


Bundesstraße Nr. 253 OU Breidenbach

Beginn: zw. NK 5116 105 und 5116 103 - km 4,055
Ende: zw. NK 5115 129 und 5116 130 - km 0,718

 Hessen Mobil
Straßen- und
Verkehrsmanagement

Nächster Ort: Breidenbach

Dezernat
Planung Westhessen
Marburg

Baulänge: 852,400 m (Neubau) und 700,650 m (Fahrbahnverbreiterung)
Anschlüsse: B 253 alt (max. 200 m)

- W A S S E R T E C H N I S C H E U N T E R S U C H U N G -



FESTSTELLUNGSENTWURF

<p>Aufgestellt: Marburg, den 28.09.2015 Hessen Mobil - Dezernat Westhessen -</p> <p><u>i.A. Tobias Müller</u> Projektingenieur</p>	<p>Geprüft: Marburg, den 28.09.2015 Hessen Mobil - Dezernat Westhessen -</p> <p><u>i.A. Bernd Schneider</u> Teamleiter</p>
	<p>Genehmigt: Marburg, den 28.09.2015 Hessen Mobil - Dezernat Westhessen -</p> <p><u>i.A. Dr.-Ing. Lars-Henning Fischer</u> Dezernent</p>

- **Hessen Mobil**
- **Straßen- und Verkehrsmanagement**
-
-
-

HESSEN



Ortsumgehung Breidenbach B 253

**Wasserbautechnischer Teil
Unterlage zur Planfeststellung
gem. § 68.1 und 70 WHG**

**Anlage A
Erläuterungsbericht**

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	3
2.	Berechnungsgrundlagen	4
2.1.	Hydraulisches Modell	4
2.2.	Berechnungsnetz	6
2.3.	Brückenbauwerke im Untersuchungsgebiet	6
2.4.	Modellierung von Durchlässen	7
2.5.	Hydraulische Modellierung von Abstürzen und Wehren	8
2.6.	Erfassung von Sonderbauwerken	9
2.7.	Anpassung des hydraulischen Modells	10
2.8.	Rauheiten	10
2.9.	Verwendete Abflüsse	10
3.	Maßnahmen	11
3.1.	Bestehende Situation	11
3.1.1.	Bauwerke und Einleitungen	11
3.2.	Geplante Maßnahmen	12
3.2.1.	Allgemeine Beschreibung	12
3.2.2.	Ortsumgehung und Flächenanhebung	12
3.2.3.	Tiefbau	12
3.2.4.	Drosselbauwerk	13
4.	Berechnungsergebnisse	14
4.1.	Allgemeine Beschreibung	14
4.2.	Auswirkungen der Maßnahmen	15
4.2.1.	Wasserspiegellagen	15
4.2.2.	Retentionsraumbilanz	15
4.2.3.	Pegel „Breidenbach“	17
4.2.4.	Einleitungen der Siedlungsentwässerung	18
4.3.	Anmerkungen zum Bauzustand	19
4.4.	Anmerkungen zur weitergehende morphologische Entwicklung	20
5.	Zusammenfassung	22

Anhang: Digitale Daten

Anlagen: Pläne

Anlagenverzeichnis

<u>Anlage</u>	<u>Maßstab</u>
Anl. 1 Lageplan	1:2.000
Anl. 2 Längsschnitt Perfverlegung	1:2.000/50
Anl. 3 Talquerprofile 1 + 2	1:250
Anl. 4 Talquerprofile 3 + 4	1:250
Anl. 5 Wassertiefen beim HQ ₁₀₀ - Istzustand	1:2.000
Anl. 6 Strömungsgeschwindigkeiten beim HQ ₁₀₀ Istzustand	1:2.000
Anl. 7 Wassertiefen beim HQ ₁₀₀ – Planungsziel „Wiese“	1:2.000
Anl. 8 Strömungsgeschwindigkeiten beim HQ ₁₀₀ Planungsziel „Wiese“	1:2.000
Anl. 9 Schubspannungen beim HQ ₁₀₀ Planungsziel „Wiese“	1:2.000
Anl. 10 Wasserspiellagendifferenzen Planungsziel „Wiese“ - Istzustand	1:2.000
Anl. 11 Wassertiefen beim HQ ₁₀₀ – Planungsziel „Auewald“	1:2.000
Anl. 12 Strömungsgeschwindigkeiten beim HQ ₁₀₀ Planungsziel „Auewald“	1:2.000
Anl. 13 Schubspannungen beim HQ ₁₀₀ Planungsziel „Auewald“	1:2.000
Anl. 14 Wasserspiellagendifferenzen Planungsziel „Auewald“ - Istzustand	1:2.000

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Dezernat Westhessen (Hessen Mobil, Marburg) plant eine Umgehung der Ortslage Breidenbach im Zuge der Bundesstraße B253. Der nördliche Teil der Ortsumfahrung wurde im Zuge des Ausbaus der K107 bereits umgesetzt (vgl. Abb. 1).

Neben der Ortsumgehung beabsichtigt die Gemeinde die Ausweisung neuer Baugebiete im Überschwemmungsgebiet der Perf, die durch die spätere Ortsumgehung eingegrenzt werden. Für diese Ausweisung der Baugebiete wurde eine vorläufige wassertechnische Unterlage zum Nachweis der Auswirkungen der Gesamtmaßnahme erstellt (Büro Hartung+Partner, 30.05.2012), die Grundlage der Genehmigung nach §78 Abs. 2 WHG vom 17.02.2014 ist.

Nach Konkretisierung der Planungen zur eigentlichen Ortsumgehung werden die wassertechnischen Untersuchungen aktualisiert und der Detailgrad der Untersuchungen erhöht. Der vorliegende Bericht stellt die Grundlagen und die Ergebnisse zusammen.



Abb. 1: Untersuchungsgebiet

2. Berechnungsgrundlagen

2.1. Hydraulisches Modell

Die hydraulischen Berechnungen werden 2-dimensional und stationär mit dem Programm HYDRO_AS-2D durchgeführt. Durch die 2-dimensionale Berechnung können die Strömungsverhältnisse und die Überflutungsvorgänge genauer ermittelt werden, als bei einer 1-dimensionalen Berechnung. Eine getrennte Berechnung von Flussschlauch und Vorländern entfällt. Die komplexen Strömungsinteraktionen zwischen Flussschlauch und Vorland sowie mögliche Rückstau- und andere (2-dimensionale) Fließeffekte werden implizit berücksichtigt.

Ausgangspunkt für die zweidimensionale mathematische Modellierung sowohl von Strömungsvorgängen in natürlichen Fließgewässern als auch für die Wasserspiegellagenberechnung und Flutwellenausbreitung sind die 2d-tiefengemittelten Strömungsgleichungen¹, die auch als Flachwassergleichungen bekannt sind.

