

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 18	3	31 – 69	2004	Freiburg im Breisgau 12. Dezember 2004
--	---------	---	---------	------	---

Vegetationskundliche Untersuchungen an einem bedeutenden Königsfarn-Wuchsort (*Osmunda regalis* L.) im Freiburger Mooswald

von

REGINA OSTERMANN & OLAF SCHWARZ *

Zusammenfassung: Im Freiburger Mooswald gibt es die für Baden-Württemberg individuenreichste Population des Königsfarns (*Osmunda regalis* L.). Als stark gefährdete Art verdient er besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich Schutz und Entwicklung. Anhand einer Auswertung historischer Untersuchungen und anhand von vergleichenden vegetationskundlichen Geländeaufnahmen (1990/2003) wird seine Bestandesentwicklung und das gegenwärtige vegetationsökologische Umfeld nachgezeichnet. Bestandesfördernde Maßnahmen werden in Zusammenarbeit mit dem Städtischen Forstamt Freiburg erarbeitet.

Abstract The "Mooswald" forest near Freiburg includes the most abundant population of the Royal fern (*Osmunda regalis* L.) in Baden-Wurttemberg. This fern is identified as a very endangered species. The population includes the highest density of individuals and therefore deserves special interest in conservation and site management. The analysis of historical data and a comparative phytosociological study (1990/2003) provide insights into the population development, the ecological site conditions of this species and its present status. Management measures designed to protect and enhance this population are now discussed with the forestry department of the municipality of Freiburg.



Abb. 1: Sporulierender Farnwedel von *Osmunda regalis* L. im Untersuchungsgebiet (Foto: Ostermann; Aufn.: Juli 2003).

* Anschriften der Verfasser: Dr. R. Ostermann, Rheinstraße 36, D-77974 Meißenheim;
Dr. O. Schwarz, Forstl. Versuchsanstalt Freiburg/Landespflege, Wonnhalde 4, D-79100 Freiburg

1. Anlass und Aufgabenstellung

In der westlichen Freiburger Bucht sind die Mooswälder bestimmendes Landschaftselement. Sie umfassen eine Serie von Feuchtwaldgesellschaften (feuchter Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald, Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald, Schwarzerlen-Bruchwald). Grundwasserabsenkungen im Zuge von Gewerbegebietsausdehnungen, Grundwasserentnahmen aus Tiefbrunnen, Trockenlegung von westlich vorgelagerter landwirtschaftlicher Nutzfläche und nicht zuletzt auch Meliorierung forstlicher Standorte durch Entwässerungsgräben bewirkten den drastischen Rückgang der feuchtesten Waldgesellschaften und ihrer typischen Begleitvegetation (vgl. HÜGIN 1982/90).

Das Naturschutzgebiet Gaisenmoos am Südwestrand des Mooswaldes gilt als noch einigermaßen intaktes Beispiel eines früher weit verbreiteten Feuchtwaldkomplexes auf dem Dreisam-Schwemmfächer. Es beherbergt neben weiteren floristischen Seltenheiten den Königsfarn (*Osmunda regalis* L.). Neben diesem Königsfarn-Vorkommen sind noch weitere fünf Fundorte in Baden-Württemberg bekannt, doch nur hier scheint es günstige Verjüngungsmöglichkeiten zu geben (BNL FREIBURG 1992).

In der vorliegenden Studie wird die Bestandesentwicklung des Königsfarns über die in der Literatur vorhandenen Hinweise zusammengetragen und bewertet. Anhand von vergleichenden vegetationskundlichen Untersuchungen (1991 / 2003) an *Osmunda*-Wuchsorten wird gezeigt, inwieweit sich das ökologische Umfeld geändert hat bzw. sich bestandesverändernd auf die Königsfarnvorkommen ausgewirkt hat (hydrologische, waldbauliche, vegetationskundliche Änderungen). Es wird gleichfalls analysiert, welche Ursachen für seine Zu- oder Abnahme verantwortlich sein könnten.

Im Hinblick auf ihre Aussagekraft zu den Bestandesveränderungen vom Königsfarn wird die Literatur nach verschiedenen Kriterien vergleichend geprüft. Die Qualität und Aussagekraft der einzelnen Werke ist von unterschiedlicher Tiefe. Als bedeutendste Arbeit gilt das landschaftsökologische Gutachten von SCHARFF 1991, das im Rahmen der Schutzgebietsausweisung erstellt wurde. Es bildet die Grundlage für das Vegetationsmonitoring.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das Gebiet pflanzensoziologisch erfasst und beschrieben, ein Kartierschlüssel abgeleitet und vegetationskundlich kartiert. Diese Materialien sind bei der Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Landespflege, einsehbar.

2. Das Naturschutzgebiet Gaisenmoos und der Königsfarn (Literaturauswertung)

2.1 Lage

Nach der Gliederung von REICHELT (1964, zit. in SCHARFF 1991) liegt das Gaisenmoos am Südwestrand der naturräumlichen Haupteinheit 202 „Freiburger Bucht“ und in der Untereinheit 202.3 „Mooswald“. Diese ist Teil der südbadischen Oberrheinebene. Nach der forstlich-standortkundlichen Gliederung

zählt das NSG zum Einzelwuchsbezirk Freiburger Bucht im Wuchsgebiet Oberrheinisches Tiefland (1/04).

Das Naturschutzgebiet befindet sich am südwestlichsten Zipfel des Freiburger Mooswaldes. Nach Westen sind dem Wald landwirtschaftliche Nutzflächen vorgelagert, im Süden grenzt ein Naherholungsgebiet mit Badeseen an, und nach Osten bildet die Autobahn Karlsruhe-Basel eine einschneidende lineare Zäsur durch den Mooswald. Nach Norden setzt sich Wald fort.

2.2 Klima und Standort

● Klima

Für die vorliegende Auswertung wurde der Regionale Klima-Atlas herangezogen (Reklip-Atlas 1995), der auf Klimadaten der Jahre 1951-1980 basiert. Das Gebiet hat in klimatischer Hinsicht Übergangscharakter (Randlage Colmarer Trockeninsel im Übergang zur Freiburger Bucht):

Mittl. Lufttemperatur/ Jahr: 10-10,5 °C	Mittl. Lufttemperatur/ Juli: 18 - 19 °C
Mittl. Lufttemperatur/ Januar: 0-1 °C	Mittl. Jahresniederschläge: 800 - 900 mm

Das Gebiet ist stark spätfrostgefährdet. Im Herbst häufen sich Nebeltage. Das Klima ist hier sehr warm (milde Winter, schwül-heiße Sommer), die Niederschläge aufgrund der Steigungsregen am Westabfall des Schwarzwaldes relativ hoch (ALDINGER et. al. 1998). Aufgrund der westlichen Randlage an der Freiburger Bucht wäre denkbar, dass das Gaisenmoos nicht unmittelbar von den Steigungsregen profitiert.

● Geologie und Boden

Im südlichen Teil der Freiburger Bucht liegt der Schwemmfächer oder Schuttkegel der Dreisam, im Norden geht dieser über in jene der nördlicheren Schwarzwaldflüsse Elz und Glotter. Dieser Schuttkegel liegt der würmeiszeitlichen Niederterrasse des Oberrheingrabens auf und stößt im Bereich des Untersuchungsgebietes im Westen bis an die mesozoischen Bruchschollen Blankenberg und Tuniberg an. Der Schuttkegel besteht aus kristallinen Schwarzwaldschottern, sandigen Kiesen und kiesigen Sanden, teilweise mit schluffigem Oberboden. Sie bilden die Matrix für den Grundwasserkörper.

Das Gaisenmoos selbst ist Teil einer Ost-West-streichenden Senke, die in Verbindung mit der feuchten Niederung östlich des Tunibergs steht. Nach SCHARFF (1991) führte die Dauervernässung dieser Senke zu einer über dem Schotterkörper wachsenden Torfauflage. Außerdem mündet ein Rinnensystem, von SCHARFF als frühere Hochwasserrinnen der Dreisam bezeichnet, von Norden her in das Gaisenmoos.

● Wasserhaushalt

Grundwasser: Das Gaisenmoos befindet sich am Saum des Grundwasser führenden Dreisam-Schwemmfächers. Nach KRAUSE (1963, zit. in SCHARFF) ist

bekannt, dass an solchen Saumbereichen Grundwasser an die Oberfläche gelangt und austreten kann, um so mehr, wenn der Grundwasserkörper der Rheinebene bzw. der Freiburger Bucht und die oberflächennahen Grundwasser des Schwemmkegels auf vorgelagerte Staukörper (die mesozoischen Schollen Blankenberg und Tuniberg) treffen.

Für den aktuellen Wasserhaushalt ist entscheidend, dass aufgrund dieser Randlage bei gleichzeitiger Stausituation der starke Grundwasseraustritt durch die meliorierenden, Grundwasser senkenden Eingriffe im übrigen Mooswald (HÜGIN 1982, zit. in SCHARFF) offensichtlich nicht wesentlich reduziert werden konnte. In seiner Studie über die Mooswälder der Freiburger Bucht kennzeichnet HÜGIN (1982/90) das Gaisenmoos und den nördlich angrenzenden Schlosswald als Gebiet, das im Wasserhaushalt relativ naturnah geblieben ist. Seinen Angaben zufolge liegt die Senkung des mittleren Grundwasserspiegels bei 1 dm (vgl. östlicher Mooswald 8 bis 10 dm).

SCHARFF (1991) kommt indes zu einem anderen Ergebnis: aus den Pegelständen der für das Gebiet relevanten Grundwassermessstelle westlich des Kerngebiets ermittelte er ein Defizit von 0,9 dm von 1981 bis 1990 gegenüber 1970-79. Während die mittleren jährlichen Hochstände gleich geblieben sind, sind die mittleren jährlichen Tiefstände im gleichen Zeitraum um durchschnittlich 2,4 dm abgesunken. Da die tiefen Stände regelmäßig in die Vegetationsperioden fielen, sind diese auch vegetationswirksam.

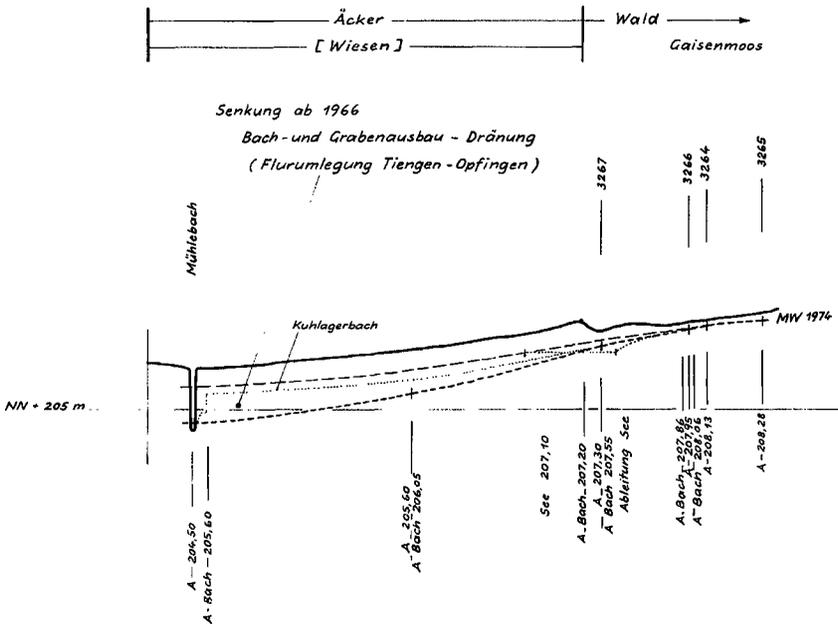


Abb. 2: Schnitt durch das westliche Gaisenmoos von NE nach SW (HÜGIN 1990). Untere gestrichelte Linie: mittlerer Grundwasserstand 1974; obere gestrichelte Linie: mittlerer Grundwasserstand 1960.

Die Abbildung 2 verdeutlicht die von HÜGIN (1982/90) festgestellten geringen Veränderungen des Grundwasserspiegels im Gaisenmoos. Weit einschneidender fällt der Grundwasserspiegel erst außerhalb des Waldes und westlich des Gaisenmoos ab. Drainage durch ein tiefes und verzweigtes Grabensystem senkte das Grundwasser auf mehr als 10 dm unter Flur, am Ortsrand von Tiengen sind es bereits 13 dm. Einschränkend sei angeführt, dass sich diese Angaben auf Grundwassermessungen eines Zeitreihenvergleichs von 1960 und 1974 beziehen. Jüngere Messdaten wurden nicht mit einbezogen.

Oberflächenwasser: Das Gaisenmoos wird heute von zwei **Bächen** durchzogen, die als Vorfluter gelten können. Sie haben ihren Ursprung östlich der Autobahn. Im westlichen Teil des NSG vereinigen sich die beiden Fließgewässer; ein Graben führt nach Westen und ein weiterer zweigt hinter der Stauschwelle am Zusammenfluss als Ableitungsgraben zu einem nahe gelegenen Badesee ab. Die geradlinige Führung beider Fließgewässer spricht für ihren künstlichen Ursprung. SCHARFF fand sie bereits in der topografischen Karte des Großherzogtums Baden (Maßstab 1: 50.000) von 1844 in ihrem heutigen Verlauf eingetragen.

Messungen durch SCHARFF 1991 von Juli bis Dezember 1990 ergaben einen Abfluss der Bäche im Westen zwischen 6 und 12 l/sec, wobei in den Badesee zwischen 0 und 9 l/sec flossen. Über den Beobachtungszeitraum stellte er fest, dass im Juli und August dem Seezufluss von 3 l/sec ein Abfluss des Sees von 9 l/sec gegenüber stand. Aus diesem Abflussüberschuss während der trockensten Witterungsperiode im Sommer 1990 lässt sich folglich auf den quelligen Charakter des Gebiets schließen. Im Herbst bestand ein Defizit zwischen Zu- und Abfluss und im Frühwinter glichen sich Zu- und Abfluss wieder aus.

Schließlich sind als Oberflächengewässer noch die **Quellen** zu nennen, die entlang den Bächen in kiesigen Rinnen den Vorflutern entgegen sickern. Es sind sog. Sickerquellen, deren Wasserspiegel über jenem der Bäche liegt. Auch wenn die Bäche bei Trockenheit kein Wasser von Osten heranzuführen, fließt dauernd Wasser ab. Denn die Bachbetten haben den Grundwasserspiegel angeschnitten, so dass aus der Sohle Grundwasser austritt und abfließt! SCHARFF vermutet, dass die randlichen Quellnischen sich erst durch den Einschnitt der als Vorfluter wirkenden Bäche heraus entwickelt haben.

Der gesamte Wasserhaushalt bleibt dennoch vom Grundwasserzustrom und von den Eingriffen in das Grundwasserregime östlich der Autobahn abhängig. Fallen die Vorflutbäche häufiger mangels Zufuhr aus dem Osten trocken, so können sie im Gebiet des Gaisenmoos nicht mehr das Grundwasser stützen sondern bewirken, dass dort verstärkt Grundwasser abgezogen wird.

Um die zeitweise fortschreitende Eintiefung der Bäche und damit den erhöhten Abzug von Quellwässern einzuschränken, wurde im Westteil hinter dem Zusammenfluss der Bäche eine künstliche Schwelle eingebaut.

