

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	75	S. 91–124	11 Abb.	12 Tab.	Freiburg 1985
-----------------------------------	----	-----------	---------	---------	---------------

Die Rieselfluren und Flachmoore der Feldbergkuppe. – Untersuchungen zur Temperatur, Sauerstoffsättigung und Ionenführung der Quellen am Feldberg (Schwarzwald).

von

Raimund Warnke und Arno Bogenrieder, Freiburg i. Br.

Zusammenfassung

Eine während der Vegetationsperiode 1983 durchgeführte Untersuchung wichtiger Parameter der Wasserqualität von Flachmoor- und Quellflurkomplexen am Feldberg ergab weitreichende Aufschlüsse über den Chemismus und die physikalischen Eigenschaften des durchsickernden Wassers. Durch die Messungen konnte der pflanzensoziologischen Gliederung der Vegetationskomplexe eine Gliederung nach Unterschieden in einigen Wasserparametern zugeordnet werden. Ein Einfluß der Beweidung auf die Ionenführung der entwässernden Gräben bzw. angrenzenden Flachmoorkomplexe läßt sich vor allem bei Kalium, Ammonium, Magnesium und Calcium nachweisen; bei diesen Ionen war eine Zuordnung von Konzentrationsunterschieden und Vegetationskomplexen nicht möglich. Die pH-Werte und Ca-Konzentrationen liegen vergleichsweise hoch und sind möglicherweise für den allgemeinen floristischen Reichtum der Flachmoore des Feldbergs verantwortlich, nicht aber für die auffälligen Unterschiede zwischen der Ost- und Nordseite der Feldbergkuppe; allerdings bleiben die klassischen Kalkstellen des Seebuck-Absturzes in dieser Hinsicht noch zu untersuchen.

Summary

An investigation into important parameters of mire waters on the Feldberg (black forest) provided far reaching information concerning the chemical and physical properties of these waters. The measurements allowed correlations of the phytosociological classification of the vegetation complexes with a classification dependent on differences in the water parameters. An influence of grazing on the ionic balance of the drainage ditches or bordering moorland could be demonstrated, in peticular for K^+ , NH^+ and Mg^{++} . In the case of these ions a correlation between the differences in concentration and the vegetation complexes was not possible. The pH values and Ca concentrations are comparatively high and are possibly responsible for the rich general floral variety of the Feldberg but not for the striking differences between the east and the north sides of the Feldberg summit. The "classic" areas of the Seebuck precipice with their limestone type vegetation however remain to be investigated in this respect.

Anschrift der Verfasser:

DIPL. BIOLOGE RAIMUND WARNKE und PROF. DR. ARNO BOGENRIEDER, Biol. Inst. II d. Universität (Geobotanik), Schänzlestr. 1, D-7800 Freiburg i. Br.

A. Einleitung

Bedingt durch die hohen Niederschläge ist die Gipfelregion des Feldbergmassivs besonders reich an kleinen Quellen und Wasseraustrittsstellen. In vielen Fällen durchsickert das Wasser zunächst auf breiter Fläche die hangabwärts gelegene Vegetation, ehe es sich sammelt und in hochstaudengesäumten Rinnsalen zu Tal fließt. Solche Vernässungsflächen heben sich durch ihre unruhig getreppte Oberfläche, durch sattgrüne Moospolster und lange Hochstaudenbänder deutlich von der umliegenden Borstgrasvegetation ab und sind oft schon von weiter Entfernung zu erkennen. Die Vegetation dieser höchstgelegenen Quellen des Schwarzwaldes hat schon früh die Aufmerksamkeit der Botaniker auf sich gezogen. Die Quellflur- und Flachmoorkomplexe sind besonders reich an den bekannten und berühmten „Glazialrelikten“ des Feldbergs – überraschenderweise auch an solchen Arten, die gewöhnlich als Kalkpflanzen gelten, ein Umstand, auf den bereits OBERDORFER (1927) und später MÜLLER (1935, 1938) hingewiesen haben. Standortsbedingungen und Pflanzengesellschaften der Quellfluren und Flachmoore des Feldbergs waren bereits mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchungen (BARTSCH 1940, OBERDORFER 1956, PHILIPPI 1963, KAMBACH und WILMANNS 1969, BOGENRIEDER und WERNER 1979). Eine zusammenfassende Darstellung der Vegetationsverhältnisse von BOGENRIEDER (Weidfelder, Moore usw.) und OBERDORFER (Wälder) findet sich in der neuen Feldbergmonographie (Hrsg. Landesanstalt für Umweltschutz). Unser Ziel war es, der bereits weit entwickelten pflanzensoziologischen Gliederung eine möglichst eingehende Darstellung der ökologischen Bedingungen dieser interessanten Sonderstandorte an die Seite zu stellen, wobei in der vorliegenden Untersuchung vor allem auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Quellwassers abgehoben wird, weil die Wuchsbedingungen an diesem Standort in entscheidender Weise von den Eigenschaften und der Ionenführung des durchsickernden Wassers geprägt werden. Interessant und wichtig erschien uns diese Frage auch im Hinblick auf den in den letzten Jahren stark angestiegenen Weidedruck, denn einige der einzigartigen Quellflur- und Flachmoorkomplexe liegen innerhalb des eingezäunten Weidfeldes oder in seinem Einflußbereich und sind einer deutlichen Eutrophierung ausgesetzt. Nicht zuletzt hat bei dieser Untersuchung aber auch die Hoffnung eine Rolle gespielt, entscheidende Daten zur lange diskutierten „Kalkfrage“ beitragen zu können: Wenn der auffällige floristische Reichtum des Ostabfalls der Feldbergkuppe tatsächlich (wie oft postuliert) ein Ergebnis reicher, calcitführender Gneise sein sollte, dann müßte ein deutlicher Unterschied zu den floristisch wesentlich ärmeren Standorten der Nordseite festzustellen sein. Die Ergebnisse werden zeigen, daß zumindest für die untersuchten Flächen ein solcher Unterschied nur sehr bedingt nachzuweisen ist.

Probestellen

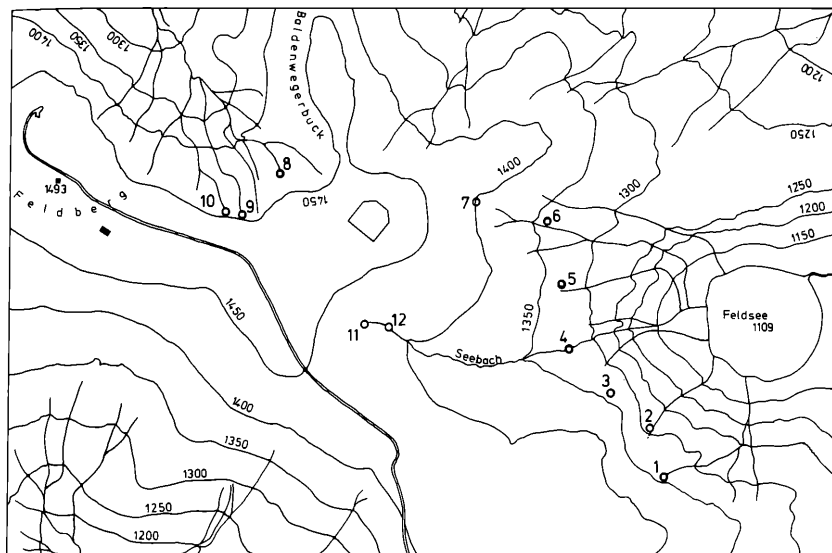


Abb. 1: Lage der Probestellen auf der NO-Seite der Feldberg-Kuppe.

B. Methoden

Die Auswahl der Probestellen erfolgte nach pflanzensoziologischen, floristischen und topographischen Gesichtspunkten, sie umfassen jeweils einen Vegetationskomplex und eine zugehörige Entnahmestelle von Oberflächenwasser. Sie liegen alle auf der Nord- bzw. Ostseite der Feldbergkuppe, in einem Höhenintervall zwischen 1290 und 1440 m (Abb. 1), wobei bewußt auch Quellfluren im Einflußbereich der augenblicklichen Weideflächen einbezogen wurden (Nr. 7, 11). Die Quellen sollten, soweit das vorauszusehen war, den ganzen Sommer über schütten und eine möglichst vollständige Serie von Meßwerten über die Hauptvegetationsperiode liefern. Aufgrund der außergewöhnlichen Trockenheit des Untersuchungsjahres 1983 war dies jedoch nicht durchweg der Fall. Die Probestellen wurden so begrenzt, daß ihre Vegetation weitgehend

oder ausschließlich vom analysierten Wasser durchsickert und beeinflusst wurde. Leider konnten die „klassischen“ Kalkstellen des eigentlichen Seebuckabsturzes aus mehreren Gründen nicht in die Untersuchung einbezogen werden; dies soll in einer späteren Arbeit nachgeholt werden. Zwei zusätzliche Entnahmestellen (4 und 12) wurden außerdem am Seebach eingerichtet. Dieser Bach entwässert die gesamte Grüble-Mulde und sollte deshalb, neben Hinweisen auf einen möglichen Beweidungseinfluß, Daten über die durchschnittlichen Verhältnisse eines größeren Einzugsgebietes erbringen. Bei der allwöchentlichen Probennahme mußten Sauerstoffgehalt (nach WINKLER) und Temperatur bereits im Gelände gemessen werden; die Bestimmung der übrigen Parameter erfolgte im Labor. Dabei wurden neben dem pH-Wert folgende Ionensorten quantitativ erfaßt (in Klammern jeweils die untere Grenzkonzentration bzw. Nachweisgrenze):

1. Flammenphotometrisch

Calcium (0,03 mg/l)

Eisen (0,03 mg/l)

Kalium (0,01 mg/l)

Magnesium (0,002 mg/l)

Natrium (0,003 mg/l)

2. Chemisch

Ammonium (0,05 mg/l, Neßlers-Reagenz)

Nitrit (0,005 mg/l, Grieß-Reaktion)

Phosphat (0,01 mg/l, Phosphormolybdänblau-Methode)

Nitrat (0,02 mg/l, Natriumsalicylatmethode nach Scheringa)

Die Sauerstoffsättigung wurde aus dem Sauerstoffgehalt berechnet und dann für 853 h Pa, dem Normaldruck in 1400 m ü. NN, umgerechnet. Um eventuelle Beziehungen zwischen den Parametern des analysierten Quellwassers und der durchsickernden Vegetation herauszuarbeiten, wurde der umliegende Vegetationskomplex in möglichst homogene Teilflächen zerlegt und dann mit den üblichen pflanzensoziologischen Aufnahmemethoden erfaßt. Bis auf wenige Ausnahmen (Durchdringungen, stark gestörte Stellen) konnten alle Aufnahmen einer der folgenden Gesellschaften zugeordnet werden (In Klammern: kennzeichnende bzw. dominierende Arten; vergl. OBERDORFER 1977).

