



## **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

## **Ausscheidung von Nährstoffpufferzonen 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
0.0	09.11.2017	3333 BE cau, gsp Nährstoffpufferzonen.docx	Caduff, Gsteiger	Gsteiger	Projekt
1.0	05.12.2017	3333 BE cau, gsp Nährstoffpufferzonen.docx	Caduff, Gsteiger	Gsteiger	<a href="https://marais.ch">https://marais.ch</a>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ziel .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>1</b>
3.1	Daten.....	1
3.2	Software .....	1
<b>4</b>	<b>Verfahren .....</b>	<b>1</b>
4.1.1	Berechnung neigungsbasierter NSPZ-Vorschlag .....	2
4.1.2	Berechnung Interpretationshilfen .....	4
4.1.3	Interpretation und Bereinigung .....	6
4.1.4	Validierung NSPZ-Vorschlag im Feld .....	9

## Referenzierte Dokumente

- [1] 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.
- [2] Caduff, U., Gsteiger, P. (2017): Flächenkonzept ökologische Pufferzonen 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.
- [3] Python-Skript „ErstellungGrundlagenNSPZ.py“,  
Bezug als Download von <https://marais.ch>

# 1 Ausgangslage

Moorkomplexe sind georeferenzierte Umsetzungsperimeter zu Moorbiotopen. Ihre Gewinnung ist beschrieben in [2]. Die Festlegung von Nährstoffpufferzonen (NSPZ) zu Moorkomplexen erfolgt anhand des Pufferzonenschlüssels [1] des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Die Festlegung der beim Düngen einzuhaltenden Mindestabstände berücksichtigt die vorhandene Moorvegetation, die lokale Topographie, das Vorhandensein von Wald, Strassen und Gewässern sowie Aspekte, die eine Beurteilung vor Ort erfordern (Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung und andere).

Mit GIS-Analysen können die topographischen Kriterien des Pufferzonenschlüssels [1] unter Einbezug hochauflösender Geländemodelle abgebildet werden. Auch für den Einbezug von Wald, Strassen und Gewässern stehen in der Regel zweckmässige Geodaten zur Verfügung.

# 2 Ziel

Im Sinne einer Arbeitsanleitung wird ein möglicher Workflow zur Gewinnung eines Nährstoffpufferzonen-Vorschlags auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells dokumentiert. Die Anleitung beschreibt auch die nachgelagerten manuellen Bereinigungs Schritte auf den resultierenden Geodaten und leitet über zu den Arbeitsschritten, die eine Beurteilung vor Ort erfordern.

# 3 Grundlagen

## 3.1 Daten

Als Grundlage für die Berechnung der NSPZ werden folgende Daten verwendet:

- Moorkomplex (Gewinnung beschrieben in [2])
- Höhenmodell (zum Beispiel swissALTI3D ©swisstopo)
- Gewässernetz (zum Beispiel TLM ©swisstopo)
- Strassennetz (zum Beispiel TLM ©swisstopo)
- Waldfläche (zum Beispiel TLM ©swisstopo oder Luftbild)

## 3.2 Software

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

Die konkrete technische Umsetzung (Berechnungskern) ist auch verfügbar als Python-Skript [3].

# 4 Verfahren

Das hier vorgestellte GIS-gestützte Berechnungsverfahren liefert einen topographie-basierten berechneten Vorschlag für die Nährstoffpufferzone. Dabei werden im Sinne einer Worstcase-Annahme in Abhängigkeit von der an den Moorkomplex angrenzenden Geländeneigung die gemäss Pufferzonenschlüssels [1] des Bundesamtes für Umwelt BAFU maximal möglichen NSPZ bestimmt. Tabelle 1 zeigt die im Berechnungsverfahren berücksichtigten Neigungsklassen und die resultierenden Pufferbreiten.

