



**Universität für Bodenkultur Wien**  
University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

**Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt**  
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft



**STRÖMUNGSTECHNISCHE ERHEBUNG  
FÜR DIE HYDROMORPHOLOGISCHEN VERBESSERUNGEN  
AM LAABENBACH**

**Masterarbeit  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplomingenieur**

eingereicht von:

**THOMAS ROTHBERGER**

Matrikelnummer 0740690

Betreuer: Univ.Prof.DI Dr. Willibald Loiskandl

Mitbetreuerin: DI Isabella Schalko

10.9.2013

*„Man reguliert einen Flusslauf nie von seinen Ufern aus,  
sondern von innen her, vom fließenden Medium selber.“*

(ALEXANDERSSON, 2003)

## **Vorwort**

Die Durchführung der vorliegenden Masterarbeit erfolgte am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien. Die Leitung hierfür übernahm Univ.Prof.Dr. Willibald Loiskandl.

Mein besonderer Dank gilt:

### **UNIV.PROF.DR. WILLIBALD LOISKANDL**

der mir die Durchführung der Masterarbeit ermöglichte und die dazu nötige Hilfestellung bei der Bearbeitung des Themas gab.

### **DI ISABELLA SCHALKO**

die mich bei allen Fragestellungen und bei der Erstellung der gesamten Masterarbeit mit besonderem Engagement unterstützte und sich bei Bedarf immer für meine Anliegen Zeit nahm.

### **OTMAR GROBER**

der mir neue Einblicke und alternative Sichtweisen im Flussbau ermöglichte und mir viel von seinem Praxiswissen, das er in jahrelanger Erfahrung sammelte, weitergab.

### **DI JAN KÖCK UND DI BERNHARD VALENTI**

die mir die nötigen Unterlagen des Projektes „Hydromorphologische Verbesserungen am Laabenbach“ zur Verfügung stellten und mich bei Fragen zur Planung unterstützten.

### **HANS HASLINGER UND MAG. PRINZ GUNDAKAR VON UND ZU LIECHTENSTEIN**

die meine Arbeit soweit sie konnten unterstützten und mir die Ideen des alternativen Flussbaues näher brachten.

### **MEINER FAMILIE UND MEINEN FREUNDEN**

die mich in der gesamten Ausbildungszeit immer unterstützten und bei Bedarf motivierten meine Ziele zu erreichen.

# Inhaltsverzeichnis:

## **Kurzfassung**

## **Abstract**

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Laabenbach in Neulengbach</b>	<b>3</b>
2.1 Gebietsbeschreibung	3
2.2 Geologie und Klima	4
2.3 Hydrologie	5
2.4 Flusstyp – morphologischer Referenzzustand	7
2.5 Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauberger	7
<b>3. Allgemeine Grundlagen und Methoden</b>	<b>13</b>
3.1 Planungsgrundsätze und Ziele der Wasserrahmenrichtlinie	13
3.2 Strukturelemente	16
3.2.1 Viktor Schauberger	16
3.2.2 Sichelbuhnen	18
3.2.3 Strömungstrichter	21
3.3 Hydraulische Grundlagen	24
3.3.1 Hydraulische Modellierung	24
3.3.2 HEC-RAS	30
3.3.3 Modellbeschreibung	31
3.3.3.1 Modell 1 – IST-Zustand (2012)	33
3.3.3.2 Modell 2 – mittlerer Stricklerbeiwert	35
3.3.3.3 Modell 3 – Erhöhung der Rauhigkeit	35
3.3.3.4 Modell 4 – Inline Structures 1	36
3.3.3.5 Modell 5 – Inline Structures 2	38
<b>4. Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>39</b>
4.1 Modell 1 – IST-Zustand (2012)	39
4.2 Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT	41
4.3 Modell 3 – Erhöhung der Rauhigkeit	44
4.4 Modell 4 – Inline Structures 1	45
4.5 Modell 5 – Inline Structures 2	48
4.6 Vergleich der unterschiedlichen Modelle	49
4.6.1 Ist-Zustand	49
4.6.2 Analyse der Simulation der Einbauten	50

4.6.3	MQ	51
4.6.4	HQ <sub>1</sub>	52
4.6.5	HQ <sub>5</sub>	54
4.6.6	HQ <sub>30</sub>	55
4.6.7	HQ <sub>100</sub>	57
<b>5.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>Fotodokumentation</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>67</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellen- und Abbildungsverzeichnis</b>	<b>70</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	<b>75</b>
9.1	HEC-RAS Berechnungen	75
9.1.1	Berechnungen Modell 1 – IST-Zustand (2012)	75
9.1.2	Berechnungen Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT	82
9.1.3	Berechnungen Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit	89
9.1.4	Berechnungen Modell 4 – Inline Structures 1	96
9.1.5	Berechnungen Modell 5 – Inline Structures 2	107
9.2	Planliche Darstellung der vermessenen Punkte	118
9.3	Lagepläne der Ausschreibung: „Laabenbach in Neulengbach - Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauburger“	119

## **KURZFASSUNG**

In der Gemeinde Neulengbach (Niederösterreich) findet seit März 2013 die Umsetzung einer Teilrenaturierung des Laabenbaches statt. Neben hydromorphologischen Verbesserungen soll auch der Hochwasserschutz optimiert werden.

Die vorliegende Masterarbeit gibt einen Überblick über das Gesamtprojekt „Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauberger“ und setzt sich infolge mit der Implementierung von Strukturelementen im vorhandenen Gerinne auseinander. Dabei wird der Frage nachgegangen, in wie weit sich die hydraulischen Bedingungen durch Einbauten in Form von Sichelbuhnen und verkehrten Strömungstrichtern verändern.

Im Rahmen der Masterarbeit erfolgte eine strömungstechnische Analyse eines Teilabschnittes des Laabenbaches vor und nach dem Einbau der naturnahen Strukturelemente mit Hilfe des 1-D Simulationsprogrammes HEC-RAS.

Es wurden fünf unterschiedliche Modelle erstellt, wobei zwei den Zustand vor Baubeginn und drei eine Prognose nach der erfolgreichen Implementierung der Baumaßnahmen darstellen.

Der IST-Zustand basiert auf der Vermessung des Untersuchungsgebietes im März 2013 und wurde mit Hilfe unterschiedlicher Rauigkeitsbereiche im ersten Modell und mit einem gemittelten STRICKLERBEIWERT im zweiten Modell simuliert. Die Strukturelemente wurden in HEC-RAS einerseits durch eine Anpassung des STRICKLERBEIWERTES und andererseits mit Hilfe von Querbauwerken (inline structures) angenähert.

Das HEC-RAS Modell des IST-Zustandes mit den unterschiedlichen Rauigkeitsbereichen konnte die natürlichen Bedingungen am Laabenbach besser abbilden und wurde somit als Vergleichsbasis für die erstellten Zukunftsmodelle gewählt. Die Simulation der Strömungstrichter und Sichelbuhnen mit Hilfe von „inline structures“ weisen bessere Ergebnisse als der Ansatz mit den veränderten STRICKLERBEIWERTEN im Bereich der Strukturelemente auf.

Das Ergebnis der vorliegenden Masterarbeit zeigt, dass der strömungstechnische Einfluss der naturnahen Wasserbauten gerade bei größeren Abflüssen gering ist. Das Schadenspotential eines Hochwassers ist daher durch solche Einbauten als niedriger anzusehen als zum Beispiel bei einer Rauigkeitserhöhung der Ufer infolge ungepflegter Vegetation. Weitere Vorteile solcher Strukturelemente sind die leichte Integration in Flussläufe und der durch die Strömunglenkung in die Flussmitte entstehende Uferschutz.

## **ABSTRACT**

In the municipality Neulengbach (Lower Austria), the implementation of a part-renaturation of the Laabenbach has been taking place since March 2013. In addition to the hydromorphological improvements, this project should also optimize flood protection.

The presented master thesis provides an overview of the whole project "Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schaubberger" and deals with the implementation of structural elements in the existing channel. It examines the degree of changes of hydraulic conditions by structures in form of sickle groynes and inverted funnel shaped hydraulic structures.

A part of the master's thesis was a hydrodynamic analysis of a section of the Laabenbach prior to and after the implementation of the natural structural elements using the 1-D simulation program HEC-RAS.

Five different models have been generated, two are representing the state prior to the construction work and three are a prognosis after successful implementation.

The actual state is based on the survey of the investigation area in March 2013 and was simulated using variable roughness in the first model and an averaged MANNING'S ROUGHNESS COEFFICIENT in the second model. The structural elements in HEC-RAS are approximated on the one hand by adjusting the MANNING'S VALUE, and on the other hand with the aid of inline structures.

The HEC-RAS model of the actual state with variable roughness in the profiles reflected the natural conditions of the Laabenbach best and was therefore selected as the basis for comparing the generated prediction models. The simulation of the inverted funnel shaped hydraulic structures and sickle groynes using "inline structures" showed better results than the approach with the changing MANNING'S VALUE in the field of structural elements.

The results of this master thesis show that the hydrodynamic influence of natural hydraulic structures is especially low for higher discharges. Therefore the risk of floods can be seen to be lower with such installations than, for example, an increased roughness of the banks as a result of poor maintenance. One advantage of such structural elements is the simple integration into rivers and the bank protection by guiding the stream to the middle of the river.

## 1. Einleitung

Im 19. und 20. Jahrhundert wurden große Eingriffe in die Flusslandschaften gemacht, indem man versuchte, Gewässer zu regulieren. Mit der Ausbreitung der landwirtschaftlich genutzten Flächen und des Siedlungsraumes begann man die Fließgewässer in künstliche Gerinne umzuwandeln. Einerseits haben Gemeinden Flächen dazugewonnen, die nun durch den Menschen genutzt werden konnten, aber auf der anderen Seite verloren Fließgewässer dadurch Teile ihres natürlichen Platzbedarfs. Durch die vielerorts stattgefundenen Begradigungen der Flüsse und Bäche wurde auch ein höheres Gefälle erzeugt. Diese baulichen Maßnahmen hatten oft Wehre oder Sohlstufen zur Folge, die wiederum die Durchgängigkeit des Gewässers verhinderten. In den Abschnitten zwischen den Wehranlagen und Sohlstufen kam es häufig zu einer Beschleunigung des Abflusses. Retentions- und wichtige Lebensräume für Fauna und Flora verschwanden. Die ökologische Funktion der Gewässer wurde somit stark eingeschränkt. (PATT et al., 2009)

In den letzten Jahren wurde das Umweltbewusstsein immer deutlicher. Dies spiegelt sich auch im Wasserbau mit all seinen Facetten wider und wurde auch in der Wasserrahmenrichtlinie der EU verankert. Ziel ist es nun wieder einen guten ökologischen Zustand aller Fließgewässer zu erreichen und gleichzeitig den Schutz der menschlichen Lebensräume zu sichern (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2000).

Mittlerweile findet auch ein starkes Bekenntnis zu alten Baumethoden im Wasserbau statt. Man orientiert sich wie vor langer Zeit an der Bewegung des Wassers und versucht die ursprüngliche Strömung aufrecht zu erhalten. Altes Gedankengut wird neu belebt und an die gegebenen Situationen angepasst. Durch einen gewundenen Flusslauf entsteht nicht nur ein attraktiveres Landschaftsbild, sondern auch ein abwechslungsreicherer Querschnitt des Gewässers, der wiederum eine gute Voraussetzung für den Lebensraum von Tieren und Pflanzen darstellt. Bei gewundenen Flussläufen wird die Fließgeschwindigkeit reduziert und somit kommt es auch zu weniger Uferangriffen. Wichtig ist es allerdings bei den sogenannten Renaturierungsmaßnahmen die genauen Gegebenheiten der vorhandenen bzw. ursprünglichen Landschaft zu beachten, um nicht die nächsten künstlichen Gewässerläufe zu bauen. Ein spezielles Augenmerk sollte auch auf die verwendeten Materialien gelegt werden. (MADSEN und TENT, 2000)

In vielen Bereichen ist es durch angrenzende Flächennutzung nicht mehr möglich, den ursprünglichen Verlauf eines Gewässers wiederherzustellen. Mit Hilfe von Strukturierungsmaßnahmen kann jedoch in einem veränderten Gerinnequerschnitt eine gewisse Vielfalt des Abflussgeschehens erzeugt werden. Dadurch werden abwechslungsreiche Abschnitte und neue Lebensräume geschaffen. Gerade bei beengten Verhältnissen spielt der Hochwasserschutz eine große Rolle und daher sollten die gesetzten Maßnahmen, die im Spannungsfeld der ökologischen Funktion und dem Schutz des menschlichen Lebensraumes stehen, ausgewogen geplant werden. Die Änderung der Gewässerstruktur erzeugt auch Veränderungen des hydraulischen Abflussverhaltens und sollte somit vor Eingriffen gründlich überlegt werden.

In der Gemeinde Neulengbach findet seit 29. März 2013 die Umsetzung einer Teilrenaturierung des Laabenbaches statt. Zusätzlich zur hydromorphologischen Verbesserung soll auch der Hochwasserschutz optimiert werden.

Bereits 2002 hat PRINZ GUNDAKAR VON UND ZU LIECHTENSTEIN begonnen für einen naturnahen Hochwasserschutz an der Großen Tulln einzutreten. Durch die Gründung und den Einsatz des Vereines INTERESSENSGEMEINSCHAFT CAMPUS LENGBACH ist es möglich geworden, einen naturverbundenen Hochwasserschutz zu planen und diesen in der Gemeinde Neulengbach umzusetzen. Ganz bewusst setzt man hier auf die Erkenntnisse von VIKTOR SCHAUBERGER und das Wissen von OTMAR GROBER, der viel Erfahrung in der Umsetzung von naturnahen Flussbauvorhaben hat. (HOLLER, 2007)

Die ARBEITSGEMEINSCHAFT GROÙE TULLN / ANZBACH plante zur hydromorphologischen Verbesserung des Laabenbaches in Neulengbach ein Projekt, das derzeit (August 2013) umgesetzt wird. Einerseits bietet ein Teil des Projektgebietes die Möglichkeit einen Neubau des Flusslaufes zu gestalten und in einem anderen Teil herrschen beengte Platzverhältnisse, die keine Ausleitung ermöglichen, aber trotzdem Strukturierungsmaßnahmen benötigen, um den Ziel der hydromorphologischen Verbesserung gerecht zu werden.

In der vorliegenden Masterarbeit wird ein Überblick über das gesamte Projekt und den zu errichteten Strukturelementen in das bestehende Gerinne geboten. Dabei wird der Frage nachgegangen, in wie weit sich die Wasserspiegellage durch diese Einbauten in Form von Sichelbuhnen und verkehrten Strömungstrichtern verändern.

Anfang März 2013 wurde als Grundlage eine Vermessung eines Teilabschnittes durchgeführt. Die Abflussdaten wurden aus dem Ausschreibungsprojekt „Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauburger“ als Basis genommen. Mit Hilfe der Software HEC-RAS wurde aus diesen beiden Grundlagen eine eindimensionale Wasserspiegellagenberechnung für den Zustand vor Baubeginn 2013 durchgeführt. Anschließend wurden die Strukturierungsmaßnahmen im gewählten Abschnitt simuliert. Dabei wurden zwei Ansätze verfolgt, einerseits die Berechnung mit einer höheren Rauigkeit im Bereich der Einbauten und andererseits eine Modellierung der Strömungsrichter und Sichelbuhnen durch sogenannte „inline structures“, also mit Querbauwerken im Gerinnequerschnitt. Bei der Simulation mit den „inline structures“ wurden zwei verschiedene Varianten mit unterschiedlichen Abmessungen der Strukturelemente durchgeführt.

In Summe wurden für den gewählten Gewässerabschnitt fünf Modelle erstellt, wobei zwei die ursprüngliche Ausgangssituation und drei eine Prognose der hydraulischen Veränderungen der vermessenen Strecke darstellen. Im Anschluss erfolgte ein Vergleich der unterschiedlichen Modelle, sowie eine Gesamtbewertung des Projektes.

Der Bearbeitungszeitraum der vorliegenden Masterarbeit reichte von November 2012 bis September 2013.

## 2. Laabenbach in Neulengbach

### 2.1 Gebietsbeschreibung

Als Laabenbach wird der Oberlauf der Großen Tulln bezeichnet. Dieser befindet sich in Niederösterreich zwischen Wien und St. Pölten im Bezirk St. Pölten Land (Abb. 2-1). Der Laabenbach entspringt auf der Klammhöhe in ca. 600 m.ü.A. und wird ab der Einmündung des Anzbaches in der Gemeinde Neulengbach als Große Tulln bezeichnet. Von der Quelle bis zur Einmündung des Anzbaches erstreckt sich der Laabenbach über eine Länge von ca. 22,2 km und überwindet ca. 400 Höhenmeter.



Abb. 2-1: Kartenausschnitt aus dem DIGITALEN HYDROLOGISCHEN ATLAS ÖSTERREICHS (2007) mit der Lage des Laabenbaches

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts ist es an der Großen Tulln zu umfangreichen Flussregulierungen gekommen. Der Flusslauf wurde weitgehend begradigt und der Abfluss in künstlich angelegte Profile gezwungen. Am Laabenbach bzw. der Großen Tulln wurde ein trapezförmiger Querschnitt angelegt, teilweise Dämme errichtet, die Gewässersohle tiefer gelegt und der Flusslauf durch Durchstiche stark verkürzt und begradigt. Weitere Beeinträchtigungen des natürlichen Flusslaufes sind durch künstlich errichtete Sohlstufen und alte Wehranlagen, die früher einmal als Kleinwasserkraftanlagen dienten, gegeben. (KÖCK und VALENTI, 2013)

Der Laabenbach fließt nordwärts und mündet als Große Tulln, die eine Gesamtlänge von ca. 44 km aufweist bei Tulln in die Donau. Das hydrologische Einzugsgebiet, also jene Fläche, deren Niederschlag den Abfluss des Laabenbaches bewirkt, wird im DIGITALEN HYDROLOGISCHEN ATLAS ÖSTERREICHS mit 108 km<sup>2</sup> angegeben (Abb. 2-2).

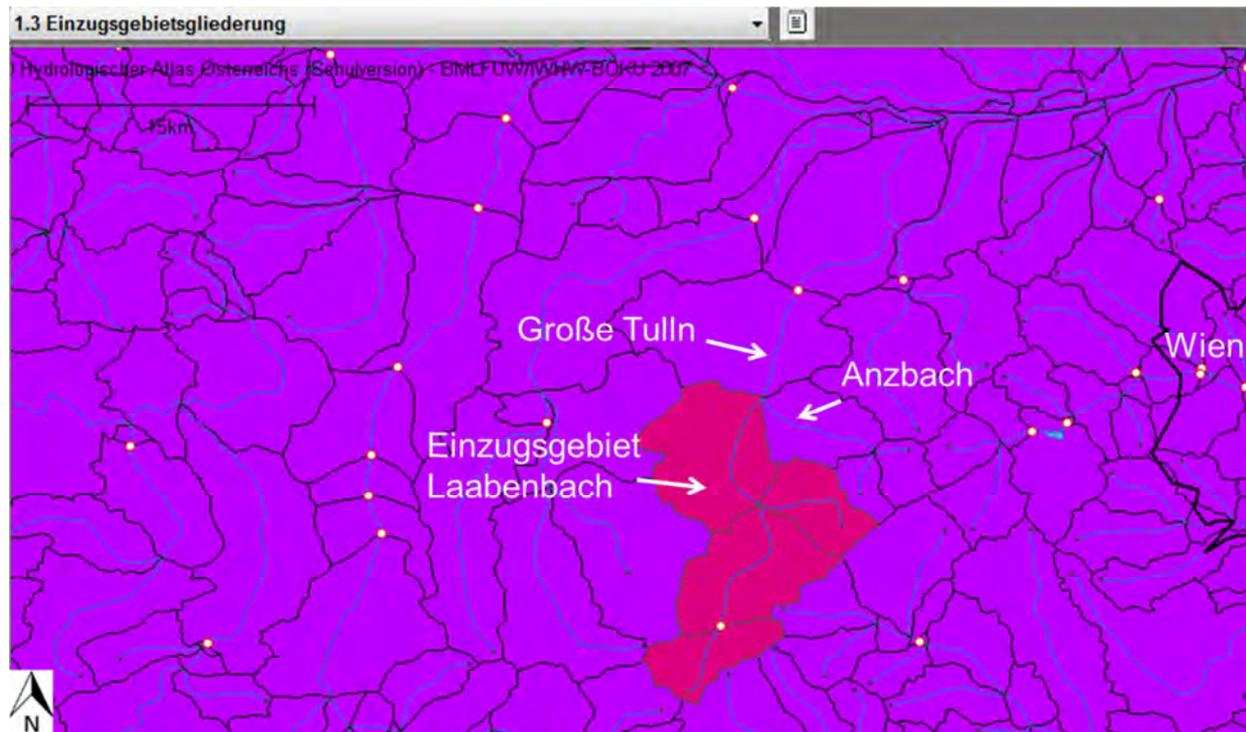


Abb. 2-2: Kartenausschnitt aus dem DIGITALEN HYDROLOGISCHEN ATLAS ÖSTERREICHS (2007) mit der Darstellung des Einzugsgebietes des Laabenbaches

## 2.2 Geologie und Klima

Der Laabenbach entspringt in der Flyschzone und durchfließt zunächst diese, bevor er in der Molassezone zur Großen Tulln wird (Abb. 2-3).

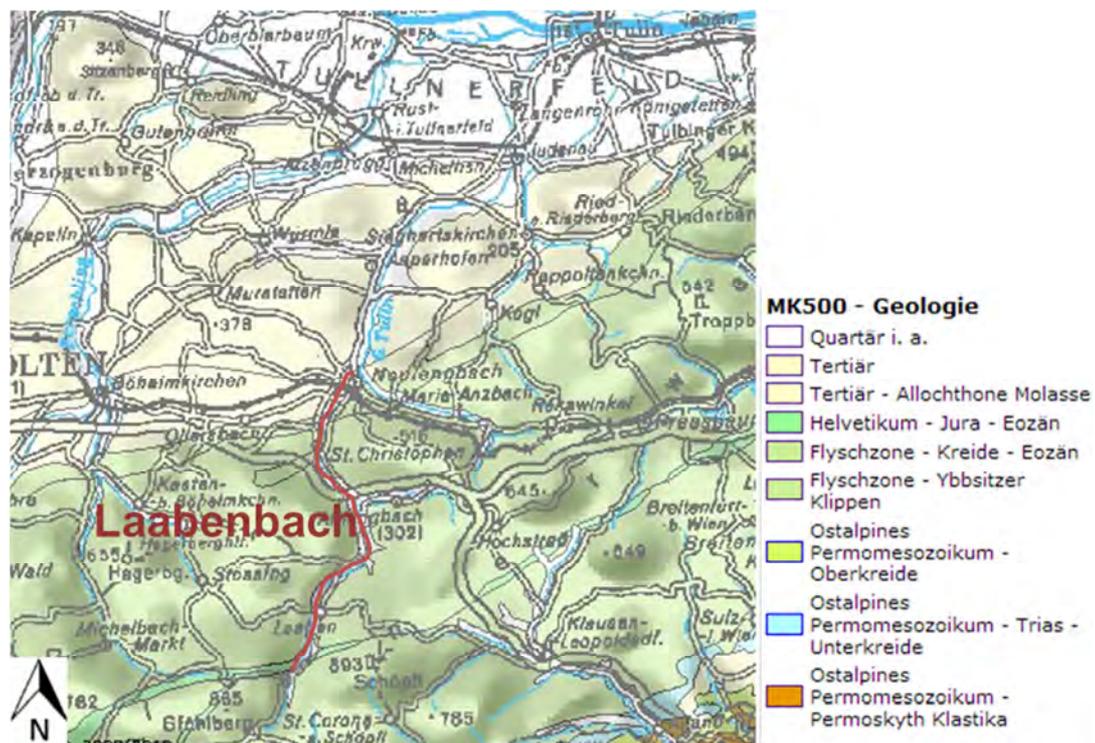


Abb. 2-3: Ausschnitt der geologischen online Karte der GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT (2005/2010)

Die vorwiegenden Gesteinsarten in der Flyschzone sind meist kalkarme Tiefseesedimente, wie Sandstein, Mergel oder Tone. Die Molassezone ist durch Abtragungsschutt der Alpen geprägt und beinhaltet Sedimente wie zum Beispiel Kalksteine oder Schiefertone. (SCHWINGENSCHLÖGL, 2007)

In der Darstellung der mittleren Monatstemperatur und des Niederschlages (Abb. 2-4) ist deutlich zu erkennen, dass es in den Sommermonaten zu größeren Niederschlagsmengen kommt. Meist sind die Niederschlagsereignisse in den Sommermonaten durch Starkregenfälle geprägt. Im Jahresmittel kommt es zu einem Niederschlag von rund 660 mm. Die jährliche Durchschnittstemperatur beträgt ca. 9,4 °C. Die Werte der Niederschläge bzw. der Temperatur wurden von dem online Portal CLIMATE-DATA.ORG (2013) übernommen und mit Daten des AMTES DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDES-REGIERUNG (2011) aus anderen niederösterreichischen Orten auf ihre Plausibilität überprüft.

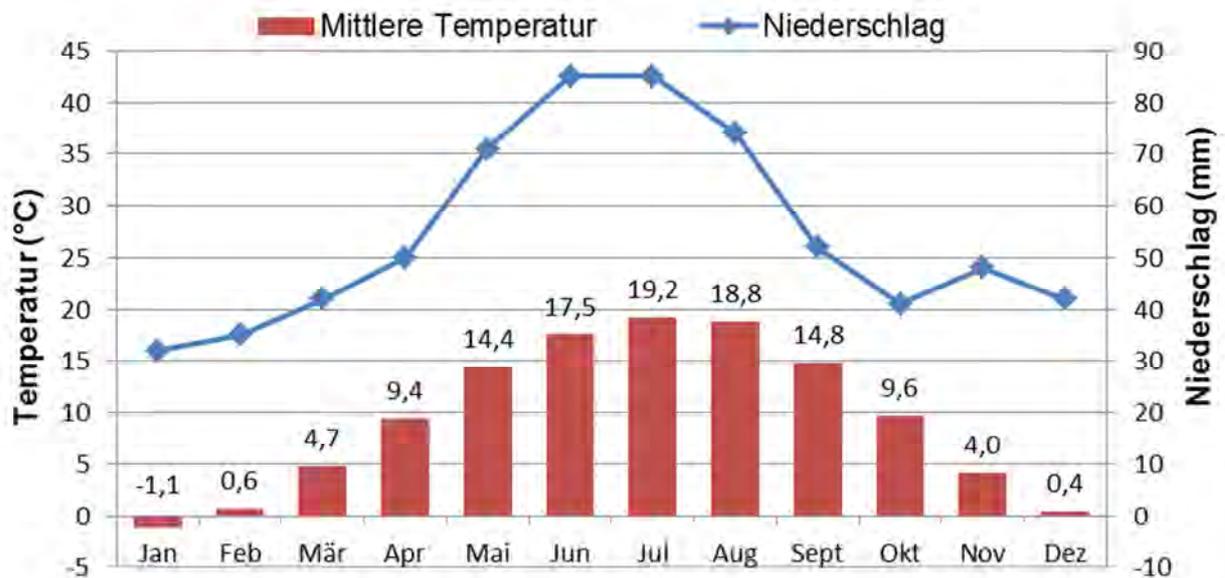


Abb. 2-4: Darstellung der mittleren Monatstemperaturen sowie die jährliche Verteilung Niederschlagsmenge aus CLIMATE-DATA.ORG (2013) für Neulengbach

### 2.3 Hydrologie

In Siegersdorf bei Flusskilometer 15,27 der Großen Tulln befindet sich ein Messpegel (Nr. 208017) des HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES (2013), dessen Daten im hydrographischen Jahrbuch und online (eHYD) zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden seit 1956 aufgezeichnet und es stehen neben aktuellen Werten auch Zeitreihen zur Verfügung. Neben einer Jährlichkeitsstatistik des Durchflusses (Tab. 2-1) erhält man auch Informationen über historische Hochwasserstände.

Tab. 2-1: Jährlichkeitsstatistik: Pegel Siegersdorf (eHYD, 2013)

Ereignis	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>30</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>1</sub>	MQ
Durchfluss (m <sup>3</sup> /s)	220	150	110	90,0	50,0	30,0	1,23

In Abb. 2-5 sind die monatlichen Höchstwerte des Durchflusses von 1956 bis 2010, sowie ausgewählte Hochwasserereignisse dargestellt.

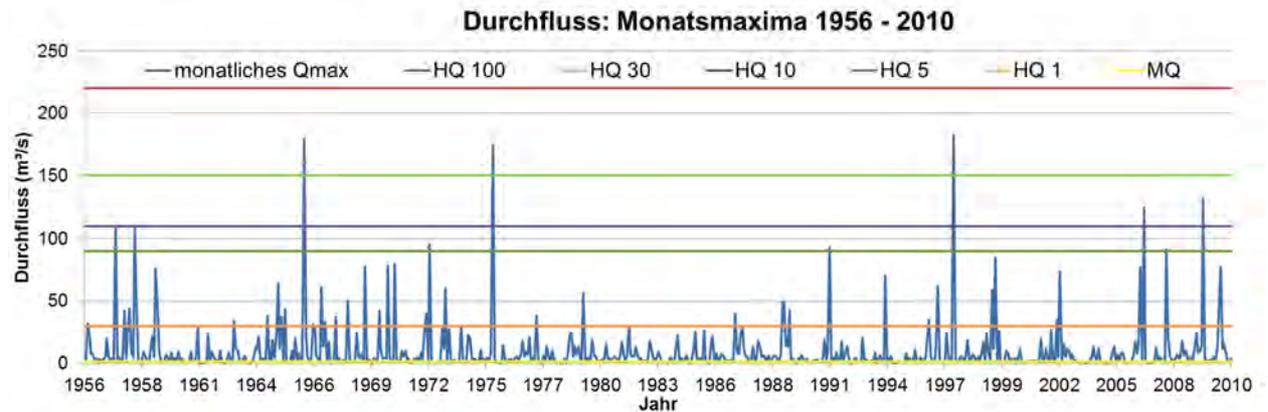


Abb. 2-5: Pegel in Siegersdorf: Monatsmaxima des Durchflusses von 1956 – 2010

Das größte Hochwasser am Pegel Siegersdorf wurde am 8.7.1997 mit einem Wasserstand von 5,3 Metern und einem Durchfluss von 183 m³/s aufgezeichnet.

Exemplarisch sind die Ganglinien für den täglichen Abfluss am Pegel Siegersdorf für das Jahr 2010 und 2005 in Abb. 2-6 und Abb. 2-7 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass große Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren bestehen.

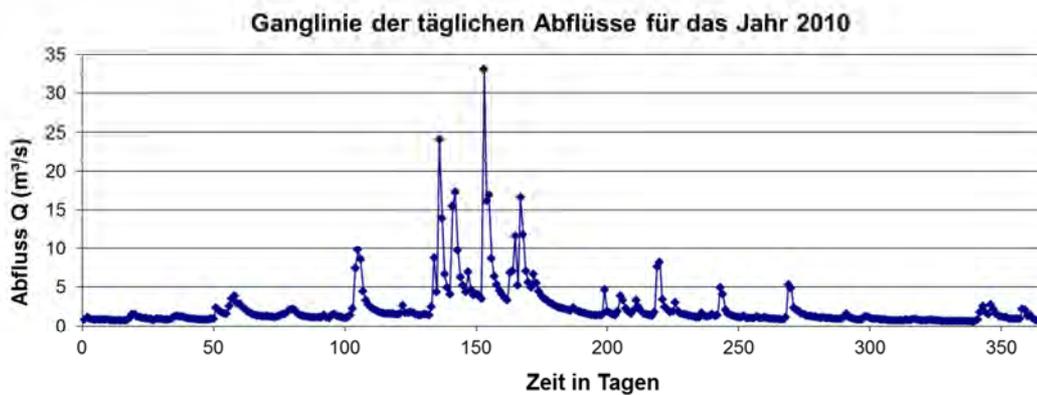


Abb. 2-6: Pegel Siegersdorf: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse für das Jahr 2010

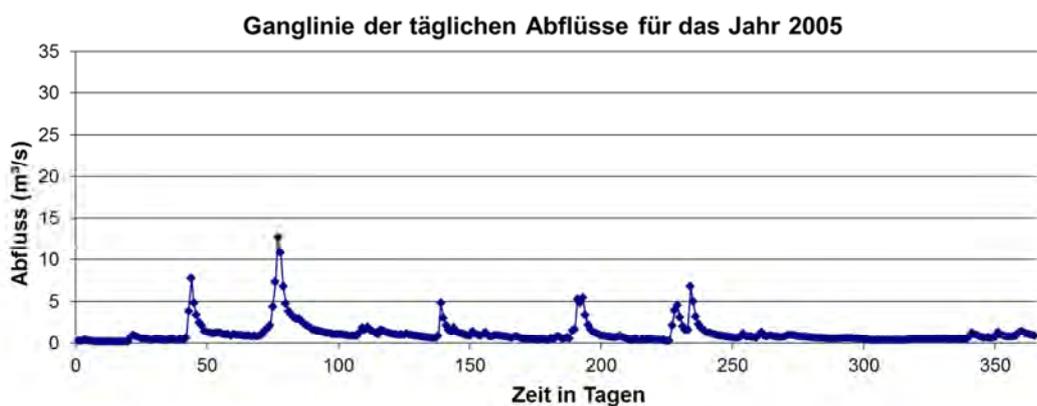


Abb. 2-7: Pegel Siegersdorf: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse für das Jahr 2005

Durch Abbildung der mittleren monatlichen Abflüssen von 1956 bis 2010 lässt sich ein Jahresgang erkennen (Abb. 2-8). Durch die kühlen Temperaturen wird der Niederschlag im Winter teilweise als Schnee gespeichert. Mit Einsetzen der Schneeschmelze und zusätzlichen Niederschlagsereignissen im Frühjahr kommt es in den Monaten März und April zum größten Abfluss. Im Sommer können, vor allem durch Starkregenereignisse, hohe Abflussspitzen entstehen, wie in Abb. 2-6 ersichtlich. Die Große Tulln bzw. der Laabenbach lässt sich daher dem pluvio-nivalen Regime zuordnen. (FÜRST, 2008)

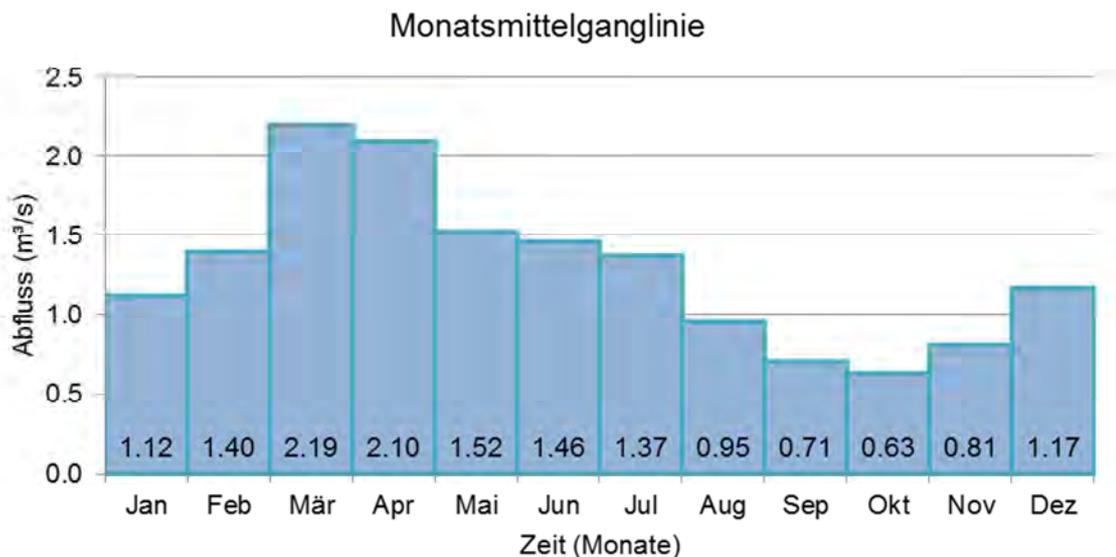


Abb. 2-8: Pegel Siegersdorf: Histogramm der mittleren monatlichen Abflüsse von 1956 bis 2010

Aufgrund der vorliegenden geologischen Verhältnisse (Kapitel 2.2), führt der schwach durchlässige Boden zu extremen Hochwasserspitzen. Durch die klimatischen Bedingungen kann es zu längeren niederschlagsarmen Perioden kommen, die zu einem deutlichen Niedrigwasser führen.

## 2.4 Flusstyp – morphologischer Referenzzustand

Der ursprüngliche Flusstyp des Laabenbaches war ein gekrümmter Verlauf, der später durch Regulierungsmaßnahmen weitgehend in einem gestreckten Verlauf gezwungen wurde. Dadurch ist auch die natürliche Ausbildung typischer Kolke und Furten durch eine monotone Eintiefung der Sohle abgelöst worden. Im Oberlauf kann der Laabenbach und seine Zubringer noch dem Rhithral zugeschrieben werden, bevor er als Große Tulln mit epipotamalen Charakter in die Donau mündet. (KÖCK und VALENTI, 2013)

## 2.5 Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauburger

Für die Planung des Projektes in Neulengbach wurde von der Stadtgemeinde Neulengbach, die als Auftraggeberin fungiert, die Arbeitsgemeinschaft der Büros von DONAUCONSULT INGENIEUR-BÜRO GMBH, PIELER ZT GMBH und EZB TB EBERSTALLER beauftragt. Das Projekt findet im Ein-

vernehmen mit der ABTEILUNG WASSERBAU DES LANDES NIEDERÖSTERREICH statt und ist Teil der Umsetzung des nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes.

Das Projektgebiet erstreckt sich von Flusskilometer 25,22 bis 23,52. Eine Übersicht des Projektgebietes ist in Abb. 2-9 dargestellt. Genauere Lagepläne befinden sich im Anhang (Kapitel 9.3). In Kapitel 6 ist eine Fotodokumentation des Gebietes vor Baubeginn und während der Bauphase enthalten.



Abb. 2-9: Übersicht über das Projektgebiet, ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH (2013)

Im obersten Abschnitt werden zwei verkehrte Strömungstrichter eingebaut, bevor eine Ausleitung aus dem bestehenden Flussbett erfolgt. Der Dambach wurde durch eine Verlegung seiner bisherigen Einmündung bereits in den neuen Flusslauf integriert. Der als Südteil bezeichnete Abschnitt fließt auf einer Länge von ca. 390 Metern durch den bestehenden Auwald (Abb. 2-10), bevor er das bestehende Flussbett queren wird. Der anschließende Teil, auch als Nordteil bezeichnet, erstreckt sich über 360 Meter und führt ebenfalls durch den Auwald, der hauptsächlich aus Eschen (*Fraxinus sp.*) und Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) besteht. Der neue Verlauf soll durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet sein. Die Linienführung wurde auch an die bestehenden Bäume angepasst, um dem Erhalt des Auwaldes möglichst gerecht zu werden (Abb. 2-11). Speziell auf ältere und somit größere Gehölze wurde geachtet. Die Ufer des neuen Flusslaufes sollen mit naturnahen Baumaßnahmen gesichert werden. Die Sicherung erfolgt mit Hilfe von Raubbäumen, die direkt aus dem Auwald entnommen wurden. Die Bäume wurden bereits vor den Schlägerungen des neuen Verlaufes im Februar 2013 ausgewählt. Ein wichtiger Punkt der Ausleitung durch den Auwald ist die Beschattung des Laabenbaches, die eine zu hohe Erwärmung des Gewässers durch die Sonneneinstrahlung verhindern soll. Teilweise werden auch Strukturierungen durch Buschlagen entlang der Ufer vorgenommen.

Der Bereich zwischen der Ausleitung aus dem vorhandenen Flussbett und der Einleitung nach etwa 750 Metern dient zukünftig als Flutmulde. Dieser Bereich soll bei einem statistisch gesehen einjährigen Hochwasser (HQ<sub>1</sub>) mit zirka 20 % des Abflusses dotiert werden. Weiters werden in die Flutmulde Strukturelemente, die auf den Grundsätzen von VIKTOR SCHAUBERGER basieren und von OTMAR GROBER adaptiert wurden, eingebaut. Diesem Teil des Gewässerlaufes wird durch Stecklinge und 1-2-jährige Sträucher zu neuer Vegetation verholfen.



Abb. 2-10: Neues Gerinne durch den Auwald (Juli 2013)



Abb. 2-11: Angepasste Linienführung bei der Ausleitung zur Erhaltung des Baumbestandes (Juli 2013)

Im unteren Abschnitt des Projektes, also jenem Teil in dem wieder der gesamte Abfluss im bestehenden Querschnitt erfolgt, werden ebenfalls Strukturierungselemente eingebaut. Diese Strukturierungselemente sind, speziell für den Verlauf des Laabenbaches, in Zusammenarbeit der Planer mit dem Wasserbaumeister OTMAR GROBER entstanden. Es kommt zu einem pendelnden Verlauf der Niederwasserrinne, die auch mit Hilfe abschnittsweiser Aufweitung des bestehenden Profils erfolgt (Abb. 2-12). Die bei früheren Bauvorhaben errichteten Sohlgurte werden Großteils umgestaltet oder entfernt, um eine durchgängige Passierbarkeit im Bereich des Bauprojektes zu schaffen.



Abb. 2-12: Abschnittsweise Aufweitung eines bestehenden Profils ca. bei Fkm. 24,3 (Juli 2013)

An zwei Stellen kommt es zur Absenkung des Dammes, um die Häufigkeit einer Überflutung im Auwald zu erhöhen und somit die natürliche Eigendynamik zu fördern. Gleichzeitig entsteht so ein Retentionsraum, der im Falle eines Hochwasserereignisses zusätzlichen Schutz vor Überschwemmungen im anliegenden Siedlungsgebiet bieten kann.

So wie im oberen Abschnitt wird auch im unteren Abschnitt ein Nebenarm bei einem HQ<sub>1</sub> an das Hauptgerinne angebunden. Der Nebenarm basiert auf alten Verläufen des Laabenbaches und bietet ebenfalls eine zusätzliche Anbindung an den Auwald. Bei einem HQ<sub>5</sub> soll dieser Nebenarm bereits durchflossen werden.

(KÖCK und VALENTI, 2013)

Der unterste Teil des Projektgebietes lässt durch die angrenzende Siedlung keine Änderungen im Verlauf des Laabenbaches zu. Mit Hilfe von Strömungstrichtern und Sichelbuhnen wird trotzdem versucht, den monotonen Charakter der alten Flussregulierung aufzubrechen und somit dynamische Fließbereiche zu schaffen (Abb. 2-13). Die Ufer des Trapezprofils und das bestehende Wehr bleiben jedoch erhalten (Abb. 2-14).



Abb. 2-13: Strömungstrichter und Sichelbuhne im Bereich der angrenzenden Siedlung ca. bei Fkm. 26,6 (Juli 2013)



Abb. 2-14: Bestehendes Wehr – Fkm. 23,52 (März 2013)

Das gesamte Projekt zur Renaturierung des Laabenbaches in Neulengbach steht, dank dem Verein IG CAMPUS LENGBACH, unter dem Grundsatz: „*Man reguliert einen Flusslauf nie von seinen Ufern aus, sondern von innen her, vom fließenden Medium selber.*“ (ALEXANDERSSON, 2003) und den erweiterten Ideen von VIKTOR SCHAUBERGER.

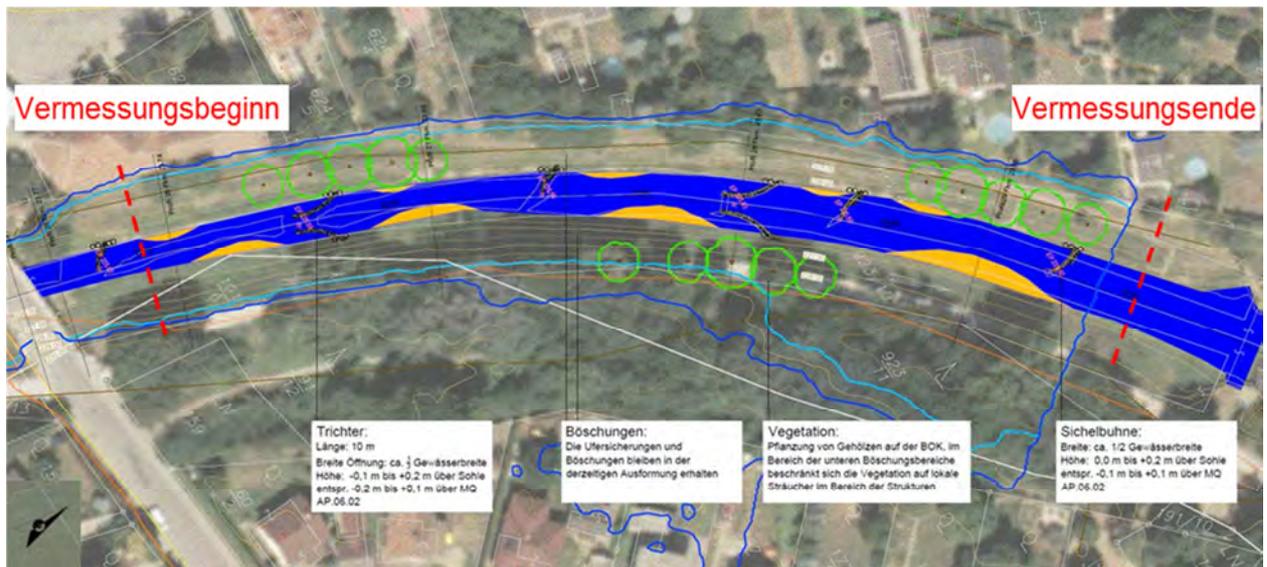


Abb. 2-15: Abschnitt Sturmbrücke bis zum bestehenden Wehr, ARGE GROßE TULLN / ANZBACH (2013)

Der Abschnitt vom Wehr stromaufwärts bis knapp oberhalb der Sturmbrücke wird nur durch das Einbauen von Strömungstrichtern und Sichelbühnen verändert, vergleiche Abb. 2-15. Da die Ufer unverändert bleiben, bietet diese Stelle die Möglichkeit, etwaige Veränderungen solcher Einbauten auf das Abflussverhalten zu analysieren. Die rot-strichlierten Linien zeigen den Beginn und das Ende der im Zuge dieser Arbeit untersuchten Strecke.

### **3. Allgemeine Grundlagen und Methoden**

In diesem Kapitel soll ein kurzer Überblick über die Planungsgrundsätze und Ziele der Wasserrahmenrichtlinie gegeben werden. Des Weiteren werden die Strukturierungsbauwerke genauer beschrieben und ein kurzer Überblick über die Person Viktor Schaubberger gegeben.

Anschließend werden die hydraulischen Grundlagen und die Computersoftware HEC-RAS mit den verwendeten Funktionen kurz vorgestellt. Zum Schluss werden noch die angefertigten Modelle beschrieben.

#### **3.1 Planungsgrundsätze und Ziele der Wasserrahmenrichtlinie**

Mit der Wasserrechtsgesetz-Novelle 2003 (WRG-Novelle 2003), BGBl, I Nr. 112/2003 wurde am 22. Dezember 2003 die „Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, kurz Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), in Österreich in das nationale Recht aufgenommen. Diese Richtlinie gibt Qualitätsziele, nötige Maßnahmen und Fristen vor, um eine gute Wasserqualität zu erhalten oder zu erreichen. Eine weitere wichtige Rolle spielen die Überwachungsprogramme der festgelegten Ziele. Zu diesem Zweck wurde 2006 die Gewässerzustandsüberwachung (GZÜV) in Österreich eingeführt. In dieser Novellierung wird das Monitoring der WRRL entsprechend angepasst. Des Weiteren werden flussgebietsbezogene Bewirtschaftungspläne inklusive Maßnahmen, sowie die Überarbeitung der Bewirtschaftungspläne für die Flusseinzugsgebiete beschlossen. Bei den Maßnahmen und Bewirtschaftung sieht die WRRL im Artikel 14 eine Beteiligung der Öffentlichkeit vor. (LEBENSMINISTERIUM I/4, 2012)

##### **Ziele der Wasserrahmenrichtlinie**

Das prioritäre Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist die „Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt“ (EUROPÄISCHES PARLAMENT, 2000). Als weiteres Ziel der Oberflächengewässer wird der gute Zustand sowohl aus ökologischer als auch aus chemischer Sicht genannt. Die Erreichung eines guten Zustandes aller Wasserkörper wird mit einer schrittweisen Umsetzungsfrist bis Ende 2015 und anschließender Aktualisierung im sechs Jahresrhythmus festgelegt, sowie eine zyklische Überarbeitung. Der ökologische Zustand bei Fließgewässern wird in fünf Güteklassen von Klasse I „sehr guter Zustand“ über Klasse II „Guter Zustand“, Klasse III „Mäßiger Zustand“ und Klasse IV „unbefriedigter Zustand“ bis Klasse V „schlechter Zustand“ eingeteilt (Tab. 3-1). Der chemische Zustand der Gewässer wird nur mit „gut“ in blau und „schlecht“ in rot eingeteilt.

Tab. 3-1: Einteilung des ökologischen Zustandes der Fließgewässer nach WRRL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, LAND BRANDENBURG, 2013)

Farbkennung	Zustandsstufe	Beschreibung
	Sehr guter Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Annähernd natürlicher Zustand</li> <li>• Typspezifische Referenzbedingungen</li> <li>• Schadstoffkonzentrationen im Bereich der Hintergrundwerte</li> </ul>
	Guter Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielzustand der WRRL</li> <li>• Geringfügige anthropogen bedingte Abweichungen</li> <li>• Grenzwerte für Schadstoffe werden eingehalten</li> </ul>
	Mäßiger Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mäßig anthropogen bedingte Abweichungen</li> </ul>
	Unbefriedigender Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr starke anthropogen bedingte Abweichungen</li> </ul>
	Schlechter Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biozönosen des sehr guten bzw. guten Zustandes fehlen</li> </ul>

Um die Zielsetzung und deren Realisierung konkreter festzulegen, wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) in enger Kooperation mit den wasserbaulichen Planungsorganen der Länder 2009 ein Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) erstellt.

### Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

Die Erstellung eines Einzugsgebiets bezogenen Bewirtschaftungsplanes wird in der WRRL in Artikel 13 für jeden Mitgliedsstaat der europäischen Union verpflichtend festgelegt. Liegt das Einzugsgebiet nicht in einem Hoheitsgebiet eines Staates, ist dafür zu sorgen, dass eine koordinierte Erstellung eines Bewirtschaftungsplanes stattfindet, bzw. Teilpläne für das eigene Staatsgebiet erstellt werden. (HABERSACK, 2012)

Der NGP ist eine flussbezogene Planung, die alle sechs Jahre erfolgt und auf der Internetseite des Lebensministeriums veröffentlicht wird. Die Planung soll zum Schutz, zur Verbesserung und zur nachhaltigen Nutzung der Gewässer dienen. Bei der Erreichung der Zielsetzung dürfen allerdings ökonomische Gegebenheiten nicht außer Acht gelassen werden. Eine ausgewogene Planung soll es ermöglichen, auf der einen Seite einen naturnahen Raum zu erhalten bzw. wiederherzustellen, aber auch eine Nutzung der Ressource Wasser auf der anderen Seite. An oberster Stelle der Planung steht jedoch immer die Gesundheit von Menschen und Tieren. (SCHÖBER, 2012)

Mit Hilfe einer abiotischen Einteilung (Geologie, Höhenlage, Größe des Gewässers und Ökoregion) sind die Fließgewässer in Regionen eingeteilt worden. Nach einer Überprüfung mit biologischen Parametern (Fischregionen, Makrozoobenthos, Makrophyten, Phytobenthos) sind 15 Fließgewässer-Bioregionen entstanden. Eine weitere Unterteilung in spezielle Gewässertypen findet noch in Längsrichtung der Flussläufe statt. (BMLFUW, 2009)

Im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan wird der ökologische Zustand des Laabenbaches bzw. der Großen Tulln mit unbefriedigend (Klasse IV) bewertet. Diese Bewertung resultiert aus den fischökologischen Verhältnissen, die vor allem auf die Unpassierbarkeit bzw. schlechte Durchgängigkeit basieren. Die Makrozoobenthos (wirbellose Lebewesen), die Phytobenthos (Algenaufwuchs) und die „national festgelegten Schadstoffe“, die als weitere Kriterien für die ökologische Bewertung dienen, weisen keine Zielverfehlung auf. (KÖCK und VALENTI, 2013)

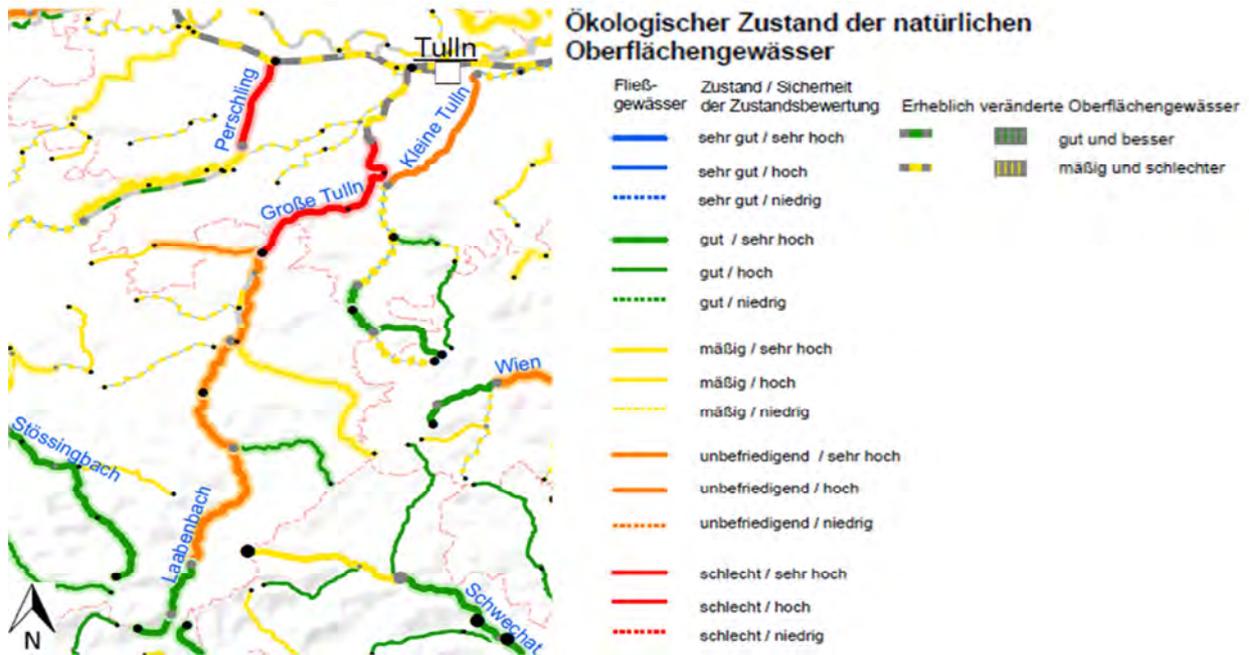


Abb. 3-1: Ausschnitt der Karte O-ZUST1 (BMLFUW, 2009): Ökologischer Zustand der natürlichen Oberflächengewässer und ökologisches Potential der künstlichen und erheblich veränderten Oberflächengewässer

In Abb. 3-1 wird der ökologische Zustand der Fließgewässer, die sich in der Region des Laabenbaches befinden, dargestellt. Die Große Tulln bzw. der Laabenbach wurde wie folgt bewertet:

- oberster Abschnitt: sehr guter Zustand (Klasse I)
- mittlerer Abschnitt: unbefriedigender Zustand (Klasse IV)
- unterer Abschnitt (Große Tulln): schlechter Zustand (Klasse V)

Der Abschnitt kurz vor der Einmündung in die Donau wird als mäßig und schlecht der Kategorie der „erheblich veränderten Oberflächengewässer“ zugeordnet.

Diese Bewertung zeigt, dass Handlungsbedarf zur Einhaltung der vorgeschriebenen WRRL-Ziele besteht. Im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan ist die Große Tulln als prioritäres Gewässer angegeben und der Laabenbach wird dem „Zielgebiet 2“ (Landeskonzept – Prioritäten Umsetzung WRRL in NÖ) zugeschrieben. Diese Einteilung bedeutet, dass aufgrund ökologischer Verbesserungen mit einem hohen Nutzen gerechnet werden kann und somit gewässerökologische Maßnahmen zukünftig unterstützt werden sollen. (EBERSTALLER, 2010)

## 3.2 Strukturelemente

Strukturelemente sind sowohl Längsbauwerke als auch Querbauwerke im Wasserbau. Durch solche Bauwerke ist es möglich, einen relativ abwechslungsreichen Flussabschnitt zu erzeugen. Jedes natürliche Fließgewässer lebt von einer gewissen Eigendynamik, die durch unterschiedliche Strömungsverhältnisse zur Schaffung von verschiedensten Lebensräumen beiträgt. In der Natur kommt kein regelmäßiger Querschnitt eines Flusses vor, daher ist es wichtig, die Gewässer wieder in ihre ursprüngliche Form zu bringen, möglichst viele Variationen in der Breite und Tiefe zu erzeugen. Durch den Einbau von Strukturelementen können Auskolkungen oder Anlandungen entstehen. Die unterschiedlichen Abflüsse im Jahresgang sind wichtig, um dem Fluss die Eigenentwicklung zu ermöglichen. Mit Strukturelementen kann man eine Niederwasserrinne in breiteren Querschnitten erzeugen und bei höheren Abflüssen trotzdem noch genügend Raum für den Abfluss bereitstellen. (SCHIECHTL und STERN, 2001)

Die Bauelemente können aus den verschiedensten Materialien hergestellt werden, allerdings sollte man möglichst standorttypische ingenieurbioologische Baustoffe verwenden, um so einem natürlichen Wasserbau zu entsprechen.

Mit Hilfe der Strukturelemente kann man einem Fluss nur den Anstoß und die Möglichkeit zu einer Veränderung in Richtung seines natürlichen Zustandes geben, aber letztendlich ist die Abwechslung der Abflüsse für die resultierende Dynamik verantwortlich. (STROBL und ZUNIC, 2006)

Im Untersuchungsgebiet der vorliegenden Masterarbeit wurden drei Sichelbuhnen und zwei Strömungstrichter eingebaut.

### 3.2.1 Viktor Schaubberger

Viktor Schaubberger war ein österreichischer Naturforscher. Er wurde am 30. Juni 1885 in Holzschlag (Mühlviertel, Oberösterreich) als Sohn des hiesigen Forstmeisters geboren. Schon als Kind war Schaubberger von der Natur fasziniert und liebte es durch die Wälder zu gehen und Bäche zu beobachten. Sein Vater wollte, dass Viktor eine akademische Ausbildung zum Forstmeister macht, jedoch brach er das Gymnasium ab und besuchte eine praktisch orientierte Forstschule. Er absolvierte 1904 die Ausbildung und erhielt das staatliche Forstexamen. 1911 bekam er eine fixe Anstellung bei der „Fürstlich Schaumburg-Lippe’schen Herrschaftsverwaltung“, die große Jagd- und Forstgründe in Steyring (Oberösterreich) besitzt. Während des 1. Weltkrieges musste Schaubberger seinen Kriegsdienst ableisten und wurde dabei verwundet. Nach den Kriegsjahren setzte er seine Tätigkeit unter Prinz Adolph zu Schaumburg-Lippe wieder fort. Weite Teile des 21000 Hektar großen Anwesens, für die Schaubberger die Aufsicht übernahm, waren noch völlig naturbelassen und so konnte er viele natürliche Prozesse beobachten und von diesen lernen. Neben den unterschiedlichsten Holz und Tierarten legte er ein besonderes Augenmerk auf die vielen Wasserläufe mit großen Fischvorkommen. Durch seine Beobachtungen stellte er einen Zusammenhang zwischen der Wassertemperatur, der Bewegung des Wassers und seiner Qualität her. Als Ursache für diese Parallelen sah er das Verhalten der Forellen, die zum Laichen in die kühlen Quellregionen wandern. Einen weiteren

Beweis dafür sah er in der Vegetation, die er am artenreichsten in diesen Regionen vorfand. Für ihn war es deshalb wichtig, den Gewässern genügend Schatten zu spenden, um eine zu große Erwärmung zu verhindern. Seine größte Errungenschaft aus dieser Zeit war die Entwicklung von einer Holzschwemmanlage, die seiner Meinung nach auf den „Prinzipien des ziehenden und tragenden Wassers“ basieren. Zuerst wurden seine Ideen noch belächelt, aber nachdem die Anlage unter eigenständiger Finanzierung erbaut wurde und den Praxistest erfolgreich abschließen konnte, wurde er zum höchsten Leiter im Jagd- und Forstgebiet der Herrschaftsverwaltung Schaumburg-Lippe. Durch diese Entwicklung der Holzschwemmanlage war es möglich, die Holztransporte aus schwer zugänglichen Gebieten effektiver zu gestalten. Schauburger wurde schnell bekannt und trat 1924 in den Staatsdienst als Reichskonsulent für Holzschwemmanlagen. Sein Aufgabengebiet war der Bau von Schwemmanlagen, die den Transport kostengünstiger gestalten sollten. Schauburger diente als Berater und wurde von seinen akademischen Kollegen immer wieder wegen seiner fehlenden wissenschaftlichen Ausbildung angegriffen. Professor Forchheimer (Hydrologe und Ingenieur) sollte die Arbeiten von Schauburger wissenschaftlich belegen, aber viele Phänomene konnte man nicht erklären. Nach großen Protesten einiger Beamter gab Schauburger den Staatsdienst ab und arbeitete für den Baumeister Steinhard. Die Schwemmanlagen wurden auch außerhalb Österreichs erbaut.

Das Thema Energie und Energieumwandlung beschäftigte Schauburger und so kam es zu einigen Erfindungen und Patentanmeldungen, unter anderem das Doppeldrallrohr, das später in seiner Luftturbine Verwendung fand. Ebenso wurde in Zusammenarbeit mit Siemens eine sogenannte „Wärme-Kälte-Maschine“ gebaut.

1938 wurde Schauburger nach Nürnberg gerufen, um dort Versuche durchzuführen. Er wurde von der Gestapo überwacht, die auch einige seiner Instrumente und Dokumente beschlagnahmte. 1941 war er bei Messerschmitt, einem deutschen Flugzeughersteller, für die Entwicklung von Kühlsystemen verantwortlich. Viktor Schauburger wurde 1944 im KZ Mauthausen mit anderen technisch ausgebildeten Häftlingen zwangsverpflichtet Experimente zu einer alternativen Antriebstechnik durchzuführen. Durch entsprechendes Ansuchen kam es zu einer Versetzung der Forscher an die SS Hochschule in Wien-Rosenhügel.

Nach dem Krieg beschäftigte sich Schauburger mit dem Bau von unterschiedlichen Wasserapparaten und machte unzählige landwirtschaftliche Versuche. 1958 folgte er mit seinem Sohn Walter einer Einladung nach Texas, um dort seine Forschungen fortzuführen. Um wieder ausreisen zu dürfen, musste Viktor seine Modelle, Geräte und Forschungsunterlagen zurücklassen und eine Verschwiegenheitserklärung über seine abgeschlossenen und zukünftigen Arbeiten unterzeichnen.

Wenige Tage nach seiner Rückkehr starb Viktor Schauburger am 25. September 1958 in Linz.

(ALEXANDERSSON, 2003 und COATS, 2012)

### **Viktor Schauberger im Wasserbau**

Für Schauberger war es wichtig die Natur zuerst zu beobachten und aus den natürlichen Prozessen bauliche Maßnahmen abzuleiten. Seiner Meinung nach sei es wichtig, einen Fluss nicht durch Uferverbauungen, sondern durch gezielte Maßnahmen im Inneren zu schützen. *„Durch eine möglichst schnelle Ableitung des Wassers im Gerinne kommt es vermehrt zu Angriffen der Ufer und die Probleme werden dadurch nur noch größer“*, so Schauberger. Ein natürliches Gerinne sei durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, Turbulenzen und eine pendelnde Linieneinführung gekennzeichnet, also sollte man diese auch bei der Flussregulierung berücksichtigen. In Krümmungen des Flusslaufes sollten Längswirbel in Richtung Flussmitte initiiert werden, um die Strömungsachse in Flussmitte zu verlagern. Schauberger steuerte dies mit Einbauten, die er als „Wirbelerzeuger“ bezeichnete. Dadurch ergab sich nicht nur ein Schutz der Ufer gegen Erosion, sondern entstand auch eine „Energetisierung des Wassers“, die wiederum ein wesentlicher Bestandteil der Wasserqualität sei, meinte Schauberger. In geraden Flussläufen ließ er „Energiekörper“ einbauen, die für einen Austausch der oberen und unteren Wasserschicht sorgten und somit an gewünschten Stellen Sedimente umlagern konnten. Einen weiteren wesentlichen Faktor für die Wasserqualität sah er auch im Temperaturgefälle des Wassers, das seiner Meinung auch einen großen Einfluss auf die Bewegung des Wassers hätte. Auf jeden Fall sollte man einem Gewässer eine ausreichende Beschattung zur Verfügung stellen. Durch die entsprechende Bewegung des Wassers kommt es zum Sedimenttransport, der sich in der Nährstoffverteilung widerspiegelt und so für ausreichendes Leben im Fluss und an den Ufern sorgt.

(ALEXANDERSSON, 2003 und COATS, 2012)

### **3.2.2 Sichelbuhnen**

Sichelbuhnen sind Querbauwerke im Wasserbau, die zur Lenkung der Strömung dienen. Die Lenkbuhnen mit sichelartiger Krümmung flussauf (inklinant) oder flussab (deklinant) werden zur Strukturierung des Gewässers, zum Uferschutz und zur Geschieberegulierung verwendet. Diese Buhnenart wird meist aus Blocksteinen ausgeführt und besteht aus zwei Reihen von Steinen, wobei die Reihe flussab mit größeren Flussbausteinen ausgeführt wird, da diese als Sicherung verwendet wird (Abb. 3-3). Es wurden aber auch schon Naturversuche mit Totholz durchgeführt, wie zum Beispiel an der Brookbäke im Landkreis Oldenburg. Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedlichste Materialien für den Bau in Frage kommen und somit sollten möglichst gewässertypische Baustoffe verwendet werden. Lenkbuhnen ragen nur leicht aus der Sohle und werden deshalb bereits schon bei sehr niedrigen Durchflüssen überströmt. In ihrer hydraulischen Wirkung kann man sie dann mit Dammüberfällen vergleichen. Bei leichtem Überfall kommt es unterhalb der Buhne und parallel zu dieser, zur Bildung einer Walze, die wiederum zu einer Auskolkung führt. Wird die Leitbuhne nicht überströmt, stellt sich eine Kehrströmung ein. Große Abflüsse erzeugen eine Spiralströmung in Fließrichtung und verändern die Geschwindigkeitsverteilung und den damit verbundenen Geschiebetransport. Dies bewirkt Anlandungen im Bereich der Buhne und Eintiefungen im benachbarten Teil der Sohle (Abb. 3-2).

In der Steiermark werden bereits seit Anfang der 1990er Jahre durch die Baubezirksleitung Bruck a. d. Mur unter der Leitung von OTMAR GROBER solche Lenkbuhnen verwendet, die sich durch ihre niedrigen Überströmhöhen von den klassischen Buhnen unterscheiden.

(SINDELAR und MENDE, 2009; MENDE, 2012)

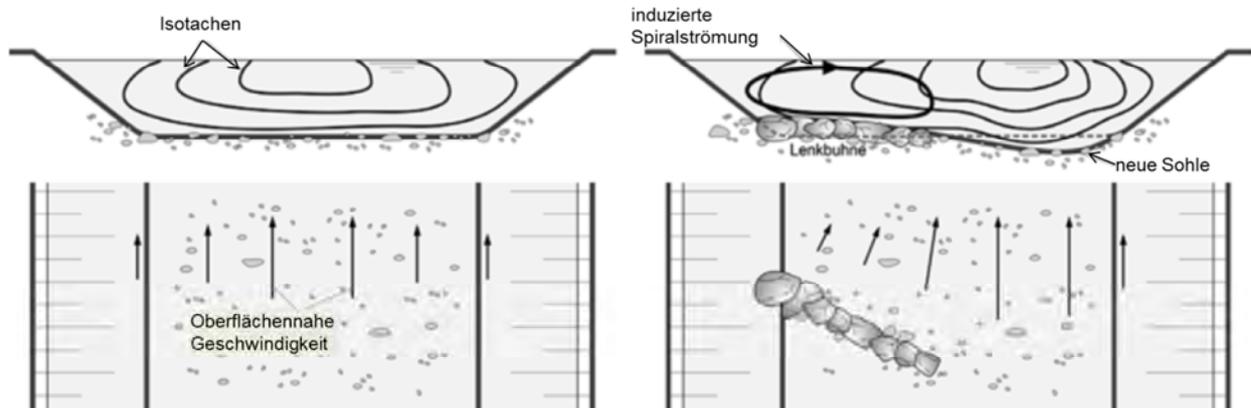


Abb. 3-2: Unterschied der Geschwindigkeitsverteilung in einen geraden Gewässerabschnitt. Links ohne und rechts mit inklinant eingebauter Lenkbuhne. (SINDELAR und MENDE, 2009)

Durch die Tiefenvarianz und die Strömungsvielfalt ergibt sich eine ökologische Verbesserung und es entstehen gewünschte Lebensräume für Fischarten und andere aquatische Individuen. (FISCHEREIREVIERVERBAND IV ST. PÖLTEN, 2012)

Bei dem Bauprojekt in Neulengbach erfolgt der Einbau des Buhnenkopfes auf Höhe der mittleren Sohle. Die Buhnenwurzel sollte ca. 20 cm darüber liegen, dies entspricht ungefähr 10 cm über dem Niveau des Mittelwassers. Für den Buhnenbau werden Wasserbausteine (siehe Abb. 3-4) der Klasse V ( $\varnothing$  ca. 1,0 m) für die vordere Reihe und Steine der Klasse VI ( $\varnothing$  ca. 1,2 m) für die Sicherungsreihe verwendet. In Tab. 3-2 ist die Einteilung der Wasserbausteine in Klassen dargestellt. Die Länge der Buhne sollte ungefähr bis zur Gewässermitte reichen. Am Ufer wird eine zusätzliche Sicherung mit Hilfe von Blocksteinen durchgeführt, um möglichen Uferanrissen entgegenzuwirken.

Tab. 3-2: Einteilung der Wasserbausteine nach ihrer Kantenlänge (FLATSCHER ERDBAU, 2013)

Klasse	I	II	III	IV	V	VI
Kantenlänge (cm)	20 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 80	80 - 100	> 100

Durch die geringe Höhe der Sichelbuhnen kommt es bereits bei Abflüssen die über MQ ( $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) liegen zu einer Überströmung, die eine Veränderung der Strömungsverhältnisse als Folge hat. Die Auskolkung die sich im Laufe der Jahre hinter der Buhne ausbilden sollte, wurde bereits beim Einbau durch eine minimale Baggerung initiiert. (KÖCK und VALENTI, 2013)

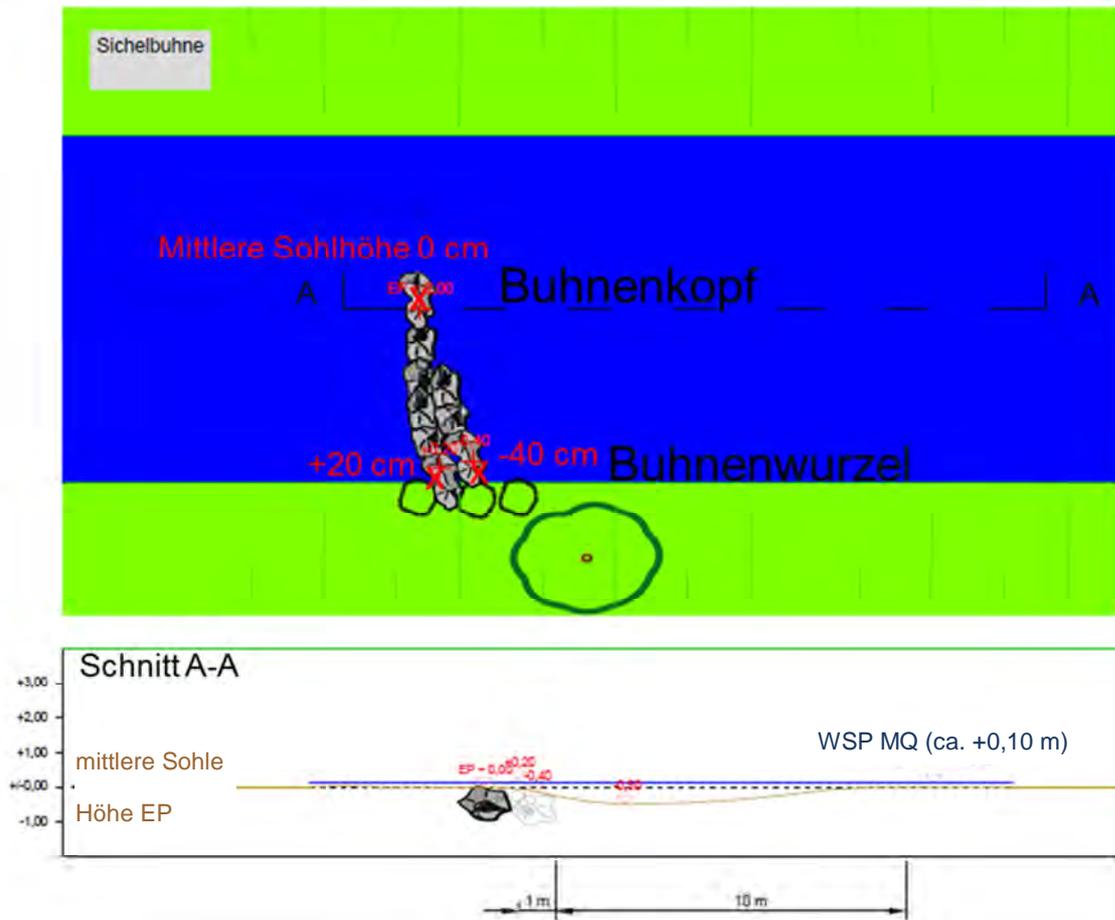


Abb. 3-3: Darstellung einer Sichelbühne: Ausschnitt aus dem Regelplan Strukturierung Bestand mit Trichter und Sichelbühne, Projekt: Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung (KÖCK und VALENTI, 2013)



Abb. 3-4: Lagerung von Blocksteinen in Neulengbach (Juli 2013)

Der Einbau der Sichelbühnen in Neulengbach im Bereich zwischen der Sturmbrücke (Fkm. 23,92) und dem Leitenwehr (Fkm. 23,52) erfolgte bereits Ende Juni 2013. In Abb. 3-5

kann man bei der fertig eingebauten Sichelbuhne die Lenkung der Strömung in Flussmitte erkennen. Im vermessenen Gebiet (vgl. Abb. 2-15) wurden zwei deklinante und eine inklinante Sichelbuhne eingebaut.



Abb. 3-5: Lenkung der Strömung in Flussmitte durch die deklinant eingebaute Sichelbuhne bei Fkm. 26,67 (Juli 2013)

### 3.2.3 Strömungstrichter

Strömungstrichter stellen ein beidseitiges Leitwerk dar, die eine Weiterentwicklung aus dem österreichischen Patent Nr. 134543 von Viktor Schaubberger sind. In Abb. 3-6 ist ein Teil der Patentschrift abgebildet, in Fig.2 und Fig.3 sind die Leitschaufeln aus zwei verschiedenen Blickrichtungen dargestellt. In Fig.4 ist ein Gerinnequerschnitt mit eingebauten Leitwerken mit Blick in Fließrichtung abgebildet.

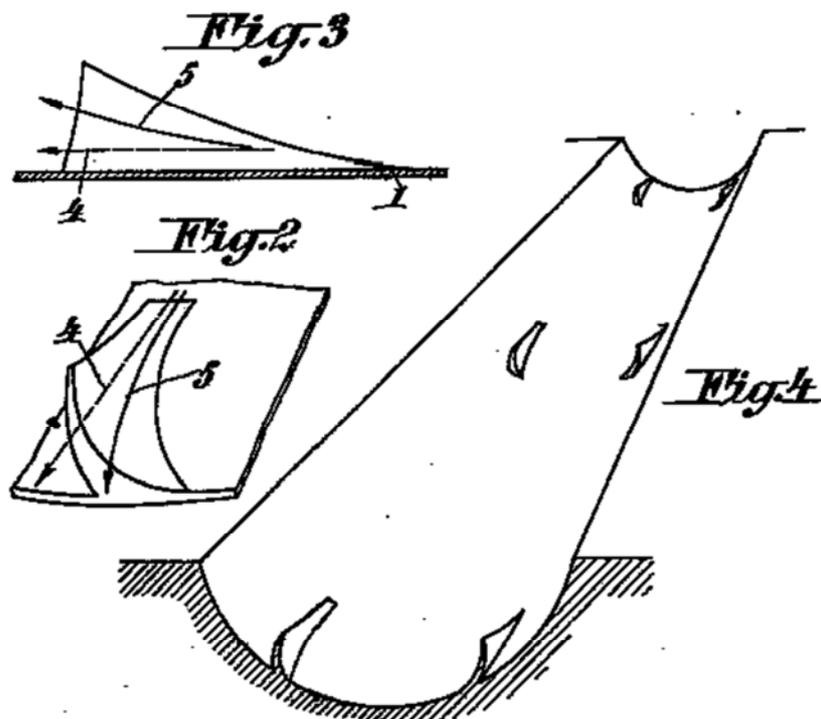


Abb. 3-6: Ausschnitt aus der österreichischen Patentschrift Nr. 134543: Wasserführung in Rohren und Gerinnen, Fig. 2 und Fig.3: Leitschaufeln, Fig.4: Querschnitt mit Leitschaufeln, Blick in Fließrichtung (SCHAUBERGER, 1933)

OTMAR GROBER griff die Idee dieser Leitwerke auf und entwickelte daraus die Strömungstrichter. Die beidseitig angeordneten Sichelbuhnen sind in Fließrichtung länger als in Querrichtung des Gewässers. Die beiden Einbauten, die sich ähnlich wie eine Hyperbel verzüngen, sind beidseitig offen und erinnern deswegen an die Form eines Trichters (BADURA et al., 2006). Die Strömungstrichter können sowohl inklinant als auch deklinant in den Flusslauf eingebaut werden. Entsprechend der Einbaurichtung entstehen unterschiedliche Wirkungen (Abb. 3-7). Wie bei den Sichelbuhnen (vgl. Kapitel 3.2.2) ragen die Strömungstrichter nur leicht aus der Sohle und werden so leicht überströmt. Eine deklinante Bauweise führt zu einer beidseitigen Auskolkung zwischen den Ufern und der Öffnung, hingegen kommt es bei inklinanten Trichtern zu einer flächenmäßig größeren Eintiefung flussab des Bauwerkes. Bei niedrigen Wasserständen entsteht eine Abflusskonzentration und Beschleunigung in der Mitte des Flusslaufes. (SINDELAR und MENDE, 2009)

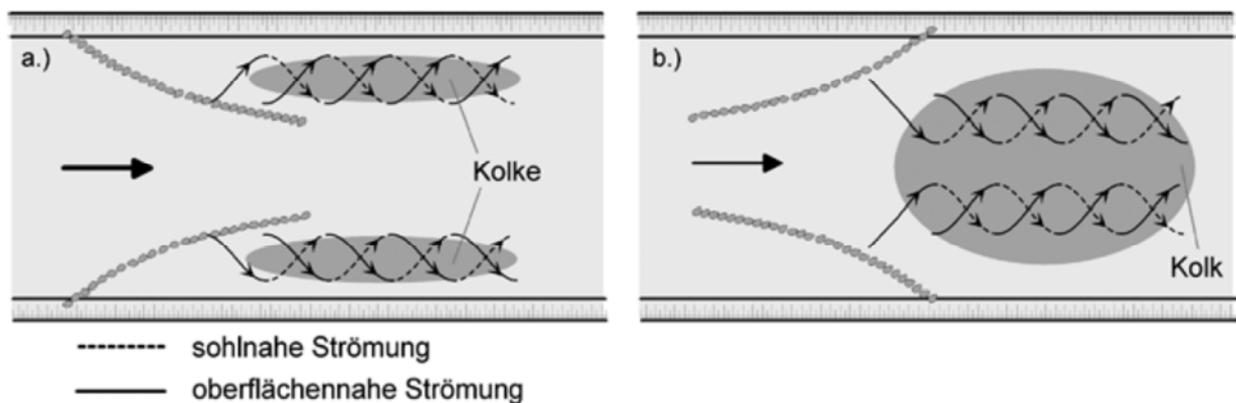


Abb. 3-7: Unterschiedliche Auskolkung abhängig von der Einbaurichtung, a.) deklinante und b.) inklinante Bauweise (SINDELAR und MENDE, 2009)

Die Bauausführung erfolgt weitgehend wie bei den Sichelbuhnen mit Wasserbausteinen, wobei aber flusstypische Materialien berücksichtigt werden sollten. Die Strömungstrichter sind eine kostengünstige Möglichkeit geradlinige Flussabschnitte ohne großen Aufwand ökologisch aufzuwerten. Ergebnisse des Monitorings an der Mur, an der bereits 2004 solche Strukturbauwerke eingebaut wurden, zeigen, dass es zur gewünschten Strömungsvarianz, zur Ausbildung unterschiedlich tiefer Bereiche und der damit verbundenen Habitatsverbesserung gekommen ist. Hochwasserereignisse konnten bisher schadlos abgeführt werden. (SINDELAR und MENDE, 2009)

Im untersuchten Abschnitt in Neulengbach (Abb. 2-15) kam es im Juni 2013 zum Einbau von zwei verkehrten (inklinanten) Strömungstrichtern. Als Einbaumaterial wurden Flussbausteine der Klasse V ( $\varnothing$  ca. 1,0 m) verwendet, vergleiche Tab. 3-2. Die Länge eines Trichters beträgt zirka 10 m und die in Strömungsrichtung obere Öffnung wurde mit einem Drittel der Gewässerbreite, also rund 3,5 m dimensioniert. Am zuerst angeströmten Ende erfolgte der Einbau ca. 10 cm unterhalb der mittleren Sohlhöhe. Die Höhe des Bauwerkes steigt langsam flussab an und ragt am unteren Ende, an dem es an den Ufern eingebaut ist, zirka 20 cm über die bestehende Sohle (Abb. 3-8). (KÖCK und VALENTI, 2013)

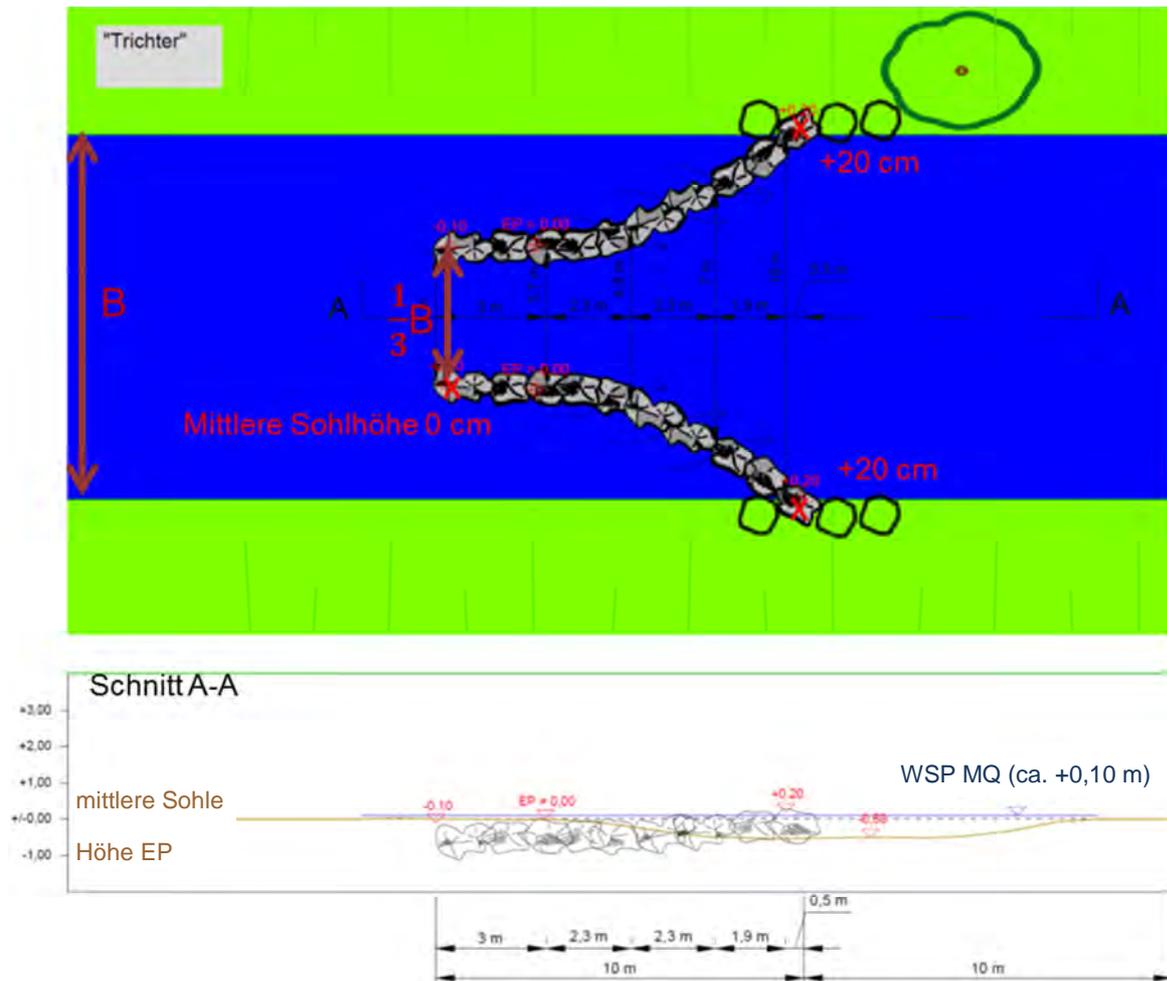


Abb. 3-8: Darstellung eines verkehrten Strömungstrichters: Ausschnitt aus dem Regelplan Strukturierung Bestand mit Trichter und Sichelbuhne, Projekt: Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung (KÖCK und VALENTI, 2013)

Beim verkehrten Strömungstrichter bei Fkm. 23,63 (siehe Abb. 3-9) ist die Beschleunigung des Abflusses in Flussmitte deutlich zu erkennen.



Abb. 3-9: Beschleunigung der Strömung in Flussmitte durch den eingebauten verkehrten Strömungstrichter bei Fkm. 23,63 (Juli 2013)

### 3.3 Hydraulische Grundlagen

Um Prognosen über Auswirkungen von Veränderungen im Flusslauf zu erstellen, gibt es die Möglichkeit physikalische Modellversuche oder numerischen Simulationen durchzuführen. Ein wasserbaulicher Modellversuch ist meist an einen hohen Zeitaufwand und hohe Kosten gekoppelt. Je nach Fragestellung ist das geeignete Ähnlichkeitsgesetz zur richtigen Abbildung des natürlichen Fließverhaltens nötig. Bei Computersimulationen können einfache Aufgaben relativ schnell mit ausreichender Genauigkeit gelöst werden. Die numerischen Modelle sind abhängig von der Komplexität des Problems in ein-, zwei- oder dreidimensionale hydrodynamische Berechnungsmodelle eingeteilt. Mit Hilfe von eindimensionalen Strömungsmodellen kann unter anderem die Wasserspiegellage unter bestimmten Voraussetzungen berechnet werden. Bei diesen Modellen werden die Fließgeschwindigkeit und der Wasserstand über den gesamten Querschnitt gemittelt. Der Durchfluss wird also nur in eine Hauptrichtung betrachtet. Eindimensionale Modelle finden Anwendung bei gleichmäßigen langgestreckten Flussabschnitten. (STROBL und ZUNIC, 2006)

Zweidimensionale Modelle berücksichtigen bereits Unterschiede in der Fließgeschwindigkeit. Durch eine tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit wird der Abfluss in zwei Richtungen (x- und y-Richtung) abgebildet und macht es somit möglich, Fließwege auf Grund der Geländeoberfläche genauer darzustellen. Mit dreidimensionalen Modellen ist es möglich, die Strömungssituation in jedem Punkt realistisch abzubilden. Die Simulation dient aufgrund ihrer Komplexität derzeit nur der Beantwortung von Detailfragen. (Habersack et al., 2007)

#### 3.3.1 Hydraulische Modellierung

In diesem Abschnitt der Arbeit werden kurz die wichtigsten verwendeten Formeln für die Berechnung der Wasserspiegellage in offenen Gerinnen beschrieben, jedoch sollte dieser Teil nur als Überblick dienen. Für vertiefende Fragestellungen sei auf die Literatur von BOLLRICH (2007), RÖSSERT (1999) oder LOISKANDL (2008) hingewiesen.

Der Bewegungsablauf des Wassers wird durch die Beschleunigung geprägt. Um das Strömungsverhalten erklären zu können, muss die Zusammensetzung der Beschleunigung betrachtet werden. Die zeitliche Geschwindigkeitsänderung findet in alle Richtungen statt. Die Kombination aus einer lokalen und einer konvektiven Beschleunigung ergibt die substantielle Beschleunigung:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + (v\nabla)v$$

substantielle Beschleunigung = lokale + konvektive Beschleunigung

$v$  ... Geschwindigkeit in m/s

$t$  ... Zeit in s

$\nabla$  ... Nabla-Operator  $\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}$

Die lokale Beschleunigung ist die zeitliche Änderung der Geschwindigkeit an einem bestimmten Ort. Die konvektive Beschleunigung ist eine Änderung der Geschwindigkeit als Resultat einer Ortsänderung. Der Nabla-Operator ist ein Vektor, der sich aus den dreidimensionalen partiellen Ableitungsoperatoren zusammensetzt.

Durch die unterschiedliche Ausbildung der Beschleunigung, sind die Strömungsarten definiert:

- Stationäre Strömung:

Bei diesem Strömungsverhalten ist die lokale Beschleunigung gleich Null, das heißt, dass die Geschwindigkeit über die Zeit konstant bleibt.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0$$

- Instationäre Strömung:

Dieses Strömungsverhalten stellt das Gegenteil der stationären Strömung dar, das bedeutet, dass sich die Geschwindigkeit über die Zeit verändert und somit die lokale Beschleunigung ungleich Null ist.

$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$$

- Gleichförmige Strömung:

Eine gleichförmige Strömung ist durch die Ortsunabhängigkeit geprägt, daraus ergibt sich, dass die konvektive Beschleunigung bei dieser Strömungsart gleich Null ist.

$$(v\nabla)v = 0$$

- Ungleichförmige Strömung:

Die ungleichförmige Strömung kann wieder als Gegenteil der gleichförmigen Strömung gesehen werden. Die Beschleunigung ist ortsabhängig und somit die konvektive Beschleunigung ungleich Null.

$$(v\nabla)v \neq 0$$

(BOLLRICH, 2007 und LOISKANDL, 2008)

Jedes Abflussverhalten wird durch die beschriebenen Strömungsarten charakterisiert. Kommt es zu einem stationär gleichförmigen Abfluss (die substantielle Beschleunigung ist Null), so spricht man von einem Normalabfluss. Dieses Verhalten kommt bei Rohrleitungen mit konstantem Durchmesser und konstanter Druckhöhe vor oder bei offenen Gerinnen mit einem gleichmäßigen Querschnitt und einer Sohle, die parallel zur Wasserspiegellage und zum Energieliniengefälle ist. Bei einem natürlichen Gerinne werden diese Voraussetzungen jedoch kaum vorzufinden sein. Viel häufiger stellt sich ein stationär ungleichförmiger Abfluss in natürlichen Gerinnen ein, wenn der Durchfluss über eine gewisse Zeit konstant bleibt. (RÖSSERT, 1999)

Um dem Gesetz der Massenerhaltung bei Flüssigkeitsströmungen gerecht zu werden, gilt das Kontinuitätsgesetz. Das heißt die Veränderung, also die Differenz der ein- und ausströmenden Flüssigkeit ruft eine Veränderung im Speicher hervor.

$$Q_{EIN} - Q_{AUS} = \Delta S$$

$Q_{EIN}$  ... einströmende Flüssigkeit

$Q_{AUS}$  ... ausströmende Flüssigkeit

$\Delta S$  ... Speicheränderung

Diese Gleichung gilt allerdings nur bei inkompressiblen Flüssigkeiten, das bedeutet die Dichte  $\rho$  ist konstant. Für den Fall eines stationären Abflusses, bei der die zeitliche Änderung des Abflusses gleich Null ist, ergibt sich:

$$Q_{EIN} - Q_{AUS} = 0$$

Der Durchfluss resultiert aus dem Produkt der durchströmten Querschnittsfläche und der mittleren Fließgeschwindigkeit.

$$Q = A * v$$

$Q$  ... Durchfluss in m<sup>3</sup>/s

$A$  ... Querschnittsfläche in m<sup>2</sup>

$v$  ... mittlere Fließgeschwindigkeit in m/s

Folglich ergibt sich daraus, dass der Durchfluss bei einer Veränderung der Geschwindigkeit und des Querschnittes konstant bleibt.

$$Q = \int_A v * dA$$

$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2 = \textit{konstant}$$

Bei stationären Bedingungen kann die Energiegleichung nach BERNOULLI, die auf die Bewegungsgleichung nach EULER aufbaut, angesetzt werden. Bei idealen Flüssigkeiten (innere Reibungslosigkeit) gilt, dass die Summe aus der Druck-, Geschwindigkeits- und der geodätischen Höhe gleich der Energiehöhe ist.

$$H = \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z$$

$H$  ... Energiehöhe in m

$\frac{v^2}{2g}$  ... Geschwindigkeitshöhe in m

$\frac{p}{\rho g}$  ... Druckhöhe in m

$v$  ... Geschwindigkeit in m/s

$p$  ... Druck in Pa = N/m<sup>2</sup>

$z$  ... geodätische Höhe in m

$g$  ... Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup>

Erweitert man diesen Ansatz für zähe Flüssigkeiten, so muss eine Verlusthöhe  $h_v$  berücksichtigt werden.

$$H = \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z + h_v$$

Für instationäre Abflussberechnungen wird das Differenzialgleichungssystem nach SAINT VENANT benötigt, das eine Kombination aus der Bewegungsgleichung und der Kontinuitätsgleichung darstellt.

(BOLLRICH, 2007 und LOISKANDL, 2008)

Der Abfluss in einem natürlichen offenen Gerinnen ist durch den freien Wasserspiegel und das Fließverhalten gekennzeichnet. Bei dem Fließverhalten wird zwischen „Strömen“ und „Schießen“ unterschieden, wobei es verschiedene Bewertungskriterien zur Beurteilung des Zustandes gibt. Der Zustand zwischen „Strömen“ und „Schießen“ wird als Grenzzustand bezeichnet. Als Kriterien für die Einteilung gelten die Grenztiefe ( $h_{gr}$ ), die Grenzgeschwindigkeit ( $v_{gr}$ ), das Grenzgefälle ( $I_{gr}$ ) und die Froudezahl ( $Fr$ ). Die ersten drei Kriterien sind von der Form des Gerinnes abhängige Variablen, hingegen ist die Froudezahl eine dimensionslose Zahl, die sich aus dem Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ ) und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer kleinen Störung ( $c$ ) ergibt:

$$c = \sqrt{gh}$$

$c$  ... Fortpflanzungsgeschwindigkeit in m/s

$g$  ... Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup>

$h$  ... Wassertiefe in m

daraus ergibt sich:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

In Abb. 3-10 ist die Ausbreitung von Wellen bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten abgebildet.

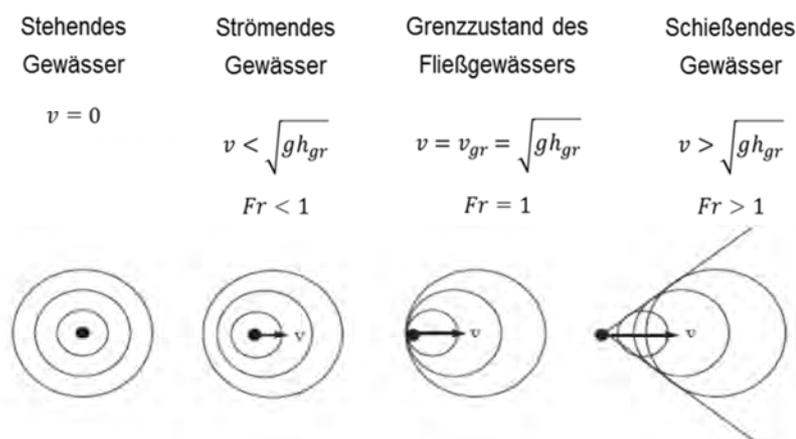


Abb. 3-10: Wellenausbreitung bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (LOISKANDL, 2008)

- Strömen: Dieses Fließverhalten ist durch eine große Wassertiefe, ein geringes Gefälle und geringe Fließgeschwindigkeiten ausgezeichnet. Die Froudezahl ist kleiner 1. Dieses Verhalten ist sehr häufig in offenen Gerinnen vorherrschend. Die Berech-

nung der Wasserspiegellagenberechnung erfolgt stromaufwärts, da sich Störungen stromauf auswirken.

- Schießen: Dieser Abflussvorgang ist durch eine geringe Wassertiefe, ein großes Gefälle und hohe Fließgeschwindigkeiten charakterisiert. Die Froudezahl ist größer 1. Dieses Verhalten ist hauptsächlich in Wildbächen oder bei Schussrinnen zu beobachten. Die Wasserspiegellagenberechnung folgt hier in Fließrichtung, da sich Störungen flussab ausbreiten.
- Übergang von Strömen zu Schießen: Dieser Übergang wird als hydrotechnisch problemlos angesehen, da es zu einer kontinuierlichen Veränderung der Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Energiehöhe kommt. Durch einfache Beobachtung ist dieser Vorgang nicht bemerkbar.
- Übergang von Schießen zu Strömen, auch als Wechselsprung bezeichnet: Dieser Vorgang findet durch sprunghafte Änderung der Wassertiefe statt.

In Tab. 3-3 werden die Bewertungskriterien zur Einteilung des Fließzustandes dargestellt.

Tab. 3-3: Kriterien für den Fließzustand (BOLLRICH, 2007)

Fließzustand	Wassertiefe $h$	Fließgeschwindigkeit $v$	Gefälle $I$	Froudezahl $Fr$
Strömen	$h > h_{gr}$	$v < v_{gr}$	$I < I_{gr}$	$Fr < 1$
Grenzzustand	$h_{gr}$	$v_{gr}$	$I_{gr}$	$Fr = 1$
Schießen	$h < h_{gr}$	$v > v_{gr}$	$I > I_{gr}$	$Fr > 1$

(BOLLRICH, 2007 und LOISKANDL, 2008)

Mit Hilfe von Fließformeln ist es möglich, Geschwindigkeiten in offenen Gerinnen zu berechnen. Verwendung finden unter anderem die UNIVERSELLE FLIEßFORMEL, die Fließformel nach BRAHMS – DE CHÉZY und die Fließformel nach GAUCKLER-MANNING-STRICKLER<sup>1</sup>. Letztere wird auch von der Software HEC-RAS (siehe Kapitel 3.3.2) verwendet und deshalb kurz beschrieben:

$$v = k_{st} I^{1/2} R^{2/3}$$

$v$  ... Fließgeschwindigkeit in m/s

$k_{st}$  ... MANNING-STRICKLER-BEIWERT<sup>2</sup> in  $m^{1/3}/s$

$I$  ... Gefälle in m/m

$R$  ... hydraulischer Radius in m

$$R = \frac{A}{U}$$

$A$  ... Fläche in  $m^2$

$U$  ... Umfang in m

<sup>1</sup> kurz als STRICKLERFORMEL bezeichnet

<sup>2</sup> kurz als STRICKLERBEIWERT bezeichnet

Die STRICKLERFORMEL wurde empirisch ermittelt und sowohl in Natur- als auch Laborversuchen überprüft. Der STRICKLERBEIWERTE gibt die Oberflächenbeschaffenheit wieder, je glatter eine Oberfläche, desto größer wird der Beiwert und umgekehrt. Zur Ermittlung des STRICKLERBEIWERTES stehen einige Tabellen zur Verfügung, die in der Praxis gute Ergebnisse lieferten, wie z.B. die Einteilung nach VEN-TE-CHOW. Hingegen gibt GARBRECHT (1961 zit. bei BOLLRICH, 2007) nach Untersuchungen den STRICKLERBEIWERTE als absolute Rauigkeit der Gerinnwand an:

$$k_{st} = \frac{26}{k^{1/6}}$$

$k$  ... absolute Rauigkeit in m

wobei bei offenen Gerinnen der Korndurchmesser  $d_m$  verwendet werden kann

$d_m$  ... maßgebender Korndurchmesser in m (häufig wird  $d_{90}$  verwendet)

(BOLLRICH, 2007 und LOISKANDL, 2008)

Bei der Berechnung von Einbauten spielen die Querschnittsform des Bauwerkes und die Art der Überströmung eine entscheidende Rolle. Es wird zwischen einem vollkommenen und einem unvollkommenen Überfall unterschieden. Von einem vollkommenen Überfall spricht man, wenn der Wasserspiegel vor dem Bauwerk unabhängig von dem unterhalb ist. Im Vergleich dazu, wird beim unvollkommenen Überfall die Lage des Oberwasserspiegels von der Wasserspiegel-lage unterhalb des Bauwerkes beeinflusst.