1. Scapanietum paludosae K. Müller 38 (*Scapania paludosa*, *Cardamine amara*, *Caltha palustris*)
2. Bryo-Philonotidetum seriatae Lug. 26
 - a) typ. Ausbildung (*Philonotis seriata*, *Stellaria alsine*)
 - b) Ausbildung mit *Mniobryum albicans* var. *glaciale*

3. Bryo-Philonotidetum mit *Saxifraga stellaris*; oft durchsetzt mit Hochstauden oder Arten der Quell- und Rieselkuppen
4. Caricetum frigidae (subalp. Form) Rüb. 12
(*Carex frigida*, *Aster bellidiflorus*, *Parnassia palustris*, *Pinguicula vulgaris*; in einer Sonderausbildung *Soldanella alpina*)
5. Bartsio-Caricetum fuscae Bartsch 40
(*Swertia perennis*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Parnassia palustris*, *Pinguicula vulgaris*, *Carex flava* coll., *Trichophorum cespitosum*, *Carex fusca*)
6. Caricetum fuscae Br.-Bl. 14, subalp. Form
(*Carex canescens*, *Carex fusca*; anspruchsvolle Arten von 5 fehlen)
7. Eriophoro-Trichophoretum (Zlatník 28, Rudolf et al. 28) Rüb. 33 em.
(*Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum magellanicum*, *Vaccinium uliginosum*, *Trichophorum cespitosum*)
8. Cicerbitetum alpinae Beg. 22
(*Cicerbita alpina*, *Adenostyles alliariae*, *Polygonum bistorta*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Ranunculus aconitifolius*)
9. Chaerophyllo-Ranunculetum aconitifolii Oberd. 52
(*Chaerophyllum hirsutum*, *Ranunculus aconitifolius*, *Trollius europaeus*; subalp. Arten von 8 fehlen)
10. Caricetum rostratae Rüb. 12
(*Carex rostrata*)

C. Meßdaten und ihre Auswertung

Verglichen mit dem langjährigen Mittel war das Wetter im Untersuchungszeitraum ungewöhnlich warm und trocken (Tab. 1). Manche Meßdaten (z. B. die Angaben über die Schüttung) sind nur vor diesem Hintergrund richtig zu verstehen. Andererseits erlaubte dieser extreme Sommer auch einige sehr wichtige Feststellungen: Wenn die Quelltemperatur in diesem Jahr niedrig blieb und die Quelle immer gut schüttete, so wird das in jedem normalen Jahr genauso gelten. Dagegen dürfte jede Quelle, die überhaupt ab und zu austrocknet, im Beobachtungszeitraum zumindest zeitweise ohne Wasser gewesen sein (vgl. Tab. 3). Dieser für die Vegetation ohne Zweifel sehr wichtige Faktor war im Untersuchungsjahr 1983 mit besonderer Klarheit erkennbar.

Die extreme Situation hinsichtlich der Temperatur und des Niederschlags hat indirekt sicher auch Einfluß auf andere Meßgrößen, z. B. die Konzentration einzelner Ionensorten. Die Zusammenhänge liegen hier allerdings nicht so klar wie bei der Wassertemperatur und Schüttung, dennoch sind die Ergebnisse dieses Sommers hinsichtlich der Absolutwerte nur mit einer gewissen Vorsicht auf andere Jahre übertragbar.

1. Wassertemperaturen

Der Temperaturgang der Wassertemperatur in den einzelnen Probeflächen ist sehr unterschiedlich und ermöglicht eine Einteilung der Quellen in drei verschiedene Gruppen (Tab. 2).

Kaltstenotherme Quellen (Gruppe A)

Bei ihnen lagen auch in diesem heißen Sommer die Maximaltemperaturen ($T_{\max}$) durchweg unter 7°C und die Mittelwerte ($\bar{T}$) unter 6°C . Die Temperaturamplitude (ΔT) ist sehr gering und bleibt unter 3°K .

In diese Gruppe gehören die Quellfluren mit *Mniobryum albicans* var. *glaciale*, dagegen zählen die Quellfluren mit *Scapania paludosa* bereits zu einem Quelltyp mit höherer Temperatur (Gruppe B). *Mniobryum albicans* besiedelt also, wie bereits KAMBACH und WILMANNS aufgrund von Einzelmessungen für den Feldberg und DAHL für Südnorwegen festgestellt haben, nur die gleichmäßig kalten Wasseraustrittsstellen (Abb. 2).

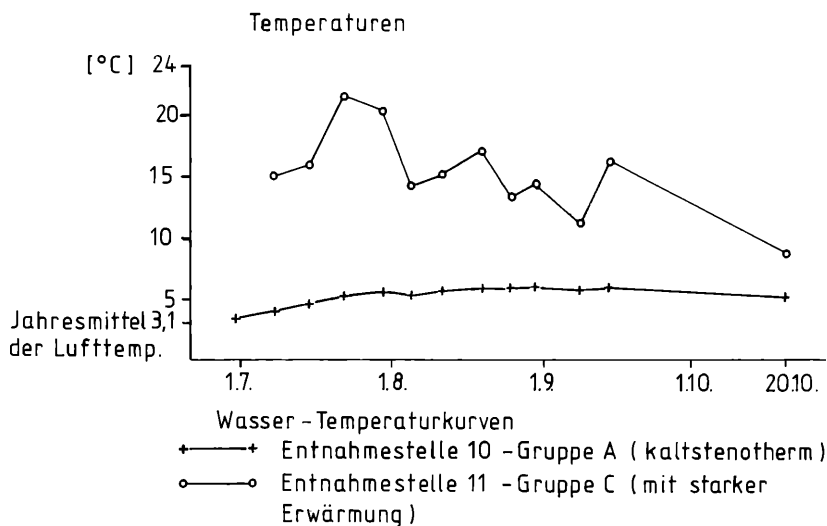


Abb. 2: Temperaturverlauf an zwei ausgewählten Probestellen (zur Charakterisierung der Gruppen vergl. Abb. 10)

Mäßig erwärmte Quellen (Gruppe B)

Maximaltemperatur zwischen 9 und 15° C

Mitteltemperatur zwischen 7 und 10° C

Temperaturamplitude zwischen 4 und 11° K

Die beiden Quellfluren dieser Gruppe (7 und 8) wiesen bis Mitte Juli Temperaturen unter 6,5° C auf, erwärmten sich dann aber rasch und überschritten gegen Ende des Sommers die mittlere Tageshöchsttemperatur der Luft. Ihr Temperaturgang folgt der Lufttemperatur mit sehr starker zeitlicher Versetzung, was vermutlich auf den lange anhaltenden Schmelzwassereinfluß zurückgeht.

Stärker erwärmte Quellen (Gruppe C)

Maximaltemperatur über 17° C

Mitteltemperatur über 13° C

Temperaturamplitude 10° K oder darüber

Die Dekadenmittel der Lufttemperatur und der Tageshöchsttemperaturen wurden während des Sommers häufig überschritten. Zu dieser Gruppe gehören ausschließlich Quellmoore, deren dunkler, torfiger Untergrund sich bei direkter Einstrahlung sehr rasch erwärmen kann, was sich naturgemäß in der Wassertemperatur niederschlägt (Abb. 2).

2. Schüttung

Die Tabelle der Schüttung der einzelnen Entnahmestellen beruht auf Beobachtungen und Schätzungen während der Probennahme. Nach diesen Daten lassen sich die Entnahmestellen in zwei Gruppen einteilen (Tab. 3).

Gruppe D: Schüttung während des ganzen Untersuchungszeitraums gut oder mäßig, nie trockengefallen.

Gruppe E: Schüttung im Untersuchungsjahr wenigstens kurzfristig gering oder fehlend, relativ große Schwankungen. Hierzu gehören alle Quellmoore und Rieselfluren, aber nur eine Quellflur (Probefläche Nr. 8), die einzige mit *Scapania paludosa*. Ab 18. 8. 83 war das Moos teilweise eingetrocknet, erholte sich bei Wiederbeginn der Schüttung (15. 9. 83) aber rasch.

3. Sauerstoffgehalt

Die Entnahmestellen lassen sich auch bezüglich des Sauerstoffgehaltes in zwei deutlich getrennte Gruppen einteilen (Tab. 4)

Gruppe F: Entnahmestellen mit hohem, im Verlauf der Vegetationsperiode allmählich etwas abnehmenden Sauerstoffgehalt, im Durchschnitt 9,5 mg/l oder mehr. Die Sauerstoffsättigung liegt durchweg hoch. Ihre Jahreskurve verläuft im allgemeinen gleichsinnig, wegen der ansteigenden Wassertemperaturen aber flacher als die Kurve des Sauerstoffgehalts (Abb. 3).

Gruppe G: Entnahmestellen mit zeitweise niedrigem Sauerstoffgehalt (im Mittel 6,5 mg/l oder weniger). Zu dieser Gruppe gehören die Quellmoore (Nr. 5, 6 und 11). Die niedrigsten Werte lagen vor allem in der Mitte der Meßperiode, also in der Zeit geringerer Schüttung und starker oberflächlicher Erwärmung. Gegen das Ende der Meßperiode kommt es, vermutlich durch das Nachlassen sauerstoffzehrender Abbauvorgänge, zu einer Wiederannäherung der beiden Gruppen (Abb. 3).

