Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend 35 (1994), S. 351-398

Zur Ausbildung *Sphagnum*-reicher Quellfluren im Teutoburger Wald

H. Jürgen WÄCHTER, Bielefeld

Mit 5 Abbildungen und 8 Tabellen

Inhalt Seite

1. Einleitung 352
2. Untersuchungsgebiet 353
3. Methode 353
4. Moosflora der Quellen 354
5. Standortvoraussetzungen der Torfmoosquellen 360
   5.1 Geologische Faktoren 360
   5.2 Waldform 361
   5.3 Zusammenwirken der Faktoren 363
6. Quellformen 364
   6.1 Humide Form 365
   6.2 Polytrichum commune-Form 366
   6.3 Kalk-Form 368
7. Pflanzensoziologische Zuordnung 369
8. Entwicklungsmodell der Torfmoosquellen 371
9. Quellen der Molinia-Form 378
10. Zusammenfassung 380
11. Danksagung 381
12. Literatur 382

Anhang (Tabellen 1 bis 8) 388

Verfasser:
H. Jürgen Wächter, An der Krücke 26, D-33604 Bielefeld

Abstract

Sphagnum-rich communities in springs in the Teutoburger Wald (NW-Germany)

Sphagnum-rich communities in springs have been investigated in the Teutoburger Wald, a middle-range mountain area in Northwestern Germany. 10 species have been found and most of their stands are on the local sandstone (Osningsandstein). The orginal community of these springs must have been the Caricion remotae KÄSTNER 1940, but now these have been altered into Caricetum fuscae polytrichetosum communis OBERDORFER 1938. This process have been fuelled by a combination of the underlying base-poor rock and acidification through spruce litter, as these trees have been planted profusely in the whole area. A facies linking these two extrems can be found in springs with water with a high content of lime. Here communities ascribed to the Chrysosplenietum oppositifolii OBERDORFER ET PHILIPPI 1977 can contain Sphagnum species but, due to the buffering effect of water, Sphagnum cannot dominate. We also describe Sphagnum communities in springs in a sandy area in the western part of the Teutoburger Wald, dominated by stands of pine forests and the Betuletum pubescentis TX. 1937.

1. Einleitung

Vorkommen von Torfmoosen in Quellen wurden in der bryologischen und vegetationskundlichen Literatur selten beschrieben. Meist handelt es sich dann um punktuell erhobene Daten einzelner Quellen aus dem süddeutschen Raum (Schwarzwald, Thüringer Wald, Franken, Böhmerwald). Vergleichende Untersuchungen aus Nordwestdeutschland liegen bisher praktisch nicht vor; bei einigen Aufnahmen, wie z.B. dem 'frischen Fichtenforst' bei RHEINHEIMER (1957), läßt sich lediglich vermuten, daß es sich um Quellstandorte handelt. In dieser Untersuchung wurde deshalb versucht, den Bestand der Sphagnen in Quellen des Naturraums Teutoburger Wald als des am weitesten nach Nordwesten vorgeschobenen deutschen Mittelgebirges weitgehend flächendeckend zu erfassen und mit den süddeutschen Daten zu vergleichen. Neben Beschreibungen der Standorte und ihrer pflanzensoziologischen Zuordnung sollen die Voraussetzungen zur Bildung Sphagnumreicher Quellfluren dargestellt und ein Modell zu deren Entwicklung vorgeschlagen werden.

2. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen fanden im gesamten Teutoburger Wald (Osning) zwischen dem Huckberg bei Bevergern im Westen und dem Velmerstot im Osten statt. Nach Nordost und Südwest deckt sich die Grenze des Untersuchungsgebietes weitgehend mit derjenigen der Naturparke Nördlicher Teutoburger Wald-Wiehengebirge und Eggegebirge-Südlicher Teutoburger Wald. Nicht berücksichtigt wurden die Bereiche des Naturparks Nördlicher Teutoburger Wald-Wiehengebirge nördlich der Bundesautobahn A 30, die Senne und das Eggegebirge. Der Velmerstot ist morphologisch zwar ein Teil des Eggegebirges, wird bis zur Grenze zwischen den Kreisen Paderborn und Lippe aber dem Teutoburger Wald zugerechnet. Dieser Bereich wurde deshalb in die Untersuchungen einbezogen. Das Untersuchungsgebiet umfaßt somit in Niedersachsen Teile des Kreises Osnabrück sowie in Westfalen der Kreise Steinfurt, Lippe, Gütersloh und der kreisfreien Stadt Bielefeld. Die Höhen betragen zwischen 60 mNN am Rand des Huckberges und 441,4 mNN am Velmerstot. Die niedrigste untersuchte Torfmoosquelle liegt bei 85 mNN am Nordhang des Birgter Berges (TW.3711.24.04.Q bei R:34086, H:57935), die höchste am Nordrand des Naturschutzgebietes Silberort in 420 mNN (TW.4119.41.02.Q bei R:349705, H:574480). Die Niederschläge betragen zwischen ca. 750 mm/a am Westausläufer des Teutoburger Waldes und 1250 mm/a im Bereich des Eggegebirges (STRUCKMEIER 1990). Die Tabelle 2 wurde um einige Vegetationsaufnahmen aus dem Wiehengebirge und dem Sauerland ergänzt.

3. Methode

Im Rahmen der Krenologischen Kartierung des Teutoburger Waldes wurden zwischen 1990 und 1994 ca. 800 Quellen auf das Vorkommen von Sphagnen untersucht. An 156 Quellen konnten dabei eine bis mehrere Torfmoosarten nachgewiesen werden. An diesen Quellen wurde versucht, die Moosflora möglichst vollständig zu erfassen. Außerdem wurden Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1951) durchgeführt. Die Aufnahmeflächen wurden möglichst nahe der Grundwasseraustrittsstelle gelegt; nur in wenigen Fällen liegen sie bereits am Quellbach, dort jedoch nie mehr als 10 Meter unterhalb der Quelle. Die

exakte Lage der einzelnen Aufnahmeflächen kann aufgrund der Vielgestaltigkeit der Quellen nicht näher angegeben werden. Sie wurden stets so gelegt, daß sie einerseits möglichst vollständig im vom Quellwasser durchfeuchteten Bereich liegen, andererseits das typische Gesamtbild der einzelnen Quelle widerspiegeln. Die Größe der Aufnahmeflächen schwankt i.d.R. zwischen 1 bis 2 m^2 (vgl. Tabelle 2), kann bei kleinen punktförmigen Quellaustritten aber deutlich darunter liegen und bei flächigen Quellsümpfen Werte bis 9 m^2 erreichen (vgl. Tabelle 3). An Quellen, die deutlich anthropogen gestört waren (Ablagerungen, Einleitungen, Verbauungen, mechanische Schäden etc.), wurden lediglich Artenlisten, aber keine Vegetationsaufnahmen erstellt.
Die Nomenklatur der Moose erfolgt nach GROLLE (1983), CORLEY et al. (1981) und CORLEY & CRUNDWELL (1991), die der höheren Pflanzen nach OBERDORFER 1983).
Neben einer Ermittlung der Lage der einzelnen Quellen wurden außerdem Umfelddaten (Waldform, Wasser-, Lichtverhältnisse Geologie etc.) erhoben. Bei den angegebenen Quellnummern geben die ersten sechs Ziffern Blattnummer und Viertelquadrant der Topographischen Karte 1:25 000 wieder.

4. Moosflora der Quellen (Tabelle 1 des Anhangs)

Die untersuchten Torfmoosquellen werden nach Artenzahl und Deckungsverhältnissen überaus stark von Moosen geprägt; Höhere Pflanzen sind meist nur in wenigen Exemplaren vertreten oder auf die Quellränder beschränkt. Insgesamt konnten 15 Leber- und 52 Laubmoosarten, darunter 10 Torfmoosarten, aufgefunden werden. Die Arten und ihre Häufigkeiten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die durchschnittliche Artenzahl pro Torfmoosquelle beträgt für Moose 6,7 und liegt damit deutlich über derjenigen der sonstigen Quellen (3,6) (vgl. auch GRUNDMANN et al. (1992) mit einer durchschnittlichen Artenzahl von 2,7 für Quellen im Bereich des Bielefelder Osning). Dies dürfte einerseits mit dem seltenen Vorkommen von Sphagnen in Laubwäldern zusammenhängen, wo die Laubdeposition ein Anwachsen von Moosen erschwert (vgl. auch GRUNDMANN et al.(1992)). Andererseits wird sich die bessere Wasserversorgung der Torfmoosquellen als Standortvorteil auswirken.

Bemerkenswert ist, daß die meisten Arten mit geringer Stetigkeit vorkommen. Lediglich drei Arten treten an über 60% der Torfmoosquellen auf *(Sphagnum palustre, Mnium hornum, Polytrichum formosum)*, weitere 11 Arten an 20 bis 60 %.
Im Vergleich zu den sonstigen Quellen ist an den Torfmoosquellen ein deutlich verstärktes Auftreten von Säure- bis Starksäurezeigern i.S.v. DÜLL (1991) festzustellen *(Plagiothecium undulatum, Polytrichum commune, Polytrichum formosum, Hypnum cupressiforme, Dicranum scoparium, Pellia epiphylla, Dicranella heteromalla, Lophocolea heterophylla, Thuidium tamariscinum)*. Schwachbasen- bis Basenzeiger treten dagegen seltener auf *(Palustriella commutata, Conocephalum conicum, Cratoneuron filicinum, Eurhynchium hians, Plagiomnium undulatum)* oder fehlen ganz *(Fissidens taxifolius, Rhynchostegium murale, Rhynchostegium riparioides, Amblystegium serpens, Amblystegium tenax, Amblystegium varium)*.
In der Literatur finden sich Angaben über Torfmoose in Quellen nur selten. Fraglich ist, inwieweit es sich bei oft verwendeten Standortsangaben wie 'Waldvernässungen', 'feuchte Waldsenken', 'feuchte Mulden' etc. eigentlich um Quellen handelt. Im folgenden werden die aufgefundenen Sphagnen dargestellt und mit Literaturangaben, die sich explizit auf Quellen beziehen, verglichen.

***Sphagnum palustre* L.**
Mit 97 Funden (= an 63% der Torfmoosquellen) stellt die Art das häufigste Torfmoos dar. Da es auch an anderen Standorten allgemein sehr verbreitet ist, finden sich in der Literatur meist nur allgemeine Standortsangaben ('nasse Wälder', 'Bachränder' etc.). Etwas genauer ist hier DÜLL (1980, 1990), der zumindest 'Nadelholzforste' und 'vernäßte Fichtenforste' aufführt. Lediglich NEUMAYR (1971) gibt Quellmulden an. Außerdem findet es sich in einer Aufnahme bei SCHLÜTER (1965). Rückschlüsse auf Vorkommen in Quellen lassen sich ansonsten nur selten sicher ableiten; Angaben für den Teutoburger Wald fehlen ganz. Interessant ist eine Angabe bei JÖDICKE (1992) für das Naturschutzgebiet Krickenberger Seen (Niederrhein): 'Am Quellhorizont... bildet [*Sphagnum palustre*] einen großen monospezifischen Rasen aus'. Diese Beschreibung könnte so auch direkt für viele Quellen im Teutoburger Wald übernommen werden. In der pflanzensoziologischen Literatur anderer Gebiete wird *Sphagnum palustre* beim Caricetum fuscae polytrichetosum communis OBERDORFER 1938 oft

und meist auch mit hohen Deckungsgraden angegeben (MAAS 1959, SCHLÜTER 1970, SEBALD 1975, HARM 1990, HINTERLANG 1992). Die Häufigkeit im Teutoburger Wald fügt sich insoweit gut in das Gesamtbild ein. Nähere ökologische Angaben lassen sich aus den erhobenen Daten nicht ableiten. Die Art kommt an allen Quellformen bei unterschiedlichsten Feuchte-, Substrat- und Lichtverhältnissen vor. Eine Beziehung der von FRAHM & FREY (1987) als Schattenform angegebenen Modifikation *squarrosulum* (NEES & HORNSCH.) (14 Funde) zu den Lichtverhältnissen konnte nicht festgestellt werden. Sie findet sich an Quellen unterschiedlichster Beschattung, oft zusammen mit der nichtsquarrosen Ausprägung.

***Sphagnum fimbriatum* Wils.**

Die 57 mal aufgefundene Art wird in der Literatur fast nie für Quellen angegeben. Auch in pflanzensoziologischen Aufnahmen ist sie selten. Die Ursache kann darin gesehen werden, daß meist süddeutsche Fundorte beschrieben worden sind. Die in Norddeutschland allgemein verbreitete Art kommt in Süddeutschland aber nur selten vor (vgl. DÜLL & MEINUNGER 1989). KOPPE (1964) erwähnt für das niedersächsische Tiefland 'feuchte, humose Waldstellen', bei denen es sich evtl. auch um Quellbereiche handeln könnte.

BLENK (1986) führt es für Quellen im Sauerland. Außerdem gibt KOPPE (1939) *Sphagnum fimbriatum* für 'Quellsümpfe des [westfälischen] Berglandes' an sowie für einen Fund von BECKHAUS aus dem Jahr 1861 für einen 'Fichtenwald bei der Silbermühle' bei Horn im Teutoburger Wald, in deren näherer Umgebung die Art heute noch in Quellen vorkommt. An den untersuchten Quellen deutet sich für *Sphagnum fimbriatum* eine leichte Tendenz zu etwas nährstoffreicheren Standorten an.