2.3 Flora und Fauna im Naturschutzgebiet

● Vegetation und Flora

Das Gaisенmoos ist ein Waldgebiet, in dem verschiedene Feuchtwaldtypen miteinander vergesellschaftet sind.

HÜGIN (1982/90) differenziert die hier vorkommenden naturnahen Waldgesellschaften als Walzenseggen-Schwarzerlen-Wald (*Carici-elongatae-Alnetum*, nasser Standort bei 1 bis 2,5 dm mGW), Eschen-Wald (*Pruno-Fraxinetum*, feucht, 2,5 bis 6,5 dm mGW) und feuchten Eichen-Hainbuchen-Wald (*Stellario-Carpineten*, frisch, 6,5 bis 11 dm mGW).

Erst die detaillierten floristisch-soziologischen Untersuchungen von SCHARFF (1991) zeigten, dass der Schwarzerlenwald in zwei Typen ausgeprägt ist:

1. Auf quelligem, wasserzügigem und saurem Standort ist es eine Ausbildung mit Rispensegge (*Carex paniculata*), Sumpfhhaarstrang (*Peucedanum palustre*), Pfeifengras (*Molinia arundinacea*) und mit der seltenen Flohsegge (*Carex pulicaris*).
2. Auf vernässten, abflussträgen Standorten fehlt die vorgenannte Artengruppe, hier hat die Walzensegge (*Carex elongata*) ihren Schwerpunkt.

Daneben sind die Schwarzerlen-Bestände durchsetzt mit Sonderstandorten wie beschattete, flache Senken, die Großseggenrieder tragen. Den größten Flächenanteil haben Bestände des Erlen-Eschen-Waldes, der in drei Ausbildungen vertreten ist. Am wenigsten vom Grundwasser beeinflusst ist in diesem Feuchtegradienten der Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald. Er ist gleichfalls in drei Ausbildungen vertreten.

In den Fließgewässern finden sich in den kiesigen Abschnitten die Krustenalgen-Gesellschaft mit der Rotalge *Hildenbrandia rivularis*, in tieferem Wasser oberhalb der Schwelle die Brunnenmoosgesellschaft mit dem Brunnenmoos *Fontinalis antipyretica*.

Bemerkenswerte Arten der Wälder sind wie folgt (in Klammer die Einstufung gemäß der Roten Liste Baden-Württemberg):

Königsfarn (*Osmunda regalis*, stark gefährdet), Sumpf-Torfmoos (*Sphagnum palustre*, gefährdet), Weiße Schnabelbinse (*Rhynchospora alba*, gefährdet; im Gebiet erloschen), Sumpflappenfarn (*Thelypteris palustris*, gefährdet), Sumpfhhaarstrang (*Peucedanum palustre*, gefährdet), Flohsegge (*Carex pulicaris*, gefährdet), Sumpfreitgras (*Calamagrostis canescens*, schonungsbedürftig), Rippenfarn (*Blechnum spicant*, für den Naturraum außergewöhnliches Vorkommen, vgl. Gesetz der relativen Standortskonstanz), Bach-Kratzdistel (*Cirsium rivulare*, schonungsbedürftig), Walzensegge (*Carex elongata*), Öhrchenweide (*Salix aurita*), Sumpfpippau (*Crepis paludosa*), Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum*), Grünes Zweiblatt (*Listera ovata*), *Equisetum litorale*, (alle schonungsbedürftig), Kammfarn (*Dryopteris cristata*, stark gefährdet, im Gebiet erloschen), Winterschachtelhalm (*Equisetum hyemale*), Schattenblümchen (*Maianthemum bifolium*, für den Naturraum außergewöhnliches Vorkommen), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Dunkles Lungenkraut (*Pulmonaria obscura*, für den Naturraum außergewöhnliches Vorkommen).

- **Fauna**

Das Gaisenmoos hat, wie auch die besondere Vegetationsstruktur erwarten lässt, eine vielfältige Tierwelt und beherbergt gefährdete Arten der Roten Liste Baden-Württemberg aus der Gruppe der Vögel, Fische, Amphibien, Krebse, Libellen und der Schmetterlinge. Auf die Wiedergabe soll hier nicht näher eingegangen werden (vgl. SCHARFF 1991)

2.4 Nutzungsgeschichte und heutige Nutzung

- **Forstwirtschaft**

Das Gaisenmoos ist ein Waldgebiet mit langer Waldtradition. Der Flurname lässt darauf schließen, dass zumindest zeitweise Waldweide mit Ziegen betrieben wurde. SCHARFF (1991) vermutet aufgrund der hohen Deckungsgrade von *Molinia* und Großseggen zumindest zeitweise Grasnutzung für Einstreu.

Aus seiner Sichtung der Forsteinrichtungswerke ergab sich, dass um 1830 bis 1850 rege Kulturtätigkeit bestand. Es werden Anpflanzungen von Schwarzerlen, Eschen und Birken (ggfs Moorbirken) genannt. Die Schwarzerlen-Bestände wurden überwiegend im Niederwaldumtrieb bewirtschaftet, die etwas grundwasserferneren und folglich wüchsigeren Erlen-Eschen und Eichen-Hainbuchen-Wälder als Mittelwald (STEINLE 1982).

Heute ist das Gaisenmoos teils in privater, teils in öffentlicher Hand (Stadtwald Freiburg). Die Stadt Freiburg ist bestrebt, die Parzellen in Privatbesitz zu erwerben. Durch die unterschiedlichen Besitz- und folglich Nutzungsverhältnisse sind die Parzellen von teilweise gegensätzlicher forstlicher Bewirtschaftung. Die Stadt Freiburg hat in der Forsteinrichtung 1980 4,5 ha als forstlichen Beitrag zur Naturschutzgebiet-Ausweisung aus der regelmäßigen Bewirtschaftung herausgenommen. Einige Privatwaldflächen sind teilweise sehr extensiv bewirtschaftet und haben folglich naturnahen Charakter (Mittelwald-Überführungsbestände). Andere dagegen wurden mit standortsfremden Fichten und Douglasien, aber auch Roteiche, Hybridpappel und / oder Bergahorn aufgeforstet.

- **Wasserwirtschaft / Fischerei / Jagd**

Auf einem Flurstück wurde zu Beginn der 80iger Jahre ein Fischteich für die Forellenzucht angelegt. Dieser Eingriff in den Naturhaushalt des Gebiets (damals noch Landschaftsschutzgebiet) blieb ohne rechtliche Folgen für den Waldbesitzer (STEINLE 1982). Tatsächlich war diese privat vorgenommene Aktion im sensiblen Bereich des Gaisenmoos Anlass dafür, das bereits früher angeregte Naturschutzgebiet-Ausweisungsverfahren wieder aufzunehmen und schließlich auch erfolgreich durchzuführen.

Vermutlich spielen die Fließgewässer für die Fischerei keine Rolle, da der Wasserabfluss zu gering für diese Nutzung ist (z.B. Sportfischerei). Genauere Angaben liegen indes bislang nicht vor.

Im Gaisenmoos selbst liegt eine Wildfütterungsstelle des örtlichen Jagdpächters. Im Zentrum des Gaisenmoos hat Schwarzwild seinen Einstand.

● **Naturschutz**

Erste Bemühungen zur Ausweisung des Gaisenmoos als Naturschutzgebiet gehen auf 1958 und erneut auf die Jahre 1963 bis 1967 zurück. Diese endeten erfolglos. 1979 wird der gesamte Mooswald als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Der oben erwähnte Eingriff, Anlage eines Fischweihers (und Beeinträchtigung von Königsfarnstandorten), war nun Verstoß gegen die Landschaftsschutzgebietsverordnung. Es war der Anlass, das NSG-Ausweisungsverfahren wieder aufzunehmen. Die endgültige Ausweisung erfolgte erst im Jahr 1992. Die Grundlage hierfür bildet das umfassende landschaftsökologische Gutachten von SCHARFF 1991.

Durch die Waldbiotopkartierung wurden 1991 außerdem im Gebiet drei schützenswerte Waldbiotope erfasst und ausgewiesen. Es handelt sich hierbei um die §24a-Biotope mit den Nummern und den schützenswerten Waldgesellschaften:

- 8012.6238 und 6239 / Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald, Waldziest-Hainbuchen-Stieleichen-Wald;
- 8012.6247 / Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald, Waldziest-Hainbuchen-Stieleichen-Wald mit Einzelstrukturen wie einem Flachlandbach und verlandendem Graben;
- 8012.6250 / Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald, Schwarzerlen-Bruchwald, Schwarzerlen-Eschen-Wald mit Einzelstrukturen wie Quellige Bereiche, einem Flachlandbach und verlandende Gräben;

Da die Waldbiotopkartierung in die Forsteinrichtungsplanung integriert ist, werden die naturschutzfachlichen Ziele bei der Waldbewirtschaftung mit berücksichtigt.

Nach der FFH-Richtlinie, Stand 01. April 2000, ist das Gaisenmoos Teil des FFH-Gebiets von Gemeinschaftlicher Bedeutung mit der Gebietsnummer 7912301 (Breisgau). Es enthält den prioritären Lebensraum „Auwälder mit Erle, Esche, Weide, Code-Nr. 91E0“ nach Anhang I der FFH-Richtlinie (LfU Baden-Württemberg 2000).

2.5 Steckbrief des Königsfarns

Der Königsfarn oder Königs-Rispenfarn aus der Familie der Osmundaceae (Osmundales, Osmundidae) wird in phylogenetischer Hinsicht als lebendes Fossil einer bis ins Perm zurückreichenden, seinerzeit weit verbreiteten Gruppe betrachtet (Univ. Hamburg 2002). Aus dieser Gruppe gibt es nur noch wenige rezente Arten. In disjunkten Arealen mit atlantischem (temperat bis subozeanischen) Klima ist er fast kosmopolitisch verbreitet. Er fehlt nur in Südostasien und auf Australien.

2.5.1 Verjüngung, Ökologie und Soziologie

• Verjüngung

Wie bei allen Farnen beginnt die Verjüngung über die Ausstreuung der Sporen nach der Sporulation einer Mutterpflanze. Aus der keimenden Spore entsteht ein haploider Vorkeim, das Prothallium. Ist ausreichend Feuchte vorhanden, so keimt der Vorkeim unmittelbar. Auf der Oberseite bildet das Prothallium Archegonien und Antheridien. Kommt es zur Befruchtung, so entsteht die diploide Eizelle, aus der sich die Farnstaude, der Sporophyll, entwickelt. Nach Laborversuchen soll das Prothallium mehrere Jahre lebensfähig sein, Wie alt es im Freiland sein muss, um Archegonien und Antheridien auszubilden, ist unklar (MANTON 1950, zit. in SCHARFF 1991).

Der Sporophyt, die Farnstaude, kann unter günstigen Wachstumsbedingungen bis zwei Meter lange Wedel bilden, die Stöcke können mehrer Meter Umfang erreichen und viele Jahrzehnte alt werden.

• Ökologie

Nach SEBALD et al. (1990) gedeiht der Königsfarn in Baden-Württemberg am besten an lichten bis schwach beschatteten Stellen, wobei er zu sonnige und zu schattige Stellen meidet. Im Wasserhaushalt der Böden beansprucht er frische bis feuchte, meist durchsickerte, kalkarme, saure, basenarme, humose Sand- und Lehmböden.

Seine raren und isolierten Vorkommen sind in Baden-Württemberg ausnahmslos auf luftfeuchte und wintermilde Klimlagen begrenzt (OBERDORFER 1990). Er erreicht am Schwarzwaldwestrand eine Ostgrenze, nach Westen hin wird er häufiger (Elsass/ Hagenauer Forst, Vogesenränder, Pfalz/ Bienwald und Pfälzer Wald) und in der Norddeutschen Tiefebene hat er ein geschlossenes Verbreitungsareal (vgl. Abb. 4). Diese Vorkommen ermöglicht das in einem feuchten bis nassen, halbschattigen Waldbestand herrschende, kleinstandörtlich verbreitete wintermilde und luftfeuchte Mikroklima (Gesetz der relativen Standortskonstanz!). In Südschweden wurden von der Bearbeiterin luftfeuchte *Osmunda*-Bestände im Ufersaum längs der Mörrum bestätigt. Es waren vollbesonnte Standorte (meist sekundär waldfrei), die aber dauernd durch Spritzwasser des reißenden Flusses luftfeucht sind und wo der Wurzelbereich der Pflanzen mit sauerstoffreichem Wasser dauernd versorgt wird (vgl. Abb. 3).

Nach DOSTAL (zit. in SCHARFF 1991) ist der Standort von *Osmunda regalis* charakterisiert durch Stau- und Sickersässe, Kalkarmut, sauren, torfig-humosen Sand- oder Tonboden. Nach PHILIPPI (gleichfalls zit. in SCHARFF 1991) wächst der Königsfarn in Mitteleuropa im quelligen Grenzbereich von Erlen-Eschen-Wald und Schwarzerlen-Bruch. Er meidet stagnierende Nässe.



Abb. 3: Üppige *Osmunda regalis*-Bestände mit *Alnus glutinosa* säumen Flussufer und kleinere Felseninseln der Mörrum bei Mörrum, Bleckinge/Südschweden (Foto: Ostermann; Aufnahme vom 25. August 2002).

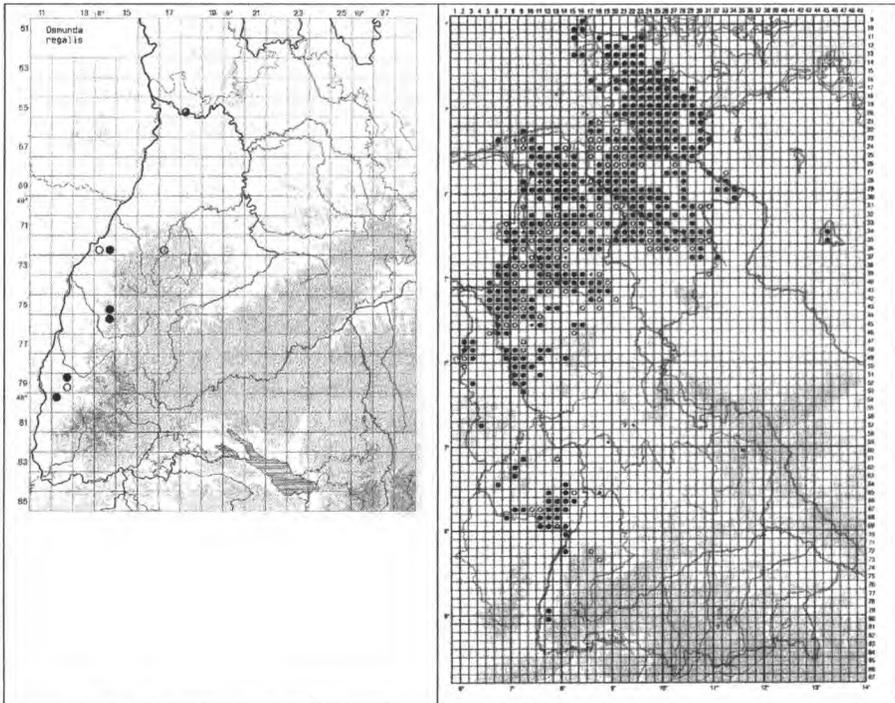


Abb. 4: Nachweise von *Osmunda regalis*-Wuchsorten in Baden-Württemberg (SEBALD et al. 1990, TK 25) und in (West-)Deutschland (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988, TK 50).