In kompakter Vektorform lauten diese 2d- Strömungsgleichungen²:

$$\frac{\partial \vec{w}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{f}}{\partial x} + \frac{\partial \vec{g}}{\partial y} + \vec{s} = \vec{0}$$

wobei:

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} H \\ u \cdot h \\ v \cdot h \end{bmatrix} \quad \vec{f} = \begin{bmatrix} u \cdot h \\ u^2 \cdot h + 0,5 \cdot g \cdot h^2 - v \cdot h \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \\ u \cdot v \cdot h - v \cdot h \cdot \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix}$$

$$\vec{s} = \begin{bmatrix} 0 \\ g \cdot h \cdot (I_{Rx} - I_{Sx}) \\ g \cdot h \cdot (I_{Ry} - I_{Sy}) \end{bmatrix} \quad \vec{g} = \begin{bmatrix} v \cdot h \\ u \cdot v \cdot h - v \cdot h \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \\ v^2 \cdot h + 0,5 \cdot g \cdot h^2 - v \cdot h \cdot \frac{\partial v}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Hierbei bezeichnet $H = h + z$ den Wasserspiegel über einem Bezugsniveau, u und v sind die Geschwindigkeitskomponenten in x - und y -Richtung (vgl. Abb. 2), die im Geschwindigkeits-

¹ Abbott, M.B.: *Computational Hydraulics, Elements of the Theory of Free-Surface Flows*, Pitman Publ., London, (1979)

² Nujic M.: *Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die Berechnung von tiefengemittelten Strömungen*, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Nr. 62 / (1998).

vektor \vec{v} zusammengefasst sind.

Der Quellterm \vec{s} beinhaltet Ausdrücke für das Reibungsgefälle \vec{i}_R (mit den Komponenten I_{Rx} und I_{Ry}) und für die Sohlneigung (I_{Sx} , I_{Sy}) und drückt damit eine Energiezu- bzw. -abnahme aus.

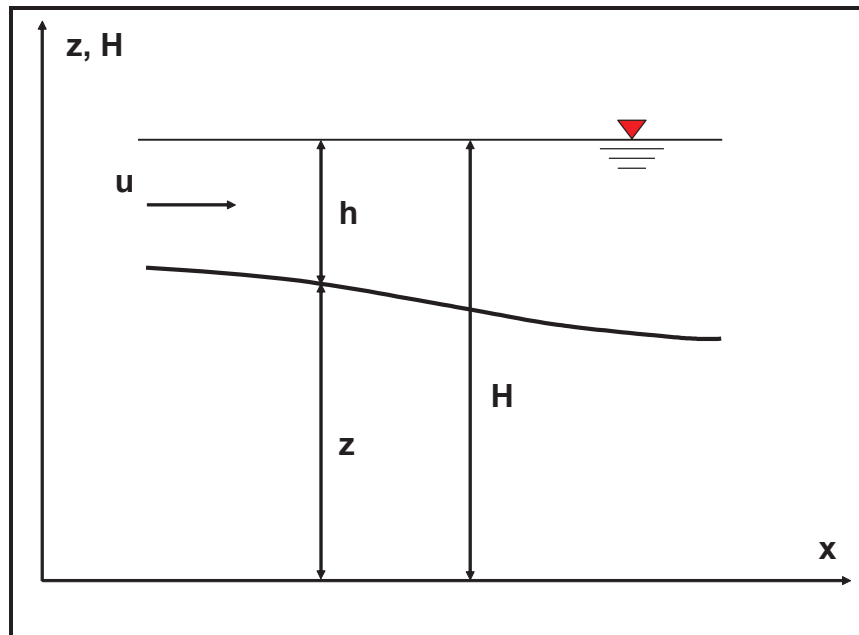


Abb. 2: Systemskizze

Die Sohlneigung in x- und y-Richtung ist durch den jeweiligen Gradienten des Sohl-niveaus z definiert:

$$I_{Sx} = -\frac{\partial z}{\partial x}; \quad I_{Sy} = -\frac{\partial z}{\partial y}$$

Die Berechnung des Reibungsgefälles erfolgt nach der Darcy-Weisbach-Formel:

$$\vec{i}_R = \frac{\lambda \cdot \vec{v} \cdot |\vec{v}|}{2 \cdot g \cdot h}$$

Der Widerstandsbeiwert λ wird dabei über die Manning-Strickler-Formel bestimmt:

$$\lambda = 6,34 \cdot \frac{2 \cdot g \cdot n^2}{h^{1/3}}$$

Hierbei stellt n den Manning-Reibungskoeffizienten als Kehrwert des Strickler-Beiwertes k_{st} dar.

Um die numerische Simulation durchzuführen, wird das Gesamtgebiet in diskrete Elemente aufgeteilt (siehe Abschnitt 2.2). Die gewählte Aufteilung kann, abhängig davon, welches Rechenschema verwendet wird, entweder aus drei- oder viereckigen Elementen bzw. einer Kombination aus beiden bestehen. Das hier verwendete Berechnungsverfahren arbeitet mit einem aus Dreiecks- und Viereckselementen bestehenden Berechnungsnetz. Die Verwendung eines kombinierten Netzes ermöglicht u.a. eine leichtere Anpassung an die topographischen und die hydrodynamischen Gegebenheiten der jeweiligen Aufgabenstellung. Damit können Fließ-, Deich- und Wegeverläufe relativ genau erfasst werden, was für den zu modellierenden Strömungsprozess eine entscheidende Rolle spielt.

Das im Modell integrierte numerische Verfahren basiert auf der Lösung der oben beschriebenen 2d-tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit Hilfe der Finite-Volumen-Methode.

2.2. Berechnungsnetz

Dem Berechnungsnetz für die hydraulische Berechnung liegen Geländeinformationen aus verschiedenen Quellen zugrunde. Hauptdatenquelle für den Vorlandbereich ist ein digitales Geländemodell, das auf photogrammetrisch ausgewerteten Befliegungsdaten beruht. Weiterhin wurden terrestrisch aufgenommene Vermessungsdaten für den Flussschlauch verwendet.