Tabelle 1: Neigungskategorien und Pufferbreiten

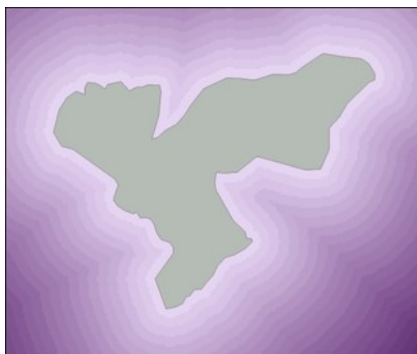
Kategorie	Hangneigung [%]	Pufferbreite [m]
Gelände vom Moor weg geneigt	$i \leq -3$	0
Ebene Fläche	$-3 < i \leq +3$	30
Erkennbar geneigt	$+3 < i \leq +40$	40
Stark geneigt	$i > 40$	45

Der berechnete Vorschlag wird manuell bereinigt unter Einbezug weiterer Geodaten zu Wald, Strassen, und Gewässern. Für eine eigentümerverbindliche Festlegung der NSPZ muss der bereinigte Vorschlag lokal vor Ort überprüft und verfeinert werden.

Nachfolgend werden die Teilschritte des Berechnungsverfahrens und ihre Umsetzung unter esri ArcGIS (Extension Spatial Analyst) beschrieben. Dabei erfolgt die Pufferzonen-Berechnung pro Moorkomplex Teilfläche (Singlepart-Polygon).

#### 4.1.1 Berechnung neigungsbasierter NSPZ-Vorschlag

##### 1. Horizontaldistanz Moorkomplex bestimmen



Rasterbasierte Berechnung der Horizontaldistanz zum Moorkomplex-Rand in der Auflösung des massgeblichen Höhenmodells.

```
outEucDistance = arcpy.sa.EucDistance("Moorkomplex", "", cellsize)
```

##### 2. Höhe am Rand von Moorkomplex bestimmen

Dazu wird die DTM-Höhe im Randbereich von Moorkomplex abgefragt.

```
HoeheMoor = arcpy.sa.Con(outEucDistance, DTM, "", 'value < 0.01')
```

##### 3. Höhe am Moorkomplex-Rand in den Berechnungsausschnitt extrapolieren

Da das Spatial Analyst-Werkzeug „Euclidean Allocation“ nur mit Integer-Raster funktioniert, wird das Raster vorgängig von Meter in Zentimeterwerte konvertiert. Vom Zentimeter-Raster werden dann die Nachkommastellen abgeschnitten, um ein Integer-Raster zu erhalten.

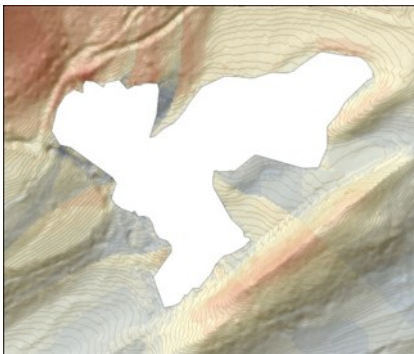
```
HoeheMoorCM = arcpy.sa.Int(100 * HoeheMoor)
```



Die Zentimeterhöhen werden mit dem Spatial Analyst-Werkzeug „Euclidean Allocation“ in die Fläche extrapoliert. Nach der Extrapolation werden die Zentimeterwerte mittels Division durch 100 wieder in Meterwerte umgewandelt. Jeder Pixel des Berechnungs-Ausschnitts weist nun den Höhenwert des nächstgelegenen Moorrandpixels auf.

```
outEucAllocation = arcpy.sa.EucAllocation(HoeheMoorCM)
outEucAllocation_Meter = arcpy.sa.Float(outEucAllocation/100.0)
```

#### 4. Pauschalgefälle berechnen



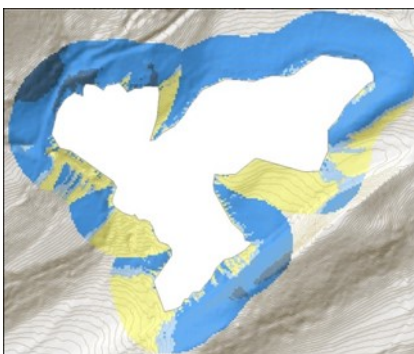
Das Pauschalgefälle für jeden Pixel berechnet sich aus der Differenz seiner Höhe im DTM zur Höhe vom Moorkomplexrand (aus Schritt 3) unter Einbezug der horizontalen Distanz dieser beiden Pixel (aus Schritt 1).