● Soziologie

Nach OBERDORFER 1990 gilt er als Charakterart des Sphagno-Alnetum (Birken-Erlenbruch). Vergesellschaftet ist er mit Arten wie dem Pfeifengras (*Molinia arundinacea*), dem Faulbaum (*Frangula alnus*), dem Rippenfarn (*Blechnum spicant*) und dem Sumpf-Torfmoos (*Sphagnum palustre*).

● Rechtlicher Status

In Baden-Württemberg ist *Osmunda regalis* nur noch an sechs Fundstellen nachgewiesen. Nach der Roten Liste Baden-Württemberg gilt er als stark gefährdet (RL2). Auch im benachbarten Elsass gilt er als gesetzlich geschützte Art (Ministère de l'Environnement 1993); durch die Aufnahme in die Rote Liste der Société Botanique d'Alsace 2002 wird er gleichfalls als selten und gefährdet eingestuft.

Nach der Roten Liste der Bundesrepublik Deutschland (Bundesamt für Naturschutz 2002) gilt er als „gefährdet“ (Kategorie 3). In den einzelnen Bundesländern Deutschlands wird er unterschiedlich eingestuft: „gefährdet“ (3) in Brandenburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein, „vom Aussterben bedroht“ (1) in Hamburg, Hessen und Sachsen-Anhalt. Zu den übrigen Bundesländern liegen keine Hinweise vor oder die Art kommt dort natürlicherweise nicht vor.

2.6 Aktueller Kenntnisstand zum Verhalten des Königsfarns im Gaisenmoos

2.6.1 Ökologie

Die *Osmunda*-Vorkommen im Gaisenmoos, aber auch die anderen früheren und rezenten Vorkommen in der Freiburger Bucht, haben als lokale hydrologische Besonderheit den Stau von bewegtem Grundwasser an einem Strömungshindernis im Untergrund, wodurch das Grundwasser an der Oberfläche austritt. Die Wuchsorte sind ganzjährig quellig. Außerdem handelt es sich immer um basenarmes, saures Grundwasser. Den Böden lagert vielfach unvollständig zersetzter Humus auf.

Der Standort wird von HÜGIN (1982/1990) als quarzreicher Kies und Sand mit einer mehr oder minder dicken Rohhumusaufgabe und mit kaum Tonanteilen beschrieben. Nach seinen Messungen liegt der Grundwasser-Abstand relativ gleichbleibend bei 3 dm unter Flur.

Nach HÜGIN (1982/1990) wächst der Königsfarn im lichten Sumpfwaldgebüsch zusammen mit Faulbaum (*Frangula alnus*), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*), Öhrchenweide (*Salix aurita*), ferner Besenried (*Molinia arundinacea*), Sumpf-Haarstrang (*Peucedanum palustre*), Teich-Schachtelhalm (*Equisetum fluviale*), Rippenfarn (*Blechnum spicant*) und dem Sumpf-Torfmoos (*Sphagnum palustre*). SCHARFF resümiert zum Königsfarn aufgrund seiner Untersuchungen die standörtlichen Auffälligkeiten wie folgt:

- Gemessene Grundwasser-Flurabstände bei den *Osmunda*-Stöcken zwischen 3 und 0,8 dm, im Mittel 1,8 dm. Auch er bestätigt die geringe Schwankungsamplitude an den Wuchsorten. Über das Jahr hinweg ist sie relativ ausgeglichen.
- Außerdem wächst der Königsfarn an vegetationsarmen (abgegrabenen) Bachböschungen und auf Aushub (was ggfs. der Prothallium-Entwicklung förderlich ist) und an Stellen, deren Quelligkeit durch Ausbau der Vorflut der Bäche verstärkt wurde.

2.6.2 Soziologie

Detaillierte pflanzensoziologische Untersuchungen lieferte erstmalig SCHARFF (1991). Seinen Untersuchungen zufolge ist *Osmunda* an Pflanzengemeinschaften gebunden, deren soziologische Zuordnung nicht ganz einfach ist: Denn es ist nicht mehr der typische Schwarzerlen-Bruch, aber auch kein typischer Erlen-Eschen-Wald. Den Wuchsorten mit dem Königsfarn fehlt die Nässezeigergruppe um *Caltha palustris*, der Sumpfdotterblume, um von Schwarzerlenbruch zu sprechen. Es fehlen aber auch Moorbirke und Stieleiche, Lungenkraut (*Pulmonaria obscura*), Bingelkraut (*Mercurialis perennis*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*) und Große Schlüsselblume (*Primula elatior*), um von Erlen-Eschen-Wald ausgehen zu können.

SCHARFF hat in seinem Gutachten die Pflanzengesellschaften mit dem Königsfarn tatsächlich weder der einen, noch der anderen Assoziation zugeordnet, sondern sie als Übergangsgesellschaft zwischen beide als „Einheiten mit *Osmunda regalis*“ gestellt. Diese Einheiten sind in zwei Wasserhaushaltsstufen (nass: bis 1,3 dm Grundwasser-Flurabstand, trockener: 1,4-1,9 dm) in insgesamt sechs Untereinheiten aufgedgliedert:

Tab. 1: Untereinheiten der Waldgesellschaften mit *Osmunda regalis* (nach SCHARFF 1991).

nass: bis 1,3 dm Grundwasser-Flurabstand	trockener: 1,4-1,9 dm Grundwasserflurabstand
<ul style="list-style-type: none"> • Nasse Ausbildung • Nasse Ausbildung mit häufiger <i>Carex paniculata</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Trockenere Ausbildung • Trockenere Ausbildung mit häufiger <i>Carex paniculata</i> • Trockenere Ausbildung mit häufiger <i>Carex paniculata</i> im Mosaik mit schlammigen Quellrinnen • Ausbildungen mit häufiger <i>Carex paniculata</i> im Mosaik mit Schwarzerlenbruch und schlammigen Quellrinnen

Nach den Aufnahmen von SCHARFF sind die Nässezeiger des Schwarzerlenbruchs wie Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Bittersüßer Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Equisetum litorale, Uferwolfstrapp (*Lycopus europaeus*), Sumpflappenfarn (*Thelypteris palustris*) und Sumpfhhaarstrang (*Peucedanum palustre*) nicht mit *Osmunda regalis* vergesellschaftet. Es sind die Arten, die HÜGIN als typische

Begleiter des Königsfarns bezeichnet. Diese Arten weisen auf anhaltend vernässte Standorte und werden gemieden. Gleichfalls gemieden wird die Nähe des basenreichen *Carici-elongatae-Alnetum*.

2.6.3 Verjüngungsverhalten

Bereits STEINLE (1982) stellte fest, dass *Osmunda* verschwindet, wenn am Boden ein zu geringer Lichtgenuss vorhanden ist. Zu einem ähnlichen, noch weiterreichenden Schluss gelangt SCHARFF bei seiner Analyse der Vitalität der *Osmunda*-Stöcke. Nur üppige, mit langen Farnwedeln (>1 m Länge) ausgestattete vitale Stöcke hatten Sporophylle (Sporangienrispen), die im Frühsommer sporulieren. Sie wachsen ausnahmslos in kleinen Lichtungen. Im Halbschatten sind sie zwar auch vital, doch beobachtete SCHARFF hier keine Sporophylle. Im Vollschatten (z.B. von Traubenkirsche, Hasel oder anderen Sträuchern) erreichen die Farnwedel maximal 0,3-0,6 dm. Überhaupt wurden nur wenige sporulierende Pflanzen beobachtet.

Zum Reproduktionsverhalten des Königsfarns führt SCHARFF weiter aus, dass die Reproduktion streng an Quellbereiche oder ähnlich dauerfeuchte Standorte (z.B. *Spagnum palustre*-Vorkommen) gebunden ist.

Bislang wurden nur sehr selten Jungpflanzen von *Osmunda regalis* beobachtet (Beobachtungen von PHILIPPI 1990, zit. in SCHARFF), obwohl die permanente Quelligkeit des Gebiets und das Mosaik an Wasserhaushaltsstufen die Reproduktion ermöglichen sollten.

Offen muss bislang bleiben, ob sich Prothallien an frisch freigelegten Uferböschungen entwickeln könnten. Tatsächlich gibt es reichlich Vorkommen von *Osmunda* in den Quellnischen längs der Bäche. Ob sie nun aber durch anthropogene Eingriffe (z.B. quellige Rohbodensituation an Erdanrissen, vermutlich durch Befahrung der Bäche) induziert wurden, oder ob die dort vorhandenen Stöcke bereits vor Errichtung / Ausbau der Bachbette bestanden haben, ist nicht bekannt. Von der quelligen Sauen-Fütterungsstelle mit permanent freigelegtem Rohboden ist gleichfalls keine Verjüngung bekannt. Denkbar wäre, dass häufig präsenzte Wildschweine auflaufende Jungpflanzen durch Wühlen wieder vernichten.

2.6.4 Bestandesveränderungen

Die älteste Kartierung zu den *Osmunda*-Beständen stammt von KLEIBER aus dem Jahr 1957 (BNL 1957). Nach der kritischen Beurteilung von SCHARFF sei sie trotz dem groben Maßstab 1: 5.000 sehr genau. Dagegen urteilt er, dass in der Kartierung von HEGAR (1964) und STEINLE (1982) das westliche Kerngebiet der *Osmunda*-Vorkommen ggfs. falsch in die Karte eingetragen wurde, da die Königsfarn-Stöcke zum Zeitpunkt seiner Aufnahmen im Jahr 1990 weiter nördlich lagen. Ausgehend von der Annahme flächenhafter geschlossener Vorkommen kommt SCHARFF zum Ergebnis, dass ein zwar noch nicht dramatischer, doch gravierender Rückgang festzustellen sei. Außerdem konnte er nur wenige neue Wuchsorte registrieren.

Tatsächlich ergibt die jüngste detaillierte Kartierung der vorhandenen *Osmunda*-Stöcke durch das Forstamt Freiburg vom Frühsommer 2002 im Vergleich mit der Kartierung von SCHARFF aus dem Jahr 1990 Zunahmen (nach dem Forstamt Freiburg „aus Verjüngung hervorgegangen“), teilweise Verlagerung sowie Abnahmen von Königsfarn-Wuchsorten.

Im „alten“, im Westen gelegenen Kerngebiet der *Osmunda*-Vorkommen, hat sich der Bestand nach Süden ausgeweitet, hinein in die von SCHARFF als Schwarzerlenbruch-Gesellschaft (trockenere Ausbildung mit *Carex paniculata*) kartierte Fläche. Als weitere Besonderheit hat sich ein etwas abgelegenes, mehr oder weniger isoliertes Einzelvorkommen um mehrere Stöcke erweitert. SCHARFF kartierte hier das frische Pruno-Fraxinetum in seiner typischen Ausbildung, das nach ihm gleichfalls keine „*Osmunda*-Gesellschaft“ wäre. Dieses isolierte Vorkommen hatten bereits KLEIBER und HEGAR erfasst.

Verschwunden sind dagegen die Stöcke an mehreren Stellen längs der Bäche (im Westteil in jenem Bereich, der oben als Sauen-Wühlstelle beschrieben wurde und weiter auch im Norden an einer Stelle, in der von SCHARFF schwächliche Individuen kartiert wurden. Da hier ein Fichtenbestand stockt, ist an Ausdunkelung, Wurzelkonkurrenz und an Einflüsse durch Nadelstreu zu denken. Im Süden, ebenfalls längs dem Bach, sind vormals schwächliche Individuen verschwunden, möglicherweise wegen Beschattung durch die Traubenkirsche. An diesen zuletzt genannten Wuchsorten bestätigte SCHARFF 1991 noch Königsfarn-Individuen. Daher wurden diese Stellen in der vegetationskundlichen Untersuchung näher beleuchtet (vgl. Abschnitt 3).

2.6.5 Gefährdung des Königsfarns im Gaisenmoos

In der Tabelle 2 findet sich eine synoptische Zusammenstellung der wichtigsten, bisher im Gaisenmoos durchgeführten Untersuchungen im Hinblick auf Bestandesveränderungen von *Osmunda regalis*.

Alle Untersuchungen kommen zum Schluss, dass durch zu starke **Beschattung** die Vitalität des Königsfarns herabgesetzt wird. Als Beschatter gelten vor allem Baumarten wie die Fichte, die Douglasie und die Roteiche (auf den Privatparzellen) sowie Traubenkirsche und Hasel als starke Lichtkonkurrenten.

Denkbar wäre, dass in früheren Jahrzehnten geführte Mittel- und Niederwaldschläge den Wald so sehr auflichteten, dass die *Osmunda*-Stöcke während der Lichtphase genug erstarken konnten, um anschließende Dunkelphasen besser überstehen zu können. Das hohe Alter der sporulierenden Stöcke spricht für diese Strategie. Auf diese Art und Weise haben sich z.B. Rosenarten (*Rosa agrestis*) in Nieder- und Mittelwäldern trockener Standorte eingemischt. Außerdem sei nochmals auf die beobachteten Vorkommen am Flussufersaum in Südschweden bei voller Besonnung hingewiesen. Auch in Norddeutschland ist der Königsfarn heute seltener in Wäldern, dagegen häufiger an Flüssen und Gräben zu beobachten (Biostation-gt-bi.de).

Tab. 2: Vergleichender Überblick der Untersuchungen im Gaisenmoos.

	BNL 1957	STEINLE 1982	SCHARFF 1992	FA Freiburg 2002
Schwerpunkt	<i>Osmunda</i> -Vorkommen	Landschaftsökologische und verwaltungstechnische Grundlagen für eine NSG-Ausweisung	Ausführliches analytisches landschaftsökologisches Gutachten mit Karten- und Kommentarteil	<i>Osmunda</i> -Vorkommen und deren qualitative Ansprache
Kartierung	M 1:5.000	M 1:1.500 1964 (HEGAR) und 1982 (STEINLE)	M 1:1.500 (sehr gut)	M 1:1.500 (sehr gut, digital!)
Textteil	Kurze, unvollständige Liste der Begleitarten	s.o.	s.o.	Nur Kartierung mit Legende, keine Analyse
Erfassungsmethodik der <i>Osmunda</i> -Vorkommen	Nur grobe Abgrenzung von Wuchsorten: keine qualitative Ansprache der Pflanzen oder Unterscheidung nach Individuenzahlen	Vergleich der Aufnahmezeiträume 1964 und 1982: keine qualitative Ansprache der Pflanzen oder Unterscheidung nach Individuenzahlen	Kartierung und Vergleich mit den Altaufnahmen: Differenzierung in 4 Kategorien nach Vitalität und Individuenzahl	Kartierung und Vergleich mit der Kartierung 1992: Differenzierung in drei Kategorien: Verluste – kontinuierlicher Bestand – Neuzugänge bzw. Verjüngung (!)
Tendenz	Keine Veränderung des Bestandes nach Fläche	Flächenmäßige Zunahme	„nicht dramatischer, aber gravierender Rückgang“; keine Neubesiedlung geeigneten Geländes	Leichter Anstieg des Bestandes (dem Abgang von 25 stehen 35 neue Stöcke gegenüber)
Vom Gutachter eingestufte Gefährdungsursachen	---	Beschattung (z.B. durch Anbau von Nadelholz!); als problematisch wird eingestuft, dass es sich um Privatwald handelt	Beschattung Wassermangel Starker Verbiss durch Rehwild Herauswühlen und Zertreten der Stöcke durch Wildschweine	Beschattung Sommertrocknis
Empfohlene Pflegemaßnahmen	---	Einzelstammnahmen, Nur Lücken bis 25 x 25 m ² , Anbau vermeiden von Roteiche, Fichte und Douglasie; Wasserrechtliche Eingriffe eindämmen	Optimierung des Wasserhaushalts für die Kernbereiche Auflichtung und /oder Abzäunen von <i>Osmunda</i> -Standorten Auslagerung jagdlicher Einrichtungen Waldbauliche Maßnahmen in den Randbereichen	Zäunung Auslichtung von Beschattungskonkurrenten

Während noch STEINLE das *Osmunda*-Vorkommen und den **Wasserhaushalt** des Feuchtgebiets als stabil betrachtete, beurteilte ihn SCHARFF eher als labil. Offensichtlich ist der Grundwasserzustrom in das Gebiet von Osten her durch die Grundwasserabsenkungen am Ostrand des Mooswaldes reduziert worden (in diesem Zusammenhang wird das Verschwinden der sensiblen Art *Rhynchospora alba* und der starke Rückgang von *Sphagnum palustre* gesehen). Der mittlere Grundwasserspiegel sei seit den siebziger Jahren zwar nur um wenige Dezimeter gesunken, doch die Maxima, insbesondere im unteren Bereich, hätten sich erhöht. Der Königsfarn als Art ganzjährig quelliger und luftfeuchter Standorte ist aber auf gleichmäßige Wasserversorgung mit geringen Schwankungsamplituden angewiesen.

Das Einschneiden der beiden ehemals als Fahrbäche genutzten Vorfluter in den Grundwasserkörper förderte zwar die Quelligkeit in seinem Randbereich, intensiviert jedoch den Grundwasserabfluss. Gleiches gilt für die Wasserabzugsgräben im Umfeld.

Durch den hohen Rehwildbestand im Mooswald und im Umfeld herrscht eine permanent hohe **Verbissbelastung**. SCHARFF wies nach, dass an einem Wuchsort mit 16 Stöcken mit im Frühjahr voll ausgebildeten Wedeln im Juli nur noch zwei Stöcke nicht durch Verbiss beeinträchtigt waren. Er konnte nicht beobachten, dass es in der Folge zu einem sekundären Austrieb der Stöcke kam. Anhaltende Vitalitätseinbußen bis hin zum Verschwinden seien die Folge. Schwarzwild soll die Vorkommen durch **Wühlen** im Boden nach Fressbarem schädigen, indem es die Stöcke nebenbei ausgräbt. Diese Belastung wird durch die vorhandene Fütterungsstelle anhalten.

3. Vegetationsmonitoring

3.1 Material und Methoden

Aufgrund der sehr guten kartografischen Aufarbeitung der Vegetationsaufnahmen von SCHARFF konnten diese im Gelände mit wenigen Ausnahmen weitgehend wieder identifiziert werden. Aufnahmezeitraum war Mai/Juni 2003. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Vegetationsdaten (1991 und 2003) wurde bei der Neuerfassung auch nach der Methode BRAUN-BLANQUET 1964 gearbeitet und es wurden für die Moose anstatt der Artmächtigkeitsskala nach BRAUN-BLANQUET die beiden Kategorien V und R verwendet (V / Moos dominant in der Vegetationsaufnahme vorhanden und R / Moos selten vorhanden). Die Benennung der Farn- und Blütenpflanzen folgt der Nomenklatur nach OBERDORFER 1990, die der Moose nach FRAHM & FREY 1987.

Von SCHARFF wurden 13 Vegetationsaufnahmen durchgeführt, die den Königsfarn enthalten (Aufnahmen 12-20, 22, 24-25 und 32; vgl. Tab. 7). Zusammen mit weiteren 22 Vegetationsaufnahmen klärte er die pflanzensoziologische Einordnung des Königsfarns im Gebiet des Gaisenmoos. Jene 13 Vegetationsaufnahmen, in denen *Osmunda regalis* enthalten war, wurden komplett neu

erfasst. Von den übrigen Aufnahmen ohne Königsfarn konnten nur 16 lage-identisch wiederholt werden.

Tab. 3: Pflanzensoziologische Gliederung im Umfeld der Königsfarn-Wuchsorte (nach SCHARFF 1991).

Waldgesellschaft	Pflanzensoziologische Kennzeichnung	Aufnahmen nach SCHARFF 1991
Walzenseggen-Schwarzerlenbruch	<i>Carici elongatae-Alnetum glutinosae</i>	1 - 11
Torfmoos-Schwarzerlenbruch	<i>Sphagno-Alnetum glutinosae</i>	12 - 25*
Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald	<i>Pruno padi-Fraxinetum excelsioris</i>	26 - 34
Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald	<i>Stellario holosteaе Carpinetum betuli</i>	35 - 39

* Diese Aufnahmen werden von SCHARFF nicht dem Torfmoos-Schwarzerlenbruch zugeordnet, sondern als Zwischen-Gesellschaft gewertet.

Im Anhang (Tab. 7) sind die Aufnahmepaare von 1990 und 2003 tabellarisch nebeneinander gestellt. Diese Tabelle bildet die Grundlage für die weitere Analyse. 1990 enthielten 13 Aufnahmen *Osmunda regalis*, 2003 noch 11 Aufnahmen. Die verwendete Nummerierung der Aufnahmen folgt derjenigen von SCHARFF 1991. Wiederholungsaufnahmen sind durch die Ergänzung des Buchstabens „a“ in der Aufnahmeummer kenntlich gemacht. Die Ergänzung um den Buchstaben „x“ (Aufnahme 12) verdeutlicht die eingeschränkte Vergleichbarkeit der Aufnahmen. Im Umfeld der Aufnahme 12 wurde stark durchforstet, teilweise vollständig kahl geschlagen. Eine Baumkrone liegt auf der Fläche, und durch die verstärkte Belichtungssituation hat die Brombeere hier erheblich überhand genommen. *Osmunda* ist verschwunden. Der in den Tabellen wiedergegebene Gradient (Reihung der Aufnahmen und Arten) spiegelt einerseits die Grundwassernähe der Standorte wieder, andererseits deren Quelligkeit bzw. Staunässe.

Für die Vergleichsanalyse der Vegetationsaufnahmepaare wurde die vorkommenden Arten nicht in gleicher Weise berücksichtigt. Auf Arten, die stet in allen Aufnahmen vorkommen (weit verbreitete Waldarten wie *Athyrium filix femina*, *Anemone nemorosa*, *Carex acutiformis*, *Viola reichenbachiana*) sowie extrem seltene Arten (*Scirpus sylvaticus*, *Juncus effusus*, *Carex pseudocyperus*), wird dabei nicht eingegangen.

Ausgenommen sind Arten, die trotz ihrer relativen Häufigkeit sehr stark zugenommen haben (*Prunus padus*, *Fraxinus excelsior*), sowie die sehr seltenen Arten mit einem für das Gebiet extrem engen ökologischen Spielraum (*Carex pulicaris*, *Potentilla erecta*, *Galium uliginosum*). Gutachtlich als besonders aussagekräftig eingestufte Arten wurden in der Vergleichstabelle im Anhang mit einer Schattierung hinterlegt, wobei „grau“ für Zunahme und „schwarz“ für Abnahme der Artmächtigkeit im Vergleichszeitraum 1990 / 2003 steht.

Tab. 4: Einstufung der Veränderung verschiedener Artmächtigkeiten (vgl. Tab. 7 im Anhang).

Zunahme		Abnahme		keine Veränderung	
1990	2003	1990	2003	1990	2003
0	+	+	0	1	M
0	1	1	0	1	1
0	M	M	0	M	M
0	A	A	0	+	+
+	1	1	+	A	A
+	A	A	+	B	B
+	M	M	+	.	.
1	A	A	1	.	.
1	B	B	1	.	.
1	3	3	1		
A	M	M	A		
A	B	B	A		
A	3	3	A		

3.1.1 Methodische Grenzen

Farn- und Gefäßpflanzen konnten bis auf die Artebene zweifelsfrei bestimmt werden. Eine Ausnahme bildet der Weißdorn, der meist ohne Blüten- und Fruchtsatz vorgefunden wurde und sich so der Artbestimmung entzog. Moose wurden erfasst, soweit sie makrophytisch unterscheidbar waren.

Bei der Analyse der Gehölze besteht die Einschränkung, dass SCHARFF diese in der Vegetationstabelle nicht nach Strauch- und Krautschicht differenzierte, sondern alle einer einzigen Schicht („Strauchschicht“) zuwies. Darin ist auch Jungwuchs von Esche, Traubenkirsche, Schneeball, Eberesche, Bergahorn und Eiche enthalten, mit „juvenil“ gekennzeichnet. Alle übrigen Gehölze würden gemäß dieser Vorgehensweise der Strauchschicht zugeordnet und hätten damals offensichtlich keine Verjüngung gehabt. Dies erscheint aus heutiger Sicht kaum plausibel, kann aber abschließend nicht geklärt werden. Tatsächlich haben heute Hasel und Hainbuche bis in die Bultenbereiche hinein Jungwuchsvorposten ausgesendet.

Vegetationskundliche Studien in amphibischen Wäldern (z.B. DÖRING 1987) empfehlen, bei pflanzensoziologischen Aufnahmen Arten der Bulte und Schlenken auf einer gemeinsamen Probefläche, aber getrennt nach Kleinstandorten aufzunehmen. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Methode nicht aufgegriffen.

Es sei noch angemerkt, dass für die Dokumentation der Vegetation die pflanzensoziologisch verwendeten Artmächtigkeiten nach BRAUN-BLANQUET 1964 weniger geeignet sind als rein prozentuale Deckungsschätzungen in 5-Prozent-Stufen. Beispielsweise ist es schwierig festzuhalten, ob eine Art wirklich zu- oder abnahm, wenn sich die Artmächtigkeit von M auf 1 erhöhte bzw. erniedrigte. In der vorliegenden Studie wurde dennoch die Methode BRAUN-BLANQUET weiter verwendet, da die Erstaufnahmen von SCHARFF nach dieser Methode durchgeführt wurden.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Bestandesveränderungen des Königsfarns

Der Vergleich der Kartierungen des Städtischen Forstamts Freiburg 2002 mit den Erhebungen von SCHARFF 1991 und den aktuellen Aufnahmen von 2003 ergibt sich aus Tabelle 5.

Tab. 5: Vegetationsaufnahmen mit *Osmunda regalis* (nach SCHARFF 1991) und Verschiebungen der Königsfarn-Vorkommen.

SCHARFF 1991	13 Vegetationsaufnahmen mit <i>Osmunda regalis</i> : 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 32		
	mit <i>Osmunda regalis</i>	<i>Osmunda regalis</i> zurückgegangen	<i>Osmunda regalis</i> verschwunden
Städt. Forstamt Freiburg 2002	15, 16, 18, 22, 24, 25	-----	12, 13, 14, 17, 19, 20
OSTERMANN 2003	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 24, 25	17	12*, 20

* Durchforstungseingriffe haben die Vegetation stark verändert, viel Totholz; Aufnahmen nicht mehr eindeutig zuzuordnen

Tatsächlich ist der Königsfarn an vier der sechs Vegetationsaufnahme-
punkte 2002 durch das Städt. Forstamt als „verschwunden“ kartiert, noch vor-
handen (13, 14, 17, 19). Es handelt sich dabei jeweils um sehr wenige und win-
zige Farnwedel, in der Aufnahme 17 sogar nur um einen einzigen. Alle vier
Aufnahmen befinden sich längs der Bäche, wo der Rückgang der Königsfarn-
Stöcke am bedeutendsten ist.

In jeder Vegetationsaufnahme wurde prozentual der Deckungsgrad der
Vegetationsschichten eingeschätzt. Abbildung 5 stellt in drei Kollektiven die
Verschiebung der Deckungsgrade der Schichten dar. Für die Darstellung boten
sich die drei folgenden Ergebnis-Kollektive an:

- *Osmunda regalis* ist verschwunden / zurückgegangen,
- *Osmunda regalis* hat leicht zugenommen,
- *Osmunda regalis* ist unverändert.

Diese drei Kollektive werden kurz diskutiert.

● Rückgang

Der Königsfarn ist an jenen Wuchsorten verschwunden bzw. zurückgegangen,
an denen sich die Deckung der Strauchschicht erhöht hat, die unmittelbare
Überschirmung also deutlich zunahm (Aufnahmen 12, 17 und 20). Gleichzeitig
ist hier aber ein leichter Rückgang in der Überdeckung der Baumschicht festzu-
stellen. Denkbar wäre, dass dies mit der Überalterung der Bäume zusammen-
hängt. Die Krautschicht hat gleichfalls leicht zugelegt. Die Mooschicht verhält
sich nicht eindeutig.

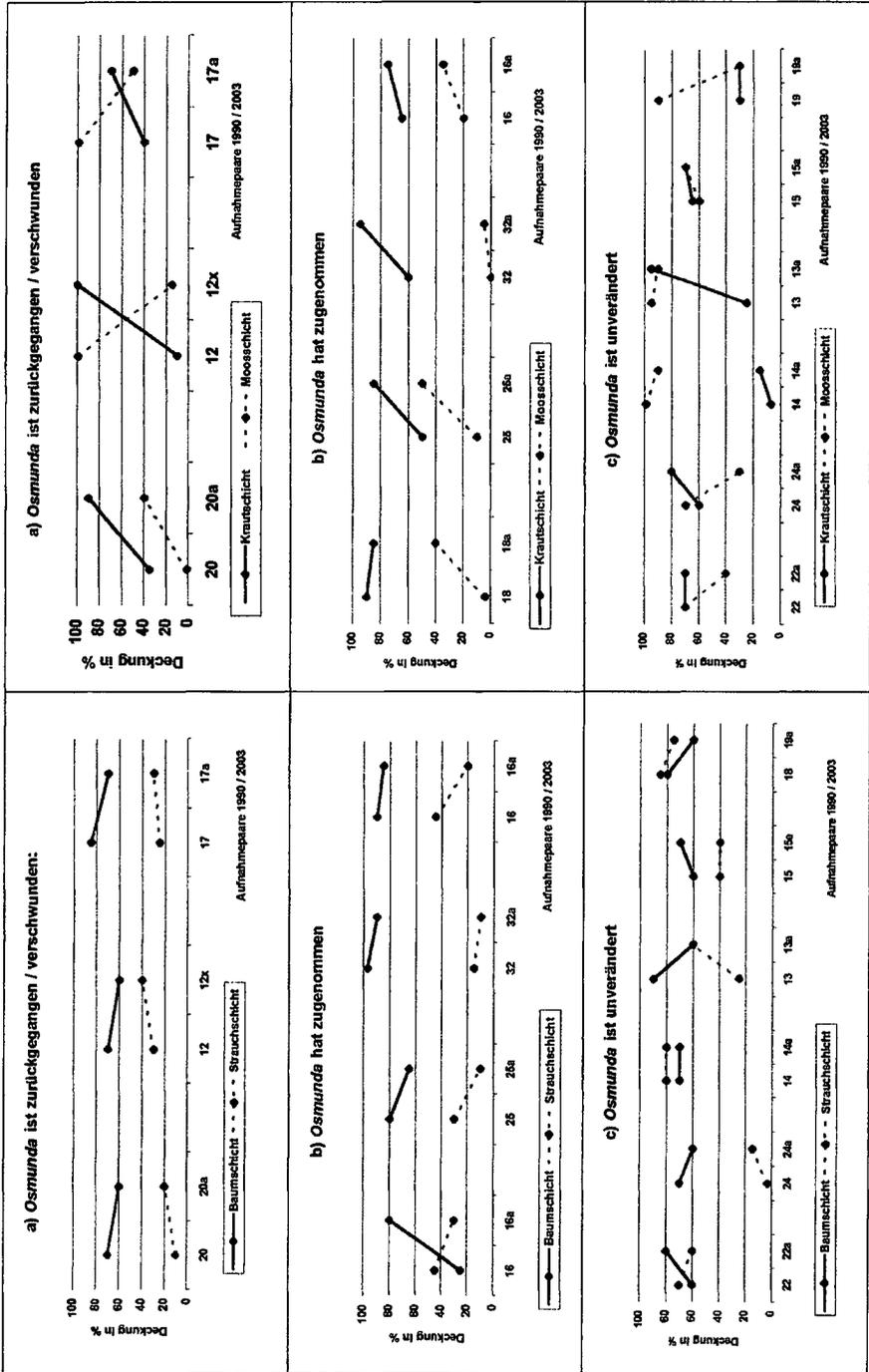


Abb. 5: Veränderung der Deckungen von Baum- und Strauchschicht bzw. Kraut- und Moosschicht in den Wiederholungsaufnahmen (1991/2003).

Am Aufnahmepunkt 12 sind die ökologischen Verhältnisse wegen eines Durchforstungseingriffs überlagert. Das starke Seitenlicht führte zum Rückgang der Moose, wogegen die Krautigen (Pflanzen) stark zunahmen.

Entscheidend für den Rückgang an allen drei Wuchsorten ist sicherlich die bereits bei der Aufnahme 1990 vergebene Klassifizierung als „schwächliche“ Individuen. Die zusätzliche Beschattung durch die Sträucher führte sicherlich zu weiteren Vitalitätsverlusten, so dass sie an diesen Wuchsorten ausgedunkelt wurden.

● **Ausweitung**

Zur Ausweitung der Königsfarn-Stöcke kam es in den Aufnahmen 16, 18, 25 und 32. 1990 handelte es sich nach SCHARFF jeweils um „kleine Vorkommen vitaler Pflanzen“, bei Aufnahme 25 im Kerngebiet der Verbreitung sogar um ein „großes Vorkommen vitaler Pflanzen“ (>10 Stöcke). Das Forstamt Freiburg kartierte 2002 allerdings nur an den Aufnahmepunkten 16 und 18 neue Vorkommen.

An allen diesen Aufnahmeorten ist ein leichter Rückgang in der Überdeckung der Baum- und Strauchschicht festzustellen. In Aufnahme 18 sind Teile der Strauchschicht in die Baumschicht übergegangen, so dass es hier zu einer Verschiebung innerhalb der Schichten kam. Durch die verbesserte Belichtungssituation erhöhten sich dagegen die Deckungsgrade in Kraut- und Mooschicht. Für die Zunahme des Königsfarns sind offensichtlich die verbesserten Beleuchtungsverhältnisse maßgeblicher als der verstärkte Konkurrenzdruck durch die übrigen Arten der Krautschicht.

● **Unverändert**

Im dritten Kollektiv aus den Aufnahmen 13, 14, 15, 19, 22 und 24 hat der Königsfarn dieselben Artmächtigkeiten wie bei SCHARFF. Hier gibt es keine eindeutigen Verschiebungen innerhalb der Deckungen. Es gibt sowohl leichte Zunahmen, Abnahmen als auch unveränderte Deckungswerte.

Die Ausgangssituation der jeweiligen *Osmunda*-Bestände ist heterogen. Es handelt sich sowohl um ehemals kleine Vorkommen vitaler Pflanzen, als auch um kleine Vorkommen schwächerer Pflanzen, die sich wohl bis zur gegenwärtigen Aufnahme halten konnten. Ob es sich jeweils um dieselben Individuen handelt, kann nicht abgeleitet werden. Die jeweils ursprünglich verwendete Kategorie „schwächlich“ oder „vital“ ist uneingeschränkt gültig.

3.2.2 **Änderungen von ausgewählten ökologischen Zeigerwerten**

Inwieweit die Belichtungssituation und der Wasserhaushalt sich in den vergangenen 13 Jahren an den 13 Wuchsorten mit *Osmunda regalis* verschob, soll anhand mittlerer Licht- und Feuchtezahl nach ELLENBERG 1992 mit der Abbildung 6 dargestellt werden. Die mittlere Licht- bzw. Feuchtezahl wurde hier aus Licht- bzw. Feuchtezahl aller in einer Vegetationsaufnahme vorkommenden Arten gemittelt. Arten hoher Artmächtigkeit haben ein größeres Gewicht als

Arten geringer Artmächtigkeit. Diese gewichtete Berechnung wurde deshalb gewählt, da unter den dominanten Arten Veränderungen am offensichtlichsten sind. Die Baumschicht ist im Gebiet sehr stark anthropogen beeinflusst, daher wurde sie von der Berechnung ausgeschlossen.

Die Schaubilder geben eine heterogene Situation wieder. Eindeutige Tendenzen sind keine ableitbar. Eine Interpretation sollte an jedem Standort separat für jede Vegetationsaufnahme vorgenommen werden. So sind z.B. die Standorte, an denen der Königsfarn verschwunden ist, nach der Lichtzahl der vorkommenden Arten in 13 Jahren deutlich heller geworden. Beschattung kommt folglich hier nicht als Grund für einen Rückgang in Frage. Auch haben die Aufnahme 20 und 12 eine deutlich erhöhte Feuchtezahl, die auf einen für *Osmunda* günstigeren Wasserhaushalt schließen lassen könnte.

Eindeutig verbessert hat sich die Belichtungssituation in drei Aufnahmen, in denen der Königsfarn zugenommen hat. Hier ist auch die mittlere Feuchtezahl leicht angestiegen.

In der Kategorie „*Osmunda* unverändert“ sind die mittleren Feuchte- und Lichtzahlen heterogen, so dass sich keine Tendenz für dieses Aufnahmekollektiv ableiten lässt.

3.2.3 Ausgewählte Vegetationsaufnahmen mit Königsfarn 1990 / 2003 im Vergleich (vgl. Tabelle 7, Anhang)

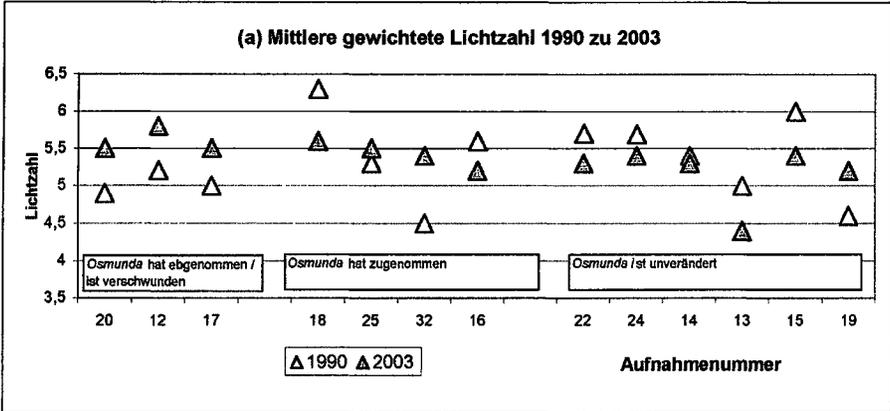
Als wichtigste ökologische Faktoren, die für das Wachstum des Königsfarns verantwortlich sind, gelten vor allem Beleuchtungssituation und Wasserhaushalt. Aus dem Vergleich zweier Aufnahmen anhand von Zeigerwertspektren, d.h. der Verteilung von Zeigerwerten aller vorkommenden Arten einer Einzelaufnahme, lassen sich Verschiebungen eines ökologischen Faktors ablesen. Diese Werte beschreiben einen ökologischen Gradienten und wurden von ELLENBERG 1992 den Gefäßpflanzen zugewiesen. Hier werden beispielhaft drei der dreizehn Vegetationsaufnahmen mit *Osmunda* herausgegriffen und die Zeigerwerte von Licht und Feuchte als Zeigerwertspektren grafisch dargestellt und analysiert.

• Aufnahme 20

Quelliger Standort, Königsfarn ist definitiv verschwunden.

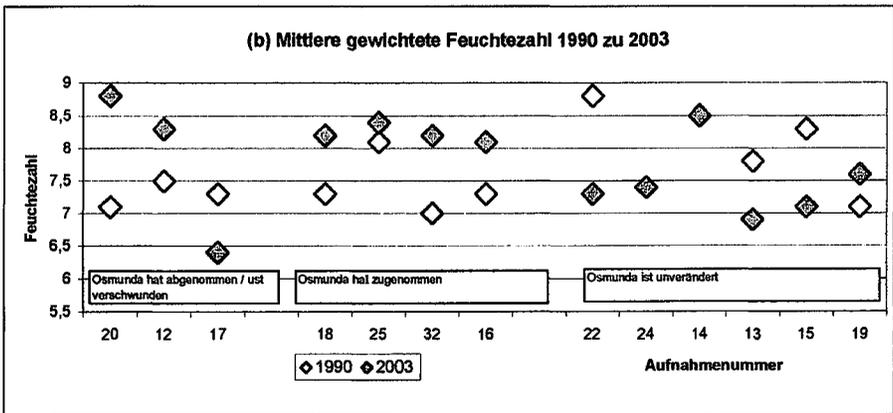
In Aufnahme 20 haben Halbschatten- und Halblichtpflanzen stark zugenommen, während die Schattenpflanzen abgenommen haben. Die Belichtungssituation muss folglich besser geworden sein. Für das Verschwinden des Königsfarns in dieser Aufnahmefläche kann eine intensivere Beschattung nicht verantwortlich gemacht werden.

Im Wasserhaushalt ist das Bild uneinheitlich: Arten der Feuchtezahl 4 und 5 haben abgenommen, Zunahmen gibt es bei Feuchtezahl 6 und 9. Auch hier gilt: Das Verschwinden kann nicht unmittelbar mit einer sich dramatisch verschlechternden Wasserverfügbarkeit in Verbindung gebracht werden.



Werte der Lichtzahlen:

- 3 Schattenpflanze, meist bei weniger als 5 % r.B., doch auch an helleren Stellen
- 4 zwischen 3 und 5 stehend
- 5 Halbschattpflanze, nur ausnahmsweise in vollem Licht, meist bei mehr als 10 % r.B.
- 6 zwischen 5 und 7 stehend
- 7 Halblichtpflanze, meist bei vollem Licht, auch im Schatten bis etwa 30 % r.B.
- 8 Lichtpflanze, nur ausnahmsweise bei weniger als 40 % r.B.
- 9 Volllichtpflanze, nur an voll bestrahlten Plätzen, nicht bei weniger als 50 % r.B



Werte der Feuchtezahlen:

- 5 Frischezeiger, Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, fehlt auf nassen und öfter austrocknenden Böden
- 6 zwischen 5 und 7 stehend
- 7 Feuchtezeiger, Schwergewicht auf gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden
- 8 zwischen 7 und 9 stehend
- 9 Nässezeiger, Schwergewicht auf oft durchnässten, luftarmen Böden
- 10 Wechselwasserzeiger, Wasserpflanze, die längere Zeiten ohne Wasserbedeckung des Bodens erträgt

Abb. 6: Veränderung der mittleren gewichteten Lichtzahl (a) und der mittleren gewichteten Feuchtezahl (b) von 1990 zu 2003 in 13 Vegetationsaufnahmen mit *Osmunda regalis*.

Artenverschiebungen gibt es bei dem Pfeifengras (*Molinia arundinacea*), dem typischen Wechselfeuchtezeiger, der definitiv verschwunden ist. Andererseits hat das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), ein typischer Wechsellnässe- und Nährstoffzeiger, kräftig zugelegt. Zugenommen hat gleichfalls die Gehölzverjüngung von Esche, Traubenkirsche und Hainbuche (!).

● Aufnahme 25

Quelliger, sickernasser Standort im Kerngebiet der *Osmunda*-Vorkommen, der Königsfarn hat zugenommen.

Im Kerngebiet der Königsfarn-Vorkommen (Aufnahme 25) gibt es mengenmäßige Verschiebungen zwischen Halblicht- und Halbschattenpflanzen, doch es zeigt sich keine eindeutige Tendenz hinsichtlich der Belichtung. Dies ist insofern für diesen Standort typisch, als hier die extremsten und folglich für den Königsfarn geeignetsten standörtlichen Bedingungen herrschen. Auch heute noch scheinen sie recht stabil zu sein.

Nässe zeigende Arten (Feuchtezahl 8 und 9) haben zugenommen, Frischezeiger (Feuchtezahl 4, 5 und 6) abgenommen. Auch dies dürfte als Hinweis auf relativ stabile Verhältnisse im Wasserhaushalt gewertet werden.

Der Wechselfeuchtezeiger Pfeifengras (*Molinia arundinacea*) ist stark zurückgegangen; neu ist auch hier wie in der vorigen Aufnahme das Rohrglanzgras, (*Phalaris arundinacea*), sowie Jungwuchs von Bergahorn, Eberesche und Traubenkirsche, wobei letztere in der Strauchschicht ihr Anteil ausgebaut hat. Diese Erhöhung spiegelt sich aber nicht im Zeigerwertspektrum „Lichtzahl“.

Neu in der Vegetationsaufnahme ist die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Zeiger nasser, zeitweilig überschwemmter Standorte. Auch in einigen anderen Vegetationsaufnahmen konnte die Sumpfdotterblume zusammen mit *Osmunda regalis* beobachtet werden.

● Aufnahme 13

Quelliger Standort, starker Rückgang von *Osmunda* bis auf wenige schwache Wedel.

Diese Aufnahme ist ein Beispiel für einen Standort (längs der Bäche häufig), in dem der Königsfarn vor sich hin kümmert. Der Anteil an Schattenpflanzen (Lichtzahl 3, vgl. Abb. 7) wie auch der Deckungsgrad der Strauchschicht (vgl. Abb. 5) hat sich verdreifacht.

Im Zeigerwertspektrum „Feuchtezahl“ (Abb. 8) zeigt sich, dass Arten zugenommen haben, die gegenüber dem Wasserhaushalt sich indifferent verhalten. Einen Rückgang gibt es sowohl bei Feuchtezahl 6 als auch 8.

Verschiebungen unter den vorkommenden Krautigen sind wenig auffällig. Das Seegras, *Carex brizoides* (Vernässungs- und Verdichtungszeiger) und das Rohrglanzgras, *Phalaris arundinacea* (Wechsellnässe- und Nährstoffzeiger), sind neu in der Aufnahme. Ansonsten hat auch hier die Traubenkirsche in Kraut- und Strauchschicht zugelegt, Jungwuchs von Hasel ist gleichfalls neu.

