

Maintien des ressources en eau dans le bassin versant des biotopes marécageux d'importance nationale

Projekt im Rahmen des Pilotprogramms zur Anpassung an den Klimawandel
gefördert durch das Bundesamt für Umwelt BAFU
und die Kantone AG BE FR GE GR JU LU NE OW SG TI UR VD VS ZG ZH

Effekte von Erschliessungen und Gehölzen auf Zustand und Entwicklung der Vegetation in Schweizer Mooren

Auftraggeber: Kanton Bern (im Namen aller Partnerkantone)

Projektleiter: Dr. Philippe Grosvernier, LIN'eco

Autor: Dr. Meinrad Küchler, Forschungsanstalt WSL, 6903 Birmensdorf



Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL

Impressum

Auftraggeber: Kanton Bern (im Namen der anderen Partnerkantone)

Begleitgruppe: Philippe Grosvernier, LIN'eco, Martin Urech, puls, Peter Gsteiger und Ursin Caduff, geo7 AG

Projektleiter: Dr. Philippe Grosvernier, LIN'eco

Autor: Dr. Meinrad Küchler, Forschungsanstalt WSL, 6903 Birmensdorf

Projekt im Rahmen des Pilotprogramms zur Anpassung an den Klimawandel
gefördert durch das Bundesamt für Umwelt BAFU
und die Kantone AG BE FR GE GR JU LU NE OW SG TI UR VD VS ZG ZH.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Bilder Titelseite: -

Version	Datum	Dateiname	Bearbeitung	Freigabe	Verteiler
1.0	01.02.18	WSL_EinflussUmgebung_20180525.docx	MK	-	-
1.1	20.7.18	WSL_EinflussUmgebung_20180720.docx	MK	PhG	-

Inhaltsverzeichnis

1	Fragestellung	3
2	Verwendete Daten und Auswertungskonzept	3
3	Qualität der Vegetation auf den Einheitsflächen in Abhängigkeit der Distanz zur nächsten Erschliessung oder zum nächsten Wald	4
4	Statistischer Nachweis der Effekte von Erschliessungen, Drainagen und Bewaldung.....	5
5	Modellierung der Effekte von Erschliessungen und Bewaldung.....	6
6	Schlussfolgerung	8

1 Fragestellung

Das Gesamtziel des Pilotprojektes „Erhaltung der Wasserressourcen im Einzugsgebiet von Moorbiotopen von nationaler Bedeutung“ (Projekt „Espace marais“) ist eine Planungshilfe für hydrologische Pufferzonen. Ein kontrovers diskutierter Teilaspekt ist die Auswirkung von Erschliessungen auf die Vegetation von Mooren. Welcher Art sind diese Auswirkungen und wie weit reichen sie? In diesem Teilbericht des Projektes werden Ausmass und Reichweite dieser Effekte geschätzt. Dabei werden Angaben verwendet, die für beliebige Moore der Schweiz bereitgestellt werden können. Dadurch werden die Resultate auf noch nicht untersuchte Moore übertragbar und können als Planungshilfe verwendet werden.

2 Verwendete Daten und Auswertungskonzept

Zur Moorvegetation liegen aus der Erfolgskontrolle Moorschutz Arterhebungen und daraus berechnete Zeigerwerte für 9461 Einheitsflächen in 127 Mooren vor, für die beiden Zeitstände 1997 bis 2001 und 2002 bis 2006. Mittlere Zeigerwerte geben Auskunft über Zustand und Veränderung der Moorvegetation. Folgende Zeigerwerte nach Landolt (2010) wurden für die Analysen verwendet:

- **Lichtzahl:** erwünscht ist eine hohe Lichtzahl, denn eine tiefe Lichtzahl weist auf Verbuschung und Verhochstaudung hin.
- **Feuchtezahl:** erwünscht ist eine hohe Feuchtezahl, denn die Moore sind Lebensräume, die auf Wasser angewiesen sind. Eine tiefe Feuchtezahl weist auf trockene Verhältnisse hin. Trockene Moore degradieren.
- **Nährstoffzahl:** erwünscht ist meistens eine tiefe Nährstoffzahl, denn die meisten Moore sind nährstoffarme Lebensräume.
- **Reaktionszahl:** Hochmoore sind saure Lebensräume, also ist für die Hochmoore eine tiefe Reaktionszahl erwünscht.
- **Humuszahl:** Erwünscht ist eine hohe Humuszahl, denn intakte Moore bilden Torf.
- **Konkurrenzstrategie:** Erwünscht ist eine hohe Stresszahl, denn die typischen Moorarten gelten als Stress-Strategen. Nicht erwünscht sind hohe Ruderal- und hohe Konkurrenzahlen.

