BÜRO FÜR
RÄUMLICHE
ENTWICKLUNG
UND NATUR

RENAT
AG

Amt für Umwelt

Variantenstudium
Temporärer Wasserrückhalt Ruggeller Riet

Vaduz, Oktober 2020

RENAT AG
Büro für räumliche Entwicklung und Natur
Birkenweg 6
9490 Vaduz
+423 232 48 19
renat@renat.li

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage ... 1
1.1. Ruggeller Riet – Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung ... 1
1.2. Moorvernässung als Beitrag zum Klimaschutz ... 1
1.3. Temporärer Wassereinstau als Option ... 2
1.4. Auftrag ... 2
2. Situation ... 3
2.1. Gewässernetz ... 3
2.2. Erkenntnisse hydrologische Studie 2001 ... 5
2.3. Gewässerlebensraum ... 5
2.4. Entwässerung Moore und Klima ... 6
2.5. Erkenntnisse Kartierung Vegetation ... 7
2.6. Planerische & rechtliche Rahmenbedingungen ... 8
2.7. Grundeigentumsverhältnisse ... 9
2.8. Drainagen ... 9
2.9. Höhenmodell ... 11
3. Wasserrückhalt - Rahmenbedingungen ... 13
3.1. Ziele ... 13
3.2. Wirkung auf das Klima ... 13
3.2.1. Naturnahe Moore ... 13
3.2.2. Wiedervernässte Moore ... 13
3.3. Wirkung auf die Vegetation ... 14
4. Pilotprojekt ... 15
4.1. Lage und Einstautiefe ... 15
4.2. Mittlerer Riedgraben (Standort 1 & 2) (de under Bach) ... 16
4.2.1. Standort 1 ... 16
4.2.2. Standort 2 ... 18
4.3. Südlicher Riedgraben (Standort 3) (Weitrietgraben) ... 20
4.4. Weitere Varianten ... 22
4.5. Variantenvergleich Hydrologie ... 22
5. Einfluss des Einstaus auf die Vegetation ... 23
5.1. Varianten ... 23
6. Vergleich der Varianten ... 24
7. Erwartete Veränderungen und weitere Effekte ... 25
8. Verhinderung Durchsickerung ... 27
9. Anforderungen an das Stauwehr ... 28
9.1. Zeitliches Management ... 28
10. Literatur ... 29

1. AUSGANGSLAGE

1.1. RUGGELLER RIET – FEUCHTGEBIET VON INTERNATIONALER BEDEUTUNG

Das Ruggeller Riet ist neben dem Schwabbrünnen-Äscher der grösste Flachmoorkomplex in Liechtenstein. Als verbliebener Rest der einst grossen Talrieder des Alpenrheintals steht das Ruggeller Riet seit 1978 per Verordnung unter Naturschutz, seit 1991 ist es Ramsar-Konventions-Objekt. Die angrenzenden Riedflächen in Vorarlberg sind als Europaschutzgebiet Bangs-Matschels über die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie geschützt. Zusammen mit den Moorflächen im Gebiet des Salezer Bergsturzes in Sennwald stellt das Gebiet einen grenzüberschreitenden Hotspot der Feuchtgebiete im Alpenrheintal dar.

Besondere Artvorkommen unterstreichen zusätzlich die Bedeutung des Ruggeller Riets als Lebensraum von Feuchtgebietsarten. Der Erhalt der entsprechenden Lebensraumqualitäten ist daher von internationaler Bedeutung. Daraus leitet sich auch eine besondere Verantwortung für dieses Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung für Liechtenstein ab.

Aufgrund von naturkundlichen Untersuchungen insbesondere der Vegetation sind verschiedene Entwicklungen erkennbar. Daraus lassen sich auch mögliche Ursachen ableiten bzw. vermuten:

- Es besteht eine Austrocknungstendenz. Diese zeigt sich in einer Verschiebung zu nährstoffreicheren Pflanzengesellschaften eher trockenerer Standorte über die letzten Jahrzehnte.
- Neben Düngungseffekten über die Luft gelten Veränderungen im Wasserhaushalt als primäre Ursache. Fehlendes Wasser führt zu Luftzutritt mit anschliessendem Abbau bzw. Remineralisation des Torfes. Der Effekt ist eine Eigendüngung.
- Die zahlreichen Gräben im Gebiet verursachen dabei primär eine raschere oberflächliche Abtrocknung, bewirken aber kaum mehr eine Absenkung des Bodenwasserspiegels an sich (BZG 2001).
- Der Wasserhaushalt ist primär abhängig von den Niederschlägen. Das mineralarme Regenwasser bewirkt eine Versauerungstendenz bzw. führt zu tiefen pH-Werten.
- Aufgrund des Klimawandels werden wärmere Sommer (höhere Verdunstung) in Kombination mit geringeren Niederschlägen erwartet (Amt für Umwelt o.D.). Dies dürfte die beobachtete Austrocknungstendenz zukünftig noch verstärken.

1.2. MOORVERNÄSSUNG ALS BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ

Mit dem Wasserrückhalt in Flachmooren soll die Torfbildung gefördert und wieder Torf eingelagert werden. So soll CO_2 langfristig fixiert werden. Durch den Torfabbau entwässerter Moore wird aufgrund des Luftzutritts CO_2 frei. Moorvernässungen gelten daher auch als Beitrag zum Klimaschutz und können der CO_2-Kompensation dienen.

1.3. TEMPORÄRER WASSEREINSTAU ALS OPTION

Entsprechend der Ausgangslage besteht seit längerem der Vorschlag, die Möglichkeiten für einen temporären Einstau ausgewählter Gräben bzw. neue Wasserüberleitungen vertieft zu prüfen (BZG 2001).

Aufgrund der Ausgangslage bestehen dabei folgende Erschwernisse:

- Wegen der Bodensackung liegt das Ruggeller Riet heute über dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Umland.
- Die Entwässerung angrenzender tiefer liegender Landwirtschaftsflächen erfolgt teilweise durch das
- Ruggeller Riet.
- Massnahmen am Hasenbach (Grenzgraben) als Hauptgewässer mit der tiefsten Sohlenlage benötigt eine internationale Koordination mit Vorarlberg.

1.4. AUFTRAG

- Zusammenstellen und Sichten der Grundlagen (Vegetation, bisherige Arbeiten, Informationen Gewässernetz, Bodenkarten, Grundwasser, Informationen zu Drainageleitungen, Eigentümerverhältnisse)
- Erstellen eines digitalen Höhenmodells auf der Basis folgender Daten:
    - Daten aus Luftaufnahmen aus dem Jahr 2015, Höhengenauigkeit 10 cm.
    - Erfassung des Sohlniveaus der Wasserläufe im Gebiet (Sohllage/Wasserspiegellage/Niederwasserstand) mit GPS
- Überprüfung des Zusammenhangs der Gewässer und der Bedeutung der einzelnen Gräben für die Entwässerung des Gebiets.
- Bezeichnen möglicher Abschnitte, die sich aufgrund des Höhenmodells und der Vegetation für den Einstau eignen könnten.
- Überprüfung anhand weiterer Kriterien (evtl. Grundeigentumsverhältnisse, aktuelle Bewirtschaftung, evtl. zu erwartende Grundwasserflüsse)
    - Evtl. Beizug von weiteren Fachexperten (Hydrogeologe)
- Auswahl Pilotprojekt
    - Bezeichnen von Lage, Kote, des temporären Einstaus
    - Konsultationen Ämter, Grundeigentümer
- Festlegen Aufbau Stauwerk
    - Evtl. Beizug von weiteren Fachexperten (Ingenieur)

2. SITUATION

2.1. GEWÄSSERNETZ

Das Ruggeller Riet kann hydrologisch nicht unabhängig von seiner Umgebung betrachtet werden. Die Entwässerung angrenzender Landwirtschaftsflächen erfolgt teilweise durch das Ruggeller Riet. Das Entwässerungssystem ist in *Abb. 1* dargestellt.

Die ökomorphologische Beurteilung zeigt den aktuellen Zustand der Gewässer. Die künstlich geschaffenen Gräben im Ried sind nicht verbaut, weisen durch Herkunft und Unterhalt aber eine eingeschränkte Breitenvariabilität und Kontakt mit dem Umland auf. Ihr Zustand kann als wenig beeinträchtigt gelten. Teils sind sie stark eingetieft (*Abb. 2*).

Stärker verbaut ist der Hasenbach (Grenzgraben) sowie der Spiersbach mit einer Böschungsfussverbauung. Kleinere Gräben ausserhalb des Rieds weisen häufig eine Sohl- und Böschungsfusssicherung mit Holzbrettern auf. Diese gelten morphologisch als stark beeinträchtigt.

Abb. 1: Betrachtungsraum mit dem Fliessgewässernetz, der Fliessrichtung und dem Naturschutzgebietsperimeter.

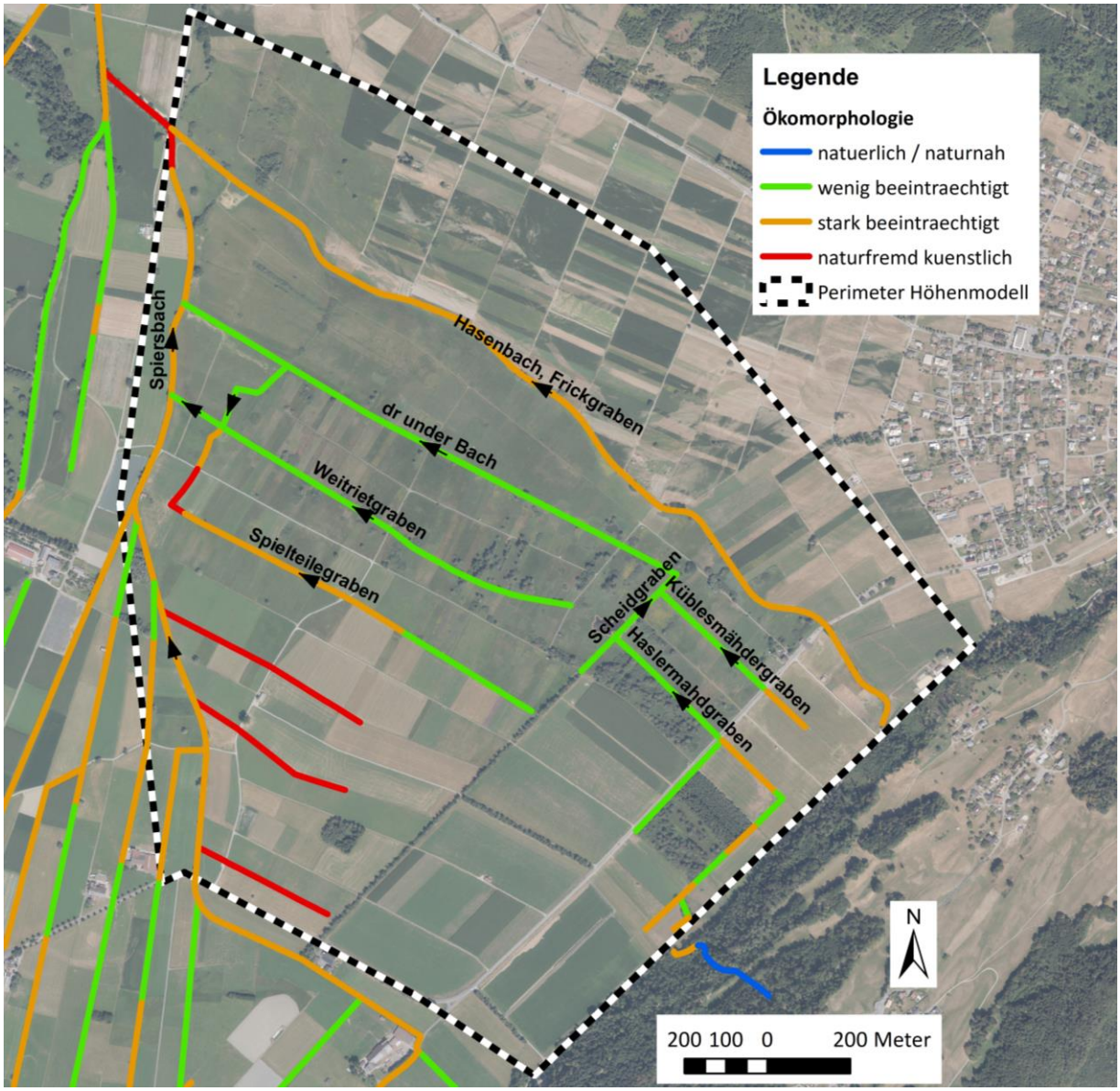


Abb. 2: Vielfalt der Entwässerungsgräben im Ruggeller Riet. Diese reichen von relativ geringer Differenz zum Umland bis zu stark eingetieften Abschnitten (unten)