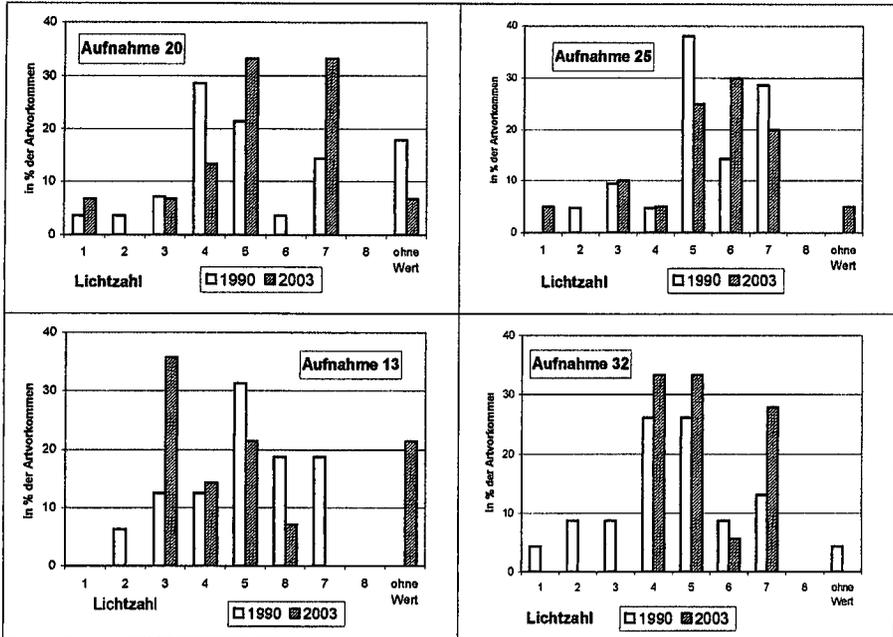


Abb. 7: Zeigerwertspektren „Lichtzahl“ ausgewählter Vegetationsaufnahmen; vorkommende Arten sind gewichtet in die Berechnung eingegangen.

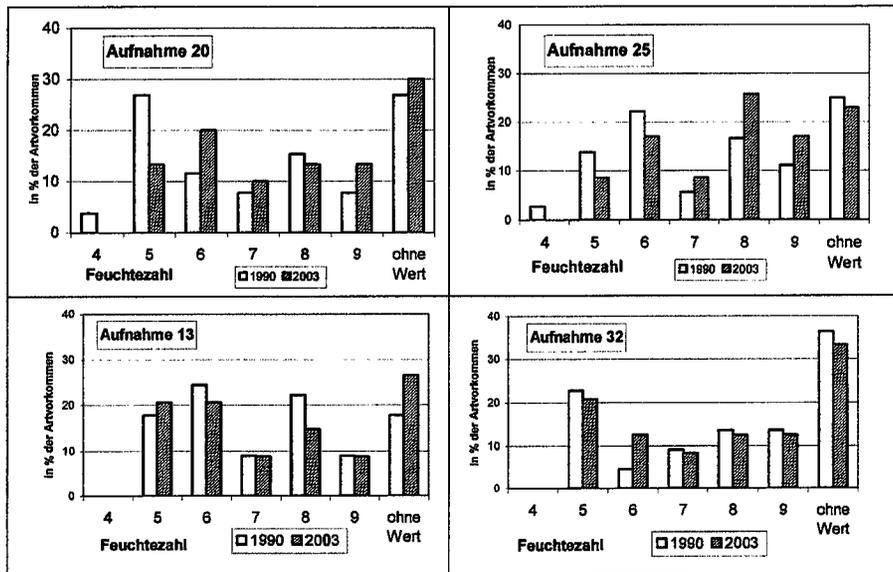


Abb. 8: Zeigerwertspektren „Feuchtezahl“ ausgewählter Vegetationsaufnahmen; vorkommende Arten sind ungewichtet in die Berechnung eingegangen.

Die Artenzahl ist bezeichnenderweise von 45 auf 34 Arten gesunken! Es sind vor allem die lichtliebenden, die jetzt fehlen (Sumpf-Pippau, *Crepis paludosa*, Rispensegge, *Carex paniculata*, Blutweiderich, *Lytbrum salicaria*, Gilbweiderich, *Lysimachia vulgaris*, alle LZ 7, Halblichtarten).

Diese Aufnahme kann als typisches Beispiel für die allgemeine Rückgangssituation des Königsfarns längs der Bäche gelten. Die beschattende Wirkung durch die Traubenkirsche ist hier in den Vordergrund gerückt.

● Aufnahme 32

Wechselfeuchter Standort, *Osmunda* hat zugenommen.

In Aufnahme 32 hat sich der Anteil an Halblichtpflanzen verdoppelt, Halbschattenpflanzen haben leicht zugenommen, während Tiefschatten- und Schattenpflanzen (Lichtzahl 1 bis 3) verschwunden sind. Die Deckungsgrade von Baum- und Strauchschicht sind gleichfalls leicht zurückgegangen. Dies spricht deutlich für den Zusammenhang „verbesserte Lichtverhältnisse – Zunahme des Königsfarns“, soweit die sonstigen Rahmenbedingungen, vor allem der Wasserhaushalt, für den Königsfarn optimal sind.

Relativ unverändert zeigen sich die Feuchtezahlen der vorkommenden Arten. Es gibt nur eine deutliche Zunahme der Feuchtezahl 6, alle übrigen sind minimal zurückgegangen. Dies lässt auf einen relativ unveränderten Wasserhaushalt schließen.

Auch in dieser Aufnahme hat die Traubenkirsche ihren Anteil in Strauch- und Krautschicht erhöht, und es gibt Jungwuchs von Hainbuche und Bergahorn, die relativ grundwasserfernere Verhältnisse vorziehen. Gleichzeitig ist aber auch in dieser Aufnahme der Wechsellnässezeiger Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) neu, ebenso wie die Bleiche Segge (*Carex pallescens*), die auf den feuchten Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald hinweist.

3.2.4. Bestandesveränderungen der übrigen Arten

● Gehölze

Vor allen anderen Arten haben sich signifikante Veränderungen bei der Traubenkirsche eingestellt. Sie hat stark zugenommen, sowohl in den Aufnahmen mit als auch in jenen ohne *Osmunda regalis*. Von der pflanzensoziologisch-standörtlichen Einordnung her trifft es sowohl den Schwarzerlen-Bruchwald als auch den Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald in allen erfassten Ausbildungen. Soweit SCHARFF die Traubenkirsche 1990 als „juvenil“ der Krautschicht zugeordnet hat, ist sie mittlerweile in die Strauchschicht aufgestiegen. Jungwuchs ist sowohl in Kraut- und Strauchschicht üppig vorhanden. In Aufnahme 12, 14 und 16 wurde sie mittlerweile der Baumschicht zugeordnet. Verschiebungen in der Krautschicht von Artmächtigkeit „1“ auf „A“ oder „B“ sind keine Seltenheit. In den Schwarzerlen-Bruchwäldern ohne *Osmunda* gibt es sogar Verschiebungen von „1“ und „A“ auf „3“.

Dies ist in der Tabelle 7 (im Anhang) – Gegenüberstellung der Aufnahmen im Jahr 1990 und 2003 – durch die graue Hinterlegung der Artmächtigkeiten visualisiert.

Daneben hat auch die Esche in fast allen *Osmunda*-Flächen Jungwuchs etabliert und ist – meist in Einzelpflanzen – in die Strauchschicht aufgewachsen. Ihre Artmächtigkeiten sind jedoch nie so bedrohlich hoch wie bei der Traubenkirsche.

Neu ist in den überwiegenden Aufnahmen Jungwuchs von Hasel, Hainbuche und sogar Bergahorn! Aber auch hier handelt es sich in der Regel um wenige Einzelexemplare.

Bei den übrigen Gehölzarten ist mit Ausnahme der Berberitze keine auffällige Änderung festzustellen. Die Halblichtart Berberitze ist immerhin an vier vormaligen Wuchsorten verschwunden, hat aber an zwei weiteren zugelegt.

● Krautige Pflanzen und Gräser

In mehr als der Hälfte der Aufnahmen, die *Osmunda* enthalten, fällt vor allem der teilweise starke Rückgang des Wechselfeuchtezeigers *Molinia arundinacea* (Pfeifengras) auf. Allerdings hat das Pfeifengras auch in einer Aufnahme zugenommen. Im Umfeld der Königsfarn-Wuchsorte, so im Schwarzerlen-Bruchwald und im Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wald mit *Molinia* ist das Bild heterogener. Es gibt Zunahmen, Abnahmen und keine Änderungen.

Mit wenigen Individuen ist in drei Aufnahmen, die *Osmunda* enthalten, die Seegras-Segge, *Carex brizoides*, ein Vernässungs- und Verdichtungszeiger, neu vertreten. In sieben Aufnahmen (sechs davon stammen aus Aufnahmen längs der Bäche) ist der Wechsellösungszeiger Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) neu dazugekommen. Es hat in Aufnahme 20, in der *Osmunda* definitiv verschwunden ist, stark zugenommen.

Die Sumpfdotterblume, *Caltha palustris*, ist gleichfalls neu in zwei Aufnahmen mit *Osmunda*.

Bei den relativ weit verbreiteten Arten grund- und sickerfrischer Standorte (Brombeere, *Rubus fruticosus* agg., Frauenfarn, *Athyrium filix-femina*, Sumpf-Segge, *Carex acutiformis*, Rasen-Schmiele, *Deschampsia cespitosa*, Gewöhnlicher Dornfarn, *Dryopteris carthusiana*, Wald-Veilchen, *Viola reichenbachiana* ...) sind keine aussagekräftige Veränderungen anhand der Artmächtigkeiten festzustellen. Das Buschwindröschen, *Anemone nemorosa*, bildet hier die Ausnahme. Bei ihm gibt es starke Schwankungen, doch kann diesen keine Indikation zugesprochen werden. Es ist durchaus denkbar, dass unterschiedliche Aufnahmezeitpunkte der Alt- und Neuaufnahmen diese Schwankungen begründen.

Für das Gebiet gelten die Arten Blutwurz, *Potentilla erecta*, Flohsegge, *Carex pulicaris*, und Moor-Labkraut, *Galium uliginosum* große Besonderheiten. Sie sind Arten nährstoffarmer Standorte. Sie sind im Gebiet natürlicherweise selten. Aber verglichen mit ihren Artmächtigkeiten nach SCHARFF sind sie zurückgegangen.

3.2.5 Visuell erfasste Gefährdungen

Anders als bei SCHARFF konnten an *Osmunda* im Laufe der Vegetationsperiode 2003 keine Verbisschäden durch Wild festgestellt werden. Nach einer mündlichen Mitteilung durch Herrn Dr. Kramer (BNL Freiburg) hat der Wildverbiss geendet, nachdem das oder die auf den Königsfarn spezialisierten Rehe geschossen worden waren. Nach diesen effektiven jagdlichen Bemühungen blieben seither Verbisschäden aus. Schneckenfraß durch die Rote Wegschnecke war feststellbar.

Es zeigte sich, dass die Brombeere zum gefährlichen Lichtkonkurrenten werden kann, wenn sie nicht eingedämmt wird. Die Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.) wird vom Rehwild verbissen. Auf Anregung des Gutachtens von SCHARFF wurden drei Flächen mit *Osmunda* eingezäunt. Zwei dieser Zäune sind wegen Baufälligkeit mittlerweile zurückgenommen worden, der dritte steht noch wildsicher. Am wildsicheren Zaun hat die Brombeere vergleichbar üppigen Aufwuchs mit Langtrieben bis in die Strauchschicht. Die Bedrängung des Königsfarns ist auf dieser Fläche mehr als offensichtlich. Zäunung als Hilfsmaßnahme zum Schutz einzelner Wuchsorte kann daher nicht mehr empfohlen werden.

Längs der beiden Bäche ist der Rückgang des Königsfarns nach den Kartierungen von SCHARFF und Städt. Forstamt Freiburg am deutlichsten. Neben dem Problem „Beschattung“ besteht hier das Problem der Trittschäden, die sicherlich durch Königsfarn-Liebhaber hervorgerufen werden. In der Regel sind die Uferbänke von Wasser durchtränkt und folglich gegenüber Trittbelastung äußerst sensibel. Gerade aber die Uferlinien dienen der besten Orientierung; die Uferbereiche werden begangen und sind Trampelpfade. Dass dabei immer wieder Farnwedel zertreten werden, ist nie vermeidbar.

3.2.6 Die Grundwassermessstelle

Im Gebiet ist eine einzige Grundwassermessstelle vorhanden, die für die Grundwasserstände im Gebiet relevant ist. Die Messstelle liegt südwestlich des Untersuchungsgebiets außerhalb des Waldes.

Messwerte liegen vom Februar 1980 bis Juli 2002 vor, mit Ausnahme des Zeitraums 1.6.1995 - 31.12.1996. Ab dem 1.6.1997 bis 30.6.1997 sind "Ausreißer" vorhanden, bei denen es sich offensichtlich um Messfehler handeln muss (mdl. Mitt. Herr Weiß, Umweltamt Freiburg). Aufgrund dieser Ausreißer wurde in die Grafik keine Trendlinie eingefügt. Lässt man die Ausreißer bei der Interpretation weg, so geben die monatlichen Montagsmittelwerte ein sehr gutes Bild über den Verlauf des Grundwasserstandes im Gebiet (vgl. Abb. 9).

Typisch sind die jährlich zyklischen Schwankungen zwischen Winter- und Sommerhalbjahr, die bis 1988 sich im Mittel um 0,6 m bewegten. Von 1988 bis 1991 folgte eine Periode mit höheren Grundwasserständen und geringerer Amplitude von nur 0,4 m zwischen jährlicher Trocken- und Nassphase. Darauf folgten 2 Jahre mit extremen Schwankungen von über einem Meter. Ab dem Winter 1992/93 pendelten sich die Werte auf das Niveau von 1980-88 ein.

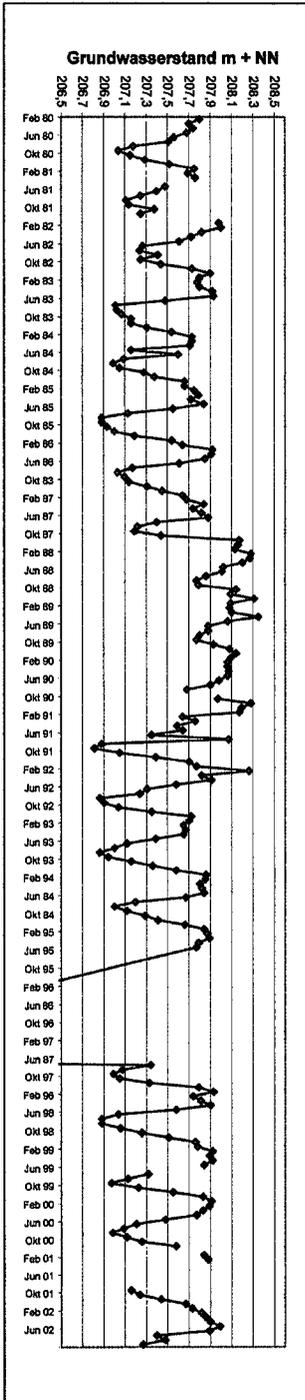


Abb. 9: Grundwasserstände an der nahe gelegenen Messstelle. Aufgetragen sind die Monatsmittel aus den Montagswerten im Zeitraum 1980 – 2002; keine Messung erfolgte im Zeitraum 1.6.1995 - 31.12.1996; ab 1.6.1997 bis 30.6.1997 sind "Ausreißer" oder Messfehler auffällig.

Die Grundwasser-Messwerte der vergangenen 22 Jahre geben die Schwankungen des Grundwasserstands am Messrohr wieder.

