

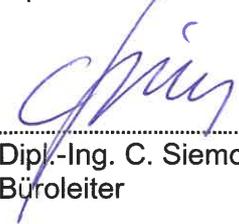
Renaturierung der Schunter bei Rühme

Erläuterungsbericht zum Antrag auf Planfeststellung

Vorhabenträger: Wasserverband Mittlere Oker
Eisenbütteler Straße 22/23
38122 Braunschweig

Auftragsnummer: Renaturierung Schunter / 18-215

Bearbeitung: HGN Beratungsgesellschaft mbH
Büro Braunschweig
Dipl.-Ing. (FH) R. Ladwig
M. Jünemann, M. Eng.
Dipl.-Geoökol. A. Heuer

Bestätigt: 
Dipl.-Ing. C. Siemon
Büroleiter

Ort, Datum: Braunschweig, 15.10.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	9
2	Aufgabenstellung	9
3	Grundlagen und Randbedingungen.....	10
3.1	Planungsgebiet	10
3.2	Studie und Vorplanung	10
3.3	Vermessung	10
3.4	Gewässer	11
3.4.1	Schunter.....	11
3.4.2	Mühlengraben	12
3.4.3	Ohe	12
3.4.4	Pumpwerksgraben Schreberweg.....	13
3.5	Bestandsbauwerke	14
3.5.1	Straßenbrücke Bienroder Weg	14
3.5.2	Neue Fußgängerbrücke Butterberg	14
3.5.3	Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe	15
3.5.4	Pumpstation	15
3.5.5	Fußgängerbrücke südlich BAB 2	16
3.5.6	Düker	16
3.5.7	Brücke BAB 2.....	17
3.5.8	Graben vom Regenrückhaltebecken nördlich der BAB 2	17
3.5.9	Hochwasserentlastung	18
3.5.10	Wehr Bienrode	18
3.5.11	Fußgängerbrücke unterhalb des Wehres	19
3.5.12	Mühle Bienrode.....	19
3.5.13	Brücke über den Altarm	20
3.5.14	Ohe-Durchlass	20
3.6	Schutzgebiete und Schutzzeiten	20
3.6.1	Naturdenkmal.....	21
3.6.2	Wasserschutzgebiet.....	21
3.6.3	Landschaftsschutzgebiet	21
3.7	Kultur- und Sachgüter	21
3.8	Kartierung	22
3.8.1	Bestandsgehölze und Habitate	22
3.8.2	Avifauna	22
3.8.3	Fische	22
3.8.4	Libellen.....	23
3.8.5	Heuschrecken	23
3.8.6	Makrozoobenthos	23
3.9	Fischregion und Leitfischart.....	23

3.10	Hydrologie der Schunter	23
3.11	Baugrund	24
3.12	Grundwasser.....	25
3.13	Leistungsabfrage	25
3.14	Wasserrecht.....	26
3.15	Kampfmittel	27
3.16	Freiraum-Entwicklungskonzept.....	27
4	Gewässerzustand der Schunter im Projektgebiet	27
4.1	Ist-Zustand und Defizite	27
4.2	Referenzzustand.....	28
5	Zu beachtende Planungen.....	29
5.1	Stromleitungsbau	29
5.2	Brückenneubau Butterberg	30
6	Art und Umfang des geplanten Vorhabens	30
6.1	Teilrückbau Wehr Bienrode	30
6.2	Errichtung Sohlgleite.....	31
6.2.1	Grundlagen	31
6.2.2	Variantenbetrachtung	32
6.2.2.1	Raugerinne innerhalb des Schunterbetts	32
6.2.2.2	Ausleitung des Mühlengrabens südlich der BAB 2.....	33
6.2.2.3	Ausleitung der Schunter südlich der BAB 2.....	34
6.2.3	Vorzugslösung	34
6.2.4	Sohlstabilität der diagonalen Grundswellen.....	35
6.3	Ausleitungsgerinne	36
6.4	Anpassung Wegehöhen südlich BAB 2	36
6.5	Anlegen von Altarmen	37
6.6	Umverlegung der Schunter.....	37
6.7	Querbauwerke	39
6.8	Rückbau Ufersicherung	39
6.9	Gewässeraufweitung in der Schunter.....	39
6.10	Anpassung der Sohlhöhen	39
6.11	Anlegen von Kleinstgewässern.....	39
6.12	Reaktivierung von Altgewässern	40
6.13	Instream River Training	40
6.14	Einbau von Strukturelementen	40
6.14.1	Totholzbuhnen	40
6.14.2	Dreiecksbuhnen	41
6.14.3	Wurzelstubben	42
6.14.4	Raubäume	42
6.14.5	Kieseinbau	42
6.15	Anlegen von Flutrasen	43

6.16	Verlorener Sandfang.....	43
6.17	Aussichtshügel.....	43
6.18	Zugänge zum Gewässer.....	44
6.19	Umweltbildung.....	44
6.20	Initialpflanzungen.....	44
6.21	Errichtung Rehne als Hochwasserschutz.....	44
6.22	Errichtung von Verwallungen am Flachsrottenweg.....	45
6.23	Fäll- und Rodungsarbeiten.....	45
6.24	Brückenneubau Im Alten Dorfe.....	45
7	Verworfenen Maßnahmen.....	45
7.1	Gewässerentwicklungskorridor.....	45
7.2	Neuer Anschluss der Ohe.....	46
7.3	Ökologische Durchgängigkeit der Mühle.....	46
7.4	Optimierung der Hochwasserentlastung.....	46
8	Modellaufbau für die hydraulische Nachweisführung.....	46
8.1	Ausgangsdaten.....	46
8.2	Hydraulisches Modell für den Ist-Zustand.....	47
8.2.1	Modellierung der Flussschläuche.....	47
8.2.2	Aufbau des Modellgitters.....	47
8.2.3	Aufbau des Höhenmodells.....	47
8.3	Hydraulisches Modell für den Plan-Zustand.....	48
8.4	Software.....	52
9	Auswirkungen.....	52
9.1	Grundwasser.....	52
9.2	Hydraulische Berechnungen.....	53
9.2.1	Wasserstand an der Mühle.....	53
9.2.2	Durchgängigkeit hinsichtlich der Fischpassierbarkeit.....	54
9.2.3	Q_{bordvoll}	54
9.2.4	HQ_5 und HQ_{100}	56
9.3	Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls.....	56
9.4	Artenschutz.....	56
9.5	Unterhaltungslast.....	57
9.6	Unterhaltungsmaßnahmen.....	58
9.7	Auswirkungen auf bestehende Gewässerbenutzungen.....	58
9.8	Auswirkungen auf öffentliche Sicherheit & Verkehr.....	58
9.9	Auswirkungen auf Wohnungs- & Siedlungswesen.....	59
9.10	Privatrechtliche Verhältnisse bei berührten Grundstücken & Rechten.....	59
10	Notwendige öffentlich-rechtliche Verfahren.....	59
11	Zusammenfassung.....	59
12	Quellenverzeichnis.....	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Schunter bei km 9+675 entgegen Fließrichtung	12
Abbildung 3-2: Mühlengraben nahe der Mühle entgegen Fließrichtung	12
Abbildung 3-3: Ohe im Bereich Flachsrottenweg entgegen Fließrichtung	13
Abbildung 3-4: Pumpwerksgraben in Fließrichtung	13
Abbildung 3-5: neue Fußgängerbrücke Butterberg	14
Abbildung 3-6: Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe	15
Abbildung 3-7: Pumpstation mit anschließendem Pumpwerkgraben	15
Abbildung 3-8: Fußgängerbrücke südlich der BAB 2	16
Abbildung 3-9: Auslaufbauwerk Düker am linken Ufer der Schunter	16
Abbildung 3-10: Brücken der BAB 2 in Fließrichtung	17
Abbildung 3-11: Entwässerungsgraben des Regenrückhaltebeckens nördlich der BAB 2	17
Abbildung 3-12: HWE am linken Schunterufer bei MQ und Hochwasserabfluss	18
Abbildung 3-13: Wehr Bienrode an km 8+447, Blick Richtung Unterwasser	18
Abbildung 3-14: Brücke unterhalb des Wehres	19
Abbildung 3-15: Brücke über den Altarm	20
Abbildung 3-16: Auslauf des Ohe-Durchlasses unter der BAB 2 in den Schunteraltarm	20
Abbildung 3-17: Lage eines ehemaligen Wehrturmes	21
Abbildung 3-18: Lage der historischen Denkmäler	22
Abbildung 3-19: Maststandort der 110 kV Freileitung und Schacht einer Regenwasserleitung	26
Abbildung 4-1: Erheblich veränderter Gewässerlauf der Schunter im Projektgebiet	27
Abbildung 4-2: Beispiel Fließgewässertyp 15	28
Abbildung 4-3: Skizze eines Kernlebensraums eines guten ökologischen Referenzzustands /31/	29
Abbildung 6-1: Bestehendes Wehr Bienrode	31
Abbildung 6-2: Klassifizierung von FAA in Anlehnung an Patt et al. (2011)	31
Abbildung 6-3: Raugerinne ohne Einbauten (Quelle: DWA-M 509)	32
Abbildung 6-4: Weg am linken Ufer entgegen Fließrichtung	36
Abbildung 6-5: Beispiel Ausbaubreite eines Altarms (hier Initialgerinne an der Wabe)	37
Abbildung 6-6: Beispiel Ausbaubreite Umverlegung an der Wabe	38
Abbildung 6-7: Beispiel an der Schunter bei Harxbüttel, hier renaturierter Abschnitt bei einem Hochwasserereignis, (Quelle: Stadt Braunschweig)	38

Abbildung 6-8: Regelquerschnitt eines natürlichen Flusslaufs mit Prall- und Gleithangstrukturen /31/.....	38
Abbildung 6-9: Skizze einer Lenkbuhne im Querschnitt	40
Abbildung 6-10: Beispiel einer Totholzbuhne.....	41
Abbildung 6-11: Inklinanter Einbau von Totholzbuhnen, links überströmt, rechts umströmt	41
Abbildung 6-12: Skizze einer Dreiecksbuhne in der Draufsicht	41
Abbildung 6-13: Wurzelstubbe nach Einbau	42
Abbildung 6-14: Raubbaum nach Einbau.....	42
Abbildung 6-15: halbkreisförmige Kiesschüttungen zur Strömunglenkung	43
Abbildung 6-16: Beispiel eines Aussichtshügels	43
Abbildung 6-17: Beispiel Erlebbarkeit von Gewässern	44
Abbildung 6-18: Hochwasser am Flachsrottenweg 2002.....	45
Abbildung 8-1: Ausschnitt des südlichen Planungsgebiets, Modell Ist-Zustand	49
Abbildung 8-2: Ausschnitt des südlichen Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand	49
Abbildung 8-3: Ausschnitt des Planungsgebiets, Unterwasser des Bienroder Weges mit Blick ins Oberwasser, Modell Plan-Zustand in 3D-Ansicht	50
Abbildung 8-4: Ausschnitt des Planungsgebiets, neue Brücke Butterberg und Uferrehne mit Blick ins Unterwasser, Modell Plan-Zustand in 3D-Ansicht	50
Abbildung 8-5: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Beginn Ausleitungsgerinne mit diagonalen Grundswellen) in 3D-Ansicht.....	51
Abbildung 8-6: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Übergang des Ausleitungsgerinnes in den Mühlengraben und diagonale Grundswellen auf der Sohlgleite) in 3D-Ansicht	51
Abbildung 9-1: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Beginn Ausleitungsgerinne bis Brücke Bienroder Weg) bei einem Q_{80}	54
Abbildung 9-2: Ist-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Unterwasser der Brücke Im Alten Dorfe	55
Abbildung 9-3: Plan-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Bereich der Brücke Im Alten Dorfe, $Q=9,5 \text{ m}^3/\text{s}$	55
Abbildung 9-4: Plan-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Planungsgebiet, $Q=9,5 \text{ m}^3/\text{s}$	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Übersicht Vermessungsgrundlagen	10
Tabelle 3-2: Pegel im Ober- und Unterlauf des Projektgebietes.....	23
Tabelle 3-3: Übersicht der Ergebnisse zur Leitungsabfrage	25

Tabelle 6-1: Übersicht der zu erwartenden und kritischen Fließgeschwindigkeiten für verschiedene Abflüsse
35

Tabelle 9-1: Wasserstände am Wehr, der geplanten Ausleitung und an der Mühle.....53

Anlagen

Nummer	Inhalt	Maßstab
1	Übersichtslageplan	1 : 10.000
2	Lageplan Leitungsbestand	1 : 5.000
3	Lageplan Bestandsbauwerke	1 : 5.000
4	Lageplan Schutzgebiete	1 : 5.000
5	Lageplan Flächenverfügbarkeit	1 : 5.000
6	Übersichtslageplan – Plan-Zustand	1 : 4.000
7	Lagepläne (14 Pläne)	1 : 1.000
8	Lageplan Zufahrten und Baustelleneinrichtung	1 : 5.000
9	Regelprofile (6 Pläne)	1 : 100
10	Längsschnitt (2 Pläne)	1: 100/2.000
11	HQ ₅ - Ist und Plan (3 Pläne)	1 : 5.000
12	HQ ₁₀₀ - Ist und Plan (3 Pläne)	1 : 5.000
13	Grundstücksverzeichnis	2 Seiten
14	Flächenbedarfsplan (15 Pläne)	1 : 750
15	Planung Brücke Im Alten Dorfe (Bericht und Detailplan)	

Anhänge

1	Baugrunduntersuchung
2.1	Kartierung - Bericht
2.2	Kartierung – Pläne
3	Vorprüfung Umweltverträglichkeitspflicht
4	Artenschutzfachbeitrag

Abkürzungsverzeichnis

BAB 2	Bundesautobahn 2
BNatSchG	Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege
CEF	Vorgezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme
DGJ	Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FAA	Fischaufstiegsanlage
FVM	Finite-Volumen-Methode
FWG	Flachwassergleichungen
GOK	Geländeoberkante
HWE	Hochwasserentlastung
HQ ₅	Statistischer Hochwasserabfluss mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren
HQ ₁₀₀	Statistischer Hochwasserabfluss mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
LSG	Landschaftsschutzgebiet
m NHN	Meter über Normalhöhennull
MNQ	Mittlerer niedrigster Abfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
NBank	Investitions- und Förderbank Niedersachsen
NLWKN	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
NUVPG	Niedersächsisches Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
OW	Oberwasser (-seite)
SEBS	Stadtentwässerung Braunschweig
UNB	Untere Naturschutzbehörde (Stadt Braunschweig)
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UW	Unterwasser (-seite)
UWB	Untere Wasserbehörde (Stadt Braunschweig)
V/M	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahme
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WVMO	Wasserverband Mittlere Oker

1 Veranlassung

Da die Schunter im niedersächsischen Fließgewässerschutzsystem als Hauptgewässer eingestuft ist, steht damit die Wiederherstellung einer naturnahen Biotop- und Artenvielfalt im Einklang mit den Landesinteressen und der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Der Wasserverband Mittlere Oker (WVMO), welcher auf Grund der Planung und Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen an Gewässern in und um die Stadtgebiete von Braunschweig und Wolfenbüttel seit mehr als 20 Jahren über umfangreiche Erfahrungen verfügt, beabsichtigt daher, die Schunter im Stadtgebiet Braunschweig auf einer Länge von ca. 3,5 km zu renaturieren.

Auf Grund der im Projektgebiet vorherrschenden Strukturarmut soll eine Renaturierung durchgeführt werden, um die Ausprägung der referenztypischen Verhältnisse (Strömungs-, Substrat- und Habitatdiversität) zu fördern. So ist die Schunter im Planungsgebiet überdimensional ausgebaut und die Breiten- und Tiefenvarianz stark eingeschränkt. Die vorhandenen Uferverwallungen beeinträchtigen die Vernetzung zwischen Gewässer und Aue. Bei Hochwasserverhältnissen herrscht hydraulischer Stress mit hohen Fließgeschwindigkeiten, welche die bei Niedrigwasser akkumulierten Sedimente wegspülen. Mit der Erosion der Feinsedimente gehen Strukturen verloren, die als Mikrohabitate besiedelt werden. Durch das vorhandene Wehr ist zudem die ökologische Durchgängigkeit stark eingeschränkt, sodass ein Umbau zu einer Sohlgleite vorgesehen ist. Im Jahr 2013 wurde hierzu bereits eine Studie zur Renaturierung der Schunter in den Gemarkungen Querum und Bienrode /1/ erstellt, welche geeignete Maßnahmen zur Umsetzung auswies.

Im Projektgebiet befinden sich zudem zwei Fußgängerbrücken, die entweder selbst oder in ihrer Zuwegung nicht barrierefrei nutzbar sind. Da die Stadt Braunschweig beabsichtigt, diese Brücken auf Grund ihres teils schlechten Bauwerkszustandes und der ungenügenden Benutzbarkeit instand zu setzen, bildete der WVMO mit der Stadt Braunschweig eine Verantwortungs- und Finanzierungsgemeinschaft um sowohl die Renaturierung der Schunter als auch die Verbesserung der Erlebbarkeit der Schunteraue umsetzen zu können.

Um die Maßnahme finanzieren zu können, wurde durch den WVMO bei der NBank ein Antrag auf Gewährung von Fördermitteln aus dem Haushalt der EU und des Landes Niedersachsen gestellt /2/, der im Jahr 2018 positiv beschieden wurde. Außerdem wurden durch den Wasserverband Mittlere Oker weitere Mittel zur Finanzierung von VW Financial Services, der Stadtentwässerung Braunschweig (SEBS) und der Stadt Braunschweig eingeworben.

2 Aufgabenstellung

Die vorgenannte Studie wurde unter Berücksichtigung der aktuellen Randbedingungen (u.a. Vermessung, weitere Vorhaben, Antragsunterlagen der Fördermittel etc.) in eine Vorplanung überführt und mit dem Vorhabenträger und der Genehmigungsbehörde abgestimmt. Das Ergebnis der Vorplanung wurde in einem Öffentlichkeitstermin am 12.09.2019 vorgestellt und die dort vorgebrachten Hinweise zur Kenntnis genommen. Der im Abstimmungsprozess erzielte Konsens wurde in eine genehmigungsreife Planung überführt und im November 2019 bei der verfahrensführenden Behörde eingereicht. Da sich im Zuge der Verfahrens Änderungen in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Flächen ergaben und vorgebrachte Stellungnahmen maßgeblich berücksichtigt werden sollten, wurde das Verfahren gestoppt und eine Überarbeitung der Planung vorgenommen. Im Ergebnis wird nun eine neue Planfeststellungsunterlage eingereicht, welche die vorgenannten Belange berücksichtigt.

3 Grundlagen und Randbedingungen

3.1 Planungsgebiet

Der zu beplanende Gewässerabschnitt der Schunter liegt im nördlichen Bereich der Stadt Braunschweig und erstreckt sich von oberhalb der Brücke Bienroder Weg an Gewässer-km 11+300 bis zur unterhalb der Einmündung des Mühlengraben bei km 7+750 (siehe Übersichtskarte Anlage 1, einschließlich Nebengewässer).

Alle geplanten Maßnahmen werden ausschließlich auf städtischen bzw. verfügbaren Flächen umgesetzt (siehe Anlage 5).

Das Vorhaben ist den folgenden administrativen Einheiten zugeordnet:

Bundesland: Niedersachsen

Landkreis: Kreisfreie Stadt Braunschweig

Gemeinde: Braunschweig

Gemarkungen: Querum, Hagen, Rühme und Bienrode

Das Planungsgebiet liegt südlich der BAB 2 mehrheitlich auf der Grenze zwischen den Stadtbezirken 332 Schunteraue (östlich der Schunter sowie der Südteil des Planungsgebietes) und 322 Veltenhof-Rühme (westliches Planungsgebiet) /3/. Nördlich der BAB 2 verläuft die Schunter durch den östlich gelegenen Stadtbezirk 112 Wabe-Schunter-Beberbach sowie den auf der Westseite gelegenen Stadtbezirk 323 Wenden-Thune-Harxbüttel.

3.2 Studie und Vorplanung

Den Grundstein für dieses Vorhaben bildet das Renaturierungskonzept /1/ der Schunter in den Gemarkungen Querum und Bienrode aus dem Jahr 2013. In diesem Konzept wurden unter anderem Maßnahmen erarbeitet und in Maßnahmenkomplexen vorgeschlagen. Dabei wurde von einer vollständigen Flächenverfügbarkeit ausgegangen. Die darauf aufbauende Vorplanung beinhaltet die sich seitdem geänderten Randbedingungen. Die nun zur Umsetzung vorgesehenen Maßnahmen stellen das Ergebnis unter Berücksichtigung der aktuellen Gegebenheiten und Abstimmungen dar (z.B. Flächenverfügbarkeit, Leitungsverläufe, aktuelle Vermessung, Wasserstände usw.).

3.3 Vermessung

In Vorbereitung bzw. im Zuge der Planung wurden verschiedene Vermessungen durchgeführt. So wurden unter anderem die Schunter, der Mühlengraben und die Ohe im Betrachtungsgebiet mittels Querprofilaufnahme eingemessen. Die Vorländer wurden mittels Laserscan befliegen und als Punktraster übergeben. In Teilbereichen wurden zudem auf Grund von neuen Flächenverfügbarkeiten Nachvermessungen durchgeführt.

Tabelle 3-1: Übersicht Vermessungsgrundlagen

Genehmigung des BAB 2 Ausbaus /4/	NN	1996	Bezirksregierung Braunschweig
Laserscan Schuntervorland /5/	NHN	unbekannt	Land Niedersachsen
Vermessung Mühlengraben /6/	NN	unbekannt	Stadt Braunschweig
Vermessung Schunter /7/	NHN	26.02.2019	Ing. Büro Macke
Vermessung Ohe /8/	NHN	06.02.2019	Stadt Braunschweig
Wegevermessung BAB 2 /9/	NN	12.04.2019	Stadt Braunschweig

Vermessung Schwelle HWE /10/	NHN	22.08.2019	Stadt Braunschweig
Baumstandorte im Baubereich /11/	ohne Höhen	27.08.2019	Stadt Braunschweig
Querprofile im Verlauf des geplanten Ausleitungsgerinnes /12/	NHN	18.05.2020	HGN Beratungsgesellschaft mbH
Baumstandorte im Verlauf des geplanten Ausleitungsgerinnes /13/	NHN	09.07.2020	Stadt Braunschweig
Nachvermessung im Bereich Butterbergsiedlung /14/	NHN	03.08.2020	HGN Beratungsgesellschaft mbH

Gemäß vorstehender Tabelle ist ersichtlich, dass die Daten in unterschiedlichen Höhensystemen zur Verfügung gestellt wurden. Die Höhendifferenz zwischen NN und NHN (Höhensystem HS160) kann im Projektgebiet bis zu 5 mm betragen. Da diese Abweichungen für das Planungsvorhaben (im Wesentlichen Erdbau) nur eine untergeordnete Rolle spielen, wird nach gemeinsamer Festlegung für die weitere Planung die Bezeichnung NHN genutzt und die NN-Höhen mit denen der NHN-Höhen gleichgesetzt.

