



Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. Eugen Macke mbH
Braunschweig · Dessau

Renaturierung der Schunter im Bereich Hondelage / Dibbesdorf

2D – Hydraulik



Stand: 14.05.2007

Auftraggeber:

FB Stadtplanung und Umweltschutz
Abt. Umweltschutz
Untere Naturschutzbehörde

| Inhaltsverzeichnis: | Seite |
|--|--------------|
| 1. Vorbemerkungen..... | 1 |
| 2. Zweidimensionale hydraulische Berechnungen | 2 |
| 3. Berechnungsergebnisse..... | 5 |
| 3.1 Hochwasserabflüsse..... | 5 |
| 3.1.1 Hochwasserabfluss HQ_6 | 5 |
| 3.1.2 Hochwasserabfluss HQ_{100} | 8 |
| 3.2 Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) und mittlerer Abfluss (MQ)..... | 10 |
| 3.2.1 Mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ..... | 10 |
| 3.2.2 Mittlerer Abfluss MQ | 11 |
| 3.2.3 Abfluss $2,5 \cdot MQ$ | 12 |
| 4. Zusammenfassung..... | 14 |
| 5. Anlagen..... | 17 |

1. Vorbemerkungen

Von der Stadt Braunschweig, Untere Naturschutzbehörde sind an der Schunter im Bereich des Flurneuordnungsgebietes Hondelage / Dibbesdorf Renaturierungsmaßnahmen auf einer Länge von ca. 5 km geplant. Diese werden als vorlaufende auetypische Geländegestaltung vor der Umsetzung der Ausgleichs- u. Ersatzmaßnahmen für den Ausbau der Autobahn A2 durchgeführt.

Die Planung der Renaturierungsmaßnahmen erfolgte durch die *Ingenieurgesellschaft aquaplaner*. Hinsichtlich detaillierter Aussagen zur Renaturierung wird auf die zugehörige Planung verwiesen ("Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf", Kap. 5). Grundsätzlich sollen in der Schunter selber bereichsweise Profilaufweitungen vorgenommen, Sohlbauwerke und Strömunglenker kombiniert mit Totholz als Strukturelement eingebaut werden. Darüber hinaus ist in mehreren Abschnitten eine Anhebung der Gewässersohle vorgesehen. Auf einer Länge von ca. 3 km ist zwischen Schunter-km ca. 15+100 und 18+200 die Neuanlage eines temporären Fließgewässers mit partiellen Stillgewässerbereichen geplant (im Weiteren als Flutrinne bezeichnet), die dauerhaft oder auch nur temporär mit Wasser gefüllt sein sollen. Im Niederungsbereich der Aue sind partiell, großflächiger Oberbodenabtrag zur Profilaufweitung und Bodenablagerungen zur Geländemodellierung vorgesehen. Die geplanten Maßnahmen sind im Maßnahmenplan (vgl. Plan 2.0 zur "Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf", Ingenieurgesellschaft aquaplaner) dargestellt. Dieser Plan ist Grundlage für die weitergehenden hydraulischen Berechnungen.

Durch die geplanten Renaturierungsmaßnahmen ändert sich das Abflussverhalten in diesem Gewässerabschnitt. Zur Untersuchung der Größenordnung der Veränderungen, insbesondere in der Wasserspiegellage, wurden zweidimensionale hydraulische Berechnungen im betrachteten Schunter – Abschnitt mit verschiedenen Abflüssen durchgeführt.

2. Zweidimensionale hydraulische Berechnungen

Die erforderlichen zweidimensionalen hydraulischen Berechnungen wurden mit dem Programm Hydro_AS-2D durchgeführt. Mit dieser Software, die auf der numerischen Lösung der 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit der Finite-Volumen-Diskretisierung basiert, können auch komplexe Strömungsverhältnisse abgebildet werden. Das explizite Zeitschrittverfahren sorgt für eine zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs. Die Bedienung des Programms erfolgt komfortabel durch die Kopplung an die Software-Oberfläche SMS. Verwendet wurde die Version SMS 9.0.

Als Grundlage für die Berechnungen dient ein von der *Ingenieurgesellschaft Hartung + Partner* zur Ausweisung des Überschwemmungsgebietes der Schunter im Auftrage des NLWKN für die o.g. Software aufgestelltes, lauffähiges und geeichtes 2D-Modell. Dieses dient als Ausgangszustand aller weiteren Berechnungen zur Beschreibung des Istzustandes. Zur Beurteilung der landwirtschaftlichen Betroffenheit bei Hochwasser wurden Modellberechnungen für den Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 6 Jahren (HQ_6) durchgeführt. Darüber hinaus wurde zur Beurteilung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen bei Hochwasser aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine Simulationsrechnung mit einem Hochwasser einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren (HQ_{100}) durchgeführt. Weiterhin wurden Rechenläufe für den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ), den mittleren Abfluss (MQ) und den 2,5-fachen mittleren Abfluss ($2,5 \cdot MQ$) durchgeführt. Die genannten Abflüsse, mit denen das Modell im betrachteten Gewässerabschnitt oberhalb der Autobahn beschickt wurde, sind in Tab. 1 zusammengestellt. Weiterhin sind in Tab. 1 die im Istzustand nahe dem km 15+000 eingespeisten Wassermengen des Sandbaches angegeben. Der Abfluss HQ_{100} wurde sowohl für die Schunter als auch für den Sandbach dem aufgestellten Modell entnommen. Der Abfluss HQ_6 ergibt sich gemäß „Hochwassermessungswerte für Fließgewässer in Niedersachsen“ für die „hydrologische Landschaft – Ost-Braunschweig“ [NLÖ, April 2003, S. 23] zu:

$$HQ_6 = 0,57 \times HQ_{100}$$

Der mittlere Abfluss (MQ) und der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) wurden für die Schunter dem „Gewässerkundlichen Bericht 1997 – Fließgewässer“ entnommen (Hrsg.: Bezirksregierung Braunschweig (1998), Dezernat 502, Braunschweig). Da keine entsprechenden Abflüsse für den Sandbach zur Verfügung standen, wurden diese in Anlehnung an die Abflussdaten der Schunter ermittelt (vgl. Tab. 1).

