

Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Aller am Wehr Osterloh

Hydraulische Modellrechnungen

Erläuterungsbericht zum Genehmigungsantrag

Auftraggeber:

NLWKN – Betriebsstelle Süd
Rudolf-Steiner-Str. 5
38120 Braunschweig

Bearbeitung:

Projekt Nr. 2635

Dr. Michael Franke
Dipl. Geogr. Leander Vajen

GEUMtec GmbH
Gesellschaft für Umweltplanung und -technik
Sure Wisch 10
30625 Hannover
Tel.: 0511 / 80 40 00
Fax: 0511 / 80 40 02

Email: info@geum.de

10.Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung.....	4
2 Vorgehensweise.....	5
3 Daten.....	5
4 Ermittlung des Ist-Zustandes.....	6
4.1 Erstellung des 2d-Modells.....	6
4.2 Kalibrierung des 2d-Modells.....	6
4.3 Hydraulische Berechnungen des Ist-Zustandes.....	8
4.4 Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Altarms.....	8
5 Berechnungen der Plan-Zustände.....	10
5.1 Erstellung der Plan-Zustände.....	10
5.2 Optimierung der Planungsvarianten.....	12
5.3 Hydraulische Berechnungen der Planungsvarianten.....	21
5.4 Bewertung.....	25
6 Quellen.....	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kalibrierung des 2d-Modells.....	7
Tabelle 2: Rauheitsbeiwerte kSt der verwendeten Rauheitsklassen.....	7
Tabelle 3: Berechnungsergebnisse Ist-Zustand.....	8
Tabelle 4: Maße und Bemessungsgrößen, geltend für alle Varianten.....	12
Tabelle 5: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 1.....	13
Tabelle 6: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 2, Hauptanschluss.....	15
Tabelle 7: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 2, Altarmanschluss.....	15
Tabelle 8: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 3, Altarmanschluss.....	17
Tabelle 9: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 4, Altarmanschluss.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsskizze Variante 1.....	14
Abbildung 2: Funktionsskizze Variante 2.....	16
Abbildung 3: Funktionsskizze Variante 3.....	17
Abbildung 4: Funktionsskizze Variante 4.....	20

1 Veranlassung

Das Fischbauchklappenwehr Osterloh liegt südöstlich von Celle bei Osterloh und steuert derzeit den Wasserspiegel der Aller. Das Gewässer verläuft hier von Ost nach West. Südlich des Wehres liegt ein Altarm, der im Unterwasser des Wehres angebunden ist und einen Stillwasserbereich bildet. Im Oberwasser besteht eine Rohrverbindung (DN 300). Die Aller hat am Wehr eine Einzugsgebietsgröße von rd. 3900 km². Das Bauwerk stellt für Fische und Kleinlebewesen ein Wanderungshindernis dar.

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) plant, die ökologische Durchgängigkeit der Aller im Abschnitt des Altarmes Theewinkel wieder herzustellen.

Mit dem Vorhaben sollen zudem strukturreiche Fließgewässerzustände geschaffen werden, die strömungsliebenden Arten einen Lebensraum bieten. Es werden vier verschiedene Varianten untersucht, um diese Bedingungen herzustellen. Zusätzlich soll der maximal über den angeschlossenen Altarm abführbare Abfluss (mit und ohne vorheriger Entnahme von Altarmsedimenten) für zwei Varianten ermittelt werden.

Der Hochwasserabfluss der Aller bis zum bordvollen Abfluss soll durch die Planung nicht beeinträchtigt werden (Hochwasserneutralität der Maßnahme). Ebenso ist das bisher vorhandene Realstauziel bei Niedrigwasser (hier: Bemessungsereignis Q_{30}) aus Gründen der Flächennutzung nicht zu unterschreiten.

Die GEUM.tec GmbH wurde für die o.g. Bearbeitung beauftragt.

2 Vorgehensweise

Um die Varianten, die zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Aller führen sollen, vergleichen zu können, wird wie folgt vorgegangen:

1. Ermittlung des Ist-Zustandes.
 - a) Erstellung des 2d-Modells.
 - b) Kalibrierung des 2d-Modells.
 - c) Hydraulische Berechnungen des Ist-Zustandes für die Bemessungsabflüsse.
 - d) Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Altarms in zwei Varianten (mit und ohne Sedimententnahme).
2. Berechnung der Plan-Zustände.
 - a) Erstellung von vier Variantenmodellen anhand der Planungsvorgaben.
 - b) Berechnung und Optimierung der Variantenmodelle.
 - c) Hydraulische Berechnungen der Planvarianten für die Bemessungsabflüsse.
 - d) Ergebnisdarstellung und Bewertung.

3 Daten

Für die Erstellung des 2-dimensionalen Modells werden folgende Daten verwendet:

- Querprofilaten der Aller (NLWKN 2010).
- Querprofilaten des Altarmes Theewinkel (NLWKN 2012).
- DGM-Daten für das Planungsgebiet (NLWKN 2012).
- Bestandsplan der Wehranlage Osterloh (NLWKN 2012).
- Pegelraten, Wehrsteuerungs- und Abflussdaten Osterloh (NLWKN 2012).

4 Ermittlung des Ist-Zustandes

Der Ist-Zustand des Bearbeitungsgebietes wird durch ein 2d-Modell nachgebildet. Als mathematisches Strömungsmodell für die hydraulischen Berechnungen wird das 2-dimensionale HN-Modell Hydro_AS-2d, V. 2.2 eingesetzt (NUJIC, M. 2003 und 2006). Als Prä- und Postprozessor dient das Programm SMS (Surface Water Modelling System).

4.1 Erstellung des 2d-Modells

Da das für die Berechnungen vorgesehene 2d-HN-Modell zum Bearbeitungszeitpunkt nicht zur Verfügung steht, wird ein neues 2d-Modell erstellt. Die Erstellung der Modelltopographie erfolgt auf Grundlage der auftraggeberseits zur Verfügung gestellten Vermessungs- und Querprofildaten. Für die sedimentierten Sohlbereiche im Altarm liegen Werte für Ober- und Unterkante der Sedimentschicht innerhalb der Querprofildaten vor. Für die Erstellung des Ist-Zustands werden die Oberkanten der Sedimentschicht in das Modell eingegeben. Die Rohrverbindung DN 300 zwischen Altarm und Aller oberhalb des Wehres wird über eine 1d-Randbedingung in das Modell übernommen.

Um das Abflussgeschehen angemessen abzubilden, wird eine Vor- und Nachlaufstrecke für den Berechnungsabschnitt von jeweils ca. 1,8 km eingeplant. Die Wehranlage wird anhand des Bestandsplanes und der Vermessungsdaten in das Modell übernommen. Die Berechnung der Wasserspiegellagen, Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten erfolgt jeweils bis zum stationären Zustand. Als untere Randbedingung wurde das Energieliniengefälle entsprechend dem Sohlgefälle angesetzt.

