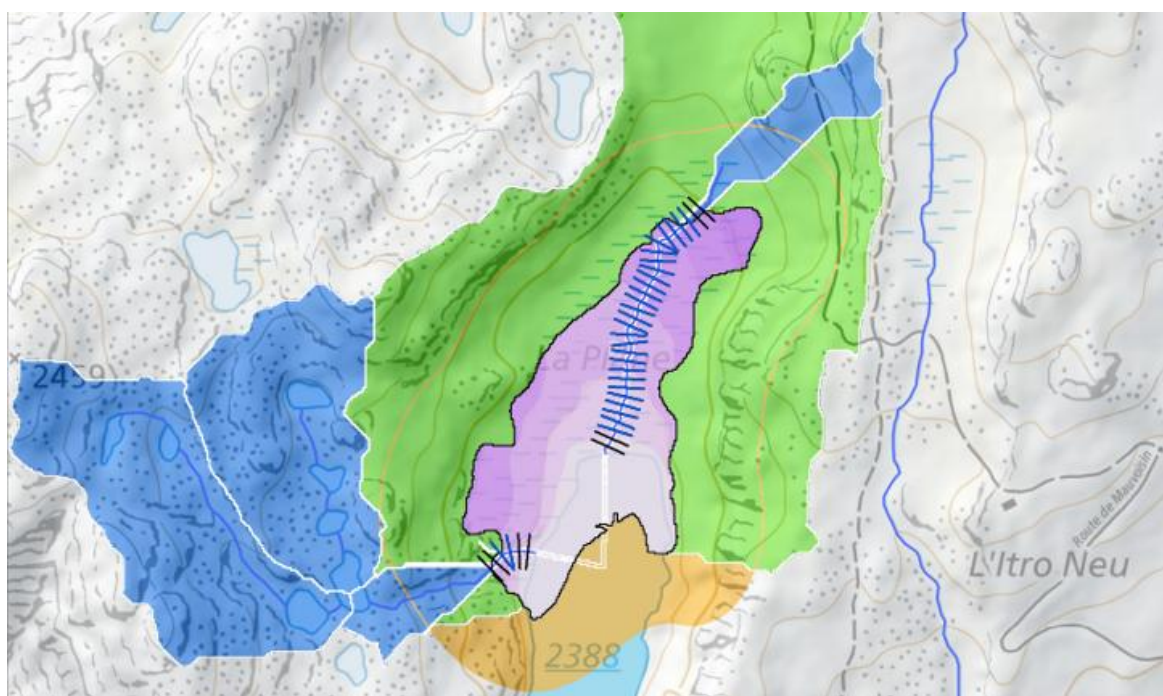


Teilprojekt 1: Bestimmung topographischer Einzugsgebiete und moorhydrologischer Hinweisperimeter für Hoch- und Flachmoore von nationaler Bedeutung

Bericht



Bern, 03.10.2025

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)
im Rahmen des Pilotprojekts A2.1 des Aktionsplans der Strategie Biodiversität Schweiz (AP
SBS):
«Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren»

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Biodiversität & Landschaft, Sektion Biodiversitätspolitik
CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

geo7 AG, geowissenschaftliches Büro
Neufeldstrasse 5-9, CH-3012 Bern

Autorenschaft

Ursin Caduff (geo7 AG, geowissenschaftliches Büro)
Peter Gsteiger (geo7 AG, geowissenschaftliches Büro)
Philippe Grosvernier (LIN'eco)
Célien Montavon (CEM'eco)

Gesamtprojektleitung BAFU

Gian-Reto Walther (Abt. Biodiversität und Landschaft)

Gesamtprojektleitungsunterstützung

Michael Hermann (PrivatePublicConsulting GmbH)
Andreas Scharnowski (PrivatePublicConsulting GmbH)
Lena Gubler (WSL)
Florian Knauss (ETH Zürich)

Begleitgruppe

Samuel Vogel (BLW)
Gudrun Schwilch (BAFU, Abt. Boden)
Patricia Gerber-Steinmann (KBNL)
Kurt Hollenstein (KOK), Lucas Wettstein (KOLAS)
Ariel Bergamini (WSL)

Hinweis

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Referenzierte Dokumente

- [1] LIN'eco, Ph. Grosvernier et al. 2018. Maintien des ressources en eaux dans le bassin versant des biotopes marécageux d'importance nationale: www.marais.ch Projet mis en oeuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de l'environnement OFEV et les cantons AG BE FR GE GR JU LU NE OW SG TI UR VD VS ZG ZH.
- [2] Klaus G. (Red.) 2007: Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Umwelt-Zustand Nr. 0730. Bundesamt für Umwelt, Bern. 97 S.
- [3] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1992/2002: Handbuch Moorschutz in der Schweiz.
- [4] Bergamini A. et al 2025: Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS): Zustand und Veränderungen in den Biotopen von nationaler Bedeutung nach zwei Erhebungsperioden, WSL Berichte / Heft 174, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).
- [5] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1997: Pufferzonen-Schlüssel. Leitfaden zur Ermittlung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen für Moorbiotope, 2. Auflage.
- [6] Bundesgerichts-Urteil BGE/ATF 124 II 19 von 1997 zu ökologisch ausreichenden Pufferzonen.
- [7] Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2018: Bericht zu Handen der UREK-S zu rechtlichen und sachlichen Fragen des Moorschutzes. Referenz/Aktenzeichen: R381-0969, 29. Oktober 2018.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz	2
1.2	Ökologisch ausreichende Pufferzonen	2
1.3	Das Verfahren «espace marais»	2
1.4	Die schweizweite Berechnung moorhydrologischer Hinweisperimeter	3
1.5	Das Mengengerüst	3
1.6	Die Datengrundlagen	4
2	Methodik	5
2.1	Die moorhydrologisch relevanten Gebiete	5
2.2	Die Gewinnung der Moorkomplexe	5
2.3	Die Berechnung des sensitiven Saums	6
2.4	Die Berechnung der Einzugsgebiete	7
2.4.1	Kleinstkorrekturen der Objektgeometrien	7
2.4.2	Die Hydrologische Korrektur des Höhenmodells	8
2.4.3	Die Handhabung grosser Gewässer und Seen	8
2.4.4	DTM-Korrekturen im Bereich von Verkehrswegen	9
2.4.5	Die Handhabung von Senken	9
2.5	Die Bestimmung der Einzugsgebietstypen	10
2.5.1	Die Handhabung von Entwässerungsgräben	10
2.5.2	Die Handhabung von Moor-nahen Gewässern	11
2.5.3	Die Herleitung des Einzugsgebiets-Typs in Verbindung mit Gewässern	12
2.5.4	Relevanz-Analyse zu den Querprofilen	13
2.5.5	Senken-Einzugsgebiete	14
2.6	Fachlich-gutachterliche Qualitätssicherung	15
3	Resultate	17
3.1	Aufbau Abgabedatensatz	17
3.2	Beschreibung Datenmodelle Abgabe-Datensatz	17
3.3	Die Konsultation der Resultate im GIS / als PDF	19
3.4	Die Ergebnisse in Zahlen	21
4	Ausblick	22
Anhang A	Datenmodelle Abgabedatensatz	24
Anhang B	Der Workflow «espace marais»	29
Anhang C	Kriterien «Sensitiver Saum»	30

Management Summary

Gemäss geltenden Rechtsgrundlagen sind die in den Bundesinventaren enthaltenen Hoch- und Flachmoore mit «ökologisch ausreichenden Pufferzonen» zu schützen, und der Gebietswasserhaushalt muss erhalten bzw. verbessert werden. Zur Sicherung der Wasserressourcen der Moorbiootope bestehen in der Schweiz bislang keine Grundlagendaten. Das vorliegende Projekt schließt nun einen Teil dieser Lücke. Auf Grundlage der bestehenden Methodik aus dem Projekt «espace marais» [1] wurde vom BAFU das vorliegende Teilprojekt (Teilprojekt 1) initiiert, dank welchem für alle Objekte der nationalen Hoch- und Flachmoorinventare der moorhydrologische Hinweisperimeter räumlich ausgedehnt wird.

Der moorhydrologische Hinweisperimeter ist ein in GIS automatisiert berechnetes Gebiet, welches aus hydrologischer Sicht Einfluss auf ein Moorbiotop hat. Die Abgrenzung des Perimeters erfolgt mittels komplexer Berechnungsmethodik und unter Zuzug diverser Geodaten, jedoch ohne Feldarbeit oder spezifischen Lokalkenntnisse. Im Rahmen der Qualitätssicherung fand weiter eine Begutachtung jedes Resultatperimeters durch einen Moorspezialisten statt. In der GIS-Berechnung wurde zusätzlich zur Ausscheidung des Perimeters eine funktionale Charakterisierung der Flächen des moorhydrologischen Hinweisperimeters vorgenommen, welche für das Verständnis der Moorhydrologie wichtig ist und als Basis für vertiefte moorhydrologische Untersuchungen dient.

Mit der Übergabe des moorhydrologischen Hinweisperimeters an die Kantone ist es für diese nun möglich, auf Basis dieses Datensatzes einen Workflow zu definieren, welcher bei Behörden-Entscheiden (Bewilligungsverfahren) eine Beurteilung des Vorhabens auf potenzielle Auswirkungen auf die Moorhydrologie zulässt.

Der moorhydrologische Hinweisperimeter kann als erstes Modell der Moorhydrologie jedes Moor-Inventarobjektes verstanden werden und ist der erste Teil der Methodik «espace marais». Mittels Feldbegehung, Lokalkenntnisse oder einer genaueren Integration von geologischen Merkmalen kann dieses Modell durch eine Fachperson verifiziert und weiter verbessert werden.

1 Einführung

1.1 Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz

Die Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz von 2007 [2][3], wie auch von 2025 [4] zeigen, dass die Qualität der Moore deutlich abgenommen hat. Viele Moore sind trockener geworden und weisen einen erhöhten Anteil an Gehölzpflanzen auf. Regenerationsmassnahmen waren erfolgreich, sind jedoch noch zu selten und zu kleinräumig, um die qualitativen Einbussen kompensieren zu können. Bei der Umsetzung und beim Vollzug der Pufferzonen [5] nach Art. 3, Abs. 1 der Hochmoor- bzw. Flachmoorverordnung gibt es noch erhebliche Lücken. In den Moorlandschaften werden nach wie vor Gebäude, Strassen und Wege erstellt, die den Schutzzielen nach Art. 4 der Moorlandschaftsverordnung widersprechen. Die Autoren von [2] kommen zum Schluss, dass die anhaltende Degeneration der Moore in erster Linie auf die bestehenden Gräben und Drainagesysteme sowie auf den Nährstoffeintrag aus der Umgebung und der Atmosphäre zurückzuführen ist. Die Ausscheidung von hydrologischen Pufferzonen wird als wichtiger Beitrag zur Erhaltung vieler Moorbiotope gewertet.

1.2 Ökologisch ausreichende Pufferzonen

Gemäss den geltenden Rechtsgrundlagen (Hoch- und Flachmoorverordnung) sind die in den Inventaren des Bundes und der Kantone bezeichneten Moore um ökologisch ausreichende Pufferzonen zu ergänzen. Gestützt auf dem Handbuch Moorschutz in der Schweiz ist der Begriff der «ökologisch ausreichenden Pufferzonen» vom Bundesgericht 1997 eindeutig geklärt worden [6]:

- Die hydrologische Pufferzone umfasst an Moorbiotope angrenzende Flächen, in denen keine Veränderungen des Wasserregimes zulässig sind, die den für den Moorschutz erforderlichen Wasserhaushalt gefährden könnten.
- Die trophische Pufferzone (Nährstoff-Pufferzone) [5] umfasst bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen ausserhalb des zu schützenden Feuchtbiotops, welche landwirtschaftlichen Beschränkungen unterworfen sind. Sie muss die indirekte Eutrophierung von nährstoffarmen Mooren reduzieren oder verhindern.
- Biologische Pufferzonen erstrecken sich auf Flächen, die als Lebensraum für bestimmte Pflanzen- und Tierarten in Moorbiotopen und Übergangszonen dienen.

Bei Nutzungen innerhalb von Pufferzonen ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Nutzung oder das geplante Vorhaben mit den Zielen der Pufferzone vereinbar ist. Dabei ist jeweils auch zu berücksichtigen, nach Art. 5, Abs. 2 der Hochmoorverordnung und Art. 5., Abs. 3 der Flachmoorverordnung, zu welchem Zweck die Pufferzone ausgeschieden wurde [7].

