

Kapitel 17

Vegetation der Waldquellfluren im Westlichen Erzgebirge

Ralf Riedel und Carl Beierkuhnlein

1. Einführung

Das Erzgebirge (Krusné Hory) zählt zu den am stärksten von Waldschäden betroffenen Gebieten Europas. Seit Beginn der sächsischen Waldschadenserhebung im Jahre 1991 wird in diesem Wuchsgebiet ein gleichbleibend hohes Schadniveau registriert, wobei die Fichte, als dominierende Baumart, vorrangig betroffen ist. Nach der Waldschadenserhebung 1997 betrug der Anteil deutlich geschädigter Bäume 32 % (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT ERNÄHRUNG FORSTEN 1997).

In den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges waren im Verlauf der letzten Jahrzehnte besonders deutlich die Symptome der „klassischen Rauchschäden“ erkennbar. Die Immissionsbelastung führte zum Teil zu einem flächigen Absterben der Waldbestände. Während noch in den 80er Jahren häufig SO₂-Jahresmittelkonzentrationen im Bereich von 80 µg/m³ gemessen wurden, zeichnet sich seit 1992 landesweit ein kontinuierlicher Rückgang der SO₂-Konzentrationen auf ein derzeitiges Niveau von ca. 30 µg/m³ ab (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT ERNÄHRUNG FORSTEN 1997). Die Schadstoffbelastung ist zudem von den jeweils wechselnden Witterungsverhältnissen stark geprägt. Bei langanhaltenden südöstlichen Winden und Nebellagen beispielsweise können die Immissionen aufgrund des Einflusses der auf tschechischer Seite im Egertal konzentrierten Braunkohlekraftwerke stark zunehmen (VOLLRATH 1997).

Insgesamt übersteigen die gegenwärtigen Säureeinträge die Pufferfähigkeit der meisten erzgebirgischen Waldstandorte. Aus diesem Grund ist mit einem weiteren Fortschreiten der Bodenversauerung mit seinen Folgen für Untergrund- und Oberflächengewässern zu rechnen (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT ERNÄHRUNG FORSTEN 1997). Waldquellen stellen in dieser Hinsicht aufgrund ihrer Funktion als Bioindikator ein wichtiges ergänzendes Instrument zur Untersuchung derartiger zeitlicher Entwicklungen dar. Im Vergleich mit Fichtelgebirge, Frankenwald, Thüringer Schiefergebirge und Thüringer Wald weist das Erzgebirge insgesamt das höchste Niveau der Schadstoffbelastung auf. Die vorliegende Untersuchung der Waldquellen bestätigt in dieser Hinsicht deutliche regionale Unterschiede in Hydrochemie und Quellvegetation.

2. Hypothesen

Als Grundlage für die Untersuchungen dienten folgende Hypothesen:

1. Die floristische Artenzusammensetzung der Waldquellfluren wird primär durch wasserchemische Umweltparameter bestimmt.
2. In den Mittelgebirgen haben im Verlauf der letzten Jahre die Belastung durch Immissionen sowie der Versauerungsgrad stark zugenommen. Das Artenspektrum der Waldquellfluren in seiner Funktion als kumulativer Bioindikator kann diesen Zustand beschreiben.
3. Im Erzgebirge kommt es aufgrund seiner linearen, räumlichen Ausdehnung zu einem deutlichen Luv/Lee-Effekt hinsichtlich der Verteilung der Immissionsbelastung. Als Folge daraus unterscheiden sich Quellstandorte der Nord- und Südabdachung in der hydrochemischen Zusammensetzung der Quellwässer und im Artenspektrum der Vegetation.

3. Naturraum Westliches Erzgebirge

3.1. Lage

Als Bestandteil des herzynischen Mittelgebirgssystems in Mitteleuropa erstreckt sich das Erzgebirge in südwest-nordöstlicher Richtung. Der lineare Verlauf der Kammlinie ist nahezu identisch mit dem Verlauf der Staatsgrenze zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechischen Republik.

Im Bereich des Westlichen Erzgebirges wurde ein Gebiet von der Größe 14 x 20 km für die Untersuchungen ausgewählt. Die Fläche kann mit den Ortschaften Morgenröthe-Rautenkranz und Breitenbrunn auf deutscher Seite, sowie Kraslice und Horní Blatná auf tschechischer Seite umrissen werden.

3.2. Relief und Gestein

Im Verlauf des Jungtertiärs wurde der variszische Gebirgsrumpf aufgrund tektonischer Vorgänge um mehr als 1000 m angehoben. Gleichzeitig kam es zu einer Schrägstellung der Pultscholle nach Nordwesten. Aus diesem Grund weist der Erzgebirgszug eine schwach geneigte Nordabdachung gegenüber einer steil, in Stufen in den Egergraben abfallenden Südabdachung auf (HENNINGSEN & KATZUNG 1998). Als Geländeformen herrschen Kerbsohlentäler vor, die im Verlauf des Quartärs entstanden, neben Verebnungsflächen im Kammbereich als Reste der ehemaligen Rumpffläche (OPITZ 1990).

Das Untersuchungsgebiet deckt hinsichtlich seiner Ausdehnung sowohl Nord- als auch Südabdachung ab, erstreckt sich somit über einen Höhenbereich von ca. 550 m in der Talsohle bis auf ca. 920 m über NN in den Kammlagen. Die höchste Erhebung innerhalb des Gebietes ist der Auersberg mit 1018 m über NN.

Am geologischen Aufbau des Erzgebirges sind einerseits metamorphe Gesteine des Präkambriums und Altpaläozoikums unterschiedlichen Metamorphiegrades beteiligt, wie

Paragneise, Glimmerschiefer und Phyllite, andererseits zum Teil ausgedehnte magmatische Intrusivkörper aus Granit oder Porphyr, die während und nach der variszischen Gebirgsbildung zur Ausbildung kamen (PIETZSCH 1931).

Im Untersuchungsgebiet nimmt das Eibenstocker Granitmassiv einen Großteil der Fläche ein. Es besteht vorwiegend aus fein- bis grobkörnigem Turmalingranit. Die Phyllitformation umschließt den aufgeschlossenen Intrusivkörper weitgehend. Hier dominieren regional-metarmorph gebildete Quarz- und Albitphyllite. Im Übergangsbereich liegen ausgedehnte Kontakthöfe vor. Durch Kontaktmetarmorphose bildeten sich Andalusitglimmer und Hornfelsen in der inneren Kontaktzone, Knoten- und Fruchtschiefer in der äußeren Kontaktzone. Zum Teil finden sich Schollen der Kontaktzone inselartig im Untergrund inmitten der Granitformation (SCHALCH 1901, SCHRÖDER 1900).

3.3. Hydrogeologische Situation

Im kristallinen Festgestein des Erzgebirges ist von einem Kluftgrundwasserleiter-System auszugehen. Der Porenanteil ist mit 0,2-1,8 Vol. % für magmatisches und metamorphes Gestein gleichermaßen als äußerst gering einzustufen (KARRENBURG 1981). Zur besseren Einschätzung der Durchlässigkeit bei Festgesteinen findet neben der Porosität das Lithofazieskonzept Anwendung (GABRIEL & ZIEGLER 1989). Als Kriterien für die Wasserführung werden hier lithologische Stellung sowie tektonischer Zerrüttungsgrad herangezogen. Bei Phyllit und Glimmerschiefer kann aufgrund geringer Klüftungsfreundlichkeit von geringer bis fehlender Grundwasserführung ausgegangen werden. Granit hingegen bildet ein Kluftnetz aus, da der Gesteinsverband auf tektonische Beanspruchung rigider reagiert. Insgesamt muss jedoch auch hier mit geringer Grundwasserführung gerechnet werden.

