

Mitt. POLLICHIA	85	153 – 196	3 Abb.	15 Tab.	Bad Dürkheim 1998
					ISSN 0341-9665

Uta TRÖGER

Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Kurzfassung

TRÖGER, Uta (1998): Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität. – Mitt. POLLICHIA, 85: 155–200, Bad Dürkheim

Zweiundzwanzig naturnahe und überwiegend ganzjährig schüttende Quellen sowie zwei weitgehend anthropogen unbelastete Bachoberläufe im Pfälzerwald wurden pflanzensoziologisch untersucht. Zur Charakterisierung der Standorte wurden an den Quellen und Bachoberläufen wasserchemische und -physikalische Analysen sowie Messungen der Boden-pH-Werte durchgeführt.

Die Vegetation der Quellen wurde differenziert. Die Charakterisierung der Standortbedingungen der einzelnen Pflanzengesellschaften erfolgte aufgrund der erfaßten Standortdaten, der Wasser- und Bodenanalysen und aufgrund von Literaturvergleichen.

Die Vegetationseinheiten wurden in eine Rangfolge zunehmender Acidität eingeordnet. Die Verbreitung der Pflanzengesellschaften im Untersuchungsgebiet entspricht in Bezug auf den Säurezustand gut den hydrochemischen Verhältnissen, so daß die Pflanzengesellschaften folglich als Bioindikatoren für die Acidität von Quellen im Pfälzerwald herangezogen werden können. Aufgrund des Gesellschaftsinventars wurden die bearbeiteten Quellen nach ihrem Säurezustand eingestuft.

Aufgrund von Indizien sowohl aus dem Bereich des Wasserchemismus als auch aus dem der Vegetation wurden die Quellen hinsichtlich der Versauerung eingeschätzt. Insgesamt führen die unterschiedlichen Beurteilungskriterien alle zu dem Schluß, daß etwa 40% der naturnahen, ganzjährig schüttenden Quellen im Untersuchungsgebiet Anzeichen einer Versauerung aufweisen.

Gegenmaßnahmen wie Kalkungen, veränderte Baumartenwahl oder Reduktion der sauer reagierenden Stoffe in der Atmosphäre werden kritisch diskutiert.

Abstract

TRÖGER, Uta (1998): Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität.

[Investigations of selected springs in the Palatine Forest with respect to plant sociology and special consideration of acidity]. – Mitt. POLLICHIA, 85: 155–200, Bad Dürkheim

Twentytwo year-round active natural springs as well as two brooks to a large degree free of anthropogenic pollution in the Palatine Forest were examined with respect to their plant-sociological characteristics. Hydrochemical and hydrophysical analyses as well as the measuring of the soil pH were carried out in order to achieve this goal.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Vegetation types of the area surrounding the springs are described as well and were ranked according to increasing acidity. Their characterization was carried out according to position, soil and water analyses and the consultation of respective literature.

It became evident that the plants can be used as biological indicators for the acidity of springs in the Palatine Forest since their distribution may be correlated to the hydrochemical data with respect to acidity. The springs were accordingly rated and judged by their acidity. All in all, this lead to the conclusion that approximately 40% of the year-round natural springs in the area examined showed signs of high acidity. Furthermore, countermeasures such as treatment with limestone, changing the tree flora or reduction of acid producing agents in the atmosphere are discussed critically.

Résumé

TRÖGER, Uta (1998): Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität.

[Étude de la sociologie des plantes auprès de sources choisies dans la forêt palatine, avec considération approfondie de l'acidification]. – Mitt. POLLICHIA, 85: 155–200, Bad Dürkheim

Vingt-deux sources ne tarissant pratiquement jamais de l'année et restées à leur état naturel, ainsi que deux cours d'eau supérieurs dans la forêt palatine guère influencés par l'Homme ont fait l'objet d'une étude de la sociologie des plantes. Des analyses chimiques et physiques de l'eau des sources et des cours supérieurs ainsi que des mesures de la valeur pH du sol ont été effectuées afin de caractériser les habitats.

La végétation des sources a été classée. La caractérisation des conditions des milieux, de vie des différentes phytocénoses a été réalisée à l'aide des données prélevées dans ces milieux, d'analyses de l'eau et du sol ainsi qu'à l'aide d'études comparées déjà effectuées. Les différentes végétations ont été classées en fonction de l'augmentation de l'acidité. La répartition des phytocénoses correspond bien, en ce qui concerne le niveau d'acidité, aux conditions hydrochimiques ce qui permet l'utilisation des communautés de plantes en tant que bioindicateurs pour l'acidité des sources dans la forêt palatine. Grâce à l'inventaire des communautés, les sources étudiées ont été classées en fonction de leur acidité.

L'état d'acidité des sources a été estimée à l'aide d'indices tant du domaine du chimisme de l'eau, que de celui de la végétation. Tous ces différents critères nous mènent à la conclusion qu'environ 40% des sources pratiquement jamais taries au long de l'année et proches de leur état naturel montrent des signes d'une acidification.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	156
2	Untersuchungsgebiet und Methoden	156
2.1	Untersuchungsgebiet	156
2.1.1	Lage, Geologie, Hydrologie und Klima.....	156
2.1.2	Auswahl der Quellen und Bachoberläufe.....	156
2.2	Methoden	159
2.2.1	Vegetation, Wasser, Boden.....	159
2.2.2	Rangfolge der Pflanzengesellschaften aufgrund ihres Basenanspruchs	159
2.2.3	Azidität der Quellen	159
3	Ergebnisse	160
3.1	Pflanzengesellschaften	160
3.1.1	Vegetation stark überspülter Standorte	160
3.1.1.1	Scapanietum undulatae	160
3.1.1.2	Brachythecietum rivularis	161
3.1.2	Moosgesellschaften nasser bis feuchter Felsen	163
3.1.2.1	Pellietum epiphyllae.....	163
3.1.2.2	Hookerietum lucentis	164
3.1.2.3	Calypogeietum muellerianae.....	165
3.1.2.4	<i>Tetradontium brownianum</i> -Gesellschaft.....	165
3.1.3	Vegetation überschwemmter und überrieselter Standorte	166
3.1.3.1	Chrysosplenietum oppositifolii	166
3.1.3.2	Caricetum remotae.....	170
3.1.3.3	Rumpfgesellschaft des Caricion remotae	170
3.1.4	Vegetation stauwasser und langsam durchsickerter Standorte	173
3.1.4.1	Carici elongatae-Alnetum glutinosae	173
3.1.4.2	Caricetum fuscae polytrichetosum communis	176
3.1.5	Wälder frischer Standorte.....	178
3.1.5.1	Vaccinio-Abietetum	178
3.2	Wasseruntersuchungen	181
3.3	Boden-pH-Messungen	183
3.4	Vegetation und Standort.....	183
3.4.1	Rangfolge der Pflanzengesellschaften nach ihrem Basenanspruch.....	183
3.4.2	Eignung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren	185
3.4.3	Anwendung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren zur Einstufung der Acidität der untersuchten Quellen.....	185
4	Diskussion	187
4.1	Das Problem der Versauerung	187
4.2	Beurteilung der untersuchten Gewässer im Pfälzerwald.....	188
4.2.1	Beurteilung aufgrund des Wasserchemismus.....	188
4.2.2	Beurteilung aufgrund der Vegetation	189
4.2.3	Zusammenfassende Beurteilung	190
4.3	Gefährdete Pflanzen	190
4.4	Maßnahmen	192
5	Literaturverzeichnis	193

1 Einleitung

Quellen werden seit jeher eng mit den Begriffen Reinheit, Natürlichkeit und Gesundheit verbunden. Die wirkliche Situation sieht im Zuge anthropogener Überprägung heute aber häufig anders aus.

Die vorliegende Arbeit schließt sowohl von der Quellenauswahl als auch inhaltlich an die Quellbiotopkartierung des Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) und des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz an (FIEDLER-WEIDMANN & HAHN, 1998).

Ziel war zum einen die Erfassung und Charakterisierung der Quellfluren naturnaher Grundwasseraustritte des Pfälzerwaldes. Zum anderen wurde die Eignung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren hinsichtlich des Säurezustands der Quellen geprüft. Während chemische Wasserdaten in kürzesten Zeiten stark schwanken, kann die Zusammensetzung der Vegetation Anhaltspunkte über langfristige Standortbedingungen liefern. Der Säurezustand der Quellen sollte anschließend aufgrund des Gesellschaftsinventars und der Wasserdaten beurteilt werden.

Die Arbeit kann nur einen Ist-Zustand darstellen, weil keine entsprechenden Vergleichsdaten aus der Vergangenheit vorliegen. Folglich kann in erster Linie nur ein Säurezustand festgestellt werden, während Anhaltspunkte für einen Prozeß der Versauerung nur aufgrund von Indizien gewonnen werden.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

2.1.1 Lage, Geologie, Hydrologie und Klima

Der Pfälzerwald befindet sich zwischen Pfälzischer Rheinebene im Osten und Westlicher Niederung bzw. Hochfläche im Westen; er grenzt im Nordosten an das waldfreie Rheinhessische Tafel- und Hügelland und im Norden an das Pfälzer Bergland. Im Süden setzt sich der mittlere Buntsandstein als unterer Vogesensandstein im elsässischen Wasgenwald fort. Der Pfälzerwald ist eine stark zertalte, häufig steilkuppige Landschaft, die zu etwa 90% bewaldet ist (GEIGER 1987). Die höchste Erhebung erreicht 673 m ü. NN.

Der Pfälzerwald wird von bis zu 500 m mächtigen Buntsandstein-Schichten geprägt. Diese werden in drei Einheiten differenziert: den unteren, den mittleren und den oberen Buntsandstein. Alle bearbeiteten Quellen sowie die beiden untersuchten Bachoberläufe (s. Kap. 2.1.2) liegen im Bereich des mittleren Buntsandsteins. Aufgrund der Ausbildung mehrerer harter Felszonen wird der mittlere Buntsandstein in drei Schichten eingeteilt: Von unten nach oben folgen Trifels-, Rehberg- und Karlstalschichten, wobei tonreichere Sandsteine zwischen Trifels- und Rehbergschichten einen wichtigen Quellhorizont darstellen (GEIGER 1987).

Charakteristisch für das Grundwasser des Pfälzerwaldes sind hohe Sauerstoffgehalte und elektrolytarmer, weiche und pufferarme Wasser (KONRAD 1975, Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz 1992, 1995).

Der Pfälzerwald befindet sich im Übergangsbereich vom atlantischen zum kontinentalen Klima. Die mittlere Jahrestemperatur schwankt je nach Höhenlage zwischen 7,7 und 10°C. Das langjährige Mittel der Jahresniederschlagssumme liegt bei 572 mm an der Haardt (Bad Dürkheim) und 1025 mm im mittleren Pfälzerwald (Leimen) (GEIGER 1987; Forstliche Versuchsanstalt Trippstadt 1996).

2.1.2 Auswahl der Quellen und Bachoberläufe

20 naturnahe (d.h. ungefaßte), ganzjährig schüttende Quellen des Pfälzerwaldes (s. Tab. 1) wurden im Rahmen dieser Arbeit untersucht (zusätzlich 2 im Herbst trockengefallene Quellen, s. Tab. 1).

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Neben drei Helokrenen wurden ausschließlich Rheokrenen bearbeitet, der im Pfälzerwald mit Abstand häufigste Quelltyp. Die im Pfälzerwald nur sehr selten auftretenden Limnokrenen erfüllten nicht die oben genannten Auswahlkriterien. Die Quellen befinden sich in unterschiedlichen Waldtypen: Laubwald ($\geq 90\%$ Laubbäume), Nadelwald ($\geq 90\%$ Nadelbäume) und Mischwald.

Innerhalb des mittleren Buntsandsteins befinden sich die Quellen in den drei unterschiedlichen Schichten dieser geologischen Formation (s. Kap. 2.1.1).

Die Quellen repräsentieren unterschiedliche Hanglagen: die Kuppe, den Mittelhang, den Hangfuß sowie die Tallage.

Zusätzlich wurden zwei anthropogen weitgehend unbeeinflusste Bachoberläufe (Entfernung bis zu 5 km von der Quelle) in die pflanzensoziologische Datenerhebung einbezogen, da sie ganz ähnliche Standortbedingungen aufweisen wie die Quellen.

Der Glasbach (Gb) entspringt der Quelle 1 (s. Tab. 1) und wird im Untersuchungsbereich u.a. von drei weiteren bearbeiteten Quellen (Quellen 2 bis 4, s. Tab. 1) gespeist. Der untersuchte Abschnitt des Glasbachs befindet sich im Bereich der Trifels-Schichten.

Der Wartenbach entspringt der Quelle 13 (s. Tab. 1) und wird im Untersuchungsbereich u.a. von vier weiteren bearbeiteten Quellen (Quellen 12a, 14, 15 und 16, s. Tab. 1) gespeist. Im vorigen Jahrhundert wurde er auf einer Strecke von 10 Kilometern von der Ursprungsquelle aus als Triftbach ausgebaut, d.h. daß das Ufer und zum Teil auch die Sohle mit unverfugten Sandsteinquadern gefaßt sind (GEIGER et al., 1987). Diese Befestigungselemente ermöglichten eine pflanzliche Besiedelung und die Ausbildung von Ersatzbiotopen. Der Wartenbach befindet sich im Untersuchungsabschnitt im Bereich der Rehberg-Schichten.

Tab. 1: Auswahl der in der Vegetationsperiode 1996 bearbeiteten Quellen

Quell-Nr.	TK 25	Quelltyp	Waldtyp	Hanglage	geologische Formation	Quellname
1	6513	Sicker	Nadel	Hangfuß	Trifels	Ochsenbrunnen ¹
2	6513	Sturz	Nadel	Hangfuß	Trifels	Seitenquelle zum Ochsenbrunnen ^{1,2}
3	6513	Sturz	Misch	Hangfuß	Trifels	1. Glasbachquelle ²
4	6513	Sturz	Laub	Mittelhang	Trifels	2. Glasbachquelle
5	6514	Sicker	Laub	Mittelhang	Rehberg	Quelle im Drecktal
6	6514	Sturz	Misch	Hangfuß	Rehberg	Isenach-Seitenquelle
7	6514	Sturz	Nadel	Hangfuß	Rehberg	Quelle im Wächtertäl
8	6513	Sturz	Nadel	Hangfuß	Trifels	Sindelquelle
9	6513	Sturz	Misch	Tallage	Trifels	1. Ungerbachquelle
9a	6513	Sturz	Misch	Tallage	Trifels	2. Ungerbachquelle
10	6613	Sicker	Misch	Kuppe	Karlstal	Haidhaldquelle
11	6613	Sturz	Laub	Kuppe	Karlstal	Quelle am Stüterloch
12	6712	Sturz	Laub	Kuppe	Karlstal	Christelbrunnen
12a	6712	Sturz	Laub	Kuppe	Karlstal	Quelle am Hortenkopf
13	6712	Sturz	Laub	Hangfuß	Rehberg	Gambswoogquelle
14	6712	Sturz	Laub	Hangfuß	Rehberg	1. Wartenbach-Seitenquelle
15	6712	Sturz	Misch	Hangfuß	Rehberg	2. Wartenbach-Seitenquelle
16	6712	Sturz	Laub	Mittelhang	Rehberg	3. Wartenbach-Seitenquelle
17	6712	Sturz	Misch	Mittelhang	Rehberg	Wieslauter-Seitenquelle
18	6713	Sturz	Laub	Mittelhang	Rehberg	Warzlochbrunnen ¹
19	6713	Sturz	Misch	Kuppe	Rehberg	Meisenbrunnen ¹
20	6713	Sturz	Laub	Kuppe	Rehberg	Preußenbrunnen ¹

Legende: TK 25 = Topographische Karte 1:25000, Sturz = Sturzquelle, Sicker = Sickerquelle, Nadel = Nadelwald, Laub = Laubwald, Misch = Mischwald

1 naturnah und ungefaßt, trotz der Benennung „-brunnen“
(Definition „Brunnen“: gefaßte Quelle (HÜTTER, 1992))

2 im Herbst trocken gefallen

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität



Abb. 1: Übersicht über die Lage der untersuchten Quellen im Pfälzerwald

2.2 Methoden

2.2.1 Vegetation, Wasser, Boden

Objekt	Erfassung	Auswertung	Bemerkungen
Vegetation	• Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964) und DIERSCHKE (1994) • Verfeinerte Skala nach REICHELT & WILMANN (1973) • Erfassung der Gefäßpflanzen und Moose	• Computerprogramm „tab“ (Peppeler 1988) • Bei der Beschreibung der Pflanzengesellschaften Angabe des Medians oder des arithmetischen Mittels der Wasserdaten aus Frühlings- und Herbstwerten	• Größe der Aufnahmeflächen: 1-2 m², bei moosreichen Beständen deutlich kleiner, bei wiesenartigen Flächen größer • 146 Aufnahmen zwischen April und Juli 1996
Wasser	• Bestimmung von Wassertemperatur, Sauerstoffsättigung, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, Gesamthärte, Säurebindungsvermögen und pH-Wert vor Ort • Bestimmung der Aluminium-, Eisen-, Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Konzentrationen photometrisch im Labor	• Arithmetisches Mittel (mit Standardabweichung) oder Median nach den Kriterien von SACHS (1978)	• Beprobung im Frühjahr (März) und Herbst (Oktober) • Beprobung nur nach mind. viertägiger Trockenperiode (KLEE 1993)
Boden	• Mischproben: 5-6 Stellen aus 5-10 cm Tiefe • pH-Wert-Bestimmung in 1N KCl (im Verhältnis 1:2,5)	• arithmetisches Mittel (mit Standardabweichung) oder Median nach den Kriterien von SACHS (1978)	• Lufttrocknung und Sieben (Maschengröße: 2 mm) der Proben

2.2.2 Rangfolge der Pflanzengesellschaften aufgrund ihres Basenanspruchs

Die Standortansprüche der Pflanzengesellschaften werden aufgrund der Standortdaten, der Wasseranalysen (vgl. Kap. 3.2) und der Boden-pH-Werte (vgl. Kap. 3.3) charakterisiert. Zum Vergleich werden die Zeigerwerte der Kennarten nach ELLENBERG (1992), der Bioindikationsschlüssel nach TREMP & KOHLER (1993) und nach HIMMLER & TREMP (1992) sowie OBERDORFER (1992), HINTERLANG (1992), NEUMAYR (1971), MARSTALLER (1993), WEY (1988), WILMANN (1993), Thüringische Landesanstalt für Umwelt (1993) und BEIERKUHNLEIN (1994) herangezogen. Auf dieser Grundlage werden die Pflanzengesellschaften nach einem Säuregradienten sortiert und unter Berücksichtigung ihres Feuchtigkeitsanspruchs in ein Ökogramm (ELLENBERG, 1982) eingeordnet (s. Kap. 3.4).

