystematisch begründet. Für die Moos-dominierten Verbände *Philonotidion seriatae* und *Cratoneurion* ist hinreichend oft erklärt und allgemein akzeptiert, dass und warum ihre Gesellschaften dealpin fast bis zur Unkenntlichkeit ausdünnen und desintegrieren, so dass manche Bestände z.B. von *Palustriella commutata* (= *Cratoneuron commutatum*) oder *Bryum schleicheri* bestenfalls noch als fragmentarische Ausbildung oder Synusien auf Verbandsebene deklariert werden können. Diese Restbestände deshalb in das Reich der Moosgesellschaften aufzunehmen führt zu keinem Erkenntnisgewinn.

DE FOUCAULT hat für Frankreich seit den 1980er Jahren bis heute zahlreiche Beiträge zur Quellvegetation in Frankreich veröffentlicht, die jedoch bezogen auf Deutschland nur wenig Bedeutung entfalten, weil sie fast ausschließlich mediterrane, alpine oder eu-atlantische Vegetationstypen zum Inhalt haben. Ein aktuelles Manuskript von DE FOUCAULT, das kurz vor der Veröffentlichung steht, mag hier als Beleg gelten.

„Abstract-Contribution to the prodromous of French vegetation: the Montio fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. & Tx. ex Klika & Hadač 1944.

Within the framework of the prodromous of French vegetations, under the sponsorship of French Society of plant sociology, the author presents the Montio fontanae-Cardaminetea amarae: declination at the European level, then presentation of cards by known association at the French level. Three new alliances are recognized, the Wahlenbergio hederaceae-Sibthorpion europaeae, the Lysimachio nemorum-Saxifragion hirsutae, and, for Italian Calabria, the Athyrio filicis-feminae-Chrysosplenion dubii. The Saxifrago rotundifoliae-Violion biflorae is also a new alliance, but which perhaps does not belong to this class."

Immerhin wird deutlich, dass die hier zusammengetragene Synopis der Klasse *Montio-Cardaminetea* nur für Deutschland und direkt angrenzende Gebiete einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann.

II. Material und Methoden

Die methodische Vorgehensweise von HINTERLANG (1992) ist ebenda ausführlich beschrieben. An dieser Stelle muss es ausreichen, diejenigen Methoden kurz aufzuzeigen, die für das Verständnis der Beschreibungen oder der synoptischen Tabellen notwendig sind.

Die **Nomenklatur** der höheren Pflanzen folgt EHRENDORFER (1973), der Laubmoose CORLEY et al. (1981), der Lebermoose GROLLE (1983) und der Flechten WIRTH (1980). Mit dieser Entscheidung verbindet sich keine Zustimmung zum Status der Taxa. Auf abweichende aktuell gebräuchliche taxonomische Konzepte wird im Text hingewiesen.

Parallel zur klassischen floristisch-pflanzensoziologischen Aufnahme wurde von jedem Bestand eine Strukturaufnahme gemacht. Zu diesem Zweck wurden zwei vergleichbare **Wuchsformensysteme** verwendet: BARKMAN (1977) für höhere Pflanzen und für Moose MÄGDEFRAU (1982). Dazu wurden jeder im Feldprotokoll verzeichneten Art eine oder mehrere Wuchsformen (WF) zugeordnet. Wuchsformen, bzw. das zugrunde liegende Interesse an der Textur und Struktur von Vegetationstypen, versprechen eine leichtere Interpretation der elementaren Standort- und Konkurrenzbedingungen von Pflanzengesellschaften, da die Verteilung und Interaktion der Biomasse der beteiligten Arten in Zeit und Raum das Überleben der Arten bestimmt (BARKMAN 1988). Die verschiedenen Wuchsformen werden mit einer sie repräsentierenden Pflanzen-Gattung und der Endung „-ids" bezeichnet, so dass man recht schnell eine visuelle Vorstellung von der Wuchsform hat. Wichtig ist hervorzu-

heben, dass stets nur die tatsächlichen Wuchsformen der einzelnen Individuen einer Art pro Bestand klassifiziert werden. Zur Veranschaulichung seien einige im Weiteren häufig vorkommende Beispiele aus BARKMAN (1988) genannt:
*„B3.2. Decumbentes. Stems long, prostrate or decumbent. 57. **Thymids**. Stems decumbent, leaves in several planes.“* Diese nach *Thymus serpyllum* benannte Wuchsform ist sehr typisch für *Chrysosplenium oppositifolium*.
*„B3.4.1. Erectae rosulatae. Basal leaves only. 62. **Primulids**. Plants solitary, stems single or absent.“* Diese nach *Primula* benannte Wuchsform kennzeichnet z.B. viele Vorkommen von *Saxifraga stellaris*.
*„B3.4.3. Erectae scaposae. Only stem leaves present (at least basal leaves not differentiated). 71. **Epipactids**. Solitary. Leafy stems not or sparingly branched.“* Diese nach *Epipactis* benannte Wuchsform kennzeichnet z.B. das typische Erscheinungsbild von *Urtica dioica* in ungestörten Quellen.

Um die Wuchsformen-Aufnahmen untereinander auch quantitativ vergleichbar zu machen, wurden die Deckungsprozentsummen auf die Gesamtdeckung durch Kraut- und Moosschicht bezogen. Dazu wurde die Deckung der Feldschicht gleich 100% gesetzt und der prozentuale Anteil der Wuchsformendeckung berechnet. In HINTERLANG (1992) wurden die Wuchsformen-Aufnahmen für jede Assozoation zu Blockdiagrammen zusammengefasst. Wuchsformenspektren sind jedoch nur eine von mehreren Betrachtungsweisen, die HINTERLANG (1992) verwendet, um die Ökologie von Pflanzengesellschaften an Quellen zu beschreiben.

Insgesamt wurden bis heute weit mehr als 1800 **Vegetationsaufnahmen** ausgewertet. Davon wurden 420 Aufnahmen seinerzeit vom Autor selbst angefertigt, die übrigen stammen aus der Literatur. Soweit sie als Einzelaufnahmen verwendet wurden, sind sie unter Angabe der Literaturstelle, Tabellen- und Aufnahmenummer an gegebener Stelle zitiert. Weitere Aufnahmen wurden als Stetigkeitstabellen berücksichtigt. Entweder lagen sie nur in dieser Form vor oder es erschien nach kritischer Durchsicht nicht erforderlich, das Material neu zu ordnen. Zur Erstellung der synoptischen Tabellen wurden insgesamt weit über 900 kritisch ausgewählte Einzelaufnahmen verrechnet. Einzelaufnahmen wurden nur dann nicht zur Differenzierung herangezogen, wenn der ursprüngliche Autor sie selbst disqualifiziert hat (z.B. weil sie nur eine fragmentarische Ausbildung repräsentieren) oder wenn sie angesichts der Gesamtschau einzigartig in ihrer Zusammensetzung waren. Alle verwendeten Aufnahmen sind am Ende der Beschreibungen der Assoziationen aufgelistet.

Die Vorgehensweise bei der **Synthese von Typen** sollte im Sinne der Nomenklaturkommission das Auffinden eines passenden „Etiketts“ für die heute an Quellen zu findenden Vegetationstypen ermöglichen (BARKMAN et al. 1986, WEBER et al. 2001). Deshalb wurden von HINTERLANG (1992) zunächst die eigenen Aufnahmen differenziert, in einem zweiten Schritt nach vergleichbaren Untergliederungen in der Literatur gesucht und die entsprechenden Aufnahmen nach kritischer Durchsicht hinzugefügt. Schließlich wurde der älteste, gültig publizierte Name für die Einheiten ermittelt. Emendierungen, die aus marginalen Gründen zu überflüssigen neuen Autorennamen geführt hätten, ohne in der Substanz zu einer Neuerung zu führen, wurden so weit wie möglich vermieden und eingeführte Namen im Sinne von Nomina Conservanda erhalten.

Als Richtlinie für die **Differenzierung in Tabellen** dienten die Empfehlungen von DANIELS (1980). Demnach sollten Vegetationstypen durch mindestens zwei Differentialarten voneinander getrennt sein und mindestens eine dieser Arten sollte eine Stetigkeit > 60% (IV) haben. Da Quellvegetation jedoch allgemein als artenarm gelten kann, musste gelegentlich auch mit einer Differentialart vorlieb genommen werden. In die Stetigkeitstabellen wurden neben den charakterisierenden Arten nur solche aufgenommen, die wenigstens an einer Stelle die Stetigkeit II hatten. Für die Charakterarten einer Assoziation in dieser Arbeit wird stets ein hoher Treuegrad gefordert (vergl. BRAUN-BLANQUET 1925, BARKMAN 1989). Sie sind für die vorliegende Gliederung in diesem Sinne als Indikatorenarten für spezifische Quellstandorte zu verstehen.

Im Verlauf der Darstellungen wird an mehreren Stellen der Begriff **„Zentralassoziation“** oder „Zentralverband“ im Sinne von DIERSCHKE (1981) verwendet. Es sei hier betont, dass

ein „Zentralsyntaxon" demnach nicht als verarmte Ausgabe eines anderen Vegetationstyps verstanden wird, sondern als großräumig immer wiederkehrender, floristisch und ökologisch eigenständiger Typ, der den Rang einer Assoziation (oder eines Verbandes) rechtfertigt.

Für zwei Vegetationstypen werden auch **phänologische Spektren** vorgelegt, die aus Dauerquadratbeobachtungen abgeleitet wurden. Grundlage der phänologischen Spektren waren die monatlichen Aufnahmen der jeweiligen Fläche aus dem Jahr 1990.

Bei allen eigenen Aufnahmen von HINTERLANG (1992) wurden **ökologische Messungen** zum Mikroklima, zur Wasserphysik und Wasserchemie durchgeführt. Die Erfassung des Mikroklimas einer Aufnahmefläche beinhaltete das Messen der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte und der Menge an photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR) sowie das Schätzen des Beschattungsgrades anhand einer 5er-Skala, Angaben über den Bewölkungsgrad und die Windgeschwindigkeit zum Messzeitpunkt. Die Messungen wurden jeweils an vier Stellen durchgeführt: 1. eine Messung im Freien, 2. eine Messung im Wald, d.h. in 10–20 m Entfernung von der Aufnahmefläche, 3. eine Messung über der Krautschicht der Aufnahmefläche und 4. eine Messung über der Moosschicht. Auch die chemischen Parameter des Quellwassers sind bei den synoptischen Tabellen 1b–5b angefügt.

Ziel der Auswertung der gemessenen Standortparameter war es, ökologische Kenndaten für Vegetationstypen an Quellen angeben zu können. Aus den Messdaten der Vegetationsaufnahmen wurden in erster Linie Medianwerte errechnet. Der Median als statistisches Mittel bot sich besonders deshalb an, weil hier keine Normalverteilung der Messwerte angenommen werden musste (CLAUS & EBNER 1975, DIEHL & KOHR 1978). Außerdem handelte es sich bei einigen Messwerten im strengen Sinne um Werteklassen (z.B. Nitrat, Nitrit, Ammonium u.a.), die sich einer einfachen arithmetischen Mittelwertberechnung entziehen. Die berechneten Kenndaten (Medianwerte) der Vegetationstypen finden sich bei den entsprechenden synoptischen Tabellen. Darüber hinaus wurde die Signifikanz der Verschiedenheit zweier Messreihen (Vegetationstypen) überprüft. Bei < 5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant verschiedene Standortparameter werden in den synoptischen Tabellen mit einem Ausrufezeichen (!) gekennzeichnet und im Text zu den entsprechenden Vegetationseinheiten ausführlich besprochen.

III. Gliederung und Kurzdarstellung der Syntaxa der *Montio-Cardaminetea*

1. *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944

Quell- und Waldsumpf-Gesellschaften (Tab. 1a und 1b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:

Montio-Cardaminetea Br.-Bl. & Tx. 1943; *Aconito-Cardaminetea* Hadač 1956 p.p., *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944 em. Zechmeister 1993

Syntaxa: *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928, *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii* Hinterlang 1992

KC: *Brachythecium rivulare, Cardamine amara, Palustriella commutata (= Cratoneuron commutatum), Deschampsia cespitosa, Rhizomnium pseudopunctatum, Rhizomnium punctatum, Saxifraga stellaris, Stellaria alsine*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Als Alternativen zu der von BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1943) beschriebenen Klasse gibt es in der Literatur lediglich die *Aconito-Cardaminetea* von HADAČ (1956), in der nässetolerante Hochstauden-Gesellschaften zusammengeführt werden. Dieser Einteilung wird nicht gefolgt, da keine der bei HADAČ aufgeführten Klassencharakterarten erkennbar krenophil ist und damit die Quell-Gesellschaften in diesem Syntaxon nur eine marginale Stellung einnehmen würden. Dies wird jedoch nicht etwa durch eine große Zahl verbindender Arten kompensiert, vielmehr finden sich unter den OC seiner *Montio-Cardaminetalia* keine der Arten wieder, die für die Synsystematik der *Montio-Cardaminetea* bis zu dieser Zeit von Bedeutung waren.

Da HADAČ in späteren Veröffentlichungen nicht mehr auf seine Klassenbezeichnung zurückgreift, sondern die Gesellschaften den *Montio-Cardaminetea* zuordnet, muss man davon ausgehen, dass er seinen Gliederungsvorschlag selbst wieder verworfen hat (vergl. HADAČ 1971, 1983, 1989).

Struktur und Artenverbindung

Die Klasse der Quell- und Waldsumpf-Gesellschaften enthält ausschließlich krautige Vegetationstypen. Ihre Typische Ordnung (*Montio-Cardaminetalia*) ist besonders durch eine ausgeprägte Moosschicht gekennzeichnet. Hemikryptophyten (RAUNKIAER 1934, BRAUN-BLANQUET 1928) herrschen vor (vergl. auch KÄSTNER 1941, DIERSCHKE et al. 1983), doch ihre Lebensstrategien sind mitunter sehr verschieden (vergl. ESCHENBACH 1988).

Betrachtet man die Architektur der Vegetationstypen, so sind die *Montio-Cardaminetalia* von (Moos-)Hochrasen (vergl. BARKMAN 1988: Polytrichids, Bryids) dominiert. Unter den Wuchsformen (WF) höherer Pflanzen häufen sich jene, die den größten Teil der Phytomasse in Boden-, respektive Wassernähe haben (z.B. Primulids, Thymids etc.). Große Kräuter oder Stauden sind seltener, mitunter aber faziesbildend. Die assimilierenden Organe lassen sich in die Kategorie bryophyll bis mesophyll (< 4 qmm – 100 qcm) einordnen (vergl. BARKMAN 1977, 1988). Lediglich die Höhenformen der Milzkraut-Gesellschaften enthalten in nennenswertem Umfang großblättrige Arten. Das horizontale Muster ist von großen Flecken oder Decken geprägt, in die Einzelpflanzen eingestreut sind. Kleinere Flecken oder Horste in regelmäßiger Verteilung oder gar konzentrischer Anordnung sind nicht zu beobachten. Da die horizontale Struktur oft durch den entscheidenden ökologischen Faktor (hier Wasser) bedingt ist, kann das wenig komplexe horizontale Muster als Indiz für die allgemeine Ausgeglichenheit von Quellstandorten gelten (JACUKS 1957, SEGAL 1970).

Verbreitung

Die *Montio-Cardaminetea* sind weit über den zentraleuropäischen Raum hinaus verbreitet. Eine exakte Grenzziehung kann die vorliegende Arbeit deshalb nicht leisten. Nach

Literaturangaben umfasst die Ordnung mindestens Teile der chem. Sowjetunion, die Karpaten, den gesamten Alpenbereich, Teile der Iberischen Halbinsel, Frankreich, die Britischen Inseln, Island, Grönland und Skandinavien (vergl. u.a. KOROLJOWA 1990, PAWLOWSKI 1928, PAWLOWSKI et al. 1928, BRAUN-BLANQUET 1930, KORNAS & MEDWECKA-KORNAS 1967, KOCH 1928, SMETTAN 1981, GEISSLER 1976, TÜXEN & OBERDORFER 1958, ALLORGE 1922, RIELEY & PAGE 1990, HADAČ 1971, DE MOLENAAR 1976, HADAČ 1989, NORDHAGEN 1936, FRANZI 1984, DE FOUCAULT 1981).

Ökologie

Quellstandorte sind im Bezug auf viele Merkmale zugleich ausgeglichen und extrem: Die Wassertemperaturen zeigen zwar über das Jahr oder den Tag betrachtet eine wesentlich geringere Amplitude als die anschließenden Oberläufe oder gar größeren Flüsse (vergl. DITTMAR 1955, FEY 1984), trotzdem dürften nur die wenigsten Quellen als „stenotherm" bezeichnet werden. Tatsächlich sind Quellen im Allgemeinen heterotherm, aber immer sommerkalt. Die mittleren Wassertemperaturen, von FEY (1984) für unsere Mittelgebirge mit 6.4–6.5 °C angegeben, liegen stets 1.0–1.8 °C unter der Jahresmitteltemperatur der Luft (vergl. auch SCHLÜTER 1970). Extreme Differenzen von bis zu 15 °C ergeben sich im Januar und August durch die erhebliche Verzögerung bei der Erwärmung bzw. Abkühlung des Wasserkörpers. Diese Werte entsprechen durchaus den punktuellen Messungen, die einigen pflanzensoziologischen Arbeiten entnommen werden konnten (vergl. LIBBERT 1947, PHILIPPI 1975, BRAUN-BLANQUET 1978). Auch die Messungen von HINTERLANG (1992) fügen sich gut in das skizzierte Bild.

WARNKE & BOGENRIEDER (1985) unterscheiden deshalb die Quellen nach ihren Temperaturverhältnissen in:

– stenotherme Q.-mittlere Wassertemperaturen < 7 °C (Amplitude 0–7 °C)
– mäßig erwärmte Q.-mittlere Wassertemperaturen 7–10 °C (Amplitude 4–11 °C)
– stark erwärmte Q.-mittlere Wassertemperaturen > 11 °C (Amplitude 11–17 °C)

Erstere tragen z.B. die von KAMBACH & WILMANNS (1969) untersuchten Quellmoos-Synusien am Feldberg im Schwarzwald, letztere leiten mit den Quellmoosen bereits zu den *Scheuchzerio-Caricetea*-Gesellschaften über (vergl. WARNKE 1984).

GEISSLER (1975) kennzeichnet einen von ihr zusätzlich vorgeschlagenen

– Quelltyp Kyrokrene ebenfalls mit einer Wassertemperaturamplitude (0–3 °C).

Die Wassertemperaturverhältnisse an Quellen werden heute also sehr differenziert betrachtet.

Die vergleichsweise tiefen Wassertemperaturen, v.a. aber die damit einhergehende Auskühlung des angrenzenden Bodens (vergl. v. BRANDT 1937, ROLL 1939, WARNKE & BOGENRIEDER 1985) verringern die Aktivität der Wurzeln höherer Pflanzen. Nur wenige Arten tolerieren diesen limitierenden Faktor (vergl. DIERSSEN et al. 1988) und können deshalb als Quellspezialisten (Krenophyten) bezeichnet werden. Von den KC und OC sind hier *Cardamine amara* und *Saxifraga stellaris* zu nennen; *Carex frigida* als Trennart der Klasse, sowie *Dicranella palustris, Philonotis seriata, Pohlia wahlenbergii* und *Scapania paludosa* wurden diesbezüglich von OBERDORFER (1956), BOGENRIEDER & WERNER (1979) und ESCHENBACH (1988) eingehend studiert.

Andererseits frieren Quellen i.d.R. nicht zu (vergl. THIENEMANN 1924, ROLL 1939, MAAS 1959, DIERSSEN 1973, GRÜTTNER 1987, WEY 1988 u.v.m.). Dies betrifft im strengen Sinne aber nur den geschlossenen Wasserfilm. Pflanzenbestände an Freilandquellen müssen bei fehlender Schneedecke durchaus starke Fröste ertragen, in abgemilderter Form gilt dies auch für Waldquell-Gesellschaften. Dies korrespondiert mit dem großen Anteil an Hemikryptophyten unter den quelltypischen Arten (vergl. DIERSCHKE et al. 1983), denn nur die Luftschicht unmittelbar in Wassernähe profitiert an allen Quelltypen von der ausgleichenden Wassertemperatur. Arten, die keinen Frost ertragen (z.B. *Chrysosplenium oppositifolium*) sind im Winter auf eine schützende Schneedecke angewiesen. Die Dauer der Schneebedeckung hat im Übrigen im alpinen und arktischen Bereich auch entscheidende Bedeutung für die Vegetationsausbildung (vergl. DE MOLENAAR 1976).

Die Auswertung der Wassertemperaturen ergab schließlich, dass die meisten Gesellschaften der *Montio-Cardaminetea* fast ausschließlich an stenothermen oder mäßig erwärmten Quellen siedeln, an stark erwärmten Quellen hingegen, wo die Wassertemperatur das Wurzelwachstum weniger stark limitiert, werden die Quell-Gesellschaften i.d.R. von Bachröhrichten oder Fließwassergesellschaften verdrängt. Dies mag ein Grund dafür sein, dass an den Tieflandquellen, die sich ja nicht selten durch vergleichsweise hohe Wassertemperaturen auszeichnen, Gesellschaften aus der Klasse der Quell-Gesellschaften seltener zu finden sind.

Grundwasser ist nicht ausgesprochen sauerstoffreich (BREHM & MEJERING 1982), aber an seiner Austrittsstelle kann es sich, je nach Schüttungsmenge, Relief und Vegetationsausprägung durch kleinste Turbulenzen sehr rasch mit Sauerstoff anreichern (i.D. 9.5 mg/l). Trotzdem nimmt sich der Sauerstoffgehalt im Vergleich zu ähnlichen Habitaten – z.B. dem Bachoberlauf – v.a. bei Sumpfquellen (Helokrenen) oft bescheiden aus. Wo die klassischen Quellvegetationstypen der *Montio-Cardaminetea* von Quellmoorgesellschaften abgelöst werden, liegt der O_2-Gehalt im Durchschnitt nur noch bei 6.5 mg/l (vergl. WARNKE & BOGENRIEDER 1985). Obwohl stark sauerstoffzehrende Prozesse in Quellen nahezu fehlen, kann man Quellen deshalb nicht generell als sauerstoffreich bezeichnen. Im Gegensatz zu den Wassertemperaturverhältnissen spielt der Sauerstoffreichtum für die Differenzierung innerhalb der *Montio-Cardaminetea* jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Die chemische Beschaffenheit des Wassers ist, abgesehen von starken Verunreinigungen, für die Besiedlung von Quellen kein limitierender Faktor (BRAUN-BLANQUET & TÜXEN 1943). Kalkarme und kalkreiche Wasseraustritte werden ebenso besiedelt wie gering verockerte, solchaltige oder leicht schwermetallbelastete. Der chemische Charakter trägt aber wesentlich zur Ausbildung verschiedener Vegetationstypen bei. Die scheinbar krassen Unterschiede zwischen kalkreichen und kalkarmen Quellen sind dabei von vielen Autoren stark in den Vordergrund geschoben worden (KOCH 1928, MAAS 1959, OBERDORFER 1977, WILMANNS 1984 u.v.a.), was eine Trennung dieser Vegetationstypen auf einer hohen syntaxonomischen Ebene zur Folge hatte. Ein vorbehaltloser floristischer Vergleich über das Aufnahmematerial aus Zentraleuropa zeigt jedoch, dass es weitaus mehr floristische Gemeinsamkeiten gibt als Trennendes. Eine Differenzierung auf Assoziations- bzw. Verbandsebene wird diesen Standortverhältnissen deshalb hinreichend gerecht (vergl. GEISSLER 1976).

Auf der Suche nach ökologischen Parametern, welche die floristisch viel deutlichere Unterteilung der Klasse in eine Ordnung der Wald-Quell-Gesellschaften (*Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii*) und eine Ordnung der Freiland-Quell-Gesellschaften (*Montio-Cardaminetalia*) begründen, fällt der Unterschied im relativen Lichtgenuss der Feldschicht ins Auge. Diese Unterteilung in beschattete Waldquellen und unbeschattete „Wiesen"quellen führt übrigens an die Anfänge der Quellforschung zurück; schon THIENEMANN (1924) schrieb, dass die Wiesenquellen den Waldquellen als geschlossene Gruppe gegenüber stehen (vergl. ROLL 1939).

Dynamik

Quellgesellschaften sind azonale Dauergesellschaften, die von SIEBUM & SCHAMINÉE (1991) mit dem Begriff „hydrologische Subklimax" bezeichnet werden. Syndynamische Prozesse sind nur nach gravierenden Veränderungen der exogenen Standortfaktoren zu beobachten. In Anlehnung an das System der Lebensstrategien nach DURING (1979) lassen sich die meisten Quellpflanzen (v.a. die Moose) als „perennial stayers" bezeichnen, d.h. sie verharren bei gleichbleibenden Mengenverhältnissen über längere Zeiträume am Ort. Therophyten, oder „short lived shuttle species" nach DURING sind selten. Dies widerspricht der Auffassung, Quellen seien Dauerpionierstandorte (BRAUN-BLANQUET 1926 u.v.a.).

Die gelegentlich publizierten Sukzessionsschemata wurden rein deduktiv aufgrund der beobachteten Kontaktgesellschaften erschlossen, Dauerquadratbeobachtungen existieren weitestgehend nicht (vergl. MAAS 1959, GEISSLER 1976). An klassischen Fundorten, deren äußere Bedingungen über die Zeit unverändert blieben, sind die Gesellschaften auch nach

vielen Jahren in ihrer ursprünglichen Form wiederzufinden: „BÜKERs *Montia*-Fluren" vom Neuen Hagen (NRW), in der Arbeit von 1942 publiziert, wurden von HINTERLANG (1992) erneut belegt; die von KAMBACH & WILMANNS (1969) untersuchten Moossynusien vom Feldberg wurden in fast unveränderter Form von WARNKE (1984), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), ESCHENBACH (1988) und WARNKE-GRÜTTNER (1990) dokumentiert. – Als Ausnahme muss hier das *Cardamino-Montion* herausgehoben werden, das u.a. Ersatzgesellschaften für Waldquell-Gesellschaften beherbergt, die besonderen syndynamischen Bedingungen unterliegen. Zu Einzelheiten sei auf das entsprechende Kapitel Dynamik des *Cardamino-Montion* verwiesen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Quell-Gesellschaftgesellschaften der *Montio-Cardaminetea* haben selbst keinerlei nennenswerte wirtschaftliche Bedeutung. Allerdings bringt der Biotoptyp Quelle es mit sich, dass vielerlei Wechselwirkungen zwischen der Ausprägung der natürlichen Quellvegetation und der wirtschaftlichen Nutzung des Quellwassers durch den Menschen auftreten. Drei Bereiche sind dabei hervorzuheben: landwirtschaftliche Nutzung, wasserwirtschaftliche Nutzung und Freizeitnutzung.

Insbesondere als Viehtränke werden viele Quellen gefasst und durch unverträglich hohe Viehdichten wird eine Besiedlung mit quelltypischen Arten praktisch ausgeschlossen. Nur bei schwacher Beweidungsintensität kann sich Vegetation des *Cardamino-Montion* ausbilden. Im Flachland und in Mittelgebirgslagen ist eine solche, so genannte extensive Beweidung sogar konstitutive Notwendigkeit für diesen Verband (siehe unter *Cardamino-Montion*). Die Gesellschaften des *Cratoneurion* sind indes sehr trittempfindlich.

Die wasserwirtschaftliche Fassung von ergiebigen Quellen in Wasserbehältern (Kartensignatur: WBH) oder größeren Gewinnungsanlagen ist eine bis heute weit verbreitete Art, Quellwasser zur Trinkwasserversorgung zu nutzen. In geringem Maße können dabei Restmengen des Quellwassers der Fassung entrinnen und dann eine ihrer ökologischen Situation angepasste, oft fragmentarische Vegetationsausprägung tragen. Dies kann auch in Kalklandschaften beobachtet werden, wo oft nur noch kleinste Fragmente des *Cratoneurion* in Form schütterer Bestände einzelner Arten an Quellfassungen auftreten.

Die Fassung von Quellen, um deren kulturhistorische Bedeutung hervorzuheben, ist aufgrund heutiger Naturschutzgesetzgebung zwar nicht mehr möglich, dennoch finden sich zahllose Beispiele mit mehr oder weniger dramatischen Folgen für die natürliche Vegetation noch in vielen Regionen des Landes. Die Spannbreite reicht von gemauerten Bassins und gepflasterten Quellbächen über ausladende Natursteinfassungen bis hin zu einzelnen Gedenksteinen. Praktisch immer führt ein mehr oder weniger stark frequentiertes Wegenetz zu diesen Attraktionspunkten und nicht selten sind Möglichkeiten Quellwasser zu schöpfen eingerichtet. Unter günstigen Umständen gibt es im Umfeld noch weitere Quellaustritte, an denen die lebensraumtypische Vegetation ausgeprägt ist, nicht selten ist damit aber auch der einzige Quellstandort weit und breit ökologisch entwertet. Nicht wenige Fernwanderwege Deutschlands beziehen ihre Attraktivität und damit ihren wirtschaftlichen Nutzen aus Quellen. Je nach Intensität der Nutzung von Quellen durch den Menschen kann es Landschaften geben, in denen nur ca. jede zehnte Quelle überhaupt noch Vegetation der *Montio-Cardaminetea* trägt; umgekehrt gibt es Berglandregionen in unseren Mittelgebirgen, wo einem diese Vegetation „auf Tritt und Schritt" begegnet.

Zoozönologie

Nachdem sich verschiedene Quellschutzkampagnen und die *Gesellschaft für Quellökologie und Quellschutz* in den 1990er Jahren intensiv mit der Ökologie und der Biozönologie von Quelllebensräumen befasst hatten, darf man geflissentlich sagen, dass die zoozönologischen Erkenntnisse für das Verständnis der Pflanzengesellschaften an Quellen wenig Gewinnbringendes beitragen können. Es hat sich gezeigt, dass sich die Quell-Tiergemeinschaften weitgehend aus anderen ökologischen und (verbreitungs)biologischen Gründen konstituieren

als die Quell-Pflanzengemeinschaften. Für die *Montio-Cardaminetea* bedeutet dies, dass es keinerlei Tier-Charakterarten für Syntaxa irgendeiner Hierarchiestufe zu geben scheint. Die Tierarten der Quellen (fast ausschließlich Makrozoobenthos) haben auch keinerlei nahrungs- oder verbreitungsbiologische Verbindungen mit der Vegetationsdecke. Es gibt auch keine Ansätze einer „Tier-Soziologie", die auf einer Metaebene zur Pflanzensoziologie in Beziehung gesetzt werden könnte.

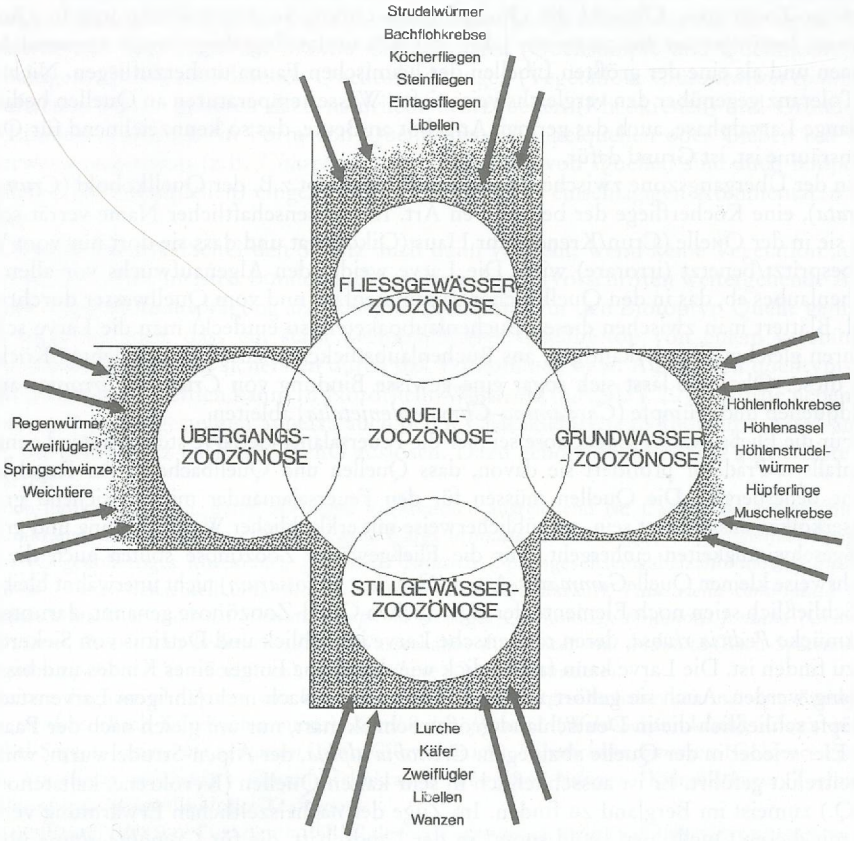

Abb. 1: Zoozönosetypen in Quellen (NZ NRW 1994)

Zugleich wurde sehr viel Wissen über die Tierarten an Quellen zusammengetragen und ökologisch gedeutet. Ebenso wie bei Pflanzengesellschaften, erklären auch die Tierarten die ökologischen Besonderheiten von Quellbiotopen insgesamt, mehr noch aber ihrer Mikro-Habitatstrukturen. Aus diesen Erkenntnissen sind Einteilungen der Quell-Tierarten in krenobiont, krenophil, troglophil, euryök u.s.w. hervorgegangen. Sie weisen die Tierarten als zu einer von fünf Zoozönose-Typen gehörig aus, die man häufig an Quellen beobachten kann. Demnach setzt sich jede Tiergemeinschaft entsprechend der Ausprägung der Mikro-Habitate der jeweiligen Quelle aus Arten zusammen, die ihren Hauptlebensraum im Interstitium des austretenden Grundwassers haben oder kleine Stillwasserbereiche benötigen oder den allmählichen Übergang vom Wasser zum Land besiedeln oder hauptsächlich im anschließenden Fließgewässer zuhause sind. Schließlich bleibt ein kleiner Kreis von Arten übrig, die praktisch ausschließlich auf Quellen beschränkt sind, weil ein bestimmter ökologischer Faktor ihnen besonders zusagt – oder besser gesagt, weil ihre Toleranz gegenüber diesem Faktor sie konkurrenzfähig gegenüber anderen Arten macht. Einige Beispiele seien hier genannt:

Die Höhlenflohkrebse (*Niphargus* spec.) sind Bestandteile der Grundwasser-Zoozönose, verlassen aber zur Nahrungsaufnahme das Interstitium und sind an den Austrittstellen des Grundwassers, also in Quellen, zu finden. Sie können diesen Teil-Lebensraum jedoch nur umfangreich nutzen, wenn nicht zugleich größere Flohkrebsarten des Fließgewässers die Quelle besiedeln und dem Höhlenflohkrebs direkt nachstellen.

Libellenlarven, namentlich der Gattung *Cordulegaster* (Quelljungfern), benötigen strömungsarme Teilhabitate der Quelle um erfolgreich jagen zu können, zählen also zur Stillgewässer-Zoozönose. Obwohl die Quelljungfern-Larven zu den α-Prädatoren in Quellen gehören, benötigen sie bis zu sieben Jahre um sich in das flugfähige Imago verwandeln zu können und als eine der größten Libellen der heimischen Fauna umherzufliegen. Nicht nur die Toleranz gegenüber den vergleichsweise tiefen Wassertemperaturen an Quellen bedingen die lange Larvalphase, auch das geringe Angebot an Beute, das so kennzeichnend für Quelllebensräume ist, ist Grund dafür.

In der Übergangszone zwischen Wasser und Land lebt z.B. der Quellkobold (*Crunoecia irrorata*), eine Köcherfliege der besonderen Art. Ihr wissenschaftlicher Name verrät schon, dass sie in der Quelle (Crun/Krenon) ihr Haus (Oikos) hat und dass sie dort nur vom Wasser bespritzt/benetzt (irrorare) wird. Die Larve weidet den Algenaufwuchs vor allem des Buchenlaubes ab, das in den Quellnischen zusammenfällt und vom Quellwasser durchrieselt wird. Blättert man zwischen diesen Buchenlaubpaketen, so entdeckt man die Larve schnell an ihren gleichmäßig vierkantigen, aus Buchenlaubstückchen zusammengeklebten Köchern. Aus dieser Ökologie lässt sich sogar eine gewisse Bindung von *Crunoecia irrorata* an die Waldquellen und -sümpfe (*Cardamino-Chrysosplenietalia)* ableiten.

Für die Fließgewässer-Zoozönose sei hier die Feuersalamanderlarve stellvertretend genannt. Ebenfalls α-Prädator profitiert sie davon, dass Quellen und Quellbäche in der Regel keine Fische beherbergen. Die Quellen müssen für den Feuersalamander mit ausreichend großen Wasserkolken ausgestattet sein, was üblicherweise mit erklecklicher Wasserführung und großen Fließgeschwindigkeiten einhergeht. Für die Fließgewässer-Zoozönose sollten auch die vergleichsweise kleinen Quell-*Gammarus*-Arten (*G. pulex, G. fossarum*) nicht unerwähnt bleiben.

Schließlich seien noch Elemente der eigentlichen Quell-Zoozönose genannt, darunter die Stelzmücke *Pedicia rivosa*, deren räuberische Larve im Schlick und Detritus von Sickerquellen zu finden ist. Die Larve kann fast so dick wie der kleine Finger eines Kindes und bis zu 4 cm lang werden. Auch sie gehört zu den α-Prädatoren. Nach mehrjährigem Larvenstadium schlüpft schließlich die in Deutschland größte Schnakenart, nur um gleich nach der Paarung ihre Eier wieder in der Quelle abzulegen. *Crenobia alpina*, der Alpen-Strudelwurm, wird als Eiszeitrelikt geführt. Er ist ausschließlich in sehr kalten Quellen (Kyrokrene, kaltstenotherme Q.) zumeist im Bergland zu finden. Im Zuge der nacheiszeitlichen Erwärmung verblieben mit diesen Quelltypen „cold spots" in der Landschaft, die für *Crenobia alpina* überlebenswichtig sind. Diese kalt-stenothermen Wassertemperaturen sind wohl auch der Hauptgrund für das Vorkommen der Quellschnecke *Bythinella dunkeri* (und verwandter Arten). Obwohl diese kaum 2,5 mm große Schnecke natürlich Kalk für den Aufbau ihrer Schale braucht, kommt sie auch in vergleichsweise saurem Quellwasser mit nur geringem Kalkgehalt vor. *Bythinella dunkeri* ist stets eng an die eigentlichen Wasseraustrittstellen gebunden. *Pedicia rivosa, Crenobia alpina* und *Bythinella* dürfen zu Recht als Prototypen von Krenobionten gelten und repräsentieren somit die Quell-Zoozönose.

Obwohl gerade von einigen „Riesen" unter den Vertretern der Tiergruppen die Rede war, muss allgemein gelten, dass in Quellen eher deutlich kleinere Vertreter der Gattungen vorkommen als z.B. in den Bächen und Flüssen. Dies begründet sich ganz zwanglos aus der geringen Netto-Primärproduktion, die an Quellen zu verzeichnen ist. Zudem verhindert der ständige Abfluss des Wassers eine allzu große Akkumulation von Nahrungsressourcen im Quellbiotop. Es ist deshalb leicht zu erklären, dass schon eine mäßige Zufuhr von Nährstoffen in Quellen sehr schnell zu radikalen und oft auch irreversiblen Veränderungen der Zoozönose führt.

Für die weitere Lektüre zur Zoozönologie an Quellen bieten sich die Bände 2–6 der Zeitschrift CRUNOECIA an.

Naturschutz

Quell-Gesellschaften der Klasse *Montio-Cardaminetea* sind ausnahmslos Indikatoren für naturnahe Quellbiotope, die im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) § 30 als Gesetzlich geschützte Biotope geführt sind. Handlungen, die zu einer Zerstörung oder zu einer erheblichen Beeinträchtigung führen können, sind verboten.

„Naturnahe, durch punktuell oder flächig austretendes Grundwasser geprägte Lebensräume, vegetationsfrei oder mit spezifischer Vegetation und Fauna im Wald oder offenen Gelände. Dazu gehören Sicker- und Sumpfquellen (Helokrenen) mit oft flächigem Wasseraustritt und Vegetation der *Montio-Cardaminetea* (Quellsümpfe und Quellmoore); bei kalkhaltigem Quellwasser können Quelltuffbildungen (Vegetation: *Cratoneurion commutati*) auftreten. Ferner gehören dazu natürliche Sturzquellen (Rheokrenen) und Grundquellen (Limnokrenen), z.B. in Form von Quelltöpfen, Tümpelquellen oder Gießen mit ihrer Unterwasservegetation (z.B. *Charetea*). Als Sonderfälle von Quellen sind auch temporäre Quellen (z.B. Karstquellen) eingeschlossen." heißt es in einschlägigen Kommentaren zum Gesetz.

Obwohl das BNatSchG den Schutz auch dann vorsieht, wenn keine Vegetation ausgebildet ist, haben die meisten Bundesländer in ihren Kartiervorschriften weitergehende Angaben zur Vegetationsausprägung als Erkennungsmerkmal für den Biotoptyp Quelle gemacht. Dies folgt der Idee, dass ein stark beeinträchtigter Quellbiotop von einem geschützten „naturnahen" Biotop am sichersten durch das Vorkommen bzw. Ausbleiben quelltypischer Arten identifiziert werden kann. In Nordrhein-Westfalen (LANUV 2017) wurde neben den in diesem Band dargestellten Syntaxa auch deren Charakterarten als Indikator-Arten aufgelistet, die den Schutz nach BNatSchG auslösen. Dazu gehört überdies eine kurze Liste von Tierarten:

a.) hoch-indikative Arten, deren alleiniges Vorkommen ausreichend ist: *Cardamine amara* (Bitteres Schaumkraut), *Carex canescens* (Grau-Segge), *Carex echinata* (Stern-Segge), *Chrysosplenium oppositifolium* (Gegenblättriges Milzkraut), *Dicranella palustris* (Sparriges Kleingabelzahnmoos), *Equisetum telmateia* (Riesen-Schachtelhalm), *Montia fontana* (Bach-Quellkraut), *Palustriella commutata* (Veränderliches Starknervmoos), *Philonotis caespitosa* (Rasiges Quellmoos), *Philonotis fontana* (Gemeines Quellmoos), *Ranunculus hederaceus* (Efeu-Wasserhahnenfuss), *Scapania undulata* (Bach-Spatenmoos), *Sphagnum riparium* (Ufer-Torfmoos), *Stellaria alsine* (Quell-Sternmiere).

b.) weitere diagnostische Arten, von denen mindestens zwei vergesellschaftet sein müssen: *Brachythecium rivulare* (Bach-Kurzbüchsenmoos), *Cardamine flexuosa* (Wald-Schaumkraut), *Carex remota* (Winkel-Segge), *Lysimachia nemorum* (Hain-Gilbweiderich), *Polytrichum commune* (Goldenes Frauenhaar), *Scutellaria galericulata* (Sumpf-Helmkraut), *Sphagnum palustre* (Kahnblättriges Torfmoos), *Sphagnum squarrosum* (Sparriges Torfmoos)

c.) Diagnostisch relevante Tierarten in NRW, die bei Vorkommen zwingend aufgeführt werden müssen: *Bythinella dunkeri* (Dunkers Quellschnecke), *Cordulegaster* spec., *Crenobia alpina*, *Crunoecia irrorata*, *Niphargus* spec., *Pedicia rivosa*, *Pisidium personatum* (Quellerbsenmuschel), *Polycelis felina*, *Salamandra salamandra* (Feuersalamander).

Für die Betrachtung im Rahmen der Eingriffsregelung nach §§ 13ff. BNatSchG ist hervorzuheben, dass die Zerstörung oder Beeinträchtigung von naturnahen Quellen in der Regel nicht ausgleichbar ist. Bezogen auf die zeitliche Wiederherstellbarkeit gelten Quellen als „kaum regenerierbar", eine Wiederherstellung benötigt – wenn überhaupt möglich – Entwicklungszeiträume von > 100(150) Jahren (vergl. LANUV 2008, RIECKEN et al. 2006). Eine Zerstörung oder Beeinträchtigung von Quellen erfordert immer im Einzelnen eine Ausnahmegenehmigung durch die zuständigen Naturschutzbehörden.

7220* Kalktuffquellen (*Cratoneurion*) als Prioritärer Lebensraumtyp der FFH-Richtlinie sind in Deutschland zumeist in FFH-Gebieten integriert und so zusätzlich zum § 30 BNatSchG geschützt. Die Kalksinterbildung ist ein wichtiges konstituierendes Merkmal für diesen Lebensraumtyp. Mitunter wird wenig beachtet, dass es neben dem klassischen *Cratoneurion* auch im *Caricion remotae* mit den Varianten von *Cratoneuron commutatum* und *Equisetum telmateia* des *Chrysosplenietum oppositifolii* Ausbildungen gibt, die offensichtliche Kalksinterbildungen erkennen lassen.

Tabelle 1a: Übersicht der *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. 1943 ex Klika & Hadač 1944

1: *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. 1943 ex Klika & Hadač 1944
2: *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928
3: *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925
4: *Philonotidion seriatae* Hinterlang 1992
5: *Cratoneurion commutati* Koch 1928
6: *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii* Hinterlang 1992 / *Caricion remotae* Kästner 1940

Syntaxon:	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Aufnahmen:	983	510	103	245	162	473
Mittlere Artenzahl:	10	11	12	10	11	10
KC *Montio-Cardaminetea*:						
Cratoneuron commutatum	II	IV ^{2}	r ^{2}	IV ^{2}	V ^{2}	r ^{1}
Deschampsia cespitosa	III	III ^{2}	II ^{1}	IV ^{2}	IV ^{2}	I ^{1}
Cardamine amara	II	II ^{2}	III ^{1}	I ^{2}	II ^{2}	III ^{2}
Brachythecium rivulare	II	I ^{1}	I ^{1}	I ^{1}	r $^{+}$	III ^{1}
Stellaria alsine	II	I ^{1}	IV ^{1}	r ^{1}	r $^{+}$	II ^{1}
Rhizomnium punctatum	I	+ ^{1}	+ $^{+}$	I ^{1}	+ ^{1}	II ^{1}
Epilobium anagallidifolium	r	r $^{+}$	r ^{1}	r $^{+}$	r $^{+}$	r $^{+}$
OC/D *Montio-Cardaminetalia*:						
Bryum pseudotriquetrum	II	III ^{2}	I ^{1}	IV ^{2}	IV ^{1}	r ^{1}
Saxifraga stellaris	II	III ^{2}	I ^{2}	V ^{2}	III ^{1}	r $^{+}$
Philonotis fontana	I	II ^{2}	III ^{2}	II ^{1}	I ^{1}	r ^{1}
Dicranella palustris	I	II ^{2}	II ^{3}	II ^{2}	r $^{+}$	r ^{1}
Philonotis seriata	I	II ^{2}	I ^{3}	III ^{2}	r $^{+}$	.
Epilobium alsinifolium	I	II ^{1}	r $^{+}$	II ^{1}	II ^{1}	.
Pohlia wahlenbergii	I	II ^{2}	.	III ^{2}	I ^{1}	.
D *Ligusticum mutellina*	I	II ^{1}	.	II ^{1}	I $^{+}$	.
D *Carex frigida*	I	II ^{1}	.	II ^{1}	II ^{2}	.
D *Cirsium spinosissimum*	I	II $^{+}$	.	III ^{1}	I $^{+}$	.
Saxifraga aizoides	I	II ^{1}	.	I ^{1}	III ^{2}	.
Bryum schleicheri	+	I ^{3}	r ^{4}	I ^{2}	II ^{2}	.
Cratoneuron decipiens	r	+ ^{1}	r ^{1}	+ ^{1}	I ^{2}	.
D *Cerastium cerastoides*	r	+ $^{+}$	r ^{2}	I $^{+}$	.	.
AC/ VC/D *Cardamino-Montion*:						
AC *Epilobium nutans*	r	r ^{1}	I ^{1}	.	.	.
AC *Sagina saginoides*	r	r ^{1}	r ^{1}	.	.	.
AC *Sedum villosum*	r	r ^{1}	r ^{1}	.	.	.
VC *Montia fontana* agg.	+	I ^{3}	IV ^{3}	.	.	.
D *Calliergonella cuspidata*	+	r ^{2}	II ^{2}	.	.	+ $^{+}$
VC *Epilobium obscurum*	+	r ^{1}	II ^{1}	.	.	+ $^{+}$
D *Juncus articulatus*	r	+ ^{1}	II ^{1}	r $^{+}$	r $^{+}$	.
D *Veronica beccabunga*	+	r $^{+}$	II $^{+}$	.	.	+ $^{+}$

D *Epilobium palustre*	+	r	+	II	+	r	+	r	+	+	+	
D *Sagina procumbens*	r	r	+	II	+	r	+	.		.		
AC/ VC/D *Philonotidion seriatae*:												
AC *Pohlia ludwigii*	r	r	1	.		r	1	.		.		
AC *Bryum weigelii*	r	r	4	.		r	4	.		.		
AC *Scapania uliginosa*	r	r	3	.		+	3	.		.		
AC *Scapania paludosa*	r	r	2	.		r	2	.		.		
D *Alchemilla vulgaris* agg.	I	I	1	+	+	II	1	I	1	r	+	
D *Scapania irrigua*	+	I	+	r	+	II	1	r	+	.		
D *Blindia acuta*	I	I	+	.		II	1	r	+	.		
AC/ VC/D *Cratoneurion commutati*:												
VC *Philonotis calcarea*	I	II	2	.		.		IV	2	.		
AC *Arabis soyeri*	I	I	1	.		r	+	III	1	.		
AC *Silene pusilla*	I	I	1	.		r	+	IV	1	.		
D *Polygonum viviparum*	+	I	1	.		+	1	II	1	.		
D *Aster bellidiastrum*	+	I	1	.		+	1	II	1	.		
D *Aneura pinguis*	+	+	1	.		.		II	1	r	+	
D *Equisetum variegatum*	r	+	1	.		r	1	II	1	.		
D *Tussilago farfara*	r	+	1	r	r	.		II	1	.		
D *Soldanella alpina*	r	+	1	.		.		II	1	.		
OC/D *Cardamino-Chrysosplenietalia* und VC *Caricion remotae*:												
AC *Chrysosplenium oppositifolium*	II	r	+	I	+	r	+	.		V	4	
D *Ranunculus repens*	II	+	+	II	+	r	+	.		III	2	
D *Impatiens noli-tangere*	I	r	1	r	1	.		.		III	2	
VC(f) *Carex remota*	I	r	2	r	2	.		.		II	2	
D *Stellaria nemorum*	I	r	+	r	+	.		.		II	2	
VC *Lysimachia nemorum*	I	r	+	+	+	.		.		II	1	
VC *Plagiomnium undulatum*	I	r	+	r	+	.		.		II	1	
VC (f) *Chrysosplenium alternifolium*	I	r	1	r	1	.		.		II	1	
D *Geranium robertianum*	I	r	+	r	+	.		.		II	1	
D *Oxalis acetosella*	I	r	r	r	r	.		.		II	1	
D *Lamiastrum galeobdolon*	+	r	r	r	r	.		.		II	1	
D *Galium palustre*	I	r	r	I	r	.		.		II	1	
D *Urtica dioica*	+	.		.		.		.		II	1	
D *Athyrium filix-femina*	I	r	r	r	r	.		.		II	+	
VC *Cardamine flexuosa*	+	r	r	r	r	r	+	.		I	1	
VC *Circaea intermedia*	r	r	+	r	+	.		.		I	1	
Sonstige:												
Agrostis stolonifera agg.	II	II	1	II	1	r	1	III	2	II	1	
Myosotis palustris agg.	II	+	+	II	1	r	+	.		II	1	
Glyceria fluitans	+	+	1	II	1	r	1	.		I	1	
Poa trivialis	+	r	+	I	+	.		.		II	1	

Tabelle 1b: Ökologische Kenndaten zu Tabelle 1a
(Medianwerte der Messreihen von HINTERLANG 1992)

Syntaxon:	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Messreihen	260	94	55	20	19	166
Höhe in m ü.NN	670	!1170	!!790	!2035	!1790	!600
Fläche in qm	1	!0.5	!!0.3	!1.25	!1	!1
Höhe der Krautschicht in cm	15	!10	10	10	10	!15
Höhe der Moosschicht in cm	2	!4	!!4	!4.5	!5	!1
Deckung der Krautschicht in %	85	!40	!!50	!35	!20	!95
Deckung der Moosschicht in %	10	!180	75	82.5	90	!5
Artenzahl Krautschicht	7	8	!9	!!6	!8	7
Artenzahl Moosschicht	3	3.5	3	4	3	3
Beschattung	.	!--	!!+-	!--	!--	!+
Rel.Lichtgenuss Kr.schicht in %	.	!94.4	92.8	100	100	!4.0
Rel.Lichtgenuss Ms.schicht in %	.	!84.2	81.8	48.9	99.4	!1.1
Diff. RH Freiland-Kr.schicht in %	.	!-4	-4	-1	-7	!-9
Diff. RH Freiland-Ms.schicht in %	.	!-12	-16.5	-6	-10	!-26
Diff. RH Kr.-Ms.schicht in %	.	!-4	-5.5	-2	-4	!-11.5
Diff. T Freiland-Kr.schicht in °C	.	!-0.4	-0.4	-0.1	-2.3	!1.65
Diff. T Freiland-Ms.schicht in °C	.	!-1.2	-0.8	-1.4	-3.5	!2.61
Diff. T Kr.-Ms.schicht in °C	.	!0	0	-0.1	0	!0.75
Quellwasser:						
Wassertemperatur in °C	8.6	8.6	!!9.7	!5.4	!6.2	8.7
Sauerstoffgehalt in mg/l	9.1	8.9	8.8	9.8	9.0	9.1
Leitfähigkeit in µS/cm	108.5	95.5	!93	!68	!!286	119
Wasserstoffionenkonz. (pH)	6.2	!6.5	!6.3	!6.3	!!7.8	!6.1
Gesamthärte in °DH	2.4	2.4	!2.0	!2.2	!!9.0	2.4
Karbonathärte in °DH	1.2	1.4	!1.0	!1.6	!!7.8	1.0
Nitrit in mg/l	0.005	0.003	!0.003	!0	0	0.005
Nitrat in mg/l	10	!0	!0	!0	0	!10
Ammonium in mg/l	0.1	!0	!0.1	!0	0	!0.1
Phosphat in mg/l	0.01	!0.005	!!0.01	!0.003	!0	!0.01

Waldquellen und Quellbäche werden nicht selten als natürliche Rückegassen genutzt und das Holz längs durch die Vegetation gezogen. Die Wiederbesiedlung gegen den Wasserstrom ist jedoch für viele Quellarten nur eingeschränkt möglich und so verarmen solche Quellen sukzessive. Auch das plötzliche Freistellen von Quellen – nicht selten mit der guten Absicht, Fehlbestockungen z.B. mit Fichte zu entfernen – führen bei frostempfindlichen Vegetationstypen (z.B. *Chrysosplenietum*) zu erheblichen Schäden. Außerdem kann durch die Besonnung eine verstärkte Nitrifikation ausgelöst werden, was zu dramatischen Verschiebungen in der Artenzusammensetzung führen kann. Die vielerorts weit verbreiteten Fichtenforsten lassen wegen Gewässerversauerung bzw. saurer Nadelstreu oft keine Milzkraut-Gesellschaften zu, weil diese bei Boden/Wasser/ph-Werten von < 5 ausfallen (BEIERKUHNLEIN 1991). An deren Stelle breitet sich Torfmoos-reiche Quellvegetation aus, die oft dem *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* zugeschlagen werden kann. Als vergleichsweise naturnahe Ersatzgesellschaft für das *Chrysosplenietum* sollte beim Umbau der Fichtenbestände ein langsamer Wechsel der Quellvegetation vorgesehen werden, selbst um den Preis, dass man einzelne Fichten in Quellnähe erhalten muss. Ein radikales Bloßstellen der Torfmoos-Quell-Gesellschaften führt nicht nur zu deren rascher Zerstörung, auch andere Elemente der Biozönose sind dann massiv betroffen. Schließlich sei für Quellen im Wald auch auf die Wild-Problematik hingewiesen. Insbesondere ein hoher Bestand an Schwarzwild kann über große Bereiche hin zu desaströsen Auswirkungen auf die Quellen führen. Das Schwarzwild nutzt Quellen vorzüglich als Suhlen und geschützte Rückzugsräume. In einzelnen Mittelgebirgen mit hohen Schwarzwildbeständen (z.B. Taunus) ist der Anteil vegetationskundlich intakter Quellen aus diesem Grund verschwindend gering.

