

Kapitel 15

Vegetation der Waldquellfluren im Thüringer Wald

Petra Peintinger und Carl Beierkuhnlein

1. Einführung

Im Thüringer Wald, der durch seinen ausgeprägten Kammrückencharakter und sein schmales Auslaufen nach Nordwesten hin eine flächige Untersuchung erschwert, wurde ein zentraler Bereich in der Gegend um Suhl ausgewählt, in welchem, einer systematischen Verteilung, folgend, 48 Waldquellen untersucht wurden. Es sollte damit ein Überblick über die ökologischen Verhältnisse an Quellen in diesem Mittelgebirge gegeben sowie ein Vergleich mit den benachbarten Mittelgebirgen ermöglicht werden. Die Untersuchung fand daher in enger Anlehnung an das Vorgehen von SCHMIDT (1994) im direkt anschließenden Thüringer Schiefergebirge und von RIEDEL (1999) im Erzgebirge statt und orientierte sich an den Ergebnissen umfangreicherer Arbeiten aus dem Frankenwald (BEIERKUHNLEIN 1994) und dem Fichtelgebirge (DURKA 1994).

Ausgehend von diesen Ergebnissen mußte angenommen werden, dass auch im Thüringer Wald - bedingt durch die anthropogene Säurebelastung von Einzugsgebieten - eine deutliche Differenzierung der Vegetation von Waldquellfluren in säuretolerante Pflanzengemeinschaften und nicht säuretolerante erfolgt ist. Dieses konnte vor allem im Hinblick auf die deutliche Massenerhebung des Gebirges erwartet werden. In diesem Zusammenhang war eine Unterscheidung von Teilräumen des Untersuchungsgebietes in Abhängigkeit von der Luv- oder Leelage wahrscheinlich. Die unterschiedliche Niederschlagsituation sollte sich über die Einzugsgebiete auch an Quellen bemerkbar machen.

2. Naturräumliche Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des Mittleren Thüringer Waldes und hat eine Größe von 200 km². Es umfasst einen für dieses Mittelgebirge repräsentativen Landschaftsausschnitt der Nord- und Südabdachung mit den höchsten Erhebungen: Großer Beerberg (982 m) und Schneekopf (979 m). Das Gebirge ist in zahlreiche Riedel, Haupt- und Nebentäler gegliedert und fällt vom Kamm zur Nordseite auf 475 m ü. NN, zur Südseite auf 420 m ü. NN ab.

Die prägenden Gesteine sind dem Rotliegenden zuzuordnen. Es dominieren Porphyre und Porphyrite des Rotliegenden, die zum Teil mit Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertönen des Unterrotliegenden durchsetzt sind. Die höchsten Berge des Thüringer Waldes werden aus Eruptivgesteinshärtlingen des Porphyrs gebildet. Kleinflächig kommen auch Quarzite, Granite, Hornfelse und Amphibole als Tiefen- bzw. kontaktmetamorphe Gesteine vor (ZIMMERMANN 1988, RIESE 1993, LANGE 1995).

Im Bereich des Rotliegenden können durch den wechselnden Gesteinsaufbau von Konglomeraten, Sandsteinen und auch Tonsteinen unterschiedliche Bodenarten auftreten. Diese reichen von sandig-tonig bis sandig-lehmig im Rotliegenden bis zu eher grusig-kiesig ausgeprägten Bodenarten im Bereich konglomeratischer Gesteine. Die Bodentypen variieren jedoch weniger stark. In steileren Oberhanglagen oder Kammlagen treten bei fehlender oder geringmächtiger Schuttdecke häufig Ranker oder flachgründige Podsol-Ranker auf. Bei mächtigeren Schuttdecken in Mittel- und Unterhanglagen werden diese durch Podsol-Braunerden, Braunerde-Podsole und saure Braunerden abgelöst. Aus den schwer verwitterbaren „Quarz- und Felsitporphyren“ im zentralen Teil des Thüringer Waldes bildet sich ein lehmig-sandiges, mit hohem Grus- und Steinanteilen versehenes Ausgangssubstrat. Dies führt zu einer verstärkten Bildung von Rankern und Podsolen (BRANDTNER 1995).

Das Grundwasser fließt meist oberflächennah in der Verwitterungsschicht oder in „lockeren Schichten von periglazialen Deckschichten“ (SCHILLING 1963) ab, wobei Dichtezonen innerhalb dieser Deckschichten versickerungshemmend wirken und Quellaustritte ermöglichen. Die Schüttungsmengen sind bei diesen Quellen im allgemeinen nicht groß (ca. 1 l/s) und weisen eine große Abhängigkeit von den Niederschlägen auf (vgl. SCHILLING 1963, JORDAN & WEBER 1995). Zudem findet man auch Verwerfungs- und Kluftquellen, die hauptsächlich in den Eruptivgesteinen auftreten und ebenfalls von Verwitterungsdecken überlagert sein können.