***Sphagnum denticulatum* Brid.**

Die Art wurde an 54 Quellen festgestellt. In der Literatur wird sie für 'quellige Senken' (LUDWIG 1988), 'quellige Waldmoore' (DÜLL 1980, KOPPE 1965), 'oligotrophic springs' (HILL et al. 1992), 'sprengen en bronnen' (DIRKSE 1987), 'quelliger Weggraben' (NOWAK 1956), 'Quell- und Waldmoore' (MEINUNGER 1992) und 'Quellsümpfe' (KOPPE 1952) angegeben. GRIMME (1936) führt 'Quellränder' und 'Waldsümpfe' an. Bei SCHLÜTER (1970) findet sich die Art in einer Aufnahme des Caricetum fuscae polytrichetosum communis, für das HINTERLANG (1992) eine 'Va-

riante von Sphagnum lescurii' beschreibt. Für die Spiegelsberge bei Bielefeld, wo *Sphagnum denticulatum* heute in mehreren Quellen vorkommt, beschreibt bereits KOPPE (1939) einen nicht mehr näher lokalisierbaren Quellstandort im Osningsandstein. Im Teutoburger Wald fällt ansonsten das Fehlen der Art an aus den Kalksteinen gespeisten Quellen auf (siehe 5.3 und 6.3), was sich mit der Angabe 'kalkarme Quellsümpfe der Gebirge' bei KOPPE (1939) deckt.

***Sphagnum fallax* (Klinggr.)Klinggr.**
In fast allen Beschreibungen des Caricetum fuscae polytrichetosum communis wird *Sphagnum fallax* aufgeführt (KÄSTNER 1941, MAAS 1959, SCHLÜTER 1970, MEUSEL & BUHL 1968, DUNZENDORFER 1974, HARM 1990, HINTERLANG 1992); bereits in der ersten Beschreibung von OBERDORFER (1938) ist es enthalten. Im Teutoburger Wald nimmt es mit 45 Funden nur den vierten Rang unter den Torfmoosen ein. Das dürfte mit dem häufigen Vorkommen von Quellen der unten (6.1) beschriebenen 'Humiden Form' zusammenhängen, an denen *Sphagnum fallax* selten ist. An den besser ausgebildeten Quellmooren (6.2) kommt es dagegen verstärkt vor. Ein Grund für das häufigere Auftreten von *Sphagnum fallax* in anderen Arbeiten kann neben regionalen Unterschieden wohl u.a. darin gesehen werden, daß pflanzensoziologische Aufnahmen oft nur an Standorten durchgeführt werden, an denen eine Gesellschaft besonders ausgeprägt in Erscheinung tritt, wogegen gestörte oder schwach entwickelte Ausprägungen manchmal vernachlässigt oder gar nicht untersucht werden. Eine solche Methode zeigt zwar sehr gut einen 'Optimalzustand' einer Gesellschaft, läßt nähere Aussagen über arme Ausprägungen und Entwicklungen aber häufig vermissen. *Sphagnum fallax* fehlt im übrigen völlig an den 16 Quellen innerhalb der Kalkgebiete, was mit der Angabe 'Quellsümpfe kalkarmer Gebiete' bei KOPPE (1939) übereinstimmt.

***Sphagnum squarrosum* Crome**
wird in der Literatur recht oft für 'quellige, kalkfreie aber oft mesotrophe Standorte' (DÜLL 1980), 'saure Quellsümpfe der Bergwälder' (GAMS 1957), 'quellige Waldstellen' (GRIMME 1936) und 'sumpfige Waldstellen, besonders an Quellen und Bächen' (KOPPE 1964), 'Quellmulden' (NEUMAYR 1971), 'quelliger Boden' (STOLLE 1938) und 'quellige Wiesen' (MÖLLMANN 1901) angegeben. BLENK (1986) führt es für Quellen im Sauerland. Auch in der pflanzensoziologichen Literatur zum Caricetum

fuscae polytrichetosum communis ist *Sphagnum squarrosum* oft vertreten (KÄSTNER 1941, MAAS 1959, MEUSEL & BUHL 1968, SEBALD 1975, HINTERLANG 1992). Das widerspricht etwas den Funden im Teutoburger Wald, wo die Art (26 Funde) ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Torfmoosquellen der Kalkgebiete hat; an sehr sauren Standorten fehlt sie. Interessant ist dazu die Angabe 'base-rich habitats, especially in coniferous woodlands' bei CRUM (1984). Die Bindung an den basen- bzw. kalkreichen Untergrund erscheint stärker als die von NEUMAYR (1971) und HINTERLANG (1992) angegebene Bindung an höheren Feuchtegrad; allerdings weisen im Teutoburger Wald die Quellen der Kalk-Form (6.3) meist auch starke Schüttungen auf. REIMERS (1956) beschreibt *Sphagnum squarrosum* für das südliche Harzvorland ebenfalls als 'die am schwächsten acidiphile' Sphagnumart. Im Teutoburger Wald zeigt *Sphagnum squarrosum* außerdem eine erhöhte Häufigkeit in stärker beschatteten Quellen.

***Sphagnum girgensohnii* Russ.**
Die Art wird zwar oft für 'feuchte Nadelwälder', 'nasses Waldland' etc. angegeben, doch Hinweise auf Quellen fehlen zumeist. Das erscheint jedoch ungerechtfertigt. HINTERLANG (1992) führt sie in vier Aufnahmen des Caricetum fuscae polytrichetosum communis an und bildet hierzu sogar eine 'Variante von Sphagnum girgensohnii'. Im Teutoburger Wald konnte die in Norddeutschland seltene Art immerhin in acht Quellen aufgefunden werden. Auch nahe des Fundorts 'Silbermühle bei Horn' von KOPPE (1939) - der allgemein schreibt: 'in Waldsümpfen ziemlich häufig' - kommt das Moos noch rezent in Quellen vor. Möglicherweise beruht seine 'Seltenheit' auf der lange Zeit vernachlässigten Untersuchung von Quellstandorten. Bei sämtlichen Fundorten im Teutoburger Wald handelt es sich um flächige Quellmoore mit guter Wassersättigung (Polytrichum commune-Form, siehe 6.2); in nur feuchten Quellen und in den Kalkgebieten fehlt es.

***Sphagnum capillifolium* (Ehrh.)Hedw.**
Für die Art konnten in der Literatur keine Angaben bzgl. Quellen gefunden werden. Um eine feuchte Quellmulde handelt es sich bei dem Standort am 'Dreikaiserstuhl' bei SCHMIDT (1992). Die Quelle schüttet allerdings nur in großen mehrjährigen Abständen, so daß es sich nicht um ein typisches Quellbiotop handelt. Die übrigen sieben Funde im Teutoburger Wald wur-

den meist an Quellen im Kontaktbereich zu versumpften Talgründen des Betuletum pubescentis Tx. 1937 gemacht.

***Sphagnum quinquefarium* (Lindb. ex Braithw.)Warnst.**

wird in der Literatur für 'feuchte Waldhänge' (GRIMME 1936), 'dry or moist sloping ground in woods' (NYHOLM 1981) und 'steeply sloping acid woodland' (SMITH 1980) beschrieben, im weitesten Sinne also für sehr schwach schüttende, bewaldete Hangquellen. Die drei hier angegebenen Funde entsprechen diesen Angaben und wurden bereits bei GRUNDMANN et al. (1992) beschrieben.

***Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.**

kann nicht zu den für Quellen typischen Sphagnen gerechnet werden. Die zwei Funde dürften Ausnahmen darstellen.

***Sphagnum flexuosum* Dozy & Molk.**

Die Art wird für 'Quellsümpfe' mehrmals beschrieben (ANDERSSON 1989, DÜLL 1980, LUDWIG 1988). JÖDICKE (1992) gibt für seine Untersuchung einen 'Verbreitungsschwerpunkt an Quellhorizonten' an und beschreibt sie für 'in am stärksten vernäßten Quellbereichen' eines Hangmoors. Der einzige Fund im Teutoburger Wald wurde an einer fast trockenen und leicht eutrophierten Quelle nordöstlich des Dörenberges bei Georgsmarienhütte gemacht (TW.3814.12.04.Q), wo das Moos zusammen mit *Sphagnum palustre* und dessen Modifikation *squarrosulum* wächst.

An keiner der 156 Quellen wurden an Torfmoosen Sporophyten festgestellt, obwohl diese im nahen Wiehengebirge an anderen Standorten (Gräben etc.) zumindest bei *Sphagnum fimbriatum* nicht selten sind (s.u.a. WÄCHTER 1993a). Eine ähnliche Beobachtung machte bereits KÄSTNER (1941). Außerhalb von Quellen kommen Torfmoose im Teutoburger Wald nur selten vor, da durch Eutrophierung von Erlenbrüchen und Entwässerung von Kleinmooren kaum noch geeignete Lebensräume vorhanden sind. Lediglich an wenigen einzelnen Bachoberläufen und Gräben im Bereich des Osningsandsteins finden sich kleine Vorkommen. Allenfalls im NSG 'Hiddeser Bent' dürften noch größere Bestände auch weiterer Arten vorhanden sein; Untersuchungen dort fanden im Rahmen dieser Arbeit aber nicht statt. Insgesamt müssen die Sphagnumarten für den Teutoburger

Wald als 'Gefährdet' bis 'Vom Aussterben bedroht' eingestuft werden. Bei eventuellen Renaturierungen (vgl. DANNECKER 1994, ELBERTZ et al. 1994) der im folgenden beschriebenen anthropogen beeinflußten Torfmoosquellen - insb. einer Rückführung zur ursprünglichen Vegetation - entsteht deshalb die paradoxe Situation, daß damit evtl. letzten Vorkommen von Sphagnumarten die Standorte genommen werden und die Arten damit für den Teutoburger Wald aussterben. Derartige Maßnahmen sollten deshalb solange zurückgestellt werden, bis die ursprünglichen Lebensräume insoweit wiederhergestellt sind, daß die Torfmoosarten nach dort zurücksiedeln können und ein Überleben im Naturraum gesichert ist.

5. Standortvoraussetzungen der Torfmoosquellen

5.1 Geologische Faktoren

Der Teutoburger Wald besteht aus einer oberflächig anstehenden Schichtfolge von Buntsandstein bis Obere Kreide. Die harten Gesteinsschichten bilden in steiler bis überkippter Lagerung mehrere schmale, parallel verlaufende und bewaldete Hähenzüge (Eggen), die durch Täler mit weicherem Untergrund voneinander getrennt sind. Durch den Wechsel von grundwasserleitenden Schichten der Höhenzüge und wasserstauenden der Talbereiche kommt es an den Schichtgrenzen zur linearen Anordnung mehrerer Quellhorizonte. Wichtigste Aquifere sind der Osningsandstein, die Oberkreide sowie Oberer und Unterer Muschelkalk. Weiterhin treten Quellen an geologischen Störungszonen sowie im Bereich von Keuper, Jura, Flammenmergel und der Bückeberg-Formation auf. Einige Quellaustritte erfolgen aus den quartären Deckschichten. Bzgl. näherer Angaben zu den Quellenverhältnissen sei auf WÄCHTER (1992) verwiesen.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Torfmoosquellen und der sonstigen Quellen nach Aquifern. Fast 80% aller Quellen mit Vorkommen von Torfmoosen befinden sich im Bereich des Osningsandsteins. Dieser feinkörnige, in der Zeit der Unterkreide aus Watt- und Ästuar-Sandschüttungen entstandene Quarzsandstein (GEOLOGISCHES LANDESAMT 1986) erreicht Mächtigkeiten bis 400 Meter und bildet heute den Hauptkamm des Teutoburger Waldes. Der Aquifer weist i.d.R. außerordentlich gering mineralisiertes (Gesamthärte meist 1-4 °d), saures, eisenhaltiges Grundwasser auf (FARRENSCHON 1986, 1990; KOCH & MICHEL 1979; THIERMANN

1970). Die pH-Werte liegen meist zwischen 5 und 7. Insbesondere in immissionsbelasteten Bereichen kännen sie z.Tl. aber um 4 liegen (LETHMATE 1990, BÖRGEL et al. 1993).

	Torfmoos-	Quellen	sonstige	Quellen
	Summe	%	Summe	%
Osningsandstein	123	79,4	143	41,1
Oberkreide	6	3,9	61	17,5
Muschelkalk	1	0,6	20	5,7
sonstige	16	10,3	67	19,3
keine Angaben	9	5,8	57	16,3
Gesamt	155	X	348	X

Abb. 1: Verteilung der Torfmoosquellen nach Aquifern

Die Konzentration der Torfmoosquellen mit ihren überwiegend acidophilen Arten der Moose und Höheren Pflanzen auf diesen Aquifer macht einen Zusammenhang mit dem sauren Quellwasser bzw. Untergrund sehr wahrscheinlich. Dieser Faktor allein kann zur Bildung von Torfmoosquellen aber nicht ausreichend sein; immerhin finden sich 20% dieser Quellen auch außerhalb des Osningsandstein, in wenigen Fällen sogar im Bereich von Oberkreidekalksteinen und dem Muschelkalk. Auch kommen an 54% der untersuchten Quellen im Osningsandstein keine Sphagnen vor.

5.2 Waldform

Buchenwälder stellen die potentielle natürliche und ursprüngliche Vegetation der Höhenzüge der Oberkreide dar. Der Bereich des Osningsandstein wurde ursprünglich von Eichen-Birkenwäldern sowie Eichen-Buchenwäldern eingenommen (BÜKER 1939; BURRICHTER 1953, 1973). Natürliche Fichtenareale (*Picea abies*) konnten im Teutoburger Wald bisher nicht nachgewiesen werden; die nächsten Vorkommen liegen am Harz und im Norddeutschen Flachland (SCHMIDT-VOGT 1987, SCHWAAR 1988).

Die Wälder wurden spätestens seit dem Hochmittelalter durch Holzentnahme, Niederwaldbewirtschaftung, Streunutzung, Waldweide und Schafhaltung übernutzt und stark in Mitleidenschaft gezogen. Zeichnungen und Holzstiche sowie Berichte des 16. bis 18. Jahrhunderts zeigen deutlich geschädigte Wälder (BÜKER 1939; OFFENBERG 1992, BURRICHTER 1952) und oft sogar völlig entwaldete und verheidete Höhenzüge. Erst an der Wende zum 19. Jahrhundert erfolgten umfangreiche Wiederaufforstungen.