| Abflussereignis | Abfluss [m³/s] | |
|-------------------|----------------|----------|
| | Schunter | Sandbach |
| MNQ | 0,37 | 0,02 |
| MQ | 2,2 | 0,11 |
| 2,5*MQ | 5,5 | 0,29 |
| HQ ₆ | 32,7 | 1,7 |
| HQ ₁₀₀ | 57,3 | 2,9 |

Tab. 1: Abflüsse der Schunter im betrachteten Gewässerabschnitt sowie des Sandbaches

Die Auswirkungen der geplanten Renaturierungsmaßnahmen ergeben sich aus dem Vergleich der Berechnungsergebnisse aus Ist- und Planzustand. Im Einzelnen wurden Veränderungen des Wasserspiegels, der Überschwemmungsfläche, des Retentionsvolumens und der Strömungsgeschwindigkeiten betrachtet.

Im Modell für den Istzustand wurde in das vorliegende Berechnungsmodell der neue Verlauf des Sandbaches integriert, da dieser bereits bis zum Anschluss an den Sandbach hergestellt ist. Die Rauigkeiten des neuen Sandbach-Verlaufes wurden analog den bisherigen vereinbart. Eine weitere Veränderung von Rauigkeiten im Modell des Istzustandes wurde nicht vorgenommen. Die angesetzten Rauigkeiten sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Der Planzustand umfasst alle durch die *Ingenieurgesellschaft aquaplaner* geplanten Renaturierungsmaßnahmen. Diese standen vollständig digital zur Verfügung und wurden gemeinsam mit den in Tab. 2 zusammengestellten Rauigkeiten im 2D-Modell im Planzustand verankert. Dieser Modellzustand beschreibt den Zustand nach Umsetzung der hier geplanten Renaturierungsmaßnahmen und vollständiger Entwicklung aller sonstigen genehmigten (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen der A2 etc.) bzw. schon ausgeführten Maßnahmen (Rekonstruktion des Kulturdenkmales Borwall, Sandbachrenaturierung durch die DB AG etc.). Hinsichtlich einer detaillierten Beschreibung der hier geplanten wasserbaulichen Maßnahmen wird auf die Renaturierungsplanung verwiesen ("Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage/Dibbesdorf", Kap. 5, Ingenieurgesellschaft aquaplaner). Die Rauigkeiten der von den geplanten Maßnahmen nicht betroffenen Flächen wurden im Vergleich zum Istzustand unverändert beibehalten.

Im Berechnungsmodell wurde der Abfluss in der Schunter über eine Fließstrecke von ca. 9 km zwischen den Stationen ca. km 12+000 und 21+000 simuliert. Die Renaturierungsmaßnahmen befinden sich im Gewässerabschnitt von Station ca. km 14+200 bis 18+800.

| Flächennutzung | Rauigkeit [$m^{1/3}/s$] |
|---|---|
| <i>Istzustand</i> | |
| Ackerland | 22 |
| Brachland | 19 |
| Dämme | 30 |
| Eisenbahndamm | 18 |
| Feldweg | 40 |
| Flusssohle - Schunter | 30 |
| Flusssohle – Sandbach | 28 |
| Gehölz | 16 |
| Grabensohle | 25 |
| Grünland | 18 |
| Siedlungsbereiche | 10 |
| Straße | 40 |
| Sträucher | 16 |
| Uferböschungen | 20 |
| Wasserflächen - Stillgewässer | 30 |
| Wiese | 22 |
| <i>Planzustand nach Durchführung der Renaturierungsmaßnahmen</i> | |
| Bodenauftragsflächen | 20 |
| Neuanlage von Fließgewässern | 12 |
| Neuanlage von Stillgewässer | 12 |
| Oberbodenabtragsflächen | 12 |
| Profilaufweitungen, Gewässer | 16 |
| Sandfang | 30 |
| Sohlbauwerk - Riffel | 16 |
| Sohlenhebung | 24 |
| Strömunglenker | 12 |
| Totholz / Sturzbaum | 10 |
| <i>Planzustand Maßnahmen A2</i> | |
| Auwald | 12 |
| Brache mit Gehölzen | 15 |
| Laubwald | 12 |

Tab. 2: Zusammenstellung der Rauigkeiten in Abhängigkeit von der Flächennutzung

3. Berechnungsergebnisse

3.1 Hochwasserabflüsse

Zur Beurteilung des Einflusses der geplanten Renaturierungsmaßnahmen bei Hochwasser wurden Simulationsberechnungen für Abflüsse mit Wiederkehrintervallen von 6 (HQ₆) und 100 Jahren (HQ₁₀₀) durchgeführt. Die Ergebnisse der Wasserspiegelberechnungen sind in Längsschnitten in Schunter-Achse (Anlagen 1 und 3) sowie in Lageplänen als Überschwemmungsgebiete (Anlagen 2 und 4) dargestellt. In den Längsschnitten ist neben der Schunter-Sohle der Wasserstand im Ist- und Planzustand dargestellt. Ein Wasserspiegelanstieg hat in der Regel im natürlichen Gelände eine Vergrößerung des Überschwemmungsgebietes und eine Wasserspiegelabsenkung eine Verkleinerung zur Folge. Die Veränderungen im Überschwemmungsgebiet durch den Planzustand sind farblich gekennzeichnet (rot – Vergrößerung und grün – Verkleinerung).

