

Gutachten

Anmerkungen zur Abschätzung von Überflutung und Düker im Bereich Wolframstraße in Stuttgart (S21)

Auftrag vom 05. April 2016

erteilt durch

DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

über

PWB GmbH
Marsstraße 26
80335 München

Der Umfang der Ausarbeitung umfasst 9 Seiten

Mühldorf am Inn, den 20. April 2016



Prof. Dr.-Ing. R. Freimann

INHALT

1.	Sachverhalt	3
2.	Verwendete Literatur	3
3.	Verwendete Planunterlagen, Schriftverkehr und Informationen	4
4.	Ermittlung des Abflusses aus dem Einzugsgebiet	5
5.	Berechnung des Dükers	6
6.	Zusammenfassung	9

1. Sachverhalt

Im Zuge der Bauarbeiten für den neuen Bahnhof Stuttgart (Projekt Stuttgart 21) werden im Umfeld des Stuttgarter Bahnhofs zahlreiche begleitende Maßnahmen und Umgestaltungen erforderlich. So muss u.a. sichergestellt werden, dass ein großes Einzugsgebiet nordwestlich der Bahnunterführung Wolframstraße in Stuttgart bei einem Überflutungsereignis schadlos entwässert werden kann. Hintergrund ist der geplante Bau des S-Bahn-Tunnels und die damit verbundene Anhebung der Wolframstraße und des Geländes im Bereich des Tunnelbauwerks. In Fließrichtung vor dem Tunnel entsteht dadurch eine Senke.

In diesem Zusammenhang muss mit einer hydraulischen Untersuchung abgeschätzt werden, wie groß die zu erwartenden Abflussmengen während der Bauzeit und für den Interimszustand nach Errichtung des Tunnels bis zum Abbruch der vorhandenen Bogenbrücken in der Wolframstraße sind. Hierzu ist eine Abschätzung der zu entwässernden Flächen, der Abflussbeiwerte und der Versiegelungsgrade vorzunehmen und daraus mit einem geeigneten Bemessungsfall die Abflussmenge zu bestimmen.

Diese Abflussmenge muss durch die aus der Baumaßnahme entstehende Senke zügig abgeführt werden können. Hierzu ist zu untersuchen, ob dies mithilfe eines Dükers geschehen kann. Durch geeignete Annahmen für den Einlauf, die Reibungs- sowie die lokalen hydraulischen Verluste sowie den Auslauf ist die Leistungsfähigkeit des Dükers abzuschätzen. Zudem muss festgestellt werden, unter welchen betrieblichen Randbedingungen und mit welchen Betriebseinrichtungen der Düker betrieben werden kann.

Die vorliegende Ausarbeitung soll die Abschätzungen und Planungen seitens Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen und PWB GmbH, München aus Sicht des gültigen Regelwerks und hinsichtlich spezifischer Facherfahrungen und –kenntnisse betrachten und erläutern.

2. Verwendete Literatur

Folgende Regelwerke, Fachliteratur und Herstellerunterlagen wurden zur Bearbeitung der hydraulischen Fragestellungen verwendet:

- [1] ATV-DVWK Kommentar zu A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA, Hennef, 2000
- [2] ATV-DVWK-M 165: Anforderung an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. ATV-DVWK, Hennef, 2004
- [3] CHOW, V.T. et al.: Applied Hydrology. McGraw-Hill, New York, 1988
- [4] DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Zusätzliche Bestimmungen zu DIN EN 752 und DIN EN 12056. Deutsches Institut für Normen e.V., Beuth Verlag, Berlin, 2008

- [5] DIN EN 752-4: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte. Deutsches Institut für Normen e.V., Beuth Verlag, Berlin, 2008
- [6] DWA-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und –kanälen – korrigierter Stand. DWA, Hennef, 2012
- [7] DWA-A 112: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und –kanälen. DWA, Hennef, 2007
- [8] DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. (korrigierte Fassung), Hennef, 2011
- [9] FREIMANN, R.: Hydraulik für Bauingenieure. Carl Hanser Verlag, 3. Auflage, München, 2014
- [10] IDELCHIK, I.E.: Handbook of Hydraulic Resistance. CRC Press Inc., 3. Auflage, Boca Raton, 1994