1.3 Das Verfahren «espace marais»

Der Bund (BAFU) trägt 2014 – 2018 im Rahmen des Pilotprogramms «Anpassung an den Klimawandel» zusammen mit 16 Kantonen ein Projekt zur Erhaltung der Wasserressourcen von Moorbiotopen nationaler Bedeutung. Im Rahmen des Projekts wurde ein Verfahren zur planerischen Sicherung der Wasserressourcen von Moorbiotopen erarbeitet. Die Arbeiten gründen auf einem systemischen Verständnis der Moore als funktionale biologisch-geomorphologisch definierte Biogeozone (Moorkomplex), die im Hinblick auf die Wahrung der Moorhydrologie zu betrachten ist.

Das im Rahmen des Projekts entwickelte Verfahren «espace marais» etabliert ein mehrstufiges Vorgehen zur Identifikation der für den Wasserhaushalt der Moore relevanten Flächen (Anhang B) und konkretisiert so die mit dem Leitfaden von 1997 [6] postulierte Gesamtbeurteilung für den Bereich eines moorhydrologisch relevanten Perimeters. Das Verfahren «espace marais» ist vom BAFU als zweckmässiges Vorgehen anerkannt.

Wesentliche Ergebnisse und neue planerische Werkzeuge aus dem Verfahren «espace marais» sind der Moorkomplex, der moorhydrologische Hinweisperimeter und der moorhydrologische Perimeter, der im Rahmen von Teilprojekt 2 thematisiert wird.

Der Moorkomplex

Der im Hinblick auf den Gebietswasserhaushalt von Moorbiotopen zu betrachtende Raumausschnitt ist eine funktionale biologisch-geomorphologisch definierte Einheit. Diese umfasst nicht nur die in den Inventaren abgebildeten Flächen mit der charakteristischen Vegetation der Hoch- und Flachmoore; sie kann innerhalb einer Geländekammer auch angrenzende Flächen mit moorigen Wäldern, anderen feuchten Lebensräumen sowie organischen Böden einschliessen. Die Gesamtheit dieser Elemente bildet zusammen die als «Moorkomplex» bezeichnete Biogeozönose, deren Wasserhaushalt zu sichern ist.

Der moorhydrologische Hinweisperimeter

Der moorhydrologische Hinweisperimeter bezeichnet das Gebiet, welches für die Sicherung der für Wasserressourcen und Wasserflüsse (oberirdische und oberflächennahe) des Moorbiotopes relevant ist. Im moorhydrologischen Hinweisperimeter gilt der in der Umweltschutz-Gesetzgebung verankerte Grundsatz, wonach die Projektträgerschaft den Nachweis zu erbringen hat, dass ihr Vorhaben keine schutzzielwidrigen Auswirkungen im Sinne von Art. 4 und 5 der Flach- und Hochmoorverordnung auf das Moorbiotop hat.

1.4 Die schweizweite Berechnung moorhydrologischer Hinweisperimeter

Um hydrologische Grundlagendaten für die Hoch- und Flachmoore zu generieren, wurde in den vergangenen Jahren der moorhydrologische Hinweisperimeter gemäss Methodik «espace marais» von einzelnen Kantonen berechnet. Um die Datengrundlage zu komplettieren, wurde nun vom BAFU das vorliegende Teilprojekt initiiert, dank welchem für alle Objekte der nationalen Hoch- und Flachmoorinventare der moorhydrologische Hinweisperimeter räumlich festgelegt sein wird. Dieses Teilprojekt ist Teil des Pilotprojekts A2.1 im Rahmen des Aktionsplans Biodiversität Schweiz mit dem Titel «Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren». Weitere Informationen zum Gesamtprojekt sowie zu den drei weiteren Teilprojekten sind auf der Webseite des BAFU verfügbar¹.

1.5 Das Mengengerüst

Die 551 Objekte des Bundesinventars der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung sowie die 1'335 Objekte des Bundesinventars der Flachmoore von nationaler Bedeutung (Stand Oktober 2021) entsprechen den projektrelevanten Moorbiotopen. Da für einen Teil dieser Objekte bereits moorhydrologische Hinweisperimeter gemäss der Methodik «espace marais» oder auch genauere moorhydrologische Untersuchungen vorliegen (z.B. Kanton Bern, Fribourg, Hochmoore Kanton Zürich sowie diverse Einzelobjekte zahlreicher Kantone), wurde die in diesem Projekt durchgeführte Berechnung auf die Objekte beschränkt, zu denen nach Kenntnisstand des Projektteams noch keine detaillierten moorhydrologischen Untersuchungen vorliegen.

Im Abgabedatensatz findet sich pro Kanton jeweils eine Auflistung der Objekte, zu denen im Rahmen dieses Projektes kein moorhydrologischer Hinweisperimeter berechnet wurde (vgl. Kap. 3.1).

¹ https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/biodiversitaetspolitik/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan/aktuelle_projekte/nachhaltige_nutzungen_mooren.html

1.6 Die Datengrundlagen

Die Berechnung der moorhydrologischen Hinweisperimeter basiert auf den folgenden Grundlagen-Geodaten:

- Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung, BAFU, Version 1.4
- Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung, BAFU, Version 1.5
- swissALTI3D², swisstopo, Datendownload 03.2022
- swissTLM3D³, swisstopo, Version «SWISSTLM3D_2022_LV95_LN02»
- SWISSIMAGE⁴, swisstopo, Zugriff über WMTS-Dienst
- Vektordatensatz GeoKarten500 (GK500)⁵, swisstopo, Version 1.3
- GeoCover⁶, Version 2, swisstopo, Zugriff über WMTS-Dienst

² <https://www.swisstopo.admin.ch/de/hoehenmodell-swissalti3d>

³ <https://www.swisstopo.admin.ch/de/landschaftsmodell-swisstlm3d>

⁴ <https://wmts.geo.admin.ch/EPSG/2056/1.0.0/WMTSCapabilities.xml>

⁵ <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geokarten-500-vektor>

⁶ <https://wmts.geo.admin.ch/EPSG/2056/1.0.0/WMTSCapabilities.xml>

2 Methodik

2.1 Die moorhydrologisch relevanten Gebiete

Die Begriffe «moorhydrologischer Hinweisperimeter» und «Moorkomplex» werden mit Kapitel 1.3 eingeführt. Der moorhydrologische Hinweisperimeter umfasst den Moorkomplex, dessen topografisches Einzugsgebiet sowie den sensitiven Saum des Moorkomplexes. Er dokumentiert im Sinne eines Hinweisgebiets, wo die hydrologischen Verhältnisse beim Vollzug der Hoch- und Flachmoorverordnung zu berücksichtigen sind.

Der moorhydrologische Hinweisperimeter basiert auf den folgenden in der Methodik «espace marais» konzeptionell beschriebenen Einzugsgebietstypen:

- **Moorkomplex (Flächentyp mk)**
- **Zustrom Hangwasser (Flächentyp em)**
Aus dem Liefergebiet Hangwasser fliesst Wasser als Oberflächenabfluss («Subsurface flow») in den Moorkomplex.
- **Zustrom Bachwasser (Flächentyp ebm)**
Aus diesen Flächen strömt Bachwasser nahezu ebenerdig in den Wasserspeicher des Moorbiotops und sorgt bei perennierenden Bächen für eine kontinuierliche Wasserzufuhr in den Moorkörper.
- **Zustrom Bachwasser (Flächentyp ebw)**
Aus diesen Flächen strömt Bachwasser in den Wasserspeicher des Moorbiotops und alimentiert / stabilisiert deren Grundwasserkörper.
- **Einzugsgebiet erodierende Bäche (Flächentyp ebe)**
Ein durch den Moorkomplex oder randlich am Moorkomplex vorbeifliessender Bach gefährdet den Wasserspiegel im Moorbiotop durch Tiefenerosion.
- **Sensitiver Saum (Flächentyp sa)**
Gebiet von 25 – 50 m Breite rund um den Moorkomplex, welches auf Grund seiner Lage hydrologisch sensitiv ist.

2.2 Die Gewinnung der Moorkomplexe

Grundvoraussetzung für die Berechnung des moorhydrologischen Hinweisperimeters ist eine lagerichtige Verortung der Moorbiotope mittels Geodaten. Im Bundesinventar der Hochmoore von nationaler Bedeutung wurden im so genannten Hochmoorumfeld Flächen beigezogen, die zwar keine typische Hochmoorvegetation aufweisen, aber durch ihren Moor- bzw. Torfboden zum Hochmoorökosystem gehören. Gleichzeitig wurden Flächen mit Pufferzonen-Charakter als Hochmoorumfeld adressiert, die eindeutig nicht Bestandteil des Hochmoorökosystems sind. Daher wurden in einem ersten Schritt die Hochmoor-Perimeter unter Einbezug von Orthofoto, digitalem Landschaftsmodell und Höhenmodell der swisstopo bereinigt und auf die Flächen des Hochmoorökosystems (Moorkomplex) reduziert. Eine Ausnahme bilden die Wälder, welche einerseits im Hochmoorinventar unzureichend dokumentiert sind, andererseits entsprechende Datengrundlagen für diesen Bereinigungsschritt fehlen. Aus diesem Grund wurden alle Wälder im Umfeld der Hochmoore im Hochmoorökosystem belassen.

Weiter führte die oben beschriebene Lageungenauigkeit im Überlappungsbereich der Hoch- und Flachmoorinventare zu inkohärenten Daten. In diesen Bereichen wurden die Flachmoorobjekte und die als Flachmoor bezeichneten Flächen des Hochmoorumfelds bereinigt. Die Anpassung erfolgte durch moorökologische Fachpersonen mit Felderfahrung. Die bei der Fusion der beiden Inventare entstandenen Kleinstflächen wurden durch dieselben Fachpersonen gutachterlich auf ihre Relevanz hin geprüft und bereinigt. Durch die Bereinigung wurde ein überlappungsfreier Datensatz mit klarer Zugehörigkeit für die Berechnung des moorhydrologischen Hinweisperimeters geschaffen.

In einem letzten Schritt wurden Moorobjekte, welche aus mehreren Polygonen bestehen (multipart), in Teilobjekte (singlepart) aufgelöst und jedem Teilobjekt wurde eine zweistellige Teilnummer vergeben. Die Unterteilung in einfache Polygone bezweckt eine höhere Auflösung und Verständlichkeit des Resultates, wodurch eine präzisere Interpretation des Endproduktes ermöglicht wird.

Für jedes Teilobjekt wurde aus der Objektnummer des Inventarobjektes eine eindeutige ID abgeleitet. Um die IDs der beiden Inventare zu trennen (ID > 100'000 → Flachmoor-Inventar, ID < 100'000 → Hochmoor-Inventar) und um zu gewährleisten, dass die IDs eindeutig bleiben, wurde zu allen Flachmoor-Objektnummern der Summand 100'000 addiert.

- Hochmoore:
Teilobjektnummer = Objektnummer * 100 + Teilnummer (letzte 2 Stellen)
- Flachmoore:
Teilobjektnummer = 100'000 + Objektnummer * 100 + Teilnummer
(letzte 2 Stellen)

Die derart bereinigten Moorkomplexe bilden das Kerngebiet der moorhydrologischen Hinweisperimeter. Sie repräsentieren die eigentliche Moor-Biogeozönose, deren Wasserhaushalt zu sichern ist.

2.3 Die Berechnung des sensitiven Saums

Der sensitive Saum bezeichnet Flächen, denen aufgrund ihrer Lage (unmittelbar angrenzend an den Moorkomplex) eine hohe Sensitivität bezüglich Entwässerung und Geländeänderungen zugeschrieben wird. Seine Breite beträgt mindestens 25 m, maximal 50 m. Die Kriterien zur Begrenzung dieser Flächen sind in einem spezifischen Feld-Schlüssel festgeschrieben (Anhang C, Ergebnis «espace marais»). Die im Schlüssel verankerten Regeln wurden in folgende GIS-Analysen umgesetzt.

Die Breite des Saums beträgt 25 m

- wo das Gelände bei 25 m mehr als 5 m tiefer liegt als das nächstgelegene Moor-Pixel

Die Breite des Saums beträgt 25 m bis 50 m

- wo das Gelände in einem Abstand von 25 – 50 m mindestens 5 m tiefer liegt als das nächstgelegene Moor-Pixel, oder
- wo ein Bach im Abstand 25 m – 50 m am Moor vorbeifliesst, oder
- wo eine Geländekrete im Abstand 25 m – 50 m an das Moor heranreicht.