Aufgrund der Dichtigkeit des Untergrunds kann sich kein zusammenhängender, großräumiger Grundwasserleiter bilden. Der hydraulische Abfluss zur Quelle bzw. zum Vorfluter findet vorwiegend über die oberflächennahe Verwitterungs- und Auflockerungszone statt (JORDAN & WEDER 1995). Entsprechend ergeben sich für Quellen Einzugsgebiete von geringer Ausdehnung, deren Grenzen durch das Relief gut nachgezeichnet werden.

3.4. Böden

Auf kristallinem Ausgangsgestein entwickelten sich im Erzgebirge vornehmlich Braunerden unterschiedlicher Ausprägung, vergesellschaftet mit den Vorstufen Silikat-Syrosem und Ranker. Es handelt sich hierbei um basenarme (saure) Braunerden mit Basensättigungsgraden von 5-50 %, bei insgesamt geringem Anteil an Calcium und Magnesium. Die Böden zeichnen sich durch lehmig-sandige bis lehmige Textur aus, auf phyllitischem Ausgangsgestein findet sich ein höherer Schluffanteil (REHFUESS 1990).

In den höheren Lagen und im Kammbereich wurden Podsolierungsvorgänge durch hohe Niederschläge und den langjährigen Anbau von Fichtenmonokulturen begünstigt (MANNSFELD & RICHTER 1995). Zur Ausbildung kommen podsolige und Podsol-Braunerden. Besonders ausgeprägt sind derartige Vorgänge im Bereich des Eibenstocker Granits, da hier saures und grobkörniges Gestein vorliegt. Der höhere Sandanteil an der Textur sorgt ebenso wie die

Klüftungsfreundlichkeit für eine bessere Entwässerung. Der natürliche Vorrat an Calcium, Magnesium und Stickstoff ist hier als sehr gering einzustufen.

Von besonderer Bedeutung ist ebenfalls der hohe Anteil an hydromorphen Böden insbesondere in den ausgedehnten Verebnungsflächen der Kammlagen. Die geringe Hangneigung verbunden mit hohen Niederschlägen führt zu vermindertem Sickerwasserabfluss. Unter derartigen Bedingungen bilden sich bevorzugt Nassogleye, Anmoorgleye sowie Moorböden.

3.5. Klima

Charakteristisch sind bei häufig auftretenden Nordwestwinden Stauerscheinungen an der Nordabdachung des südwest-nordost-streichenden Gebirges, so dass es dort zu häufiger Bewölkung und Nebel sowie im Vergleich zum Flachland zu höheren Niederschlägen kommt. Entsprechend einer Zunahme der Kontinentalität nach Osten, liegt auf der Kammfläche (750 - 950 m) die jährliche Niederschlagsmenge im Westlichen Erzgebirge bei 860 bis 1145 mm gegenüber 870 - 990 mm im Östlichen Erzgebirge (MANNSFELD & RICHTER 1995). Auf der Südabdachung wirkt sich zudem die Leelage des Erzgebirgskamms aus, so dass es auf den Lagen unterhalb 800 m zu einem Abfall der jährlichen Niederschlagsmenge bis auf 450 mm kommt.. Das langjährige Mittel der Lufttemperatur liegt in den höheren Lagen bei 6,0 °C im Westen gegenüber 4,5 - 5,5 °C im Osten. Es ergibt sich eine durchschnittliche Dauer der Vegetationsperiode von 170 - 180 Tagen im Jahr (MANNSFELD & RICHTER 1995). Auffallend sind bei Betrachtung der Jahreskurven der Lufttemperatur markante Kälte- und Wärmerückfälle in einzelnen Jahren, was, verbunden mit dem insgesamt rauhen Klima, zu hohen Anforderungen an Flora und Fauna in dieser Region führt (OPITZ 1990).

3.6. Vegetation und Landnutzung

Als potenziell natürliche Waldvegetation der montanen Stufe von etwa 550 m bis 930 m nennt HEYNERT (1964) den herzynischen Bergmischwald, das *Dentario- (Abieti) Fagetum* und das *Luzulo- (Abieti) Fagetum* (nach OBERDORFER 1994: *Luzulo-Fagetum*, montaner Hainsimsen-Buchenwald). Weiterhin beschreibt er das Vorkommen des Bergreitgras-Fichtenwalds, *Piceetum hercynicum calamagrostidetosum villosae* (nach OBERDORFER 1994: *Calamagrostio villosae-Piceetum*, montaner Bergfichtenwald) auf der orealen Bergfichtenwaldstufe oberhalb von 900 m. Er schränkt jedoch ein, dass aufgrund von Pollenanalysen von RUDOLPH & FIRBAS (1924) die Verbreitung eines Tannen-Buchen-Fichtenwalds bis in eine Höhe von 1170 m noch nachgewiesen werden kann, und deswegen die Existenz einer natürlichen Bergfichtenwaldstufe über 1000 m für das Gebiet des Erzgebirges fraglich erscheint. Das heutige Bild prägen im Westlichen Erzgebirge weitgehend Fichtenforste mit *Calamagrostis villosa* als dominierender Art in der Kraut- und Grasschicht.

Die ungünstigen edaphischen und klimatischen Gegebenheiten führten im Westlichen Erzgebirge zu einer bäuerlichen Landnahme lediglich bis in die mittleren Lagen. Erst im 15. und 16. Jahrhundert wurden durch Erzbergbau und Holznutzung die oberen Lagen erschlossen. Dies erklärt den ausgesprochenen Waldreichtum mit einem Anteil von 65 - 95 % in den mittleren und

oberen Lagen (MANNSFELD & RICHTER 1995). Eine Beeinflussung der Messungen durch Acker- bzw. Weideflächen im Untersuchungsgebiet ist somit nahezu auszuschließen.

In den Hochlagen finden sich außerdem zum Teil ausgedehnte Flächen mit Hoch- und Niedermoorgesellschaften, wenn auch der Torfabbau hier zu einer starken Degradation dieses Vegetationstyps geführt hat. Erhalten haben sich einige kleine Flächen in Naturschutzgebieten (NSGs), wie im Falle des NSG „Kleiner Kranichsee“ (29,0 ha).

Von besonderer Bedeutung ist aufgrund des Niederschlagsreichtums die Nutzung des Westlichen Erzgebirge als Trinkwasserreservoir. Im Untersuchungsgebiet selbst befinden sich zwei Talsperren, Carlsfeld und Sosa.

Bereits Untersuchungen von KÄSTNER (1938 und 1942) aus den 30er Jahren befassen sich mit der Vegetationseinheit der Waldquellen im Gebiet des Westlichen Erzgebirges. Er konzentriert sich unter anderem auf Laubwaldsumpfgesellschaften und belegt diese mit zahlreichen Aufnahmen, wobei die Aufnahmen aus heutiger Sicht dem *Chrysosplenietum oppositifolii* zuzuordnen sind. Ein derart früher Nachweis von Beständen des *Chrysosplenietum oppositifolii* noch in einer Höhenlage von 800 m deutet auf die Bedeutung dieser Pflanzengesellschaft für die Quellvegetation in dieser Region zu seiner Zeit hin, neben der aus heutiger Sicht dominierenden Gesellschaft der Flach- und Zwischenmoore, dem *Caricetum fuscae*.

4. Auswahl und Lage der Quellstandorte

Aufgrund des Waldreichtums im Westlichen Erzgebirge konnte eine genügend große Anzahl geeigneter Quellen mit Hilfe der Rastermethode gefunden werden. Die pflanzensoziologischen Aufnahmen wie auch hydrophysikalische und -chemische Messungen wurden im Verlauf der Vegetationsperiode 1997 durchgeführt, wobei insgesamt 62 Quellen pflanzensoziologisch, davon wiederum 58 Quellen auch hydrologisch untersucht wurden.

