



**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

**Flächenkonzept ökologische Pufferzonen  
zu Moorbiotopen**

## Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU  
3003 Bern

Begleitgruppe: -

Projektleiter: Dr. Philippe Grosvernier, LIN'eco

Projektleiterin Stv.: Alain Lugon, L'Azuré

Autoren: Ursin Caduff, geo7 AG  
Peter Gsteiger, geo7 AG

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
0.1	09.11.2017	3333 BE cau, gsp Flächenkonzept ökologische Pufferzonen.docx	Caduff, Gsteiger	Gsteiger	Projektintern
1.0	06.12.2017	3333 BE cau, gsp Flächenkonzept ökologische Pufferzonen.docx	Caduff, Gsteiger	Gsteiger	<a href="https://marais.ch">https://marais.ch</a>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Ausgangslage .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Ziele .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Flächenkonzept .....</b>	<b>4</b>
3.1 Moorkomplex .....	4
3.2 Nährstoff-Pufferzone .....	5
3.3 Hydrologische Pufferzone .....	5
3.3.1 Die Gliederung der Hydrologischen Pufferzone .....	5
<b>4 Grundlagen .....</b>	<b>6</b>
4.1 Daten .....	6
4.2 Software .....	7
<b>5 Verfahren .....</b>	<b>7</b>
5.1 Moorkomplex .....	7
5.2 Nährstoff-Pufferzone .....	7
5.3 Hydrologische Pufferzone .....	8
5.3.1 Berechnung Interpretationshilfen .....	8
5.3.2 Berechnung Flächen EM .....	10
5.3.3 Berechnung Flächen SA .....	11
5.3.4 Interpretation und Berechnung Flächen EBW und EBE .....	12
5.3.5 Zusammenzug und Modell .....	12
<b>6 Planerische Umsetzung .....</b>	<b>13</b>
6.1 Moorkomplex .....	13
6.2 Nährstoff-Pufferzone .....	13
6.3 Hydrologische Pufferzone .....	13

## Referenzierte Dokumente

- [1] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/massnahmen-zur-erhaltung-und-foerderung-der-biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/moore.html>
- [2] Marti, K. et al. (1997): Pufferzonenschlüssel Leitfaden zur Ermittlung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen für Moorbiotope. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bern, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft. 52 S.
- [3] Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung (Hochmoorverordnung) vom 21. Januar 1991
- [4] Verordnung über den Schutz der Flachmoore von nationaler Bedeutung (Flachmoorverordnung) vom 7. September 1994
- [5] Caduff, U., Gsteiger, P. (2017): Ausscheidung von Nährstoffpufferzonen zu Moorbiotopen. Technischer Bericht im Rahmen des Projekts «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. geo7 AG.
- [6] esri Technical Support, konsultiert im November 2017:  
How To Create a watershed model using the Hydrology toolset  
<http://support.esri.com/en/technical-article/000012346>
- [7] BUWAL (2002): Handbuch Moorschutz in der Schweiz, Band 1, Bern 1992 /2002

# 1 Ausgangslage

Seit der Annahme der Rothenthurm-Initiative 1987 stehen Moore unter dem Schutz der Bundesverfassung. Zum Schutz der verbliebenen Gebiete hat der Bund die Hochmoor-, Flachmoor- und Moorlandschaftsverordnung samt Inventaren erlassen. In vielen geschützten Objekten von nationaler Bedeutung sinkt allerdings die ökologische Qualität. Benötigt werden Pufferzonen und Regenerationen. Pufferzonen sind an das Biotop angrenzende Flächen. Ziel ist es, mittels Pufferzonen das Biotop vor einer Gefährdung durch umgebende Nutzungen und den davon ausgehenden Belastungen zu schützen. Eine "ökologisch ausreichende Pufferzone" umfasst die Funktionen einer Nährstoff-Pufferzone, einer hydrologischen Pufferzone und einer Pufferzone gegenüber weiteren Gefährdungen für die biotopspezifische Pflanzen- und Tierwelt [7]. Die Nährstoff-Pufferzone soll die Moore vor Belastungen durch Nährstoffeinträge aus dem angrenzenden Intensivkulturland schützen. Die Hydrologische Pufferzone soll die Aufrechterhaltung des notwendigen Wasserhaushaltes gewährleisten [1].

Die Notwendigkeit ökologisch ausreichender Pufferzonen für das Fortbestehen der in den Verordnungen des Bundes aufgeführten Moorbiotope wird durch den Bundesgerichtsentscheid BGE 124 II 9, 1997 bestätigt.

Der Pufferzonen-Schlüssel des BAFU für Moorbiotope [2] etabliert einen einheitlichen Ansatz zur Festlegung der Nährstoff-Pufferzonen.

Die Aufrechterhaltung des Wasserhaushaltes von Moorbiotopen erfordert den Einbezug angrenzender Flächen, die über die Nährstoffpufferzone hinausreichen.