Um bei den Wasserspiegellagenberechnungen den Überfall berücksichtigen zu können, benötigt man einen Überfallsbeiwert. In der deutschsprachigen Literatur wird meist die Formel nach POLENI verwendet:

$$Q = \frac{2}{3} \mu B \sqrt{2g} h^{3/2}$$

$Q$  ... Durchfluss in  $m^3/s$

$\mu$  ... Überfallsbeiwert nach POLENI (Formbeiwert)

$B$  ... Breite des Überfalls in m

$g$  ... Erdbeschleunigung in  $m/s^2$

$h$  ... Überfallhöhe in m (oberhalb des Wehres)

(BOLLRICH, 2007 und LOISKANDL, 2008)

Bei der Software HEC-RAS werden Überfälle allerdings mit der allgemeinen Wehrformel berechnet (Abb. 3-11):

$$Q = C L H^{2/3}$$

$Q$  ... Durchfluss in cfs bzw.  $ft^3/s$  oder in  $m^3/s$

$C$  ... Wehrkoeffizient in  $ft^{1/2}/s$  oder in  $m^{1/2}/s$

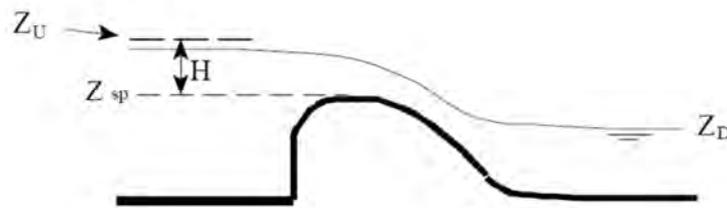
$L$  ... Breite des Überfalls in ft oder in m

$H$  ... Energielinienhöhe bezogen auf die Wehrkrone in ft oder in m (oberhalb des Wehres)

(BRUNNER, 2010)

Die allgemeine Wehrformel wurde empirisch ermittelt und somit ist es bei der Berechnung in metrischen Einheiten (SI-Einheiten) notwendig, dass die allgemeine Wehrformel mit dem Faktor 0,55 angepasst wird (BRATER ET AL., 1996):

$$Q = 0,55 C L H^{2/3}$$



$Z_U$  ... Energielinienhöhe vor dem Überfall

$Z_D$  ... Energielinienhöhe nach dem Überfall

$Z_{sp}$  ... Höhe der Überfallsoberkante

Abb. 3-11: Überfall in der Software HEC-RAS (BRUNNER, 2010)

### 3.3.2 HEC-RAS

Bei der Software HEC-RAS 4.1.0 (Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System) handelt es sich um ein Programm, das eindimensionale stationäre sowie instationäre Abflussberechnungen durchführen kann. Die Software wurde von der US ARMY CORPS OF ENGINEERS unter Leitung von GARY W. BRUNNER in Davis, Kalifornien entwickelt und wird frei zur Benutzung unter <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx> angeboten. Des Weiteren erhält man ein Benutzerhandbuch des Programmes und eine genauere Erklärung zu den hydraulischen Berechnungen. Die Software wird von MICROSOFT Betriebssystemen ab WINDOWS 95 unterstützt. In Abb. 3-12 ist die Benutzeroberfläche, die nach Start der Anwendung erscheint, abgebildet.

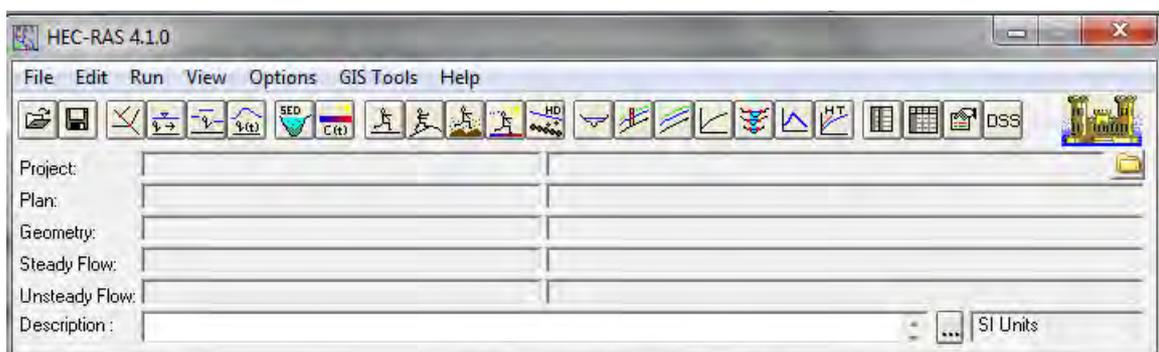


Abb. 3-12: Benutzeroberfläche von HEC-RAS 4.1.0

Es können sechs verschiedene Arten von Daten eingegeben werden: Geometriedaten, stationäre, quasi-instationäre oder instationäre Durchflussdaten, Sedimentdaten und Wasserqualitätsdaten. Sämtliche Daten können in SI-Einheiten, also metrischen Einheiten, eingegeben und berechnet werden. Eine Anwendung des Programmes ist die Wasserspiegellagenanalyse.

Um ein Modell erstellen zu können, werden Geometriedaten des Gerinnes benötigt, wobei diese als Querprofile („cross sections“), als Punkte manuell eingegeben oder als Punktdatensatz importiert werden können. Um eine Krümmung des Flusslaufes gewährleisten zu können, werden die Profilabstände am linken und rechten Rand des Vorlandes, sowie in der Mitte des Gerinnes eingegeben oder importiert. Es können auch für den Abfluss wirkungslose Flächen definiert werden. Neben der Rauigkeit können noch Expansions- und Kontraktionsbeiwerte eingegeben werden. Um den natürlichen Unterschieden der Oberflächenrauigkeit gerecht zu werden, können verschiedene Rauigkeitsbeiwerte innerhalb eines Querprofils eingegeben werden.

Es besteht die Möglichkeit, Brücken („bridges“), Durchlässe („culverts“), Querbauwerke („inline structures“) oder Längsbauwerke („lateral structures“) zusätzlich zu simulieren. Hierfür sind die Lage, Geometrie des Bauwerkes und spezifische Parameter, wie zum Beispiel Überfallsbeiwerte einzugeben.

Die Energiegleichung dient bei der Wasserspiegellagenanalyse als Grundlage für schwach ungleichförmige Abflüsse. Die eigentlichen Abflussbeziehungen basieren auf der Fließformel nach GAUCKLER-MANNING-STRICKLER, allerdings wird der STRICKLERBEIWERT als reziproker Wert ( $n = 1/k_{st}$ ) eingegeben. Diesen Wert bezeichnet man als MANNINGWERT.

Das Programm kann die stationären Berechnungen für unterschiedliche Abflüsse, die als sogenannte „Profiles“ eingegeben werden, ausführen.

Weiters ist eine Definition der unteren und oberen Randbedingungen notwendig, um einen Ausgangswert für die Berechnungen des Wasserspiegels am oberen bzw. unteren Ende des simulierten Gebietes zu erhalten. Es gibt die Möglichkeit einen bekannten Wasserstand, die Grenztiefe, die normal Abflusstiefe oder den Pegelschlüssel einzugeben.

Bei einem stationären Abflussmodell kann man zwischen drei verschiedenen Arten des Abflussregimes wählen. Je nach gewünschter Berechnung gibt es strömenden (subcritical), schießenden (supercritical) Abfluss oder eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten (mixed).

Nachdem die Berechnung erfolgreich durchgeführt worden ist, können die Ergebnisse in verschiedenen Tabellen, im Längenschnitt, in Querschnitten oder einer dreidimensionalen Ansicht angezeigt werden.

(BRUNNER, 2010; HABERSACK, 2012 und KIESEL, 2009)

### **3.3.3 Modellbeschreibung**

Damit ein Vergleich zwischen den Wasserspiegellagen vor Baubeginn und eine Prognose über die Veränderung der Wasserspiegellage nach Einbau der Strukturierungselemente hergestellt werden kann, sind verschiedene Modelle erstellt worden.

Die Ausgangsdaten der Gewässergeometrie wurden mit Hilfe einer Profilaufnahme im März 2013 gewonnen. Zur Vermessung kam eine Totalstation der Firma LEICA zum Einsatz. Bei der Vermessungsmethode handelt es sich um eine freie Stationierung. Zur Ermittlung des Standortes wurde der Triangulierungspunkt 314-57 mit dem Punktnamen „Straß in Neulengbach“ gewählt. Der Punkt ist mit einem KT-Stein (Katastertriangulierungs-Stein) gekennzeichnet und die Koordinaten sind online auf der Homepage des BUNDESAMTES FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (<http://www.bev.gv.at>) kostenpflichtig abrufbar. Die vermessene Strecke des Laabenbaches befindet sich stromabwärts der Sturmbrücke und reicht in etwa bis zum angrenzenden Wehr in Neulengbach. Die Lage der aufgenommenen Punkte kann aus dem Plan im Anhang 9.2 entnommen werden.

Mit den gewonnenen Profilpunkten ist es möglich ein digitales Höhenmodell (DGM) im Programm AUTOCAD CIVIL 3D 2013 zu erstellen, das als Grundlage für die Modellierung dient. Beim Exportieren der Geometriedaten des Flusslaufes in die Software HEC-RAS 4.1.0 wurde ein regelmäßiger Profilabstand gewählt, sowie zusätzliche Profile an den Einbaupunkten der Strukturelemente erstellt. Die Stationierung erfolgt flussaufwärts. Ein Lageplan mit der eingezeichneten Stationierung für spätere Vergleiche befindet sich im Anhang 9.2. In Abb. 3-13 ist das digitale Höhenmodell mit Blickrichtung flussaufwärts dargestellt.

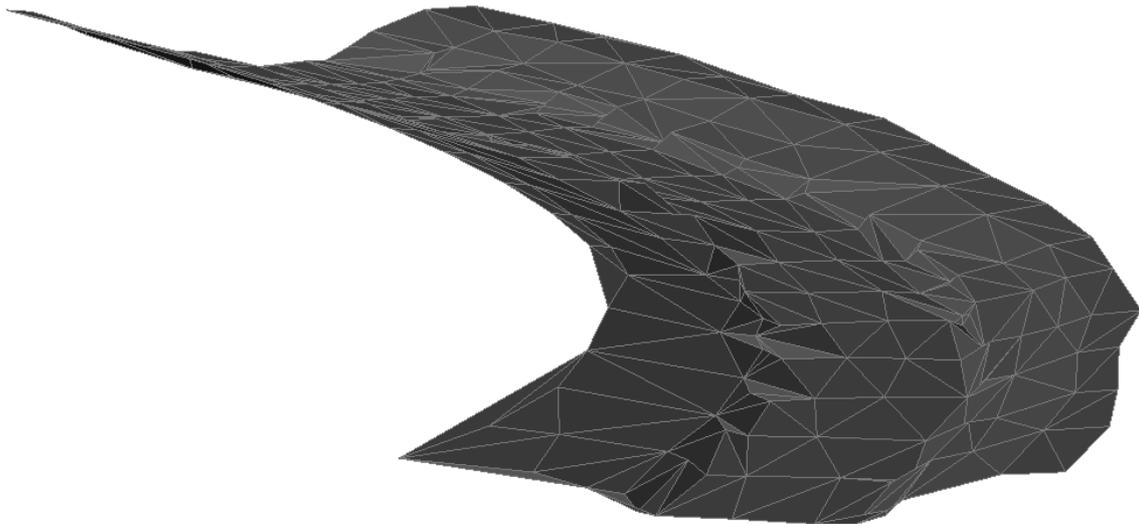


Abb. 3-13: Digitales Höhenmodell: Blickrichtung flussaufwärts

Jedes erstellte Modell wird mit fünf verschiedenen Durchflüssen simuliert, siehe Tab. 3-4. Die Werte wurden aus dem Ausschreibungsprojekt „Laabenbach in Neulengbach Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schaubberger“ der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH (2013) übernommen. Die gesuchten Werte für das Projektgebiet, das ca. 10 km flussaufwärts liegt, wurden anhand des Pegels in Siegersdorf über eine Pegelrelation von der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH berechnet. Das ermittelte Einzugsgebiet für das Bauprojekt wird in den Ausschreibungsunterlagen mit rund 90 km<sup>2</sup> angegeben. Bei den durchgeführten Berechnungen wurde nur das vermessene Gebiet zwischen der alten Wehranlage und der Sturmbrücke berücksichtigt. Die im Laufe der Bauvorhaben neu entstehenden Retentionsräume stromaufwärts gingen nicht in die Berechnungen ein.

Tab. 3-4: Durchflüsse für die Berechnung (ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH, 2013)

Bezeichnung	Durchfluss (m³/s)
MQ	0,5
HQ 1	18,5
HQ 5	39,0
HQ 30	90,6
HQ 100	138,9

Als obere und untere Randbedingung für die Wasserspiegelberechnung wird in allen Modellen die Einstellung „normal depth“ gewählt. Für das Abflussregime wird die Methode „mixed“ gewählt.

In Tab. 3-5 sind die fünf verschiedenen Modelle aufgelistet, die zur Analyse der Wasserspiegel-lage angefertigt wurden.

Tab. 3-5: Übersicht über die erstellten HEC-RAS Modelle

Modellbezeichnung	Kurzbeschreibung
Modell 1 – IST-Zustand (2012)	unterschiedliche Rauigkeitsbeiwerte im Gerinne und an den Ufern
Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT	ein einheitlicher STRICKLERBEIWERT über den gesamten Flusslauf
Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit	Veränderung der Rauigkeitsbeiwerte im Bereich der Einbauten
Modell 4 – Inline Structures 1	Einbauten Simulation mit mittleren Einbauhöhen
Modell 5 – Inline Structures 2	Einbauten Simulation mit angepassten Einbauhöhen

### 3.3.3.1 Modell 1 – IST-Zustand (2012)

Im Modell 1 – IST-Zustand (2012) wurde versucht das Gewässer so darzustellen, wie es vor Baubeginn 2013 aussah. Die geometrischen Grunddaten der Vermessung stellen die Ausgangssituation des Ist-Zustandes (vor Baubeginn 2013) dar. Das Trapezprofil ist in zwei unterschiedliche Rauigkeitsbereiche gegliedert. Die seitlichen Ufer, die als künstlicher Erdkanal mit kurzem Gras ausgeführt sind, wurden mit einem höheren Rauigkeitsbeiwert berechnet als die Sohle des Gerinnes. Der Flussschlauch weist einige tiefere Auskolkungen, Reste alter Holzpiloten von alten Ufersicherungen, höheres Gestrüpp, aber auch einige Blocksteine am Übergangsbereich zum seitlichen Ufer auf. Die Beurteilung der Rauigkeitsbereiche fand im März 2013 (siehe Abb. 3-14) statt und spiegelt somit den Zustand im Frühjahr wider, der auch von einer höheren Hochwasserwahrscheinlichkeit gekennzeichnet ist (vgl. Kapitel 2.3). Die STRICKLERBEIWERTE wurden nach VEN-TE-CHOW (1959 zit. bei HABERSACK, 2012) gewählt:

- Sohle des Gerinnes  $k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- seitliches Ufer  $k_{st} = 38 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$



Abb. 3-14: Einteilung der Rauigkeitsbereiche (März 2013)

Ein Ausschnitt der Tabelle nach VEN-TE-CHOW (1959) mit den gewählten STRICKLERBEIWERTEN ist in Abb. 3-15 dargestellt.

Gerinne	$k_{s1}$ [ $m^{1/3}/s$ ]
<b>Natürliche Flüsse</b>	
1) kleinere Flüsse mit HW-Abflußbreite < 30 m	
a) gleichmäßiger gerader Verlauf, kleine Gräben oder tiefe Mulden, bordvoll	30 - 40
b) gleichmäßig gewunden, einige Mulden und Untiefen	22 - 30
c) mit Stillwasserbereichen, verkrautet, tiefe Mulden	13 - 20
d) sehr verkrautete Bereiche, tiefe Mulden oder Vorländer mit dichtem Baumbestand und Unterholz	ca. 10
2) Gebirgsflüsse, ohne Vegetation im Flussbett, steile Böschungen, Bäume und Gebüsch entlang der Ufer bei HW überschwemmt	
a) Boden: Kies, Steinbrocken, einzelne Felsblöcke	20 - 35
b) Boden: Steinbrocken mit großen Felsbrocken	15 - 25
<b>Vorländer</b>	
1) Wiese, kein Gestrüpp	
a) kurzes Gras	30 - 40
b) hohes Gras	20 - 33
2) Gestrüpp	
a) verstreutes Gestrüpp, dichtes Unkraut	14 - 29
b) mittleres bis dichtes Gestrüpp, im Winter	9 - 22
c) mittleres bis dichtes Gestrüpp, im Sommer	6 - 14
3) Bäume	
a) dichte Weiden im Sommer	8 - 13
b) dichter Holzbestand, wenig Unterholz, HW-Stand unter den Zweigen	6 - 10
c) wie b) aber HW-Stand erreicht die Zweige	

Abb. 3-15: Ausschnitt aus der Tabelle nach VEN-TE-CHOW (1959 zit. bei HABERSACK, 2012)

In der dreidimensionalen Grafik (Abb. 3-16) ist die Gliederung des simulierten Abschnittes des Laabenbaches dargestellt. Der Bereich zwischen der grünen und roten Begrenzungslinie gilt als seitliches Ufer. Der tiefer gelegene Stromschlauch, auch als Sohle des Gerinnes bezeichnet, befindet sich zwischen den beiden roten Polylinien.

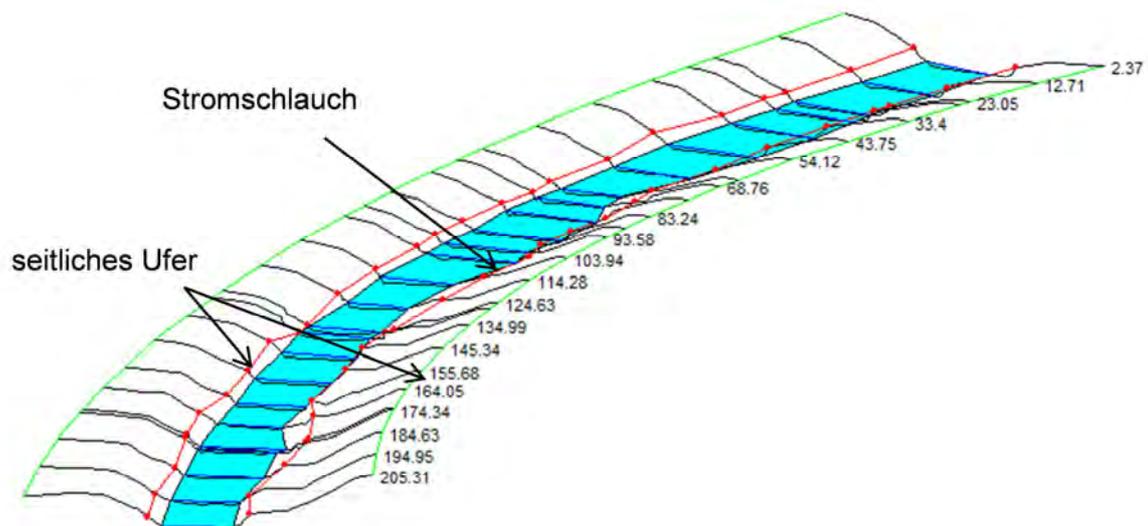


Abb. 3-16: Gliederung des Flusslaufes, bei MQ und Blickrichtung stromabwärts

### 3.3.3.2 Modell 2 – mittlerer Stricklerbeiwert

Modell 2 – mittlerer Stricklerbeiwert stellt ebenfalls den Zustand vor Baubeginn 2013 dar. Die Geometrie des Flussabschnittes bleibt unverändert, allerdings wird hier über den gesamten Querschnitt mit nur einem Rauigkeitsbeiwert gerechnet. Für die Berechnung des STRICKLERBEIWERTES wird ein mittleres Profil abgeschätzt und als Trapez (Abb. 3-17) idealisiert, so dass die Abmessungen in etwa den mittleren Werten der Geometrie entsprechen. Die Sohle wird mit einer Breite von 8,4 m angenommen und das Böschungsverhältnis der seitlichen Ufer beträgt 1:3,6. Das Gefälle wird mit Hilfe des obersten und untersten vermessenen Profils und dem dazwischenliegenden Abstand berechnet. Das mittlere Gefälle beträgt somit 2,9 ‰, im Vergleich dazu beträgt das mittlere Gefälle über einen längeren Abschnitt nach den Plänen der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH 3,11 ‰. Die Ursachen der etwas flacheren Neigung, die einen Durchschnittswert über einen längeren Flussabschnitt darstellt, sind der zeitliche Unterschied der Vermessung und die natürliche Abflachung des Sohlgefälles durch Sedimentablagerungen kurz vor dem alten Wehr bei Flusskilometer 23,5. Ein bordvoller Abfluss ist bei ca. 2,5 m gegeben.

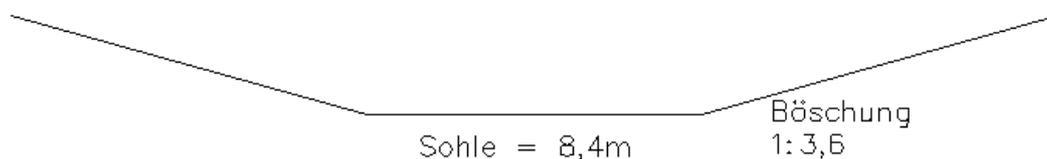


Abb. 3-17: Idealisiertes Trapezprofil für die Berechnung eines mittleren STRICKLERBEIWERTES

### 3.3.3.3 Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit

Das Modell 3 ist bereits die erste Variante einer Prognose für die Veränderung der Wasserspiegellage nach Einbau der Strukturierungselemente in den Flusslauf. Die geometrischen Grunddaten bleiben erhalten, es wird nur im Bereich der Einbauten die Rauigkeit stark erhöht

( $k_{st} = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ). Dieser Wert wurde abermals mit Hilfe der Tabelle nach VEN-TE-CHOW (1959 zit. bei HABERSACK, 2012) abgeschätzt und gilt als untere Grenze für vegetationsfreie Flussläufe mit großen Steinbrocken und Felsbrocken in der Sohle. In der Tab. 3-6 sind die entsprechenden Einbauten mit ihren Einbaupunkten und Längen in Fließrichtung angegeben. In der Abb. 3-18 sind die Bereiche mit einer Rauigkeitsänderung markiert.

Tab. 3-6: Beschreibung der Einbauten

Bauwerk	Stationierung Einbaupunkt	Länge in Fließrichtung (m)
Trichter 1	174,34	10
Buhne 1	127,20	1
Trichter 2	89,12	10
Buhne 2	69,76	1
Buhne 3	26,17	1

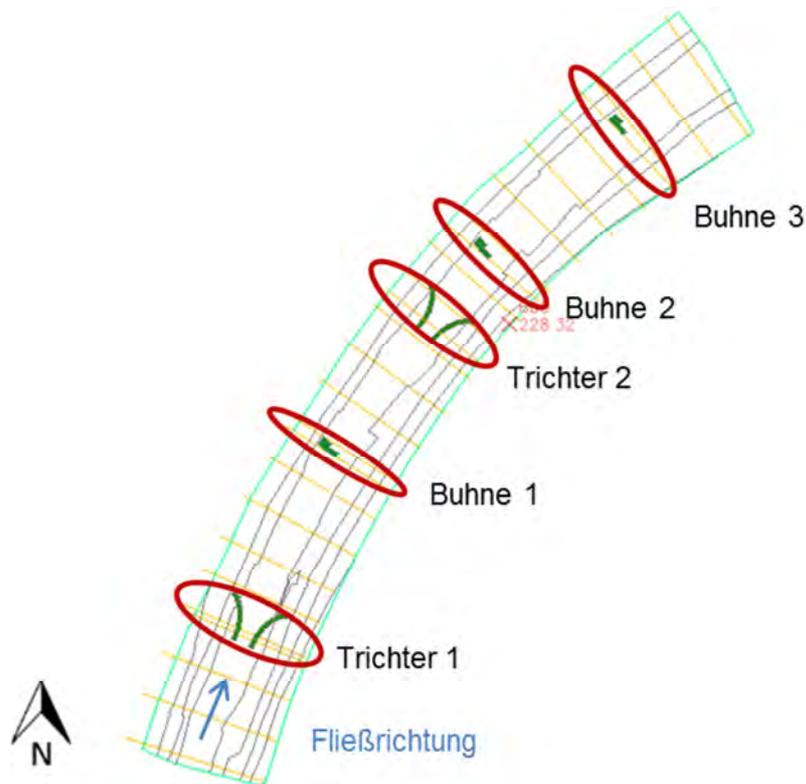


Abb. 3-18: Modell 3 – Kennzeichnung der Bereiche mit  $k_{st}=15\text{m}^{1/3}/\text{s}$  im Gerinne.

### 3.3.3.4 Modell 4 – Inline Structures 1

Im vierten Modell werden die fünf Einbauten als „inline structure“ simuliert. Nach BRUNNER (2003) können Flussmodelle mit „inline structures“ im Programm HEC-RAS nicht nur zur Simulation von Wehren, sondern auch für natürliche Überfälle oder Buhnen verwendet werden.

Die Höhen der Einbauten wurden mit Hilfe der mittleren Sohlhöhe der jeweiligen Profile gewählt, wie es in den Ausschreibungsunterlagen des Projektes der ARGE GROßE TULLN / ANZBACH (2013) beschrieben wird. In der Software HEC-RAS können nur geradlinige Bauwerke als „inline structures“ eingegeben werden. Um der Krümmung der Sichelbuhnen einigermaßen ge-

recht zu werden, wurden die Profile der Einbauten leicht gedreht, um nicht rechtwinkelig zur Flussachse zu stehen. Die Geometrie des Flusses bleibt gleich wie im Basismodell (Modell 1).

Die „inline structures“ können nur zwischen zwei Profilen erstellt werden und nicht über ein Profil hinausragen. Daher wurde die Längsrichtung der Strömungstrichter mit 5,5 Metern verkürzt. Dies entspricht ungefähr dem Abstand des Einbaupunktes und dem Punkt, der das Bauwerk mit der Böschung verschneiden lässt. Die Lage der Strukturierungsbauwerke ist in Abb. 3-19 dargestellt.

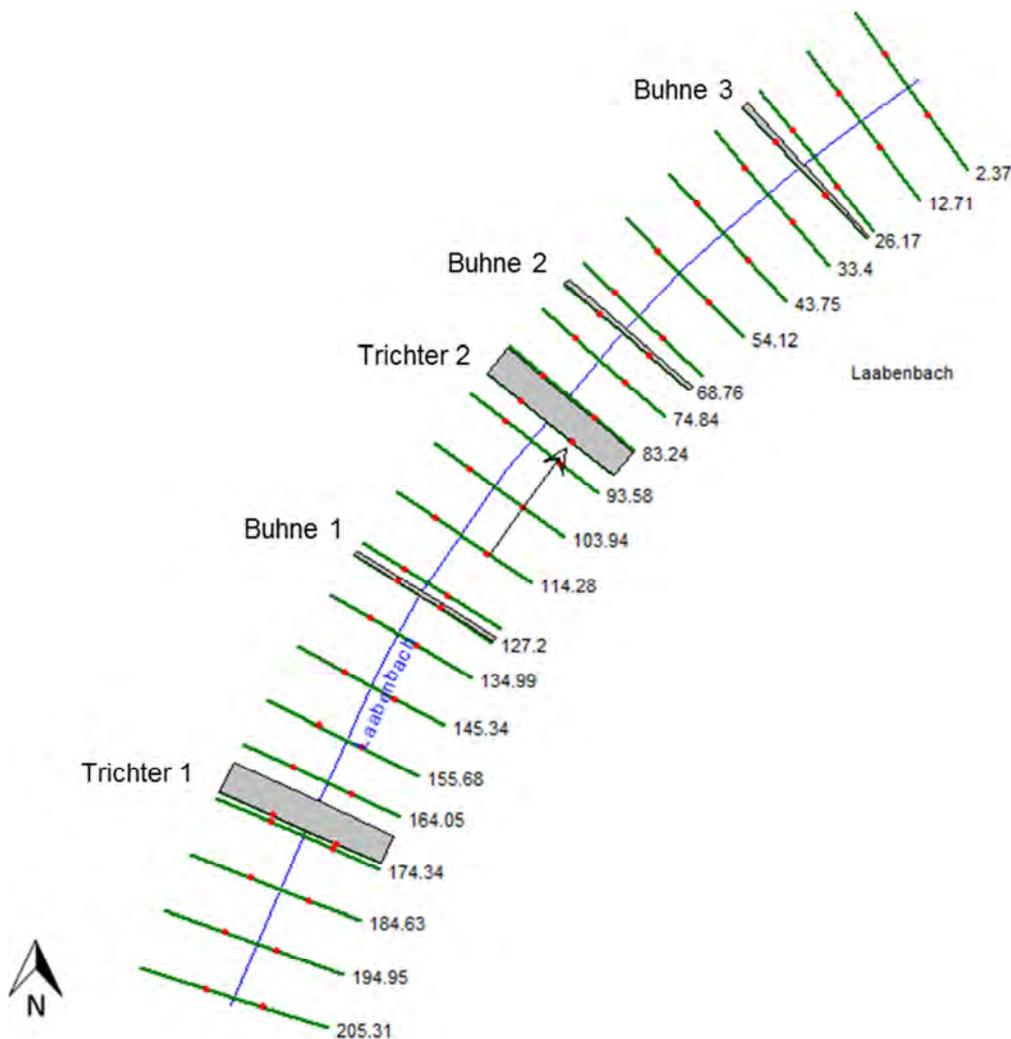


Abb. 3-19: Lage der "inline structures"

Die Öffnung der Strömungstrichter wurde in diesem Modell mit 3,7 Metern festgelegt. Diese Breite entspricht dem Abstand der Mittelpunkte der Flussbausteine, sobald diese aus der Sohle ragen (siehe Abb. 3-8). Die Höhendifferenz von 20 cm wurde gleichmäßig von innen nach außen ansteigend verteilt. Bei der Öffnung des Strömungstrichters wird das Bauwerk unter der Gewässersohle miteinander verbunden, da es nicht möglich ist, zwei Bauwerke bei derselben Stationierung einzugeben.

Die Breite der Sichelbuhnen wird mit einem Meter angenommen und entspricht dem Mindestdurchmesser der Wasserbausteine der Klasse V (siehe Tab. 3-2). Die Länge der Sichelbuhnen wird mit der halben Sohlbreite eingegeben, dies entspricht etwa 5 m.

Die Geometriedaten der beiden Bauwerkstypen werden mit Hilfe von Koordinaten eingegeben.

Des Weiteren wird für die Form der „Wehrkrone“ noch die Einstellung „Broad Crested“ gewählt, dies ist durch die Form der scharfkantigen Wasserbausteine möglich.

Ein weiterer wichtiger Parameter der Berechnung ist der Wehrkoeffizient  $C$  (vgl. Kapitel 3.3.1), der jeweils für den zu berechneten Durchfluss eingegeben wird, weil er von der jeweiligen Energielinienhöhe über der Wehrkrone abhängig ist. Da der Wehrkoeffizient nur berechnet werden kann, sobald das Wehr überströmt wird, kann dies nicht für Mittelwasser erfolgen. Die Eingabe in HEC-RAS benötigt trotzdem einen entsprechenden Beiwert, der dann mit  $C = 1,4$  angenommen wird. Dieser Wert wird als Ausgangswert in den Übungsunterlagen zu der Lehrveranstaltung „Computer Based River Modelling“ von HABERSACK (2012) angegeben. Als untere Grenze für den Wehrkoeffizient wird von BROWN (2009) für breite Wehrkronen  $C = 1,35$  angegeben. Für die weiteren Durchflüsse, die die Bauwerke überströmen, musste die mittlere Geschwindigkeit berechnet werden. Dies erfolgte mit Hilfe des Modells 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT. Die Pegelhöhen der jeweiligen Abflüsse wurden abermals vom ermittelten Baupiegel aus dem Einreichprojekt der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH verwendet. Für die Breite der Einbauten wurde die Länge mit 5 m für die Berechnung herangezogen und eine durchschnittliche Höhe von 0,1 m. Angemerkt sei, dass das nur als grobe Abschätzung dienen soll. Für eine exakte Berechnung sind zu viele Daten nicht bekannt bzw. können in der Natur nicht so präzise ermittelt werden, da sie einer ständigen Veränderung unterworfen sind.

### 3.3.3.5 Modell 5 – Inline Structures 2

Im fünften Modell wurden die Einbauten ebenfalls mit „inline structures“ nachgebildet, wobei die Höhen der Einbauten dem Profil so angepasst wurden, dass der tiefer gelegene Punkt genau auf der Flusssohle liegt und der äußere Punkt des Bauwerkes 20 cm darüber. Die Öffnung der Strömungstrichter wurde auch auf ein mittleres Maß von 6 Metern erweitert. Die Geometrie des Gerinnes und die zusätzlichen Einstellungen der „inline structures“ wurden ansonsten im Vergleich zu Modell 4 nicht verändert. In Abb. 3-20 ist die „inline structure“ zur Simulation für den Strömungstrichter 1 dargestellt.

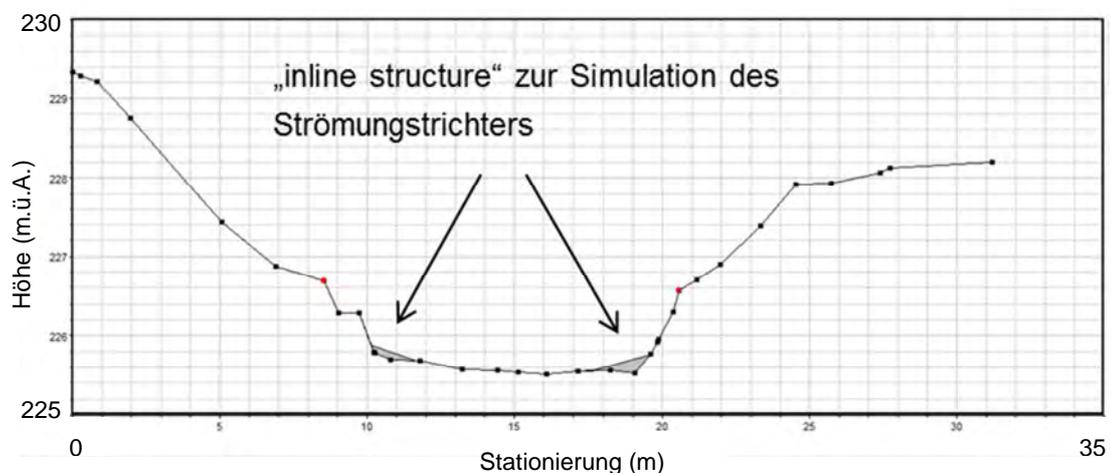


Abb. 3-20: Profileansicht: Modell 5 – Strömungstrichter 1

## 4. Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden zunächst die unterschiedlichen Ergebnisse der HEC-RAS Modelle dargestellt. Anschließend werden die Resultate der unterschiedlichen Modelle miteinander verglichen und die Veränderungen der Wasserspiegellagen interpretiert.

### 4.1 Modell 1 – IST-Zustand (2012)

Das Modell 1 – IST-Zustand (2012) gibt den Zustand vor den Bauarbeiten wieder. In Tab. 4-1 werden die verwendeten STRICKLERBEIWERTE, die für die Eingabe notwendig sind, dargestellt.

Tab. 4-1: Verwendete STRICKLERBEIWERTE bzw. MANNINGWERTE

	$k_{st}$ ( $m^{1/3}/s$ )	$n$ ( $s/m^{1/3}$ )
Mitte des Gerinnes	30	0,0333
seitliches Ufer	38	0,0263

Als Ergebnis wird die Höhe der Wasserstände bei den fünf verschiedenen Durchflüssen (Tab. 3-4) ausgegeben. Die Sohle und die Wasserspiegellagen der fünf unterschiedlichen Durchflüsse sind in Abb. 4-1 dargestellt, wobei auf der Abszisse die Stationierung in Meter aufgetragen und auf der Ordinate die Höhe in Meter über Adria abgebildet ist. Die Stationierung erfolgt flussaufwärts.

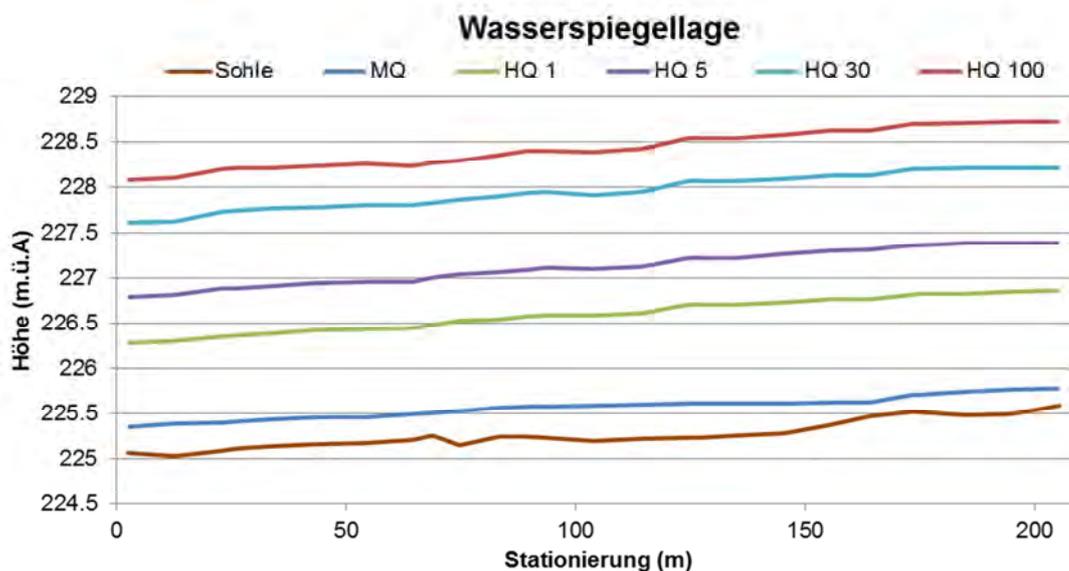


Abb. 4-1: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 1

In der dreidimensionalen Ansicht (Abb. 4-2), die als Ergebnis der HEC-RAS Berechnung ausgegeben wird, ist gut zu erkennen, dass es bei einem 100-jährigen Hochwasserereignis zu einigen Überflutungen kommt. Betrachtet man die Pläne des Ausschreibungsprojektes, kann man feststellen, dass diese Ergebnisse durchaus mit den zweidimensionalen Berechnungen der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH übereinstimmen. Es muss aber auch erwähnt werden, dass in der hier vorliegenden Arbeit die Profile auf der östlichen Seite des Flusslaufes nur bis zu den dort

vorhandenen Rad- bzw. Gehweg und auf der westlichen Seite nicht die gesamte Fläche bis zu den angrenzenden Grundstücken aufgenommen wurde.

Bereits bei einem  $HQ_{30}$  (Abb. 4-3) kommt es westseitig zu Wasserständen, die über das künstliche Trapezprofil ragen.

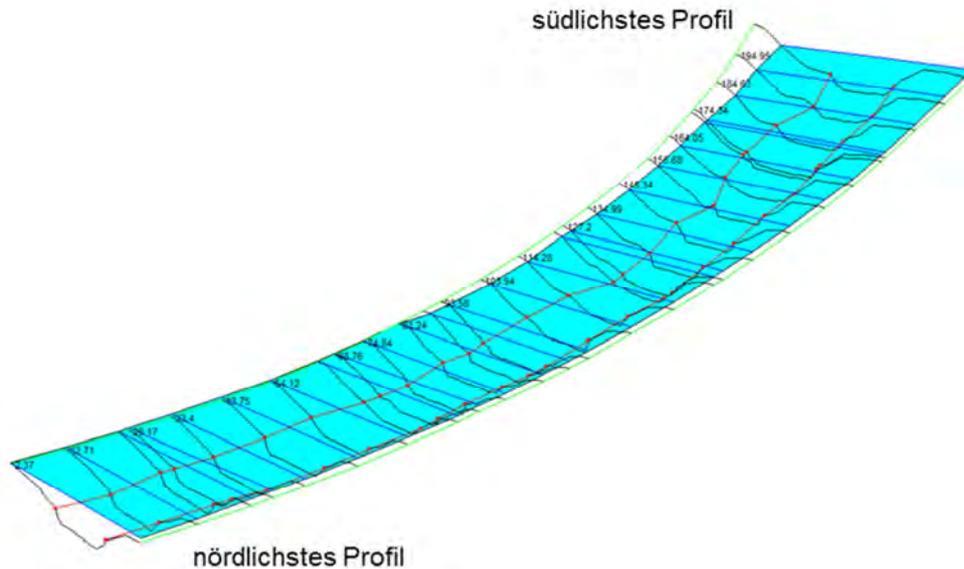


Abb. 4-2: Wasserspiegel Modell 1 bei einem  $HQ_{100}$  Ereignis

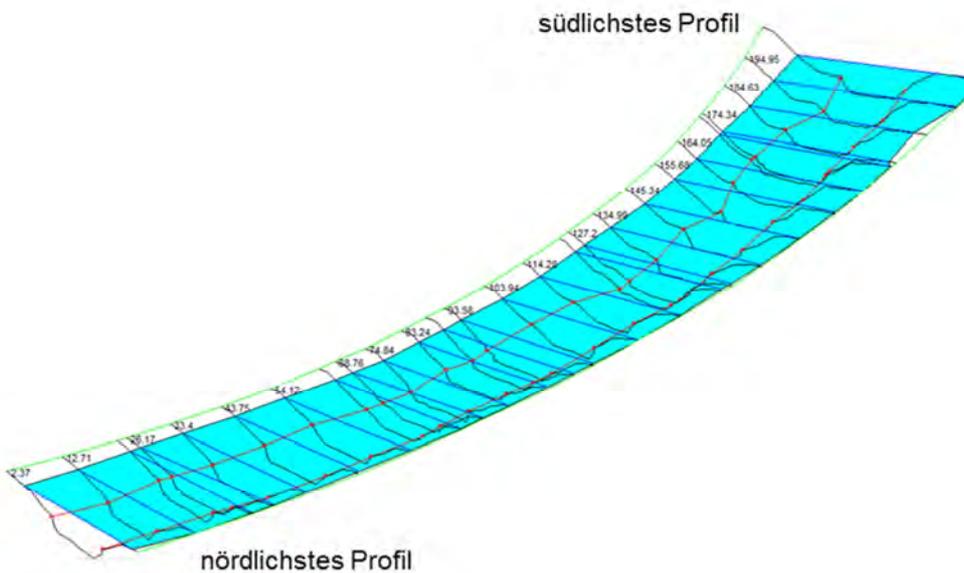


Abb. 4-3: Wasserspiegellage Modell 1 bei einem  $HQ_{30}$  Ereignis

Die absoluten Höhen des Wasserspiegels werden für jedes Profil berechnet und können anschließend in relative Wasserstandshöhen umgerechnet werden. Somit kann später ein Vergleich zu dem berechneten Baupiegel der ARGE GROßE TULLN / ANZBACH hergestellt werden. In Tab. 4-2 sind die jeweiligen Abflusshöhen der unterschiedlichen Durchflüsse in allen berechneten Profilen dargestellt.

Tab. 4-2: Modell 1: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss

Stationierung in m	Höhe der Sohle in m.ü.A.	Höhen des WSP in m				
		MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
205,31	225,59	0,19	1,27	1,79	2,62	3,13
194,95	225,49	0,27	1,36	1,90	2,72	3,23
184,63	225,48	0,26	1,35	1,90	2,73	3,22
174,34	225,51	0,20	1,31	1,85	2,68	3,18
173,11	225,52	0,19	1,29	1,84	2,67	3,17
164,05	225,47	0,15	1,30	1,84	2,65	3,15
155,68	225,37	0,25	1,39	1,93	2,75	3,25
145,34	225,28	0,33	1,45	1,99	2,81	3,30
134,99	225,25	0,36	1,45	1,97	2,81	3,29
127,20	225,23	0,38	1,47	1,99	2,83	3,31
124,63	225,23	0,38	1,47	1,99	2,83	3,31
114,28	225,22	0,38	1,39	1,90	2,72	3,20
103,94	225,19	0,40	1,40	1,91	2,72	3,19
93,58	225,23	0,35	1,36	1,88	2,71	3,17
89,12	225,24	0,34	1,33	1,85	2,69	3,15
83,24	225,24	0,32	1,30	1,82	2,65	3,11
74,84	225,15	0,38	1,38	1,89	2,71	3,14
68,76	225,25	0,25	1,23	1,75	2,58	3,02
64,48	225,20	0,29	1,24	1,76	2,60	3,03
54,12	225,17	0,29	1,26	1,79	2,63	3,08
43,75	225,16	0,29	1,26	1,78	2,62	3,07
33,40	225,14	0,29	1,25	1,77	2,62	3,07
26,17	225,11	0,30	1,25	1,78	2,63	3,09
23,05	225,09	0,31	1,26	1,79	2,64	3,10
12,71	225,03	0,35	1,27	1,78	2,59	3,07
2,37	225,06	0,29	1,22	1,73	2,55	3,02

Die Werte für den Wasserstand sind stark von der Form des Querschnittes an der jeweiligen Stelle abhängig und geben die Differenz der geodätischen Höhe des Wasserspiegels und dem tiefsten Profilpunkt des Geländes an. Daraus resultiert ein Unterschied der Wasserstandshöhe abhängig von der Lage des berechneten Profils bei Erhöhung des Durchflusses.

## 4.2 Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT

Das Modell 2 gibt ebenfalls den Zustand vor den Bauarbeiten wieder. Bei dieser Berechnung wurde ein einheitlicher STRICKLERBEIWERT über den gesamten Querschnitt herangezogen. In Kapitel 3.3.3.2 wurde bereits die Geometrie für die Ermittlung dieses Wertes beschrieben. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tab. 4-3 dargestellt. Zusätzlich wurde der Fließzustand berechnet. Die Berechnung geht von einem idealisierten Profil aus mit einer konstanten Steigung der seitlichen Ufer, die nach oben hin nicht begrenzt sind.

Tab. 4-3: Ergebnisse für die berechneten STRICKLERBEIWERTE bei einem idealisierten Profil

	h (cm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>st</sub> (m <sup>1/3</sup> /s)	h <sub>gr</sub> (cm)	Zustand
MQ	6	0,5	119	7	schießend
HQ 1	147	18,5	17	71	strömend
HQ 5	189	39	23	110	strömend
HQ 30	253	90,6	30	176	strömend
HQ 100	305	138,9	31	221	strömend

In diesem Modell sollte nur ein einheitlicher STRICKLERBEIWERTE über das gesamte Profil verwendet werden, dies ist nur eine grobe Annäherung zur ersten Abschätzung der Wasserspiegellage. Der Wasserstand bei einem HQ<sub>30</sub> entspricht in etwa einem bordvollen Abfluss und kann daher als Eingangswert für die Berechnung des mittleren Rauigkeitsbeiwertes über den gesamten Querschnitt angenommen werden. Der Wert k<sub>st</sub> = 30 m<sup>1/3</sup>/s wurde für das Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERTE zur weiteren Berechnung gewählt.

In der Abb. 4-4 wird die Wasserspiegellage eines 30-jährigen Hochwasserereignisses dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass es hier bereits zu einer durchgängigen Überschreitung der westlichen Profilhöhe des künstlichen Flusslaufes kommt.

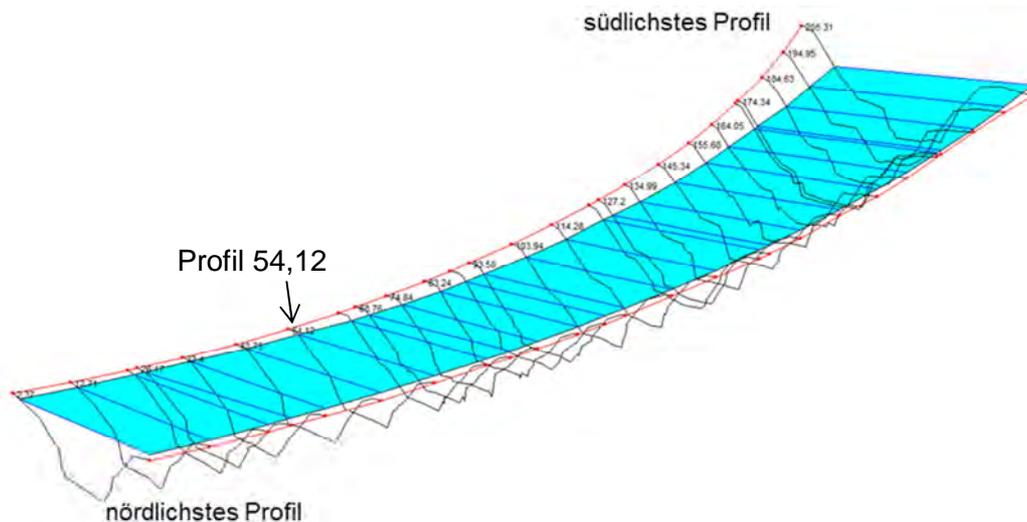


Abb. 4-4: Wasserspiegellage Modell 2 bei einem HQ<sub>30</sub> Ereignis

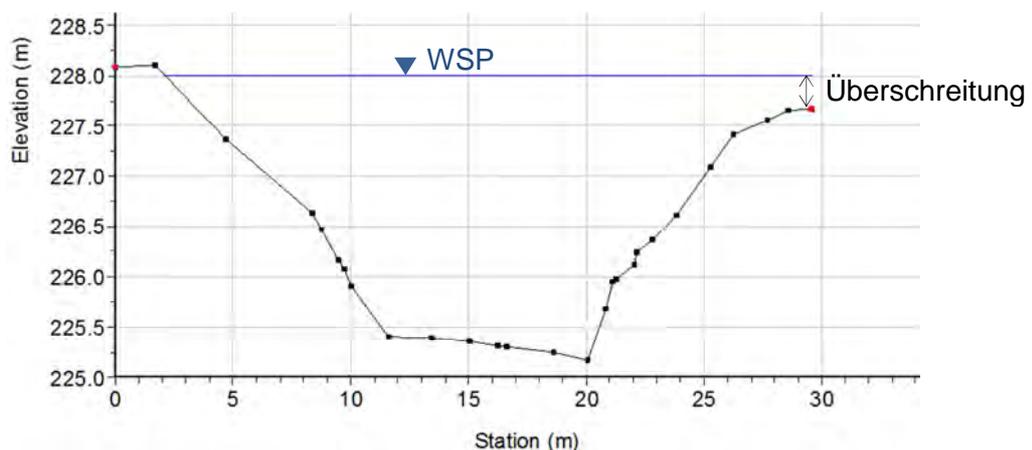


Abb. 4-5: Modell 2: Wasserspiegel in Profil 54,12 bei HQ<sub>30</sub>

Generell kommt es in diesem Modell, das auf einen durchgehend gleichbleibenden Rauigkeitsbeiwert basiert, zu einer leichten Erhöhung der Wasserspiegellage, sobald der Wasserstand den inneren Bereich aus Modell 1 – IST-Zustand (2012) (als „Sohle des Gerinnes“ bezeichnet) überschreitet. Dies ist bereits ab einem 1-jährlichen Hochwasser der Fall. Der Vergleich der Wasserspiegellage abhängig vom jeweiligen Durchfluss ist in Abb. 4-6 dargestellt. Die relativen Wasserstandshöhen für jedes Profil sind in Tab. 4-4 aufgelistet.