Für jedes untersuchte Moor ist zudem bekannt, welche Moorteile welchem Moortyp angehören (ombrogen, soligen, limno-fluviogen, Nichtmoor).

Die Umgebung jeder Einheitsfläche wird auf einem konzentrischen Raster mit verschiedenen Parametern charakterisiert: Bewaldung, Drainagen, versiegelte Flächen, Ackerland, Gewässer, etc. Diese Parameter sind im vorangehenden Bericht „Auswertekonzept Umgebungseinfluss“¹ detailliert beschrieben. Für jeden Sektor des konzentrischen Rasters ist ausserdem die Lage (inklusive Höhe) bekannt, sodass bestimmt werden kann, welche Teile der Umgebung jeder Einheitsfläche im hydrologischen Einzugsgebiet derselben liegen:

- Die Einzugsgebietsklasse „oben“ umfasst alle Sektoren des Rasters, die in der gleichen Richtung liegen und jeweils mindestens 15 cm höher gelegen sind als der nächst innere Sektor (bzw. als die Einheitsfläche, wenn es sich um den innersten Sektor handelt);

¹ Caduff, U. und Gsteiger, P. 2017. Auswertekonzept Umgebungseinfluss. *Script*, geo7 AG, Bern. 21 S.

- Wenn ein Sektor auf gleicher Höhe (± 15 cm) liegt wie der nächst innere, gehören dieser Sektor und die aussen folgenden Sektoren zur Einzugsgebietsklasse „eben“, auch wenn sie wieder höher liegen;
- Wenn ein Sektor mindestens 15 cm tiefer liegt als der nächst innere, beginnt die Einzugsgebietsklasse „unten“, unabhängig davon, ob die aussen folgenden Sektoren höher oder tiefer liegen.

Die Auswirkung der Umgebung wird auf drei Arten analysiert:

- Mit grafischen Darstellungen wird Ausmass und Reichweite der Effekte dargestellt (Abschnitt 3);
- Mittels statistischer Tests wird untersucht, ob die Effekte wirklich auf Erschliessungen, Drainagen und Bewaldung zurückzuführen sind (Abschnitt 4);
- Mit einem statistischen Modell wird für Moore ohne Vegetationsdaten geschätzt, an welchen Orten starke Einflüsse von Erschliessungen und Bewaldung zu erwarten sind (Abschnitt 5).

Die Auswertungen werden stratifiziert nach Moortypen vorgenommen (ombrogen, soligen, limno-fluviogen, Nichtmoor). Alle Einheitsflächen eines Moores, welche dem gleichen Moortyp angehören, werden zu einem Moorbereich zusammengefasst. Diese Moorbereiche sind die Grundeinheiten der statistischen Analysen.

Mit den vorliegenden Daten konnten Effekte von Erschliessungen, Drainagen und Bewaldung aufgezeigt werden. Für die weiteren erfassten Umgebungsparameter war die Datenbasis zu schmal. Die Daten über Drainagen erklärten in den Modellen (Abschnitt 5) keine Varianz. Deshalb beschränken sich die grafischen Darstellungen (Abschnitt 3) und die Modelle (Abschnitt 5) auf die Erschliessungen und den Wald.