Das Klima wird im Thüringer Wald durch die Oberflächengestalt (Höhenlage, Ausrichtung) des Gebirges und die damit zusammenhängende Stauwirkung (Luv-/Lee-Effekt) geprägt. Die Temperaturen und Niederschläge zeigen eine deutliche Beziehung zur Höhenstufung. Die Temperatur nimmt je 100 m Höhenanstieg um etwa 0,5° C ab, die Jahresmitteltemperatur erreicht in den Hochlagen nur noch 4 - 5° C. Die Niederschläge erhöhen sich von ca. 800 mm in 400 m Höhe bis auf über 1200 mm in den Gipfellagen. Die Kammregion weist zudem einen hohen Bewölkungsgrad auf (LANGE 1995).

3. Methodik

Um die Vergleichbarkeit zu den Untersuchungen in anderen Mittelgebirgen (BEIERKUHNLEIN 1994, DURKA 1994, SCHMIDT 1994, AUDORFF 1997, RIEDEL 1999) zu gewährleisten und um direkte anthropogene Störungen durch Siedlungen oder Landwirtschaft zu vermeiden, sollte das Untersuchungsgebiet einen möglichst hohen Waldanteil aufweisen. Es wurden nur helokrene Quellen (Sicker-/Sumpfsquellen) mit ungestörter Quellvegetation zur Untersuchung ausgewählt, die über mehrere Monate im Jahr Wasser führen. Es wird angenommen, dass diese Quellaustritte überwiegend aus oberflächennahem Grundwasser gespeist werden.

Insgesamt wurden im Frühjahr 1997 48 Quellen, im Herbst 1997 aufgrund mangelnder Schüttung nur 41 Quellen beprobt, die in einem Höhenbereich zwischen 535 und 890 m ü. NN liegen. Es wurden auch solche Quellen mit einbezogen, bei denen das austretende Wasser nach wenigen Metern in einer Schuttdecke wieder versickerte. Die Aufnahme der Quellflur-Vegetation fand im Juli und August 1997 statt. Aufgenommen wurden alle Arten, die in der Quellflur wurzelten, einschließlich der Moose. Die Artmächtigkeit wurde dabei nach der Schätzskala von BRAUN-BLANQUET (1926, 1964), erweitert durch REICHELT & WILMANN (1973)

ermittelt. Die Aufnahmefläche umfasste in der Regel die gesamte Quellflur, die vom umgebenden Waldboden klar abgegrenzt werden konnte. Bei der Interpretation der Vegetationsdaten fand vor allem die Benennung und Gliederung der Gesellschaften von HINTERLANG (1992) Verwendung, bei der Ausscheidung der Varianten war die Einteilung von BEIERKUHNEIN (1994) hilfreich.

4. Vegetation der Waldquellen

Alle Vegetationsaufnahmen (PEINTINGER 1998) können der Klasse Montio- Cardaminetea mit den Klassencharakterarten *Brachythecium rivulare*, *Rhizomnium punctatum*, *Cardamine amara* und *Stellaria uliginosa* zugeordnet werden. Hohe Stetigkeiten erreichen auch *Plagiomnium affine*, *Pellia epiphylla*, *Ranunculus repens*, *Epilobium montanum*, *Agrostis stolonifera* und *Scapania undulata*. Da im gesamten Datensatz nur eine Klasse ausgewiesen werden konnte, erwies es sich als problematisch, indifferente Arten von klassenbegleitenden zu unterscheiden. Zu den indifferenten und allgemeinverbreiteten Arten wurden die Pflanzen und Moose der bodenfrischen Wälder gestellt, wie z.B. *Athyrium filix-femina*, *Oxalis acetosella*, *Juncus effusus* und *Senecio fuchsii*.

Überraschend ist die hohe Stetigkeit von *Agrostis stolonifera*, die in vielen Quellen mit Deckungswerten bis 50 % auftritt, von einigen Autoren (HINTERLANG 1992, BEIERKUHNEIN 1994) aber meist vergesellschaftet mit Sphagnen in Einheiten der *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* unter saureren Bedingungen beobachtet wurde. Ein Grund für dieses häufige Auftreten in den untersuchten Quellen könnte im Lichtgenuß zu suchen sein. Das Weiße Straußgras ist Klassencharakterart der *Agrostietea stoloniferae*-Gesellschaften (Flutrasen, feuchte Weiden) und daher häufig auf vernässten und gestörten Böden zu finden (ELLENBERG 1996).

Entscheidend für die Einteilung der Waldquellen im Thüringer Wald auf Ordnungsebene ist die Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia*. Diese ist im Gegensatz zur Ordnung *Montio-Cardaminetea* weitgehend von Gefäßpflanzen geprägt, die Deckungswerte der Krautschicht liegen bei 95 %, die Deckung der Moosschicht nur bei 5 %. Dies kann aus den Aufnahmen im Thüringer Wald bestätigt werden. Zu den Ordnungscharakterarten der *Cardamino-Chrysosplenietalia* zählen *Plagiomnium undulatum*, *Circaea intermedia*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Lysimachia nemorum* und *Cardamine flexuosa*, während als Differentialarten *Galium palustre*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*, *Impatiens noli-tangere* und *Geranium robertianum* genannt werden. Letztere werden im vorliegenden Datensatz verwendet, um die Assoziation *Chrysosplenietum oppositifolii* weiter zu differenzieren und in Varianten einzuteilen.