2.2. ERKENNTNISSE HYDROLOGISCHE STUDIE 2001

Aus der Studie zur Hydrologie und Bodenbeschaffenheit im Ruggeller Riet ergaben sich folgende Erkenntnisse und Empfehlungen (BÜRO FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE 2001, in BZG 2001):

- Der Grundwasserspiegel im Ried liegt deutlich höher als im Umland. Eine Grundwasserspeisung aus dem Rhein oder der Ill wird durch das Entwässerungssystem (Spiersbach, Binnenkanal) abgefangen, so dass der Einfluss des Niederschlags dominiert. Daraus ergeben sich die verbreitet tiefen pH-Werte in den Moorböden.
- Im Bereich mit mineralischen Böden entlang des Spiersbachs und des Hasenbachs (Grenzgraben) ist von einer deutlichen Entwässerungswirkung durch die Gräben auszugehen. Im Moor- und Halbmoorboden wurde die Entwässerungswirkung der offenen Gräben als eher gering eingeschätzt. Nach der Anlage der offenen Gräben hat sich die Terrainoberfläche an den Bodenwasserspiegel angeglichen. Heute dürften die Gräben eine raschere oberflächliche Abtrocknung nach Regenereignissen und kaum mehr eine Absenkung des Bodenwasserspiegels bewirken. Entscheidend für die seitliche Drainagewirkung ist die Körnung des Bodensubstrats sowie die Tiefenlage der Grabensohle.
- Aus den Entwässerungsgräben aus dem meliorierten Schellenberg Riet und im Spiersbach wurden damals hohe Werte bezüglich Stickstoff (Ammonium) und Phosphor gemessen, die vor allem bei Regenereignissen stark anstiegen.
- Ein Vergleich der mittleren Grundwasserstände mit den kartierten Ried-Vegetationseinheiten von 1993 zeigte folgendes Bild:
    - Spierstaudenried: mittlerer Wasserstand 0.3 bis 0.58 m unter Terrain
    - Pfeifengraswiese mit Spierstaude: mittlerer Wasserstand 0.2 bis 0.28 m unter Terrain
    - Kopfbinsenried: mittlerer Wasserstand 0.1 bis 0.17 m unter Terrain
- Prioritär wurde der Einstau am Hasenbach vorgeschlagen. Als weitere Möglichkeit wurde der Aufstau des mittleren Entwässerungsgrabens (de under Bach) erwähnt.
- Begrenzung der Torfsackung und Mineralisation im Schellenberger Riet durch eine Grundwasserbewirtschaftung (zeitweiser Einstau).
- Schaffung von extensiven Pufferzonen rund um die Streuflächen

2.3. GEWÄSSERLEBENSRAUM

Im Rahmen der Gewässerüberwachung als Aufgabe der Wasserrahmenrichtlinie wurden auch die Gewässer im Ruggeller Riet untersucht.

Mit 21 Taxa weist der südliche Riedgraben (Weitrietgraben) im Ruggeller Riet gesamthaft eine geringe Makrozoobenthos-Artenausstattung auf. Arten- und individuenreich sind die Mollusken und Zuckmücken. Die Mollusken sind neben der Wasserassel auch für die hohe Biomasse an diesem Standort verantwortlich. Bemerkenswert ist das starke Vorkommen der Riementellerschnecke *(Bathyomphalus contortus)*, der Gemeinen Schnauzenschnecke *(Bithynia tentaculata)* sowie der Gemeinen Kugelmuschel *(Sphaerium corneum).* Daneben sind Zweiflügler häufig. Der Saprobienindex weist auf eine mässige Belastung hin, die organische Belastung weist einen Handlungsbedarf aus. Der Makroindex und der IBGN deuten auf einen unbefriedigenden Zustand hin. Gesamthaft muss daher von einem unbefriedigenden Zustand ausgegangen werden (AMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2008). Zu berücksichtigen ist dabei

aber das Fehlen von geeigneten Referenzzuständen (Artenzusammensetzung) für den natürlichen Gewässerzustand in Moorgebieten, an denen sich diese Zustandsbeurteilung orientieren kann.

Detaillierter wurde der Spiersbach oberhalb der Einmündung des Hasenbachs untersucht. Hier findet sich auch eine Überwachungsstelle gemäss der Wasserrahmenrichtlinie. Der aus dem Maktrozoobenthos abgeleitete Saprobitätsindex zeigt einen mässigen Zustand an.

Deutlich erhöht sind die DOC-Werte (gelöster organischer Kohlenstoff), typisch für Moorgebiete und neben CO_2 und Methan (CH_4) eine der Austragskomponenten im Kohlenstoffhaushalt von Mooren bzw. Moorböden. Dieser besteht aus schwer abbaubaren Verbindungen, vor allem Huminstoffe, die auch für die bräunliche Färbung des Wassers verantwortlich sind. Die Ammonium- und Nitrat-Werte sind starken Schwankungen unterworfen. Vor allem beim Ammonium wird das Qualitätsziel vereinzelt überschritten. Grundsätzlich ist zumindest temporär von einer stärkeren Nährstoffbelastung der Gewässer im Ruggeller Riet auszugehen.

In den Gräben und Wasserflächen sind folgende Fischarten nachgewiesen bzw. zu erwarten:

- Elritze, Aal, Schmerle, Dreistachliger Stichling
- Hecht, Rotfeder, Flussbarsch (v.a. Wasserflächen)

Daneben ist in den Riedgräben ein sich ausbreitender Edelkrebsbestand vorhanden.

2.4. ENTWÄSSERUNG MOORE UND KLIMA

Werden Böden entwässert, sinkt der Grundwasserspiegel und es erfolgt ein Sauerstoffzutritt. Das im Boden gebundene organische Material kann so durch Mikroorganismen abgebaut werden. Bei stark organischen Böden mit hohem Torfanteil entsteht so ein durch Sackung gut erkennbarer grösserer Bodenschwund.

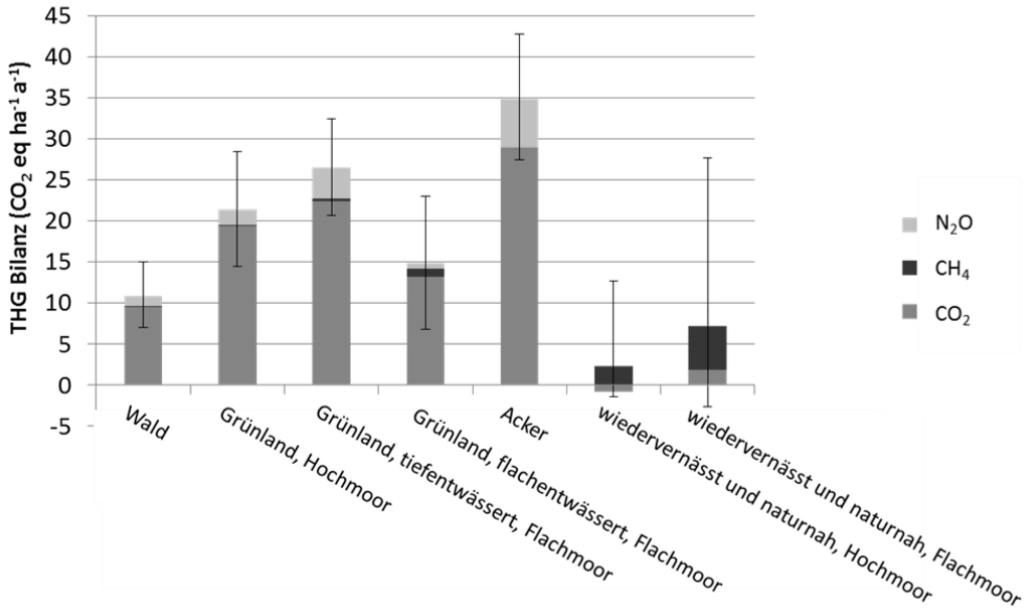
In tieftorfigen Böden wie im Schellenberger Riet treten in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsart und -intensität grosse Setzungen auf. Die geschätzte Sackungsrate ist um 2 cm pro Jahr (BÜRO FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE 2001). Entsprechend liegt heute das Ruggeller Riet höher als das intensiv genutzte Umland.

Bei diesen Abbauprozessen im Boden entsteht CO_2 und N_2O (Lachgas). Drainierte Moorböden gelten heute als wichtige CO_2-Emittenten. Die Höhe der Emissionen wird neben Nutzungsintensität und Vegetation vor allem durch den Wasserstand bestimmt.

Besonders ungünstig wirkt sich dabei der Ackerbau aus. Auf den Moor- und Halbmoorböden wird daher zum Schutz des Bodens eine Wieslandnutzung empfohlen.

Bei wiedervernässten Flachmooren wird der Anteil an Lachgas stark reduziert, dafür können je nach Ausgestaltung grössere Mengen an besonders klimawirksamem Methan emittiert werden (siehe *Abb. 3*).

Abb. 3: Treibhausgas-Bilanz von organischen Böden unterschiedlicher Nutzung in der temperaten Zone (aus PAUL & SCHELLENBERGER 2017, Quelle Daten IPCC Supplement Wetlands (IPCC 2014))



2.5. ERKENNTNISSE KARTIERUNG VEGETATION

- Die bereits zwischen 1972 und 1993 beobachtete Verschiebung in Richtung trockene und nährstoffreichere Vegetation hat sich fortgesetzt. Das einst kleinflächig vorhandene Schneidebinsenried als Vertreterin nasser Standorte konnte nicht mehr nachgewiesen werden.
- Das zu den kalkreichen Kleinseggenriedern gehörende Kopfbinsenried hat in der Ausdehnung um rund 10% abgenommen. Die Kennarten dieser Gesellschaft sind in ihrem Bestand auf grossen Flächen bereits stark zurückgegangen. Die Arten der Pfeifengraswiesen konnten sich vor allem in den Randbereichen ausbreiten.
- Die Ausdehnung der Pfeifengraswiesen konnte sich in der Gesamtheit auf Kosten des Kopfbinsen- und des Schneidebinsenrieds in etwa halten.
- Kleinere Pfeifengraswiesenflächen, vor allem der artenarmen Bestände, sind auch aus ehemaligen Spierstaudenriedern entstanden. Eine Rückführung aus ehemals als Kulturland genutzten Flächen hat hingegen kaum stattgefunden. Pfeifengraswiesen, die durch intensive Nutzung oder Umbruch in ihrem Bestand verändert wurden, lassen sich allein durch Extensivierung bei den aktuellen Wasserverhältnissen kaum wiederherstellen.
- Innerhalb der Pfeifengraswiesen sind auf Teilflächen Versauerungstendenzen erkennbar. Diese Flächen sind heute stärker bzw. nur noch durch Regenwasser beeinflusst. Da weniger Pflanzenarten an diese Standortbedingungen angepasst sind, sind diese Flächen tendenziell artenärmer. Die artenreichen Pfeifengraswiesen mit den ausgedehnten Beständen der Sibirischen Schwertlilie haben abgenommen.
- Aus rückgeführten Kulturlandflächen konnten sich teils Spierstaudenrieder entwickeln. Ein später Schnittzeitpunkt fördert hier die typischen Arten wie das Mädesüss oder den Gilbweiderich. Grössere Flächen sind auch aus Pfeifengraswiesen durch Nährstoffanreicherung hervorgegangen.