In allen anderen Fällen beträgt die Breite des sensitiven Saums 50 m.

Die Berechnung des Saums erfolgt auf den Rasterzellen des digitalen Höhenmodells DTM. Im Anschluss an die pixelgenaue Berechnung wird das Ergebnis generalisiert (Bereinigung Kleinstflächen sowie Löcher) und die Ergebnis-Geometrie wird geglättet.

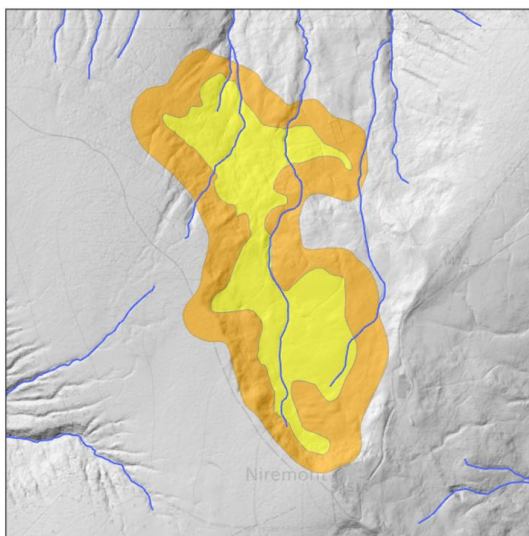


Abbildung 1: Beispiel eines Moorkomplexes (gelb) mit umhüllendem, sensitivem Saum (orange).

2.4 Die Berechnung der Einzugsgebiete

Der Zustrom-Bereich jeder Moorkomplex-Fläche wird mit der Berechnung ihres topografischen Einzugsgebiets bestimmt. Die Berechnung erfolgt in einem geographischen Informationssystem auf Basis des präzisen digitalen Höhenmodells «swissALTI3D» von swisstopo mit einer Zellgrösse von 50 cm. Dabei wird ein «Single-Flow»-Algorithmus verwendet: in einem ersten Schritt wird für jedes Pixel berechnet, in welches der acht Nebapixel es entwässert («flow direction»), danach kann die Anzahl der Pixel entlang dieser Fließlinien aufsummiert werden («flow accumulation») und anhand der berechneten Fließrichtungen kann für jeden beliebigen Punkt das topografische Einzugsgebiete bestimmt werden. Um bei der Einzugsgebietsberechnung ein hydrologisch plausibles Resultat zu erhalten, werden die in den nachfolgenden Unterkapiteln beschriebenen Techniken angewendet.

2.4.1 Kleinstkorrekturen der Objektgeometrien

Da die Charakterisierung der Einzugsgebiete zwischen durchfliessenden und vorbeifliessenden Gewässern unterscheidet (vgl. Kap. 2.5), wird nach der geometrischen Plausibilisierung und Zusammensetzung der Inventare (siehe Kap.2.2) eine technische Bereinigung der Datensätze Fließgewässer und Objektgeometrien (Moorkomplexe) vorgenommen. Da technisch gesehen bereits Millimeter ausreichen, um aus einem vorbeifliessenden einen durchfliessenden Bach zu machen, wird der Moorkomplex automatisiert so adaptiert, dass am Objekt vorbeifliessende Bäche diesen auch technisch nicht berühren (vgl. Abbildung 2). Die Adaption der Moorkomplexe ist lediglich temporär und beschränkt sich auf Bereiche, bei denen Fließgewässer in der Nähe des Objektran- des liegen.

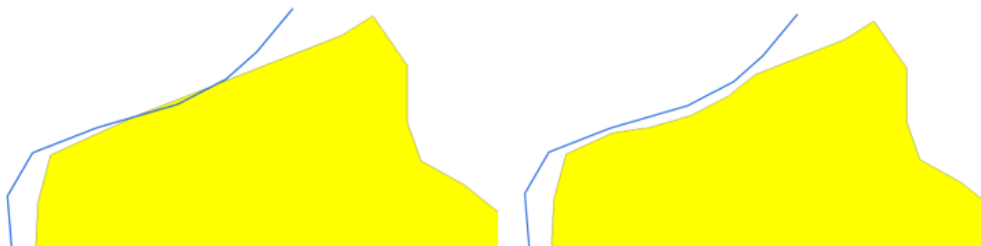


Abbildung 2: Adaption Moorkomplex auf Grund eines vorbeifliessenden Fließgewässers.

2.4.2 Die hydrologische Korrektur des Höhenmodells

In einem unkorrigierten DTM verlassen die berechneten Fliesswege (orange und rote Linien) insbesondere im Bereich von Akkumulationsformen (Kegel, Fächer, Talböden) oder von Eindolungen die Fliessgewässer (vgl. türkisfarbige Ellipse in Abbildung 3). Dies führt zu nicht plausiblen Einzugsgebieten. Im Rahmen der DTM-Aufbereitung werden die Fliessgewässer der Geodaten-Grundlage «swissTLM3D» von swisstopo in die digitale Topografie eingetieft. Mit diesem Prozess wird sichergestellt, dass die auf der korrigierten Topografie berechneten Fliessrichtungen (orange und rote Linien) den Fliessgewässern folgen.

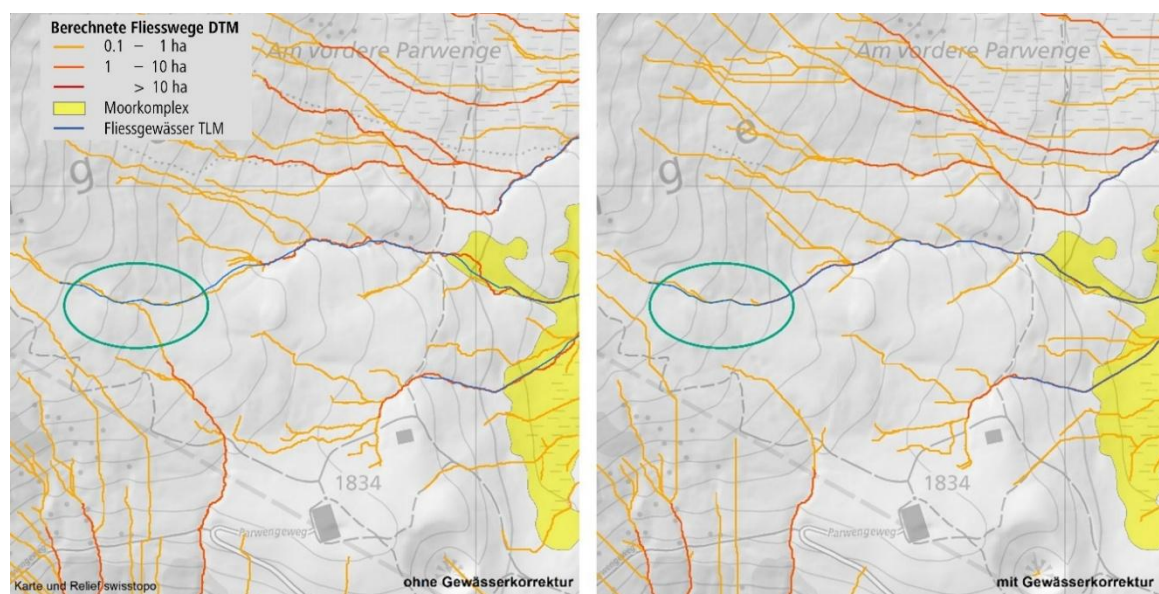


Abbildung 3: Dargestellte Fliesswege ohne (links) / mit (rechts) Fliessgewässerkorrektur.

2.4.3 Die Handhabung grosser Gewässer und Seen

Es existieren etliche Moorkomplexe an grossen Flüssen und Seen. In hydrologischer Hinsicht sind grosse Flüsse und Seen oft von zentraler Bedeutung für den Wasserhaushalt der Moorkomplexe in ihrer Nähe. Für diese Moorkomplexe ist das hydrologische Einflussgebiet de facto hunderte oder tausende Quadratkilometer gross. Da die Wahrung der hydrologischen Verhältnisse bei grossen Gewässern mehr von der Gewässerregulierung bzw. von der Sohlenstabilisierung abhängt als von anderen Bauvorhaben im Einzugsgebiet, werden die Einzugsgebiete von Gewässern mit Einzugsgebieten grösser als 25 km² im Resultat nicht als moorhydrologischer Hinweisperimeter ausgeschieden. Weiter werden bei der Berechnung neben dem Ausschluss der grossen Gewässer die Einzugsgebiete von Seen ausgeschlossen, welche eine Fläche grösser als 1 ha aufweisen (vgl. Abbildung 4).

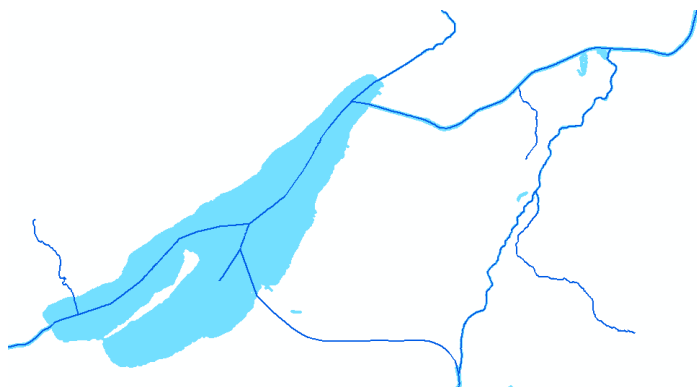


Abbildung 4: Quantifizierung der grossen Gewässer (blau) und Seepolygone (hellblau) im Bereich des Bielersees und der alten Aare.

2.4.4 DTM-Korrekturen im Bereich von Verkehrswegen

Im Bereich der Verkehrswege wird ein Korridor der ungefähr 3-fachen Breite des Verkehrswegs aus dem DTM gelöscht. Zwischen den Korridor-Grenzen wird die Topografie anschliessend linear interpoliert und im DTM ersetzt. Der Prozess wird auf die folgenden Verkehrswege angewendet:

- Strassen und Wege
- Eisenbahnlinien

Auf die folgenden Verkehrswege wird der Prozess nicht angewendet:

- Autobahnen
- Objektart «Raststätte», «Verbindung», «1m Wegfragment», «Markierte Spur»
- Verkehrswege mit Kunstbauten («Brücke», «Tunnel», «Galerie», «Unterführung» usw.)

Abbildung 5 zeigt, wie mit der Umsetzung des gewählten Ansatzes die Beeinflussung der Fliesswege korrigiert werden kann. Die Berechnung der Einzugsgebiete erfolgt mit einem diesbezüglich korrigierten DTM.

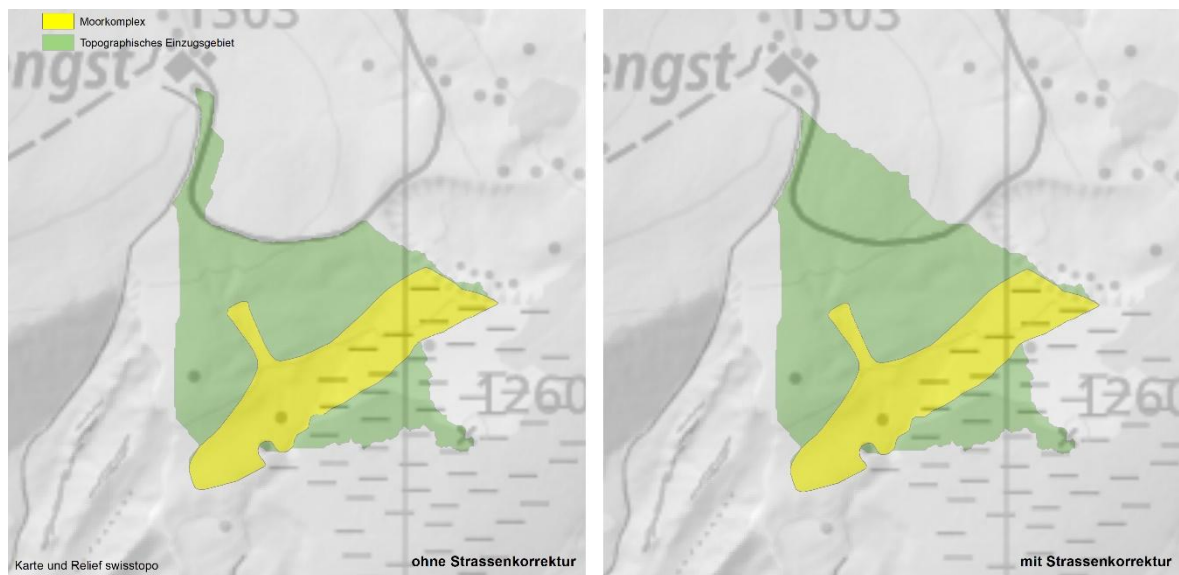


Abbildung 5: Effekt Korrektur im Bereich eines Verkehrswegs auf Einzugsgebiet des Moorobjektes.