Alle Aufnahmen des Thüringer Waldes können in die Assoziation *Chrysosplenietum oppositifolii* Oberd. et Phil. 1977 gestellt werden, die weiter in Subassoziationen und Varianten unterteilt werden kann. Einen Überblick über die Einordnung der Aufnahmen zu pflanzensoziologischen Einheiten ist in Tabelle 15.1 zu sehen.

Tabelle 15.1: Zuordnung der pflanzensoziologisch untersuchten Quellen im Thüringer Wald

Subassoziation	Variante bzw. Ausbildung	Vegetations-typ	Aufnahmen
<i>Chrysosplenietum oppositifolii typicum</i>	Typische Ausbildung	1	5
	Ausbildung mit säuretoleranten Arten	2	2
<i>Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae</i>	Typische Variante; typische Ausbildung	3	11
	Typische Variante; Ausbildung mit säuretoleranten Arten	4	5
	Variante von <i>Impatiens noli-tangere</i>	5	14
	Übergang zwischen Variante von <i>Impatiens noli-tangere</i> und <i>Chaerophyllum hirsutum</i>	6	4
	Variante von <i>Chaerophyllum hirsutum</i>	7	7

Diese Assoziation ist charakterisiert durch das häufig dominant auftretende *Chrysosplenium oppositifolium* (Gegenblättriges Milzkraut) und typisch für nicht versauerte Weichwasser-Quellstandorte. Das *Chrysosplenietum oppositifolii* ist eine schattentolerante Pflanzengesellschaft, die namensgebende Charakterart wächst meist unterständig und erhält in der Subassoziation *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae* kaum mehr Licht als die Moosschicht (HINTERLANG 1992). Dabei wird *Chrysosplenium oppositifolium* von höherwüchsigen Arten wie *Impatiens noli-tangere* und *Urtica dioica*, bei den untersuchten Quellen häufig aber auch durch eine gut ausgebildete Grasschicht von *Agrostis stolonifera*, *Holcus mollis* oder *Agrostis canina* beschattet.

Die pH-Werte umfassen ebenso wie die Höhenlagen eine weite Spanne. Sie reichen im Frühjahr von 4,9 bis 7,1 mit einem Mittelwert von 6,1, die Höhenlage variiert von 535 bis 890 m ü. NN. Im Gegensatz zum Fichtelgebirge (DURKA 1994) und Frankenwald (BEIERKUHNEIN 1994), wo die obere Grenze dieser Assoziation meist bei 700 bis 800 m liegt, dort aber schon deutlich von *Sphagnum* dominiert wird, kann sie im Thüringer Wald bis in Höhenlagen von über 800 m ü. NN nachgewiesen werden. Dies läßt auf eine geringere Säurebelastung dieser Quellen bzw. auf eine bessere Pufferung durch die Gesteine der Einzugsgebiete schließen.

PHILIPPI & OBERDORFER (1977) unterscheiden zwei Untergesellschaften, ein *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* und ein *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae*, die auch von HINTERLANG (1992) übernommen wurden. Bei der Differenzierung dient *Cardamine amara*, das Bittere Schaumkraut, als Trennart mit der höchsten Stetigkeit. Allerdings wurde bei der Unterteilung der Quellen im Thüringer Waldes einerseits *Cardamine amara* als Trennart verwendet, andererseits wurden Standorte aufgrund ihrer charakteristischen Artenkombination auch bei Fehlen von *C. amara* ins *cardaminetosum amarae* gestellt.

4.1 *Chrysosplenietum oppositifolii typicum*

Zum *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* (Vegetationstypen 1 und 2) können 7 Aufnahmen gestellt werden. Diese Subassoziation ist durch das Fehlen von *Cardamine amara* und einiger weiterer Arten, wie *Galium palustre* und *Myosotis nemorosa* gekennzeichnet. Nur vereinzelt sind *Plagiomnium undulatum*, *Stellaria nemorum*, *Poa trivialis* und *Crepis paludosa* vorhanden, die im *Chrysosplenietum cardaminetosum amarae* mit hoher Stetigkeit vorkommen. Die einschichtige Gesellschaft besteht in der Regel aus niederwüchsigen Arten, wobei neben den Klassencharakterarten auch Ordnungscharakterarten wie *Lysimachia nemorum*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea intermedia* und *Cardamine flexuosa* in geringen Mengen zu finden sind. Das Fehlen einer höheren Krautschicht mit *Chaerophyllum hirsutum* oder *Impatiens noli-tangere* wird durch den Lichtmangel erklärt (BEIERKUHNEIN & GRÄSLE 1998).

In der Literatur wird in dieser Subassoziation häufig die Dominanz des Gegenblättrigen Milzkrauts und die geringe Artenzahl hervorgehoben (HINTERLANG 1992, BEIERKUHNEIN 1994, DURKA 1994), was jedoch bei den eigenen Aufnahmen mit einer Artenzahl von 12 bis 24 Arten nur eingeschränkt zutrifft. Ebenso ist nur bei einer Quelle eine dominante Ausbildung von *Chrysosplenium oppositifolium* mit 75 % Deckung zu beobachten.