4.2 Kalibrierung des 2d-Modells

Für die Kalibrierung des 2d-Modells werden die vier maßgeblichen Abflussereignisse Q_{30} , MQ , Q_{330} und Q_{Bordvoll} zugrunde gelegt. Der Abfluss des Pegels Langlingen (ca. 14 km oberhalb des Wehres, EZG 3533 km²) wird für die jeweiligen Ereignisse anhand der Einzugsgebietsgröße auf das Einzugsgebiet am Wehrstandort (ca. 3 900 km²) extrapoliert.

Es werden Daten aus Abfluss- und Wasserspiegelmessungen am Wehrstandort sowie der Steuerung des Wehres zur Verfügung gestellt (NLWKN 2012). Die Wehrsteuerung wird entsprechend für

das jeweilige Abflussereignis ins 2d-Modell übernommen. Um die gemessenen Wasserspiegel-lagen nachzubilden, werden die Rauheitsbeiwerte des Flussschlauches und der Wehranlage angepasst. Bei höheren Abflüssen und damit größeren Fließtiefen wird der verringerte Einfluss der Sohlrauheit entsprechend Tab. 2 berücksichtigt. Die Kalibrierungsergebnisse sind in Tab. 1 dargestellt.

Als Ansatz für den bordvollen Abfluss Q_{Bordvoll} wurde der Ausbauabfluss der Aller mit $Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ geprüft und gewählt. Der Abfluss Q_{Bordvoll} ist vergleichbar mit einem HQ_1 , dem mit $85 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegelstandort Langlingen ein ähnlich hoher Abflusswert zugrunde liegt.

	Pegelwert	Extrapolation	Messung				Modellrechnung	
Abflussereignis	Abfluss Langlingen [m^3/s]	Abfluss Osterloh [m^3/s]	Datum Ereignis	Abfluss [m^3/s]	Wehrsteuerung [m NN]	WSP- [m NN]	WSP [m NN]	WSP-Differenz [m]
Q_{30}	9.10	10.01	11.10.12	10.04	38.43	38.92	38.86	-0.06
MQ	23.00	25.30	09.03.12	25.16	37.98	38.89	38.84	-0.05
Q_{330}	43.10	47.41	26.12.12	47.47	37.62	39.10	39.08	-0.02
Q_{Bordvoll}		80.00	25./26.11.10	80.16	37.61	39.57	39.63	0.06

Tabelle 1: Kalibrierung des 2d-Modells

Rauheitsklasse	Q_{30} / MQ	Q_{330}	Q_{Bordvoll}
Flussschlauch	30	37	45
Altarm	27	35	40
Wehrklappe	55	60	65
Wehrrand	50	50	50
Wehrsohle	40	50	60
Pollerbereich	10	15	25

Tabelle 2: Rauheitsbeiwerte k_{St} der verwendeten Rauheitsklassen

4.3 Hydraulische Berechnungen des Ist-Zustandes

Im Anschluss an die Kalibrierung werden die hydraulischen Berechnungen für die Abflussereignisse Q_{30} , MQ, Q_{330} und Q_{Bordvoll} durchgeführt. Die ermittelten Wasserspiegellagen, Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten des Ist-Zustandes können Tab. 3 entnommen werden. Die Angaben zu Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit beziehen sich auf den Bereich vom Oberstrom des Wehres bis zum Unterstrom auf Höhe des Altarms. Im Ist-Zustand führen die Unterwasserspiegellagen zu einem Rückstau in den Altarm. Der Altarm wird vom Oberwasser durch eine DN 300 – Rohrverbindung mit einem geringen Zufluss gespeist. Der Altarm wurde mit Sedimentauflage gerechnet (vgl. Kap. 4.1).

Abflussereignis	Wasserspiegel [m NN]		Wassertiefe [m]	Fließgeschwindigkeit [m/s]
	Oberwasser	Unterwasser		
Q_{30}	38,86	37,16	0,02-1,6	0,3-2,9
MQ	38,85	37,91	0,4-4,5	0,4-4,0
Q_{330}	39,08	38,41	0,6-4,9	0,4-5,3
Q_{Bordvoll}	39,62	38,86	0,7-5,8	0,4-6,6

Tabelle 3: Berechnungsergebnisse Ist-Zustand

4.4 Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Altarms

Für die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Altarmes wird der Anschluss an die Aller mit Hilfe eines vereinfachten Querschnittes in das 2d-Modell integriert. Der Querschnitt im Anschlussbereich wird großzügig bemessen (Sohlbreite ca. 15 m), um einen problemlosen Durchfluss zu gewährleisten. Das Wehr bleibt bei dieser Berechnung geschlossen, so dass der gesamte Abfluss über den Altarm abgeführt wird. Der stationäre Abfluss erhöht sich sukzessive in Schritten von 2 m³/s. Eine punktuelle Einstromung von Wasser in den inneren, nördlich des Altarmes gelegenen Bereich „Theewinkel“ tritt im Altarm ab einem Abfluss von ca. 30 m³/s auf.

Eine zweite Variantenrechnung mit gleichen Randbedingungen wird für die Planvariante des Altarms mit entnommenem Sediment durchgeführt. Um die Sohlräumung zu simulieren, werden die

vom Auftraggeber gelieferten Unterkanten der Sedimentschicht in den sedimentierten Bereichen als neue Sohlhöhen in das Modell integriert.

Durch die Sedimententnahme sinkt der Wasserspiegel innerhalb des Altarms und im Oberwasser um bis zu 0,07 m. Im Unterwasser ist keine Veränderung des Wasserspiegels im Vergleich zu der Berechnung ohne Sedimententnahme zu beobachten. Der punktuelle Wassereintritt von Wasser aus dem Altarm in den Inselbereich „Theewinkel“ tritt auch bei einem beräumten Altarm ab einem Abfluss von ca. 30 m³/s auf.

Ein mittlerer Abfluss (MQ = 25,3 m³/s) kann durch den Altarm problemlos abgeführt werden. Die Sedimententnahme hat keine Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Altarms, da die aus naturschutzfachlichen Gründen gewollte, punktuelle Einstromung von Wasser in den Theewinkel im vom Unterwasserspiegel beeinflussten unteren Bereich des Altarms auftritt. Die Sedimententnahme führt nur im oberen Teil des Altarms und im Oberwasser des Wehres zu niedrigeren Wasserspiegellagen.

5 Berechnungen der Plan-Zustände

Es werden vier Varianten für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Aller erstellt, hydraulisch optimiert und dargestellt.