# 2 Ziele

Im Projekt «*Maintien des ressources en eau dans le bassin versant des biotopes marécageux d'importance nationale*» wird ein Flächenkonzept entwickelt, das eine einheitliche Handhabung in der Festlegung ökologischer Pufferzonen zu Moorbiotopen erlaubt. Das Flächenkonzept berücksichtigt die folgenden Aspekte:

- 1 Handhabung der Moorbiotope (Moorkomplex),
- 2 Pufferzone zum Schutz vor oberflächlichen und oberflächennahen Nährstoffeinträgen aus dem direkt angrenzenden Intensivkulturland (Nährstoff-Pufferzone),
- 3 Bestimmung der für die Versorgung des Moorbiotops mit Oberflächenwasser massgeblichen Flächen und Gliederung dieser Flächen nach umsetzungsrelevanten hydrologisch-funktionalen Aspekten (Hydrologische Pufferzone).

Die verschiedenen Aspekte werden eingeführt und erläutert (Flächenkonzept). Im Sinne einer Umsetzungshilfe wird auch die GIS-gestützte Gewinnung der verschiedenen Flächentypen beschrieben, sowie Möglichkeiten ihrer planerischen Umsetzung.

# 3 Flächenkonzept

## 3.1 Moorkomplex

Flach- und Hochmoore werden in separaten Bundesinventaren geführt. In der realen Welt sind die beiden Biotoptypen häufig räumlich, genetisch und funktional ineinander verzahnt. In der Umsetzung von Massnahmen des Naturschutzes ist es insbesondere im Kontext Pufferzonen-Ausscheidung zwingend, die beiden Biotoptypen zusammenzufassen. Die Zusammenfassung von Flach- und Hochmoorbiotopen zu so genannten Moorkomplexen ermöglicht eine zweckmässige und inhaltlich konsistente Umsetzung des in der Gesetzgebung des Bundes veranker-

ten Auftrags zur Festlegung ökologisch ausreichender Pufferzonen.

Der Moorkomplex stellt eine hydrologische Einheit dar. Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse wirken sich potenziell auf den ganzen Komplex aus. In der Regel gründet der Moorkomplex auf einer durchgehenden Torfschicht.

## 3.2 Nährstoff-Pufferzone

Der Pufferzonen-Schlüssel des BAFU für Moorbiotope [2] etabliert den massgeblichen Ansatz zur Bestimmung der Nährstoff-Pufferzonen. Sie dienen der Vermeidung / Verringerung von oberflächlichem und oberflächennahem Nährstoffeintrag in die Moorbiotope.

Die Nährstoff-Pufferzone wird pro Moorkomplex-Polygon festgelegt.

## 3.3 Hydrologische Pufferzone

Die Hydrologische Pufferzone bezeichnet die für die Versorgung des Moorbiotops mit Oberflächenwasser massgeblichen Flächen. Im Sinne des Pufferzonen-Schlüssel des BAFU für Moorbiotope [2] können für diesen Perimeter flankierende Massnahmen im Hinblick auf den erforderlichen Wasserhaushalt der Moorbiotope formuliert werden.

Die Hydrologische-Pufferzone wird pro Moorkomplex-Polygon festgelegt.

### 3.3.1 Die Gliederung der Hydrologischen Pufferzone

Für die Hydrologische Pufferzone wurde im Rahmen des Projekts die folgende Gliederung in Teilflächen mit unterschiedlichen hydrologisch-funktionalen Eigenschaften erarbeitet (Tabelle 1). Aus den spezifischen Eigenschaften der Teilflächen wurden Handlungsmaximen für die Umsetzung des Moorschutzes (Formulierung flankierender Massnahmen zum Wasserhaushalt) abgeleitet.

Tabelle 1: Gliederung der Hydrologischen Pufferzone

Typ	Erläuterung	Handlungsmaxime
MK	Moorkomplex	Es gilt die in den entsprechenden Verordnungen des Bundes [3,4] festgelegte Handhabung.
EM	Wasser aus dieser Fläche strömt oberflächlich oder oberflächennah in den Moorkomplex ohne Ausprägung von Gerinnen.	Menge, Qualität und flächenhaften Zustrom des Wassers sichern. Ableitung und Drainage von Wasser aus der Fläche EM vermeiden. Disperse Verteilung des Wassers fördern, örtliche und zeitliche Konzentration des Abflusses verhindern.
EBW	Wasser aus dieser Fläche strömt gerinnegebunden in den Moorkomplex. Das zuströmende Wasser alimentiert den Moorkomplex und dessen Grundwasserspiegel.	Gerinnegebundenen Zustrom des Wassers sichern. Natürliche Entwicklung des Gerinnes zulassen. Ableitung von Wasser aus dem Gerinne vermeiden. Ableitung und Drainage von Wasser aus der Fläche EBW vermeiden.
EBE	Wasser aus dieser Fläche strömt als Fliessgewässer randlich am Moorkomplex vorbei oder durch den Moorkomplex hindurch. Veränderungen der Gerinnesohle oder des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet EBE können zur Erosion von Moorkomplex füh-	Bei Eintiefung des Gerinnes die Gerinnesohle im Bereich von Moorkomplex stabilisieren. Bei Seitenerosion im Bereich von Moorkomplex den Moorkomplex vor Seitenerosion schützen.