Neben einer typischen Ausbildung (Vegetationstyp 1), die aus 5 Aufnahmen gebildet wird, kann zudem eine Ausbildung mit säuretoleranten Arten (Vegetationstyp 2) mit 2 Aufnahmen unterschieden werden. Hier treten vereinzelt *Carex canescens*, *C. fusca*, *Sphagnum flexuosum*, *Viola palustris* und *Carex echinata* hinzu, der pH-Wert ist mit Werten von 5,29 und 5,49 niedriger als in den übrigen Varianten. Da *Chrysosplenium oppositifolium* nur mit Deckungswerten unter 5 % vorkommt, kann dies als Hinweis auf eine zunehmende Versauerung gedeutet werden.

4.2 *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae*

Der überwiegende Teil (41 Aufnahmen; Vegetationstypen 3 bis 7) der untersuchten Bestände kann als *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae* ausgeschieden werden, das in zahlreiche Varianten eingeteilt wird. Im Gegensatz zum vorher beschriebenen *typicum* ist diese Subassoziation durch das Hinzutreten von *Cardamine amara*, dem Bitteren Schaumkraut, gekennzeichnet. Mit hoher Stetigkeit kommen auch *Plagiomnium undulatum*, *Stellaria nemorum*, *Galium palustre*, *Poa trivialis*, *Myosotis nemorosa* und *Crepis paludosa* vor. Eine Einteilung nach HINTERLANG (1992) in eine Variante von *Myosotis palustris agg.* und eine Variante von *Stellaria uliginosa* war bei den Vegetationsdaten des Thüringer Waldes nicht möglich, da sich beide Arten nicht gegenseitig ausschließen. Daher wurden zum Teil Varianten von BEIERKUHNEIN (1994) übernommen, andere wurden aus dem Datensatz abgeleitet. Es können folgende Varianten ausgeschieden werden: typische Variante, typische Variante in der Ausbildung mit säuretoleranten Arten, Variante von *Impatiens noli-tangere*, Variante von *Impatiens noli-tangere* und *Chaerophyllum hirsutum* und Variante von *Chaerophyllum hirsutum*.

Typische Variante

In die typische Variante des *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae* (Vegetationstypen 3 und 4) werden die Aufnahmen gestellt, die keine höhere Krautschicht aus *Impatiens noli-tangere* oder *Chaerophyllum hirsutum* ausbilden. An einzelnen Quellen tritt *Urtica dioica* als Ordnungsdifferentialart hinzu und bildet eine höhere Krautschicht aus. In den 16 Aufnahmen der Vegetationstypen 3 und 4 sind neben *Chrysosplenium oppositifolium* auch die Ordnungs- und Differentialcharakterarten der Ordnung *Cardamino-Chrysosplenietalia* häufig vorhanden. Diese Variante kann in eine typische Ausbildung und in eine Ausbildung mit säuretoleranten Arten untergliedert werden, wie dies schon beim *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* möglich war.

Die wasserchemischen Parameter der typischen Ausbildung entsprechen den durchschnittlichen Werten innerhalb des *Chrysosplenietum*, die pH-Werte reichen von 5,36 bis 6,58. Die Höhenlage liegt im Mittel bei 728 m ü. NN, kann aber zwischen 535 und 830 m ü. NN schwanken.

In der Ausbildung mit säuretoleranten Arten, der 5 Aufnahmen zugeordnet werden können, treten neben den typischen Quellflurarten zusätzlich säuretolerante Arten wie *Carex canescens*, *C. fusca*, *C. echinata*, *Sphagnum angustifolium*, *Ranunculus flammula* und *Viola palustris* auf. Einige Aufnahmen wurden trotz des Fehlens von *Chrysosplenium oppositifolium* in diesen Vegetationstyp gestellt, da beide sowohl Differential- als auch Ordnungscharakterarten aufweisen. Aus diesem Grund war eine Ausscheidung als *Caricetum-remotae*-Basalgesellschaft nach der deduktiven Klassifikation von KOPECKY & HEJNY (1974) nicht sinnvoll.

Die durch diese Artenkombination angedeutete Versauerung wird durch die pH-Werte von 5,20 bis 5,76 bestätigt, die hier deutlich niedriger sind als in den übrigen Einheiten. Die Höhenlage schwankt zwischen 615 und 890 m ü. NN.

Variante von *Impatiens noli-tangere*

In der Variante von *Impatiens noli-tangere* (Vegetationstyp 5), die ihr Entwicklungsoptimum in den Sommermonaten hat, erreicht das namensgebende Springkraut Deckungswerte bis 50 %, ist aber häufig mit geringeren Deckungswerten vertreten.