Des Weiteren war festzustellen, dass die Stationierung der Vermessung der Schunter zwischen der Brücke Bienroder Weg bis zum Wehr nördlich der BAB 2 um ca. 56 m nach oben abwich. Die Kilometrierung der Querprofile wurde für die weitere Planung entsprechend dieses Betrages in Richtung Unterwasser verschoben, sodass die Lage nun eindeutig zur Flusskilometrierung zugeordnet werden kann.

In einzelnen Fällen wurden Bereiche erneut vermessen, um die Genauigkeit des vorhandenen Laserscans zu überprüfen. Die genaueren Vermessungsergebnisse wurden in der weiteren Planung berücksichtigt.

3.4 Gewässer

3.4.1 Schunter

Die Schunter entspringt im Elm und mündet nach einer Fließlänge von rund 46,4 km /15/ nordwestlich von Braunschweig bei der Ortslage Schwülper in die Oker. Dabei fließt sie durch das nördliche Stadtgebiet Braunschweigs, quert dabei die BAB 2, BAB 391 und den Mittellandkanal. Die Schunter hat ein Einzugsgebiet von ca. 600 km².

Bis zum Erholungspark Nordelm fließt die Schunter relativ naturnah durch Laubwald, wobei sie im Oberlauf regelmäßig trockenfällt. Gemäß /16/ wurde die Schunter zu Beginn des 19. Jahrhunderts und in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts zu großen Teilen ausgebaut und mit Faschinen bzw. Steinwurf befestigt. Zudem wurden Sohlabstürze bzw. Wehre errichtet. An den Ufern wurden vielfach Bäume angepflanzt, die das Gewässer beschatten sollen. Die Sohle ist vom Oberlauf bis in die Bördenregion hinein hauptsächlich mit Kies bedeckt, im weiteren Verlauf weist sie jedoch eine relativ strukturarme Sandsohle auf. Das Auengebiet ist hauptsächlich durch bis nah an die Böschungskante reichendes Ackerland geprägt, im Unterlauf begleitet aber auch Grünland die Schunter. Vielfach wird Wasser aus der Schunter in Mühlennarme abgeleitet, so dass sie auf diesen Strecken eine reduzierte Wasserführung aufweist.

Durch angepasste Unterhaltungsmaßnahmen hat der Strukturreichtum der Schunter wieder zugenommen und es wurden zudem streckenweise Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Unterhaltungslast im Projektgebiet liegt nördlich der BAB 2 bei dem Unterhaltungsverband Schunter und südlich der BAB 2 bei der SEBS /17/.

Gemäß Wasserkörperdatenblatt /15/ ist die ökologische Durchgängigkeit an allen Wehren und Abstürzen wiederhergestellt. Weitere Ausführungen zum Ist-Zustand sind Kapitel 4.1 zu entnehmen.



Abbildung 3-1: Schunter bei km 9+675 entgegen Fließrichtung

3.4.2 Mühlengraben

Der Mühlengraben ist ein Gewässer 3. Ordnung und zweigt nördlich der querenden BAB 2 von der Schunter an km 8+447 ab. Dieser Graben leitet Wasser aus der Schunter auf ca. 360 m Länge in Richtung der vorhandenen Mühle weiter. Nach Passieren eines Mühlenschusses fließt das abgeschlagene Wasser in den sich anschließenden Mühlenschkolk. Dort wird der Wasserstand über eine Steinschüttung stabil gehalten.

Von dort aus fließt das Wasser über die Steinschüttung und weiteren 250 m Fließweg der Schunter an km 7+759 wieder zu. Der Mühlengraben ist von den Anliegern bzw. Eigentümern zu unterhalten.



Abbildung 3-2: Mühlengraben nahe der Mühle entgegen Fließrichtung

3.4.3 Ohe

Zur Entstehung der Ohe konnten keine Informationen recherchiert werden. Derzeit verläuft diese als Entwässerungsgraben auf dem linken Vorland der Schunter entlang des Ortsteils Rühme in Fließrichtung Norden. Südlich der BAB 2 mündet die Ohe in den verbliebenen Kolk des ehemaligen Wehrs Bienrode. Im Anschluss

unterquert sie mittels eines Durchlasses den Straßendamm der querenden BAB 2. Nördlich dieses Straßendamms fließt die Ohe einem Altarm der Schunter zu, welcher sich rückstaubeinflusst an km 8+142 der Schunter anschließt. Die Ohe scheint dabei allein der Funktion der Entwässerung der angrenzenden Flächen zu dienen. So sind unter anderem mehrere Regen- bzw. Straßenentwässerungen angeschlossen. Der Verlauf stellt sich im Wesentlichen als geradlinig dar, sodass davon auszugehen ist, dass es sich bei dem Gewässer um einen künstlich angelegten Graben handelt. Ein aufgeweiteter Nebenarm der Ohe hat sich zu einem Stillgewässer entwickelt und wird im Seitenschluss durchströmt.



Abbildung 3-3: Ohe im Bereich Flachsrottenweg entgegen Fließrichtung

3.4.4 Pumpwerksgraben Schreiberweg

Der geradlinig verlaufende Pumpwerksgraben dient einzig zur schadlosen Abführung von anfallendem Oberflächenwasser der angeschlossenen Siedlung Sandwüste (Stadtteil Kralenriede) in die Schunter /18/. Die Böschungen sind mittels Betonplatten gegen Erosionen gesichert. Anfallendes Wasser wird mittels eines Pumpwerks (siehe Kap. 3.5.4) in Richtung Schunter abgeführt und an km 9+653 eingeleitet.



Abbildung 3-4: Pumpwerksgraben in Fließrichtung

3.5 Bestandsbauwerke

Die im Projektgebiet vorhandenen Bestandsbauwerke sind in Anlage 3 gekennzeichnet.

3.5.1 Straßenbrücke Bienroder Weg

An ca. km 11+220 befindet sich die Straßenbrücke Bienroder Weg. Auf jedem der beiden Brückenfelder sind zwei Fahrstreifen mit einseitigem Geh- und Radweg angeordnet, sodass kein Begegnungsverkehr stattfindet. Sie verbindet die südlich gelegene Schuntersiedlung (Richtung Stadtkern) mit dem nördlich gelegenen Stadtteil Kralenriede (Richtung Flughafen). Gemäß Kapitel 3.13 sind mehrere Leitungen am Bauwerk befestigt. Die Straßenbrücke bildet den östlichen Rand des Planungsgebietes.

3.5.2 Neue Fußgängerbrücke Butterberg

An km 10+384 wurde eine neue Fußgängerbrücke als Ersatz für zurückgebaute baufällige Fußgängerbrücke an km 10+800 errichtet. Die Arbeiten wurden im Oktober 2020 fertiggestellt. Die Zuwegungen wurden teilweise noch nicht vollständig hergestellt, da eine Benutzung der Baustraßen und der Baustelleinrichtungsf lächen durch die geplante Renaturierungsmaßnahme vorgesehen ist.



Abbildung 3-5: neue Fußgängerbrücke Butterberg

3.5.3 Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe

Die Fußgängerbrücke an km 9+675 verbindet die Stadtteile Rühme und Kralenriede. Es handelt sich um eine Bogenbrücke in Holzbauweise. Die Überquerung ist nur über die vorhandenen Stufen möglich. Im Unterwasser ist ein Pegel der SEBS an der Brücke befestigt.



Abbildung 3-6: Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe

3.5.4 Pumpstation

Um bei Hochwasser eine Entwässerung der angrenzenden Bebauung (Siedlung Sandwüste) sicherzustellen, wurde eine Pumpstation errichtet. Das anfallende Wasser wird über den Pumpwerkgraben (siehe Kap. 3.4.4) in die Schunter eingeleitet.



Abbildung 3-7: Pumpstation mit anschließendem Pumpwerkgraben

3.5.5 Fußgängerbrücke südlich BAB 2

Der parallel zur BAB 2 verlaufende Weg überquert die Schunter an km 8+640 mittels einer weiteren Brücke. Sie verbindet damit die im Westen liegende Lincoln-Siedlung (Rühme) und die östlich gelegene Siedlung Sandwüste (Kralenriede). Die Schunter verläuft im mittleren Brückenfeld.



Abbildung 3-8: Fußgängerbrücke südlich der BAB 2

3.5.6 Düker

An km 8+595 quert ein Düker auf ca. 50 m Länge die Schunter. Dieser dient zur Überleitung von anfallendem Oberflächenwasser zwischen dem Straßendamm der BAB 2 und der südlich anschließenden Flächen. Es konnten keine Informationen zum Ausbaumumfang recherchiert werden. Die Entwässerung erfolgt von Osten nach Westen und mündet in die Ohe vor dem Durchlass unter der BAB 2.



Abbildung 3-9: Auslaufbauwerk Düker am linken Ufer der Schunter

3.5.7 Brücke BAB 2

Die BAB 2 quert die Schunter an ca. km 8+550 mittels zweier parallel verlaufender Brücken. Jede dieser beiden Brücken ist 3-streifig mit Standstreifen in eine Fahrtrichtung ausgebaut und hat eine lichte Weite von ca. 75 m. Dabei stützen jeweils 3 Pfeiler an jedem Ufer der Schunter die Brückenaufbauten, sodass sich drei Brückenfelder ergeben, wobei die Schunter das mittlere durchfließt. Die äußeren Brückenfelder stehen für Hochwasserabflüsse zur Verfügung und zusätzlich verläuft durch das jeweils linke Brückenfeld ein Geh- und Radweg. Im Bereich der Brücke sind die Böschungen und Vorländer der Schunter mit Wasserbausteinschüttungen gegen Erosion gesichert.



Abbildung 3-10: Brücken der BAB 2 in Fließrichtung

3.5.8 Graben vom Regenrückhaltebecken nördlich der BAB 2

Bei km 8+485 mündet am rechten Ufer der Entwässerungsgraben vom Regenrückhaltebecken der BAB 2. Dieser ist durch das Wehr Bienrode ebenfalls rückstaubeinflusst.



Abbildung 3-11: Entwässerungsgraben des Regenrückhaltebeckens nördlich der BAB 2

3.5.9 Hochwasserentlastung

Am linken Ufer ca. an km 8+490 befindet sich eine Hochwasserentlastung auf ca. 40 m Länge (Baujahr 1996 /19/). Durch Ablagerungen und teils starken Bewuchs sind derzeit noch rund 20 m zu erkennen. Die Ufer sind mit Stahlspundwänden gesichert und die Oberkante mit in Beton gesetzten Wasserbausteinen festgelegt. Die Überfallschwelle liegt ca. 20 cm tiefer als das eigentliche Ufer und es schließt sich eine Rinne in Richtung des bestehenden Altarms der Schunter an. Bei kleineren Hochwässern wird so ein Teil des Abflusses von der Schunter in den Altarm abgeleitet und an km 8+140 wieder eingeleitet.



Abbildung 3-12: HWE am linken Schunterufer bei MQ und Hochwasserabfluss

3.5.10 Wehr Bienrode

Im Anschluss der Hochwasserentlastung liegt an km 8+447 das Wehr Bienrode.

Im Zuge des Autobahnausbaus der BAB 2 im Jahr 1996 wurde das ehemalige Wehr Bienrode südlich der BAB 2 zurückgebaut und der Schunterverlauf auf 600 m Länge verlegt /19/. Zur Aufrechterhaltung der Wasserabgabe in den Mühlengraben wurde dieses Abflussaufteilungsbauwerk bestehend aus einem festen Wehr und einer anschließenden Sohlgleite errichtet. Die Sohlgleite wurde durch abgelaufene Hochwässer teils zerstört und das Material umgelagert. Durch den punktuellen Absturz in Höhe von knapp einem Meter ist die ökologische Durchgängigkeit nun nicht mehr gegeben. Gegenüber den Genehmigungsunterlagen /4/ gab es noch nachträgliche Anpassungen, sodass nun Gabionen an der Wehrkrone vorzufinden sind. Hierüber liegen jedoch keine Unterlagen vor.



Abbildung 3-13: Wehr Bienrode an km 8+447, Blick Richtung Unterwasser

3.5.11 Fußgängerbrücke unterhalb des Wehres

Eine weitere Fußgängerbrücke quert die Schunter unterhalb des Wehres an km 8+290. Der Fuß- und Radweg führt über diese Brücke von der BAB 2 in Richtung Mühle Bienrode.



Abbildung 3-14: Brücke unterhalb des Wehres

3.5.12 Mühle Bienrode

Circa auf halber Strecke des Mühlengrabens liegt eine Mühle mit anschließendem Mühlengkolk. Die Mühle ist nicht mehr in Betrieb und wird als Wohngebäude genutzt. Der Zulauf zum ehemaligen Maschinenraum wurde zugemauert. Der Oberflächenabfluss findet daher nur noch über den Mühlenschuss zum Kolk hin statt. Eine Steuerung des Zuflusses ist im derzeitigen Zustand nicht möglich, da die Wehrsteuerung im Mühlenschuss nicht funktionsfähig ist. Das Bauwerk ist nicht ökologisch durchgängig gestaltet. Das Mühlengebäude selbst ist vermutlich auf Holzpfählen gegründet. Die Standsicherheit des Gebäudes wird im Allgemeinen auf den Wasserstand im Mühlengkolk begründet sein. Der Wasserstand im Kolk wird durch eine Steinschüttung im Mühlengraben auf einer Höhe von 67,13 m NHN gesichert. Darin integriert ist ein Betonprofil mit einem Damm-balken zur händischen Steuerbarkeit des Wasserspiegels.

3.5.13 Brücke über den Altarm

Der abzweigende Fuß- und Radweg von der BAB 2 quert den parallel zur Schunter verlaufenden Altarm über eine für Fahrzeuge ausgelegte Brücke.



Abbildung 3-15: Brücke über den Altarm

3.5.14 Ohe-Durchlass

Die Ohe kreuzt in ihrem Verlauf von Süden nach Norden den Straßendamm der BAB 2 mittels eines Durchlasses. Der Auslauf mündet in den Schunter-Altarm.



Abbildung 3-16: Auslauf des Ohe-Durchlasses unter der BAB 2 in den Schunteraltarm

3.6 Schutzgebiete und Schutzzeiten

Die Schunter stellt im Planungsgebiet einen wichtigen Korridor zwischen dem FFH-Gebiet „Aller (mit Barnbruch), untere Leine, untere Oker“ (DENI_3021-331) und dem LSG „Schunteraue“ dar. Das vorgenannte FFH-Gebiet liegt dabei außerhalb des Planungsgebietes an der Mündung der Schunter in die Oker. Durch die geplante Renaturierung soll der Lückenschluss hergestellt werden.

3.6.1 Naturdenkmal

Circa 300 m östlich der Schunter und südlich der BAB 2 befindet sich ein bekanntes Naturdenkmal ND BS 00024 „Sandmagerrasen um den Schloßberg“ /20/. Dieser Bereich liegt außerhalb des Planungsgebietes.

3.6.2 Wasserschutzgebiet

Im südlichen Bereich des Planungsgebietes befindet sich das Trinkwasserschutzgebiet Nr. 03101000103 „Bienroder Weg“ der Braunschweiger Versorgungs-AG (Verordnung vom 12.10.1978). Von der Brücke Bienroder Weg an ca. km 11+220 bis ca. km 10+640 erstreckt sich dabei die weitere Schutzzone IIIA. Aus der Verordnung lässt sich die beschränkte Zulässigkeit von Erdaufschlüssen ableiten.

3.6.3 Landschaftsschutzgebiet

Im Planungsgebiet erstreckt sich zwischen km 11+220 bis km 9+400 das Landschaftsschutzgebiet LSG BS 00002 „Schunteraue“ /21/. Der Großteil der vorgesehenen Maßnahmen wird innerhalb des LSG umgesetzt.

3.7 Kultur- und Sachgüter

Auf einer militärisch-strategischen Karte von 1763 /22/ ist der Standort eines Landwehrturmes zu erkennen, welcher heutzutage nicht mehr existiert. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei den geplanten Maßnahmen in diesem Bereich ein Fundament oder andere Siedlungsnachweise vorgefunden werden können, da die Lage auch nicht zweifelsfrei zugeordnet werden kann. Bei Funden ist die Untere Denkmalschutzbehörde zu informieren und die Arbeiten erst nach Freigabe wieder aufzunehmen.

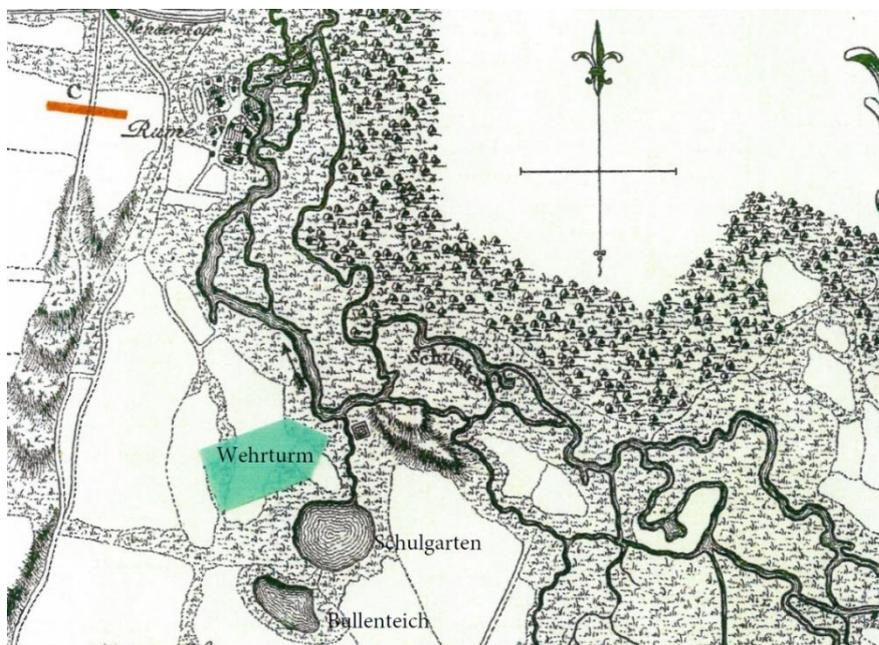


Abbildung 3-17: Lage eines ehemaligen Wehrturmes

Gemäß Auskunft der Stadt Braunschweig, Referat Stadtbild und Denkmalpflege /23/, existiert ein bestehendes Baudenkmal (Kirche und Kirchhof Bienrode) nordwestlich des Mühlenkolks. Des Weiteren besteht eine Verdachtsfläche im Bereich eines ehemaligen Dammes aus dem 16. – 17. Jahrhundert entlang des Weges von

der Mühle zur BAB 2 zwischen Mühlengraben und Schunter. Die genannten Bereiche sind nicht von den geplanten Maßnahmen betroffen.



Abbildung 3-18: Lage der historischen Denkmäler

3.8 Kartierung

Durch die Planungsgemeinschaft LaReG wurden im Planungsgebiet in den Jahren 2018 und 2019 Kartierungen vorgenommen und die Ergebnisse als Bericht mit Anlagen /24/ übergeben. Das Kartierergebnis liegt als Anhang 2 der Genehmigungsunterlage bei. Nachfolgend werden die Kapitel benannt, in denen zu beachtende Hinweise enthalten sind. Grundsätzlich gilt, dass Baumfällungen und Eingriffe in Standgewässer zu vermeiden sind. Auch die Inanspruchnahme von Bauflächen sollten nur in dem absolut notwendigen Maß erfolgen.

3.8.1 Bestandsgehölze und Habitate

Im Planungsgebiet befinden sich mehrere Habitatbäume (potenzielle Habitate oder nachgewiesene Nist- oder Ruhestätten von Fledermäusen bzw. Brutvögeln).

Das Fällen bzw. Beseitigen von Habitatbäumen ist daher zu vermeiden.

3.8.2 Avifauna

Bei zu fällenden Bäumen ist darauf zu achten, ob Nisthöhlen vorhanden sind. Es ist entsprechender Ersatz durch geeignete Nisthilfen zu schaffen.

Grundsätzlich sollen die geplanten Arbeiten außerhalb von Brutzeiten erfolgen.

3.8.3 Fische

Es wurden in vier Teilabschnitten Befischungen durchgeführt. Innerhalb des Planungsbereiches sind die Teilstrecken 2 (Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe) und 3 (Fußgängerbrücke Butterberg) für die Schunter im

Planungsgebiet relevant. Der vorgefundene Fischbestand zeigt dabei deutliche Abweichungen zur Referenzzönose und ergibt einen mäßigen ökologischen Zustand.

Um eine Verbesserung des Zustandes zu erreichen, wird das Einbringen von Totholz als sehr positiv bewertet. Des Weiteren sollen Stoffeinträge bzw. Verschmutzungen vermieden und Stillgewässer belassen werden. Strömungsberuhigte Bereiche wirken sich positiv für den Bitterling aus.

Bevor Erdarbeiten im Gewässer durchgeführt werden können, ist das Gewässer im Baubereich abzufischen.

3.8.4 Libellen

Bei Pflanzmaßnahmen ist darauf zu achten, dass weiterhin nur eine Teilbeschattung der Schunter gewährleistet wird.

3.8.5 Heuschrecken

Erdbaumaßnahmen sind erst ab Juli vorzunehmen, um eine Beeinträchtigung der überwinternden Individuen weitestgehend zu vermeiden.

3.8.6 Makrozoobenthos

Der Einbau von Strukturelementen, wie z.B. Strömunglenker, Totholz und Kies wird zur Erreichung von naturnahen Verhältnissen und zur Schaffung potenzieller Habitats empfohlen.

3.9 Fischregion und Leitfischart

Die geometrischen und hydraulischen Bemessungsgrenzwerte sind davon abhängig, welche Fischarten in der betroffenen Region hinsichtlich ihrer Größe sowie Schwimmstärke zu erwarten sind.

Laut Auskunft des Fischereikundlichen Dienstes des Niedersächsischen Landesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) ist der betrachtete Abschnitt der Schunter der **Brassen-Aland Region** (Brachsenregion) zuzurechnen. Die für die Bemessung der Sohlgleite maßgebliche Leitfischart ist die Brasse, welche als größte und gleichzeitig schwimmschwächste Art innerhalb der potenziell natürlichen Fischfauna im betrachteten Schunterabschnitt die Bemessungsgrenzen für die Sohlgleite determiniert.