Die Abbildung links zeigt das Pauschalgefälle im Berechnungsausschnitt. Blaue Bereiche weisen ein negatives Pauschalgefälle auf, rote Bereiche ein positives Pauschalgefälle.

```
PG = ((arcpy.sa.Raster(DTM) - arcpy.sa.Raster(outEucAllocation_Meter)) /
      arcpy.sa.Raster(outEucDistance))
```

#### 5. Klassierung Pauschalgefälle

Das Ergebnis aus Schritt 4 wird gemäss den Angaben in Tabelle 1 klassiert und auf die maximal mögliche Ausdehnung der Pufferzone begrenzt



Eine klassierte Darstellung des Rasterlayers kann unter Umständen bereits als Grundlage für die Ausscheidung der NSPZ reichen. Im Berechnungsbeispiel wird das Pauschalgefälle mittels klassiert und auf die 45 m rund um den Moorkomplex beschränkt.

```
outrecl = arcpy.sa.Reclassify(PG, "VALUE", arcpy.sa.RemapRange([[-10,-0.03,0],
[-0.03, 0.03, 1], [0.03, 0.4, 2], [0.4, 10, 3]]), "NODATA")

outCon = Con(outEucDistance, outrecl, "", "VALUE ≤ 45")
```

## 6. Aggregation klassierte Pauschalgefälle



Die Aggregation des Pauschalgefälles erfolgt in drei Schritten.

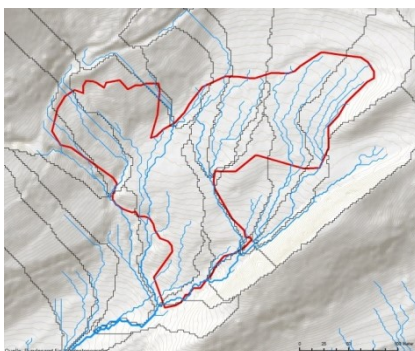
Im ersten Schritt werden angrenzende Flächen zu Moorkomplex mit einem Pauschalgefälle  $i > -3\%$  ausgeschieden. Die dadurch erhaltene Zone wird von Kleinstflächen bereinigt, Löcher werden mit einem Flächenkriterium gefüllt (z.B. 200 m<sup>2</sup>). Kleinstflächen werden nicht berücksichtigt. Für diese Kategorie gilt eine Pufferbreite von 30 m (Tabelle 1). Somit werden Pixel in einer konnektiven Distanz  $d \leq 30$  m zum Moorkomplex berücksichtigt.

Danach werden Pixel mit Pauschalgefälle  $i > 3\%$  ausgeschieden. Analog zur ersten Zone werden Kleinstflächen bereinigt und Pixel in einer konnektiven Distanz von  $d \leq 10$  m zur vorher ausgeschiedenen Zone werden berücksichtigt.

Für Pixel mit einem Pauschalgefälle  $i > 40\%$  wird das Prozedere ein drittes Mal durchgeführt (Kleinstflächenbereinigung, konnektive Distanz zur vorher ausgeschiedenen Fläche  $d \leq 5$  m). So entsteht eine Pufferzone, welche je nach Pauschalgefälle 0 m, 30 m, 40 m oder 45 m beträgt.

Die konkrete technische Umsetzung (Berechnungskern) ist auch verfügbar als Python-Skript [3].

### 4.1.2 Berechnung Interpretationshilfen



Auf Basis des DTM werden folgende Interpretationshilfen berechnet:

- Höhenlinien (Äquidistanz 1 m)
- Hillshade
- Fliesslinien
- Einzugsgebietsgliederung

Die berechneten Datensätze werden für Abgrenzungsentscheide am Bildschirm konsultiert.