5.1 Erstellung der Plan-Zustände

Die folgenden vier Varianten werden als separate 2d-Modelle erstellt (Abb. 1-4):

- **Variante 1:** Entfernung des Wehres und Ersatz durch ein Raugerinne mit Steinschwellen. Der Altarm wird nicht im Oberwasser angeschlossen.
- **Variante 2:** Entfernung des Wehres und Ersatz durch ein Raugerinne mit Steinschwellen. Oberstromiger Anschluss des Altarmes durch ein Raugerinne mit Steinschwellen.
- **Variante 3:** Anschluss des Altarmes durch ein Raugerinne mit Steinschwellen. Die steuerbare Wehranlage bleibt erhalten.
- **Variante 4:** Anschluss des Altarms durch ein Raugerinne mit Steinschwellenbeckenpass. Einfügen einer Überlaufschwelle und Berme parallel zum Altarmanschluss mit einer Höhe von 39,15 m ü. NN. Einfügen einer Überlaufschwelle im Hauptarm mit einer Höhe von 39,15 m ü. NN.

Für jede Variante wird aus dem Ist-Zustand-Modell ein neues 2d-Modell erstellt. Teile der Gewässerstrecke werden jeweils durch Raugerinne ersetzt. Für die Raugerinne aller Varianten gelten folgende Bemessungsvorgaben:

- Das Ereignis Q_{30} soll das Raugerinne passieren können, ohne dass die Riegel überströmt werden. Das Stauziel im Oberstrom (38,90 m ü. NN) soll dabei aufrecht erhalten werden. Wenn möglich, ist auch eine Haltung des Stauzieles bei mittleren Abflüssen zu realisieren.
- Eine Mindestwassertiefe von 0,75 m soll im Raugerinne nicht unterschritten werden.
- Damit die Auffindbarkeit für Fische gegeben ist, müssen am Einstieg in das Raugerinne Fließgeschwindigkeiten von mindestens 0,3 m/s eingehalten werden.

- Bei den Varianten in denen der Altarm angeschlossen wird (Var. 2,3 und 4), soll zur Gewährleistung der Auffindbarkeit bis Q_{330} ein möglichst großer Abflussanteil über den Altarm geleitet werden.
- Die Hochwasserneutralität soll anhand des bordvollen Abflusses ($80 \text{ m}^3/\text{s}$) festgestellt werden. Es dürfen keine zusätzlichen Ausuferungen in den Planungszuständen auftreten.

Hinsichtlich der Geometrie der Raugerinne gelten folgende Vorgaben:

- Durch alternierende Anordnung der Riegel im jeweiligen Abschnitt der Planvariante des Raugerinnes soll ein vielfältiges Strömungsbild erzeugt werden.
- Die Dimensionierung der Raugerinne (Öffnungsbreiten, Riegelhöhen, Riegelanzahl, e.t.c.) findet in Abstimmung mit dem NLWKN und auf Grundlage der technischen Bemessungsrichtlinien des Merkblattes DWA-M 509 „Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke“ statt.
- Die aus dem Merkblatt DWA M-509 abzuleitende Grunddimensionierung der Varianten ist für jede Variante an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen, um eine optimale Eingliederung ins Landschaftsbild und die Gewährleistung der sonstigen hydraulischen Anforderungen (Hochwasserneutralität, u.s.w.) zu erzielen.
- Aus der Grunddimensionierung ergibt sich für alle Varianten eine zwischen den Becken zu berücksichtigende Höhendifferenz des Wasserspiegels von $\Delta h = 0,09 \text{ m}$.

5.2 Optimierung der Planungsvarianten

Der für die Einhaltung der Bemessungsvorgaben notwendige Querschnitt des Raugerinnes wurde durch hydraulische Berechnungen ermittelt. Im Ergebnis des Optimierungsprozesses sollten möglichst alle Planungsvorgaben erfüllt sein. Dabei wurde festgestellt, dass aufgrund der geometrischen Rahmenbedingungen nicht in jeder Variante alle Planungsvorgaben gleichwertig umzusetzen sind. Es steht nur eine bestimmte Gesamtbreite des Gerinnes sowohl im Hauptanschluss (ca. 60-70 m) als auch im Altarmanschluss (ca. 80 m) zur Verfügung. Die Auswirkungen der Verbreiterung des Gerinnes auf den Wasserstand sind relativ gering, so dass aufgrund des zur Verfügung stehenden Platzes der optimale Zustand nicht umgesetzt werden kann. Im Rahmen des Optimierungsprozesses werden die mögliche Sohlbreite, die Riegelbreite sowie falls erforderlich die Höhe und Breite einer seitlichen Berme zur Hochwasserabführung ermittelt.

Folgende geometrische Grunddaten liegen allen Dimensionierungen zugrunde:

Parameter	Einheit	Wert
Böschungsneigung		1:3
Riegelhöhe	[m]	0,9-1,0
Fließtiefe	[m]	0,8-0,9
Höhendifferenz der Becken	[m]	0,09

Tabelle 4: Maße und Bemessungsgrößen, geltend für alle Varianten

Die Maße und Bemessungsgrößen als Ergebnisse der hydraulischen Optimierung der Raugerinne sind in den Tabellen 5 bis 8 aufgeführt.

Variante 1

Das Wehr wird im 2d-Modell durch ein Raugerinne mit den in Tab. 5 aufgeführten Maßen und Bemessungsgrößen ersetzt. Der Altarm wird hydraulisch oberstromig nicht an das System angeschlossen (vgl. Abb. 1).

Parameter	Einheit	Wert
Sohlbreite	[m]	24
Riegelöffnungsbreite	[m]	8
Riegelbreite	[m]	16
Anzahl Riegel	[Stk]	17
Riegelabstand	[m]	17
Gesamtlänge	[m]	270

Tabelle 5: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 1

Die 17 Riegel liegen mit jeweils 17 m Abstand alternierend an der rechten und linken Böschung. Jeder Riegel ist 16 m breit, die Riegelöffnungsbreite beträgt 8 m. Oberhalb des Raugerinnes wird ein Gegengefälle geschaffen, um die geplante Sohlhöhe zu erreichen. Das Raugerinne hat bei einer Neigung von 1:180 (0,56 %) eine Gesamtlänge von 270 m.

Damit größere Abflussereignisse das Gerinne ausuferungsfrei passieren können, werden zur Entlastung jeweils 7 m breite Bermen zu beiden Seiten des Raugerinnes angelegt, die höhengleich an die jeweiligen Riegel anschließen.



Abbildung 1: Funktionsskizze Variante 1

Variante 2

Variante 2 sieht vor, das Wehr durch ein Raugerinne zu ersetzen und den Altarm Theewinkel mit Hilfe eines weiteren Raugerinnes an die Aller anzuschließen (vgl. Abb. 2). Die verwendeten Maße und Bemessungsgrößen für Hauptgerinne und Altarmanschluss sind Tab. 6 und 7 zu entnehmen.

Parameter	Einheit	Wert
Sohlbreite	[m]	22
Riegelöffnungsbreite	[m]	5,2
Riegelbreite	[m]	16,8
Anzahl Riegel	[Stk]	17
Riegelabstand	[m]	12
Gesamtlänge	[m]	193

Tabelle 6: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 2, Hauptanschluss

Im Hauptanschluss wird auf Höhe der Riegeloberkanten eine Berme von 8 m Breite angelegt. Die Neigung des Raugerinnes im Hauptanschluss beträgt 1:125 (0,8%), die Neigung des Raugerinnes im Altarmanschluss 1:100 (1%).