Die Quellstandorte der Untersuchung erstrecken sich über einen Höhenbereich von 625 m bis 925 m, wobei sich mit einem Anteil von 63 % der Großteil in einer Höhenlage zwischen 700 und 850 m befindet (siehe Abbildung 17.1). Die Lagen unterhalb von 675 m sind mit nur 4 Quellen vertreten. Die Ausdehnung der Quellfluren nimmt eine Spanne von 6 bis 48 m² ein. Quellstandorte mit einer Größe über 25 m² kommen nur vereinzelt vor. Die mittlere Größe liegt bei 17 m².

Mit 45 Quellstandorten kann der größte Teil der Quellen der petrographischen Einheit Eibenstocker Granitmassiv zugeordnet werden. In der Kontaktzone befinden sich 8, auf der Phyllitformation 9 Quellstandorte. In einigen Fällen muss bei dieser Gruppierung berücksichtigt werden, dass die Geologie der Einzugsgebiete variieren kann, somit die Quellwässer durch verschiedene petrographische Einheiten geprägt sein können.

Eine weitere Einteilung der Quellstandorte erfolgte bezüglich der Reliefsituation. Hierbei sind 46 Quellen zur Nordabdachung zu zählen, die zum Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde und der Schwarzwasser gehören. Demgegenüber entwässern 16 Quellen nach Süden in die Vorfluter Rolava und Svatava.

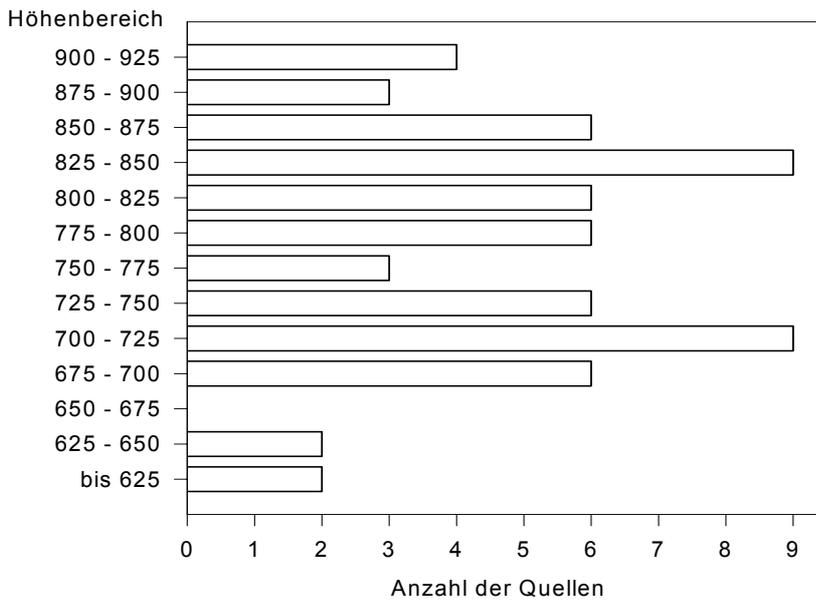


Abb. 17.1:
Höhenverteilung der
untersuchten Quell-
standorte im Erzgebirge

5. Pflanzengesellschaften der Waldquellen im Überblick

Im Folgenden werden ausgeschiedene Einheiten von Pflanzengemeinschaften allgemein als Vegetationstyp bezeichnet. Dieser Begriff kann Einheiten unterschiedlicher Rangordnung im Sinne der Synsoziologie, wie Assoziation, Variante oder Basalgesellschaft, umfassen. Unter den 62 Pflanzenaufnahmen stehen sich zwei größere Blöcke gegenüber, wobei insgesamt 11 Vegetationstypen unterschieden werden. Während mit 65 % ein Großteil der Aufnahmen dem *Caricetum fuscae*, aus der Klasse der Flach- und Zwischenmoore (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*) zugerechnet wird, ist mit den restlichen Aufnahmen das *Chrysosplenietum oppositifolii* aus der Klasse der Quellfluren und Waldsümpfe (*Montio-Cardaminetea*) vertreten. Hinzu kommt das *Scapanietum undulatae* aus der Klasse *Platyhypnidio-Fontinaletea antipyretica*, mit lediglich einer Aufnahme (siehe Tabelle 17.1, Originaldaten in RIEDEL 1999).

Bei 55 Aufnahmen können Subassoziation und unterschiedliche Varianten ausgeschieden werden. In sieben Beständen sind jedoch Charakterarten auf Assoziationsebene ausgefallen. Derartige Aufnahmen werden mit Hilfe des Verfahrens von KOPECKY & HEJNY (1974) als Basalgesellschaft einer höheren Rangstufe zugeordnet (siehe Abschnitt 5.2. und 5.3.).

Eine Reihe von Pflanzenarten ist mit hoher Stetigkeit in den meisten Aufnahmen zu finden. Hierbei handelt es sich zum einen um typische Arten aus der Krautschicht der Fichtenwälder, wie *Calamagrostis villosa*, *Dryopteris dilatata*, *Oxalis acetosella* oder *Galium hircynicum*, zum anderen um quellbachtypische Arten wie *Pellia epiphylla* oder *Mnium hornum*. Dies macht die räumliche und floristische Nähe zu benachbarten Standorten deutlich.

Tabelle 17.1: Übersicht der Vegetationstypen 1 bis 11

Vegetations- typ	Klasse	Assoziation / Subassoziation / Basalgesellschaft	Variante	n ₂
1	Scheuchzerio- Caricetea fuscae	<i>Caricetum fuscae polytrichetosum communis</i>	typische Variante	13
2		<i>Caricetum fuscae polytrichetosum communis</i>	mit <i>Sphagnum cuspidatum</i>	5
3		<i>Caricetum fuscae polytrichetosum communis</i>	mit <i>Sphagnum riparium</i>	13
4		<i>Caricetum fuscae polytrichetosum communis</i>	mit <i>Sphagnum squarrosus</i>	9
5		BG ₁ <i>Calamagrostis villosa</i> [<i>Piceion</i>]		4
6	Montio- Cardaminetea	<i>Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae</i>	mit <i>Sphagnum fallax</i>	2
7		<i>Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae</i>	typische Variante	4
8		<i>Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae</i>	mit <i>Myosotis palustris agg.</i>	5
9		<i>Caricetum remotae</i>		3
10		BG <i>Stellaria uliginosa</i> [<i>Montio-Cardaminetea</i>]		3
11	Platyhypnidio- Fontinaletea antipyretica	<i>Scapanietum undulatae</i>		1

¹ BG = Basalgesellschaft² n = Anzahl der zugeordneten Quellen, Stichprobenumfang

5.1. *Caricetum fuscae*

Die Vegetationstypen 1 bis 4 repräsentieren unterschiedliche Varianten der Subassoziation *Caricetum fuscae polytrichetosum communis*. Ihnen gemeinsam ist das stete Auftreten der für die Subassoziation namengebenden Laubmoosart *Polytrichum commune*. Hinzu kommen eine Reihe azidophiler Begleiter wie *Holcus mollis*, *Plagiothecium undulatum*, *Epilobium montanum* und *Epilobium angustifolium*. Die Artenvielfalt ist mit durchschnittlich 23 Spezies relativ gering. Auffallend ist, dass neben der Verbandscharakterart *Carex echinata* auch die Assoziationscharakterarten *Carex canescens* und *Carex nigra* in den meisten Aufnahmen fehlen. Die verbleibende Charakterart *Sphagnum fallax* fällt ebenfalls in einigen Aufnahmen aus. Das Auftreten anderer für das *Caricetum fuscae* typischer *Sphagnum*-Arten in Verbindung mit einer Reihe azidophiler Begleiter lässt eine Zuordnung zu dieser Assoziation jedoch als gerechtfertigt erscheinen.