- Die Verschilfung der Flächen hat zugenommen. Davon ist vor allem der östliche Riedbereich betroffen. Im westlichen Teil ist die Verschilfung geringer und vor allem lokal auf einzelne Flächen beschränkt. Wichtige Ausbreitungsschwerpunkte bilden hier die Grabenufer inkl. deren Umgebungsbereich.
- Entlang der Gräben haben sich auch Goldrutenbestände etabliert. Dies ist auch auf die Austrocknung dieser Flächen durch die Entwässerung einerseits wie auf die Ablagerung von Grabenmaterial bei Unterhaltsarbeiten und damit die Schaffung von offenen Bodenflächen andererseits zurückzuführen. Offene Bodenflächen bilden ideale Pionierflächen für die Ansiedlung der Goldruten. Dies gilt insbesondere für den Hasenbach sowie den mittleren Graben (de under Bach).
- Die Spätblühende Goldrute und seltener die Kanadische Goldrute haben sich gegenüber 1993 auf weiteren Flächen ausgebreitet. Die vom Amt für Umwelt in den letzten Jahren organisierten Bekämpfungsmassnahmen durch Frühschnitt sowie die jährlichen Ausreissaktionen sind Möglichkeiten, um die Goldruten im Bestand zu schwächen. Weitere Neophyten sind die Neubelgische Aster *(Aster novi-belgii)* oder die Falsche Fuchs-Segge *(Carex vulpinoidea)*, die sich auf Teilflächen etablieren konnten.
- Die Verbuschung hat nach 1993 gesamthaft zugenommen. In den letzten Jahren wurden diverse Flächen durch das Amt für Umwelt wieder ausgelichtet und entbuscht. Dies ist im Luftbildvergleich gut erkennbar. In der Regel konnten sich auf den neuen, offenen Flächen Schilf- und teils auch Goldrutenbestände etablieren. Ein Teil der erkennbaren Zunahme ist auf die heute mittels Luftbild detailliertere Abgrenzung der Verbuschungen zurückzuführen.

2.6. PLANERISCHE & RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Das Ruggeller Riet ist seit 1978 Naturschutzgebiet.

Es ist insbesondere verboten:
a) bauliche Massnahmen aller Art auszuführen, sofern sie nicht dem Schutzzweck dienen;
b) Ackerbau zu betreiben, die Riedflächen zu düngen und Biozide anzuwenden;
c) Mauern und Einfriedungen, Reklamevorrichtungen, Antennen, Freileitungen und dergleichen zu errichten;
d) die Mahd während der Zeit vom 16. März bis 14. September vorzunehmen;
e) freilebenden Tieren nachzustellen, sie mutwillig zu beunruhigen, zu ihrem Fang geeignete Vorrichtungen anzubringen, sie zu fangen oder zu töten, oder Puppen, Larven, Eier, Nester oder sonstige Brut- und Wohnstätten solcher Tiere anzueignen oder zu zerstören; die Ausübung der Jagd ist hiervon unberührt.
f) Pflanzen zu beschädigen, auszureissen, auszugraben oder Teile davon abzupflücken oder abzureissen;
g) das bestehende Entwässerungssystem während der Vegetationszeit zu reinigen;
h) durch künstliche Eingriffe den Wasserzufluss zu vermindern, den Wasserspiegel zu senken und die Wasserfläche zu verkleinern;
i) das Wasser zu verunreinigen;
k) die Fischerei auszuüben;
l) zu baden und die Wasserpartien zu betreten oder zu befahren;
m) zu zelten, zu lagern, zu lärmen, Feuer zu entfachen, Abfälle wegzuwerfen;
n) Müll, Schutt oder Abraum abzulagern;
o) Aufforstungen vorzunehmen.

3) Ausgenommen vom Verbot, bauliche Massnahmen aller Art auszuführen, sind insbesondere:
a) der Unterhalt und die Instandstellung bestehender Torfhütten und Wege im bisherigen Umfang;

b) der Wiederaufbau ehemaliger Torfhütten, sofern eine Verwendung gemäss ihrer Zweckbestimmung gewährleistet ist.

4) Die Planung und Ausführung baulicher Massnahmen gemäss Abs. 3 bedürfen der vorgängigen Begutachtung und Befürwortung der Natur- und Denkmalschutzkommission

Betretungsverbot
Das Betreten des Naturschutzgebietes ist Unbefugten nur auf den hierfür freigegebenen und besonders gekennzeichneten Wegen gestattet.

Das Ruggeller Riet liegt ausserhalb von Grundwasserschutzarealen und -zonen.

2.7. GRUNDEIGENTUMSVERHÄLTNISSE

Das Land ist einer der grössten Grundeigentümer im Ruggeller Riet. Grosse Teile davon gehen noch auf Bodenkäufe durch die LGU sowie die BZG zurück. Diese Flächen wurden später dem Land übertragen. Weitere Flächen sollen 2021 dazukommen. Derzeit befindet sich rund 1/3 des Grundes im Eigentum des Landes.

2.8. DRAINAGEN

Prioritär wurde das Schellenberger Riet systematisch drainiert und mit einer künstlichen Vorflut versehen (Melioration 1970 mit Pumpwerk). Im Ruggeller Teil besteht ein altes systematische Netz von offenen Gräben. Kleinflächig wurden noch Maulwurfdrains gezogen. (Grundlagenstudie Hydrologie und Bodenbeschaffenheit in BZG 2001). Innerhalb des Naturschutzgebietsperimeters ist kein systematisches Drainagesystem mit Rohren bekannt. Einzelne Drainagen dürften jedoch vorhanden sein *(Abb. 5)*.

Abb. 4: In den Hasenbach (Grenzgraben) münden diverse Drainagen aus den intensiver genutzten Ackerflächen nördlich der Landesgrenze (links). Im westlichen Bereich in der Nähe des Spiersbaches entwässern Drainageröhren aus dem Naturschutzgebiet (rechts).

Abb. 5: Unterirdische Verbindung zwischen Hasenbach und dem mittleren Riedgraben «de under Bach»

2.9. HÖHENMODELL

Für das Land Liechtenstein liegt ein digitales Höhenmodell vor. Dieses besteht aus einem 25x25 cm Raster und ermittelt die Höhe auf cm genau. Massgeblich ist die dabei vorhandene Vegetation. Relevant ist diese bei Bäumen und Gehölzen im Gebiet. Die Höhe Moorvegetation ist mit der Wiesenvegetation im Umland vergleichbar.

Im Bereich der Gräben ist die Genauigkeit des Höhenmodells ungenügend. Zur Präzisierung wurden zusätzlich die Sohlenlagen der Gewässer mit einem GPS mit einer Genauigkeit von wenigen cm erfasst und diese dem Modell überlagert. Einzelne Punktmessungen ausserhalb der Gewässer dienten der Verifizierung des Höhenmodells.

Abb. 6: Höhenmodell mit der Abgrenzung Naturschutzgebiet (rot) sowie dem Gewässernetz (schwarz). Deutlich ist die erhöhte Lage von weiten Teilen des Ruggeller Riets gegenüber dem Umland erkennbar. Rund um die Gräben sind Vertiefungen aufgrund von Torfsackungen vorhanden. Gut erkennbar ist auch das höher gelegene Wegenetz.

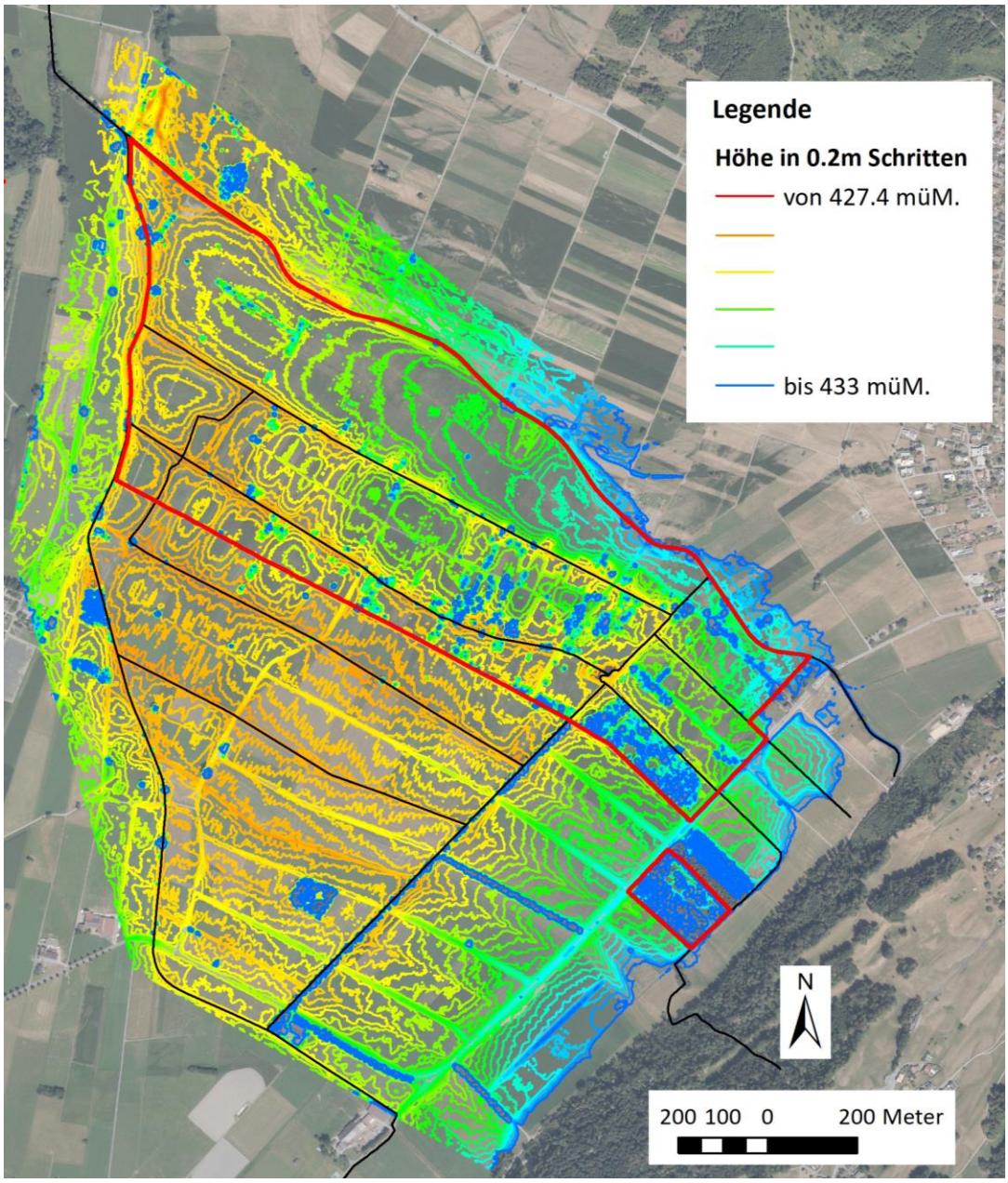


Abb. 7: Deutlich erkennbar ist auch die Entwässerungswirkung der umgebenden Gräben und der draus resultierende Torfabbau. Angrenzend an die Gräben (Schwarz) sind Torfsackungen erkennbar. Die kleinen Erhöhungen rechtsufrig des Spiersbaches (linkes Gewässer) könnten Ergebnisse von früheren Grabenräumungen und Ablagerung des Materials sein