Aus den Grafiken wird der Abstand unter Flur nicht ersichtlich, da diese Werte als Höhe über Normalnull gemessen sind. Die Messstelle liegt bei 208,45 m über NN.

SCHARFF standen nur die Werte bis 1991 zur Verfügung. Aus diesen Messwerten und den von ihm gemessenen Abflusswerten der Bäche schloss er, dass der Trend vergrößerter Schwankungen der Grundwasserstände zwischen Vegetationszeit und Vegetationsruhe sich nachhaltig auf den Königsfarn auswirken würde. Tatsächlich zeichnet sich diese Entwicklung nicht ab. Die Schwankungen haben sich nicht merklich vergrößert. Einschränkend sei angeführt, dass die Messwerte des extrem trockenen Sommers 2003 noch nicht zur Verfügung standen.

Am Pegel wurde im Herbst 1991 (unter Auslassung der Ausreißer von 1997) der absolute Tiefstand mit 206,81 m ü.NN oder 1,64 m unter Flur gemessen. Dies entspricht aber nicht dem tatsächlichen Grundwasserstand unter Flur, denn durch das Messrohr wird das Umfeld der Messstelle beeinflusst. In ton- oder schluffreichen Böden kann durch den kapillaren Aufstieg der tatsächliche Grundwasserspiegel bis zu 30 cm höher liegen (Arbeitskreis Standortkartierung 1989).

4. Zusammenfassende Bewertung

Aus der Geländeerhebung der Vegetationsperiode 2003 lassen sich einige der in der Literatur aufgeführten Gefährdungsursachen für den Königsfarn bestätigen, andere können nicht nachvollzogen werden. Jeweils unterschiedlich maßgeblich sind die standörtlichen, vegetationskundlichen und waldbaulichen Voraussetzungen.

4.1 Beschattung

Mit der Vegetationsaufnahme 13 kann der Zusammenhang zwischen ausbleibender forstlicher Bewirtschaftung und *Osmunda*-Vorkommen verdeutlicht werden. Die Parzelle, in der die Vegetationsaufnahme 13 liegt, ist arB-Fläche des Stadtwaldes Freiburg, die seit über einem Jahrzehnt nicht mehr forstlichen genutzt wurde (Revierleiter MÜLLER-BAUERFEIND, mdl.). Die Traubenkirsche, eine Baumart, die fast ausschließlich im Unterstand von Schwarzerle oder Esche auf feuchten bis nassen Standorten wächst, dunkelt lichtliebende Arten im Unterwuchs aus. Überhaupt hat die Traubenkirsche neben der Hasel eine sehr hohe Beschattungswirkung auf den Unterwuchs.

Im Süden und Westen des Naturschutzgebietes Gaisenmoos wurden die Parzellen, die sich im öffentlichen Besitz befinden, im Zuge der Naturschutzgebietsausweisung vollständig aus der forstlichen Bewirtschaftung herausgenommen. Auch hier hat die Traubenkirsche im Unterholz enorm zugelegt. Die relativ jungen Bestände aus Esche, Schwarzerle, gelegentlich auch Eiche und Hainbuche sind durch Traubenkirschen-Polykormone und Traubenkirschen-Jungwuchs im Unterholz bis fast zur Undurchdringlichkeit zugewachsen.

Es ist durchaus denkbar, dass die Wuchsorte längs der Bäche für den Königsfarn suboptimal sind. Die Bäche, ehemals im Feuchtgebiet als Fahrbäche genutzt, sind von beiden Seiten überwachsen, Totholz liegt quer, der Königsfarn

hat zu wenig Licht. Bezeichnend für diesen Zusammenhang sind die noch stabilen Bachufer-Vorkommen in jenen Waldparzellen, die sich in privater Hand befinden. Hier sind insbesondere die stärkeren Niederdurchforstungen offensichtlich. Das ausgedünnte Unterholz schafft verbesserte Belichtungsverhältnisse und könnte dadurch die Königsfarn-Vorkommen fördern.

Das Kerngebiet der Königsfarn-Vorkommen ist forstlich ebenfalls „außer regelmäßiger Bewirtschaftung“, doch scheinen hier die ökologischen Bedingungen optimal auf den Königsfarn abgestimmt zu sein. Der Sonderstandort ist so extrem, dass die sonst stark schattende Traubenkirsche, die Hasel oder auch die Hainbuche keine ernsthaften Lichtkonkurrenten sind. Auch ohne forstliche Eingriffe bleibt die Belichtungssituation für die Königsfarn-Stöcke optimal.

Tab. 6: Faktoren, die über Zu- und Abnahme der Vorkommen von *Osmunda regalis* entscheiden.

Bestandesveränderung	Begleitvegetation	Standort	Beschattung	Waldbesitzart und waldbauliche Behandlung
Zunahmen längs der Vorfluter	Keine signifikanten Artenverschiebungen	Nur quellig	Gering	Privatwald (Niederdurchforstung oder Schirmhiebe)
Abnahmen und Verluste längs der Vorfluter	Starke Konkurrenz durch Gehölzaufwuchs (v.a. Traubenkirsche) Kaum Änderungen unter den Krautigen	Nur quellig	stark	Kommunalwald (arB-Flächen)
Zunahmen im Kerngebiet	Keine signifikanten Artenverschiebungen	Quellige und ständig durchfeuchtete Bereiche	gering	Privatwald und Kommunalwald

4.2 Wasserhaushalt

Bezogen auf die Referenzbeobachtungen von HÜGIN 1990 gibt es im Umfeld von *Osmunda* keine Hinweise auf Veränderungen seit der Aufnahme von SCHARFF in der Vegetationsperiode 1990. Nitrophyten wie Brennnessel (*Urtica dioica*) und Holunder (*Sambucus nigra*) haben sich nicht eingestellt. Der Störzeiger Goldrute (*Solidago gigantea*) war an vier Stellen 1990 latent vorhanden, doch hat sich die Artmächtigkeit gegenüber 1990 nicht erhöht. In einem Fall ist die Goldrute verschwunden. In den wiederholten Vegetationsaufnahmen des Schwarzerlen-Bruchwaldes ohne *Osmunda* hat die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) in der Artmächtigkeit sogar zugelegt und in zwei Aufnahmen mit *Osmunda* ist sie neu dazugekommen. Ob es an einem möglichen höheren Nährstoffangebot liegt oder an zunehmender Staunässe, lässt sich nicht definitiv klären. Gegen zunehmendes Nährstoffangebot sprechen Neuzugänge des Sumpffhaarstrang (*Peucedanum palustre*). Dafür spricht das Verschwinden von sensiblen Arten wie Flohsegge (*Carex pulicaria*) oder Blutwurz (*Potentilla erecta*) und Häufungen von Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). In Streuwiesen gilt das Rohrglanzgras als Warnart für Eutrophierung (vgl. EGLOFF 1986). Denkbar wäre in diesem Zusammenhang, dass die beiden Bäche nährstoffreicheres Was-

ser heranführen als dies früher der Fall war, und dadurch auch zum Rückgang des eher nährstoffarmes Wasser favorisierenden Königsfarns längs der Bäche beitragen.

Die Seegras-Segge (*Carex brizoides*) ist an drei Orten längs der Bäche neu hinzugekommen. Doch ist ihre Artmächtigkeit so gering, so dass diesem Neuzugang gegenwärtig keine Bedeutung beigemessen werden kann.

Anhand der vorkommenden Arten lässt sich folglich kaum ein signifikanter Hinweis auf negative Entwicklungen im Wasserhaushalt wie weitere Absenkung des Grundwasserspiegels oder Abnahme der Quelligkeit des Gebiets ableiten.

Anders ist das Verhalten der Traubenkirsche und der Esche zu beurteilen. Beide Baumarten, vor allem aber die Traubenkirsche, unterwandern die Schwarzerlen-Bestände. Zwar wurde oben der Zusammenhang zwischen „außer regelmäßiger Bewirtschaftung“ und der „Zunahme der Traubenkirsche, folglich Verdunkelung der Wälder“ offen gelegt. Doch zeigen die Untersuchungen von OBERDORFER 1992 und HÜGIN 1990, dass die Traubenkirsche in Feuchtwälder, so vor allem in Bruchwälder, einzudringen vermag, wenn der Wasserhaushalt infolge von Grundwasserabsenkungen aus dem Gleichgewicht gebracht wurde. Auch in Braunkohletagebauebenen mit großflächigen Grundwasserabsenkungen ist dieser Zusammenhang bekannt (z.B. SCHWAAB 2003).

Auch ohne nachweisbares Absinken des Grundwasserspiegels stellt die ohnedies knappe Wasserführung der Vorfluter möglicherweise ein ernstes Problem dar. Die Folgen der extrem lange andauernden „Trockenzeit“ der sommerlichen Vegetationsperiode 2003 bleiben abzuwarten. Andererseits zeigte sich, dass noch im August 2003 während des außergewöhnlich trockenen Sommers aus den Quellbereichen längs der Bäche nach wie vor Wasser sickerte. Die beiden Vorfluter hingegen reduzierten sich zu schmalen Rinnsalen.

Ein ausgeglichenes humides Milieu während der Vegetationszeit ist für die ausgewachsene Farnpflanze ebenso wichtig wie für generative Vermehrung (Sporulation). Unmittelbar nach der Sporulation im Mai/Juni kann nur die Vorkeimbildung erfolgen. Unmittelbar danach ist die gleichmäßige Durchfeuchtung der Standorte notwendig. Allerdings konnte weder SCHARFF noch die Verfasserin weder Prothallien noch junge Farnpflanzen auffinden. Die Ausweitung der vorhandenen Stöcke scheint auf vegetativem Wege zu erfolgen.

5. Fazit und Empfehlungen

Der Vegetationsvergleich der vorkommenden Arten der Krautschicht weist auf keine gravierende Änderung des Wasserhaushalts in den vergangenen 13 Jahren hin. Die Zunahme der Traubenkirsche (*Prunus padus*) in den Bruchwald- und Erlen-Eschen-Waldgesellschaften im Umfeld der *Osmunda regalis*-Wuchsorte ist zu diskutieren. Der Zusammenhang zwischen Grundwasserabsenkung von Bruchwäldern und Eindringen der Traubenkirsche in diese Gesellschaften ist in der Literatur vielfach genannt. Danach soll die Traubenkir-

sche den gestörten Wasserhaushalt entwässerter Schwarzerlen-Bruchwälder indizieren. Die Entwicklungsreihe kann von entwässerten Schwarzerlen-Bruchwäldern ausgehen und zu Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Wäldern bis hin zu feuchten Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wäldern führen. Andererseits lässt sich im Untersuchungsgebiet die massenhafte Zunahme der Traubenkirsche waldbaulich begründen: im Zuge der Naturschutzgebietsausweisung wurde die Nutzung eingestellt, wodurch konkurrenzstarke Arten (wie die Traubenkirsche) den sonst wirtschaftlich geförderten Baumarten (Schwarzerle, Esche, Eiche) den Raum streitig machen.

Inwieweit mit Nährstoffen angereichertes Wasser in das Untersuchungsgebiet infiltriert, kann nicht abschließend beurteilt werden. Leichte Zunahmen des Rohrglanzgrases (*Pbalaris arundinacea*) könnten auf diese Entwicklung hinweisen.

Der Königsfarn gilt in unserem Gebiet als Halbschattenpflanze. Dem steht die Beobachtung gegenüber, dass die üppigsten Farnstauden-Individuen nur in den lichtesten, durchsonnten Partien des Schwarzerlen-Bruchwaldes und des Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Waldes anzutreffen sind. Nur an solchen Stellen sind die Stöcke üppig, erreichen die Farnwedel teilweise bis 1,7 m Länge und sporulieren.

In Absprache mit dem Städtischen Forstamt soll die Traubenkirsche auf den stadteigenen Parzellen längs der Bäche zurückgedrängt werden, um diese eher suboptimalen Randvorkommen zu stabilisieren. Dieser Pflegeeingriff soll als Hieb auf den Stock im fünfjährigen Turnus wiederholt werden, wobei auch das anfallende Reisig zumindest aus dem unmittelbaren Wuchsbereich der Farnwedel herausgezogen werden muss. Wintermonate mit gefrorenem Boden eignen sich vor allem für diese Maßnahme. Gleichzeitig sollen zumindest partiell die Schwarzerlen auf den Stock gesetzt werden, um deren vegetative Erneuerung neu anzuregen. Denn im Gebiet fehlt die generative Verjüngung der Schwarzerle vollständig. Diese Maßnahmen sollen im Zuge der Privatwaldberatung auch den Privatwaldbesitzern nahe gebracht werden.

Das Problem der Douglasien- und Fichten-Anbauten hat sich durch den Sturm Lothar mittlerweile fast gelöst. Der Sturm hat die Douglasien-Fichten-Fläche zu zwei Dritteln geworfen. Die Douglasien-Parzellen sind mittlerweile im Besitz der Stadt Freiburg.

Ungelöst bleibt das Problem der Trittbelastung durch „Königsfarn-Liebhaber“. Die hier vorkommenden amphibischen Standorte sind äußerst sensibel. Jeder Tritt hinterlässt sichtbare Schäden an den Moospolstern und der übrigen Vegetation. Manche Stellen längs der Bäche sind bereits verhagert und die Baumwurzeln treten durch die Trittbelastung hervor. Besucher-Aufklärung über die negativen Auswirkungen ihrer Ausflüge ist dringend notwendig. Gezielt organisierte Führungen könnten hier Abhilfe schaffen.

Für weitere Studien wäre es angebracht, an ausgewählten Wuchsorten des Königsfarns Frequenzaufnahmen durchzuführen. So könnte beobachtet werden, wie sich der Königsfarn verhält – beispielsweise, wie ausdauernd die

Stöcke sind und ob es Wanderungsbewegungen einzelner Pflanzen gibt. SCHARFF hat in seinem Gutachten ein enges Messnetz für das Grundwasser und den Abfluss der drei Fließgewässer vorgeschlagen. Auch diese Maßnahmen werden uneingeschränkt unterstützt und erneut vorgeschlagen.

Nochmals sei wiederholt, dass sich eine schonende Holznutzung günstig auf die Königsfarnvorkommen auswirkt. Sie verschafft sowohl dem Königsfarn mehr Licht, könnte aber auch zur Verjüngung der Schwarzerle, vielleicht auch der Moorbirke, beitragen. Schonende Eingriffe und der Holzsauszug führen aber auch zu Nährstoffentnahme und wirken so dem atmogenen und fluvialen Nährstoffeintrag entgegen.

Da die Wälder durch verminderte Nutzung dunkler werden, kann die Lichtbaumart Eiche ihre Verjüngung nicht etablieren. Die Eiche verschwindet zunehmend. Es wurden im Gebiet allenfalls 2-3jährige Sämlinge beobachtet. Nur an den verlichteten Standortextremen des wechsellässigen Schwarzerlen-Bruchwaldes mit *Molinia* werden sie wenig älter, gehen aber auch dort vermutlich wegen des Wasserüberangebots wieder ein.

Die Entwicklung des Königsfarns muss im Gaisemoos weiter beobachtet werden, da die Population vergleichsweise sehr gering ist. Nur wenige Stöcke sporulieren. Noch immer bleibt die Frage offen, wann und auf welchen Standorten sich der Königsfarn generativ vermehren kann. Dies zu erforschen wird weiterhin spannend bleiben.

