

# Erläuterung

vom 27. April 2022

Vorhaben: **Integraler Hochwasserschutz und  
Rückhaltekonzept Badersbach  
in Thurnau**

Landkreis: **Kulmbach**



## **Markt Thurnau**

Oberer Markt 28  
95349 Thurnau  
Tel.: 09228 / 951-0, Fax: 09228 / 951-51



## **Technisches Büro Werner**

Oskar-Serrand-Straße 3a  
97483 Eltmann  
Tel.: 09522 / 7088-0, Fax: 7088-50

## Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....                                | <b>II</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....                                  | <b>II</b>  |
| <b>Verzeichnis Anhänge</b> .....                                  | <b>II</b>  |
| <b>Verzeichnis Anlagen</b> .....                                  | <b>II</b>  |
| <b>Literaturverzeichnis</b> .....                                 | <b>III</b> |
| <b>1 Vorhabensträger</b> .....                                    | <b>1</b>   |
| <b>2 Zweck des Vorhabens</b> .....                                | <b>1</b>   |
| <b>3 Bestehende Verhältnisse</b> .....                            | <b>1</b>   |
| 3.1 Lage des Vorhabens.....                                       | 1          |
| 3.2 Baugrundverhältnisse .....                                    | 2          |
| 3.3 Hydrologische Daten .....                                     | 3          |
| 3.3.1 Vorhandene Berechnungsmodelle .....                         | 3          |
| 3.3.2 Einzugsgebiete .....  | 3          |
| 3.3.3 Niederschlagsbelastung.....                                 | 4          |
| 3.3.4 Abflüsse.....   | 6          |
| 3.4 Gewässerbenutzungen .....                                     | 6          |
| 3.5 Simulation mit dem Programm FLUSS der Rehm Software GmbH..... | 7          |
| <b>4 Bestandsberechnung HQ100</b> .....                           | <b>9</b>   |
| <b>5 Empfohlene Maßnahmen</b> .....                               | <b>10</b>  |

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Abflussganglinien aus dem Einzugsgebiet des Badersbaches bei 100-jährlichen Blockregenereignisse unterschiedlicher Dauerstufen ..... | 4  |
| Abbildung 2: Abflussganglinie aus dem Baugebiet „Badersbach“ beim 100-jährlichen, 60-minütigem Blockregen .....                                   | 5  |
| Abbildung 3: Abflussganglinie aus dem Baugebiet „Kirschenallee I“ beim 100-jährlichen, 60-minütigem Blockregen .....                              | 5  |
| Abbildung 4: Bemessung Regenrückhaltebecken Baugebiet „Badersbach“ .....  | 10 |
| Abbildung 5: Bemessung Hochwasserrückhaltebecken Badersbach.....  | 11 |

## Tabellenverzeichnis

|   |   |
|---|---|
| Tabelle 1: Abflusswerte Baders am geplanten Standort des Hochwasserrückhaltebeckens ..... | 6 |
|---|---|

## Verzeichnis Anhänge

|   |  |
|---|--|
| Anhang 1: Niederschlagshöhenstatistik Modschiedel               |  |
| Anhang 2: Bemessung Regenrückhaltebecken Baugebiet „Badersbach“ |  |
| Anhang 3: Bemessung Hochwasserrückhaltebecken Badersbach        |  |

## Verzeichnis Anlagen

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Anlage 1: Erläuterung     |           |
| Anlage 2: Übersichtskarte | 1: 25.000 |

## Literaturverzeichnis

### Richtlinien:

|            |   |
|------------|---|
| BayWG      | Bayerisches Wassergesetz (BayWG)  |
| DWA-A 117  | Bemessung von Regenrückhalteräumen, 2013  |
| DWA-A 118  | Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, 2006                                   |
| DWA-M 119  | Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, 2016 |
| DWA-M 550: | Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung, 2015  |
| WHG        | Gesetz zu Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)                                  |

### Unveröffentlichte Quellen:

- [1] Geotechnik Badel GmbH: „Baugrundgutachten für die Erschließung des Baugebietes „Badersbach“ in Thurnau. Projekt-Nr. 21.0297“. Baugrunduntersuchung. Gochsheim, 2021.
- [2] Ingenieurbüro für BauPlanung GmbH: „Hochwasserfreilegung „Badersbach“ in Thurnau“. Erläuterungsbericht zum Vorentwurf. Kulmbach, 2000.
- [3] Rehm Software GmbH: „Hydraulische Berechnung von Fließgewässern FLUSS 14.0 (2D)“. Benutzerhandbuch. Berg (bei Ravensburg), 2018.

## **1 Vorhabensträger**

Vorhabensträger der Maßnahme ist die Marktgemeinde Thurnau, Oberer Markt in 95349 Thurnau, vertreten durch Herrn Bürgermeister Martin Bernreuther. Beim Badersbach handelt es sich um ein Gewässer III. Ordnung.

## **2 Zweck des Vorhabens**

Ein Investor beabsichtigt die Erschließung eines Wohngebietes mit ca. 5,8 ha Gesamtfläche in Thurnau. Das Baugebiet „Badersbach“ wird durch das gleichnamige Gewässer durchflossen. Im Zuge der Erschließung soll das geplante Baugebiet und die Unterlieger vor einem 100-jährlichen Hochwasserereignis des Badersbaches geschützt werden. Bei der Aufstellung des Bebauungsplanes wurde eine Fläche für ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) oberhalb des Gebietes vorgesehen. Bei sehr seltenen Regenereignissen wird dort der Oberflächenabfluss aus dem ca. 0,16 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet des Gewässers zwischengespeichert, gedrosselt und schadlos weitergeleitet.

Die Entwässerung des Baugebietes „Badersbach“ ist im Trennsystem mit offenen Mulden zur Abflusssdämpfung im Gebiet selbst und einer Regenrückhaltung vor der gedrosselten Einleitung in den Badersbach vorgesehen.

Im Kreuzungsbereich der Berndorfer Straße und Bahnhofstraße ist der Badersbach verrohrt. An die Verrohrung ist ein Regenwasserkanal angeschlossen, über den ein kleines Baugebiet („Kirschenallee I“) entwässert wird. Außerdem ist ein Teil der Straßenentwässerung der Kirschenallee angebunden.

## **3 Bestehende Verhältnisse**

### **3.1 Lage des Vorhabens**

Thurnau als Hauptort der gleichnamigen Marktgemeinde liegt im Regierungsbezirk Oberfranken, Planungsregion Oberfranken-Ost (5) und gehört zum Landkreis Kulmbach. Der Ort befindet sich an der Maintalautobahn A 70 (Schweinfurt - Bayreuth) an der Anschlussstelle 22. Er liegt am nördlichen Rand der Fränkischen Schweiz, ist ca. 10 km von Kulmbach und ca. 15 km von Bayreuth entfernt.

Das geplante Baugebiet entsteht am Westrand von Thurnau und bindet an die Straßen „Am Hegnig“, „Keyßlerstraße“, „Jean-Paul-Straße“ und an die „Maximilianstraße“ an. Zudem wird eine Anbindung an die „Kasendorfer Straße“ (St 2189) geschaffen.

Das Zentrum des geplanten Baugebietes „Badersbach“ befindet sich im Gauß-Krüger-Koordinatensystem (GK4) etwa auf den Koordinaten:

Rechtswert: 4 455 900

Hochwert: 5 543 300

### 3.2 Baugrundverhältnisse

Als Grundlage für die Planungen wird das „Baugrundgutachten für die Erschließung des Baugebietes „Badersbach“ in Thurnau“ [1] der Geotechnik Badel GmbH vom 13. April 2021 herangezogen.

Die Außenarbeiten zu den Untersuchungen wurden am 02.03.2021 durchgeführt, diese beinhalteten vier Baggerschürfe zur Erkundung des Untergrundes (SCH 1 – 4) sowie drei Baggerschürfe für die Durchführung von Sickerversuchen (SCH S1 – S3). [vgl. 1, S. 4]

Im dazugehörigen Bericht werden die vorliegenden Bodenverhältnisse der derzeit überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen beschrieben:

#### Bodenbeschaffenheit

„Das Baufeld befindet sich nach der vorliegenden geologischen Karte im Bereich des Unteren Juras. Der Schichtaufbau lässt sich nach dem Ergebnis der Rammkernsondierungen wie folgt beschreiben. In allen Schürfen wurde in den obersten Dezimetern ein durchwurzelter, brauner Oberboden angetroffen. Er bestand aus tonigem, sandigem Schluff mit weicher Konsistenz. Darunter folgen die Schichten des unteren Jura: Darunter stand überall eine als Verwitterungslehm bezeichnete Schicht an. Hierbei handelte es sich um einen tlw. schwach kiesigen Lehm. Die Konsistenz des rotbraunen und stellenweise grauen Verwitterungslehms war weich bis halbfest.“ [1, S. 4]

#### Grundwasser

In SCH 1 und SCH 3 konnten tlw. mehrfach Wasserzutritte festgestellt werden. Die Wasserzutritte werden als Sicker-/Schichtenwasserzutritte interpretiert, welche im gesamten Baugebiet in unterschiedlichen Tiefen innerhalb der Lockergesteine auftreten können. Generell sind jedoch keine endgültigen Aussagen über maximal mögliche Wasserstände oder Wasserzutritte bei der Baumaßnahme möglich, wenn nicht im Vorfeld geeignete Grundwassermessstellen erstellt wurden, bei denen über mehrere Jahre bereits Wasserstandsmessungen durchgeführt wurden.“ [1, S. 5]

#### Versickerungsfähigkeit

„Zur Beurteilung der Versickerung im Baugebiet wurden drei Sickergruben hergestellt (SCH S1, SCH S2 und SCH S3). Anschließend wurden die Sickergruben mit Wasser gefüllt. Nach einer Sättigungsphase von ca. 30 Minuten wurden die Sickergruben erneut gefüllt und die Messung begonnen. Zusätzlich wurde zur rechnerischen Ermittlung des  $k_f$ -Wertes eine Siebanalyse vorgenommen. Die Böden des Neubaugebietes sind jedoch relativ ungleichförmig, so dass eine rechnerische Ermittlung des  $k_f$ -Wertes an hohen Ungleichförmigkeitsfaktoren scheitert.“ [1, S. 8]

Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert bei Schurf SCH S1 wird mit  $k_f = 5,0 \cdot 10^{-8}$  m/s, der bei SCH S2 mit  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-8}$  m/s und der bei SCH S3 mit  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-6}$  m/s angegeben. [vgl. 1, S. 8 f.]