2.4.5 Die Handhabung von Senken

Kleine Senken

Grundsätzlich lassen sich Senken in einem DTM mit GIS-Funktionalität detektieren (Fließrichtungsanalyse) und gezielt auffüllen. Eine zweckmässige Handhabung der Senken im Kontext «Berechnung MHP» erwies sich allerdings als anspruchsvoll: werden Senken zu stark gefüllt, werden hydrologisch-topografisch separierte Geländekammern zusammengefasst; werden Senken zu vorsichtig gefüllt, resultieren lückenhafte Resultate.

Für die kleinen Senken erwies sich die folgende Handhabung als umsetzbar und zweckmässig:

- Automatisches Auffüllen kleiner Senken (Tiefe < 1 m) im Rahmen der DTM-Aufbereitung.

Grosse Senken

Im Vorfeld der Einzugsgebietsberechnung werden grosse Senken vorberechnet. Durch die vorrangige Kenntnis der Senken kann vermieden werden, dass der Berechnungsperimeter grosse

Senken nur partiell enthält. Partiiell enthaltene Senken würden das Berechnungsergebnis beeinträchtigen, da ihre Tiefe, Ausdehnung und Überfluspunkt durch die nur partielle Berücksichtigung verändert würden. Durch die Vorberechnung der Senken wird der Berechnungsperimeter so festgelegt, dass die relevanten Senken komplett im Berechnungsperimeter liegen.

Die konzeptionelle Handhabung von grossen Senken (Senken und Karst-Senken) ist Gegenstand von Kapitel 2.5.5.

2.5 Die Bestimmung der Einzugsgebietstypen

Die Einzugsgebietstypisierung von «espace marais» (vgl. Kap. 2) unterscheidet verschiedene Einzugsgebiete in Bezug auf ihre hydrologische Funktion für den Moorkomplex. Nachfolgende Unterkapitel beschreiben spezifischen Aspekte und deren technische Umsetzung.

2.5.1 Die Handhabung von Entwässerungsgräben

Entwässerungsgräben sind gebaute Strukturen zur Ableitung von Wasser aus den Feuchtgebieten. Es sind keine natürlichen Gewässer, sondern anthropogen erstellte, die Moorhydrologie störende Strukturen. Entwässerungsgräben werden deshalb bei der Einzugsgebietscharakterisierung nicht als Gewässer berücksichtigt. Entwässerungsgräben sind aber in den Geodaten von swisstopo Teil der Fliessgewässer und nicht als spezifische Objekte fassbar.

Eine fachliche Unterscheidung von Entwässerungsgräben und natürlichen Gewässern erfordert eine Sichtung historischer Karten sowie eine gutachterliche Beurteilung. Diese Bearbeitungstiefe ist im Arbeitsumfang des «moorhydrologischen Hinweisperimeters» nicht vorgesehen. Deshalb werden Entwässerungsgräben anhand von einfachen geometrischen Kriterien und dem Sohlengefälle der TLM-Gewässerabschnitte detektiert. Folgende drei Parameter charakterisieren Entwässerungsgräben als Teil der TLM-Fliessgewässer swissTLM3D:

Stützpunktdichte < 40 / km

Im Vorfeld der Berechnung der Stützpunktdichte werden alle Stützpunkte entfernt, deren Löschung weniger als 50 cm Lageverschiebung der Gewässerlinie zur Folge hat.

Sohlengefälle < 4 %

$(z_{\max} - z_{\min}) / \text{Abschnittslänge}$

Gesamtlänge Gewässer < 1000 m

Die oberirdischen Gewässerabschnitte werden pro Gewässernummer zusammengehängt und anschliessend deren Länge berechnet.

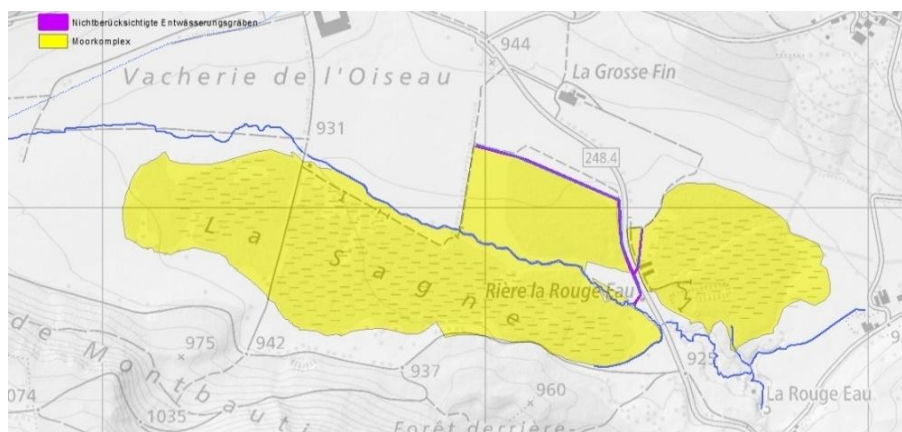


Abbildung 6: Nicht berücksichtigter, detektierter Entwässerungsgraben.

2.5.2 Die Handhabung von Moor-nahen Gewässern

Mit den hochauflösenden Geländemodellen swissALTI3D und den lagegenauen Gewässerachsen swissTLM3D von swisstopo stehen hochwertige Grundlagen für GIS-gestützte Analysen entlang von Fliessgewässern zur Verfügung. Zur Analyse der Topografie entlang von Bächen werden querprofilbasierte Analysewerkzeuge eingesetzt. Sie erlauben die Analyse kleinräumiger Höhendifferenzen zwischen der (digitalen) Gewässerachse und dem angrenzenden Umland entlang skalierbarer Vektoren (vgl. Abbildung 7) sowie die Messung des Längsgefälles der Gewässerachse.

Querprofile

Für die Beurteilung der Eintiefung des Gewässers wird die Höhendifferenz zwischen dem Fliessgewässer ($z_{\min}$ der Profilmitte ± 2.5 m) und dem tieferen der auf beiden Seiten analysierten $z_{\max}$ verwendet. Bei Fliessgewässern, welche am Moorkomplex vorbeifliessen und deren Profile diesen nur auf einer Seite berühren, wird die Differenz zum $z_{\max}$ dieser relevanten Seite analysiert.

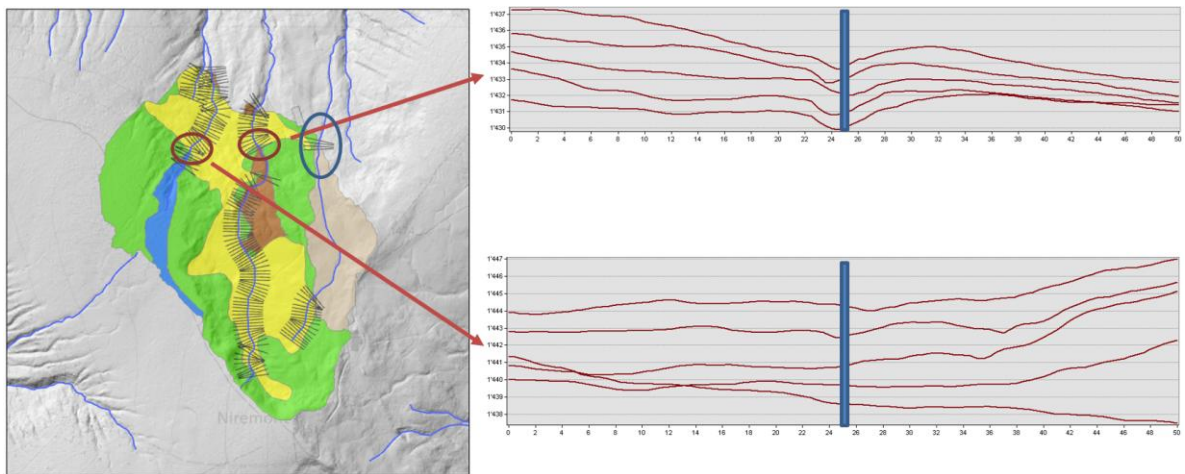


Abbildung 7: Querprofilauswertung der Gewässer als Grundlage für die Einzugsgebietstypisierung.

Pauschalgefälle Moor-Rand

Mit Nachbarschaftsanalysen können auch Entfernungen und Höhendifferenzen zwischen der Gewässerachse und dem Rand des Moorbiotops analysiert werden, woraus ein Pauschalgefälle resultiert. Diese Auswertung beschränkt sich auf Querprofile, deren Profilmittelpunkt das Objekt nicht berührt.

Sohlengefälle Gewässer

Das Sohlengefälle des Gewässers wird für jeden Gerinneabschnitt nach untenstehender Formel berechnet:

$$\text{Sohlengefälle} = \frac{(z_{\max} - z_{\min})}{\text{Länge Abschnitt}}$$

2.5.3 Die Herleitung des Einzugsgebiets-Typs in Verbindung mit Gewässern

Die Charakterisierung der Einzugsgebiete basiert auf den vorgängig bestimmten Angaben zur Lage ihrer Gewässer:

Der Bach durchfließt den Moorkomplex

In diesem Fall wird die Eintiefung der Gerinneachse gegenüber dem angrenzenden Moor-Terrain beidseitig anhand der Querprofile ausgewertet. Dabei gilt die folgende Handhabung:

- Versickert der Bach bereits oberhalb des Moorkomplexes oder liegt die Bachachse maximal 20 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain und beträgt das Längsgefälle des Baches weniger als 4 %, wird eine direkte Speisung des Moorbiotops mit Bachwasser postuliert (Flächen-Typ EBM).
- Liegt die Bachachse bis 100 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain, wird postuliert, dass das Bachwasser den Moorkomplex zumindest über das Grundwasser alimentiert (Flächen-Typ EBW).
- Liegt die Bachachse 100 bis 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain, wird postuliert, dass der Bach den Fortbestand des Moorkörpers durch Tiefenerosion und damit einhergehende Entwässerung gefährdet (Flächen-Typ EBE).
- Liegt die Bachachse mehr als 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain, wird postuliert, dass der Bach keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Moorbiotops hat. Auch wenn der Bach das Moorbiotop allenfalls langfristig in seinem Fortbestand bedroht, ist sein Einzugsgebiet nicht Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.

Die angegebenen Grenzwerte (20, 100, 200 cm) werden jeweils über maximal 5 benachbarte Profile gemittelt.

Der Bach fließt im Abstand von maximal 10 m am Moorkomplex vorbei

In diesem Fall wird die Eintiefung der Gerinneachse gegenüber dem angrenzenden Moor-Terrain moorseitig anhand der Querprofile ausgewertet. In der Analyse werden zusätzlich das Längsgefälle im Bereich eines gegebenen Profils sowie die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Moorkomplex-Randpunkt abgefragt.

Bei Längsgefällen bis 4 % gilt die folgende Handhabung:

- Liegt die Bachachse maximal 20 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain und beträgt auch die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Flachmoor-Randpunkt maximal 20 cm, wird eine direkte Speisung des Moorbiotops mit Bachwasser postuliert (Flächen-Typ EBM).

Bei Längsgefällen bis 10% gilt die folgende Handhabung:

- Liegt die Bachachse 20 bis 100 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain und beträgt die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Moor-Randpunkt maximal 100 cm, wird postuliert, dass das Bachwasser den Moorkomplex zumindest über das Grundwasser alimentiert (Flächen-Typ EBW).
- Liegt die Bachachse 100 bis 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain und beträgt die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Moor-Randpunkt maximal 200 cm, wird postuliert, dass der Bach den Fortbestand des Moorkörpers durch Tiefenerosion und damit einhergehende Entwässerung gefährdet (Flächen-Typ EBE).
- Liegt die Bachachse mehr als 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain oder beträgt die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Flachmoor-Randpunkt mehr als 2 m, wird postuliert, dass der Bach keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Moorbiotops hat. Auch wenn der Bach das Moorbiotop allenfalls langfristig in seinem Fortbestand bedroht, ist sein Einzugsgebiet nicht Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.

