

Wie wirken Maßnahmen? Ein Einblick in die Wirkungsmodellierung

FVA-Kolloquium: Dezentraler Wasserrückhalt im Wald

4.12.2025

Raphael Habel (FVA - Abteilung Boden und Umwelt)

Katharina Wilbrand (Uni Freiburg – Professur für Hydrologie)

01. Wirkung von
Rohrdurchlässen und Mulden auf den Oberflächenabfluss

02. Wirkung von
Verschluss von Entwässerungsgräben



Wirkung von Rohrdurchlässen und Mulden auf den Oberflächenabfluss

Maßnahmenübersicht dezentraler Wasserrückhalt

Wege optimieren

Wegewasser ableiten

Häufigere Wasserableitung aus Wegebegleitgräben

Optimierte Lage von Querabschlägen

Verzicht auf bergseitige Wegebegleitgräben

Bremssende Strukturen in Wegebegleitgräben

Wegequerungen verbessern

Optimierte Gestaltung von Wegedurchlässen

Ersetzen von Rohrdurchlässen durch Furten

Ersetzen von Rohrdurchlässen durch Rigolen

Wegenetz gestalten

Erhöhung der Oberflächenrauigkeit von Wegen

Bedarfsgerechte Waldwegkategorien

Wegerückbau

Topographie-angepasste Linienführung

Feinerschließung optimieren

Optimierung des Rückegassennetzes

Wasserableitung von Rückegassen

Retentionsräume schaffen

Versickerungsmulden

Versickerungsgräben

Verdunstungsmulden

Wasserrückhalte an Wegen

Stauanlagen

Entwässerungen rückgängig machen

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend organischen Böden

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend mineralischen Böden

Gewässer hydrologisch aktivieren

Potentiale von Stillgewässern nutzen

Schaffung und Erhalt von Stillgewässern

Abflussregulierung an Stillgewässern

Fließgewässer renaturieren

Abflussbremsende Strukturen in Fließgewässern

Vergrößerung des Fließquerschnitts

Fließlaufverlängerung

Gewässerumgebung aktivieren

Flutung benachbarter Waldbestände

Aktivierung von Auen und Auenwäldern

Bewaldete Flutpolder

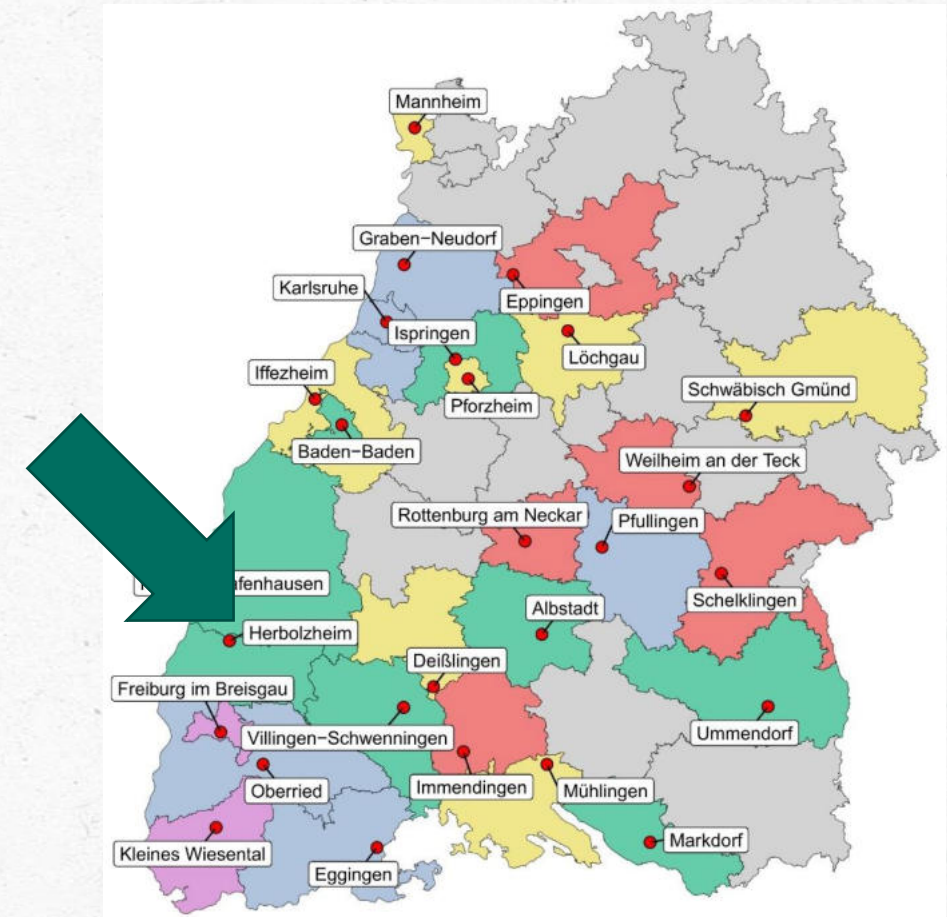
Hintergründe – Retentionsräume

- Wo im Einzugsgebiet sind geeignete Bedingungen, um Wasser zurückzuhalten?
 - Wo im Einzugsgebiet fließt viel **Oberflächenabfluss** zusammen?
- Modellierung von Niederschlagsereignissen und Oberflächenabfluss über Digitalem Geländemodell (DGM)