Die Buche ist heute dominierende Baumart der Kalkhöhen. Insbesondere am Höhenzug des Osningsandstein werden indes weite Bereiche von Fichtenforsten eingenommen; westlich des Bocketals dominieren Kiefernforste. Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) kann im Untersuchungsgebiet wohl zumindest für das Betuletum pubescentis als bodenständig angesehen werden (vgl. BURRICHTER 1973).

	alle	Quellen	nur	Osningsandstein	nur sonstige	Gesteine
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Buche	1	0,6	1	0,8	-	-
Fichte	130	83,9	102	82,9	28	87,5
Kiefer	11	7,1	11	8,9	-	-
sonstige	13	8,4	9	7,3	4	12,5
Gesamt	155	100,0	123	100,0	32	100,0

Abb. 2: Verteilung der Torfmoosquellen nach Waldformen

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Torfmoosquellen nach der im engeren Quellumfeld dominierenden Baumart. An fast 84% aller Torfmoosquellen herrscht die Fichte vor, an weiteren 7% die Kiefer. In Laubwäldern treten Torfmoosquellen nur vereinzelt auf, meist im Kontaktbereich zu Erlenbruchwäldern. Sphagnen fehlen an Quellen der reinen Buchen- und Buchen-Eichenwälder.

Die starke Bindung an Nadelbäume, insbesondere die Fichte, muß neben einer Verdrängung konkurrierender quelltypischer Arten der Höheren Pflanzen durch die ganzjährig starke Beschattung auf die Eigenschaften des Oberbodens zurückgeführt werden (vgl. auch HINTERLANG 1992, 1994). Ist eine Ansiedlung von Moosen in lockeren Buchen- und Eichen-

laubauflagen kaum möglich, bietet die kompakte Lagerung von Fichtennadeln geeignete Substrateigenschaften. Eine weitere wichtige Standortvoraussetzung liegt in den geringen pH-Werten des humosen Oberbodens der Fichtenforste (vgl. NEUHÄUSL 1966, NEUMAYR 1971, RHEINHEIMER 1957), auf die die Moosflora durch fehlenden Kontakt mit tieferen Bodenschichten unmittelbar reagiert. RHEINHEIMER (1957) ermittelte für Rohhumus in Fichtenforsten Werte zwischen pH 3 und 4, wobei bei ungleichen Verhältnissen des Unterbodens keine großen Aciditätsunterschiede auftraten. Interessant ist diesbezüglich auch die Untersuchung von STÖCKER (1980), der die stärksten Versauerungen in Fichtenwäldern für 'organische Auflagen mit starker Vernässung' angibt. Ein analoges Beispiel von Torfmoosvorkommen in Kalkgebieten findet sich bei v.d.DUNK (1973) für Kalkschuttfächer am Plansee in Tirol. Er führt deren Bildung u.a. auf 'die dichte Nadelstreu der Latschen' zurück, die die basische Wirkung des Untergrundes neutralisiere.

Ob, bzw. inwieweit der Eintrag anthropogen erzeugter Säuren und Säurebildner aus der Atmosphäre die Standortbedingungen fördert, wurde nicht untersucht (siehe dazu: BEIERKUHNLEIN 1991).

5.3 Zusammenwirken der Faktoren

		Fichtenvorkommen	
		+	-
Osningsandstein	+	102	21 *
	-	28	4

Abb. 3: Anzahl der Torfmoosquellen in Abhängigkeit von Geologie und Waldform (* = davon 11 mal Kiefer).

Abbildung 3 zeigt das Zusammenwirken der Faktoren 'Geologie' und 'Waldform' an 155 Torfmoosquellen. Die Sphagnumvorkommen konzentrieren sich sehr deutlich an Quellen des Osningsandstein, an denen zugleich die Fichte im engeren Quellumfeld dominiert. Die sauren Verhältnisse sowohl des Quellwassers, als auch des Oberbodens führen hier gemeinsam zu einer besonderen Standortgunst. Die Torfmoose weisen dort meist Deckungen von 70-100% auf. Von den übrigen Torfmoosquellen des Osningsandstein liegen über die Hälfte in Kiefernforsten, deren Oberboden denjenigen der Fichtenforste hinsichtlich pH-Werte und Lagerung der Nadeldeposition ähnelt.

Bemerkenswert sind die wenigen Vorkommen von Sphagnen an Quellen der Kalkgebiete. Sie kommen dort überhaupt nur innerhalb von Fichtenforsten auf dicker und zugleich durchnäßter Nadelstreuauflage, die einen direkten Kontakt der Sphagnen mit dem Untergrund verhindert, vor; an Quellen innerhalb von Laubwäldern fehlen sie dagegen völlig. Auch sind sie in Bereichen der Fichtenforstquellen dort nicht vorzufinden, wo ein ganzjähriger und starker Abfluß eingetragene Nadelstreu abschwemmt; hier dominieren basiphile Arten. Manche der Quellen bieten dadurch ein reich strukturiertes Mosaik acidophiler (*Sphagnen, Plagiothecium undulatum, Deschampsia flexuosa, Polytrichum formosum* etc.) und basiphiler Arten (*Pellia endiviifolia, Palustriella commutata, Conocephalum conicum, Fissidens adianthoides* etc.) in enger Nachbarschaft, wie dies WÄCHTER (1993b) beschrieben hat.

Eine Bildung von Torfmoosquellen ist an die Kombination von saurem Ausgangsgestein und Nadeldepositionen gebunden. Nur in Ausnahmefällen kann einer der beiden Faktoren allein ausreichend günstige Standortvoraussetzungen bieten. Die Deckungsanteile der Sphagnen sind dann aber sehr gering, oft bilden sie nur voneinander isolierte, wenige Quadratzentimeter deckende Kleinstvorkommen.

6. Quellformen

Die Torfmoosquellen im Teutoburger Wald lassen sich vier Ausbildungsformen zuordnen, die sich nicht nur hinsichtlich der Vegetation, sondern auch nach Morphologie und Schüttungsverhalten deutlich voneinander abgrenzen lassen, auch wenn es Übergänge gibt.

6.1 Humide Form (Tabelle 2 des Anhangs)

62% der untersuchten Torfmoosquellen können der humiden Form zugerechnet werden. Diese Quellen liegen meist in flachen und wenig ausgeprägten Quellmulden. Die eigentliche Austrittsstelle des Wassers ist sehr klein und nimmt selten eine Fläche von mehr als einem Quadratmeter ein. Die Quellschüttung ist äußerst schwach, was auf die natürlichen Voraussetzungen, insbesondere die schmalen Aquiferausstriche, zurückzuführen ist. Lediglich einige Quellen im Einzugsbereich von Grundwasserentnahmestellen oder mit flächenhafter Bodenversiegelung im Grundwasserneubildungsbereich könnten eine anthropogen bedingt verminderte Schüttung aufweisen.

Berücksichtigt werden muß hier auch die verringerte Grundwasserneubildung unter Fichten aufgrund höherer Evapotranspiration (WOHLRAB et al. 1992), besonders wenn neben dem direkten Quellumfeld auch die Gebiete des Aquiferausstrichs weitflächig mit Fichtenforsten bedeckt sind. Die geringe Schüttung reicht i.d.R. nicht aus, um in oder direkt unterhalb der Quelle einen geschlossenen Wasserkörper zu bilden. Der Quellgrund ist lediglich feucht bis naß, dementsprechend gering der meist nur sickernde Abfluß. Speisen nicht mehrere eng benachbarte Quellen den Quellbach kommt es zumindest in den Sommermonaten häufig bereits auf den ersten 50 Metern zum Versickern des Wassers in den Untergrund der Quellbachtäler. Die direkten Quellbereiche bleiben dagegen ganzjährig zumindest durchfeuchtet. An den zahlreichen periodisch völlig austrocknenden Quellen im Teutoburger Wald konnten keine Torfmoose festgestellt werden. Das Trockenfallen der Quellen stellt einen limitierenden Faktor für die Ansiedlung der hygro- bis hydrophilen Sphagnumarten dar.

Die Quellbereiche sind direkt von Fichten umstellt, so daß Kronenschluß besteht. Nur vereinzelt befindet sich ein enger Lichtschacht über der Quelle. Selbst dann ist die Lichtstärke gering. Besonders innerhalb junger und noch nicht durchforsteter Fichtenbestände herrscht ganzjährig extreme Beschattung. Die Lichtstärke nimmt mit zunehmenden Alter der Bestände zu; auch dann erreichen Sonnenstrahlen die Quellen jedoch nur selten und kurzzeitig. Die Beschattung wird durch die überwiegend nordöstliche Exposition der Quellen verstärkt. Bei nicht zu hohen Fichtenbeständen stokken an den Quellbereichen oft einige Erlen, die sich als schmales Band auch am Quellbach entlangziehen.

Der Boden des Quellumfeldes ist mit einer geschlossenen und mehrere Zentimeter dicken Lage Fichtennadelstreu bedeckt und weitgehend vegetationsfrei; mit geringer Deckung kommen hier einzelne Exemplare oder kleine Bestände typischer Fichtenforstarten, wie *Deschampsia flexuosa, Dryopteris carthusiana, Mnium hornum, Polytrichum formosum* und *Rubus fruticosus* agg. vor. Der Untergrund im Bereich des Quellaustritts ist ebenfalls mit einer dicken Lage wenig zersetzter Fichtennadeln bedeckt, denen unmittelbar die Sphagnen aufsitzen. Meist kommt nur eine Torfmoosart pro Quelle vor; mit Deckungen zwischen 60 und 100 % füllt sie dann den gesamten Quellaustritt. In einigen Fällen ist eine weitere Torfmoosart mit geringer Deckung inselartig eingestreut (vgl. NEUMAYR 1971). Häufigste Arten sind *Sphagnum palustre* und *Sphagnum denticulatum*, seltener *Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum fallax*. Zum Quellrand hin, aber noch deutlich im feuchten Bereich, sind mit geringer Deckung *Polytrichum formosum, Mnium hornum, Plagiothecium undulatum, Pellia epiphylla* und *Rubus fruticosus* agg. zu finden. Im Übergangsbereich zum trockenen Umland treten *Blechnum spicant* und *Deschampsia flexuosa* hinzu. Ersteres hat an Quellen der Fichtenforste im Teutoburger Wald einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt.

6.2 Polytrichum commune-Form (Tabelle 3 des Anhangs)

Im Gegensatz zu den punktförmigen Quellbereichen der Humiden Form handelt es sich bei der Polytrichum commune-Form um mittel- bis großflächige Quellsümpfe, die 50 Quadratmeter und mehr einnehmen können. Die Quellbereiche sind flachgründig vermoort und mit geschlossenen Beständen von *Polytrichum commune* und Sphagnen bedeckt. Die Quellschüttung ist hier deutlich stärker als bei der typischen Form, so daß unterhalb der Quelle ein kräftig fließender Quellbach häufig ist. Selbst bei zurückgehender Schüttung in den Sommermonaten wirkt der vermoorte Untergrund und die dichte Moosschicht wie ein Schwamm, so daß auch dann noch hohe tiefgründige Nässe vorherrscht. Aufgrund der Flächigkeit dieser Quellform besteht über der Quelle kein Kronenschluß durch die umgebenden Fichten; lediglich einige an trockeneren Stellen eingestreute Erlen können eine teilweise Bedeckung bewirken. Diese Quellen sind dadurch deutlich heller. Direktes Sonnenlicht erreicht aber auch hier selten den Boden.

Abb. 4: Torfmoosquelle an der Nordseite der Noller Schlucht bei Dissen (August 1993)

Polytrichum commune ist im Quellbereich die dominierende Art mit Dekkungen um 50%. Daneben treten mehrere Torfmoosarten mit mittlerer Deckung auf, am häufigsten *Sphagnum palustre, Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum fallax*, etwas seltener *Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum denticulatum*. Dazu tritt oft *Sphagnum girgensohnii*, das in den drei anderen Quelltypen kaum auftritt. Mit einzelnen Individuen ist *Juncus effusus* eingestreut. An den weniger nassen Quellrändern sowie auf Resten in den Quellen liegenden und z.Tl. von Sphagnen überwachsenen Totholzes treten weitere Arten hinzu, wie *Polytrichum formosum, Dryopteris carthusiana, Rubus fruticosus* agg., *Plagiothecium undulatum, Mnium hornum, Pellia epiphylla* und *Blechnum spicant*. Im Gegensatz zu den übrigen Quellformen finden sich am Quellrand *Lonicera periclymenum* und *Ilex aquifolium*. Im Übergangsbereich zum trockenen Quellumfeld wachsen *Deschampsia flexuosa, Dicranella heteromalla, Vaccinium myrtillus* und *Oxalis acetosella*. Am Rande dieser Quellform konnte oft eine reiche Naturverjüngung von *Picea abies* beobachtet werden. Birkensämlinge entwickeln sich hier, wie bei den Quellen der humiden Form, nur bis maximal 10 cm Höhe und sterben dann ab. Junge Erlen wurden nicht vorgefunden. Die Polytrichum commune-Form ähnelt sehr der von NEUMAYR (1971) beschriebenen 'Polytrichum commune-Synusie'.

6.3 Kalk-Form (Tabelle 4 des Anhangs)

Die Kalkreichen Torfmoosquellen sind sehr selten und weit über den Teutoburger Wald verstreut. Sie treten im Bereich von Oberkreide und Muschelkalk sowie selten an Talquellen mit Speisung aus den quartären Deckschichten (Löß, Lößlehm) auf. Auch am Osningsandstein sind am Übergangsbereich zur Bückeberg-Folge kalkreiche Torfmoosquellen zu finden.

Die Schüttung dieser Quellen ist verhältnismäßig stark, die Austrittsstelle des Wassers meist klein. Die Quellen sind von Fichten umgeben, die sie stark beschatten. Einzelne Erlen können an Quelle und Quellbach vorhanden sein.