Lediglich im Bereich des Schurf SCH S3 konnte ein versickerungsfähiger Boden festgestellt werden, bei dem nach DWA-A 138 eine Versickerungsanlage gerade noch möglich wäre. Über das gesamte Erschließungsgebiet gesehen muss von einem nicht versickerungsfähigen Untergrund ausgegangen werden.

Alllasten werden im Bereich des Badersbaches nicht vermutet.

### **3.3 Hydrologische Daten**

#### **3.3.1 Vorhandene Berechnungsmodelle**

Im Jahr 2000 wurde von der Ingenieurbüro für BauPlanung GmbH aus Kulmbach die „Hochwasserfreilegung „Badersbach“ in Thurnau“ [2] geplant. Umfang der damaligen Planung war gesamte Badersbach von der Quelle bis zur Mündung in den Aubach. Es sollte eine Regenrückhaltung im Bereich des derzeit geplanten Baugebietes mit ca. 5.000 m<sup>3</sup> entstehen und die vorhandenen Querschnitte der Verrohrungen gegenüber dem Bestand deutlich erhöht werden. Dazu wurden mehrere Querprofile als 1D-Modell berechnet. Die geplanten Maßnahmen wurden nicht umgesetzt.

#### **3.3.2 Einzugsgebiete**

Das Einzugsgebiet des Badersbaches wird anhand von Wasserscheiden abgegrenzt. Dazu steht ein digitales Geländemodell (DGM) zur Verfügung, das aus Befliegungsdaten (1 m Gitterweite) erzeugt worden ist. Oberhalb des geplanten Baugebietes wird die Einzugsgebietsfläche des Badersbaches auf ca. 0,1684 km<sup>2</sup> ermittelt. Davon ist eine Fläche von 0,0284 km<sup>2</sup> bewaldet und etwa 0,14 km<sup>2</sup> werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Der längste Fließweg bis zum geplanten Baugebiet wurde mit 854 m bestimmt, wobei das Gelände auf dieser Strecke um ca. 112 m fällt. Es errechnet sich eine mittlere Längsneigung des Fließweges von ca. 13,1 %. Gräben oder Mulden sind innerhalb des Einzugsgebietes nicht erkennbar. Es findet bei Regenwetter ein breitflächiger Schichtabfluss statt, bei dem sich während des Ereignisses Rillen und Rinnen in den Ackerflächen bilden. Eine Unterteilung des Einzugsgebietes erfolgt aufgrund der Größe nicht, d.h. eine Überlagerung von Hochwasserwellen wird nicht vorgenommen.

Der Geltungsbereich des Baugebietes „Badersbach“ erstreckt sich über eine Fläche von rund 5,83 ha, die derzeit nicht bebaut ist und landwirtschaftlich genutzt wird. Auf vier zukünftigen Grundstücken mit ca. 0,52 ha sind Mehrfamilienhäuser (GRZ = 0,60) geplant. Zudem sind 48 weitere Parzellen für Einfamilienhäuser (GRZ = 0,35) mit einer Gesamtfläche von ca. 3,27 ha vorgesehen. Die öffentlichen Verkehrsflächen erstrecken sich über rund 0,93 ha, dazu zählen Straßen, Gehwege und Stellplätze. Wird eine vollständige Bebauung angenommen, ergibt sich eine Abflusswirksame Fläche von rund 2,64 ha. Eine Fläche von 2,44 ha bleibt unbebaut.

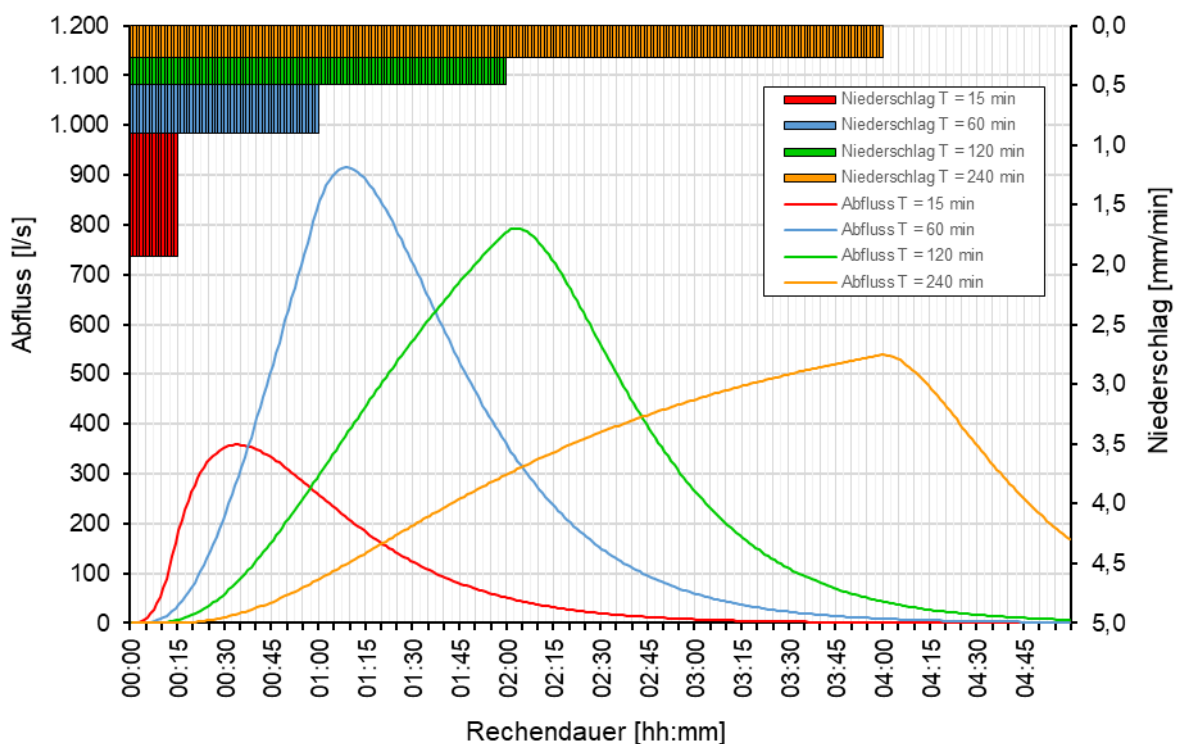
An Schacht 100125 der Verrohrung des Badersbaches sind über einen Regenwasserkanal das Baugebiet „Kirschenallee I“ und ein Teil der Straßenentwässerung der „Kirschenallee“ an das Gewässer angeschlossen. Vor der Erschließungsmaßnahme waren bereits Gebäude vorhanden, es wird angenommen, dass diese an den Mischwasserkanal angeschlossen sind.

Neben den Gebäuden im Baugebiet „Kirschenallee I“ besitzt das Grundstück mit Flur-Nr. 544/12 einen Regenwasseranschluss. Über die Straßenabläufe der Kirschenallee findet bei stärkeren Regenereignissen ein Abfluss aus der nördlichen Grünfläche in den Regenwasserkanal statt. Die an den Regenwasserkanal angeschlossene Fläche wurde mit ca. 3,89 ha ermittelt, wobei der abflusswirksame Anteil bei rund 1,90 ha liegt.

### 3.3.3 Niederschlagsbelastung

Die Niederschlagsbelastung zur Bemessung des Hochwasserrückhaltebeckens wird aus der Niederschlagshöhenstatistik nach dem KOSTRA-Atlas 2010R über die Koordinaten des Zentrums des Baugebietes „Badersbach“ ermittelt (vgl. Abschnitt 3.1). Dabei wird aus den langjährigen Niederschlagsaufzeichnungen verschiedener Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) eine Niederschlagshöhenstatistik erzeugt und für die entsprechenden Koordinaten interpoliert ausgegeben. Die in Anhang 1 dargestellte Statistik zeigt die Gebietsauswertung der Starkregenniederschlagshöhen verschiedener Häufigkeiten und Dauerstufen für den angegebenen Koordinatenbereich.

Zur Berechnung des Abflusses aus dem natürlichen Einzugsgebiet des Badersbaches werden 100-jährliche Blockregen verwendet. Die Abflussbildung wird mit dem erweiterten SCS-Verfahren nach Zaiß simuliert. Die Abflusskonzentration erfolgt mit einer Doppelspeicherkaskade. In Abbildung 1 sind vier 100-jährlichen Blockregenereignissen der Dauerstufen 15 min, 60 min, 120 min und 240 min den daraus resultierenden Abflussganglinien gegenübergestellt. Die anderen Dauerstufen der Niederschlagshöhenstatistik wurden ebenfalls betrachtet.