3 Qualität der Vegetation auf den Einheitsflächen in Abhängigkeit der Distanz zur nächsten Erschliessung oder zum nächsten Wald

Es ist zu erwarten, dass Moorvegetation durch nahe gelegene Strassen oder Wege beeinflusst wird. Zum Beispiel sind die Verhältnisse nahe beim Weg wahrscheinlich trockener als im restlichen Moor. Die mittleren Feuchtezahlen der Aufnahmen bestätigen dies. Weil verschiedene Moore als ganze verschieden feucht sind, gewinnt eine grafische Darstellung an Klarheit, wenn die Feuchtigkeitsniveaus der verschiedenen Moore rechnerisch angeglichen werden. Das geschieht hier, indem der Mittelwert pro Moorbereich vom einzelnen Wert subtrahiert wird.

Abb. 1 zeigt den Effekt von Erschliessungen auf die Flachmoor-Vegetation anhand der Feuchtezahl. Die Datenpunkte entsprechen dem arithmetischen Mittel der oben beschriebenen Abweichungen für alle Aufnahmen, die in folgenden Eigenschaften übereinstimmen:

- Die Aufnahmen stammen aus soligenen Moorbereichen;
- Die nächste Erschliessung (Strasse oder Weg) liegt in derselben Distanzklasse;
- Der Sektor, welchen die Erschliessung quert, liegt in derselben Einzugsgebietsklasse (eben, oben, unten).

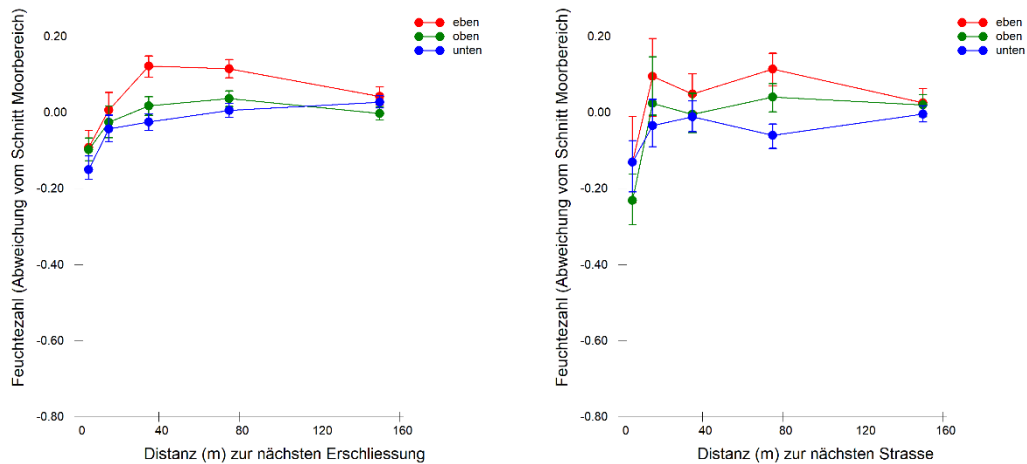


Abb. 1: Feuchtezahl in den soligenen Mooren in Abhängigkeit der Distanz zur nächsten Erschliessung. Links: Strassen und Wege; rechts: Strassen allein. Die Streubalken entsprechen dem empirischen Standardfehler (mit Bootstrap ermittelt)

Anhang A enthält entsprechende Darstellungen für alle im vorherigen Abschnitt erwähnten Zeigerwerte, für alle 4 Moortypen, für Strassen und Wege, die Strassen allein sowie für Wald. Die auffälligsten Effekte von Erschliessungen und Bewaldung:

- Nahe verlaufende Strassen und Wege erniedrigen die Feuchtezahl, die Humuszahl sowie die Stresszahl. Sie erhöhen die Nährstoffzahl und die Ruderalzahl. Dies sind alles unerwünschte Effekte.
- Naher Wald erniedrigt die Lichtzahl, die Feuchtezahl, die Ruderalzahl und die Stresszahl. Erhöht wird die Konkurrenz Zahl. Auch diese Effekte sind mehrheitlich nicht erwünscht.

Die Effekte lassen sich mit den vorliegenden Daten bis zu Abständen von mindestens 50 m zeigen. Strassen wirken sich auf die meisten Zeigerwerte stärker aus als Wege, doch ist das Resultat weniger genau (höhere Streubalken), weil weniger Probeflächen bei Strassen liegen als bei Wegen.