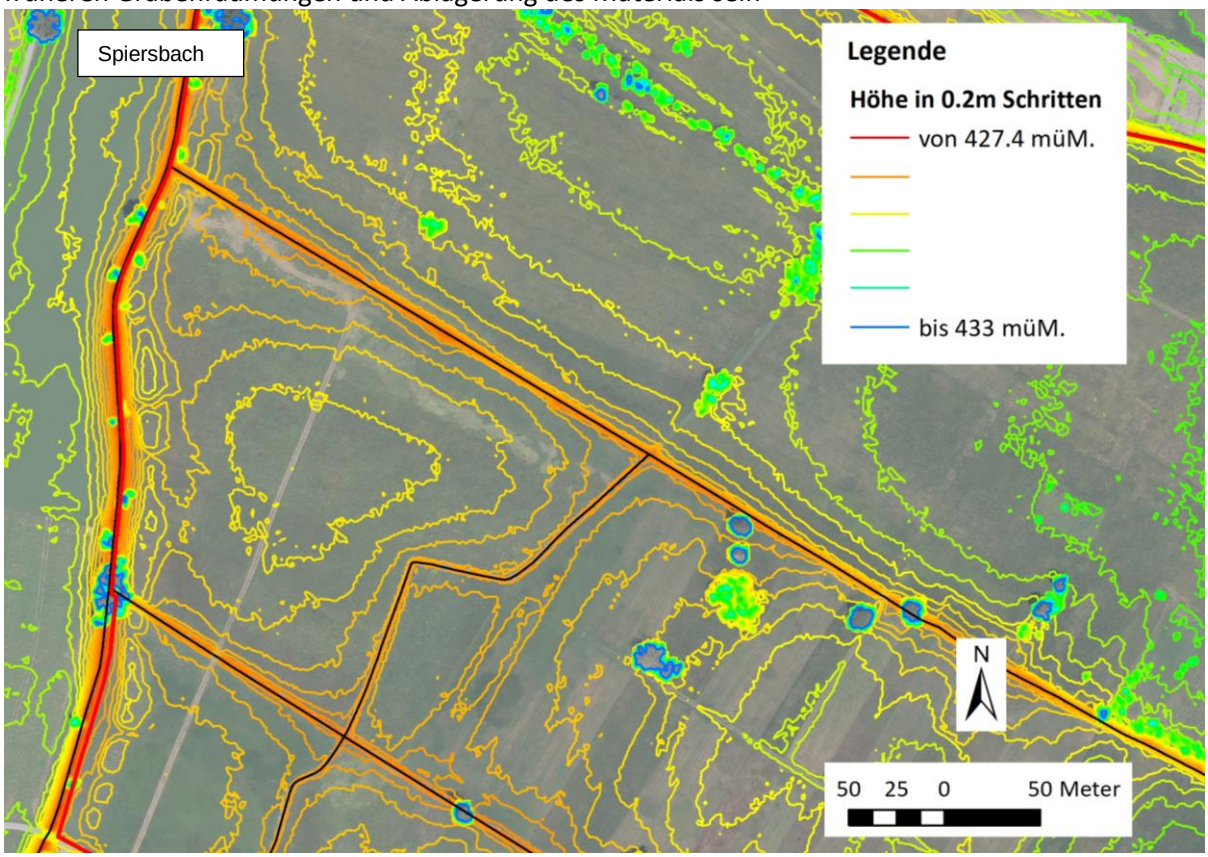
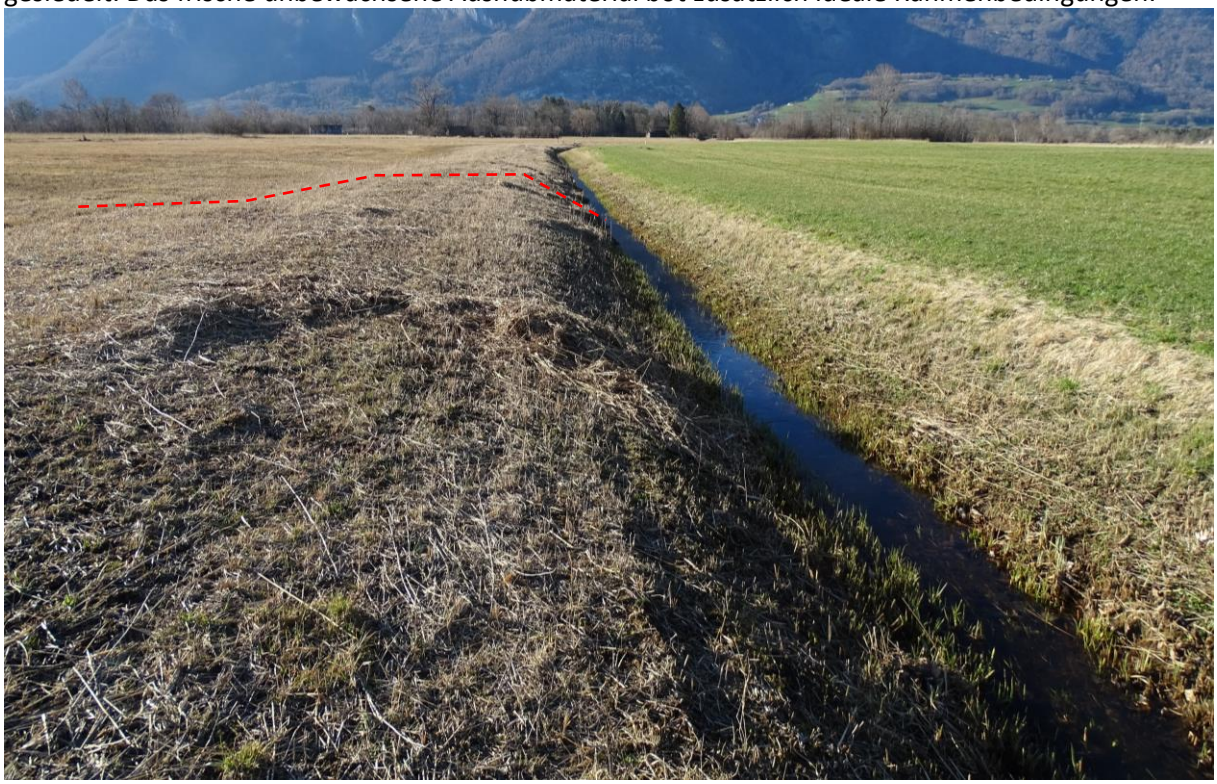


Abb. 8: Besonders deutlich sind solche Erhöhungen als Folge von Grabenräumungen entlang des Hasenbachs erkennbar. Auf diesen trockeneren Flächen haben sich schwerpunktmässig Goldruten angesiedelt. Das frische unbewachsene Aushubmaterial bot zusätzlich ideale Rahmenbedingungen.



3. WASSERRÜCKHALT - RAHMENBEDINGUNGEN

3.1. ZIELE

- Zumindest temporäre Verringerung des Wasserabflusses aus dem Ruggeller Riet, Wasserrückhalt für die aufgrund der Klimaerwärmung zu erwartenden Trockenperioden
- Herstellung geeigneter Grundwasserstände für den Erhalt bzw. die Förderung der Moorflächen (Wachstum), Verhinderung weiterer Torfsackungen durch Torfmineralisation aufgrund des Luftzutrittes
- Reduktion der Treibhausgasemissionen und Leisten eines Beitrages gegen die Klimaerwärmung
- Bekämpfung der amerikanischen Goldruten-Arten durch erhöhten Feuchtigkeitsgrad und veränderte Standortbedingungen
- Schaffung neuer Lebensraumqualitäten durch feuchte Bereiche und Wasserflächen

3.2. WIRKUNG AUF DAS KLIMA

3.2.1. NATURNAHE MOORE

Im Rahmen der Klimadiskussion wird auch die Bedeutung der Moore als Kohlenstoffspeicher und ihre Wirkung auf das Klima diskutiert und inwiefern Moorregenerationen als Klimaschutzmassnahme dienen können. Dazu sind verschiedene Studien entstanden. Wesentliche Erkenntnisse sind (aus PAUL 2013, DRÖSLER et al. 2013):

- Intakte Moore können unter anaeroben Bedingungen durch den Pflanzenabbau klimawirksames Methan (CH_4) emittieren. Bei höheren Wasserständen über 20 cm unter Flur steigt die CH_4-Emission in Abhängigkeit von der Vegetation an. Bei tieferen Wasserständen treten in der Regel keine CH_4-Emissionen auf.
- Andererseits wird durch die Torfakkumulation das in den Pflanzen vorhandene CO_2 gebunden.
- Ein Kohlenstoffaustrag erfolgt auch durch gelösten und partikulären organischen Kohlenstoff (siehe hohe DOC-Konzentrationen im Spiersbach, *Kap. 2.3*).
- Auch der Anteil an emittiertem N_2O dürfte bei intakten Mooren gering sein und ist bei entwässerten Mooren grösser.
- In der Summe der Treibhausgase haben naturnahe Moore mit intakter Hydrologie einen kühlenden Effekt auf das Klima (Siehe auch *Abb. 3*).

3.2.2. WIEDERVERNÄSSTE MOORE

Es sind folgende Effekte zu erwarten (aus PAUL 2013):

- N_2O-Emissionen sinken schnell bei einer Anhebung des Wasserspiegels.
- Bei den CH_4-Emissionen ist ein Anstieg teils über die Werte naturnaher Moore möglich. Diese können CO_2-Equivalenten von drainierten Ackerflächen entsprechen *(Abb. 3)*. Als problematisch werden grossflächige und tiefe Überstaubereiche im Sommer angesehen auf welchen die nicht angepasste Vegetation grossflächig abstirbt.