3. Verwendete Planunterlagen, Schriftverkehr und Informationen

Folgende Planunterlagen, Unterlagen zum Schriftverkehr und weitere Informationen wurden zur Erstellung des Gutachtens durchgesehen und verwendet:

a) Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen

- [A] Bericht Überflutungsabschätzung Ermittlung Starkregenabfluss Wolframstraße S21, PFA 1.5, Los 4 Süd. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [B] Anlage A: Übersichtsplan Gefährdungsbereich Wolframstraße, Maßstab 1:2.000, Dok.-Nr. 304000087_2000. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 02.03.2016
- [C] Anlage A: Lageplan Einzugsgebiete Wolframstraße, Maßstab 1:2.500, Dok.-Nr. 304000087_2010. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 20.01.2016
- [D] Anlage B: Düker - Notentwässerung Wolframstraße Variante B 2x Rechteck 1500x1000mm, Projekt-Nr. 304000087. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 23.02.2016
- [E] Anlage B: Düker - Notentwässerung Wolframstraße, Projekt-Nr. 304000087. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [F] Anlage B: Haltungen, Projekt-Nr. 304000087. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [G] Anlage C: Ergebnisse Gebietsanalytik mit Maximale Abflusswerte ohne Kanalnetz, Maximale Abflusswerte abzgl. Kanalnetz, Starkregenereignis am 27.09.1968, Übersicht Systembericht, Abflussbeiwert, Projekt-Nr. 304000087. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [H] Anlage C: Unit Hydrograph zu Abfluss Euler $n = 0,05$, ohne Schrifffeld, ohne Datum
- [I] Anlage C: Profilschnitt Entlastung, Lastfall Modellregen Typ Euler II $n = 0,02$, ohne Schrifffeld, ohne Datum

- [J] Anlage C: Q_{\max} mit Simulation gesamter Gebietsabfluss, Simulation abzgl. Kanalnetzkapazität. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [K] Anlage D: Systembericht Modellregen Typ Euler II $n = 0,02$. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 17.02.2016
- [L] Anlage D: Systembericht Langzeitsimulation, Projekt-Nr. 304000087. Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen, 16.02.2016

b) PWB GmbH, München

- [M] Knotenpunkt Wolframstraße - Konzeptstudie Dükerbauwerk – Minimalvariante Endzustand, Maßstab 1:100, Plan-Nr. 632-0053-0004-00. PWB GmbH, München, 14.04.2016
- [N] Knotenpunkt Wolframstraße - Konzeptstudie Dükerbauwerk – Minimalvariante Zwischenzustand – Plan 1/2, Maßstab 1:100, Plan-Nr. 632-0053-0002-00. PWB GmbH, München, 14.04.2016
- [O] Knotenpunkt Wolframstraße - Konzeptstudie Dükerbauwerk – Minimalvariante Zwischenzustand – Plan 2/2, Maßstab 1:100, Plan-Nr. 632-0053-0003-00. PWB GmbH, München, 14.04.2016
- [P] Erläuterungen zu Aufgabenstellung und Problematik durch Herrn Prof. Bisani, PWB GmbH, München am 05. und 12. April 2016
- [Q] Knotenpunkt Wolframstraße - Konzeptstudie Dükerbauwerk – Systemskizzen Düker, Maßstab 1:100, Plan-Nr. 632-0053-0005-00. PWB GmbH, München, 14.04.2016

4. Ermittlung des Abflusses aus dem Einzugsgebiet

Im vorliegenden Kapitel soll die Vorgehensweise zur Abschätzung der Spitzenabflüsse im maßgeblichen Gebiet gemäß den Ausführungen in [A] in Verbindung mit [B] bis [L] erläutert und auf Plausibilität untersucht werden. Sinn und Zweck dieses Kapitels kann es nicht sein, den detaillierten Berechnungsvorgang nachzuvollziehen oder nachzurechnen. Insofern beziehen sich die in diesem Kapitel gemachten Feststellungen auf die in [A] zugrunde gelegten topographischen und kanaltechnischen Vorgaben.

Die Nachweispflicht für die Überprüfung der Sicherheit gegen Überflutung bzw. einer kontrollierten schadlosen Überflutung ist gemäß DWA-A 118 [8] in Anlehnung an DIN EN 752 [5] durchzuführen. Zielgröße der Nachweisführung ist die Einhaltung einer ausreichenden Entwässerungssicherheit und eine "weitgehende Vermeidung von Schäden durch Überflutungen und Vernässungen infolge von Niederschlagsabflüssen" [8]. Der Nachweis wird als Überstau- oder Überflutungsnachweis geführt.