Unter landwirtschaftlicher Nutzung spielt ein zu hoher Weideviehbesatz eine große negative Rolle für den Schutz von Quellen. Um diesem Vorwurf zu entgehen werden Quellen dann nicht selten ausgezäunt. Dem gesetzlichen Biotopschutz ist damit Genüge getan, aber die Folge ist, dass die aufkommenden Hochstauden- oder Feuchtwiesenarten die meist sehr kleinwüchsigen Quellarten ausdunkeln und verdrängen. Außerdem sind z.B. die *Montia*- und *Philonotis*-Arten in Meta-Populationen aufgeteilt und langfristig von einem regelmäßigen Genaustausch abhängig. In historischen Umtriebsweidesystemen, z.B. auch bei Almauftrieb, war ein solcher Genaustausch möglich. Heute liegen die letzten Vorkommen der Gesellschaften des *Cardamino-Montion* zumeist isoliert, weit voneinander entfernt, und Diasporenaustausch ist praktisch unmöglich.

Auch für die weitere Lektüre zum Thema Naturschutz an Quellen bieten sich die Bände der Zeitschrift CRUNOECIA als Einstiegslektüre an. In einigen Bundesländern gibt es darüber hinaus beachtenswerte Quellschutzkampagnen (z.B. Brandenburg, Bayern).

Literatur

ALLORGE (1922), BARKMAN (1977, 1988), BEIERKUHNLEIN (1991), BOGENRIEDER & WERNER (1979), BRANDT (1937), BRAUN-BLANQUET (1926, 1928, 1930, 1978), BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1943), BREHM & MEJERING (1982), CRUNOECIA (versch. Jhrg.), DE FOUCAULT (1981), DE MOLENAAR (1976), DIERSCHKE et al. (1983), DIERSSEN (1973), DIERSSEN et al. (1988), DITTMAR (1955), DURING (1979), ESCHENBACH (1988), FEY (1984), FRANZI (1984), GEISSLER (1975,1976), GRÜTTNER (1987), HADAČ (1956, 1971, 1989), HINTERLANG (1992), JACUKS (1957), KAMBACH & WILMANNS (1969), KÄSTNER (1941), KLIKA & HADAČ (1944), KOCH (1928), KORNAS & MEDWECKA-KORNAS (1967), KOROLJOWA (1990), LANUV (2008, 2017), LIBBERT (1947), MAAS (1959), NORDHAGEN (1936), NZ NRW (1994), OBERDORFER (1956, 1977), PAWLOWSKI (1928), PAWLOWSKI et al. (1928), PHILIPPI (1975), RAUNKIAER (1934), RIECKEN et al. (2006), RIELEY & PAGE (1990), ROLL (1939), SCHLÜTER (1970), SEGAL (1970), SMETTAN (1981), SIEBUM & SCHAMINÉE (1991), THIENEMANN (1924), TÜXEN & OBERDORFER (1958), WARNKE (1984), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), WARNKE-GRÜTTNER (1990), WEY (1988), WILMANNS (1984), ZECHMEISTER (1993).

1.1. *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928

Freiland-Quell-Gesellschaften

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Epilobietalia alsinifolii Nordhagen 1936, *Cardamino amarae-Caricetalia remotae* Kästner 1941, *Montio-Cardaminetalia* (Pawlowski 1928) emend. Maas 1959 p.p., *Cardamino-Cratoneuretalia* Maas 1959 p.p., *Montio-Cardaminetalia* (Pawlowski 1928) emend. Geissler 1976, *Cratoneuro-Philonotidetalia* prov. Geissler 1976, *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928 emend. Zechmeister 1993
Holotypus: *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925
Syntaxa: *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925, *Philonotidion seriatae* Hinterlang 1992, *Cratoneurion* Koch 1928
OC: *Bryum pseudotriquetrum, Bryum schleicheri, Carex frigida, Cratoneuron (Palustriella) decipiens, Dicranella palustris, Epilobium alsinifolium, Philonotis fontana agg., Philonotis seriata, Pohlia wahlenbergii, Saxifraga aizoides, Saxifraga stellaris, Scapania paludosa, Scapania uliginosa.*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

PAWLOWSKI führte 1928 die *Montio-Cardaminetalia* als monotypische Ordnung (Holotypus *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925) ein. Die Beschreibung des *Cratoneurion* von KOCH (1928), also aus dem gleichen Jahr, war offensichtlich noch nicht bekannt. Dennoch wurde das *Cratoneurion* fortan als zweiter Verband der *Montio-Cardaminetalia* geführt (vergl. BRAUN-BLANQUET 1948/49).

Die Ordnung *Montio-Cardaminetalia* ist nach allen Regeln des Nomenklaturcodes gültig beschrieben. Sie hat mit dem *Cardamino-Montion* einen ebenfalls gültig beschriebenen Holotypus. Betrachtet man das Spektrum der Pflanzengesellschaften, die zum Zeitpunkt der Beschreibung in dieser Ordnung zusammengefasst wurden, so entspricht dies inhaltlich durchaus dem, was auch in der vorliegenden Arbeit unter diesem Syntaxon zu finden ist. Waldquell-Gesellschaften waren bis 1928 noch nicht beschrieben worden und fallen auch im Sinne der Originalbeschreibung nicht in diese Ordnung. Es gibt also keinen Grund, diese Ordnung zu emendieren. Gleichwohl ist dies schon mehrfach geschehen: MAAS (1959) löst das *Cratoneurion* aus der Ordnung heraus und stellt es in eine eigene Ordnung *Cardamino-Cratoneuretalia*. Er emendiert die Ordnung aber erst, indem er das *Cardamino-Montion* aufteilt und das so neu geschaffene *Cardaminion* mit Waldquell-Gesellschaften „füllt". –

GEISSLER (1976) teilt die monotypische Ordnung („*Montio-Cardaminetalia* p.p.") unter Beibehaltung des Holotypus (*Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925) – nach heute gültigen Nomenklaturregeln nicht erlaubt – mit dem Zweck, eine neue Ordnung *Cratoneuro-Philonotidetalia* provisorisch zu beschreiben, die Quell-Gesellschaften ohne *Montia* beinhalten soll. ZECHMEISTER (1993) ergänzt u.a. das *Caricion remotae* und das *Adiantion* und emendiert das *Cardamino-Montion*. Die weiteren Darstellungen werden zeigen, dass die zahlreichen Emendierungen aus nomenklatorischer, aber auch aus synsystematischer und ökologischer Sicht keine überzeugenden Lösungen sind.

Einige Verbände, die den *Montio-Cardaminetalia* in der Literatur zugewiesen werden, fehlen scheinbar in der obigen Auflistung der Syntaxa der *Montio-Cardaminetalia*. Dazu gehören das *Montio-Epilobion hornemannii* Nordhagen1936, das *Cratoneuro-Saxifragion aizoidis* Nordhagen 1936, das *Endocarpion* Br.-Bl. 1948 und das *Marsupello-Scapanion* Geissler 1976. Doch können diese Verbände entweder nicht in dieser Ordnung untergebracht werden oder sie sollten als Unterverbände den drei oben genannten Verbänden zugewiesen werden. Das *Marsupello-Scapanion* muss im Rahmen der Klasse *Platyhypnidio-Fontinalietea* einen Platz finden, das *Endocarpion* kann nach GEISSLER (1976) besser der Klasse *Hygrohypnetea* zugeschlagen werden. Zur synsystematischen Anbindung der beiden Verbände von NORDHAGEN sei auf die Darstellungen zum *Cardamino-Montion* und zum *Cratoneurion* verwiesen. DIERSSEN (1996) hält dazu fest: *„Floristisch und standörtlich stimmen die Gesellschaften eustatischer Quellen in den Urgesteinsgebieten der montanen bis*

alpinen Stufe Mittel- und Nordeuropas als azonal verbreitete Vegetationstypen weitgehend überein." In seiner Gliederungsübersicht verzichtet er sogar auf die Ausweisung von nordeuropäischen Unterverbänden.

Struktur und Artenverbindung

Auf die Symmorphologie der Ordnung soll hier nur in so weit eingegangen werden, als sie sich von der zweiten Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia* unterscheidet. Detailliertere Darstellungen der Vegetationsstrukturen finden sich unter den entsprechenden Punkten bei den Verbänden und Gesellschaften. Der wohl markanteste Unterschied zwischen den Freilandquellen der *Montio-Cardaminetalia* und den Waldquellen der *Cardamino-Chrysosplenietalia* ist das Verhältnis der Deckungsanteile von Krautschicht und Moosschicht. Deckt die Krautschicht an Waldquellen im Mittel 95% der Aufnahmefläche, so sind es an Freilandquellen im Durchschnitt nur 40%. Noch beeindruckender sind die Zahlen der Moosschicht: 5% mittlere Deckung an Waldquellen, 80% an Freilandquellen.

Diese Zahlen finden ihre Entsprechung in den Wuchsformenspektren, die in der Ordnung *Montio-Cardaminetalia* von (Moos-)Hochrasen beherrscht werden, während die krautige WF Thymid einen erklecklichen Anteil an der Vegetationsstruktur der Gesellschaften der *Cardamino-Chrysosplenietalia* hat. Nicht nur die floristische Zusammensetzung, auch die Vegetationsstrukturen geben deshalb gute Argumente für eine Trennung der beiden Ordnungen ab.

Verbreitung

Die geographische Verbreitung der *Montio-Cardaminetalia* ist mit dem Areal der Klasse deckungsgleich. In allen unter „Verbreitung" genannten Gebieten ist die Ordnung weitgehend an die jeweilige hochmontane bis alpine Stufe gebunden, nur das *Cardamino-Montion* steigt bis in die Ebene hinab. Die mittlere Meereshöhe der Fundorte liegt in Mitteleuropa bei 1170 m ü. NN, ohne das *Cardamino-Montion* sogar zwischen 1790 und 2035 m ü. NN.

Ökologie

Die *Montio-Cardaminetalia* umfassen Vegetationstypen baumfreier, lichtdurchfluteter Rheo- und Helokrenen. Der relative Lichtgenuss der Krautschicht liegt im Mittel bei 94.4%, der Moosschicht bei 84.2%. Eine geringfügige Beschattung kann nur ausnahmsweise beobachtet werden und bewirkt oft schon markante Veränderungen in der floristischen Zusammensetzung in Richtung *Cardamino-Chrysosplenietalia*. Die starke Einstrahlung hat zur Folge, dass die vegetationsnahe Luftschicht durch Wärmespeicherung und -abstrahlung stark aufgeheizt wird. Die Pflanzen müssen im Bereich der Sproßspitzen vergleichsweise hohe (Luft-)Temperaturen ertragen, im Wurzelbereich hingegen extrem tiefe (Wasser-) Temperaturen (z.B. Luft über der Krautschicht 16.0 °C – Wassertemperatur 3.6 °C). Die Temperaturdifferenz zwischen Freiland und Krautschicht hat sogar meistens negative Vorzeichen, d.h. der Luftraum über der Vegetationsschicht ist wärmer als die Luft in der Umgebung (z.B. Lufttemperatur im Freien 11.6 °C – über Kraut- und Moosschicht 15.6 °C). In diesem Punkt unterscheiden sich die ökologischen Kenndaten markant und signifikant von den Zahlen zur Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia*.

Die relative Luftfeuchte steigt zwar mit zunehmender Nähe zum austretenden Wasser an, doch ist dieser Anstieg signifikant geringer als bei Waldquell-Gesellschaften (*Cardamino-Chrysosplenietalia*). Dies lässt sich leicht durch die schnellere Durchmischung der Luftschichten in ungeschützten Lagen erklären. Davon sind Kraut- und Moosschicht gleichermaßen stark betroffen, denn die Gesellschaften der *Montio-Cardaminetalia* sind zu einem großen Teil von Moosen beherrscht.

In Bezug auf die gemessenen Wasserparameter sind erwartungsgemäß nur wenige Differenzen zur Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia* auszumachen. Der mittlere pH liegt in der hier zu besprechenden Ordnung mit 6.5 signifikant höher. Doch dieser Schein trügt, denn in der vorliegenden Tabelle sind nur in der Ordnung *Montio-Cardaminetalia* auch

Kalk-Quellgesellschaften berücksichtigt, für die Berechnungen zur Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia* hingegen lagen kaum Daten von Kalk-Quellen vor. – Das Quellwasser an Standorten von *Montio-Cardaminetalia*-Gesellschaften ist augenscheinlich und signifikant weniger eutrophiert. Trotz einer begründeten Vorsicht bei der Interpretation der Stickstoff- und Phosphatwerte scheint diese Aussage statthaft, weil alle Werte die gleiche Tendenz zeigen und drei der vier Werte statistisch signifikant sind. Außerdem lassen sich diese Unterschiede mit der allgemein bekannten, geringeren Belastung subalpiner und hochmontaner Quellen im Vergleich zu Quellstandorten niedrigerer Stufen zwanglos erklären. Diese Annahme wird durch den Vergleich der Zahlen zu den einzelnen Verbänden erhärtet. Hier zeigt sich, dass die „alpinen" Verbände *Philonotidion seriatae* und *Cratoneurion* keine Nährstoffanreicherung erfahren, sondern ausschließlich das planar bis montan verbreitete *Cardamino-Montion* (s. auch Ökologie des *Cardamino-Montion*).

Dynamik

Die syndynamischen Prozesse der *Montio-Cardaminetalia* unterscheiden sich nicht von den allgemein für die Klasse formulierten Grundsätzen. Die Sonderstellung des *Montion* wurde an jener Stelle ebenfalls bereits angedeutet und soll hier nur kurz in Erinnerung gerufen werden.

Literatur

Braun-Blanquet (1948/49), Dierssen (1996), Geissler (1976), Koch (1928), Maas (1959), Pawlowski (1928), Zechmeister (1993).

1.1.1. *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925

Quellkraut-Gesellschaften (Tab. 2a, 2b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cardamineto-Montion auct. p.p., *Montio-Epilobion hornemannii* Nordhagen 1936 p.p., *Montion* Maas 1959, *Montion* (Westhoff & Den Held 1969) auct., *Epilobio nutantis-Montion* Zechmeister 1993, *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1926 em. Zechmeister 1993
Holotypus: *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* Br.-Bl. 1925
Syntaxa: *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* Br.-Bl. 1925, *Philonoto fontanae-Montietum rivularis* Büker & Tx. 1941, *Stellario alsines-Montietum fontanae* De Foucault 1981
VC: *Epilobium obscurum, Montia fontana, Stellaria alsine* DV: *Calliergonella cuspidata, Epilobium palustre, Juncus articulatus, Sagina procumbens, Veronica beccabunga*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Zur Einordnung der Syntaxa des *Cardamino-Montion* stehen heute im Wesentlichen drei Konzepte zur Überprüfung an:
1. Die erste gültige Beschreibung eines Quell-Vegetationstyps – der *Ass. à Bryum schleicheri et Montia rivularis* Br.-Bl. 1925 – ging einher mit der Aufstellung des Verbandes, *Cardamineto-Montion* Br.-Bl. 1925. In diesem Verband wird ebenfalls, wenn auch nur namentlich, das erst ein Jahr später beschriebene *Cardaminetum amarae subatlanticum* Br.-Bl. 1926 untergebracht. Beide Gesellschaften wachsen an unbeschatteten Quellen oberhalb der Baumgrenze. Viele Autoren, allen voran Tüxen (1937), ordneten aber auch jene voll beschatteten Waldquell-Gesellschaften dem *Cardamin(et)o-Montion* zu, die im allgemeinen dann *Cardaminetum amarae subatlanticum* (Br.-Bl. 1926) Tx. 1937 benannt wurden.
2. Maas (1959) erkannte, dass die Gesellschaften der beschatteten Quellfluren mit den Quellfluren unbeschatteter Standorte praktisch nichts gemein hatten. Er schlug deshalb vor, das bis dahin allgemein akzeptierte *Cardamin(et)o-Montion* aufzulösen und durch zwei Verbände, namentlich das *Montion* und das *Cardaminion* zu ersetzen. Dabei fallen die *Ass. à Bryum schleicheri et Montia rivularis (Bryetum schleicheri)* Br.-Bl. 1925 und das inzwischen von Büker & Tüxen (1941) beschriebene *Philonoteto fontanae-Montietum*, sowie drei weitere z.T. neue Typen dem *Montion* zu, während das *Cardaminetum amarae subatlanticum* Br.-Bl. 1926 dem *Cardaminion* zugerechnet wird.
3. Westhoff & Den Held (1969) folgen im Prinzip der Einteilung von Maas, verändern jedoch die Rangstufen in Unterverbände, weil: *„Die zwei Verbände Montion und Cardaminion, in die Maas (1959) das Cardamino-Montion geteilt hat, übernehmen wir aus praktischen Erwägungen als Unterverbände des Cardamino-Montion"*. Die Charakterarten ihres *Cardamino-Montion* sind *Stellaria alsine, Epilobium obscurum* und *Chiloscyphus polyanthos var. rivularis*. Diese Auffassung wurde nicht selten geteilt (u.a. Oberdorfer 1977, 1983).

Die vorliegende Arbeit folgt der ursprünglichen Beschreibung von Braun-Blanquet (1925). Als Holotypus kommt allein die 1925 gültig beschriebene *Ass. à Bryum schleicheri & Montia rivularis* in Frage. Die Einteilung von Maas (1959) bringt zwar die floristische Differenz zwischen den beschatteten und den unbeschatteten Quellfluren recht gut zum Ausdruck, ignoriert aber den bereits 1941 gemachten Vorschlag von Kästner, die Waldquell-Gesellschaften in einem Verband *Caricion remotae* zusammenzufassen. Kästner hatte auch darauf hingewiesen, dass z.B. die Aufnahmen von Tüxen (1937) zum *Cardaminetum amarae* erheblich von denjenigen von Braun-Blanquet abweichen und schlug vor, die planar-montanen Waldquell-Gesellschaften anders zu benennen. Seine Ideen konnten sich jedoch damals nicht durchsetzen.

Den von Braun-Blanquet angegebenen VC des *Cardamino-Montion Epilobium alsinifolium, Cardamine amara* und *Brachythecium rivulare* wurden im Laufe der Zeit zahlreiche weitere hinzugefügt. Bei Tüxen (1937) tritt *Stellaria alsine* hinzu, bei Büker (1942) findet *Chrysosplenium oppositifolium* Eingang und bei Oberdorfer (1957) haben sich schließlich noch *Rhizomnium punctatum, Dicranella palustris* und *Alchemilla coriacea* hin-

zugesellt. Die ursprünglichen Charakterarten wurden derweil zu Kennarten höherer Syntaxa (vergl. OBERDORFER 1977), so dass sich der Verband *Cardamin(et)o-Montion* heute in vielen Arbeiten völlig anders darstellt als der von BRAUN-BLANQUET aufgestellte.

Der synoptischen Tabelle der Klasse (Tab. 1a) kann man entnehmen, dass die von einigen Autoren vorgetragene Kritik unberechtigt ist, die Kennartengarnitur des *Cardamino-Montion* sei „zu schwach ausgeprägt" (vergl. OBERDORFER 1977), um den Rang eines Verbandes zu tragen. Das *Cratoneurion* ist übrigens mit *Arabis soyeri* und *Philonotis calcarea* kaum besser gekennzeichnet, sein synsystematischer Rang wird jedoch nicht angezweifelt.

Das *Cardamino-Montion* verbindet bei MAAS (1959) zahlreiche Assoziationen: *Philonoto fontanae-Montietum* Büker & Tx. 1941, *Diobeloneto-Montietum* Maas 1959, *Bryetum schleicheri* Br.-Bl. 1926, *Ass v. Scapania subalpina und Saxifraga stellaris var. obovata* Litt. et Malc. 1926 (Korsika) und das *Myosotetum stoloniferae* Br.-Bl. 1952 (Portugal). Die ersten drei Gesellschaften werden im Folgenden ausführlich besprochen, die Zuordnung der letzten beiden Gesellschaften kann offen bleiben, zum einen weil die Originalliteratur nicht vorliegt (vergl. aber TÜXEN & OBERDORFER 1958), zum anderen weil sie für Deutschland keine Rolle spielen.

Bemerkungen

Wie aus der Arealbeschreibung deutlich wird, liegt ein besonderes Problem darin, das von NORDHAGEN (1936) beschriebene *Montio-Epilobion hornemannii* gegen das *Cardamino-Montion* abzugrenzen. Dies wird noch dadurch verschärft, dass die im *Montio-Epilobion* vereinten Gesellschaften, z.B. das *Philonotido-Saxifragetum stellaris*, bis auf die arktisch verbreiteten Differentialarten floristisch nicht verschieden sind. Es bietet sich an, eine hierarchische Gliederung der Verbände zu erwägen, so dass die aus Nordeuropa stammenden Gesellschaften im Rahmen eines Unterverbandes innerhalb des *Cardamino-Montion* geführt werden können.

Manche Autoren stellen das von SCHNELL (1939) beschriebene und in das *Nano-Cyperion* eingeordnete *Ranunculetum hederacei* z.T. mit Nachdruck in das *Cardamino-Montion* und damit in die *Montio-Cardaminetea* (vergl. LIBBERT 1940, TÜXEN 1955, TÜXEN & JAHNS 1962, OBERDORFER 1983, RUNGE 1990 u.a.). Andere folgen SEGAL (1967) und ordnen diese Gesellschaft in das *Ranunculion aquatilitis* (z.B. DIERSSEN et al. 1988). ALLORGE (1922) und SCHWICKERATH (1933, 1944) fassten die *Ranunculus hederaceus*-reichen Montieten stets als atlantische Rassen der jeweiligen Gesellschaft auf. Das *Ranunculetum hederacei* SCHNELL (1939) wird in der vorliegenden Arbeit mit SEGAL (1967) als Assoziation des *Ranunculion aquatilis* aufgefasst: *Ranunculus hederaceus*-reiche „Montieten" mit ALLORGE und SCHWICKERATH als atlantische Rassen der Gesellschaften, denn das Zentrum des Areals von *Ranunculus hederaceus* sind die atlantischen Küstenstreifen und die dort zu beobachtende soziologische Anbindung ist maßgebend. Unglücklicherweise wurde das *Ranunculetum hederacei* lange LIBBERT (1940) zugeschrieben, der es an Quellstandorten beobachtet hatte. Die ältere, gültige Beschreibung von SCHNELL (1939) aus einem *„Graben mit stehendem Wasser im Wiesengrund neben dem Bahnhof von Schlitz"* (Hessen) entspricht aber der Einordnung von SEGAL (vergl. auch NOVAK 1990).

Struktur und Artenverbindung

Das horizontale Muster im *Cardamino-Montion* ist von kleinen bis großen Flecken der dominanten Arten geprägt. Dabei sind die Bestände oft etwas lückig (vergl. Synökologie). Die höheren Pflanzen (mit Ausnahme von *Montia*) bilden nicht selten kleinere Horste. Während die mittlere Höhe der Krautschicht mit 10 cm nicht von den verwandten Verbänden abweicht, liegt die Höhe der Moosschicht signifikant unter denen des *Philonotidion* und *Cratoneurion*.

Die beherrschenden Wuchsformen des *Cardamino-Montion* sind Hochrasen, Thymid, Epipactid und Primulid. Im Vergleich zum *Philonotidion seriatae* und zum *Cratoneurion* sticht die im wesentlichen auf *Montia fontana* und *Stellaria alsine* zurückgehende WF Thymid besonders hervor, aber auch der Anteil an epipactiden Pflanzen ist deutlich höher.

Verbreitung

Das *Cardamino-Montion* ist in allen mitteleuropäischen Mittelgebirgen verbreitet. In den mittleren Zentralalpen finden sich „Montieten", die bereits zum zentralalpinen *Philonotidion seriatae* vermitteln (s. *Bryo-Montietum*). Das Areal von *Montia fontana* weist südlich der Zentralalpen nur noch vereinzelte Vorposten auf; das *Cardamino-Montion* hat hier also seine südliche Verbreitungsgrenze.

Die Grenzziehung im Norden, wo *Montia fontana* (v.a. in der *ssp. fontana*) bis in die subarktischen Gebiete von Grönland vordringt, ist wesentlich schwieriger. NORDHAGEN beschrieb 1936 das *Montio-Epilobion hornemannii* als vikariierenden Verband aus Skandinavien. Seitdem werden die von *Montia fontana* beherrschten Gesellschaften aus der gesamten arktischen Region meistens in diesem Verband untergebracht (geogr. Zuordnung). Statthaft ist dies aber nur, wenn auch die von NORDHAGEN angegebenen VC (zumindest in einem Teil der Bestände) vorhanden sind. Fehlen diese Arten (vergl. z.B. MOLENAAR 1976), so müssen die Bestände ihrer floristischen Verwandtschaft entsprechend im *Cardamino-Montion* untergebracht werden (vergl. auch DIERSSEN 1996).

Im westeuropäischen Tiefland dürften die Assoziationen des *Cardamino-Montion* selten sein, da die für *Montio-Cardaminetea*-Gesellschaften günstigen, tiefen Wassertemperaturen an Quellen seltener sind. BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952) publizierten jedoch einige wenige Aufnahmen aus Irland, ALLORGE (1922) aus Westfrankreich und LECOINTE & PROVOST (1970) und DE FOUCAULT (1981) aus der Normandie. Hier sei im übrigen auf eine mögliche Verwechslung der Krenophyten *Montia fontana ssp. amporitana*, *fontana* und *variabilis* mit der für das Tiefland typischen Subspezies *Montia fontana ssp. chondrosperma* hingewiesen, die in ihrer Biologie nicht an Quellstandorte angepasst ist (vergl. HEGI 1906 ff.) und auch nicht als VC des *Cardamino-Montion* gelten kann (im Folgenden sind mit *Montia fontana* oder *fontana agg.* immer die drei erstgenannten Subspezies gemeint).

In Nordosteuropa überschreiten die *Montia fontana*-Vorkommen die Oder nur an sehr wenigen Stellen, in Südosteuropa reichen sie bis nach Mähren und in die westliche Slowakei (s. HEGI 1906 ff.). Hier dürfte die Arealgrenze der Art mit der Verbreitungsgrenze des Verbandes deckungsgleich sein. Das Verbreitungsmuster der drei an Quellen typischen Unterarten von *Montia fontana* hat keine Auswirkung auf das Vegetationsgefüge. Nach KRAUSCH (1985) u.a. sind alle *Montia*-Sippen subozeanisch verbreitet und in subkontinentaler Klimalage, wegen der mikroklimatischen Bedingungen, ganz eng an Quellbiotope gebunden.

In der Zusammenschau zeigt sich, dass nicht aus allen infrage kommenden Mittelgebirgen Aufnahmen zum *Cardamino-Montion* vorliegen. Um ein lückenloses Bild zu erhalten, wären noch Daten aus dem Hunsrück, dem Taunus, dem Odenwald, sowie Fichtelgebirge und Bayerischem Wald wünschenswert.

Ökologie

Baumfreie, lichtdurchflutete Quellräume sind in naturbelassenen Mittelgebirgslandschaften sehr selten; sie werden i.d.R. durch den wirtschaftenden Menschen geschaffen (HINTERLANG 1992). Die Gesellschaften des *Cardamino-Montion* sind dort also anthropogen-zoogene Ersatzgesellschaften der Waldquell-Gesellschaften; und so, wie die Wirtschaftsgrünländer wenig mit ihrer potentiell natürlichen Waldgesellschaft gemeinsam haben, so haben, vegetationskundlich betrachtet, Grünlandquellen wenig Ähnlichkeit mit Waldquellen. Dabei beschränkt sich das Vorkommen des *Cardamino-Montion* fast ausschließlich auf beweidetes Grünland, denn nur hier werden die konkurrenzkräftigen Hochstauden und Gräser durch Verbiß ständig kurz gehalten und durch mäßige Trittbelastung regelmäßig offene Flächen geschaffen, die vom Therophyten *Montia* geschlossen werden können (vergl. HEGI 1906 ff.). In Wiesengesellschaften werden mit Ausnahme von *Epilobium obscurum* die charakteristischen Arten des *Cardamino-Montion* ausgedunkelt.

In den „Montieten" erreichen über 90% der Einstrahlung die Krautschicht und über 80% die Moosschicht; die Krautschicht der Waldquell-Gesellschaften des *Caricion remotae* muss im Schnitt mit 4% der Lichtintensität vorlieb nehmen und für die Moosschicht

bleibt nur wenig mehr als ein Prozent übrig. Vergleicht man die geschätzten Beschattungswerte, dann wird aber deutlich, dass das *Cardamino-Montion* „lichtökologisch" bereits zu den Waldquellen überleitet. Als Folge der starken Einstrahlung bei geringer geographischer Höhe liegen die Wassertemperaturen im *Cardamino-Montion* wesentlich höher als in den nächstverwandten Verbänden *Philonotidion seriatae* und *Cratoneurion* und immer noch um rund 1 °C höher als im *Caricion remotae* (vergl. auch MAAS 1959). Nach der Einteilung von WARNKE & BOGENRIEDER (1985) besiedeln die Gesellschaften des *Cardamino-Montion* mäßig erwärmte Quellen. Damit markiert das *Cardamino-Montion* die obere Grenze der Temperaturamplitude der gesamten Klasse.

Die mit den hohen Wassertemperaturen angeblich einhergehende Sauerstoffarmut (vergl. MAAS 1959) kann nur bedingt bestätigt werden. Wie die Untersuchungen von HINTERLANG (1992) zeigen, sind die Werte im *Cardamino-Montion* im Mittel zwar am niedrigsten, die Unterschiede zu den anderen Verbänden der Ordnung jedoch nicht signifikant.

Als weitere Folge der fehlenden Beschattung der Feldschicht bleibt die Differenz der relativen Luftfeuchte (RH) zwischen Freiland und Wassernähe niedriger als an Waldquellen. Im Vergleich zum *Philonotidion* und *Cratoneurion* liegen die Werte des *Cardamino-Montion* mit 16.5% jedoch relativ hoch und vermitteln schon zum *Caricion remotae*. Man erwartet als gleichsinnigen Effekt, dass die Lufttemperaturen über der Feldschicht des *Cardamino-Montion* weniger hoch sind als in den beiden anderen Verbänden, doch die Temperaturdifferenzwerte sind mit -0.4 °C nicht auffällig oder gar signifikant verschieden.

Betrachtet man die gemessenen Leitfähigkeits-, pH-, Gesamt- und Karbonathärtewerte, so kann man mit NORDHAGEN (1936) sagen: *„In Wirklichkeit scheint die typische Quellpflanze Montia fontana (coll.) ... kalkreiche Quellen zu meiden. Sie fehlt in allen diesbezüglichen Aufnahmen sowohl aus Mitteleuropa als auch aus Scandinavien."* Der Median der Leitfähigkeitswerte liegt bei 93 µS/cm, der mittlere pH beträgt 6.3 bei 2.0 °DH Gesamthärte, davon 1.0 °DH Karbonathärte. Im Bezug auf diese Werte unterscheidet sich das *Cardamino-Montion* nicht vom *Philonotidion seriatae*, wohl aber vom *Cratoneurion*.

Im Vergleich zu diesen beiden Verbänden ist das *Cardamino-Montion* durch geringe Stickstoff- und Phosphateinträge belastet, die sich leicht aus den standörtlichen Gegebenheiten (Lage im bewirtschafteten Grünland) erklären ließen, doch es ist auffällig, dass im *Caricion remotae* diese Werte ähnlich hoch sind, obwohl diese Quell-Gesellschaften in Wäldern liegen. Es spricht also einiges dafür, dass selbst die naturnahen kollin-montanen Quellen bereits von leicht befrachtetem Grundwasser gespeist werden, während die hochmontanen bis alpinen Quellen noch völlig unbelastet sind.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass das *Cardamino-Montion* ökologisch eine vermittelnde Stellung zwischen den *Montio-Cardaminetalia* und den *Cardamino-Chrysosplenietalia* einnimmt. Dabei ist die ökologische Zuordnung zur ersten Ordnung besonders wegen der für die Vegetation so bedeutsamen Lichtverhältnisse angezeigt.

Dynamik

Die Gesellschaften des *Cardamino-Montion* besiedeln Weichwasserquellen, die durch den wirtschaftenden Menschen freigestellt wurden, spontan (v.a. durch Zoochorie). Eine sukzessive Veränderung von der potentiellen natürlichen Milzkraut-Gesellschaft zur *Montia*-Gesellschaft durch allmähliche Auflichtung wurde von SCHLÜTER (1966) beschrieben. Gelegentliche Funde der Charakterarten des *Cardamino-Montion* in beschatteten Gesellschaften des *Caricion remotae* sind als Indizien für die entgegengesetzte Sukzession zu verstehen. Übergänge sind allerdings selten zu beobachten, da einerseits die Quellkraut-Gesellschaften wenig schattentolerant sind, andererseits die Milzkraut-Gesellschaften bereits einer merklichen Beschattung bedürfen.

Die unterschiedlichen Lebensstrategien der charakteristischen Arten spiegeln das dynamische Geschehen an Quellen mit verschiedenem Wasserregime und Störungsgrad wider. Diese Verhältnisse sind im Zusammenhang mit den Gesellschaften näher erläutert.

Literatur

ALLORGE (1922), BRAUN-BLANQUET (1925, 1926), BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952), BÜKER & TÜXEN (1941), DE FOUCAULT (1981), DE MOLENAAR (1976), DIERSSEN (1996), DIERSSEN et al. (1988), HEGI (1906), HINTERLANG (1992), KÄSTNER (1941), KRAUSCH (1985), LECONTE & PROVOST (1970), LIBBERT (1940), MAAS (1959), NORDHAGEN (1936), NOVAK (1990), OBERDORFER (1957, 1977, 1983), RUNGE (1990), SCHLÜTER (1966), SCHNELL (1939), SCHWICKERATH, (1933, 1944), SEGAL (1967), TÜXEN (1937, 1955), TÜXEN & JAHNS (1962), TÜXEN & OBERDORFER (1958), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), WESTHOFF & DEN HELD (1969).

Tabelle 2a: Übersicht des *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925

1: *Philonoto fontanae-Montietum rivularis* Büker & Tx. 1941 *typicum* Hinterlang 1992
2: *Philonoto fontanae-Montietum rivularis* Büker & Tx. 1941 *dicranelletosum palustris* Hinterl. 1992
3: *Stellario alsines-Montietum* De Foucault 1981 *glycerietosum declinatae* Hinterlang 1992
4: *Stellario alsines-Montietum* De Foucault 1981 *typicum* De Foucault 1981
5: *Stellario alsines-Montietum* De Foucault 1981 *ranunculetosum repentis* De Foucault 1981
6: *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* Br.-Bl.1925

Vegetationstyp	1	2	3	4	5	6
Anzahl der Aufnahmen	71	38	7	57	20	26
Mittelere Artenzahl	11	15	12	7	4	21
AC Veg.-typ 1-2:						
Philonotis fontana agg.	V 4	V 2	I 1	.	.	.
D Subass. Veg.-typ 1-2:						
OC *Dicranella palustris*	.	V 3	.	.	.	.
Chiloscyphus polyanthos	.	II 1	.	.	.	.
OC *Lysimachia nemorum*	+ r	II 1	.	.	.	.
Rhytidiadelphus squarrosus	.	II 1	.	.	.	.
Senecio fuchsii	+ +	II +	.	.	.	.
D Subass. Veg.-typ 3-5:						
Glyceria declinata	.	.	V 2	.	.	.
VC *Epilobium obscurum*	I 2	.	V 2	.	.	.
Ranunculus repens	II 1	III +	II +	III +	V 1	.
D Rasse (Atl.-subatl.):						
Ranunculus hederaceus	.	.	I 4	.	.	.
AC/D Veg.-typ 5:						
Sedum villosum	.	.	.	.	.	V +
Sagina saginoides	.	.	.	.	.	V +
Epilobium nutans	.	.	.	.	.	III +
OC *Bryum schleicheri*	.	.	.	.	.	V 4
OC *Philonotis seriata*	.	.	.	.	.	V 1
Cardamine pratensis	+ 1	I +	.	.	.	V +
Carex nigra	I 3	.	.	.	.	V +
Veronica serpyllifolia	.	.	.	+ r	.	V +
Caltha palustris	.	I +	I r	+ +	.	IV 1
OC *Epilobium alsinifolium*	I +	+ 1	.	.	.	IV +
Festuca rubra ssp. *rubra*	.	.	.	+ 2	.	III +
OD *Trifolium spadiceum*	.	+ 1	.	.	.	III +
OD *Pinguicula vulgaris*	.	+ +	.	.	.	III +
Alchemilla vulgaris agg.	I r	I +	.	.	.	III +
Juncus filiformis	.	.	.	.	.	II +
Equisetum palustre	.	.	.	.	.	II +
Glycheria plicata	.	.	.	.	.	II +

VC/D:												
Montia fontana agg.	III	3	+	+	V	3	V	4	V	4	V	+
D *Glyceria fluitans*	I	2	I	2	III	1	III	2	.		.	
D *Sagina procumbens*	II	+	II	+	I	1	I	+	.		.	
D *Lotus uliginosus*	I	+	.		II	2	.		.		.	
OC/D:												
Bryum pseudotriquetrum	I	1	II	2	I	+	.		.		III	+
Epilobium anagallidifolium	+	1	+	1	.		.		.		.	
D *Cerastium cerastoides*	I	1	.		.		.		.		.	
Cratoneuron decipiens	.		+	1	.		.		.		.	
KC/D:												
Stellaria alsine	III	+	II	1	V	2	IV	1	V	2	V	1
Cardamine amara	III	1	II	1	II	+	II	1	.		I	+
Saxifraga stellaris	I	2	II	2	I	4	.		.		V	1
D *Epilobium palustre*	II	1	II	+	.		+	r	.		III	+
Brachythecium rivulare	I	3	III	1	.		+	1	.		I	+
Deschampsia cespitosa	II	1	III	2	.		+	r	.		.	
Chrysosplenium oppositifolium	+	+	I	+	.		II	+	.		.	
Rhizomnium punctatum	.		I	1	.		.		.		II	+
Cratoneuron commutatum	.		I	2	.		.		.		.	
Sonstige:												
Agrostis stolonifera	II	1	III	1	III	1	II	1	r	1	III	+
Myosotis palustris agg.	II	2	II	1	I	+	+	+	.		III	+
Juncus articulatus	III	1	III	1	III	+	I	+	.		.	
Poa trivialis	II	+	+	+	III	+	II	2	+	1	.	
Cirsium palustre	I	2	II	2	I	+	+	r	.		.	
Galium palustre	I	2	II	1	II	2	+	+	.		.	
Poa annua	I	+	.		I	+	I	2	.		II	+
Veronica beccabunga	I	+	I	2	.		III	+	.		.	
Viola palustris	+	2	II	1	.		.		.		III	+
Carex echinata	I	2	I	1	.		.		.		III	+
Juncus effusus	II	2	II	1	.		+	2	.		.	
Epilobium tetragonum	I	+	I	1	.		II	+	.		.	
Pellia epiphylla	II	2	II	2	.		.		.		.	
Calliergonella cuspidata	I	2	II	2	.		.		.		.	
Marchantia polymorpha	II	2	.		.		.		.		.	

Tabelle 2b: Ökologische Kenndaten zu Tabelle 2a
(Medianwerte der Messreihen aus HINTERLANG 1992)
*: *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* (eigene ökologische Messreihen)

Vegetationstyp:	1	2	1-2	3	4	3-4	6	*
Anzahl der Messreihen	18	16	34	7	14	21	7	3
Höhe in m ü. NN.	930	1005	!975	!570	!815	!780	1540	1460
Fläche in qm	0.5	0.375	0.5	0.25	0.25	0.25		1
Höhe der Krautschicht in cm	!10	!15	12.5	15	10	10	.	10
Höhe der Moosschicht in cm	!3.5	!4	4	2	1	1	.	4
Deckung der Krautschicht in %	!45	!30	!40	!95	!70	!75	.	60
Deckung der Moosschicht in %	75	77.5	!77.5	0	5	!5	.	80
Artenzahl Krautschicht	8.5	11	!10	9	6	!7	19	7
Artenzahl Moosschicht	!2.5	!4.5	!4	3	1	!1	3	3
Beschattung	!--	!-	--	--	--	--	--	--
Rel. Lichtgenuss Kr.schicht in %	!96.5	!48.4	88.5	71.8	98.0	96.1	.	100
Rel. Lichtgenuss Ms.schicht in %	!86.3	!49.2	78.7	71.8	93.5	91.2	.	100
Diff. RH Freiland-Kr.schicht in %	-4	-4	-4	!-21	!-4	-4	.	-1
Diff. RH Freiland-Ms.schicht in %	-11	-21	-14	-22	-20	-21	.	-2
Diff. RH Kr.-Ms.schicht in %	-5	-2	-4.5	-7	-6	-6.5	.	-3
Diff. T Freiland-Kr.schicht in °C	-0.8	-0.9	-0.8	-0.5	-0.05	-0.1	.	-0.2
Diff. T Freiland-Ms.schicht in °C	-2.4	0	-1.6	0	-1.9	-0.1	.	-1.4
Diff. T Kr.-Ms.schicht in °C	-0.6	0.3	0	0	0	0	.	-1.0
Quellwasser:								
Wassertemperatur in °C	7.9	10.6	8.8	11.6	8.9	9.9	6.5	11.8
Sauerstoffgehalt in mg/l	!9.6	!8.1	9.3	8.8	8.35	8.6	.	.
Leitfähigkeit in µS/cm	49	93	91.5	129	81	102	.	15
Wasserstoffionenkonz. (pH)	6.2	6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	.	6.6
Gesamthärte in °DH	1.0	2.4	2.1	!2.6	!1.6	1.8	.	0.4
Karbonathärte in °DH	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	.	0.4
Nitrit in mg/l	0	0.005	!0.004	0.005	0.005	!0.005	.	0
Nitrat in mg/l	0	0	!0	30	10	!10	.	0
Ammonium in mg/l	0.1	0.1	0.1	!0	!0.2	0.1	.	0.1
Phosphat in mg/l	0.01	0.01	!0.01	0.02	0.015	!0.015	.	0

1.1.1.1. *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* Br.-Bl. 1925

Sumpf-Fetthennen-Quellkraut-Gesellschaft (Tab. 2:6)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Bryetum schleicheri Br.-Bl. 1925 u.a., *Bryo schleicheri-Philonotidetum seriatae* Luquet 1926
Lectotypus: Braun-Blanquet (1925) Tabelle 1 A: 2
AC: *Epilobium nutans, Sagina saginoides, Sedum villosum, Bryum schleicheri* (reg.)

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Die korrekte Bezeichnung der Assoziation lautet *Bryo schleicheri-Montietum rivularis* wie in der Tabelle 1 von Braun-Blanquet (1925). Synonym ist die von Braun-Blanquet (1925, 1926 u.a.) im Text verwendete Kurzform „*Bryetum schleicheri*". Tüxen & Oberdorfer (1958) verwenden den Begriff „*Bryetum schleicheri*" für vergleichbare Bestände aus den Süd-Pyrenäen. Häufig werden jedoch auch Gesellschaften, ohne die genannten Verbandscharakterarten, allein aufgrund einer Dominanz von *Bryum schleicheri* oder *Philonotis seriata* zum „*Bryetum schleicheri*" gestellt (Kästner 1938, Bartsch & Bartsch 1940, Oberdorfer 1957, Gutte et al. 1965, Kambach & Wilmanns 1969, Warnke & Bogenrieder 1985, Runge 1990). Da es sich bei diesen Moosen jedoch nur um OC der *Montio-Cardaminetalia* handelt, können sie allein das *Bryo-Montietum* nicht charakterisieren (s. auch Maas 1959). Diese Bestände sind besser zur Zentralassoziation *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976 zu stellen. Lediglich jene Aufnahmen, die eine der genannten Kennarten enthalten, können, selbst wenn das Quellkraut fehlt, im *Bryo schleicheri-Montietum* untergebracht werden.

Luquet (1926) bezeichnet die Gesellschaft als *Ass. à Bryum schleicheri et Philonotis seriata*. Seine Aufnahmen – von einer gemeinsamen Exkursion – sind z.T. identisch mit den von Braun-Blanquet ein Jahr zuvor publizierten. Dieser Name, von Philippi (in Oberdorfer 1977) bevorzugt, weil *Bryum schleicheri* nicht als AC fungieren könne (vergl. auch Gams 1927, Herzog 1943, Philippi 1963, Geissler 1976), muss nach den Regeln des Nomenklaturcodes als jüngeres Synonym verworfen werden. Schwickerath (1933) schließlich macht nur eine unscharfe Unterscheidung zwischen dem *Philonotido caespitosae-Montietum* nach Allorge (1922) und dem *Bryo-Montietum*, deren Gründe später bei der Vorstellung des *Philonoto-Montietum* ausführlich besprochen werden.

Braun-Blanquet unterscheidet 1925 lediglich zwei Fazies der Assoziation. Die eine wird von *Bryum schleicheri* dominiert, die andere von *Philonotis seriata*. 1948/49 gliedert er dann eine Subassoziation ab und schreibt: „*Eine Übergangsstellung zum folgenden Verband (Cratoneurion) nimmt die Subassoziation von Cratoneuron irrigatum ein, die neutrales Wasser bevorzugt. Sie ist artenarm, aber durch das Vorhandensein von Bryum schleicheri, Mnium punctatum, Mniobryum albicans, Bryum ventricosum als zum Cardamino-Montion gehörig gekennzeichnet.*" (Braun-Blanquet 1948/49). Dieser Unterteilung ist keine Tabelle beigefügt, sie ist damit ungültig. – Kästner (1938) beschreibt eine Subassoziation nach *Philonotis seriata*, die jedoch im Lichte der ausführlichen Darstellung von Braun-Blanquet (1925) verworfen werden sollte. Braun-Blanquet bespricht die regelmäßig vorkommenden Dominanzverschiebungen von *Bryum schleicheri* und *Philonotis seriata* im *Bryo-Montietum* ausführlich und behandelt sie lediglich als Fazies.

Struktur und Artenverbindung

Das *Bryo-Montietum* ist von Moos-Hochrasen in großen Decken beherrscht. Blütenpflanzen sind meist in geringerem Maße vertreten. Sie wachsen v.a. thymid (z.B. *Montia fontana* agg., *Cerastium cerastoides*) oder nehmen primulide Wuchsformen an (z.B. *Saxifraga stellaris*). In beiden Fällen befinden sich die photosynthetisch aktiven Organe in der Nähe des ausgleichend wirkenden Wassers.

Verbreitung

Aus der Darstellung der Syntaxonomie des *Bryo schleicheri-Montietum* wird die Übergangsstellung dieser Assoziation zwischen dem montan verbreiteten *Cardamino-Montion* und dem subalpin vikariierenden *Philonotidion seriatae* erkennbar. Das *Bryo schleicheri-Montietum* ist auf jene atlantisch getönten Silikat-Mittelgebirge beschränkt, die zugleich eine subalpine Höhenstufe erreichen (Süd-Schwarzwald, Vogesen, Massif Central, Pyrenäen; vergl. BRAUN-BLANQUET 1925, BARTSCH & BARTSCH 1940, ISSLER 1942, TÜXEN & OBERDORFER 1958). In den Alpen fehlt die Gesellschaft weitestgehend, wohl weil die zentralen, silikatischen Bereiche zu stark kontinental geprägt sind. Anderen „atlantischen" Mittelgebirgen fehlt eine ausgeprägte subalpine Stufe (Rheinisches Schiefergebirge, Eifel, Ardennen, Taunus u.a.), die Gesellschaft ist dort nur fragmentarisch ausgebildet (vergl. BUDDE & BROCKHAUS 1954, BÜKER 1942).

Verglichen mit den anderen Gesellschaften des *Cardamino-Montion* ist das zentraleuropäische Areal des *Bryo-Montietum* recht klein. Es bleibt zu prüfen, welche Aufnahmen aus dem nordeuropäischen Raum ebenfalls zu dieser Assoziation zu stellen wären, weil sie die charakteristische Artenkombination widerspiegeln (vergl. z.B. NORDHAGEN 1936, DE MOLENAAR 1976).

Ökologie

Das *Bryo schleicheri-Montietum* wächst an Rändern kalter Quellen nahe oder oberhalb der Baumgrenze (BRAUN-BLANQUET 1925, OBERDORFER 1957). Da umfangreichere Messdaten von diesem Vegetationstyp fehlen, können für die standörtliche Charakterisierung nur drei Aufnahmen herangezogen werden, die in den Zentralalpen angefertigt wurden.