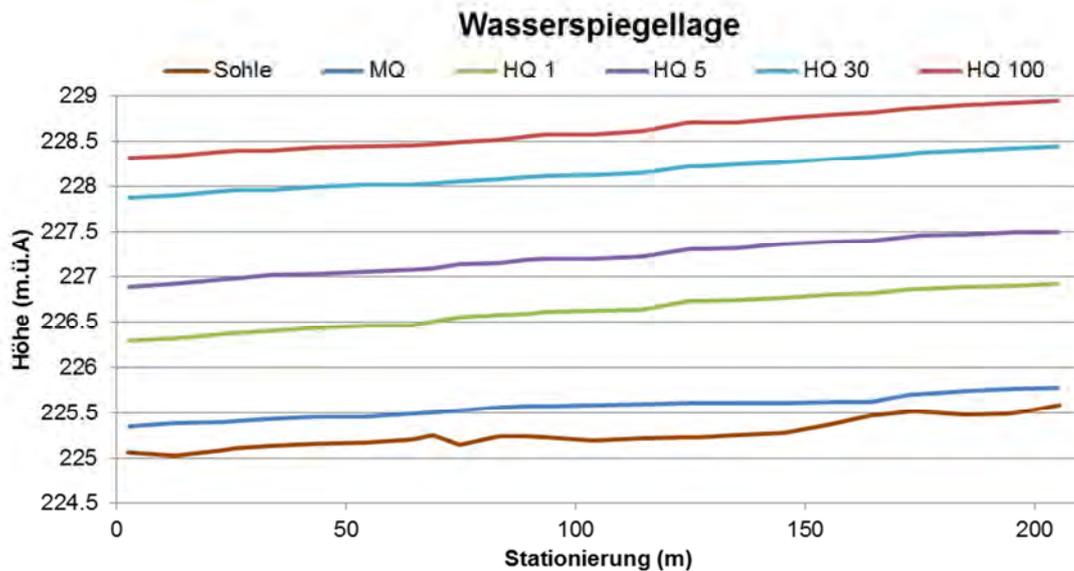


Abb. 4-6: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 2

Die Wasserspiegellage bei MQ bleibt im Vergleich zum Modell 1 unverändert, da bei dem geringen Wasserstand nur der Bereich „Sohle des Gerinnes“ als durchströmt gilt. Bei Erhöhung des Durchflusses und somit Anhebung des Wasserspiegels wird auch das seitliche Ufer in die Berechnungen aufgenommen und führt aufgrund der höheren Rauigkeit zu einer Anhebung des Wasserspiegels.

Tab. 4-4: Modell 2: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss

Stationierung in m	Höhe der Sohle in m.ü.A.	Höhen des WSP in m				
		MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
205,31	225,59	0,19	1,33	1,90	2,85	3,35
194,95	225,49	0,27	1,41	2,00	2,93	3,43
184,63	225,48	0,26	1,40	1,99	2,91	3,41
174,34	225,51	0,20	1,35	1,94	2,86	3,35
173,11	225,52	0,19	1,34	1,92	2,84	3,34
164,05	225,47	0,15	1,34	1,93	2,85	3,34
155,68	225,37	0,25	1,43	2,02	2,93	3,42
145,34	225,28	0,33	1,49	2,08	2,99	3,47
134,99	225,25	0,36	1,49	2,06	2,99	3,46
127,20	225,23	0,38	1,50	2,07	2,99	3,47
124,63	225,23	0,38	1,50	2,07	2,99	3,47
114,28	225,22	0,38	1,42	2,00	2,93	3,39
103,94	225,19	0,40	1,43	2,00	2,93	3,38

93,58	225,23	0,35	1,38	1,96	2,88	3,34
89,12	225,24	0,34	1,35	1,94	2,86	3,31
83,24	225,24	0,32	1,33	1,91	2,84	3,28
74,84	225,15	0,38	1,40	1,98	2,90	3,34
68,76	225,25	0,25	1,25	1,84	2,78	3,22
64,48	225,20	0,29	1,26	1,87	2,81	3,25
54,12	225,17	0,29	1,28	1,88	2,84	3,27
43,75	225,16	0,29	1,27	1,87	2,83	3,27
33,40	225,14	0,29	1,26	1,87	2,82	3,26
26,17	225,11	0,30	1,26	1,87	2,84	3,28
23,05	225,09	0,31	1,27	1,88	2,85	3,29
12,71	225,03	0,35	1,28	1,89	2,87	3,31
2,37	225,06	0,29	1,23	1,83	2,81	3,25

### 4.3 Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit

Das Modell 3 liefert die ersten Ergebnisse für eine grobe Modellierung der Strukturelemente, die hier nur über den STRICKLERBEIWERT ( $k_{st} = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) definiert werden (Kapitel 3.3.3.3).

Durch die deutliche Erhöhung der Rauigkeit im Bereich der Buhnen und Strömungstrichter resultiert generell eine leichte Anhebung der Wasserspiegellage im gesamten Flusslauf. Die jeweiligen Höhen der Wasserspiegellage sind in Tab. 4-5 aufgelistet. Der Bereich, der durch die Veränderungen des STRICKLERBEIWERTS betroffen ist, wurde farblich hervorgehoben, wobei die Strömungstrichter in blau und die Sichelbuhnen in gelb gekennzeichnet sind. Im Bereich des oberen Strömungstrichters, der den STRICKLERBEIWERT im Bereich von Profil 174,34 bis 164,05 beeinflusst, ist eine Erniedrigung des Wasserstandes zu erkennen, wobei diese nicht aufgrund der Veränderung der Rauigkeit, sondern als Resultat der lokalen Anhebung der Sohle in diesem Bereich gesehen werden muss. Dasselbe gilt für den Bereich des zweiten Strömungstrichters, sowie für die zweite Sichelbuhne.

Tab. 4-5: Modell 3: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss

	Stationierung in m	Höhe der Sohle in m.ü.A.	Höhen des WSP in m				
			MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
	205,31	225,59	0,21	1,35	1,88	2,73	3,24
	194,95	225,49	0,30	1,44	1,99	2,84	3,34
	184,63	225,48	0,29	1,44	1,99	2,84	3,33
Trichter	174,34	225,51	0,24	1,38	1,94	2,81	3,29
	173,11	225,52	0,22	1,36	1,92	2,79	3,27
	164,05	225,47	0,17	1,36	1,90	2,73	3,23
	155,68	225,37	0,27	1,45	1,99	2,83	3,33
	145,34	225,28	0,36	1,52	2,05	2,90	3,38
	134,99	225,25	0,39	1,52	2,04	2,90	3,38
Buhne	127,20	225,23	0,40	1,53	2,06	2,92	3,38
	124,63	225,23	0,40	1,53	2,06	2,91	3,38

	114,28	225,22	0,40	1,47	1,99	2,83	3,29
	103,94	225,19	0,43	1,49	2,00	2,84	3,29
Trichter	93,58	225,23	0,38	1,43	1,96	2,81	3,25
	89,12	225,24	0,35	1,38	1,91	2,76	3,20
	83,24	225,24	0,32	1,34	1,85	2,71	3,14
	74,84	225,15	0,39	1,41	1,92	2,77	3,19
Buhne	68,76	225,25	0,26	1,27	1,79	2,65	3,07
	64,48	225,20	0,29	1,26	1,78	2,63	3,07
	54,12	225,17	0,30	1,28	1,81	2,67	3,11
	43,75	225,16	0,29	1,28	1,81	2,66	3,10
Buhne	33,40	225,14	0,30	1,27	1,80	2,66	3,11
	26,17	225,11	0,30	1,26	1,80	2,69	3,13
	23,05	225,09	0,31	1,26	1,79	2,64	3,10
	12,71	225,03	0,35	1,27	1,78	2,59	3,07
	2,37	225,06	0,29	1,22	1,73	2,55	3,02

In der Abb. 4-7 wird die Wasserspiegellage des dritten Modells mit den Bereichen der veränderten Rauigkeit der Strömungstrichter und Sichelbuhnen, die hier kurz als Trichter und Buhnen bezeichnet werden, dargestellt. Der Einfluss der Strukturierungselemente ist bei allen verwendeten Durchflüssen zu erkennen, wobei dies bei den kleineren Abflüssen doch deutlicher zum Vorschein kommt, als bei Mittelwasser.

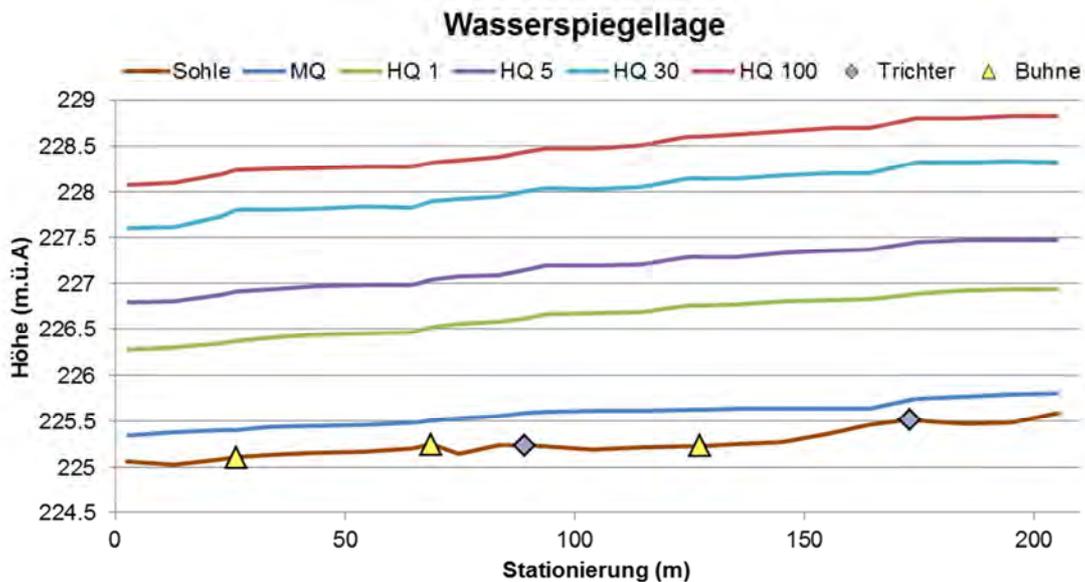


Abb. 4-7: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 3

#### 4.4 Modell 4 – Inline Structures 1

Für dieses Modell war es notwendig, vor der Wasserspiegellagenberechnung die jeweiligen Wehrkoeffizienten (Kapitel 3.3.3.4) zu ermitteln.

Die unterschiedlichen Wehrkoeffizienten (Tab. 4-6) sind für jede einzelne Berechnung anschließend anzupassen, um die richtigen Höhen der Wasserspiegellagen zu erhalten. Würde man auf diese Einstellung verzichten, kommt es zu großen Sprüngen in der Wasserspiegellage, die si-

cher nicht mit der Natur übereinstimmen. Ein Vergleich für so einen Fehler ist bei einem 100-jährigen Abflussereignis mit dem als unteren Grenzwert festgelegten Koeffizienten C von rund 1,4 und dem berechneten Wert von  $C = 8,6$  in Abb. 4-8 ersichtlich.

Bei einem Mittelwasser werden die Sichelbuhnen bzw. Strömungstrichter noch nicht überströmt, daher liegt die Energiehöhe (H) unterhalb der Oberkante des jeweiligen Bauwerkes. Die Berechnung für den Wehrkoeffizienten entfällt und wird mit  $C = 1,4$  angenommen.

Tab. 4-6: Ergebnisse für die Wehrkoeffizienten in Abhängigkeit des Durchflusses

		MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
$v_{\text{mittel}}$	(m/s)	0,39	1,45	1,74	2,07	2,43
$h_{\text{Baupegel}}$	(m)	0,06	1,47	1,89	2,53	3,05
Q	(m <sup>3</sup> /s)	0,5	18,5	39	90,6	138,9
$\frac{v^2}{2 \cdot g}$	(m)	0,01	0,11	0,15	0,22	0,30
H	(m)	-	1,48	1,94	2,65	3,25
C	(m <sup>1/2</sup> /s)	-	3,7	5,2	7,6	8,6

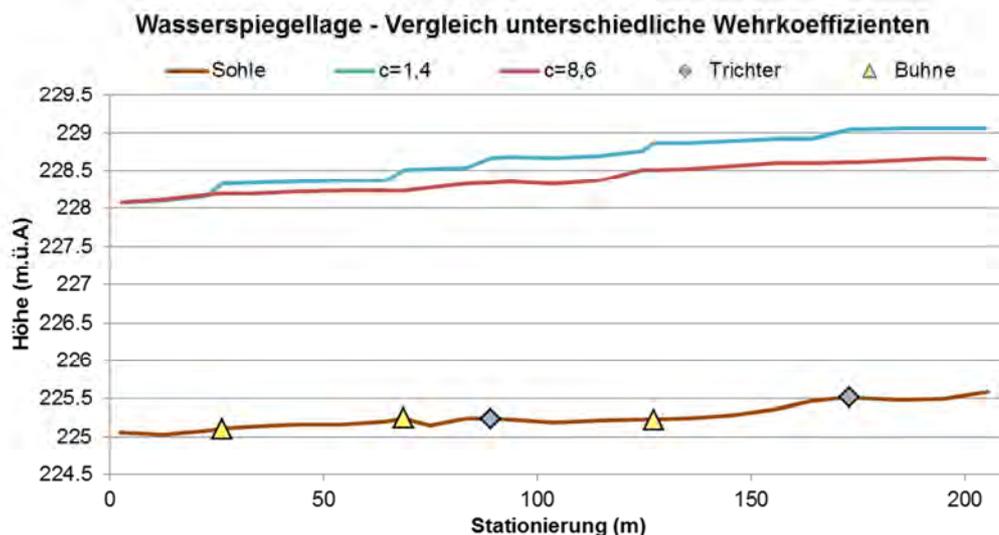


Abb. 4-8: Einfluss des Wehrkoeffizientens auf die Wasserspiegellage bei HQ<sub>100</sub>

Die maximale Differenz zwischen den beiden berechneten Wasserspiegellagen für ein HQ<sub>100</sub> beträgt 0,42 m. Es ist auch gut zu erkennen, dass der Fehler mit jedem simulierten Bauwerk flussauf zunimmt.

In Tab. 4-7 sind die Wasserstände für die fünf unterschiedlichen Abflüsse mit jeweiliger Anpassung der Wehrkoeffizienten dargestellt. Die Profile oberhalb und unterhalb der „inline structures“ sind wieder in blau für die Strömungstrichter und in gelb für die Sichelbuhnen markiert.

Auch in der graphischen Auswertung (Abb. 4-9) kann man erkennen, dass der Einfluss des Bauwerkes auf die Veränderung der Wasserspiegellage an den Stellen der simulierten Strömungstrichter und Sichelbuhnen bei einem MQ (0,5 m<sup>3</sup>/s) noch eine leichte Aufstauung bewirkt, allerdings dieser Effekt bei höheren Durchflüssen nicht mehr festzustellen ist. Die Aufstauung ist vor allem im Bereich der dritten Sichelbuhne bemerkbar, wie in Abb. 4-9 rot eingekreist zu erkennen ist.

Tab. 4-7: Modell 4: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss

	Stationierung in m	Höhe der Sohle in m.ü.A.	Höhen des WSP in m				
			MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
Trichter	205,31	225,59	0,21	1,35	1,88	2,73	3,24
	194,95	225,49	0,30	1,44	1,99	2,84	3,34
	184,63	225,48	0,29	1,44	1,99	2,84	3,33
	174,34	225,51	0,24	1,38	1,94	2,81	3,29
	173,11	225,52	0,22	1,36	1,92	2,79	3,27
	164,05	225,47	0,17	1,36	1,90	2,73	3,23
	155,68	225,37	0,27	1,45	1,99	2,83	3,33
	145,34	225,28	0,36	1,52	2,05	2,90	3,38
	134,99	225,25	0,39	1,52	2,04	2,90	3,38
	127,20	225,23	0,40	1,53	2,06	2,92	3,38
Bühne	124,63	225,23	0,40	1,53	2,06	2,91	3,38
	114,28	225,22	0,40	1,47	1,99	2,83	3,29
Trichter	103,94	225,19	0,43	1,49	2,00	2,84	3,29
	93,58	225,23	0,38	1,43	1,96	2,81	3,25
	89,12	225,24	0,35	1,38	1,91	2,76	3,20
	83,24	225,24	0,32	1,34	1,85	2,71	3,14
Bühne	74,84	225,15	0,39	1,41	1,92	2,77	3,19
	68,76	225,25	0,26	1,27	1,79	2,65	3,07
	64,48	225,20	0,29	1,26	1,78	2,63	3,07
	54,12	225,17	0,30	1,28	1,81	2,67	3,11
Bühne	43,75	225,16	0,29	1,28	1,81	2,66	3,10
	33,40	225,14	0,30	1,27	1,80	2,66	3,11
	26,17	225,11	0,30	1,26	1,80	2,69	3,13
	23,05	225,09	0,31	1,26	1,79	2,64	3,10
	12,71	225,03	0,35	1,27	1,78	2,59	3,07
	2,37	225,06	0,29	1,22	1,73	2,55	3,02

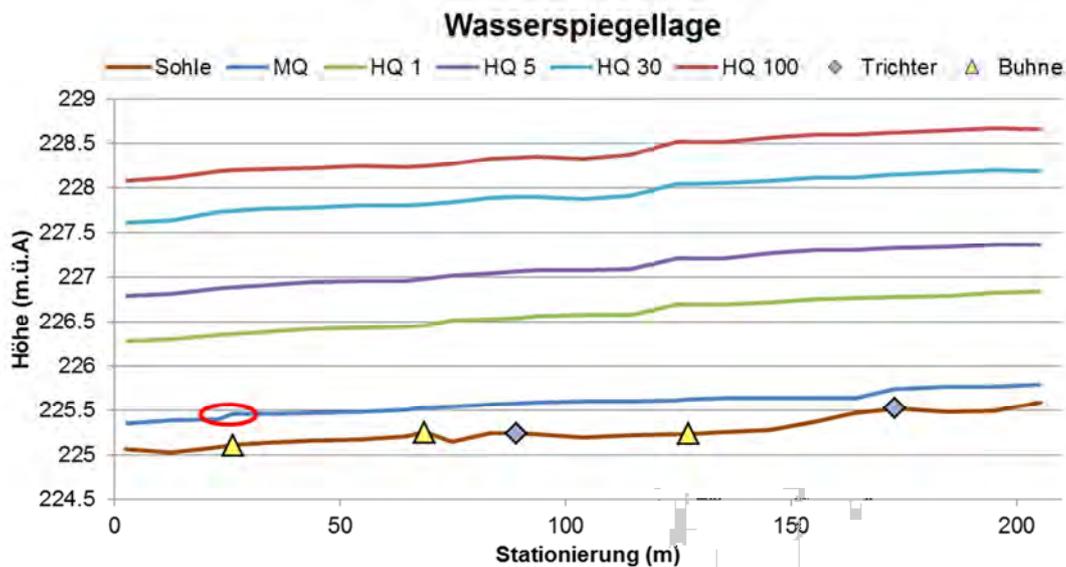


Abb. 4-9: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 4

### 4.5 Modell 5 – Inline Structures 2

Die Berechnung für die Wehrkoeffizienten wird aus dem Modell 4 übernommen, siehe Tab. 4-6. Die Simulation mit den unterschiedlichen Durchflüssen wird analog zu Modell 4 ausgeführt, die Ergebnisse für die Höhen des Wasserspiegels in jedem berechneten Profil sind in Tab. 4-8 dargestellt. Die blauen Stellen markieren das Profil vor und nach dem Strömungstrichter und die gelb hervorgehobenen Bereiche die Stellen vor und nach den Sichelbuhnen.

Tab. 4-8: Modell 5: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss

	Stationierung in m	Höhe der Sohle in m.ü.A.	Höhen des WSP in m				
			MQ	HQ 1	HQ 5	HQ 30	HQ 100
	205,31	225,59	0,19	1,25	1,77	2,59	3,07
	194,95	225,49	0,27	1,33	1,87	2,7	3,18
	184,63	225,48	0,26	1,31	1,86	2,69	3,16
	174,34	225,51	0,20	1,27	1,82	2,64	3,11
Trichter	173,11	225,52	0,18	1,26	1,81	2,63	3,10
	164,05	225,47	0,15	1,29	1,83	2,64	3,13
	155,68	225,37	0,25	1,38	1,93	2,74	3,23
	145,34	225,28	0,34	1,44	1,98	2,8	3,28
	134,99	225,25	0,36	1,44	1,96	2,8	3,27
Buhne	127,20	225,23	0,38	1,46	1,98	2,81	3,28
	124,63	225,23	0,38	1,46	1,98	2,81	3,28
	114,28	225,22	0,38	1,36	1,87	2,69	3,15
	103,94	225,19	0,40	1,38	1,88	2,68	3,14
	93,58	225,23	0,36	1,33	1,85	2,67	3,12
Trichter	89,12	225,24	0,34	1,30	1,82	2,65	3,10
	83,24	225,24	0,34	1,29	1,80	2,64	3,08
	74,84	225,15	0,41	1,36	1,87	2,69	3,12
Buhne	68,76	225,25	0,30	1,21	1,73	2,56	2,99
	64,48	225,20	0,30	1,24	1,76	2,6	3,03
	54,12	225,17	0,31	1,26	1,78	2,63	3,07
	43,75	225,16	0,31	1,26	1,78	2,62	3,06
	33,40	225,14	0,32	1,24	1,77	2,62	3,06
Buhne	26,17	225,11	0,34	1,25	1,77	2,63	3,08
	23,05	225,09	0,31	1,26	1,78	2,64	3,09
	12,71	225,03	0,35	1,27	1,78	2,60	3,08
	2,37	225,06	0,29	1,22	1,73	2,55	3,02

In Abb. 4-10 sind die berechneten Wasserspiegellagen der unterschiedlichen Hochwasserereignisse dargestellt. Eine leichte Anhebung der Wasserspiegellage ist erneut bei der Berechnung mit Mittelwasser (MQ = 0,5 m³/s) zu erkennen. Die rote Markierung zeigt wieder die leichte Rückstauwirkung, die im Bereich der dritten Sichelbuhne und diesmal auch im Bereich der

zweiten Sichelbuhne festzustellen ist. Dies resultiert aus der veränderten Geometrie, die für die Simulation der Einbauten in den Flusslauf verwendet wurden, siehe Kapitel 3.3.3.5.

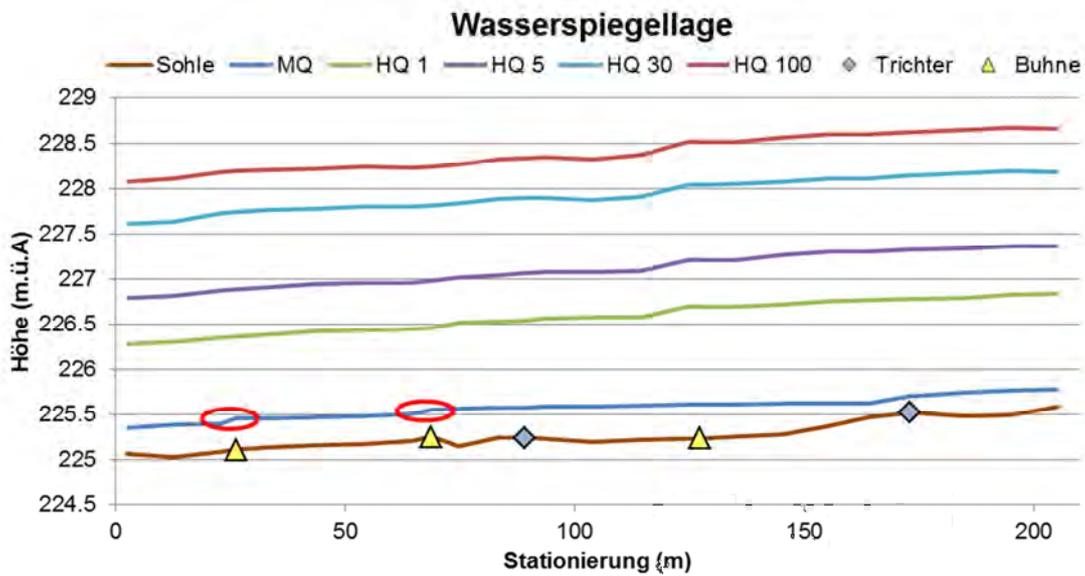


Abb. 4-10: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 5

## 4.6 Vergleich der unterschiedlichen Modelle

### 4.6.1 Ist-Zustand

Als Bezugspegel wurde die Berechnung des Baupegels der ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH gewählt. Um einen Vergleich zwischen dem Zustand vor Einbau der Strukturelemente und der möglichen Auswirkung auf die Wasserspiegellage nach Einbau treffen zu können, findet zu Beginn ein Vergleich zwischen Modell 1, Modell 2 und dem Bezugspegel statt. In Tab. 4-9 sind die jeweiligen mittleren Wasserstände in cm über das simulierte Gebiet bzw. der Bezugspegel angeführt. Bei den Abweichungen zum Bezugspegel des Modell 1 bzw. Modell 2 ist der Unterschied zwischen den Ergebnissen aus Modell 1 bzw. Modell 2 zum berechneten Pegel (ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH, 2013) dargestellt.

Tab. 4-9: Vergleich der mittleren Wasserstände im Ausgangszustand

	mittlerer Wasserspiegelstand (cm)			Abweichung zum Bezugspegel (%)	
	Bezugspegel	Modell 1	Modell 2	Modell 1	Modell 2
MQ	6	30	30	+399	+399
HQ <sub>1</sub>	147	133	136	-10	-8
HQ <sub>5</sub>	189	185	195	-2	+3
HQ <sub>30</sub>	253	268	288	+6	+14
HQ <sub>100</sub>	305	316	334	+3	+10

Die großen Differenzen bei dem MQ lassen sich mit den teilweise vorhandenen Auskolkungen im simulierten Streckenabschnitt erklären. Als Folge dieser kleinräumigen Aushöhlungen der Sohle kommt es zu lokalen Abflussbereichen mit erhöhtem Wasserstand, der jedoch nur einen kleinen Teil des Querschnittes ausmacht. Des Weiteren lässt sich gut erkennen, dass Modell 1 besser geeignet ist den Zustand vor Baubeginn zu simulieren, da die Abweichungen zum berechneten Baupiegel (ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH, 2013) insgesamt geringer sind. Bei Modell 2 resultiert die höhere mittlere Wasserspiegellage aus der Anhebung der Rauigkeit des seitlichen Ufers, das durch den steigenden Wasserstand immer mehr benetzt wird und dadurch abflusshemmend wirkt. In Abb. 4-11 sind die Pegelkurven für den Baupiegel, Modell 1 und Modell 2 dargestellt. Weil Modell 1 die natürlichen Gegebenheiten besser widerspiegelt, wurde dieses für weitere Vergleiche verwendet. Modell 2 wird jedoch als Alternative Berechnung miteinbezogen.

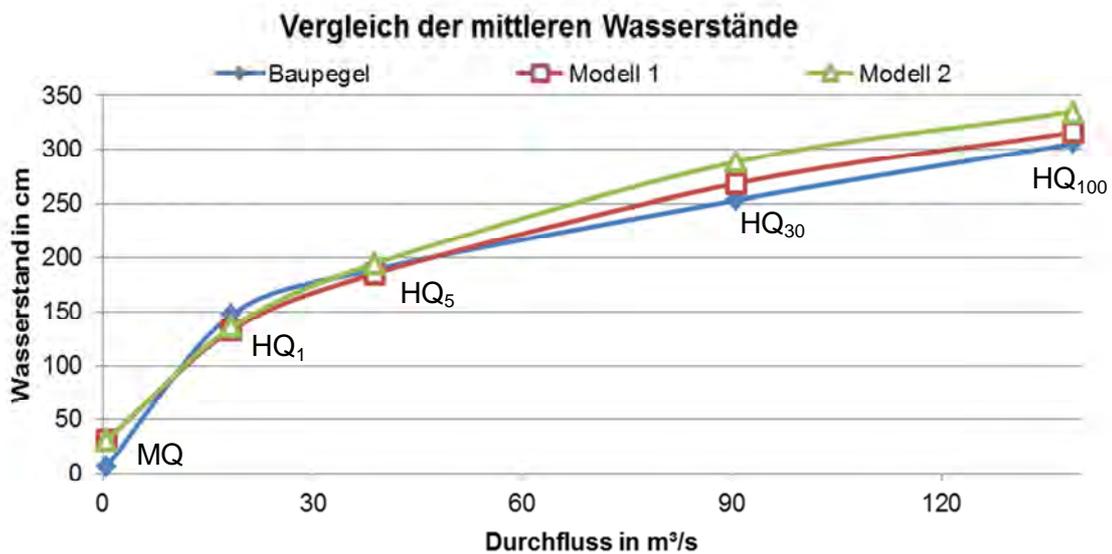


Abb. 4-11: Vergleich der Pegelkurven Baupiegel, Modell 1 und Model 2

#### 4.6.2 Analyse der Simulation der Einbauten

Modell 4 und Modell 5 sind im Ansatz gleich und unterscheiden sich nur in der eingegebenen Geometrie, wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben. Vergleicht man nun die Ergebnisse, ist festzustellen, dass die Einbauten nur einen Einfluss auf die Wasserspiegellage bei Mittelwasser haben. Bei den höheren Durchflüssen, bei denen die Einbauten deutlich überströmt werden, unterscheiden sich die Ergebnisse nicht. Bei Mittelwasser, der Durchfluss, für den die Bauwerke geplant sind, entsteht lokal ein Höhenunterschied der Wasserspiegellage von bis zu 4 cm. Für Vergleiche mit höheren Durchflüssen als Mittelwasser spielt es demzufolge keine Rolle, ob man Modell 4 oder Modell 5 wählt (Abb. 4-12).

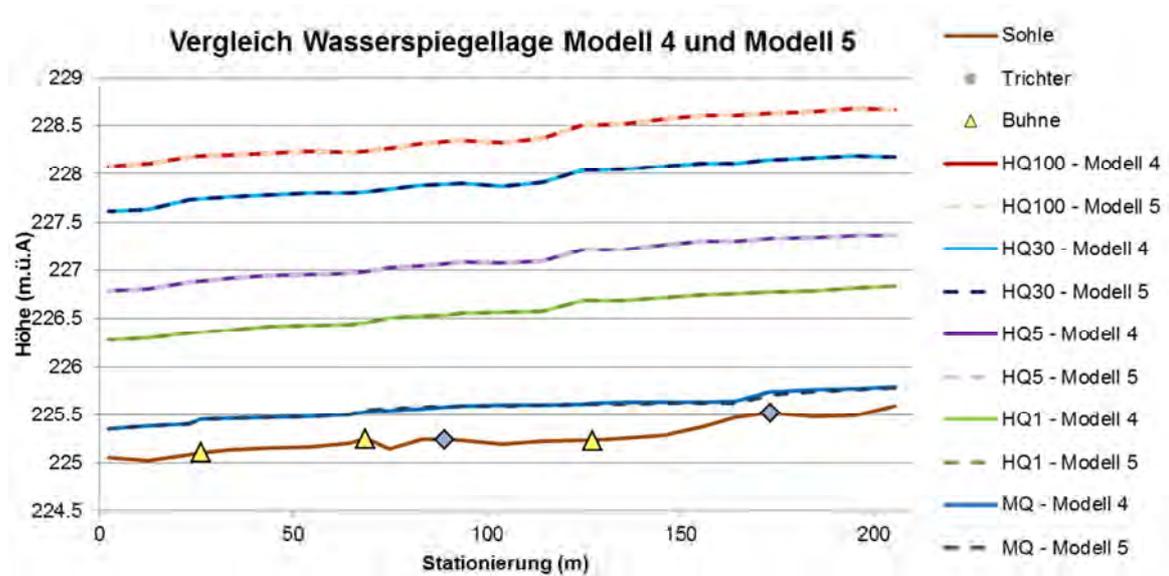


Abb. 4-12: Vergleich der Wasserspiegellagen zwischen Modell 4 und Modell 5 bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub> und HQ<sub>100</sub>

### 4.6.3 MQ

Bei dem Mittelwasservergleich, also einem Durchfluss von 0,5 m<sup>3</sup>/s, kann man erkennen, dass es über die gesamte Länge des simulierten Gebietes zu einer minimalen Anhebung des Wasserspiegels nach Einbau der Strömungstrichter und Sichelbuhnen kommt (Tab. 4-10). Dies ist durch den Rückstau, der an den eingesetzten Steinen entsteht, zu erklären. Die maximale bzw. minimale Änderung des Wasserspiegels (WSP) gibt die Extremwerte, die in einzelnen Profilen auftreten, wieder.

Tab. 4-10: Änderungen der Wasserspiegellage bei MQ im Vergleich zu Modell 1

	Unterschiede zu Modell 1 in cm			
	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Mittlere Abweichung	0	2	1	1
Maximale Änderung des WSP	0	4	4	5
Minimale Änderung des WSP	0	0	0	-1

In Abb. 4-13 sind die unterschiedlichen Modelle bei MQ dargestellt, wobei darauf zu achten ist, dass die Ordinate diesmal einen anderen Bereich abbildet, als in den vorherigen Diagrammen. Diese überhöhte Darstellung ist allerdings notwendig, um die minimalen Unterschiede in der Änderung der Wasserspiegellage aufzeigen zu können.

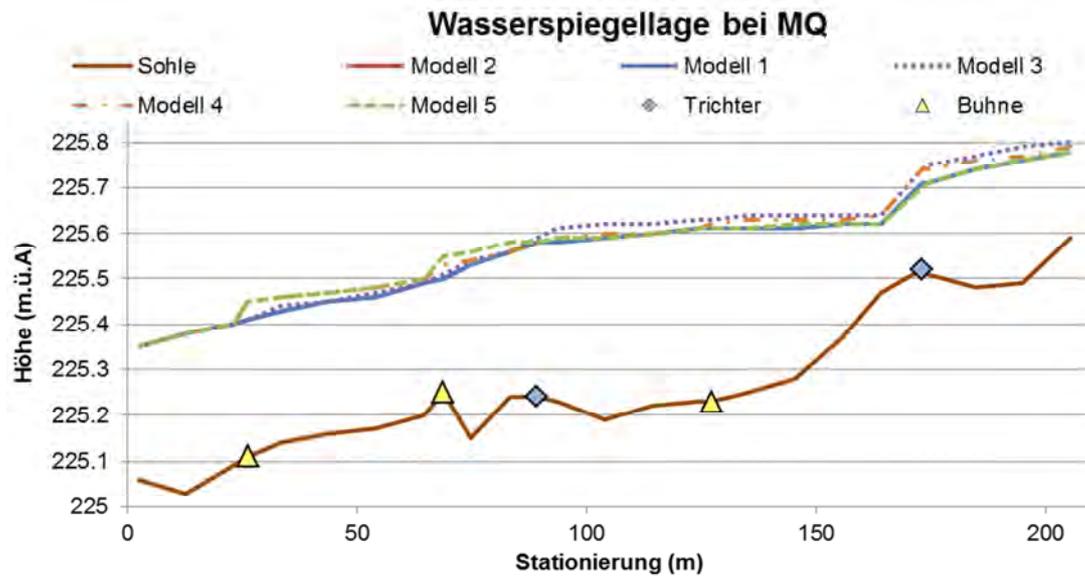


Abb. 4-13: Vergleich der Wasserspiegellagen bei MQ

Wesentlich deutlichere Unterschiede zum Modell 1 sind im Vergleich mit Modell 3 festzustellen. Hier wurden die lokalen Veränderungen der Strömungstrichter und Sichelbuhnen mit einer eigenen Rauigkeit simuliert.

#### 4.6.4 HQ<sub>1</sub>

Nach demselben Schema ist die Berechnung für HQ<sub>1</sub> mit einem Durchfluss von 18,5 m<sup>3</sup>/s durchgeführt worden (Tab. 4-11). Wie bereits erwähnt, besteht kein Unterschied in der Wasserspiegellagenberechnung zwischen Modell 4 und Modell 5, sobald die Einbauten deutlich überströmt werden. Die unterschiedlichen Wasserspiegellagen sind in Abb. 4-14 dargestellt. Modell 3, das mit Hilfe der veränderten STRICKLERWERTE versucht den Einbauten gerecht zu werden, errechnet die größten Abweichungen zur Ausgangssituation. Diese führen jedoch nicht zu einer Gefährdung einer Überflutung wie in Abb. 4-15 zu erkennen ist.

Tab. 4-11: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ<sub>1</sub> im Vergleich zu Modell 1

	Unterschiede zu Modell 1 in cm			
	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Mittlere Abweichung	3	5	-1	-1
Maximale Änderung des WSP	6	9	0	0
Minimale Änderung des WSP	1	0	-4	-4

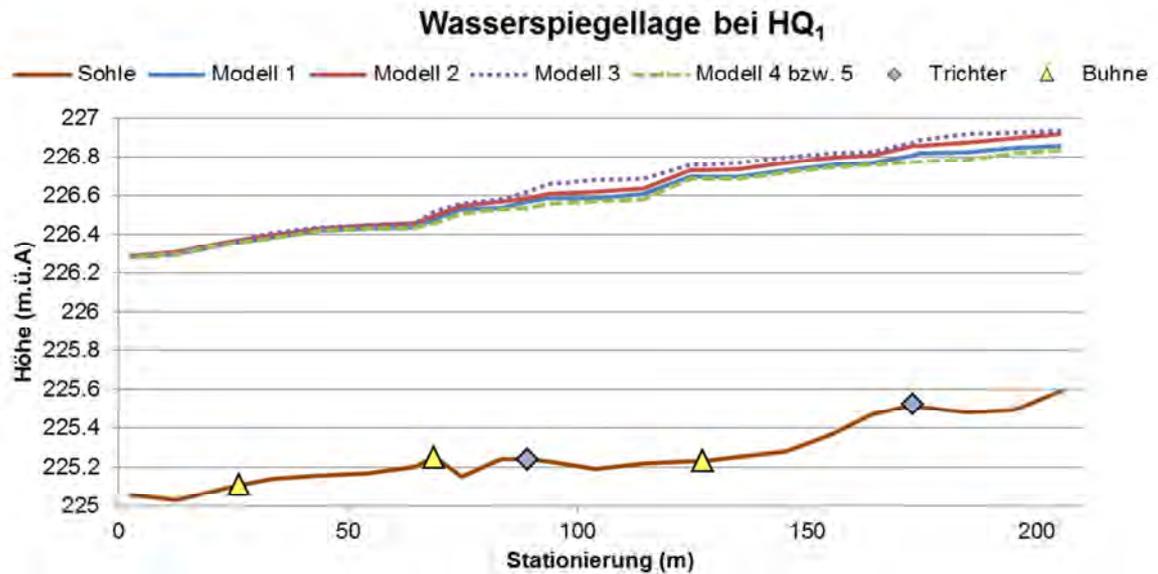


Abb. 4-14: Vergleich der Wasserspiegellagen bei  $HQ_1$

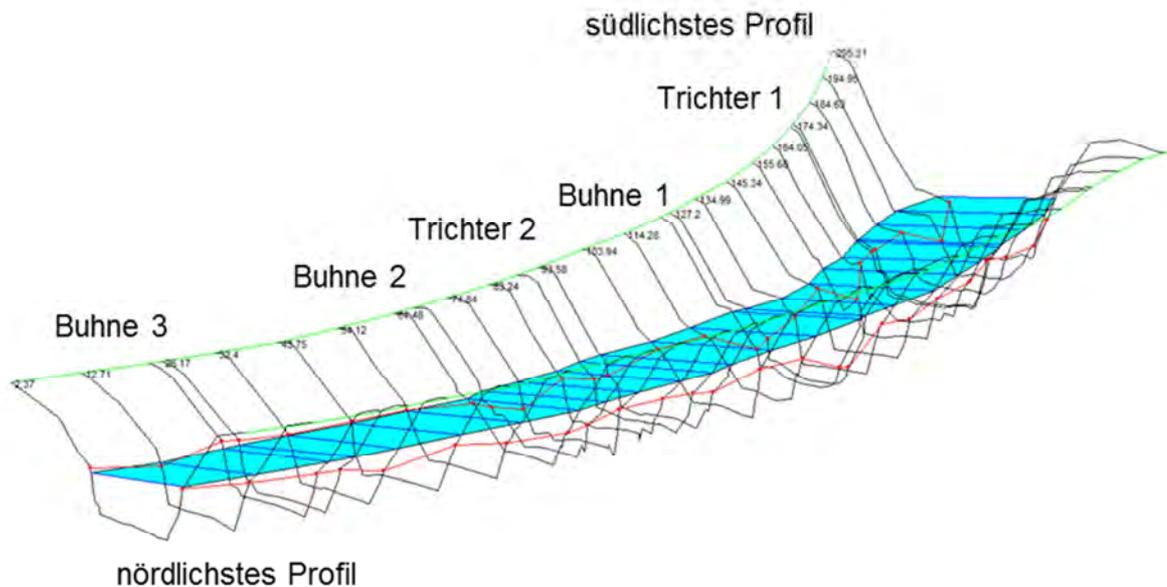


Abb. 4-15: Modell 3 bei einem einjährigen Hochwasserereignisses

Auffällig ist, dass es im Mittel sogar zu einer Senkung des Wasserspiegels und somit einer lokalen Beschleunigung des Abflusses bei Modell 4 und Modell 5 im Vergleich zur Ausgangssituation (Modell 1) kommt. Ursache dafür ist die Einengung der Profile. Besonders stark ist dieser Effekt bei den eingebauten Strömungstrichtern ersichtlich. In Tab. 4-12 sind die Geschwindigkeiten in m/s der jeweiligen Profile bei dem einjährigen Hochwasserereignis dargestellt. Die Profile vor den Strömungstrichtern und Sichelbuhnen bzw. diejenigen danach sind farblich gekennzeichnet (gelb für die Sichelbuhnen und blau für die Strömungstrichter). Bei „Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit“ sind die Profile mit veränderten Rauigkeitsbeiwerten eingefärbt.

Tab. 4-12: Mittlere Geschwindigkeiten in den Profilen bei HQ<sub>1</sub>

	Stationierung in m	Geschwindigkeiten in m/s				
		Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Trichter	205,31	1,73	1,61	1,61	1,78	1,78
	194,95	1,63	1,48	1,52	1,68	1,68
	184,63	1,55	1,44	1,42	1,60	1,60
	174,34	1,42	1,35	1,31	1,47	1,47
	173,11	1,41	1,34	1,31	1,46	1,46
	164,05	1,57	1,47	1,47	1,58	1,58
	155,68	1,50	1,35	1,41	1,52	1,52
	145,34	1,49	1,40	1,40	1,50	1,50
	134,99	1,55	1,46	1,46	1,56	1,56
	Buhne	127,20	1,43	1,32	1,23	1,45
124,63		1,40	1,28	1,33	1,42	1,42
114,28		1,76	1,66	1,61	1,80	1,80
103,94		1,57	1,51	1,45	1,62	1,62
Trichter	93,58	1,37	1,31	1,24	1,42	1,42
	89,12	1,45	1,37	1,34	1,50	1,50
	83,24	1,51	1,44	1,46	1,54	1,54
	74,84	1,48	1,41	1,42	1,50	1,50
Buhne	68,76	1,65	1,55	1,50	1,70	1,70
	64,48	1,77	1,69	1,73	1,77	1,77
	54,12	1,52	1,47	1,49	1,52	1,52
Buhne	43,75	1,36	1,34	1,34	1,37	1,37
	33,40	1,45	1,40	1,41	1,45	1,45
	26,17	1,49	1,44	1,46	1,49	1,49
	23,05	1,49	1,45	1,49	1,49	1,49
	12,71	1,60	1,58	1,60	1,60	1,60
	2,37	1,49	1,48	1,49	1,49	1,49

#### 4.6.5 HQ<sub>5</sub>

Bei einem Durchfluss von 39 m<sup>3</sup>/s, also einem HQ<sub>5</sub>, sind die Ergebnisse in Tab. 4-13 dargestellt. Die Abb. 4-16 zeigt einen direkten Vergleich der unterschiedlichen Modelle.

Tab. 4-13: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ<sub>5</sub> im Vergleich zu Modell 1

	Unterschiede zu Modell 1 in cm			
	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Mittlere Abweichung	9	4	-2	-2
Maximale Änderung des WSP	11	9	0	0
Minimale Änderung des WSP	8	0	-4	-4

In Modell 2 und 3 kommt es an keinem einzigen Punkt zur Senkung des Wasserstandes, was aus der Erhöhung der Rauigkeit und den somit langsameren Abflüssen resultiert.

Hingegen kommt es bei Modell 4 und Modell 5 in keinem Punkt zur Anhebung des Wasserspiegels. Der Grund für diese Veränderungen ist die Erhöhung der Geschwindigkeit durch die Einengung der Profile (vgl. Berechnungen  $HQ_1$ ).

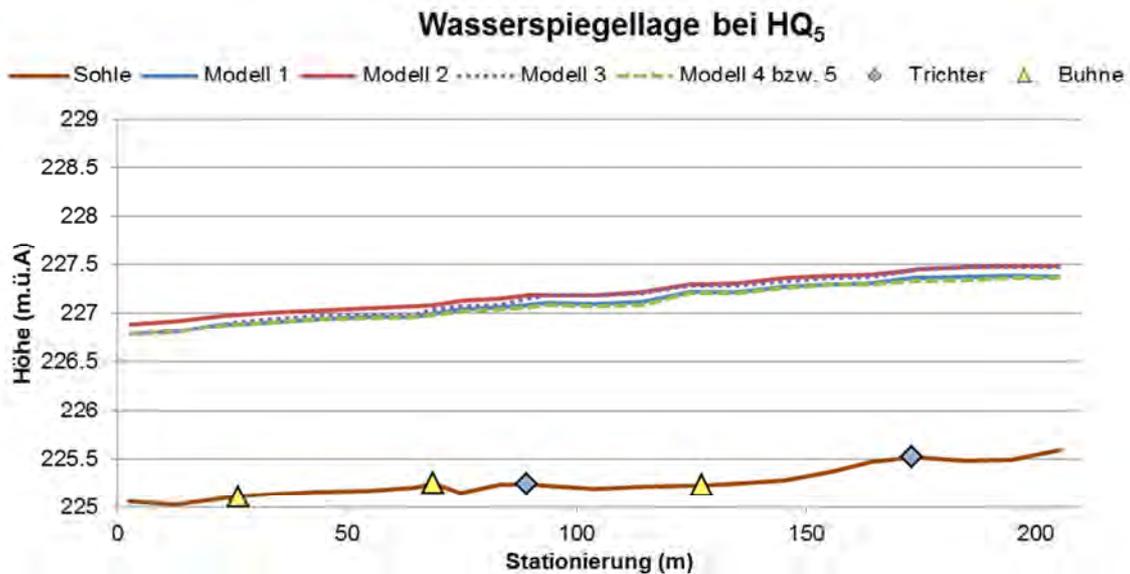


Abb. 4-16: Vergleich der Wasserspiegellagen bei  $HQ_5$

#### 4.6.6 $HQ_{30}$

Wesentlich interessanter ist der Vergleich bei einem  $HQ_{30}$  (Abb. 4-17) mit einem Durchfluss von  $90,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , einem zu erwartenden Pegelstand von über 2,5 Metern und somit leichten lokalen Überflutungen. Die berechneten Werte sind in Tab. 4-14 dargestellt.

Tab. 4-14: Änderungen der Wasserspiegellage bei  $HQ_{30}$  im Vergleich zu Modell 1

	Unterschiede der Wasserspiegellage zu Modell 1 in cm			
	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Mittlere Abweichung	20	7	-2	-2
Maximale Änderung des WSP	28	13	1	1
Minimale Änderung des WSP	16	0	-4	-4

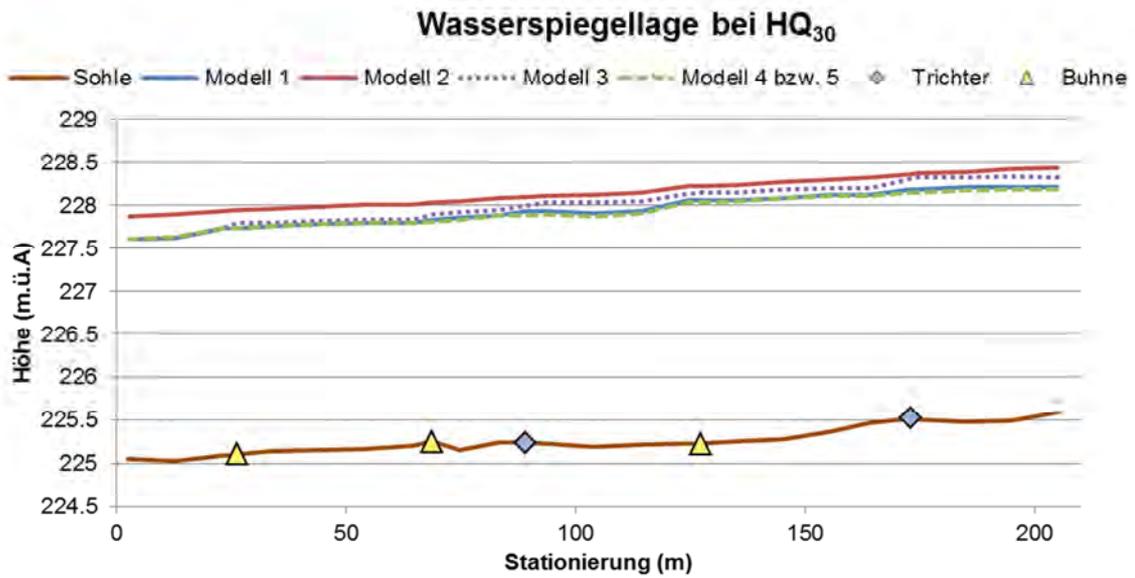


Abb. 4-17: Vergleich der Wasserspiegellagen bei  $HQ_{30}$

Bereits in Abb. 4-3 und Abb. 4-4 sind die Wasserspiegellagen in der dreidimensionalen Ansicht des ersten Modells und des zweiten Modells dargestellt. Da Modell 3 zwischen diesen beiden Wasserspiegellagen liegt, kommt es auch hier zu leichten lokalen Überschwemmungen. Auch bei den Modellen 4 und 5 kommt es bereits zu kleinen westseitigen Überflutungen (Abb. 4-18). Nur in den beiden rot eingekreisten Bereichen kommt es zu keinen Überschreitungen der Ufer.