4. pH-Wert

Die Durchschnittswerte sämtlicher Entnahmestellen liegen in dem engen Bereich zwischen pH 6 und pH 7 (Tab. 5). Die Schwankungen der Werte sind so gering, daß sie nur in wenigen Fällen die Meßungenauigkeit (ca. 0,1 pH-Einheiten) übersteigen. Unter Berücksichtigung der logarithmischen Eigenschaften des pH-Wertes bei der Mittelwertbildung lassen sich ebenfalls zwei Gruppen von Entnahmestellen voneinander abtrennen (Tab. 5):

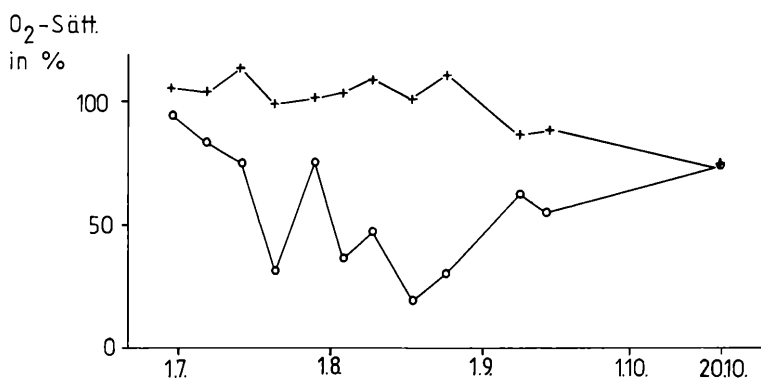
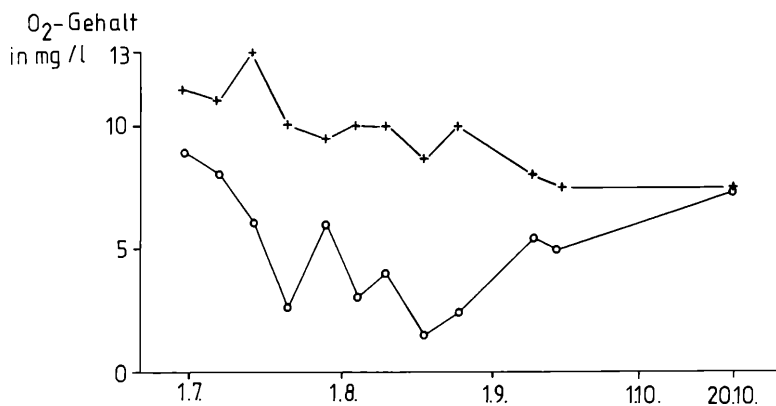
Gruppe H: Durchschnittliche pH-Werte zwischen 6,1 und 6,7 – Quellfluren und Quellmoore

Gruppe I: Durchschnittliche pH-Werte zwischen 6,9 und 7,0 – Rieselfluren und quellige Hochstaudenfluren.

Die beiden Gruppen sind zwar nur wenig voneinander abgesetzt, zeigen aber praktisch keine Überschneidungen. Interessanterweise liegen die torfbildenden Quellmoore mit durchschnittlichen pH-Werten zwischen 6,2 und 6,7 im selben Bereich wie die weitgehend torffreien Quellfluren (vgl. auch Abb. 4).

5. Eisen

Im Vergleich zur Konzentration der anderen Kationen lag die Konzentration an Eisen-Ionen während der ganzen Vegetationsperiode außerordentlich tief (vgl. Abb. 11), sehr nahe an der Nachweisgrenze der benutzten Methode. An den meisten Entnahmestellen war über die gesamte Untersuchungszeit praktisch kein Eisen nachzuweisen (Gruppe J, Tab. 6). Davon hebt sich jedoch die Gruppe der Quellmoore, aber auch der aus einem großen Flachmoorgebiet gespeiste Seebach deutlich ab. Hier war fast regelmäßig Eisen nachzuweisen (Gruppe K); eine Tatsache, die vielleicht auf die Bindung von Fe an Humussäuren oder den Transport in Chelatform zurückgeht. Die Koinzidenz zwischen Fe-Konzentration und Vegetationstyp dürfte also in diesem Fall mehr zufällig sein und könnte eher etwas mit dem Auftreten von Huminstoffen im Substrat zu tun haben als mit der Verfügbarkeit des Spurenelements Eisen.

Absoluter O_2 -Gehalt und O_2 -Sättigung

- + — + Entnahmestelle 7 - Gruppe F (hoher O_2 -Gehalt)
 o — o Entnahmestelle 6 - Gruppe G (niedriger O_2 -Gehalt)

Abb. 3: Meßwerte von Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung an zwei ausgewählten Probestellen (zur Charakterisierung der Gruppen vergl. Abb. 10).

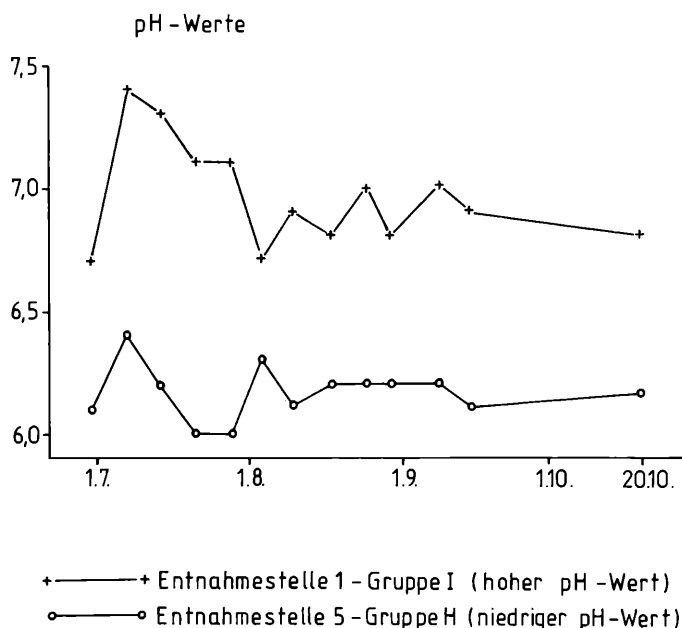


Abb. 4: pH-Werte an zwei ausgewählten Probestellen (zur Charakterisierung der Gruppen vergl. Abb. 10)

6. Kalium

Mit den in Tab. 7 wiedergegebenen Meßwerten ist Kalium das Ion mit den größten Konzentrationsschwankungen im Untersuchungszeitraum. Während der Jahresverlauf der K-Konzentration auf weitgehend unbeeinflussten Probestellen noch als recht ausgeglichen bezeichnet werden kann (Abb. 5), kam es an Entnahmestellen mit Beweidungseinfluß zeitweise zu außerordentlich starken Kalium-Konzentrationsanstiegen (s. unten). Ein Zusammenhang der Vegetationskomplexe mit dem mittleren K-Gehalt der Entnahmestellen konnte nicht festgestellt werden.

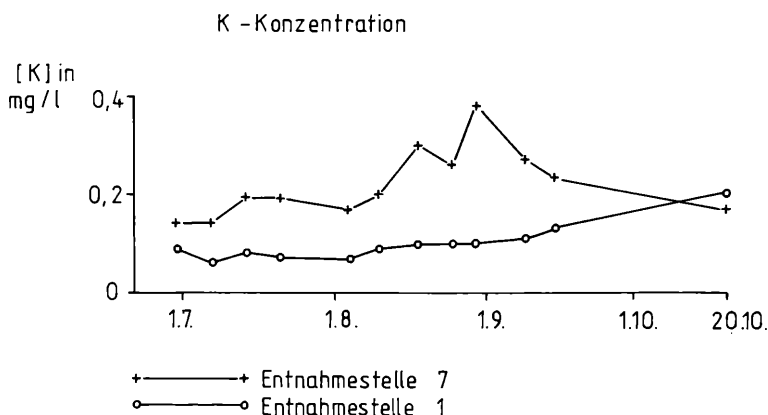


Abb. 5: Meßwerte für die Kaliumkonzentration an zwei ausgewählten Probestellen ohne Beweidungseinfluß.

7. Magnesium

Einzelwerte und Jahresgang der mittleren Mg-Konzentration gehen aus Tab. 8 und der Abbildung 11 hervor. Allgemein steigen die Meßwerte gegen das Ende der Meßperiode deutlich an, möglicherweise ein Effekt beginnender Mg-Freisetzung aus der Vegetation. Bei einem Korrelationsversuch der Mg-Durchschnittswerte mit dem Typ des jeweiligen Vegetationskomplexes wurde keine Beziehung festgestellt.

8. Natrium

Die Na-Konzentrationen lagen in der Mitte des Untersuchungszeitraumes (4. 8. – 9. 9.) bei fast allen Meßstellen geringfügig höher als in der übrigen Zeit (Tab. 9). Auffallenderweise enthielt das Wasser der Rieselfloren insgesamt recht wenig Natrium (0,70 und 0,74 mg/l). Wir haben sie als Gruppe M von den übrigen Vegetationskomplexen abgetrennt (Gruppe L, Na-Konzentration größer als 1,05 mg/l). Ob dieser Unterschied in der Na-Konzentration bedeutsam ist, erscheint aus physiologischen Überlegungen zweifelhaft; er muß jedoch der Vollständigkeit halber in die Übersichtstabelle der mit den Vegetationstypen korrelierten Parameter aufgenommen werden.

9. Calcium

Die gemessenen Calcium-Werte sind zwar nicht besonders gering, dennoch ist das Wasser der untersuchten Quellen durchweg als sehr weich zu bezeichnen (Tab. 10). Da die Calcium-Konzentration bei allen durchgehend schüttenden Quellen im August deutlich anstieg, wurde bei der Mittelwertbildung der versiegenden Quellen ein ähnlicher Anstieg unterstellt und als Korrekturfaktor berücksichtigt (vgl. WARNKE 1984). Diese korrigierten Mittelwerte sind in Tab. 10 in Klammern angegeben. Die Mittelwerte der einzelnen Entnahmestellen sind erkennbar mit der Meereshöhe korreliert ($r = -0,69$) je höher die Entnahmestelle, desto geringer die durchschnittliche Ca-Konzentration. Diese Gesetzmäßigkeit ließ sich auch am Seebach nachweisen; hier lagen, vermutlich bedingt durch den Zufluß von kalkreicherem Wasser, die Ca-Konzentrationen an der tiefer gelegenen Probestelle (Nr. 4) durchweg über den Werten der ca. 120 m höher gelegenen Entnahmestelle 12.