Die Gesellschaft ist der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die dominierende Moosschicht erhält 100% der PAR. Die Wassertiefe ist mit 0–3 cm gering, ebenso wie die Fließgeschwindigkeit mit 5 cm/s. Die Wassertemperatur betrug 11,8 °C.

Demnach besiedelt die Gesellschaft mäßig erwärmte Quellen (vergl. WARNKE & BOGENRIEDER 1985). Die Leitfähigkeit lag bei 14–48 µS/cm, der pH-Wert bei 6.2–6.6, die Gesamthärte unter 1.0 °DH, davon 4.0–0.6 °DH Karbonathärte, Nitrit, Nitrat, Ammonium und Phosphat konnten praktisch nicht nachgewiesen werden.

Im Vergleich zu den beiden anderen Assoziationen des Verbandes besteht eine engere ökologische Verwandtschaft anscheinend nur zum *Philonoto fontanae-Montietum*. Durch den Mangel an Messdaten kann jedoch nicht herausgearbeitet werden, in welcher Hinsicht die beiden Typen signifikant verschieden sind.Vermutlich handelt es sich bei dem *Bryo schleicheri-Montietum* um eine subalpin-atlantische Vikariante des *Philonoto fontanae-Montietum* (OBERDORFER 1957).

Dynamik und Kontaktgesellschaften

Obwohl Quellgesellschaften allgemein als Dauergesellschaften (hydrologische Subklimax; vergl. BRAUN-BLANQUET 1926, SIEBUM & SCHAMINÉE 1991) aufgefasst werden müssen, soll sich das *Bryo-Montietum* bei Anhäufung von Humus in Richtung von *Caricion fuscae*-Gesellschaften entwickeln, mit denen es ohnehin oft in engem räumlichen Kontakt steht (s. NORDHAGEN 1936, BARTSCH & BARTSCH 1940, OBERDORFER 1957). Dauerbeobachtungen, die diesen indirekten Schluss belegen, fehlen aber bisher. Als weitere Kontaktgesellschaft ist das *Scapanietum undulatae* angegeben.

Verwendete Aufnahmen zum *Bryo-Montietum:*

BRAUN-BLANQUET (1926) 7 Aufn.; LUQUET (1926) Tab.13 3 Aufn.; KOCH (1928) Tab.4 A:7; KÄSTNER (1938) Tab.10 A:1-5,7-9; TÜXEN & OBERDORFER (1958) Tab.31 A:A; OBERDORFER (1977) Tab.60.2 p.p.; DIERSCHKE et al. (1983) Tab.8 1 Aufn.; HINTERLANG (1992) 3 Aufn. - Summe 26 Aufnahmen

Literatur

ALLORGE (1922), BARTSCH & BARTSCH (1940), BRAUN-BLANQUET (1925, 1926, 1948/49), BUDDE & BROCKHAUS (1954), BÜKER (1942), DE MOLENAAR (1976), DIERSCHKE et al. (1983), GAMS (1927), GEISSLER (1976), GUTTE et al. (1965), HERZOG (1943), HINTERLANG (1992), ISSLER (1942), KAMBACH & WILMANNS (1969), KÄSTNER (1938), KOCH (1928), LUQUET (1926), MAAS (1959), NORDHAGEN (1936), OBERDORFER (1957, 1977), PHILIPPI (1963), RUNGE (1990), SCHWICKERATH (1933), SIEBUM & SCHAMINÉE (1991), TÜXEN & OBERDORFER (1958), WARNKE & BOGENRIEDER (1985).

1.1.1.2. *Philonoto fontanae-Montietum rivularis* Büker & Tx. 1941

Quellmoos-Quellkraut-Gesellschaft (Tab. 2:1-2)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:

Ass. v. Philonotis caespitosa und Montia rivularis Allorge 1922, *Montietum rivularis* Allorge 1925, *Montia rivularis-Philonotis caespitosa-Ass.* Schwickerath 1944

Non syn.: *Philonotidetum caespitosae* Hadač 1946, *Philonotido-Saxifragetum stellaris* Nordhagen 1943, *Montio-Philonotidetum fontanae* Büker 1942 ex. Zechmeister 1993

Lectotypus: BÜKER (1942) Tab. 7 A:6

AC: *Philonotis fontana, Philonotis caespitosa, Philonotis tomentella*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Die Gültigkeit des Namens *Philonoto fontanae-Montietum* wurde zu Recht nie in Frage gestellt. Zwar gibt es in der älteren Literatur vereinzelt Unklarheiten über die Abgrenzung zum sogenannten *Philonotido caespitosae-Montietum* im Sinne von ALLORGE (1922) (vergl. LEBRUN et al. 1949, LECOINTE & PROVOST 1970, SCHWICKERATH 1944), doch hat ALLORGE zum einen nur Artenlisten publiziert, zum anderen herrschte damals noch solche Uneinigkeit über die Merkmale der Art *Philonotis caespitosa*, dass man davon ausgehen muss, dass v.a. schwach entwickelte Individuen von *Philonotis fontana* als *Ph. caespitosa* angesprochen wurden. Auch heute existiert noch keine einheitliche Vorstellung über den Rang dieser Formen (vergl. DÜLL 1980, SMITH 1980, FRAHM & FREY 1987).

Das so genannte *Philonotido caespitosae-Montietum* kann auch nicht als atlantische Vikariante des *Philonoto fontanae-Montietum* aufgefasst werden (vergl. ALLORGE 1922, 1925, SCHWICKERATH 1944, MAAS 1959). *Philonotis caespitosa* zeigt im eigenen Aufnahmematerial die gleiche Verbreitung, die von dieser Art charakterisierten Bestände zeigen die gleichen ökologischen Bedingungen (separate Berechnungen), die gleichen Strukturen und gliedern sich in die gleichen Subassoziationen wie das *Philonoto fontanae-Montietum* (separate Klassifizierung). Eine Trennung dieser beiden Typen ist deshalb unbegründet.

BÜKER (1942) betont besonders, dass sich die Artengruppe *Philonotis seriata, Bryum schleicheri, Saxifraga stellaris* und *Epilobium alsinifolium* als subalpines Element und die Artengruppe *Philonotis fontana agg., Montia fontana agg.* als montanes Element nach Sichtung der Literatur (BRAUN-BLANQUET 1915, 1926, 1930, ALLORGE 1922, LUQUET 1926, KOCH 1928, SCHWICKERATH 1933, OBERDORFER 1938, KÄSTNER 1938) nahezu ausschließen. Dies wird hier zwar weitestgehend bestätigt, gleichwohl findet sich das *Philonoto fontanae-Montietum* durchaus auch in der subalpinen Stufe (s. auch TÜXEN & OBERDORFER 1958). Desweiteren kommt *Philonotis fontana var. pumila* (=*Philonotis tomentella*) in zahlreichen Aufnahmen subalpiner Quellgesellschaften vor (vergl. GEISSLER 1976). Möglicherweise kann die Kleinart *Philonotis tomentella* besser als Verbandscharakterart des *Philonotidion seriatae* gelten und differenziert im *Philonoto-Montietum* nur eine Höhenform. Die wenigen Aufnahmen des Bearbeiters aus den Alpen können diese Frage nur aufwerfen. GEISSLER (1976) hat die Kleinarten von *Philonotis fontana*, die tomentellen Formen von *Philonotis seriata* und eventuell auch von *Philonotis calcarea* nicht getrennt und summarisch als *Philonotis fontana var. pumila* angegeben. Mit ihrem umfangreichen Material aus den Alpen kann diese Frage deshalb auch nicht beantwortet werden.

Untergliederung:

typicum Hinterlang 1992 (Lectotypus BÜKER 1942 Tab. 7 A:1);
dicranelletosum Hinterlang 1992 (Lectotypus BÜKER 1942 Tab. 7 A:5).

„Ob die Philonotis fontana-Montia rivularis-Ass. in mehrere Subassoziationen zerlegt werden muss, kann jetzt noch nicht entschieden werden. Im Sauerland scheinen Arten wie Lotus uliginosus, Epilobium spec., Veronica beccabunga u.a. stärker hervorzutreten" (BÜKER 1942). Die Unterteilung des *Philonoto fontanae-Montietum* in ein *"typicum"* und eine Subassoziation von *Dicranella palustris* ist jedoch bereits im Aufnahmematerial von BÜKER (1942) angelegt. Die Aufnahmen 5 und 8 seiner Tabelle enthalten *Dicranella palustris*, ihnen fehlt hingegen *Montia fontana*.

MAAS (1959) geht so weit, sogar ein *Diobeloneto-Montietum* abzutrennen, übersieht dabei aber, dass sich auch in seiner Zusammenstellung *Dicranella palustris* und *Montia fontana* fast ausschließen. Überdies bemerkt er: *„Da Diobelon squarrosum auch in geringem Maße in anderen montanen Gesellschaften vorkommt, kann man diese Art möglicherweise nicht als eine sehr treue Kennart des Diobeloneto-Montietum betrachten"* (MAAS 1959).

SCHLÜTER (1966) beschreibt eine *Philonotis-Chrysosplenium oppositifolium*-Gesellschaft in einer Ausbildung von *Dicranella palustris*. Die drei Aufnahmen enthalten aber nur einen sehr geringen Anteil an *Dicranella palustris*; *Montia fontana* fehlt zwar, aber *Chrysosplenium* deckt bis zu 50% der Fläche. Es handelt sich wohl um ein syndynamisches Stadium, in dem bei zunehmender Beschattung die Quellmoosarten vom Milzkraut verdrängt werden (s. Syndynamik).

PHILIPPI (1975) weist eine *Philonotis fontana-Diobelon squarrosum*-Gesellschaft aus (vergl. auch OBERDORFER 1977). Er schließt diese Gesellschaft dem *Philonoto fontanae-Montietum* an, obwohl *Montia* fehlt; stattdessen besiedele *Dicranella palustris* die nassen Stellen. Von den bei ihm genannten Trennarten wird aus dem zusammengetragenen Material nur *Chiloscyphus polyanthos* bestätigt. Weitere floristische Kennzeichen seien das Fehlen von *Philonotis seriata* und *Saxifraga stellaris*. *Philonotis seriata* fehlt auch im eigenen Material, während *Saxifraga stellaris* mit einigen weiteren Höhendifferentialarten durchaus vertreten ist. Die in dieser Arbeit beschriebene Subassoziation von *Dicranella palustris*, v.a. in ihrer Höhenform, stellt den Übergang vom *Philonoto fontanae-Montietum* zum *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* – *oder* anders gesagt – vom *Cardamino-Montion* zum *Philonotidion seriatae* dar.

MAAS (1959) unterteilt das *Philonoto fontanae-Montietum* für die Niederlande in drei Subassoziationen: *veronicetosum, pepletosum* und *ranunculetosum aquatilis*. Eine typische Untergesellschaft fehlt. *Veronica beccabunga*, die Trennart, die im *veronicetosum* mit 50% die höchste Stetigkeit hat, ist ebenso wie *Glyceria fluitans* in allen Subtypen des *Philonoto fontanae-Montietum* zu finden. Sie zeigt den räumlichen Kontakt zum *Sparganio-Glycerion* an (s. Dynamik u. Kontaktgesellschaften). Zumindest für die Silikatmittelgebirge kann ein *veronicetosum* nicht bestätigt werden. – Das *pepletosum* ist wesentlich besser differenziert. Die Trennartengruppe aus *Peplis portula, Isolepis setacea, Sagina procumbens* und *Juncus bufonius* verweist allerdings klar in das *Nano-Cyperion*. Mindestens vier der fünf Aufnahmen zu diesem Typ von MAAS sollten auch dort zugeordnet werden. Lediglich Aufnahme 17, Tab. V gehört erkennbar ins *Philonoto-Montietum* (hier nur *Sagina procumbens* mit +). – Die vier Aufnahmen des *ranunculetosum aquatilis* werden heute besser in dem von MÜLLER (1962) beschriebenen *Veronico-Callitrichetum stagnalis* (*Ranunculion fluitantis*) untergebracht (s. Dynamik u. Kontaktgesellschaften).

Für die Silikatmittelgebirge Zentraleuropas ist also lediglich eine Unterteilung in ein *typicum* und ein *dicranelletosum palustris* floristisch und ökologisch hinreichend begründet.

Struktur und Artenverbindung

Das *Philonoto-Montietum* ist v.a. aus großen Flecken von Moosen aufgebaut. Höhere Pflanzen bilden nicht selten kleinere Horste oder Flecken. Die Deckung der Krautschicht ist mit 40% deutlich geringer als in den verwandten Gesellschaften, obwohl deren mittlere Höhe

deutlich größer ist. Im Gegensatz zum *Stellario-Montietum* ist die Deckung der Moosschicht, wie schon im nahe verwandten *Bryo-Montietum*, mit im Mittel 77,5% recht hoch.

Neben den dominierenden Moos-Hochrasen sind v.a. die Wuchsformen (WF) Thymid, Epipactid und Primulid hochstet. Doch sind sie je nur mit weniger als 20% an der Gesamtbedeckung beteiligt. Das *Philonoto-Montietum* zeigt auffallend wenige Wuchsformen (nur fünf WF mit Stetigkeit ≥III), zeichnet sich aber durch Moos-Filze gegenüber den anderen Gesellschaften des *Cardamino-Montion* aus. Vor allem die KC *Brachythecium rivulare* und die VD *Calliergonella cuspidata* bilden oft solche Filze und haben eine gewisse Häufung im *Philonoto-Montietum*. Vergleicht man die WF-Spektren der beiden Subassoziationen, so wird sehr deutlich, dass die Untergesellschaft von *Dicranella palustris* nicht nur floristisch, sondern auch strukturell über das *typicum* hinausweist. Auch hier spiegelt sich die Verwandtschaft mit dem *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* wider. Dies ist bemerkenswert, weil die Artenzahl im *dicranelletosum* nicht signifikant höher ist als in der typischen Untergesellschaft.

Verbreitung

Das *Philonoto-Montietum* hat eine ausgesprochen weite Verbreitung mit Schwerpunkt in der Montanstufe. Es ist in allen zentraleuropäischen Silikatmittelgebirgen, vereinzelt in den Zentralalpen und im nordwesteuropäischen Tiefland zu finden (vergl. LECOINTE & PROVOST 1970, ALLORGE 1922, 1925, MAAS 1959, BRAUN-BLANQUET & TÜXEN 1952, BÜKER 1942, GUTTE et al. 1965, PASSARGE 1964, LEBRUN et al. 1949 u.a.).

In der subalpinen Stufe wird die Gesellschaft vom *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* abgelöst. In Nordeuropa finden sich vikariierende Typen, die dem *Montio-Epilobion hornemannii* zugeordnet werden (vergl. NORDHAGEN 1936, DE MOLENAAR 1976, DIERSSEN 1996, HADAČ 1971, 1989).

Da einerseits das *Philonoto-Montietum* in Mitteleuropa praktisch ausschließlich auf anthropo-zoogenen Ersatzstandorten siedelt (vergl. Ökologie), andererseits die natürlich baumfreie Subalpinstufe einiger weniger Silikatmittelgebirge bereits Gesellschaften der alpinen Quellvegetation trägt, wird der Ursprung des *Philonoto-Montietum* in der subarktischen Zone liegen. Mithin kann die Gesellschaft im zentraleuropäischen Raum nur als Eiszeitrelikt verstanden werden (WILMANNS 1984).

Die räumliche Verteilung in den einzelnen Mittelgebirgszügen ist allein von der Anzahl und Lage extensiv beweideter Quellräume abhängig. In stark bewaldeten Mittelgebirgszügen (z.B. Taunus) ist die Gesellschaft ebenso selten wie in intensiv genutzten (z.B. Ardennen).

Ökologie

Das *Philonoto-Montietum* besiedelt schwach saure Sickerquellen, Sturzquellen und Quellbäche in Wiesen und v.a. Weideflächen (s.slt. in lichten Wäldern) der submontanen bis subalpinen Stufe (vergl. RUNGE 1964, BUDDE & BROCKHAUS 1954, MAAS 1959, LECOINTE & PROVOST 1970). Es ist in der Regel voller Belichtung ausgesetzt (s. ALLORGE 1922, BÜKER 1942, OBERDORFER 1957, GUTTE et al. 1965 u.v.a.). 80–90% der PAR erreichen die Feldschicht. Die starke Bestrahlung lässt bei Tag nur einen geringen Anstieg der relativen Luftfeuchte über der Feldschicht um 4-14% zu. Die Lufttemperaturen liegen zugleich um 0.8.–1.6 °C höher als die Umgebungstemperaturen. Die Sprossspitzen müssen also extrem andere Bedingungen ertragen als die Sprossbasen (vergl. ESCHENBACH 1988).

Die Wassertemperaturen liegen im Mittel bei 8.8 °C, die Gesellschaft besiedelt also mäßig erwärmte Quellen (vergl. WARNKE & BOGENRIEDER 1985). Die Fließgeschwindigkeiten erreichen in der Vegetationsperiode zwischen 5 und 20 cm/s, dementsprechend ist der Sauerstoffgehalt mit 9.3 mg/l ziemlich hoch. Leitfähigkeiten von im Mittel 91,5 µS/cm, Gesamthärten von 2.15 °DH bei 1.15 °DH Karbonathärte und mittlerem pH-Wert von 6.3 kennzeichnen das *Philonoto fontanae-Montietum* als Gesellschaft schwach saurer Wasseraustritte (vergl. MAAS 1959).

Obwohl überwiegend in Weideflächen gelegen, liegen die Stickstoff- und Phosphatwerte an der unteren Nachweisgrenze (d.h. ≤0,005 mg/l Nitrit, ≤ 0.2 mg/l Ammonium, ≤0.01 mg/l

Phosphat). Darin unterscheidet sich das *Philonoto-Montietum* signifikant vom *Stellario alsines-Montietum*. Da die methodischen Ungenauigkeiten bei der Erfassung von Nitrit, Nitrat, Ammonium und Phosphat jedoch zur Vorsicht mahnen und v.a. die zu erwartenden erhöhten Ammoniumwerte nicht beobachtet wurden, kann diese signifikante Korrelation nur als Tendenz gedeutet werden, keinesfalls als Indikation für Sauberwasserverhältnisse einerseits und für Verschmutzung bei Auftreten eines *Stellario-Montietum* andererseits. Die beiden namengebenden Arten zeigen auffallende ökologische Differenzen: Während *Philonotis fontana agg.* die größten Bestände im Spritzwasserbereich bildet, zieht *Montia fontana agg.* jene Bereiche vor, die vom Quellwasser durchrieselt werden (vergl. PHILIPPI 1975, GRÜTTNER 1987). Dies zwingt mitunter zu zwei getrennten Vegetationsaufnahmen, so dass die Deckungsgrade in der Tabelle von Aufnahme zu Aufnahme extrem verschieden sind. Während das Quellmoos (*Philonotis fontana agg.*) über das Jahr betrachtet sehr einheitliche Deckungswerte beibehält, zeigt das Quellkraut (*Montia fontana agg.*) eine *„deutliche jahreszeitliche Einnischung"* (GRÜTTNER 1987). Im Sommer wird die Art oft zurückgedrängt, während sie im Herbst und Frühjahr bei fehlender Lichtkonkurrenz schwellende Polster bilden kann.

Hier liegt auch ein wesentlicher ökologischer Unterschied zwischen den beiden Subassoziationen begründet. *Dicranella palustris* ist gegen Austrocknung sehr empfindlich (s. ESCHENBACH 1988). Da das Moos überdies an Quellen praktisch nie fruchtet und auch keine vegetativen Überdauerungsorgane ausbildet, kann es Quellen, die periodisch trockenfallen, nicht besiedeln. *Montia* hingegen überdauert diese *„ungünstige Jahreszeit Hochsommer"* als Samen. Das Quellkraut vermag also auch episodisch oder periodisch versiegende Wasseraustritte zu besiedeln. Dafür ist *Dicranella palustris* wiederum beschattungstoleranter. Im Mittel reichen 35-50% Lichtgenuss für die Feldschicht aus. Damit vermag das *dicranelletosum* auch in lichten Wäldern dichte Bestände zu bilden. Allerdings darf die Quelle nur zeitweise beschattet werden und muss überwiegend der direkten Einstrahlung ausgesetzt sein.

Das *Philonoto-Montietum* ist eine charakteristische Quellgesellschaft der Extensivweiden. In *„hochgelegenen Wiesen"* – wie von BÜKER (1942) genannt – kann sich die Gesellschaft nur halten, wenn sie sehr niedrigwüchsig sind (vergl. Dynamik). Beweidung ist wichtig, weil die Gesellschaft neben dem vollen Lichtgenuss auch einer ständigen, wenn auch geringen Störung durch Viehtritt bedarf. Bleibt diese Störung aus, so können weniger trittfeste Hochstauden aus den Verbänden *Calthion*, *Filipendulion* oder *Caricion fuscae* eindringen, die das *Philonoto-Montietum* schließlich ausdunkeln.

Die dominanten Arten *Philonotis fontana* und *Montia fontana* können die durch den Viehtritt entstandenen kleinen Erdanrisse und wassergefüllten Trittlöcher schnell wiederbesiedeln. Die charakteristischen Arten sind also nicht trittfest, sondern durch eine Lebensstrategie, die man mit DURING (1979) als „annual shuttle species" (*Montia*) bzw. „perennial shuttle species" (*Philonotis*) bezeichnen kann, an die Standortbedingungen angepasst. Gemeinsam ist beiden Strategietypen, dass immer wieder neue Mikrohabitate im gleichen Biotop besiedelt werden, lediglich die Zeitspanne der Verschiebung ist verschieden.

Dynamik

Über die Entwicklungsvorgänge im *Philonoto-Montietum* gibt es – wie bei den meisten Quellgesellschaften – wenig sicher Bekanntes (vergl. NORDHAGEN 1936, LECOINTE & PROVOST 1970). SCHLÜTER (1966) beschrieb eine Tendenz der Entwicklung vom *Chrysosplenietum* zum *Montietum* bei Lichtstellung von Quellräumen. Die zunehmende Auflichtung von geschlossenen Wäldern dürfte heute aber nur noch eine geringe Rolle im syndynamischen Geschehen spielen. Viel häufiger ist der Abbau der Gesellschaft in aufgegebenen Weiden zu beobachten, die sich über ein Hochstauden-Stadium letztlich wieder bewalden. Neu erschlossene Weidequellen werden wohl durch Epizoochorie ziemlich schnell wieder besiedelt, wenn in der Umgebung noch hinreichend Diasporenmaterial vorhanden ist. Als Dauergesellschaft findet man das *Philonoto-Montietum* nur in Quelltöpfen von Hoch- und Hangmooren (vergl. KÄSTNER 1938).

Die Kontaktgesellschaften stammen u.a. aus dem *Sparganio-Glycerion*, dessen VC regelmäßig in die Gesellschaft eindringen.Der abfließende Quellbach kann bei ausreichender Wasserführung Gesellschaften der Klasse *Platyhypnidio-Fontinalietea* oder aus dem *Ranunculion fluitantis* enthalten. Am häufigsten werden Reinbestände von *Fontinalis antipyretica* und das *Veronico-Callitrichetum stagnalis* beobachtet (Nomenklatur dieser Syntaxa nach OBERDORFER 1977). PHILIPPI (1975) gibt aus der Nachbarschaft des *Philonoto-Montietum* auch Gesellschaften saurer Erdraine an, z.B. Bestände von *Jungermannia obovata* und *Nardia scalaris*. SCHWICKERATH (1944) und v.a. MAAS (1959) beschreiben eine häufige Verzahnung mit Vegetationstypen des *Nano-Cyperion* (vergl. Synsystematik). In den Silikatmittelgebirgen spielen die letztgenannten Kontaktgesellschaften aber eine sehr untergeordnete Rolle.

Verwendete Aufnahmen zum *Philonoto-Montietum*:

typicum: KÄSTNER (1938) 1 Aufn.; BÜKER (1942) Tab.7 A:1-4, 6-7; SCHWICKERATH (1944) Tab.61 A:5-7; LIBBERT (1945) A:1-2; OBERDORFER (1957) p.146 4 Aufn.; TÜXEN & OBERDORFER (1958) Tab.31/ A:B; RUNGE (1964) 1 Aufn.; OBERDORFER (1977) Tab.60.3 13 Aufn.; ZECHMEISTER & STEINER (1995) 22 Aufn.; HINTERLANG (1992) 18 Aufn. - Summe 71 Aufn.
dicranelletosum: OBERDORFER (1938) 1 Aufn.; KÄSTNER (1938) 1 Aufn.; BARTSCH & BARTSCH (1940) 3 Aufn.; BÜKER (1942) Tab.7 A:5,8,9; SCHLÜTER (1966) Tab.7 A:1; (1970) 1 Aufn.; PHILIPPI (1975) Tab.6 A:3,14,16 Tab. 8 A:1-7, (1989) 1 Aufn.; SMETTAN (1981) Tab.46 1 Aufn.; HINTERLANG (1992) 16 Aufn. - Summe 38 Aufn.

Literatur

ALLORGE (1922, 1925), BARTSCH & BARTSCH (1940), BRAUN-BLANQUET (1915, 1926, 1930), BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952), BUDDE & BROCKHAUS (1954), BÜKER (1942), DE MOLENAAR (1976), DIERSSEN (1996), DÜLL (1980), DURING (1979), ESCHENBACH (1988), FRAHM & FREY (1987), GEISSLER (1976), GRÜTTNER (1987), GUTTE et al. (1965), HADAČ (1946, 1971, 1989), HINTERLANG (1992), KÄSTNER (1938), KOCH (1928), LEBRUN et al. (1949), LECONTE & PROVOST (1970), LIBBERT (1945), LUQUET (1926), MAAS (1959), MÜLLER (1962), NORDHAGEN (1936, 1943), OBERDORFER (1938, 1957, 1977), PASSARGE (1964), PHILIPPI (1975), RUNGE (1964), SCHLÜTER (1966), SCHWICKERATH, (1933, 1944), SCHLÜTER (1966), SMETTAN (1981), SMITH (1980), TÜXEN & OBERDORFER (1958), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), WILMANNS (1984), ZECHMEISTER (1993), ZECHMEISTER & STEINER (1995).

1.1.1.3. *Stellario alsines-Montietum fontanae* De Foucault 1981

Quellmieren-Quellkraut-Gesellschaft (Tab. 2:3-5)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Stellario alsines-Montietum Franzi 1984, Stellario alsines-Montietum Hinterlang 1992, Stellario alsines-Montietum hallii B. Foucault 1981 corr., Glyceria fluitans-Montia fontana-Gesellschaft Heil 1995
AC, DA: *Montia fontana ssp. amporitana, Montia fontana ssp. fontana, Montia fontana ssp. variabilis, Epilobium obscurum;* D: *Glyceria declinata, Glyceria fluitans, Veronica beccabunga, Ranunculus repens, Poa trivialis*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Das *Stellario-Montietum* ist die Zentralassoziation des *Cardamino-Montion*. Sie ist im Sinne von DIERSCHKE (1981) als das floristische (und ökologische) Zentrum des Verbandes anzusehen, in dem die VC ihr Optimum haben.

Untergliederung: Das *Stellario-Montietum* gliedert sich in drei Subassoziationen: ***typicum*** De Foucault 1981 (Tab. 2:4), ***ranunculetosum repentis*** De Foucault 1981 (Tab. 2:5), ***glycerietosum declinatae*** Hinterlang 1992 (Tab. 2:3).
Das ***S.-M. ranunculetosum repentis*** ist floristisch nur schwach durch das Vorkommen von *Ranunculus repens* gekennzeichnet. DE FOUCAULT (1981) hebt *Apium nodiflorum* als mögliche weitere Differenzialart hervor, sie hat aber nur eine Stetigkeit von I. Er beschreibt das *ranunculetosum repentis* als weniger feucht und weniger stark durchströmt als das *typicum*. Er belegt diese Subassoziation mit 20 Aufnahmen.
Das ***S.-M. glycerietosum declinatae*** ist floristisch durch das gemeinsame Vorkommen von *Epilobium obscurum* und *Glyceria declinata* mit einigen weiteren, weniger treuen Trennarten gut differenziert. *Glyceria declinata* wird im Allgemeinen als VC *Sparganio-Glycerion* oder VC *Nano-Cyperion* geführt. Mit den häufigsten VC des *Sparganio-Glycerion Glyceria fluitans* und *Veronica beccabunga* schließt sich *Glyceria declinata* im eigenen Material aus und charakteristische Arten des *Nano-Cyperion* fehlen. Damit ist eine floristische Nähe des *glycerietosum* zum *Philonotido-Montietum veronicetosum* oder *pepletosum* im Sinne von MAAS (1959) ausgeschlossen. Bisher liegen von dieser Subassoziation nur wenige Aufnahmen vor. Sie ist wahrscheinlich v.a. im westeuropäischen Tiefland zu finden, denn die kennzeichnende Art ist subatlantisch verbreitet und steigt nur bis in mittlere Gebirgslagen auf (vergl. OBERDORFER 1983). Trotzdem fehlt *Glyceria declinata* in den aus der Literatur bekannten Aufnahmen aus dem nordwesteuropäischen Tiefland (vergl. ALLORGE 1922, MAAS 1959, LECOINTE & PROVOST 1970, DE FOUCAULT 1981).

Erst lange nach Drucklegung der Arbeit von HINTERLANG (1992) wurde eine Beschreibung eines *Stellario alsines-Montietum fontanae* Franzi 1984 bekannt, die der dort vorgeschlagenen Neufassung entsprach, weshalb z.B. bei RENNWALD (2000) diese Autorenbezeichnung als korrekt angesehen wurde. Inzwischen hat sich eine wiederum ältere Veröffentlichung des Namens und des gleichen synsystematischen Inhalts gefunden (DE FOUCAULT 1981), so dass nun die Autorenbezeichnung De Foucault 1981 als nomenklatorisch korrekt angesehen werden muss. Beide Veröffentlichungen wurden für die Zusammenstellung dieser Arbeit ausgewertet.

Struktur und Artenverbindung

Das *Stellario-Montietum* ist v.a. von schwellenden Polstern der dominanten Arten geprägt, die meist mehr als die Hälfte der Aufnahmeflächen bedecken. Im Gegensatz zu den anderen Gesellschaften des *Cardamino-Montion* ist die Krautschicht tonangebend, die Moosschicht tritt stark in den Hintergrund. Hier sind es die Moose, die nur in kleinen Polstern oder Flecken vorkommen. Die mittlere Höhe der Vegetationsschichten, v.a. der Moosschicht, ist geringer als im *Philonoto-Montietum*.

Besonders markant kommt die strukturelle Eigenständigkeit des *Stellario-Montietum* im Wuchsformenspektrum zum Ausdruck. Die WF Hochrasen, die im *Bryo-* und *Philonoto-Montietum* sowohl bei Stetigkeit als auch bei Deckung herausragt, fehlt dem *Stellario-Montietum*. Stattdessen dominiert die WF Thymid. In wenigen Fällen, wo die Wassertiefe bis zu 86 cm beträgt und die Pflanzen untergetaucht leben, müssen die Bestände der WF Nupharid zugeordnet werden. Diese WF ist in den beiden anderen Gesellschaften, die nur von einem Wasserfilm durchrieselt werden, nie zu finden. Das WF-Spektrum der beiden Untergesellschaften zeigt hingegen keine großen Unterschiede. Die Differentialarten des *glycerietosum* „verbergen" sich hier hinter der erhöhten Stetigkeit der WF Epipacted (*Epilobium obscurum*) und Puccinellid (*Glyceria declinata*).

Verbreitung

Vergleicht man die geographische Verbreitung von *Stellario-Montietum* und *Philonoto-Montietum*, so zeigen sich praktisch keine Abweichungen, die nicht mit einem Mangel an Aufnahmematerial erklärt werden könnten. Dabei ist zu bedenken, dass eine Anzahl von Quell-Gesellschaften, die zwar *Montia*, nicht aber die Charakterarten der beiden anderen Gesellschaften enthielten, wahrscheinlich von vielen Bearbeitern als „Fragmente" gar nicht erst aufgenommen wurden. Wenn doch vorhanden, verbergen sie sich ohnehin in den Tabellen zum *Philonoto-Montietum* (vergl. KÄSTNER 1938, SCHWICKERATH 1944, DIERSCHKE et al. 1983). Erst wenn sich die vorgeschlagene Trennung durchsetzt und weitere Autoren Material zum *Stellario-Montietum* publizieren, wird ein vollständiges Bild von der Verbreitung dieser Zentralassoziation entstehen. Dabei kann postuliert werden, dass ihr Areal größer ist als die Areale der beiden anderen Gesellschaften und diese einschließt.

Die Subassoziation von *Glyceria declinata* wurde nur in den Ardennen, im Hohen Venn, im Sauerland, am Vogelsberg und in den Vogesen aufgenommen. Betrachtet man jedoch die Verbreitung der namengebenden Art (vergl. HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988), so ist diese Untergesellschaft in Schleswig-Holstein ebenso zu erwarten wie im Bayerischen Wald. Auf die geographische Höhe der Fundorte der Subassoziation *glycerietosum* wurde bereits hingewiesen. Der Median für das *glycerietosum* liegt deutlich unter 600 m, ein Ausreißer mit 1160 m ü. NN. stammt aus den Hochvogesen.

Die Typische Untergesellschaft hat in Deutschland eine wesentlich breitere Höhenamplitude mit einem Schwerpunkt im Bergland. Die Aufnahmen von DE FOUCAULT (1981) aus der Normandie und von FRANZI (1984) aus Westspanien lassen erahnen, dass diese Gesellschaft in Wetseuropa weit verbreitet ist.

Ökologie

Wie die Tabellen zeigen, gibt es bezogen auf die gemessenen Parameter nur wenige Unterschiede zwischen dem *Philonoto-Montietum* und dem *Stellario-Montietum*. Dies betrifft v.a. die Abhängigkeit von extensiver Beweidung der Quellgebiete. Besonders deutlich ist die Ähnlichkeit zur Typischen Untergesellschaft des *Philonoto-Montietum*. Signifikant verschieden sind lediglich die Höhe über dem Meeresspiegel, die Deckung und Artenzahl von Krautschicht und Moosschicht, sowie die Belastung mit Nitrit, Nitrat und Phosphat. Die mittlere Höhe von 780 m ü. NN. muss vor dem oben beschriebenen Hintergrund relativiert werden. Vor allem die Subassoziation von *Glyceria declinata* macht hier den Unterschied aus, während das *Stellario-Montietum typicum* vom *Philonoto-Montietum* nicht signifikant abweicht. Dennoch vermittelt das *Stellario-Montietum* zu den Gesellschaften an Quellen der planar-kollinen Stufe, wie von DE FOUCAULT (1981) herausgearbeitet wurde.

Dort sind *Montio-Cardaminetea*-Gesellschaften selten und die bereits als Kontaktgesellschaften des *Philonoto-Montietum* vertrauten Typen aus dem *Sparganio-Glycerion*, dem *Ranunculion peltati* und dem *Ranunculion fluitantis* dominieren. *Montia* greift etwas über den nach ihr benannten Verband hinaus und ist in diesen Flachlandquellen ebenfalls anzutreffen. Synsystematisch wird sie dort dann meist als Trennart gegen die eigentlichen Fließwasser-Gesellschaften geführt (vergl. MÜLLER 1962).

Mit einer mittleren Wassertemperatur von 9.9 °C liegt das *Stellario-Montietum* bereits nahe der oberen Grenze der Amplitude für mäßig erwärmte Quellen. Es scheint so zu sein, dass sich die Gesellschaften der *Montio-Cardaminetea* in den stark erwärmten Quellen des Flachlandes nicht mehr gegen die genannten Vegetationstypen behaupten können, weil die stoffwechsellimitierenden niedrigen Wassertemperaturen fehlen (vergl. BOGENRIEDER & WERNER 1979, ESCHENBACH 1988).

Trotz aller Vorsicht bei der Interpretation der Messdaten zum Stickstoff- und Phosphatgehalt des Quellwassers sind die signifikant höheren Werte des *Stellario-Montietum* im Vergleich zum *Philonoto-Montietum* bemerkenswert. Sie können zwanglos mit der allgemein höheren Belastung von Flachland-Bächen erklärt werden. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen dem Ausfall der Charakterarten und der geringfügig höheren Belastung ist nicht gegeben, denn keine der Substanzen tritt in physiologisch relevanten Konzentrationen auf (vergl. BOGENRIEDER & WERNER 1979, ESCHENBACH 1988).

Verwendete Aufnahmen zum *Stellario-Montietum*:

KÄSTNER (1938) Tab.11 A:3-6,8; SCHWICKERATH(1944) Tab.61 A:1,3,4; BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952) 1 Aufn.; TÜXEN & OBERDORFER (1958) Tab.31 A:C; DIERSCHKE et al. (1983) Tab.8 2 Aufn.; FRANZI (1984) 9 Aufn.; DE FOUCAULT (1981) 42 Aufn.; HINTERLANG (1992) 21 Aufn. - Summe 84 Aufnahmen

Literatur

ALLORGE (1922), BOGENRIEDER & WERNER (1979), BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952), DE FOUCAULT (1981), DIERSCHKE (1981), DIERSCHKE et al. (1983), ESCHENBACH (1988), FRANZI (1984), HAEUPLER & SCHÖNFELDER (1988), HINTERLANG (1992), KÄSTNER (1938), LECONTE & PROVOST (1970), MAAS (1959), MÜLLER (1962), OBERDORFER (1983), RENNWALD (2000), SCHWICKERATH (1944), TÜXEN & OBERDORFER (1958).

1.1.2. *Philonotidion seriatae* Hinterlang 1992

Quellmoos-Gesellschaften der alpinen Weichwasserquellen (Tab. 3a, 3b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cardamin(et)o-Montion Br.-Bl. 1925 p.p., *Montion* Maas 1959 p.p., *Cratoneurion* (Koch 1928) emend. Geissler 1976 p.p., non syn. *Swertio-Anisothecion squarrosi* Hadač 1983, *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1926 em. Zechmeister 1993
Holotypus: *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976
Syntaxa: *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976, *Mniobryetum albicantis* Šmarda 1950, *Scapanietum uliginosae* (Sjörs 1946) Dahl 1957, *Scapanietum paludosae* K. Müller 1938
VC: *Saxifraga stellaris* (übergr.), *Philonotis seriata* (opt.), *Pohlia wahlenbergii* (opt.), *Pohlia ludwigii, Scapania paludosa, Scapania uliginosa.*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Das *Philonotidion seriatae* ist der Zentralverband der Ordnung *Montio-Cardaminetalia*. Er vereinigt Gesellschaften, die weder im *Cardamino-Montion* noch im *Cratoneurion* untergebracht werden können, weil sie zwar eine große Zahl der Kenntaxa der Ordnung beherbergen, aber keine der diese Verbände charakterisierenden Arten.

Dass es sich dabei nicht um einige wenige Aufnahmen handelt, macht die Arbeit von GEISSLER (1976) deutlich. Die meisten der 245 Aufnahmen, die hier berücksichtigt wurden, stammen aus jener Arbeit. Aber auch Aufnahmen aus den Hochlagen des Schwarzwaldes, die nicht zum *Bryo-Montietum* gestellt werden können, sind im *Philonotidion* gut untergebracht. GEISSLER hatte Schwierigkeiten, diese Bestände im bis dahin verwendeten System unterzubringen. Sie löste das Problem, indem sie das *Cratoneurion* emendierte. Sie erweiterte es „einfach" um die *Cratoneuron*-reichen Gesellschaften der Weichwasserquellen. Diese Lösung schien ihr besonders deshalb angeraten, weil *„in den relativ jungen Alpen auch im Urgestein noch etwas Karbonat vorhanden (ist), das das Gedeihen von Cratoneuron commutatum erlaubt..."*. *Cratoneuron commutatum* war von KOCH (1928) als einzige VC des *Cratoneurion* angegeben worden. Die Erweiterung ist jedoch nur befriedigend, wenn man zugleich ihrer Zusammenlegung aller alpinen Bestände an Kalk-Quellen zum *Cratoneuro-Philonotidetum calcarae* folgt. Werden diese Bestände jedoch verschiedenen Assoziationen zugeordnet (vergl. *Cratoneurion*), so schält sich deutlich eine Differentialartengruppe heraus, die ein eigenständiges *Cratoneurion* deutlich von den Silikat-Quellgesellschaften abgrenzt.

In Anlehnung an die von GAMS (1927) verwendete Bezeichnung *Philonotea seriatae* schlug HINTERLANG (1992) vor, die alpinen Silikatquell-Gesellschaften im *Philonotidion seriatae* zusammenzufassen. Der Verband ist schwach charakterisiert, doch haben mehrere OC in diesem Verband ein Optimum (z.B. *Saxifraga stellaris*). In übertragenem Sinne finden die Überlegungen zur Zentralassoziation von DIERSCHKE (1981) auf höherer syntaxonomischer Ebene hier Anwendung.

Struktur und Artenverbindung

Große Moosrasen prägen die Gesellschaften des *Philonotidion*. Phanerogamen spielen eine untergeordnete Rolle. Sie finden sich meist zerstreut in kleinen Gruppen und wurzeln oft in den üppigen Moosrasen „ohne" Kontakt zum Boden (v.a. *Saxifraga stellaris*). Die Krautschicht bedeckt im Vergleich zum *Cardamino-Montion* signifikant weniger. Die Höhe der Krautschicht ist mit 10 cm sehr gering, die Höhe der Moosschicht mit im Mittel 4,5 cm hingegen ziemlich hoch. Die Deckung der Moosschicht mit 82,5 % übersteigt die der Krautschicht bei weitem. Die Artenzahl der Krautschicht ist mit 6–7 Arten auffallend gering im Vergleich mit dem *Cardamino-Montion* und dem *Cratoneurion*. Dies ist mit ein Grund für die Schwierigkeiten bei der floristischen Differenzierung.

Das Wuchsformenspektrum wird von den Kategorien Hochrasen und Wedel beherrscht. Wuchsformen höherer Pflanzen machen nur einen verschwindend geringen Anteil aus;

allenfalls die primulid wachsenden Kräuter sind nach Deckung und Stetigkeit erwähnenswert. Die beiden von *Scapania*-Arten dominierten Gesellschaften fallen in aller Regel unter die Wuchsform Wedel, da sie in ihrer Architektur sehr konstant sind. Strukturell weichen die beiden „Scapanieten" deutlich von den beiden anderen Gesellschaften ab. Nicht zuletzt deshalb stellte GEISSLER (1976) diese beiden Gesellschaften in ein *Marsupello-Scapanion*, das sie den *Cratoneuro-Philonotidetalia* (s.o.) zuordnete.

Die synoptische Tabelle zeigt, dass sich die Gesellschaften floristisch in das *Philonotidion seriatae* sehr gut einfügen. Die anderen, von GEISSLER neu beschriebenen Gesellschaften ihres *Marsupello-Scapanion* sind hingegen besser als Höhenformen von Gesellschaften aus der Klasse *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* Philippi 1956 aufzufassen. Bei ihnen sind die floristischen und standörtlichen Affinitäten zur Klasse *Montio-Cardaminetea* wesentlich geringer als z.B. im *Scapanietum uliginosae*.

Verbreitung

Das *Philonotidion seriatae* ist in Mitteleuropa v.a. in den Alpen verbreitet. Vorposten in den höchsten Lagen der Silikatmittelgebirge sind floristisch bereits stark verarmt (vergl. KÄSTNER 1938, GUTTE et al. 1965, PHILIPPI 1975). Lediglich das *Scapanietum paludosae* ist bisher nur aus dem Süd-Schwarzwald (Feldberg-Gruppe) bekannt.

Wie bereits beim *Cardamino-Montion* dargestellt, ist die Stellung des *Philonotidion* zum *Montio-Epilobion hornemannii* Nordhagen 1936 bzw. zum *Mniobryo-Epilobion hornemannii* Nordhagen 1940 noch zu klären (vergl. auch DAHL 1957). Vorerst gilt das *Philonotidion* als alpine Vikariante der genannten Verbände. DE MOLENAAR (1976) publizierte einige Aufnahmen aus Grönland ohne *Epilobium hornemannii* und *Montia fontana*, die durchaus auch im *Philonotidion* untergebracht werden können (s. bei *Mniobryetum*).

Die Gesellschaften des *Philonotidion* steigen wesentlich höher auf als die des *Cardamino-Montion*. Die mittlere Höhe ü. NN. liegt bei 2035m.

Ökologie

Das *Philonotidion seriatae* ist ökologisch wesentlich besser gegen die beiden anderen Verbände der Ordnung abgegrenzt als floristisch. Vom *Cardamino-Montion* ist es durch die im Schnitt niedrigsten Wassertemperaturen innerhalb der Klasse deutlich verschieden. Vor allem das *Mniobryetum* ist als Kaltwasserspezialist bekannt. Damit markiert dieser Verband zugleich die untere Grenze der Wassertemperaturamplitude, die von Gesellschaften der Klasse besiedelt werden. Während jene Gesellschaften des *Cardamino-Montion*, die bereits zum *Philonotidion* überleiten, sogar eine geringe Beschattung ertragen, sind die vier Assoziationen des *Philonotidion* stets der vollen Lichtintensität ausgesetzt.

Vom *Cratoneurion* unterscheidet sich der neu beschriebene Verband durch den Wasserchemismus. Das *Philonotidion* ist ein Weichwasserquellverband. Die Leitfähigkeits-, pH-, Gesamt- und Karbonathärtewerte liegen im *Cratoneurion* signifikant höher.

Dynamik

Die Vegetationstypen des *Philonotidion* sind Dauergesellschaften im Sinne einer hydrologischen Subklimax (vergl. SIEBUM & SCHAMINEE 1991). Veränderungen sind nur zu erwarten, wenn die exogenen Standortfaktoren entscheidend verändert werden. Eine Akkumulation von Biomasse und damit eine biogene Standortveränderung kann vor dem Hintergrund des ständigen Exports durch das austretende Wasser im Regelfall ausgeschlossen werden. Nähere Angaben zum syndynamischen Geschehen und zu Kontaktgesellschaften werden im Zusammenhang mit den Gesellschaften abgehandelt.

Literatur

BRAUN-BLANQUET (1925), DAHL (1957), DE MOLENAAR (1976), DIERSCHKE (1981), GAMS (1927), GEISSLER (1976), GUTTE et al. (1965), HADAČ (1983), HINTERLANG (1992), KÄSTNER (1938, 1941), KOCH (1928), MAAS (1959), MÜLLER (1938), NORDHAGEN (1936, 1940), PHILIPPI (1975), SIEBUM & SCHAMINEE (1991), SJÖRS (1946), ŠMARDA (1950), ZECHMEISTER (1993).

Tabelle 3b: Ökologische Kenndaten zu Tabelle 3a
(Medianwerte der Messreihen von HINTERLANG 1992)
*: *Scapanietum uliginosae* (eigene ökologische Messreihe)

Vegetationstyp:	1	2	3*
Anzahl der Messreihen	15	5	1
Höhe	2040	1980	2500
Fläche	!1	!4	4
Höhe der Krautschicht in cm	10	10	.
Höhe der Moosschicht in cm	4	6	10
Deckung der Krautschicht in %	30	40	.
Deckung der Moosschicht in %	80	90	70
Artenzahl Krautschicht	6	7	.
Artenzahl Moosschicht	4	3	1
Beschattung	--	--	--
Rel.Lichtgenuss Kr.schicht in %	48.9	100	.
Rel.Lichtgenuss Ms.schicht in %	48.9	59.5	.
Diff. RH Freiland-Kr.schicht in %	-1	-1	.
Diff. RH Freiland-Ms.schicht in %	-6	-10.5	.
Diff. RH Kr.-Ms.schicht in %	0	-10	.
Diff.T Freiland-Kr.schicht in °C	-0.5	-0.05	.
Diff.T Freiland-Ms.schicht in °C	-1.2	-1.55	.
Diff. T Kr.-Ms.schicht in °C	0	-1.05	.
Quellwasser:			
Wassertemperatur in °C	5.95	4.9	13.3
Sauerstoffgehalt in mg/l	9.15	10.0	8.4
Leitfähigkeit in µS/cm	63	93	7
Wasserstoffionenkonz. (pH)	6.3	6.3	5.7
Gesamthärte in °DH	2.2	2.45	0.4
Karbonathärte in °DH	1.6	1.45	<0.2
Nitrit in mg/l	0	0	0
Nitrat in mg/l	0	0	0
Ammonium in mg/l	0	0	0.2
Posphat in mg/l	0.003	0	0

Tabelle 3a: Übersicht des *Philonotidion seriatae* Hinterlang 1992

1: *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976
2: *Mniobryetum albicantis* Šmarda 1950
3: *Scapanietum uliginosae* (Sjörs 1946) Dahl 1957
4: *Scapanietum paludosae* K. Müller 1938

Vegetationstyp:	1	2	3	4
Anzahl der Aufnahmen	213	41	28	15
Mittlere Artenzahl	10	10	12	4
AC Veg.-typ 2:				
Pohlia ludwigii	.	I 5	.	.
Bryum weigelii	.	II 4	.	.
AC/D Veg.-typ 3:				
Scapania uliginosa	.	.	V 3	.
D *Luzula alpino-pilosa*	.	.	V 1	.
D *Soldanella spec.*	.	I 1	IV 1	.
D *Calliergon sarmentosum*	.	.	II 1	.
D *Racomitrium sudeticum*	.	.	II 1	.
D *Scapania irrigua*	.	.	II 1	.
D *Campylium stellatum*	.	.	II 1	.
D *Agrostis rupestris*	.	.	II 1	.
D *Cirsium spinosissimum*	.	.	II 1	.
D *Cephalozia ambigua*	.	.	II 1	.
D *Lophozia wenzelii*	.	.	II 1	.
AC/D Veg.-typ 4:				
Scapania paludosa	.	.	.	V
D *Agrostis canina*	.	.	.	II
VC/D:				
Philonotis seriata	IV 2	.	IV 1	IV
Pohlia wahlenbergii	+ 2	IV 4	.	.
D *Blindia acuta*	+ 1	.	IV 1	.
D *Alchemilla vulgaris* agg.	I r	.	II 1	.
OC/D:				
Dicranella palustris	III 3	I 2	V 1	II
D *Ligusticum mutellina*	+ r	I 1	III 1	I
Bryum pseudotriquetrum	III 1	I 2	II 1	.
Epilobium alsinifolium	III 1	I 1	.	.
D *Carex frigida*	I r	.	III 1	.
Cratoneuron decipiens	II 2	II 1	.	.
Bryum schleicheri	II 1	I 3	.	.
Epilobium anagallidifolium	I r	.	.	.
Philonotis fontana	+ 2	.	.	.

Arabis soyeri	.		I	1	.		.	
Saxifraga aizoides	.		I	1	.		.	
Montia fontana agg.	.		.		.		+	
KC:								
Saxifraga stellaris	IV	2	IV	1	V	1	.	
Deschampsia cespitosa	IV	1	IV	1	V	2	.	
Cardamine amara	II	2	III	1	.		IV	
Cratoneuron commutatum	II	3	I	2	I	1	.	
Stellaria alsine	I	+	I	1	.		I	
Chrysosplenium oppositifolium	+	2	I	2	.		.	
Brachythecium rivulare	+	v	I	2	.		.	
Rhizomnium punctatum	+	+	I	1	.		.	
Sonstige:								
Drepanocladus exannulatus	+	1	.		III	1	III	
Caltha palustris	II	1	II	1	.		II	
Agrostis stolonifera	II	1	I	1	II	1	.	
Scapania undulata	II	1	.		II		I	
Nardus stricta	+	1	.		II	r	.	

1.1.2.1. *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* Geissler 1976

Starknervmoos-Quellmoos-Gesellschaft (Tab. 3:1)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Bryetum schleicheri auct. p.p.
Lectotypus: GEISSLER (1976) Tab. 10 A:11
AC, DA: (AC) VC: *Bryum schleicheri* (opt.), *Philonotis seriata* (opt.) DA: *Bryum pseudotriquetrum, Dicranella palustris, Epilobium alsinifolium*

Syntaxonomie und Nomenklatur - Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Wie bei GEISSLER (1976) bereits deutlich zum Ausdruck kommt, sind die Silikat-Quellgesellschaften der Alpen, denen die Kennarten des *Cardamino-Montion* fehlen, über einen langen Zeitraum falsch zugeordnet worden. Schon KOCH (1928) trug mit seinen vier Aufnahmen aus dem Val Piora einiges dazu bei, denn nur einer dieser Bestände enthält mit *Montia fontana* eine VC des *Cardamino-Montion*. Die übrigen sind typische Vertreter des *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae*. GEISSLER (1976) weist darauf hin, dass die typischen alpinen Quellgesellschaften erst an der Waldgrenze, wo die Wasseraustritte stärker eutophiert sind, von „Montieten" abgelöst werden. Dies stimmt gut mit dem zuvor dargestellten Verbreitungsmuster des *Cardamino-Montion* überein.