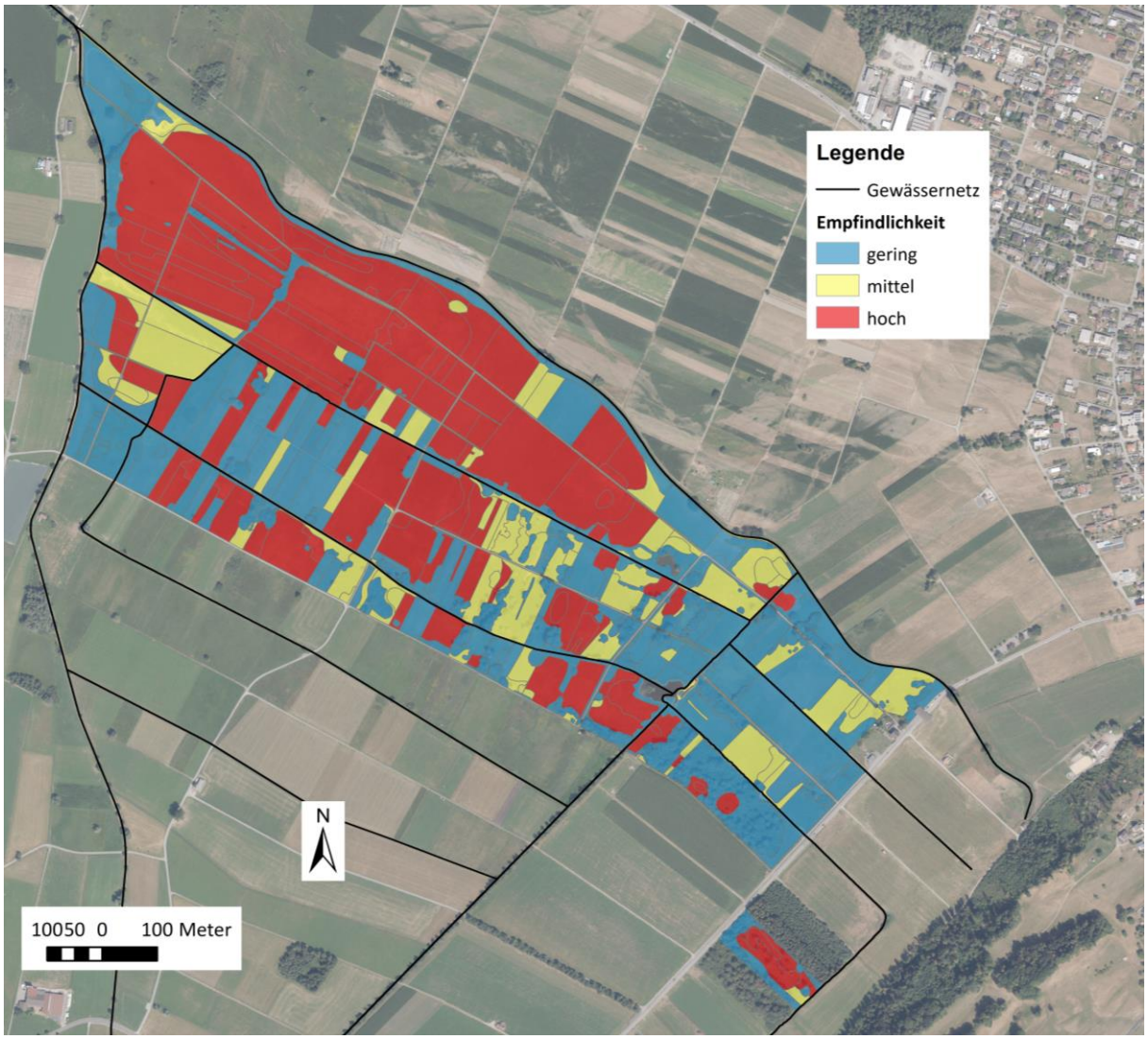
- Mit dem Anpassen der Vegetation an die veränderten Standortbedingungen ist über die Zeit von einer Reduktion der Methan-Emission auszugehen.
- Bei Moorflächen mit einem Wasserstand von 5 cm unter Flur ist von einer Methan-Emission ähnlich zu einem naturnahen Moor auszugehen.

3.3. Wirkung auf die Vegetation

Aufgrund der Nährstoffbelastung des Wassers soll der Wasserrückhalt im Rahmen dieses Pilotprojektes im Bereich von diesbezüglich wenig empfindlichen Vegetationsgesellschaften stattfinden. Hierzu gehören Hochstaudenrieder, Schilfflächen sowie Gebiete mit moorfremder Vegetation, insbesondere Bestände amerikanischer Goldruten.

Gemieden werde nährstoffsensitive Gesellschaften wie die Pfeifengraswiesen und Kopfbinsenrieder. Durch eingestautes leicht basisches Grabenwasser wären hier zudem Veränderungen des pH-Wertes zu erwarten. Es handelt sich zudem auch um die wertvollsten Vegetationsgesellschaften.

Abb. 9: Karte mit empfindlichen Vegetationsbereichen. Für den Grabeneinstau eignet sich vor allem der östliche Riedteil mit den Schilf- und Goldrutenbeständen



4. PILOTPROJEKT

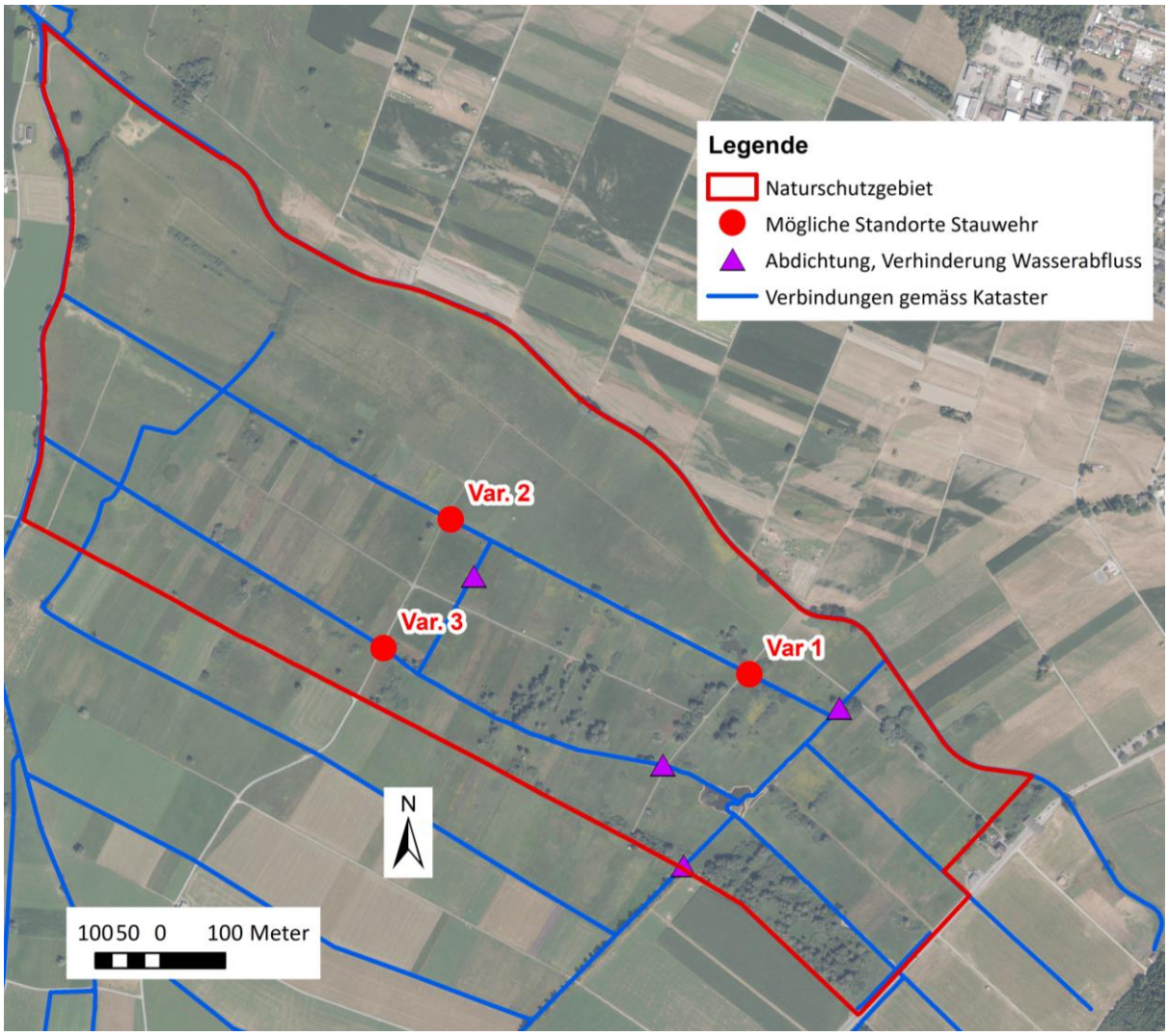
4.1. LAGE UND EINSTAUTIEFE

Grundsätzlich eignen sich 3 Standorte für den Einstau, 2 am mittleren Riedgraben (de under Bach) (Standorte 1 & 2) und einer am südlichen Weitrietgraben (Standort 3).

Die Möglichkeiten für einen Einstau am Hasenbach wurden aufgrund der nördlich direkt angrenzenden, intensiven landwirtschaftlichen Nutzung im Rahmen des Pilotprojektes nicht weiterverfolgt. Die internationale Koordination hätte ein entsprechendes Vorhaben zusätzlich erschwert.

Die Standorte für das Stauwerk am Graben wurden aufgrund der Zugänglichkeit (Strassen) gewählt.

Abb. 10: Lage der Varianten im Naturschutzgebiet. Die im Fliessgewässerkataster eingezeichneten Verbindungen dürften nicht mehr alle relevant und funktionsfähig sein. Es muss sichergestellt sein, dass bei diesen Verbindungen keine Wasserabflüsse in angrenzende Gewässer stattfinden können.



4.2. MITTLERER RIEDGRABEN (STANDORT 1 & 2) (DE UNDER BACH)

Die vorgesehene **Einstauhöhe liegt bei beiden Varianten bei 430.0 müM.** Damit liegt der maximale Einstau im Bereich der Unterkante der Durchlassrohre der Gräben aus dem Schellenberger Riet unter Strasse Ruggell-Nofels. Ein Rückstau auf die östliche Seite der Strasse und in die intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen ist damit nicht möglich und der Abfluss aus den Gräben/Drainagen sichergestellt. Aufgrund des kleinen und grösstenteils flachen Einzugsgebietes der Bäche sind zudem keine Hochwasserwellen zu erwarten. Im Einstaubereich besteht gleichzeitig ein grosser Retentionsraum.

Die Sohle des Hasenbachs liegt teils höher als die Einstaukote von 430.0 müM. Damit ist auch sichergestellt, dass durch den Einstau keine grenzüberschreitende Vernässung (z.B. durch den Durchlass, *Abb. 6*) bewirkt wird.

4.2.1. STANDORT 1

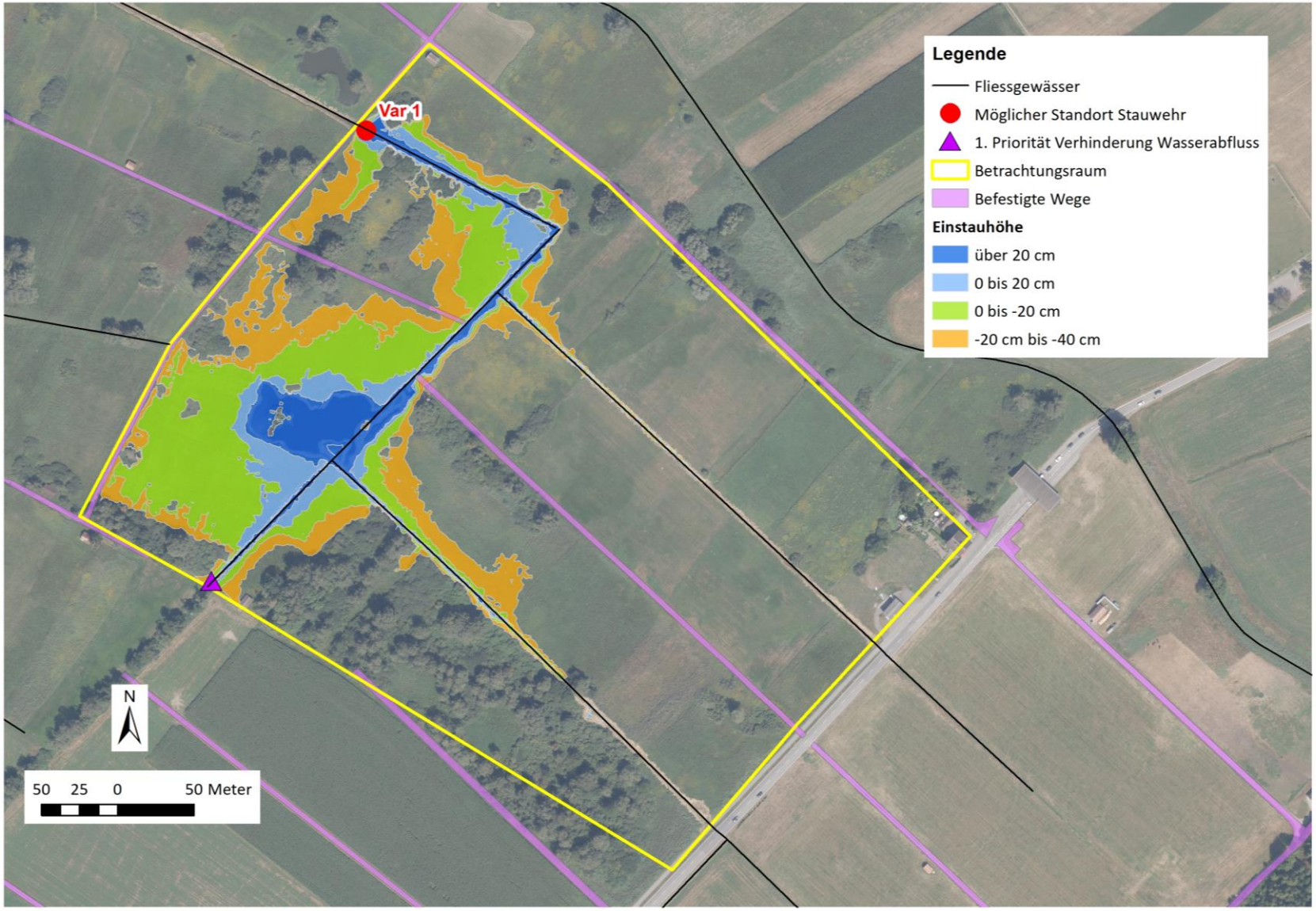
Vorteile:

- Geringere Einstauhöhe von 1.40 m
- Parzelle im Eigentum Land
- Kein Einstau eines oberliegenden Wegdurchlasses

Nachteile:

- Schwierigerer Einbau aufgrund der geringen Eintiefung des Grabens
- Kleinere Einstaufläche

Abb. 11: Erreichte Einstauniveaus und beeinflusste Flächen Variante 1 (nachfolgende Seite). Im dunkelblauen Bereich werden Einstauhöhen über 20 cm erreicht. Ein grosser Teil betrifft dabei die bereits heute vorhandenen Stillgewässer sowie den Bachlauf. Hellblau sind Einstautiefen zwischen 0 und 20 cm und damit neue Flachwasserzonen. Grün sind die Flächen bezeichnete bei denen der Wasserstand 0 bis 20 cm unter der Vegetation liegt, orange jene mit 20 bis 40 cm unter Flur. Alle anderen Flächen im Betrachtungsraum liegen mindestens 40 cm über der geplanten Einstauhöhe.


Var 1
Legende
Fliessgewässer
Möglicher Standort Stauwehr
1. Priorität Verhinderung Wasserabfluss
Betrachtungsraum
Befestigte Wege
Einstauhöhe
über 20 cm
0 bis 20 cm
0 bis -20 cm
-20 cm bis -40 cm
N
50 25 0 50 Meter

4.2.2. STANDORT 2

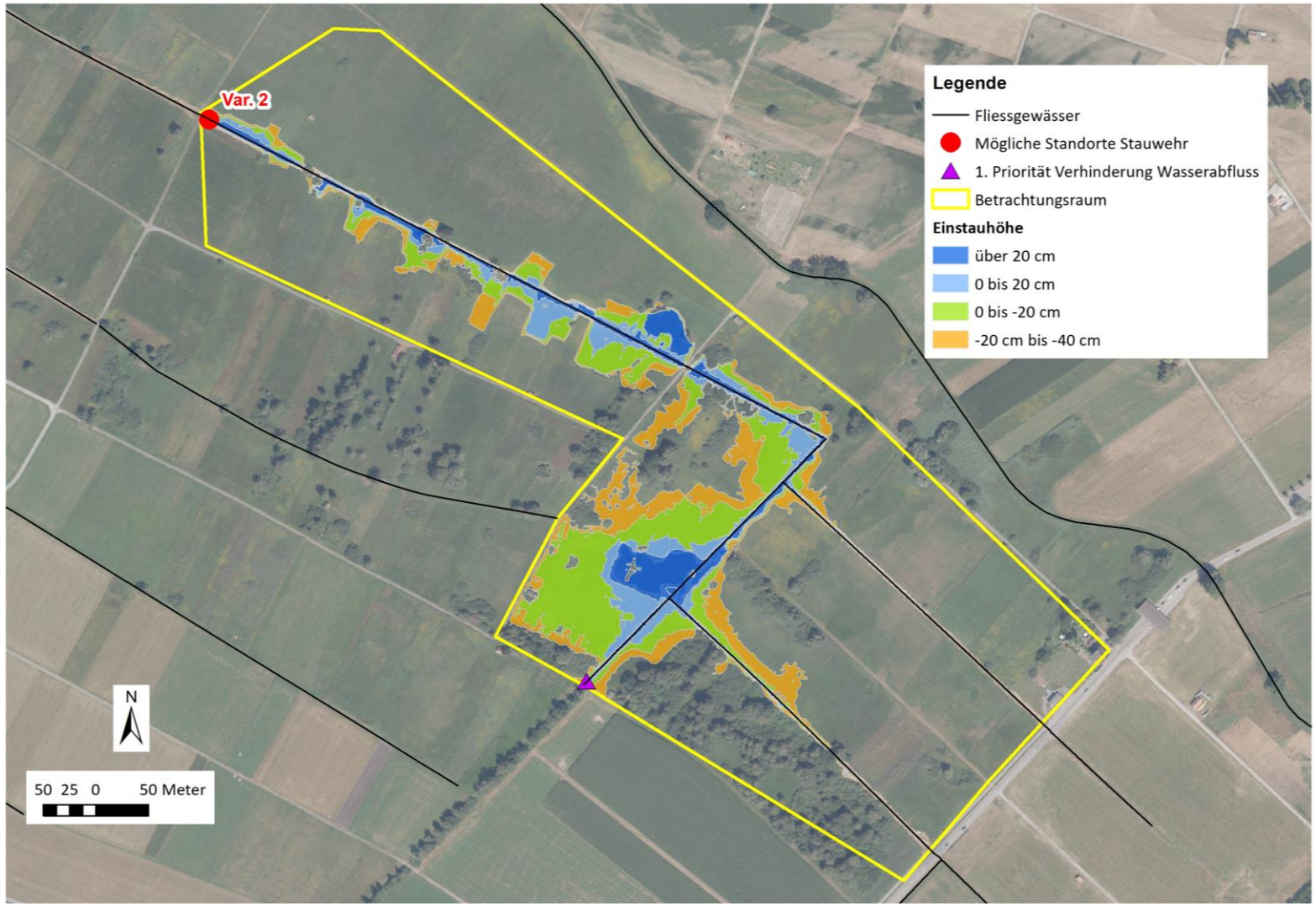
Vorteile:

- Grösserer Einflussbereich, eingestaute Fläche
- Einfacherer technischer Einbau aufgrund der starken Grabeneintiefung (Standort im oberen Foto)

Nachteile:

- Einstau eines oberliegenden Wegdurchlasses
- Grössere Einstauhöhe
- Parzellen im Privateigentum

Abb. 12: Erreichte Einstauniveaus und beeinflusste Flächen Variante 2 (Einstaukote 430.0 müM). Die innerhalb des Betrachtungsraumes nicht farblich markierten Flächen liegen mindestens 40 cm über der geplanten Einstauhöhe.



4.3. SÜDLICHER RIEDGRABEN (STANDORT 3) (WEITRIETGRABEN)

Der südliche Graben liegt sehr viel tiefer. Ein Einstau wäre hier nur auf kleiner Fläche mit geringer Einstautiefe möglich. Die **Einstauhöhe wäre bei einer Kote von 429.6 müM**.

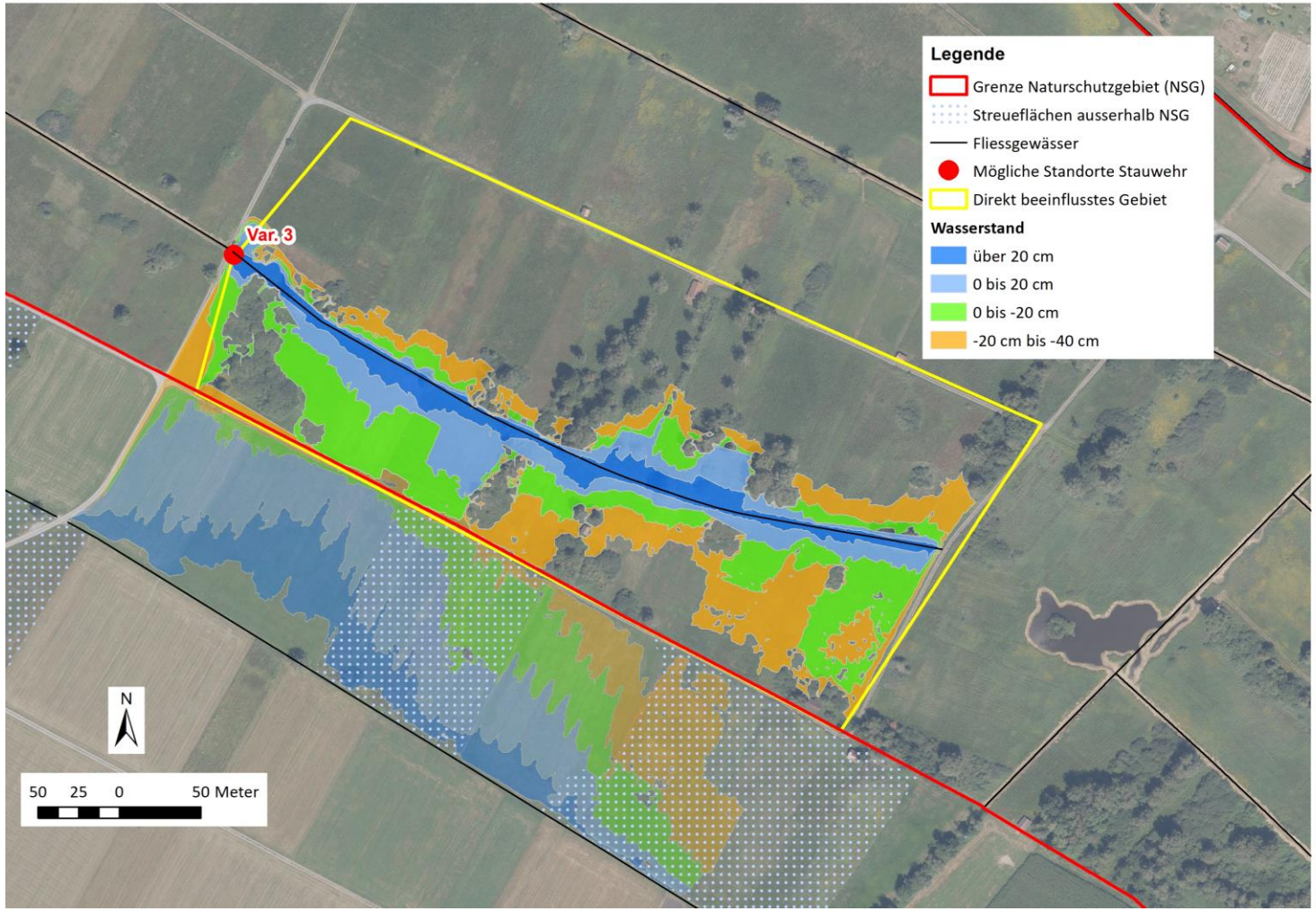
Vorteile:

- Geringere Einstauhöhe von 1 m
- Kein Einstau eines Wegdurchlasses

Nachteile:

- Schwieriger für die Akzeptanz aufgrund der relativen Nähe zu den intensiver genutzten und tieferliegenden landwirtschaftlichen Flächen südlich der Schutzgebietsgrenze.
- Kleinere beeinflusste Fläche
- Relativ viel überstaute Fläche im Verhältnis zur Fläche mit optimierten Wasserverhältnissen (Wasserstand knapp unter Flur)
- Parzellen im Privateigentum

Abb. 13: Erreichte Einstauniveaus und beeinflusste Flächen. Die südlich angrenzenden Landwirtschaftsflächen liegen relativ tief (transparente Darstellung) im Verhältnis zur Einstaukote und sind nur durch den Weg getrennt. Eine zusätzliche Vernässung bis zum nächsten parallelen Entwässerungsgraben kann bei der Variante 3 daher nicht ganz ausgeschlossen werden.