Dies wurde gemäß den Ausarbeitungen in [A] in Verbindung mit [B] bis [L] auch umgesetzt. Der Überflutungsnachweis mit Modellregen wird geführt, indem gezeigt wird, dass der Modellregen entweder ohne Überstau abgeleitet wird, oder die berechneten Überstauereignisse in keinem Fall zu Überflutungen führen.

Für die Differenz der auf der Fläche eines Einzugsgebietes anfallenden Regenwassermenge zwischen dem mindestens 30-jährigen Regenereignis und dem 2-jährigen Berechnungsregen muss der Nachweis für eine schadlose Überflutung erbracht werden. Dies wurde gemäß den Ausarbeitungen in [A] in Verbindung mit [B] bis [L] auch umgesetzt.

Zudem wurde gemäß [A] ein 30-minütiges Regenereignis in den Simulationen angesetzt, als Ergebnis einer überschlägigen Fließweganalyse des Einzugsgebietes. Hintergrund ist die Erkenntnis, dass das Abflussmaximum unter der Bedingung „Fließzeit im Einzugsgebiet = Dauerstufe des Regenereignisses“ auftritt. Dies ist ein wesentlicher Aspekt einer realitätsnahen Abflusssimulation. Die Dauer der Fließzeit t_c (in Minuten) und damit des maßgeblichen Regenereignisses kann anhand einer in der Praxis weit verbreiteten Formel nach Kirpich (erwähnt z.B. in [3]) abgeschätzt werden. Die empirische Formel beruht im Wesentlichen auf den beiden Gebietskenngrößen: „längster Fließweg im Einzugsgebiet“ L und „Höhendifferenz des längsten Fließweges“ Δh :

$$t_c = 60 \cdot \left(0,868 \cdot \frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \quad (1)$$

Durch Auswertung des vorliegenden Einzugsgebiets hinsichtlich des sich mutmaßlich ausbildenden längsten Fließwegs ($L = 2,8$ km) und des dabei auftretenden Höhenunterschieds ($\Delta h = 145$ m) errechnet sich mit Gl. (1) eine Fließzeit von $t_c = 27$ min. Damit kommt die in [A] ange setzte Dauerstufe von 30 min diesem Wert nahe und ist richtig angesetzt.

Zusammenfassung zu Kap. 4:

Die in [A] in Verbindung mit [B] bis [L] erläuterten Simulationen entsprechen den maßgeblichen Regelwerken. Die Plausibilität der dabei angesetzten Randbedingungen und Eingangsgrößen dürfte gegeben sein. Damit sollten die mit den Simulationen ermittelten Spitzenabflüsse im Rahmen der zur Verfügung stehenden Randbedingungen und Eingangsdaten plausibel sein. Vor Umsetzung der Baumaßnahme ist jedoch eine detaillierte Betrachtung des Einzugsgebietes samt konjugierter Bauwerke erforderlich.

5. Berechnung des Dükers

Um einen länger anhaltenden Rückstau in der Geländesenke westlich des Tunnelbauwerks zu verhindern, wird ein Dükerbauwerk vorgesehen, womit die anfallenden Wassermengen auf die östliche Tunnelseite abgeleitet werden.

In einem Düker – bestehend aus Dükeroberhaupt („Einlauf“), Dükerleitung („Druckleitung“) und Dükerunterhaupt („Auslauf“) – treten sowohl kontinuierliche als auch lokale Verluste auf. Für die Berechnung der kontinuierlichen Verluste (Reibungsverluste) muss das Arbeitsblatt DWA-A 110 [6] angewendet werden, die lokalen Verluste werden im Wesentlichen gemäß DWA-A 112 [7] bestimmt. Die Art der auftretenden hydraulischen Verluste hängt, insbesondere im

Dükeroberhaupt, von der konstruktiven Gestaltung des Bauwerkes ab, insbesondere von den Querschnittsverhältnissen zwischen ankommender Haltung, Oberhaupt und Dükerleitung sowie von den Umlenk winkeln. Allgemein gültige Formeln für Verlustbeiwerte lassen sich deshalb nicht immer angeben. In diesen Fällen muss auf einschlägige Fachliteratur (siehe z.B. [9] und [10]) zurückgegriffen werden.