2.3. Brückenbauwerke im Untersuchungsgebiet

Der Abfluss durch große Brückenbauwerke, bei denen nicht mit einer Überströmung des Brückenbauwerks gerechnet wird, wird zweidimensional modelliert, d.h. das Geländeprofil unter der Brücke wird im Detail nachgebildet. Das hydraulische Berechnungsnetz wird weiterhin so angepasst, dass die Widerlager der Brücke annähernd senkrecht abgebildet werden. Wenn der Brückenquerschnitt durch Brückenpfeiler eingeengt wird, werden die zugehörigen Netzelemente analog den Gebäuden als nicht durchflossen modelliert. Für die Knoten des hydraulischen Berechnungsnetzes, die sich unter Brücken befinden, wird eine wirksame Bauwerksunterkante definiert, die an diesen Stellen den potenziellen Abflussquerschnitt nach oben begrenzt. Eine Überströmung der Brücke oberhalb des Brückenträgers wird nicht berücksichtigt, so dass dieses Verfahren hauptsächlich für hochliegende Brücken angewendet wird, bei denen mit keiner Überströmung zu rechnen ist. Kleinere Brückenbauwerke, bei denen mit einer Überströmung zu rechnen ist, werden eindimensional als Durchlässe modelliert.

2.4. Modellierung von Durchlässen

Im Gegensatz zu Brückenbauwerken, die zweidimensional modelliert werden, handelt es sich bei Durchlässen um wesentlich kleinere Bauwerke, die mit Hilfe empirischer Formeln erfasst werden, da in ihrem Bereich zum einen die Voraussetzungen der Flachwassergleichungen teilweise verletzt werden, und zudem das Berechnungsnetz im Bereich der Durchlässe sehr stark verfeinert werden müsste, was den Berechnungsaufwand und die benötigte Zeit stark ansteigen lassen würde.

Der Durchfluss durch eine Öffnung wird in Hydro_AS-2D gemäß folgender Formel berechnet³:

$$Q = c \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

mit:

- A = durchströmte Fläche im maßgebenden Querschnitt [m²];
- g = Erdbeschleunigung ($g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$);
- ΔH = Höhenunterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser [m];
- c = Abflussfaktor (Standardwert $c = 0,9$).

Hinsichtlich des Abflussverhaltens werden dabei vier Fälle unterschieden:

- (i) Der Abflussquerschnitt ist nicht gefüllt, und es tritt ein Fließwechsel auf. Der Abfluss erfolgt als Freispiegelabfluss, und der Unterwasserstand beeinflusst das Oberwasser nicht. Maßgebend ist der Querschnitt, in dem die Grenzwassertiefe erreicht wird, und somit der Fließwechsel stattfindet. Die Berechnungsparameter ergeben sich demzufolge zu:

$A = A_{\text{gr}} = \text{Abflussquerschnitt für die Grenzwassertiefe und}$

$\Delta H = 1/2 h_{\text{gr}}$; $h_{\text{gr}} = \text{Grenzwassertiefe.}$

- (ii) Der Abflussquerschnitt ist nicht gefüllt, wobei kein Fließwechsel und der Abfluss strömend erfolgt. In diesem Fall kann es zu einem Rückstau im Oberwasser kommen, und der Unterwasserstand h_{uw} beeinflusst den Abfluss ebenso wie der Oberwasser-

³Hydro_AS-2D, Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis Benutzerhandbuch

stand h_{ow} . Der für den Fall (i) ermittelte Abfluss wird dementsprechend mit folgendem Abminderungsfaktor multipliziert:

$$c_s = \sqrt{1 - \left(\frac{h_{uw}}{h_{ow}}\right)^{16}}$$

- (iii) Der Abflussquerschnitt ist vollständig gefüllt, so dass der Durchlass als Druckrohrströmung gerechnet wird. Am Auslauf kommt es zudem zu einem Fließwechsel, so dass der Unterwasserstand keinen Einfluss auf das Oberwasser hat. Die Berechnungsparameter folgen zu:

$A = A_d =$ abflusswirksamer Bauwerksquerschnitt und

$\Delta H = h_{ow} - z_{kuk}$ mit z_{kuk} = Höhe der abflusswirksamen Bauwerksunterkante.

- (iv) Der Abflussquerschnitt ist vollständig gefüllt, und es tritt kein Fließwechsel am Ausfluss auf, so dass es zu einem Aufstau im Oberwasser kommt. Die Berechnungsparameter folgen zu:

$A = A_d$ und

$\Delta H = h_{ow} - h_{uw}$.

Im Programm tritt der Fall (iv) auf, sobald der Unterwasserstand größer wird als die abflusswirksame Bauwerksunterkante. Der Übergang vom Fall (iii) zum Fall (iv) geschieht jedoch in der Praxis nicht schlagartig, sondern erfolgt, abhängig vom Bauwerkstyp, in einem gewissen Übergangsbereich. Infolgedessen kann es in diesem Abflussbereich zu einer geringfügigen Abweichung im ermittelten Durchfluss kommen.

Da es i.A. schwierig ist, bei verschiedenen Bauwerkstypen das gesamte Abflussregime mit Hilfe empirischer Ansätze richtig abzudecken, empfiehlt es sich, besonders beim für die Untersuchung relevanten Zustand, eine Durchflusskontrolle mit evtl. genaueren Parameteranpassung durchzuführen.

2.5. Hydraulische Modellierung von Abstürzen und Wehren

Wenn auf einer kurzen Strecke eine zu große Höhendifferenz in der Sohlgeometrie vorhanden ist, wie dies z.B. bei Wehren und Abstürzen der Fall ist, kann dieser Höhengsprung nicht mehr zweidimensional modelliert werden. Das Verhältnis der Absturz- bzw. Überfallhöhe zur

Wassertiefe über der Überfallsschwelle verletzt dabei die Voraussetzungen der Flachwassergleichungen. Der Abfluss Q über den Absturz wird in den vorliegenden Untersuchungen eindimensional mit der Überfallformel nach Du Buat berechnet, die der allgemeinen Wehrformel nach Poleni vergleichbar ist:

$$Q = c_u \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_E^{3/2} \quad [m^3 / s]$$

Der Überfallbeiwert μ wird entsprechend der Wehrform angepasst. Weiterhin gehen die Breite der Krone b und die Energiehöhe h_E im Oberwasser in Bezug auf die Kronenhöhe ein. Die Verwendung der Energiehöhe h_E im Ansatz nach Du Buat hat gegenüber der Verwendung der Einstauhöhe h im Ansatz nach Poleni den Vorteil, dass die Anströmungsrichtung z.B. bei Streichwehren mit in die Berechnung eingeht.

Der Abminderungsfaktor c_u berücksichtigt die Auswirkung eines Einstaus des Wehres vom Unterwasser her (unvollständiger Überfall) und wird über die Formel:

$$c_u = \sqrt{1 - \left(\frac{h_{uw}}{h_{ow}} \right)^n}$$

mit einem Exponent n von 16 für breitkronige Wehrkörper bestimmt. Dabei stehen h_{uw} und h_{ow} für die Wassertiefe des Ober- bzw. Unterwassers bezogen auf die Kronenhöhe des Wehrüberfalls⁴.