## Höhenlinien, Hillshade

```
arcpy.sa.ContourWithBarriers(momDTM, "Contours"), "", "POLYLINES", "", "", "", 1)

Hillshade = arcpy.sa.EucDistance("Moorkomplex", "", cellsize)
```

## Fließlinien

```
fd = arcpy.sa.FlowDirection(dtm, "FORCE")

fa = arcpy.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([[0,200,"NODATA"], [200,1000,1], [1000,5000,2],
                             [5000,20000,3], [20000,10000000,4]])
reclass_FA = arcpy.sa.Reclassify(fa, "Value", remap, "NODATA")

arcpy.sa.StreamToFeature(reclass_FA, fd, "Fließlinien","NO_SIMPLIFY")
```

## 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 = arcpy.sa.ZonalStatistics(outStreamLink,"Value", stream_fa, "MAXIMUM",
                                     "DATA")

ppWS = arcpy.sa.Con(zs_maxFA == stream_fa, outStreamLink)

WS = arcpy.sa.Watershed(fd, ppWS)

arcpy.RasterToPolygon_conversion(WS, "Einzugsgebiete", "NO_SIMPLIFY", "value")
```

### 4.1.3 Interpretation und Bereinigung

#### 1. Übersicht



Abbildung 1: Berechneter NSPZ-Vorschlag