Im Zusammenhang mit dem auffallenden floristischen Reichtum der Feldberg-Ostseite an anspruchsvollen, teils sogar als calciphil geltenden Arten, ist immer wieder der möglicherweise höhere Kalkgehalt der entsprechenden Quellfluren bzw. Quellmoore ins Feld geführt worden. Ein Vergleich der Ca-Werte der Probeflächen im Zastler Loch (Nr. 8, 9 und 10) mit den übrigen Werten der Tab. 10 scheint diese Vermutung zu stützen. Berücksichtigt man aber die Höhenlage der Entnahmestellen, dann wird der Unterschied wesentlich undeutlicher. Tatsächlich ergaben stichprobenartige Messungen auf den tiefer gelegenen Karböden des Zastler Lochs annähernd ähnlich hohe Ca-Konzentrationen (2,84; 3,51 und 3,82 mg/l) wie an den entsprechenden Probestellen der Ostseite. Wichtig ist der Vergleich der Ca-Konzentration von Flächen, auf denen solche „anspruchsvollen“ Arten tatsächlich vorkommen:

Swertia perennis: 1,73 – 2,76 mg/l

Aster bellidastrum: 3,00 – 5,20 mg/l

Saxifraga stellaris: 3,00 – 3,89 mg/l

Dabei zeigt sich, daß *Swertia perennis* gar nicht die Flächen mit besonders hohem Ca-Gehalt besiedelt. Danach könnte diese Art, wie übrigens auch *Saxifraga stellaris*, im Zastler Loch durchaus vorkommen (stichprobenartige Messungen an Wuchsorten von *Saxifraga stellaris* am Belchen ergaben 2,56 mg/l). Damit paßt gut zusammen, daß beide Arten (nicht aber *Aster bellidastrum*) in älteren Floren (SPENNER, SCHILDKNECHT, NEUBERGER) durchaus für die Nordseite des Feldbergstocks angegeben werden. Wenn beide Arten heute nicht – oder nicht mehr – auf der Zastlerseite vorkommen, so muß das nicht unbedingt am Ca-Gehalt liegen – er ist ja hier auch keineswegs so viel niedriger als auf der Feldseeseite – sondern es müssen andere orographische Gründe oder historische Tatsachen (z. B. die Beweidung) in die Überlegungen mit einbezogen werden. Insgesamt jedoch kann das Vorkommen vieler Kalkpflanzen durchaus durch den relativ hohen Ca-Gehalt des Substrates mitbedingt sein. (Man verglei-

che dazu etwa die Werte, die HÖLZER für das Blindenseemoor ermittelt hat). Außerdem ist nicht auszuschließen, daß in der eigentlichen Seewand, dem Wuchsort vieler weiterer Kalkpflanzen, pH-Wert und Ca-Gehalt noch höher liegen als in den hier untersuchten Probestellen. Die Bindung von *Aster bellidastrium* an besonders Ca-reiche Stellen deutet in diese Richtung.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Parametern ist beim Calcium eine eindeutige Zuordnung verschiedener Ca-Konzentrationsbereiche zu den Vegetationskomplexen nicht gelungen.

10. Phosphat

Bei der benutzten Methode lag die Nachweisgrenze bei 0,01 mg P/l; damit waren Nachweise nur in wenigen Fällen möglich und auch diese relativ ungenau. Die verwendete Methode lieferte Werte für das Gesamtposphat, das allerdings in den untersuchten Entnahmestellen überwiegend als Orthophosphat vorliegen dürfte.

Probestellen mit regelmäßigem oder gelegentlichem Phosphatnachweis wurden als Gruppe N von den übrigen (Gruppe O) abgetrennt. Die Gruppe N umfaßt alle Quellfluren (vgl. Tab. 11).

11. Stickstoff

Stickstoff konnte bei praktisch allen Messungen nachgewiesen werden und zwar in der Regel als Nitrat. Nitrit tauchte nur in wenigen Fällen auf – in äußerst geringer Konzentration. Dagegen konnte an den Meßstellen 11 und 12 der Einfluß der Beweidung am Anstieg des Ammonium deutlich abgelesen werden.

Die Schwankungen des Nitratgehalts waren durchweg sehr gering und lagen häufig im Rahmen der Meßungenauigkeit (Tab. 12, Abb. 6). Die Werte bewegen sich alle in der gleichen Größenordnung, mit Ausnahme der Probestelle Nr. 1, eine quellige Hochstaudenflur, deren Nitratwerte deutlich aus dem Rahmen des Üblichen herausfallen (Gruppe Q bzw. P). Da unsere Untersuchungen keine weitere Fläche mit diesem Vegetationstyp umfaßte, darf man die Feststellung eines außergewöhnlich hohen Nitratgehaltes in dieser Hochstaudenflur (vgl. Abb. 6) nicht ohne weiteres generalisieren.

12. Einfluß der Beweidung

Der oberste Teil des Seebachs (Entnahmestellen 4 und 12) bezieht sein Wasser aus einem Einzugsgebiet, das seit einigen Jahren wieder verstärkt beweidet wird. Diese Intensivierung bezieht sich aber nicht nur auf Anzahl weidender Tiere,

Nitratkonzentration

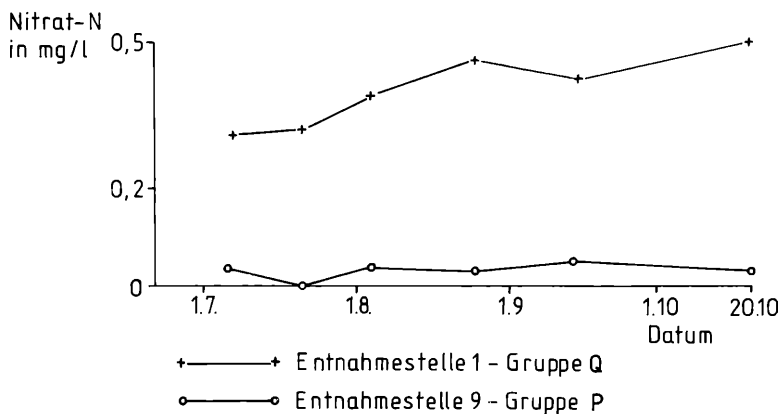


Abb. 6: Meßwerte für die Nitratkonzentration an zwei ausgewählten Probestellen (zur Charakterisierung der Gruppen vergl. Abb. 10).

sondern auch auf die veränderte Art der Beweidung (Zäunung) und die Größe der einbezogenen Fläche. Zwar liegt keine unserer Entnahmestellen innerhalb des eigentlichen Weidefeldes, doch werden beide Probestellen am Seebach und auch das Flachmoor in der Quellmulde des Seebachs (Probefläche 11) deutlich vom Weidebetrieb beeinflusst. Diese Probefläche ist Teil des weitgehend vermoorten Seebach-Quellgebiets, das aufgrund der Bemühungen des Naturschutzes zusammen mit einigen anderen Feuchtgebieten bereits früher aus der Weidefläche herausgenommen worden war. Wegen des trockenen Sommers im Untersuchungsjahr kam es jedoch spätestens ab 13. 8. 83 zu wiederholten Vieheinbrüchen in die ausgezäunte Schonfläche, was sich an der Ionenführung des betroffenen Gewässers deutlich ablesen läßt. Die besonderen Verhältnisse der Probefläche 11 erlauben deshalb eine exemplarische Darlegung der Auswirkungen auch nur sporadischer Beweidung auf die Nährstoffsituation der empfindlichen Flachmoore. Diese Auswirkungen sind langfristig vielleicht sogar noch gravierender als die starken Trittschäden, die die Tiere auf dem weichen Torfboden hervorrufen können.

Unbeeinflusst von den Vieheinbrüchen bleiben an allen drei Meßstellen Temperatur, Schüttung, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Eisenkonzentration. Dies

Diagramm :[K] bei Beweidung

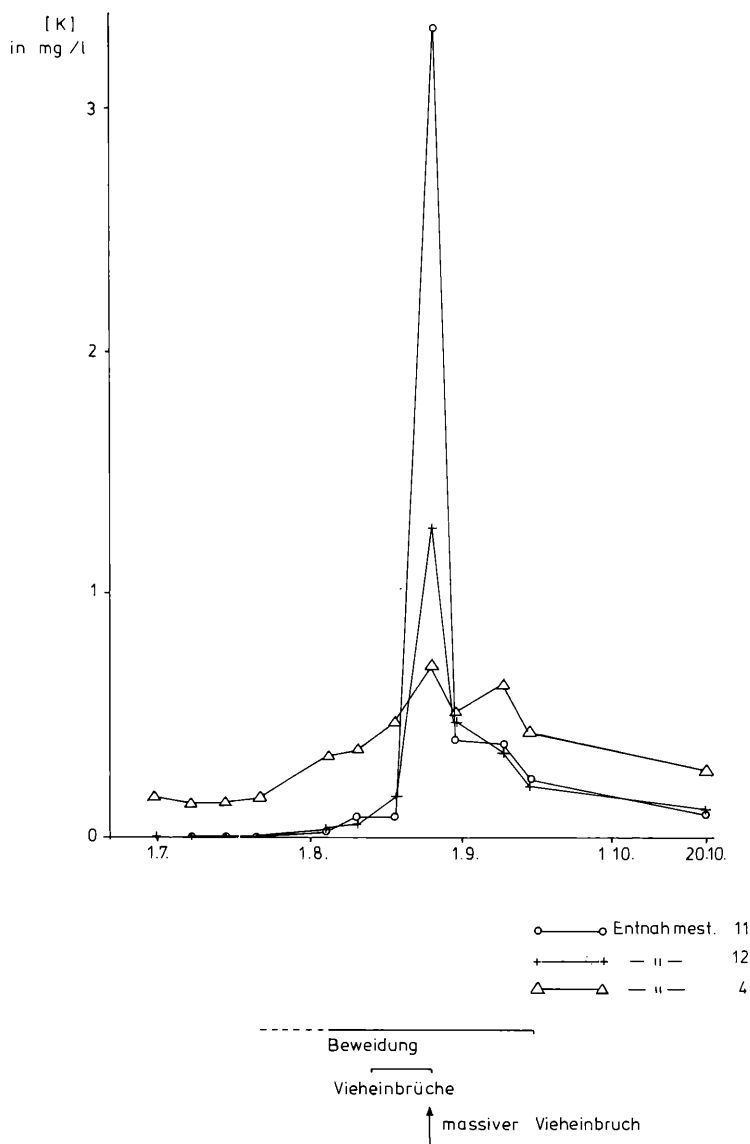


Abb. 7: Einfluß der Beweidung, dargestellt am Beispiel der Kaliumkonzentration.