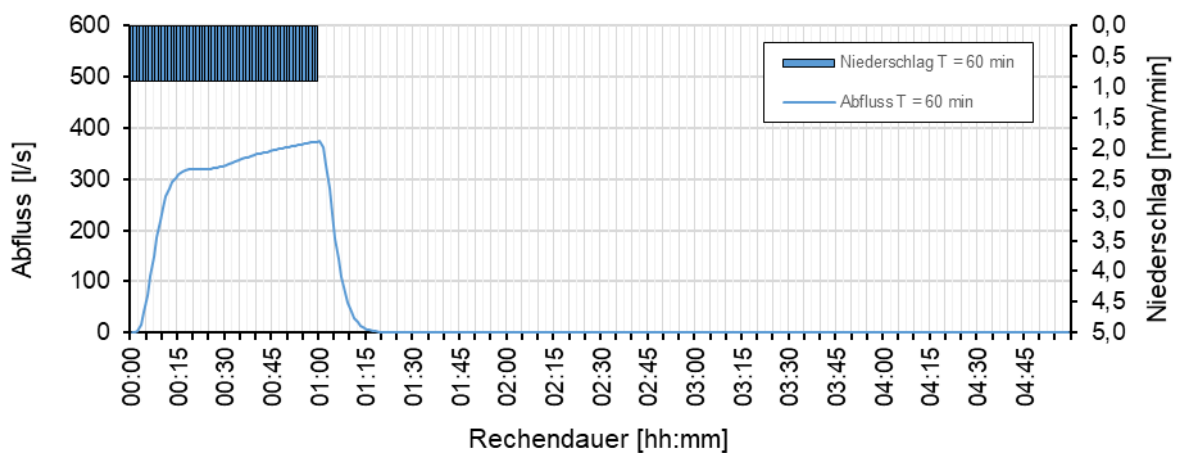


**Abbildung 1:** Abflussganglinien aus dem Einzugsgebiet des Badersbaches bei 100-jährlichen Blockregenereignisse unterschiedlicher Dauerstufen



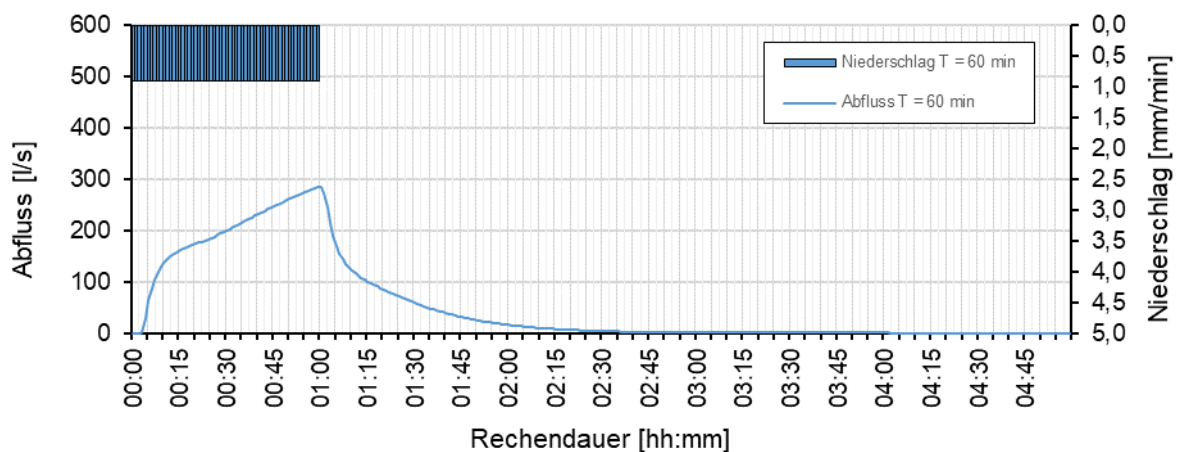
Beim 60-minütigen Regenereignis mit einer Regenspende von  $150,3 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$  wird der größte Abfluss mit rund  $915 \text{ l/s}$  nach 68 Minuten hervorgerufen. Diese Regenspende ist kleiner als die 2-jährliche, 5-minütige mit  $210,5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ , daher kann davon ausgegangen werden, dass es zu keiner Überlastung des öffentlichen Mischwassersystems kommt. Ein oberflächiger Zufluss in den Badersbach ist nicht zu erwarten.

Dem Badersbach fließt aus den vorhandenen bzw. geplanten Baugebieten „Kirschenallee I“ und „Badersbach“ bei Regenwetter Niederschlagswasser zu. Der Abfluss überlagert sich mit dem Hochwasserabfluss des Badersbaches. Für die Bestands- und Planungsberechnung werden für das Bemessungsregenereignis Abflussganglinien aus den beiden Gebieten mit der Grenzwertmethode berechnet und als Zuflussganglinie angesetzt.



**Abbildung 2:** Abflussganglinie aus dem Baugebiet „Badersbach“ beim 100-jährlichen, 60-minütigen Blockregen

In Abbildung 2 ist die Ganglinie aus dem geplanten Baugebiet „Badersbach“ dargestellt, die sich bei einem 100-jährlichen, 60-minütigen Blockregenereignis ergibt. Dabei wurde die abflussdämpfende Wirkung des geplanten Grabensystems im Baugebiet vernachlässigt. Der maximale Abfluss tritt mit rund  $374 \text{ l/s}$  nach 60 Minuten auf.



**Abbildung 3:** Abflussganglinie aus dem Baugebiet „Kirschenallee I“ beim 100-jährlichen, 60-minütigen Blockregen

In Abbildung 3 ist die Ganglinie aus dem geplanten Baugebiet „Kirschenallee I“ dargestellt, die sich bei einem 100-jährlichen, 60-minütigen Blockregenereignis ergibt. Es stellt sich ein längerer Abfluss als in Abbildung 2 ein, da eine größere natürliche Ackerfläche in den Regenwasserkanal entwässert. Der maximale Abfluss tritt mit rund 285 l/s nach 60 Minuten auf.

Die drei berechneten Ganglinien werden für die Zweidimensionale Strömungsmodellierung mit dem Programm FLUSS der Rehm Software GmbH verwendet.

### 3.3.4 Abflüsse

Bei dem Badersbach handelt es sich um ein Gewässer III. Ordnung. Am Standort des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens beläuft sich die Einzugsgebietsfläche auf rund 0,2 km<sup>2</sup>. Das Gewässer mündet nach ca. 1 km in den Aubach, über den Friesenbach, den Roten Main, den Main und den Rhein gelangt der Abfluss in die Nordsee. In Tabelle 1 sind der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ), der Mittelwasserabfluss (MQ) und Hochwasserabflüsse verschiedener Häufigkeiten zusammengestellt.

|                             | MNQ      | MQ    | HQ <sub>1</sub> | HQ <sub>2</sub> | HQ <sub>5</sub> | HQ <sub>10</sub> | HQ <sub>20</sub> | HQ <sub>50</sub> | HQ <sub>100</sub> |
|-----------------------------|----------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Abfluss [m <sup>3</sup> /s] | < 0,0005 | 0,002 | 0,1             | 0,1             | 0,4             | 0,55             | 0,7              | 0,9              | 1,1               |

**Tabelle 1:** Abflusswerte Baders am geplanten Standort des Hochwasserrückhaltebeckens

Der Vertrauensbereich der angegebenen Hochwasserabflüsse liegt bei  $\pm 50\%$ . Der in Abschnitt 3.3.3 berechnete Abfluss liegt innerhalb des Vertrauensbereichs. Aufgrund der großen Spannweite wird bei der Volumenberechnung des Hochwasserrückhaltebeckens eine zusätzliche Sicherheit eingeplant.

## 3.4 Gewässerbenutzungen

Am Badersbach im Bereich des geplanten Baugebietes „Badersbach“ ist ein Rückhaltebecken im Hauptschluss vorhanden. Es hat ein Volumen von ca. 1.300 m<sup>3</sup> und drosselt den Abfluss schätzungsweise auf bis zu 54 l/s. Laut Marktgemeinde wurde das Becken als Retentionsraumausgleich für eine Maßnahme innerorts angelegt und soll zusätzlich den Hochwasserabfluss dämpfen. Sonstige Stauanlagen sind nicht vorhanden.

Niederschlagswasser wird aus einem Regenwasserkanal in die Verrohrung des Badersbaches eingeleitet (s.o.). Sonstige Einleitstellen sind nicht bekannt.

Wasserentnahmen, Wasserkraftnutzungen und sonstige Nutzungen sind nicht bekannt.

### 3.5 Simulation mit dem Programm FLUSS der Rehm Software GmbH

Für die Berechnung eines 100-jährlichen Hochwasserereignisses wird das Programm FLUSS der Rehm Software GmbH aus Berg bei Ravensburg in der aktuellsten Version verwendet.

„Der Begriff „zweidimensional“ ist so zu verstehen, dass dabei nur ein flächenhaftes Strömungsverhältnis in x- und y-Richtung (in Fließrichtung und quer zur Fließrichtung) berücksichtigt wird. Angesichts der Tatsache, dass die Fließtiefe nur einen Bruchteil der horizontalen Ausdehnung des Strömungsgebietes beträgt, wird die Fließgeschwindigkeit über die Tiefe in z-Richtung lediglich mit den gemittelten Werten dargestellt (tiefengemittelt) und damit der vertikale Unterschied vernachlässigt“ [3; S. 5].