3.10 Hydrologie der Schunter

Für das Projektgebiet liegen keine gemessenen Abflussdaten vor. Die dem Projektgebiet nächstgelegenen Pegel sind in untenstehender Tabelle 3-2 aufgeführt.

Für die notwendigen Berechnungen (Hochwasserneutralität, Bemessung Sohlgleite) wurden die Daten der ober- und unterhalb liegenden Pegel Hondelage und Harxbüttel aufbereitet (DGJ 2017).

Tabelle 3-2: Pegel im Ober- und Unterlauf des Projektgebietes

Pegelstandort	Pegelnnummer	A _{E0} [km ²]	Pegelnnullpunkt [mNN]	Betreiber
Glentorf	4828120	296	85,55	NLWKN
Hondelage	4828126	396	69,79	NLWKN
Harxbüttel	4828140	592	60,92	NLWKN

Über das Größenverhältnis der Einzugsgebiete sowie bekannte Abflussdaten der Pegel Glentorf und Harxbüttel können über den Proportionalitätsansatz nach DYCK (1980) /25/ Pegelraten für den Bilanzpunkt an der BAB 2 ($A_{E0} = 565 \text{ km}^2$) im Projektgebiet generiert werden. Dieser Ansatz lautet wie folgt:

$$HQ(u) = HQ(b) \left(\frac{A_E(u)}{A_E(b)} \right)^x \quad \text{mit} \dots x = \log \left(\frac{A_E(u)}{A_E(b)} \right) \frac{H_Q(u)}{H_Q(b)}$$

Somit ergeben sich für das Projektgebiet folgende charakteristische Abflusswerte:

$$MNQ = 0,606 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$MQ = 3,093 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{30} = 0,712 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{80} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{330} = 6,781 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Gewässerkundliche Landesdienst (GLD) in Niedersachsen bzw. vergangene Berechnungen der Überschwemmungsgebiete im betrachteten Gebiet weisen einen HQ_{100} -Abfluss von $73,51 \text{ m}^3/\text{s}$ aus. Aus dem HQ_{100} -Abfluss wurde wiederum der Abflusswert für HQ_5 durch Multiplikation mit dem Faktor 0,55 gemäß dem Ansatz aus /26/ berechnet. Dieser Faktor berücksichtigt die hydrologische Landschaft Ostbraunschweigs und wurde auf Basis statistischer Auswertungen des Spaltenlängsschnittes der Pegel Glentorf, Hondelage und Harxbüttel ermittelt.

Damit stehen die weiteren Abflussdaten zur Verfügung:

$$HQ_5 = 40,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{100} = 73,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.11 Baugrund

In der vorliegenden Studie /1/ wurden Ton-, Schluff- und Sandablagerungen mit organischen Einlagerungen als vorherrschende Bodenarten in der Schunteraue identifiziert, die von Locker- und Festgesteinen unterlagert werden. Als Bodentypen wurden im Wesentlichen verschieden beeinflusste Gleye und zwischen km 9+800 bis km 10+400 Niedermoorformationen ermittelt.

Um die vorgenannten Angaben mit den tatsächlich anzutreffenden Böden überprüfen zu können, wurde die Firma bsp ingenierue GmbH mit der Erkundung des Baugrundes an verschiedenen Punkten im Projektgebiet beauftragt. Hierzu wurden an 12 Bohrpunkten Kleinrammbohrungen bis zu einer Endteufe von 3,0 m unter GOK niedergebracht. Die Ergebnisse /27/ zeigen, dass der vorhandene 0,2 bis 0,5 m mächtige Oberboden bereichsweise von nicht bzw. mäßig tragfähigem Auelehm, Torf, Mudde sowie organischem Sand unterlagert ist. Darunter wurden tragfähige, nicht organische Sande sowie Kiese erbohrt.

Des Weiteren wurde an sechs Standorten Sohlmaterial aus der Schunter entnommen und untersucht. Im Ergebnis der Untersuchung handelt es sich um schwach bis stark organische Sedimente mit mindestens 0,5 m Mächtigkeit. Die Wassergehalte lagen zwischen 64,9 bis 294,3 %.

Auf den geplanten Bauflächen sind nach Aussage der Bodenschutzbehörde keine Bodenbelastungen und Altlastenflächen bzw. Verdachtsflächen bekannt.

Im Zuge einer zusätzlichen Bodenuntersuchung auf dem rechten Vorland bei km 8+910 wurden jedoch lokal begrenzt bauschutthaltige Auffüllungen vorgefunden /28/. Vor allem durch Beimengungen von Asphaltbruchstücken führen die erhöhten PAK Belastungen zu einer Einstufung nach LAGA in die Klasse größer Z2.

3.12 Grundwasser

Das Planungsgebiet liegt innerhalb des Grundwasserkörpers *DE_GB_DENI_4_2112 Oker Lockergestein rechts*.

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde bereichsweise stark gespanntes Grundwasser angetroffen. Dies resultiert aus der hydraulischen Verbindung mit dem Wasserstand der Schunter sowie den stauenden Schichten, welche die Grundwasserleiter überlagern. So liegen die Grundwasserspiegel gespannt bei ca. 0,5 m bis 2,4 m unter GOK (i.M. 1,39 m u. GOK) und angebohrt bei 0,2 m bis 1,8 m unter GOK (i.M. 0,64 m u. GOK). Um Arbeiten in einer trockenen Baugrube durchführen zu können, wären Wasserhaltungsmaßnahmen zur Absenkung des Grundwasserspiegels bis ca. 0,5 m unter Sohle notwendig. Für die geplanten Erdbaumaßnahmen ist dies jedoch nicht vorgesehen.

3.13 Leitungsabfrage

In Vorbereitung einer künftigen Planung wurde 2016 eine Leitungsabfrage durchgeführt. Im Zuge der nun durchgeführten Planung wurden die Leitungsträger erneut abgefragt und in Teilbereichen um präzisiertere Auskünfte gebeten. Das Ergebnis der Leitungsabfrage ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3-3: Übersicht der Ergebnisse zur Leitungsabfrage

Leitungsträger	Anfrage vom	Bescheid vom	Bestand
Telekom	07.03.2019	14.03.2019	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässerquerung an ca. km 9+233, Lage und Art unbekannt • Gewässerquerung an Brücke Bienroder Weg an ca. km 11+216, Lage und Art unbekannt
Vodafone Kabel Deutschland	07.03.2019	07.03.2019	nutzt die Kabel der Telekom
SEBS, BS-Netz, BS-Energy	07.03.2019	08.03.2019	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässerquerung UW Fußgängerbrücke km 8+633, 2 Stromleitungen in 4 Leerrohren • Gewässerquerung UW Fußgängerbrücke km 8+637, 3 Leerrohre und keine Leitungen • Gewässerquerung bei km 9+327, Stromleitung • Gewässerquerung UW Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe km 9+666, Wasserleitung • Gewässerquerung OW Fußgängerbrücke Im Alten Dorfe km 9+679, Gasleitung • Gewässerquerung bei ca. km 10+142, Wasserleitung • Gewässerquerung bei km 10+218 und km 10+237, Fernwärmeleitung • Gewässerquerung bei km 10+240, Telekommunikation • Gewässerquerung bei km 10+260 und km 10+267, Strom • Gewässerquerung bei 10+271, Telekommunikation außer Betrieb

Leitungsträger	Anfrage vom	Bescheid vom	Bestand
			<ul style="list-style-type: none"> • Einleitung bei km 10+375 am linken Ufer, Regenwasserkanal • Gewässerquerung bei km 10+646, Stromleitung und Telekommunikation • Einleitung bei km 11+070 am linken Ufer, Regenwasserkanal • Gewässerquerung UW Brücke Bienroder Weg bei km 11+202, 1 Stromleitung in 3 Leerrohren • Einleitung bei km 11+213 am rechten Ufer, Regenwasserkanal • Gewässerquerung bei km 11+216, 2 Gasleitungen, 1 Wasserleitung, 2 Telekommunikationsleitungen, 1 Entwässerungsleitung • Gewässerquerung bei km 11+226, 1 Stromleitung • Einleitung bei km 11+238 am linken Ufer, Regenwasserkanal
NGN-fibernetzwerk	12.03.2019	14.03.2019	<ul style="list-style-type: none"> • UW Fußgängerbrücke km 8+626, 1 Kabel in 3 Leerrohren
Avacon	08.03.2019	11.03.2019	<ul style="list-style-type: none"> • linkes Ufer im Vorland, Hochspannungsfreileitung 110KV
Interoute	15.03.2019	Keine Antwort	

Für den vorhandenen Düker an km 8+595 konnte kein Eigentümer recherchiert werden.



Abbildung 3-19: Maststandort der 110 kV Freileitung und Schacht einer Regenwasserleitung

3.14 Wasserrecht

Innerhalb des Projektgebietes konnten entlang der Schunter drei bestehende Wasserrechte recherchiert werden /29/. Der Rechteinhaber ist die SEBS. So wird an km 10+375 und km 11+070 Regenwasser über einmündende Rohre eingeleitet. An km 8+480 mündet am rechten Ufer ein Graben, welcher ebenfalls Regenwasser in die Schunter einleitet.

3.15 Kampfmittel

Im Planungsgebiet war die gesamte Schunterniederung intensiven Kriegseinwirkungen ausgesetzt. Die ehemaligen Bombentrichter haben sich bis zum heutigen Tage teilweise zu Kleinstgewässern entwickelt, die über den Jahresverlauf mit schwankenden Wasserspiegeln bis zum Trockenfallen beeinflusst sind. Es ist u.a. mit Bombenblindgängern zu rechnen /30/. Die Maßnahmenflächen werden größtenteils im Vorfeld durch die Stadt Braunschweig auf Kampfmittelfunde untersucht. In noch nicht untersuchten Bereichen erfolgt eine baubegleitende Kampfmittelsondierung.

3.16 Freiraum-Entwicklungskonzept

Im Zuge der Bearbeitung wurde der aktuelle Stand des Entwurfs zum Freiraum-Entwicklungskonzepts gesichtet und mit der Planung abgeglichen. Im Ergebnis ist festzustellen, dass sich die geplanten Maßnahmen teilweise innerhalb der ausgewiesenen Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete befinden, sie stehen jedoch nicht im Widerspruch zueinander. Somit bestehen aus raumordnerischer Sicht keine Konflikte.

4 Gewässerzustand der Schunter im Projektgebiet

4.1 Ist-Zustand und Defizite

Durch umfangreiche bauliche Maßnahmen mit dem Ziel einer Steigerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit sind die Gewässerprofile der Schunter im gesamten Planungsgebiet stark in das Gelände eingeschnitten. Eine Querschnittsuntergliederung in Mittel- und Hochwasserquerschnitt ist nicht mehr vorzufinden. Durch die fehlende Breiten- und Tiefenvarianz erhielt die Schunter einen technischen Charakter ohne besondere Laufstrukturen. Sand- und Kiesbänke sind bis auf Ausnahmen nicht vorhanden und es fehlen nahezu vollständig Totholz bzw. in das Gewässer hineinragende Wurzeln. Durch zusätzliche Verwallungen (Uferreihen) entlang der Ufer ist auch nur eine bedingte laterale Anbindung an die Gewässeraue vorhanden, sodass diese erst bei höheren Hochwässern überflutet wird.



Abbildung 4-1: Erheblich veränderter Gewässerlauf der Schunter im Projektgebiet

Durch mehrere Sohlbauwerke treten bei Niedrig- bis Mittelwasserabflüssen kaskadenartige Wasserspiegelverläufe auf. Diese verursachen Rückstaubereiche und Abschnitte mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten.

Einen großen Rückstauereffekt verursacht das an km 8+447 befindliche Wehr Bienrode, welches zudem nur bedingt ökologisch durchgängig ist, da die Sohlgleite durch Erosion teils umverlagert wurde und das Wehr nur noch von schwimmstarken Organismen überwunden werden kann.

Die laufbegleitende Gewässeraue weist dagegen einen überwiegend natürlichen Charakter auf, der u.a. auf die vorhandenen Gehölzbestände und den bei größeren Hochwassern auftretenden Überstau bei Hochwasser zurückzuführen ist. Darüber hinaus fehlen jedoch weitere typische Strukturelemente.

Die Fließgeschwindigkeiten sind im Bereich von rückstaubeeinflussten Abschnitten stark reduziert, was wiederum zu großen Verlandungen von Feinsedimenten führt. Bei Hochwasserereignissen treten hingegen relativ hohe Fließgeschwindigkeiten auf, die zu starken Erosionserscheinungen führen, die unter anderem zur Umlagerung von Fein- bis Mittelkiesen führen.

Der ökologische Zustand mittels Bewertung des vorhandenen Makrozoobenthos (wirbellose Organismen) wurde als mäßig bewertet. So wurden nur wenige für diesen Fließgewässertyp spezifische Arten (Köcherfliegen, Käfer, Eintagsfliegen) nachgewiesen. Es wurde jedoch eine sehr hohe Anzahl an Schnecken und Muscheln vorgefunden, die vor allem in schlammig, lehmigen Substraten zu finden sind. Des Weiteren wurden unter anderem auch Arten von Krebsen, Zweiflüglern, Wanzen, Libellen und Egeln kartiert.

Insgesamt konnten 16 der 24 typspezifischen Referenzfischarten nachgewiesen werden. Dabei wurden vor allem wenig anspruchsvolle Arten vorgefunden. Einige Leitarten (Aal, Bachschmerle, Groppe, Hasel) konnten nur punktuell und in geringer Anzahl nachgewiesen werden. Kieslaicher und auf bestimmte Auenstrukturen angewiesene Arten (u.a. Bachforelle, Bachneunauge, Steinbeißer, Schlammpeitzger, Quappe) wurden nicht nachgewiesen. Der Zustand der Fischfauna wurde folglich als mäßig bewertet.

Gemäß Wasserkörperdatenblatt wird die Schunter von der Wabe bis zur Oker als erheblich verändert eingestuft und zeigt einen mäßigen ökologischen Zustand auf. Der chemische Gesamtzustand wird als schlecht eingestuft.

4.2 Referenzzustand

Die Unterlage „Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen“ des Umweltbundesamtes /31/ beschreibt die grundsätzlichen typischen Lebensraumverhältnisse an Fließgewässern. Die Schunter wird demnach im Wasserkörperdatenblatt dem Gewässertyp 15 „Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse“ zugeordnet.

Das Ziel zur Erreichung eines „sehr guten“ ökologischen Zustandes“ (siehe Abbildung 4-2) wird auf Grund der reduzierten Flächenverfügbarkeit bzw. des Nutzungsdrucks sowie des erheblich veränderten Fließgewässers



Abbildung 4-2: Beispiel Fließgewässertyp 15

auf das Ziel zur Erreichung eines „guten“ ökologischen Zustandes“ angepasst. Demnach weist der Referenzlebensraum überwiegend unverzweigte, gestreckte mäandrierende Läufe mit einem Längsgefälle von ca.

0,5 % auf. Neben größeren Kiesanteilen besteht das Sohlsubstrat überwiegend aus Sand, Lehm und Totholz, welche als Lebensraum eine maßgebende Bedeutung für die aquatischen Lebensgemeinschaften haben. Das Gewässer weist dabei eine dynamische Wasserführung auf, die bei erhöhten Abflüssen zu Laufverlagerungen führen kann. Das Gewässer hat eine permanente Wasserführung und keine rückgestauten Bereiche. Dadurch entstehen die besonders typischen Strukturelemente Prall- und Gleitufer. Die Ufer werden durchgehend von lebensraumtypischen Gehölzen sowie einzelnen Abschnitten mit offenen Röhricht- oder Moorflächen begleitet. Die angeschlossenen Gewässerauen weisen überwiegend Auwald und Brachen bzw. Sukzessionsflächen auf und haben zudem Altwasser und Altarme. Die Ufer sind unverbaut und verfügen über einen Gewässerrandstreifen. Der Geschiebehalt wird nicht bis mäßig von Querbauwerken beeinflusst und es treten nur sehr selten Tiefenerosionen auf. Die aquatische Durchgängigkeit wird nicht bis geringfügig beeinträchtigt. Bei Hochwässern gibt es häufige flächenhafte Überflutungen.

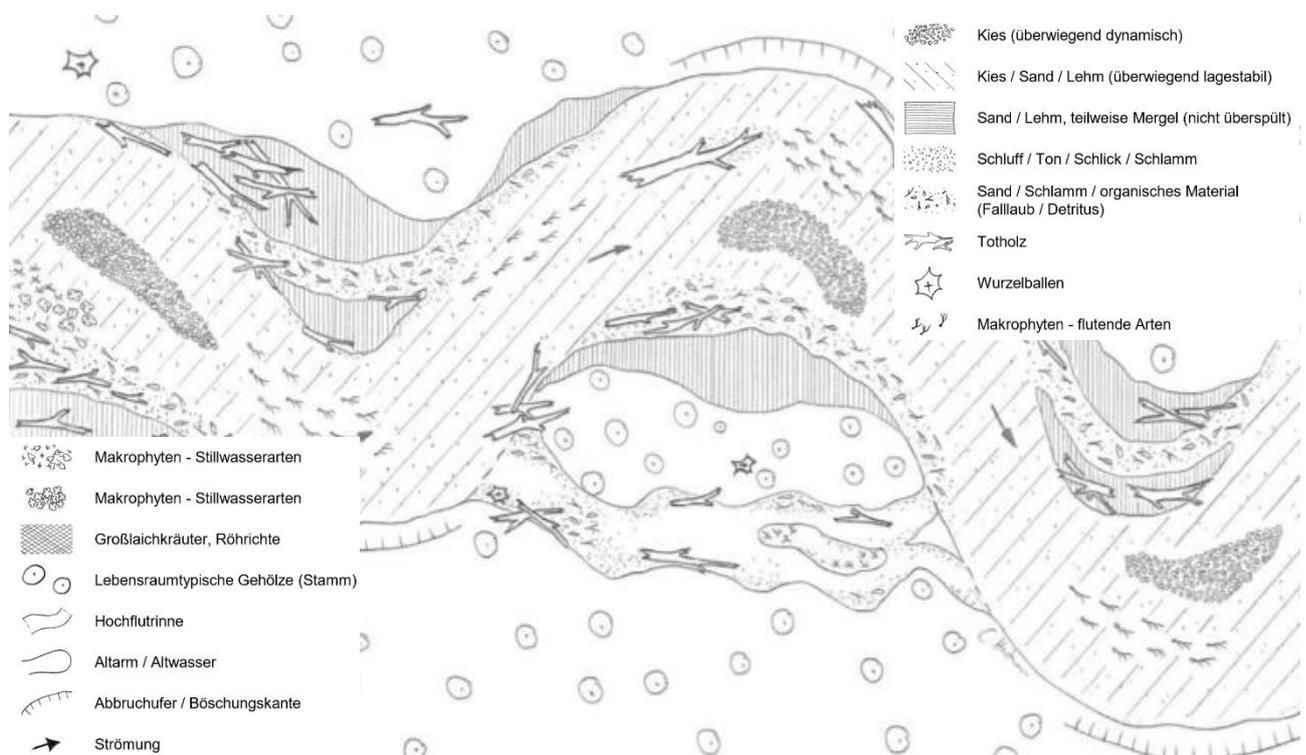


Abbildung 4-3: Skizze eines Kernlebensraums eines guten ökologischen Referenzzustands /31/

5 Zu beachtende Planungen

5.1 Stromleitungsbau

BS Netz plant derzeit den Rückbau der Stromleitungen bei km 10+260 und Neubau von Stromleitungen bei km 10+388. Die Arbeiten sollten im Jahr 2019 fertiggestellt werden. Eine aktuelle Auskunft zum Stand der Planung liegt nicht vor. Im Wesentlichen hätte dies Auswirkungen auf die Errichtung der neuen Brücke Butterberg an km 10+384 gehabt. Für die vorgesehenen Arbeiten im Zuge der Renaturierung sind jedoch keine Auswirkungen zu erwarten.

Weitere Vorhaben im Planungsgebiet sind nicht bekannt.

5.2 Brückenneubau Butterberg

Da eine separate Genehmigung erteilt wurde, ist diese Planung nicht Bestandteil der hier vorgelegten Planfeststellungsunterlage. Die Arbeiten wurden bereits ausgeschrieben und vergeben. Die vorhandene Brücke Butterberg wurde zurückgebaut und die angrenzenden Wege entsiegelt. Als Ersatzneubau wurde an km 10+384 eine barrierefreie Fußgängerbrücke errichtet. In diesem Zug wurden neue Wegeverbindungen hergestellt, sodass ein Anschluss an das bestehende Wegesystem erreicht wird. Die hergestellten Baustelleneinrichtungsflächen und Baustraßen sollen für die Renaturierungsmaßnahme genutzt werden, sodass eine Fertigstellung erst nach Beendigung der Renaturierung erfolgt.

6 Art und Umfang des geplanten Vorhabens

Nachfolgend werden die geplanten Maßnahmen näher erläutert. Durch diese Maßnahmen werden die Randbedingungen zur eigendynamischen Entwicklung hin zu einem guten ökologischen Zustand geschaffen. Die punktuellen Maßnahmen folgen somit dem Trittsteinprinzip, wonach die Ausbreitung und Eigenentwicklung von initiierten Abschnitten aus erfolgt. Die Auswahl der geeigneten Maßnahmen orientiert sich hauptsächlich an den bereits in der Studie entwickelten Maßnahmenkomplexen als auch an dem Leitfaden zur Maßnahmenplanung des NLWKN /32/. Darüber hinaus werden weitere Maßnahmen beschrieben, die zusätzlich zur Renaturierung ebenfalls geplant sind.

Das Projektgebiet wird in zwei Lose unterteilt, da in sich abgrenzbare und örtlich voneinander trennbare Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Da die geplanten Maßnahmen einen relativ großen Umfang haben und die gesetzten Fristen des Fördermittelgebers einzuhalten sind, sollen die Lose einzeln ausgeschrieben werden. Im Rahmen der Angebotsauswertung wird dann geprüft, ob die Leistungsfähigkeit der bietenden Unternehmen genügt. Los 1 betrifft den nördlichen Planungsabschnitt im Bereich der zu errichten Sohlgleite. Die Trennung zu Los 2, in dem vorrangig neue Laufstrukturen und Strukturelemente im alten Schunterlauf geplant sind, liegt bei km 9+220 und erstreckt sich über das mittlere und südliche Projektgebiet bis zur Brücke Bienroder Weg.