Bei Längsgefällen > 10 % gilt die folgende Handhabung:

- Liegt die Bachachse 0 bis 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain und beträgt die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Moor-Randpunkt maximal 200 cm, wird postuliert, dass der Bach den Fortbestand des Moorkörpers durch Tiefenerosion und damit einhergehende Entwässerung gefährdet (Flächen-Typ EBE).
- Liegt die Bachachse mehr als 200 cm tiefer als das angrenzende Moor-Terrain oder beträgt die Höhendifferenz zum nächstgelegenen Moor-Randpunkt mehr als 200 cm, wird postuliert, dass der Bach keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Moorbiotops hat. Auch wenn der Bach das Moorbiotop allenfalls langfristig in seinem Fortbestand bedroht, ist sein Einzugsgebiet nicht Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.

Die angegebenen Grenzwerte (20, 100, 200 cm) werden jeweils über maximal 5 benachbarte Profile gemittelt.

Mit oben beschriebenen Entscheidungsregeln kann jedem Querprofil ein Flächentyp zugewiesen werden. Ein Einzugsgebiet wird auf Basis von mehreren Profilen charakterisiert. In der Mehrheit der Fälle existiert keine homogene Querprofiltypisierung. Letztendlich gilt der folgende Grundsatz: «EBM > EBW > EBE». Somit reicht ein als EBM charakterisiertes Querprofil, um das Einzugsgebiet oberhalb dieses Profils als EBM zu charakterisieren. Je nach Gerinnemorphologie (z.B. Furt, Gerinnenezusammenfluss, Mündung Seitenbach, etc.), kann es im Rahmen der Querprofilauswertung zu Profilen mit einer Unterschätzung der Gerinnetiefe kommen, welche dadurch grosse Auswirkungen auf die Flächentypisierung der Einzugsgebiete hätten. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, wird die oben beschriebene Mittelung über 5 benachbarte Profile gemacht.

2.5.4 Relevanz-Analyse zu den Querprofilen

Im Rahmen der Qualitätssicherung in einer frühen Projektphase fiel auf, dass gewisse Einzugsgebiete als «Liefergebiet Bachwasser» (Typ ebm oder ebw) charakterisiert wurden, obwohl der Bach grundsätzlich relativ tief im Moor eingeschnitten war und nur die untersten Profile bzw. das unterste Profil des Gewässers nicht eingeschnitten waren. Aus der Höhenbetrachtung der entsprechenden Querprofile im Hinblick auf das Gesamtobjekt konnte festgestellt werden, dass gewisse Profile aufgrund ihrer Lage (Höhe) in Bezug auf die Lieferung von Bachwasser lediglich für einen sehr kleinen Teil des Objektes relevant sind.

Wie in Kap. 2.5.3 aufgezeigt, können einzelne Profile ausschlaggebend sein für die Typisierung des gesamten Einzugsgebiets. Daher wurden im Rahmen einer Relevanzprüfung der einzelnen Querprofile die untenstehenden Kriterien entwickelt:

Profile, die unter Annahme eines kapillaren Aufstiegs von 1 m ($z_{\min} + 1$ m) sowohl weniger als 10% der Teilobjektfläche als auch weniger als 0.5 ha Fläche potenziell beliefern, werden aus Sicht Moorkomplex als nicht relevant für die Charakterisierung des Einzugsgebiets als «Liefergebiet Bachwasser» (ebm oder ebw) angesehen.

Dieser automatisierte Interpretationsschritt wird im Rahmen der gutachterlichen Qualitätsrunde (Kap. 2.6) kritisch hinterfragt. Aus diesem Grund wird er bewusst sichtbar gemacht, indem die als nicht relevant angesehenen Profile im Attribut «symb» ihre Typisierung beibehalten, damit diese im Farbcode des Querprofils kartographisch sichtbar bleiben. Jedoch werden diese Profile bei der Einzugsgebiets-Typisierung als nicht relevant eingestuft. Dies geschieht mithilfe des Querprofilattributs «seed».

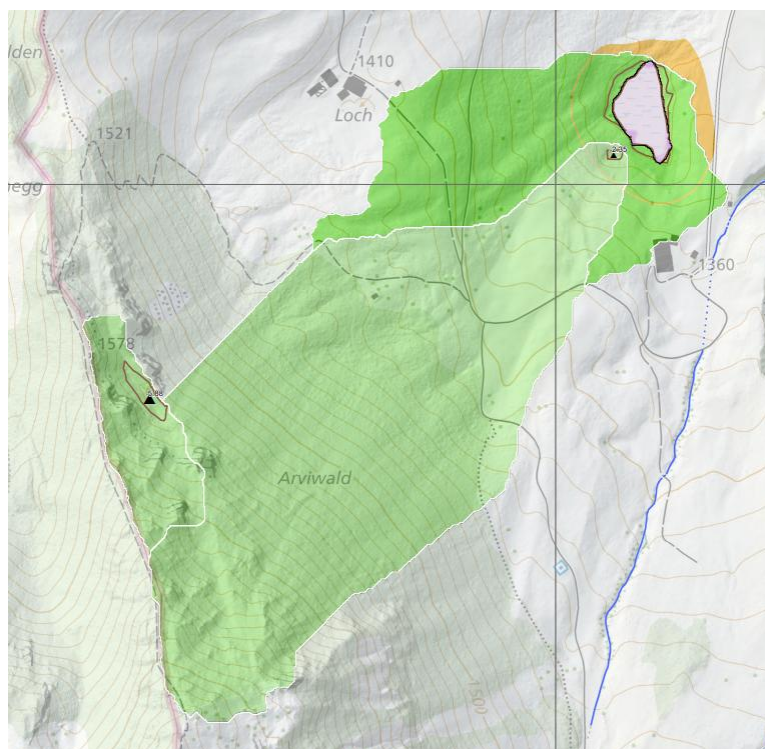


Abbildung 8: Senken (braune Umrandung visualisiert deren Ausdehnung) mit Tiefstpunkten (schwarzes Dreieck) im Einzugsgebiet. In diesem Fall befindet sich auch der Moorkomplex selbst in einer Senke.

2.5.5 Senken-Einzugsgebiete

Die Handhabung der Senken wird in Kapitel 2.4.5 eingeführt. Da Senken im Hinblick auf die Wasserflüsse in den Moorkomplex relevant sein können, werden sie auch in der berechneten Einzugsgebietsgliederung explizit ausgewiesen. Senken-Einzugsgebiete sind dann Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters, wenn der Senken-Überlauf im Zuströmbereich des Moorkomplexes liegt.

Karstsenken sind Teil der Karst-Entwässerung. Das in die Senke fließende Wasser kann über eine Schwinde in der Senke unterirdisch abfließen und steht der Moor-Biogeozönose in der Regel nicht zur Verfügung. Die lokalen Gegebenheiten erfordern eine Einzelfall-Abklärung, die aus Gründen der Verhältnismässigkeit erst im Rahmen der vertiefenden ökohydrologischen Analyse des Vorgehens «espace marais» (Anhang B) geleistet werden soll. Zur Unterstützung dieser Aufgabe werden Karst-Senken im Ergebnis im Rahmen der Einzugsgebietstypisierung identifiziert.

Die Identifikation von Karstsenken basiert auf den «GeoKarten 500» (vgl. Abbildung 9). Eine Verwendung von «GeoCover» wurde geprüft, nach ersten Tests und in Absprache mit einer Geologin nicht weiterverfolgt. Hauptgründe hierfür war die Tatsache, dass GeoCover die geologisch oberste Schicht relativ genau darstellt. Je nach Porosität und Mächtigkeit dieser ist jedoch die darunterliegende Schicht für die Moorhydrologie entscheidend, welche auf Basis des Datensatzes nicht bekannt ist.

Karstsenken liegen dann vor, wenn der Senken-Tiefstpunkt im Zuströmbereich oder oberhalb des Karstgebiets liegt. Karstsenken werden in den Ergebnisdaten ausgewiesen.

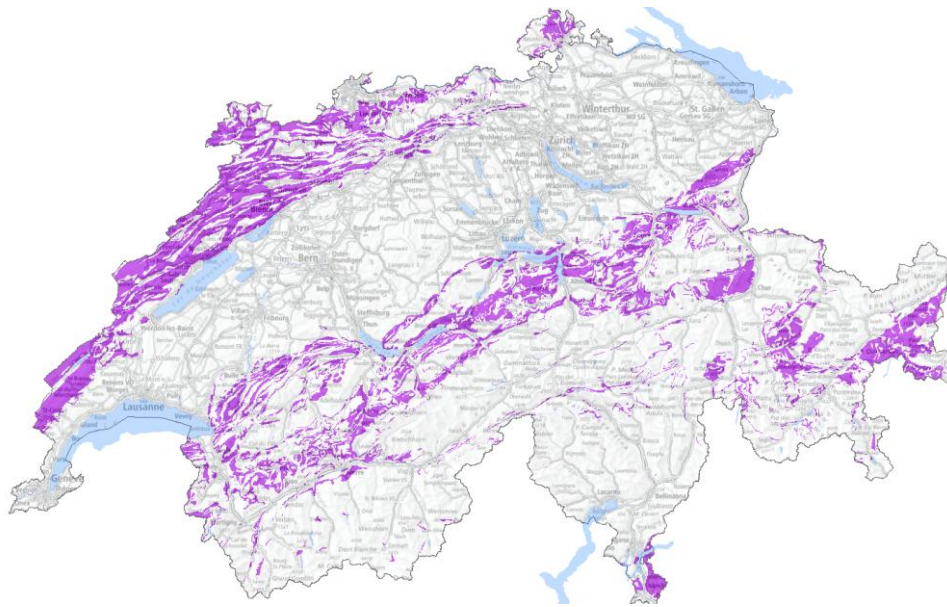


Abbildung 9: Karstgebiete basierend auf «GeoKarten 500».

2.6 Fachlich-gutachterliche Qualitätssicherung

Die heute verfügbaren, hochauflösenden digitalen Geländemodelle erlauben die zuverlässige Bestimmung der topografischen Einzugsgebiete von Moorkomplexen. Damit kann der moorhydrologische Hinweisperimeter zuverlässig abgegrenzt werden, wo primär zuströmendes Oberflächenwasser («Subsurface Flow») den Moorkomplex alimentiert. Lokale Gegebenheiten, wie die Lage des Moors an einem See, einem grossen Fließgewässer oder auf einem Grundwasserträger sowie Karstwasserflüsse können jedoch die Bedeutung eines aufgrund der Topografie definierten Perimeters relativieren.

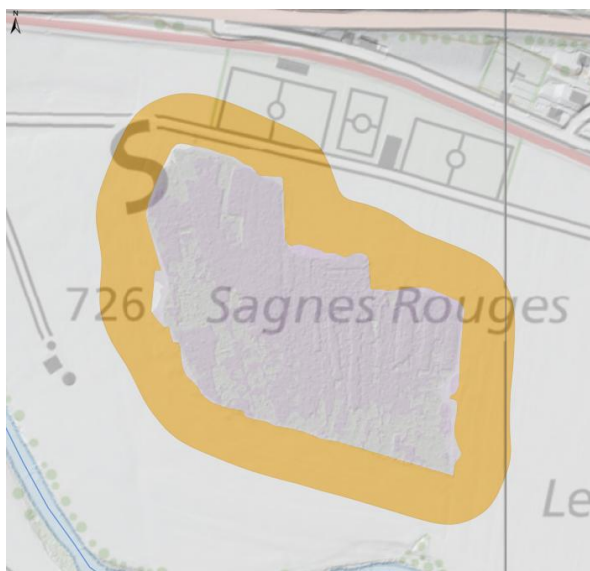


Abbildung 10: Moorkomplex im Bereich von Grundwasser.

