© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die ökologischen Auswirkungen der Grabenverschließungen im Eschengrundmoos (Gemeinde Hinterzarten). Moorkundliche Untersuchung der ältesten Wiedervernässungsmaßnahme im Schwarzwald[1]

Margret Rattay, Pascal von Sengbusch & Werner Konold

Zusammenfassung

Das Eschengrundmoos („Mathislemoor“) liegt auf einer Höhe von 1004 bis 1008 m ü. NN etwa sechs Kilometer östlich des Feldberges im Schwarzwald. Während zwei Teile des Moores offenbar in mehr als 10 m tiefen Hohlformen entstanden sind, verbindet ein flachgründiges Hangmoor den südlichen mit dem nördlichen Moorteil. Zu unbekanntem Zeitpunkt wurde das Moor durch ein komplexes Grabensystem entwässert. Außerdem wurde eine befahrbare Waldstraße über einen alten Bohlenweg zwischen südlichem Moor und Hangmoor angelegt. In der Folge wanderte die Fichte in die abtrocknenden Moorteile ein und die torfbildende Vegetation ging in dem ohnehin kleinen Moor zurück. 1983 sowie 1991 wurden durch die Arbeitsgruppe Naturschutz Freiburg (AGN) Renaturierungsmaßnahmen in Form von Sperrenbau und Verfüllung von Entwässerungsgräben durchgeführt.

Mit Untersuchungen im Torfkörper (Zersetzungsgrad, Großreste, Wasserstand, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit), in den Jahrringmustern der Kiefern und der Vegetation sollte gezeigt werden, ob und wie sich der Verschluss der Gräben in drei Jahrzehnten ausgewirkt hat. In sechs Probeflächen (zwei pro Teilgebiet) wurden Daten erhoben. Die Erfassung des Grundwasserstandes erfolgte über eineinhalb Monate hinweg; pro Fläche wurde eine Vegetationsaufnahme durchgeführt und jeweils ein Torfprofil ausgewertet. Dendrobohrkerne wurden mit einer Stichprobe im nördlichen Moor entnommen. Mit Hilfe eines Höhenmodells wurde untersucht und dargestellt, wie sich das Wasser im aktuellen Relief bewegt und wie die Gräben und Dämme relativ zu den Strompfaden des Wassers liegen. Das Ziel war, herauszuarbeiten, welche Moorteile heute von Hangwasser profitieren oder von früheren Einzugsgebieten abgeschnitten sind.

Die Auswertung der Daten ergab, dass durch den Graben- und den Wegebau die ursprünglich zusammenhängenden Einzugsgebiete des Eschengrundmooses fragmentiert wurden. Die Renaturierungsmaßnahmen sind für die Teilgebiete unterschiedlich zu bewerten. Im nördlichen Moor haben die Wiedervernässungen großen Erfolg erzielt. Es

[1] Der Beitrag ist die überarbeitete Fassung der Bachelorarbeit der Erstautorin. Die Arbeit wurde 2015 an der Professur für Landespflege, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, angefertigt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

bewerten. Im nördlichen Moor haben die Wiedervernässungen großen Erfolg erzielt. Es wurde durch Sperrenbau und Verfüllungen des zuvor entwässernden Grabens wieder an das ehemalige Einzugsgebiet angeschlossen. Der Erfolg der Maßnahmen zeigt sich in der Hochmoorvegetation, dem Torfwachstum sowie hohen mittleren Wasserständen. Das südliche Moor hat nur kleinflächig von den Wiedervernässungsmaßnahmen profitiert. Zwar zeigen die Flächen nahe an dem verschlossenen Graben heute wieder Torfwachstum und können als lebendes Moor bezeichnet werden, doch führt der durch den Waldweg hervorgerufene Einschnitt weiterhin zu Degradierungen. Noch negativer ist die Situation des Hangmoores zu bewerten. Dieses ist durch den Weg auf der einen und einen Entwässerungsgraben auf der anderen Seite ganz von seinen ursprünglichen Einzugsgebieten abgeschnitten. Im Hangmoor findet kein Torfwachstum mehr statt. Die Flächen werden von Zwergsträuchern dominiert und eine Unterwanderung des überalterten Kiefernbestandes durch die Fichte ist zu beobachten. Bei gleichbleibenden ökologischen Umständen wird eine Entwicklung zu einem Fichtenmoorwald angenommen.

Stichwörter
Hochschwarzwald, Hochmoor, Wiedervernässung, Wasserhaushalt, Sukzession

Anschrift der Verfasser:
Margret Rattay
Markgrafenstraße 35
79115 Freiburg
Margret.Rattay@posteo.de

Dr. Pascal von Sengbusch
Fuchsrain 10
79400 Kandern
pascal.von.sengbusch@polarwind.net

Prof. Dr. Werner Konold
Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften
Professur für Landespflege
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Tennenbacher Straße 4
79106 Freiburg
werner.konold@landespflege.uni-freiburg.de

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Summary

The raised bog Eschengrundmoos, also known as Mathislemoor, is located in the municipality of Hinterzarten/southern Black Forest and is lying at an altitude of 1004 to 1008 m above sea level. Two parts of the bog apparently developed in more than 10 m deep depressions. A sloping mire connects the northern and the southern part of the bog. At an unknown time, the bog was drained with a complex ditch system. Additionally, a forest road on a dam was built between the southern bog and the sloping mire. Because of that spruce trees could settle the drained parts of the bog and peat-forming vegetation decreased. In 1983 and 1991, the Arbeitsgruppe Naturschutz Freiburg (AGN) backfilled drainage ditches in order to initiate regeneration processes.

Examinations of the peat body (degree of decomposition, macro-remains, water levels, pH level, electrical conductivity), of the pines' annual rings and vegetation should show if and how the filling of the ditches affected the bog within the last three decades. Data were collected in six sample plots: water levels over six weeks, of each a vegetation survey, one peat profile. A sample of drilling cores was taken in the northern bog area. We investigated with a digital elevation model, how the water runs within the current relief and how the ditches and dams are positioned in relation to the flow paths, in order to know which parts of the bog profit from slope-water, resp. are cut off from former drainage basins.

Our results show that the ditches and the road fragmented the formerly connected catchments in the Eschengrundmoos. The effects of regeneration measures are to be assessed individually for the different parts of the mire. Within the northern bog, which could be reconnected to the original catchment, rewetting shows a reestablishment of raised bog vegetation, peat growth and high mean water levels. The southern bog profited only locally from rewetting measures. Although areas close to the refilled ditches show peat growth today and can thus be called a living bog area, the forest road is still a serious reason for ongoing degradation processes. The sloping mire's situation is even worse. Because of the cut off from the original catchment due to the forest road on the one side and the drainage ditch on the other side, peat growth cannot be seen in the sloping mire anymore. Vegetation is dominated by dwarf shrubs and the overaged pine stand is going to be invaded by spruce. We assume a development towards a spruce swamp forest.

Keywords

High Black Forest, raised bog, rewetting, water regime, succession

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

1. Einleitung

1.1 Moore und Torfwachstum

Moore sind von Wassersättigung geprägte Naturräume. Sie entstehen auf Standorten, die ständig oder den überwiegenden Teil des Jahres einen Wasserüberschuss aufweisen (Eigner & Schmatzler 1980). In Mooren ist der in den meisten Ökosystemen typische Stoffkreislauf aus Wachstum, Absterben und Zersetzung der abgestorbenen Substanz unterbrochen (Meier-Uhlherr et al. 2015). Der Abbau der Streu wird durch Sauerstoffmangel gehemmt. Dies kann durch hoch anstehendes Grundwasser (bzw. Oberflächen- oder Quellwasser) oder perhumides Klima induziert werden. Der hieraus resultierende unvollständige Abbau der pflanzlichen Reste führt dazu, dass sich große Mengen an organischer Substanz als Torf anreichern, der für Moore kennzeichnend ist (Blume et al. 2010). Torfakkumulierende Moore sind somit Ökosysteme mit einer langfristig positiven Kohlenstoffbilanz, das heißt, dass mehr organisches Material produziert als abgebaut wird (Succow & Joosten 2001).

Je nach fachlicher Betrachtungsweise gibt es unterschiedliche Definitionen eines Moores: Aus landschaftsökologischer Sicht sind Moore Landschaften, in denen Torf gebildet wird oder oberflächig ansteht (Succow & Joosten 2001). Bodenkundlich versteht man unter dem Begriff „Moor“ einen hydromorphen, organischen Boden, der über einen mindestens 30 cm mächtigen Torfhorizont und starke Reduktionsmerkmale des Mineralkörpers verfügt. Die Humushorizonte enthalten mindestens 30 %, meist aber wesentlich mehr organische Substanz (Blume et al. 2010). Geobotanisch betrachtet sind Moore Feuchtlebensräume, die eine torfbildende Vegetation aufweisen (Colditz 1994 in Meier-Uhlherr et al. 2015).

Je nach Herkunft des Wassers wird zwischen minerogenen Niedermooren (darunter topogene, limnogene und soligene Moore) und unabhängig vom Grundwasser entstandenen Hochmooren (ombrogene Moore, Regenwassermoore) unterschieden.. Niedermoore entwickeln sich (als Verlandungsmoore) häufig im Uferbereich stehender Gewässer, wobei Schilf (*Phragmites*), Rohrkolben (*Typha*) und/oder einige Seggen (*Carex*) das organische Ausgangsmaterial liefern. Topogene Niedermoore entstehen in Senken unter dem Einfluss ansteigenden Grundwassers (Versumpfungsmoore) (Blume et al. 2010).

Regenwasser- oder Hochmoore entwickeln sich im typischen Fall aus bestehenden Niedermooren (Eigner, 2003). Dies geschieht in kühl-feuchten Gebieten, die eine positive Wasserbilanz aufweisen. Dabei dürfen die Verdunstung und die Abflüsse die Niederschlagsmenge nicht überschreiten. Infolge des Wachstums von Torfmoosen (*Sphagnum* sp. div.) und der hieraus resultierenden Torfbildung erhebt sich die Oberfläche der Hochmoore über den Grundwasserspiegel hinaus. Dadurch entsteht ein völlig anderes Wasserregime, das nunmehr allein vom Niederschlagswasser gespeist wird, welches in der Bodenlösung meist wesentlich saurer und nährstoffärmer ist als das

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Grundwasser (Eigner & Schmatzler 1980) und völlig veränderte Standortbedingungen entstehen lässt, sodass die Niedermoorvegetation allmählich von ombrotraphenten Arten verdrängt wird (Eigner & Schmatzler 1980).

In lebenden Hochmooren sind die Torfmoose aufgrund ihrer Anatomie die wesentlichen Träger der Eigenschaften der Hochmoortorfe und der Oberflächenstruktur des gesamten Moorkörpers (Eigner & Schmatzler 1980). Sie bilden neben dem Scheidigen Wollgras das Ausgangsmaterial und entscheiden so über die Menge und die chemische Zusammensetzung des Torfes (Succow & Joosten 2001). Durch den Torfbildungsprozess entsteht ein für Hochmoore typischer, vertikaler Aufbau. Es kann zwischen zwei Bereichen unterschieden werden: Ein oberer, aerob beeinflusster Torfbildungshorizont (Akrotelm), der den Moorboden und die Vegetationsschicht (v.a. Torfmoose) umfasst, sofern in dieser Porenströmung stattfinden kann und ein im Wesentlichen anaerober Torferhaltungshorizont (Katotelm), der eine Zone stark verminderter biologischer Aktivität darstellt (Succow & Joosten 2001). Die Grenze bildet der niedrigste Grundwasserstand (Eigner 2003). Das Alter der Pflanzenreste nimmt von oben nach unten zu. Somit steigt die kumulative Belüftungszeit und damit der Zersetzungsgrad (Succow & Joosten 2001). Zudem wird die Dichte von Akrotelm zum Katotelm als Folge der Kompressionswirkung durch die Auflast erhöht (Succow & Joosten, 2001). Das Akrotelm hat im Vergleich zum Katotelm eine relativ grobporige Struktur und eine große Porosität (Succow & Joosten 2001). Da im grobporigeren Medium die gleiche Wassermenge zu geringeren Wasserstandsänderungen führt, sind Wasserspiegelschwankungen im Akrotelm wenig ausgeprägt. Es entsteht ein hydrologischer Durchlassungsgradient. Dieser Gradient schützt sowohl vor zu viel, als auch vor zu wenig Wasser: Steigt der Wasserspiegel über den Mittelwert an, gelangt das Wasser in den grobporigen Bereich. Hier wird das Wasser nur gering gehalten und durch die zusätzlich hohe Leitfähigkeit schnell lateral abgeleitet. Fällt hingegen der Wasserspiegel unter den Mittelwert ab, so gelangt das Wasser in den feinporigen Bereich. Hier wird dieses durch die geringe Leitfähigkeit im Abfluss behindert. Dies stellt den grundlegenden Mechanismus der hydrologischen Selbstregulation eines Moores dar (Succow & Joosten 2001).Nach Succow & Joosten (2001) können so zusammenfassend hydrologische Randbedingungen formuliert werden, die existentiell für ein lebendes Moor und somit für Torfwachstum sind:

- Das Wasser muss im langfristigen Mittel nahe an, in oder über der Oberfläche stehen, um Torfakkumulation zu ermöglichen.
- Eine vertikale Gliederung des Torfkörpers hinsichtlich Porosität, Speicherkoeffizient und hydraulischer Leitfähigkeit muss entstehen, um eine Selbstregulation herbeizuführen.

Die entscheidenden Komponenten sind dabei Wasser, Vegetation und Torf. Zwischen diesen Komponenten ist der Zusammenhang in wachsenden Mooren besonders eng. Diese stehen in einer Wechselbeziehung und sind voneinander abhängig (Zerbe & Wiegleb 2009): Die Hydrologie bestimmt, welche Pflanzen überleben können und ob Torf gebildet und wie stark dieser zersetzt wird. Die Vegetation bestimmt, wie zuvor

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

erläutert, die Qualität des Torfes und somit dessen hydraulische Eigenschaften. Der Torf wiederum steuert die Strömung und das Haltevermögen für das Wasser (Zerbe & Wiegleb 2009). In der Literatur wird für diese Kopplung der Begriff „Feedback Loop“ verwendet (Van der Schaaf 2002 in v. Sengbusch 2010).

1.2 Degradation durch Nutzung

Werden die zuvor genannten hydrologischen Eigenschaften durch Entwässerung gestört, wird der Torfbildungsprozess unterbrochen. Dies kann durch natürliche Veränderungen (z.B. klimatisch) geschehen, ist aber in der Regel durch menschliche Aktivitäten verursacht. Gestörte Moore haben oberflächennah einen stark zersetzten Horizont, so dass die Porosität stark verringert ist und die Wasserspiegelschwankungen stärker sind. Dies schränkt die Fähigkeit zur Selbstregulation ein.

Waren die Moore bis ins 17. Jahrhundert noch größtenteils im Wachstum begriffen (Zerbe & Wiegleb 2009), so beschränken sich wachsende, torfakkumulierende Moore gegenwärtig in Deutschland auf nur noch ca. 1 Prozent ihrer ehemaligen Fläche (Couwenberg & Joosten 2001 in Zerbe et al. 2009).

Der Mensch griff und greift durch Inkulturnahme in die Moorentwicklung ein. Die dabei verfolgten Ziele sind die Umwandlung von Mooren in land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen und die Nutzung von Torf als Brennmaterial sowie seit einigen Jahrzehnten auch im Gartenbau (Dierssen & Dierssen 2001). In stadtnahen Gebieten spielt zusätzlich Überbauung und Versiegelung eine Rolle (Kracht & Schweikle 2001). Jede der genannten Nutzungen geht mit einer Entwässerung einher. In Baden-Württemberg sind seit den 1950er-Jahren 12 % der Moorflächen durch Oxidation als Folge von Entwässerungsmaßnahmen verschwunden (Kracht & Schweikle 2001).

Im Gegensatz zu den nährstoffreichen Niedermooren sind die primär nährstoffarmen Hochmoore erst sehr viel später kultiviert worden. Die Gebirgsmoore Baden-Württembergs und Bayerns gelten darüber hinaus als weniger kultiviert als die Hochmoore in der Pleistozän-Holozän-Landschaft Nordwestdeutschlands (Göttlich 1990) und sind noch in erheblichem Umfang als Moorbiotope anzusehen (Kracht & Schweikle 2001).

1.3 Moorschutz und Moorrenaturierung

Erste Renaturierungsmaßnahmen von Hochmooren fanden in den 1960er-Jahren zum Schutz der Biodiversität statt. Heute werden Moore zunehmend auch aus Klimaschutzgründen renaturiert (Zerbe & Wiegleb 2009). In den 1970er Jahren wurden die ersten Wiedervernässungsmaßnahmen durchgeführt. In den 1980er und 1990er Jahren wurden erstmals größere Renaturierungsprojekte wie beispielsweise im Federsee, dem Schwenninger Moos oder im Arrisrieder Moos realisiert.