Quelle und Quellbach sind am Grund oft mit Kalksteinen bedeckt, die teilweise aus dem Wasser ragen. Hier und am Quellrand kommen Bestände basiphiler Arten vor, insbesondere *Chrysosplenium oppositifolium, Plagiomnium undulatum, Rhizomnium punctatum, Brachythecium rivula-*

re und *Thuidium tamariscinum*; außerdem *Oxalis acetosella*. Mit geringer Deckung kommen *Carex remota, Equisetum sylvaticum* und vereinzelt *Cratoneuron filicinum, Palustriella commutata, Conocephalum conicum, Fissidens adianthoides* und *Pellia endiviifolia* vor. Sphagnen fehlen hier völlig. Diese dominieren an stark vernäßten, aber vom geschlossenen Wasserkörper nicht erreichten Randbereichen von Quelle und Quellbach. Der Boden ist dort von einer dicken Schicht Fichtennadelstreu bedeckt. *Sphagnum palustre* und *Sphagnum fimbriatum* besiedeln die durchnäßte Streuschicht mit unterschiedlichsten Deckungen. Außerdem hat *Sphagnum squarrosum* hier seinen Verbreitungsschwerpunkt unter den vier Quellformen. *Sphagnum denticulatum, Sphagnum fallax, Sphagnum girgensohnii* und *Sphagnum capillifolium* kommen nicht vor. Mit geringer Dekkung wachsen neben den Sphagnen weitere acidophile Arten, wie *Mnium hornum, Pellia epiphylla, Polytrichum formosum, Plagiothecium undulatum* und *Blechnum spicant* sowie häufig *Eurhynchium praelongum* und *Brachythecium rutabulum*. An den Quellen der Kalk-Form findet sich auch das sonst sehr seltene Moos *Trichocolea tomentella* (vgl. HINTERLANG 1993, WÄCHTER 1993b).

Die enge Nachbarschaft von acidophilen und basiphilen Arten kann unmittelbar auf die Verteilung der Fichtennadelstreu zurückgeführt werden. Im Bereich starker Wasserführung werden die Nadeln abgeschwemmt; hier halten sich die kalkliebenden Moose und Höheren Pflanzen. Bei starker Nadeldeposition herrschen acidophile und acidotolerante Moose vor, bei zusätzlicher Durchnässung Sphagnen. Nähere Beispiele dieser Quellform gibt WÄCHTER (1993b).

7. Pflanzensoziologische Zuordnung

Die Untergesellschaft der torfmoosreichen Quellfluren wird erstmals von OBERDORFER (1938) als Caricetum fuscae polytrichetosum communis für den Nordschwarzwald beschrieben. Das Caricetum fuscae gibt er als 'eigentliche Flachmoorgesellschaft der Fichtenstufe', die Subassoziation als 'besonders charakteristisch für das eigentliche Fichtengebiet ' an, wo sie 'fast ausschließlich schwammig-nasse, langsam durchrieselte Quellaustritte besiedelt'. In der Folgezeit werden nur wenige weitere Aufnahmen veröffentlicht, wobei es zur Beschreibung verschiedenster Varianten (KÄSTNER 1941, vgl. auch v.d.DUNK 1972) und pflanzensoziologischer Zuordnungen

(MAAS 1959, SEBALD 1975) sowie Neubenennungen in Unkenntnis der Veröffentlichung von OBERDORFER kommt (SCHLÜTER 1966, 1970, HARM 1990). Eine ausführliche Beschreibung gibt erst HINTERLANG (1992).

Auch wenn die Aufnahme von OBERDORFER (1938) wohl nicht aus dem 'bodenständigen Fichtenwald' stammt (vgl. KÄSTNER 1941), kann das Caricetum fuscae polytrichetosum communis als typisch für Quellen im natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte angesehen werden.

Die Zuordnung der Polytrichum commune-Form zum Caricetum fuscae polytrichetosum communis muß allein aus dem Vorherrschen der Sphagnen und *Polytrichum commune* abgeleitet werden. Die übrigen Charakterarten konnten in den Aufnahmen im Teutoburger Wald nur selten (*Carex echinata*) oder gar nicht (*Carex canescens, Carex nigra, Viola palustris*) vorgefunden werden, wie dies ähnlich auch HINTERLANG (1992) für seine Aufnahmen beschreibt (vgl. auch SCHLÜTER 1970). Die Quellen der Polytrichum commune-Form stellen eine verarmte Form der Gesellschaft abseits ihres natürlichen Verbreitungsgebietes dar.

Noch einen Schritt extremer äußert sich die Artenarmut in den Quellen der humiden Form, in denen sogar das für die Untergesellschaft namensgebende Gemeine Widertonmoos weitgehend ausfällt und nur noch aus den Übergängen zwischen beiden Formen und der Sphagnendominanz auf die Gesellschaftszugehörigkeit geschlossen werden kann.

Die Aufnahmen der Kalk-Form ähneln sehr einigen von MAAS (1959), der ein Trichocoleëto-Sphagnetum eines Unterverbandes Sphagno-Cardaminion vorgeschlagen hatte sowie einer Aufnahme aus einer Quellmulde, die SCHLÜTER (1965) als 'Waldschachtelhalm-Fichtenforst' bezeichnet hat. Den Aufnahmen der Kalk-Form kann aber nicht der Rang einer eigenen Assoziation zuerkannt werden. Nach Artenzusammensetzung und -dekkung muß stattdessen eine Zuordnung zu den Cardamino-Chrysosplenietalia HINTERLANG 1992 - dort überwiegend zum Chrysosplenietum oppositifolii OBERDORFER ET PHILIPPI 1977 in OBERDORFER 1977 - vorgenommen werden, das allerdings durch das Eindringen von acidophilen Arten gestört ist. HINTERLANG (1992) beschreibt ähnliche Aufnahmen als 'Variante von *Sphagnum fallax*' des Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae OBERDORFER ET PHILIPPI 1977. Die Quellen der Kalkform stellen ein interessantes Bindeglied zwischen den natürlich im Untersuchungsgebiet vorkommenden Quellgesellschaften der Cardamino-

Chrysosplenietalia HINTERLANG 1992 bzw. Caricion remotae KÄSTNER 1940 und dem Caricetum fuscae polytrichetosum communis dar, wie weiter unten (8.7) noch näher dargelegt wird.

8. Entwicklungsmodell der Torfmoosquellen

Auch wenn langjährige Dauerbeobachtungen einzelner Quellen noch nicht durchgeführt wurden, lassen sich doch aus den vielfältig vorhandenen Ausbildungsformen Zusammenhänge und Entwicklungen ableiten. Im folgenden soll deshalb ein erster Versuch gemacht werden, die durch Umwandlung von Laubwald des Quellumfeldes in Fichtenforst ausgelösten Veränderungen in Quellbereichen chronologisch modellhaft für den Teutoburger Wald darzustellen.

8.1 Laubwaldstadium

Ausgegangen wird von einer für den Teutoburger Wald typischen kleinen Laubquelle eines Buchen- oder Buchen-Eichenwaldes im Einzugsbereich des Osningsandstein. Die Quellen sind während der Vegetationsperiode beschattet, im Winterhalbjahr dagegen hell bis besonnt. Buchen und/oder Eichen umstehen dicht die Quellmulde, so daß darüber Kronenschluß besteht. In der Quelle und am Quellbach kommen manchmal einzelne Erlen vor. Eine Strauchschicht ist allenfalls am Quellrand schwach ausgebildet (*Ilex aquifolium*). Die Quelle besitzt eine Fläche bis zu einem Quadratmeter und ist mit einer dicken Laubschicht bedeckt. Die Schüttung ist sehr gering. Meist sickert das Wasser lediglich schwach zwischen dem Laub hindurch oder stagniert gar; nur bei erhöhter Wasserführung im Frühjahr wird das Laub abgeschwemmt, so daß überhaupt der Quellgrund vorübergehend sichtbar wird. Die Vegetation ist schwach entwickelt. Von den Höheren Pflanzen - soweit überhaupt vorhanden - tritt *Carex remota* mit geringer Deckung auf, selten auch *Impatiens noli-tangere* und *Oxalis acetosella*. Mehrere Moosarten treten mit minimaler Deckung hauptsächlich an im Quellbereich liegendem Totholz hinzu, insbesondere *Mnium hornum, Brachythecium rutabulum* und *Eurhynchium praelongum*. An seltenen offenen Erdstellen und in der Quelle liegenden Steinen wachsen *Eurhynchium hians, Pellia epiphylla* und *Fissidens taxifolius*. Diese

Quellen sind i.d.R. dem Caricetum remotae (KÄSTNER 1941) SCHWICKERATH 1944 zuzurechnen.

Seltener kommen stark schüttende Quellen vor, bei denen die Wasserbewegung dauernd ausreicht, die Laubschicht flächig abzuschwemmen und größere durchfeuchtete Bereiche entstehen zu lassen. Hier tritt *Chrysosplenium oppositifolium* mit hohen Deckungsraten auf. Dazu treten *Plagiomnium undulatum, Brachythecium rivulare, Rhizomnium punctatum*, gelegentlich auch *Equisetum sylvaticum* und *Geranium robertianum*. Diese Quellen sind zum Chrysosplenietum oppositifolii OBERDORFER ET PHILIPPI 1977 in OBERDORFER 1977 zu stellen. Sowohl das Chrysosplenietum oppositifolii, als auch das häufiger vorkommende Caricetum remotae gehören zu den natürlichen Pflanzengesellschaften des Teutoburger Waldes. In ihnen treten Sphagnen grundsätzlich nicht auf.

8.2 Kahlschlagstadium

Dieses Stadium wird ausgelöst durch einen Abhieb des die Quelle umgebenden Laubwaldes im Kahlschlagverfahren und anschließender Bepflanzung mit Fichten. Die forstwirtschaftlich unproduktiven Erlen bleiben dabei manchmal erhalten. Der Abhieb des Waldes bewirkt eine erhebliche Veränderung des Klimas im Quellbereich. Insbesondere die nun starke Besonnung sowie Nährstofffreisetzungen durch sich zersetzendes organisches Material (Äste und Rinde der geschlagenen Laubbäume sowie alte Laubschicht), das bei den Forstarbeiten oft in die Quellmulden verbracht wird, führen bei den schwach sickernden Quellen zur Einwanderung von Pflanzen der Schlagflurgesellschaften wie *Rubus fruticosus* agg., *Digitalis purpurea, Sambucus racemosa, Sorbus aucuparia, Epilobium angustifolium* und Gräsern, bei hohem Nährstoffeintrag auch *Urtica dioica*. Die erhöhte Nährstoffzufuhr dürfte auch ursächlich für die Ausbreitung der Moose *Brachythecium rutabulum* und *Eurhynchium praelongum* sein, die oft als großflächige Decken die Quellbereiche überziehen.

Die Gesamtdeckung der Vegetation nimmt insgesamt deutlich zu, an der die Arten des Laubwaldstadiums jedoch nur noch einen geringfügigen Anteil bilden, manchmal sogar völlig verschwinden. In den flächig durchfeuchteten Bereichen der stärker schüttenden Quellen können sich die Arten des Laubwaldstadiums weiter halten, wenn auch Deckung und Vitalität zurückgehen können. Erfolgt nach dem Abhieb eine Neubepflanzung mit

Buchen, kann sich die ursprüngliche Pflanzengesellschaft meist wieder regenerieren.

8.3 Stadium der jungen Fichtendickung

Das Kahlschlagstadium besteht nur kurz. Schon nach wenigen Jahren nimmt die Beschattung durch die rasch aufwachsenden eng gepflanzten Fichten wieder zu. Sobald sich Kronenschluß bildet, liegen die Quellen ganzjährig im Tiefschatten. Spätestens dann verschwinden sie meisten der ursprünglich hier vorkommenden Arten der höheren Pflanzen wie *Carex remota* und *Chrysosplenium oppositifolium*, ebenso die eingewanderten Arten des Kahlschlagstadiums. Lediglich Arten, die sowohl Beschattung ertragen, als auch auf der sich verstärkenden Rohhumusschicht wachsen können, bleiben erhalten. Mit hoher Deckung tritt weiterhin *Eurhynchium praelongum* auf, verstärkt auch *Mnium hornum*. Dazu breiten sich in den durchfeuchteten Bereichen der stark schüttenden Quellen *Plagiomnium undulatum* und *Rhizomnium punctatum* aus, ersteres an nassen Stellen oft als Massenbestand.

Ein Extrembeispiel dieses Stadiums gibt die in einer engen Talschlucht in Nordexposition innerhalb eines Fichtenforstes liegende und tief beschattete Untere Burlagenquelle bei R:344077, H:580739 am Kalkrieser Berg (Wiehengebirge) (KB.3614.22.15.Q). Auf zwei Quadratmetern Fläche liegt die Vegetationsbedeckung bei unter 1%, gebildet aus einzelnen Individuen von *Oxalis acetosella, Mnium hornum* und *Eurhynchium praelongum*, sämtlich mit geschwächter Vitalität. Eine nördlich davon bei R:344040, H:580776 in einer Fichtendickung gelegenen Quelle zeigt sogar überhaupt keine Vegetation mehr (KB.3514.43.05.Q). Sind an den stark schüttenden Quellen größere Bereiche so tiefgründig durchnäßt, daß sie für Fichten keine geeigneten Wuchsbedingungen bieten, kann sich über der Quelle ein Lichtschacht ausbilden. Das einfallende Streulicht ermöglicht dann oft eine reiche Moosflora.

8.4 Stadium des Fichtenforstes

Mit zunehmenden Alter der Fichten bringen Durchforstungen dann auch an den schwach schüttenden Quellen einen erhöhten Lichteintrag. Gleichzeitig baut sich am Boden mehr und mehr eine geschlossene Schicht aus schwach zersetzten Fichtennadeln auf; offene Erdstellen kommen nicht

mehr vor, wodurch weiteren evtl. noch vorhandenen Arten der Standort genommen wird (*Fissidens taxifolius, Eurhynchium hians* u.a.). *Eurhynchium praelongum* geht auf kleine Bestände zurück. *Plagiomnium undulatum* und *Rhizomnium punctatum*, die in der Phase der jungen Fichtendickung ein Maximum erreicht hatten, verschwinden wieder oder kommen nur noch in wenigen Exemplaren vor. Dafür wandern zahlreiche acidophile Arten ein (*Plagiothecium undulatum, Blechnum spicant, Deschampsia flexuosa, Dicranum scoparium*) oder breiten sich aus (*Polytrichum formosum, Oxalis acetosella*). *Mnium hornum* kann sich in den feuchteren Teilen der schwächer schüttenden Quellen jetzt als dominante Art ausbreiten. An den stärker schüttenden Quellen siedelt sich nun *Polytrichum commune* an.