Die Beurteilung der hydrologischen Relevanz des zufließenden Hangwassers für die Moore im Bereich von Grundwasserträgern, Seen und grossen Flüssen ist ein Hauptbestandteil der fachlich-gutachterlichen Qualitätssicherung. Die fachliche Entscheidung wurde durch die Visualisierung der Topografie des Moorobjektes unterstützt, da diese für die Beurteilung eine entscheidende

Rolle einnimmt. Abbildung 10 zeigt das Beispiel eines Moorkomplexes, der nur durch Grundwasser gespeisen wird. Im Rahmen der gutachterlichen Qualitätssicherung wurden Anpassungen der Einzugsgebiete oder, wie in diesem Fall, auch die Löschung von nicht relevanten Einzugsgebieten vorgenommen. Die gutachterlichen Kommentare zu den einzelnen Objekten sind attributiv im Resultate-Datensatz enthalten sowie auf den PDF-Visualisierungen der Einzelobjekte sichtbar.

Die nutzbare Grundwassermächtigkeit aus dem Datensatz «Grundwasservorkommen 500» diene als wichtige Grundlage für die Beurteilung der Bedeutung von dokumentierten Grundwasserströmen (vgl. Abbildung 11).

Im Rahmen der fachlichen Qualitätssicherung wurde weiter ein Augenmerk auf Terrassen-Situationen gelegt, da dort das oberhalb der Terrassen-Kante versickernde Wasser am Terrassen-Fuss austreten kann. Als Datengrundlage für solche Fälle wurde der Datensatz «GeoCover» verwendet. Weil für die Wasserversorgung der Moore primär das am Terrassen-Fuss austretende Wasser entscheidend ist, wurden die Hinweisperimeter in Terrassen-Situationen gutachterlich auf die obere Terrassen-Kante begrenzt.



Abbildung 11: Grundwasseraquifer auf Basis von «Grundwasservorkommen 500».

Des Weiteren wurden Karstgebiete aus dem berechneten Hinweisperimeter entfernt, wenn durch fachliche Beurteilung ausgeschlossen werden konnte, dass Wasser aus dem Karstgebiet in den Moorkomplex fliesst. Diese Vorgehensweise wurde in der Regel im Jura angewendet, da die geologisch-tektonischen Gegebenheiten dort einfacher und besser bekannt sind als in den Kalkalpen.

Generell wurden im Rahmen der Qualitätssicherung Artefakte bzw. nicht plausibel aussehende Einzugsgebiete korrigiert. So wurden beispielsweise die Einzugsgebietstypen im Bereich von Suonen korrigiert, wo diese als solche identifiziert werden konnten.

3 Resultate

3.1 Aufbau Abgabedatensatz

Pro Kanton existiert ein Abgabedatensatz. Dieser ist in die folgenden vier Ordner gegliedert:

- **PDF**

Im Ordner «PDF» befinden sich zwei PDF-Dateien, welche pro Teilobjekt den hydrologischen Hinweisperimeter sowie die topografischen Einflussgebiete aufzeigen (vgl. Kap. 3.3). Letztere stellen eine komplexere Visualisierung der hydrologischen Situation dar, welche primär für Fachpersonen gedacht sind.

- **Data**

Im Ordner «Data» befinden sich zwei ESRI File Geodatabases (.gdb) sowie eine Excel-Datei, in welcher die nicht berechneten Objekte aufgelistet sind. Die in den Geodaten vorhandenen Feature Classes sind in Anhang A detailliert beschrieben. Die Geodaten können sowohl mit ArcGIS Pro als auch in QGIS (Open Source GIS) konsultiert werden.

- **GIS**

Im Ordner «GIS» befinden sich Visualisierungen der im Ordner «data» liegenden Daten. Es gibt jeweils eine Version für ArcGIS Pro als auch für QGIS.

- **Dokumentation**

Der Ordner «Dokumentation» beinhaltet das vorliegende Word-Dokument mit der Beschreibung der Berechnungsmethodik sowie des Resultat-Datensatzes (inkl. Datenmodell aller abgegebenen Datensätze).

3.2 Beschreibung Datenmodelle Abgabe-Datensatz

Die abgegebenen Daten sind in zwei ESRI File Geodatabases gespeichert:

- MHP.gdb enthält die eigentlichen Resultate. Eine Übersicht dazu bietet Tabelle 1.
- MHP_Add enthält Zwischenresultate, die dem Verständnis der Resultate dienen, sowie das verwendete Gewässernetz. Eine Übersicht dazu bietet Tabelle 2.

Die detaillierten Datenmodelle aller Abgabedaten finden sich in Anhang A.

Tabelle 1: Übersicht Ergebnis-Geodatenmodelle der GDB MHP:

Modell (Klasse)	Techn. Name	Erläuterung
Moorkomplex	MHPMKO	Die für den Wasserhaushalt der Hoch- und Flachmoore massgeblichen Biogeozönosen (Inventarteilobjekt, bei Bedarf sowie im Überlappungsbereich von Hoch- und Flachmoorobjekten korrigiert). Der Moorkomplex ist Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.
Sensitiver Saum	MHPSAO	Die gegenüber Drainage und Geländeänderung sensitive Zone um jeden Moorkomplex. Der sensitive Saum ist Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.
Topografische Einzugsgebiete und Flächen-Typen Einzelobjekt	MHPTEO	Topografische Einzugsgebiete der Moorkomplexe. Regelbasierten Gliederung in hydrologisch-funktionale Teilflächen, berechnet pro Teilobjekt. Alle berechneten Teilflächen sind Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.
Topografische Einzugsgebiete und Flächen-Typen synoptisch	MHPTE	Topografische Einzugsgebiete der Moorkomplexe. Regelbasierte Gliederung in hydrologisch-funktionale Teilflächen, berechnet als objektübergreifende Gesamtübersicht. Alle berechneten Teilflächen sind Teil des moorhydrologischen Hinweisperimeters.
Moorhydrologischer Hinweisperimeter Einzelobjekt	MHPO	Moorhydrologischer Hinweisperimeter berechnet pro Teilobjekt. Der moorhydrologische Hinweisperimeter umfasst die Teilflächen Moorkomplex und sensitiver Saum sowie die topografischen Einzugsgebiete der Moorkomplexe.
Moorhydrologischer Hinweisperimeter synoptisch	MHP	Moorhydrologischer Hinweisperimeter berechnet als objektübergreifende Gesamtübersicht. Der moorhydrologische Hinweisperimeter umfasst die Teilflächen Moorkomplex und sensitiver Saum sowie die topografischen Einzugsgebiete der Moorkomplexe.
Senken-Tiefst-Punkte	MHPSIO	Tiefste Punkte der aus dem Höhenmodell berechneten Senken (Tiefe > 1 m).
Index-Layer	MHPIXO	Iterations-Objekte für die Verwendung in Kartenserien, angereichert mit Attributen zwecks dynamischer Texte der Kartenserie.
Höhenzonen Moorkomplex	MHPMKO_HZ	Für die Kartographie (Topografie Moorkomplex) verwendete Daten.

Tabelle 2: Übersicht Ergebnis-Geodatenmodelle der GDB MHP_Add:

Modell (Klasse)	Techn. Name	Erläuterung
Fließgewässer TLM (swisstopo)	TLM_FLISSGEWAESSER	Der Berechnung zu Grunde liegendes Gewässernetz.
Entwässerungsgräben	KANAL_DRAIN	Im TLM-Gewässernetz detektierte Entwässerungsgräben, die bei der Berechnung nicht als Gewässer berücksichtigt wurden (vgl. Kap. 2.5.1).
Querprofile	QP	Berechnete Querprofile, die für die Charakterisierung der Einzugsgebiete wichtig sind.
Senkenausdehnung	SENKE	Ausdehnung der im DTM detektierten Senken mit einer Tiefe von mehr als einem Meter, die aufgrund ihrer Lage für den moorhydrologischen Hinweisperimeter relevant sind.

3.3 Die Konsultation der Resultate im GIS / als PDF

Im Resultate-Datensatz finden sich zwei Darstellungen:

- **Moorhydrologischer Hinweisperimeter**
Der moorhydrologische Hinweisperimeter bezeichnet die Fläche, die hydrologisch für das Moorobjekt relevant ist. Die Darstellung ist sehr einfach gehalten (vgl. Abbildung 12).
- **Topografische Einflussgebiete**
Die Darstellung visualisiert das aus den Berechnungen resultierende Verständnis der hydrologischen Situation. Die Visualisierung ist vielschichtig und komplex, erlaubt jedoch mit der Thematik vertrauten Anwender*innen das Entnehmen zahlreicher Informationen (vgl. Abbildung 13).

Beide Darstellungen existieren sowohl auf das Teilobjekt bezogen (Geodaten, PDF) sowie auch synoptisch über alle Teilobjekte hinweg (Geodaten) (vgl. Abbildung 14). Synoptisch bedeutet auch überlappungsfrei über mehrere Einzelobjekte hinweg. Die synoptische Version ist jedoch für die Darstellung der topografischen Einflussgebiete sehr komplex, weshalb empfohlen wird, jeweils beide Darstellungen zu sichten, um Falschinterpretationen zu vermeiden.

Da die Resultate auch als Geodaten vorliegen, steht es den Anwendenden frei, weitere geoinformatische Auswertungen vorzunehmen. In Anbetracht der Qualität der verwendeten Grundlagen wird eine Konsultation des moorhydrologischen Hinweisperimeters ab einem Massstab von 1:5'000 empfohlen.

Bei der Konsultation der Resultate ist zu bedenken, dass diese das Ergebnis von dokumentierten Berechnungen sind und ohne weitergehende Analysen der Einzelobjekte, Feldbegehungen oder Lokalkenntnissen gewonnen wurden. Die Realisierbarkeit von Bauvorhaben im moorhydrologischen Perimeter muss je nach Lage und Art des Vorhabens im Einzelfall vor Ort mit einer vertieften Analyse der Moorhydrologie durch eine ausgewiesene Fachperson geklärt werden. In diesem Rahmen ist auch der berechnete moorhydrologische Hinweisperimeter zu verifizieren und gegebenenfalls zu präzisieren. Die Arbeiten von Los 2 knüpfen an den Resultaten des moorhydrologischen Hinweisperimeters an, generieren ein vertieftes Verständnis der hydrologischen Funktionalität des Objektes durch Felduntersuchungen und ermöglichen dadurch präzisere Antworten bezüglich der Realisierbarkeit von konkreten Bauvorhaben.

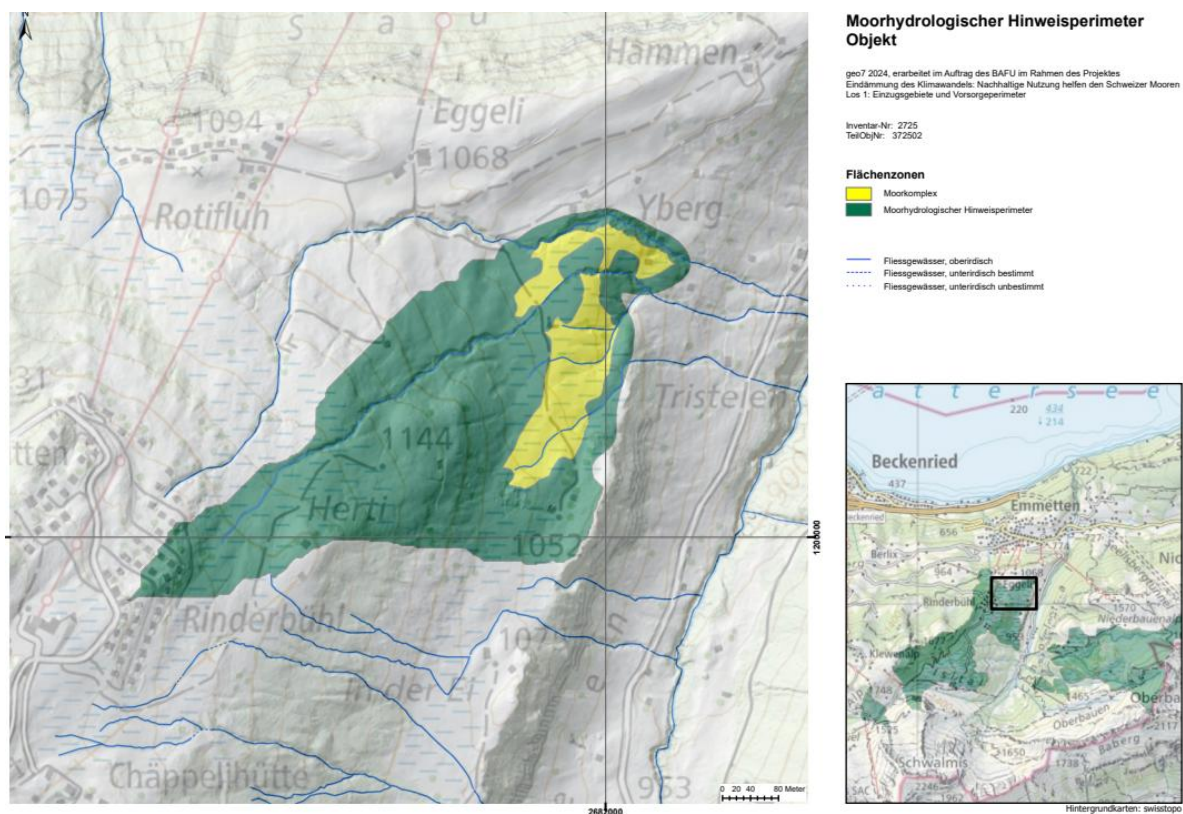


Abbildung 12: Beispiel des moorhydrologischen Hinweisperimeters (PDF Seite Einzelobjekt).