Rohrdurchlass



Mulde

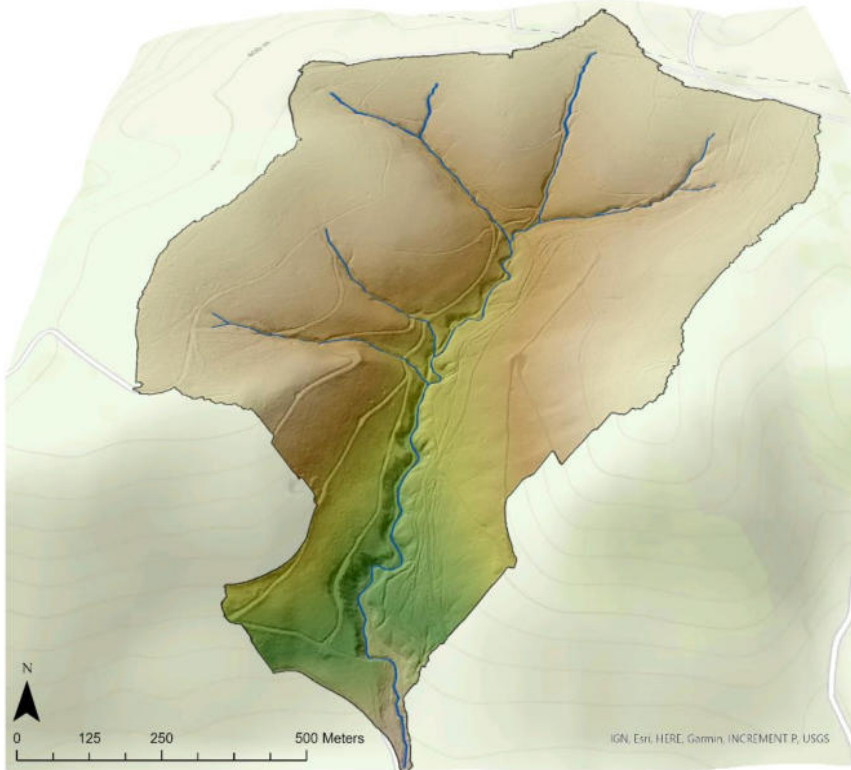


Wirkung von Rohrdurchlässen auf den Oberflächenabfluss

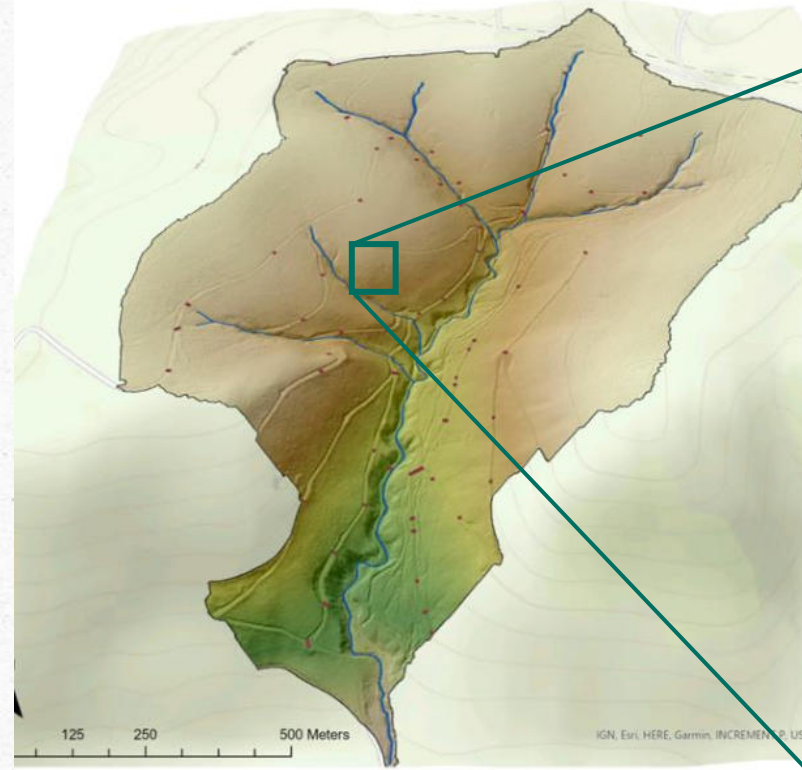
Modellierungsgrundlage

Bleichtal: ca. 150 ha

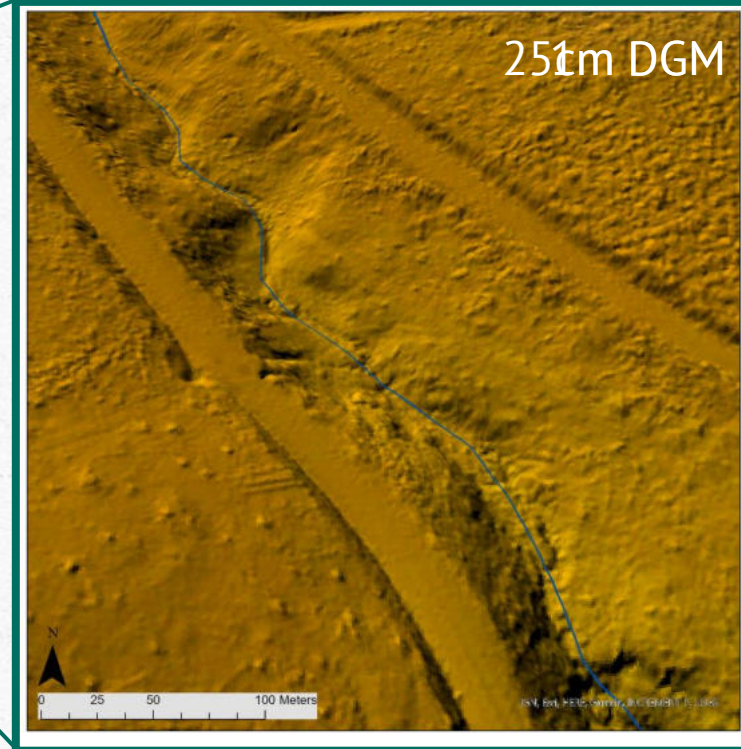
1. Original DGM* – 1m Auflösung



2. DGM mit Rohrdurchlässen



251m DGM



Wirkung von Rohrdurchlässen auf den Oberflächenabfluss

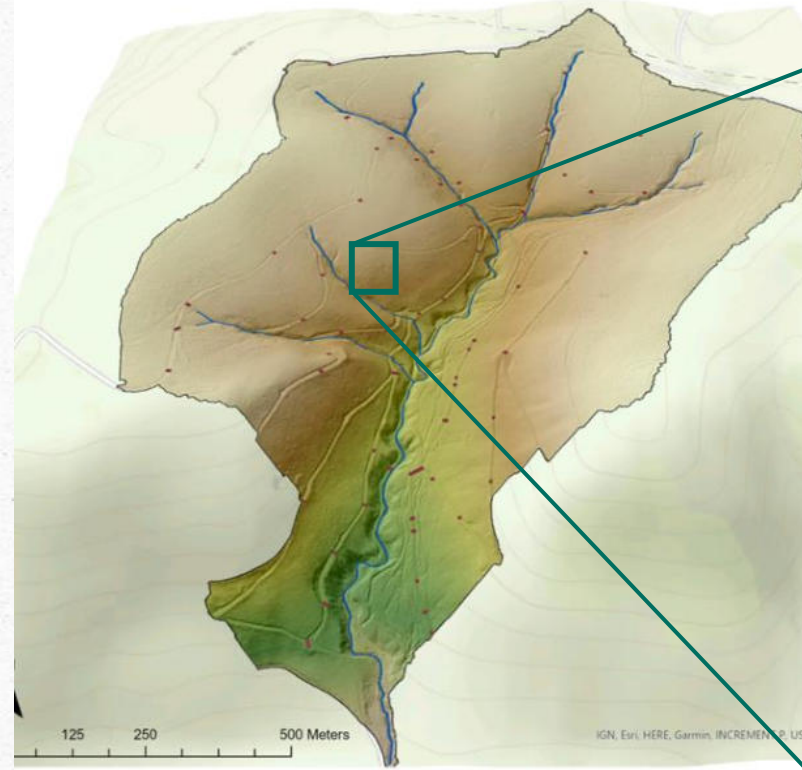
Modellierungsgrundlage

Bleichtal: ca. 150 ha

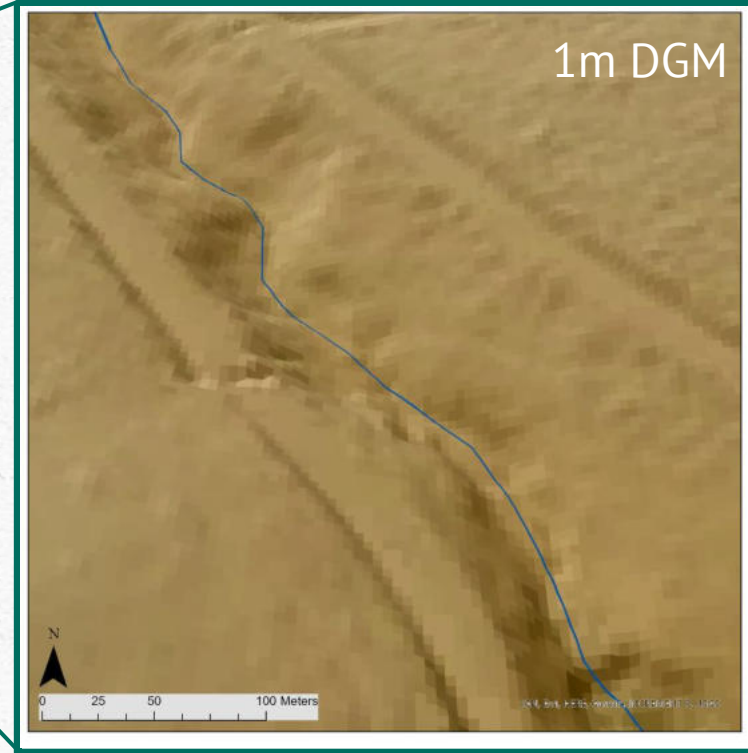
1. Original DGM* – 1m Auflösung



2. DGM mit Rohrdurchlässen



1m DGM



Wirkung von Rohrdurchlässen auf den Oberflächenabfluss

Modellierung

RoGeR¹
Runoff Generation Research Model

AccRo²
Iterative Accumulated Runoff

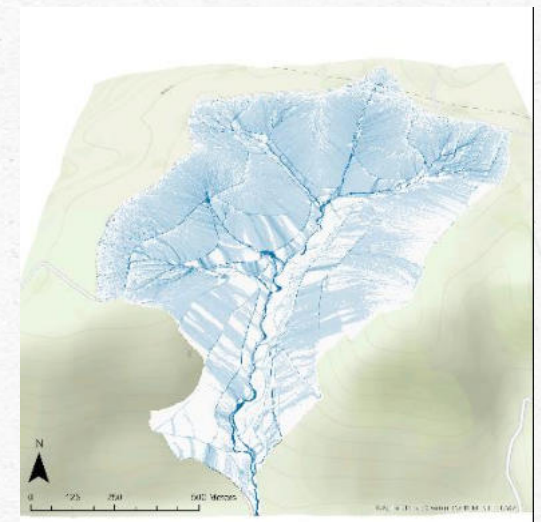
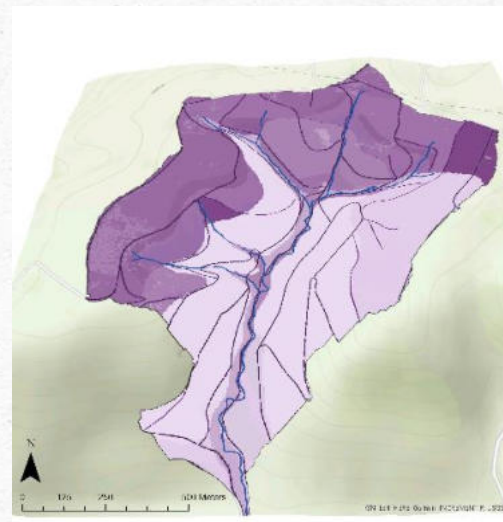
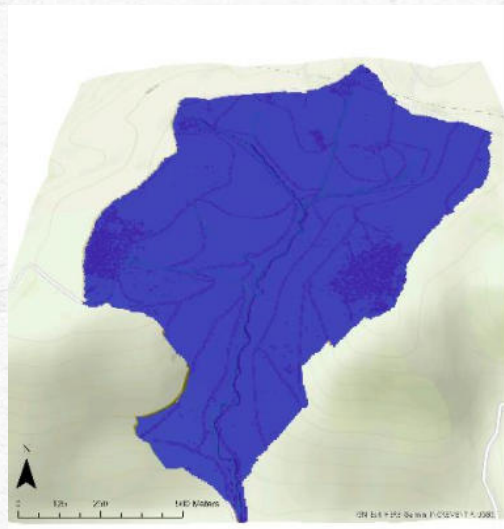
Niederschlag (KOSTRA DWD 2020)
Dauerstufe 60 min, 100-jährlich



Abflussentstehung
Oberflächenabfluss



Oberflächenabfluss, Fließwege und Wasserstände

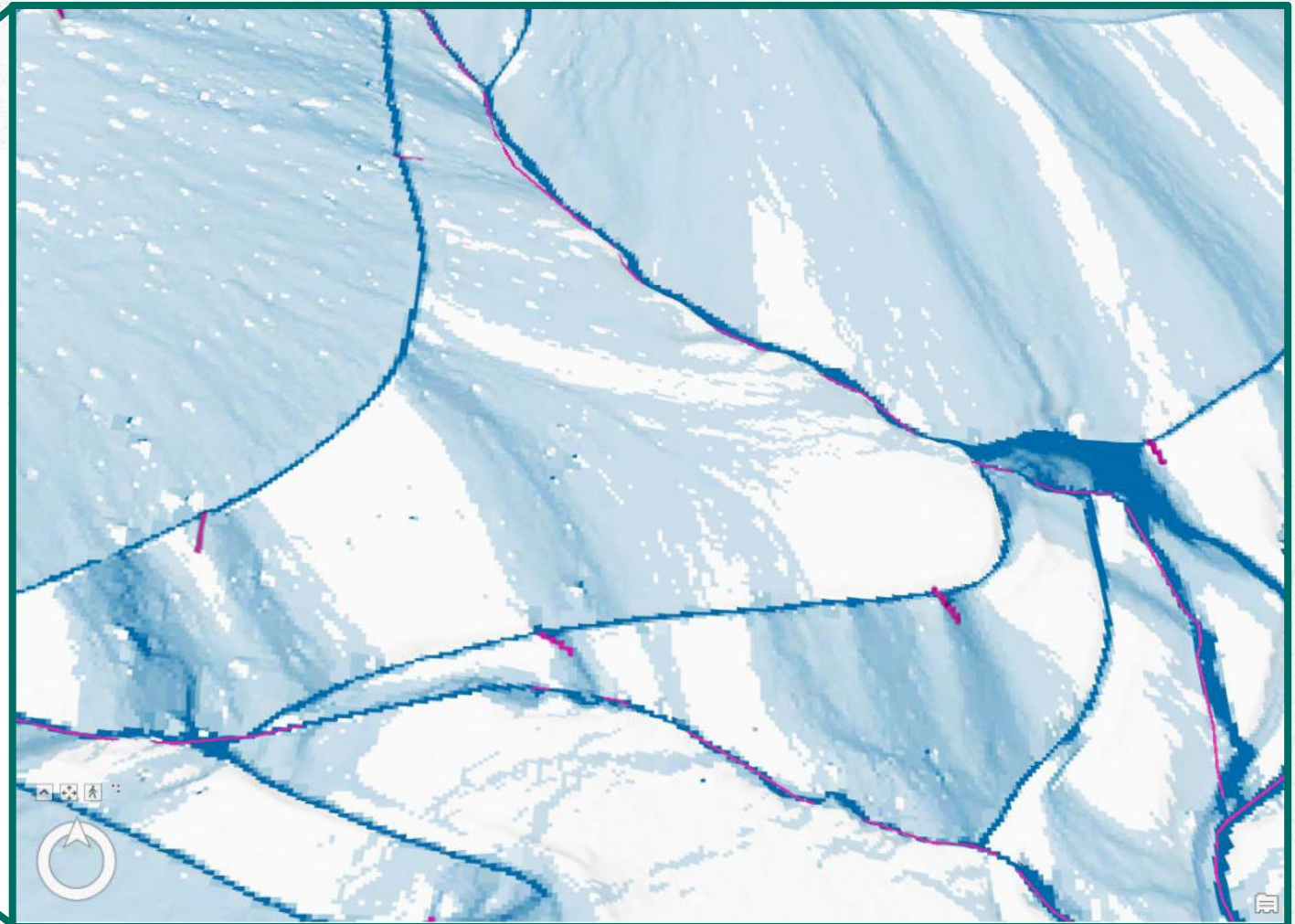
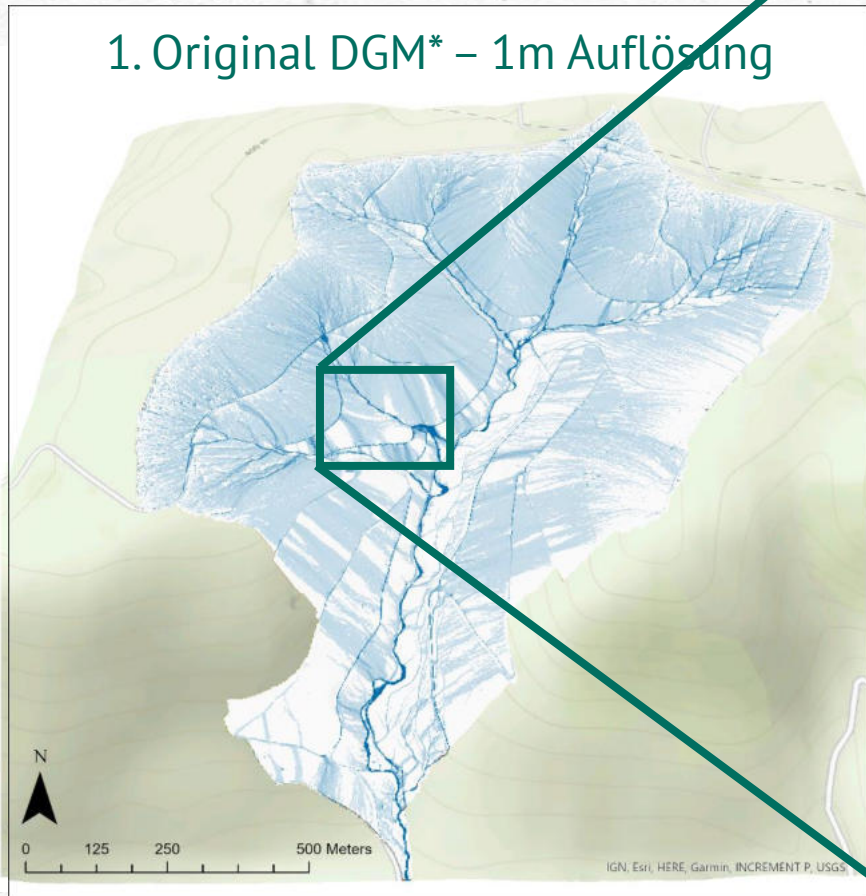


1) Steinbrich, Andreas & Leistert, Hannes & Weiler, Markus. (2021). RoGeR – ein bodenhydrologisches Modell für die Beantwortung einer Vielzahl hydrologischer Fragen.
2) Leistert, H., Hänsler, A., Schmit, M., Steinbrich, A., and Weiler, M.: Accumulation-based Runoff and Pluvial Flood Estimation Tool, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-4447>, 2025.

Wirkung von Rohrdurchlässen auf den Oberflächenabfluss

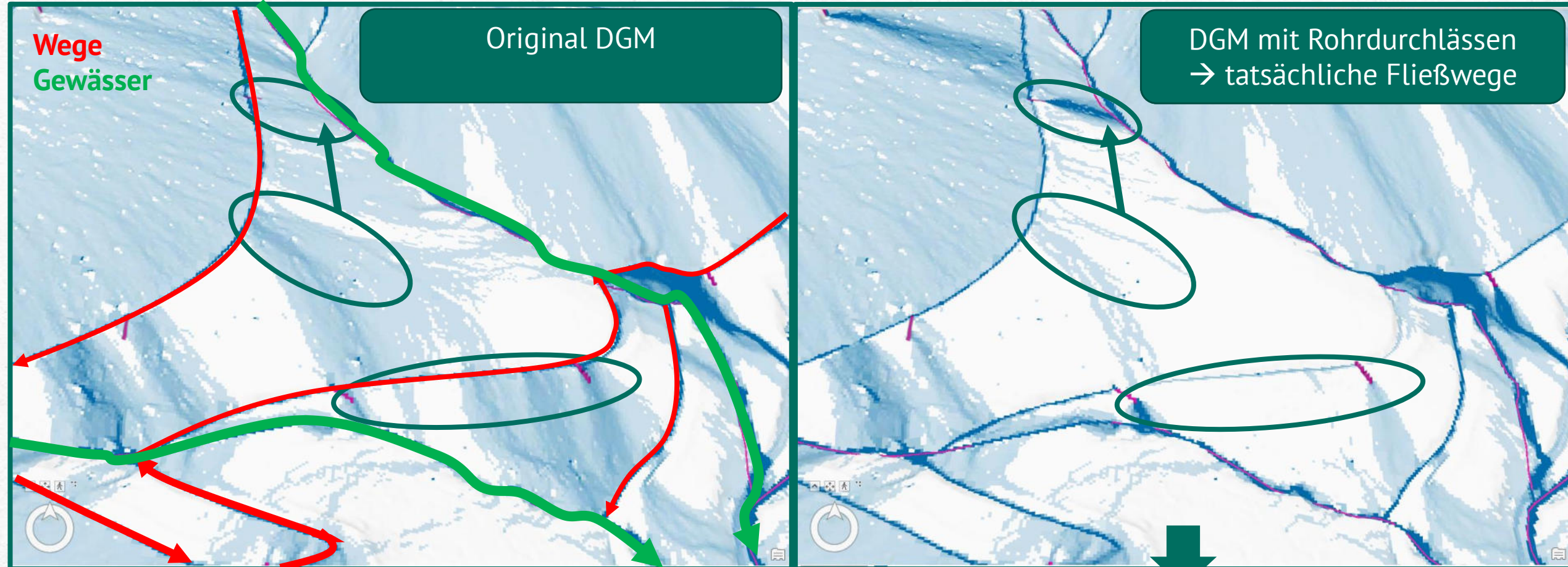
Modellierungsergebnisse – Abflusskonzentration

