



VARIANTENUNTERSUCHUNG FÜR DIE OPTIONALE RESTRUKTURIERUNG DES GSCHLÖSSBACHS

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

eingereicht von:

Katharina Baumgartner

Betreuer:

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Christoph Hauer
Priv.-Doz. Mag. Dr. Gregory Egger

Wien, Dezember 2014

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir bei der Entstehung dieser Arbeit geholfen haben.

Mein Dank gilt vor allem Herrn Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Christoph Hauer für die freundliche Aufnahme als Diplomantin am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau. Durch die gute fachliche und wissenschaftliche Betreuung von dir ist die Arbeit für mich ein schönes Endergebnis.

Weiters möchte ich mich ganz besonders bei Herrn Priv.-Doz. Mag. Dr. Gregory Egger für die fachliche Unterstützung im Bereich der vegetationsökologischen Untersuchung bedanken. Die fachlichen Wanderungen im Gschlöstal und Dorfertal bei schönen Wetter waren sehr lehrreich.

Ein großen Dank geht auch an DI Patrick Holzapfel für die kollegiale Betreuung, Hilfestellungen und für die Ausdauer bei den Berechnungsdurchgängen.

Dem interessanten Thema danke ich dem National Park Hohe Tauern (Matrei in Osttirol) im besonderen Mag. Florian Jurgeit, der auch für die rasche Bereitstellung der Geodaten gesorgt hat.

Ich möchte diese Gelegenheit auch nutzen, um mich bei meinen Eltern zu bedanken, dir mir dieses Studium nicht nur ermöglicht, sondern mich darin auch unterstützt haben.

Zuletzt möchte ich noch ein Dankeschön an Peter richten, der mich während des Studiums und bei der Erstellung dieser Arbeit immer fachlich unterstützt hat, ein offenes Ohr hatte und mich immer wieder motivierte diesen Weg weiter zu gehen.

Abstract (Deutsch)

Abstract (English)

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Abstract (Deutsch)	II
Abstract (English)	III
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Problemstellung und Zielsetzung	3
3 Beschreibung des Untersuchungsgebietes	5
3.1 Klimatologie	6
3.1.1 Niederschlag	6
3.1.2 Lufttemperatur	7
3.1.3 Wassertemperatur	8
3.2 Flussmorphologie	9
3.2.1 Geologie	10
3.2.2 Hydrologie	12
3.3 Lebensgemeinschaft im Fließgewässer	12
3.3.1 Die Bachforelle (salmo trutta fario)	13
3.3.2 Makrozoobenthos	14
3.4 Vegetation - Lebensraumtypen	15
3.4.1 Lebensraumtyp „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“	15
3.5 Anthropogene Beeinträchtigung und Gewässergüte	18
3.6 Almwirtschaft	19
4 Methodik	20
4.1 Grundlagenerhebung	20
4.1.1 Externe Datenquellen	20
4.1.1.1 Geodaten	20
4.1.1.2 Historische Strecke	21
4.1.2 Feldaufnahmen der Gerinnegeometrie	22
4.2 Charakterisierung der Substratzusammensetzung (Deckschicht)	23

4.3	Hydrodynamisch-numerische 2-D Modellierung	24
4.3.1	Allgemeine Grundlagen	24
4.3.1.1	Numerische Methoden	24
4.3.1.2	Raumdiskretisierung	24
4.3.1.3	Zeitdiskretisierung	25
4.3.1.4	Numerische 2-D-Modelle	25
4.3.1.5	Zweidimensionale Flachwassergleichung	25
4.3.2	Verwendete Software	26
4.3.3	Netzgenerierung	27
4.3.3.1	Qualität des Berechnungsnetzes	28
4.3.3.2	Netzerstellung der Varianten	28
4.3.4	Kalibrierung des Modells (Rauhigkeiten)	29
4.3.5	Eingangs- und Ergebnisdaten	30
4.3.6	Untersuchte Abflussszenarien	30
4.4	Geschiebmodellierung	32
4.4.1	Allgemeine Grundlagen	32
4.4.1.1	Bewegungsbeginn	32
4.4.1.2	Geschiebetransportformeln	34
4.4.2	2-D Geschiebmodellierung mittels Hydro_GS-2d	34
4.4.3	Randbedingungen und Eingangsdaten	35
4.5	Habitatmodellierung	38
4.5.1	Allgemeine Grundlagen	38
4.5.2	HEM – Habitat Evaluation Model	40
4.5.2.1	MEM (Mesohabitat Evaluation Model)	40
4.6	Vegetationsökologische Untersuchung	44
4.6.1	Datengrundlagen	44
4.6.2	Erhebungsmethode	45
4.6.3	Kartenerstellung und Flächenauswertung	45
4.6.4	Bestimmung standortspezifischer Pflanzengemeinschaft	45
5	Ergebnisse	46
5.1	Beschreibung der Variantenoptionen	46
5.1.1	Variante 1 - Seitenarmanbindung	47
5.1.2	Variante 2 - lokale Aufweitung	47
5.1.3	Variante 3 - Umlagerungsfläche	48
5.2	Charakterisierung der Substratzusammensetzung (Deckschicht)	51
5.3	Hydrodynamisch-numerische 2-D Modellierung	52
5.3.1	Kalibrierung des Modells - Rauhigkeiten	52
5.3.2	Variante 1 - Modellierungsergebnisse	54
5.3.2.1	Verteilung der Wassertiefen	54

5.3.2.2	Verteilung der Fließgeschwindigkeiten	55
5.3.2.3	Verteilung der Sohlschubspannungen	57
5.3.3	Variante 2 - Modellierungsergebnisse	59
5.3.3.1	Verteilung der Wassertiefen	59
5.3.3.2	Verteilung der Fließgeschwindigkeiten	61
5.3.3.3	Verteilung der Sohlschubspannungen	63
5.3.4	Variante 3 - Modellierungsergebnisse	65
5.3.4.1	Verteilung der Wassertiefen	65
5.3.4.2	Verteilung der Fließgeschwindigkeiten	68
5.3.4.3	Verteilung der Sohlschubspannungen	70
5.4	Geschiebmodellierung	72
5.4.1	Bewegungsbeginn - Grenzs Schubspannung	72
5.4.2	Lagemäßige Verteilung der Ablagerungen	73
5.4.3	Höhenmäßige Veränderungen in Querprofilen	75
5.5	Habitatmodellierung	77
5.5.1	Räumliche Verteilung der Mesohabitate	77
5.5.2	Mesohabitatverteilung	79
5.5.3	Räumliche Verteilung der Mesohabitate nach Anlandung	84
5.6	Vegetationsökologische Untersuchung	87
5.6.1	Beschreibung der Habitatklassen	87
5.6.2	Flächenausweisung der Habitatklassen	90
5.6.3	Ergebnis der standortspezifischen Pflanzengemeinschaft	92
5.7	Auswirkung auf Hochwässer	95
6	Diskussion und Zusammenfassung	97
Anhang		i
A.1	Allgemein	i
A.2	Ergebnisse 2-D Modellierung	ii
A.3	Ergebnisse Mesohabitatmodellierung	xii
A.4	Attributtabelle der Vegetationsaufnahme	xvi

Abkürzungsverzeichnis

WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
NPHT	Nationalpark Hohe Tauern
FFH-LRT	Flora-Fauna-Habitat Lebensraumtyp
EZG	Einzugsgebiet
HZB – Nummer	Hydrografisches Zentralbüro – Nummer
LIDAR	Laser detection and ranging
DOM	Digitales Oberflächenmodell
DGM	Digitales Geländemodell
GIS	Geoinformationssysteme
PDG	partiellen Differenzialgleichungen
SMS	Surface Water Modeling System
HEM	Habitat Evaluation Model
MEM	Mesohabitat Evaluation Model
MSM	Microscale Habitat Model
LZA	Linienzahlanalyse

1 Einleitung

Alpine Regionen zählen zu den vielfältigsten Lebensräumen für Pflanzen und Tiere, wurden jedoch aufgrund anthropogener Nutzungen in den letzten Jahrzehnten stark verändert (Stöcklin, 2007). Die Entstehung von neuen Siedlungen in den Alpenregionen und der damit verbundenen Hochwasserrückhaltmaßnahmen stellen einen Konflikt mit der Natur dar; ein Ziel unter anderem war die Nutzbarmachung fruchtbarer Talböden auch in höheren Lagen. Aus diesem Zweck wurden die Flüsse begradigt, laterale Vernetzung zwischen Fluss und Umland außer Acht gelassen und in den natürlichen Geschiebetransport eingegriffen. Die Fließgewässer im Alpenraum wurden so in ihrer Eigendynamik großräumig stark eingeschränkt (*Lebensraumvernetzung an Fließgewässer am Beispiel Lech : Interregg III B Lebensraumvernetzung* 2006). Aus ökologischer Sicht führten die Eingriffe zu einem Artenrückgang hinsichtlich Flora und Fauna (Hunzinger, 2004).

In den letzten Jahrzehnten wurde diese Fehlentwicklung erkannt und es fand ein Umdenken hinsichtlich Nutzung und Schutz der Flüsse statt. Es wird versucht natürliche Charakteristika und ökologische Funktionsfähigkeit wieder herzustellen (Jungwirth et al., 2003). Auf europäischer Ebene ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) hierfür ein wichtiges rechtliches Instrument. Ein Ziel dieser Richtlinie ist die „Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme“ (WRRL, 2009). Die WRRL sieht vor, dass alle Gewässer der Mitgliedsstaaten bis 2015 einen „guten ökologischen“ und „guten chemischen“ Zustand der Oberflächengewässer bzw. im Falle erheblich veränderter Fließgewässer das gute ökologische Potenzial erreichen.

Vor der Umsetzung der WRRL wurde erkannt, dass die Sicherung und Entwicklung ausreichend großer intakter Lebensräume für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in den Alpen eine wichtige Rolle spielen. Somit wurde im Jahr 1981 der Nationalpark Hohe Tauern (NPHT) als Naturschutzgebiet ausgewiesen und 1995 als Natura 2000 Schutzgebiet nominiert. Ein grundlegendes Erhaltungsziel des Nationalparks Hohe Tauern ist, die „Erhaltung und Wiederherstellung eines ausreichenden Maßes an naturnahen Gewässerabschnitten mit einer charakteristischen Dynamik sowie ihrer Lebensräume“ (Verordnung der Landesregierung vom 2. Juni 2009, Aufgrund des §14 Abs. 3 lit. a des Tiroler Naturschutzgesetzes 2005, LGBl. Nr. 26).

Weiters zählt zu diesen Zielen die Erhaltung des natürlichen Wasserregimes, unter anderem der FFH-Lebensraum 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ gemäß Definition nach Ellmayer (2005). Ausgehend von diesen Grundlagen wird mit dieser Arbeit versucht, anhand einer Variantenuntersuchung das Revitalisierungspotential aufzuzeigen.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Die Regulierung eines Flusses führt in verbauten Abschnitten zu direkten und flussab zu indirekten Beeinträchtigungen. Anthropogene Veränderungen der Hydromorphologie führen zu eingeschränkten Lebensräumen der Flora- und Faunawelt (Hunzinger, 2004). Im Innerschlöß wurde aus der Schwemmlandschaft in den 60iger Jahren ein Kanalgerinne geschaffen, welches die Weidelandschaft vor Hochwasserereignissen schützt. Weiters wurde im Talschluss ein Geschieberückhaltebecken errichtet, um das Grünland vor Geschiebschüben zusätzlich zu schützen (Oberwalder, 2002). Durch die Begradigungs- und Verbauungsmaßnahmen wurde der Gschlößbach in seiner Dynamik eingeschränkt. Hierdurch treten erhöhte Fließgeschwindigkeiten auf, die Strukturvielfalt reduziert sich und durch den fehlenden Geschiebeeintrag wird das Gewässersystem weitreichend beeinflusst. Die Folge daraus war eine Verschlechterung des ökologischen Zustandes und führte zum Verlust des natürlichen FFH Lebensraumes 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“.

Mit dieser Arbeit soll eine Variantenuntersuchung für eine optionale Restrukturierung des Gschlößbaches durchgeführt werden, welche als Grundlage für zukünftige Erhaltungsmaßnahmen des Nationalparks Hohe Tauern dienen soll.

Ziel ist es, einen naturnahen Gewässerabschnitt mit seiner charakteristischen Dynamik, unter Berücksichtigung der Interessen der Agrargemeinschaft und des Nationalparks Hohe Tauern, wiederherzustellen. Durch die Restrukturierungsmaßnahmen soll ein guter ökologischer Zustand im Sinne der WRRL erreicht werden. Es werden drei unabhängige Varianten erstellt, welche zur Steigerung des Revitalisierungspotenzials kombiniert werden können. Diese Varianten unterscheiden sich hinsichtlich morphologischer Strukturen, Lebensraumschaffung und Flächenverbrauch. Durch die einzelnen Maßnahmen soll einerseits der morphologische Zustand (größere Breiten- und Tiefenvarianz, größere Variabilität von Fließgeschwindigkeiten) verbessert werden, andererseits die Wiederansiedlung von Schotterpionierflugesellschaften wie im FFH-LRT 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ gemäß Definition nach Ellmauer (2005), stattfinden.

Die hydraulischen Zustände der einzelnen Variantenoptionen werden mit einem hydrodynamisch-numerischen Modell simuliert. Um den Feststoffhaushalt in alpinen Gewässern nicht außer Acht zu lassen, werden Geschiebetransportvorgänge mittels 2-D Mo-

dellierung (Hydro_GS-2d) untersucht. Mittels Habitatuntersuchung sollen sowohl Auswirkungen der einzelnen Varianten, als auch Veränderungen des Geschiebehaushaltes auf die Gewässermorphologie festgestellt werden.

Im Rahmen der Diplomarbeit wird weiters eine vegetationsökologische Untersuchung durchgeführt, um eine Aussage über die Entwicklung einer Pioniervegetation auf den Überschwemmungs- bzw. Umlagerungsflächen treffen zu können.

3 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Der Gschlößbach befindet sich im südlichen Teil Tirols, Bezirk Osttirol, Gemeinde Matri in Osttirol, Ortsteil Innerschlöß ($47^{\circ} 07' 28''$ N, $12^{\circ} 27' 07''$ O). Das Untersuchungsgebiet liegt in einem großen Naturschutzgebiet (Natura 2000) – dem Nationalpark Hohe Tauern (NPHT). Der Nationalpark gliedert sich in Außenzone, Kernzone und Sonderschutzgebiete. Der untersuchte Abschnitt des Gschlößbachs liegt in der Außenzone des NPHT. Die Größe des Einzugsgebietes (EZG) des Gschlößbachs beträgt $45,55 \text{ km}^2$. Der Gschlößbach ist der größte Zubringer des Tauernbaches. In Abbildung 3.1 ist die genaue Lage zu entnehmen.

Der betrachtete Gewässerabschnitt des Gschlößbachs erstreckt sich vom Zusammenfluss des Schlattenbaches und Viltragenbaches (Geschiebebecken, Höhe 1725 m.ü.A) bis zum Almenbereich von Innerschlöß (Höhe 1687 m.ü.A) und weist ein mittleres Gefälle von 1,8 % auf.

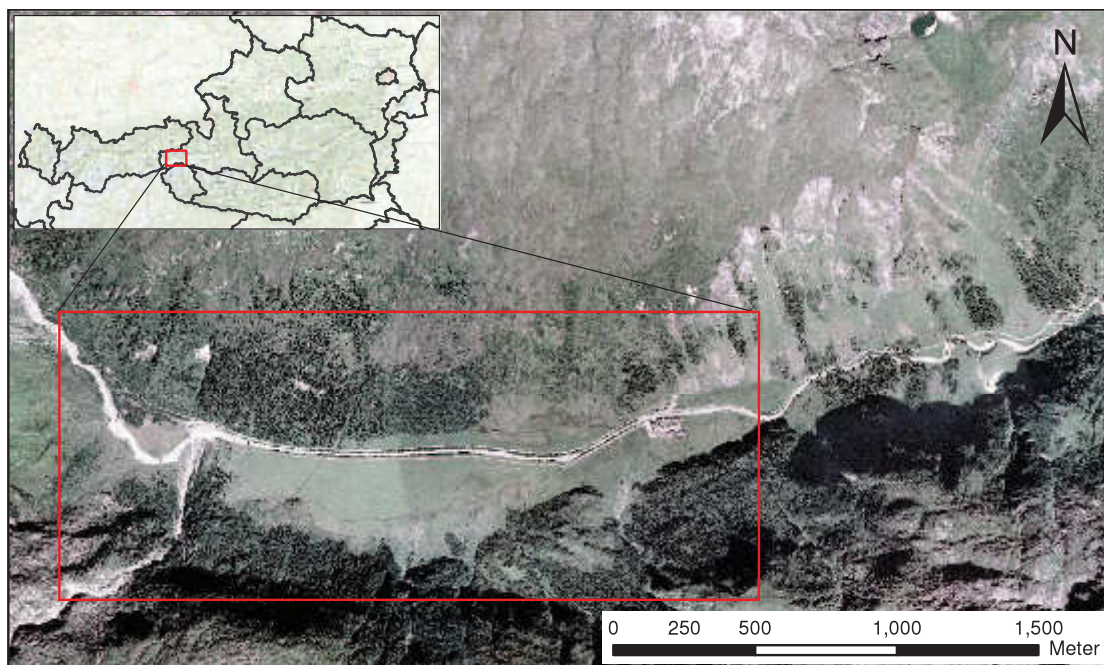


Abbildung 3.1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet (Kartenquelle NPHT, verändert)

3.1 Klimatologie

Das Klima in der Venedigergruppe (Projektgebiet) ist gemäßigt geprägt. Da das Gebiet inmitten der Alpen liegt, gibt es über das Jahr verteilt geringe Niederschläge.

Um das Klima besser beschreiben zu können, werden die Messgrößen Niederschlag, Lufttemperatur und Wassertemperatur näher erläutert.

3.1.1 Niederschlag

Im Hochtal von Innerschlöß befindet sich seit 2001 ein Niederschlags-Ombrograph vom Hydrografischen Dienst (HZB-Nummer: 119834) auf einer Höhe von 1740 m.ü.A. Das Niederschlagsregime ist geprägt von einem sommerlichen Niederschlagsmaximum im August und einem Minimum im April. Die mittlere Jahressumme des Niederschlages beträgt 1681 mm. In Tabelle 3.1 sind die mittleren monatlichen Niederschlagssummen in mm angegeben und in Abbildung 3.2 ist der mittlere jährliche Niederschlag farblich abgestuft dargestellt.

Tabelle 3.1: monatlicher Niederschlag der Station Gschlöß Boden (BMLFUW, 2012)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
44	51	89	9	270	181	229	315	104	97	177	115

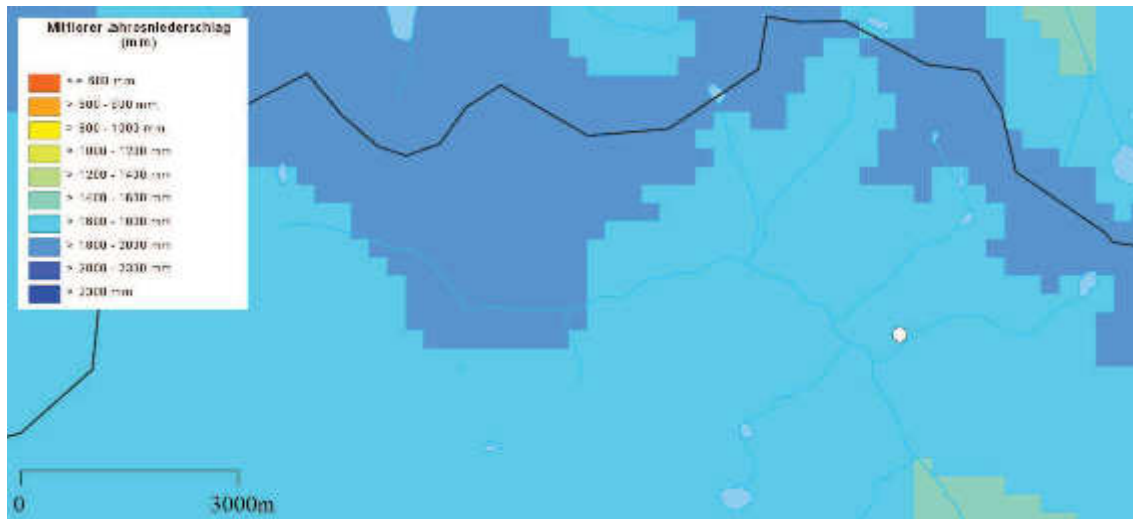


Abbildung 3.2: Verbreitung der mittleren Jahresniederschläge im Gschlößtal (Quelle: Tirol: Hydrographischer Dienst und Südtirol: Hydrographisches Amt (2014))

3.1.2 Lufttemperatur

Die Messstelle Gschlößboden (HZB-Nummer: 119834) zeichnet seit 2012 die aktuelle Lufttemperatur auf. Die Station weist von September 2012 bis Mai 2014 eine mittlere Jahrestemperatur von $3,19^{\circ}\text{C}$ auf. Das absolute Minimum liegt bei $-7,76^{\circ}\text{C}$ im Februar, das absolute Maximum liegt bei $20,18^{\circ}\text{C}$ im August.

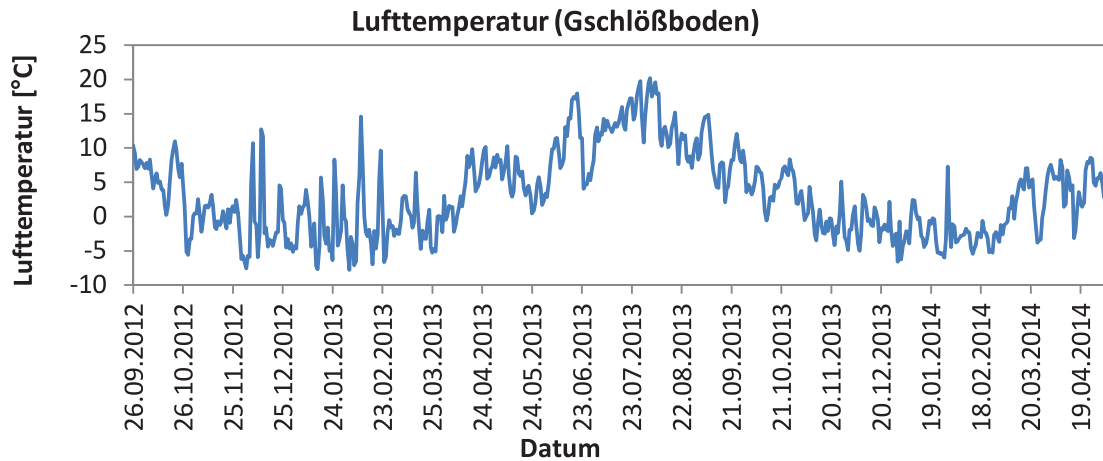


Abbildung 3.3: Lufttemperaturganglinie - Gschlößboden (Messreihe September 2012 - Mai 2014)

Die Messstelle Felbertauerntunnel (HZB-Nummer: 114900) wurde als zweite Station gewählt, um eine längere Zeitreihe betrachten zu können. Die Station ist ca. fünf Kilometer vom Untersuchungsgebiet entfernt und liegt auf 1650 m.ü.A. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt $3,4^{\circ}\text{C}$. Die mittlere Tagestemperatur schwankt zwischen $-6,2^{\circ}\text{C}$ im Dezember und $14,4^{\circ}\text{C}$ im August. Das absolute Minimum liegt bei $-20,7^{\circ}\text{C}$, das absolute Maximum bei $21,1^{\circ}\text{C}$.

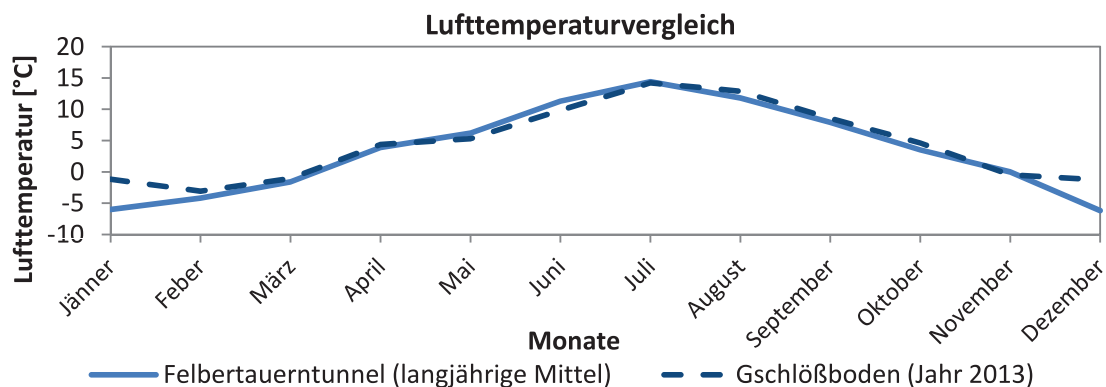


Abbildung 3.4: Lufttemperaturvergleich der Stationen Gschlößboden und Felbertauerntunnel

3.1.3 Wassertemperatur

Die Wassertemperatur des Gschlößbaches wird durch die beiden Hauptzubringer, den Schlattenbach und den Viltragenbach, welche von Gletscherabfluss geprägt sind, beeinflusst. Die Wassertemperatur wird am Pegel in Innergschlöß (HZB-Nummer: 212068) seit 2003 gemessen. Da im Winter der Temperaturfühler einfrieren kann und deshalb keine vollständige Wassertemperaturerfassung stattfindet, werden die Daten im Hydrographischen Jahrbuch nicht veröffentlicht. An der vier Kilometer flussab liegenden Messstelle Matreier Tauernhaus (HZB-Nummer: 2120769) werden Wassertemperaturen seit 2007 gemessen. In Abbildung 3.5 sind die monatlichen mittleren Wassertemperaturen der beiden Messstationen (2010) gegenübergestellt und als zusätzliche Information ist der mittlere monatliche Abfluss mit eingezeichnet. Man kann erkennen, dass die Wassertemperatur des Gschlößbaches um ca. einen Grad kälter ist, als die des Tauernbaches. Die höchsten mittleren täglichen Wassertemperaturen betragen in etwa 7°C im Sommer und die niedrigsten um 0°C im Winter.

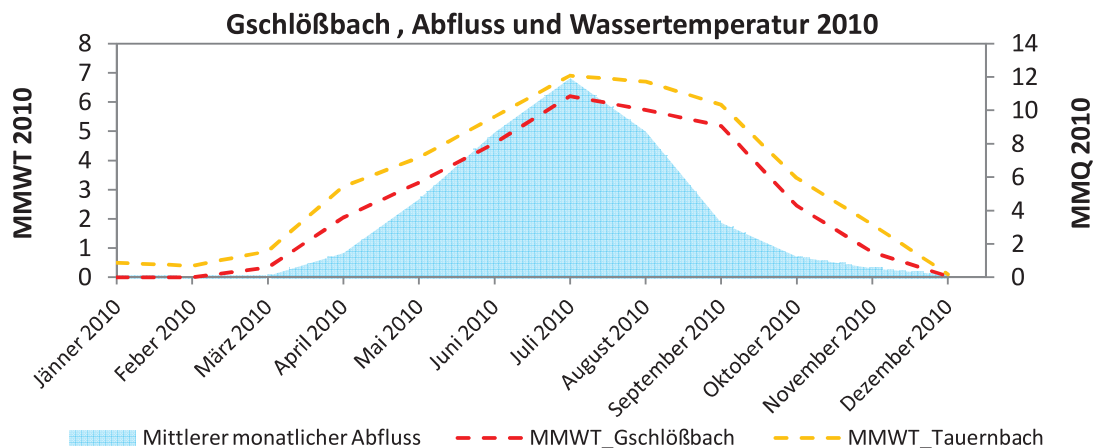


Abbildung 3.5: Ganglinie des mittlerern monatlichen jährlichen Abflusses (Gschlößbach); Ganglinien der Wassertemperatur (Station Tauernbach und Gschlößbach) im Jahr 2010

Im Zuge des Gewässermonitorings Nationalpark Hohe Tauern wurden Temperatur-Datalogger an geeigneten Stellen eingebaut. In Abbildung 3.6 sind zwei Ergebnismessungen daraus grafisch dargestellt. Gut ersichtlich ist, dass der Gschlößbach-Seitenbach, welcher mit Quellwasser gespeist wird, höhere Wassertemperaturen aufweist. Die maximalen Wassertemperaturen betragen hier ca. 15°C.

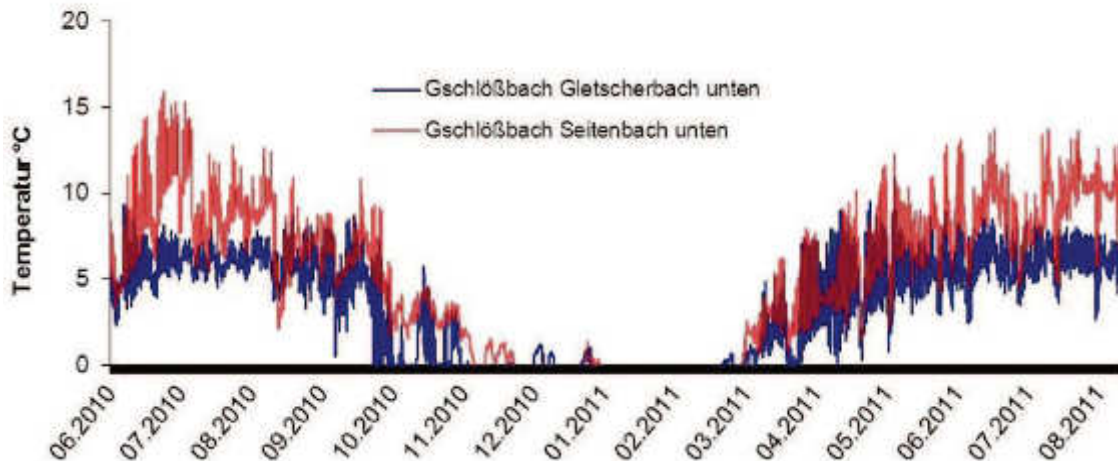


Abbildung 3.6: Temperaturaufzeichnungsergebnisse aus dem Gewässermonitoring der Universität Innsbruck (Füreder et al., 2013)

3.2 Flussmorphologie

Der Gschlößbach führt seinen Namen ab Zusammenfluss von Viltragenbach und Schlatenbach auf einer Höhe von etwa 1730 m.ü.A. Die beiden Bäche werden vom Viltragen bzw. dem Schlatenkees gespeist. Die höchste Erhebung bildet der 3666 m hohe Gipfel des Großvenedigers. Der Gschlößbach hat eine Einzugsgebietsgröße von 45,55 km², davon beträgt die Vergletscherung in etwa 34 %. Er ist ein wichtiger Zubringer des Tauernbaches, welcher in Matri in Osttirol in die Isel entwässert. Die Fließstrecke im Almenbereich wird durch die angrenzende Weidelandschaft geprägt und weist ein sehr geringes Gefälle auf.

Tabelle 3.2: Kurzcharakteristik des Gschlößbaches im Projektabschnitt

Charakteristik	Gschlößbach
Einzugsgebietsfläche	39,3 km ² (bis Pegelmessstelle)
Seehöhe	etwa 1690 m.ü.A (montan)
Gefälle	1,8 %
Talform	Trogtal
Flussordnungszahl Strahler	2
NNQ	0,014 m ³ /s
MQ	3,02 m ³ /s
HHQ	116 m ³ /s
Abflussregime	glazial („GLA7“)
Flussmorphologischer Typ	furkierend (Soll-Zustand), gestreckt (Ist-Zustand)
Fischregion	Rhithral (Bachforelle)
Bioregion	Unvergletscherte Zentralalpen
Gewässergüte	mäßig (Sicherheit niedrig)

3.2.1 Geologie

Das Einzugsgebiet des Gschlößbaches liegt in den Hohen Tauern in einer Gebirgseinheit, die geologisch im so genannten „Tauernfenster“ liegt. Das tief tektonisch gelegene Peninikum tritt unter den ostalpinen Decken fensterartig zu Tage. Das Tauernfenster weist unterschiedliche Gesteinseinheiten auf, wobei das betroffene Einzugsgebiet in der Gesteinseinheit des „Alten Daches“ liegt. Es handelt sich dabei um einen Gesteinskomplex aus verschiedenen Paragneisen, Granatglimmerschiefern, häufig granatführenden Amphiboliten, Migmatiten und Orthogneisen (Krainer, 2005, S. 23 - 28).

Das Gschlößtal liegt in der tektonischen Einheit des Zillertaler Kerns (Riffeldecke). Die Riffeldecke besteht aus einer oberen und unteren Riffeldecke. Letztgenannte wird von apolitisch injizierten Amphibollitzügen geprägt. In der oberen Decke spielen die injizierten Amphibolite keine Rolle mehr, hier liegt der Hochweißenfeldgranit, welcher mit SW- bis S-Fallen unter den Venedigerzentralgneis eintaucht. (Fuchs, 1958)

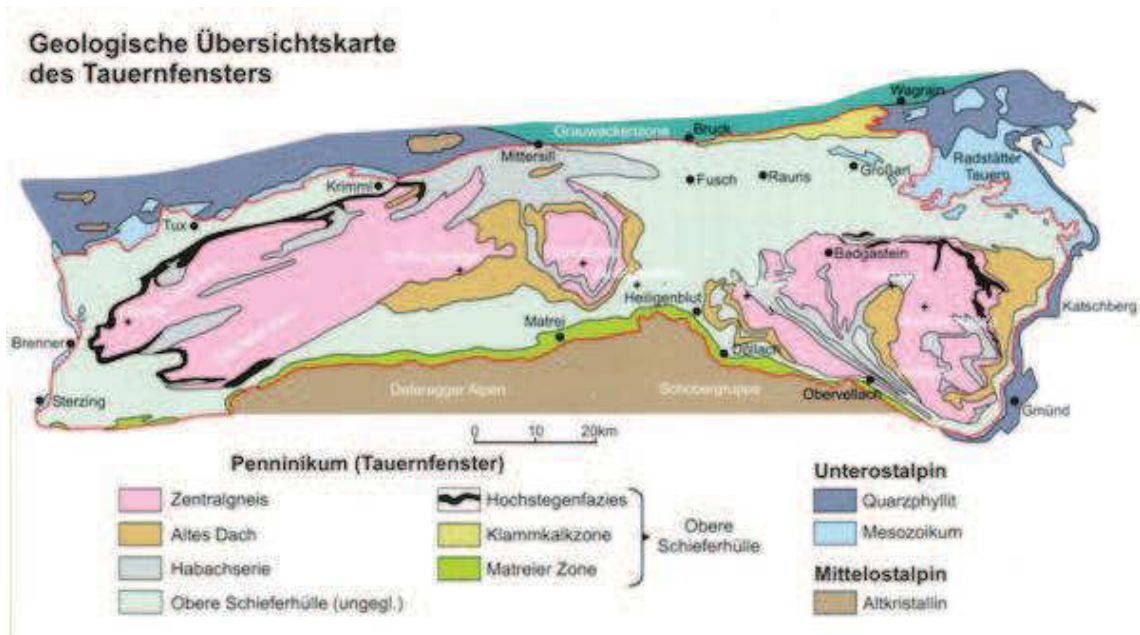


Abbildung 3.7: Geologische Übersicht des Nationalparks Hohe Tauern (Krainer, 2005)

Das Trogtal ist durch die ehemalige Flussablagerung, durch Schotter und Sand aufgefüllt. An den Talbodenrändern hat sich über Jahrzehnte Hangschutt an den Hangenden angehäuft. Im Talschluss befinden sich zwei Moränen, welche durch den Rückgang des Schlatenkeeses entstanden sind. Am Ende des Trogtales (Richtung Westen) kommt die tektonische Einheit des Zillertaler Kerns zum Vorschein. Diese ist geprägt durch den Tonalitgneis mit Einschaltungen von Granitgneis. Ein Ausschnitt aus der geologischen Karte der Republik Österreich (Kartenblatt 152 MATREI in Osttirol) ist in Abbildung 3.8 zu sehen.

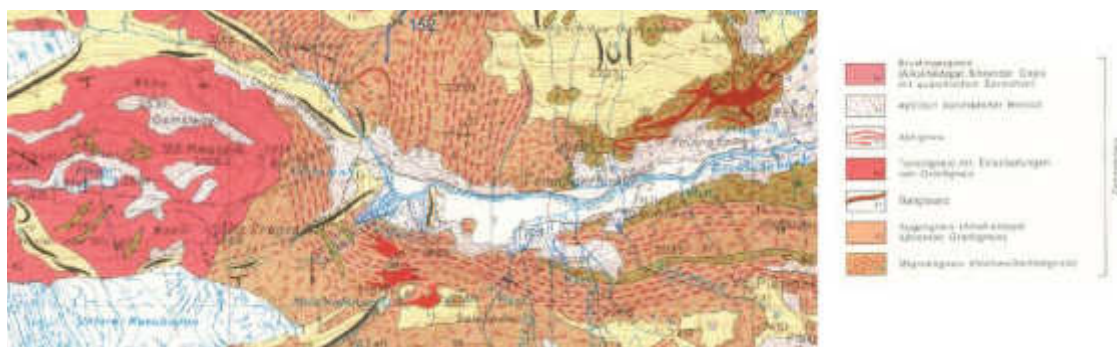


Abbildung 3.8: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte (Karte 152)- verändert (Geologische Bundesanstalt, o.D.)

3.2.2 Hydrologie

Der Gschlößbach hat im untersuchten Gebiet eine Einzugsgebietsgröße von 39,30 km². Die höchsten Abflüsse des Baches treten auf Grund der Gletscherschmelze in den Sommermonaten Juli und August auf, in denen rund 50 % der Jahresabflussmenge abfließen (Füreder, 2007). Der Gschlößbach weist ein glaziales Abflussregime („GLA7“) nach Mader et al. (1996) auf. Die Ganglinie ist in Abbildung A.1 zu sehen.

Für die hydrologische Beurteilung des Gschlößbaches stehen die Daten des Hydrografischen Dienstes zur Verfügung. Am Pegel in Innergschlöß (HZB-Nummer: 212068) werden seit 1930 mittels Wasserstand – Lattenpegel Abflussbedingungen aufgezeichnet. 1951 wurde ein Wasserstand – Schreiblegel installiert, mit welchem der Abfluss berechnet wird. Der aktuelle Pegelnullpunkt liegt auf 1686,16 m.ü.A und das HQ₁₀₀ wird vom Hydrografischen Dienst Tirol mit 94 m³/s angegeben.

Die Tabelle 3.3 gibt einen Überblick über die charakteristischen Abflusswerte des Gschlößbaches am Pegel Innergschlöß. Die Daten stammen aus der langjährigen Datenreihe von 1951 - 2010 (BMLFUW, 2012).

Tabelle 3.3: charakteristische Abflusswerte (BMLFUW, 2012)

Bez.	Abfluss[m ³ /s]	Datum	Beschreibung
NNQ	0,014	29/03/2009	Niedrigster gemessener Niederwasserabfluss
MJNQ _T	0,08		Mittleres Jährliches Tagesniederwasser
MQ	3,02		Mittlerer Abfluss
MJHQ	42,60		Mittleres Jährliches Hochwasser
HHQ	116	25/08/1987	Höchster gemessener Abfluss

3.3 Lebensgemeinschaft im Fließgewässer

Unter Anwendung der Fließgewässerlängszonierung handelt es sich beim Gschlößbach um ein Gewässer des Glazio-rhithrals. Diese Fließgewässerstrecke befindet sich in einer größeren Entfernung zum Gletscher, ist jedoch im Abflussmuster, Temperaturschwankungen und Trübstoffgehalt durch den Gletscher geprägt. Die Gewässerstrecke wird der „Oberen Forellenregion“ zugewiesen, welche durch die Leitfischart der Bachforelle (*salmo trutta fario*) bestimmt wird. Die einzige Begleitfischart ist die Koppe (*cottus gobio*).

3.3.1 Die Bachforelle (*salmo trutta fario*)

Die Bachforelle gehört zur Familie der Lachsfische (Salmonidae) und ist eine Unterart der Forelle (*Salmo trutta fario*). Sie bewohnt viele unterschiedliche Gewässertypen und ihr Vorkommen reicht von Gebirgsbächen bis hin zu großen Flüssen des Tieflandes. Die Verbreitung ist im Oberlauf durch die Wassertemperatur und der Gewässerdimension limitiert (Jungwirth et al., 2003). Die wesentlichsten Voraussetzungen für das Überleben von Bachforellen in einem Gewässer sind laut Elliott (1994):

- passende Temperaturverhältnisse
- ausreichend Sauerstoff
- reichliches Nahrungsangebot
- geeigneter Schotter zum Laichen
- Einstände für alle Altersstadien
- Möglichkeit zur Wanderung



Abbildung 3.9: adulte Bachforellen (Hafland et al., 2010)

Die Bachforelle hat im Lebenszyklus sehr unterschiedliche Ansprüche. Sie gehört zu den Kieslaichern und laichen im Herbst. Je höher gelegen (Seehöhe), desto früher wird aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen gelaicht. Laichgruben werden bevorzugt im Kolk/Furt-Übergang geschlagen. Die Korngröße des Laichsubstrats liegt zwischen 10 und 70 mm und die mittlere Wassertiefe beträgt ca. 30 cm. Durchlässiges Substrat und dadurch genug Sauerstoff ist für die Eientwicklung sehr wichtig. Die optimale Wassertemperatur für die Eientwicklung liegt zwischen 1,4°C und 9°C.

Jungfische halten sich in seichteren Habitaten auf und mit zunehmendem Alter suchen sie tiefe, strömungsberuhigte Bereiche, wie Kolke, auf. Als gute Standorte bezeichnet man jene, die einen guten Sichtschutz (Totholzansammlung, große Steine) haben und optimal mit Nahrung versorgt werden. Für adulte Bachforellen liegt die Optimaltemperatur zwischen 7°C und 19°C. Die Temperatur für die optimale Nahrungsaufnahme liegt zwischen 13°C und 18°C (Jungwirth et al., 2003).

3.3.2 Makrozoobenthos

„Der Fachausdruck Makrozoobenthos ist eine Sammelbezeichnung für wirbellose Tiere vieler systematischer Gruppen, die den Gewässerboden bewohnen und zumindest in einem Lebensstadium mit freiem Auge sichtbar sind“ (Jungwirth et al., 2003).

Im Zuge des Gewässermonitorings, welches unter der Projektleitung von Univ.-Prof. Mag. Dr. Leopold Füreder durchgeführt wurde, wurden Makrozoobenthos-Proben einerseits im Seitenbach des Gschlößbaches (Wahlebach) und andererseits im Hauptbach entnommen, fraktioniert, sortiert und ausgezählt. Es wurden folgende Individuen gefunden:

- Insekten
 - Ephemeroptera (Eintagsfliege)
 - Plecoptera (Steinfliege)
- Netzflügler-Artige (Neuropteroidea)
 - Trichoptera (Köcherfliege)
- Dipteren (Fliegen und Mücken)
 - Chironomidae (Zuckermücke)
 - Simuliidae (Kriebelmücke)
 - Blephariceridae (Lidmücke)
- andere Taxa

Eine Gegenüberstellung der Indikatorgruppen in Gletscherbach und Seitenbach zeigt auf, dass die Gruppe der Zuckermücken vor allem in den Gletscherbächen dominieren. Im Seitenbach ist die Eintagsfliege das meist gefundene Individuum. Im Seitenbachabschnitt des Gschlößbaches wurden 17-mal mehr Makrozoobenthos-Individuen gefunden als im Gletscherbach. Man kann daraus schließen, dass mit zunehmender Vergletscherung die Taxazahl abnimmt. Weiters wurde eine choriotopspezifische Analyse durchgeführt, welche ergab, dass die Substrate Mega-, Marko- und Mesolithal mehr als 50 % der Individuen aufweisen und dadurch besonders geeignet sind (Füreder, 2007).

3.4 Vegetation - Lebensraumtypen

Das Untersuchungsgebiet liegt in der subalpinen Vegetationsstufe, die den Übergang von der montanen Stufe zu den alpinen Rasen bildet. Die Uferböschung entlang des begründeten Gschlößbaches wird durch eine relativ offene bis dichte Strauchschicht gebildet. Dieser Lebensraum ist geprägt mit *Betula Pubescens* (Moor-Birke), *Alnus viridis* (Grün-Erle), *Salix appendiculata* (Großblättrige Weide) und vereinzelt Vorkommen von *Larix* (Lärchen).

In der Hochebene gibt es auch zahllose kleine Gerinne mit einer typischen Quellflurvegetation wie z.B. *Saxifrage stellaris* (Sternblütiger-Steinbrech), *Saxifrage aizoides* (Bach-Steinbrech).

Entlang des Fließgewässers liegt eine anthropogen veränderte Weidefläche, die jedes Jahr intensiv bewirtschaftet und gedüngt wird. Bei manchen Stellen handelt es sich um Feucht- bzw. Nassgrünland mit standorttypischen Vegetationsgesellschaften (Gattung: Seggen).