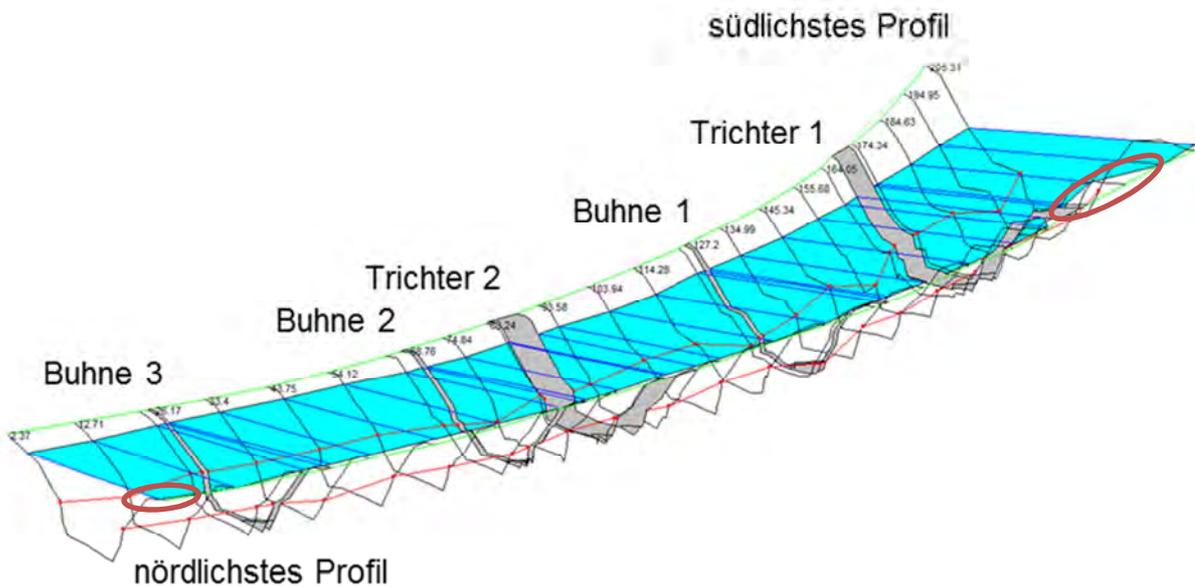


Abb. 4-18: Wasserspiegellage bei Modell 4 bei  $HQ_{30}$

### 4.6.7 HQ<sub>100</sub>

Bei der Betrachtung der Auswertung bei einem HQ<sub>100</sub> (Tab. 4-15, Abb. 4-19) sieht man, dass die Unterschiede der Veränderungen in der Höhe der Wasserspiegellage wieder geringer ausfallen, als bei einem HQ<sub>30</sub>. Grund hierfür ist die bereits in Modell 1 großflächige Überschreitung der Ufer (Abb. 4-2).

Tab. 4-15: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ<sub>100</sub> im Vergleich zu Modell 1

	Unterschiede zu Modell 1 in cm			
	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5
Mittlere Abweichung	19	6	-3	-3
Maximale Änderung des WSP	24	11	1	1
Minimale Änderung des WSP	16	0	-7	-7

Die Überschwemmungen sind aber aufgrund des generell höheren Wasserspiegels bei HQ<sub>100</sub> deutlich größer als bei HQ<sub>30</sub>.

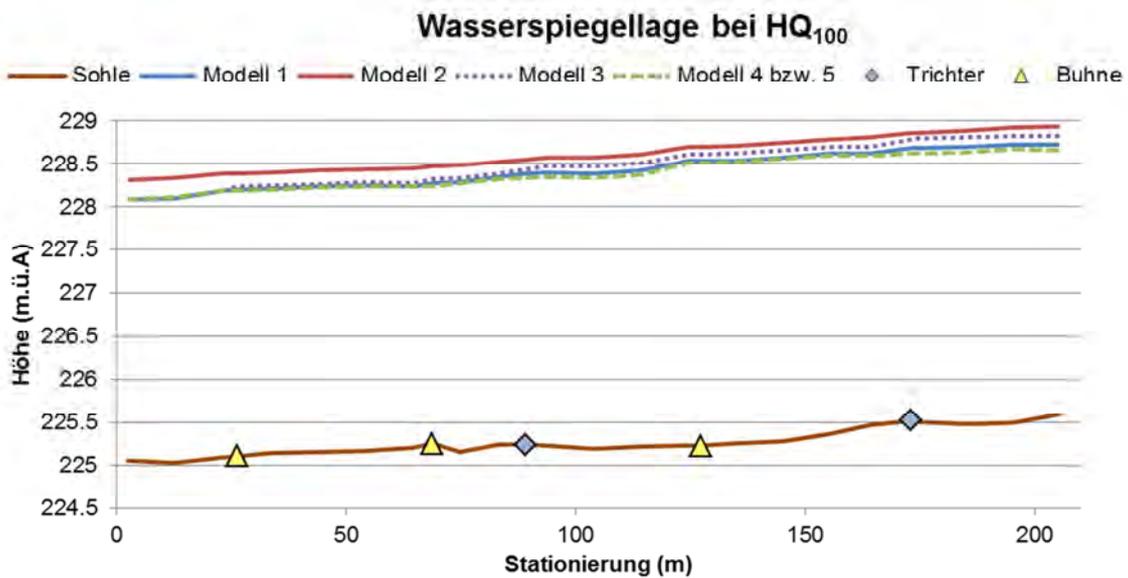


Abb. 4-19: Vergleich der Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>

## 5. Schlussfolgerungen

Mit dem Rückbau des Laabenbaches in Neulengbach wird ein wichtiger Schritt in Richtung der Wiederherstellung eines naturnahen Zustandes des Fließgewässers gesetzt. Durch den neuen Flusslauf, der den bestehenden Auwald durchfließt, bekommt der Oberlauf der Großen Tulln die Möglichkeit sich selbst durch eine hohe Eigendynamik weiterzuentwickeln und unterliegt nicht mehr dem Zwang des bestehenden alten Trapezprofils. Wie man schon bei etlichen anderen Rückbauprojekten beobachten konnte, wird sich auch hier nach einiger Zeit eine neue morphologische und biotische Struktur entwickeln können. Somit wird der ökologische Zustand in diesem Bereich nach den Vorgaben der WRRL verbessert. Positive Erfahrung mit Strömungstrichter und Lenkbuhnen machte man bereits unter anderem an der Mur, der Mürz in der Steiermark oder am Ellikerbach im Kanton Zürich in der Schweiz (MENDE, 2012 und BADURA et al., 2006). Es ist aber auch zu erwähnen, dass der Teil des neuen Gerinnelaufes nie seinen endgültigen Stand erreichen wird, da man mit den gesetzten Maßnahmen nur als Initiator für die Entwicklung des natürlichen Flusslaufes diente, um ein dynamisches System wiederherzustellen. Mit der Anbindung des Auwaldes wird wieder die Verbindung zwischen Land- und Gewässerlebensraum hergestellt. Durch die Wechselwirkung von trocken und nass, die durch die entsprechende Wasserführung des Flusses geprägt ist, und die damit verbundenen Anlandungen und Abtragungen der Ufer wird ein neuartiges Ökosystem in diesem Gewässerabschnitt entstehen.

In der Flutmulde, die mit knapp unter dem  $HQ_1$  dotiert ist, wird mit neu gesetzter Vegetation die Integration in die Au geschaffen. Der angrenzende Geh- und Radweg wird so noch attraktiver als Naherholungsgebiet werden. Zusätzlich verbessert sich der Hochwasserschutz durch den großen Retentionsbereich.

An einigen Stellen bietet sich allerdings aus raumplanerischen Gründen nicht die Möglichkeit das geradlinige trapezförmige Profil aufzuweiten. Trotzdem ist durch den Einbau von Strukturelementen mit einer enormen Aufwertung des Laabenbaches zu rechnen. Durch die Schaffung von Strömungsvariationen und Stillwasserbereiche, sowie einer Tiefenvarianz im gesamten Flusslauf ist eine deutliche Verbesserung des aquatischen Habitats gesichert.

Im untersuchten Abschnitt wurde mit Hilfe der eindimensionalen Wasserspiegelanalyse mit der Software HEC-RAS versucht die neue Strukturierung, die durch Sichelbuhnen und Strömungstrichter geschaffen wurde, abgebildet und bewertet. Die Simulation ist sehr stark von den abgeschätzten STRICKLERBEIWERTEN abhängig, die das Ergebnis eindeutig verändern. Die Rauigkeitsbeiwerte wurden im März 2013 bei einer Begehung abgeschätzt. Daher können die Ergebnisse nur den zu dieser Zeit vorgefundenen Bedingungen gerecht werden. Speziell bei der Ufervegetation ist mit einer jahreszeitlichen Veränderung zu rechnen, die Unterschiede im Abflussverhalten hervorrufen wird. Bereits bei einem statistisch gesehenen einjährigen Hochwasserereignis hat die Vegetation einen großen Einfluss und sollte bei zukünftigen Prognosen durchaus berücksichtigt werden.

Die Strukturelemente wurden auf zwei unterschiedlich basierenden Methoden modelliert. Bei der einen Variante (Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit) wurden die Bereiche der Strömungstrichter und Sichelbuhnen nur durch eine Reduzierung des STRICKLERBEIWERTES angepasst, die eine Reduktion der Abflussgeschwindigkeit als Folge hatte. Hingegen erfolgte bei der anderen Variante (Modell 4 – Inline Strukturen 2 und Modell 5 – Inline Strukturen 2) die Anpassung des neu strukturierten Gerinnes mit Hilfe von „inline structures“. Durch die resultierende Einengung der Sohle wurde eine höhere Fließgeschwindigkeit im Bereich der Einbauten erzeugt. Für dieses Projekt ist daher die Simulation der Strömungstrichter und Sichelbuhnen mit Hilfe von „inline structures“ (Modell 4 und 5) realistischer, als eine Berechnung über veränderte STRICKLERBEIWERTE (Modell 3). Es wurde gezeigt, dass die Errichtung von Bauwerken, die kaum aus der Sohle ragen und sich in Längsrichtung des Fließgewässers auch nicht zu weit erstrecken, keinen gravierenden Einfluss auf die Veränderung der Wasserspiegellage bei Hochwasserereignissen haben. Es wird deutlich, dass Pflegemaßnahmen der Ufervegetation des Hauptgerinnes für das Abflussverhalten notwendig sind, um eine schadlose Abfuhr höherer Abflüsse zu ermöglichen.

Die unterschiedlichen Modelle zeigen, dass sich durch Einbauten in der Flusssohle die Wasserspiegellage abhängig vom Durchfluss unterschiedlich stark verändert. Die Bauwerke sind im Verhältnis zum Gerinne sehr klein und führen dadurch zu geringen Veränderungen der Wasserstände. Durch die Einengung der Profile wird eine Beschleunigung des Abflusses erzwungen und somit eine Senkung der Wasserspiegellage erzeugt. Die Simulation über die Erhöhung der Rauigkeiten (Modell 3) bewirkt das Gegenteil, die Fließgeschwindigkeiten nehmen ab und dadurch kommt es zu höheren Wasserspiegellagen.

Betrachtet man abschließend das Gesamtprojekt „Laabenbach in Neulengbach – Hydro-morphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schaubberger“ wird eindeutig eine Aufwertung dieses Abschnittes des Laabenbaches erreicht. Für die Zukunft wäre ein Monitoring über die dynamische Entwicklung des Gewässers mit all seinen neu entstehenden Lebensräumen sinnvoll, um als Beispiel für ähnliche Projekte dienen zu können. Messungen über die Veränderung der Sohle im gesamten Projektgebiet und speziell die Aufnahme der Lage des Ufers im wieder integrierten Auwald wären wünschenswert.

Die Aufwertung des Gewässers als Lebensraum ist auch für den Menschen als Naherholungsgebiet von Bedeutung. Der angrenzende Geh- und Radweg wird mit einer attraktiveren Landschaft sicherlich an Bedeutung gewinnen und es können sich Bademöglichkeiten oder Plätze zum Beobachten der neu ansiedelnden Lebewesen ergeben. Des Weiteren könnte durchaus ein beliebter Platz für die Fischerei entstehen.

Zum Abschluss sei noch angemerkt, dass generell eine Ausweitung der Maßnahmen im Laabenbach und anschließend in der Großen Tulln wünschenswert wäre. Strukturelemente, wie Niederwasserbuhnen und Strömungstrichter sind eine kostengünstige Lösung, um eine Verbesserung der Fließgewässer zu erreichen, wenn keine Aufweitung der Ufer durch die beengten Platzverhältnisse möglich ist.

Als nächstes konkretes Ziel in Neulengbach wäre es erstrebenswert, das flussab an das Projektgebiet angrenzende Leitenwehr abzutragen. Wenn die Höhendifferenz zu hoch sein sollte, könnte man es durch eine Pendelrampe ersetzen und somit die Passierbarkeit für Fische erweitern.

Der Laabenbach und die Große Tulln haben auf einer weiten Strecke das Potential als Vorzeigeprojekt für zukünftige Rückbauten zu dienen. Der einst stark regulierte Flusslauf kann so wieder in ein Gerinne mit einer sehr natürlichen Strömungsdynamik hingeführt werden und es kommt zu einer Aufwertung des gesamten Landschaftsbildes.

## 6. Fotodokumentation



Abb. 6-1: Blick auf die Sturmbrücke, Blickrichtung: flussabwärts (November 2012)



Abb. 6-2: Aussteckung des neuen Verlaufes des Dammbaches (Jänner 2013)



Abb. 6-3: Bestimmung des genauen Flusslaufes für die Rodung im Auwald inklusive der Wahl für mögliche Raubbäume (Jänner 2013)



Abb. 6-4: Begradigtes Trapezprofil des Laabenbaches im oberen Projektgebiet, zukünftige Flutmulde (Jänner 2013)



Abb. 6-5: Gerodeter Flusslauf, Foto: HASLINGER H. (Februar 2013)



Abb. 6-6: Zukünftiger Rauhbaum, der Stamm bleibt teilweise erhalten und wird samt dem Wurzelwerk ausgerissen, Foto: HASLINGER H. (Februar 2013)



Abb. 6-7: Untersuchungsgebiet zwischen Leitenwehr und Sturmbrücke, Blickrichtung: flussaufwärts (März 2013)



Abb. 6-8: Vermessung des Flussprofils, Sturmbrücke flussabwärts (März 2013)

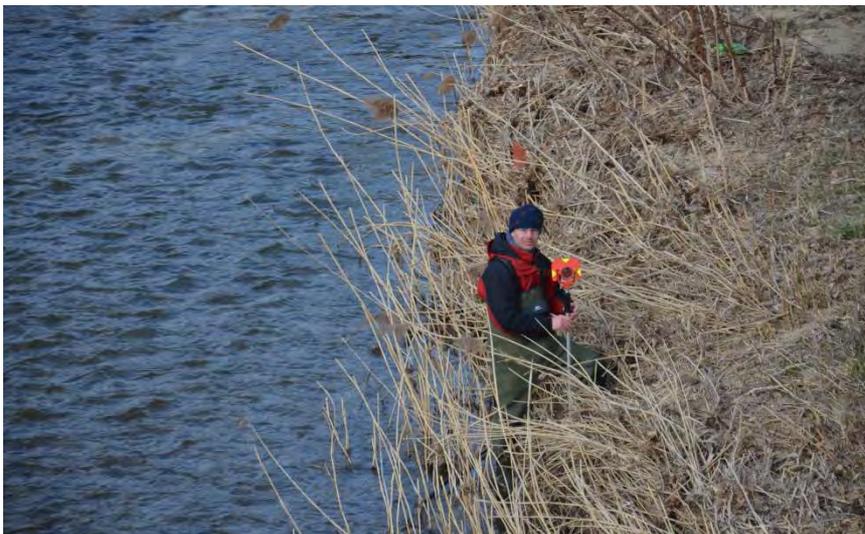


Abb. 6-9: Vermessung des Laabenbaches zwischen Sturmbrücke und Leitenwehr (März 2013)



Abb. 6-10: Die Aussteckung der Querung des neuen Flusslaufes mit dem alten Lauf (zukünftige Flutmulde), Fkm. 24,76 (März 2013)



Abb. 6-11: Entwurzelter Baum, der später als Rauhbaum dienen könnte (März 2013)



Abb. 6-12: Sichelbuhne 3 im Untersuchungsgebiet, ca. Fkm. 23,56 (Juli 2013)



Abb. 6-13: Strömungstrichter 2 und Sichelbühne 2 im Untersuchungsgebiet bei Fkm. 23,63 bzw. Fkm. 23,61 (Juli 2013)



Abb. 6-14: Strömungstrichter 1 und Sichelbühne 1 im Untersuchungsgebiet bei Fkm. 23,72 bzw. Fkm. 23,67 (Juli 2013)



Abb. 6-15: Teilweise Überströmung des Strömungstrichters 1 bei Fkm. 23,72 (Juli 2013)



Abb. 6-16: Transport der Wasserbausteine innerhalb des Laabenbaches (Juli 2013)



Abb. 6-17: Bau des neuen Verlaufes des Laabenbaches durch den Auwald (Juli 2013)



Abb. 6-18: Rauhbaum bereit für den Einbau (Juli 2013)

## 7. Literaturverzeichnis

- ALEXANDERSSON, O. (2003): Lebendes Wasser, Über Viktor Schaubergger und eine neue Technik unsere Umwelt zu retten. 10. Auflage. Ennsthaler Verlag. – Steyr
- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2011): Statistisches Handbuch des Landes Niederösterreich. Abteilung Raumordnung und Regionalpolitik – Statistik. Online im Internet. URL: [http://www.raumordnung-noe.at/fileadmin/root\\_raumordnung/infostand/publikationen\\_noe\\_landesstatistik/stathb\\_2011.pdf](http://www.raumordnung-noe.at/fileadmin/root_raumordnung/infostand/publikationen_noe_landesstatistik/stathb_2011.pdf) [Abruf: 10.5.2013]
- BADURA H., SINDELAR C., OTMAR G., (2006): Planung, Bau und Monitoring eines Strömungstrichters an der Mur. Schriftenreihe der Wasserwirtschaft. Band 2. Wasserbausymposium Graz. Seiten 348 – 356. TU Graz.
- BEV (2012): Orthofoto Neulengbach. Amt der NÖ Landesregierung. St.Pölten
- BMLFUW UND IWHW-BOKU (2007): Digitaler Hydrologischer Atlas Österreichs (Schulversion)
- BMLFUW (2009): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009. Online im Internet. URL: <http://wisa.lebensministerium.at/article/archive/29367> [Abruf: 1.12.2012]
- BOLLRICH G. (2007): Technische Hydromechanik 1, Grundlagen. 6. Auflage. Band 1. Huss-Medien GmbH. – Berlin
- BRATER E.F., KING H.W., LINDELL J.E., WIE C.Y. (1996): Handbook of Hydraulics, for the Solution of Hydraulic Engineering Problems. Seventh Edition. McGraw-Hill. – New York
- BROWN S.A., SCHALL J.D., MORRIS J.L., DOHERTY C.L., STEIN S.M., WARNER J.C. (2009): Urban Drainage Design Manual, Hydraulic Engineering Circular 22, Third Edition. Ayres Associates Inc. Online im Internet. URL: <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/10009/10009.pdf> [Abruf: 20.6.2013]
- BRUNNER, G. (2010): HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1. US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC). Online im Internet. URL: [http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS\\_4.1\\_Reference\\_Manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Reference_Manual.pdf) [Abruf: 4.12.2012]
- BRUNNER, G. (2010): HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 4.1. US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC). Online im Internet. URL: [http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS\\_4.1\\_Users\\_Manual.pdf](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf) [Abruf: 4.12.2012]
- BRUNNER, G. (2003): Modeling Drop Structures in HECRAS Version 3.1. PowerPoint PPT Presentation. Online im Internet: URL: [http://www.powershow.com/view/98396-YjFiM/Modeling\\_Drop\\_Structures\\_in\\_HECRAS\\_Version\\_3\\_1\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/98396-YjFiM/Modeling_Drop_Structures_in_HECRAS_Version_3_1_powerpoint_ppt_presentation) [Abruf: 6.6.2013]
- CLIMATE-DATA.ORG (2013): Klimadaten für Neulengbach. Online im Internet: URL: <http://de.climate-data.org/location/8667/> [Abruf: 10.5.2013]

- COATS, C. (2012): Naturenergien verstehen und nutzen, Viktor Schaubergers geniale Entdeckungen. 7. Auflage. Omega-Verlag. – Aachen
- EBERSTALLER, J. (2010): HW-Schutzprojekt Gr. Tulln – Laabenbach, Mehrleistungen für die Detailplanung im Bereich Schaubergerpark, Anbot. Planungsgemeinschaft Pieler, DC & ezb. – Wien
- EUROPÄISCHES PARLAMENT (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlamentes und Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der europäischen Union. Online im Internet. URL: [http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-eu-international/eu\\_wasserrecht/Wasserrahmen-RL.html](http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-eu-international/eu_wasserrecht/Wasserrahmen-RL.html) [Abruf: 29.1.2013]
- FISCHEREIERVERBAND IV ST. PÖLTEN (2012): Fischfreundliche Maßnahmen am Michelbach. Mitteilungsblatt des NÖ Landesfischereiverbandes. Ausgabe 2 – 2012. Seite 16. NÖ Landesfischereiverbandes. – St. Pölten
- FLATSCHER ERDBAU (2013): Einteilung der Wasserbausteine nach ihrer Kantenlänge. Online im Internet. URL: <http://www.flatscher-erdbau.at/wasser.html> [Abruf: 20.4.2013]
- FÜRST, J.(2008): Gewässerkunde und Hydrometrie. Skriptum zur Vorlesung mit Übung auf der Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT (2005/2010): Ausschnitt der geologischen online Karte. Online im Internet. URL: [http://geomap.geolba.ac.at/GEO/GEO\\_main.cfm?Init=false](http://geomap.geolba.ac.at/GEO/GEO_main.cfm?Init=false) [Abruf: 20.4.2013]
- HABERSACK, H., HENGL, M., KNOBLAUCH, H., REICHEL, G., RUTSCHMANN, P., SACKL, B., TRITTHART, M. (2007): Fließgewässermodellierung – Arbeitsbehelf Hydrodynamik, Grundlagen, Anwendungen und Modelle für die Praxis. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV). – Wien
- HABERSACK, H. (2012): Computer Based River Modelling. Unterlagen zur Vorlesungsübung auf der Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- HABERSACK, H. (2012): Konstruktiver Wasserbau und Flussgebietsmanagement. Unterlagen zur Vorlesungsübung auf der Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- HOLLER (2007): Flussbau nach Schauberger – mit der Natur statt gegen sie - an der Großen Tulln. Tageszeitung für Erneuerbare Energie und Nachhaltigkeit. Online im Internet. URL: [http://www.oekonews.at/index.php?mdoc\\_id=1026067](http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1026067) [Abruf: 16.12.2012]
- HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES (2013): Aktuelle hydrographische Informationen und digitale Archivdaten bis einschließlich 2010. Online im Internet. URL: <http://ehyd.gv.at/> [Abruf: 30.1.2013]
- KIESEL, J. (2009): Hydrologische Modellierung 2009 - Einführung in das Hydraulikmodell HecRAS. Unterlagen zur Vorlesungsübung auf der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Online im Internet. URL: [http://www.hydrology.uni-kiel.de/download/lehre/wise/hydrol\\_modelling/m192\\_HecRAS.pdf](http://www.hydrology.uni-kiel.de/download/lehre/wise/hydrol_modelling/m192_HecRAS.pdf) [Aufruf: 22.6.2013]

- KÖCK, J. UND VALENTI, B. (2013): Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schaubberger. Ausschreibungsunterlagen. ARGE Große Tulln / Anzbach. – Wien
- LEBENS MINISTERIUM I/4 (2012): Informationen zur Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG). Online im Internet. URL: [http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-eu-international/-eu\\_wasserrecht/Wasserrahmen-RL.html](http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-eu-international/-eu_wasserrecht/Wasserrahmen-RL.html) [Abruf: 29.1.2013]
- LOISKANDL, W. (2008): Hydraulik und Hydromechanik. Skriptum zur Vorlesung auf der Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- MADSEN, B.L. UND TENT, L. (2000): Lebendige Bäche und Flüsse, Praxistipps zur Gewässerunterhaltung und Revitalisierung von Tieflandgewässern. Edmund Siemers-Stiftung. Books on Demand. – Norderstedt
- MENDE, M. (2012): Instream River Training – Naturnaher Flussbau mit minimalem Materialeinsatz. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2012 (5) Nr. 10. Seite 537-543. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. – Hennef
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, LAND BRANDENBURG (2013): Einteilung des ökologischen Zustandes der Fließgewässer nach WRRL. Online im Internet. URL: <http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.329763.de> [Abruf: 5.8.2013]
- PATT, H., JÜRGING, P., KRAUS, W. (2009): Naturnaher Wasserbau, Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 3. Auflage. Springer Verlag. – Berlin Heidelberg
- RÖSSERT, R. (1999): Hydraulik im Wasserbau. 10.Auflage, R. Oldenbourg Verlag. – München
- SCHAUBERGER, V. (1933): Österreichische Patentschrift Nr. 134543, Wasserführung in Rohren und Gerinnen. Österreichisches Patentamt. – Wien
- SCHIECHTL H. und STERN R. (2002): Naturnaher Wasserbau, Anleitung für ingenieurbio logische Bauweisen. Ernst & Sohn Verlag für Architekten und technische Wissenschaften GmbH – Berlin
- SCHÖBER, B. (2012): Flussgebietsplanung und Gewässermanagement. Unterlagen zur Vorlesung auf der Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- SCHWINGENSCHLÖGL, R. (2007): Allgemeine Geologie, Skriptum zu Vorlesung KT & FW 2.Auflage. Universität für Bodenkultur Wien. – Wien
- SINDELAR, C. UND MENDE, M. (2009): Lenkbuhnen zur Strukturierung und Stabilisierung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Wasserwirtschaft 1-2|2009. Seite 70-75. Vieweg + Teubner Verlag. – Wiesbaden
- STROBL T. UND ZUNIC F. (2006): Wasserbau, Aktuelle Grundlagen – Neue Entwicklungen. Springer Verlag. – Berlin Heidelberg

## 8. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

### Tabellen:

Tab. 2-1: Jährlichkeitsstatistik: Pegel Siegersdorf (eHYD, 2013) .....	5
Tab. 3-1: Einteilung des ökologischen Zustandes der Fließgewässer nach WRRL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, LAND BRANDENBURG, 2013) .....	14
Tab. 3-2: Einteilung der Wasserbausteine nach ihrer Kantenlänge (FLATSCHER ERDBAU, 2013) .....	19
Tab. 3-3: Kriterien für den Fließzustand (BOLLRICH, 2007) .....	28
Tab. 3-4: Durchflüsse für die Berechnung (ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH, 2013) .....	33
Tab. 3-5: Übersicht über die erstellten HEC-RAS Modelle.....	33
Tab. 3-6: Beschreibung der Einbauten .....	36
Tab. 4-1: Verwendete STRICKLERBEIWERTE bzw. MANNINGWERTE .....	39
Tab. 4-2: Modell 1: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss .....	41
Tab. 4-3: Ergebnisse für die berechneten STRICKLERBEIWERTE bei einem idealisierten Profil... ..	42
Tab. 4-4: Modell 2: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss .....	43
Tab. 4-5: Modell 3: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss .....	44
Tab. 4-6: Ergebnisse für die Wehrkoeffizienten in Abhängigkeit des Durchflusses.....	46
Tab. 4-7: Modell 4: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss .....	47
Tab. 4-8: Modell 5: Höhen des Wasserspiegels abhängig von der Stationierung und dem Durchfluss .....	48
Tab. 4-9: Vergleich der mittleren Wasserstände im Ausgangszustand .....	49
Tab. 4-10: Änderungen der Wasserspiegellage bei MQ im Vergleich zu Modell 1 .....	51
Tab. 4-11: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ <sub>1</sub> im Vergleich zu Modell 1 .....	52
Tab. 4-12: Mittlere Geschwindigkeiten in den Profilen bei HQ <sub>1</sub> .....	54
Tab. 4-13: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ <sub>5</sub> im Vergleich zu Modell 1 .....	54
Tab. 4-14: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ <sub>30</sub> im Vergleich zu Modell 1 .....	55
Tab. 4-15: Änderungen der Wasserspiegellage bei HQ <sub>100</sub> im Vergleich zu Modell 1.....	57
Tab. 9-1: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m <sup>3</sup> /s).....	75

Tab. 9-2: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_1$ (18,5 m <sup>3</sup> /s).....	76
Tab. 9-3: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_5$ (39,0 m <sup>3</sup> /s).....	76
Tab. 9-4: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{30}$ (90,6 m <sup>3</sup> /s).....	77
Tab. 9-5: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{100}$ (138,9 m <sup>3</sup> /s) .....	77
Tab. 9-6: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m <sup>3</sup> /s).....	82
Tab. 9-7: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_1$ (18,5 m <sup>3</sup> /s).....	83
Tab. 9-8: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_5$ (39,0 m <sup>3</sup> /s).....	83
Tab. 9-9: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{30}$ (90,6 m <sup>3</sup> /s).....	84
Tab. 9-10: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{100}$ (138,9 m <sup>3</sup> /s) .....	84
Tab. 9-11: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m <sup>3</sup> /s).....	89
Tab. 9-12: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_1$ (18,5 m <sup>3</sup> /s).....	90
Tab. 9-13: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_5$ (39,0 m <sup>3</sup> /s).....	90
Tab. 9-14: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{30}$ (90,6 m <sup>3</sup> /s).....	91
Tab. 9-15: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{100}$ (138,9 m <sup>3</sup> /s) .....	91
Tab. 9-16: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m <sup>3</sup> /s).....	98
Tab. 9-17: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_1$ (18,5 m <sup>3</sup> /s).....	99
Tab. 9-18: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_5$ (39,0 m <sup>3</sup> /s).....	100
Tab. 9-19: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{30}$ (90,6 m <sup>3</sup> /s).....	101
Tab. 9-20: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{100}$ (138,9 m <sup>3</sup> /s) .....	102
Tab. 9-21: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m <sup>3</sup> /s).....	109
Tab. 9-22: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_1$ (18,5 m <sup>3</sup> /s).....	110
Tab. 9-23: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_5$ (39,0 m <sup>3</sup> /s).....	111
Tab. 9-24: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{30}$ (90,6 m <sup>3</sup> /s).....	112
Tab. 9-25: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei $HQ_{100}$ (138,9 m <sup>3</sup> /s) .....	113

**Abbildungen:**

Abb. 2-1: Kartenausschnitt aus dem DIGITALEN HYDROLOGISCHEN ATLAS ÖSTERREICHS (2007) mit der Lage des Laabenbaches .....	3
Abb. 2-2: Kartenausschnitt aus dem DIGITALEN HYDROLOGISCHEN ATLAS ÖSTERREICHS (2007) mit der Darstellung des Einzugsgebietes des Laabenbaches.....	4
Abb. 2-3: Ausschnitt der geologischen online Karte der GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT (2005/2010).....	4

Abb. 2-4: Darstellung der mittleren Monatstemperaturen sowie die jährliche Verteilung Niederschlagsmenge aus CLIMATE-DATA.ORG (2013) für Neulengbach.....	5
Abb. 2-5: Pegel in Siegersdorf: Monatsmaxima des Durchflusses von 1956 – 2010.....	6
Abb. 2-6: Pegel Siegersdorf: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse für das Jahr 2010 .....	6
Abb. 2-7: Pegel Siegersdorf: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse für das Jahr 2005 .....	6
Abb. 2-8: Pegel Siegersdorf: Histogramm der mittleren monatlichen Abflüsse von 1956 bis 2010 .....	7
Abb. 2-9: Übersicht über das Projektgebiet, ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH (2013) .....	8
Abb. 2-10: Neues Gerinne durch den Auwald (Juli 2013) .....	9
Abb. 2-11: Angepasste Linienführung bei der Ausleitung zur Erhaltung des Baumbestandes (Juli 2013) .....	9
Abb. 2-12: Abschnittsweise Aufweitung eines bestehenden Profils ca. bei Fkm. 24,3 (Juli 2013) .....	10
Abb. 2-13: Strömungstrichter und Sichelbuhne im Bereich der angrenzenden Siedlung ca. bei Fkm. 26,6 (Juli 2013).....	11
Abb. 2-14: Bestehendes Wehr – Fkm. 23,52 (März 2013) .....	11
Abb. 2-15: Abschnitt Sturmbrücke bis zum bestehenden Wehr, ARGE GROÙE TULLN / ANZBACH (2013).....	12
Abb. 3-1: Ausschnitt der Karte O-ZUST1 (BMLFUW, 2009): Ökologischer Zustand der natürlichen Oberflächengewässer und ökologisches Potential der künstlichen und erheblich veränderten Oberflächengewässer.....	15
Abb. 3-2: Unterschied der Geschwindigkeitsverteilung in einen geraden Gewässerabschnitt. Links ohne und rechts mit inklinant eingebauter Lenkbuhne. (SINDELAR und MENDE, 2009) .....	19
Abb. 3-3: Darstellung einer Sichelbuhne: Ausschnitt aus dem Regelplan Strukturierung Bestand mit Trichter und Sichelbuhne, Projekt: Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung (KÖCK und VALENTI, 2013).....	20
Abb. 3-4: Lagerung von Blocksteinen in Neulengbach (Juli 2013) .....	20
Abb. 3-5: Lenkung der Strömung in Flussmitte durch die deklinant eingebaute Sichelbuhne bei Fkm. 26,67 (Juli 2013).....	21
Abb. 3-6: Ausschnitt aus der österreichischen Patentschrift Nr. 134543: Wasserführung in Rohren und Gerinnen, Fig. 2 und Fig.3: Leitschaukeln, Fig.4: Querschnitt mit Leitschaukeln, Blick in Fließrichtung (SCHAUBERGER, 1933).....	21
Abb. 3-7: Unterschiedliche Auskolkung abhängig von der Einbaurichtung, a.) deklinante und b.) inklinante Bauweise (SINDELAR und MENDE, 2009).....	22

Abb. 3-8: Darstellung eines verkehrten Strömungstrichters: Ausschnitt aus dem Regelplan Strukturierung Bestand mit Trichter und Sichelbuhne, Projekt: Laabenbach in Neulengbach – Hydromorphologische Verbesserung (KÖCK und VALENTI, 2013)..... 23

Abb. 3-9: Beschleunigung der Strömung in Flussmitte durch den eingebauten verkehrten Strömungstrichter bei Fkm. 23,63 (Juli 2013) ..... 23

Abb. 3-10: Wellenausbreitung bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (LOISKANDL, 2008) ..... 27

Abb. 3-11: Überfall in der Software HEC-RAS (BRUNNER, 2010) ..... 30

Abb. 3-12: Benutzeroberfläche von HEC-RAS 4.1.0..... 30

Abb. 3-13: Digitales Höhenmodell: Blickrichtung flussaufwärts..... 32

Abb. 3-14: Einteilung der Rauigkeitsbereiche (März 2013) ..... 34

Abb. 3-15: Ausschnitt aus der Tabelle nach VEN-TE-CHOW (1959 zit. bei HABERSACK, 2012) ... 34

Abb. 3-16: Gliederung des Flusslaufes, bei MQ und Blickrichtung stromabwärts..... 35

Abb. 3-17: Idealisiertes Trapezprofil für die Berechnung eines mittleren STRICKLERBEIWERTES 35

Abb. 3-18: Modell 3 – Kennzeichnung der Bereiche mit  $k_{st}=15m^{1/3}/s$  im Gerinne..... 36

Abb. 3-19: Lage der "inline structures" ..... 37

Abb. 3-20: Profileansicht: Modell 5 – Strömungstrichter 1 ..... 38

Abb. 4-1: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 1..... 39

Abb. 4-2: Wasserspiegel Modell 1 bei einem  $HQ_{100}$  Ereignis ..... 40

Abb. 4-3: Wasserspiegellage Modell 1 bei einem  $HQ_{30}$  Ereignis..... 40

Abb. 4-4: Wasserspiegellage Modell 2 bei einem  $HQ_{30}$  Ereignis..... 42

Abb. 4-5: Modell 2: Wasserspiegel in Profil 54,12 bei  $HQ_{30}$  ..... 42

Abb. 4-6: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 2..... 43

Abb. 4-7: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 3..... 45

Abb. 4-8: Einfluss des Wehrkoeffizientens auf die Wasserspiegellage bei  $HQ_{100}$  ..... 46

Abb. 4-9: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 4..... 47

Abb. 4-10: Vergleich der unterschiedlichen Wasserspiegellagen im Modell 5..... 49

Abb. 4-11: Vergleich der Pegelkurven Baupegel, Modell 1 und Model 2..... 50

Abb. 4-12: Vergleich der Wasserspiegellagen zwischen Modell 4 und Modell 5 bei MQ,  $HQ_1$ ,  $HQ_5$ ,  $HQ_{30}$  und  $HQ_{100}$ ..... 51

Abb. 4-13: Vergleich der Wasserspiegellagen bei MQ..... 52

Abb. 4-14: Vergleich der Wasserspiegellagen bei  $HQ_1$ ..... 53

Abb. 4-15: Modell 3 bei einem einjährigen Hochwasserereignisses.....	53
Abb. 4-16: Vergleich der Wasserspiegellagen bei HQ <sub>5</sub> .....	55
Abb. 4-17: Vergleich der Wasserspiegellagen bei HQ <sub>30</sub> .....	56
Abb. 4-18: Wasserspiegellage bei Modell 4 bei HQ <sub>30</sub> .....	56
Abb. 4-19: Vergleich der Wasserspiegellagen bei HQ <sub>100</sub> .....	57
Abb. 6-1: Blick auf die Sturmbrücke, Blickrichtung: flussabwärts (November 2012).....	61
Abb. 6-2: Aussteckung des neuen Verlaufes des Dammbaches (Jänner 2013).....	61
Abb. 6-3: Bestimmung des genauen Flusslaufes für die Rodung im Auwald inklusive der Wahl für mögliche Rohrbäume (Jänner 2013).....	61
Abb. 6-4: Begradigtes Trapezprofil des Laabenbaches im oberen Projektgebiet, zukünftige Flutmulde (Jänner 2013).....	62
Abb. 6-5: Gerodeter Flusslauf, Foto: HASLINGER H. (Februar 2013).....	62
Abb. 6-6: Zukünftiger Rohbaum, der Stamm bleibt teilweise erhalten und wird samt dem Wurzelwerk ausgerissen, Foto: HASLINGER H. (Februar 2013).....	62
Abb. 6-7: Untersuchungsgebiet zwischen Leitenwehr und Sturmbrücke, Blickrichtung: flussaufwärts (März 2013).....	63
Abb. 6-8: Vermessung des Flussprofils, Sturmbrücke flussabwärts (März 2013).....	63
Abb. 6-9: Vermessung des Laabenbaches zwischen Sturmbrücke und Leitenwehr (März 2013).....	63
Abb. 6-10: Die Aussteckung der Querung des neuen Flusslaufes mit dem alten Lauf (zukünftige Flutmulde), Fkm. 24,76 (März 2013).....	64
Abb. 6-11: Entwurzelter Baum, der später als Rohbaum dienen könnte (März 2013).....	64
Abb. 6-12: Sichelbuhne 3 im Untersuchungsgebiet, ca. Fkm. 23,56 (Juli 2013).....	64
Abb. 6-13: Strömungstrichter 2 und Sichelbuhne 2 im Untersuchungsgebiet bei Fkm. 23,63 bzw. Fkm. 23,61 (Juli 2013).....	65
Abb. 6-14: Strömungstrichter 1 und Sichelbuhne 1 im Untersuchungsgebiet bei Fkm. 23,72 bzw. Fkm. 23,67 (Juli 2013).....	65
Abb. 6-15: Teilweise Überströmung des Strömungstrichters 1 bei Fkm. 23,72 (Juli 2013).....	65
Abb. 6-16: Transport der Wasserbausteine innerhalb des Laabenbaches (Juli 2013).....	66
Abb. 6-17: Bau des neuen Verlaufes des Laabenbaches durch den Auwald (Juli 2013).....	66
Abb. 6-18: Rohbaum bereit für den Einbau (Juli 2013).....	66

## 9. Anhang

### 9.1 HEC-RAS Berechnungen

#### 9.1.1 Berechnungen Modell 1 – IST-Zustand (2012)

Tabellarische Darstellung der HEC-RAS Ergebnisse:

Tab. 9-1: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	0.5	225.59	225.78	225.72	225.79	0.003988	0.51	0.99	7.04	0.43
194.95	0.5	225.49	225.76		225.77	0.001248	0.36	1.39	6.9	0.26
184.63	0.5	225.48	225.74		225.75	0.00251	0.43	1.18	7.79	0.35
174.34	0.5	225.51	225.71		225.72	0.003045	0.45	1.12	7.88	0.38
173.11	0.5	225.52	225.71		225.72	0.003896	0.46	1.08	8.76	0.42
164.05	0.5	225.47	225.62		225.66	0.014419	0.82	0.61	5.54	0.79
155.68	0.5	225.37	225.62		225.63	0.00104	0.33	1.49	7.16	0.23
145.34	0.5	225.28	225.61		225.62	0.000484	0.26	1.95	7.89	0.17
134.99	0.5	225.25	225.61		225.61	0.000332	0.23	2.17	7.73	0.14
127.2	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000409	0.25	1.98	7.31	0.15
124.63	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000454	0.26	1.95	7.57	0.16
114.28	0.5	225.22	225.6		225.6	0.00069	0.31	1.61	6.31	0.2
103.94	0.5	225.19	225.59		225.6	0.000558	0.27	1.86	7.73	0.18
93.58	0.5	225.23	225.58		225.59	0.001068	0.3	1.67	9.77	0.23
89.12	0.5	225.24	225.58		225.58	0.001702	0.36	1.4	9.05	0.29
83.24	0.5	225.24	225.56		225.57	0.004015	0.45	1.12	9.57	0.42
74.84	0.5	225.15	225.53		225.54	0.003035	0.4	1.24	9.99	0.37
68.76	0.5	225.25	225.5		225.51	0.004359	0.51	0.99	7.49	0.45
64.48	0.5	225.2	225.49		225.5	0.003027	0.47	1.06	6.91	0.38
54.12	0.5	225.17	225.46		225.47	0.00229	0.39	1.29	9.08	0.33
43.75	0.5	225.16	225.45		225.45	0.001533	0.32	1.54	10.52	0.27
33.4	0.5	225.14	225.43		225.43	0.001939	0.36	1.4	9.99	0.3
26.17	0.5	225.11	225.41		225.42	0.002471	0.39	1.27	9.36	0.34
23.05	0.5	225.09	225.4		225.41	0.002147	0.38	1.32	9.31	0.32
12.71	0.5	225.03	225.38		225.39	0.002444	0.4	1.26	9.08	0.34
2.37	0.5	225.06	225.35	225.25	225.36	0.002902	0.43	1.16	8.38	0.37

Tab. 9-2: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>1</sub> (18,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	18.5	225.59	226.86	226.49	227.01	0.003359	1.73	10.76	11.16	0.54
194.95	18.5	225.49	226.85		226.98	0.002509	1.63	11.71	11.86	0.48
184.63	18.5	225.48	226.83		226.95	0.002544	1.55	12.13	13.95	0.48
174.34	18.5	225.51	226.82		226.92	0.002159	1.42	13.15	14.05	0.44
173.11	18.5	225.52	226.81		226.92	0.002163	1.41	13.22	14.17	0.43
164.05	18.5	225.47	226.77		226.89	0.002836	1.57	12	13.93	0.49
155.68	18.5	225.37	226.76		226.87	0.002025	1.5	13.14	14.12	0.43
145.34	18.5	225.28	226.73		226.84	0.002055	1.49	12.81	12.39	0.43
134.99	18.5	225.25	226.7		226.82	0.002225	1.55	12.25	11.99	0.44
127.2	18.5	225.23	226.7		226.8	0.001704	1.43	13.58	12.99	0.4
124.63	18.5	225.23	226.7		226.79	0.001609	1.4	14.07	13.99	0.39
114.28	18.5	225.22	226.61		226.76	0.003932	1.76	10.7	13.03	0.58
103.94	18.5	225.19	226.59		226.72	0.002944	1.57	11.87	13.03	0.5
93.58	18.5	225.23	226.59		226.68	0.002011	1.37	13.8	14.71	0.42
89.12	18.5	225.24	226.57		226.67	0.002271	1.45	13.14	15.08	0.45
83.24	18.5	225.24	226.54		226.66	0.002692	1.51	12.47	14.32	0.48
74.84	18.5	225.15	226.53		226.64	0.002389	1.48	12.87	14.18	0.45
68.76	18.5	225.25	226.48		226.62	0.00345	1.65	11.61	14.69	0.54
64.48	18.5	225.2	226.44		226.6	0.004283	1.77	10.63	13.58	0.6
54.12	18.5	225.17	226.43		226.55	0.002833	1.52	12.38	14.27	0.49
43.75	18.5	225.16	226.42		226.52	0.002155	1.36	13.63	13.99	0.43
33.4	18.5	225.14	226.39		226.49	0.002437	1.45	13.01	14.27	0.46
26.17	18.5	225.11	226.36		226.47	0.002688	1.49	12.62	14.42	0.48
23.05	18.5	225.09	226.35		226.46	0.002682	1.49	12.59	14.31	0.48
12.71	18.5	225.03	226.3		226.43	0.003258	1.6	11.62	13.3	0.52
2.37	18.5	225.06	226.28	225.91	226.39	0.002901	1.49	12.39	13.47	0.49

Tab. 9-3: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>5</sub> (39,0 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	39.0	225.59	227.38	226.99	227.64	0.003428	2.29	18.25	16.51	0.58
194.95	39.0	225.49	227.39		227.59	0.002489	2.1	20.48	17.66	0.51
184.63	39.0	225.48	227.38		227.56	0.002393	1.98	21.28	18.26	0.49
174.34	39.0	225.51	227.36		227.53	0.002178	1.87	22.04	17.93	0.47
173.11	39.0	225.52	227.36		227.53	0.002175	1.86	22.1	17.92	0.47
164.05	39.0	225.47	227.31		227.51	0.00266	2.01	20.51	17.21	0.51
155.68	39.0	225.37	227.3		227.48	0.002157	1.97	21.71	17.32	0.47
145.34	39.0	225.28	227.27		227.46	0.002272	1.99	21.3	17.97	0.48
134.99	39.0	225.25	227.22		227.43	0.002624	2.12	20.14	17.74	0.51
127.2	39.0	225.23	227.22		227.4	0.0021	1.99	21.73	17.76	0.47
124.63	39.0	225.23	227.22		227.39	0.001928	1.92	22.45	17.81	0.45
114.28	39.0	225.22	227.12		227.36	0.003583	2.23	18.61	17.24	0.59
103.94	39.0	225.19	227.1		227.32	0.003049	2.1	19.54	16.94	0.55
93.58	39.0	225.23	227.11		227.27	0.002136	1.84	22.4	18.16	0.47
89.12	39.0	225.24	227.09		227.26	0.002292	1.9	21.94	18.35	0.48
83.24	39.0	225.24	227.06		227.25	0.002674	1.98	20.9	18.08	0.51
74.84	39.0	225.15	227.04		227.22	0.002543	1.97	21.01	17.65	0.5
68.76	39.0	225.25	227		227.21	0.00305	2.08	20	17.85	0.55
64.48	39.0	225.2	226.96		227.19	0.003542	2.19	18.92	17.83	0.59
54.12	39.0	225.17	226.96		227.14	0.002657	1.96	20.85	18.16	0.52
43.75	39.0	225.16	226.94		227.11	0.002283	1.84	21.93	17.95	0.47
33.4	39.0	225.14	226.91		227.09	0.002411	1.9	21.53	18.4	0.49
26.17	39.0	225.11	226.89		227.07	0.002575	1.93	21.21	18.59	0.5
23.05	39.0	225.09	226.88		227.06	0.002628	1.94	21.02	18.42	0.51
12.71	39.0	225.03	226.81		227.03	0.003204	2.11	19.3	17.2	0.56
2.37	39.0	225.06	226.79	226.3	226.99	0.002901	1.99	20.25	17.68	0.53

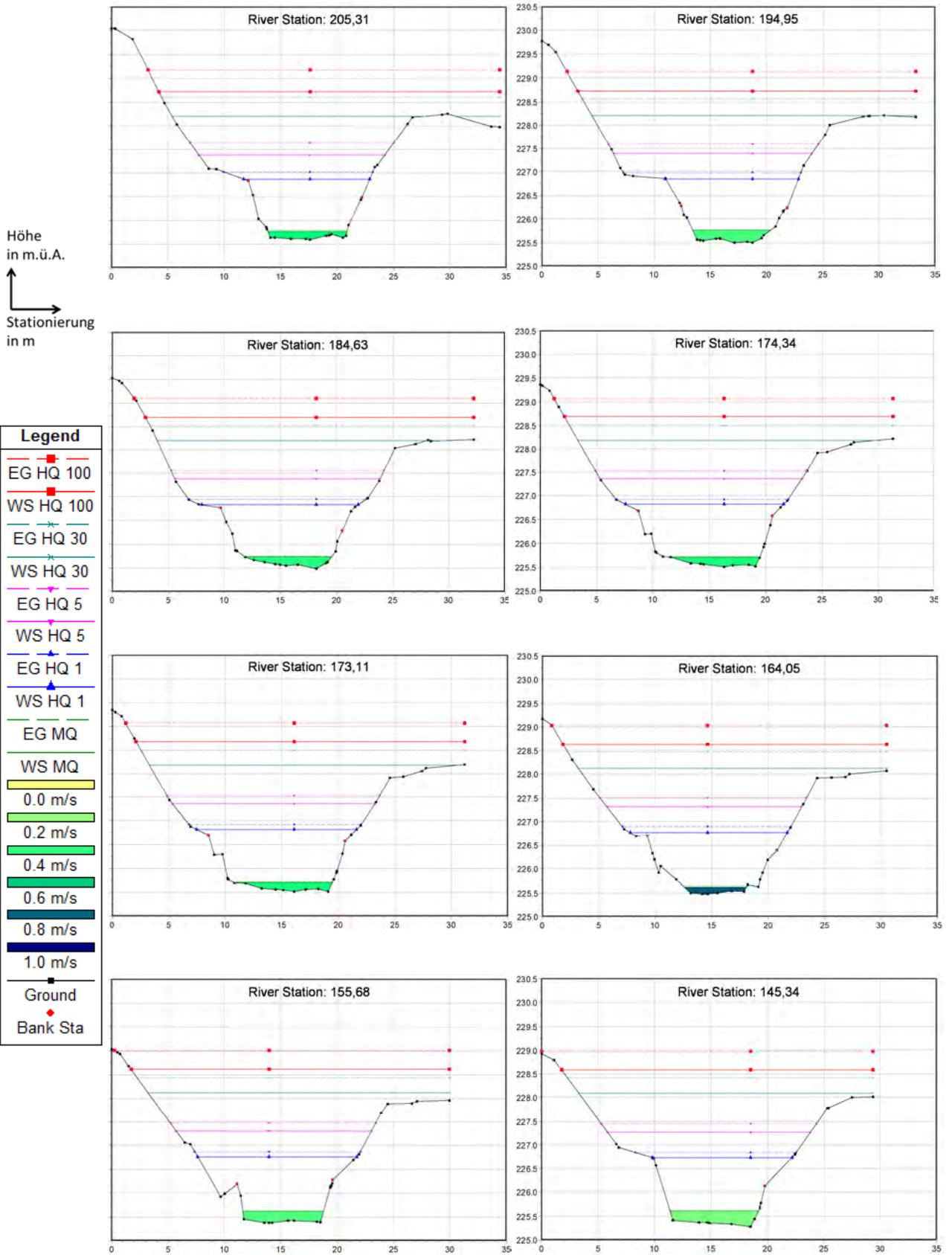
Tab. 9-4: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>30</sub> (90,6 m<sup>3</sup>/s)