Das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* ist die Zentralassoziation des *Philonotidion seriatae*. Obwohl *Philonotis seriata* in dieser Gesellschaft ein deutliches Optimum hat, kann es die Gesellschaft nicht charakterisieren, da es auch in anderen Assoziationen vorkommt. Dennoch handelt es sich bei diesen Beständen nicht um Fragmente, sondern um eine floristisch gesättigte Gesellschaft, die außerordentlich häufig zu finden ist. Allein GEISSLER (1976) trug über 180 Aufnahmen dieser Assoziation zusammen. Die Aufnahmen von HINTERLANG (1992) vom *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* fügen sich gut in das von GEISSLER entworfene Bild.

Die Assoziation wurde mit ihrer Beschreibung zugleich in mehrere Varianten unterteilt: *Campylium protensum-Variante, Bryum schleicheri-Variante, Bryum schleicheri-Cirsium spinosissimum-Variante, Mniobryum wahlenbergii-Variante, Bryum weigelii-Variante, Drepanocladus-Variante* und schließlich eine *Brachythecium rivulare-Cardamine amara-Variante*. Der synsystematische Rang dieser Varianten ließe sich aber entsprechend ihrer Beschreibungen auch anders gliedern.

In der vorliegenden Arbeit soll kein eigener Gliederungsvorschlag für die Subtypen des *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* gemacht werden, da das eigene Aufnahmematerial schon rein zahlenmäßig nicht mit der Arbeit von GEISSLER zu vergleichen ist und auch nur einen unzureichenden Eindruck von der Vielfalt innerhalb dieser Assoziation wiedergibt. Um auch die 180 Aufnahmen von GEISSLER neu zu differenzieren, bedarf es außerdem einer genauen Kenntnis der standörtlichen Gegebenheiten aller Typen, die der Bearbeiter bei seinen Aufenthalten in den Alpen nicht erwerben konnte.

In der Gesellschaftstabelle bei HINTERLANG (1992) sind auch solche Bestände dem *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* zugeordnet, die zwar keine der namengebenden Arten enthalten, aber durch die Dominanz anderer OC (*Dicranella palustris, Bryum schleicheri*) gekennzeichnet sind. Zwei dieser Aufnahmen stammen aus dem Harz bzw. aus dem Sauerland, was die geographische Verbreitung der Gesellschaft nicht unwesentlich beeinflusst. HINTERLANG möchte diese Aufnahmen als Fragmente des *Cratoneuro-Philonotidetum* verstanden wissen. Die Gesellschaft dünnt floristisch nach Norden hin bis zur Unkenntlichkeit aus. Ihre charakteristischen Arten sind in den nördlichen Mittelgebirgen zwar noch vereinzelt zu finden, treten jedoch nicht mehr zu einer Gesellschaft zusammen (vergl. BÜKER 1942 „Desintegration", WESTHOFF 1947, BUDDE & BROCKHAUS 1954, GUTTE et al. 1965). Hier könnte zur Beschreibung dieser Bestände parallel das Synusialsystem greifen, wie es von KAMBACH & WILMANNS (1969) ausführlich dargestellt wurde. Die von diesen beiden Autoren als Synusien gefassten Bestände vom Feldberg im Schwarzwald lassen sich aller-

dings gleichermaßen im Phytocoenosensystem gut dem *Cratoneuro-Philonotidetum* zuordnen. In diesem Sinne sollten die von *Dicranella palustris* beherrschten Moos-Gesellschaften als *Dicranella palustris-Union* beschrieben werden.

Struktur und Artenverbindung

Großflächige Decken von Moosen kennzeichnen die Gesellschaft, höhere Pflanzen treten stark zurück. Letztere wurzeln zumeist in den Moosrasen oder bilden zwischen den Decken kleine Gruppen. Die Moose sind wegen ihrer relativ geringen Produktionsleistung auf die Konkurrenzfreiheit von v.a. höheren Pflanzen angewiesen. Nur dann erreichen sie Biomassezunahmen von 55%–187% (z.B. *Pohlia wahlenbergii*) (vergl. ESCHENBACH 1988).

Die Krautschicht ist im Schnitt nur 10 cm hoch und damit nur doppelt so hoch wie die Moosschicht. Das Wuchsformen-Spektrum hebt sich kaum von dem verwandter Gesellschaften ab. Hochrasen decken in nahezu allen Aufnahmen rund 100% der Fläche. Eine gewisse Ähnlichkeit besteht zum WF-Spektrum des *Philonoto fontanae-Montietum dicranelletosum*; die dort hochstete WF Thymid wird allerdings im *Cratoneuro-Philonotidetum* durch die Kategorie Primulid ersetzt. Beide WF haben gemeinsam, dass der überwiegende Teil der Blattfläche in Wassernähe liegt. Für die WF Thymid wird es von Nachteil sein, dass die empfindlichen meristematischen Gewebe an der Sproßspitze während der Vegetationsperiode aufsteigend wachsen und auf diese Weise bei den nicht seltenen Kaltwettereinbrüchen in der subalpinen Stufe erheblich geschädigt werden. Die primulid wachsenden Arten hingegen halten ihre meristematischen Teile in Wassernähe und bilden nicht selten Nebenrosetten aus (vergl. WF Bellid), so dass nur ein Abfrieren der Blüten oder Fruchtstände, nicht aber der hemikryptophytischen Vegetationspunkte passieren kann.

Die meisten Arten des *Cratoneuro-Philonotidetum* sind „perennial stayers" im Sinne von DURING (1979). Zwar verfügen sie nicht über eine bemerkenswerte „competitive ability" (vergl. GRIME 1981), sind aber den Extrembedingungen vorzüglich angepasst: Sie ertragen z.T. tagelange Austrocknung (*Pohlia wahlenbergii* und *Philonotis seriata*), z.T. verlangen sie aber auch eine ständige Wassersättigung (*Dicranella palustris* und *Scapania paludosa*). Vor allem die enorme Fähigkeit, Extremtemperaturen zu ertragen, zeichnen *Philonotis seriata* und *Pohlia wahlenbergii* aus. ESCHENBACH (1988) gibt Werte von –70 °C bis +70 °C für Frischmaterial an. Die Ionenaufnahme erfolgt bei Moosen überwiegend passiv, im Gegensatz zu höheren Pflanzen, wo die Beeinträchtigung der Nährstoffaufnahme durch niedrige Substrattemperaturen bekannt ist (BOGENRIEDER & WERNER 1979).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass alle strukturellen Merkmale, die bedeutendste Lebensstrategie und die ihr zugrunde liegenden physiologischen Prozesse deutlich erkennen lassen, dass die subalpinen Weichwasserquellen nicht von einem Fragment, sondern von einer gesättigten, extrem angepassten, wenn auch floristisch armen Gesellschaft besiedelt sind, die nicht zuletzt wegen ihrer physiognomischen Einheitlichkeit den Status einer Assoziation verdient.

Verbreitung

Wie im Abschnitt Synsystematik bereits kurz angerissen wurde, ist das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* in erster Linie in der subalpinen Stufe der Zentralalpen verbreitet (vergl. GEISSLER 1976). Jene, z.T. stark verarmten Bestände aus den höchsten Lagen der Silikatmittelgebirge, die z.B. von KÄSTNER (1938) aus dem Westsächsischen Bergland oder von KAMBACH & WILMANNS (1969) aus dem Schwarzwald dokumentiert wurden, können wegen des Fehlens von VC des *Cardamino-Montion* nur dieser Assoziation zugeordnet werden. Fragmente der Assoziation finden sich bis in den Harz und ins Sauerland. Im Bereich der stark atlantisch geprägten Mittelgebirge ist das *Cratoneuro-Philonotidetum* aufs engste mit dem *Bryo-Montietum* verzahnt und in der hochmontanen - subalpinen Stufe mit dem *Philonoto fontanae-Montietum*.

Das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* vikariiert mit den im Kalkgebirge vorkommenden *Cardamino-Cratoneuretum* und *Arabido-Cratoneuretum*.

Ökologie

Das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* besiedelt unbeschattete Rheokrenen, Sickerquellen und Quellbäche mit z.T. beachtlichen Fließgeschwindigkeiten. Nach GEISSLER (1976) schwanken die Wassertemperaturen zwischen 3° und 20° bei einem Mittelwert von 7.8 °C. Im Schema von WARNKE & BOGENRIEDER (1985) bedeutete dies mäßig erwärmte Quellen. Die eigene, wesentlich kleinere Stichprobe ergab hingegen Wassertemperaturen von im Schnitt unter 6 °C, demnach würden kalt-stenotherme Quellen besiedelt.

Auch bei den mittleren pH-Werten ergeben sich Abweichungen. Bei GEISSLER liegt er bei 5.1, die eigenen Messungen ergeben 6.3. Dieser deutliche Unterschied kann auch nicht durch die unterschiedliche Messmethode (GEISSLER benutzte pH-Messstäbchen) erklärt werden. Der wesentliche standörtliche Unterschied zum *Mniobryetum* sei, so GEISSLER u.a., die dort tiefere Wassertemperatur. Die Unterschiede sind in den eigenen Messreihen allerdings nicht signifikant, auch wenn der Mittelwert des *Mniobryetum* mit 4.9 °C gut ein Grad niedriger liegt als im *Cratoneuro-Philonotidetum*. Der Lichtgenuss liegt bei 100% für die Krautschicht und 94% für die Moosschicht.

Dynamik

Mit der Schneeschmelze und der damit verbundenen größeren Erosionskraft des abfließenden Wassers kommt es im Frühjahr immer wieder zur flächigen Bildung von Rohböden an subalpinen Quellen, die nach GEISSLER (1976) von der *Bryum schleicheri-Variante* des *Cratoneuro-Philonotidetum* als Initialstadium besiedelt werden. Diese Variante entwickelt sich zur artenreicheren *Bryum schleicheri-Cirsium spinosissimum-Variante*. Eine weitere Entwicklungslinie der kühleren Quellen scheint von der *Mniobryum wahlenbergii-Variante* m.o.w. auf Rohböden (vielleicht über die *Bryum weigelii-Variante*) zur *Drepanocladus-Variante* zu laufen. Letztere zeigt schon starke Anklänge zum *Caricion fuscae*. Die syndynamische Stellung der häufigen *Campylium protensum-Variante* bleibt auch bei GEISSLER (1976) unklar. Allgemein zieht sie aufgrund der räumlichen Nähe den indirekten Schluss, dass sich bei geringem Wasserrückstau, geringerer Fließgeschwindigkeit und daraus resultierender höherer Wassertemperatur und Humusbildung die Gesellschaft des *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* in Richtung des *Caricetum fuscae* entwickelt. Da derlei Sukzessionsabläufe bisher aber noch nicht direkt belegt wurden, darf man bis auf weiteres skeptisch sein und das *Cratoneuro-Philonotidetum* als hydrologische Klimaxgesellschaft an subalpinen Weichwasserquellen ansehen.

Gleichwohl muss das *Caricetum fuscae* als häufigste Kontaktgesellschaft festgehalten werden. Ebenfalls erwähnenswert sind Bestände des *Salicion herbaceae* sowie des bachabwärts anschließenden *Scapanion undulatae*. Elemente der Klasse *Hygrohypnetea* mischen sich ebenfalls oft unter die Bestände des *Cratoneuro-Philonotidetum*.

Eingerahmt von Schneetälchen- und Braunseggensumpf-, von submersen und epipetrischen Moosgesellschaften markiert das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* die eigentlichen Quellen in den subalpinen Rasen. Seine floristische, standörtliche und physiognomische Eigenständigkeit ist augenfällig.

Verwendete Aufnahmen zum *Cratoneuro-Philonotidetum*:

KOCH (1928) Tab.4 A:8-10; KÄSTNER (1938) Tab. 10 A:6; PHILIPPI (1975) Tab.5 A:13-14; Tab.6 A:7,13; DE MOLENAAR (1976) Tab.III A:1-4; GEISSLER (1976) Tab.9 90 Aufn.; Tab.10 12 Aufn.; Tab.11 14 Aufn.; Tab.12 20 Aufn.; Tab.13 7 Aufn.; Tab.14 8 Aufn.; Tab.15 30 Aufn.; HINTERLANG (1992) 15 Aufn. - Summe 213 Aufn.

Literatur

BOGENRIEDER & WERNER (1979), BUDDE & BROCKHAUS (1954), BÜKER (1942), DE MOLENAAR (1976), DURING (1979), ESCHENBACH (1988), GEISSLER (1976), GRIME (1981), GUTTE et al. (1965), HINTERLANG (1992), KAMBACH & WILMANNS (1969), KÄSTNER (1938), KOCH (1928), PHILIPPI (1975), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), WESTHOFF (1947).

1.1.2.2. *Mniobryetum albicantis* Šmarda 1950

Wahlenbergs Pohlmoos-Gesellschaft (Tab. 3:2)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Mniobryetum albicantis glacialis Greter 1936, *Pohlietum ludwigii* Giacomini 1939, *Mniobryetum albicantis* Friedel 1956, *Pohlia glacialis-spring* Ratcliffe 1964
non syn.: *Mniobryo-Epilobietum hornemannii* Nordhagen 1943, *Epilobium hornemannii-Epilobium alsinifolium-Mniobryum-Soziation* Nordhagen 1936, *Mniobryetum wahlenbergii-ludwigii Geissler 1976*
Lectotypus: Geissler (1976) Tabelle 8 A:14; (unter den Aufnahmen von Šmarda (1950) befindet sich keine mit einer guten AC)
AC: *Pohlia ludwigii, Bryum weigelii, Pohlia wahlenbergii* (opt.)

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Die gültige Erstbeschreibung stammt von Šmarda (1950). Sie ist dem Bearbeiter jedoch erst spät bekannt geworden, weshalb in Hinterlang (1992) ein jüngeres Synonym von Geissler (1976) verwendet wurde. Die drei Aufnahmen von Šmarda sind nur mit wenigen ökologischen Informationen versehen. Da sie keine der genannten Assoziationscharakterarten enthalten, wurde der Lectotypus aus Geissler (1976) gewählt.

Die auffallenden, hellgrünen Bestände von *Pohlia wahlenbergii* an arktischen und alpinen Quellen sind schon von jeher als eigener Vegetationstyp aufgefasst worden. Dies fand seinen Niederschlag in zahlreichen Namen, von denen der überwiegende Teil die Bestände aus dem skandinavischen Raum bezeichnet, die von Nordhagen (1943) als *Mniobryo-Epilobietum hornemannii* beschrieben wurden (siehe auch Dierssen 1996). Aus den Alpen lagen bis 1976 keine Tabellen zu diesen Gesellschaften vor (Geissler 1976). Die *Pohlia wahlenbergii* dominierten Quell-Gesellschaften aus den Alpen lassen sich jedoch wegen der fehlenden VC nicht dem *Montio-Epilobion hornemannii* zuordnen. *Pohlia wahlenbergii* hat zwar im *Mnyiobryetum* ihr Optimum in Präsenz und Dominanz, kommt aber auch mit z.T beachtlicher Deckung in anderen Gesellschaften der *Montio-Cardaminetalia* vor. Sie kann deshalb nicht allein als AC des Vegetationstyps in Frage kommen. *„Mniobryum ludwigii ist seltener, gedeiht aber ausschließlich in dieser Gesellschaft"* (Geissler 1976) und erfüllt damit die Anforderungen an die Treue zur Assoziation wesentlich besser. Das *Mniobryetum albicantis* hat mithin wenigstens eine, wenn auch leicht zu verwechselnde Charakterart. Wie die Tabelle 3a deutlich macht, ist die Anbindung an das *Philonotidion seriatae* schwach, die Stellung in den *Montio-Cardaminetalia* hingegen eindeutig. Dies entspricht in jedem Maße auch den Tabellen von Geissler (1976).

Bemerkenswert ist außerdem das gemeinsame Vorkommen von *Pohlia wahlenbergii* mit *Bryum weigelii*. In den Vogesen ersetzt es sogar die namengebende Art (vergl. v.a. Kambach & Wilmanns 1969). *Bryum weigelii* kann zumindest als gute Trennart gegen das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* verwendet werden. Die Angaben aus den Silikatmittelgebirgen zeigen ebenfalls eine standörtliche Bindung an Quellen (vergl. u.a. Düll 1980), so dass *Bryum weigelii* möglicherweise auch als AC des *Mniobryetum albicantis* in Frage kommt.

Ähnlich wie bei einigen zuvor besprochenen Vegetationstypen kann die Zuordnung *Pohlia wahlenbergii*-reicher Bestände der arktischen Zone zum *Montio-Epilobion hornemannii* nicht allein aus arealgeographischen Erwägungen erfolgen. Wenn die charakterisierenden Arten des Verbandes weiträumig fehlen, weil die Gesellschaften extremere Standorte besiedeln als im Zentrum des Areals, dann muss eine Zuordnung zum *Mniobryetum albicantis* und mithin zum *Philonotidion seriatae* erfolgen (vergl. Daniels 1985).

Struktur und Artenverbindung

Große, zusammenhängende, hellgrüne Rasen sind das Merkmal dieser Gesellschaft. Sie decken im Schnitt 90% der Fläche. Höhere Pflanzen treten im Aspekt noch stärker in den Hintergrund als im *Cratoneuro-Philonotidetum*, obwohl die mittlere Deckung der Kraut-

schicht nicht geringer ist. Die Moosschicht erreicht mit im Median 6 cm nahezu die mittlere Höhe der Krautschicht.

Im WF-Spektrum kommt der augenscheinliche Unterschied zum *Cratoneuro-Philonotidetum* erwartungsgemäß nicht zum Ausdruck, fallen doch beide, *Philonotis seriata* und *Pohlia wahlenbergii*, gleichermaßen in die Kategorie Hochrasen. Dennoch wird die Dominanz der Mooshochrasen im *Mniobryetum* durch die auffallend geringe Zahl an steten WF (3) deutlich. Nicht nur floristisch, auch strukturell gibt es allerdings graduelle Übergänge zum *Cratoneuro-Philonotidetum*.

Verbreitung

Das *Mniobryetum albicantis* ist in erster Linie in der alpinen Stufe der Zentralalpen verbreitet. Kalkreiche Quellen werden weitestgehend gemieden. Wie bereits angedeutet, sollten jene Aufnahmen aus der arktischen Zone, die keine der von NORDHAGEN angegebenen VC des *Montio-Epilobion hornemannii* enthalten, zum *Mniobryetum* und mithin in das *Philonotidion seriatae* gestellt werden. Damit erweitert sich das Areal der Gesellschaft bis nach Grönland (vergl. DE MOLENAAR 1976), und die Abgrenzung zu den Gesellschaften des *Montio-Epilobion hornemannii* bedarf der Klärung. DIERSSEN (1996) belegt ein *Mniobryo-Epilobietum hornemannii* mit insgesamt 72 Aufnahmen aus Skandinavien.

Die wenigen Vorkommen von *Pohlia wahlenbergii var. glaciale* in den höchsten Lagen des Schwarzwaldes können als fragmentarische Vorposten der Assoziation gedeutet werden. Die aus fast allen Mittelgebirgen bekannten Moosfluren von *Pohlia wahlenbergii var. wahlenbergii* haben weder floristische noch standörtliche Gemeinsamkeiten mit dem *Mniobryetum*.

Ökologie

„ ... in den kältesten Quellen bildet das hellgrüne Mniobryetum albicans (mit der Varietät glaciale) mächtige Polster und vermag fast alle Nebenbuhler zu unterdrücken". (NORDHAGEN 1936). In allen Arbeiten, die ein *Mniobryetum* abhandeln, wird das Vermögen hervorgehoben, besonders kalte Wasseraustritte besiedeln zu können (z.B. NORDHAGEN 1936, KAMBACH & WILMANNS 1969, GEISSLER 1976, DE MOLENAAR 1976 u.a.). Dabei schwanken die Temperaturangaben zwischen 3–4 °C (GEISSLER) und 5.5–6.0 °C (KAMBACH & WILMANNS). Die eigenen Messungen mit im Mittel 4.9 °C fügen sich gut in dieses Bild. Nach WARNKE & BOGENRIEDER (1985) ist das *Mniobryetum* ein typischer Besiedler kaltstenothermer Quellen. ESCHENBACH (1988) erklärt dies mit der enormen Kälteresistenz von *Pohlia wahlenbergii*.

Der pH-Wert des Quellwassers liegt i.d.R. zwischen 5.9 und 6.9 mit dem Median von 6.3. Lückige Bestände von *Pohlia wahlenbergii* sind zwar gelegentlich auch an kalkreicheren Quellen zu finden (vergl. KOPPE in BUDDE & BROCKHAUS 1954, GEISSLER 1976), die nach ihr benannte Gesellschaft hingegen ist an Weichwasseraustritte gebunden (s.a. NORDHAGEN 1943) und damit dem *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* ökologisch sehr ähnlich.

Die Moosschicht des *Mniobryetum* erhält den vollen Lichtgenuss von 100%. KAMBACH & WILMANNS (1969) beschreiben Bestände aus dem Zastler Loch am Feldberg i.S., die zumindest im Hochsommer durch *Cardamine amara* und *Caltha palustris* stark beschattet werden. Hierbei handelt es sich um seltene Ausnahmen, kommen doch am Feldberg zwei Standortbedingungen zusammen, die überhaupt erst die erforderlichen, tiefen Wassertemperaturen ermöglichen: zum einen eine kalte, rasch abfließende Rheokrene, zum anderen die periodische Beschattung der Quelle im Hochsommer, die eine erhebliche Erwärmung des Quellwassers verhindert. Da *Pohlia wahlenbergii* offensichtlich zeitweilige Beschattung toleriert und am Feldberg stark jahreszeitlich eingenischt ist, kann sich eine *Pohlia wahlenbergii-Synusie* dort halten. Ökologisch entspricht diese Ausbildung in etwa der *Brachythecium rivulare-Cardamine amara-Variante* des *Cratoneuro-Philonotidetum* rasch fließender Rheokrenen, und diese Variante nimmt in der genannten Gesellschaft auch schon eine marginale Stellung ein. Von einem *Mniobryetum albicantis* kann man bei den „Zastler-Beständen" nur mit Vorbehalt sprechen.

Die kapillare Wasserhaltekapazität von *Pohlia wahlenbergii*-Hochrasen scheint höher zu sein als die von *Philonotis*-Rasen; die beobachtete größere Zunahme der relativen Luftfeuchte über der Moosschicht ist zwar nicht signifikant, aber augenfällig. Wie bei allen anderen lichtexponierten Gesellschaften erwärmt sich die Luft über der Moosschicht. Beim *Mniobryetum* liegen die Werte im Mittel 1.5 °C höher als im Freiland.

Das *Mniobryetum albicantis* besiedelt Rohböden, deren Hauptfraktionen Grobsand, Kies und Steine sind (nach GEISSLER 1976 „gewöhnliche alpine Råmark"). Da die Fließgeschwindigkeiten i.d.R. recht gering sind, werden die Standorte von den meisten Autoren als Pionierstandorte, das *Mniobryetum* mithin als Pioniervegetation aufgefasst (vergl. KAMBACH & WILMANNS 1969, GEISSLER 1976). Allenfalls DE MOLENAAR (1976) nennt das *Mniobryetum* eine „(semi-)permanent pioneer community". Diese aus den bodenständörtlichen Gegebenheiten gezogene Schlussfolgerung widerspricht allerdings der Lebensstrategie von *Pohlia wahlenbergii* (vergl. Struktur, Dynamik).

Dynamik

Dauerflächenbeobachtungen, die die Stellung des *Mniobryetum* im syndynamischen Geschehen an alpinen Quellen aufklären könnten, sind aus der Literatur nicht bekannt. Alle Äußerungen in dieser Hinsicht beruhen in erster Linie auf floristischen Vergleichen benachbarter Bestände. GEISSLER (1976) bezeichnet das *Mniobryetum albicantis* als *„... eine Pioniergesellschaft, die sich unter günstigeren Bedingungen zur Mniobryum wahlenbergii-Variante des Cratoneuro-Philonotidetum seriatae entwickelt."* Nur oberhalb 2400 m halte sie sich als Dauergesellschaft.

Wollte man der dominanten Moosart einen Strategietyp nach DURING (1979) zuordnen, so müsste man sie wohl zu den „perennial stayers" stellen. Unter den extremen Kaltwasserbedingungen treten selbst *Philonotis seriata* und *Bryum pseudotriquetrum* zurück. Terrain, das durch Erosion verloren geht, wird durch vegetative Vermehrung (Bruchäste) schnell wieder erobert. Auf eine generative Vermehrung verzichtet *Pohlia wahlenbergii* weitestgehend (GEISSLER 1976).

Über die Kontaktgesellschaften des *Mniobryetum* ist ebenfalls wenig publiziert worden. GEISSLER (1976) weist besonders auf die gelegentlich vorkommenden Schneetälchenarten hin, die möglicherweise sogar eine Entwicklungstendenz in Richtung eines Schneetälchens anzeigen. Nach den eigenen Beobachtungen grenzt die Gesellschaft nicht selten an schmale Streifen des *Caricetum fuscae* oder unvermittelt direkt an die alpinen Rasengesellschaften; ein auffallend hoher Anteil an Schneetälchenarten wurde hingegen nicht beobachtet. Der abfließende Bach kann bei ausreichender Wasserführung ein *Scapanietum uliginosae* tragen, ein unmittelbarer Kontakt wurde aber nicht beobachtet.

Verwendete Aufnahmen zum *Mniobryetum*:

DE MOLENAAR (1976) Tab.III A:5-10; GEISSLER (1976) Tab.8 20 Aufn.; Tab.19 7 Aufn.; ŠMARDA (1950) S. 96 3 Aufn.; HINTERLANG (1992) 5 Aufn. - Summe 41 Aufn.

Literatur

BUDDE & BROCKHAUS (1954), DANIELS (1985), DE MOLENAAR (1976), DIERSSEN (1996), DÜLL (1980), DURING (1979), ESCHENBACH (1988), GEISSLER (1976), GIACOMINI (1939), GRETER (1936), HINTERLANG (1992), KAMBACH & WILMANNS (1969), NORDHAGEN (1936, 1943), RATCLIFFE (1964), ŠMARDA (1950), WARNKE & BOGENRIEDER (1985).

1.1.2.3. *Scapanietum uliginosae* (Sjörs 1946) Dahl 1957

Dunkle Spatenmoos-Gesellschaft (Tab. 3:3)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Blindio-Scapanietum uliginosae Geissler 1976
Lectotypus: Dahl (1957) Tab. 40b A:108
AC: *Scapania uliginosa*
Scapania paludosa und Scapania uliginosa werden in einigen Arbeiten als eine Art aufgefasst (z. B. Dierssen 1996 mit Hinweis auf Zehr 1980, Potemkin 1999). Mit Koperski et al. (2000) wird für diese Arbeit ein eigenständiger Artstatus beider Taxa angenommen.

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Dahl (1957) beschrieb das *Scapanietum uliginosae* mit sechs Aufnahmen aus Rondane (Skandinavien) und stellte es zum *Montio-Epilobion hornemannii* Nordhagen 1943, obwohl *Epilobium hornemannii* gar nicht vorkommt und *Montia* nur in einer Aufnahme mit sehr geringer Deckung. Der Name für die Gesellschaft stammt von Sjörs, der eine *Scapania uliginosa-Union* beschreibt. Geissler (1976) benannte sehr ähnliche Bestände aus den Alpen – wohl mit der Absicht, eine geographische Vikariante zu beschreiben – *Blindio-Scapanietum uliginosae*. Sie stellte ihre Gesellschaft zusammen mit einigen später noch genannten Assoziationen in ein *Marsupello-Scapanion* (vergl. *Montio-Cardaminetalia*: Syntaxonomie).

Die Stellung des *Montio-Epilobion hornemannii* wurde bereits im Zusammenhang mit der Syntaxonomie der *Montio-Cardaminetalia* ausführlich und bei mehreren Gesellschaften im Detail besprochen. Das *Scapanietum uliginosae* zeigt schon bei Dahl keine zwingende Anbindung an das *Montio-Epilobion hornemannii*. In der vorliegenden Arbeit wird die von Dahl (1957) gültig beschriebene Assoziation in das *Philonotidion seriatae* gestellt. Die Tabelle 3a macht die Anbindung an den Verband und die Ordnung sehr deutlich. Ein auffälliger Unterschied zwischen den vorliegenden Aufnahmen aus Skandinavien und Grönland und denen aus den Alpen ist die begleitende *Philonotis*-Art: Bei Dahl und De Molenaar z.B. ist ausschließlich *Philonotis fontana* aufgenommen worden, bei Geissler hingegen tritt nur *Philonotis seriata* auf. Beide Arten sind in den jeweiligen Verbreitungsgebieten jedoch gleichermaßen vertreten (vergl. Smith 1980). Die Gründe für diese Vikarianten können vielfältig sein. *Philonotis seriata* könnte tatsächlich eine gute Trennart einer alpinen Rasse der Assoziation sein; leider ist es aber auch nicht auszuschließen, dass unterschiedliche taxonomische Konzepte der Autoren bei dieser nicht ganz einfachen Gruppe zur Bestimmung führten.

Struktur und Artenverbindung

Das *Scapanietum uliginosae* ist von großen, zusammenhängenden, schwarzbraunen Moosdecken beherrscht. Einartbestände der namengebenden Art sind nicht selten. Die vegetationsfreien Flächen beschränken sich auf die Bereiche mit reißender Strömung, wo sich allenfalls Krustenflechten und Algen halten können. Die Moosschicht erhebt sich je nach Wasserführung bis zu 10 cm über die Wasseroberfläche, unter Wasser sind die „Rasen" oft mehr als knöcheltief (vergl. De Molenaar 1976). Die Krautschicht ist kaum erwähnenswert.

Das WF-Spektrum der Einzelaufnahme besteht aus 100% der Kategorie Wedel. Damit unterscheidet sich diese Gesellschaft nicht von Einartbeständen von *Scapania undulata*, weicht aber ganz erheblich von den beiden zuvor beschriebenen und floristisch so nah verwandten Gesellschaften ab. Unter anderem aus diesem Grund stellt Geissler (1976) die Gesellschaft zusammen mit physiognomisch ähnlichen Gesellschaften in ihr *Marsupello-Scapanion*.

Verbreitung

Das *Scapanietum uliginosae* ist arktisch-alpin verbreitet. In den Alpen findet man es in der subalpinen bis alpinen Stufe (vergl. Geissler 1976 Abb. 3). Eine detaillierte Abgrenzung des Areals ist wegen der wenigen publizierten Aufnahmen noch nicht möglich. Geissler belegt

die Gesellschaft aus der Ost-Schweiz, und die eigene Aufnahme stammt aus dem oberen Inntal. Die Aufnahmen von DAHL aus Rondane (Skandinavien) und einige Bestände von DE MOLENAAR (1976) aus Südost-Grönland.

Ökologie

Das *Scapanietum uliginosae* besiedelt mäßig bis stark erwärmte Quellen, die aber vergleichsweise lange schneebedeckt sind (vergl. DAHL 1957, GEISSLER 1976, DE MOLENAAR 1976). Die Wassererwärmung wird durch geringe Fließgeschwindigkeiten und die dunkle Farbe des Mooses begünstigt. Dies zusammen beschreibt die ökologische Einnischung der Gesellschaft, die durchaus in unmittelbarer Nachbarschaft zum *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* oder ähnlichen Gesellschaften zu finden ist (vergl. DAHL 1957).

DE MOLENAAR (1976) spricht von einer oligo- bis mesotraphenten Gesellschaft, DAHL nennt sie einen „strictly oligotrophic vegetation type". Die eigenen Beobachtungen und auch die Beschreibung von GEISSLER sprechen mehr für letzteres, einen extrem nährstoffarmen Standort. Das *Scapanietum uliginosae* wächst in fast kalkfreiem Wasser mit einem pH deutlich unter 6.0. Die pH-Messung ist bei Leitfähigkeiten < 10 µS nur noch vor einem KCl Ionenhintergrund mit dem Gerät durchführbar. Zum Vergleich wurden deshalb auch kolorimetrische Verfahren herangezogen.

Dynamik

Am Beispiel der Gesellschaften des *Marsupello-Scapanion* wird bei GEISSLER (1976) besonders deutlich, wie die räumliche Nähe der Vegetationstypen syndynamisch gedeutet wird. Demnach entwickeln sich epipetrische Moosgesellschaften über *Marsupella*-Gesellschaften schließlich u.a. zum *(Blindio-)Scapanietum uliginosae*. Diese Annahme ist jedoch nur statthaft, wenn zumindest an einer Dauerfläche solche Entwicklungslinien aufgedeckt wurden. Unter den extremen Bedingungen alpiner Quellstandorte ist es ebenso denkbar, dass keine festgelegte Sukzessionsreihe abläuft, sondern allenfalls Kalamitäten einen Wechsel im Vegetationsgefüge anstoßen können.

Die Lebensstrategie derartiger Bestände ist eindeutig als „perennial stayers" (vergl. DURING 1979) einzustufen. Die ungünstige Jahreszeit wird unter einer schützenden Schneedecke verbracht. *Scapania uliginosa* dürfte unter den geschilderten Bedingungen auch nahezu konkurrenzlos sein.

Verwendete Aufnahmen zum *Scapanietum uliginosae*:

DE MOLENAAR (1976) Tab.III A:13-15; GEISSLER (1976) Tab.21 A:5,9-10; Tab.24 21 Aufn.; HINTERLANG (1992) eine Aufnahme: *Scapania uliginosa* 4, Serfaus, Austria; - Summe 28 Aufn.

Literatur

DAHL (1957), DE MOLENAAR (1976), DIERSSEN (1996), DURING (1979), GEISSLER (1976), HINTERLANG (1992), KOPERSKI et al. (2000), NORDHAGEN (1943), POTEMKIN (1999), SJÖRS (1946), SMITH (1980), ZEHR (1980).

1.1.2.4. *Scapanietum paludosae* K. Müller 1938

Sumpf-Spatenmoos--Gesellschaft (Tab. 3:4)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen: -

AC: *Scapania paludosa*

(Scapania paludosa und Scapania uliginosa werden in einigen Arbeiten als eine Art aufgefasst (z.B. DIERSSEN 1996 mit Hinweis auf ZEHR 1980, POTEMKIN 1999). Mit KOPERSKI et al. (2000) wird für diese Arbeit ein eigenständiger Artstatus der Taxa angenommen.)

Syntaxonomie und Nomenklatur

Das *Scapanietum paludosae* Müller 1938 wird zwar als Assoziation des *Philonotidion seriatae* ausgewiesen, hier und in der Arbeit von HINTERLANG 1992 aber nicht ausführlich behandelt, da nur sehr wenig Aufnahmematerial publiziert und im Verlauf der Feldarbeiten auch nur ein Fundort dieses Vegetationstyps in Augenschein genommen werden konnte. Diese Grundlage erscheint dem Autor nicht hinreichend, um Wertvolles zum Verständnis dieser Gesellschaft beitragen zu können.

Verbreitung

Bekannt ist diese Gesellschaft aus der subalpinen Stufe, dem Hoch-Schwarzwald (Feldberg), aus dem Bayerischen Wald, dem Fichtelgebirge und dem Allgäu. Sie ist immer selten und zirkumboreal verbreitet (FRAHM & FREY 1987).

Ökologie

Die Sumpf-Spatenmoos--Gesellschaft kommt an nassen, kühlen Quellstellen mit geringer Wasserbewegung und schwach saurer Boden- bzw. Wasserreaktion vor.

Verwendete Aufnahmen zum *Scapanietum paludosae*:

KAMBACH (1968) A:1-5; OBERDORFER (1977) Tab.60.1 10 Aufn.; Tab.60.2 p.p.; - Summe 15 + x Aufn. (Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass ein und dergleiche Bestand mehrmals dokumentiert wurde.)

Literatur

DIERSSEN (1996), FRAHM & FREY (1987), HINTERLANG (1992), KAMBACH (1968), KOPERSKI et al. (2000), MÜLLER (1938), OBERDORFER (1977), POTEMKIN (1999), ZEHR (1980).

1.1.3. *Cratoneurion commutati* Koch 1928 nom. cons.

Starknervmoos-Gesellschaften kalkreicher Quellstandorte, Kalktuff-Quellen

(Tab. 4a, 4b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:

Cratoneurion (Koch 1928) emend. Geissler 1976 p.p., *Cratoneurion* Maas 1959 p.p., *Cratoneuretum falcati* sensu GAMS (1927), *Cratoneuro-Saxifragenion* Nordhagen (1943)

Holotypus: *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv.

VC: *Philonotis calcarea, Aneura pinguis, Bryum turbinatum, Preissia quadrata*; DV: *Pinguicula alpina, Pinguicula vulgaris, KC Cratoneuron commutatum* (regional, opt.)

Syntaxa: *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv., *Cardamino-Cratoneuretum* Kornas & Medwecka-Kornas 1967, *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* (Oberdorfer 1957) Th.Müller 1961 nom. inv., *Eucladietum verticillati* Allorge 1922

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

„Quellflur-Assoziationen frischen kalkreichen Wassers umfassend, bewohnen die Gesellschaften dieses Verbandes, in welchem die Krautschicht weitgehend von der Moosschicht beeinflusst wird, vorzugsweise die montane und subalpine Stufe. Ökologisch ist die häufige Bildung von Kalktuff sehr bemerkenswert. Aus der subalpinen Stufe ist uns vorläufig erst eine Assoziation bekannt" KOCH (1928).

Wegen der heute allgemein akzeptierten Verwendung von *Palustriella commutata* als Speziesbezeichnung für *Cratoneuron commutatum* könnte erwogen werden eine Namensanpassung für die Syntaxonbezeichnung herbeizuführen. Da *Cratoneuron commutatum* aber durchaus noch in sehr vielen Vegetations- und Florenwerken als Speziesnamen verwendet wird und die Verbandsbezeichnung in höchstem Maße gebräuchlich ist, wird beantragt, die Bezeichnung *Cratoneurion commutati* im Sinne von Kapitel 10: Nomina conservanda des Nomenklaturcodes (WEBER et al. 2001) beizubehalten.

Das *Cratoneurion commutati* war nicht zuletzt wegen seiner standörtlichen Gegebenheiten zumindest bis in die 1970er Jahre völlig unumstritten (vergl. FLINTROP 1984). Im *Cratoneurion commutati* wurden jene Gesellschaften kalkreicher, nicht selten tuffbildender Wasseraustritte zusammengefasst, die allesamt eine m.o.w. starke Beteiligung von *Cratoneuron commutatum* am Aufbau der Vegetation gemeinsam hatten. Von KOCH (1928) war diese Art als einzige VC namentlich ausgewiesen worden, obwohl auch nach damaligem Kenntnisstand *Cratoneuron commutatum* – selbst in der var. *falcatum* – auch mit neutrophilen Arten zusammengeht (KOCH hat die Arbeit von GAMS zitiert).

GAMS hatte im Jahr zuvor für die Quellfluren seines Arbeitsgebietes den Namen *Cratoneuretum falcati* vorgeschlagen, denn *„Die moosreichen [Quellfluren] des Gebiets können fast alle als Cratoneuretum falcati vereinigt werden, da die sauren Martinellieta (= Scapanieta), Philonoteta seriatae usw. nur durch recht spärliche Fragmente vertreten sind ... und auch die mehr neutrophilen Bryeta schleicheri ... und Diobeleta squarrosi (nur ganz dürftig vertreten) meist reichlich Cratoneuron falcatum enthalten..."* GAMS (1927). Seine „Cratoneureta" reichen von einem kalkreichen bis zu einem kalkarmen Flügel (mit u.a. *Philonotis seriata*). Die Endungen „-eta" benutzt er für eine Mehrzahl von Beständen, nicht von Gesellschaften. So kann man verstehen, dass seine drei Aufnahmen zu den „Cratoneureta falcati" sehr heterogen sein dürfen. Vor diesem Hintergrund muss das von manchen Autoren ausgewiesene *Cratoneuretum falcati* sensu GAMS (1927) jedoch syntaxonomisch verworfen werden. Nach den heute gültigen Nomenklaturregeln sind die Gesellschaften von GAMS allesamt ungültig beschrieben. Gleichwohl werden diese Gesellschaftsbezeichnungen bis in die aktuelle Zeit ohne Emendierungen verwendet (vergl. ZECHMEISTER 1993, EICHBERGER & ARMING 2009).

Das Charakterarteninventar des Verbandes hat sich schon bei OBERDORFER (1957) erheblich erweitert: *Cratoneuron commutatum, Cratoneuron filicinum, Eucladium verticillatum, Philonotis calcarea, Saxifraga aizoides, Heliosperma quadridentatum (= Silene pusilla)*. Bei BRAUN (1968, 1970) finden sich neben *Cratoneuron commutatum* noch *Bryum*

pseudotriquetrum, Aneura pinguis, Preissia quadrata, Cratoneuron filicinum, Plagiomnium elatum und *Philonotis calcarea*.

GEISSLER (1976) erweiterte den Verband dann erheblich, indem sie das *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* und das *Mniobryetum albicantis*, beides Silikatquellgesellschaften, ihrem *Cratoneurion* anschließt. Mit dieser Lösung gelingt zwar eine Anbindung der subalpinen Silikatquell-Gesellschaften an die Ordnung, die Erweiterung des *Cratoneurion* wirft aber zugleich ein neues Problem auf. Innerhalb des *Cratoneurion* sensu GEISSLER entsteht eine Gruppe calciphiler Assoziationen, die sich durch gute Kenn- und Trennarten wieder abgliedern ließe. Da in dieser Gruppe gerade jene Gesellschaften zusammengefasst würden, die zuvor im *Cratoneurion* sensu KOCH vereinigt waren, müsste man einen Unterverband gleichen Namens schaffen. Für den Bearbeiter ist es schlüssiger, das von KOCH (1928) beschriebene *Cratoneurion commutati* beizubehalten und mit dem *Philonotidion seriatae* einen ökologisch vikariierenden Verband daneben zu stellen. Die jetzt vorliegende Gesamtgliederung der Klasse sieht das *Cratoneurion commutati* deshalb in seiner ursprünglichen Beschreibung von KOCH (1928).

Cratoneuron commutatum (= Palustriella commutata) kann das *Cratoneurion commutati* nicht charakterisieren, denn es ist – wie GEISSLER richtig erkannte – auch in Gesellschaften des *Philonotidion seriatae* regelmäßig zu finden. Von den oben genannten VC kommt neben den AC praktisch nur *Philonotis calcarea* in Frage. Ob *Bryum turbinatum, Aneura pinguis* und *Preissia quadrata* den Anforderungen an eine gute Kennart des *Cratoneurion* standhalten, müssen weitere Untersuchungen im Kalkquell-Kalksumpfbereich erst zeigen.

NORDHAGEN (1943) stellte einen Unterverband *Cratoneuro-Saxifrag(en)ion* auf, der durch das Fehlen von *Arabis soyeri, Heliosperma quadridentatum* und *Cochlearia pyrenaica* negativ differenziert ist (vergl. DE MOLENAAR 1976). Vor dem Hintergrund des zuvor Gesagten wird ein solcher Unterverband hinfällig.

Die vielfach diskutierte Möglichkeit, das *Cratoneurion commutati* der von BRAUN-BLANQUET (1948/49) aufgestellten Klasse *Adiantetea* zuzuordnen (vergl. BRAUN-BLANQUET 1967, DIERSSEN 1973, FLINTROP 1984), erscheint wenig sinnvoll, vergleicht man das Aufnahmematerial, das aus dem mediterranen Raum, dem vermeintlichen Zentrum des Areals dieser Klasse, vorliegt (vergl. DEIL 1989). Diese Lösung wird vor allem deshalb favorisiert, weil die floristische Anbindung der *Cratoneuron*-Reinbestände aus montanen bis planeren Lagen der Kalk-Mittelgebirge an das *Cratoneurion commutati* allein über die namengebende Art erfolgt. Hier sollte man jedoch nicht nach einer „Atomisierung der Klassen" trachten, sondern mit der von KAMBACH & WILMANNS (1969) vorgestellten Möglichkeit der Beschreibung von Moos-Synusien arbeiten. Demnach findet sich eine *Cratoneuron commutatum-Union* in nahezu allen Assoziationen des *Cratoneurion*. Am Rande des Areals der Gesellschaften, namentlich in den Kalk-Mittelgebirgen Zentraleuropas, fallen die AC aus und die Gesellschaften desintegrieren (vergl. *Philonotidion seriatae*). Die verbleibende *Cratoneuron commutatum-Union* kennzeichnet die Kalkquellen dort in hervorragendem Maße.

Manche Autoren fassen solche *Cratoneuron*-Bestände als Initialgesellschaften eines *Cratoneuro-Arabidetum* Koch 1928 auf (LEBRUN et al. 1949), aber auch als Stadium in einer Sukzessionsreihe kann ein Assoziationsrang nicht zugebilligt werden, wenn eigene Charakterarten fehlen. Als Zentralassoziation des Verbandes kommen diese Moossynusien ebenfalls nicht in Frage, denn die Bestände sind nicht floristisch gesättigt im Sinne von DIERSCHKE (1981), sie bilden nicht das Zentrum des Verbandes, sondern markieren die äußerste Peripherie.

Alle oben genannten Assoziationen des *Cratoneurion* sind hingegen durch *Bryum pseudotriquetrum, Cratoneuron commutatum, Cratoneuron decipiens, Epilobium alsinifolium, Cardamine amara* und *Deschampsia cespitosa* deutlich in die *Montio-Cardaminetalia* und die *Montio-Cardaminetea* eingebunden.

Struktur und Artenverbindung

Wie im *Philonotidion seriatae* sind die Moosrasen die prägenden Strukturen des *Cratoneurion commutati*. Die Moose bilden große Flecken oder Decken und erreichen mit im Durch-

schnitt 4–6 cm eine beträchtliche Höhe. Die Krautschicht ist hingegen wesentlich artenreicher. Im Vergleich zum *Cardamino-Montion* ist die Krautschicht ebenfalls mit geringerer Deckung am Vegetationsaufbau beteiligt.

Die Vielfalt der Vegetationsstrukturen ist im *Cratoneurion* größer als im *Philonotidion*. Dies ist in erster Linie auf die höhere Artenzahl zurückzuführen. Besonders auffällig ist in diesem Zusammenhang die Vielfalt der Grasartigen (Schoenid, Corynephorid, Airid und Trisetid), die v.a. auf jene Kleinseggen, Gräser und Monokotylen zurückzuführen sind (*Sesleria uliginosa, Carex dioica, Triglochin palustre, Carex panicea* u.a.), die als Differentialarten aus dem *Caricion davallianae* das *Cratoneurion* bereichern. Das Mengenverhältnis der dominanten Wuchsform Hochrasen zu den übrigen Wuchsformenkategorien ist jedoch im *Philonotidion* und *Cratoneurion* sehr ähnlich.

Verbreitung

Die geographische Verbreitung des *Cratoneurion* muss einstweilen mit einigen Fragezeichen versehen werden. Aufnahmen existieren aus zentralen Teilen der Alpen, den nördlichen und südlichen Kalkalpen, dem Alpenvorland und der Hohen und niederen Tatra. *Philonotis calcarea* ist aber auch arktisch verbreitet. Das Areal des Verbandes ist also vermutlich arktisch-alpin, der Anteil kalkhaltiger Gesteine ist in den Alpen jedoch wesentlich höher als in Skandinavien oder Grönland, so dass aus Nordeuropa nur wenig Material bekannt ist. Das Zentrum des Areals mag deshalb in den Alpen liegen. Wie bereits erwähnt, bedarf das Verhältnis zwischen *Montio-Cardaminetea* und *Adiantetea* noch einer Klärung, so dass auch von dieser Seite keine gesicherten Angaben über die Arealgrenzen des *Cratoneurion* vorliegen. Die verlässlichsten Aussagen können über die Höhenverbreitung in Mitteleuropa gemacht werden. Der überwiegende Teil der Gesellschaften ist an die subalpine Stufe gebunden, seltene Reliktvorkommen finden sich aber bis in die submontane Stufe (z.B. Almequelle, Sauerland, 325 m ü. NN) (vergl. auch SAVELSBERG 1977). Der größte Teil der montanen bis kollinen Kalkquellen wird allerdings nur noch von Fragmenten des *Cratoneurion* bzw. Synusien einer *Cratoneuron*-Federation besiedelt.

Ökologie

Das ökologisch herausragende Merkmal des *Cratoneurion commutati* ist die Tuffbildung (Kalk-Sinter). Schon bei KOCH (1928) wird dieses Phänomen besonders hervorgehoben. BRAUN-BLANQUET (1967) stellt die Versinterung jedoch auch als kennzeichnendes Merkmal der *Adiantetea* (s.o.) heraus. GEISSLER (1976) macht erstmals darauf aufmerksam, dass diese Gesteinsbildung streng temperaturabhängig ist und deshalb bei vielen subalpinen Quellfluren unterbleibt. Nach eigenen Beobachtungen ist die Akkrustierung mit Kalziumkarbonat die Regel, oft aber nicht als Terassenbildung augenscheinlich, sondern nur als mikroskopisches Merkmal bei der Bestimmung der Arten hinderlich; nur bei sehr niedrigen Temperaturen oder nahezu neutralen Bedingungen fehlen die Kalkkristalle.

Vom nahe verwandten *Philonotidion seriatae* unterscheidet sich das *Cratoneurion commutati* praktisch ausschließlich durch die hohen Leitfähigkeitswerte und Härtegrade des Quellwassers. Die pH-Werte liegen dementsprechend deutlich über dem Neutralwert, zeigen aber durchaus gesellschaftsdifferenzierende Unterschiede. Die Messdaten zum Stickstoff- und Phosphatgehalt des Quellwassers ergeben keinerlei Hinweis auf eine auch nur geringfügige Belastung der Standorte (vergl. auch NADIG 1942).

Wie die Gesellschaften des *Philonotidion* genießen die Gesellschaften des *Cratoneurion* den vollen Lichtgenuss bis auf die Moosschicht, sind die Luftfeuchtigkeitswerte über der Moosschicht nur geringfügig erhöht, die Lufttemperaturen hingegen durch die Wärmeemission deutlich höher als in der Umgebung.

Die Karstquellen der Kalkmittelgebirge haben häufig recht spektakuläre Austrittsstellen und sind deshalb gefasst und/oder touristisch erschlossen (z.B. Paderquellen in Paderborn, Rehquellen bei Osnabrück). Die Karsterscheinungen in Kalkquellgebieten bedingen auch einen im Vergleich ungewöhnlich hohen Anteil an Limnokrenen. Derartige „Tümpel"quellen tragen nicht selten Gesellschaften des *Ranunculion fluitantis* (vergl. HINTERLANG 1986).

Tabelle 4a: Übersicht des *Cratoneurion commutati* Koch 1928

1: *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv.
2: *Cardamino-Cratoneuretum* Kornas & Medwecka-Kornas 1967
3: *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* (Oberd. 1957) Th.Müller 1961 nom. inv.
4: *Eucladietum verticillati* Allorge 1922

Vegetationstyp:	1	2	3	4
Anzahl der Aufnahmen	105	89	18	10
Mittlere Artenzahl	12	11	9	6
AC/D Veg.-typ 1:				
Arabis soyeri	V +	.	.	.
Silene pusilla	IV 1	.	.	.
KC *Saxifraga stellaris*	IV 2	.	I	.
OC *Saxifraga aizoides*	III 2	.	.	.
OD *Ligusticum mutellina*	III 1	.	.	.
OC *Philonotis tomentella*	II 2	.	.	.
D *Viola biflora*	II +	.	.	.
D *Sesleria uliginosa*	II +	.	.	.
D *Polygonum viviparum*	II r	.	.	.
D *Equisetum variegatum*	II r	.	.	.
D Veg.-typ 2:				
VC *Philonotis calcarea*	.	V 1	.	.
Calycocorsus stipitatus	.	III +	.	.
VC *Bryum turbinatum*	+ 2	II 2	.	.
Carex dioica	.	II 1	.	.
Triglochin palustre	.	II 1	.	.
Carex flava	.	II +	.	.
Equisetum palustre	.	II +	.	.
Molinia caerulea	.	II r	.	.
Tussilago farfara	.	II +	.	.
OD *Carex frigida*	.	II 1	.	.
AC Vegetation.-typ 3:				
Cochlearia pyrenaica	.	.	V 4	.
AC/D Vegetation.-typ 4:				
Eucladium verticillatum	.	.	.	V 3-5
VC *Preissia quadrata*	.	.	.	V 1
VD *Mnium stellare*	.	.	.	III +
Weitere VD:				
D *Carex panicea*	+ 2	IV +	III	.
D *Soldanella alpina*	I 1	II +	.	.
D *Carex davalliana*	I 1	II +	.	.
D *Eleocharis quinqueflora*	+ 1	II +	.	.