6.1 Teilrückbau Wehr Bienrode

Das vorhandene Wehr an km 8+447 soll teilweise zurückgebaut und zu einer funktionsfähigen Sohlgleite umgebaut werden. So wird im Abflussprofil der Rückbau der Gabionen als auch der teilweise Rückbau von Beton notwendig. Das verbleibende Wehrfundament wird künftig als Basis der neu herzustellenden Sohlgleite dienen.

Teile der unterhalb liegenden, aber zerstörten Sohlgleite können zur Errichtung der neuen Sohlgleite wiederverwendet werden. Da die rechte Gewässerböschung im Prallhangbereich liegt, werden Wasserbausteine als Erosionsschutz eingebaut.



Abbildung 6-1: Bestehendes Wehr Bienrode

6.2 Errichtung Sohlgleite

6.2.1 Grundlagen

Unter einer Sohlgleite versteht man eine Fischaufstiegsanlage in naturnaher Bauweise, welche als Raugerinne ohne Einbauten, mit Störsteinen oder mit Beckenstruktur ausgeführt werden kann. Dabei soll diese die ökologische Längsdurchgängigkeit des Gewässers über weite Teile des Jahres sicherstellen, ohne dabei arten- oder gröbenselektiv auf die potenziell vorkommende Fischfauna zu wirken. Zur gleichmäßigeren Überwindung eines Sohlabsturzes im Gewässer und zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit stehen verschiedene mehr oder minder technisch ausgebildete Gestaltungsmöglichkeiten zur Auswahl /33/ (vgl. Abbildung 6-2).

Grundsätzlich wird angestrebt, die Fischaufstiegsanlage sowohl optisch als auch hydraulisch möglichst gut in die natürlich vorhandenen landschaftlichen Gegebenheiten einzupassen, so dass naturnahe Bauweisen zu bevorzugen sind. Technische Bauweisen kommen hingegen insbesondere an technischen Querbauwerken wie Stauwehren mit großen zu überwindenden Wasserspiegeldifferenzen zum Einsatz.

Fischaufstiegsanlagen (FAA)	Naturnahe Bauweisen	Umgehungsgerinne	
		Sohlrampen/Sohlgleiten über den gesamten Fließquerschnitt	Ohne Einbauten
			Mit Störsteinen
			Mit Beckenstruktur
	Technische Bauweisen	Fischrampen über einen Teil des Fließquerschnittes	
		Beckenpass	
		Schlitzpass	
Denilpass			
		Mäander-Fischpass	

Abbildung 6-2: Klassifizierung von FAA in Anlehnung an Patt et al. (2011)

Der Rück- bzw. Umbau eines bestehenden Sohlabsturzes zu einer Sohlgleite geht mit der Beseitigung eines großen Gefälles auf sehr kurzer Fließstrecke einher. Während Sohlrampen nach DIN19661-2 ein Gefälle zwischen 1:3 und 1:10 aufweisen, sind Sohlgleiten mit einer Neigung zwischen 1:10 und 1:30 entsprechend flacher ausgestaltet. Sofern es die örtlichen Gegebenheiten zulassen, sind Sohlgleiten durch die größere Verteilung der Energiedissipationen grundsätzlich vorzuziehen. Der Ersatz eines Absturzbauwerks durch eine Sohlgleite bedeutet zum einen eine Annäherung der hydraulischen Verhältnisse an den natürlichen Referenzzustand des Fließgewässertyps der Schunter (siehe Kapitel 4.2).



Eine einzuhaltende Randbedingung ist die Sicherstellung des Zuflusses zur Mühle, um weiterhin die Standsicherheit des holzpfahlgegründeten Gebäudes sicherstellen zu können (siehe Kapitel 3.5.12). Zudem ist die Brasse als Leitfischart zur Bemessung der Fischaufstiegsanlage zu beachten (Kapitel 3.9). Dies bedingt die Einbeziehung der Schunter bis ca. km 8+080, da durch starke Verlandung die erforderlichen Fließtiefen nicht ausreichen. Nach Möglichkeit ist der Funktionszeitraum der Fischaufstiegsanlage mittels der Abflüsse Q30 und Q330 nachzuweisen. Des Weiteren ist der vorhandene Kolk im Unterwasser des Wehres auf Grund seiner ökologischen Bedeutung zu erhalten.

Abbildung 6-3: Raugerinne ohne Einbauten (Quelle: DWA-M 509)

Abbildung 6-3: Raugerinne ohne Einbauten (Quelle: DWA-M 509)

6.2.2 Variantenbetrachtung

Im Rahmen der Planung wurden umfangreiche Untersuchungen und Vorbemessungen der aufgeführten Varianten bzw. Alternativen durchgeführt und auf ihre grundsätzliche Eignung geprüft, um diese anschließend gegeneinander abzuwägen und eine Vorzugsvariante herauszuarbeiten.

Die Variantenuntersuchung erfolgte dabei unter Berücksichtigung der örtlichen topografischen, hydraulischen und auch baulichen Restriktionen. Auch die potenziellen Auswirkungen auf die ökologischen Verhältnisse innerhalb der Variantenbetrachtung wurden umfangreich untersucht. Da sich zwischenzeitlich Änderungen bei den zur Verfügung stehenden Flächen ergeben haben, werden die Alternativen nun erneut miteinander verglichen.

6.2.2.1 Raugerinne innerhalb des Schunterbetts

Raugerinne ohne Einbauten

Ein einfaches Raugerinne ohne Einbauten (siehe Abbildung 6-3, /34/) als Sohlgleite erfordert grundsätzlich im Vergleich zu anderen Ausführungsformen einen geringeren planerischen sowie gestalterischen Aufwand. Zudem bietet diese Gestaltungsform den Vorteil einer begrenzten Anfälligkeit für Verklausungen, was diese Bauart in der laufenden Unterhaltung deutlich reduziert, sofern die Bemessung des Sohlmaterials entsprechend korrekt erfolgte.

Allerdings sind in der Regel zur Einhaltung der fischspezifischen hydraulisch energetischen Grenzwerte aufgrund der Charakteristik ohne jegliche Einbauten sehr geringe Gefälleverhältnisse notwendig, welche sehr große Anlagelängen zum Gefälleabbau erforderlich machen. Weil innerhalb der Anlage keine Ruhezone vorhanden sind, sind Anlagen mit einer Länge von mehr als 25 m in aufgelöster Bauart zu errichten, welche die ohnehin erhebliche erforderliche Gesamtlänge abermals erhöht. Ohne Einbauten müsste auf gesamter Länge eine Niedrigwasserrinne angelegt werden.

Um die Wasserspiegel im Oberwasser für den Abschlag zur Mühle aufrecht zu erhalten und ohne den Kolk zu überbauen, müsste die Sohlgleite im Unterwasser des Kolkes beginnen. Dies bedingt einer sehr große Baulänge und Anhebung der Sohle, mit Auswirkungen auf die Hochwasserneutralität als auch auf die Baukosten.

Durch die Kombination aus einem großen Gefälle zwischen Ober- und Unterwasserstand, der Erhaltung der Wasserstände im Oberwasser und der verhältnismäßig geringen Abflüsse ist die Realisierung der ökologischen Durchgängigkeit ohne Einbauten nur mit sehr hohem Aufwand mit entsprechenden Auswirkungen möglich, sodass diese Variante nicht weiterverfolgt wird.

Raugerinne mit Störsteinen

Ein Raugerinne mit Störsteinen führt gemäß Berechnungen und Erfahrungen ähnlich gelagerter Projekte insbesondere bei geringen Abflüssen entgegen der Erwartung tendenziell eher zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit als zu einer Verringerung, so dass die Problematik der Überschreitung von fischspezifischen Grenzwerten für die Brassen wie Mindesttiefe und Fließgeschwindigkeit damit nicht gelöst werden kann. Die dämpfende Wirkung der Störsteine kommt dabei erst bei größeren Abflüssen zur Entfaltung. Zudem würde ein massiver Einbau von großen Störsteinen notwendig. Hinzu kommen die in der vorherigen Variante genannten Restriktionen, welche zu einem sehr hohen Aufwand mit den genannten negativen Auswirkungen führen. Daher wird auch diese Variante nicht weiterverfolgt.

Raugerinne mit Beckenpassstruktur

Zum Abbau verhältnismäßig großer Wasserspiegeldifferenzen bei begrenzt verfügbaren Abflüssen und Platzangebot eignen sich erfahrungsgemäß Raugerinne mit Beckenpassstrukturen, welche das Gefälle sukzessive über einzelne Becken und Riegelstrukturen abbauen. Dabei werden die dabei auftretenden energetischen Vorgänge (Turbulenzen) begrenzt und ermöglichen somit die Passierbarkeit auch für schwimmschwächere Fische und Makrozoobenthos. Der erste Riegel würde an der Stelle des bisherigen Wehres errichtet werden und somit die Oberwasserstände wie im Ist-Zustand halten. Allerdings ist bei Raugerinnen mit Beckenstrukturen konstruktionsbedingt der bauliche Aufwand höher einzustufen und auch die Gefahr einer Verklauung der Riegel mit Treibgut und Geschwemmsel erfordern ein höheres Maß der Gewässerunterhaltung. Diese Variante stellt eine Lösung dar, die eine ökologische Durchgängigkeit realisieren kann. Der staubeeinflusste Bereich im Oberwasser würde jedoch nicht verkleinert, sodass diese Lösung als Minimalvariante zu betrachten ist. Da zudem die Riegel von Seiten der Naturschutzverbände als zu technisch angesehen werden, wird diese Lösung nicht weiter betrachtet.

6.2.2.2 Ausleitung des Mühlengrabens südlich der BAB 2

Eine Möglichkeit zur Erhaltung des Wasserstandes im Mühlengraben bei gleichzeitiger Dynamisierung der Fließvorgänge in der Schunter wäre die Ausleitung des Mühlengrabens im Beginn des rückstaubeeinflussten Bereichs des Wehres (etwa bei Kilometer 9+300). Als problematische Zwangspunkte stellen sich bei dieser

Alternative insbesondere die Bereiche der Fußgängerbrücke und der Autobahnbrücke dar, da hier die Durchführung von zwei getrennten hydraulischen Gerinnen erforderlich würde. Die Ausleitung zum Mühlengraben müsste durch das jeweils rechte Brückenfeld erfolgen, was insbesondere im Bereich der Fußgängerbrücke einige konstruktive Schwierigkeiten bereiten würde. Zudem existieren mehrere Leitungen die gekreuzt werden, sodass möglicherweise Leitungsumverlegungen notwendig werden. Ein weiteres konstruktiv zu lösendes Problem wäre die Anbindung bzw. Dükerung des von Osten kommenden Entwässerungsgrabens. Innerhalb des Gerinnes müssen dauerhafte Einbauten vorgesehen werden, da ohne Einbauten die erforderlichen Fließtiefen nicht eingehalten werden können.

Bei dieser Variante würde der Lauf der Schunter im jeweils mittleren Brückenfeld verbleiben. Neben den hohen Baukosten für die Schaffung eines parallel zur Schunter verlaufenden Gerinnes würde sich durch diese Maßnahme der spätere Unterhaltungsaufwand entsprechend vergrößern. Für die Führung des Mühlengrabens rechtsseitig der Schunter stehen die benötigten Flächen Dritter zur Verfügung, vorbehaltlich einer vertraglichen Einigung. Bei dieser Alternative sind im Vergleich höhere Baukosten zu erwarten. Diese Lösung führt zu einer Annäherung der in der Schunter vorherrschenden Verhältnisse an den Referenzzustand, so dass aus ökologischer Sicht dieser Lösung der Vorzug gegeben werden sollte.

6.2.2.3 Ausleitung der Schunter südlich der BAB 2

Eine weitere Alternative bestünde in der Möglichkeit die Ausleitung eines Abflussanteils in ein Umgehungsgerinne zwischen Fußgängerbrücke und Autobahnbrücke (etwa bei Kilometer 8+600) linksseitig der Schunter zu realisieren. Die Herstellung eines ökologisch durchgängigen Gerinnes unter Berücksichtigung der Anforderungen gemäß /34/ ist mit den Restriktionen des begrenzten Wasserdargebots auf der betrachteten Länge nicht möglich, da die erforderlichen bzw. zulässigen Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten nur mit einem sehr kleinen und sehr langen Gerinne erreichbar wären. Alternativ wäre auch hier der Errichtung von Einbauten möglich, um die Wasserstände Beckenartig anzustauen und somit die erforderlichen Fließtiefen zu erzielen. Bei dieser Variante würde keine wesentliche Dynamisierung der Fließvorgänge in der Schunter erzeugt, da die Ausleitung in relativer Nähe zum bestehenden Wehr erfolgen würde und der Rückstaubereich nur auf einer relativ geringen Länge reduziert werden würde. Zudem ist mit einem deutlich höheren Kostenrahmen zu rechnen, da Nadelöhre durch Wegeverbindungen, den Düker, das sehr geringe Platzangebot in den jeweils linken Brückenfeldern und die vorhandene HWE bestehen, die aufwendige technische Lösungen bzw. Umbauten erfordern. So lässt diese Variante keine Vorteile im Sinne der Zielstellung des Projekts und des zur Verfügung stehenden Kostenrahmens erkennen.

6.2.3 Vorzugslösung

Wie in den vorigen Kapiteln dargestellt, eignet sich die Lösung mittels Errichtung eines parallelen Ausleitungsgerinnes am besten, da sich so auf einer langen Strecke innerhalb der Schunter ein naturnäherer Zustand erzielen lässt und die übrigen Restriktionen eingehalten werden können.

In der Schunter wird hierzu an km 9+211 am rechten Ufer ein neues Gerinne angelegt, in welches das Schunterwasser anteilig abgeschlagen und in Richtung Mühlengraben abgeleitet wird. Um den zu erwartenden Verlusten auf Grund des langen Fließweges und der gewählten Ausbauf orm zu begegnen, wird eine diagonale Grundschwelle in der Schunter bei km 9+196 errichtet, welche die Wasserstände zusätzlich leicht anhebt (siehe Anlage 10). Da das Wehr zurückgebaut wird, sinken folglich die Wasserspiegel. Dies würde wie zuvor beschrieben zu einer Unterschreitung der erforderlichen Fließtiefe für die Bemessungsfischart Brasse führen,

sodass die Errichtung weiterer diagonaler Grundswellen notwendig wird. Um eine ökologische Durchgängigkeit zu erzielen, werden die diagonalen Grundswellen bis km 8+097 errichtet und in Teilbereichen Anpassungen an der Sohle vorgenommen. So wird die Sohle in Teilbereichen vertieft bzw. um eine Niedrigwasserrinne ergänzt. Da die Abflussprofile in Abhängigkeit der vorhandenen Gewässerbreite stark differieren, sind die diagonalen Grundswellen untergliedert zu errichten, sodass die Differenz der Wasserspiegel zwischen Ober- und Unterwasser nicht zu groß wird (siehe Anlage 9). So werden auf einer Länge von 1.099 m bei MQ ca. 1,44 m Wasserspiegelunterschied abgebaut.

6.2.4 Sohlstabilität der diagonalen Grundswellen

Um eine langfristige Lagestabilität des verwendeten Sohlmaterials im Bereich der diagonalen Grundswellen zu gewährleisten, ist das Sohlmaterial derart zu bemessen, dass dieses gegen die zu erwartenden Schleppspannungen ausreichend lagestabil ist. Unter Schleppspannung oder auch Schubspannung versteht man auftretende Scherkräfte, welche zwischen dem strömendem Fluid und der Wandung, in diesem Falle dem darunter befindlichen Sohlmaterial, auftreten und durch die Viskosität des Mediums übertragen werden.

Sofern die maximalen zu erwartenden Fließgeschwindigkeiten ($v_{max.}$) für die verschiedenen Lastfälle im Bereich der diagonalen Grundswellen unterhalb der kritischen Fließgeschwindigkeit ($v_{crit.}$) des verwendeten Sohlmaterials liegen, liegt eine ausreichende Sohlstabilität vor.

Für die insgesamt 20 geplanten diagonalen Grundswellen wurde im hydraulischen Modell für jeden Lastfall die höchste auftretende Fließgeschwindigkeit ausgelesen, so dass bei diesen die maximalen Schleppspannungen zu erwarten sind. Diese Fließgeschwindigkeiten sind in der Tabelle 6-1 den kritischen Fließgeschwindigkeiten ($v_{crit.}$) und dem einzusetzenden Sohlmaterial gegenübergestellt /35/.

Tabelle 6-1: Übersicht der zu erwartenden und kritischen Fließgeschwindigkeiten für verschiedene Abflüsse

Lastfall	$v_{max.}$ [m/s]	$v_{crit.}$ Mittelkies, 6,3,...20 mm [m/s]	$v_{crit.}$ Grobkies, 20...63 mm [m/s]	$v_{crit.}$ Flussschotter, 50...100 mm [m/s]
MNQ	1,14	0,8 bis 1,25	1,25 bis 1,60	1,70 bis 2,0
Q80	1,22	0,8 bis 1,25	1,25 bis 1,60	1,70 bis 2,0
MQ	1,70	0,8 bis 1,25	1,25 bis 1,60	1,70 bis 2,0
HQ5	1,70	0,8 bis 1,25	1,25 bis 1,60	1,70 bis 2,0
HQ100	1,70	0,8 bis 1,25	1,25 bis 1,60	1,70 bis 2,0

Aus der obigen Tabelle wird ersichtlich, dass die maximal zu erwartenden Fließgeschwindigkeiten von 1,70 m/s unterhalb der kritischen Fließgeschwindigkeit für Flussschotter mit einer Korngröße von mehr als 50 mm liegen und somit das Stabilitätskriterium erfüllt wird, so dass diese Körnung als Hauptbestandteil zur Sohlherstellung im Bereich der diagonalen Grundswellen zur Anwendung kommen soll. Für das Vorhaben ist jedoch auch die Beimischung von kleineren, gewässertypischen Mittel- und Grobkiesen vorgesehen, sodass im Rahmen von fließgewässertypischen dynamischen Prozessen mit Umlagerungen von Sohlmaterial und Sedimenten in gewissem Maße – insbesondere nach Hochwasserereignissen - zu rechnen ist. Dies kann bedarfsgerechte Begutachtungs- und Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich machen. Grundsätzlich ist der Einsatz von gewässertypischen, rundkörnigen Kiesen und Steine glazifluvialer Herkunft aus lokalen Sand- bzw. Kieswerken vorgesehen.

6.3 Ausleitungsgerinne

Das vorgenannte Ausleitungsgerinne zur Sicherstellung des Zuflusses zum Mühlengebäude wird im rechten Vorland errichtet. Hierzu wird ein Graben hergestellt, der an der Sohle ca. 1 m breit ist und mit Böschungsneigungen von 1:2 ausgebildet wird. Es wird am Beginn des Grabens ein Treibgutabweiser eingebaut, sodass der Eintrag von Treibgut in den Graben minimiert wird. Es werden 3 Überfahrten für die Aufrechterhaltung der Zugänglichkeit und Unterhaltung der ansonsten durch den Graben abgeschnitten Flächen errichtet. Um die hydraulischen Verluste so gering wie möglich zu halten, werden Rahmenrechteckdurchlässe mit den lichten Abmessungen von 1,9 m Breite, 1,2 m Höhe und 3 m Länge errichtet, sodass ein Freispiegelabfluss bei MQ-Abfluss gegeben ist.

Ab km 8+841 ist der Verlauf durch das derzeitige Schunterbett geplant, da in diesem Bereich voraussichtlich keine Flächen im rechten Vorland zur Verfügung stehen. Bei km 8+860 verläuft das Gerinne auf ca. 30 m Länge ebenfalls in den bereits beschriebenen Rahmenrechteckdurchlässen. Dabei wird das rechte Brückenfeld der Fußgängerbrücke südlich der BAB 2 unterquert (siehe Anlage 9). Daran anschließend erfolgt der Ausbau des Ausleitungsgerinnes wieder als offenes Gerinne. Zwischen der Fußgängerbrücke und der Brücke der BAB 2 besteht bereits ein Grabenprofil, welches ertüchtigt wird. Ein querender Graben südlich der BAB 2 wird mittels eines Sonderbauwerks gefasst und zum bestehenden Düker geleitet. Das Ausleitungsgerinne verläuft weiter in Richtung Norden und kreuzt den Entwässerungsgraben des RRB nördlich der BAB 2 bei km 8+485. Dieser wird an das Ausleitungsgerinne angeschlossen und der ehemalige Zulauf in die Schunter wird verschlossen. Das Ausleitungsgerinne mündet nach ca. weiteren 50 m in den bestehenden Mühlengraben. Um den Rückfluss in die Schunter an dieser Stelle zu vermeiden, wird der Mühlengrabenabzweig ebenfalls verschlossen und im Prallhangbereich der Schunter mit Wasserbausteinen gegen Erosion gesichert. Um die Abflussleistung in Richtung Mühlengebäude zu erhöhen, wird die Sohle beräumt.

6.4 Anpassung Wegehöhen südlich BAB 2

Der vorhandene Fußgängerweg zwischen der Brücke BAB 2 und der Fußgängerbrücke südlich der BAB 2 am linken Ufer der Schunter soll zur künftigen Vermeidung der häufig auftretenden Vernässungen auf rund 43,5 m Länge angehoben werden. Durch die Angleichung der Wegehöhen an den anschließenden Bestand wird somit die dauerhafte Nutzung des Weges verbessert.

Die angrenzenden Wegehöhen betragen ca. 68,55 m NHN und in der Senke ca. 68,25 m NHN. Das vorhandene Material wird aufgenommen und seitlich gelagert. Die Fehlhöhen werden mittels zu liefernder



Abbildung 6-4: Weg am linken Ufer entgegen Fließrichtung Schottertragschicht aufgefüllt. Auf dem neu hergestellten Planum wird der Wegeaufbau mittels des seitlich lagernden Aushubs und weiteren zu liefernden Mengen hergestellt. Die Wegebreite wird zusätzlich von derzeit ca. 1,2 m auf 1,5 m vergrößert und passt sich somit in den anschließenden Bestand ein. Dabei wird die Oberkante (68,55 m NHN) mit leichtem Gefälle 2 % zur Schunter hin ausgeführt, um eine zügige Entwässerung zu gewährleisten.

6.5 Anlegen von Altarmen

Durch die Schaffung von Altarmen in der Aue werden Strukturen geschaffen, welche derzeit nicht vorhanden sind (vgl. Maßnahme 8.2 /32/). Altarme stellen demnach das jüngste Entwicklungsstadium einer alle Sukzessionsphasen der Altgewässerentwicklung durchlaufenden Entwicklung dar. Die Gerinne werden sohlgleich angeschlossen und sind nur von Unterwasser bespannt. Die Altarme werden mit wechselnden Querschnitten hergestellt, um möglichst naturnahe Uferböschungen mit Prall- und Gleithangbereichen zu schaffen. In Bereichen mit hoher Uferrehne wird ein Durchstich geschaffen, um das Ausuferungsvermögen weiter zu verbessern.