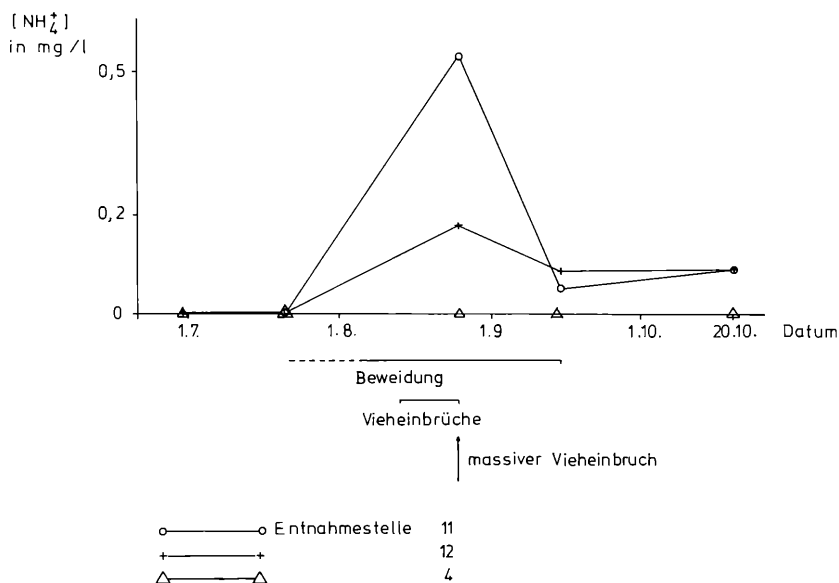
Diagramm $[\text{NH}_4^+]$ und Beweidung

Abb. 8: Einfluß der Beweidung, dargestellt am Beispiel der Ammoniumkonzentration.

gilt auch für Phosphat und Nitrat, wobei man in diesem Fall allerdings die relativ geringe Empfindlichkeit der angewandten Methoden berücksichtigen muß. Starke Konzentrationsänderungen waren dagegen bei Kalium, Ammonium und Magnesium festzustellen (vgl. Abb. 7, 8 und 9). Obwohl nach dem 25. 8. keine Vieheinbrüche mehr erfolgten und die Beweidungsperiode um den 15. 9. zu Ende ging, war der Beweidungseinfluß am Ende des Untersuchungszeitraumes noch nicht vollständig abgeklungen, in allen drei Fällen liegen die Konzentrationen am letzten Meßtag immer noch deutlich über den Ausgangswerten von Anfang Juli. Bei Kalium kann man überdies deutlich eine Art „Fernwirkung“ erkennen; hier beginnt der Konzentrationsanstieg bereits mit dem Beginn der Beweidung und nicht erst mit dem Vieheinbruch. Bei allen Ionensorten sind die Veränderungen der Konzentration an der Entnahmestelle Nr. 4 geringer als im

Diagramm [Mg] und Beweidung

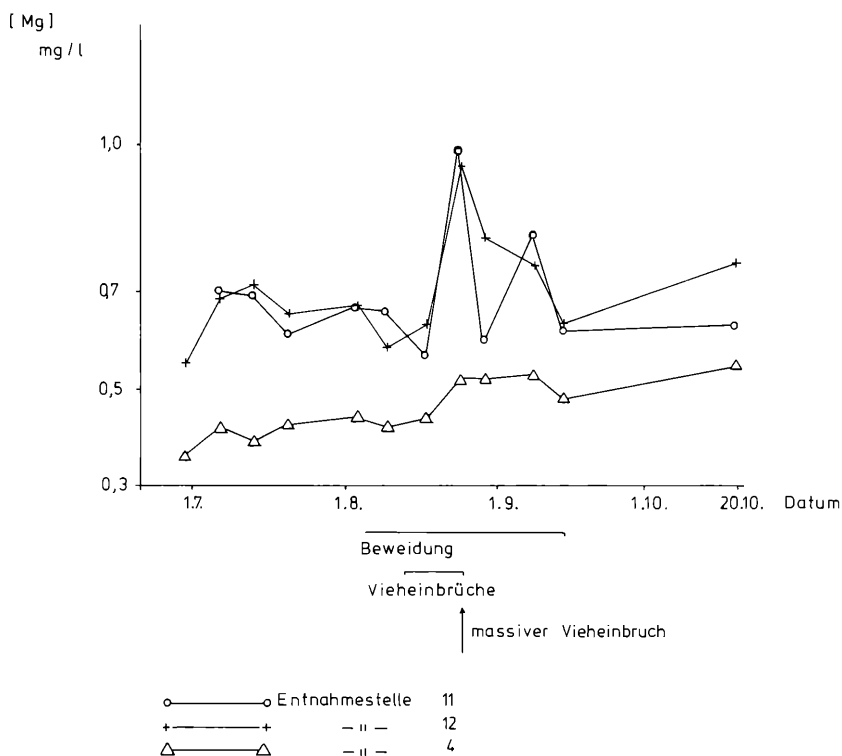


Abb. 9: Einfluß der Beweidung, dargestellt am Beispiel der Magnesiumkonzentration.

Seebach-Quellgebiet (11 bzw. 12). Es läßt sich nicht entscheiden, ob dies in erster Linie auf „Verdünnung“ durch seitliche Zuflüsse oder die Festlegung der Ionen durch Pflanzenwurzeln zurückgeht. Anzunehmen ist jedenfalls, daß auch in diesen Fällen nur ein Teil der eingetragenen Ionen im freien Wasser erscheint und ein erheblicher Teil von Pflanzenwurzeln oder Ionentauschern im Boden abgefangen wird.

13. Zuordnung Gewässertyp und Vegetation

Während sich bei Temperatur, Schüttung, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, sowie den Konzentrationen an Eisen, Natrium, Phosphat und Nitrat zum Teil deutliche Koinzidenzen mit den unterschiedlichen Gesellschaftsbildungen ergaben, waren die Meßwerte von Calcium, Magnesium, Kalium und Ammonium überraschenderweise nicht zu einer Gruppenbildung geeignet. Abb. 10 zeigt, daß mit den vorgenommenen Gruppeneinteilungen der übrigen Parameter alle Abgrenzungen zwischen den verschiedenen Vegetationskomplexen nachvollzogen werden konnten. Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung ist eine sehr weit gehende Standortscharakterisierung, wobei allerdings zu beachten ist, daß die festgestellten Koinzidenzen nichts über die Kausalität der einzelnen Faktoren aussagen. Sie sind in einigen Fällen (z. B. beim Eisen; vgl. Abschnitt 5) eher die Folge der besonderen Vegetationsausbildung als deren Ursache.

14. Jahresverlauf der Mittelwerte aller unbeeinflussten Entnahmestellen

Einen zusammenfassenden Überblick über die Ionenführung, Sauerstoffgehalt und pH-Wert zeigt Abb. 11. In ihr sind die von den Schwankungen an den einzelnen Entnahmestellen weitgehend unabhängigen Mittelwerte aller Probestellen dargestellt – unter Ausschluß der vom Weidebetrieb beeinflussten Probestellen 4, 11 und 12. Insgesamt kann das Wasser der untersuchten Flachmoor- bzw. Quellflurkomplexe als recht nährstoffarm, sauerstoffreich und kühl gekennzeichnet werden. Bei den Kationen zeigt durchweg das Calcium die höchsten Konzentrationen; ein einigermaßen überraschender Befund, der vielleicht einen Hinweis auf die besondere Situation der Flachmoore am Feldberg darstellt.

Diskussion

Leider ist es nicht möglich, die am Feldberg gewonnenen Daten in einen größeren Rahmen einzuordnen, weil vergleichbare Untersuchungen aus anderen Gebieten des Schwarzwaldes bisher nicht vorliegen. Eine wichtige Ausnahme bildet hier die Untersuchung von HÖLZER (1977), die er in den Jahren 1974/75 im Blindenseemoor bei Schonach (mittlerer Schwarzwald) durchgeführt hat. Selbst wenn man berücksichtigt, daß beide Untersuchungen in verschiedenen Jahren und mit etwas abweichender Methodik bei der Probennahme stattgefunden haben, lassen sich beim Vergleich der gewonnenen Meßwerte doch einige Tendenzen feststellen:

Tabelle zur Gegenüberstellung der Gruppeneinteilungen und der Vegetationskomplexe

Nummer der Probefläche	Vegetationskomplex	Dominierende Gesellschaften	Parameter und zugehörige Gruppen							
			Temp.	Schüttl.	[O ₂]	pH	[Fe ^{2+/3+}]	[Na ⁺]	[PO ₄ ³⁻]	[NO ₃ ⁻]
10	Quellfluren	2b	A	D					N	
9		2b								
7										
8										
3	Rieselfluren							M		
2		4								
5		5								
6	Quellmoore	5								
11		5 6 7								
1	Quellige Hochstaudenflur	8, (3)	B	D	F	I	J			Q

Kurze Erklärung für die einzelnen Gruppen

A: $T_{\max} < 7^{\circ}\text{C}$; $\Delta T < 3\text{ K}$; $\bar{T} < 6^{\circ}\text{C}$; kalt stenotherm.B: $9^{\circ}\text{C} < T_{\max} < 15^{\circ}\text{C}$; $4\text{ K} < \Delta T < 11\text{ K}$; $7^{\circ}\text{C} < \bar{T} < 10^{\circ}\text{C}$ C: $T_{\max} > 17^{\circ}\text{C}$; $\Delta T \geq 10\text{ K}$; $\bar{T} > 13^{\circ}\text{C}$; stark erwärmt.