8.5 Stadium der Humiden-Form

Wenn sich im Bereich der schwach schüttenden Quellen eine ausreichend mächtige und stark durchfeuchtete Nadelstreuschicht gebildet hat, bestehen geeignete Ansiedlungsbedingungen für Sphagnen. Zu den Erstbesiedlern gehären am häufigsten *Sphagnum palustre* und *Sphagnum denticulatum*, seltener *Sphagnum fallax* und *Sphagnum fimbriatum*. Erste Vorkommen treten meist in den Bereichen auf, die vorher von *Mnium hornum* beherrscht wurden. Hat sich eine Art einmal angesiedelt, breitet sie sich von kleinen Polstern ausgehend bald flächendeckend über die gesamte Quellmulde aus und verdrängt die übrigen Pflanzen an die Ränder. Auch weitere Sphagnumarten bleiben auf kleine Randvorkommen mit geringer Deckung beschränkt. Welche Art in einer Quelle dominiert, scheint primär von der Reihenfolge der Ansiedlung abhängig zu sein. Hat eine Art den optimalen Wuchsbereich einmal besetzt, wird weiteren Sphagnumarten eine Ansiedlung erschwert. Von *Mnium hornum* dominierte Flächen bleiben in den weniger feuchten, unmittelbar oberhalb der Sphagnenkomplexe liegenden und scharf von Ihnen abgegrenzten Bereichen manchmal erhalten.

Langfristige Beobachtungen, inwieweit es innerhalb der Sphagnen zu Artenverschiebungen kommt, konnten im kurzen Untersuchungszeitraum nicht gemacht werden. Bei gleichbleibendem Wasserdargebot dürfte aber mit der humiden Form eine weitgehend stabile Artenzusammensetzung vorliegen.

Abb. 5: Quellaustritt östlich der Silbermühle bei Horn mit reicher Naturverjüngung von *Picea abies* (September 1993).

8.6 Stadium der Polytrichum commune-Form

Die sumpfigen Bereiche der stärker schüttenden Quellen bieten *Polytrichum commune* optimale Wuchsbedingungen, so daß es sich zur dominanten Art entwickelt. Ähnlich wie bei der typischen Form treten jetzt Torfmoose hinzu. Insbesondere breitet sich *Sphagnum fallax* aus und kann Deckungen bis 50% erreichen.

Fraglich bleibt, ob sich auf Dauer die *Polytrichum commune*-Form auch aus der humiden Form entwickeln kann. Bei andauerndem Bewuchs von Quellen mit Sphagnen kommt es nach PRIEHÄUßER (1952) im nährstoff- und sauerstoffarmen Milieu der Sphagnum-Bestände zu einer zögernden Humuszersetzung, so daß sich langsam eine Humusdecke aus vertorfenden Sphagnum- und Carex-Resten aufbaut. Der sich dabei vergrößernde Torfmoos- und Torfkörper bewirkt eine zunehmende Speicherrück- und Stauhaltung des Quellwassers; selbst an den schwach schüttenden Quellen können sich so evtl. langfristig flächenhaft versumpfte Bereiche ausbilden.

Die enge Beziehung von Fichten zu Quellbereichen zeigt sich im übrigen darin, daß natürliche Arealvorposten von *Picea abies* oft zusammen mit Sphagnen und weiteren auch in dieser Untersuchung in Quellen festgestellten Arten (*Polytrichum commune, Juncus effusus* u.a.) auf grund- bzw. quellwasserbeeinflußten Standorten zu finden sind (vgl. GROßER 1959, BUCHWALD 1951). Insbesondere die Vegetationsaufnahmen der im eigentlichen Buchenwaldgebiet des Weser-Leine-Berglandes liegenden Arealvorposten bei Westerhof von SCHROEDER (1973) zeigen große Ähnlichkeit zu den Torfmoosquellen der Polytrichum commune-Form im Teutoburger Wald, auch wenn erstere deutlich artenreicher sind. Ränder der Quellmulden und Quellmoore bieten der mit der Buche konkurierenden Fichte einen deutlichen Standortvorteil und kommen wohl sowohl als Ausbreitungsinitiale, als auch als Rückzugsraum für Picea abies in Frage, auch wenn die unmittelbaren Quellbereiche keine eigene Baumschicht aufweisen. In Zusammenhang mit der reichen Naturverjüngung (vgl. auch MEYER (1991) für übrige Feuchtgebiete) ist ohne weiteres anthropogenes Zutun eine Stabilisierung des Caricetum fuscae polytrichetosum communis im Teutoburger Wald deshalb nicht auszuschließen, so daß *Picea abies* für quellnahe Standorte wohl evtl. zur potentiell natürlichen Vegetation i.S.d. Definition von BURRICHTER (1973) gerechnet werden könnte.

8.7 Gesellschaftsänderung als Phasenübergang

Das Caricetum remotae und das Chrysosplenietum oppositifolii können als stabile, mit der Umgebung vernetzte Systeme verstanden werden, denen die Funktion eines Attraktors i.S.d. Chaosforschung zuerkannt werden kann. Kleinere Störungen zeigen allenfalls vorübergehende Veränderungen und das System besitzt die Fähigkeit, diese auszugleichen und die Stabilität zu erhalten. Die Auswirkungen der Fichten, insbesondere die Versauerung, sind, sofern letztere nicht durch geologische Gegebenheiten (Kalkstein) minimiert wird, aber so stark, daß sie den Schwellenwert, der die Selbsterhaltung des Systems zuläßt, überschreitet. Die darauffolgende Entwicklung kann als Phasenübergang angesehen werden, bei dem Arten der vorherigen und der zukünftigen Gesellschaft miteinander konkurrieren und dabei unterschiedlichste Zusammensetzungen und Deckungen zeigen, bis sich dann mit dem Caricetum fuscae polytrichetosum communis, bzw. deren abgeschwächter Ausbildung der Quellen der humiden Form, eine neue stabile Phase ausbildet, die wiederum kleine Störungen ausgleichen kann. Bei den Kalkquellen kann die Versauerung durch den Untergrund und den Chemismus des Quellwassers soweit kompensiert werden, daß zwar Sphagnen und andere acidophile Arten die Möglichkeit bekommen, sich in Randbereichen mit meist geringen Deckungswerten anzusiedeln, das System aber nicht soweit gestört wird, daß diese sich großflächig ausbreiten und die natürlich vorhandenen Arten verdrängen können, d.h., daß die Störungen zum Auslösen eines Phasenüberganges nicht ausreichen. Die ursprüngliche Pflanzengesellschaft dieser Quellen bleibt, wenn auch vorübergehend in gestörter Form, erhalten und erkennbar; bei nachfolgender Rückwandlung in Buchenwald, dürften die zugewanderten Arten wieder verdrängt werden.

Es bleibt vorerst fraglich, inwieweit der Phasenübergang zum Caricetum fuscae polytrichetosum communis nach Umwandlung der Fichtenforste in Buchenwald reversibel ist und sich das Chrysosplenietum oppositifolii bzw. das Caricetum remotae zurückbilden können. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Angabe von HINTERLANG (1992), der bereits in älteren Fichtenforsten eine Rückwanderung von *Chrysosplenium oppositifolium* feststellt, was im Teutoburger Wald jedoch nicht beobachtet werden konnte.

Interessant sind auch Beobachtungen von Quellen niederschlagsreicher Gebiete als Moorbildungsinitiale durch JENSEN (1987, 1990) im Harz und durch PRIEHÄUßER (1952) im Bayerischen Wald sowie die Hypothese von Mooren als Klimaxgesellschaften auf Standorten ehemaliger durch Sphagnenausbreitung zurückgedrängter Nadelwälder (KLINGER et al. 1990).

Bemerkenswert ist im übrigen, daß sich zwar die Artenzusammensetzung in mehreren Phasen deutlich ändert, die neu hinzukommenden Arten aber in der Region heimisch sind und oft, wenn auch selten oder mit geringen Deckungen, in benachbarten Wald- oder Feuchtstandortgesellschaften zu finden sind. Neue, aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte stammende Arten wandern bisher nicht ein. Eine ähnliche Beobachtung machte bereits NEUHÄUSL (1966) (vgl. auch RHEINHEIMER 1957). Allenfalls *Plagiothecium undulatum* könnte evtl. als durch die Schaffung der Fichtenforste im letzten Jahrhundert eingewandert angesehen werden (vgl. PANKOW 1965). Hinweise auf evtl. allmählich erfolgende Artenkomplettierungen müßten aus Untersuchungsreihen zwischen dem Teutoburger Wald und dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte zu gewinnen sein.

9. Quellen der Molinia-Form (Tabelle 5 des Anhangs)

Eine Sonderform stellen die Molinia-Quellen dar, die im Teutoburger Wald auf Sandböden westlich des Bocketals vorkommen. Morphologisch tritt hier allein der Osningsandstein als schmaler Höhenzug hervor. Er erreicht zwar nur Höhen bis maximal 165 mNN, fällt aber nach Südwesten zur Münsterschen Bucht steil und z. Tl. mit Klippenbildungen ('Dreikaiserstuhl', 'Hockendes Weib', 'Dörenther Klippen') bis auf 80 mNN ab. Die Wasserscheide verläuft nahe des Steilabfalls. Nach Nordosten senkt sich der Höhenzug flach bis auf 50 mNN ins Tal der Ibbenbürener Aa ab. Die Nordosthänge sind durch tief eingeschnittene Täler gegliedert, die das Wasser zahlreicher Quellen aufnehmen. Der Osningsandstein wird hier von weichsel-kaltzeitlichen bis holozänen Flugdecksanden überlagert, die insbesondere in den Tälern große Mächtigkeiten erreichen. Die Talgründe sind oft auf ganzer Breite durchnäßt, wobei die oberste Bodenschicht aus schwarzgrauen, humosen und manchmal schwach vertorften Feinsanden gebildet wird. Die Hänge und Höhenlagen sind aufgrund der hohen Durchlässigkeit äußerst trocken und dürften ursprünglich Eichen-Birkenwald getragen haben. Sie sind heute überwiegend mit Kiefernforsten

(meist *Pinus sylvestris*) bestanden, in denen z.Tl. auch *Quercus robur, Betula pendula, Frangula alnus* und *Sorbus aucuparia* vorkommen. Fichtenforste sind selten; gelegentlich sind einzelne *Picea abies* an feuchteren Stellen in die Kiefernforste eingestreut. Die Krautschicht wird in unterschiedlichsten Zusammensetzungen aus Trockenzeigern wie *Vaccinium myrtillus, Erica tetralix, Hypnum cupressiforme, Deschampsia flexuosa, Dicranum scoparium, Rubus fruticosus* agg. und *Dryopteris carthusiana* gebildet. *Vaccinium myrtillus* und *Deschampsia flexuosa* treten häufig bestandsbildend und großflächig auf (siehe dazu auch LETHMATE 1990).

Die Talbereiche werden von Birkenbruchwald (Betuletum pubescentis Tx. 1937) eingenommen in dessen Baum- und Strauchschicht *Betula pubescens, Betula pendula, Pinus sylvetris* und *Frangula alnus* dominieren. An den Rändern können *Quercus robur* und *Picea abies* hinzutreten. Die Baumschicht bewirkt zwar eine sommerliche Beschattung, ist aber meist so lückig, daß der Boden hell und stellenweise auch besonnt sein kann. In der Kraut- bzw. Moosschicht herrscht *Molinia caerulea* mit Deckungen bis über 90% vor; dazu treten vereinzelt *Dryopteris carthusiana, Calliergon stramineum* und *Aulacomnium palustre*. An nassen Stellen sind mit geringer Deckung verschiedene Sphagnen eingestreut, am häufigsten *Sphagnum fallax, Sphagnum palustre, Sphagnum fimbriatum und Sphagnum denticulatum*. Hinzu tritt *Sphagnum capillifolium. Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum girgensohnii* kommen nicht vor. Häufig ist auch *Polytrichum commune*. Ist dieses bei Quellen der Polytrichum commune-Form flächendeckend ausgebildet, hat es hier den Rang an *Molinia caerulea* abgetreten und bleibt auf Einzelpflanzen oder kleine Horste an den nassesten Stellen zwischen den Sphagnen beschränkt. An trockeneren Stellen treten weitere Arten hinzu, vor allem *Vaccinium myrtillus, Hypnum cupressiforme, Erica tetralix* und *Polytrichum formosum*.

Die Quellen liegen meist im Übergangsbereich zwischen trockenem Fichtenforst und Birkenbruch. Der Teutoburger Wald weist westlich des Bokketals die geringsten Niederschläge auf. Daher zeigt die Quellschüttung deutlich niederschlagsabhängige Schwankungen. Nach längeren Niederschlagsperioden, vor allem in den Wintermonaten, strömt das Quellwasser durch Bachrinnen ab, überflutet aber auch teilweise die Talbereiche, die tiefgründig durchnäßt werden, sofern nicht anthropogen geschaffene Gräben einen Wasserabzug ermöglichen. Besonders in den Sommermonaten versiegen viele Quellen völlig. Der Oberboden trocknet dann flächig ab

und nur in tieferen Partien bleiben feuchte bis nasse Stellen zurück. Die Vegetation der Quellen zeigt in der Moos- und Krautschicht sowohl die o.g. Arten des Birkenbruchs, als an den Rändern auch diejenigen des trokkenen Kiefernforstes. Je nach Ausprägung und Feuchtigkeitsverhältnissen treten unterschiedlichste Mengenanteile auf. In den feuchteren Quellbereichen dominiert *Molinia caerulea*, zwischen der Sphagnen und *Polytrichum commune* dichte Bestände bilden. Anders als bei den übrigen oben beschriebenen Quellformen, die keine eigene Baumschicht aufweisen, können in den Quellen der Molinia-Form gelegentlich Bäume wurzeln, meist *Betula pubescens*. Verschiedene in den übrigen Quellformen sehr stetige Arten treten nicht oder nur vereinzelt mit geringer Deckung auf (*Plagiothecium undulatum, Pellia epiphylla, Blechnum spicant, Oxalis acetosella, Dicranella heteromalla); Ilex aquifolium* und *Lonicera polyclymenum*, beide an Quellen der Polytrichum commune-Form auftretend, fehlen ebenfalls. Diese Arten sind auf den Rohhumus der luftfeuchten Fichtenforste angewiesen und finden auf dem Sanduntergrund keine geeigneten Wuchsbedingungen.