3.1.1 Hochwasserabfluss HQ₆

Wasserstände

Die geplanten Renaturierungsmaßnahmen bewirken beim Abfluss HQ₆ in der Schunter überwiegend eine Absenkung des Wasserstandes (vgl. Längsschnitt Anlage 1). Lediglich im Bereich von ca. 1,0 km kommt es zu sehr geringen Wasserspiegelanstiegen von bis zu maximal 3 cm (ca. km 14+700 bis 15+100 und ca. km 18+500 bis 19+200). Die größten Wasserspiegelveränderungen treten mit einer Absenkung des Wasserspiegels zwischen 6 bis 13 cm im Schunter-Abschnitt zwischen km 17+200 und 18+200 auf (vgl. Anlage 1). Die Maximalbeiträge sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Im Regenrückhaltebecken Dibbesdorf (km ca. 16+000) sinkt der Wasserspiegel im Planzustand (72,10 mNN) im Vergleich zum Istzustand (72,40 mNN) um 30 cm. Dies ist im Wesentlichen auf die „Abkopplung“ der Wasserstände am Beckenauslauf von der Schunter an dieser Stelle zurückzuführen. Durch die vorgesehene Anlage eines Entwässerungsgrabens landseitig des ehemaligen Bahndammes mit Anschluss an den Sandbach sowie auf die geschlossene Bodenauftragsfläche entlang des neuen Sandbachverlaufes wird die Einleitungsstelle weit nach stromabwärts mit geringeren Rückstauwasserspiegeln verlegt. Dadurch wird die Vorflut für das Becken deutlich verbessert.

| Wasserspiegelveränderung | Betrag [cm] | Station [km] |
|--------------------------|-------------|-----------------------|
| maximaler Anstieg | 3 | 14+800, 18+600-19+000 |
| maximale Absenkung | 13 | 17+600 |
| Absenkung RRB Dibbesdorf | 30 | 16+000 |

Tab. 3: Zusammenstellung der Maximalwerte der Wasserspiegelveränderung zwischen Ist- und Planzustand bei HQ₆

Überschwemmungsgebiet

Die Darstellung des Überschwemmungsgebietes in Anlage 2 zeigt, dass bis auf geringe Ausuferungsflächen im Bereich der Stationen km 15+000 und 18+600 bis 18+800 (Ausuferungsbreite max. ca. 20 m) die Vergrößerung des Überschwemmungsgebietes im Wesentlichen auf Bodenabtrag bzw. die Neuanlage von Fließ- oder Stillgewässern zurückzuführen ist. Analog zu den überwiegend im Planzustand sinkenden Wasserständen und den geplanten Renaturierungsmaßnahmen verringert sich auch die Fläche des Überschwemmungsgebietes um insgesamt ca. 7,5 ha. Davon sind ca. 2,2 ha auf die Renaturierungsmaßnahmen zurückzuführen (durch Maßnahmen bedingt: ca. 1,3 ha Flächenzunahme und 3,5 ha Flächenverringerung). Die Vergrößerung durch Ausuferung infolge steigender Wasserstände sowie geplanter Abgrabungen beträgt ca. 1,9 ha (ca. 65 % durch Abgrabungen) und die Verkleinerung durch sinkende Wasserstände sowie geplante Bodenauftragsflächen ca. 9,4 ha (ca. 37 % Bodenauftragsflächen). Das Retentionsvolumen vergrößert sich in der Summe aber immer noch um ca. 68.000 m³ (vgl. Tab. 4). Diese Zunahme entspricht ca. 10 % des Gesamtvolumens. Bei der Berechnung des Retentionsraumes für den Planzustand wurden Bodenabträge, die bis ins Grundwasser hineinreichen (Neuanlage Stillgewässer dauerhaft - NSD und Neuanlage Fließgewässer dauerhaft - NFD), nur mit dem halben Abtragsvolumen (ca. 13.600 m³, vgl. Ingenieurgesellschaft aquaplaner, "Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf", Kap. 4.6) als Retentionsraumgewinn berücksichtigt, da diese Gewässerteile im Hochwasserfall bereits teilgefüllt sind und somit nicht als vollständig neu gewonnener Retentionsraum zur Verfügung stehen.

| | Istzustand | Planzustand | Differenz |
|-------------------------------------|------------|-------------|-------------------|
| Überschwemmungsfläche [ha] | 130,3 | 122,8 | - 7,5 (5,8 %) |
| Retentionsvolumen [m ³] | 675.000 | 743.000 | + 68.000 (10,0 %) |

Tab. 4: Überschwemmungsfläche und Retentionsvolumen im Ist- sowie Planzustand mit Angabe der Differenz bei HQ₆

Strömungsgeschwindigkeiten

Die Beurteilung der Strömungsgeschwindigkeiten gliedert sich in jene in der Schunter selber und jene auf den Vorländern. Im Planzustand kommen die Fließgeschwindigkeiten in der geplanten Flutrinne hinzu. Diese Ergebnisse sind in folgender Tab. 5 als Vergleich zwischen Ist- und Planzustand zusammengestellt. Die angegebenen Mittelwerte wurden durch visuelle Beurteilung der Strömungsverteilung bestimmt und als Bandbreite angegeben. Die angegebenen Maximalwerte treten lediglich lokal sehr begrenzt an den Engstellen im Abflussprofil der Schunter – Brücke Hegerdorfstraße und ehemaliger Eisenbahndamm – auf. Darüber hinaus liegen die Strömungsgeschwindigkeiten im Wesentlichen im Bereich des angegebenen Mittelwertes. Die angegebenen Strömungsgeschwindigkeiten beziehen sich auf die hier zugrunde gelegten stationären Abflussverhältnisse. Bei der Flutung der Vorländer / Flutrinne während der Anstiegsphase des Wasserstandes (instationärer Abfluss) können sich auch bereichsweise höhere Geschwindigkeiten einstellen.