1. Original DGM* – 1m Auflösung



Wirkung von Rohrdurchlässen auf den Oberflächenabfluss

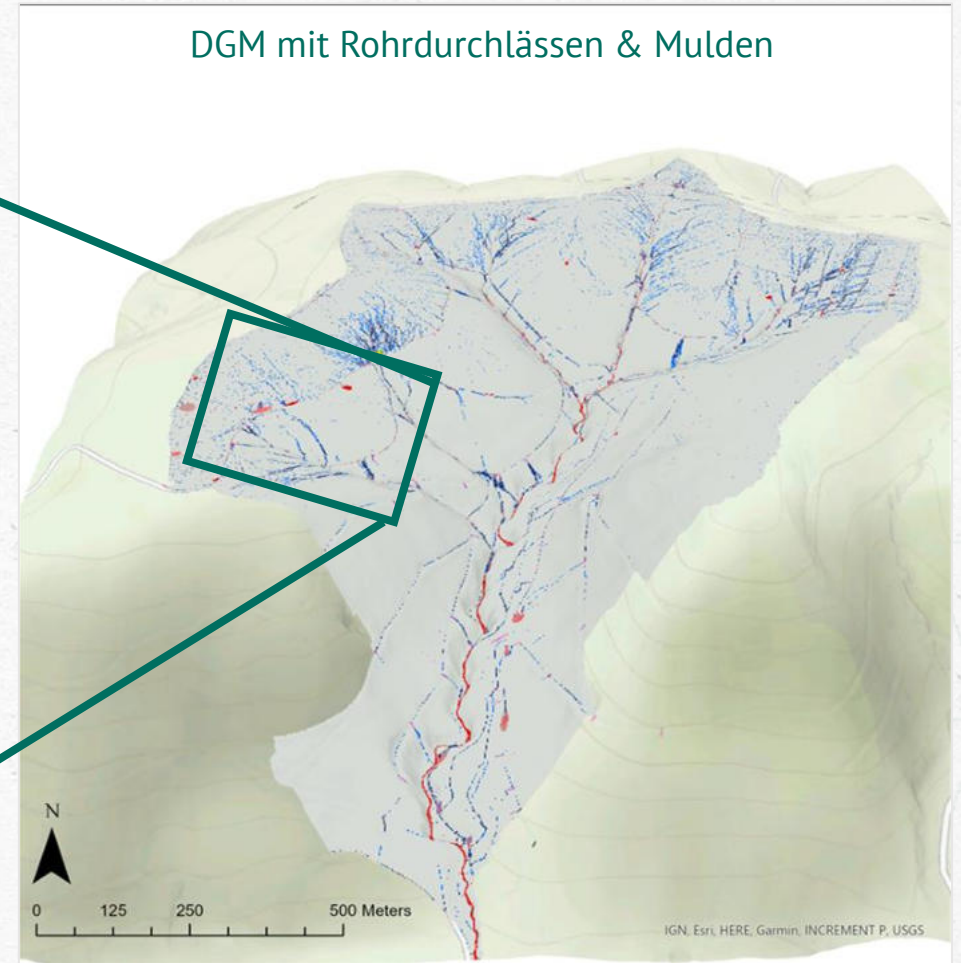
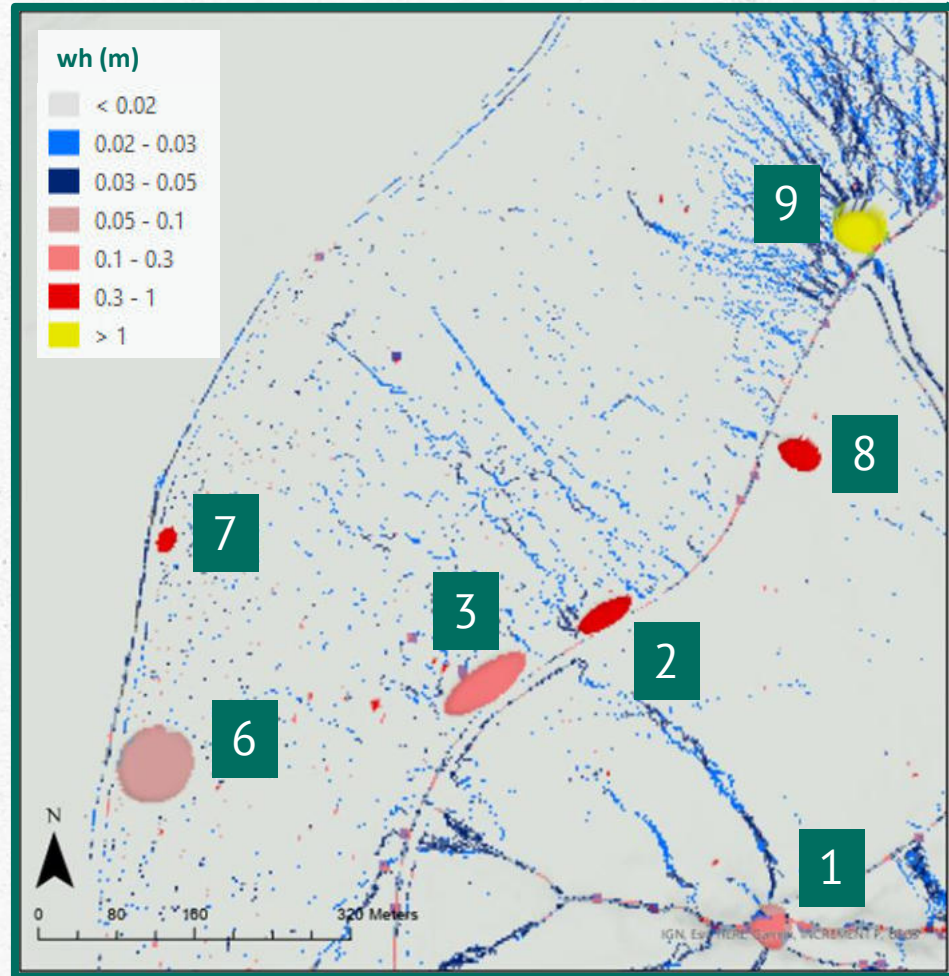
Modellierungsergebnisse – Abflusskonzentration



Grundlage zur Identifikation von Hotspots der Abflussbildung und Standortwahl für Mulden

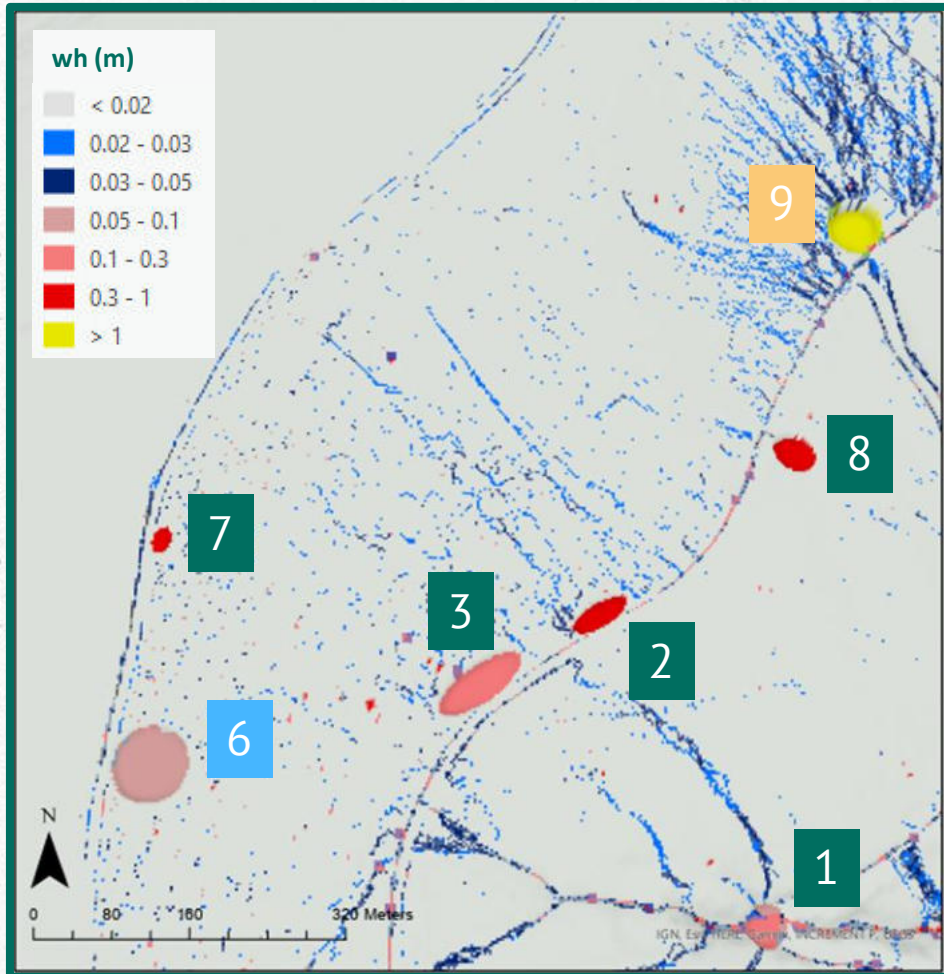
Wirkung von Mulden auf den Oberflächenabfluss

Modellierungsergebnisse – maximale Wasserstände



Wirkung von Mulden auf den Oberflächenabfluss

Modellierungsergebnisse – maximale Wasserstände



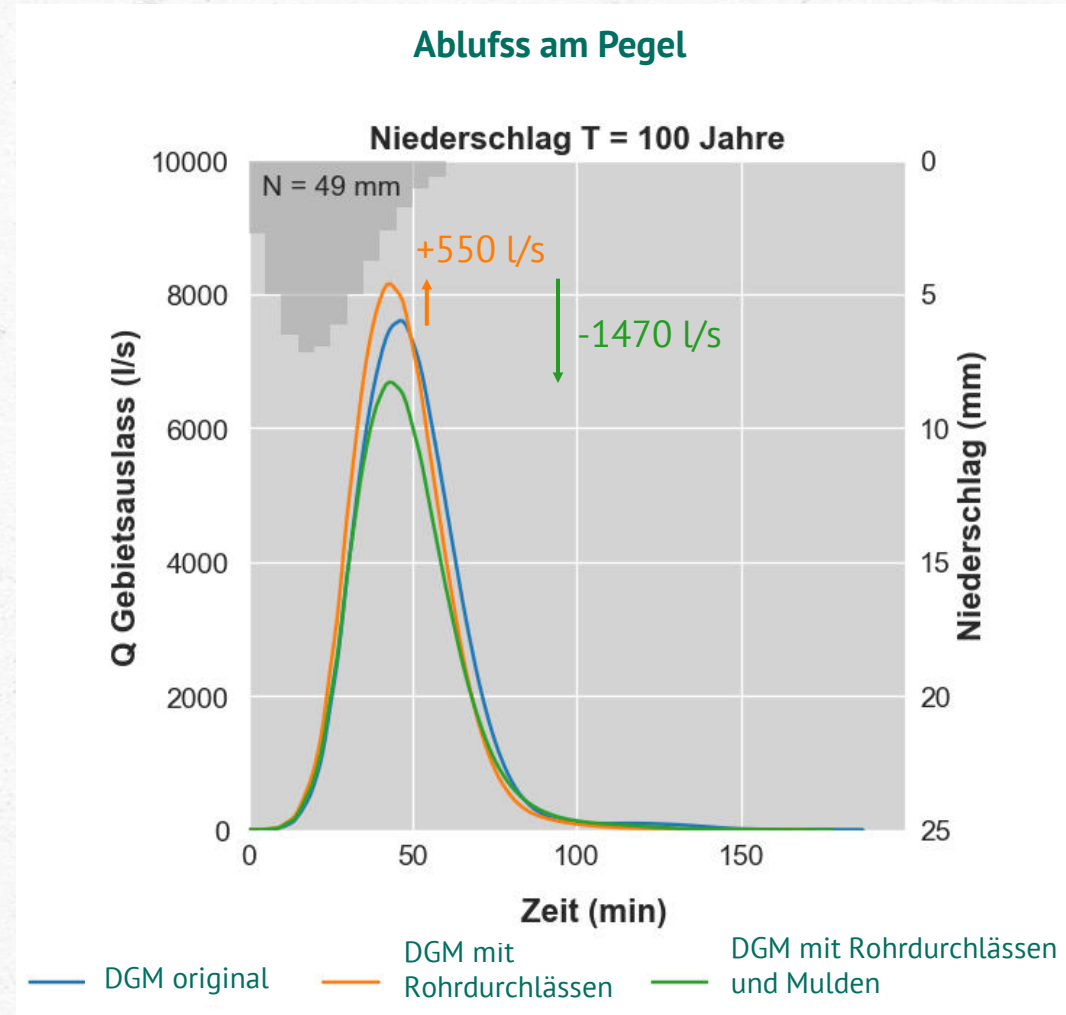
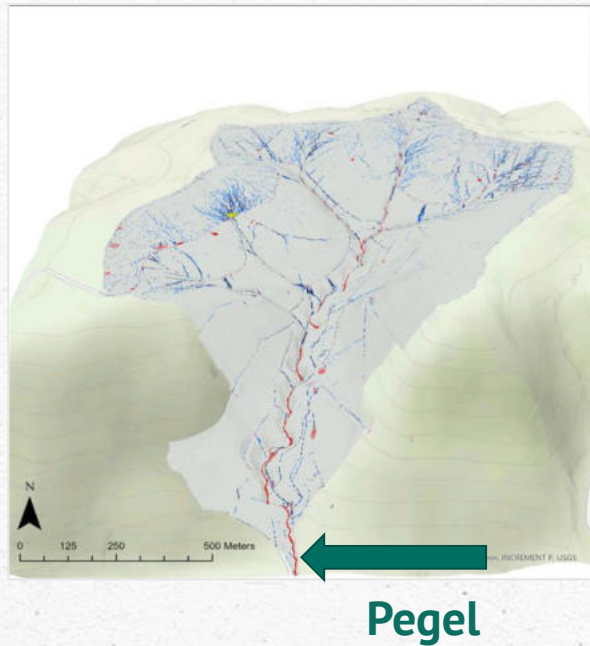
ID	Füllgrad der Mulde
1	10%
2	56%
3	26%
4	42%
5	15%
6	6%
7	39%
8	72%
9	135%
10	74%
...	