Parameter	Einheit	Wert
Sohlbreite	[m]	16
Riegelöffnungsbreite	[m]	2,6
Riegelbreite	[m]	13,4
Anzahl Riegel	[Stk]	14
Riegelabstand	[m]	8-9
Gesamtlänge	[m]	130

Tabelle 7: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 2, Altarmanschluss



Abbildung 2: Funktionsskizze Variante 2

Variante 3

Bei der dritten Variante bleibt das Wehr bestehen. Der Altarm wird mittels Raugerinne an die Aller angeschlossen (vgl. Abb. 3). Um einen möglichst hohen Anteil des Abflusses über den Altarm abzuführen und die gewünschten Fließgeschwindigkeiten im Altarm zu erreichen, bleibt das Wehr bei geringen Abflüssen bis MQ geschlossen (Variante 3.1).

Eine zweite Variantenrechnung (3.2) wird mit Wehrsteuerung ab MQ durchgeführt. Dabei wird untersucht, welche Auswirkungen die Steuerung des Wehres auf den Oberwasserspiegel und den Abflussanteil im Altarm hat.

Für den Anschluss des Altarmes wird das Raugerinne wie folgt ausgebildet:

Parameter	Einheit	Wert
Sohlbreite	[m]	30
Riegelöffnungsbreite	[m]	8
Riegelbreite	[m]	22
Anzahl Riegel	[Stk]	17
Riegelabstand	[m]	8
Gesamtlänge	[m]	130

Tabelle 8: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 3, Altarmanschluss



Abbildung 3: Funktionsskizze Variante 3

Variante 4

Variante 4 sieht vor, den Altarm über ein Raugerinne mit parallel verlaufender Berme anzuschließen (Abb. 4). Um den Hauptanteil des Abflusses über den Altarm zu führen, wird im bisherigen Hauptarm oberhalb des Wehres eine Überlaufschwelle (39,15 m ü. NN) angelegt. Der Flussschlauch wird zwischen Wehr und Schwelle so aufgefüllt, dass eine flach abfallende Rampe entsteht.

An der rechten Böschung des Raugerinnes wird im Überlappungsbereich mit dem bisherigen Altarm ein Längsriegel installiert, der etwas höher liegt als die Querriegel (+0,05 m), um ab höheren Abflüssen als Q_{30} einen kontrollierten Übertritt des Wassers in den abgeschnittenen Altarmbereich zu ermöglichen. Die dort liegenden Uferbereiche des Altarmes können so zur Eingriffsminimierung erhalten bleiben.

Parameter	Einheit	Wert
Sohlbreite	[m]	30
Riegelöffnungsbreite	[m]	8,38
Riegelbreite	[m]	21,62
Anzahl Riegel	[Stk]	14
Riegelabstand	[m]	12,5
Gesamtlänge	[m]	163,3

Tabelle 9: Maße und Bemessungsgrößen des Raugerinnes, Variante 4, Altarmanschluss

Die Berme hat am Einlauf eine Schwellenhöhe von 39,15 m ü. NN, eine Breite von 80 m und verengt sich im weiteren Verlauf auf etwa 40 m Breite.



Abbildung 4: Funktionsskizze Variante 4

5.3 Hydraulische Berechnungen der Planungsvarianten

Für alle vier Varianten werden die Wasserspiegellagen, die Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten für die Abflüsse Q_{30} , MQ, Q_{330} und Q_{Bordvoll} ermittelt. Die Berechnungsergebnisse werden mit denen des Ist-Zustands verglichen und auf die Planungsvorgaben überprüft. Fließgeschwindigkeiten der Varianten für das Abflussereignis MQ im Bereich der Raugerinne sind in den Anlagen 3-6 dargestellt. Die hydraulischen Kennwerte der Variantenrechnungen sind in Anl. 7 tabellarisch aufgeführt.

Variante 1

Das Stauziel wird in der Variante 1 für das Abflussereignis Q_{30} erreicht. Bei MQ liegt eine Wasserspiegeldifferenz von +0,26 m zum Stauziel vor. Das Anlegen einer breiteren Berme hat in Hinblick auf das Stauziel bei MQ nur so geringe Auswirkungen, dass davon abgesehen wurde.

Es liegt eine Lockströmung mit etwa 0,8 m/s am Einstieg vor. An den Riegelöffnungen und der Oberkante der Riegel liegen beim MQ höhere Fließgeschwindigkeiten mit >1,0 m/s vor. Im Altarm findet so gut wie kein Fließgeschehen statt ($V < 0,1$ m/s). Die Fließtiefe und -geschwindigkeit im Hauptströmungsbereich liegen oberhalb der Grenzwerte.

Beim bordvollen Abfluss sind Ober- und Unterwasser des Wehres im Vergleich zum Ist-Zustand wasserspiegelneutral. Die Bauwerksparameter wurden für diesen Abflusszustand bezüglich der Einhaltung der Stauzielhöhe des Ist-Zustandes optimiert. Es treten keine weiteren Ausuferungen auf. Damit ist die Hochwasserneutralität für diese Variante beim bordvollen Bemessungsabfluss gegeben.

Der Altarm bleibt als Stau- und Stillwasserbereich bestehen.

Im Vergleich zum Ist-Zustand besteht bei den Abflussereignissen MQ und Q_{330} im Oberstrom jeweils eine Wasserspiegeldifferenz von +0,26 m bzw. +0,32 m (Anl. 7). Dies ist dadurch zu erklären, dass im Ist-Zustand durch die Steuerung des Wehres der Wasserstand reguliert wird. Diese Möglichkeit fällt bei Variante 1 weg, so dass sich höhere Wasserspiegellagen einstellen. Im Unterwasser und damit im Altarm, der als Staubereich des Unterwassers vorliegt, ergeben sich im Vergleich zum Ist-Zustand keine nennenswerten Wasserspiegeldifferenzen.

Variante 2

Wesentliches Merkmal der Variante 2 ist die Aufteilung des Gesamtabflusses in den Abfluss über den umgebauten Wehrkanal und den Altarm. Bei den berechneten Abflussereignissen werden 60 – 70 % des Gesamtabflusses über den Wehrkanal und 30 – 40 % über den Altarm abgeführt (Anl. 7).

Die Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe liegen bei Variante 2 innerhalb der Vorgaben. Die stellenweise geringen Wassertiefen sind auf die Bermen, die ab Abflüssen größer als Q_{30} flach und mit geringer Fließgeschwindigkeit überströmt werden (Anl. 4), zurückzuführen. Die Breite der Bermen entspricht dem Kompromiss aus möglichst hoher Wirksamkeit bei möglichst geringer Raumausdehnung.