Als stete Begleiter sind hier *Urtica dioica* und *Geranium robertianum* zu finden. Der Stinkende Storchschnabel, der neben Quellen auch an Ruderalstandorten vorkommt, ist - wie das Springkraut - als annuelle Art auf offene bzw. gestörte Stellen, die Quellfluren im Frühjahr bieten können, angewiesen. Daneben sind mit *Milium effusum*, *Melica uniflora*, *Galeopsis tetrahit* und *Galium odoratum*, auch Arten der Buchenwälder vertreten.

Die Höhenlagen unterscheiden sich mit Werten zwischen 540 bis 825 m ü. NN und nur geringfügig von den übrigen Varianten des *Chrysosplenietum oppositifolii*. Entsprechend gilt dieses für die hydrochemischen Parameter, die pH-Werte reichen von 5,70 bis 7,08.

Bei den von BEIERKUHNLEIN (1994) untersuchten Quellen im Frankenwald zeigte sich, dass *Chrysosplenium oppositifolium* unter einer höheren Krautschicht von *Impatiens noli-tangere* oder *Chaerophyllum hirsutum* die höchsten Deckungswerte erreicht. Diese Entwicklung kann

zum Teil auch in den Quellfluren des Thüringer Waldes (Vegetationstypen 5 bis 7) beobachtet werden, wobei eine Ursache in der höheren Luftfeuchte der bodennahen Luftschichten zu finden ist.

Variante von *Impatiens noli-tangere* und *Chaerophyllum hirsutum*

Variante (Vegetationstyp 6) stellt einen Übergang zwischen der Vegetationstyp 5 (Variante mit *Impatiens noli-tangere*) und der Vegetationstyp 7 (Variante von *Chaerophyllum hirsutum*) dar. In den 4 Aufnahmen kommen daher *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*, *Geranium robertianum*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Glyceria fluitans* und *Filipendula ulmaria* gemeinsam vor.

Dieser Übergang kann durch die Lichtverhältnisse erklärt werden. Bei höherem Lichtgenuss (relativer Lichtgenuss > 10 %) ist der mehrjährige Kälberkopf konkurrenzstärker als das einjährige Springkraut, da er durch sein bereits ausgebildetes Wurzelwerk nach dem Winter die besseren Startbedingungen hat (GRÄSLE 1992, BEIERKUHNLEIN 1994, BEIERKUHNLEIN & GRÄSLE 1998). Die pH-Werte dieser Übergangsvariante liegen zwischen 5,45 und 6,43, die Höhenlage reicht von 590 bis 805 m ü. NN.

Variante von *Chaerophyllum hirsutum*

In einigen Waldquellfluren des Thüringer Waldes ist die Besiedlung durch *Chaerophyllum hirsutum*, den Behaarten Kälberkopf, zu beobachten, der mit Deckungswerten bis 50 % vertreten ist. Diese Gesellschaftsbildung ist als regelhafte Erscheinung in Waldquellen anzusehen. Bei höherem Lichtgenuss erreicht sie ihr Optimum. Die Assoziationscharakterart *Chrysosplenium oppositifolium* ist hier unter einer Krautschicht zu finden.

Einen deutlichen Schwerpunkt in dieser Einheit haben außerdem *Filipendula ulmaria* und *Glyceria fluitans*, während als Begleiter noch *Veronica beccabunga*, *Rumex obtusifolius*, *R. acetosa*, *Ajuga reptans* und *Trichocolea tomentella* zu nennen sind, die auch in Wiesenquellen oder Feuchtwiesen auftreten und somit auf hellere Lichtverhältnisse hinweisen.

Der von HINTERLANG (1992) hervorgehobene Zusammenhang zwischen *Myosotis nemorosa* und *Chaerophyllum hirsutum* ist auch bei den untersuchten Quellen im Thüringer Wald zu beobachten. *Myosotis nemorosa* ist jedoch nicht eng an diese Variante gebunden, sondern auch in anderen Vegetationseinheiten anzutreffen. Die ermittelten pH-Werte dieser Variante reichen von 5,40 bis 6,92. Die Quellen liegen in einer Höhe zwischen 560 bis 735 m ü. NN.

5. Artzusammensetzung und Licht

In der nachfolgenden Abbildung ist die Beziehung zwischen den im vorigen Kapitel aus-
geschiedenen Vegetationstypen und deren Lichtgenuß, der mit Hilfe einer Schätzskala ermittelt
wurde, dargestellt. Die Exposition ging nicht in die Schätzung mit ein.

Da fast keine dunklen oder sehr dunklen Quellen im Datensatz vorkommen und die Schätzung
auf einer sehr vereinfachten Skala beruht, sind die Lichtänderungen, die hauptsächlich bei den
Durchschnittswerten deutlich werden, zum Teil nur gering.