Ähnliche Vorkommen des Betuletum pubescentis in Quelltälern wurden von BÜKER (1939) für den Raum Hagen im Teutoburger Wald und DINTER (1982) für die Niederrheinischen Sandplatten beschrieben. BÜKER (1939) verzeichnet eine interessante Aufnahme aus dem Osningsandstein am Schollbruch bei Meyer zu Mecklendorf (TK 3813) und schreibt dazu: '[Die] Aufnahme, die in einem quelligen nährstoffarmen Tälchen gemacht wurde - es handelt sich wohl um ein sehr stark verarmtes Juncetum acutiflori - dürfte als Initial-Stadium des Birkenbruchs anzusehen sein'. Ob, bzw. inwieweit es bei den Quelltälern der Molinia-Form zu einer Sukzession der Gesellschaftsabfolge - evtl. auch im Hinblick auf die ehemalige Degradation und Verheidung der bodenständigen Wälder - kommt, kann aber aufgrund der geringen Datenlage noch nicht entschieden werden. Die Quellvegetation der Sandgebiete, insbesondere im Bereich von erhaltenen Eichen-Birkenwäldern, sollte zukünftig verstärkt untersucht werden.

10. Zusammenfassung

Im Naturraum Teutoburger Wald wurden flächendeckend die Vorkommen von Sphagnen in Quellbereichen untersucht. 10 Torfmoosarten wurden aufgefunden. Die Torfmoosquellen können in vier Formen gegliedert wer-

den. Die Vegetation der Quellen der Polytrichum commnune-Form läßt sich dem im Teutoburger Wald nicht bodenständigen Caricetum fuscae polytrichetosum communis OBERDORFER 1938 zuordnen, dem auch die Quellen der humiden Form als stark verarmte Ausprägung angehören. Die ursprünglichen Gesellschaften des Caricion remotae KÄSTNER 1940 werden nach der Anpflanzung von Fichten im Bereich des Höhenzugs des Osningsandstein vom Caricetum fuscae polytrichetosum communis abgelöst, wofür die Kombination von saurem Ausgangsgestein und Fichtennadeldeposition ursächlich ist. Diese Entwicklung wird modellhaft beschrieben, wobei die Gesellschaftsabfolge als Phasenübergang i.S.d. Chaosforschung verstanden wird. Dabei stellen die Torfmoosquellen der Kalkgebiete ein Bindeglied zum Verständnis der Entwicklung dar; in die Quellen des Chrysosplenietum oppositifolii OBERDORFER ET PHILIPPI 1977 in OBERDORFER 1977 können Torfmoose zwar eindringen, die puffernde Wirkung des basischen Untergrundes läßt einen Phasenübergang zum Caricetum fuscae polytrichetosum communis aber nicht zu. Quellen der Molinia-Form im Übergangsbereich zwischen trockenen Kiefernforsten und dem Betuletum pubescentis Tx. 1937 werden für die Sandgebiete im westlichen Teutoburger Wald beschrieben.

11. Danksagung

Für die Durchsicht des Manuskripts, die Zurverfügungstellung von Daten und technische Hilfe sei folgenden Personen und Institutionen herzlichst gedankt: BIOLOGISCHE STATION SENNE (Stukenbrock), Brigitte BLENK (Hagen), Bärbel DANNECKER (Steinhagen), Silke DITTMANN (Bielefeld), Michael GRUNDMANN (Bielefeld), Ina HÄRTEL (Bielefeld), Dr. Dirk HINTERLANG (Recklinghausen), Peter RÜTHER (Bielefeld). Herrn Johannes VOGEL (Cambridge) danke ich für die Übertragung des Abstract ins Englische.

12. Literatur

ANDERSSON, H. (1989): North-West European Sphagna, Kungälv.

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

BLENK, B. (1986): Über das Vorkommen von Moosen in Quellregionen sauerländischer Bäche, Der Sauerländische Naturbeobachter, **18**:59-90, Lüdenscheid.

BÖRGEL, C.; LETHMATE, J.; SOMMERMEYER, J.; STRUCK, T. (1993): Blei im Quellwasser, Biologie in unserer Zeit, **1**:63-70, Weinheim.

BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie (2.Aufl.), Wien.

BUCHWALD, K. (1951): Wald- und Forstgesellschaften der Revierförsterei Diensthoop, Forstamt Syke b. Bremen, Angewandte Pflanzensoziologie, **1**:5-72 u.Tab., Stolzenau.

BÜKER, R. (1939): Die Pflanzengesellschaften des Meßtischblattes Lengerich in Westfalen, Abh. Landesmus. Naturkd. der Provinz Westfalen, 10:1-108 und Tafeln, Münster (Westf.).

BURRICHTER, E. (1952): Wald- und Forstgeschichtliches aus dem Raum Iburg, Natur und Heimat, **12**(2):33-45, Münster(Westf.).

BURRICHTER, E. (1953): Die Wälder des Meßtischblattes Iburg, Teutoburger Wald, Abh. Landesmus. Naturkd. zu Münster in Westfalen, **15**.Jg., H.3, S.3-92, Münster (Westf.).

BURRICHTER, E. (1973): Die potentiell natürliche Vegetation in der Westfälischen Bucht, Siedlung und Landschaft in Westfalen, 8, Münster (Westfalen).

CORLEY, M.F.V.; CRUNDWELL, A.C. (1991): Additions and amendments to the mosses of Europe and the Azores, J.Bryol., **16**:337-356, Oxford.

CORLEY, M.F.V.; CRUNDWELL, A.C.; DÜLL, R.; HILL, M.O.; SMITH, A.J.E. (1981): Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature, J. Bryol., **11**:609-689, Oxford.

CRUM, H. (1984): North American Flora, Sphagnopsida, Sphagnaceae, Series **II**, Part **11**, New York.

DANNECKER, B. (1994): Das Quellbiotop-Programm der Stadt Bielefeld, LÖBF-Mitteilungen, 1:33-38, Recklinghausen.

DINTER, W. (1982): Waldgesellschaften der Niederrheinischen Sandplatten, Dissertationes Botanicae, **64**:1-111, Vaduz.

DIRKSE, G.M. (1987): De veenmossen (Sphagnum) van Nederland I. Sectio Subsecunda, Lindbergia, **13**:165-169, Kopenhagen.

DÜLL, R. (1980): Die Moose (Bryophyta) des Rheinlandes (Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland), Decheniana, Beih. **24**:1-365, Bonn.

DÜLL, R. (1990): Exkursionstaschenbuch der Moose, 3.Aufl., Bad Münstereifel.

DÜLL, R. (1991): Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen, Scripta Geobotanica, **18**:175-214, Göttingen.

DÜLL, R.; MEINUNGER, L. (1989): Deutschlands Moose, Bad Münstereifel.

DUNK, K.v.d. (1972): Moosgesellschaften im Bereich des Sandsteinkeupers in Mittel- und Oberfranken, Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth, **14**:7-101, Bayreuth.

DUNK, K.v.d. (1973): Bemerkenswerte Moosgesellschaften am Eibee/Obb. und Plansee/Tirol, Jb. d. Ver. z. Schutz d. Alpenpflanzen u. -tiere, **38**:80-93, München.

DUNZENDORFER, W. (1974): Pflanzensoziologie der Wälder und Moore des oberösterreichischen Böhmerwaldes, Natur und Landschaftsschutz in Österreich, **3**:1-110 u.Tab., Linz.

ELBERTZ, M.; GRÖVER, W.; DÖREN, K.; MÜHLENHOFF, S. (1994): Quellschutz im Kreis Gütersloh, LÖBF-Mitteilungen, **1**:39-44, Recklinghausen.

FARRENSCHON, J. (1986): Erläuterungen zu Blatt 4019 Detmold der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Krefeld.

FARRENSCHON, J. (1990): Erläuterungen zu Blatt 4119 Horn-Bad Meinberg der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Krefeld.

FRAHM, J.-P.; FREY, W. (1987): Moosflora, 2.Aufl., Stuttgart.

GAMS, H. (1957): Die Moos- und Farnpflanzen, Kleine Kryptogamenflora IV, 4.Aufl., Stuttgart.

GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1986): Erläuterungen zu Blatt C 3914 Bielefeld der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100 000, Krefeld.

GRIMME, A. (1936): Die Torf- und Laubmoose des Hessischen Berglandes, Repert. spec. nov. regni vegetabilis, Beih. **XCII**:1-135, Dahlem.

GROLLE, R. (1983): Hepatics of Europe including the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature, J.Bryol., **12**:403-459, Oxford.

GROßER, K.H. (1956): Die Vegetationsverhältnisse an den Arealvorposten der Fichte im Lausitzer Flachland, Arch. f. Forstw., **5**:258-295, Berlin.

GRUNDMANN, M.; WÄCHTER, H.J.; HÄRTEL, I. (1992): Die Moose der Bielefelder Fließgewässer Teil I (Verbreitung), Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend, **33**:93-133, Bielefeld.

HARM, S. (1990): Kleinseggenriede (Scheuchzerio-Caricetea fuscae) im Südwest-Harz, Tuexenia, **10**:173-183, Göttingen.

HILL, M.O.; PRESTON, C.D.; SMITH, A.J.E. (1992): Atlas of the Bryophytes of Britain and Ireland, Volume **2**. Mosses, Colchester.

HINTERLANG, D. (1992): Vegetationsökologie der Weichwasserquellgesellschaften zentraleuropäischer Mittelgebirge, Crunoecia, **1**:5-117, Solingen.

HINTERLANG, D. (1993): Zwei Funde von *Trichocolea tomentella* im südlichen Arnsberger Wald, Natur und Heimat, **53**(4):117-120, Münster.

HINTERLANG, D. (1994): Von Bäumen, Kräutern und Moosen an Quellen, LÖBF-Mitteilungen, **1**:18-23, Recklinghausen.

JENSEN, U. (1987): Die Moore des Hochharzes - Allgemeiner Teil, Naturschutz u. Landschaftspfl. Niedersachsen, **15**:1-93, Hannover.

JENSEN,U.(1990): Die Moore des Hochharzes - Spezieller Teil, Naturschutz u. Landschaftspfl. Niedersachsen, 23:1-116, Hannover.

JÖDICKE, R. (1992): Die Torfmoosflora (Sphagnum L.) im Naturschutzgebiet 'Krickenberger Seen', Natur am Niederrhein (N.F.), 7(2):51-61, Krefeld.

KÄSTNER, M. (1941): Über einige Waldsumpfgesellschaften, ihre Herauslösung aus den Waldgesellschaften und ihre Neueinordnung, Beitr. Bot. Centralblatt, 61B:137-207.

KLINGER, L.F.; ELIAS, S.A.; BEHAN-PELLETIER, V.M.; WILLIAMS, N.E. (1990): The bog climax hypothesis: fossil arthropod and stratigraphic evidence in peat sections from southeast Alaska, USA, Holarctic ecology, **13**:72-80, Kopenhagen.

KOCH, M.; MICHEL, G. (1979): Erläuterungen zu Blatt C 4314 Gütersloh der Hydrogeologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100 000, Krefeld.

KOPPE, F. (1939): Die Moosflora von Westfalen III, Abh. Landesmus. Prov. Westfalen, Mus. f. Naturkunde, **10**:3-102, Münster (Westf.).

KOPPE, F. (1952): Nachträge zur Moosflora von Westfalen, Ber. Naturwiss. V. Bielefeld u. Umgegend, **12**:61-95, Bielefeld.

KOPPE, F. (1964): Die Moose des Niedersächsischen Tieflands, Abh. naturw. V. Bremen, **36**:237-424, Bremen.

KOPPE, F. (1965): Zweiter Nachtrag zur Moosflora von Westfalen, Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend, **17**:17-57, Bielefeld.

LETHMATE, J. & B. (1990): Immissionsökologische Untersuchungen im Birgter Berg (nordwestlicher Teutoburger Wald), Osnabrücker naturwiss. Mitt., **16**:157-186, Osnabrück.

LUDWIG, G. (1988): Exkursionsbestimmungsschlüssel der Sphagnen Europas (Manuskript), Bonn.

MAAS, F.M. (1959): Bronnen, Bronbeken en Bronbossen van Nederland, in het bijzonder die van de Veluwezoom, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, **59**:1-166, Wageningen.

MEINUNGER, L. (1992): Florenatlas der Moose und Gefäßpflanzen des Thüringer Waldes, der Rhön und angrenzender Gebiete, Hausknechtia Beiheft, **3/1**, Textteil, Jena.

MEUSEL, H. & BUHL, A. (1968): Verbreitungskarten mitteldeutscher Leitpflanzen, Wiss. Z. Univ. Halle, **17**:377-439, Halle.

MEYER, A. (1991): Zur Bedeutung der Fichte in der Naturverjüngung des Naturwaldreservates 'Friedrichshäuser Bruch' im Solling, NNA-Berichte, **4**(2):135-138, Schneverdingen.

MÖLLMANN, G. (1901): Beitrag zur Flora des Regierungsbezirks Osnabrück. Die Moose, Jb. d. Naturwiss. V. zu Osnabrück, **14**: 25-82, Osnabrück.

NEUHÄUSL, R. (1966): Fichtenanbau in der Fagion-Stufe und die dadurch verursachten Vegetations- und Standortsänderungen, Anthropogene Vegetation, Bericht über das internationale Symposium in Stolzenau/ Weser 1961, S.348-356, Den Haag.

NEUMAYR, L. (1971): Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes, Hoppea, **29/1**:1-364, Regensburg.

NOWAK, S. (1956): Beiträge zur Moosflora der weiteren Umgebung von Hannover, Beitr. Nat. Niedersachsen, **9**:90-94, Hannover.

NYHOLM, E. (1981): Illustrated Moss Flora of Fennoskandia, II Musci, Fasc.**6**, Kungälv.