Das Programm setzt sich aus zwei Teilen zusammen, einen numerischen und einen graphischen. Beim graphischen Teil handelt es sich um einen Aufsatz für ein CAD-Programm (z.B. AutoCAD) mit dem das Berechnungsnetz generiert wird. Dazu gehören u. a. die Aufteilung des Strömungsgebiets, die Definition von Anfangs- und Randbedingungen, die Zuordnung von Rauheitswerten, Erfassung von Sonderbauwerken und die Darstellung von Berechnungsergebnissen. Mit dem numerischen Teil wird nach Fertigstellung des modellierten Netzes die Berechnungen durchgeführt. Das zweidimensionale Strömungsmodell bietet zwei Lösungsmethoden (Finite-Elemente- (FE) und Finite-Volumen-Methode (FV)) an. [3; S. 1]

Bei der Hochwassersimulation des Badersbaches kommt die Finite-Volumen-Methode (FV) zur Anwendung. Bei der FV-Methode werden die zweidimensionalen tiefengemittelten Flachwassergleichungen (Navier-Stokes-Gleichungen) „explizit gelöst und die Berechnung erfolgt generell instationär mit variablen Zeitschritten“ [3; S. 1].

Die Bearbeitung eines Projektes mit dem Programm FLUSS findet in vier Modulen statt:

- Streupunkt-Modul
- Design-Modul
- Netz-Modul
- Hydraulik-Modul

Im Streupunkt-Modul werden Streupunktdateien (Vermessungspunkte mit x-, y-, z-Koordinaten) eingelesen und ausgedünnt. Die Punkte werden nach der Delaunay-Methode zu Dreiecken vermascht und so ein digitales Geländemodell (DGM) als Grundlage für das Berechnungsnetz erzeugt.

Mit dem Design-Modul werden anhand von Polygonen (z.B. tatsächliche Nutzungsgrenzen) Teilgebiete abgegrenzt. Innerhalb eines Teilgebietes wird die Oberflächenbeschaffenheit als gleich angenommen, daher werden verschiedene Befestigungsarten und durchlässige Flächen voneinander abgegrenzt. Den einzelnen Teilgebieten werden unterschiedliche Rauheiten (Manning-Strickler-Werte) zugewiesen. Die Rauheit hat einen Einfluss auf den oberflächigen Abfluss. Anhand der Teilgebietsgrenzen erzeugt das Programm ein Berechnungsnetz, das sich aus nahezu gleichseitigen Dreiecken zusammensetzt. Die Höhen (z-Koordinate) der Eckpunkte jedes Dreiecks werden aus dem im Streupunkt-Modul erarbeiteten DGM interpo-

liert. Gleichseitige Dreiecke sind für die Lösung der zur Anwendung kommenden partielle Differentialgleichungssysteme und damit für eine stabile Berechnung erforderlich. Das erzeugte Berechnungsnetz kann nachträglich noch bearbeitet und angepasst werden.

Im Netz-Modul kann das Berechnungsnetz weiterbearbeitet werden. Außerdem können hier Sonderbauwerke definiert werden. Dazu gehören Durchlässe und Wehre, wobei auch Brückenöffnungen als Durchlässe bezeichnet sind. Durch das Einfügen von Segment-Randbedingungen können Zuflüsse in das Netz und Abflüsse aus dem Netz positioniert werden. Zuflüsse können konstant oder über eine Ganglinie simuliert werden.

Mit dem Hydraulik-Modul kann die Berechnung durchgeführt und anschließend die Ergebnisse in Themenplänen oder tabellarisch ausgewertet werden. Auch eine animierte Darstellung der Berechnungsergebnisse ist möglich.

## 4 Bestandsberechnung HQ100

Mit dem Programm FLUSS wird ein Modell vom Badersbach für eine Bestandsberechnung aufgebaut. Die Grundlage dafür bildet eine Vermessung des Gewässers über die gesamte Länge bis zur Mündung in den Aubach. Aus den Vermessungsdaten wird ein DGM erstellt, das mit dem DGM aus den Befliegungsdaten verschnitten wird, um eine breitere Fläche simulieren zu können. Aus der Vermessung gehen sämtliche Durchlässe und Verrohrungen des Badersbaches hervor. Diese werden mit 1D-Durchlässen mit dem Programm FLUSS abgebildet. Dabei wird auch die Verrohrung im Bereich des Einkaufsmarktes im Ortskern von Thurnau mit 1D-Durchlässen simuliert. An den Schachtstandorten wird eine 1 x 1 m<sup>2</sup> große Fläche des DGMs auf die Sohlhöhe des jeweiligen Schachtes gesetzt, zwischen den Flächen werden 1D-Durchlässe angeordnet, um die Längsneigung der einzelnen Haltungen richtig abbilden zu können. Kommt es zu einer Überlastung einer Haltung tritt Wasser aus der Schachtöffnung aus und flutet die umliegende Flächen. Auch das vorhandene Rückhaltebecken im Hauptschluss wird inklusive Drosseleinrichtung und Notüberlauf simuliert.

Am oberen Gebietsrand wird die berechnete Abflussganglinie des Einzugsgebietes des Badersbaches angesetzt. Die Ganglinie des geplanten Baugebietes „Badersbach“ wird in der Bestandsberechnung noch nicht angesetzt, da es noch nicht vorhanden ist. Die Ganglinie des Baugebietes „Kirschenallee I“ wird am oberen Schacht (134.11) der Anschlussleitung zur Bachverrohrung angesetzt.

Im Lageplan zur Bestandsberechnung sind die berechneten maximalen Wasserspiegel dargestellt. Demnach ist das bestehende Becken im Hauptschluss nicht in der Lage das ankommende Hochwasser zwischen zu speichern. Auch die Notentlastung des Beckens reicht nicht aus, weshalb ein oberflächiger Abfluss über die Badersbergstraße stattfindet.

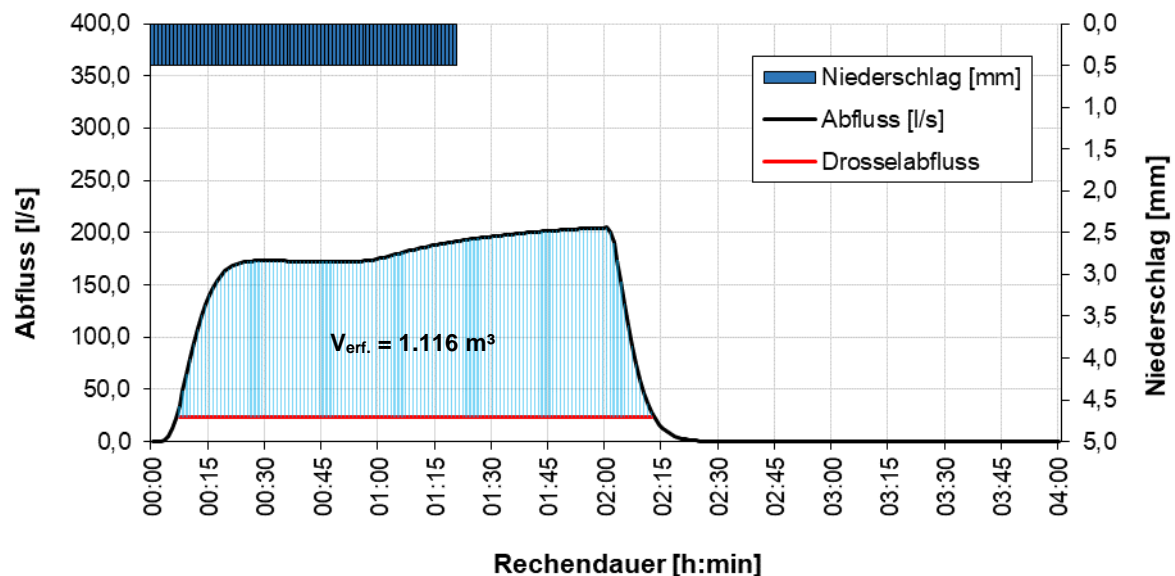
Im Bereich des Vereinsheims der Kgl. priv. Schützengesellschaft Thurnau ist der Badersbach auf ca. 20 m verrohrt. Der Durchlass DN 400 ist bei dem Hochwasserereignis überlastet, es bildet sich ein Rückstau bis ein oberflächiger Abfluss zwischen den beiden Gebäuden in einen kleinen See stattfindet. Aus diesem führt eine kurze Verrohrung DN 400, die ebenfalls überlastet ist. Nach ca. 80 m offenes Gerinne beginnt eine Bachverrohrung, die Leitung DN 500 ist nicht leistungsfähig genug den gesamten Abfluss aufzunehmen. Es bildet sich ein Rückstau, zunächst werden die nebenliegenden Grünflächen überschwemmt, dann breitet sich der Abfluss auf den öffentlichen Verkehrsflächen aus. Das Wasser steht dort 20 bis 30 cm tief.

Im weiteren Verlauf des Badersbaches bis zur Mündung in den Aubach kommt es zu keinen weiteren Überschwemmungen.

## 5 Empfohlene Maßnahmen

Durch die Bestandssimulation werden die Erfahrungen der Marktgemeinde hinsichtlich des Hochwasserabflusses des Badersbaches und die dadurch gefährdeten Bereiche bestätigt. Eine Vergrößerung der Nennweiten der Verrohrungen im Ortskern wird aus Kostengründen nicht weiterverfolgt. Stattdessen ist ein zentrales Hochwasserbecken oberhalb des geplanten Baugebietes „Badersbach“ geplant. Der Drosselabfluss des Beckens richtet sich nach der Leistungsfähigkeit der Bachverrohrungen, sodass der Abfluss schadlos durch Thurnau geführt werden kann. Dabei muss das geplante Regenrückhaltebecken für das Baugebiet als quantitative Behandlung des Niederschlagabflusses miteinbezogen werden. Denn zukünftig soll das bestehende Rückhaltebecken im Hauptschluss entfallen, durch eines im Nebenschluss ersetzt und ein freier Lauf des Baches ermöglicht werden.