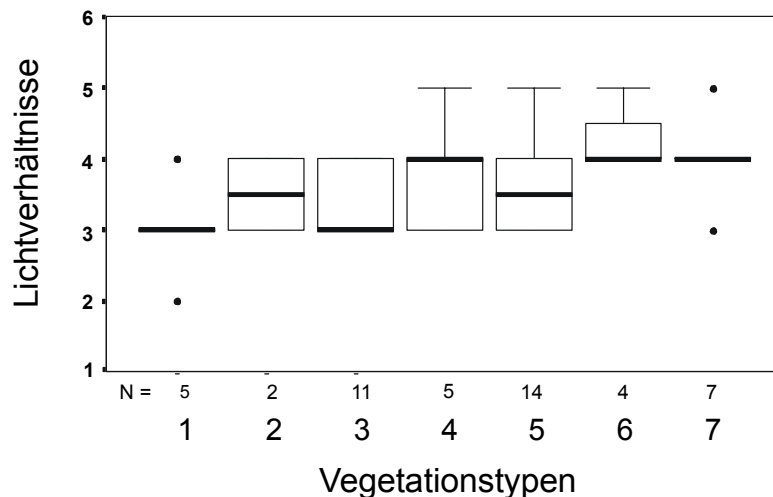


Abb. 15.1: Beziehung zwischen den geschätzten Lichtverhältnissen (Sommer 1997) und den
Vegetationstypen
(y-Achse: 1 = sehr dunkel, 2 = dunkel, 3 = aufgehellt, 4 = hell, 5 = sehr hell,
x-Achse: 1, 2 = *Chrysosplenietum oppositifolii typicum*, typische Ausbildung und
Ausbildung mit säuretoleranten Arten, 3 = *Chrysosplenietum oppositifolii
cardaminetosum amarae*, typische Ausbildung, 4 = Ausbildung mit säuretoleranten
Arten, 5 = Variante von *Impatiens noli-tangere*, 6 = Übergang zwischen 6 und 7,
7 = Variante von *Chaerophyllum hirsutum*)

Trotzdem ist eine Zunahme des Lichtgenusses von Vegetationseinheit 1 bis 7 zu erkennen,
wobei die Quellen des *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* (Vegetationstypen 1 und 2)
erwartungsgemäß die niedrigsten Werte aufweisen. Während in den verschiedenen
Ausbildungen der typischen Variante des *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum
amarae* (Vegetationstypen 3 und 4) meist aufgehellte und helle Quellen zu finden sind, nimmt
die Zahl der hellen bis sehr hellen Quellen bei der *Impatiens*- (Einheit 5) und *Chaerophyllum*-
Variante (Einheiten 6 und 7) deutlich zu. Es kann daher eine Lichtabhängigkeit im Vorkommen
dieser Varianten vermutet werden, die zur Ausbildung einer höheren Krautschicht von
Impatiens noli-tangere, bei noch stärkerer Belichtung zur Dominanz von *Chaerophyllum
hirsutum* führt (vgl. GRÄSLE 1992, BEIERKUHNLEIN & GRÄSLE 1998).

6. pH-Werte der Quellwässer

Bei der Betrachtung des pH-Wertes in Abhängigkeit von den Vegetationstypen (Abb. 15.2) wird deutlich, dass sowohl die Vegetationstypen 2 und 4, beide Ausbildungen mit säuretoleranten Arten, die niedrigsten mittleren pH-Werte aufweisen. Auch die Schwankungsbreite ist nur gering, was jedoch an der geringen Anzahl von Meßwerten liegen kann. Beide Einheiten sind in ihrer Artenzusammensetzung durch das Auftreten säuretoleranter Arten wie *Carex fusca*, *Carex canescens* und *Sphagnum* -Arten gekennzeichnet.

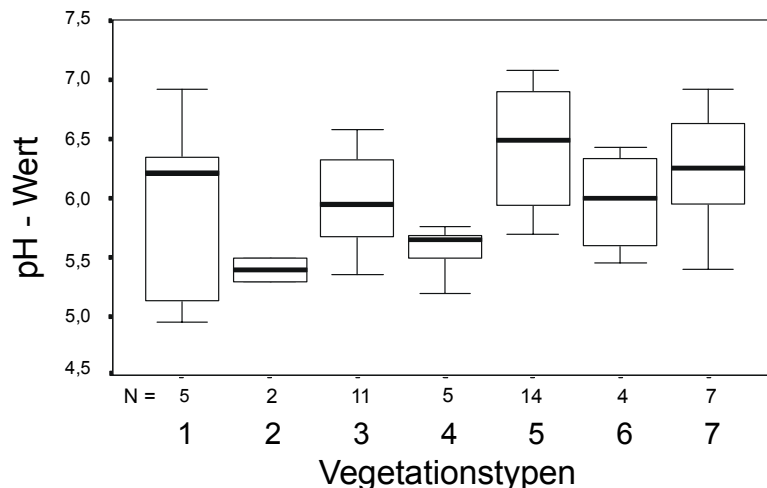


Abb. 15.2: Beziehung zwischen pH-Wert der Quellwässer im Mai 1997 und den Vegetationstypen;

(1, 2 = *Chrysosplenietum oppositifolii typicum*, typische Ausbildung und Ausbildung mit säuretoleranten Arten, 3 = *Chrysosplenietum oppositifolii cardaminetosum amarae*, typische Ausbildung, 4 = Ausbildung mit säuretoleranten Arten, 5 = Variante von *Impatiens noli-tangere*, 6 = Übergang zwischen 6 und 7, 7 = Variante von *Chaerophyllum hirsutum*)

In den übrigen Vegetationstypen, den verschiedenen Varianten des *Chrysosplenietum oppositifolii*, sind dagegen keine großen Unterschiede erkennbar. Sie haben ähnliche mittlere pH-Werte, wobei die Werte zwischen pH 5,0 bis 7,0 schwanken.