Bis 2012 wurden so in Baden-Württemberg 99 Renaturierungsprojekte in 74 Mooren durchgeführt oder waren zu diesem Zeitpunkt in Planung. Hiervon war in 60 Gebieten Wiedervernässung eine Maßnahme (Röhl et al. 2012).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Da es sich bei Mooren um Ökosysteme handelt, die meist über mehrere Jahrtausende entstanden sind, muss man sich beim Moorschutz und der Moorrenaturierung darüber im Klaren sein, dass in überschaubaren Zeitabschnitten kein Zielzustand, der annähernd einem vom Menschen unbeeinflussten Zustand entspricht, erreicht werden kann (Dierssen & Dierssen 2001). Vor Beginn der Maßnahmen muss daher ein zu erreichendes Ziel definiert werden. Zerbe & Wiegleb (2009) unterscheiden hier zwischen der Wiederherstellung der Regulationsfunktionen, der Wiederherstellung der typischen Biodiversität, dem Ermöglichen natürlicher Prozesse, der Wiederherstellung bestimmter Lebensqualität und der Wiederherstellung der Produktionsfunktionen. Je nach Zustand des Moores ergeben sich Restaurierungspotentiale, an denen es sich zu orientieren gilt (Zerbe & Wiegleb 2009). Um diese zu erfassen, muss Wissen über die Genese des Torfkörpers, die Nutzungsgeschichte des Moorsystems sowie insbesondere über den Wasserhaushalt vorhanden sein (Dierssen & Dierssen 2001). Da Regeneration meist über eine Veränderung der Oberflächenstruktur herbeigeführt werden soll, ist die Moortopografie als wichtigste Grundlage zur Beurteilung eines Gebietes hervorzuheben (Grosvernier & Staubli 2009). Auch wenn Moore grundsätzlich lebensraumspezifische Gemeinsamkeiten aufweisen, hat jedes Moor seine ganz eigene Charakteristik (Grosvernier & Staubli 2009). Deshalb müssen beim Moorschutz für jedes Moor ein konkret zugeschnittenes Konzept sowie Pflege- und Entwicklungsstrategien erarbeitet werden (Dierssen & Dierssen 2001).

Um die Renaturierung eines Hochmoores zu erreichen, muss das erste Ziel sein, den Wasserspiegel so weit anzuheben, dass dieser an der Oberfläche ansteht (Succow 2001). Die Wiedervernässung gilt daher als wichtigste Maßnahme (Eigner 2003). Jegliche unkontrollierten Abflüsse müssen hierfür unterbunden werden. Dies geschieht meist durch die Schließung oder Verfüllung der Entwässerungsgräben (Succow 2001). Dabei wird eine möglichst konstante Anhebung des Wasserstandes angestrebt. Ein Überstau der torfbildenden Pflanzendecke soll möglichst vermieden werden, da diese in natürlichen Hochmooren auf akrotelmatische Bedingungen angewiesen ist (Joosten 1993). Erst die Wiederherstellung eines funktionsfähigen Akrotelms kann die Funktionalität des Ökosystems ermöglichen (Dierssen & Dierssen 2001).

In der Praxis gibt es verschiedene Möglichkeiten, um der Entwässerung von Hochmooren durch offene Grabensysteme entgegenzuwirken und die Lebensbedingungen der torfbildenden Pflanzen zu fördern (Grosvernier & Staubli 2009). Die komplette Verfüllung eines Grabens hebt dessen Wirkung auf und wirkt somit auf das gesamte Gelände. So können hydrologisch hochmoortypische Bedingungen wiederhergestellt werden. Die Füllung erfolgt mit Torf oder Sägemehl. Dies erfordert viel Material, verursacht erhebliche Kosten und stellt je nach Herkunftsort des Torfes einen weiteren Eingriff in das Ökosystem dar (Grosvernier & Staubli 2009). Wird der Torf für die Maßnahmen dem Randgehänge desselben Moores entnommen, werden neue Störungen im Relief erzeugt, die der Durchlässigkeit entsprechend eine Reichweite bis ins Moorzentrum haben können. So kommt es zum einen zu Zerstörungen der Vegetationsdecke im Randbereich und zum anderen zu weiteren Veränderungen im Wasserhaushalt (Eigner 2003).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Dämme und Sperren dienen dem Einstau von Entwässerungsgräben. Die Wirkung auf den Grundwasserspiegel ist von der Reichweite der Stauwurzel abhängig. Je nach Neigung des Geländes setzt sich die Wirkung grabenaufwärts fort. Die Reichweite einer Torfstichkante ins Moor hängt von der Stichkantenhöhe, der Durchlässigkeit des Torfes und dem Gefälle des Moores zur Stichkante hin ab (z. B. Faustformel von Eggelsmann 1982. Mit dem Anheben des Wasserstandes im Graben verkleinert man den hydraulischen Gradienten zu den Seiten und damit die entwässernde Wirkung der Stichkante. Sofern die umliegenden Flächen tiefer liegen, werden diese durch Überlaufen vernässt (Grosvernier & Staubli 2009). Das Resultat von Sperrenbau ist je nach Neigung des Geländes unterschiedlich (Grosvernier & Staubli 2009). Mit zunehmender Neigung in hangabwärts orientierten Gräben müssen die Sperren zunehmend dicht gestaffelt gebaut werden. In der Literatur wird diesbezüglich angegeben, dass ab einer Neigung von über 2 % keine Regeneration mehr durch Sperrenbau erreicht werden kann (Grosvernier & Staubli 2009). Hier muss jedoch differenziert werden, da bei hohen Niederschlagsraten natürliche Deckenmoore mit über 6 % Oberflächenneigung entstanden sind. In diesen Flächen hat ein Verschluss von Gräben trotzdem Sinn, vor allem, wenn höhenlinienparallele Gräben das Hangwasser abfangen. Auch wenn im Einzelfall das Moor nicht mehr zum Wachsen angeregt werden kann, so ist es doch möglich den Torfschwund abzubremsen. Detailliertere Informationen zum Vorgehen bei Moorrenaturierungsmaßnahmen können u.a. bei Pfadenhauer (1998), Zerbe & Wiegleb (2009) und Röhl et al. (2012) nachgelesen werden.

1.4 Wiedervernässung im Eschengrundmoos

Ein Beispiel für eine Wiedervernässungsmaßnahme in einem Gebirgshochmoor sind die Grabenverschließungen, die 1983 und 1991 im Eschengrundmoos („Mathislemoor“) durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um die ältesten Wiedervernässungsmaßnahmen im Schwarzwald. Im Eschengrundmoos Im nördlichen Teil des Moores wurden 1983 21 Sperren von der Arbeitsgruppe Naturschutz Freiburg (AGN) in das verzweigte Grabensystem eingebaut. Etwa ein Drittel der Gräben wurde ganz mit Torf verfüllt. 1991 wurde dann zusätzlich ein Graben, der das südliche Moorgebiet entwässert hatte, mit vier Sperren verschlossen (Gerken 1983).

1.5 Zielsetzung

Ziel der Studie war es, am Beispiel des Eschengrundmooses zu zeigen, ob und wie sich der Verschluss der Gräben in drei Jahrzehnten auf die unterschiedlichen Moorteile ausgewirkt hat. Hierbei stehen die in Abschnitt 1.1. genannten hydrologischen Voraussetzungen, die ein lebendes Moor braucht, im Vordergrund. Diese sollen in Kombination mit der Vegetation und dem Zustand des Torfes auf den aktuellen Zustand hin betrachtet werden.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Fragen:
Welche Auswirkungen hatten die Grabenverschließungen auf die Vegetation?
Wo wächst der Torf? Wo ist dieser degradiert?
Wie liegen die Gräben und die Sperren relativ zu dem Wasserfluss?

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Mit Hilfe der gesammelten Informationen sollte schließlich beurteilt werden, welche Grabenverschließungen gut gewählt waren, welche wenig oder keinen Einfluss auf die Moorentwicklung nehmen und wo noch Gräben verschlossen werden könnten.
Das Untersuchungsgebiet

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Eschengrundmoos („Mathislemoor“) ist ein vielgestaltiger Moorkomplex, der im niederschlagsreichen, kalten Klimabereich des Hochschwarzwaldes auf einer Höhe von ca. 1004 bis 1008 m ü. NN gelegen ist. Das 8 ha große Gebiet (Broche 1929 in Dierssen & Dierssen 1984) liegt in der Gemeinde Hinterzarten, etwa sechs Kilometer östlich des Feldberges in der Nähe des Mathisleweihers. Die Landschaft wurde durch Ablagerungen beim Rückzug des Feldberggletschers geprägt. Moorbildung konnte in staunassen Gebieten einsetzen, die beim Ausklang der Vereisung in einem System aus kleineren und größeren Mulden zwischen Rundhöckern und Moränen zurückblieben (Gerken 1983). So sind zwei Teile des Moores in mehr als 10 m tiefen Hohlformen entstanden (Moorkataster der LUBW). Diese zunächst isolierten Moorteile wurden im Laufe der Zeit durch ein flachgründiges Hangmoor verbunden. Das Eschengrundmoos kann somit in drei Teilgebiete untergliedert werden: (1) Ein im Kern (heute) wohl ombrotrophes, kleines Moor im Süden (Sattelmoor, südliches Moor), (2) ein nach Norden anschließendes Hangmoor, welches nach Nordwesten in ein (3) halboffenes Moor (Hangfußmoor, nördliches Moor) übergeht (Gerken 1983) (Abb. 1).

Die Torfmächtigkeit wird im Moorkataster der LUBW im südlichen Teil mit 10 m angegeben. 0,7 m organische Mudde werden von 1 m Schilftorf überlagert. Darüber folgt überwiegend schwach bis mittelstark zersetzter Sphagnumtorf, welcher stellenweise mit Wollgrasblattscheiden durchzogen ist. Das nördliche Moor verfügt über 6,8 m Torfmächtigkeit (LUBW). Hier befindet sich in der untersten Schicht Schilftorf über Mudde, worauf 5 m überwiegend schwach zersetzter Sphagnumtorf folgen (LUBW).

Das südliche Moor, das Zentrum des nördlichen Moores sowie der nordöstliche Teil können als ein Bergkiefernhochmoor im Sinne eines Pino-Sphagnetum magellanici beschrieben werden. Das nördliche Moor weist einen Gradienten von einem mesotrophen Niedermoor über ein Übergangsmoor in ein Bergkiefernmoor auf, das wohl nirgendwo regenwassergenährt ist. Das Hangmoor sowie die Randbereiche der anderen zwei Teilgebiete können als Vaccinio-Pinetum rotundatae (Bergkiefernmoorwald) angesprochen werden. Das Gebiet ist seit 1968 ein Landschaftsschutzgebiet (Dierssen & Dierssen 1984) und wurde 1984 zum Naturschutzgebiet erklärt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

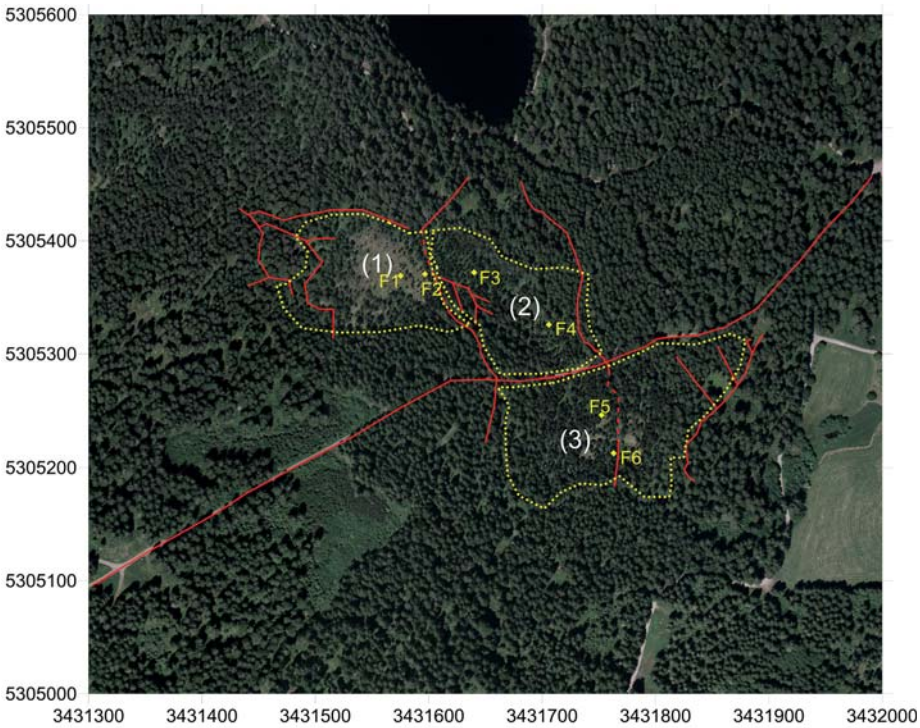

Abb. 1: Luftbild vom Eschengrundmoos mit den Teilgebieten (Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19) (1) = nördliches Moor, (2) = Hangmoor, (3) = südliches Moor; die gelb gestrichelten Linien stellen die Grenze der Teilgebiete dar; die roten Linien zeigen das derzeitige Grabensystem; rot gestrichelte Linien stellen verlandete Gräben dar; die lange von Südwesten nach Nordosten verlaufende Linie ist ein Waldweg; F1-F6 sind die Probeflächen, die untersucht wurden. **Fig. 1:** Aerial photograph of the Eschengrundmoos with the sub-zones (Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19) (1) = northern part of the bog, (2) = sloping mire, (3) = southern part of the bog; yellow dotted lines are the borders of the sub-zones; red lines show the current trench system; red dotted lines are silted up trenches; the long line which

2.1 Nutzungsgeschichte und Renaturierung

Das Eschengrundmoos wurde zu einem nicht bekannten Zeitpunkt mit einer Vielzahl von Gräben entwässert. Nach Schumacher (1937) handelte es sich damals noch um ein ursprüngliches Moor (Schumacher 1937 in Kaule 1974). Die Anlage des stellenweise stark verzweigten Grabensystems erfolgte demnach in dem Zeitraum zwischen 1937 und 1980 (Gerken 1983). Zudem wurde eine befahrbare Waldstraße über einen alten Bohlenweg zwischen südlichem Moor und Hangmoor gebaut (Abb. 1). Einige typisch symmetrische Hohlformen im Gelände lassen auf vereinzelten Torfabbau in der Vergangenheit schließen. Im südlichen Moor ist beispielsweise östlich des Entwässerungsgrabens ein solcher verlandeter Torfstich zu finden. Der südliche Moorteil wird von einem Graben von der Waldstraße ausgehend Richtung Süden durchschnitten.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Außerdem trennt die Waldstraße einen ehemaligen Teil der Hochmoorfläche von der restlichen Fläche ab. Im Hangmoor verläuft am nordöstlichen Rand ein Graben von 1 m Tiefe, der das von Osten anströmende Hangwasser nach Norden hin abführt. Der nördliche Moorteil wurde von einer Vielzahl von Gräben zerschnitten. Ein östlich der Fläche verlaufender Graben entwässert nach Norden und wird dabei von Nebengräben zum Teil direkt aus dem Moorinneren gespeist. Zusätzlich verläuft im Norden ein Quergraben, der das Hangwasser abfängt und ableitet. Dieser wird zusätzlich von mehreren Gräben gespeist, die wiederum den Randsumpf an der westlichen Seite des Moores entwässern. In der Folge der Entwässerung wanderte die Fichte in die abtrocknenden Moorteile ein und die torfbildende Vegetation ging in dem ohnehin kleinen Moor zurück.

Als Reaktion auf diese Entwicklung wurden die größten Gräben Anfang der 1980er-Jahre im nördlichen, sowie Anfang der 1990er-Jahre im südlichen Teil des Moores von Freiwilligen der Arbeitsgemeinschaft Naturschutz der Universität Freiburg (AGN) verschlossen (RP Freiburg). Als Ziel der Schutz-, Regenerations- und Pflegemaßnahmen wurde die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der moorspezifischen Pflanzen- und Tierwelt genannt (Gerken 1983). Da sich das Moor zu diesem Zeitpunkt laut AGN (1983) noch in einem Übergangsstadium befand, wurden die Regenerationsmaßnahmen als „höchst erfolgversprechend“ eingeschätzt und „der noch gegebene überragende biologisch-ökologische Wert“ rechtfertige entschlossenen Einsatz (Gerken 1983). Die Regenerationsmaßnahmen waren im Wesentlichen darauf beschränkt, die vorhandenen Gräben sachgerecht zu verschließen und eine Wiedervernässung einzuleiten (Gerken 1983). Zudem wurde der lockere Waldkiefernanflug im Moorkernbereich entfernt, um eine ausreichende Besonnung der sich regenerierenden Schlenken zu bewirken, da diese als Fortpflanzungsgewässer der Hochmoorlibellen fungieren (Gerken 1983). Vermutlich im Jahre 1983 wurde im nördlichen Gebiet etwa ein Drittel der Entwässerungsgräben mit Torf verfüllt und die übrigen mit insgesamt 21 Sperren angestaut. Im Oktober 1991 wurden dann im südlichen Teil vier hintereinander gestaffelte Sperren in den Hauptentwässerungsgraben gebaut, die das Wasser auf der Wasserscheide anstauen (RP Freiburg).