D: Schüttung (Schütt.) im ganzen Untersuchungszeitraum wenigstens mäßig

E: Schüttung mindestens kurzfristig gering relativ große Schwankungen

F: $[\text{O}_2] \geq 9,5\text{ mg/l}$ G: $[\text{O}_2] \leq 6,5\text{ mg/l}$ H: $6,1 \leq \text{pH} \leq 6,7$ I: $6,9 \leq \text{pH} \leq 7,0$ J: $[\text{Fe}] < 0,01\text{ mg/l}$ Eisen an max. 17 % der Meßtage nachgewiesenK: $0,05\text{ mg/l} \leq [\text{Fe}] \leq 0,12\text{ mg/l}$ Eisen mind. an 83 % der Meßtage nachgewiesen.L: $1,82\text{ mg/l} \geq [\text{Na}] \geq 1,05\text{ mg/l}$ M: $[\text{Na}] \leq 0,74\text{ mg/l}$

N: Phosphat an mind 30 % der Meßtage

O: Phosphat nicht nachweisbar

P: $0,01\text{ mg/l} \leq [\text{NO}_3^-] \leq 0,15\text{ mg/l}$ (Nitratstickstoff)Q: $[\text{NO}_3^-] = 0,40\text{ mg/l}$ (Nitratstickstoff)

Abb. 10: Zuordnung von Wassertemperaturen und Vegetationskomplexen. Kriterien bzw. Grenzen für die Gruppeneinteilung sind in Kurzform angeführt.

Die pH-Werte und der Ca-Gehalt waren am Feldberg fast durchweg höher; beim Calcium fehlen zumindest die niedrigen Werte ($< 0,9\text{ mg/l}$) die HÖLZER teilweise gemessen hat. Sehr niedrig lagen dafür am Feldberg die Eisen-Konzentrationen, und auch für Ammonium haben wir keine so hohen Werte gemessen, wie HÖLZER sie im Blindenseemoor gefunden hat. Dabei muß man allerdings berücksichtigen, daß dort der Stickstoff überwiegend als Ammonium vorlag, während am Feldberg der Nitrat-Stickstoff die entsprechende Rolle übernimmt. Die übrigen Ionenkonzentrationen bewegen sich aber durchaus in jenen Bereichen, die auch für den Hochmoorstufenkomplex des Blindenseemoors angegeben werden. Daraus ergibt sich ein wichtiger Hinweis, daß tatsächlich die hohen Ca und pH-Werte (neben vielen anderen Faktoren) für den floristischen Reichtum der Quellflur- und Niedermoorkomplex des Feldbergs mit verantwortlich sein könnten.

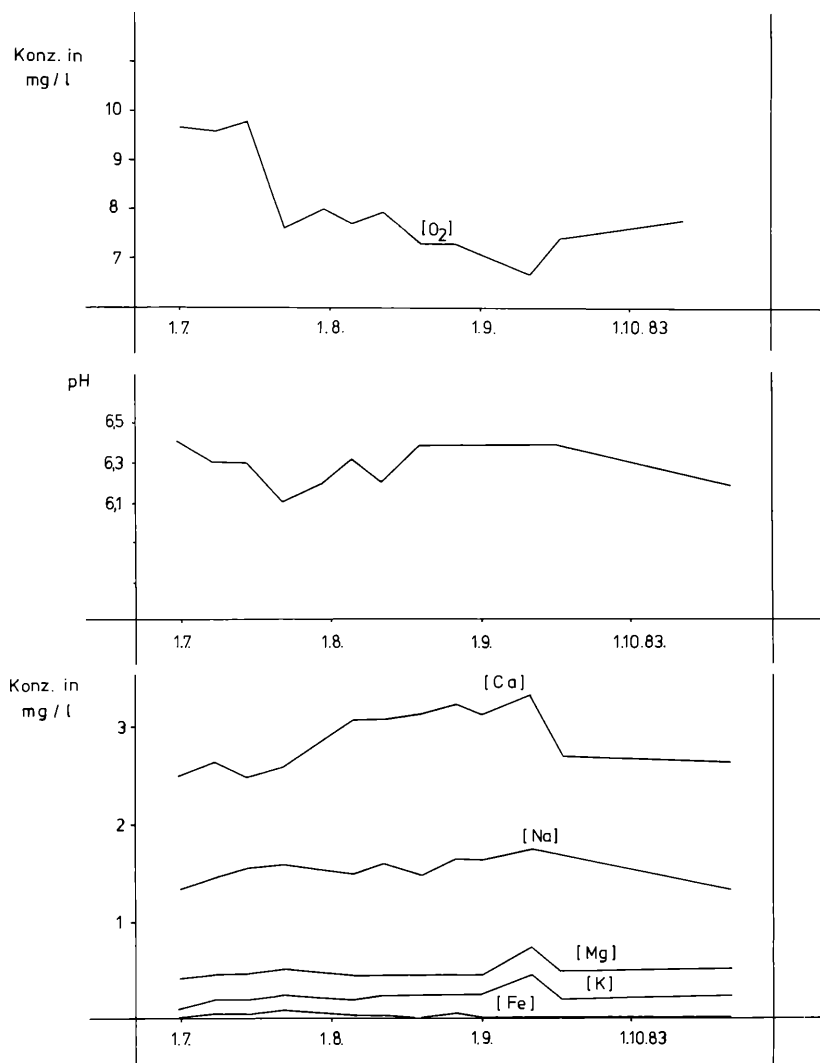


Abb. 11: Zusammenfassende Darstellung der mittleren Werte des pH und der Kationenkonzentration ausgewählter Entnahmestellen (Nr. 1, 5, 6, 7, 9).

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß es möglich ist, den einzelnen Vegetationskomplexen unterschiedliche Gruppen von Parametern der Wasserqualität zuzuordnen. Eine kausale Erklärung für die beobachteten Vegetationsunterschiede ist zwar grundsätzlich auf diesem Wege nicht zu erreichen, so lange sich mehrere Faktoren gleichzeitig ändern und überdies nicht als sicher gelten darf, daß alle wichtigen Parameter erfaßt werden. Dennoch ergibt sich aus einer solchen Zuordnung immerhin eine sehr eingehende Beschreibung einer der dominierenden Standortsfaktoren.

Durch die recht konstante Witterung des Sommers 1983 waren manche unwägbareren Witterungseinflüsse weitgehend eliminiert. Viele Tendenzen (z. B. der Einfluß der Beweidung) ließen sich deshalb in diesem Jahr mit besonderer Deutlichkeit darstellen. Bei Untersuchungen in sehr nassen Jahren könnte das hier entworfene Bild noch einige wichtige Ergänzungen erfahren, eine grundsätzliche Änderung aber wohl kaum. Dazu sind die Verhältnisse in den quellenahen Bereichen insgesamt doch zu konstant: Sie sind gewissermaßen ein Spiegelbild der kühl-gemäßigten, ozeanisch getönten Klimabedingungen des Feldbergs.

Eingang des Manuskripts am 3. Juni 1985

Angeführte Schriften

- BARTSCH, J. U. M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. — 229 S., Jena.
- BOGENRIEDER, A. (1982): Die Flora der Weidfelder, Moore, Felsen und Gewässer. — In: Der Feldberg im Schwarzwald — Subalpine Insel im Mittelgebirge. — Natur- u. Landschaftsschutzgebiete Baden-Württ. **12**, 244–316, Karlsruhe.
- BOGENRIEDER, A. und WERNER, H. (1979): Experimentelle Untersuchungen an zwei Charakterarten der Eissegenflur des Feldbergs (*Carex frigida* All. und *Soldanella alpina* L.) — Beitr. Naturk. Forsch. SW Deutschland. **38**, 61–69, Karlsruhe.
- BOGENRIEDER, A. und WILMANN, O. (1968): Zur Floristik und Ökologie einiger Pflanzen schneegeprägter Standorte im NSG Feldberg (Schwarzwald). — Veröff. Landesst. f. Naturschutz u. Landespflege Baden-Württ. **36**, 7–26, Ludwigsburg.
- DAHL, E. (1956): Rondane: mountain vegetation in South Norway and its relation to the environment. — 374 S., Oslo.
- HÖLZER, A. (1977): Vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen im Blindenseemoor bei Schonach (Mittlerer Schwarzwald) unter besonderer Berücksichtigung des Kationenhaushaltes. — Diss. bot. **36**, 195 S., Vaduz.
- KAMBACH, H.-H. und WILMANN, O. (1969): Moose als Strukturelemente von Quellfluren und Flachmooren am Feldberg im Schwarzwald. — Veröff. Landesst. für Naturschutz u. Landespflege Baden-Württ. **37**, 62–80.