Dort wo die Riegel überströmt werden und im Bereich der Riegelöffnungen treten die höchsten Fließgeschwindigkeiten auf. Im Hauptströmungsbereich liegen ausreichend hohe Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten vor. Das Stauziel wird bei Q_{30} eingehalten (Anl. 7). Bei MQ ist eine Wasserspiegeldifferenz von +0,18 m zum Stauziel vorhanden.

Der Anschluss des Altarms führt im Vergleich zum Ist-Zustand bei größeren Abflussereignissen aufgrund der Abflussverteilung und des insgesamt vergrößerten Fließquerschnitts zu niedrigeren Wasserspiegellagen im Oberstrom des Raugerinnes und höheren Wasserspiegellagen im Altarm. Unterhalb des Raugerinnes entspricht der Wasserspiegel dem des Ist-Zustandes. Der Retentionsvolumenverlust, der durch die niedrigeren Wasserspiegellagen im Oberstrom entsteht, kann durch die höheren Wasserspiegellagen im Altarm kompensiert werden. Es treten keine zusätzlichen Ausuferungen auf.

Variante 3

Die Beibehaltung der Steuerbarkeit des Fischbauchklappenwehres bietet die Option der Abführung eines Teilabflusses über die Wehranlage. Bei höheren Abflüssen können vorgegebene Stauziele durch die Steuerung erreicht werden. Bei niedrigen Abflüssen bleibt das Wehr geschlossen, so dass der gesamte Abfluss über den Altarm abgeführt wird.

Die bauliche Dimensionierung orientiert sich an der Einhaltung des Stauziels für den Abfluss Q_{30} . Strebt man auch bei MQ die Abführung des Gesamtabflusses über den Altarm an, so führt dies zu einer erhöhten Wasserspiegellagen im Oberstrom im Vergleich zum Stauziel. Aus diesem Grunde

wurde eine zweite Untervariante (3.2) nachgewiesen, bei der bereits bei MQ eine Teillegung des Fischbauchklappenwehres zu einer Abführung eines Teilabflusses über das Wehr führt. Hierdurch wird bei MQ nur ein Abflussanteil über den Altarm abgeführt. Gleichzeitig kann hierdurch das Stauziel bei MQ besser eingehalten werden.

Im Folgenden werden die Berechnungsergebnisse der beiden Untervarianten dargestellt:

- Variante 3.1: Bei geschlossenem Wehr liegt beim Abfluss MQ im Vergleich zum Stauziel im Oberwasser eine Wasserspiegeldifferenz von +0,35 m vor. Dabei wird der gesamte Abfluss über den Altarm abgeführt. Die Fließgeschwindigkeiten betragen 0,4 - 1,0 m/s am Einstieg. Im Altarm liegt der Wasserspiegel um bis zu +0,67 m höher als im Ist-Zustand. Eine Annäherung des Wasserspiegels an das Stauziel bei MQ und geschlossenem Wehr ist nur durch Erhöhung der Riegelbreite möglich. Diese ist mit 22 m im nachgewiesenen Zustand bereits hoch (siehe Tab. 8). Die Riegel werden bei MQ mit 0,3 m überströmt.
- Variante 3.2: Wird das Wehr bei MQ auf die Höhe von 38,40 m ü. NN eingestellt, so kann die Wasserspiegeldifferenz auf ca. +0,07 m zum Stauziel verringert werden (Anl. 7). Eine weitere Anpassung an das Stauziel ist durch die Wehrsteuerung möglich. Die Fließgeschwindigkeit am Einstieg liegt aufgrund des im Vergleich zur Variante 3.1 verringerten Abflusses im Altarm (30%) bei etwa 0,2 - 0,5 m/s (Anl. 5). Die Wasserspiegeldifferenz zum Ist-Zustand im Altarm ist mit maximal +0,17 m deutlich geringer als bei Variante 3.1.

Beim Abfluss Q_{30} ist das Wehr in beiden Untervarianten geschlossen. Das führt zu der im Vergleich zum Ist-Zustand (gesteuertes Wehr) deutlichen Erhöhung der Wasserspiegellagen im Altarm (+0,76 m, Anl. 7).

Die höchsten Fließgeschwindigkeiten treten dort auf, wo die Riegel ab höheren Abflüssen als Q_{30} überströmt werden. Im Hauptströmungsbereich des Raugerinnes liegen die Fließgeschwindigkeiten jeweils über dem unteren Grenzwert von 0,3 m/s.

Die Wassertiefen bei der Berechnung der Varianten 3.1 und 3.2 liegen innerhalb der Vorgaben.

Bei der Einstellung des Wehres auf die Höhe von 38,70 m ü. NN ist die Retentionsvolumenbilanz beim bordvollen Abfluss positiv. Die Wasserspiegelabsenkung im Oberstrom beträgt maximal -0,06 m. Am oberen Rand des Modells, ungefähr 1.800 m stromaufwärts ist im Vergleich zum Ist-

Zustand noch eine Wasserspiegelabsenkung von ca. -0,03 m zu beobachten. Im Altarm beträgt die Aufhöhung maximal +0,28 m. Im Unterwasser ist unabhängig von der Wehrsteuerung keine Wasserspiegeldifferenz zum Ist-Zustand vorhanden.

Variante 4

Variante 4 ermöglicht eine Hochwasserentlastung über eine Überlaufschwelle im Hauptarm, die ab einem Oberwasserspiegel von 39,15 m ü. NN anspringt. Das Fischbauchklappenwehr wird zurückgebaut. Die Entlastung wird ab etwa MQ wirksam und erreicht bei Q_{bordvoll} einen Entlastungsanteil am Gesamtabfluss von etwa 28%.

Um den Niedrigwasserstand im Oberstrom gegenüber dem aktuellen Stauziel zu halten und eine zu große Erhöhung des Wasserstandes bei Abflüssen größer als MQ zu verhindern, ist die zusätzliche Anlage einer Berme parallel zum Raugerinne erforderlich. Das Überfließen ist ab einem Oberwasserstand von 39,15 m ü. NN vorgesehen.

Die Berme sollte nicht zu niedrig angelegt werden, um ein zu frühes Anspringen zu vermeiden und damit die Ablagerung von Sedimenten zu vermindern.

Rechnerisch ergibt sich für das MQ ein Wasserspiegel von 39,20 m ü. NN. Die Aufhöhung gegenüber dem bisherigen Stauziel beträgt hierfür 0,30 m. Aufgrund der mit zunehmendem Abfluss oberhalb MQ auch zunehmenden Entlastungsleistung der Überlaufschwelle und der Berme liegt der Wasserspiegel bei Q_{bordvoll} 0,06 m niedriger als im Ist-Zustand. Mit 72 % des Gesamtabflusses wird ein relativ hoher Anteil des bordvollen Abflusses über das Raugerinne und den Altarm abgeführt.

Die Fließgeschwindigkeit liegt im Raugerinne zwischen 0,3 und 1,2 m/s. Die Überlaufschwelle im Hauptarm wird mit etwa 0,5-0,9 m/s überströmt.