Die Fließgeschwindigkeit in der Schunter sowie auch auf den Vorländern reduziert sich durch die geplanten Renaturierungsmaßnahmen im Vergleich zum Istzustand um näherungsweise ca. 0,1 m/s im Maximalwert sowie auch im Mittelwert. Im Bereich der geplanten Flutrinne werden Strömungsgeschwindigkeiten von lokal bis zu ca. 0,7 bis 0,8 m/s erreicht (Einströmbereich in die Flutrinne bei Station km 16+500). Der Mittelwert bewegt sich allerdings lediglich zwischen 0,2 und 0,4 m/s.

| | Fließgeschwindigkeit | | Istzustand | Planzustand | Station [km] |
|-----------|----------------------|-------|---------------|---------------|----------------|
| | | [m/s] | | | |
| Schunter | Maximalwert | [m/s] | ca. 1,2 – 1,3 | ca. 1,2 – 1,4 | 16+550, 18+000 |
| | Mittelwert | [m/s] | ca. 0,7 – 0,9 | ca. 0,6 – 0,8 | - |
| Vorländer | Mittelwert | [m/s] | ca. 0,1 – 0,3 | ca. 0,1 – 0,2 | - |
| Flutrinne | Maximalwert | [m/s] | - | ca. 0,7 - 0,8 | 16+500 |
| | Mittelwert | [m/s] | - | ca. 0,2 – 0,4 | - |

Tab. 5: Fließgeschwindigkeiten in der Schunter und auf den Vorländern im Ist- und Planzustand bei HQ₆

3.1.2 Hochwasserabfluss HQ₁₀₀

Wasserstände

Beim Abfluss HQ₁₀₀ führen die geplanten Renaturierungsmaßnahmen in der Schunter stromauf der Autobahn A2 überwiegend zu einer Absenkung des Wasserstandes von bis zu 8 bis 9 cm (Station ca. km 17+500 bis 17+900, vgl. Längsschnitt Anlage 3). Die Wasserspiegelabsenkung in den übrigen Bereichen weist Beträge ≤ 5 cm auf. Lediglich im Bereich von ca. km 18+600 steigt der Wasserstand um bis zu maximal 4 cm (vgl. Anlage 3). Stromab der Autobahn steigen die Wasserstände im Planzustand an. Der größte Wasserstandsabstieg von 6 bis 8 cm tritt im Schunter-Abschnitt zwischen den Stationen ca. km 15+000 und 15+200 auf. Die Maximalbeträge sind in Tab. 6 zusammengestellt.

Im Regenrückhaltebecken Dibbesdorf (Station ca. km 16+000) sinkt der Wasserstand im Planzustand (72,41 mNN) im Vergleich zum Istzustand (72,68 mNN) um 27 cm. Die Vorflut für das Rückhaltebecken verbessert sich analog zum HQ₆ auch beim Abfluss HQ₁₀₀.

| Wasserspiegelveränderung | Betrag [cm] | Station [km] |
|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| maximaler Anstieg | 8 | 15+000 |
| maximale Absenkung | 9 | 17+600 |
| Absenkung RRB Dibbesdorf | 27 | 16+000 |

Tab. 6: Zusammenstellung der Maximalwerte der Wasserspiegelveränderung zwischen Ist- und Planzustand bei HQ₁₀₀

Überschwemmungsgebiet

Das Überschwemmungsgebiet beim Abfluss HQ₁₀₀ ist in Anlage 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass nennenswerte Vergrößerungen des Überschwemmungsgebietes im Planzustand lediglich in zwei Bereichen auftreten (Stationen ca. km 15+400 bis 15+700 und ca. km 17+600 bis 18+200). Die relative Vergrößerung des Überschwemmungsgebietes nördlich der Autobahn im Bereich zwischen den Stationen ca. km 17+600 und 18+200 ist auf eine Bodenauftragsfläche zurückzuführen. Diese stellt einen Lückenschluss an einer zuvor hergestellten Teichaufweitung im Verlauf des Bahndammes dar. Die Wasserstände steigen in diesem Bereich um bis zu 15 cm an. Im Zuge der Renaturierung des Bahndammes wurde dessen bis dato talquerende Dammlage an vier Stellen geöffnet bzw. aufgeweitet (Flutbrücke, Schunterbrücke, Anlage von 2 Teichen), von denen nun eine wieder geschlossen wird. Gegenüber dem vorherigen Betriebszustand der Bahnlinie ist daher von einer weiterhin deutlichen absoluten Absen-

kung des Wasserspiegels und geringeren Ausdehnung des Überschwemmungsgebietes auszu-
gehen.

Analog zu den überwiegend im Planzustand sinkenden Wasserständen verringert sich auch die Fläche des Überschwemmungsgebietes um ca. 8,2 ha. Davon sind ca. 4,6 ha auf die Renaturierungsmaßnahmen zurückzuführen (durch Maßnahmen bedingt: ca. 0,4 ha Flächenzunahme und 5,0 ha Flächenverringering). Die Vergrößerung durch steigende Wasserstände und geplante Maßnahmen (Abgrabungen) beträgt ca. 2,7 ha und die Verkleinerung durch sinkende Wasserstände und ebenfalls geplante Maßnahmen ca. 10,9 ha. Nahezu 50 % der Flächenreduktion ist auf geplante Maßnahmen (Oberbodenauftragsflächen) zurückzuführen. Das Retentionsvolumen steigt um ca. 104.000 m³ (vgl. Tab. 7). Diese Zunahme entspricht ca. 9,6 % des Gesamtvolumens. Im Planzustand wurden wiederum - analog zum HQ₆ - die Bodenabtragsvolumen im Grundwasser nicht als Retentionsraum berücksichtigt (vgl. Abschn. 3.1.1).