7. Diskussion

Da aufgrund der vergleichsweise hohen pH-Werte der untersuchten Quellen angenommen werden kann, dass durch die Böden des Thüringer Waldes eine ausreichende Pufferung der eingetragenen Säuren stattfindet, ist eine Bioindikation, wie sie von BEIERKUHNLEIN (1994) und SCHMIDT (1994) durchgeführt wurde, nur eingeschränkt möglich. Alle Aufnahmen können der Klasse *Montio-Cardaminetea* zugeordnet werden und in die Assoziation *Chrysosplenietum oppositifolii* gestellt werden, die wiederum in zahlreiche Varianten unterteilt werden kann. Diese Gesellschaft ist typisch für nicht versauerte Weichwasserquellen und ist bei einem mittleren pH-Wert von 6,1 (HINTERLANG 1992) anzutreffen.

Das *Caricetum fuscae polytrichetosum communis*, das bei einigen Arbeiten (BEIERKUHNLEIN 1994, SCHMIDT 1994, DURKA 1994, AUDORFF 1997, RIEDEL 1999) schon in Höhenlagen etwas über 500 m ü. NN beobachtet wurde und in versauerten Gebieten das *Chrysosplenietum oppositifolii* ersetzt, kommt in den untersuchten Quellen im Thüringer Wald nicht vor. Die von SCHLÜTER (1966b) als lokale Sonderausbildung des Schmücker Grabens beschriebene Torfmoosreiche Milzkrautquellflur (*Chrysosplenietum oppositifolii sphagnetosum prov.*), die durch *Sphagnum squarrosum* bzw. *Sphagnum recurvum* und *Philonotis fontana* gekennzeichnet ist, kann in den eigenen Untersuchungen nicht beobachtet werden. Dies könnte daran liegen, dass diese von SCHLÜTER (1966b) als sehr hell bezeichneten Quellen nicht den gestellten Kriterien für Waldquellfluren entsprechen oder aber die Quellfluren durch Trinkwasserbehälter, Brunnenfassungen usw. zerstört wurden.

Im Hinblick auf ökosystemare Zusammenhänge stellt sich die Frage, welche Umweltvariable sich entscheidend auf die Artenzusammensetzung und Differenzierung der Assoziation *Chrysosplenietum oppositifolii* auswirkt. Betrachtet man die Einteilung der Varianten und vergleicht diese mit dem Lichthaushalt, der anhand einer subjektiv ermittelten Schätzskala bestimmt wurde, ist eine deutliche Differenzierung erkennbar. Wie auch schon GRÄSLE (1992) und BEIERKUHNLEIN & GRÄSLE (1993, 1998) bei Untersuchungen im Frankenwald nachweisen konnten, besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Lichtklima sowie dem Vorkommen und der Dominanz bestimmter Arten. Diese gilt auch für den Thüringer Wald. Während das *Chrysosplenietum oppositifolii typicum* eher in beschatteten Quellfluren zu finden ist, gewinnen bei höherem Lichtangebot zunehmend höherwüchsige Arten wie *Impatiens noli-tangere* und *Chaerophyllum hirsutum* an Bedeutung. Der pH-Wert tritt bei dieser Betrachtung in den Hintergrund. Nur in zwei Ausbildungen, die durch das Vorkommen säuretoleranter Arten wie *Carex*- und *Sphagnum*-Arten gekennzeichnet sind, können niedrigere pH-Werte von 5,2 bis 5,8 beobachtet werden. Anhand der Stoffgehalte im Quellwasser kann, betrachtet man nur die Quellen des Thüringer Waldes, keine eindeutige Aussage über die Artenzusammensetzung gemacht werden. Die nur geringen Unterschiede in den einzelnen Varianten lassen keine großen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum erwarten.

8. Zusammenfassung

Im Frühjahr 1997 wurden im Mittleren Thüringer Wald 48 Quellen aus Waldeinzugsgebieten nach bestimmten Kriterien, wie Fehlen von anthropogenen Störungen (Wege, Trinkwasserbehälter etc.), vegetationsstrukturelle Ausprägung der Quellfluren, Hangneigung, Erreichbarkeit, ausgewählt. Diese gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilten Flächen sollten die räumliche und zeitliche Variabilität der jeweiligen Einzugsgebiete wiedergeben. Neben den hydrologischen Beprobungen, die im Mai und im September stattfanden, wurde die Quellflurvegetation im Juli und August 1997 nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1926, 1964) pflanzensoziologisch erfasst. Zusätzlich wurden standörtliche Daten erhoben.