4 Statistischer Nachweis der Effekte von Erschliessungen, Drainagen und Bewaldung

Die Streubalken (Abb.1 und Anhang A) geben einen ersten Hinweis darauf, welche Effekte wohl statistisch signifikant sind: wenn sich zwei Streubalken nicht überlappen, sind die entsprechenden Werte signifikant verschieden. Allerdings ist damit noch nicht gesichert, dass der Effekt wirklich auf die Strassen und Wege oder die Bewaldung zurückzuführen ist. Es ist beispielsweise nicht plausibel, dass in Abb. 1 die Feuchtezahl bei grossen Distanzen der Erschliessungen wieder abnimmt. Dies dürfte eher auf Eigenschaften der Daten zurückzuführen sein. Entlegene Moore enthalten weniger Probeflächen mit nahe gelegenen Erschliessungen. Man könnte deshalb einwenden, dass in Abb. 1 möglicherweise «Äpfel mit Birnen verglichen werden».

Deshalb wurde ein Testverfahren gewählt, bei dem darauf geachtet wird, dass Gleiches mit Gleichem verglichen wird: es wird getestet, ob Einheitsflächen, die im selben Moorbereich

liegen, aber von Umgebungseinflüssen verschieden betroffen sind, sich in den Zeigerwerten unterscheiden.

Die Aufnahmen in jedem Moorbereich (ombrogen, soligen, fluvio-limnogen, Nichtmoor in jedem Objekt) werden in solche mit stark und solche mit schwach ausgeprägtem Faktor eingeteilt. Um beispielsweise die Auswirkung der Bewaldung darzustellen, haben wir zuerst alle Einheitsflächen hälftig in stark und schwach bewaldete Bereiche eingeteilt. Dann haben wir jeweils pro Moorbereich die stark bewaldeten und die schwach bewaldeten Flächen je zusammengefasst (arithmetisches Mittel der Werte). Für alle Moorbereiche, wo sowohl ein Sammeldatensatz für die stark bewaldeten als auch für die schwach bewaldeten Bereiche entstand, konnten wir Paarvergleiche anstellen. Um die Distanzabhängigkeit der Effekte zu untersuchen wurden auch getrennt für nah (bis ca. 30 m) und fern (bis ca. 200 m) gelegene Strukturen ausgewertet. Entsprechend wurde auch zwischen Einzugsgebietsklasse „oben“ und ausserhalb derselben unterschieden. Strassen und Wege wurden zusammen mit grossen, auf dem Luftbild sichtbaren Gräben ausgewertet („Drainierende Strukturen“).

Die Resultate im Überblick:

- Sowohl Moore mit vielen drainierenden Strukturen als auch solche mit viel Wald sind trockener. Bei den ombrogenen und den fluvio-limnogenen Moorbereichen ist die Wirkung auch auf Distanz (>30 m) nachweisbar.
- In ombrogenen und soligenen Moorbereichen mit vielen drainierenden Strukturen ist das Nährstoffangebot erhöht, bei soligenen Mooren auch auf Distanz (>30m).
- Insgesamt wirken sich sowohl drainierende Strukturen wie auch Wald negativ auf die Artenzusammensetzung der Moore aus (geringere Stress-Toleranz). Besonders die Erschliessungen und Drainagen wirken auch auf Distanz (>30m).

Detaillierte Analysen finden sich im Anhang B.

5 Modellierung der Effekte von Erschliessungen und Bewaldung

Mit einem statistischen Modell lässt sich einerseits die Bedeutung der Auswirkungen von Umgebungsstrukturen auf Moore abschätzen; andererseits können innerhalb der Moore problematische Stellen ausgemacht werden, auch in Mooren ohne Vegetationsaufnahmen, von denen nur die Umgebungsfaktoren bekannt sind.

Die Modelle bestanden aus linearen Regressionen mit quadratischen Termen.

Zielvariable: Abweichung des Zeigerwertes vom Mittelwert des Moorbereichs.