2.2 Heutige Situation

Im südlichen Moorteil ist heute auf kleiner Fläche ein wachsendes halboffenes Bergkiefernhochmoor erhalten geblieben. Teile der verschlossenen Gräben sind von torfbildender Vegetation verlandet. Das Hangmoor wird weiterhin von der Fichte unterwandert, welche die Moorkiefer in der Baumschicht ablöst. Im nördlichen Moorteil wurde durch den Grabenverschluss das Moor wieder an das Hangwasser angebunden und trägt heute im Kern ein sehr nasses Übergangsmoor und Bergkiefernhochmoor mit sichtbarem Torfwachstum, welches von Westen von einem sauren Niedermoor durchdrungen wird. Zum westlichen Rand hin wandelt sich dieses in ein Übergangsmoor mit Waldkiefer. Auch hier sind die verschlossenen Gräben zum größten Teil verlandet und die mit Torf verfüllten Gräben nicht oder nur noch andeutungsweise sichtbar (Abb. 1). Im Gelände sind nur noch wenige der gebauten Sperren wieder auffindbar.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3. Material und Methoden

3.1 **Probeflächen**

Sechs Flächen wurden Mitte April 2015 aus einem Spektrum unterschiedlich stark gestörter Teilflächen des Eschengrundmooses ausgewählt. Pro Teilgebiet (Hangmoor, südliches Moor, nördliches Moor) wurden zwei Flächen ausgesucht (Abb. 1), die jeweils eine unterschiedliche ökologische Situation des Teilgebietes repräsentieren, um die Situation des Eschengrundmooses möglichst umfassend darstellen zu können. Alle Flächen hatten eine Größe von 20 m² (4 m x 5 m). Die Größe wurde gewählt, damit alle Pegelrohre innerhalb der Fläche verteilt eingebracht werden konnten und eine möglichst vollständige Erfassung der Gegebenheiten trotz der kurzen Geländearbeitsphase von nur ca. 6 Wochen gewährleistet werden konnte.
Beschreibung der ausgewählten Probeflächen:

F1 (Koordinaten: 3431575 GK 5305369) und F2 (Koordinaten: 3431597 GK 5305371) befinden sich im nördlichem Moor. F1 (Abb. 2) liegt zentral in dem wachsenden Teil des Moores, F2 (Abb. 3) liegt am Rand der Fläche dicht an einem verschlossenen Graben. Es handelt sich hier um die nassesten und offensten Probeflächen.

F3 (Koordinaten: 3431640 GK 5305372) und F4 (Koordinaten: 3431706 GK 5305326) repräsentieren das Hangmoor in unterschiedlichen Sukzessionsstadien. F3 (Abb. 4) ist mit Moorkiefer bestockt. In F4 (Abb. 5) hingegen sind nur noch absterbende Moorkiefern vorhanden und eine Fichtenunterwanderung hat bereits eingesetzt.

F5 (Koordinaten: 3431752 GK 5305246) und F6 (Koordinaten: 3431766 GK 5305213) befinden sich im südlichen Moor. F5 (Abb. 6) ist eine offene Fläche, direkt an einem verlandeten Nebengraben gelegen. F6 (Abb. 7) befindet sich dicht an dem Hauptentwässerungsgraben im Bergkiefern-Moorwald weiter südlich. Eine dichte Zwergstrauchschicht dominiert hier das Erscheinungsbild.

Abb. 2: Probefläche F1 – nördliches Moor
Fig. 2: Trial area F1 – northern part of the bog

Abb. 3: Probefläche F2 – nördliches Moor
Fig. 3: Trial area F2 – northern part of the bog

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Abb. 4: Probefläche F3 – Hangmoor
Fig. 4: Trial area F3 – sloping mire

Abb. 5: Probefläche F4 – Hangmoor
Fig. 5: Trial area F4 – sloping mire

Abb. 6: Probefläche F5 – südliches Moor
Fig. 6: Trial area F5 – southern part of the bog

Abb. 7: Probefläche F6 - südliches Moor
Fig. 7: Trial area F6 - southern part of the bog

3.2 Luftbild

Ein digitales, farbiges Orthofoto des Gebietes aus dem Jahr 2010 wurde vom Landesamt für Geoinformationen und Landentwicklung Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

3.3 Höhenmodell

Mit Hilfe des Programmes Surfer12 wurde mit dem Griding-Verfahren „Nearest Neighbour“ aus Punktwolken ein Gitter erzeugt. Die Punktwolken stammen aus Laser-Befliegungsdaten des Landesamt für Geoinformationen und Landentwicklung Baden-Württemberg. Mit Hilfe des Gitters wurden verschiedene Höhenmodelle erzeugt, darunter ein Schattenrelief, ein 3D-Modell und ein Konturmodell, mit deren Hilfe die Lage der Moorteile und Probeflächen innerhalb des Reliefs der Landschaft durch Einzeichnen per Hand veranschaulicht werden konnte. In einem Konturmodell, das die Landschaft in Stromsektoren unterteilt, wurden Stromlinien gezeichnet, um die Wasserbewegung innerhalb des Moores darzustellen. Dabei wurden die Grenzen des Einzugsgebietes des Moores herausgearbeitet. Aufgrund der Kachelaufteilung des

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Kartenmaterials fehlt an der östlichen Kante ein Stück des Einzugsgebietes. Da es bei der Fragestellung jedoch nicht um die Wassermenge, sondern um die Fließrichtungen des Wassers geht, ist dies in der weiteren Betrachtung vernachlässigbar. Zusätzlich wurde mit Surfer 12 ein Höhenprofil erstellt, welches das Gefälle entlang des Geländes zwischen den einzelnen Probeflächen darstellt. Hierfür wurde die direkte Verbindung (Luftlinie) gewählt.

3.4 Darstellung der Gräben und Dämme

Die Hauptentwässerungsgräben sind in dem Orthofoto erkennbar und konnten in dem Programm Surfer12 durch Einzeichnen direkt visualisiert werden. Überdies sind einige Gräben im Schattenrelief des Höhenmodells erkennbar. Die nicht sichtbaren Gräben sowie die Sperren wurden im Gelände mit Hilfe eines GPS-Gerätes (Garmin: GPS62) eingemessen. Dabei wurde eine durchschnittliche Genauigkeit der Koordinaten auf etwa 3 m erreicht, da wegen des Baumbestandes an vielen Stellen kein besseres Signal empfangen werden konnte. Die Punkte konnten anschließend in das georeferenzierte Höhenmodell eingetragen und so in der Karte dargestellt werden.

Um das Grabensystem vor den Renaturierungsmaßnahmen darzustellen, wurde eine vom Regierungspräsidium Freiburg zur Verfügung gestellte Karte benutzt. Die Karte wurde digitalisiert und anschließend in Surfer12 eingearbeitet. Noch im Gelände vorhandene Gräben und die Straße dienten als Fixpunkte, um das alte Grabensystem zu übertragen.

3.5 Wasserstand

Die Wasserstandsmessungen wurden vom 24.04.15 bis zum 23.06.15 in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Dazu wurden in jede der sechs Probeflächen jeweils sechs geschlitzte Filterrohre der Firma Eijkelkamp aus Polyethylen mit einem Durchmesser von 3,5 cm und einer Länge von 100 cm in den Torfkörper eingebracht. Um ein Verschließen oder Verschmieren der Poren zu vermeiden, wurde vor dem Einbringen der Rohre zunächst mit einem Stechbohrer (Hersteller: Eijkelkamp, Durchmesser: 3,5 cm) ca. 80 cm tief ein Loch angebohrt. Zusätzlich wurden die Rohre mit einem Stopfen verschlossen, um das Eindringen von Niederschlagswasser und Kleintieren zu verhindern. Es wurde versucht, die Rohre auf einer gleichmäßigen Höhe einzubringen, also weder auf Bulten noch in Schlenken, um ein gleichmäßiges Bild der Wasserstände erfassen zu können. Der Wasserstand wurde mit Hilfe eines Zollstocks gemessen. Die Messgenauigkeit von der Rohroberkante auf den Meniskus betrug einen Millimeter. Bei der ersten Messung wurde zusätzlich der Überstand jedes Rohres über Geländeoberkante aufgenommen. Als Bezugsniveau diente die oberste Schicht toter Biomasse. Der Überstand des Pegelrohres über Flur wurde nachträglich subtrahiert.

Aus den Werten jeder Fläche wurden für jeden Messtermin der Median und der Mittelwert berechnet. Aus den so berechneten Mittelwerten und Medianen wurde wiederum ein mittlerer Wasserstand unter Flur und ein Median für jede Probefläche über den gan-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

zen Messzeitraum ermittelt. Zusätzlich wurde die mittlere absolute Abweichung sowie die Standardabweichung berechnet. Aus Minimal- und Maximalwerten wurde die Schwankungsamplitude bestimmt. Der Verlauf der Wasserstände wurde mit Hilfe von Wasserspiegel-Ganglinien visualisiert. Zudem wurden die Messwerte der Probeflächen mit Boxplots vergleichend dargestellt (Median, Quartilabstand, Amplitude).

3.6 pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt

In jedem Filterrohr wurde der pH-Wert des Moorwassers am 07.05.2015 mit einem pH-Meter (Set Qph70) der Firma Greisinger gemessen. Das pH-Meter wurde mehrfach mit pH-Puffer (pH 4 und pH 10) geeicht, bis keine Drift mehr auftrat. Der Sauerstoffgehalt wurde mit einem Digital Oxymeter (GMH 3630) der Firma Greisinger am 09.06.2015 ermittelt. Die Nickelelektrode wurde vor der Messung abgeschliffen, die Kammer unter der Membran mit frischer KOH-Lauge befüllt. Zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit wurde das Leitfähigkeitsmessgerät HI99300 des Herstellers HANNA an zwei Terminen, dem 29.04.2015 und dem 07.05.2015, eingesetzt. Aus den gemessenen Werten wurden Mediane für jede Fläche berechnet.

3.7 Untersuchung des Torfes

Aus jeder der sechs Probeflächen wurde ein Torfprofil entnommen und beschrieben. Die Entnahme erfolgte mit Hilfe einer Klappsonde der Firma Eijkelkamp 50 cm tief und in besonders nassen Flächen unter Zuhilfenahme eines scharfen Küchenmessers. Die sichtbaren Horizonte wurden notiert. Anschließend wurde mit der Quetschprobe der Zersetzungsgrad in den Horizonten nach der von Post-Skala (BGR 2005) sowie deren Torfart und die Art der enthaltenen Großreste bestimmt (Dierssen & Dierssen 2001).

3.8 Vegetationsaufnahme

In jeder Fläche wurde eine Vegetationsaufnahme durchgeführt. Die dort vorkommenden Arten wurden aufgenommen, ihre Deckung wurde in 5 %-Klassen geschätzt. Dabei wurden die Torfmoose als *Sphagnum* sp. div. und die Gabelzahnmoose als *Dicranum* sp. div. zusammengefasst.

Um eine repräsentative Aufnahme der Baumschicht durchzuführen, waren die Probeflächen zu klein. Die vorhandenen Moorkiefern wurden daher in drei Klassen der Größe nach eingeteilt (<1m, >1 m<= 1,6 m und >1,6 m). Die genaue Individuenzahl wurde für jede dieser Klassen für jede Probefläche angegeben.

3.9 Jahrringkurven der Moorkiefern

Mit Hilfe eines Zuwachsbohrers (Hersteller: Djos; 30 cm; 4 mm Durchmesser) wurden vier Stammbohrkerne von Moorkiefern im nördlichen Moorteil in der Umgebung von F2 entnommen, um die Auswirkungen der Grabenverschließungen auf die Wachstumsbedingungen zu dokumentieren. Es wurden einzelstämmige Kiefern mit aufrechtem Wuchs ohne Zwiesel ausgewählt, um möglichst keine individuellen Ereignisse zu erfassen. Die Bohrkerne wurden nicht nur bis zum Mark, sondern auf ganzem Stammdurch-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

messer entnommen, um die Jahrringkurve auf fehlende Jahrringe untersuchen zu können. Die getrockneten Bohrkerne wurden auf Holzträger geleimt. Anschließend wurden die Bohrkerne mit einem Messer mit spitzwinkliger Klinge aus Carbonstahl, die auf dem Wassertein (2000er und 6000er Körnung) auf Rasiermesserschärfe gebracht wurde, angeschnitten. Die Tracheiden wurden mit Kreide als Kontrastmittel eingerieben. Die Untersuchung der Jahrringe erfolgte mit einem Stereomikroskop bei 160- bis 40-facher Vergrößerung, wobei zur Messung der Jahrringbreiten eine Mikrometerskala auf Glas benutzt wurde. Für jeden Stammbohrkern wurde eine Jahrringkurve eingelesen, welche die Wachstumsbedingungen der erfassten Jahre widerspiegelt. Die so gewonnenen Daten wurden in der Software R gegen die Jahreszahlen aufgetragen. Die Darstellung beginnt mit dem Jahr 1966. Anschließend wurde jeweils für die Zeit vor und für die Zeit nach den Renaturierungsmaßnahmen eine Regressionsgerade erstellt. Die Datenpunkte, welche die Übergangszeit der Kurve darstellen, wurden aus beiden Regressionen ausgelassen, da sich in dieser Zeit das Ökosystem änderte. Der Zeitabschnitt der Änderung wurde durch Vergleich mit den vorausgehenden bzw. nachfolgenden Daten geschätzt. Für Kiefer 1 und für Kiefer 2 ergaben sich so die Zeiträume von 1966-1983 und von 1987-2014. Für Kiefer 3 wurden die Regressionsgeraden für die Zeiträume zwischen 1966-1985 und 1989-2014 erstellt. Da für Kiefer 4 kein abrupter, starker Abfall sondern eine allmähliche Abnahme der Jahrringbreite zu beobachten war, wurde für Kiefer 4 keine Regressionsgerade berechnet.
Der Vergleich der so ermittelten Jahrringkurven mit Jahrringkurven aus dem Hinterzartener Moor für den gleichen Zeitabschnitt sollten zeigen, ob es sich bei dem Abfall der Jahrringkurven um ein lokales Ereignis handelt oder ob dieser Abfall auch 6 km entfernt aufzufinden ist und somit evtl. durch übergeordnete Einflüsse hervorgerufen wurde.

3.10 Software

Für die Erstellung des Höhenmodells sowie die Verarbeitung der GPS-Daten wurde das Programm Surfer12 benutzt. Die Auswertung der im Gelände gewonnenen Daten erfolgte mit *Excel* und in *R*.

3.11 Literatur

Zusätzlich zu den Daten, die im Gelände gewonnen wurden, wurde Fachliteratur hinzugezogen. Zum einen wurden allgemeine Fachliteratur sowie Beiträge aus der Fachzeitschrift TELMA verwendet, um die nötigen Hintergrundinformationen zusammenzutragen. Zum anderen haben die Arbeitsgemeinschaft Naturschutz Freiburg (AGN) und das Regierungspräsidium Freiburg Akten über das Eschengrundmoos und seine Renaturierungsgeschichte zur Verfügung gestellt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4. Ergebnisse

4.1 Höhenmodell

Abb. 8 zeigt die Höhenverhältnisse im Eschengrundmoos. Das südliche Moor wird im Osten und im Westen von Rücken aus Moränen- und Grundgebirgsmaterial begrenzt und stellt mit einer Höhe von 1008 m ü. NN den höchsten Punkt des Untersuchungsgebietes dar. Das Moor ist deutlich aufgewölbt und es ist erkennbar, dass die Mooroberfläche Anschluss an den nordöstlich angrenzenden Hang hat. Das Gelände fällt nach Süden sowie nach Norden entlang des Hangmoores stark ab. Das nördliche Moor befindet sich in relativ ebener Lage auf einer Höhe von 1004 m ü. NN und wird, abgesehen von der nordwestlichen Ecke, nur von höherem Gelände unterschiedlich starker Neigung umgeben. Es befindet sich, bezogen auf die direkt angrenzenden Geländestrukturen, in einer Senkenlage, bezogen auf die Entwässerung nach Nordosten und Nordwesten aber auch in Sattellage (Abb. 9).