Standortwahl ausschließlich
Geländebasiert (flach)

Standortwahl anhand
verschiedener Kriterien →
Planungskarte als Grundlage

Wirkung von Mulden auf den Oberflächenabfluss

Modellierungsergebnisse – Abflussganglinie



Wirkung von Rohrdurchlässen und Mulden auf den Oberflächenabfluss

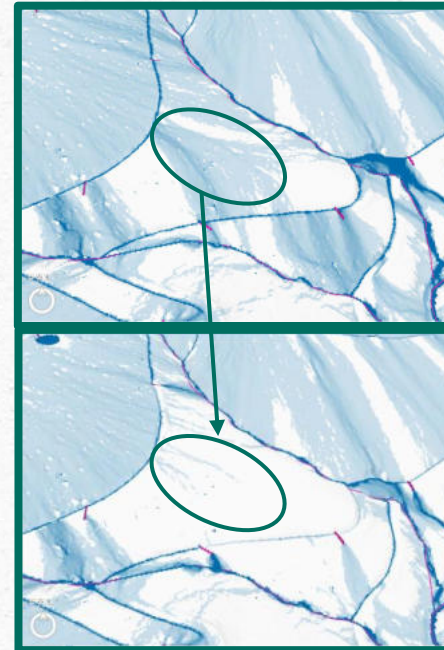
Zusammenfassung

Berücksichtigung von Rohrdurchlässen in der Modellierung:

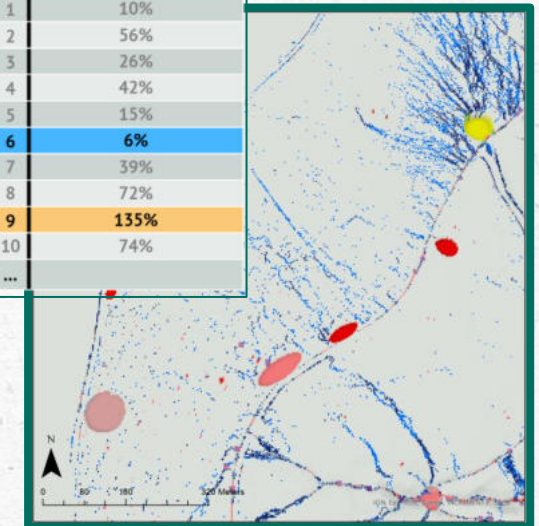
- Veränderung der Fließwege und damit der Akkumulation von Oberflächenabfluss
- Einfluss auf Standortwahl von Wasserrückhaltmaßnahmen

Wirkungsbewertung von Maßnahmen durch Modellierung:

- Ermöglicht Potentialanalyse bzgl. Rückhaltevolumen
- Gibt Anhaltspunkte zur Dimensionierung von Mulden



ID	Füllgrad der Mulde
1	10%
2	56%
3	26%
4	42%
5	15%
6	6%
7	39%
8	72%
9	135%
10	74%
...	



2

Verschluss von Entwässerungsgräben (auf mineralischen Böden)

Maßnahmenübersicht dezentraler Wasserrückhalt

Wege optimieren

Wegewasser ableiten

Häufigere Wasserableitung aus Wegebegleitgräben

Optimierte Lage von Querabschlägen

Verzicht auf bergseitige Wegebegleitgräben

Bremssende Strukturen in Wegebegleitgräben

Wegequerungen verbessern

Optimierte Gestaltung von Wegedurchlässen

Ersetzen von Rohrdurchlässen durch Furten

Ersetzen von Rohrdurchlässen durch Rigolen

Wegenetz gestalten

Erhöhung der Oberflächenrauigkeit von Wegen

Bedarfsgerechte Waldwegkategorien

Wegerückbau

Topographie-angepasste Linienführung

Feinerschließung optimieren

Optimierung des Rückegassennetzes

Wasserableitung von Rückegassen

Retentionsräume schaffen

Versickerungsmulden

Versickerungsgräben

Verdunstungsmulden

Wasserrückhalte an Wegen

Stauanlagen

Entwässerungen rückgängig machen

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend organischen Böden

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend mineralischen Böden

Gewässer hydrologisch aktivieren

Potentiale von Stillgewässern nutzen

Schaffung und Erhalt von Stillgewässern

Abflussregulierung an Stillgewässern

Fließgewässer renaturieren

Abflussbremsende Strukturen in Fließgewässern

Vergrößerung des Fließquerschnitts

Fließlaufverlängerung

Gewässerumgebung aktivieren

Flutung benachbarter Waldbestände

Aktivierung von Auen und Auenwäldern

Bewaldete Flutpolder

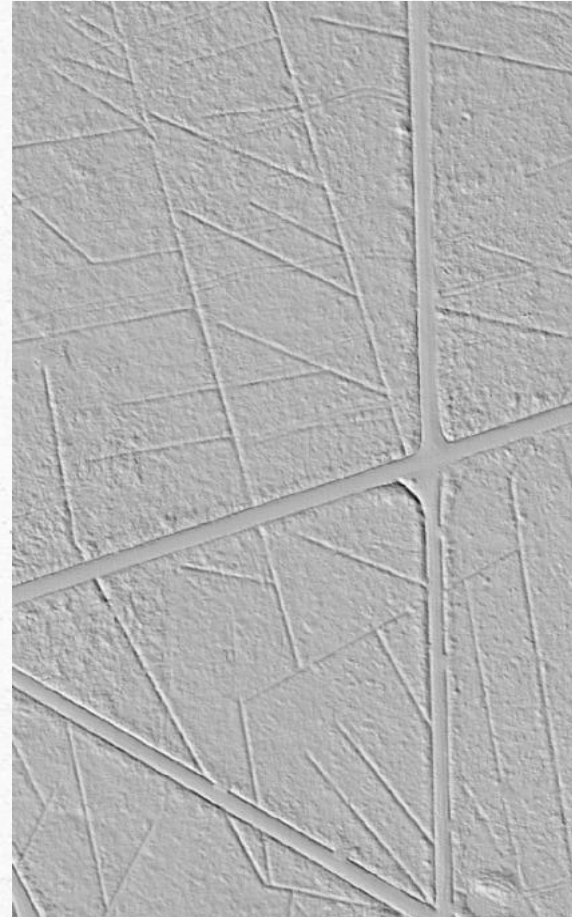
Hintergründe – Entwässerungsgräben

- (oft historische) Gräben zur Entwässerung feuchter Waldgebiete
- verschärfen heute oft Trockenstress
- entwässernde Wirkung oft auch Jahrzehnte nach Aufgabe der Grabenpflege noch funktionsfähig

Vor Verschluss zu prüfen:

- Gräben oft nicht planvoll angelegt
 - Wasserführung fraglich – Verschluss lohnend?
- waldbauliche Konsequenzen aktiver Verschlüsse

➔ DGM-basierte Analyse für optimale Verortung von Grabenverschlüssen



Grabennetz im 25cm DGM im Forstdistrikt Höllweiher



Foto: Isabell Sigg

Entwässerungsgraben im Höllweiherwald

Zielstellung & Untersuchungsgebiet

Höllweiherwald (bei Biberach)

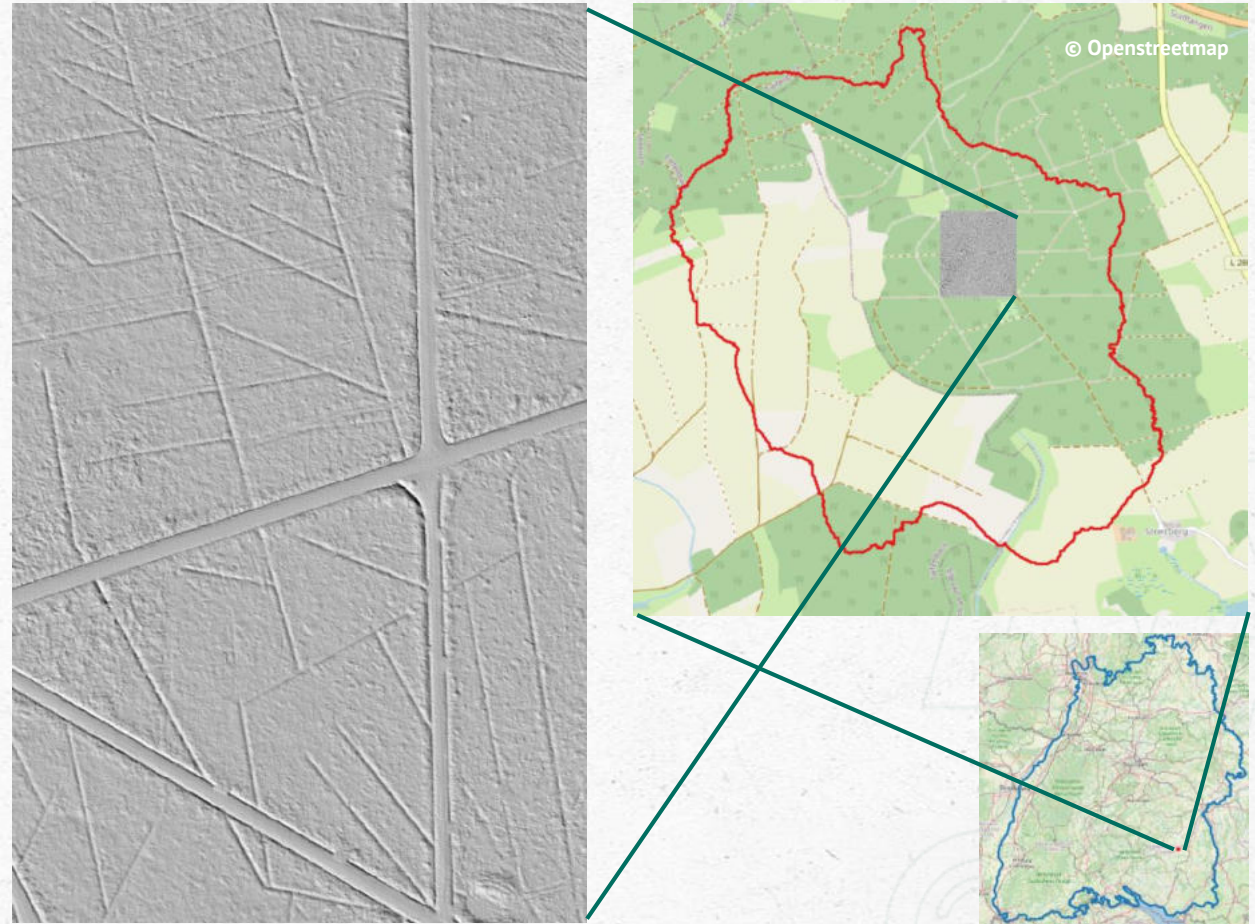
- Starke Vernässung als limitierender Standortsfaktor
- inzwischen chronischer Wassermangel der Bestände

Zielstellung:

- Verbesserung der Bestandesvitalität
- ökologische Aufwertung feuchter Waldstandorte

Forschungsfragen:

- An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?
- Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?



Grabennetz im 25cm DGM im Forstdistrikt Höllweiher

Lage Forstdistrikt Höllweiher

An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

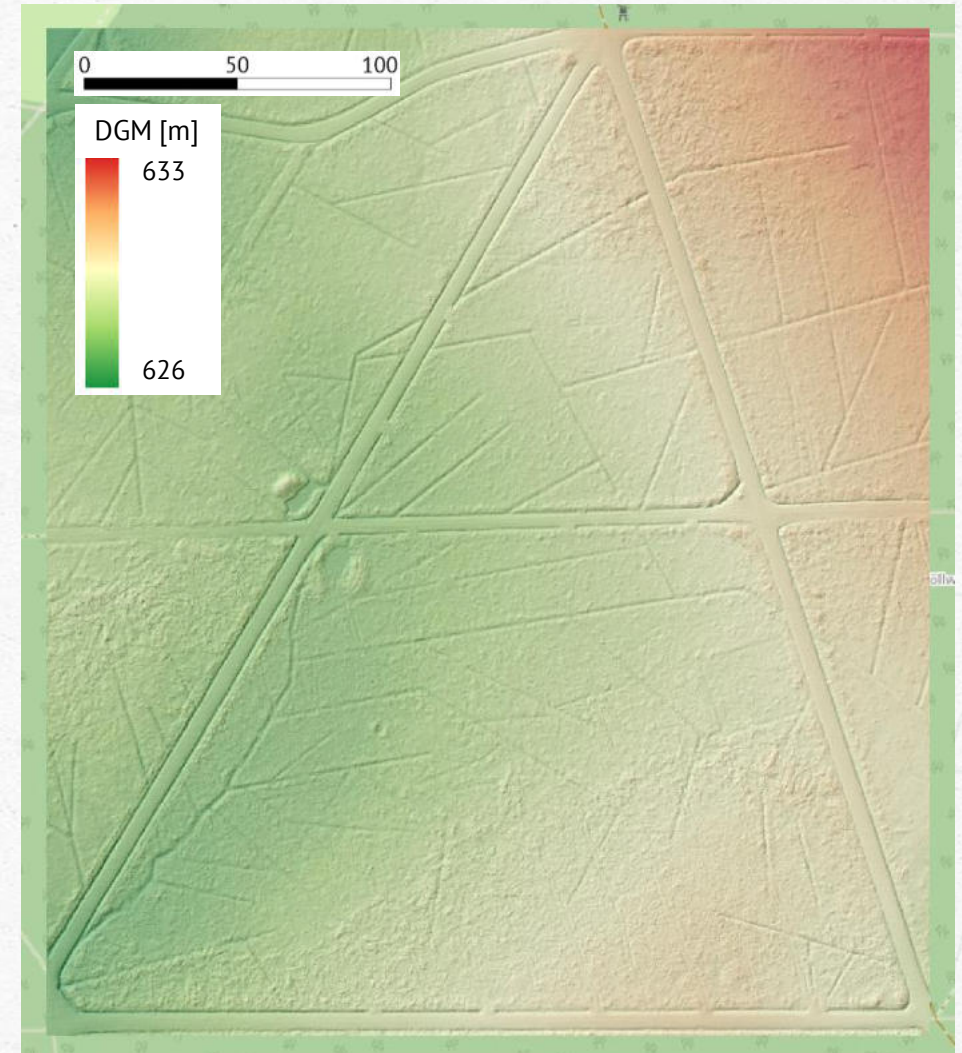
Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden

Datenquelle

Digitales Geländemodell (DGM025)

- Geländehöhe im 25cm Raster
- BW-weit verfügbar:
opengeodata.lgl-bw.de



Grabennetz im 25cm DGM (Höhe + Schummerung) im Forstdistrikt Höllweiher

An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

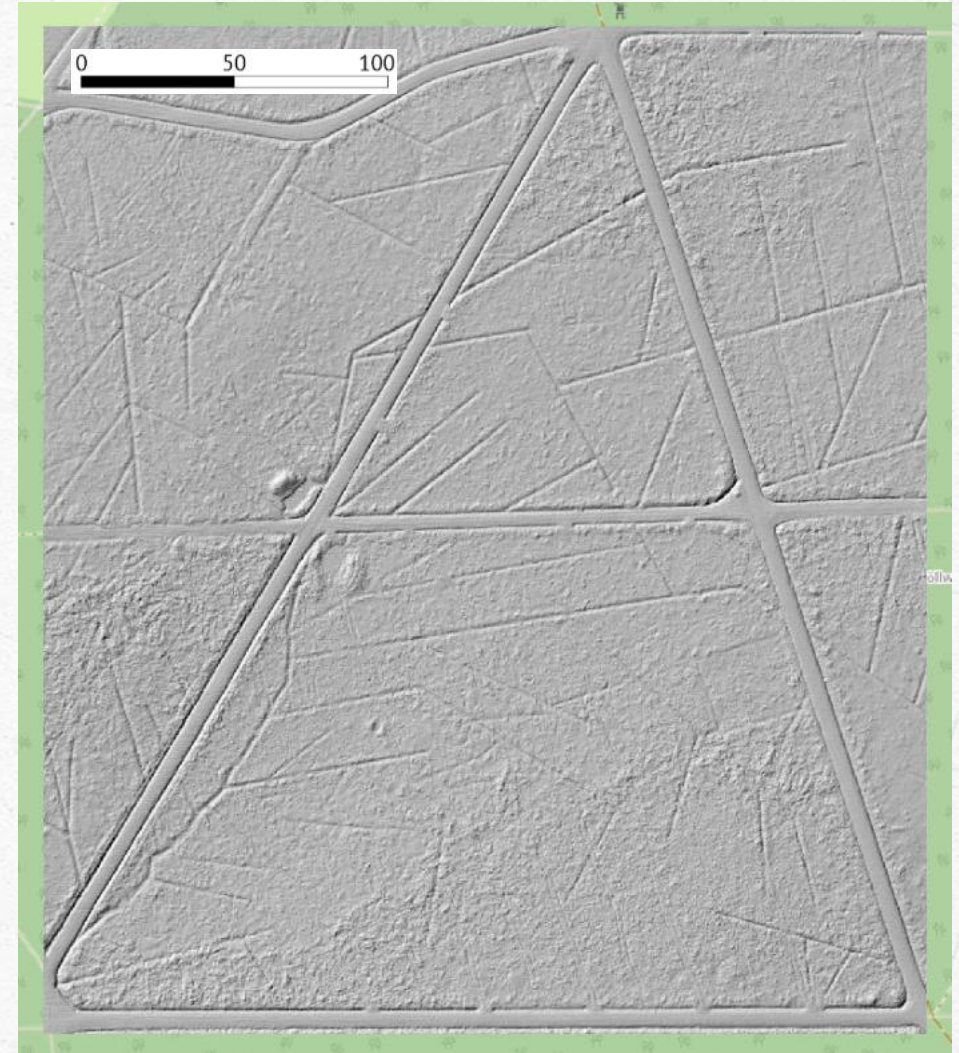
Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren

Datenquelle

Digitales Geländemodell (DGM025)

- Geländehöhe im 25cm Raster
- BW-weit verfügbar:
opengeodata.lgl-bw.de



Grabennetz im 25cm DGM (Schummerung) im Forstdistrikt Höllweiher

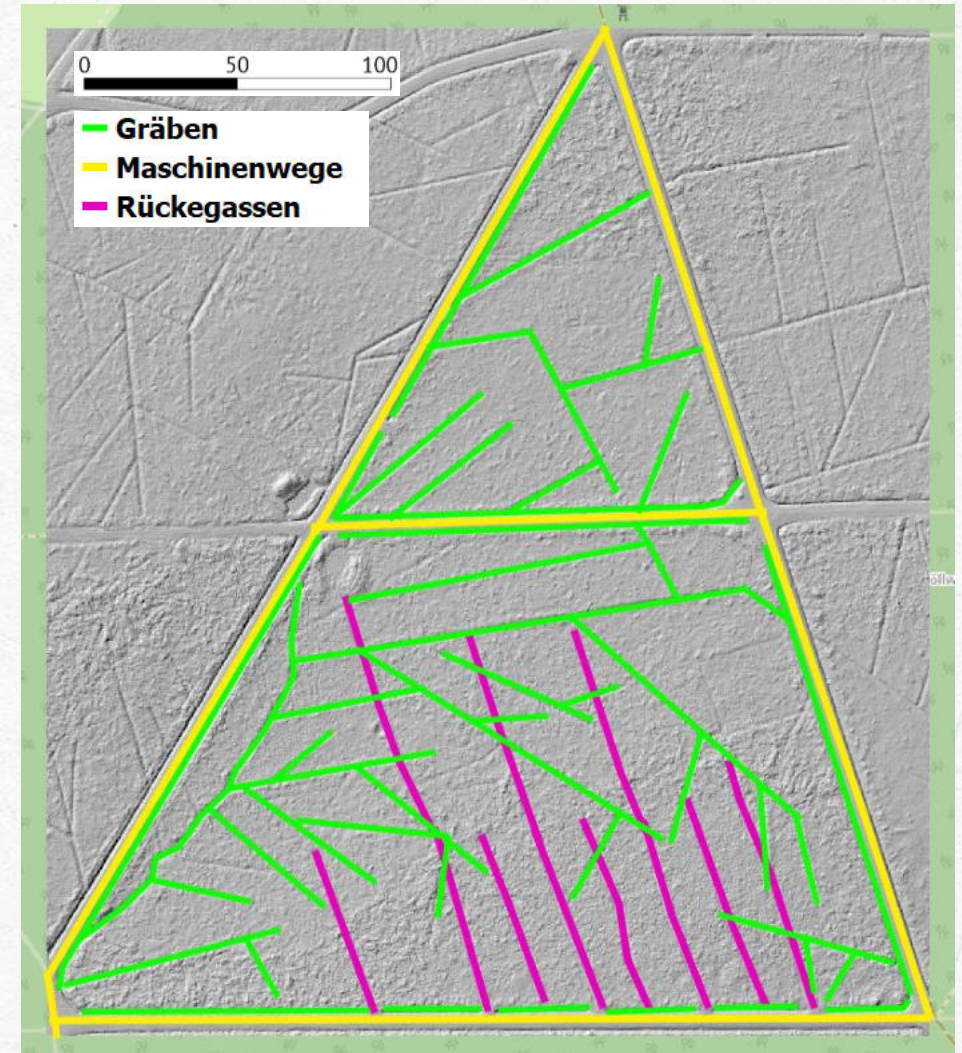
An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren

Datenquelle	Digitales Geländemodell (DGM025)
	<ul style="list-style-type: none">- Geländehöhe im 25cm Raster- BW-weit verfügbar: opengeodata.lgl-bw.de



forstliche Infrastruktur im Forstdistrikt Höllweiher

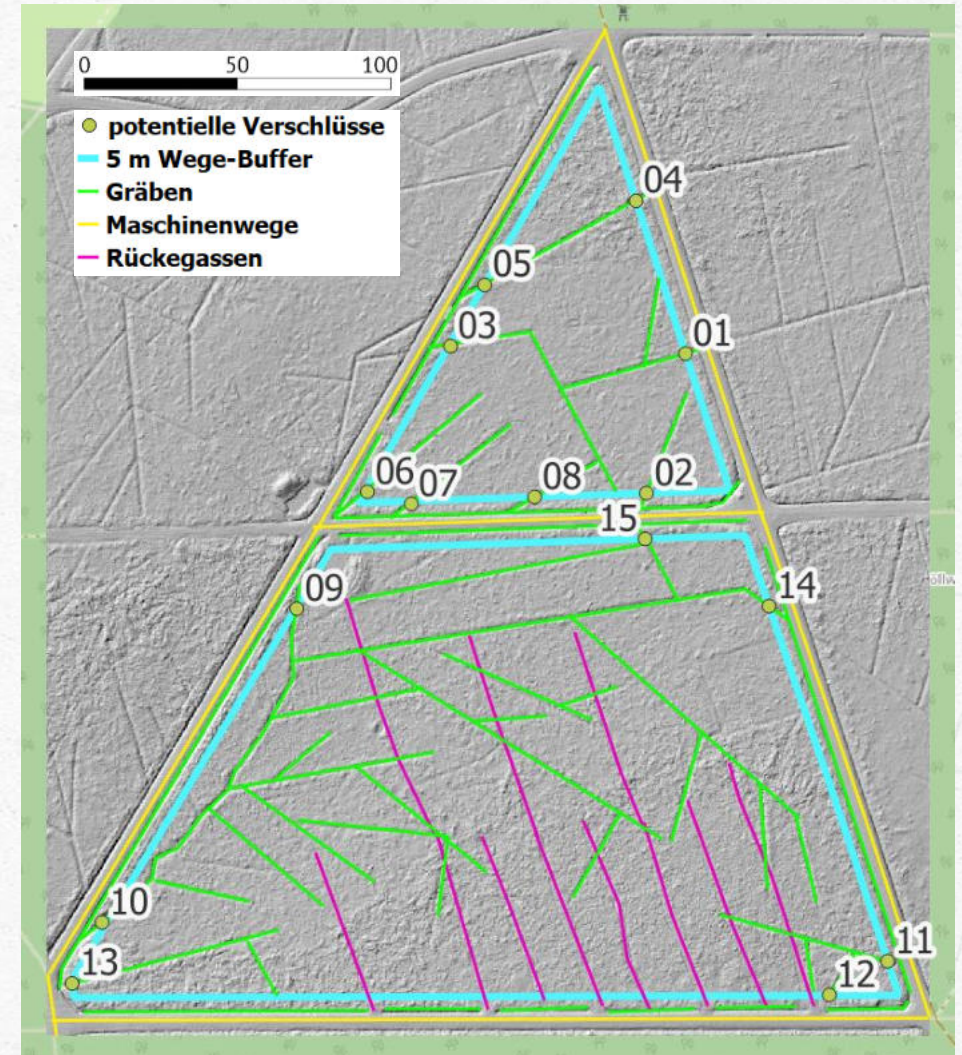
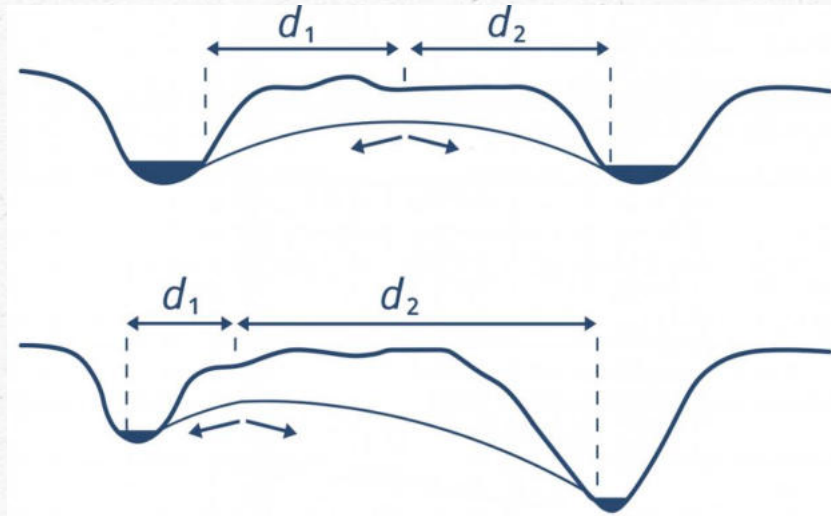
An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren
3. Verschnitt von Wegebuffer & Gräben -> potentielle Verschlusspunkte

➔ Welche Bereiche entwässern zum jeweiligen Verschlusspunkt?