2.6. Erfassung von Sonderbauwerken

Neben der allgemeinen, zweidimensionalen Abflussmodellierung durch Lösung der Flachwassergleichungen mittels Finite-Volumen-Verfahren (Abschnitt 2.1), bei der die Einschränkung des Strömungsquerschnitts nach oben durch Vorgabe einer wirksamen Bauwerksunterkante möglich ist (vgl. Abschnitt 2.3), ist die zusätzliche, eindimensionale Erfassung von Durchlässen (Abschnitt 2.4) und Abstürzen (Abschnitt 2.5) möglich. Mit Hilfe dieser unterschiedlichen Modellierungsmöglichkeiten werden die einzelnen Triebwerke und sonstigen Sonderbauwerke im Untersuchungsgebiet nachgebildet.

Die Bauwerke werden entsprechend den zur Verfügung gestellten Planunterlagen, den Daten aus der Vermessung sowie den Erkenntnissen der Ortsbegehung in das Modell aufge-

⁴ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., *Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Merkblatt 1, 1997*

nommen. Details zur Erfassung der einzelnen Bauwerke können dem Berechnungsnetz in den digitalen Daten der Anlage entnommen werden.

2.7. Anpassung des hydraulischen Modells

Vor der endgültigen Verwendung des Modells zum Nachweis der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen erfolgte eine Modellplausibilisierung, um die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

2.8. Rauheiten

Nach der Aufstellung des Berechnungsnetzes wurden den einzelnen Netzelementen Rauheitsbeiwerte nach Manning-Strickler zugewiesen. Die Rauheitsbeiwerte für die jeweilige Nutzung werden nach Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Eine Zusammenstellung der endgültigen, bei den Berechnungen verwendeten Rauheiten kann Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Zuordnung von Rauheitsbeiwerten und Flächennutzungen

Material	Rauheit [m ^{1/3} /s]	Material	Rauheit [m ^{1/3} /s]
Acker-/Grünland	20	Rauhe Rampe	26
Perf	30	Straßen, Wege	50
Feldweg	45	Wald, Forst	8
Gebäude	5	Auewald	8
Gehölzstreifen	14	Wiese	22
Graben	25	versiegelte Fläche	50

2.9. Verwendete Abflüsse

Die Berechnungen wurden für Hochwasser verschiedener Jährlichkeit durchgeführt. Die verwendeten Abflüsse für den Pegel Breidenbach (Perf) sind mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (Schriftwechsel Dr. Brahmer / Dr. Lange von 2009) abgestimmt und in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Aufteilung auf die Zuflüsse der Perf und der Diete erfolgte anteilmäßig entsprechend der Einzugsgebietsgröße.

Tabelle 2: Abflüsse im Untersuchungsgebiet

Wiederkehrintervall [Jahre]	Pegel Breidenbach (Perf) [m³/s]	Perf (oberhalb Diete) [m³/s]	Diete [m³/s]
100	80,8	62,8	18,0
50	67,3	52,3	15,0
10	42,4	33,0	9,4
1	20,8	16,2	4,6

3. Maßnahmen

3.1. Bestehende Situation

3.1.1. Bauwerke und Einleitungen

Die Bauwerke und Einleitungen sind im Lageplan und z. T. im Gewässerlängsschnitt dargestellt und hier listenmäßig aufgeführt:

- Einleitung Buderus
- Gewässerpegel Breidenbach
(Zulaufpegel HRB Breidenstein / Perf (Perfstausee))
- Brückenbauwerk K 107
- Einleitung Himmelsbornbach
- Brücke B 253
- Einleitung RÜ oberhalb (östlich) Brücke B 253
- Drosselbauwerk (seitliche Einschnürungen durch Spundwandkonstruktion)

Hochwasserlinien der Ortslage:

Im nördlichen Teil zwischen dem vorh. Kreisverkehr der B 253 (Einleitung Buderus) und dem Kreisverkehr der K 107 (Gewässerpegel Breidenbach) verläuft die K 107 am Ortsrand und besitzt daher Hochwasserschutzfunktion.

Im Planungsraum zwischen K 107 und B 253 sowie oberhalb (östlich) der B 253 verläuft ein ehemaliger Bahndamm (derzeitige Nutzung Fuß- und Radweg), der eine eingeschränkte Hochwasserschutzwirkung besitzt.

3.2. Geplante Maßnahmen

3.2.1. Allgemeine Beschreibung

Die geplanten Maßnahmen lassen sich in den Straßenbau, die Erschließung des Gewerbegebiets und die wasserbaulichen Planungen (Tiefau und Drosselbauwerk) unterteilen. Die zusätzliche Unterteilung des wasserbaulichen Teil beruht dabei darauf, dass es sich bei dem Drosselbauwerk um ein konstruktives Bauwerk handelt, und bei der Tiefau um eine eher weiche Maßnahme, die sehr von ökologischen Aspekten bestimmt wird.

3.2.2. Ortsumgehung und Flächenanhebung

Die geplante Ortsumgehung verläuft westlich der Ortslage Breidenbach im gesetzlichen und natürlichen Überschwemmungsgebiet der Perf. Es ist beabsichtigt, die Siedlungsflächen bis an die geplante Straßentrasse zu erweitern, die im Planungsraum zukünftig die Hochwasserschutzfunktion übernimmt.

Dazu wird der gesamte Bereich zwischen Straßentrasse und Ortsrand (im Lageplan als Gewerbegebiet bezeichnet) auf ein hochwasserfreies Niveau angehoben und damit das vorhandene Perfbett und die angrenzenden Vorlandflächen überbaut.

Durch diese Maßnahmen entsteht ein erheblicher Retentionsraumverlust, der durch eine Absenkung der verbleibenden Talaue westlich der geplanten Straße (Tiefau) und durch Umbaumaßnahmen der Drosseleinrichtung oberhalb der B 253 (östlich) zur weiteren Anhebung der Wasserspiegellage ausgeglichen werden soll.

3.2.3. Tiefau

Im Planungsraum wird parallel der zukünftigen Straße im verbleibenden Talraum eine Tiefau zwischen K 107 und B 253 auf ca. 950 m Länge durch Geländeabtrag hergestellt.

Das Gelände wird auf ca. 30 m Breite auf das vorhandene Perfsohlniveau abgetragen. Die verbleibenden Abtragsbereiche werden bis auf ca. 0,30 m über dem zukünftigen Perfsohlniveau abgetragen.