OC:				
Bryum pseudotriquetrum	IV ^{2}	V ^{2}	III	I $^{+}$
Cratoneuron decipiens	II ^{3}	I ^{2}	.	.
Epilobium alsinifolium	I ^{1}	III $^{+}$	.	.
Rhizomnium pseudopunctatum	I ^{1}	.	.	.
Dicranella palustris	+ ^{2}	.	.	.
Pohlia wahlenbergii	+ ^{2}	.	.	.
Epilobium anagallidifolium	+ $^{+}$	.	.	.
KC:				
Cratoneuron commutatum	V ^{4}	V ^{4}	V	V $^{+-3}$
Deschampsia cespitosa	IV ^{1}	II $^{+}$	.	.
Cardamine amara	.	I ^{2}	.	.
Brachythecium rivulare	.	.	III	.
Plagiomnium undulatum	.	.	II	.
Rhizomnium punctatum	.	.	.	V $^{+}$
Sonstige:				
Juncus articulatus	+ ^{1}	III ^{2}	.	.
Caltha palustris	+ ^{1}	III $^{+}$	I	.
Ranunculus montanus agg.	II $^{+}$	II ^{r}	.	.
Agrostis stolonifera	II ^{1}	II ^{1}	II	.
Carex nigra	+ ^{1}	II $^{+}$	.	.
Mentha aquatica	.	II $^{+}$	III	.
Cratoneuron filicinum	.	.	IV	III $^{+-1}$
Phragmites communis	.	.	III	.
Eupatorium cannabinum	.	.	III	.
Plagiomnium affine	.	.	III	.
Campylium stellatum	.	.	III	.

Dynamik

Die syndynamischen Prozesse um das *Cratoneurion* sind in vielem denen im *Philonotidion seriatae* analog. Aus der räumlichen Nähe der Quellfluren und der sie oft umgreifenden (Kalk-)Flachmoor-Gesellschaften wird meist eine Sukzession abgeleitet. Geissler (1976) zeichnet für ihr *Cratoneuro-Philonotidetum calcareae* zwei Entwicklungslinien: eine führt „von der *Bryum schleicheri*-Variante zur *B. schleicheri-Philonotis calcarea*-Variante", die andere „von *Cratoneuron commutatum*- und *Saxifraga aizoides*-Pionierstadien zur *Saxifraga aizoides*-Variante". Vermoorung und Entwicklung zu *Caricion davallianae*-Gesellschaften hat sie nur andeutungsweise beobachtet. Für Koch (1928) ist dieser Sukzessionsweg immer dort vorgezeichnet, *„wo edaphische Verhältnisse eine Weiterentwicklung der Dauergesellschaft zulassen"*.

Literatur

Allorge (1922), Braun (1968, 1970), Braun-Blanquet (1948/49, 1967), Deil (1989), De Molenaar (1976), Dierschke (1981), Dierssen (1973), Eichberger & Arming (2009), Flintrop (1984), Gams (1927), Geissler (1976), Hinterlang (1986, 1992), Kambach & Wilmanns (1969), Koch (1928), Kornas & Medwecka-Kornas (1967), Lebrun et al. (1949), Maas (1959), Müller (1961), Nadig (1942), Nordhagen (1943), Oberdorfer (1957), Savelsberg (1977), Zechmeister (1993).

Tabelle 4b: Ökologische Kenndaten zu Tabelle 4a
(Medianwerte der Messreihen aus HINTERLANG 1992)

Vegetationstyp:	1	2
Anzahl der Messreihen	10	9
Höhe	!1995	!1530
Fläche	!2	!1
Höhe der Krautschicht in cm	8.5	10
Höhe der Moosschicht in cm	5.5	4
Deckung der Krautschicht in %	20	20
Deckung der Moosschicht in %	87.5	90
Artenzahl Krautschicht	8.5	8
Artenzahl Moosschicht	3	3
Beschattung	--	--
Rel.Lichtgenuss Kr.-schicht in %	100	97.5
Rel.Lichtgenuss Ms.-schicht in %	100	96.8
Diff. RH Freiland-Kr.schicht in %	-7	-7
Diff. RH Freiland-Ms.schicht in %	-9.5	-17
Diff. RH Kr.-Msschicht in %	-0.5	-11
Diff. T Freiland-Kr.schicht in °C	1.9	-3.5
Diff. T Freiland-Ms.schicht in °C	1.9	-4.1
Diff. T Kr.-Ms.schicht in °C	0	0
Quellwasser:		
Wassertemperatur in °C	!4.45	!10.5
Sauerstoffgehalt in mg/l	9.5	.
Leitfähigkeit in µS/cm	!188	!367
Wasserstoffionenkonz. (pH)	!7.15	!7.8
Gesamthärte in °DH	!5.4	!12.0
Karbonathärte in °DH	!4.8	!8.5
Nitrit in mg/l	0	0
Nitrat in mg/l	0	5
Ammonium in mg/l	0	0
Phosphat in mg/l	0	0

1.1.3.1. *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv.

Gänsekressen-Starknervmoos--Gesellschaft (Tab. 4:1)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae Koch 1928, *Pinguiculo (vulgaris)-Cratoneuretum* Oberd. 1957, *Arabido jacquinii-Cratoneuretum falcati* Philippi 1975, *Cratoneuretum falcati* Gams 1927 em. Philippi & Oberd. 1977 p.p., *Cratoneuretum filicino-commutati* Philippi & Oberd. 1977 p.p., *Cratoneuro-Philonotidetum calcareae* Geissler 1976 p.p.
Lectotypus: Koch (1928) Tab. 4 A:2
AC: *Arabis soyeri, Heliosperma quadridentatum (=Silene pusilla)*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Das *Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae* wurde von Koch (1928) gültig beschrieben. Wegen der Verwendung verschiedener Speziesbezeichnungen für *Arabis soyeri* sind aus der Literatur mehrere Synonyme für diese Assoziation bekannt (s.o.). Da *Arabis soyeri* durchaus noch in vielen Florenwerken mit dem Speziesnamen *bellidifolia* verwendet wird, erscheint eine Korrektur der Syntaxonbezeichnung bislang nicht angebracht. Dem Artikel 10 (b) des Nomenklaturcodes (Weber et al. 2001) entsprechend sollten die beiden Sippenbezeichnungen des *Cratoneuro-Arabidetum* jedoch in umgekehrter Reihenfolge genannt werden, da die dominierende Schicht dieses Vegetationstyps aus *Cratoneuron commutatum* gebildet wird. Schon 1992 hatte Hinterlang der Nomenklaturkommission deshalb vorgeschlagen, das Syntaxon in Zukunft *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum* Koch 1928 nom. inv. zu nennen. Ein ähnlicher Vorstoß wurde bereits von Philippi (1975) gemacht. Demnach sollte die Gesellschaft jedoch *Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum falcati* heißen. Dem Zusatz *falcati* kann nicht zugestimmt werden, da dieser Epitheton bei Koch (1928) fehlt. Außerdem zeigt das Material von Braun-Blanquet (1978), dass beide Varietäten gleichermaßen die Moosschicht aufbauen können.

Da einige der von Koch (1928) genannten Charakterarten auch in anderen, später beschriebenen Gesellschaften des *Cratoneurion* auftreten, kommt aus seiner Liste nur noch *Arabis soyeri* in Frage. Bei Oberdorfer (1957) wird erstmals *Silene pusilla* (= *Heliosperma quadridentatum*) als AC angegeben. In der Tabelle von Oberdorfer (1977) ist diese Art zwar auf diese Assoziation beschränkt, sie hat jedoch nur eine Stetigkeit von 10%. Eigene Beobachtungen des Autors in den vergangenen 25 Jahren bekräftigen den Rang einer AC für *Silene pusilla*, jedoch wäre weiteres Aufnahmematerial sehr wünschenswert.

Bemerkenswert ist auch das Fehlen von *Philonotis calcarea* in der Tabelle von Koch (1928) und Oberdorfer (1957). In den meisten späteren Tabellen ist die Art mit z.T. hoher Stetigkeit vertreten (vergl. Braun 1970, Geissler 1976, Oberdorfer 1977, Braun-Blanquet 1978 u.a.). Aus den synoptischen Tabellen kann aber leider nicht entnommen werden, ob die beiden Arten positiv oder negativ miteinander korrellieren oder sich indifferent zueinander verhalten. In den Aufnahmen von Hinterlang (1992) schließen sich *Arabis soyeri* und *Philonotis calcarea* aus. Bei Braun-Blanquet (1978) ist das nicht der Fall.

Aus dem Aufnahmematerial des Autors wird überdies deutlich, dass das *Arabido-Cratoneuretum* weitaus weniger Differentialarten aus den Kalkflachmooren trägt als z.B. das *Cardamino-Cratoneuretum*. Die differenzierende Artengruppe enthält vielmehr Arten, die auch auf dem „sauren Flügel" der Ordnung zu finden sind. Damit vermittelt das *Arabido-Cratoneuretum* floristisch zum *Philonotidion seriatae*.

Als Koch (1928) die Assoziation und ihren Verband beschrieb, machte er auf die Verzahnung des *Arabido-Cratoneuretum* mit Gesellschaften des *Caricion davallianae* aufmerksam. *„Der häufig geringe räumliche Umfang der Siedlungen und das beinahe stete Angrenzen und die Weiterentwicklung der Cratoneuron-Arabis bellidifoliae-Assoziation zu[m] Caricetum davallianae haben die Fassung erschwert"* Koch (1928). Tatsächlich dringen fast immer Elemente der genannten Gesellschaft oder ihres Verbandes ein, doch nehmen sie hier weit weniger Platz in Anspruch als in den Kalkflachmoor-Gesellschaften. Das *Arabido-Cra-*

toneuretum ist floristisch gut an Verband, Ordnung und Klasse der *Montio-Cardaminetea* angebunden.

Untergliederung:

KOCH (1928) unterscheidet keine Subassoziationen des *Arabido-Cratoneuretum*. Einige Varianten von GEISSLER (1976) könnten analog zum *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* (s.o.) als Subassoziationen aufgefasst werden, doch beziehen sich ihre Einteilungen auf ein *Cratoneuro-Philonotidetum calcareae*, welches sowohl Bestände mit als auch ohne *Arabis soyeri* enthält. Dieser Vorstellung wird hier nicht gefolgt, so dass zu prüfen bleibt, ob die von ihr benannten Varianten auch in einem *Arabido-Cratoneuretum* Gültigkeit haben.

BRAUN-BLANQUET (1978) unterteilt die Assoziation in ein *cratoneuretosum commutati* und ein *cratoneuretosum falcati*. Die beiden Varietäten von *Cratoneuron commutatum* werden als eigene Arten aufgefasst und schließen sich in seinem Aufnahmematerial (35 Aufn.) aus. Die beiden vermeintlichen *Cratoneuron*-Arten sind die einzigen trennenden Taxa seiner Untergesellschaften. Eine ökologische Begründung für die beiden Subassoziationen gibt BRAUN-BLANQUET nicht. Dieser Aufteilung wird aus drei Gründen nicht gefolgt:
1. wegen der bei SMITH (1980) und CORLEY et al. (1981) diskutierten Vielgestaltigkeit des Taxons *Cratoneuron commutatum* ist eine Unterscheidung der Varietäten nicht immer möglich. Nach den eigenen Beobachtungen kommen die beiden Varietäten auch häufig gemeinsam vor und werden deshalb im eigenen Aufnahmematerial nicht unterschieden.
2. Zur Unterscheidung von Untergesellschaften sollte möglichst mehr als ein Taxon zur Verfügung stehen (vergl. DANIELS 1980).
3. Subassoziationen bringen i.d.R. leicht verschiedene Standortbegebenheiten zum Ausdruck, die in diesem Zusammenhang nicht erkennbar sind.

OBERDORFER beschreibt 1957 das *Pinguiculo-Cratoneuretum* als submontane Tuffmoosflur und greift ein *Eucladio-Pinguiculetum alpinae* Br.-Bl. 1948 auf, das er als praealpine Tuffmoosflur geographisch zwischen die Vorgenannte und das hier besprochenen (alpine) *Arabido-Cratoneuretum* stellt. 1977 haben OBERDORFER und PHILIPPI diese Idee aber wieder aufgegeben und weisen das *Pinguiculo-Cratoneuretum* als Synonym aus. Diese drei Typen als verschiedene Höhenformen des *Arabido-Cratoneuretum* zu begreifen, erscheint aber zumindest nicht abwegig.

Auf der Suche nach einer Unterteilung in Subassoziationen, die verschiedene Standortsituationen repräsentieren, erscheint es am sinnvollsten, die Bestände aus den Zentralalpen konsequenter den Beständen aus den nördlichen und südlichen Kalkalpen gegenüber zu stellen. Nach meinem Eindruck könnten sich dann Differentialarten aus dem *Philonotidion seriatae* herausschälen, die eine neutral bis basische Subassoziation der Zentralalpen begründen, z.B. ein *philonotidetosum*, und eine Subassoziation der Kalkalpen, die durch eine Gruppe von kalkholden Arten aus dem *Caricion davallianae* ausgezeichnet ist, vielleicht ein *tofieldietosum*. Auch von den Charakterarten scheint dem Autor *Silene pusilla* mit höherer Stetigkeit in den Kalkalpen vorzukommen. Leider war das von HINTERLANG (1992) zusammengetragene Material nicht aussagekräftig genug, um diese inzwischen jahrzehntelange Erfahrung zu belegen.

Struktur und Artenverbindung

Große Flecken oder geschlossene Decken von Moosen bestimmen das Flächenmuster des *Arabido-Cratoneuretum*. Die Höhen und Deckungen von Kraut- und Moosschicht sind denen der ökologisch vikariierenden Gesellschaften der Weichwasserquellen außerordentlich ähnlich. Die mittlere Artenzahl des *Arabido-Cratoneuretum* ist jedoch wesentlich höher als die des *Cratoneuro-Philonotidetum* und kann auch an der vergleichsweise höheren Zahl der Wuchsformen abgelesen werden.

Das Wuchsformenspektrum ist dennoch durch die WF-Kategorie Hochrasen geprägt, die hier sogar im Mittel 100% der Fläche deckt. Diese hohen Werte kommen deshalb zustande, weil das an sich pleurokarpe Moos *Cratoneuron commutatum* – besonders in der

var. *falcatum* – ebenso zur Kategorie Hochrasen gerechnet ist wie die akrokarpen *Philonotis*-Arten. Bei der Zuordnung wird ja allein die Architektur der „Rasen" bewertet, nicht der zugrunde liegende Verzweigungsmodus der Arten. Hochstet ist daneben nur die WF Primulid, die z.B. *Saxifraga stellaris* oder *Arabis soyeri* zumeist annimmt.

Verbreitung

Das *Arabido-Cratoneuretum* ist alpin – praealpin verbreitet. Dabei stammen die wenigsten Aufnahmen aus den nördlichen oder südlichen Kalkalpen (z.B. BRAUN 1970, SMETTAN 1981), die meisten aus den Kalkgebieten der Zentralalpen (vergl. BRAUN-BLANQUET 1978). Dies gilt auch für Aufnahmen von HINTERLANG (1992), die zum einen im Oberen Inntal, zum anderen in den Tauern gemacht wurden. In den Kalkalpen wird *Arabis soyeri* nicht selten durch *Silene pusilla* ersetzt (vergl. BRAUN 1970, PHILIPPI 1975, SMETTAN 1981).

Die Gesellschaft hat in der subalpinen Stufe bei knapp 2000 m ü. NN. ihr Entwicklungsoptimum. Die Aufnahmen aus den Allgäuer Alpen von PHILIPPI (1975) liegen mit 1200–1400 m naturgemäß etwas niedriger. GEISSLER (1976) gibt mit Höhen von 1450–2450 m ü. NN. summarisch eine wesentlich breitere Amplitude für ihre Kalkquellgesellschaften an. Leider fehlen die Höhenangaben in ihren Vegetationstabellen.

Ökologie

Die vergleichsweise geringe Anzahl eigener Aufnahmen macht verlässliche Angaben über die Ökologie des *Arabido-Cratoneuretum* unmöglich. Dennoch sollen im Vergleich mit Literaturdaten einige Beobachtungen festgehalten werden. Im direkten Vergleich mit dem *Cardamino-Cratoneuretum* fallen die signifikanten Unterschiede im Wasserchemismus auf. Das *Arabido-Cratoneuretum* besiedelt neutrale bis schwach alkalische Wasseraustritte. Dass für die Wasserreaktion in erster Linie der Karbonatgehalt verantwortlich zeichnet und nicht etwa andere Härtebildner, ist den mittleren Karbonathärtewerten zu entnehmen. Diese Daten decken sich mit den Beobachtungen von PHILIPPI (1975) und GEISSLER (1976). Letztere macht darauf aufmerksam, dass *Arabis soyeri* gelegentlich auch im *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* zu finden ist, doch sind in ihren Tabellen nur zwei solche Bestände dokumentiert. OBERDORFER (1977) leitet sogar aus der vermeintlich weiten ökologischen Amplitude und geringen Stetigkeit von *Arabis soyeri* ab, dass diese Art zur Charakterisierung der Kalkquell-Gesellschaften nicht geeignet sei. Nach HINTERLANG (1992) *„markiert das Arabido-Cratoneuretum geradezu den neutralen bis schwach alkalischen Flügel des Cratoneurion. Arabis soyeri scheint viel weniger kalktolerant als z.B. Philonotis calcarea. Es besteht also aus ökologischen Erwägungen heraus kein Anlass, das Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae Koch 1928 aufzulösen."*

Wie die Gesellschaften des *Philonotidion* und das nahe verwandte *Cardamino-Cratoneuretum* erhält das *Arabido-Cratoneuretum* vollen Lichtgenuss. Auch bezüglich der Luftfeuchte und der Lufttemperatur zeigt die Gesellschaft keine eigenständigen Züge, obwohl die Lufttemperatur über der Feldschicht abnimmt, d.h. die Wärmeemission weniger stark ist. Die Luftfeuchte nimmt bis zur Moosschicht um 9.5% zu, die mittlere Lufttemperatur liegt über der Moosschicht rund 2 °C niedriger als in der Umgebung (nicht signifikant!).

Dynamik

Der enge Kontakt zum *Caricetum davallianae* hat die Vorstellungen über die syndynamischen Vorgänge an Kalkquellen immer wesentlich geprägt. KOCH (1928) nennt das *Arabido-Cratoneuretum* zwar eine Dauergesellschaft, räumt jedoch ein, dass bei einer Veränderung der edaphischen Verhältnisse eine Weiterentwicklung in Richtung Kalkflachmoor möglich sei. GEISSLER (1976) gibt für ihr nicht ganz vergleichbares *Cratoneuro-Philonotidetum calcareae* verschiedene Entwicklungslinien von Initialstadien über Dauerstadien (*Brachythecium-Cardamine amara*-Variante) bis hin zu Abbaustadien an, doch Dauerbeobachtungen fehlen hier ebenso wie in den zuvor besprochenen Gesellschaften des *Philonotidion*.

Der Akkumulation von Biomasse, die eine Sukzession in Richtung Kalkflachmoor einleiten könnte, steht der ständige Export von Nährstoffen und Bestandesabfall durch das abfließende Wasser insbesondere nach der Schneeschmelze gegenüber (vergl. GEISSLER 1976). Unter diesen Voraussetzungen ist eine Sukzession nur bei Veränderung der Reliefbedingungen und einer veränderten Abflusssituation denkbar, wie dies schon von KOCH (1928) herausgestellt wurde. Das *Arabido-Cratoneuretum* ist also eine hydrologisch bedingte Dauergesellschaft.

Nach DURING (1979) besteht die Moosschicht in erster Linie aus „perennial stayers" mit einzelnen „perennial shuttle species" zusammen. Dies spricht eindeutig für ein dauerhaftes Verbleiben der Gesellschaft am Fundort. Lebensstrategien, die für Pioniervegetation typisch sind, wie „fugitive life strategy" oder „colonists" fehlen hingegen gänzlich.

Verwendete Aufnahmen zum *Arabido-Cratoneuretum*:

KOCH (1928) Tab.4 A:1-6; PHILIPPI (1975) Tab.2 A:7,9,10,12,13; Tab.3 A:4,6 - 8,10,14,18; Tab.5 A:10; GEISSLER (1976) Tab.16 A:1,4,5,7,10 - 13,18 - 19,22,31,32,34 - 37; Tab.17 A:3-5; Tab.18 A:5,7,8,11,13 - 24,26; Tab.20 A:5-7; BRAUN-BLANQUET (1978) Tab.1 A:1,3 - 17,19 - 35; SMETTAN (1981) Tab.48 A:679, Tab.49 A:685,634,741; HINTERLANG (1992) 10 Aufn. - Summe 105 Aufn.

Literatur

BRAUN (1970), BRAUN-BLANQUET (1978), CORLEY et al. (1981), DANIELS (1980), DURING (1979), GAMS (1927), GEISSLER (1976), HINTERLANG (1992), KOCH (1928), OBERDORFER (1957, 1977), PHILIPPI (1975), SMETTAN (1981), SMITH (1980), WEBER et al. (2001).

1.1.3.2. *Cardamino-Cratoneuretum* Kornas & Medwecka-Kornas 1967

Schaumkraut-Starknervmoos-Gesellschaft (Tab. 4:2)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cratoneuro-Philonotidetum calcareae Geissler 1976 p.p., *Cratoneuretum commutati/falcati* auct. p.p. non syn.: *Cratoneuro-Saxifragetum aizoidis* Nordhagen 1943
Lectotypus: Kornas & Medwecka-Kornas (1967) Tab. 7 A:2
AC: *Philonotis calcarea* (übergr.), *Bryum turbinatum* (übergr.)

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Das *Cardamino-Cratoneuretum* ist die Zentralassoziation des *Cratoneurion* und damit definitionsgemäß negativ charakterisiert (vergl. Dierschke 1981). Es enthält alle Kenn- und Trennarten des Verbandes, sowie zahlreiche Ordnungs- und Klassencharakterarten. Das in der Tabelle von Hinterlang (1992) exklusiv im *Cardamino-Cratoneuretum* vorkommende *Philonotis calcarea* ist nach Literaturangaben auch im *Arabido-Cratoneuretum* anzutreffen (vergl. Braun 1970, Geissler 1976, Braun-Blanquet 1978).

Schon Nordhagen (1943) beschrieb aus Norwegen eine Gesellschaft von Kalkquellen, in der die alpinen Charakterarten fehlen. Sein *Cratoneuro-Saxifragetum aizoidis* Nordhagen 1943 fasste er mit einigen anderen Gesellschaften zu einem ebenfalls negativ charakterisierten Unterverband zusammen, den er *Cratoneuro-Saxifragion* nannte. Dem *Cratoneuro-Saxifragetum*, ebenso wie dem ganzen Unterverband fehlt allerdings die diagnostisch wichtige VC *Philonotis calcarea*. Auch in einigen anderen Arten unterscheidet sich Nordhagens Gesellschaft vom *Cardamino-Cratoneuretum*, so dass hier keine Synonymie vorliegt. Die Beschreibungen basieren auf unterschiedlichen Typen.

Die Beschreibung von Kornas & Medwecka-Kornas (1967) hatte praktisch keine Wirkungsgeschichte, sie blieb bis zur Veröffentlichung von Hinterlang (1992) völlig unbeachtet. Auch Geissler (1976) zitiert diese Arbeit nicht. Um einen beachtlichen Teil ihrer Aufnahmen überhaupt im pflanzensoziologischen System unterbringen zu können, entschloss sie sich, eine große Assoziation zu beschreiben, die sowohl jene bisher als *Cratoneuro-Arabidetum* gefassten Bestände enthielt, als auch die zahlreichen Aufnahmen ohne die Charakterarten der bis dahin beschriebenen Gesellschaften. So entstand ihr *Cratoneuro-Philonotidetum calcareae* mit der AC *Philonotis calcarea* als Pendant zum *Cratoneuro-Philonotidetum seriatae* der Weichwasserquellen. In der vorliegenden Gliederung werden die beiden Kalkquell-Gesellschaften, die Geissler zusammenlegte, wieder entflochten. *Das Arabido-Cratoneuretum* wurde zuvor bereits ausführlich behandelt. Das *Cardamino-Cratoneuretum* Kornas & Medwecka-Kornas 1967 als Zentralassoziation beschreibt das floristische Zentrum des *Cratoneurion*.

Struktur und Artenverbindung

Große Decken von *Cratoneuron commutatum*, in die kleinere Flecken der anderen Moosarten eingestreut sind, prägen die horizontale Struktur dieses Vegetationstyps. Höhere Pflanzen haben hier, wie schon im *Arabido-Cratoneuretum*, auf die Strukturen nur einen geringen Einfluss. Auch in Bezug auf die Vegetationsschichtung unterscheiden sich die beiden Assoziationen nicht signifikant. Die Krautschicht ist mit 10 cm nur etwas mehr als doppelt so hoch wie die Moosschicht.

Anders als z.B. im *Philonotidion seriatae* oder im *Caricion remotae* ist die Zentralassoziation des *Cratoneurion* an Wuchsformen deutlich verarmt. Besonders die WF Thymid, Bellid, Verbascid und Schoenid, also v.a. Kräuter mit bodennahen Blättern, treten zugunsten von kleinen Grasartigen (Corynephorid, Airid und Trisetid) zurück. Die Lebensstrategien der beteiligten Moose entsprechen denen des Verbandes *Philonotidion seriatae*. Im Sinne von During (1979) sind die Arten überwiegend als „perennial stayers" einzuordnen. Diese

auf dauerhaftes Verbleiben am Fundort ausgelegte Strategie unterstreicht den Klimax-Charakter dieses Vegetationstyps (vergl. *Arabido-Cratoneuretum*).

Verbreitung

Die Verbreitung des *Cardamino-Cratoneuretum* lässt sich nach dem bisherigen Wissensstand nicht klar beschreiben. Aufnahmen liegen vor aus den westlichen Karpaten (KORNAS & MEDWECKA-KORNAS 1967), den Berchtesgadener Alpen (HINTERLANG 1992), den Allgäuer Alpen (PHILIPPI 1975) und den westlichen Schweizer Alpen (GEISSLER 1976, BRAUN-BLANQUET 1978). Die VC *Philonotis calcarea* ist jedoch in ganz Europa verbreitet (vergl. SMITH 1980, FRAHM & FREY 1987), so dass weitere Fundorte der Gesellschaft, insbesondere in Skandinavien, zu erwarten sind.

Die Höhenverbreitung der Aufnahmen von HINTERLANG (1992) streut um den Mittelwert 1530 m ü. NN., doch gibt GEISSLER (1976) eine Amplitude von ca. 1450–2450 m ü. NN. für die *Bryum schleicheri-Philonotis calcarea*-Variante ihres *Cratoneuro-Philonitidetum calcareae* an.

Ökologie

Die wenigen Aufnahmen des *Cardamino-Cratoneuretum, die zur Ermittlung von ökologischen Kennwerten herangezogen wurden,* stammen allesamt aus den Nördlichen Kalkalpen bei Berchtesgaden. Sie repräsentieren also nur einen schmalen Teil des ökologischen Spektrums der Assoziation. Die auffälligsten Unterschiede im Vergleich zum *Arabido-Cratoneuretum* bestehen im Wasserchemismus. Demnach besiedelt das *Cardamino-Cratoneuretum* wesentlich härtere Wässer als das *Arabido-Cratoneuretum*. Sowohl die Leitfähigkeitswerte als auch die Gesamt- und Karbonathärte liegen um nahezu das Doppelte höher. Der pH ist mit im Mittel 7,8 deutlich alkalisch. Damit hebt sich das *Cardamino-Cratoneuretum* signifikant vom *Arabido-Cratoneuretum* ab, das, wie zuvor dargestellt, bereits zum *Philotidion seriatae* vermittelt.

Aus der Beschreibung von KORNAS & MEDWECKA-KORNAS (1967) geht allerdings hervor, dass die wasserführenden Gesteine in ihrem Untersuchungsgebiet nicht reiner Kalk, sondern Mischgesteine sind, die in Richtung *„kalkärmerer Wässer abweichen"*. Auch die pH-Messungen von GEISSLER (1976) zeigen eher neutrale bis schwach basische Verhältnisse in Quellen mit diesem Vegetationstyp. Deshalb muss vielleicht entgegen der oben dargestellten Verhältnisse davon ausgegangen werden, dass die beiden in Tabelle 4b scheinbar deutlich verschiedenen Gesellschaften in ihrem Wasserchemismus doch nur unwesentlich abweichen.

In Bezug auf die übrigen Standortparameter lässt sich keine weitere Differenz zum *Arabido-Cratoneuretum* erkennen. Wie schon in den Gesellschaften zuvor erhalten Kraut- und Moosschicht nahezu vollen Lichtgenuss. Die Luftfeuchtigkeit nimmt bis über der Moosschicht mit im Schnitt 11% nur mäßig zu, die Lufttemperatur nimmt durch Wärmeemission im Schnitt um 3–4 °C zu.

Dynamik

siehe *Arabido-Cratoneuretum*

Verwendete Aufnahmen zum *Cardamino-Cratoneuretum*:

IMCHENETZKY (1926) Tab.II A:1, KORNAS & MEDWECKA-KORNAS (1967) Tab.7 A:1-20; PHILIPPI (1975) Tab.2 A:3,6,11; Tab.3 A:9,13,17; Tab.5 A:7-9; Tab.6 A:1,2,4-6; GEISSLER (1976) Tab. 16 A:2,3,6,8,9,14-17,20,21,23-30,33; Tab.17 A:1,2,6,7; Tab.18 A:1-4,6,9,10,12,25,27; Tab.20 A:1-4,8-11; BRAUN-BLANQUET (1978) Tab.1 A:2,18; HINTERLANG (1992) 9 Aufn. - Summe 89 Aufn.

Literatur

BRAUN (1970), BRAUN-BLANQUET (1978), DIERSCHKE (1981), DURING (1979), FRAHM & FREY (1987), GEISSLER (1976), HINTERLANG (1992), IMCHENETZKY (1926), KORNAS & MEDWECKA-KORNAS (1967), NORDHAGEN (1943), PHILIPPI (1975), SMITH (1980).

1.1.3.3. *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* (Oberd. 1957) Th.Müller 1961 nom. inv.

Starknervmoos-Löffelkraut-Gesellschaft (Tab. 4:3)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cochlearia pyrenaicae-Cratoneuretum (Oberd. 1957) TH. MÜLLER 1961, *Cochlearia pyrenaica-Gesellschaft* Oberd. 1957
AC: *Cochlearia pyrenaica*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Die *Cochlearia pyrenaicae*-Gesellschaft wurde anfänglich im räumlichen Kontakt zu Kalk-Flachmoor-Gesellschaften und deren wasserzügigen Gräben beobachtet und deshalb mit dem *Caricion davallianae* in Zusammenhang gebracht. Auch andere Kalkquell-Gesellschaften zeigen die räumliche Nähe und dadurch floristische Ähnlichkeiten zum *Caricion davallianae*. OBERDORFER (1957) las aus seinen Feldaufzeichnungen jedoch bereits sehr früh eine Anbindung an das *Cratoneurion* bzw. die *Montio-Cardaminetalia*. 1977 diskutiert OBERDORFER kurz auch andere Gesellschaftsanschlüsse, an sekundäre Torfgräben einerseits und an das *Agropyro-Rumicion* andererseits. Schließlich erwägt er hier sogar, Beständen *„vielleicht besser nur den Rang einer Ausbildungsform des Cratoneuretum, also als Cratoneuretum cochlearietosum pyrenaici"* zu geben. Jüngere Arbeiten von ABS (2002) aus Bayern machen ebenfalls deutlich, dass sich nicht alle Bestände der Art (bzw. der Kleinarten) soziologisch zweifelsfrei zum *Cratoneurion* stellen lassen. Da es jedoch keine Altenativvorschläge gibt, bleibt die Gesellschaft einstweilen mit der bei OBERDORFER (1977) gefundenen Anbindung bestehen. Allerdings sind die typischen Bestände durch die flächenhaften Vorkommen von *Cochlearia pyrenaica* derart geprägt, dass HINTERLANG (1992) schon vorschlug, dass die Assoziationsbezeichnung im Sinne eines nomen inversum (WEBER et al. 2001) umgestellt werden sollte. Nicht nur in Nordrhein-Westfalen gibt es Ausbildungen, in denen *Cratoneuron commutatum* nur einen geringen Beitrag zum Gesellschaftsaufbau liefert (vergl. ABS 2002).

Struktur und Artenverbindung

Charakteristische Artenkombination in Nordrhein-Westfalen (Almequellen): AC *Cochlearia pyrenaica* (5), DV *Veronica beccabunga* (1), *Cratoneuron filicinum* (1), *Mentha aquatica* (1), *Equisetum palustre* (1), *Poa trivialis* (1), *Myosotis palustris agg.* (1), *Rumex acetosa* (1), *Marchantia polymorpha* (1), *Rumex aquaticus* (+) (aus VERBÜCHELN et al. (1995)

Die Gesellschaft ist durch die bultig erscheinenden Büschel von *Cochlearia pyrenaica* geprägt. Darunter finden sich nicht selten flächendeckende Matten von Moosen, sei es *Cratoneuron commutatum* oder *Cratoneuron filicinum* oder – unter nährstoffreicheren Verhältnissen – auch *Rhynchostegium riparioides*. Die Moosrasen, aber auch offene Erdanrisse, verursacht durch die oft starke Quellschüttung, dienen den Jungpflanzen von *Cochlearia* als Keimbett. Keimbett und Wurzelbereich sind meist stark durchströmt. Sobald es zur Akkumulation von organischem Material kommt, das auch nur wenige Zentimeter über den Mittelwasserlinie liegt, kann sich *Cochlearia* nicht mehr gut gegen Hochstauden und Fließwasserröhrichtarten durchsetzen.

Verbreitung

Schon OBERDORFER (1957) identifiziete die Art in Bayern als subarktisches Eiszeitrelikt, das nur regionale bzw. lokale Bedeutung in Deutschland hat. Neben Vorkommen in den Bayerischen Voralpen sind Bestände aus den Pyrenäen bekannt. In Mitteleuropa ist das Pyrenäen-Löffelkraut nur von den Almequellen bei Brilon und aus dem Hohen Venn (Belgien) bekannt. Letzterer Fundort ist schon seit vielen Jahren nicht mehr bestätigt worden. Größere Verbreitung hat die Art auf den Britischen Inseln und in Skandinavien. Inwieweit die

Vergesellschaftung dort dem hier benannten *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* entsprechen, muss offen bleiben.

Ökologie

Insbesondere Abs (2002) arbeitete heraus, dass *Cochlearia pyrenaica* (wie auch ihre nächsten Verwandten in der Gattung *Cochlearia*) mit unausgewogenen Elektrolyt-Verhältnissen gut zurechtkommt. Nährstoffarmut bei gleichzeitig hohem Kalkgehalt halten dabei lästige Konkurrenz zurück. Außerdem erträgt die Art tiefe Wassertemperaturen, die auch ihre Keimung nicht verhindern. Da die Starknervmoosarten keine Raumkonkurrenten sind, wird die Vergesellschaftung von *Cochlearia pyrenaica* mit diesem Unterwuchs leicht verständlich.

Das Pyrenäen-Löffelkraut profitiert überdies von voller Besonnung; mit zunehmender Beschattung tritt die Art über zunächst rein vegetative Exemplare immer weiter zurück. Diese Reaktion konnte über die vergangenen 20 Jahre an den Almequellen (NRW) beobachtet werden, wo *Cochlearia pyrenaica* einen erheblichen Rückgang der Population erfahren musste. Zugleich erhöhte sich der Konkurrenzdruck an diesem vergleichsweise nährstoffreichen Standort durch den Aufwuchs schattentoleranter Hochstauden. Aktuelle Naturschutzmaßnahmen aus dem Jahr 2015, insbesondere die Entnahme aller Bäume im Quellbereich, haben die Konkurrenzvorteile von *Cochlearia pyrenaica* wieder gestärkt. Die Entwicklung der Bestände von *Cochlearia pyrenaica* an den Almequellen wird durch ein umfassendes Monitoring begleitet.

Dynamik und Kontaktgesellschaften

An den Almequellen hat das *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* in NRW einen einzigartigen, standörtlich bedingten, sehr begrenzten Reliktstandort. Die hier dargestellte Syndynamik gilt ausschließlich für die an den Almequellen vorgefundenen ökologischen Bedingungen: Nach einer Phase weitgehenden Rückgangs der Moosart *Cratoneuron commutatum* und gleichzeitiger Ausbreitung von *Rynchostegium riparioides* bis in die 1980er Jahre scheint sich *Cratoneuron commutatum* in den letzten (10?) Jahren wieder stark auszubreiten. Durch die Aufstauung sowohl der Almequellen als auch der nahe gelegenen Moosspringquelle schließen sich Fließgewässer-Gesellschaften (z.B. das *Ranunculo trichophylli-Sietum submersi*) und kalkholde Fließgewässerröhrichte (wie z.B. das *Nasturtietum officinalis*) unvermittelt an das *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* an.

Literatur

Abs (2002), Hinterlang (1992), Müller (1961), Oberdorfer (1957, 1977), Verbücheln et al. (1995), Weber et al. (2001).

1.1.3.4. *Eucladietum verticillati* Allorge 1922

Schönastmoos-Gesellschaft (Tab. 4:4)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Cratoneuretum filicino-commutati (Kuhn 1937) Oberd. 1977 p.p.
AC: *Eucladium verticillatum*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Synsystematisch bemerkenswert ist bzgl. dieser Gesellschaft lediglich, dass sie als Syntaxon des *Cratoneurion*, wie dieser Verband selbst von einigen Autoren zur Klasse der *Adiantetea* bzw. in das *Adiantion* gestellt wird (z.B. Drehwald & Preising 1991, Zechmeister 1993). Wie die Tabelle 4a jedoch zeigt, sind Verbands- bis Klassencharakterarten der *Montio-Cardaminetea* mit hoher Stetigkeit am Gesellschaftsaufbau beteiligt. (Zum Verhältnis des *Cratoneurion* zum *Adiantion* siehe oben). Die Abgrenzung ist erschwert, weil nur wenig Aufnahmematerial vorliegt, das sowohl Moosarten als auch alle Phanerogamen enthält. Vielfach werden mit der Vorannahme, dass es sich um eine Moosgesellschaft handelt, die höheren Pflanzen nicht dokumentiert. Vorbehaltlose Aufnahmen wären deshalb sehr wünschenswert.

Struktur und Artenverbindung

Da der Anteil an Phanerogamen an dieser Gesellschaft in der für die Übersicht verwendeten Tabelle nicht erkennbar wird, sei die folgende charakteristische Artenkombination aus der Sichtung weiterer Literaturangaben zusammengetragen:
Agrostis stolonifera, Bryum pseudotriquetrum, Brachythecium rivulare, Cardamine amara, Carex flacca, Conocephalum conicum, Cratoneuron commutatum, Cratoneuron filicinum, Equisetum telmateia, Eucladium verticillatum, Eupatorium cannabinum, Geranium robertianum, Mnium punctatum, Pellia fabroniana, Philonotis calcarea, Preissia quadrata, Rhizomnium undulatum.

Das *Eucladietum verticillati* ist von Moos-Hochrasen geprägt. Die Kalktuff-bildenden Bereiche sind nicht selten flächig ausgebildet.

Verbreitung

Das *Eucladietum verticillati* ist recht streng an kalkhaltiges Wasser und damit in Deutschland an Kalk-Buchenwald-Landschaften gebunden.

Ökologie

Das *Eucladietum verticillati* besiedelt schattige bis lichtreiche Stirn- und Neigungsflächen von kalkreichem Wasser übersickerter, nasser Kalk-, seltener Silikatfelsen in Quellfluren und an felsigen Flussufern. Selten geht es auch auf nasse Mauern, Grotten und Brunnen (oft Quellfassungen) über. Fast immer ist die Gesellschaft tuffbildend.

Dynamik

Stabile Dauergesellschaft, die ebenso wie die Fragmentgesellschaften des *Cardamino-Cratoneuretum* bzw. Synusien von *Cratoneuron commutatum* mächtige Kalktuffbänke bildet.

Verwendete Aufnahmen

10 Aufnahmen aus Niedersachsen (Drehwald & Preising (1991).

Literatur

Allorge (1922), Braun (1968), De Sloover & Goossens (1984), Drehwald (1984), Drehwald & Preising (1991), Hertel (1974), Hübschmann (1967), Neumayr (1971), Philippi (1965), Zechmeister (1993).

1.2. Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii Hinterlang 1992 corr.

Waldquell- und Waldsumpf-Gesellschaften (Tab. 5a, 5b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Montio-Cardaminetalia auct. p.p., *Cardamino amarae-Caricetalia remotae* Kästner 1940 p.p., *Cardamino-Cratoneuretalia* Maas 1959 p.p., *Cardamino amarae-Chrysosplenietalia alternifolii* Hinterlang ex B. Foucault 2017
Syntaxon und Holotypus: *Caricion remotae* Kästner 1940
OC: *Lysimachia nemorum, Plagiomnium undulatum, Circaea intermedia, Cardamine flexuosa, Chrysosplenium alternifolium* (f)
DO: *Carex remota* (f), *Impatiens noli-tangere, Stellaria nemorum* (f), *Geranium robertianum, Athyrium filix-femina, Oxalis acetosella, Lamiastrum geleobdolon, Galium palustre, Urtica dioica.* (f) = formationsbezogen

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Pawlowski (1928) führte die *Montio-Cardaminetalia* mit dem Holotypus *Cardamino-Montion* ein. Viele danach publizierte Aufnahmen von Waldquellfluren wurden – wie an entsprechender Stelle noch ausführlich dargestellt wird – meist als *Cardaminetum amarae subatlanticum* klassifiziert und jenem *Cardamino-Montion* zugeschrieben. Erst Kästner (1941) differenziert diese Waldquellgesellschaften von den Gesellschaften des *Cardamino-Montion* und fasst sie in einem eigenen Verband *Caricion remotae* zusammen. Diesen Verband ordnet er ebenfalls in die *Montio-Cardaminetalia*, allerdings mit dem Hinweis, dass diese Ordnung treffender *Cardamino amarae-Caricetalia remotae* heißen sollte. Maas (1959) stellt erstmals eine zweite Ordnung neben die *Montio-Cardaminetalia*, seine *Cardamino-Cratoneuretalia* beinhalten allein ein emendiertes *Cratoneurion*. Der vorerst letzte Vorschlag zur Gliederung der Klasse stammt von Geissler (1976), die den emendierten *Montio-Cardaminetalia* die provisorischen *Cratoneuro-Philonotidetalia* zur Seite stellt.

Fasst man die Waldquell-Gesellschaften als *Caricion remotae* zusammen und stellt sie den Freilandquellen (*Cardamino-Montion, Philonotidion seriatae, Cratoneurion*) gegenüber, so fallen die Blöcke aus 15 bzw. 16 trennenden Arten sofort in Auge (s. Tabelle 1a). Beide Gruppen haben eigene Charakterarten, die zweite ist zusätzlich durch einen geschlossenen Block von Differentialarten aus den Nasswäldern ausgezeichnet.

Im Vergleich der Verbände untereinander werden die Verhältnisse noch deutlicher: Verwandtschaftliche Beziehungen bestehen demnach nur zwischen dem *Cardamino-Montion* und dem *Caricion remotae*. Doch bleiben diese Unterschiede vor allem bei Berücksichtigung der VC des *Cardamino-Montion* so deutlich, dass eine Trennung dieser Verbände leicht zu rechtfertigen ist. Die floristische Anbindung des *Caricion remotae* an die beiden anderen Verbände ist fast ausschließlich über Klassencharakterarten und einige wenige stete Begleiter gegeben. Demnach ist es angebracht, das *Cardamino-Montion, Philonotidion seriatae* und *Cratoneurion* in einer Ordnung *Montio-Cardaminetalia* zusammenzufassen und einer monotypischen Ordnung *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii* gegenüberzustellen. Dieser neue Name ist erforderlich, weil die von Kästner (1941) vorgeschlagene Bezeichnung *Cardamino-Caricetalia remotae* als Synonym für die *Montio-Cardaminetalia* gedacht war. Von diesem Gedanken wird hier deutlich Abstand genommen. Die Bezeichnung *Cardamino-Cratoneuretalia* von Maas (1959) kommt nicht in Frage, weil damit Kalkquellen (*Cratoneurion*) gemeint sind, und die Lösung von Geissler (1976) ist nicht brauchbar, weil dort die Waldquell-Gesellschaften völlig unberücksichtigt bleiben, die *Montio-Cardaminetalia* hingegen aufgeteilt werden.

Mit dem von Hinterlang (1992) ursprünglich vorgeschlagenen Namen *Cardamino-Chrysosplenietalia* sollte zum einen die Anbindung an die Klasse zum Ausdruck kommen (KC *Cardamine amara*), zum anderen ließen sich die OC/VC *Chrysosplenium alternifolium* und *Cardamine flexuosa* und vor allem die AC der größten Assoziation *Chrysosplenium*

oppositifolium darin lesen. Diese Ordnung wurde im Folgenden in einschlägigen Standardwerken vielfach aufgegriffen (DIERSSEN 1996, ELLENBERG 1996, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, INPN 2016, MERTZ 2000, POTT 1992, 1995), teils aber auch abgelehnt (ZECHMEISTER 1993). Weil die 1992 noch gültige Namesvergabe durch die 3. Auflage des ICPN (WEBER et al. 2001) Art. 3g (Beispiele) rückwirkend ungültig wurde, korrigiert der Autor den Namen in *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii*. Im Text und in den Tabellen wird auch die Kurzform *Cardamino-Chrysosplenietalia* verwendet.

Die *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii* beherbergen ausschließlich Waldquell-Gesellschaften, deren synsystematische Behandlung viele Jahre kontrovers diskutiert wurde. Die zentrale Frage lässt sich so formulieren: Sind Waldquell-Gesellschaften überhaupt eigenständige Gesellschaften mit entsprechender Berücksichtigung im System der Phytozönosen, oder sind sie Synusien von Nasswäldern, die im Synusialsystem klassifiziert werden müssen? Obwohl der Aufbau dieser Arbeit die Beantwortung der Frage vorwegnimmt, sollen der gegenwärtige Stand der Diskussion und die Begründungen für die hier getroffene Entscheidung eingehender dargestellt werden.

Als die ersten Beschreibungen von Waldquell-Gesellschaften publiziert wurden (z.B. ALLORGE 1922, TÜXEN 1937, OBERDORFER 1938, BÜKER 1942, SCHWICKERATH 1944, OBERDORFER 1957), war die oben formulierte Frage offensichtlich noch nicht von Bedeutung. Die Gesellschaften wurden in dieser Hinsicht unkommentiert im pflanzensoziologischen System klassifiziert. Waldquell-Gesellschaften waren allerdings auch noch nicht deutlich von extrasylvatischen Typen unterschieden. KÄSTNER (1941) schält das Problem als Erster in aller Deutlichkeit heraus und schlägt die *„Herauslösung [der Waldsumpf-Gesellschaften, zu denen er v.a. die Quellfluren zählt] aus den Waldgesellschaften und ihre Neuordnung*" vor. Seine Argumente seien hier kurz zusammengestellt:

1. *„der eigentliche Waldsumpfboden [ist], ..., im natürlichen Zustande frei von Bäumen und Sträuchern."*
2. Waldsumpf-Gesellschaften *„sind zwar abhängig von der Beschattung des Waldes, [...] aber innerhalb ihres Abhängigkeitsverhältnisses selbständige Gesellschaften"*, von eigenständiger floristischer Zusammensetzung (wie z.B. auch Moos-Gesellschaften auf den Steinen der Waldbäche).
3. *„Damit wird eine Reihe von unklaren Treueverhältnissen [von Fagetalia-Arten] beseitigt, die nur dadurch in die Laubwaldgesellschaften gekommen sind, dass man die Waldsumpfgesellschaften nicht als selbständige Gesellschaften angesehen hat."*
4. *„Die Selbständigkeit der Laubwaldsumpf-Gesellschaft wird erhärtet durch die Eigenart ihrer Lebensformen- und Arealtypenbilder und durch zahlreiche Hinweise auf tatsächliche oder vermutete Anpassungserscheinungen ihrer ordentlichen Mitglieder an ihren Lebensraum."*

Die meisten dieser Argumente begleiten die Diskussion um die synsystematische Behandlung der Waldquell-Gesellschaften bis in die heutige Zeit, wie die folgende Gegenüberstellung der Argumente aus der Arbeit von DIERSCHKE (1988): Methodische und syntaxonomische Probleme bei der Untersuchung und Bewertung nasser Mikrostandorte in Laubwäldern belegen soll:

1. *„Die [...] abhängigen Mikrogesellschaften quellig-nasser Standorte in Wäldern werden seit langem als eigenständig angesehen..."*
2. *„Obwohl oft mit Waldpflanzen durchsetzt, sind sie [...] recht gut von umliegenden Waldbeständen abgrenzbar."*
3. *„Sie zeigen floristische Verwandtschaft zu ähnlichen Freiland-Quellfluren und haben ein eigenes Lebensformen-Spektrum (MAAS 1959; DIERSCHKE et al. 1983)".*
4. *„besonders an quelligen bis sickernassen Stellen [...] kommen in Laubwäldern floristisch recht eigenständige Kleinbestände vor, die mit der beschattenden Baumschicht wenig zu tun haben. Die Bäume wachsen nur auf weniger nassen Stellen ringsum..."*

In den knapp 50 Jahren, die zwischen diesen beiden Arbeiten liegen, haben sich zahlreiche Autoren z.T. mehrfach mit dieser Frage auseinandergesetzt. Zu obiger Argumentationslinie vergleiche OBERDORFER (1938), ROLL (1939), BUDDE & BROCKHAUS (1954), LOHMEYER (1960), PHILIPPI (1963, 1965), PFADENHAUER & KAULE (1972), LOHMEYER & KRAUSE (1975), TÜXEN & OHBA (1975), MAST (1995).

Andere Autoren (z.B. BARKMAN 1968, SEBALD 1975 p.p., MÖLLER 1979) bestreiten hingegen die synsystematische Eigenständigkeit der Vegetationseinheiten mit *Chrysosplenium oppositifolium*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Cardamine amara* und *Brachythecium rivulare*. Die Verwandtschaft mit extrasylvatischen Vegetationseinheiten zwinge allenfalls dazu, diese als *„eigene Synusie zu werten und zu benennen"* (BARKMAN 1968). Wie ähnlich die Argumentation dieser beiden Modelle ist, mag an dem folgenden, etwas längeren Zitat von MÖLLER (1979) abgelesen werden:

„Zu klären wäre noch, ob den im nordwestlichen Mitteleuropa anzutreffenden „Quellfluren" überhaupt eine synsystematische Selbständigkeit zuerkannt werden kann: Diese (selbst baumfreien) Chrysosplenium-Cardamine amara-Komplexe finden sich [...] ausschließlich im Schutz von auf höherem Mineralgrund stockenden Bäumen. Wenn die Erle hier nicht vorkommt, dann erklärt sich dies einerseits aus der Kleinflächigkeit dieser „Quellfluren" [...], andererseits aus der Tatsache, dass sich die an stärkeren Lichteinfall gebundene Erle zumal innerhalb der Buchenwaldungen nicht durchzusetzen vermag."

Gerade auf der Grundlage dieses Zitates von MÖLLER (1979) kann die Entscheidung, Waldquell-Gesellschaften als eigenständige, wenn auch abhängige Gesellschaften, gut dargelegt werden.

Waldquell-Gesellschaften kommen häufiger außerhalb von Nasswäldern vor als innerhalb. Ihre Minimumareale unterschreiten immer die Minimumareale von Waldgesellschaften. Waldquell-Gesellschaften sind grundsätzlich baumfrei, aber obligat von Beschattung abhängig. Diese Beschattung ist ein reines Strukturmerkmal und kann auch von geschlossenen Hochstaudenfluren geleistet werden. Die charakteristischen Arten der Waldquell-Gesellschaften fehlen den umgebenden Wäldern, Waldarten werden unter bestimmten Bedingungen in der Phytozönose geduldet. Quellwälder können als durch Quellflurarten differenzierte Auenwälder klassifiziert werden. Waldquell-Gesellschaften haben eine eigenständige floristische Zusammensetzung (vergl. auch MAST 1995), die verwandtschaftliche Beziehungen zu Freilandquellen zeigt. Sie haben eigenständige Lebensformenspektren, Wuchsformenspektren, eigene Lebensstrategien und Arealtypenbilder.