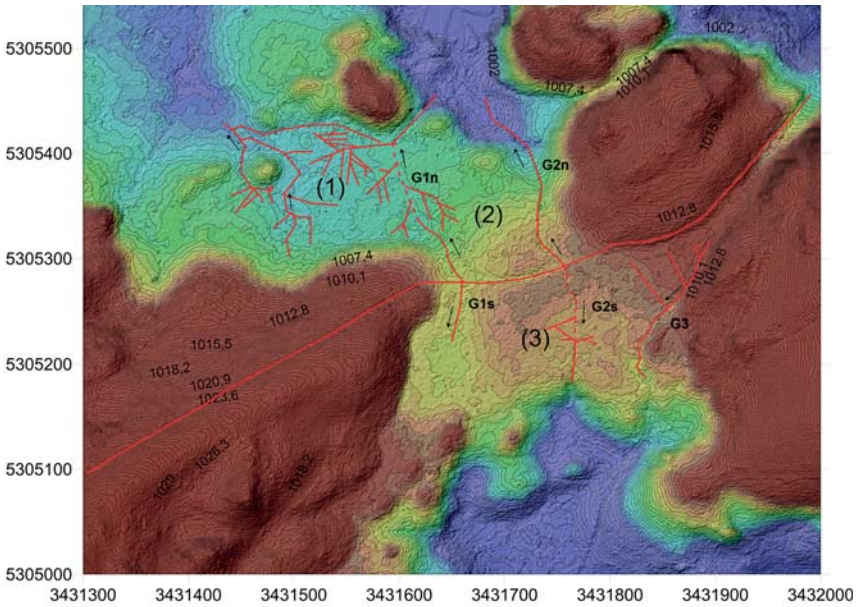

Abb. 8: Digitales Höhenmodell des Eschengrundmooses und seiner Umgebung. Die roten Linien zeigen die Grabenstrukturen vor 1983; die Beschriftung links der Gräben benennt diese. Die schwarzen Pfeile zeigen die Fließrichtungen in den Entwässerungsgräben an. Die lange von Südwesten nach Nordosten verlaufende rote Linie markiert einen Waldweg; (1) = nördliches Moor, (2) = Hangmoor, (3) = südliches Moor. **Fig. 8:** Digital elevation model of the Eschengrundmoos and its surroundings. Red lines show the trench system before 1983; they are labeled on the left side. Black arrows show the direction of flow. The long line which goes from southwest to northeast represents a forest road; (1) = northern part of the bog, (2) = sloping mire, (3) = southern part of the bog.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

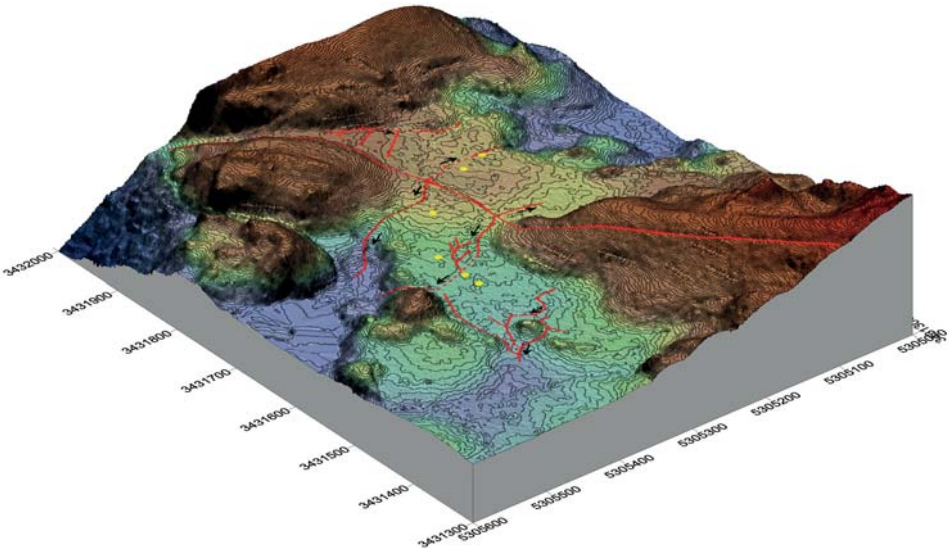

Abb. 9: Das Eschengrundmoos als 3D-Modell. Blick aus nordwestlicher Richtung; die roten Linien stellen die Gräben sowie die Straße dar; die schwarzen Pfeile geben die Fließrichtungen in den Entwässerungsgräben an; die gelben Punkte sind die Probefläche im Gelände (vgl. Abb. 1). **Abb. 9:** The Eschengrundmoos as 3D-model. View from north-western direction; red lines show the trenches and the road; black arrows show the direction of flow inside the trenches; yellow dots are the trial areas (vgl. Abb. 1).

Das Höhenprofil (Abb. 10), beginnend bei F6, stellt den Reliefverlauf der Luftlinie folgend über F5, F4, F3, F2 bis F1 dar. Der Höhenabfall entlang des Untersuchungsgebietes von einer Höhe von 1007,8 m (F6) bis zu einer Höhe von 1004,7 m (F1) wird deutlich. Weiter zeigt es die relative Lage der Flächen zueinander in Bezug auf die Geländehöhe: Das Hangmoor weist die stärkste Neigung auf. F1, F2 und F5 liegen auf fast ebenem Gelände. Außerdem wird das Ausmaß der Einschneidung, die der Bau der Straße darstellt, sichtbar. Dieser Eingriff hat eine Sackungsmulde von ca. 10 m Breite verursacht. Die zu vermutende frühere Oberfläche des südlichen Moores vor dem Bau der Straße ist mit einer gestrichelten Linie dargestellt (Abb. 10).

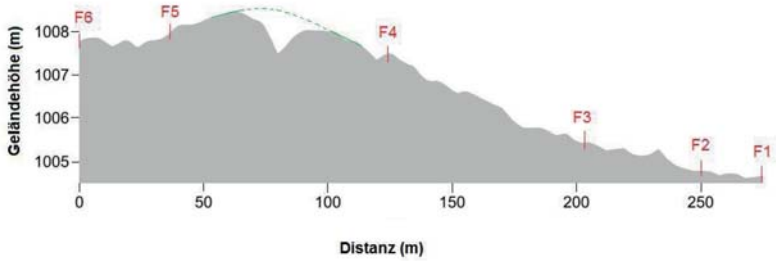

Abb. 10: Höhenprofil entlang der Probeflächen (F6-F1); Die Probeflächen wurden per Luftlinie verbunden. Die gestrichelte Linie stellt das vermutete ehemalige Ausmaß des südlichen Moores vor dem Bau des Waldweges dar. **Fig. 10:** Elevation profile along the trial areas (F6-F1); The trial areas were connected by beeline. The red dotted line shows the assumed former extent of the southern part of the bog before the forest road was built.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4.1.1 Stromlinien

Abb. 11 zeigt die Strompfade des Wassers innerhalb des Moores. Die Gräben werden wie in Abb. 8 bezeichnet. Früher zusammenhängende Einzugsgebiete wurden durch den Grabenbau fragmentiert. Das südliche Moor wurde ursprünglich von Osten her mit Wasser gespeist. Das Grabensystem G3 sowie die Straße führen heute das Wasser ab. Das Wasser, welches westlich des Grabensystems G3 zum südlichen Moor strömen würde, wird von Hauptgraben G2s nach Süden abtransportiert. Die höchste Fläche des südlichen Moores bekam nur über eine schmale Anbindung an den östlichen Hang etwas Zuschusswasser. Diese Anbindung wurde durch den Bau des Grabens G2s abgeschnitten. Die Seitengräben des Grabens G2s, die in die Moorfläche hineinreichten, verstärkten den Drainageeffekt (Abb. 8). Durch den Bau der Sperren in den Graben G2s wurde die Entwässerung unterbrochen und das Einzugsgebiet bis hin zu dem östlichen Grabensystem wieder angeschlossen (Abb. 11). Die Seitengräben des Grabens G2s sind heute im Gelände nicht mehr zu sehen. Der Graben G2s selbst ist in Teilen verlandet und fungiert bis zur dritten Sperre aus nördlicher Richtung nicht mehr als solcher (Abb. 11). Die vierte Sperre war beschädigt und staute das Wasser nicht mehr ausreichend. Sie wurde 2015 neu gebaut.

Das Hangmoor wurde durch den Graben G2n im Osten, die Straße im Süden und den Graben G1n im Westen von seinen beiden ursprünglichen Einzugsgebieten abgeschnitten. Die ursprünglich vorherrschenden Wasserzugrichtungen von der Erhebung im Osten bis in das Hangmoor (Abb. 11) sowie vom südlichen Moor bis ins Hangmoor wurden unterbrochen und sind bis heute gestört, da sowohl die Straße noch vorhanden, als auch der Hauptentwässerungsgraben im Nordosten noch intakt ist. Das Wasser strömt wegen der Neigung des Geländes hier nach Nordwesten.

Das nördliche Moor befindet sich, wie bereits erwähnt, in einer Senkenlage und bekommt Zuschusswasser von den Hängen ringsum, abgesehen von der nordwestlichen Ecke des Gebietes, welche tiefer liegt. Vor der Fragmentierung strömte das Wasser vom Hang östlich des Hangmoores durch dieses hindurch bis in das nördliche Moor. Durch den Bau des Entwässerungsgrabens G1n und des Entwässerungsgrabens G2n wurde dieses Einzugsgebiet in drei kleinere aufgeteilt, dessen Wasser das nördliche Moor nicht mehr erreichte. Der im Norden parallel zum Hang verlaufende Graben hat zusätzlich das Wasser des nördlich begrenzenden Hanges nach Westen abgeleitet. Zudem wurde das Gebiet durch das ehemalige, komplexe Grabensystem entwässert (Abb. 8). Durch den umfassenden Sperrenbau sowie teilweise durchgeführte Zuschüttungen wurde die Anbindung an das Hangmoor wiederhergestellt und die Entwässerung in der nordöstlichen Teilfläche des nördlichen Moores gestoppt. Viele der ehemaligen Gräben sind heute verlandet und in der Fläche nicht mehr sichtbar (Abb. 11). Jedoch ist das Einzugsgebiet im Norden noch immer abgeschnitten und die Entwässerung des westlichen Randsumpfes erfolgt weiterhin.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

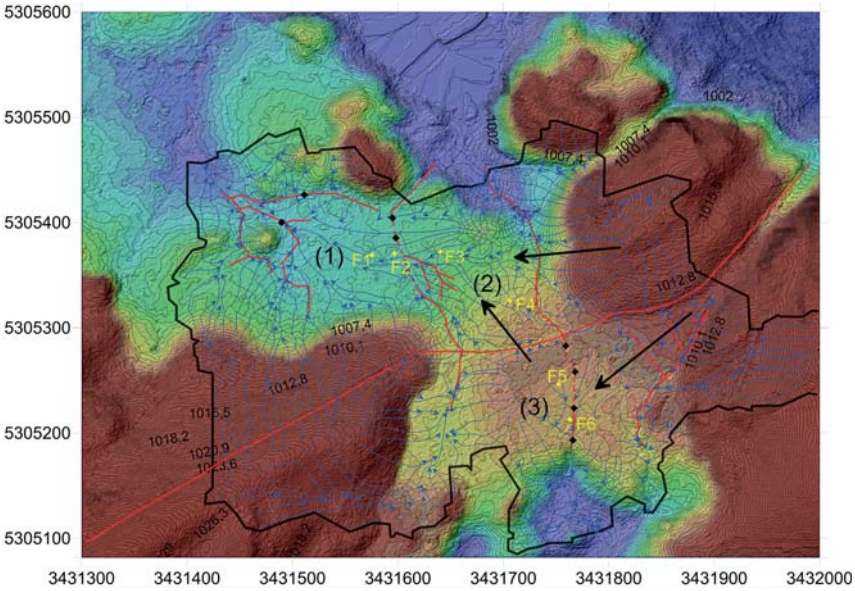

Abb. 11: Stromlinien: Wasserbewegung im Eschengrundmoos. Die blauen Pfeile stellen Stromlinien dar und zeigen den Wasserzug innerhalb des Gebietes; das Einzugsgebiet ist schwarz umrandet; die Probeflächen sind gelb dargestellt; die schwarzen Punkte sind heute vorhandene Sperren; die schwarzen Pfeile zeigen die ursprüngliche Wasserzugrichtung an; die roten Linien zeigen das aktuelle Grabensystem; rot gestrichelte Linien stellen verlandete Gräben dar; die lange von Südwesten nach Nordosten verlaufende rote Linie ist der Waldweg. **Fig. 11:** Flow lines: water movement in the Eschengrundmoos. Blue arrows are flow lines and show the water movement in the area; the drainage basin is black bordered; trial areas are shown in yellow; black dots are current waterblockings; black arrows present the original direction of water movement; red lines show the current trench system; red dotted lines show the silted up trenches; the long line which goes from southwest to northeast represents the forest road.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4.2 Wasserstand

Die Wasserstandmessungen zeigen deutliche Unterschiede der hydrologischen Situation zwischen dem Hangmoor und dem südlichen sowie dem nördlichen Moor. Mittelwert, Median, Maximal- und Minimalwert sowie die Schwankungsamplitude sind Tab. 1 zu entnehmen.

n=13	F1	F2	F2 ohne Rohr 4	F3	F4	F5	F6
Mittelwert (cm)	-0,5	-3,5	-2,6	-20,4	-27,3	-9,2	-16,7
Standardabweichung (cm)	2,9	3,5	2,8	4,1	4,6	2,9	4,1
Median (cm)	-0,4	-3,2	-2,7	-20,5	-26,8	-9	-14,7
Mittlere absolute Abweichung (cm)	3	2,4	1,8	3,1	2,5	3,7	2,8
Wasserstand Maximum (cm)	-6,3	-12,6	-7,9	-28	-39,1	-15,5	-26,3
Wasserstand Minimum (cm)	6,6	4,9	4,9	-13	-18,1	-3,4	-9,4
Schwankungsamplitude (cm)	12,9	17,5	12,8	15	21	12,1	16,9

Tab. 1: Wasserstände der Probeflächen **Tab. 1:** Water levels of the trial areas

Die Probeflächen im nördlichen Moor weisen mit Medianen von -0,4 cm und -3,2 cm die höchsten Werte auf. In F1 lagen die Wasserspiegelstände nie unter -6,3 cm. F1 ist somit die nasseste der untersuchten Probeflächen. Die Schwankungsamplitude beträgt 12,9 cm und liegt somit in dem Bereich eines wachsenden Moores. Die höchsten Werte des Wasserstandes von F1 sowie F2 liegen über Flur.

In F2 hebt sich der Wasserstand im Pegelrohr Nr. 4 deutlich von den übrigen Wasserständen ab. Werden die Werte dieses Pegelrohres nicht mit in die Berechnung einbezogen, so wird auch in F2 eine Schwankungsamplitude von 12,8 cm erreicht. Das Pegelrohr Nr. 4 hat einen Tiefstwert von -12,6 cm und zieht damit in der gesamten Betrachtung der 6 Pegelrohre dieser Fläche die Schwankungsamplitude auf 17,5 cm.

Die Wasserspiegelstände der Hangmoorflächen sind tiefer als die übrigen. F4 hat einen Median von -27 cm und weist mit einem Minimalwert von -39,1 cm den tiefsten Wasserstand auf. Ebenfalls ist in dieser Fläche die größte Schwankung aller Probeflächen mit einer Amplitude von 21 cm vorzufinden. F4 kann daher als die wechselnasseste Probefläche bezeichnet werden. F3 weist mit einem Median von -20,4 etwas höhere Wasserstände auf. Diese schwanken mit einer Amplitude von 15 cm auch deutlich weniger als die in F4.

Die Flächen F5 und F6 im südlichen Moor weisen deutlich voneinander verschiedene Wasserstände auf. Der Median in F5 liegt mit -9,1 cm unter Flur deutlich über dem Median von-17 cm in F6. Der tiefste Messwert von F5 liegt mit -15,5 cm etwa 10 cm höher als der in F6. Die Schwankungsamplitude in F5 beträgt 12,1 cm und ist damit die kleinste aller Flächen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

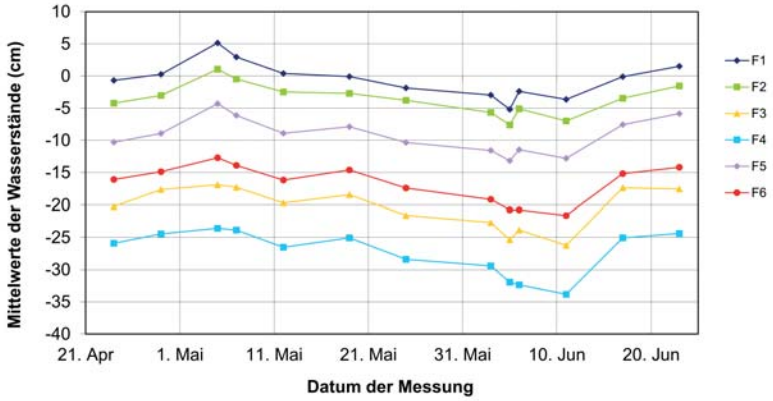

Abb. 12: Wasserspiegelganglinien der Mittelwerte jeder Probefläche für den Untersuchungszeitraum vom 24.04.2015 bis 23.06.2015 **Abb. 12:** Hydrograph of the mean water level for the period of investigation from 24.04.2015 to 23.06.2015

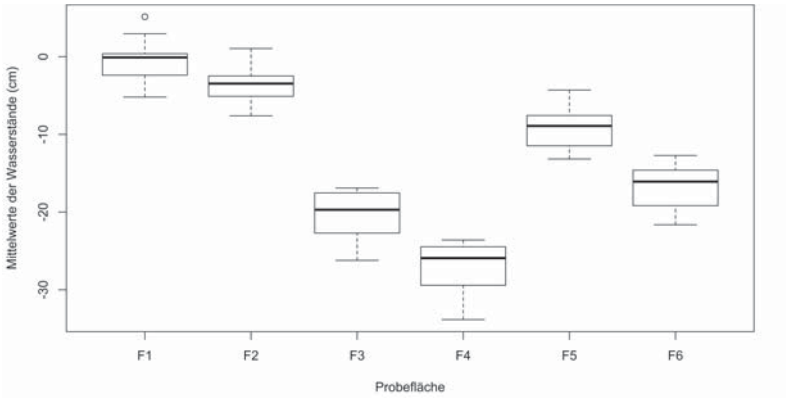

Abb. 13: Mittelwerte der Wasserstandsmessungen der Probeflächen mit Quartilabstand (Box) und Amplitude (Klammern) **Abb. 13:** Mean of water level measurements of the trial areas with interquartile range (box) and amplitude (whiskers)

Abb. 12 zeigt die Ganglinien der Wasserspiegelstände an den unterschiedlichen Messterminen. Die Kurven verlaufen in allen Flächen weitestgehend parallel und zeigen keine besonderen Ausschläge. Der Übersicht halber wurde bei der Grafik auf die Fehlerbalken verzichtet. Eine Darstellung mit Fehlerbalken ist im Anhang vorhanden.