Literatur

- ALDINGER, E., HÜBNER, W., MICHIELS, H.-G., MÜHLHÄUBER, G., SCHREINER, M., WIEBEL, M. (1998): Überarbeitung der Standortkundlichen regionalen Gliederung im Südwestdeutschen Standortkundlichen Verfahren. - Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung 39, 5-67.
- Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg (BNL) (1992):: Gutachten zur Ausweisung des Naturschutzgebietes „Gaisemoos“, Stadt Freiburg. - 12 S., unveröff.
- Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg (1957): *Osmunda*-Kartierung im Gaisemoos und Kurzkomentar. - 2 S., unveröff.
- DIERSSEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde). - Darmstadt, 241 S.
- DÖRING, U. (1987): Zur Feinstruktur amphibischer Erlen-Bruchwälder. Kleinstandörtliche Differenzierungen in der Bodenvegetation des *Carici elongatae*-Alnetum im Hannoverschen Wendland. - *Tuexenia* 7, 347-366.
- EGLOFF, TH. (1986): Auswirkung und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen. Eutrophierungssimulation und Regenerationsexperimente im nördlichen Schweizer Mittelland. - Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, Heft 89, 183 S.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1987): Moosflora. - UTB 1250, Stuttgart, 525 S.
- Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein: Grundwassermessnetz Baden-Württemberg, Pegel 107 070.
- HAEUPLER, H. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. - 768 S., Stuttgart.

- HÜGIN, Gerhard (1990): Die Mooswälder der Freiburger Bucht. Wahrzeichen einer alten Kulturlandschaft gestern – heute ... morgen? - Beihefte Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 29, 88 S., 2. Aufl. (1. Aufl.: 1982).
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000): Natura 2000 in Baden-Württemberg. – CD-ROM, Hrsg: Ministerium Ländlicher Raum BW.
- Ministère de l'Environnement (1993): Arrête du 28 juin 1993 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Alsace complétant la liste nationale. - Journal officiel de la République Française du 9 septembre 1992, 12653-56.
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - Stuttgart, 1050 S.
- Regionaler Klima-Atlas (Reklip-Atlas) (1995): Klima-Atlas Oberrhein Mitte-Süd. - Hrsg: Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt, Atlas und Kommentarband, Strasbourg/ Ofenbach/Zürich.
- SCHARFF, G. (1991): Das Gaisemoos. - Landschaftsökologisches Gutachten. 66 S. + Beilagen, unveröff.
- SCHWAAB, S. (2003): <http://www.susanne-schwaab.de/Geologie/Braunkohle/Folgen/folgen.html>
- Städtisches Forstamt Freiburg (2002): Kartierung zum Bestand und zu den Bestandesveränderungen des Königsfarns im NSG Gaisemoos. - Karte mit kommentierter Legende, unveröff.
- Société Botanique d'Alsace (2002): Liste rouge des espèces menacées.
- STEINLE, R. (1982): Grundlagen zur Ausweisung eines Naturschutzgebietes und eines flächenhaften Naturdenkmals auf Gemarkung Freiburg. - Landespflege-Projektarbeit an der Forstlichen Versuchsanstalt Freiburg, Abt. Landespflege, 40 S., unveröff.
- Universität Hamburg (2003): www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d45/45g.htm

(Am 31. März 2004 bei der Schriftleitung eingegangen.)

Tabelle 7 (Anhang) →

Anhang

Tabelle 7: Vegetationsvergleich 1990 und 2003 an ausgewählten Standorten

Aufnahmenummer	Schwarzerlen-Bruchwald					Traubeneichen-Erlen-Eichen-Wald					Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald				
	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	
Deckung BS in %	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	
Deckung SS in %	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	
Deckung KS in %	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Deckung MS in %	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Größe der Fläche in m ²	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Artzahl	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
Lichtzahl (ungew.)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Feuchtezah (ungew.)	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	
Reaktionszahl (ungew.)	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
Nährstoffzahl (ungew.)	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	
Gehölze in Baum-, Strauch- und Krautschicht	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
B Alnus glutinosa															
S Alnus glutinosa															
S Fraxinus excelsior															
S Fraxinus excelsior															
K Fraxinus excelsior															
S Prunus padus															
S Prunus padus															
K Prunus padus															
B Betula pubescens															
S Betula pubescens															
S Sorbus aucuparia															
K Sorbus aucuparia															
S Viburnum opulus															
K Viburnum opulus															
S Frangula alnus															
K Frangula alnus															
S Lonicera periclymenum															
B Lonicera periclymenum															
S Ceanothus velutinus															
K Ceanothus velutinus															
B Acer pseudoplatanus															
S Acer pseudoplatanus															
K Acer pseudoplatanus															

Gehölze in Baum-, Strauch- und Krautschicht
 B Alnus glutinosa
 S Alnus glutinosa
 S Fraxinus excelsior
 S Fraxinus excelsior
 K Fraxinus excelsior
 S Prunus padus
 S Prunus padus
 K Prunus padus
 B Betula pubescens
 S Betula pubescens
 S Sorbus aucuparia
 K Sorbus aucuparia
 S Viburnum opulus
 K Viburnum opulus
 S Frangula alnus
 K Frangula alnus
 S Lonicera periclymenum
 B Lonicera periclymenum
 S Ceanothus velutinus
 K Ceanothus velutinus
 B Acer pseudoplatanus
 S Acer pseudoplatanus
 K Acer pseudoplatanus

Aufnahmenummer	Schwarzerden-Bruchwald										Traubenkirschchen-Erlen-Eschen-Wald										Stärmleren-Eichen-Hanbuchen-Wald																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	1	2	3a	4	5	6	6a	7	7a	7b	7c	8	8a	8b	9a	9	2a	2b	3	3a	3b	3c	4	4a	4b	4c	5	5a	5b	5c	6	6a	6b	6c	7	7a	7b	7c	8	8a	8b	8c	9	9a	9b	9c	10	10a	10b	10c	11	11a	12	12a	12b	12c	13	13a	13b	13c	14	14a	14b	14c	15	15a	15b	15c	16	16a	16b	16c	17	17a	17b	17c	18	18a	18b	18c	19	19a	19b	19c	20	20a	20b	20c	21	21a	21b	21c	22	22a	22b	22c	23	23a	23b	23c	24	24a	24b	24c	25	25a	25b	25c	26	26a	26b	26c	27	27a	27b	27c	28	28a	28b	28c	29	29a	29b	29c	30	30a	30b	30c	31	31a	31b	31c	32	32a	32b	32c	33	33a	33b	33c	34	34a	34b	34c	35	35a	35b	35c	36	36a	36b	36c	37	37a	37b	37c	38	38a	38b	38c	39	39a	39b	39c	40	40a	40b	40c	41	41a	41b	41c	42	42a	42b	42c	43	43a	43b	43c	44	44a	44b	44c	45	45a	45b	45c	46	46a	46b	46c	47	47a	47b	47c	48	48a	48b	48c	49	49a	49b	49c	50	50a	50b	50c	51	51a	51b	51c	52	52a	52b	52c	53	53a	53b	53c	54	54a	54b	54c	55	55a	55b	55c	56	56a	56b	56c	57	57a	57b	57c	58	58a	58b	58c	59	59a	59b	59c	60	60a	60b	60c	61	61a	61b	61c	62	62a	62b	62c	63	63a	63b	63c	64	64a	64b	64c	65	65a	65b	65c	66	66a	66b	66c	67	67a	67b	67c	68	68a	68b	68c	69	69a	69b	69c	70	70a	70b	70c	71	71a	71b	71c	72	72a	72b	72c	73	73a	73b	73c	74	74a	74b	74c	75	75a	75b	75c	76	76a	76b	76c	77	77a	77b	77c	78	78a	78b	78c	79	79a	79b	79c	80	80a	80b	80c	81	81a	81b	81c	82	82a	82b	82c	83	83a	83b	83c	84	84a	84b	84c	85	85a	85b	85c	86	86a	86b	86c	87	87a	87b	87c	88	88a	88b	88c	89	89a	89b	89c	90	90a	90b	90c	91	91a	91b	91c	92	92a	92b	92c	93	93a	93b	93c	94	94a	94b	94c	95	95a	95b	95c	96	96a	96b	96c	97	97a	97b	97c	98	98a	98b	98c	99	99a	99b	99c	100	100a	100b	100c	101	101a	101b	101c	102	102a	102b	102c	103	103a	103b	103c	104	104a	104b	104c	105	105a	105b	105c	106	106a	106b	106c	107	107a	107b	107c	108	108a	108b	108c	109	109a	109b	109c	110	110a	110b	110c	111	111a	111b	111c	112	112a	112b	112c	113	113a	113b	113c	114	114a	114b	114c	115	115a	115b	115c	116	116a	116b	116c	117	117a	117b	117c	118	118a	118b	118c	119	119a	119b	119c	120	120a	120b	120c	121	121a	121b	121c	122	122a	122b	122c	123	123a	123b	123c	124	124a	124b	124c	125	125a	125b	125c	126	126a	126b	126c	127	127a	127b	127c	128	128a	128b	128c	129	129a	129b	129c	130	130a	130b	130c	131	131a	131b	131c	132	132a	132b	132c	133	133a	133b	133c	134	134a	134b	134c	135	135a	135b	135c	136	136a	136b	136c	137	137a	137b	137c	138	138a	138b	138c	139	139a	139b	139c	140	140a	140b	140c	141	141a	141b	141c	142	142a	142b	142c	143	143a	143b	143c	144	144a	144b	144c	145	145a	145b	145c	146	146a	146b	146c	147	147a	147b	147c	148	148a	148b	148c	149	149a	149b	149c	150	150a	150b	150c	151	151a	151b	151c	152	152a	152b	152c	153	153a	153b	153c	154	154a	154b	154c	155	155a	155b	155c	156	156a	156b	156c	157	157a	157b	157c	158	158a	158b	158c	159	159a	159b	159c	160	160a	160b	160c	161	161a	161b	161c	162	162a	162b	162c	163	163a	163b	163c	164	164a	164b	164c	165	165a	165b	165c	166	166a	166b	166c	167	167a	167b	167c	168	168a	168b	168c	169	169a	169b	169c	170	170a	170b	170c	171	171a	171b	171c	172	172a	172b	172c	173	173a	173b	173c	174	174a	174b	174c	175	175a	175b	175c	176	176a	176b	176c	177	177a	177b	177c	178	178a	178b	178c	179	179a	179b	179c	180	180a	180b	180c	181	181a	181b	181c	182	182a	182b	182c	183	183a	183b	183c	184	184a	184b	184c	185	185a	185b	185c	186	186a	186b	186c	187	187a	187b	187c	188	188a	188b	188c	189	189a	189b	189c	190	190a	190b	190c	191	191a	191b	191c	192	192a	192b	192c	193	193a	193b	193c	194	194a	194b	194c	195	195a	195b	195c	196	196a	196b	196c	197	197a	197b	197c	198	198a	198b	198c	199	199a	199b	199c	200	200a	200b	200c	201	201a	201b	201c	202	202a	202b	202c	203	203a	203b	203c	204	204a	204b	204c	205	205a	205b	205c	206	206a	206b	206c	207	207a	207b	207c	208	208a	208b	208c	209	209a	209b	209c	210	210a	210b	210c	211	211a	211b	211c	212	212a	212b	212c	213	213a	213b	213c	214	214a	214b	214c	215	215a	215b	215c	216	216a	216b	216c	217	217a	217b	217c	218	218a	218b	218c	219	219a	219b	219c	220	220a	220b	220c	221	221a	221b	221c	222	222a	222b	222c	223	223a	223b	223c	224	224a	224b	224c	225	225a	225b	225c	226	226a	226b	226c	227	227a	227b	227c	228	228a	228b	228c	229	229a	229b	229c	230	230a	230b	230c	231	231a	231b	231c	232	232a	232b	232c	233	233a	233b	233c	234	234a	234b	234c	235	235a	235b	235c	236	236a	236b	236c	237	237a	237b	237c	238	238a	238b	238c	239	239a	239b	239c	240	240a	240b	240c	241	241a	241b	241c	242	242a	242b	242c	243	243a	243b	243c	244	244a	244b	244c	245	245a	245b	245c	246	246a	246b	246c	247	247a	247b	247c	248	248a	248b	248c	249	249a	249b	249c	250	250a	250b	250c	251	251a	251b	251c	252	252a	252b	252c	253	253a	253b	253c	254	254a	254b	254c	255	255a	255b	255c	256	256a	256b	256c	257	257a	257b	257c	258	258a	258b	258c	259	259a	259b	259c	260	260a	260b	260c	261	261a	261b	261c	262	262a	262b	262c	263	263a	263b	263c	264	264a	264b	264c	265	265a	265b	265c	266	266a	266b	266c	267	267a	267b	267c	268	268a	268b	268c	269	269a	269b	269c	270	270a	270b	270c	271	271a	271b	271c	272	272a	272b	272c	273	273a	273b	273c	274	274a	274b	274c	275	275a	275b	275c	276	276a	276b	276c	277	277a	277b	277c	278	278a	278b	278c	279	279a	279b	279c	280	280a	280b	280c	281	281a	281b	281c	282	282a	282b	282c	283	283a	283b	283c	284	284a	284b	284c	285	285a	285b	285c	286	286a	286b	286c	287	287a	287b	287c	288	288a	288b	288c	289	289a	289b	289c	290	290a	290b	290c	291	291a	291b	291c	292	292a	292b	292c	293	293a	293b	293c	294	294a	294b	294c	295	295a	295b	295c	296	296a	296b	296c	297	297a	297b	297c	298	298a	298b	298c	299	299a	299b	299c	300	300a	300b	300c	301	301a	301b	301c	302	302a	302b	302c	303	303a	303b	303c	304	304a	304b	304c	305	305a	305b	305c	306	306a	306b	306c	307	307a	307b	307c	308	308a	308b	308c	309	309a	309b	309c	310	310a	310b	310c	311	311a	311b	311c	312	312a	312b	312c	313	313a	313b	313c	314	314a	314b	314c	315	315a	315b	315c	316	316a	316b	316c	317	317a	317b	317c	318	318a	318b	318c	319	319a	319b	319c	320	320a	320b	320c	321	321a	321b	321c	322	322a	322b	322c	323	323a	323b	323c	324	324a	324b	324c	325	325a	325b	325c	326	326a	326b	326c	327	327a	327b	327c	328	328a	328b	328c	329	329a	329b	329c	330	330a	330b	330c	331	331a	331b	331c	332	332a	332b	332c	333	333a	333b	333c	334	334a	334b	334c	335	335a	335b	335c	336	336a	336b	336c	337	337a	337b	337c	338	338a	338b	338c	339	339a	339b	339c	340	340a	340b	340c	341	341a	341b	341c	342	342a	342b	342c	343	343a	343b	343c	344	344a	344b	344c	345	345a	345b	345c	346	346a	346b	346c	347	347a	347b	347c	348	348a	348b	348c	349	349a	349b	349c	350	350a	350b	350c	351	351a	351b	351c	352	352a	352b	352c	353	353a	353b	353c	354	354a	354b	354c	355	355a	355b	355c	356	356a	356b	356c	357	357a	357b	357c	358	358a	358b	358c	359

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [NF_18_3](#)

Autor(en)/Author(s): Ostermann Regina, Schwarz Olaf

Artikel/Article: [Vegetationskundliche Untersuchungen an einem bedeutenden Königsfarn-Wuchsort \(*Osmunda regalis* L.\) im Freiburger Mooswald 31-69](#)