



| |
|---|
| Gemeinde Pürgen Straße / Abschnittsnummer / Station: St 2057, Abschnitt 180, Station 0,430 bis Abschnitt 200, Station 3,370 |
| St 2057 Landsberg am Lech - Rott Neubau der Ortsumfahrung Lengelfeld in kommunaler Sonderbaulast mit integriertem Hochwasserschutz |
| PROJIS-Nr.: |

Feststellungsentwurf

Unterlage 18B.1.5 - Hydrologische Berechnungen Flutmulde Lengelfeld-

| | |
|--|--|
| <p>aufgestellt: Pürgen, den 05.03.2018</p> <p> Gemeinde Pürgen Weißhofer Strasse 2 86932 Pürgen</p> <p>Klaus Fließ, Bürgermeister</p> | <p>Planfestgestellt mit Beschluss der Regierung von Oberbayern Az. 32-4354.3-17-1 München, 01.10.2019 gez. Guggenberger Oberregierungsrat</p> <p></p> |
| | |

Gemeinde Pürgen
Herr Bürgermeister Klaus Fließ
Weilheimer Straße 2
86692 Pürgen

Hydrologische Berechnungen

Flutmulde Lengenfeld

Erläuterungsbericht

11.2016

Aufgestellt:

Hoppegarten, 23.11.2016

Projektleitung: Prof. Dr. Heiko Sieker

Bearbeitung: Dr.-Ing. Stefano Gilli



(Unterschrift Projektleitung)

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109A, D-15366 Hoppegarten
Tel. +49 3342 3595-0,
Fax. +49 3342 3595-29
E-Mail: info@sieker.de
Internet: www.sieker.de



Sieker

Die Regenwasserexperten
The Stormwater Experts



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---|--|---|
| 1 | Aufgabenstellung..... | 2 |
| 2 | Aufbau des hydrodynamischen Modells | 2 |
| 3 | Ermittlung der Versickerung in der Flutmulde..... | 3 |
| 4 | Gewinnung von Rückhalteraum durch Einbringen von Querriegeln | 6 |
| 5 | Erweiterung des Mulden-Querschnitts | 7 |
| 6 | Anhang | 7 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|---|---|
| Abbildung 1: | Ganglinien des Überlaufes in den Wald am Ende der Flutmulde bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Mulde | 3 |
| Abbildung 2: | Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde | 4 |
| Abbildung 3: | Ganglinien des Überlaufes in den Wald ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde..... | 5 |
| Abbildung 4: | Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f | 6 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|---|
| Tabelle 1: | Überlaufmenge in den Wald sowie Versickerung in der Flutmulde bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f | 4 |
| Tabelle 2: | Überlaufmenge in den Wald sowie Versickerung in der Flutmulde ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde | 5 |

1 Aufgabenstellung

Die Gemeinde Pürgen beabsichtigt den Bau einer Flutmulde als Hochwasserschutzmaßnahme für den Ortsteil Lengenfeld. Die Flutmulde verläuft parallel zur geplanten Ortsumfahrung und soll einen Teilabfluss aus dem Wehrbach sowie den Gesamtabfluss aus dem östlichen Einzugsgebiet aufnehmen bzw. in den nördlich des Ortsteiles angrenzenden Hofstetter Frauenwald abführen.

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH wurde von der Gemeinde Pürgen, basierend auf dem Angebot vom 07.10.2016, beauftragt, die Versickerungsleistung der Flutmulde zu ermitteln. Im vorliegenden Kurzbericht werden die durchgeführten hydraulischen Berechnungen dokumentiert und die Ergebnisse erläutert.