Für das Ausscheiden der Varianten werden aufgrund ihrer dominierenden Stellung im Bestand verschiedene *Sphagnum*-Arten herangezogen. In Anlehnung an HINTERLANG (1992) und BEIERKUHNLEIN (1994) wird der Vegetationstyp 1 (n = 13) als typische Variante bezeichnet.

Kennzeichnend ist der hohe Deckungsanteil von *Sphagnum fallax* in der Moosschicht. Andere *Sphagnum*-Arten fehlen diesen Beständen weitgehend.

Die Variante mit *Sphagnum cuspidatum*, der Vegetationstyp 2 (n = 5), ist geprägt durch das Vorkommen der namensgebenden *Sphagnum*-Art. Die enge ökologische Amplitude dieser Art, deren natürlicher Standort Schlenken von Hochmooren sind (FRAHM & FREY 1992), unterstützt die Abgrenzung. Als Begleiter mit hoher Stetigkeit tritt *Sphagnum girgensohnii* auf. Das Vorkommen von *Sphagnum cuspidatum* deutet auf Initialstadien einer Vermoorung hin. Zum Vergleich sei das Fichtelgebirge angeführt, wo die Art von AUDORFF (1997) an lediglich zwei Quellen mit geringer Deckung gefunden wurde.

Mit 21 % der Aufnahmen findet sich die Variante mit *Sphagnum riparium*, der Vegetationstyp 3 (n = 13), im Untersuchungsgebiet sehr häufig. Als Art mit ebenfalls enger ökologischer Amplitude, ist *Sphagnum riparium* vorzugsweise in Waldsümpfen der montanen Stufe subkontinentaler Mittelgebirge zu finden (FRAHM & FREY 1992). Die weite Verbreitung im Westlichen Erzgebirge unterstreicht die Annahme von HINTERLANG (1992), dass diese Art *Sphagnum*-reiche Quellfluren unter kontinentalem Klimaeinfluss charakterisiert. Sein Vorschlag, eine eigene *Sphagnum riparium*-Gesellschaft zu beschreiben, soll hier jedoch noch nicht weiter verfolgt werden. Auch wenn *Trientalis europea* als Begleiter den kontinentalen Charakter dieser Variante betont, rechtfertigen die floristischen Ähnlichkeiten zum *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* eine weitergehende Eigenständigkeit nicht.

Die Variante von *Sphagnum squarrosum*, der Vegetationstyp 4 (n = 9), ist als eigenständige Vegetationseinheit nur schwach differenziert. *Sphagnum squarrosum* tritt neben *Sphagnum fallax* auf, zum Teil sogar als alleinige dominante *Sphagnum*-Art im Bestand (siehe Foto 2, bei BEIERKUHNLIN in diesem Band). Als Begleiter findet sich *Plagiomnium affine* mit hoher Deckung jedoch nur mittlerer Stetigkeit. Begleiter mit hoher Stetigkeit fehlen.

5.2. BG *Calamagrostis villosa* [*Piceion*]

Die 4 Aufnahmen des Vegetationstyps 5 müssen als floristisch stark verarmt angesehen werden. Da diagnostisch wichtige Kennarten niederer Rangordnung für eine weitere pflanzensoziologische Klassifikation fehlen, wurde die Methode von KOPECKY & HEJNY (1974) angewandt. Sie definieren Basalgesellschaft (BG) als „a kind of phytocenosis containing only character- and differential-species of superior syntaxonomical units“ und versuchen somit eine Zuordnung mit Hilfe von Kennarten höherer Ordnung. Aufgrund hoher Deckung und Stetigkeit von *Calamagrostis villosa*, in den Beständen die einzige Kennart auf Verbandsebene, werden die Aufnahmen der BG *Calamagrostis villosa* [*Piceion*] zugeordnet. Trotz dieser Zuordnung zum Fichtenwald in pflanzensoziologischem Sinne, wird doch die Nähe zum *Caricetum fuscae* durch das Vorhandensein von *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii* und *Epilobium angustifolium* angezeigt. Quellbachtypische Arten wie *Mnium hornum* und *Pellia epiphylla* grenzen die Bestände ebenfalls vom Fichtenwald der Umgebung ab. Aufgrund dieser floristischen Beziehungen wurde Vegetationstyp 5 in der weiteren Auswertung zu den Einheiten des *Caricetum fuscae* gestellt.

5.3. *Chrysosplenietum oppositifolii* und *Caricetum remotae*

Als weitere quantitativ relevante pflanzensoziologische Einheiten können das *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae* und das *Caricetum remotae* an Quellfluren im Untersuchungsgebiet gefunden werden. Neben den Klassencharakterarten *Cardamine amara*, *Stellaria uliginosa*, *Brachythecium rivulare* und *Rhizomnium punctatum*, sind auch die Begleiter *Lysimachia nemorum*, *Senecio fuchsii* und *Equisetum sylvaticum* hinsichtlich Deckung und Stetigkeit von Bedeutung.

Die Bestände des Vegetationstyps 6 (n = 2) weisen floristische Anklänge an das *Caricetum fuscae* auf. Neben *Sphagnum fallax* treten eine Reihe weiterer azidophiler Arten, wie *Viola palustris*, auf. Durch das Vorkommen von *Chrysosplenium oppositifolium* in Verbindung mit den Klassencharakterarten *Cardamine amara* und *Stellaria uliginosa* erscheint jedoch die Zuordnung zum *Chrysosplenietum oppositifolii* gerechtfertigt. In Anlehnung an BEIERKUHNEIN (1994), der den Übergangscharakter dieses Vegetationstyps zu saureren Standortbedingungen betont, werden die Bestände der Variante mit *Sphagnum fallax* zugeordnet. Diese Variante wird auch von HINTERLANG (1992) genannt, mit dem Hinweis, dass *Sphagnum*-reiche Bestände am Rande des natürlichen Areals von *Chrysosplenietum oppositifolii* zu erwarten sind. Da das Westliche Erzgebirge im östlichen Randbereich des Gesellschaftsareals liegt, ist ein Auftreten dieser Variante naheliegend.

Bestände der typischen Variante, Vegetationstyp 7 (n = 4), sind charakterisiert durch hohe Deckungswerte von *Chrysosplenium oppositifolium* und *Stellaria nemorum* (siehe Foto 1 bei BEIERKUHNEIN in diesem Band). Die Anzahl der Arten liegt mit 24 Arten im mittleren Bereich. Da Differentialarten fehlen, nimmt die Einheit eine zentrale Stellung innerhalb der Assoziation ein (BEIERKUHNEIN 1994).

Die mit durchschnittlich 31 Arten artenreichsten Aufnahmen verzeichnet die Variante mit *Myosotis palustris agg.*, der Vegetationstyp 8 (n = 5). Die hohe Artenzahl dieser Variante ist in Übereinstimmung mit HINTERLANG (1992) zu beobachten. Andererseits kommen *Chrysosplenium alternifolium* und *Crepis paludosa*, die nach ihm in dieser Variante ihr Optimum besitzen, in den vorliegenden Aufnahmen nur mit mittlerer Stetigkeit vor. Dagegen finden sich mit hoher Stetigkeit und Deckung *Epilobium palustre*, *Galium palustre*, *Ranunculus repens* und *Chaerophyllum hirsutum*. Das Vorkommen der zuletzt genannten Art deutet auf eine Höhenform der Variante hin. Von Bedeutung erscheint außerdem das Auftreten von *Sphagnum angustifolium*. Diese Art besitzt zwar nicht ihren Schwerpunkt in dieser Variante, weist jedoch in einigen Aufnahmen auf etwas trockenere Verhältnisse hin.