Erklärende Variablen: Umgebungsfaktoren pro Sektor im Raster um die Einheitsfläche

- Für Strassen und Wege: Relativer Radius und relativer Bogen der Strassen und Wege;
- Für Strassen allein: dito für Strassen
- Für die Bewaldung: Waldanteil

Es wurden getrennte Modelle berechnet für die Moortypen (ombrogen, soligen, limno-fluviogen, Nichtmoor), die Einzugsgebietsklassen (oben, eben, unten) und für nah (bis 30 m) und fern (30 bis 200 m), das heisst je 24 Modelle für Strassen und Wege, Strassen allein und Bewaldung. Der für die Einheitsfläche am Ende gültige Modellwert bestand aus dem gewichteten Mittelwert der einzelnen Modellwerte. Gewichtet wurde mit der Anzahl der zutreffenden Sektoren. Wenn zum Beispiel die Sektoren zu einem Drittel in der Einzugsgebietsklasse „oben“ lagen und zu zwei Dritteln „unten“, dann flossen die entsprechenden Modellwerte im gleichen Verhältnis ins Resultat ein.

Die Modellwerte sollten auf 29 Moore ohne Vegetationsaufnahmen extrapoliert werden. Statt der Einheitsflächen wurde über diese Moore ein Raster von 80 x 80 m gelegt. Für diese Rasterpunkte wurden dieselben Umgebungsvariablen wie für die Einheitsflächen generiert.

Abb. 2 zeigt am Beispiel des Moores auf dem Zugerberg die geschätzten Effekte der Erschliessungen und der Bewaldung auf die Feuchtezahl. Tiefe Modellwerte bedeuten, dass die betreffenden Stellen wahrscheinlich wegen dem betrachteten Umgebungsfaktor trockener sind als sie sonst wären. Wert 0 bezieht sich auf die durchschnittliche Feuchtezahl der gesamten (schweizweiten) Stichprobe; die Färbung der Datenpunkte orientiert sich am Mittelwert der Feuchtezahl im Moor auf dem Zugerberg.

Tabelle 1 stellt dar, wieviel Varianz die Modelle gesamthaft und speziell für das Moor auf dem Zugerberg erklären. Wenn der Faktor Wald zum Beispiel 5% der Varianz der Feuchtezahl erklärt, bedeutet dies, dass die indirekte Wirkung der Bewaldung den Wasserhaushalt des gesamten Moores gemäss Modell zu 5% mitbestimmt. Die direkte Wirkung von Gehölzpflanzen, die am betrachteten Ort selbst stocken, bleibt ausgenommen.