Die Darstellung der Mittelwerte der einzelnen Probeflächen als Boxplots macht die Unterschiede zwischen den Flächen deutlich (Abb. 13). Die Kästen, in denen jeweils 50 % der Daten liegen, überschneiden sich nur bei F1 und F2 sowie bei F3 und F6. Die Mittelwerte der Wasserstände dieser Flächen sind sich demnach am ähnlichsten. Trotzdem können diese jeweils noch als signifikant verschieden (Welch‘s t-test: F1 gegen

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

F2: p-Wert = 0.007229; F3 gegen F6: p-Wert = 0.006506) angesehen. Zwischen allen anderen Flächen lassen sich wesentlich kleinere p-Werte berechnen. Demnach sind die Mittelwerte aller Flächen signifikant voneinander verschieden. Eine Tabelle (Tab. B1) mit den entsprechenden p-Werten befindet sich im Anhang.

4.3 pH-Wert, Sauerstoff und elektrische Leitfähigkeit

Die pH-Werte des Bodenwassers der Teilgebiete unterscheiden sich kaum voneinander. Sie liegen alle in einem Bereich um 3,8. Nur F1 weicht mit einem pH-Wert von 4,3 von den anderen ab. Die Mediane aller Flächen im Einzelnen können Tab. 2 entnommen werden.

Die elektrische Leitfähigkeit ist in der Hangmoorfläche F3 mit 40,91 µS am höchsten. Jedoch liegen F4 und F5 mit Werten von 38,64 µS und 38,82 µS in einem ähnlichen Bereich. Im nördlichen Moor wurden mit 15,17 µS und 21,08 µS deutlich geringere Werte gemessen. Ein ähnlicher Trend ist bei den Sauerstoffgehaltsmessungen sichtbar: Auch hier unterscheiden sich die Werte des südlichen Moores und des Hangmoores kaum. Sie liegen alle in einem Bereich um 3,35 mg/l. Dahingegen werden im nördlichen Moor niedrigere Werte (F1: 2,00 mg/l; F2: 2,06 mg/l) erreicht. Hier ist jedoch anzumerken, dass die Sauerstoffmessungen nach einem Regenereignis durchgeführt wurden und daher vermutlich etwas erhöhte Werte zeigen.

Fläche	pH-Wert 07.05.2015	elektrische Leitfähigkeit (µS) 29.04.2015	elektrische Leitfähigkeit (µS) 07.05.2015	Sauerstoffgehalt (mg/l) 09.06.2015
1	4,3	16	15	2,0
2	3,83	20	22	2,1
3	3,8	38	40	3,3
4	3,79	46	35	3,3
5	3,69	35	42	3,5
6	3,8	45	38,5	3,4

Tab. 2: Mediane der pH-Werte, der elektrischen Leitfähigkeit und des Sauerstoffgehalts jeder Probefläche für den jeweiligen Messtermin **Tab. 2:** Medians of pH-values, electrical conductivity and oxygen content of every trial area at the respective date of measurement.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4.4 Untersuchung des Torfes

Die untersuchten Torfprofile der Probeflächen können grob in zwei Gruppen eingeteilt werden: F1, F2 und F5 einerseits, wo offensichtlich kein Torfwachstum mehr stattfindet, und F3, F4 und F6 andererseits, wo sich Torfwachstum feststellen lässt und der Torfzersetzungsgrad in den tieferen Schichten geringer ist.

F1, F2 und F5:
Bei F1 und F2 kann man im Bohrkern bis in eine Tiefe von etwa 9 cm lebende Torfmoose finden. Darunter folgt in beiden Flächen eine Schicht Sphagnumtorf mit einem Zersetzungsgrad H2 (F1) bzw. H2-H3 (F2). Erst in weiterer Tiefe werden Unterschiede zwischen den beiden Flächen deutlich. Während in F1 in 17-23 cm Tiefe die Sphagnumtorfe einen Zersetzungsgrad von H3-H4 aufweisen, darauf von 23-33 cm ein H5-Torf folgt und anschließend von 33-50 cm Tiefe ein besser erhaltener H3-Sphagnumtorf mit Wollgrasblattscheiden, findet man in F2 in 39-50 cm Tiefe eine Schicht stark zersetzten H6-H7-Sphagnumtorfes. Oberhalb davon sind in dieser Fläche nicht scharf voneinander abgrenzbare Schichten mit einem Zersetzungsgrad von H4-H6 zu finden. Weiter ist auffällig, dass F1 im Gegensatz zu F2 deutlich mehr Wollgrasblattscheiden sowie Wollgraswurzeln aufweist.Auch der Torf in F5 weist bis in eine Tiefe von 6 cm lebende Torfmoose auf. Bis in eine Tiefe von 21 cm können in dieser Fläche Torfe von einem Zersetzungsgrad von H2-H3 gefunden werden. Wollgrasreste fehlen bis 21 cm Tiefe. In den darauffolgenden Schichten sind stets Wollgrasblattscheiden aufzufinden. Interessant ist außerdem der Fund von Schilfresten in der Schicht von 41-50 cm, was auf Niedermoorverhältnisse während in einer früheren Entwicklungsphase des Moores hindeutet. Die Torfe aus dem Profil von F5 sind am besten erhalten. In diesen drei Flächen ist Torfwachstum festzustellen.

F3, F4 und F6:
Die Flächen F3, F4 und F6 weisen in den ersten Zentimetern zwar rezent lebende Torfmoose auf, in allen drei Flächen folgt daraufhin jedoch ein Rohhumus-Horizont, aufgebaut aus Streu, Wurzeln, Nadeln, Holz und vereinzelten Sphagnumblättchen. Auf diesen Flächen ist kein Torfwachstum festzustellen. In tieferen Schichten folgt in F6 in 12 cm Tiefe eine Brandschicht (H9), darauf folgend ein Übergangshorizont (H6-H7) sowie anschließend besser erhaltene Schichten mit Sphagnumtorf (H4-H5), die unterschiedlich gut erhaltene Pflanzenreste (vor allem Wollgrasblattscheiden und Wollgraswurzeln) enthalten. In Fläche F3 folgt auf die Rohhumusschicht ein mit lebenden Wurzeln durchzogener, stark zersetzter Sphagnumtorf (H7). Von 18-22 cm Tiefe erstreckt sich ein hellerer, braun-beiger Sphagnumtorf mit einem Zersetzungsgrad von H4-H5. Erst in 22 cm Tiefe befindet sich in dieser Fläche eine Brandschicht, in der keine Pflanzenreste mehr erkennbar sind (H9). Nach zwei von Wollgrasblattscheiden dominierten Horizonten (H3-H4) folgt in 37-50 cm Tiefe wiederum eine fast schwarze, von toten Ericaceenwurzeln durchzogene Schicht (H7-H8).In F4 findet man bis in eine Tiefe von 6 cm lebende Torfmoose und deren abgestorbene Reste vor. Darauf folgt von 6 bis

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

8 cm Tiefe eine Schicht rohhumusartigen Torfs. Es folgen zwei stark degradierte Schichten in 25-27 cm (H9) und 28-39 cm (H8-H9) Tiefe. Diese bestehen aus stark amorpher Matrix in dunkelbrauner bis schwarzer Farbe, bei der kaum noch Pflanzenreste erkennbar sind. Von 39-50 cm ist hingegen wieder ein besser erhaltener kastanienfarbener Torf aufzufinden, der von Wollgrasblattscheiden und Wollgraswurzeln durchsetzt ist.

Im Anhang sind die einzelnen Torfprofile tabellarisch im Detail dargestellt. Jede Schicht jedes Profils wird beschrieben und der Zersetzungsgrad nach der Von Post´schen Skala angegeben.

4.5 Vegetationsaufnahmen

Die Probeflächen weisen hinsichtlich der Vegetationszusammensetzung Unterschiede auf und bilden so ein Mosaik von verschiedenen Pflanzengesellschaften aus (Tab. 3). In den drei nassen Flächen F1, F2 und F5 dominieren typische Hochmoorarten (*Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*). In den baumfreien Bereichen wachsen Arten des Sphagnetum magellanici typicum der Klasse Oxycocco-Sphagnetea Br.-Bl. *43*. Die Flächen F1, F2 und F5 sind weitestgehend offen und arm an Ericaceen. Die Torfmoosdecken sind geschlossen. Einzelne Moorkiefern sind in diesen Flächen vorhanden und teilweise ist Verjüngung zu beobachten. Diese Stellen sind einer feuchten Form des Pino mugo-Sphagnetums zuzuordnen.

Mit steigender Entwässerung ist in den anderen drei Flächen zunehmendes Aufkommen von Zwergsträuchern (*Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Vaccinium uliginosum*) sichtbar. Die Torfmoosdecke ist nicht mehr durchgehend geschlossen. An einigen Stellen setzt die Akkumulation von Rohhumus ein und Laubmoose (*Dicranum* sp. div.*, Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens*) kommen auf. Diese Flächen können stellenweise noch als Pino mugo-Sphagnetum angesprochen werden. Größtenteils gehörten die Gesellschaften jedoch dem Vaccinio-Pinetum rotundatae an. Jedoch sind das Eindringen der Fichte in die Flächen und die fehlende Verjüngung der Moorkiefer sowie das Absterben der vorhandenen Kiefern (Überalterung) zu beachten. Diese Flächen können als Sukzessionsstadium angesehen werden.

In der Nähe der Flächen F5 und F6 sind zusätzlich Mineralbodenwasserzeiger (*Dactylorhiza* sp. div., *Carex canescens*, *Carex echinata*) zu finden. Am westlichen Rand des nördlichen Moores gibt es ein Vorkommen von *Menyanthes trifoliata* und *Rhynchospora* sp. div.. Die Randbereiche des nördlichen Moores, dort wo Hangwasser direkt in das Moor eintritt, kann man stellenweise dem Schnabelseggenried zuordnen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

	Probeflache	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	Sphagnum sp. div.	95	95	70	75	95	75
Sm I	*Vaccinium oxycoccos*	-	2-5	-	-	5	-
	Andromeda polifolia	-	-	-	-	5	-
	Eriophorum vaginatum	45	65	1	-	70	2
	Drosera rotundifolia	15	1	-	-	-	-
	Carex pauciflora	2-5	5	-	-	-	-
Sm II	*Dicratum sp. div.*	-	-	2	2	-	5
	Polytrichum strictum	20	2-5	-	-	-	-
	Calluna vulgaris	2-5	2-3	2-5	2-5	1	15
Sm II/ PS	*Vaccinium uliginosum*	2-5	25	15	10	15	50
PS	*Vaccinium myrtillus*	-	-	65	75	10	20
	Vaccinium vitis-idaea	-	-	5	2-5	-2	10
	Pinus rotundata (<1m)	5	2	-	-	2	-
	Pinus rotundata (>1m<1,6m)	4	1	-	-	-	-
	Pinus rotundata (>1,6)	1	1	6	-	2	6
	Melampyrum pratense	-	5	10-15	-	10	5
SZ	*Pleurozium schreberi*	-	-	2	-	-	-
	Hylocomium splendens	-	-	2	2	-	2
	Picea abies	-	-	-	1	-	3
	Polytrichum commune	-	10	-	-	-	-

Tab. 3: Vegetationsaufnahmen auf den Probeflächen. Für alle aufgeführten Arten ist der Bedeckungsgrad in Prozent für die jeweilige Probefläche angegeben. Pinus rotundata sowie Picea abies werden in Individuenzahlen aufgeführt. Die Arten sind nach typischen Vorkommen in folgenden Pflanzengesellschaften sortiert: Abkürzungen: Sm I = Sphagnetum magellanici (feuchtere Standorte), Sm II = Sphagnetum magellanici (trockenere Standorte), PS = Pino mugo-Sphagnetum, SZ = Störzeiger. Da die Torfmoose in Sphagnum sp. div. zusammengefasst wurden, sind diese keiner Pflanzengesellschaft zugeordnet. **Tab. 3:** Vegetation surveys on the trial areas. For every listed species the degree of coverage is given as percentage share of the respective trial area. Pinus rotundata as well as Picea abies are listed as numbers of individuals. The species are sorted by typical occurrence in following plant communities: used abbreviations: Sm I = Sphagnetum magellanici (wet plant habitats), Sm II = Sphagnetum magellanici (wet plant habitats), PS = Pino mugo-Sphagnetum, SZ = indicator of disturbance. Since the peat moss were summarised as Sphagnum sp. div., these were not assigned to any plant community .

Zu den einzelnen Probeflächen:
In Fläche F1 besteht die Vegetation im Wesentlichen aus *Sphagnum* sp. div. (95 % Deckung) und *Eriophorum vaginatum* (45 %); hinzukommen weitere typische Hochmoorarten (*Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*). Es handelt sich um eine sehr lichte Fläche mit einigen jungen Moorkiefern (Abb. 2). Ein kleinräumiges Mosaik ist hier hydrologisch bedingt ausgebildet, von deckenbildenden Torfmoosen über horstbildendes *Eriophorum vaginatum* zu *Polytrichum strictum* auf den trockeneren Bultkronen. *Vaccinium*-Arten und *Calluna vulgaris* fehlen weitgehend. Lediglich auf erhöhten Bulten, meist direkt an den Stämmen der Moorkiefern, sind einzelne Individuen zu finden. *Carex pauciflora* und *Melampyrum pratense* sind gleichmäßig über den Rasenhorizont verteilt.

Auch F2 ist eine offene Fläche, die über einen geschlossenen Torfmoosrasen verfügt. Im Gegensatz zu F1 ist der Anteil an *Eriophorum vaginatum* auf 65 % erhöht (Abb. 3). Die Fläche weist keine homogene Vegetationsstruktur auf, sondern zeigt eine deutliche Veränderung mit zunehmender Nähe zum Graben. Auf der dem Graben zugewandten

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Seite zeigt *Polytrichum strictum* üppiges Wachstum, das mit zunehmendem Abstand von *Polytrichum commune* abgelöst wird. Der Anteil an *Vaccinium uliginosum* ist auf diesen Teil der Probefläche konzentriert. Über die ganze Fläche gleichmäßig verteilt kommen *Melampyrum pratense* und *Carex pauciflora* vor. Vereinzelt ist *Drosera rotundifolia* vorhanden. Ähnlich wie in F1 ist das Vorkommen von *Calluna vulgaris* auf die trockeneren Bulte beschränkt, auf denen auch die Moorkiefer wächst.

In Fläche F3 ist die Torfmoosdecke nur noch teilweise geschlossen (70 %) und wird an einigen Stellen von einer Rohhumusschicht ersetzt. Diese Stellen sind durch *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi* sowie *Hylocomium splendens* besiedelt. *Vaccinium uliginosum* und *Vaccinium myrtillus* dominieren die Fläche mit dichten Beständen (Abb. 4). *Vaccinium vitis-idaea* tritt mit 5 % deutlich gegenüber den anderen *Vaccinium*-Arten zurück. Im Unterwuchs befindet sich vereinzelt *Calluna vulgaris* und von der östlichen Seite wandert zusätzlich *Melampyrum pratense* ein. Zudem sind einzelne Horste von *Eriophorum vaginatum* unter der Strauchschicht vorhanden.

Fläche F4 ähnelt Fläche F3: auch hier ist der Torfmoosrasen nicht mehr vollständig geschlossen (75 %). Rohhumus bedeckt die dem Hang zugewandte Seite und *Dicranum* sp. div. wandern aus dieser Richtung ein. In der Strauchschicht dominieren *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium uliginosum* mit unterschiedlichen Anteilen und einer Gesamtdeckung von 85 % (Abb. 5). Andere Arten fehlen fast vollständig. Nur etwas *Calluna vulgaris* ist verstreut in der Fläche zu finden. Das Eindringen der Fichte in diesen Bestand ist zu beobachten. Zusätzlich ist auffällig, dass alle Individuen der Moorkiefer in dieser Fläche bereits abgestorben sind.