forstliche Infrastruktur mit potentiellen Verschlusspunkten

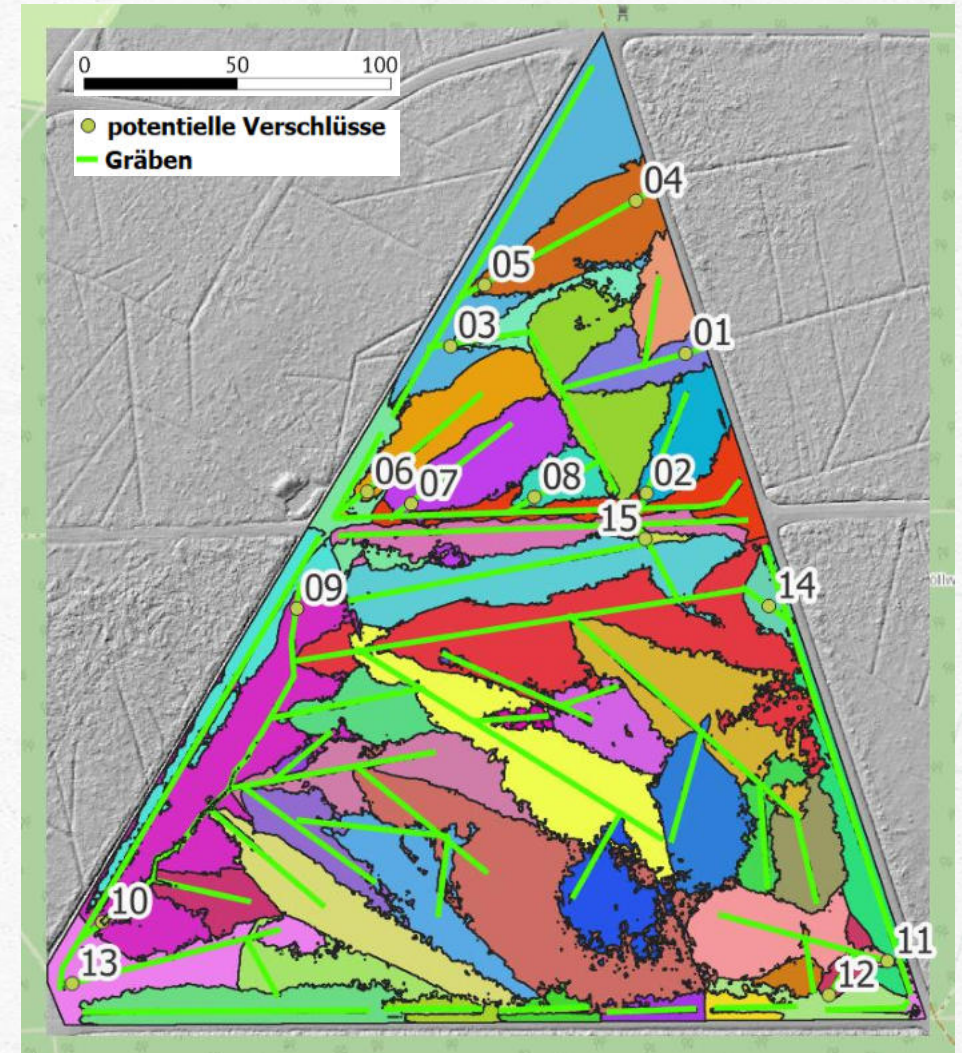
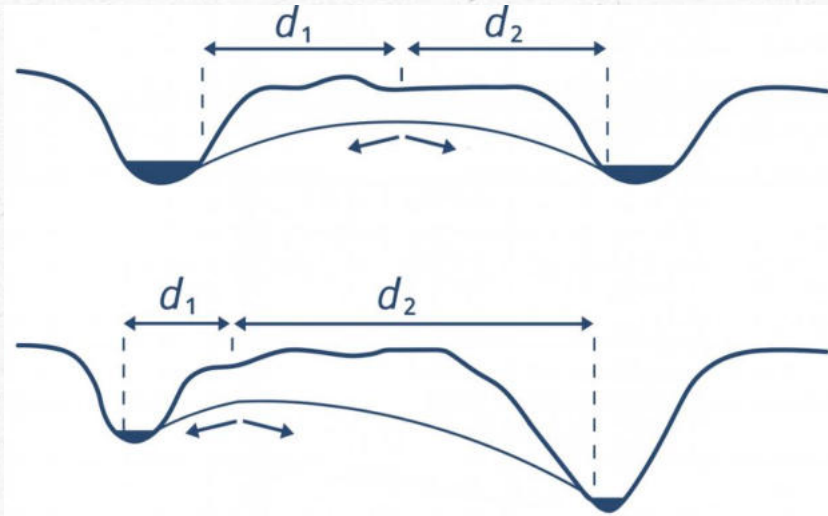
An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren
3. Verschnitt von Wegebuffer & Gräben -> potentielle Verschlusspunkte

→ Welche Bereiche entwässern zum jeweiligen Verschlusspunkt?



forstliche Infrastruktur mit potentiellen Verschlusspunkten

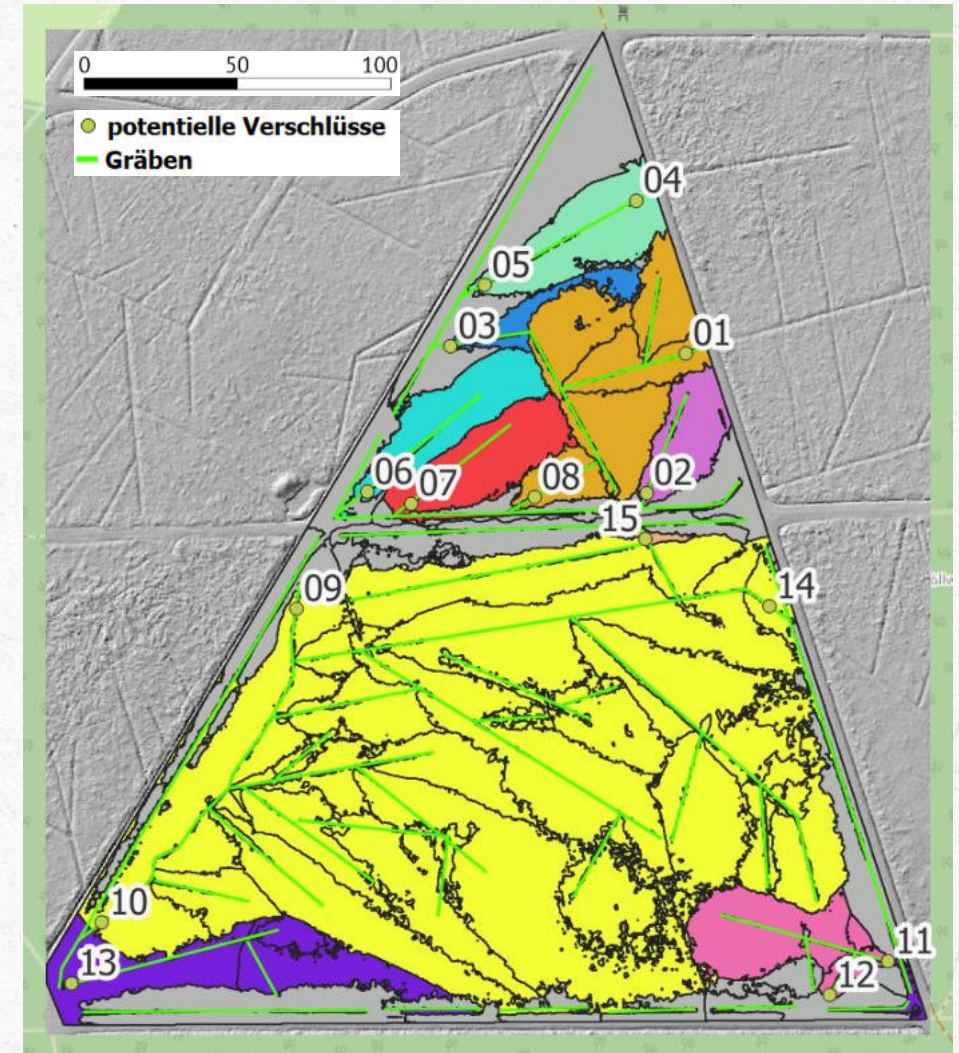
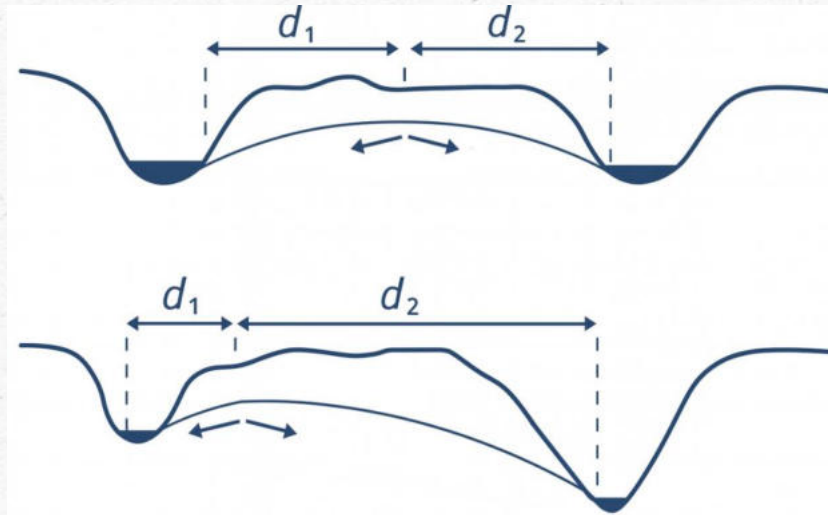
An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren
3. Verschnitt von Wegebuffer & Gräben -> potentielle Verschlusspunkte

→ Welche Bereiche entwässern zum jeweiligen Verschlusspunkt?



forstliche Infrastruktur mit potentiellen Verschlusspunkten

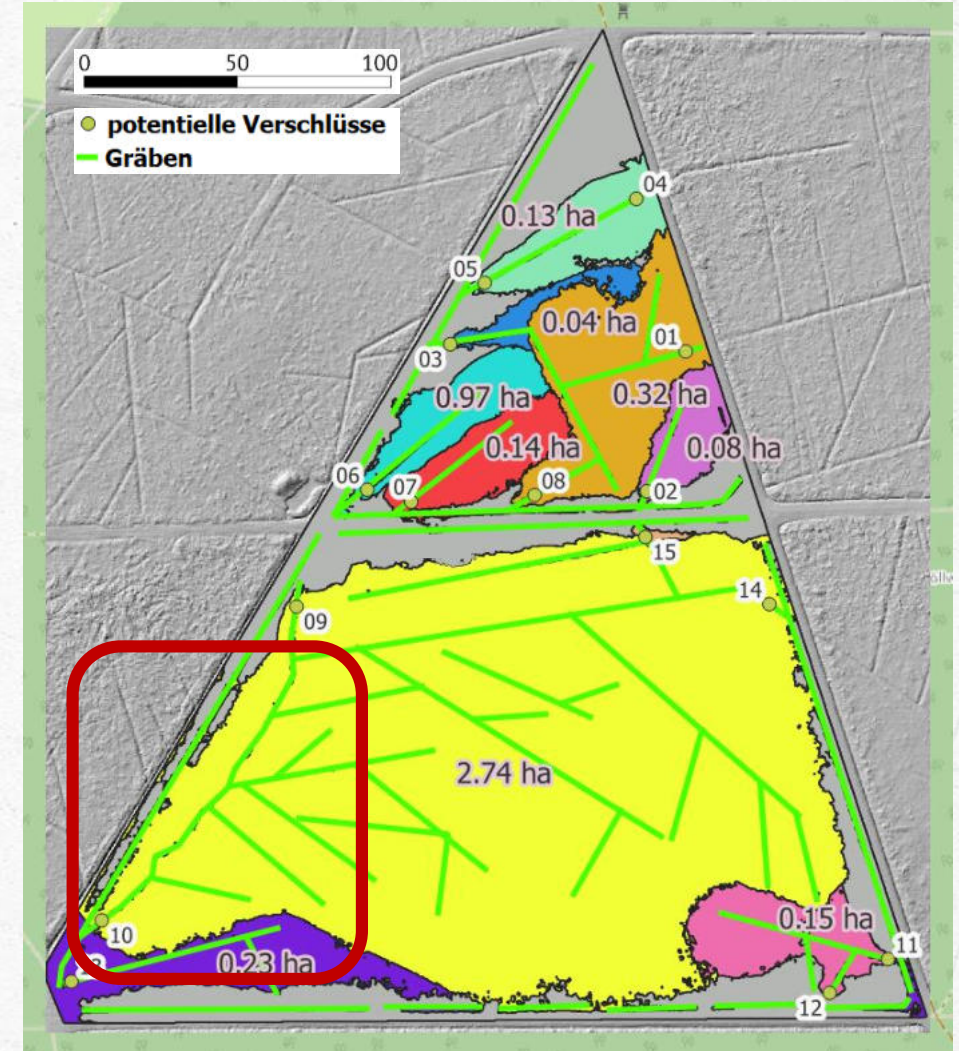
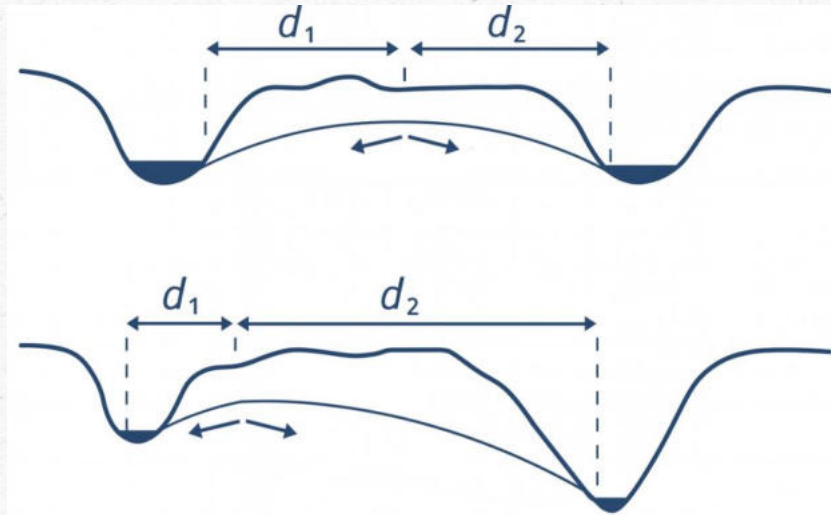
An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

Wo liegen die Teil-Einzugsgebiete der Entwässerungsgräben?

Schritte:

1. Digitales Geländehöhenmodell (DGM025) laden
2. forstliche Infrastruktur digitalisieren
3. Verschnitt von Wegebuffer & Gräben -> potentielle Verschlusspunkte

→ Welche Bereiche entwässern zum jeweiligen Verschlusspunkt?