Mit einem Retentionsvolumengewinn von ca. 15.000 m³ ist die Retentionsvolumenbilanz beim bordvollen Abfluss positiv.

Für verschiedene Abflüsse wurde eine Wasserspiegelberechnung für den Oberstrom der Wehranlage für unterschiedliche Anfangswasserspiegel zur Ermittlung der Reichweite von Wasserspiegeländerungen durchgeführt (GEUM.tec 2013). Der Änderungsbetrag nimmt vom Wehr Osterloh in den Oberstrom kontinuierlich ab und erreicht etwa am Wehr Wienhausen den Wert 0 (keine Wasserspiegeländerung).

5.4 Bewertung

Die fischfaunistischen Planungsvorgaben (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Lockströmung) lassen sich in allen vier Varianten umsetzen, um so die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Aller zu erreichen.

Eine Wasserspiegelneutralität gegenüber dem Ist-Zustand ist am besten mit den Varianten 1 und 3 für den bordvollen Abfluss herzustellen. Durch die Möglichkeit der Steuerung des Fischbauchklappenwehres bei Variante 3 kann sowohl Wasserspiegelneutralität gegenüber dem Ist-Zustand bei Abflüssen oberhalb von MQ eingestellt und auch eine ausgeglichene Retentionsvolumenbilanz erreicht werden. Bei MQ ergeben sich für alle Varianten höhere Wasserspiegel im Vergleich zum Stauziel.

Variante 1 bietet eine direkte Anbindung des Ober- an den Unterstrom. Der Altarm behält jedoch seinen Stillwassercharakter.

Für die Variante 2 sind zwei Raugerinne herzustellen. Der Aufwand hierfür ist größer als bei den Varianten 1, 3 und 4. Da die Abflussverteilung passiv ist, wird bei Variante 2 nur ein Teilabfluss (30 - 40 %) über den Altarm abgeführt.

Die Variante 3 bietet den Vorteil, dass sich die Abflussaufteilung und der Wasserstand über das Wehr weiterhin regulieren lassen, was bei den Varianten 1, 2 und 4 nicht der Fall ist. Bei MQ ist abzuwägen, ob die Einhaltung des Stauziels oder zugunsten der Auffindbarkeit ein möglichst hoher Abfluss durch den Altarm anzustreben sind. Durch die Steuerbarkeit ist hierbei eine gewisse Flexibilität gegeben.

Bei Variante 4 kann das Fischbauchklappenwehr zurückgebaut werden und muss nicht weiter unterhalten werden. Die Entlastungsmöglichkeit bei höheren Abflüssen über die Überlaufschwelle trägt zur Erreichung des Ziels der Hochwasserneutralität bei.

Hauptkriterium bei der Beurteilung der Auffindbarkeit als wesentliches Kriterium für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit ist der Abflussanteil im Hauptgerinne. Bei Variante 1 fließt der gesamte Abfluss über ein Raugerinne. Der Altarm behält jedoch seinen Stillwassercharakter. Von den Varianten 2-4 mit Abflussentlastung bei höheren Abflüssen ist die Variante 4 positiver zu beurteilen, da die Abflussentlastung erst bei MQ beginnt und auch bei höheren Abflüssen vergleichsweise hohe Anteile über Raugerinne und Altarm abgeführt werden. Dies führt zu einer optimierten Auffindbarkeit des neuen Hauptgewässers (ehemaliger Altarm).

6 Quellen

DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (DWA)
2014: Merkblatt DWA-M 509. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.

GEUM.tec (2013): Strukturelle Verbesserung und Herstellung der Durchgängigkeit der Aller am Wehr Osterloh. Berechnung der Reichweite von Wasserspiegeländerungen.

NLWKN 2012: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Weser- und Emsgebiet 2008

NLWKN 2012: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Pegelblatt Langlingen 2011

Anlagen

Anlage 1: Übersicht

Anlage 2: Lageplan Altarm Theewinkel

Anlage 3: Variante 1 – Abflussereignis MQ - Fließgeschwindigkeit

Anlage 4: Variante 2 – Abflussereignis MQ - Fließgeschwindigkeit

Anlage 5: Variante 3 – Abflussereignis MQ - Fließgeschwindigkeit

Anlage 6: Variante 4 – Abflussereignis MQ – Fließgeschwindigkeit

Anlage 7: Hydraulische Kennwerte



Anschluss des Altarms Theewinkel an die Aller

Lageplan

Legende

-  Altarm Theewinkel
-  Geplanter Anschluss
des Altarms
-  Umriss 2d-Modell

0 1:3 000 200 m

Anlage 2

Erstellt:
MLV 01/2013

Auftraggeber:

NLWKN - Betriebsstelle Süd
Rudolf-Steiner Str. 5
38120 Braunschweig

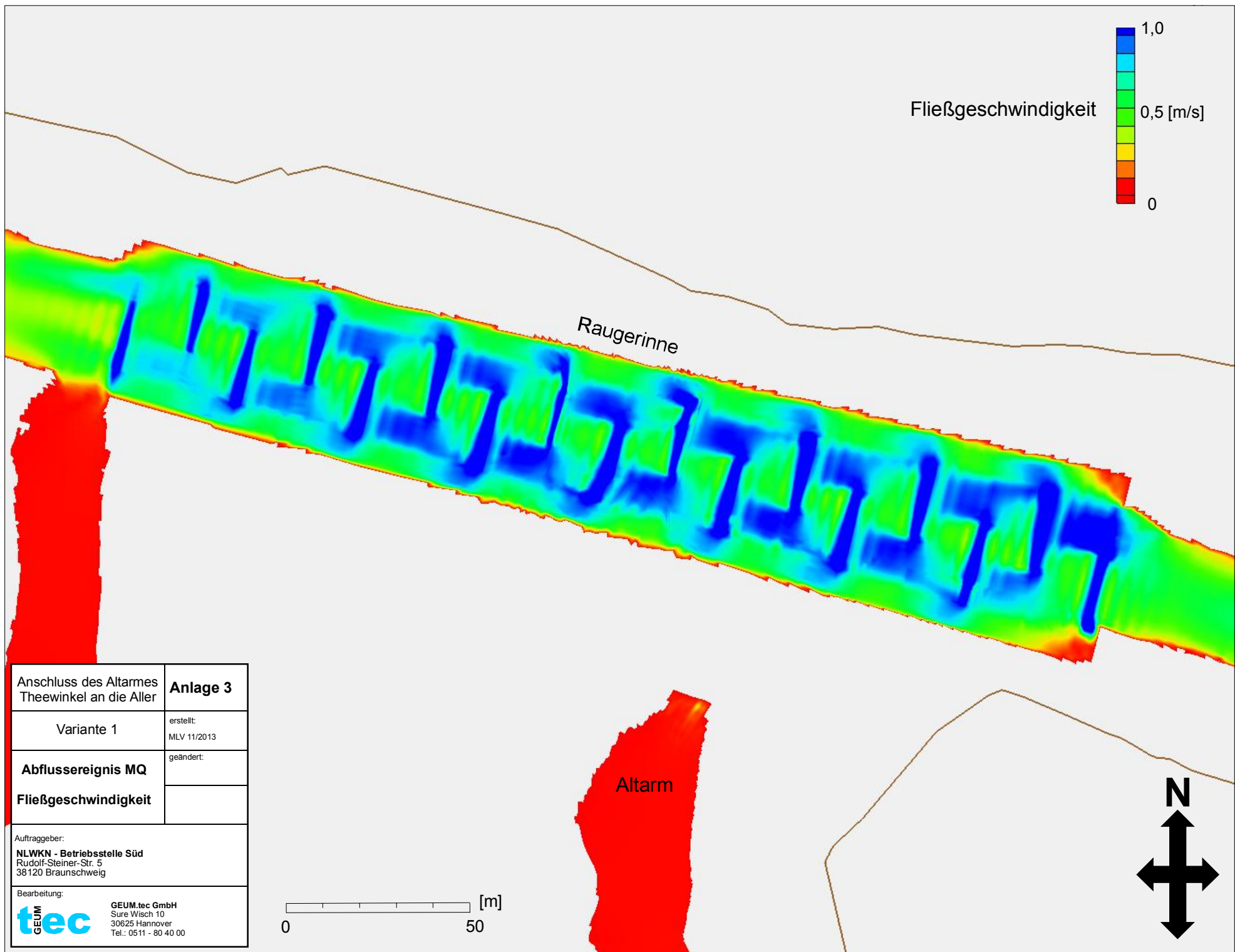
Bearbeitung:

tec
GEUM

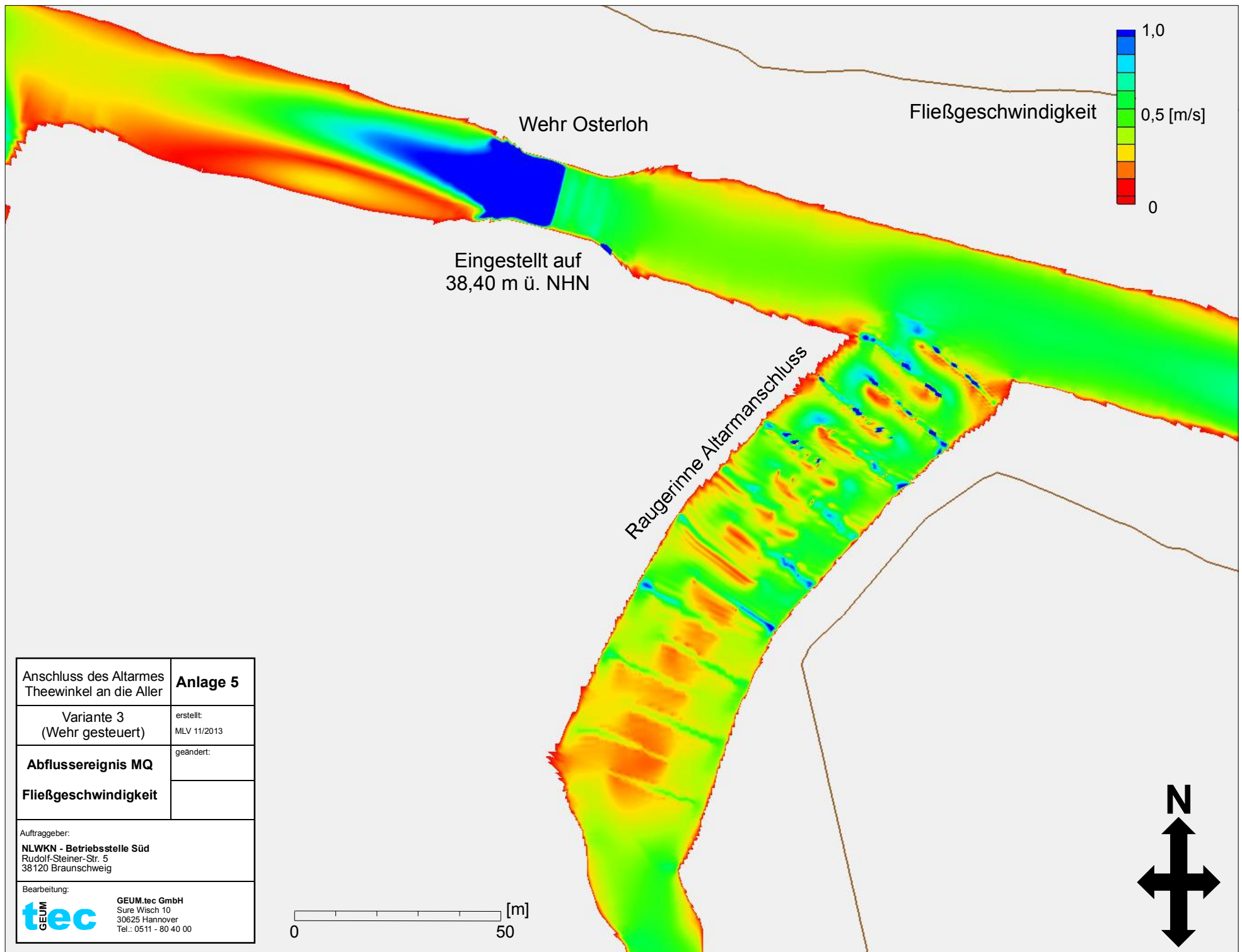
GEUM.tec GmbH
Sure Wisch 10
30625 Hannover

Kartengrundlage:

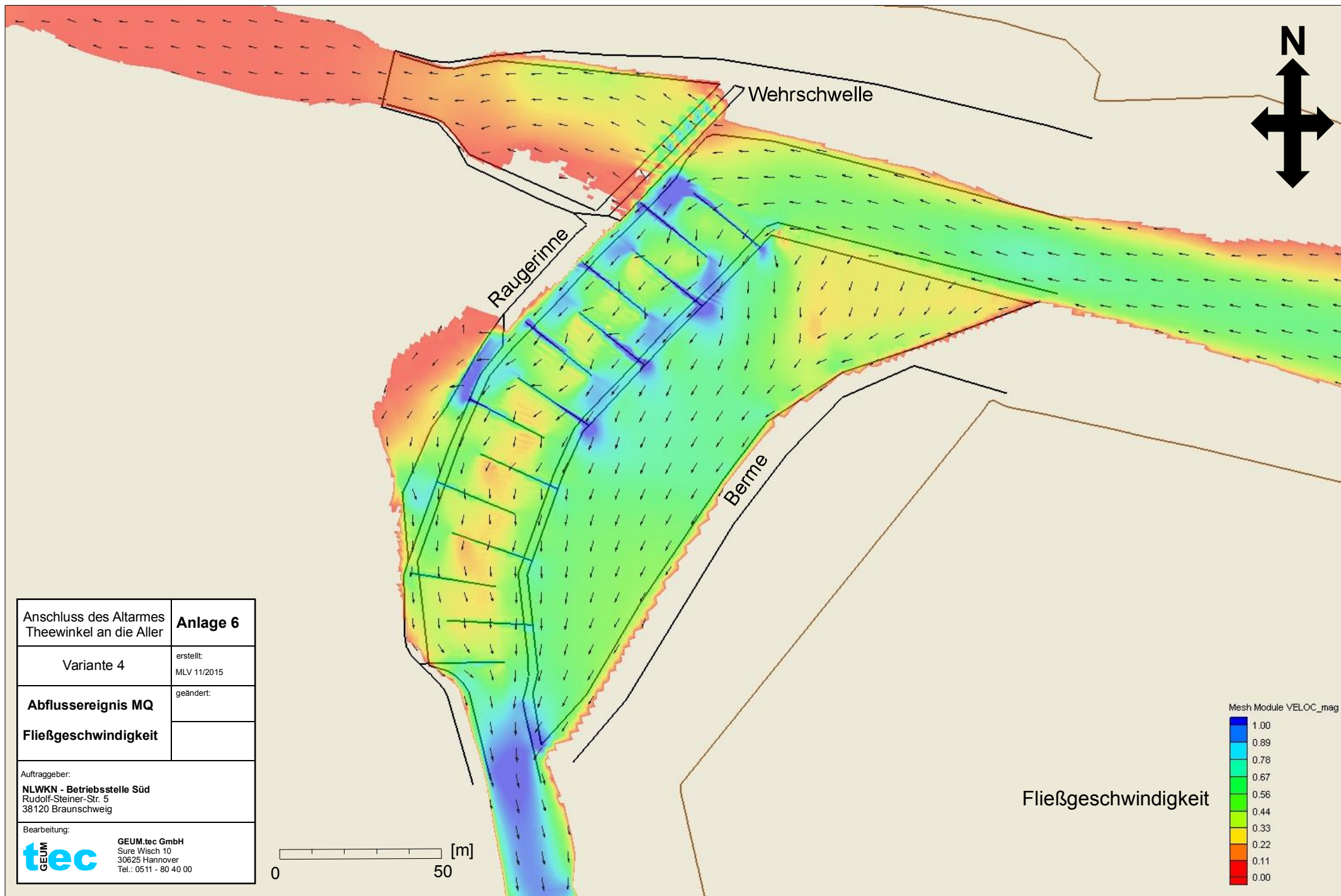
AK5







Anschluss des Altarmes Theewinkel an die Aller	Anlage 5
Variante 3 (Wehr gesteuert)	erstellt: MLV 11/2013
Abflussereignis MQ	geändert:
Fließgeschwindigkeit	
Auftraggeber: NLWKN - Betriebsstelle Süd Rudolf-Steiner-Str. 5 38120 Braunschweig	
Bearbeitung: GEUM tec GEUM.tec GmbH Sure Wisch 10 30625 Hannover Tel.: 0511 - 80 40 00	



Anschluss des Altarms Theewinkel an die Aller

Anlage 7: Hydraulische Kennwerte

Abflüsse Wehrstandort	Q ₃₀	10.01
	MQ	25.30
	Q ₃₃₀	47.41
	Q _{bordvoll}	80.00

		Ist-Zustand				Variante 1: Entfernung Wehr, kein Altarmanschluss				Variante 2: Entfernung Wehr, Altarmanschluss				Variante 3.2: Wehr bleibt erhalten, Steuerung ab Q ₃₀ , Altarmanschluss				Variante 4: Wehrschwelle im Hauptarm, Altarmanschluss mit Berme			
		Stauziel		Modellwert [mNN]		WSP [mNN]		Differenz Plan-Ist [m]		WSP [mNN]		Differenz Plan-Ist [m]		WSP [mNN]		Differenz Plan-Ist [m]		WSP [mNN]		Differenz Plan-Ist [m]	
Oberwasserspiegel Aller P1 oberhalb Wehr/Raugerinne	Q ₃₀		38.90		38.86	38.92		0.02		38.92		0.02		38.96		0.06		38.97		0.07	
	MQ		38.90		38.85	39.16		0.26		39.08		0.18		38.97		0.07		39.20		0.30	
	Q ₃₃₀				39.08	39.40		0.32		39.26		0.18		39.07		-0.01		39.36		0.28	
	Q _{bordvoll}				39.62	39.67		0.05		39.50		-0.12		39.59		-0.03		39.56		-0.06	
Wasserspiegel Altarm P2 Höhe Wehr	Q ₃₀				37.16	37.14		-0.02		37.43		0.27		37.92		0.76		37.71		0.55	
	MQ				37.91	37.92		0.01		38.08		0.17		38.08		0.17		38.45		0.54	
	Q ₃₃₀				38.41	38.40		-0.01		38.54		0.13		38.49		0.08		38.88		0.47	
	Q _{bordvoll}				38.86	38.87		0.01		39.00		0.14		39.14		0.28		39.30		0.44	
Unterwasserspiegel Aller P3 unterhalb Wehr/Raugerinne	Q ₃₀				37.16	37.13		-0.03		37.16		0.00		37.13		-0.03		37.16		0.00	
	MQ				37.91	37.91		0.00		37.92		0.01		37.92		0.01		37.91		0.00	
	Q ₃₃₀				38.41	38.40		-0.01		38.41		0.00		38.41		0.00		38.41		0.00	
	Q _{bordvoll}				38.86	38.87		0.01		38.89		0.03		38.88		0.02		38.91		0.05	
		Abflüsse				Abflüsse				Abflüsse				Abflüsse				Abflüsse			
		Aller [m³/s]; [%]		Altarm [m³/s]; [%]		Aller [m³/s]; [%]		Altarm [m³/s]; [%]		Aller [m³/s]; [%]		Altarm [m³/s]; [%]		Aller [m³/s]; [%]		Altarm [m³/s]; [%]		Aller [m³/s]; [%]		Altarm [m³/s]; [%]	
Abflussaufteilung Aller/Altarm	Q ₃₀	10.01	100%	0.00	0%	10.01	100%	0.00	0%	7.0	70%	3.01	30%	0.0	0%	10.01	100%	0	0%	10.01	100%
	MQ	25.3	100%	0.00	0%	25.30	100%	0.00	0%	16.1	64%	9.20	36%	17.2	68%	8.10	32%	0.4	2%	24.90	98%
	Q ₃₃₀	47.41	100%	0.00	0%	47.41	100%	0.00	0%	30.7	65%	16.71	35%	34.0	72%	13.41	28%	4.9	10%	42.51	90%
	Q _{bordvoll}	80	100%	0.00	0%	80.00	100%	0.00	0%	54.0	68%	26.00	33%	35.0	44%	45.00	56%	22.4	28%	57.60	72%