Typ	Erläuterung	Handlungsmaxime
	ren oder zur Absenkung des für den Moorkomplex relevanten Grundwasserspiegels.	
SA	Drainagen und Terrainveränderungen in diesen Flächen beeinträchtigen den Wasserhaushalt und das gewachsene Relief im Moorkomplex.	Bestehende Drainagen nach Möglichkeit aufheben, keine neuen Drainagen tolerieren, bauliche Terrainveränderungen vermeiden.

Abbildung 1 illustriert die Flächentypen der Hydrologischen Pufferzone am Beispiel von Hochmoor 185 (BE).

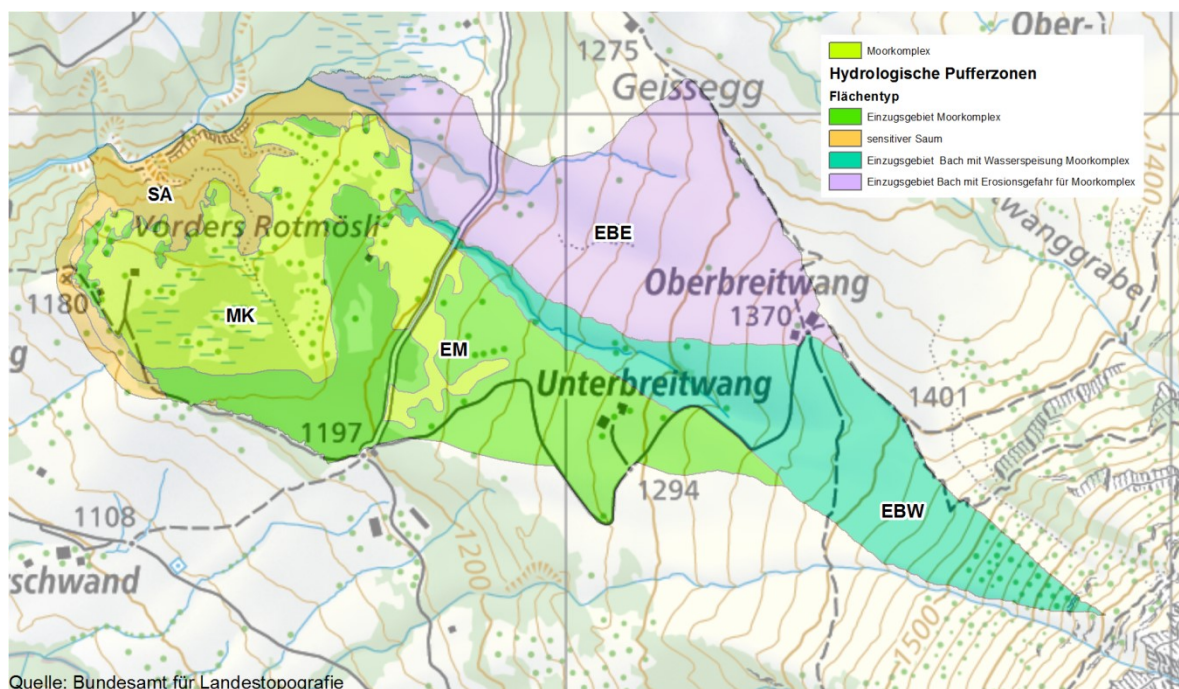


Abbildung 1: Gliederung der Hydrologischen Pufferzone

Die Gewinnung der Flächentypen erfolgt über GIS-gestützte Analysen auf einem hochauflösenden digitalen Geländemodell unter Einbezug gutachterlicher Einschätzungen (im Beispiel die Festlegung der Auslässe zu den Flächen EBW und EBE).

## 4 Grundlagen

### 4.1 Daten

Als Grundlage für die Berechnung der Hydrologischen Pufferzone werden folgende Daten verwendet:

- Moorkomplex (Gewinnung beschrieben in Kapitel 5.1)
- Höhenmodell (zum Beispiel swissALTI3D ©swisstopo)
- Gewässernetz (zum Beispiel TLM ©swisstopo)
- Strassennetz (zum Beispiel TLM ©swisstopo)

## 4.2 Software

Die Anwendung des im Folgenden beschriebenen Berechnungsverfahrens setzt die Lizenzierung von ESRI ArcGIS mit der Extension Spatial Analyst voraus.

## 5 Verfahren

Die vorgestellten Verfahren führen zu separaten Datensätzen zu Moorkomplex, Nährstoff-Pufferzone und Hydrologischer Pufferzone.