Fläche F5 verfügt über eine geschlossene Torfmoosdecke (95 %), die gleichmäßig mit *Vaccinium oxycoccos* (10 %) durchsetzt ist. *Eriophorum vaginatum* erreicht einen Deckungsanteil von 70 % (Abb. 6). *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium uliginosum* wandern von den Seiten in die Fläche ein. Das Zentrum ist frei von *Vaccinium*-Arten. *Calluna vulgaris* ist vereinzelt in der Fläche vorhanden (2 %), während *Melampyrum pratense* eine Deckung von 10 % erreicht. *Andromeda polifolia* kommt gleichmäßig über die *Vaccinium*-freie Mitte verteilt in der Fläche vor.

In Fläche F6 befindet sich trotz einer dichten Zwergstrauchschicht (70 %) eine Torfmoosdecke mit einem Deckungsanteil von 75 %. Die Strauchschicht wird von *Vaccinium uliginosum* (50 %) dominiert. *Vaccinium myrtillus* weist mit 20 % einen deutlich geringeren Anteil auf. Außerdem ist *Vaccinium vitis-idaea* mit 10 % vertreten. Im Unterwuchs findet man *Calluna vulgaris,* einzelne *Eriophorum vaginatum*-Horste sowie *Melampyrum pratense*. Dort wo die Torfmoose nur lückenhaft ausgebildet sind, findet Fichtenverjüngung statt und ist zusätzlich *Dicranum* sp. div. zu finden. Einzelne, überalterte Moorkiefern sind noch in der Fläche vorhanden (Abb. 7).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4.6 Jahrringkurven

Abb. 14 zeigt den Verlauf der Jahrringkurven der vier untersuchten Kiefern im nördlichen Moor in der Nähe der Probefläche F2.

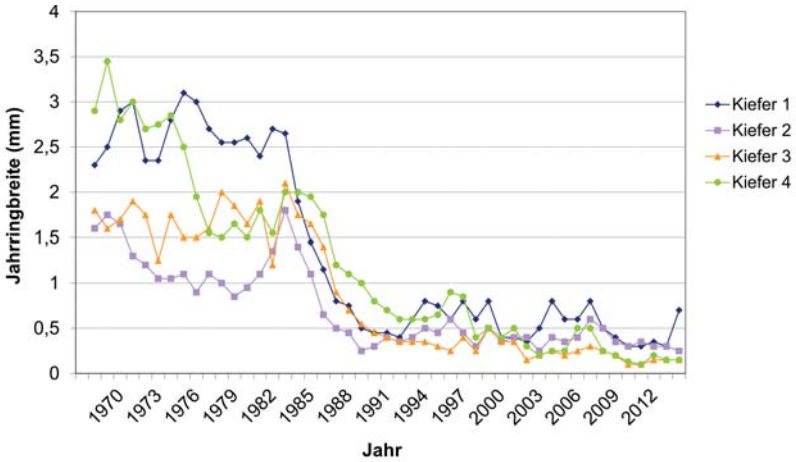

Abb. 14: Jahrringkurven von vier Moorkiefern aus dem nördlichen Moor von 1966 bis 2014. Die Moorkiefern befinden sich in der Nähe von Probefläche 2. **Fig. 14:** Curve of tree rings of four pines from within the northern part of the bog from 1966 to 2014. The pines are located near trial area 2.

Alle vier Kurven zeigen einen Abfall nach dem Jahr 1983. Nach diesem Einbruch pendeln sich die Werte jeweils auf einem tieferen Niveau als zuvor wieder ein. Ausnahme ist die Kiefer Nummer 4, die in der Abb. 14 und in Abb. 15 grün dargestellt ist. Diese zeigt im Gegensatz zu dem abrupten, starken Abfall der anderen drei Kurven einen allmählichen Abfall. Keine der Kurven zeigt Überschneidungen der Werte vor und nach 1989.

Die Regressionsgeraden, die für die drei Kiefern mit stark abfallender Jahrringbreite (Kiefer 1, Kiefer 2 und Kiefer 3) für den Zeitraum vor 1983 bzw. 1985 und ab 1987 bzw. 1989 berechnet wurden (Abb. 15), veranschaulichen den Gegensatz zwischen den besagten Zeiträumen: Die Geraden für den Zeitraum von 1968 bis 1983 bzw. 1985 liegen deutlich über den Geraden, die für den Zeitraum ab 1987 bzw. 1989 generiert wurden. Die Geraden schneiden sich an keiner Stelle und sind signifikant voneinander verschieden.

Die Gleichungen der Regressionsgeraden lauten:
Kiefer 1: 1966-1983: $y = 0{,}474265 + 0{,}001103x$; 1987-2014: $y = 16{,}105638 – 0{,}007772x$
Kiefer 2: 1966-1983: $y = 29{,}69037 – 0{,}01440x$; 1987-2014: $y = 6{,}440750 – 0{,}003024x$
Kiefer 3: 1966-1985: $y = -7{,}751103 + 0{,}004779x$; 1989-2014: $y =25{,}667316 – 0{,}012684x$

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

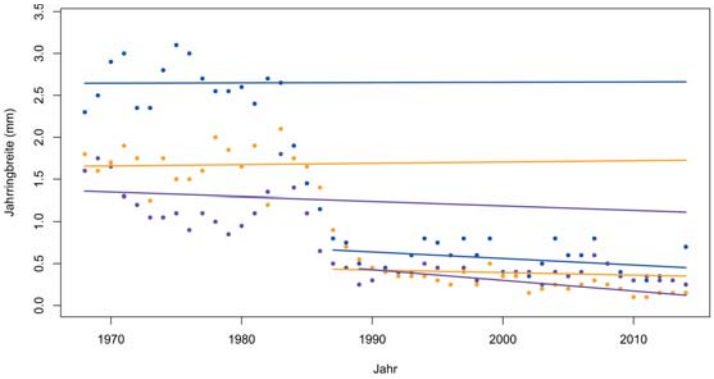

Abb. 15: Regressionsgeraden der Jahrringbreite der Moorkiefern 1-3 (vgl. Abb. 14; blau = Kiefer 1, lila = Kiefer 2, orange = Kiefer 3) aus dem nördlichen Moor in der Nähe der Probefläche 2. Die Regressionsgeraden wurden für den Zeitraum von 1966 bis 1983 (Kiefer 1 und Kiefer 2), 1966 bis 1985 (Kiefer 3) und von 1987 bis 2014 (Kiefer 1 und Kiefer 2) und von 1989 bis 2014 (Kiefer 3) erstellt. **Abb. 15:** Regression lines of the width of the tree rings of pine 1-3 (vgl. Abb. 14; blue = pine 1, purple = pine 2, orange = pine 3). The pines are located near trial area 2. The regression lines were prepared for the period from 1966 to 1983 (pine 1 and pine 2), 1966 to 1985 (pine 3) and from 1987 to 2014 (pine 1 and pine 2) and from 1989 to 2014 (pine 3).

4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Angelehnt an v. Sengbusch (2006) lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Probeflächen einen ökologischen Gradienten aufweisen. Die Darstellung der Wasserstände in Kombination mit der Vegetation macht dies deutlich (Abb. 16).

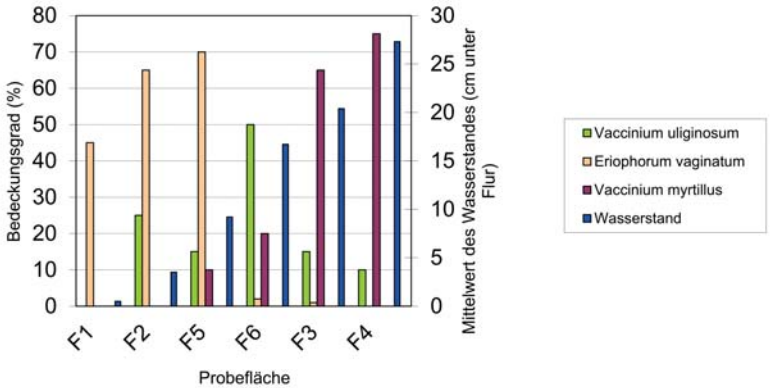

Abb. 16: Ökologischer Gradient entlang der Probeflächen. Die Probeflächen sind nach Höhe des mittleren Wasserstandes sortiert. Weiter wird ein Gradient hinsichtlich des Bedeckungsgrades (%) von *Vaccinium uliginosum, Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium myrtillus* dargestellt. **Fig. 16:** Ecological gradient along the trial areas. The trial areas are sorted by the height of the mean water level. Furthermore a gradient concerning the degree of coverage (%) of *Vaccinium uliginosum, Eriophorum vaginatum* and *Vaccinium myrtillus* is shown.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

In Abb. 16 sind die Probeflächen nach dem mittleren Wasserstand unter Flur absteigend sortiert. Ab einem mittleren Wasserstand von -9,2 cm (F5) ist *Vaccinium myrtillus* in den Flächen zu finden. Mit weiter abfallendem mittlerem Wasserstand nimmt der Bedeckungsgrad stetig zu. *Eriophorum vaginatum* hingegen ist nur bei hohen Wasserständen in hoher Deckung zu finden. In den Flächen F6 und F3 sind nur noch einzelne Horste vorhanden. *Vaccinium uliginosum* hat in F6 mit einem mittleren Wasserstand von -16,7 cm die höchste Deckung und bildet sowohl bei höheren als auch bei tieferen Wasserständen deutlich geringere Dichten aus. Die Rauschbeere markiert den Übergangsbereich zwischen Fichtenmoorwald und offenem Moor.

5. Diskussion

Wie in Abschnitt 1.1. beschrieben, besteht in einem Moor ein enger Zusammenhang zwischen Wasserhaushalt, Vegetationsentwicklung und Torfbildung. Daher sollen die erhobenen Daten nicht getrennt voneinander diskutiert, sondern in einen Zusammenhang gestellt werden. Die Änderung des Wasserhaushalts durch Entwässerung und Wiedervernässungsmaßnahmen werden in jeder Einzelbetrachtung daher miteinbezogen. Zum Schluss sollen in einer Gesamtbetrachtung die Wiedervernässungsmaßnahmen bewertet werden.

5.1 Höhenmodell

Die Fragmentierung der Einzugsgebiete hat dazu geführt, dass in allen Moorteilen die Wasserversorgung verschlechtert wurde. An Hand der Darcy-Gleichung (Fließgeschwindigkeit = Durchlässigkeitsbeiwert x hydraulischer Gradient) wird deutlich, warum das Hangmoor von der Zerschneidung durch die Gräben am meisten betroffen ist. Hier ist das Gefälle und somit der hydraulische Gradient am größten, was zu einer schnelleren Entwässerung des Gebietes führt. Das nördliche Moor hingegen kann durch die ebene Lage das Wasser noch etwas länger halten und den Effekt somit zumindest teilweise abpuffern. Die Tatsache, dass bisher keine Maßnahmen zur Verbesserung der Situation des Hangmoores unternommen wurden, verschärft dieses Problem. Die Wasserstände, die Vegetation sowie der Torf spiegeln dies wider. Diese Parameter werden in den folgenden Kapiteln ausführlich diskutiert.

Der Wegebau hat großen Einfluss auf den Wasserhaushalt des südlichen Moores und des Hangmoores genommen. Der Entwässerungsgraben G2n, der östlich des Gebietes verläuft, verschärft die Situation zusätzlich, da dieser die Wasserzufuhr aus dem östlichen Einzugsgebiet verhindert (Abb. 11). Sofern über eine Verbesserung der Situation des Hangmoores nachgedacht wird, muss unbedingt der Weg als Störfaktor miteinbezogen werden. Eine Verschließung des Entwässerungsgraben G2n würde eventuell nicht ausreichen, um die Entwicklung zu stoppen, da allein der Bau eines Weges die

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Selbstregulation eines Moores stören kann (v. Sengbusch 2015). Um hier eine genauere Aussage treffen zu können, müsste jedoch der Anteil des jeweils abgeschnittenen Einzugsgebietes bestimmt und dessen Einfluss auf die Wasserzufuhr verglichen werden. Der Bau des Weges hatte zusätzlich zur Folge, dass das Gebiet des südlichen Moores zerschnitten wurde und heute eine Verinselung der nördlichen Teilfläche vorliegt. Nach Damman (1986) befindet sich jedem Moor eine Wasserlinse, die abhängig vom Durchmesser des Moores eine kritische Höhe (Ilvanov 1981 in Damman 1986) nicht übersteigen kann. Der Weg zerschnitt das südliche Moor, wodurch das Verhältnis von Höhe zu Länge der Wasserlinse ins Ungleichgewicht gebracht wurde und das System sich nicht mehr selbst regulieren konnte. Der Torf wurde durch den Einschnitt belüftet und in der Folge mineralisiert. Es kam zur Sackung des Geländes, was die Geländeneigung erhöhte, den Wasserzug steigerte und den Effekt zusätzlich verstärkte. Die Sackungsmulde von ca. 10 m Breite entlang der Waldstraße ist das Ergebnis dieser Entwicklung. Die Moorfläche wird weiterhin von den Seiten her degradiert. Die Wirkung des Grabeneinstaus im südlichen Moor ist daher auf das nahe Grabenumfeld beschränkt. Um die Situation der Flächen außerhalb der Sackungsmulde zu verbessern, ist es nötig, das östliche Grabensystem ausgehend von G3 zu verschließen, um den östlichen Hang als Einzugsgebiet wieder anzubinden. Außerdem wurde die letzte Sperre im Entwässerungsgraben G2s 2015 erneuert, um die Degradierung im südlichen Bereich zu unterbinden.

Das nördliche Moor wurde durch den Sperrenbau und die Grabenverfüllungen im nördlichen Grabensystem wieder an das Einzugsgebiet im Osten angebunden. Um die Situation noch weiter zu verbessern und zu stabilisieren, sollte jedoch zusätzlich der Graben im Norden verschlossen werden, um diesen Hang als weiteres Einzugsgebiet anzugliedern. Zudem sollte das Grabensystem im Nordwesten umfangreich verschlossen werden, um den Randsumpf zu vernässen und die Sukzessionsvorgänge zu stoppen. Aus den Strompfaden wird deutlich, dass das nördliche Moor an keiner Stelle rein regenwasserernährt ist.

5.2 Wasserstand

Die Wasserstandsmessungen zeigen zwar, welche Probeflächen nasser und welche trockener sind, jedoch ist zu beachten, dass in dem kurzen Aufnahmezeitraum kein umfassendes Bild über die Maximal- und Minimalwerte und somit die Schwankungsamplitude gezeichnet werden konnte. Da schon Ende Juni die Datenaufnahme beendet wurde, konnte die Vegetationsperiode nicht vollständig dokumentiert werden. Die mittleren Sommerwasserstände wurden demnach nicht erfasst. Der Verlauf der Ganglinien aus den erhobenen Daten zeigt einen parallelen Verlauf für alle Probeflächen. Hier wäre es interessant, den Verlauf während einer Trockenphase zu erfassen, da zu erwarten ist, dass in den trockeneren Flächen Trockenereignisse einen deutlich stärkeren Ausschlag der Ganglinie nach sich ziehen als in einer nassen Fläche mit intakter Selbstregulation (Dierssen & Dierssen 2001).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Anhand des Wasserstandes unter Flur kann beurteilt werden, ob ein Moor an der betreffenden Stelle wachsen kann oder ob dafür der Wasserstand zu weit von der Oberfläche entfernt ist (Dierssen & Dierssen 2001). Damit Torfmoose eine geschlossene Vegetationsdecke ausbilden können, muss der Kapillarsaum langfristig bis an die Bodenoberfläche anstehen (Dierssen & Dierssen 2001). Dies wird bei mittleren Wasserständen zwischen 0 und -20 cm erreicht. Zudem kann eine sehr hohe Luftfeuchte auch bei tieferem Wasserstand ein Mooswachstum zulassen. Fallen die mittleren Wasserstände unter -30 cm, sind die Lebensbedingungen für torfbildende Vegetation deutlich eingeschränkt. Stattdessen wird das Wachstum von Zwergsträuchern gefördert (Dierssen & Dierssen 2001). Dies kann bei starker Zersetzung des Torfes, etwa in Heidemooren, auch schon bei höheren Wasserständen eintreten. Diese Erkenntnisse spiegeln sich nicht direkt in den Ergebnissen der Wasserstandsmessungen wider. Die zwergstrauchdominierten Probeflächen F3, F4 und F6 weisen zwar die niedrigeren Wasserstände auf, doch wird in keiner Probefläche in dem vorliegenden Messzeitraum ein mittlerer Wasserstand von unter -30 cm erreicht. Die Maximalwerte von -39,8 cm (F4) und -28 cm (F3) deuten jedoch an, dass die Wasserstände in trockeneren Phasen in den oben genannten Bereich eingeordnet werden können. Anhand der vorliegenden Daten kann dies jedoch nicht verifiziert werden. Die Probeflächen F1, F2 und F5 bieten mit ihren mittleren Wasserständen von -0,5 cm, -3,5 cm und -9,2 cm hingegen aus hydrologischer Sicht gute Voraussetzungen für Moorwachstum. Das Vorhandensein torfbildender Vegetation bestätigt diese Annahme. F1 und F2 haben vom Grabeneinstau profitiert und wurden so wieder an das Hangwasser angeschlossen. Auch in F5 sind die hohen Wasserstände auf den Sperrenbau zurückzuführen, durch den die Fläche vernässt und der direkt in der Nähe liegende Seitengraben durch Pflanzen verlandet wurde.

Der niedrigste Wasserstand bestimmt die Mächtigkeit des Akrotelms. Reicht das Akrotelm tiefer als 30 cm in den Boden, so führt dies zu einer längeren Verweildauer der abgestorbenen Pflanzenreste im Akrotelm und somit zu einer erhöhten Mineralisation. Durch die stärkere Zersetzung werden die Lagerungsdichte des Torfes erhöht, die Porosität verringert und die Konkurrenzverhältnisse in der Fläche verschoben. Wollgräser werden in diesem Fall gegenüber Bleichmoosen stärker gefördert (Dierssen & Dierssen 2001). Dieser Trend zeigt sich in den Probeflächen wie folgt: Der Anteil von *Eriophorum vaginatum* ist in F5 mit 70 % am höchsten, gefolgt von einem Bedeckungsgrad von 65 % in F2 und 45 % in F1. Der Anteil nimmt somit mit erhöhtem mittleren Wasserstand ab (Abb. 16). Ein weiterer Effekt der oxidativen Zersetzung ist, dass größere Pflanzenreste in kleinere umgewandelt werden und die Torfe somit feinporiger werden. Dies verändert wiederum die hydraulischen Eigenschaften: Die Wasserdurchlässigkeit wird schlechter und es kommt zu einer Abnahme des Speichervermögens bei gleichzeitiger Zunahme des Substanzvolumens. Letztendlich führt dies zu stärkeren Wasserstandsschwankungen (Zerbe & Wiegleb 2009). Dieser Umstand könnte die höheren Schwankungsamplituden in den Flächen F3, F4 und F6 erklären.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

5.3 pH-Werte, Sauerstoffgehalt , elektrische Leitfähigkeit

Vergleicht man die gemessenen pH-Werte mit in der Literatur angegebenen Werten, so wird deutlich, dass diese in einem typischen Bereich für ein Hochmoor in Süddeutschland liegen (Kaule 1974, Hölzer 1977, Poschlod 1990, Melzer et al. 1992 in Frankl 1996). Der erhöhte pH-Wert in Fläche F1 ist auf die Wasserzufuhr aus Südwesten zurückzuführen (Abb. 11). Das vom angrenzenden Hang stammende Mineralbodenwasser gelangt durch das Schnabelseggenried in die Übergangsmoor- und die Hochmoorfläche. Das Mineralbodenwasser beeinflusst damit den Chemismus der Bodenlösung in Fläche F1. Der östliche Teil des nördlichen Moores, in dem F2 liegt, wird hingegen nur von dem Wasser aus dem Hangmoor beeinflusst.

Der Sauerstoffgehalt wurde kurz nach einem Regenereignis gemessen. Die gemessenen Werte übersteigen daher die zu erwartenden Sauerstoffgehalte. In einem Moor in Kaltenbronn im Nordschwarzwald beispielsweise sank der Sauerstoffgehalt nach einem Regenereignis innerhalb von 3 Tagen von 3,5 mg/l auf 0,5 mg/l (v. Sengbusch 2014, unveröff. Forschungsbericht). In dieser Zeit wird der Sauerstoff von Bakterien aufgezehrt. Ähnliches ist für das Eschengrundmoos anzunehmen, denn für Hochmoore typische Werte liegen unter 1 mg/l.

Vergleichswerte aus der Literatur zeigen auch für die Leitfähigkeit, dass diese im Eschengrundmoor für den süddeutschen Raum in einem normalen Bereich liegen. Hölzer (1977) gab für den Schwarzwald 50-70 µS an, im Alpenvorland werden von Kaule (1974) 45 µS und von Poschlod (1990) 30-126 µS genannt.

5.4 Torfprofile

Die Torfart, der Erhaltungszustand des Torfes sowie enthaltene Pflanzenreste geben Auskunft über den Zustand eines Moores und seine torfbildende Vegetation in der Vergangenheit (Dierssen & Dierssen 2001). Der Zersetzungsgrad lässt zudem Rückschlüsse auf den Wasserstand und dessen Amplitude zu und gibt Auskunft über das Ausmaß aerober Bedingungen im Torfkörper, sowie über den Nährstoffstatus. Die Probeflächen im Hangmoor zeigen mit Humositätsgraden von H7 (F3) und H8/H9 (F4) deutlich stärker zersetzte Torfe in den oberen Schichten als die übrigen Flächen. Dies lässt sich durch die niedrigeren Wasserstände erklären: Wird Torf längere Zeit der Luft ausgesetzt, so wird dieser stärker mineralisiert als solcher, der wassergesättigt ist (Dierssen & Dierssen 2001). Umgekehrt können so die gut erhaltenen Torfe im südlichen Bereich von F1, F2 und F5 erklärt werden, die längere Zeit im Jahr wassergesättigt sind. Das Fehlen von Torf in den ersten Zentimetern des Profils in F3, F4 und F6 zeigt deutlich die Störung dieser Flächen an. Zwar sind an der Oberfläche fleckweise lebende Torfmoose und somit potentielle Torfbildner vorhanden, doch folgt in der Tiefe zunächst eine Schicht rohhumusartigen Torfes, dessen Bildung durch das Vorherrschen von Zwergsträuchern und eine zu niedrige Torfmoosdeckung hervorgerufen wurde. Es findet demnach keine Torfbildung mehr statt. Weiter zeigen die Pflanzenreste sowohl in dem Profil aus Fläche F3 als auch in den Profilen von F4 und F6, dass diese Flächen in der

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Vergangenheit Standorte für *Eriophorum vaginatum* waren und die Flächen weitestgehend baumfrei gewesen zu sein scheinen, denn in keinem Torfprofil wurden Holzreste gefunden. Hierdurch lässt sich belegen, dass die dichte Bestockung durch Waldkiefer und Fichte nicht dem ursprünglichen Zustand dieser Moorflächen entspricht. Weiter lässt sich vermuten, dass der Sukzessionsvorgang erst mit dem Bau der Grabensysteme und der Waldstraße und somit mit Beginn der Entwässerung eingesetzt hat. Die Torfprofile in den Flächen F1, F2 und F5 belegen, dass dort heute wieder Torfwachstum stattfindet. Gleichzeitig wird aber den stärker zersetzten Torf im Untergrund sichtbar, dass diese Flächen zeitweise entwässert worden sind. Ab etwa 20 cm Tiefe finden sich auch in diesen Flächen Torfe mit einem Humositätsgrad von H4 (F5) und H5 (F1, F2).

5.5 Vegetation

Die Auswertung der Vegetationsaufnahmen zeigt, dass sich die Teilgebiete des Eschengrundmooses in unterschiedlichen ökologischen Zuständen befinden. Generell lässt sich sagen, dass von F1 bis F4 ein Feuchtegradient in der Vegetation zu beobachten ist. F5 kann nach F2 und F6 zwischen F3 und F4, wie in Abb. 16 zu sehen, eingereiht werden. Die Vegetation verändert sich von einer weitgehend offenen Moorfläche mit typischen Hochmoorarten über von Zwergsträuchern dominierten Flächen mit Moorkiefer bis hin zu einem potentiellen Fichtenstandort mit Aufkommen von Laubmoosen.

Die Probeflächen können nach v. Sengbusch (2006) Standorttypen zugeordnet werden. Diese Einteilung erlaubt eine Prognose für die zukünftige Entwicklung der Flächen. Seine Cluster-Analyse teilt die von ihm behandelten Probeflächen im Südschwarzwald und mittleren Schwarzwald in zwei Hauptgruppen nach der Deckung von *Eriophorum vaginatum* (< 30 % >) und nach der Deckung von *Vaccinium myrtillus* (< 10 % >) ein. Auf die Probeflächen im Eschengrundmoos übertragen, lässt sich somit zwischen F1, F2 und F5 als Eriophorum-reiche Flächen auf der einen und F3, F4 und F6 als Vaccinium-reiche Flächen auf der anderen Seite unterscheiden (Abb. 16). Weiter werden die pflanzensoziologischen Einheiten des Pinus mugo- Sphagnetum und des Vaccinio-Pinetum rotundatae in fünf ökologische Gruppen oder Standorttypen unterteilt (v. Sengbusch 2006). Hierbei wird innerhalb des *Eriophorum*-Clusters zwischen dem „*Calluna*-Typ“ (verheidete, wechselnasse, fichtenfeindliche Moore) und dem „Referenz-Typ“, der dem typischen Pino-Sphagnetum entspricht, unterschieden. Das *Vaccinium*-Cluster ist in den Heidelbeer-Typ/trockene Torfe (entspricht dem potenziellen Fichtenmoorwald), den Heidelbeer-Typ/feuchtere Torfe (Verzahnungsbereich zwischen Vaccinio-Pinetum rotundatae und Fichtenmoorwald; hier liegt die standörtliche Fichtengrenze) sowie den Rauschbeer-Typ (entspricht dem Vaccinio-Pinetum) unterteilt.

F1 kann der Referenzgruppe zugeordnet werden. Es handelt sich um eine zwergstraucharme, nasse Fläche, die für die Fichte zu feucht ist. Aufgrund der hohen Wasserstände zeigen die Kiefern eine gedrungene Wuchsform. Auch Frenzel (2004) hat in seiner Arbeit eine Probefläche im nördlichen Moor etwas nordöstlich von F1 einer feuchten Ausbildung des Pino mugo-Sphagnetum in der *Eriophorum*-Phase zugeordnet. Der Kern des nördlichen Moores entspricht diesem Standort-Typ.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

F2 und F5 können zwar dem *Eriophorum*-Cluster zugeordnet werden, zeigen jedoch für eine Einordnung in die Referenzgruppe zu hohe *Vaccinium myrtillus*-Aufkommen und zu geringe *Calluna vulgaris*-Deckung, um Teil des *Calluna*-Typs zu sein. F2 befindet sich im Randbereich des nördlichen Moores und stellt daher einen Übergang dar. F5 ist kleinflächig inhomogen und kann deswegen als Ganzes keinem Typ zugeordnet werden. Der Kern der Fläche, der frei von *Vaccinium myrtillus* ist, entspricht der Referenzgruppe, wohingegen die Randbereiche eher der Rauschbeergruppe zugeordnet werden können.

Ein Großteil der Flächen im südlichen Moor, die nicht im direkten Umfeld eines verlandeten Grabens liegen, entspricht der Rauschbeergruppe, so auch F6. Die in dieser Fläche noch stehenden Moorkiefern sind sehr schlank. Die Krautschicht wird aus einem dichten Bestand von Rauschbeere gebildet. Die Hochmoorarten der Kraut- und Moosschicht gehen bei diesem Standort-Typ deutlich zurück. Zudem setzt Fichtenverjüngung ein. Diese Standortgruppe kann nach v. Sengbusch (2006) als Übergangslage zwischen Hochmoorflächen mit hohem Grundwasserstand, die noch Torfwachstum zeigen, und Moorwäldern mit geschlossenen Gehölzbeständen, deren Torf weitgehend abgestorben ist, angesehen werden.

F3 und F4 gehören der Heidelbeergruppe an. Ein Vergleich mit den 2006 von v. Sengbusch ermittelten Daten bestätigt diese Zuordnung: Ein Plot der damaligen Datenerhebung (Plot MMA) liegt etwas nördlich von F4 und wurde schon zu diesem Zeitpunkt als Teil der Heidelbeergruppe/trockene Torfe bezeichnet. Diese Ergebnisse entsprechen den in F4 aufgenommenen Daten (v. Sengbusch 2006). Die Heidelbeerdeckung beträgt in diesen Flächen mindestens 25 %. Zudem ist das Aufkommen von *Hylocomium splendens* zu beobachten. Dieser Standort-Typ wird als Verzahnungsbereich zwischen „echtem“ Vaccinio-Pinetum rotundatae und Fichtenmoorwäldern angesehen. Meist handelt es sich um potentielle Fichtenstandorte. Das Eindringen der Fichte in den Bestand kann bereits beobachtet werden. Diese wird sich nach dem Absterben der überalterten Kiefernbestände etablieren, denn die Fichte erweist sich als deutlich schattenfester und keimt auch unter Beschattung der Beerensträucher erfolgreich (v. Sengbusch 2006).

Die schlanke Wuchsform der Moorkiefer, die dichte Zwergstrauchschicht sowie das Eindringen der Fichte zeigen, dass F3, F4 und F6 als gestörte Standorte bezeichnet werden können. Dies wird durch das Aufkommen der Vererdungszeigerart *Pleurozium schreberi* zusätzlich gestützt (v. Sengbusch 2010).

Der Grund für das Entstehen zwergstrauchreicher Vegetationsformen im Eschengrundmoos ist die Entwässerung der südlichen Bodenschichten. Zwergstrauchreiche Vegetationsformen sind im Eschengrundmoos dort zu finden (F3, F4 und F6), wo sich die Wiedervernässungsmaßnahmen nicht ausgewirkt haben und die immer noch entwässert werden. Dabei handelt es sich um das ganze Hangmoor und Teile des südlichen Moores.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

5.6 Moorkiefern

Pinus rotundata stellt ein Relikt der postglazialen Waldentwicklung dar und kann heute nur noch auf Moorstandorten dem Konkurrenzdruck der übrigen Waldbäume ausweichen (v. Sengbusch 2004). Auf nassen Flächen zeigt *Pinus rotundata* begrenztes Wachstum, da dieses durch ständige Überstauung des Wurzelraumes und Nährstoffarmut des Torfes eingeschränkt wird. Andererseits profitiert die Kiefer von besserer Durchlüftung des Wurzelraumes und einem verbesserten Nährstoffangebot bei Entwässerung von Moorflächen (v. Sengbusch 2004). Die jeweiligen Wachstumsbedingungen spiegeln sich in der Jahrringbreite und in der Wuchsform der Bäume wider (Biometrische Diagnostik von v. Sengbusch 2006/2015).

Der Abfall der Jahrringbreite der vier untersuchten Kiefern erfolgte bei allen vier Bäumen zwischen 1983 und 1988, jedoch nicht genau parallel. Zeitlich fällt dies mit der Verschließung der Gräben im nördlichen Moor zusammen. Die unterschiedlichen Reaktionszeitpunkte können auf zwei Arten erklärt werden: Eine zunächst ausbleibende Reaktion der Jahrringbreite auf höhere Wasserstände durch Sperrenbau kann durch die Fähigkeit von Kiefern, den fehlenden Wurzelraum zunächst durch Ausweichen auf erhöhte Strukturen (beispielsweise Bulte) ausgleichen zu können, begründet werden (v. Sengbusch 2010). Eine weitere Erklärung kann sein, dass die Maßnahmen an den Wuchsorten der Kiefern in unterschiedlichem Maße zeitlich verzögert Veränderungen in den Wachstumsbedingungen hervorgerufen haben. Deutlich wird jedoch, dass es sich bei den Kurven nicht um eine allmähliche Abnahme der Jahrringbreite handelt, wie es von Natur aus nach dem jugendlichen Dickenwachstum eines Baumes der Fall ist. Stattdessen pendeln sich die Jahrringbreiten auf einem deutlich niedrigeren Niveau als in den Jahren vor 1983 wieder ein und erreichen nicht noch einmal den jährlichen Zuwachs wie in den Jahren zuvor. Die Regressionsgeraden machen dies deutlich (Abb. 15).

Ein Vergleich mit Jahrringdaten von Scholl (2012) aus dem Hinterzartener Moor, das etwa 6 km vom Eschengrundmoos entfernt liegt, entkräftet die interpretatorische Option, dass ein Klimaereignis oder eine spezielle Witterungsphase der Grund für die Veränderungen sein könnte. Die dort untersuchten Kiefern zeigten in dem Zeitraum von 1983 bis 1988 keinen derartigen Abfall der Jahrringbreite. Zwar zeigen die Rohkurven einen schwach abfallenden Trend, doch keineswegs auf solch gravierende Art wie die vier Kiefern im nördlichen Moor des Eschengrundmooses. Es handelt sich demnach im Eschengrundmoos um ein lokales Ereignis, das mit der Verschließung der Gräben zeitlich und kausal zusammenhängt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

5.7 Zusammenfassende Betrachtung der Auswirkungen von Entwässerung und Renaturierung

Der Bau der Entwässerungsgräben hat im Eschengrundmoos zu einer Fragmentierung der Einzugsgebiete des Moores geführt. Allen drei Teilgebieten wurde ein Teil der Wasserzufuhr abgeschnitten und das vorhandene Wasser abgeführt. Durch die starke Geländeneigung und den dadurch hervorgerufenen stärkeren Wasserzug wurde das Hangmoor von diesen Maßnahmen am stärksten beeinflusst. Der Bau des Waldweges hat die Situation für das Hangmoor sowie das südliche Moor zusätzlich verschärft: Das Hangmoor hat dadurch sein südliches Einzugsgebiet verloren; das südliche Moor wurde durch den Bau des Weges zerschnitten und von dort ausgehend degradiert.
Die Wiedervernässungsmaßnahmen müssen für die drei Teilgebiete einzeln betrachtet und bewertet werden.

Im nördlichen Teil können diese als sehr positiv angesehen werden. Das nördliche Moor hat sich nach einer im Torfprofil dokumentierten Degenerationsphase wieder zu einem wachsenden Moor entwickelt. Die Jahrringkurven der Kiefern zeigen deutlich, dass zu dem Zeitpunkt der Durchführung der Wiedervernässung eine Veränderung der ökologischen Bedingungen stattgefunden hat. Heute liegt der mittlere Wasserstand nah unter der Geländeoberfläche und die Schwankungsamplitude ist gering. Die Hochmoorvegetation sowie das Torfwachstum unterstreichen den positiv zu bewertenden Zustand zusätzlich.

Im Hangmoor wurden hingegen keine Wiedervernässungsmaßnahmen durchgeführt. Die durch die Fragmentierung der Einzugsgebiete hervorgerufenen veränderten hydrologischen Verhältnisse haben zu einer Vegetationsverschiebung geführt. Das Absterben der überalterten Kiefern sowie das Aufkommen der Fichte zeigen, dass sich das Gebiet in einem Sukzessionsvorgang befindet und sich langfristig zu einem Fichtenmoorwald entwickelt. Der aus ökologischer Sicht schlechte Zustand wird durch die niedrigen Wasserstände, den stark zersetzten, nicht wachsenden Torf, sowie durch die von Zwergsträuchern dominierte Vegetation sichtbar. Die Hangmoorfläche wurde bereits im Monitoring 2003 als potenzieller Fichtenmoorwald klassifiziert (v. Sengbusch 2006).

Das südliche Moor hat in Teilen von den Renaturierungsmaßnahmen profitiert. Kleine Flächen, die dicht an den verlandeten Seitengräben sowie nahe der noch intakten Sperren liegen, können als lebendes Moor beschrieben werden. Die hohen Wasserstände, die Hochmoorvegetation sowie das Torfwachstum belegen dies. Der Weg stellt jedoch einen so großen Eingriff dar, dass der nördliche Teil des südlichen Moores als nicht wieder an das übrige Moor angliederbar gewertet werden kann, es sei denn man würde den Weg mit Dämmen verschließen. So aber schreitet die Degradierung vom Weg ausgehend weiter voran. Der Torfkörper wird belüftet, es kommt zu Sackungen, Zwergsträucher dominieren die Vegetation und die Einwanderung der Fichte hat auch hier bereits eingesetzt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Angeführte Schriften

Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M., Thiele-Bruhn,S. & Welp,G. (2010): Scheffer/Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde (16. Aufl.).: Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 569 S.

BGR (Bundesanstalt für Geowisseenschaften und Rohstoffe) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Beltz, Bad Langensalza, 438 S.

Broche, W. (1929): Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwaldes und der Baar. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg, 29: 1-243.

Colditz, G. (1994): Auen, Moore, Feuchtwiesen - Gefährdung und Schutz von Feuchtgebieten.Birkhäuser Verlag, Basel, 199 S.

Couwenberg, J. & Joosten, H. (2001): Bilanzen zum Moorverlust. Das Beispiel Deutschland. In: Succow, M., Joosten, H., (Hrsg): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., Schweizerbart, Stuttgart: 409-411.

Damman, A. W. H. (1986): Hydrology, development, and biogeochemnistry of ombrogenous peat bogs with special reference to nutrient relocation in a western Newfoundland bog. Canadian Journal of Botany, 64: 384-394.

Dierssen, B. & Dierssen K. (1984): Vegetation und Flora der Schwarzwaldmoore. Ungeheuer + Ulmer, Ludwigsburg, 512 S.

Dierssen, K. & Dierssen B. (2001): Moore (Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht).Ulmer, Stuttgart, 230 S.

Eigner, J. & Schmatzler, E. (1980): Bedeutung, Schutz und Regeneration von Hochmooren.Kilda Verlag, Greven, 78 S.

Eigner, J. (2003): Möglichkeiten und Grenzen der Renaturierung von Hochmooren. Laufener Seminarbeiträge 1/03, Moorrenaturierung. Praxis und Erfolgskontrolle: 23-26

Frankl, R. (1996): Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südliche Chiemseemoore) im Zeitraum von 1957 bis 1992. D.M. Gräbner, Altenhof bei Bamberg, 222 S.

Frenzl S. (2004): Wasserhaushalt von *Pinus rotundata* LINK in Hochmooren des südlichen Schwarzwaldes. Unveröff. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Geobotanik der Univ. Freiburg.

Gerken, B. (1983): Berichte der Arbeitsgruppe Naturschutz Freiburg, 2

Göttlich, K. (1990): Moor- und Torfkunde. Stuttgart: E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 529 S.

Grosvernier P. & Staubli P. (2009): Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische Maßnahmen. Umwelt-Vollzug, 0918. Bundesamt für Umwelt, 96 S.

Hölzer, A. (1977): Vegetationskundliche und ökologische Untersuchung im Blindenseemoor bei Schonach (Mittlerer Schwarzwald) unter Berücksichtigung des Kationengehalts.- Diss. Bot., 36,1 Vaduz, Cramer.

Ivanov, K. E. (1981): Water movement in mirelands. Academic Press, London, 276 S.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Joosten, H. (1993): Denken wie ein Hochmoor: Hydrologische Selbstregulation von Hochmooren und deren Bedeutung für Wiedervernässung und Restauration. TELMA, 23: 95-116.

Joosten, H. & Clarke, D. (2002): Wise use of mires and peatlands. Backround and principles including a framework for decision making. International Mire Conservation Group and International Peat Society, Totnes, 303pp.

Kaule, G. (1974): Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. Diss. Bot. 27, 325 S

Kracht, V. & Schweikle, V. (2001): Zur Situation und zum Schutz von Mooren in Baden-Württemberg. TELMA, 31: 291-303.

Meier-Uhlherr, R., Schulz, C. & Luthardt, V. (2015): Steckbriefe Moorsubstrate. Concept Medien & Druck, Berlin.

Melzer, A., Pohl, W., Hünerfeld, G. & Pfleiderer, P. (1992): Ökophysiologische Untersuchungen zur Nitratbelastung und Nitratbelastbarkeit von Hochmooren. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Umwelt & Entwicklung, Materialen, 81, München, 79 S.

Neuhäusl, R. (1975): Hochmoore am Teich. Vegetace CSSR, a 9, 267 S.

Oberdorfer, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften.Gustav Fischer Verlag, Jena, 340 S.

Pfadenhauer, J. (1998): Grundsätze und Modelle der Moorrenaturierung in Süddeutschland. TELMA, 28: 251- 272.

Poschlod, P. (1990): Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayrischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortskundlicher und populationsbiologischer Faktoren. Diss. Bot., 152, Cramer, Vaduz.

Röhl, M., Huber, S., Seyfang, H. &. Wuchter, K. (2012): Moorschutz mal praktisch. Kleiner Leitfaden für Moorschützer. Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, 28 S.

Scholl, J. (2012): Untersuchung der ökologischen Bedingungen nach Wiedervernässung im Hinterzartener Moor. Unveröff. Bachelorarbeit am Institut für Landespflege der Univ. Freiburg.

Schumacher, A. (1937): Floristisch-soziologische Beobachtungen in Hochmooren des südlichen Schwarzwaldes (Moore der Meßtischblätter Feldberg, St. Blasien). Beitrag zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, 2: 221-283.

Sengbusch, P.v. 2004: Untersuchungen zur Ökologie von Pinus rotundata LINK (Moor-Kiefer) im Südschwarzwald.- Diss. Bot., 388.

Sengbusch, P.v. (2006): Ein multivariates Monitoring-Verfahren zur Bewertung der Gefährdung von Bergkiefern-Mooren im Schwarzwald. Diss. Bot., 400, Borntraeger, Stuttgart.-

Sengbusch, P.v. (2010): Zukunft der Grinden: Erfassung und Bewertung der Wachstumspotentiale von Bergkiefern-Mooren im Schwarzwald, Abschlussbericht. Stiftung Naturschutzfond Baden-Württemberg, Stuttgart; https://www.freidok.uni-freiburg.de/data/8049

Sengbusch, P. v. (2014): Ökosystemfunktionen der Moore auf dem Kaltenbronn.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Unveröffentlichter Forschungsbericht, Stiftung Naturschutzfond Baden-Württemberg, Projekt-Nr. 63-8831.21/54691 – 1207GL.

Sengbusch, P.v. (2015): Enhanced sensitivity of a mountain bog to climate change as a delayed effect of road construction. Mires and Peat, 15: 1–18.

Succow, M. & Jeschke, L. (1990): Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore. Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 268 S.

Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 622 S.

Succow, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde: am Beispiel der Moore der DDR.Gustav Fischer, Jena, 340 S.

Van der Schaaf, S. (2002): Acrotelm transmissivity as a parameter to assess ecological conditions and ecological potential in Irish Midland raised bogs. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW Land Reclamation, 33: 49-56.

Zerbe, S. & Wiegleb, G. (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum, Heidelberg, 530 S.

Internetquellen

LUBW (Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg)
Moorkataster im Daten und Kartendienst des LUBW
http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de
Zugriffsdatum: 20.06.2015

Unveröffentlichte Daten und mündliche Mitteilungen

RP Freiburg (Regierungspräsidium Freiburg), Akte: Eschengrundmoos,
Ref. 56 - Naturschutz und Landschaftspflege
Einsichtsdatum: 23.06.2015

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Anhang

Wasserstandsganglinien mit Fehlerbalken

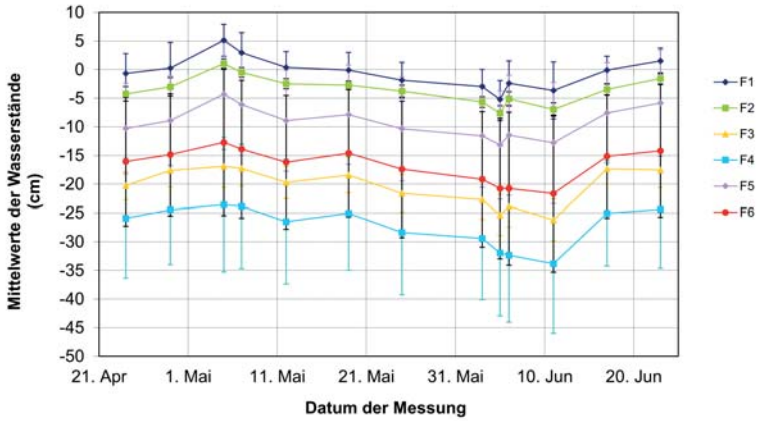

Abb. A1: Wasserstandsganglinien der Mittelwerte der Probeflächen für den Untersuchungszeitraum vom 24.04.2015 bis zum 23.06.2015 mit Fehlerbalken **Fig. A1:** Hydrograph of the mean water level for the period of investigation from 24.04.2015 to 23.06.2015 with error bars.

Ergebnisse: Welch‘s t-Test

Welch t-Test	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	-	0.007229	1.767e-14	2.2e-16	3.417e-08	2.761e-13
F2	0.007229	-	5.039e-13	2.805e-15	1.25e-05	1.033e-11
F3	1.767e-14	5.039e-13	-	2.703e-05	1.969e-09	0.006506
F4	2.2e-16	2.805e-15	2.703e-05	-	5.44e-13	2.228e-08
F5	3.417e-08	1.25e-05	1.969e-09	5.44e-13	-	5.798e-07
F6	2.761e-13	1.033e-11	0.006506	2.228e-08	5.798e-07	-

Tab. B1: Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) des Welch‘s t-Tests zu den Mittelwerten der Wasserstände der Probeflächen **Tab. B1:** Significance level (p-value) of Welch‘s t-tests of the water level means of the trial areas

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Torfprofile

Erhobene Torfprofile mit Torfart und Zersetzungsgrad nach von Post
Collected peat profiles: sort of peat and degree of disintegration after von Post

F1

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
1-8		lebende Torfmoose
9-17	H2	Orange-beiger Sphagnumtorf
18-23	H3-H4	mittelbraun; Sphagnumtorf; lebende Wollgraswurzeln; Wollgrasblätter
24-33	H4-H5	dunkler als vorausgehende Schicht; deutlich stärker zersetzter Sphagnumtorf; Wollgraswurzeln; Wollgrasblätter
34-50	H3	Sphagnum; Wollgrasblattscheiden; Wollgraswurzeln; Wollgrasblätter;

F2

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
1-8		lebende Torfmoose
9-17	H2-H3	Sphagnumtorf; beige bis hellbraun
18-23	H3	Sphagnumtorf; hellbraun; Wollgraswurzeln
24-33	H5	Übergangshorizont, breiartig, dunkleres Braun, lebende Wollgraswurzeln
34-50	H4-H5	zersetzter Sphagnumtorf, Wollgrasblattscheiden
	H5-H6	angegriffener Sphagnumtorf, einzelne Wollgrasblattscheiden; Wollgraswurzeln; etwas breiartig
	H6	stark angegriffener Sphagnumtorf; dunkelbraun
	H6-H7	dunkelbraun bis schwarz; breiartig; einzelne Holzstücke

F3

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
0-3		lebende Torfmoose
4-11	Rohhumus	Streu; Wurzeln; Nadeln; Holz
12-18	H7	zersetzter, dunkelbrauner Sphagnumtorf; mit lebenden Wurzlen durchzogen
19-22	H4-H5	etwas heller; dunkelbraun bis beige; Sphagnumtorf
23-24	H9	Brandschicht; dunkelbraun bis schwarz; stark breiig; keine Pflanzen erkennbar

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

25-32	H3-H4	hellbraun; Wollgrasblattscheiden; Wollgrasblätter; Sphagnumtorf
33-37	H4	deutlich mehr Wollgrasblattscheiden; Wollgrasblätter; Wollgraswurzeln; Holz; Sphagnum
38-50	H7-H8	dunkelbraun bis schwarz; durchzogen von Holz

F4

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
0-7		lebende Torfmoose
4-11	Rohhumus	Sphagnumblättchen; Streu; Wurzeln
12-18	H7	dunkelbraun; stark zersetzter Sphagnumtorf; Wurzelreste
19-22	H4-H5	Brandschicht
23-24	H9	stark amorphe Matrix; dunkelbraun bis schwarz
25-32	H3-H4	etwas heller; kastanienfarben; mehr Pflanzenreste erkennbar; Wollgrasblattscheiden; Wollgraswurzeln

F5

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
0-5		Lebende Torfmoose; Moorkieferwurzeln
6-10	H2	Sphagnumtorf; orange-beige; lebende und tote Kiefern- und Ericaceenfeinwurzeln, Kiefernnadeln
11-17	H2-H3	Sphagnumtorf; gelb-braune Farbe; etwas dunkler als voriger Horizont
18-21	H3	Sphagnumtorf mit lebenden Wollgraswurzeln; tote Feinwurzeln der Moorkiefer
23-29	H4	stärker zersetzter Sphagnum-Wollgrastorf, amorphe Matrix, dunkelbraun; Wollgrasblattscheiden; Wollgrasblätter
30-33	H3	Übergangshorizont
34-41	H3-H4	Sphagnumtorf; fuchsbraun; Sphagnum magellanicum; Wollgrasblätter
42-50	H4	Sphagnumtorf stärker zersetzt; dunkelbraun; Zwergstrauchstengel; Wollgraswurzeln; Schilf

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

F6

Bodentiefe in cm	Torfart	Beschreibung
6-12	rohhumus-ähnlicher Torf	lebende Torfmoose
13-16	H9	Streu; Wurzeln; einzelne Sphagnumblättchen
17-19	H6-H7	Übergang
20-31	H4	Sphagnumtorf; Wollgrasblätter; Wollgraswurzeln
32-35	H4-H5	Sphagnumtorf stärker angegriffen; dunkelbraun; Wollgrasblätter; Wollgraswurzeln; dazwischen amorphe Matrix
36-37	H4-H5	Störungszone; evtl. noch eine Brandschicht; braun bis schwarz; Wollgraswurzeln
38-50	H3-H4	Sphagnumtorf, fuchsbraun; Wollgraswurzel, Wollgrasblätter

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: 106

Autor(en)/Author(s): Rattay Margret, Sengbusch Pascal von, Konold Werner

Artikel/Article: Die ökologischen Auswirkungen der Grabenverschließungen im Eschengrundmoos (Gemeinde Hinterzarten). Moorkundliche Untersuchung der ältesten Wiedervernässungsmaßnahme im Schwarzwald 129-172