Struktur und Artenverbindung

Im Gegensatz zu den *Montio-Cardaminetalia* sind die Gesellschaften der *Cardamino-Chrysosplenietalia* von Gefäßpflanzen geprägt. Das mediane Deckungsprozent der Krautschicht liegt bei 95%, die mittlere Deckung der Moosschicht indes nur bei 5%. Entsprechend ist auch die mittlere Höhe dieser beiden Vegetationsschichten signifikant verschieden. Die Krautschicht der Waldquell-Gesellschaften ist höher, die Moosschicht hingegen niedriger als in Gesellschaften der *Montio-Cardaminetalia*. Das horizontale Muster innerhalb der *Cardamino-Chrysosplenietalia* und der einzelnen Gesellschaften ist jedoch nicht so einheitlich wie bei den Freilandquellen: Während im *Chrysosplenietum oppositifolii* zumindest das Milzkraut regelmäßig hohe Soziabilitätszahlen erreicht, ist die Verteilung der Arten im *Caricetum remotae* wesentlich lockerer.

Die von einigen Autoren berechneten Lebensformenspektren nach RAUNKIAER beziehen sich fast ausschließlich auf Gesellschaften der *Cardamino-Chrysosplenietalia* (vergl. KÄSTNER 1941, DIERSCHKE et al. 1983). Der in diesem Zusammenhang stets besonders betonte, hohe Anteil von Hemikryptophyten spiegelt v.a. die mikroklimatischen Eigenarten von Wasseraustritten wider (vergl. Ökologie).

Bei den Wuchsformenspektren von Ordnung bzw. Verband sind, im Vergleich zu den bedeutenden WF der *Montio-Cardaminetalia*, das völlige Fehlen der WF Hochrasen und die Dominanz der WF Thymid bemerkenswert. Diese gravierenden physiognomischen Unterschiede unterstreichen die hier zunächst allein aufgrund floristischer Differenzen vorgenommene Abtrennung der Waldquell-Gesellschaften auf Ordnungsebene.

Verbreitung

Die geographische Verbreitung dieser Ordnung kann vorerst nur umrissen werden, da sie weit über das Untersuchungsgebiet hinausreicht und die vermeintlichen Ränder des Areals nur unzureichend untersucht sind. Grundsätzlich gilt für den mitteleuropäischen Raum,

dass die Gesellschaften der Ordnung an Laub- und Laubmischwälder gebunden sind. Die Quellen der natürlich verbreiteten Nadelwälder werden i.d.R. vom *Sphagnum*-reichen *Caricetum fuscae polytrichetosum* besiedelt, das kaum floristische Ähnlichkeiten mit den *Montio-Cardaminetea* hat. Diese Begrenzung gilt zugleich horizontal und vertikal; die Quellen in den Wäldern der Fichtenstufe unserer Mittel- und Hochgebirge tragen ebenfalls keine Vegetationstypen der *Cardamino-Chrysosplenietalia*. Dies findet seinen Niederschlag in der signifikant niedrigeren mittleren Höhe ü.NN. der Fundorte; mit 600 m liegt das Optimum deutlich in der montanen Stufe.

Die Verbreitung des *Chrysosplenietum oppositifolii*, eine der beiden Assoziationen innerhalb der Ordnung, ist für Deutschland gut dokumentiert; zu Einzelheiten sei auf die weiteren Darstellungen dort verwiesen. Das *Caricetum remotae* ist indes weit weniger häufig aufgenommen worden. Als Zentralassoziation des *Caricion remotae* deckt sich ihr Areal erwartungsgemäß mit dem des *Chrysosplenietum*, reicht aber auch weit darüber hinaus. Vor allem an der Ostgrenze der Verbreitung des *Chrysosplenietum* scheint das *Caricetum remotae* einen Schwerpunkt zu haben (vergl. KÄSTNER 1938, 1941). Unklar ist, wo diese Assoziation ihrerseits vom *Caricetum fuscae polytrichetosum* oder anderen Gesellschaften abgelöst wird. Unklar ist auch, ob das *Caricetum remotae* – und damit die Ordnung – in der montanen Stufe der Zentralalpen zu finden ist. DIERSSEN (1996) hält fest, dass ihr Areal in Skandivavien erst in der südborealen Zone ausklingt. Auch nach Westen hin, wo kennzeichnende Arten der Ordnung (z.B. *Chrysosplenium oppositifolium*) ihre strenge Bindung an Wald verlieren, muss noch untersucht werden, wie weit diese Ordnung Anwendung findung kann. DE FOUCAULT hat für 2017 eine Publikation in Vorbereitung, in deren Manuskript mit Bezug auf HINTERLANG (1992) die Neubeschreibung einer Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia alternifolii* vorgesehen ist, deren Tabelleninhalte doch recht große Unterschiede zu dem hier dargestellten Gliederungsvorschlag zeigen.

Ökologie

Die Gesellschaften der *Cardamino-Chrysosplenietalia* sind im Durchschnitt ganztägig mäßig beschattet. Diese Schätzung entspricht einem gemessenen Lichtgenuss der Krautschicht von rund 4%. Dass diese Werte von denen der Freilandquellen signifikant verschieden sind, sei hier nur der Form halber hinzugefügt (vergl. Tab. 1b).

Die grundsätzlich unterschiedliche Strahlungssituation zieht natürlich auch andere mikroklimatische Folgen nach sich. So ist der Anstieg der relativen Luftfeuchte über der Feldschicht wegen der geringeren Luftbewegungen signifikant höher als bei Freilandquellen (vergl. Tab. 1b). Die Lufttemperatur fällt zunächst über der Krautschicht und dann noch einmal über der Moosschicht stark ab und liegt über dem Quellwasser im Mittel um 2.6 °C niedriger als im Freiland. Oft ist sie schließlich nur drei bis vier Grad höher als die Wassertemperatur.

Die Messdaten der Wasseranalysen der beiden Ordnungen unterscheiden sich praktisch nicht, die Differenzen der mittleren pH-, Stickstoff- und Phosphatwerte wurden bereits im Rahmen der Ökologie der *Montio-Cardaminetalia* diskutiert.

Dynamik

Die im Folgenden beschriebenen Waldquell-Gesellschaften sind naturnahe bis natürliche, extrazonale Dauergesellschaften, die keine syndynamischen Prozesse erkennen lassen. Vor allem am Beispiel der Milzkraut-Gesellschaften wird gezeigt werden, dass von einem Pioniercharakter der Waldquell-Gesellschaften keine Rede sein kann. Die ökologischen Bedingungen, die Vegetationsstrukturen, v.a. aber die Lebensstrategien der charakteristischen Arten von Waldquellen sind auf ein dauerhaftes Verweilen am Standort ausgelegt. Unter den extremen Bedingungen von Quellstandorten sind die meisten Quellspezialisten (Krenophyten) zudem besonders konkurrenzkräftig.

Eine biogene Nährstoffakkumulation kann wegen des ständigen Exports durch das abfließende Wasser nicht entstehen, selbst allochtones Material (z.B. Falllaub) führt nicht zu

synsystematisch bedeutsamen Veränderungen in der floristischen Zusammensetzung (auch nicht mittelbar über Bodenbildung). Syndynamische Prozesse sind deshalb nur bei gravierenden Veränderungen der exogenen Standortfaktoren zu erwarten. Einzelheiten dazu sind ausführlich im Zusammenhang mit den Gesellschaften dargestellt.

Literatur

ALLORGE (1922), BARKMAN (1968), BUDDE & BROCKHAUS (1954), BÜKER (1942), DIERSCHKE (1988), DIERSCHKE et al. (1983), DIERSSEN (1996), ELLENBERG (1996), ELLENBERG & LEUSCHNER (2010), GEISSLER (1976), HINTERLANG (1992), INPN (2016), KÄSTNER (1938, 1940, 1941), LOHMEYER (1960), LOHMEYER & KRAUSE (1975), MAAS (1959), MAST (1995), MERTZ (2000), MÖLLER (1979), OBERDORFER (1938, 1957), PAWLOWSKI (1928), PFADENHAUER & KAULE (1972), PHILIPPI (1963, 1965), POTT (1992, 1995), ROLL (1939), SCHWICKERATH, (1944), SEBALD (1975), TÜXEN (1937), TÜXEN & OHBA (1975), WEBER et al. (2001), ZECHMEISTER (1993).

1.2.1. *Caricion remotae* Kästner 1940

Waldquell- und Waldsumpf-Gesellschaften (Tab. 5a, 5b)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Montio-Cardaminion auct. p.p., *Cardaminion* Maas 1959, *Cardaminion* auct. (u.a. Westhoff & Den Held 1969)
Lectotypus: Schwickerath (1944) 6.c: *Caricetum remotae* (Kästner 1941) Schwickerath 1944
VC: *Cardamine flexuosa, Chrysosplenium alternifolium* (f), *Circaea intermedia, Lysimachia nemorum* (f), *Plagiomnium undulatum.*
DV: *Athyrium filix-femina, Carex remota* (f), *Galium palustre, Geranium robertianum, Impatiens noli-tangere, Lamiastrum geleobdolon, Oxalis acetosella, Stellaria nemorum (f), Urtica dioica.*
(f) = formationsbezogen
Syntaxa: *Chrysosplenietum oppositifolii* Oberd. & Philippi 1977, *Caricetum remotae* (Kästner 1941) Schwickerath 1944

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Betrachtet man die Aufstellung von Verbänden innerhalb der Klasse *Montio-Cardaminetea* seit 1925, so lassen sich zwei Linien deutlich herausarbeiten. Eine Tradition hält an der bereits früh etablierten Aufteilung in die zwei Verbände *Cardamino-Montion* (an Weichwasserquellen) und *Cratoneurion* (an Hartwasserquellen) fest, die andere ist seit der Arbeit von Kästner (1940) bemüht, einen eigenen Verband für die Waldquell-Gesellschaften einzuführen. Besonders große Bedeutung hatte hier die Arbeit von Maas (1959). Querverbindungen zwischen diesen beiden Modellen zeigen die Arbeiten von Westhoff & Den Held (1969) und Oberdorfer (1977). Sie versuchen den Widerspruch durch eine Trennung des *Cardamino-Montion* auf Unterverbandsebene in *Cardaminenion* und *Montenion* aufzulösen. Durch die Arbeit von Geissler (1976) schließlich wurden die bis dahin scheinbar klaren Verhältnisse an alpinen Quellen innerhalb des *Cardamino-Montion* kritisch beleuchtet. In einem Nebensatz macht die Autorin darauf aufmerksam, dass ihre Neugliederung mittelbar auch Auswirkungen auf die Gliederung der kollin-montanen Waldquell-Gesellschaften haben muss und schlägt vor, eine eigene Ordnung mit der Bezeichnung *Cardamino amarae-Caricetalia remotae* Kästner 1941 einzurichten.

Mit seiner Forderung, die Waldsumpf-Gesellschaften synsystematisch aus den Wald-Gesellschaften herauszulösen und sie als eigenständige, wenn auch abhängige Gesellschaften zu betrachten, verband Kästner (1940,1941) die Aufstellung eines eigenen Verbandes, den er *Caricion remotae* nannte und neben das *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1926 stellte. Das *Caricion remotae* umklammert eine Gruppe von Gesellschaften, deren Charakterarten zugleich als Kennarten des Verbandes gelten können: *Carex remota, Chrysosplenium oppositifolium, Chrysosplenium alternifolium, Impatiens noli-tangere, Lysimachia nemorum, Stachys sylvatica, Plagiomnium undulatum, Circaea intermedia et alpina, Veronica montana, Stellaria nemorum.* Vergleicht man diese Liste mit den hier aufgeführten VC, so wird deutlich, dass keines der überregional differenzierenden Taxa fehlt und die anderen Arten entweder als AC oder Ordnungsdifferentialarten eingestuft sind. Der von Kästner (1940) aufgestellte Verband beschreibt die beiden heute zu unterscheidenden Gesellschaften außerordentlich treffend. Vor diesem Hintergrund hat die etwas unglückliche Wahl des Namens nomenklatorisch keine Bedeutung. Lectotypus des *Caricion remotae* ist das von Schwickerath (1944) emendierte *Caricetum remotae*. Das *Caricion remotae* wird von Kästner (1941) den *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928 zugewiesen. Zugleich bemerkt er, dass diese Ordnung „*Treffender: Cardamino amarae-Caricetalia remotae Kästner 1940*" genannt werden sollte.

Für Maas (1959) war die Gliederung von Kästner (1941) offensichtlich nicht überzeugend. „*Die Kombination von Carex remota mit Lysimachia nemorum, Eurhynchium praelongum, Equisetum arvense f.nemorale, Mnium undulatum, u.a. als differenzierende Artengruppe für die Varianten mit geringer Fließgeschwindigkeit und geringer Tiefe des Wassers,*

weist auf einen Übergang dieser Quellgesellschaften zu einer Waldgesellschaft, nämlich dem Cariceto remotae-Alnetum, hin." (MAAS 1959). Dennoch lässt sich aus diesem Zitat erkennen, dass MAAS einen solchen Typ wahrgenommen hat, ohne ihn mit Aufnahmen zu belegen. Mit der gleichen Idee wie KÄSTNER, die Wald-Quellgesellschaften deutlich von den Freiland-Quellgesellschaften abzusetzen, teilte er schließlich das *Cardamino-Montion* und führte die Wald-Quellgesellschaften unter dem Namen *Cardaminion*. Dieser Name muss wegen der inhaltlichen Übereinstimmung als jüngeres Synonym des *Caricion remotae* verworfen werden.

ZECHMEISTER & STEINER (1995) schlagen vor, in diesem Verband auch ein *Trichocoleo-Sphagnetum* Maas 1959 em. hoc loco mit der AC *Trichocolea tomentella* aufzunehmen, obwohl sie selbst einräumen, dass verschiedene Autoren darauf hingewiesen haben, dass *Trichocolea tomentella* in verschiedensten Feuchtwaldtypen gefunden wird (vergl. auch HINTERLANG 1993). Der floristische Grundstock ihrer 7 Belegaufnahmen setzt sich aus *Sphagnum palustre*, *Sphagnum squarrosum*, *Sphagnum fallax* agg., *Sphagnum girgensohnii*, *Polytrichum formosum*, *Polytrichum commune* und *Viola palustris* zusammen. Genau diese Artenkombination wurde von HINTERLANG (1992) für Quellen vielfach belegt und dem *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* Oberdorfer 1938 zugeordnet. OBERDORFER hatte diese Untergesellschaft eingeführt mit dem Hinweis: „*Soziologisch hat sie nichts mit dem eigentlichen Verbande der Quellfluren, dem Cariceto-Montion zu tun, sondern gehört in den Verband der Flachmoore (Caricion fuscae).*" Dieser Auffassung schließt sich diese Arbeit an und lehnt ein *Trichocoleo-Sphagnetum* deshalb ab.

Struktur und Artenverbindung, Verbreitung, Ökologie und Dynamik

siehe unter *Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii*

Die interessanten Unterschiede in der Synökologie zwischen dem *Caricion remotae* und dem *Sphagnum*-reichen *Caricetum fuscae polytrichetosum* werden ebenda abgehandelt (vergl. auch HINTERLANG 1992).

Literatur

BRAUN-BLANQUET (1926), GEISSLER (1976), HINTERLANG (1992, 1993), KÄSTNER (1940, 1941), MAAS (1959), OBERDORFER (1938, 1977), SCHWICKERATH (1944), WESTHOFF & DEN HELD (1969), ZECHMEISTER & STEINER (1995).

Tabelle 5b: Ökologische Kenndaten zu Tabelle 5a
(Medianwerte der Messreihen aus HINTERLANG 1992)

Vegetationstyp:	1-2	3	4-5	6	3-6	1-6	10
Anzahl der Messreihen	80	26	25	28	82	159	7
Höhe	600	!585	!!650	!575	620	!610	!410
Fläche	1	1	1	1	1	!1	!2
Höhe der Krautschicht in cm	!12	20	16	17.5	!20	!15	!35
Höhe der Moosschicht in cm	1	1	1	1	1	1	1
Deckung der Krautschicht in %	95	95	100	95	95	!95	!75
Deckung der Moosschicht in %	!5	5	!10	!5	!5	5	5
Artenzahl Krautschicht	!5	!7	!10.5	9	!9	!7	!14
Artenzahl Moosschicht	3	2	3	2	3	3	2.5
Beschattung	!+	+	+	+-	!+	+	+
Rel.Lichtgenuss im Wald in %	3.6	4.0	4.4	5.1	5.1	4.1	20.3
Rel.Lichtgenuss Kr.schicht in %	!3.0	4.8	6.0	5.0	!5.0	!3.0	!24.0
Rel.Lichtgenuss Ms.schicht in %	!0.9	0.4	0.8	1.2	!1.1	0.9	11.1
Diff. RH Freiland-RH im Wald in %	-3.5	-1.5	-2.0	-1.0	-2.0	-2	0
Diff. RH Freiland-Kr.schicht in %	-10	-9.5	-9.5	-9.5	-9.5	!-10	!-4
Diff. RH Freiland-Ms.schicht in %	-23	!-33	-26	!-17	-26	-26	-36
Diff. RH Kr.-Ms.schicht in %	-11	-17.5	-6.5	-8.5	-10.5	!-11	!-29
Diff. T Freiland- T im Wald in °C	1.15	0.7	1.0	0.45	0.6	1.0	0.5
Diff. T Freiland-Kr.schicht in °C	1.9	1.3	1.2	1.2	1.3	1.7	1.5
Diff. T Freiland-Ms.schicht in °C	2.8	3.1	2.2	2.2	2.35	2.6	1.2
Diff. T Kr.-Ms.schicht in °C	0.7	1.3	0.85	0.5	0.85	0.8	0.4
Quellwasser:							
Wassertemperatur in °C	8.5	8.6	8.8	8.9	8.7	!8.6	!12.2
Sauerstoffgehalt in mg/l	9.2	9.45	8.8	9.0	9.15	!9.2	!3.1
Leitfähigkeit in µS/cm	97	133.5	106	124	124	!112	!276
Wasserstoffionenkonz. (pH)	6.2	6.0	6.2	6.0	6.0	!6.1	!6.9
Gesamthärte in °DH	1.9	2.9	2.25	2.45	2.5	2.2	4.1
Karbonathärte in °DH	1.0	0.8	1.2	1.0	1.1	1.0	3.6
Nitrit in mg/l	0.003	0.005	0.003	0.005	0.003	0.003	0.01
Nitrat in mg/l	10	!20	20	!10	20	!10	!0
Ammonium in mg/l	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
Phosphat in mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0

Tabelle 5a: Übersicht des *Caricion remotae* Kästner 1940

1-9: *Chrysosplenietum oppositifolii*
1-2: *typicum*
1: Typische Ausbildung
2: Höhenform von *Adenostyles alliariae*
3-9: *cardaminetosum amarae*
3: Typische Variante
4: Variante von *Myosotis palustris* agg.
5: Höhenform der Variante von *Myosotis palustris* agg.
6: Variante von *Stellaria alsine*
7: Variante von *Sphagnum fallax*
8: Variante von *Cratoneuron commutatum*
9: Variante von *Equisetum telmateja*
10: *Caricetum remotae*

Vegetationstyp	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Anzahl der Aufnahmen	103	16	215	20	5	28	18	20	9	41
Mittlere Artenzahl	8	8	9	14	14	11	10	11	11	17
AC Vegetation.-typ 1-9:										
Chrysosplenium oppositifolium	V 5	V 5	V 5	V 4	V 3	V 5	V 2	V 5	V 2	.
D *cardaminetosum amarae*:										
KC *Cardamine amara*	+ +	I +	IV 2	V 2	V 2	IV 2	III +	V 2	V 3	II r
Ranunculus repens	+ 1	.	IV 2	IV 2	IV 2	IV 2	III 2	III 1	III 1	III 2
Galium palustre	r 1	.	II 1	IV 2	II 1	III 1	III 1	III +	III 1	II +
Poa trivialis	r 1	.	II 1	IV 1	II +	III 1	.	III 3	III +	III 1
VC *Lysimachia nemorum*	+ +	+ +	II +	II 1	I +	II 2	III 1	II +	I +	IV 2
D Variante1:										
Myosotis palustris agg.	r +	+ 1	.	V 2	V +	r +	I +	.	.	.
D Variante 2:										
KC *Stellaria alsine*	I 1	I 1	.	II 1	.	V 1	III 1	.	II 2	II r
D Variante 3:										
Sphagnum fallax	.	.	.	.	.	.	IV 1	.	.	.
Sphagnum palustre	.	.	.	.	.	.	IV 1	.	.	I 3
Polytrichum commune	.	.	.	.	.	.	III 1	.	.	I 1
Sphagnum squarrosum	.	.	.	.	.	.	III 2	.	.	.
Viola palustris	.	.	.	.	.	.	III 1	.	.	.
Luzula sylvatica	r 3	+ +	.	.	.	r +	III 1	.	I 1	.
Hookeria lucens	.	.	.	.	.	.	II +	.	.	.
Valeriana dioica	.	.	.	.	.	r r	II +	.	.	.
D Variante 4:										
KC *Cratoneuron commutatum*	.	.	.	.	.	.	.	V 1	I +	.
Pellia endivifolia	.	.	.	.	.	.	.	II 1	.	.
Conocephalum conicum	.	.	.	.	.	.	.	II +	.	.
D Variante 5:										
Equisetum telmateia	.	.	.	.	.	.	.	.	V 2	.
Valeriana officinalis agg.	.	.	.	.	.	.	.	I +	II 1	.
Cratoneuron filicinum	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1	.

Scrophularia umbrosa	.	.	.	.	.	.	.	.	II +	.
D Höhenform (hochmontan):										
Adenostyles alliariae	.	IV 2	.	.	I 3	.	.	.	.	.
Chaerophyllum hirsutum	.	I +	.	.	V 3	.	.	.	.	.
Rumex alpestris		r +	I 2	.	.	I +	.	r +	.	.
OC/VC/D:										
Plagiomnium undulatum	+ 1	II 1	II 2	III 2	.	+ 1	II 1	IV 1	II +	.
Circaea intermedia	I +	I +	r r	I 2	.	r +	.	.	II 1	I 2
Chrysosplenium alternifolium	I 1	.	II 2	III 1	II +	I +	.	.	I 1	I
Cardamine flexuosa	I +	+ +	r +	.	.	+ 1	.	.	I 1	II r
D *Impatiens noli-tangere*	III 2	III 3	IV 2	II 2	II 2	II 2	.	III 2	IV 2	III 1
D *Geranium robertianum*	II +	+ r	I 2	+ 2	.	II r	.	IV 1	II +	II 1
D *Athyrium filix-femina*	II 2	II 2	II +	I 2	.	I +	III 1	.	I +	II r
D *Oxalis acetosella*	II +	II 1	II 1	II 1	I 1	II +	II 1	.	I 1	II 1
D *Carex remota*	I 1	+ 1	I +	I 1	.	II 2	II 1	II 1	I +	V 4
D *Crepis paludosa*	r +	+ r	+ +	III +	.	+ 1	III 1	I +	I +	.
D *Eurhynchium praelongum*	I 1	+ 1	II 1	+ 1	.	II 1	I 2	.	II 1	I 1
D *Stellaria nemorum*	II 2	II 2	II 3	I 1	IV +	I +	.	II 2	.	.
D *Lamiastrum galeobdolon*	II 1	+ +	II 2	I 4	.	I r	.	IV +	I +	.
D *Ajuga reptans*	r +	.	+ 2	.	.	r +	III 1	IV +	I +	II #
D *Senecio fuchsii*	r +	+ 2	r 2	r +	.	+ r	.	I 1	.	.
D *Veronica montana*	r 1	.	I +	.	.	+ 1	.	II +	I 1	.
D *Stachys sylvatica*	r +	.	+ +	.	.	r r	.	II 1	I +	I 1
D *Circaea lutetiana*	+ +	.	r +	.	.	r +	.	I 1	I 1	II +
D *Scutellaria galericulata*	r +	.	r +	.	.	.	.	.	I 1	II 1
KC/D:										
Brachythecium rivulare	III 1	III 1	III 1	IV 1	III 1	IV 1	III 1	IV 1	II 2	II 1
Rhizomnium punctatum	II 1	III 1	II 1	III 1	I +	II 1	III +	II 1	.	.
Deschampsia cespitosa	r +	I 1	.	I 1	I 1	II 1	II 1	I 2	I +	III +
Epilobium obscurum	r 1	.	.	r +	.	.	III 1	.	.	.
D *Epilobium tetragonum*	.	I +	.	.	.	I 1	.	.	.	III +
Philonotis fontana	.	I 1	.	r 1	.	.	I 1	.	.	.
D *Epilobium palustre*	.	.	.	+ +	.	I r	I +	.	.	.
Dicranella palustris	.	.	.	I 1	.	.	I 1	.	.	.
Bryum pseudotriquetrum	.	.	.	r 2	.	.	.	I 1	.	.
Rhizomnium pseudopunctatum	.	+ 1	.	.	.	.	.	.	.	.
Philonotis caespitosa	.	.	.	+ 1	.	.	.	.	.	.
Saxifraga stellaris	.	+ +	.	.	.	.	.	.	.	.
Sonstige:										
Agrostis stolonifera	r 1	+ +	I 2	II 1	I 1	II 1	IV 2	I 1	.	II 1
Equisetum sylvaticum	r +	+ 2	r 1	+ 1	I r	I +	II 2	II 1	I +	.
Pellia epiphylla	r 1	II 1	I 1	II 2	I 2	I 1	IV 2	.	.	II +
Dryopteris carthusiana	r r	II +	I r	I 2	.	r +	+ +	I +	.	I r
Chiloscyphus polyanthos	I 1	II 1	r +	I 1	II 1	+ 1	III +	.	.	.
Scapania undulata	I 1	II 1	+ 1	r 1	I 2	I 1	III 2	.	.	.

Glyceria fluitans	r[1]	.	I[1]	I[1]	I[+]	II[1]	II[1]	.	.	IV[1]	
Festuca gigantea	r[2]	.	+[1]	.	I[1]	I[+]	.	I[1]	I[+]	II[+]	
Mnium hornum	r[1]	.	II[1]	+[2]	.	I[+]	III[1]	.	.	I[1]	
Urtica dioica	I[+]	.	II[+]	II[2]	I[+]	I[1]	.	.	II[1]	.	
Lophocolea bidentata	r[1]	I[1]	.	+[1]	.	r[+]	II[1]	II[+]	.	.	
Filipendula ulmaria	.	.	r[+]	I[−]	I[r]	+[+]	.	I[1]	II[2]	.	
Brachythecium rutabulum	I[1]	I[2]	.	r[1]	.	r[+]	.	.	II[+]	.	
Plagiomnium affine	.	.	r[2]	r[1]	I[1]	.	.	II[1]	I[−]	.	
Gymnocarpium dryopteris	r[1]	+[+]	r[+]	.	.	+[2]	.	.	.	II[r]	
Thuidium tamariscinum	.	II[1]	r[+]	.	.	+[+]	III[2]	.	.	.	
Equisetum arvense	.	.	.	+[1]	I[+]	+[2]	.	III[+]	.	.	
Trichocolea tomentella	.	.	.	r[1]	.	.	III[2]	II[1]	.	.	
Rumex obtusifolius	.	.	.	+[2]	II[r]	r[r]	.	.	.	I[r]	
Cardamine pratensis agg.	.	.	.	.	.	.	II[−]	I[+]	I[−]	.	
Festuca altissima	r[2]	.	.	.	.	r[+]	.	II[−]	.	.	
Carex pendula	r[+]	.	.	.	.	.	.	II[1]	I[1]	.	
Cirsium oleraceum	.	.	.	.	II[r]	.	.	I[1]	I[−]	.	
Calliergonella cuspidata	.	.	.	.	.	.	I[2]	II[2]	I[4]	.	
Juncus effesus	.	.	.	.	.	.	II[+]	.	.	III[1]	
Eupatorium cannabinum	.	.	.	.	.	.	.	II[2]	II[1]	.	

1.2.1.1. *Chrysosplenietum oppositifolii* Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977

Milzkraut-Quellgesellschaft (Tab. 5:1–9)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Association à *Cardamine amara* & Muscinées incrustantes Imchenetzky 1926 p.p., *Cardaminetum amarae subatlanticum* (Br.-Bl. 1926) Tx. 1937, *Caricetum remotae* Kästner 1941 p.p., *Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum oppositifolii* Maas 1959 p.max.p., *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* Maas 1959 p.max.p., *Cratoneuro filicinae-Cardaminetum* Maas 1959 p.max.p., *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* Maas 1959 em. Zechmeister 1993
Lectotypus: Philippi (1989) Tab. 12 A:1 (nach schriftlicher Mitteilung von Philippi 1992)
AC: *Chrysosplenium oppositifolium*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

Die Geschichte des *Chrysosplenietum oppositifolii* beginnt mit der Beschreibung des *Cardaminetum amarae subatlanticum* durch Braun-Blanquet (1926). Da sich auch heute noch zahlreiche Autoren auf diese Beschreibung beziehen, ist es angebracht, die Original-Textstelle zu zitieren:
„1. - Cardaminetum amarae subatlanticum
C'est un groupement pionnier pauvre en espèces, cantonné dans les ruisseaux à cours assez rapide. Les principaux constituans sont des espèces à tige rampante, toujour verts, qui envahissent de leurs tapis laches les sources à fort debit. Cette association, peu ou pas influence par L'homme, est un groupement permanent, montrant la composition suivante:
2.3-4 Cardamine amara, 1.2 Chrysosplenium oppositifolium, 1.1-2 Epilobium alsinifolium, 1.2 Veronica beccabunga, +.2 Brachythecium rivulare, +.1 Caltha palustris".

Hier muss sogleich festgehalten werden, dass es sich bei dem von Braun-Blanquet dokumentierten Bestand weder um eine Dominanzgesellschaft von *Cardamine amara*, noch um eine geschlossene Milzkrautflur (*Chrysosplenium oppositifolium*) handelt. Von den über 400 berücksichtigten Aufnahmen, die *Chrysosplenium oppositifolium* enthalten, ist dies zudem die einzige, die zugleich *Epilobium alsinifolium* als arktisch-alpines Element trägt – mit anderen Worten, diese Aufnahme repräsentiert im günstigsten Fall die Verhältnisse in Quellbächen des Massif Central oberhalb der Baumgrenze – mit den Wald-Quellgesellschaften der zentraleuropäischen Mittelgebirge hat sie nur sehr wenig gemein!

So ist es denn nicht verwunderlich, dass Tüxen (1937) seine Aufnahmen aus dem Südwestfälischen Bergland mit *Cardaminetum amarae subatlanticum* (Br.-Bl. 1926) Tx. 1937 überschreibt. Und ebenso wenig erstaunt es, dass Kästner (1941) unverblümt feststellt: *„Die vorstehenden Tabellen* [gemeint sind Tüxens Aufnahmen] *entsprechen nun aber keineswegs dem Bilde eines Cardaminetum amarae subatlanticum, wie es Braun-Blanquet (1926) zuerst aus der Auvergne aus einer Höhe von 1350 m beschrieben hat*" (vergl. auch Schlüter 1966). Trotzdem hält sich der Begriff mit wechselnden oder fehlenden Autorenangaben bis in die heutige Zeit (vergl. Büker 1942, Schwickerath 1944, Oberdorfer 1957, Passarge 1964, Wilmanns 1984, Runge 1990, Pott 1990, Rennwald 2000 u.v.a.). Ist der Name *Cardaminetum amarae subatlanticum* schon wegen seines geographischen Epithetons illegitim, so wird darüber hinaus die Bezeichnung *Cardaminetum amarae* so oft in einem, ihren Typus ausschließenden Sinne verwendet, dass sie auch als „nomen ambiguum" (Weber et al. 2001) verworfen werden sollte (vergl. Oberdorfer 1977).

Auf der Suche nach alternativen Konzepten zur Gliederung der Waldquell-Gesellschaften stößt man zunächst auf Kästner (1938, 1940, 1941). Er schlägt vor, die beschatteten Silikat-Quellgesellschaften *Caricetum remotae* + epitheton zu nennen. *Carex remota* dient ihm als AC. Die Winkelseggen-armen Bestände von Tüxen (1937) fasst er als Übergang zwischen dem *Cardaminetum amarae subatlanticum* sensu Braun-Blanquet (1926) und seiner Gesellschaft auf. Kästners Vorschläge treffen auf wenig Zustimmung. Dies hat zwei Gründe: Zum einen sind die aus Ostdeutschland dokumentierten Milzkraut-armen Bestände

nicht ohne weiteres mit den Aufnahmen aus den zentraleuropäischen Mittelgebirgen vergleichbar, zum anderen ist *Carex remota* bereits seit den Anfängen der synsystematischen Vegetationskunde als Charakterart eines *Carici remotae-Fraxinetum* Koch 1925 „vergeben", was der relativ breiten Amplitude dieser Art aber ebenfalls nicht gerecht wird.

Die deutlichen Unterschiede, die KÄSTNER (1941) veranlassten, eine neue Assoziation zu beschreiben, finden in der hier vorliegenden Klassifikation ihren Ausdruck in der Ausgliederung eines *Caricetum remotae* Schwickerath 1944. Von den Aufnahmen KÄSTNERs fallen jene mit *Chrysosplenium oppositifolium* (dom.) heute überwiegend dem *Chrysosplenietum* zu. Schon sehr früh rückte das Gegenblättrige Milzkraut in den Rang einer Charakterart montaner Waldquellen auf, und in gleichem Maße verlor das Bittere Schaumkraut (*Cardamine amara*) für die Indikation des Standortes Quelle an Bedeutung. Hatte SCHWICKERATH (1933) noch ein *Cardaminetum amarae* im Sinne von BRAUN-BLANQUET beschrieben, so nennt er 1944 *Chrysosplenium oppositifolium* als AC des *Cardaminetum amarae*. OBERDORFER (1938) weist diese Art ebenfalls als AC aus. BARTSCH & BARTSCH (1940) sehen dieses Milzkraut für den Schwarzwald als besonders charakteristische Art und auch BUDDE & BROCKHAUS (1954) stellen die geschlossenen Fluren des Gegenblättrigen Milzkrautes für das Südwestfälische Bergland deutlich heraus.

Andererseits hält schon ALLORGE (1922) fest, das von BRAUN-BLANQUET als Charakterart angegebene *Cardamine amara* sei in Frankreich an ganz andere Standorte gebunden. Auch KÄSTNER (1941) findet *Cardamine amara* nicht ausschließlich in Quellgesellschaften und weist der Art schon nur noch den Rang einer OC zu. LIBBERT (1945) gibt das Bittere Schaumkraut als wichtige Differentialart der Alneten und des *Sparganio-Glycerion* an, und SEBALD (1975) geht schließlich so weit, der Art wegen ihrer außerordentlich großen ökologischen Amplitude sogar den Rang einer KC abzusprechen.

Als MAAS (1959) die Klasse *Montio-Cardaminietea* erstmals monographisch bearbeitet, finden die oben nur beispielhaft aufgelisteten Überlegungen schon weitgehend Berücksichtigung, ohne dass dadurch eine befriedigende Lösung für die Synsystematik der *Montio-Cardaminietea* im allgemeinen und der *Chrysosplenium*-reichen Wald-Quellgesellschaften im speziellen herausgearbeitet wird. *Cardamine amara* wird bei MAAS zwar schon nur noch als KC geführt, findet sich aber trotzdem zusätzlich, mit angeblichem Optimum, mehrfach als Charakterart auf Assoziationsniveau wieder. MAAS stellt im Zusammenhang mit den Wald-Quellgesellschaften eine fast verwirrende Vielzahl von neuen Gesellschaften vor, die allesamt schwach oder gar nicht charakterisiert sind (vergl. TÜXEN & JAHNS 1962). Für die vorliegende Arbeit mag es genügen darauf hinzuweisen, dass die gleichzeitige Mehrfachnennung von Charakterarten (z.B. *Pellia epiphylla* als AC, DSubass, Begleiter) eine klare floristische Differenzierung unmöglich macht. Dies ist zudem aus dem Blickwinkel der heute gültigen Nomenklaturregeln (WEBER et al. 2001) durchweg illegitim (vergl. OBERDORFER 1977). Das große Verdienst von MAAS besteht jedoch darin, die Trennung auf Verbandsebene von beschatteten Wald-Quellgesellschaften und unbeschatteten Quellgesellschaften des Grünlandes und der subalpinen Stufe durchgesetzt zu haben. Überdies stieß seine Arbeit jene Überlegungen von SCHLÜTER (1966) maßgeblich an, die schließlich zur ersten namentlichen Erwähnung eines *Chrysosplenietum oppositifolii* führten.

Die intensive Auseinandersetzung mit der Arbeit von MAAS (1959) veranlassten SCHLÜTER (1966), viele der dort genannten Charakterarten zu verwerfen und ein *Chrysosplenietum oppositifolii* mit einer einzigen Charakterart provisorisch zu beschreiben. Es lag in der Natur der geographischen Lage seines Untersuchungsgebietes (Thüringer Wald), dass er am Rande des Areals von *Chrysosplenium oppositifolium* eine Untergesellschaft beschrieb, die schon zu den in Osteuropa vikariierenden Vegetationstypen an Quellen überleitet. Jene sind v.a. von Torfmoosen dominiert. Als alleinige Kennart weist SCHLÜTER *Chrysosplenium oppositifolium* aus. Die *Pellia*-reichen Bestände aus dem niederländischen Tiefland bezeichnet er als geographische Rasse seiner Gesellschaft oder Gebietsassoziation. Als Untergesellschaft weist er ein *sphagnetosum* (nach *Sphagnum squarrosum, Sphagnum fallax* und *Polytrichum commune*) aus, das er syndynamisch als Initialstadium des *Chrysosplenietum* begreift. Nach

Artikel 3 (b) der Nomenklaturregeln (WEBER et al. 2001) ist die Beschreibung des *Chrysosplenietum oppositifolii* von SCHLÜTER (1966) allerdings nicht gültig veröffentlicht.

Auch NIEMANN hatte sich in Arbeiten aus den Jahren 1962, 1965 und 1973 mit Quellgesellschaften in weiterem Sinne befasst. 1973 fassten NIEMANN et al. das *Cardaminetum amarae subatlanticum* (Br.-Bl.1926) Tx.1937, Teile des *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* Maas 1959 und eigenes Material aus NIEMANN (1962) zusammen und beschrieben ein *Cardamino-Chrysosplenietum oppositifolii*. Diese Gesellschaft stellten sie neben ein *Carici remotae-Cardaminetum flexuosae* (Kästner 1940) Oberd. 1957, das *Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum oppositifolii* Maas 1959 (bzw. *Chrysosplenietum oppositifolii* Schlüter 1966) und das *Philonoto-Montietum* in das *Cardamino Montion*. Aus dieser Gliederung geht jedoch nicht deutlich hervor, warum die artenreiche Ausbildung der *Chrysosplenium*-Fluren, trotz des Fehlens mindestens einer Charakterart, Assoziationsrang erhalten soll. Vor dem Hintergrund der gültigen Nomenklaturregeln und der Forderung nach mindestens einer eigenen Charakterart neben einer wesentlichen Änderung der Artenkombination lässt sich der Gliederungsvorschlag von NIEMANN et al. (1973) nicht synsystematisch berücksichtigen. Die Wirkungsgeschichte dieses Einteilungsversuches ist denn auch unbedeutend. Lediglich DIERSCHKE et al. (1983) verweisen auf diese Arbeit und verwenden die Assoziationsbezeichnung für montane Quellgesellschaften des Westharzes. Allerdings führen sie als Autorenzitat „(Tx. 1937, Maas 1959) Oberd. et Phil. 1977" an, was angesichts der oben dargestellten Zusammenhänge nicht nachvollziehbar ist.

Als OBERDORFER und PHILIPPI die Klasse *Montio-Cardaminetea* in OBERDORFER (1977) abhandeln, beschreiben sie ein *Chrysosplenietum oppositifolii* – ohne Bezug auf die Arbeit von SCHLÜTER (1966) –, weil *„Chrysosplenium oppositifolium noch eine deutliche Bindung an Quellflur-Gesellschaften, also einen soziologischen Schwerpunkt von einiger diagnostischer Bedeutung habe"* (OBERDORFER 1977). Als einzige Charakterart ist folglich *Chrysosplenium oppositifolii* angeführt (vergl. dort Tab. 61). Die *Chrysosplenium*-reichen Gesellschaften von MAAS (1959) sind hier weitgehend zusammengefasst und den Quellgesellschaften ohne *Chrysosplenium oppositifolium* gegenübergestellt. Weder die Arbeit von SCHLÜTER (1966) noch die Gliederung von NIEMANN et al. (1973) finden Erwähnung.

Im Überblick betrachtet, kann allein diese Einteilung von OBERDORFER und PHILIPPI den Anforderungen, die sich aus den Nomenklaturregeln ableiten, dem Charakterartenprinzip und der nachvollziehbaren floristischen Differenzierung gerecht werden.

Untergliederung (Tabelle 5a: 1–9)

typicum Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977
Lectotypus PHILIPPI (1989) Tab. 12 A:1 (nach schriftlicher Mitteilung von PHILIPPI 1992)
cardaminesotum amarae Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977
Lectotypus PHILIPPI (1989) Tab. 12 A:9 (nach schriftlicher Mitteilung von PHILIPPI 1992)

Schon PHILIPPI und OBERDORFER unterscheiden zwei Untergesellschaften, von denen das *typicum* sehr artenarm ist (überwiegend Einartbestände), während das *cardaminetosum amarae* artenreicher und mit insgesamt 23 Differentialarten deutlich vom *typicum* verschieden ist. Die Trennart mit der höchsten Stetigkeit ist *Cardamine amara*.

In beiden Subassoziationen lässt sich je eine hochmontan-subalpine **Höhenform** von einer Typischen Ausbildung der kollinen bis montanen Stufe unterscheiden. Als Differentialarten von überregionaler Bedeutung kommen *Adenostyles alliariae, Chaerophyllum hirsutum* und *Rumex alpestris* in Betracht. Diese Höhenausbildungen dokumentieren eine floristische Brücke zu den nässetoleranten, hochmontan-subalpinen Hochstaudenfluren, wo *Chrysosplenium oppositifolium* ausfällt (vergl. NIEMANN et al. 1973).

Da innerhalb des *cardaminetosum amarae Myosotis palustris* agg. und *Stellaria alsine* einander meist ausschließen, werden sie als Trennarten von **Varianten** ausgewiesen und einer trennartenlosen Typischen Variante gegenübergestellt. Bei einer solchen Trennung ist die *Myosotis palustris*-Variante signifikant artenreicher als die Typische Variante. Auch gegenüber der *Stellaria alsine*-Variante ist die Artenzahl erhöht. Die mittlere Deckung von

Chrysosplenium oppositifolium liegt in der *Myosotis*-Variante deutlich niedriger als in den beiden anderen Varianten, weil oberständige Arten, wie z.B. *Galium palustre, Athyrium filix-femina, Lamiastrum galeobdolon, Dryopteris carthusiana* und *Urtica dioica*, im Mittel wesentlich höhere Deckungsgrade erreichen. *Crepis paludosa* und *Chrysosplenium alternifolium* haben in der *Myosotis*-Variante ein Optimum. Außerdem lassen sich drei weitere Varianten des *Chrysosplenietum* differenzieren: eine torfmoosreiche Variante (= *sphagnetosum* Schlüter 1966), eine Variante von *Cratoneuron commutatum* und eine Variante von *Equisetum telmateia*. Der Riesen-Schachtelhalm ist nicht selten faziesbildend, zeigt aber im Mittel nur Deckungsgrade von 5–25 %.

In allen Subassoziationen, Varianten und Höhenausbildungen können **Ausbildungen** mit bzw. ohne *Impatiens noli-tangere* unterschieden werden. Obwohl im Vergleich der ökologischen Parameter zwischen diesen beiden Ausbildungen keine nennenswerten Signifikanzen zu erkennen sind, sollten sie floristisch unterschieden werden, da das Große Springkraut nicht selten faziesbildend ist und dann das Erscheinungsbild der Gesellschaft im Sommer wesentlich verändert.

ZECHMEISTER & STEINER (1995) haben mit 22 Aufnahmen ein *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* Maas 1959 em. Zechmeister 1993 belegt, dessen floristische Ausstattung sich vom *Chrysosplenietum oppositifolii* nur darin unterscheidet, dass *Chrysosplenium oppositifolium* aus arealgeographischen Gründen fehlt. Als Charakterarten der Assoziation sind *Plagiomnium affine* agg. *(= Plagiomnium undulatum)* (Stetigkeit V), *Chrysosplenium alternifolium* (Stetigkeit III), und *Pellia epiphylla* (Stetigkeit II) aufgelistet. Die beiden erstgenannten Arten werden in dieser Arbeit als VC des *Caricion remotae* geführt. *Pellia epiphylla* als AC zu deklarieren, erscheint schon angesichts ihrer Stetigkeit sehr fragwürdig. Erwähnt sei auch, dass in dieser Tabelle auch Aufnahmen zugeordnet wurden, die keine der drei genannten Charakterarten beinhalten. Das *Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii* Maas 1959 em. Zechmeister 1993 hat alle Merkmale einer Basalgesellschaft auf Verbandsebene (vergl. KOPECKÝ & HEJNÝ 1978): Die Assoziationscharakterarten fehlen und die Charakter- und Differenzialarten höherer Syntaxa sind gut vertreten. Es ist auch keine deutliche Verschiebung der Häufigkeiten der Arten gegenüber der Assoziation erkennbar. Diese Gesellschaft sollte deshalb z.B. als *Plagiomnium undulatum* [*Caricion remotae*]-Basalgesellschaft bezeichnet werden.

Struktur und Artenverbindung

Als charakteristische Artenkombination des *Chrysosplenietum oppositifolii* gilt (in absteigender Stetigkeit): *Chrysosplenium oppositifolium* (dom.), *Cardamine amara, Brachythecium rivulare, Ranunculus repens, Impatiens noli-tangere, Plagiomnium undulatum, Circaea intermedia, Cardamine flexuosa, Galium palustre, Poa trivialis, Myositis palustris agg., Geranium robertianum, Carex remota, Stellaria nemorum, Lamiastrum galeobdolon, Ajuga reptans.* Zur Artenkombination verschiedener Varianten siehe Spalten 1-9 der synoptischen Tabelle 5a.

Das horizontale Muster des *Chrysosplenietum oppositifolii* ist von den dichten Decken der namengebenden Art geprägt. Dies ist nur dann weniger auffallend, wenn die Differentialarten der Untergesellschaft *cardaminetosum* oder die Herden von *Impatiens noli-tangere* das unterständige Milzkraut überragen. Von den oberständigen Arten vermögen v.a. *Lamiastrum galeobdolon* und *Stellaria nemorum*, mitunter auch *Ranunculus repens*, durch bogig überhängende, vegetative Sprosse einen dichten Teppich über dem Milzkraut zu weben. Alle anderen Arten stehen zumeist nur im lockeren Verband zwischen den Milzkraut-Sprossen. Moose spielen zwar im Vergleich zu Freilandquellen eine unbedeutende Rolle, doch können *Plagiomnium undulatum* oder *Brachythecium rivulare* schon mal Deckungsgrade etwas über 5% erreichen. Meist findet man die Moose in kleinen Flecken oder Gruppen, nur *Plagiomnium undulatum* neigt zur Bildung lockerer Rasen.

Wie oben bereits angedeutet, bildet *Chrysosplenium oppositifolium* i.d.R. eine zusammenhängende Schicht, die im Falle der artenreichen Untergesellschaft *cardaminetosum* von

höherwüchsigen Arten durchstoßen wird. Es besteht aber keine Notwendigkeit, innerhalb der Krautschicht zwei Ebenen zu unterscheiden, denn eine scharfe Trennlinie ist weder über das Jahr betrachtet noch im Vergleich aller Aufnahmen untereinander zu erkennen. Auch eine rein strukturelle Trennung der Moosschicht ist nicht immer erforderlich. Besonders die z.T. mehrere Zentimeter hohen Arten *Plagiomnium undulatum* und *Rhizomnium punctatum* schieben sich nicht selten zwischen die manchmal nur wenige Zentimeter hohen *Chrysosplenium*-Pflanzen, so dass die Grenzen vollends verschwinden. Eine entscheidende, wenn auch in den Spektren nicht dokumentierte Vegetationsschicht für die Milzkrautfluren ist jedoch die beschattende Baumschicht.

Thymid, als die einheitliche WF von *Chrysosplenium oppositifolium*, überragt alle anderen WF sowohl in puncto Deckung als auch in Stetigkeit. Darin liegt auch der markanteste Unterschied zum *Caricetum remotae*, das von Grasartigen beherrscht wird. Neben der WF Thymid sind epipactide und primulide Pflanzen für das *Chrysosplenietum* charakteristisch. Diese beiden Wuchsformen sind jedoch nicht, wie man vermuten könnte, auf das artenreichere *cardaminetosum* beschränkt – z.B. wächst *Cardamine amara* zumeist epipactid oder primulid oder beides –, sondern im *typicum* gleichermaßen vertreten. Das Wuchsformenspekrum macht deutlich, dass die artenarme Untergesellschaft nicht automatisch strukturärmer ist. Lediglich die Stetigkeit und die mittlere Deckung der meisten WF sind im *cardaminetosum* höher.

Phänologie

Unter den Dauerquadraten, die über den Zeitraum der Feldarbeiten monatlich aufgenommen wurden, waren drei Bestände, die ein *Chrysosplenietum* tragen. Dauerquadrat PP1 wurde später als *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum* Variante von *Myosotis palustris* klassifiziert, Dauerquadrat PP2 wurde zur Typischen Subassoziation ohne *Impatiens noli-tangere* gestellt und Dauerquadrat PP3 repräsentiert das *typicum* in einer Fazies des Großen Springkrauts. Die Dauerquadrate lagen im Hochsauerland. Von diesen Chrysosplenieten wurden hier die phänologischen Spektren aus 1990 von PP1 und PP3 (Abb. 2-3) ausgewählt, um die zeitliche Einnischung der Arten im Jahresverlauf zu verdeutlichen. Beide Bestände sind während der Vegetationszeit beschattet. PP3 ist übergangslos eingebettet in ein *Luzulo-Fagetum* in der Fazies von *Festuca altissima*, PP1 hingegen grenzt nur an drei Seiten an ein *Luzulo-Fagetum*, während sich bachabwärts in kurzer Entfernung ein Eschen-Quellwald anschließt.

Einheitlich für beide Fundorte ist der Zeitraum, in dem – zumeist nur über wenige Tage hinweg – Schnee liegt. In den durch Sternchen gekennzeichneten Monaten waren in den davorliegenden fünf Jahren regelmäßig Schneefälle verzeichnet worden. Die beiden Aufnahmeflächen sind dann i.d.R. tagelang von einer geschlossenen Schneedecke überzogen, die aber wesentlich schneller ausapert als die der umgebenden Waldböden. Dabei eilt die ostexponierte, bis mittags voll besonnte Fläche PP3 der nordexponierten Fläche von PP1 weit voraus, denn letztere erhält durch die Horizontabschirmung eines Bergkamms in den Wintermonaten keine direkte Sonneneinstrahlung. Vereinzelte Schneefälle im November oder Dezember vermögen meist keine dauerhafte Schneedecke auf den Quellstandorten zu hinterlassen.

Die Folgen eines schnellen Ausaperns werden bei PP3 an den stark schwankenden Deckungswerten von *Chrysosplenium oppositifolium* deutlich, das in den Wintermonaten in beträchtlichem Maße erfriert. Von diesen Erfrierungen bleiben die niederliegenden, vom Quellwasser überrieselten und deshalb gleichmäßig temperierten Sprosse verschont und vermögen schon im Frühsommer die entstandenen Lücken wieder zu schließen. Unter den Bedingungen von PP1 sind solche Schwankungen nicht zu beobachten, obwohl die Lufttemperaturen im Winter hier wesentlich niedriger sind. *Chrysosplenium oppositifolium* bleibt das ganze Jahr hindurch dominant. Auffallend ist auch der frühe Blühbeginn in PP1. Vermutlich kommen hier jene Sprosse zur Blüte, die bereits im Herbst angelegt wurden, während nach episodischem Überfrieren anscheinend neue Blütensprosse angelegt werden müssen.