2 Aufbau des hydrodynamischen Modells

Datengrundlagen zur Ermittlung der Versickerungsleistung in der Flutmulde waren:

- Lageplan, Längsschnitt und Querprofile der Flutmulde (Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH, 11.2016)
- Zuflussganglinien aus dem Wehrbach und aus zwei Einzugsgebieten (Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH, 11.2016)
- Baugrunderkundung/Baugrundgutachten (Crystal Geotechnik GmbH, 10.2014)
- Geotechnische Stellungnahme (Crystal Geotechnik GmbH, 08.2016)

Für die Berechnung der Versickerung wurde anhand der zur Verfügung gestellten Daten ein instationäres 1D-hydrodynamisches Modell (InfoWorks ICM) erstellt. In Absprache mit Büro Steinbacher-Consult wurde für die Flutmulde ein Rauigkeitsbeiwert nach Strickler von $k_{St} = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angesetzt. Als obere Randbedingung (km 0+000) gilt der Abschlagsabfluss aus dem Wehrbach. Die untere Randbedingung des hydraulischen Modells stellt der Überlauf in den Wald mit einer Überlaufkrone auf 653,85 müNN dar. Am km 0+600 bzw. 1+800 münden in die Flutmulde die Einleitungen aus zwei natürlichen Teileinzugsgebieten. Die entsprechenden Zuflussganglinien sind im Modell als seitliche Zuflüsse eingebunden. Das gesamte Wasservolumen, das beim HQ_{100} in die Flutmulde eingeleitet wird beträgt 594.024 m^3 .

Aus dem Baugrundgutachten bzw. aus der geotechnischen Stellungnahme lässt sich ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f für die Bodenschicht, in welcher die Flutmulde gegraben ist (würmglazialer Schotter), von $3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ entnehmen.

Die Ergebnisse einer ersten Berechnung ohne Berücksichtigung der Versickerung stimmen sehr gut mit den Ganglinien von Steinbacher-Consult überein. Das Modell ist auf dieser Weise für die Hydrodynamik indirekt überprüft worden.

Eine zusätzliche Annahme ist über die Durchlässigkeit der Mutterboden-Auskleidungsschicht der Mulde erforderlich. Die k_f -Werte für Mutterboden belaufen sich zwischen $1 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Die Durchlässigkeit der Auskleidungsschicht ist daher geringer als jene der umliegenden Bodenschicht. Diese geringere Durchlässigkeit ist für den Versickerungsprozess maßgebend und muss daher als

Bemessungswert anstelle der $3 \cdot 10^{-4}$ m/s angesetzt werden. Die Berechnung wurde bei zwei für Mutterboden repräsentativen k_f -Werten durchgeführt: Als obere Grenze wurde $1 \cdot 10^{-4}$ m/s gesetzt, als untere Grenze $2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Bei Werten kleiner als $2 \cdot 10^{-5}$ m/s resultiert in unserem Fall eine vernachlässigbare kleine Versickerungsmenge.