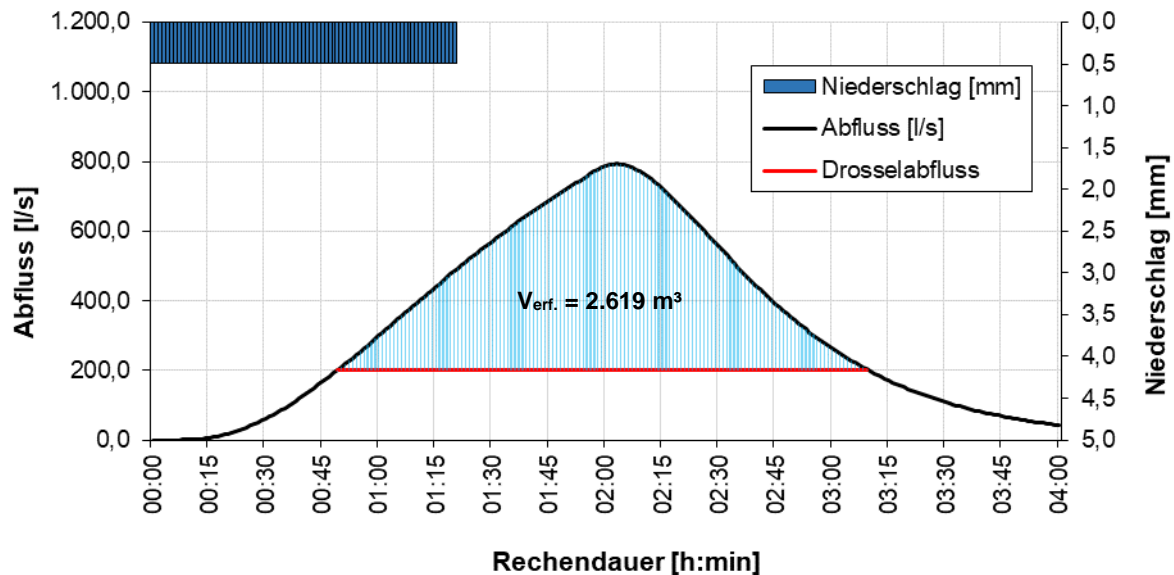
Die Beckenbemessung erfolgt anhand berechneter Ganglinien, sodass eine Entlastung beim Bemessungsregenereignis nicht stattfindet und nur der Drosselabfluss in den Badersbach eingeleitet wird. Der mittlere Drosselabfluss des Beckens wird mit 23 l/s angenommen. Vergleichende Berechnungen haben ergeben, dass zwar beim 100-jährlichen, 60-minütigen Blockregen der höchste Spitzenabfluss auftritt, jedoch errechnet sich das größte erforderliche Volumen bei einem 120-minütigen Blockregen.



**Abbildung 4:** Bemessung Regenrückhaltebecken Baugebiet „Badersbach“

In Abbildung 4 ist die Beckenbemessung graphisch und in Anhang 2 die dazugehörige Volumenermittlung tabellarisch dargestellt. Demnach ist ein Volumen von rund 1.116 m<sup>3</sup> erforderlich, um den Abfluss eines 100-jährlichen, 120-minütigen Blockregens rückhalten zu können. Auf der sicheren Seite liegend wird das Becken mit 1.300 m<sup>3</sup> geplant. Sollte sich im Zuge der Erschließungsplanung ggf. ein anderer Drosselabfluss ergeben, muss die Beckenbemessung entsprechend angepasst werden.

Die Bemessung des zentralen Hochwasserrückhaltebeckens am Badersbach erfolgt analog. Auch hier ergibt sich beim 100-jährlichen, 120-minütigem Blockregen das größte erforderliche Speichervolumen auf. Anhand von mehreren Simulationen mit unterschiedlichen Drosselabflüssen des zentralen Hochwasserrückhaltebeckens wurde ein Drosselabfluss von 200 l/s ermittelt, beim dem keinerlei Schäden in Thurnau entstehen.



**Abbildung 5:** Bemessung Hochwasserrückhaltebecken Badersbach

In Abbildung 5 ist die Beckenbemessung graphisch und in Anhang 3 die dazugehörige Volumenermittlung tabellarisch dargestellt. Demnach ist ein Volumen von rund 2.619 m<sup>3</sup> erforderlich, um den Abfluss eines 100-jährlichen, 120-minütigen Blockregens rückhalten zu können. Wird der Abfluss um 15 % erhöht (Klimaänderungszuschlag) werden rund 3.273 m<sup>3</sup> benötigt. Da die Berechnung aus dem kleinen Einzugsgebiet des Badersbaches mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet ist, wird das Beckenvolumen vorsorglich auf 5.000 m<sup>3</sup> erhöht.

Die Ergebnisse der Planungsberechnung zeigen, dass durch die vorgeschlagenen Maßnahmen Thurnau vor einem 100-jährlichen Hochwasser durch den Badersbach geschützt wird.

Aufgestellt: Eltmann, den 27. April 2022

**Technisches Büro Werner**

Peter Ruck

**Anhang 1: Niederschlagshöhenstatistik Thurnau**

| <b>Station :</b>                              |            | <b>Kennung :</b>            |           |          |           |                        |           |          |           |                                     |           |          |           |          |            |          |
|---|------------|-----------------------------|-----------|----------|-----------|------------------------|-----------|----------|-----------|-------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| <b>Bemerkung :</b>                            |            | <b>Datum :</b>              |           |          |           |                        |           |          |           |                                     |           |          |           |          |            |          |
| <b>Rasterfeldnr. KOSTRA-DWD</b>               |            | <b>horizontal : 47</b>      |           |          |           | <b>vertikal : 68</b>   |           |          |           | <b>räumlich interpoliert : nein</b> |           |          |           |          |            |          |
| <b>Rasterfeldmittelpunkt liegt :</b>          |            | 2,166 km östlich            |           |          |           | 1,148 km südlich       |           |          |           |                                     |           |          |           |          |            |          |
| <b>Gauß-Krüger Koordinaten</b>                |            | <b>Rechtswert : 4455900</b> |           |          |           | <b>m</b>               |           |          |           | <b>Hochwert : 5543300 m</b>         |           |          |           |          |            |          |
| <b>Geografische Koordinaten östl. Länge :</b> |            | ° ' "                       |           |          |           | <b>nördl. Breite :</b> |           |          |           | ° ' "                               |           |          |           |          |            |          |
| <b>T</b>                                      | <b>0,5</b> |                             | <b>1</b>  |          | <b>2</b>  |                        | <b>5</b>  |          | <b>10</b> |                                     | <b>20</b> |          | <b>50</b> |          | <b>100</b> |          |
| <b>D</b>                                      | <b>hN</b>  | <b>r</b>                    | <b>hN</b> | <b>r</b> | <b>hN</b> | <b>r</b>               | <b>hN</b> | <b>r</b> | <b>hN</b> | <b>r</b>                            | <b>hN</b> | <b>r</b> | <b>hN</b> | <b>r</b> | <b>hN</b>  | <b>r</b> |
| <b>5'</b>                                     | 2,9        | 96,1                        | 4,6       | 153,3    | 6,3       | 210,5                  | 8,6       | 286,1    | 10,3      | 343,3                               | 12,0      | 400,5    | 14,3      | 476,1    | 16,0       | 533,3    |
| <b>10'</b>                                    | 5,2        | 86,8                        | 7,6       | 126,7    | 10,0      | 166,6                  | 13,2      | 219,3    | 15,6      | 259,2                               | 17,9      | 299,1    | 21,1      | 351,8    | 23,5       | 391,7    |
| <b>15'</b>                                    | 6,7        | 74,2                        | 9,6       | 106,7    | 12,5      | 139,1                  | 16,4      | 182,0    | 19,3      | 214,5                               | 22,2      | 246,9    | 26,1      | 289,8    | 29,0       | 322,2    |
| <b>20'</b>                                    | 7,7        | 64,5                        | 11,1      | 92,5     | 14,5      | 120,5                  | 18,9      | 157,4    | 22,2      | 185,4                               | 25,6      | 213,4    | 30,0      | 250,4    | 33,4       | 278,3    |
| <b>30'</b>                                    | 9,0        | 50,0                        | 13,1      | 72,8     | 17,2      | 95,5                   | 22,6      | 125,6    | 26,7      | 148,3                               | 30,8      | 171,1    | 36,2      | 201,1    | 40,3       | 223,9    |
| <b>45'</b>                                    | 9,9        | 36,7                        | 14,9      | 55,2     | 19,9      | 73,6                   | 26,5      | 98,0     | 31,5      | 116,5                               | 36,4      | 134,9    | 43,0      | 159,3    | 48,0       | 177,8    |
| <b>60'</b>                                    | 10,3       | 28,5                        | 16,0      | 44,4     | 21,7      | 60,4                   | 29,3      | 81,4     | 35,0      | 97,4                                | 40,8      | 113,3    | 48,4      | 134,3    | 54,1       | 150,3    |
| <b>90'</b>                                    | 11,9       | 22,1                        | 17,8      | 33,0     | 23,7      | 43,8                   | 31,4      | 58,2     | 37,3      | 69,1                                | 43,2      | 79,9     | 50,9      | 94,3     | 56,8       | 105,2    |
| <b>2h</b>                                     | 13,1       | 18,2                        | 19,1      | 26,5     | 25,1      | 34,8                   | 33,0      | 45,8     | 39,0      | 54,2                                | 45,0      | 62,5     | 52,9      | 73,5     | 58,9       | 81,8     |
| <b>3h</b>                                     | 15,1       | 13,9                        | 21,2      | 19,6     | 27,3      | 25,3                   | 35,5      | 32,8     | 41,6      | 38,5                                | 47,7      | 44,2     | 55,9      | 51,7     | 62,0       | 57,4     |
| <b>4h</b>                                     | 16,6       | 11,5                        | 22,8      | 15,8     | 29,0      | 20,2                   | 37,3      | 25,9     | 43,6      | 30,2                                | 49,8      | 34,6     | 58,1      | 40,3     | 64,3       | 44,7     |
| <b>6h</b>                                     | 19,0       | 8,8                         | 25,4      | 11,8     | 31,8      | 14,7                   | 40,3      | 18,6     | 46,7      | 21,6                                | 53,0      | 24,6     | 61,5      | 28,5     | 67,9       | 31,4     |
| <b>9h</b>                                     | 21,5       | 6,6                         | 28,1      | 8,7      | 34,7      | 10,7                   | 43,3      | 13,4     | 49,9      | 15,4                                | 56,5      | 17,4     | 65,1      | 20,1     | 71,7       | 22,1     |
| <b>12h</b>                                    | 23,6       | 5,5                         | 30,3      | 7,0      | 37,0      | 8,6                    | 45,8      | 10,6     | 52,5      | 12,2                                | 59,2      | 13,7     | 68,0      | 15,7     | 74,7       | 17,3     |
| <b>18h</b>                                    | 26,8       | 4,1                         | 33,6      | 5,2      | 40,4      | 6,2                    | 49,5      | 7,6      | 56,3      | 8,7                                 | 63,2      | 9,8      | 72,3      | 11,1     | 79,1       | 12,2     |
| <b>24h</b>                                    | 29,2       | 3,4                         | 36,2      | 4,2      | 43,2      | 5,0                    | 52,4      | 6,1      | 59,4      | 6,9                                 | 66,3      | 7,7      | 75,5      | 8,7      | 82,5       | 9,5      |
| <b>48h</b>                                    | 38,7       | 2,2                         | 46,7      | 2,7      | 54,7      | 3,2                    | 65,3      | 3,8      | 73,3      | 4,2                                 | 81,3      | 4,7      | 91,9      | 5,3      | 99,9       | 5,8      |
| <b>72h</b>                                    | 45,6       | 1,8                         | 54,2      | 2,1      | 62,8      | 2,4                    | 74,2      | 2,9      | 82,8      | 3,2                                 | 91,4      | 3,5      | 102,8     | 4,0      | 111,4      | 4,3      |