Im Bereich des Geschieberückhaltebeckens sind Alpine Kiesbettfluren anzutreffen. Nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) handelt es sich um den Lebensraumtyp 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ nach Ellmayer (2005). Dieser Lebensraumtyp (LRT) umfasst die krautige Pioniervegetation auf den Alluvionen von Wildbächen und wird durch Überschwemmungen und Umlagerungsprozesse geschaffen.

3.4.1 Lebensraumtyp „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“

Der Lebensraumtyp 3220 wird nach Ellmayer (2005) wie folgt charakterisiert:



Abbildung 3.10: FFH-LRT „alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“; Fundort: in der Umlagerungszone vor dem Geschiebeablagerungsplatz

„Der Lebensraumtyp ist auf Fließgewässer der Gebirge, Gebirgsvorländer sowie der Hochlagen der Mittelgebirge beschränkt, die dem Furkationstyp entsprechen. Abhängig vom Relief weisen die Flüsse Fließstrecken mit hohem Gefälle von 20 bis über 70 ‰ auf. Das Fließgefälle kann streckenweise deutlich verringert sein. Besonders in solchen Bereichen kommt es zur Akkumulation von Schotterbänken und in strömungsarmen Abschnitten zur Ablagerung von Sanden und Schluffen. Auf diesen Alluvionen, welche regelmäßig durch (meist fröhsommerliche) Überflutungen umgelagert bzw. mit neuen Sedimenten überschüttet werden, entwickelt sich eine lückige

Vegetation aus Pionierpflanzen und regenerationsfähigen Vertretern der Schuttgesellschaft

ten, welche sowohl eine zeitweilige Überflutung als auch Trockenperioden ertragen können (die sandig-schlickigen Standorte sind von etwas ausgeglichenerem Wasserhaushalt geprägt). Zudem werden mit den Überflutungen Samen bzw. Pflanzenteile höherer Lagen auf die Standorte gespült, welche sich als so genannte Alpenschwemmlinge mitunter auf diesen Standorten etablieren können“ (Ellmauer, 2005, S. 83).

Artenzusammensetzung:

- *Dominante Arten:* Calamagrostis pseudophragmites (Ufer-Reitgras), **Epilobium fleischeri** (Fleischers Weidenröschen, Chondrilla chondrilloides (Alpen-Knorpelsalat)
- *Grundbestand:* Arabis alpina (Alpen-Gänsekresse), Campanula cochleariifolia (Niedliche Glockenblume), Chloroclepis staticifolium, Conyza canadensis (Kanadisches Berufkraut), Dryas octopetala (Weiße Silberwurz), Gypsophila repens (Kriechendes Gipskraut), Hieracium piloselloides (Florentiner Habichtskraut), Hutchinsia alpina (Gämskresse), Linaria alpina (Alpen-Leinkraut), Petasites paradoxus (Alpen-Pestwurz), Rumex scutatus (Schildblättriger Ampfer), Salix eleagnos (Lavendel-Weide), Salix purpurea (Purpur-Weide), Saxifraga aizoides (Bach-Steinbrech), Saxifraga caesia (Blaugrüner Steinbrech), Saxifraga paniculata (Trauben-Steinbrech)

Epilobium Fleischeri (Fleischers Weidenröschen):

Im Rahmen der Kartierungsarbeiten konnte Epilobium Fleischeri (Fleischers Weidenröschen) im Bereich des Geschiebeablagerungsplatzes nachgewiesen werden. Der Fundort befindet sich auf 1730 – 1745 m Seehöhe am wecheltrockenen, acidophilen Bachufer mit einer gering bewachsenen, offenen Vegetationsdecke. Tage vor dem Fund gab es ein HQ₃₀ Ereignis, welches eine große Umlagerung der Flächen verursachte; trotzdem gibt es eine kleine, aber beständige Population im hinteren Gschlößtal.

Tabelle 3.4: Kurzcharakteristik *Epilobium Fleischeri* (Aeschimann und Lauber, 2004)

<p>EPILOBIUM FLEISCHERI HOCHST.</p> 	
Deutscher Name:	Fleischers Weidenröschen (Kies-Weidenröschen)
Familie:	Onagraceae / Nachtkerzengewächse
Unterfamilie:	Onagroideae
Gattung:	<i>Epilobium</i> (Weidenröschen)
Beschreibung:	Die mehrjährige krautige Blütenpflanze hat niederliegende Stängel, die bogig aufsteigen und bis 30 cm hoch werden. Die Blätter sind gegenständig angeordnet und lanzettlich; der Blattrand feindrüsig gezähnt und nicht nach unten gebogen. Die vierzählige Blüte ist rosa und in einem traubigen Blütenstand strukturiert.
Gesamthöhe:	10 – 40 cm
Blütendurchmesser:	25 – 30 mm
Blütezeit:	Juli - September
Standort und Verbreitung:	Alluvionen der Gebirgsflüsse, Felsschutt, Moränen
Vorkommen in Österreich: (Polatschek et al., 2000)	Vorarlberg (Gaschurn, Kloostertal, Bregenz, etc.) Nordtirol (Zillertal, Lechtal, etc.) Osttirol (Innerschlöß, Prosegweg, Kalser Tal, etc.) Salzburg (Krimmler Ache (Neufund 2004)) <i>eine detaillierte Verbreitungskartenübersicht ist im Anhang zu finden. (Grafik A.3)</i>

3.5 Anthropogene Beeinträchtigung und Gewässergüte

Die vom Kees aufgeschobene Stirnmoräne wurde 1939 und 1940 von Hochwasserereignissen durchbrochen und überschotterte 70 % der Almflächen im Gschlößtal. 1954 wurde vom Baubezirksamt Lienz ein Projekt zur Regulierung des Gschlößbaches genehmigt. Aus der ehemaligen alpinen Schwemmlandchaft wurde der Bach in ein Korsett gezwängt, das links und rechts mit großen Blocksteinen gesichert ist (siehe Abbildung 3.11). Es wurden ca. 45 ha Weidefläche dadurch gewonnen (Oberwalder, 2002).



Abbildung 3.11: Fotoaufnahme nach Fertigstellung der Regulierungsmaßnahmen (Archiv Fotoalbum Baubezirksamt Lienz)

Um die Weidelandschaft vor Geschiebeschüben zu schützen, wurde ein Geschieberückhaltebecken im Talschluss errichtet. Der letzte große Murgang vom Schlatenkees war 1978. Große Wassermengen durchbrachen die Uferverbauung und überschwemmten die Kuhalm. Geröll und Sand wurden weit ins meliorisierte Weidegebiet hinein geschoben. Im Zuge der Wiedermeliorierung wurde ein großer Steinwall errichtet, welcher heute hinter der 1850 Moräne liegt (Oberwalder, 2002).

Der ökologische Gewässerzustand des Projektabschnittes ist als mäßig, mit einer niedrigen Sicherheit ausgewiesen (siehe Abbildung 3.12) (BMLFUW und Wasser Informationssystem AUSTRIA, 2014). Das bedeutet, dass das Gewässer durch die durchgehende Verbauung der Uferböschung, der veränderten Linienführung, sowie verminderte Breiten- und Tiefenvarianz bereits in die Klasse wesentlich anthropogen beeinträchtigt und naturfern/naturfremd zugeordnet werden kann. Die Zubringer hingegen weisen einen sehr guten Zustand auf.

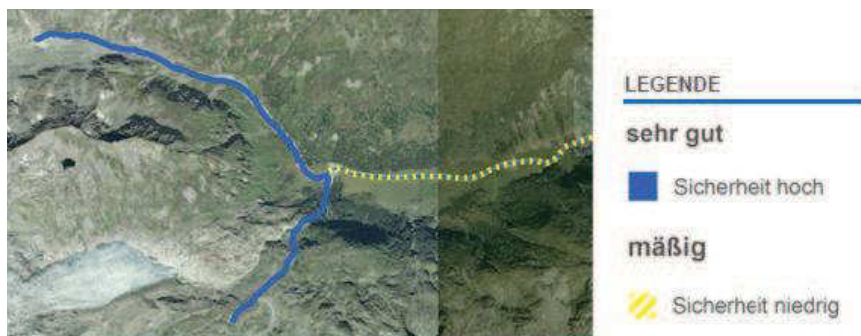


Abbildung 3.12: Karte „Ökologischer Zustand gesamt“ (BMLFUW und Wasser Informationssystem AUSTRIA, 2014))

3.6 Almwirtschaft

„Die Almen sind das Kernstück der alpinen Kulturlandschaft in den Hohen Tauern. In der Außenzone des Nationalparks Hohe Tauern sollen Almlandschaften langfristig erhalten und entwickelt werden, wie sie für die „Alpenrepublik“ Österreich charakteristisch sind“ (Jungmeier et al., 2004).

Die Agrargemeinschaft Innergschlößer Kuhalpe bewirtschaftet im Sommer die Weideflächen. Die betroffene Weidefläche im Untersuchungsraum liegt auf rund 1700 Meter Seehöhe und umfasst rund 60 ha Weidefläche. Im Sommer werden Milchkühe, Galtvieh (trocken gestellte Kühe), Mutterkühe mit Kälber, sowie Schafe und Ziegen gealpt. Die Weideflächen des Talbodens werden intensiv als Koppelwirtschaft betrieben, auf welcher tagsüber die Milchkühe eingestellt sind. In den 60iger Jahren hat sich die Agrargemeinschaft Innergschlößer Kuhalpe für einen Gemeinschaftsstall entschieden. 2005 wurde ein neues Stallgebäude für Milchkühe errichtet und 2008 wurde ein neuer Galtviehstall gebaut (Aigner et al., 2008).

Mit dem Nationalparkzertifikat für Almen wird eine standortangepasste, ökologische verträgliche Almbewirtschaftung im Nationalpark unterstützt. Dieses Zertifikat ist eine freiwillige Übereinkunft zwischen Almbewirtschaftern und dem Nationalpark und wird exklusiv im Nationalpark Hohe Tauern Tirol angeboten. Dieses Zertifikat dient als Voraussetzung für die Gewährung von Fördermitteln. Durch partnerschaftlich ausgearbeitete Almentwicklungskonzepte werden Maßnahmen getroffen, die wirtschaftlich sinnvoll und ökologisch verträglich sind (Aigner et al., 2008).

Durch das Umweltbüro Klagenfurt wurde ein Almentwicklungskonzept für Innergschlöß (Nationalpark Hohe Tauern) entwickelt. Die Ziele des darin entwickelten Naturschutzplans beinhalten die Erhaltung von Landschaftselementen, eine Verhinderung der Verbuschung, Verwaldung und Verunkrautung der Almfläche, sowie der Wiederherstellung von Lärchenweiden (Aigner et al., 2008).



Abbildung 3.13: Aufnahme aus dem Fotoalbum (Archiv Baubezirksamt Lienz)

4 Methodik

In diesem Abschnitt werden die im Zuge der Arbeit angewandten Methoden und ihre theoretischen Grundlagen beschrieben. Um das Revitalisierungspotenzial im Gschlößtal darzustellen, wurden die morphologischen Gegebenheiten des verbauten Kanalgerinnes durch eine Aufnahme der Flussgeometrie und einer Korngrößenverteilung der Deckschicht bestimmt (Kapitel 4.1 und 4.2).

Um die hydraulischen Prozesse der drei geplanten Variantenoptionen, mit unterschiedlichen hydromorphologischen Maßnahmen, zu beschreiben, wurden 2-D Simulationen mittels Hydro_AS-2d durchgeführt (Kapital 4.3). Ein weiteres Augenmerk wurde auf den Feststofftransport gelegt (Kapital 4.4). In weiterer Folge wurden durch Habitatmodellierungen Unterschiede der einzelnen Varianten und Veränderungen des Geschiebetransportes analysiert (Kapitel 4.5).

4.1 Grundlagenerhebung

4.1.1 Externe Datenquellen

4.1.1.1 Geodaten

Als Grundlage zur Erstellung des digitalen Geländemodelles stehen Daten zweier Laserscanbefliegungen vom Amt der Tiroler Landesregierung zur Verfügung. Da der Laserscan von der Gewässeroberfläche reflektiert wird, beinhaltet das Geländemodell keine Informationen der Gewässersohle. Aus diesem Grund musste zusätzlich eine Vermessung von Flussprofilen durchgeführt werden. Die Laserscandaten des westlichen Projektgebietes (Blattschnitt 3923-5202) stammen aus der Befliegung vom 11/09/2008 und vom östlichen Projektgebiet (Blattschnitt 3923-5203) vom 20/08/2009.

Weiters wurden digitale Daten wie Orthophotos, Luftbildinterpretationen, Moorkartierungskarten, LIDAR Daten, DOM/DGM Informationen, Biodiversitätskarten und Daten aus der Digitalen Katastralmappe (Ausschnitt Gschlöß) aus dem Geografischen Informationssystem (GIS) des Nationalparks Hohe Tauern (NPHT) für digitale Auswertungen verwendet.

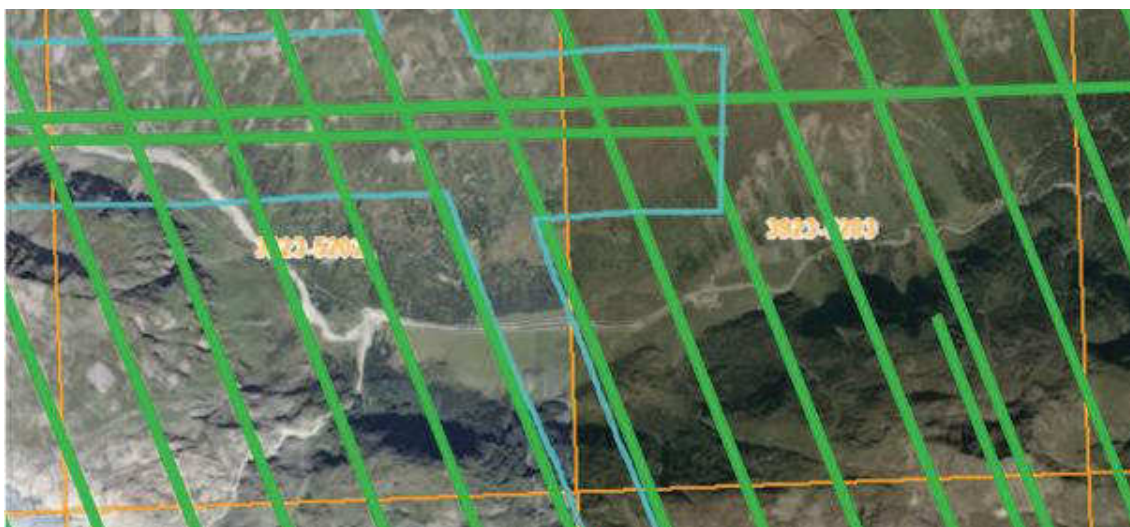


Abbildung 4.1: Übersicht über die Laserscanbefliegungen 2008/2009 - Blattschnitt 3923-5202 und 3923-5203 (Dienst des Landes Tirol, 2014)

4.1.1.2 Historische Strecke

Der ehemalige morphologische Flusstyp war durch einen mäandrierenden bis furkierenden Verlauf geprägt. In Abbildung A.2 ist der Gewässerverlauf nach einem Hochwasser nach den ersten Regulierungsarbeiten zu sehen. Für die Erstellung der Varianten wurden historische Kartenwerke aus dem 18. und 19. Jahrhundert vom Tiroler Informationssystem (tiris) herangezogen. Die Karten der dritten Landesaufnahme 1864/1887 wurde im ArcGIS georeferenziert und somit konnte die ehemalige Linienführung nachvollzogen werden. Diese Informationen wurden neben den bestehenden Seitenbächen als Grundlage zur Erstellung der Linienführung des Altarmes herangezogen.



Abbildung 4.2: Linienführung des Gschlößbachs vor den Regulierungsarbeiten (Archiv Fotoalbum Baubezirksamt Lienz)

4.1.2 Feldaufnahmen der Gerinnegeometrie

Der Untersuchungsabschnitt wurde am 01/11/2013 terrestrisch vermessen. In den Abbildungen 4.3 und 4.4 sind zwei Abschnitte der Vermessungsstrecke abgebildet. Die Vermessungsarbeiten wurden mit dem institutseigenen elektronischen Tachymeter TC805 von der Firma Leica durchgeführt. Als Koordinatensystem wurde Grauß – Krüger gewählt und mit einer freien Stationierung das Gerinne vermessen. Dabei wurde der circa 1500 m lange Flussabschnitt in Form von Profilen mit einem Profilabstand von ca. 100 m aufgenommen. In jedem Profil wurde der Wasserspiegel mitaufgenommen, welcher für die Kalibrierung des Modells verwendet wurde. Die gespeicherten Daten wurden ausgelesen und mit Hilfe von AutoCAD Lageplänen überprüft. Die vermessenen Punkte wurden durch 3-D Polylinien miteinander verbunden und als Bruchkanten für die Modellierung weiter verwendet.



Abbildung 4.3: Vermessungsabschnitt oben, Richtung Geschiebebecken

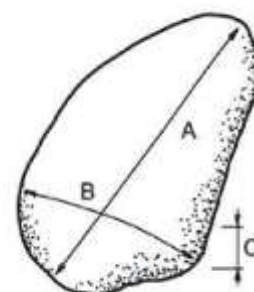


Abbildung 4.4: Vermessungsabschnitt mitte, im Bereich der Schotterbank

4.2 Charakterisierung der Substratzusammensetzung (Deckschicht)

Die zur Geschiebesimulation notwendigen Kenntnisse der Substratzusammensetzung erforderten die Erhebung der Kornzusammensetzung am Feld, welche mit zwei Linienzahlanalysen durchgeführt wurde. Die erste Probe wurde im aktuellen Geschiebeablagerungsplatz entnommen und für die zweite Probe wurde eine umflossene Schotterinsel im unteren Untersuchungsabschnitt gewählt. Die Linienzahlanalysen wurden im Niederwasserfall durchgeführt.

Zur Fehlervermeidung und Vereinfachung wurde eine Schnur in Fließrichtung gespannt. Entlang der Linie wurden Steine mit einem Durchmesser größer 1 – 2 cm aufgenommen. Mittels Lochrahmen wurde die mittlere Achse (b-Achse) gemessen. Die Steine wurden in Durchmesserklassen (=Fraktionen) eingeteilt und gezählt, wichtig dabei war, dass im Minimum 150 Steine mit wenigstens 30 Steinen in der mittleren Fraktion ausgezählt wurden. Die so erhaltene Linienzahlanalyse ergibt eine Kornverteilungskurve mit Korndurchmessern größer 1 – 2 cm. Die Verteilung der Feinanteile müsste zusätzlich bestimmt werden, da es sich aber um einen alpinen Fluss mit größeren Korngrößen handelt, ist diese Auswertung ausreichend (ÖWAV, 2007a).



A = längste Achse (Länge)
B = mittlere Achse (Breite)
C = kürzeste Achse (Höhe)

Abbildung 4.5: Hauptachsen des Steines (Potyondy und Bunte, 2002)

Die Darstellung der Linienzahlanalyse erfolgte mittels Microsoft Excel 2007, zudem wurden die berechneten charakteristischen Korndurchmesser wie d_m , d_{50} und d_{90} wurden ermittelt.

4.3 Hydrodynamisch-numerische 2-D Modellierung

Für die Beschreibung der hydraulischen Vorgänge, die bei den verschiedenen Varianten im Fließgewässer auftreten, wurde ein hydrodynamisch-numerische 2-D Modell gewählt. Das Ziel der Modellierung besteht darin, durch die berechneten Parameter das Revitalisierungspotential des Gschlößbaches aufzuzeigen.

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen der hydrodynamischen Modellierung (siehe Kapitel 4.3.1) und die verwendeten Programme (Kapitel 4.3.2) erläutert. Der Aufbau des Netzes (Kapitel 4.3.3), die Kalibrierung des Modells (Kapitel 4.3.4) und welche Eingangsdaten benötigt werden (siehe Kapitel 4.3.5), werden hier angeführt.

4.3.1 Allgemeine Grundlagen

4.3.1.1 Numerische Methoden

Mit Hilfe von numerischen Lösungsverfahren kann man Strömungszustände beschreiben. Die numerische Lösung befasst sich mit der Lösung von partiellen Differenzialgleichungen (PDG), d.h. mit den Navier-Stokes-, Euler- oder Flachwassergleichungen o. Ä. Zur Lösung der Differenzialgleichungen stehen drei Methoden zur Verfügung (ÖWAV, 2007b):

- Methode der finiten Volumen
- Methode der finiten Differenzen
- Methode der finiten Elemente

4.3.1.2 Raumdiskretisierung

Damit eine PDG numerisch gelöst werden kann, muss das gesamte Gebiet in Teilgebiete unterteilt werden. Die partielle Differenzialgleichung wird auf den kleinen Teilgebieten näherungsweise gelöst. Je feiner die Unterteilung, umso geringer fallen die Approximationsfehler aus ÖWAV (2007b).

Es gibt zwei verschiedene Netzarten aus ÖWAV (2007b):

1. Strukturierte Netze sind die einfachsten Netze und charakterisieren sich dadurch, dass die Anzahl der Unterteilungen in einer Raumdimension immer konstant ist. Jede Zelle im Berechnungsgitter, bzw. jeder Berechnungsknoten im Netz kann eindeutig mit zwei Zählern (für ein 2-D-Netz) identifiziert werden.
2. Unstrukturierte Netze weisen eine hohe geometrische Flexibilität auf. Die Anzahl der Nachbarzellen einer Zelle ist nicht konkret definiert. Ein unstrukturiertes Netz muss mindestens zwei Informationen haben:

- sämtliche Knoten und deren Koordinaten und
- sämtliche Zellen und die Information, welche Knoten Bestandteil dieser Zelle sind

4.3.1.3 Zeitdiskretisierung

Man unterscheidet bei der Zeitdiskretisierung zwischen expliziten und impliziten Verfahren. „Als explizit bezeichnet man eine Zeitintegration, bei welcher die Werte der Variablen zum neuen Zeitpunkt nur von den Werten zum alten Zeitpunkt abhängen. Demgegenüber hängen bei voll impliziten Verfahren die Werte zum neuen Zeitpunkt nur von den Werten der Nachbarknoten zum neuen Zeitpunkt ab, d.h., dass ein komplexes System von Gleichungen aufgestellt und gelöst werden muss“ (ÖWAV, 2007b).

4.3.1.4 Numerische 2-D-Modelle

In dieser Diplomarbeit wurde ein numerisches 2-D Modell verwendet. Die theoretische Grundlagen sind anschließend genauer beschrieben.

„**Numerische 2-D-Modelle** werden in den letzten Jahren verstärkt für die Ermittlung von Überflutungsflächen und für die Analyse von Vorlandüberflutungen verwendet. Der zentrale Vorteil ist, dass die Fließwege vom Modell ohne Zutun des Anwenders erkannt, respektive berechnet werden.

2-D-Modelle sind zu bevorzugen, wenn die Fließwege stark verzweigt und unbekannt sind und wenn das für die gesuchten Aussagen von Bedeutung ist. Nachteile der 2-D-Modelle sind die wesentlich größere Rechenzeit (im Vergleich: 1-D : 2-D ca. 1 : 100 bis 1 : 500) sowie der meist wesentlich größere Aufwand für Modellerstellung und Modellpflege“ (ÖWAV, 2007b, S. 24).

4.3.1.5 Zweidimensionale Flachwassergleichung

Im angewandten 2-D-Modell werden die tiefengemittelten Flachwassergleichungen verwendet. Bei den 2-D-Flachwassergleichungen wird davon ausgegangen, dass die Wellenlänge sehr viel größer ist als die Wellenhöhe. Die Geschwindigkeiten in der Vertikalen werden vernachlässigt, die Geschwindigkeit über die Abflusstiefe wird gemittelt, Geschwindigkeiten in x- und y-Richtung werden berücksichtigt und der Druck wird als hydrostatisch angenommen (ÖWAV, 2007b).

Die Formeln der zweidimensionalen Flachwassergleichung wurden aus dem Arbeitsbehelf Hydrodynamik (ÖWAV, 2007b) entnommen:

$$\frac{\delta h}{\delta t} + \frac{\delta q}{\delta x} + \frac{\delta r}{\delta y} = 0 \quad (4.1)$$

$$\frac{\delta}{\delta t} q + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{q^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{qr}{h} \right) = gh (I_{Sx} - I_{Ex})$$

$$\frac{\delta}{\delta t} r + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{qr}{h} \right) + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{r^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) = gh (I_{Sxy} - I_{Ey})$$

h	Wassertiefe
g	Erdbeschleunigung
I_S	Sohlgefälle
I_E	Energieliniengefälle
q	spezifischer Abfluss
r	spezifischer Abfluss

Erklärung: Indizes x bzw. y geben die Richtung an

4.3.2 Verwendete Software

- **SMS – Surface Water Modeling System**

Die Zusammenfügung der Laserscandaten und der Vermessungsdaten in ein digitales Geländemodell wurde mit Hilfe des Programms SMS 9.2 (Surface Water Modeling System) durchgeführt. Das Programm wird sowohl als grafische Benutzeroberfläche zur Netzgenerierung als auch zur Daten- und Ergebnisvisualisierung verwendet. Es wird zur 1-D und 2-D Modellierung von konzeptionellen Modellen herangezogen. Die Software SMS ist ein Produkt des Environmental Modeling Research Laboratory der Brigham Young University, Wisconsin, Vereinigte Staaten (<http://www.aquaveo.com/software/sms>).

- **Hydro_AS-2d**

Die hydraulische 2-D Berechnung wurde mit Hilfe des Programms Hydro_AS-2d durchgeführt. Das Programm wurde von Dr. Marinko Nujić entwickelt und basiert auf der numerischen Lösung der 2-D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen – Flachwassergleichungen (siehe Kapitel 4.3.1.5) mit einer Finite-Volumen Diskretisierung (Nujić, 1998).

Das Programm dient als reines Rechenmodul, welches mit dem Programm SMS (Surface Water Modeling System) kooperiert.

4.3.3 Netzgenerierung

Bei der Generierung des Vorlandnetzes besteht die Herausforderung in der Ausdünnung der hochaufgelösten Laserscandaten (1 x 1 m). Dieser Vorgang hat den Vorteil, dass es zu Einsparungen der Rechenleistung kommt. Die Technische Universität Wien (TU Wien), hat anhand eines Algorithmus die vorhandenen Daten ausgedünnt, sodass die Maschenweite im steilen Gelände kleiner ist, als in flachen Bereichen. Für die Erstellung des Flussschlauches wurden die Profildaten aus der Auto-CAD Datei in das SMS importiert. Zwischen den Profilen wurde ein Vierecksnetz mit Hilfe von „Nodestrings“ generiert. (Abbildung 4.6) Die geometrischen Daten des erstellten Flussschlauches, definierte Bruchkanten und das Vorlandnetz wurden wiederum von der TU Wien in ein Gesamtnetz zusammengeführt.

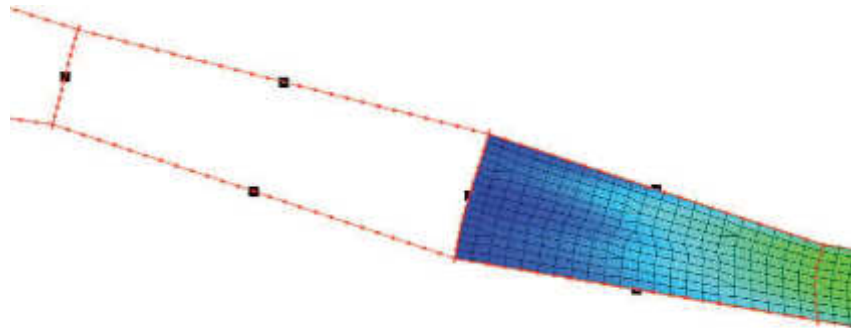


Abbildung 4.6: Ausschnitt der Netzgenerierung (Flussschlauch)

Im Gesamtnetz wurden im Nachhinein der bestehende Brückenpfeiler, sowie die großen Blocksteine zusätzlich eingearbeitet. Für die bestehenden Brücken wurde eine „konstruktive Unterkante“ definiert, da diese im Falle eines HQ₁₀₀ überströmt werden könnten. Das erstellte digitale Geländemodell besteht aus 226361 Dreieckselementen und 329 Viereckselementen und hat eine Länge von 2351 m, eine Breite von 738 m und eine maximale Höhendifferenz von 80,40 m. Die Maschenweite variiert durch die Ausdünnung von 0,50 m² bis 448 m².

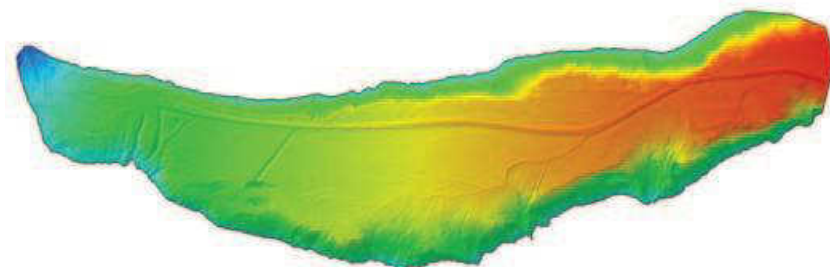


Abbildung 4.7: Gesamtnetz im SMS Modul (Gitternetz wurde für die Darstellung ausgeblendet)

4.3.3.1 Qualität des Berechnungsnetzes

Durch das Zusammenfügen verschiedener Informationen/Daten ist es wichtig die Netzqualität zu überprüfen, um spätere numerische Probleme bei den Berechnungsdurchläufen zu verhindern. Das SMS-Programm beinhaltet eine Option - „Mesh Quality“ mit welcher die Vermaschung überprüft wird.

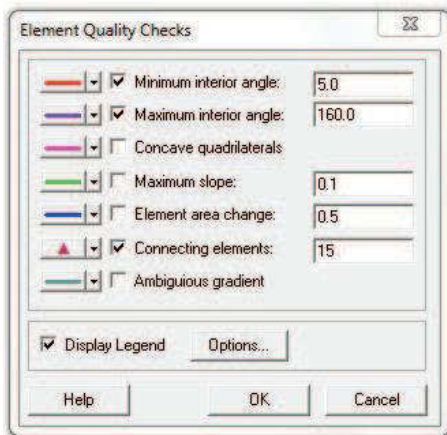


Abbildung 4.8: Optioneingabemaske der Maschenqualität im SMS

Kriterien wie kleinster bzw. größter Winkel der Dreieckselement und die maximale Anzahl der Elemente, die jedem Knoten zugewiesen werden können, können dabei berücksichtigt werden. Bei der Modellierung für diese Diplomarbeit wurde der kleinste erlaubte Winkel (Minimum interior angle) auf 5° und der größte erlaubte Winkel (Maximum interior angle) auf 160° festgesetzt. Als zusätzliches Kriterium wurde die Anzahl der angrenzenden Elemente mit 15 angesetzt. Fehlerhafte Elemente werden farblich dargestellt, welche anschließend geändert wurden.

4.3.3.2 Netzerstellung der Varianten

Für die Erstellung der einzelnen Varianten wurde das Gitternetz manuell verändert.

Der Linienverlauf der Variante 1 (Seitenarmanbindung) wurde mit Hilfe von ArcGIS und AutoCAD angelegt. Es wurde ein rechteckiges Gitternetz mit einer Netzgröße von 3×1 m gewählt und die Höhenlage wurde händisch verändert. Die mittlere Absenkung des Geländes wurde mit 1 m angesetzt, dadurch ergab sich ein Gefälle von ca. 2 %. Die Einbeziehung von Kolk-Furt-Bereichen im „Mesh“ wurden anhand der Formeln 4.9 und 4.10 von Hauer et al. (2011) mit berücksichtigt.

Bei der Variante 2 (lokale Aufweitung) wurde ein dreieckiges Netz gewählt. Die einzelnen Knotenpunkte („Nodes“) wurden manuell tiefgesetzt. Der Seitenarm bzw. die Schotterinsel wurden höhenmäßig angepasst. Die Vorlandabsenkung wurde flächig mit Hilfe von Polygonen auf einen bestimmten Wasserstand abgesenkt.

Für die Variante 3 (Umlagerungszone) wurden Bruchkanten erstellt, und diese anschließend in das Gesamtnetz miteingebunden. Die gesamte Fläche der Umlagerungszone wurde an die Höhe der Tallinie des Flussbettes angepasst. Um einen Uferschutz am Ende der Aufweitung zu gewährleisten, wurden inklinante (stromaufwärts gerichtete) Buhnen im Netz

modelliert. Die Maschenweite beträgt 0,30 m und die Böschungsneigung der Buhnen wurde mit 1:3 gewählt. Die Böschungsneigung des Buhnenkopfes wurde mit einem flacheren Winkel eingegeben.

4.3.4 Kalibrierung des Modells (Rauhigkeiten)

Ein wichtiger Schritt jedes Modellierungsprozesses ist die Kalibrierung. „Durch die Kalibrierung werden die Ergebnisse des Rechenmodells mit den vorhandenen Daten abgestimmt“ (ÖWAV, 2007b). Die Kalibrierung wurde bei dem IST-Zustands Modell durchgeführt; für die drei Variantentypen wurde keine Kalibrierung mehr durchgeführt. Als Kalibrierungsparameter kommen die Sohlrauhigkeit, sowie die Randbedingung am unteren Modellrand (z.B.: Energieliniengefälle) zur Anwendung. Im Modellierungsabschnitt befindet sich eine Pegelmessstelle vom Hydrografischen Dienst, welche mittels Schreibpegel die aktuellen Abflussdaten liefert. Der für die Kalibrierung verwendete Abfluss ist der mittlere Abfluss über den Vermessungszeitraum und beträgt $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mit Hilfe von ArcGIS wurden „Shape-Files“ für jeden Materialtyp erstellt, welche in das 2-D Modell importiert wurden. Als Grundlage für die Erstellung der „Shape-Files“ dienten Orthofotos. Für die Wahl der Rauigkeit-Ausgangswerte wurde auf Literaturwerte von Habersack (1995) zurückgegriffen. Die Abbildung 4.9 zeigt das numerische Modell mit den übernommenen Rauigkeitsbelegungen. Mittels Sensitivitätsanalyse werden die passenden Sohlrauhigkeiten gefunden. In der Tabelle 5.1, welche im Kapitel 5.3.1 zu sehen ist, sind die Strickler-Beiwerte aufgelistet.

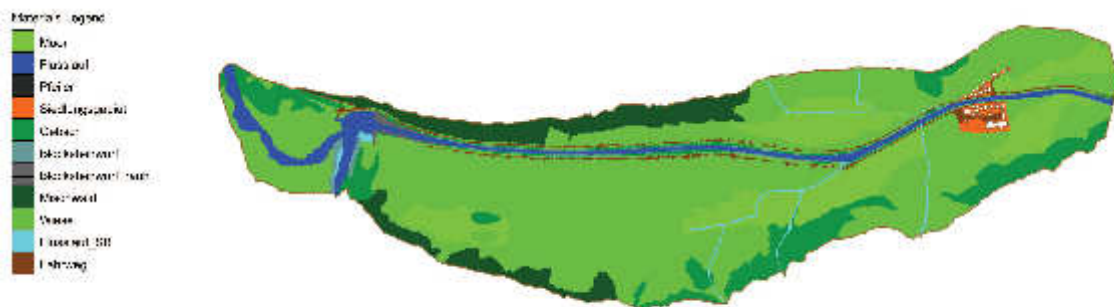


Abbildung 4.9: Übersicht über die Rauigkeitsbelegung im 2D-Modell (SMS-Modul)

4.3.5 Eingangs- und Ergebnisdaten

Für die Lösung der numerischen Berechnung müssen Randbedingungen angesetzt werden. Als Auslaufrandbedingung wurde das Energieliniengefälle in Promille und als Zulauf- und Abflussrandbedingung der Durchfluss definiert. Wichtig dabei ist, dass der Zulauf ebenso wie der Auslauf ca. 200 m oberhalb bzw. unterhalb des Gebietes definiert werden, damit sich die Strömung auf der Fließstrecke ausbilden kann und eventuelle Fehler dadurch eliminiert werden. Es wurden „Nodestrings“ über das gesamte Vorland gesetzt. Das mittlere Gefälle beträgt 1,5 ‰ und der Durchfluss für die Kalibrierung wurde mit $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$ definiert. Dieser Durchfluss entspricht dem tatsächlichen Durchfluss am Vermessungstag an der Pegelmessstelle Innergschlöß.

Es wurden mehrere Szenarien mit einem Berechnungsintervall von 300 Sekunden und einer gesamten Simulationszeit von 2 Stunden berechnet. Für Niederwasserzustände wurde die Simulationszeit auf 6 Stunden erhöht. Die Ausgabedatei wurde wiederum in Sekunden gewählt. Die Ergebnisdaten der Hydro_AS-2d Berechnung können im Programm SMS visualisiert werden. Zu erwähnen ist der Wasserspiegel (WSPL.dat), welcher für die Kalibrierung von Bedeutung ist. Weiters werden die Fließgeschwindigkeiten (veloc.dat), die Wassertiefen (depth.dat) und die Sohlschubspannungen (shear.dat) genannt, da diese als Modellinput für die Habitatmodellierung genutzt werden. Diese Ergebnisse können auch als ASCII Dateien in tabellarischer Form weiterverwendet werden.

4.3.6 Untersuchte Abflusszenaren

Die Modellierung erfolgte prinzipiell für stationäre Abflussereignisse. Dazu wurden vom Hydrografischen Dienst Tirol Hochwasserabflusswerte mit unterschiedlichen Jährlichkeiten angefordert. Die „Jährlichkeit“ beschreibt die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Hochwasserereignisses. Bei HQ₁₀₀ Hochwasser wird der entsprechende Durchfluss durchschnittlich einmal in hundert Jahren erreicht (BMLFUW, 2011). Dementsprechend wurden Abflüsse für HQ₁, HQ₁₀, HQ₃₀ und HQ₁₀₀ angefordert. Diese Hochwasserabflüsse beziehen sich auf den Pegel Innergschlöß, welcher seit 1951 konstante Abflussdaten liefert. Weiters wurden aus dem Hydrologischen Atlas 2012 (BMLFUW, 2012) die Abflusswerte von MJNQ_T und MQ herausgesucht.

Um die Auswirkungen nach einem HQ₁₀₀-Ereignis in der Umlagerungszone (Variante 3) darzustellen, wurde zusätzlich eine Modellierung mit instationären Abflussverhältnissen durchgeführt. Vom Hydrografischen Dienst Tirol wurden Abflussdaten eines Hochwasserereignisses vom 04/09/2009 mit einer Datengenauigkeit von 15 Minuten zur Verfügung gestellt. Die Dauer des Hochwasserereignisses betrug ca. 44 Stunden und die Hochwasserspitze erreichte einen Abfluss von $72,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Abfluss bei einem HQ₁₀₀ mit $94 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde an diese Hochwasserwelle angepasst. Die Vorlaufzeit wurde mit 2 Stunden und

HQ ₁	34 m ³ /s
HQ ₁₀	64 m ³ /s
HQ ₃₀	77 m ³ /s
HQ ₁₀₀	94 m ³ /s
MJNQ _T	0,08 m ³ /s
MQ	3,02 m ³ /s

Tabelle 4.1: Verwendete Abflussscenarien für die 2-D-Modellierung

15 Minuten gewählt und die Nachlaufzeit mit 1 Stunde und 15 Minuten; diese wurden jeweils mit einem Abfluss von 5,08 m³/s angesetzt. Die Hochwasserwelle ist in Abbildung 4.10 zu sehen.

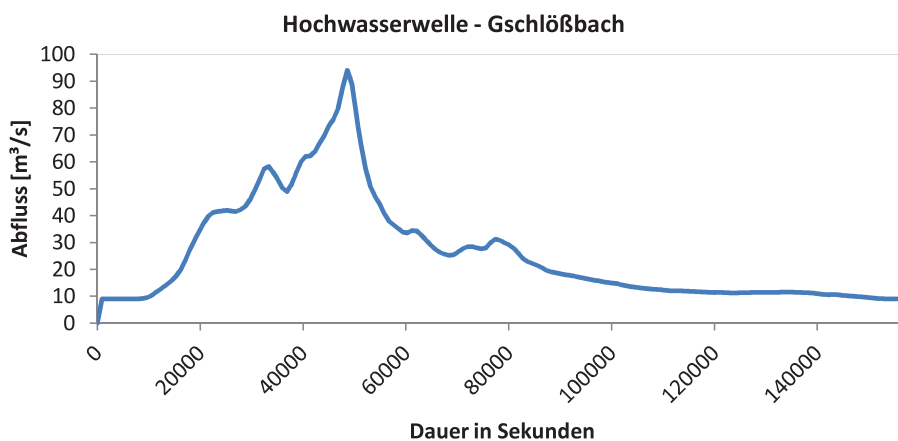


Abbildung 4.10: Verlauf der Hochwasserwelle bei HQ₁₀₀ Bedingungen

4.4 Geschiebmodellierung

Für die Beschreibung des Geschiebetransportes im Fließgewässer, wurde eine hydrodynamisch-numerische 2-D Geschiebmodellierung mittels Hydro_GS-2d gewählt. Für die einzelnen Varianten ist die zukünftige Sohlentwicklung, Erosion bzw. Anlandung zu ermitteln. Durch die Veränderungen entstehen neue Wasserhabitate als auch Vegetationshabitate welche diskutiert werden sollen.

In den folgenden Kapiteln werden die allgemeinen Grundlagen des Feststofftransportes (siehe Kapitel 4.4.1) beschrieben. In weiterer Folge wird das angewandte Programm Hydro_GS-2d (Kapitel 4.4.2) erläutert, sowie dessen Randbedingungen und Eingangsdaten (Kapitel 4.4.3).

4.4.1 Allgemeine Grundlagen

Bei geschiebereichen Gebirgsflüssen und alluvialen Fließgewässern ist neben dem Abfluss der Feststoffhaushalt der wichtigste Faktor hinsichtlich der Ausformung des Gewässerbettes bzw. dessen Strukturausstattung. Zu den Feststoffen zählen Geschiebe, Schweb- und Schwimmstoffe, diese werden im Gewässerbett weitertransportiert (Jungwirth et al., 2003). Diese Diplomarbeit befasst sich primär mit dem Feststoff Geschiebe. Geschiebe wird an der Gewässersohle springend, rollend oder gleitend fortbewegt (Jungwirth et al., 2003).

4.4.1.1 Bewegungsbeginn

Der Bewegungsbeginn hängt von der Fließgeschwindigkeit, den Abflussverhältnissen, der Korngröße und Kornform ab. Kleine Körner liegen oft hinter größeren und werden somit abgeschirmt, dadurch haben diese einen kleineren Erosionswiderstand („Hiding-Effekt“) (ÖWAV, 2007a).

„In einem natürlichen oder künstlichen Gerinne mit einem gleichförmigen Sediment findet unterhalb eines kritischen Strömungszustandes keine Sedimentbewegung statt. Daraus kann geschlossen werden, dass für jede Korngröße ein sogenannter kritischer Zustand definiert werden kann, der die Bewegung einleitet, wobei das Shields-Diagramm diese deterministische Unterscheidung ermitteln lässt“ (ÖWAV, 2007a). In Abbildung 4.11 ist das Shields-Diagramm dargestellt.

Für den Bewegungsbeginn der Teilchen können drei Parameter angegeben werden (nach ÖWAV (2007a)):

- **kritische Geschwindigkeit u_c**

Die kritische mittlere Geschwindigkeit u_c ist jene Wassergeschwindigkeit, bei welcher der Sedimenttransport beginnt (Hjulström, 1935).

- **kritische Sohlschubspannung τ_c oder die kritische Sohlschubspannungsgeschwindigkeit u_c^***

Die kritische Sohlschubspannung errechnet sich nach Shields, 1936

$$\tau_{crit} = \Theta_c * (\rho_s - \rho_w) * g * d \quad (4.2)$$

Θ_c kritischer Shields-Faktor

ρ_s Dichte Feststoff [kg/m^3]

ρ_w Dichte Wasser [kg/m^3]

g Erdbeschleunigung [m/s^2]

d Durchmesser (einheitliche große Sedimentkörner) [m]

- **kritische Hebekraft**

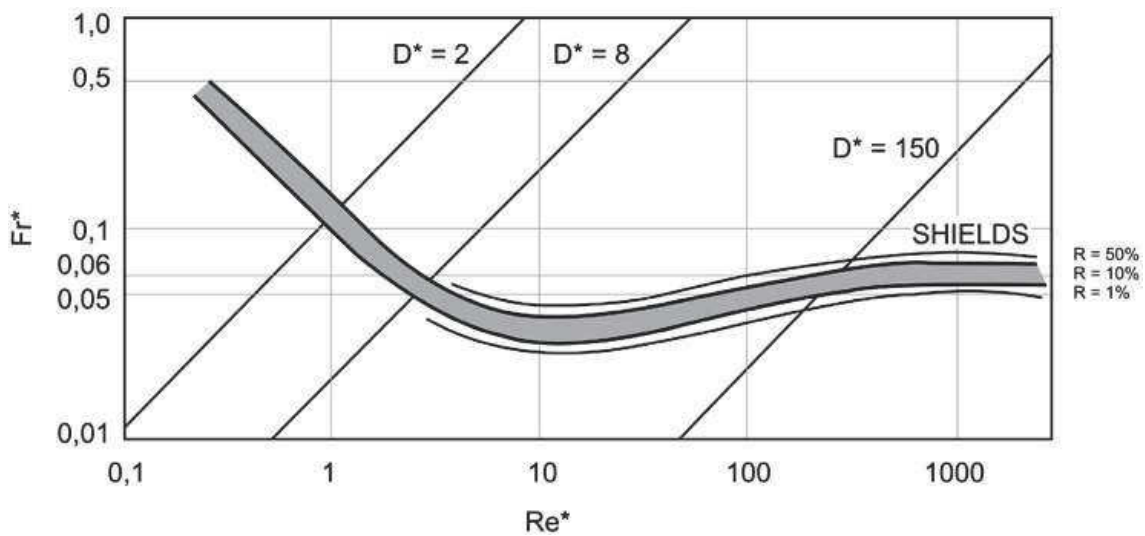


Abbildung 4.11: Bewegungsbeginn nach Shields (1936) mit Angabe des Bewegungsrisikos (R) für verschiedene sedimentologische Durchmesser (D^*) (ÖWAV, 2007a)

4.4.1.2 Geschiebetransportformeln

Eine der bekanntesten Geschiebetransportformeln, welche für grobes Korn und großes Gefälle verwendet wird, ist die von Meyer-Peter und Müller (1948). Diese Formel wird im HYDRO_GS-2d Simulationsprogramm auch verwendet.

Meyer-Peter und Müller (1948)

Meyer-Peter und Müller haben durch experimentelle Versuche eine Formel entwickelt, die den Zusammenhang zwischen den hydraulischen Daten eines Flussprofils und dem Geschiebetrieb darstellt. 1948 wurde die folgende Gleichung von Meyer Peter und Müller (1948) veröffentlicht:

$$\frac{\rho g R_h (k_s/k_R)^{3/2} I_R}{d_m} - 0,047g(\rho_s - \rho) = 0,25 \sqrt[3]{\rho} \frac{[(\rho_s - \rho) g q_s]^{2/3}}{d_m} \quad (4.3)$$

q_s	Geschiebetrieb je m Flussbreite [kg/s]
ρ_s	Dichte Feststoff [kg/m ³]
ρ	Dichte Wassers [kg/m ³]
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
d_m	mittlerer Korndurchmesser des Sohlmaterials [m]
k_s	Strickler-Beiwert [m ^{1/3} /s]
k_R	Rauhigkeitsbeiwert [m ^{1/3} /s]
I_R	Sohlgefälle [-]
R_h	hydraulischer Radius [m] = $\frac{A}{U}$
A	benetzte Fläche [m ²]
U	benetzter Umfang [m]

4.4.2 2-D Geschiebmodellierung mittels Hydro_GS-2d

Der Geschiebetransport wurde mit einer Erweiterung des HYDRO_AS-2d, dem HYDRO_GS-2d berechnet. Die Diskretisierung der Flachwassergleichung wird mit einer Finiten-Volumen-Methode gelöst. Anhand der Exner Gleichung (siehe Formel 4.4) wird die Sohlveränderung durch den Einfluss des Sedimenttransports berechnet (Nujić, 2008).

$$(1 - n_p) \rho_s \frac{\partial z}{\partial t} + \text{div} \vec{g}_s = s, \vec{g}_s = \sum \vec{g}_{si}, s = \sum s_i \quad (4.4)$$

ρ_s	Dichte des Geschiebes (2650 kg/m ³)
n_p	Porosität an der Flusssohle
\vec{g}_s	Vektor des Geschiebetriebes
s	Ablagerungs-/Erosionsterm

Der Geschiebetrieb wird mit der erweiterten Meyer-Peter und Müller Formel berechnet. Die Formel berücksichtigt nur eine Kornfraktion, nämlich den mittleren charakteristischen Korndurchmesser (d_m).

$$g_s = \Phi \sqrt{(p_w - 1) * g * d_m^{3/2}} \quad (4.5)$$

$$\Phi = c_{MP}(\Theta' - \Theta_{cr})^{3/2}$$

$$\Theta = \mu \frac{hJ}{(\rho_r - 1)d_m}$$

$$\mu = \left(\frac{k_{St}}{k'_{St}}\right)^{3/2}$$

Θ_{cr}	kritische dimensionslose Schubspannung (kritischer Shieldsparameter)
μ	Ripple-Faktor (Verhältnis aus Formanteil und Kornreibungsanteil nach Strickler)
h	Wassertiefe
J	Reibungsgefälle
d_m	mittlere charakteristischer Korndurchmesser
ρ_r	ρ_s/ρ_w =relative Dichte
k_{St}	Gesamter Strickler-Wert
k'_{St}	Kornreibungsanteil des k-Werts nach Strickler
c_{MP}	Faktor zwischen 2 und 8

Der kritische Shieldsparameter wird mit 0,047 nach Meyer-Peter und Müller angesetzt, da dieser bei kiesführenden Flüssen gute Annäherungen liefert. Im verwendeten Modell (Hydro_GS-2d) wird das Reibungsgefälle dabei entsprechend der Manning-Strickler Formel bestimmt:

$$J = \frac{v^2}{k_{ST}^2 h^{4/3}} \quad (4.6)$$

v	mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]
h	Wassertiefe

4.4.3 Randbedingungen und Eingangsdaten

Für die Lösung der numerischen Berechnung müssen Randbedingungen angesetzt werden. Am Einlauftrand wird der gesamte Stoffeintrag [kg/s] angesetzt, berechnet nach Parker (1979):

$$W_i^* = 11,2 * (1 - 0.846 * \frac{\tau_{ri}}{\tau})^{4,5} \quad (4.7)$$

wobei W_i^* = Transportrate ($\text{kgm}^{-1} \text{s}^{-1}$) und τ_{ri} = Referenz Sohlschubspannung (Nm^{-2}) ist. Der gesamte Stoffeintrag (kg^{-1}) wird beschrieben durch die Multiplikation von Transportrate (kgm^{-1}) und der benetzten Gewässerbreite am oberen Einlauftrand.

Die Fracht wird als Ganglinie in das Eingabefenster eingetragen, dabei ist darauf zu achten, dass bereits stationäre Bedingungen existieren müssen. Aus diesem Grund wurde eine Vorlaufstrecke vorgeschaltet um Instabilitäten zu vermeiden. Diese Bedingungen sind nach 1800 Sekunden bereits erreicht. Die Randbedingungen sind grafisch in Abbildung 4.12 zu sehen. Die Auslauftrandbedingung wird mit einem Gefälle von 15 Promille angesetzt. Es muss wiederum darauf geachtet werden, dass die Auslaufstrecke eine bestimmte Strecke aufweist, damit es zu keinem „künstlichen“ Rückstau kommt.

Eine wichtige Eingangsparameter für die Geschiebesimulation ist die Definition der Anfangsdicke der Sedimentschicht (Erosionsschicht). Hier wird die Anfangsdicke auf null gesetzt, d.h. dass keine Erosion stattfinden kann (Nujić, 2008).

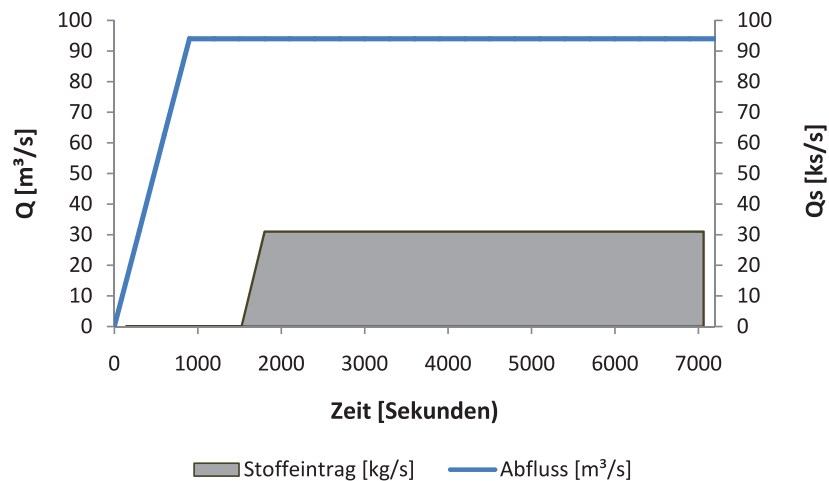


Abbildung 4.12: Randbedingungen für Abfluss (Q) und Stoffeintrag (Q_s), die Grafik zeigt das Szenario mit $94 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem mittleren Korndurchmesser von $6,84 \text{ cm}$

Für die Berechnung des Geschiebetransportes wurde ein Berechnungsintervall von 300 Sekunden und einer gesamten Simulationszeit von 2 Stunden gewählt. Für alle Versuche wurde ein gleicher Parametersatz gewählt, welcher in Tabelle 4.2 dargestellt ist. Die Werte wurden teilweise angepasst.

Die Ergebnisse der Hydro_GS-2d Berechnung können im Programm SMS visualisiert werden. Zu erwähnen ist die neue Sohle (Sohle_neu), welche für die Auswertung von Bedeutung ist. Weiters kann der Geschiebetransport pro Zeiteinheit (QG_Strg) tabellarisch angezeigt werden.

Tabelle 4.2: Verwendete Parameter für die numerische Berechnung mittels Hydro_GS-2d (Nujić, 2008) - angepasst

Parameter	Wert	Beschreibung
Hmin [m]	0,01	Minimale Wassertiefe
VELMAX [m/s]	15	Maximal erlaubte Fließgeschwindigkeit
Amin (m ²)	4	Minimal erlaubte Elementgröße
CMUVISC	0.6	Koeffizient $c_{m\ddot{u}}$ in der Formel der Viskosität
RHO_s [kg/m ³]	2650	Dichte des Sediments
Porosität	0,37	Luftanteil im Bettsediment
d_m [m]	0,0684	Maßgebender Korndurchmesser
Theta_cr	0,047	Kritischer Parameter (MPM)
c_MP	8,0	Koeffizient c_{MP} aus der Meyer-Peter und Müller Gleichung
CF_Quergefälle	0,0	Koeffizient in der Formel für die Sohlneigung
A_r	4,0	Koeffizient A in der Formel für die Flusskrümmung
SCFG	5,0	Skalierfaktor zur Beschleunigung der Berechnung
DZ_max [m]	0,1	Maximale erlaubte Sohländerung während eines Zeitschrittes
TAU_max [N/m ²]	500,0	Maximale erlaubte Sohlschubspannung
Fi [°]	37,0	Innerer Reibungswinkel der wasser - benetzten Sohle
Gamma_cr [°]	37,0	Innerer Reibungswinkel der trockenen Sohle

4.5 Habitatmodellierung

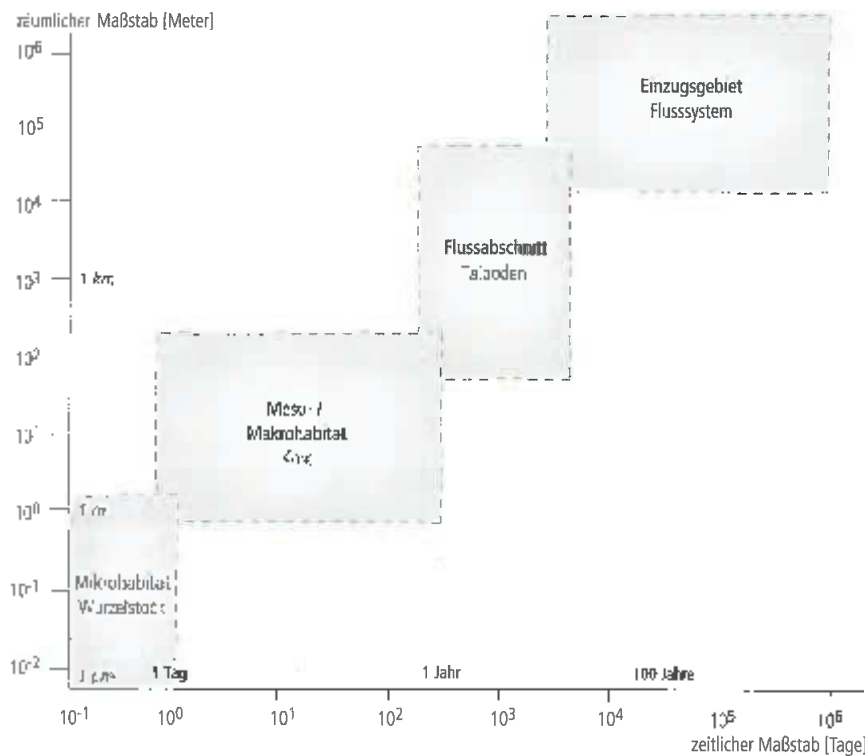
Durch morphodynamische Prozesse werden Mesohabitate gebildet. Für die Ausweisung der Mesohabitate wurde das Habitat Evaluation Model (HEM) gewählt. Mit diesem Programm werden die Mesohabitate der einzelnen Varianten bestimmt und in weiterer Folge die veränderten Habitate nach einer Geschiebeumlagerung.

In den folgenden Kapiteln werden anfangs allgemeine Grundlagen der Habitate und Habitatmodelle (Kapitel 4.5.1) beschrieben. In weiterer Folge wird das angewandte Programm Habitat Evaluation Modell (HEM) in ihrer Funktion erläutert (siehe Kapitel 4.5.2) und im speziellen das Mesohabitat Evaluation Model (MEM) (Kapitel 4.5.2.1).

4.5.1 Allgemeine Grundlagen

Definition Habitat: „Lebensraum bestimmter Beschaffenheit und Lokalität (auch: Lebensraum einer Art oder eines Organismus)“ (Jungwirth et al., 2003)

„Fließgewässer lassen sich hinsichtlich ihrer morphologischen Entwicklung und Dynamik auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Maßstabsebenen betrachten. In diesem hierarchischen System steht auf der obersten Stufe das gesamte Einzugsgebiet, das sich aus unterschiedlichen Flusssystemen zusammensetzt“ (Jungwirth et al., 2003). Diese bestehen aus verschiedenen Flussabschnitten /-strecken, die aufgrund von gleichen Parametern festgelegt werden. Auf der untersten räumlichen und zeitlichen Stufe befinden sich die Habitate. Häufig werden die in Makro-, Meso- und Mikrohabitate eingeteilt. In dieser Stufe befinden sich auch die Gewässerorganismen, welche durch Tiefen-, Strömungs- und Substratverhältnisse beschrieben werden können (Jungwirth et al., 2003). Die Grafik 4.13 zeigt die räumlich und zeitliche Gliederung von Fließgewässern.



4.3.15 Räumlich und zeitlich-hierarchische Gliederung von Fließgewässern

Abbildung 4.13: Räumlich und zeitlich-hierarchische Gliederung von Fließgewässern (Jungwirth et al., 2003)

Durch die Anwendung von Habitatmodellen können Zusammenhänge zwischen biotischen (Standorte verschiedener Altersstadien) und abiotischen Komponenten (Geometrie, Fließgeschwindigkeit etc.) geschaffen werden. Dadurch ist diese Modellierung auch ein geeignetes Mittel, um natürliche oder durch menschliche Einflussnahme hervorgerufene Veränderungen zu untersuchen. Mit derartigen Habitatmodellen ist es aber nicht möglich, biologische Objekte an sich zu beschreiben. Sie prognostizieren die Eignung eines bestimmten Gewässerabschnitts als Lebensraum für ausgewählte Arten. Die berechnete Habitatqualität ist normalerweise nicht verknüpft mit der Populationsdynamik. Trotzdem werden die Ergebnisse solcher Modelle oft als Voraussagen künftiger Populationsentwicklungen angesehen (Schneider, 2001).

In dieser Diplomarbeit wird ein Schwerpunkt bei den Mesohabitaten liegen, da z.B. für die Lebewesen geeignete Standorte bzw. Bedingungen gefunden und bewertet werden können.

4.5.2 HEM – Habitat Evaluation Model

Für die Habitatmodellierung wurde das vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau der BOKU Wien entwickelte Habitat Evaluation Model (HEM) verwendet. Das Programm beinhaltet ein Modul für die Mikrohabitatmodellierung (Microscale Habitat Model - MSM), sowie ein Modul für die Mesohabitatmodellierung (Mesohabitat Evaluation Model - MEM). In der vorliegenden Diplomarbeit wurde genauer auf die Mesohabitatmodellierung eingegangen.

4.5.2.1 MEM (Mesohabitat Evaluation Model)

Das MEM wird als Instrument verwendet, um Habitatverteilungen von verschiedenen hydromorphologischen Einheiten (Furt, Schneller Rinner, Rinner, Kolk, Kehrwasser, Flachwasser) räumlich zu bestimmen. Als Eingangsdaten werden die Ergebnisse der zweidimensionalen Strömungsberechnung des Programms Hydro_AS-2d verwendet (Fließgeschwindigkeit <vel.dat>, Wassertiefe <depth.dat> und Sohlschubspannung <shear.dat>). Die Fließgeschwindigkeit und die Wassertiefe werden dafür in fünf Klassen eingeteilt, die Klassen werden anschließend addiert und mit der Sohlschubspannung (3 Klassen) gewichtet (Hauer et al., 2009).

In Abbildung 4.14 ist ein konzeptionelles Ablaufschema des Mesohabitat - Evaluation - Modell (MEM) nach Hauer et al. (2009) dargestellt.

Der Modellierungsprozess wird in drei Berechnungsschritte unterteilt. Im ersten Schritt werden vier der sechs Mesohabitattypen bestimmt (Pool, Run, Fast Run und Riffle). Im darauffolgenden Modellierungsschritt werden die beiden Habitattypen mit den geringen Fließgeschwindigkeiten festgesetzt (Backwater, Shallow Water), welche sich durch die Wassertiefen unterscheiden. Im dritten und letzten Berechnungsschritt werden die sechs Mesohabitate mit dem Verhältnis von berechneter Sohlschubspannung und der kritischen Sohlschubspannung auf ihre Stabilität geprüft. Für die Berechnung der kritischen Sohlschubspannung wird die Formel (4.8) von Meyer-Peter und Müller (1948) verwendet (Hauer et al., 2009).

$$\tau_{cr} = 0,047 * (\rho_s - \rho_w) * g * d_m \quad (4.8)$$

τ_{cr}	Sohlschubspannung bei Bewegungsbeginn [N/m ²]
ρ_s	Dichte des Geschiebes [kg/m ³]
ρ_w	Dichte des Wassers [kg/m ³]
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
d_m	mittlerer Korndurchmesser des Sohlmaterials [m]

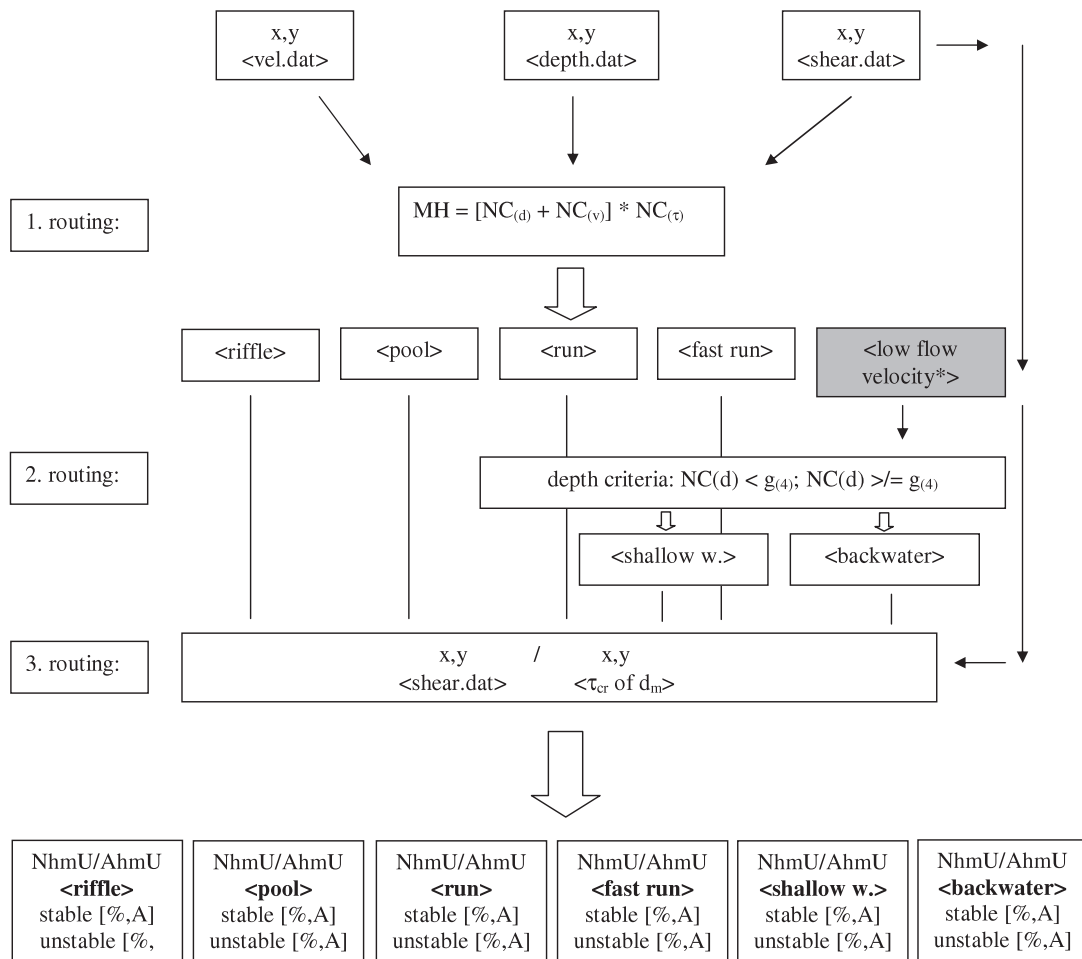


Abbildung 4.14: Modellierungsschema des Habitat Evaluation Models zur Berechnung der Mesohabitate (Hauer et al., 2009)

NhmU Number of hydro-morphologic units

AhmU Area of hydro-morphologic units [m²]

A Area (Fläche) [m²]

x,y Koordinaten

d depth (Wassertiefe) [m]

v velocity (Fließgeschwindigkeit) [m/s]

τ_{cr} Sohlschubspannung an der Gerinnesohle [N/m²]

NC Numerical Code (1-5 für Wassertiefe, 1-5 für Fließgeschwindigkeit und 0-2 für Schleppspannung)

MH Mesohabitat

Die Klassifizierung der Eingangskriterien wie Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Sohlschubspannung wurde anhand einer einfachen Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden die Fließgeschwindigkeiten, mit Ausnahme der letzten Klasse, aus den Voreinstellungen übernommen. Die Sohlschubspannungen wurden gleich der Empfehlung nach Hauer et al. (2009) gewählt. Für die Klasseneinteilung der Wassertiefe wurden nach Hauer et al. (2011) folgende Ansätze verwendet:

$$D_{riffle} = 0,0886 \ln(NQ) + 0,3414 \quad (4.9)$$

$$D_{pool} = 0,1519 \ln(NQ) + 0,7497 \quad (4.10)$$

Beispielsweise würde sich durch das Einsetzen von $MJNQ_T = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ eine minimale Furt-Wassertiefe von 0,12 m und eine minimale Kolk-Wassertiefe von 0,37 m ergeben. Bei alpinen Flüssen können durch die hohen Sohlrauigkeiten kaum Furten mit diesen Wassertiefen entstehen. Der Ansatz ist dadurch ein Richtwert, welcher für Mittelgebirgsflüsse plausibel ist. Die Wassertiefeinteilung wurden mit Expertenwissen angepasst. Eine Zusammenfassung der verwendeten Kriterien ist in Tabelle 4.3 dargestellt.

Tabelle 4.3: Grenzwerte für die Mesohabitateinteilung

Klasse	1	2	3	4	5
Fließgeschwindigkeit [m/s]	<0,10	0,10 - 0,25	0,25 - 0,40	0,40 - 0,80	>0,80
Klasse	1	2	3	4	5
Wassertiefe [m]	<0,25	0,25 - 0,60	0,60 - 1,00	1,00 - 1,20	>1,20
Klasse	1	2	3		
Sohlschubspannung [N/m²]	<2,00	2,00 - 20,00	>20,00		

Für jeden Knoten im Berechnungsnetz wird ein Mesohabitattyp ermittelt. Die Beschreibung der einzelnen Mesohabitate sind in der Tabelle 4.4 dargestellt. Riffles (Furten) und Fast Runs (Schnelle Rinnen) werden mit hoher Energie, Runs (Rinnen) und Pools (Kolke) mit moderater Energie, Backwaters (Kehrströmungen) und Shallow Waters (Flachwässer) mit geringer Energie klassifiziert (Hauer et al., 2009).

Die Ergebnisse können grafisch mittels Lageplan dargestellt werden, sowie in tabellarischer Form nach Fläche (m²) oder in Prozent (%).

Tabelle 4.4: Habitattypen (Hauer et al., 2009)

Riffles (Furten)	Flachwasserbereiche mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten, geringen Turbulenzen an der Oberfläche und einer konvexen Flussbettform; gebrochene Wellen können auftreten
Fast Runs (Schnelle Rinner)	Gleichmäßig schnell fließender Strömungskanal
Runs (Rinner)	Gleichförmiger Strömungskanal mit gut ausgebildetem Talweg. das Strömungsbett ist longitudinal flach und lateral konkav
Pools (Kolke)	Tiefe langsam fließende Abschnitte oder Stillwasserzonen zwischen zwei Furtbereichen; Fließbewegungen des Wassers sind kaum erkennbar
Shallow Waters (Flachwasser)	Flachwasserbereiche mit geringen Fließgeschwindigkeiten
Backwaters (Kehrströmungen)	Kehrströmungen am Flussufer und im Strömungsschatten hinter Abflusshindernissen

4.6 Vegetationsökologische Untersuchung

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde der Lebensraumtyp 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ gemäß Definition nach Ellmauer (2005) im Bereich des Geschiebeablagerungsplatzes in Innergschleiß genauer untersucht, um aufzeigen zu können, dass ein hohes Revitalisierungspotential in den einzelnen Varianten stecken würde.

Im folgenden Kapitel werden die Datengrundlagen für die Kartierungsarbeiten erläutert (siehe Kapitel 4.6.1), anschließend wird die Erhebungsmethode erklärt (Kapitel 4.6.2). Die Kartenerstellung und Flächenauswertung der Kartierungsarbeiten werden in Kapitel 4.6.3 angeführt. Die Bestimmung standortspezifischer Pflanzengemeinschaften wird in Kapitel 4.6.4 erläutert.

4.6.1 Datengrundlagen

Für die Kartierung der Habitatflächen in der Umlagerungszone wurde eine Reihe von Datengrundlagen vom Nationalpark Hohe Tauern zur Verfügung gestellt. Die verwendeten Datengrundlagen sind in der nachfolgender Tabelle 4.5 aufgelistet.

Tabelle 4.5: Datengrundlagen für die Kartierungsarbeiten

Daten	Format
Orthofotos (Aufnahmezeitpunkt 2012)	ecw
Infrarotbilder (Aufnahmezeitpunkt 2012)	img
Digitale CIR-Luftbildkartierung des Nationalparks Hohe Tauern	lyr
Sonstige Daten	
Ellmauer, T. (2005). Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter. Unter Mitarb. von F. Essl. Bd. 3. Wien	pdf
Polatschek, A., Maier, M., Neuner, W. und Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft (2000). Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. 1. Aufl. Bd. 3. Innsbruck: Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum	analog
Stöhr, O. und Latzin, S. (2006). „Epilobium fleischeri Hochst. – eine neue Pflanze der Salzburger Flora“. In: Mitteilungen aus dem Haus der Natur. Bd. 17. Salzburg: Haus der Natur	pdf
Lasen, C. und Wilhalm, T. (2004). Natura 2000: Lebensräume in Südtirol. Bozen: Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Abteilung Natur und Landschaft	pdf
Nationalpark-Hohe-Tauern (1995). Natura 2000 - Managementplan	pdf

4.6.2 Erhebungsmethode

Als Vorbereitung für die Geländekartierung wurden Infrarotbilder (Stand 2012) in einem passenden Maßstab ausgesucht. Vor Ort wurden im ersten Schritt Habitatklassen für den FFH Lebensraumtyp 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ gewählt. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Habitate ist anschließend aufgelistet.

Im nächsten Schritt wurden, den aktuellen Gegebenheiten zum Zeitpunkt der Geländeerhebung, kurz nach einem Geschiebeumlagerung (HQ₃₀), Habitatflächen abgegrenzt und in den vorhandenen Erhebungsbogen eingetragen. Um die Schotterbänke bzw. die Schotterpionierfluren besser beschreiben zu können, wurden zusätzliche Eigenschaften wie Substratgröße (drei Klassen) und der Deckungsgrad von Geröll (in Prozent) mitkartiert. Das Gebiet wurde genauer auf das Vorkommen von *Epilobium Fleischeri* untersucht und in der Karte mit berücksichtigt.

4.6.3 Kartenerstellung und Flächenauswertung

Nach der Kartierung im Gelände wurden die abgegrenzten Flächen mit ArcGIS digitalisiert und deren Größe bestimmt. Alle aufgenommenen Zusatzeigenschaften werden als Attribute der einzelnen Polygonshapes aufgenommen. Die genauen Informationen zu den Polygonen sind im Anhang A.4 zu finden. Die Auswertung der erhobenen Flächen erfolgt mittels Microsoft Excel.

4.6.4 Bestimmung standortspezifischer Pflanzengemeinschaft

Als Grundlage für die Festlegung von Erhaltungsmaßnahmen im Rahmen des Vertragsnaturschutzes für den FFH-LRT 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ wurde eine naturnahe Vergleichsstrecke im Dorfertal besichtigt. Diese naturnahe Strecke liegt zwischen der Moaebenalm und der Schönebenalm, bevor der Dorferbach in die Daberklamm hinabstürzt. Die vorkommenden Habitatflächen wurden festgestellt und die standortspezifischen Pflanzen bestimmt. Anhand der gefundenen Habitattypen, betreffend Schotterflächen, Schotterpionierfluren mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien, angrenzenden Quellfluren und Niedermooren, kann aufgezeigt werden, welches Entwicklungspotential in der Restrukturierung stecken würde.

5 Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die im Rahmen dieser Diplomarbeit erstellten Variantenoptionen beschrieben und die ermittelten Ergebnisse diskutiert.

5.1 Beschreibung der Variantenoptionen

In diesem Kapitel werden die einzelnen Variantenoptionen beschrieben. Dazu gibt eine schematische Darstellung einen guten Überblick über die Größenverhältnisse (Abbildung siehe 5.1). Die einzelnen Varianten unterscheiden sich hinsichtlich deren Flächenverluste und hydromorphologischen Einheiten.

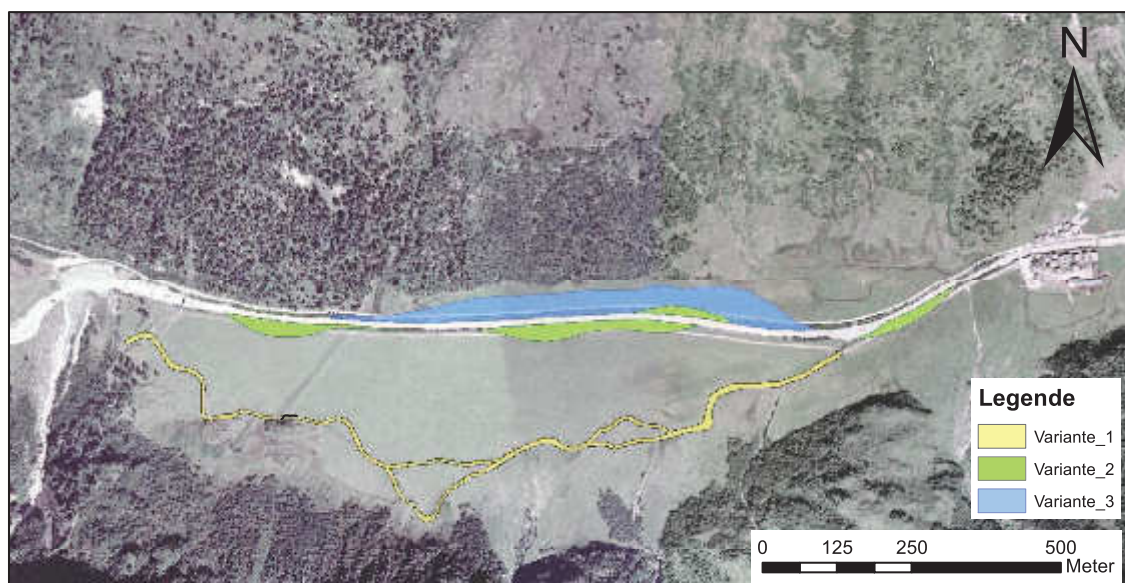


Abbildung 5.1: schematische Darstellung der Variantenoptionen (gelb = Variante 1, grün = Variante 2, blau = Variante 3)

5.1.1 Variante 1 - Seitenarmbindung

Der Gschlößbach wies vor der Regulierung einen furkierenden Flussverlauf auf. Historische Karten zeigen diesen Zustand, zu sehen in Abbildung 4.2. Durch die Variante 1 wird versucht, einen derartigen Linienverlauf anhand eines Seitenarms wieder herzustellen. Grundlage für die Linienführung waren die historischen Karten der zweiten und dritten Landesaufnahme. Vom Schlattenbach werden in etwa $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Zufluss des Seitenarms abgeleitet. Eine Möglichkeit für die Einleitung kann mittels Rohr bzw. Tiroler Wehr erfolgen. Der neu entstehende Seitenarm wird an das derzeitige Gelände angepasst. Der Verlauf wird in furkierender bis mäandrierender Form ausgeführt. Der Seitenarm verzweigt sich zweimal und mündet dann in den Rossebenbach.

Trotz Extrembedingungen (Höhenlage) wurde der Gschlößbach Mitte der 60iger Jahre mit Bachforellen besetzt (Information von Fischereiausübungsberechtigten des Gschlößbaches). Aktuell ist kein Bestand an Bachforellen vorhanden. Die Bachforelle wird als standorttreu bezeichnet, das heißt, sie kehrt immer wieder zu ihrem Laichplatz zurück. Dieser Seitenarm kann als Laichhabitat dienen, da u.a. die Wasserzusammensetzung aus Quellwasser und nur zu einem geringen Anteil aus Gletscherwasser besteht (höhere Wassertemperatur als im Hauptarm). Zusätzlich ist kiesiges Material mit Substratgrößen zwischen 3 – 10 cm vorzufinden. Im Seitenarm können sich Kolk-Furt-Sequenzen ausbilden, welche von Bachforellen bevorzugt genutzt werden. Für diese morphologische Einheit wurde die Wassertiefe anhand der Formeln 4.9 und 4.10 nach Hauer et al. (2011) berechnet. Bei einem Abfluss von $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt die Wassertiefe in Furtbereichen in etwa 0,24 m und in Kolkbereichen 0,54 m. Die berechneten Ergebnisse korrelieren mit den Ergebnissen aus der HEM-Berechnung der Variante 1. Im Niederwasserfall würde der Großteil des Schlattenbachs in den neuen Seitenarm abgeführt werden, da sonst der Seitenarm im oberen Teil trocken fallen würde. Eine Übersichtsdarstellung der Variante 1 ist in Abbildung 5.3 zu sehen.

5.1.2 Variante 2 - lokale Aufweitung

Ein weiteres Revitalisierungsziel besteht darin, den begradigten Flusslauf zumindest bereichsweise wieder zu verändern. Zu diesem Zweck wurde eine Neugestaltung einer Aufweitung geplant, welche u.a. Wert auf einen geringen Flächenverbrauch legt, um etwaige Interessenskonflikte zu minimieren. Eine weitere Intention dieser Maßnahme liegt in der Reduktion des Wasserspiegels, sodass die Weidefläche durch Hochwässer im oberen Bereich nicht überflutet werden kann.

Entlang des Gewässers werden drei unabhängige Maßnahmen berücksichtigt.

- Im oberen Bereich wird orografisch rechts eine Vorlandabsenkung geplant, welche ab einem HQ₁ Szenario überflutet werden würde, zu sehen in Abbildung 5.4. Auf dieser Geländeabsenkung könnte sich eine Feuchtvegetation entwickeln. Die Vegetation wäre geprägt durch *Alnus viridis* (Grün-Erle), *Betula pubescens* (Moor-Birke), *Salix purpurea* (Purpurweide) und *Salix appendiculata* (Großblättrige Weide), welche weitläufige Wurzelsysteme haben und fest im Boden verankert sind. Durch die biegsamen Zweige halten sie Überschwemmungen stand (Lautenschlager, 1988). Durch die Schaffung eines neuen Habitats im Hochwasserfall, können Lebewesen diese Bereiche als Rückzugsort nutzen. Die Länge dieser Teilmaßnahme wird in etwa 170 m betragen. Anschließend wird ebenfalls rechtsufrig die Gewässerbite etwas vergrößert, z.B. durch Entfernung der Blocksteine, damit es im HQ₁₀₀ – Fall zu keiner Ausuferung kommen kann.
- Im nächsten Abschnitt wird angestrebt, das Kanalgerinne mit einer rechtsufrigen Aufweitung von 350 m Länge und einer unregelmäßigen Uferlinie umzugestalten. Die maximale Gewässerbite würde sich auf ca. 65 m belaufen. Nach der Klassifizierung nach da Silva (1991) würde es sich bereits um einen verzweigten Flusstyp handeln.

Durch die Vorgabe eines Seitenarms können sich Schotterflächen ausbilden, die bei höheren Abflüssen überschwemmt und umgelagert werden können. Auf diesen Umlagerungsflächen können Schotterpionierfluren entstehen. Am Ende der Aufweitung sind kleine Bühnen (Steinsporne) geplant, damit das Ufer vor Seitenerosion geschützt ist. Bei der Verengung ist darauf zu achten, dass es zu keiner Ausbildung von tiefen Kolken kommt. Am Ende der Aufweitung wird linksufrig wiederum eine Vorlandabsenkung errichtet, um zusätzlichen Retentionsraum zu schaffen.

- Im unteren Bereich, bei der Mündung des Rossebenbaches, wird die Gewässerbite in etwa verdoppelt. Die bestehende Schotterinsel, welche sich bei Hochwässern umlagert, kann sich dadurch besser ausbilden. Das Aufkommen vereinzelter Pionierflurpflanzen ist möglich. Die Ergebnisse der 2-D Modellberechnungen sind in den folgenden Unterkapiteln dargelegt.

Eine Übersichtsdarstellung der Variante 2 ist in Abbildung 5.4 zu sehen.

5.1.3 Variante 3 - Umlagerungsfläche

Die ehemalige alpine Schwemmlandchaft im gesamten Talraum wieder herzustellen ist aus almwirtschaftlicher Sicht nicht möglich. Durch diese Maßnahme soll eine große Umlagerungszone geschaffen werden, auf der sich der FFH-LRT 3220 „alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ nach Ellmauer (2005) ausbreiten kann. Dabei kann sich ein Naturraum

mit offenen Schotterpionierfluren und unterschiedlichen Sukzessionsstadien bilden, welcher sich mit Quellfluren und Niedermooren in Randsenken verzahnen kann.

Die Aufweitung wird linksufrig geplant, damit die rechtsufrig große zusammenhängende Weidefläche nicht beeinflusst wird. Zu beachten ist, dass der Almweg linksufrig auf die andere Bachseite verlegt und eine neue Brücke gebaut werden müsste, welche auch für Baufahrzeuge befahrbar sein sollte. Eine Intention dieser Maßnahme liegt in der Reduktion des Wasserspiegels, dadurch verbessert sich die Hochwassersituation im Weidebereich. Aufgrund der frühen Ausuferung des Gschlößbaches beginnt die Aufweitung bereits im Bereich des Walles der Weidefläche. Die Länge der Aufweitung beträgt ca. 780 m und hat eine mittlere Breite von ca. 60 m. In Aufweitungen sind vor allem die Ufer einer hohen hydraulischen Belastung ausgesetzt (Hunzinger, 2004), daher könnte man als Uferschutz linksufrig, punktuell versteckte Buhnen im Hinterland einbauen.

Am Ende der Aufweitung wird das Ufer durch fünf inklinante, höhenmäßig gestufte Buhnen geschützt. Die Buhnen beeinflussen auch den Geschiebetransport bei unterschiedlichen Wasserständen. Nach Vischer und Huber (2010) müssen Buhnen unter einem Winkel von 70-80° zur Flussachse stromaufwärts geneigt werden, um den Überfallstrahl vom Ufer fern zu halten. Im vorliegenden Fall wurden die inklinanten Buhnen mit einem Winkel von 80° ausgeführt. Die Länge der Buhnen wurde an die Erfordernisse der Strukturverbesserung angepasst. Für die Bemessung der Buhnenabstände gibt es verschiedene Ansätze, in diesem Fall ist der Abstand das 2-fache der Buhnenlänge (Nachtnebel, 2008). Die Höhenlage der Buhnenkrone wurde aus Uferschutzgründen etwas über Mittelwasser angesetzt.

Eine Übersichtsdarstellung der Variante 3 ist in Abbildung 5.5 zu sehen.

Darstellung des IST-Zustandes und der drei Varianten aus dem 2-D Modell:

In den Grafiken ist die Wassertiefe bei Mittelwasser dargestellt (rote Bereiche deuten auf niedrige Wassertiefen hin, grün-blaue auf tiefere Stellen).

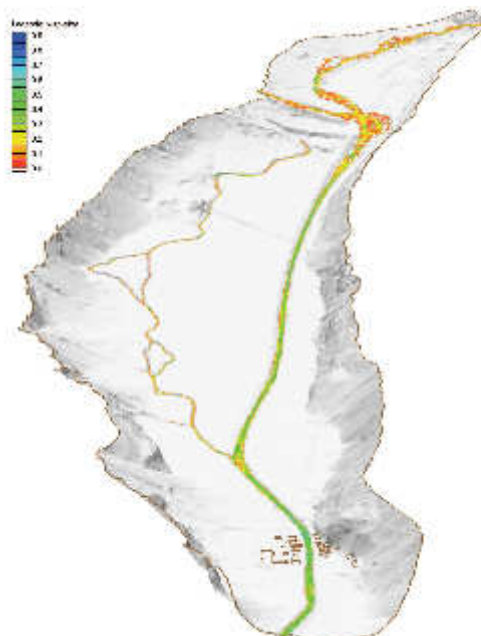
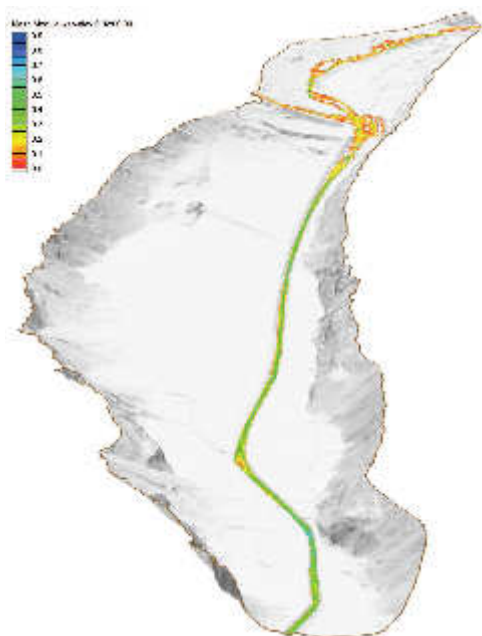


Abbildung 5.2: Darstellung des IST-Zustandes Abbildung 5.3: Darstellung der Variante 1

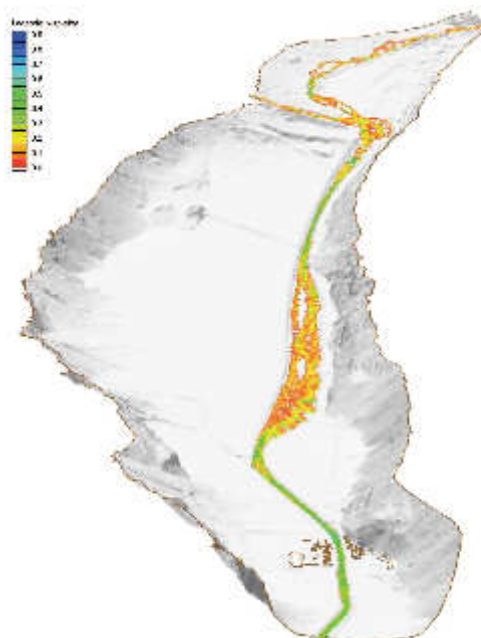
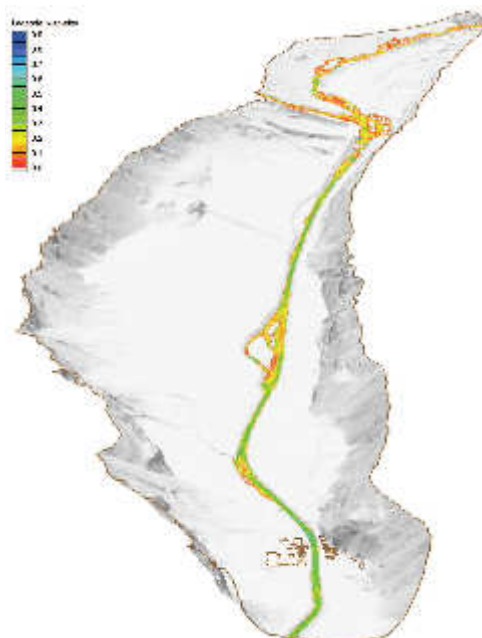


Abbildung 5.4: Darstellung der Variante 2 Abbildung 5.5: Darstellung der Variante 3

5.2 Charakterisierung der Substratzusammensetzung (Deckschicht)

Die Ergebnisse der zwei Linienzahlanalysen im Bereich des Untersuchungsgebietes sind in Abbildung 5.6 dargestellt. Auf der Ordinate ist die aufsummierte Anzahl der Körner in Prozent und auf der Abszisse die Korngröße in einer logarithmischen Skala aufgetragen. Es lässt sich erkennen, dass bei der LZA der Schotterinsel ca. 53 % im Feinkiesbereich liegen, gefolgt vom Mittelkies (ca. 33 %) und ca. 5 % macht der Grobkies aus. Der Rest verteilt sich auf den Bereich der Korngröße Sand und Steine.

Zur Berechnung der Sohlstabilität im Fließgewässer, werden die charakteristischen Korndurchmesser benötigt. Die charakteristischen Korndurchmesser wurden für beide Standorte berechnet. Für weitere Berechnungen wird nur die Auswertung der Linienzahlanalyse der Schotterinsel herangezogen, da diese repräsentativere Ergebnisse liefert. Im Bereich der Schotterinsel beträgt der d_m 6,84 cm, der d_{50} 5,12 cm und der d_{90} 14,34 cm. Beim Geschiebeablagerungsplatz beträgt der d_m 4,28 cm, der d_{50} 3,60 cm und der d_{90} 7,33 cm.

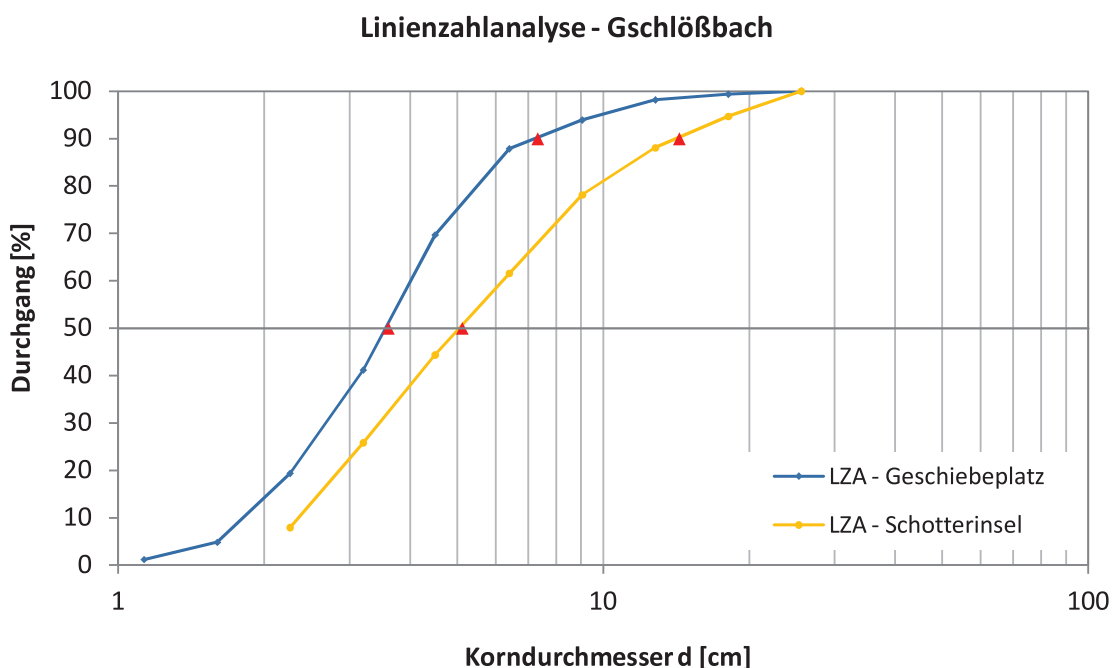


Abbildung 5.6: Linienzahlanalyse beider Entnahmestellen

5.3 Hydrodynamisch-numerische 2-D Modellierung

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Kalibrierung und der zweidimensionalen hydraulischen Abflussmodellierung diskutiert. Mit Hilfe des Programmes SMS (Surface Water Modeling System) werden die Parameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung dargestellt.

5.3.1 Kalibrierung des Modells - Rauigkeiten

Als Grundlage der hydraulischen Simulation mittels Hydro_AS-2d war es notwendig, die Rauigkeitsbeiwerte nach Manning für den Flussschlauch, als auch für das Umland zu definieren. Das Ergebnis der durchgeführten Sensitivitätsanalyse ergab einen Strickler-Beiwert $14 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ für die Flusssohle, das bedeutet sehr rau. Für die unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten wurden die Strickler-Beiwerte, zu sehen in Tabelle 5.1, gefunden.

Tabelle 5.1: Rauigkeitsbeiwerte für das numerische Modell

Oberflächenbeschaffenheit	$k_{st} \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
Flusssohle	14
Flusssohle Seitenbach	30
Blocksteinwurf	20
Blocksteinwurf glatt	25
Vorland (Wiese)	20
Moorgebiet	17
Fahrweg	36
Krautige Vegetation	8
Mischwald	10

Die Anpassungsqualität wird aus der Abweichung von Modellergebnissen zu Messdaten bestimmt. Aus den beidseitig gemessenen Wasserständen wurde einer ausgewählt und für den Vergleich herangezogen. Die ersten Profile wurden für die Kalibrierung vernachlässigt, da sich der Wasserspiegel erst nach mehreren Metern stationär einstellt. Die absolute Differenz zwischen Rechenwerten und Messwerten erhält man durch die Erstellung von Kontrollquerschnitten. Die Abweichung vom gemessenen Wasserspiegel zum berechneten ist in Abbildung 5.7 zu sehen. Es ergibt sich eine mittlere Abweichung von 2 cm. Die einzelnen Abweichungen sind tabellarisch in Tabelle 5.2 dargestellt.

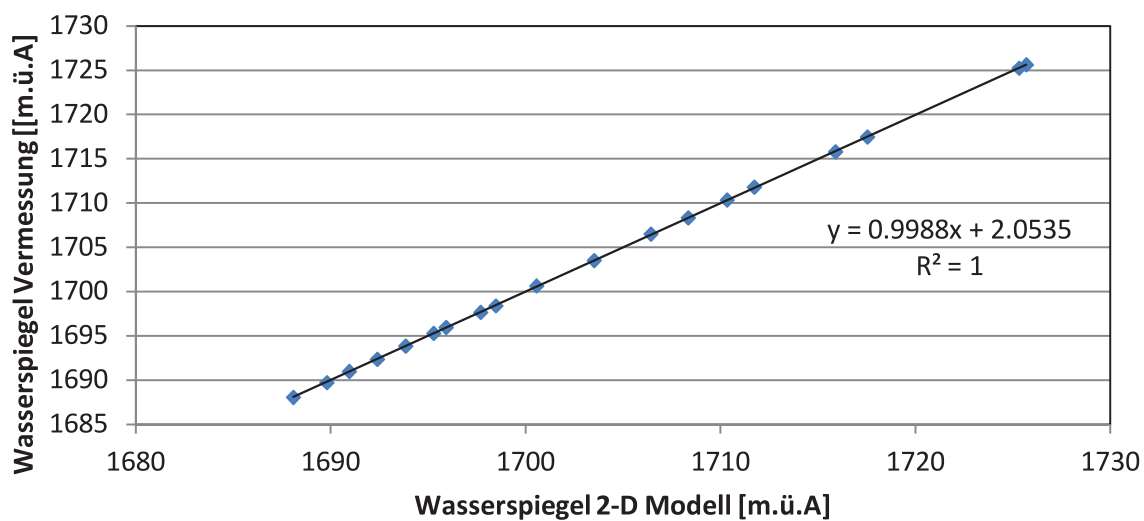


Abbildung 5.7: Regressionsgerade (lineare Regression) - Kalibrierung

Tabelle 5.2: Vergleich der Wasserspiegellagen

Profil	Wasserspiegel Vermessung [m.ü.A]	Wasserspiegel 2-D Modell [m.ü.A]	Abweichung [m]	Abweichung absolut absolut [m]
P163	1717,47	1717,53	0,06	0,06
P140	1711,82	1711,73	-0,08	0,08
P133	1710,34	1710,34	0,00	0,00
P110	1708,33	1708,35	0,02	0,02
P100	1706,51	1706,43	-0,08	0,08
P086	1703,53	1703,52	-0,02	0,02
P071	1700,64	1700,56	-0,08	0,08
P067	1698,40	1698,47	0,07	0,07
P058	1697,65	1697,69	0,04	0,04
P043	1695,96	1695,92	-0,03	0,03
P033	1695,28	1695,28	0,00	0,00
P026	1693,86	1693,85	-0,01	0,01
P023	1692,37	1692,38	0,02	0,02
P002	1690,98	1690,96	-0,02	0,02
P984	1688,07	1688,08	0,01	0,01
Median				0,02

5.3.2 Variante 1 - Modellierungsergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der zweidimensionalen hydraulischen Abflussmodellierung der Variante 1 dargestellt. In Hochwassersituationen ist der Seitenarm nicht betroffen, deshalb wurden als charakteristische Abflüsse nur MNQ ($0,08 \text{ m}^3/\text{s}$) und MQ ($3,02 \text{ m}^3/\text{s}$) gewählt. Mit Hilfe der 2-D Modellierung wurden die Parameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung berechnet. Diese Ergebnisse sind unter anderem Eingangsparameter für die Mesohabitatmodellierung.

5.3.2.1 Verteilung der Wassertiefen

In den Abbildungen 5.9 und 5.10 sind die Wassertiefenverteilungen bei Niederwasser und Mittelwasser zu sehen. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in beiden Abflusszuständen unterschiedlich. Die blauen Bereiche zeigen tiefere Stellen und die roten die seichteren.

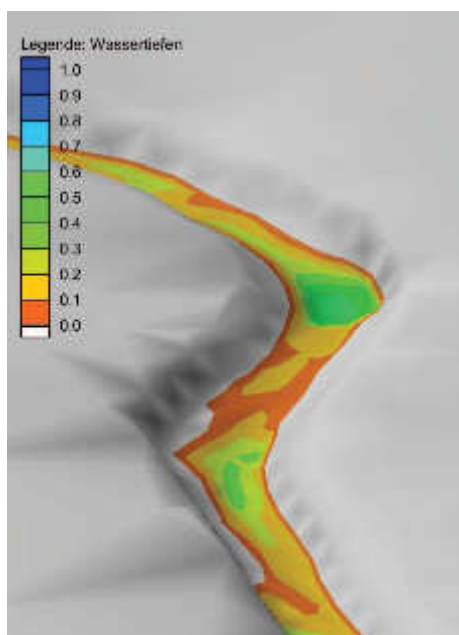


Abbildung 5.8: Grafische Darstellung der Wassertiefen in einer Kolk-Furt-Sequenz

Das Ergebnis der Modellierung des Seitenarms zeigt einen morphologisch furkierenden Flusslauf, welcher ausgeprägte Kolk-Furt-Sequenzen aufweist (Abbildung 5.8). Durch die erhöhte Strömung in den Prallufern bilden sich Krümmungskolke aus. Direkt unterhalb der Laufkrümmungen befinden sich die Furtbereiche. Die Wassertiefen der Kolke liegen bei Mittelwasser zwischen $0,40$ und $0,60$ m und im Niederwasserfall zwischen $0,35$ und $0,55$ m. Zu erkennen ist, dass in den Furtbereichen die mittlere Wassertiefe bei Mittelwasser zwischen $0,10$ und $0,25$ m liegt. Im Niederwasserzustand kann die mittlere Wassertiefe unter 10 cm fallen. Bei sommerlichen Abflussverhältnissen sind in den Randbereichen des Seitenarmes flache Übergänge der Wasserwechselzone zu finden.

Die Wassertiefen im bestehenden Flussschlauch sind heterogen verteilt. Zu erkennen ist, dass sich in den Uferrandbereichen kaum Flachwasserbereiche bilden. Die Schotterbank im unteren Abschnitt des Gerinnes fällt im Niederwasserzustand trocken. Die Schotterbank im unteren Abschnitt des Gerinnes fällt im Niederwasserzustand trocken. Die Wassertiefen ändern sich aufgrund

des höheren Abflusses hin zu tieferen Bereichen, d.h. bei einem Abfluss von $3,02 \text{ m}^2/\text{s}$ (MW) ist die Schotterinsel überströmt und weist eine mittlere Wassertiefe von ca. $0,15 \text{ m}$ auf. Die maximalen Wassertiefen im Flussschlauch wurden mit $0,70 \text{ m}$ berechnet.

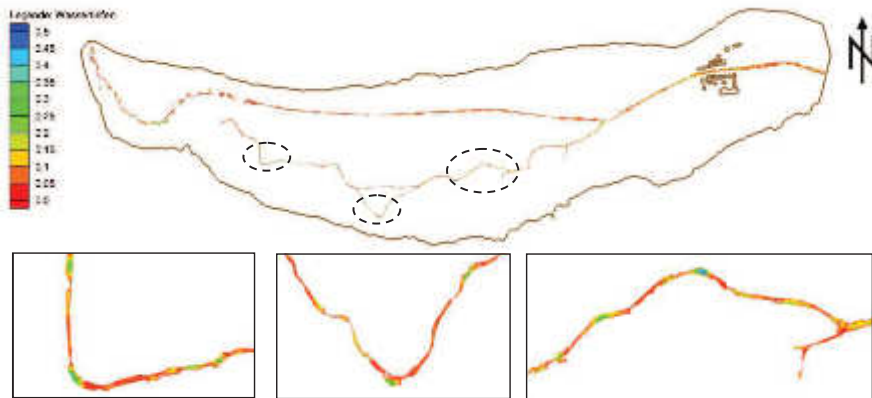


Abbildung 5.9: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Niederwasser

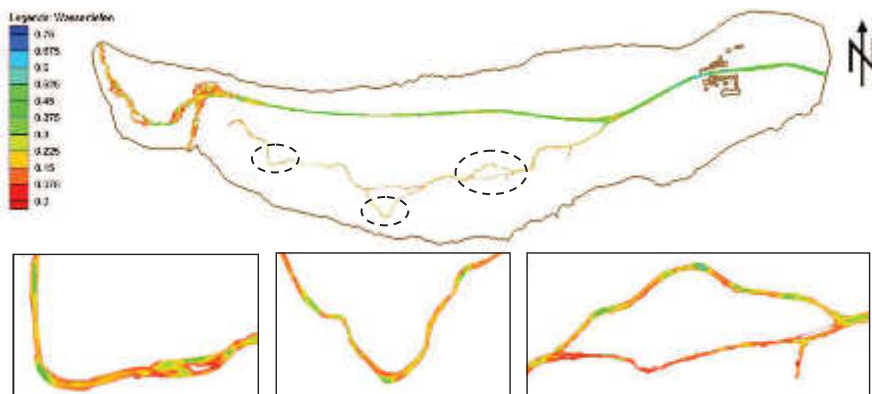


Abbildung 5.10: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Mittelwasser

5.3.2.2 Verteilung der Fließgeschwindigkeiten

Analog zu Kapitel 5.3.2.1 geben die Abbildungen 5.11 und 5.12 die Fließgeschwindigkeiten bei Niederwasser und Mittelwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in beiden Abflusszuständen gleich dargestellt. Blaue Farbe bedeutet hohe Fließgeschwindigkeiten und rote gibt strömungsberuhigte Bereiche an.

Das Ergebnis der Modellierung zeigt ein sehr differenziertes Strömungsbild im Seitenarm. Die Kolk-Furt-Sequenzen weisen teilweise typische Fließgeschwindigkeiten auf; in den Kolkbereichen sind die Fließgeschwindigkeiten relativ niedrig (etwa 0,40 bis 0,50 m/s), in den Furtbereichen hingegen können Fließgeschwindigkeiten bis zu 1,50 m/s (bei Mittelwasser) auftreten. In einem Teilseitenarm treten niedrige Fließgeschwindigkeiten auf, es ist daher anzunehmen, dass diese Bereiche für juvenile Bachforellen als Rastplatz zur Verfügung stehen. Die maximalen Fließgeschwindigkeiten im Seitenarm liegen bei 1,87 m/s, wobei die mittlere Geschwindigkeit bei 0,42 m/s ist.

Die Fließgeschwindigkeiten im bestehenden Gschlößbach sind sehr homogen über die gesamte Strecke verteilt. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass durch das kanalartige Gerinne und dem hohen Gefälle eine starke Strömung auftritt. Aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten flussab des Geschiebebeckens sind zur Sicherung der Sohle Blocksteine in der Rampe zu finden. Am Ende der Rampe reduziert sich sowohl das Sohlgefälle, als auch die Fließgeschwindigkeit.

In der Flussmitte wurden relativ hohe Fließgeschwindigkeiten mit ca. 1,40 m/s (bei Mittelwasser) berechnet. Die Fließgeschwindigkeiten nehmen zum Ufer hin rasch ab. Im Bereich der überströmten Schotterbank bilden sich strömungsberuhigte Bereiche aus, welche niedrige Fließgeschwindigkeiten aufweisen. Schotterinseln befinden sich im mobilen morphologischen Zustand; bettbildende Abflüsse tragen daher wesentlich zur Umgestaltung dessen bei. Dabei würden sich die Fließgeschwindigkeiten in umströmten Bereichen deutlich erhöhen und neue Habitatflächen entstehen.

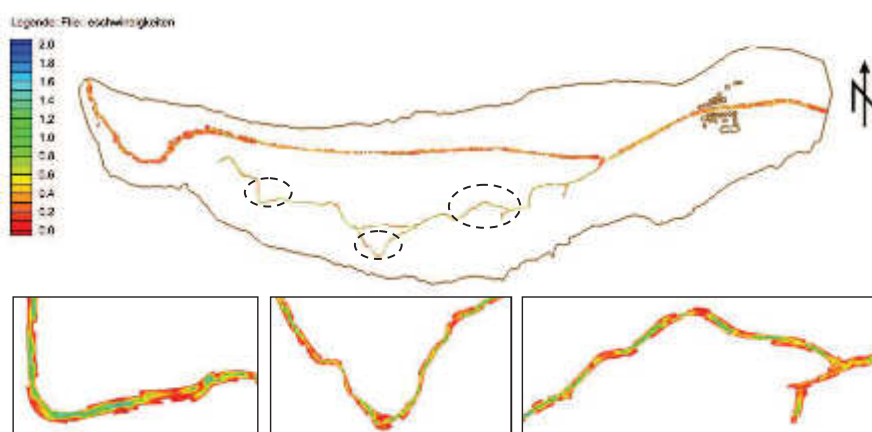


Abbildung 5.11: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Niederwasser

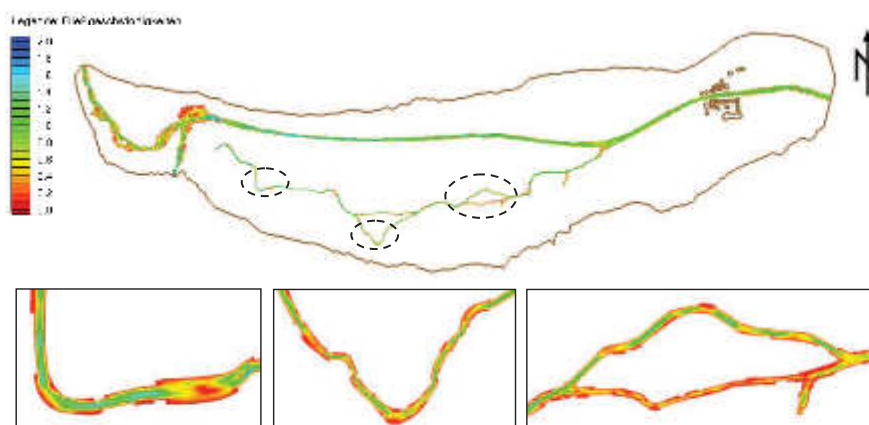


Abbildung 5.12: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Mittelwasser

5.3.2.3 Verteilung der Sohlschubspannungen

Analog zu den Kapiteln 5.3.2.1 und 5.3.3.2 geben die Abbildungen 5.13 und 5.14 die Sohlschubspannungen bei Niederwasser und Mittelwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in beiden Abflusszuständen unterschiedlich, da im Niederwasserzustand geringere Sohlschubspannungen auftreten. Die kritische Sohlschubspannung wurde nach Meyer-Peter und Müller (1948) mit $52,04 \text{ N/m}^2$ berechnet. In der Grafik 5.3.2.1 ist dieser Bereich grün-blau dargestellt; in Grafik 5.3.2.3 dunkel-orange.

Das Ergebnis der Modellierung des Seitenarmes zeigt bei Niederwasser maximale Sohlschubspannungen von $32,40 \text{ N/m}^2$ und durchschnittliche Sohlschubspannungen von $2,04 \text{ N/m}^2$. Zu erkennen ist, dass in den Furtbereichen höhere Sohlschubspannungen auftreten, als in den strömungsberuhigten Kolken. Diese Werte steigen bei Mittelwasser stark an, dabei zeigt sich, dass im untersuchten Seitenarm die Sohlschubspannungen bereits Spitzenwerte von 160 N/m^2 erreichen. Die mittlere Sohlschubspannung liegt bei $23,90 \text{ N/m}^2$, das bedeutet, dass die kritische Sohlschubspannung im Mittel unterschritten wird. Es ist daher anzunehmen, dass der Seitenarm eine stabile Sohle ohne Geschiebetransport aufweist.

Die Sohlschubspannungen im bestehenden Gschlößbach zeigen bei Niederwasser homogen verteilte Werte im Bereich von 5 N/m^2 bis 15 N/m^2 . Am Übergang vom Geschiebebecken in den Flussschlauch treten Sohlschubspannungen knapp über der Kritischen (τ_{crit}) auf. Die Schotterbank bedeutet ein Hindernis für den Fließverlauf. Im Bereich davor liegen die Sohlschubspannungen im Mittel bei 25 N/m^2 . Dadurch lagert sich Geschiebe ab. Grund-

sätzlich ist aber anzunehmen, dass bei Mittelwasser ein Geschiebetransport stattfindet.

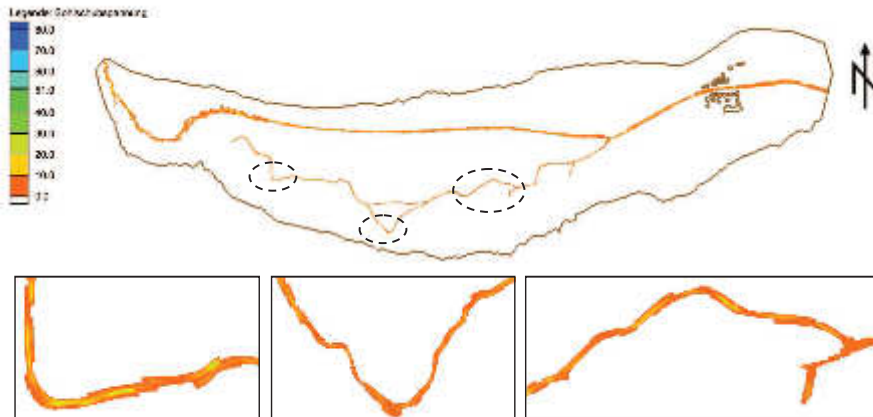


Abbildung 5.13: Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Niederwasser

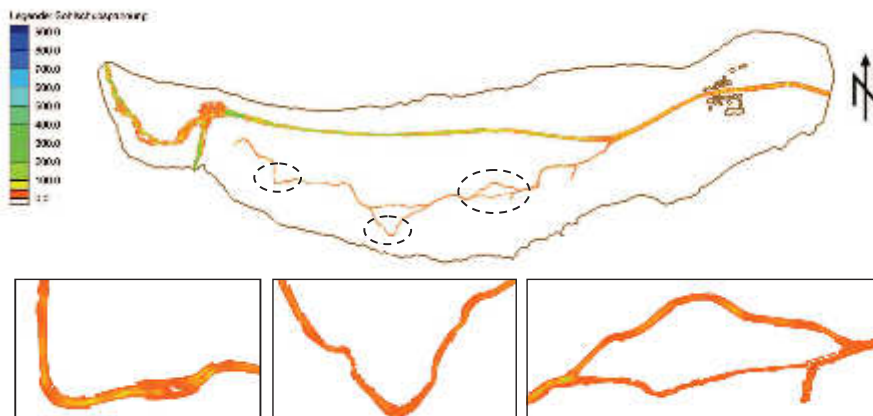


Abbildung 5.14: Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Mittelwasser

5.3.3 Variante 2 - Modellierungsergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der zweidimensionalen hydraulischen Abflussmodellierung der Variante 2 dargestellt. Als charakteristische Abflüsse wurden MNQ ($0,08 \text{ m}^3/\text{s}$), MQ ($3,02 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₁ ($34 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₁₀ ($62 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₃₀ ($77 \text{ m}^3/\text{s}$) und HQ₁₀₀ ($94 \text{ m}^3/\text{s}$) gewählt. Mit Hilfe der 2-D Modellierung wurden die Parameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung berechnet. Diese Ergebnisse sind unter anderem Eingangsparemeter für die Mesohabitatmodellierung. Eine grafische Übersicht der einzelnen Berechnungsergebnisse ist in den Tabellen A.1 – A.9 abgebildet.

5.3.3.1 Verteilung der Wassertiefen

In den Abbildungen 5.16, 5.17 und 5.18 sind die Wassertiefenverteilungen bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser zu sehen. Diese Abflusszenarien wurden ausgewählt, da diese für morphologische Prozesse von Bedeutung sind. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich. Die blauen Bereiche zeigen tiefere Stellen und die roten die seichteren.

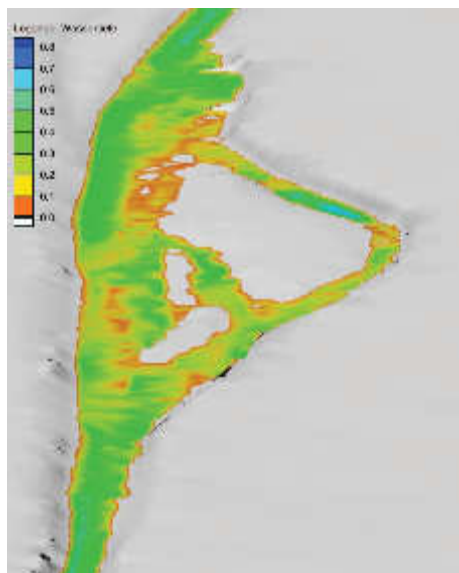


Abbildung 5.15: Grafische Darstellung der Wassertiefen in der modellierten Aufweitung

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die einzelnen Maßnahmen deutliche Wassertiefenänderungen herbeiführen. Das Ergebnis der Modellierung der Vorlandabsenkungen zeigt, dass bei Niederwasser und Mittelwasser die Flächen noch nicht benetzt sind. Diese Bereiche werden ab einem HQ₁ überflutet. Über den Querschnitt betrachtet sind im Hauptkanal Wassertiefen (bei einem HQ₁ Szenario) mit ca. 1,30 m zu erwarten, welche sich in der Vorlandabsenkung reduzieren und zwischen 0,20 und 0,45 m liegen.

Im Bereich der Aufweitung, welche in Abbildung 5.15 dargestellt ist, ist zu erkennen, dass es bei allen Abflüssen zu einer Reduktion der Wassertiefen kommt. Grund hierfür ist die Vergrößerung der Flussbettbreite im restrukturierten Bereich. Bei Niederwasser, Mittelwasser und HQ₁ Szenarien ist zu sehen, dass Schotterinseln teilweise nicht überflutet werden. Eine Abflusszunahme führt dazu, dass die Schotterflächen kleiner

werden und in den Randbereichen Flachwasserhabitate entstehen. Bei einem Abfluss von $3,02 \text{ m}^2/\text{s}$ (MW) treten mittlere Wassertiefen von $0,20 - 0,25 \text{ m}$ auf; die maximalen Wassertiefen liegen bei $0,60 \text{ m}$ (Kolkbereich). Durch die neu entstehenden morphologischen Einheiten steigert sich die Tiefenvarianz und trägt zur Verbesserung der Gewässerstruktur bei.

Bei der letzten Maßnahme dieser Variante, der Gewässerbettverbreiterung, zeigen die Ergebnisse der Modellierung bei Niederwasser und Mittelwasser eine heterogene Wassertiefenverteilung. Am orografisch rechten Ufer ist die Wasserwechselzone flach ausgebildet. Im Hochwasserfall findet eine homogene Verteilung der Wassertiefen statt, die geringen Sohlhöhenunterschiede haben kaum mehr Auswirkungen auf die Wassertiefen haben. Die maximalen Wassertiefen im Flussschlauch schwanken zwischen $0,68 \text{ m}$ bei Mittelwasser-Verhältnissen und $3,15 \text{ m}$ bei HQ_1 Szenarien.

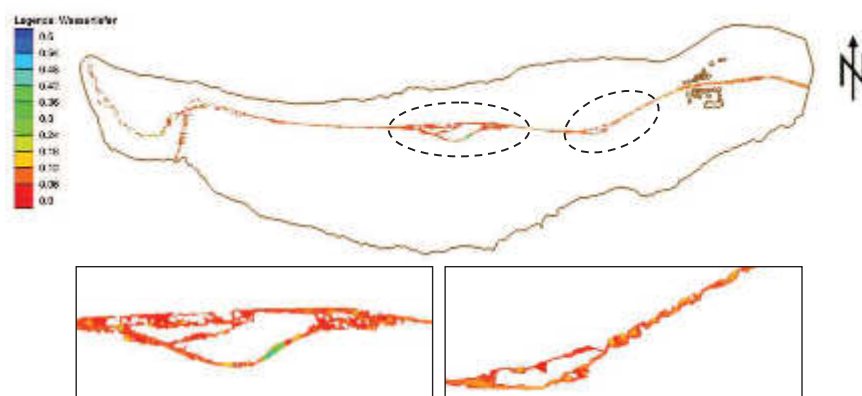


Abbildung 5.16: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Niederwasser

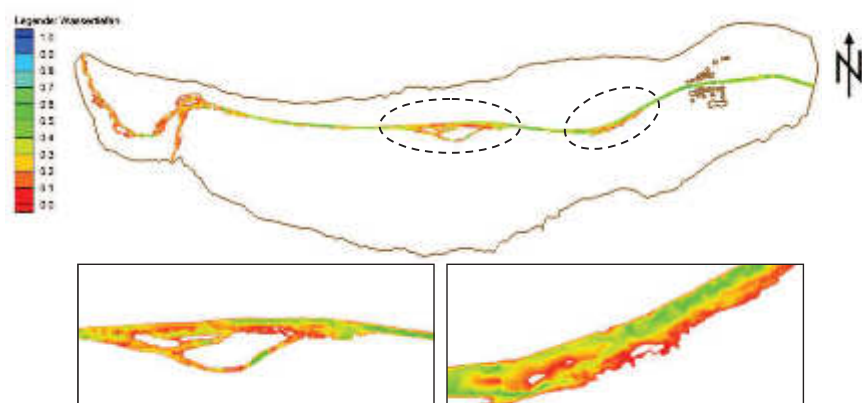


Abbildung 5.17: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Mittelwasser

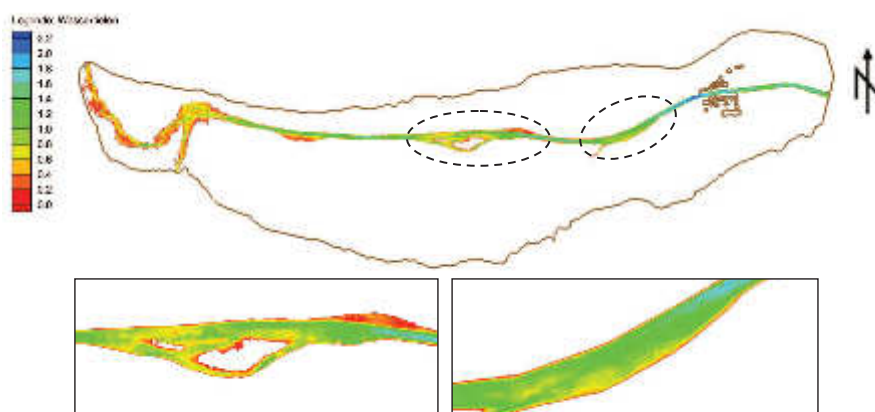


Abbildung 5.18: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, HQ₁ Hochwasser

5.3.3.2 Verteilung der Fließgeschwindigkeiten

Analog zu Kapitel 5.3.3.1 geben die Abbildungen 5.19, 5.20 und 5.21 die Fließgeschwindigkeiten bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich, da durch die höheren Abflüsse die Fließgeschwindigkeit steigt. Blaue Farbe bedeutet hohe Fließgeschwindigkeiten und rote gibt strömungsberuhigte Bereiche an.

Das Ergebnis der Modellierung präsentiert durch die einzelnen Maßnahmen ein differenziertes Strömungsbild. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten treten im Bereich der Rampe auf; dort ist das Gefälle am höchsten und liegt bei 4,50 m/s (HQ₁). Durch die eingebauten Blocksteine wird die Fließgeschwindigkeit stark reduziert. Über den gesamten Gewässerabschnitt sind die Fließgeschwindigkeiten durch das Kanalgerinne relativ hoch und erreichen bereits im Mittelwasserzustand Werte über 1,5 m/s.

Im Bereich der Vorlandabsenkung liegen die mittleren Fließgeschwindigkeiten bei einem 1-jährlichen Hochwasser bei 0,90 m/s und nehmen zum Ufer hin langsam ab. Es ist daher anzunehmen, dass diese strömungsberuhigten Hochwassereinstände eine Steigerung der Habitatvielfalt herbeiführen.

Prinzipiell zeigt sich in der Aufweitung eine Reduktion der Fließgeschwindigkeiten. Diese liegen bei Mittelwasserabflüssen zwischen 0,10 und 1,00 m/s. Entlang von Ufern und Schotterbänken treten niedrige Fließgeschwindigkeiten auf und es kommt zu einer höheren Fließgeschwindigkeitsvarianz. Bei einem 1-jährlichen Ereignis werden Spitzenfließgeschwindigkeiten von 2 m/s erreicht und bei einem Mittelwasserabfluss liegen sie bei 1,10 m/s.

Die Wirkung von Buhnen ist unter anderem die Herabsetzung der Fließgeschwindigkeiten, d.h. dass das Ufer durch den baulichen Eingriff geschützt wird. Die zwei Steinsporne am Ende der Aufweitung bestätigen die Wirkung. Es kommt zu einem Rückgang der Fließgeschwindigkeiten in den Buhnenfeldern.

Im letzten Abschnitt, der Gewässerbettverbreiterung, ist allgemein eine Verminderung der Fließgeschwindigkeiten festzustellen. Das Ergebnis zeigt im Mittelwasserzustand eine heterogene Verteilung. Im Hochwasserfall sind sie homogen verteilt. Die Gewässersohle ist am orografisch rechten Ufer minimal höher, deshalb bilden sich strömungsberuhigte Bereiche. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten bei Mittelwasserbedingungen liegen bei ca. 0,40 m/s und bei einem HQ_1 bei 1,00 m/s.

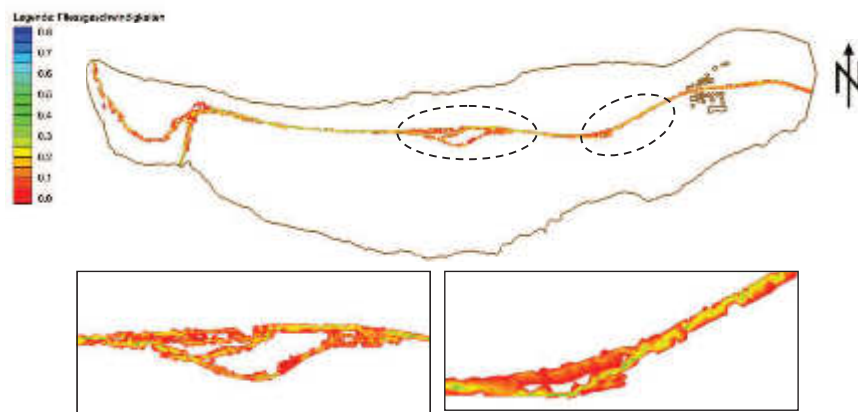


Abbildung 5.19: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Niederwasser

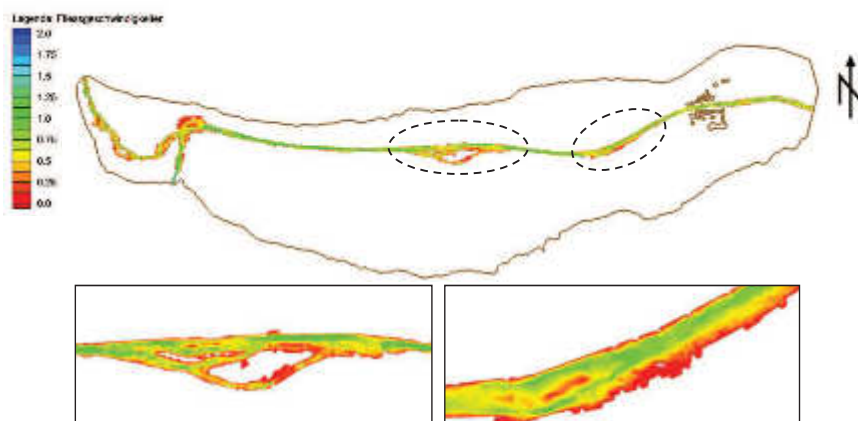


Abbildung 5.20: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Mittelwasser

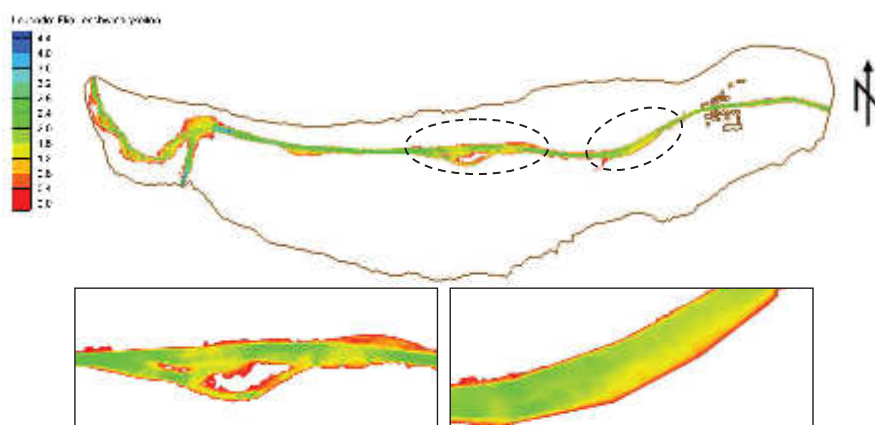


Abbildung 5.21: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, HQ₁ Hochwasser

5.3.3.3 Verteilung der Sohlschubspannungen

Analog zu den Kapiteln 5.3.3.1 und 5.3.3.2 geben die Abbildungen 5.22, 5.23 und 5.24 die Sohlschubspannungen bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich, da die Sohlschubspannung bei höheren Abflüssen größer ist. Die kritische Sohlschubspannung wurde nach Meyer-Peter und Müller (1948) mit $52,04 \text{ N/m}^2$ berechnet.

Das Ergebnis der Modellierung zeigt, dass bereits bei Niederwasser die kritische Sohlschubspannung vereinzelt überschritten wird. Es treten über den gesamten Untersuchungsabschnitt mittlere Sohlschubspannungen von $3,06 \text{ N/m}^2$ bei Niederwasser, $30,64 \text{ N/m}^2$ bei Mittelwasser und 122 N/m^2 bei einem 1-jährlichen Ereignis auf.

Zu erkennen ist, dass im Gebiet der Vorlandabsenkung bei einem HQ₁ die kritische Sohlschubspannung teilweise überschritten wird. Bei HQ₁₀₀ Szenarien werden durchschnittlich Sohlschubspannungen von 150 N/m^2 erreicht.

Im Bereich der Aufweitung können die erwarteten reduzierten Sohlschubspannungen gefunden werden. Bei Niederwasserzuständen weisen Furtbereiche höhere Sohlschubspannungen auf und erreichen maximale Werte von 30 N/m^2 . Im Bereich der überströmten Schotterinseln werden im HQ₁₀₀-Fall Sohlschubspannungen von ca. 30 N/m^2 erreicht, d.h. dass sich Geschiebe ablagert bzw. umlagert. Diese Gebiete sind für die Entwicklung von Schotterflugesellschaften von großer Bedeutung. Bei Mittelwasser ($Q = 3,02 \text{ m}^3/\text{s}$) wird die kritische Sohlschubspannung größtenteils unterschritten.

Grundsätzlich zeigt das Ergebnis der Modellierung der Gewässerbettverbreiterung eine Reduktion der Sohlschubspannungen. Am orografisch rechten Ufer werden bei Mittelwasser Sohlschubspannungen im Durchschnitt von 10 N/m^2 erreicht. Aufgrund des hohen Abflusses bei HQ_1 Szenarien und in Abhängigkeit von Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe werden die kritischen Sohlschubspannungen bereits geringfügig überschritten. Die Spitzenwerte bei einem 1-jährlichen Hochwasser liegen bei ca. 215 N/m^2 .

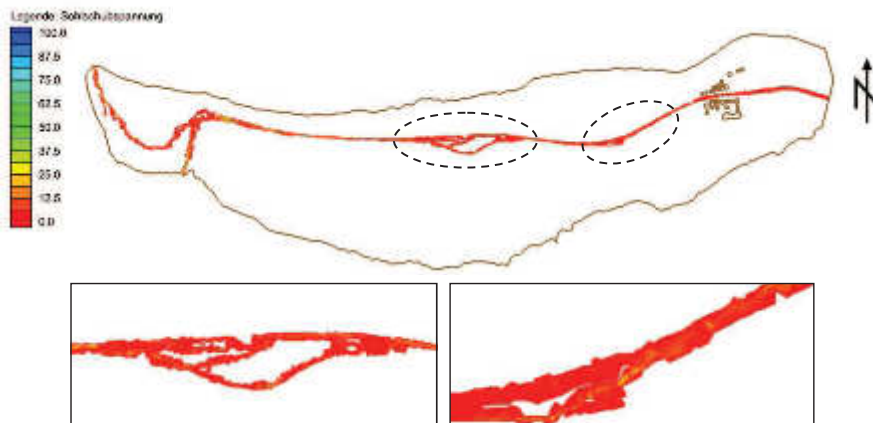


Abbildung 5.22: Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - Niederwasser

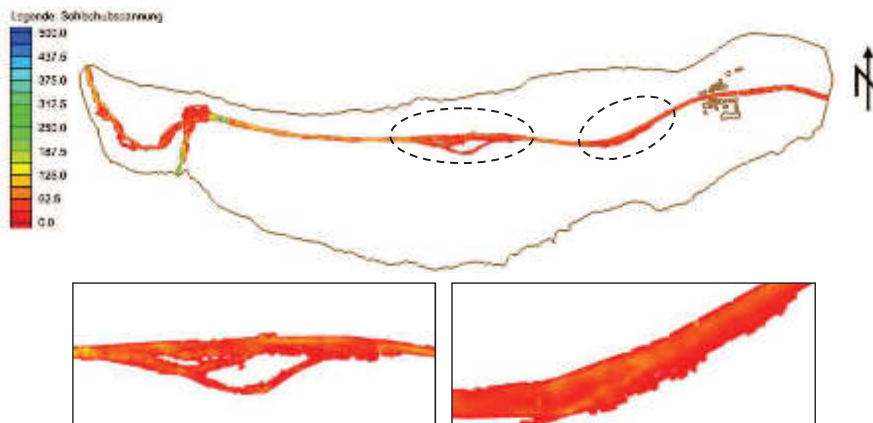


Abbildung 5.23: Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - Mittelwasser

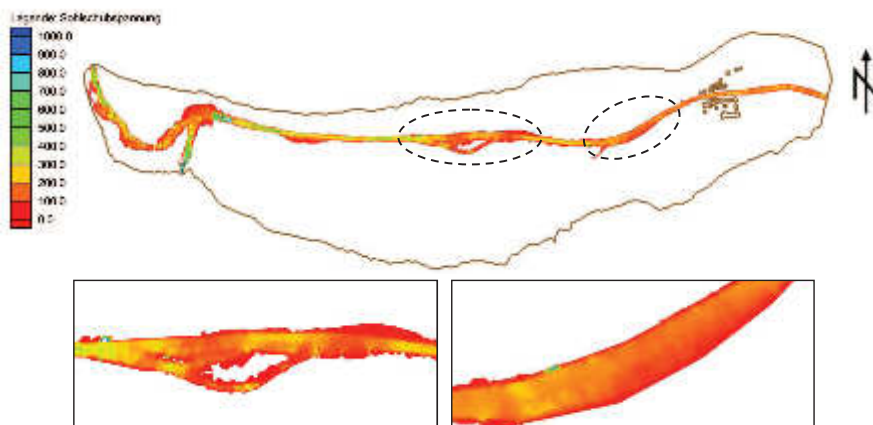


Abbildung 5.24: Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - HQ₁ Hochwasser

5.3.4 Variante 3 - Modellierungsergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der zweidimensionalen hydraulischen Abflussmodellierung der Variante 3 dargestellt. Als charakteristische Abflüsse wurden MNQ (0,08 m³/s), MQ (3,02 m³/s), HQ₁ (34 m³/s), HQ₁₀ (62 m³/s), HQ₃₀ (77 m³/s) und HQ₁₀₀ (94 m³/s) gewählt. Mit Hilfe der 2-D Modellierung wurden die Parameter Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung berechnet. Diese Ergebnisse sind unter anderem Eingangsparmeter für die Mesohabitatmodellierung. Eine grafische Übersicht über die einzelnen Berechnungsergebnisse ist in den Tabellen A.1 – A.9 abgebildet.

5.3.4.1 Verteilung der Wassertiefen

In den Abbildungen 5.26, 5.27 und 5.28 sind die Wassertiefenverteilungen bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser zu sehen. Diese Abflusszenarien wurden ausgewählt, da diese für morphologische Prozesse von Bedeutung sind. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich, da bei größeren Abflüssen die Wassertiefe steigt. Die blauen Bereiche zeigen tiefere Stellen und die roten die seichten.

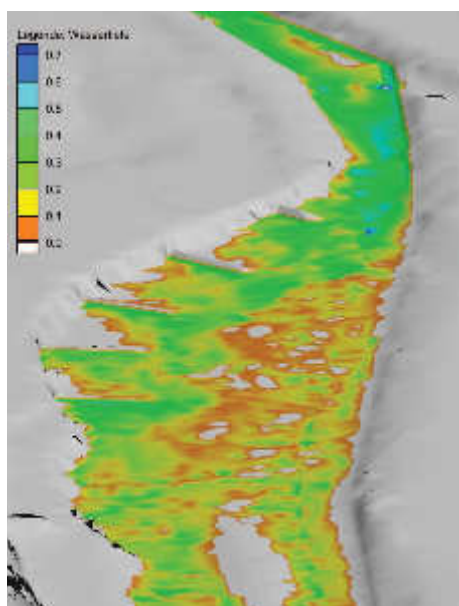


Abbildung 5.25: Grafische Darstellung der Wassertiefen in der modellierten Aufweitung - Bühnen

Der morphologisch gestreckte Flussschlauch, die Aufweitung ausgenommen, zeigt homogene Wassertiefenverteilungen. Es lässt sich erkennen, dass die Wassertiefen zum Ufer rasch abnehmen und kaum Flachwasserbereiche existieren. Am Beginn der Untersuchungsstrecke, im Bereich der Rampe, kann festgestellt werden, dass durch das starke Gefälle und den höheren Fließgeschwindigkeiten, geringe Wassertiefen auftreten. Die maximalen Wassertiefen im gesamten Flussschlauch befinden sich am Ende der Modellierungsstrecke, vor der Brücke des Almdorfes, und liegen bei einem HQ_1 bei 2,07 m. Die maximalen Wassertiefen bei Niedrigwasserbedingungen wurden mit 0,25 m ermittelt.

Das Ergebnis der Modellierung der Umlagerungszone zeigt im Gegensatz zum morphologisch gestreckten Flusslauf bei allen Abflüssen eine Reduktion der Wassertiefen. Die Begründung hierfür liegt in der Vergrößerung der Flussbettbreite. Zu erkennen ist, dass es bei größeren Abflüssen am Endquerschnitt der Aufweitung es zu einem natürlichen Rückstau kommt und somit zu einer Wasserspiegelanhebung. Die Wassertiefen schwanken im restrukturierten Bereich bei Mittelwasser zwischen 0,01 bis 0,65 m und bei einem 1-jährlichen Hochwasserabfluss zwischen 0,15 bis 1,60 m. Die tiefsten Stellen treten am Ende der Aufweitung auf.

Bei alpinen Gewässern, ihrem üblichen Gefälle, ausreichend Geschiebematerial und Raummöglichkeit bilden sich verzweigte Gerinnemuster aus. Auffällig ist dadurch die Zunahme der Tiefenvarianz und der Strukturvielfalt. Im Randbereich von Schotterflächen sind seichte Bereiche zu finden. Bei steigendem Abfluss werden die Schotterbänke überströmt und bilden somit Zonen mit geringen Wassertiefen.

Am Ende der Aufweitung wird das Ufer mit Bühnen gesichert. Die Wassertiefen in den Bühnenfeldern sind bei Mittelwasser heterogen verteilt, d.h. direkt vor den Bühnen sind die Wassertiefen durch den Aufstau größer als hinter den Bühnen. Am Bühnenkopf ist zu erkennen, dass sich durch den örtlichen Stau tiefere Stellen ausbilden (Kolke). Im Hochwasserfall haben die Bühnen auf den Wasserstand kaum Einfluss, da das Verhältnis von Bühnenhöhe zu Wasserstand zu groß ist.

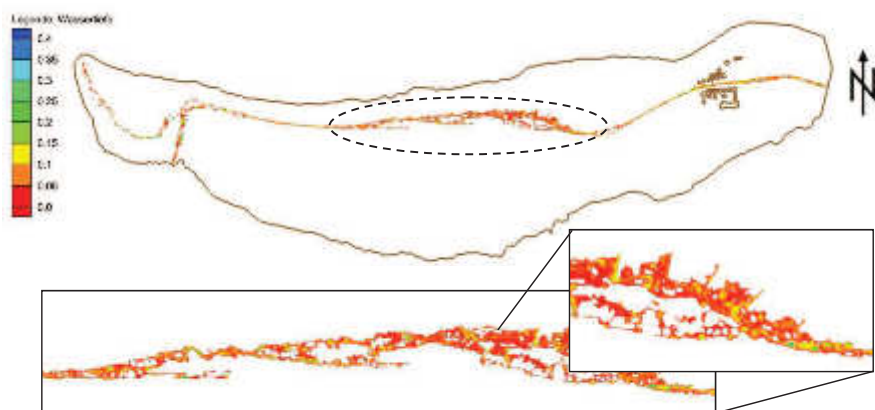


Abbildung 5.26: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser

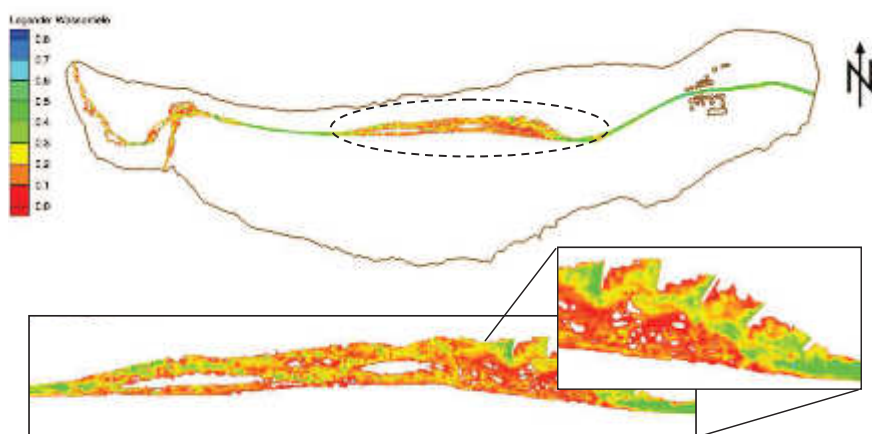


Abbildung 5.27: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser

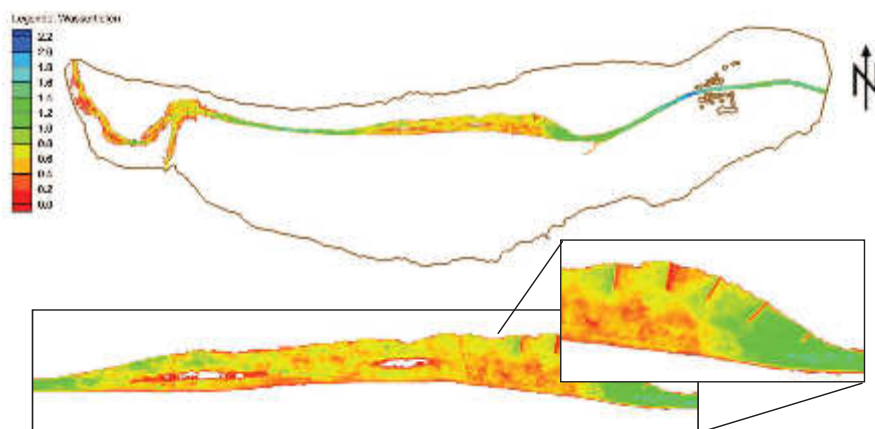


Abbildung 5.28: Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ₁ Hochwasser

5.3.4.2 Verteilung der Fließgeschwindigkeiten

Analog zu Kapitel 5.3.4.1 geben die Abbildungen 5.29, 5.30 und 5.31 die Fließgeschwindigkeiten bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich. Blaue Farbe bedeutet hohe Fließgeschwindigkeiten und rote gibt strömungsberuhigte Bereiche an.

Das Ergebnis der Fließgeschwindigkeitsmodellierung präsentiert im morphologisch gestreckten Flusschlauch bei allen Abflüssen ein ähnliches Muster. In der Flussmitte treten hohe Fließgeschwindigkeiten auf, welche sich zum Ufer hin rasch reduzieren. Die Fließgeschwindigkeiten im Bereich des Kanalgerinnes sind ähnlich zu denen der Variante 2 (Erklärung siehe Kapitel 5.3.3.2).

Die Fließgeschwindigkeitsverteilung der Umlagerungszone zeigt ein differenziertes Strömungsbild. Auffällig ist, dass sich bei verzweigten Flusssystemen oft ein aktiver Hauptarm ausbildet, welcher die größte Menge an Wasser abführt und somit auch die größten Fließgeschwindigkeiten aufweist. Dieser Zustand ist bei Hochwässern nicht mehr ausgeprägt vorzufinden. Die Fließgeschwindigkeiten bei Mittelwasserabflüssen in Randbereichen von Schotterflächen und Ufern liegt unter 0,10 m/s und an eingengten Stellen bei 1,6 m/s. Spitzenfließgeschwindigkeiten von ca. 3 m/s werden bei einem HQ_1 erreicht.

Bei allen Abflüssen kommt es innerhalb der vier Bühnenfelder zu einer Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit. Eine Kehrströmung ist bis Mittelwasser zu erkennen; ab einem HQ_1 Szenario werden die Bühnen geradlinig überströmt. Die maximalen Fließgeschwindigkeiten zwischen den Bühnen schwanken zwischen 0,50 m/s bei Mittelwasser und 1,2 m/s bei Hochwasser (HQ_1). Die Bühnenfelder sind wertvolle Habitate für Jungfische. Durch die Anordnung der Bühnen kommt es zu einer Einengung des Abflussquerschnittes und einer Geschwindigkeitserhöhung im Hauptstrom. Grundsätzlich ist aber anzunehmen, dass es durch die Bühnen zu einer Fließgeschwindigkeitsreduktion im Randbereich kommt und dadurch das Ufer vor Erosionen geschützt ist.

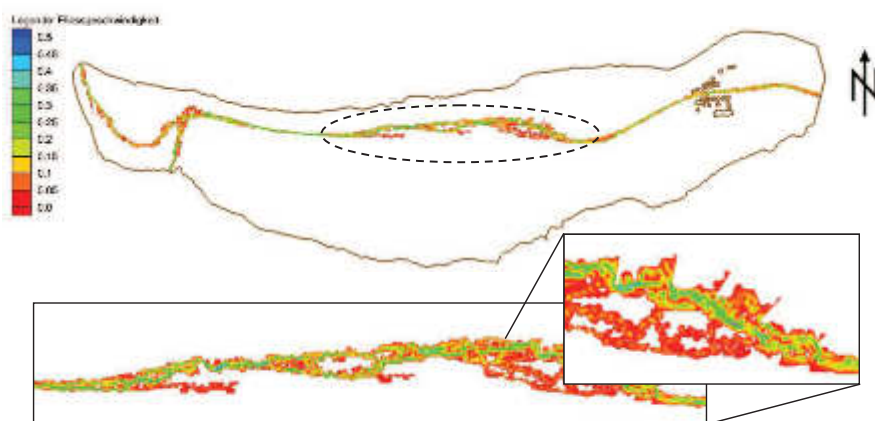


Abbildung 5.29: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser

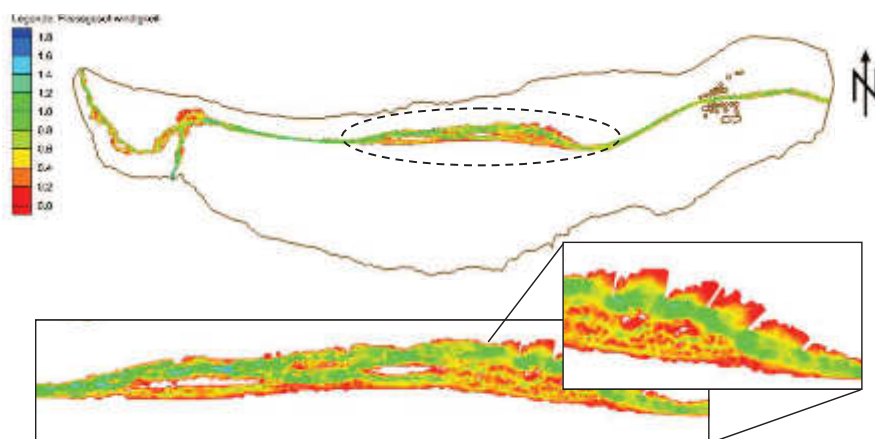


Abbildung 5.30: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser

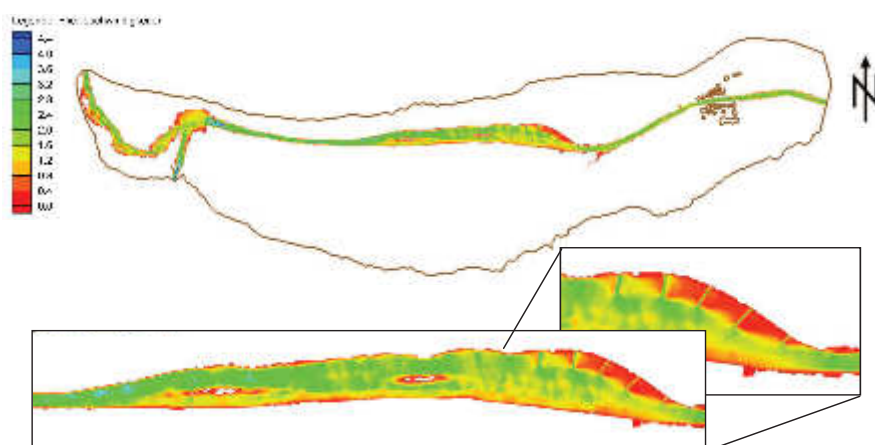


Abbildung 5.31: Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ₁ Hochwasser

5.3.4.3 Verteilung der Sohlschubspannungen

Analog zu den Kapiteln 5.3.4.1 und 5.3.4.2 geben die Abbildungen 5.32, 5.33 und 5.34 die Sohlschubspannungen bei Niederwasser, Mittelwasser und dem 1-jährlichen Hochwasser wieder. Zur besseren Visualisierung werden zusätzlich zur Gesamtansicht Ausschnitte aus der Strecke gezeigt. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind in allen drei Abflusszuständen unterschiedlich, da die Sohlschubspannung bei höheren Abflüssen größer ist. Die kritische Sohlschubspannung wurde nach Meyer-Peter und Müller (1948) mit $52,04 \text{ N/m}^2$ berechnet.

Das Ergebnis der Modellierung der Variante 3 (Umlagerungszone) zeigt, dass bereits bei Niederwasser, analog zu Variante 2, die kritische Sohlschubspannung vereinzelt überschritten wird. Es treten über den gesamten Untersuchungsabschnitt mittlere Sohlschubspannungen von $2,41 \text{ N/m}^2$ bei Niederwasser, $22,51 \text{ N/m}^2$ bei Mittelwasser und $106,17 \text{ N/m}^2$ bei einem 1-jährlichen Ereignis auf.

Die Sohlschubspannungsverteilung in der Umlagerungszone zeigt bei allen Abflüssen eine Reduktion. Bei Niederwasser treten einheitliche Sohlschubspannungen auf. Dies ändert sich mit der Zunahme des Abflusses hin zu heterogen verteilten Werten. Bei Mittelwasser sind die Sohlschubspannungen im Randbereich der Schotterinseln niedrig. Im abflusstärksten Arm der Furkationszone wird die kritische Sohlschubspannung bei Mittelwasser teils überschritten. Es kann angenommen werden, dass sich Geschiebe zeitweise ablagert. Bereits bei einem HQ_1 liegt die mittlere Sohlschubspannung über 70 N/m^2 , d.h. dass Substrat sich wieder mobilisiert und es zu einer aktiven Umlagerung kommt.

Die Sohlschubspannungen in den Bühnenfeldern liegen unter den kritischen Werten, sowohl bei Niederwasser, als auch bei Spitzenabflüssen. Das bedeutet, dass sich die mitgeführten sedimentierbaren Stoffe dort absetzen. Auffällig ist, dass über den Bühnenrumpfen Sohlschubspannungen über 400 N/m^2 erreicht werden. Eine stabile, gut gesicherte Krone muss mit eingeplant werden. Am Ende der Aufweitung führen die Verengung und das Zusammenfließen verschiedener Teilströme zu hohen Sohlschubspannungen, bei Mittelwasserabflüssen werden maximale Werte von 128 N/m^2 erreicht. Dadurch könnte sich ein Kolk ausbilden.

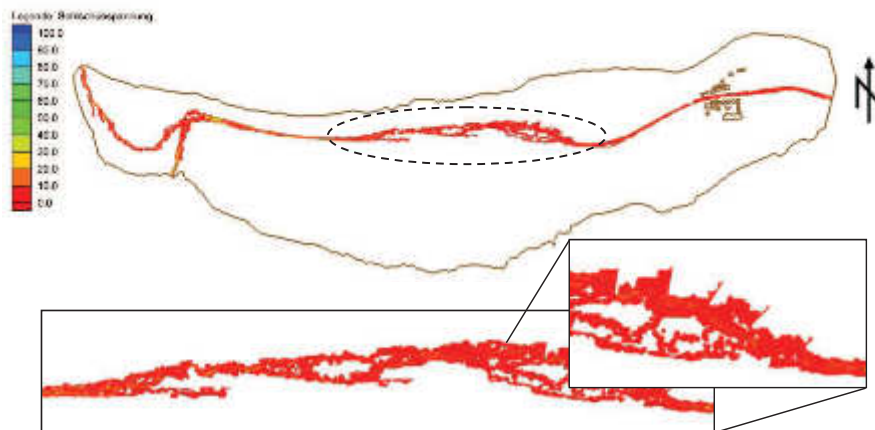


Abbildung 5.32: Grafische Darstellung der Sohl Schubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser

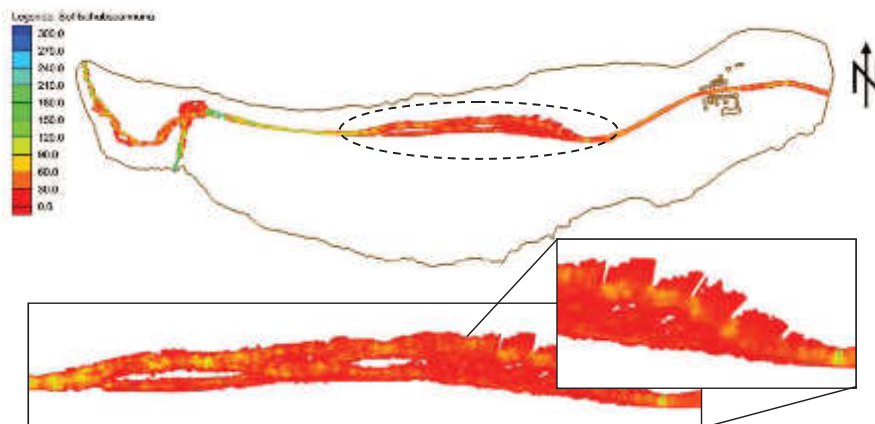


Abbildung 5.33: Grafische Darstellung der Sohl Schubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser

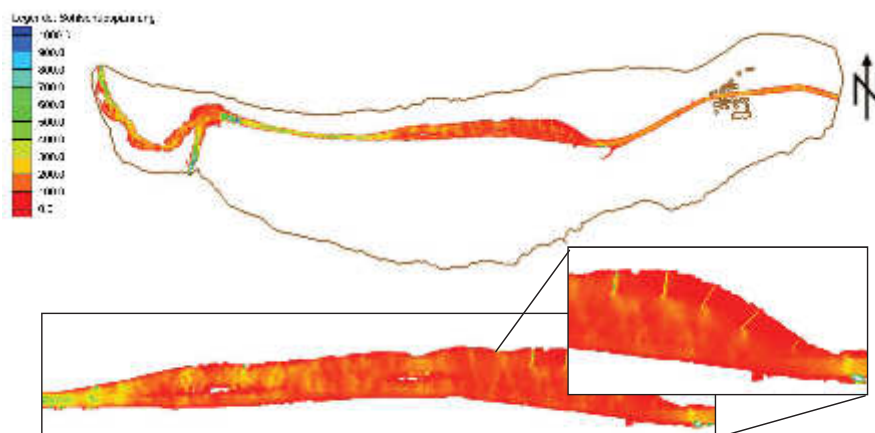


Abbildung 5.34: Grafische Darstellung der Sohl Schubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ₁ Hochwasser

5.4 Geschiebmodellierung

5.4.1 Bewegungsbeginn - Grenzs Schubspannung

„Der Bewegungsbeginn kann anhand verschiedener Fließvariablen definiert werden“ (ÖWAV, 2007a). In dieser Diplomarbeit wurde die kritische Sohlschubspannung als Parameter für den Mobilisierungsbeginn herangezogen. Die aktuelle Sohlschubspannung wurde für jedes Szenario (alle Varianten mit unterschiedlichen Abflüssen) mittels numerischer Modellierung in Hydro_AS-2d berechnet. Um den Bewegungsbeginn der Sohle zu bestimmen, wurde die kritische Sohlschubspannung nach Meyer-Peter und Müller (1948) ermittelt (siehe Formel 5.1). Die mittlere aktuelle Sohlschubspannung wurde anschließend der kritischen (τ_{crit}) gegenübergestellt. Für die Bestimmung der Grenzs Schubspannung wurde ein Beiwert $\Theta_c = 0,047$ sowie der mittlere Korndurchmesser der Linienzahlanalyse (Schotterinsel) verwendet.

$$\tau_{crit} = 0,047 * (\rho_s - \rho_w) * g * d_m \quad (5.1)$$

τ_{crit}	Sohlschubspannung bei Bewegungsbeginn [N/m ²]
ρ_s	Dichte Feststoff [kg/m ³]
ρ_w	Dichte Wasser [kg/m ³]
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
d	mittlere Korndurchmesser des Sohlmaterials [m]

Für die Dichte des Geschiebes wurde 2650 kg/m³ angenommen, das gleicht der Dichte von Granit bzw. Gneis; der d_m beträgt 0,0684 m. Die Dichte des Wassers wurde mit 999,9 kg/m³ angesetzt, das entspricht der Dichte bei 7°C (maximale Sommerwassertemperatur des Gschlößbaches).

Das Ergebnis der Berechnung ergibt eine kritische Sohlschubspannung für den theoretischen Bewegungsbeginn mit $\tau_{crit} = 52,04$ N/m². Die Ergebnisse der berechneten Sohlschubspannungen sind in Kapitel 5.3.2 bis 5.3.4 für alle drei Varianten aufgelistet. Das Ergebnis der Gegenüberstellung der Sohlschubspannungen ist in Abbildung 5.35 zu sehen. Grundlegend ist zu erkennen, dass bei Niederwasser- und Mittelwasserbedingungen das Verhältnis unter 1 liegt, das bedeutet, dass es zu keiner Mobilisierung von Geschiebe kommt. Ab dem Szenario HQ₁ ($Q = 34$ m³/s) überschreitet die mittlere aktuelle Sohlschubspannung die kritische Sohlschubspannung und liegt über dem Wert 1, d.h. dass Geschiebe transportiert bzw. umgelagert wird. Aus diesem Grund wurden für die Geschiebmodellierung jene Szenarien gewählt, welche über $\tau / \tau_{crit} = 1$ liegen.

Werden die einzelnen Varianten und der IST-Zustand miteinander verglichen, ist prinzipiell zu erkennen, dass der IST-Zustand meistens die höchsten Werte besitzt. Grund dafür ist

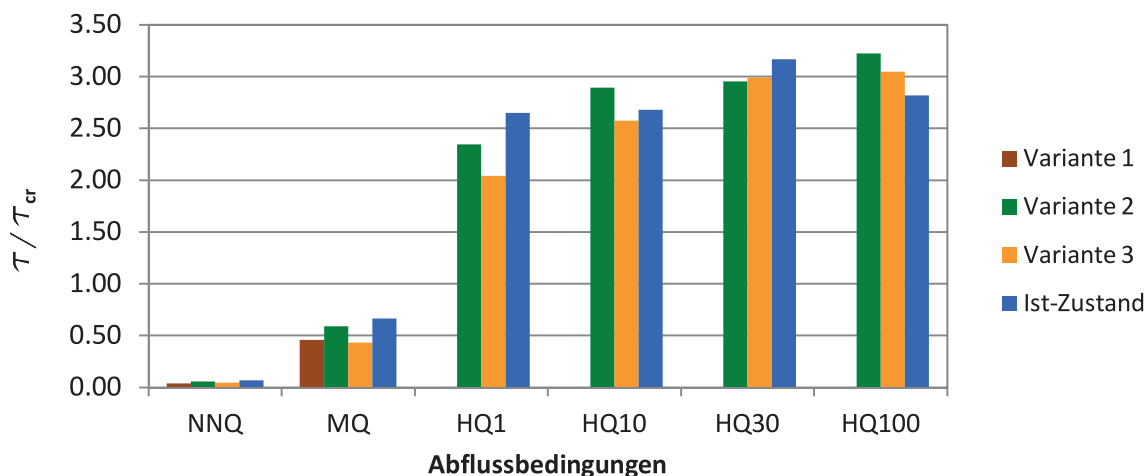


Abbildung 5.35: Gegenüberstellung τ / τ_{crit} bei verschiedenen Abflussszenarien

das eingeebnete Kanalgerinne, welches hohe Reibungen an der Gewässersohle verursacht. Bei Variante 2 und 3 wird mehr Umlagerungsraum dem Fließgewässer zur Verfügung gestellt, deshalb kommt es zu lokalen Reduktionen der Sohlschubspannungen in diesen Bereichen. Die Variante 3 weist grundsätzlich die geringsten Sohlschubspannungen auf. Betrachtet man das Verhältnis der Sohlschubspannungen bei HQ_{10} Abflüssen, ist zu erkennen, dass die Variante 2 den größten Wert besitzt. Ursache dafür sind die vereinzelt Ausreißer in den Datenwerten. Bei Variante 3 lassen sich grundsätzlich die geringsten Sohlschubspannungen erkennen. Das Sohlschubspannungsverhältnis bei HQ_{100} Zustände zeigt, dass der IST-Zustand den niedrigsten Wert von 2,82 aufweist. Die Begründung hierfür liegt darin, dass die Überschwemmungsfläche im Vergleich zu den aufgezeigten Varianten am größten ist und diese Bereiche sehr niedrige Sohlschubspannungen haben.

5.4.2 Lagemäßige Verteilung der Ablagerungen

Im folgenden Unterkapitel werden die Ergebnisse der zweidimensionalen Geschiebemodellierung mittels Hydro_GS-2d erläutert. Um die Geschiebeumlagerungsprozesse beschreiben zu können, wurde die Variante 3 als Vorzeigebeispiel auserwählt. Anhand dieser Variante kommt es durch die große Aufweitung zu den größten Ablagerungsvorgängen. Es wurden die Abflussszenarien HQ_1 ($34 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ_{10} ($62 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ_{30} ($77 \text{ m}^3/\text{s}$) und HQ_{100} ($94 \text{ m}^3/\text{s}$) gewählt. Abhängig vom Abfluss wurden unterschiedliche Stofftransportraten am Einlauf angesetzt. Die Ergebnisse zeigen die lagemäßige Verteilung der Ablagerungen nach unterschiedlichen Szenarien; zu sehen in den Abbildungen 5.36 bis 5.39. Die Fließrichtung ist im Bild von links nach rechts. Die farblichen Skalen sind bei allen Geschiebeablagerungsbildern gleich; rot dargestellt sind die geringen Ablagerungshöhen (in Meter) und blau deutet auf große Ablagerungen hin.

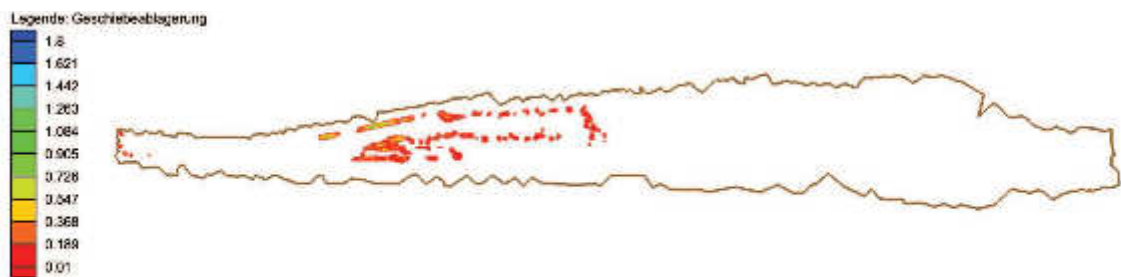


Abbildung 5.36: Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ₁

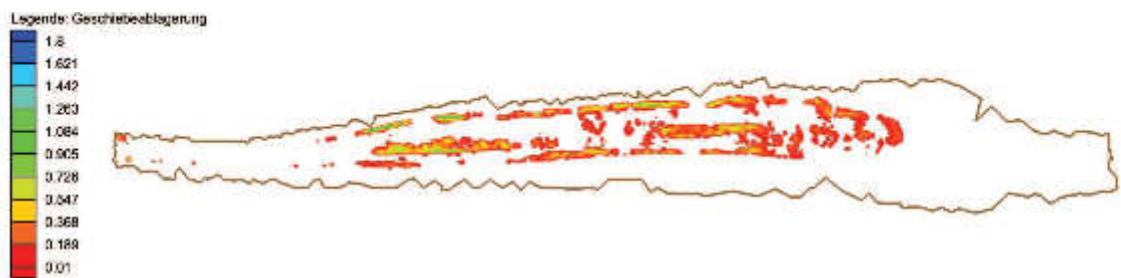


Abbildung 5.37: Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ₁₀

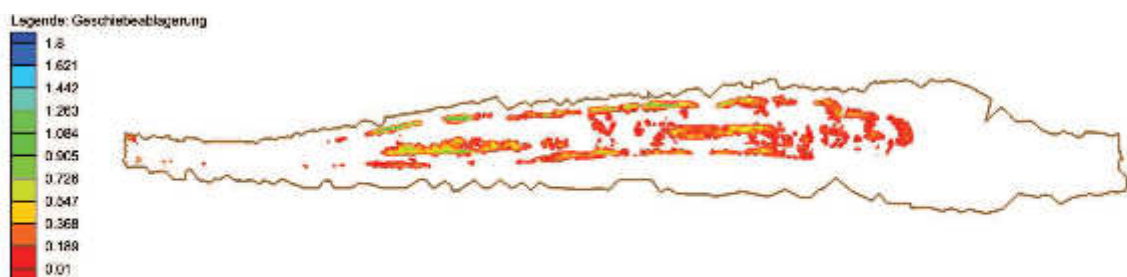


Abbildung 5.38: Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ₃₀



Abbildung 5.39: Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ₁₀₀

Das Ergebnis zeigt, dass es im Kanalgerinne zu keiner Anlandung kommt, da die kritische Sohlschubspannung weit überschritten wird. Bei geringem Stoffeintrag lagert sich das

Geschiebe bereits am Anfang der Aufweitung ab. In den Abbildungen ist ersichtlich, dass vermehrt Geschiebeablagerung in den Randbereichen, d.h. entlang von Ufern und Schotterinseln, stattfindet. Die Begründung hierfür liegt darin, dass die Sohlschubspannungen unter der Grenzschubspannung liegen und es somit zu einer Anlandung kommt. Mit zunehmendem Geschiebeeintrag ist zu erkennen, dass das größte Volumen an Ablagerungen am Ende der Aufweitung abgelagert wird. In den Bühnenfeldern sind die Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen geringer als im Flussbett, sodass sich die mitgeführten sedimentierbaren Stoffe dort absetzen können. Dieser Zustand ist in Abbildung 5.39 zu sehen.

5.4.3 Höhenmäßige Veränderungen in Querprofilen

In diesem Unterkapitel wird die Sohlveränderung nach der Geschiebemodellierung der Variante 3 erläutert. Dazu werden sechs Querprofile über die gesamte Aufweitung verteilt ausgewählt, um ein Ergebnis der höhenmäßigen Veränderung nach einem HQ₁₀₀ Szenario zu bekommen. Die Lage der Querprofile ist in Abbildung 5.40 zu sehen, wobei die Fließrichtung wiederum von links nach rechts im Bild verläuft. Bei den gegenübergestellten Querprofilen (Abbildungen 5.41 – 5.46) ist auf der Ordinate die Höhe über dem Meeresspiegel angegeben und auf der Abszisse der Abstand vom linken Ufer (orografisch).

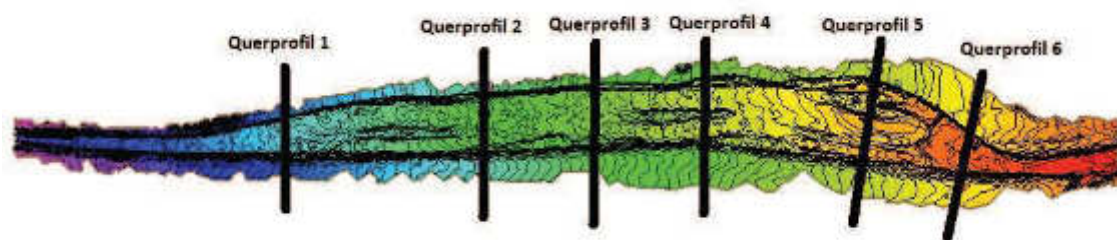


Abbildung 5.40: Übersicht der ausgewählten Querprofile im numerischen Modell nach einem HQ₁₀₀

Bei Aufweitungen breitet sich die Strömung trompetenförmig aus und erreicht erst nach einer gewissen Länge (L_w) die Uferlinie der Aufweitung. In dieser Länge wird das Ufer kaum beansprucht (Hunzinger, 2004). Das erste Querprofil liegt ca. 100 m nach Beginn des Erweiterungsbereiches; gut zu erkennen ist, dass sich die Gewässersohle kaum verändert und der Ansatz von Hunzinger (2004) bestätigt wird. Querprofil 2 und 3 zeigen geringfügige Anlandungen im Seitenbereich, da hier niedrige Sohlschubspannungen und Fließgeschwindigkeiten auftreten. Flussab kommt es zu weiteren Anlandungen in Ufernähe. Das Querprofil 4 liegt am Ende einer Schotterfläche. Es kann festgestellt werden, dass sich die Schotterfläche flussab verlagert und es zu einer höhenmäßigen Veränderung von ca. 1 m kommt. In diesem Profil ist wiederum die seitliche Anlandung vorzufinden. In Abbildung 5.45 ist das Querprofil 5 zu sehen, das am rechten Ufer (in der Grafik links) durch ein Bühnenfeld läuft. Zu sehen ist, dass es am Ufer zu keiner Erosion, sondern zu

Anlandungen kommt. In den Bühnenfeldern ist die Anlandung am höchsten und beträgt im Mittel ca. 1,10 m. In diesem Querprofil gibt es Abschnitte ohne Geschiebeablagerung. Dadurch kann allgemein festgestellt werden, dass es zu keiner flächigen Anlandung in der Aufweitung kommt, d.h. dass sich ein Hauptkanal („main channel“) ausbildet, welcher das Hauptgeschiebe abführen kann. Das Querprofil 6 liegt im Verengungsbereich; hier wird festgestellt, dass es zu keiner Anlandung aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen mehr kommt.

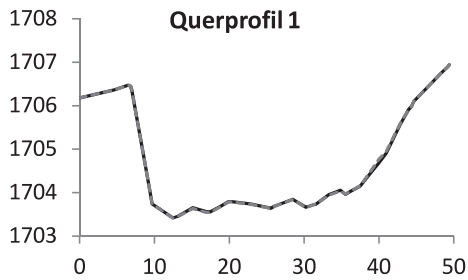


Abbildung 5.41: Darstellung des ausgewählten Querprofil 1, Geschiebeablagerung

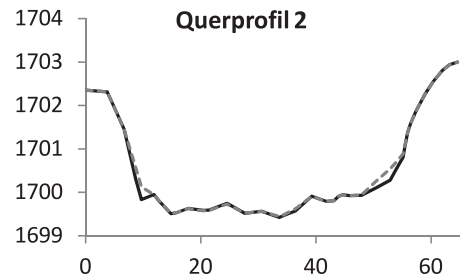


Abbildung 5.42: Darstellung des ausgewählten Querprofil 2, Geschiebeablagerung

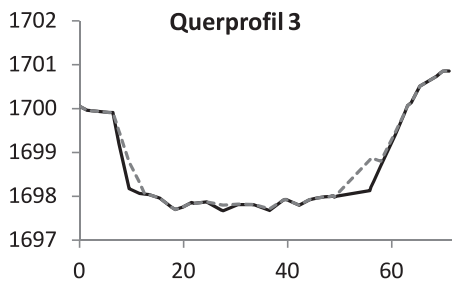


Abbildung 5.43: Darstellung des ausgewählten Querprofil 3, Geschiebeablagerung

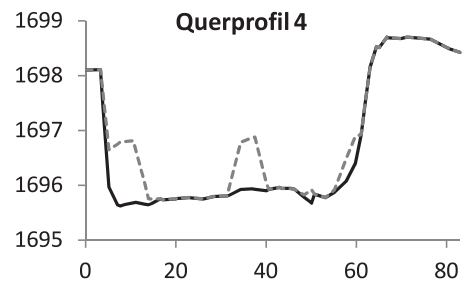


Abbildung 5.44: Darstellung des ausgewählten Querprofil 4, Geschiebeablagerung

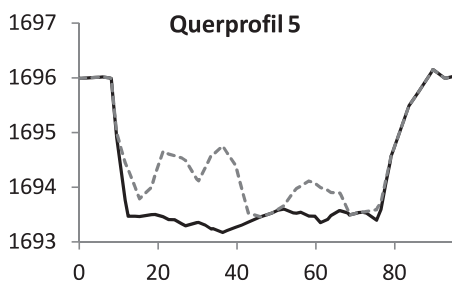


Abbildung 5.45: Darstellung des ausgewählten Querprofil 5, Geschiebeablagerung

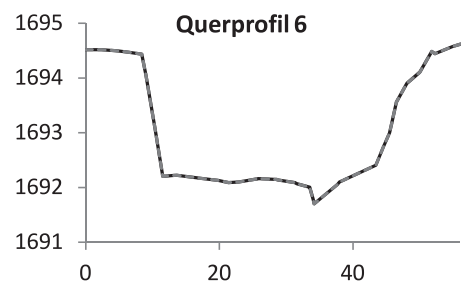


Abbildung 5.46: Darstellung des ausgewählten Querprofil 6, Geschiebeablagerung

5.5 Habitatmodellierung

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der Mesohabitatmodellierung angeführt. Die Mesohabitatmodellierung wurde für die Identifizierung der Mesohabitate der einzelnen Varianten verwendet und in weiterer Folge zur Beschreibung der veränderten Habitattypen nach verschiedenen Geschiebeumlagerungsprozessen. Die Verteilung der Mesohabitate wurde mit Hilfe des Programms Habitat Evaluation Model (HEM) bestimmt. Als Grundlage dienen die Daten der hydraulischen 2-D Abflussmodellierung mittels Hydro_AS-2d. Auf den folgenden Seiten werden nur ausgewählte Szenarien dargestellt und beschrieben, im Anhang A.3 sind weitere Ergebnisse zu finden.

5.5.1 Räumliche Verteilung der Mesohabitate

Für die grafische Darstellung der räumlichen Mesohabitatverteilungen der einzelnen Varianten und des IST-Zustandes wurde das Abflussszenario bei Mittelwasser ($Q = 3,02 \text{ m}^3/\text{s}$) herangezogen. Die Abbildungen 5.47 bis 5.50 zeigen die räumliche Verteilung der berechneten Mesohabitate. Es wurden jeweils Detailausschnitte ausgewählt, welche für die jeweiligen Varianten von Bedeutung sind.

Das Ergebnis der Mesohabitatmodellierung zeigt, dass im IST-Zustand das Kanalgerinne vom Habitattyp Schneller Rinner (Fast Run - gelber Bereich) dominiert wird. Am Ufer und entlang von Schotterflächen treten Flachwasserbereiche (Shallow Water – rote Bereiche) auf. Die überströmten Schotterinseln werden vom Habitattyp Rinner (Runs – grüne Bereiche) gekennzeichnet, d.h., dass die Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen geringer sind.

Die Verteilung der Mesohabitate bei Variante 1 zeigt im Seitenarm ein sehr heterogenes Bild. Die Mesohabitatfolge von Kolk-Furt-Sequenzen ist teilweise ersichtlich, dargestellt durch die „backwaters“ (Kehrströmungen – orange Bereiche, welche auch „Kolken“ ähneln) und „riffles“ (Furten – dunkelblaue Bereiche). Durch den revitalisierten Teilseitenarm sind vermehrt Flachwasserbereiche zu finden.

In der Aufweitung bei Variante 2 ändern sich die Mesohabitate aufgrund der geringeren Fließgeschwindigkeiten vorwiegend von Schneller Rinner (Fast Run) zu Rinner (Run). Durch die Entstehung von Furkationszonen kommen vermehrt Flachwasserbereiche an Übergangszonen zu Schotterinseln vor. Durch die Gewässerbettverbreiterung zeigt sich, dass am orografisch rechten Ufer Flachwasserbereiche entstehen. Für Jungfische kann dieser Habitattyp von großer Bedeutung sein. Die Vorlandabsenkung führt dazu, dass die Habitatvielfalt gesteigert wird und es entstehen entlang der Ufer flach überströmte Furte, Rinner und Flachwasserbereiche entlang der Ufers.

Bei Variante 3 kommt es zu einer ausgeprägten Verbesserung hinsichtlich der Mesohabitataufteilung. Die lagemäßige Verteilung der Mesohabitate zeigt, dass Rinner (grüner Bereich) dominieren. Durch die Bühnenfelder entstehen neue Habitattypen; durch die Verlangsamung der Fließgeschwindigkeiten und der Walzenbildung innerhalb der Büh-

nenfelder kommt es zur Ausbildung von Flachwasserbereichen und Kehrströmungen. Im Bereich der Bühnenköpfe entstehen Furte mit hohen Fließgeschwindigkeiten.

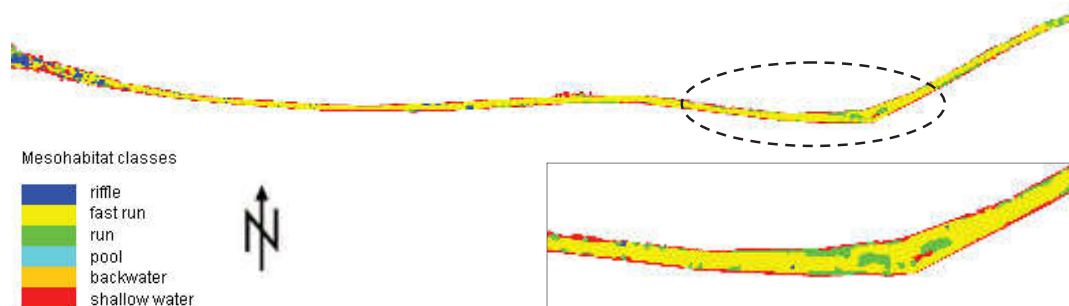


Abbildung 5.47: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - IST-Zustand bei Mittelwasser

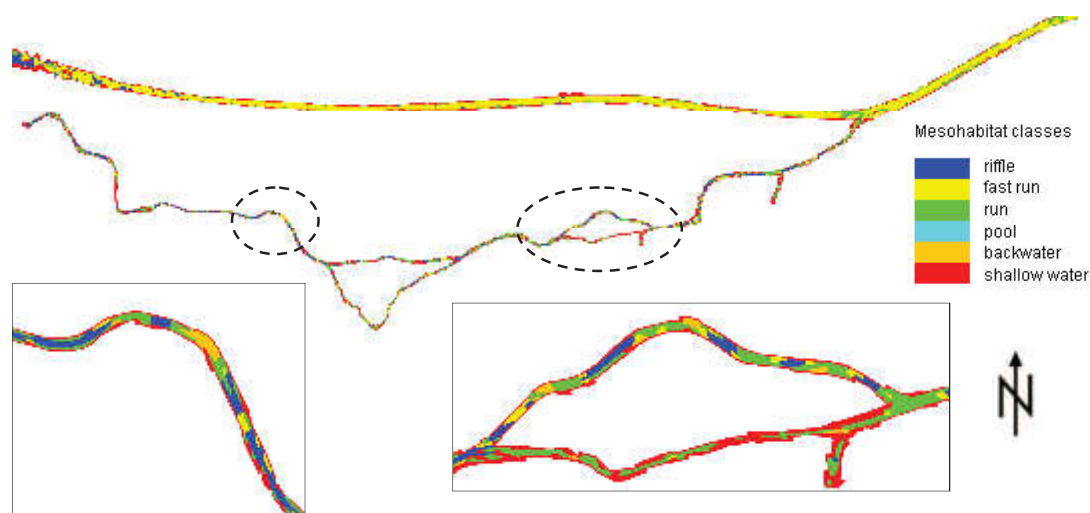


Abbildung 5.48: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1 bei Mittelwasser

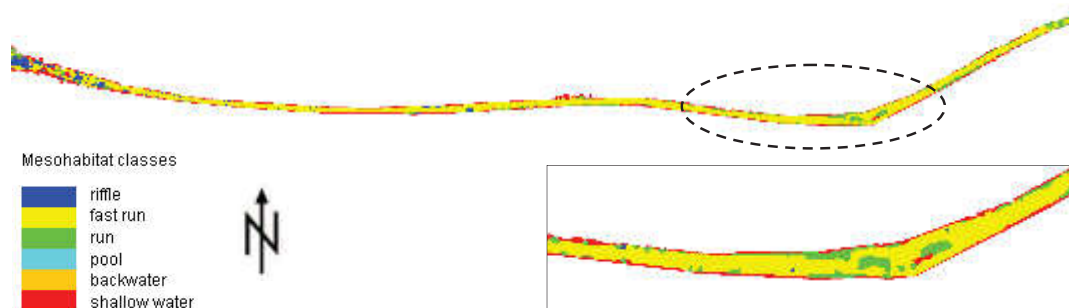


Abbildung 5.49: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2 bei Mittelwasser

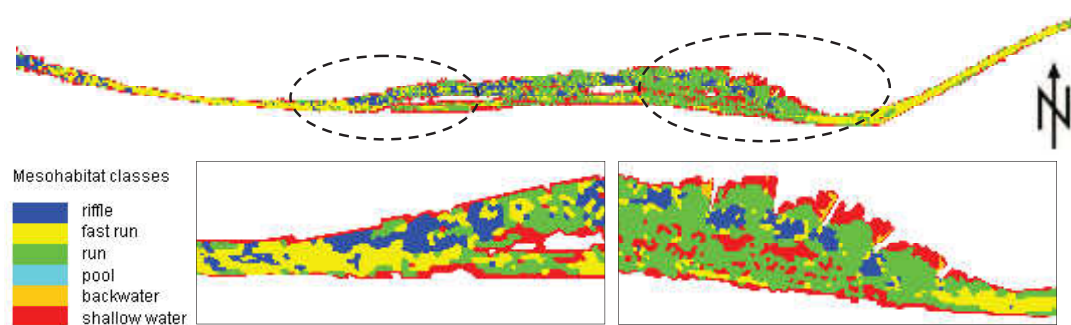


Abbildung 5.50: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3 bei Mittelwasser

5.5.2 Mesohabitatverteilung

In Abbildung 5.51 bis 5.54 sind die Mesohabitate nach ihrem prozentuellen Flächenanteil zu sehen. Als charakteristische Abflüsse wurden MNQ ($0,08 \text{ m}^3/\text{s}$), MQ ($3,02 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₁ ($34 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₁₀ ($62 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ₃₀ ($77 \text{ m}^3/\text{s}$) und HQ₁₀₀ ($94 \text{ m}^3/\text{s}$) gewählt. Für jede Auswertung wurde ein Detailausschnitt ausgewählt, um wichtige Veränderungen darstellen zu können. Für die Auswertung des IST-Zustandes wurde ein Teil des Hauptkanalgerinnes gewählt. Für Variante 1 wurde ein Teil des IST-Zustandes und des Seitenarmes ausgewählt. Bei Variante 2 und 3 wurde jeweils ein Polygon über die Aufweitungen gelegt, da sich die Habitatverteilung an dieser Stelle am stärksten verändert.

Betrachtet man die Mesohabitatverteilung bei allen modellierten Abflüssen der Varianten wurden alle Mesohabitate festgestellt, mit der Ausnahme von Kolken, welche nur bei Variante 3 in geringer Anzahl auftreten. Grund für das Fehlen der Kolke ist das vorhandene hohe Gefälle und der gestreckte Flusslauf.

Habitatverteilung IST-Zustand:

Die Ergebnisse zeigen, dass bei zunehmendem Abfluss immer geringere Flächenanteile des Mesohabitats Flachwasser auftreten. Bei einem Niederwasserszenario besteht mehr als die Hälfte der benetzten Fläche aus diesem Habitattyp. Wird der Abfluss von $3,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (MQ) erreicht, sind nur noch 16,54 % der Fläche als Flachwasserbereiche ausgewiesen. Im IST-Zustand ist ein gestreckter morphologischer Flusslauf vorzufinden, dadurch nehmen neben dem Habitattyp Flachwasser, Rinner den zweithöchsten Anteil mit 37,32 % ein. Diese Rinner werden mit zunehmendem Abfluss zu Schnelle Rinner. Bereits bei MQ erreicht dieser Habitattyp Anteile von über 50 % und wird als das am häufigsten vorkommende Mesohabitat bezeichnet. Erhöht sich der Abfluss weiter auf $94 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{100}) werden 98,31 % der benetzten Fläche vom Mesohabitat Schneller Rinner eingenommen. Im IST-Zustand ist das Vorkommen von Furtbereichen selten, da diese für diesen Gewässerabschnitt nicht charakteristisch sind. Das Mesohabitat Kehrströmung weist den kleinsten Flächenanteil auf. In Abbildung 5.51 und der dazugehörigen Tabelle 5.3 ist die Verteilung der Mesohabitate für alle modellierten Abflüsse zu sehen.

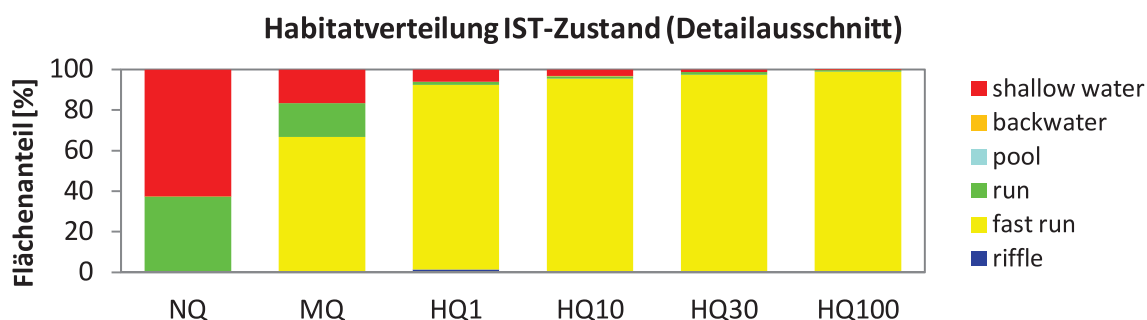


Abbildung 5.51: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - IST-Zustand

Tabelle 5.3: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - IST-Zustand

	NQ	MQ	HQ_1	HQ_{10}	HQ_{30}	HQ_{100}
riffle	0	0,25	1,48	0,64	0,61	0,68
fast run	0,06	66,48	90,93	94,82	96,82	98,31
run	37,32	16,73	1,60	1,25	1,29	0,67
pool	0	0	0	0	0	0
backwater	0,14	0	0	0,05	0	0,04
shallow water	62,48	16,54	5,99	3,24	1,28	0,31

Habitatverteilung Variante 1:

Betrachtet man die Mesohabitatverteilung der Variante 1, ist eine einseitige Verteilung bei Niederwasser und eine heterogene bei Mittelwasser zu erkennen. Bei Niederwasser-szenarien nimmt das Mesohabitat Flachwasser 68,09 % der Fläche ein, das auf Grund der niedrigen Wassertiefen entsteht. Neben dem genannten Habitat ist das Vorkommen von Rinner bei Niederwasser mit 31,81 % Flächenanteil hervorstechend. Mit zunehmendem Abfluss reduzieren sich die Flachwasserhabitate um mehr als die Hälfte und der Flächenanteil von Rinner sinkt von 30,81 % auf 22,07 %. Durch die Abflusszunahme entstehen Schnelle Rinner, welche einen Anteil von 44,98 % aufweisen. Das Mesohabitat Furt ist ab Mittelwasser vorzufinden, mit einem Anteil von 5,82 % der benetzten Fläche. In Abbildung 5.52 und der dazugehörigen Tabelle 5.4 ist die Verteilung der Mesohabitate für alle modellierten Abflüsse der Variante 1 zu sehen.

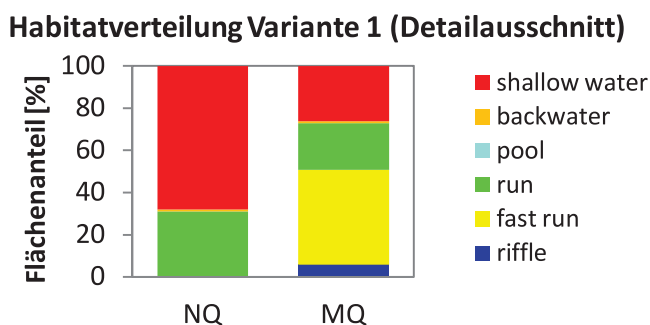


Abbildung 5.52: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 1

Tabelle 5.4: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 1

	<i>NQ</i>	<i>MQ</i>
riffle	0	5,82
fast run	0,16	44,98
run	30,81	22,07
pool	0	0
backwater	0,94	0,96
shallow water	68,09	26,18

Habitatverteilung Variante 2:

Die Ergebnisse zeigen eine ähnliche Verteilung der Mesohabitate wie im IST-Zustand. Betrachtet man die Mesohabitatverteilung der Flachwässer, ist zu erkennen, dass es von Niederwasser- auf Mittelwasserabflüssen zu einer starken Reduktion der Habitate von 67,29 % auf 21,23 % kommt. Ab dem 1-jährlichen Hochwasserszenario schwanken diese flächenmäßigen Anteile nur mehr geringfügig und liegen zwischen 7,52 % und 14,41 %. Bei einem Abfluss von 0,08 m³/s (NW) ist der Habitattyp Rinner der Zweithäufigste und nimmt ca. ein Drittel der gesamten benetzten Fläche ein. Mit zunehmendem Abfluss wird der Mesohabitattyp Rinner von Schnelle Rinner ersetzt. Bei einem Abfluss von 3,02 m³/s (MW) nimmt dieses Mesohabitat bereits 50 % der gesamten benetzten Fläche ein. Wird der Abfluss weiter erhöht, steigt der Anteil an Schnelle Rinner und erreicht bei einem 100-jährlichen Abfluss ca. 88 % und ist somit das häufigste Mesohabitat der Variante 2. Furte kommen bei Niederwasser nicht vor, steigt aber der Abfluss, wird ein kleiner Flächenanteil durch diesen Habitattyp geprägt und variiert zwischen 1,5 % und 3,96 %. Durch die Aufweitung kommt es zur Ausbildung von Kehrströmungen, welche bis HQ₁ auftreten. Sie nehmen einen Flächenanteil von 0,02 % bis 1,48 % ein. In Abbildung 5.53 und der dazugehörigen Tabelle 5.5 ist die Verteilung der Mesohabitate für alle modellierten Abflüsse der Variante 2 zu sehen.

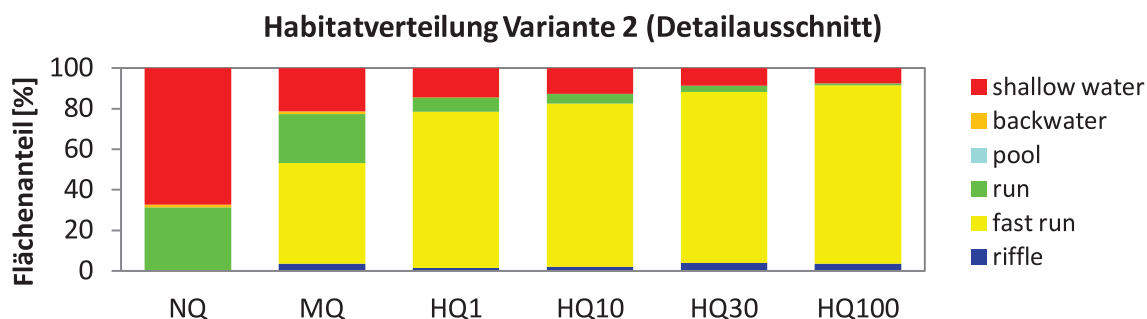


Abbildung 5.53: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 2

Tabelle 5.5: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 2

	NQ	MQ	HQ ₁	HQ ₁₀	HQ ₃₀	HQ ₁₀₀
riffle	0	3,67	1,50	2,09	3,96	3,49
fast run	0,41	49,62	77,09	80,53	84,26	88,04
run	31,00	24,01	6,98	4,62	3,21	0,95
pool	0	0	0	0	0	0
backwater	1,30	1,48	0,02	0	0	0
shallow water	67,29	21,23	14,41	12,76	8,57	7,52

Habitatverteilung Variante 3:

Die Ergebnisse zeigen wiederum einen ähnlichen Verlauf wie Variante 1 und Variante 2. Es ist zu erkennen, dass bei einem Abfluss von 0,08 m³/s (NQ) das Habitat Flachwasser das am häufigsten vorkommende Mesohabitat ist und ca. 80 % der benetzten Fläche einnimmt. Mit zunehmendem Abfluss reduziert sich dieser bei Mittelwasser auf 23,27 % und schwankt bei diversen Hochwässern zwischen 5,07 % und 8,46 %. Der Habittyp Rinner ist der Zweithäufigste im Niederwasserszenario, welcher bei Abflüssen von 3,02 m³/s (MQ) steigt und den ersten Rang einnimmt. Zwischen Mittelwasserabflüssen und 1-jährlichen Hochwasserszenarien ist zu erkennen, dass das Mesohabitat Schneller Rinner dominiert und andere Habitats verdrängt. Es werden Rinner und Furte zu Schnelle Rinner und Flachwasserbereiche teilweise zu Rinner. Auffällig bei dieser Variante ist der relativ hohe Anteil des Mesohabitates Furt mit 14,34 % bei Mittelwasser. Grund dafür sind die eingebauten Buhnen, welche am Buhnenkopf Furtbereiche erzeugen und die große benetzte Breite in der Aufweitung. Der flächenmäßige Anteil von Furte schwankt ab dem 1-jährlichen Hochwasserszenario zwischen 1,4 % und 4,48 %. Kehrströmungen treten bei 1-jährlichen Hochwässern am stärksten auf.

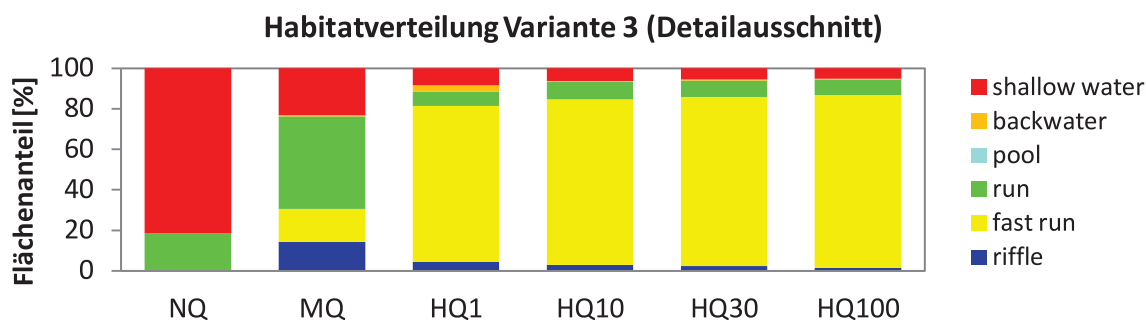


Abbildung 5.54: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 3

Tabelle 5.6: Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 3

	NQ	MQ	HQ ₁	HQ ₁₀	HQ ₃₀	HQ ₁₀₀
riffle	0	14,34	4,48	2,85	2,27	1,40
fast run	0,09	16,14	76,85	81,91	83,52	85,45
run	18,36	45,68	7,07	8,56	8,11	7,64
pool	0	0	0,02	0	0,01	0,02
backwater	0,11	0,57	3,13	0,39	0,48	0,43
shallow water	81,44	23,27	8,46	6,29	5,62	5,07

5.5.3 Räumliche Verteilung der Mesohabitate nach Anlandung

Die Ergebnisse der Geschiebesimulation zeigen unterschiedliche Anlandungsverteilungen. Aus diesem Grund wurde eine weitere Mesohabitatmodellierung mit der Software Habitat Evaluation Model (HEM) durchgeführt, um die Änderungen quantifizieren zu können. Die Ergebnisse sollen auch Aufschluss über die Fließgewässerdynamik und damit betroffenen Pionierflugesellschaften auf den Schotterinseln und den Habitatänderungen für die Bachforelle geben. In den nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 5.55 – 5.60) werden die Mesohabitatverteilungen bei Niederwasserabflüsse ($Q = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$) und Mittelwasserabflüsse ($Q = 3,02 \text{ m}^3/\text{s}$) gezeigt. In der jeweiligen ersten Abbildung ist der Bestand (ohne Geschiebeanlandung) zu sehen, damit Differenzen schneller erkannt werden können. Die zweite Abbildung präsentiert die Mesohabitatverteilung nach einem HQ₁ Hochwasser und in der letzten Grafik ist die Habitatverteilung nach einem HQ₁₀₀ Hochwasser (größte mögliche Geschieberate) zu erkennen. Die Mesohabitatklassen sind in allen Abbildungen farblich gleich dargestellt.

Durch die Geschiebesimulation kommt es in unterschiedlichen Gebieten zu mehr oder weniger großen Anlandungen. Bei Niederwasserszenarien ist zu erkennen, dass das Mesohabitat Flachwasser sowohl im Bestand als auch nach HQ₁ und HQ₁₀₀ Geschiebeszenarien dominiert. Neben Flachwasserbereichen, welche durch geringe Fließgeschwindigkeiten geprägt sind, kommen Rinner zweithäufigst vor. Es kann ein Linienverlauf dieses Mesohabitats erkannt werden.



Abbildung 5.55: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Bestand ohne Anlandung



Abbildung 5.56: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Anlandung nach HQ₁ Szenario



Abbildung 5.57: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Anlandung nach HQ₁₀₀ Szenario

Vergleicht man den Bestand und die HQ₁-Geschiebeumlagerung miteinander, können kaum Veränderungen festgestellt werden. Grund dafür könnte die geringe Geschiebemobilisierung sein. Zu erkennen ist, dass die Mesohabitatverteilung nach einem HQ₁₀₀ Ereignis größere Veränderungen mit sich bringt. Durch die Anlandung wird die benetzte Fläche um ca.

20 % bei Niederwasser reduziert. Das heißt, dass sich ein Hauptfluss ausbildet, welcher im Randbereich Flachwasserhabitate aufweist und im Talweg durch Rinner gekennzeichnet ist. Die Anlandung in den Bühnenfeldern führt zu Mesohabitatveränderungen; bei Niederwasser werden die Flachwasserbereiche durch Kehrströmungen teilweise ersetzt.

Wird die Mesohabitatverteilung bei Mittelwasserabflüssen betrachtet, bewirkt die Abflusszunahme eine Veränderung der Mesohabitate, Flachwasserbereiche werden durch Furte und Rinner ersetzt. Im Bereich des Hauptflusses, welcher sich nach größeren Geschiebeumlagerungsereignissen ausbildet, wechseln sich die Habitate Rinner, schneller Rinner und Furt ab, bilden jedoch kaum größere zusammenhängende Bereiche.

Durch die Anlandung von Geschiebe entlang von Ufern kommt es zu einer Querschnittseinengung, jedoch zu keiner ausgeprägten Veränderung der Mesohabitate. Durch den Geschiebetransport bei einem HQ₁ Szenario kommt es zu einem Zuwachs der Schotterflächen. Es wird festgestellt, dass sich am Anfang der Aufweitung die benetzte Fläche verkleinert, es findet jedoch keine ausgeprägte Änderung der Mesohabitate statt. Die Mesohabitatverteilung ändert sich erst bei höheren Abflüssen aufgrund der größeren Geschiebetransportrate. Durch die Anlandungen am Ende der Aufweitung nach einem 100-jährlichen Ereignis, zeigt sich eine Reduktion der benetzten Fläche um ca. 10 %. Es bilden sich Hauptströme aus, in welchen Rinner dominieren. Wie schon bei Niederwasser ersichtlich, kommt es in den Bühnenfeldern zu Geschiebeablagerungen. Damit verbunden ist die Zunahme der Kehrströmungsbereiche und Ausbildung von Flachwasserseitenarmen.

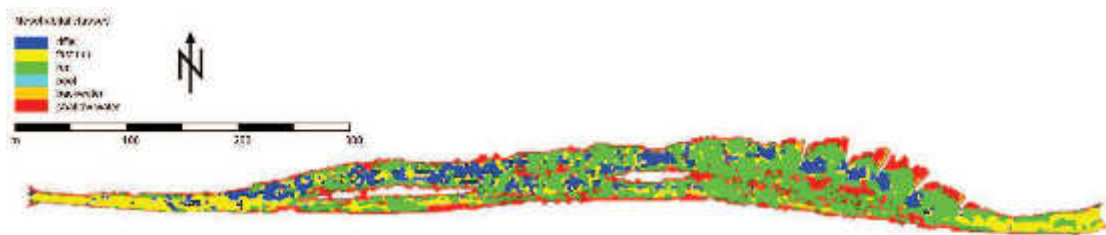


Abbildung 5.58: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Bestand ohne Anlandung

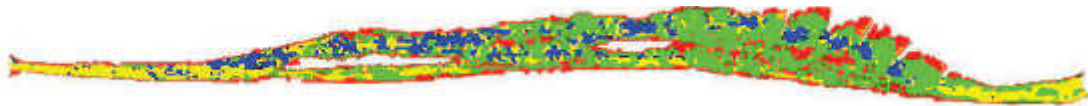


Abbildung 5.59: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Anlandung nach HQ₁ Szenario

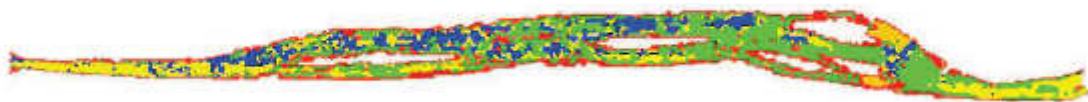


Abbildung 5.60: Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Anlandung nach HQ₁₀₀ Szenario

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es mit der Zunahme der Geschiebetransportrate zu Verbesserungen der Strukturvielfalt kommt und damit zu einer Steigerung der Mesohabitatdiversität.

5.6 Vegetationsökologische Untersuchung

Im Zuge der Feldarbeit wurde eine Vegetationskartierung durchgeführt. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse dargelegt.

5.6.1 Beschreibung der Habitatklassen

Für diese Diplomarbeit wurde im Bereich des Geschiebeablagerungsplatzes eine vegetationsökologische Kartierung durchgeführt, um typische Vegetationsaufkommen bei den einzelnen Varianten mitberücksichtigen zu können. Im Kartierungsgebiet wurden sechs Habitatklassen gefunden: Schotterbank, Schotterpionierflur, Fettwiesen mit oder ohne Schotter, Magerwiesen mit oder ohne Schotter, Grünerlengebüsch und Niedermoore. Nachfolgend sind die einzelnen Klassen beschrieben. Für die Klassen Schotterbank und Schotterpionierflur wurden zusätzlich Substratgrößen und Deckungsgrad mitklassifiziert, um eine differenzierte Darstellung zu erhalten. Die Beschreibung der Habitatklassen ist nachstehend mit einem Beispielfoto aufgelistet.

Habitatklassen



Abbildung 5.61: charakteristisch vorhandene Schotterbank

Schotterbank

Abhängig vom Geschiebetransport und von der Hochwassersituation wird dieser Bereich von Umlagerungsprozessen geprägt. Die Morphodynamik auf den Schotterbänken ist hoch bis sehr hoch, d.h. es findet im Jahr öfter eine Umlagerung statt. Das Substrat reicht von Mikrolithal (2,0 - 6,3 cm) bis Megalithal (über 40 cm), wobei sich dazwischen Sand ablagern kann. Auf den Schotterbänken kann sich keine Vegetationsdecke ausbilden.



Abbildung 5.62: Schotterpionierfluren mit Holzablagerung

Schotterpionierflur

Dabei handelt es sich um Schotterflächen mit Sukzessionsprozessen (Entwicklung von Vegetation). Die Morphodynamik auf den Standorten ist geringer. Die Substratgröße liegt zwischen Mikrolithal und Mesolithal, Sandablagerungen sind vermehrt zu finden. Es kann zu Ablagerungen von Treibholz kommen. Aufgrund der regelmäßigen Umlagerung kann sich keine geschlossene Vegetationsdecke ausbilden. Eine lückige Vegetationsdecke mit Pionierpflanzen, wie z.B. *Epilobium fleischeri* (Fleischers Weidenröschen), *Rumex Scutatus* (Schild-Ampfer), kann sich entwickeln.



Abbildung 5.63: charakteristisches Aussehen einer Fettwiesen

Fettwiesen

Die Krautschicht ist geschlossen und es dominieren Wiesengräser, wie z.B. Alpen-Rispengras (*Poa alpina*), Gewöhnliches Raues Milkraut (*Leontodon hispidus*), Rost-Schwingel (*Festuca rubra*), Kriechender Klee (*Trifolium repens*). An manchen Standorten können Bürstlinge von benachbarten Magerwiesen eindringen. Diese Habitatflächen werden im Hochwasserfall nicht überflutet. Die Fettwiesen werden in diesem Bereich bereits extensiv beweidet.



Abbildung 5.64: Magerwiese nahe der Schotterumlagerungsfläche

Magerwiesen

Dieser Lebensraumtyp wird von einer niederwüchsigen Krautschicht besiedelt. Die relativ offene Struktur wird durch Bürstlinge (*Nardus stricta*) aufgebaut. Der nährstoffarme Standort wird bei Hochwässern kaum flächig überflutet. Vereinzelt findet man noch größere Gesteinsakkumulationen aus älteren Hochwässern. Es kann in diesen Bereichen trotzdem zu Sandablagerungen nach Hochwässern kommen.



Abbildung 5.65: vorhandenes Grünerlengebüsch

Grünerlengebüsch

Dabei handelt es sich um einen dichten mehrjährigen Grünerlenbestand (*Alnus viridis*). Dieser Lebensraumtyp kommt häufig an Bachufern bzw. an Schutthalden vor und wird von Hochwässern nicht mehr beeinflusst.



Abbildung 5.66: typisches Aussehen eines Niedermooses

Niedermoor

Dabei handelt es sich um Niedermoorgesellschaften quelliger bis wasserzügiger Standorte mit hoch anstehendem Grundwasser. Sie entstehen in Flussniederungen. Die Vegetation ist geprägt durch eine Braunseggenesellschaft (*Carex nigra*).

Substratgrößen

- 1:** klein (< 10 cm)
- 2:** mittel (10-15 cm)
- 3:** groß (> 15 cm)

Deckungsgrad (mit Geröll)

vereinzelt: < 20 % Deckung

vermehrt: Zwischen 20 % und 70 % Deckung auf der Fläche

dominierend: > 70 % Deckung

5.6.2 Flächenausweisung der Habitatklassen

Das untersuchte Gebiet im Bereich des Geschiebeablagerungsplatzes am Gschlößbach weist eine Gesamtfläche von 49525 m² auf. Mittels ArcGIS wurde eine Gesamtübersicht erstellt, in welcher die einzelnen Flächen ausgewiesen sind. Die Substratgröße und der Deckungsgrad sind in Zahlen dargestellt. Die Karte ist in Abbildung 5.73 zu sehen. Zusätzlich wurde ein Diagramm erstellt, um einen Überblick über die prozentuelle Verteilung der Habitate zu erhalten (Abbildung 5.69).

Das Ergebnis zeigt, dass rund 37 % der Gesamtfläche (ca. 17501 m²) von Schotterbänken eingenommen wird. Grund für den hohen Anteil ist das HQ₃₀ Ereignis Tage vor der Begehung. Abbildung 5.67 zeigt den Zustand im Jahr 2013 und Abbildung 5.68 den von 2014 (nach der Umlagerung). Dadurch soll veranschaulicht werden, dass Umlagerungs- und Umgestaltungsprozesse plötzlich geschehen können.

Rund 17,50 % der untersuchten Fläche (ca. 7834 m²) werden den Schotterpionierfluren zugeordnet. Diese Flächen sind charakteristisch für den FFH Lebensraumtyp 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“. In diesem Lebensraum ist das Aufkommen von *Epilobium fleischeri* eine Wertsteigerung. Es wurde ein kleines Vorkommen gefunden; die Standorte liegen am Rande des Viltragenbaches auf dem natürlichen Wall der Geschiebeablagerung. Diese Standorte bieten gute Keimungsbedingungen, da zwischen den grob blockigen Steinen unter anderem Feinsedimente vorliegen. Die Karte in Abbildung 5.73 zeigt die Fundorte, welche mit roten Punkten markiert sind.

Fettwiesen haben einen Anteil von ca. 17 %, das entspricht einer Fläche von 7963 m². Es wurde dabei zwischen Flächen ohne Schotter und Flächen mit Schotter unterschieden. Der



Abbildung 5.67: Abbildung der Umlage-
rungszone - Zustand 2013



Abbildung 5.68: Abbildung der Umlage-
rungszone - Zustand 2014

Anteil an Fettwiesen mit Schotter ist geringer und beträgt ca. 2793 m². Grund dafür ist die Entfernung zum Fließgewässer und die geschützte Lage hinter dem Grünerlengebüsch. Diese Flächen sind von Geschiebeschüben gewissermaßen geschützt.

Im Untersuchungsgebiet weist die Habitatklasse der Magerwiesen eine Fläche von 5809 m² auf, das sind ca. 12 % des Gesamtgebietes. Dieses Gebiet ist geprägt durch die Widerstandsfähigkeit der Bürstlinge und verzahnt sich mit unterschiedlichen Pflanzengesellschaften. Die kartierten Magerwiesenflächen liegen vorwiegend angrenzend an den Schotterbänken, welche regelmäßig überflutet und umgelagert werden. Es kann ein fließender Übergang der beiden Habitatflächen festgestellt werden. Dadurch kommt es zu Schotteransammlungen in den Magerwiesenflächen. Rund 16 % des untersuchten Gebietes wird von Grünerlengebüsch eingenommen. Diese staudenreiche Gebüschgesellschaft liegt am orografisch linken Ufer des Viltragenbaches am Ende des Steilhanges. Das Habitat der Braunseggen-Niedermoores ist lediglich an einer kleinen Stelle zu finden und beträgt ca. 0.5 % der Gesamtfläche.

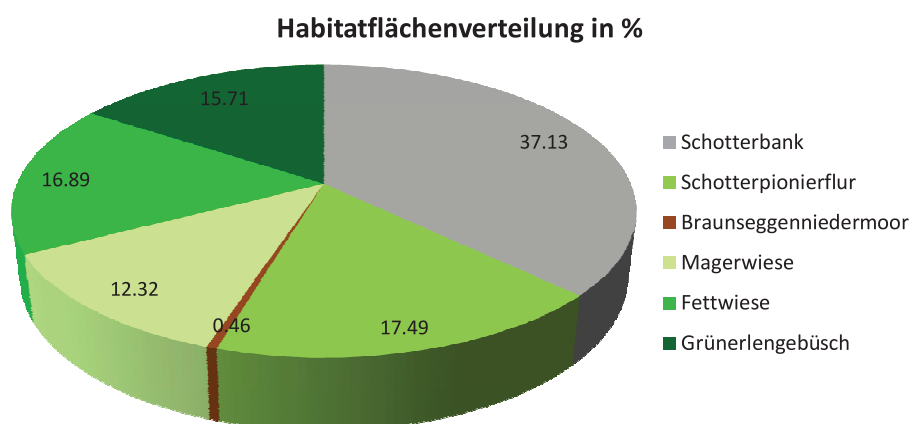


Abbildung 5.69: prozentuelle Verteilung der erhobenen Habitatflächen

5.6.3 Ergebnis der standortspezifischen Pflanzengemeinschaft

Bei der Begehung der naturnahen Vergleichsstrecke am Kalserbach im Dorfertal handelt es sich um eine Furkationsstrecke mit einer Ausdehnung von ca. 250 m Länge und ca. 90 m Breite. Die Strecke ist geprägt durch offene Schotterflächen und Schotterpionierflurflächen mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien. Auf den Schotterflächen gibt es einige Totholzansammlungen, welche zu strömungsberuhigten Bereichen hin führen. In diesen Bereichen kommt es zu Sandablagerungen; sie dienen als Ausgangspunkt für die Wiederbesiedlung von Pionierpflanzen. Diese Habitatflächen sind mit angrenzenden Quellfluren und Niedermooren verzahnt, die sich in den Randbereichen befinden. Angrenzende Wiesengräser verbreiten sich über die Zeit in den Randzonen von Furkationen. Abbildung 5.72 zeigt einen Überblick der gefundenen Pflanzen. Blau markiert ist *Epilobium Fleischeri*, diese Art wurde am Kalserbach nicht gefunden, ist jedoch für den Gschlößbach eine bedeutende Art.



Abbildung 5.70: Furkationsstrecke Kalserbach - sehr dynamisch



Abbildung 5.71: Totholzansammlung in der Furkationsstrecke am Kalserbach

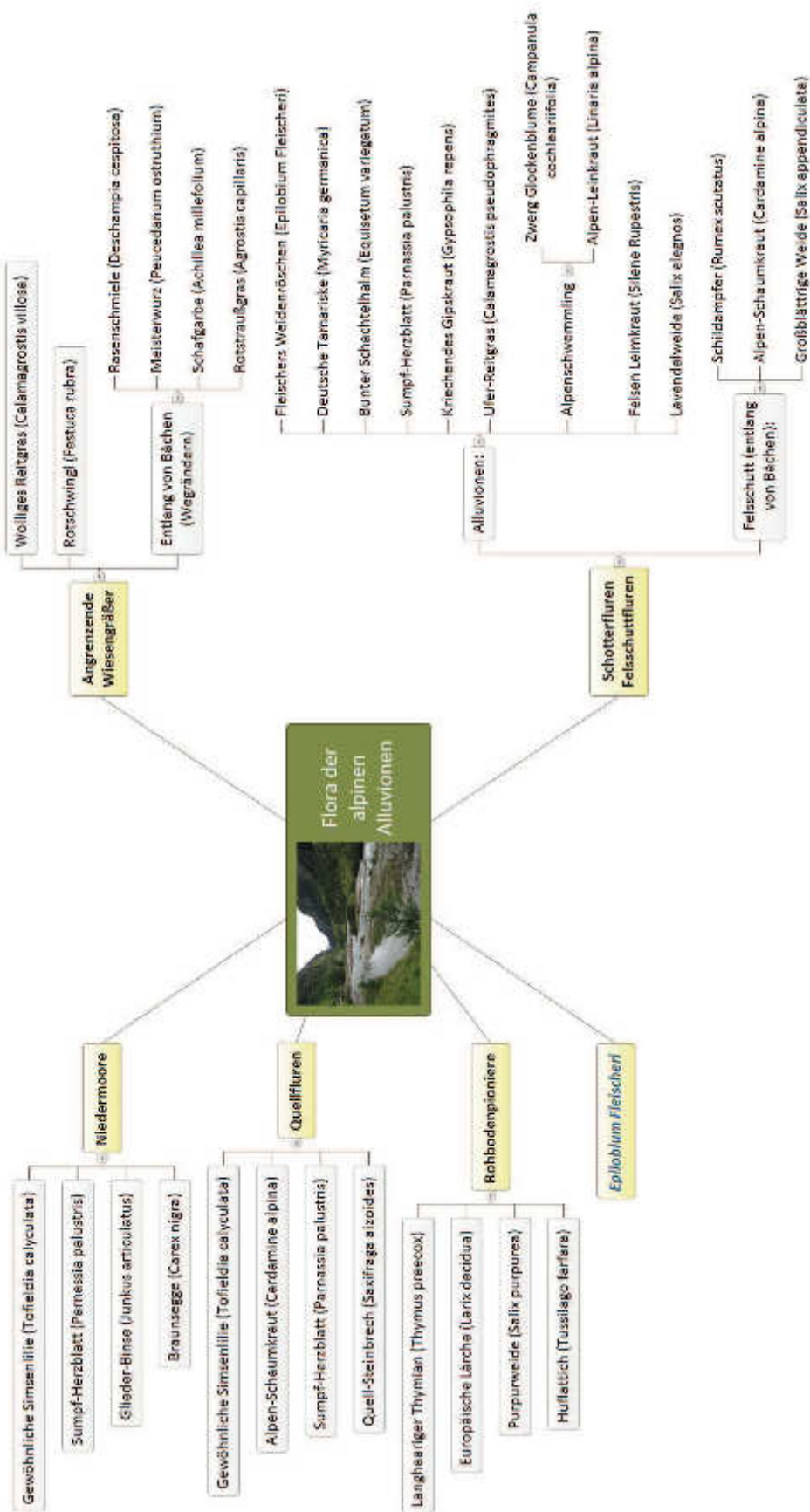


Abbildung 5.72: Übersicht der standortspezifischen Pflanzengemeinschaften

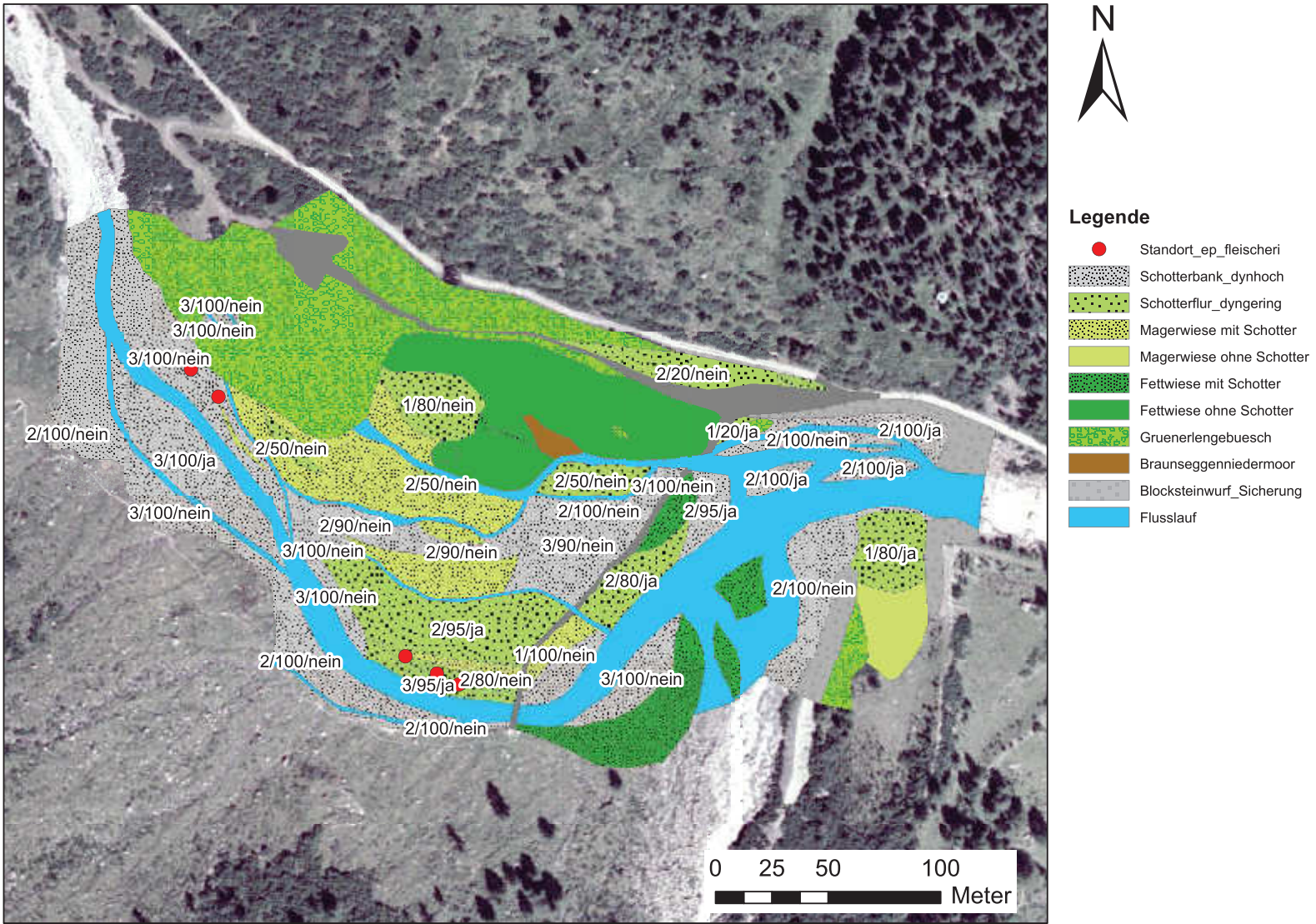


Abbildung 5.73: Kartendarstellung der Habitate, Flächenausweisung

5.7 Auswirkung auf Hochwässer

In folgendem Kapitel werden Auswirkungen der Varianten auf Hochwässer dargestellt. Mit Hilfe des Programms SMS und AutoCAD konnte eine Übersichtskarte der Überflutungsflächen erstellt werden. In Abbildung 5.74 sind die Überflutungsflächen der HQ_{100} – Ereignisse dargestellt; orange ist die Umrandung der Überflutungsfläche des IST-Zustandes, grün zeigt die Abgrenzung der Variante 2 und die blaue Linie stellt die äußere Umrandung der benetzten Fläche von Variante 3 dar. Der dazugehörige Längenschnitt ist in Abbildung 5.75 mit den gleichen Farben abgebildet.

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass die Variantenoptionen 2 und 3 eine Reduktion der Überflutungsflächen herbeiführen können. Wie aus der Abbildung 5.74 festzustellen ist, kommt es im bestehenden Gerinne zu großen flächigen Überschwemmungen. Die benetzte Fläche beträgt bei einem Abfluss von $94 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{100}) ca. 23 ha. Der Einfluss der Vergrößerung der Flussbettbreite auf den Wasserspiegel lässt sich durch die Senkung in den Aufweitungen und durch die Reduktion der Überflutungsflächen sehr gut erkennen. Durch Variante 2 und 3 wird die benetzte Fläche um ca. 42 % gegenüber dem IST-Zustand reduziert und die absenkende Wirkung kann aus der Abbildung 5.75 abgelesen werden. Es zeigt sich eine mittlere Absenkung in der Aufweitung bei Variante 3 von ca. 1,10 m und bei Variante 2 von ca. 0,70 m. Diese Werte treffen ohne Berücksichtigung des Geschiebetransportes zu, d.h. dass der Wasserspiegel durch die Anlandungen ansteigen könnte.

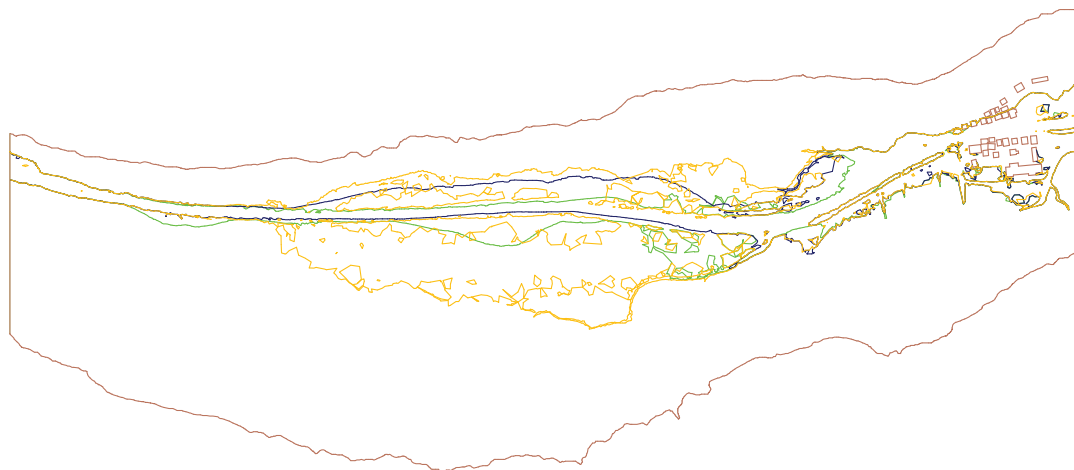


Abbildung 5.74: Grafische Darstellung der Überflutungsflächen bei einem HQ_{100} ; gelb=IST-Zustand, grün=Variante 2, blau=Variante 3

In Abbildung 5.74 ist zu erkennen, dass es durch die Restrukturierung zu keinem Hochwasserschutz für das Almdorf kommt. Die Begründung hierfür liegt darin, dass es durch das hohe Gefälle zu keiner ausgeprägten Retentionswirkung in den Aufweitungen kommt.

Infolgedessen müsste das Almgebiet Innergschloß durch zusätzliche Hochwasserschutzmaßnahmen geschützt werden.

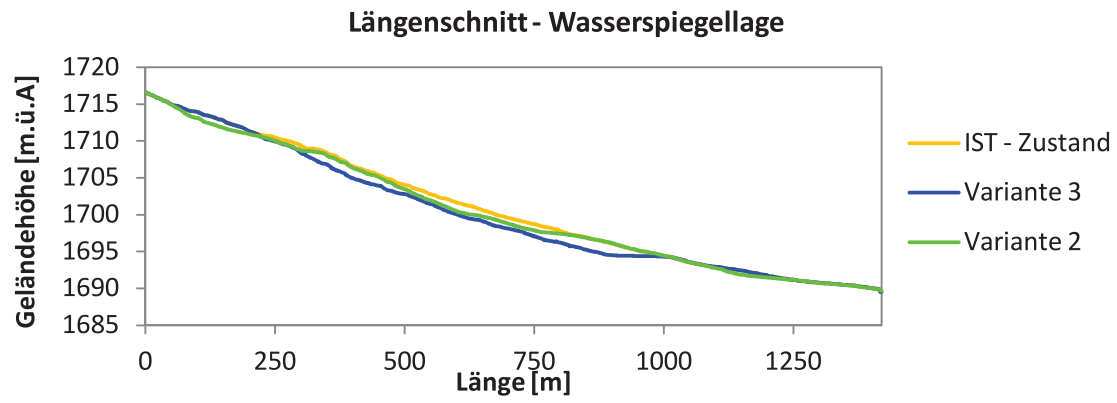


Abbildung 5.75: Längenschnitt: Vergleich der Wasserspiegellagen

6 Diskussion und Zusammenfassung

Der Gschlößbach weist im Untersuchungsgebiet einen gestreckten Flusslauf auf. Durch die Veränderung der Morphologie soll ein naturnaher Gewässerabschnitt entstehen. Für die Erstellung der Varianten ist eine einmalige Zustandserhebung der Gewässergeometrie notwendig, um eine integrative Bewertung von Fließgewässern durchführen zu können. Durch hydrodynamisch-numerische Modellierungen, welche Stand der Technik hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Fragestellungen sind, wurden der IST-Zustand und die Varianten untersucht. Die Topografie des Umlandes wurde durch hochaufgelöste Laserscandaten erfasst, die Flusssohle durch terrestrische Vermessungsarbeiten. Wichtig für die numerische Berechnung ist, dass eine Auslaufstrecke des Modells vorhanden ist. Die Flusssohle wurde jedoch lediglich flussauf der Almsiedlung durchgeführt, d.h. flussab fehlt die Information des Talweges. Um diesen Fehler entgegenzuwirken, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierfür wurde die Flusssohle manuell nachjustiert und anschließend Auswirkungen ermittelt. Das Ergebnis zeigte keine nennenswerte Auswirkungen durch die manuelle Veränderung des Modelles.

Inwieweit sich die morphologischen Verhältnisse durch die Variantenoptionen verändert haben, zeigt der Vergleich der Situation vor und nach der Variantendurchführung. Bei allen Varianten kann eine Verbesserung der Lebensraumverhältnisse hinsichtlich Morphologie und Ökologie erreicht werden. Durch die Wiederherstellung von dynamischen Prozessen könnten vielfältige Struktur-, Strömungs- und Sohlstabilitätsverhältnisse erzielt werden. Durch die Maßnahmen werden Kolk-Furt-Sequenzen, tiefere Rinner, schnell durchströmte Furtstrecken, strömungsberuhigte Uferzonen, Schotterflächen u.a. Habitate geschaffen. Auf Schotterflächen kann es zu einer Wiederansiedlung mit Schotterpionieren (z.B. *Epilobium Fleischeri*) kommen. Es besteht die Möglichkeit, alle Varianten miteinander zu kombinieren, um einen einzigartigen Fließgewässerlebensraum neu zu schaffen. Demzufolge könnte sich ein guter ökologischer Zustand einstellen.

Die möglich erreichten Verbesserungen durch die einzelnen Varianten sind nachfolgend erläutert.

Das Vorkommen von Bachforellen in alpinen Fließgewässern ist von verschiedenen Parametern wie Gefälle, Seehöhe, Flussordnungszahl, etc. abhängig (Schmutz et al., 2005). Im Untersuchungsgebiet könnte sich nach den Restrukturierungsarbeiten eine Bachforellenpo-

pulation unter diesen Bedingungen wieder ansiedeln. Es gibt vergleichbare Standorte, wie z.B. im Dorfertal in Osttirol, wo eine beständige Bachforellenpopulation aufkommt (Projekts „Trout Exam Invest“). Die Bachforelle findet im Seitenarm der Variante 1 passende Laichhabitats (Furtbereiche), da zusätzlich das Substrat des bestehenden Rossebenbaches, welcher verlängert wird, unter anderem kiesiges Material führt. Die Geschiebeeintragsmenge bzw. Korngröße aus dem Schlattenbach müsste durch technische Maßnahmen, wie z.B. einem Tiroler Wehr, beschränkt werden, um ein Verlanden des neuen Seitenarmes zu verhindern. Bei einer möglichen Umsetzung der Maßnahme, müsste dieser Eingriff genauer untersucht werden.

Durch den mäandrierenden Verlauf können Kolk-Furt-Frequenzen entstehen. Mit Hilfe der numerischen Modellierung und des Programmes Habitat Evaluation Model (HEM) ist die Abschätzung abiotischer Größen und der Mesohabitats möglich. Dabei zeigt sich, dass die Kolk-Furt-Sequenzen in Krümmungstrecken typische Fließgeschwindigkeits- und Wassertiefenverteilungen aufweisen und folglich als Laichhabitat für Bachforellen dienen können. Zusätzlich werden die Laichplatzanforderungen durch die höheren Wassertemperaturen, Mischung aus Gletscherwasser und Quellwasser, gestützt. Durch den gewundenen Verlauf ergeben sich reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten und Wassertiefen, welche von aquatischen Lebewesen in Hochwasserfällen bevorzugt genutzt werden können. Durch die geringen Abflüsse im Winter, wird der Seitenarm durch Flachwasserhabitats geprägt, das bedeutet, dass die aquatischen Organismen teilweise die Rückzugsmöglichkeit zum Hauptgewässer nutzen werden.

Unter Berücksichtigung der Interessen der Agrargemeinschaft Innergschlöß wurde die Variante 2 angelegt. Um den mutmaßlichen Konflikt bzgl. Flächenverbrauch im Vornhinein entgegenzuwirken, wurden die Vorlandabsenkungen im Flussumland angedacht. Diese sollen zu einer Vernetzung zwischen Umland und Fließgewässer führen. Bei Abflüssen $> HQ_1$ springen diese Flächen an, bei Wasserführungen $< HQ_1$ hingegen fallen sie trocken und könnten als Weidefläche weiter genutzt werden. Ab HQ_1 steigert sich durch die strukturierte Vorlandabsenkung die Mesohabitatsvariabilität. Die entstandenen Flachwasserbereiche können von Bachforellen hervorragend während Hochwässern genutzt werden. Die Vorlandabsenkungen bedeuten eine aquatisch/terrestrische Übergangszone. Die etablierte Feuchtvegetation trägt einerseits zur Reduktion der Fließgeschwindigkeit, andererseits zu einer besseren Sohlstabilität bei.

Für das Rückgewinnen aquatischer und amphibischer Lebensräume muss sich eine natürliche Breitenvariabilität einstellen (Rey, 2004). Um eine natürliche Dynamik des Gschlößbaches zu bekommen, wurde in Variante 2 eine sohlgleiche Aufweitung geschaffen. Nach Marti (2006) handelt es sich bereits um eine lange Aufweitung. Die dadurch herbeigeführten Verbesserungen lassen sich bereits bei den abiotischen Größen sehen. Es kommt zu reduzierten Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Sohlschubspannungen. In der Aufweitzungszone wird ein Wechselspiel zwischen Materialtransport und Ablagerung stattfinden (Lazowski,

1997). Durch die Sedimentakkumulationen und Umlagerungen entstehen dynamische Lebensräume wie Pionierflächen (Schotterflächen, Erosionsufer etc.), Flachwasserhabitate, Furtbereiche etc., sie führen zu einer Zunahme von Tier- und Pflanzenarten. Der FFH-LRT 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ könnte sich wieder ausbreiten. Diesbezüglich werden die Ergebnisse anhand der Umlagerungszone der Variante 3 genauer diskutiert.

Buhnen dienen in Fließgewässern zur Strömungsumlenkung. Durch die angeordneten Steinsporne am Ende der Aufweitung wird die Strömungskraft reduziert und der erwartete Uferschutz ist dadurch gegeben. Zusätzlich zeigt die Mesohabitatmodellierung eine Verbesserung des Habitatangebotes in Anzahl und Art. Das betrifft die gesteigerte Anzahl an Flachwasserbereichen entlang des Ufers und der Schotterbänke. Diese Habitate werden von Bachforellen auch als Rastplätze genutzt.

Im Gegensatz zu den bereits angeführten Varianten ist bei Variante 3 mit dem größten Flächenverlust für die Landwirtschaft zu rechnen. In weiterer Folge muss eine Lösung für den Almweg getroffen werden. Die Aufweitung weist eine ausreichende Mindestlänge auf, um einen charakteristischen verzweigten Flusslauf zu bilden (P. E. Ashmore, 2001). Durch Variieren der Gerinnebreite stellt sich eine Tiefenvariabilität in der Aufweitung ein. Dadurch kann eine Verbesserung des ökologischen Zustands erwartet werden.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Wiederherstellung mit flusstypischen Habitaten wie Furten, Rinner und Kolken zu qualitativ als auch quantitativen Verbesserungen führt. Durch die großzügige Aufweitung konnte eine ausgewogene Verteilung der Habitattypen bei Mittelwasser erreicht werden.

Durch den Einbau von Buhnen soll das Ufer am Ende der Aufweitung am Zusammenfluss geschützt werden. Die Ergebnisse der 2-D Modellierung zeigen den Einfluss der Buhnen, mit den Auswirkungen, dass die Fließgeschwindigkeiten in den Buhnenfelderern reduziert werden und hohe Strömungszustände entlang der Buhnenköpfe auftreten. Diese Buhnenfelder tragen somit zur morphologischen, als auch ökologischen Verbesserung bei und sind potenziell besiedelbare Lebensräume für strömungssensible Organismen. Bei höheren Wasserständen kommt es in Bereich der Buhnenkörper zu Substratumlagerungen und bilden somit wertvolle Mesohabitate, wie z.B. Flachwasserbereiche. Durch die Geschiebeanlandung werden Buhnen teilweise überlagert und könnten somit sukzessive bewachsen werden. Die Länge der Zusammenfluss-Verzweigungs-Strecke ist nach Hundey und P. E. Ashmore (2009) in etwa vier- bis fünfmal der Gerinnebreite, und kann dreimal in der Aufweitung ausgebildet werden. Daraus kann theoretisch abgeleitet werden, dass Schotterflächen mit Flachwasserbereichen in den Randzonen entstehen. Anhand einer Geschiebmodellierung mittels Hydro_GS-2d wurde der Feststoffhaushalt bei HQ_1 , HQ_{10} , HQ_{30} und HQ_{100} in der Aufweitung untersucht, um dynamischen Prozesse einer Umlagerungszone beschreiben zu können. Die Ergebnisse zeigen plausible Ablagerungen im numerischen Modell. Durch die Aufweitung wird die kritische Sohlschubspannung ($52,02 \text{ N/m}^2$) bei Mittelwasser

kaum überschritten. Es kommt zur Ablagerung des Geschiebes in den Seitenbereichen und strömungsberuhigten Bereichen. Bereits bei einem HQ_1 steigen diese im Mittel auf über 70 N/m^2 an. Es kann die Annahme verfestigt werden, dass es bei höherem Abfluss zu einem kontinuierlichen Geschiebetransport kommt. Werden Sohlschubspannung und Ablagerungen gegenübergestellt, ist der Zusammenhang deutlich zu erkennen.

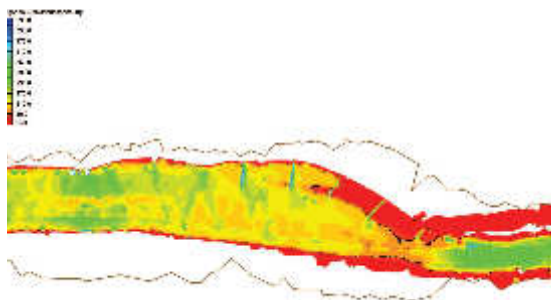


Abbildung 6.1: Sohlschubspannung bei HQ_{100} Abflüssen, Variante 3

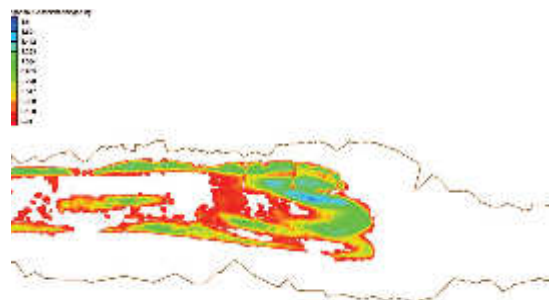


Abbildung 6.2: Geschiebeablagerung bei HQ_{100} Abflüssen, Variante 3

Für die grafischen Darstellungen wurde ein Ausschnitt aus Variante 3 gewählt. Abbildung 6.1 zeigt die Sohlschubspannung, dünne schwarze Linie deutet auf die Grenzschubspannung hin. Demgegenüber wird in Abbildung 6.2 die Ablagerung des Geschiebes in Meter gezeigt. Es kann bestätigt werden, dass die Anlandung in jenen Bereichen stattfindet, welche geringe Sohlschubspannungen aufweisen, z.B. kommt es in den Buhnenfeldern und entlang der Ufer zu Sedimentationen. Eine flächige Geschiebeanlandung findet nicht statt. Bei den vorliegenden Modellierungen kommt es zu keinem Geschiebeaustrag. Dieser Zustand könnte in Frage gestellt werden. Um Klarheit darüber zu bekommen, ob z.B. die Modelllaufzeit zu kurz angesetzt wurde, könnte durch weitere Modellierungsversuche gelöst werden.

Egozi und P. Ashmore (2009) haben festgestellt, dass in verzweigten Flusslandschaften das Flusssystem meist durch einen aktiven Hauptstrom geprägt wird. Diese Situation kann durch die 2-D Modellierung mit Geschiebetransport anhand der Variante 3 erkannt werden. Es bildet sich ein Hauptkanal aus, welcher durch erhöhte Sohlschubspannungen, Fließgeschwindigkeiten geprägt ist und im Bereich der Buhnenköpfe liegt. Es kann erwartet werden, dass bei geringen Abflüssen der Großteil des Geschiebes in diesen Hauptkanal transportiert wird.

In verzweigten Flussbereichen kann sich die wirksame Breite täglich räumlich und zeitlich sehr stark verändern (P. E. Ashmore et al., 2011). Durch die dynamischen Umlagerungen in der Aufweitung finden Pionier- oder Initialgesellschaften (krautiger Pflanzengemeinschaft) ständig neue Standorte. Der FFH-LRT 3220 „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ könnte sich wieder ausbreiten. Voraussetzung für die Besiedlung von Pflanzen auf den gebildeten Schotterflächen ist, dass diese Flächen bei Mittelwasser nicht von Wasser bedeckt sind (Lazowski, 1997). Die Ergebnisse der Geschiebmodellierung zeigen, dass

sich die Schotterflächen bei Hochwässern verlagern und bei geringen Abflüssen trocken fallen. Dadurch entstehen dynamische Prozesse, welche von Pionierfluren und vegetationslosen Schotterflächen, sowie strömungsberuhigten Flächen gekennzeichnet sind. In den Alluvionen kommt es in der Regel zu Anlandung von Totholzagglomerationen. Diese Strukturbildner sind einerseits nützlich für aquatische Lebewesen, andererseits kann es zu Strömungsberuhigungen kommen und somit zu Sandablagerungen. Diese zunächst vegetationslosen, jedoch feuchten Standorte sind gute Ausgangspunkte zur Wiederansiedlung von Pioniergesellschaften. Durch die Verbesserung der Habitatqualität können sich charakteristische Leitarten der Schotterpioniere wie *Epilobium Fleischeri* ausbreiten. Diese Pflanze wurde im Bereich des Geschieberückhaltebeckens in einer beharrlichen Anzahl gefunden und lässt eine hohe Umweltqualität des Gebietes dadurch erkennen (Lasen und Wilhalm, 2004).

In der naturnahen Vergleichsstrecke im Dorfertal wird aufgezeigt, welche Habitate in der Furkationszone der Variantenoptionen im Gschlößbach vorkommen werden. Durch die dynamischen Prozesse können sich Schotterpionierflure mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien bilden. Typische „Alpenschwemmlinge“ wie *Linaria alpina* (Alpen-Leinkraut), *Campanula cochleriifolia* (Zweg-Glockenblume) und Pionierflurarten wie *Festuca rubra* siedeln sich an. Darüber hinaus finden sich *Salix purpurea* (Purpur-Weide), *Larix decidua* (Europäische Lärche) und auch *Alnus incana* (Grau-Erle) (weitere Arten sind in Abbildung 5.72 zu sehen). Diese Habitate können sich mit Niedermooren und Quellfluren verzahnen. Angrenzende Wiesengräser dringen in den Randzonen der Aufweitungen ein. Diese Habitatflächen können in der dynamisch entstehenden Furkationszone im Gschlößbach vorkommen und somit den FFH-LRT 3220 teilweise wieder herstellen.

Die Restrukturierungsmaßnahmen müssen nicht vollkommen „aktiv“ durch Baumaßnahmen erfolgen, sondern können durch Initialmaßnahmen zur Selbstentwicklung angeregt werden. Im Verengungsbereich der Aufweitung müssen die Buhnen bei der Umgestaltung bereits am Anfang gebaut werden, damit flussab das Almdorf von fortschreitenden Erosionen geschützt ist. Am orografisch linken Ufer können Initialmaßnahmen gesetzt werden, z.B. das Entfernen der Ufersicherung und zusätzlicher Anlage von Initialgräben im Hinterland. Eine versteckte Ufersicherung aus Wasserbausteinen, welche in das Vorland eingegraben werden, kann die Ufererosion kontrollieren. Dadurch wird die eigendynamische Entwicklung der Flussufer gefördert, die Vernetzung zwischen Gewässer und Pflanzen steigt an.

Bei der Erstellung der Restrukturierungsmaßnahmen wurde auf die Hochwassersituation Rücksicht genommen. Es stellte sich heraus, dass durch die Varianten die Überschwemmungsflächen im Weidegebiet geschützt werden können, die Hochwassersicherheit für die Almsiedlung jedoch durch die Varianten nicht gegeben ist. Die Aufweitungen führen allgemein zu lokalen Reduktionen der Wassertiefen, es kommt zu keiner ausreichenden Re-

tion; Grund dafür könnte das hohe Gefälle in diesem alpinen Hochtal sein.

Es wurden weitere Versuche hinsichtlich Hochwasserschutz für das Almdorf durchgeführt, wie z.B. die Anhebung der Gewässersohle um 1,15 m nach der ersten Brücke flussab des Untersuchungsabschnittes. Dadurch sollte es zu einer gezielten Ausuferung im Bereich der Weidefläche vor dem Wall kommen. Das Ergebnis ergab keine ausreichende Pufferwirkung der Hochwasserwelle. Daraus kann geschlossen werden, dass für die Hochwassersicherheit im Almdorf ein unabhängiges Projekt bzgl. Hochwasserschutz durchgeführt werden müsste.

Bei der Anwendung der Geschiebmodellierung variiert die Transportrate mit dem Abfluss. Für den Gschlößbach liegen keine Geschiebetransportdaten zur Verfügung. Außerdem gibt es keine Information über das Geschieberückhaltebecken, betreffend Auffangrate und Ausbaggerungsmenge. Auf Grund dieser fehlenden Ausgangsdaten für die Geschiebmodellierung wurde eine Abschätzung anhand von Parker (1979) angesetzt. Die Geschiebemengen zeigen jedoch plausible Ergebnisse. Es ist anzumerken, dass die erfolgten Untersuchungen als Anfangszustände angesehen werden können. Im Laufe der Zeit wird es zu natürlichen Umlagerungs- und Anlandungserscheinungen kommen und die abiotischen als auch biotischen Zustände wie sie zum Zeitpunkt der Beurteilung vorhanden sind, werden sich ändern.

Durch die einzelnen Variantenoptionen, Verbesserung der Lebensraumverhältnisse könnte ein Erhaltungsziel des Nationalparks Hohe Tauern verfolgt werden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für etwaige Restrukturierungsmaßnahmen. Bei einer möglichen Umsetzung der Maßnahmen, müssen Ausgleichsmaßnahmen für die Almbesitzer ausgearbeitet werden. Das eb&wp Umweltbüro in Klagenfurt hatte im Jahr 2008 ein Almentwicklungskonzept für das Innergschloß erstellt. Die darin vorgeschlagenen Maßnahmen auf der Innergschloßer Kuhalpe dienen als Grundlage für die Erreichung des Nationalparkzertifikates, welches als Voraussetzung für die Gewährung von Fördermitteln dient. Durch diese Maßnahmen, wie z.B. Schwenden von Grünern und dadurch Aktivierung neuer Weideflächen (weitere Maßnahmen sind im Almentwicklungskonzept Innergschloß zu finden in Aigner et al. (2008)), könnte ein Ausgleich für die verbrauchten Flächen der optionalen Restrukturierung geschaffen werden.

Literaturverzeichnis

- Aeschimann, D. und Lauber, K. (2004). *Flora alpina : Ein Atlas sämtlicher 4500 Gefäßpflanzen der Alpen*. 1. Aufl. Bern , Wien: Haupt Verlag. 1159 S. ISBN: 978-3-258-06600-4.
- Aigner, S., Steiner, T., Kurztaler, M. und Buchgraber, A. (2008). *Almentwicklungskonzept Innerschlöss*. Projektbericht. Klagenfurt: Hrsg. eb&p Umweltbüro GmbH, S. 64.
- Ashmore, P. E. (2001). „Braiding phenomena : statics and kinetics. In : Gravel bed rivers V (Ed. by M. P. Mosley)“. In: New Zealand Hydrological Society, S. 95–120. ISBN: 0-473-07486-9.
- Ashmore, P. E., Bertoldi, W. und Gardner, J. T. (2011). „Active width of gravel-bed braided rivers“. In: *Earth Surface Processes and Landforms* 36.11, S. 1510–1521. ISSN: 1096-9837.
- BMLFUW, Hrsg. (2011). *Leitfaden: Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserkennwerten*. Wien: Lebensministerium. 113 S.
- (2012). *Hydrografisches Jahrbuch von Österreich 2010*. Bd. 118. Wien: BMLFUW. ISBN: 3-85437-250-7.
- BMLFUW und Wasser Informationssystem AUSTRIA (2014). *Wasser Karten: Ökologischer Zustand*. URL: http://wisa.bmlfuw.gv.at/wasserkarten/gewaesser%20bewirtschaftungsplan-2009/fluesse_und_seen/oekologischer_zustand.html (besucht am 17.06.2014).
- Dienst des Landes Tirol (2014). *Laser- & Luftbildatlas Tirol*. URL: <https://portal.tirol.gv.at/LBAWeb/luftbilduebersicht.show?nav=kartePublic&cid=1> (besucht am 30.10.2014).
- Egozi, R. und Ashmore, P. (2009). „Experimental analysis of braided channel pattern response to increased discharge“. In: *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 114.2, S. 15. ISSN: 2156-2202.
- Elliott, J. M. (1994). *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford: Oxford Series in Ecology and Evolution. 298 S. ISBN: 978-0-19-854090-8.

- Ellmayer, T. (2005). *Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter*. Unter Mitarb. von F. Essl. Bd. 3. Wien: Im Auftrag der neun österreichischen Bundesländer, des BMLFUW und der Umweltbundesamt GmbH. 616 S.
- Fuchs, G. (1958). „Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt“. In: *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 101.2, S. 201–248. ISSN: 0016-7800.
- Füreder, L. (2007). *Nationalpark Hohe Tauern: Gewässer*. Innsbruck: Athesia-Tyrolia Druck. 248 S. ISBN: 978-3-7022-2808-8.
- Füreder, L., Andre, G., Mätzler, A., Aumayr, S., Niedrist, G., Schönenberger, S. und Windner, U. (2013). *Endbericht - Gewässermonitoring National Park Hohe Tauern*. Endbericht. Innsbruck: Universität Innsbruck und Nationalpark Hohe Tauern, S. 135.
- Geologische Bundesanstalt. *Geologische Karte - Kartenausschnitt 152*. URL: <http://gisgba.geologie.ac.at/PublishedMaps/>.
- Habersack, H. (1995). *Praktische Anwendung der HEC-Software. ÖWAV Seminar Mathematische Modellierung offener Gerinne*. Bd. 17. Wien: Konstruktiver Landschaftsbau, TU Wien.
- Hafland, S., Schnell, J., Ekart, C. und Pulg, U. (2010). *Lebensraum Fließgewässer, Restaurieren und Entwickeln*. 2. München: Landesfischereiverband Bayern e.v.
- Hauer, C., Mandlbürger, G. und Habersack, H. (2009). „Hydraulically related hydro-morphological units: description based on a new conceptual mesohabitat evaluation model (MEM) using LiDAR data as geometric input“. In: *River Research and Applications* 25.1, S. 29–47. ISSN: 1535-1467.
- Hauer, C., Unfer, G., Tritthart, M., Formann, E. und Habersack, H. (2011). „Variability of mesohabitat characteristics in riffle-pool reaches: Testing an integrative evaluation concept (FGC) for MEM-application“. In: *River Research and Applications* 27.4, S. 403–430. ISSN: 1535-1467.
- Hundey, E. J. und Ashmore, P. E. (2009). „Length scale of braided river morphology“. In: *Water Resources Research* 45.8, S. 9. ISSN: 1944-7973.
- Hunzinger, L. M. (2004). *Flussaufweitungen: Möglichkeiten und Grenzen*. Bd. 9. 10 Bde. Baden: Wasser Energie Luft. 243-249.

- Jungmeier, M., Drapela, J., Kirchmeier, H., Lieb, S. und Semrad, J. (2004). *Almen im Nationalpark Hohe Tauern: Natur, Kultur und Nutzungen*. Klagenfurt: Carinthia Verlag. ISBN: 3-85378-586-7.
- Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S. und Schmutz, S. (2003). *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. 1. Aufl. Wien: Fakultät Universitätsverlag. 547 S. ISBN: 3-8252-2113-X.
- Krainer, K. (2005). *Nationalpark Hohe Tauern Geologie*. 1. Aufl. Klagenfurt: Carinthia Verlag. 200 S. ISBN: 978-3853785850.
- Lasen, C. und Wilhalm, T. (2004). *Natura 2000: Lebensräume in Südtirol*. Bozen: Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Abteilung Natur und Landschaft. ISBN: 88-900534-3-7.
- Lautenschlager, E. (1988). *Die Weiden der Schweiz und angrenzender Gebiete*. Basel; Boston: Birkhäuser. 136 S. ISBN: 9783764319779.
- Lazowski, W. (1997). *Auen in Österreich : Vegetation, Landschaft und Naturschutz*. Bd. 81. Wien: Umweltbundesamt. 240 S.
- Lebensraumvernetzung an Fließgewässern am Beispiel Lech : Interreg III B Lebensraumvernetzung* (2006). München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege, S. 72.
- Mader, H., Steidl, T. und Wimmer, R. (1996). *Abflußregime österreichischer Fließgewässer : Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie*. Bd. 82. Wien: Umweltbundesamt. 192 S. ISBN: 3-85457-336-7.
- Marti, C. (2006). *Morphologie von verzweigten Gerinnen : Ansätze zur Abfluss-, Geschiebetransport- und Kolk-tiefenberechnung*. Zürich: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich. 282 S.
- Meyer-Peter, E. und Müller, R. (1948). „Formulas for Bed-Load transport“. In: *Int. Assoc. Hydraulic Structures Research*, S. 39–64.
- Nachtnebel, H. (2008). *Studienblätter - Konstruktiver Wasserbau und Flußgebietsmanagement*. Wien: Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, Universität für Bodenkultur.
- Nujić, M. (1998). *Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die Berechnung von tiefengemittelten Strömungen*. Neubiberg: Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München. 148 S.
- (2008). *Hydro_GS - Arbeitsblatt - Geschiebe*.

- Oberwalder, L. (2002). *Gschlöss - Das Almdorf im Herzen der Hohen Tauern*. Nationalpark Hohe Tauern, Tirol und Sektion Matriei des Österreichischen Alpenvereins. 183 S.
- ÖWAV (2007a). *Fließgewässermodellierung - Arbeitsbehelf Feststofftransport und Gewässermorphologie*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 252 S.
- (2007b). *Fließgewässermodellierung - Arbeitsbehelf Hydrodynamik : Grundlagen, Anwendung und Modelle für die Praxis*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 139 S.
- Parker, G. (1979). „Hydraulic Geometry of Active Gravel Rivers“. In: *Journal of the Hydraulics Division* 105.9, S. 1185–1201. ISSN: 0044-796X.
- Polatschek, A., Maier, M., Neuner, W. und Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft (2000). *Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg*. 1. Aufl. Bd. 3. Innsbruck: Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum. 1354 S.
- Potyondy, J. und Bunte, K. (2002). *Sampling with the US SAH-97 hand-held particle size analyzer*. Federal Interagency Sedimentation Project.
- Rey, P. (2004). *Ökologische Aspekte der Gewässerentwicklung : Alpenrheinzuflüsse und Bäche im Rheintal*. Thuis: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie. 147 S.
- Schmutz, S., Schinegger, R. und Melcher, A. (2005). *Vorschläge zur Abgrenzung des potentiellen Fischlebensraums in alpinen Fließgewässern*. Endbericht. Wien: Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement Universität für Bodenkultur Wien, S. 35.
- Schneider, M. (2001). *Habitat- und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen*. Stuttgart: Institut für Wasserbau. 163 S. ISBN: 9783933761118.
- Shields, A. F. (1936). *Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebepbewegung*. Berlin: Mitteilungen der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiff. 26 S.
- Stöcklin, J. (2007). *Landnutzung und biologische Vielfalt in den Alpen*. Bd. 2. vdf Hochschulverlag AG. 193 S. ISBN: 978-3-7281-3128-7.

- Stöhr, O. und Latzin, S. (2006). „Epilobium fleischeri Hochst. – eine neue Pflanze der Salzburger Flora“. In: *Mitteilungen aus dem Haus der Natur*. Bd. 17. Salzburg: Haus der Natur, S. 60–63.
- Tiris und Land Tirol (2014). *Historische Kartenwerke Tirol*. URL: <http://www.tiris%20dienste.at/scripts/esrimap.dll?name=Anich&MyAufl=1024&Left=299246&Bottom=214038&Right=328038&Top=230917&Mst=127299&MapIDX=1&ka=0&thv=11&KS=0&KS=0&ka=0&AppPar=20&HiGr=0&Par3=0&Par4=0&Cmd=ZoomIn&click.x=0&ZoomBox=276,223,382,268> (besucht am 30.10.2014).
- Tirol: Hydrographischer Dienst und Südtirol: Hydrographisches Amt (2014). *Mittlerer Jahresniederschlag (Klimaperiode 1980 - 2000)*. URL: http://tirolatlas.uibk.ac.at/maps/interface/thema.py/sheet?lang=de&id=1168&menu_id=166&mark=off&lookat=4494370.5,2652380.25,4526870.5,2679880.25 (besucht am 28.09.2014).
- Vischer, D. und Huber, A. (2010). *Wasserbau: Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen*. 7. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer. 410 S. ISBN: 9783642119620.
- WRRL (2009). *RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*.

Abbildungsverzeichnis

3.1	Übersicht über das Untersuchungsgebiet (Kartenquelle NPHT, verändert)	5
3.2	Verbreitung der mittleren Jahresniederschläge im Gschlößtal (Quelle: Tirol: Hydrographischer Dienst und Südtirol: Hydrographisches Amt (2014))	6
3.3	Lufttemperaturganglinie - Gschlößboden (Messreihe September 2012 - Mai 2014)	7
3.4	Lufttemperaturvergleich der Stationen Gschlößboden und Felbertauerntunnel	7
3.5	Ganglinie des mittlerern monatlichen jährlichen Abflusses (Gschlößbach); Ganglinien der Wassertemperatur (Station Tauernbach und Gschlößbach) im Jahr 2010	8
3.6	Temperaturaufzeichnungsergebnisse aus dem Gewässermonitoring der Universität Innsbruck (Füreder et al., 2013)	9
3.7	Geologische Übersicht des Nationalparks Hohe Tauern (Krainer, 2005)	11
3.8	Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte (Karte 152)- verändert (Geologische Bundesanstalt, o.D.)	11
3.9	adulte Bachforellen (Hafland et al., 2010)	13
3.10	FFH-LRT „alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“; Fundort: in der Umlagerungszone vor dem Geschiebeablagerungsplatz	15
3.11	Fotografie nach Fertigstellung der Regulierungsmaßnahmen (Archiv Fotoalbum Baubezirksamt Lienz)	18
3.12	Karte „Ökologischer Zustand gesamt“(BMLFUW und Wasser Informationssystem AUSTRIA, 2014))	18
3.13	Aufnahme aus dem Fotoalbum (Archiv Baubezirksamt Lienz)	19
4.1	Übersicht über die Laserscanbefliegungen 2008/2009 - Blattschnitt 3923-5202 und 3923-5203 (Dienst des Landes Tirol, 2014)	21
4.2	Linienführung des Gschlößbachs vor den Regulierungsarbeiten (Archiv Fotoalbum Baubezirksamt Lienz)	21
4.3	Vermessungsabschnitt oben, Richtung Geschiebebecken	22
4.4	Vermessungsabschnitt mitte, im Bereich der Schotterbank	22
4.5	Hauptachsen des Steines (Potyondy und Bunte, 2002)	23
4.6	Ausschnitt der Netzgenerierung (Flussschlauch)	27
4.7	Gesamtnetz im SMS Modul (Gitternetz wurde für die Darstellung ausgeblendet)	27

4.8	Optionseingabemaske der Maschenqualität im SMS	28
4.9	Übersicht über die Rauigkeitsbelegung im 2D-Modell (SMS-Modul)	29
4.10	Verlauf der Hochwasserwelle bei HQ ₁₀₀ Bedingungen	31
4.11	Bewegungsbeginn nach Shields (1936) mit Angabe des Bewegungsrisikos (R) für verschiedene sedimentologische Durchmesser (D*) (ÖWAV, 2007a)	33
4.12	Randbedingungen für Abfluss (Q) und Stoffeintrag (Q _s), die Grafik zeigt das Szenario mit 94 m ³ /s und einem mittleren Korndurchmesser von 6,84 cm	36
4.13	Räumlich und zeitlich-hierarchische Gliederung von Fließgewässern (Jung- wirth et al., 2003)	39
4.14	Modellierungsschema des Habitat Evaluation Models zur Berechnung der Mesohabitate (Hauer et al., 2009)	41
5.1	schematische Darstellung der Variantenoptionen (gelb = Variante 1, grün = Variante 2, blau = Variante 3)	46
5.2	Darstellung des IST-Zustandes	50
5.3	Darstellung der Variante 1	50
5.4	Darstellung der Variante 2	50
5.5	Darstellung der Variante 3	50
5.6	Linienzahlanalyse beider Entnahmestellen	51
5.7	Regressionsgerade (lineare Regression) - Kalibrierung	53
5.8	Grafische Darstellung der Wassertiefen in einer Kolk-Furt-Sequenz	54
5.9	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Niederwasser	55
5.10	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1, Mittelwasser	55
5.11	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungs- strecke - Variante 1, Niederwasser	56
5.12	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungs- strecke - Variante 1, Mittelwasser	57
5.13	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungs- strecke - Variante 1, Niederwasser	58
5.14	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungs- strecke - Variante 1, Mittelwasser	58
5.15	Grafische Darstellung der Wassertiefen in der modellierten Aufweitung	59
5.16	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Niederwasser	60
5.17	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Mittelwasser	60
5.18	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, HQ ₁ Hochwasser	61

5.19	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Niederwasser	62
5.20	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, Mittelwasser	62
5.21	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2, HQ ₁ Hochwasser	63
5.22	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - Niederwasser	64
5.23	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - Mittelwasser	64
5.24	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Variante 2 der Untersuchungsstrecke - HQ ₁ Hochwasser	65
5.25	Grafische Darstellung der Wassertiefen in der modellierten Aufweitung - Buhnen	66
5.26	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser	67
5.27	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser	67
5.28	Grafische Darstellung der Wassertiefenverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ ₁ Hochwasser	67
5.29	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser	69
5.30	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser	69
5.31	Grafische Darstellung der Fließgeschwindigkeitsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ ₁ Hochwasser	69
5.32	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Niederwasser	71
5.33	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, Mittelwasser	71
5.34	Grafische Darstellung der Sohlschubspannungsverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3, HQ ₁ Hochwasser	71
5.35	Gegenüberstellung τ / τ_{crit} bei verschiedenen Abflussszenarien	73
5.36	Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ ₁	74
5.37	Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ ₁₀	74
5.38	Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ ₃₀	74
5.39	Grafische Darstellung der Geschiebeablagerung in Meter - Versuch HQ ₁₀₀	74
5.40	Übersicht der ausgewählten Querprofile im numerischen Modell nach einem HQ ₁₀₀	75
5.41	Darstellung des ausgewählten Querprofil 1, Geschiebeablagerung	76

5.42	Darstellung des ausgewählten Querprofil 2, Geschiebeablagerung	76
5.43	Darstellung des ausgewählten Querprofil 3, Geschiebeablagerung	76
5.44	Darstellung des ausgewählten Querprofil 4, Geschiebeablagerung	76
5.45	Darstellung des ausgewählten Querprofil 5, Geschiebeablagerung	76
5.46	Darstellung des ausgewählten Querprofil 6, Geschiebeablagerung	76
5.47	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - IST-Zustand bei Mittelwasser	78
5.48	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 1 bei Mittelwasser	78
5.49	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 2 bei Mittelwasser	78
5.50	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Untersuchungsstrecke - Variante 3 bei Mittelwasser	79
5.51	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - IST-Zustand	80
5.52	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 1 . .	81
5.53	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 2 . .	82
5.54	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 3 . .	83
5.55	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Bestand ohne Anlandung	84
5.56	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Anlandung nach HQ ₁ Szenario	84
5.57	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Niederwasser - Anlandung nach HQ ₁₀₀ Szenario	85
5.58	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Bestand ohne Anlandung	86
5.59	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Anlandung nach HQ ₁ Szenario	86
5.60	Grafische Darstellung der Mesohabitatverteilung der Flussaufweitung bei Mittelwasser - Anlandung nach HQ ₁₀₀ Szenario	86
5.61	charakteristisch vorhandene Schotterbank	87
5.62	Schotterpionierfluren mit Holzablagerung	88
5.63	charakteristisches Aussehen einer Fettwiesen	88
5.64	Magerwiese nahe der Schotterumlagerungsfläche	89
5.65	vorhandenes Grünerlengebüsch	89
5.66	typisches Aussehen eines Niedermooses	89
5.67	Abbildung der Umlagerungszone - Zustand 2013	91
5.68	Abbildung der Umlagerungszone - Zustand 2014	91
5.69	prozentuelle Verteilung der erhobenen Habitatflächen	91
5.70	Furkationsstrecke Kalserbach - sehr dynamisch	92
5.71	Totholzansammlung in der Furkationsstrecke am Kalserbach	92

5.72	Übersicht der standorspezifischen Pflanzengemeinschaften	93
5.73	Kartendarstellung der Habitate, Flächenausweisung	94
5.74	Grafische Darstellung der Überflutungsflächen bei einem HQ ₁₀₀ ; gelb=IST-Zustand, grün=Variante 2, blau=Variante 3	95
5.75	Längenschnitt: Vergleich der Wasserspiegellagen	96
6.1	Sohlschubspannung bei HQ ₁₀₀ Abflüssen, Variante 3	100
6.2	Geschiebeablagerung bei HQ ₁₀₀ Abflüssen, Variante 3	100
A.1	Ganglinie des Schwankungskoeffizientes („GLA7“)	i
A.2	Historische Karte aus der Dritten Landesaufnahme (1869/87) (Tiris und Land Tirol, 2014)	i
A.3	Fundorte in Osttirol, Nordtirol und Vorarlberg von <i>Epilobium fleischeri</i> Hochst. (Polatschek et al., 2000)	ii
A.4	modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - IST-Zustand	xii
A.5	modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - IST-Zustand	xii
A.6	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁ - IST-Zustand	xii
A.7	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁₀₀ - IST-Zustand	xii
A.8	modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante1	xiii
A.9	modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante1	xiii
A.10	modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante 2	xiv
A.11	modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante 2	xiv
A.12	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁ - Variante 2	xiv
A.13	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁₀₀ - Variante 2	xiv
A.14	modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante 3	xv
A.15	modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante 3	xv
A.16	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁ - Variante 3	xv
A.17	modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ ₁₀₀ - Variante 3	xv

Tabellenverzeichnis

3.1	monatlicher Niederschlag der Station Gschlöß Boden (BMLFUW, 2012) . . .	6
3.2	Kurzcharakteristik des Gschlößbachs im Projektabschnitt	10
3.3	charakteristische Abflusswerte (BMLFUW, 2012)	12
3.4	Kurzcharakteristik Epilobium Fleischeri (Aeschimann und Lauber, 2004) . .	17
4.1	Verwendete Abflussscenarien für die 2-D-Modellierung	31
4.2	Verwendete Parameter für die numerische Berechnung mittels Hydro_GS- 2d (Nujić, 2008) - angepasst	37
4.3	Grenzwerte für die Mesohabitateinteilung	42
4.4	Habitattypen (Hauer et al., 2009)	43
4.5	Datengrundlagen für die Kartierungsarbeiten	44
5.1	Rauhigkeitsbeiwerte für das numerische Modell	52
5.2	Vergleich der Wasserspiegellagen	53
5.3	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - IST-Zustand	80
5.4	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 1 . .	81
5.5	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 2 . .	82
5.6	Mesohabitatverteilung in % bei allen modellierten Abflüssen - Variante 3 . .	83
A.1	Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (NNQ und MQ)	iii
A.2	Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (HQ ₁ und HQ ₁₀)	iv
A.3	Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (HQ ₃₀ und HQ ₁₀₀)	v
A.4	Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (NNQ und MQ)	vi
A.5	Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (HQ ₁ und HQ ₁₀)	vii
A.6	Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (HQ ₃₀ und HQ ₁₀₀)	viii
A.7	Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (NNQ und MQ)	ix
A.8	Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (HQ ₁ und HQ ₁₀)	x
A.9	Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (HQ ₃₀ und HQ ₁₀₀)	xi