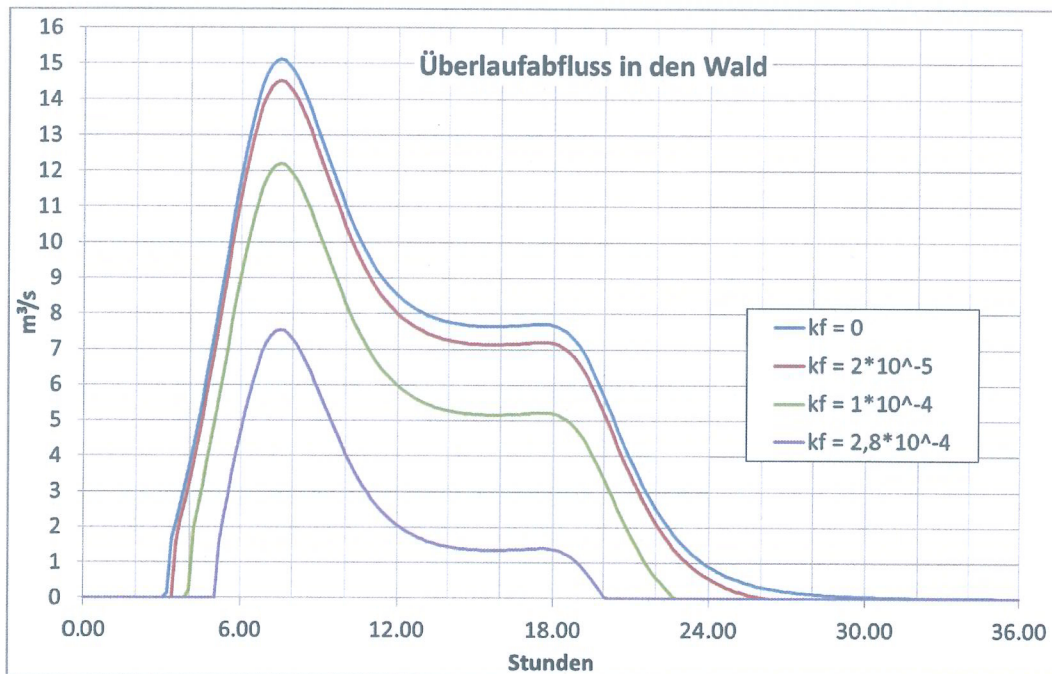


Abbildung 1: Ganglinien des Überlaufes in den Wald am Ende der Flutmulde bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Mulde

3 Ermittlung der Versickerung in der Flutmulde

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung unter Berücksichtigung der Versickerung sind in Abbildung 1 als zeitlicher Ablauf (Ganglinie) des Überlaufabflusses am Ende der Flutmulde aufgetragen. Als Vergleich dient die Kurve für den Fall ohne Versickerung (blaue Kurve in Diagramm, $k_f = 0$). Die drei anderen Kurven stellen den Abfluss dar, der trotz Versickerung am Ende der Flutmulde noch überläuft. Umso tiefer die Kurven verlaufen, desto größer ist die entsprechende Versickerungsleistung der Mulde. In der Praxis wird die tatsächliche Kurve zwischen den zwei Kurven für die Grenzwerte ($2 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-4}$ m/s) liegen. Die violette Kurve für $k_f = 2,8 \cdot 10^{-4}$ m/s¹ bezieht sich auf die maximale, theoretische Versickerungsleistung der Flutmulde, wenn man auf die

¹ Hier wird ein k_f Wert von $2,8 \cdot 10^{-4}$ und nicht $3 \cdot 10^{-4}$ m/s wie im Baugrundgutachten angesetzt. Dies ist der Software-bedingt maximale Durchlässigkeitsbeiwert für Gewässer bzw. Mulden mit Längsgefälle. Der Unterschied ist jedenfalls gering.

Verkleidung mit Mutterboden verzichten könnte, bzw. die Sohl- und Böschungssicherung mit einer durchlässigen Steinschüttung ausführen würde.

Tabelle 1: Überlaufmenge in den Wald sowie Versickerung in der Flutmulde bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f

| Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] | Überlaufvolumen [m ³] | | Versickerungsmenge [m ³] | |
|--|--------------------------------------|------|---|----|
| | [m ³] | % | [m ³] | % |
| 0 | 592.329 | 99,7 | - | - |
| $2 \cdot 10^{-5}$ | 548.276 | 92 | 45.765 | 8 |
| $1 \cdot 10^{-4}$ | 403.291 | 68 | 190.666 | 32 |
| $2,8 \cdot 10^{-4}$ | 158.809 | 27 | 435.335 | 73 |

Das gesamte Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes beträgt je nach Durchlässigkeit des Mutterbodens zwischen 45.800 und 190.700 m³, was dem 8 bzw. 32 % des Gesamtabflusses entspricht (vgl. Tabelle 1). Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Versickerungsmenge über die gesamte Flutmulde für die drei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerte. Die Summe aus Versickerungsmenge und Überlaufvolumen ergibt - abgesehen von einem Rechen-Fehler < 0,02 % - den Gesamtabfluss von 594.024 m³. Die Differenz von 1.695 m³ zwischen Gesamtabfluss und Überlaufvolumen für den Fall ohne Versickerung entspricht dem Restvolumen am Muldenauslauf. Das ist das Volumen zwischen Wehrüberlauf (653,85 müNN) und Muldensohle.

Bei einem k_f von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s entleert sich die Flutmulde nach 28 Stunden bzw. nach 40 Stunden bei $k_f = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s.