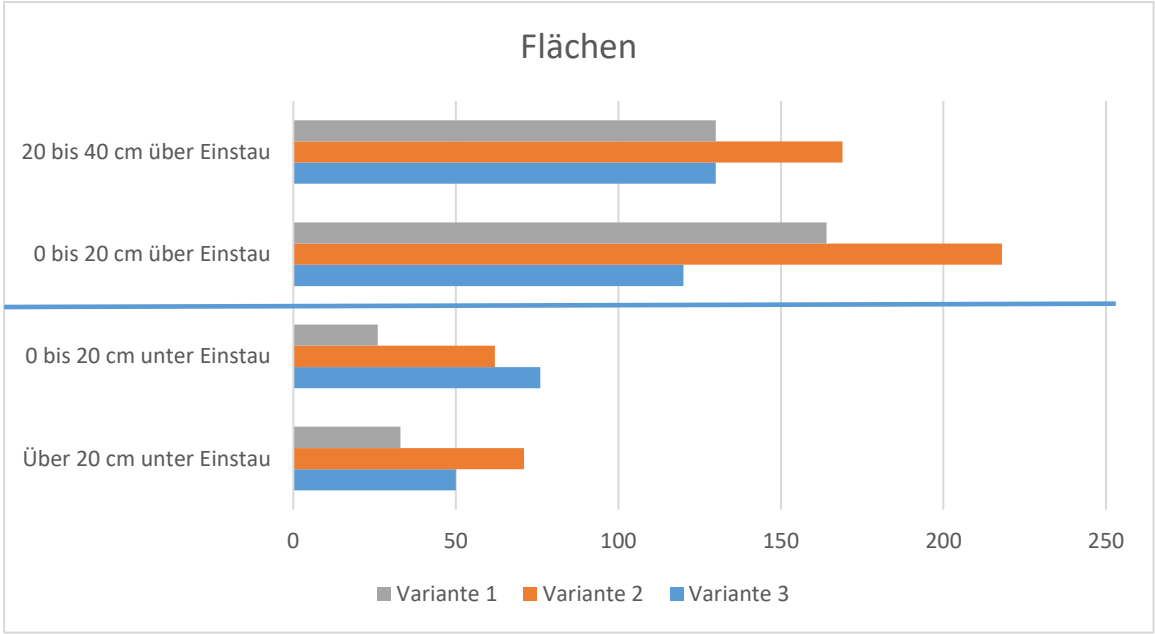


4.4. Weitere Varianten

Bei einem Stau weiter unten am mittleren Riedgraben (de under Bach) würden bei einer Einstaukote von 430.0 müM nördlich des Gewässers grössere Teilflächen von nährstoffsensiblen Flachmoorbeständen sowie südlich davon heute extensiv genutzte Wiesen in den Einstaubereich fallen. Damit wären nur sehr viel tiefere Einstaukoten realistisch. Der erwünschte Einfluss auf das östliche Riedgebiet könnte so nicht erreicht werden.

4.5. Variantenvergleich Hydrologie

Abb. 14: Flächenvergleich der 3 Varianten in Aren.



Beim Verhältnis zwischen verbessertem Grundwasserspiegel (0-40 cm über Einstau) und überstauter Fläche schneiden die Varianten 1 und 2 gegenüber der Variante 3 besser ab. Hier wird im Verhältnis weniger Fläche überstaut und das Risiko unerwünschter Methan-Emissionen reduziert. Zusätzlich zu berücksichtigen ist, dass bei der Variante 1 bereits heute 22 Aren und bei der Variante 2 29 Aren Wasserflächen vorhanden sind.

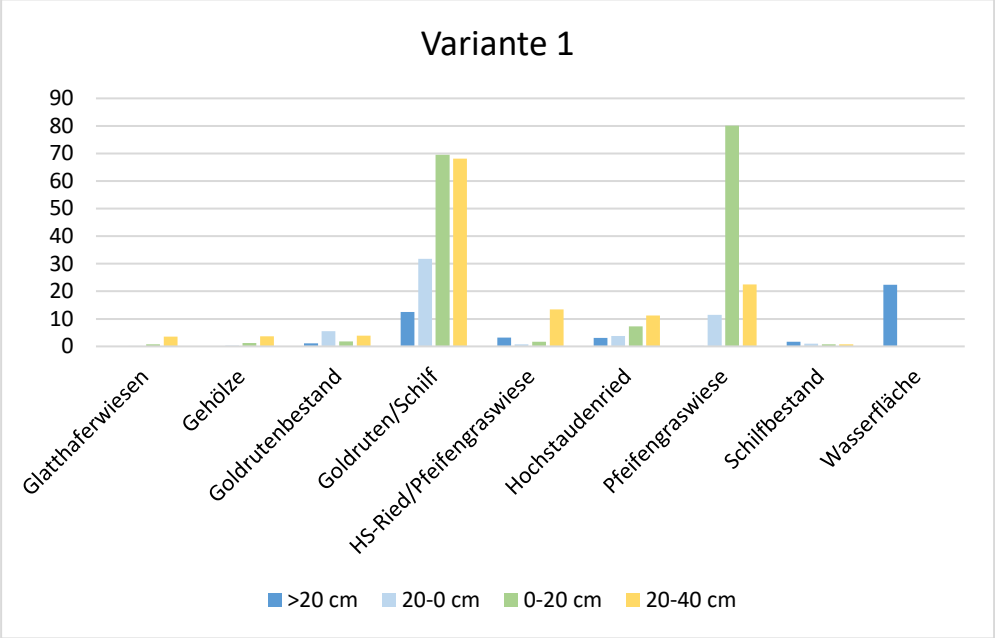
Bei der Variante 2 wird der grösste Flächenanteil mit einem Wasserspiegel im Bereich von 0-20 cm unter Flur erreicht und ein grösseres Gebiet im Wasserabfluss beeinflusst. Aus hydrologischer Sicht wird diese Variante bevorzugt. Der Einbau ist zudem aufgrund des Grabenprofils erleichtert.

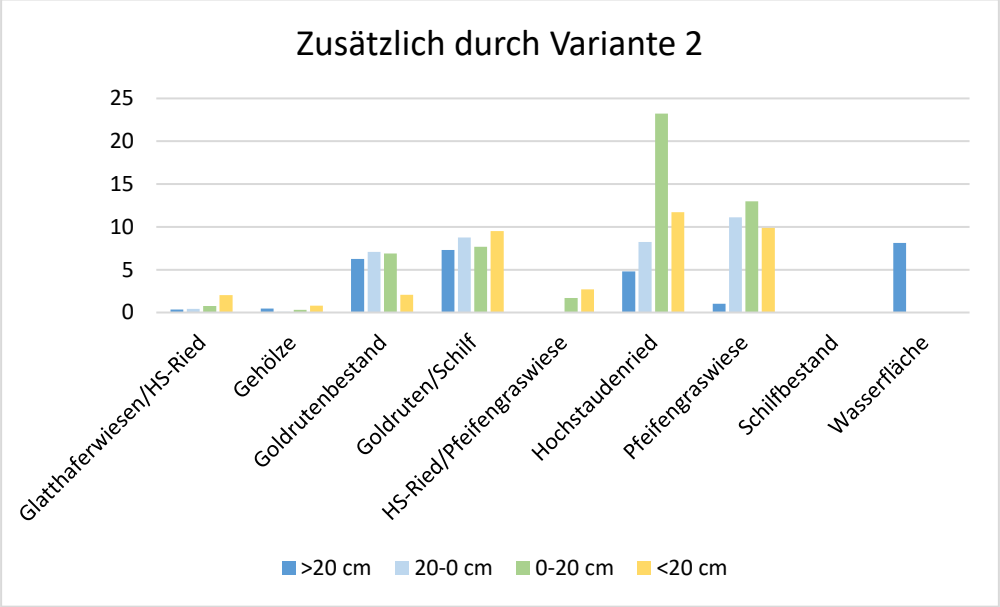
5. EINFLUSS DES EINSTAUS AUF DIE VEGETATION

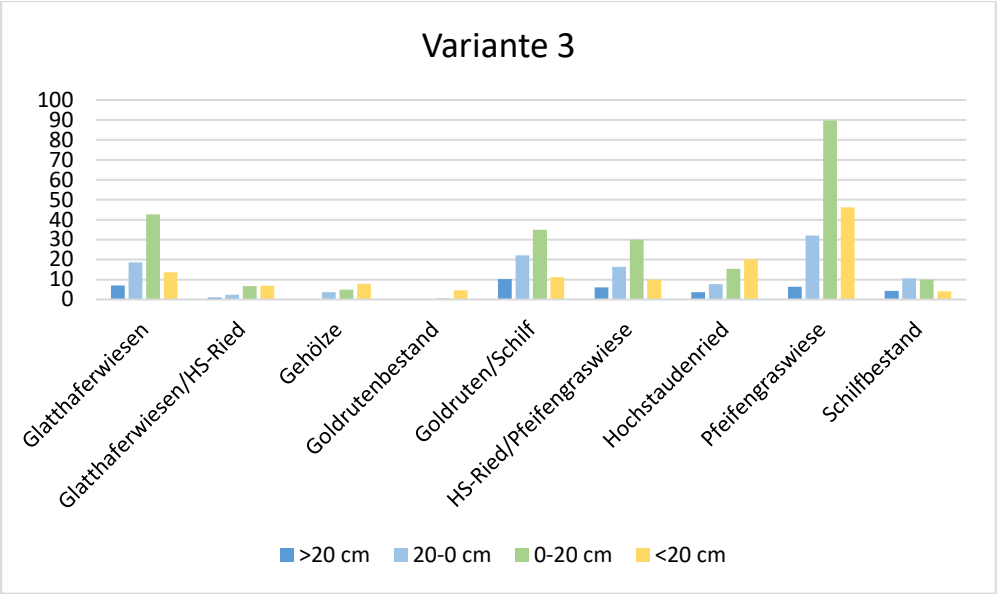
5.1. VARIANTEN

Durch den Einstau soll die für Flachmoore standorttypische Vegetation gefördert werden. Aufgrund bisheriger Auswertungen werden Grundwasserstände im Bereich von 0-40 cm unter Flur angestrebt, 10-20 cm wären für Kopfbinsenrieder typisch, 20- 30 cm für Pfeifengraswiesen (sie *Kap 2.2*). Mit einem Überstau sollen vor allem Goldrutenbestände rückgeführt werden.

Abb. 15: Vegetation und Überstau in Abhängigkeit von den drei Varianten (Angaben in Aren).







Bei der Variante 1 und zusätzlich durch 2 werden vor allem Goldrutenbestände und Goldrutenschilfbestände überschwemmt, bzw. der Wasserstand erhöht. Bei den Pfeifengraswiesen wird eine relative Nähe zum Pflanzenbestand erreicht (zwischen 0 und 20 cm). Glatthaferwiesen sind kaum betroffen.

Bei der Variante 3 werden verschiedene Glatthaferwiesen (mit geringem Potenzial) sowie auch grössere Pfeifengrasbestände unter Wasser gesetzt. Der Goldrutenanteil ist hier geringer.

Aus Sicht der Vegetation wird die Variante 2 bevorzugt.

6. VERGLEICH DER VARIANTEN

Tab. 1: Variantenvergleich (positiv, neutral, negativ)

	Variante 1	**Variante 2**	**Variante 3**
Technische Machbarkeit, Grabenaufbau	Schwierig	Gut	Gut
Grundeigentum Bauwerk	Land	Privat	Privat
Einstauhöhe	Mittel	Hoch	Gering
Beeinflusste Fläche	Mittel	Gross	Mittel
Vernässungsrisiko für angrenzendes landwirtschaftlich genutztes Umland	Gering	Gering	Hoch
Erwünschte Wirkung auf die Vegetation (Neophyten, Moorvegetation) *(Kap. 5)*	Mittel	Gross	Gering
Priorität	**2.**	**1.**	**3.**

7. Erwartete Veränderungen und weitere Effekte

- Durch den Einstau sind Auswirkungen auf die Vegetation im Sinne einer stärkeren Vernässung zu erwarten. Die Neophytenbestände an der Böschung dürften zurückgehen. Es dürfte sich ein Schilf-/Rohrkolbengürtel entlang der Grabenufer einstellen.
- Aufgrund des Einzugsgebietes sind keine Sedimenteinträge zu erwarten. Durch die im Wasser vorhandenen Nährstoffe, abgeschwemmte Bodenpartikel, sowie die daraus bedingte Pflanzliche Produktion ist längerfristig mit zusätzlichen Ablagerungen im Graben zu rechnen.
- Die vergrösserten Wasserflächen bieten mehr Lebensraum für die Fischfauna. Diese dürfte vom Einstau profitieren.
- Grundsätzlich ist bei hohen Temperaturen von einer zusätzlichen Erwärmung des fliessenden Wassers auszugehen.
- Die Flachwasserzonen bilden gute Nahrungsflächen für seltene Watvögel. Eingestaute Schilfflächen bieten einen zusätzlichen Schutz für Schilfbrüter.
- Neben den bestehenden Wasserflächen werden in Vertiefungen auch lokal fischfreie Bereiche entstehen. Diese dürften für Amphibien attraktiv sein.

Abb. 16: Standort des Bauwerks der Var. 2 bei niedriger Wasserführung Ende August 2018. Die Wasserlinsen deuten auf langsam fliessendes Wasser mit ausreichend Nährstoffen hin. Im Bereich der Rückstauflächen ist mit Wasserlinsenbeständen und Ablagerungen zu rechnen.

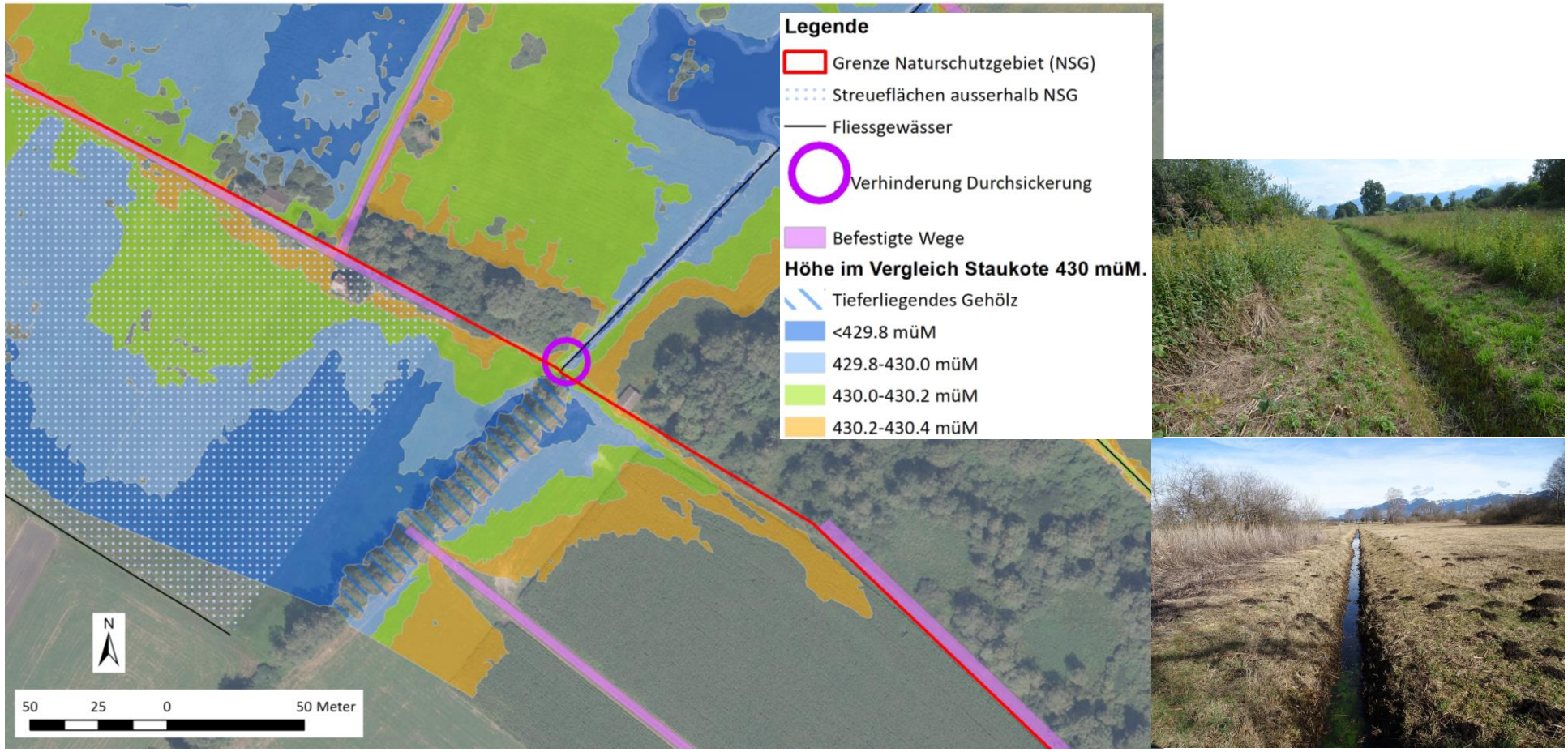
Abb. 17: Der vollständig ausgetrockneter Weitriedgraben im Juli 2018. Solch Niederwasserstände sind im Bereich des Einstaus nicht mehr möglich. Durch einen Grundablass (siehe Kap. 9) kann auch in Trockenperioden noch über einen längeren Zeitraum der nachfolgende Bach dotiert werden.

Abb. 18: Durch den Einstau wird die Wasserfläche in den angrenzenden Schilfbereich hinein vergrössert und eine wertvolle Flachwasserzone geschaffen. Dies soll gleichzeitig die Goldruten reduzieren

8. VERHINDERUNG DURCHSICKERUNG

Bei den prioritären Variante 2 wie auch bei der Variante 1 besteht eine relative Engstelle zu den tiefer gelegenen, südlichen Landwirtschaftsflächen. Eine langsame Durchsickerung ist bei heutigem Zustand nicht ganz auszuschliessen. Durch eine bauliche Abdichtung soll dies ausgeschlossen werden.

Abb. 19: Relative Höhen des Umlandes im Vergleich zur Einstaukote 430.0 müM. im südlichen Bereich. Der Graben weist nur wenig Wasser auf und war 2018 ausgetrocknet (oben).



9. ANFORDERUNGEN AN DAS STAUWEHR

Die geplante maximale Einstaukote bei der Variante 1 und 2 ist 430.00 müM. Das Bauwerk soll vorsorglich zusätzlich etwas Spielraum gegen oben bieten (430.2-430.4 müM). Der Bachgrund liegt bei 428.60 (Variante 1) oder 428.20 (Variante 2). Die maximale Einstauhöhe beträgt somit gut 2 m.

Das Bauwerk ist wie folgt aufgebaut:

- Das Bauwerk ist geeignet in den Torfkörper zu integrieren und mit diesem zu verbinden. Als Material eignet sich eine Holzkonstruktion. Durch seitliche Holzspundwände wird ein Umfliessen verhindert. Spundwände in der Tiefe verhindern einen Grundbruch. Holzpfähle verankern das gesamte Bauwerk und bieten die notwendige Stabilität.
- Die Regulierung des Wasserstandes erfolgt durch Einsetzen/Entfernen von Querlatten. Durch unterschiedliche Breiten ist eine feine Einstellung der definitiven Wasserhöhe möglich. Dadurch entsteht ein Überfall, die Erosionswirkung hinter der Sperre wird durch eine lokale Sohl-/Böschungsfussverbauung verhindert.
- Die Sperre besitzt einen ebenerdigen, absatzfreien, fein regulierbaren Grundablass. Ein Teil der Entwässerung der stehenden Wasserfläche muss permanent über diesen Grundablass erfolgen. Darüber erfolgt auch primär das Einstauen und Absenken des Wasserstandes. Vorteile sind:
    - Es wird beim Einsetzen einer Holzlatte nicht der untenliegende Bachabschnitt vorübergehend trockengelegt.
    - Es ist ein kontinuierlicheres Absenken des Wasserspiegels möglich, ohne einen grösseren Schwall zu erzeugen
    - Es wird permanent auch etwas kühleres Tiefenwasser abgelassen und so das durch die stehende Wasserfläche erwärmte Oberflächenwasser etwas abgekühlt
    - Bei abgelassenem Wasserstand ist durch die ebenerdige Ausbildung eine freie Fischwanderung möglich

9.1. ZEITLICHES MANAGEMENT

- Der Einstau erfolgt über die Wintermonate (nach dem Ende der Mäharbeiten, ca. ab 1. November) bis in den Sommer
- Ab ca. Ende Juli/Anfang August wird das Wasserniveau schrittweise bis Ende August reduziert.
- Ab 1. September erfolgt kein Einstau mehr auf den Flächen, diese sollten soweit abgetrocknet sein, dass sie bewirtschaftbar sind.
- Das Bauwerk ist zwischen September und Oktober fischdurchgängig
- Ab ca. November wird sukzessive wieder eingestaut

Das zeitliche Management wird aufgrund der Erfahrungswerte wie auch die Witterung angepasst. Dazu gehört auch die schrittweise Annäherung an die maximale Einstaukote.

10. LITERATUR

AMANN, G. (2011): Kartierung der Feuchtgebiete im Talraum Liechtensteins. Anhang zur Kartierung.

BZG (2001): Grundlagenstudie zur Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Agrarnutzung im Naturvorranggebiet des Ruggeller Rietes. Zusammenfassung und Teilberichte (Büro für Landschaftspflege, Klaus Büchel Anstalt).

DRÖSLER, M. ET AL. (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des Vorhabens «Klimaschutz – Moornutzungsstrategien» 2006-2010. 191 S.

PAUL, S. (2013): Moorregeneration als Klimaschutzmassnahme: eine Recherche zur neuen Kyoto-Aktivität. Wetland Drainage and Rewetting. Studie im Aufgrag des BAFU, Bern, 45 S + Anhang.

PAUL, S, & A. SCHELLENBERGER (2015): Organische Böden, Klima und der Kohlenstoffmarkt.

RENAT (2019): Vegetationskartierung Ruggeller Riet 2018, 28 S.

STAUB, R. (2008): Dauerbeobachtung Ruggeller Riet – Entwicklung der Gefässpflanzen. Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, 33, S. 73-88