- MÜLLER, K. (1935): Über das Vorkommen von Kalkpflanzen im Urgesteinsgebiet des Schwarzwaldes. Mitt. Bad. Landesverein f. Naturk. u. Natursch. NF 3, 129–139 u. 164–176.
- MÜLLER, K. (1938): Weiterer Beitrag z. Kalkpflanzenvorkommen im Schwarzwald. Mitt. Bad. Landesverein f. Naturk. u. Natursch. NF 3, 389–396.
- NEUBERGER, J. (1912): Flora von Freiburg im Breisgau. 4. Aufl. Freiburg, 319 S.
- OBERDORFER, E. (1927): *Cotoneaster integerrima* am Feldberg im Schwarzwald. Mitt. Bad. Landesverein f. Naturk. u. Natursch. NF 2, 125–126.
- OBERDORFER, E. (1956): Die Vergesellschaftung des Eissegge (*Carex frigida* All.) in alpinen Rieselfluren des Schwarzwaldes, der Alpen und der Pyrenäen. – Veröff. Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württ. 24, 452–465, Ludwigsburg.
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1977, 1978, 1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – 2. Aufl. Teil I, 331 S., Teil II, 311 S., Teil III, 455 S., Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1982): Die hochmontanen Wälder und subalpinen Gebüsche. – In: Der Feldberg im Schwarzwald – Subalpine Insel im Mittelgebirge. – Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württ. 12, 317–364, Karlsruhe.
- OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 5. Aufl., 1051 S., Stuttgart.
- PHILIPPI, G. (1963): Zur Gliederung der Flachmoorgesellschaften des Südschwarzwaldes und der Hochvogesen. Beitr. z. naturk. Forsch. in Südwestdeutschland, 22/2, 113–135.
- SCHILDKNECHT, J. (1863): Führer durch die Flora von Freiburg, 206 S., Freiburg.
- SCHWOERBEL, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie. 2. Aufl., 261 S., Stuttgart, New York.
- SPENNER, F. (1825): Flora Friburgensis et regionum proxima adjacentium, Freiburg.
- WARNKE, R. (1984): Untersuchungen zum Nährstoff- und Ionenhaushalt von Quellfluren und Niedermooren der Feldbergkuppe (Schwarzwald) – Diplomarbeit, Freiburg.
- WILMANN, O. (1984): Ökologische Pflanzensoziologie. 3. Aufl., 372 S., Heidelberg.

Niederschläge			
Monat	1951/80 (mm)	1983 (mm)	1983 (%)
Mai	151,9	224,6	147
Juni	178,0	78,9	44
Juli	170,0	52,0	31
August	183,2	75,2	41
September	128,7	163,9	127
Oktober	123,7	141,0	110
Temperatur			
Monat	1951/80 (° C)	1983 (°C)	1983 (ΔT)
Mai	5,3	3,4	− 1,9
Juni	5,8	10,1	+ 4,3
Juli	10,5	16,4	+ 5,9
August	10,3	11,9	+ 1,6
September	8,2	9,0	+ 0,8
Oktober	5,0	4,9	− 0,1

Tab. 1 Das Klima des Untersuchungszeitraumes verglichen mit dem lang-jährigen Durchschnitt (1951/80).
Daten der Station Feldberg im Schwarzwald.

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	T _{min}	T _{max}	ΔT	T̄	Gruppe	
Quellfluren	7	3,4	4,0	4,5	5,8	9,6	8,0	10,1	13,8	10,8	14,1	9,7	13,4	5,5	3,4	14,1	10,7	8,6	B
	8	6,1	6,0	5,0	12,4	14,9	9,6	—	—	—	—	—	8,3	5,6	5,0	14,9	9,9	8,5	B
	9	3,4	4,0	3,7	4,4	4,4	4,4	4,7	4,9	5,0	5,5	6,2	5,5	4,7	3,4	6,2	2,8	4,7	A
10	—	5,0	4,6	5,2	5,4	5,1	5,3	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8	5,0	4,6	5,8	1,2	5,4	A	
Rieselfluren	2	10,2	9,0	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,1	6,1	12,5	6,4	9,5	B
	3	6,2	7,0	8,9	11,6	—	—	—	—	—	—	—	9,3	6,5	6,2	11,6	5,4	8,3	B
Quellmoore	5	12,3	11,5	18,8	18,2	14,1	12,7	13,5	16,4	11,9	16,2	12,6	11,7	6,7	6,7	18,2	12,5	13,6	C
	6	8,9	9,0	16,0	16,2	17,3	14,4	13,5	16,1	14,0	14,1	11,2	10,6	6,5	6,5	17,3	10,8	12,9	C
	11	—	15,0	15,8	21,5	20,3	14,2	15,1	16,9	13,2	13,9	11,2	16,2	8,7	8,7	21,5	12,8	15,2	C
Hochstaudenfl.	1	6,3	8,0	7,3	8,6	9,2	7,0	7,6	8,5	8,4	8,6	7,0	7,0	5,2	5,2	9,2	4,0	7,6	B
Seebach	4	9,5	10,5	12,9	14,2	12,2	10,2	11,7	13,2	12,4	12,3	10,1	9,6	6,8	6,8	14,2	7,2	11,2	—
	12	8,5	14,0	16,2	18,7	17,0	12,0	13,1	13,3	13,1	12,0	11,3	15,4	8,7	8,5	18,7	10,2	13,3	—
TM		6,9	7,3	10,1	10,6	10,9	9,3	9,9	11,9	10,0	11,7	10,5	9,6	5,7					

Tab. 2: Wassertemperaturen [°C; ΔT in K]

TM = Tagesmittel (jeweils aus 1, 5, 6, 7, 9)

Gilt für alle folgenden Tabellen

Datum	30.6	7.7	14.7	21.7	29.7	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	Gruppe
Quellfluren 7	++	++	++	++	++	++	++	+	++	+	++	+	++	D
8	++	++	+	+	00	00	00	00	00	00	00	+	++	E
9	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	++	D
10	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	D
Rieselfluren 2	+	++	+	00	00	00	00	00	00	00	00	00	++	E
3	+	+	+	0	00	00	00	00	00	00	00	+	++	E
Quellmoore 5	+	+	+	0	0	0	0	+	++	+	+	+	++	E
6	++	+	+	0	0	0	0	0	0	+	+	+	++	E
11	++	++	++	0	+	+	+	+	++	+	+	+	++	E
Hochstaudenfl. 1	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	D
Seebach 4	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
12	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-

Tab. 3: Schüttung (++ = gut, + = mäßig, 0 = gering, 00 = keine Schüttung)

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	$\overline{O_2}$	Gruppe
Quellfluren 7	11,5	11,0	13,0	10,0	9,5	10,0	10,0	8,5	10,0	—	8,0	7,5	7,5	9,7	F
8	11,0	10,5	12,0	9,0	8,0	8,0	—	—	—	—	—	8,0	10,0	9,6	F
9	11,0	11,0	12,0	11,0	10,0	10,5	10,0	10,0	8,0	—	6,0	9,0	7,5	9,7	F
10	—	10,5	12,0	11,0	10,0	9,0	10,0	8,5	8,5	—	6,5	9,0	10,0	9,5	F
Rieselfluren 2	9,0	9,5	11,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,5	9,9	F
3	9,5	9,5	12,5	8,5	—	—	—	—	—	—	—	8,5	9,5	9,7	F
Quellmoore 5	7,0	8,5	7,0	5,0	5,5	5,5	5,5	7,0	7,0	—	6,0	6,0	7,5	6,5	G
6	9,0	8,0	6,0	2,5	6,0	3,0	4,0	1,5	2,5	—	5,5	5,0	7,5	5,0	G
11	—	6,0	6,5	5,5	5,0	6,5	6,5	6,0	6,5	—	6,5	6,0	7,0	6,1	G
Hochstaudenfl. 1	10,0	9,5	11,0	9,5	9,0	9,5	10,0	9,5	9,0	—	8,0	9,5	9,0	9,5	F
Seebach 4	9,5	9,0	12,5	9,5	9,0	8,5	9,5	8,0	8,0	—	8,0	9,0	9,5	9,2	—
12	8,5	8,0	8,5	7,5	7,0	9,0	7,0	8,5	7,0	—	8,0	7,0	7,5	7,8	—

Tab. 4: Sauerstoffgehalt [mg/l]

Datum	30.6	7.7	14.7	21.7	29.7	4.8	10.8	18.8	25.8	30.8	9.9	15.9	20.10.	pH	Gruppe
Quellfluren	7	6,2	6,5	6,4	6,4	6,5	6,1	6,6	6,7	6,6	7,0	7,0	6,3	6,5	H
	8	6,2	6,3	6,5	6,1	—	—	—	—	—	—	6,4	6,1	6,3	H
	9	6,5	5,9	6,0	5,9	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,2	6,0	6,0	6,0	H
	10	—	6,5	6,3	6,1	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	H
Rieselfluren	2	6,9	7,2	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	6,9	7,0	I
	3	7,3	6,9	7,2	7,2	—	—	—	—	—	—	6,9	6,5	7,0	I
Quellmoore	5	6,1	6,4	6,2	6,0	6,0	6,3	6,4	6,5	6,6	6,3	6,5	6,2	6,3	H
	6	6,7	6,5	6,3	6,0	6,0	6,3	6,1	6,2	6,2	6,2	6,1	6,2	6,2	H
	11	—	7,1	6,6	6,8	6,7	6,6	6,6	6,5	6,6	6,8	6,6	6,6	6,7	H
Hochstaudenfl.	1	6,7	7,4	7,3	7,1	7,1	6,7	6,9	7,0	6,8	7,0	6,9	6,8	6,9	I
Seebach	4	7,6	7,1	7,2	7,2	6,8	7,0	6,9	6,9	6,9	7,0	7,2	6,8	7,0	—
	12	7,0	6,7	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,9	6,8	6,6	6,7	—

Tab. 5: pH-Werte

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	Gruppe
Quellfluren	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	J
	8	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0	0	J
	9	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	J
	10	—	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0	0	J
Rieselfluren	2	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	0	J
	3	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0,02	0	J
Quellmoore	5	0,07	0,12	0,20	0,36	—	0,29	0,10	0,03	0,07	0,02	0,05	0,04	K
	6	0	0	0,02	0,07	—	0,07	0,04	0,06	0,17	0,08	0,05	0,02	K
	11	—	0,06	0,03	0,02	—	0,03	0,04	0,06	0,12	0,06	0,04	0,07	K
Hochstaudenfl.	1	0	0,01	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	J
Seebach	4	0	0	0,03	0,04	—	0,05	0,03	0	0,08	0,04	0,05	0,06	—
	12	0,26	0,25	0,18	0,18	—	0,08	0,08	0,26	0,18	0,09	0,23	0,15	—
TM		0,01	0,03	0,04	0,09	—	0,07	0,03	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	—

Tab. 6: Eisen-Konzentrationen [mg/l]