Im Bereich der Tieflaue ist eine landwirtschaftliche Nutzung als Weide- und Grünland möglich. Ziel ist aber die sukzessive Entwicklung eines autochthonen Auwaldes. Für die hydraulischen Nachweise werden diese beiden Extremwerte der Nutzung über die Sohlrauheiten erfasst, und als zwei unterschiedliche Planungsziele berechnet und dargestellt:

- Planungsziel „Wiese“
- Planungsziel „Auwald“

3.2.4. Drosselbauwerk

Aufgrund der Anbindung der Ortsumgehung an den vorhandenen Trassenverlauf über einen Kreisverkehr, ist es erforderlich, die Perf zu verlegen und ein neues Brücken- und Drosselbauwerk herzustellen.

Das Drosselbauwerk besteht aus einer seitlichen Einengung des Fließquerschnitts mit seitlichen Anschlussdämmen und einem beidseitigen überströmbaren Teilabschnitt.

Die Drossellichtweite beträgt $LW = 7,00$ m. Das vorhandene Bauwerk oberhalb der B 253 besitzt $LW = 7,50$ m Drossellichtweite.

Die Wasserspiegeldifferenzen „Planung/Bestand“ beim Lastfall $HQ_1 = 20,8$ m³/s (etwa bordvolle Leistung oberhalb der B 253) liegen oberhalb der Drossel zwischen $-0,11$ m bis $+0,04$ m. Die Wasserspiegelanhebung von max. $+0,04$ m in Station $2 + 543,245$ km liegt an der programmtechnisch bedingten Nachweisgrenze.

Damit entspricht die Überströmungshäufigkeit der angrenzenden Vorländer oberhalb der Drossel etwa dem derzeitigen Zustand.

Die bestehende Brücke und Drossel können vollständig abgebrochen werden. Das oberwasserseitige Perfbett wird bis zum neuen Verlauf verfüllt.

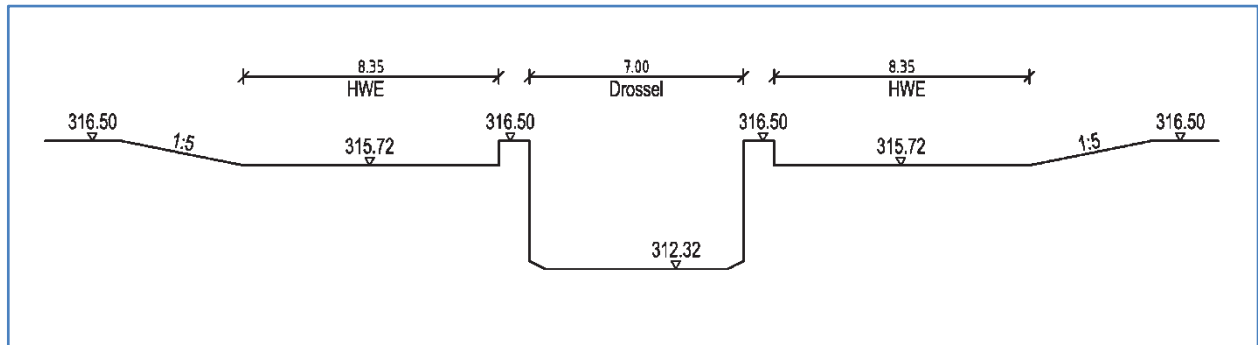


Abb. 3: Systemschnitt des neuen Drosselbauwerks

4. Berechnungsergebnisse

4.1. Allgemeine Beschreibung

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen sind für das 100-jährliche Hochwasserereignis in den Plänen der Anlage dargestellt. Diese und die Ergebnisse der weiteren Lastfälle sind zudem digital im Anhang zusammengestellt.

Für jeden Zustand (Istzustand, Planungsziel „Wiese“, Planungsziel „Auewald“) sind jeweils die Wassertiefen (inkl. Wasserspiegellagen) und die Strömungsgeschwindigkeiten im Lageplan dargestellt. Für die Planungszustände sind zusätzlich noch die Schubspannungen dargestellt sowie die Differenz der Wasserspiegellagen gegenüber dem Istzustand.

Wichtig ist, dass die von HYDRO_AS-2D ausgegebene Schubspannung nicht nur die Sohl-
schubspannung enthält, was im Fall von niedrigen Rauheitsbeiwerten (z.B. Auewald) berücksichtigt werden muss. Die Darstellung der Schubspannungen ist deswegen nur in Verbindung mit den Geschwindigkeitsdarstellungen zur Dimensionierung der erforderlichen Sohl- und Böschungssicherungen zu verwenden.

Hinsichtlich der Strömungssituation sind die Ergebnisse bei allen drei Varianten vergleichbar. Die Brücken an der B253 und der K107 sind jeweils Zwangspunkte, in denen der Abfluss konzentriert ist. Vor den Brückenbauwerken kommt es jeweils zu einem Rückstau, der an der B253 Brücke auch durch das jeweilige Drosselbauwerk beeinflusst wird.

Im derzeitigen Zustand ist die Brücke an der B253 beim HQ_{100} eingestaut. Die Konstruktionsunterkante (KUK) liegt bei 314,69 mNN. Die Wasserspiegellage direkt oberhalb der Brücke liegt bei 314,71 mNN. Oberhalb der Drossel liegt sie bei ca. 315,45 mNN.

Am Ort der neuen Brücke über die Perf im Zuge der B253 liegen die Wasserspiegellagen bei ca. 314,30 mNN für das Planungsszenario „Wiese“ und bei ca. 314,50 mNN für das Pla-

nungsszenario „Auewald“. Bei einer angedachten KUK von 315,00 mNN wäre hier ein Freibord von ca. 50 cm, so dass keine akute Verklauungsgefahr bestehen sollte.

Die Brücke an der K107 (KUK = 312,76 mNN) ist nicht eingestaut, jedoch wird durch die geplanten Maßnahmen die Wasserspiegellage oberhalb der Brücke leicht angehoben (Istzustand: 312,46 mNN; Planung: jeweils 312,57 mNN), so dass der Freibord reduziert wird.

Unterhalb der Brücken kommt es schon bei den Hochwassern geringer Jährlichkeit (HQ₁) zu Ausuferungen und einem breitflächigen Abfluss in den Vorländern. Insbesondere im Planungsraum ist diese Charakteristik sehr stark ausgeprägt.

4.2. Auswirkungen der Maßnahmen

4.2.1. Wasserspiegellagen

Aus den Wasserspiegellagendifferenzenplänen der Anlage 10 („Wiese“ – Ist) bzw. 14 („Auewald“ – Ist) ist zu erkennen, dass die geplanten Maßnahmen nördlich der K107 keine Auswirkungen auf die hydraulische Situation haben.

Im Planungsraum wird jeweils der Raum östlich der geplanten Ortsumgehung hochwasserfrei gelegt (Dunkelgrün dargestellt). Dafür uferf die Perf weiter nach Westen aus (Magenta eingefärbt). Insbesondere die Wiesen südlich der Perf unterhalb der B253 Brücke sind hier von betroffen.