### 5.1 Moorkomplex

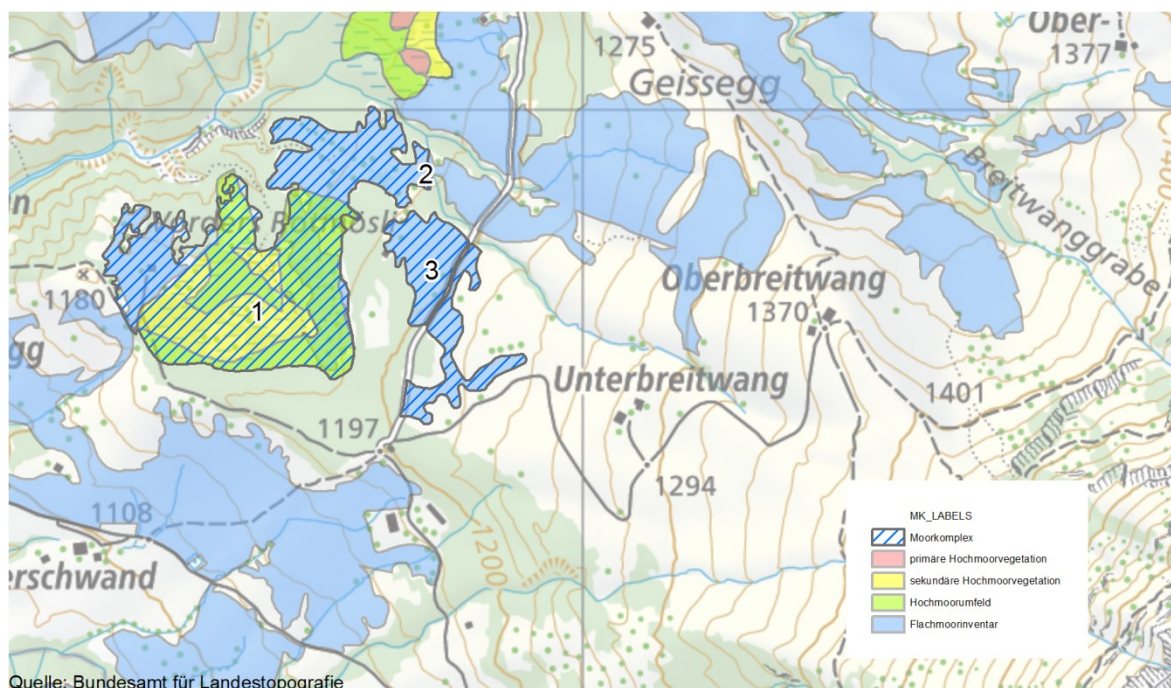


Abbildung 2: Moorkomplex

Abbildung 2 zeigt die Gewinnung eines Moorkomplexes im Bereich von Hochmoor 185 (BE).

Bei der Abgrenzung von Moorkomplex werden die Perimeter und Kartiereinheiten der Bundesinventare [3, 4] konsultiert sowie wo vorhanden, die besten verfügbaren Detailkartierungen der Moorvegetation und Torfböden der Kantone. Hochmoorvegetation, angrenzender Torfboden (Hochmoorumfeld) sowie die räumlich unmittelbar anschliessenden Flachmoore bilden den Moorkomplex (1 in Abbildung 2). Zusätzlich wird die Landschafts-Kammerung bei der Abgrenzung berücksichtigt. Wasserscheiden, Gewässer und Hangkanten sind mögliche Grenzen. In Abbildung 2 bildet der Bachlauf (2) eine Grenze. Das Flachmoor (3) liegt in derselben Landschaftskammer und ist daher Teil von Moorkomplex.

### 5.2 Nährstoff-Pufferzone

Die Anleitung zur Gewinnung der Nährstoff-Pufferzone ist Gegenstand einer separaten Dokumentation [5].



## 5.3 Hydrologische Pufferzone

Die Anleitung zur Berechnung der Hydrologischen Pufferzone und ihrer Teilflächen setzt Konzepte und Verfahren im Umgang mit Rasteranalysen und spezifisch mit digitalen Geländemodellen voraus, die hier nicht im Detail beschrieben werden. Sie betreffen die Aufbereitung von Geländemodellen für die hydrologische Modellierung und sind dokumentiert in [6].

Die Pufferzonen-Berechnung erfolgt pro Moorkomplex Teilfläche (Singlepart-Polygon).

Die Anleitung beschreibt mögliche Ansätze zur Gewinnung der in 3.3.1 beschriebenen Teilflächen. Die technische Umsetzung ist dokumentiert mit den entsprechenden Funktionsaufrufen für ArcGIS.

### 5.3.1 Berechnung Interpretationshilfen

Auf Basis des digitalen Terrainmodells DTM ( $\Leftrightarrow$  Oberflächenmodell DOM) werden als Interpretationshilfen Fließlinien und eine hochauflösende Einzugsgebietsgliederung berechnet. Vorgängig ist der massgebliche Berechnungsausschnitt zu bestimmen.