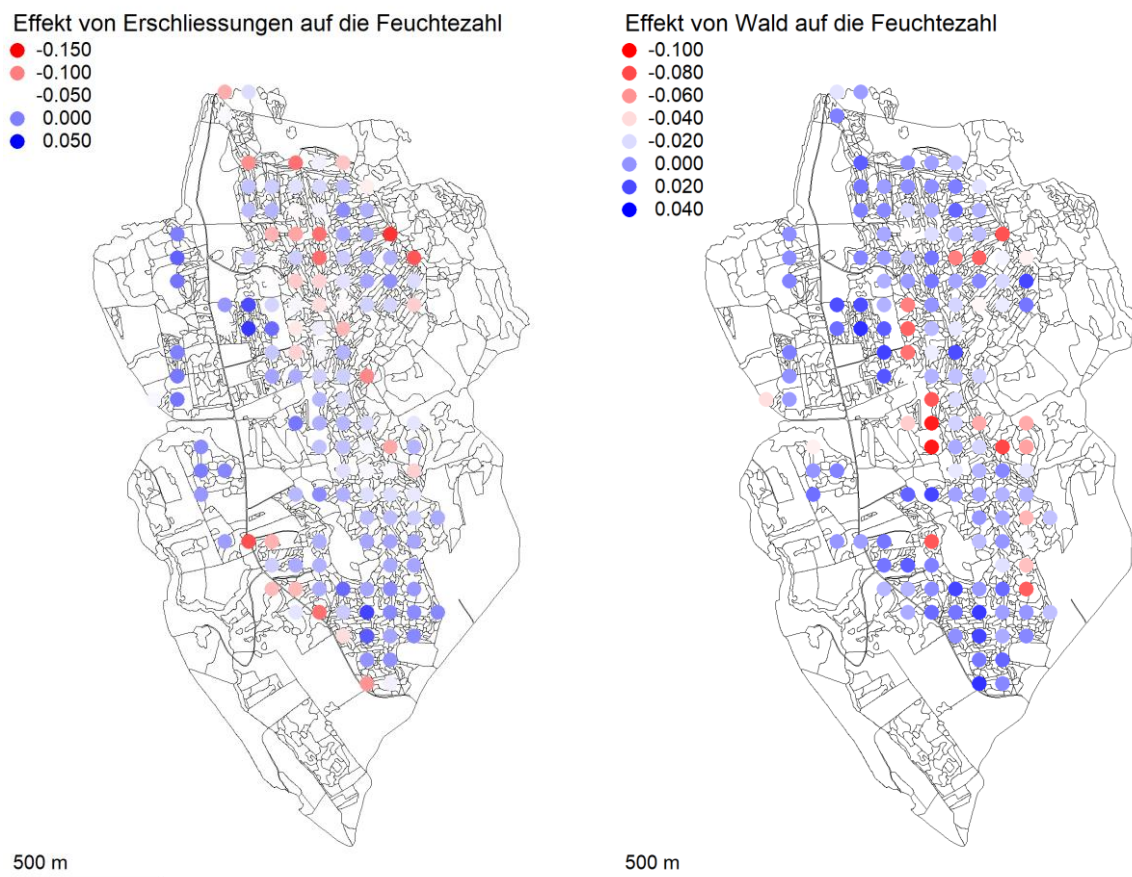


Abb. 2: Modellierte Effekte von Erschliessungen und Bewaldung auf die Feuchtezahl im Moor auf dem Zugerberg.

Tab. 1: Von den Modellen erklärte Varianz

Zeigerwert	Strassen + Wege		Strassen		Wald	
	Schweiz	Zugerberg	Schweiz	Zugerberg	Schweiz	Zugerberg
Lichtzahl	1.6 %	1.8 %	1.5 %	0.6 %	7.0 %	3.6 %
Feuchtezahl	5.2 %	9.6 %	4.5 %	5.7 %	4.7 %	6.2 %
Reaktionszahl	2.0 %	4.2 %	1.7 %	2.1 %	2.9 %	1.3 %
Nährstoffzahl	3.0 %	3.8 %	1.8 %	1.2 %	2.1 %	0.0 %
Humuszahl	5.2 %	4.5 %	3.2 %	0.0 %	3.5 %	3.1 %
Konkurrenzzahl	2.1 %	0.4 %	2.2 %	0.0 %	5.2 %	10.8 %
Ruderalzahl	4.1 %	3.2 %	2.6 %	0.1 %	4.6 %	1.9 %
Stresszahl	4.7 %	3.6 %	3.7 %	0.9 %	4.1 %	3.9 %

6 Schlussfolgerung

Unerwünschte Wirkungen von Erschliessungen und Gehölzen in der Umgebung von Mooren auf die Vegetation der Moore selbst konnten nachgewiesen werden. Der Nachweis fällt deutlich aus, obwohl die verwendeten Vegetationsdaten für einen anderen Zweck erhoben worden sind und die Umgebungsparameter von der Landeskarte stammen. Die Resultate dieser Untersuchung können als Planungshilfe dienen, indem mit allgemein verfügbaren Informationen grob abgeschätzt werden kann, wo, wie und wie sehr sich Strukturen in der Umgebung von Mooren auf die Vegetation derselben auswirken. Es ergeben sich für Planungen u.a. folgende Erkenntnisse:

- Strukturen wie Strassen, Wege und Gehölze wirken sich auf die Moorvegetation aus. Diese Auswirkungen sind erheblich, auch wenn das Strukturelement 50 m oder mehr vom Moor entfernt ist.
- Die Auswirkungen sind vielfältig. So haben z.B. Wege nicht nur entwässernde Wirkung, sondern auf ihnen gelangen auch Nährstoffe und standortsfremde Arten zum Moor.
- Moore können nur erhalten bleiben, wenn die Umgebung die Voraussetzungen für die Existenz eines Moores überhaupt bietet. Das sollen die hydrologischen Pufferzonen gewährleisten.