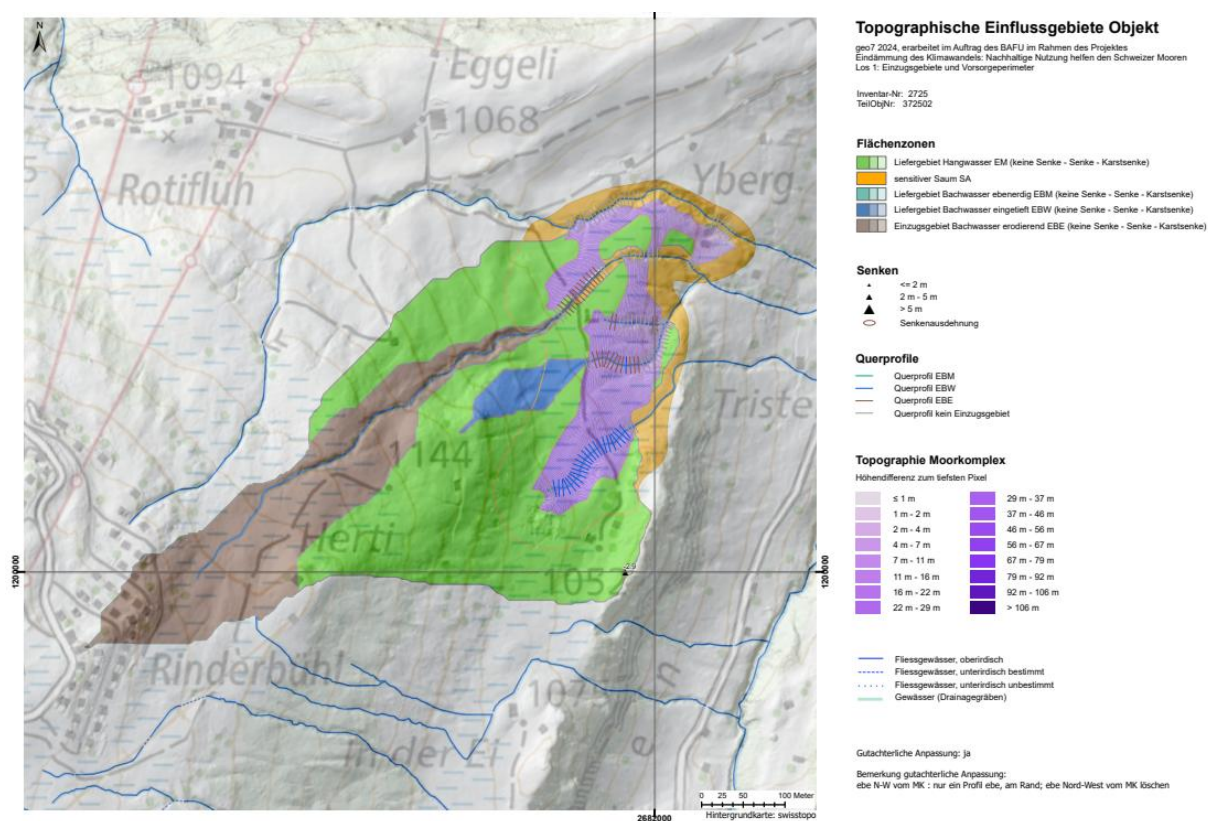


Abbildung 13: Beispiel des topografischen Einflussgebiets (PDF-Seite Einzelobjekt).

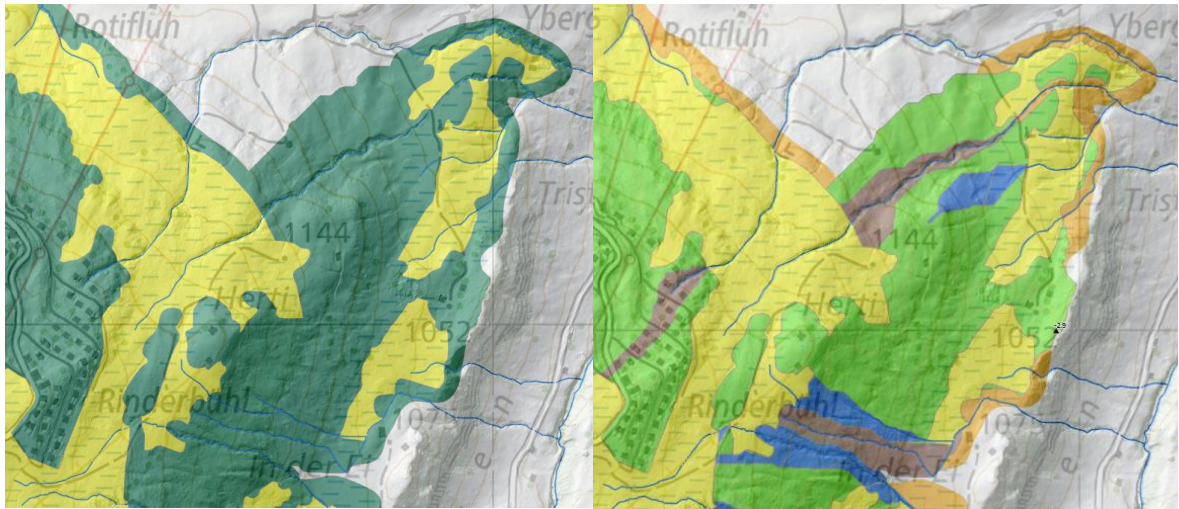


Abbildung 14: Synoptische Darstellung von moorhydrologischem Hinweisperimeter (links) und topografischen Einflussgebieten (rechts).

3.4 Die Ergebnisse in Zahlen

Tabelle 3 dokumentiert die Kennzahlen für die 4'741 berechneten Teilobjekte. Abbildung 15 zeigt eine Übersicht über die Gesamtheit der im Abgabe-Datensatz resultierenden moorhydrologischen Hinweisperimeter. Berechnet wurden alle Inventarobjekte (Hoch- und Flachmoorobjekte), für welche nicht bereits hydrologische Berechnungen vorliegen. Da diese für den Kanton Bern und Fribourg bereits flächendeckend vorhanden sind, sind diese in der Abbildung 15 weiss dargestellt.

Die detaillierten Ergebnisse (Geodaten und Karten) finden sich im Abgabe-Datensatz.

Tabelle 3: Kennzahlen.

Gebiet	Anzahl	Fläche [km²]	Anteil [%]
Schweiz		41'290.7	100
Moorbiotope Teilobjekte	4741	177.4	0.4
Moorhydrologischer Hinweisperimeter		1265.5	3.1

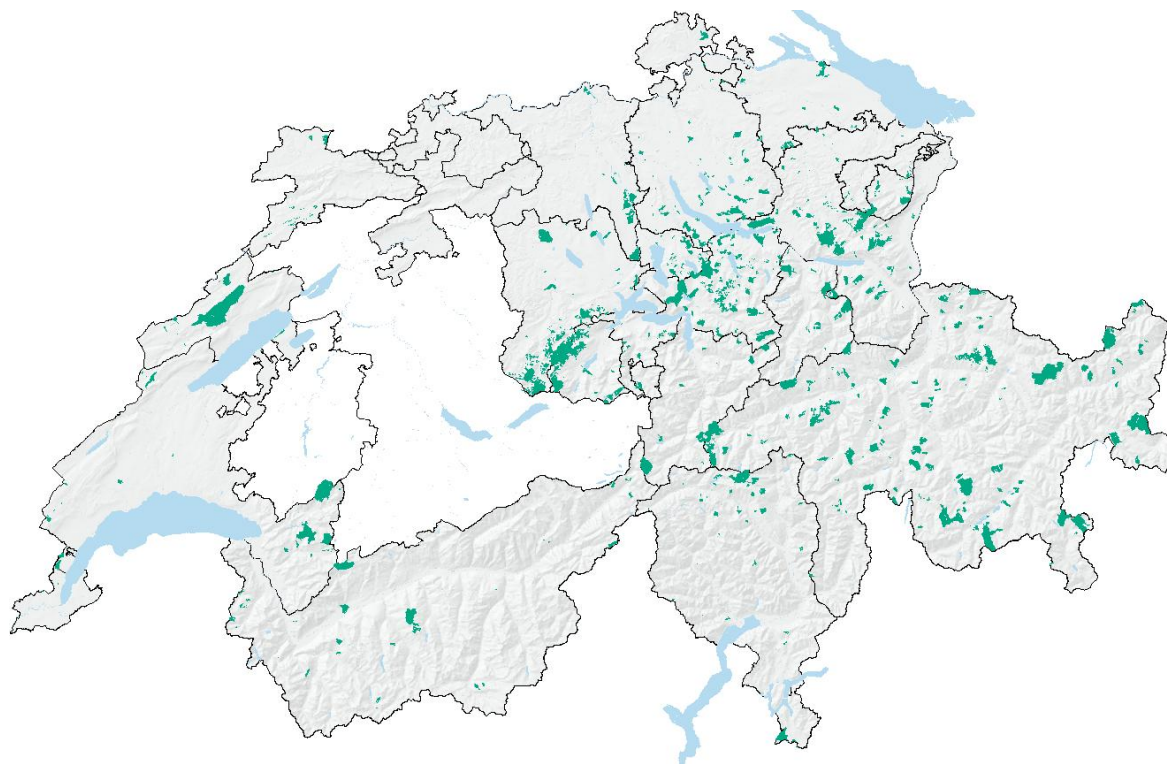


Abbildung 15: Berechnete moorhydrologische Hinweisperimeter.

4 Ausblick

Der moorhydrologische Hinweisperimeter ist mit dem hier beschriebenen Projekt für alle Flächen der Flach- und Hochmoorinventare von nationaler Bedeutung abgegrenzt. Im Gegensatz zur Nährstoffpufferzone, welche in einem eng gefassten Gebiet rund um das Moorobjekt den Eintrag von Nährstoffen untersagt, bezeichnen die moorhydrologischen Hinweisperimeter in der Regel grössere Gebiete. In diesen sind bei Behörden-Entscheiden (Bewilligungsverfahren) die für Moorbiotope relevanten Wasserressourcen und Wasserflüsse spezifisch zu berücksichtigen, zu sichern und, soweit es der Moorregeneration dient, zu verbessern. Diese Grundlagen sollen dazu beitragen, den Erhalt oder, wo erforderlich, die Wiederherstellung des Gebietswasserhaushalts der Moore zu gewährleisten.

Im Zentrum der mit dem moorhydrologischen Hinweisperimeter geforderten Beurteilung steht immer die Frage nach den Auswirkungen eines Vorhabens auf die Moor-Hydrologie. Dabei sind insbesondere die Art und Dimension des Vorhabens, seine Lage, seine Entfernung vom Moor-komplex sowie die hydrologische Funktion des unmittelbar betroffenen Einflussgebiets zu berücksichtigen.

Einführung und Umsetzung des Planungsinstruments «Moorhydrologischer Hinweisperimeter» in die Verfahren und Abläufe der Kantone ist Aufgabe der kantonalen Fachbehörden. Eine mögliche Umsetzung wurde vom Kanton Bern entwickelt. Sie wird hier kurz vorgestellt.