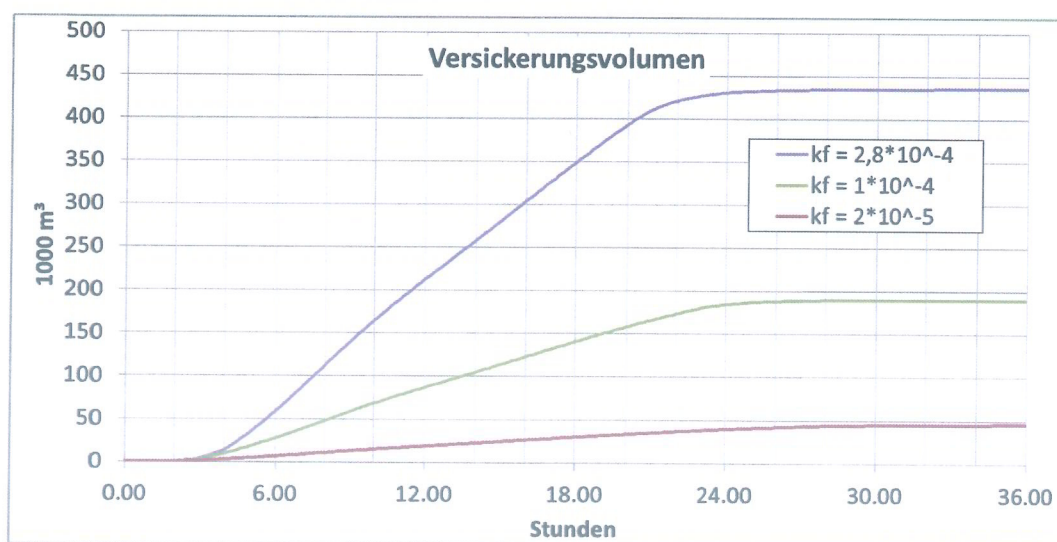


Abbildung 2: Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde

Ein Überlauf der Flutmulde ist nicht vermeidbar, selbst ohne Abschlag der Hochwasserspitze aus dem Wehrbach, d.h. wenn nur die Zuläufe aus den Teileinzugsgebiete EG3 und EG4 berücksichtigt werden. Wie Abbildung 3 zeigt, kommt es auch im Fall der theoretischen maximalen Durchlässigkeit zu einem Überlauf am Ende der Flutmulde von über 56.000 m³ (violette Kurve). Bei Verwendung der Mutterboden-Schicht versickern zwischen 39.600 und 157.000 m³, d.h. zwischen 10 und 42 % des Gesamtabfluss (vgl. Tabelle 2).