Ansonsten kommt es im Planungsszenario „Wiese“ oberhalb der K107 Brücke zu einem Aufstau des Wassers. Aufgrund der großflächigen Abgrabungen für die Tiefaue steht der Perf weiter oberhalb mehr Abflussquerschnitt zur Verfügung, so dass hier die Wasserspiegellagen gegenüber dem Istzustand absinken. Für das Planungsszenario „Auewald“ wird dieser Effekt durch die bremsende Wirkung des Auewaldes aufgehoben, so dass die Wasserspiegellagen höher sind als derzeit.

Die lichte Weite des Drosselbauwerks wird für beide Planungsszenarien von 7,5 m auf 7,0 m reduziert. Folgerichtig kommt es oberhalb des neuen Drosselbauwerks zu höheren Wasserspiegellagen. Beim HQ100 reicht dieser Einfluss ungefähr bis in den Bereich „Breite Wiese / Nauwiese“. Somit wird im einem unkritischen Bereich zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen (s.u.).

4.2.2. Retentionsraumbilanz

Um den Einfluss der geplanten Ortsumgehung auf das Retentionsverhalten der Perf und damit die Auswirkungen auf Unterlieger (z.B. Perfstausee) abzuschätzen, wurde das im Unter-

suchungsgebiet befindliche Wasservolumen für drei Abschnitte bestimmt:

- Nördlich K107 (Buderusstraße)
- K107 bis B253
- Östlich B253

Tabelle 3 stellt die ermittelten Volumina für den maßgebenden Hochwasserlastfall HQ_{100} zusammen.

Während die Differenzen für die Wasservolumen der einzelnen Planungsziele nördlich der K107 auf systemtechnische Ableseungenauigkeiten zurückgeführt werden können, verhält sich die Retentionsraumentwicklung in den übrigen Bereichen analog der Voruntersuchungen.

Im Maßnahmenbereich zwischen B253 und K107 können die Abgrabungen der Tiefau für das Planungsziel „Wiese“ die niedrigeren Wasserspiegellagen nicht ausgleichen, so dass hier ein geringeres Wasservolumen vorhanden ist. Durch erhöhte Rauheiten bei der Entwicklung von Auewald ergibt sich allerdings im Laufe der Zeit wieder ein höheres Wasservolumen.

Östlich der B253 (oberhalb des neuen Drosselbauwerks) ergibt sich aufgrund des zusätzlichen Aufstaus durch den reduzierten Drosselquerschnitt ein Anstieg der Wasserspiegellagen, was auch zu einem größeren Wasservolumen führt.

In der Gesamtbilanz ist das Wasservolumen im Planungszustand jeweils höher als im derzeitigen Zustand.

Tabelle 3: Berechnetes Wasservolumen im Untersuchungsgebiet (HQ_{100})

Gebiet	Istzustand	Planungsziel „Wiese“	Planungsziel „Auwald“
Nördlich K107 (Buderusstraße)	190.268	190.133	190.133
K107 bis B253	143.829	127.039	150.703
Östlich B253	216.243	236.500	241.269
Summe	550.340	553.672	582.105

4.2.3. Pegel „Breidenbach“

Wie die Pläne der Wasserspiegellagendifferenzen in der Anlage zeigen, kommt es durch die geplanten Maßnahmen der Ortsumgehung Breidenbach im Zuge der B253 zu keinen signifikanten Auswirkungen auf die hydraulischen Verhältnisse am Pegel Breidenbach.

In Abb. 4 ist die Wasserstands-Abfluss-Beziehung am Pegel Breidenbach dargestellt. Neben kombinierten Wasserstands-Abfluss-Messungen sind die offizielle Pegelkurve von 1996 sowie die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen dargestellt. Es wird deutlich, dass die geplanten Maßnahmen südlich der K107 keinen Einfluss auf die Wasserstände am Pegel haben. Es zeigt sich allerdings auch, dass es Abweichungen zwischen den Berechnungsergebnissen und den Messwerten sowie der offiziellen Pegelkurve gibt.

Für den Nachweis der Auswirkungen der Maßnahmen zur Ortsumgehung Breidenbach sind diese Abweichungen nicht relevant, da sie in allen drei untersuchten Szenarien gleich sind. Zur Absicherung der hydrologischen Grundlagen am Pegel Breidenbach ist jedoch eine detailliertere Untersuchung anzuraten.