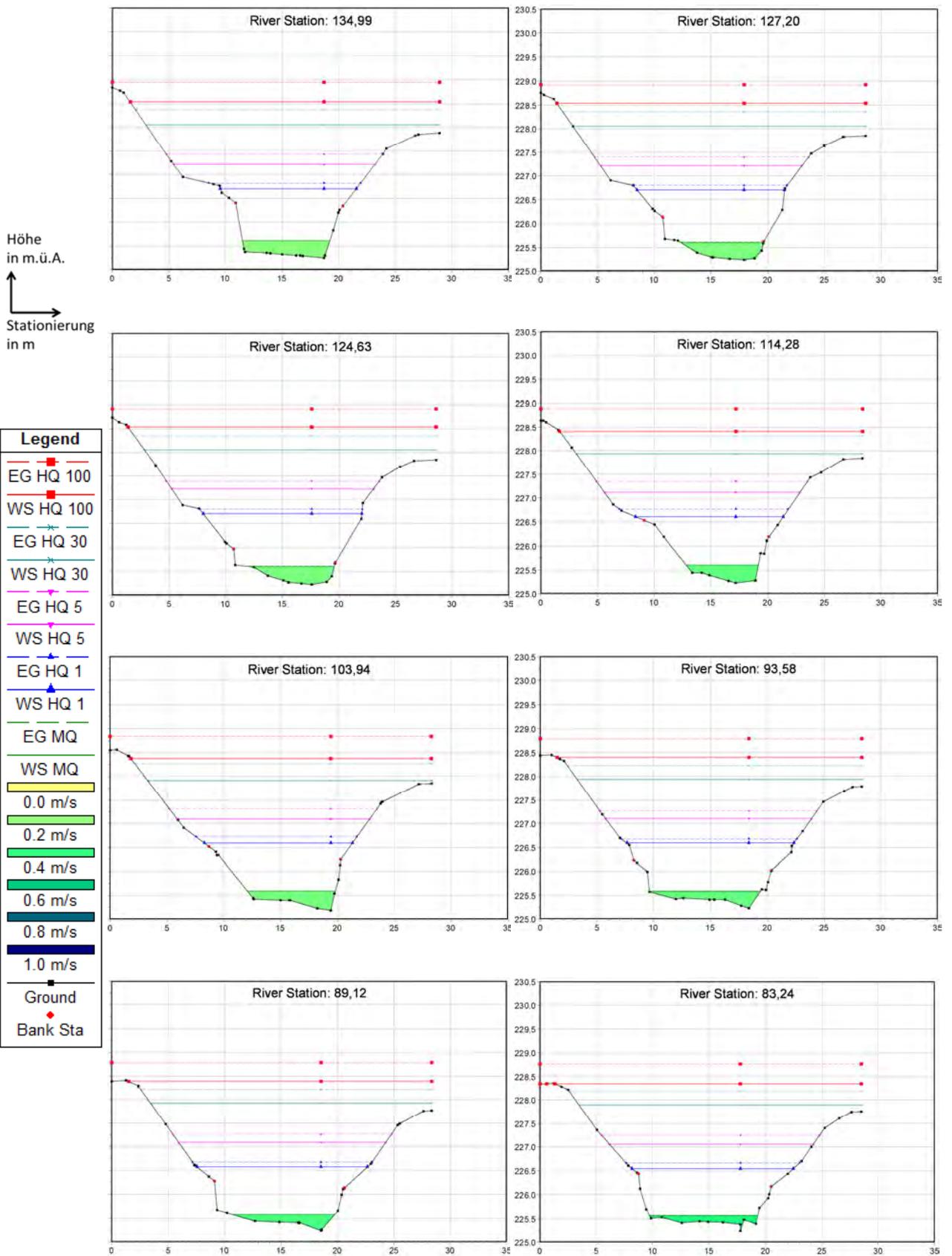
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	90.6	225.59	228.21	227.81	228.61	0.003311	2.98	34.54	26.62	0.61
194.95	90.6	225.49	228.21		228.57	0.002699	2.84	37.09	28.82	0.57
184.63	90.6	225.48	228.21		228.53	0.002506	2.67	38.14	25.97	0.54
174.34	90.6	225.51	228.19		228.5	0.00243	2.6	39.14	26.86	0.53
173.11	90.6	225.52	228.19		228.5	0.002438	2.6	39.27	27.53	0.53
164.05	90.6	225.47	228.12		228.47	0.002875	2.77	37.06	27.31	0.57
155.68	90.6	225.37	228.12		228.44	0.002522	2.73	38.65	26.69	0.54
145.34	90.6	225.28	228.09		228.41	0.00255	2.72	38.53	26.06	0.54
134.99	90.6	225.25	228.06		228.38	0.00261	2.74	38.18	25.91	0.54
127.2	90.6	225.23	228.06		228.36	0.00228	2.67	39.75	25.77	0.52
124.63	90.6	225.23	228.06		228.35	0.002151	2.61	40.5	25.77	0.51
114.28	90.6	225.22	227.94		228.31	0.003266	2.88	35.6	25.22	0.61
103.94	90.6	225.19	227.91		228.27	0.003103	2.82	35.97	24.95	0.59
93.58	90.6	225.23	227.94		228.22	0.002294	2.52	40.06	25.05	0.52
89.12	90.6	225.24	227.93		228.21	0.00235	2.54	39.81	24.91	0.52
83.24	90.6	225.24	227.89		228.2	0.002621	2.61	38.64	24.98	0.54
74.84	90.6	225.15	227.86		228.17	0.002666	2.67	38.15	24.95	0.55
68.76	90.6	225.25	227.83		228.16	0.002874	2.72	37.53	25.5	0.57
64.48	90.6	225.2	227.8		228.14	0.003053	2.78	36.69	25.7	0.59
54.12	90.6	225.17	227.8		228.1	0.002504	2.57	39.46	26.68	0.54
43.75	90.6	225.16	227.78		228.07	0.002332	2.49	40.47	27.17	0.52
33.4	90.6	225.14	227.76		228.05	0.002337	2.52	40.71	28.08	0.52
26.17	90.6	225.11	227.74		228.03	0.002387	2.51	40.78	28.54	0.52
23.05	90.6	225.09	227.73		228.02	0.002464	2.54	40.33	28.58	0.53
12.71	90.6	225.03	227.62		227.98	0.00314	2.82	36.81	28.96	0.6
2.37	90.6	225.06	227.61	227.09	227.95	0.002904	2.68	37.66	27.99	0.57

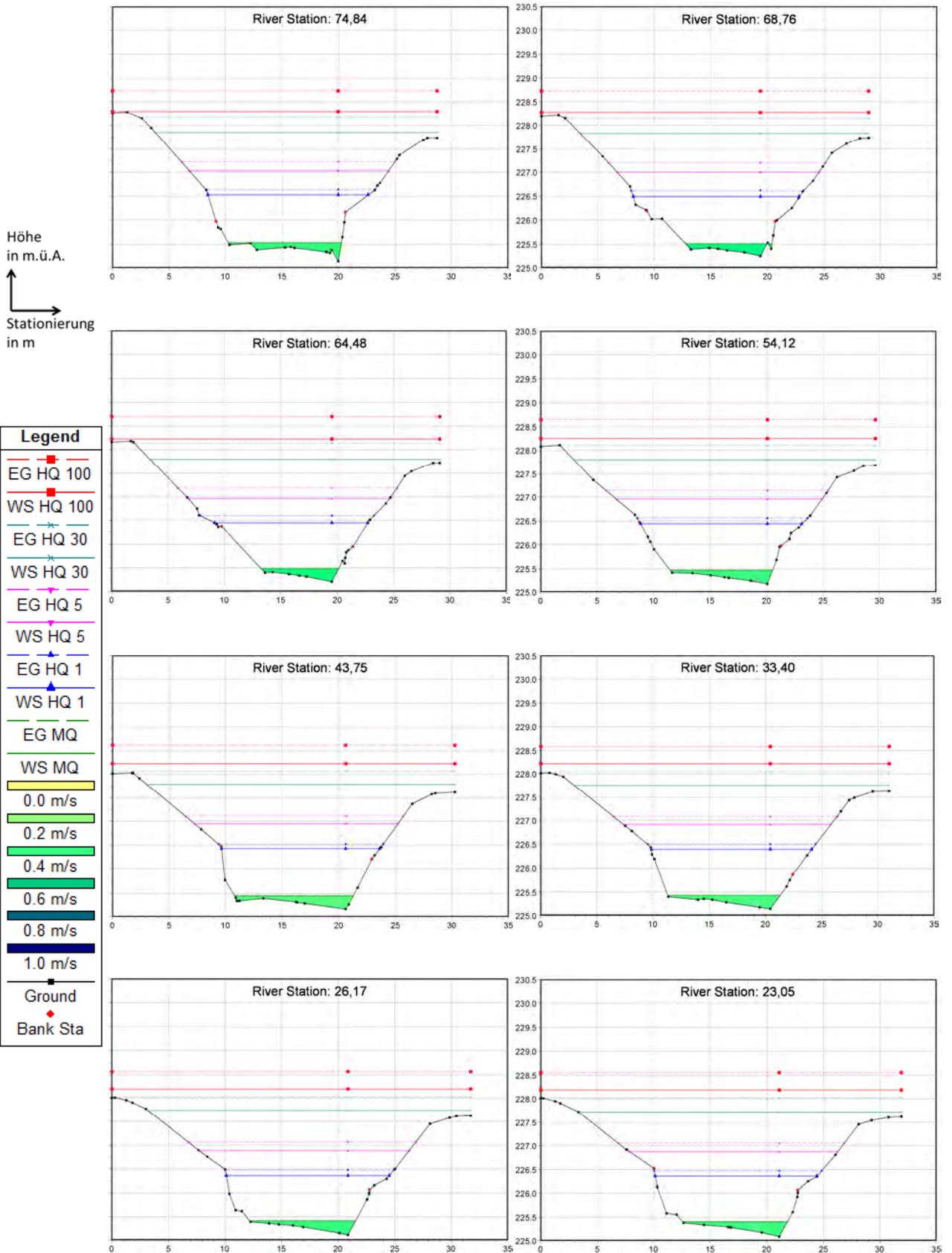
Tab. 9-5: Modell 1: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>100</sub> (138,9 m<sup>3</sup>/s)

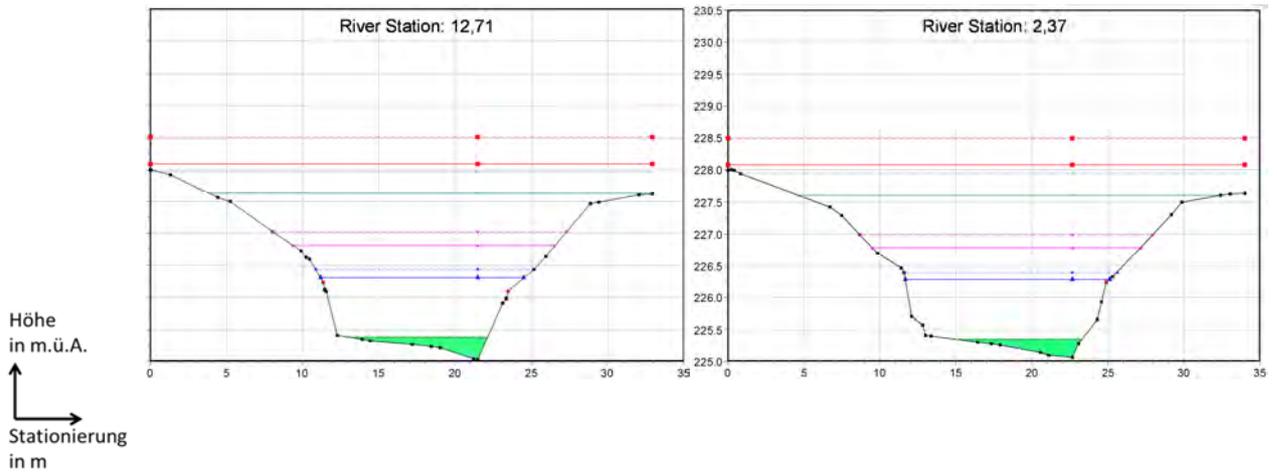
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	138.9	225.59	228.72	228.45	229.18	0.003125	3.29	49.54	30.21	0.62
194.95	138.9	225.49	228.72		229.13	0.002568	3.13	52.2	30.05	0.57
184.63	138.9	225.48	228.7		229.1	0.002618	3.07	52.18	29.25	0.57
174.34	138.9	225.51	228.69		229.07	0.002476	2.97	53.33	29.13	0.55
173.11	138.9	225.52	228.69		229.07	0.002467	2.95	53.47	29.07	0.55
164.05	138.9	225.47	228.62		229.04	0.002791	3.1	51.17	28.65	0.58
155.68	138.9	225.37	228.62		229.01	0.002539	3.07	52.4	28.21	0.55
145.34	138.9	225.28	228.58		228.98	0.002614	3.09	51.67	27.58	0.56
134.99	138.9	225.25	228.54		228.95	0.002696	3.12	51.13	27.31	0.57
127.2	138.9	225.23	228.54		228.93	0.002423	3.07	52.53	27.22	0.55
124.63	138.9	225.23	228.54		228.92	0.002317	3.02	53.25	27.21	0.54
114.28	138.9	225.22	228.42		228.88	0.003291	3.27	47.91	26.71	0.63
103.94	138.9	225.19	228.38		228.85	0.003234	3.26	48.01	26.44	0.62
93.58	138.9	225.23	228.4		228.8	0.002552	2.99	52	26.82	0.56
89.12	138.9	225.24	228.39		228.78	0.002631	3.02	51.63	26.86	0.57
83.24	138.9	225.24	228.35		228.77	0.002891	3.08	50.4	27.73	0.59
74.84	138.9	225.15	228.29		228.74	0.003079	3.2	49.48	28.7	0.61
68.76	138.9	225.25	228.27		228.72	0.00317	3.21	49.35	28.95	0.62
64.48	138.9	225.2	228.23		228.7	0.00336	3.29	48.39	29.09	0.64
54.12	138.9	225.17	228.25		228.65	0.00274	3.03	52.01	29.6	0.58
43.75	138.9	225.16	228.23		228.62	0.002592	2.95	53.43	30.24	0.56
33.4	138.9	225.14	228.21		228.59	0.002504	2.93	54.23	31	0.56
26.17	138.9	225.11	228.2		228.57	0.002511	2.9	54.74	31.71	0.55
23.05	138.9	225.09	228.19		228.56	0.002575	2.92	54.36	31.88	0.56
12.71	138.9	225.03	228.1		228.52	0.003003	3.13	51.74	32.88	0.6
2.37	138.9	225.06	228.08	227.5	228.49	0.002902	3.04	52.76	34.01	0.59

Grafische Darstellung der Querprofile: Wasserspiegellage und Energiehöhe bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, sowie die mittlere Geschwindigkeit bei MQ









Legend	
—■—	EG HQ 100
—■—	WS HQ 100
—■—	EG HQ 30
—■—	WS HQ 30
—■—	EG HQ 5
—■—	WS HQ 5
—■—	EG HQ 1
—■—	WS HQ 1
—■—	EG MQ
—■—	WS MQ
■	0.0 m/s
■	0.2 m/s
■	0.4 m/s
■	0.6 m/s
■	0.8 m/s
■	1.0 m/s
■	Ground
■	Bank Sta

## 9.1.2 Berechnungen Modell 2 – mittlerer STRICKLERBEIWERT

Tabellarische Darstellung der HEC-RAS Ergebnisse:

Tab. 9-6: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude #	Chl
205.31	0.5	225.59	225.78	225.72	225.79	0.003988	0.51	0.99	7.04	0.43	
194.95	0.5	225.49	225.76		225.77	0.001248	0.36	1.39	6.9	0.26	
184.63	0.5	225.48	225.74		225.75	0.00251	0.43	1.18	7.79	0.35	
174.34	0.5	225.51	225.71		225.72	0.003045	0.45	1.12	7.88	0.38	
173.11	0.5	225.52	225.71		225.72	0.003896	0.46	1.08	8.76	0.42	
164.05	0.5	225.47	225.62		225.66	0.014419	0.82	0.61	5.54	0.79	
155.68	0.5	225.37	225.62		225.63	0.00104	0.33	1.49	7.16	0.23	
145.34	0.5	225.28	225.61		225.62	0.000484	0.26	1.95	7.89	0.17	
134.99	0.5	225.25	225.61		225.61	0.000332	0.23	2.17	7.73	0.14	
127.2	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000409	0.25	1.98	7.31	0.15	
124.63	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000454	0.26	1.95	7.57	0.16	
114.28	0.5	225.22	225.6		225.6	0.00069	0.31	1.61	6.31	0.2	
103.94	0.5	225.19	225.59		225.6	0.000558	0.27	1.86	7.73	0.18	
93.58	0.5	225.23	225.58		225.59	0.001068	0.3	1.67	9.77	0.23	
89.12	0.5	225.24	225.58		225.58	0.001702	0.36	1.4	9.05	0.29	
83.24	0.5	225.24	225.56		225.57	0.004015	0.45	1.12	9.57	0.42	
74.84	0.5	225.15	225.53		225.54	0.003035	0.4	1.24	9.99	0.37	
68.76	0.5	225.25	225.5		225.51	0.004359	0.51	0.99	7.49	0.45	
64.48	0.5	225.2	225.49		225.5	0.003027	0.47	1.06	6.91	0.38	
54.12	0.5	225.17	225.46		225.47	0.00229	0.39	1.29	9.08	0.33	
43.75	0.5	225.16	225.45		225.45	0.001533	0.32	1.54	10.52	0.27	
33.4	0.5	225.14	225.43		225.43	0.001939	0.36	1.4	9.99	0.3	
26.17	0.5	225.11	225.41		225.42	0.002471	0.39	1.27	9.36	0.34	
23.05	0.5	225.09	225.4		225.41	0.002147	0.38	1.32	9.31	0.32	
12.71	0.5	225.03	225.38		225.39	0.002444	0.4	1.26	9.08	0.34	
2.37	0.5	225.06	225.35	225.25	225.36	0.002902	0.43	1.16	8.38	0.37	

Tab. 9-7: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>1</sub> (18,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	18.5	225.59	226.92	226.48	227.05	0.003314	1.61	11.46	11.97	0.53
194.95	18.5	225.49	226.9		227.01	0.003175	1.48	12.46	14.56	0.51
184.63	18.5	225.48	226.88		226.98	0.002955	1.44	12.84	14.85	0.49
174.34	18.5	225.51	226.86		226.95	0.002317	1.35	13.75	14.58	0.44
173.11	18.5	225.52	226.86		226.95	0.002304	1.34	13.82	14.69	0.44
164.05	18.5	225.47	226.81		226.92	0.00301	1.47	12.63	14.34	0.5
155.68	18.5	225.37	226.8		226.89	0.002324	1.35	13.74	14.39	0.44
145.34	18.5	225.28	226.77		226.87	0.002287	1.4	13.26	13.02	0.44
134.99	18.5	225.25	226.74		226.84	0.00248	1.46	12.66	12.14	0.46
127.2	18.5	225.23	226.73		226.82	0.001949	1.32	13.99	13.1	0.41
124.63	18.5	225.23	226.73		226.81	0.001864	1.28	14.5	14.1	0.4
114.28	18.5	225.22	226.64		226.78	0.004196	1.66	11.13	13.45	0.58
103.94	18.5	225.19	226.62		226.74	0.003057	1.51	12.22	13.26	0.5
93.58	18.5	225.23	226.61		226.7	0.002175	1.31	14.15	14.91	0.43
89.12	18.5	225.24	226.59		226.69	0.002601	1.37	13.55	15.34	0.46
83.24	18.5	225.24	226.57		226.67	0.002964	1.44	12.81	14.55	0.49
74.84	18.5	225.15	226.55		226.65	0.00268	1.41	13.16	14.32	0.47
68.76	18.5	225.25	226.5		226.63	0.003743	1.55	11.95	14.79	0.55
64.48	18.5	225.2	226.46		226.61	0.004553	1.69	10.92	13.81	0.61
54.12	18.5	225.17	226.45		226.56	0.002987	1.47	12.61	14.38	0.5
43.75	18.5	225.16	226.43		226.53	0.002187	1.34	13.81	14.04	0.43
33.4	18.5	225.14	226.4		226.5	0.002547	1.4	13.21	14.32	0.47
26.17	18.5	225.11	226.37		226.48	0.002882	1.44	12.8	14.47	0.49
23.05	18.5	225.09	226.36		226.47	0.002894	1.45	12.76	14.36	0.49
12.71	18.5	225.03	226.31		226.44	0.003489	1.58	11.74	13.37	0.54
2.37	18.5	225.06	226.29	225.91	226.4	0.002901	1.48	12.48	13.51	0.49

Tab. 9-8: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>5</sub> (39,0 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	39.0	225.59	227.49	227.02	227.69	0.003613	1.94	20.13	17.18	0.57
194.95	39.0	225.49	227.49		227.64	0.002761	1.75	22.24	18.14	0.51
184.63	39.0	225.48	227.47		227.61	0.002575	1.7	22.93	18.61	0.49
174.34	39.0	225.51	227.45		227.58	0.002334	1.66	23.54	18.36	0.47
173.11	39.0	225.52	227.44		227.58	0.002325	1.65	23.59	18.4	0.47
164.05	39.0	225.47	227.4		227.56	0.002773	1.77	22.04	17.7	0.51
155.68	39.0	225.37	227.39		227.53	0.002406	1.69	23.14	17.75	0.47
145.34	39.0	225.28	227.36		227.5	0.002592	1.7	22.91	18.51	0.49
134.99	39.0	225.25	227.31		227.47	0.00301	1.78	21.9	18.35	0.52
127.2	39.0	225.23	227.3		227.45	0.002443	1.68	23.26	18.28	0.47
124.63	39.0	225.23	227.3		227.44	0.002225	1.63	23.89	18.29	0.46
114.28	39.0	225.22	227.22		227.41	0.003598	1.91	20.41	17.85	0.57
103.94	39.0	225.19	227.19		227.37	0.00314	1.84	21.16	17.52	0.54
93.58	39.0	225.23	227.19		227.33	0.002262	1.63	23.92	18.66	0.46
89.12	39.0	225.24	227.18		227.32	0.002417	1.66	23.53	18.85	0.47
83.24	39.0	225.24	227.15		227.3	0.002777	1.73	22.55	18.68	0.5
74.84	39.0	225.15	227.13		227.28	0.002696	1.73	22.6	18.24	0.49
68.76	39.0	225.25	227.09		227.26	0.003079	1.8	21.69	18.47	0.53
64.48	39.0	225.2	227.07		227.24	0.003461	1.87	20.9	18.58	0.56
54.12	39.0	225.17	227.05		227.2	0.002721	1.72	22.65	18.94	0.5
43.75	39.0	225.16	227.03		227.17	0.00237	1.65	23.6	18.68	0.47
33.4	39.0	225.14	227.01		227.15	0.00252	1.67	23.3	19.21	0.48
26.17	39.0	225.11	226.98		227.13	0.002672	1.69	23.03	19.41	0.5
23.05	39.0	225.09	226.97		227.12	0.002735	1.71	22.83	19.26	0.5
12.71	39.0	225.03	226.92		227.09	0.003242	1.84	21.22	18.23	0.54
2.37	39.0	225.06	226.89	226.31	227.05	0.002903	1.77	22.09	18.49	0.52

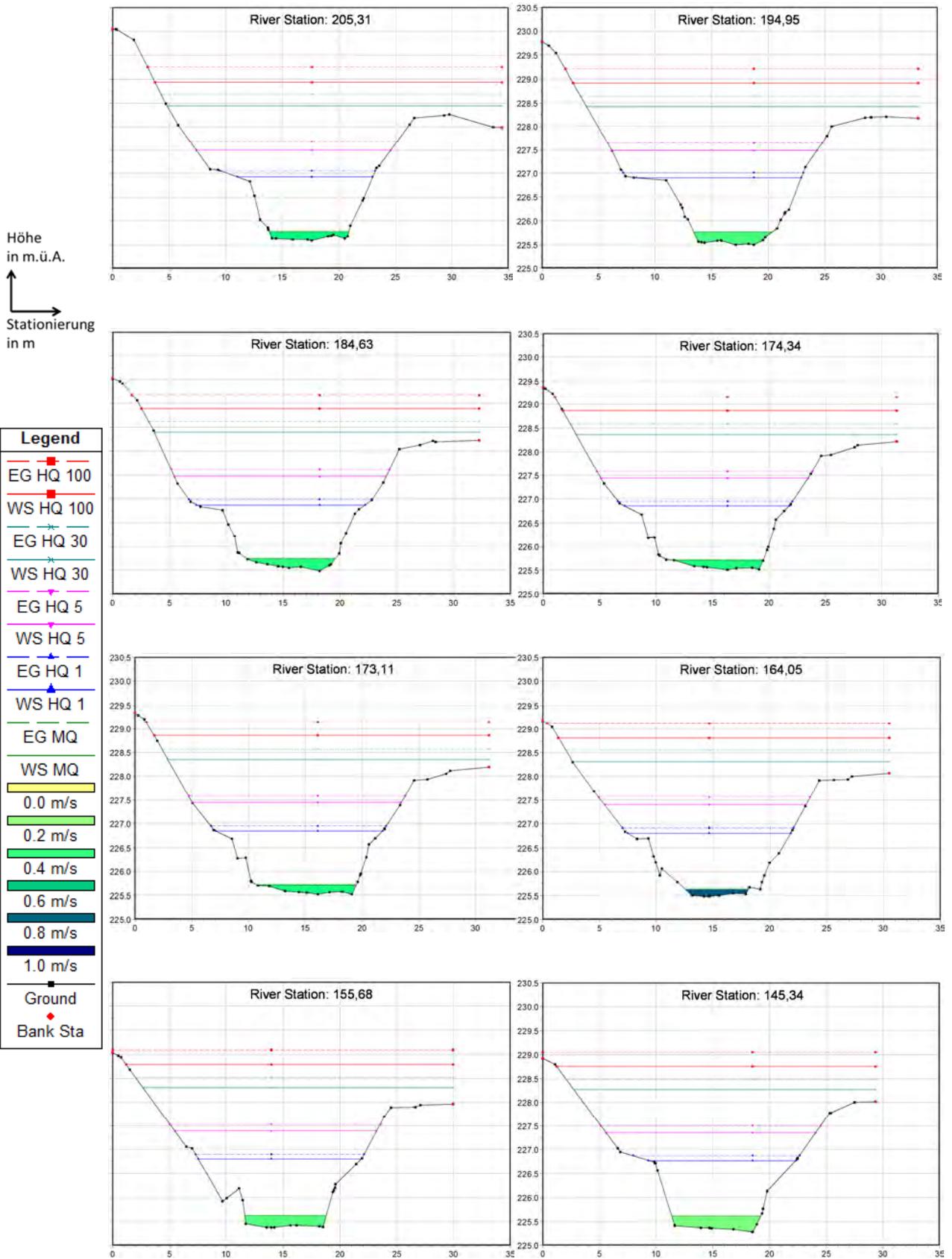
Tab. 9-9: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>30</sub> (90,6 m<sup>3</sup>/s)

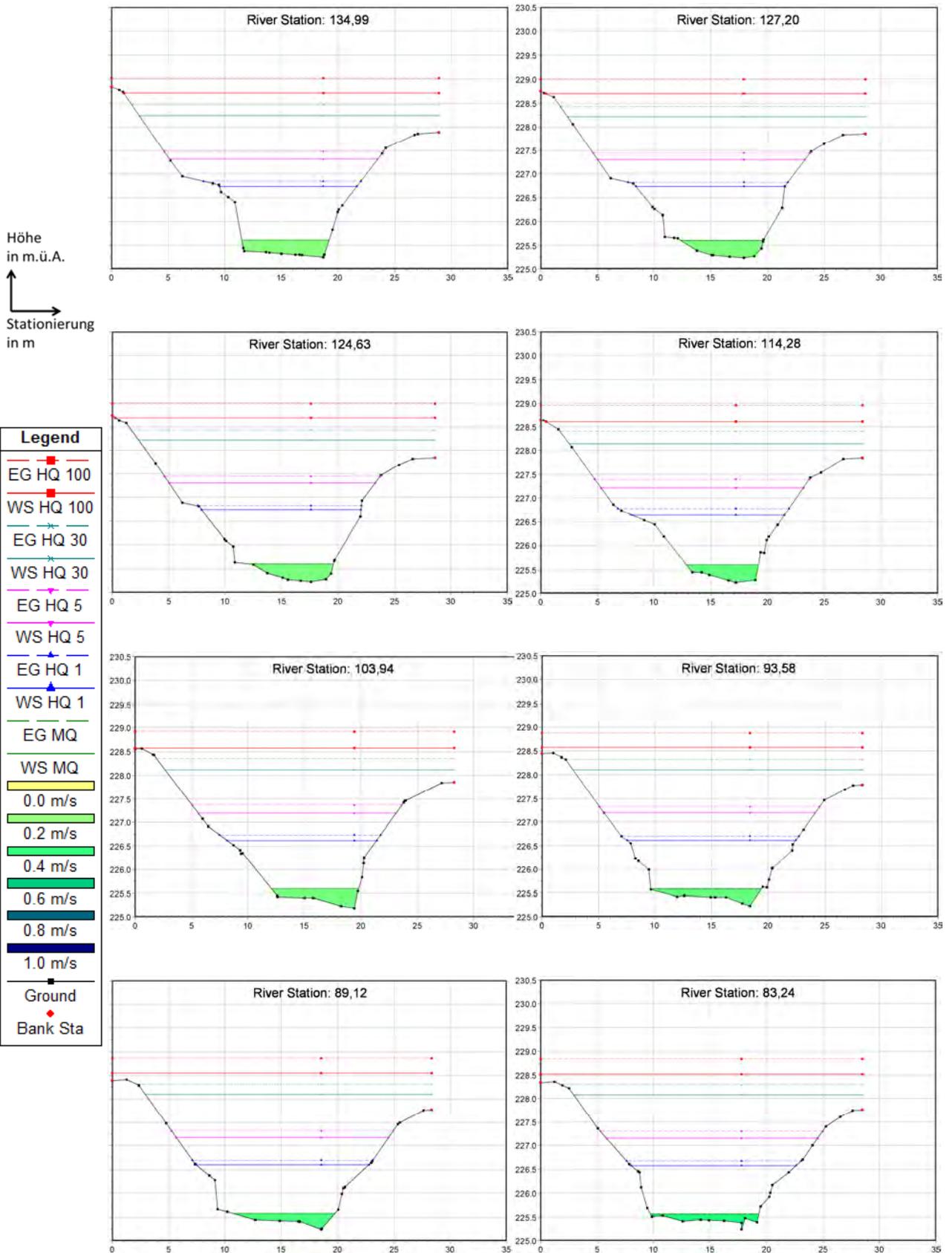
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	90.6	225.59	228.44	227.77	228.69	0.003725	2.2	41.16	29.6	0.6
194.95	90.6	225.49	228.42		228.65	0.003102	2.1	43.17	29.32	0.55
184.63	90.6	225.48	228.39		228.61	0.002989	2.1	43.19	28.53	0.54
174.34	90.6	225.51	228.37		228.58	0.002774	2.06	44.07	28.37	0.53
173.11	90.6	225.52	228.36		228.58	0.002744	2.05	44.2	28.31	0.52
164.05	90.6	225.47	228.32		228.55	0.003072	2.13	42.51	27.9	0.55
155.68	90.6	225.37	228.3		228.52	0.002796	2.08	43.52	27.24	0.53
145.34	90.6	225.28	228.27		228.49	0.002733	2.09	43.27	26.62	0.52
134.99	90.6	225.25	228.24		228.46	0.002831	2.12	42.83	26.42	0.53
127.2	90.6	225.23	228.22		228.44	0.002554	2.06	44.07	26.27	0.51
124.63	90.6	225.23	228.22		228.43	0.002431	2.03	44.65	26.25	0.5
114.28	90.6	225.22	228.15		228.4	0.00318	2.22	40.82	25.85	0.56
103.94	90.6	225.19	228.12		228.36	0.003073	2.2	41.13	25.6	0.55
93.58	90.6	225.23	228.11		228.32	0.002365	2.03	44.53	25.57	0.49
89.12	90.6	225.24	228.1		228.31	0.002403	2.05	44.21	25.43	0.5
83.24	90.6	225.24	228.08		228.3	0.002601	2.09	43.31	25.53	0.51
74.84	90.6	225.15	228.05		228.28	0.002674	2.1	43.11	25.71	0.52
68.76	90.6	225.25	228.03		228.26	0.002792	2.12	42.74	26.32	0.53
64.48	90.6	225.2	228.01		228.25	0.002883	2.14	42.36	26.57	0.54
54.12	90.6	225.17	228.01		228.21	0.002469	2.01	45.01	27.51	0.5
43.75	90.6	225.16	227.99		228.18	0.002382	1.97	46.1	28.2	0.49
33.4	90.6	225.14	227.96		228.16	0.002396	1.95	46.56	29.36	0.49
26.17	90.6	225.11	227.95		228.14	0.002469	1.94	46.77	30.33	0.5
23.05	90.6	225.09	227.94		228.13	0.002528	1.95	46.55	30.47	0.5
12.71	90.6	225.03	227.9		228.1	0.002915	2.01	45.01	31.28	0.54
2.37	90.6	225.06	227.87	227.07	228.07	0.002903	1.98	45.68	32.38	0.53

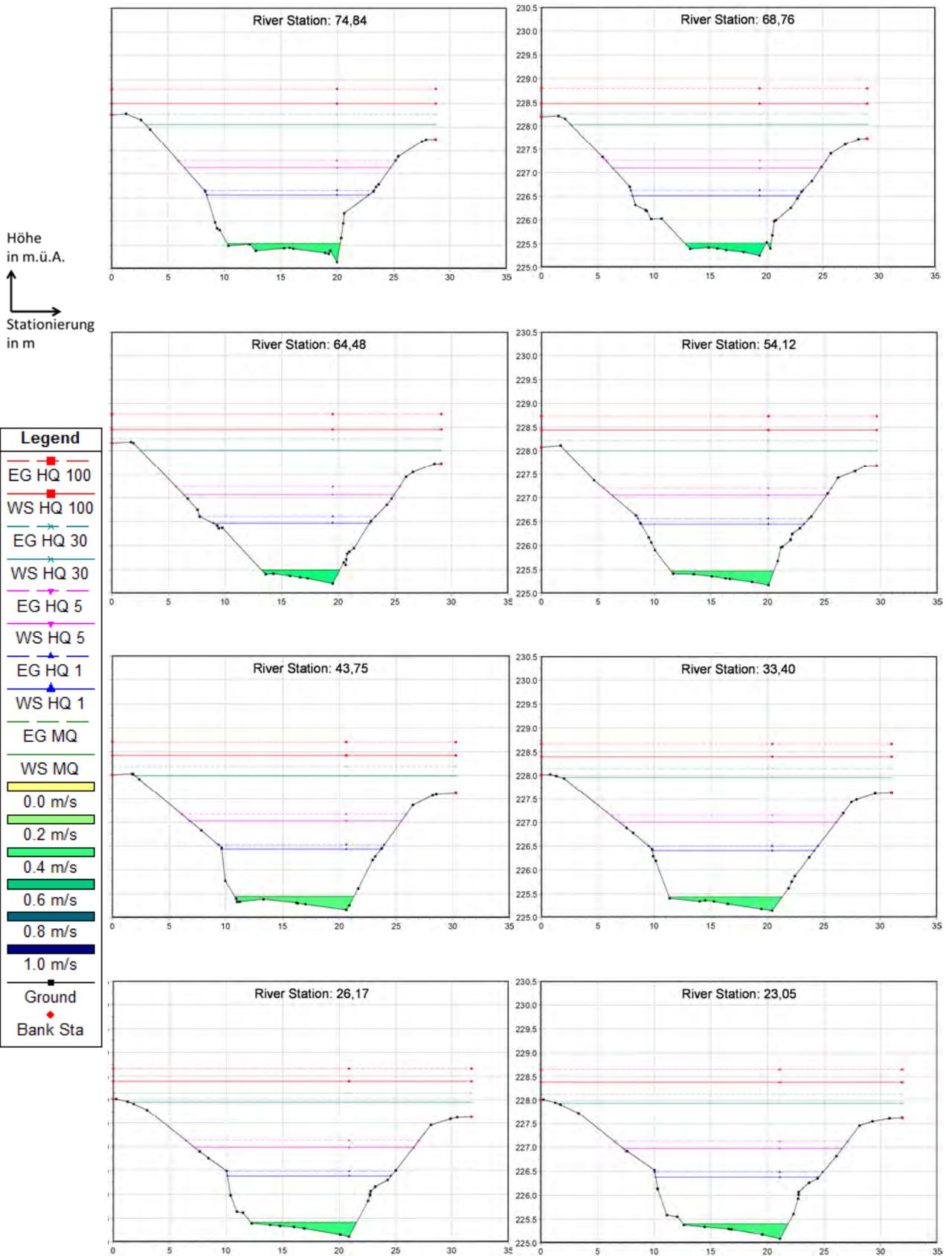
Tab. 9-10: Modell 2: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>100</sub> (138,9 m<sup>3</sup>/s)

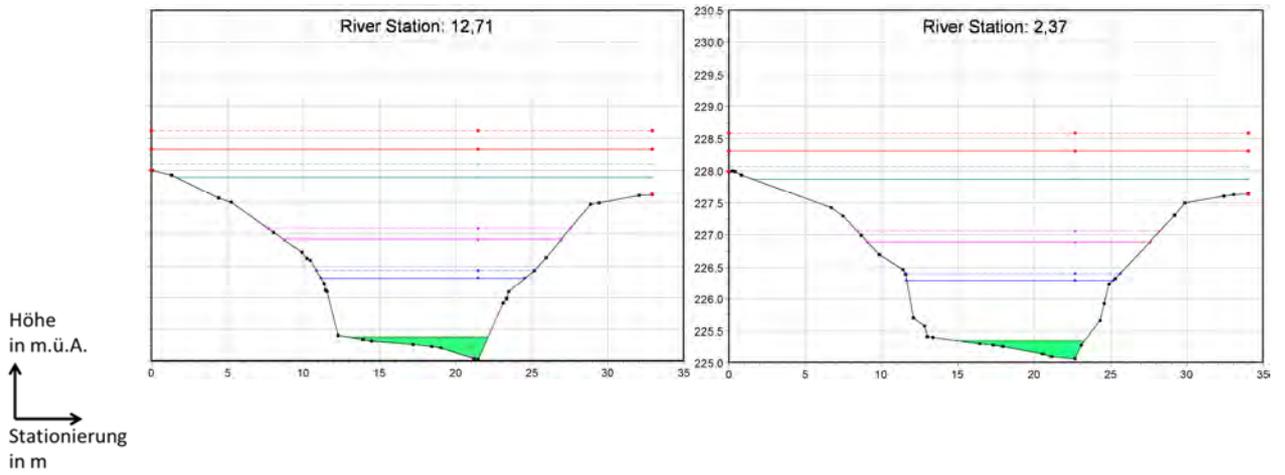
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	138.9	225.59	228.94	228.35	229.25	0.003332	2.47	56.16	30.68	0.58
194.95	138.9	225.49	228.92		229.21	0.00292	2.39	58.11	30.52	0.55
184.63	138.9	225.48	228.89		229.18	0.0029	2.41	57.62	29.69	0.55
174.34	138.9	225.51	228.86		229.15	0.002751	2.38	58.43	29.55	0.54
173.11	138.9	225.52	228.86		229.15	0.002735	2.37	58.52	29.49	0.54
164.05	138.9	225.47	228.81		229.12	0.003014	2.46	56.58	29.11	0.56
155.68	138.9	225.37	228.79		229.09	0.002883	2.43	57.28	28.74	0.55
145.34	138.9	225.28	228.75		229.06	0.002897	2.46	56.53	28.13	0.55
134.99	138.9	225.25	228.71		229.03	0.003008	2.49	55.82	27.81	0.56
127.2	138.9	225.23	228.7		229	0.002859	2.44	56.95	28.2	0.55
124.63	138.9	225.23	228.7		228.99	0.002765	2.41	57.54	28.32	0.54
114.28	138.9	225.22	228.61		228.96	0.003495	2.61	53.15	27.9	0.6
103.94	138.9	225.19	228.57		228.92	0.003552	2.61	53.22	28.27	0.61
93.58	138.9	225.23	228.57		228.87	0.002904	2.45	56.69	28.31	0.55
89.12	138.9	225.24	228.55		228.86	0.002985	2.47	56.27	28.36	0.56
83.24	138.9	225.24	228.52		228.84	0.003186	2.51	55.35	28.47	0.57
74.84	138.9	225.15	228.49		228.81	0.003246	2.51	55.28	28.7	0.58
68.76	138.9	225.25	228.47		228.8	0.003282	2.52	55.09	28.95	0.58
64.48	138.9	225.2	228.45		228.78	0.003339	2.54	54.76	29.09	0.59
54.12	138.9	225.17	228.44		228.74	0.002859	2.4	57.85	29.6	0.55
43.75	138.9	225.16	228.43		228.71	0.002738	2.34	59.3	30.24	0.53
33.4	138.9	225.14	228.4		228.68	0.002673	2.31	60.07	31	0.53
26.17	138.9	225.11	228.39		228.65	0.002675	2.29	60.61	31.71	0.53
23.05	138.9	225.09	228.38		228.65	0.00272	2.3	60.46	31.88	0.53
12.71	138.9	225.03	228.34		228.62	0.002983	2.34	59.41	32.88	0.56
2.37	138.9	225.06	228.31	227.64	228.58	0.0029	2.29	60.7	34.01	0.55

Grafische Darstellung der Querprofile: Wasserspiegellage und Energiehöhe bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, sowie die mittlere Geschwindigkeit bei MQ









Legend	
EG HQ 100	—■—
WS HQ 100	—■—
EG HQ 30	—■—
WS HQ 30	—■—
EG HQ 5	—■—
WS HQ 5	—■—
EG HQ 1	—■—
WS HQ 1	—■—
EG MQ	—■—
WS MQ	—■—
0.0 m/s	■
0.2 m/s	■
0.4 m/s	■
0.6 m/s	■
0.8 m/s	■
1.0 m/s	■
Ground	—■—
Bank Sta	●

### 9.1.3 Berechnungen Modell 3 – Erhöhung der Rauigkeit

Tabellarische Darstellung der HEC-RAS Ergebnisse:

Tab. 9-11: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude #	Chl
205.31	0.5	225.59	225.8	225.72	225.81	0.002695	0.45	1.11	7.08	0.36	
194.95	0.5	225.49	225.79		225.79	0.00089	0.32	1.55	7.07	0.22	
184.63	0.5	225.48	225.77		225.78	0.00139	0.35	1.42	8.07	0.27	
174.34	0.5	225.51	225.75		225.75	0.006654	0.36	1.4	8.82	0.29	
173.11	0.5	225.52	225.74		225.74	0.007983	0.37	1.34	9	0.31	
164.05	0.5	225.47	225.64		225.67	0.008638	0.68	0.74	6.14	0.62	
155.68	0.5	225.37	225.64		225.65	0.000747	0.3	1.65	7.2	0.2	
145.34	0.5	225.28	225.64		225.64	0.000361	0.23	2.14	7.97	0.14	
134.99	0.5	225.25	225.64		225.64	0.000253	0.21	2.36	7.78	0.12	
127.2	0.5	225.23	225.63		225.63	0.001271	0.23	2.16	7.51	0.14	
124.63	0.5	225.23	225.63		225.63	0.000383	0.23	2.14	8.4	0.15	
114.28	0.5	225.22	225.62		225.63	0.000515	0.28	1.77	6.42	0.17	
103.94	0.5	225.19	225.62		225.62	0.0004	0.24	2.07	7.86	0.15	
93.58	0.5	225.23	225.61		225.61	0.002686	0.26	1.92	9.86	0.19	
89.12	0.5	225.24	225.59		225.6	0.005084	0.32	1.55	9.35	0.25	
83.24	0.5	225.24	225.56		225.57	0.003336	0.42	1.19	9.6	0.38	
74.84	0.5	225.15	225.54		225.55	0.002108	0.36	1.38	10.04	0.31	
68.76	0.5	225.25	225.51		225.52	0.013486	0.47	1.07	7.6	0.4	
64.48	0.5	225.2	225.49		225.5	0.002858	0.46	1.08	6.92	0.37	
54.12	0.5	225.17	225.47		225.48	0.002032	0.37	1.34	9.11	0.31	
43.75	0.5	225.16	225.45		225.46	0.001294	0.31	1.62	10.55	0.25	
33.4	0.5	225.14	225.44		225.44	0.001505	0.33	1.52	10.04	0.27	
26.17	0.5	225.11	225.41		225.42	0.008769	0.38	1.32	9.4	0.32	
23.05	0.5	225.09	225.4		225.41	0.002147	0.38	1.32	9.31	0.32	
12.71	0.5	225.03	225.38		225.39	0.002444	0.4	1.26	9.08	0.34	
2.37	0.5	225.06	225.35	225.25	225.36	0.002902	0.43	1.16	8.38	0.37	

Tab. 9-12: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>1</sub> (18,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	18.5	225.59	226.94	226.49	227.07	0.002635	1.61	11.67	12.19	0.48
194.95	18.5	225.49	226.93		227.04	0.001997	1.52	12.82	15.35	0.44
184.63	18.5	225.48	226.92		227.02	0.001923	1.42	13.45	15.43	0.42
174.34	18.5	225.51	226.89		226.98	0.006719	1.31	14.26	15.01	0.39
173.11	18.5	225.52	226.88		226.97	0.006857	1.31	14.25	15.02	0.39
164.05	18.5	225.47	226.83		226.93	0.002335	1.47	12.82	14.46	0.45
155.68	18.5	225.37	226.82		226.91	0.001686	1.41	14	14.48	0.39
145.34	18.5	225.28	226.8		226.9	0.001714	1.4	13.63	13.51	0.39
134.99	18.5	225.25	226.77		226.88	0.001836	1.46	13.09	12.41	0.41
127.2	18.5	225.23	226.76		226.85	0.004744	1.23	14.35	13.27	0.34
124.63	18.5	225.23	226.76		226.84	0.001364	1.33	14.88	14.21	0.36
114.28	18.5	225.22	226.69		226.82	0.002968	1.61	11.77	14.05	0.51
103.94	18.5	225.19	226.68		226.78	0.002236	1.45	13	13.76	0.44
93.58	18.5	225.23	226.66		226.74	0.00604	1.24	14.83	15.3	0.37
89.12	18.5	225.24	226.62		226.71	0.007336	1.34	13.9	15.54	0.4
83.24	18.5	225.24	226.58		226.68	0.002401	1.46	12.97	14.65	0.45
74.84	18.5	225.15	226.56		226.66	0.002126	1.42	13.38	14.43	0.43
68.76	18.5	225.25	226.52		226.64	0.010919	1.5	12.16	14.84	0.48
64.48	18.5	225.2	226.46		226.61	0.003984	1.73	10.88	13.78	0.58
54.12	18.5	225.17	226.45		226.56	0.002655	1.49	12.66	14.4	0.48
43.75	18.5	225.16	226.44		226.53	0.002021	1.34	13.92	14.07	0.42
33.4	18.5	225.14	226.41		226.51	0.002259	1.41	13.33	14.35	0.45
26.17	18.5	225.11	226.37		226.48	0.010207	1.46	12.78	14.47	0.47
23.05	18.5	225.09	226.35		226.46	0.002686	1.49	12.59	14.31	0.48
12.71	18.5	225.03	226.3		226.43	0.003264	1.6	11.61	13.29	0.53
2.37	18.5	225.06	226.28	225.91	226.39	0.002901	1.49	12.39	13.47	0.49