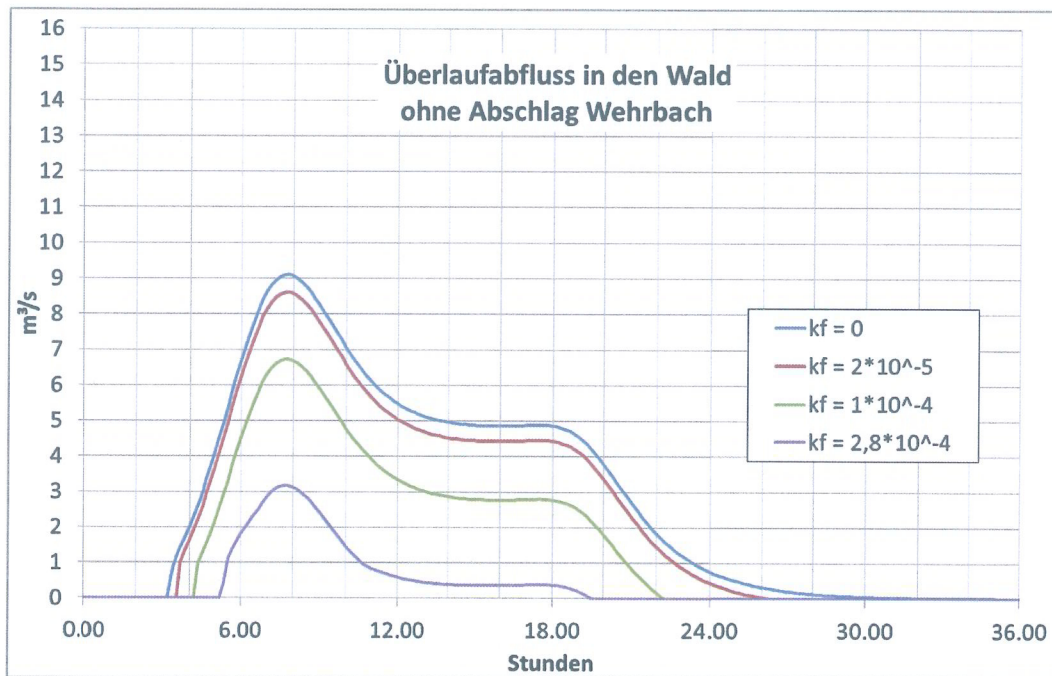


Abbildung 3: Ganglinien des Überlaufes in den Wald ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde

Tabelle 2: Überlaufmenge in den Wald sowie Versickerung in der Flutmulde ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f der Flutmulde

| Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] | Überlaufvolumen | | Versickerungsmenge | |
|--|-------------------|------|--------------------|----|
| | [m ³] | % | [m ³] | % |
| 0 | 372.457 | 99,6 | - | - |
| $2 \cdot 10^{-5}$ | 334.425 | 89 | 39.589 | 11 |
| $1 \cdot 10^{-4}$ | 216.997 | 58 | 157.050 | 42 |
| $2,8 \cdot 10^{-4}$ | 56.373 | 15 | 317.780 | 85 |

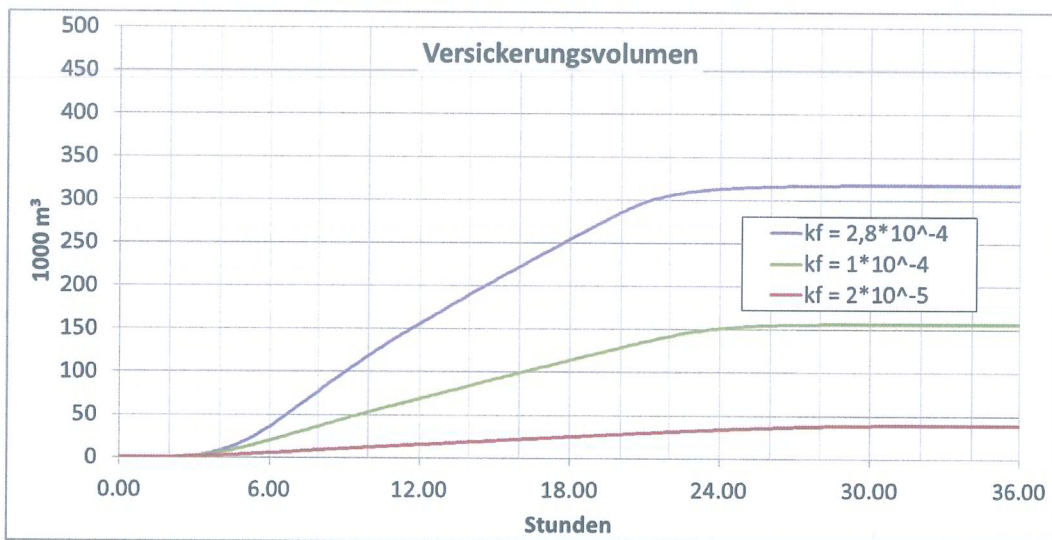


Abbildung 4: Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes ohne Abschlag aus dem Wehrbach bei unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten k_f

Bei den hydrodynamischen Berechnungen wurde von einer ausreichenden Leistungsfähigkeit der Durchlässe ausgegangen. Eine stichprobenartige Berechnung des 46 m langen Durchlasses am km 1+400 ($B \times H = 1,8 \times 1,4$ m) mit einem eindimensionalen Modell (HEC-RAS) zeigte jedoch, dass bei dem angegebenen Abfluss der Durchlass stark eingestaut bzw. der Freibord von 50 cm nicht eingehalten wird. Es wird an dieser Stelle daher empfohlen, die Bemessung der Querbauwerke zu überprüfen.