In folgenden Teilbereichen der Schunter ist der Anschluss von Altarmen vorgesehen:

- km 11+028 am linken Ufer, auf ca. 70 m Länge, Schlitzung der Uferrehne (vgl. Maßnahme 8.5 /32/)
- km 10+285 am rechten Ufer, ca. 43 m lang
- km 9+346 am rechten Ufer, ca. 90 m lang, Schlitzung der Uferrehne (vgl. Maßnahme 8.5 /32/)

Die Abmessungen der herzustellenden Profile betragen 2 m Breite an der Sohle und Böschungsneigungen von 1 : 2 und flacher (siehe Anlage 9). Zusätzlich werden die in Kapitel 6.14 näher benannten Strukturelemente zur Verbesserung der Gewässerstruktur eingebaut.



Abbildung 6-5: Beispiel Ausbaubreite eines Altarms (hier Initialgerinne an der Wabe)

6.6 Umverlegung der Schunter

Die Schunter soll in Teilabschnitten umverlegt werden und führt so zu einer Laufverlängerung (vgl. Maßnahme 1.2 /32/). Mittels der Errichtung von Querbauwerken im Schunterprofil wird der bisherige Fließquerschnitt bis zur Wasserstandshöhe des Ist-Zustandes bei MQ verschlossen. Bei geringen Abflüssen werden die alten Schunterabschnitte nur vom Unterwasser aus gespeist, wodurch sie temporär zu Altarmen werden. Die Hochwasserneutralität soll dabei gewahrt bleiben.

In folgenden Schunterabschnitten ist die Umverlegung vorgesehen

- km 10+989 bis km 10+687 am linken Ufer, ca. 365 m lang
- km 10+599 bis km 10+415 am linken Ufer
- km 9+826 bis km 9+712 am rechten Ufer

Bei dem letztgenannten Abschnitt wird abweichend vom vorherig beschriebenen Vorgehen der bisherige Schunterverlauf bis zur GOK verfüllt und mit Kleinstgewässern (siehe Kapitel 6.11 und Anlage 9) modelliert.

Die Sohle wird in den neuen Abschnitten mit einer Breite von 4 m und pendelndem Stromstrich sowie Böschungsneigungen von ca. 1 : 2 und flacher hergestellt. Durch den zusätzlichen Einbau von Strukturelementen (Kap. 6.14) werden diese neu hergestellten Gerinne ökologisch aufgewertet und initiieren zudem die eigendynamische Entwicklung.

Im Abschnitt zwischen km 8+841 bis km 8+642 am linken Ufer wird die Schunter mit einer im Ist-Zustand vorhandenen Gewässerbreite verlegt, um genug Abflusskapazitäten für einen hochwasserneutralen Abfluss zu erzielen, da bereits im Ist-Zustand im Unterwasser die Fußgängerbrücke südlich der BAB 2 und die Brücken der BAB 2 als Nadelöhre vorhanden sind.



Abbildung 6-6: Beispiel Ausbaubreite Umverlegung an der Wabe



Abbildung 6-7: Beispiel an der Schunter bei Harxbüttel, hier renaturierter Abschnitt bei einem Hochwasserereignis, (Quelle: Stadt Braunschweig)

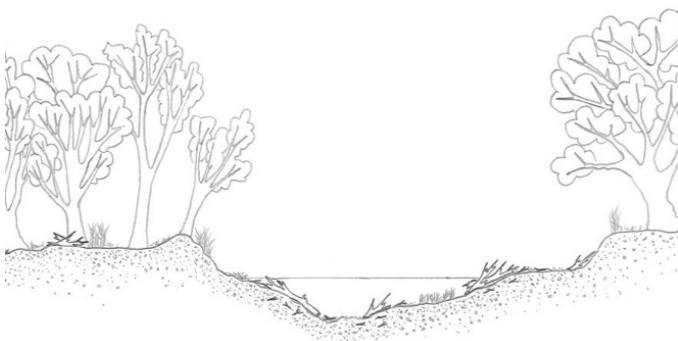


Abbildung 6-8: Regelquerschnitt eines natürlichen Flusslaufs mit Prall- und Gleithangstrukturen /31/

6.7 Querbauwerke

Für die im südlichen Planungsbereich gelegenen Umverlegungsstrecken ist an deren Zulauf der Einbau von Querbauwerken in der Schunter vorgesehen. Vor Errichtung der Querbauwerke wird der Schlamm an der Sohle ausgebaut und in den Aussichtshügeln eingebaut. Danach erfolgt der Einbau von gewonnenem tragfähigem Erdaushub aus dem Bereich der Gewässerumverlegungsstrecken. Als Erosionsschutz werden Wasserbausteine LMB 40/200 in Setzpack eingebaut und in die bestehenden Böschungen eingebunden (siehe Anlage 9).

Die als Überlaufschwelle fungierenden Querbauwerke sind so dimensioniert, dass sie im Mittel in etwa der Hälfte der Tage im Jahr überströmt werden. Die unterhalb liegenden Schunterabschnitte werden somit abflussabhängig regelmäßig durchflossen und ansonsten von Unterwasserseite aus rückgestaut, sodass sie immer mit Wasser bespannt sein werden.

6.8 Rückbau Ufersicherung

Im Bereich von km 8+920 bis km 8+820 ist der Rückbau von Uferbefestigungen vorgesehen. Es ist nicht genau bekannt, welche Art von Befestigung vorhanden ist, es wird jedoch von eingebauten Wasserbausteinen ausgegangen. In diesem Fall ist der Einbau als Strömunglenker (siehe Kap. 6.13) am rechten Ufer vorgesehen, sodass das ausgebaute Material nicht entsorgt werden muss. Sollten bei den Rückbauarbeiten andere Baumaterialien vorgefunden werden (z.B. Betonplatten), sind diese einer Verwertung zur Entsorgung zuzuführen.

6.9 Gewässeraufweitung in der Schunter

Zur Förderung gewässertypischer Überflutungen und Initiierung weiterer Laufstrukturen wird an km 11+060 einseitig die Gewässerböschung am rechten Ufer abgeflacht und das Gewässer somit aufgeweitet (siehe Maßnahme 8.1 /32/, Darstellung in Anlage 9). Da eine Aufweitung mit einer Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit die Wahrscheinlichkeit von Verlandungserscheinungen erhöht, wird das Ufer nur oberhalb des MQ-Wasserspiegels abgeflacht. In diesen Bereichen werden zusätzliche Strukturelemente wie Totholz und Kies eingebaut.

6.10 Anpassung der Sohlhöhen

Zwischen km 9+600 bis km 9+690 befinden sich Einbauten und Auflandungen in der Sohle, die einen stauenden Effekt auf den Abfluss haben. Es ist geplant, diese zu entfernen und ggf. zu entsorgen. Dies wird sich zudem positiv auf die Wasserstandshöhen auswirken, da die Abflusskapazität an diesen Stellen verbessert wird.

6.11 Anlegen von Kleinstgewässern

In Anlehnung an die im Projektgebiet vorhandenen Gewässerstrukturen in der Aue ist in einigen Bereichen die Neuanlage von kleinen Stillgewässern vorgesehen (vgl. Maßnahme 8.2 /32/). Diese sollen sich zu künftigen Habitaten bzw. Laichgewässern von Amphibien entwickeln und somit auentypische Lebensräume schaffen.

Es sind Ausbautiefen bis ca. 1,5 m - 2 m mit Böschungsneigungen zwischen 1:2 bis 1:10 geplant. Hierbei werden Flachwasser- als auch Tiefwasserzonen ausgebildet. Diese werden der Sukzession überlassen. In Niedrigwasserzeiten werden diese durch das Grundwasser gespeist, welches in direkter hydraulischer Verbindung mit dem Wasserstand der Schunter steht (siehe Kap. 3.12). Durch die geplante häufigere Überflutung

der Aue mittels der Anlage von Gewässerumverlegungen ist zudem die Kommunikation zwischen den Stillgewässern und der Schunter sichergestellt (funktioneller Ersatz von Altwässern).

6.12 Reaktivierung von Altwässern

Innerhalb des Projektgebietes sind mehrere Kleingewässer vorhanden, die jedoch stark verlandet sind. Durch die geplante Entschlammung der Altwässer 20 C und 21 C sollen nach Entwicklung der entsprechenden Pflanzengesellschaften wieder neue Habitate für z.B. die Knoblauchkröte geschaffen werden (vg. Maßnahme 8.3 /32/).

6.13 Instream River Training

Unter Instream River Training sind Maßnahmen zu verstehen, die innerhalb des Gewässerprofils umgesetzt werden und Auswirkungen auf die Stabilität der Böschungen und Sohle haben sowie die Eigendynamik initiieren können. Dabei werden Einbauten verwendet, die bereits bei Niedrigwasser überströmt werden.

So sollen große abgerundete Wasserbausteine zu bogenförmig angeordneten Sohlriegeln errichtet werden, welche die Strömung zur Gewässermittle leiten (siehe Anlage 9). Die Zwischenräume werden mit rundkörnigem Kiesgemisch aufgefüllt.

Als weiteres Element zur Böschungssicherung werden Lenkbuhnen aus Wasserbausteinen errichtet, die etwas aus der Sohle herausragen und eine diagonale Oberkante erhalten (vergleichbar mit diagonalen Grundschwellen, jedoch nicht auf gesamter Gewässerbreite und kaum wasserstandbeeinflussend). So stellen sich bei unterschiedlichen Wasserständen verschiedene Abflussquerschnitte ein.

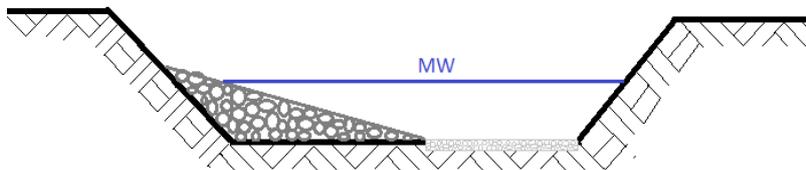


Abbildung 6-9: Skizze einer Lenkbuhne im Querschnitt

6.14 Einbau von Strukturelementen

Zur Verbesserung der Strukturvielfalt sollen Strukturelemente vorrangig aus gewonnenem Totholz (vgl. Maßnahme 5.2 /32/) sowie Kies an der Sohle eingebaut werden.

Der Abstand der einzelnen Einbauten entspricht in etwa der 5 bis 7-fachen Sohlbreite des Bestandsprofils, im Schnitt ca. 60 m.

Der Einbau von Strukturelementen in die bestehende Schunter richtet sich in Teilbereichen nach der Erreichbarkeit und wird im Zuge der vertraglichen Sicherung von Befahrungsrechten bis zur Ausführungsplanung weiter ausgeplant.

6.14.1 Totholzbuhnen

Totholzbuhnen werden in die Böschung diagonal zur Fließrichtung eingebaut und dienen vorrangig als Strömungslenker.

Buhnen, die überströmt werden, lenken die Strömung ab, sodass je nach Einbau in (deklinant) oder entgegen (inklinant) der Fließrichtung entsprechende Erosionen der Böschungen vermindert oder forciert werden können. Die Stämme werden in die Böschung eingebunden und zusätzlich mittels Holzpfählen gegen Abdriften gesichert. Die Oberkante wird auf Höhe des Wasserstandes bei MNQ hergestellt, sodass ein Überströmen bei Abflüssen größer MNQ stattfindet. Es wird ebenfalls Kies an der Sohle eingebaut.



Abbildung 6-10: Beispiel einer Totholzbuhne

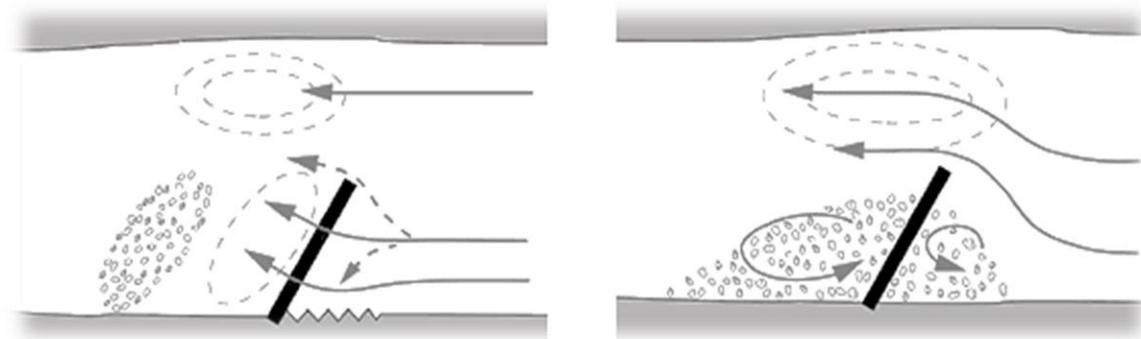


Abbildung 6-11: Inklinanter Einbau von Totholzbuhnen, links überströmt, rechts umströmt

Zur Lenkung der Strömung in die Gewässermittle ist in einigen Bereichen der Einbau von Totholzbuhnen an beiden Ufern vorgesehen. Diese Trichterbuhnen sorgen für verminderte Erosionserscheinungen an den Böschungen in Bereichen, in denen Bauwerksfundamente oder Versorgungsleitungen liegen. Zudem bilden die Buhnenfelder Ruhewasserzonen, die wiederum von Fischen als Habitate besiedelt werden.

6.14.2 Dreiecksbuhnen

Dreiecksbuhnen aus Totholz werden mit Aushub hinterfüllt und wirken als Strömungshindernis querschnittsverengend. An der Sohle wird zudem Kies eingebaut. Durch die sich einstellenden höheren Fließgeschwindigkeiten wird der Kies dauerhaft von Feinsedimenten freigespült. Zudem wird die Strömung auf das gegenüberliegende Ufer gelenkt, sodass dort langfristig mit einer Laufverlagerung des Flussbettes zu rechnen ist. Im Fließschatten finden Kehrströmungen statt, die u.a. zur Kolkbildung führen.

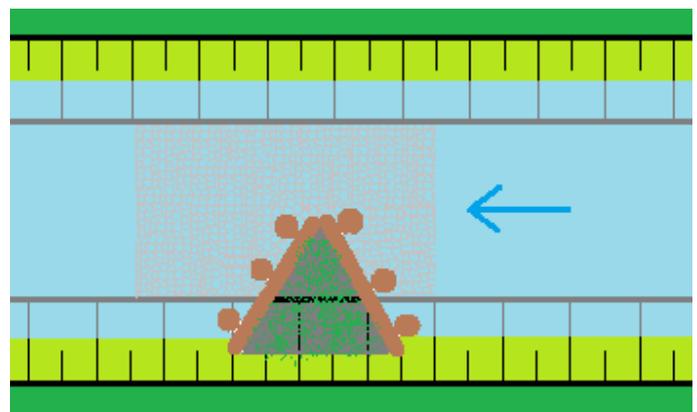


Abbildung 6-12: Skizze einer Dreiecksbuhne in der Draufsicht

6.14.3 Wurzelstubben

Wurzelstubben werden an den Böschungen im Bereich der wechselnden Wasserspiegel eingebaut und mit Holzpfählen gesichert. Hierdurch bieten sie Fischen und Makrozoobenthos Unterstände u.a. als Schutz vor Fressfeinden, Reproduktionsort oder Nahrungsquelle. Sie wirken ebenfalls querschnittverengend und tragen zur Strömungsvielfalt bei.



Abbildung 6-13: Wurzelstube nach Einbau

6.14.4 Raubäume

Im Zuge der notwendigen Baumfällungen werden geeignete Bäume ausgesucht, die in Gänze zu roden sind. Diese werden in der Böschung verankert und ragen in das Gewässerprofil hinein. Sie erfüllen die gleichen Funktionen wie die bereits beschriebenen eingebauten Wurzelstubben, bieten durch ihre Größe jedoch deutlich mehr Potenzial für die eigendynamischen Prozesse im Gewässer.



Abbildung 6-14: Raubbaum nach Einbau

6.14.5 Kieseinbau

Im Bereich des Einbaus von Strukturelementen ist wie zuvor genannt der Einbau von autochthonem Kies an der Sohle vorgesehen (vgl. Maßnahme 5.1 /32/). Hierzu wird das überwiegend schlammige Sohlmaterial bis zu 0,5 m tief ausgekoffert und zu liefernder Kies sohlgleich eingebaut. Durch die querschnittverengende Wirkung der Strukturelemente werden die wichtigen Habitate der Kieszwischenräume durch erhöhte Fließgeschwindigkeiten freigespült.

Die Länge der Kieseinbauten beträgt ca. 5 m.

An mehreren Stellen werden zudem Kiesdepots an den Gewässerböschungen angeschüttet und sollen langfristig von der Schunter umgelagert werden. Diese Depots ermöglichen zudem später den punktuellen Einbau des Kieses, wenn weiteres Material benötigt werden sollte (z.B. bei Unterhaltungsmaßnahmen).

Als Sonderbauform der diagonalen Grundschwelle ist die Errichtung zweier halbkreisförmiger Kiesschüttungen vorgesehen, die versetzt angeordnet der Strömunglenkung dienen sollen. Diese Bauform bedingt erhöhte Wasserspiegel, da sie querschnittsverengend errichtet wird.

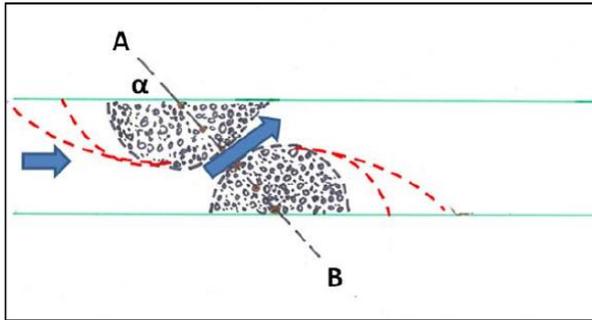


Abbildung 6-15: halbkreisförmige Kiesschüttungen zur Strömunglenkung

6.15 Anlegen von Flutrasen

Zur häufigeren Überflutung der Aue wird im südlichen Planungsgebiet nahe des Aussichtshügels und der Pferdekoppel eine auetypische flache Geländeabsenkung auf eine Höhe von 69,00 m NHN durchgeführt (vgl. Maßnahme 8.2 /32/). Zudem wird ein Initialgerinne errichtet, welches ebenfalls bei höheren Abflüssen wasserführend sein wird. Die Flächen sollen künftig beweidet oder gemäht werden, um ein standorttypisches Grünland mit häufiger Überflutung zu erhalten.

6.16 Verlorener Sandfang

Auf Grund des zu erwartenden erhöhten Sedimentaufkommens nach Fertigstellung der Gewässerverlegungen, werden verlorene Sandfänge an der Sohle errichtet, die ein Verdriften größerer Sedimentmengen in die unterhalb liegenden Gewässerabschnitte vermindern sollen (vgl. Maßnahme 6.3 /32/). Diese verlorenen Sandfänge werden später nicht unterhalten und verlanden im Laufe der Zeit. Hierzu wird die Sohle zusätzlich um ca. 1,0 m ausgekoffert.

6.17 Aussichtshügel

Der während der Maßnahmen gewonnene Erdaushub soll an zwei Standorten eingebaut und zu Aussichtshügeln ausgebaut werden. Die Entsorgung von Erdmassen entfällt somit. Zur besseren Zugänglichkeit soll die Böschungsneigung mit 1:4 und ansonsten mit 1:2 hergestellt werden. Die Gesamthöhe wird für den nördlichen Hügel bis zu 6 m und



Abbildung 6-16: Beispiel eines Aussichtshügels

für den südlichen Hügel 3 m betragen. Auf den südlichen und westlichen Böschungen soll kein Oberboden angebracht werden, sodass sich Magerrasenstandorte entwickeln können. Zur schnelleren Begrünung wird standorttypischer Rasen angesät.

6.18 Zugänge zum Gewässer

Zur Verbesserung der Erlebbarkeit des Gewässers sind zwei Zugänge an den ansonsten zugewachsenen Ufern geplant. Nahe dem Standort der neuen Brücke Butterberg an ca. km 10+396 am linken Ufer sowie nahe der vorhandenen Fußgängerbrücke nördlich der BAB 2 an ca. km 8+322 sind diese Zugänge vorgesehen. Die Lage ist entsprechend so gewählt, dass diese Stellen nahe der vorhandenen Wegeföhrung liegen und eine Sichtachse dorthin besteht. Am Gewässer offenbaren sich dann direkte Sichtlinien zu den Brückenbauwerken, der Uferneubauten aus Totholz bzw. der Fischaufstiegsanlage.



Abbildung 6-17: Beispiel Erlebbarkeit von Gewässern

Hierzu werden die Ufer auf ca. 10 cm über MQ-Wasserstand abgeflacht. Der Boden wird in einer Mächtigkeit von 20 cm mit Sand ausgetauscht. Durch die Freihaltung von z.B. Schilfbewuchs ist eine dauerhafte Zugänglichkeit gegeben. Auf eine Befestigung der Zuwegung wird zur Einsparung der dauerhaften Unterhaltung verzichtet.

6.19 Umweltbildung

Es ist die Errichtung von Informationstafeln und weitere Öffentlichkeitsarbeit vorgesehen, welche die geplante Renaturierung und die Bedeutung der Wiederherstellung einer naturnahen Biotop- und Auenvielfalt vermitteln sollen. Bei der Umsetzung von kleineren Maßnahmen ist die Beteiligung von Schulkindern angedacht. Die Stadt Braunschweig sieht für die Zukunft weitere Maßnahmenprogramme vor, die zur Verbesserung des Verständnisses über die Bedeutung der Wiederherstellung einer naturnahen Biotop- und Artenvielfalt beitragen sollen. Hierzu zählen die Berichterstattung in der örtlichen Presse, Einbindung in die Öffentlichkeitsarbeit der Tourist-Information und des Stadtmarketings, Veröffentlichung von Unterlagen auf der Umweltseite bzw. den Social Media Plattformen der Stadt Braunschweig sowie Führungen durch das Projektgebiet. Diese weiteren Maßnahmenprogramme sind nicht Bestandteil der vorliegenden Planung und werden durch die Stadt Braunschweig organisiert.