Drei Aufnahmen werden dem *Caricetum remotae*, dem Vegetationstyp 9 (n = 3), zugeordnet, das aufgrund des Fehlens eigener Kennarten als Zentralassoziation des *Caricion remotae*-Verbandes verstanden wird. Die Voraussetzungen für die synsystematische Eigenständigkeit, nämlich nach HINTERLANG (1992) das Auftreten von *Carex remota* mit hoher Dominanz und Stetigkeit bei gleichzeitigem Fehlen von *Chrysosplenium oppositifolium*, sind bei den vorliegenden Beständen erfüllt. Die Aufnahmen sind ebenfalls durch das Auftreten von Kennarten höherer Ordnung wie *Lysimachia nemorum*, *Circaea intermedia* und *Stellaria uliginosa* an Verband und Klasse angebunden. Eine Vergesellschaftung von *Carex remota* und *Lysimachia*

nemorum wie im Frankenwald (BEIERKUHNEIN 1994) kann nicht festgestellt werden. Als typische Standorte werden beschattete und schwach sickernde Waldquellen der planaren bis submontanen Stufe beschrieben (HINTERLANG 1992, BEIERKUHNEIN 1994).

Weitere drei Aufnahmen werden nach der bereits oben erwähnten Methode von KOPECKY & HEJNY (1974) im Vegetationstyp 10 (n = 3) als Basalgesellschaft (BG) *Stellaria uliginosa* [*Montio-Cardaminetea*] verstanden. Wenn hier auch Assoziationskennarten fehlen, so finden sich doch Kennarten auf Klassenebene innerhalb der *Montio-Cardaminetea*. Insbesondere *Stellaria uliginosa* ist diesen Aufnahmen gemeinsam.

5.4. *Scapanietum undulatae*

Quelle C4 wird als einzige Aufnahme einer reinen Kryptogamengesellschaft, dem *Scapanietum undulatae*, zugeordnet. Der extrem artenarme Bestand ist durch *Scapania undulata* mit einer Deckung von 5 dominiert, lediglich *Calamagrostis villosa* konnte sich mit herabgesetzter Vitalität behaupten. Natürliche Standorte der Gesellschaft sind beschattete Quellbäche, wobei BEIERKUHNEIN (1994) darauf hinweist, dass häufig eine Verzahnung mit der eigentlichen Quellflurvegetation stattfindet.

In vorliegenden Falle mag die Morphologie der Quelle zur Ausbildung der Gesellschaft geführt haben. Der Quelltopf weist eine steile Eintiefung auf. Auf diese Weise ist ein ständig durchnässter Sickerbereich nur schwach ausgebildet. Da der Übergang vom Quellbach zum steilen und damit trockenen Quellrand abrupt ist, konnte sich ein durchgängiges Lebermoospolster ausbilden, eine Vegetationsstruktur, welche auch von HINTERLANG (1992) als sehr typisch für diese Assoziation angesehen wird. Die Standortbedingungen deuten auf einen verstärkten Einfluss von Tiefenwässern hin, weswegen die Quelle eher dem rheokrenen Quelltypus zuzuordnen ist.

In der folgenden Auswertung wird der Vegetationstyp 11 nicht weiter berücksichtigt, da der sehr geringe Stichprobenumfang in Verbindung mit dem abweichenden Quelltyp keine weitergehenden Aussagen zulässt.

6. Höhenverteilung der Vegetationstypen

Bei der Darstellung der räumlichen Verteilung der Pflanzengesellschaften deuten sich unterschiedliche Schwerpunkte der Assoziationen an. Abbildung 17.2 bestätigt, dass sich die Gesellschaften in einem Höhenbereich oberhalb 725 m ablösen.

Die mittlere Höhe der Bestände des *Caricetum fuscae* liegt bei 807 m, gegenüber 733 m beim *Caricion remotae* einschließlich der BG *Stellaria uliginosa* [*Montio-Cardaminetea*]. Ähnlich verhält es sich im Fichtelgebirge. AUDORFF (1997) konnte dort eine Abhängigkeit des *Caricetum fuscae* in Lagen unter 725 m von niedrigen pH-Werten nachweisen. Zum Vergleich soll hier noch der Thüringer Wald angeführt werden, wo PEINTINGER (1998) das *Chrysosplenietum oppositifolii* als dominierende Pflanzengesellschaft an Waldquellen durchaus bis in Höhen knapp über 800 m feststellt.

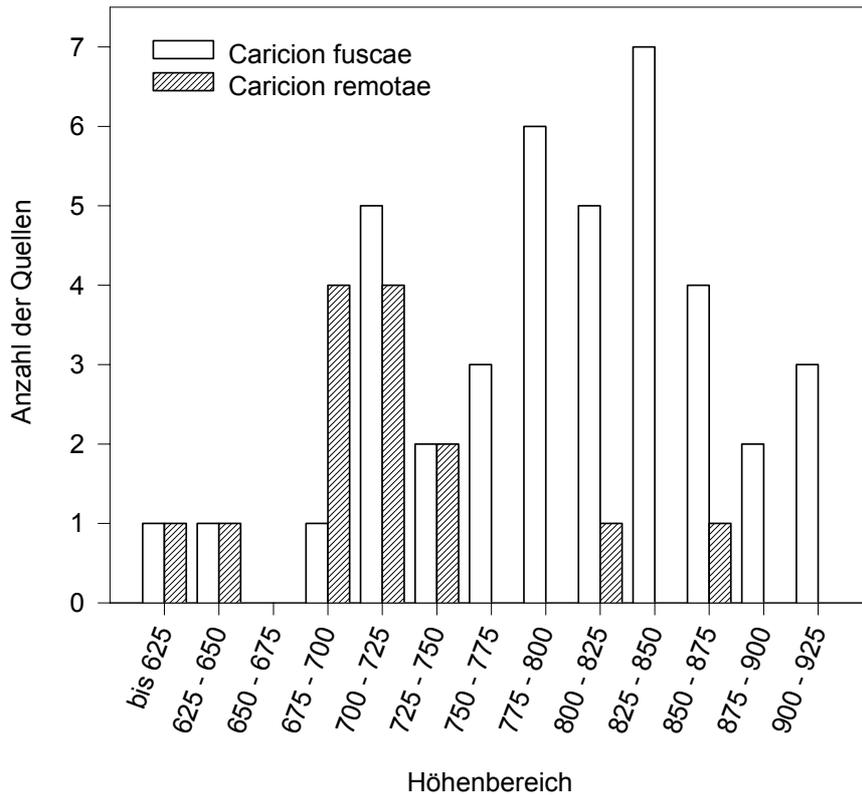


Abb. 17.2: Häufigkeit von *Caricion fuscae* und *Caricion remotae* in den einzelnen Höhenbereichen

Abbildung 17.3 stellt die Höhenverteilung der einzelnen Vegetationstypen gegenüber. Auf Seiten des *Caricetum fuscae* fällt die breite Streuung aller ausgeschiedenen Variationen auf. Eine Zuordnung in bestimmte Höhenbereiche ist nicht möglich. Im Falle des *Caricion remotae* liegen insbesondere die zwei Aufnahmen der Variante mit *Sphagnum fallax* ebenso wie BG *Stellaria uliginosa* [Montio-Cardaminetea] oberhalb des Höhendurchschnitts, so dass sich hier Höhenformen andeuten. Die geringe Stichprobenzahl macht jedoch weitergehende Interpretationen schwer möglich.

Eine räumliche Nähe einzelner Varianten zueinander kann nicht festgestellt werden. Hier kommen die hohe kleinräumige Variabilität sowie fließende Übergänge auf dem Niveau der Variante zum Ausdruck. Auf Verbands- bzw. Assoziationsebene jedoch lässt sich durchaus eine Häufung des *Caricion remotae* im nordöstlichen Teilbereich des Untersuchungsgebietes nachweisen. Im Nordwesten hingegen ist bei ähnlicher Höhenlage überwiegend das *Caricetum fuscae* vertreten.