Die mit Hilfe der pH-Werte festgestellte Versauerungssituation kann durch die Vegetation der Quellfluren größtenteils bestätigt werden. Durch die pflanzensoziologische Tabellenarbeit wurde die Vegetation in das bestehende Klassifikationssystem eingeordnet, wobei alle Aufnahmen in die Klasse *Montio-Cardaminetea* zur Assoziation *Chrysosplenietum oppositifolii* gestellt wurden. Diese Assoziation ist charakteristisch für nicht versauerte Weichwasserquellfluren. Bei dieser Auswertungsmethode für den untersuchten Datensatz kann der Lichthaushalt als die Artzusammensetzung steuernde Umweltvariable erkannt werden, während der pH-Wert nur untergeordnet eine Rolle spielt.

Literatur

- AUDORFF, V. (1997): Vergleichende Untersuchungen der Vegetationsdynamik und wasserchemischer Gegebenheiten von Waldquellfluren in Frankenwald und Fichtelgebirge. Diplomarbeit Lehrstuhl Pflanzenökologie, Universität Bayreuth, 78 S., Bayreuth
- BEIERKUHNLEIN, C. (1994): Waldquellfluren im Frankenwald - Untersuchungen zur reaktiven Bioindikation. Bayreuther Forum Ökologie 10, 253 S.
- BEIERKUHNLEIN, C. & W. GRÄSLE (1993): Zum Temperaturverhalten von Waldquellen des Frankenwaldes (Nordost- Bayern). Crunoecia 2: 5-14
- BEIERKUHNLEIN C. & W. GRÄSLE (1998): The influence of light regime and water chemistry on the structure of forest spring vegetation. In: BOTOSANEANU, L. (Hrsg.): Crenobiology, 9-22
- BRANDTNER, W. (1995): Exkursionsführer Thüringer Böden. 34 S., Weimar
- BRAUN-BLANQUET, J. (1926): Etudes phytosociologiques en Auvergne. 94 S., Clermont-Ferrand
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3.Aufl., 865 S., Wien
- DURKA, W. (1994): Isotopenchemie des Nitrat, Nitrataustrag, Wasserchemie und Vegetation von Waldquellen im Fichtelgebirge (NO-Bayern). Bayreuther Forum Ökologie 11, 197 S., Bayreuth
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5.Aufl., 1095 S., Stuttgart
- GRÄSLE, W. (1992): Waldquellfluren im Frankenwald - Floristische, strukturelle, hydrochemische und mikroklimatische Untersuchungen an ausgewählten Quellen. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth, 132 S., Bayreuth
- HINTERLANG, D. (1992): Vegetationsökologie der Weichwassergesellschaften zentraleuropäischer Mittelgebirge. Crunoecia 1: 5-117

- JORDAN H. & H.-J. WEDER (Hrsg.) (1995): Hydrologie. Grundlagen und Methoden. Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg- Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Sachsen- Anhalt, Sachsen, Thüringen. 603 S., Stuttgart
- KOPECKY, K. & S. HEJNY (1974): A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. *Vegetatio* 29: 17-20
- LANGE, H. (1995): Biosphärenreservat Vessertal - Thüringer Wald. In: STÄNDIGE ARBEITSGRUPPE DER BIOSPHÄRENRESERVATE IN DEUTSCHLAND (Hrsg.): Biosphärenreservate in Deutschland: 301-326, Berlin
- PEINTINGER, P. (1998): Hydrochemische und vegetationskundliche Untersuchungen an Waldquellen im Thüringer Wald. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth, 94 S., Bayreuth
- PHILIPPI, G. & E. OBERDORFER (1977): Klasse: Montio-Cardaminetea Br.-Bl. et Tx. 43, Quellflurgesellschaften und Waldsümpfe. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Bd.1: 199-213, Stuttgart
- REICHELT, G. & O. WILMANN (1973): Vegetationsgeographie. 210 S., Braunschweig
- RIEDEL, R. (1999): Vergleichende Untersuchungen an Waldquellfluren des Westlichen Erzgebirges anhand floristischer und hydrochemischer Parameter. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Lehrstuhl für Biogeographie der Universität Bayreuth.
- RIESE, A. (1993): Naturräumliche Einheiten Thüringens. In: GAMS, P., W. BRICKS (Hrsg.): Thüringen: Zur Geographie des neuen Bundeslandes, Erfurter Geograph. Studien Heft 1: 3-15
- SCHILLING, W. (1963): Quartäre Erscheinungen in den Hochlagen des Thüringer Waldes und deren Bedeutung für die Hydrogeologie und die forstliche Standortskunde. Band I: Text. Dissertation, 188 S., Eberswalde
- SCHLÜTER, H. (1966b): Vegetationsgliederung und -kartierung eines Quellgebietes im Thüringer Wald als Grundlage zur Beurteilung des Wasserhaushaltes. *Arch. Natursch. Landsch. Forsch.* 6: 3-44
- SCHMIDT, J. (1994): Möglichkeiten und Grenzen der Bioindikation an Waldquellen des Hohen Thüringer Schiefergebirges. Diplomarbeit Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth, 130 S., Bayreuth
- ZIMMERMANN, W. (1988): Thüringer Wald. Kleiner Naturführer. Gothaer Museumsheft Nr.9, 94 S.