6.20 Initialpflanzungen

Im Planungsgebiet wird der typische, jedoch derzeit nur gering ausgeprägte Auwald an geeigneten Stellen durch Initialpflanzungen ergänzt (vgl. Maßnahme 4.1 /32/). Zudem ist eine gewässerbegleitende Anpflanzung in Teilbereichen vorgesehen (vgl. Maßnahme 4.2 /32/). Hierzu sollen Bäume gepflanzt und nach Sicherstellung des Anwuchses (u.a. Pflegejahre, Verbisschutz) der Eigenentwicklung überlassen werden. Mit dieser Maßnahme können eine teilweise Gewässerbeschattung sowie die Schaffung neuer Lebensräume realisiert werden. Dabei soll standorttypisches Pflanzmaterial (u.a. Eichen und Hainbuchen) verwendet werden.

6.21 Errichtung Rehne als Hochwasserschutz

Durch die im südlichen Projektgebiet geplanten neuen Gewässerverläufe wird die vorhandene Verwallung (Uferrehne) am linken Ufer durchstoßen. Da nicht alle angrenzenden Flurstücke im Besitz der öffentlichen Hand sind, ist die Errichtung einer zurückgelagerten Uferrehne vorgesehen. Hierdurch werden die

vorgenannten Flächen vor kleineren Überschwemmungen geschützt, sodass der Schutzgrad im derzeitigen Zustand erhalten werden kann. Die Oberkante wird künftig bei 69,60 m NHN liegen (Details siehe Anlage 9).

6.22 Errichtung von Verwallungen am Flachsrottenweg

Die Bebauung am Flachsrottenweg ist bei Hochwässern von Überflutungen betroffen (vgl. Abbildung 6-18).

Um einen Hochwasserschutz bei HQ_{100} zu erzielen, ist die Errichtung einer bis zu 0,50 m hohen (OK = 69,91 m NHN) jeweils einer ca. 160 m bzw. 70 m langen Verwallung entlang der Straße Flachsrottenweg vorgesehen (vgl. Anlage 9). Damit entfallen künftig Notmaßnahmen wie z.B. Sandsackwälle.



Abbildung 6-18: Hochwasser am Flachsrottenweg 2002

6.23 Fäll- und Rodungsarbeiten

Im Bereich der geplanten Erdarbeiten und teilweise in den Zufahrtswegen werden Baumfällungen erforderlich. Die vorhandenen Bäume sind teils mehrstämmig. Die Stämme sind auf 4,0 m bis 7,5 m abzulängen und für den Wiedereinbau als Totholz vorzusehen. Die Stämme werden teilentastet, sodass die Sicherungen gegen Auftrieb und Abdrift daran befestigt werden können sowie Unterstellmöglichkeiten für aquatische Lebewesen geschaffen werden. Die Spannweite der Stammdurchmesser liegt zwischen 0,2 m bis 1,15 m (im Mittel ca. 0,4 m). Vor Ort lagern bereits einige ganze Bäume, die als Raubäume wieder eingebaut werden können. In Bereichen von Erdbaumaßnahmen sind Wurzelstubben zu roden und für den späteren Einbau an anderer Stelle auszubauen.

Bei den betroffenen Bäumen handelt es sich nicht um kartierte potenzielle Habitatbäume. Das anfallende Totholz ist für den Wiedereinbau als Strukturelement vorgesehen.

6.24 Brückenneubau Im Alten Dorfe

Die vorhandene Brücke Im Alten Dorfe wird zurückgebaut und an gleicher Stelle neu errichtet. Zukünftig wird auch diese Brücke barrierefrei nutzbar sein. Die Planung ist in Anlage 15 dargestellt.

7 Verworfenne Maßnahmen

Nachfolgend werden Maßnahmen beschrieben, die im Fördermittelantrag genannt waren bzw. die im Zuge der Projektabstimmungen mit allen Beteiligten als sinnvoll erachtet wurden. Die Gründe gegen die Ausführung im Zuge dieses Projektes differieren und werden nachfolgend je Maßnahme beschrieben.

7.1 Gewässerentwicklungskorridor

Die in der Studie /1/ ausgewiesene Maßnahme zur Etablierung eines Entwicklungskorridors durch Ankauf und Festsetzung von Flächen wird nicht weiterverfolgt, da ein Flächenkauf bzw. Flächentausch in naher Zukunft nicht erfolversprechend ist. Die zur Umsetzung geplanten Maßnahmen befinden sich somit vollständig auf Flächen der Stadt Braunschweig bzw. öffentlichen Flächen, sodass weitere Flächenankäufe nicht notwendig werden.

7.2 Neuer Anschluss der Ohe

Zu Beginn der Planung sollte untersucht werden, ob ein Anschluss der Ohe an die Schunter südlich der BAB 2 zur Aufhöhung der Wasserstände bei Niedrigwasser ermöglicht werden kann. Im Ergebnis war festzustellen, dass ein Anschluss nahe der Brücke BAB 2 zu einer Wasserstandsaufrhöhung bei MQ von ca. 1 m in der Ohe führen würde. Die Aufhöhung hätte aufstauende Wirkung in den nahezu vollständigen Verlauf der Ohe nach sich gezogen, sodass sich dieser Effekt auch bei den angeschlossenen Regenwassereinflüssen der Stadt fortgesetzt hätte. Die Entwässerungsleistung würde sich demnach entsprechend verringern und möglicherweise zu einer Überlastung des angeschlossenen Kanalnetzes führen. Des Weiteren hätte ein Verschluss des Ohegrabens in Richtung Durchlass unter der BAB 2 erfolgen müssen, um eine Kurzschlussströmung von der Schunter über die Ohe in den Schunteraltarm nördlich der BAB 2 zu vermeiden. Aus vorgenannten Gründen wurde diese Maßnahme verworfen und soll nicht zur Umsetzung gebracht werden.

7.3 Ökologische Durchgängigkeit der Mühle

Die in den Antragsunterlagen genannte Maßnahme zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit am bestehenden Mühlenschuss in den Mühlenkolk ist nun nicht mehr Teil der Maßnahmenplanung. Zum einen ist die Gründung des Mühlengebäudes auf Holzpfählen erfolgt und der bauliche Zustand der Gesamtanlage nur bedingt geeignet, sodass sich ein aufwändiger baulicher Eingriff in den Bestand ergeben würde, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Baukosten. Zum anderen fließt auf Grund der Wasseraufteilung deutlich mehr Wasser innerhalb des Schunterprofils ab, sodass die Lockströmung zur FAA für die auf- und abstiegswilligen Fische und Makrozoobenthos eindeutig auffindbar ist. Um dies weiterhin gewährleisten zu können, ist eine Erhöhung des Abschlags in den Mühlengraben nachteilig, da ansonsten die Mindestanforderungen an die Fischaufstiegsanlage in der Schunter nicht eingehalten werden können.

7.4 Optimierung der Hochwasserentlastung

Nördlich der BAB 2 liegt am linken Ufer der Schunter eine befestigte Überlaufschwelle, die bei Hochwasserereignissen für eine Entlastung über das anliegende Gelände sorgt. Im Planungsprozess wurde geprüft, ob durch das Absenken der linksseitigen Uferbefestigung (Schwelle aus Wasserbausteinen in Beton auf Spundwand) eine Verbesserung der Hochwassersituation, insbesondere zur Entlastung der Straßenzüge „Im alten Dorfe“ und „Flachsrottenweg“ in Rühme, erzielt werden kann. Die Auswirkungen waren rechnerisch so marginal, dass diese Maßnahme, die mit nicht unerheblichen Kosten verbunden wäre, nicht zur Umsetzung kommen soll.

8 Modellaufbau für die hydraulische Nachweisführung

8.1 Ausgangsdaten

Für die Erstellung des hydraulischen Modells der Schunter lagen die nachstehenden Ausgangsdaten vor:

- Hydraulisches Modell der Schunter (Unterlauf) von der Mündung in die Oker bis zum Bienroder Weg aus dem Jahr 2018 (NLWKN, Ermittlung der Überschwemmungsgebiete)
- Hydraulisches Modell der Schunter (Mittellauf) vom Bienroder Weg bis Lehre aus dem Jahr 2018 (NLWKN, Ermittlung der Überschwemmungsgebiete)
- Aktuelle Vermessungsdaten der Schunter von Gewässer-km 8+019 bis Gewässer-km 11+270 /7/
- Aktuelle Vermessungsdaten des Weges an der BAB 2 /9/

- Aktuelle Vermessungsdaten des Mühlengrabens und der Nebengewässer /6/
- Laserscandaten im 1x1 m Raster /5/
- Vermessungsdaten der Schilfflächen der Ohe /8/
- Vermessungsdaten der Hochwasserentlastung im Unterwasser der BAB 2 /10/
- Hydrologie (Abflüsse) der Schunter (siehe Kap. 3.10)

8.2 Hydraulisches Modell für den Ist-Zustand

8.2.1 Modellierung der Flussschläuche

Die Modellierung des Flussschlauches (Fließgewässerquerschnitt, Uferlinien, Querbauwerke und Durchlässe) erfolgte für die oben aufgeführten neu vermessenen Abschnitte der Schunter, des Mühlengrabens sowie der Nebengewässer. Für das Wehr im Unterwasser der BAB 2 lagen ebenfalls aktuelle Vermessungsdaten (Februar 2019) vor, die auf die Geometrie der Schunter übertragen wurden. Die Netzgenerierung des Modellgitters der Flussschläuche erfolgte größtenteils mithilfe des Flussschlauchnetzgenerators bzw. manuell in Form von Viereckelementen, da die genauesten Ergebnisse erzielt werden, wenn die Netzlinien parallel bzw. senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufen.

Die im bestehenden Modell enthaltenen Gewässerabschnitte wurden somit durch die neu modellierten Abschnitte ersetzt.

8.2.2 Aufbau des Modellgitters

Das Berechnungsnetz in der verwendeten Modellsoftware HYDRO_AS-2D besteht aus einem Netzwerk unregelmäßiger Dreieck- (3-Knoten-Element) und Viereckelementen (4-Knoten-Element). Mit diesem Modellgitter werden die Topographie und Parameterverteilung erfasst und die Ermittlung von Fließgeschwindigkeit, Fließrichtung und Wasserstand für alle Knotenpunkte ermöglicht. Besonders wichtig für die Modellbildung ist die genaue Übertragung von topographischen Geländedaten aus dem Höhenmodell auf die Knotenpunkte des Berechnungsnetzes. Für zweidimensionale Strömungsmodelle ist ein Netz anzustreben, dessen Form sich sowohl dem Strömungsverlauf als auch dem Geländeverlauf weitgehend anpasst.

Das bestehende Modellgitter (Schunter Unterlauf, s.o.) wurde übernommen und im Unterwasser auf den erforderlichen Modellumfang gekürzt. Im Oberwasser des Bienroder Weges wurde das Modellgitter mit dem Mittellauf-Modell bis zur Bevenroder Straße ergänzt. Alle Randbedingungen wie Zuläufe, Auslauf und Querbauwerke wurden übernommen bzw. anhand der neuen Datenlage angepasst.

Das Berechnungsgitter besteht aus ca. 377.000 Knoten und ca. 663.000 Elementen.

8.2.3 Aufbau des Höhenmodells

Für die Höhenzuweisung des zu erstellenden 2D-Modellgitters ist ein qualifiziertes Geländemodell notwendig.

Für die Bereiche der Neuvermessung bzw. der Laserscandaten (s.o.) wurden diese Höhen verwendet. Außerhalb dieser Bereiche behielt das vorhandene Berechnungsnetz seine Höhen.

Relevante Strukturen wie die Hochwasserentlastung im Unterwasser der BAB 2 sowie der Weg an der Schunter im Bereich der BAB 2 wurden ebenfalls in das Modell übernommen.

8.3 Hydraulisches Modell für den Plan-Zustand

Für das hydraulische Modell des Plan-Zustands wurde die Planung (vgl. Kap.6) in das hydraulische Modell übernommen. Dies sind:

- Umleitungsgerinne
- Altarme
- Zwei Querriegel hinter den Einlaufbereichen der neuen Umverlegungsstrecken
- Vollverfüllung auf einer Länge von 114 m mit Kleinstgewässern
- Ausleitungsgerinne
- Einbauten zur Strömunglenkung:
 - o Totholzbuhnen
 - o Dreiecksbuhnen
 - o Wurzelstubben
 - o Raubäume
 - o Lenkbuhnen bzw. Sohlriegel
 - o Zwei versetzte halbkreisförmige Kiesschüttungen
- Sohlberäumungen
- Kiesdepots
- Verlorene Sandfänge
- Aufweitung des Abflussquerschnitts an der Schunter
- Anpassung der Wegehöhe südlich der BAB 2
- Rehne im Vorland im südlichen Projektgebiet
- Rückbau des Wehres nördlich der BAB 2
- Errichtung von untergliederten diagonalen Grundswellen auf gesamter Länge der Sohlgleite
- Niedrigwasserrinne in Teilabschnitten
- Brücke Butterberg und Im Alten Dorfe
 - o Rückbau der bestehenden Brücken
 - o Neubau der Brücken
- Aussichtshügel
- Initiale Auwaldbepflanzung
- Verwallungen am Flachsrottenweg

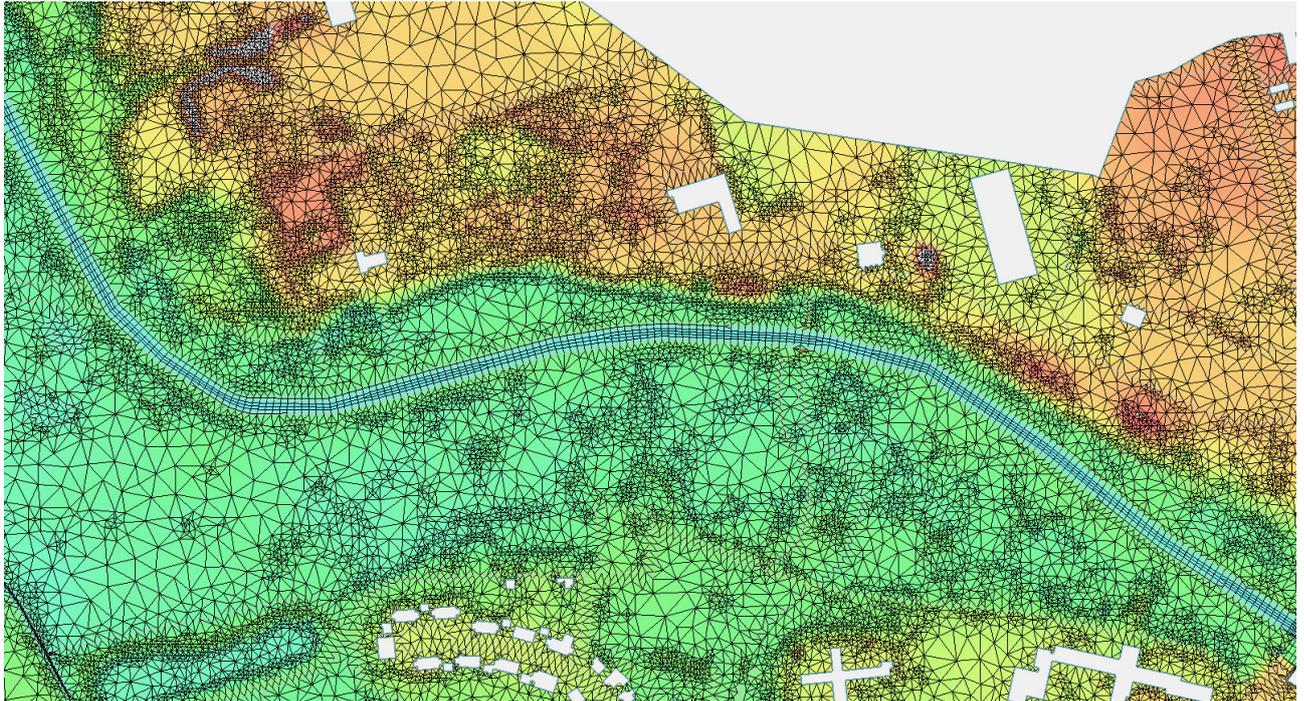


Abbildung 8-1: Ausschnitt des südlichen Planungsgebiets, Modell Ist-Zustand

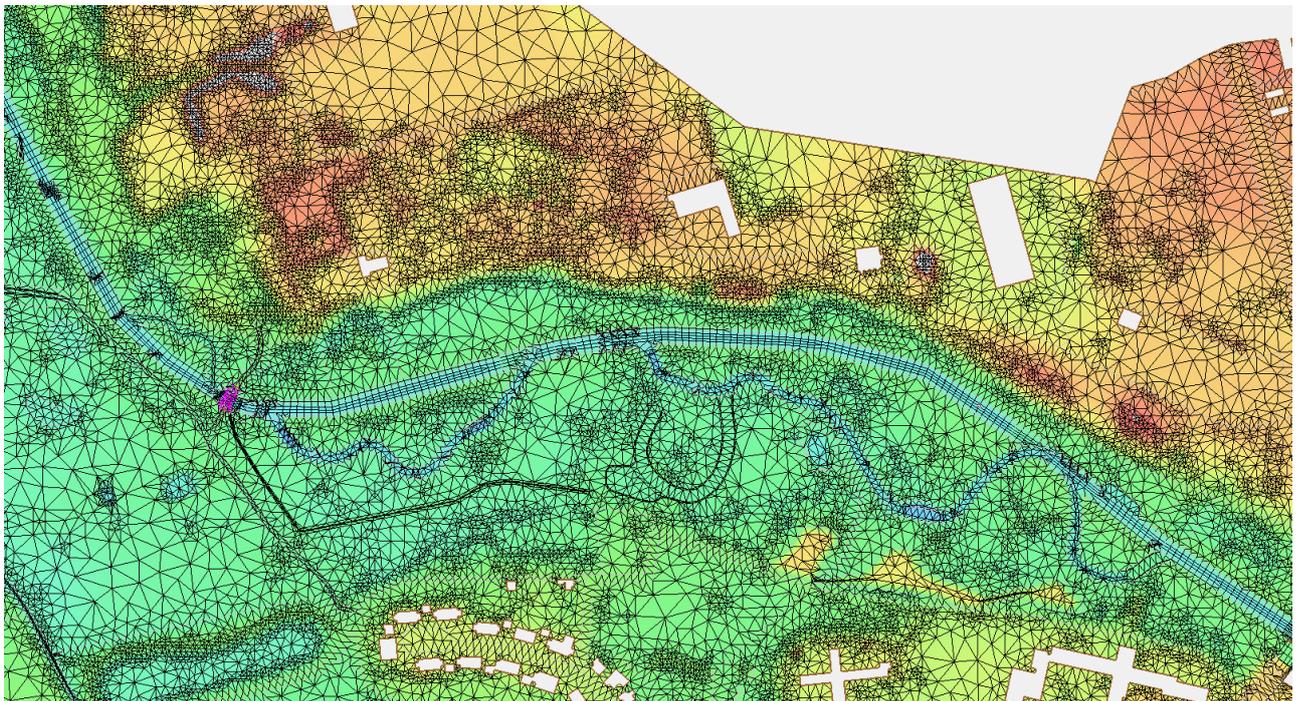


Abbildung 8-2: Ausschnitt des südlichen Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand

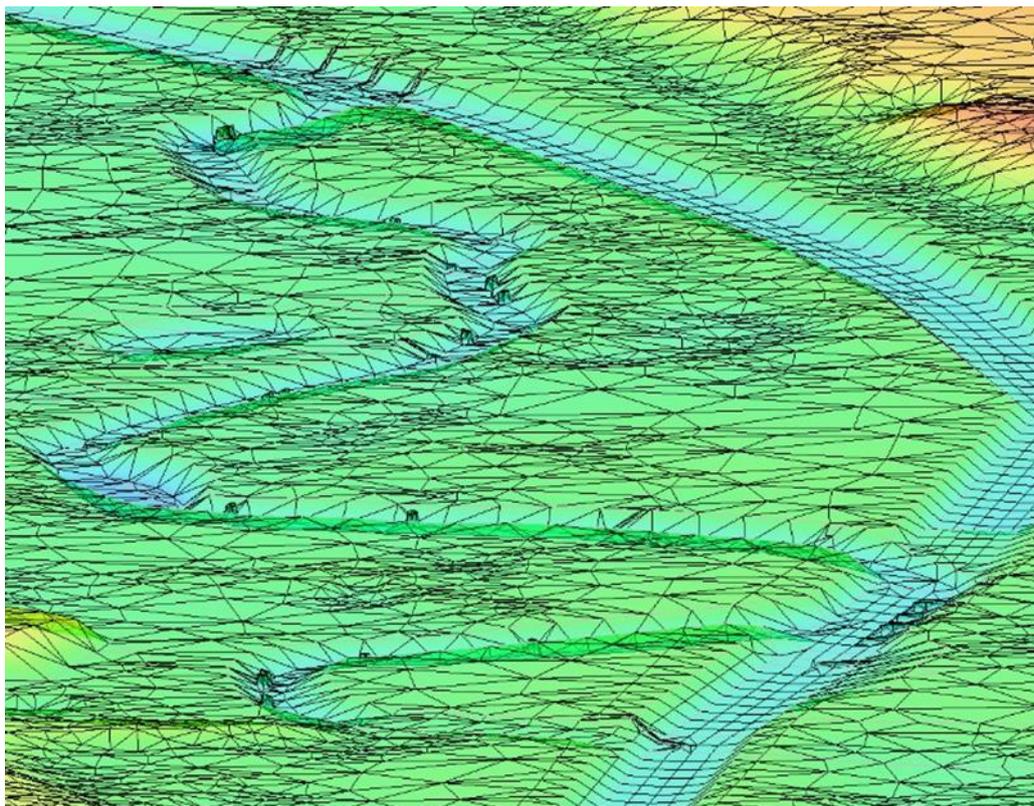


Abbildung 8-3: Ausschnitt des Planungsgebiets, Unterwasser des Bienroder Weges mit Blick ins Oberwasser, Modell Plan-Zustand in 3D-Ansicht