Da die Quellstandorte im östlichen Teilbereich hinsichtlich der Geologie ihrer Einzugsgebiete bereits im Einflussbereich der Kontaktzone, zum Teil in der Phyllitformation liegen, wird ein Zusammenhang vermutet. Eine weitere Auswertung der Vegetationsdaten in dieser Hinsicht erscheint jedoch aufgrund der geringen Stichprobenanzahl nicht sinnvoll.

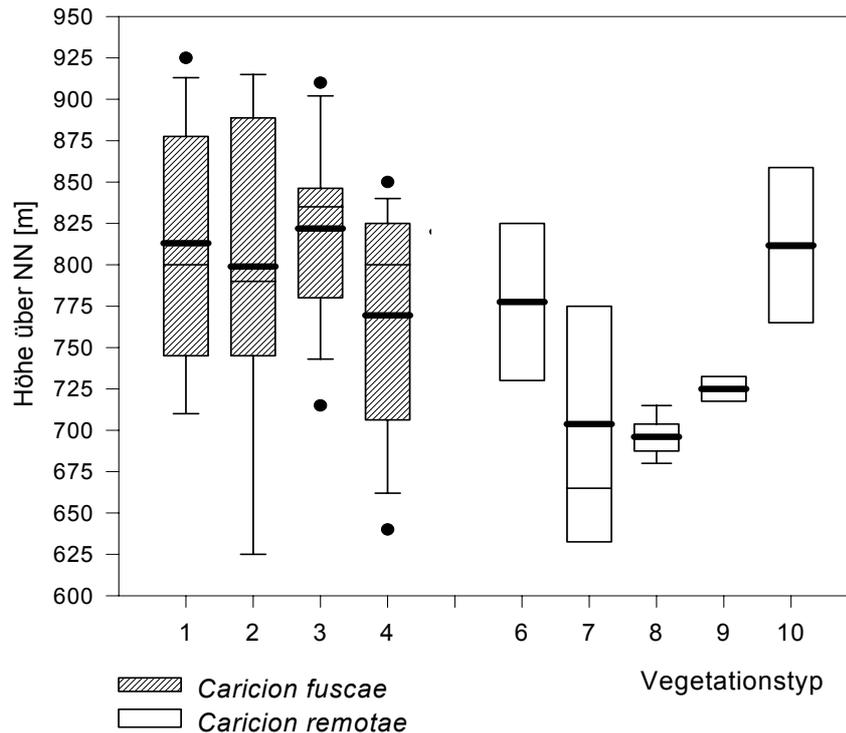


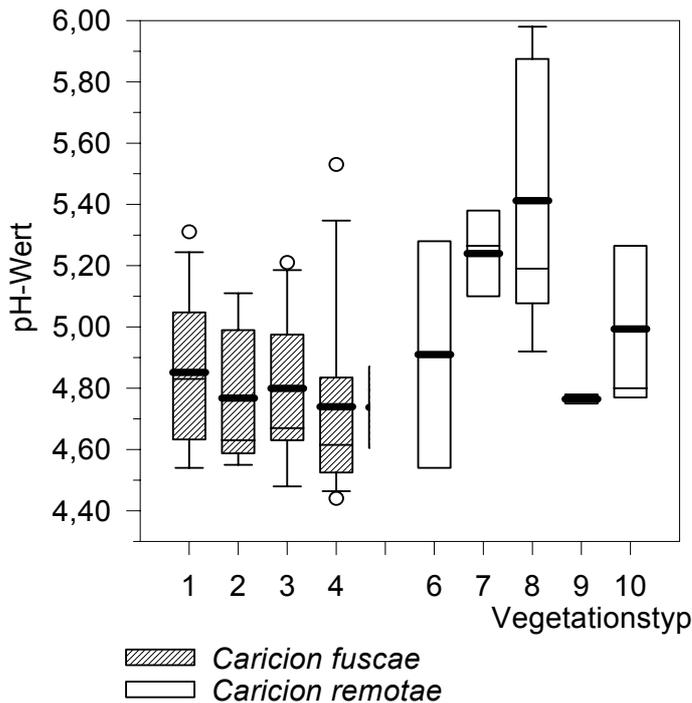
Abb. 17.3: Höhenverteilung¹ der Vegetationstypen 1 - 4 und 6 - 10 (siehe auch Tabelle 17.1)

¹ Erläuterung zum Box-Whisker-Plot: Innerhalb der Box gibt die horizontale dicke Linie das arithmetische Mittel der Stichprobe an, die horizontale dünne Linie den Median. Die Whisker markieren den Perzentilabstand, für 10 bzw. 90 % der Messwerte. Die Punkte oberhalb bzw. unterhalb der Whisker repräsentieren Werte die außerhalb des 10%igen bzw. 90%igen Perzentilwertes liegen.

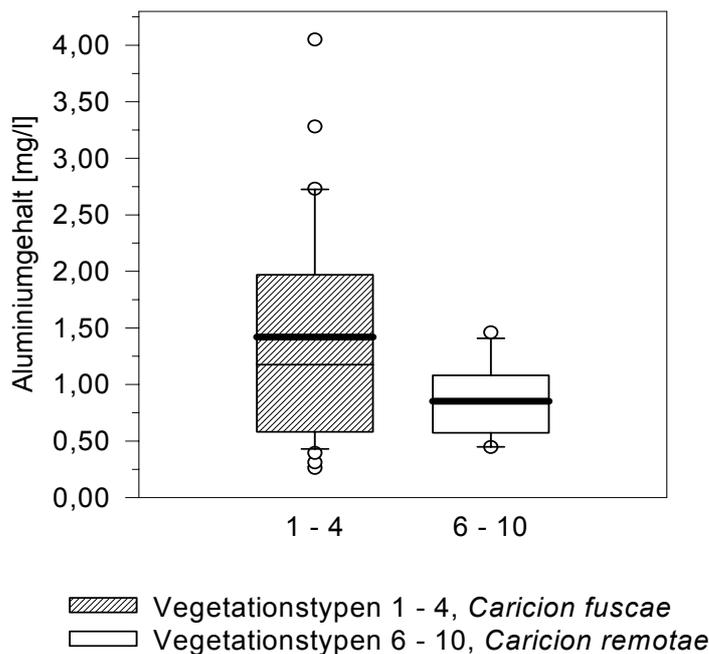
Zwischen Nord- und Südabdachung können keine Unterschiede in der Vegetation der Quellfluren, und somit kein Einfluss der Lee- und Luvlage, erkannt werden. Die Südabdachung wies bis auf wenige Ausnahmen als Vegetationstyp das *Caricetum fuscae* auf. Allerdings zeigt sich, dass die Quellstandorte hier hinsichtlich ihrer Höhenlage den Übergangsbereich zum *Caricion remotae*, nämlich den Höhenbereich unterhalb 750 m nicht erreichen.

7. Einfluss hydrochemischer Parameter

Im folgenden sollen Zusammenhänge zwischen ausgeschiedenen Vegetationstypen und den verschiedenen Inhaltsstoffen der Quellwässer aufgezeigt werden. Die Verteilung der Vegetationstypen in Bezug zum pH-Wert zeigt einen Schwerpunkt des *Caricetum fuscae* einschließlich der BG *Calamagrostis villosa* [*Piceion*] im Bereich $\text{pH} < 4,9$, während die Vegetationstypen des *Caricion remotae* sich uneinheitlich verhalten (siehe Abbildung 17.4). Das *Chrysosplenietum oppositifolii* in der typischen Variante und der Variante mit *Myosotis palustris* agg. treten vermehrt bei pH-Werten oberhalb 5,1 auf, das *Caricetum remotae* hingegen auch bei höheren Protonenkonzentrationen. Aufgrund der engen Beziehung zwischen pH-Wert und Aluminium, zeigt sich eine ähnliche Verteilung der Vegetationstypen in Abbildung 17.5. Gerade die Quellstandorte mit sehr hohen Aluminiumgehalten werden von dem *Caricetum fuscae* besetzt. Die Streuung der Aluminiumgehalte fällt bei dem *Caricion remotae* wesentlich geringer aus.