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	$\bar{K}$
Quellfluren	7	0,14	0,14	0,19	0,19	—	0,17	0,20	0,30	0,26	0,38	0,27	0,23	0,17
	8	0,13	0,19	0,14	0,18	—	—	—	—	—	—	—	0,29	0,15
	9	0,32	0,66	0,40	0,53	—	0,54	0,53	0,44	0,64	0,44	1,61	0,39	0,43
	10	—	0,21	0,19	0,19	—	0,23	0,27	0,26	0,35	0,23	0,22	0,21	0,23
Rieselfluren	2	0,03	0,05	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16
	3	0,11	0,11	0,14	0,09	—	—	—	—	—	—	—	0,47	0,12
Quellmoore	5	0,06	0,12	0,15	0,13	—	0,18	0,18	0,15	0,10	0,14	0,09	0,06	0,14
	6	0,03	0	0,06	0,21	—	0,08	0,19	0,24	0,09	0,11	0,07	0,08	0,19
	11	—	0	0	0	—	0,02	0,07	0,07	3,34	0,40	0,38	0,24	0,10
Hochstaudenfl.	1	0,09	0,06	0,08	0,07	—	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,13	0,20
Seebach	4	0,15	0,13	0,13	0,15	—	0,34	0,36	0,48	0,72	0,51	0,63	0,43	0,27
	12	0	0	0	0	—	0,03	0,06	0,18	1,27	0,47	0,35	0,22	0,11
TM		0,12	0,19	0,08	0,23	—	0,21	0,24	0,25	0,24	0,23	0,43	0,18	0,23

Tab. 7: Kalium-Konzentrationen [mg/l]

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	Mg
Quellfluren 7	0,27	0,29	0,32	0,33	—	0,35	0,33	0,36	0,37	0,44	0,42	0,37	0,33	0,35
8	0,22	0,22	0,23	0,20	—	—	—	—	—	—	—	0,21	0,38	0,24
9	0,56	0,57	0,58	0,59	—	0,59	0,52	0,51	0,53	0,57	2,09	0,56	0,80	0,71
10	—	0,38	0,41	0,42	—	0,43	0,38	0,40	0,43	0,45	0,44	0,46	0,54	0,43
Rieselfluren 2	0,28	0,25	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,44	0,32
3	0,38	0,42	0,42	0,43	—	—	—	—	—	—	—	0,49	0,48	0,44
Quellmoore 5	0,37	0,41	0,41	0,45	—	0,46	0,40	0,38	0,42	0,40	0,36	0,40	0,40	0,41
6	0,42	0,46	0,46	0,49	—	0,44	0,41	0,43	0,44	0,43	0,43	0,53	0,48	0,45
11	—	0,70	0,69	0,61	—	0,67	0,66	0,57	0,99	0,60	0,82	0,62	0,63	0,69
Hochstaudenfl. 1	0,46	0,48	0,50	0,52	—	0,50	0,49	0,48	0,50	0,53	0,54	0,53	0,67	0,52
Seebach 4	0,36	0,42	0,39	0,43	—	0,44	0,42	0,44	0,52	0,52	0,53	0,48	0,55	0,46
12	0,56	0,69	0,72	0,66	—	0,68	0,59	0,64	0,97	0,82	0,76	0,64	0,77	0,71
TM	0,42	0,44	0,45	0,48	—	0,47	0,43	0,43	0,45	0,47	0,76	0,48	0,54	

Tab. 8: Magnesium-Konzentrationen [mg/l]

Datum	30.6	7.7	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	$\overline{\text{Na}}$	Gruppe
Quellfluren	7	1,43	1,51	1,66	1,73	—	1,64	1,76	1,65	1,76	1,75	1,78	1,39	1,65	L
	8	0,98	0,97	1,06	1,05	—	—	—	—	—	—	1,13	1,13	1,05	L
	9	1,51	1,74	1,61	1,64	—	1,57	1,72	1,63	1,71	1,72	1,73	1,58	1,70	L
	10	—	1,64	1,76	1,80	—	1,75	1,87	1,88	1,92	1,88	1,96	1,63	1,82	L
Rieselfluren	2	0,62	0,66	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—	0,78	0,70	M
	3	0,61	0,67	0,77	0,79	—	—	—	—	—	—	0,97	0,63	0,74	M
Quellmoore	5	1,03	1,04	1,25	1,32	—	1,23	1,29	1,22	1,31	1,32	1,35	1,05	1,23	L
	6	1,36	1,39	1,56	1,66	—	1,37	1,51	1,41	1,65	1,62	1,79	1,39	1,53	L
	11	—	1,33	1,66	1,67	—	1,39	1,73	1,73	2,12	1,74	1,84	1,41	1,68	L
Hochstaudenfl.	1	1,44	1,48	1,67	1,63	—	1,64	1,77	1,66	1,74	1,73	1,81	1,39	1,64	L
Seebach	4	1,21	1,27	1,43	1,51	—	1,48	1,60	1,52	1,76	1,70	1,66	1,36	1,52	L
	12	1,45	1,42	1,65	1,70	—	1,64	1,73	1,84	2,08	1,89	1,84	1,41	1,71	L
TM		1,35	1,43	1,55	1,60	—	1,49	1,61	1,51	1,63	1,74	1,69	1,36		

Tab. 9: Natrium-Konzentrationen [mg/l]

Ca-Konzentrationen

Datum	30.6	7.7	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	Höhe über NN	Ca
Quellfluren 7	2,65	2,86	2,80	2,92	—	3,55	3,71	3,80	3,95	4,00	4,09	1,23	2,62	1400 m	3,18
8	1,20	1,23	1,00	0,89	—	—	—	—	—	—	—	2,22	1,64	1430 m	1,36
9	1,88	1,96	1,69	1,74	—	2,11	2,18	2,27	2,27	2,16	3,65	2,15	2,41	1440 m	2,21
10	—	1,51	1,20	1,34	—	1,80	1,95	1,97	2,09	1,94	2,01	2,02	1,76	1440 m	1,78
Rieselfluren 2	2,67	2,43	2,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,02	1290 m	2,69
3	4,43	4,89	4,71	4,58	—	—	—	—	—	—	—	5,60	3,94	1330 m	4,69
Quellmoore 5	2,27	2,42	2,88	2,31	—	2,99	2,61	2,59	2,74	2,57	2,30	2,55	2,02	1345 m	2,47
6	2,43	2,66	2,42	2,57	—	2,80	2,95	2,97	3,05	2,84	2,79	3,40	2,25	1345 m	2,76
11	—	1,61	1,31	1,26	—	1,77	2,01	1,76	2,70	1,63	2,15	1,62	1,26	1430 m	1,73
Hochstaudenfl. 1	3,36	3,45	3,39	3,47	—	3,99	4,05	4,09	4,26	4,16	4,20	4,15	4,06	1350 m	3,89
Seebach 4	1,46	1,76	1,39	1,49	—	2,05	2,15	2,20	2,56	2,34	2,37	2,11	1,88	1325 m	1,98
12	1,57	1,63	1,31	1,38	—	1,72	1,79	1,89	2,46	2,08	2,00	1,76	1,61	1415 m	1,76
TM	2,52	2,67	2,52	2,60	—	3,09	3,10	3,14	3,25	3,15	3,36	2,70	2,67		

Tab. 10: Calcium-Konzentrationen [mg/l]

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	Gruppe
Quellfluren	7	0,02	0	0	0	—	0,01	0,01	0	0	—	0	0	N
	8	0	0	0	0,01	—	—	—	—	—	—	0,01	0	N
	9	0,01	0,02	0,01	0	—	0,02	0,01	0,01	0	—	0,03	0,01	N
	10	—	0,01	0,01	0,01	—	0,02	0,01	0,02	0,05	—	0,02	0,01	N
Rieselfluren	2	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0	0	O
	3	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0	O
Quellmoore	5	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	O
	6	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	O
	11	—	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	O
Hochstaudenfl.	1	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	O
Seebach	4	0	0	0	0	—	0	0	0	0,01	—	0	0	O
	12	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	O

Tab. 11: Phosphat-Konzentrationen [mg P/l]

Datum	30.6	7.7.	14.7	21.7.	29.7.	4.8.	10.8.	18.8.	25.8.	30.8.	9.9.	15.9.	20.10.	NO ₃	Gruppe
Quellfluren	7	—	0,04	—	0,03	—	0,03	—	0,01	—	—	0,02	0,04	0,03	P
	8	—	0,07	—	0,03	—	—	—	—	—	—	0,03	0,10	0,06	P
	9	—	0,04	—	0	—	0,04	—	0,03	—	—	0,05	0,03	0,03	P
	10	—	0,09	—	0,06	—	0,12	—	0,10	—	—	0,12	0,07	0,09	P
Rieselfluren	2	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,15	P
	3	—	0,08	—	0,03	—	—	—	—	—	—	0,14	0,15	0,10	P
Quellmoore	5	—	0,01	—	0	—	0,02	—	0,01	—	—	0,03	0	0,01	P
	6	—	0,01	—	0,01	—	0,02	—	0,08	—	—	0,06	0,07	0,04	P
	11	—	0,01	—	0	—	0,03	—	0,04	—	—	0,05	0,01	0,03	P
Hochstaudenfl.	1	—	0,31	—	0,32	—	0,39	—	0,46	—	—	0,42	0,50	0,40	Q
Seebach	4	—	0,05	—	0,02	—	0,04	—	0,03	—	—	0,04	0,03	0,04	—
	12	—	0	—	0,01	—	0,01	—	0,03	—	—	0,04	0,01	0,02	—
TM			0,08		0,07		0,10		0,12			0,12	0,13		

Tab. 12: Nitrat-Konzentrationen [mg N/l]

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [75](#)

Autor(en)/Author(s): Warnke Raimund, Bogenrieder Arno

Artikel/Article: [Die Rieselfluren und Flachmoore der Feldbergkuppe. - Untersuchungen zur Temperatur, Sauerstoffsättigung und Ionenführung der Quellen am Feldberg \(Schwarzwald\). 91-124](#)