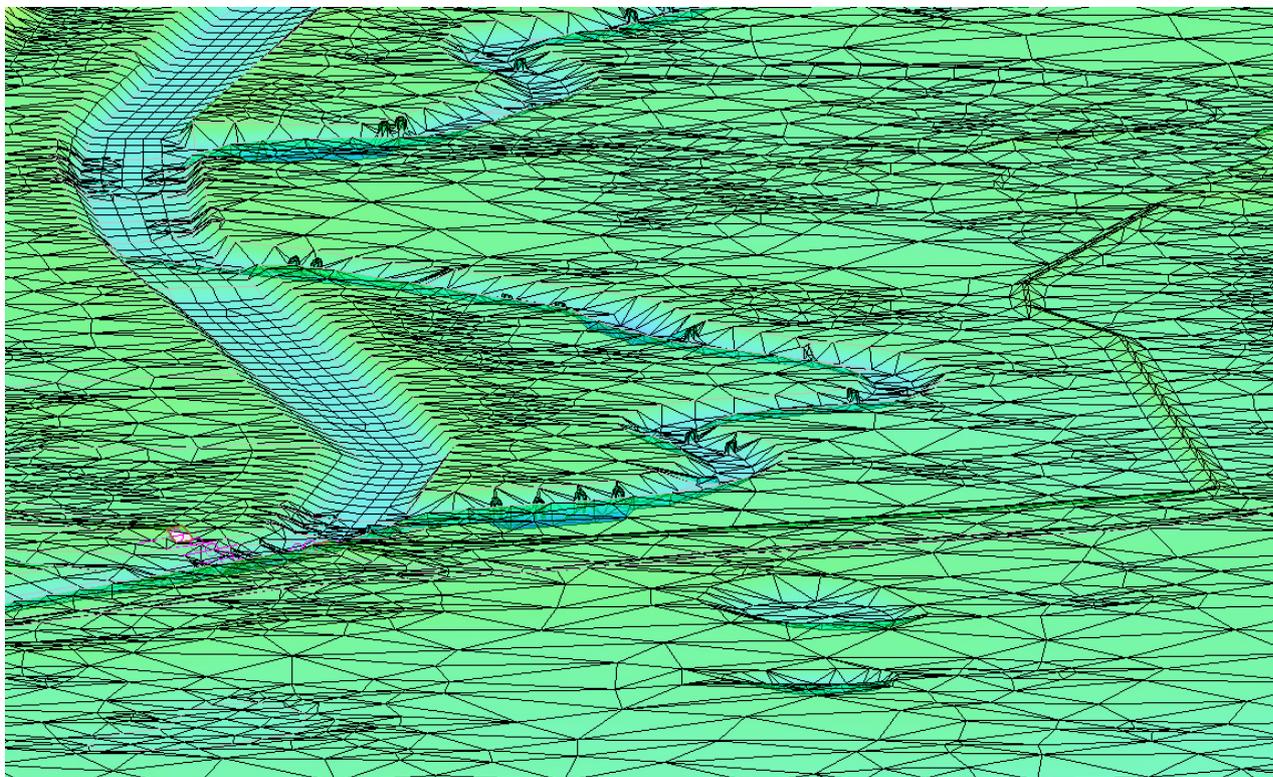


Abbildung 8-4: Ausschnitt des Planungsgebiets, neue Brücke Butterberg und Uferreine mit Blick ins Unterwasser, Modell Plan-Zustand in 3D-Ansicht

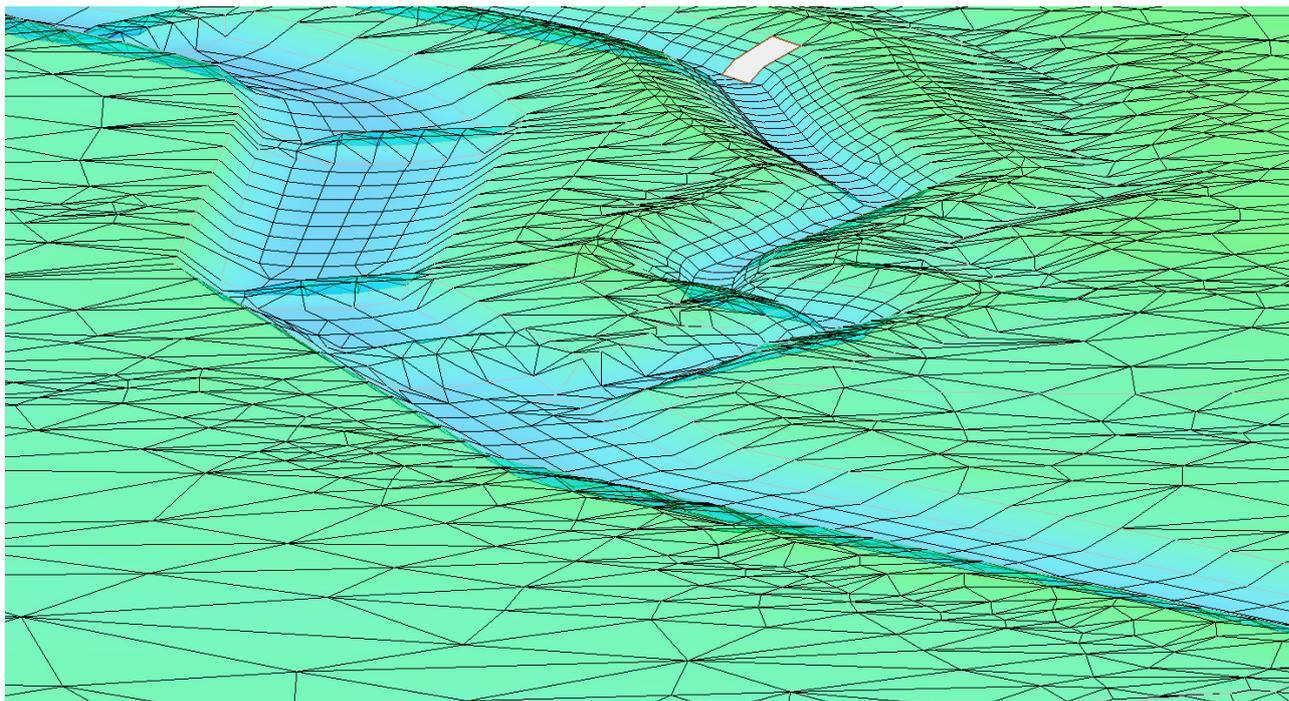


Abbildung 8-5: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Beginn Ausleitungsgerinne mit diagonalen Grundschnellen) in 3D-Ansicht

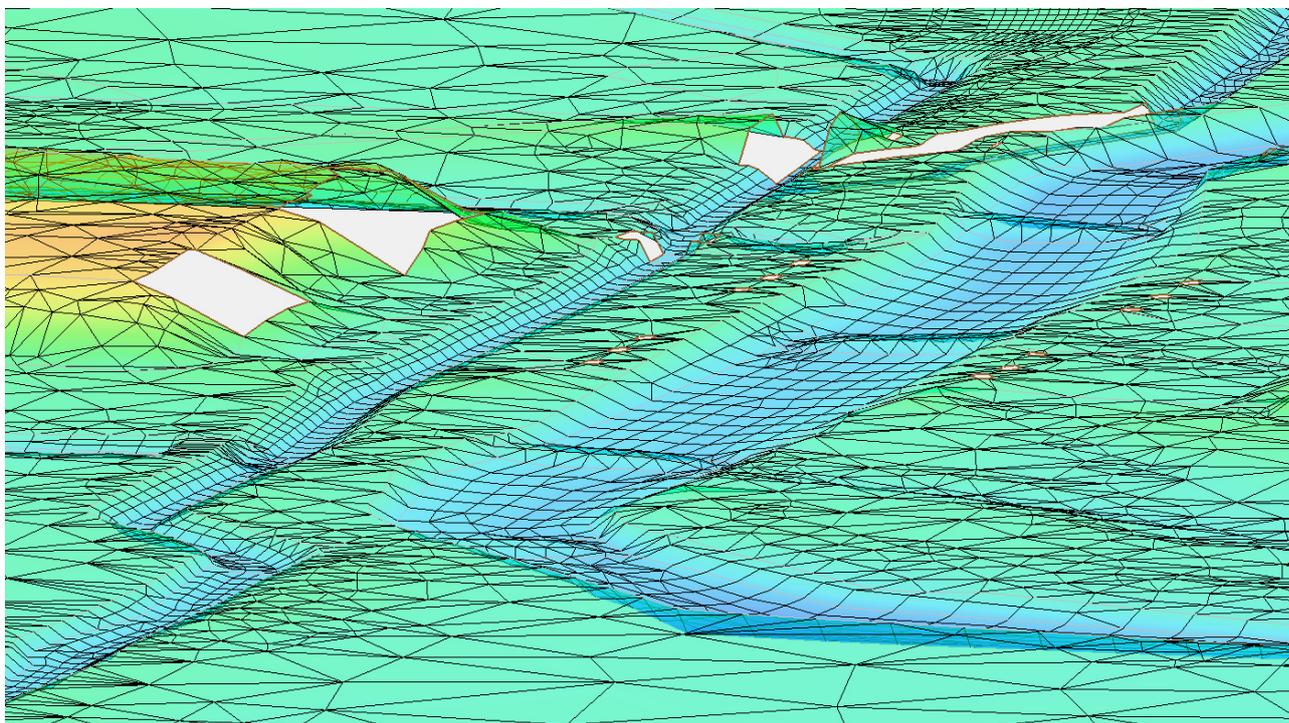


Abbildung 8-6: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Übergang des Ausleitungsgerinnes in den Mühlengraben und diagonale Grundschnellen auf der Sohlgleite) in 3D-Ansicht

Da die Erkenntnisse der vorangegangenen Bearbeitung aus 2019 verwendet wurden, waren keine Optimierungen im Abschnitt zwischen Beginn der Ausleitung und dem Bienroder Weg hinsichtlich des Wasserspiegels bei Hochwasser oder MQ notwendig. Dort wurden lediglich die Anzahl und Lage der Strukturelemente sowie die Höhe der Grundschnellen zur Senkung des Wasserspiegels optimiert.

8.4 Software

Für die Simulation des Abflussgeschehens im Modellgebiet der Schunter wurde das Berechnungsmodul HYDRO_AS-2D (Version 5.2) genutzt, welches in das Modellierungsprogramm Surface-water modeling system implementiert wurde. Diese Modellsoftware wurde durch Dr.-Ing. Marinko Nujić (Ingenieurbüro Dr. Nujić, Rosenheim, ehem. Institut für Hydromechanik und Hydrologie, Uni Bundeswehr München) schwerpunktmäßig für die Simulation von Deichbruchszenarien und Flutwellenausbreitung mit den dort auftretenden hoch instationären Strömungsprozessen entwickelt. Inzwischen hat diese Software eine weite Verbreitung und große Anerkennung bei zweidimensionalen Strömungs- und Abfluss-Simulationen insbesondere zur Bestimmung von Überschwemmungsgebieten gefunden. Die zweidimensionale mathematische Modellierung von Strömungsvorgängen in Fließgewässern basiert auf den 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen, die auch als Flachwassergleichungen (FWG) bekannt sind. In HYDRO_AS-2D erfolgt die numerische Lösung der FWG mit der räumlichen Diskretisierung nach der Finite-Volumen-Methode (FVM). Diese zeichnet sich durch ihre Massen- und Impulserhaltung aus und ist deshalb für die Berechnung von diskontinuierlichen Übergängen besonders zu empfehlen. Das eingesetzte explizite Zeitschrittverfahren ermöglicht eine zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs sowie eine genaue Bestimmung von Retentionswirkungen. Für eine nähere Beschreibung der integrierten Verfahren soll an dieser Stelle auf das Handbuch zur Software /36/ bzw. die einschlägige Fachliteratur verwiesen werden.

Als Berechnungsparameter für die Simulation wurden die nachstehenden Eingaben gemacht:

- Zeitschritt, in dem die Zuflussganglinie eingelesen und der Abfluss an Kontrollquerschnitten ausgeschrieben wird: **3.600 s**
- Gesamte Berechnungszeit: **180.000 s**
- Zeitintervall, in dem graphische Ergebnisse zum Betrachten im Programm SMS von HYDRO_AS-2D ausgeschrieben werden sollen: **7200 s**
- Grenzwassertiefe: **0,01 m**
- Erlaubte Fließgeschwindigkeit: **15 m/s**
- Viskositätsparameter c : **0,6**
- Ein- und Auslaufrandbedingung am oberen und unteren Modellrand: **1 ‰**

9 Auswirkungen

9.1 Grundwasser

Mit Realisierung des geplanten Bauvorhabens werden der Zielstellung einer Vernässung und Wiederanbindung der Aue folgend die Wasserstände der Schunter bei niedrigen und mittleren Abflussverhältnissen angehoben und über die neuen Gewässerläufe und Altarme in die Fläche gebracht.

Mittels eines einfachen Grundwassermodells wurde simuliert, welche Auswirkungen diese Anhebung der Schunterwasserspiegel auf die umliegenden Grundwasserstände hat. Die Simulation wurde stationär durchgeführt, dabei wurden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $2 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s aus den Kartenwerken des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) abgeleitet. Die Grundwassergleichelinien für den Bestand wurden aus den Messdaten der Grundwassermessstellen der Stadt Braunschweig /37/ bestimmt. Die Grundwasserneubildung wurde mit ca. 100 mm/a angenommen. Mittels des Modells konnte gezeigt werden, dass sich bei niedrigen und mittleren Abflussverhältnissen die Änderungen der Grundwasserstände nur auf

den Auenbereich der Schunter beschränken und insbesondere in den Randbereichen durch das natürliche Schwankungsverhalten überlagert werden. Die Berechnungen gehen von einer hohen Durchlässigkeit zwischen Grund- und Oberflächenwasser der Schunter und mit Kolmationseffekten des Ausleitungsgerinnes aus und liegen damit tendenziell auf der sicheren Seite.

Bei steigenden Abflüssen steht neben den neuen Gewässerläufen auch der Abflussquerschnitt des Altlaufs zur Verfügung, so dass sich die Effekte der geplanten Maßnahmen in Relation zum Bestand weiter verringern.

Im Hochwasserfall ergibt sich schließlich keine relevante Veränderung der Wasserspiegellagen (siehe Kapitel 9.2.4), sodass etwaige kritische Zustände für angrenzende Gebäude bzw. deren Keller durch das Vorhaben nicht negativ verändert werden.

9.2 Hydraulische Berechnungen

Die 2-dimensionalen hydraulischen Berechnungen wurden für die Abflussereignisse MNQ, Q₈₀, MQ, Q_{bordvoll}, HQ₅ und HQ₁₀₀ durchgeführt (vgl. Kapitel 3.10). Zusätzlich wurde der bordvolle Abfluss bestimmt. Die Berechnungen erfolgten stationär.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung für die Lastfälle MNQ und MQ sind im Längsschnitt (Anlage 10) dargestellt. Durch den Rückbau des Wehres wird sowohl der MNQ- als auch der MQ Wasserspiegel im Oberwasser des Wehres abgesenkt. Bei dem Lastfall MNQ wird etwa ab Station 10+300 der Wasserspiegel angehoben. Bei MQ erfolgt diese Anhebung bereits etwa bei Station 9+200. Während bei der vorangegangenen Bearbeitung (2019) der Wasserspiegel im südlichen Planungsgebiet bis zu 40 cm angehoben wurde, beträgt die Erhöhung nun bis zu 30 cm. Damit werden die Abflussanteile in die neu zu schaffenden Umleitungsgerinne und Altarme geleitet und in die Fläche gebracht. Damit wird der gewünschte Effekt, Teilbereiche der Aue häufiger und mehr zu vernässen realisiert. Die Auswirkungen dieser Anhebung auf den Grundwasserspiegel werden gesondert bewertet (Kapitel 9.1).

9.2.1 Wasserstand an der Mühle

Durch den Rückbau des Wehres und die Errichtung des Ausleitungsgerinnes verändert sich potenziell der Wasserstand an der Mühle. Die Optimierung der Geometrie der diagonalen Grundswellen (s.a. Abbildung 8-5) erfolgte so, dass der Wasserstand für ein MNQ bzw. MQ sich so wenig wie möglich verändert. Gleichzeitig muss aber ein gewisser Wasserstand in der Schunter für die Fischpassierbarkeit gegeben sein (siehe Kapitel 9.2.2). Um die geringen Auswirkungen des Plan-Zustandes überprüfen zu können, wird am Zufluss zum Mühenschuss eine Pegellatte errichtet. Die Wasserstände für MNQ und MQ sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 9-1: Wasserstände am Wehr, der geplanten Ausleitung und an der Mühle

		Wasserspiegel [m NHN]		
		Oberwasser Wehr	Schunter Ausleitung	Oberwasser Mühle
MNQ	Ist	67,72	67,73	67,72
	Plan	67,16	67,71	67,70
MQ	Ist	68,00	68,06	67,97
	Plan	67,49	68,12	67,93

Am Wehr wird nach einem Rückbau der MNQ-Wasserspiegel um etwa 56 cm, bei MQ um etwa 50 cm abgesenkt. Diese Absenkung wird durch den Einbau der diagonalen Grundswellen bis zum Beginn der Ausleitung kompensiert. Bei MQ wird der Wasserspiegel um etwa 6 cm angehoben, um die Absenkung des Wasserspiegels an der Mühle zu minimieren.

9.2.2 Durchgängigkeit hinsichtlich der Fischpassierbarkeit

Für die Brasse ist zur Passierbarkeit eine Mindestwassertiefe von 46 cm einzuhalten. Für den Abschnitt zwischen dem Schunteraltarm im Unterwasser des Wehres und dem Beginn der Ausleitung wurden die diagonalen Grundswellen so optimiert, dass in einem vertretbaren Funktionszeitraum die Wassertiefe von 46 cm sichergestellt, aber im Bereich der Mühle keine zu großen Veränderungen der Wasserspiegels stattfinden (siehe 9.2.1). Dieses Ergebnis kann der Anlage 10 (Blatt 2) entnommen werden. Im Ergebnis dieses iterativen Prozesses wird den Berechnungen zufolge eine durchgängige Wassertiefe von 46 cm bei einem Abfluss von 1 m³/s erreicht. Dies entspricht etwa einem Q₈₀.

Von dem Ausleitungsgerinne bis zur Brücke Bienroder Weg ist diese Wassertiefe durch den Einbau der Strukturelemente und die damit verbundene Anhebung des Wasserspiegels gewährleistet (Abbildung 9-1).

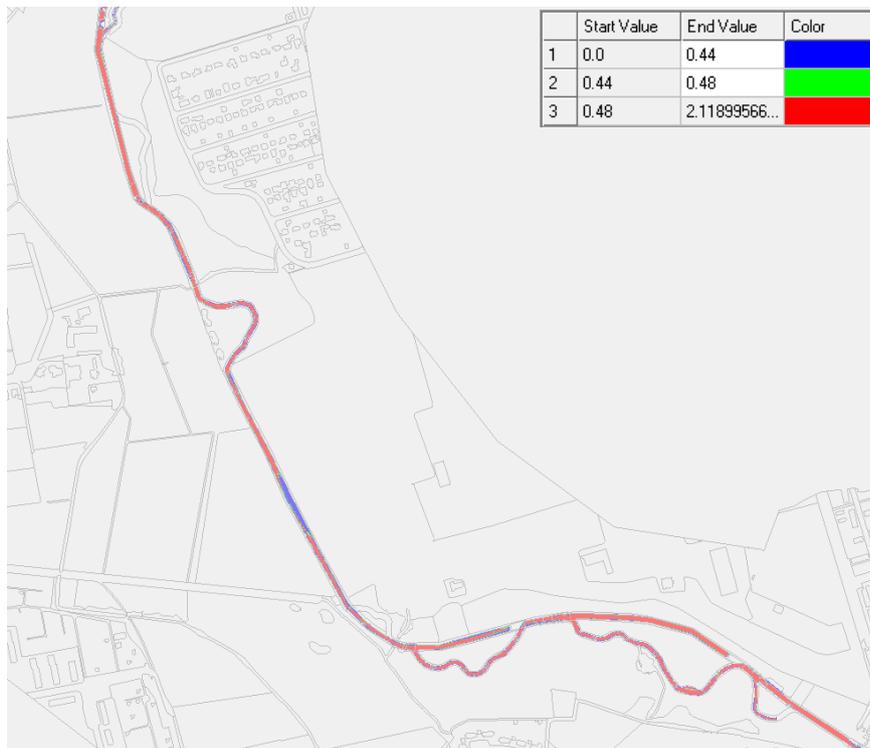


Abbildung 9-1: Ausschnitt des Planungsgebiets, Modell Plan-Zustand (Beginn Ausleitungsgerinne bis Brücke Bienroder Weg) bei einem Q₈₀

9.2.3 Q_{bordvoll}

Die Ermittlung für den bordvollen Abfluss (Q_{bordvoll}) erfolgte iterativ, indem stufenweise in 0,5 m³/s-Schritten der Abfluss erhöht wurde. Als bordvoller Abfluss wurde der Abfluss definiert, bei dem sich im Planungsgebiet keine bzw. keine wesentlichen Ausuferungen ergeben.

Im Unterwasser der Brücke „Im Alten Dorfe“ ergeben sich erste Ausuferungen auf der rechten Seite ab einem Abfluss von 10,0 m³/s. Bei einem Abfluss von 10,5 m³/s ufert die Schunter beidseitig aus (vgl. Abbildung 9-2).

Der bordvolle Abfluss wird damit auf 9,5 m³/s festgelegt.