| | Istzustand | Planzustand | Differenz |
|--|------------|-------------|-------------------|
| Überschwemmungsfläche [ha] | 172,5 | 164,3 | - 8,2 (4,8 %) |
| Retentionsvolumen [Mio. m ³] | 1.081.000 | 1.185.000 | + 104.000 (9,6 %) |

Tab. 7: Überschwemmungsfläche und Retentionsvolumen im Ist- sowie Planzustand mit Angabe der Differenz bei HQ₁₀₀

Strömungsgeschwindigkeiten

In Hinblick auf allgemeine Bemerkungen zur Fließgeschwindigkeit im Untersuchungsbereich wird auf die Ausführungen zum Hochwasserabfluss HQ₆ verwiesen (vgl. Abschn. 3.1.1). Die mittlere Fließgeschwindigkeit in der Schunter beim Hochwasserabfluss HQ₁₀₀ reduziert sich durch die geplanten Renaturierungsmaßnahmen im Vergleich zum Istzustand näherungsweise um ca. 0,1 m/s. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten treten auch in diesem Lastfall im Bereich der Brücke Hegerdorfstraße (Station km 16+550) sowie des ehemaligen Bahndammes (Station km 18+000) auf. Im Bereich des ehemaligen Bahndammes tritt durch die geplanten Renaturierungsmaßnahmen keine Senkung der Geschwindigkeit auf. Im Bereich der Brücke Hegerdorfstraße nimmt die Geschwindigkeit um ca. 0,2 m/s ab. Im Bereich der geplanten Flutrinne werden Strömungsgeschwindigkeiten von lokal bis zu ca. 0,7 m/s erreicht (Einströmbereich in die Flutrinne bei Station km 16+500). Die Mittelwerte der Geschwindigkeit über den Vorländern weisen kaum Differenzen zu jenen in der Flutrinne auf. Sie betragen ca. 0,2 bis 0,4 m/s.

| | Fließgeschwindigkeit V | | Istzustand | Planzustand | Station [km] |
|-----------|------------------------|-------|---------------|---------------|----------------|
| | | [m/s] | | | |
| Schunter | Maximalwert | [m/s] | ca. 1,4 - 1,7 | ca. 1,4 – 1,5 | 16+550, 18+000 |
| | Mittelwert | [m/s] | ca. 0,7 – 0,9 | ca. 0,6 – 0,8 | - |
| Vorländer | Mittelwert | [m/s] | ca. 0,2 – 0,4 | ca. 0,2 – 0,4 | - |
| Flutrinne | Maximalwert | [m/s] | - | ca. 0,7 | 16+500 |
| | Mittelwert | [m/s] | - | ca. 0,2 – 0,4 | - |

Tab. 8: Fließgeschwindigkeiten in der Schunter und auf den Vorländern im Ist- und Planzustand bei HQ₁₀₀

3.2 Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) und mittlerer Abfluss (MQ)

Zur Modellierung des mittleren Niedrigwasserabflusses sowie des mittleren Abflusses wurde im Modell des Planzustandes die Gewässersohle der Schunter als eine pessimistische Annahme auf eine lineare Verbindung zwischen den geplanten Sohlbauwerken (nicht durchströmt) angehoben, da sich bei relativ geringen Abflüssen durch Sedimentation Verlandungen einstellen können. Der neue Sohlverlauf (Planzustand) ist mit Kennzeichnung und Beschriftung der prägenden Bauwerke in den entsprechenden Längsschnitten neben der vorhandenen Sohle dargestellt. Zur Einordnung insbesondere geringer Abflüsse ist in den Längsschnitten die Höhe der Oberkante der linken und rechten Böschung mit dargestellt.

3.2.1 Mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ

Der Verlauf der Wasserspiegellagen bei mittlerem Niedrigwasserabfluss (MNQ) ist für Ist- und Planzustand im Längsschnitt der Schunter in Anlage 5 dargestellt. Im Istzustand stellen sich mittlere Wassertiefen zwischen ca. 25 und 45 cm ein. Die im Bett der Schunter geplanten Maßnahmen (Sohlbauwerke, Strömunglenker und Sohlhebungen) führen zwischen den Stationen km 14+600 und 18+000 zu Anhebung des Wasserspiegels. Dieser ist gegenüber der gegebenen tiefen Einschnittlage vergleichsweise gering. Die Wasserspiegel verbleiben vollständig im Gewässerprofil und wirken nicht in die einleitenden höher angeschlossenen Gräben zurück.

Unterhalb der im Längsschnitt dargestellten Strömunglenker hebt sich die Wasserspiegellage im Bereich der geplanten Sohlbauwerke (Riffel, Station km 14+875) lediglich um maximal

14 cm. Stromauf steigt der Wasserspiegel im Planzustand um bis zu ca. 58 cm (Station km 16+800). Zwischen den Strömungslenkern und der Station km 17+080 stellt sich ein relativ gleichmäßiger Verlauf des Wasserspiegelgefälles von ca. 1:1.600 ein.

Zwischen den Stationen km 17+080 und 18+000 mit relativ starkem Sohlgefälle weisen die Wasserspiegellagen zwischen Ist- und Planzustand keine wesentlichen Unterschiede auf. Stromauf sinkt der Wasserspiegel im Planzustand bis zu 15 cm unter den des Istzustandes. Diese Differenz vom Plan- zum Istzustand ist im Wesentlichen auf den im Bereich der Station km 18+060 mit einer Längenausdehnung von ca. 70 m angelegten Sandfang zurückzuführen. Im Bereich dieser Station weist das Abflussprofil im Istzustand eine „Engstelle“ auf, die im Planzustand durch den angeordneten Sangfang aufgeweitet wird. Der Einfluss dieser Profilaufweitung macht sich ca. 600 m ins Oberwasser bemerkbar. Zwischen den Stationen km 18+600 bis 19+000 betragen die Wasserspiegeldifferenzen lediglich noch -2 bis +3 cm. Stromauf treten keine Wasserspiegeldifferenzen mehr auf, d.h. es ist kein Einfluss der geplanten Maßnahmen mehr nachzuweisen.