4 Gewinnung von Rückhalteraum durch Einbringen von Querriegeln

Bei der Untersuchung möglicher Standorte für Querriegeln, die einen höheren Einstau der Flutmulde erzielen sollen, musste festgestellt werden, dass in den letzten 1,5 km die Leistungsfähigkeit des Querprofils schon fast ausgeschöpft ist. Eine Anhebung des Wasserspiegels durch Querriegel ist in diesem Abschnitt (ab km 1+200) nur unter Verzicht auf dem Freibord von 50 cm möglich. Hinzu kommt, dass bei einem durchschnittlichen Längsgefälle von 0,75 % ein Querriegel je ca. 100 m erforderlich wäre. Diese Variante wurde aus diesen Gründen nicht weiter untersucht.

In den ersten 900 m der Mulde von km 0+200 bis km 1+100, wo hingegen das Gefälle kleiner ist als 0,08 % und die Flutmulde in das Gelände tiefer eingeschnitten ist, stehen im Hochwasserfall ca. 2 m Freibord zur Verfügung. Bei einer mittleren Wasserspiegelbreite von 10 m und unter Einhaltung der minimalen Freibordhöhe von 0,5 m resultiert für diesen Abschnitt ein nutzbarer Stauraum von $900 \times 10 \times 1,5 = 13.500 \text{ m}^3$. Allerdings beträgt dies lediglich das 6 % der Wassermenge, die aus dem Wehrbach abgeführt wird (219.954 m^3). Die zusätzliche Rückhalteleistung eines Querriegels am km 1+100 ist also sehr gering. Dazu muss noch der Rückstau auf dem Abschlagsbauwerk berücksichtigt werden, der aus der Wasserspiegelanhebung von 1,5 m hervorgeht. Eine Inanspruchnahme dieses zusätzlichen Stauraums führt zu einer deutlichen Einschränkung der Leistungsfähigkeit des Abschlagswehres mit nachteiligen Folgen für die Hochwasserminderung.



Unter diesen Bedingungen ist eine Erhöhung der Rückhalteleistung der Flutmulde durch Einbringen von Querriegel nicht praktikabel.

5 Erweiterung des Mulden-Querschnitts

Eine vorstellbare Variante zur Steigerung der Versickerungsleistung ist die Erweiterung des Mulden-Querschnittes. Dies führt gleichzeitig zur Vergrößerung des Rückhalteraaumes sowie der Versickerungsfläche. Die Größenordnung der Sohlenverbreiterung lässt sich anhand folgender Handrechnung einschätzen: Angenommen man will das gesamte Überlaufvolumen V aus der Mulde im Fall eines Durchlässigkeitsbeiwertes k_f von 10^{-4} m/s versickern lassen. Dieses Volumen beträgt laut Tabelle 1 ca. 400.000 m³. Die Zeitspanne T , bei der die gesamte Flutmulde zur Versickerung beiträgt, wird aus der entsprechenden Kurve (grün) in Abbildung 1 mit 20 Stunden abgeschätzt. Bei einer Muldenlänge L von 2,4 km ergibt sich für die minimale Querschnittserweiterung B_{min} :

$$B_{min} = \frac{V}{L * k_f * T} = \frac{400.000 \text{ m}^3}{2,4 \text{ km} * 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 20 * 3600 \text{ s}} = 23,1 \text{ m} !$$

Die Abschätzung von B_{min} lässt sich ähnlicher Weise für die anderen k_f -Werte durchführen, wobei bei einer Böschungssicherung mit Mutterboden auch deutlich größere Breiten zu erwarten sind. Die Ermittlung der genauen Werte erfordert eine zusätzliche hydrodynamische Modellierung.

6 Anhang

Im Anhang sind die um den Versickerungsanteil reduzierten Ganglinien für die km 0+225, 0+800, 1+450, 2+030 und 2+475, sowie das Versickerungsvolumen während des Wellenablaufes tabellarisch aufgestellt.