Interpretation und Bereinigung der in Schritt 6 automatisch berechneten Nährstoffpufferzonen erfolgen unter Einbezug weiterer Geodatenätze (Wald, Strassen, Gewässer). Im Beispiel (Abbildung 1) vermittelt die Landeskarte 1:25'000 einen Eindruck von der Umgebung des Moorbiotops.

## 2. Einbezug von Wald, Strassen und Gewässer

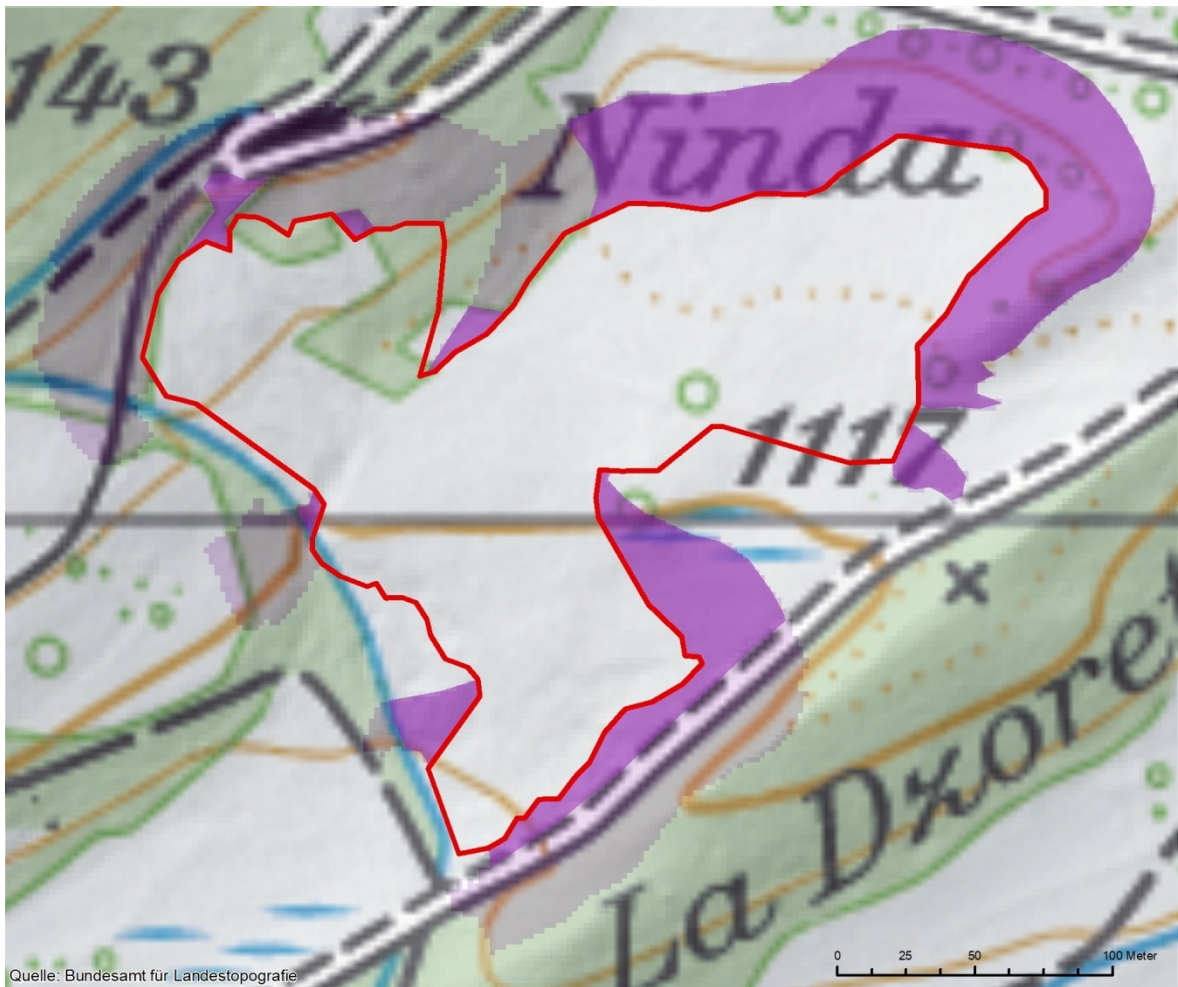


Abbildung 2: Anpassung auf Wald, Strassen, Gewässer

Der Pufferzonenschlüssels [1] besagt, dass bei vorbeiführenden, nicht regelmässig überschwemmenden Bächen mit gutem Durchfluss keine Nährstoff-Pufferzone benötigt wird.

Auch angrenzender Wald erfordert keine Nährstoff-Pufferzone, wenn keine Gefahr von Nährstoff-Auswaschung besteht.

Strassen sind für die Ausscheidung der NSPZ ebenfalls potenziell begrenzende Strukturen. Je nach Strassenführung, Kofferung, Belag und Entwässerung kann die Strasse den Nährstoff-Eintrag hemmen oder fördern.



### 3. Einbezug Gelände

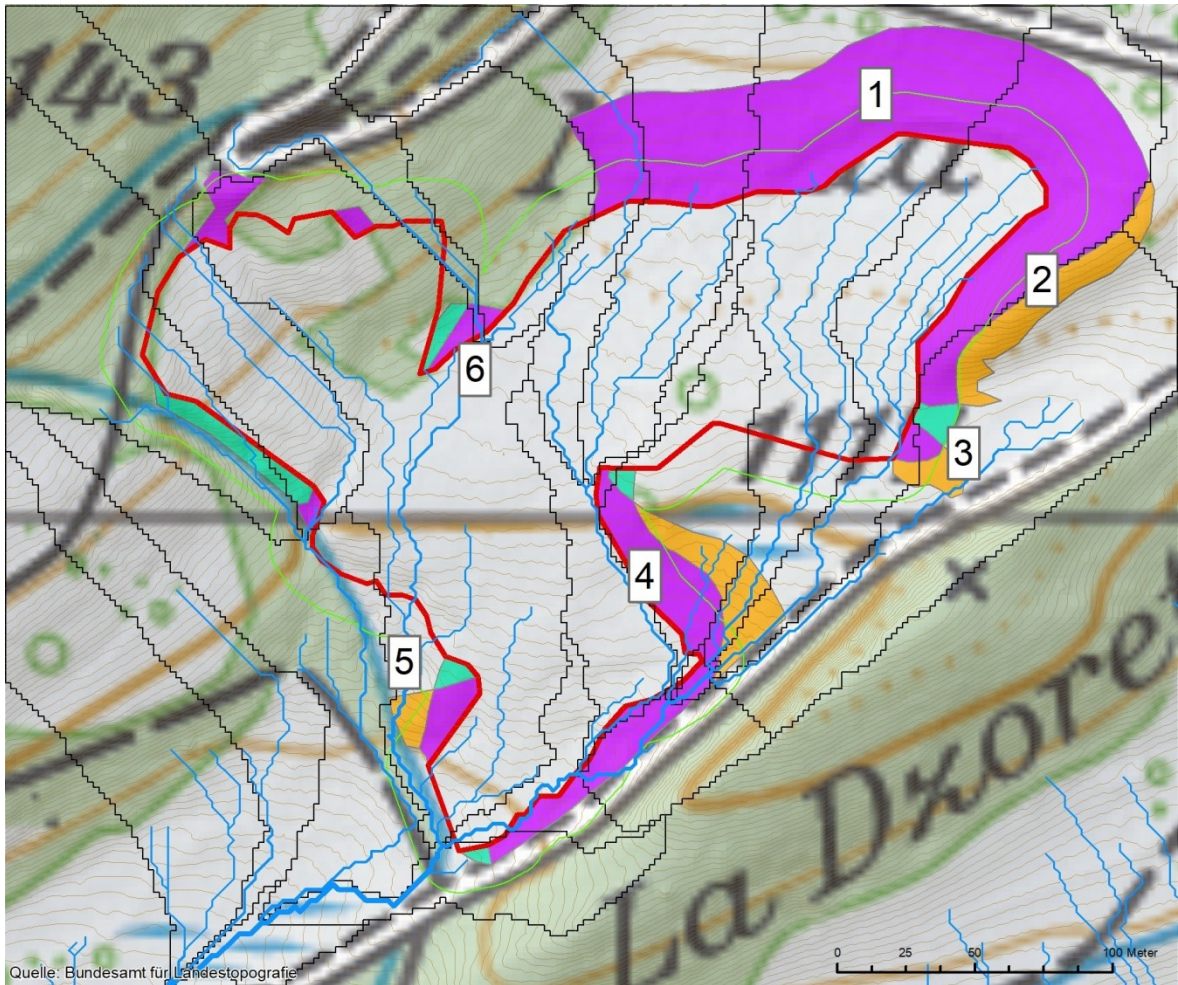