3.2.2 Mittlerer Abfluss MQ

Der Verlauf der Wasserspiegellagen bei mittlerem Abfluss (MQ) ist für Ist- und Planzustand im Längsschnitt der Schunter in Anlage 6 aufgetragen. Die geplanten Maßnahmen bewirken zwischen den Stationen km 14+400 und 18+000 ebenfalls ein relativ gleichmäßiges Wasserspiegelgefälle (1:1.630). Die Strömungslenker im Bereich der Stationen km 14+990 bis 15+220 (undurchlässig) bewirken in Kombination mit den Sohlbauwerken (Riffel) an den Stationen km 14+840 und 14+875 einen Anstieg des Wasserstand unterhalb der geplanten im Längsschnitt dargestellten Strömungslenker um bis zu 10 cm. Stromauf der Strömungslenker steigt der Wasserspiegel im Planzustand um bis zu 56 cm an (Station km 16+800). Dieser ist gegenüber der gegebenen tiefen Einschnittlage vergleichsweise gering. Die Wasserspiegel verbleiben vollständig im Gewässerprofil der Schunter sowie angeschlossener Gräben. Sie bewirken in den in die Schunter einleitenden höher angeschlossenen Gräben lediglich eine geringfügige Auswirkung auf die Wasserspiegellage ohne schadhafte Auswirkungen (vgl. Ingenieurgesellschaft aquaplaner, "Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf", Plan 2.15).

Stromauf der Station km 18+000 sinkt der Wasserspiegel im Planzustand bis zu 23 cm unter den des Istzustandes. Diese relativ starke Wasserspiegelaabsenkung im Planzustand ist, wie

bereits ausgeführt (vgl. Abschn. 3.2.1), im Wesentlichen auf den in diesem Bereich angelegten Sandfang zurückzuführen. Bei mittlerem Abfluss wirkt sich der Einfluss dieser Profilaufweitung ca. 500 m ins Oberwasser aus. Stromauf steigt der Wasserspiegel im Planzustand verbunden mit den bis zur Station 18+800 im Schunterbett geplanten Strömunglenkern noch einmal um bis zu 9 cm an. An der Station km 19+200 beträgt die Wasserspiegeldifferenz lediglich noch 1 cm. Stromauf treten keine Wasserspiegeldifferenzen mehr auf, d.h. es ist kein Einfluss der geplanten Maßnahmen mehr nachzuweisen.

3.2.3 Abfluss 2,5*MQ

Der Verlauf der Wasserspiegellagen für Ist- und Planzustand beim 2,5-fachen mittleren Abfluss (2,5*MQ) ist im Längsschnitt der Schunter in Anlage 7 dargestellt. Die im Bereich der Schunter-Sohle geplanten Maßnahmen führen durchgehend auf gesamter Länge zu einer Anhebung des Wasserspiegels. Im Bereich der Sohlbauwerke (Riffel, Stationen km 14+840 und 14+875) sowie der sich stromauf anschließenden Strömunglenker (P1 bis P12, Station km 14+990 bis 15+220) steigt der Wasserstand zwischen 21 und 22 cm. Zwischen den Strömunglenkern und der Station km 18+060 (Sandfang) steigt der Wasserspiegel um maximal 47 cm. Das mittlere Wasserspiegelgefälle stellt sich in diesem Gewässerabschnitt mit 1:1.580 ein. Im Bereich des Sandfanges (Station km 18+080) entspricht der Wasserstand im Planzustand jenem im Istzustand. Stromauf hebt sich die Wasserspiegellage bis zur Station ca. km 18+800 im Vergleich zum Istzustand um bis zu 33 cm an. Diese Anhebung ist auf die stromab der Station km 18+800 im Schunterbett geplanten Strömunglenker zurückzuführen. An der Station km 19+200 weist der Wasserstand im Planzustand einen noch 16 cm höheren Wert als im Istzustand auf. Die Differenz nimmt im Oberwasser bis zur Wehranlage an der Station km 20+400 auf +2 cm ab. Damit verbunden treten in diesem Gewässerabschnitt nur unwesentlich größere Ausuferungen als bereits im Istzustand vorhandene auf. Oberhalb der Wehranlage treten keine Veränderungen des Wasserspiegels mehr auf.

Der Wasserspiegel der Schunter führt im Planzustand (2,5*MQ) insbesondere in den im Bereich der Station km 16+800 (maximaler Anstieg in der Schunter) angeschlossenen Gräben zu einem höheren Anstieg als in den übrigen Gräben im Maßnahmengebiet (vgl. Ingenieurgesellschaft aquaplaner, "Renaturierung der Schunter im Flurbereinigungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf", Plan 2.15). Es sind aber keine schadhafte Auswirkungen zu befürchten, da dieser Anstieg innerhalb der Ausgleichs- und Ersatzflächen der A2 und damit außerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen verbleibt und nur an ca. 20 Tagen im Jahr erreicht bzw. überschritten wird.

Zum Vergleich ist der Wasserspiegelanstieg zwischen Ist- und Planzustand für die untersuchten Abflüsse MNQ, MQ und 2,5*MQ an ausgewählten Stationen in der Schunter zusammenfassend in Tab. 9 angegeben. Darüber hinaus ist angegeben, bis zu welcher Station im Ober- bzw. Unterwasser sich die Maßnahmen durch eine Wasserspiegeländerung auswirken. In den an die Schunter angeschlossenen Entwässerungsgräben verlängert sich je nach Abfluss durch die im Planzustand gestiegenen Wasserstände die Rückstauwurzel. Bei den hier betrachteten Abflüssen sind keine schadhafte Auswirkungen auf die Entwässerungssituation zu befürchten.

| Station | Wasserspiegeländerungen | | |
|--|-------------------------|--------|--------|
| | MNQ | MQ | 2,5*MQ |
| Keine Auswirkungen ins Unterwasser ab Station km | 14+400 | 14+000 | 14+000 |
| km 14+875 (Sohlbauw. Riffel) | 14 cm | 10 cm | 21 cm |
| größte Wasserspiegelanhebung bei km16+800 | 58 cm | 56 cm | 47 cm |
| größte Wasserspiegelabsenkung km 18+060 (Sandfang) | -15 cm | -23 cm | ± 0 cm |
| Auswirkungen ins Oberwasser zur Station km | 19+200 | 19+400 | 20+400 |

Tab. 9: Zusammenstellung der Wasserspiegeländerungen in der Schunter vom Ist- zum Planzustand an ausgewählten charakteristischen Stationen

Temporäres Fließgewässer (Planzustand, Station km ca. 15+200 bis ca. 17+900)

Eine Flutung des temporären Fließgewässers (Flutrinne) im Bereich der Schunter-Station km ca. 17+900 findet erst bei Wasserständen $>$ ca. 72,15 mNN statt. Der mittlere Abfluss (MQ) weist in diesem Bereich einen Wasserstand von ca. 72,12 mNN auf, d.h. eine Flutung der Rinne findet erst bei Abflüssen $>$ MQ statt. Bei 2,5-fachem MQ weist die Schunter im Bereich des Flutrinnenanfangs im Planzustand mit ca. 72,72 mNN einen ca. 30 cm höheren Wasserstand als im Istzustand auf. In der Flutrinne stellt sich damit ein Wasserstand von ca. 0,6 m in diesem Bereich ein. Die Rinne wird mit ca. 0,7 m³/s durchströmt (ca. 13 % des Gesamtabflusses). Zwischen dem Einlaufbereich und der Brücke Hegerdorfstraße beträgt die mittlere Wassertiefe in der Rinne ca. 0,6 m, unterhalb der Brücke variiert diese zwischen ca. 0,2 und 0,4 m. Die Fließgeschwindigkeit erreicht Maximalwerte von bis zu ca. 0,3 m/s. Der Mittelwert schwankt zwischen 0,1 und 0,2 m/s.

Das Überschwemmungsgebiet bei 2,5*MQ ist in Anlage 8 dargestellt. Die im Planzustand zusätzlich überschwemmte Fläche beträgt ca. 14,1 ha ($F_{\text{Plan}}=20,0$ ha, $F_{\text{Ist}}=5,9$ ha), davon sind ca. 9,6 ha auf Maßnahmen zurückzuführen.

4. Zusammenfassung

In der Schunter sind im Bereich Hondelage / Dibbesdorf Renaturierungsmaßnahmen auf einer Fließlänge von ca. 5 km geplant (Station ca. km 14+000 bis 19+000). Zur Untersuchung der Größenordnung der hydraulischen Auswirkungen dieser Maßnahmen insbesondere auf die Wasserspiegellagen wurden hydraulische Berechnungen mit einem zweidimensionalen Simulationsprogramm (Hydro_AS-2D) durchgeführt. Grundlage für die Berechnungen war ein von der *Ingenieurgesellschaft Hartung + Partner* aufgestelltes Rechenmodell der Schunter. Die Renaturierungsplanung wurde von der *Ingenieurgesellschaft aquaplaner* vorgenommen. Die Einzelmaßnahmen wurden in das bestehende Modell des Istzustandes integriert (Planzustand).

Aufbauend auf diesen Grundlagen wurden Wasserspiegelberechnungen für Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrintervallen von 6 und 100 Jahren (HQ_6 und HQ_{100}) vorgenommen. Darüber hinaus wurden Berechnungen für den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ), den mittleren Abfluss (MQ) sowie den 2,5-fachen mittleren Abfluss ($2,5 \cdot MQ$) durchgeführt.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Hochwasserabflüsse (HQ_6 und HQ_{100}): Im Bereich des Beginns der Renaturierungsmaßnahmen bei km 18+800 steigen die Wasserstände in der Achse der Schunter bei den betrachteten Hochwasserabflüssen durch die im Gewässerbett mit Profilaufweitungen vorgesehenen Strömunglenker geringfügig an (maximal 3 cm beim HQ_6 und 4 cm bei HQ_{100}). Bis in den Bereich der Autobahn A2 sinkt der Wasserspiegel dann um bis zu 13 cm beim HQ_6 und 9 cm beim HQ_{100} (Station km 17+600), d.h. in diesem Abschnitt erhöht sich die hydraulische Leistungsfähigkeit durch den Bau der geplanten Flutrinne. Die Absenkung macht sich stärker bei kleineren Hochwasserabflüssen einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit bemerkbar. Unterhalb der Autobahn setzt sich der Trend der Wasserspiegelabsenkung beim HQ_6 noch ca. 1,0 km fort, bevor sich dann im Bereich der Stationen km 14+800 bis 15+000 ein geringfügiger Wasserspiegelanstieg von bis zu maximal 3 cm einstellt. Beim HQ_{100} steigt der Wasserspiegel bereits unmittelbar unterhalb der Autobahn im Planzustand um maximal 8 cm an.

Auswirkungen der Renaturierungsmaßnahmen auf den Wasserspiegel treten im Vergleich zum Istzustand über den Maßnahmenbereich (km 14+200 bis 18+800) hinaus ledig ca. 500 m ins Oberwasser (maximaler Wasserspiegelanstieg 3 cm) auf. Im Unterwasser sind keine Änderungen vorhanden. Eine Vergrößerung des Überschwemmungsgebietes tritt beim HQ_6 im

Wesentlichen durch in verschiedenen Bereichen geplanten Oberbodenabtrag auf. Beim HQ_{100} vergrößert sich das Überschwemmungsgebiet durch entsprechende Wasserspiegelanstiege im Wesentlichen südlich der Schunter im Bereich der Stationen km 17+600 bis 18+000 und nördlich im Bereich der Stationen km 15+400 bis 15+600. Insgesamt betrachtet verkleinert sich das Überschwemmungsgebiet (5,8 % bei HQ_6 und 4,8 % bei HQ_{100}). Bedingt durch die geplante Flutrinne mit ihren Dauerstaubereichen sowie allen weiteren Abgrabungen nimmt unter Berücksichtigung der Bodenauf- und -abtragsbereiche (oberhalb des mittleren Grundwasserstandes) resultierend das Retentionsvolumen zu (10 % bei HQ_6 und 9,6 % bei HQ_{100}).

Durch die geplante Flutrinne und die damit verbundene Vergrößerung des Abflussquerschnittes reduziert sich die Fließgeschwindigkeit beim Hochwasserabfluss HQ_6 im Bereich der Mittelwerte in der Schunter sowie auf den Vorländern um ca. 0,1 m/s. In der geplanten Flutrinne werden bei diesem Abfluss Fließgeschwindigkeiten von im Mittel zwischen 0,2 und 0,4 m/s erreicht. Beim mit 25 bis 30 cm höheren Wasserständen verbundenen Abfluss HQ_{100} verringert sich der Einfluss der Renaturierungsmaßnahmen auf den Betrag der mittleren Strömungsgeschwindigkeit, da sich die Querschnittsvergrößerung prozentual bezogen auf den Gesamtabflussquerschnitt verringert. Der Mittelwert der Fließgeschwindigkeit in der Schunter reduziert sich bei HQ_{100} ebenfalls um ca. 0,1 m/s, während er sich auf den Vorländern betragsmäßig nicht ändert.

Zusammenfassend kann für den Bereich der untersuchten Hochwasserabflüsse festgehalten werden, dass die geplanten Renaturierungsmaßnahmen bei HQ_6 im gesamten Untersuchungsbereich und bei HQ_{100} oberhalb der Autobahn A2 überwiegend zu einer Absenkung der Wasserstände bei Hochwasser führen. Diese zieht eine Verringerung des Überschwemmungsgebietes um ca. 5 % aber gleichwohl noch eine verbleibende Zunahme des Retentionsvolumens um im Mittel ca. 10 % nach sich. Die Aufweitung des Abflussquerschnittes durch die geplante Flutrinne führt überwiegend zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von ca. 0,1 m/s. Lokal und in Abhängigkeit des Abflusses treten größere Differenzen auf.

*Mittlerer Niedrigwasserabfluss und mittlerer Abfluss (MNQ , MQ und $2,5*MQ$):* Die im Bett der Schunter im Planzustand unter anderem zur Änderung der Sohlhöhe geplanten Maßnahmen (Sohlbauwerke, Strömungslenker und Sohlhebungen) führen bei den betrachteten Abflüssen zwischen den Stationen km 14+400 und 18+000 zur Anhebung des Wasserspiegels.

Die maximale Anhebung ergibt sich an der Station km 16+800 mit Δh_{\max} : MNQ = 58 cm, MQ = 56 cm und $2,5 \cdot \text{MQ} = 47 \text{ cm}$. Entsprechend der Anhebungen verringert sich der Abstand zur Böschungsoberkante. Der im Bereich der Station km 18+060, einer von der ehemaligen Bahnbrücke verbliebenen „Engstelle“ im Abflussprofil, angeordnete Sandfang bewirkt bei MNQ und MQ eine Absenkung der Wasserspiegellage bis zu 600 m ins Oberwasser (Δh_{\max} : MNQ = 15 cm und MQ = -23 cm). Beim 2,5-fachen MQ findet im Bereich des Sandfanges keine Absenkung mehr statt, sondern bedingt durch die Stromauf des Sandfanges bis zur Station km 18+800 im Planzustand im Schunterbett angeordneten Strömunglenker und Tothölzer ein lokaler Anstieg der Wasserspiegellage bis zu 33 cm.

In den an die Schunter angeschlossenen Entwässerungsgräben verlängert sich je nach Abfluss durch die im Planzustand gestiegenen Wasserstände die Rückstauwurzel. Bei den hier betrachteten Abflüssen sind aber keine schadhafte Auswirkungen auf die Entwässerungssituation der Landwirtschaft und Siedlungen zu befürchten.

5. Anlagen

- Anlage 1: Längsschnitt in Schunter-Achse - Wasserspiegellage für HQ_6
- Anlage 2: Überschwemmungsgebiet HQ_6 - Ist-/Planzustand
- Anlage 3: Längsschnitt in Schunter-Achse - Wasserspiegellage für HQ_{100}
- Anlage 4: Überschwemmungsgebiet HQ_{100} - Ist-/Planzustand
- Anlage 5: Längsschnitt in Schunter-Achse - Wasserspiegellage für MNQ
- Anlage 6: Längsschnitt in Schunter-Achse - Wasserspiegellage für MQ
- Anlage 7: Längsschnitt in Schunter-Achse - Wasserspiegellage für $2,5*MQ$
- Anlage 8: Überschwemmungsgebiet $2,5*MQ$ - Ist-/Planzustand