#### Fließlinien

```
fd = sa.FlowDirection(dtm, "FORCE")
fa = sa.FlowAccumulation(fd)
# für die Klassierung von fa ist eine sinnvolle Einteilung zu wählen
# sie ist abhängig von der Auflösung des dtm.
remap = arcpy.sa.RemapRange([[0,1000,"NODATA"], [1000,5000,1], [5000,10000,2],
[10000,20000,3], [20000,10000000,4]])
reclass_FA = arcpy.sa.Reclassify(fa, "Value", remap, "NODATA")
arcpy.sa.StreamToFeature(reclass_FA, fd, "Fließlinien","NO_SIMPLIFY")
```

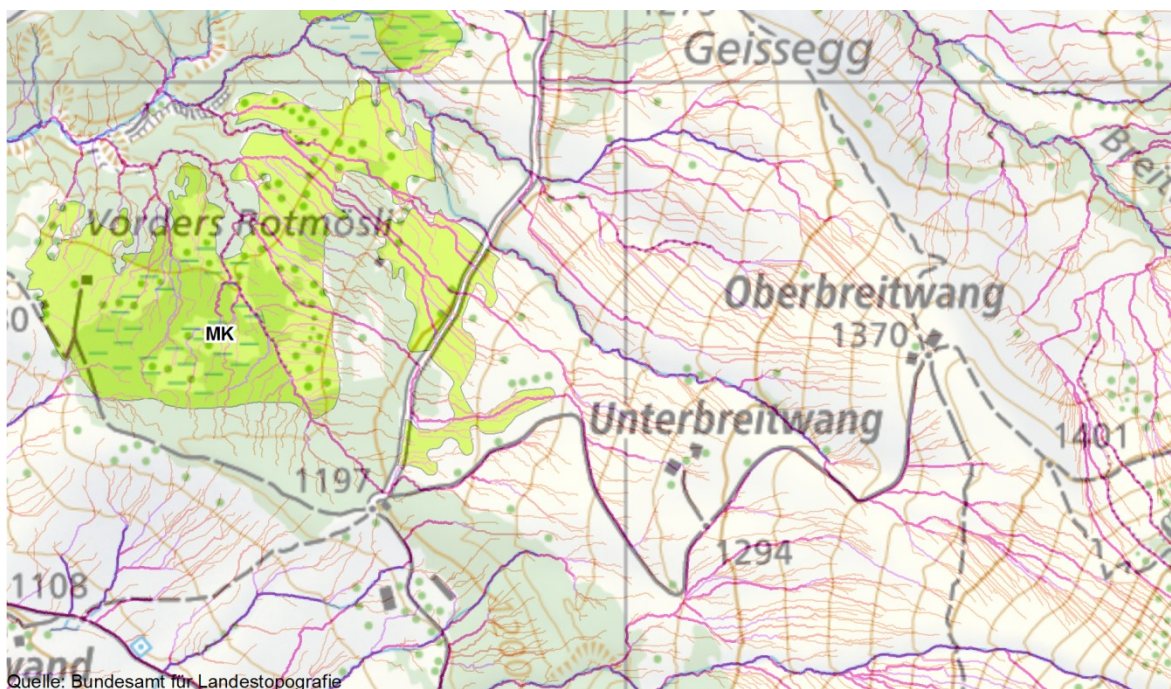


Abbildung 3: Fließlinien

Die Abbildung zeigt, dass die Fließlinien auch auf bauliche Gegebenheiten reagieren (Ablenkung entlang von Strassen) und auch von den real existierenden Gewässern abweichen können (Verdacht auf bauliche Ablenkung des Gewässers).

## Einzugsgebietsgliederung

```
# berechne Einzugsgebiete für Flowaccumulation >= 1000 Pixel
# Die Anzahl Pixel ist in Abhängigkeit von der Auflösung des dtm zu wählen.
stream = arcpy.sa.Con(fa >= 1000, 1)
outStreamLink = arcpy.sa.StreamLink(stream, fd)
stream_fa = arcpy.sa.Con(stream == 1, fa)
zs_maxFA = sa.ZonalStatistics(outStreamLink,"Value", stream_fa, "MAXIMUM",
"DATA")
ppWS = arcpy.sa.Con(zs_maxFA == stream_fa, outStreamLink)
WS = sa.Watershed(fd, ppWS)
arcpy.RasterToPolygon_conversion(WS, "Einzugsgebiete", "NO_SIMPLIFY", "value")
```