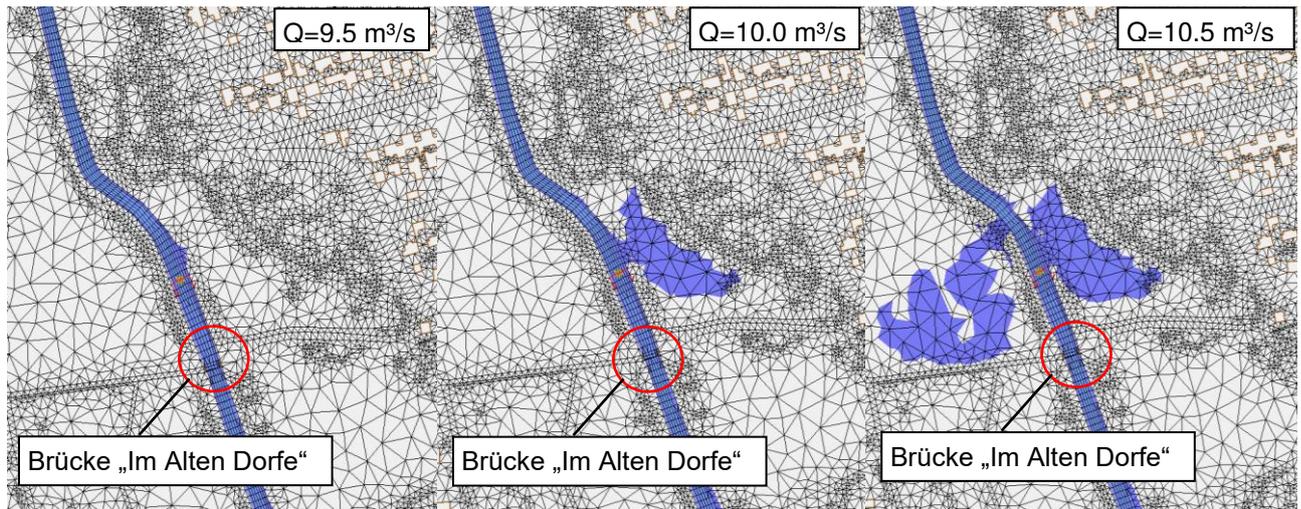


Abbildung 9-2: Ist-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Unterwasser der Brücke Im Alten Dorfe

Für den Plan-Zustand ergeben sich bei einem Abfluss von $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ im Bereich der Brücke „Im Alten Dorfe“ folgende Ausuferungen (Abbildung 9-3):

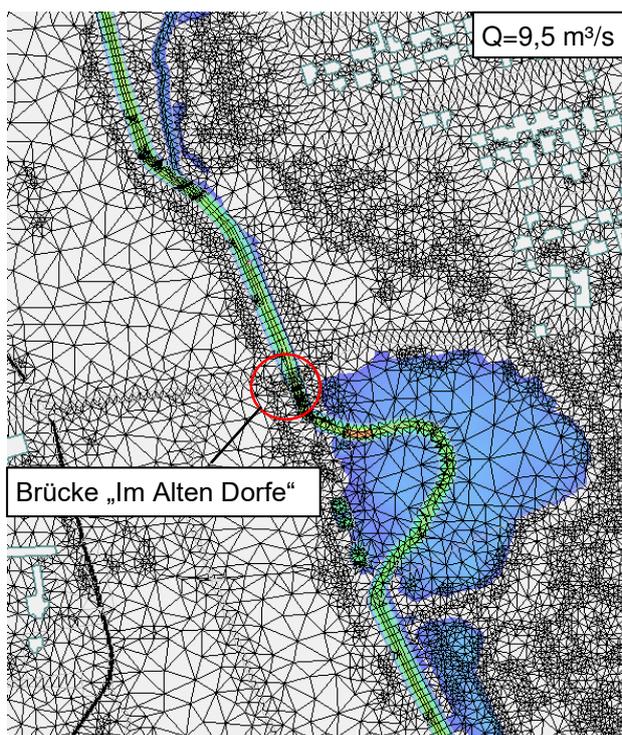


Abbildung 9-3: Plan-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Bereich der Brücke Im Alten Dorfe, $Q=9,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Durch die geringe Anhebung des Wasserstands und die Öffnung der Uferrehne an den Ein- und Auslaufbereichen der Umverlegungsstrecken und Altarme kommt es im Planungsgebiet im Plan-Zustand zu größeren Ausuferungen als im Ist-Zustand (Abbildung 9-4).

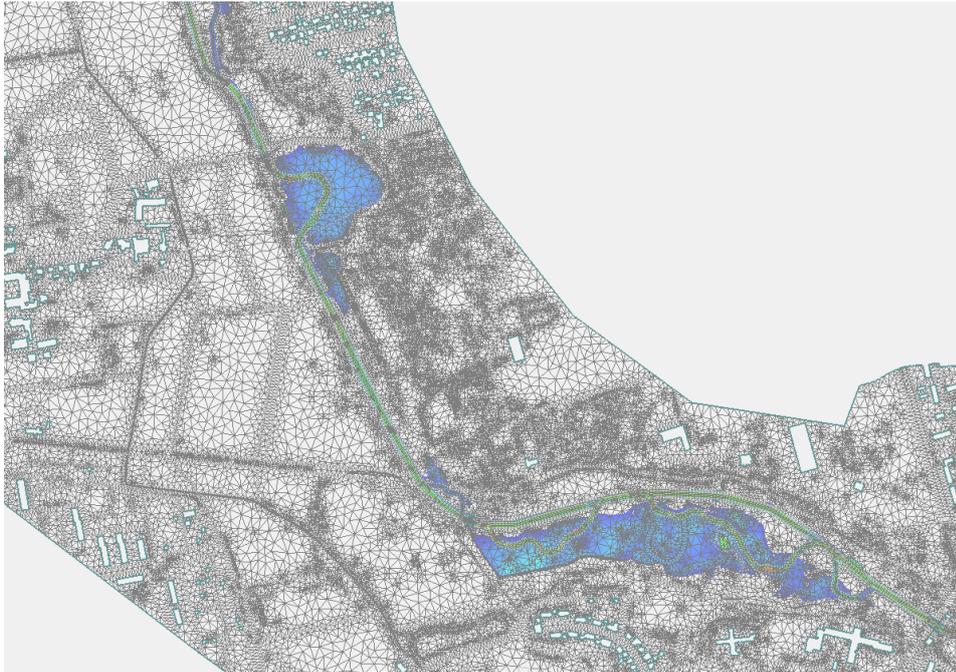


Abbildung 9-4: Plan-Zustand: Ausuferungen der Schunter im Planungsgebiet, $Q=9,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Durch die Errichtung einer zusätzlichen Uferrehne (siehe Kap. 6.21) werden aber die Anlieger jedoch vor Überflutungen dem Q_{bordvoll} von $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ geschützt. Es erfolgt keine Schlechterstellung der Anlieger.

Das Ziel der Wiederanbindung der Aue wird im Plan-Zustand erreicht.

9.2.4 HQ₅ und HQ₁₀₀

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen der Lastfälle HQ₅ und HQ₁₀₀ sind in den Anlagen 11 und 12 dargestellt. Eine größere Flächenausdehnung der Überflutungsflächen ist nicht zu verzeichnen. Ausnahmen hierbei bilden sehr kleine weitere Ausbuchtungen der Überflutungsfläche im Plan-Zustand bei HQ₅. Wohnbebauung ist hierbei allerdings nicht betroffen. Durch die Errichtung einer Verwallung am Flachsrottenweg sind die Anwohner dort im Hochwasserfall im Plan-Zustand nicht weiter von Überschwemmungen betroffen.

Bei der Butterberg-Siedlung ist bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis den Berechnungen zufolge der Wasserstand in diesem Bereich sogar um rund 3 cm niedriger.

Für die Oberlieger der Planmaßnahme (insbesondere Schunter-siedlung) ergeben sich bei einer Umsetzung keine Veränderungen im Hochwasser-Fall.

9.3 Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls

Die Art des Projektes erfordert nach Ziffer 13.18.1 der Anlage 1 zum Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung § 7 eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls (siehe Anhang 3). Im Ergebnis dieser überschlägigen Prüfung wurde festgestellt, dass keine erheblichen Auswirkungen durch das Vorhaben zu erwarten sind, so dass eine vollständige Umweltverträglichkeitsprüfung nicht erforderlich wird.

9.4 Artenschutz

Mit der vorgelegten artenschutzrechtlichen Prüfung wurden die Auswirkungen des Vorhabens für die vorhandenen Biotopstrukturen und relevante Arten beurteilt, für welche Arten ein artenschutzrechtliches Verbot nach § 44 BNatSchG eintritt und durch geeignete Maßnahmen verhindert werden kann (siehe Anhang 4).

Da verschiedene Arten sowohl baubedingt, anlagebedingt und betriebsbedingt vom Bauvorhaben betroffen sind, wurden Schutz- und Vermeidungsmaßnahmen sowie vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen vorgeschlagen.

- Einsatz einer ökologischen Baubegleitung
- V/M 1 Baumfällung und Baufeldfreimachung bis 28. Februar bzw. Bautätigkeit ab August
- V/M 2 Schutz und Erhalt von Habitatbäumen
- V/M 3 Gehölzkontrolle auf Fledermäuse in Habitatbäumen
- V/M 4 Beschränkung der Bautätigkeit auf außerhalb der Brutzeiten bzw. kontinuierliche Baudurchführung
- V/M 5 Verlegung einer geplanten Bepflanzungsfläche
- V/M 6 Errichtung Amphibienschutzzaun in Teilbereichen
- V/M 7 Entschlammung von Laichgewässern und Extensivierung von Ackerflächen
- V/M 8 Eingriffe in das Gewässer von September bis Oktober
- CEF 1 Schaffung von Ersatzquartieren bei Fällung von Habitatbäumen
- CEF 2 Anlage von Kleingewässern

Im Zuge des Bauvorhabens ist der Einsatz einer ökologischen Baubegleitung zur Umsetzung faunistischer Maßnahmen sowie Kontrolle der Umsetzung von Vermeidungs-, Minderungs- und CEF-Maßnahmen vorgesehen. Bis auf die Maßnahme CEF 1 sind alle Vermeidungs-/ Minderungs- und CEF -Maßnahmen Bestandteil der Planung. Die CEF 1 - Maßnahme kommt nur zur Anwendung, wenn die ökologische Baubegleitung dies im Zuge von Fällarbeiten von Habitatbäumen anordnet. Derzeit ist es jedoch nicht geplant, Habitatbäume zu fällen.

Im Ergebnis dieser Untersuchung ist davon auszugehen, dass es bei dem Gesamtvorhaben, unter Einhaltung bzw. Umsetzung der vorgenannten Maßnahmen, zu einer generellen Verbesserung der Lebensraumqualität artenschutzrechtlich relevanter Tierarten kommen wird.

9.5 Unterhaltungslast

Die Unterhaltungslast für die Schunter und die neu geschaffenen Umverlegungsstrecken und Altarme bleibt unverändert (vgl. Kap. 3.4.1). Das neue Ausleitungsgerinne zur Speisung des Mühlengrabens wäre von den Eigentümern zu unterhalten (Gewässer 3. Ordnung). Da dies im wesentlichen private Flächeneigentümer sind, ist die Aufstufung des Ausleitungsgerinnes und des bestehenden Mühlengrabens zu einem Gewässer 2. Ordnung vorgesehen. Wenn die Aufstufung erfolgt ist, wird automatisch der Unterhaltungsverband Schunter zum Unterhaltungspflichtigen. Weitere Gründe für die Aufstufung wären zudem die entlastende Funktion der Schunter bei niedrigen Hochwässern sowie die ökologische Aufwertung, da durch die Errichtung eines neuen Gerinnes auf rund 760 m Länge neue Lebensräume geschaffen bzw. erschlossen werden.

Die Aufstufung wird separat bei dem für die Einteilung der oberirdischen Gewässer /38/ verantwortlich zeichnenden Landesbetrieb NLWKN beantragt.

Sollte das zu beantragende Aufstufungsverfahren keinen Erfolg haben, so wird der Vorhabenträger mit den Flächeneigentümern separate Vereinbarungen schließen, sodass er für das Ausleitungsgerinne und den Mühlengraben als Unterhaltungspflichtiger anstelle der Eigentümer eintritt.

9.6 Unterhaltungsmaßnahmen

Bei den Unterhaltungsarbeiten ist darauf zu achten, dass die Abflussleistung erhalten bleibt. Insbesondere in den Bereichen, wo Strukturelemente eingebaut werden sollen, besteht Potenzial zu Verklausung und somit zur Herabsetzung des zur Verfügung stehenden Abflussquerschnitts. Hier gilt es abzuwägen, ab wann ein Eingriff in den sonst naturnah belassenen Abschnitten sinnvoll erscheint.

Das künftige Ausleitungsgerinne ist für den Abfluss freizuhalten. Hierzu ist auch der Treibgutabweiser regelmäßig zu kontrollieren und zu beräumen.

Die Unterhaltung der Sohlgleite wird vom Unterhaltungsverband Schunter und der SEBS geteilt. Die gewählte Ausführungsart mittels der Errichtung von untergliederten diagonalen Grundswellen bedingt erhöhtes Potenzial, dass sich Material umlagern kann. Zur Aufrechterhaltung der Funktionalität der Fischaufstiegsanlage ist eine regelmäßige Inaugenscheinnahme und ggf. Anpassung der Schwellen notwendig. Somit steigt der Aufwand gegenüber dem Ist-Zustand.

Generell sollte einkalkuliert werden, dass die aufgestellten Bänke und Informationstafeln früher oder später nachgearbeitet bzw. repariert werden müssen.

Im Sinne der Funktionalität der Kieseinbauten und somit der potenziellen Bereitstellung von Habitaten sind im Zuge von Gewässerbegehungen zu prüfen, ob die an den Böschungen lagernden Kiesdepots in das Gewässer verbracht werden sollten.

Im Bereich des neu zu schaffenden Flutrasens und des Initialgerinnes ist regelmäßig zu prüfen, ob z.B. eine Beweidung notwendig ist, um ein entsprechendes Biotop zu entwickeln.

Der an der Brücke Im Alten Dorfe befindliche Pegel wird auch künftig durch die SEBS unterhalten.

9.7 Auswirkungen auf bestehende Gewässerbenutzungen

Alle bekannten bestehenden Rohreinbindungen bleiben erhalten.

Im Bereich von geplanten Eingriffsbereichen werden einmündende Gräben gefasst und weiterhin eine Vorflut ermöglicht, sodass keine Schlechterstellung erfolgt.

Der in das Ausleitungsgerinne mündende Graben im rechten Vorland an km 8+630 wird künftig durch den Anschluss an das Ausleitungsgerinne rückstaubeinflusst. Die Wasserstände werden jedoch nicht über der Böschungsoberkante liegen, sodass eine Verschlechterung nicht zu erwarten ist. Die Auswirkungen auf den Grundwasserstand sind in Kapitel 9.1 beschrieben.

Zeitweise wird während der Errichtung der neuen Sohlgleite mehr Wasser über den Mühlengraben abgeschlagen.

9.8 Auswirkungen auf öffentliche Sicherheit & Verkehr

Infolge der geplanten Maßnahmen sind keine Auswirkungen auf die öffentliche Sicherheit zu erwarten.

Während der Baudurchführung ist jedoch zeitweise mit Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr zu rechnen. So ist erhöhtes Verkehrsaufkommen durch Baustellenfahrzeuge zum An- und Abtransport von Baustoffen bei den Zufahrten zum Baufeld zu erwarten (siehe Anlage 8).

9.9 Auswirkungen auf Wohnungs- & Siedlungswesen

Die geplanten Maßnahmen wirken sich positiv auf die angrenzende Bebauung aus. Die geplanten Brückenerichtungen ermöglichen künftig eine barrierefreie Benutzung. So ist mit deutlich mehr Personenverkehr innerhalb des Projektgebietes zu rechnen.

9.10 Privatrechtliche Verhältnisse bei berührten Grundstücken & Rechten

Die eigentumsrechtlichen Verhältnisse wurden auf Basis der zur Verfügung stehenden digitalen Flurkarten festgestellt. Eine Liste der festgestellten betroffenen Eigentümer liegt den Antragsunterlagen als Anlage 13 bei. Die durch die Baumaßnahmen betroffenen vorübergehend (während der Bauzeit) und dauerhaften Flächeninanspruchnahmen sind in Anlage 14 dargestellt. Die dauerhaften Inanspruchnahmen befinden sich bis auf die Bereiche des geplanten Ausleitungsgerinnes ausnahmslos auf öffentlichen Flächen, bzw. auf privaten Flächen jedoch innerhalb des Gewässerquerschnitts. Die temporäre Inanspruchnahme von Flächen während der Bauzeit erfolgt ausschließlich im Einvernehmen mit den jeweiligen Eigentümern.

10 Notwendige öffentlich-rechtliche Verfahren

Die in den Antragsunterlagen dargestellten Maßnahmen erfordern ein öffentlich-rechtliches Planfeststellungsverfahren gemäß § 68 WHG. Im Zuge des Verfahrens werden weiterhin Zulassungen

- zur Wasserhaltung während der Bauzeit,
- zum Befahren des Gewässers während der Bauzeit und
- zur Errichtung bauzeitlicher Zufahrten zum Gewässer

erforderlich.

Die Fällarbeiten müssen bis um 28.02.2021 durchgeführt werden, um einerseits den naturschutzrechtlichen Bestimmungen zu entsprechen, und um Baufreiheit vor Beginn der Bautätigkeiten zu schaffen. Auf Grund dieser Notwendigkeit wird diese Teilmaßnahme als vorgezogene Maßnahme beantragt.

11 Zusammenfassung

Durch die Umsetzung der geplanten Maßnahmen ist eine dauerhafte Verbesserung der Lebensraumbedingungen sowohl für die vorkommenden Arten als auch für die referenztypischen Arten zu erwarten. So soll die Strukturarmut, die eine Ausprägung der referenztypischen Verhältnisse (Strömungs-, Substrat- und Habitatdiversität) ausschließt, beseitigt werden. Des Weiteren wird das Ausuferungsvermögen und somit die Wiederanbindung an die Aue auf städtischen Flächen erhöht sowie eine eigendynamische Laufentwicklung durch Breitereosion und Mäanderinitialisierung bewirkt. Zur Wiederherstellung der Verbindung zwischen unterschiedlichen Lebensräumen wird zudem die ökologische Durchgängigkeit durch Umbau des bestehenden Wehres und der zerstörten Sohlgleite in eine Sohlgleite mit untergliederten diagonalen Grundschwellen geschaffen.

Wie mit den naturschutzfachlichen Unterlagen nachgewiesen werden konnte, sind keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen des Gesamtvorhabens zu erwarten, sodass die geplanten Maßnahmen im Gesamtkontext des Vorhabens im Sinne des Naturschutzes positive Auswirkungen haben werden.

Die Auswirkungen auf die Wasserspiegel der betrachteten Abflüsse zeigen keine Schlechterstellung im Sinne einer häufigeren Überflutung gegenüber dem Ist-Zustand. Durch Errichtung einer Verwallung am Flachsrottenweg wird zudem eine Hochwasserschutzmaßnahme umgesetzt. Die Sicherstellung des Wasserzuflusses zur Mühle Bienrode wird mittels der Errichtung eines parallelen Ausleitungsgerinnes realisiert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Verbesserung der Naherholung durch die Schaffung von Aussichtshügeln, Wasserzugängen sowie barrierefreie Zuwegungen durch Brückenum- und -neubauten (Im Alten Dorfe und Butterberg).

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit werden zudem Informationstafeln aufgestellt, Führungen durch die Stadt Braunschweig angeboten und Informationen auf der städtischen Internetseite bereitgestellt.

12 Quellenverzeichnis

- /1/ Fugro Consult GmbH, Renaturierung der Schunter in den Gemarkungen Querum und Bienrode, Magdeburg, 29.05.2013
- /2/ WVMO, Fördermittelantrag Renaturierung der Schunter bei Rühme, Braunschweig, 28.09.2017
- /3/ Stadt Braunschweig, Grenzen der Stadtbezirke (gültig ab 01.11.2011), Braunschweig, Mai 2011
- /4/ Prof. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Entwurfs- und Genehmigungsplanung, Braunschweig, 20.02.1996
- /5/ LGLN, Daten aus Laserscanbefliegung, übergeben am 04.03.2019
- /6/ Stadt Braunschweig, Vermessung Mühlengraben, Braunschweig, übergeben am 01.04.2019
- /7/ Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. E. Macke mbH, Vermessung Schunter, Braunschweig, 26.02.2019
- /8/ Stadt Braunschweig, Vermessung Ohe, Braunschweig, 12.04.2019
- /9/ Stadt Braunschweig, Vermessung Wegeverlauf unter Brücke BAB 2, Braunschweig
- /10/ Stadt Braunschweig, Vermessung Schwelle der Hochwasserentlastung, Braunschweig, 22.08.2019
- /11/ Stadt Braunschweig, Vermessung Baumstandorte im Baubereich, Braunschweig, 27.08.2019
- /12/ HGN Beratungsgesellschaft mbH, Querprofile im Verlauf des geplanten Ausleitungsgerinnes, Braunschweig, 18.05.2020
- /13/ Stadt Braunschweig, Baumstandorte im Verlauf des geplanten Ausleitungsgerinnes, Braunschweig, 09.07.2020
- /14/ HGN Beratungsgesellschaft mbH, Nachvermessung im Bereich Butterbergsiedlung, Braunschweig, 03.08.2020
- /15/ NLWKN, Wasserkörperdatenblatt 15051, 2016
- /16/ Möws, Bewertung von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern mittels Makrozoobenthos – Einfluss von Struktur- und Strömungsvielfalt, TU Braunschweig, 2008
- /17/ Stadt Braunschweig, Gewässerunterhaltung Zuständigkeiten, Braunschweig, Dezember 2018
- /18/ TU Braunschweig, Gewässerstruktur- und Gewässergüteuntersuchungen in Fließgewässern im Gebiet der Stadt Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig, 2011
- /19/ ASV Braunschweig, Bildbericht über die Schunterverlegung bei Bienrode, Braunschweig, 1996
- /20/ Stadt Braunschweig, Verordnung zur Sicherung von naturdenkmälern in der Stadt Braunschweig, Braunschweig, 19.05.1987
- /21/ Stadt Braunschweig, Verordnung zum Schutze von Landschaftsteilen in der Stadt Braunschweig, Braunschweig, 25.03.1968
- /22/ WVMO, Strategisch-Militärische Karte von 1763, 25.04.2019
- /23/ Stadt Braunschweig, Referat Stadtbild und Denkmalpflege, Auskunft, Braunschweig, 29.04.2019

-
- /24/ LaReG GbR, Kartierbericht, Braunschweig, 07.11.2019
 - /25/ Dyck: Angewandte Hydrologie, Teil 1, 2. Auflage; Verlag für Bauwesen, Berlin, 1980
 - /26/ NLÖ: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Schriftenreihe Oberirdische Gewässer Band 18, 2003
 - /27/ bsp ingenieure GmbH, Baugrundgutachten 073.19-1, Braunschweig, 25.06.2019
 - /28/ Geobüro Gifhorn, Baugrundgutachten 190703-20, Gifhorn, 19.05.2020
 - /29/ NLWKN, Landesweite Datenbank für wasserwirtschaftliche Daten, <http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/>, Abfrage 04.04.2019
 - /30/ Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Kampfmittelvorerkundung, Estenfeld, 15.11.2019
 - /31/ Umweltbundesamt, Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen, Dessau-Roßlau, Juni 2014
 - /32/ NLWKN, Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Norden, 2017
 - /33/ Patt, Hein, Jürging, Peter und Kraus, Werner: Naturnaher Wasserbau. 4. aktualisierte Auflage Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011
 - /34/ DWA-M 509: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, Mai 2014, ISBN: 978-3-942964-91-3, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
 - /35/ Gerhard Bollrich, Technische Hydromechanik 1 – Grundlagen, 7. Auflage, 2013
 - /36/ NUJIC, M. (2004): HYDRO_AS-2D – Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Kolbenmoor
 - /37/ Stadt Braunschweig, Grundwasserdaten, Braunschweig, 14.03.2019
 - /38/ Niedersächsisches Wassergesetz: §37, aktuellste Fassung zuletzt geändert am 20.05.2019