Tab. 9-13: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>5</sub> (39,0 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	39.0	225.59	227.47	226.99	227.69	0.002753	2.13	19.76	17.05	0.53
194.95	39.0	225.49	227.48		227.65	0.002007	1.95	22.09	18.09	0.46
184.63	39.0	225.48	227.47		227.63	0.001909	1.83	23.01	18.63	0.44
174.34	39.0	225.51	227.45		227.59	0.006149	1.63	23.63	18.38	0.4
173.11	39.0	225.52	227.44		227.58	0.006283	1.63	23.59	18.4	0.4
164.05	39.0	225.47	227.37		227.55	0.002319	1.93	21.51	17.53	0.48
155.68	39.0	225.37	227.36		227.52	0.001891	1.88	22.73	17.63	0.44
145.34	39.0	225.28	227.33		227.5	0.001957	1.89	22.49	18.37	0.45
134.99	39.0	225.25	227.29		227.48	0.002184	1.99	21.56	18.24	0.47
127.2	39.0	225.23	227.29		227.44	0.005083	1.59	23.05	18.21	0.37
124.63	39.0	225.23	227.29		227.44	0.00168	1.83	23.57	18.19	0.43
114.28	39.0	225.22	227.21		227.41	0.00285	2.07	20.16	17.77	0.53
103.94	39.0	225.19	227.19		227.38	0.002439	1.96	21.12	17.5	0.49
93.58	39.0	225.23	227.19		227.33	0.006011	1.59	23.79	18.62	0.39
89.12	39.0	225.24	227.15		227.3	0.006571	1.64	22.96	18.67	0.41
83.24	39.0	225.24	227.09		227.27	0.00245	1.92	21.54	18.32	0.49
74.84	39.0	225.15	227.07		227.25	0.002326	1.92	21.68	17.9	0.48
68.76	39.0	225.25	227.04		227.23	0.008894	1.8	20.64	18.09	0.47
64.48	39.0	225.2	226.98		227.2	0.003341	2.15	19.31	17.98	0.58
54.12	39.0	225.17	226.98		227.16	0.002517	1.93	21.24	18.34	0.5
43.75	39.0	225.16	226.97		227.13	0.002166	1.81	22.34	18.13	0.46
33.4	39.0	225.14	226.94		227.11	0.002273	1.87	21.98	18.61	0.48
26.17	39.0	225.11	226.91		227.08	0.008734	1.79	21.6	18.77	0.46
23.05	39.0	225.09	226.88		227.06	0.002624	1.94	21.03	18.43	0.51
12.71	39.0	225.03	226.81		227.03	0.003197	2.11	19.31	17.21	0.56
2.37	39.0	225.06	226.79	226.3	226.99	0.002901	1.99	20.25	17.68	0.53

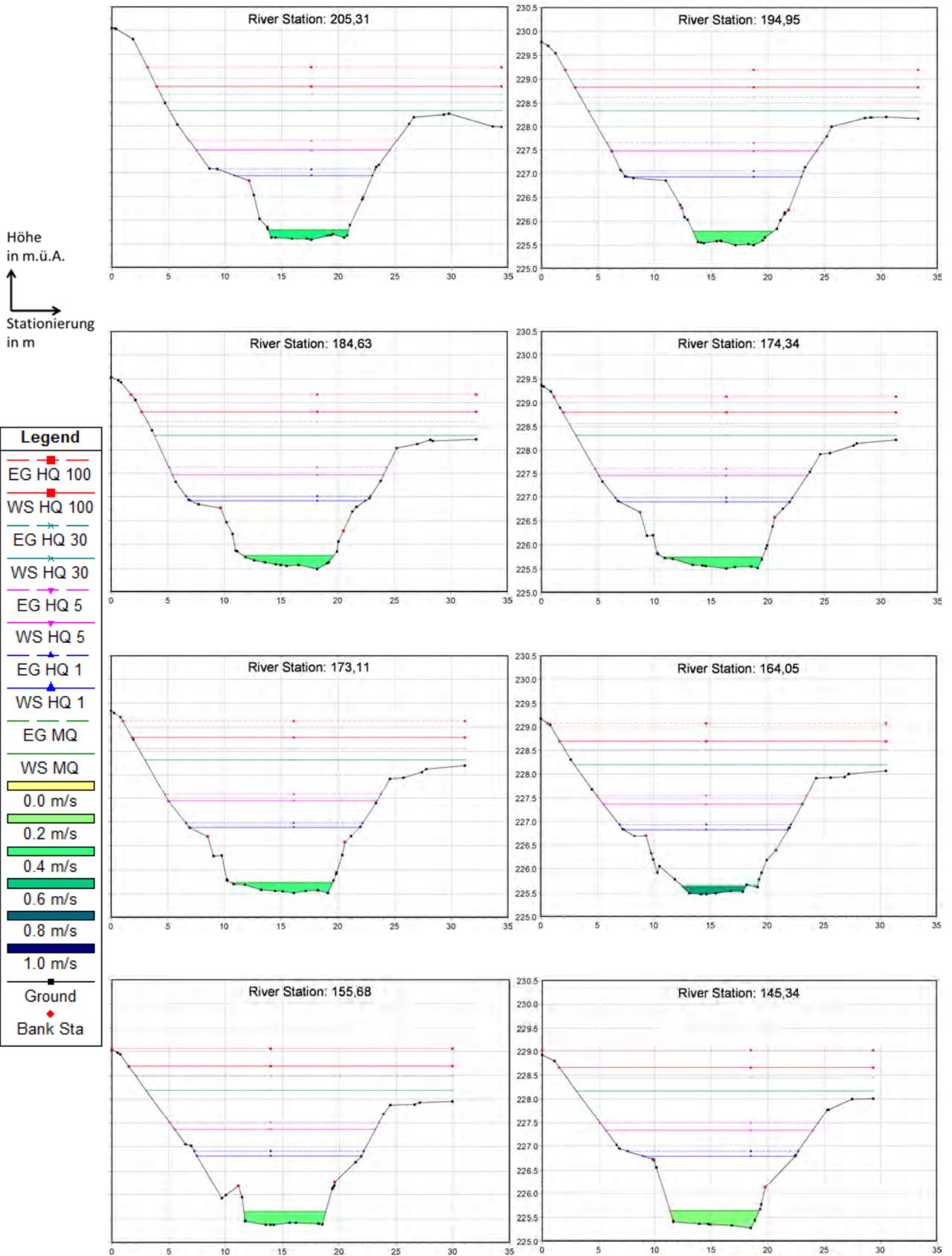
Tab. 9-14: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>30</sub> (90,6 m<sup>3</sup>/s)

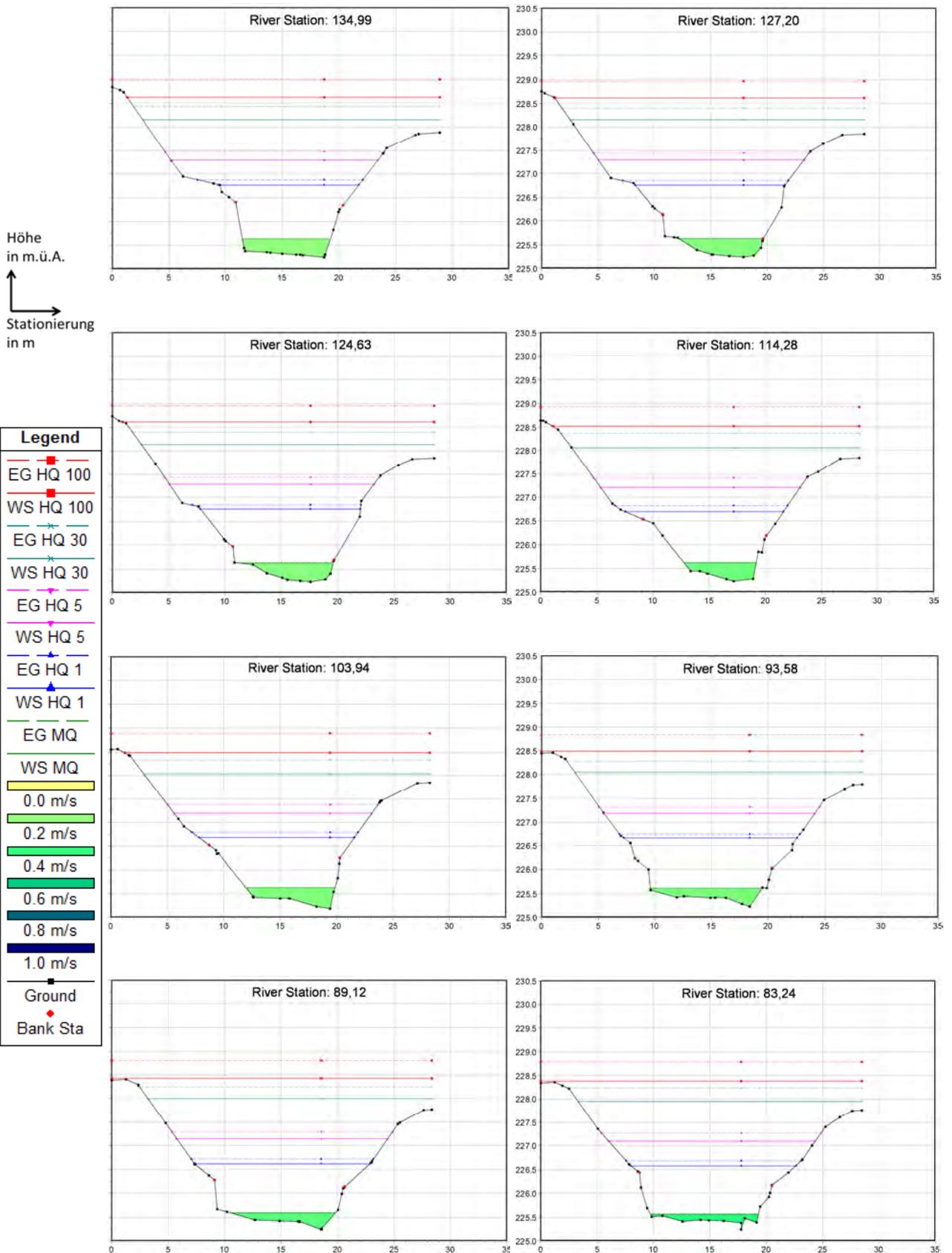
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	90.6	225.59	228.32	227.81	228.67	0.002749	2.8	37.73	29.32	0.56
194.95	90.6	225.49	228.33		228.63	0.002141	2.61	40.65	29.11	0.51
184.63	90.6	225.48	228.32		228.6	0.002132	2.53	41.22	28.4	0.5
174.34	90.6	225.51	228.32		228.56	0.00561	2.04	42.65	28.25	0.4
173.11	90.6	225.52	228.31		228.55	0.005671	2.04	42.71	28.19	0.41
164.05	90.6	225.47	228.2		228.51	0.002469	2.62	39.27	27.55	0.53
155.68	90.6	225.37	228.2		228.48	0.002176	2.58	40.81	26.94	0.5
145.34	90.6	225.28	228.18		228.46	0.002172	2.57	40.82	26.33	0.5
134.99	90.6	225.25	228.15		228.44	0.002204	2.58	40.59	26.18	0.5
127.2	90.6	225.23	228.15		228.4	0.004438	1.9	42.16	26.05	0.37
124.63	90.6	225.23	228.14		228.39	0.001884	2.48	42.45	25.99	0.48
114.28	90.6	225.22	228.05		228.37	0.002642	2.67	38.38	25.55	0.55
103.94	90.6	225.19	228.03		228.34	0.002492	2.61	38.93	25.33	0.53
93.58	90.6	225.23	228.04		228.28	0.005333	1.98	42.7	25.36	0.4
89.12	90.6	225.24	228		228.25	0.005521	1.98	41.68	25.13	0.4
83.24	90.6	225.24	227.95		228.23	0.002372	2.52	40.01	25.14	0.52
74.84	90.6	225.15	227.92		228.21	0.002389	2.57	39.66	25.17	0.52
68.76	90.6	225.25	227.9		228.18	0.006642	2.1	39.32	25.78	0.44
64.48	90.6	225.2	227.83		228.16	0.002839	2.71	37.64	25.85	0.57
54.12	90.6	225.17	227.84		228.12	0.002335	2.51	40.46	26.83	0.52
43.75	90.6	225.16	227.82		228.09	0.002176	2.43	41.52	27.36	0.5
33.4	90.6	225.14	227.8		228.07	0.002159	2.45	41.9	28.3	0.5
26.17	90.6	225.11	227.8		228.04	0.006184	2.05	42.41	28.93	0.42
23.05	90.6	225.09	227.73		228.02	0.002461	2.54	40.35	28.59	0.53
12.71	90.6	225.03	227.62		227.98	0.003134	2.81	36.84	28.97	0.6
2.37	90.6	225.06	227.61	227.09	227.95	0.002904	2.68	37.66	27.99	0.57

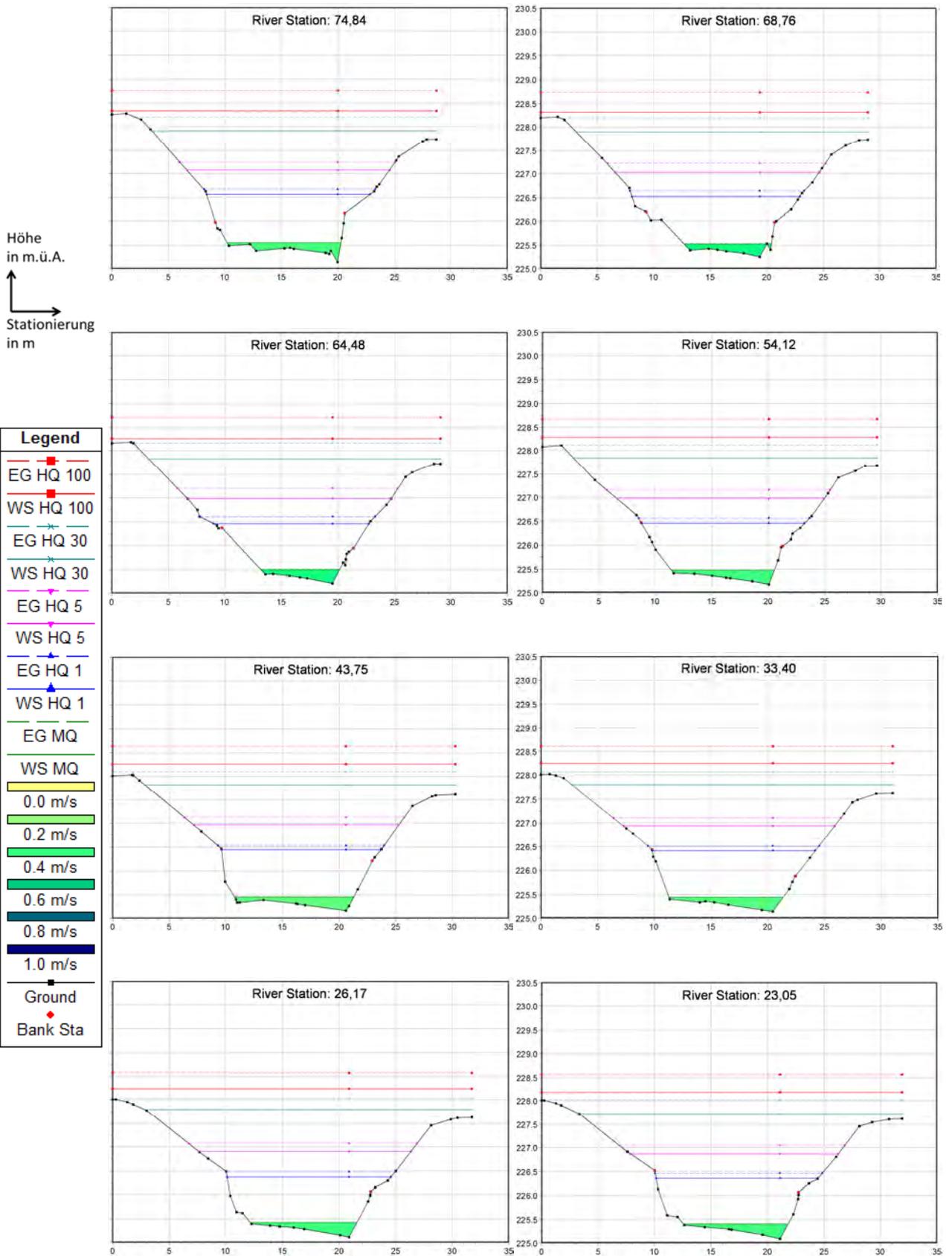
Tab. 9-15: Modell 3: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>100</sub> (138,9 m<sup>3</sup>/s)

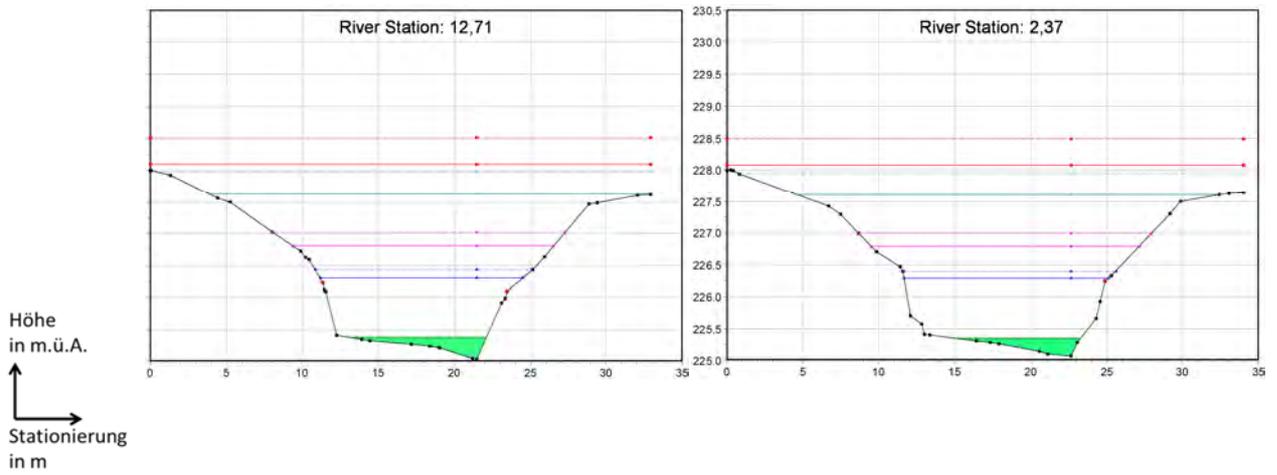
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	138.9	225.59	228.83	228.45	229.23	0.002612	3.08	52.81	30.44	0.57
194.95	138.9	225.49	228.83		229.19	0.002174	2.95	55.41	30.31	0.53
184.63	138.9	225.48	228.81		229.17	0.002202	2.89	55.45	29.51	0.53
174.34	138.9	225.51	228.8		229.12	0.005255	2.21	56.52	29.39	0.4
173.11	138.9	225.52	228.79		229.12	0.005318	2.22	56.55	29.33	0.4
164.05	138.9	225.47	228.7		229.08	0.002477	2.97	53.35	28.83	0.55
155.68	138.9	225.37	228.7		229.05	0.002264	2.95	54.54	28.44	0.53
145.34	138.9	225.28	228.66		229.03	0.002307	2.96	53.96	27.84	0.53
134.99	138.9	225.25	228.63		229	0.002366	2.98	53.5	27.56	0.53
127.2	138.9	225.23	228.61		228.98	0.004505	2.12	54.54	27.44	0.38
124.63	138.9	225.23	228.61		228.96	0.002102	2.92	55.19	27.64	0.52
114.28	138.9	225.22	228.51		228.93	0.002833	3.11	50.56	27.26	0.59
103.94	138.9	225.19	228.48		228.9	0.002771	3.09	50.76	27.06	0.58
93.58	138.9	225.23	228.48		228.84	0.005903	2.31	54.26	28.31	0.43
89.12	138.9	225.24	228.44		228.81	0.006193	2.34	53	28.36	0.43
83.24	138.9	225.24	228.38		228.79	0.002812	3.06	51.22	28.47	0.58
74.84	138.9	225.15	228.34		228.76	0.002835	3.11	50.93	28.7	0.58
68.76	138.9	225.25	228.32		228.74	0.007099	2.42	50.58	28.95	0.46
64.48	138.9	225.2	228.27		228.71	0.003179	3.22	49.31	29.09	0.62
54.12	138.9	225.17	228.28		228.67	0.002606	2.97	52.91	29.6	0.57
43.75	138.9	225.16	228.26		228.63	0.002462	2.89	54.39	30.24	0.55
33.4	138.9	225.14	228.25		228.61	0.00237	2.87	55.27	31	0.54
26.17	138.9	225.11	228.24		228.57	0.005968	2.25	55.92	31.71	0.43
23.05	138.9	225.09	228.19		228.56	0.002575	2.92	54.36	31.88	0.56
12.71	138.9	225.03	228.1		228.52	0.003002	3.13	51.75	32.88	0.6
2.37	138.9	225.06	228.08	227.5	228.49	0.002902	3.04	52.76	34.01	0.59

Grafische Darstellung der Querprofile: Wasserspiegellage und Energiehöhe bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, sowie die mittlere Geschwindigkeit bei MQ





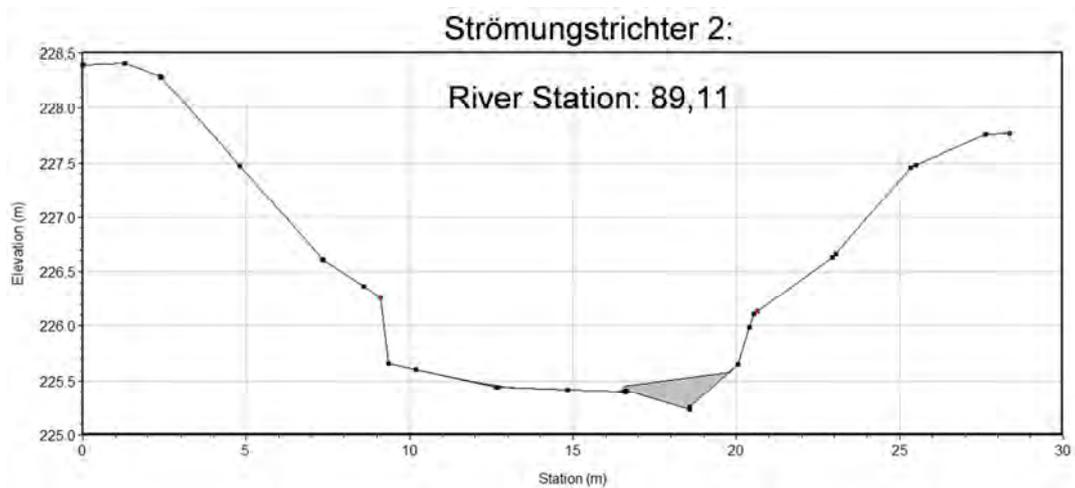
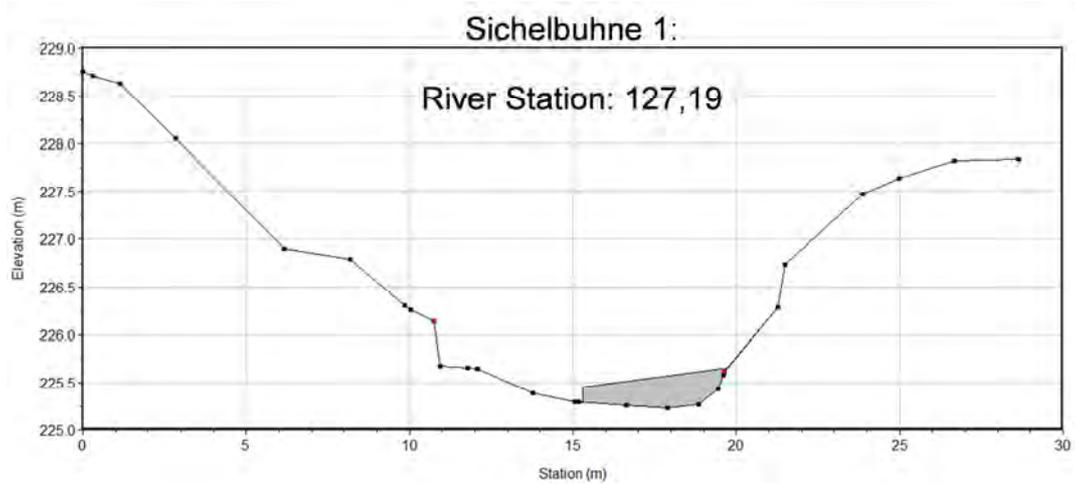
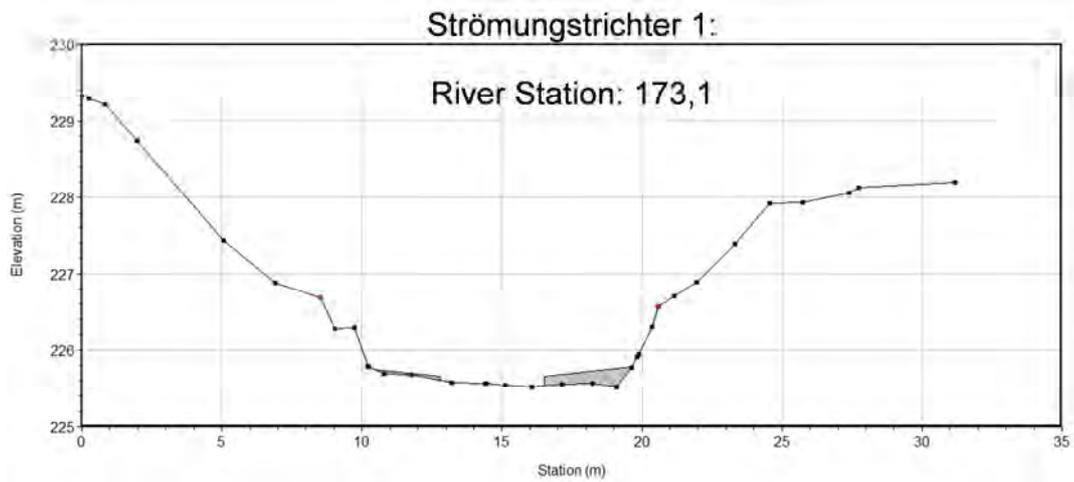


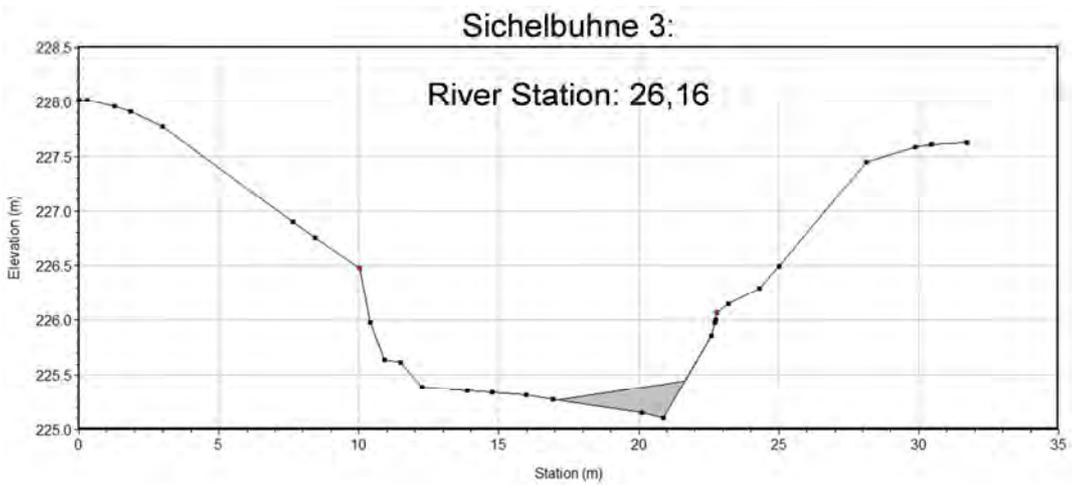
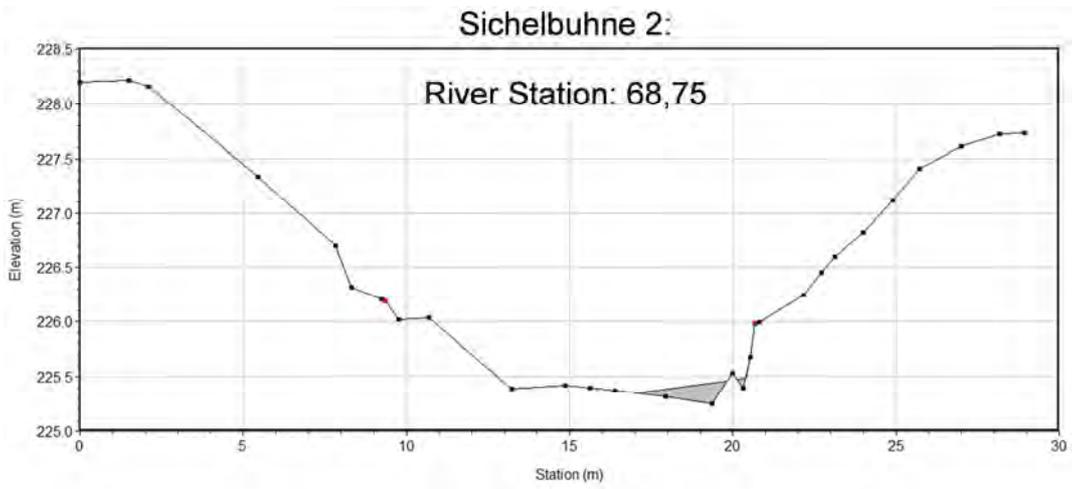


Legend	
EG HQ 100	Red square
WS HQ 100	Red line
EG HQ 30	Cyan square
WS HQ 30	Cyan line
EG HQ 5	Magenta square
WS HQ 5	Magenta line
EG HQ 1	Blue square
WS HQ 1	Blue line
EG MQ	Green square
WS MQ	Green line
0.0 m/s	Yellow bar
0.2 m/s	Light green bar
0.4 m/s	Medium green bar
0.6 m/s	Dark green bar
0.8 m/s	Dark blue bar
1.0 m/s	Black bar
Ground	Black line with square
Bank Sta	Red diamond

### 9.1.4 Berechnungen Modell 4 – Inline Structures 1

Grafische Darstellung der Querprofile mit den Inline Structures:





## Tabellarische Darstellung der HEC-RAS Ergebnisse:

Tab. 9-16: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude #	Chl
205.31	0.5	225.59	225.79	225.73	225.8	0.003284	0.48	1.05	7.06		0.4
194.95	0.5	225.49	225.77		225.78	0.001051	0.34	1.47	6.99		0.24
184.63	0.5	225.48	225.76		225.77	0.001816	0.38	1.31	7.94		0.3
174.34	0.5	225.51	225.74		225.75	0.001868	0.37	1.35	8.77		0.3
173.11	0.5	225.52	225.74	225.64	225.75	0.001931	0.37	1.35	9.02		0.31
173.1	Inl Struct										
164.05	0.5	225.47	225.64		225.66	0.009934	0.71	0.7	5.97		0.66
155.68	0.5	225.37	225.63		225.64	0.00083	0.31	1.6	7.19		0.21
145.34	0.5	225.28	225.63		225.63	0.000396	0.24	2.07	7.94		0.15
134.99	0.5	225.25	225.63		225.63	0.000276	0.22	2.3	7.76		0.13
127.2	0.5	225.23	225.62	225.38	225.63	0.00034	0.24	2.11	7.45		0.14
127.19	Inl Struct										
124.63	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000439	0.25	1.99	7.74		0.16
114.28	0.5	225.22	225.6		225.61	0.000648	0.3	1.64	6.33		0.19
103.94	0.5	225.19	225.6		225.6	0.000519	0.26	1.9	7.76		0.17
93.58	0.5	225.23	225.59		225.59	0.000946	0.29	1.73	9.79		0.22
89.12	0.5	225.24	225.58	225.47	225.59	0.001481	0.34	1.47	9.18		0.27
89.11	Inl Struct										
83.24	0.5	225.24	225.56		225.57	0.003327	0.42	1.19	9.6		0.38
74.84	0.5	225.15	225.54		225.55	0.002099	0.36	1.39	10.04		0.31
68.76	0.5	225.25	225.53	225.44	225.54	0.002538	0.43	1.18	7.72		0.35
68.75	Inl Struct										
64.48	0.5	225.2	225.5		225.51	0.002432	0.44	1.14	6.97		0.35
54.12	0.5	225.17	225.48		225.49	0.001536	0.34	1.46	9.17		0.27
43.75	0.5	225.16	225.47		225.48	0.000907	0.28	1.81	10.64		0.21
33.4	0.5	225.14	225.46		225.47	0.000946	0.29	1.75	10.15		0.22
26.17	0.5	225.11	225.45	225.31	225.46	0.000983	0.29	1.7	9.62		0.22
26.16	Inl Struct										
23.05	0.5	225.09	225.4		225.41	0.002174	0.38	1.32	9.3		0.32
12.71	0.5	225.03	225.38		225.39	0.002408	0.39	1.27	9.1		0.34
2.37	0.5	225.06	225.35	225.25	225.36	0.002902	0.43	1.16	8.38		0.37

Tab. 9-17: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>1</sub> (18,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	18.5	225.59	226.84	226.49	227	0.003654	1.78	10.48	10.82	0.56
194.95	18.5	225.49	226.82		226.96	0.002737	1.68	11.38	11.74	0.5
184.63	18.5	225.48	226.79		226.92	0.002814	1.6	11.71	12.94	0.5
174.34	18.5	225.51	226.78		226.89	0.002408	1.47	12.67	13.61	0.46
173.11	18.5	225.52	226.78	226.34	226.89	0.002417	1.46	12.74	13.73	0.46
173.1	Inl Struct									
164.05	18.5	225.47	226.76		226.88	0.002939	1.58	11.85	13.84	0.5
155.68	18.5	225.37	226.75		226.86	0.002094	1.52	12.98	14.05	0.43
145.34	18.5	225.28	226.72		226.84	0.002126	1.5	12.66	12.27	0.44
134.99	18.5	225.25	226.69		226.81	0.002305	1.56	12.11	11.94	0.45
127.2	18.5	225.23	226.69	226.15	226.79	0.001771	1.45	13.41	12.94	0.41
127.19	Inl Struct									
124.63	18.5	225.23	226.69		226.78	0.001682	1.42	13.86	13.93	0.4
114.28	18.5	225.22	226.58		226.75	0.004275	1.8	10.41	12.73	0.6
103.94	18.5	225.19	226.57		226.7	0.003223	1.62	11.53	12.81	0.52
93.58	18.5	225.23	226.56		226.66	0.002212	1.42	13.38	14.46	0.44
89.12	18.5	225.24	226.54	226.12	226.65	0.002502	1.5	12.71	14.8	0.47
89.11	Inl Struct									
83.24	18.5	225.24	226.53		226.65	0.002849	1.54	12.24	14.16	0.49
74.84	18.5	225.15	226.51		226.62	0.002533	1.5	12.62	14.06	0.47
68.76	18.5	225.25	226.46	226.19	226.6	0.003781	1.7	11.26	14.6	0.56
68.75	Inl Struct									
64.48	18.5	225.2	226.44		226.6	0.004283	1.77	10.63	13.58	0.6
54.12	18.5	225.17	226.43		226.55	0.002855	1.52	12.35	14.26	0.5
43.75	18.5	225.16	226.42		226.51	0.002178	1.37	13.58	13.98	0.43
33.4	18.5	225.14	226.38		226.49	0.002459	1.45	12.97	14.26	0.46
26.17	18.5	225.11	226.36	225.98	226.47	0.002721	1.49	12.57	14.4	0.48
26.169	Inl Struct									
23.05	18.5	225.09	226.35		226.46	0.00268	1.49	12.6	14.31	0.48
12.71	18.5	225.03	226.3		226.43	0.003255	1.6	11.62	13.3	0.52
2.37	18.5	225.06	226.28	225.91	226.39	0.002901	1.49	12.39	13.47	0.49

Tab. 9-18: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>5</sub> (39,0 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	39.0	225.59	227.36	226.99	227.62	0.003659	2.34	17.83	16.35	0.6
194.95	39.0	225.49	227.36		227.57	0.002656	2.14	20.01	17.53	0.53
184.63	39.0	225.48	227.34		227.54	0.002582	2.03	20.71	18.14	0.51
174.34	39.0	225.51	227.33		227.51	0.002359	1.92	21.43	17.76	0.49
173.11	39.0	225.52	227.33	226.76	227.5	0.002356	1.91	21.49	17.72	0.48
173.1	Inl Struct									
164.05	39.0	225.47	227.3		227.5	0.002718	2.03	20.36	17.16	0.52
155.68	39.0	225.37	227.3		227.47	0.002202	1.98	21.55	17.27	0.47
145.34	39.0	225.28	227.26		227.45	0.002327	2.01	21.12	17.91	0.48
134.99	39.0	225.25	227.21		227.42	0.002671	2.13	20.01	17.7	0.51
127.2	39.0	225.23	227.21	226.63	227.39	0.002149	2	21.55	17.7	0.48
127.19	Inl Struct									
124.63	39.0	225.23	227.21		227.38	0.002003	1.94	22.14	17.71	0.46
114.28	39.0	225.22	227.09		227.34	0.003855	2.29	18.14	17.08	0.61
103.94	39.0	225.19	227.07		227.3	0.003295	2.15	19.01	16.74	0.56
93.58	39.0	225.23	227.08		227.25	0.002298	1.89	21.84	17.97	0.48
89.12	39.0	225.24	227.06	226.57	227.24	0.002475	1.95	21.36	18.16	0.5
89.11	Inl Struct									
83.24	39.0	225.24	227.04		227.23	0.002805	2.01	20.55	17.96	0.52
74.84	39.0	225.15	227.02		227.21	0.002672	2.01	20.65	17.51	0.51
68.76	39.0	225.25	226.98	226.6	227.19	0.003211	2.11	19.65	17.72	0.56
68.75	Inl Struct									
64.48	39.0	225.2	226.96		227.19	0.003564	2.2	18.88	17.82	0.59
54.12	39.0	225.17	226.95		227.14	0.002673	1.97	20.81	18.15	0.52
43.75	39.0	225.16	226.94		227.11	0.002309	1.85	21.84	17.91	0.48
33.4	39.0	225.14	226.91		227.09	0.002437	1.91	21.45	18.37	0.49
26.17	39.0	225.11	226.88	226.39	227.07	0.002612	1.94	21.11	18.54	0.51
26.169	Inl Struct									
23.05	39.0	225.09	226.87		227.06	0.002648	1.95	20.97	18.39	0.51
12.71	39.0	225.03	226.81		227.03	0.00319	2.11	19.33	17.21	0.56
2.37	39.0	225.06	226.79	226.31	226.99	0.002901	1.99	20.25	17.68	0.53

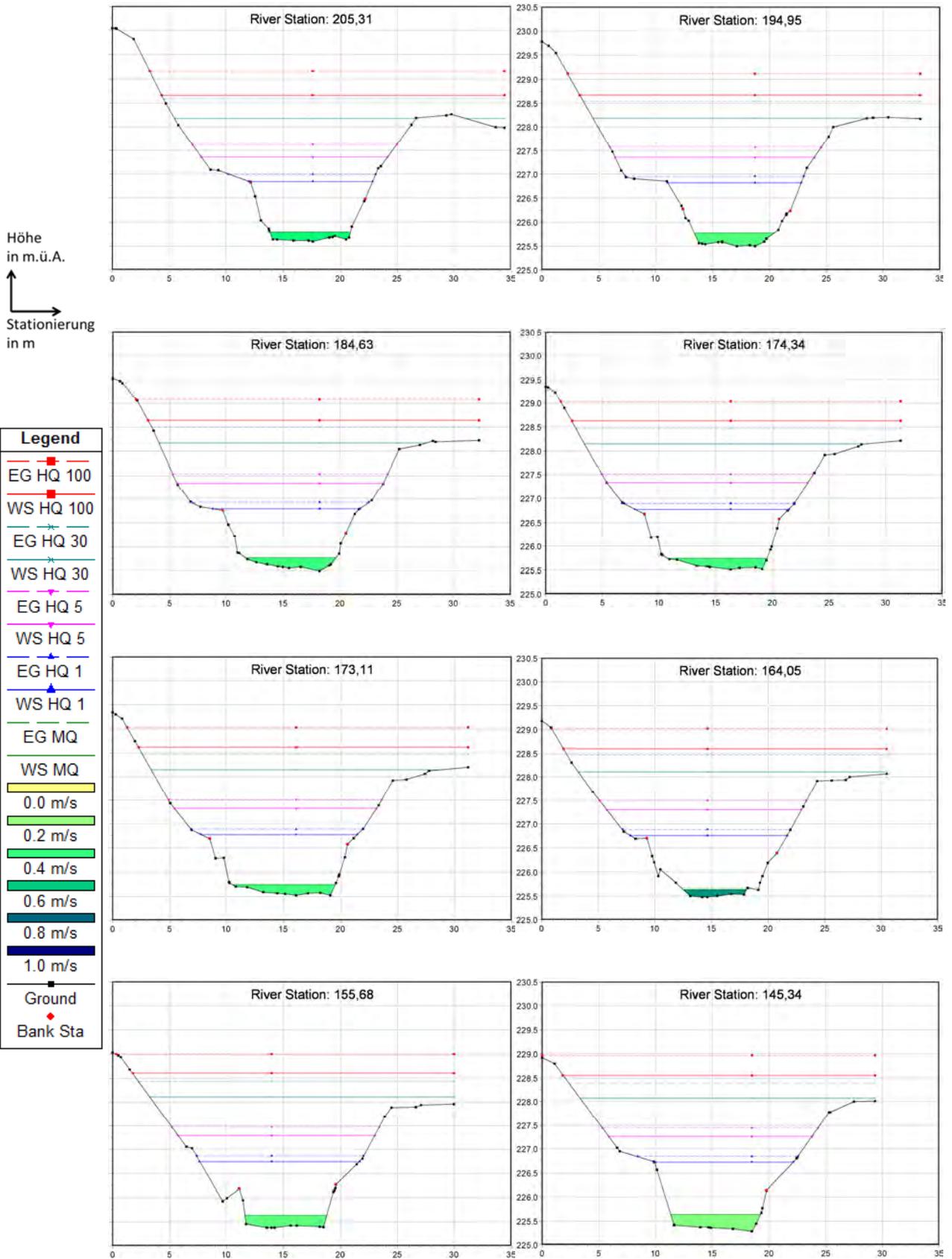
Tab. 9-19: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>30</sub> (90,6 m<sup>3</sup>/s)

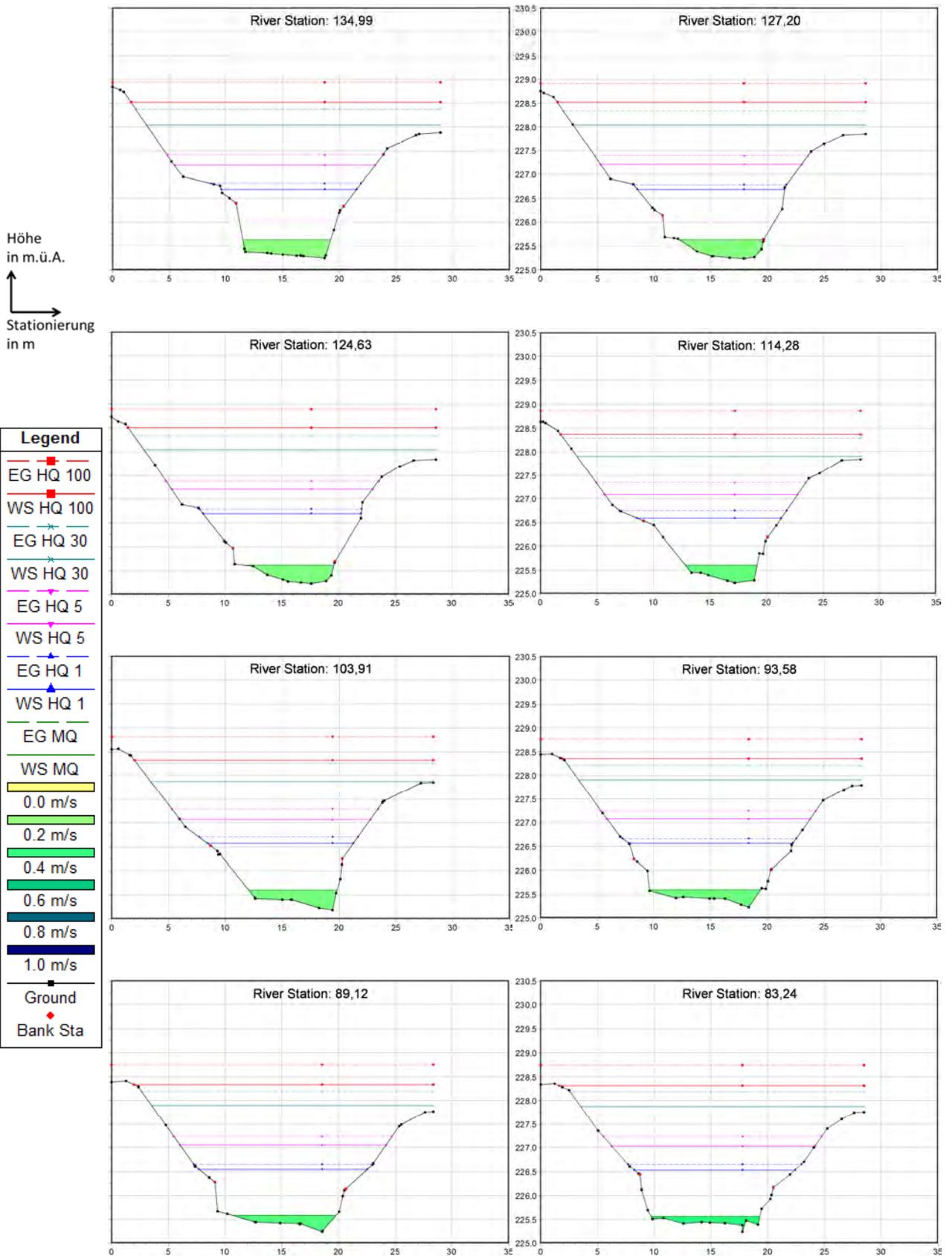
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude #	Chl
205.31	90.6	225.59	228.18	227.81	228.59	0.003466	3.02	33.65	24.65	0.63	
194.95	90.6	225.49	228.19		228.54	0.002742	2.84	36.38	24.69	0.57	
184.63	90.6	225.48	228.17		228.5	0.00267	2.72	37.18	23.44	0.56	
174.34	90.6	225.51	228.15		228.47	0.002564	2.64	38.13	24.86	0.54	
173.11	90.6	225.52	228.15	227.54	228.47	0.002582	2.64	38.2	25.49	0.54	
173.1	Inl Struct										
164.05	90.6	225.47	228.11		228.46	0.002941	2.79	36.74	27.27	0.58	
155.68	90.6	225.37	228.11		228.43	0.002562	2.74	38.43	26.67	0.54	
145.34	90.6	225.28	228.08		228.4	0.002596	2.74	38.28	26.03	0.54	
134.99	90.6	225.25	228.05		228.38	0.002659	2.76	37.92	25.88	0.55	
127.2	90.6	225.23	228.04	227.44	228.35	0.002336	2.69	39.41	25.73	0.53	
127.19	Inl Struct										
124.63	90.6	225.23	228.04		228.33	0.002228	2.64	39.99	25.71	0.52	
114.28	90.6	225.22	227.91		228.3	0.003498	2.95	34.72	25.12	0.63	
103.94	90.6	225.19	227.87		228.26	0.003335	2.9	35.03	24.83	0.61	
93.58	90.6	225.23	227.9		228.2	0.002441	2.58	39.19	24.95	0.53	
89.12	90.6	225.24	227.89	227.3	228.19	0.002508	2.6	38.92	24.8	0.54	
89.11	Inl Struct										
83.24	90.6	225.24	227.88		228.19	0.0027	2.64	38.24	24.94	0.55	
74.84	90.6	225.15	227.84		228.16	0.002757	2.7	37.7	24.88	0.56	
68.76	90.6	225.25	227.81	227.32	228.15	0.002964	2.75	37.13	25.43	0.58	
68.75	Inl Struct										
64.48	90.6	225.2	227.8		228.14	0.003041	2.78	36.74	25.7	0.59	
54.12	90.6	225.17	227.8		228.1	0.002494	2.57	39.52	26.69	0.54	
43.75	90.6	225.16	227.78		228.07	0.002329	2.49	40.5	27.17	0.52	
33.4	90.6	225.14	227.76		228.05	0.002335	2.52	40.72	28.08	0.52	
26.17	90.6	225.11	227.74	227.14	228.03	0.002412	2.52	40.62	28.51	0.53	
26.169	Inl Struct										
23.05	90.6	225.09	227.73		228.02	0.002454	2.54	40.39	28.6	0.53	
12.71	90.6	225.03	227.63		227.99	0.003118	2.81	36.91	29	0.59	
2.37	90.6	225.06	227.61	227.08	227.95	0.002904	2.68	37.65	27.99	0.57	

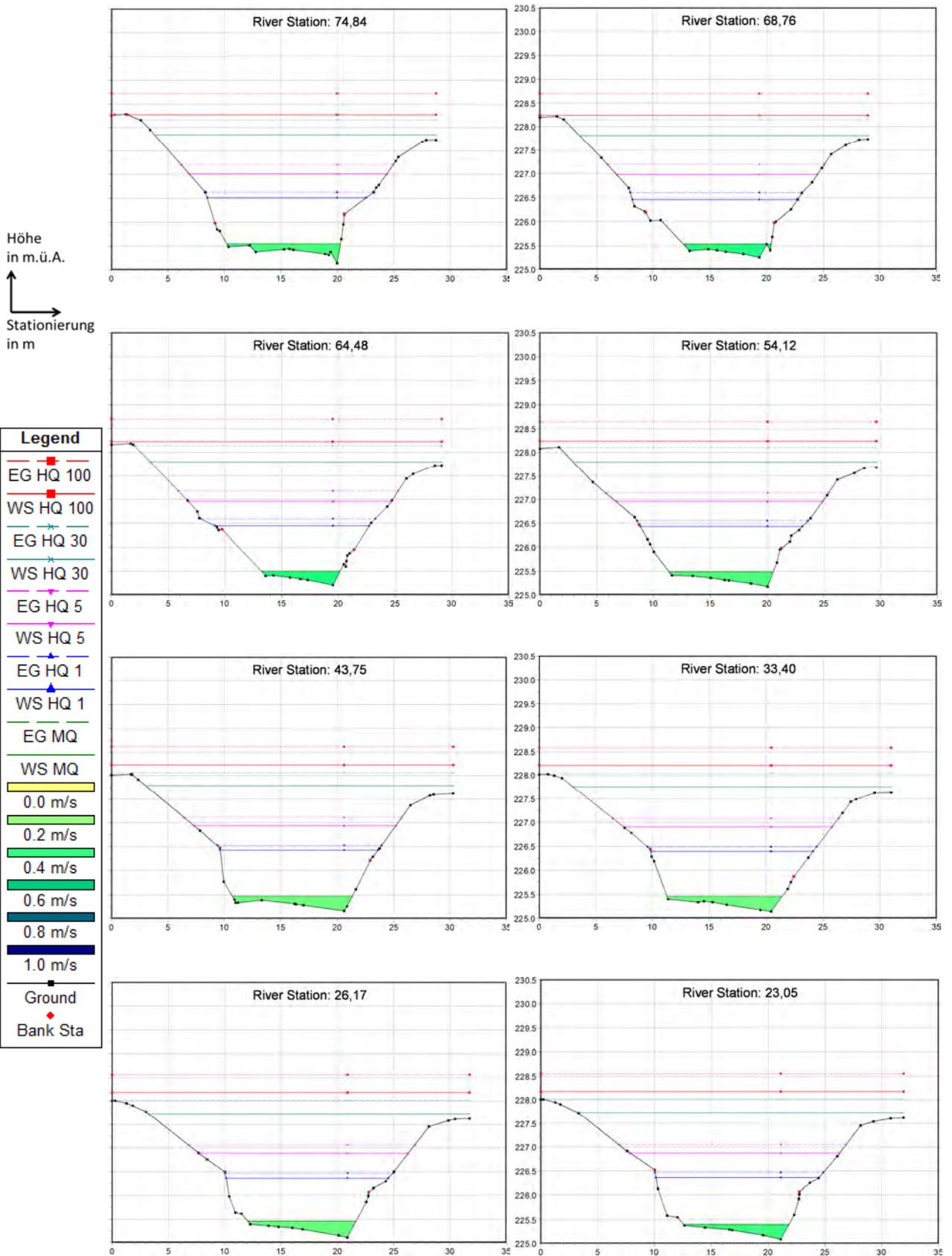
Tab. 9-20: Modell 4: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>100</sub> (138,9 m<sup>3</sup>/s)