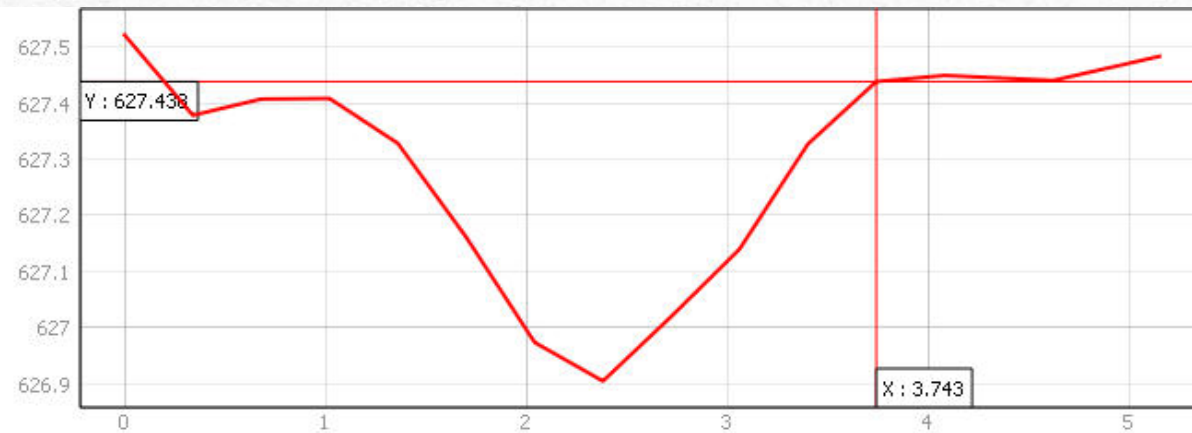
forstliche Infrastruktur mit potentiellen Verschlusspunkten

Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

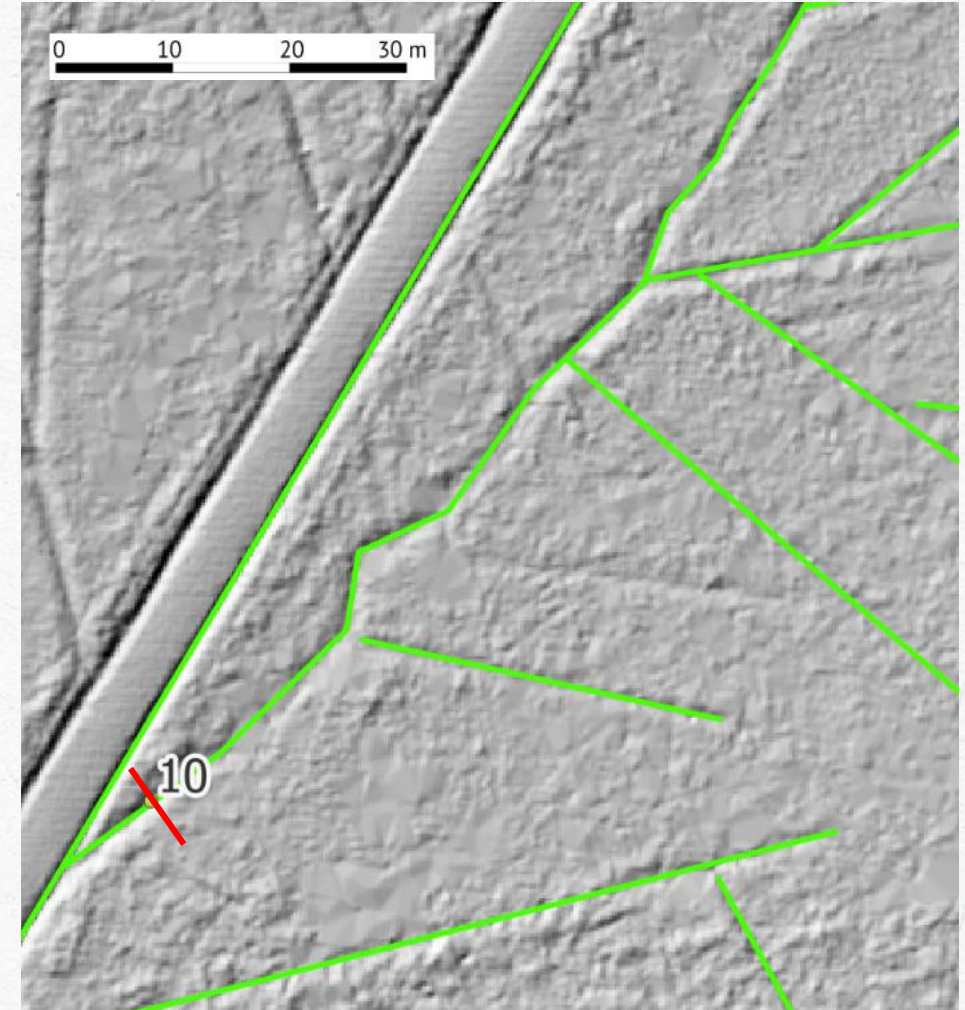
Welche Fläche würde bei maximalem Wasserstand geflutet?

Schritte:

1. Schulterhöhe des Grabens am potentiellen Verschluss ermitteln
2. Fläche unterhalb der Schulterhöhe bestimmen



Höhenprofil an Punkt 10 (Lage s. Bild rechts)

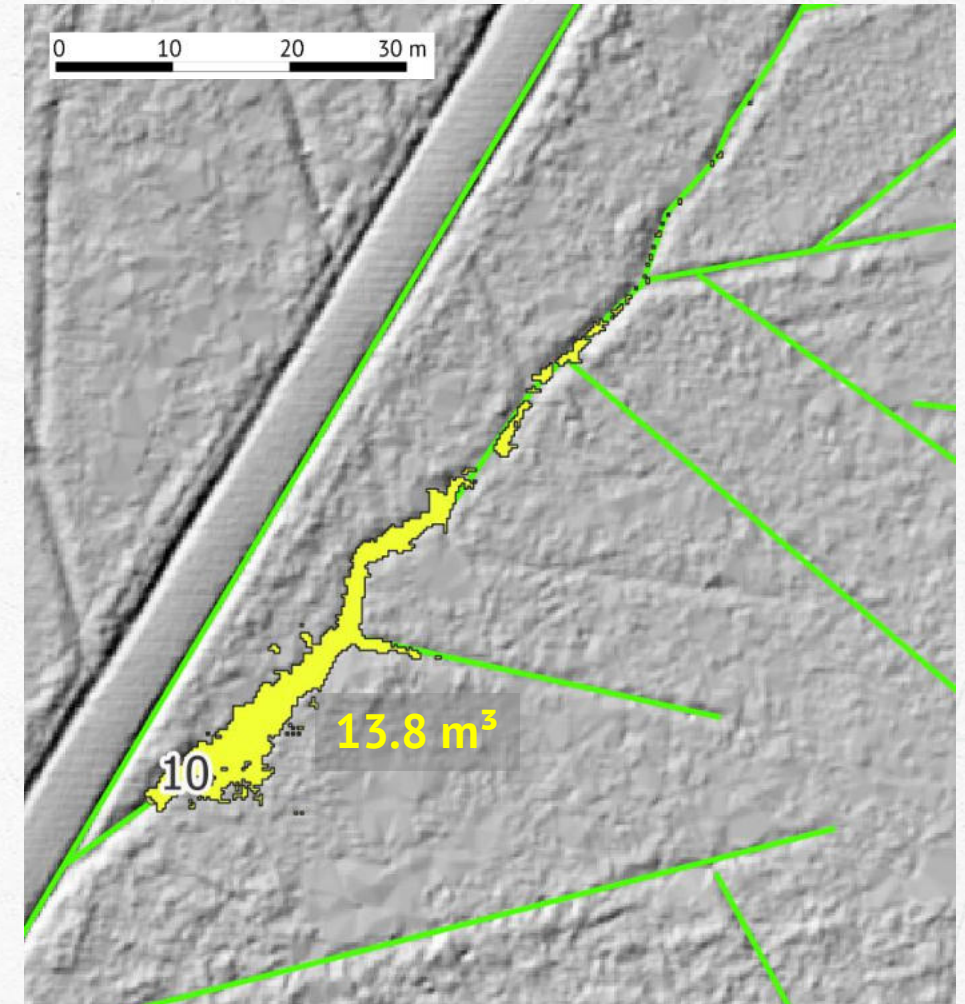
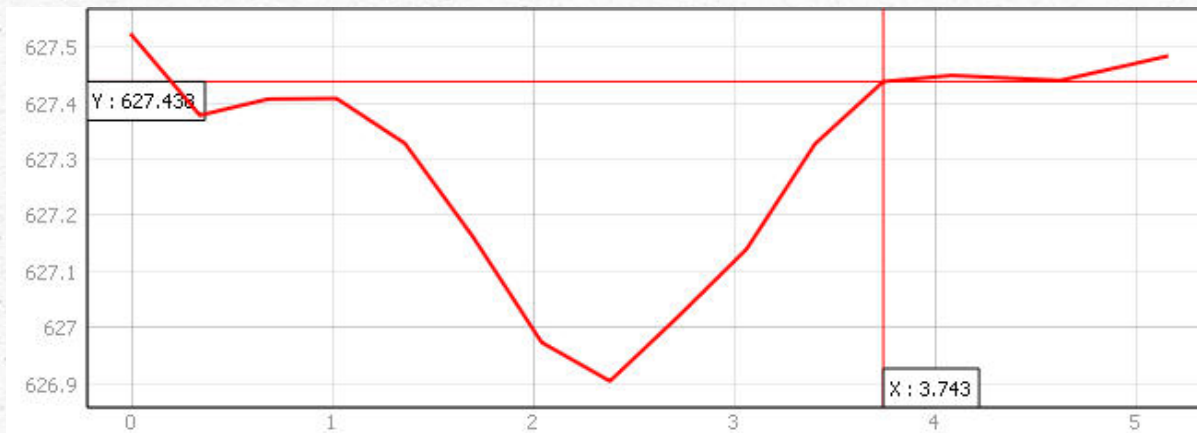


Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

Welche Fläche würde bei maximalem Wasserstand geflutet?

Schritte:

1. Schulterhöhe des Grabens am potentiellen Verschluss ermitteln
2. Fläche unterhalb der Schulterhöhe bestimmen

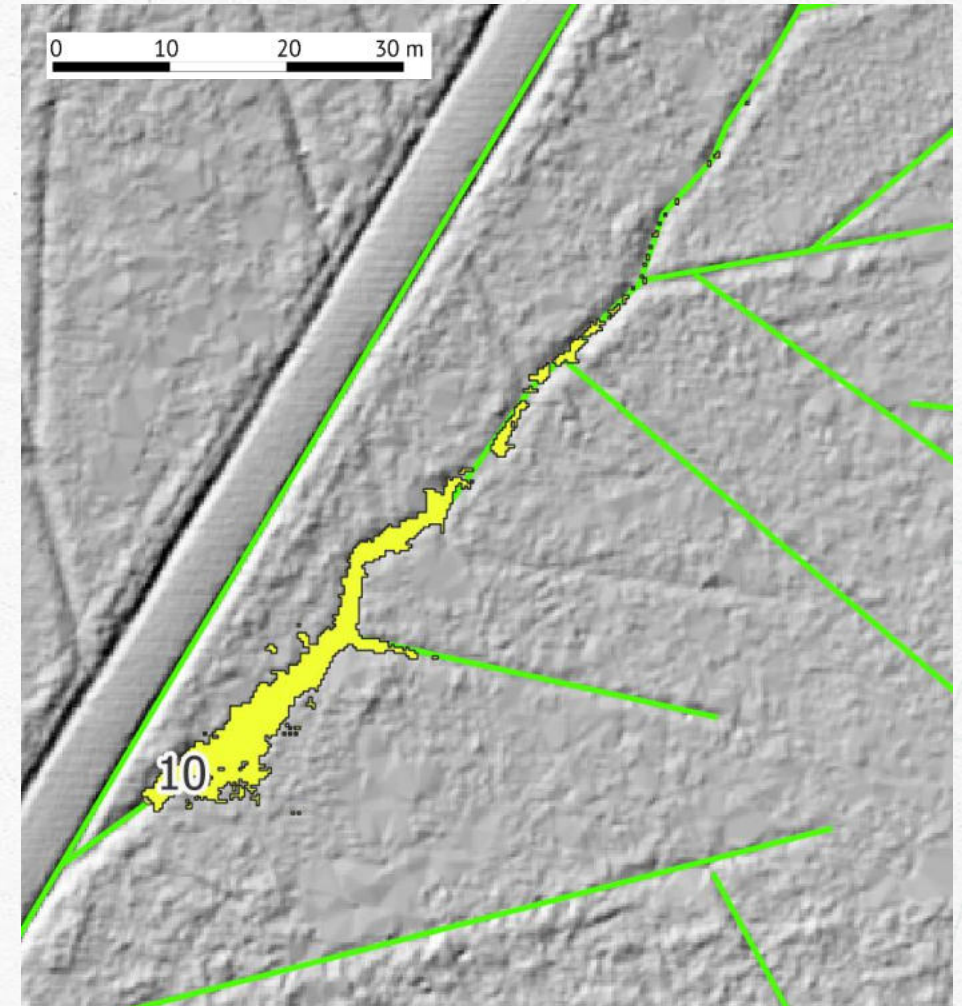
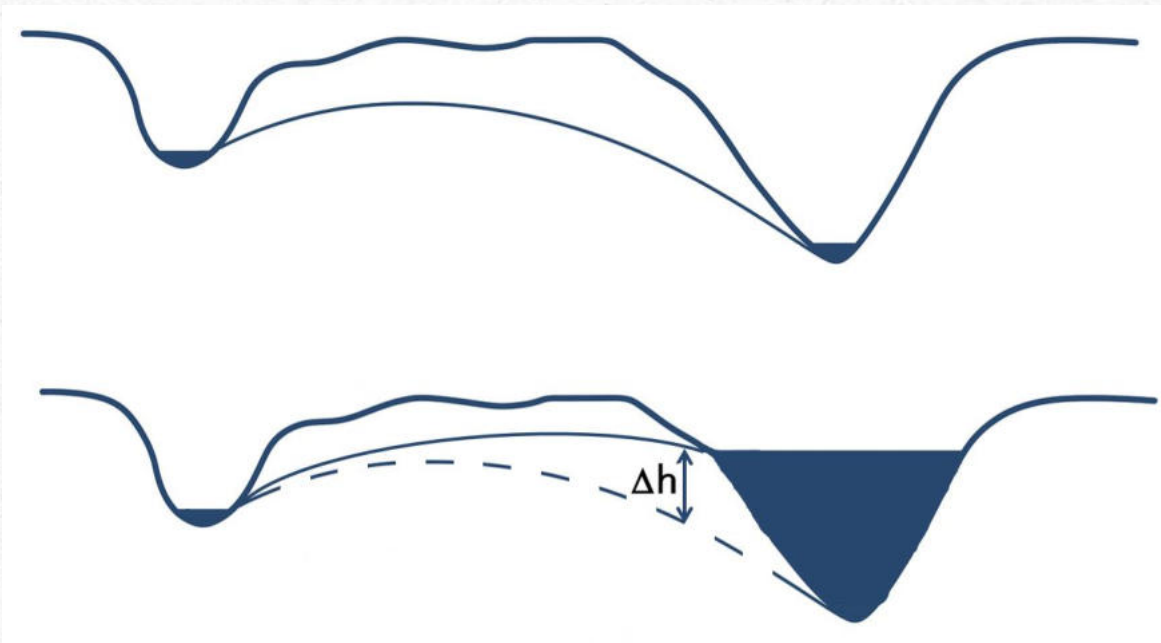


zu erwartender Flutungsbereich bei Einstau an Punkt 10

Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

Welche Fläche würde durch den Aufstau vernässt?

- Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der gefluteten Fläche

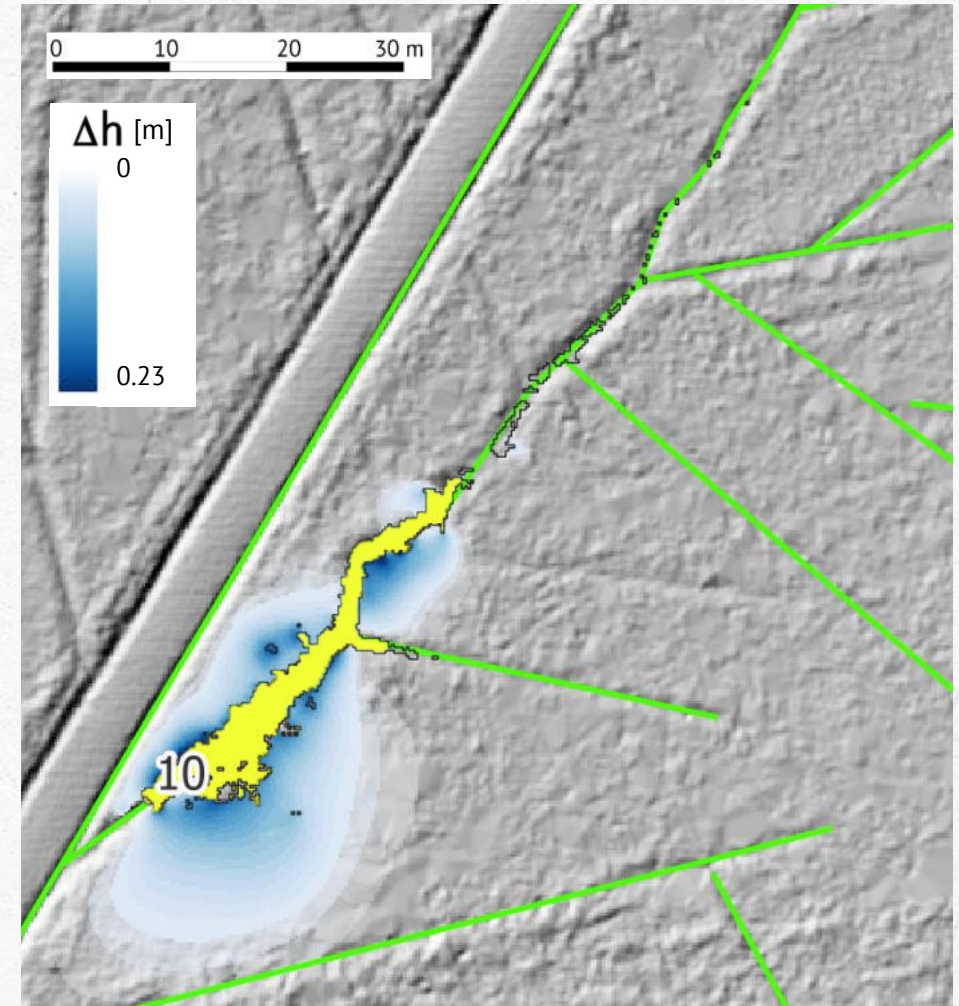
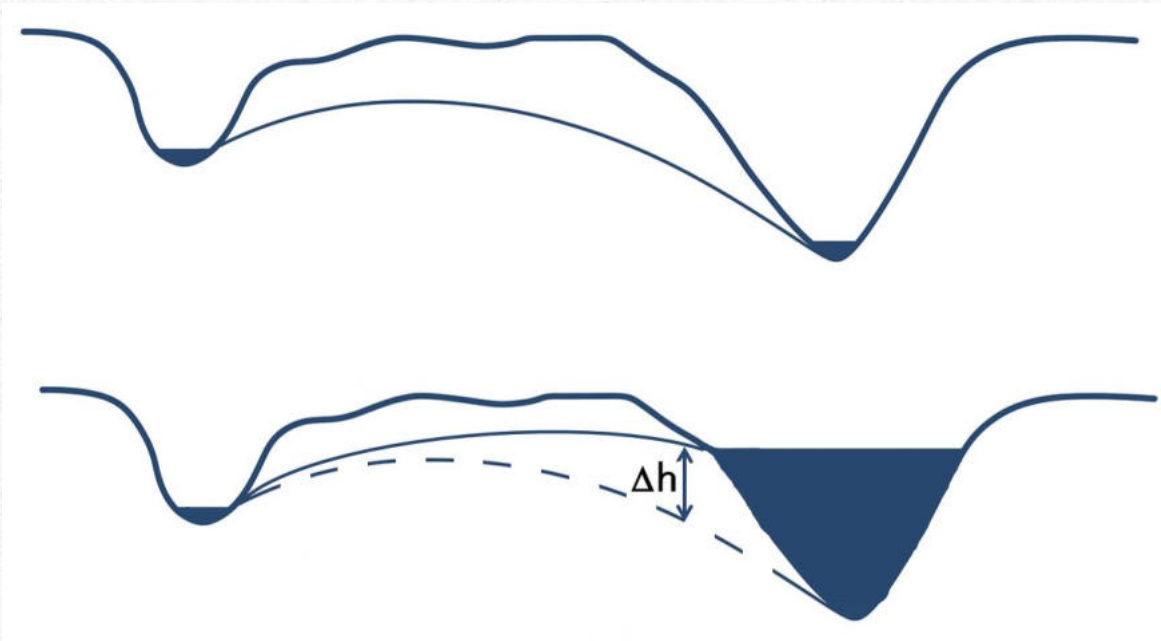


zu erwartender Flutungsbereich bei Einstau an Punkt 10

Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

Welche Fläche würde durch den Aufstau vernässt?

- Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der gefluteten Fläche

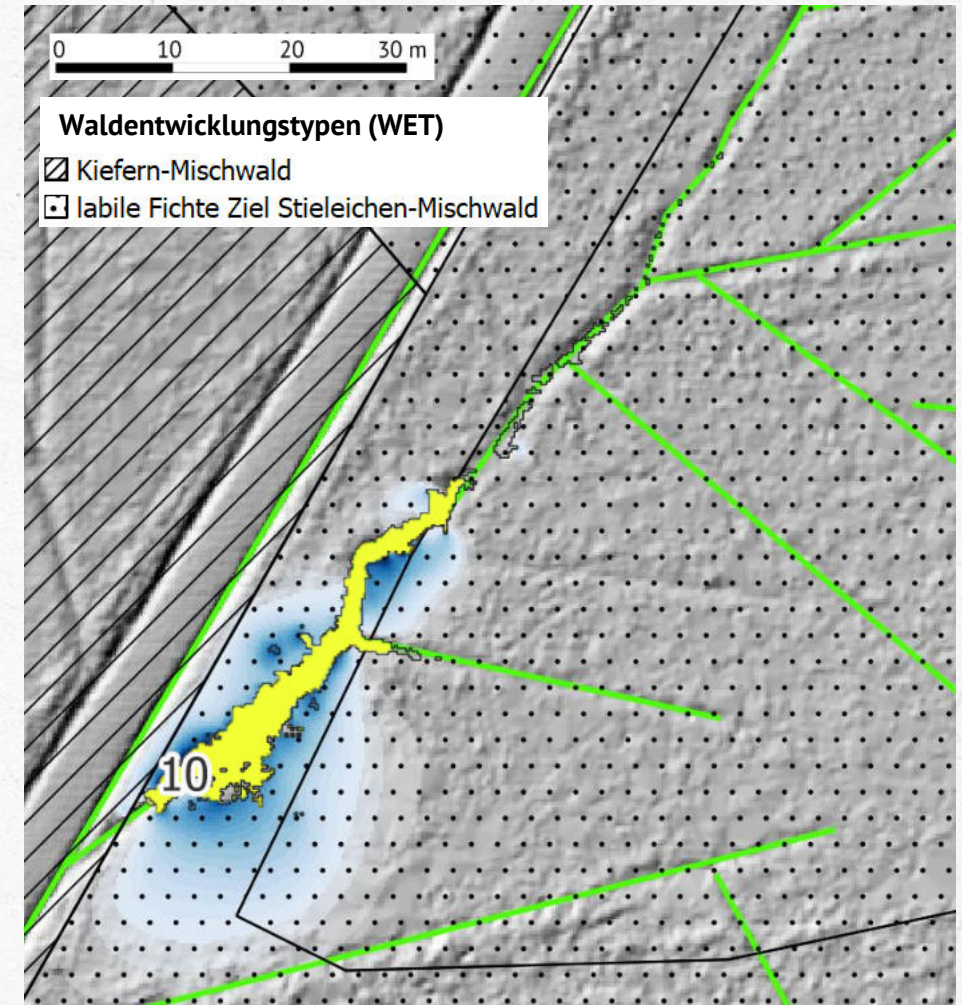


zu erwartende Anhebung des Grundwasserspiegels nach Vergrößerung des Wasserkörpers

Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

Welche Fläche würde durch den Aufstau vernässt?

- Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der gefluteten Fläche
- ➔ Verschnitt von Flutungs-/ Vernässungspolygonen mit zusätzlichen Informationen
- Waldentwicklungstypen-Karte (WET)
 - Wege und Rückegassen
 - Kartierte Waldbiotope
 - ...



zu erwartende Anhebung des Grundwasserspiegels nach Vergrößerung des Wasserkörpers

Verschluss von Entwässerungsgräben

Ergebnis und Diskussionspunkte

Ziel-Fragen:

An welchen Punkten lohnt sich ein Verschluss?

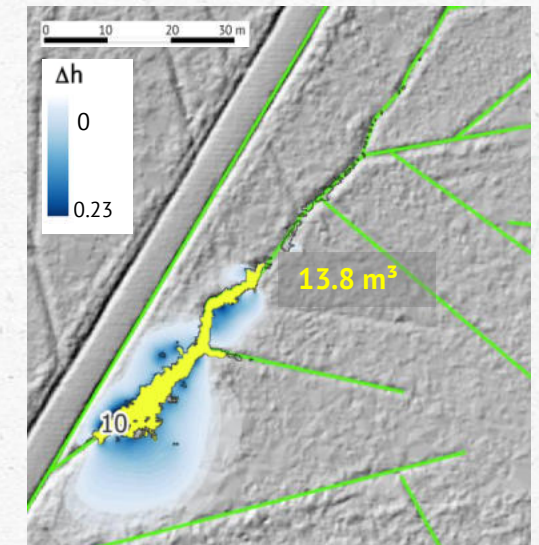
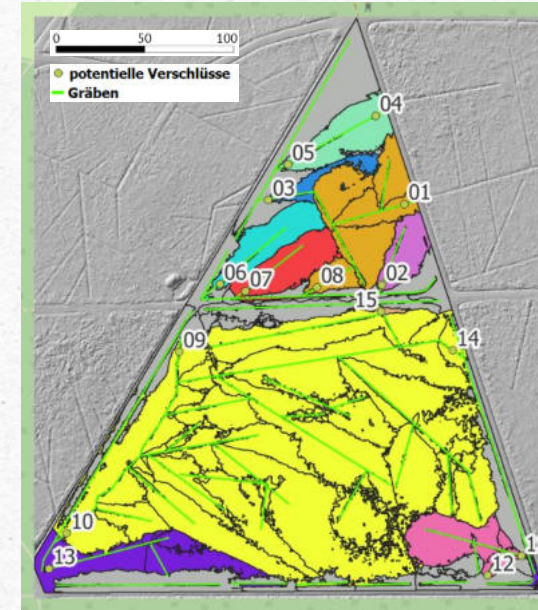
- ✓ Technisch rasch umsetzbare Methode zur Abschätzung der Größe von Einzugsgebieten von Entwässerungsgräben

Welche Auswirkungen hat ein potentieller Verschluss?

- ✓ Geflutete/vernässende Fläche lässt sich im Gelände vor Verfüllung abschätzen
- ✓ Rückhaltevolumen über DGM und maximale Dammhöhe abschätzbar
- ✓ Ausschussflächen lassen großzügig definieren und meiden

Limitationen:

- berücksichtigt keine präferenziellen unterirdischen Flüsse („best case ohne Tracer-Versuch“)
- ergänzendes Wissen zu Vor-Ort-Fachwissen



Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!