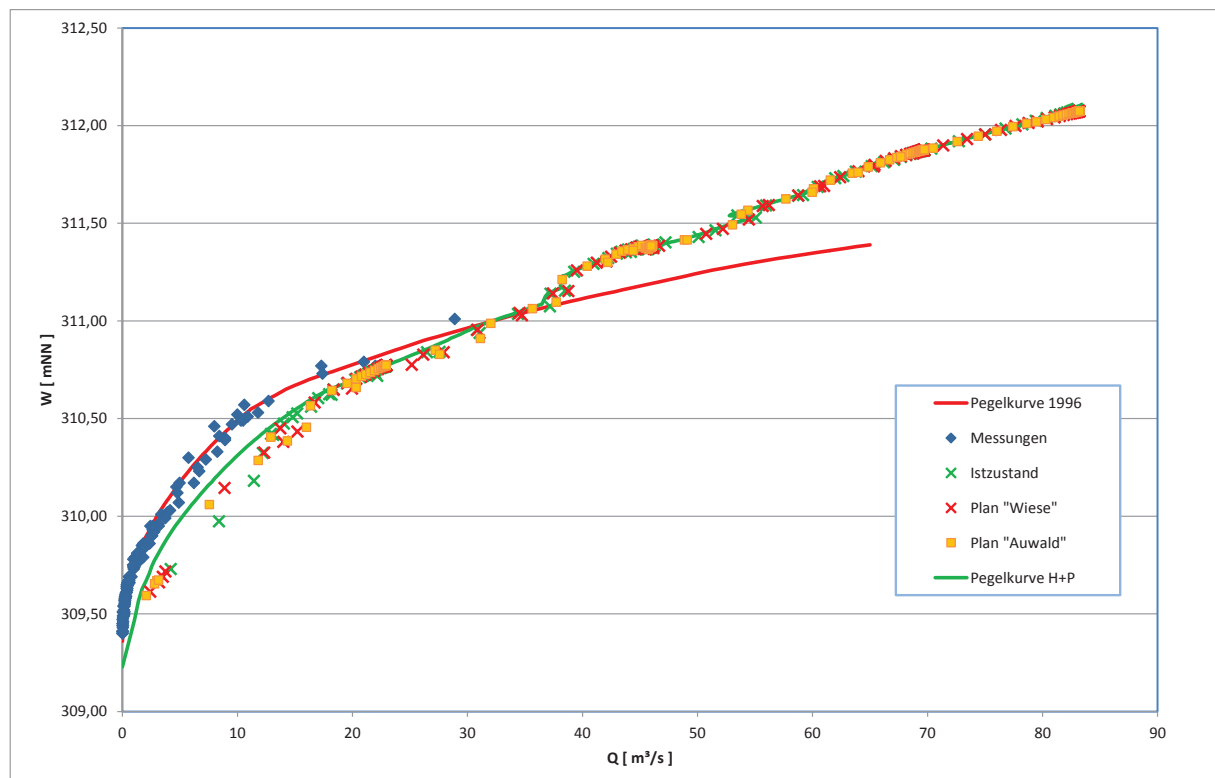


Abb. 4: Wasserstand-Abfluss-Beziehungen am Pegel Breidenbach

4.2.4. Einleitungen der Siedlungsentwässerung

Im Untersuchungsbereich münden an mehreren Stellen Entwässerungskanäle in die Perf. In Tabelle 4 sind die Wasserspiegellagen an diesen Stellen für alle vier untersuchten Jährlichkeiten (HQ1, HQ10, HQ50 und HQ100) zusammengestellt.

Analog zu den Schilderungen in Abschnitt 4.2.1 erkennt man, dass die Maßnahmen nördlich der K107 keine Auswirkungen haben. Dies gilt sowohl für den Pegel Breidenbach, die Regenüberläufe R21 und R25 der Siedlungsentwässerung als auch für die in diesem Bereich befindlichen Einleitungen der Firma Buderus.

Am Himmelsbornbach ist insbesondere bei höheren Abflüssen mit einer leichten Anhebung der Wasserspiegellagen zu rechnen. Diese liegen im Zentimeter-Bereich, so dass von keiner signifikanten Verschlechterung des „Entwässerungskomforts“ gesprochen werden kann.

An der B253 Brücke (alt bzw. neu) machen sich die Einflüsse der geplanten Maßnahmen am deutlichsten bemerkbar. Unterhalb des Drosselbauwerks kommt es unter Berücksichtigung des Planungsziels „Wiese“ zu niedrigeren Wasserspiegellagen als im Istzustand. Im Planungsziel „Auewald“ sind die Wasserspiegellagen dagegen gegenüber dem Istzustand leicht erhöht. In der Realität wird sich im Untersuchungsbereich ein Bewuchs einstellen, der zwischen den beiden untersuchten Grenzzuständen „Wiese“ und „Auewald“ liegt, so dass von keiner signifikanten Verschlechterung des „Entwässerungskomforts“ ausgegangen wird.

Oberhalb des Drosselbauwerks ist vor allem die weitergehende Einschränkung des Drosselquerschnitts dafür verantwortlich, dass es im Planungszustand in beiden Varianten zu erhöhten Wasserspiegellagen kommt. Da es am Drosselbauwerk nicht zum schießenden Abfluss kommt, macht sich zudem der Einfluss der beiden Bewuchsszenarien bemerkbar. Für den Fall „Auewald“ sind die Wasserspiegellagen jeweils leicht höher als beim Planungsziel „Wiese“. Mit Blick auf den Entwässerungskomfort sollte der Regenüberlauf R96 in jedem Fall unterstrom der Drossel in die Perf münden.

Tabelle 4: Wasserspiegellagen im Untersuchungsgebiet

Referenzpunkt	Beschreibung	WSPL [mNN] (Ist / „Wiese“ / „Auwald“)			
		HQ ₁	HQ ₁₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
1	Nördlicher Ortsausgang Regenüberlauf R25	307,469	307,677	307,866	307,975
		307,469	307,677	307,866	307,975
		307,469	307,677	307,865	307,975
2	Pegel „Breidenbach“ Regenüberlauf R21	310,772	311,385	311,875	312,083
		310,773	311,387	311,876	312,074
		310,773	311,385	311,876	312,074
3	Einleitung Himmelsbornbach Regenüberlauf B24	311,102	311,825	312,487	312,797
		311,083	311,829	312,504	312,826
		311,097	311,847	312,527	312,849
4	Westlich B253 Brücke	313,146	313,463	313,608	313,663
		312,704	312,911	313,113	313,229
		313,014	313,494	313,938	314,151
5	Östlich B253 Brücke Unterhalb Drosselbauwerk	313,293	313,691	314,300	314,698
		313,165	313,482	313,891	314,181
		313,353	313,780	314,160	314,416
6	Östlich B253 Brücke Unterhalb Drosselbauwerk Regenüberlauf R96	313,551	314,268	315,126	315,485
		313,654	314,571	315,458	315,921
		313,715	314,627	315,519	315,967

4.3. Anmerkungen zum Bauzustand

Hinsichtlich der Umsetzung der Maßnahmen ist geplant, zuerst die neue Tiefauflage mit Perf-Niedrigwassergerinne fertigzustellen, um nach einer gewissen Umsiedlungszeit für die Fische die alte Perf zu verfüllen und den Straßendamm zu errichten. Das Aushubmaterial soll für diese Zeit im östlichen Vorland der Perf zwischengelagert werden (vgl. Abb. 5), bevor es als Baumaterial für den Damm dient.

Aus hydraulischer Sicht ist dieser Zustand als unkritisch zu bewerten, da der Fließquerschnitt weniger eingengt wird als im Planungszustand. Die Wasserspiegellagen im Untersuchungsgebiet dürften somit unter denen des Planungsszenarios „Wiese“ liegen. Insbesondere oberhalb der Drosselbauwerke dürften die Wasserspiegellagen niedriger liegen, da sich der Abfluss auf beide Perf-Läufe aufteilt. Im Rahmen der Detailplanung zur Umsiedlung von

Flora und Fauna sollte evtl. eine detailliertere Betrachtung im Hinblick auf ökologisch erforderliche Mindestabflüsse erfolgen.

Hinsichtlich der konstruktiven Aspekte ist darauf hinzuweisen, dass für das Erdzwischenlager eine Randsicherung vorzusehen ist, um ein Wegschwemmen im Hochwasserfall zu verhindern. Diese Randsicherung kann z.B. mit den gleichen Wasserbausteinen erfolgen, die im Endzustand zur Sicherung des Straßendamms verwendet werden.