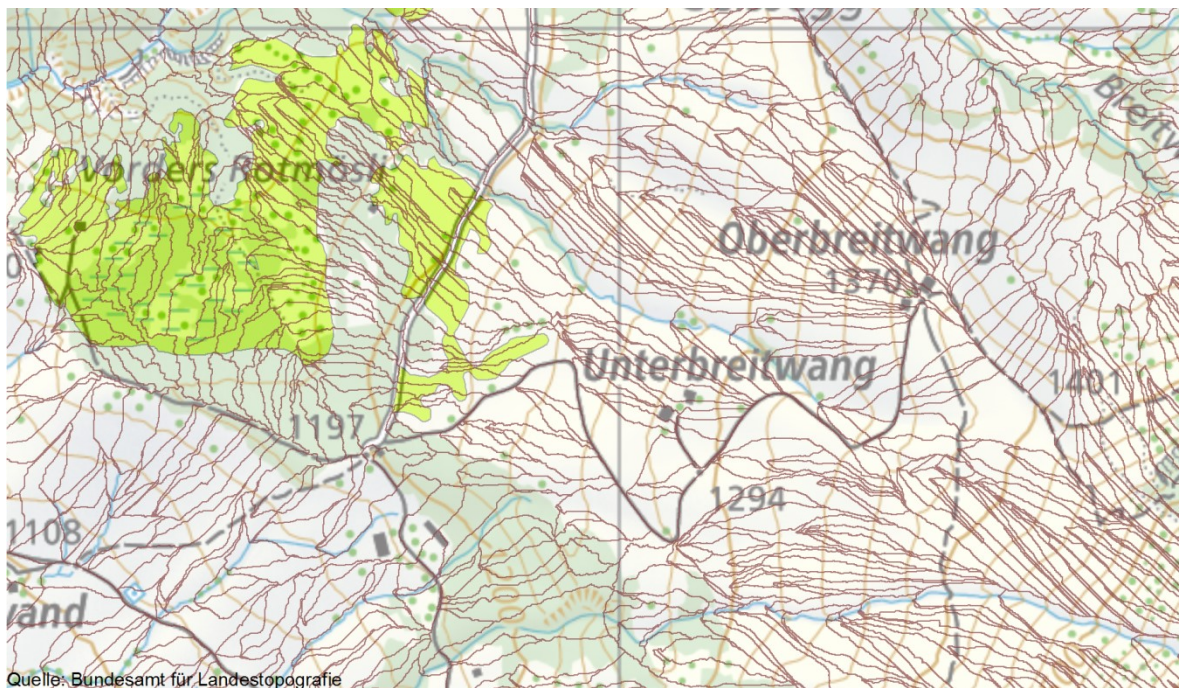


Abbildung 4: hochauflösende Einzugsgebietsgliederung

Die Modifikation der hydrologischen Gliederung durch Strassen zeigt sich auch in der hochauflösenden Einzugsgebietsgliederung.



### 5.3.2 Berechnung Flächen EM

Das Einzugsgebiet der Fläche Moorkomplex wird für das massgebliche Moorkomplex-Polygon berechnet.

```
# berechne Einzugsgebiete Polygon Features "Moorkomplex"
emWS = arcpy.sa.Watershed(fd, "Moorkomplex")
arcpy.RasterToPolygon_conversion(emWS, "FlaechenEM", "NO_SIMPLIFY", "value")
```