Abbildung 3: Anpassungen Gelände

Flächen orange: die Fläche wird aus dem berechneten Vorschlag gelöscht.

Flächen grün: die Fläche ergänzt den berechneten Vorschlag.

In Gebieten, die über offenes Gelände in den Moorkomplex entwässern, kann die berechnete NSPZ übernommen werden (1).

Wasserscheiden im Gelände (2) sind in der Abgrenzung zu berücksichtigen. Die moorabgewandte Seite entwässert hier nicht zum Moor.

Bei hangparallelen Situationen (benachbarte Lagen auf derselben Höhe und mit derselben Exposition) wird die berechnete Pufferdistanz zumindest halbiert (3, 4, 5).

Im Bereich von Nummer 6 ist der automatisch generierte Vorschlag mangelhaft, hier wurde die fehlende Fläche manuell ergänzt.

#### 4.1.4 Validierung NSPZ-Vorschlag im Feld

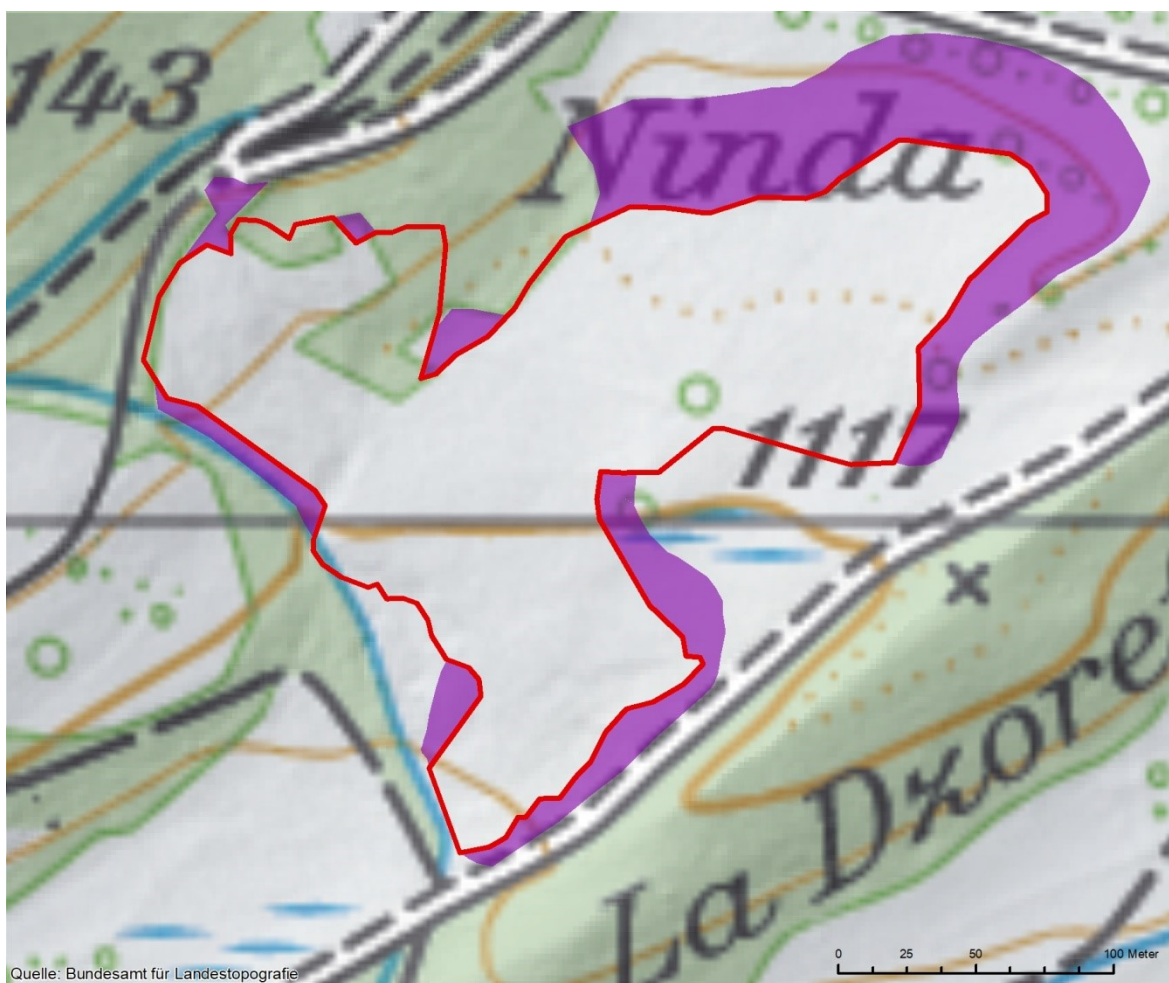


Abbildung 4: Bereinigter NSPZ-Vorschlag für die Feldverifikation

Der mit dem GIS-gestützten Berechnungsverfahren gewonnene Vorschlag ist in der Regel eher gross gefasst. Er beruht auf pessimistischen Annahmen zu massgeblichen Aspekten wie zum Beispiel der Nutzungsintensität.

Neben den topographischen Gegebenheiten sowie Wald, Strassen und Gewässern sieht der Pufferzonenschlüssel [1] auch eine Berücksichtigung von Aspekten vor, die mangels geeigneter Datengrundlagen eine Beurteilung vor Ort erfordern:

- Empfindlichkeit der Vegetation im Moor gegen Nährstoffzufuhr,
- Nutzungsintensität auf der angrenzende Fläche,
- Boden-Durchlässigkeit auf der angrenzenden Fläche,
- Boden-Wasserhaushalt der angrenzenden Fläche,
- Schutzwirkung in Bezug auf Nährstoffeintrag von Strassen / Gewässer.

Deshalb wird der bereinigte Nährstoffpufferzonen-Vorschlag vor Ort verfeinert und an lokale Gegebenheiten wie Parzellengrenzen oder Geländestrukturen angepasst. Die Feldabklärungen führen in vielen Fällen zu einer Verminderung der berechneten Abstände. Ziel der Anpassungen vor Ort ist auch die Gewährleistung einer praktikablen Bewirtschaftung der einzelnen Parzellen. Diese finale Abstimmung erfolgt unter Einbezug der Bewirtschafter.