**Anhang 2: Bemessung Regenrückhaltebecken Baugebiet „Badersbach“**

$Q_a = 23 \text{ l/s}$

| t<br>[h:min] | $Q_z$<br>[l/s] | $Q_z - Q_a$<br>[l/s] | $\Delta R_{HQ100}$<br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------|----------------|----------------------|---|
| 00:00        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:01        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:02        | 0,3            | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:03        | 1,9            | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:04        | 5,7            | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:05        | 12,4           | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:06        | 22,2           | 0,0                  | 0,0                                     |
| 00:07        | 34,6           | 11,6                 | 0,7                                     |
| 00:08        | 48,9           | 25,9                 | 1,6                                     |
| 00:09        | 64,2           | 41,2                 | 2,5                                     |
| 00:10        | 79,6           | 56,6                 | 3,4                                     |
| 00:11        | 94,5           | 71,5                 | 4,3                                     |
| 00:12        | 108,3          | 85,3                 | 5,1                                     |
| 00:13        | 120,6          | 97,6                 | 5,9                                     |
| 00:14        | 131,4          | 108,4                | 6,5                                     |
| 00:15        | 140,5          | 117,5                | 7,1                                     |
| 00:16        | 148,1          | 125,1                | 7,5                                     |
| 00:17        | 154,3          | 131,3                | 7,9                                     |
| 00:18        | 159,2          | 136,2                | 8,2                                     |
| 00:19        | 163,0          | 140,0                | 8,4                                     |
| 00:20        | 166,0          | 143,0                | 8,6                                     |
| 00:21        | 168,2          | 145,2                | 8,7                                     |
| 00:22        | 169,8          | 146,8                | 8,8                                     |
| 00:23        | 171,0          | 148,0                | 8,9                                     |
| 00:24        | 171,8          | 148,8                | 8,9                                     |
| 00:25        | 172,4          | 149,4                | 9,0                                     |
| 00:26        | 172,7          | 149,7                | 9,0                                     |
| 00:27        | 172,9          | 149,9                | 9,0                                     |
| 00:28        | 173,0          | 150,0                | 9,0                                     |
| 00:29        | 173,1          | 150,1                | 9,0                                     |
| 00:30        | 173,1          | 150,1                | 9,0                                     |
| 00:31        | 173,1          | 150,1                | 9,0                                     |
| 00:32        | 173,0          | 150,0                | 9,0                                     |
| 00:33        | 173,0          | 150,0                | 9,0                                     |
| 00:34        | 172,9          | 149,9                | 9,0                                     |
| 00:35        | 172,8          | 149,8                | 9,0                                     |
| 00:36        | 172,8          | 149,8                | 9,0                                     |
| 00:37        | 172,8          | 149,8                | 9,0                                     |
| 00:38        | 172,7          | 149,7                | 9,0                                     |
| 00:39        | 172,7          | 149,7                | 9,0                                     |
| 00:40        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:41        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:42        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:43        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:44        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:45        | 172,6          | 149,6                | 9,0                                     |
| 00:46        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:47        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:48        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:49        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:50        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:51        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |
| 00:52        | 172,5          | 149,5                | 9,0                                     |

|       |       |       |      |
|-------|-------|-------|------|
| 00:53 | 172,5 | 149,5 | 9,0  |
| 00:54 | 172,5 | 149,5 | 9,0  |
| 00:55 | 172,6 | 149,6 | 9,0  |
| 00:56 | 172,9 | 149,9 | 9,0  |
| 00:57 | 173,3 | 150,3 | 9,0  |
| 00:58 | 173,8 | 150,8 | 9,0  |
| 00:59 | 174,5 | 151,5 | 9,1  |
| 01:00 | 175,3 | 152,3 | 9,1  |
| 01:01 | 176,1 | 153,1 | 9,2  |
| 01:02 | 177,1 | 154,1 | 9,2  |
| 01:03 | 178,0 | 155,0 | 9,3  |
| 01:04 | 179,0 | 156,0 | 9,4  |
| 01:05 | 180,0 | 157,0 | 9,4  |
| 01:06 | 181,0 | 158,0 | 9,5  |
| 01:07 | 181,9 | 158,9 | 9,5  |
| 01:08 | 182,8 | 159,8 | 9,6  |
| 01:09 | 183,7 | 160,7 | 9,6  |
| 01:10 | 184,6 | 161,6 | 9,7  |
| 01:11 | 185,4 | 162,4 | 9,7  |
| 01:12 | 186,2 | 163,2 | 9,8  |
| 01:13 | 186,9 | 163,9 | 9,8  |
| 01:14 | 187,7 | 164,7 | 9,9  |
| 01:15 | 188,4 | 165,4 | 9,9  |
| 01:16 | 189,1 | 166,1 | 10,0 |
| 01:17 | 189,7 | 166,7 | 10,0 |
| 01:18 | 190,4 | 167,4 | 10,0 |
| 01:19 | 191,0 | 168,0 | 10,1 |
| 01:20 | 191,6 | 168,6 | 10,1 |
| 01:21 | 192,1 | 169,1 | 10,1 |
| 01:22 | 192,7 | 169,7 | 10,2 |
| 01:23 | 193,2 | 170,2 | 10,2 |
| 01:24 | 193,8 | 170,8 | 10,2 |
| 01:25 | 194,3 | 171,3 | 10,3 |
| 01:26 | 194,7 | 171,7 | 10,3 |
| 01:27 | 195,2 | 172,2 | 10,3 |
| 01:28 | 195,7 | 172,7 | 10,4 |
| 01:29 | 196,1 | 173,1 | 10,4 |
| 01:30 | 196,6 | 173,6 | 10,4 |
| 01:31 | 197,0 | 174,0 | 10,4 |
| 01:32 | 197,4 | 174,4 | 10,5 |
| 01:33 | 197,8 | 174,8 | 10,5 |
| 01:34 | 198,1 | 175,1 | 10,5 |
| 01:35 | 198,5 | 175,5 | 10,5 |
| 01:36 | 198,9 | 175,9 | 10,6 |
| 01:37 | 199,2 | 176,2 | 10,6 |
| 01:38 | 199,6 | 176,6 | 10,6 |
| 01:39 | 199,9 | 176,9 | 10,6 |
| 01:40 | 200,2 | 177,2 | 10,6 |
| 01:41 | 200,5 | 177,5 | 10,7 |
| 01:42 | 200,8 | 177,8 | 10,7 |
| 01:43 | 201,1 | 178,1 | 10,7 |
| 01:44 | 201,4 | 178,4 | 10,7 |
| 01:45 | 201,7 | 178,7 | 10,7 |
| 01:46 | 201,9 | 178,9 | 10,7 |
| 01:47 | 202,2 | 179,2 | 10,8 |
| 01:48 | 202,4 | 179,4 | 10,8 |
| 01:49 | 202,7 | 179,7 | 10,8 |
| 01:50 | 202,9 | 179,9 | 10,8 |
| 01:51 | 203,1 | 180,1 | 10,8 |
| 01:52 | 203,4 | 180,4 | 10,8 |

