

Universität für Bodenkultur Wien

University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna

Institut für

**Hydrologie, Wasserwirtschaft und
Konstruktiven Wasserbau**



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

MÖGLICHKEITEN DER RESTRUKTURIERUNG DER WALDZELLER ACHE UNTER BESCHRÄNKTEN PLATZVERHÄLTNISSEN

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplomingenieur

eingereicht von:

GERHARD BRANDMAYR

Betreuer

Ao.Univ. Prof. DI Dr. nat. techn. Helmut Habersack

DI Dr. nat. techn. Christoph Hauer

Wien, Dezember 2008

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei der Hitzfelder & Pillichshammer Ziviltechniker GmbH für die Möglichkeit bedanken, im Rahmen der Restrukturierung der Waldzeller Ache meine Diplomarbeit zu verfassen. Vor allem gilt mein Dank Herrn DI Dr. Alexander Debene für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Weiters bedanke ich mich beim Team von Ao.Univ. Prof. DI Dr. Helmut Habersack am Institut für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau für die interessante und partnerschaftliche Zusammenarbeit.

Ein besonderer Dank gilt DI Dr. Christoph Hauer für die kompetente und freundschaftliche Betreuung dieser Diplomarbeit.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meinen Eltern und meiner Familie für die Unterstützung während meines Studiums.

Bedanken möchte ich mich auch bei meiner Freundin Patricia, dass sie mir immer wieder die Augen für die wirklich wichtigen Dinge im Leben öffnet.

Gerhard Brandmayr

Kurzfassung

In den letzten Jahrzehnten durchgeführte Regulierungs- und Verbauungsmaßnahmen machten ein Restrukturierungsprojekt zur Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit an der Waldzeller Ache in Oberösterreich notwendig. An einem ausgewählten, ca. 200 m langen Abschnitt der Waldzeller Ache wurden Habitatverbesserungsmaßnahmen entwickelt und im Frühjahr 2008 umgesetzt. Durch Vergleiche mit einer „naturnahen“ Strecke, als auch einer historisch rekonstruierten Gerinnegeometrie, konnten die notwendigen Maßnahmen auf die typische Gewässercharakteristik abgestimmt werden. Die Entwicklung der Maßnahmen erfolgte weiters unter den Gesichtspunkten von eingeschränkten Platzverhältnissen (keine Veränderung der Gewässerbreite) sowie des Erhalts des bisher vorhandenen Hochwasserabfuhrvermögens. Die hydraulische Modellierung bzw. die Simulation der Sohlentwicklung erfolgte mittels HEC-RAS 4.0. Die Habitatmodellierung wurde mit dem Mesohabitat Evaluation Modell (MEM) durchgeführt. Dies ist ein Zusatzmodul zum zweidimensionalen Hydraulikmodellierungsprogramm Hydro_AS-2d und wurde vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie konstruktiven Wasserbau der BOKU Wien entwickelt. Die daraus gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass sowohl in der projektierten Maßnahmenstrecke, als auch in der realisierten Maßnahmenstrecke eine Erhöhung der Tiefen- bzw. Breitevarianz des Gewässers erreicht werden konnte und mit einer deutlichen nachhaltigen Verbesserung der Habitatqualität bzw. Habitatvielfalt in Zukunft zu rechnen ist. Die Simulation der Sohlentwicklung lässt auf eine geringe Variabilität der Sohlage bei HQ1 schließen. Die aus dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse können für weitere Restrukturierungsprojekte unter beschränkten Platzverhältnisse herangezogen werden.

Abstract

In the last decades, regulation and river training measures were implemented at the “Waldzeller Ache” (Upper Austria). According to the aims of the EU Water Framework Directive and to improve the ecological effectiveness a river restoration concept was developed. For this purpose, habitat enhancement measures were designed and implemented along a section of approximately 200 m of the Waldzeller Ache in spring 2008. The evaluation of the measures (done by habitat modelling) was based on comparisons with a “close to nature” defined reach as well as on comparisons with a pristine stream course which could be rebuilt from based on historical maps. The consideration of the lateral space (no change of bankfull width possible) and the preservation of the existing flood protection were also of importance for the design process. The hydraulic modelling was done by using the HEC-RAS 4.0. For the habitat modelling, the Mesohabitat Evaluation Modul (MEM) was used. The MEM works as a post processing program for the two dimensional hydraulic modeling program Hydro_AS-2d designed by the “Institute of Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering”. The habitat modeling results from considered reaches shows enhanced depth- and width variances. Modelling at the river bed evolution for the input at a one year flood (with and without sediment input) featured no significant change in bed level (aggradation, degradation). Whereas, some differences in results between various sediment transport equations could be found. The results gained from these investigations can be used for further river restoration projects.

Abkürzungsverzeichnis

CASIMIR Computer Aided Simulation Modell for Instream Flow Regulations

HEC-RAS Hydrologic Engineering Center - River Analysis System

HQ – EInstand Hochwassereinstand

HZB – Nummer: Hydrografisches Zentralbüro – Nummer

Kirchheim i.L. Kirchheim im Innkreis

MEM Mesohabitat Evaluation Model

m ü. A. Meter über Adria (Bezugshöhe)

MNQ mittleres Niederwasser

MQ Mittelwasser

NQ Niederwasser

HQ Hochwasser

SK Schwankungskoeffizient

SMS Surface Water Modeling System

WRRL Wasserrahmenrichtlinie

1-D Eindimensional

2-D Zweidimensional

Inhaltsverzeichnis

1.	<i>Einleitung</i>	1
2.	<i>Zielsetzung und Aufgabenstellung</i>	2
3.	<i>Allgemeine Grundlagen</i>	3
3.1	Habitat.....	3
3.1.1	Habitatmodellierung.....	4
3.1.2	Vorteile von Habitatmodellen (SCHNEIDER, 2001).....	5
3.2	Hydrologische und hydraulische Grundlagen.....	5
3.2.1	Bestimmung des Schwankungskoeffizienten.....	6
3.2.2	Theoretische Grundlagen für die eindimensionale, stationäre Wasserspiegellagenberechnung.....	7
3.2.2.1	Kontinuitätsgesetz.....	7
3.2.2.2	Energiegleichung (erweiterte Bernoulligleichung).....	8
3.2.2.3	Fließgesetz.....	9
3.3	Feststofftransport.....	10
3.3.1	Theoretische Grundlagen für den Feststofftransport.....	11
3.3.1.1	Meyer-Peter und Müller.....	11
3.3.1.2	Yang.....	12
3.3.1.3	Wilcock.....	13
3.3.2	Bestimmung der Transportrate für Fließgewässer.....	13
3.3.3	Theoretische Grundlagen der 2-D Habitatmodellierung.....	14
4.	<i>Untersuchungsgebiet</i>	17
4.1	Geografische Lage.....	17
4.2	Beschreibung der betrachteten Gewässerabschnitte.....	19
4.2.1	Historische Strecke.....	19
4.2.2	Vergleichsstrecke.....	19
4.2.3	Projektstrecke.....	19
4.3	Geologie (AOOEL, 2001).....	20
4.4	Hydrologie.....	21
4.5	Kurzcharakteristik des Gewässerabschnittes.....	22
5.	<i>Methodik</i>	23
5.1	Datenerhebung.....	23
5.1.1	Geometrie.....	23

5.1.1.1	Historischer Flusslauf	23
5.1.1.2	Maßnahmen- bzw. Vergleichstrecke	24
5.1.2	Kornverteilung.....	24
5.1.3	Hydrologie.....	24
5.1.4	Biologie	25
5.2	Modellierung.....	26
5.2.1	1-D Modellierung.....	26
5.2.1.1	Hydraulische Berechnungen	26
5.2.1.2	Simulation der Sohlentwicklung.....	26
5.2.2	2-D Modellierung.....	28
6.	<i>Ergebnisse</i>	30
6.1	Geometriedaten	30
6.1.1	Historischer Flusslauf	31
6.1.2	Vergleichsstrecke.....	32
6.1.3	Maßnahmenstrecke Regulierungszustand	34
6.1.4	Maßnahmenstrecke mit projektierten Einbauten	36
6.1.5	Maßnahmenstrecke mit realisierten Maßnahmen	37
6.2	Beschreibung der Maßnahmen	39
6.2.1	Projektierte Maßnahmen	39
6.2.2	Realisierte Maßnahmen.....	39
6.2.3	Streckenvergleich	40
6.3	Befischungsergebnis.....	40
6.3.1.1	Bachforelle (<i>Salmo trutta forma fario</i>).....	42
6.3.1.2	Koppe (<i>Cottus gobio</i>).....	43
6.4	Siebanalyse.....	44
6.5	Hydrologische Daten.....	45
6.5.1	Bestimmung des Schwankungskoeffizienten	45
6.5.2	Ermittlung der Hochwasserwelle für die Sedimenttransportsimulation	45
6.6	HEC – RAS Ergebnisse	47
6.6.1	Modellkalibrierung.....	47
6.6.2	Historischer Flusslauf	49
6.6.3	Vergleichsstrecke (naturnahe Strecke).....	52
6.6.4	Projektstrecke	54
6.6.4.1	Vergleich der borvollen Abflüsse an der Projektstrecke.....	54
6.6.4.2	Vergleich der maximalen Wassertiefen.....	55
6.6.4.3	Vergleich der maximalen Fließgeschwindigkeiten	57
6.6.4.4	Vergleich der maximalen Sohlschubspannungen	59
6.6.5	Varianzenvergleich	61

6.6.6	Prognose der Sohlentwicklung	63
6.7	MEM – Ergebnisse	66
6.7.1	Habitatverteilung an der Vergleichsstrecke	66
6.7.2	Habitatverteilung des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke	67
6.7.3	Habitatverteilung der realisierten Maßnahmenstrecke	68
6.7.4	Veränderung des Habitatdargebotes	69
6.7.5	Räumliche Verteilung der Habitats	70
6.7.5.1	Vergleichsstrecke	70
6.7.5.2	Regulierungszustand der Projektstrecke	71
6.7.5.3	Projektstrecke nach erfolgten Umbauarbeiten	72
7.	<i>Interpretation und Diskussion der Ergebnisse</i>	73
8.	<i>Zusammenfassung</i>	75
	<i>Verzeichnisse und Anhang</i>	77
I.	Literaturverzeichnis	77
II.	Tabellenverzeichnis	80
III.	Abbildungsverzeichnis	80
IV.	Ergebnistabellen aus HEC-RAS-Berechnungen	84
V.	Lebenslauf	98
VI.	Lageplan der realisierten Maßnahmenstrecke	99

1. Einleitung

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden sowohl durch großräumige Korrekturen als auch durch örtliche Sicherungsmaßnahmen natürliche bzw. naturnahe Fließgewässer in ihrer morphologischen Ausbildung stark beeinflusst. Allein in Österreich hat es zwischen 1945 und 1980 an ca. 3900 km Fließstrecke flussbauliche Maßnahmen wie Begradigungen, Sohlsicherungen etc. gegeben. Die negativen ökologischen Auswirkungen dieser Eingriffe führten in den letzten Jahren nicht zuletzt auch durch Ziele der WRRL (2003) zu Sanierungs- bzw. Revitalisierungsprojekten an derartigen Gewässerabschnitten (JUNGWIRTH et al., 2003). Im Wesentlichen beschränken sich diese Maßnahmen auf kürzere Abschnitte und folgen generell einigen „Gestaltungs“-Grundsätzen (NACHTNEBEL, 2003):

- Initiierung einer reichen strukturellen Vielfalt des Gewässerabschnittes
- Asymmetrische Profilformen, lokale Aufweitungen und Einengungen mit sich daraus ergebenden Tiefenvarianzen, sowie unterschiedliche Strömungsverhältnisse
- Initiierung von Buchten und Flachwasserbereichen sowie variable Böschungsneigungen
- Standortgerechte Vegetationsgürtel, welche die Funktion als Schutz- und Lebensraum für Tiere (z.B. als Unterstand, Entstehung von Totholz) wie auch von Ufersicherung vereinen
- Nur grobe Ausführung der Bauarbeiten, damit die Ausformung bzw. Entwicklung des Bachbettes dem Gewässer selbst überlassen wird
- Verwendung von standorttypischen Baustoffen um eine optimale Anpassung an das natürliche, der Umgebung entsprechende Erscheinungsbild zu erreichen

Die vorliegende Diplomarbeit ist Teil eines Hochwasser- und Restrukturierungsprojektes an der im Westen Oberösterreichs gelegenen Waldzeller Ache.

2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Aufgrund von Begradigungs- und Verbauungsmaßnahmen an Böschungen und Sohle, wurde die Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim in ihrer Dynamik stark eingeschränkt. Ihre Morphologie entspricht nicht mehr der charakteristischen Ausprägung für einen derartigen Gewässertyp. Durch Restrukturierungsmaßnahmen an einer ca. 200m langen Strecke soll die Basis für einen, dem Gewässerleitbild besser entsprechenden Gerinneabschnitt, erreichen eines guten ökologischen Zustands im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie, gelegt werden. Bewirkt werden soll dies mittels Entfernung der Sohlsicherung bzw. Aufweitung des Querprofiles. Dadurch soll es zu einer Erhöhung der morphologischen Variabilität kommen (größere Variabilität von Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe im Querschnitt bzw. größere Variabilität der Wasseranschlaglinie). Die daraus entwickelten Restrukturierungsmaßnahmen sollen auf ihre hydraulische Wirksamkeit mittels 1-D Modellierung und auf ihre Wirksamkeit bezüglich der neu geschaffenen Habitate anhand einer 2-D Modellierung überprüft werden. Weiters erfolgt eine Beurteilung der Sohlstabilität durch 1-D Modellierung.

Der zu restrukturierende Abschnitt dient als Teststrecke für Baumaßnahmen, um diese Maßnahmen dahingehend zu entwickeln bzw. zu überprüfen, damit an stark regulierten bzw. verbauten Gewässern ein „guter ökologischer Zustand“ erreicht werden kann (Laichhabitate, Juvenilhabitate etc.). Der „ökologisch gute Zustand“ wird am Beispiel der Fischfauna folgendermaßen definiert: Aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch- chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten weichen die Arten in Zusammensetzung und Abundanz geringfügig von den typspezifischen Gemeinschaften ab. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen Anzeichen für Störungen aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen oder hydromorphologischen Qualitätskomponenten und deuten in wenigen Fällen auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung einer bestimmten Art hin, so dass einige Altersstufen fehlen können (WRRL, 2001).

3. Allgemeine Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden auszugsweise Grundlagen erläutert, auf denen diese Arbeit basiert.

3.1 Habitat

Fließgewässer können aufgrund ihrer morphologischen Entwicklung und Dynamik unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Maßstabsebenen zugeordnet werden. Abbildung 1 zeigt die räumliche und zeitliche Gliederung von Fließgewässern.

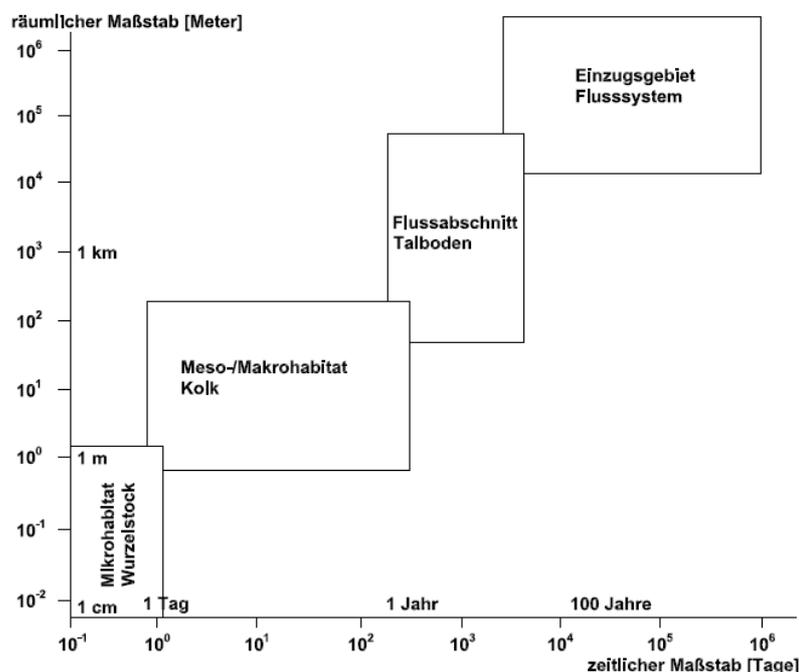


Abbildung 1: Räumliche und zeitliche-hierarchische Gliederung von Fließgewässern (JUNGWIRTH et al., 2003).

Diese Diplomarbeit befasst sich bis zum Bereich der Mesohabitate. Habitate bis zu dieser Größenordnung (max. 1km bzw. 1 Jahr) stellen den Aufenthaltsbereich der meisten Organismen dar und unterscheiden sich in entsprechend kleinräumigen Tiefen-, Strömungs- und Substratverhältnissen. Habitate werden generell in Makro-, Meso-, Mikro- und Picohabitate (meist als Form der Mikrohabitate betrachtet) unterschieden (JUNGWIRTH et al., 2003).

Makrohabitat: Abschnitte mit über 1000m Ausdehnung

Mesohabitat: Bereiche mit einer Ausdehnung von ca. 100m

Mikrohabitat: Lebensräume im Meterbereich

Picohabitat: Bereiche von einigen Zentimetern. Sie wird durch die „Nose position“ eines Fisches beschrieben

3.1.1 Habitatmodellierung

Durch die Anwendung von Habitatmodellen ist es möglich, abiotische Faktoren wie Geometrie, Fließgeschwindigkeit etc. eines Gewässers mit biotischen Faktoren wie zum Beispiel bevorzugte Lebensstandorte verschiedener Altersstadien in einer Modellierung zu verbinden und gleichzeitig zu berücksichtigen. Mit derartigen Habitatmodellen ist es aber an sich nicht möglich, biologische Objekte bzw. deren Verhalten zu beschreiben, sondern sie sagen die Eignung der betrachteten Gewässerabschnitte für definierte Organismenarten vorher. Diese Prognose basiert ausschließlich auf physikalischen Grundlagen, wie Gerinneabmessung, Substratzusammensetzung, Wassertemperatur und dergleichen. Ist bei einem Gewässerabschnitt für ein Lebewesen ein geeignetes Habitat festgestellt worden, ist eine Besiedelung sehr wahrscheinlich, aber nicht zwingend vorhanden. Als Ergebnis wird also nur die Möglichkeit eines Vorkommens erreicht, nicht jedoch eine Populationsprognose erstellt (SCHNEIDER, 2001).

Vor allem bei der Habitatmodellierung muss man sich immer vor Augen halten, dass es sich bei Modellen um Vereinfachungen der Natur handelt. Es werden dabei aus dem komplexen System der Natur einzelne Einflussparameter ausgewählt und als Modellparameter eingesetzt. Die Schwierigkeit besteht darin, die Vereinfachungen so zu gestalten, dass die aus dem Modell gewonnenen Ergebnisse der jeweiligen Fragestellung genügend genau entsprechen. Bei der computerbasierenden Modellierung wird zwischen eindimensionalen-Modellen (1-D) und zweidimensionalen-Modellen (2-D) unterschieden.

1-D – Modelle: Bei numerischen 1-D-Modellen werden die Gewässer als „Linien in der Landschaft“ abgebildet. Es erfolgt eine tiefen- und breitengemittelte hydraulische Berechnung. Daraus folgt, dass in jedem betrachteten Querschnitt nur ein Wert für die Fließgeschwindigkeit berechnet wird. Die 1-D Modelle sind in der Fachwelt weit verbreitet und stellen die primären Modelle der Ingenieurhydraulik dar (ÖWAV, 2008).

2-D – Modelle: Hydraulische Berechnungen mit 2-D – Modellen erfolgen mit tiefengemittelten Strömungsgeschwindigkeiten. Es können daher keine Aussagen über den vertikalen Geschwindigkeitsverlauf getroffen werden. Sie haben den Vorteil, dass sie die Fließgeschwindigkeiten automatisch aufgrund der Geländestruktur berechnen. Diese Modelle finden immer mehr Zuspruch, da aufgrund steigender Leistungsfähigkeit der Computersysteme, sowie steigende Anforderungen an die Genauigkeit der Ergebnisse, präzisere Modelle möglich bzw. notwendig sind (ÖWAV, 2008).

3.1.2 Vorteile von Habitatmodellen (SCHNEIDER, 2001)

- Es herrscht ein Konnex zwischen ökologischem Zustand eines Gewässersystems und den Lebensraumsansprüchen der für dieses Gewässer typischen Lebewesen.
- Bislang sind keine Alternativen zu Habitatmodellierungen vorhanden, bei denen durch Veränderung der physikalischen Parameter des Fließgewässers, die Auswirkungen auf die Fauna prognostiziert werden können.
- Änderungen des Abflusses wirken sich in erster Linie auf Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Substratzusammensetzung des Fließgewässers aus, welche als Hauptfaktoren in die Habitatmodellierung eingehen.
- Habitatmodelle haben sich in einem breiten Einsatzspektrum bewährt.

3.2 Hydrologische und hydraulische Grundlagen

Auszugsweise werden nachstehend einige, in dieser Diplomarbeit verwendeten hydrologischen Kenngrößen beschrieben (aus NACHTNEBEL, 2003).

Niederwasser:

Als Niederwasser (NQ) wird der niedrigste Abfluss innerhalb einer Zeitreihe bezeichnet. Das mittlere Niederwasser (MNQ) ist das arithmetische Mittel der Niederwässer innerhalb eines bestimmten Zeitraumes.

Mittelwasser:

Mittelwasser (MQ) ist das arithmetische Mittel aller Tagesmittelaflüsse innerhalb eines Jahres.

Hochwasser:

Niederstes/Höchstes Jahreshochwasser (HQ_{\min}/HQ_{\max}) innerhalb einer definierten Zeitreihe. Das mittlere Jahreshochwasser (MJHQ) ist als arithmetisches Mittel der Jahreshochwässer einer zusammenhängenden Zeitreihe definiert.

Bordvoller Abfluss:

Als bordvoller Abfluss wird jener Abfluss bezeichnet, bei dem der Gerinnequerschnitt zur Gänze gefüllt ist.

3.2.1 Bestimmung des Schwankungskoeffizienten

Die Beurteilung des Abflussregimes erfolgt auf der Grundlage des Ansatzes von MADER et al. (1996, zitiert bei FÜRST 2007):

Als Abflussregime wird die gemittelte, regelhafte und jahreszeitliche Abfolge von Schwankungen des Abflusses verstanden. Sichtbar wird dies in der mittleren Ganglinie im Jahresverlauf des Abflusses. Die Beschreibung erfolgt über den PARDE-Koeffizienten, welcher als Quotient des mittleren Monatsabflusses und des mittleren jährlichen Abflusses definiert ist:

$$SK_i = \frac{MQ_i}{MQ_{Jahr}} \quad (i = \text{Jänner, Februar,}, \dots, \text{Dezember}) \quad (1)$$

SK..... Schwankungskoeffizient

MQ_i monatliches Mittelwasser

MQ_{Jahr} jährliches Mittelwasser

Mittels dieses dimensionslosen Koeffizienten wird neben dem Auftrittszeitpunkt auch die Schwankung des Abflussganges im Jahresverlauf aufgezeigt. Weiters sind dadurch Fließgewässer unterschiedlicher Größe direkt miteinander vergleichbar.

STEIDL (1991, zitiert bei FÜRST 2007) verbindet die PARDE- und GRIMM-Koeffizienten: Bei Abflusskurven, die durch einen dominanten oder mehrere gleichzeitig wirkende Steuerfaktoren gebildet werden, erfolgt die Typisierung auf Grund der Rangfolge der abflussreichsten Monate. Eine Charakterisierung über Doppelmonate würde zu einer Unschärfe der Aussagekraft führen. Sind jedoch mehrere, zeitlich unterschiedlich wirkende Steuerfaktoren für den mittleren Abflussgang ausschlaggebend, hat die Typisierung über die charakteristischen Doppelmonate zu erfolgen.

Auftreten und Bedeutung der den Abfluss maßgeblich bestimmenden Steuerfaktoren definieren die „Komplexität“ eines Abflussregimes. PARDE versteht darunter die Anzahl der Maxima und Minima einer Regimekurve und unterscheidet grundsätzlich zwischen einfachen Regimen bei einem eingipfeligen Verlauf und komplexen Regimen bei einem mehrgipfeligen Verlauf der mittleren Abflusskurve. Diesem Typisierungsschema liegen nur repräsentative Abflussmessstationen zugrunde. Es müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Die Abflussmessreihe muss homogen und konsistent sein.
- Eine mindestens zehnjährige Beobachtungszeit wird erreicht oder überschritten.
- Der Abfluss darf anthropogen nicht beeinflusst sein.
- Die Abflussregime dürfen durch größere Seen im Einzugsgebiet nicht modifiziert werden.
- Das Einzugsgebiet muss größer als 10 km² sein.

3.2.2 Theoretische Grundlagen für die eindimensionale, stationäre Wasserspiegellagenberechnung

Für die eindimensionale Wasserspiegellagenberechnung wird in dieser Diplomarbeit das Programm HEC – RAS 4.0 verwendet. Die Berechnungsansätze dieses Programmes beruhen auf nachstehenden theoretischen Grundlagen (ÖWAV, 1995; RÖSSERT, 1992 und USACE, 2008).

3.2.2.1 Kontinuitätsgesetz

Das Kontinuitätsgesetz gilt für Flüssigkeitsströmungen und ist das Gesetz von der Erhaltung der Masse. Es besagt, dass die innerhalb eines Zeitabschnittes in einen Raum einströmende Flüssigkeitsmasse gleich der in diesem Zeitraum ausströmenden Flüssigkeitsmasse sein muss.

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Umformung: $Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$

Q..... Durchfluss [m³/s]

S..... Strecke [m]

A..... Querschnitt [m²]

t Zeit [s]

v_i..... Fließgeschwindigkeit [m/s]

A_i Abflussquerschnitt [m²]

3.2.2.2 Energiegleichung (erweiterte Bernoulligleichung)

Abbildung 2 zeigt die grafische Darstellung der einzelnen Komponenten der Gleichung nach Bernoulli.

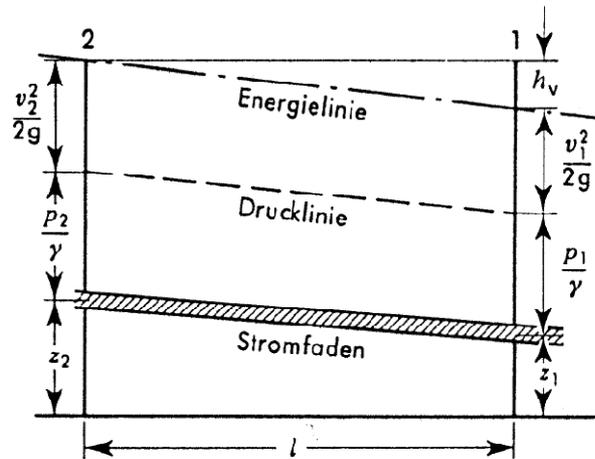


Abbildung 2: Darstellung der Komponenten der Gleichung nach Bernoulli (RÖSSERT, 1992).

Die erweiterte Bernoulligleichung lautet:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_v = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3)$$

z_i Wasserspiegellage über Bezugsniveau [m]

p_i Druck [N/m²]

γ Wichte von Wasser [N/m³]

v_i mittlere Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

h_v Verlusthöhe [m]

g Erdbeschleunigung [m/s²]

Die Gleichung nach Bernoulli (Formel 3) besagt, dass die in einem System enthaltene Energie konstant bleibt. Dabei werden die einzelnen Energieformen in „Energiehöhen“ umgerechnet, wobei z_i die geodätische Höhe (Lageenergie), $\frac{p_i}{\gamma}$ die Druckhöhe (Druckenergie), $\frac{v_i^2}{2g}$ die Geschwindigkeitshöhe (kinetische Energie) und h_v die Verlusthöhe ist (RÖSSERT, 1992).

3.2.2.3 Fließgesetz

Zur Ermittlung des Abflusses bzw. des Abflussvermögens des Gerinnes, liegen dem Simulationsprogramm HEC-RAS nachstehende Gleichungen zu Grunde (Gleichung 4 und 5).

$$Q = K\sqrt{I_E} \quad (4)$$

$$K = k_{ST} \cdot A \cdot R^{2/3} \quad (5)$$

K..... Abflussleistung [m³/s]

I_E..... Energieliniengefälle [-]

k_{ST}..... Stricklerbeiwert [m^{1/3}/s]

R..... hydraulischer Radius [m]

Im HEC-RAS wird als Rauigkeitsbeiwert, der Manningkoeffizient (n), verwendet. Dieser wird entweder direkt aus Tabellenwerken abgelesen, oder aus dem Stricklerbeiwert wie folgt berechnet:

$$n = \frac{1}{k_{ST}} \quad (6)$$

Die Wasserspiegellagenberechnung erfolgt nach dem Standard-Step Verfahren. Bei strömenden Abflüssen (bei den durchgeführten Berechnungen sind nur strömende Verhältnisse vorhanden) beginnt die Berechnung im untersten Profil und ergibt durch iterative Annäherung mittels Verknüpfung von Kontinuitätsgesetz, Energiegleichung und Fließformel die Wasserspiegellage im nächsten Profil. Das Angewandte Verfahren zur numerischen Lösung beruht auf der Sekantenmethode (ÖWAV, 1995 und USACE, 2008).

Laut ÖWAV (1995) erfordert die Wasserspiegellagenberechnung eine Reihe von Grundlagendaten, welche generell sind:

- Gerinnesystem
- Daten zur Gerinnegeometrie
- Abflussdaten
- Information über den Abflusszustand
- Rauigkeitsdaten (im Hauptgerinne und Vorland)
- Daten über Einbauten (Brücken, Durchlässe etc.)
- Daten betreffend Wirksamkeit des Abflussraumes
- Energieverlustbeiwerte (Kontraktion, Expansion, Reibungsverluste)
- Lage der Trennflächen zwischen Hauptgerinne und Vorland, bzw. Böschung mit Bewuchs und freiem Abflussquerschnitt
- Angabe der Grenze zwischen dem Abflussquerschnitt und dem Retentionsbereich

3.3 Feststofftransport

Zusätzlich zur Entwicklung verschiedener Restrukturierungsmaßnahmen ist die zukünftig zu erwartende Sohlentwicklung bzw. Sohlstabilität des revitalisierten Abschnittes durch Simulation mit HEC-RAS zu ermitteln. Aus diesem Grund werden nachstehend die Grundlagen für die Simulation der Sohlentwicklung erläutert.

Der Transport oder die Ablagerung von Feststoffen in Fließgewässern hängt im Wesentlichen von der Korngröße des Feststoffes und von der Fließgeschwindigkeit- bzw. von den Abflussverhältnissen des Fließgewässers ab. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 3 grafisch

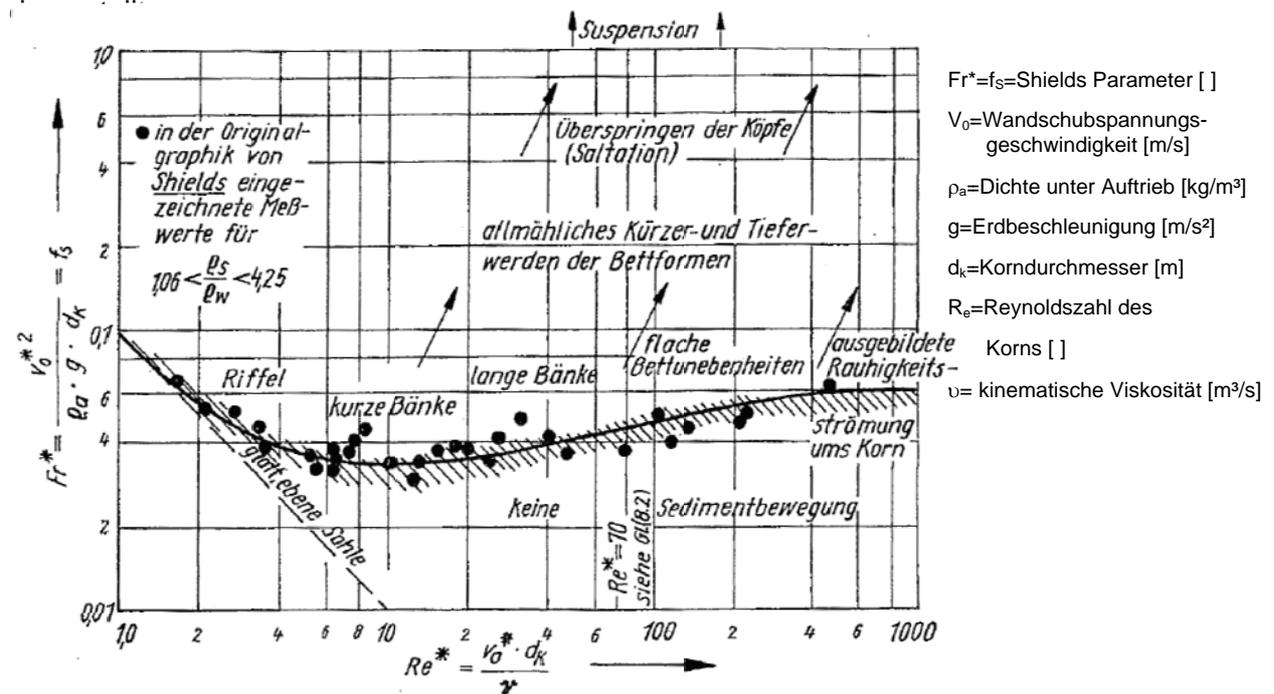


Abbildung 3: Grenzen der Erosion und Sedimentation von Kornteilen unterschiedlicher Größe: Shields – Diagramm (BOLLRICH, 1989)

Der Bewegungsbeginn wird als nicht scharf abgegrenzter Bereich dargestellt (schraffiert), da dieser von der Lagerung der Einzelkörner abhängt. Isoliert oder exponiert liegende Teilchen werden leichter in Bewegung versetzt als jene, die in einem Verband gelagert sind. Der Bewegungsbeginn der Tonfraktion (Korngröße < 0,002 mm) erfolgt aufgrund der wirkenden Kohäsionskräfte bei einer höheren Fließgeschwindigkeit als der Schluff- bzw. Feinsandfraktion (Korngröße 0,002-0,2 mm). Die durchgezogene Linie zeigt die Grenze zwischen Erosion und Sedimentation. Es ist zu erkennen, dass sich Ton- und Schluffelemente auch bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten nur sehr langsam absetzen.

Im Zusammenhang mit dem Feststofftransport wird oft die Bezeichnung Geschiebe verwendet, welcher nachstehend näher erläutert wird. Als Geschiebe werden laut ÖN B2400 die vom fließenden Wasser auf oder nahe der Gewässersohle gleitend, rollend oder springend fortbewegten Gesteinsteile bezeichnet. Das Geschiebe stellt ein Korngemisch aus Gesteinskomponenten unterschiedlicher Herkunft, Korngröße, Form und Dichte zusammen. In dieser Diplomarbeit wird die Feststoffdichte des Geschiebes mit 2665kg/m^3 angenommen.

3.3.1 Theoretische Grundlagen für den Feststofftransport

Im Folgenden werden die theoretischen Grundlagen zu ausgewählten Ansätzen der Berechnung des Feststofftransportes erläutert. Die Berechnungen des Simulationsprogrammes HEC-RAS basieren auf die in diesem Kapitel angeführten Gleichungen (Gleichung 7 bis Gleichung 14).

3.3.1.1 Meyer-Peter und Müller

USACE (2008):

Die Meyer- Peter und Müller Gleichung war eine der ersten Gleichungen für die Berechnung des Geschiebetriebes. Sie ist am Besten für die Kiesfraktion geeignet. Bei sandigem Substrat neigen die Ergebnisse nach der Meyer- Peter und Müller Formel zu einem zu geringen Geschiebetrieb. Dieser Ansatz zeigt den theoretischen Zusammenhang zwischen den hydraulischen Daten eines Gewässers und der dabei geförderten Geschiebemenge. Der Zusammenhang wurde empirisch ermittelt und durch Gleichung 7 theoretisch bestätigt.

$$\left(\frac{k_s}{k_R}\right)^{3/2} \gamma R I = 0,0047(\gamma_S - \gamma)d_m + 0,25\left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_S - \gamma}{\gamma_S}\right)^{2/3} g_s^{2/3} \quad (7)$$

g_s Geschiebetrieb je m Flussbreite [kg/s]

γ Wichte Wasser [N/m³]

γ_S Wichte Feststoff [N/m³]

k_s Strickler – Beiwert [m^{1/3}/s]

k_R Rauigkeitsbeiwert [m^{1/3}/s]

I Sohlgefälle [-]

R hydraulischer Radius je m Breite [m] = $\frac{A}{U}$

A benetzte Fläche [m²]

U benetzter Umfang [m]

d_m mittlerer Geschiebekorndurchmesser [m] = $\frac{\Sigma(d \cdot \Delta p)}{100}$

g Erdbeschleunigung [m/s²]

3.3.1.2 Yang

Yang (1973, zitiert bei ZANKE, 1982) und Yang (1973 und 1984, zitiert bei USACE 2008):

Laut Yang ist die „unit stream power“ als die maßgebliche Variable für den Sedimenttransport anzusehen. Als „unit stream power“ wird das Produkt aus Abfluss und Gefälle bezeichnet. Die Funktion nach Yang wurde in Labor- und Naturversuchen empirisch entwickelt und getestet. Sie setzt sich aus 2 separaten Beziehungen für Sand und Kies zusammen. Der Übergang von der Sand- auf die Kiesfraktion erfolgt linear, um Diskontinuitäten in den Ergebnissen zu vermeiden. Die Gleichungen nach Yang tendieren zu einer sensitiven Reaktion auf Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten und sind ebenfalls empfindlicher als die meisten anderen Sedimenttransportformeln gegenüber Änderungen der Partikelsinkgeschwindigkeiten.

Gleichung für Kies ($d_m > 2\text{mm}$):

$$\log C_t = 6,681 - 0,633 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 4,816 \log \frac{u^*}{\omega} + \left(2,784 - 0,305 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,282 \log \frac{u^*}{\omega} \right) \log \left(\frac{vS}{\omega} - \frac{v_{crit}S}{\omega} \right) \quad (8)$$

Gleichung für Sand ($d_m < 2\text{mm}$):

$$\log C_t = 5,435 - 0,286 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,457 \log \frac{u^*}{\omega} + \left(1,799 - 0,409 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,314 \log \frac{u^*}{\omega} \right) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{crit}S}{\omega} \right) \quad (9)$$

C_t Gesamtsedimentkonzentration []

ω Partikelsinkgeschwindigkeit [m/s]

d_m mittlerer Korndurchmesser [m]

ν kinematische Viskosität [m²/s]

V mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]

V_{crit} Fließgeschwindigkeit beim Beginn der Sedimentbewegung [m/s]

S Gefälle [-]

u^* Sohlschubspannungsgeschwindigkeit = $\left(\frac{\tau_0}{\rho} \right)^{0,5}$ [m/s]

τ_0 Sohlschubspannung an der Sohle [N/m²]

ρ Dichte [kg/m³]

3.3.1.3 Wilcock

Die Gleichung nach Wilcock ist für sand- und kiesführende Gewässer entwickelt worden. Es ist ein Oberflächentransportmodell und basiert auf der Theorie, dass der Transport primär vom Material, welches im direkten Kontakt mit dem Fluid ist, abhängt. Wilcock hat zusätzlich eine Funktion eingearbeitet, um das Transportpotential kleinerer Teilchen zu reduzieren. Er geht davon aus, dass sich diese kleineren Teilchen zwischen größeren Kiespackungen „einnisten“ und sie somit nicht der gesamte Sohlschubspannung des fließenden Gewässers ausgesetzt sind. Die Zentrale Theorie von Wilcock besagt, dass das Transportpotential von Kies mit dem Sandanteil im Geschiebe ansteigt (USACE, 2008).

3.3.2 Bestimmung der Transportrate für Fließgewässer

Um eine Sedimenttransportsimulation durchführen zu können ist es notwendig, die generell im Fließgewässer transportierten Geschiebemengen in Abhängigkeit der Abflüsse („Rating Curve“) zu kennen. Da Geschiebemessungen aufgrund des großen Aufwandes oftmals nicht möglich sind, gibt es theoretische Herangehensweisen um die benötigten Daten zu ermitteln. Im Folgenden wird ein Beispiel für die Ermittlung dieser „Rating Curve“ näher erläutert.

WILCOCK (2001) unterscheidet in seinen theoretischen Ansätzen zwischen Geschiebe der Kies- bzw. Sandfraktion.

Für die Abschätzung der Transportrate der Kiesfraktion gilt:

$$W_i^* = 11,2 \left(1 - 0,846 \frac{\tau_{crit}}{\tau} \right)^{4,5} \quad \text{wenn } \frac{\tau}{\tau_{crit}} > 1 \quad (10)$$

und

$$W_i^* = 0,0025 \left(\frac{\tau}{\tau_{crit}} \right)^{14,2} \quad \text{wenn } \frac{\tau}{\tau_{crit}} < 1 \quad (11)$$

wenn $\frac{\tau}{\tau_{crit}} = 1$ ist, sind beide Gleichungen zutreffend.

Die Transportrate für die Sandfraktion wird nach WILCOCK (2001) folgendermaßen bestimmt:

$$W_i^* = 11,2 \left(1 - 0,846 \sqrt{\frac{\tau_{crit}}{\tau}} \right)^{4,5} \quad (12)$$

W_i^* Transportrate nach Wilcock []

τ Sohlschubspannung [N/m²]

τ_{crit} kritische Sohlschubspannung [N/m²]

Die kritische Sohlschubspannung (τ_{crit}) errechnet sich nach Meyer - Peter und Müller (1948) HAUER et al. (2008):

$$\tau_{crit} = 0,47(\rho_F - \rho_L) \cdot g \cdot d_m \quad (13)$$

ρ_F Feststoffdichte [kg/m³]

ρ_L Dichte von Wasser [kg/m³]

g Erdbeschleunigung [m/s²]

d_m mittlere Korndurchmesser [m]

WILCOCK (2001) beschreibt weitergehend die Ermittlung der vorhandenen Sohlschubspannung (τ):

$$\tau = 0,0052 \cdot \rho (g \cdot S \cdot D_{65})^{0,25} \cdot U^{1,5} \quad (14)$$

ρ Dichte von Wasser [kg/m³]

g Erdbeschleunigung [m/s²]

S Energieliniengefälle [m/m]

D_{65} Korndurchmesser der von 65 Massenprozent erreicht oder unterschritten wird [m]

U mittlere Fließgeschwindigkeit des Gewässers

Mittels der beschriebenen Gleichungen ist ein Zusammenhang zwischen Abfluss und Transportrate gegeben.

3.3.3 Theoretische Grundlagen der 2-D Habitatmodellierung

Die 2-D Habitatmodellierung erfolgt in dieser Diplomarbeit mit dem vom Institut für Konstruktiven Wasserbau, Hydrologie und Wasserwirtschaft (BOKU-Wien) entwickelten Mesohabitat Evaluation Model (MEM) (HAUER et al., 2008). Das MEM basiert auf den Resultaten des 2-dimensionalen, tiefengemittelten Hydraulik Modells Hydro_AS-2d. Abbildung 4 zeigt das konzeptionelle Ablaufschema des MEM. Der Modellierungsprozess teilt sich in drei Berechnungsschritte. Beim ersten Schritt werden vier der sechs möglichen Mesohabitattypen definiert (riffle, pool, run und fast run). Die Mesohabitattypen sind durch mehrere physikalische Parameter (Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Schubspannungen an der Gerinnesohle) welche mittels Hydro_AS-2d ermittelt werden bestimmt. Die Verlinkung von Hydro AS-2d und MEM erfolgt über die Outputfiles: <vel.dat> für die Geschwindigkeitsdaten, <depth.dat> für die Daten der Abflusstiefen und <shear.dat> für die Daten der Schubspannung an der Gewässersohle. Im zweiten Berechnungsschritt werden die zwei restlichen Habitattypen definiert. Diese decken den Bereich mit geringen Fließgeschwindigkeiten ab (backwater, shallow water habitats). Im dritten Berechnungsschritt werden die sechs Mesohabitattypen mittels dem Verhältnis von

berechneter Schubspannung an der Gerinnesohle und der kritischen Sohlschubspannung von geschichtetem Untergrund mit Anwendung der Meyer-Peter und Müller Formel (1949) auf Stabilität geprüft (HAUER et al., 2008)

$$\tau_{crit} = 0,047 \cdot (\rho_F - \rho_W) \cdot g \cdot d_m \quad (15)$$

τ_{crit} kritische Sohlschubspannung [N/m²]

ρ_F Feststoffdichte (2665 kg/m³)

ρ_W Wasserdichte (1000 kg/m³)

g Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)

d_m mittlere Korndurchmesser [m]

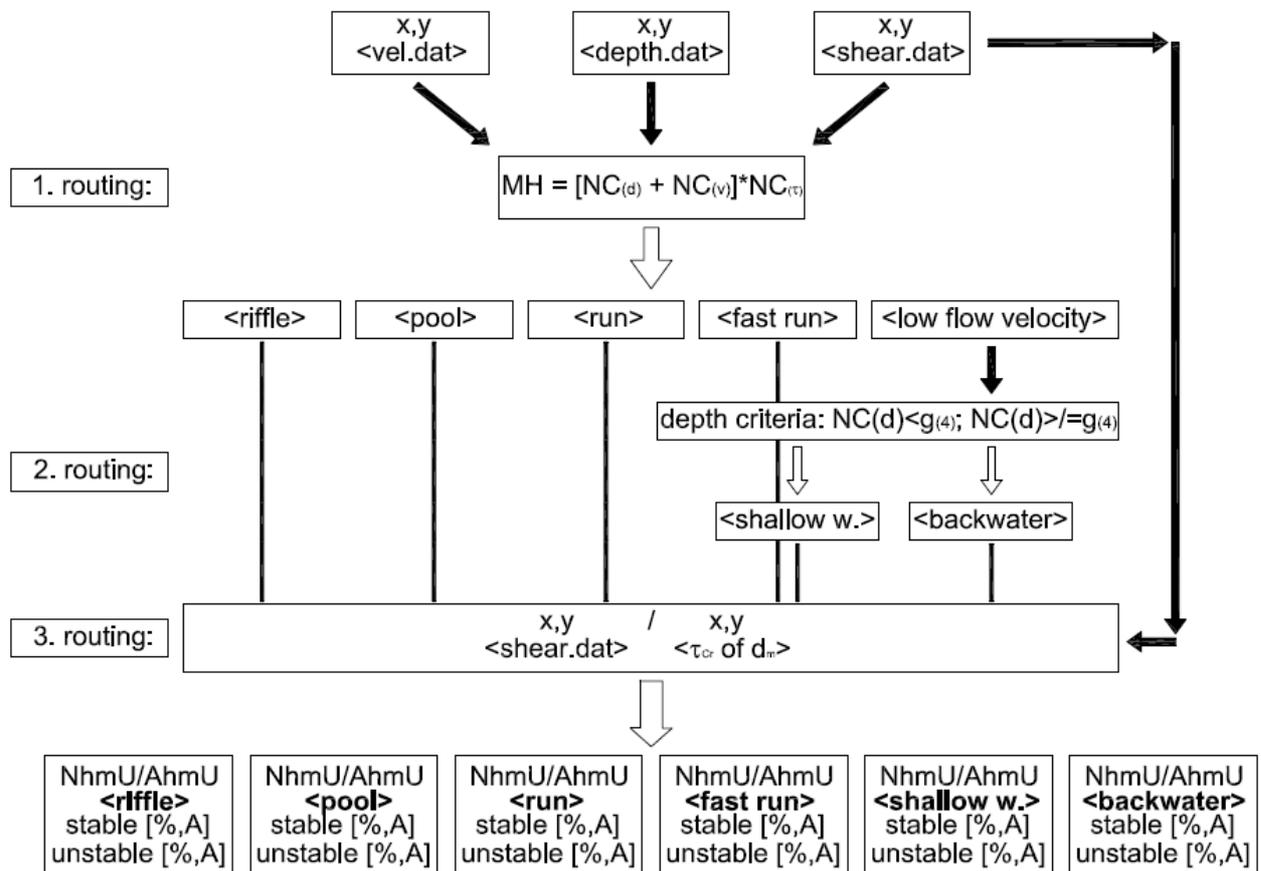


Abbildung 4: Konzeptionelles Ablaufschema des MEM (HAUER et al., 2008).

In Abbildung 4 vorkommenden Abkürzungen sind nachstehend beschrieben.

NhmU= number of hydro – morphological units, AhmU= Area of hydro – morphological units [m²], A = Area (Fläche) [m²], x und y = Koordinaten, d = depth (Wassertiefe), v = velocity (Fließgeschwindigkeit), τ = Schleppspannung an der Gerinnesohle, NC = numerical code (1-5 für Wassertiefe, 1-5 für Fließgeschwindigkeit und 0-2 für Schleppspannung), MH = Mesohabitat

Parasiewicz (2001), Bisson et al. (1981) und Dollof et al. (1993), zitiert bei HAUER et al., (2008) bzw. HEIDRICH (2006), haben die sechs Habitattypen wie folgt beschrieben:

Riffles: Flachwasserbereiche mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten, geringen Turbulenzen an der Oberfläche und einer konvexe Flussbettform. Sie bilden bedeutende Laichareale für kieslaichende Fischarten wie zum Beispiel die Bachforelle.

Fast runs: Gleichförmig, schnell fließende Gewässerabschnitte.

Runs: gleichförmiger Abflusskanal mit ausgeprägtem Talweg. Das Flussbett ist longitudinal flach und lateral konkav ausgebildet.

Pools: tiefe, langsam fließende Regionen oder Stillwasserzonen zwischen zwei riffles, Fließbewegungen des Wassers sind kaum erkennbar. Sie bilden für räuberische Fischarten wichtige Deckungsbereiche und werden im Niederwasserperioden von adulten Fischen als Rückzugsareale verwendet.

Shallow waters: Flachwasserbereiche mit geringen Fließgeschwindigkeiten. Weiteres Kennzeichen für diesen Habitattyp sind fallweises trockenfallen in Abhängigkeit von der Wasserführung der jeweiligen Jahreszeit. Bevorzugter Standort von Fischbrut und Jungfischen.

Backwaters: Kehrströmungen im Fluss und hinter Abflusshindernissen.

Die Ergebnisse des MEM werden in Fläche pro Mesohabitattyp [m²] bzw. prozentuellen Anteil [%] an der benetzten Gesamtfläche angegeben.

4. Untersuchungsgebiet

4.1 Geografische Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt im westlichen Teil Oberösterreichs, Innviertel, Bezirk Ried im Innkreis, Gemeindegebiet von Kirchheim im Innkreis. Die genaue Lage des Untersuchungsgebietes ist Abbildung 5 zu entnehmen. Die Positionierung der unterschiedlich betrachteten Abschnitte der Waldzeller Ache ist in Abbildung 6 dargestellt.

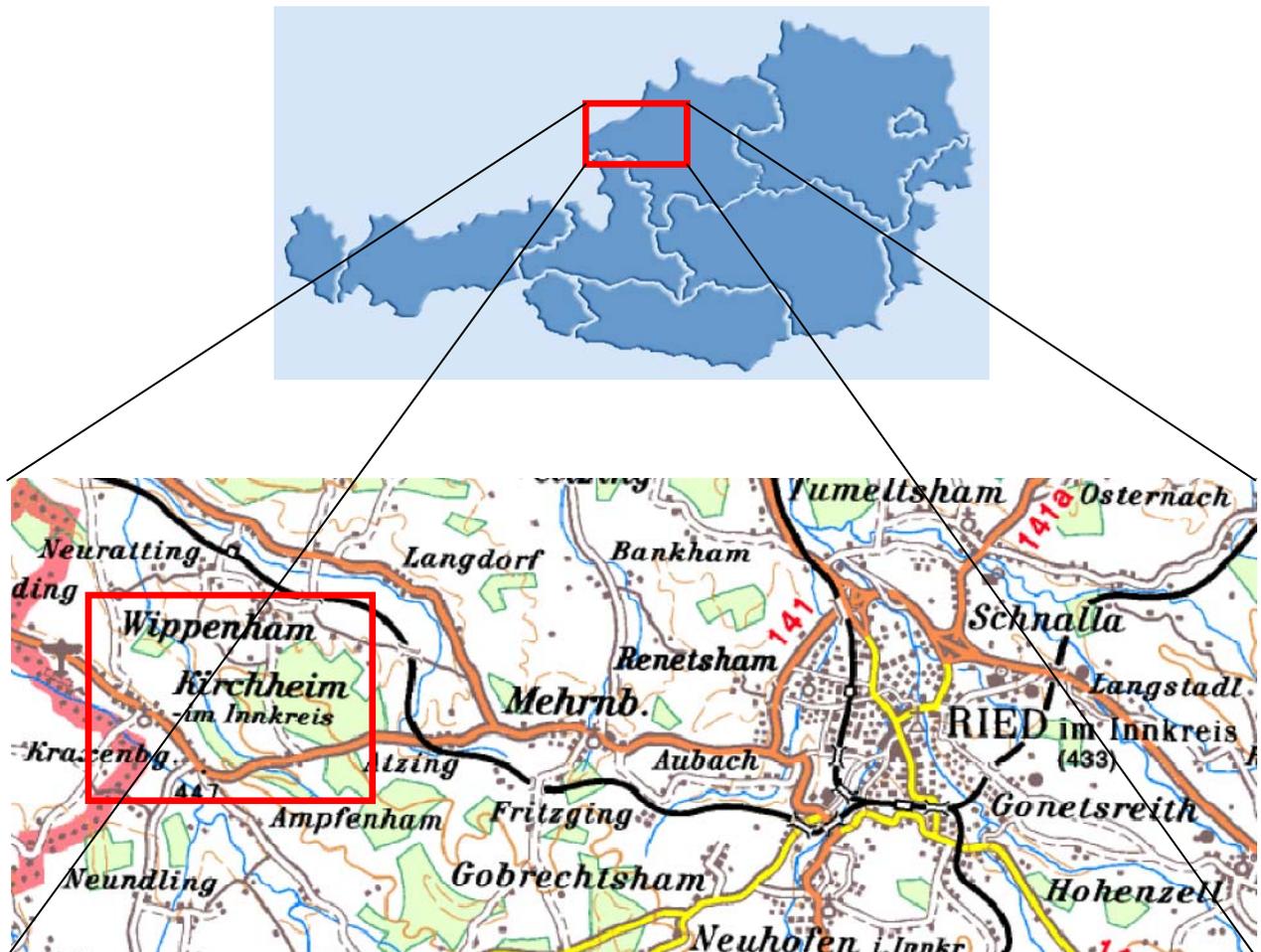


Abbildung 5: Lage des Untersuchungsgebietes (AMAP, 2008).

Die drei betrachteten Abschnitte der Waldzeller Ache werden als historische Strecke, als Vergleichsstrecke (Referenzstrecke) bzw. als Projektstrecke (Maßnahmenstrecke) bezeichnet.

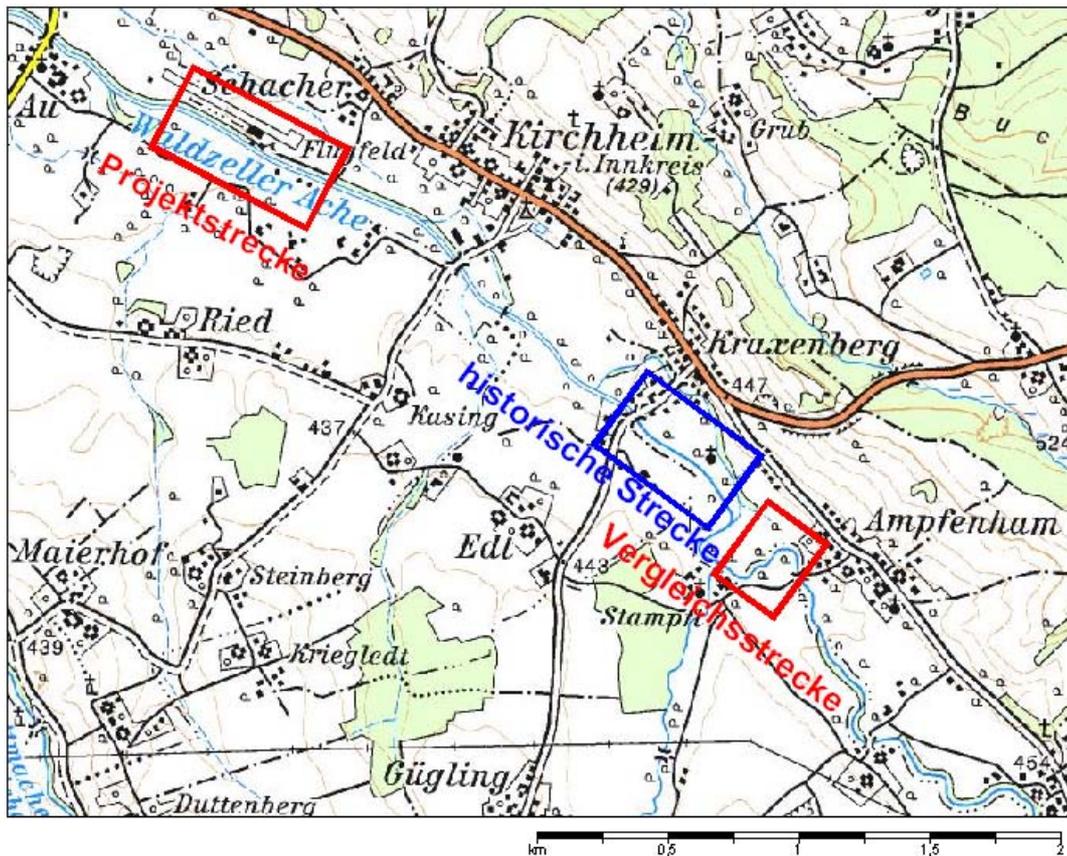


Abbildung 6: Lage der 3 betrachteten Gewässerabschnitte der Waldzeller Ache (AMAP, 2008).

Aufgrund des Hochwasserrisikos und der bestehenden rechtsufrigen Straße beschränken sich die Maßnahmen auf das Entfernen der Sohlsicherung und eines Teils der linksufrigen Böschungssicherungen. Die Straße ist zu erhalten bzw. durch die bereits bestehende Uferbefestigung weiter zu sichern. Der im Anschluss liegende Sportflughafen Kirchheim i.l. bzw. die umliegenden Grundstücke dürfen durch die Maßnahmen im Hochwasserfall nicht beeinträchtigt werden. Bei Projektierungsbeginn war als zusätzliche Einschränkung gegeben, dass das restrukturierte Gerinne die ursprünglichen Abmessungen des Bachbettes (Gerinnebreite) nicht verändern darf, das heißt, dass die Böschungsoberkanten in ihrer Lage nicht verändert werden sollten. Kurz vor Baubeginn stellte jedoch ein Grundanrainer einen mehrere Meter breiten Streifen entlang der Projektstrecke zur Verfügung. Aufgrund dieser geänderten Sachlage konnten die Baumaßnahmen dahingehend verändert werden, dass dem Gewässer die Möglichkeit gegeben wurde, sich aus dem ursprünglichen Bachbett eigenständig in Richtung linkes Ufer zu entwickeln. Es wurden daher die Sohlsicherung und die Sicherung des linken Ufers entfernt und anschließend durch Ausbildung einer unregelmäßigen Oberfläche morphologisch gestaltet. Das Gewässer hat nun die Möglichkeit sich eingeschränkt „frei“ zu entwickeln und den Verlauf des Gerinnes eigenständig zu gestalten. Um zu verhindern, dass das Gewässer den vorgesehenen „Freiraum“ verlässt, wurden versteckte Buhnen (im Gelände eingegrabene Blocksteine) angeordnet.

4.2 Beschreibung der betrachteten Gewässerabschnitte

Es erfolgt eine Unterscheidung der Waldzeller Ache in 3 Teilbereiche, deren Lagen in Abbildung 6 ersichtlich sind bzw. welche in 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 näher beschrieben sind.

4.2.1 Historische Strecke

Durch Sichtung und Auswertung von historischem Kartenmaterial war es möglich, einen historischen Streckenverlauf vor den erfolgten Regulierungsarbeiten mit dazugehörigen Profilen in diese Diplomarbeit einzuarbeiten. Bei dem Kartenmaterial handelt es sich um Aufzeichnungen aus dem Jahr 1965, wobei der damalige Vermessung und planlichen Darstellung als Grundlage für die Regulierung der Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim i.l. diente. Die einzelnen Profile wurden im Bereich des Gerinnes mit max. vier bis sechs Punkten erfasst, was aber für grundsätzliche Aussagen (Breiten-, Tiefenvarianz, bordvoller Abfluss) bezüglich des ursprünglichen Zustandes in diesem Fall als ausreichend erachtet wurde. Der betrachtete Gewässerabschnitt für den historischen Zustand der Waldzeller Ache erstreckt sich von Flusskilometer 8,435 bis Flusskilometer 9,450. Die Darstellung des Planes ist Abschnitt 6.1.1 zu entnehmen.

4.2.2 Vergleichsstrecke

Die Vergleichsstrecke reicht von Flusskilometer 10,243 bis Flusskilometer 10,564. Sie wurde aufgrund ihres, im Vergleich zum restlichen Flussverlauf naturnahen Zustandes, ausgewählt.

Der Flussverlauf zeigt sich in diesem Bereich gewunden. An den Prallufeln erfolgte in früheren Jahren (vor mehreren Jahrzehnten, erkennbar aufgrund der vorhandenen Vegetationsgröße) eine Ufersicherung mittels Blocksteinwürfen. Weiters ist eine Sohlstabilisierung durch mehrere Sohlschwellen aus Blocksteinen erreicht worden. Das Längskontinuum ist aber in diesem Bereich durch ausgeprägte Lücken zwischen den einzelnen Steinen gewährleistet.

4.2.3 Projektstrecke

Die Projektstrecke (wird auch als Maßnahmenstrecke bezeichnet) reicht von Flusskilometer 7,318 bis Flusskilometer 7,513. Sie wurde im Zuge von Regulierungsmaßnahmen stark in ihrer ursprünglichen morphologischen Ausprägung eingeschränkt. Kennzeichnend für den Ausgangszustand der Projektstrecke sind ein gestreckter Flussverlauf, gleichmäßige Querprofilbildung und lückenlose Sicherung der Sohle und der Böschungen mit Granitblocksteinen.

4.3 Geologie (AOEL, 2001)

Das Einzugsgebiet der Waldzeller Ache ist Teil des ehemals unvergletscherten Alpenvorlandes. Dieser Bereich des Alpenvorlandes lässt sich als Molassezone definieren (vgl. Abbildung 7, der rote Kreis markiert das Projektgebiet). In Richtung Süden folgen die Helvetische Zone und die Flyschzone. Das anstehende Schottermaterial stellt eine in ihrer Mächtigkeit schwach ausgeprägte quartäre Schotterdecke dar. Im Großraum des Einzugsgebietes der Waldzeller Ache werden ehemals süßwasserführende Schichten der Molasse, welche ihren Ursprung in einem tertiären Schwemmkegel haben, angetroffen. Die Schichten sind kohleführend was unter anderem an den vielen historischen Kohleabbaurevieren in der Hausruck- und Kobernaußerwaldgegend erkennbar ist. Die östlichen Ausläufer des Schwemmkegels werden von miozänen Schichten eingenommen. Diese sind meist sehr dicht gelagerte Schlierformationen. Diese zu Tage tretenden Schlierschichten enden in westlicher Richtung sehr plötzlich im Tal des Lochbaches, gegen Norden hin etwas südlich von Altheim. Die Höhenrücken des etwa zehn km breiten Streifens zwischen Altheim und Kobernaußerwald sind Möränenrücken der jüngeren Eiszeiten, welche aus der Molasse auftauchen. Nördlich von Altheim finden sich nur mehr Schichtungen quartären Ursprungs.

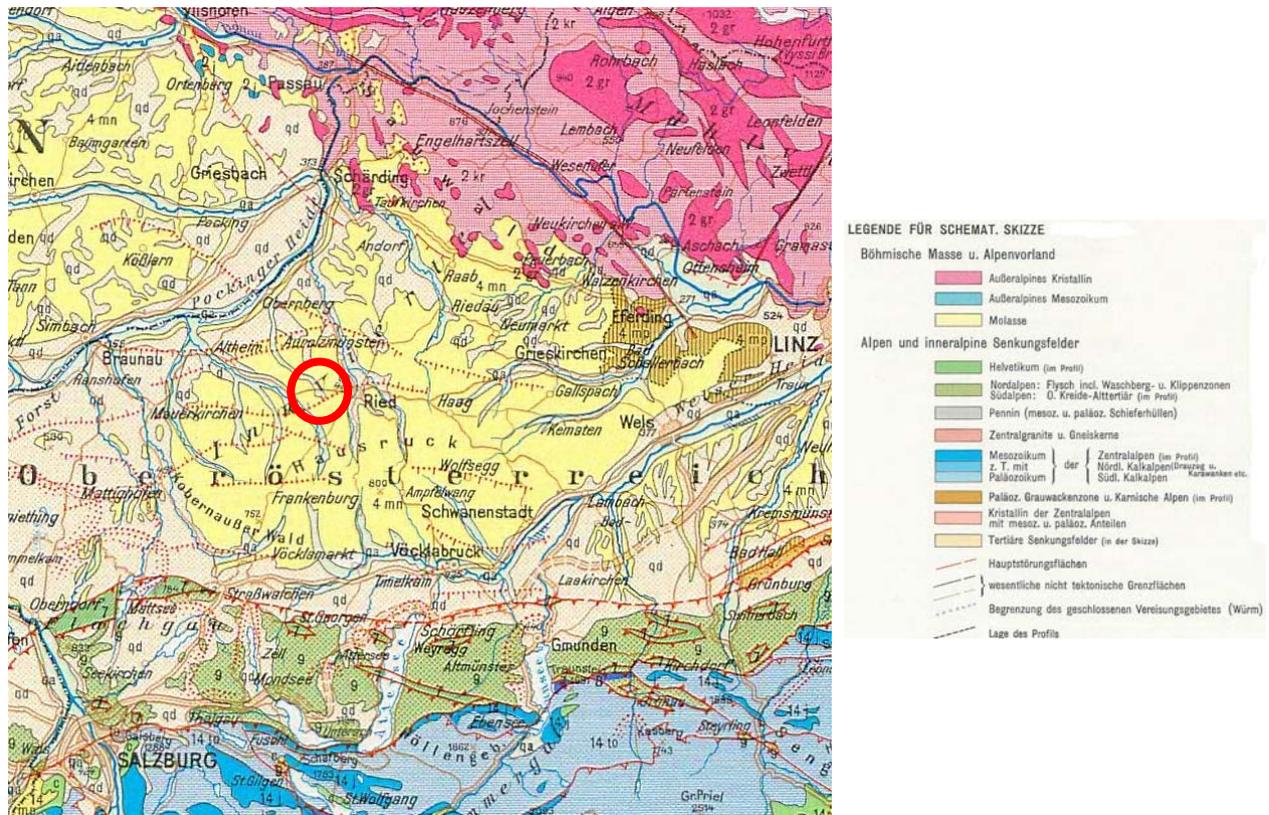


Abbildung 7: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte Österreichs (BECK-MANNAGETTA, 1986).

Vom Inn gegen Süden hin findet sich nachstehende Abfolge:

Die postglazialen Flussterrassen des Inns gehen etwa ab dem Bereich der Mündung des Lochbaches in die Ache in Niederterrassen über, deren Genese der Würm-Eiszeit zugeordnet wird. Das Schüttmaterial der Niederterrassen stammt aus der Würm-Grundmoräne. Die Niederterrassen durchlaufen meist in ältere Sedimente eingesenkte Täler, bevor sie aus der Hochterrasse hervortreten. Die Hochterrassenbereiche stammen aus den Abtragungen der Riß-Moräne. Die Schotterflächen sind größtenteils schon sehr zerteilt und in kleine Kerbtälchen geteilt. Weiter gegen Südosten trifft man auf die Bereiche der jüngeren und älteren Deckenschotter (Mindel-, bzw. Günz-Eiszeit). Hier befinden sich großflächigen Waldbereiche (z.B. Schachawald).

Als sehr kompakt und geologisch einheitlich zeigt sich der große Bereich des Kobernaußerwaldes:

Am äußeren, nördlichen Rand der Molasse findet sich ein schmaler Bereich der Eichwaldschotter, deren Genese der Donauvereisung zugeschrieben wird. Diese gehen über die zu Tage tretenden, selten mehr als 500 m breiten, Schlier- und Sandschichten in großflächige kohleführende Süßwasserschichten über. Nur im Höhenrücken zwischen dem St. Veiter Bach und der Mettmach spannt sich ein breiter Kegel flächiger Schlierschichten auf. Im Tal des St. Veiter Baches oder der Mettmach lässt sich die Schichtabfolge der postglazialen Schüttungen gut erkennen:

Die Landform des betrachteten Abschnitts der Waldzeller Ache lässt sich als Flussterrasse bezeichnen. Charakteristisch dafür sind nacheiszeitliche Schotterablagerungen (hauptsächlich aus dem Kobernaußerwald) und hochanstehende Grundwasserkörper. Aufgrund des landwirtschaftlichen Nutzungsdruckes wurden häufig Absenkungen des Grundwasserspiegels vorgenommen, um vernässte, anmoorige Böden besser nutzbar zu machen. In gewässernahen Bereichen treten oft relikttärel Auböden auf.

4.4 Hydrologie

Die Waldzeller Ache hat im Bereich Kirchheim i.l. ein Einzugsgebiet von ca. 77 km². Die Abschätzung des Einzugsgebietes der Waldzeller Ache erfolgte mittels Daten aus AOOE (2001) und der Doris InterMap (LAND OÖ, 2008)

Für die hydrologische Beurteilung der Waldzeller Ache stehen die Daten des Schreibpegels in Waldzell (HZB Nr.: 204685) und des Schreibpegels Altheim (HZB Nr.: 206748) zur Verfügung. Die geografische Lage der Schreibpegel ist Abbildung 8 zu entnehmen. Der rote Kreis in Abbildung 8 zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes.



Abbildung 8: Übersichtskarte der Oberflächenwassermessstellen (BMLFUW 2003).

4.5 Kurzcharakteristik des Gewässerabschnittes

Gewässername: Waldzeller Ache

Einzugsgebiet: ~ 77 km²

Hydrografische Kennwerte (bestimmt über Mittelung der Werte von Pegel Waldzell und Pegel Altheim bzw. laut hydrografischen Dienst des Landes Oberösterreich):

MJNQ_T: 0,44 m³/s

MQ: 1,38 m³/s

HQ₁: 23 m³/s

HQ₁₀: 57 m³/s

HQ₃₀: 70 m³/s

HQ₁₀₀: 85 m³/s

Mittleres Gefälle: 4,5‰

Abflussregime: Winterpluvial mit ausgeglichenem Charakter

Gewässerökologisches Leitbild: Niederterrassengewässer (AOOEL, 2001)

Fischregion: Untere Forellenregion, wissenschaftlich: Metarhithral (PETZ-
GLECHNER, 1999)

Leitfische: Bachforelle, Koppe

5. Methodik

In diesem Kapitel werden die für diese Diplomarbeit durchgeführten Arbeiten in ihrem Ablauf beschrieben.

5.1 Datenerhebung

Als Grundlage für die unterschiedlichen Betrachtungen in dieser Arbeit sind umfangreiche Datenerhebungen notwendig gewesen, die in ihrem Ablauf nachfolgend erklärt werden.

5.1.1 Geometrie

Die Datenerhebung zu der für die 1-D- bzw. 2-D-Modellierung notwendigen geometrischen Abmessungen wird nachstehend erläutert. Weiters erfolgt eine Unterscheidung in die drei unterschiedlichen Abschnitte der Waldzeller Ache. Die Maßnahmenstrecke stellt jenen Bereich dar, der sich in seiner Habitatverteilung durch die Planung und Umsetzung von verschiedenen Maßnahmen (Beschreibung der Maßnahmen siehe 6.2) der Vergleichsstrecke annähern soll. Als zusätzlicher Vergleich dient der historische Flusslauf.

5.1.1.1 Historischer Flusslauf

In Zuge der Entwicklung von Regulierungsmaßnahmen an der Waldzeller Ache wurden im Jahr 1967 Vermessungsarbeiten an der Waldzeller Ache durchgeführt. Mittels dieser, im Bezug auf die Punkteanzahl bzw. Punkteverteilung „grobe“ Vermessung, konnte ein Geländemodell im HEC RAS erstellt werden, welches den frühest dokumentierten Zustand der Waldzeller Ache repräsentiert. Da die Vermessung in der Regel nur vier bis ausnahmsweise maximal sechs Punkte pro Gerinnequerschnitt umfasst, ist die Aussagekraft dieser hydraulischen Berechnungen mit Vorbehalt zu betrachten. Der im Jahr 1967 projektierte Gewässerabschnitt der Waldzeller Ache befindet sich zwischen Vergleichs- und Projektstrecke. Für die Vergleichs- bzw. Projektstrecke waren keine historischen Aufzeichnungen auffindbar. Das Planmaterial wurde von Hitzfelder & Pillichshamer Ziviltechniker GmbH zur Verfügung gestellt.

5.1.1.2 Maßnahmen- bzw. Vergleichstrecke

Die geodätische Vermessung der Vergleichsstrecke sowie der Projektstrecke vor und nach dem Umbau, fand zwischen Jänner 2008 und Juni 2008 in Zusammenarbeit mit Hitzfelder & Pillichshamer Ziviltechniker GmbH statt.

Die Profile wurden in einem Abstand von maximal 5 m normal zur Fließrichtung aufgenommen. Weiters wurden Unregelmäßigkeiten wie Buhnen, Sohlschwellen etc. gesondert erfasst. Die Auswertung der Vermessungsdaten (Auslesen aus dem Tachymeter, Umrechnung der Messwerte in das Gauß-Krüger System) erfolgte seitens Hitzfelder & Pillichshamer Ziviltechniker GmbH. Die berechneten Daten wurden im Zuge dieser Diplomarbeit weiter verwendet. In Summe wurden an 2 Abschnitten der Waldzeller Ache 127 Profile mit insgesamt 1434 Punkte vermessen.

5.1.2 Kornverteilung

Zur Erhebung der Kornverteilung wurden an 9 ausgewählten Probestellen der Vergleichsstrecke jeweils von der Deckschicht bzw. der Unterschicht Probe gezogen. Nach erfolgter Lufttrocknung der Proben wurde durch Siebung (maschinelle Siebung durch Schwingsiebmaschine) und anschließender Massenermittlung der einzelnen Fraktionen die Kornverteilung ermittelt.

5.1.3 Hydrologie

Da an dem in dieser Diplomarbeit betrachteten Gewässerabschnitt der Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim i.l. keine Schreibpegelzeichnungen vorhanden waren, musste auf Aufzeichnungen oberhalb und unterhalb des Untersuchungsgebietes zurückgegriffen werden.

Der theoretische Ansatz nach Kozeny (aus DEBENE, 2006) ermöglicht anhand der Nutzung einer Exponentialfunktion die Nachbildung von Hochwasserwellen. Durch Festlegung des Scheitelwertes (maximaler Hochwasserabfluss) an der gewünschten Flussposition kann eine Hochwasserwelle generiert werden, die in ihrer Form und Dauer der für dieses Gewässer typischen Hochwasserwelle entspricht.

$$u = \tau^m e^{[m \cdot (1-\tau)]} \quad (16)$$

u Abfluss [m³/s]

τ Anstiegszeit [Stunden]

m Formparameter [-]

Abbildung 9 zeigt exemplarisch den Vergleich einer fiktiven Abflussganglinie und der dazu ermittelten Ganglinie nach Kozeny.

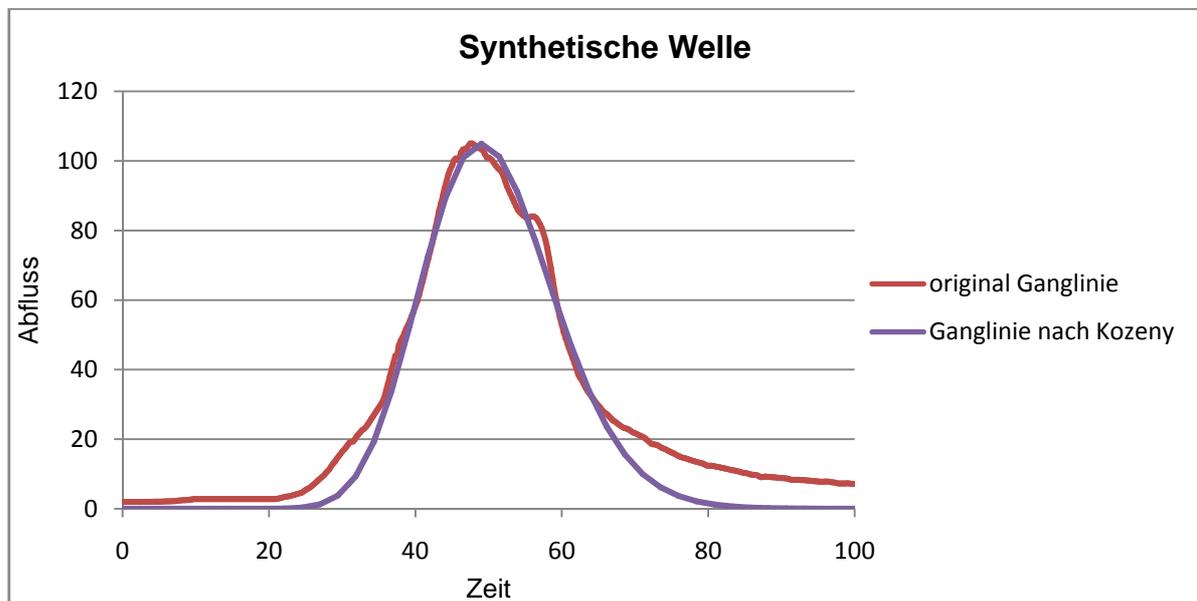


Abbildung 9: Exemplarischer Vergleich einer Abflussganglinie und einer Ganglinie generiert nach Kozeny.

5.1.4 Biologie

Ziel dieser Arbeit ist, durch Veränderung der geometrischen Randbedingungen des Gewässers, die Habitatvielfalt zu erhöhen und somit eine Grundlage zu schaffen, die Biodiversität des Flusses (Waldzeller Ache) in Zukunft zu erhöhen. Um das Artenspektrum und deren Vitalität vor bzw. nach der Umsetzung der Restrukturierungsmaßnahmen feststellen zu können, erfolgte eine Bestandserhebung der vorkommenden Bionzönose. Weiters wurde eine Aufnahme von Länge und Gewicht der Fische durchgeführt.

Durch diese Datenerhebung kann einerseits auf die Altersverteilung der Fischpopulation geschlossen werden (Alter bestimmbar durch die Länge der Fische), andererseits kann der sogenannte Konditionsfaktor bestimmt werden (gibt Auskunft über den Gesundheitszustand der Fischpopulation) (nach JUNGWIRTH et al., 2003).

5.2 Modellierung

5.2.1 1-D Modellierung

Die 1-D Modellierung erfolgte unter Verwendung der Freeware HEC-RAS 4.0. Dieses Programm wird kostenlos vom US Army Corps of Engineers im Internet zur Verfügung gestellt (Download unter: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras>).

Die Modellierung der hydraulischen Kennwerte (Bordvoller Abfluss, Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Sohlschubspannung) mittels HEC-RAS, diente zur Entwicklung der Restrukturierungsmaßnahmen. Dabei sollen im revitalisierten Abschnitt der zu bearbeitenden Strecke der bordvolle Abfluss nicht geringer bzw. die Sohlschubspannung nicht höher sein als im Regulierungszustand und sich die Varianzen der Maßnahmenstrecke bezüglich Fließgeschwindigkeit bzw. Wassertiefe den Varianzen der Vergleichsstrecke annähern.

5.2.1.1 Hydraulische Berechnungen

Zur Bestimmung der hydraulischen Kennwerte der Waldzeller Ache in den betrachteten Flussabschnitten wurden die Gerinnegeometrien anhand geodätisch vermessener Profile (ca. fünf Meter Profilabstand) eingegeben. Durch die Simulation mit stationären Abflussbedingungen wurden Werte bezüglich bordvollen Abflusses, maximaler Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung berechnet (die Simulation erfolgte mit unterschiedlichen Abflüssen). Für die Berechnung sind folgende Abflusswerte zur Anwendung gekommen:

MJNQ _T :	0,44 m ³ /s
MQ:	1,38 m ³ /s
Weitere verwendete Abflüsse:	0,25 m ³ /s
	0,90 m ³ /s
	2,00 m ³ /s

5.2.1.2 Simulation der Sohlentwicklung

In der 4.0 Version von HEC- RAS ist erstmalig die Möglichkeit gegeben, unter Anwendung des Geschiebetransportmodules eine Simulation der Sohlentwicklung durchzuführen. Es können unterschiedliche Berechnungsvarianten bzw. Einstellungsmöglichkeiten für die Modellierung ausgewählt bzw. justiert werden, welche auszugsweise im Folgenden näher erläutert werden.

a) Gerinnegeometrie

Die bereits in der hydraulischen Berechnung eingegebene Gerinnegeometrie kann für die Sedimenttransportsimulation weiterverwendet werden. Weiters ist es möglich, jedem Querschnitt eine individuelle Kornverteilungskurve (Sieblinie) zuzuteilen bzw. diese zwischen einzelnen Querschnitten zu interpoliert. Weiters sind Berechnungsgrenzen bezüglich maximaler Erosionstiefen bzw. maximalen Anlandungshöhen in Bezug auf die ursprünglich eingegebene Gerinnegeometrie einzugeben. Als transversale Begrenzung werden Fixpunkte an den Querschnitten definiert, ab denen im Zuge des Simulationsablaufes keine Veränderung der Gerinnesohle mehr möglich ist.

b) Transportfunktionen

Es besteht die Möglichkeit aus sieben verschiedenen theoretischen Ansätzen auszuwählen. In dieser Diplomarbeit werden die Transportfunktionen nach Meyer-Peter und Müller (1948), nach Yang (1984) und nach Wilcock (2001) beschrieben und im Zuge der Simulation der Sohlentwicklung miteinander verglichen.

c) Erstellung der Rating Curve

Da aufgrund des Projektumfanges keine aufwendigen Geschiebemessungen stattfinden konnten, wurde eine theoretische Herangehensweise an die Ermittlung des Geschiebestromes in Abhängigkeit des Durchflusses gewählt. Als obere Randbedingung wurde für die Simulation eine sogenannte Rating Curve nach Wilcock (siehe 3.3.2) bestimmt. Mittels der Rating Curve ist es möglich, den Zustrom von Geschiebe in das betrachtete Gebiet in Abhängigkeit vom Durchfluss zu ermitteln.

d) Hydraulische Randbedingungen

Zur Simulation der Sohlentwicklung werden zwei Randbedingungen benötigt. Als obere Randbedingung wird die sogenannte „Flow Series“ gewählt. Die „Flow Series“ beschreibt eine vereinfachte Abflussganglinie des betrachteten Gewässerabschnittes. Die untere Randbedingung ist die „Stage Series“. Dabei wird am untersten Profil (jenes Profil welches im betrachteten Gerinne am weitesten Flussab liegt) eine Zeitreihe eingegeben, welche zu dem gegebenen Zeitpunkt den jeweiligen Wasserstand bestimmt.

5.2.2 2-D Modellierung

a) *SMS Surface Water Modeling System*

Die Generierung des 2½-dimensionalen Datennetzes erfolgt durch SMS 10.0. 2½-dimensionale Modelle können an einem Punkt, mit den Koordinaten x und y nur einen Wert in der z-Achse aufweisen. Daraus folgt, dass eine senkrechte oder überhängende Oberfläche, wie sie zum Beispiel bei Steilufer oder Unterspülungen auftritt, nicht dargestellt werden kann. Mit den durch die Vermessung bestimmten Profilen (Profilabstand ca. fünf Meter) kann ein 2½-D-Modell der betrachteten Gerinneabschnitte erstellt werden. Die Erstellung des 2½-D-Geländemodells erfolgt automatisch durch Triangulierung bzw. Ausfüllen von vier- oder dreiseitigen Bereichen. Die Maschenweite des generierten Geländemodells ist mit einem halben Meter definiert worden. Weiters erfolgt die manuelle Eingabe von speziellen, nicht in den einzelnen Profilen erfassten morphologischen Besonderheiten (wie Buhnen, Unregelmäßigkeiten in der Böschungsausformung, Inseln etc.). Nach Fertigstellung des Gitternetzes sind den einzelnen Vermaschungen Materialien zuzuweisen (Rauhigkeitsbeiwerten), das heißt, dass jedes Element definierte Eigenschaften zugeordnet bekommt. Im konkreten Fall werden Rauhigkeitsbeiwerte (Strickler Wert) für jedes einzelne Element definiert.

Die fertig gestellten Geländemodelle bilden die Grundlage für weitere Bearbeitungen mittels Hydro_AS-2d und schließlich mit MEM.

b) *Hydro_AS-2d*

Die Hydraulische 2-D Modellierung erfolgt unter Anwendung des Programmes Hydro_As-2d. Dabei werden als Datengrundlagen die im SMS 10.0 erstellten Gerinnegeometrien verwendet. Das in Hydro_AS-2d integrierte Verfahren basiert auf der numerischen Lösung der 2-D tiefen-gemittelten Strömungsgleichungen mit der Finite – Volumen – Diskretisierung (HYDROTEC, 2004). Um mittels dem Zusatzmodul MEM (Mesohabitat Evaluation Model) Aussagen über die Habitatvielfalt bei unterschiedlichen Abflüssen treffen zu können, werden die hydraulischen Berechnungen mittels Hydro_AS-2d mit verschiedenen Abflüssen durchgeführt. Die betrachteten Abflüsse sind: 0,25 m³/s; 0,44 m³/s; 0,9 m³/s; 1,0 m³/s; 1,37 m³/s und 2 m³/s.

c) MEM (Mesohabitat Evaluation Model)

Dem MEM liegen die geometrischen Daten des SMS und die hydraulische Daten des Hydra_AS-2d zugrunde. Durch die Definition von Habitatgrenzwerten können einzelne Habitate unterschieden und getrennt ausgewiesen werden. Als Parameter für die Habitatgrenzwerte gelten Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Sohlschubspannung. Die Grenzen der unterschiedlichen Habtiattypen sind in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Habitatgrenzwerte für die Betrachtung mittels MEM.

Habitatbezeichnung	Wassertiefe [m]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	Sohlschubspannung [N/m ²]
Shallow water	< 0,2	< 0,1	< 2
Backwater	> 0,2	< 0,1	< 2
Pool	> 0,55	< 0,25	2 – 15
Run	> 0,2	> 0,1	2 – 15
Fast run	> 0,2	> 0,4	> 15
Riffle	< 0,2	> 0,75	> 15

6. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die im Rahmen dieser Diplomarbeit recherchierten bzw. ermittelten Ergebnisse dargestellt.

6.1 Geometriedaten

Als Basis für die eindimensionale bzw. zweidimensionale Modellierung wurden Daten über die geometrischen Ausbildungen der verschiedenen Untersuchungsstecken gesammelt. Für den historischen Flusslauf konnten alte Pläne herangezogen werden. Die Vergleichsstrecke wurde einmal, die Maßnahmenstrecke vor- bzw. nach erfolgten Umbauarbeiten vermessen. Die schematische Darstellung der projektierten Maßnahmenstrecke ist in Kapitel 6.1.4 zu entnehmen. Im Anhang befindet sich ein Plan der realisierten Maßnahmenstrecke im Maßstab 1:200. Die Beschreibung der Gewässerabschnitte Vergleichsstrecke, regulierte Maßnahmenstrecke und fertiggestellte Maßnahmenstrecke mittels Fotodokumentation erfolgt an ausgewählten Punkten der jeweiligen Strecken bzw. durch Orthofotos.

Abbildung 10 zeigt den Verlauf des historischen Flusslaufes, Abbildung 11 den der Vergleichsstrecke und Abbildung 14 den Verlauf der Maßnahmenstrecke.

6.1.1 Historischer Flusslauf

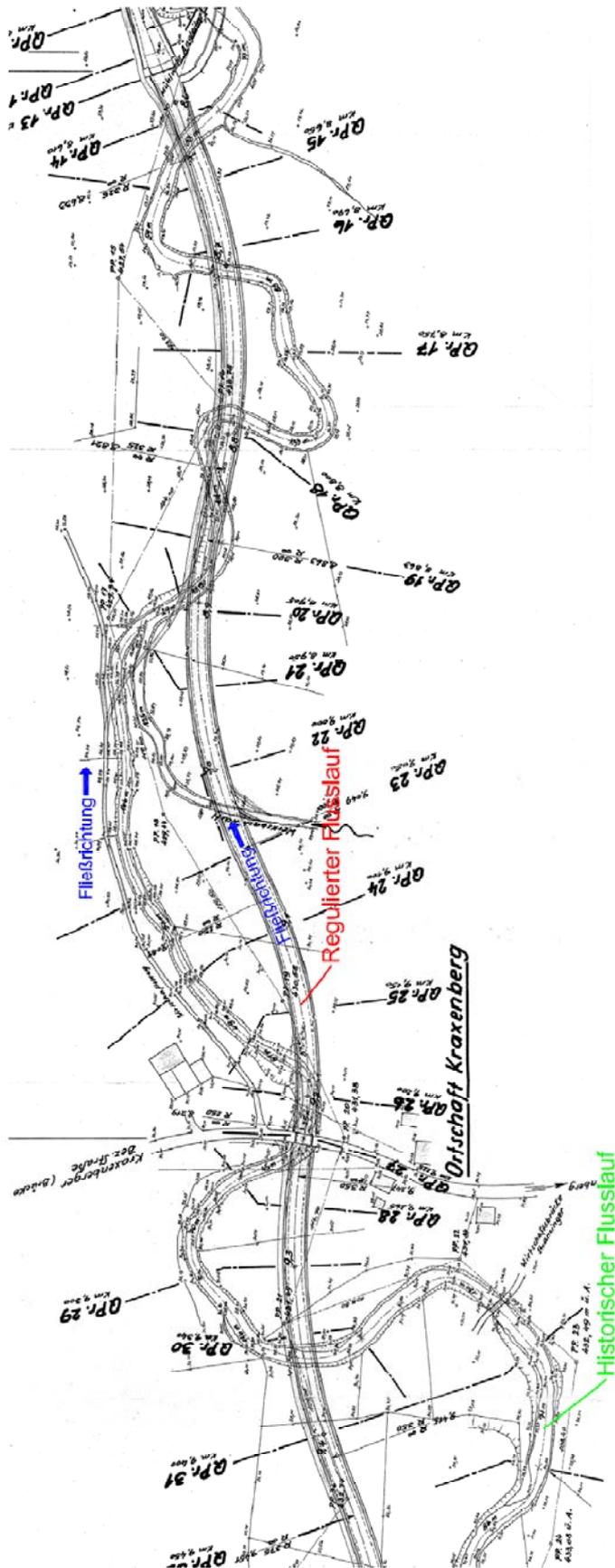


Abbildung 10: Darstellung des historischen Flussverlaufes bzw. der regulierten Waldzeller Ache

In Abbildung 10 ist sowohl der historische Flusslauf als auch die später errichtete regulierte Fließstrecke ersichtlich. Deutlich zu erkennen ist die massive Laufverkürzung aufgrund der Begradigung und die Homogenisierung der Gewässerbreite.

6.1.2 Vergleichsstrecke

Abbildung 11 zeigt das Orthofoto der Vergleichsstrecke, in dem der Beginn und das Ende des betrachteten Abschnittes gekennzeichnet sind.

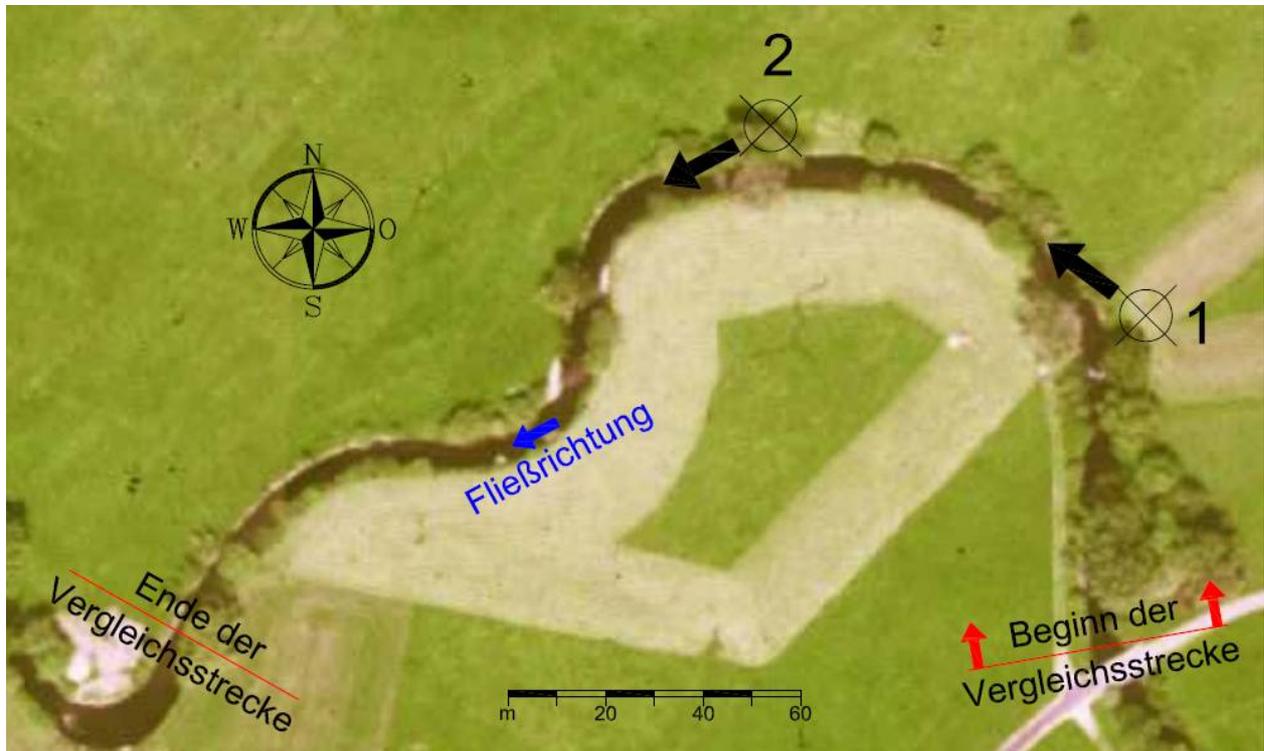


Abbildung 11: Orthofoto der Vergleichsstrecke. Verändert nach DORIS (2008).

Die Markierungen (1 und 2) stellen die Standorte, die dazugehörigen Pfeile die Blickrichtung der nachfolgenden Fotos dar. Der mit 1 markierte Punkt weist auf Abbildung 12 hin, der mit 2 markierte Punkt auf Abbildung 13. In beiden Abbildungen ist sowohl das gesicherte Prallufer, als auch das ungesicherte Innenufer, zu erkennen. Die Sohle der Vergleichsstrecke ist durch mehrere Sohlschwellen gesichert (Aufbau der Sohlschwellen aus Blocksteinwurf mit ausgeprägten Lücken zwischen den Steinen), ihre Lage ist in Abbildung 11 dargestellt. Das restliche Gerinne ist durch keine nennenswerten Sicherungsmaßnahmen beeinflusst.



Abbildung 12: Foto von Position 1 an der Waldzeller Ache.



Abbildung 13: Foto von Position 2 an der Waldzeller Ache.

6.1.3 Maßnahmenstrecke Regulierungszustand

Da sich die Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand (Abbildung 14) in der planlichen Darstellung kaum von der Darstellung in Abschnitt 6.1.4 unterscheidet, erfolgt in diesem Kapitel eine fotodokumentarische Beschreibung der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand.

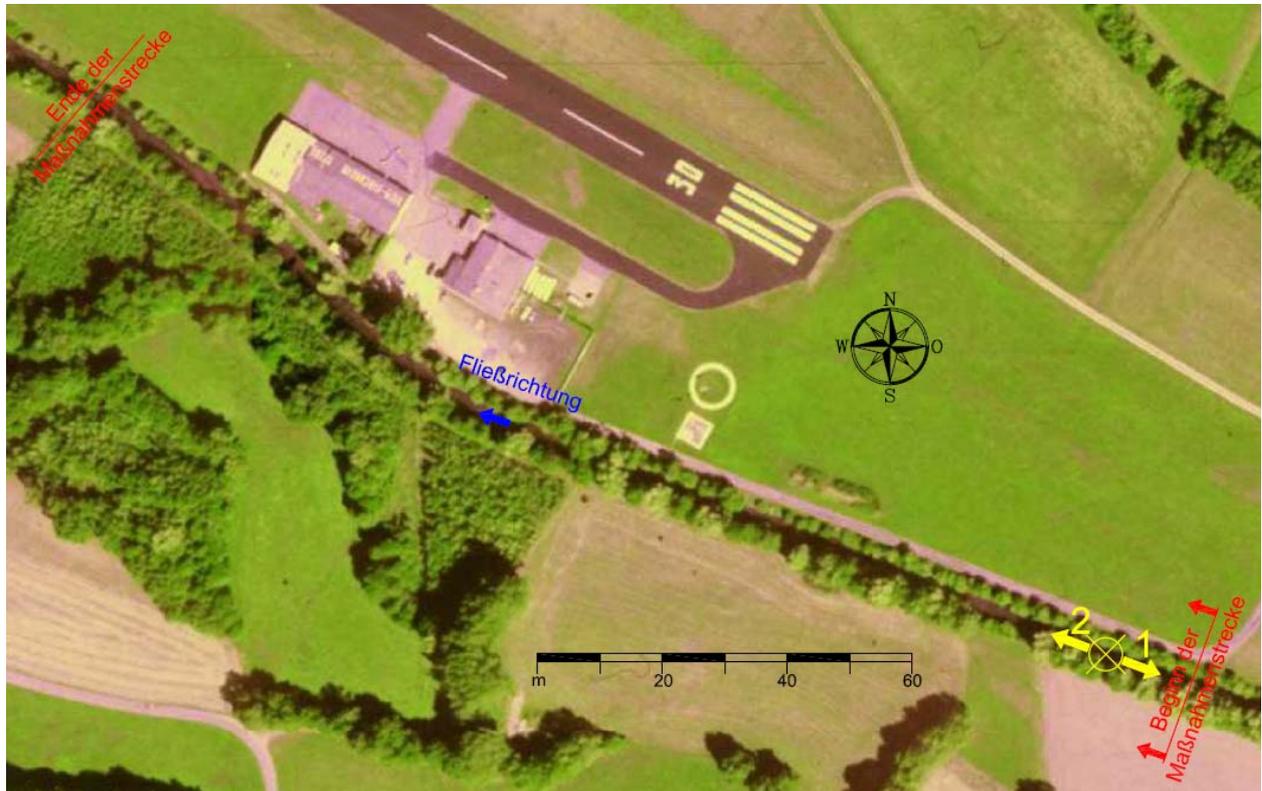


Abbildung 14: Orthofoto des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke. Verändert nach DORIS (2008).

Die Maßnahmenstrecke im regulierten Zustand präsentierte sich als monotones Gerinne mit lückenloser Sohl- bzw. Ufersicherung (lückenlose Blocksteinsicherung), gestrecktem Gerinneverlauf und einer Trapezprofilausformung. Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen das regulierte Gerinne ungefähr vom gleichen Standort, aber in entgegengesetzten Richtungen aufgenommenen Fotos. Die gelbe Markierung in Abbildung 14 stellt den Standort dar, von denen aus die Fotografien erstellt worden sind, die Pfeile die jeweilige Blickrichtung (1 und 2).



Abbildung 15: Foto in Blickrichtung 1 der regulierten Waldzeller Ache (Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke).



Abbildung 16: Foto in Blickrichtung 2 der regulierten Waldzeller Ache (Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke).

6.1.4 Maßnahmenstrecke mit projektierten Einbauten

Abbildung 17 zeigt schematisch die für die Projektstrecke entworfenen Maßnahmen.

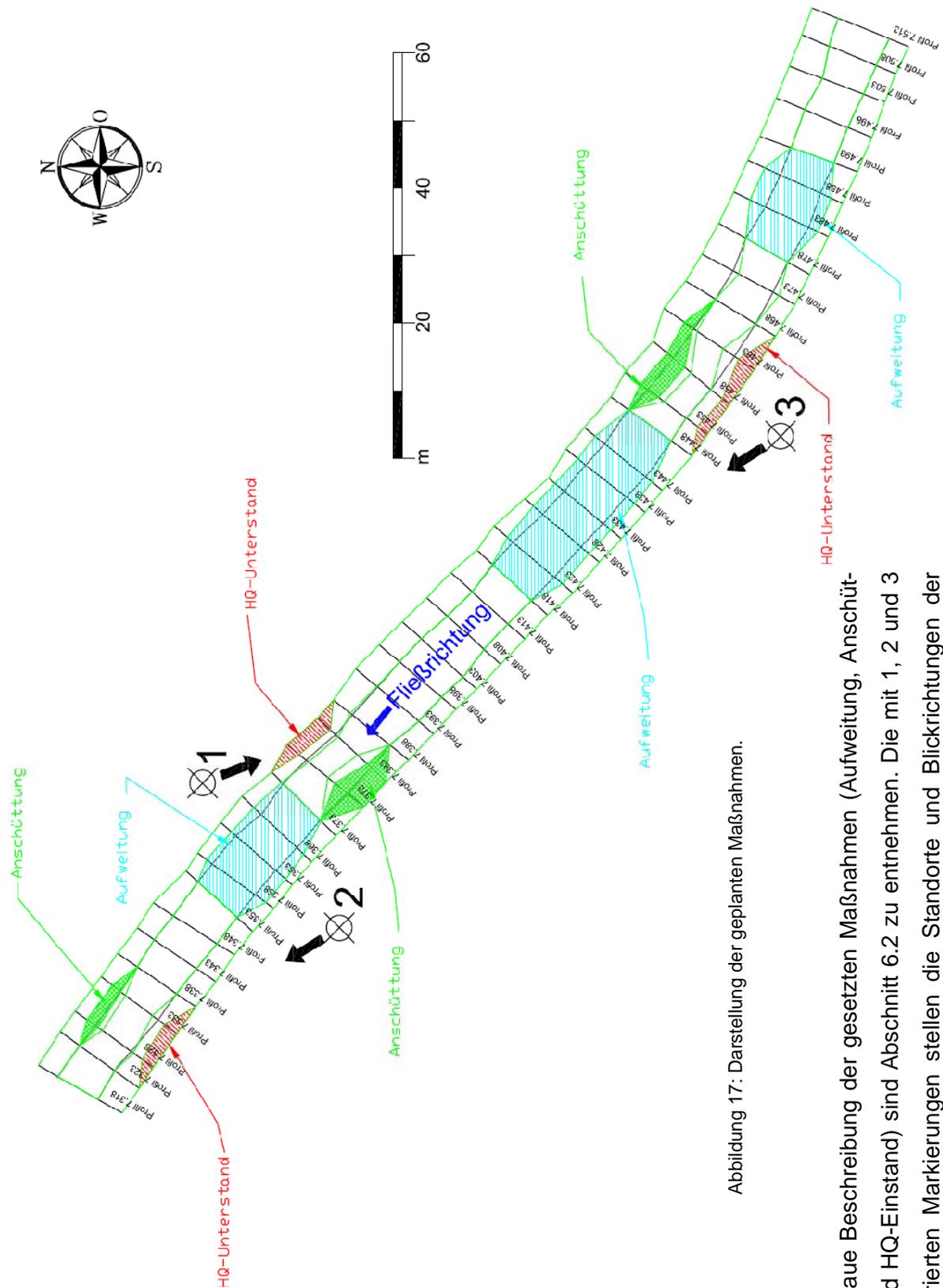


Abbildung 17: Darstellung der geplanten Maßnahmen.

Die genaue Beschreibung der gesetzten Maßnahmen (Aufweitung, Anschüttung und HQ-Einstand) sind Abschnitt 6.2 zu entnehmen. Die mit 1, 2 und 3 nummerierten Markierungen stellen die Standorte und Blickrichtungen der Fotografien von Abschnitt 6.1.5 dar.

6.1.5 Maßnahmenstrecke mit realisierten Maßnahmen

Die genaue Darstellung der erfolgten Umbauarbeiten, bzw. der nach dem Umbau vorhandenen Gewässerstrukturen ist dem Anhang als Plan im Maßstab 1:200 zu entnehmen. Um einen Überblick über die durchgeführten Baumaßnahmen zu erlangen sind nachfolgend einige Fotos (Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung 20) der realisierten Maßnahmenstrecke abgebildet.



Abbildung 18: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 1 in Abbildung 17.



Abbildung 19: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 2 in Abbildung 17.



Abbildung 20: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 3 in Abbildung 17.

6.2 Beschreibung der Maßnahmen

6.2.1 Projektierte Maßnahmen

Die schematische Darstellung der geplanten Restrukturierungsmaßnahmen ist Abbildung 21 ersichtlich. Die Entwicklung dieser Maßnahmen erfolgte unter den in Abschnitt 2 beschriebenen Einschränkungen.

Als Hochwassereinstände werden Bereiche bezeichnet, in denen sich Lebewesen im Hochwasserfall zurückziehen können. Durch die Lage, die geringere Wassertiefe und eventuell vorhandene Vegetation ist die Strömungsgeschwindigkeit und somit die Gefahr des Abdriftens erheblich verringert.

Der Bereich der Anschüttungen dient zur Einengung des Gewässerlaufes. Wirksam soll diese Einengung bis ca. Mittelwasser sein, um eine Erhöhung der Wassertiefe bzw. eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit unterhalb des Mittelwasserabflusses zu erreichen.

Die in Abschnitt 6.1.4 zusätzlich angeführten Aufweitungen sind in Abbildung 21 nicht dargestellt. Die Aufweitungen stellen Bereiche mit breiter Gewässersohle dar, um Furtcharakteristiken in den Gewässerlauf zu implementieren.

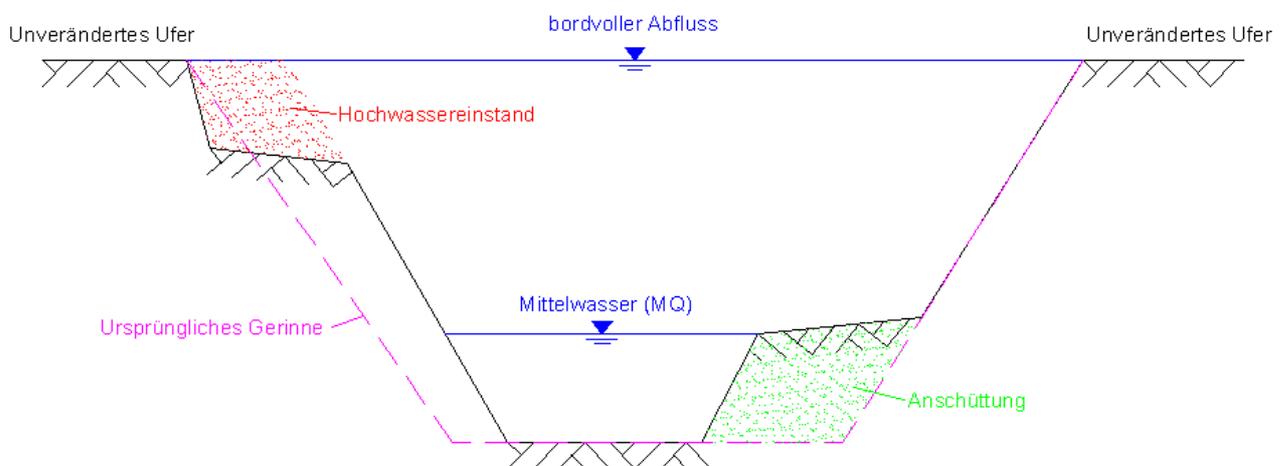


Abbildung 21: Schematische Darstellung der geplanten Restrukturierungsmaßnahmen.

Durch die Anordnung der beschriebenen Maßnahmelemente soll ein „pendelnder“ Verlauf des Gerinnes erreicht werden. Der Grundriss des Entwurfes ist Abschnitt 6.1.4 zu entnehmen.

6.2.2 Realisierte Maßnahmen

Die realisierten Maßnahmen weichen sehr stark von den entworfenen Maßnahmen ab. Grund dafür ist die nach der Projektierung geänderten Rahmenbedingung, dass am linken Ufer ein mehrere Meter breiter Streifen für die Umbauarbeiten zur Verfügung gestellt wurde. Die sich daraus ergebenden geänderten Platzverhältnisse wirkten sich positiv auf die Möglichkeiten der

Maßnahmenumsetzung aus. Es erfolgte die Errichtung von Aufweitungen, Anschüttung von Inseln, der Bau von Buhnen und Bermen, Anschluss eines Altarmes.

6.2.3 Streckenvergleich

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich von ausgewählten Parametern der Maßnahmenstrecke im regulierten, projektierten und realisierten Zustand.

Tabelle 2: Vergleich einiger Parameter der Maßnahmenstrecke (reguliert, projektiert, realisiert)

regulierte Strecke	projektierte Strecke	realisierte Strecke
monotones Trapezgerinne, gleichmäßige breite der Wasseranschlaglinie	Erhöhung der Variabilität der MQ-Wasseranschlaglinie durch Aufweitungen und Einschnürungen	sehr unregelmäßige Uferlinie durch Aufweitungen, Bermen und Buhnen
Gerinnebreite über gesamte Länge konstant (ca. 15 m)	Gerinnebreite unverändert	Gerinne um ca. 10 m verbreitert
Sohlsicherung mit Blocksteine	Entfernung der Sohlsicherung, beide Ufer mit Blocksteinen gesichert	Nur mehr ein Ufer gesichert, Fluss kann anderes Ufer selbst formen
einheitliche Wassertiefe über den gesamten Flussschlauch	keine Verbesserung der Varianz der Wassertiefen	Schaffung von Kolk und Furtbereichen, hohe Varianz der Wassertiefen

6.3 Befischungsergebnis

Vor Beginn der Baumaßnahmen wurde eine Bestanderhebung der vorkommenden Fisch- bzw. Benthosarten durchgeführt. Die Befischung erfolgte am 16. April 2008 im Bereich der Projektstrecke, Art und Anzahl der gefangenen Fische ist Tabelle 3 zu entnehmen. Erhoben wurde der Fischbestandes durch das Technische Büro für Biologie von Dr. Thomas Mörtelmaier.

Tabelle 3: Befischungsergebnis der Waldzeller Ache in Kirchheim i.I. (MÖRTELMAIER, 2008).

Art (Deutsch)	Art (Latein)	gefangene Individuenzahl	mittlerer Konditionsfaktor
Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	3	1.17
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	47	1.04
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	26	1.05
Koppe	<i>Cottus gobio</i>	13	nicht bestimmt

Aufgrund der vorhandenen Befischungsdaten und der Klassifizierung heimischer Fischarten mittels Clusteranalyse nach JUNGWIRTH et al. (2003), werden für diesen Teil der Waldzeller Ache die Bachforelle und die Koppe als Leitfischarten für die Entwicklung von Restrukturierungsmaßnahmen bestimmt.

Abbildung 22 zeigt die Längenfrequenzverteilung der Bachforelle an der Waldzeller Ache im Bereich des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke. Es konnten keine Bachforellen unter 100 mm Länge gefangen werden, das heißt, dass ein komplettes Fehlen der 0+ Jahrganges (45 mm – 75 mm) vorliegt. Ein Großteil der gefangenen Fische liegt im Bereich von 100 mm bis 170 mm. Zwischen 170 mm bis 250 mm konnten keine Fische gefangen werden. Im Bereich von 250 mm bis 430 mm sind vereinzelt Fische gefangen worden. Die Fische >115 mm entsprechen dem ≥2+ Jahrgang. Die Zuordnung des Fischalters zu den Längen der Fische erfolgte durch Vergleiche mit Jungwirth et al. (2003).

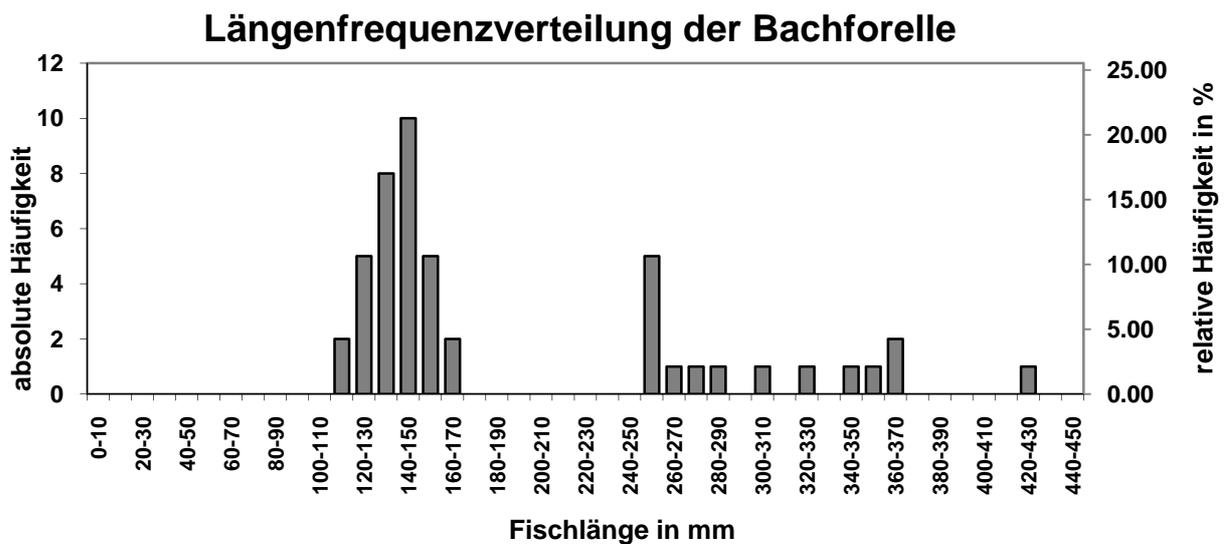


Abbildung 22: Längenfrequenzverteilung der Bachforelle (MÖRTELMAIER, 2008).

Abbildung 23 zeigt die Längenfrequenzverteilung der Koppe im Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke an der Waldzeller Ache. Unterhalb von 40 mm sind keine Koppen geborgen worden was auf ein Fehlen der juvenilen Fische hindeutet. Zwischen 40 mm und 120 mm sind unregelmäßig verteilt Fische gefunden worden.

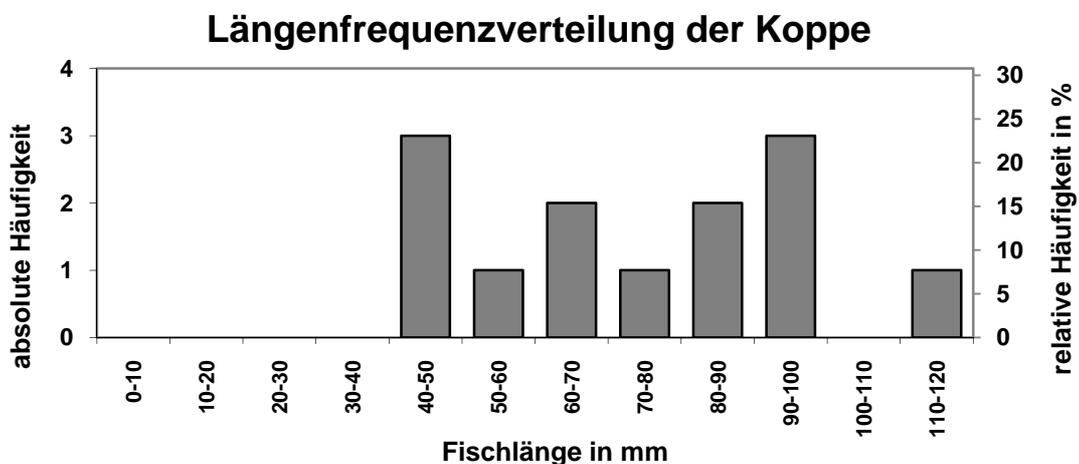


Abbildung 23: Längenfrequenzdiagramm der Koppe (MÖRTELMAIER, 2008).

6.3.1.1 Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*)

Abbildung 24 zeigt eine, als Leitfischart an der Waldzeller Ache festgelegte Art, Bachforelle.



Abbildung 24: Foto einer Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*) (ZMIRK, 2006).

Die Bachforelle ist anhand folgender Merkmale erkennbar (ÖFG, 2006):

Langgestreckter, spindelförmiger, seitlich etwas zusammengedrückter Körper, der eher gedrun- gen als schlank wirkt. Das stumpfe, bis hinter die Augen gespaltene Maul ist mit zahlreichen leicht gekrümmten Zähnen bewehrt, die sich auch auf dem Gaumenbein, Zungenknochen und Pflugscharbein (Vomer) befinden. Große bernsteinfarbige Augen. Zwischen Rücken- und Schwanzflosse kleine olivfarbene, am oberen Rand oft rot gefärbte Fettflosse ohne Flossen- strahlen – das typische Merkmal der Salmoniden. Färbung je nach Standort stark wechselnd; Rücken dunkelolivegrün oder dunkelbräunlich. Flanken silbrig oder goldgelb, manchmal auch dunkelbraun bis schwärzlich; mit unregelmäßig verteilten schwarzen und roten Tupfen (Jungfi- sche im ersten Lebensjahr ohne rote Tupfen). Im Gegensatz zur Regenbogenforelle keine Tup- fen in der Schwanzflosse. Die zarten dachziegelförmigen Schuppen bedecken den ganzen Kör- per mit Ausnahme des Kopfes. Die Schleimschicht der Bachforelle erinnert in ihrem Geruch an Thymian.

Habitatansprüche und Verbreitung der Bachforelle (ÖFG, 2006):

Sauerstoffreiche kühlere Bäche, Flüsse und Seen in ganz Europa, einschließlich Irland, Island und Kleinasien. Im Gebirge hält sie sich bis an die Schneegrenze. In Nordamerika, Chile, Afrika, Indien und Neuseeland Bestände durch Besatz eingebürgert. Bachforellen weisen eine Beson- derheit auf: In einem Gewässersystem können mehrere Populationen existieren, die sich mit- einander nicht kreuzen. So steigen zur Laichzeit Seeforellen in Flüsse in denen auch stationär lebende Bachforellen laichen.

6.3.1.2 Koppe (*Cottus gobio*)

In Abbildung 25 ist die zweite Leitfischart der Waldzeller Ache, eine Koppe, zu erkennen.



Abbildung 25: Foto einer Koppe (*Cottus gobio*) (CHOLEWA, 2008).

Die Koppe ist anhand folgender Merkmale erkennbar (ÖFG, 2006):

Großer, breiter, etwas abgeplatteter Kopf, endständiges Maul mit großer, breiter Maulspalte. Kiefer und Pflugscharbein mit Hechelzähnen besetzt. Der sich keulenförmig nach hinten verjüngende, schleimige Körper ist nur an der Seitenlinie mit sehr kleinen, dachziegelförmigen Schuppen bedeckt. Am Kiemendeckel ein kräftiger, nach oben gekrümmter Dorn. Zwei durch ein Häutchen zusammenhängende Rückenflossen mit ungeteilten, aber biegsamen Strahlen. Große Brustflossen, die fächerartig ausgebreitet werden können. Bauchflossen brustständig. Keine Schwimmblase. Färbung dem Untergrund angepasst und daher wechselnd von dunkelbraun bis gelblich mit dunklen, verwaschenen Flecken und Bändern. Bauch schmutzig weiß. Flossenstrahlen meist bräunlich gefleckt.

Habitatansprüche und Verbreitung der Koppe (ÖFG, 2006):

In ganz Europa, vor allem in den Bächen der Forellenregion bis 2000 m ü. A. aber auch in Seen verbreitet. Die Koppe ist ein Grundfisch, der sich tagsüber zwischen Steinen und Wasserpflanzen verbirgt. Er bevorzugt kiesigen oder sandigen Grund. Bei der nächtlichen Nahrungssuche bewegt er sich im Zickzack huschend fort, oder schiebt sich mit den Brust- und Bauchflossen am Grunde vorwärts. Der Gefährdungsgrad ist nicht eindeutig festgestellt; in der Donau sind die Bestände stark rückläufig.

Die Koppe ist sehr empfindlich gegenüber Verunreinigungen und kann deshalb als Bioindikator für die ökologische Qualität eines Gewässers angesehen werden (ÖFG, 2006).

6.4 Siebanalyse

Die zur Sedimenttransportsimulation notwendige Kenntnis der Substratzusammensetzung erforderte die Erhebung der Kornzusammensetzung an unterschiedlichen Stellen der Waldzeller Ache. Es wurden neun Probestellen ausgewählt und Deckschicht bzw. Unterschicht gesondert beprobt. An folgenden markanten Punkte des Gewässers wurden Proben gezogen: Furten, Kolke, Schotterbänke. Um möglichst repräsentative Werte zu erlangen erfolgte die Beprobung an mehreren z.B. Kolke entlang des Flusslaufes. Anschließend wurde durch die Bildung des arithmetischen Mittels eine mittlere Sieblinie für die jeweilige morphologische Ausbildung (Furt, Kolk, Schotterbank.) gebildet. In Abbildung 26 sind die Sieblinie aller gezogenen Proben dargestellt.

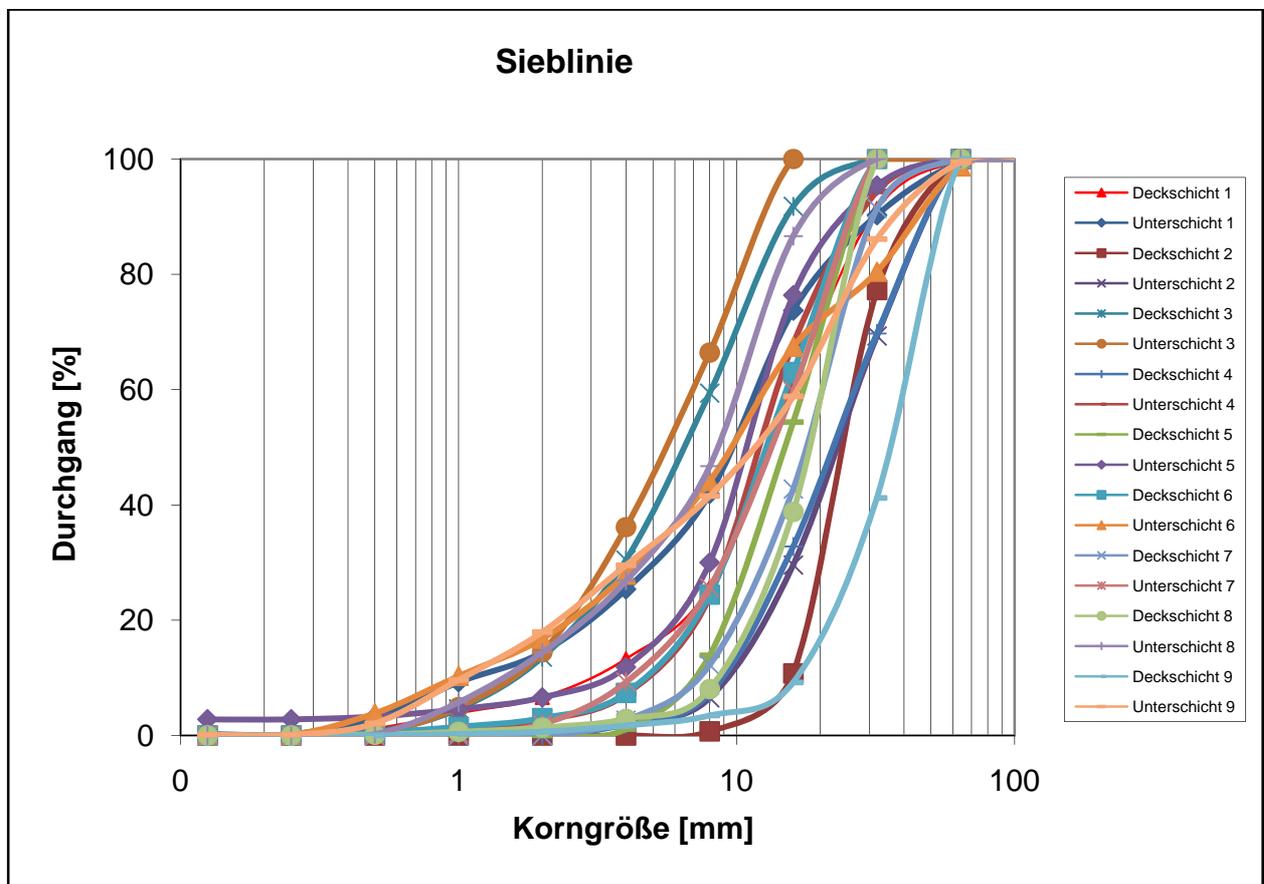


Abbildung 26: Sieblinien der Deck- bzw. Unterschichten aus den Proben der Vergleichsstrecke.

6.5 Hydrologische Daten

6.5.1 Bestimmung des Schwankungskoeffizienten

Die Auswertung der Schreibpegelaufzeichnungen (Daten aus dem hydrografischen Jahrbuch 2003 entnommen, BMLFUW 2005) haben ein einfaches, gering ausgeprägtes, winterpluviales Abflussregime ergeben. Die Ganglinie des Schwankungskoeffizienten ist Abbildung 27 zu entnehmen.

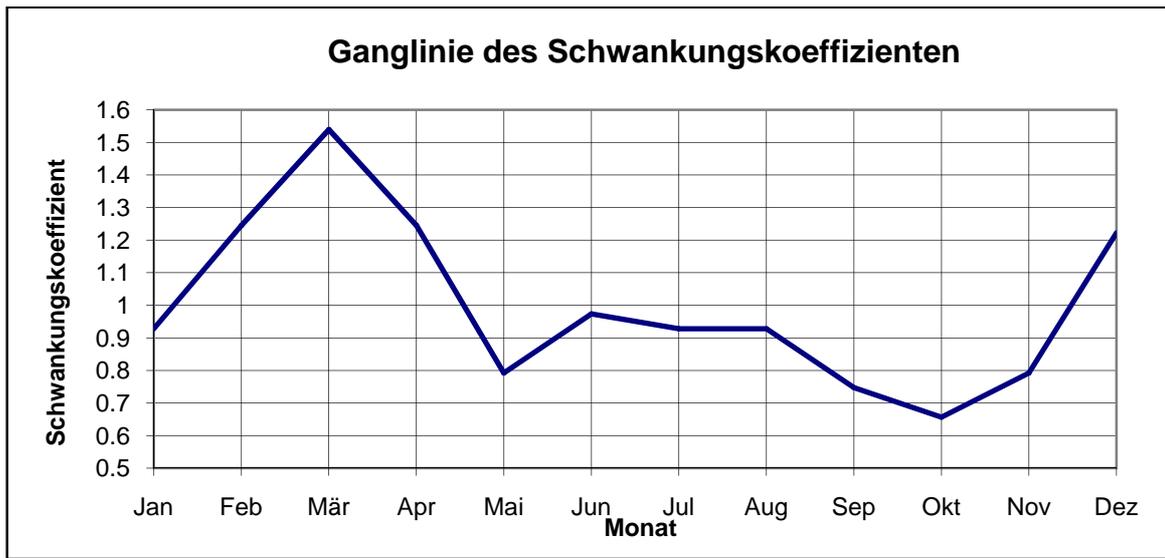


Abbildung 27. Ganglinie des Schwankungskoeffizienten für die Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim i.I.

6.5.2 Ermittlung der Hochwasserwelle für die Sedimenttransportsimulation

Die hydrologischen Basisdaten wurden vom Amt der oberösterreichischen Landesregierung, hydrografischer Dienst, Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft zur Verfügung gestellt. Sie umfassen Aufzeichnungen im 15 Minuten Zeitintervall zweier Schreibpegel (Waldzell, Altheim) an der Waldzeller Ache zwischen den Jahren 2000 und 2006.

Schreibpegel Waldzell: HZB-Nummer: 204685
Orografisches Einzugsgebiet [km²]: 24
Pegelnulppunkt: 510 m ü.A.
Gültig seit: 01.01.1971

Schreibpegel Altheim: HZB-Nummer: 206748
Orografische Einzugsgebiet [km²]: 193
Pegelnulppunkt: 352,88 m ü.A.
Gültig seit: 01.01.1987

Die grafische Darstellung der Ermittlung der Hochwasserganglinie für die Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim i.I. ist Abbildung 28 zu entnehmen.

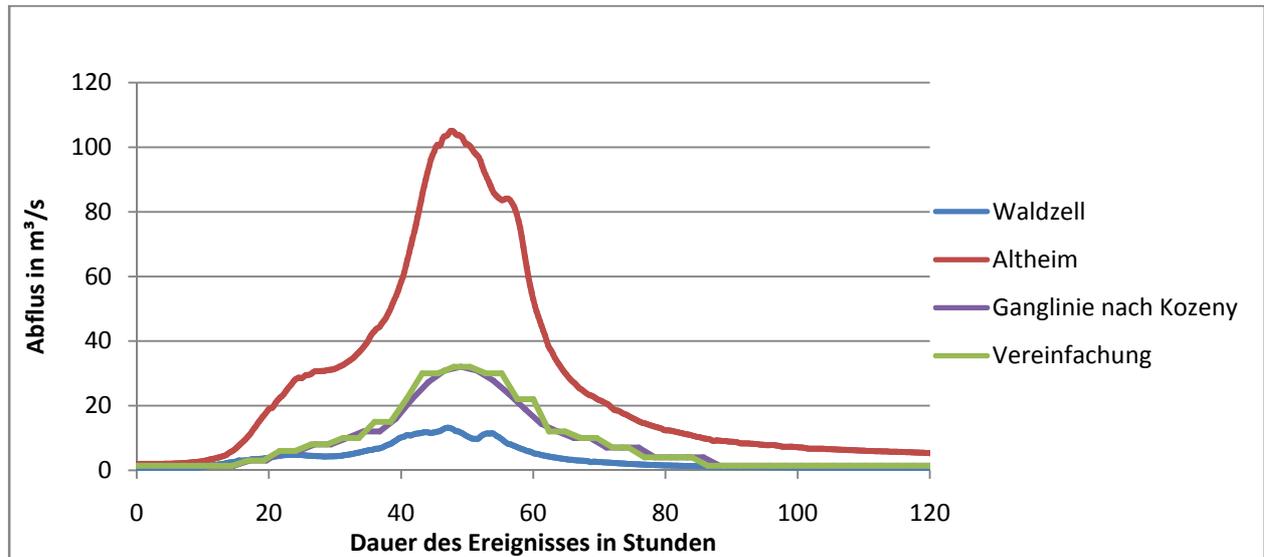


Abbildung 28: Ermittlung der Hochwasserganglinie für Kirchheim i.I.

Die Ganglinien Waldzell (blau) und Altheim (rot) stellen zwei gemessene Ganglinien an den Schreibpegel in Waldzell und Altheim an der Waldzeller Ache dar.

Die Ganglinie nach Kozeny wurde unter Verwendung des in Kapitel 5.2.1.2 beschriebenen theoretischen Ansatzes ermittelt. Die abgetreppte Ganglinie (im Abbildung 28 als Vereinfachung bezeichnet) ist eine Vereinfachung der Ganglinie nach Kozeny. Grund der Vereinfachung ist die für die Sedimenttransportsimulation mittels HEC-RAS erforderliche Datenaufbereitung. Der Scheitelwert der Hochwasserwelle wurde mit $32 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen. Dieser Wert entspricht dem durchschnittlichen bordvollen Abfluss der Projektstrecke und kann somit als ausschlaggebender Abfluss für die Sohlausbildung (bettbildender Wasserstand) angesehen werden. Für die Simulation wird diese ermittelte Hochwasserwelle im Abstand von 800 Stunden bzw. 2000 Stunden mehrmals, mit der Maßnahmenstrecke als geometrische Grundlage, simuliert zum Abfluss gebracht. In Summe werden 6 Hochwasserwellen simuliert und deren Auswirkungen auf den Sohlverlauf dargestellt. Um die Auswirkungen mehrerer Hochwässer, welche real über viele Jahre verteilt auftreten können, sinnvoll zu simulieren, sind die vorhin beschriebenen zeitlichen Abstände ausgewählt worden. Die daraus gewonnenen Daten repräsentieren folglich die Entwicklung der Sohle gerafft über mehrere Jahre.

Das MJNQT $0.44 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. das MQ $1.38 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie die weiteren in Kapitel 4.5 angeführten charakteristischen Kennwerte der Waldzeller Ache wurden aus Daten des hydrografischen Jahrbuches 2003 (BMLFUW, 2005) ermittelt.

6.6 HEC – RAS Ergebnisse

6.6.1 Modellkalibrierung

Als Grundlage der hydraulischen Simulation mittels HEC-RAS ist es notwendig, die Rauigkeitsbeiwerte nach Manning für den Flussschlauch als auch für das Umland zu definieren. Zu diesem Zweck erfolgt die Modellkalibrierung um gemessene Wasserstände bei bekanntem Abfluss mit den errechneten Wasserständen bei gleichem Abfluss zur Übereinstimmung zu bringen. Für den Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke ergibt sich ein Manningwert von 0,05 für das Umland und von 0,048 für den Flussschlauch. An der Vergleichsstrecke liegt der Manningwert für das Umland: 0,055 und dem Flussschlauch bei 0,05. Die in der Vergleichsstrecke ermittelten Werte werden für die hydraulischen Berechnungen mittels HEC-RAS bzw. HYDRO_AS-2d sowohl für die projektierte als auch für die realisierte Maßnahmenstrecke verwendet. Ein Vergleich der gemessenen und der berechneten Wasserstände an der Maßnahmenstrecke bzw. an der Vergleichsstrecke sind in Abbildung 29 und Abbildung 31 bzw. die dazugehörigen Regressionen in Abbildung 30 und Abbildung 32 dargestellt.

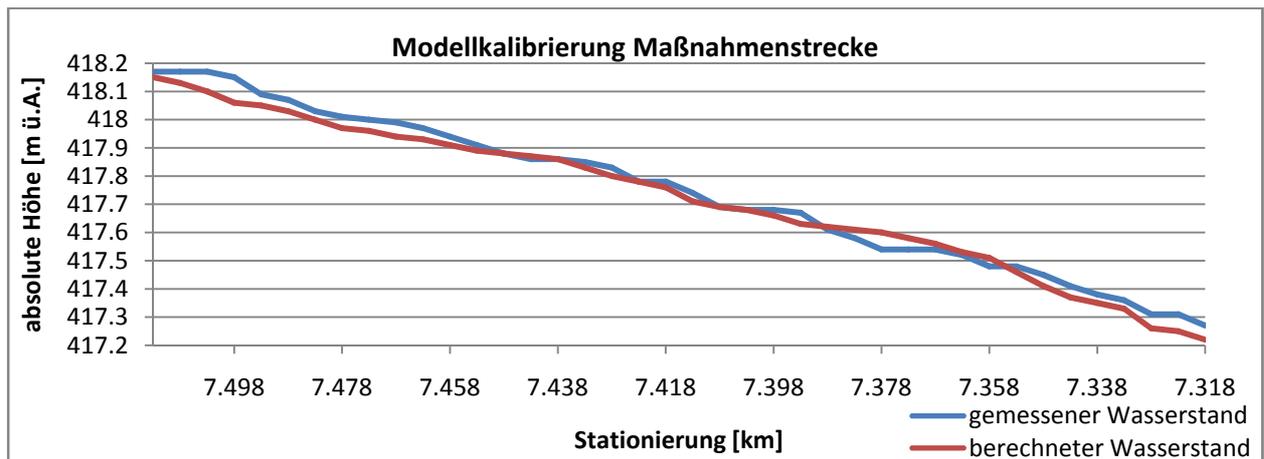


Abbildung 29: Modellkalibrierung an der Maßnahmenstrecke.

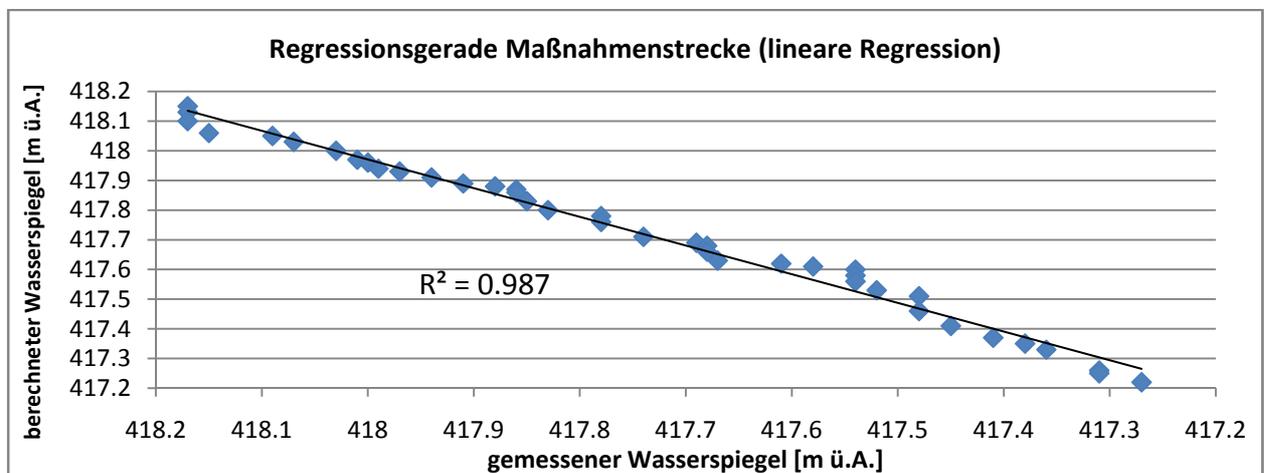


Abbildung 30: Regressionsgerade Maßnahmenstrecke

Ergebnisse

Bei der Maßnahmenstrecke beträgt die maximale Abweichung des berechneten Wasserstandes vom gemessenen Wasserstand 0,09 m. Der Mittelwert der Abweichung beträgt 0,03 m.

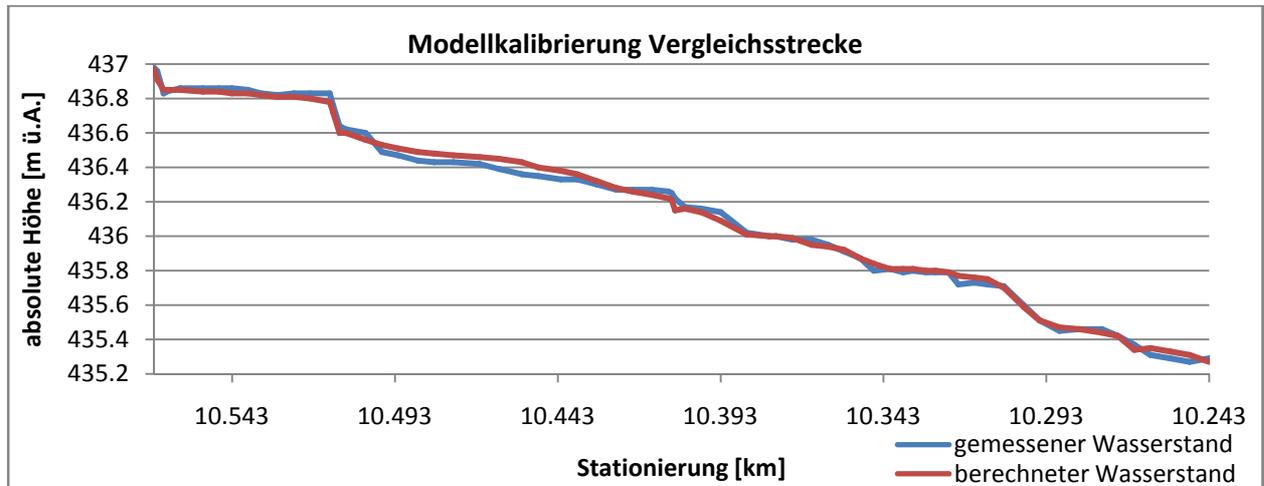


Abbildung 31: Modellkalibrierung an der Vergleichsstrecke.

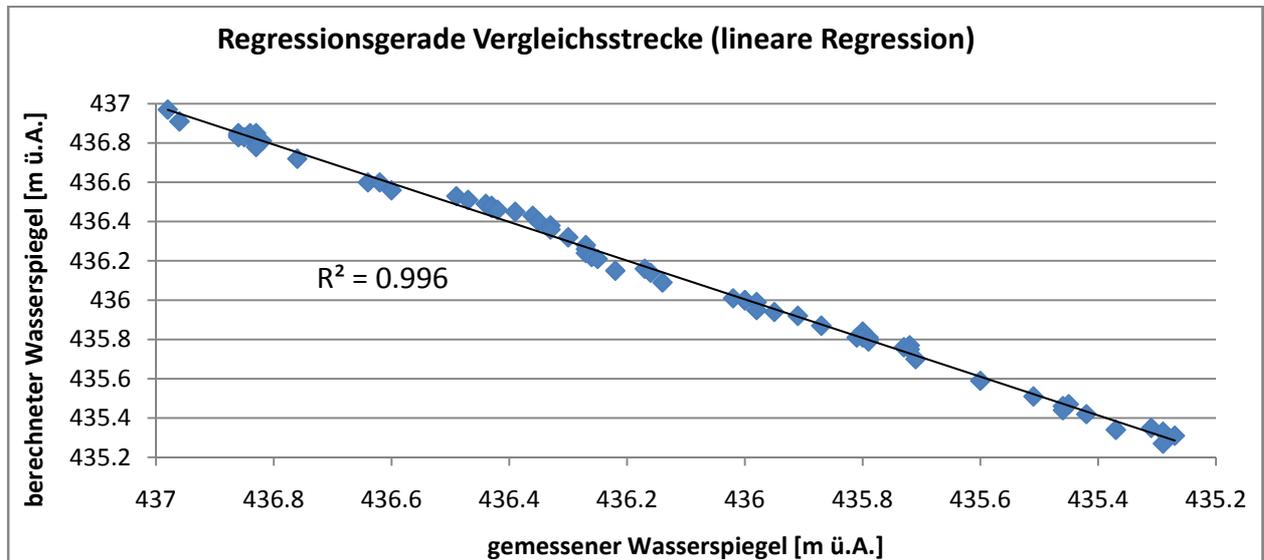


Abbildung 32: Regressionsgerade Vergleichsstrecke

Bei der Vergleichsstrecke beträgt die maximale Abweichung des berechneten Wasserstandes vom gemessenen Wasserstand 0,07 m. Der Mittelwert der Abweichung beträgt 0,03 m.

6.6.2 Historischer Flusslauf

Um Vergleiche mit dem Zustand vor den Regulierungsmaßnahmen ziehen zu können (die Regulierung erfolgte ca. 1967) erfolgte die Eingabe des „Naturzustandes“ von vor 1967 ins HEC – RAS. Die Ergebnisse sind Abbildung 33 bis Abbildung 36 zu entnehmen. Der Maximalwert des bordvollen Abflusses beträgt $33 \text{ m}^3/\text{s}$, der Mittelwert $14,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und die Varianz des Abflusses $55,2 \text{ m}^6/\text{s}^2$. Die stark unterschiedlichen Abflusskapazitäten beim bordvollen Abfluss ergeben sich aus den Planunterlagen bzw. den darin fehlenden Vermessungsdaten des Vorlandes.

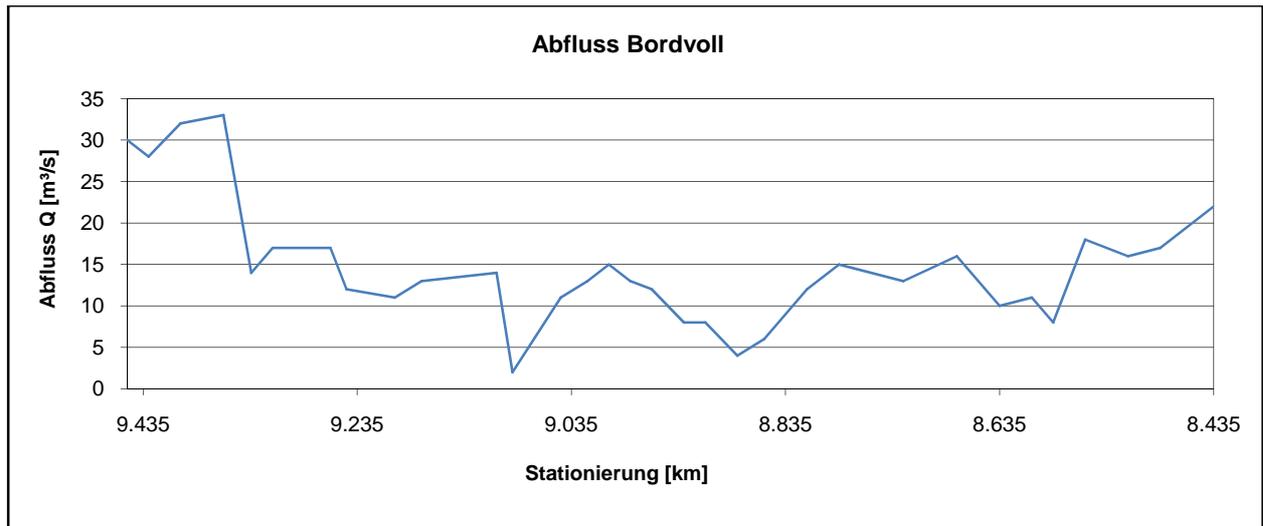


Abbildung 33: Verlauf des bordvollen Abflusses am historischen Flusslauf.

Aus dem in Abbildung 33 dargestellten Verlauf des bordvollen Abflusses ist zu entnehmen, dass vor der Regulierung an der Waldzeller Ache Bereiche mit sehr geringer Abflusskapazität vorhanden waren, sodass das Gewässer bei bereits kleinen Ereignissen ausuferte. Durch die Regulierungsmaßnahmen wurde die Abflusskapazität stark erhöht und somit die Wahrscheinlichkeit des Ausuferns erheblich reduziert. Diese Regulierung bedeutete aber durch die Begradiung des Flusslaufes eine Erhöhung des Gefälles und durch Blocksteinsicherungen bzw. Homogenisierung der Querprofile einen erheblichen Verlust der Habitatvariabilität. Eine Darstellung des ursprünglichen Gerinnes vor der Regulierung bzw. nach der Regulierung ist Abschnitt 6.1 zu entnehmen. Extrem geringe Abflusskapazitäten (z.B.: $2 \text{ m}^3/\text{s}$) deuten auf eine lückenhafte Vermessung im Bereich des Ufers hin.

Der Verlauf der maximalen Wassertiefen ist in Abbildung 34 dargestellt. Trotz der wenig exakten Datengrundlage (nur vier bis sechs Messpunkte pro Profil) zeigt das historische Gerinne eine hohe Varianz der Wassertiefe, was auf ein ursprünglich vorhandenes, habitatreiches und natürliches Gerinne schließen lässt. Die Varianz der Wassertiefe beträgt bei bordvollem Abfluss $0,169 \text{ m}^2$, bei MQ $0,077 \text{ m}^2$ und bei MNQ $0,068 \text{ m}^2$. Der Maximalwert beträgt bei bordvollem Abfluss $2,31 \text{ m}$, bei MQ $1,25 \text{ m}$ und bei MNQ $1,03 \text{ m}$. Der Minimalwert beträgt bei bordvollem Abfluss $0,8 \text{ m}$, bei MQ $0,15 \text{ m}$ und bei MNQ $0,07 \text{ m}$.

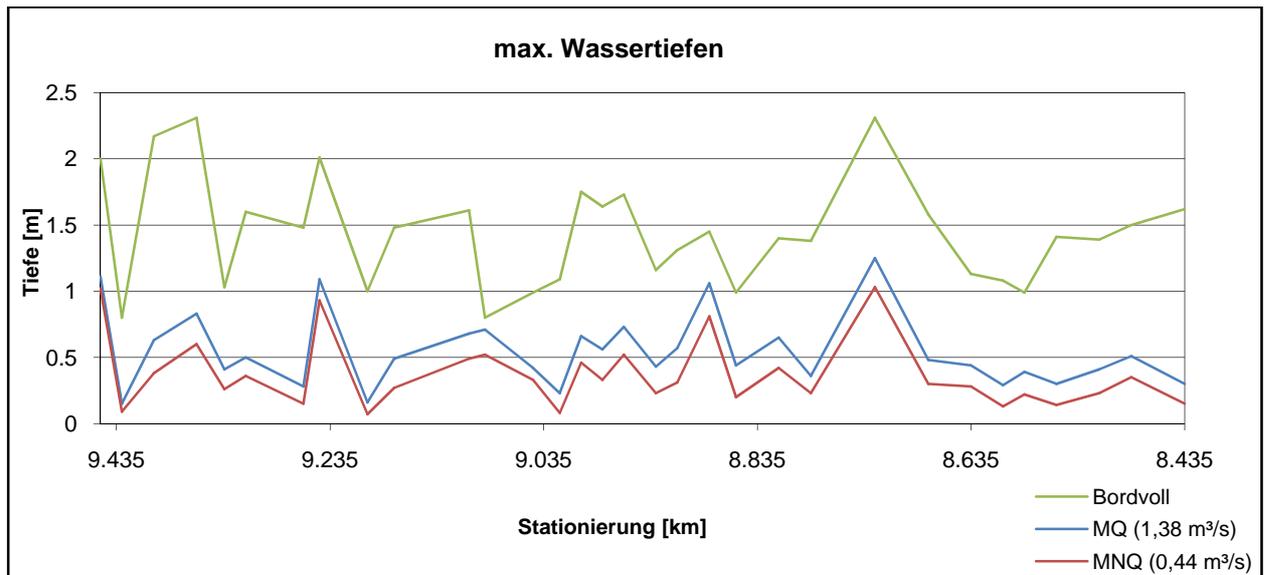


Abbildung 34: Verlauf der maximalen Wassertiefen am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.

Einhergehend mit dem Abbildung 34 zeigt Abbildung 35 ebenfalls einen stark unregelmäßigen Verlauf der Fließgeschwindigkeiten. Die Maximalwerte der Fließgeschwindigkeiten betragen bei bordvollem Abfluss $2,35 \text{ m/s}$, bei MQ $1,42 \text{ m/s}$ und bei MNQ $1,14 \text{ m/s}$. Die Varianzen sind bei bordvollem Abfluss $0,169 \text{ m}^2/\text{s}^2$, bei MQ $0,100 \text{ m}^2/\text{s}^2$ und bei MNQ $0,080 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

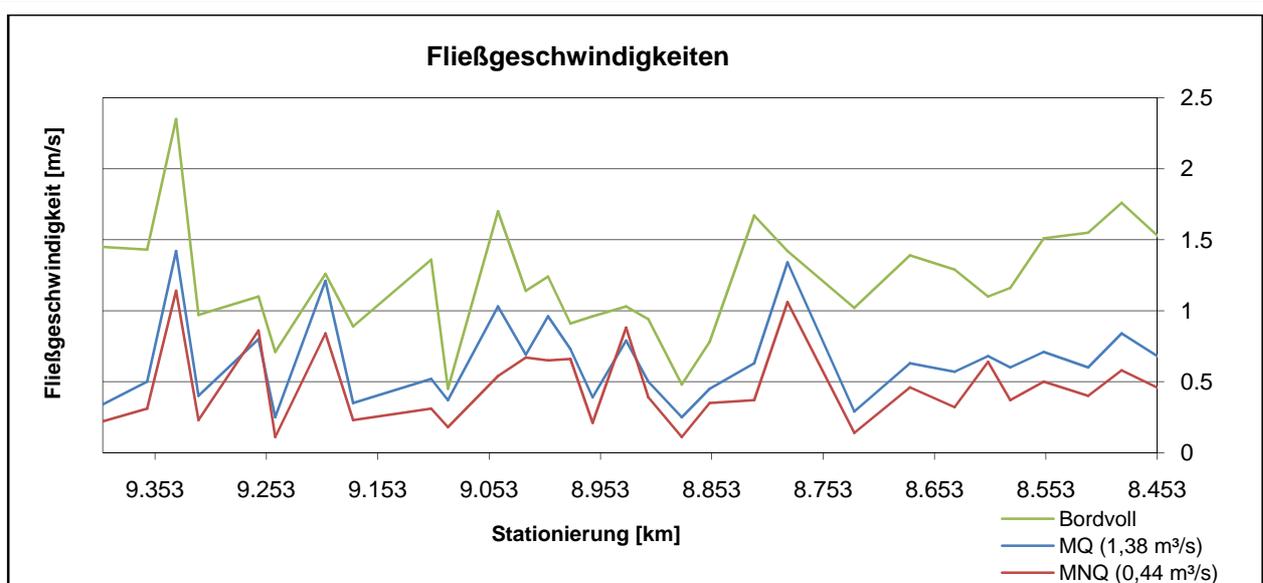


Abbildung 35: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.

Abbildung 36 zeigt den Verlauf der Sohlschubspannungen im historischen Gerinne. Die Maximalwerte der Sohlschubspannung betragen bei bordvollem Abfluss 154 N/m², bei MQ 79 N/m² und bei MNQ 58 N/m². Die Varianzen der Schubspannung an der Sohle betragen bei bordvollem Abfluss 962 N²/m⁴, bei MQ 428 N²/m⁴ und bei MNQ 260 N²/m⁴.

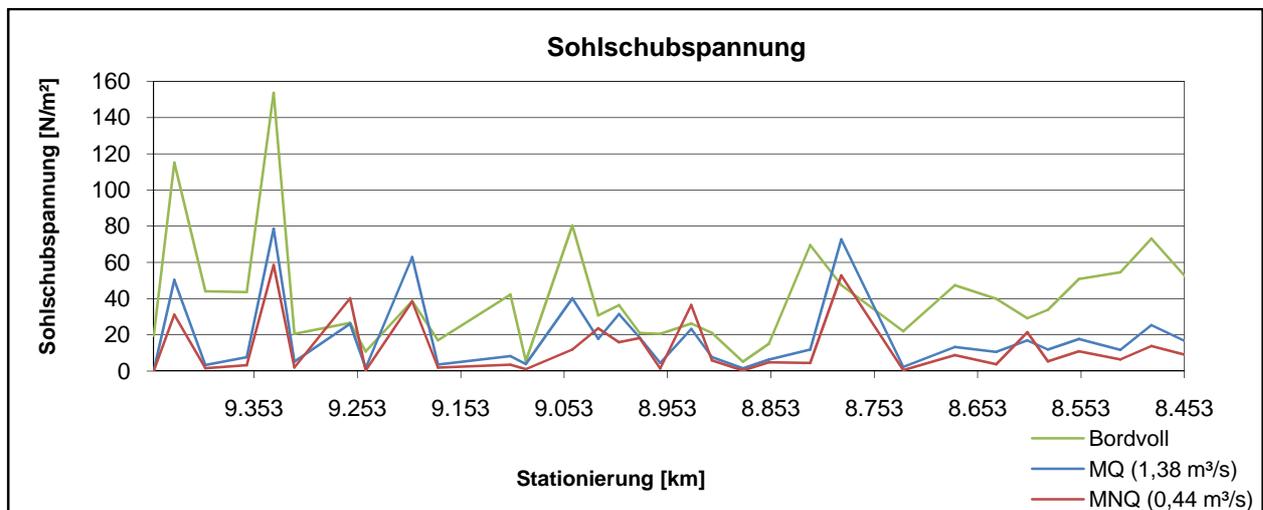


Abbildung 36: Verlauf der Sohlschubspannungen am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.

6.6.3 Vergleichsstrecke (naturnahe Strecke)

Die sich aus dem Umbau der Projektstrecke ergebenden Kennwerte sollen sich den Kennwerten der Vergleichsstrecke annähern. Die grafische Darstellung ist Abschnitt 6.1.2 zu entnehmen.

Der Verlauf des bordvollen Abflusses der Vergleichsstrecke ist Abbildung 37 zu entnehmen. Der Maximalwert des Abflusses beträgt 27 m³/s bzw. die Varianz des bordvollen Abflusses 6,6 m⁶/s².

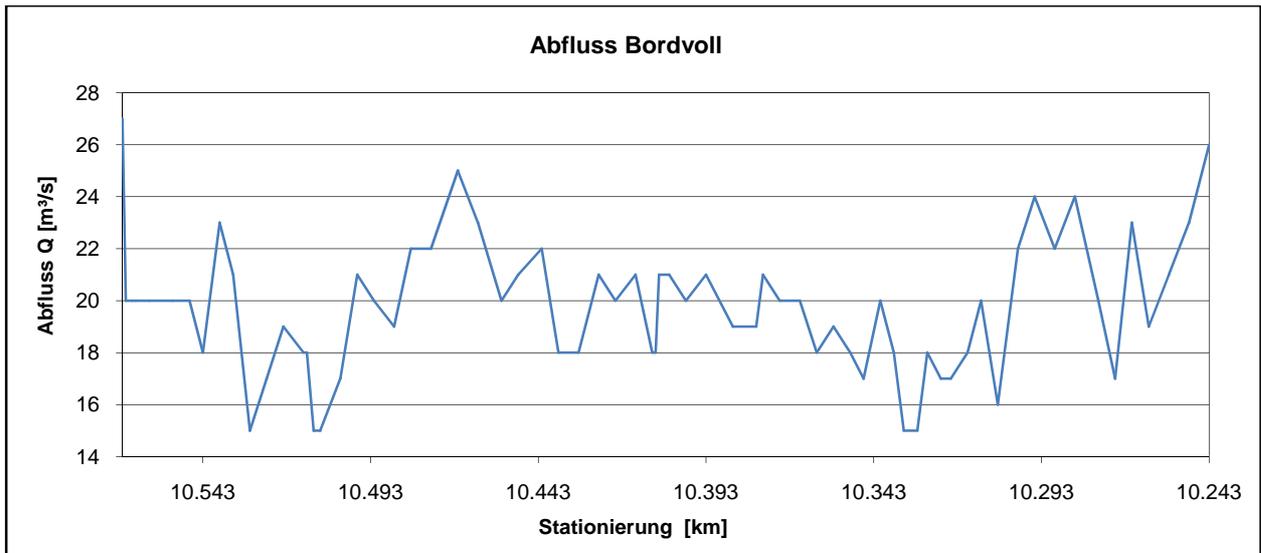


Abbildung 37: Verlauf des bordvollen Abflusses an der Vergleichsstrecke.

In Abbildung 38 ist der Verlauf der maximalen Wassertiefen dargestellt. Die Maximalwerte betragen bei bordvollem Abfluss 2,3 m, bei MQ 0,94 m und bei MNQ 0,77 m. Die Varianzen sind bei bordvollem Abfluss 0,048 m⁶/s², bei MQ 0,029 m⁶/s² und bei MNQ 0,025 m⁶/s².

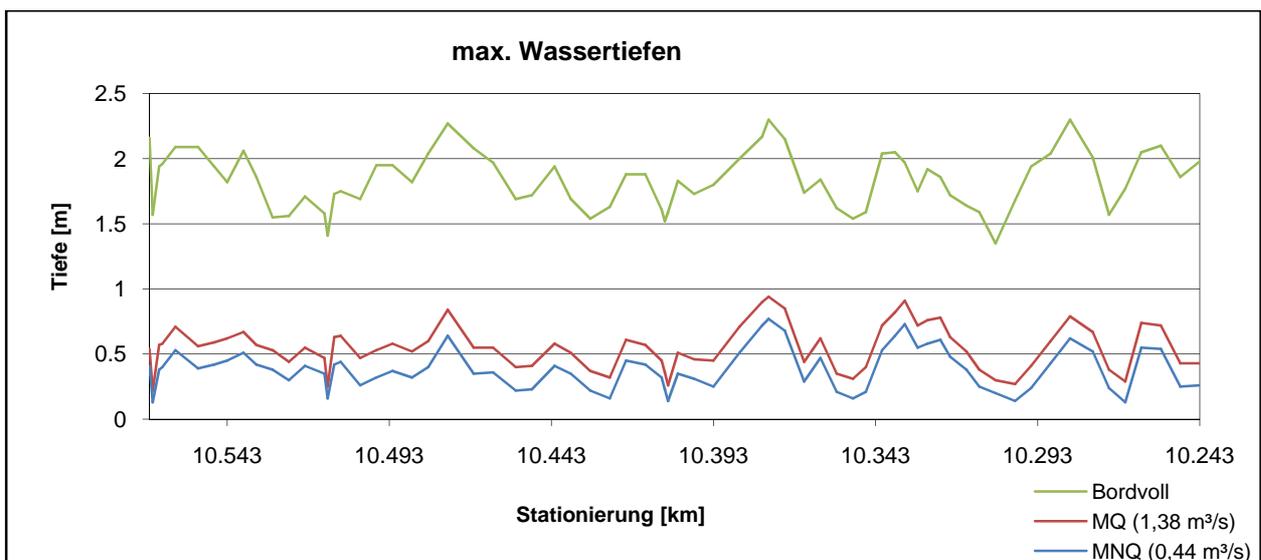


Abbildung 38: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.

Der Verlauf der Fließgeschwindigkeiten an der Vergleichsstrecke ist Abbildung 39 zu entnehmen. Die Maximalwerte betragen bei bordvollem Abfluss 1,79 m/s, bei MQ 1,28 m/s und bei MNQ 0,89 m/s. Die Varianzen betragen bei bordvollem Abfluss 0,021 m²/s², bei MQ 0,031 m²/s² und bei MNQ 0,034 m²/s².

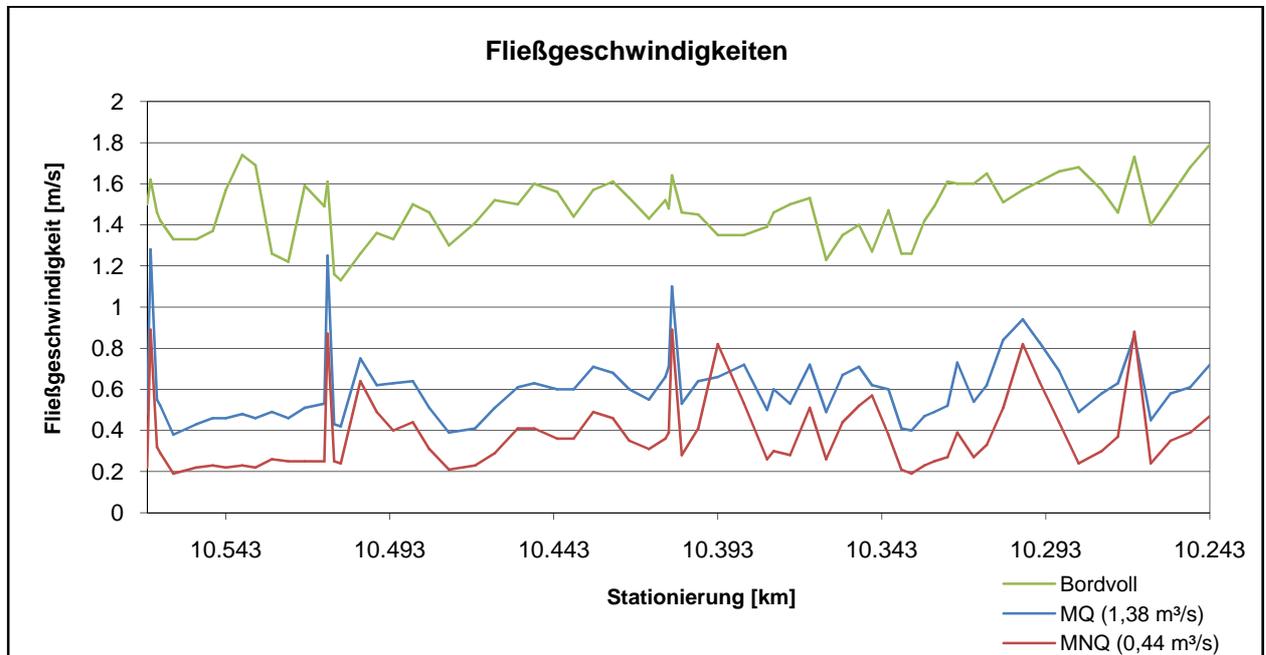


Abbildung 39: Verlauf der Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.

Abbildung 40 zeigt den Verlauf der Sohlschubspannungen an der Vergleichsstrecke. Die Maximalwerte sind bei bordvollem Abfluss 73 N/m², bei MQ 74 N/m² und bei MNQ 45 N/m². Die Varianzen betragen bei bordvollem Abfluss 102 N²/m⁴, bei MQ 163 N²/m⁴ und bei MNQ 128 N²/m⁴.

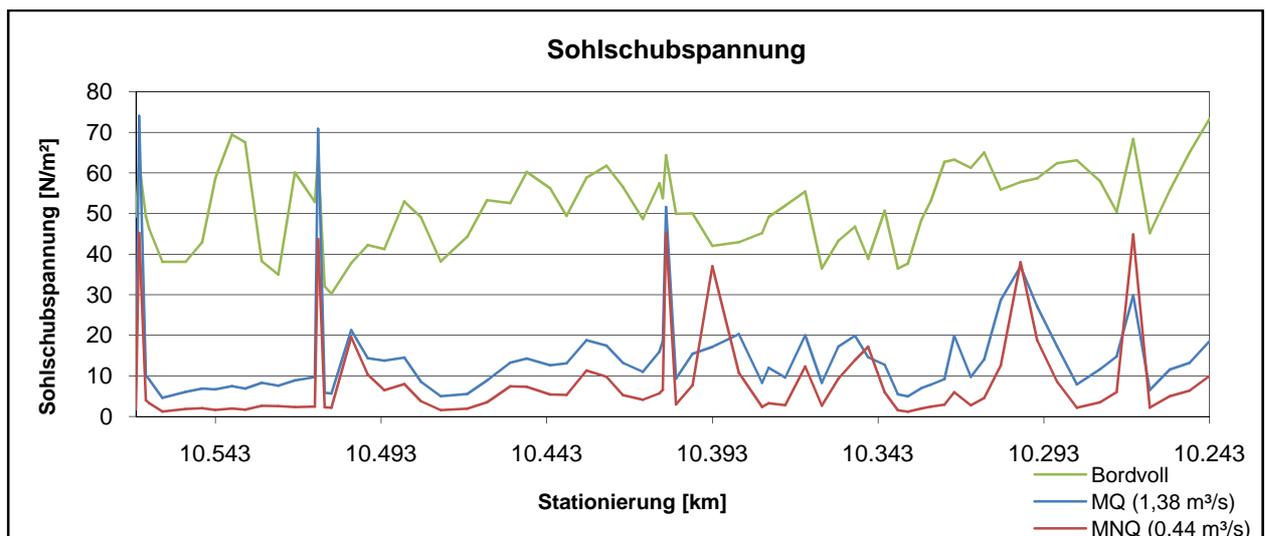


Abbildung 40: Verlauf der Sohlschubspannungen bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.

6.6.4 Projektstrecke

An der Projektstrecke fanden drei Simulationen statt. Die erste Simulation beschreibt den Regulierungszustand. Dieser Regulierungszustand entspricht dem Gerinne vor Beginn der Umbauarbeiten und wurde wie in Abschnitt 6.1.3 dargestellt, geodätisch erfasst. Die zweite Simulation stellt den projektierten Zustand dar (vgl. Abschnitt 6.1.4). In dieser Simulation wurden verschiedene Veränderungen an der Gerinnegeometrie vorgenommen (siehe 6.2.1). In der dritten Simulation ist der Zustand nach erfolgten Umbauarbeiten abgebildet. Um zwischen den unterschiedlichen Situationen Vergleiche ziehen zu können werden in den Abbildung 41 bis Abbildung 50 die Ergebnisse der jeweiligen Simulationsstrecken gemeinsam abgebildet.

6.6.4.1 Vergleich der bordvollen Abflüsse an der Projektstrecke

Als Randbedingung für die Entwicklung von Maßnahmen zur Restrukturierung der Waldzeller Ache wurde der Erhalt des bestehenden Hochwasserabfuhrkapazität festgelegt. Aus diesem Grund wurden die bordvollen Abflüsse der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand, mit den projektierten Einbauten und mit den realisierten Einbauten ermittelt und in Abbildung 41 dargestellt. Dabei liegt der mittlere bordvolle Abfluss des Regulierungszustandes bei 34,6 m³/s, der projektierten Maßnahmenstrecke bei 34,0 m³/s und der realisierten Maßnahmenstrecke bei 35,2 m³/s.

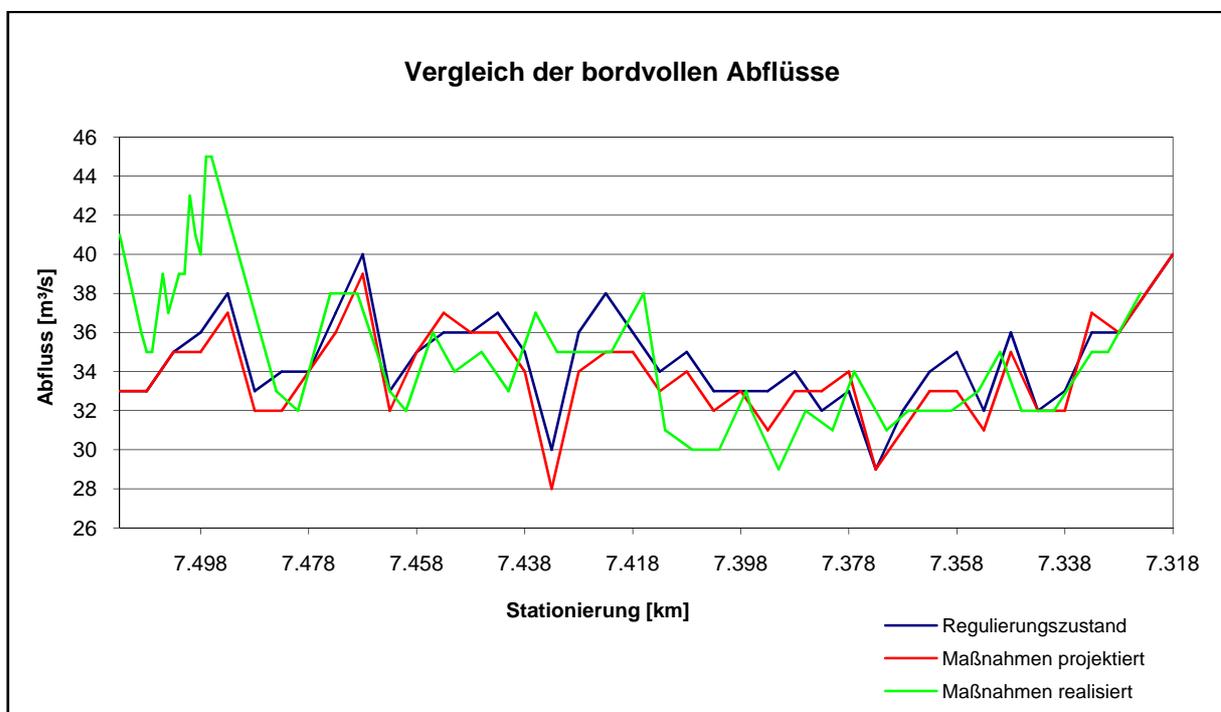


Abbildung 41: Vergleich der bordvollen Abflüsse an der Maßnahmenstrecke von Regulierungszustand, projektierte Maßnahmen, realisierte Maßnahmen.

6.6.4.2 Vergleich der maximalen Wassertiefen

Es wurden für jeweils drei charakteristische Abflüsse Vergleiche der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand, mit projektierten Maßnahmen und mit realisierten Maßnahmen angestellt. Als charakteristische Abflüsse wurden das MNQ (0,44 m³/s), das MQ (1,38 m³/s) und der für das jeweilige Profil entsprechende bordvolle Abfluss gewählt.

Anmerkung:

Am Beginn des Längsverlaufes der realisierten Maßnahmen (von km 7,513 bis ca. km 7,495) sind starke Schwankungen in der Wasserspiegellage haben aufgetreten. Ihren Ursprung haben diese in der in diesem Bereich errichteten Sohlrampe. Aus diesem Grund wurden die in diesem Bereich ermittelten Werte von der Betrachtung ausgenommen bzw. nicht dargestellt.

Abbildung 42 zeigt den Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MNQ. Die Wassertiefen schwanken im Regulierungszustand zwischen 0,15 m und 0,36 m, mit einer Varianz von 0,0029 m². Die Wassertiefen der projektierten Maßnahmenstrecke schwanken zwischen 0,14 m und 0,38 m mit einer Varianz von 0,0021 m². Die realisierte Maßnahmenstrecke hat ein Wassertiefenspektrum von 0,16 m bis 0,56 m, mit einer Varianz von 0,009 m².

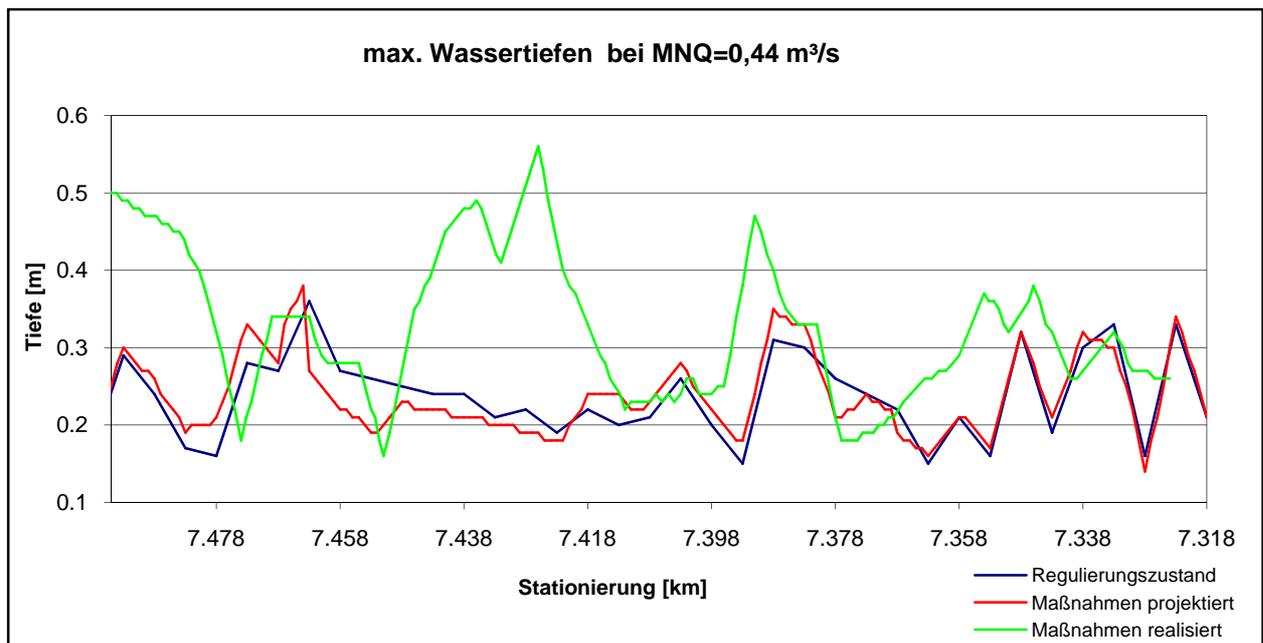


Abbildung 42: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MNQ.

Abbildung 43 zeigt den Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MQ. Die Wassertiefen schwanken im Regulierungszustand zwischen 0,28 m und 0,52 m, mit einer Varianz von 0,0033. Die Wassertiefen der projektierten Maßnahmenstrecke schwanken zwischen 0,28 m und 0,56 m mit einer Varianz von 0,0031. Die minimalen bzw. maximalen Wassertiefen der realisierte Maßnahmenstrecke reichen von 0,33 m bis 0,72 m, mit einer Varianz von 0,009 m².

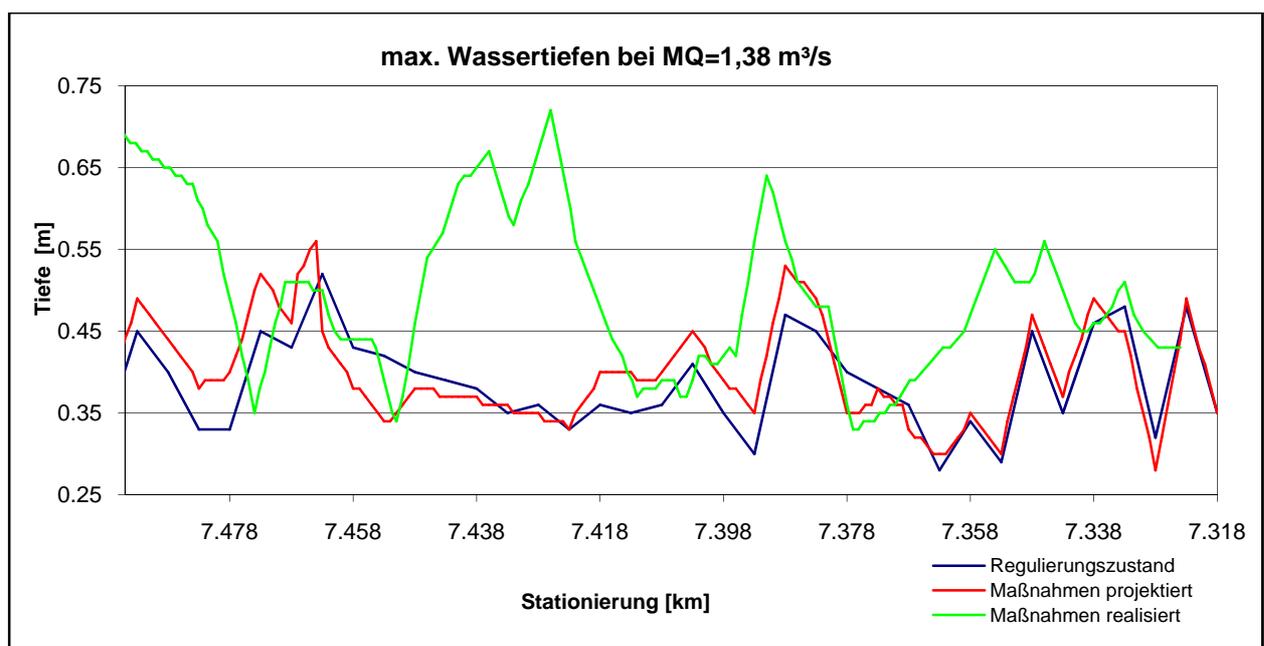


Abbildung 43: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MQ.

Abbildung 44 zeigt den Verlauf der maximalen Wassertiefen bei bordvollem Abfluss. Dabei ist der Schwankungsbereich der Wassertiefen beim Regulierungszustand von 1,78 m bis 2,24 m mit einer Varianz von 0,012. Die Wassertiefen bei der projektierten Maßnahmenstrecke reichen von 1,77 m bis 2,23 m mit einer Varianz von 0,013 m². Die realisierte Maßnahmenstrecke hat bei bordvollem Abfluss Wassertiefen von 1,88 m und 2,65 m mit einer Varianz von 0,018 m².

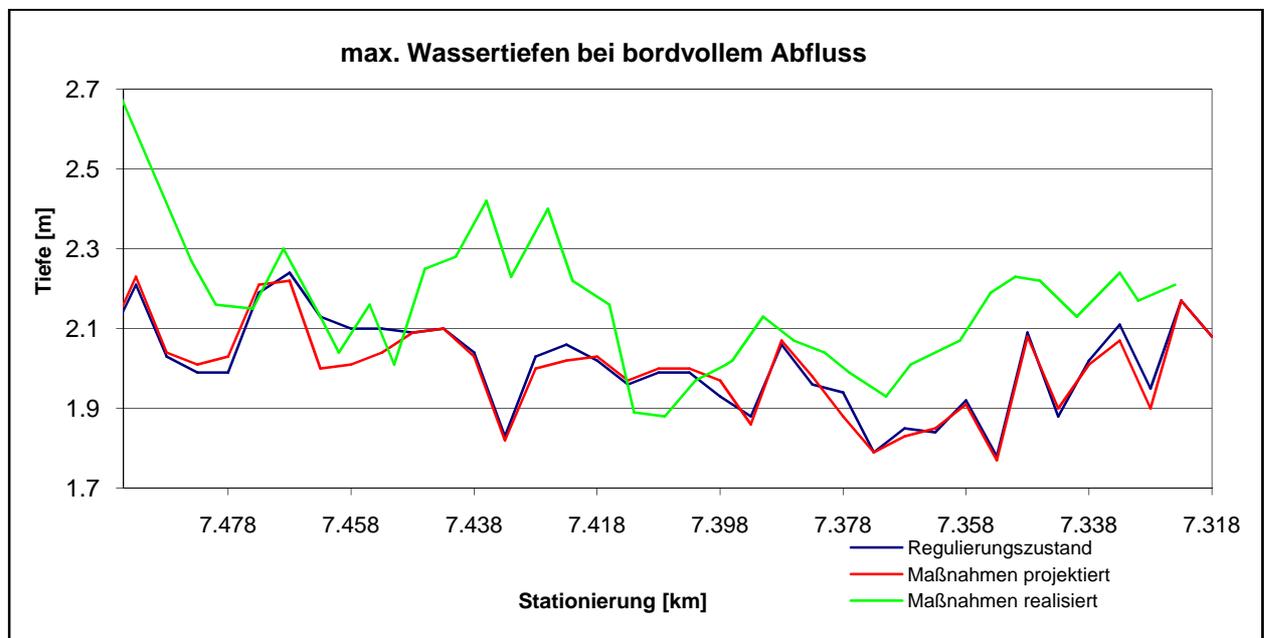


Abbildung 44: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei bordvollem Abfluss.

6.6.4.3 Vergleich der maximalen Fließgeschwindigkeiten

Es wurden für jeweils drei charakteristische Abflüsse Vergleiche der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand, mit projektierten Maßnahmen und mit realisierten Maßnahmen angestellt. Für die charakteristischen Abflüsse wurden das MNQ (0,44 m³/s), das MQ (1,38 m³/s) und der für das jeweilige Profil entsprechende bordvolle Abfluss gewählt.

Anmerkung:

Am Beginn des Längsverlaufes der realisierten Maßnahmen (von km 7,513 bis ca. km 7,495) sind starke Schwankungen in der Wasserspiegellage haben aufgetreten. Ihren Ursprung haben diese in der in diesem Bereich errichteten Sohlrampe. Aus diesem Grund wurden die in diesem Bereich ermittelten Werte von der Betrachtung ausgenommen bzw. nicht dargestellt.

Abbildung 45 zeigt den Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MNQ. Im Regulierungszustand reichen die Fließgeschwindigkeiten von 0,27 m/s bis 0,76 m/s mit einer Varianz von 0,011. Bei der projektierten Maßnahmenstrecke reichen die Fließgeschwindigkeiten von 0,23 m/s bis 0,66 m/s mit einer Varianz von 0,009 m²/s². Die realisierte Maßnahmenstrecke hat Fließgeschwindigkeiten von 0,16 m/s bis 0,75 m/s mit einer Varianz von 0,013 m²/s².

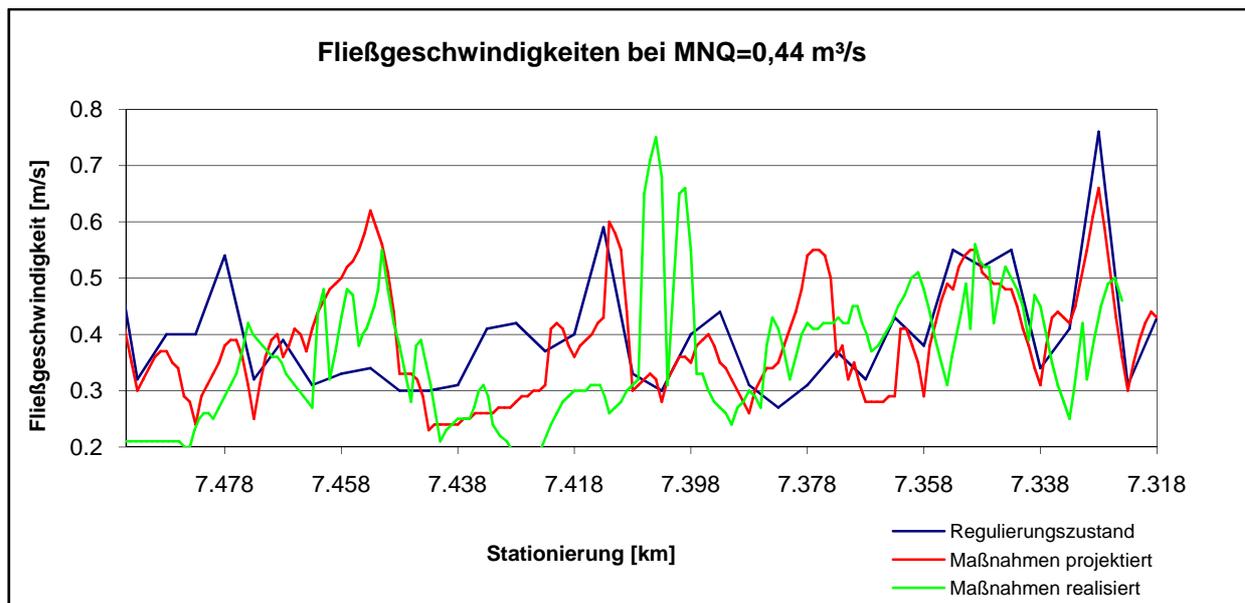


Abbildung 45: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MNQ.

Abbildung 46 zeigt den Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MQ. Beim Regulierungszustand reicht das Spektrum der Fließgeschwindigkeiten von 0,48 m/s bis 0,86 m/s mit einer Varianz von 0,007 m²/s². Die projektierte Maßnahmenstrecke hat Fließgeschwindigkeiten von 0,34 m/s bis 0,96 m/s mit einer Varianz von 0,02 m²/s². Die Fließgeschwindigkeiten bei den realisierten Maßnahmen reichen von 0,32 m/s bis 1,04 m/s mit einer Varianz von 0,011 m²/s².

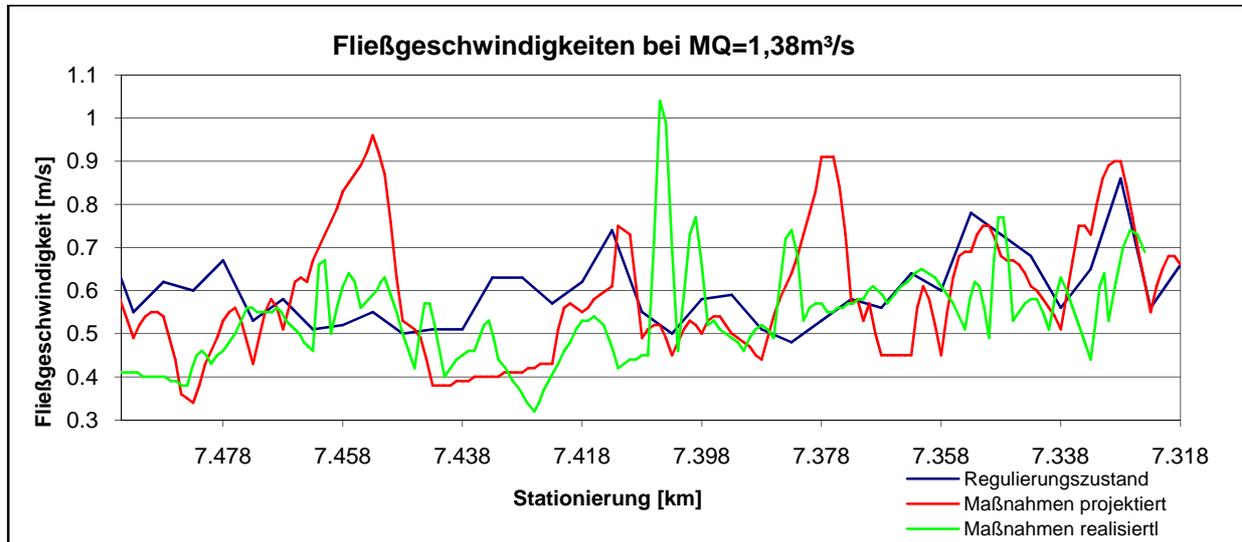


Abbildung 46: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MQ.

Abbildung 47 zeigt den Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei bordvollem Abfluss. Im Regulierungszustand reichen die Fließgeschwindigkeiten von 1,58 m/s bis 1,96 m/s mit einer Varianz von 0,009. Bei den projektierten Maßnahmen reichen die Fließgeschwindigkeiten von 1,25 m/s bis 2,04 m/s mit einer Varianz von 0,041 m²/s². Die Fließgeschwindigkeiten an der realisierten Maßnahmenstrecke befinden sich zwischen 1,23 m/s bis 1,90 m/s mit einer Varianz von 0,022 m²/s².

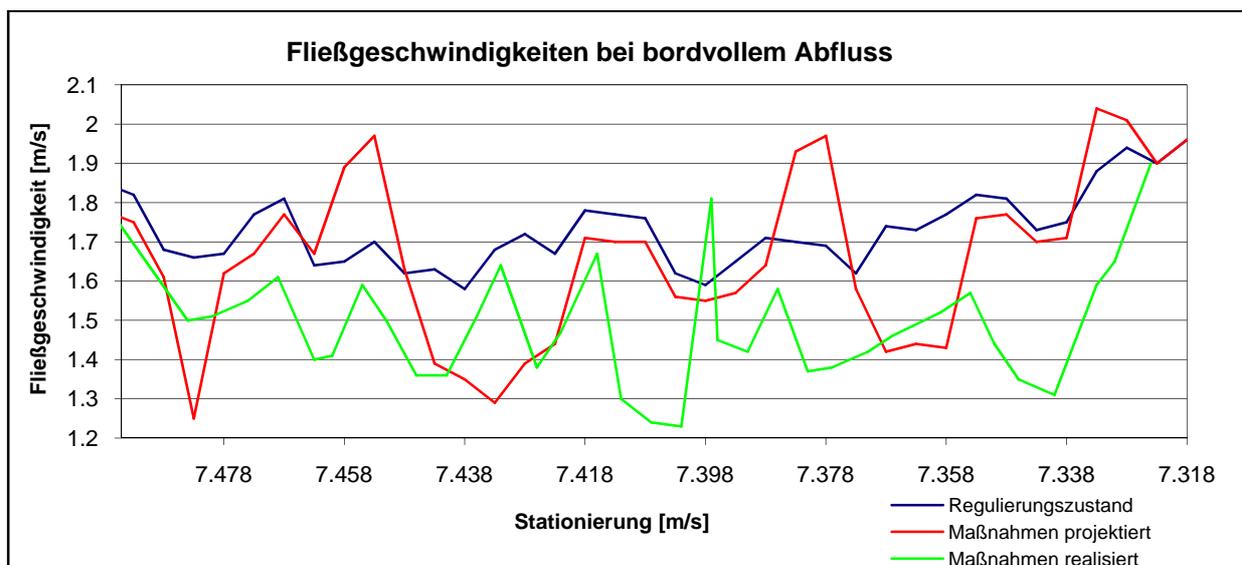


Abbildung 47: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei bordvollem Abfluss.

6.6.4.4 Vergleich der maximalen Sohlschubspannungen

Es wurden für jeweils 3 charakteristische Abflüsse Vergleiche der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand, mit projektierten Maßnahmen und mit realisierten Maßnahmen angestellt. Für die 3 charakteristischen Abflüsse wurden das MNQ (0,44 m³/s), das MQ (1,38 m³/s) und der für das jeweilige Profil entsprechende bordvolle Abfluss gewählt.

Anmerkung:

Am Beginn des Längsverlaufes der realisierten Maßnahmen (von km 7,513 bis ca. km 7,495) sind starke Schwankungen in der Wasserspiegellage haben aufgetreten. Ihren Ursprung haben diese in der in diesem Bereich errichteten Sohlrampe. Aus diesem Grund wurden die in diesem Bereich ermittelten Werte von der Betrachtung ausgenommen bzw. nicht dargestellt.

Abbildung 48 zeigt den Verlauf der maximalen Sohlschubspannung bei MNQ. Die Sohlschubspannungen reichen beim Regulierungszustand von 2,7 bis 29 N/m² mit einer Varianz von 27,6 N²/m⁴. Die Sohlschubspannungen an der projektierten Maßnahmenstrecke reichen von 2,2 N/m² bis 20 N/m² mit einer Varianz von 12,2 N²/m⁴. An der realisierten Maßnahmenstrecke reichen die Sohlschubspannungen von 0,84 N/m² bis 27,15 N/m² mit einer Varianz von 20,6 N²/m⁴.

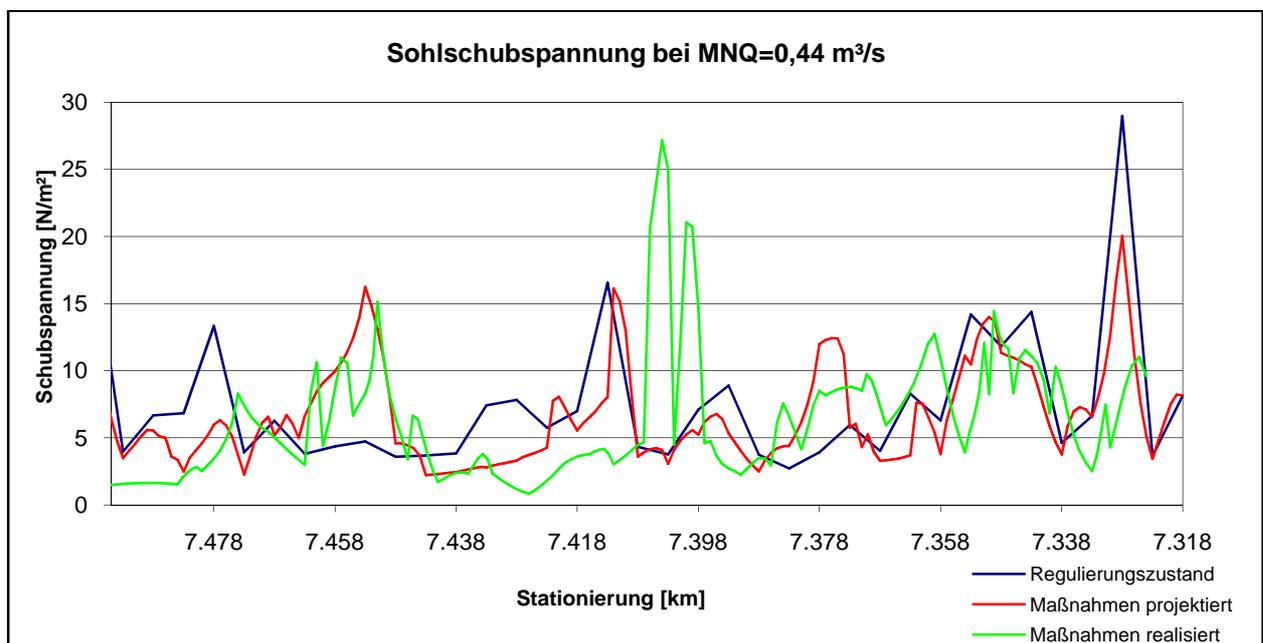


Abbildung 48: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei MNQ.

Abbildung 49 zeigt den Verlauf der maximalen Sohlschubspannung bei MQ. Beim Regulierungszustand reichen die Sohlschubspannungen von 7,5 N/m² bis 8,3 N/m² mit einer Varianz von 20 N²/m⁴. Bei den projektierten Maßnahmen erstreckt sich der Bereich der Sohlschubspannungen von 3,9 N/m² bis 31,9 N/m² mit einer Varianz von 40 N²/m⁴. Bei den realisierten Maßnahmen reichen die Sohlschubspannungen von 3,27 N/m² bis 44,42 N/m² mit einer Varianz von 28,9 N²/m⁴.

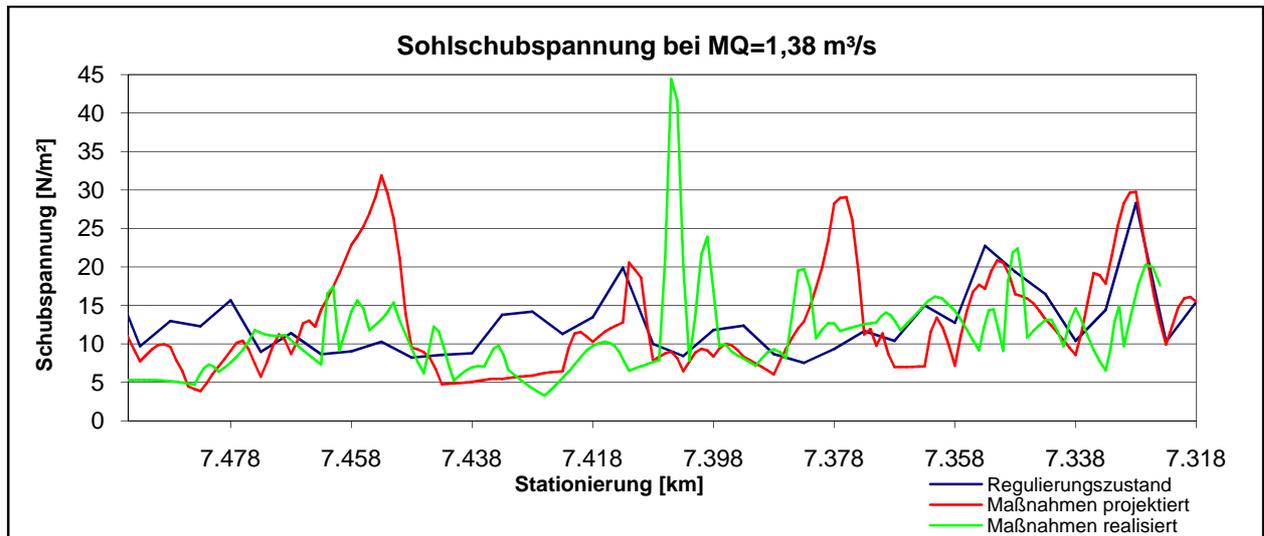


Abbildung 49: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei MQ.

Abbildung 50 zeigt den Verlauf der maximalen Sohlschubspannung bei bordvollem Abfluss. Die Sohlschubspannungen beim Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke reichen von 50,2 N/m² bis 80 N/m² mit einer Varianz von 51. An der projektierten Maßnahmenstrecke umfassen die Sohlschubspannungen Werte von 30 N/m² bis 88 N/m² mit einer Varianz von 233 N²/m⁴. Bei den realisierten Maßnahmen reichen die Sohlschubspannungen von 33,76 N/m² bis 79,98 N/m² mit einer Varianz von 100 N²/m⁴.

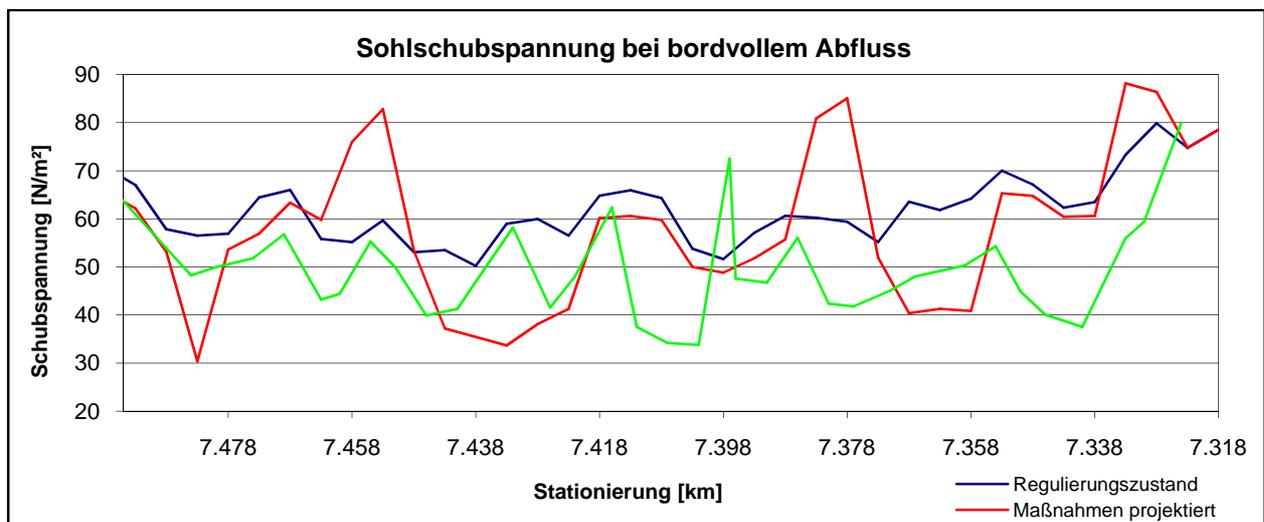


Abbildung 50: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei bordvollem Abfluss.

6.6.5 Varianzenvergleich

Um aus den in Abschnitt 6.6 dargestellten Diagrammen direkte Vergleiche ziehen zu können, sind nachstehend die Varianzen (Tiefe, Wasserspiegelbreite Fließgeschwindigkeit) beim mittleren Niederwasser (MNQ) und Mittelwasser (MQ) dargestellt. Auf die Darstellung der Varianzen bei bordvollem Abfluss wird verzichtet, da diese keine unmittelbare Relevanz für das Habitatangebot haben. Als zusätzlicher Wert ist die Varianz der Wasserspiegelbreite eingeführt, um auf die benetzte Fläche schließen zu können. Die Varianzen des historischen Zustandes sind mit Vorbehalt zu betrachten, da als Datengrundlage Vermessungsdaten, aus in unregelmäßigen Abständen und mit meist nur vier Profilpunkte vermessenen Querprofilen, dienen.

Abbildung 51 zeigt die Varianzen der Wassertiefen, der Fließgeschwindigkeiten und der Wasserspiegelbreiten bei MNQ.

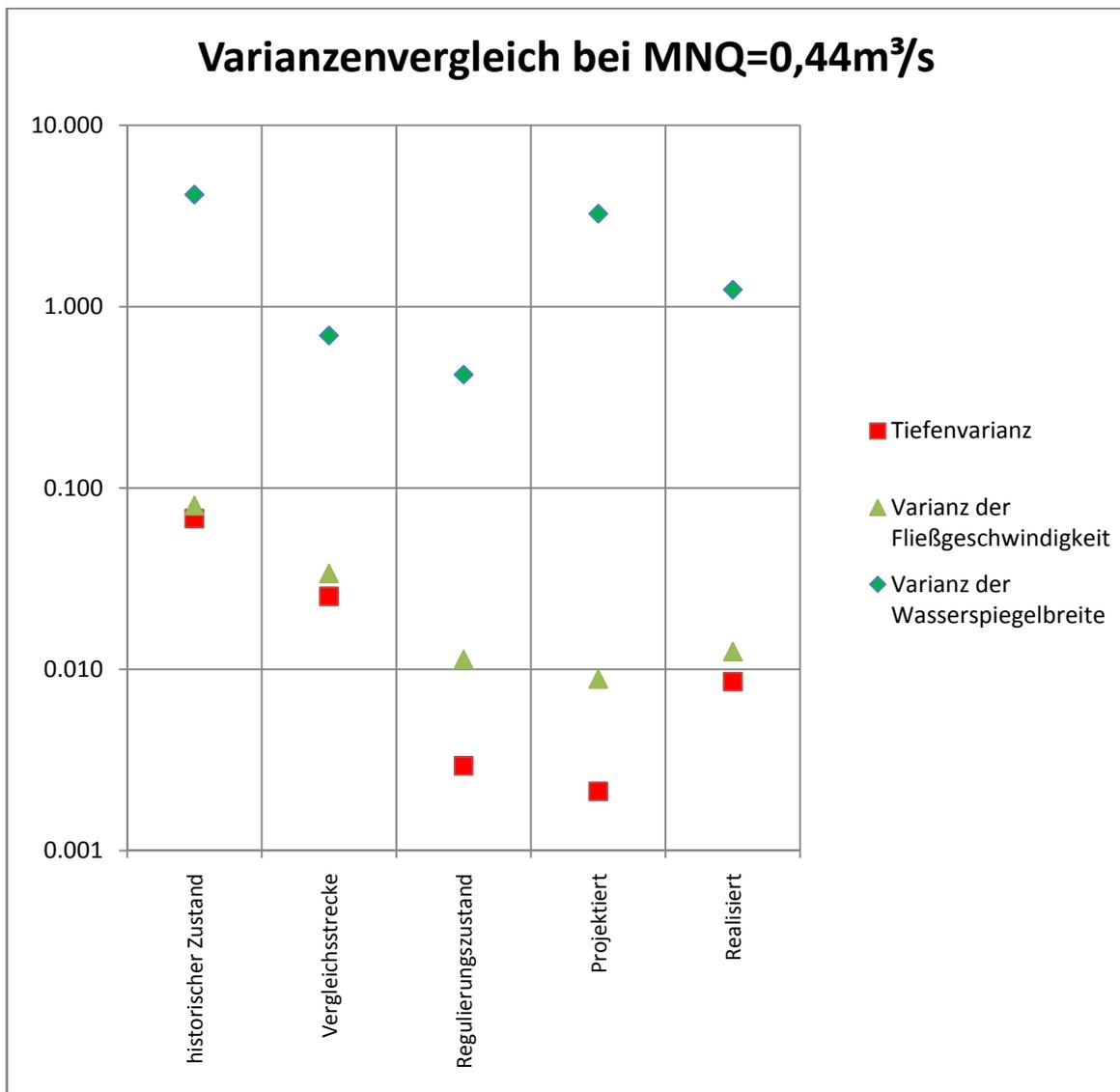


Abbildung 51: Varianzenvergleich bei MNQ.

Abbildung 52 zeigt die Varianzen von Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Wasserspiegelbreite der verschiedenen Betrachtungsstrecken bei MQ.

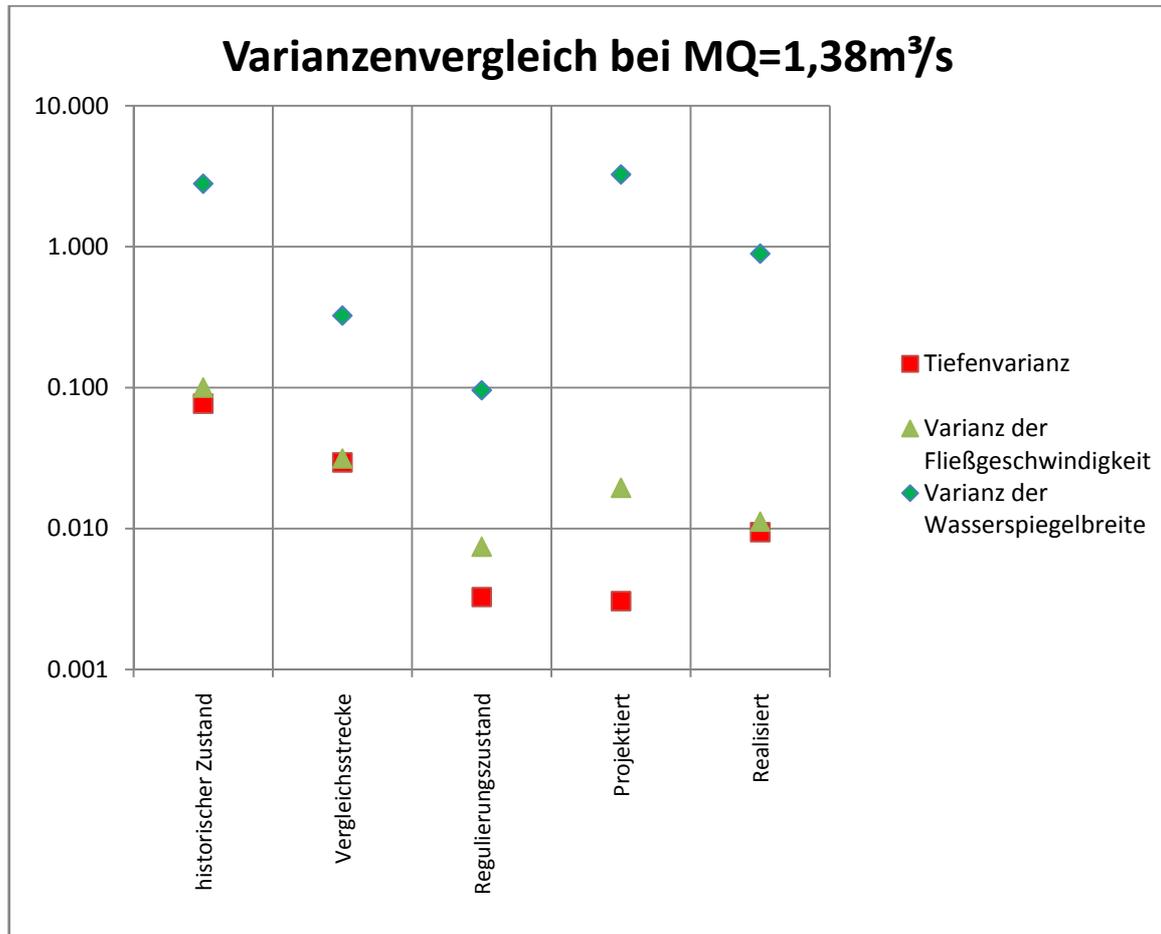


Abbildung 52: Varianzenvergleich bei MQ.

Aus dem Vergleich der Varianzen ist zu entnehmen, dass die Varianzen (Tiefen-, Fließgeschwindigkeit und Wasserspiegelbreite) im Regulierungszustand der Waldzeller Ache deutlich unter den Varianzen der Vergleichsstrecke lagen. Mit den projektierten Maßnahmen konnte in den Bereichen Wasserspiegelbreite und Fließgeschwindigkeit eine Verbesserung erzielt werden. An der realisierten Strecke ist eine Verbesserung der Varianzen in allen Bereichen erkennbar, wobei anzumerken ist, dass die Vermessung des Gerinnes direkt nach Fertigstellung erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die Entwicklung der Sohle bzw. die Variabilität im Sohlniveau erst im Anfangsstadium. Es ist zu erwarten, dass sich die Variabilitäten im Lauf der Zeit noch deutlich erhöhen. Die hohe Varianz der Wasserspiegelbreite an der projektierten Maßnahmenstrecke ergibt sich aus der Kombination der geplanten Maßnahmen und der unverändert „geringen“ Gerinnebreite. Die realisierte Maßnahmenstrecke weist bei der Variabilität der Wasserspiegelbreite einen „fälschlich“ geringeren Wert als die projektierte Strecke aus, da das Gewässer an sich um mehrere Meter verbreitert wurde und sich somit die statistische Betrachtungsbasis (Gesamtbreite des Gewässers) erheblich vergrößert hat.

6.6.6 Prognose der Sohlentwicklung

Die Simulation der Sohlentwicklung erfolgte durch Verwendung von HEC- RAS 4.0. Die Berechnungen wurden basierend auf den theoretischen Ansätzen nach Meyer- Peter Müller (1948), nach Yang (1973, 1984) und nach Wilcock (2001) ausgeführt. Weiters sind 2 Szenarien betrachtet worden. Szenario 1 beschreibt den Sohlverlauf nach Abfluss von sechs Hochwasserwellen mit Geschiebeeintrag in das Modellsystem. Szenario 2 simuliert den prognostizierten Verlauf der Sohle ohne Geschiebeeintrag während des angenommenen Abflusses in den betrachteten Gerinneabschnitt (es erfolgte keine Veränderung der Abflussdaten zwischen den beiden Szenarien). Als weiterer Parameter wurde festgelegt, dass sowohl an den befestigten Sohlstufen im Anfangsabschnitt (km 7,513 bis km 7,496), als auch an der befestigten Sohle im Endbereich (ab km 7,318) des betrachteten Gerinneabschnittes, keine Veränderungen in der Höhenlage der Sohle möglich sind. Die Sohlentwicklung mittels Meyer – Peter und Müller wird in absoluten Höhen dargestellt, mittels Yang bzw. Wilcock ist die Darstellung der Sohlveränderung in Bezug auf die ursprüngliche Sohlhöhe am entsprechenden Punkt. Die Berechnung erfolgt im HEC-RAS der Tiefenlinie entlang. Die Ergebnisse sind daher nur als tendenzielle Entwicklungsmöglichkeiten aufzufassen und geben keinesfalls die im Gewässerquerschnitt vorhandenen Variabilitäten wieder.

In Abbildung 53 ist der Sohlverlauf des vermessenen Gerinnes, als auch der Verlauf der Sohle nach der Simulation mit dem Ansatz von Meyer-Peter und Müller mit und ohne Geschiebezuführung abgebildet. Eine befestigte Rampe reicht von km 7,513 bis km 7,496 und wird in der Simulation als nicht veränderbare Sohle (Höhe) betrachtet.

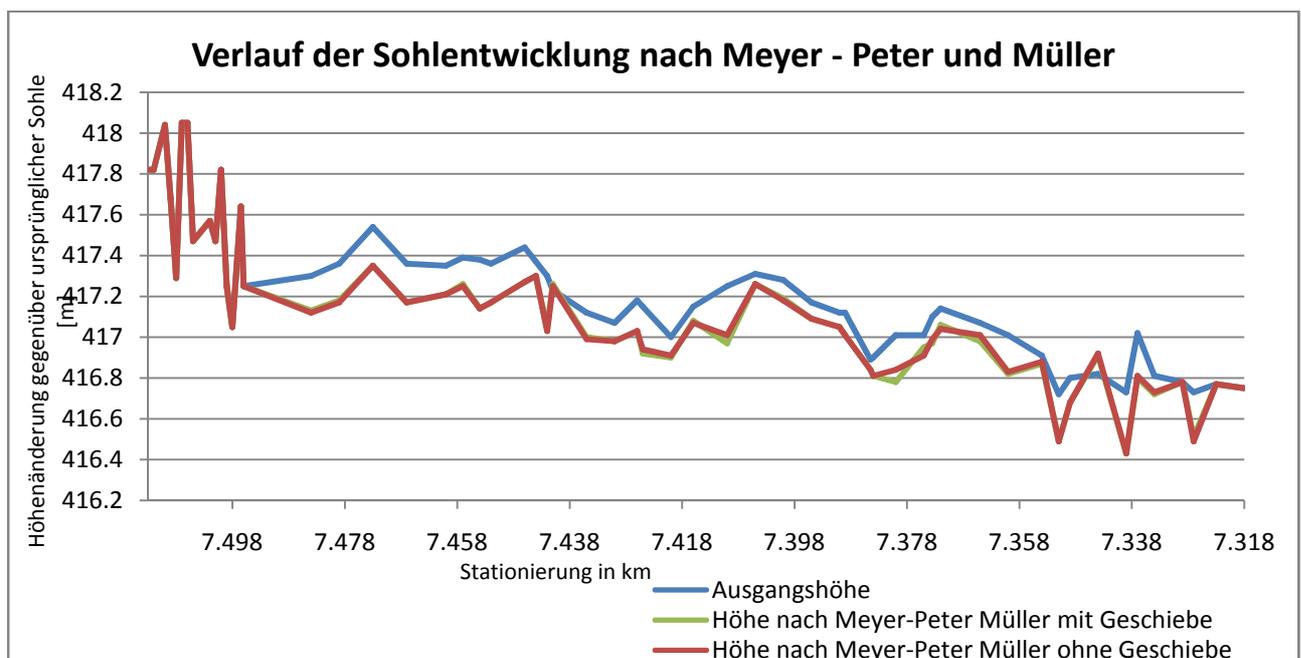


Abbildung 53: Verlauf der Sohlentwicklung nach Meyer - Peter und Müller mit und ohne Geschiebeeintrag.

Abbildung 53 zeigt über den gesamten Verlauf des Gerinnes eine leichte Eintiefung der Sohle sowohl mit, als auch ohne Geschiebeeintrag. Das errechnete Niveau stellte sich bereits nach ungefähr der Hälfte der Simulationszeit ein und blieb anschließend bis auf kleinere Veränderungen konstant.

Abbildung 54 zeigt die Veränderung zum ursprünglichen Sohlniveau basierend auf der Transporttheorie nach Yang, mit und ohne Geschiebeeintrag. Tendenziell ist auch hier eine geringe Eintiefung nach der Sohlrampe zu erkennen. Eine befestigte Rampe reicht von km 7,513 bis km 7,496 und wird in der Simulation als nicht veränderbare Sohle (Höhe) betrachtet.

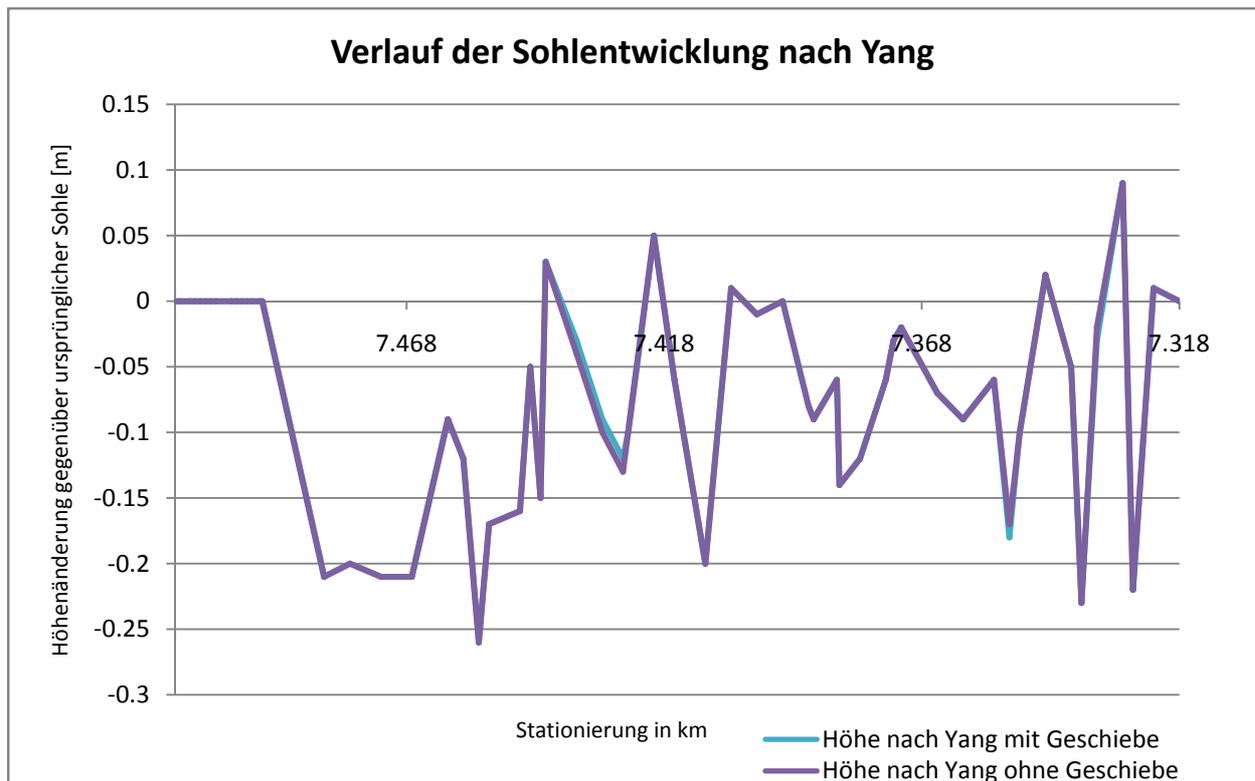


Abbildung 54: Verlauf der Sohlentwicklung nach Yang, mit und ohne Geschiebeeintrag in Bezug auf die ursprünglich vorhandene Sohle.

Abbildung 55 zeigt die berechnete Sohlveränderung anhand des Berechnungsansatzes nach Wilcock, mit und ohne Geschiebezufuhr. Bei diesem Berechnungsansatz sind die deutlichsten Unterschiede zwischen dem Szenario mit Geschiebe und dem Szenario ohne Geschiebe zu erkennen. Weiters ist zu bemerken, dass nach der Eintiefungstendenz zu Beginn der Fließstrecke eine Anlandungstendenz im Anschluss daran festgestellt werden kann. Zwischen km 7,400 und km 7,350 sind kaum nennenswerte Veränderungen im Sohlniveau zu erwarten. Zum Ende der Fließstrecke hin ist wieder mit leichten Anlandungen zu rechnen, wobei die Extremwerte der Kurve wahrscheinlich wieder numerischen Instabilitäten, wie bei der Erläuterung von Abbildung 54 bereits beschrieben, darstellen. Eine befestigte Rampe reicht von km 7,513 bis km 7,496 und wird in der Simulation als nicht veränderbare Sohle (Höhe) betrachtet.

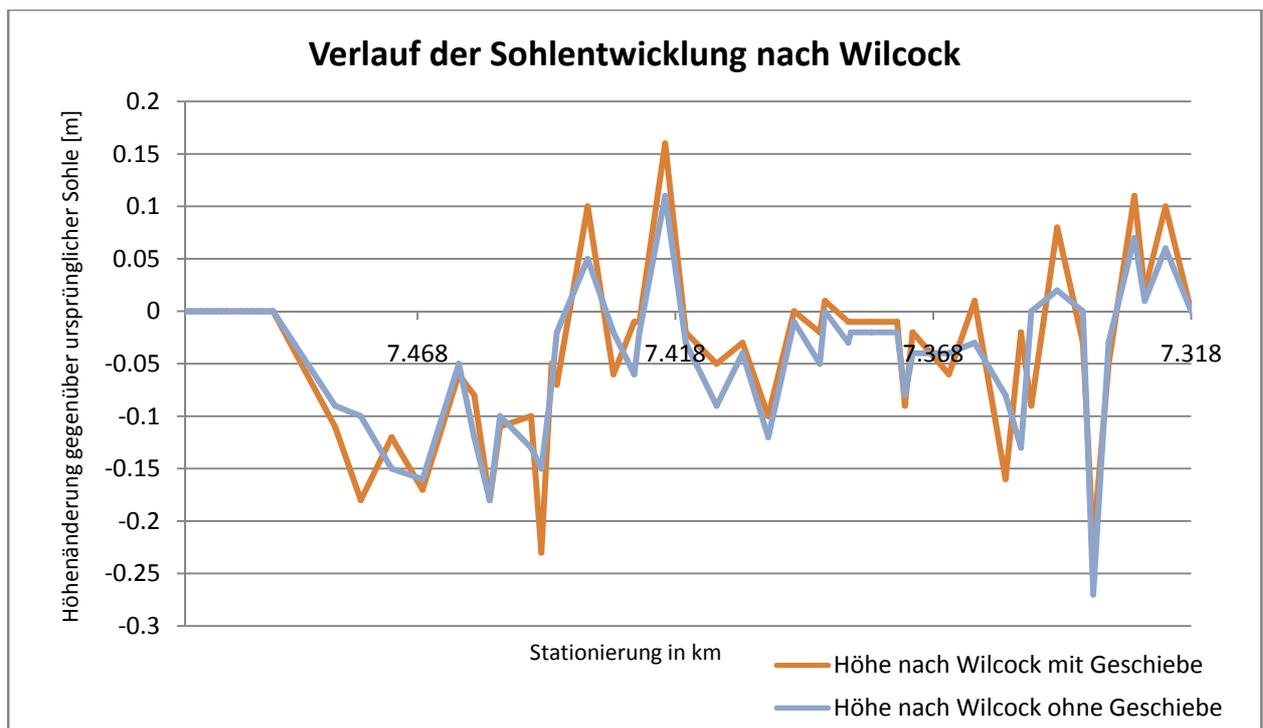


Abbildung 55: Verlauf der Sohlentwicklung nach Wilcock, mit und ohne Geschiebeeintrag, in Bezug auf die ursprünglich vorhandene Sohle.

Generell ist darauf hinzuweisen, dass die Veränderungen des Sohl-niveaus bei allen drei Berechnungsansätzen nur wenige Zentimeter betragen. Dies deutet auf ein stabiles, dem Gefälle entsprechendes Gerinnesystem hin. Legt man die Kontinuitätsgleichung zugrunde, wäre eigentlich mit Anlandungstendenzen zu rechnen. Da das offensichtlich nicht der Fall ist, kann davon ausgegangen werden, dass das regulierte (gestreckte) Gewässer ein zu hohes Gefälle ($\sim 7\%$) hatte. Das Gefälle der realisierten Maßnahmenstrecke beträgt $\sim 4\%$. Im regulierten Zustand konnte sich das Gewässer aufgrund der Sohlsicherung aber nicht eintiefen bzw. wegen der Ufersicherung keine Mäander bilden. Die durchgeführte Veränderung des Gerinnegefälles, am Beginn der Fließstrecke starkes Gefälle durch eine Rampe, ansonsten geringeres Gefälle, führen nun zu einem „stabilen“ Sohlverlauf. Leichte Eintiefungen (ca. 20 cm) am Beginn der re-strukturierten Strecke schließen im mittleren Bereich an einen Abschnitt mit praktisch keiner Niveauänderung. Im letzten Drittel der Strecke sind ebenfalls wieder leichte Eintiefungstendenzen ($\sim 10\text{cm}$) zu erkennen. Es ist weiters in allen 3 Diagrammen zum Verlauf der Sohlentwicklung zu erkennen, dass sowohl mit als auch ohne Geschiebeeintrag ähnliche Sohl-niveaus erreicht werden. Die Ursache liegt wahrscheinlich im geringen Geschiebetrieb bei dem betrachteten Abfluss (etwas größer als HQ_1). Generell ist die Sohlentwicklung als stabil zu betrachten.

6.7 MEM – Ergebnisse

Die Ergebnisse des MEM stellen eine prozentuelle Verteilung der bei definiertem Abfluss vorhandenen Mesohabitate dar. Ziel war es, die Maßnahmenstrecke derart zu gestalten, um die Habitatverteilung an die der Vergleichsstrecke heranzuführen und gute Voraussetzungen für eisdynamische Entwicklungen zu schaffen.

6.7.1 Habitatverteilung an der Vergleichsstrecke

Abbildung 56 zeigt die Habitatverteilung an der Vergleichsstrecke bei unterschiedlichen Abflüssen. Generell sind hauptsächlich „run“ – Situationen vorhanden. Das Habitat „shallow water“ hat sein Maximum (Relativanteil: 25,69 %) beim niedrigsten modellierten Abfluss (0,25 m³/s) und wird mit zunehmenden Abfluss immer geringer. Das Habitat „backwater“ hat bei einem Abfluss von 0,44m³/s gegenüber allen anderen Abflüssen den größten Anteil (Relativanteil: 21,54%). Mit steigendem Abfluss verliert es aber wieder an Anteil. Das Habitat „fast run“ hat sein Minimum bei einem Abfluss von 0,44 m³/s. Der relative Anteil steigt mit steigendem Abfluss. Bei einem Abfluss von 0,25 m³/s ist ebenfalls ein relativ hoher Flächenanteil dem Habitat „fast run“ zuzuordnen. Der Flächenanteil des Habitats „riffle“ steigt mit steigendem Abfluss bis 1 m³/s und fällt schließlich bei weiter steigendem Abfluss wieder. Das Maximum liegt bei 7,21 %. Es kommt bei keinem Abfluss das Habitat „pool“ vor.

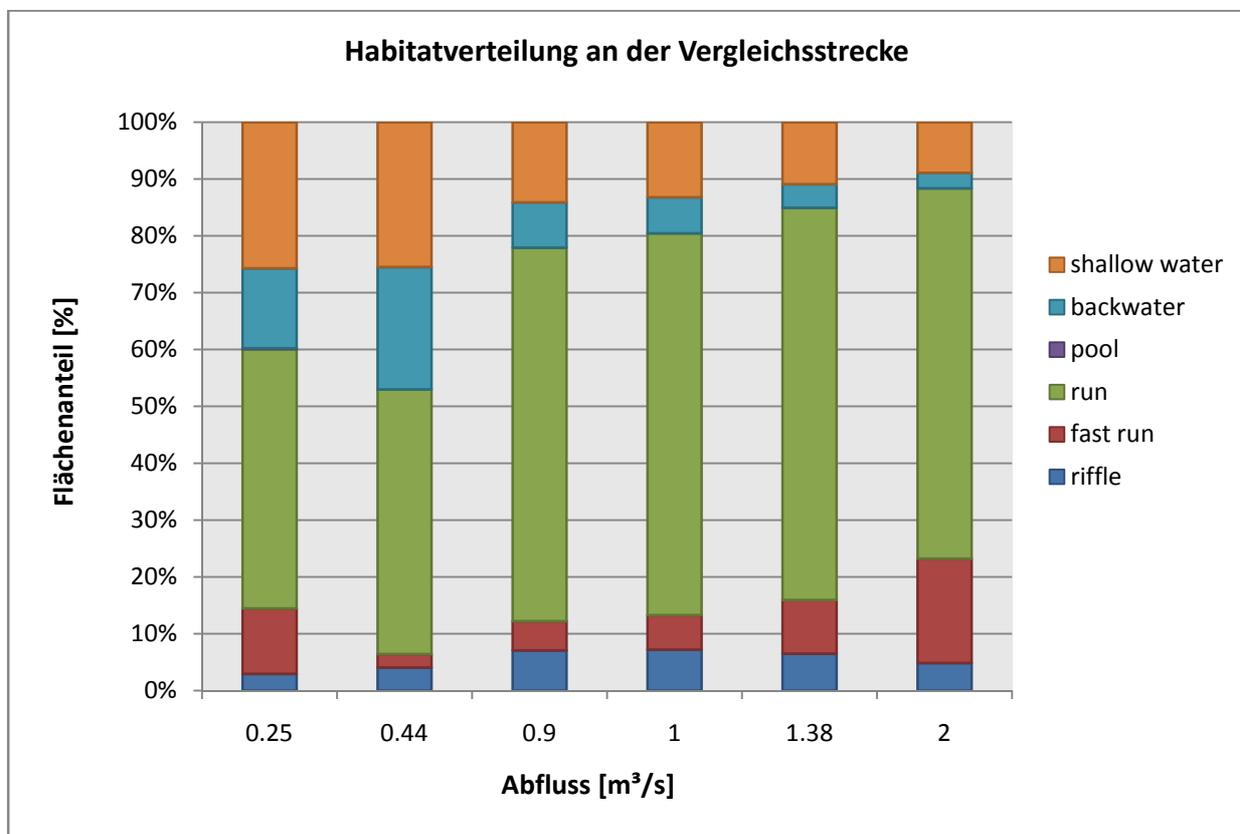


Abbildung 56: Habitatverteilung an der Vergleichsstrecke.

6.7.2 Habitatverteilung des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke

Abbildung 57 stellt die Habitatverteilung des Regulierungszustandes an der Maßnahmenstrecke dar. Der relative Anteil des Habitats „shallow water“ nimmt ausgehend vom Maximum (28,95 %), bei einem Abfluss von 0,25 m³/s, kontinuierlich mit steigendem Abfluss ab. Das Habitat „backwater“ ist mit einem geringen prozentuellen Anteil bei allen Abflüssen vertreten. Das Maximum tritt bei einem Abfluss 0,9 m³/s mit 1,64 % auf. Am dominantesten ist über alle Abflüsse hinweg das Habitat „run“. Es erreicht sein Maximum bei einem Abfluss von 0,9 m³/s mit 82,1 %. Mit steigendem Abfluss erhöht sich der Anteil des Habitats „fast run“. Das Maximum mit 39,03 % Anteil wird bei einem Abfluss von 2 m³/s erreicht. Das Habitat „riffle“ ist bei allen Abflüssen mit minimalen Anteilen vorhanden, wobei das Maximum bei einem Abfluss von 0,9 m³/s mit 0,95 % auftritt. Das Habitat „pool“ tritt bei keinem Abfluss auf.

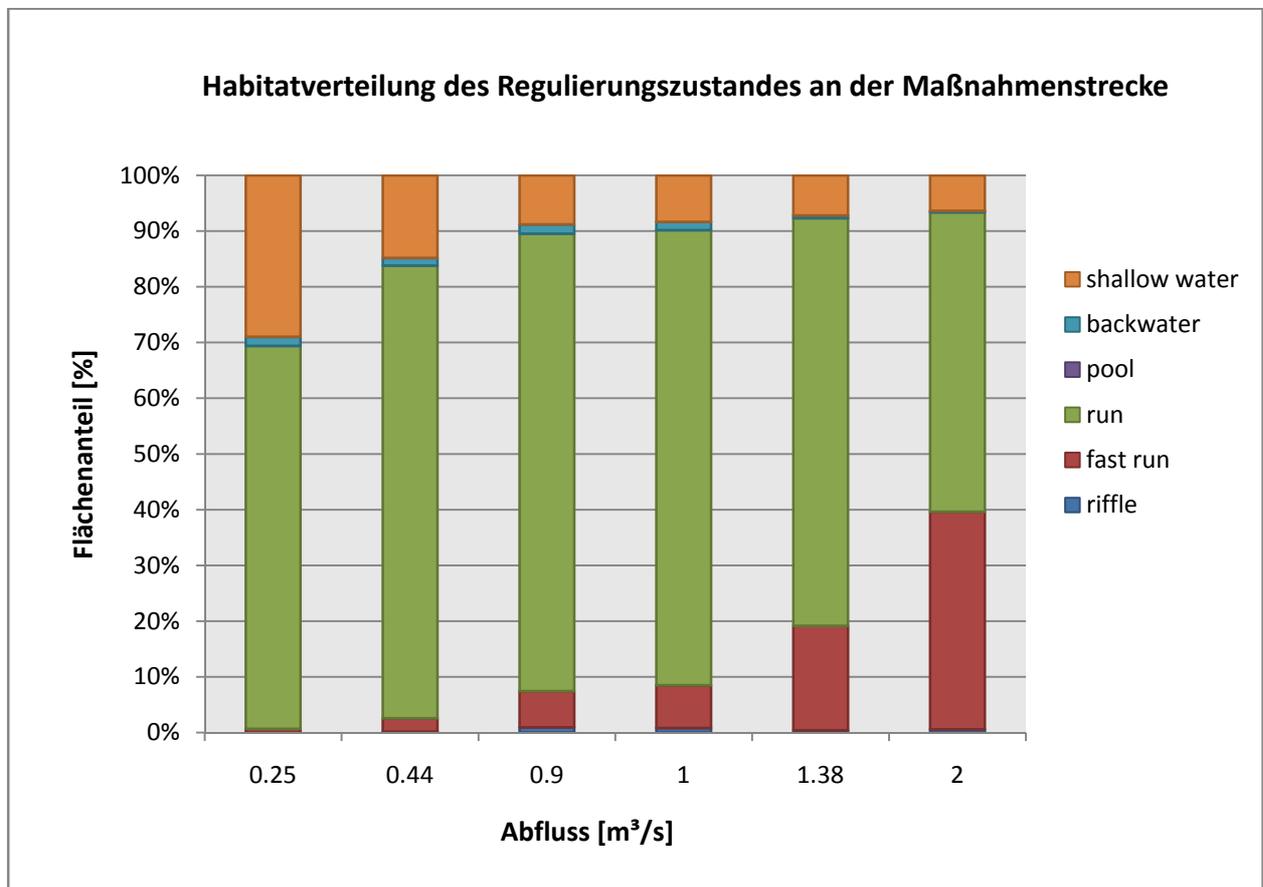


Abbildung 57: Habitatverteilung des Regulierungszustandes an der Maßnahmenstrecke.

6.7.3 Habitatverteilung der realisierten Maßnahmenstrecke

Abbildung 58 zeigt die Habitatverteilung bei unterschiedlichen Abflüssen der Maßnahmenstrecke nach erfolgten Umbauarbeiten. Das „shallow water“ Habitat nimmt ausgehend von seinem Maximum beim Abfluss von 0,25 m³/s mit einem Wert von 34,17 % mit steigendem Abfluss kontinuierlich ab. Ebenfalls mit steigendem Abfluss abnehmend ist das Habitat „backwater“, wobei das Maximum bei einem Abfluss von 0,25 m³/s mit einem Anteil von 19,28 % liegt. Das Habitat „run“ ist am dominantesten vertreten. Der Anteil steigt mit dem Abfluss bis 0,9 m³/s um dann mit weiter steigendem Abfluss wieder an Anteil zu verlieren. Der Maximalanteil beträgt 70,81 % bei 0,9 m³/s Abfluss. Mit steigendem Abfluss steigt der Anteil am Habitat „fast run“ an der Gesamthabitatverteilung. Das Maximum wird bei einem Abfluss von 2 m³/s mit 28,21 % erreicht. Das Habitat „riffle“ erreicht sein anteilmäßiges Maximum bei einem Abfluss von 0,9 m³/s mit 1,79 % um dann mit steigendem Abfluss wieder an Anteil zu verlieren.

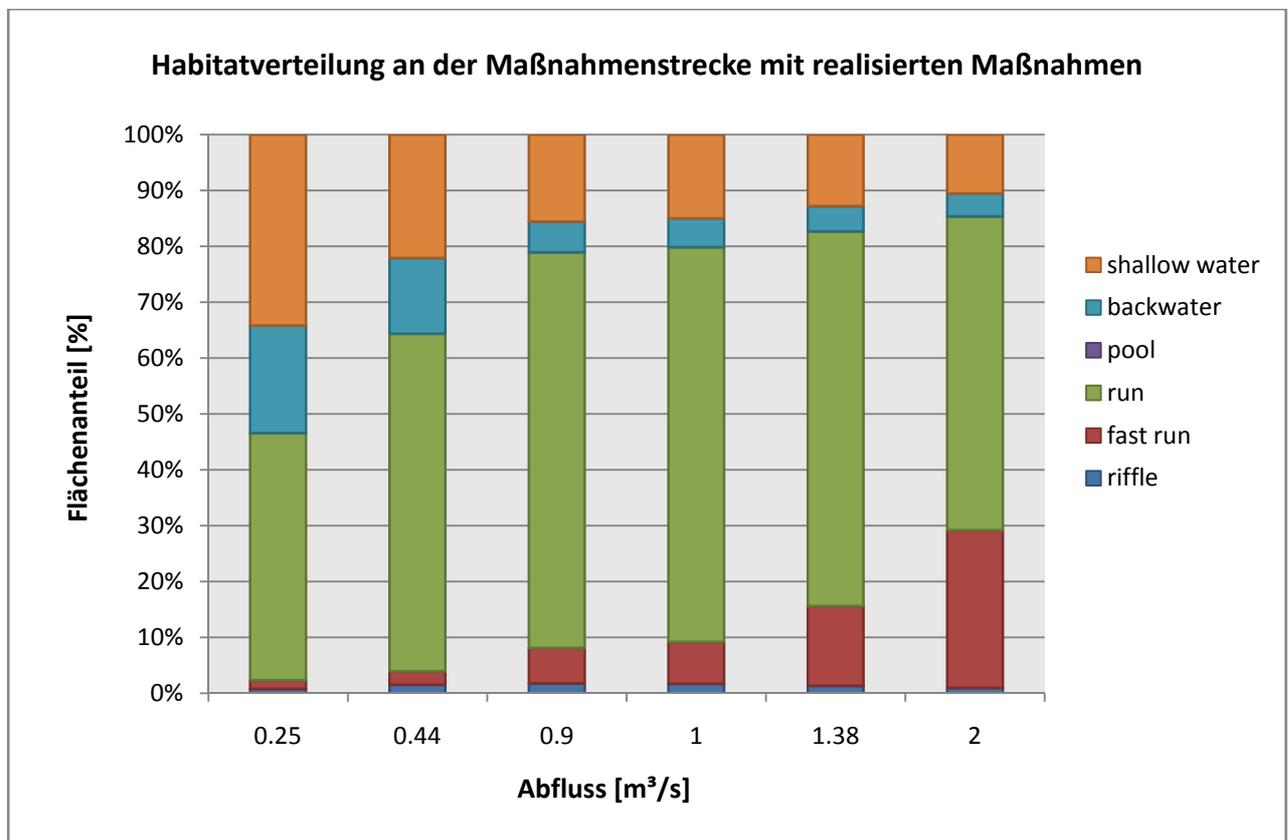


Abbildung 58: Darstellung der Habitatverteilung an der Maßnahmenstrecke nach Realisierung der Maßnahmen.

6.7.4 Veränderung des Habitatdargebotes

Abbildung 59 zeigt die Veränderung des Habitatdargebotes an der Maßnahmenstrecke. Dabei wurden die Veränderungen der realisierten Maßnahmenstrecke mit der regulierten Maßnahmenstrecke grafisch dargestellt.

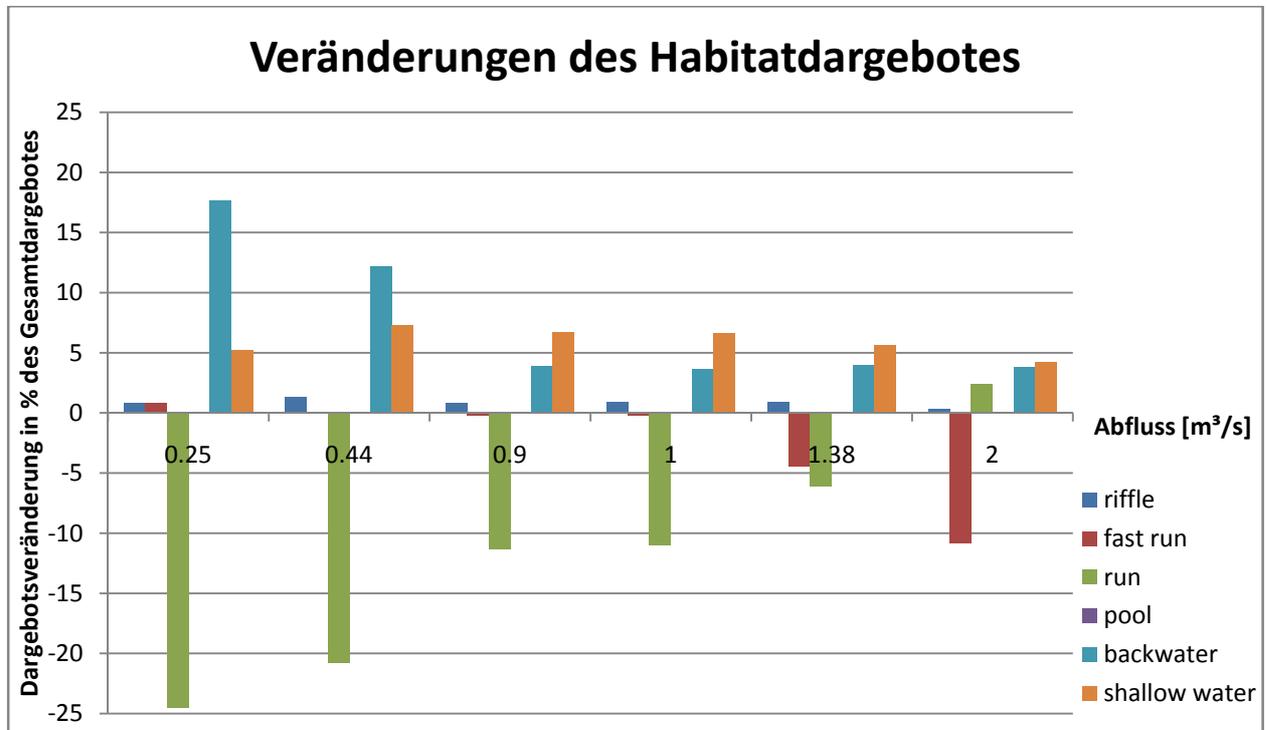


Abbildung 59: Veränderung des Habitatdargebotes der realisierten Maßnahmenstrecke in Bezug auf die regulierte Maßnahmenstrecke

Bei geringen Abflüssen erhöht sich der Anteil an „backwater“ und „shallow water“ Bereiche auf Kosten des Habitats „run“. Ab dem Mittelwasserabfluss (1,38 m³/s) ist eine deutliche Abnahme des Habitats „fast run“ zu erkennen. Es ist eine erheblich verbesserte Habitatverteilung erkennbar. Bisher nur in geringem Ausmaß vertretene Habtiattypen steigern ihre Anteile, bisher dominierende Habtiattypen verlieren Anteile an der Gesamtfläche. Die Habitatsimulation mittels MEM zeigt, dass es durch die gesetzten Verbesserungsmaßnahmen zu einer erheblichen Steigerung der Habitatvariabilität gekommen ist.

6.7.5 Räumliche Verteilung der Habitate

Als exemplarische Beispiele werden für die Vergleichsstrecke (Abbildung 60 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), für den Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke (Abbildung 61) und für die fertiggestellte Maßnahmenstrecke (Abbildung 62) bei einem Durchfluss von 0,25 m³/s die Darstellung der räumlichen Verteilung der Habitate abgebildet. Weiters werden zu jeder Strecke 2 Grafiken für die bevorzugten Lebensräume von adulten Bachforellen bzw. von Bachforellenbrut bei MQ (1,38 m³/s) als Ergebnisgrafiken der Computersimulation mittels CASIMIR (Computer Aided Simulation Modell for Instream Flow Regulations) dargestellt. Die Bewertung der Eignung des Lebensraumes erfolgt von 0 (nicht geeignet) bis 1 (optimal geeignet) in einem Farbcode. Die CASIMIR Ergebnisse wurden von Hitzfelder & Pillichshammer Ziviltechniker GmbH ermittelt und für diese Vergleiche zur Verfügung gestellt.

6.7.5.1 Vergleichsstrecke

Abbildung 60 zeigt die durch das MEM ermittelte Habitatverteilung der Vergleichsstrecke bei einem Durchfluss von 0,25 m³/s, sowie dazugehörige CASIMIR Ergebnisse.

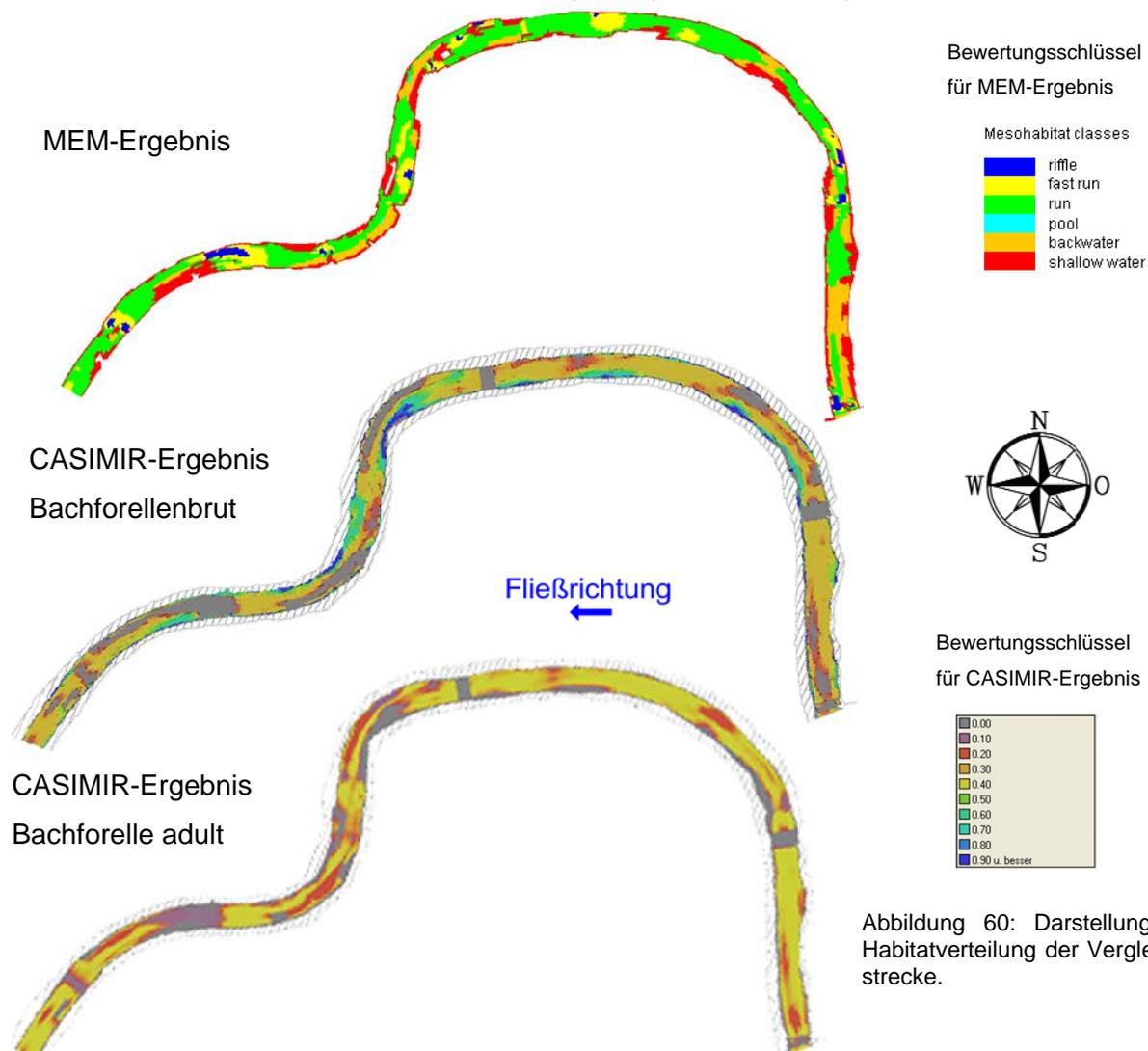


Abbildung 60: Darstellung der Habitatverteilung der Vergleichsstrecke.

6.7.5.2 Regulierungszustand der Projektstrecke

Abbildung 61 zeigt die durch das MEM ausgewiesenen Habitate der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand bei einem Durchfluss von 0,25 m³/s, sowie dazugehörige CASIMIR Ergebnisse.

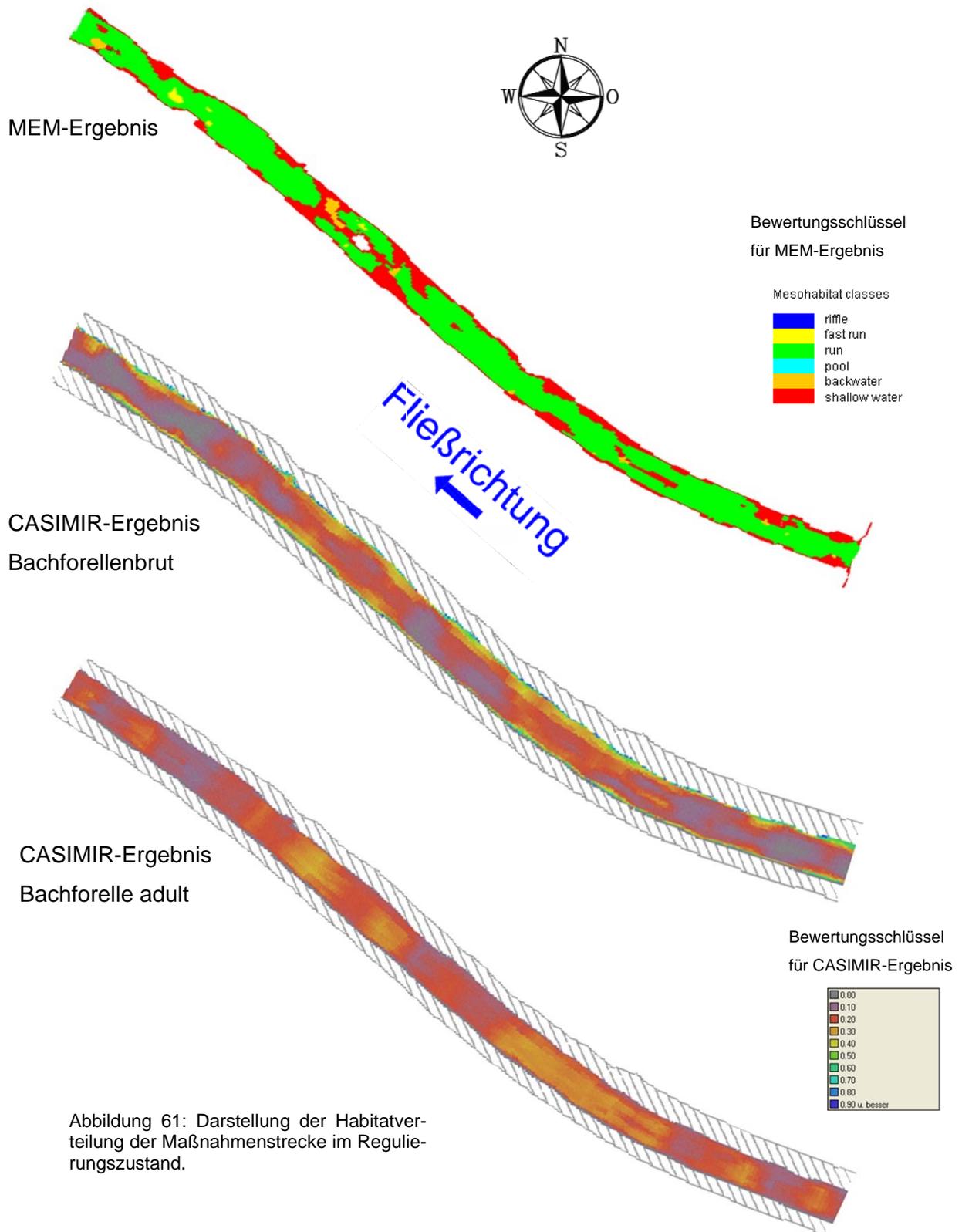


Abbildung 61: Darstellung der Habitatverteilung der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand.

6.7.5.3 Projektstrecke nach erfolgten Umbauarbeiten

Abbildung 62 zeigt die Habitatverteilung der realisierten Maßnahmenstrecke bei einem Durchfluss von 0,25 m³/s, sowie dazugehörige CASIMIR Ergebnisse.

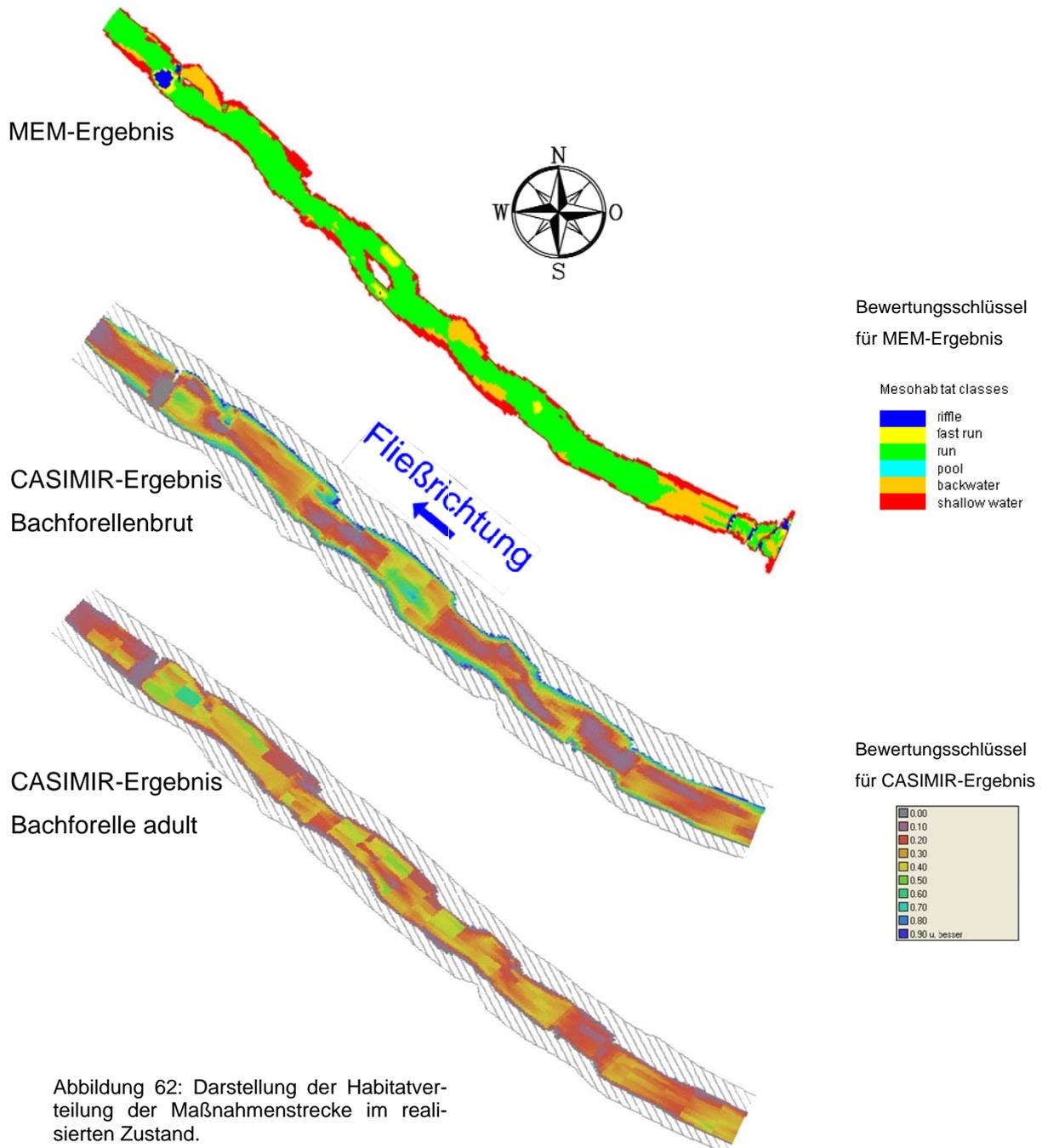


Abbildung 62: Darstellung der Habitatverteilung der Maßnahmenstrecke im realisierten Zustand.

Aus dem Vergleich von MEM- und CASIMIR-Ergebnissen ist erkennbar, dass „shallow water“, „backwater“ und „riffle“ Bereiche besonders von juvenilen Bachforellen bevorzugt werden. Adulte Bachforellen bevorzugen eher das Habitat „run“ und „fast run“. Bei Kenntnis der Ansprüche der Fischarten an ihre Habitate, sind Aussagen über die Eignung der Habitate für die betrachteten Arten aus den MEM Ergebnissen möglich.

7. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Die in Kapitel 6.3 beschriebenen Befischungsdaten zeigen die Notwendigkeit von Habitatverbesserungsmaßnahmen. Das Fehlen der juvenilen Bachforellen als auch der juvenilen Koppen kann auf fehlende Lebensräume für diese Fischarten hin. Die Auswirkungen der Umbaumaßnahmen auf die Fischpopulation und deren Zusammensetzung wird in einem nachfolgenden Monitoringprogramm in den nächsten Jahren geklärt werden.

Bei der Entwicklung der Restrukturierungsmaßnahmen musste im Speziellen auf den Erhalt der derzeitigen Hochwassersicherheit Rücksicht genommen werden. Wie in Abschnitt 6.6.4.1 dargestellt konnte dieser Forderung entsprochen werden, da bei der letztlich gebauten Maßnahmenstrecke der mittlere bordvolle Abfluss um $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ über dem des ursprünglich vorhandenen Gerinnes liegt.

JUNGWIRTH et al. (2003) stellen eine Verbindung zwischen in einem Gewässer vorhandenen Tiefenvarianzen und der in diesem Bereich vorhandenen Fischpopulation her. Je höher die Varianz, desto ausgewogener ist die vorhandene Fischgesellschaft ausgebildet. Aus diesem Grund erfolgt in Abschnitt 6.6.5 ein Vergleich der Varianzen aller in dieser Arbeit betrachteten Gewässerabschnitte. Es konnte sowohl in der projektierten Maßnahmenstrecke, als auch in der realisierten Maßnahmenstrecke eine Erhöhung der Tiefenvarianz im Vergleich zum ursprünglichen Zustand als auch in Bezug auf die Vergleichsstrecke erreicht werden. Weiters konnten die Varianzen der Fließgeschwindigkeiten und der Wasserspiegelbreite an das Niveau der Vergleichsstrecke herangeführt werden. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass es im restrukturierten Gerinne zu einer deutlichen Verbesserung (Erhöhung) der Artenvielfalt bzw. zu einem ausgewogeneren Populationsaufbau kommen wird. Durch das Entfernen der Sohlpflasterung kann die vertikale Konnektivität des Fließgewässers zum Untergrund erheblich gesteigert werden. Dies hat eine Aufwertung des hyporheischen Interstitials zur Folge. Da in diesem, vom Flusswasser durchflossenen Schotterlückenraum, die Hauptlebensgemeinschaft des Fließgewässers befindet (Benthos) ist mit einer weiteren Verbesserung der Qualität der Habitate (Larvenstandorte etc.) als auch des Biomassewachstums zu rechnen.

Die Ergebnisse der Modellierung durch das MEM zeigen starke Verbesserungen der Habitatverteilung an der Maßnahmenstrecke, wobei sich die kleinstrukturierte Habitatverteilung, wie sie an der Vergleichsstrecke vorliegt, erst nach und nach entwickeln muss. Unter starken Verbesserungen wird die Erhöhung des Flächenanteils bisher wenig repräsentierter Habitate wie „backwater“ und „shallow water“ verstanden. Beispielsweise wird beim Habitat „backwater“ eine Zunahme des Anteils an der Gesamtfläche von bis zu 17,5 % auf Kosten des bisher überdurchschnittlich vorhandenen Habitats „run“ erreicht. Generell ist die Abnahme von Flächenanteilen

ungünstiger Juvenilhabitate zu erkennen. Abbildung 59 zeigt zusammenfassend die durch die Umbaumaßnahmen veränderten Habitatangebote. Durch das Setzen der Maßnahmen konnte eine deutlich ausgewogenere Verteilung der Habitattypen und somit eine Verbesserung des Lebensraumangebotes für Lebewesen mit unterschiedlichen Präferenzen (artenspezifische, altersspezifische) erreicht werden. Die für dieses Gewässer als Leitfisch ausgewählt Bachforelle benötigt in ihrem Lebenszyklus unterschiedlichste Habitate. Beginnend im Ei- bzw. Dottersackstadium im Sedimentkörper bis hin zum offenen Gewässer im adulten Stadium benötigt die Bachforelle das gesamte Spektrum eines Rithalgewässers. Wie die MEM – Modellierung zeigt ist eine erhebliche Verbesserung des Habitatangebotes in Anzahl und Art erreicht worden. In Kapitel 6.7.5 werden Ergebnisse sowohl vom MEM als von CASIMIR dargestellt. Hintergrund des Vergleiches ist die mögliche Schlussfolgerung aus den MEM Ergebnissen für die Eignung der Habitate von unterschiedlichen Fischarten (in diesem Fall die Bachforelle) bzw. unterschiedlichen Altersstadien. Erkennbar ist, dass „shallow water“, „backwater“ und „riffle“ Bereiche besonders von juvenilen Bachforellen bevorzugt werden. Adulte Bachforellen bevorzugen eher das Habitat „run“ und „fast run“, was der rheophilen Neigung dieser Fischart entspricht. Im Vergleich zu den CASIMIR Ergebnissen, sind bei Kenntnis über die Ansprüche der Fischarten, Aussagen über die Eignung der Habitate für die betrachteten Arten aus den MEM Ergebnissen als zulässig zu betrachten.

Es ist anzumerken, dass die erfolgten Umbaumaßnahmen nur als „Starthilfe“ für das Gewässer zu betrachten sind. Im Laufe der Zeit wird es zu Umlagerungen, Anlandungen und Erosionserscheinungen kommen und die Habitatverteilung wie sie zum Zeitpunkt dieser Beurteilung vorhanden war völlig verändern. Die geschaffene Grundlage der Maßnahmenstrecke ist aber eine sehr gute Voraussetzung für eine gute weitere Entwicklung.

Bei zukünftigen Projekten an Freilandgewässern stellt sich die Frage, ob bei derart beschränkten Platzverhältnissen ein Restrukturierungsprojekt dieser Art überhaupt Sinn macht. In urban dicht besiedelten Gebieten ist dies aus Platzmangel oft nicht anders möglich, aber bei landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Umgebung könnten die verwendeten finanziellen Mittel möglicherweise zielführender in einzelne, größer angelegte Projekte eingesetzt werden. Andererseits ist jede auch noch so kleine Verbesserung wie die Bezeichnung schon lautet eine Verbesserung. Vielleicht können ausgehend von diesem Teilstück der Waldzeller Ache, Verbesserungsmaßnahmen an anderen Stellen des Flusslaufes initiiert werden.

8. Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten durchgeführte Regulierungs- und Verbauungsmaßnahmen machten ein Restrukturierungsprojekt zur Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit an der Waldzeller Ache in Oberösterreich notwendig. An einem ausgewählten, ca. 200 m langen Abschnitt der Waldzeller Ache wurden Habitatverbesserungsmaßnahmen entwickelt und im Frühjahr 2008 umgesetzt.

Die Entwicklung der Maßnahmen erfolgte unter den einschränkenden Randbedingungen der Erhaltung des Hochwasserschutzes und der Beibehaltung der grundlegenden Gerinnedimensionierung (keine Veränderung der Grundfläche des Gerinnes). Als Maßnahmen wurden Aufweitungen, Einengungen für Abflüsse kleiner des MQ und Hochwasserunterstände gewählt. Die hydraulischen Berechnungen zur Ermittlung der bordvollen Abflüsse, der Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen erfolgten durch stationäre Abflusssimulation mittels HEC – RAS.

Bei der Realisierung des Projektes wurde ein mehrere Meter breiter Streifen als zusätzliche Fläche für das Gewässer angekauft, weshalb die zur Ausführung gelangten Maßnahmen erheblich von den entworfenen abweichen. Nach Fertigstellung des Gerinnes erfolgte eine neuerliche Vermessung und anschließende Eingabe des Gerinnes das Hydraulikmodell HEC – RAS für die hydraulischen Berechnungen (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Sohlschubspannung) als auch für die Sohlentwicklungssimulation. Zum Vergleich der erarbeiteten Daten wurde eine Vergleichsstrecke (naturnah) an der Waldzeller Ache und ein historischer Abschnitt aus altem Kartenmaterial ausgewählt. Die hydraulischen Berechnungen erfolgten mittels HEC-RAS sowohl für die Vergleichsstrecke als auch für den historischen Flusslauf, die Habitatmodellierung durch das MEM wurde nur für die Vergleichsstrecke durchgeführt.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen konnten anhand der Varianzen der einzelnen Parameter an den verschiedenen Strecken verglichen werden. So zeigt sich zum Beispiel eine Verdreifachung der Varianz der Wassertiefe von der realisierten Maßnahmenstrecke in Bezug auf die regulierte Maßnahmenstrecke. Bei der Varianz der Wasserspiegelbreite ist an der realisierten Strecke, je nach betrachtetem Abfluss, bis zu einer Verzehnfachung der Varianz gegenüber der regulierten Strecke möglich. Die Sedimentsimulation mittels HEC-RAS unter Berücksichtigung von 3 Berechnungsansätzen (nach Meyer-Peter und Müller, nach Yang und nach Wilcock), als auch mit der Randbedingung mit/ohne Geschiebezufuhr deutet auf eine stabile Sohlentwicklung hin. Leichte Eintiefungen (ca. 20 cm) am Beginn der restrukturierten Strecke schließen im mittleren Bereich an einen Abschnitt mit praktisch keiner Niveauänderung.

Im letzten Drittel der Strecke sind ebenfalls wieder leichte Eintiefungstendenzen (~10cm) zu erkennen. Es erfolgte eine Betrachtung der Sohlentwicklung sowohl mit als auch ohne Geschiebeeintrag am Beginn der Simulationsstrecke. Es ist aber bei den Ergebnissen zu keinen gravierenden Unterschieden gekommen, was den Schluss zulässt, dass beim betrachteten Abfluss von 32m³/s noch kein ausgeprägter Geschiebetrieb vorhanden ist. Generell ist die Sohlentwicklung als stabil zu betrachten.

Für die Ermittlung der vorhandenen Habitattypen, erfolgten die Modellierung der Geometrie des Gerinnes mittels SMS, die hydraulische Simulation mittels Hydro_AS-2d und die anschließende Ermittlung der Habitatverteilung durch Anwendung des Aufsatzmoduls MEM. Die daraus gewonnenen Ergebnisse zeigen eine erhebliche Verbesserung der Habitatverteilung, besonders eine Erhöhung der Habitateanteile mit niedrigen Fließgeschwindigkeiten. Bisher hauptsächlich vorliegende, strömungsbetonte Habitate konnten mit den gesetzten Maßnahmen um bis zu 25 % reduziert werden. Weiters erfolgte mit den MEM Ergebnissen ein Vergleich mit CASIMIR Daten (die CASIMIR Daten wurden bereitgestellt). Es zeigte sich, dass die mittels MEM ausgewiesenen Habitate sehr gut mit den Präferenzen von Fischarten (verschiedene Altersstadien bevorzugen unterschiedliche Habitate) übereinstimmen. Dieser Vergleich zeigt die Möglichkeit auf, direkt von der Habitatverteilung des MEM direkt auf die bevorzugten Lebensräume der betrachteten Fischarten zu schließen.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass aufgrund der durchgeführten Baumaßnahmen eine deutliche Verbesserung der Habitatvielfalt als auch der Habitatverteilung erreicht werden konnte. Weiters wird sich die Sohle zu Beginn etwas eintiefen, dann jedoch rasch stabilisieren.

Verzeichnisse und Anhang

I. Literaturverzeichnis

- AMAP (2008): Austria Map online, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen, Online im Internet: URL: <http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492> [Abruf 18.09.2008]
- AOOEL (2001): Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Gewässerbetreuungs-konzept Ache, Gewässerbezirk Braunau, 2001
- BECK-MANNAGETTA, P. (1986): Geologische Übersichtskarte von Österreich mit tektonischer Gliederung, Online im Internet: URL: <http://www.geologie.ac.at/de/GEOMARKT/uebersichtskarten.html> [Abruf 14.11.2008]
- BMLFUW (2005): Hydrografisches Jahrbuch von Österreich 2003, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-85437-250-7, Wien 2005
- BOLLRICH, G. (1989): Technische Hydromechanik 2 – Spezielle Probleme; 1. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1989, ISBN 3-345-00245-0
- CATE, F. (2002): Verbesserung der Abflussverhältnisse Hochwasserschutzmaßnahmen im Einzugsgebiet, Wasserverband Ache,
- CHOLEWA, R. (2008): Abbildung einer Koppe, Online im Internet: URL: http://fliegenfischerschule-mittelweser.de/fliegenfischen_y_fliegen_streamer.html [Abruf 28.08.2008]
- DEBENE, A. (2006): Modellierung Anthropogener Eingriffe auf das Hochwasserabfluss-geschehen in der Mesoskala, Dissertation, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Uni-versität für Bodenkultur Wien, 156 Seiten, 2004
- FÜRST, J. (2007): Studienunterlagen zu Gewässerkunde und Hydrometrie, LVA Nr.: 816.100, Universität für Bodenkultur Wien, Wien 2007
- HADRICH, R. (2006): Morphodynamische Aspekte der Habitatmodellierung am Beispiel der Neubacher Au/Pielach, Diplomarbeit, Department für Wasser, Atmosphäre und Um-welt, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universi-tät für Bodenkultur Wien, 201 Seiten
- HAUER, C., MANDLBURGER, G., HABERSACK, H. (2008): Hydraulically related hydromorpho-logical units: Description based on a new conceptional mesohabitat evaluation model

- (MEM) using lidar data as geometric input, River Research And Applications, Wiley InterScience, 2008
- HYDROTEC (2004): Das 2D – Strömungsmodell Hydro_AS-2D, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt, Online im Internet: URL: <http://www2.hydrotec.de/unternehmen/hydrothemen/hydrothemen07/hydro-as-2d/> [Abruf: 25.06.2008]
- JUNGWIRTH, M., HAIDVOGL, G., MOOG, O., MUHAR, S., SCHMUTZ, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässer, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, ISBN 3-8252-2113-X, 547 Seiten
- LAND OÖ, (2008): Doris InterMap, Online im Internet: URL: <http://doris.ooe.gv.at> [Abruf 01.09.2008]
- MÖRTELMAIER, T. (2008): Auswertung der Befischungsergebnisse an der Waldzeller Ache vom 16.04.2008, durchgeführt vom Technische Büro für Biologie, Dr. Thomas Mörtelmaier
- NACHTNEBEL, H.P. (2003): Studienunterlagen zu Hydrologie, LVA Nr.: 816.101, Universität für Bodenkultur Wien, Wien 2003
- ÖFG (2006): ÖFG, Österreichische Fischereigesellschaft, Online in Internet: URL: <http://www.oefg1880.at/> [Abruf: 29.08.2008]
- ÖNORM B2400: Hydrologie - Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen - Ergänzende Bestimmungen zur OENORM EN ISO 772 und OENORM EN ISO 772/A1, Ausgabe 2004-11-01
- ÖWAV (1995): Modell offener Gerinne – Wasserspiegellagenberechnung, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband – Kurs 1995, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Univ. BOKU – Wien
- ÖWAV (2008): Fließgewässermodellierung – Arbeitsbehelf Hydrodynamik, ÖWAV Arbeitsbehelf 37, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 2008
- PETZ-GLECHNER, R. (1999): Bericht zur Fischökologie im Rahmen des Schutzwasserwirtschaftlichen Grundsatzkonzepte Ache, Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Gewässerbezirk Braunau, 2001
- RÖSSERT, R. (1992): Hydraulik im Wasserbau, 8. verbesserte Auflage, ISBN: 3-486-26217-3, R. Oldenbourg Verlag GmbH. München

- SACKL, B. (1994): Ermittlung von Hochwasser- Bemessungsganglinien in beobachteten und unbeobachteten Einzugsgebieten, Schriftreihe zur Wasserwirtschaft 13, Eigenverlag des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydraulik, Hydrologie, TU Graz, 253 Seiten
- SCHNEIDER, M. (2001): Habitat- und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen, Eigenverlag des Institutes für Wasserbau, Universität Stuttgart, ISSN: 0343-1150
- USACE (2008): HEC – RAS, River Analysis System Hydraulic References Manual, US Army Corp of Engineers Hydraulic Engineering Center, Davis, CA, 2008, Online im Internet: URL: <http://www.hec.usace.army.mil> [Abruf 10.09.2008]
- WILCOCK, P (2001): Toward a practical method for estimating sediment – transport rates in gravel – bed rivers, Earth Surface Processes and Landforms 26/2001, 1395-1408
- WRRL (2001):EU – Wasserrahmenrichtlinie Nr. 2000/60/EG, Online im Internet: URL: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf> [Abruf 25.11.2008]
- ZMIRK, (2006): Abbildung einer Bachforelle, Online in Internet: URL: <http://www.flickr.com/photos/zmirk/143520588> [Abruf 28.08.2008]

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Habitatgrenzwerte für die Betrachtung mittels MEM.	29
Tabelle 2: Vergleich einiger Parameter der Maßnahmenstrecke (reguliert, projiziert, realisiert)	40
Tabelle 3: Befischungsergebnis der Waldzeller Ache in Kirchheim i.I. (MÖRTELMAIER, 2008).	40

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Räumliche und zeitliche-hierarchische Gliederung von Fließgewässern (JUNGWIRTH et al., 2003).....	3
Abbildung 2: Darstellung der Komponenten der Gleichung nach Bernoulli (RÖSSERT, 1992)...	8
Abbildung 3: Grenzen der Erosion und Sedimentation von Kornteilen unterschiedlicher Größe: Shields – Diagramm (BOLLRICH, 1989).....	10
Abbildung 4: Konzeptionelles Ablaufschema des MEM (HAUER et al., 2008).	15
Abbildung 5: Lage des Untersuchungsgebietes (AMAP, 2008).	17
Abbildung 6: Lage der 3 betrachteten Gewässerabschnitte der Waldzeller Ache (AMAP, 2008).	18
Abbildung 7: Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte Österreichs (BECK- MANNAGETTA, 1986).	20
Abbildung 8: Übersichtskarte der Oberflächenwassermessstellen (BMLFUW 2003).	22
Abbildung 9: Exemplarischer Vergleich einer Abflussganglinie und einer Ganglinie generiert nach Kozeny.....	25
Abbildung 10: Darstellung des historischen Flussverlaufes bzw. der regulierten Waldzeller Ache	31
Abbildung 11: Orthofoto der Vergleichsstrecke. Verändert nach DORIS (2008).	32
Abbildung 12: Foto von Position 1 an der Waldzeller Ache.	33
Abbildung 13: Foto von Position 2 an der Waldzeller Ache.	33
Abbildung 14: Orthofoto des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke. Verändert nach DORIS (2008).....	34

Abbildung 15: Foto in Blickrichtung 1 der regulierten Waldzeller Ache (Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke).	35
Abbildung 16: Foto in Blickrichtung 2 der regulierten Waldzeller Ache (Regulierungszustand der Maßnahmenstrecke).	35
Abbildung 17: Darstellung der geplanten Maßnahmen.	36
Abbildung 18: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 1 in Abbildung 17.	37
Abbildung 19: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 2 in Abbildung 17.	37
Abbildung 20: Foto der im Frühjahr 2008 fertiggestellten Maßnahmenstrecke von Standort 3 in Abbildung 17.	38
Abbildung 21: Schematische Darstellung der geplanten Restrukturierungsmaßnahmen.	39
Abbildung 22: Längenfrequenzverteilung der Bachforelle (MÖRTELMAIER, 2008).	41
Abbildung 23: Längenfrequenzdiagramm der Koppe (MÖRTELMAIER, 2008).	41
Abbildung 24: Foto einer Bachforelle (<i>Salmo trutta forma fario</i>) (ZMIRK, 2006).	42
Abbildung 25: Foto einer Koppe (<i>Cottus gobio</i>) (CHOLEWA, 2008).	43
Abbildung 26: Sieblinien der Deck- bzw. Unterschichten aus den Proben der Vergleichsstrecke.	44
Abbildung 27. Ganglinie des Schwankungskoeffizienten für die Waldzeller Ache im Bereich Kirchheim i.l.	45
Abbildung 28: Ermittlung der Hochwasserganglinie für Kirchheim i.l.	46
Abbildung 29: Modellkalibrierung an der Maßnahmenstrecke.	47
Abbildung 30: Regressionsgerade Maßnahmenstrecke	47
Abbildung 31: Modellkalibrierung an der Vergleichsstrecke.	48
Abbildung 32: Regressionsgerade Vergleichsstrecke	48
Abbildung 33: Verlauf des borvollen Abflusses am historischen Flusslauf.	49
Abbildung 34: Verlauf der maximalen Wassertiefen am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.	50
Abbildung 35: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.	51

Abbildung 36: Verlauf der Sohlschubspannungen am historischen Flusslauf bei unterschiedlichen Abflüssen.....	51
Abbildung 37: Verlauf des bordvollen Abflusses an der Vergleichsstrecke.	52
Abbildung 38: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.....	52
Abbildung 39: Verlauf der Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.....	53
Abbildung 40: Verlauf der Sohlschubspannungen bei unterschiedlichen Abflüssen an der Vergleichsstrecke.....	53
Abbildung 41: Vergleich der bordvollen Abflüsse an der Maßnahmenstrecke von Regulierungszustand, projektierte Maßnahmen, realisierte Maßnahmen.....	54
Abbildung 42: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MNQ.	55
Abbildung 43: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei MQ.....	56
Abbildung 44: Verlauf der maximalen Wassertiefen bei bordvollem Abfluss.	56
Abbildung 45: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MNQ.....	57
Abbildung 46: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei MQ.	58
Abbildung 47: Verlauf der maximalen Fließgeschwindigkeiten bei bordvollem Abfluss.....	58
Abbildung 48: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei MNQ.....	59
Abbildung 49: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei MQ.	60
Abbildung 50: Verlauf der maximalen Sohlschubspannungen bei bordvollem Abfluss.....	60
Abbildung 51: Varianzenvergleich bei MNQ.....	61
Abbildung 52: Varianzenvergleich bei MQ.	62
Abbildung 53: Verlauf der Sohlentwicklung nach Meyer - Peter und Müller mit und ohne Geschiebeeintrag.	63
Abbildung 54: Verlauf der Sohlentwicklung nach Yang, mit und ohne Geschiebeeintrag in Bezug auf die ursprünglich vorhandene Sohle.....	64
Abbildung 55: Verlauf der Sohlentwicklung nach Wilcock, mit und ohne Geschiebeeintrag, in Bezug auf die ursprünglich vorhandene Sohle.....	65
Abbildung 56: Habitatverteilung an der Vergleichsstrecke.....	66
Abbildung 57: Habitatverteilung des Regulierungszustandes an der Maßnahmenstrecke.	67

Abbildung 58: Darstellung der Habitatverteilung an der Maßnahmenstrecke nach Realisierung der Maßnahmen. 68

Abbildung 59: Veränderung des Habitatdargebotes der realisierten Maßnahmenstrecke in Bezug auf die regulierte Maßnahmenstrecke..... 69

Abbildung 60: Darstellung der Habitatverteilung der Vergleichsstrecke. 70

Abbildung 61: Darstellung der Habitatverteilung der Maßnahmenstrecke im Regulierungszustand..... 71

Abbildung 62: Darstellung der Habitatverteilung der Maßnahmenstrecke im realisierten Zustand. 72

IV. Ergebnistabellen aus HEC-RAS-Berechnungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der HEC-RAS-Berechnungen tabellarisch aufgelistet. Die Werte stellen die Datengrundlage für die Vergleiche des Regulierungszustandes der Maßnahmenstrecke, der projektierten Maßnahmenstrecke und der realisierten Maßnahmenstrecke dar.

Regulierungszustand												
Stationierung	MQ (1,37 m²)				MNQ (0,44 m²)				Bordvoll			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	Abflus s [m³/s]	max. Wassertiefe [m]	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.513	0.39	1.98	17.31	0.69	0.23	5.95	10.67	0.5	33	2.02	66.3	1.77
7.508	0.41	2.55	9.65	0.54	0.26	7.71	4.43	0.33	33	2.05	53.45	1.62
7.503	0.38	2.08	14.98	0.66	0.24	6.71	7.12	0.41	35	2.07	64.91	1.78
7.498	0.33	1.86	19.55	0.74	0.17	7	19.58	0.63	36	2.05	70.79	1.85
7.493	0.45	2.51	9.69	0.55	0.29	6.87	3.97	0.32	38	2.21	67.04	1.82
7.488	0.4	2.22	12.97	0.62	0.24	6.97	6.67	0.4	33	2.03	57.86	1.68
7.483	0.33	2.29	12.27	0.6	0.17	7.41	6.84	0.4	34	1.99	56.52	1.66
7.478	0.33	2.06	15.66	0.67	0.16	6.9	13.33	0.54	34	1.99	56.93	1.67
7.473	0.45	2.61	8.96	0.53	0.28	7.06	3.92	0.32	37	2.19	64.45	1.77
7.468	0.43	2.36	11.38	0.58	0.27	7.12	6.27	0.39	40	2.24	66.01	1.81
7.463	0.52	2.66	8.65	0.51	0.36	7.33	3.81	0.31	33	2.13	55.83	1.64
7.458	0.43	2.63	9.01	0.52	0.27	7.73	4.37	0.33	35	2.1	55.14	1.65
7.453	0.42	2.48	10.26	0.55	0.26	7.21	4.74	0.34	36	2.1	59.67	1.7
7.448	0.4	2.75	8.21	0.5	0.25	7.99	3.59	0.3	36	2.09	53.07	1.62
7.443	0.39	2.7	8.56	0.51	0.24	7.92	3.69	0.3	37	2.1	53.51	1.63
7.438	0.38	2.68	8.78	0.51	0.24	8.2	3.84	0.31	35	2.04	50.22	1.58
7.433	0.35	2.19	13.78	0.63	0.21	7.68	7.42	0.41	30	1.83	58.98	1.68
7.428	0.36	2.16	14.19	0.63	0.22	7.55	7.82	0.42	36	2.03	59.98	1.72
7.423	0.33	2.4	11.29	0.57	0.19	8.02	5.76	0.37	38	2.06	56.5	1.67
7.418	0.36	2.22	13.46	0.62	0.22	7.79	6.99	0.4	36	2.02	64.81	1.78
7.413	0.35	1.86	19.9	0.74	0.2	6.83	16.55	0.59	34	1.96	65.93	1.77
7.408	0.36	2.5	9.97	0.55	0.21	7.5	4.33	0.33	35	1.99	64.33	1.76
7.403	0.41	2.74	8.41	0.5	0.26	8.44	3.77	0.3	33	1.99	53.81	1.62
7.398	0.35	2.36	11.81	0.58	0.2	8.29	7.1	0.4	33	1.93	51.62	1.59
7.393	0.3	2.31	12.36	0.59	0.15	8.12	8.89	0.44	33	1.88	57.11	1.65
7.388	0.47	2.67	8.67	0.51	0.31	7.67	3.75	0.31	34	2.06	60.64	1.71
7.383	0.45	2.83	7.52	0.48	0.3	7.58	2.72	0.27	32	1.96	60.25	1.7
7.378	0.4	2.59	9.33	0.53	0.26	7.81	3.93	0.31	33	1.94	59.39	1.69
7.373	0.38	2.37	11.66	0.58	0.24	7.99	5.96	0.37	29	1.79	55.18	1.62
7.368	0.36	2.46	10.4	0.56	0.22	7.6	4.03	0.32	32	1.85	63.55	1.74
7.363	0.28	2.13	14.99	0.64	0.15	8.06	8.29	0.43	34	1.84	61.82	1.73
7.358	0.34	2.29	12.73	0.6	0.21	8.3	6.3	0.38	35	1.92	64.2	1.77
7.353	0.29	1.76	22.74	0.78	0.16	7.03	14.18	0.55	32	1.78	70.03	1.82
7.348	0.45	1.88	19.35	0.73	0.32	6.42	11.82	0.52	36	2.09	67.15	1.81
7.343	0.35	2.02	16.47	0.68	0.19	7.01	14.38	0.55	32	1.88	62.31	1.73
7.338	0.46	2.43	10.4	0.56	0.3	7.05	4.63	0.34	33	2.02	63.5	1.75
7.333	0.48	2.1	14.42	0.65	0.33	6.04	6.62	0.41	36	2.11	73.35	1.88
7.328	0.32	1.53	28.31	0.86	0.16	5.9	28.97	0.76	36	1.95	79.9	1.94
7.323	0.48	2.38	10.26	0.56	0.33	6.64	3.67	0.31	38	2.17	74.77	1.9
7.318	0.35	1.97	15.48	0.66	0.21	7.22	8.16	0.43	40	2.08	78.56	1.96

Maßnahmen projiziert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.513	0.41	8.1	14.76	0.65	0.24	8.1	9.51	0.47
7.512	0.41	8.06	13.42	0.62	0.25	8.06	8.58	0.45
7.511	0.41	8.1	12.15	0.59	0.25	8.1	7.48	0.42
7.510	0.42	8.16	10.83	0.56	0.25	8.16	6.28	0.39
7.509	0.42	8.21	9.59	0.54	0.26	8.21	5.13	0.35
7.508	0.43	8.27	8.45	0.51	0.26	8.27	4.15	0.32
7.507	0.43	8.2	10.12	0.55	0.26	8.2	5.08	0.35
7.506	0.42	7.69	11.3	0.58	0.26	7.69	5.63	0.37
7.505	0.42	7.44	11.97	0.6	0.25	7.44	6.01	0.38
7.504	0.41	7.34	12.39	0.61	0.25	7.34	6.33	0.39
7.503	0.41	7.31	12.63	0.61	0.24	7.31	6.59	0.4
7.502	0.4	7.37	13.32	0.63	0.24	7.37	7.38	0.42
7.501	0.39	7.47	13.88	0.64	0.23	7.47	8.3	0.44
7.500	0.38	7.53	14.3	0.64	0.22	7.53	9.48	0.47
7.499	0.38	7.57	14.5	0.65	0.21	7.57	10.95	0.49
7.498	0.37	7.6	14.6	0.65	0.19	7.6	12.73	0.53
7.497	0.39	7.52	13.77	0.63	0.21	7.52	11.58	0.51
7.496	0.41	7.48	12.46	0.61	0.23	7.48	8.92	0.46
7.495	0.44	7.43	10.87	0.57	0.25	7.43	6.51	0.4
7.494	0.46	7.41	9.23	0.53	0.28	7.41	4.77	0.35
7.493	0.49	7.48	7.74	0.49	0.3	7.48	3.5	0.3
7.492	0.48	7.44	8.54	0.52	0.29	7.44	4.04	0.32
7.491	0.47	7.45	9.3	0.54	0.28	7.45	4.57	0.34
7.490	0.46	7.56	9.85	0.55	0.27	7.56	5.13	0.36
7.489	0.45	7.6	9.94	0.55	0.27	7.6	5.59	0.37
7.488	0.44	7.72	9.61	0.54	0.26	7.72	5.54	0.37
7.487	0.43	8.82	7.87	0.49	0.24	8.82	5.12	0.35
7.486	0.42	10.58	6.47	0.44	0.23	10.58	4.99	0.34
7.485	0.41	12.26	4.46	0.36	0.22	12.26	3.61	0.29
7.484	0.4	12.46	4.13	0.35	0.21	12.46	3.37	0.28
7.483	0.38	11.67	3.85	0.34	0.19	11.67	2.49	0.24
7.482	0.39	11.16	4.85	0.38	0.2	11.16	3.5	0.29
7.481	0.39	10.31	6.06	0.43	0.2	10.31	4.06	0.31
7.480	0.39	9.24	7.05	0.46	0.2	9.24	4.58	0.33
7.479	0.39	8.54	8.03	0.49	0.2	8.54	5.2	0.35

Maßnahmen projiziert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.478	0.4	8.01	9.11	0.53	0.21	8.01	5.98	0.38
7.477	0.42	7.82	10.12	0.55	0.23	7.82	6.32	0.39
7.476	0.44	7.6	10.38	0.56	0.25	7.6	5.94	0.39
7.475	0.47	7.79	9.3	0.53	0.28	7.79	5.11	0.36
7.474	0.5	7.77	7.43	0.48	0.31	7.77	3.71	0.31
7.473	0.52	7.78	5.72	0.43	0.33	7.78	2.29	0.25
7.472	0.51	7.61	7.58	0.49	0.32	7.61	3.62	0.31
7.471	0.5	7.51	9.75	0.55	0.31	7.51	5.11	0.36
7.470	0.48	7.47	11.21	0.58	0.3	7.47	6.14	0.39
7.469	0.47	7.81	10.5	0.56	0.29	7.81	6.56	0.4
7.468	0.46	7.92	8.68	0.51	0.28	7.92	5.19	0.36
7.467	0.52	7.5	10.24	0.56	0.33	7.5	5.83	0.38
7.466	0.53	6.69	12.67	0.62	0.35	6.69	6.69	0.41
7.465	0.55	6.3	13	0.63	0.36	6.3	6.03	0.4
7.464	0.56	6.06	12.24	0.62	0.38	6.06	4.99	0.37
7.463	0.45	5.93	14.44	0.67	0.27	5.93	6.63	0.41
7.462	0.43	5.87	15.86	0.7	0.26	5.87	7.56	0.44
7.461	0.42	5.73	17.42	0.73	0.25	5.73	8.46	0.46
7.460	0.41	5.51	19.13	0.76	0.24	5.51	9.09	0.48
7.459	0.4	5.29	20.95	0.79	0.23	5.29	9.53	0.49
7.458	0.38	5.04	22.86	0.83	0.22	5.04	9.95	0.5
7.457	0.38	5.04	23.97	0.85	0.22	5.04	10.6	0.52
7.456	0.37	5.05	25.28	0.87	0.21	5.05	11.39	0.53
7.455	0.36	5.05	26.93	0.89	0.21	5.05	12.45	0.55
7.454	0.35	5.05	29.05	0.92	0.2	5.05	13.94	0.58
7.453	0.34	5.05	31.88	0.96	0.19	5.05	16.23	0.62
7.452	0.34	5.27	29.54	0.92	0.19	5.27	14.86	0.59
7.451	0.35	5.65	26.34	0.87	0.2	5.65	13.12	0.56
7.450	0.36	7.6	21.18	0.76	0.21	7.6	11.01	0.51
7.449	0.37	8.24	13.91	0.63	0.22	8.24	8.12	0.44
7.448	0.38	8.45	9.47	0.53	0.23	8.45	4.59	0.33
7.447	0.38	8.66	9.3	0.52	0.23	8.66	4.59	0.33
7.446	0.38	9.03	8.92	0.51	0.22	9.03	4.45	0.33
7.445	0.38	9.68	8.2	0.49	0.22	9.68	4.23	0.32
7.444	0.37	10.9	6.68	0.44	0.22	10.9	3.67	0.29
7.443	0.37	11.26	4.74	0.38	0.22	11.26	2.22	0.23
7.442	0.37	11.27	4.8	0.38	0.22	11.27	2.26	0.24
7.441	0.37	11.27	4.85	0.38	0.22	11.27	2.31	0.24
7.440	0.37	11.28	4.91	0.38	0.21	11.28	2.36	0.24
7.439	0.37	11.28	4.97	0.39	0.21	11.28	2.41	0.24
7.438	0.37	11.28	5.03	0.39	0.21	11.28	2.45	0.24
7.437	0.36	11.21	5.18	0.39	0.21	11.21	2.55	0.25
7.436	0.36	11.19	5.31	0.4	0.21	11.19	2.64	0.25

Maßnahmen projiziert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.435	0.36	11.26	5.43	0.4	0.21	11.26	2.75	0.26
7.434	0.36	11.22	5.45	0.4	0.2	11.22	2.83	0.26
7.433	0.36	11.15	5.44	0.4	0.2	11.15	2.8	0.26
7.432	0.35	11.17	5.55	0.4	0.2	11.17	2.93	0.26
7.431	0.35	11.18	5.65	0.41	0.2	11.18	3.03	0.27
7.430	0.35	11.19	5.74	0.41	0.2	11.19	3.12	0.27
7.429	0.35	11.18	5.81	0.41	0.19	11.18	3.21	0.27
7.428	0.35	11.19	5.87	0.41	0.19	11.19	3.31	0.28
7.427	0.34	11.23	6.04	0.42	0.19	11.23	3.57	0.29
7.426	0.34	11.27	6.19	0.42	0.19	11.27	3.72	0.29
7.425	0.34	11.24	6.3	0.43	0.18	11.24	3.88	0.3
7.424	0.34	11.23	6.37	0.43	0.18	11.23	4.06	0.3
7.423	0.33	11.26	6.42	0.43	0.18	11.26	4.27	0.31
7.422	0.35	10.67	9.46	0.51	0.18	10.67	7.75	0.41
7.421	0.36	9.31	11.34	0.56	0.2	9.31	8.05	0.42
7.420	0.37	8.65	11.53	0.57	0.21	8.65	7.23	0.41
7.419	0.38	8.33	10.96	0.56	0.22	8.33	6.32	0.38
7.418	0.4	8.21	10.26	0.55	0.24	8.21	5.56	0.36
7.417	0.4	8.16	10.93	0.56	0.24	8.16	6.1	0.38
7.416	0.4	8.1	11.58	0.58	0.24	8.1	6.53	0.39
7.415	0.4	7.94	12.03	0.59	0.24	7.94	6.97	0.4
7.414	0.4	7.87	12.43	0.6	0.24	7.87	7.56	0.42
7.413	0.4	7.85	12.78	0.61	0.24	7.85	8.04	0.43
7.412	0.39	7.56	20.55	0.75	0.23	7.56	16.13	0.6
7.411	0.39	7.23	19.62	0.74	0.22	7.23	15.18	0.58
7.410	0.39	6.99	18.6	0.73	0.22	6.99	13.01	0.55
7.409	0.39	7.51	12.6	0.61	0.22	7.51	8.07	0.44
7.408	0.4	7.88	7.77	0.49	0.23	7.88	3.6	0.3
7.407	0.41	7.75	8.32	0.51	0.24	7.75	3.91	0.31
7.406	0.42	7.68	8.76	0.52	0.25	7.68	4.15	0.32
7.405	0.43	7.9	8.97	0.52	0.26	7.9	4.24	0.33
7.404	0.44	8.74	8.12	0.49	0.27	8.74	4.11	0.32
7.403	0.45	8.83	6.44	0.45	0.28	8.83	3.07	0.28
7.402	0.44	8.82	7.68	0.48	0.27	8.82	4.1	0.32
7.401	0.43	8.7	8.86	0.51	0.25	8.7	4.77	0.34
7.400	0.41	8.6	9.35	0.53	0.24	8.6	5.25	0.36
7.399	0.4	8.77	9.12	0.52	0.23	8.77	5.58	0.36
7.398	0.39	9	8.35	0.5	0.22	9	5.25	0.35
7.397	0.38	8.8	9.4	0.53	0.21	8.8	6.18	0.38
7.396	0.38	8.68	10	0.54	0.2	8.68	6.58	0.39
7.395	0.37	8.61	9.83	0.54	0.19	8.61	6.78	0.4
7.394	0.36	8.63	9.19	0.52	0.18	8.63	6.38	0.38
7.393	0.35	8.61	8.33	0.5	0.18	8.61	5.34	0.35

Maßnahmen projiziert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.392	0.39	8.53	7.89	0.49	0.21	8.53	4.68	0.34
7.391	0.42	8.46	7.45	0.48	0.24	8.46	4.04	0.32
7.390	0.46	8.44	7.01	0.47	0.28	8.44	3.44	0.3
7.389	0.49	8.31	6.52	0.45	0.31	8.31	2.94	0.28
7.388	0.53	8.14	6.04	0.44	0.35	8.14	2.51	0.26
7.387	0.52	7.88	7.71	0.49	0.34	7.88	3.32	0.3
7.386	0.51	7.2	9.33	0.54	0.34	7.2	3.87	0.32
7.385	0.51	6.62	10.73	0.58	0.33	6.62	4.22	0.34
7.384	0.5	6.18	11.98	0.61	0.33	6.18	4.36	0.34
7.383	0.49	5.73	12.9	0.64	0.33	5.73	4.41	0.35
7.382	0.47	5.69	14.86	0.68	0.31	5.69	5.21	0.38
7.381	0.44	5.54	17.29	0.73	0.28	5.54	6.19	0.41
7.380	0.41	5.28	19.94	0.78	0.26	5.28	7.44	0.44
7.379	0.38	5.22	23.39	0.83	0.24	5.22	9.2	0.48
7.378	0.35	5.17	28.24	0.91	0.21	5.17	11.98	0.54
7.377	0.35	5.27	28.96	0.91	0.21	5.27	12.28	0.55
7.376	0.35	5.47	29.07	0.91	0.22	5.47	12.42	0.55
7.375	0.36	7.14	26.14	0.84	0.22	7.14	12.4	0.54
7.374	0.36	7.81	19.55	0.73	0.23	7.81	11.23	0.5
7.373	0.38	8.93	11.21	0.57	0.24	8.93	5.76	0.36
7.372	0.37	9.08	11.92	0.58	0.23	9.08	6.04	0.38
7.371	0.37	9.39	9.77	0.53	0.23	9.39	4.32	0.32
7.370	0.36	9.09	11.35	0.57	0.22	9.09	5.26	0.35
7.369	0.36	9.89	8.63	0.5	0.22	9.89	3.95	0.31
7.368	0.33	10.78	6.98	0.45	0.19	10.78	3.29	0.28
7.367	0.32	10.88	6.99	0.45	0.18	10.88	3.33	0.28
7.366	0.32	10.98	6.99	0.45	0.18	10.98	3.39	0.28
7.365	0.31	11.1	7	0.45	0.17	11.1	3.45	0.28
7.364	0.3	11.23	7.04	0.45	0.17	11.23	3.57	0.29
7.363	0.3	11.39	7.07	0.45	0.16	11.39	3.7	0.29
7.362	0.3	10.83	11.57	0.56	0.17	10.83	7.61	0.41
7.361	0.31	9.51	13.39	0.61	0.18	9.51	7.56	0.41
7.360	0.32	9.56	12.07	0.58	0.19	9.56	6.52	0.38
7.359	0.33	10.54	9.85	0.52	0.2	10.54	5.42	0.35
7.358	0.35	11.37	7.18	0.45	0.21	11.37	3.8	0.29
7.357	0.34	10.55	11.08	0.55	0.21	10.55	6.28	0.38
7.356	0.33	9.15	14.29	0.63	0.2	9.15	7.8	0.42
7.355	0.32	8.69	16.76	0.68	0.19	8.69	9.43	0.46
7.354	0.31	8.45	17.67	0.69	0.18	8.45	11.11	0.49
7.353	0.3	8.2	17.17	0.69	0.17	8.2	10.48	0.48
7.352	0.34	8.04	19.42	0.73	0.2	8.04	12.37	0.52
7.351	0.37	7.8	20.82	0.75	0.23	7.8	13.49	0.54
7.350	0.4	7.68	20.56	0.75	0.26	7.68	13.99	0.55

Maßnahmen projiziert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.349	0.43	7.86	18.99	0.72	0.29	7.86	13.65	0.55
7.348	0.47	8.05	16.44	0.68	0.32	8.05	11.33	0.51
7.347	0.45	8.01	16.22	0.67	0.3	8.01	11.13	0.5
7.346	0.43	8.02	15.87	0.67	0.28	8.02	10.96	0.49
7.345	0.41	8.08	15.28	0.66	0.25	8.08	10.76	0.49
7.344	0.39	8.18	14.3	0.64	0.23	8.18	10.48	0.48
7.343	0.37	8.22	13.2	0.61	0.21	8.22	10.3	0.48
7.342	0.4	8.11	12.36	0.6	0.23	8.11	8.89	0.45
7.341	0.42	8	11.43	0.58	0.25	8	7.33	0.41
7.340	0.44	7.89	10.47	0.56	0.27	7.89	5.89	0.38
7.339	0.47	7.77	9.5	0.54	0.3	7.77	4.69	0.34
7.338	0.49	7.65	8.57	0.51	0.32	7.65	3.77	0.31
7.337	0.48	7.5	11.49	0.59	0.31	7.5	5.89	0.38
7.336	0.47	7.34	15.41	0.67	0.31	7.34	6.98	0.43
7.335	0.46	6.38	19.18	0.75	0.31	6.38	7.29	0.44
7.334	0.45	5.74	18.92	0.75	0.3	5.74	7.11	0.43
7.333	0.45	5.81	17.84	0.73	0.3	5.81	6.57	0.42
7.332	0.42	5.64	21.48	0.8	0.27	5.64	7.96	0.45
7.331	0.38	5.59	25.34	0.86	0.25	5.59	9.84	0.5
7.330	0.35	6.01	28.27	0.89	0.22	6.01	12.61	0.55
7.329	0.32	6.11	29.65	0.9	0.18	6.11	16.72	0.61
7.328	0.28	6.2	29.76	0.9	0.14	6.2	20.05	0.66
7.327	0.32	6.34	25.2	0.84	0.18	6.34	15.73	0.59
7.326	0.36	6.52	20.51	0.77	0.21	6.53	11.15	0.51
7.325	0.4	6.7	16.26	0.69	0.25	6.7	7.62	0.43
7.324	0.44	6.93	12.76	0.62	0.3	6.93	5.11	0.36
7.323	0.49	7.12	9.92	0.55	0.34	7.12	3.44	0.3
7.322	0.46	7.22	12.31	0.61	0.32	7.22	4.86	0.35
7.321	0.43	7.25	14.71	0.65	0.29	7.25	6.23	0.39
7.320	0.41	7.28	15.91	0.68	0.27	7.28	7.53	0.42
7.319	0.38	7.44	16.1	0.68	0.24	7.44	8.22	0.44
7.318	0.35	7.67	15.48	0.66	0.21	7.67	8.16	0.43

Maßnahmen projiziert					
Stationierung	Bordvoll				
	Abfluss [m³/s]	max. Wassertiefe [m]	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]
7.513	33	2.05	63.1	1.73	1.73
7.508	33	2.08	51.25	1.59	1.59
7.503	35	2.1	61.55	1.74	1.74
7.498	35	2.06	65.72	1.78	1.78
7.488	32	2.04	53.19	1.61	1.61
7.483	32	2.01	30.35	1.25	1.25
7.478	34	2.03	53.63	1.62	1.62
7.468	39	2.22	63.36	1.77	1.77
7.463	32	2	59.81	1.67	1.67
7.458	35	2.01	76.02	1.89	1.89
7.453	37	2.04	82.82	1.97	1.97
7.448	36	2.09	53.34	1.63	1.63
7.443	36	2.1	37.18	1.39	1.39
7.438	34	2.03	35.43	1.35	1.35
7.433	28	1.82	33.67	1.29	1.29
7.428	34	2	38.11	1.39	1.39
7.423	35	2.02	41.28	1.44	1.44
7.418	35	2.03	60.18	1.71	1.71
7.413	33	1.97	60.61	1.7	1.7
7.408	34	2	59.78	1.7	1.7
7.403	32	2	50	1.56	1.56
7.398	33	1.97	48.82	1.55	1.55
7.393	31	1.86	51.8	1.57	1.57
7.388	33	2.07	55.73	1.64	1.64
7.383	33	1.98	80.88	1.93	1.93
7.378	34	1.88	85.08	1.97	1.97
7.373	29	1.79	51.92	1.58	1.58
7.368	31	1.83	40.38	1.42	1.42
7.363	33	1.85	41.28	1.44	1.44
7.358	33	1.91	40.86	1.43	1.43
7.353	31	1.77	65.33	1.76	1.76
7.348	35	2.08	64.77	1.77	1.77
7.343	32	1.9	60.45	1.7	1.7
7.338	32	2.01	60.6	1.71	1.71
7.333	37	2.07	88.19	2.04	2.04
7.328	36	1.9	86.41	2.01	2.01
7.323	38	2.17	74.77	1.9	1.9
7.318	40	2.08	78.56	1.96	1.96

Maßnahmen realisiert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.513	0.59	8.49	4.66	0.38	0.46	8.23	1.08	0.17
7.5117	0.5	6.97	14.47	0.63	0.38	6.19	3.97	0.31
7.5103	0.4	6.35	30.84	0.88	0.3	5.78	9.55	0.46
7.509	0.26	7.78	66.83	1.2	0.18	7.5	46.66	0.88
7.508	0.65	7.7	3.31	0.33	0.52	7.32	0.64	0.14
7.507	1.04	8.24	1.11	0.2	0.91	7.85	0.17	0.08
7.506	0.66	7.99	3.85	0.35	0.53	7.41	0.78	0.15
7.505	0.19	6.69	71.62	1.26	0.1	6.18	44.76	0.89
7.504	0.73	7.73	2.62	0.3	0.57	7.18	0.53	0.13
7.5033	0.69	7.49	3.91	0.35	0.53	6.9	0.88	0.16
7.5027	0.65	7.54	5.98	0.43	0.5	6.78	1.59	0.21
7.502	0.61	8	9.35	0.51	0.46	6.89	3.31	0.29
7.501	0.72	7.97	3.61	0.34	0.56	7.12	0.79	0.15
7.5	0.27	5.84	77.13	1.33	0.16	4.59	51.57	0.98
7.499	0.75	7.42	3.36	0.33	0.62	6.85	0.61	0.14
7.498	0.95	8.53	1.49	0.23	0.82	8.26	0.24	0.09
7.4975	0.63	7.81	6.91	0.45	0.51	6.94	1.57	0.21
7.497	0.23	6.97	70.64	1.25	0.13	6.22	60.74	1.01
7.496	0.69	7.07	5.22	0.41	0.51	6.09	1.46	0.2
7.4951	0.69	7.16	5.26	0.41	0.5	6.17	1.5	0.21
7.4942	0.68	7.25	5.29	0.41	0.5	6.27	1.53	0.21
7.4932	0.68	7.34	5.3	0.41	0.49	6.38	1.56	0.21
7.4923	0.67	7.44	5.29	0.41	0.49	6.51	1.59	0.21
7.4914	0.67	7.55	5.29	0.4	0.48	6.63	1.61	0.21
7.4905	0.66	7.68	5.27	0.4	0.48	6.79	1.63	0.21
7.4895	0.66	7.79	5.24	0.4	0.47	6.91	1.64	0.21
7.4886	0.65	7.9	5.18	0.4	0.47	7.03	1.64	0.21
7.4877	0.65	8.02	5.11	0.4	0.47	7.16	1.64	0.21
7.4868	0.64	8.15	5.03	0.39	0.46	7.32	1.63	0.21
7.4858	0.64	8.28	4.93	0.39	0.46	7.51	1.61	0.21
7.4849	0.63	8.42	4.82	0.38	0.45	7.64	1.58	0.2
7.484	0.63	8.58	4.69	0.38	0.45	7.78	1.54	0.2
7.4832	0.61	8.18	5.88	0.42	0.44	7.18	2.04	0.23
7.4824	0.6	7.94	6.85	0.45	0.42	6.84	2.41	0.25
7.4816	0.58	8.07	7.3	0.46	0.41	6.87	2.69	0.26
7.4808	0.57	8.31	7.03	0.45	0.4	7.29	2.82	0.26
7.48	0.56	8.51	6.37	0.43	0.38	7.93	2.54	0.25
7.479	0.52	8.6	6.91	0.45	0.35	7.95	2.97	0.27
7.478	0.49	8.68	7.56	0.46	0.32	7.81	3.45	0.29
7.477	0.46	8.72	8.32	0.48	0.29	7.67	4.04	0.31
7.476	0.42	8.74	9.21	0.5	0.25	7.58	4.87	0.33
7.475	0.39	8.82	10.31	0.53	0.22	7.53	6.09	0.37
7.474	0.35	8.86	11.79	0.56	0.18	7.51	8.3	0.42

Maßnahmen realisiert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.4732	0.38	8.61	11.49	0.56	0.21	7.37	7.54	0.4
7.4723	0.4	8.39	11.25	0.55	0.23	7.26	6.9	0.39
7.4715	0.43	8.19	11.1	0.55	0.26	7.12	6.39	0.38
7.4707	0.46	8	11.04	0.55	0.29	6.98	5.98	0.37
7.4698	0.48	7.8	11.06	0.55	0.31	6.83	5.68	0.36
7.469	0.51	7.61	11.15	0.56	0.34	6.68	5.45	0.36
7.4683	0.51	7.73	10.66	0.55	0.34	6.81	5.15	0.35
7.4675	0.51	7.86	10.14	0.53	0.34	6.93	4.81	0.33
7.4668	0.51	7.98	9.66	0.52	0.34	7.05	4.48	0.32
7.466	0.51	8.1	9.17	0.51	0.34	7.18	4.17	0.31
7.4653	0.51	8.22	8.69	0.5	0.34	7.3	3.86	0.3
7.4645	0.5	8.34	8.23	0.48	0.34	7.42	3.56	0.29
7.4638	0.5	8.47	7.77	0.47	0.34	7.54	3.27	0.28
7.463	0.5	8.6	7.34	0.46	0.34	7.67	3	0.27
7.462	0.47	7.77	16.52	0.66	0.31	5.48	8.44	0.44
7.461	0.45	7.72	17.43	0.67	0.29	6.01	10.63	0.48
7.46	0.44	8.78	9.11	0.5	0.28	7.73	4.4	0.32
7.459	0.44	8.37	11.6	0.56	0.28	7.27	6.22	0.37
7.458	0.44	8.14	14.18	0.61	0.28	6.93	8.67	0.43
7.457	0.44	8.22	15.65	0.64	0.28	6.78	10.99	0.48
7.456	0.44	8.24	14.58	0.62	0.28	6.96	10.56	0.47
7.455	0.44	8.2	11.79	0.56	0.28	7.18	6.65	0.38
7.4543	0.43	8.17	12.21	0.57	0.26	7.23	7.27	0.4
7.4537	0.41	8.18	12.69	0.58	0.24	6.71	7.8	0.41
7.453	0.39	8.22	13.18	0.59	0.22	6.55	8.29	0.43
7.4523	0.37	8.28	13.75	0.6	0.21	6.7	9.24	0.45
7.4517	0.35	8.39	14.54	0.62	0.18	6.86	11.11	0.48
7.451	0.34	8.37	15.34	0.63	0.16	7.01	15.14	0.55
7.45	0.37	8.34	13.02	0.59	0.19	7.16	11.03	0.48
7.449	0.41	8.63	11.21	0.55	0.23	7.25	8.24	0.42
7.448	0.46	9.09	9.38	0.5	0.27	7.39	6.42	0.38
7.447	0.5	9.28	7.63	0.46	0.31	8.45	5.04	0.33
7.446	0.54	9.43	6.2	0.42	0.35	8.68	3.42	0.28
7.4452	0.55	9.14	9.11	0.5	0.36	7.02	6.65	0.38
7.4443	0.56	8.49	12.23	0.57	0.38	5.48	6.39	0.39
7.4435	0.57	7.45	11.64	0.57	0.39	5.5	5.05	0.35
7.4427	0.59	7.31	9.48	0.52	0.41	5.92	3.71	0.31
7.4418	0.61	7.59	7.16	0.46	0.43	6.48	2.55	0.26
7.441	0.63	8.1	5.24	0.4	0.45	7.1	1.71	0.21
7.44	0.64	7.92	5.92	0.42	0.46	6.86	1.97	0.23
7.439	0.64	7.82	6.53	0.44	0.47	6.67	2.21	0.24
7.438	0.65	7.74	6.94	0.45	0.48	6.52	2.39	0.25
7.437	0.66	7.61	7.1	0.46	0.48	6.49	2.44	0.25

Maßnahmen realisiert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.436	0.67	7.48	7.04	0.46	0.49	6.5	2.35	0.25
7.4352	0.65	7.31	8.27	0.49	0.48	6.27	2.9	0.27
7.4344	0.63	7.31	9.39	0.52	0.46	6.14	3.46	0.3
7.4336	0.61	7.62	9.72	0.53	0.44	6.14	3.79	0.31
7.4328	0.59	8.04	8.59	0.49	0.42	6.67	3.42	0.29
7.432	0.58	8.19	6.62	0.44	0.41	7.23	2.33	0.24
7.4308	0.61	8.29	5.84	0.42	0.44	7.42	1.94	0.22
7.4296	0.63	8.4	5.1	0.39	0.47	7.51	1.58	0.21
7.4284	0.66	8.52	4.42	0.37	0.5	7.63	1.27	0.19
7.4272	0.69	8.63	3.81	0.34	0.53	7.81	1.03	0.17
7.426	0.72	8.77	3.27	0.32	0.56	8.01	0.84	0.16
7.4252	0.69	8.7	3.81	0.34	0.53	7.92	1.04	0.17
7.4244	0.66	8.62	4.41	0.37	0.49	7.87	1.29	0.19
7.4236	0.63	8.55	5.05	0.39	0.46	7.84	1.58	0.2
7.4228	0.6	8.48	5.72	0.41	0.43	7.8	1.89	0.22
7.422	0.56	8.41	6.36	0.43	0.4	7.75	2.22	0.24
7.421	0.54	8.29	7.29	0.46	0.38	7.6	2.7	0.26
7.42	0.52	8.14	8.25	0.48	0.37	7.27	3.14	0.28
7.419	0.5	7.96	9.15	0.51	0.35	6.97	3.42	0.29
7.418	0.48	7.56	9.71	0.53	0.33	6.86	3.61	0.3
7.417	0.46	7.46	10.05	0.53	0.31	6.81	3.72	0.3
7.416	0.44	7.42	10.27	0.54	0.29	6.8	3.78	0.3
7.4152	0.43	7.9	10.13	0.53	0.28	7.13	3.97	0.31
7.4144	0.42	8.53	9.75	0.52	0.26	7.58	4.12	0.31
7.4136	0.4	9.43	8.92	0.49	0.25	8.29	4.18	0.31
7.4128	0.39	9.99	7.69	0.46	0.24	9.43	3.8	0.29
7.412	0.37	10.48	6.51	0.42	0.22	9.96	3.05	0.26
7.411	0.38	10.59	6.78	0.43	0.23	10.04	3.34	0.27
7.41	0.38	10.72	7.07	0.44	0.23	10.12	3.69	0.28
7.409	0.38	10.86	7.34	0.44	0.23	10.2	4.09	0.3
7.408	0.39	11.03	7.63	0.45	0.23	9.82	4.47	0.31
7.407	0.39	11.24	7.87	0.45	0.24	9.37	4.67	0.32
7.406	0.39	10.1	21.2	0.71	0.23	5.21	20.65	0.65
7.405	0.37	6.16	44.42	1.04	0.24	4.4	23.88	0.71
7.404	0.37	7.07	41.59	0.99	0.23	4.52	27.15	0.75
7.403	0.39	9.1	20.25	0.7	0.24	7.13	24.97	0.68
7.402	0.42	10.31	7.81	0.46	0.26	9.51	4.48	0.31
7.401	0.42	9.37	13.66	0.59	0.26	7.91	11.88	0.48
7.4	0.41	8.05	21.62	0.73	0.24	5.94	21.05	0.65
7.399	0.41	7.52	23.9	0.77	0.24	4.96	20.73	0.66
7.398	0.42	8.08	16.89	0.66	0.24	5.97	14.63	0.55
7.397	0.43	7.69	9.71	0.52	0.25	6.85	4.61	0.33
7.396	0.42	7.86	9.92	0.53	0.25	6.74	4.76	0.33

Maßnahmen realisiert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.395	0.47	7.54	9.02	0.51	0.29	6.5	3.66	0.3
7.394	0.51	7.32	8.48	0.5	0.34	6.24	3.05	0.28
7.393	0.56	7.36	8.09	0.49	0.38	6.05	2.72	0.27
7.392	0.6	7.31	7.62	0.48	0.43	6.3	2.53	0.26
7.391	0.64	7.25	7.15	0.46	0.47	6.3	2.25	0.24
7.39	0.62	7.29	8.09	0.49	0.45	6.22	2.69	0.27
7.389	0.59	7.39	8.9	0.51	0.42	6.25	3.15	0.28
7.388	0.56	7.6	9.28	0.52	0.4	6.43	3.5	0.3
7.387	0.54	7.65	8.94	0.51	0.37	6.78	3.46	0.29
7.386	0.51	7.67	8.17	0.49	0.35	6.85	2.96	0.27
7.385	0.5	7.32	13.51	0.61	0.34	6.11	6.14	0.38
7.384	0.49	6.54	19.5	0.72	0.33	4.83	7.58	0.43
7.383	0.48	5.89	19.73	0.74	0.33	4.69	6.61	0.41
7.382	0.48	7.01	17.26	0.68	0.33	4.98	5.41	0.37
7.381	0.48	8.98	10.73	0.53	0.33	6.6	4.16	0.32
7.38	0.44	9.04	11.85	0.56	0.29	7.03	5.64	0.36
7.379	0.4	9.27	12.68	0.57	0.25	8.03	7.43	0.4
7.378	0.36	9.61	12.65	0.57	0.21	8.45	8.51	0.42
7.377	0.33	9.94	11.65	0.55	0.18	8.87	8.17	0.41
7.3761	0.33	9.71	11.87	0.55	0.18	8.7	8.37	0.41
7.3753	0.34	9.5	12.08	0.56	0.18	8.53	8.56	0.42
7.3744	0.34	9.3	12.26	0.56	0.18	8.35	8.69	0.42
7.3736	0.34	9.11	12.44	0.57	0.19	8.15	8.78	0.42
7.3727	0.35	8.92	12.59	0.57	0.19	7.94	8.8	0.43
7.3719	0.35	8.74	12.68	0.58	0.19	7.78	8.68	0.42
7.371	0.36	8.56	12.77	0.58	0.2	7.57	8.51	0.42
7.3702	0.36	8.52	13.59	0.6	0.2	7.25	9.74	0.45
7.3694	0.37	8.43	14.06	0.61	0.21	6.91	9.31	0.45
7.3686	0.38	8.05	13.71	0.6	0.21	6.81	8.28	0.42
7.3678	0.39	7.88	12.82	0.59	0.22	6.82	7.06	0.4
7.367	0.39	7.81	11.79	0.57	0.23	6.87	5.95	0.37
7.3659	0.4	7.74	12.68	0.59	0.24	6.74	6.56	0.38
7.3647	0.41	7.7	13.61	0.61	0.25	6.61	7.24	0.4
7.3636	0.42	7.7	14.61	0.62	0.26	6.48	8.07	0.42
7.3624	0.43	7.83	15.57	0.64	0.26	6.36	9.06	0.45
7.3613	0.43	8.12	16.14	0.65	0.27	6.31	10.36	0.47
7.3601	0.44	8.27	15.94	0.64	0.27	6.38	11.95	0.5
7.359	0.45	8.46	15.07	0.63	0.28	6.9	12.74	0.51
7.358	0.47	8.38	14.3	0.61	0.29	6.64	10.89	0.48
7.357	0.49	8.25	13.15	0.59	0.31	6.5	8.72	0.44
7.356	0.51	8.06	11.83	0.57	0.33	6.48	6.8	0.39
7.355	0.53	7.89	10.45	0.54	0.35	6.58	5.21	0.35
7.354	0.55	7.74	9.14	0.51	0.37	6.67	3.94	0.31

Maßnahmen realisiert								
Stationierung	MQ (1,37 m³)				MNQ (0,44 m³)			
	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]	max. Wassertiefe [m]	Breite am Wasserspiegel in m	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.3532	0.54	7.69	12.1	0.58	0.36	5.75	5.47	0.36
7.3524	0.53	7.63	14.33	0.62	0.36	5.46	6.71	0.4
7.3516	0.52	8.43	14.48	0.61	0.35	5.69	8.44	0.44
7.3508	0.51	9.01	11.89	0.56	0.33	7.88	12.06	0.49
7.35	0.51	9.55	9.08	0.49	0.32	9.13	8.26	0.41
7.3492	0.51	8.82	18.07	0.67	0.33	5.1	14.44	0.56
7.3484	0.51	6.24	21.9	0.77	0.34	4.99	12.79	0.53
7.3476	0.52	6.46	22.39	0.77	0.35	4.61	11.93	0.52
7.3468	0.54	8.76	18.3	0.68	0.36	4.28	11.65	0.52
7.346	0.56	9.58	10.82	0.53	0.38	6.79	8.34	0.42
7.345	0.54	9.38	11.67	0.55	0.36	6.59	10.9	0.48
7.344	0.52	9.22	12.43	0.57	0.33	4.49	11.54	0.52
7.343	0.5	9.12	13.06	0.58	0.32	4.84	11.09	0.5
7.342	0.48	9.26	13.13	0.58	0.3	6.12	10.55	0.48
7.341	0.46	9.11	11.7	0.55	0.28	6.55	9.34	0.45
7.34	0.45	8.89	9.67	0.51	0.26	7.49	6.83	0.39
7.339	0.45	8.6	12.79	0.58	0.26	6.03	10.29	0.47
7.338	0.46	7.56	14.61	0.63	0.27	5.67	8.84	0.45
7.337	0.46	6.92	13.03	0.6	0.28	5.77	6.82	0.4
7.336	0.47	6.94	11.03	0.56	0.29	6.03	5.18	0.35
7.335	0.48	7.11	9.23	0.52	0.3	6.37	4	0.31
7.334	0.5	7.36	7.73	0.48	0.31	6.76	3.15	0.28
7.333	0.51	7.68	6.53	0.44	0.32	7.18	2.53	0.25
7.3323	0.49	6.84	9.09	0.52	0.31	6.22	3.59	0.3
7.3315	0.47	6.3	12.95	0.61	0.3	5.42	5.35	0.36
7.3308	0.46	6.84	14.9	0.64	0.28	5.41	7.47	0.42
7.33	0.45	7.45	9.7	0.53	0.27	6.45	4.31	0.32
7.3288	0.44	6.85	13.81	0.62	0.27	5.74	6.5	0.39
7.3276	0.43	6.4	17.69	0.7	0.27	5.26	8.72	0.45
7.3264	0.43	6.31	20.26	0.74	0.26	5.08	10.37	0.49
7.3252	0.43	6.3	19.97	0.73	0.26	5.3	11.02	0.5
7.324	0.43	6.46	17.62	0.69	0.26	5.77	9.59	0.46

Maßnahmen realisiert				
Stationierung	Bordvoll			
	Abfluss [m ³ /s]	max. Wassertiefe [m]	Schubspannung [N/m ²]	Fließgeschw. [m/s]
7.513	41	2.04	107.79	2.17
7.509	36	1.83	93.04	2.01
7.508	35	2.19	63.45	1.7
7.507	35	2.6	44.79	1.45
7.505	39	1.84	99.48	2.09
7.504	37	2.41	56.14	1.61
7.502	39	2.29	87.91	1.97
7.501	39	2.4	74.23	1.83
7.5	43	2.03	130.74	2.38
7.499	41	2.62	70.14	1.8
7.498	40	2.82	49.59	1.54
7.497	45	2.25	81.44	1.94
7.496	45	2.7	65.18	1.76
7.484	33	2.27	48.24	1.5
7.48	32	2.16	49.95	1.51
7.474	38	2.15	51.79	1.55
7.469	38	2.3	56.79	1.61
7.463	33	2.13	43.19	1.4
7.46	32	2.04	44.41	1.41
7.455	36	2.16	55.27	1.59
7.451	34	2.01	49.94	1.5
7.446	35	2.25	39.91	1.36
7.441	33	2.28	41.25	1.36
7.436	37	2.42	50.69	1.51
7.432	35	2.23	58.17	1.64
7.426	35	2.4	41.54	1.38
7.422	35	2.22	47.95	1.47
7.416	38	2.16	62.36	1.67
7.412	31	1.89	37.54	1.3
7.407	30	1.88	34.18	1.24
7.402	30	1.97	33.76	1.23
7.397	33	2.01	72.53	1.81
7.396	32	2.02	47.57	1.45
7.391	29	2.13	46.72	1.42
7.386	32	2.07	56.05	1.58
7.381	31	2.04	42.37	1.37
7.377	34	1.99	41.78	1.38
7.371	31	1.93	45.11	1.42
7.367	32	2.01	48.03	1.46

Maßnahmen realisiert				
Stationierung	Bordvoll			
	Abfluss [m³/s]	max. Wassertiefe [m]	Schubspannung [N/m²]	Fließgeschw. [m/s]
7.359	32	2.07	50.31	1.52
7.354	33	2.19	54.29	1.57
7.35	35	2.23	44.94	1.44
7.346	32	2.22	40.09	1.35
7.34	32	2.13	37.52	1.31
7.333	35	2.24	55.97	1.59
7.33	35	2.17	59.4	1.65
7.324	38	2.21	79.98	1.9

V. Lebenslauf



Persönliche Daten:

Vorname: Gerhard
Zuname: Brandmayr
Geburtsdatum: 24.02.1983
Staatsbürgerschaft: Österreich
Vater: Johann Brandmayr
Mutter: Amalia Brandmayr
Geschwister: Christine, Johann, Robert, Thomas

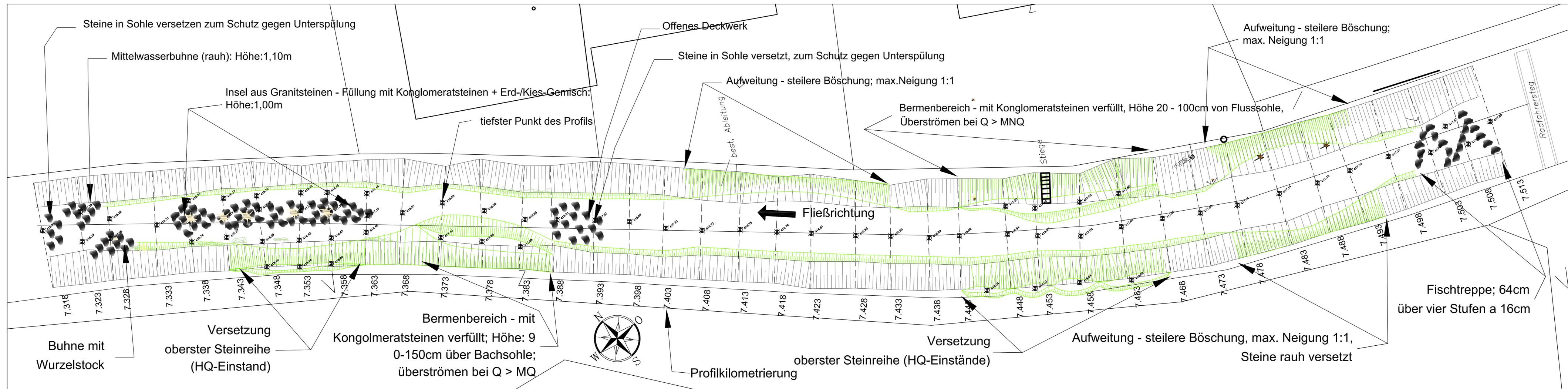
Schulbildung:

1989 – 1993 Volksschule Weißenkirchen im Attergau
1993 – 1997 Hauptschule Frankemarkt
1997 – 2002 Höhere Technische Bundeslehranstalt Wels
Fachrichtung Chemische Betriebstechnik
2003 – 2007 Universität für Bodenkultur Wien
Bachelorstudium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
2007 – 2008 Universität für Bodenkultur Wien
Masterstudium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

Bakkalaureatsarbeit:

Felsklassifizierung und Auffahren von Tunnels im Festgestein, am Departement für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Geologie und Institut für Geotechnik, BOKU Wien

VI. Lageplan der realisierten Maßnahmenstrecke



Bautitel: STUDIE
Herstellen des guten Zustands an regulierten Gewässerstrecken gemäß EU-WRRL

Legende
— ursprüngliche Böschung
— neue Böschung

Antragsteller: Amt der oö. Landesregierung
Gewässerbezirk Braunau
Hammersteinplatz 9, 5280 Braunau

Planer: ZT-GmbH. Hitzfelder und Pillichshammer
Salzburgerstraße 23/27
4840 Vöcklabruck

Projektsbetreuung (wenn vorhanden): Gewässerbezirk Braunau
Hammersteinplatz 9
5280 Braunau

Urheberrechte an den Kartengrundlagen: WIS, Land OÖ-DORIS, BEV, DVR.0069264

Planinhalt: Instandhaltungsmaßnahmen		Maßstab: M 1:200
Baumnummer:	Projektleiter:	Ausfertigung:
Plangröße:	Aufgenommen: Jänner 2008	Beilage:
Plannummer:	Filename:	Datum:
AUSFÜHRUNG		Stand: 04.05.2008