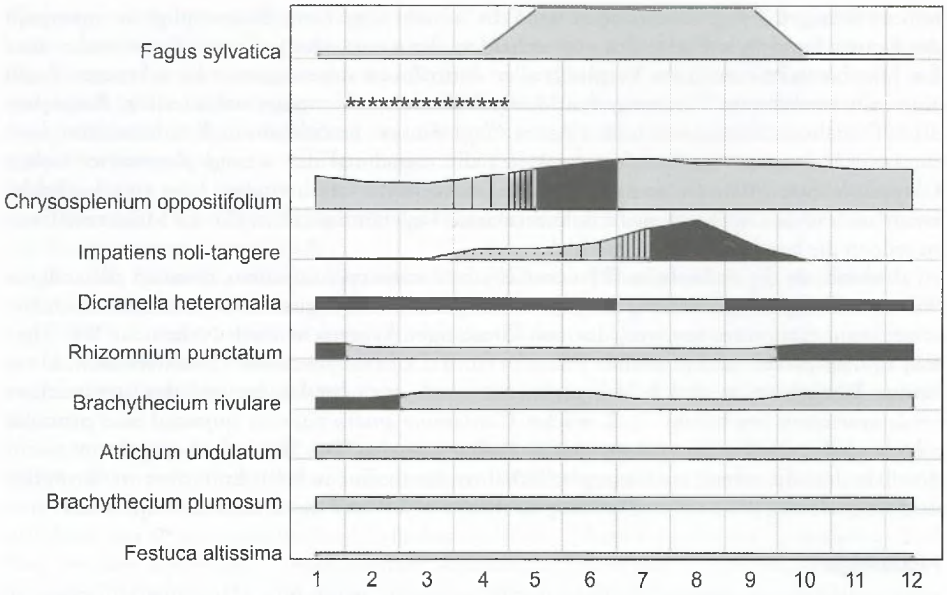

Abb. 2: Phänologisches Spektrum eines *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* Ausbildung von *Impatiens noli-tangere* (PP3). Die Balkenhöhe entspricht der Deckung (0,9 mm = 5, 0,7 mm = 4 usw.), die Schraffur gibt den jeweils dominanten phänologischen Zustand der Art wieder: Ohne Schraffur = vegetativ, schwache Schraffur = knospend, starke Schraffur = blühend, ausgefüllt = fruchtend. Mit Blüte und Frucht der Moose wird sinngemäß verfahren. Der Monat, in dem regelmäßig, wenn auch nicht durchgehend Schnee auf der Fläche lag, wurde mit ***** markiert. Die Bedeckung/ Beschattung durch randlich stehende Bäume ist wie die Deckung von Arten der Feldschicht angegeben.

Abb. 2 (PP3) zeigt den typischen Entwicklungsverlauf einer *Impatiens noli-tangere* Ausbildung. Die ersten Keimlinge des Springkrauts sind schon Mitte März zu finden, doch fallen sie zumeist den Spätfrösten zum Opfer. Im Mai wachsen die Keimlinge und Jungpflanzen dann auf und Mitte Juni treiben die ersten Individuen Knospen. Mit Blüte und Frucht erreicht die Art Mitte August ihren Entwicklungshöhepunkt (vergl. auch TÜXEN & BRUN-HOOL 1975). Als dichter Teppich von nahezu gleichhohen Pflanzen versteckt sich darunter die Milzkrautflur. Der Bestand bricht dann rapide zusammen, und schon Ende September sind meist nur noch die "Strohhalme" der *Impatiens*-Stengel zu erkennen. Abb. 3 (PP1) zeigt ebenfalls einen ausgeprägten Aspektwechsel. Hier staffeln sich die Blühphasen der Differentialarten des *cardaminetosum* bis in den September, um schließlich von den bogig aufsteigenden und dann mit den Spitzen wieder eintauchenden, vegetativen Sprossen der Goldnessel (*Lamiastrum galeobdolon*) übersponnen zu werden.

Ähnlich wie das Milzkraut nutzen auch die Moose (hier *Rhizomnium punctatum*) die Wintermonate für generative Vermehrung (s. auch PP3). Gegen Ende der Fruchtphase des Milzkrautes beginnt *Cardamine amara* zu blühen. Das Schaumkraut setzt schon sehr bald Früchte an, während *Ranunculus repens, Poa trivialis, Geranium robertianum* und *Myosotis nemorosa* gerade erst ihre Blüten schieben. Die Fruchtbildung von *Chrysosplenium oppositifolium* ist zwar i.d.R. reichlich, doch die generative Vermehrung hat nach eigener Beobachtung keine Bedeutung für die Besiedlung neuer Orte. Keimlinge können überhaupt nur recht selten beobachtet werden, abgetrennte Sproßteile hingegen wachsen an geeigneter Stelle sehr schnell an und tragen wohl den größten Teil zur Besiedlung der Quellnischen und Quellbäche bei (vergl. auch GRIME, HODGSON & HUNT 1988). Bei *Cardamine amara* ist die Fruchtbildung an Waldquellen erheblich geringer als an Freilandquellen. Aus den entsprechenden Anmerkungen im Feldbuch lässt sich abschätzen, dass im Wald nur etwa 10–20% der Samenanlagen zur Reife kommen, während im Freien über 80 % der Samen reifen.

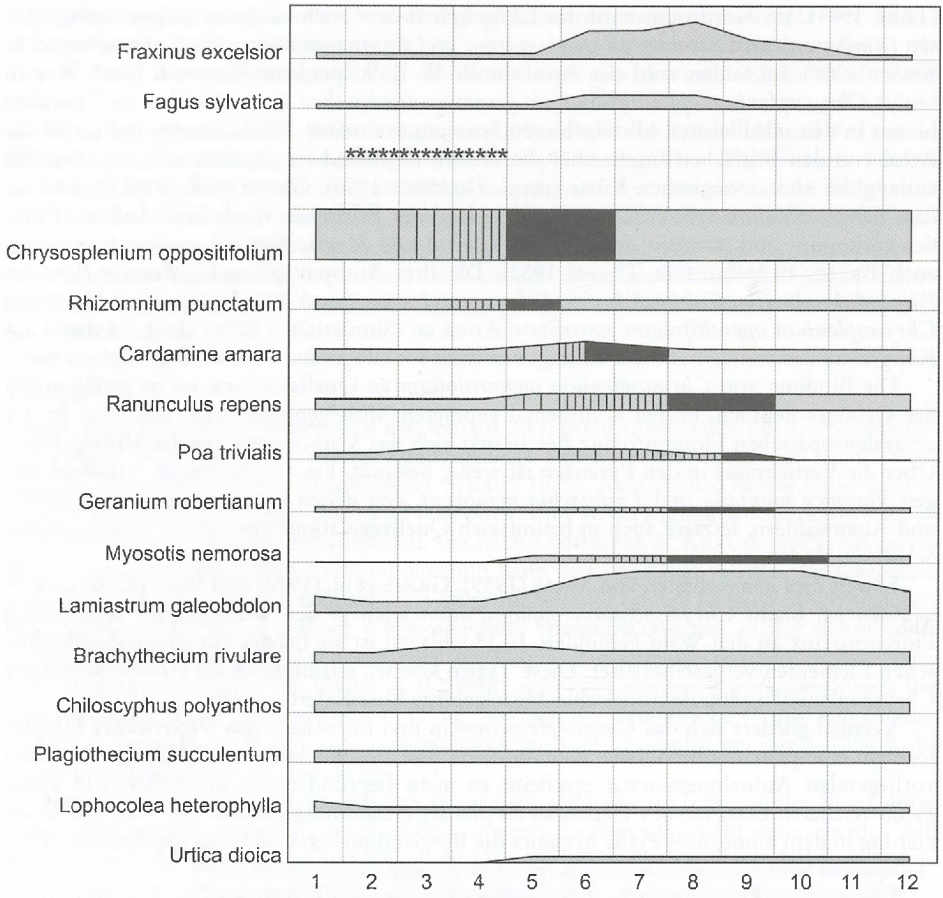

Abb. 3: Phänologisches Spektrum eines *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum* (PP1). Erklärung s. Abb. 2.

Die Strategie von *Lamiastrum galeobdolon*, durch starkes vegetatives Wachstum im Spätsommer die im Winter zu erwartenden Ausfälle zu kompensieren, kann in gleicher Weise auch für *Stellaria nemorum* an etwas weniger reichen Standorten beschrieben werden, nur kommt letztere i.d.R. auch zur Blüte, während *Lamiastrum* in charakteristischer Weise an Quellen vegetativ bleibt. Bemerkenswert ist noch, dass *Urtica dioica* im vorliegenden Spektrum ihr typisches Erscheinungsbild an intakten Quellstandorten zeigt. Die Art ist mit mittlerer Stetigkeit und in Einzelexemplaren zu finden, kommt jedoch praktisch nie zur Blüte. Der chronische Nährstoffmangel schränkt ihre Vitalität ein, aber schon bei geringer Störung, insbesondere bei Auflichtung und Eutrophierung, kann sie durch Polykormon-Bildung die Milzkrautflur überwuchern. Oft vermag allein das schattentolerante *Chrysosplenium oppositifolium* dieser Ausdunkelung zu widerstehen und ist mitunter noch lange am gestörten Quellstandort zu finden.

Verbreitung

Bei nur einer Charakterart, die zudem in den meisten Fällen einen erheblichen Teil der Aufnahmeflächen bedeckt, ist das Areal der Gesellschaft mit dem Areal der Kennart eng verknüpft. *Chrysosplenium oppositifolium* ist nach MEUSEL & BUHL (1968) eine ozeanisch-subozeanische Art mit montaner Bindung. Es klingt im Harz gegen das mitteldeutsche Tiefland aus, dringt aber in den südostdeutschen Mittelgebirgen bis in die Lausitz nach Osten vor

(TÜRK 1994). Im Nordosten wird das *Chrysosplenietum* auch noch auf Rügen nachgewiesen (Varianten von *Cratoneuron commutatum* und *Equisetum telmateia*) (SPANGENBERG & KNAPP 2008). Im Süden wird das Areal durch die Kalkalpenkette begrenzt. Nach Westen hin ist *Chrysosplenium oppositifolium* im gesamten atlantischen Raum bis über die Pyrenäen hinaus in den nördlichsten Mittelgebirgen Spaniens verbreitet. Nach Norden hin reicht das Areal von den Britischen Inseln über die Halbinsel Jütland bis in einen schmalen Streifen entlang der südnorwegischen Küste (vergl. DIERSSEN 1996). GRIME et al. (1988) geben an, dass *Chrysosplenium oppositifolium* im Hochland der Britischen Inseln außerhalb des Waldes vorkommt und dort mit *Epilobium obscurum* und *Montia fontana* assoziiert ist (vergl. auch BRAUN-BLANQUET & TÜXEN 1952). Die drei Autoren geben *Cardamine flexuosa, Filipendula ulmaria, Caltha palustris, Solanum dulcamara* und *Mentha aquatica* als eng mit *Chrysosplenium oppositifolium* assoziierte Arten an (Similarität > 80%), doch ist diese, auf Kongruenz basierende Liste nur bedingt mit einer soziologischen Zuordnung vergleichbar.

Die Bindung von *Chrysosplenium oppositifolium* an Quellstandorte ist im größten Teil des Gebietes deutlich, in den kontinental geprägten Mittelgebirgen sogar sehr eng. In der zentraleuropäischen Florenprovinz beschränkt sich das Vorkommen auf die Mittelgebirge. Über die Verhältnisse in den Pyrenäen ist wenig bekannt. Ein vergleichbares Arealbild zeigen *Veronica montana* und *Lysimachia nemorum*, von denen erstere in montanen Quell- und Auenwäldern, letztere auch in baumfreien Quellvegetationstypen einen soziologischen Schwerpunkt hat.

Soweit dies den Arbeiten von MAAS (1959), GRIME et al. (1988) und INPN (2016) zu entnehmen ist, bleibt *Chrysosplenium oppositifolium* auch in den Tieflagen der atlantischen Florenprovinz an den Wald gebunden. In Hochlagen ist sie bereits mit subalpin-subarktischen Elementen vergesellschaftet. Diese Typen können soziologisch als Höhenformen der Chrysosplenieten zentraleuropäischer Mittelgebirge klassifiziert werden.

Vertikal gliedert sich das *Chrysosplenietum* in drei floristische gut abgrenzbare Höhenformen: eine planar-submontane, eine montane und eine hochmontan-subalpine. Aus dem vorliegenden Aufnahmematerial erscheint es nicht begründet, die möglicherweise etwas *Pellia*-reicheren Bestände des Tieflandes als planare Ausbildung auszuweisen. Eine Differenzierung in dem Sinne, dass *Pellia neesiana* die Berglandquellen und *Pellia epiphylla* die Tieflandquellen kennzeichnet, kann nicht bestätigt werden (vergl. MAAS 1959).

Die montane Höhenform des *Chrysosplenietum* ist negativ differenziert. Erst ab Höhenlagen von ca. 600 m ü. NN sind die Bestände durch das Vorkommen von *Chaerophyllum hirsutum* deutlich floristisch und strukturell verschieden. In den alpennahen Mittelgebirgen, Bayerischer Wald, Schwarzwald und Vogesen, dringen in Höhen zwischen 800 und 1350 m ü. NN hochmontan-subalpine Hochstauden, wie *Petasites albus, Rumex alpestris, Adenostyles alliariae* und die subalpine *Saxifraga stellaris* in die Milzkraut-Gesellschaften ein. Durch diese Gliederung finden sowohl die *Rumex alpestris-Chrysosplenium*-Gesellschaft von SCHLÜTER (1966) als auch die von NIEMANN et al. (1973) dokumentierten *Chaerophyllum*-reichen Milzkrautbestände einen Platz im System.

Eine deutliche Rassenbildung des *Chrysosplenietum* kann im zentraleuropäischen Raum nicht beobachtet werden, wenngleich aus arealgeographischen Gründen die Höhenform mit *Adenostyles alliariae* im Bayerischen Wald fehlen muss (vergl. HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988). Eine angeblich *Pellia*-reiche, atlantische Rasse (vergl. MAAS 1959, SCHLÜTER 1966) hebt sich ebenfalls nicht deutlich heraus.

An den Arealgrenzen der Gesellschaft sind keine breiten Durchdringungsbereiche mit den sich geographisch anschließenden Gesellschaften zu erkennen. Im Fichtelgebirge und Bayerischen Wald finden sich Milzkrautfluren nur noch unter besonders günstigen lokalklimatischen Bedingungen. Die konkurrierenden und dort schon wesentlich häufigeren *Sphagnum fallax*-dominierten Bestände (*Caricetum fuscae polytrichetosum*) lösen das *Chrysosplenietum* nach Südosten hin ab. Im Süden (v.a. Schwarzwald und Vogesen) bleibt die Assoziation streng an Wald gebunden, jenseits der Waldgrenze finden sich übergangslos Gesellschaften der *Montio-Cardaminetalia*. Da die Verbreitung im Westen weit über das Arbeitsgebiet hinausreicht, konnten die Verhältnisse dort nicht in Augenschein

genommen werden. Im schottischen Hochland scheinen mehrere Verbände der Klasse *Montio-Cardaminetea* „zusammenzufließen". Nach Lage der publizierten Aufnahmen aus diesem Raum dürfte das Gegenblättrige Milzkraut dort aber nur eine unbedeutende Rolle spielen.

Bemerkenswert sind die „Verbreitungsgrenzen innerhalb des Areals". Da auf den potentiellen Silikat-Buchenwaldstandorten in Mitteleuropa zum großen Teil Fichten stocken und das Bestandesklima in Fichtenforsten anscheinend weniger geeignet für die Milzkraut-Gesellschaften ist als im Buchenwald, findet man die eigentlich im Osten des Verbreitungsgebietes angrenzenden, *Sphagnum*-reichen Vegetationstypen, v.a. das *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* Oberdorfer 1938 häufig als Ersatzgesellschaft des *Chrysosplenietum* in Fichtenbeständen. Die seltenen Übergangstypen sind der Variante von *Sphagnum fallax* zuzuordnen.

Ökologie

Sumpf- und Hangsickerquellen sind die weitaus häufigsten Quelltypen des *Chrysosplenietum*. Dabei besiedelt das Milzkraut sandig-grusige Substrate und findet sich nicht selten sogar auf überrieseltem Hartgestein (vergl. SEBALD 1975). Aber ebenso häufig findet man es auch auf tiefgründigen, meist humosen Nassböden. Eine Bevorzugung grober Substrattypen im Gegensatz zum Bitteren Schaumkraut, das nach LOHMEYER & KRAUSE (1975) bei geringer Schlammbedeckung die Oberhand gewinnt, kann nicht bestätigt werden. Im Gegenteil, während *Cardamine amara* nicht selten in Sturzquellen und schnell fließenden Quellbächen beobachtet werden kann, scheint *Chrysosplenium oppositifolium* nur mäßig rheotolerant zu sein. Dies findet seinen Ausdruck auch im Vergleich der beiden entsprechenden „bare soil" Diagramme, wie sie von GRIME et al. (1988) publiziert wurden: *Cardamine amara* hat sein Optimum in der „bare soil class E", d.h. 51–75% der Probefläche (1 qm) ist „nackter Boden", *Chrysosplenium oppositifolium* hingegen hat sein Optimum bei nur 1–10% Rohboden pro Quadratmeter Probefläche.

Die geschätzten Fließgeschwindigkeiten im *Chrysosplenietum* liegen in der Regel unter 5 cm/s und erreichen mit 25 cm/s schon Spitzenwerte. In dieser Hinsicht unterscheiden sich das *typicum* und das *cardaminetosum* nicht. Die geringen Fließgeschwindigkeiten gehen jedoch nicht mit geringen Sauerstoffgehalten des Quellwassers einher, wie man zunächst vermuten könnte. Das Grundwasser reichert sich durch den feinen Wasserfilm und die entsprechend große Oberfläche noch im Quellbereich stark mit Sauerstoff an. Sauerstoffsättigungen von über 80 % sind die Regel.

Die Wassertemperaturen liegen im Mittel bei 8.6 °C. Nach der Einteilung von WARNKE & BOGENRIEDER (1985) sind die Quellen also mäßig erwärmt. Die Wassertemperaturen geben für eine ökologische Differenzierung innerhalb dieser großen Gesellschaft keine Anhaltspunkte. In beiden Untergesellschaften sind die Verhältnisse ähnlich. Im Vergleich zum *Caricetum remotae* liegen die Wassertemperaturen jedoch signifikant niedriger. Dabei muss allerdings in Rechnung gestellt werden, dass der große Unterschied in der Stichprobengröße (159 zu 7) Raum für berechtigte Vorbehalte bietet.

So einheitlich wie die Wasserphysik verhält sich auch die Wasserchemie. Dies kann zunächst nur für das *typicum* und die ersten drei Varianten des *cardaminetosum* gelten, denn von den anderen Varianten liegen keine vergleichbaren Messreihen vor. Für die Varianten von *Sphagnum fallax* muss eine signifikante Erniedrigung von pH und Härte angenommen werden, denn die sich ökologisch anschließende *Polytrichum*-reiche Untergesellschaft des *Caricetum fuscae* ist in dieser Hinsicht deutlich differenziert. Für die Chrysosplenieten in Kalk-Quellgebieten muss hingegen nach den Darstellungen von IMCHENETZKY (1926), SEBALD (1975) sowie LOHMEYER & KRAUSE (1975) ein signifikant höherer pH mit entsprechend höherer Karbonathärte angenommen werden. Für das ökologische Gesamtbild der Gesellschaft sind diese kalktoleranten Untergesellschaften aber nur von marginaler Bedeutung, denn das ökologische Optimum der Gesellschaft liegt in Zentraleuropa im schwach sauren Bereich mit einem mittleren pH von 6.1 und einer mittleren Karbonathärte von

1.0 °DH. Eine Grenzziehung für *Chrysosplenium*-reiche Gesellschaften bei 5 °DH, wie sie MAAS (1959) vorgeschlagen hat, wird der ökologischen Amplitude dieser Gesellschaft jedenfalls nicht gerecht (vergl. auch SEBALD 1975, GRIME et al. 1988).

Die statistisch signifikanten Differenzen im Nitratgehalt des Quellwassers sind nur schwer zu deuten, denn nicht etwa die leicht lichtexponierte Variante von *Stellaria alsine* zeigt die erhöhten Werte, sondern umgekehrt die Typische Variante. Eine Diskussion müsste hier auch vor dem Hintergrund regional stark verschiedener Stickstoffdeposition in Mitteleuropa geführt werden.

Das *Chrysosplenietum oppositifolii* ist eine ausgesprochen schattentolerante Pflanzengesellschaft. Der mittlere relative Lichtgenuss liegt im Sommer bei 3% der Lichtintensität des Freilandes. Dabei ist zu bedenken, dass die namengebende Charakterart sogar häufig noch unterständig wächst und im *cardaminetosum* wohl kaum mehr Lichtgenuss hat als die Moosschicht. Allerdings muss auch hinzugefügt werden, dass gerade diese wintergrüne Art ihr Wuchsoptimum im zeitigen Frühjahr noch vor dem Laubaustrieb der Buche hat und in dieser Lebensphase bedeutend höhere Lichtintensitäten erhält. Die Schattentoleranz in unseren Breiten darf auch nicht dazu verleiten, diese Art als lichtempfindlich einzustufen. Im atlantischen Bereich (z.B. Britische Inseln) *„at higher altitudes the species forms continuous carpets in the open on wet rocks and along mountain stream sides"* (GRIME, HODGSON & HUNT 1988). Aber auch in Großbritannien und Südschweden (DIERSSEN 1996) ist die Art im Tiefland an den Wald gebunden. Hier wird deutlich, dass die Lichtbedürfnisse der Kennart kein ökologisch differenzierendes Merkmal sind. Wenn man das *Chrysosplenietum* dennoch nur im Schutze des Waldes antrifft, so müssen andere Standortbedingungen ein Vorkommen im Freiland verhindern.

Für die ökologische Differenzierung der Untergesellschaften *typicum* und *cardaminetosum* ist der Unterschied im relativen Lichtgenuss der Feldschicht dennoch entscheidend. Dabei werden die Unterschiede sowohl bei der Darstellung der geschätzten als auch der gemessenen Werte deutlich. Bezogen auf die Feldschicht liegt der Lichtgenuss im *cardaminetosum* signifikant höher als im *typicum*. Zugleich kann festgehalten werden, dass die umgebenden Waldstrukturen vergleichbar sind, denn die Werte für den umgebenden Wald liegen zwar für das *typicum* niedriger als für das *cardaminetosum*, signifikant sind diese Differenzen aber nicht. Die Varianten des *cardaminetosum* verhalten sich bezogen auf den Lichtgenuss alle gleichsinnig. Für die Erklärung der Varianten bringen die Lichtverhältnisse deshalb keinen Aufschluss. Die Ausbildungen von *Impatiens noli-tangere* sind ebenfalls nicht lichtklimatisch zu erklären. Auch eine bevorzugte Exposition kommt nach Prüfung der Tabellen nicht in Frage. Da weder diese, noch die anderen Standortparameter Ansatzpunkte für eine ökologische Differenz dieser Ausbildung oder Fazies liefern, muss sich die vorliegende Arbeit auf rein floristische und strukturelle Beschreibungen beschränken.

Wie bei allen Waldquellen steigt die relative Luftfeuchte über der Feldschicht des *Chrysosplenietum* in stärkerem Maße an als bei Freilandquellen. In diesem Punkt unterscheidet es sich auch signifikant vom *Caricetum remotae*. Das gilt v.a. für die Krautschicht, über der sich die relative Luftfeuchte um 10% erhöht. Ein weiterer sprunghafter Anstieg folgt dann über der Moosschicht, die im Mittel 26% luftfeuchter ist als das Freiland. Dass diese Werte stark von den Vegetationsstrukturen abhängen, wird aus den WF-Spektren von *Caricetum remotae* und *Chrysosplenietum* deutlich. Die strukturell völlig verschiedene Krautschicht des *Caricetum remotae*, von graminoiden WF beherrscht, kann die Luftfeuchte nicht in dem Maße „speichern" wie das aus „krautigen" Arten aufgebaute *Chrysosplenietum*. Interessanterweise geht diese Differenz in der bodennahen Luftschicht wieder verloren.

Für die Differenzierung der Subassoziationen spielt die relative Luftfeuchte anscheinend keine Rolle. Die Variante von *Myosotis palustris agg.* ist über der Moosschicht allerdings signifikant luftfeuchter als die Variante von *Stellaria alsine*. Möglicherweise bedingt dies die auffallend erhöhten Deckungswerte der Moosschicht in der *Myosotis*-Variante.

Die Lufttemperaturen am Tage während der Vegetationsperiode unterscheiden sich, wie unter Punkt Ökologie der *Cardamino-Chrysosplenietalia* dargestellt, zwar deutlich von den Freilandquellen, für die ökologische Differenzierung der Waldquellen untereinander spielen

sie aber praktisch keine Rolle. Auf keinem synsystematischen Niveau ließen sich signifikante Unterschiede feststellen. Gleichwohl kommt die gleichmäßige Abnahme der Lufttemperaturen mit zunehmender Nähe zum Quellwasser in allen Auswertungen deutlich zum Ausdruck. Über der Moosschicht liegen die Lufttemperaturen im Mittel 2.6 °C niedriger als im Freiland, über der Krautschicht 1.7 °C. Diese Verhältnisse kehren sich naturgemäß bei starker nächtlicher Abstrahlung und während der Wintermonate um (vergl. MAAS 1959, u.a.).

Wie sich am Beispiel der „bare soil" Diagramme von *Chrysosplenium oppositifolium* und *Cardamine amara* bereits erkennen lässt, beziehen sich Strategiekonzepte i.d.R. auf Arten, nicht auf Artenkombinationen. Deshalb ist es schwierig für das *Chrysosplenietum* eine Lebensstrategie anzugeben, die allen Untergesellschaften, Höhenformen und Varianten gerecht wird, denn nicht alle beteiligten Arten verhalten sich gleichsinnig. Für den Vergleich mit Freilandquellen kommt erschwerend hinzu, dass es keine einheitlichen Strategiekonzepte für Moose und Gefäßpflanzen gibt (vergl. DURING 1979, BARKMAN 1988, GRIME et al. 1988).

Das von DIERSCHKE et al. (1983) publizierte Lebensformenspektrum nach RAUNKIAER (1934) zum *Cardamino-Chrysosplenietum „zeigt eine sehr eigenständige Note"*. Hemikryptophyten sind absolut dominant (> 90%), Hydrophyten, Geophyten und krautige Chamaephyten sind mit jeweils weniger als 5% nahezu unbedeutend. Die Lebensformenspektren der nur zum Teil mit dem *Chrysosplenietum* vergleichbaren Waldsumpf-Gesellschaften von KÄSTNER (1941) zeigen zwar tendenziell das Gleiche, sind aber weniger eindeutig. Vor dem Hintergrund der ausgleichenden Wirkung des m.o.w. gleichmäßig kalten Quellwassers für das Mikroklima an Waldquellen verwundert es nicht, dass v.a. jene Lebensformen, die ihre Überdauerungsorgane in Wassernähe haben, so dominant vertreten sind. Anders als z.B. Schneeschutz wirkt der ausgleichende Grundwasserkörper nahezu witterungsunabhängig. Plötzliche Kälteeinbrüche im Frühling haben an Quellen weniger verheerende Folgen als in anderen Biotoptypen.

Auch anderen Modellen zu Lebensstrategien von Pflanzen lassen sich Informationen über die Milzkraut-Gesellschaften entnehmen. Nach der Arbeit von GRIME et al. (1988), die u.a. eine Klassifikation der behandelten Arten im C-S-R Modell von GRIME (1974, 1979) vornehmen, können die meisten der differenzierenden Arten der Milzkraut-Gesellschaften als „competitive-ruderals" angesprochen werden. Um dies zu verdeutlichen, wurde für sieben Arten der jeweilige Punkt ihrer größten Konzentration in die Dreieck-Ordination eingetragen (Abb. 4). Ganz im Sinne von GRIME et al. (1988) bestätigt sich: *„plants tend to occupy vegetation containing other species of similar strategy."* Als „competitive-ruderals" sind sie in der Ordination am weitesten von „stress" entfernt. Unter „stress" muss hier in erster Linie der chronische Mangel an Nährstoffen verstanden werden. Demnach wirkt sich der geringe Nährstoffgehalt des austretenden Wassers auf die Wald-Quellvegetation nicht sehr gravierend aus. Im Gegenteil, die Ausbreitungsmuster der konstituierenden Arten, insbesondere deren dichte Bestände, zeigen bereits soviel Ähnlichkeit mit konkurrenzkräftigen Arten, dass sich hier eine Mittelstellung zwischen „competitor" und „ruderal" errechnet. Die Mittelstellung bringt zugleich zum Ausdruck, dass mäßige Störung im Sinne von GRIME, d.h. hier vor allem die Schaffung von Rohböden durch die starke Quellschüttung im Frühjahr, vom *Chrysosplenietum* gut vertragen wird. Es stellt sich folglich im Lichte dieser Diagramme als eine konkurrenzkräftige Gesellschaft auf nicht allzu nährstoffarmen Standorten dar, die regelmäßig Störung ertragen muss.

Leider sind nicht alle Arten der britischen Flora in dieser Weise klassifiziert worden, so dass kein direkter Vergleich zum *Philonoto-Montietum* oder zum *Stellario-Montietum* gezogen werden kann. Dennoch ist leicht nachvollziehbar, dass eine m.o.w intensive Beweidung die Schwerpunkte im Schema von GRIME deutlich in Richtung „high rel. importance of disturbance" bzw. „ruderal" verschieben würde. Dies allein führt schon zu der markanten Veränderung im Vegetationsbild, wie sie im Zusammenhang mit den Montieten hinreichend dargestellt wurde. Im Schema von GRIME (1974) dürfte es sich bei den Arten dieser Gesellschaften demnach vornehmlich um „ruderals" handeln.

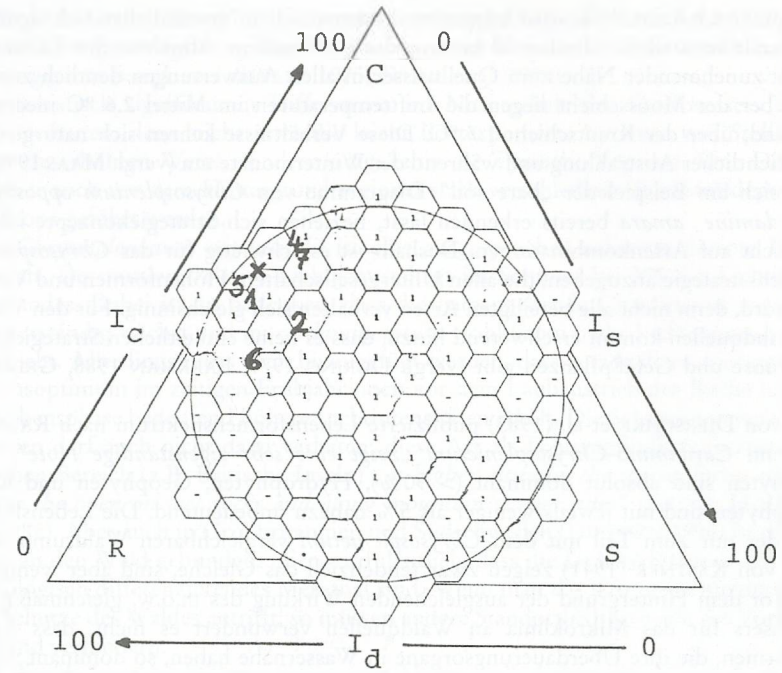

Abb. 4: Lebensstrategien von Quellarten nach GRIME et al. (1988): *Cardamine amara* (1), *Cardamine flexuosa* (2), *Chrysosplenium oppositifolium* (X), *Filipendula ulmaria* (4), *Myosotis scorpioides* (5), *Ranunculus repens* (6), *Urtica dioica* (7). – C = competitor, S = sress-tolerator, R = ruderal; c = competition, s = stress, d = disturbance.

Dynamik und Kontaktgesellschaften

„...une evolution du Cardaminetum est impossible" schrieb BRAUN-BLANQUET (1926) und andere Autoren äußerten sich ähnlich, obwohl sie meist das *Chrysosplenietum oppositifolii* meinten (vergl. SCHWICKERATH 1944, LIBBERT 1947, LOHMEYER & KRAUSE 1975 u.a.). Demgegenüber stellt MAAS (1959) eine komplexe Tabelle der Sukzessionswege von Milzkraut-Gesellschaften über das *Carici elongatae-Alnetum* bis hin zum *Querco-Betuletum* dar. Es beruht aber nicht auf Dauerbeobachtungen, sondern wurde rein deduktiv entwickelt.

Nach eigenen Beobachtungen an Dauerquadraten in sieben Jahren Feldarbeit und den folgenden 25 Jahren zeigen die Milzkraut-Gesellschaften keine Entwicklung. Sie sind Dauergesellschaften, wenn die Rahmenbedingungen gleich bleiben. Dies gilt auch für die Subassoziationen, Varianten und Ausbildungen der Assoziation. Erst bei Lichtstellung erfolgt ein Abbau der Gesellschaft oder eine Entwicklung zu anderen Vegetationstypen. Bei völliger Auflichtung kann mitunter ein bemerkenswert schneller Wechsel zum *Montietum* beobachtet werden (vergl. SCHLÜTER 1966). Umgekehrt dringt auch das Milzkraut in *Montia*-Gesellschaften ein, wenn die Umgebung der Quelle sich wieder bewaldet. Vereinzelt findet man in jungen Waldquellen noch Relikte des *Cardamino-Montion* (z.B. *Philonotis fontana*).

In vielen Fällen grenzen die Chrysosplenieten übergangslos an die umgebende Waldvegetation. Dies gilt in besonderem Maße für die Typische Subassoziation. Die Standorte der leicht lichtbedürftigen Untergesellschaft von *Cardamine amara* bieten hingegen oft auch genügend Licht für vereinzelte, randlich stockende Erlen oder Eschen, ohne dass jedoch ein „Wald" entstehen könnte. Wenn Chrysosplenieten in Quellwäldern oder am Beginn von Uferwäldern (vergl. DIERSCHKE et al. 1983) die eigentlichen Quellen markieren, so handelt es sich fast regelmäßig um das *cardaminetosum*. Die fließenden Übergänge von Waldquellen zu Quellwäldern finden synsystematisch ihren Ausdruck in der Beschreibung von *Chrysos-*

plenium-, *Equisetum telmateia*-, *Cratoneuron commutatum*- oder *Cardamine*-reichen Subassoziationen von nässetoleranten Wäldern (vergl. TÜXEN 1937, ROLL 1939, SCHWICKERATH 1944, KNAPP 1959, MAAS 1959, GÉHU 1961, RÜHL 1964, LOHMEYER & KRAUSE 1975, MÖLLER 1979, DIERSCHKE 1988 u.a.). Vergleicht man jedoch Stetigkeit und v.a. Deckung der Quellarten in Quellwäldern mit den Werten aus eigenständigen, wenn auch abhängigen Gesellschaften, so wird deutlich, dass die Quellflurarten in Quellwäldern wesentlich an Bedeutung für den Vegetationsaufbau verlieren und mit zunehmender Entfernung von der Quelle schnell abnehmen (s. auch DIERSCHKE et al. 1983).

Kontakte mit Vegetationstypen der *Montio-Cardaminetalia* existieren praktisch gar nicht. Selbst die Montieten als Ersatzgesellschaften des *Chrysosplenietum* sind nur in seltenen Ausnahmefällen in der Nachbarschaft zu finden. Eine häufige Kontaktgesellschaft des *Chrysosplenietum* ist das *Scapanietum undulatae*, das z.T. in einer eigenen Untergesellschaft, die durch Arten der Quell-Gesellschaften differenziert ist, bis in die Quellregion vorzudringen vermag. Wesentlich seltener findet sich das *Oxyrhynchietum* oder das *Brachythecio-Hygrohypnetum* im Kontakt zur Milzkraut-Gesellschaft. All diesen Gesellschaften ist natürlich gemeinsam, dass sie als Wassermoosgesellschaften den abfließenden Quellbach besiedeln.

Verwendete Aufnahmen zum *Chrysosplenietum*:

typicum: BÜKER (1942) Tab.6 A:6; SCHWICKERATH (1944) Tab.4 A:4; MAAS (1959) Tab.7 A:13,14,18,19,20; Tab.8 A:14; SCHLÜTER (1966) Tab.7 A:6; MEUSEL & BUHL (1968) A:A4; SEBALD (1975) Tab.3 A:7; Tab.5 A:1; Tab.8 A:10; PHILIPPI (1989) Tab.12 A:1,2,4-6,18-20; BEIERKUHNLEIN (1991) Tab.1 lfd.Nr. 16,18,25,35,40,46, 47; MAST R. (1995) Tab. 1 lfd.Nr. 1-12; HINTERLANG (1992) 80 Aufn. - Summe 119 Aufn.

cardaminetosum: KÄSTNER (1938) Tab.11 A:1; (1940) Tab.4 A:1-2,4-6; Tab.5 A:1-3,5; Tab.6 A:1-5; BÜKER (1942) Tab.6 A:1-5,7-9; SCHWICKERATH (1944) Tab.62 A:1-3,5-7,9-10; OBERDORFER (1957) 5 Aufn.; MAAS (1959) Tab.7 A:2,3,5,15,16; Tab.8 A:1-13,15,16; Tab.9 A:1; Tab.11 A:1-3,5; GÉHU (1961) p.134 1 Aufn.; MEUSEL & BUHL (1968) A:A6; SEBALD (1975) Tab.1 A:13; Tab.3 A:1-6,8-10,14,20,25,26; Tab.5 A:2-4; Tab.8 A:1,3,5,7,8,11; DIERSCHKE et al. (1983) Tab.8 18 Aufn.; WEY (1988) Tab.6 A:1-7,10; PHILIPPI (1989) Tab.12 A:3,7-17; BEIERKUHNLEIN (1991) Tab.1 lfd. Nr. 14-17,19-24,26-34,36-39,41-45,48-52; MAST R. (1995) Tab. 1 lfd.Nr. 13-73; HINTERLANG (1992) 79 Aufn. - Summe 268 Aufn.

Variante von *Sphagnum fallax*: MAAS (1959) Tab.10 A:2-4,6-10,13,15,17,18; SCHLÜTER (1966) Tab.7 A:5; (1970) Tab.1 A:6,9,11; SEBALD (1975) Tab.3 A:27; HINTERLANG (1992) 1 Aufn. - Summe 18 Aufn.

Varianten von *Cratoneuron commutatum* und *Equisetum telmeteia*: IMCHENETZKY (1926) Tab.II A:2-8; MAAS (1959) Tab.11 A:4,8; SEBALD (1975) Tab.1 A:13; Tab.2 A:12,13; Tab.3 A:15-19,21,22; Tab.8 A:6; LOHMEYER & KRAUSE (1975) Tab.1 A:1-7; HINTERLANG (1992) 2 Aufn. - Summe 29 Aufn.

Literatur

ALLORGE (1922), BARKMAN (1988), BARTSCH & BARTSCH (1940), BEIERKUHNLEIN (1991), BRAUN-BLANQUET (1926), BRAUN-BLANQUET & TÜXEN (1952), BUDDE & BROCKHAUS (1954), BÜKER (1942), DIERSCHKE (1988), DIERSCHKE et al. (1983), DIERSSEN (1996), DURING (1979), GÉHU (1961), GRIME (1974), GRIME, HODGSON & HUNT (1988), HAEUPLER & SCHÖNFELDER (1988), HINTERLANG (1992), IMCHENETZKY (1926), INPN (2016), KÄSTNER (1938, 1940, 1941), KNAPP (1959), KOPECKÝ & HEJNÝ (1978), LIBBERT (1945, 1947), LOHMEYER & KRAUSE (1975), MAAS (1959), MEUSEL & BUHL (1968), MÖLLER (1979), NIEMANN (1962, 1965), NIEMANN et al.(1973), OBERDORFER (1938, 1957, 1977), PASSARGE (1964), PHILIPPI (1989), POTT (1990), RAUNKIAER (1934), RENNWALD (2000), ROLL (1939), RÜHL (1964), RUNGE (1990), SCHLÜTER (1966), SCHWICKERATH (1933, 1944), SEBALD (1975), SPANGENBERG & KNAPP (2008), TÜRK (1994), TÜXEN (1937), TÜXEN & BRUN-HOOL (1975), TÜXEN & JAHNS (1962), WARNKE & BOGENRIEDER (1985), WEBER et al. (2001), WEY (1988), WILMANNS (1984), ZECHMEISTER (1993), ZECHMEISTER & STEINER (1995).

1.2.1.2. *Caricetum remotae* (Kästner 1941) Schwickerath 1944

Walgilbweiderich-Winkelseggen-Quellsumpf-Gesellschaft (Tab. 5: 10)

Synonyme und inhaltlich verwandte Namen:
Caricetum remotae (+ Epitheton) Kästner 1941 p.p., *Cardaminetum flexuosae* Oberd. 1957 p.p., *Carici remotae-Cardaminetum flexuosae* (Kästner 1941, Oberd. 1957) Niemann, Heinrich & Hilbig 1973, *Cardamine amara-flexuosa*- Gesellschaft Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977
Lectotypus: SCHWICKERATH (1944) Tab. 63 A:2
Kenntaxa: DO *Carex remota* (f), VC *Lysimachia nemorum* (f), VC *Cardamine flexuosa*, DV *Scutellaria galericulata.* (f) = formationsbezogen
aber ohne *Chrysosplenium oppositifolium*

Syntaxonomie und Nomenklatur, Umfang, Abgrenzung und Gliederung

„Die bisher beobachteten Ausbildungen des Caricetum remotae ergaben auch außer den beiden hier veröffentlichten Aufnahmen stets nur ein spärliches Auftreten von Chrysosplenium oppsitifolium und Cardamine amara bei mächtigem Auftreten von Carex remota (vergl. Ass. -Tab. 63). Dagegen ist hier gerade Impatiens noli-tangere, Stellaria nemorum, Lysimachia nemorum und an anderen Stellen auch Veronica montana heimisch." (SCHWICKERATH 1944).

Das *Caricetum remotae* wird hier als Zentralassoziation (im Sinne von DIERSCHKE 1981) des *Caricion remotae* verstanden. Es ist über Verbands- und v.a. Ordnungskenn(-trenn) arten eng mit dem *Chrysosplenietum* verbunden, hat aber keine eigenen Charakterarten. Seine floristische Eigenständigkeit gewinnt die Waldgilbweiderich-Winkelseggen-Gesellschaft in erster Linie durch die hohe Dominanz und Stetigkeit von *Carex remota* und das gleichzeitige Fehlen von *Chrysosplenium oppositifolium*. Die VC *Lysimachia nemorum* und *Cardamine flexuosa* haben in dieser Gesellschaft ihr Optimum.

Der Name *Caricetum remotae* stammt von KÄSTNER (1941). Er beschreibt genau genommen zwei Gesellschaften (*Caricetum remotae collinum, Caricetum remotae montanum*), die durch Trennarten und Dominanzverschiebungen differenziert sind. Eine Unterscheidung der AC der beiden Cariceten und der VC des gleichnamigen Verbandes *Caricion remotae* schien ihm nicht erforderlich. Die oben genannten Arten können also auch als Verbandcharakterarten verstanden werden. Nach den Regeln des Nomenklaturcodes sind die beiden Gesellschaften des *Caricion remotae* ungültig beschrieben, weil sie ein geographisches Epitheton tragen. Eine Emendierung kommt nicht in Betracht, weil das Gliederungskonzept KÄSTNERs die überregionale Bedeutung von *Chrysosplenium oppositifolium* als Differentialart geradezu verstellt und stattdessen eine Art mit wesentlich breiterer ökologischer und synsystematischer Amplitude im Rang einer AC führt. Letzteres ist sicherlich der Hauptgrund, warum der Einteilung von KÄSTNER (1941) auch in anderen Arbeiten nicht gefolgt wurde (z.B. MAAS 1959, OBERDORFER 1977 u.v.a.).

SCHWICKERATH (1944) greift den Namen *Caricetum remotae* auf, ohne zwischen den beiden Gesellschaften von KÄSTNER (1941) zu unterscheiden. Er überschreibt sein Kapitel ausdrücklich *„Das Caricetum remotae"*. Im Übrigen engt er die floristische Zusammensetzung seines *Caricetum remotae* entscheidend ein, wie das obige Zitat deutlich macht. Die so emendierte Gesellschaft kann inhaltlich und nomenklatorisch neben dem *Chrysosplenietum oppositifolii* stehen. Er stellt sein *Caricetum remotae* wie KÄSTNER in das *Caricion remotae*.

Auch OBERDORFER (1957) und später OBERDORFER mit PHILIPPI (in OBERDORFER 1977) differenzieren Vegetationstypen, die vom *Cardaminetum amarae* und vom *Chrysosplenietum oppositifolii* unterschieden werden sollen. OBERDORFER (1957) nennt die Gesellschaft *Cardaminetum flexuosae*. Er beschreibt damit Bestände, die sowohl *Carex remota* als auch *Chrysosplenium oppositifolium* enthalten (beide Stetigkeit IV, letztere sogar mit Deckungen +-4). Die Aufnahmen von KÄSTNER (1941) werden zwar ausdrücklich erwähnt, die Synsystematik wird jedoch nicht diskutiert. Das *Cardaminetum flexuosae* muss als jüngeres Synonym des *Caricetum remotae montanum* Kästner 1941 aufgefasst werden. In OBERDORFER (1977) wird das *Cardaminetum flexuosae* nur noch als Synonym einer *Cardamine*

amara-flexuosa-Gesellschaft genannt, die kein *Chrysosplenium oppositifolium* enthält und deshalb als jüngeres Synonym des *Caricetum remotae* (Kästner 1941) Schwickerath 1944 aufgefasst werden muss. In beiden Fällen wird die Gesellschaft zum *Cardamino-Montion* gestellt.

Der Versuch von NIEMANN et al. (1973), das *Caricetum remotae* „salonfähig" zu machen, indem es mit dem Synonym von OBERDORFER zu einem *Carici remotae-Cardaminetum flexuosae* (Kästner 1940) Oberd. 1957 zusammengeschmolzen wird, soll hier nur kurz erwähnt werden, denn dieser Name verstößt gleich gegen mehrere Nomenklaturregeln.

Wie eingangs bereits erwähnt, hat das *Caricetum remotae* keine Kennarten. Obwohl *Carex remota* hier ein Optimum hat und in allen anderen Vegetationstypen der Ordnung zu finden ist, kann sie dennoch nicht als Verbands- oder Ordnungscharakterart geführt werden, denn sie hat weitere Schwerpunkte in Quell-, Auen- und Bruchwäldern (vergl. VERBÜCHELN et al. 1990). Die vorliegende Darstellung weist diese Art deshalb „nur" als Ordnungsdifferentialart aus. Damit bleibt offen, für welche synsystematische Einheit *Carex remota* als Kennart verwendet werden kann. Das Argument von MAAS (1959), das *Caricetum remotae* könne nicht übernommen werden, weil der Charakter des *Carici remotae-Fraxinetum* zu sehr angetastet werde, kommt nicht zum Tragen. Um Missverständnissen vorzubeugen, werden hier *Carex remota* und *Lysimachia nemorum* nur als formationsbezogene Charakterarten aufgefasst. Man mag über den Namen *Caricetum remotae* unglücklich sein, entscheidend ist, dass es der gültige Name der von SCHWICKERATH (1944) publizierten Typusaufnahme ist und diese tatsächlich eine erkleckliche Anzahl von Aufnahmen repräsentiert.

Besonderes Augenmerk muss dem *Caricetum remotae* bei der synsystematischen Aufarbeitung der Quell-, Ufer- und Auwaldgesellschaften zuteil werden. Die Abgrenzungen werden hier sicherlich wesentlich schwieriger als beim *Chrysosplenietum*, doch stellte KÄSTNER (1941) in Aussicht, *„dass die Waldsumpfgesellschaften, wenn man sie nur genügend scharf abgrenzt, in der Regel überhaupt keine Bäume führen"*.

Struktur und Artenverbindung

Die charakteristische Artenkombination des *Caricetum remotae* besteht aus (in absteigender Stetigkeit): *Carex remota* (dom.), *Lysimachia nemorum, Glyceria fluitans, Ranunculus repens, Poa trivialis, Deschampsia cespitosa, Epilobium tetragonum, Juncus effuses, Cardamine flexuosa, Scutellaria galericulata* und *Circaea lutetiana*.

Die Feldschicht des *Caricetum remotae* ist merklich lockerer zusammengesetzt als die der vergleichsweise kompakten Milzkraut-Gesellschaften. Dies findet seinen Ausdruck in der signifikant geringeren Deckung der Krautschicht, bei vergleichbarer Moosbedeckung. Gleichzeitig steigt die Artenzahl in der Krautschicht im Mittel auf 17 an. Damit liegt die α-Diversität höher als in den artenreichen Untergesellschaften des *Chrysosplenietum*. Dies kann als Antwort auf weniger extreme Standortbedingungen gedeutet werden. Vor allem die limitierenden Wasser- respektive Bodentemperaturen liegen im *Caricetum remotae* nicht so tief wie im *Chrysosplenietum*. Auch die Schichtung der Vegetation unterscheidet sich vom *Chrysosplenietum*. Die Krautschicht ist mit im Mittel 35 cm signifikant höher.

Auf das eigenständige Wuchsformenspektrum des *Caricetum remotae* wurde bereits im Zusammenhang mit den Milzkraut-Gesellschaften hingewiesen. Im Gegensatz zum *Chrysosplenietum* haben Grasartige einen erheblichen Anteil am Aufbau der Feldschicht, allen voran die WF Schoenid mit einem Deckungsanteil von rund 80%, aber auch Trisetid und Junceffucid zeigen höhere Werte. Die drei genannten WF haben gemeinsam, dass die vegetativen Teile der Pflanzen nicht die Nähe des ausgleichenden Wasserkörpers suchen, um gegen Frost oder allzu hohe Saugspannungen gewappnet zu sein. Die Vegetationsstruktur ist insgesamt vergleichsweise hoch und locker.

Verbreitung

Die Verbreitung der Gesellschaft ist ungenügend bekannt. Aufnahmen existieren aus dem Hohen Venn, der Eifel, dem Südwestfälischen Bergland, dem Odenwald, dem Schwarzwald,

den Nördlichen Kalkalpen, dem Erzgebirge, dem Westsächsischen Bergland und dem nordostdeutschen Tiefland. Damit deckt sich das Areal weitestgehend mit der Verbreitung des *Chrysosplenietum*, weist aber an dessen Grenzen stellenweise weit über sie hinaus.

Ökologie

Das *Caricetum remotae* besiedelt schwach sickernde Waldquellen der planaren bis submontanen, selten auch montanen Stufe (vergl. KÄSTNER 1941, SCHWICKERATH 1944, BUDDE & BROCKHAUS 1954, DIERSCHKE 1988).

Der relative Lichtgenuss der Krautschicht ist mit 24% signifikant höher als bei den Milzkraut-Gesellschaften. Zugleich sind die Messdaten des umgebenden Waldes nicht signifikant verschieden. Das *Caricetum remotae* bevorzugt also nicht etwa lichtere Wälder als das *Chrysosplenietum*, vielmehr sind die eigentlichen Quellstandorte weniger stark beschattet. Dies mag darin begründet sein, dass schwach sickernde Quellen zugleich weniger Reliefneigung haben und der vernässte Bereich insgesamt großflächiger ist als bei Milzkraut-Gesellschaften. Als Indiz kann hier auch die mittlere Aufnahmeflächengröße herangezogen werden.

Obwohl die Fließgeschwindigkeit nicht verrechnet wurde, kann an den Angaben zur Wassertemperatur und zum Sauerstoffgehalt abgelesen werden, dass der Boden wesentlich langsamer durchsickert wird als in den Milzkraut-Gesellschaften. Die mittlere Wassertemperatur liegt signifikant höher, die Sauerstoffgehalte sind entsprechend niedriger. Mit einer mittleren Wassertemperatur von 12.2 °C besiedelt das *Caricetum remotae* stark erwärmte Quellen (vergl. WARNKE & BOGENRIEDER 1985) und markiert damit die obere Temperaturgrenze der Waldquell-Gesellschaften der *Montio-Cardaminetea*.

Die höheren Leitfähigkeits- und pH-Werte lassen sich als begrenzte Akkumulation von Nährstoffen deuten, die dem ständigen Export gut durchrieselter *Chrysosplenium*-Fluren gegenüberstehen. Unter diesen Umständen scheint die Winkel-Segge konkurrenzkräftiger zu sein als das Gegenblättrige Milzkraut.

Die Interpretation der Messdaten muss vage bleiben, weil insgesamt nur wenige Messreihen zu dieser Assoziation vorliegen. Es wäre wünschenswert, v.a. aus dem Zentrum der Verbreitung Aufnahmen mit Standortmessungen nachzutragen.