|               |       |                |      |
|---------------|-------|----------------|------|
| 01:53         | 203,6 | 180,6          | 10,8 |
| 01:54         | 203,8 | 180,8          | 10,8 |
| 01:55         | 204,0 | 181,0          | 10,9 |
| 01:56         | 204,2 | 181,2          | 10,9 |
| 01:57         | 204,4 | 181,4          | 10,9 |
| 01:58         | 204,6 | 181,6          | 10,9 |
| 01:59         | 204,7 | 181,7          | 10,9 |
| 02:00         | 204,9 | 181,9          | 10,9 |
| 02:01         | 201,0 | 178,0          | 10,7 |
| 02:02         | 190,2 | 167,2          | 10,0 |
| 02:03         | 173,5 | 150,5          | 9,0  |
| 02:04         | 153,3 | 130,3          | 7,8  |
| 02:05         | 131,9 | 108,9          | 6,5  |
| 02:06         | 110,9 | 87,9           | 5,3  |
| 02:07         | 91,4  | 68,4           | 4,1  |
| 02:08         | 74,2  | 51,2           | 3,1  |
| 02:09         | 59,4  | 36,4           | 2,2  |
| 02:10         | 47,0  | 24,0           | 1,4  |
| 02:11         | 36,8  | 13,8           | 0,8  |
| 02:12         | 28,5  | 5,5            | 0,3  |
| 02:13         | 22,0  | 0,0            | 0,0  |
| 02:14         | 16,8  | 0,0            | 0,0  |
| 02:15         | 12,7  | 0,0            | 0,0  |
| 02:16         | 9,6   | 0,0            | 0,0  |
| 02:17         | 7,2   | 0,0            | 0,0  |
| 02:18         | 5,4   | 0,0            | 0,0  |
| 02:19         | 4,0   | 0,0            | 0,0  |
| 02:20         | 3,0   | 0,0            | 0,0  |
| 02:21         | 2,2   | 0,0            | 0,0  |
| 02:22         | 1,6   | 0,0            | 0,0  |
| 02:23         | 1,2   | 0,0            | 0,0  |
| 02:24         | 0,9   | 0,0            | 0,0  |
| 02:25         | 0,6   | 0,0            | 0,0  |
| 02:26         | 0,5   | 0,0            | 0,0  |
| 02:27         | 0,3   | 0,0            | 0,0  |
| 02:28         | 0,2   | 0,0            | 0,0  |
| 02:29         | 0,2   | 0,0            | 0,0  |
| 02:30         | 0,1   | 0,0            | 0,0  |
| <b>Summe:</b> |       | <b>1.115,8</b> |      |

**Anhang 3: Bemessung Hochwasserrückhaltebecken Badersbach**

$Q_a = 200 \text{ l/s}$

| t<br>[h:min] | $Q_z$<br>[l/s] | $Q_z - Q_a$<br>[l/s] | $\Delta R_{HQ100}$<br>[m <sup>3</sup> ] | $Q_{z,1,15} - Q_a$<br>[l/s] | $\Delta R_{HQ100,1,15}$<br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------|----------------|----------------------|---|-----------------------------|--|
| 00:00        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:01        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:02        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:03        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:04        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:05        | 0,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:06        | 0,1            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:07        | 0,2            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:08        | 0,4            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:09        | 0,8            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:10        | 1,3            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:11        | 2,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:12        | 2,9            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:13        | 4,0            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:14        | 5,4            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:15        | 6,9            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:16        | 8,8            | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:17        | 10,9           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:18        | 13,2           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:19        | 15,8           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:20        | 18,7           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:21        | 21,8           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:22        | 25,2           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:23        | 28,8           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:24        | 32,8           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:25        | 37,0           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:26        | 41,4           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:27        | 46,1           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:28        | 51,1           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:29        | 56,3           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:30        | 61,7           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:31        | 67,4           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:32        | 73,3           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:33        | 79,4           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:34        | 85,7           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:35        | 92,2           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:36        | 99,0           | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:37        | 105,9          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:38        | 113,0          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:39        | 120,3          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:40        | 127,7          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:41        | 135,3          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:42        | 143,1          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:43        | 151,0          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:44        | 159,0          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:45        | 167,2          | 0,0                  | 0,0                                     | 0,0                         | 0,0  |
| 00:46        | 175,4          | 0,0                  | 0,0                                     | 1,8                         | 0,1  |
| 00:47        | 183,8          | 0,0                  | 0,0                                     | 11,4                        | 0,7  |
| 00:48        | 192,3          | 0,0                  | 0,0                                     | 21,2                        | 1,3  |
| 00:49        | 201,0          | 1,0                  | 0,1                                     | 31,1                        | 1,9  |
| 00:50        | 209,7          | 9,7                  | 0,6                                     | 41,1                        | 2,5  |
| 00:51        | 218,4          | 18,4                 | 1,1                                     | 51,2                        | 3,1  |
| 00:52        | 227,3          | 27,3                 | 1,6                                     | 61,4                        | 3,7  |

|       |       |       |      |       |      |
|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 00:53 | 236,2 | 36,2  | 2,2  | 71,7  | 4,3  |
| 00:54 | 245,2 | 45,2  | 2,7  | 82,0  | 4,9  |
| 00:55 | 254,3 | 54,3  | 3,3  | 92,4  | 5,5  |
| 00:56 | 263,4 | 63,4  | 3,8  | 102,9 | 6,2  |
| 00:57 | 272,6 | 72,6  | 4,4  | 113,4 | 6,8  |
| 00:58 | 281,8 | 81,8  | 4,9  | 124,0 | 7,4  |
| 00:59 | 291,0 | 91,0  | 5,5  | 134,6 | 8,1  |
| 01:00 | 300,2 | 100,2 | 6,0  | 145,3 | 8,7  |
| 01:01 | 309,5 | 109,5 | 6,6  | 156,0 | 9,4  |
| 01:02 | 318,8 | 118,8 | 7,1  | 166,7 | 10,0 |
| 01:03 | 328,2 | 128,2 | 7,7  | 177,4 | 10,6 |
| 01:04 | 337,5 | 137,5 | 8,2  | 188,1 | 11,3 |
| 01:05 | 346,8 | 146,8 | 8,8  | 198,8 | 11,9 |
| 01:06 | 356,2 | 156,2 | 9,4  | 209,6 | 12,6 |
| 01:07 | 365,5 | 165,5 | 9,9  | 220,3 | 13,2 |
| 01:08 | 374,8 | 174,8 | 10,5 | 231,0 | 13,9 |
| 01:09 | 384,1 | 184,1 | 11,0 | 241,7 | 14,5 |
| 01:10 | 393,4 | 193,4 | 11,6 | 252,4 | 15,1 |
| 01:11 | 402,7 | 202,7 | 12,2 | 263,1 | 15,8 |
| 01:12 | 411,9 | 211,9 | 12,7 | 273,7 | 16,4 |
| 01:13 | 421,2 | 221,2 | 13,3 | 284,3 | 17,1 |
| 01:14 | 430,4 | 230,4 | 13,8 | 294,9 | 17,7 |
| 01:15 | 439,5 | 239,5 | 14,4 | 305,5 | 18,3 |
| 01:16 | 448,6 | 248,6 | 14,9 | 315,9 | 19,0 |
| 01:17 | 457,7 | 257,7 | 15,5 | 326,4 | 19,6 |
| 01:18 | 466,8 | 266,8 | 16,0 | 336,8 | 20,2 |
| 01:19 | 475,8 | 275,8 | 16,5 | 347,1 | 20,8 |
| 01:20 | 484,7 | 284,7 | 17,1 | 357,4 | 21,4 |
| 01:21 | 493,6 | 293,6 | 17,6 | 367,7 | 22,1 |
| 01:22 | 502,5 | 302,5 | 18,1 | 377,9 | 22,7 |
| 01:23 | 511,3 | 311,3 | 18,7 | 388,0 | 23,3 |
| 01:24 | 520,0 | 320,0 | 19,2 | 398,0 | 23,9 |
| 01:25 | 528,7 | 328,7 | 19,7 | 408,0 | 24,5 |
| 01:26 | 537,4 | 337,4 | 20,2 | 418,0 | 25,1 |
| 01:27 | 545,9 | 345,9 | 20,8 | 427,8 | 25,7 |
| 01:28 | 554,4 | 354,4 | 21,3 | 437,6 | 26,3 |
| 01:29 | 562,9 | 362,9 | 21,8 | 447,3 | 26,8 |
| 01:30 | 571,3 | 371,3 | 22,3 | 457,0 | 27,4 |
| 01:31 | 579,6 | 379,6 | 22,8 | 466,5 | 28,0 |
| 01:32 | 587,9 | 387,9 | 23,3 | 476,0 | 28,6 |
| 01:33 | 596,0 | 396,0 | 23,8 | 485,4 | 29,1 |
| 01:34 | 604,2 | 404,2 | 24,2 | 494,8 | 29,7 |
| 01:35 | 612,2 | 412,2 | 24,7 | 504,0 | 30,2 |
| 01:36 | 620,2 | 420,2 | 25,2 | 513,2 | 30,8 |
| 01:37 | 628,1 | 428,1 | 25,7 | 522,3 | 31,3 |
| 01:38 | 635,9 | 435,9 | 26,2 | 531,3 | 31,9 |
| 01:39 | 643,7 | 443,7 | 26,6 | 540,2 | 32,4 |
| 01:40 | 651,4 | 451,4 | 27,1 | 549,1 | 32,9 |
| 01:41 | 659,0 | 459,0 | 27,5 | 557,9 | 33,5 |
| 01:42 | 666,5 | 466,5 | 28,0 | 566,5 | 34,0 |
| 01:43 | 674,0 | 474,0 | 28,4 | 575,1 | 34,5 |
| 01:44 | 681,4 | 481,4 | 28,9 | 583,6 | 35,0 |
| 01:45 | 688,7 | 488,7 | 29,3 | 592,1 | 35,5 |
| 01:46 | 696,0 | 496,0 | 29,8 | 600,4 | 36,0 |
| 01:47 | 703,2 | 503,2 | 30,2 | 608,6 | 36,5 |
| 01:48 | 710,3 | 510,3 | 30,6 | 616,8 | 37,0 |
| 01:49 | 717,3 | 517,3 | 31,0 | 624,9 | 37,5 |
| 01:50 | 724,3 | 524,3 | 31,5 | 632,9 | 38,0 |
| 01:51 | 731,1 | 531,1 | 31,9 | 640,8 | 38,4 |
| 01:52 | 737,9 | 537,9 | 32,3 | 648,6 | 38,9 |