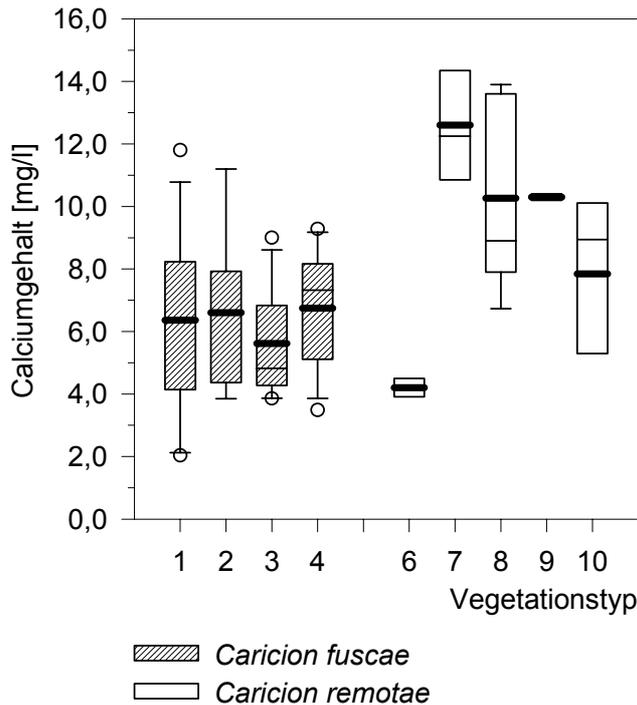
**Abb.17.4:**

Beziehung zwischen pH-Wert (Herbstmessung) und den Vegetationstypen 1 - 4 (*Caricetum fuscae*) und 6 - 10 (*Caricion remotae*) (siehe auch Tabelle 17.1)

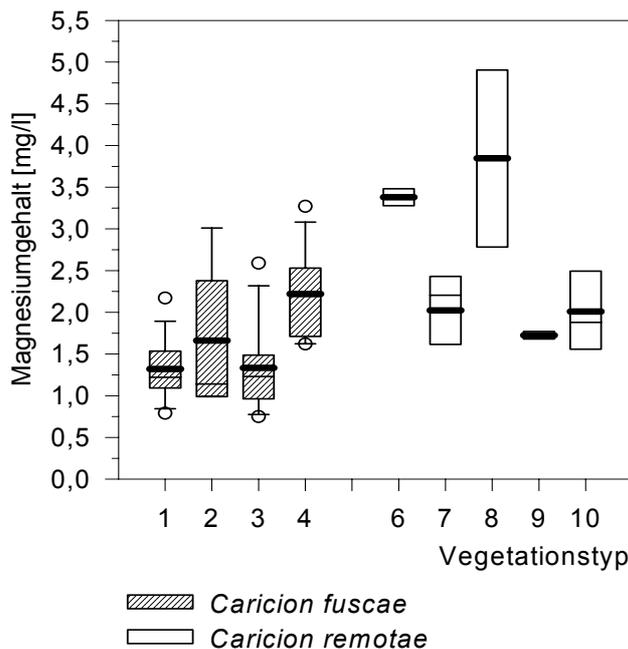
**Abb. 17.5:**

Beziehung zwischen Aluminiumgehalt [mg/l] und den Vegetationstypen 1 bis 4 (*Caricetum fuscae*) sowie Vegetationstypen 6 bis 10 (*Caricion remotae*) (siehe auch Tabelle 17.1)

Die Verteilung der Vegetationstypen im Hinblick auf die Versorgung durch basische Kationen über die Quellwässer fällt unterschiedlich aus (siehe Abbildung 17.6 und 17.7). Bei den Vegetationstypen des *Caricetum fuscae* fällt ein Bezug zu einer geringen Basenversorgung auf. Die Mittelwerte liegen hier bei Calcium und Magnesium jeweils auf ähnlichem Niveau.

**Abb. 17.6:**

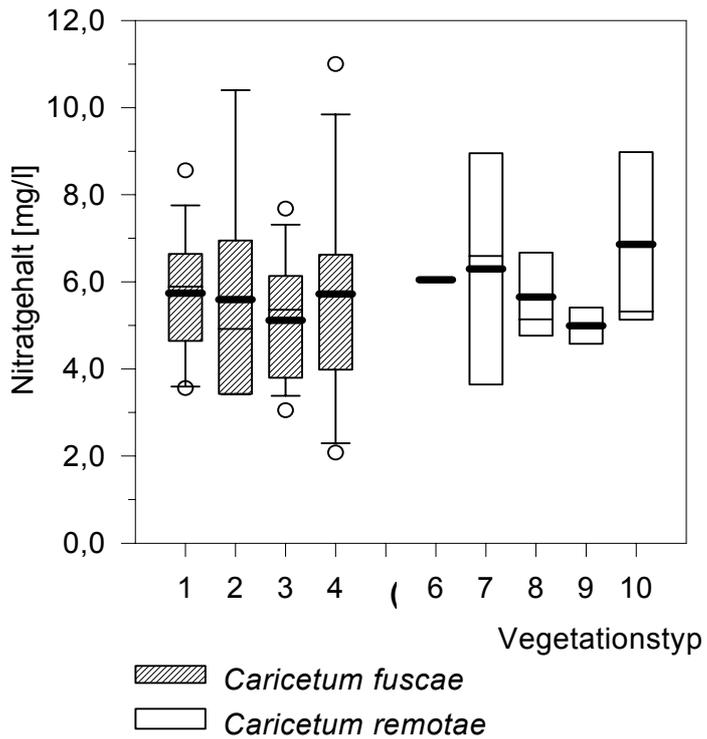
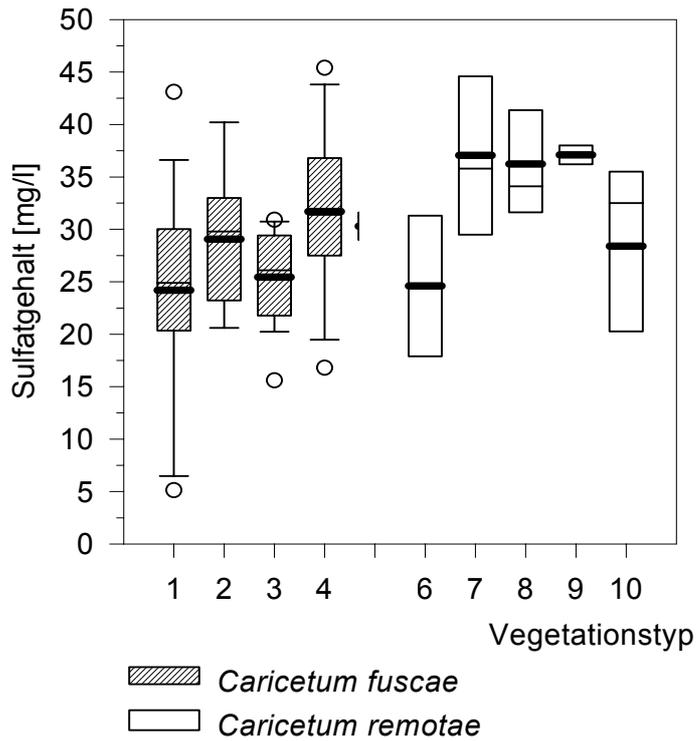
Beziehung zwischen Calciumgehalt [mg/l] und den Vegetationstypen 1 - 4 und 6 - 10 (siehe Tabelle 17.1)

**Abb. 17.7:**

Beziehung zwischen Magnesiumgehalt [mg/l] und den Vegetations-typen 1 - 4 und 6 - 10 (siehe Tabelle 17.1)

Die großen Schwankungen der Mittelwerte bei dem *Caricion remotae* sind mit den geringen Stichprobenumfängen einzelner Vegetationstypen zu erklären. Es deutet sich jedoch der Trend an, dass insgesamt höhere Gehalte an basischen Kationen bevorzugt werden. Dies zeigt sich am deutlichsten bei Calcium in Abbildung 17.4. Insofern entsprechen die ökologischen Ansprüche der Artengemeinschaften den Ergebnissen früherer Untersuchungen (vgl. BEIERKUHNLIN 1994, SCHMIDT 1994).