Anhang

A.1 Allgemein

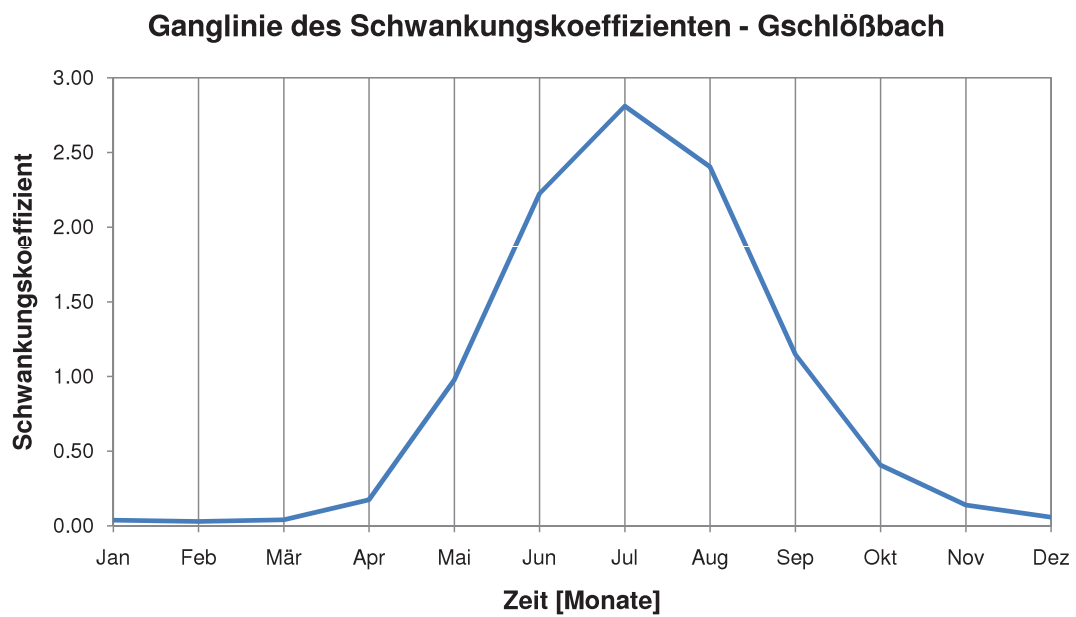


Abbildung A.1: Ganglinie des Schwankungskoeffizienten („GLA7“)



Abbildung A.2: Historische Karte aus der Dritten Landesaufnahme (1869/87) (Tiris und Land Tirol, 2014)

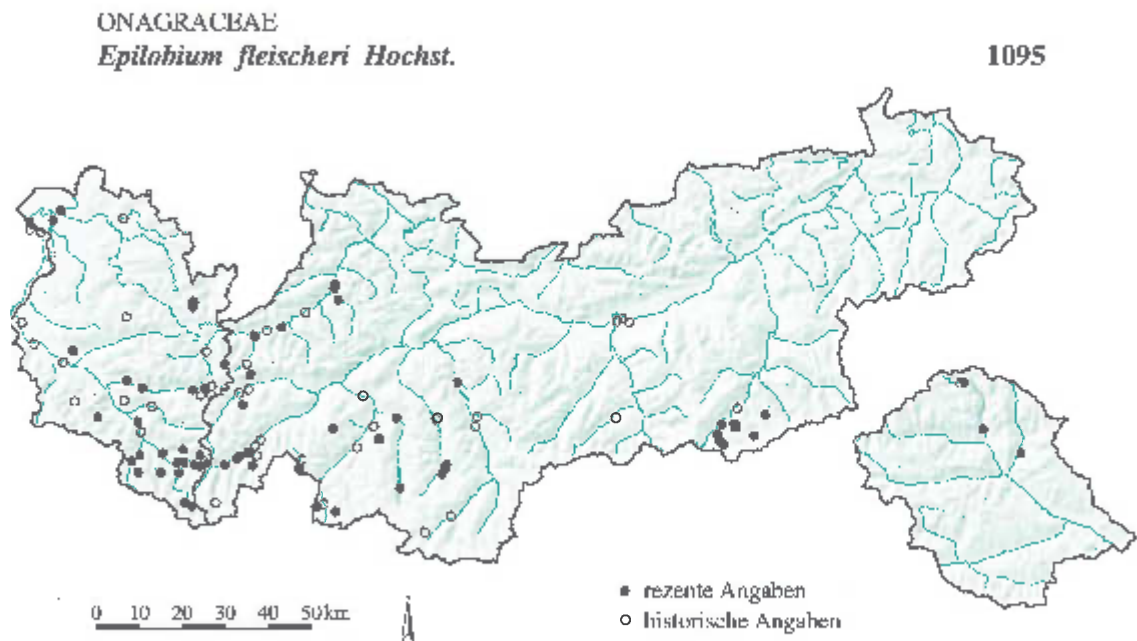


Abbildung A.3: Fundorte in Osttirol, Nordtirol und Vorarlberg von *Epilobium fleischeri* Hochst. (Polatschek et al., 2000)

A.2 Ergebnisse 2-D Modellierung

Tabelle A.1: Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (NNQ und MQ)

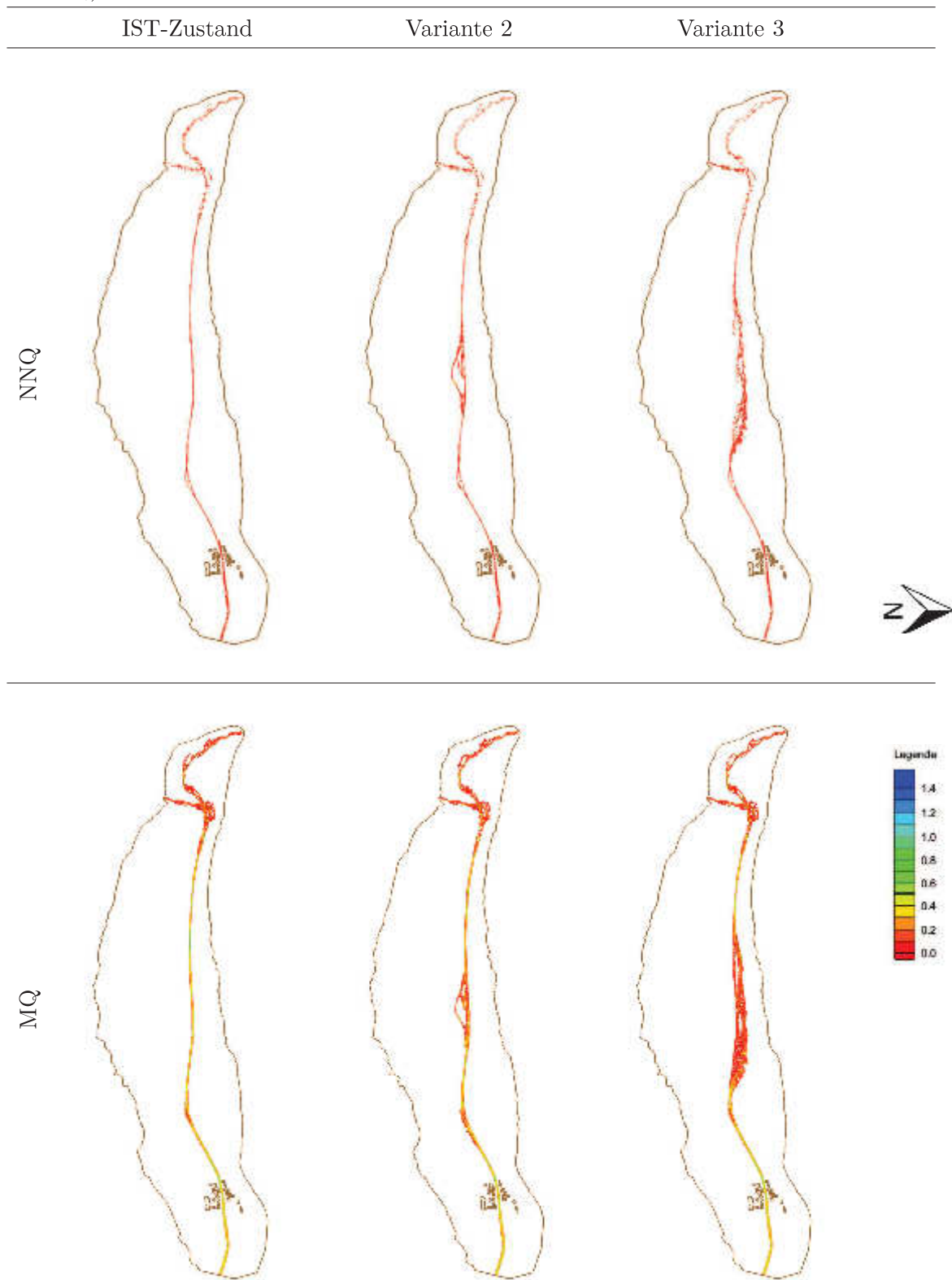


Tabelle A.2: Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (HQ₁ und HQ₁₀)

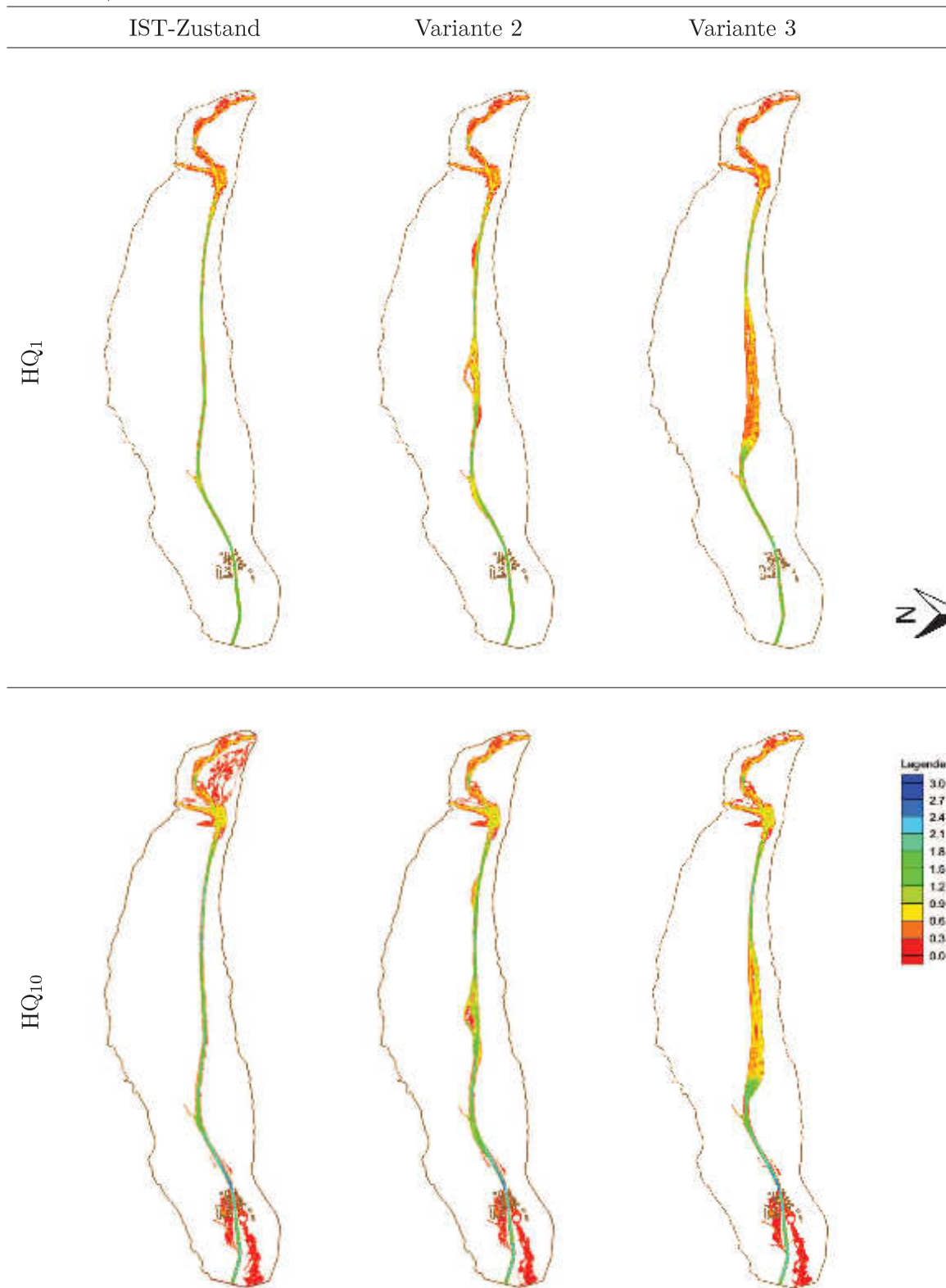


Tabelle A.3: Grafische Darstellung der maximalen Wassertiefenverteilungen (HQ₃₀ und HQ₁₀₀)

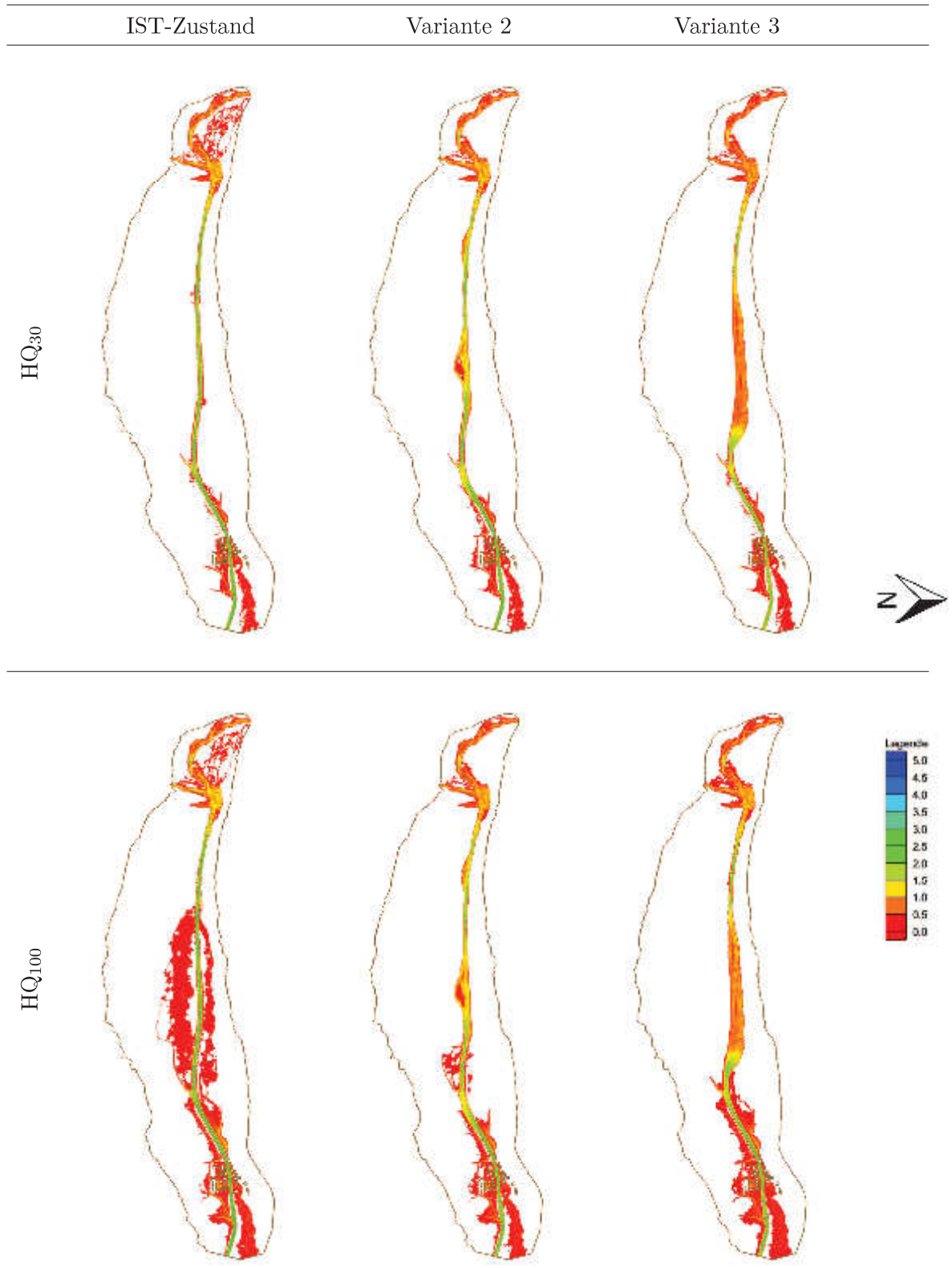


Tabelle A.4: Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (NNQ und MQ)

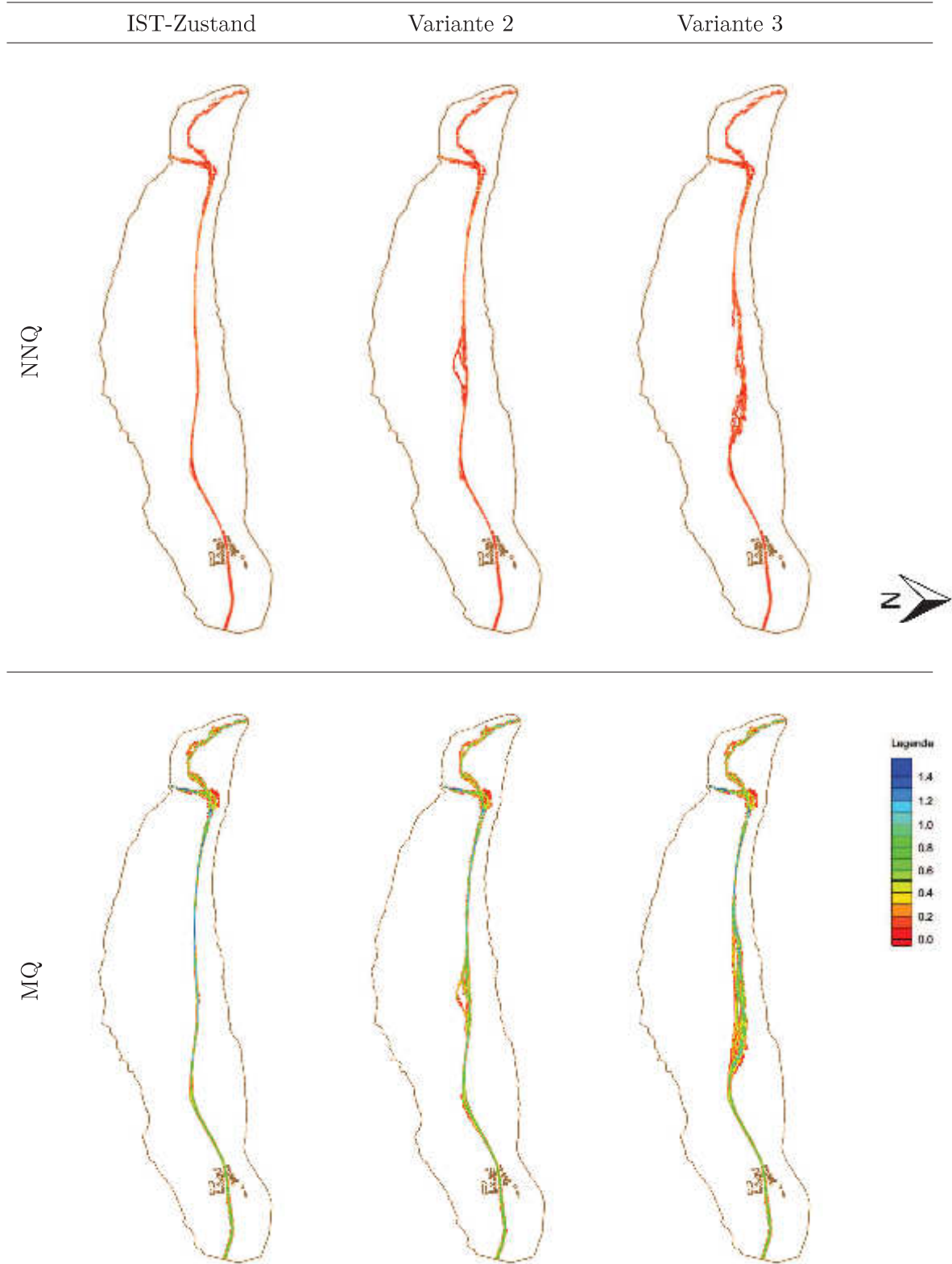


Tabelle A.5: Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (HQ₁ und HQ₁₀)

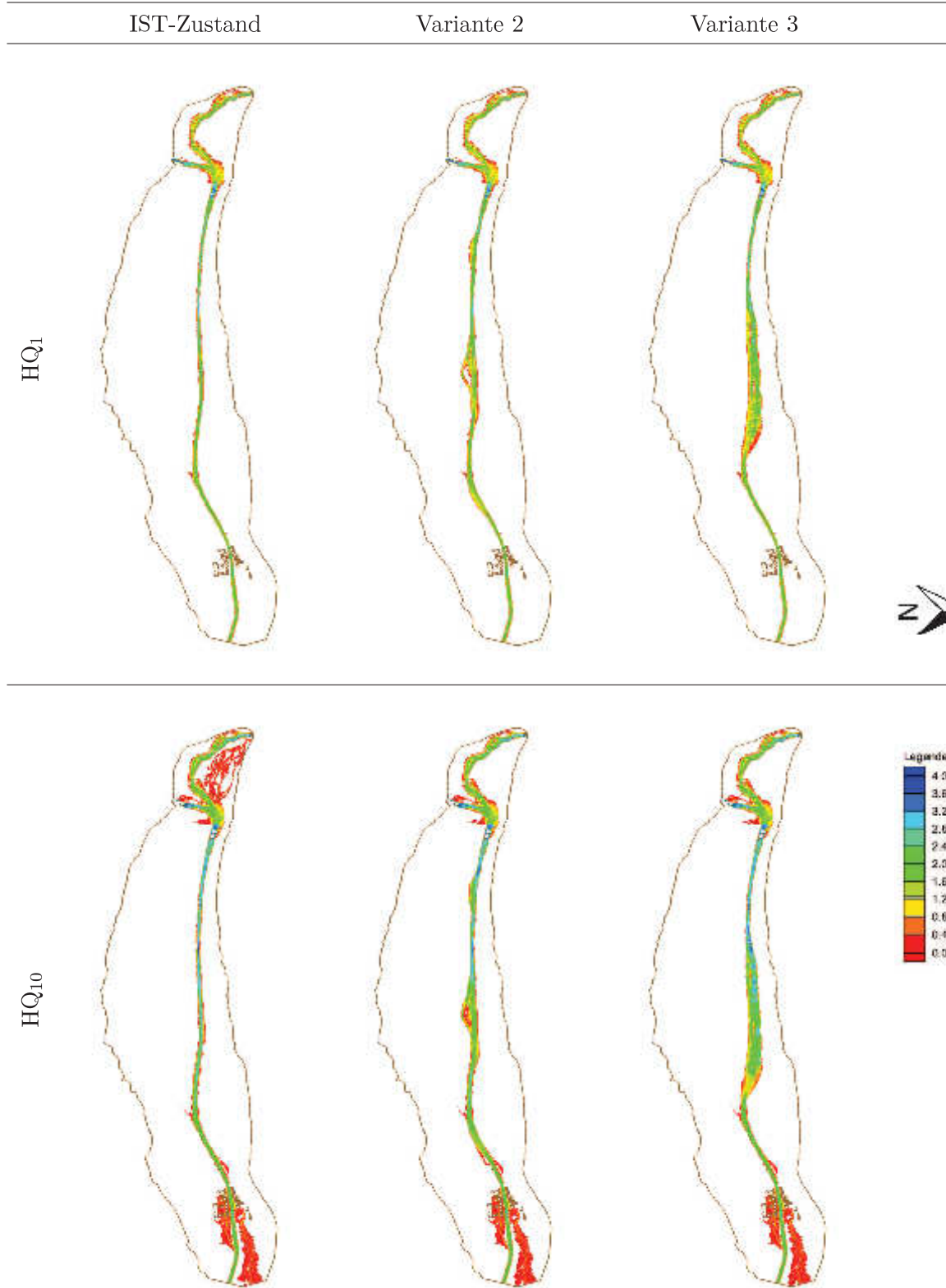


Tabelle A.6: Grafische Darstellung der maximalen Fließgeschwindigkeit (HQ₃₀ und HQ₁₀₀)

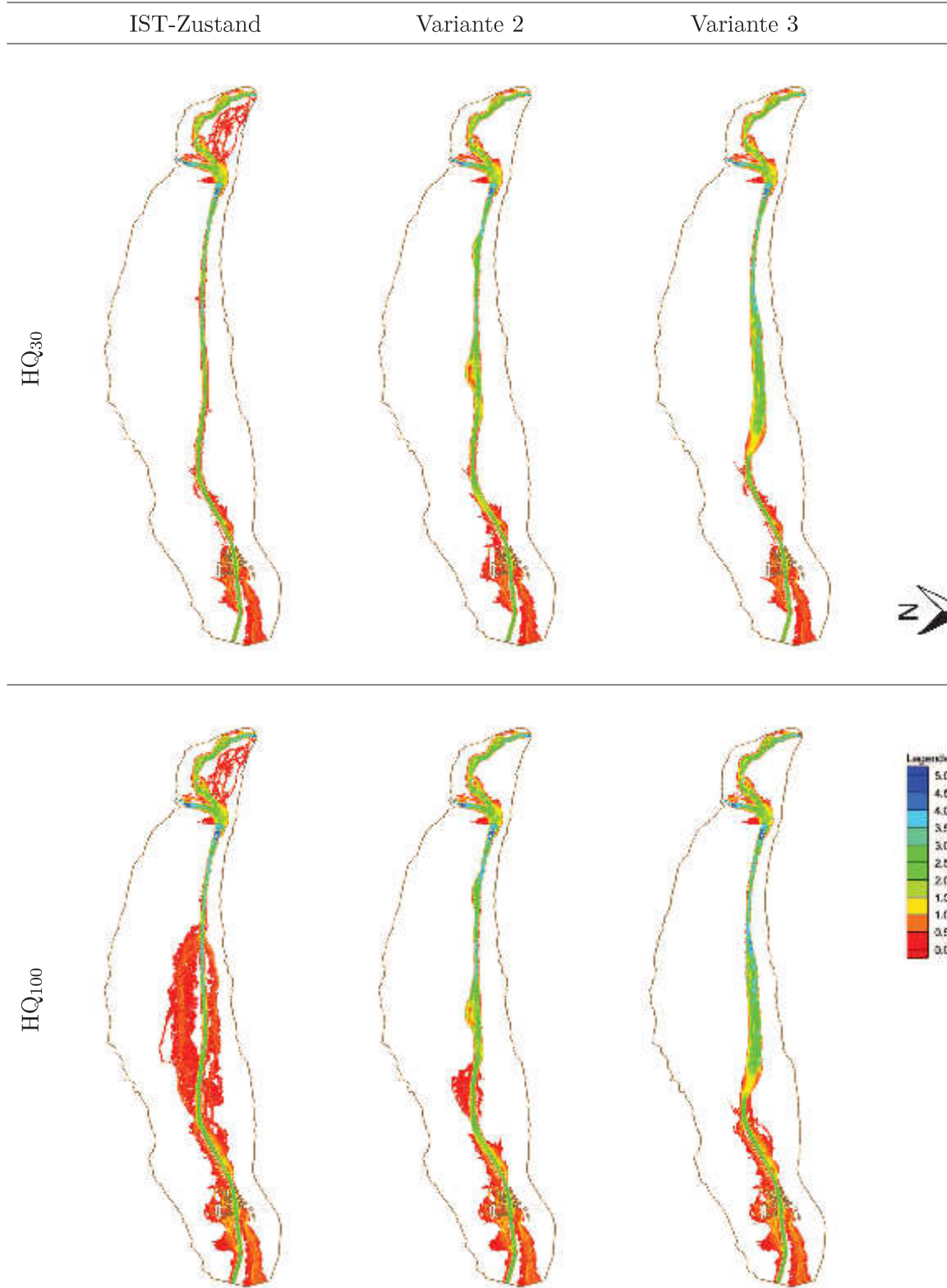


Tabelle A.7: Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (NNQ und MQ)

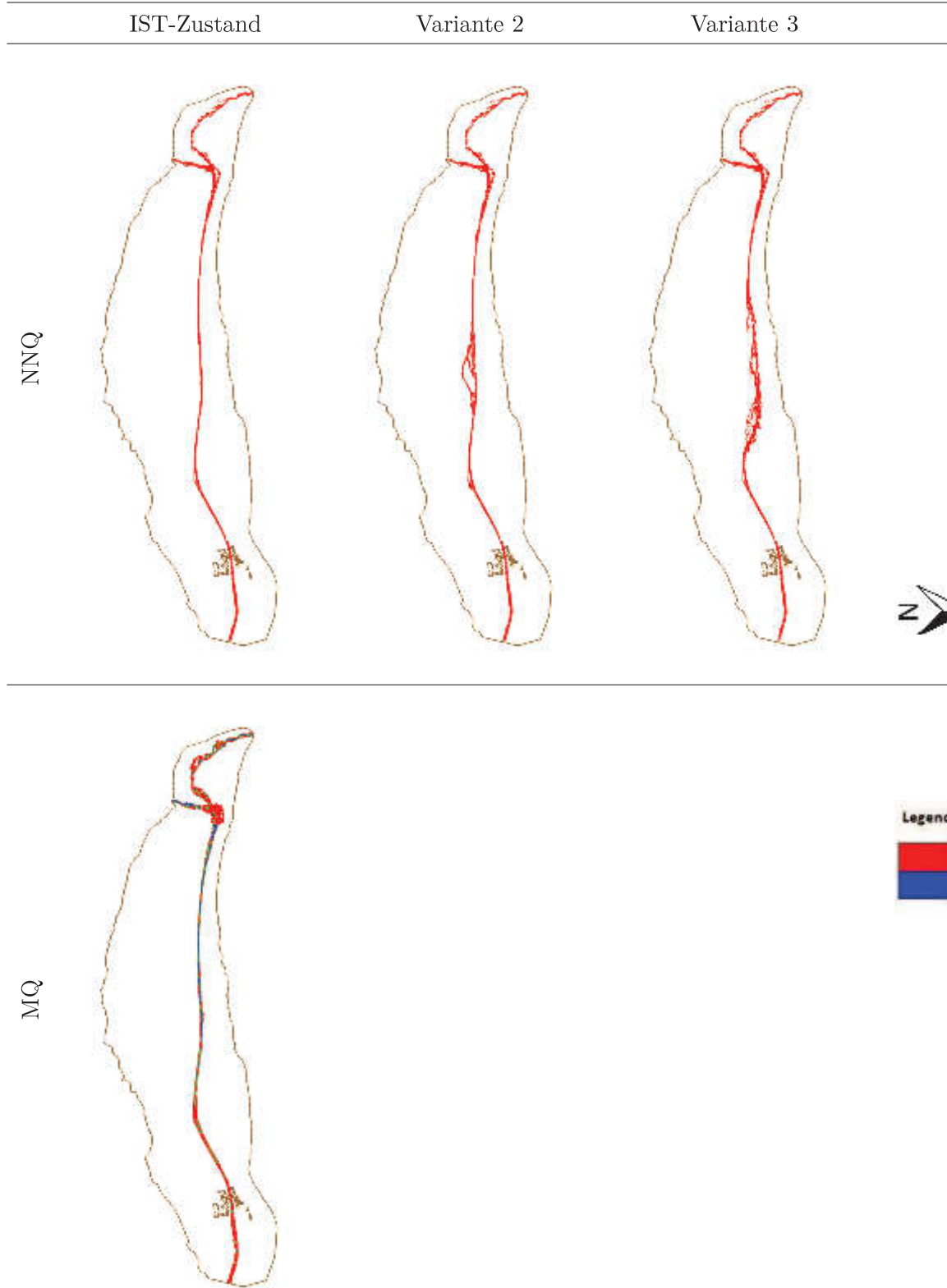


Tabelle A.8: Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (HQ₁ und HQ₁₀)

	IST-Zustand	Variante 2	Variante 3
--	-------------	------------	------------

HQ₁



HQ₁₀

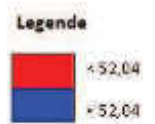


Tabelle A.9: Grafische Darstellung der maximalen Sohlschubspannungen (HQ₃₀ und HQ₁₀₀)

	IST-Zustand	Variante 2	Variante 3
--	-------------	------------	------------

HQ₃₀



HQ₁₀₀



A.3 Ergebnisse Mesohabitatmodellierung

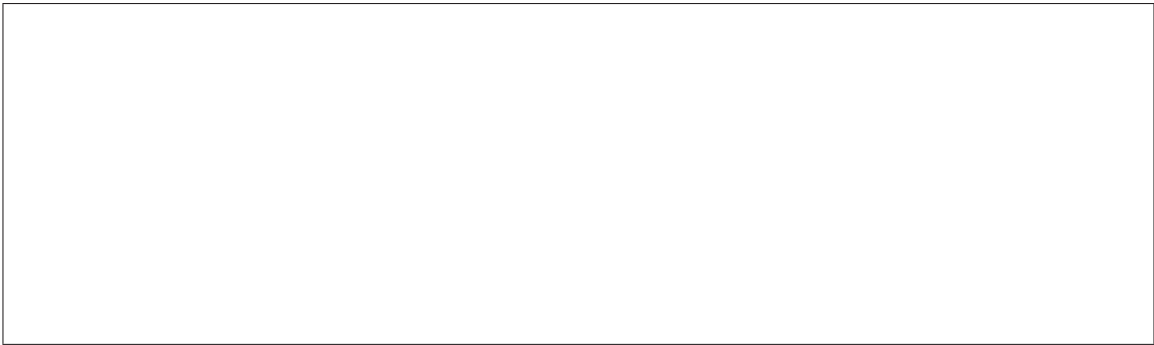


Abbildung A.4: modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - IST-Zustand



Abbildung A.5: modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - IST-Zustand



Abbildung A.6: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁ - IST-Zustand



Abbildung A.7: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁₀₀ - IST-Zustand

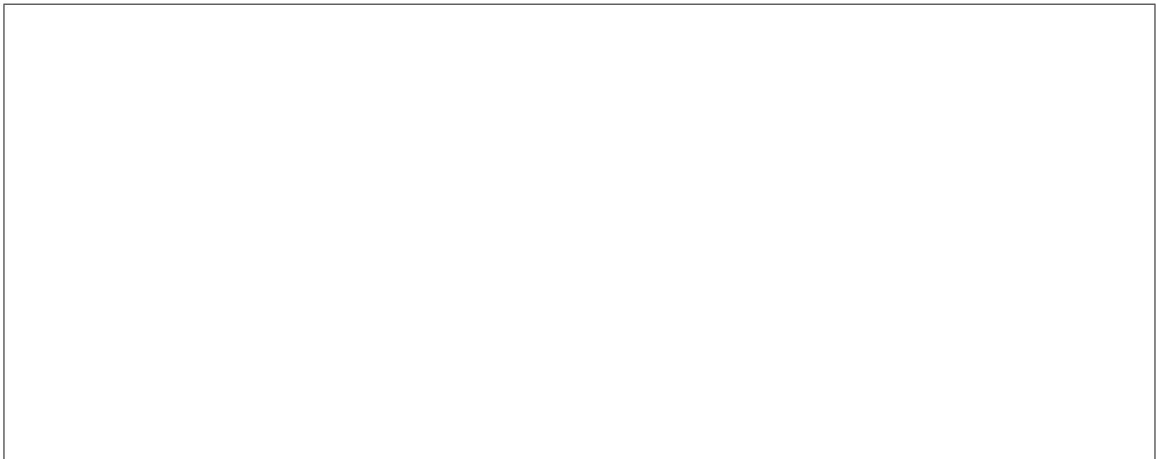


Abbildung A.8: modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante1

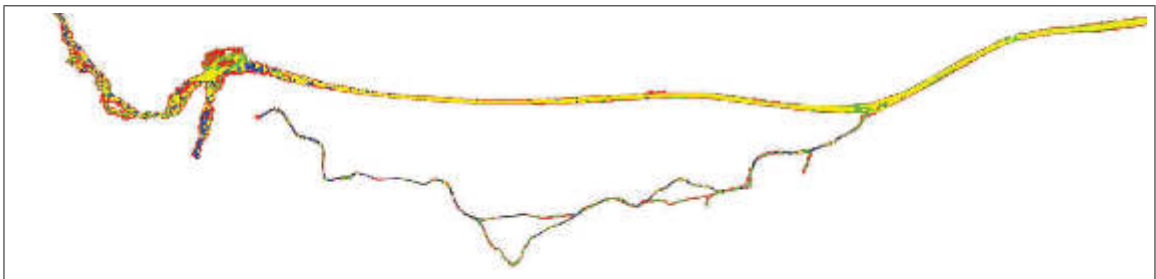


Abbildung A.9: modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante1

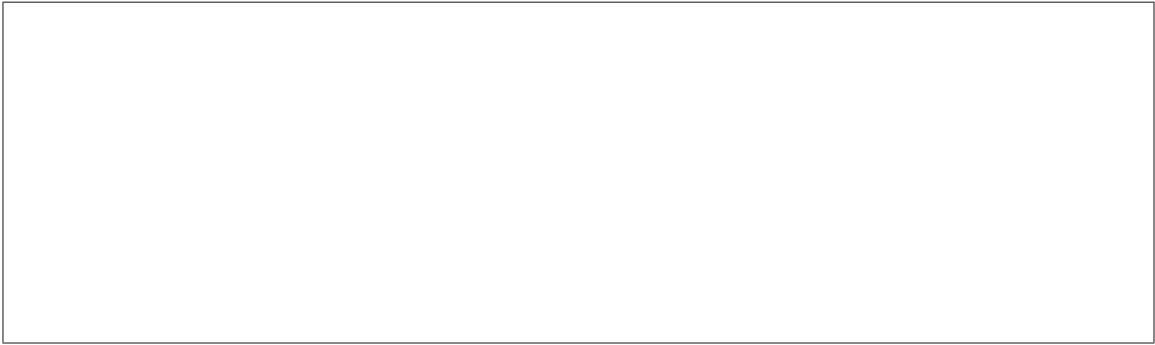


Abbildung A.10: modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante 2

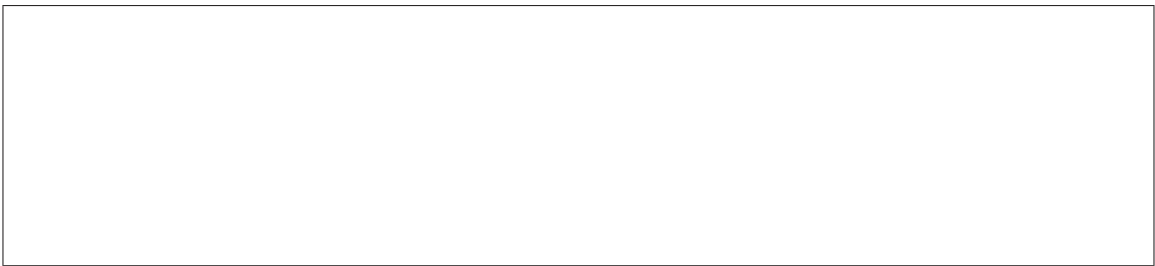


Abbildung A.11: modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante 2

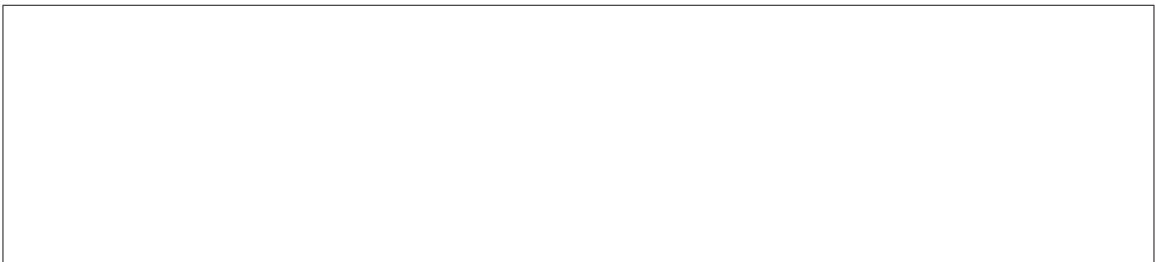


Abbildung A.12: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁ - Variante 2



Abbildung A.13: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁₀₀ - Variante 2



Abbildung A.14: modellierte Mesohabitatverteilung bei Niederwasser - Variante 3

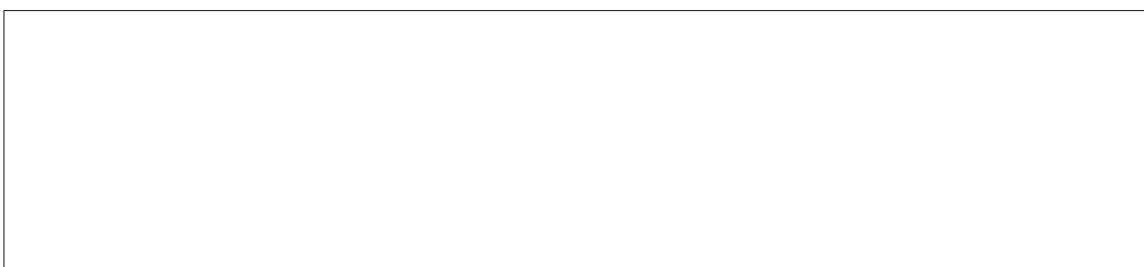


Abbildung A.15: modellierte Mesohabitatverteilung bei Mittelwasser - Variante 3



Abbildung A.16: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁ - Variante 3



Abbildung A.17: modellierte Mesohabitatverteilung bei HQ₁₀₀ - Variante 3

A.4 Attributtabelle der Vegetationsaufnahme

<i>Objekt</i>	<i>Kategorie</i>	<i>Substrat- größe</i>	<i>Deckungs- grad</i>	<i>Sand- anteil</i>	<i>Länge m</i>	<i>Fläche m²</i>
2	Magerwiese o. Schotter	-	-	ja	135,5	1007,9
3	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	110,9	431,6
4	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	107,6	208,7
5	Magerwiese m. Schotter	1	-	nein	353,9	2376,1
6	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	81,5	65,4
8	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	114,9	252,6
9	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	66,9	174,2
10	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	179,8	948,3
11	Magerwiese m. Schotter	-	-	nein	102,5	344,7
3	Fettwiese o. Schotter	-	-	nein	152,8	867,6
4	Fettwiese o. Schotter	-	-	ja	31,8	69,6
9	Fettwiese o. Schotter	-	-	nein	391,9	4132,9
13	Fettwiese m. Schotter	-	-	nein	73,9	82,1
15	Fettwiese m. Schotter	-	-	nein	80,1	255,1
16	Fettwiese m. Schotter	-	-	nein	251,2	1768,5
17	Fettwiese m. Schotter	-	-	nein	97,5	391,1
18	Fettwiese m. Schotter	-	-	nein	82,2	396,3
2	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	146,5	192,8
6	Schotterbank_dynhoch	2	100	ja	224,0	602,3
7	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	47,1	48,2
9	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	65,2	204,6
14	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	171,8	359,2
16	Schotterbank_dynhoch	2	100	ja	75,7	243,4
17	Schotterbank_dynhoch	2	100	ja	53,5	39,1
18	Schotterbank_dynhoch	2	100	ja	93,9	274,4
19	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	277,2	1449,4
21	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	436,3	2209,2
22	Schotterbank_dynhoch	3	100	ja	265,0	1966,1

<i>Objekt</i>	<i>Kategorie</i>	<i>Substr.gr.</i>	<i>Deck.gr.</i>	<i>Sandanteil</i>	<i>Länge</i>	<i>Fläche</i>
23	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	646,4	3611,9
24	Schotterbank_dynhoch	1	100	nein	25,2	36,9
26	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	185,7	298,1
27	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	128,2	353,1
28	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	77,8	262,5
29	Schotterbank_dynhoch	2	90	nein	146,7	629,6
30	Schotterbank_dynhoch	2	90	nein	164,1	409,3
31	Schotterbank_dynhoch	3	90	nein	218,8	1963,4
32	Schotterbank_dynhoch	2	95	ja	107,6	496,1
34	Schotterbank_dynhoch	1	100	nein	109,5	514,3
35	Schotterbank_dynhoch	3	100	nein	162,8	801,7
36	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	229,7	184,2
37	Schotterbank_dynhoch	2	100	nein	108,2	351,5
1	Schotterflur_dyngering	2	20	nein	255,3	987,6
3	Schotterflur_dyngering	1	20	ja	60,3	67,1
4	Schotterflur_dyngering	1	80	ja	122,8	1015,5
5	Schotterflur_dyngering	1	80	nein	127,8	1007,5
6	Schotterflur_dyngering	2	50	nein	115,7	586,3
7	Schotterflur_dyngering	2	50	nein	80,3	194,5
9	Schotterflur_dyngering	3	95	ja	156,8	454,9
11	Schotterflur_dyngering	2	80	nein	146,6	330,3
12	Schotterflur_dyngering	2	95	ja	282,2	2680,2
13	Schotterflur_dyngering	2	80	ja	144,3	789,9
14	Schotterflur_dyngering	2	50	nein	63,8	129,5
1	Gruenerlengebuesch	-	-	-	615,2	6764,8
5	Gruenerlengebuesch	-	-	-	39,5	69,2
6	Gruenerlengebuesch	-	-	-	414,9	2796,5
10	Gruenerlengebuesch	-	-	-	37,8	77,9
11	Gruenerlengebuesch	-	-	-	119,0	469,6
15	Gruenerlengebuesch	-	-	-	21,2	24,1
2	Braunseggniedermoor	-	-	-	71,0	215,3