Dynamik

Syndynamische Beobachtungen oder Untersuchungen zum *Caricetum remotae* sind nicht publiziert. Zu diesem Fragenkomplex wurden auch keine eigenen Untersuchungen durchgeführt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Gesellschaft ebenso wenig einer Sukzession unterworfen ist wie das *Chrysosplenietum*, obwohl es durch die geringere Durchrieselung anscheinend zu einer allmählichen Akkumulation von Nährstoffen und Sauerstoffzehrungen kommt. Letzteres mag das Aufkommen von Erlenaufwuchs gegenüber der Buche begünstigen, ein Quellwald wird aber nur bei hinreichender Größe der Quellbereiche entstehen können.

Verwendete Aufnahmen zum *Caricetum remotae*:

KÄSTNER (1941) Tab.6 A:6-17; Tab.7 A:1,2; SCHWICKERATH (1944) Tab.63 A:1,2; FISCHER (1962) Tab.1 A:3-16; RUNGE (1964) 1 Aufn.; LOHMEYER & KRAUSE (1975) 2 Aufn.; SMETTAN (1981) Tab.47 1 Aufn.; Hinterlang (1992) 7 Aufn. - Summe 41 Aufn.

Literatur

BUDDE & BROCKHAUS (1954), DIERSCHKE (1981, 1988), HINTERLANG (1992), KÄSTNER (1940, 1941), LOHMEYER & KRAUSE (1975), MAAS (1959), NIEMANN et al. (1973), OBERDORFER (1957, 1977), RUNGE (1964), SCHWICKERATH (1944), SMETTAN (1981), VERBÜCHELN et al. (1990), WARNKE & BOGENRIEDER (1985).

IV. Literatur

ABS, C. (2002): Lebensfähigkeitsanalyse der gefährdeten Quellflurarten *Cochlearia bavarica* VOGT und *Cochlearia pyrenaica* DC. – Diss. Bot. 367.

AICHINGER E. (1933) Vegetationskunde der Karawanken. – (Hrsg.) Staatl. Stelle für Naturdenkmalpflege in Preußen: Pflanzensoziologie 2: 64–65. Gustav Fischer Verlag. Jena.

ALLORGE P. (1922): Les associations Végétales du Vexin francais. – Rév. gén. Bot. 33: 481–543, 589–652, 708–751, 792–807.

– (1925): Sur quelques groupments aquatiques et hygrophiles des Alpes du Brianconnais. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel 3: 108–126.

BARKMAN J.J. (1968): Das synsystematische Problem der Mikrogesellschaften innerhalb der Biozönosen. – In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Pflanzensoziologische Systematik. Ber. Int. Symp. Stolzenau/Weser 1964: 21–53. Den Haag.

– (1977): Een systeem van groeivormen en fenologische typen van Nederlandse planten. – Unveröff. Manukript: 23 S.

– (1979): The investigation of vegetation texture and structure. – In: WERGER, M.J.A. (Hrsg.): The study of vegetation: 123–160. Den Haag.

– (1988): New system of plant growth forms and phonological plant types. – In: WERGER, M.J.A., VAN DER AART, P.J.M, DURING H.J. & VERHOEVEN, J.T.A.: Plant form vegetation structure: 9–44. Den Haag.

– (1989): Fidelity and character-species, a critical evaluation. – Vegetatio 85: 105–116.

– (1990): Controversies and perspectives in plant ecology and vegetation science. – Phytocoenologia 18 (4): 565–589.

–, MORAVEC J. & RAUSCHERT, S. (1986): Code der pflanzensoziologischen Nomenklatur. – Vegetatio 67: 145–195.

BARTSCH J. & BARTSCH, M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. – Pflanzensoziologie 4. Jena: 229 S.

BEIERKUHNLEIN C. (1991): Räumliche Analyse der Stoffausträge aus Waldgebieten durch Untersuchung von Waldquellfluren. – Die Erde 122: 291–315.

BOGENRIEDER A. & WERNER, H. (1979): Experimentelle Untersuchungen an zwei Charakterarten der Eisseggenflur des Feldbergs (*Carex frigida* All. und *Soldanella alpina* L.). – Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschland 38: 61–69.

BRANDT A.V. (1937): Untersuchungen an den Quellen des Mossongsees. – Schr. Phys.-ökon. Ges. 2 (69).

BRAUN W. (1968): Die Kalkflachmoore und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften im Bayerischen Alpenvorland. – Diss.Bot. 1: 134 S.

– (1970): Bestimmungsübersicht für die Kalkflachmoore und deren wichtigste Kontaktgesellschaften im Bayerischen Alpenvorland. – Ber. Bayer. Bot Ges. 42: 109–138.

BRAUN-BLANQUET J. (1915): Les Cévennes méridionales (Massif de l'Aigounal). – Diss. Genève, Genf.

– (1925): Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie. – Viertelj. Naturf. Ges. Zürich 70: 122–149.

– (1926): Etudes phytosociologiques en Auvergne: Rapport sur une excursion inter-universitaire, avec 4 fig. et 7 pl. – Mont Louis, Clermont Ferrand: 94 S.

– (1928): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – Biol. Studienbücher 7. Berlin.

– (1930): Zentralalpen und Tartra, eine pflanzensoziologische Parallele. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel 6: 81–123.

– (1948/49): Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens. I., II. u. III – Vegetatio 1: 29–41; 129–146; 285–316.

– (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl.. – Wien: 865 S.,

– (1967): Vegetationsskizzen aus dem Baskenland mit Ausblicken auf das weitere Ibero-Atlanticum, II. Teil. – Vegetatio 14 (1–4): 126 S.

– (1978): Die Quellflurgesellschaft des *Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae* (Koch 28) in der subalpinen Stufe Graubündens. – In:.VAN DERMAAREL, E. & WERGER, M.J.A. (Hrsg.): Plant species ans plant communities: 7–9. Den Haag u.a.

– & TÜXEN, R. (1943): Übersicht der höheren Vegetationseinheiten Mitteleuropas (unter Ausschluß der Hochgebirge). – SIGMA Comm. 84: 11 S.

– & TÜXEN, R. (1952): Irische Pflanzengesellschaften. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel 25: 224–421.

BREHM, J. & MEIJERING, M.P.D. (1982): Fließgewässerkunde. – Biologische Arbeitsbücher 36. Heidelberg: 311 S..

BUDDE H. & BROCKHAUS, W. (1954): Die Vegetation des Südwestfälischen Berglandes. Mit einem Beitrag von F. Koppe über die Moosgesellschaften. – Decheniana 102 B: 47–275.
BÜKER R. (1942): Beiträge zur Vegetationskunde des südwestfälischen Berglandes. – Beih. Bot. Centralbl. 61 B: 452–558.
CLAUS, G. & EBNER, H. (1975): Grundlagen der Statistik. – Verlag Harri Deutsch. Zürich, Frankfurt: 530 S.
CORLEY, M.F.V.,CRUNDWELL, A.C., DÜLL, R., HILL, M.O. & SMITH, A.J.E. (1981): Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. – J. Bryol. 11: 609–689.
CRUNOECIA (versch. Jhrg.), Zeitschrift der Gesellschaft für Quellökologie und Quellschutz. – Verlag Natur & Wissenschaft, Solingen.
DAHL E. (1957): Mountain Vegetation of Rondane in South Norway and its Relation to the Environment. – Skrifter Norske Vid. Ak. Oslo, Mat.-nat. v. Kl.: 374 S.
DANIELS, F.J.A. .(1980): Vegetation of the Angmagssalik District Southeast Greenland. IV. Shrub, dwarf shrub and terricolous lichen vegetation. – Proefschrift ter verkrijging van de draad van doctor in de Wiskunde en Natuurwetenschappen aan de Rijksuniv.te Utrecht, Utrecht: 162 S.
– (1985): Floristic relationship between communities of corresponding habitats in Southeast Greenland and alpine Scandinavia. – Vegetatio 59: 145–150.
DANIELS, R.E. & EDDY, A. (1985): Handbook of European Sphagna. – Institute of Terrestrial Ecology. Huntingdon: 262 S.
DEIL U. (1989): *Adiantetea*-Gesellschaften auf der Arabischen Halbinsel, Coenosyntaxa in dieser Klasse sowie allgemeine Überlegungen zur Phylogenie von Pflanzengesellschaften. – Flora 182: 247–264.
DE FOUCAULT, B. (1981): Les prairies permanentes du Bocage Virois (Basse-Normandie-France) Typologie Phytosociologique et essai de reconstitution des series evolutives herbageres. – Docum. Phytosoc. N.S. 5: 29–35. Lille.
DE MOLENAAR J.G. (1976): Vegetation of the Angmagssalik District Southeast Greenland. II. Herb and snow-bed vegetation. – Meddr. Grönland 198 (2). Kopenhagen: 265 S.
DE SLOOVER J. & GOOSSENS, M. (1984): Les associations du *Cratoneurion* d'un Travertin de Lorraine, Belge. – Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 117: 37–50.
DIEHL J.M. & KOHR, H.U. (1978): Deskriptive Statistik. 2. Aufl. –, Fachbuchh. f. Psychologie. Frankfurt: 440 S.
DIERSCHKE H. (1970): Natürliche und naturnahe Vegetation in den Tälern der Böhme und Fintau in der Lüneburger Heide. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 14: 377–397.
– (1981): Zur syntaxonomischen Bewertung schwach gekennzeichneter Pflanzengesellschaften. – In: Tüxen, R. (Hrsg.): Syntaxonomie. Ber. Int. Symp. Rinteln 1980: 109–122. Vaduz.
– (1988): Methodische und syntaxonomische Probleme bei der Untersuchung und Bewertung nasser Mikrostandorte in Laubwäldern. – In: BARKMAN, J.J. & SYKORA, K.V. (Hrsg.): Dependent Plant Communities: 43–57. SPB Academic Publishing. Den Haag.
– (1989): Artenreiche Buchenwald-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. – Ber. Reinh. Tüxen – Ges. 1: 107–148.
– (1994): Pflanzensoziologie. – Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart: 683 S.
–, HÜLBUSCH, K.H. & TÜXEN; R. (1973): Eschen-Erlen-Quellwälder am Südrand der Bückeberge bei Bad Eilsen, zugleich ein Beitrag zur örtlichen pflanzensoziologischen Arbeitsweise. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 15/16: 153–164.
–, OTTE, A. & NORDMANN, H. (1983): Die Ufervegetation der Fließgewässer des Westharzes und seines Vorlandes. – Natursch. Landschaftspfl. Nieders. Beiheft 4: 83 S.
DIERSSEN, K. (1973): Die *Cratoneuretum*-Gesellschaft einiger Quellbäche in den Bückebergen bei Bad Eilsen. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 16/17: 22–27.
– et al. (1988): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Schleswig-Holsteins. – Schriftenr. Landesamtes Natursch.Landschaftpfl. Schleswig-Holstein 6: 157 S. + Tab.
– (1990): Vegetation Nordeuropas. – Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart.: 838 S.
– (1996): Einführung in die Pflanzensoziologie. – Wissensch. Buchgesellschaft Darmstadt: 241 S.
DINTER, W. (1990): Aufbau und Gliederung der Erlenbruchwälder im Süderbergland. – Tuexenia 10: 409–418.
DITTMAR H. (1955): Ein Sauerlandbach. – Arch. Hydrobiologie 50: 305–552.
DREHWALD, U. (1984): Moosgesellschaften im nördlichen Ith. – Unveröffentl. Diplomarbeit Univ. Hannover.

– & PREISING; E. (1991): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens – Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme: Moosgesellschaften. – Natursch. Landschaftspfl. Niedersachsen 20(9): 202 S.
DÜLL, R. (1980): Die Moose (Bryophyta) des Rheinlandes (Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland). – Decheniana Beih. 24: 365 S.
DUNK, K.v. (1972): Moosgesellschaften im Bereich des Sandsteinkeupers in Mittel- und Oberfranken. – Ber. Naturw. Ges. Bayreuth 14: 7–100.
DUNZENDORFER, W. (1974): Pflanzensoziologie der Wälder und Moore des oberösterreichischen Böhmerwaldes. – Natur Landschaftsschutz Österreich 3: 110 S.
DURING, H.J. (1979): Life strategies of Bryophytes: a preliminary review. – Lindbergia 5: 2–18.
EBER, W. (1972): Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluß auf die Bodenvegetation. – Scripta Geobot. 3: 1–150.
EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. erw. Aufl. – Gustav Fischer Verlag. Stuttgart: 318 S.
EICHBERGER C. & ARMING, C. (2009): Zur Vegetation und Flora des Rosanintals im Lungau. – Tüxenia Beiheft 2: 81–109.
ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleurops mit den Alpen. 5.Aufl. – Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart: 1069 S.
– & LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleurops mit den Alpen. 6. Aufl. – Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart: 1334 S.
ESCHENBACH, C. (1988): Experimentell-ökologische Untersuchungen an Moosen subalpiner Quellfluren am Feldberg (Schwarzwald). – Unveröff. Dipl.-Arbeit Bot. Inst. Univ. Freiburg: 124 S.
FEY, J.M. (1984): Zur Temperatur westsauerländischer Bäche. – Decheniana 137: 125–131.
FISCHER, W. (1962): Die Quellflurgesellschaft der Ruppiner Schweiz (Nord Brandenburg). – Limnologica 1: 255–262.
FLINTROP, T. (1984): Vegetation kalkreich-quelliger Standorte im Oberen Leine-Weserbergland. – Unpubl. Dipl.-Arbeit Syst.-Geobot. Inst. Univ. Göttingen: 117 S.
FRAHM J.-P. & FREY, W. (1987): Moosflora. 2. Aufl. – Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 525 S.
FRANKENBERG, P. (1982): Vegetation und Raum. Konzepte der Ordinierung und Klassifizierung. – UTB / Schöningh Verlag. Paderborn u.a.: 245 S.
FRANZI, A.V. (1984): Flora y vegetation vascular de la vertiente sur de la Sierra de Gata (Caceres). – Universidad de Salamanca, Faculdad de Biologia: 342, 356–357.
FRIEDEL, H. (1956): Alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). – Wiss. Alpenvereinshefte 16: 153 S.
GAMS, H. (1927): Von den Follatéres zur Dent de Morcles. – Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 15: 1–760.
GÉHU, J.M. (1961): Les groupements végétaux du bassin de la Sambre Francaise. I. – Vegetatio 10: 69–208.
GEISSLER, P. (1975): Psychrorhithral, Pagorhithral und Kyrokrene – drei neue Typen alpiner Fließgewässer. – Ber. schweiz. bot. Ges. 85 (4): 303–309.
– (1976): Zur Vegetation alpiner Fließgewässer. Pflanzensoziologisch-ökologische Untersuchungen hygrophiler Moosgesellschaften in den östlichen Schweizer Alpen. – Beitr. Kryptogamenflora Schweiz 14 (2): 52 S. + Tab.
– (1982): Alpine communities. – In: SMITH, A.J.E. (Hrsg.): Bryophyte Ecology: 167–189. London & New York.
GIACOMINI, V. (1939): Studi Briogeografi. I Assoziazioni di Briofite in Alta Valcamonica e in Valfurva. – Atti Ist. Bot. Univ. Pavia 4 (12): 139 S.
GRETER, P.F. (1936): Die Laubmoose des obern Engelberger Tales. – Diss. Freiburg/Engelberg: 311 S.
GRIME, J.P. (1974): Vegetation classification by reference to strategies. – Nature 250: 26–31.
– (1979): Plant stategies and vegetation processes. – Wiley. Chicester: 222 S.
– (1981): Plant stategies in shade. – In: SMITH, H.: Plants and the daylight spectrum: 159–186. Academic Press. London.
–, HODGSON, J.G. & HUNT, R. (1988): Comparative plant ecology. – Unwin Hyman. London u.a.: 742 S.
GROLLE, R. (1983): Hepatics of Europe including the Azores: an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. – J. Bryology 12: 403–459.
GRÜTTNER, A. (1987): Das Naturschutzgebiet "Brigliarain" bei Furtwangen (Mittlerer Schwarzwald). – Veröff. Natursch. Landschaftsspfl. Bad.-Württ. 62: 161–271.
GUTTE, P., HEMPEL, A., MÜLLER, G. & WEISE, G. (1965): Vegetationskundlicher Überblick Sachsens. – Ber. Arbeitsgem. Sächs. Botaniker N.F. 5/6 (2): 348–430.

HADAČ, E. (1946: The plant communities of Sassen-Quarter, Vestspitzbergen. – Stud. bot. cechoslov. 7 (2–4): 127–164.
– (1956): Rostlinna spolecenstva Temnosmrecinove doliny ve Vysokych. – Tatrach. Biol. Prace Sav.
– (1962): Übersicht der höheren Vegetationseinheiten des Tatragebirges. – Vegetatio 11 (1–2): 46–54.
– (1971): The vegetation of springs, lakes and "flags" of Reykjanes Peninsula, S W. Iceland. (Plant communities of Reykjanes Peninsula, Part 3). – Folia Geobot. Phytotax. 6: 29–41.
– (1983): A survey of plant communities of springs and mountain brooks in Czecheslovakia. – Folia Geobot. Phytotax. 18: 339–361.
– (1989): Plant communities of Spitzbergen. – Folia Geobot. Phytotax. 24: 142–146.
HAEUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Ulmer Verlag. Stuttgart.: 768 S.
HARM, S. (1990): Kleinseggenriede (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*) im Südwest-Harz. – Tuexenia 10: 173–183.
HEGI, G. (1906 ff.): Flora von Mitteleuropa. – 7 Bde., teilw. in Neuauflage bis heute. München.
HEIL, M. (1995):Differenzierungen und Dynamik in der Grünlandvegetation des Hafenlohrtals (Spessart): Nutzung als dominierender Standortfaktor. – Tuexenia 15: 295–327.
HERTEL, E. (1974): Epilithische Moose und Moosgesellschaften im nordöstlichen Bayern. – Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth, Beiheft 1.
HERZOG, T. (1943): Moosgesellschaften des höheren Schwarzwaldes. – Flora 136: 263–308.
HINTERLANG, D. (1986): Die Quell- und Fließwasservegetation der oberen Ruhr und der oberen Alme. – Unveröff. Staatsexamensarbeit Univ. Münster: 73 S. + Tab.
– (1990): In: Naturschutzzentrum NRW (Hrsg.): Kartieranleitung zum Quellerfassungsbogen. – Recklinghausen.
– (1992): Vegetationsökologie der Weichwasserquellgesellschaften zentraleuropäischer Mittelgebirge. – Crunoecia 1. Solingen.
– (1993): Zwei Funde von *Trichocolea tomentella* im südlichen Arnsberger Wald. – Natur u. Heimat 53.(4): 117–120.
HÜBSCHMANN, A.v. (1957): Zur Systematik der Wassermoosgesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 6/7: 147–151.
– (1967): Über die Moosgesellschaften und das Vorkommen der Moose in den übrigen Pflanzengesellschaften des Moseltales. – Schriftenr. Vegetationskd. 2: 63–121.
IMCHENETZKY, A. (1926): Les associations végétales de la partie superieure de la vallée de la Loue. – Thése Fac. Sci. Besancon, France: 120 S.
INPN Inventaire National de Patrimoine Naturel (2016): https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_hab/1024
ISSLER, E. (1942): Vegetationskunde der Vogesen. – Pflanzensoziologie 5. Jena: 192 S.
JAKUCS, P. (1957): Ökologische Untersuchung der Mosaikkomplexe von Quellmoor- und Sumpfgesellschaften durch Wasserfärbung. – Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 3 (1–2): 19–25.
KAMBACH, H.-H. & WILMANNS, O. (1969): Moose als Strukturelemente von Quellfluren und Flachmooren am Feldberg im Schwarzwald. – Veröff. Landesstelle Natursch. Landschaftspfl. Baden-Württ. 37: 62–80.
KÄSTNER, M. (1938): Die Pflanzengesellschaften der Quellfluren. – In: Pflanzengesellschaften des westsächsischen Berg- und Hügellandes IV. Landesver. Sächs. Heimatschutz: 70–90.
– (1940): *Circaea alpina*. – Feddes Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beiheft 71.
– (1941): Über einige Waldsumpfgesellschaften, ihre Herauslösung aus den Waldgesellschaften und ihre Neuordnung. – Beih. Bot. Centralb. 61 B: 137–207.
KLIKA, J. & HADAČ, E. (1944): Rostlinna spolencenstva stredni Evropy. – Příroda 36 (9): 281–295.
KNAPP, R. (1958): Pflanzengesellschaften des Vogelsberges unter besonderer Berücksichtigung des Naturschutzparkes „Hoher Vogelsberg". – Schriftenr. Naturschutzsstelle Darmstadt 4 (3): 161–220.
KOCH, W. (1925): Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz. – Jahrb. St.Gall. Naturwiss. Ges. 61 (2): 146 S.
– (1928): Die höhere Vegetation der subalpinen Seen und Moorgebiete des Val Piora. – Zeitschr. Hydrologie 4 (3–4): 131–175.
KOPECKÝ, K. & HEJNÝ, S. (1978): Die Anwendung einer „Deduktiven Methode syntaxonomischer Klassifikation" bei der Bearbeitung der straßenbegleitenden Pflanzengesellschaften Nordostböhmens. – Vegetatio 36 (1): 43–51.
KOPERSKY, M., SAUER ,M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S.R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 34: 519 S.

KORNAS, J. & MEDWECKA-KORNAS, A. (1967): Zespoly roslinne Gorcow.I. Naturalne i na wpol naturalne zepoly nielesne. Plant communities of the Gorce Mts. (Polish Western Carpathians). I. Natural and semi-natural non-forest communities. – Fragm. Florist. Geobot. 13(2): 197–203 + Tab.

KOROLJOWA, N.E. (1990): Floristic classification of vegetation of the tundra-belt in the Khibini – Mountains, Murmansk region. – Ed. Kola Centre Stud. Sci. USSR: 1–42.

KRAUSCH, H.-D. (1985): Ozeanische Florenelemente in aquatischen Pflanzengesellschaften der DDR. – Vegetatio 59: 193–198.

LANUV (2008): Numerische Bewertung von Biotoptypen für die Eingriffsregelung in NRW. – Recklinghausen.

LANUV (2017) Biotop- und Lebensraumtypenkatalog Nordrhein-Westfalen. http://methoden.naturschutzinformationen.nrw.de/methoden/de/anleitung/NFK0

LEBRUN, J., NOIRFALISE, A., HEINEMANN, P. & VANDEN BERGEN, C. (1949): Les associations végétales de Belgique. – Bull. Soc. Bot. Belg. 82 (1): 105–207.

LECOINTE A. & PROVOST, M. (1970): Etude de la végétation du Mont Pincon (Calvados). – Mem. Soc. Linn. Normandie, Sect. Bot.: 217 S.

LIBBERT, W. (1940): Pflanzensoziologische Beobachtungen während einer Reise durch Schleswig-Holstein. –Feddes Repert. Beih. 121: 92–130.

– (1947): Über das Vorkommen des *Cardaminetum amarae* in der Neumark. –Arch. Hydrobiol. 41: 196–204.

LOHMEYER, W. (1960): Zur Kenntnis der Erlenwälder in den nordwestlichen Randgebieten der Eifel. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 8: 209–221.

– & KRAUSE, A. (1975): Zur Kenntnis des Katzenlochbach-Tales bei Bonn. – Schriftenr. Vegetationskd. 8: 7–20.

LUQUET, A. (1926): Essai sur la géographie botanique de l'Auvergne. Les assocoations végétales du Massif des Monts Dores. – Bruilliard: 122–125, Saint-Dizier.

MAAS, F.M. (1959): Bronnen, Bronbeken en Bronbossen van Nederland, in het Bijzonder die van de Veluwezoom. – Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 59(12): 169 S.

MÄGDEFRAU, K. (1982): Life-forms of bryophytes. – In: SMITH, A.J.E. (Hrsg.): Bryophyte Ecology: 45–58. London & New York.

MARSTALLER, R. (1987): Die Moosgesellschaften der Klasse *Plathyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* Philippi 1956. – Phytocoenologia 15(1): 85–138.

MAST, R. (1995): Naturnahe Vegetation an Quellstandorten im Weser-Leinebergland (Süd-Niedersachsen). – Tüxenia 15: 139–159.

METZ, P. (2000): Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen. – ecomed-Verlagsgesellschaft. Landsberg/Lech: 511 S.

MEUSEL, H. (1935): Wuchsformen und Wuchstypen der europäischen Laubmoose. – Nova Acta Leopoldina 3 (2).

– & BUHL, A. (1968): Verbreitungskarten mitteldeutscher Leitpflanzen. 11. Reihe. – Wiss. Z. Univ. Halle 17(3): 377–439.

MÖLLER, H. (1979): Das *Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum glutinosae* (Meij.Drees 1936), eine neue *Alno-Padion*-Assoziation. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 21: 167–180.

MÜLLER, K. (1938): Über einige bemerkenswerte Moosassoziationen am Feldberg im Schwarzwald. – Ann. Bryologie 11: 94–105.

MÜLLER, TH. (1961): Einige für Süddeutschland neue Planzengesellschaften. – Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschland 20: 15–21.

– (1962): Die Fluthahnenfußgesellschaften unserer Fließgewässer. – Veröff. Landesst. Natursch. Landschaftspfl. Bad.-Württ. 30: 152–163.

NADIG, A. (1942): Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des Schweizerischen Nationalparkes im Engadin. – Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark N.F. 1: 244–259.

NEUMAYR, L. (1971): Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes. – Hoppea 29.

NIEMANN, E. (1962): Vergleichende Untersuchungen zur Vegetationsdifferenzierung in Mittelgebirgstälern – dargestellt am Beispiel eines Querschnitts durch den mittleren Thüringer Wald. – Diss. TU Dresden.

– (1965): Submontane und montane flußbegleitende Glanzgras-Röhrichte in Thüringen und ihre Beziehung zu den hydrologischen Verhältnissen. – Limnologica 3(3): 399–438.

–, HEINRICH, W. & HILBIG, W. (1973): Madesüß-Uferfluren und verwandte Staudengesellschaften im hercynischen Raum. – Wiss. Z. Fr.Schiller – Univ., Math.-Nat. R. 22(3/4): 591–635.

NORDHAGEN, R. (1936): Versuch einer neuen Einteilung der subalpin-alpinen Vegetation Norwegens. – Bergens Mus. Arbok 7: 88 S.
– (1943): Sikilsdalen og Norges fjellbeiter. – Bergens Mus. Skr. 22: 607 S.
NOWAK , B. (Hrsg.) (1990): Beiträge zur Kenntnis Hessischer Pflanzengesellschaften. – Ergebnisse der Pflanzensoziologischen Sonntagsexkursionen der Hess. Bot. Arbeitsgem. – Bot. Vereinigung Natursch. Hessen. Frankfurt: 207 S.
NZ NRW (1994): Quellschutz – Materialheft zur Kampagne und Diaserie Nr. 5 des NZ NRW. – Recklinghausen: 62 S.
OBERDORFER, E. (1938): Ein Beitrag zur Vegetationskunde des Nordschwarzwaldes. – Beitr. naturkdl. Forschung SW-Deutschland 3(2): 150–270.
– (1956): Die Vergesellschaftung der Eissegge (*Carex frigida* All.) in alpinen Rieselfluren des Schwarzwaldes, der Alpen und der Pyrenäen. – Jahresh. Verh. vaterländ. Naturkunde Württemberg 3(2): 452–465.
– (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – Pflanzensoziologie 10. Jena: 564 S.
– (1973): Gedanken zur Systematik der Pflanzengesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 15/16: 165–169.
– (Hrsg.) (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I. – Gustav Fischer Verlag. Stuttgart u.a.: 311 S.
– (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 5. Aufl. – Ulmer Verlag. Stuttgart: 1051 S.
– (Hrsg.) (1992/93): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I. – Gustav Fischer Verlag. Stuttgart u.a.: 311 S.
PASSARGE, H. (1964): Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes.I. – Pflanzensoziologie 13. Jena: 324 S.
PAWLOWSKI, B. (1928): Guide del'excursion botanique dans les monts Tatras. – 5. I.P.E. 1928. Krakau.
–, SOLOKOWSKI, M. & WALLISCH, K. (1928): Die Pflanzenassoziationen des Tatra-Gebirges. VII.Teil. Die Pflanzenassoziationen und die Flora des Morskie Oko-Tales. – Bull. Int. Acad. Polon. Sci. & Lettr. Sci.Nat. B (II): 204–284.
PEPPLER, C. (1988): TAB – Ein Computerprogramm für die pflanzensoziologische Tabellenarbeit. – Tuexenia 8: 393–406.
PETERS, U. (1988): Pflanzenökologische und bodenkundliche Untersuchungen an Quellstandorten in Bochum. – Diss. Bot. 122: 211 S.
PFADENHAUER, J. & KAULE, G. (1972): Vegetation und Ökologie eines Waldquellkomplexes im bayerischen Inn-Chiemsee-Vorland. – Ber. Geobot. Inst. Rübel 41: 74–87.
PHILIPPI, G. (1956): Einige Moosgesellschaften des Südschwarzwaldes und der angrenzenden Rheinebene. – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 15: 91–124.
– (1963): Zur Gliederung der Flachmoorgesellschaften des Südschwarzwaldes und der Hochvogesen. – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 22: 113–135.
– (1963): Zur Kenntnis der Moosgesellschaften saurer Erdraine des Weserberglandes, des Harzes und der Rhön. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 10: 92–108.
– (1965): Die Moosgesellschaften der Wutachschlucht. – Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde Naturschutz 8: 625–668.
– (1965): Moosgesellschaften des morschen Holzes und des Rohhumus im Schwarzwald, in der Rhön, im Weserbergland und im Harz. – Nova Hedwigia 9 (1–4): 185–232.
– (1975): Quellflurgesellschaften der Allgäuer Alpen. – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 34: 259–287.
– (1989): Pflanzengesellschaften des Belchen-Gebietes im Schwarzwald. – In: Der Belchen – Geschichtlich-naturkundliche Monographie des schönsten Schwarzwaldberges. – Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. 13: 747–890. Karlsruhe.
POTT, R. (1990): Grundzüge der Typologie, Genese und Ökologie von Fließgewässern Nordwestdeutschlands. 1.u.2. Teil. – Natur Landschaft 26 (2 u. 3): 25–32 u. 55–62.
– (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart: 623 S.
RAUNKIAER, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford.
RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 800 S.
RIECKEN, U., FINCK, P., RATHS, U., SCHRÖDER, E. & SSYMANK, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. 2. Fassung. – Bonn-Bad Godesberg.
RIELEY, J.O. & PAGE, S.E. (1990): Ecology of plant communities. A phytosociological account of the British vegetation. – Longman Scientific & Technical. New York: 178 S.

ROLL, H. (1939): Einige Waldquellen Holsteins und ihre Pflanzengesellschaften. – Bot. Jahrb. 70(1): 67–94.
– (1940): Weitere Waldquellen Holsteins und ihre Pflanzengesellschaften. – Arch. Hydrobiol. 36: 424–465.
ROTHAMMEL, B. (1991): Modellierung des Einflusses wichtiger Steuergrößen auf den boden- und wasserchemischen Zustand ausgewählter Einzugsgebiete des Frankenwaldes. – Unveröff. Diplomarbeit Univ. Bayreuth: 95 S.
RÜHL, A. (1958): Über das soziologische Verhalten der Schlanken Segge (*Carex strigosa* Huds.). – Decheniana 111 (1): 27–31.
– (1964): Vegetationskundliche Untersuchungen über die Bachauenwälder des Nordwestdeutschen Berglandes. – Decheniana 116 (1/2): 29–44.
RUNGE, F. (1964): Die Pflanzengesellschaften der Umgebung von Altenhundem/Sauerland. – Decheniana 116 (1/2): 99–114.
– (1990): Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. 10. u. 11. Aufl. – Münster: 309 S.
SAVELSBERG, E. (1977): Über ein *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae* (Oberd.57) Th.Müller 1961 bei Aachen. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 19/20: 153–155.
SCHLÜTER, H. (1966): Vegetationsgliederung und -kartierung eines Quellgebietes im Thüringer Wald als Grundlage zur Beurteilung des Wasserhaushaltes. – Arch. Natursch. Landschaftsforsch. 6 (1/2): 3–44.
– (1970): Vegetationskundlich-synökologische Untersuchungen zum Wasserhaushalt eines hochmontanen Quellgebietes. – Wiss. Veröff. Geogr. Inst. Deutsche Akad. Wiss. 27/28: 23–146.
SCHNELL, F.H. (1939): Die Pflanzenwelt der Umgebung von Lauterbach. – Feddes Repert. Beih. 112: 25.
SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. – Gustav Fischer Verlag. Jena.: 403 S.
SCHWICKERATH, M. (1933): Die Vegetation des Landkreises Aachen und ihre Stellung im nördlichen Westdeutschland. – Aachener Beitr. Heimatkunde 13.
– (1944): Das Hohe Venn und seine Randgebiete. – Pflanzensoziologie 6. Jena: 278 S.
SEBALD, O. (1975): Zur Kenntnis der Quellfluren und Waldsümpfe des Schwäbisch-Fränkischen Waldes. – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 34: 295–327.
SEGAL, S. (1967): Some notes on the ecology of *Ranunculus hederaceus* L. – Vegetatio 15 (1): 1–26.
– (1970): Strukturen und Wasserpflanzen. – In Tüxen, R. (Hrsg.): Gesellschaftsmorphologie (Strukturforschung). Ber. Intern. Sympos. Rinteln 1966. Den Haag: 157–168.
SIEBUM, M.B. & SCHAMINÉE, J.H.J. (1991): Plantengemeeschappen van de Nederlande. 8 Klasse: *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx.43. – Unveröffentl. Manuskript: 27 S.
ŠMARDA, J. (1950): Kvetena Hrubeho Jeseniku. – Acta Mus. Morav. 35: 78–156.
SMETTAN, H.W. (1981): Die Pflanzenwelt des Kaisergebirges/Tirol. – Ver. Schutz der Bergwelt Jub.Bd. München.
SMITH, A.J.E. (1980): The moss flora of Britain an Ireland. – Cambridge University Press. London u.a.: 706 S.
SPANGENBERG, A. & KNAPP, H.D. (2008): Kulturlandschaftsentwicklung und Naturschutz auf Rügen. – Tüxenia Beiheft 1: 93–111.
THIENEMANN, A. (1924): Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. – Arch. Hydrobiol. 14: 151–190.
TÜRK, W. (1994): Das „Höllental" im Frankenwald – Flora und Vegetation eines floristisch bemerkenswerten Mittelgebirgstales. – Tuexenia 14: 17–52.
TÜXEN, R. (1937): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. Nieders. 3: 1–170.
– (1955): Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 5: 155–176.
– (Hrsg.) (1972): Bibliographica Phytosociologica Syntaxonomica 13: *Montio-Cardaminetea*, *Adiantetea*. – Cramer Verlag. Lehre: 60 S.
– (1974): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. 2.Aufl. Lief. 1. – Lehre: 207 S.
– & BRUN-HOOL, J. (1975): *Impatiens noli-tangere* Verlichtungsgesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 18: 133–155.
–, v. HÜBSCHMANN, A. & PIRK (1957): Kryptogamen- und Phanerogamen-Gesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 6/7: 114–118.
– & JAHNS, W. (1962): *Ranunculus hederaceus* und *Corydalis claviculata* im Gebiet der Mittel-Weser. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 9: 20–25.

– & Oberdorfer, E. (1958): Die Pflanzenwelt Spaniens. II.Teil: Eurosibirische Phanerogamen-Gesellschaften Spaniens. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel 32: 328 S.
– & Ohba, T. (1975): Zur Kenntnis von Bach- und Quell-Erlenwäldern (*Stellario nemori-Alnetum glutinosae* und *Ribo sylvestri-Alnetum glutinosae*). – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 34: 387–401.
Verbücheln, G., Krechel, R. & Wittig, R. (1990): Die erlenreichen Waldgesellschaften der Schwalm-Nette-Platten und ihrer Randgebiete. Mit einer Übersicht der niederrheinischen Erlenwälder. – Tuexenia 10: 419–432.
–, Hinterlang, D. , Pardey, A. , Pott, R. , Raabe, U. & Van De Weyer, K. (1995): Rote Liste der Pflanzengesellschaften in Nordrhein-Westfalen. –, LÖBF/LAfAO NRW (Hrsg.): LÖBF-Schriftenr. 5: 1–318.
Walther, K. (1942): Die Moosflora der *Cratoneuron commutatum*-Gesellschaft in den Karavanken. – Hedwigia 81: 127–130.
Warnke, R. (1984): Untersuchungen zum Nährstoff- und Ionenhaushalt von Quellfluren und Niedermooren der Feldberg-Gruppe (Schwarzwald). – Unveröff. Diplomarbeit Univ. Freiburg.
– & Bogenrieder, A. (1985): Die Rieselfluren und Flachmoore der Feldbergkuppe. Untersuchungen zur Temperatur, Sauerstoffsättigung und Ionenführung der Quellen am Feldberg (Schwarzwald). – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 75: 91–124.
Warnke-Grüttner, R. (1990): Ökologische Untersuchungen zum Nährstoff- und Wasserhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebietes. – Diss. Bot. 148: 214 S.
Weber, H.E., Moravec, J. & Theurillat, J.P. (2001): Internationaler Code der Pflanzensoziologischen Nomenklatur (ICPN) 3. Auflage. – Synopsis Pflanzenges. Deutschlands, Sonderheft 1: 61 S.
Westhoff, V. (1947): The vegetation of dunes and saltmarshes of the Dutch islands of Terschelling, Vlieland and Texel. – Diss. 's-Gravenhage: 131 S.
–, Held, A.J. et al. (1969): Plantengemeenschappen in Nederland. – Zutphen: 324 S.
– & v.d.Maarel, E. (1973): The Braun-Blanquet approach. – In: Ordination and classification of communities. Handbook of vegetation science 5: 617–726. Junk. Den Haag.
Wey, H. (1988): Die Vegetation von Quellgebieten im Raum Trier und ihre Beeinflussung durch land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung der Einzugsgebiete. – Diss. Bot. 25: 1–170.
Wilmanns, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. – Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschland 21 (2): 87–164.
– (1984): Ökologische Pflanzensoziologie. 3. erw.Aufl. – UTB. Heidelberg: 372 S.
Wirth, V. (1980): Flechtenflora. – UTB / Ulmer Verlag. Stuttgart.: 552 S.
Zechmeister, H.G. (1993): In Grabherr G. & Mucina, L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. – Gustav Fischer Verlag. Jena u.a.: 523 S.
– & Steiner, G.M. (1995): Quellfluren und Quellmoore des Waldviertels, Österreich. – Tuexenia 15: 161–197.

V. Klassenübersicht der *Montio-Cardaminetea*

K ***Montio-Cardaminetea***
KC: *Brachythecium rivulare, Cardamine amara, Deschampsia cespitosa, Palustriella commutata (=Cratoneuron commutatum), Rhizomnium pseudopunctatum, Rhizomnium punctatum, Saxifraga stellaris, Stellaria alsine*

O1 ***Montio-Cardaminetalia***
OC: *Bryum pseudotriquetrum, Bryum schleicheri, Carex frigida, Palustriella (Cratoneuron) decipiens, Dicranella palustris, Epilobium alsinifolium, Philonotis fontana* agg., *Philonotis seriata, Pohlia wahlenbergii, Saxifraga aizoides, Saxifraga stellaris, Scapania paludosa*

V1 ***Cardamino-Montion***
VC: *Epilobium obscurum, Montia fontana* agg., *Stellaria alsine* (opt.)
DV: *Calliergonella cuspidata, Epilobium palustre, Juncus articulatus, Sagina procumbens, Veronica beccabunga*

Ass. ***Bryo schleicheri-Montietum rivularis***
AC: *Epilobium nutans, Sagina saginoides, Sedum villosum, Bryum schleicheri* (regional)
Ass. ***Philonoto fontanae-Montietum rivularis***
AC: *Philonotis fontana, Philonotis caespitosa, Philonotis tomentella*
Ass. ***Stellario alsines-Montietum***
VC: *Montia fontana* agg. (dom.), *Epilobium obscurum* (dom.)
DA: *Glyceria declinata, Glyceria fluitans, Veronica beccabunga, Ranunculus hederaceus*

V 2 ***Philonotidion seriatae***
VC: *Philonotis seriata* (übergr.), *Pohlia ludwigii, Pohlia wahlenbergii* (übergr.), *Saxifraga stellaris* (übergr.), *Scapania paludosa, Scapania uliginosa*

Ass. ***Cratoneuro-Philonotidetum seriatae***
VC: *Bryum schleicheri* (opt.), *Philonotis seriata* (opt.)
DA: *Bryum pseudotriquetrum, Dicranella palustris, Epilobium alsinifolium*
Ass. ***Mniobryetum albicantis***
AC: *Bryum weigelii, Pohlia ludwigii, Pohlia wahlenbergii* (opt.)
Ass. ***Scapanietum uliginosae***
AC: *Scapania uliginosa*
Ass. ***Scapanietum paludosae***
AC: *Scapania paludosa*

V 3 ***Cratoneurion commutati***
VC: *Palustriella commutata (=Cratoneuron commutatum)* (regional, opt.), *Philonotis calcarea, Aneura pinguis, Bryum turbinatum, Preissia quadrata*

Ass. ***Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum***
AC: *Arabis soyeri, Silene pusilla*
Ass. ***Cardamino-Cratoneuretum***
AC: *Bryum turbinatum* (übergr.), *Philonotis calcarea* (opt.), *Palustriella commutata (=Cratoneuron comm.)* (regional, opt.)
Ass. ***Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae***
AC: *Cochlearia pyrenaica*
Ass. ***Eucladietum verticillati***
AC: *Eucladium verticillatum*

O 2 ***Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii***
OC: *Cardamine flexuosa, Chrysosplenium altenifolium* (f), *Circaea intermedia, Lysimachia nemorum, Plagiomnium undulatum*
DO (f): *Athyrium filix-emina, Carex remota, Galium palustre, Geranium robertianum, Impatiens noli-tangere, Lamium galeobdolon, Oxalis acetosella, Stellaria nemorum, Urtica dioica*

V *Caricion remotae*
(VC) OC: *Cardamine flexuosa, Chrysosplenium altenifolium* (f), *Circaea intermedia, Lysimachia nemorum, Plagiomnium undulatum*
(DV) DO (f): *Athyrium filix-femina, Carex remota, Galium palustre, Geranium robertianum, Impatiens noli-tangere, Lamium galeobdolon, Oxalis acetosella, Stellaria nemorum, Urtica dioica*

Ass. ***Chrysosplenietum oppositifolii***
AC: *Chrysosplenium oppositifolium*
Ass. ***Caricetum remotae***
OC/VC: *Cardamine flexuosa, Carex remota* (opt., f), *Lysimachia nemorum, Scutellaria galericulata*

* (f) = formationsbezogen

VI. Register der Syntaxa

Adiantetea 71
Aconito-Cardaminetea Hadač 1956 11
Arabido bellidifoliae-Cratoneuretum 57, 63, 107
Arabido jacquinii-Cratoneuretum falcati Philippi 1975 63
Ass. v. *Philonotis caespitosa* und *Montia rivularis* Allorge 1922 35
Association à Cardamine amara & Muscinées incrustantes Imchenetzky 1926 83
Blindio-Scapanietum uliginosae Geissler 1976 54
Brachythecio-Hygrohypnetum 95
Bryetum schleicheri 48
Bryetum schleicheri Br.-Bl. 1925 33
Bryo schleicheri-Montietum rivularis 25, 33, 107
Bryo schleicheri-Philonotidetum seriatae Luquet 1926 33
Cardamin(et)o-Montion Br.-Bl. 1925 43
Cardamine amara-flexuosa-Gesellschaft Oberd. & Philippi 1977 in Oberd. 1977 96
Cardaminenion 77
Cardamineto-Montion auct. 25
Cardaminetum amarae subatlanticum (Br.-Bl. 1926) Tx. 1937 83
Cardaminetum flexuosae Oberd. 1957 96
Cardaminion 77
Cardaminion auct. (u.a. Westhoff & Den Held 1969) 77
Cardaminion Maas 1959 77
Cardamino amarae-Caricetalia remotae Kästner 1940 72
Cardamino amarae-Caricetalia remotae Kästner 1941 22
Cardamino amarae-Chrysosplenietalia alternifolii Hinterlang ex B. Foucault 2017 72
Cardamino flexuosae-Chrysosplenietalia oppositifolii 11, 72, 108
Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii Maas 1959 83
Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii Maas 1959 em. Zechmeister 1993 83
Cardamino-Cratoneuretalia Maas 1959 22, 72
Cardamino-Cratoneuretum 67, 107

Cardamino-Montion 22, 25, 30, 107
Cardamino-Montion Br.-Bl. 1926 em. Zechmeister 1993 25, 43
Caricetum fuscae 51
Caricetum fuscae polytrichetosum communis Oberdorfer 1938 21, 75
Caricetum remotae 96, 108
Caricetum remotae (+ Epitheton) Kästner 1941 96
Caricetum remotae Kästner 1941 83
Carici remotae-Cardaminetum flexuosae (Kästner 1941, Oberd. 1957) Niemann, Heinrich & Hilbig 1973 96
Carici remotae-Fraxinetum Koch 1925 84
Caricion remotae 72, 77, 80, 108
Chrysosplenietum oppositifolii 83, 108
Cochlearia pyrenaica-Gesellschaft Oberd. 1957 69
Cochleario pyrenaicae-Cratoneuretum (Oberd. 1957) Th.Müller 1961 69
Cratoneuretum commutati/falcati 67
Cratoneuretum falcati Gams 1927 em. Philippi & Oberd. 1977 63
Cratoneuretum falcati sensu Gams (1927) 51
Cratoneuretum filicino-commutati (Kuhn 1937) Oberd. 1977 71
Cratoneuretum filicino-commutati Philippi & Oberd. 1977 63
Cratoneurion (Koch 1928) emend. Geissler 1976 43, 57
Cratoneurion commutati 22, 43, 57, 60, 107
Cratoneurion Maas 1959 57
Cratoneuro filicinae-Cardaminetum Maas 1959 83
Cratoneuro-Arabidetum bellidifoliae Koch 1928 63
Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae 69, 107
Cratoneuro-Philonotidetalia prov. Geissler 1976 22
Cratoneuro-Philonotidetum calcareae Geissler 1976 63, 67
Cratoneuro-Philonotidetum seriatae 43, 48, 107
Cratoneuro-Saxifragenion Nordhagen (1943) 57
Cratoneuro-Saxifragetum aizoidis Nordhagen 1943 67
Cratoneuro-Saxifragion 67
Cratoneuro-Saxifragion aizoidis Nordhagen 1936 22
Diobeloneto-Montietum 36
Endocarpion Br.-Bl. 1948 22
Epilobietalia alsinifolii Nordhagen 1936 22
Epilobio nutantis-Montion Zechmeister 1993 25
Epilobium hornemannii-Epilobium alsinifolium-Mniobryum-Soziation Nordhagen 1936 51
Eucladietum verticillati 71, 107
Glyceria fluitans-Montia fontana-Gesellschaft Heil 1995 40
Marsupello-Scapanion 54
Marsupello-Scapanion Geissler 1976 22
Mniobryetum albicantis 43, 51, 107
Mniobryetum albicantis Friedel 1956 51
Mniobryetum albicantis glacialis Greter 1936 51
Mniobryetum wahlenbergii-ludwigii Geissler 1976 51
Mniobryo-Epilobietum hornemannii Nordhagen 1943 51
Montia rivularis-Philonotis caespitosa-Ass. Schwickerath 1944 35
Montietum rivularis Allorge 1925 35
Montio-Cardaminetalia 11, 22, 72, 107
Montio-Cardaminetalia (Pawlowski 1928) emend. Geissler 1976 22
Montio-Cardaminetalia (Pawlowski 1928) emend. Maas 1959 22
Montio-Cardaminetalia Pawlowski 1928 emend. Zechmeister 1993 22
Montio-Cardaminetea 11, 18, 107
Montio-Cardaminetea Br.-Bl. & Tx. 1943 11

Montio-Cardaminetea Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944 em. Zechmeister 1993 11
Montio-Cardaminion 77
Montio-Epilobion hornemannii 54
Montio-Epilobion hornemannii Nordhagen 1936 25
Montion (Westhoff & Den Held 1969) 25
Montion Maas 1959 25, 43
Montio-Philonotidetum fontanae Büker 1942 ex. Zechmeister 1993 35
Oxyrhynchietum 95
Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum oppositifolii Maas 1959 83
Philonotidetum caespitosae Hadač 1946 35
Philonotidion seriatae 22, 43, 46, 107
Philonotido caespitosae-Montietum 33
Philonotido-Saxifragetum stellaris 26
Philonotido-Saxifragetum stellaris Nordhagen 1943 35
Philonoto fontanae-Montietum rivularis 25, 35, 107
Pinguiculo (vulgaris)-Cratoneuretum Oberd. 1957 63
Platyhypnidio-Fontinalietea 39
Pohlia glacialis-spring Ratcliffe 1964 51
Pohlietum ludwigii Giacomini 1939 51
Ranunculetum hederacei 26
Ranunculion aquatilis 26
Ranunculion fluitantis 36, 39
Scapanietum paludosae 43, 56, 107
Scapanietum uliginosae 43, 54, 107
Scapanietum undulatae 95
Stellario alsines-Montietum fontanae 25, 40, 107
Stellario alsines-Montietum Franzi 1984 40
Stellario alsines-Montietum hallii B. Foucault 1981 corr. 40
Stellario alsines-Montietum Hinterlang 1992 40
Swertio-Anisothecion squarrosi Hadač 1983 43
Veronico-Callitrichetum stagnalis 36, 39

Adresse des Autors:
Dr. Dirk Hinterlang
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Leibnizstraße 10
D-45659 Recklinghausen
dirk.hinterlang@lanuv.nrw.de

Bisher erschienene Hefte

1 Hölzel, N. (1996): ***Erico-Pinetea*** (Alpisch-Dinarische Karbonat-Kiefernwälder). (49 S.) 16 €
2 Härdtle, W., Heinken, T., Pallas, J. & Welss, W. (1997): ***Quercion roboris*** (Bodensaure Eichenmischwälder). (51 S.) vergriffen
3 Dierschke, H. (1997): ***Arrhenatheretalia*** (Wiesen und Weiden frischer Standorte). (74 S.) vergriffen
4 Weber, H. E. (1998): ***Franguletea*** (Faulbaum-Gebüsche). (86 S.) vergriffen
5 Weber, H. E. (1999): ***Rhamno-Prunetea*** (Schlehen- und Traubenholunder-Gebüsche) (108 S.) 16 €
6 Weber, H. E. (1999): ***Salicetea arenariae*** (Dünenweiden-Gebüsche). (37 S.) 8 €
7 Täuber, T. & Petersen, J. (2000): ***Isoëto-Nanojuncetea*** (Zwergbinsen-Gesellschaften). (87 S.) 16 €
8 Peppler-Lisbach, C. & Petersen, J. (2001): ***Nardetalia strictae*** (Borstgrasrasen). (117 S.) vergriffen
9 Burkart, M., Dierschke, H., Hölzel, N. Nowak, B. & Fartmann, T. (2004): ***Molinietalia*** und Klassenübersicht ***Molinio-Arrhenatheretea*** (Futter- und Streuwiesen feucht-nasser Standorte und Übersicht Kulturgrasland). (103 S. + Beilage) 16 €
10 Heinken, T. (2008): ***Dicrano-Pinion*** (Sand- und Silikat-Kiefernwälder). (88 S.) 16 €
11 Dierschke, H. (2012): ***Polygono-Potentilletalia anserinae*** (Kriech- und Flutrasen). (104 S. + Beilage) 16 €
12 Hinterlang, D. (2017): ***Montio-Cardaminetea*** (Quell- und Waldsumpf Gesellschaften (110 S.) 16 €

Sonderheft 1: Weber, H. E., Moravec, J. & Theurillat, J. P. (2001): **Internationaler Code der Pflanzensoziologischen Nomenklatur** (ICPN). 3. Auflage (Deutsche Version von H. E. Weber). (61 S.) 16 €

Bildnachweis Umschlag

Einband vorne:
Oben von links nach rechts: *Bryo schleicheri-Montietum*, Obertauern, Austria; *Mniobryetum albicantis*, Serfaus, Austria; *Arabido-Cratoneuretum*, Obertauern, Austria; *Chrysosplenietum oppositifolii*, Siegerland.
Unten von links nach rechts: *Cratoneuro-Cochlearietum pyrenaicae*, Alme, Sauerland; *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum*, Sauerland.

Einband hinten:
Oben: *Cratoneuron commutatum* [*Cratoneurion*] Basalgesellschaft, Ammertal, © I. Hetzel;
Unten: *Caricetum remotae*, Bad Münstereifeler Wald.