Während bei Nitrat keine signifikanten Mittelwertschwankungen der Vegetationstypen festzustellen sind, liegen bei Sulfat die Mittelwerte des *Caricion remotae* in ihrer Tendenz im oberen Bereich (siehe Abbildung 17.8 und 17.9). Die maximalen Gehalte sowohl bei Sulfat als auch bei Nitrat sind jedoch an Quellstandorten mit *Caricetum fuscae* zu verzeichnen.



8. Zusammenfassung

Die Untersuchung im Westlichen Erzgebirge umfasst 62 Quellen auf einer Fläche von 14 x 20 km², wobei das Gebiet sowohl Nord- als auch Südabdachung des Gebirgszuges abdeckt. Die Quellflurvegetation wurde während der Vegetationsperiode 1997 in den Monaten Juli und August pflanzensoziologisch nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) erfasst. Daneben wurden hydrophysikalische und -chemische Parameter gemessen.

Anhand der pflanzensoziologischen Auswertung lässt sich ein Großteil der Bestände zwei größeren Gesellschaftseinheiten zuordnen. Einerseits wird die Assoziation *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* an 69 % der Quellen ausgeschieden, die aufgrund ihrer Artenzusammensetzung einen deutlichen Bezug zu sauren Quellstandorten aufweist. Es werden vier Varianten unterschieden, bei denen neben *Sphagnum fallax* jeweils *Sphagnum cuspidatum*, *Sphagnum riparium* oder *Sphagnum squarrosum* eine den Bestand dominierende Stellung einnehmen. Der durchschnittliche Aluminiumgehalt von 1,4 mg/l an Standorten des *Caricetum fuscae* lässt auf eine ganzjährig hohe Belastungssituation schließen. Als maximaler Wert wird 4,05 mg/l Al im Untersuchungsgebiet gemessen.

Andererseits tritt bei 22 % der Aufnahmen der Verband *Caricion remotae* in den Assoziationen *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae* und *Caricetum remotae* auf, der als charakteristisch für den Standort der beschatteten Waldquellfluren gilt, jedoch an ein höheres pH-Niveau gebunden ist. Als Varianten werden das *Chrysosplenietum oppositifolii* mit *Sphagnum fallax* und mit *Myosotis palustris* agg. ausgeschieden, wobei die Bestände letzterer Variante mit durchschnittlich 31 Arten am artenreichsten sind. Die hydrochemischen Messungen bestätigen, dass an Standorten dieser Bestände eine bessere Basenversorgung mit einem höheren pH-Niveau zu verzeichnen war.

Eine Reihe von Beständen wird zudem als Basalgesellschaften aufgefasst, da Kennarten auf Assoziationsebene fehlen. Hierbei werden nach der Methode von KOPECKY & HEJNY (1974) die Basalgesellschaften *Calamagrostis villosa* [*Piceion*] und *Stellaria uliginosa* [*Montio-Cardaminetea*] ausgeschieden. Daneben findet sich ein Bestand des *Scapanietum undulatae*, der einen nur geringen floristischen Bezug zu den übrigen Vegetationstypen aufweist.

Literatur

- AUDORFF, V. (1997): Vergleichende Untersuchung der Vegetationsdynamik und wasserchemischer Gegebenheiten von Waldquellen in Frankenwald und Fichtelgebirge. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth, 83 S., Bayreuth
- BEIERKUHNLEIN, C. (1994): Waldquellfluren im Frankenwald - Untersuchungen zur reaktiven Bioindikation. - Bayreuther Forum Ökologie **10**: 253 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie (3. Aufl.). 865 S., Wien
- FRAHM, J.-P. & W. FREY (1992): Moosflora (3. Aufl.). 528 S., Stuttgart
- GABRIEL, B. & G. ZIEGLER (1989): Lithofaziesseinheiten - ein neues Konzept zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Festgesteinsbereich. - Wasserwirtschaft - Wassertechnik **7**: 163-165

- HENNINGSEN, D. & G. KATZUNG (1998): Einführung in die Geologie Deutschlands (5. Aufl.). 244 S., Stuttgart
- HEYNERT, H. (1964): Das Pflanzenleben des hohen Westerzgebirges. 141 S., Dresden
- HINTERLANG, D. (1992): Vegetationsökologie der Weichwassergesellschaften zentral-europäischer Mittelgebirge. - *Crunoecia* **1**: 5-117
- JORDAN, H. & H.-J. WEDER (1995): Hydrogeologie. Grundlagen und Methoden. Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 603 S., Stuttgart
- KARRENBERG, H. (1981): Hydrogeologie der nichtverkarstungsfähigen Festgesteine. 284 S., Wien
- KÄSTNER, M. (1938): Die Pflanzengesellschaften der Quellfluren und Bachufer und der Verband der Schwarzerlen-Gesellschaften. Veröff. Landesver. Sächs. Heimatschutz **1938**: 69-118
- KÄSTNER, M. (1942): Über einige Waldsumpfgesellschaften, ihre Herauslösung aus den Waldgesellschaften und ihre Neueinordnung. - *Bot. Cbl., Beih.* **61** Abt. B: 137-207
- KOPECKY, K. & S. HEJNY (1974): A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. - *Vegetatio* **29**: 17-20
- MANNSFELD, K. & H. RICHTER (1995): Naturräume in Sachsen. - *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* **238**: 228 S.
- OPITZ, E. (1990): Das Erzgebirge zwischen Zschopautal und Schwarzer Pockau - Exkursionen. 148 S., Gotha
- PEINTINGER, P. (1998): Hydrochemische und vegetationskundliche Untersuchungen an Waldquellen im Thüringer Wald. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, 88 S., Bayreuth
- PIETZSCH, K. (1951): Abriß der Geologie von Sachsen. 159 S., Berlin
- REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden, Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung (2. Aufl.). 294 S., Berlin
- RIEDEL, R. (1999): Vegleichende Untersuchungen an Waldquellfluren des Westlichen Erzgebirges anhand floristischer und hydrochemischer Parameter. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, 114 S., Bayreuth
- RUDOLPH K. & F. FIRBAS (1924): Die Hochmoore des Erzgebirges. - *BBC* 41/II: 1-162
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT ERNÄHRUNG FORSTEN (1997): Waldschadensbericht 1996. 92 S., Dresden
- SCHALCH, F. (1901): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Section Johanngeorgenstadt, Blatt **146** (5542) (2. Aufl.). 86 S., Leipzig
- SCHMIDT, J. H. (1994): Möglichkeiten und Grenzen der Bioindikation an Waldquellen des Hohen Thüringer Schiefergebirges. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth, 130 S., Bayreuth
- SCHRÖDER, M. (1900): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, Section Eibenstock, Blatt **153** (5541) (2. Aufl.). 49 S., Leipzig
- VOLLRATH, B. (1997): SO₂-Entgiftung, Kationen-Versorgung, und Photosynthese an Fichten im Erzgebirge. - *Bayreuther Forum Ökologie* **46**: 191 S.