Allgemein setzen sich die hydraulischen Verlustanteile eines Dükerbauwerks aus den nachfolgenden Komponenten zusammen (vergleiche [7]). Mit aufgeführt ist die Literaturquelle für den jeweiligen Verlustansatz bzw. Verlustbeiwert.

Bauteil/Verlustanteil	Verlustansatz/Verlustbeiwert gemäß
a) Rechen	DWA-A 112 [7] und/oder Herstellerangaben
b) Querschnittserweiterung Zulaufkanal – Dükeroberhaupt	DWA-A 112 [7]
c) Querschnittseinengung Dükeroberhaupt – Dükereinlauf	DWA-A 112 [7]
d) Übergang Zulaufkanal – Fallschacht	DWA-A 112 [7]
e) Übergang Fallschacht – horizontale Dükerleitung	DWA-A 112 [7]
f) Rohrreibungsverlust in der Dükerleitung	DWA-A 110 [6]
g) Richtungsänderungen in der Dükerleitung	DWA-A 112 [7] und/oder Fachliteratur, wie z.B. Freimann [9] oder IDELCHIK [10]
h) Übergang Senkrechter Schacht – Ablaufkanal	DWA-A 112 [7]
i) Übergang nahezu horizontale Dükerleitung – Ablaufkanal	DWA-A 112 [7]

Anzusetzende hydraulische Verlustanteile im Fall des Dükers Wolframstraße auf der Basis der Konzeptstudie in [M]:

- Da die geplanten Dükerdimensionen sehr groß sind, wird ein Rechen als nicht erforderlich erachtet. Auf der sicheren Seite liegend wird rechnerisch trotzdem ein Grobrechnen zum Ansatz gebracht.
- Eine (geringfügige) Querschnittserweiterung vom Zulaufkanal in den Düker ist anzusetzen.

- e) Der Umlenkverlust von der vertikalen in die horizontale Dükerleitung ist anzusetzen. Der Verlustbeiwert beträgt gemäß [10] $\zeta = 1,1$.
- f) Der Reibungsbeiwert beträgt gemäß [6] für Düker $k_b = 0,25$ mm.
- g) Der Umlenkverlust von der horizontalen in die vertikale Dükerleitung ist anzusetzen. Der Verlustbeiwert beträgt gemäß [10] $\zeta = 1,1$.
- h) Der Energieverlust vom senkrechten Schacht in den Ablaufkanal ist anzusetzen.

Die Wassertiefe am Dükerauslauf/im Ablaufkanal kann überschlägig mit der Geschwindigkeitshöhe am Dükerauslauf angesetzt werden, bei einem Abfluss von $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ sind dies beispielsweise rund 25 cm (vergleiche [M, O, Q]).

Mit den aufgeführten hydraulischen Zusammenhängen wird die Gesamtverlusthöhe h_v der Dükeranlage für verschiedene Abflüsse Q bestimmt. Als Ergebnis ergibt sich die Anlagenkennlinie des Dükers gemäß Abbildung 1:

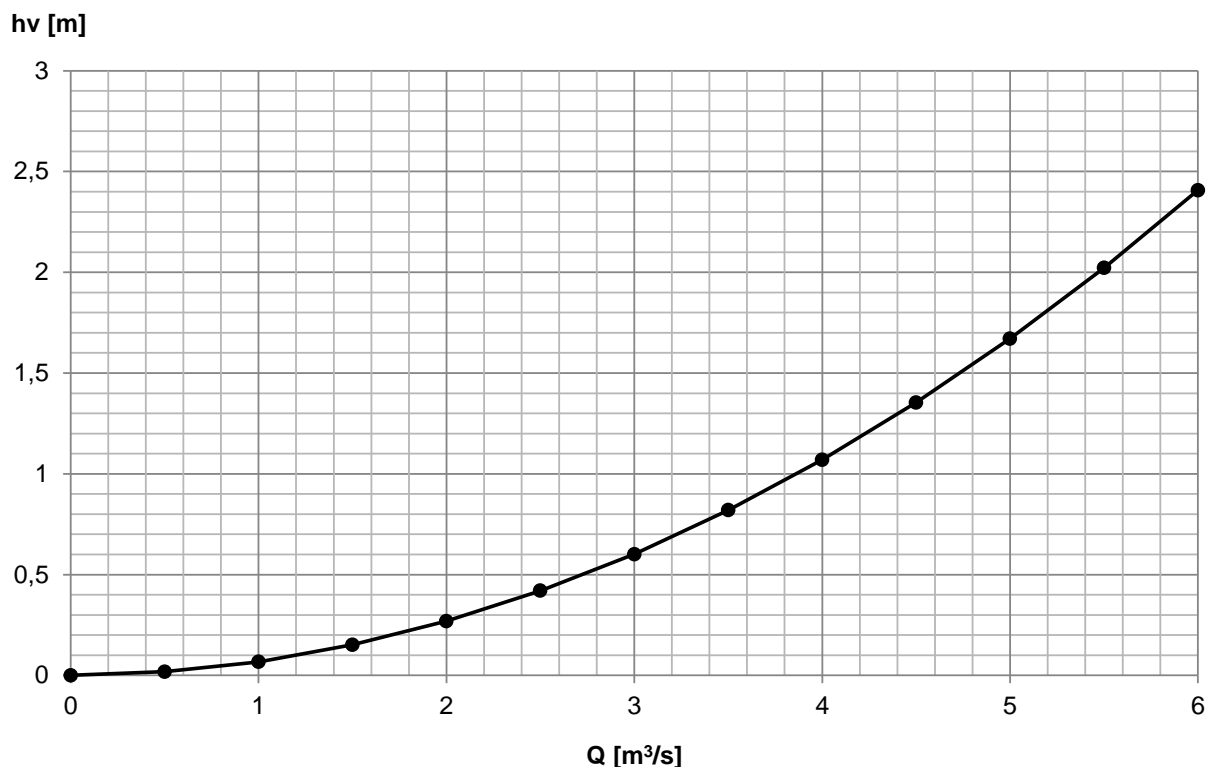


Abb. 1: Verlusthöhe h_v zwischen WSP-Zulauf und Sohle Dükerauslauf für verschiedene Abflüsse Q

Bei einem im Überflutungsfall möglichen Wasserspiegel auf Niveau Straßentiefpunkt (Wanne) ergibt sich mit Abbildung 1 eine maximale Leistungsfähigkeit eines Dükers von

$Q_{\max, \text{Endzustand}} = 4,67 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie $Q_{\max, \text{Zwischenzustand}} = 4,70 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei zwei geplanten Dükern entspricht dies einer Gesamtleistungsfähigkeit von $Q = 9,34$ bzw. $9,40 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Notentlastung mittels Düker gemäß den Abflussberechnungen in [A] ist somit möglich.

6. Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Baumaßnahme Bahnhof Stuttgart (S21) muss im Bereich Unterführung Wolframstraße das nordwestlich gelegene Einzugsgebiet entwässert werden. Dazu sind die Spitzenabflüsse sowie entsprechende Entlastungsmöglichkeiten für den Notfall zu ermitteln. Die vorgelegten Unterlagen und Informationen wurden geprüft und entsprechende Änderungen vorgeschlagen.

In der Ausarbeitung [A] wurde das Einzugsgebiet im Rahmen einer Simulation überschlägig berechnet. Die diesbezügliche Vorgehensweise ist nach den vorliegenden Unterlagen nachvollziehbar, die aufgezeigten Berechnungsschritte, Konzentrationszeiten, Jährlichkeiten und Dauern entsprechen den einschlägigen Regelwerken. Die damit ermittelten Spitzenabflüsse scheinen damit plausibel zu sein.

Im Überflutungsfall im Bereich des Budapester Platzes können eventuelle Schäden und Funktionsbeeinträchtigungen verhindert bzw. vermindert werden, indem die anfallenden Wassermengen durch ein Dükerbauwerk auf die östliche Tunnelseite abgeleitet werden. Die Düker wurden entsprechend dem anzuziehenden Regelwerk dimensioniert und nachgewiesen. Mit zwei Dükern der Leitungsdimension $2,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ gemäß der Konzeptstudie in [M, O, Q] können im Überflutungsfall etwas mehr als $9 \text{ m}^3/\text{s}$ Regenwasser abgeführt werden. Die Berechnungen wurden mit auf der sicheren Seite liegenden Parametern durchgeführt.

Sollten in Folge von Baumaßnahmen und/oder Optimierungen im fraglichen Einzugsgebiet Änderungen gegenüber dem in diesem Gutachten genannten Planungsstand vorgenommen werden, so muss die gesamte Situation entsprechend neu bewertet werden.

Mühldorf, 20.04.2016



Prof. Dr.-Ing. Robert Freimann