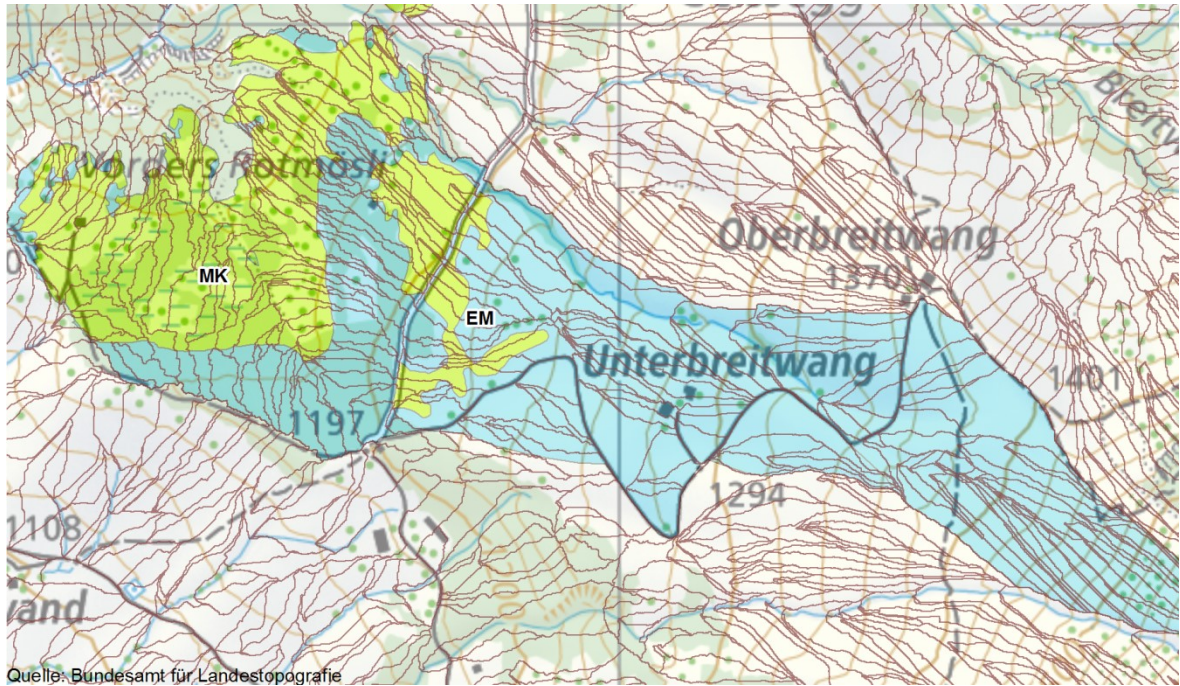


Abbildung 5: Flächen EM: Einzugsgebiet von Moorkomplex

### 5.3.3 Berechnung Flächen SA

Der bezüglich Drainagen und Geländeänderungen sensitive Saum SA wird über ein Abstandskriterium zur Fläche Moorkomplex berechnet. Der sensitive Saum dient im Randbereich unterhalb von Moorkomplex als Vorkehrung gegen Aktivitäten mit drainierender Wirkung (Wasserentzug aus Moorkomplex) oder Aktivitäten, die einen Substanzverlust von Moorkomplex zur Folge haben könnten (bauliche Umgestaltung des Terrains). Als relevanter Abstand wird eine Breite von 50 Metern festgelegt.

```
# berechne sensitiven Saum zu Polygon Features "Moorkomplex"
# in Absprache mit der Naturschutzfachstelle (ANF BE)
# wird dieser Abstand auf 50 Meter festgelegt
arcpy.Buffer_analysis("Moorkomplex", "FlaechenSA", "50 Meters")
```

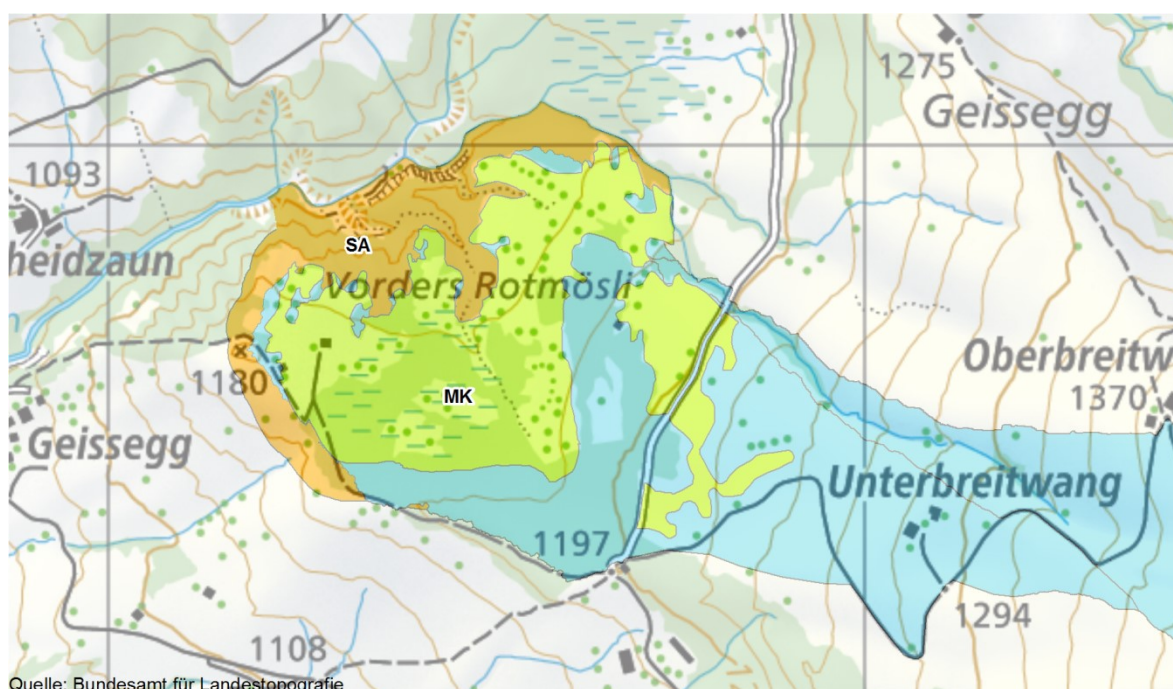


Abbildung 6: Sensitiver Saum zu Moorkomplex

Ein sensitiver Saum wird ausserhalb des Einzugsgebiets unterhalb von Moorkomplex festgelegt. Abbildung 6 zeigt dass der berechnete sensitive Saum den naturräumlichen Gegebenheiten angepasst werden kann. Im Beispiel schliesst der Saum an Gewässer im Randbereich von Moorkomplex an.



### 5.3.4 Interpretation und Berechnung Flächen EBW und EBE

Die an Gerinne gebundenen Entwässerungen EBW (Zustrom von Bachwasser in den Moorkomplex) und EBE (Einzugsgebiet zu einem Gerinne mit Erosionspotenzial im Bereich von Moorkomplex) werden in einem Interpretationsschritt identifiziert. Am Auslass der interessierenden Einzugsgebiete wird ein Punkt auf der darunterliegenden Fließlinie erfasst. Mit den Punkten können die interessierenden Einzugsgebiete gerechnet werden.

```
# berechne Flächen EBW zu Punkt Feature "PP_EBW"
ebwWS = arcpy.sa.Watershed(fd, "PP_EBW")
arcpy.RasterToPolygon_conversion(ebwWS, "FlaechenEBW", "NO_SIMPLIFY", "value")

# berechne Flächen EBE zu Punkt Feature "PP_EBE"
ebeWS = arcpy.sa.Watershed(fd, "PP_EBE")
arcpy.RasterToPolygon_conversion(ebeWS, "FlaechenEBE", "NO_SIMPLIFY", "value")
```

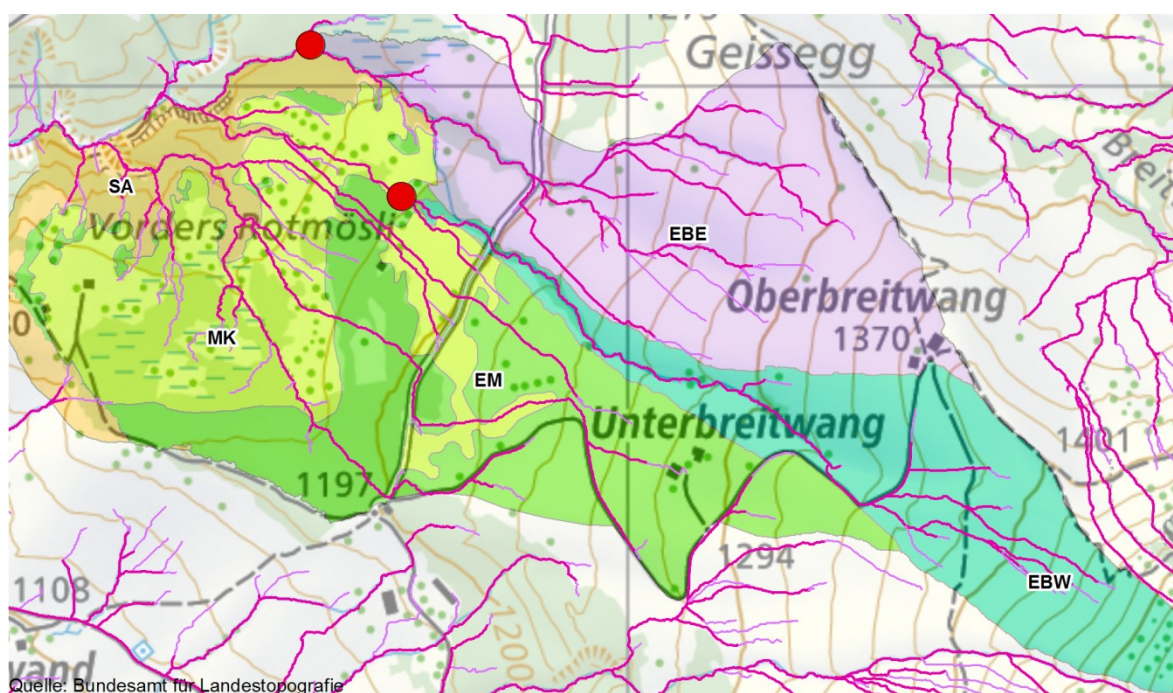


Abbildung 7: Einzugsgebiete EBW und EBE

Die Abbildung zeigt die erfassten Punkte, die resultierenden Einzugsgebiete. Der Auslass zu Fläche EBE wurde so festgelegt, dass die Bachstrecke im Randbereich von Moorkomplex Teil der Hydrologischen Pufferzone ist. Der Auslass zu Fläche EBW wurde dort festgelegt, da die Fließlinien zeigen, dass dort ein substantieller Eintrag von Wasser aus einer Rinne in den Moorkomplex erfolgt.

### 5.3.5 Zusammenzug und Modell

Die gemäss der vorliegenden Anleitung gewonnen Teilflächen werden in einer Klasse zusammengeführt. Abbildung 1 zeigt eine mögliche Darstellung der Ergebnisse. Eine zweckmässige Strukturierung dieser Datensätze überlassen wir bewusst den Anwendern, ebenso die Festlegung von topologischen Anforderungen. Diese sind abhängig von den vorgesehenen Anwendungen. Wir empfehlen, die etablierte Gliederung (MK, EM, EBW, EBE, SA) in einem Attribut zu dokumentieren.

## 6 Planerische Umsetzung

Für die Objekte des Flächenkonzepts gelten individuelle planerische Umsetzungsmöglichkeiten.

### 6.1 Moorkomplex

Bei der Ausscheidung der Moorkomplexe werden behördenverbindliche Festlegungen konsultiert (die Perimeter der Bundesinventare) und hochauflösende Erhebungen (Detailkartierungen, Falschfarben-Infrarot Orthofotos). Die Verwendung von Moorkomplex für grundeigentümerverbindliche Festlegungen (zum Beispiel in Nutzungsverträgen) erfordert zusätzlich eine Abstimmung auf Eigentumsgrenzen.

### 6.2 Nährstoff-Pufferzone

Das in [2,5] beschriebene Vorgehen mündet in grundeigentümerverbindliche Festlegungen. Die Ergebnisse aus 5 (ohne Feldbefunde) können als Hinweise in der Richt-/Sachplanung verwendet werden.

### 6.3 Hydrologische Pufferzone

Die Teilflächen der Hydrologischen Pufferzone können in ihrer Gesamtheit als Vorsorgeperimeter in der Richt-/Sachplanung verwendet werden. Mit der Darstellung des Vorsorgeperimeters im Richtplan als Hinweis können die zuständigen Fachstellen bei Mitberichten oder bei der Erteilung von Bewilligungen zur Berücksichtigung der Hydrologischen Pufferzone verpflichtet werden.