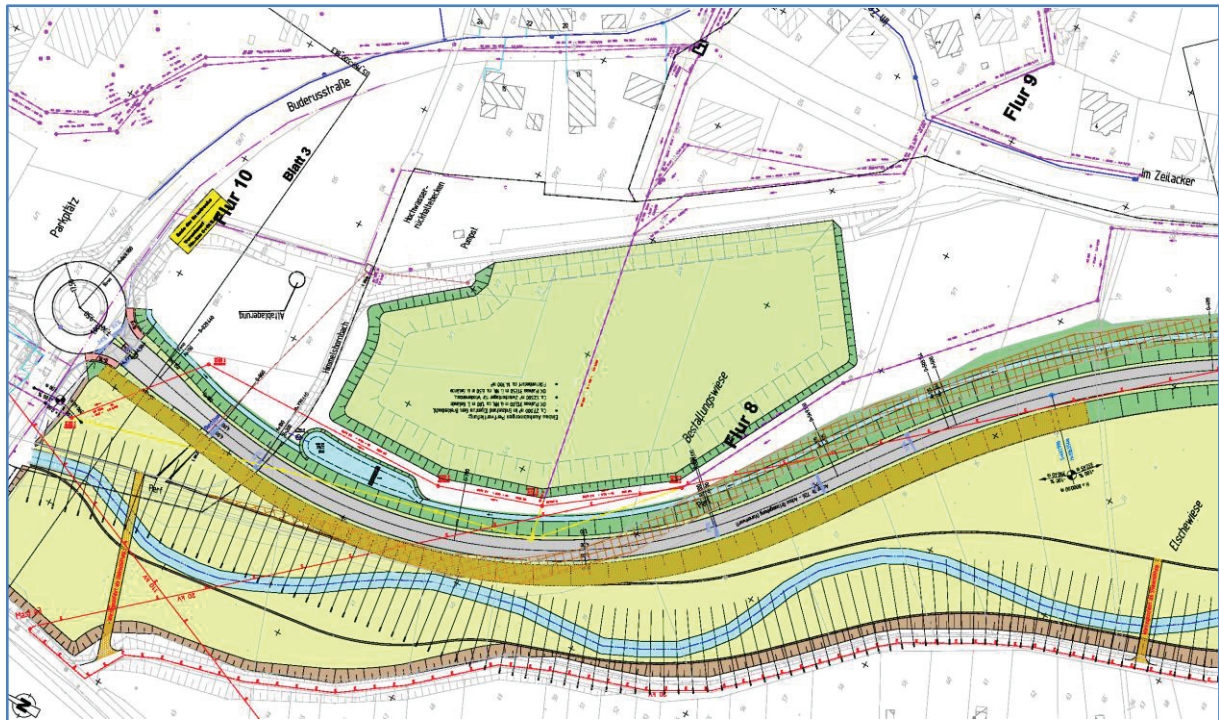


Abb. 5: Mögliches Erdzwischenlager im Bauzustand (Ing.-Büro Gringel; 06.05.2015)

4.4. Anmerkungen zur weitergehende morphologische Entwicklung

Die Tiefau und das Niedrigwasserbett der Perf sind so angelegt, dass sich eine eigendynamische Entwicklung entsprechend des Gewässerleitbilds der Perf einstellen kann. Die Tiefau und die Straßen- bzw. Wegedämme dienen dabei als seitliche Beschränkungen für diese Entwicklung.

Abhängig von den sich einstellenden Schlepptensionen und dem Geschiebetrieb in der Perf kann es zu Anlandungen in bestimmten Bereichen kommen sowie zu Abtragungen von Material.

Die Geschwindigkeits- und Schubspannungspläne der Anlage zeigen, dass es insbesondere im Bereich „Elschwiese“ sowie in den Vorländern der Perf oberhalb der K107 Brücke zu Auf-landungstendenzen kommen kann. Erosionstendenzen sind dahingegen direkt unterhalb der

Brücken sowie an der in der Engstelle unterhalb des jetzigen Trinkwasserbrunnens zu erwarten.

Eventuelle Auflandungen führen dabei zu einer Einengung des Strömungsquerschnitts, was zu erhöhten Geschwindigkeiten und damit verstärkten Erosionstendenzen in den Randbereichen führt. Erosionen dahingegen erweitern den Strömungsquerschnitt. Die Folge sind reduzierte Geschwindigkeiten und gegebenenfalls Anlandungstendenzen.

Insgesamt stellt sich ein dynamisches, morphologisches Gleichgewicht ein, das durch die Fixpunkte an den beiden Brücken (B253 und K107) begrenzt wird. Im Rahmen der Gewässerunterhaltung sollte das Talprofil der Perf beobachtet werden, so dass gegebenenfalls korrektiv eingegriffen werden kann.

5. Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wurde der Einfluss der Ortsumgehung Breidenbach im Zuge der B253 auf die Abflussverhältnisse in der Perf untersucht.

Dazu wurden die geplanten Maßnahmen (Ortsumgehung sowie Abgrabungen im Perfvorland („Tiefau“)) in einem 2-dimensionalen hydraulischen Modell abgebildet, und der Planungszustand sowie der derzeitige Zustand für Abflüsse verschiedener Jährlichkeiten berechnet. Für die Planung wurde neben den geometrischen Änderungen der Einfluss des sich sukzessive einstellenden Bewuchses untersucht.

Die Berechnungsergebnisse wurden für die einzelnen Szenarien in Lageplänen dargestellt. Zusätzlich wurde der Planungszustand mit dem Istzustand verglichen.

Es zeigt sich, dass es südlich des neuen Drosselbauwerks zu einem Anstieg der Wasserspiegellagen kommt, wodurch in einem insgesamt für die Hochwassergefährdung unkritischen Bereich zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen wird.

Im Planungsgebiet selbst kommt es oberstrom der K107 Brücke in jedem Fall zu einem Anstieg der Wasserspiegellagen, wobei die Brückenunterkante nicht eingestaut wird. Bis zur neuen B253 Brücke klingt dieser Wasserspiegellagenanstieg zunächst ab, bevor es auch hier durch zunehmenden Bewuchs („Auewald“) und damit erhöhte Rauheit zu einem Anstieg der Wasserspiegellagen kommt. Insgesamt wird sich hier entsprechend des Gewässerleitbilds der Perf ein dynamisches morphologisches Gleichgewicht einstellen, das im Rahmen der Gewässerunterhaltung beobachtet werden sollte.

Unterhalb der K107 Brücke und damit für den Pegel Breidenbach und den Perfstausee sind keine Auswirkungen der geplanten Maßnahmen zu erwarten.

Insgesamt ist durch die geplanten Maßnahmen mit keiner signifikanten Verschlechterung der Hochwassergefährdung für Ober- und Unterlieger zu rechnen.

Hannover, den 18.06.2015

Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner
Ingenieurgesellschaft für Wasserbau mbH

gez. Otto Küstner

.....
Dipl.-Geol. V. Otto-Küstner

gez. Dr.-Ing. Bleck

.....
i.A. Dr.-Ing. M. Bleck