Umsetzung «Moorhydrologischer Hinweisperimeter» (MHP) im Kanton Bern

Der «Moorhydrologische Hinweisperimeter» wird im Kanton Bern mit dem Sachplan Biodiversität (Revision in Vorbereitung) als behördenverbindliche Grundlage eingeführt. Mit einer Arbeitshilfe (<https://www.weu.be.ch/de/start/themen/umwelt/biodiversitaet/arten-und-lebensraeume1/moore.html>) unterstützt der Kanton Leitbehörden in Bewilligungsverfahren durch ein mehrstufiges Vorgehen. Der mit der Arbeitshilfe angeleitete Prozess hat zum Ziel, Anfragen/Bauvorhaben frühzeitig nach ihrem Einfluss auf den Wasserhaushalt zu triagieren. In einem ersten Schritt prüft die zuständige Leit-/Bewilligungsbehörde anhand eines einfachen

Entscheidungsschlüssels und unter Konsultation des MHP, ob allfällige Naturwerte durch ein geplantes Bauvorhaben betroffen sind. Je nach Art des Bauvorhabens und dessen Lage innerhalb des MHP (Abstandszonen) bezieht sie die Naturschutz-Fachstelle mit ein. Diese schätzt die Projektauswirkungen ab, indem sie Einblick in die verschiedenen Teilbereiche des MHP nimmt (Konsultation der hydrologischen Einflussgebiets-Typen). Je nach Situation kann dies zu spezifischen Auflagen für das Bauvorhaben führen oder es braucht den Beizug einer Fachperson, um Klarheit bezüglich der moorhydrologischen Auswirkungen des Bauvorhabens zu schaffen. Oft genügt eine einfache moorhydrologische Beurteilung, um die richtigen Auflagen und Massnahmen abzuleiten. In seltenen Fällen ist die Ausarbeitung eines moorhydrologischen Gutachtens seitens der Bauherrschaft nötig. Das Pflichtenheft hierfür erstellt die Fachstelle.

Bern, 23. Oktober 2025

geo7 AG

Anhang A Datenmodelle Abgabedatensatz

MHPMKO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	
GARED	SHORT	Information, ob Objekt gutachterlich redigiert wurde	Domain: MhpJaNein
GABEM	TEXT (1000)	Bemerkungsfeld für Erklärungen zu gutachterlichen Anpassungen	
QUELLE_MHP	TEXT (16)	Attribut für Quellenangabe, damit bei potenziellen zukünftigen Adaptationen die Herkunft des moorhydrologischen Hinweisperimeters identifiziert werden kann. In diesem Projekt berechnete MHP weisen hier den Wert «Berechnung MHP 2» auf.	
OBJEKTNUMMER	LONG	Objektnummer des Bundes-Inventarobjektes	

MHPSAO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	

MHPTEO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation.	
UTYP	Text (5)	Umsetzungs-Typ (Teilflächen-Code)	Domain: FlaecheTyp
SENKE	Text (15)	Flächen, die in eine abflusslose Senke mit Tiefe > 1 m entwässern, werden für die Nutzung in der ökohydrologischen Abklärung als «Senke» dokumentiert. «Karstsenken» sind Senken, deren tiefster Punkt auf Karst-Untergrund gemäss der in Kapitel 0 beschriebenen Handhabung liegt.	Domain: SenkeTyp

MHPTE

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	
UTYP	Text (5)	Umsetzungs-Typ (Teilflächen-Code)	Domain: FlaecheTyp
SENKE	Text (12)	Flächen, die in eine abflusslose Senke mit Tiefe > 1 m entwässern, werden für die Nutzung in der ökohydrologischen Abklärung als «Senke» dokumentiert. «Karstsenken» sind Senken, deren tiefster Punkt auf Karst-Untergrund gemäss der in Kapitel 0 beschriebenen Handhabung liegt.	Domain: SenkeTyp

MHPO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	

MHP

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Fläche	

MHPSIO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D-Punkt	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	
KARST	SHORT	Karst-Untergrund ohne Areale mit Moränenbedeckung.	Domain: MhpJaNein
TIEFE	DOUBLE	Tiefe der Senke	

MHPIXO

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D- Fläche	
OBJNR_BE	LONG	Objektnummer für die objektweise Konsultation	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	
GARED	SHORT	Information, ob Objekt gutachterlich redigiert wurde (ja: 1) oder ob es sich um das automatisch berechnete Resultat handelt (nein: 0)	Domain: MhpJaNein
GABEM	TEXT (1000)	Bemerkungsfeld für Erklärungen zu gutachterlichen Anpassungen	
OBJEKTNUMMER	LONG	Objektnummer des Bundes-Inventarobjektes	

MHPMKO_HZ

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D- Fläche	
TEILOBJNR	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	
HZ	FLOAT	Auf 0.5 m abgerundeter Wert der Höhenzone (Höhe über tiefstem Pixel des Moorkomplexes). Bsp: 8.5 bedeutet Zone 8.5 – 9 m über tiefstem Pixel Moorkomplex.	

KANAL_DRAIN

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D- Fläche	

QP

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D- Fläche	
LNIE	LONG	Nummer der Gewässerlinie	
POS	LONG	Position (Metrierung) des Querprofiles auf Gewässerlinie	
TeilObjNr	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	
seed	Text (255)	Für EZG-Berechnung verwendeter Umsetzungs-Typ (Teilflächen-Code) am Querprofil (vgl. Kap 2.5.4)	«ebm», «ebw», «ebe», «ebe2», <NULL>
Z_Diff	FLOAT	Höhenunterschied zwischen Minimum z-Wert in Querprofilmitte (+/- 2.5 m) sowie tieferer Profilstelle (sofern in Moorkomplex)	
Z_Diff_mean	FLOAT	Gemittelter «Z_Diff» über 5 Profile	
Z_diff_PG	FLOAT	Höhenunterschied zwischen Minimum z-Wert in Querprofilmitte und Moorkomplexrand	
Dist_PG	FLOAT	Horizontaldistanz zwischen Minimum z-Wert in Querprofilmitte und Moorkomplexrand	
PG	FLOAT	Pauschalgefälle [%]: «Z_diff_PG» / «Dist_PG»	
Z_min	FLOAT	Minimum z-Wert in Querprofilmitte (+/- 2.5 m)	
SOHLENGEF	FLOAT	Sohleengefälle Fließgewässer [%]	
symb	Text (8)	Für Querprofilvisualisierung verwendeter Umsetzungs-Typ (Teilflächen-Code) am Querprofil (vgl. Kap. 2.5.3).	«ebm», «ebw», «ebe», , <NULL>

SENKE

Merkmal	Feld-Typ	Beschreibung	Wertebereich / Domainname
SHAPE	GEOMETRY	Georeferenzierung als 2D- Fläche	
Senken_ID	LONG	Senken-ID.	
TeilObjNr	LONG	Teilobjektnummer für die objektweise Konsultation	

TLM_FLISSGEWAESSER

Datenmodell des offiziellen swissTLM3D Gewässernetz -Datensatzes

Domain MhpJaNein

Code	Beschreibung
0	nein
1	ja

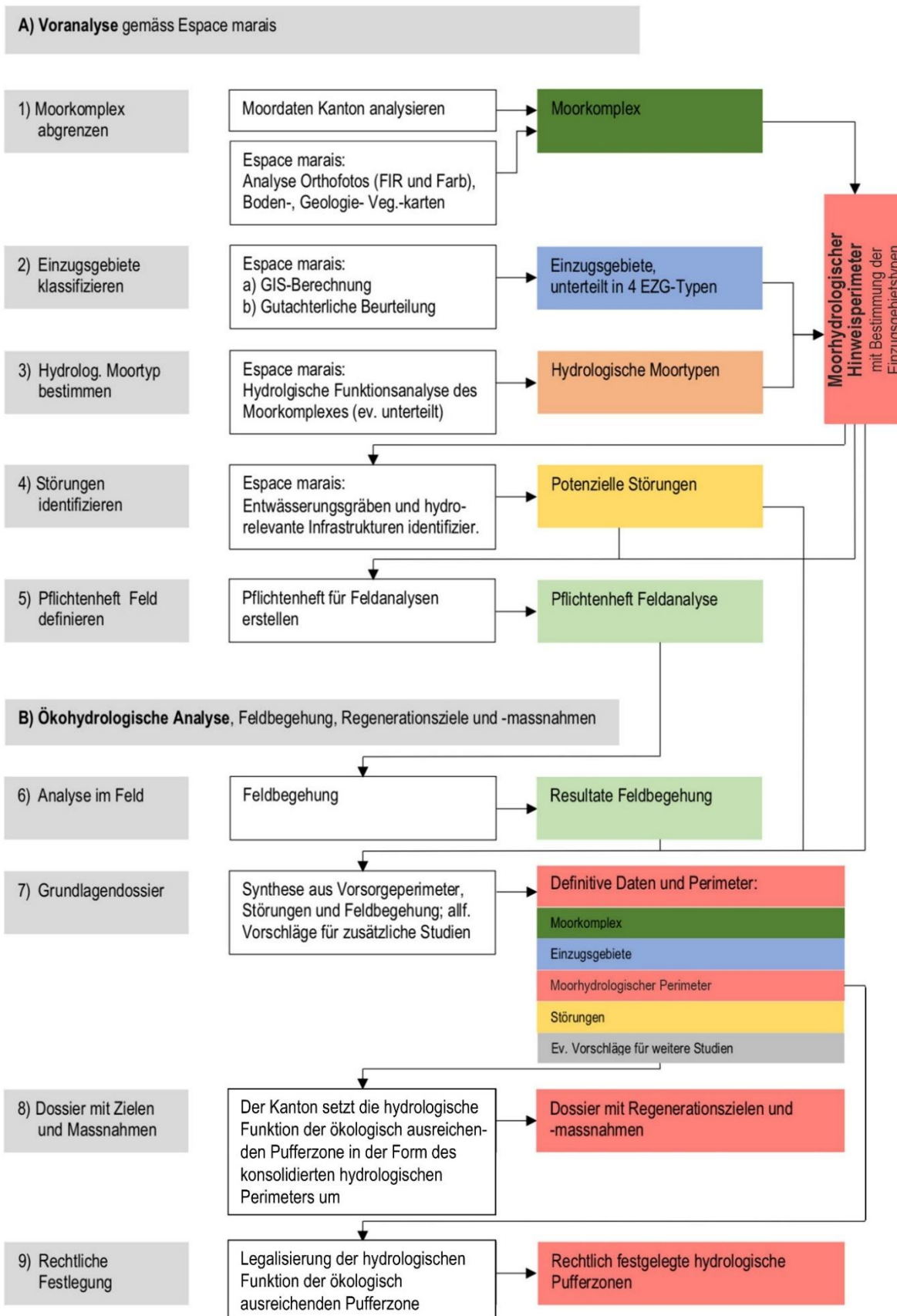
Domain FlaechenTyp

Code	Beschreibung
em	Liefergebiet Hangwasser
ebm	Liefergebiet Bachwasser (ebenerdig)
ebw	Liefergebiet Bachwasser (eingetieft)
ebe	Einzugsgebiet Bachwasser erodierend

Domain SenkeTyp

Code	Beschreibung
Senke	Senke
Karstsenke	Karstsenke
keine Senke	keine Senke

Anhang B Der Workflow «espace marais»



Anhang C Kriterien «Sensitiver Saum»

5) Sensitiver Saum (sa)

Zwischen 0 und 25m Abstand vom Moorkomplex, Saum abgrenzen sobald:

- bestehende Dolinen; oder Wasser infiltriert im Untergrund und versorgt den Moorkomplex nicht

Breite des Saums beträgt **25m** wo:

- steiles Gefälle (>4%) zwischen 0 und 25m Abstand unterhalb vom Moorkomplex
- Fliessgewässer zwischen 0 und 25m Abstand vom Moorkomplex
- Krete zwischen 0 und 25m Abstand vom Moorkomplex (mindestens 50cm Höhenunterschied gegenüber Moorkomplex)
- Gelände steigt aber die Wasserflüsse erreichen den Moorkomplex in einem Abstand von 0 und 25m nicht

Zwischen 25 und 50m Abstand vom Moorkomplex, (sa) abgrenzen sobald:

- steiles Gefälle (>4%) unterhalb vom Moorkomplex
- Fliessgewässer
- Krete (mindestens 50cm Höhenunterschied gegenüber Moorkomplex)
- bestehende Dolinen, oder Wasser infiltriert im Untergrund und versorgt den Moorkomplex nicht

Breite des Saums beträgt ansonsten **50m** um den Moorkomplex