2.2.3 Acidität der Quellen

Die untersuchten Quellen werden aufgrund des jeweiligen Gesellschaftsinventars unter Verwendung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren in Bezug auf ihre Acidität eingestuft.

3 Ergebnisse

3.1 Pflanzengesellschaften

3.1.1 Vegetation stark überspülter Standorte

3.1.1.1 Scapanietum undulatae SCHWICKERATH 1944 (Tabelle 2)

Das Scapanietum undulatae wächst vor allem submers, erträgt aber auch kürzere Trockenperioden (NEUMAYR, 1971). Die Bestände dringen weit in saures Wassermilieu vor. Die Wasser-pH-Werte liegen zwischen 4,7 und 6,4. Aluminiumionen-Konzentrationen von 0 bis 190 µg/l treten auf.

Zwei Varianten werden unterschieden: Die artenarme Variante ist durch eine hohe Dominanz der Assoziationscharakterart *Scapania undulata* gekennzeichnet. Wasser-pH-Werte zwischen 4,9 und 6,3 (Median: 5,6) sowie Aluminiumionen (Al³⁺)-Konzentrationen zwischen 0 und 190 µg/l (Median: 20 µg/l) weisen bezüglich des Säurezustands auf eine breite Amplitude der Gesellschaft hin. Aufgrund der Bioindikation submerser Moose sind diese Gewässer nach TREMP & KOHLER (1993) als permanent stark bis schwach sauer, nach HIMMLER & TREMP (1992) als sehr stark sauer einzuordnen.

In der artenreichen Variante treten zu *Scapania undulata* die Moose *Chiloscyphus polyanthos*, *Riccardia chamaedryfolia* bzw. *Brachythecium rivulare* und *Pellia epiphylla*. Diese Gewässer sind nach TREMP & KOHLER (1993) als neutral bis periodisch stark sauer zu kennzeichnen. Nach HIMMLER & TREMP (1992) zeigt die Mooskombination ohne *Brachythecium rivulare* nicht saure Gewässer an, gemeinsam mit *Brachythecium rivulare* ist der Zustand als kritisch sauer zu bezeichnen. Die ermittelten Wasser-pH-Werte liegen etwas höher als bei der artenarmen Variante: Der Median beträgt 5,9.

Tab. 2: Scapanietum undulatae

- 1 Artenarme Variante
- 2 Artenreiche Variante

Vegetationstyp	1										2					
Aufnahmenummer											1	1	1	1	1	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5
Quell-/Bachabschnittsnummer	G		G		W						G			G		
	b	1	b	b	1	1	1	2	1		1	1	b	2		b
	5	4	4	1	3	2	2a	0	9		6	8	3	0	4	5
Datenzahl	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1
	5	1	3	3	2	2	3	2	3		4	3	7	5	4	3
B1																
<i>Fagus sylvatica</i>	5	.	5	2a	.	1	r	5	2b		4	4	3	5	5	5
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.		.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	.	4	.	.	.	.		.	.	4	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	4	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
B2																
<i>Carpinus betulus</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	2b	.	2a	3
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	5		.	.	.	.	.	.
KC																
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	+	
(OC) AC																
<i>Scapania undulata</i>	5	3	3	3	3	2b	2a	2a	1		2a	1	1	1	4	4

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 2:

Vegetationstyp	1									2				
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1
Quell-/Bachabschnittsnummer	G		G	W						0	1	2	3	4
	b	1	b	b	1	1	1	2	1	1	1	b	2	b
	5	4	4	1	3	2	2a	0	9	6	8	3	0	4
Datenzahl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	1	3	3	2	2	3	2	3	4	3	7	5	4
D1														
<i>Riccardia chamaedryfolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	.	.
D2														
<i>Brachythecium rivulare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Pellia epiphylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b
d1														
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Carex remota</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Caltha palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Viola palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
d2														
<i>Riccardia multifida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
Begleiter														
Krautschicht:														
<i>Galium palustre palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Cardamine pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a
<i>Glyceria fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Callitriche hamulata</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Moosschicht:														
<i>Plagiomnium undulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Heterocladium heteropterum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.

3.1.1.2 Brachythecietum rivularis WALTHER 1969 (Tabelle 3)

Das Brachythecietum rivularis tritt im Gegensatz zum Scapanietum (s.v.) überwiegend in den Bereichen oberhalb der Mittelwasserlinie auf, die nur kurz überflutet werden (NEUMAYR, 1971). Kennzeichnend ist neben *Brachythecium rivulare* die Assoziations-differentialart *Rhizomnium punctatum* (vgl. MARSTALLER, 1993).

Die Assoziation besitzt eine breite Amplitude in Bezug auf den Säurezustand (pH 4,0 bis 6,9; Al^{3+} -Konzentration 0 bis 95 $\mu g/l$).

Die Typische Variante wird charakterisiert durch die Moose *Riccardia chamaedryfolia* und *R. multifida*, die auf eine vergleichsweise gute Basenversorgung hinweisen (pH 4,1 bis 6,9, Median 5,9; Al^{3+} -Konzentration 0–95 $\mu g/l$, Median 0 $\mu g/l$). Nach TREMP & KOHLER (1993) kennzeichnet die Gesellschaft neutrale bis periodisch schwach saure Gewässer, nach HIMMLER & TREMP (1992) kritisch saure Wasserverhältnisse.

Die Variante mit *Scapania nemorea* des Brachythecietum rivularis wird durch eine Gruppe von Moosen gekennzeichnet, die zum Calypogeietum muellerianae (s. Kap. 3.1.2.3) und zum Diplophylo albicans-Scapanietum nemorosae überleiten. Diese Gesellschaften sind typisch für (luft-)frische, saure Steine und Felsen (Thüringer Landesanstalt für Umwelt, 1993). Die Wasser-pH-Werte dieser Probeflächen liegen mit einem Median von 5,4 deutlich niedriger als die der Typischen Variante. Aluminium erreicht Konzentrationen von max. 90 $\mu g/l$.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Tab. 3: Brachythecietum rivularis

1 Typische Variante

2 Variante mit *Scapania nemorea*

Vegetationstyp	1									2									
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Quell-/Bachabschnittsnummer	W									0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datenzahl	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	9	4	4	5	5	3	3	7	3	0	4	6	9	9	0	6	1	8	5
B1																			
<i>Fagus sylvatica</i>	5	.	.	.	4	5	5	3	.	4	5	+	4	2a	4	+	1	.	5
<i>Picea abies</i>	.	.	.	4	.	.	.	1	3	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B2																			
<i>Fagus sylvatica</i>	.	5	.	.	.	.	.	2a	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	5	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S																			
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
AC																			
<i>Brachythecium rivulare</i>	4	3	2b	2a	3	1	1	2a	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
AD																			
<i>Rhizomnium punctatum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	+	3	1	+	2a	2b	3	+	1	1	+
<i>Scapania undulata</i>	2b	2a	.	.	1	.	.	+	.	.	2b	+	4	2b	.	1	2b	+	4
D1																			
<i>Mnium hornum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2a	2a	1	+	2m	2b	3	+	2a
<i>Scapania nemorea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	1	.	1	2a
<i>Isopterygium elegans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	1	.	.	.	+	1	.	.
<i>Diplophyllum albicans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	.	.	.	+	.	r
<i>Calypogeia muelleriana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	3	.	+	.	.	.
<i>Heterocladium heteropterum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	+	.	.	1
d1																			
<i>Riccardia chamaedryfolia</i>	.	.	.	.	4	2b	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
d2																			
<i>Riccardia multifida</i>	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d3																			
<i>Epilobium montanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	2a	1	.
<i>Polytrichum formosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	1	1	3
d4																			
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	2m	+	1	+	+	.	.	.
d5																			
<i>Hookeria lucens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	2a	+	+	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 3:

Vegetationstyp	1									2										
Aufnahmenummer										1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Quell-/Bachabschnittsnummer	W																			
	2	b		1			1	1		2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
	0	4	3	9	6	6	6	7	7	0	0	2a	2a	2a	6	2a	1	2a	0	8
Datenzahl	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	9	4	4	5	5	3	3	7	3	0	4	6	9	9	0	6	1	8	5	1
d6																				
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.
<i>Epilobium angustifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter																				
<u>Krautschicht:</u>																				
<i>Dryopteris dilatata</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	r	2a	+	3	+	+	.	r	2a	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	r	r	r	2a	2a	.	1	.	.	1	.
<i>Oxalis acetosella</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	1	.	2b	.
<i>Carex remota</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	+	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	r	r	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.
<i>Juncus effusus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	+	.
<u>Moosschicht:</u>																				
<i>Pellia epiphylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2a	2a	3	+	.	2a	2b	.	1	.	2b
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	r
<i>Campylopus flexuosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2b	.	.	.	.	.	+	2a	.
<i>Brachythecium rutabulum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Plagiochila porelloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	+	.	2a	.	.	.	.
<i>Lophocolea bidentata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

1: *Cardamine flexuosa* 1, *Stellaria uliginosa* +; 4: *Agrostis stolonifera* +, *Eurhynchium praelongum* 1;
5: *Chrysosplenium oppositifolium* +; 9: *Rubus fruticosus* 1, *Trichocolea tomentella* r; 12: *Carex
pallescens* 1, *Senecio vulgaris* r; 14: *Luzula sylvatica* +, *Blechnum spicant* r, *Homalothecium sericeum* +,
Tetraphis pellucida +; 15: *Fissidens pusillus* +; 17: *Acer pseudoplatanus* r, *Polytriche commune* 2a;
18: *Luzula pilosa* r, *Juncus acutiflorus* r, *Luzula luzuoides* 2a, *Juncus articulatus* +; 19: *Vaccinium
myrtillus* 1, *Hypnum cupressiforme* 2m, *Isoetecium myosuroides*; 20: *Dicranella heteromalla* +

3.1.2 Moosgesellschaften nasser bis feuchter Felsen

3.1.2.1 Pellietum epiphyllae RICEK 1970 (Tabelle 4)

Das Pellietum epiphyllae besiedelt in dichten Rasen Felsen und Steine an Wasserläufen, die eine hohe Luftfeuchtigkeit gewährleisten, d.h. an weniger nassen Stellen als das Brachythecium rivularis.

Die ermittelten Wasser-pH-Werte zwischen 4,8 und 6,9, bei einem Median von 6,1, liegen vergleichsweise hoch. Dagegen beschrieb NEUMAYR (1971) das Pellietum epiphyllae als kennzeichnend für saures bis stark saures Milieu. Aufgrund der geringen Anzahl von Quellen, an denen im Rahmen dieser Untersuchung das Pellietum epiphyllae beobachtet wurde und Wasserdaten erhoben wurden, wird in diesem Fall den Angaben von NEUMAYR (1971) eine größere Repräsentativität beigemessen.

3.1.2.2 Hookerietum lucentis LEC. et PROV. 1970 (Tabelle 4)

An ganz ähnlichen Standorten wie das Pellietum epiphyllae, aber bei besserer Basenversorgung des Wassers tritt das Hookerietum lucentis auf (NEUMAYR, 1971). Die ermittelten Wasser-pH-Werte weisen einen Median von 5,8 auf.

Die Assoziation wird durch die Charakterart *Hookeria lucens* gekennzeichnet. *Pellia epiphylla* kann als Verbandscharakterart mitunter dominant vorkommen.

Tab. 4: Pellietum epiphyllae und Hookerietum lucentis

1.	Pellietum epiphyllae											
1.1	Artenarme Ausbildung											
1.2	Artenreiche Ausbildung											
2	Hookerietum lucentis											
Vegetationstyp	1. 1			1. 2			2					
Aufnahmenummer	1 2 3			4 5 6			7 8 9			1 0	1 1	1 2
Quell-/Bachabschnittsnummer	1			W W G			1 1			1 1	1 1	
	3 3 3			2 5 4			4 4 5			5 5	7 5	
Datenzahl	1 0 0			1 1 2			0 0 0			0 0	0 1	
	1 5 9			0 2 0			7 7 7			5 5	5 3	
B1												
<i>Fagus sylvatica</i>	2b	2b	.	.	.	5	5	.	3	2b	5 3	
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	3	.	2b	2b	1	1	1 +	
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
B2												
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	1	.	5	.	.	.	
<i>Carpinus betulus</i>	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
KC												
<i>Mnium hornum</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	+	.	1 2a	
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	+	.	.	3	.	.	.	.	.	.	+	
OC												
<i>Isopterygium elegans</i>	2m	2m	.	.	1	1	.	.	.	.	+	
VC/AC												
<i>Pellia epiphylla</i>	4	2a	3	2b	+	2b	2a	+	1	+	4 4	
VD												
<i>Scapania undulata</i>	+	2a	2b	2b	+	1	1	1	3	.	1	
AC												
<i>Hookeria lucens</i>	.	.	.	.	.	.	4	3	2a	1	2b 1	
D1												
<i>Oxalis acetosella</i>	.	.	r	1	1	2a	.	.	.	.	.	
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	.	1	2b	.	.	.	.	.	
D2												
<i>Riccardia multifida</i>	.	.	.	.	.	.	2b	2a	2b	1	.	
<i>Brachythecium rivulare</i>	.	.	.	.	.	2a	2a	3	.	.	.	

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 4:

Vegetationstyp	1. 1			1. 2			2					
Aufnahmenummer												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
Quell-/Bachabschnittsnummer				W	W	G						
				b	b	b						
	3	3	3	2	5	4	4	4	5	5	7	5
Datenzahl	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1
	1	5	9	0	2	0	7	7	7	5	5	3
d1												
<i>Galium palustre</i>	.	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
d2												
<i>Lepidozia reptans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Tetraphis pellucida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Campylopus flexuosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Begleiter												
<u>Krautschicht:</u>												
<i>Luzula sylvatica</i>	.	.	+	.	.	3	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<u>Moosschicht:</u>												
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Calypogeia muelleriana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Diplophyllum albicans</i>	+	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.
<i>Polytrichum formosum</i>	.	.	r	.	.	2a	.	.	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

1: *Heterocladium heteropterum* +, *Calypogeia fissia* +; 3: *Vaccinium myrtillus* r; 4: *Lysimachia nemorum* +, *Dicranella heteromalla* 2a, *Scapania nemorea* 1, *Lophocolea bidentata* +; 5: *Picea abies* +, *Fagus sylvatica* r, *Anemone nemorosa* +, *Plagiomnium undulata* 1, *Campylopus saxicola* 1; 6: *Scrophularia nodosa* +, *Veronica officinalis* +, *Cardamine pratensis* +, *Epilobium montanum* r

3.1.2.3 Calypogeietum muellerianae PHIL. 1963 (Tabelle 5)

In höheren Lagen (Höhen über 370 m ü. NN) siedelt an steilen oder auf der Unterseite überhängender, frischer und luftfeuchter Sandsteinfelsen das Calypogeietum muellerianae. Die Bestände sind ganzjährig stark beschattet. Die Basenversorgung des Wassers ist bei pH-Werten mit einem Median von 5,2 deutlich geringer als die des Hookerietum.

3.1.2.4 Tetradontium brownianum-Gesellschaft (Tabelle 5)

Die Tetradontium brownianum-Gesellschaft verdrängt an der Unterseite überhängender Felsen bei noch stärkerer Beschattung und stärker saurem Milieu (Median der WasserpH-Werte 4,4) das Calypogeietum muellerianae. Das Vorkommen von *Dicranella heteromalla* stellt die Aufnahmen 3 und 4 in den Verband des Dicranellion heteromallae.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Tab. 5: Calypogeietum muellerianae und *Tetradontium brownianum*-Gesellschaft

1 Calypogeietum muellerianae

2 *Tetradontium brownianum*-Gesellschaft

Vegetationstyp	1		2	
Aufnahmenummer	1	2	3	4
Quellnummer	1	1	1	1
	9	1	1	0
Datenzahl	0	0	0	0
	9	9	4	3
AC				
<i>Calypogeia muelleriana</i>	2m	2m	.	.
D				
<i>Tetradontium brownianum</i>	.	+	2a	3
UVD				
<i>Tetraphis pellucida</i>	1	.	3	.
VC				
<i>Dicranella heteromalla</i>	1	2b	3	1
OC				
<i>Isopterygium elegans</i>	1	1	.	.
<i>Diplophyllum albicans</i>	.	4	.	1
<i>Heterocladium heteropterum</i>	2a	.	.	.
KC				
<i>Mnium hornum</i>	4	1	.	.
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	.	+	.	.
Begleiter				
<u>Krautschicht:</u>				
<i>Dryopteris dilatata</i>	2a	+	.	.
<u>Moosschicht:</u>				
<i>Pellia epiphylla</i>	+	+	2a	.
<i>Geocalyx graveolens</i>	1	.	.	.

3.1.3 Vegetation überschwemmter und überrieselter Standorte

Die im folgenden dargestellten Quellfluren sind auf geringere Wasser-Fließgeschwindigkeiten angewiesen als die in Kap. 3.1.1 und 3.1.2 beschriebenen Gesellschaften.

3.1.3.1 *Chrysosplenium oppositifolii* OBERD. et PHIL. 1977 (Tabelle 6)

An überwiegend ganzjährig beschatteten Quellen siedelt das *Chrysosplenium oppositifolii*. Es weist aufgrund der ermittelten Wasserdaten eine breite pH-Amplitude von pH 4,1 bis 6,8 auf, jedoch liegt der pH-Wert an 91 % der Probestellen über 5,0, an 62 % über 5,5. Das Optimum der Gesellschaft liegt nach HINTERLANG (1992) bei pH 6,1, d.h. im schwach sauren Bereich. Die Al^{3+} -Konzentration beträgt an 80 % der Meßstellen weniger als 50 µg/l (vgl. Kap. 3.2.7).

Chrysosplenium oppositifolium ist die Charakterart der Assoziation. Sie tritt bisweilen in hoher Dominanz auf. Nach HINTERLANG (1992) ist *Chrysosplenium oppositifolium* nur mäßig rheotolerant, d.h. bei hohen Fließgeschwindigkeiten, bei denen das *Scapanietum undulatae*, das *Brachythecietum rivularis* oder das *Hookerietum lucentis*, die in Bezug auf die Feuchtigkeit und Basenversorgung zum Teil ähnliche Ansprüche stellen, tritt das *Chrysosplenium* zurück.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Aufgrund des Substrates werden zwei Subassoziationen unterschieden. An überrieselten Steinen und Felsen am Wasser siedelt die Typische Subassoziation. *Chrysosplenium oppositifolium* tritt überwiegend dominant auf. Auf tiefgründigen Naßböden tritt die artenreichere Subassoziation mit *Cardamine flexuosa* auf. Innerhalb der Subassoziation treten aufgrund unterschiedlicher Belichtung und unterschiedlicher Basenversorgung drei Varianten auf.

An ganzjährig beschatteten Stellen siedeln die Typische Variante und die Variante mit *Chrysosplenium alternifolium*. Die Variante mit *Chrysosplenium alternifolium* weist aufgrund der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992) auf eine bessere Basenversorgung hin als die Typischen Variante.

Dagegen tritt bei höherer Belichtung mit zeitweise direktem Lichteinfall die Variante mit *Philonotis fontana* auf.

Tab. 6: Chrysosplenietum oppositifolii

1	Typische Subassoziation
1.1	Typische Ausbildung
1.2	Ausbildung mit <i>Chiloscyphus polyanthos</i>
1.3	Ausbildung mit <i>Diplophyllum albicans</i>
2	Subassoziation mit <i>Cardamine flexuosa</i>
2.1	Typische Variante
2.2	Variante mit <i>Chrysosplenium alternifolium</i>
2.3	Variante mit <i>Philonotis fontana</i>

Vegetationstyp	1. 1				1. 2				1. 3				2. 1				2. 2				2. 3			
Aufnahme- nummer	1 2 3 4 5 6 7 8 9				0 1				1 1 1 1 1 1 1 1				2 2 2 2 2 2											
Quell-/Bach- abschnitts- nummer	W																							
	1	b	1		1		1	1		1	1	1	1		2	2	1				1	1		
	4	5	3	7	4	6	4	6	6	6	1	6	2a	9	4	4	0	0	4	9	9	9	5	4
Datenzahl	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	2	3	3
	8	8	8	3	6	2	3	8	5	0	8	4	1	7	7	3	0	8	8	1	6	9	6	2
B1																								
<i>Fagus sylvatica</i>	.	4	.	3	5	4	.	4	5	5	2a	4	.	2b	.	1	3	4	.	.	1	.	1	1
<i>Picea abies</i>	.	2a	.	1	.	.	2a	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	3	.	3	+	.
<i>Carpinus betulus</i>	1	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B2																								
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	4	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2b	1	3	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	2a	.	5	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S																								
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	
AC																								
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	5	4	2b	2a	1	4	3	1	+	2b	2a	2b	1	+	1	2a	3	1	2a	4	2b	2b	1	1
OC/VC/DSubA																								
<i>Carex remota</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+	.	2a	r	.	+	1	2a	.	1	2b	2a	2a	2a
<i>Stellaria uliginosa (alsine)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	+	+	1	1	+	1	1	1	1	2m
<i>Cardamine flexuosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1	2a	.	1	2m	2m	.	.
<i>Lysimachia nemorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	2a	2a	2a

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 6:

Vegetationstyp	1. 1				1. 2				1. 3				2. 1								2. 2			2. 3											
Aufnahme- nummer																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4											
Quell-/Bach- abschnitts- nummer																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	4	5	3	7	4	6	4	6	6	6	1	6	2a	9	4	4	0	0	4							9	9	9	5	4	1	1			
Datenzahl	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	2	3	3		2	2	2	3	3					
	8	8	8	3	6	2	3	8	5	0	8	4	1	7	7	3	0	8	8	1	6	9	6	2		1	6	9	6	2					
d1																																			
<i>Chiloscyphus polyanthos</i> .	.	.	.	.	.	r	+	+	1	.	.	.	2m.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Hookeria lucens</i> .	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Riccardia chamaedryfolia</i> .	.	.	.	.	.	+	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
d2																																			
<i>Scapania nemorea</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	+	+	2a	+	1	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Diplophyllum albicans</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2a	+	+	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Calypogeia muelleriana</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Isopterygium elegans</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	+	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Dicranella heteromalla</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Heterocladium heteropterum</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
D1																																			
<i>Rubus fruticosus</i> .	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	r	1	2a	.	r	r	.	r	r	.	.	.	r	.	r	.	r	.				
<i>Agrostis stolonifera</i> .	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	1	+	+	.	1	2a	1	2a	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Geranium robertianum</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	1	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.				
d3																																			
<i>Blechnum spicant</i> .	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Vaccinium myrtillus</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.				
d4																																			
<i>Juncus effusus</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	2a	+	+	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	3				
<i>Holcus mollis</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	1				
D2																																			
<i>Plagiomnium undulatum</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	1	2a	1	+	
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2a	.	.	
<i>Eurhynchium praelongum</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	3	+	.	.	
D3																																			
<i>Sphagnum squarrosum</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a			
<i>Glyceria fluitans</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+2m			
<i>Philonotis fontana</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1			
<i>Mentha arvensis</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	1			
<i>Salix aurita</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	1			
<i>Carex echinata</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.			
<i>Potentilla erecta</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r			
<i>Alchemilla vulgaris</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r			
<i>Scutellaria galericulata</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.			
<i>Carex flava</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.			
<i>Juncus acutiflorus</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.			
<i>Viola palustris</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.			
<i>Agrostis canina</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b			
<i>Carex leporina (ovalis)</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.			

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 6:

Vegetationstyp	1. 1				1. 2				1. 3				2. 1								2. 2				2. 3									
Aufnahme- nummer									1 1 1				1 1 1 1 1 1 1 1									2 2 2	2 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9									0	1	2	3	4		
Quell-/Bach- abschnitts- nummer					W																2 2 1												1 1	
	1	b	1		1		1	1	1		1	1	1	1		2	2	1											1 1					
	4	5	3	7	4	6	4	6	6	6	1	6	2a	9	4	4	0	0	4									9	9	9	5	4		
Datenzahl	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	2	2	2	2	3	2	1	1									2	2	2	3	3		
	8	8	8	3	6	2	3	8	5	0	8	4	1	7	7	3	0	8	8									1	6	9	6	2		
D4																																		
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.									1	2b	1	2a	2a		
<i>Galium palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r									+	1		1	2a		
<i>Poa trivialis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									1	1	+	.	+		
KD																																		
<i>Scapania undulata</i>	1	3	.	.	+	+	1	.	2a	+	3	.	+	.	.	+	.	.	4									.	.	.	1	1		
KC																																		
<i>Brachythecium rivulare</i>	1	2a	4	.	1	.	2a	.	+	.	.	r	.	.	.	2a	1	+	.									1	2b	2b	2a	1		
<i>Rhizomnium punctatum</i>	.	.	.	+	.	+	+	2b	2b	+	2b	1	1	1	.	+	1	.	.									.	+	.	.	.		
Begleiter																																		
<u>Krautschicht:</u>																																		
<i>Oxalis acetosella</i>	.	+	+	+	+	1	.	.	+	r	2a	2a	3	2m	2b	1	2b	1	.									2b	2a	2b	1	1		
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	2b	.	.	.	.	r	+	.	1	2b	1	+	4	1	2a	r									2a	.	2a	.	.		
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	.	.	+	.	r	+	.	.	.	r	+	1	3	+	.	2a	+	r									.	.	+	.	.		
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	+	r	r	.	.	r	.	+	+	r	r	1	.	.	.									.	.	.	+	.		
<i>Epilobium parviflorum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	+	1									.	1	.	2a		
<i>Thelypteris limbosperma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2a	.	+	1	.									.	.	.	++			
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	r	.	.	+	+	.	.	.	.									.	.	.	.	.		
<i>Luzula sylvatica</i>	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2b	2b	.	.	.									.	.	.	.	.		
<i>Dryopteris filix mas</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	+	.									.	.	.	.	+		
<i>Dryopteris carthusiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	r	.	1	.									.	.	+	.	.		
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	r	.	.	.	.	.									.	.	+	.	.		
<i>Epilobium montanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.									.	.	.	.	.		
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.									.	.	.	.	+		
<i>Luzula pilosa</i>	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r									.	.	.	.	.		
<i>Cirsium palustre</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.									.	.	.	.	.		
<i>Carex pilulifera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.									.	.	.	.	.		
<i>Thelypteris phegopteris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.									.	.	.	.	.		
<i>Veronica officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									+	.	.	+	.		
<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.									.	r	.	.	.		
<i>Scirpus sylvaticus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									.	.	+	.	1		
<i>Galeopsis tetrahit</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									.	+	r	.	.		
<i>Veronica officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									.	1	1	.	.		

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 6:

Vegetationstyp	1. 1			1. 2			1. 3			2. 1									2. 2			2. 3										
Aufnahme- nummer																1 1 1			1 1 1			1 1 1			1 1 1			2 2 2			2 2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4								
Quell-/Bach- abschnitts- nummer																1			1			1			2			1			1	
																1			1			1			2			1			1	
	4	5	3	7	4	6	4	6	6	6	1	6	2a	9	4	4	0	0	4				9	9	9	5	4					
Datenzahl	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	1	2	2	2	2	3	2	1	1				2	2	2	3	3					
	8	8	8	3	6	2	3	8	5	0	8	4	1	7	7	3	0	8	8				1	6	9	6	2					

Moosschicht:

[illegible]

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

5: *Lysimachia vulgaris* +, *Geocalyx graveolens* 1, 9: *Campylostelium saxicola* +, 10: *Calypogeia integristriplata* 1; 11: *Acer pseudoplatanus* r, *Brachythecium rivulare* +, 12: *Mycelis muralis* r, *Anemone nemorosa* r; 13: *Luzula luzuloides* +; 15: *Digitalis purpurea* r, *Epilobium angustifolium* r, *Betula pendula* r, *Lepidozia reptans* 1; 16: *Sambucus nigra* r, *Sorbus aucuparia* r, *Rosa spec.* r; 17: *Jungermannia sphaerocarpa* 3; 18: *Polygonum mite* +; 20: *Rubus idaeus* 1; 21: *Carex sylvatica* r, *Galium verum* +; 23: *Cardamine pratensis* +; 24: *Stachys sylvatica* +, *Galium aparine* +, *Ajuga reptans* r

3.1.3.2 Caricetum remotae (KÄSTNER 1941) SCHWICKERATH 1944 (Tabelle 7)

Die Bestände des *Caricetum remotae* besiedeln im Gegensatz zum *Chrysosplenietum oppositifolii* größere vernäßte bzw. langsamer durchsickerte Bereiche und sind in der Regel einem höheren Lichtgenuß ausgesetzt als das *Chrysosplenietum oppositifolii* (ausgenommen dessen Variante mit *Philonotis fontana*).

Die Basenversorgung ist ähnlich der des Chrysosplenietums. Bei Wasser-pH-Werten zwischen 4,9 und 6,6 liegen 88% der Werte über 5,0, 62% über 5,5. Die Aluminiumionen-Konzentrationen betragen allerdings nur an 70% der Probestellen weniger als 50 µg/l.

Das Caricetum remotae hat keine eigenen Charakterarten. Die Assoziation gewinnt ihre Eigenständigkeit vor allem durch die hohe Dominanz und Stetigkeit von *Carex remota* bei gleichzeitigem Fehlen von *Chrysosplenium oppositifolium*.

Boden-pH-Werte mit einem Median von 4,9 und Wasser-pH-Werte mit einem Median von 5,4 weisen auf mäßig saure Standortbedingungen.

3.1.3.3 Rumpfgesellschaft des *Caricion remotae* (Tabelle 7)

Die Rumpfgesellschaft des *Caricion remotae* umfaßt relativ untypische Bestände, deren Standorte sich deutlich von denen des *Caricetum remotae* unterscheiden. Das Substrat ist kaum mehr durchsickert, sondern nur noch feucht bei stärkeren Neigungen der Aufnahmeflächen bis zu 70°.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Die Bestände zeichnen sich durch vereinzelte Vorkommen von Klassen-, Ordnungs- oder Verbandscharakterarten aus. Daneben treten vor allem pflanzensoziologisch indifferente Arten oder Arten der Waldgesellschaften wie z.B. *Dryopteris dilatata* oder *Anemone nemorosa* auf.

Die Basenversorgung ist an den von dieser Gesellschaft besiedelten Quellen bei Wasser-pH-Werten mit einem Median von 5,8 vergleichsweise gut.

Tab. 7: Caricetum remotae und Rumpfgesellschaft des Caricion remotae

1	Caricetum remotae, Typische Variante									2. 1						2. 2				
2	Rumpfgesellschaft des Caricetum remotae																			
2.1	Ausbildung mit <i>Isopterygium elegans</i>																			
2.2	Ausbildung mit <i>Thuidium tamariscinum</i>																			
Vegetationstyp	1									2. 1						2. 2				
Aufnahmenummer																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Quell-/ Bachabschnittsnummer																				
	G	G		W						G	G		W				W	W	W	W
	b	b		b	1	1	1	1	1	1	b	b	1	b	1	1	1	b	b	b
	4	3	6	2	9	2	3	2a	1	8	4	3	2a	1	1	9	9	3	5	5
Datenzahl																				
	2	2	2	3	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	5	7	0	0	6	8	5	9	4	1	7	2	5	1	7	1	8	8	5	1
B1																				
<i>Fagus sylvatica</i>	5	5	+	.	.	1	.	.	1	4	5	5	3	2a	2a	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	2a	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	4	4	4
<i>Carpinus betulus</i>	.	2a	.	.	3	.	3	.	.	.	.	2a	.	.	.	3	4	2a	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	3	.	.
<i>Ulmus glabra (scabra)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B2																				
<i>Carpinus betulus</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	5	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
OC/VC																				
<i>Stellaria uliginosa (alsine)</i>	r	3	2m.	2m.	1	2a	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Carex remota</i>	+	2a	.	.	.	+	3	+	4	1	1	1	1	r	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia nemorum</i>	.	.	.	2b	2a	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	1	+	+	.
<i>Cardamine flexuosa</i>	1	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.
D1																				
<i>Plagiomnium undulatum</i>	2m2a	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	2a	2a
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	2a	.	4	.	1	2a	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus repens</i>	1	2a	.	1	2a	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium palustre</i>	2m1	2a	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Cardamine pratensis</i>	.	2a	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
D2																				
<i>Juncus effusus</i>	.	.	3	2a	4	r	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epilobium montanum</i>	r	.	.	.	r	+	r	2a	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Holcus mollis</i>	.	.	.	2a	1	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	.	.	+	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d1																				
<i>Scapania nemorea</i>	1	.	.	.	.	.	+	+	.	1	+	.	2a	.	.	2a	.	.	.	.
<i>Dicranella heteromalla</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	+	.	.	.	1	2m	.	.	+	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 7:

Vegetationstyp	1									2. 1						2. 2			
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Quell-/ Bachabschnittsnummer	G	G		W						G	G		W			W	W	W	
	b	b		b	1	1	1	1	1	1	b	b	1	b	1	1	1	b	b
	4	3	6	2	9	2	3	2a	1	8	4	3	2a	1	1	9	9	3	5
Datenzahl	2	2	2	3	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	5	7	0	0	6	8	5	9	4	1	7	2	5	1	7	1	8	8	5
<i>Isopterygium elegans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	1	.	.	1	2a	.	.	.
<i>Diplophyllum albicans</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2a	.	.	.	.	.	3	.	.	.
<i>Heterocladium heteropterum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.
d2																			
<i>Thuidium tamariscinum</i>	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	2b	2a	2a
d3																			
<i>Rubus fruticosus</i>	+	.	.	+	.	.	2a	1	r	.	.	.	.	2a	2b	.	.	2a	.
<i>Urtica dioica</i>	+	+	.	+	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	1	1	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	.	.	+	r	.	.	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	+	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.
KD																			
<i>Scapania undulata</i>	.	.	.	.	.	2a	.	+	+	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.
KC																			
<i>Brachythecium rivulare</i>	1	1	2a	.	+	.	.	.	2a	.	+	.	.	2b	.	.	.	.	.
<i>Rhizomnium punctatum</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	1	1	1	+	.	2b	+	1	.	.	r
Begleiter																			
<u>Krautschicht:</u>																			
<i>Oxalis acetosella</i>	2a	2a	2a	2a	2b	2b	1	.	1	2a	+	.	3	1	1	.	2b	2b	2b
<i>Athyrium filix-femina</i>	3	1	.	.	.	.	1	1	.	.	2a	1	+	3	2a	.	.	2a	r
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	1	.	.	.	.	.	+	1	r	.	.	1	2b	2b	2a	+	.	+
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	+	r	+	1	.	+	.	.	+	.	r	.	r
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	r	.	.	.	.	r	.	+
<i>Luzula sylvatica</i>	.	.	.	+	.	+	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.
<i>Dryopteris filix mas</i>	.	.	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.
<i>Anemone nemorosa</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Mycelis muralis</i>	.	1	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Epilobium parviflorum</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	.	.	+	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Scirpus sylvaticus</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thelypteris limbosperma</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Blechnum spicant</i>	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Epilobium angustifolium</i>	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Luzula pilosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rubus idaeus</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex leporina (ovalis)</i>	.	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 7:

Vegetationstyp	1									2. 1						2. 2				
Aufnahmenummer										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Quell-/ Bachabschnittsnummer	G	G		W							G	G		W			W	W	W	
	b	b		b	1	1	1	1	1	1	b	b	1	b	1	1	1	b	b	b
	4	3	6	2	9	2	3	2a	1	8	4	3	2a	1	1	9	9	3	5	5
Datenzahl	2	2	2	3	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	5	7	0	0	6	8	5	9	4	1	7	2	5	1	7	1	8	8	5	1
<u>Moossschicht:</u>																				
<i>Pellia epiphylla</i>	1	.	.	.	.	1	1	+	.	2a	2a	2a	1	3	.	1	+	.	1	1
<i>Mnium hornum</i>	1	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	2b	3	1	2a	2b	4	.	.	.
<i>Polytrichum formosum</i>	+	.	.	2a	.	.	+	1	.	+	1	.	.	.	+	1	2a	1	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	1	+	2b	.	.	.	.	.	.	.	1	2a	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Eurhynchium praelongum</i>	.	2a	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	.	.	.	3	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Hypnum cupressiforme</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.
<i>Eurhynchium hians</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

1: *Veronica officinalis* 2a; 2: *Mentha arvensis* 1, *Poa trivialis* 2a, *Cirsium palustre* r; 3: *Scutellaria gale-riculata* 1, *Carex flava* +, *Epilobium palustre* 1, *Sphagnum squarrosum* 2b, *Chrysosplenium alterni-folium* +, *Festuca gigantea* +; 4: *Salix aurita* +, *Potentilla erecta* 2a, *Veronica chamaedrys* +, *Fragaria vesca* +, *Galium mollugo* r, *Veronica serpyllifolia* 1, *Taraxacum officinale* +, *Rumex acetosella* 1, *Euphorbia cyparissias* +, *Hypericum perforatum* r; 5: *Agrostis tenuis* 1; f: *Teucrium scorodinia* +, *Prunella vulgaris* +; 7: *Juncus acutiflorus* r, *Equisetum arvense* r, *Carex sylvatica* 2a; 8: *Luzula luzuloides* +, *Brachythecium rivulare* 2a; 10: *Cephalozia bicuspidata* +; 13: *Lophocolea bidentata* 1, *Campylopus saxicola* 1, *Plagiochila porelloides* 2b; 14: *Milium effusum* r, *Jungegermannia sphaerocarpa* 2a; 15: *Blepharostoma trichophyllum* +, *Calypogeia muelleriana* +; 17: *Vaccinium myrtillus* 2b; 18: *Poa chaixii* 2a, *Carpinus betulus* +, *Rhytidiadelphus triquetus* 2a; 19: *Polytrichum commune* 1, *Sclero-podium purum* 2m, *Atrichum undulatum* 2a

3.1.4 Vegetation staunasser und langsam durchsickerter Standorte

3.1.4.1 Carici elongatae-Alnetum glutinosae W. KOCH 1926 (Tabelle 8)

In nur mäßig beschatteten Sickerquellen oder vernästen Rändern gering schüttender Sturzquellen treten Bestände der Erlenbruchwälder auf. Die Erle ist nicht zwangsläufig vertreten. Sie stellt auch aufgrund ihrer weiten Verbreitung nur eine schwache Kennart dar (WILMANN, 1993). Die Böden werden bei überwiegend geringer Geländeneigung sehr langsam durchsickert und führen einen hohen Grundwasserspiegel.

Charakteristisch für die Assoziation sind *Carex echinata* sowie die Torfmoose *Sphagnum palustre* und *Sphagnum fallax*. Die erfaßten Bestände werden der Subassoziation mit *Sphagnum recurvum* nach WEY (1988) zugeordnet. Die namengebende Torfmoosart ist eine Sammelart, die *Sphagnum flexuosum*, *Sphagnum fallax* und *Sphagnum angustifolium* umfaßt.

Die Variante von *Molinia caerulea* zeichnet sich neben hohen Deckungsgraden von *Molinia caerulea* durch eine kräftige Torfmoossschicht von *Sphagnum palustre* und *Sphagnum capillifolium* aus. Die Variante tritt im Untersuchungsgebiet nur an einer Quelle auf. Diese stellt aufgrund des Boden-pH-Wertes von 2,8 sowie einem Median des Wasser-pH-Wertes von 3,7 die sauerste Quelle des Untersuchungsgebietes dar. Aufgrund der Aluminiumionen-Konzentrationen mit einem Median von 430 µg/l sowie Eisen-Konzentrationen mit einem Median von 188 µg/l ist anzunehmen, daß sich das System im

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Eisenpufferbereich befindet. Die Pufferkapazitäten sind bei einer Gesamthärte mit einem Median von 0,5°dH sowie einer Säurekapazität von 0°dH erschöpft. An solchen Standorten wird die Erle durch die anspruchslosere Kiefer (*Pinus sylvestris*) ersetzt (vgl. ELLENBERG, 1982).

Die Typische Variante wird gekennzeichnet durch die Artenkombination von *Alnus glutinosa*, *Scutellaria galericulata*, *Calamagrostis epigeios* und *Carex flava*. Im Untersuchungsgebiet tritt diese Variante nur an einer Quelle auf. In den Beständen tritt im Gegensatz zur oben dargestellten Gesellschaft des Carici elongatae-Alnetum glutinosae die Erle mit 100%iger Stetigkeit auf. Sie gedeiht hier aufgrund der besseren Basenversorgung bei einem Median des Wasser-pH-Wertes von 5,9 sowie einem pH-Wert des Bodens von 4,9.

Tab. 8: Carici elongatae-Alnetum glutinosae, Subassoziation mit *Sphagnum recurvum*

1	Variante mit <i>Molinia caerulea</i>													
1.1	Typische Ausbildung													
1.2	Ausbildung mit <i>Vaccinium myrtillus</i>													
2	Typische Variante													
Vegetationstyp	1. 1				1. 2					2				
Aufnahmenummer										1	1	1	1	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
Quell-/Bachabschnittsnummer	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Datenzahl	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	3
	5	3	5	6	2	3	8	1	6	0	2	3	7	2
B1														
<i>Fagus sylvatica</i>	1	2a	.	.	2b	2a	.	2a	.	1	2a	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B2														
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	3	.	.	.	1	.	2a	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	r	.	.	.	.	.	4	.	2b	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S														
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
AD														
<i>Sphagnum palustre</i>	.	1	1	2a	.	.	2a	+	1	2a	2b	5	5	4
<i>Carex echinata</i>	.	r	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2b
<i>Sphagnum fallax</i>	.	2b	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D1														
<i>Molinia caerulea</i>	5	3	2b	3	2a	1	3	2b	1	2a	.	.	.	+
<i>Pteridium aquilinum</i>	1	.	.	2a	r	r	.	1	r	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum capillifolium</i>	.	.	1	1	.	1	3	1	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	1	.	.	1	3	.	1	.	2a	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	3	2b	.	2b	.	.	3	.	.	.	.	.	.
<i>Osmunda regalis</i>	+	.	.	+	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.
<i>Bazzania trilobata</i>	.	.	.	.	.	2a	.	.	1	.	.	.	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tabelle 8:

Vegetationstyp	1. 1					1. 2					2				
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	1	1	1	1
Quell-/Bachabschnittsnummer	1	1	1	1	1	1	1	1	1		5	5	5	5	5
Datenzahl	1	1	1	1	1	1	1	2	1		2	2	1	1	3
	5	3	5	6	2	3	8	1	6		0	2	3	7	2
d1															
<i>Leucobryum juniperoides</i>	.	.	1	.	2a	+	2a	r	1		.	.	.	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	.	.	.	+	1	.	2a	+	+		.	.	.	.	.
<i>Blechnum spicant</i>	.	.	.	1	.	r	r	.	.		.	.	.	.	.
<i>Avenella flexuosa</i>	.	.	.	2m	1	.	.	.	.		.	.	.	.	.
d2															
<i>Calypogeia muelleriana</i>	.	.	.	.	.	.	1	1	+		.	.	.	.	.
<i>Dicranodontium denudatum</i>	.	.	.	.	.	.	+	1	1		.	.	.	.	.
<i>Tetradontium brownianum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1		.	.	.	.	.
D2															
<i>Alnus glutinosa</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.		3	2a	2a	4	1
<i>Scutellaria galericulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	1	2a	2a	2a
<i>Calamagrostis epigeios</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	2b	3	+
<i>Carex flava</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	.	.	.	2a
d3															
<i>Dryopteris carthusiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2a	2a	2a	1	r
<i>Circaea alpina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2a	2a	2b	2a	.
d4															
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		r	2a	+	.	.
<i>Plagiomnium undulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	+	.	.
d5															
<i>Juncus effusus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2b	2b	2a	3	2b
<i>Galium palustre palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	2a	+	1	2m
<i>Brachythecium rivulare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2m	1	1	.	.
Begleiter:															
<u>Krautschicht:</u>															
<i>Fagus sylvatica</i>	.	+	.	.	r	.	.	r	r		.	.	.	+	r
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.		+	+	.	1	+
<i>Juncus articulatus</i>	+	r	+	.	.	.	.	1	.		.	.	.	.	2a
<i>Thelypteris limbosperma</i>	r	.	+	+	.	r	.	.	.		.	.	.	.	+
<i>Oxalis acetosella</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	2a	.	1	2a
<i>Teucrium scorodonia</i>	.	.	3	.	.	.	.	.	.		.	+	.	1	1
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	1	.	1	.	.	.	+	.		.	.	.	.	1
<i>Juncus bulbosus</i>	+	.	.	.	.	.	.	1	.		.	.	.	.	1
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	1	.	+	.	.	.	.		.	.	.	.	r
<i>Dryopteris dilatata</i>	r	.	.	.	.	.	.	+	.		.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.		.	.	.	.	r
<i>Glyceria fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	1	1
<i>Epilobium palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	1	1
<i>Cardamine pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	1	1
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	2b	.
<i>Alnus glutinosa</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	r	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	r	.	.	r
<u>Moosschicht:</u>															
<i>Pellia epiphylla</i>	.	.	1	.	.	3	2a	.	+		.	.	.	.	.
<i>Lophocolea bidentata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.		+	+	+	.	.
<i>Mnium hornum</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.		.	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:
2: *Quercus petraea* r, *Lysimachia vulgaris* 1; 3: *Sorbus aria* r, *Prenanthes purpurea* 2b, *Poa trivialis* r, *Veronica chamaedrys* r; 4: *Anemone nemorosa* r; 5: *Pinus sylvestris* r, *Dicranella heteromalla* 1; 6: *Quercus robur* r, *Diplophyllum albicans* 2b; 7: *Dicranum scoparium* 2a, *Odontoschisma sphagni* 1; 8: *Acer pseudoplatanus* r; 10: *Stellaria uliginosa* 2a, *Thuidium tamariscinum* 1; 11: *Scirpus sylvaticus* 1, *Stellaria graminea* 2b, *Trisetum flavescens* +, *Carex remota* +, *Rubus idaeus* 1, *Rubus fruticosus* r; *Rhytidiadelphus squarrosus* +; 12: *Urtica dioica* +; 14: *Festuca gigantea* +, *Prunella vulgaris* r, *Eupatorium cannabinum* r, *Poa pratensis* +, *Philonotis fontana* 1, *Polytrichum commune* 2a

3.1.4.2 Caricetum fuscae polytrichetosum communis OBERDORFER 1938
(Tabelle 9)

Das Caricetum fuscae polytrichetosum communis besiedelt Quellsümpfe an ähnlich gut belichteten und langsam durchsickerten Böden wie das Carici elongatae-Alnetum glutinosae. Im Gegensatz zu diesem befinden sich die Bestände aber überwiegend im Fichtenwald (bzw. -forst).

Die namensgebende Art *Carex fusca* (*nigra*) ist nur eine schwache Kennart (OBERDORFER, 1992). Auch die Charakterart *Carex canescens* wurde von HINTERLANG (1992) und BEIERKUHNLEIN (1994) nur selten in den Beständen beobachtet. HINTERLANG begründet das Fehlen dieser Arten mit einer Höhenverschiebung der Gesellschaft in den vergangenen Jahren von der natürlichen Fichtenstufe zu den künstlichen Fichtenforsten tieferer Lagen, die eine floristische Verarmung mit dem Verlust von Charakterarten zur Folge hat.

Kennzeichnend für das Caricetum fuscae polytrichetosum ist die Gruppe von Charakterarten (AC-KC) (HINTERLANG, 1992), die typisch für nur mäßig beschattete, saure Standorte ist (ELLENBERG, 1992).

Die Arten der Montio-Cardaminetea machen die Nähe zu den Quellfluren, insbesondere zum Caricion remotae deutlich (s Kap. 3.1.3). HINTERLANG (1992) nahm an, daß das Caricetum fuscae polytrichetosum communis eine Ersatzgesellschaft des Chrysosplenietum an Quellen in Fichtenforsten darstellt. Zumindest ist das Vorkommen von Beständen dieser Gesellschaft an saure Standortbedingungen geknüpft. Die ermittelten Wasser-pH-Werte liegen mit einem Median von 5,2 niedriger als die des Chrysosplenietum und des Caricetum remotae. Nach BEIERKUHNLEIN (1994) sind für die Gesellschaft sogar noch niedrigere Wasser-pH-Werte von durchschnittlich pH 4,7 typisch. Der Boden weist ebenfalls niedrigere pH-Werte mit einem Median von pH 4,5 auf. Im Wasser werden Aluminiumionen-Konzentrationen von bis zu 230 µg/l gemessen.

In der Feldschicht weist das Caricetum fuscae eine ähnliche Artenkombination auf wie das von WEY (1988) beschriebene Carici elongatae-Alnetum glutinosae in der Typischen Subassoziation, Variante mit *Ranunculus repens*. Dies gibt einen Hinweis auf das Entwicklungspotential solcher Quellsümpfe in aufgelichteten Fichtenforsten.

Tab. 9: Caricetum fuscae polytrichetosum communis

Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
Quell-/Bachabschnittsnummer	G b	G b				W B	W b				G b			G b	G b	
Datenzahl	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	8	1	2	8
	1	1	2	2	2	1	2	0	2	1	2	1	0	1	0	0
	6	7	6	4	3	8	7	9	3	4	4	7	6	8	5	4
B1																
<i>Picea abies</i>	2b	2a	3	2b	.	.	.	.	2a	.	2a	2b	1	4	2a	2a
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 9:

Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
Quell-/Bachabschnittsnummer	G b	G b				W B	W b				G b			G b	G b	
Datenzahl	1 6	1 7	2 6	2 4	2 3	2 8	2 7	0 9	2 3	1 4	2 4	1 7	0 6	1 8	0 5	0 4
B2																
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S																
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
AC-KC																
<i>Agrostis canina</i>	1	2a	2a	3	2b	2m	2a	1	2a	4	2m	.	.	2a	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	3	4	.	.	.	.	.	.	+	4	1	.	5	.	.
<i>Polytrichum commune</i>	.	1	.	.	.	1	+	.	.	.	3	.	.	2a	.	+
<i>Carex echinata</i>	.	.	1	1	.	.	.	.	2m	+	.	.	.	r	.	.
<i>Sphagnum denticulat.</i>	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	2b	.	4	3
<i>Ranunculus flammula</i>	+	+	1	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	.	.	1	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arten der Montio-Cardamineae																
<i>Stellaria uliginosa (alsine)</i>	1	.	.	2a	2a	.	r	2b	1	1	.	.	1	r	.	.
<i>Brachythecium rivulare</i>	1	.	.	1	.	.	2a	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex remota</i>	.	2a	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d1																
<i>Galium palustre</i>	1	1	2m	2m	2b	2b	+	2a	2m	2a	r	+	+	+	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	5	3	1	.	1	.	.	1	+	.	r	+	r	+	1	+
<i>Holcus mollis</i>	+	.	.	2a	2a	2a	4	2a	1	.	.	2b	.	.	.	.
<i>Juncus effusus</i>	.	+	.	.	1	3	1	.	4	2b	r	.	.	.	.	.
d2																
<i>Ranunculus repens</i>	1	r	1	2a	2a	2a	2a	1	1	+	.	1	.	+	.	.
<i>Mentha arvensis</i>	2a	+	4	2b	1	.	.	.	4	3	.	1	.	r	.	.
d3																
<i>Rubus fruticosus</i>	.	.	+	r	3	+	+	+	2a	1	r	r	.	+	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	r	.	.	.	+	1	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d4																
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	2a	1	.	5	.	.	.	.
Begleiter:																
<u>Krautschicht:</u>																
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	2a	.	1	.	1	1	.	+	1	2a	.	.	r	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	.	.	.	2a	1	2b	2b	.	1	.	1	1	.	.	.	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	+	1	+	.	.	r	.	1	.	+	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	1	+	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	.	.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+	r	.	+	.	+	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	r	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Avenella flexuosa</i>	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	r	.	.	.	r	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	3	.	1	.
<i>Viola riviniana</i>	.	.	.	r	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 9:

Aufnahmenummer

Quell-/Bachabschnittsnummer

Datenzahl

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
	G	G				W	W				G			G	G	
	b	b				B	b				b			b	b	
	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	8	1	2	8
	1	1	2	2	2	1	2	0	2	1	2	1	0	1	0	0
	6	7	6	4	3	8	7	9	3	4	4	7	6	8	5	4

Lysimachia vulgaris

Poa trivialis

Vaccinium myrtillus

Epilobium parviflorum

Carex rostrata (inflata)

Ajuga reptans

Viola reichenbachiana

Cirsium palustre

.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Moosschicht:

Rhytidiadelphus squarrosus

Scapania undulata

Lophocolea bidentata

Eurhynchium praelongum

Pellia epiphylla

Rhizomnium punctatum

Plagiomnium affine

1	.	.	2b	2a	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
+	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	2a	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	1	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

1: *Mycelis muralis* r; 3: *Polytrichum formosum* 1, *Mnium hornum* 1; 4: *Viola palustris* r, *Hypnum cupressiforme* 1, *Hookeria lucens* +; 5: *Holcus lanatus* 1, *Brachythecium rivulare* 2a, *Plagiomnium undulatum* 1; 6: *Cardamine flexuosa* +, *Thelypteris limbosperma* 1, *Urtica dioica* r; 7: *Dryopteris filix mas* 2b, *Carex pilulifera* +, *Scrophularia nodosa* +, *Fragaria vesca* +, *Pteridium aquilinum* 2b, *Juncus articulatus* r, *Veronica chamaedrys* 1; 9: *Calamagrostis epigeios* +; 10: *Epilobium palustre* r 11: *Salix aurita* 1, *Carex leporina* r, *Teucrium scorodonia* +, *Rubus idaeus* 1, *Quercus robur* r; 12: *Potentilla erecra* 1, *Epilobium palustre* r; 14: *Cardamine pratensis* r

3.1.5 Wälder frischer Standorte

3.1.5.1 Vaccinio-Abietetum OBERDORFER 1957 (Tabelle 10)

Im Rahmen dieser Quelluntersuchung wird auf die Beschreibung einer Nadelwald-gesellschaft eingegangen, da vor allem in Fichtenforsten die nadelwaldtypische Vegetation bis dicht an die Quellufer heranreicht, während die typische Quellvegetation zumeist nur sehr spärlich ausgeprägt ist.

Typisch für die Standorte der Fichtenwälder ist eine zumeist sehr starke Streuschicht in Verbindung mit einer ganztägig meist starken Beschattung des Bodens. Die Boden-pH-Werte liegen mit einem Median von pH 3,8 sehr niedrig. Alle Gesellschaften des Vaccinio-Abietenion sind nicht durch Kennarten charakterisiert. Ihr gemeinsames Merkmal ist die Kombination von Vaccinio-Piceetalia-Arten mit solchen der Fagetalia. Nur aufgrund der weiten Verbreitung solcher Bestände wurden Assoziationen benannt (OBERDORFER, 1992). Nach Feuchtigkeit und Basenversorgung werden vier Subassoziationen unterschieden.

Die Subassoziation mit *Oxalis acetosella*, die neben *Oxalis acetosella* von *Athyrium filix-femina* gekennzeichnet wird, ist an besser basenversorgten, frischen Standorten anzutreffen (OBERDORFER, 1992).

Die Typische Subassoziation, die von einer dichten Torfmoosschicht aus *Sphagnum palustre* und *S. denticulatum* in Verbindung mit *Polytrichum commune* geprägt wird, besiedelt nach OBERDORFER (1992) mittlere Standorte.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Auf trockenen basenarmen Standorten hingegen tritt die Subassoziation mit *Leucobryum juniperoideum* auf (OBERDORFER, 1992). Die ermittelten Boden-pH-Werte mit einem Median von 3,9 spiegeln die geringe Basenversorgung wider. OBERDORFER (1992) gab *Leucubryum glaucum* als charakteristische Art an, während in den hier beschriebenen Aufnahmen *L. juniperoideum* vorkommt. Allerdings wird die letztgenannte Art erst seit kurzem von *L. glaucum* unterschieden (FRAHM & FREY, 1992), so daß *L. glaucum* in diesem Zusammenhang als Sammelart angesehen werden kann.

Bei stärkerer Beschattung, insbesondere durch eine hohe Deckung der zweiten Baumschicht, und auf noch stärker sauren Böden bei pH-Werten mit einem Median von nur 3,6 tritt die Subassoziation mit *Lepidozia reptans* auf. Die Gruppe der Vaccinio-Piceetalia-Arten verschwindet, die Bestände werden ausgesprochen artenarm mit nur noch 6 bis 10 Arten in der Kraut- und Moosschicht. Diese Subassoziation macht deutlich, daß dicht bestockte Monokulturen der Fichte zu einer völligen Verarmung des Untergrundes führen.

Tendenzen zu quelltypischer Vegetation nasser und basenreicherer Standorte (s. Kap. 3.1.3) zeigen vereinzelte Vorkommen von Arten der Montio-Cardaminetea. Übergänge zu staunassen, basenarmen und geringer beschatteten Standorten zeigen Arten des Caricetum fuscae polytrichetosum.

Tab. 10: Vaccinio-Abietetum
1 Subassoziation mit *Oxalis acetosella*
2 Typische Subassoziation
3 Subassoziation mit *Leucobryum juniperoideum*
4 Subassoziation mit *Lepidozia reptans*

Vegetationstyp	1						2			3					4						
Aufnahmenummer										1	1	1	1	1	1	1	1	2	2		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Quell-/Bach- abschnittsnummer	W	W			W	G	G	G													
	b	1	b	b	b	b	b	b	1						1	1					
	4	3	4	3	6	4	5	2	8	2	2	9a	6	5	1	7	7	6	6	8	7
Datenzahl	1	1	1	2	0	1	1	0	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0
	6	4	7	4	9	5	2	8	4	0	7	6	3	4	5	1	8	1	0	7	7
B1																					
<i>Fagus sylvatica</i>	.	2a	.	.	5	.	5	.	.	4	4	2a	5	3	1	.	.	5	.	.	2b
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
B2																					
<i>Carpinus betulus</i>	.	3	.	5	.	.	3	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kennart																					
<i>Picea abies</i>	2a	.	.	.	.	2a	.	3	3	.	.	.	1	.	.	3	3	1	3	5	2a
AD																					
<i>Isoeterygium elegans</i>	.	1	.	.	1	.	.	+	.	+	.	+	1	+	1	1	.	r	+	.	+
<i>Dicranella heteromalla</i>	2a	.	.	.	2a	2a	.	.	1	.	.	2b	2m.	2m	1	2m2a	.	1	.	.	.
<i>Diplophyllum albicans</i>	.	2b	.	+	1	.	.	.	1	1	.	+	.	.	1	.	.	3	.	2b	1
<i>Polytrichum formosum</i>	.	+	2a	1	.	1	1	.	.	.	+	+	+	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Calypogeia muelleriana</i>	.	.	2m.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	2a	+	.	.	.	.	1	.
<i>Dicranum scoparium</i>	1	.	.	.	1	.	.	.	+	1	.	2a	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypnum cupressiforme</i>	.	.	.	.	.	2a	.	.	2b	+	.	1	.	.	3	.	.	.	.	.	.
<i>Thuidium tamariscinum</i>	.	.	1	1	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scapania nemorea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2b	.	.	.	.	.	.
Fagetalia-Arten:																					
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	+	2a	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	2a	r	1	.	+
<i>Luzula sylvatica</i>	.	.	2b	+	.	.	+	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 10:

Vegetationstyp	1						2				3				4						
Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Quell-/Bach- abschnittsnummer	W			W	W		G	G		G										0	1
Datenzahl	b	1	b	b	b	b	b	b	b	1			1	1							1
	4	3	4	3	6	4	5	2	8	2	2	9a	6	5	1	7	7	6	6	8	7
	1	1	1	2	0	1	1	0	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0
	6	4	7	4	9	5	2	8	4	0	7	6	3	4	5	1	8	1	0	7	7
Vaccinio-Piceetalia-Arten:																					
<i>Blechnum spicant</i>	+	.	+	r	2a	+	1	r	.	2a	r	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	r	.	r	.	+	1	1	+	1	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Avenella flexuosa</i>	.	.	r	+	.	.	+	.	1	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D1SubA																					
<i>Oxalis acetosella</i>	2a	+	1	1	.	2b	.	.	.	1	3	r	+	.	+	r	r	r	r	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	3	.	.	+	1	3	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D2SubA																					
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	r	4	4	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Polytrichum commune</i>	.	.	.	.	.	.	.	3	2a	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum denticulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
D3SubA																					
<i>Leucobryum</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>juniperoideum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tetraphis pellucida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
D4SubA																					
<i>Lepidozia reptans</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	1	.	3	3	2a	1	+	+
<i>Picea abies (B2)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	4	.	2a	.	5
Begleiter:																					
Montio-Cardaminetea-Arten:																					
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia nemorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria uliginosa (alsine)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex remota</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizomnium punctatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Alnetum glutinosae-Arten:																					
<i>Galium palustre</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	.	2m.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sonstige:																					
<u>Krautschicht:</u>																					
<i>Picea abies</i>	.	.	r	.	.	1	1	2m.	.	.	.	r	r	.	.	r	.	.	r	.	.
<i>Rubus fruticosus</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<u>Moosschicht:</u>																					
<i>Mnium hornum</i>	3	3	2a	1	.	3	4	1	1	1	.	+	4	4	2b	2m3	1	1	.	.	.
<i>Pellia epiphylla</i>	2a	2a	2a	4	3	2b	2a	.	.	5	1	2a	.	1	.	.	.	2b	.	.	+
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	1	1	+	1	.	.	.	.	+	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Calypogeia integristipula</i>	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	2a	1	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Scapania undulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campylopus flexuosus</i>	.	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.
<i>Brachythecium rivulare</i>	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cephalozia connivens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.

Sowie in den Aufnahmen Nr.:

1: *Pteridium aquilinum* 2a, *Thelypteris limbosperma* 2b, *Sphagnum squarrosum* 1; 2: *Plagiothecium denticulatum* 1; *Betula pendula* r; 4: *Anemone nemorosa* +, *Viola reichenbachiana* 2a, *Poa chaixii* 1, *Carpinus betulus* r, *Rhytidiadelphus triquetus* 1, *Rhytidiadelphus squarrosus* r, *Scleropodium purum* r; 10: *Sorbus aucuparia* 1, *Jungermannia subelliptica* 1; 11: *Mycelis muralis* r; 12: *Holcus mollis* r, *Veronica officinalis* r, *Plagiomnium undulatum* 1, *Chiloscyphus polyanthos* +, *Atrichum undulatum* 1; 14: *Cephalozia lunulifolia* +; 15: *Lophocolea heterophyllum* +; 16: *Lophocolea bidentata* 2m; 19: *Dryopteris carthusiana* r

3.2 Wasseruntersuchungen

a) Wassertemperatur

Mit Ausnahme der Quelle 5 liegen die Wassertemperaturen der Quellen im Frühjahr im Mittel bei 8,4 ($\pm 0,7$)°C, im Herbst bei 9,0 ($\pm 0,7$)°C. Die Quellen werden nach HINTERLANG (1991) als mäßig erwärmt bezeichnet (Grundwasseraustritte mit einer mittleren Wassertemperatur von 7 bis 10°C). Im Herbst liegen die Wassertemperaturen im Mittel um 0,6°C höher als im Frühjahr. Dies beruht auf der Erwärmung des Bodens in den Sommermonaten, die sich auch auf das Grundwasser auswirkt (FIEDLER-WEIDMANN & HAHN, 1996).

Aufgrund der hohen Frühjahrswassertemperaturen von >11°C ist Quelle 5 nach HINTERLANG (1991) als stark erwärmt einzustufen. Da die Sickerquelle (s. Tab. 1) eine äußerst geringe Schüttung aufweist, wird das Wasser sehr stark von der täglichen Lufttemperatur, der Belichtungsintensität und der Exposition beeinflusst.

b) Sauerstoffsättigung und -gehalt

Der Sauerstoffgehalt der Sickerquellen liegt in Bassin und Gerinne deutlich niedriger als der der Sturzquellen. Reines Grundwasser ist sauerstofffrei. Erst beim Austritt findet eine Sauerstoffanreicherung vor allem durch atmosphärischen Eintrag statt (HÜTTER, 1992). In Sickerquellen wird bei geringen Fließgeschwindigkeiten zunächst nur wenig Sauerstoff eingetragen. Der Sauerstoffgehalt steigt vom Austritt über das Bassin bis zum Gerinne. An Sturzquellen wird das Wasser bei höheren Fließgeschwindigkeiten sofort durch zahlreiche Verwirbelungen stark mit Sauerstoff angereichert. Folglich unterscheiden sich die Sauerstoffgehalte an Austritt, Bassin und Gerinne kaum.

An der Sickerquelle 5 (s. Tab. 1) ist für die geringe Sauerstoffsättigung und den geringen Sauerstoffgehalt zusätzlich die hohe Wassertemperatur der stark erwärmten Quelle (s.o.) verantwortlich.

c) Leitfähigkeit

Der Median der Leitfähigkeit des untersuchten Quellwassers beträgt im Frühjahr 99,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, im Herbst 85,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Werte weisen große Differenzen auf. Sie liegen im Frühjahr zwischen 56 und 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$, im Herbst zwischen 52 und 164 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Vergleicht man die oben genannten Werte mit der Richtzahl der EG-Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch für diesen Parameter (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, HÜTTER, 1992), so ist die Leitfähigkeit des Quellwassers als gering einzustufen.

d) Gesamthärte

Die Gesamthärte des Quellwassers liegt im Frühjahr im Mittel mit 1,80 ($\pm 0,73$)°dH bzw. 0,34 ($\pm 0,13$) mmol/l höher als im Herbst mit 1,35 ($\pm 0,52$)°dH bzw. 0,25 ($\pm 0,11$) mmol/l.

Das Wasser der untersuchten Quellen ist als sehr weich einzustufen. Als solches werden Wasser mit Gesamthärten zwischen 0 und 4°dH bezeichnet (HÖLL, 1986).

Die niedrigen Gesamthärten sind typisch für den basenarmen Buntsandstein als Ausgangsgestein. Höhere Werte würden eine anthropogene Beeinflussung (z.B. durch Abwasser oder landwirtschaftliche Düngung) signalisieren (HEITTELE, 1987).

e) Säurekapazität

Die Säurekapazität beträgt $0,31 (\pm 0,23)^\circ\text{dH}$ bzw. $0,34 (\pm 0,13)$ mmol/l im Frühjahr und $0,26 (\pm 0,20)^\circ\text{dH}$ bzw. $0,13 (\pm 0,07)$ mmol/l im Herbst. Sie liegt ebenso wie die Gesamthärte im Frühjahr höher als im Herbst.

Nach HÜTTER (1992) sind die untersuchten Quellen als arme Gewässer (Säurekapazität 0 bis $0,5$ mmol/l) zu bezeichnen. Infolge der geringen Pufferkapazität (leichte Verschiebbarkeit des pH-Wertes) „reagieren sie äußerst empfindlich auf Einflüsse im Biotop sowie auf Einflüsse von außen“ (HÜTTER, 1992).

f) pH-Wert

In unbelasteten Systemen liegt der pH-Wert aufgrund der gelösten Kohlensäure zwischen pH 5,5 und 7,5 (HOFFMANN, 1992). Gewässer mit pH-Werten ganzjährig über 5,5 werden deshalb als unversauert bezeichnet (KRIETER, 1986).

Der Median des pH-Wertes der untersuchten Quellwasser liegt im Frühjahr bei pH 5,3 (Werte zwischen pH 4,2 und 6,3), im Herbst bei pH 5,2 (Werte zwischen 3,2 und 6,4). Im Frühjahr liegt der pH-Wert an 41% der Quellen über 5,5, im Herbst sind es nur 30%. Die Quellen stellen sich also im Herbst saurer dar als im Frühjahr.

Der von FIEDLER-WEIDMANN & HAHN (1998, s.v.) beschriebene Säureschub im Frühjahr, der mit der Schneeschmelze und reichen Niederschlägen erklärt wird, und der pH-Anstieg im Herbst nach regenarmen Sommermonaten kann hier nicht bestätigt werden. Bei der Beprobung der Quellen im Oktober übten wahrscheinlich die herbstlichen Niederschläge, die in diesem Monat des Untersuchungsjahres im langjährigen Vergleich ausgesprochen hoch ausfielen (s. Abb. 2), bereits einen pH-Wert-senkenden Einfluß aus.

g) Aluminium

Das Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz legte 1990 folgende Einstufung fest: Gewässer mit einer Aluminiumionen-Konzentration zwischen 50 und $200 \mu\text{g/l}$ werden als versauerungsgefährdet bezeichnet, solche mit mehr als $200 \mu\text{g/l}$ als versauert.

Sowohl im Frühjahr als auch im Herbst stellen sich 45% der Quellen als versauerungsgefährdet oder versauert dar. Allerdings ist im Frühjahr der Anteil der als versauert zu bezeichnenden Quellen mit 18% gegenüber 5% im Herbst deutlich höher.

h) Eisen

Fließgewässer enthalten in der Regel wenig Eisen ($<0,3 \text{ mg/l}$, HÖLL, 1986).

Die Konzentration der Eisenionen liegt an allen Quellen sowohl im Frühjahr als auch im Herbst unter $0,3 \text{ mg/l}$. Bis auf die Quelle 10 liegt das arithmetische Mittel sowohl im Frühjahr als auch im Herbst bei $0,01 (\pm 0,01) \text{ mg/l}$. Das Wasser der Quelle 10 (s. Tab. 1) weist allerdings höhere Eisenwerte ($0,14 \text{ mg/l}$ im Frühjahr; $0,24 \text{ mg/l}$ im Herbst) sowie niedrige Wasser-pH-Werte (pH 4,2 im Frühjahr; pH 3,2 im Herbst) und hohe Aluminiumionen-Konzentrationen ($600 \mu\text{g/l}$ im Frühjahr; $360 \mu\text{g/l}$ im Herbst) auf. Es ist davon auszugehen, daß sich die Einzugsgebiete dieser Quelle im oder zumindest im Übergang zum Eisenpufferbereich befinden.

i) Stickstoffverbindungen

Unbelastete Gewässer enthalten ganzjährig Ammonium- und Nitrit-Konzentrationen unter $0,1 \text{ mg/l}$ sowie Nitrat-Gehalte von $0,4$ bis 8 mg/l (HÜTTER, 1992). Konzentrationen von über $0,1 \text{ mg/l}$ an Ammonium oder Nitrit deuten auf eine kürzliche organische Belastung hin (HÖLL, 1986).

Die Konzentrationen an Ammonium (0 bis $0,09 \text{ mg/l}$ im Frühjahr; 0 bis $0,07 \text{ mg/l}$ im Herbst) und Nitrit (0 bis $0,09 \text{ mg/l}$ im Frühjahr; 0 bis $0,09 \text{ mg/l}$ im Herbst) liegen bei allen Quellen deutlich unter $0,1 \text{ mg/l}$. Die Nitratkonzentration beträgt im Mittel $1,01 (\pm 0,15) \text{ mg/l}$ im Frühjahr und $1,09 (\pm 0,90) \text{ mg/l}$ im Herbst. Die Gewässer sind folglich als unbelastet einzustufen.

3.3 Boden-pH-Messungen

Die Boden-pH-Werte der im August beprobten Quellen liegen mit Werten zwischen pH 2,8 und 5,7 insgesamt relativ niedrig. Sie weisen einen Median von pH 4,5 auf.
Zehn Quellen weisen einen pH-Wert unter 4,2 auf, d.h. die Böden der Einzugsgebiete dieser Quellen befinden sich im Aluminium-Pufferbereich. Es kommt zur Freisetzung von Aluminiumionen, die in Konzentrationen über 50 µg/l (HÖLL, 1986) als phytotoxisch gelten.
Die niedrigen pH-Werte müssen vor dem Hintergrund gesehen werden, daß die Boden-Proben aus den obersten Bodenschichten in einer Tiefe von 5 bis 15 cm stammen. Der zumeist mit Streu oder Laub bedeckte Oberboden weist in der Regel einen wesentlich niedrigeren pH-Wert auf als die darunterliegenden Schichten, in denen verstärkt Abpufferungsmechanismen zum Tragen kommen (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1992).

3.4 Vegetation und Standort

3.4.1 Rangfolge der Pflanzengesellschaften nach ihrem Basenanspruch

Die Pflanzengesellschaften in der Differenzierung bis zur Variante können entsprechend ihrer Standortansprüche in eine Rangfolge zunehmender Acidität eingeordnet werden (s.u.).
Die Einordnung der Gesellschaften überspülter, nasser, überrieselter, überschwemmter und staunasser Standorte erfolgt aufgrund der Wasser-pH-Werte, die der frischen Standorte aufgrund der Boden-pH-Werte.
Die Gesellschaften können auf dieser Grundlage in ein Ökogramm eingeordnet werden (s. Abb. 2), das zusätzlich zu Acidität und Feuchtigkeit die Belichtung berücksichtigt.

Tab. 11: Rangfolge der Gesellschaften mit zunehmender Acidität, verdeutlicht durch die Angabe des Medians der Wasser- und Boden-pH-Werte; der Median setzt sich aus Frühjahrs- und Herbstdaten zusammen

Nr.	Assoziation/ Gesellschaft	Subassoziation	Variante	Feuch- tigkeits- anspruch	Median Wasser pH	Median Boden pH
1	Alnetum glutinosae	mit <i>Sphagnum recurvum</i>	typisch	staunaß	5,9	4,9
2	Scapanietum undulatae		Artenreich	überspült	5,9	5,0
3	Brachythecietum rivularis		typisch	überspült	5,9	4,2
4	Hookerietum lucentis			naß	5,8	4,9
5	Chrysosplenietum oppositifolium	typisch		überrieselt	5,8	4,2
6	Rumpfgesellschaft des Caricion remotae			über- schwemmt	5,8	4,6
7	Chrysosplenietum oppositifolium	mit <i>Cardamine flexuosa</i>	typisch	überrieselt	5,7	4,6
8	Chrysosplenietum oppositifolii	mit <i>Cardamine flexuosa</i>	mit <i>Chry. alternifolium</i>	überrieselt	[5,3] ¹	4,5
9	Chrysosplenietum oppositifolium	mit <i>Cardamine flexuosa</i>	mit <i>Philo- notis fontana</i>	überrieselt	5,6	3,4
10	Caricetum remotae	typisch	typisch	über- schwemmt	5,4	4,9
11	Brachythecietum rivularis		mit <i>Diplophyll- lum albicans</i>	überspült	5,4	4,6

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Fortsetzung Tab. 11:

Nr.	Assoziation/ Gesellschaft	Subassoziation	Variante	Feuch- tigkeits- anspruch	Median Wasser pH	Median Boden pH
12	Scapanietum undulatae		Artenarm	überspült	[5,6] ²	4,9
13	Caricetum fuscae	<i>polytrichetosum communis</i>		staunaß	5,2	4,5
14	Vaccinio-Abietetum	mit <i>Oxalis acetosella</i>		frisch	5,8	[3,8] ³
15	Vaccinio-Abietetum	typisch		frisch	5,2	[4,6] ³
16	Vaccinio-Abietetum	mit <i>Leucobryum juniperoideum</i>		frisch	5,4	3,9
17	Vaccinio-Abietetum	mit <i>Lepidozia reptans</i>		frisch	5,4	3,6
18	Calypogeietum muellerianae			naß	5,2	4,2
19	Pellietum epiphyllae			naß	[6,1] ⁴	3,4
20	Tetradontium brownianum- Gesellschaft			naß	4,4	3,1
21	Alnetum glutinosae	mit <i>Sphagnum recurvum</i>	mit <i>Molinia caerulea</i>	staunaß	3,7	2,8

Legende: *Chry.*: *Chrysosplenium*

¹ Daten aufgrund einer Einzelmessung nicht repräsentativ; Einordnung aufgrund der Zeigerwerte von ELLENBERG (1992) an ähnlich basenversorgten Standorten wie die Typische Subassoziation oder die Subassoziation mit *Cardamine flexuosa*, in der Typischen Variante des Chrysosplenietum oppositifolii

² Die Einordnung erfolgt an dieser Stelle entgegen der absteigenden Reihenfolge der ermittelten Wasser-pH-Werte, da die artenarme Variante des Scapanietum undulatae sowohl nach TREMP & KOHLER (1993) als auch nach HIMMLER & TREMP (1992) kennzeichnend für saurere Gewässer als die Variante mit *Diplophyllum albicans* des Brachythecietum rivularis ist.

³ Das Pellietum epiphyllae wird entgegen der Reihenfolge absteigender Wasser-pH-Werte aufgrund der Darstellungen von NEUMAYR (1971) im sauren Bereich eingeordnet.

⁴ Die Subassoziationen des Vaccinio-Abietetum werden nach den Darstellungen von OBERDORFER (1992) eingeordnet.

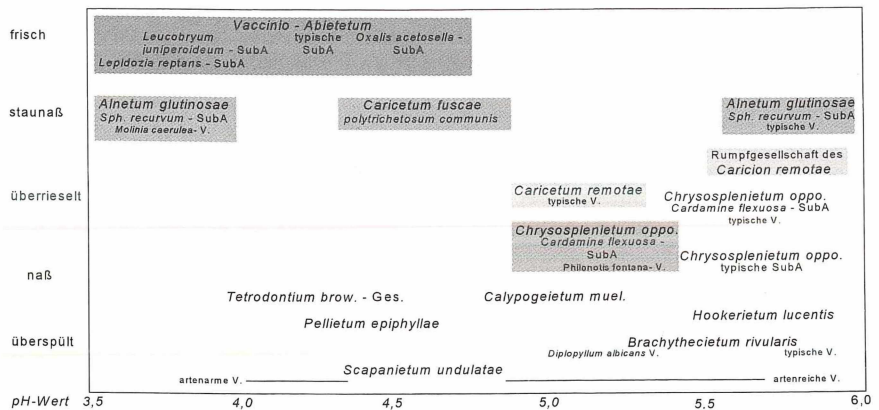


Abb. 2: Okogramm der an den Quellen und Bächen vorgefundenen Gesellschaften; die einfarbige Unterlegung drückt den höheren Lichtanspruch einiger Gesellschaften aus:

□ ganztägig beschattet
▒ überwiegend beschattet, aber zum Teil direkter Lichteinfall
▓ nur mäßig beschattet, längere Zeit direkter Lichteinfall

weitere Unterlegung:
▒ Bezug zum Boden-pH-Wert, alle übrigen Gesellschaften in Bezug zum Wasser-pH-Wert

Abkürzungen:
brow.: brownianum, Chry.: Chrysosplenium, muel.: muelleriana, oppo.: oppositifolium, Sph.: Sphagnum; Ges.: Gesellschaft, SubA: Subassoziation, V.: Variante

3.4.2 Eignung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren

Bioindikatoren sind nach SCHUBERT (1985) „Organismen oder Organismengruppen, deren Lebensfunktion sich mit bestimmten Umweltfaktoren so eng korrelieren läßt, daß sie als Zeiger dafür verwendet werden können.“

Wie Tabelle 11 zeigt, besteht ein enger Zusammenhang zwischen den an den untersuchten Quellen im Pfälzerwald auftretenden Pflanzengesellschaften und dem pH-Wert des Quellwassers. Wie die Untersuchungen zeigen, weisen lediglich zwei Vegetationseinheiten, die artenarme Variante des Scapanietum undulatae und das Pellietum epiphyllae, eine breite Toleranz hinsichtlich der Basenversorgung des Wassers auf.

Da die bearbeiteten Quellen nur zwei Mal im Untersuchungszeitraum beprobt wurden, werden die ermittelten Wasserdaten mit den Zeigerwerten in der Literatur (ELLENBERG, 1992; OBERDORFER, 1992) verglichen. Auf dieser Grundlage kann die Korrelation der Pflanzengesellschaften mit der Acidität des Quellwassers dargestellt werden.

Die im Ökogramm (Abb. 1) veranschaulichte Korrelation kann nun dazu herangezogen werden, die Acidität von Quellen im Pfälzerwald aufgrund der auftretenden Pflanzengesellschaften einzuschätzen.

3.4.3 Anwendung der Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren zur Einstufung der Acidität der untersuchten Quellen

Aufgrund des Gesellschaftsinventars werden die Quellen entsprechend ihrer Acidität eingestuft.

Tab. 12: Gesellschaftsinventar der untersuchten Quellen (s. Tab. 1). Die Gesellschaften sind nach ihrer Bioindikation von neutral (links) nach sauer (rechts) geordnet (s. Tab. 11). Die Quellen sind nach der Vegetation von schwach sauer (oben) nach stark sauer (unten) sortiert. Angabe der pH-Werte als Median.

		Pflanzengesellschaften																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Wasser-pH		5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7	[5,3]	5,6	5,4	5,4	[5,6]	5,2	5,8	5,2	5,4	5,4	5,2	[6,1]	4,4	3,7		
Boden-pH		4,9	5,0	4,2	4,9	4,2	4,6	4,6	4,5	3,4	4,6	4,9	4,9	4,5	[3,8]	[4,6]	3,9	3,6	4,2	3,4	3,1	2,8		
Quellen																								
neutral bis schwach sauer	5	+																						
	4	+			+			+																
	16	+			+			+			+													
	18	+						+			+													
	20	+			+			+			+			+										
kritisch sauer	9	+						+			+													
	6	+						+			+			+										
	17	+			+						+			+										
	15				+									+										
	11				+			+			+			+			+							
mäßig sauer	12a							+			+			+										
	14							+						+										
	19							+			+			+										
sauer	12										+			+			+							
	13										+			+						+				
	1																							
	2																							
	8																+			+				
stark sauer	3													+						+				
	9a																+							
	7																			+				
	10																			+ +				

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Legende zu Tabelle 12:

- 1 Alnetum glutinosae, Subassoziation mit *Sphagnum recurvum*, typische Variante
- 2 Scapanietum undulatae, artenreiche Variante
- 3 Brachythecietum rivularis, typische Variante
- 4 Hookerietum lucentis
- 5 Chrysosplenietum oppositifolii, typische Subassoziation
- 6 Rumpfigesellschaft des Caricion remotae,
- 7 Chrysosplenietum oppositifolii, Subassoziation mit *Cardamine flexuosa*, typische Variante
- 8 Chrysosplenietum oppositifolii, Subassoziation mit *Cardamine flexuosa*, Variante mit *Chrysosplenium alternifolium*
- 9 Chrysosplenietum oppositifolii, Subassoziation mit *Cardamine flexuosa*, Variante mit *Philonotis fontana*
- 10 Brachythecietum rivularis, Variante mit *Diplophyllum albicans*
- 11 Caricetum remotae, typische Subassoziation, typische Variante
- 12 Scapanietum undulatae, artenarme Variante
- 13 Caricetum fuscae polytrichetosum communis
- 14 Vaccinio-Abietetum, Subassoziation mit *Oxalis acetosella*
- 15 Vaccinio-Abietetum, typische Subassoziation
- 16 Vaccinio-Abietetum, Subassoziation mit *Leucobryum juniperoideum*
- 17 Vaccinio-Abietetum, Subassoziation mit *Lepidozia reptans*
- 18 Calypogeietum muellerianae
- 19 Pellietum epiphyllae
- 20 *Tetradontium brownianum*-Gesellschaft
- 21 Alnetum glutinosae, Subassoziation mit *Sphagnum recurvum*, Variante mit *Molinia caerulea*

Erläuterungen zur senkrechten Einteilung:

Da Gewässer über pH 5,5 als unversauert bezeichnet werden (KRIETER, 1991), wird zur Einstufung des Säuregrades der Quellen und Bäche innerhalb der Pflanzengemeinschaften eine Trennung vorgenommen von Gesellschaften bei Wasser-pH-Werten über 5,5 (Vegetationseinheiten 1 bis 9) und solchen bei pH-Werten von 5,5 oder geringer (Einheiten 10 bis 20).

Innerhalb der Gesellschaften unversauerter Gewässer kennzeichnen die Vegetationseinheiten 1 bis 5 basenreichere Standorte bei pH-Werten über 5,7. Dabei wird eine Trennung zwischen den Vegetationseinheiten 2 und 3 vorgenommen, da die artenreiche Variante des Scapanietum undulatae (Einheit 2) nicht saure Gewässer anzeigt, während die Einheit 3 (das Brachythecietum rivularis) auf kritisch saures Milieu (HIMMLER & TREMP, 1992) hindeutet.

Innerhalb der Pflanzengemeinschaften saurer Standorte werden die Gesellschaften 14 bis 20 abgegrenzt, da sie typisch für stark saure Bereiche bei Boden-pH-Werten von überwiegend unter 4,0 sind. Die Einheiten des Vaccinio-Abietetum bilden hier den Hauptanteil.

Erläuterungen zur horizontalen Einteilung:

Acidität	Quellen	Zeigerfunktionen der Pflanzengesellschaften
neutral bis schwach sauer	5, 4, 16 18, 20	Wassermoosgesellschaften nicht saurer Gewässer quelltypische Vegetation überwiegend unversauerter Gewässer bei pH-Werten über 5,5
kritisch sauer	9, 6, 17, 15, 11	Wassermoosgesellschaften nicht saurer Gewässer fehlen quelltypische Vegetation überwiegend unversauerter Gewässer bei pH-Werten über 5,5 Gesellschaften des Vaccinio-Abietetum
mäßig sauer	12a, 14, 19	quelltypische Vegetation überwiegend unversauerter Gewässer bei pH-Werten über 5,5 Pflanzengesellschaften kennzeichnend für Wasser-pH-Werte unter 5,5 artenarme Variante des Scapanietum undulatae als submerse Vegetation Gesellschaften des Vaccinio-Abietetum

Acidität	Quellen	Zeigerfunktionen der Pflanzengesellschaften
sauer	12, 13, 1, 2, 8	Pflanzengesellschaften kennzeichnend für Wasser-pH-Werte unter 5,5 Gesellschaften des Vaccinio-Abietetum
stark sauer	3, 9a, 7	keine quelltypische Vegetation Gesellschaften des Vaccinio-Abietetum
	10	Typische Vegetation von Sickerquellen bei Wasser-pH-Werten unter 4,2

Einen Überblick über die Acidität der untersuchten Quellen gibt Abb. 3.

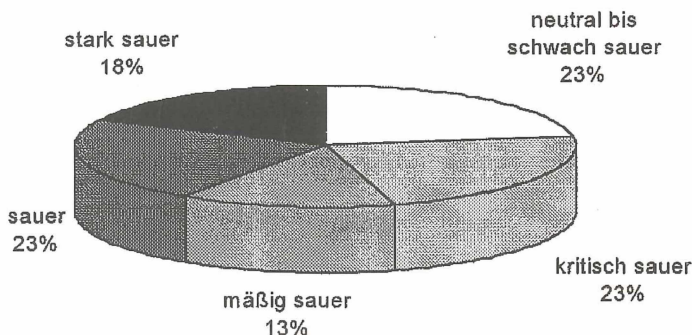


Abb. 3: Überblick über die Acidität der untersuchten Quellen

4 Diskussion

4.1 Das Problem der Versauerung

Der Begriff der Versauerung beinhaltet eine Veränderung über einen Zeitraum hinweg, d.h. er beschreibt einen dynamischen Prozeß. Häufig hat sich allerdings im Sprachgebrauch eingebürgert, daß ein Säurezustand mit einer Versauerungsstufe gleichgesetzt wird (BÖHMER & RAHMANN, 1992). Dies ist auch aus dem Grunde unzulässig, da sich verschiedene Gebiete aufgrund der geologischen Gegebenheiten von Natur aus in unterschiedlichen Säurezuständen befinden.

Was genau ist also unter dem Begriff der Versauerung zu verstehen?

Das Umweltbundesamt veröffentlichte 1984 folgende Definition:

„Versauerung ist die allgemeine Zunahme der H^+ -Konzentration einschließlich der damit zusammenhängenden chemischen Veränderungen. Ausschlaggebend ist der Verlust an Pufferkapazität eines definierten Systems. Der direkte Nachweis erfolgt über Stoffbilanzen.“

Versauerung ist also mehr als eine pH-Wert-Absenkung. Um den „Verlust an Pufferkapazität“ erkennen zu können, muß man die Puffermechanismen des Bodens zugrunde legen (KRIETER, 1991; HÜTTER, 1992).

In Kalklandschaften herrscht das Karbonat-Puffersystem vor. Es ist vor allem bei pH-Werten über 6,2 wirksam, aber auch noch an der Pufferung bis zu pH-Werten von etwa 5,5 beteiligt. Säuren werden mit Hilfe von Calcium- oder auch Magnesiumkarbonat abgepuffert. Ca^{2+} und HCO_3^- werden mit dem Sickerwasser ausgewaschen.

Der Nachschub an Karbonaten erfolgt durch die Verwitterung des geologischen Substrates. In kalkarmen Gebieten bei pH-Werten zwischen 6,2 und 5,0 dominiert das Silikat-Puffersystem. Dabei werden die Protonen in das Silikatgitter der Silikatminerale aufgenommen („Verwitterung“). Nur geringe Mengen Metallionen oder Hydrogenkarbonationen gelangen ins Sickerwasser.

Die Verwitterungsrate ist ein entscheidender Schlüssel für die Belastbarkeit eines Ökosystems. Ist der Säureeintrag höher als das verwitterungsbedingte Neutralisierungsvermögen, so findet über kurz oder lang eine Versauerung des Systems statt (LfW Rheinland-Pfalz, 1991).

Die beiden oben angeführten Puffersysteme stellen irreversible Mechanismen dar, d.h. die Säuren sind dauerhaft festgelegt, während die nachfolgend beschriebenen die Säuren nur reversibel binden, d.h. sie können zu einem späteren Zeitpunkt unter bestimmten Verhältnissen wieder freigesetzt werden. Sie werden als latente Säuren bezeichnet.

Bei pH-Werten zwischen 5,0 und 4,2 werden im Austausch-Puffersystem die Protonen gegen sorbierte Alkali- und Erdalkali-Ionen (v.a. Ca^{2+} und Mg^{2+}) an den Kationenaustauschern des Bodens ausgetauscht. Dadurch wird zwar die aktuelle Acidität der Bodenlösung vermindert, die Gesamtaustauschkapazität des Bodens nimmt aber ab. Aluminiumionen nehmen verstärkt an den chemischen Reaktionen im Boden teil. Die entstehenden Aluminium-Verbindungen blockieren teilweise die Kationen-Austauschplätze, so daß der pH-Wert weiter absinkt. Im Sickerwasser treten vermehrt Ca^{2+} -, Mg^{2+} - und Al^{3+} -Ionen auf.

Bei pH-Werten unter 4,2 übernimmt Aluminium (Aluminium-Puffer), bei pH-Werten unter 3,8 zusätzlich das Eisen (Eisen-Puffer) die Säurepufferung im Boden fast vollständig. Aluminium wird aus Silikaten und Hydroxo-Aluminium-Polymeren gelöst, Eisen z.B. aus Oxiden oder Hydroxiden. Die Folge ist ein starker Anstieg der Aluminium- und schließlich auch der Eisen-Konzentration in der Bodenlösung bzw. im Grundwasser.

Anhand der Konzentration und Verteilung der Ionen im Grund- und folglich im Quellwasser, läßt sich also auf die aktiven Puffermechanismen im Boden der Einzugsgebiete rückschließen. Dabei muß allerdings beachtet werden, daß das an den Quellen austretende Wasser ein Gemisch der Sickerwasser verschieden gepufferter Böden darstellt, da allein im Bodenprofil verschiedene Pufferbereiche übereinanderliegen und in einem Einzugsgebiet verschiedene Bodentypen, Bodenmächtigkeiten und Bodennutzungen vorhanden sind (TRILLING, 1996).

Von besonderer Bedeutung im Rahmen der Gewässerversauerung ist der Begriff der Versauerungsfront. Hiermit wird der Übergang von den irreversiblen Puffermechanismen, d.h. der dauerhaften Entfernung von Protonen aus dem Ökosystem, zu den reversiblen Puffersystemen, d.h. die Protonen können wieder in eine mobilisierbare Form überführt werden, bezeichnet. Dieser Übergang setzt bei pH 5 ein. Er läßt sich im Boden als eine nach unten wandernde Tiefenzone verfolgen (LfW Rheinland-Pfalz, 1991).

4.2 Beurteilung der untersuchten Gewässer im Pfälzerwald

4.2.1 Beurteilung aufgrund des Wasserchemismus

Aluminiumionen-Konzentrationen über $50 \mu\text{g/l}$ sowie pH-Werte unter 5,0 an 45% der Quellen legen die Vermutung nahe, daß sich diese Quellen bzw. deren Einzugsgebiete im oder zumindest im Übergang zum Aluminium-Pufferbereich befinden. Bei einer dieser Quellen (Q 10, s. Tab. 1) ist aufgrund sehr niedriger pH-Werte und erhöhter Eisenkonzentration bereits von einem Übergang zum Eisen-Puffer auszugehen (vgl. Kap. 3.2).

Nach der Definition der Versauerung (s.o.) und den Darstellungen von KRIETER (1991), der das Silikat-Puffersystem im mineralarmen Buntsandstein des Pfälzerwaldes von Natur aus als den Haupttypus bezeichnete und das zunehmende Auftreten von Böden im Austauscher- und Aluminium-Pufferbereich auf versauerungsbedingte Prozesse zurückführte, kann aufgrund des Wasserchemismus an diesen 45% der Quellen davon ausgegangen werden, daß es sich um versauerungsgefährdete oder bereits versauerte Quellen handelt.

Da an 41% der Quellen der pH-Wert zumindest zeitweise unter 5,0 liegt, ist nach den Darstellungen des LfW Rheinland-Pfalz (1991) davon auszugehen, daß sich die Grundwasserleiter dieser Quellen in der Nähe der Versauerungsfront befinden.

Aufgrund der Versauerungsklassifikation von KRIETER (1991) läßt sich die Situation der Quellen anhand des Wasserchemismus folgendermaßen beurteilen: 32% der Quellen sind aufgrund von ganzjährigen pH-Werten über 5,5 unversauert. 18% sind als versauert/sauer einzustufen, da der pH-Wert zeitweise unter 5,5 sinkt und die Konzentration an Aluminiumionen bereits über 50 µg/l liegt. 50% der Quellen weisen ganzjährig einen pH-Wert zwischen 4 und 5 bei erhöhten Aluminiumionen-Konzentrationen auf und werden als sauer bezeichnet.

4.2.2 Beurteilung aufgrund der Vegetation

Hinweise auf einen Versauerungsprozeß liefert die Vegetation aufgrund von Vergleichen mit Untersuchungen von BEIERKUHNLEIN (1994). Demnach stellt das *Chrysosplenium oppositifolii* die natürliche Quellvegetation unversauerter Quellen in kalkarmen Gebieten wie dem Pfälzerwald dar. Im Untersuchungsgebiet ist diese Gesellschaft an den aufgrund der Bioindikation der Vegetation als neutral bis schwach sauer, kritisch sauer und mäßig sauer eingestuften Quellen¹ zu finden. Die Quellen dieser Kategorien können folglich als unversauert bezeichnet werden. Dies sind 59% der Quellen (s. Kap. 3.4.2).

Im Rahmen der Versauerung beschrieb BEIERKUHNLEIN (1994) eine Verschiebung des Arteninventars, in deren Verlauf an sauren Quellen eine Reihe charakteristischer Arten verschwinden. Dies sind u.a. *Cardamine amara* und *Impatiens noli-tangere*, die an den untersuchten Quellen überhaupt nicht auftreten, so daß diese insgesamt bereits als vergleichsweise sauer angesehen werden müssen.

Mit weiterem Fortschreiten der Versauerung fehlen weitere charakteristische Arten des *Chrysosplenium oppositifolii* wie *Chrysosplenium oppositifolium*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Brachythecium rivulare*, *Rhizomnium punctatum* oder *Cardamine flexuosa*. Die typische Variante der typischen Subassoziation des *Caricetum remotae* bildet zunächst die Hauptvegetation.

An zunehmend versauerten Quellen werden die charakteristischen Arten des *Chrysosplenium* zunehmend von *Sphagnum*-Arten und *Polytrichum commune* sowie *Holcus mollis*, *Glyceria fluitans* oder *Carex echinata* ersetzt. Das *Caricetum fuscae polytrichetosum communis* stellt die typische Vegetation dar. Diese Gesellschaft ist schon lange aus den Hochlagen des Schwarzwalds bei über 900 m ü. NN bekannt, da auf gleichem Ausgangsgestein bei größerer Höhenlage infolge höherer Niederschlagsmengen niedrigere pH-Werte an den Quellen auftreten. In jüngerer Zeit wird aber eine Verschiebung des Vorkommens dieser Gesellschaft auch in tiefere Lagen beobachtet, was auf anthropogene Einflüsse zurückgeführt wird (BEIERKUHNLEIN, 1994). Da das *Caricetum fuscae* in den tieferen Lagen überwiegend in Nadelwäldern vorkommt, ist die Gesellschaft nach HINTERLANG (1992) als Ersatzgesellschaft des *Chrysosplenium* in versauerten Quellen der Fichtenforste anzusehen, wobei nicht geklärt ist, ob bereits das austretende Grundwasser die chemischen Charakteristika aufweist, oder ob die Torfmoose über biogene Huminsäureproduktion und die Nadelstreuersetzung entsprechende Bedingungen schaffen. Die Quellen, an denen die Typische Variante der Typischen Subassoziation des *Caricetum remotae* oder das *Caricetum fuscae* die Hauptvegetation darstellen, werden als akut versauerunggefährdet bezeichnet. Es sind dies die Quellen der Kategorie sauer, d.h. 23% aller Quellen (s. Kap. 3.4.2).

Im fortschreitenden Verlauf der Versauerung sind an den Quellen kaum noch Tendenzen zur Klasse der Montio-Cardaminetea festzustellen. Die *Sphagnum*-Arten und *Polytrichum commune* gewinnen die Oberhand. Weniger hygrophile Arten wie *Vaccinium myrtillus* oder *Blechnum spicant*, die zum Teil bereits in direkter Nachbarschaft zu den

¹ Bis auf zwei Quellen: Die eine dieser beiden Quellen ohne das *Chrysosplenium oppositifolii* wird aufgrund der typischen Variante der Subassoziation mit *Sphagnum recurvum* des *Alnetum glutinosae*, die andere aufgrund der artenreichen Variante des *Scapanietum undulatae* in die Gruppe der neutralen bis schwach sauren Gewässer eingeordnet.

Gesellschaften der Montio-Cardaminetea auftreten und einen Übergang zu sauren Bereichen kennzeichnen, stellen nun überwiegend die charakteristische Vegetation dar. Sturzquellen werden vom Vaccinio-Abietetum besiedelt. In Sickerquellen tritt die Variante mit *Molinia caerulea* in der Subassoziation mit *Sphagnum recurvum* des Alnetum glutinosae auf. Diese Vegetation ist typisch für die Quellen, die aufgrund der Bioindikation als stark sauer beschrieben wurden, d.h. 18% (s. Kap. 3.4.2). Sie werden als versauert eingestuft.

4.2.3 Zusammenfassende Beurteilung

Die Bewertung der Versauerung aufgrund der Pufferbereiche der Einzugsgebiete und Gewässer, aufgrund der Einteilung nach KRIETER (1991), der Nähe zur Versauerungsfront oder aufgrund der Artenverschiebung der Vegetation führt in allen Bereichen zu dem gleichen Schluß, daß etwa 40% der Quellen im Untersuchungsgebiet Anzeichen einer Versauerung aufweisen. Dieses Ergebnis kann für naturnahe, ganzjährig schüttende Quellen des mittleren Buntsandsteins im Pfälzerwald als repräsentativ angesehen werden.

Brunnen sind in der Regel weniger stark von der Versauerung betroffen, da das Wasser zumeist aus der Tiefe hervorkommt und folglich einen längeren Kontakt zum Untergrund aufweist als bei Quellen, an denen der Anteil an oberflächennahem Grundwasser wesentlich höher ist (TRILLING, 1996).

Folglich ist allerdings an kleinen Quellen, die nur eine geringe Schüttung aufweisen und die zu einem großen Teil aus oberflächennahem Grundwasser mit einer geringen Verweildauer im Boden gespeist werden, noch stärker mit Auswirkungen der Versauerung zu rechnen.

Berücksichtigt man die Tatsache, daß die untersuchten Quellen dem mittleren Buntsandstein entsprechend sehr weiches Wasser aufweisen und die Gewässer nur noch eine geringe Säurekapazität besitzen, d.h. daß die Pufferkapazitäten nahezu erschöpft sind, und bedenkt man die Beschreibungen des LfW Rheinland-Pfalz (1991), daß der derzeitige Eintrag an Säuren aus der Atmosphäre und aus bodeninterner Produktion das verwitterungsbedingte Puffervermögen des Buntsandsteins übersteigt, so ist nicht mit einer Verminderung oder einer Konstanz, sondern vielmehr mit einer weiteren Zunahme des derzeitigen Säurezustands der Quellen in den kommenden Jahren zu rechnen.

4.3 Gefährdete Pflanzen

Anhand der Roten Liste von Deutschland und von Rheinland-Pfalz (Bundesamt für Naturschutz, 1996) werden die in den Untersuchungen vorgefundenen Pflanzen auf ihre Gefährdung überprüft.

Tab. 13: In der Roten Liste von Deutschland und/oder von Rheinland-Pfalz erfaßte Gefäßpflanzen der Quelluntersuchung

	Deutschland	Rheinland-Pfalz	Anzahl der Fundorte
<i>Apium nodiflorum</i>	3	3	1
<i>Circea alpina</i>	*	4	1
<i>Osmunda regalis</i>	3+	2	1

1: vom Aussterben bedroht

2: stark gefährdet

3: gefährdet

4: potentiell gefährdet (nur bei der Roten Listen der Länder angeführt)

+: regional stärker gefährdet

*: nicht gefährdet

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

Während *Apium nodiflorum* und *Osmunda regalis* im Pfälzerwald vergleichsweise häufiger vorkommen, gibt es dort nur wenige Fundorte von *Circea alpina* (LANG & WOLFE, 1993).

Tab. 14: In der Roten Liste von Deutschland und/oder von Rheinland-Pfalz erfaßte Moose der Quelluntersuchung

	Deutschland	Rheinland-Pfalz	Anzahl der Fundorte
Lebermoose			
<i>Bazzania trilobata</i>	V	*	1
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>	V	*	1
<i>Cephalozia lunulifolia</i>	3	V	1
<i>Geocalyx graveolens</i>	3	3	1
<i>Jungermannia c.f.hyalina</i>	3	V	1
<i>Jungermannia c.f.obovata</i>	3	R	1
<i>Jungermannia sphaerocarpa</i>	V	3	2
<i>Jungermannia c.f.subelliptica</i>	3	1	1
<i>Odontoschisma sphagni</i>	3	1	1
<i>Riccardia chamaedryfolia</i>	V	3	9
<i>Riccardia multifida</i>	3	V	6
<i>Trichocolea tomentella</i>	3	V	2
Laubmoose			
<i>Campylostelium saxicola</i>	3	1	2
<i>Heterocladium heteropterum</i>	V	*	6
<i>Hookeria lucens</i>	3	3	8
<i>Isoetecium myosuroides</i>	V	*	1
<i>Philonotis fontana</i>	V	3	4
<i>Rhytidiadelphus triquetus</i>	V	*	1
<i>Sphagnum capillifolium</i>	V	*	1
<i>Sphagnum denticulatum</i>	V	*	3
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	V	3	1
<i>Sphagnum squarrosum</i>	V	V	6
<i>Tetradontium brownianum</i>	V	3	2

- 1: vom Aussterben bedroht
2: stark gefährdet
3: gefährdet
V: zurückgehend
R: extrem selten

Während das Vorkommen von *Odontoschisma sphagni* und *Campylostelium saxicola* gesichert ist, muß bei *Jungermannia subelliptica* und *Jungermannia obovata* darauf hingewiesen werden, daß die Identifizierung aufgrund der fehlenden, zur Bestimmung aber unerlässlichen Peristome nur mit Vorbehalt erfolgt (Zusatz: c.f.).

Sehr positiv ist das in der Quellenauswahl häufige Vorkommen der in Rheinland-Pfalz gefährdeten Arten *Riccardia chamaedryfolia* und *Hookeria lucens* zu beurteilen. An naturnahen Quellen im Pfälzerwald scheinen für diese beiden Moose noch intakte Bereiche als Rückzugshabitate zu existieren.

Die meisten zum Teil sehr stark gefährdeten Pflanzen beherbergt Quelle 10, die sauerste der untersuchten Quellen. Es handelt sich dabei um ein ausgedehntes Hangmoor, das unbedingt vor Beeinträchtigungen bewahrt werden sollte. Daneben stellen sich die Quellen 15, 16, 4, 6, 14 und 20 aufgrund des Auftretens von vier bis sechs Rote Liste-Arten der Kategorien „gefährdet“ und „zurückgehend“ als sehr wertvoll dar.

4.4 Maßnahmen

Seit 1985 wird im Pfälzerwald der Versauerung mit oberflächlichen Kalkungen begegnet (Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, mündl. Mitt.). Dabei werden schwer lösliche Kalke in einer Menge von 3 t/ha vom Helikopter aus flächig ausgebracht. Ziel dieser Kompensationskalkungen ist es, atmogene Säureeinträge bereits an der Bodenoberfläche abzupuffern, das Vorrücken der Versauerungsfront zu verlangsamen und potentiell toxische Metalle in stabilere Bindungsformen zu überführen (FEGER, 1994). Aufgrund des Nachschubs basischer Kationen im Boden wird tatsächlich die Kronendachpufferung unterstützt (Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz, 1992). Bei erstmaliger Kalkung steigt innerhalb von 3 bis 4 Jahren der pH-Wert des Durchtropfniederschlags in den obersten 10 cm des Bodens an (SCHÜLER, 1995).

In größerer Tiefe wird jedoch lediglich die Absenkung der Alkalinität bei direktem Säureeintrag verhindert (KREUTZER, 1994). Eine Kompensation bereits im Boden vorhandener Säuren, insbesondere der in den letzten Jahrzehnten im Boden akkumulierten latenten Säuren, ist in den verwendeten Mengen nicht möglich. Erst langfristig und bei turnusmäßiger Wiederholung der Kalkungen (je nach Bedingungen alle 5 bis 10 Jahre) ist mit deren Rückgang aufgrund der Verdrängung von Aluminium aus der Bodenmatrix (KREUTZER, 1994) bzw. der Restabilisierung der Tonminerale, verbunden mit einer Rückkehr zum Austausch- oder Silikatpuffer (Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz, 1992), zu rechnen. Die chemischen Gradienten im Bereich der Versauerungsfront bleiben erhalten (LfW Rheinland-Pfalz, 1991). So besteht trotz Kalkungen weiterhin die Gefahr, daß die Säurefronten in die Hydrosphäre durchbrechen (SCHÜLER, 1995; Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz, 1992).

Die Kalkungen sind außerdem mit nicht unerheblichen Risiken verbunden (FEGER, 1994). Durch die Anhebung des pH-Wertes wird die mikrobielle Aktivität in der Humusaufgabe angeregt. Die Folge sind eine verstärkte Nitrifizierung des gebundenen Stickstoffs und ein erhöhtes Nitratangebot in der Streuauflage (SCHÜLER, 1995). Die Vegetation reagiert darauf mit einer Veränderung der Gesellschaften hin zu Schlagfloren und nitrophilen Arten (Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz, 1992). Auf gut stickstoffversorgten Flächen nimmt die Gefahr der Überschuß-Nitrifikation und folglich der Nitratauswaschung zu. Dies führt zu einer Belastung des Grundwassers (LfW Rheinland-Pfalz, 1991).

Durch die mikrobielle Umsetzung des Stickstoffs kommt es zum Teil zur Bildung von Salpetersäure. Übersteigt diese Menge das Aufnahmevermögen von Zersettern und Vegetation, so entsteht ein zusätzlicher Säureeffekt (KREUTZER, 1994).

Ist die Abbaurate des Humus größer als die Neubildung, so findet ein Humusschwund statt, der die Wasserspeicherkapazität, den Kationenaustausch und die Nährstoffversorgung herabsetzt (KREUTZER, 1994).

Als Folge der Kalkungen kann es zu einer Mobilisierung von Schwermetallen kommen. Zwar geht nach SCHÜLER (1995) der Schwermetallaustrag aufgrund der Ausfällung schwerlöslicher Oxide und Hydroxide zurück. Dagegen nimmt laut KREUTZER (1994) die Konzentration an gelösten metallorganischen Komplexverbindungen jedoch zu, da diese aufgrund von Deprotonierung gelöst werden. Außerdem gehen bereits gelöste Schwermetallionen durch freigesetzte Humusstoffe in lösliche metallorganische Komplexe über und werden so vor einer Ausfällung bewahrt.

Kalkungen müssen aus der Sicht des Natur- und Biotopschutzes kritisch beurteilt werden (KREUTZER, 1994). Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, werden z.T. auch stark saure Bereiche, wie z.B. die ausgedehnte Hangsickerquelle 10 (s. Tab. 1), von seltenen und schützenswerten, säureangepaßten Pflanzen (s. Kap. 4.4) besiedelt. Eine Kalkung dieser Fläche würde das Ende der Biozönosen bedeuten. Die Nebeneffekte der oberflächlichen Kompensationskalkungen sind also stark standortabhängig. Die Kenntnis ökologischer Zusammenhänge sowie eine eingehende Standortanalyse sind wichtige und unerläßliche Voraussetzungen für einen zweckmäßigen Kalkeinsatz (KREUTZER, 1994).

Da Nadelwälder einen verstärkenden Einfluß auf den Säurezustand und letztlich die Versauerung von Böden und Gewässern nehmen, ist die geeignete Baumartenwahl von Bedeutung. Eine Umstrukturierung der Wälder von künstlichen Monokulturen von Fichte und Kiefer hin zu standortgerechten Laubwäldern ist nicht nur aus Sicht der Artenvielfalt, sondern auch im Hinblick auf die Versauerung eine sinnvolle Maßnahme. Allerdings macht sich ein Baumartenwechsel wegen der Langfristigkeit der forstlichen Produktion erst in Jahrzehnten bemerkbar (KREUTZER, 1994).

Sowohl Kalkungen als auch Änderungen der Waldzusammensetzung stellen aber nur eine Symptombekämpfung dar. Langfristig ist die Versauerung nur aufgrund einer Reduktion der sauer reagierenden Stoffe in der Atmosphäre zu vermindern. Dies stellt hohe Ansprüche an Forschung und Technik bei der Entwicklung umweltfreundlicher Verfahren sowie an Wirtschaft und Politik bei deren Förderung und Umsetzung.

Danksagung

Für die Themenstellung dieser Diplomarbeit sowie die Einarbeitung in die Problematik danke ich Herrn Dr. Hans-Jürgen Hahn vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland in Rheinland-Pfalz. Herrn Prof. Dr. Heinrich Kauss gilt mein Dank für die Übernahme der offiziellen Betreuung der Arbeit sowie insbesondere für die Ermöglichung der Wasser- und Bodenanalysen. Herr Hermann Lauer erklärte sich freundlicherweise für die Kontrolle der Moosbestimmungen bereit. Dem Ministerium für Umwelt und Forsten in Rheinland-Pfalz danke ich für die finanzielle Förderung der Diplomarbeit im Rahmen des Stipendiums „Arten- und Biotopschutz“.

Ganz besonders danke ich Herrn Dr. Erwin Manz für vielfältige Anregungen und Kritik sowohl im Gelände als auch in zahlreichen Diskussionen.

5 Literaturverzeichnis

- AICHELE, D. & SCHWEGLER, H.-W. (1991): Unsere Gräser. – Kosmos Naturführer, Stuttgart: Franckh-Kosmos
- AICHELE, D. & SCHWEGLER, H.-W. (1993): Unsere Moos- und Farnpflanzen. – Kosmos Naturführer, Stuttgart: Franckh-Kosmos
- BAUER, J.; LEHMANN, R. & HAMM, A. (1988): pH-Wert-Veränderungen an ungepufferten Seen und Fließgewässern durch saure Depositionen und ökologische Aspekte der Gewässerversauerung. – In: Gewässerversauerung im nord- und nordostbayerischen Grundgebirge, Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1994): Internationales Symposium: Grundwasserversauerung durch atmosphärische Depositionen. – Informationsbericht d. Bay. LA f. Wasserwirt., 3/95
- BEIERKUHNLEIN, C. (1994): Waldquellfluren im Frankenwald – Untersuchungen zur reaktiven Bioindikation. – Bayreuther Forum Ökologie, 10, 253 S.
- BEIERKUHNLEIN, C. & GRÄSLE, W. (1993): Zum Temperaturverhalten von Waldquellen des Frankenwaldes. – Crunoeica, 1: 5-14
- BÖHMER, J. & RAHMANN, H. (1992): Bioindikationsverfahren zur Gewässerversauerung. – Veröff. Projekt „Angew. Ökologie“, Bd. 3, Karlsruhe
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. – 3. Aufl., Wien/New York: Springer
- Bundesamt für Naturschutz (1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. – Schriftenr. f. Vegetationskunde, 28, 744 S.
- Deutscher Wetterdienst/Wetteramt Trier (1994): Wetterdaten der Meßstelle Leimen. – Schriftl. Mitt., Trier

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie – Grundlagen und Methoden. – Stuttgart: Ulmer
- ELLENBERG, H.; WEBER, E. W.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Göttingen: Goltze
- FEGER, K.-H. (1994): Bedeutung atmogener Stoffdepositionen für Mobilisierung und Transport von Aluminium, Eisen und Mangan in sauren Böden. – In: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Internationales Symposium: Grundwasserversauerung durch atmosphärische Depositionen. – Informationsbericht d. Bay. LA f. Wasserwirt., 3/95
- FIEDLER-WEIDMANN & HAHN, H. J. (1996): Quellbiotopkartierung im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes. – Abschlußbericht des Bundes für Umwelt und Naturschutz in Rheinland-Pfalz für das Landesamt für Wasserwirtschaft in Rheinland-Pfalz, Mainz
- Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz (1996): Wetterdaten der Meßstationen Trippstadt, Merzalben und Bad Dürkheim. – Schriftl. Mitt.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1992): Moosflora. – Stuttgart: Eugen Ulmer
- GEIGER, M. (1987): Wetter und Klima in der Pfalz. – In: GEIGER, M.; PREUSS, G. & ROTHENBERGER, K.-H.: Der Pfälzerwald – Portrait einer Landschaft. – Pfälzische Landeskunde, Landau i. d. Pfalz
- GEIGER, M. (1987): Der Pfälzerwald im geographischen Überblick. – In: GEIGER, M.; PREUSS, G. & ROTHENBERGER, K.-H.: Der Pfälzerwald – Portrait einer Landschaft. – Pfälzische Landeskunde, Landau i. d. Pfalz
- GEIGER, M., PREUSS, G. & ROTHENBERGER, K.-H. (1987): Der Pfälzerwald – Portrait einer Landschaft. – Pfälzische Landeskunde, Landau i. d. Pfalz
- GREWING, C. (1992): Biogeographische Untersuchungen zur Versauerung ausgewählter Quellen im Pfälzerwald. – Dipl.-Arb., Univ. Saarbrücken
- HAHN, H.-J. (1996): Die Ökologie der Sedimente eines Buntsandsteinbaches im Pfälzerwald. – Diss., Univ. Gießen
- HEITEL, H.; KOTTKE, D. & FISCHER, H. (1987): Das Grundwasser und seine Nutzung. – In: GEIGER, M., PREUSS, G. & ROTHENBERGER, K.-H.: Der Pfälzerwald – Portrait einer Landschaft. – Pfälzische Landeskunde, Landau i. d. Pfalz
- HIMMLER, H. & TREMP, H. (1992): Moose als Bioindikatoren für den Säurezustand von Fließgewässern in Deutschland. – In: BÖHMER, J. & RAHMANN, H.: Bioindikationsverfahren zur Gewässerversauerung. – Veröff. Projekt „Angew. Ökologie“, Bd. 3, Karlsruhe
- HINTERLANG, D. (1992): Vegetationsökologie der Weichwasserquellgesellschaften zentraleuropäischer Mittelgebirge. – Crunoecia, 1, 117 S.
- HINTERLANG, D. (1993): Bewertungsverfahren Flora und Vegetation an Quellen. – Crunoecia, 1: 25-37
- HÖLL, K. (1986): Wasser. – 7. Aufl., Berlin/New York: Walter de Gruyter
- HOFFMANN, K. (1992): Anthropogene Belastungen ausgewählter Fließgewässer der Rheinpfalz. – Diss., Univ. Mainz
- HÜBSCHMANN, A. v. (1986): Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. – Berlin/Stuttgart: Cramer
- HÜTTER, L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung. – Frankfurt/Berlin/München: Moritz Diesterweg
- KLAPP, E. & BOBERFELD, W. O. v. (1988): Gräserbestimmungsschlüssel der häufigsten Grünland- und Rasengräser. – Berlin/Hamburg: Paul Parey
- KLEE, O. (1993): Wasser untersuchen. – Wiesbaden: Quelle & Meyer
- KONRAD, H. J. et al. (1987): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1 : 25 000; Erläuterungen zu Blatt 6711 Pirmasens-Nord. – Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz
- KRÄMER, W. (1992): Statistik verstehen. – Frankfurt/New York: Campus

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

- KREUTZER, K. (1994): Möglichkeiten und Grenzen forstlicher Maßnahmen zum Schutz vor Grundwasserversauerung. – In: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Internationales Symposium: Grundwasserversauerung durch atmosphärische Depositionen, – Informationsbericht d. Bay. LA f. Wasserwirt., 3/95
- KRIETER, M. (1991): Ökosystemare Untersuchungen zur Boden- und Gewässerversauerung im südlichen Taunus und Hunsrück. – Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, 22, 206 S.
- Landesamt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (1994): Quellen – Ökologie, Gefährdung, Bewertung und Schutzkonzepte. – LÖBF-Mitteilungen, 1
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1989): Grundwasserbeschaffenheit (Grundwassermeßnetz). – Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1990): Meßprogramm „Versauerung von Fließgewässern in ausgesuchten Gebieten von Rheinland-Pfalz“. – Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1991): Grundwasserversauerung in Rheinland-Pfalz. – Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1992): Grundwasserbericht. – Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1994): Meßprogramm „Versauerung von Fließgewässern in ausgesuchten Gebieten von Rheinland-Pfalz“. – Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1994): Auszüge aus den Daten der biologischen Fließgewässerüberwachung. – Schriftl. Mitt., Mainz
- Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (1995): Auszüge aus den Daten der biologischen Fließgewässerüberwachung. – Schriftl. Mitt., Mainz
- LANG, W. & WOLFF, P. (1993): Flora der Pfalz – Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz und ihre Randgebiete. – Speyer: Pfälz. Ges. z. Förd. d. Wiss.
- MARSTALLER, R. (1993): Synsystematische Übersicht über die Moosgesellschaften Zentraleuropas. – Herzogia, 9: 513-541
- MATSCHULLAT, J.; HEINRICHS, H.; SCHNEIDER, J. & ULRICH, B. (1990): Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität. – Berlin/Heidelberg/New York: Springer
- Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (1982): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Rheinland-Pfalz. – Mainz
- Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (1993): Waldschäden, Boden- und Wasserversauerung durch Luftschadstoffe in Rheinland-Pfalz. – Mainz
- MÜHLENBERG, M. (1976): Freilandökologie. – Heidelberg: Quelle & Meyer
- NEUMAYR, L. (1971): Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayrischen Waldes. – Hoppea, Denkschr. Regensb. bot. Ges., 29 (1), Regensburg
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Stuttgart: Ulmer
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I-IV. – Jena/Stuttgart/New York: Gustav Fischer
- PEPPLER, C. (1988): TAB – Ein Computerprogramm für die pflanzensoziologische Tabellenarbeit. – Tuexenia, 8: 393-406, Göttingen
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1987): Umweltgutachten. – Stuttgart: Kohlhammer
- REICHELT, G. & WILMANN, O. (1973): Vegetationsgeographie. – Braunschweig: Georg Westermann
- REWITZER, P. (1992): Biogeographische Untersuchungen zur Versauerung ausgewählter Quellen im Pfälzerwald. – Dipl.-Arb., Univ. Saarbrücken
- ROTHMALER, W. (1996): Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Grundband. – Jena: Gustav Fischer
- ROTHMALER, W. (1994): Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband, Bd. 3. – Jena: Gustav Fischer

TRÖGER: Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes
unter besonderer Berücksichtigung der Acidität

- SACHS, L. (1978): Angewandte Statistik. – Berlin/Heidelberg/New York: Springer
- SCHAEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. – Stuttgart: Ferdinand Enke
- SCHMEIL, O & FITSCHEN, J. (1988): Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. – Heidelberg: Quelle & Meyer
- SCHMIDT, C. (1994): Genus *Philonotis* – Porträt einer typischen Quellmoosgattung. – *Crunoecia*, 3: 77-82
- SCHUBERT, R. (1985): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. – Jena: VEB Gustav Fischer
- SCHÜLER, G. (1995): Waldkalkung als Bodenschutz. – *Allg. Forst-Z.*, 8: 430-433
- SCHROEDER, D. (1978): Bodenkunde in Stichworten. – Kiel: Ferdinand Hirt
- SCHWOERBEL, J. (1977): Einführung in die Limnologie. – Stuttgart/New York: Gustav Fischer
- SCHWOERBEL, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie. – Stuttgart/New York: Gustav Fischer
- SPÄTH, H.-J. (1976): Geoökologisches Praktikum. – Paderborn: Ferdinand Schöningh
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt (1993): Naturschutzreport: Die Pflanzengesellschaften Thüringens – Gefährdung und Schutz. – Jena
- TREMP, H. & KOHLER, A. (1991): Die Auswirkungen von Säure- und Aluminiumbelastung auf submerse Makrophyten. – *Verh. Ges. f. Ökol.*, 20: 569-573
- TREMP, H. & KOHLER, A. (1993): Wassermoose als Versauerungsindikatoren. – Veröff. Projekt „Angew. Ökologie“, Bd. 6, Karlsruhe
- TRILLING, B. (1996): Grundwasserversauerung im Pfälzerwald. – Forschungsprojekt „Grundwasserqualitätsänderungen aufgrund von Bodenversauerung durch atmosphärische Schadstoffeinträge im Pfälzerwald“ der Univ. Freiburg
- WEISSBECKER, M. (1992): Fließgewässermakrophyten, bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Odenwald – eine Fließgewässertypologie. – Diss., Univ. Darmstadt
- WEY, H. (1988): Die Vegetation von Quellgebieten im Raum Trier und ihre Beeinflussung durch land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung der Einzugsgebiete. – Berlin/Stuttgart: J. Cramer
- WILMANN, O (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. – Heidelberg: Quelle & Meyer

(bei der Schriftleitung eingegangen am 30. 11. 1998)

Anschrift der Autorin:
Dipl.-Biol. Uta Tröger
Kapellenstr. 15b
04315 Leipzig

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der POLLICHIA](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [85](#)

Autor(en)/Author(s): Tröger Uta

Artikel/Article: [Pflanzensoziologische Bearbeitung ausgesuchter Quellen des Pfälzerwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Acidität 153-196](#)