OBERDORFER, E. (1938): Ein Beitrag zur Vegetationskunde des Nordschwarzwaldes, Beitr. naturkdl. Forsch. Südwestdeutschland, 3:150-270, Karlsruhe.

OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora (5.Aufl.), Stuttgart.

OFFENBERG, K. (1992): Eine Walddarstellung aus der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, Unser Kreis 1993, Jahrbuch für den Kreis Steinfurt, Steinfurt.

PANKOW, H. (1965): Die Verbreitung und das soziologische Verhalten von *Plagiothecium undulatum* (L. ap. Hedw.)Br. eur. in Mecklenburg, Feddes Repert., **70**:170-179, Berlin.

PRIEHÄUßER, G. (1952): Über die Entwicklung von Auen, Filzen und anderen Waldvernässungen im Bayerischen Wald, Mitt. Staatsforstverwaltung Bayern, **27**:9-71, München.

REHFUESS, K.A. (1990): Waldböden, Hamburg.

REIMERS, H. (1956): Zweiter Nachtrag zur Moosflora des südlichen Harzvorlandes I, Feddes Repert., S.145-156, Berlin.

RHEINHEIMER, G. (1957): Über die Standorte der Moosvegetation in Nadelholzforsten bei Hamburg, Mitt. Staatsinstitut allg. Botanik Hamburg, **11**:89-136, Hamburg.

SCHLÜTER, H. (1965): Vegetationskundliche Untersuchungen an Fichtenforsten im Mittleren Thüringer Wald, Die Kulturpflanze, **13**:55-99, Berlin.

SCHLÜTER, H. (1966): Vegetationsgliederung und -kartierung eines Quellgebietes im Thüringer Wald als Grundlage zur Beurteilung des Wasserhaushaltes, Arch. Naturschutz und Landschaftsforschung, **6**:3-44.

SCHLÜTER, H. (1970): Vegetationskundlich-synökologische Untersuchungen zum Wasserhaushalt eines hochmontanen Quellgebiets im Thüringer Wald, Wiss. Veröff. Geogr. Inst. Dt. Akad. Wiss, **27/28**:23-146.

SCHMIDT, C. (1992): Bemerkenswerte Moosfunde in Westfalen und angrenzenden Gebieten, Flor. Rundbr., **26**(2):125-136, Bochum.

SCHMIDT-VOGT, H. (1987): Die Fichte, Bd.1, Hamburg.

SCHROEDER, F.G. (1973): Westerhof, ein natürliches Fichtenvorkommen westlich des Harzes, Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges., **66**:9-38, Hannover.

SCHWAAR, J. (1988): Nacheiszeitliche Waldentwicklung in der Lüneburger Heide, Jb. Naturw. V. Lüneburg, **38**:25-46, Lüneburg.

SEBALD, O. (1975): Zur Kenntnis der Quellfluren und Waldsümpfe des Schwäbisch-Fränkischen Waldes, Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, **34**:295-327, Karlsruhe.

SMITH, A.J.E. (1980): The Moss Flora of Britain and Ireland, Cambridge.

STÖCKER, G. (1980): Beiträge zur ökologischen Charakterisierung naturnaher Berg-Fichtenwälder, Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung, **20**:65-89, Berlin.

STOLLE, E. (1938): Die Torfmoose Sachsens, Sitzungsberichte u. Abh. d. Naturwiss. Ges. ISIS in Dresden, Jg.1936 und 1937, Dresden.

STRUCKMEIER, W. (1990): Wasserhaushalt und Hydrologische Systemanalyse des Münsterländer Beckens, Wasser und Abfall, 45, Düsseldorf.

THIERMANN, A. (1970): Erläuterungen zu Blatt 3711 Bevergern der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Krefeld.

THIERMANN, A. (1979): Erläuterungen zu Blatt 3712 Tecklenburg der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000, Krefeld.

WÄCHTER, H.J. (1992): Quellenverhältnisse und Quellschädigung im Mittleren Teutoburger Wald, Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend, **33**:369-402, Bielefeld.

WÄCHTER, H.J. (1993a): Zur Moosflora eines Quellbachs der Hunte (Beitrag zur Moosflora von Niedersachsen), Ber. Naturhist. Ges. Hannover, **135**:147-154, Hannover.

WÄCHTER, H.J. (1993b): Zum Vorkommen von Torfmoosen in Quellen der Kalkgebiete, Crunoecia, **2**:65-68, Solingen.

WOHLRAB, B.; ERNSTBERGER, H.; MEUSER, A.; SOKOLLEK, V.(1992): Landschaftswasserhaushalt, Hamburg.

Anhang (Tabellen 1 bis 8)

Tab. 1: Die Moose der Torfmoosquellen und deren Vorkommen an 348 sonstigen Quellen des Teutoburger Waldes

	Torfmoos-	Quellen	sonstige	Quellen
	Σ	%	Σ	%
Anzahl der Quellen	**154**	x	**348**	x
Sphagnum palustre	97	63.0	-	-
Sphagnum fimbriatum	57	37.0	-	-
Sphagnum denticulatum	54	35.1	-	-
Sphagnum fallax	45	29.2	-	-
Sphagnum squarrosum	26	16.9	-	-
Sphagnum girgensohnii	8	5.2	-	-
Sphagnum capillifolium	8	5.2	-	-
Sphagnum quinquefarium	3	1.9	-	-
Sphagnum cuspidatum	2	1.3	-	-
Sphagnum flexuosum	1	0.6	-	-
Mnium hornum	96	62,3	166	47,7
Polytrichum formosum	96	62,3	23	6,6
Plagiothecium undulatum	53	34,4	6	1,7
Pellia epiphylla	49	31,8	47	13,5
Eurhynchium praelongum	41	26,6	84	24,1
Polytrichum commune	37	24,0	1	0,3
Hypnum cupressiforme	36	23,4	5	1,4
Brachythecium rutabulum	34	22,1	152	43,7
Dicranella heteromalla	34	22,1	26	7,5
Lophocolea heterophylla	33	21,4	16	4,6
Rhizomnium punctatum	20	13,0	85	24,4
Thuidium tamariscinum	19	12,3	11	3,2
Dicranum scoparium	18	11,7	2	0,6
Plagiomnium undulatum	15	9,7	82	23,6
Lophocolea bidentata	11	7,1	32	9,2
Atrichum undulatum	10	6,5	3	0,9
Scapania undulata	9	5,8	5	1,4
Brachythecium rivulare	8	5,2	56	16,1
Plagiothecium denticulatum	8	5,2	10	2,9
Plagiothecium laetum	8	5,2	6	1,7
Tetraphis pellucida	6	3,9	3	0,9
Lepidozia reptans	5	3,3	2	0,6
Trichocolea tomentella	5	3,3	2	0,6
Aulacomnium androgynum	5	3,3	1	0,3
Calliergonella cuspidata	4	2,6	9	2,6
Rhytidiadelphus squarrosus	4	2,6	4	1,1

	Torfmoos-	Quellen	sonstige	Quellen
	Σ	%	Σ	%
Leucobryum glaucum	4	2,6	1	0,3
Scleropodium purum	4	2,6	1	0,3
Cratoneuron filicinum	3	1,9	58	16,7
Conocephalum conicum	3	1,9	20	5,7
Palustriella commutata	3	1,9	15	4,3
Plagiomnium affine	3	1,9	12	3,4
Pellia endiviifolia	2	1,3	15	4,3
Philonotis fontana	2	1,3	2	0,6
Plagiochila asplenioides	2	1,3	2	0,6
Scapania nemorea	2	1,3	2	0,6
Aulacomnium palustre	2	1,3	-	-
Calliergon stramineum	2	1,3	-	-
Campylopus flexuosus	2	1,3	-	-
Campylopus pyriformis	2	1,3	-	-
Fissidens adianthoides	2	1,3	-	-
Riccardia multifida	2	1,3	-	-
Eurhynchium hians	1	0,6	39	11,2
Plagiothecium nemorale	1	0,6	10	2,9
Brachythecium velutinum	1	0,6	4	1,1
Calypogeia muelleriana	1	0,6	4	1,1
Chiloscyphus polyanthos	1	0,6	4	1,1
Marchantia polymorpha	1	0,6	3	0,9
Pseudotaxiphyllum elegans	1	0,6	3	0,9
Calypogeia neesiana	1	0,6	1	0,3
Calliergon cordifolium	1	0,6	-	-
Cephalozia bicuspidata	1	0,6	-	-
Dicranodontium denudatum	1	0,6	-	-
Dicranoweisia cirrata	1	0,6	-	-
Herzogiella seligeri	1	0,6	-	-
Pohlia nutans	1	0,6	-	-
Thuidium delicatulum	1	0,6	-	-

Tab. 2: Vegetationsaufnahmen von Quellen der Humiden Form

Nummer	1000120121012220120023332201112 1
	1279588392170455433610122640987 6
Aquifer	O OOJ OJOOFJJJOJJOOOJ OJOOOOJJ
	s ss s ssl s sss s ssss
Schüttung	IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
	IIIIIIIIIIIVIIIIIIIIIIIIIIIVIII
	II I I II I I
Licht	3332223143332333233231333233233 3
Waldform	FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
	iiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiii
	+ + + ++
Deckung (%)	1 1 1 1 1 11
	9097890989079888490899690900999 9
	0000000055000000000000500000050
Fläche (m^2)	1011230191032240120269126901126 5
	.....
	0500003000300003005000000550000 0
Datenzahl	0000000000000000000000011111111
	2444445555666667778999990000122 3
Polytrichum formosum	1+1.....3.++..++13+.+2+1+++3++++
Sphagnum palustre	5..435..34.433+12..43..455.++435
Deschampsia flexuosa	.3++..+...3....2.+32+++1++2.+++.
Dryopteris carthusiana	....+.++.3....+.++.++++.1++++++1
Mnium hornum	.....2.+2+.+333....++1.+.1..211+
Plagiothecium undulatum	..3...1...+..+.2.++.....+.+.+++.
Blechnum spicant	.....1.....++++.+++.+1
Juncus effusus	.....1..+....1...1..++++..+.+
Rubus fruticosus agg.	...23.....+++...+.....+.+.++.
Lophocolea heterophylla	.+...+.+....+.....+.....+1...+.
Sphagnum denticulatum	.....5....3...3...324.....+
Vaccinium myrtillus	.....+..++..+.+.+.....++
Hypnum cupressiforme	.....+..1.....++..1..+....+..
Pellia epiphylla	.....1.+.....++.3+.....
Dicranella heteromalla	.....++.....+..++.....
Oxalis acetosella	....+.....+.4.....++..
Sphagnum fallax	.....4...44.4.....1..4.3..
Sphagnum fimbriatum	..4.....2.....1.+...+
Rubus idaeus	.....+.....+.+..+.
Sphagnum girgensohnii	.....4.....3.....14.
Calluna vulgaris	.....+.....+.....+.....
Eurhynchium praelongum	.....+.....+..+
Lonicera periclymenum	...+.....2..+
Thuidium tamariscinum	.....+....+.....+
Dicranum scoparium	.....2.....+.....
Ilex aquifolium	.....+.....+.....
Lepidozia reptans	.....+.....+....
Sphagnum capillifolium	.4.....4.....
Lophocolea bidentata	.....+.....+...+
Sphagnum squarrosum	.....+.....4...
Sphagnum quinquefarium	.....4.....

Tab. 3: **Vegetationsaufnahmen von Quellen der Polytrichum commune - Form**

Nummer	41702856139
Aquifer	OOO OOOOOOO
	sss sssssss
Schüttung	II I I
	IIIIIIIIIII
	IIIIIIIIVV
Licht	33323132312
Waldform	FBEFFFFBFFF
	iiiiiiiiiii
	r r
Deckung(%)	111 111111
	40009000000
	00005000000
Fläche(m2)	15995473899
	.....
	00000000000
Datenzahl	00000111111
	56999112345
Polytrichum commune	34334443433
Dryopteris carthusiana	..+1+++21+1
Plagiothecium undulatum	1..+++..+++
Polytrichum formosum	+....2++++1
Sphagnum palustre	2.31.2..131
Mnium hornum	...1..+++++
Sphagnum fimbriatum	.11.21.+..1
Vaccinium myrtillus	.+1.+...+++
Juncus effusus	....1++++..
Sphagnum fallax	.3.4..3.31.
Deschampsia flexuosa	...++...+.+
Lophocolea heterophylla	.++.....++
Molinia caerulea	.2++....+..
Oxalis acetosella	....+.+++..
Pellia epiphylla	+....++..+.
Dicranella heteromalla	.....++.+
Dicranum scoparium	.....+.+..+
Ilex aquifolium	...1.....+1
Rubus fruticosus agg.	.....+..++
Sphagnum squarrosum	....+..3.1.
Blechnum spicant	.....+...+.
Deschampsia cespitosa	..+...+....
Eurhynchium praelongum	..+....+...
Hypnum cupressiforme	.....+.+...
Sphagnum denticulatum	.....+...3

Tab. 4: Vegetationsaufnahmen von Quellen der Kalk-Form

Nummer	1234567
Aquifer	OO
	OOKKOO
	ssrrss
Schüttung	IIIII
	IIIIIII
	IIIIIII
Licht	1122111
Waldform !	FF F
	iiFFiFF
	++ii+ii
Deckung(%)	11 1
	0078690
	0000000
Fläche(m2)	5855369
	.....
	0000000
Datenzahl	1111211
	4341244
Mnium hornum	142+1+2
Oxalis acetosella	222+3+3
Rhizomnium punctatum	11+1212
Pellia epiphylla	+1+.2+1
Brachythecium rutabulum	..2+++1
Carex remota	++..++1
Equisetum sylvaticum	+++.++.
Plagiomnium undulatum	..12332
Thuidium tamariscinum	11..143
Brachythecium rivulare	..111.1
Dryopteris carthusiana	+...+++
Eurhynchium praelongum	+++..1.
Plagiothecium undulatum	+++.+..
Polytrichum formosum	+++.+..
Sphagnum fimbriatum	52.++..
Sphagnum palustre	..++.22
Blechnum spicant	++..+..
Chrysosplenium oppositifolium	..341..
Sphagnum squarrosum	..112..
Trichocolea tomentella	...++.2
Deschampsia flexuosa	....+.1
Dicranum scoparium	++.....
Lonicera periclymenum	....++.
Lophocolea heterophylla	....++.
Rubus idaeus	....+.1

Tab. 5: Vegetationsaufnahmen der Quellen der Molinia-Form

Nummer	010000000011
	312458916702
Aquifer	OOO OOOOOOOO
	sss ssssssss
Schüttung	I II III
	IIIIIIIIIIII
	IIIIIIIIIIII
Licht	434333232343
Waldform	KKKFFKKFKKKK
	iiiiiiiiiiii
	eee ee eeee
Deckung(%)	111 11 11 1
	000 00990080
	000 00500000
Fläche(m2)	161 56556628
	... .
	000 00000000
Datenzahl	000000111111
	456899011123
Molinia caerulea	3445523442+2
Sphagnum fallax	1311.1.212+1
Hypnum cupressiforme	.+1++11.++21
Vaccinium myrtillus	313.++.+1+2+
Sphagnum palustre	3.2..14+2++1
Polytrichum commune	.2...1211113
Sphagnum fimbriatum	1111141
Sphagnum denticulatum	...2231.12..
Polytrichum formosum	....+..+++1+
Deschampsia flexuosa	.....11..12
Dryopteris carthusiana	.....+1..++
Juncus effusus	.....11.33..
Mnium hornum	...+....++1.
Erica tetralix	..+.+.2.....
Brachythecium rutabulum	...++.....
Dicranella heteromalla	...+...+....
Eurhynchium praelongum	....+.....1
Rubus fruticosus agg.	...+1.....
Sphagnum capillifolium	.....+...1
Scleropodium purum	.....++

Tab. 6: Abkürzungsverzeichnis und weitere Arten zu den Vegetationsaufnahmen der Tabellen 2 bis 5.

Abkürzungen:
zu Aquifer: Os = Osningsandstein, Fl = Flammenmergel, J = Jura, OK_r = Oberkreide; zu Schüttungsklasse: I = trocken, II = feucht, jedoch kein Abfluß, III = sickernde bis schwach fließende Abführung ohne durchgängig oberirdischen Wasserkörper, IV = stark fließende Abführung mit durchgängig oberirdischen Wasserkärper; zu Licht: 1 = voll beschattet, 2 = beschattet, 3 = beschattet, aber hell (Lichtschacht etc.), 4 = zeitweise besonnt, 5 = voll besonnt; zu Waldform: Fi = Fichten, Kie = Kiefern, Bir = Birken, Ei = Eichen, ein nachgestelltes + bedeutet, daß weitere Arten zu mehr als 30% eingestreut sind.

Weitere Arten zu Tabelle 2:
in 2: *Frangula alnus* +, *Plagiothecium laetum* +; in 3: *Polypodium vulgare* 1; in 4: *Brachythecium rutabulum* + *Potentilla erecta* 2; in 8: *Rhytidiadelphus squarrosus* 3; in 10: *Digitalis purpurea* +; in 12: *Bromus ramosus* 1, *Trientalis europaea* 1; in 16: *Herzogiella seligeri* +; in 18: *Calypogeia neesiana* +, *Leucobryum glaucum* +; in 19: *Chiloscyphus polyanthos* +, *Plagiomnium undulatum* +, *Eurhynchium hians* +; in 22: *Equisetum sylvaticum* +; in 23: *Epilobium angustifolium* +, *Molinia caerulea* +, *Erica tetralix* +; in 26: *Carex remota* 1, *Luzula sylvatica* 1, *Pteridium aquilinum* +; in 27: *Carex echinata* +, *Galium harcynicum* r; in 30: *Plagiomnium affine* +; in 31: *Deschampsia cespitosa* +, *Diplophyllum albicans* +, *Plagiochila porelloides* 2, *Riccardia incurvata* 1; in 32: *Deschampsia cespitosa* +.

zu Tabelle 3:
in 1: *Tetraphis pellucida* +; in 3: *Calypogeia muelleriana* 1, *Circaea lutetiana* +, *Glyceria fluitans* +, *Leucobryum glaucum* +; in 5: *Atrichum undulatum* +, *Plagiomnium affine* +, *Ranunculus flammula* +, *Thuidium tamariscinum* +, *Plagiomnium undulatum*; in 6: *Brachythecium rutabulum* +, *Scleropodium purum* +; in 7: *Sphagnum girgensohnii* 1, *Rubus idaeus* +, *Aulacomnium androgynum* +; in 8: *Campylopus flexuosus* +, *Galium harcynicum* +; in 9: *Equisetum sylvaticum*, *Lepidozia reptans* +, *Leucobryum glaucum* +; in 10: *Maianthenum bifolium* +; in 11: *Scapania undulata* +.

Fortsetzung Tabelle 6

zu Tabelle 4:
in 1: *Impatiens parviflora* 1; in 2: *Equisetum telmateia* +; in 3: *Sphagnum cuspidatum* +, *Polytrichum commune* +; in 4: *Festuca gigantea* +, *Geranium robertianum* 1, *Impatiens noli-me-tangere* 2, *Urtica dioica* +; in 5: *Rubus fruticosus* agg. 1, *Juncus effusus* +, *Dicranella heteromalla* +, *Vaccinium myrtillus* +, *Ilex aquifolium* +; in 6: *Plagiomnium affine* +; in 7: *Circaea intermedia* +, *Palustriella commutata* 2, *Plagiochila asplenioides* +.

zu Tabelle 5:
in 1: *Calluna vulgaris* +, *Plagiothecium undulatum* +; in 5: *Pteridium aquilinum* 1, *Equisetum sylvaticum* +; in 6: *Pellia epiphylla* +, *Calliergon stramineum* +; in 12: *Aulacomnium palustre* 1, *Lophocolea bidentata* +, *Rhytidiadelphus squarrosus* +.

Tab. 7: Fundortverzeichnis der Vegetationsaufnahmen
(Aufnahmenummer, Quellnummer, Rechts, Hoch, Lage)

Bei den Quellnummern bedeuten: TW = Teutoburger Wald, SD = Sauerland, WB = Wiehengebirge; die ersten sechs Ziffern geben Nummer und Viertelquadrant der Topographischen Karte 1:25 000 wieder.

zu Tabelle 2:

1. TW.3814.23.19.Q, 34388, 57815, Nordhang des Hohns-Berges
2. TW.3814.23.13.Q, 34382, 57820, Limberg, SW vom Zeppelinstein
3. TW.3814.23.12.Q, 34382, 57820, Limberg, SW vom Zeppelinstein
4. TW.4017.21.03.Q, 34728, 57603, Ebberg
5. TW.3712.41.02.Q, 34167, 57887, südlich Schulte-Laggenbeck
6. TW.4018.13.02.Q, 34790, 57575, Tönsberg-Nordhang
7. TW.3814.14.04.Q, 34370, 57822, Nordosthang des Limbergs
8. TW.3814.23.20.Q, 34391, 57820, ö. d. Zeppelinsteins
9. TW.4018.13.05.Q, 34791, 57575, Tönsberg-Nordhang
10. TW.4017.12.02.Q, 34670, 57616, Ebberg, westlich Ingeborn
11. TW.3814.14.05.Q, 34370, 57822, Limberg-Nordwesthang
12. TW.4017.12.03.Q, 34694, 57614, Ebberg, s.v. 'Sieben Wege'
13. TW.3813.22.04.Q, 34296, 57836, Tal n.d. Teufelsquelle
14. TW.3713.14.03.Q, 34243, 57919, Hagenberg
15. TW.4018.13.03.Q, 34791, 57575, Tönsberg-Nordhang
16. TW.3713.14.02.Q, 34246, 57919, Nebenquelle des Baumbachs
17. TW.4119.23.02.Q, 34960, 57461, Wiehagen-Südhang oberh. Teich
18. TW.4119.23.08.Q, 34963, 57461, Quelle w. d. Silbermühle
19. TW.3814.21.01.Q, 34382, 57835, Musenberg-Nordosthang
20. TW.3713.14.04.Q, 34246, 57920, Nebenquelle des Baumbachs
21. TW.3815.13.03.Q, 34445, 57799, Noller Schlucht, Nordhang
22. TW.3815.31.04.Q, 34448, 57796, Noller Schlucht, Nordhang
23. WB.3716.12.01.Q, 34579, 57946, Nebenquelle des Kalbsieksbach
24. WB.3716.11.02.Q, 34562, 57953, Palsterkamp
25. WB.3716.11.04.Q, 34563, 57954, Palsterkamp
26. WB.3716.11.03.Q, 34554, 57961, Palsterkamp
27. WB.3716.11.01.Q, 34557, 57962, Palsterkamp
28. WB.3616.33.01.Q, 34550, 57970, Quelle ö.d. Wildsteins
29. WB.3615.31.02.Q, 34448, 58016, Krebsburg
30. WB.3615.31.01.Q, 34445, 58011, Krebsburg

31. SD.4516.42.01.Q, 34645, 57001, Osthang des Glennetals
32. SD.4517.31.01.Q, 34655, 57009, Quelle an Glenne-Seitenbach

zu Tabelle 3:

1. TW.4018.41.01.Q, 34838, 57557, Quellmoor s.v. Hörster Bruch
2. TW.4119.41.03.Q, 34971, 57449, Quelle an der Lippischen Rose
3. TW.3712.42.03.Q, 34191, 57887, Sundern
4. TW.3814.23.07.Q, 34389, 57817, Quelle sö. d. Zeppelinsteins
5. TW.3813.24.01.Q, 34305, 57824, Holperdorper Berg-Westhang
6. TW.3813.12.01.Q, 34259, 57854, Höhe des Hohlen Berges
7. TW.3712.32.03.Q, 34130, 57905, Dörenther Klippen-Nordhang
8. TW.3815.31.05.Q, 34445, 57796, Noller Schlucht
9. TW.4018.42.01.Q, 34861, 57553, östl. Quelle im Düsterngrund
10. TW.4018.42.02.Q, 34861, 57553, westl. Quelle im Düsterngrund
11. TW.4119.23.03.Q, 34967, 57461, Quelle ö.d. Silbermühle

zu Tabelle 4:

1. TW.3815.31.06.Q, 34444, 57970, Noller Schlucht
2. TW.3815.31.07.Q, 34444, 57970, Noller Schlucht
3. TW.4018.32.04.Q, 34818, 57561, sw. Freibad Hörste
4. TW.4018.32.02.Q, 34817, 57561, sw. Freibad Hörste
5. TW.4018.32.01.Q, 34803, 57569, Hunneckenkammer-Nordosthang
6. TW.3814.21.04.Q, 34388, 57826, Bornbrink-Südhang
7. TW.3814.21.03.Q, 34383, 57827, Schlochterbachtal-Nordhang

zu Tabelle 5:

1. TW.4119.42.01.Q, 34971, 57451, Velmerstot-Osthang
2. TW.4018.41.02.Q, 34836, 57557, östliche Quelle
3. TW.4018.41.03.Q, 34836, 57557, westliche Quelle
4. TW.3814.13.01.Q, 34333, 57826, Urberg-Nordhang
5. TW.3815.31.02.Q, 34448, 57796, Noller Schlucht

6.- 8. TW.3711.24.07.Q, 34087, 57934, Birgter Berg

9. TW.3711.24.11.Q, 34089, 57931, Birgter Berg

10.-11. TW.3711.24.04.Q, 34086, 57935, Birgter Berg

12. TW.3711.24.03.Q, 34081, 57935, Birgter Berg

Tab. 8: Stetigkeit der Arten in den Quellformen (in %)
(HUM = Humide Form, POL = Polytrichum commune-Form, KAL = Kalkform, MOL = Molinia caerulea-Form)

	HUM	POL	KAL	MOL	Gesamt
Anzahl der Quellen	**96**	**25**	**16**	**19**	**156**
Arten mit Schwerpunkt in der Polytrichum commune-Form					
Polytrichum commune	3	100	6	42	24
Dryopteris carthusiana	60	80	50	26	58
Sphagnum palustre	64	76	50	58	63
Polytrichum formosum	59	76	56	63	62
Rubus fruticosus	40	56	31	21	39
Plagiothecium undulatum	35	56	39	11	36
Juncus effusus	21	56	31	26	28
Deschampsia flexuosa	26	40	13	32	28
Dicranella heteromalla	22	28	19	16	22
Lophocolea heterophylla	22	28	19	11	21
Ilex aquifolium	5	28	6	-	8
Lonicera periclymenum	9	24	13	-	11
Sphagnum girgensohnii	2	24	-	-	5
Arten mit Schwerpunkt in der Kalk-Form					
Mnium hornum	69	56	94	21	63
Eurhynchium praelongum	18	32	81	21	27
Rhizomnium punctatum	9	-	75	5	14
Plagiomnium undulatum	3	8	75	-	11
Pellia epiphylla	31	36	69	11	33
Oxalis acetosella	26	32	69	-	28
Sphagnum fimbriatum	26	56	63	47	37
Brachythecium rutabulum	14	28	56	26	22
Thuidium tamariscinum	9	4	56	5	13
Blechnum spicant	34	20	50	5	30
Sphagnum squarrosum	10	32	44	5	17
Brachythecium rivulare	1	-	44	-	5
Equisetum sylvaticum	2	8	39	5	7
Chrysosplenium opposit.	3	-	39	-	6
Trichocolea tomentella	-	-	31	-	3
Rubus idaeus	10	12	19	-	10
Arten mit Schwerpunkt in der Molinia caerulea-Form					
Molinia caerulea	3	16	-	100	17
Hypnum cupressiforme	16	24	-	79	23
Sphagnum fallax	19	48	6	74	29
Vaccinium myrtillus	19	52	6	63	28
Sphagnum denticulatum	41	24	6	47	35
Erica tetralix	1	-	-	37	5
Sphagnum capillifolium	4	-	-	16	4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Verein für Bielefeld und Umgegend

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Wächter Hans Jürgen

Artikel/Article: Zur Ausbildung Sphagnum-reicher Quellfluren im Teutoburger Wald 351-398