|       |       |       |      |       |      |
|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 01:53 | 744,7 | 544,7 | 32,7 | 656,4 | 39,4 |
| 01:54 | 751,3 | 551,3 | 33,1 | 664,0 | 39,8 |
| 01:55 | 757,9 | 557,9 | 33,5 | 671,6 | 40,3 |
| 01:56 | 764,4 | 564,4 | 33,9 | 679,1 | 40,7 |
| 01:57 | 770,9 | 570,9 | 34,3 | 686,5 | 41,2 |
| 01:58 | 777,2 | 577,2 | 34,6 | 693,8 | 41,6 |
| 01:59 | 783,5 | 583,5 | 35,0 | 701,1 | 42,1 |
| 02:00 | 788,1 | 588,1 | 35,3 | 706,3 | 42,4 |
| 02:01 | 791,1 | 591,1 | 35,5 | 709,8 | 42,6 |
| 02:02 | 792,7 | 592,7 | 35,6 | 711,6 | 42,7 |
| 02:03 | 792,8 | 592,8 | 35,6 | 711,8 | 42,7 |
| 02:04 | 791,8 | 591,8 | 35,5 | 710,6 | 42,6 |
| 02:05 | 789,6 | 589,6 | 35,4 | 708,0 | 42,5 |
| 02:06 | 786,3 | 586,3 | 35,2 | 704,3 | 42,3 |
| 02:07 | 782,1 | 582,1 | 34,9 | 699,4 | 42,0 |
| 02:08 | 776,9 | 576,9 | 34,6 | 693,5 | 41,6 |
| 02:09 | 771,0 | 571,0 | 34,3 | 686,7 | 41,2 |
| 02:10 | 764,3 | 564,3 | 33,9 | 679,0 | 40,7 |
| 02:11 | 757,0 | 557,0 | 33,4 | 670,5 | 40,2 |
| 02:12 | 749,0 | 549,0 | 32,9 | 661,4 | 39,7 |
| 02:13 | 740,5 | 540,5 | 32,4 | 651,6 | 39,1 |
| 02:14 | 731,5 | 531,5 | 31,9 | 641,3 | 38,5 |
| 02:15 | 722,1 | 522,1 | 31,3 | 630,4 | 37,8 |
| 02:16 | 712,3 | 512,3 | 30,7 | 619,1 | 37,1 |
| 02:17 | 702,1 | 502,1 | 30,1 | 607,4 | 36,4 |
| 02:18 | 691,6 | 491,6 | 29,5 | 595,4 | 35,7 |
| 02:19 | 680,9 | 480,9 | 28,9 | 583,0 | 35,0 |
| 02:20 | 669,9 | 469,9 | 28,2 | 570,4 | 34,2 |
| 02:21 | 658,8 | 458,8 | 27,5 | 557,6 | 33,5 |
| 02:22 | 647,5 | 447,5 | 26,8 | 544,6 | 32,7 |
| 02:23 | 636,0 | 436,0 | 26,2 | 531,4 | 31,9 |
| 02:24 | 624,5 | 424,5 | 25,5 | 518,1 | 31,1 |
| 02:25 | 612,9 | 412,9 | 24,8 | 504,8 | 30,3 |
| 02:26 | 601,2 | 401,2 | 24,1 | 491,4 | 29,5 |
| 02:27 | 589,5 | 389,5 | 23,4 | 477,9 | 28,7 |
| 02:28 | 577,8 | 377,8 | 22,7 | 464,5 | 27,9 |
| 02:29 | 566,1 | 366,1 | 22,0 | 451,0 | 27,1 |
| 02:30 | 554,4 | 354,4 | 21,3 | 437,6 | 26,3 |
| 02:31 | 542,8 | 342,8 | 20,6 | 424,2 | 25,5 |
| 02:32 | 531,2 | 331,2 | 19,9 | 410,9 | 24,7 |
| 02:33 | 519,7 | 319,7 | 19,2 | 397,7 | 23,9 |
| 02:34 | 508,3 | 308,3 | 18,5 | 384,6 | 23,1 |
| 02:35 | 497,0 | 297,0 | 17,8 | 371,6 | 22,3 |
| 02:36 | 485,8 | 285,8 | 17,1 | 358,7 | 21,5 |
| 02:37 | 474,7 | 274,7 | 16,5 | 345,9 | 20,8 |
| 02:38 | 463,8 | 263,8 | 15,8 | 333,3 | 20,0 |
| 02:39 | 452,9 | 252,9 | 15,2 | 320,9 | 19,3 |
| 02:40 | 442,2 | 242,2 | 14,5 | 308,6 | 18,5 |
| 02:41 | 431,7 | 231,7 | 13,9 | 296,4 | 17,8 |
| 02:42 | 421,3 | 221,3 | 13,3 | 284,5 | 17,1 |
| 02:43 | 411,0 | 211,0 | 12,7 | 272,7 | 16,4 |
| 02:44 | 400,9 | 200,9 | 12,1 | 261,1 | 15,7 |
| 02:45 | 391,0 | 191,0 | 11,5 | 249,7 | 15,0 |
| 02:46 | 381,2 | 181,2 | 10,9 | 238,4 | 14,3 |
| 02:47 | 371,6 | 171,6 | 10,3 | 227,4 | 13,6 |
| 02:48 | 362,2 | 162,2 | 9,7  | 216,5 | 13,0 |
| 02:49 | 353,0 | 153,0 | 9,2  | 205,9 | 12,4 |
| 02:50 | 343,9 | 143,9 | 8,6  | 195,5 | 11,7 |
| 02:51 | 335,0 | 135,0 | 8,1  | 185,2 | 11,1 |
| 02:52 | 326,2 | 126,2 | 7,6  | 175,1 | 10,5 |

|       |       |               |                |       |                |
|-------|-------|---------------|----------------|-------|----------------|
| 02:53 | 317,6 | 117,6         | 7,1            | 165,3 | 9,9            |
| 02:54 | 309,3 | 109,3         | 6,6            | 155,6 | 9,3            |
| 02:55 | 301,0 | 101,0         | 6,1            | 146,2 | 8,8            |
| 02:56 | 293,0 | 93,0          | 5,6            | 136,9 | 8,2            |
| 02:57 | 285,1 | 85,1          | 5,1            | 127,9 | 7,7            |
| 02:58 | 277,4 | 77,4          | 4,6            | 119,0 | 7,1            |
| 02:59 | 269,9 | 69,9          | 4,2            | 110,3 | 6,6            |
| 03:00 | 262,5 | 62,5          | 3,7            | 101,9 | 6,1            |
| 03:01 | 255,3 | 55,3          | 3,3            | 93,6  | 5,6            |
| 03:02 | 248,2 | 48,2          | 2,9            | 85,5  | 5,1            |
| 03:03 | 241,4 | 41,4          | 2,5            | 77,6  | 4,7            |
| 03:04 | 234,6 | 34,6          | 2,1            | 69,8  | 4,2            |
| 03:05 | 228,1 | 28,1          | 1,7            | 62,3  | 3,7            |
| 03:06 | 221,7 | 21,7          | 1,3            | 54,9  | 3,3            |
| 03:07 | 215,4 | 15,4          | 0,9            | 47,8  | 2,9            |
| 03:08 | 209,3 | 9,3           | 0,6            | 40,7  | 2,4            |
| 03:09 | 203,4 | 3,4           | 0,2            | 33,9  | 2,0            |
| 03:10 | 197,6 | 0,0           | 0,0            | 27,2  | 1,6            |
| 03:11 | 192,0 | 0,0           | 0,0            | 20,8  | 1,2            |
| 03:12 | 186,4 | 0,0           | 0,0            | 14,4  | 0,9            |
| 03:13 | 181,1 | 0,0           | 0,0            | 8,2   | 0,5            |
| 03:14 | 175,9 | 0,0           | 0,0            | 2,2   | 0,1            |
| 03:15 | 170,8 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
| 03:16 | 165,8 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
| 03:17 | 161,0 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
| 03:18 | 156,3 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
| 03:19 | 151,7 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
| 03:20 | 147,2 | 0,0           | 0,0            | 0,0   | 0,0            |
|       |       | <b>Summe:</b> | <b>2.619,3</b> |       | <b>3.272,5</b> |