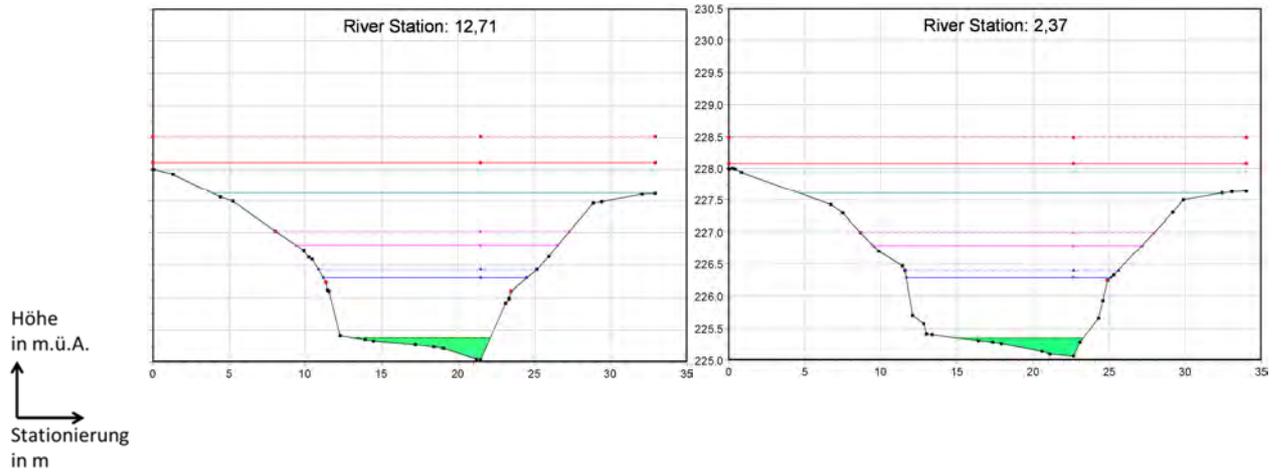
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	138.9	225.59	228.66	228.44	229.15	0.003472	3.42	47.69	30.08	0.65
194.95	138.9	225.49	228.67		229.11	0.002814	3.24	50.51	29.92	0.6
184.63	138.9	225.48	228.64		229.07	0.002878	3.18	50.45	29.11	0.6
174.34	138.9	225.51	228.62		229.04	0.002744	3.08	51.43	28.98	0.58
173.11	138.9	225.52	228.62	228.07	229.03	0.002734	3.06	51.56	28.92	0.58
173.1	Inl Struct									
164.05	138.9	225.47	228.6		229.03	0.002903	3.14	50.47	28.59	0.59
155.68	138.9	225.37	228.6		229	0.002618	3.11	51.83	28.15	0.56
145.34	138.9	225.28	228.56		228.97	0.002706	3.13	51.05	27.51	0.57
134.99	138.9	225.25	228.52		228.94	0.00279	3.16	50.52	27.25	0.58
127.2	138.9	225.23	228.51	228.04	228.91	0.002517	3.11	51.85	27.14	0.56
127.19	Inl Struct									
124.63	138.9	225.23	228.51		228.9	0.002424	3.07	52.42	27.12	0.56
114.28	138.9	225.22	228.37		228.86	0.003569	3.37	46.59	26.55	0.65
103.94	138.9	225.19	228.33		228.82	0.003516	3.35	46.62	26.27	0.65
93.58	138.9	225.23	228.35		228.77	0.002731	3.06	50.73	26.41	0.58
89.12	138.9	225.24	228.34	227.85	228.76	0.00282	3.09	50.31	26.43	0.58
89.11	Inl Struct									
83.24	138.9	225.24	228.32		228.75	0.003025	3.13	49.56	26.85	0.6
74.84	138.9	225.15	228.27		228.72	0.003149	3.22	48.79	27.57	0.61
68.76	138.9	225.25	228.24	227.86	228.7	0.003364	3.28	48.35	28.95	0.64
68.75	Inl Struct									
64.48	138.9	225.2	228.23		228.7	0.003384	3.3	48.27	29.09	0.64
54.12	138.9	225.17	228.24		228.65	0.002757	3.04	51.89	29.6	0.58
43.75	138.9	225.16	228.22		228.61	0.002624	2.96	53.2	30.24	0.56
33.4	138.9	225.14	228.2		228.58	0.002551	2.95	53.89	31	0.56
26.17	138.9	225.11	228.19	227.73	228.56	0.002573	2.92	54.28	31.71	0.56
26.169	Inl Struct									
23.05	138.9	225.09	228.18		228.55	0.002607	2.94	54.13	31.88	0.56
12.71	138.9	225.03	228.11		228.52	0.002988	3.12	51.84	32.88	0.6
2.37	138.9	225.06	228.08	227.5	228.49	0.002902	3.04	52.76	34.01	0.59

Grafische Darstellung der Querprofile: Wasserspiegellage und Energiehöhe bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, sowie die mittlere Geschwindigkeit bei MQ





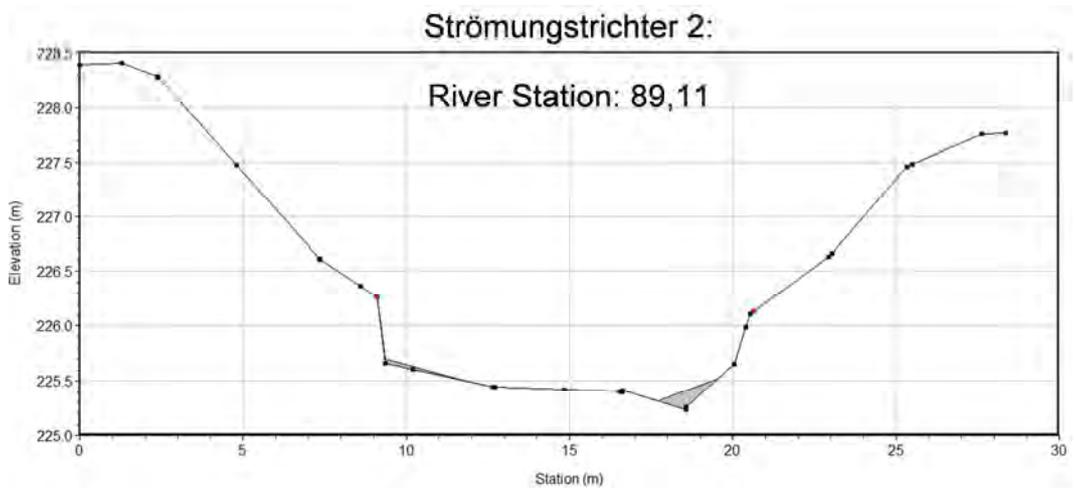
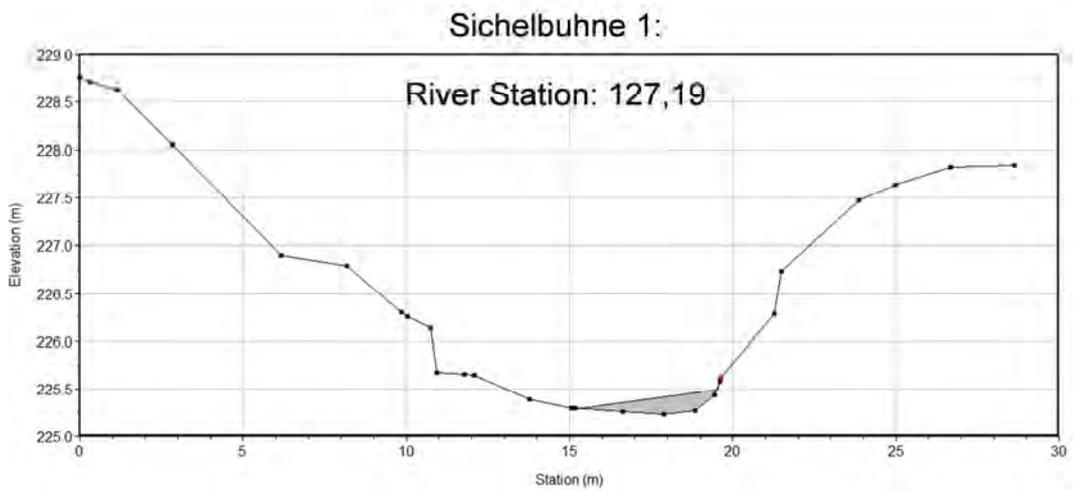
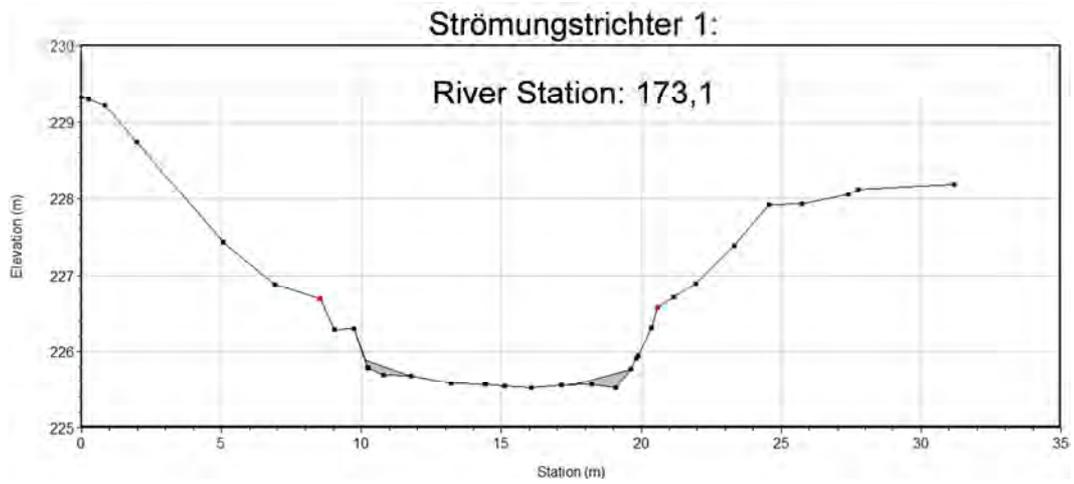


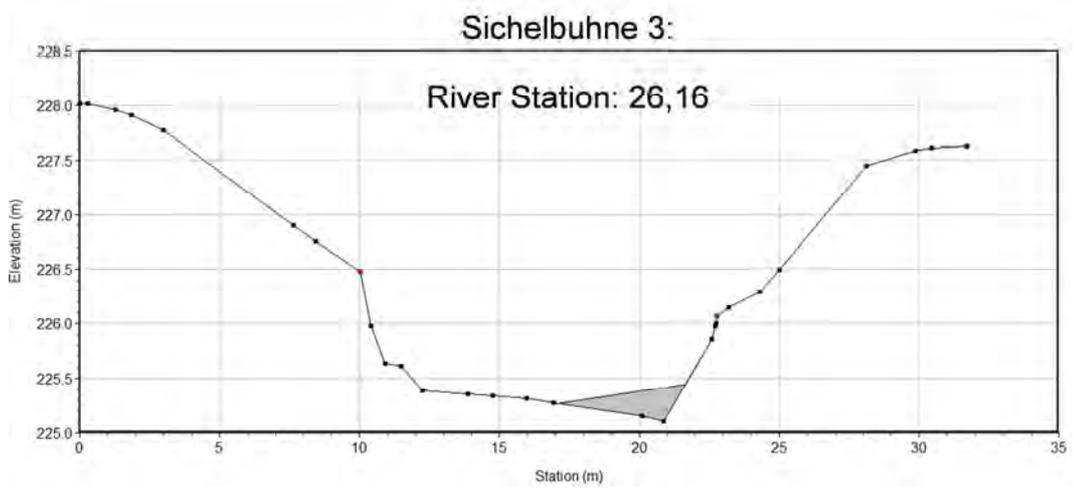
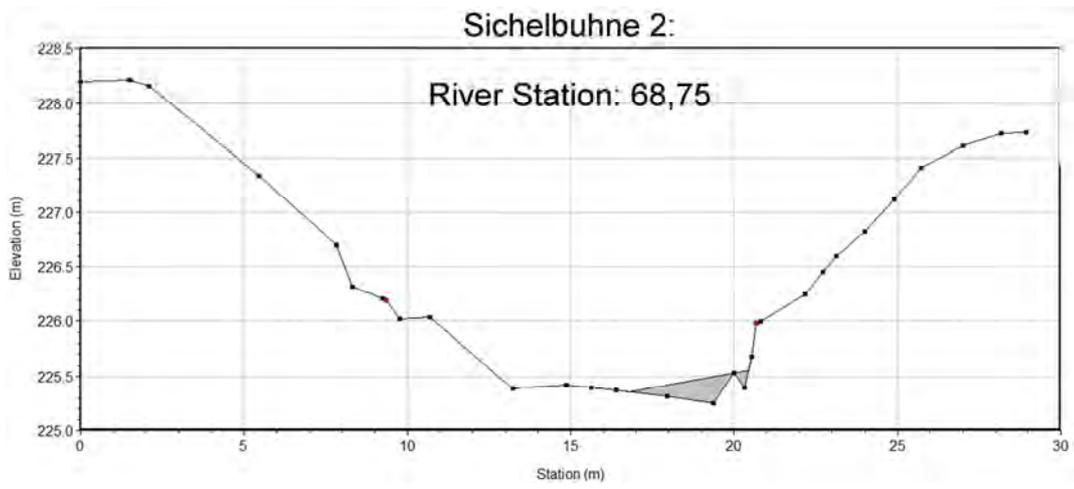


Legend	
EG HQ 100	—■—
WS HQ 100	—■—
EG HQ 30	—■—
WS HQ 30	—■—
EG HQ 5	—■—
WS HQ 5	—■—
EG HQ 1	—■—
WS HQ 1	—■—
EG MQ	—■—
WS MQ	—■—
0.0 m/s	■
0.2 m/s	■
0.4 m/s	■
0.6 m/s	■
0.8 m/s	■
1.0 m/s	■
Ground	●
Bank Sta	◆

### 9.1.5 Berechnungen Modell 5 – Inline Structures 2

Grafische Darstellung der Querprofile mit den Inline Structures:





## Tabellarische Darstellung der HEC-RAS Ergebnisse:

Tab. 9-21: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei MQ (0,5 m³/s)

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chl
205.31	0.5	225.59	225.78	225.73	225.79	0.004136	0.51	0.98	7.03		0.44
194.95	0.5	225.49	225.76		225.77	0.00129	0.36	1.37	6.89		0.26
184.63	0.5	225.48	225.74		225.75	0.002691	0.43	1.15	7.76		0.36
174.34	0.5	225.51	225.71		225.72	0.003563	0.47	1.06	7.76		0.41
173.11	0.5	225.52	225.7	225.64	225.71	0.004795	0.49	1.01	8.69		0.46
173.1	Inl Struct										
164.05	0.5	225.47	225.62		225.66	0.013241	0.8	0.63	5.63		0.76
155.68	0.5	225.37	225.62		225.63	0.001014	0.33	1.5	7.16		0.23
145.34	0.5	225.28	225.62		225.62	0.000473	0.25	1.96	7.89		0.16
134.99	0.5	225.25	225.61		225.61	0.000325	0.23	2.19	7.73		0.14
127.2	0.5	225.23	225.61	225.38	225.61	0.0004	0.25	2	7.33		0.15
127.19	Inl Struct										
124.63	0.5	225.23	225.61		225.61	0.000449	0.25	1.96	7.63		0.16
114.28	0.5	225.22	225.6		225.6	0.000675	0.31	1.62	6.32		0.19
103.94	0.5	225.19	225.59		225.6	0.000544	0.27	1.87	7.74		0.17
93.58	0.5	225.23	225.59		225.59	0.001022	0.3	1.69	9.78		0.23
89.12	0.5	225.24	225.58	225.47	225.58	0.001616	0.35	1.43	9.1		0.28
89.11	Inl Struct										
83.24	0.5	225.24	225.58		225.58	0.002476	0.39	1.3	9.64		0.33
74.84	0.5	225.15	225.56		225.57	0.001395	0.32	1.57	10.09		0.26
68.76	0.5	225.25	225.55	225.44	225.56	0.001565	0.36	1.37	7.86		0.28
68.75	Inl Struct										
64.48	0.5	225.2	225.5		225.51	0.002432	0.44	1.14	6.97		0.35
54.12	0.5	225.17	225.48		225.49	0.001536	0.34	1.46	9.17		0.27
43.75	0.5	225.16	225.47		225.48	0.000907	0.28	1.81	10.64		0.21
33.4	0.5	225.14	225.46		225.47	0.000946	0.29	1.75	10.15		0.22
26.17	0.5	225.11	225.45	225.31	225.46	0.000983	0.29	1.7	9.62		0.22
26.169	Inl Struct										
23.05	0.5	225.09	225.4		225.41	0.002174	0.38	1.32	9.3		0.32
12.71	0.5	225.03	225.38		225.39	0.002408	0.39	1.27	9.1		0.34
2.37	0.5	225.06	225.35	225.25	225.36	0.002902	0.43	1.16	8.38		0.37

Tab. 9-22: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>1</sub> (18,5 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	18.5	225.59	226.84	226.49	227	0.003654	1.78	10.48	10.82	0.56
194.95	18.5	225.49	226.82		226.96	0.002737	1.68	11.38	11.74	0.5
184.63	18.5	225.48	226.79		226.92	0.002814	1.6	11.71	12.94	0.5
174.34	18.5	225.51	226.78		226.89	0.002408	1.47	12.67	13.61	0.46
173.11	18.5	225.52	226.78	226.33	226.89	0.002417	1.46	12.74	13.73	0.46
173.1	Inl Struct									
164.05	18.5	225.47	226.76		226.88	0.002939	1.58	11.85	13.84	0.5
155.68	18.5	225.37	226.75		226.86	0.002094	1.52	12.98	14.05	0.43
145.34	18.5	225.28	226.72		226.84	0.002126	1.5	12.66	12.27	0.44
134.99	18.5	225.25	226.69		226.81	0.002305	1.56	12.11	11.94	0.45
127.2	18.5	225.23	226.69	226.15	226.79	0.001771	1.45	13.41	12.94	0.41
127.19	Inl Struct									
124.63	18.5	225.23	226.69		226.78	0.001682	1.42	13.86	13.93	0.4
114.28	18.5	225.22	226.58		226.75	0.004275	1.8	10.41	12.73	0.6
103.94	18.5	225.19	226.57		226.7	0.003223	1.62	11.53	12.81	0.52
93.58	18.5	225.23	226.56		226.66	0.002212	1.42	13.38	14.46	0.44
89.12	18.5	225.24	226.54	226.12	226.65	0.002502	1.5	12.71	14.8	0.47
89.11	Inl Struct									
83.24	18.5	225.24	226.53		226.65	0.002849	1.54	12.24	14.16	0.49
74.84	18.5	225.15	226.51		226.62	0.002533	1.5	12.62	14.06	0.47
68.76	18.5	225.25	226.46	226.19	226.6	0.003781	1.7	11.26	14.6	0.56
68.75	Inl Struct									
64.48	18.5	225.2	226.44		226.6	0.004283	1.77	10.63	13.58	0.6
54.12	18.5	225.17	226.43		226.55	0.002855	1.52	12.35	14.26	0.5
43.75	18.5	225.16	226.42		226.51	0.002178	1.37	13.58	13.98	0.43
33.4	18.5	225.14	226.38		226.49	0.002459	1.45	12.97	14.26	0.46
26.17	18.5	225.11	226.36	225.98	226.47	0.002721	1.49	12.57	14.4	0.48
26.169	Inl Struct									
23.05	18.5	225.09	226.35		226.46	0.00268	1.49	12.6	14.31	0.48
12.71	18.5	225.03	226.3		226.43	0.003255	1.6	11.62	13.3	0.52
2.37	18.5	225.06	226.28	225.91	226.39	0.002901	1.49	12.39	13.47	0.49

Tab. 9-23: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>5</sub> (39,0 m<sup>3</sup>/s)

River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	39.0	225.59	227.36	226.99	227.62	0.003659	2.34	17.83	16.35	0.6
194.95	39.0	225.49	227.36		227.57	0.002656	2.14	20.01	17.53	0.53
184.63	39.0	225.48	227.34		227.54	0.002582	2.03	20.71	18.14	0.51
174.34	39.0	225.51	227.33		227.51	0.002359	1.92	21.43	17.76	0.49
173.11	39.0	225.52	227.33	226.76	227.5	0.002356	1.91	21.49	17.72	0.48
173.1	Inl Struct									
164.05	39.0	225.47	227.3		227.5	0.002718	2.03	20.36	17.16	0.52
155.68	39.0	225.37	227.3		227.47	0.002202	1.98	21.55	17.27	0.47
145.34	39.0	225.28	227.26		227.45	0.002327	2.01	21.12	17.91	0.48
134.99	39.0	225.25	227.21		227.42	0.002671	2.13	20.01	17.7	0.51
127.2	39.0	225.23	227.21	226.63	227.39	0.002149	2	21.55	17.7	0.48
127.19	Inl Struct									
124.63	39.0	225.23	227.21		227.38	0.002003	1.94	22.14	17.71	0.46
114.28	39.0	225.22	227.09		227.34	0.003855	2.29	18.14	17.08	0.61
103.94	39.0	225.19	227.07		227.3	0.003295	2.15	19.01	16.74	0.56
93.58	39.0	225.23	227.08		227.25	0.002298	1.89	21.84	17.97	0.48
89.12	39.0	225.24	227.06	226.57	227.24	0.002475	1.95	21.36	18.16	0.5
89.11	Inl Struct									
83.24	39.0	225.24	227.04		227.23	0.002805	2.01	20.55	17.96	0.52
74.84	39.0	225.15	227.02		227.21	0.002672	2.01	20.65	17.51	0.51
68.76	39.0	225.25	226.98	226.6	227.19	0.003212	2.11	19.65	17.72	0.56
68.75	Inl Struct									
64.48	39.0	225.2	226.96		227.19	0.003564	2.2	18.88	17.82	0.59
54.12	39.0	225.17	226.95		227.14	0.002673	1.97	20.81	18.15	0.52
43.75	39.0	225.16	226.94		227.11	0.002309	1.85	21.84	17.91	0.48
33.4	39.0	225.14	226.91		227.09	0.002437	1.91	21.45	18.37	0.49
26.17	39.0	225.11	226.88	226.39	227.07	0.002612	1.94	21.11	18.54	0.51
26.169	Inl Struct									
23.05	39.0	225.09	226.87		227.06	0.002648	1.95	20.97	18.39	0.51
12.71	39.0	225.03	226.81		227.03	0.00319	2.11	19.33	17.21	0.56
2.37	39.0	225.06	226.79	226.31	226.99	0.002901	1.99	20.25	17.68	0.53

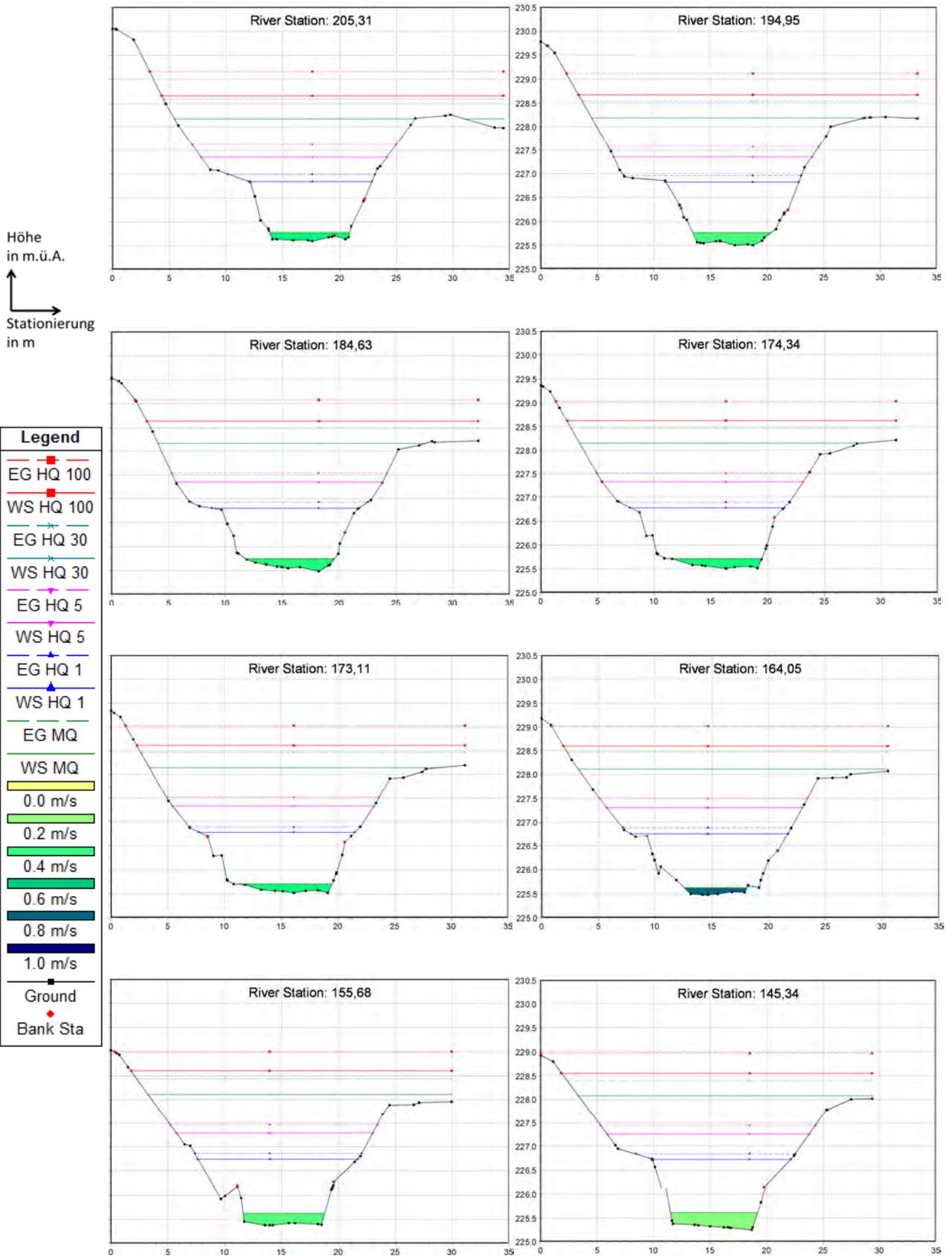
Tab. 9-24: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>30</sub> (90,6 m<sup>3</sup>/s)

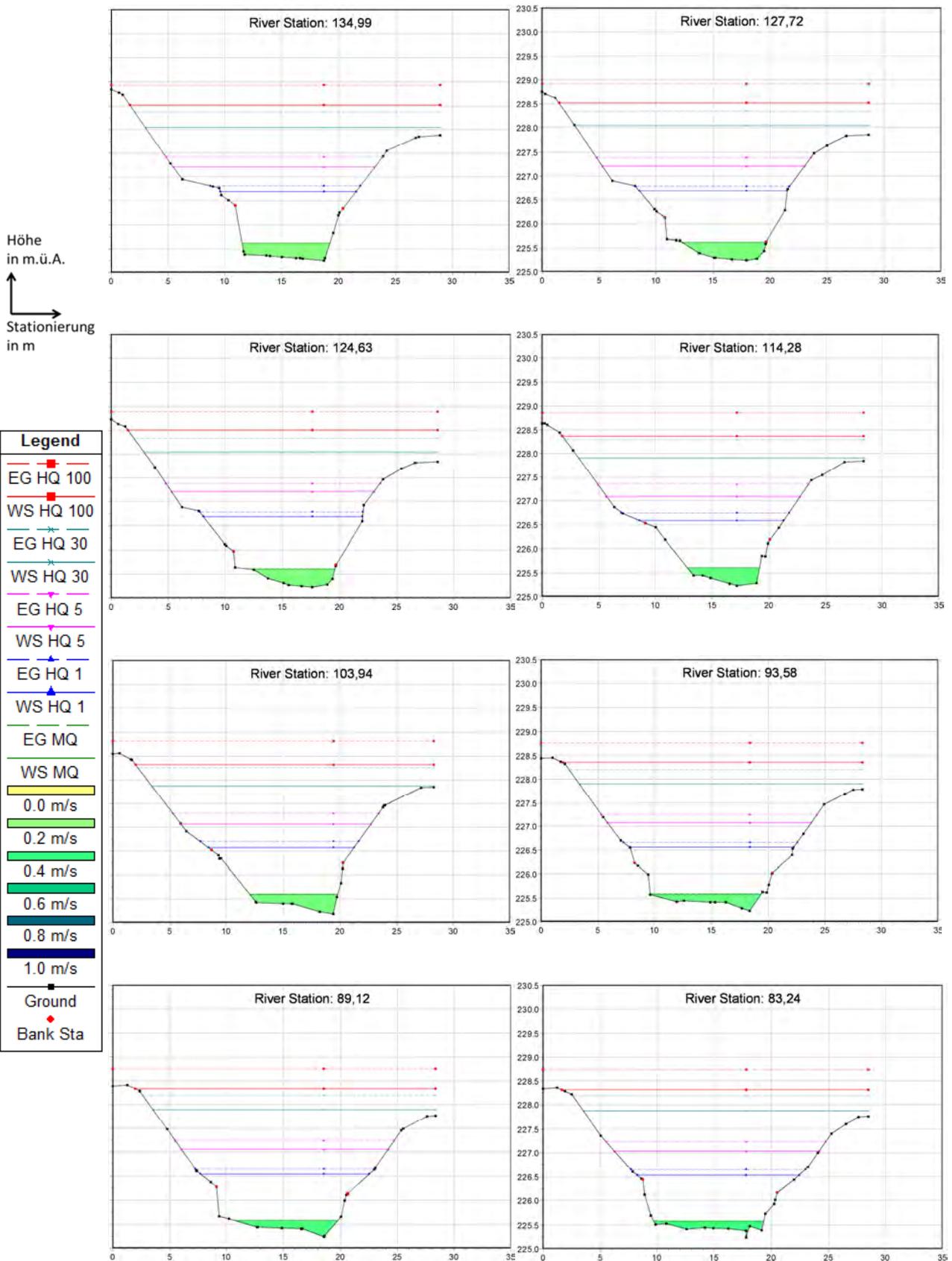
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	90.6	225.59	228.18	227.81	228.59	0.003466	3.02	33.65	24.65	0.63
194.95	90.6	225.49	228.19		228.54	0.002742	2.84	36.38	24.69	0.57
184.63	90.6	225.48	228.17		228.5	0.00267	2.72	37.18	23.44	0.56
174.34	90.6	225.51	228.15		228.47	0.002564	2.64	38.13	24.86	0.54
173.11	90.6	225.52	228.15	227.54	228.47	0.002582	2.64	38.2	25.49	0.54
173.1	Inl Struct									
164.05	90.6	225.47	228.11		228.46	0.002941	2.79	36.74	27.27	0.58
155.68	90.6	225.37	228.11		228.43	0.002562	2.74	38.43	26.67	0.54
145.34	90.6	225.28	228.08		228.4	0.002596	2.74	38.28	26.03	0.54
134.99	90.6	225.25	228.05		228.38	0.002659	2.76	37.92	25.88	0.55
127.2	90.6	225.23	228.04	227.44	228.35	0.002336	2.69	39.41	25.73	0.53
127.19	Inl Struct									
124.63	90.6	225.23	228.04		228.33	0.002228	2.64	39.99	25.71	0.52
114.28	90.6	225.22	227.91		228.3	0.003498	2.95	34.72	25.12	0.63
103.94	90.6	225.19	227.87		228.26	0.003335	2.9	35.03	24.83	0.61
93.58	90.6	225.23	227.9		228.2	0.002441	2.58	39.19	24.95	0.53
89.12	90.6	225.24	227.89	227.3	228.19	0.002508	2.6	38.92	24.8	0.54
89.11	Inl Struct									
83.24	90.6	225.24	227.88		228.19	0.0027	2.64	38.24	24.94	0.55
74.84	90.6	225.15	227.84		228.16	0.002757	2.7	37.7	24.88	0.56
68.76	90.6	225.25	227.81	227.32	228.15	0.002964	2.75	37.13	25.43	0.58
68.75	Inl Struct									
64.48	90.6	225.2	227.8		228.14	0.003041	2.78	36.74	25.7	0.59
54.12	90.6	225.17	227.8		228.1	0.002494	2.57	39.52	26.69	0.54
43.75	90.6	225.16	227.78		228.07	0.002329	2.49	40.5	27.17	0.52
33.4	90.6	225.14	227.76		228.05	0.002335	2.52	40.72	28.08	0.52
26.17	90.6	225.11	227.74	227.14	228.03	0.002412	2.52	40.62	28.51	0.53
26.169	Inl Struct									
23.05	90.6	225.09	227.73		228.02	0.002454	2.54	40.39	28.6	0.53
12.71	90.6	225.03	227.63		227.99	0.003118	2.81	36.91	29	0.59
2.37	90.6	225.06	227.61	227.08	227.95	0.002904	2.68	37.65	27.99	0.57

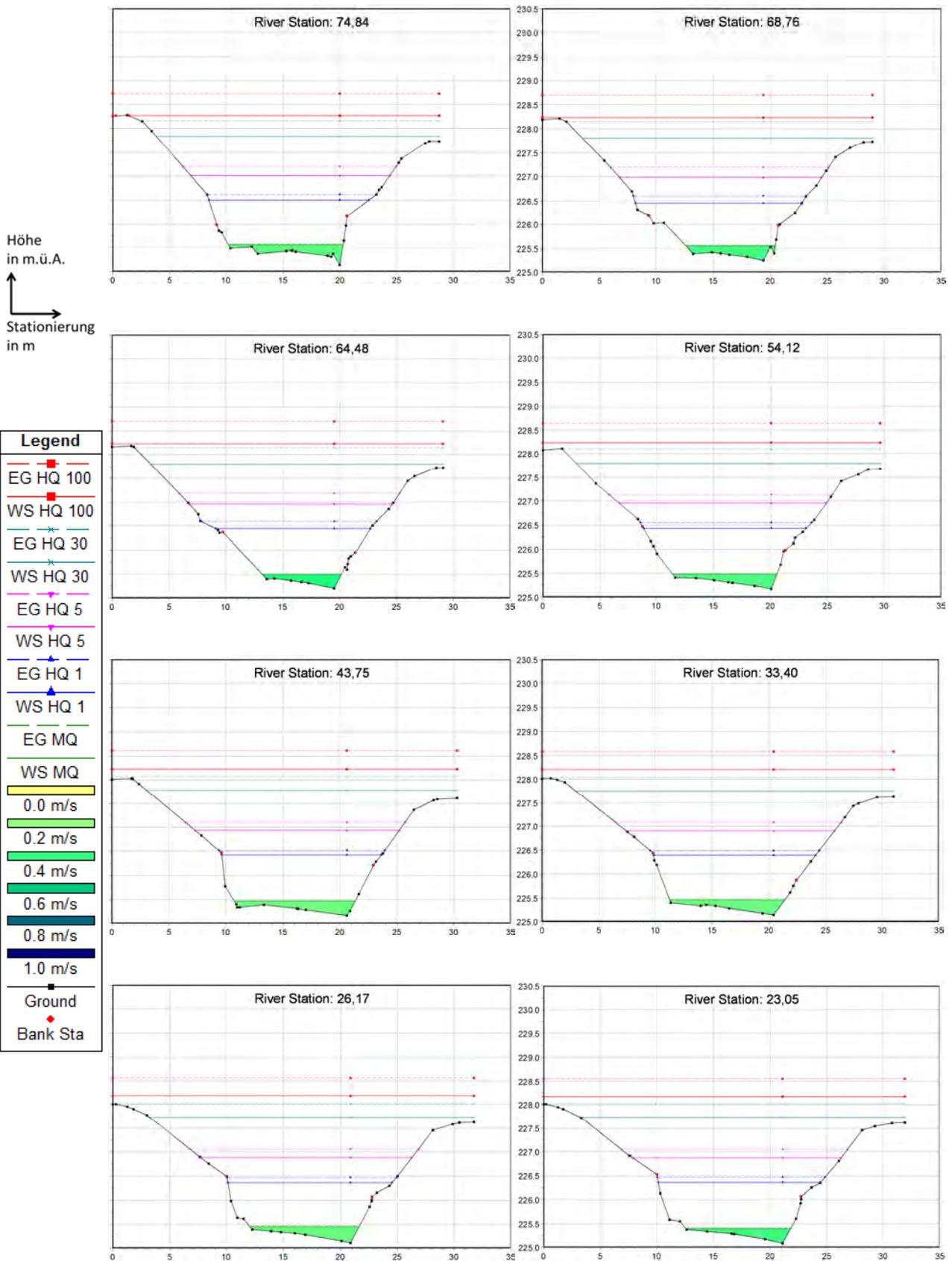
Tab. 9-25: Modell 5: Wasserspiegellagenberechnung bei HQ<sub>100</sub> (138,9 m<sup>3</sup>/s)

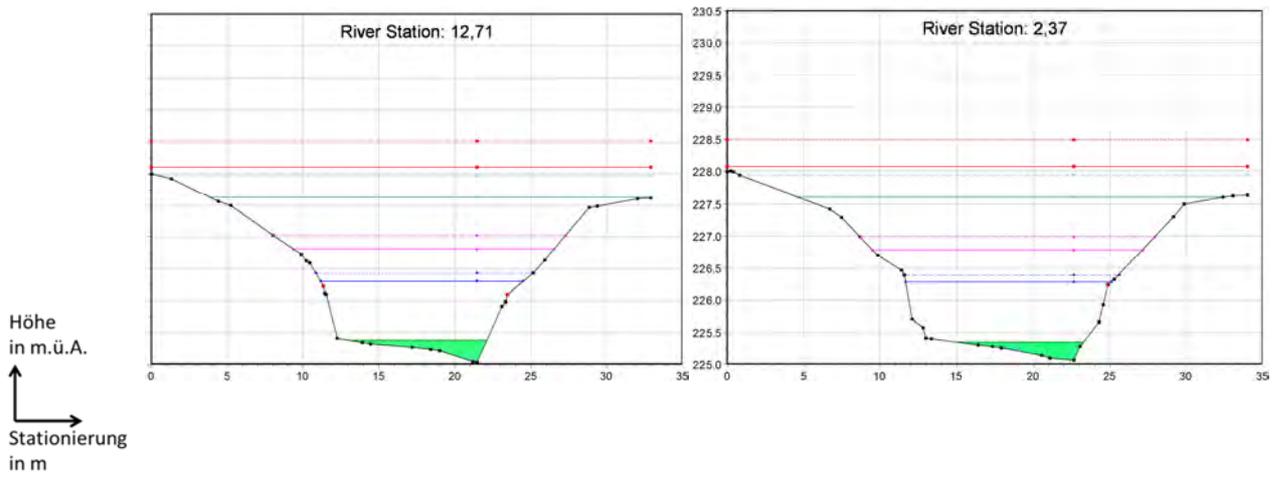
River Sta	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
205.31	138.9	225.59	228.66	228.44	229.15	0.003472	3.42	47.69	30.08	0.65
194.95	138.9	225.49	228.67		229.11	0.002814	3.24	50.51	29.92	0.6
184.63	138.9	225.48	228.64		229.07	0.002878	3.18	50.45	29.11	0.6
174.34	138.9	225.51	228.62		229.04	0.002744	3.08	51.43	28.98	0.58
173.11	138.9	225.52	228.62	228.07	229.03	0.002734	3.06	51.56	28.92	0.58
173.1	Inl Struct									
164.05	138.9	225.47	228.6		229.03	0.002903	3.14	50.47	28.59	0.59
155.68	138.9	225.37	228.6		229	0.002618	3.11	51.83	28.15	0.56
145.34	138.9	225.28	228.56		228.97	0.002706	3.13	51.05	27.51	0.57
134.99	138.9	225.25	228.52		228.94	0.00279	3.16	50.52	27.25	0.58
127.2	138.9	225.23	228.51	228.04	228.91	0.002517	3.11	51.85	27.14	0.56
127.19	Inl Struct									
124.63	138.9	225.23	228.51		228.9	0.002424	3.07	52.42	27.12	0.56
114.28	138.9	225.22	228.37		228.86	0.003569	3.37	46.59	26.55	0.65
103.94	138.9	225.19	228.33		228.82	0.003516	3.35	46.62	26.27	0.65
93.58	138.9	225.23	228.35		228.77	0.002731	3.06	50.73	26.41	0.58
89.12	138.9	225.24	228.34	227.85	228.76	0.00282	3.09	50.31	26.43	0.58
89.11	Inl Struct									
83.24	138.9	225.24	228.32		228.75	0.003025	3.13	49.56	26.85	0.6
74.84	138.9	225.15	228.27		228.72	0.003149	3.22	48.79	27.57	0.61
68.76	138.9	225.25	228.24	227.86	228.7	0.003364	3.28	48.35	28.95	0.64
68.75	Inl Struct									
64.48	138.9	225.2	228.23		228.7	0.003384	3.3	48.27	29.09	0.64
54.12	138.9	225.17	228.24		228.65	0.002757	3.04	51.89	29.6	0.58
43.75	138.9	225.16	228.22		228.61	0.002624	2.96	53.2	30.24	0.56
33.4	138.9	225.14	228.2		228.58	0.002551	2.95	53.89	31	0.56
26.17	138.9	225.11	228.19	227.73	228.56	0.002573	2.92	54.28	31.71	0.56
26.169	Inl Struct									
23.05	138.9	225.09	228.18		228.55	0.002607	2.94	54.13	31.88	0.56
12.71	138.9	225.03	228.11		228.52	0.002988	3.12	51.84	32.88	0.6
2.37	138.9	225.06	228.08	227.5	228.49	0.002902	3.04	52.76	34.01	0.59

Grafische Darstellung der Querprofile: Wasserspiegellage und Energiehöhe bei MQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>5</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>, sowie die mittlere Geschwindigkeit bei MQ



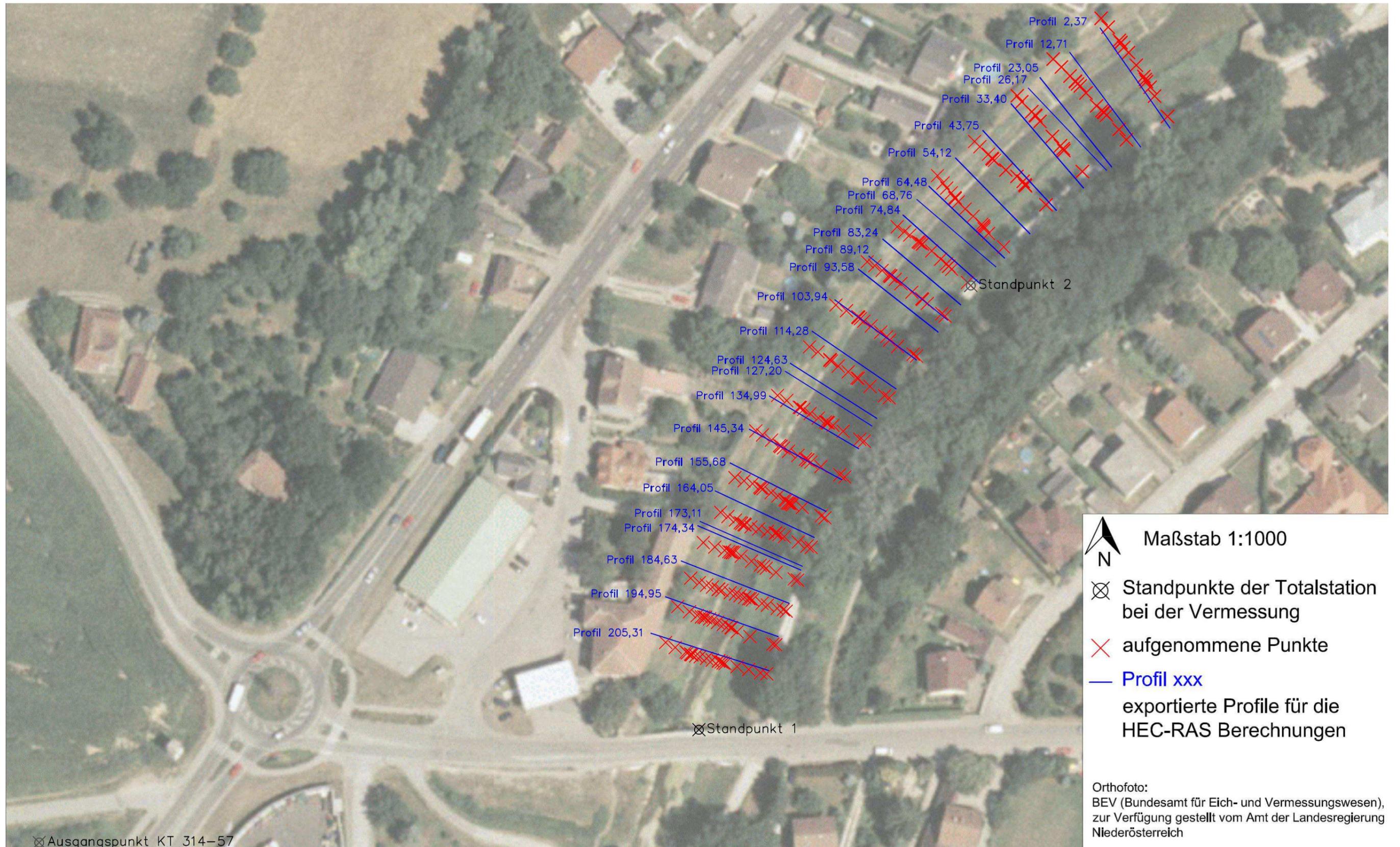






Legend	
EG HQ 100	—■—
WS HQ 100	—■—
EG HQ 30	—■—
WS HQ 30	—■—
EG HQ 5	—■—
WS HQ 5	—■—
EG HQ 1	—■—
WS HQ 1	—■—
EG MQ	—■—
WS MQ	—■—
0.0 m/s	■
0.2 m/s	■
0.4 m/s	■
0.6 m/s	■
0.8 m/s	■
1.0 m/s	■
Ground	—■—
Bank Sta	◆

9.2 Planliche Darstellung der vermessenen Punkte

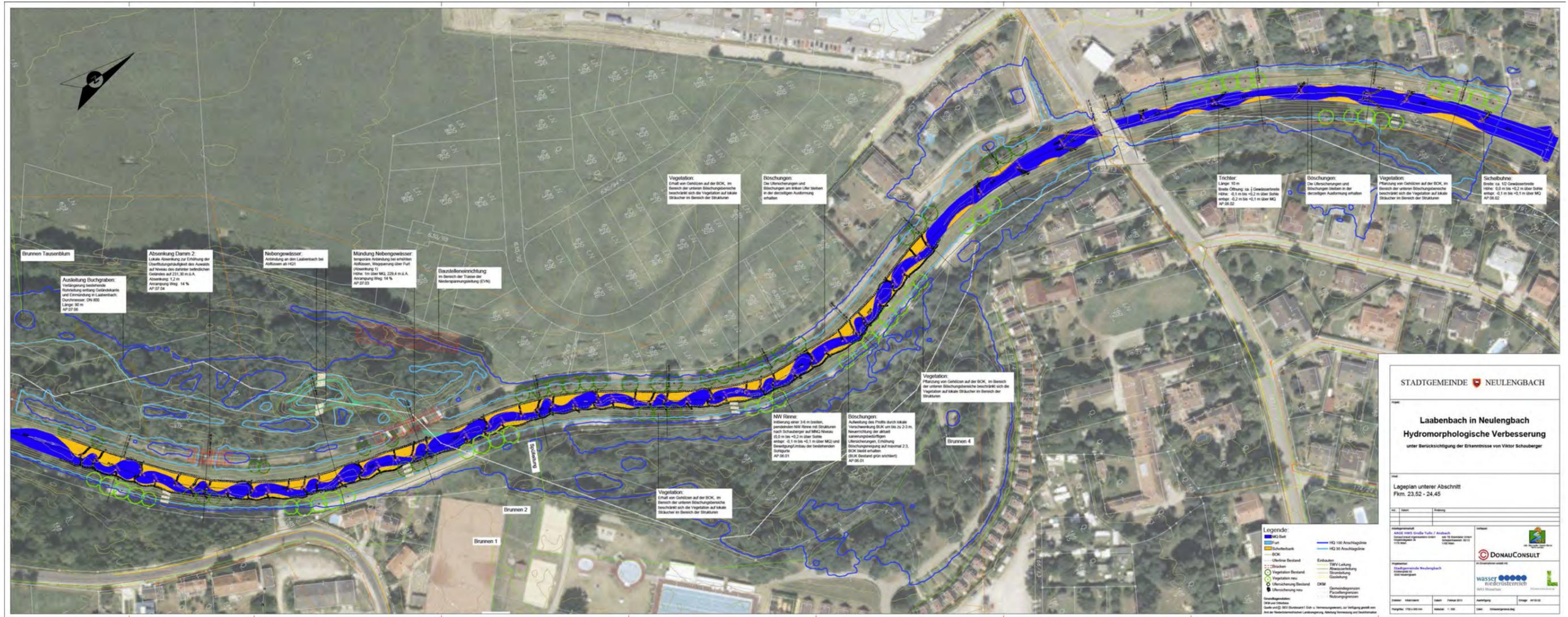


⊗ Ausgangspunkt KT 314-57

### 9.3 Lagepläne der Ausschreibung: „Laabenbach in Neulengbach - Hydromorphologische Verbesserung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von Viktor Schauberger“

Die nachfolgenden Pläne sind stark verkleinert dargestellt und sollten nur als Überblick für das Gesamtprojekt der Bauarbeiten am Laabenbach dienen. Sie wurden von der ARGE GROßE TULLN / ANZBACH angefertigt und werden im Einvernehmen mit der Abteilung Wasserbau des Landes Niederösterreich und der Stadtgemeinde Neulengbach abgebildet.

#### Unterer Abschnitt des Projektgebietes:



Oberer Abschnitt des Projektgebietes:

