

EINGANG

12. APR. 2018

Köhler Ingenieurgesellschaft GmbH & Co. KG

Erweiterung des Werksgeländes
der Fa. Rettenmeier in Ullersreuth

Hydrologisches Gutachten zum Nachweis der
Auswirkungen des geplanten Gewerbegebietes
auf den Hochwasserabfluss

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag	3
2	Flussgebietsmodell für Wetterau bis zur Mündung in den Ehrlichbach	3
3	Hochwasserscheitelabflüsse HQ(2... 100).....	6
3.1	Methodik der Berechnung	6
3.2	Regenspende	7
3.3	Mittelwasserabfluss und mittlerer Niedrigwasserabfluss	8
3.4	Parameter der natürlichen Landeinzugsgebiete	9
3.5	Zusammenfassung der Gebietsparameter	11
3.6	Wellenverformung	11
4	Berechnung Bestand	12
4.1	FGM für den Bestand	12
4.2	Berechnung der Hochwasserwellen HQ(2...100), Bestand	14
5	Berechnung Planung	15
5.1	Flussgebietsmodell (FGM).....	15
5.2	Bewirtschaftungsmodell WinPro	16
5.3	Ergebnisse der Berechnungen	18
6	Zusammenfassung	21
7	Anlagen	22
8	Verwendete Unterlagen	23

1 Auftrag

Die Firma Rettenmeier Holzindustrie GmbH & Co. KG plant die Erweiterung des Werksgeländes in Ullersreuth.

Um eine Schädigung Dritter durch die Betriebserweiterung auszuschließen bzw. um gegebenenfalls Kompensationsmaßnahmen zu erarbeiten, sollen mit Hilfe eines Flussgebietsmodells die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme bzw. die Wirkung der beiden geplanten Rückhaltebecken auf die hydrologischen Daten untersucht werden. Das Untersuchungsgebiet umfasst nach Abstimmung mit dem LRA Saale-Orla-Kreis das Einzugsgebiet der Wetterau bis zur Mündung in den Ehrlichbach.

Zum Nachweis der Hochwasserscheitelwerte und der Auswirkungen des geplanten Gewerbegebietes (GG) sowie der Wirkung von Rückhaltebecken wird ein Flussgebietsmodell erstellt. Das Modell entspricht den „Anforderungen an Hydrologische Gutachten“ der TLUG vom November 2009 /6/. Es soll an mehreren Querschnitten unterhalb des Gewerbegebietes bis zur Mündung in den Ehrlichbach die hydrologischen Kennwerte MQ, sowie die Hochwasserganglinien HQ(2...100) nachweisen.

2 Flussgebietsmodell für Wetterau bis zur Mündung in den Ehrlichbach

Für das Einzugsgebiet der Wetterau bis zur Mündung in den Ehrlichbach wurde ein Flussgebietsmodell (FGM) aufgestellt. Die Unterteilung des Gesamtgebietes erfolgte unter Berücksichtigung von Einleitstellen aus dem Gewerbegebiet. Das FGM besteht damit aus 3 natürlichen Landeinzugsgebieten und den Entwässerungsflächen des Gewerbegebietes (GG) Holzverarbeitung. Folgende Tabelle zeigt die natürlichen Landeinzugsgebiete ohne die Flächen der Holzverarbeitung.

BQ	RW	HW	Beschreibung BQ / Teilgebiet	Fläche [km ²]
1	4488345	5588455	TG1, Wetterau bis ca. 250 m uh. Wetterau-teich, Einmündung Tal vom RRB2	4,218 km ²
2	4488255	5587535	TG2, unterhalb TG1 bis oberhalb Teich, Einmündung Leitung vom RRB1/RRB2	0,933 km ²
3	4488340	5586800	Mündung in Ehrlichbach	0,500 km ²

Die sich aus diesem Aufbau ergebenden Teilgebiete wurden auf der Grundlage der Höhenlinien auf der aktuellen DTK10 digitalisiert (Anlage 1.1). Dabei wurden außerdem Luftbilder und ein Entwässerungsplan des Gewerbegebietes /2/ bei der Anpassung an die aktuellen bzw. geplanten lokalen Verhältnisse im Bereich des Gewerbegebietes verwendet. Im Bereich des Gewerbegebietes wurden die Entwässerungsflächen der Planung /2/ übernommen, soweit dies auf der Kartengrundlage DTK10 möglich und sinnvoll war. Die digitalisierten Flächen (Angaben auf den Plänen in ha) stimmen nicht immer vollständig mit den Angaben der Planung /2/ überein. Bei den Berechnungen wurden die exakten Planungswerte verwendet. Der in der Planung befindliche Bau der neuen L1091 wurde nur insoweit berücksichtigt, wie er in der Entwässerungsplanung des GG enthalten ist.

Das Modell besteht aus den folgenden Teilgebieten

Gebiet	km ²	Erläuterung
TG1	4,218	Natürliches Landeinzugsgebiet
TG2	0,933	Natürliches Landeinzugsgebiet
TG3	0,500	Natürliches Landeinzugsgebiet
E1	0,069	Erweiterungsgebiet Süden, einschließlich RRB1
E2	0,230	Gewerbegebiet Bestand
E RRB2	0,016	RRB2 (Vergrößerung gegenüber Bestand)
E Bahn	0,042	Bahnfläche
E3.1	0,018	Erweiterungsgebiet Norden
E3.2	0,066	Erweiterungsgebiet Norden
Summe:	6,092	

Das Gewerbegebiet hat daran einen Anteil von insgesamt 0,441 km. Im folgenden werden die natürlichen Landeinzugsgebiete kurz beschrieben

Teilgebiet 1 (bis Tal vom RRB2, ohne Flächen des GG)

Das Teilgebiet 1 erstreckt sich vom BQ1 aus ca. 3,3 km in nordöstliche Richtung. Es ist von der Form her relativ lang gestreckt. Im Talverlauf befinden sich mehrere kleinere Teiche, ca. 280 m oberhalb des BQ1 liegt der Wetterauteich.

Das Einzugsgebiet ist mit 45,8 % knapp zur Hälfte mit Wald bedeckt, 23,4 % werden ackerbaulich genutzt. Der Rest sind mit 29,3% Wiesen und Flächen mit Kleingehölzen und ein geringer Siedlungsanteil von 1,5 %.

Der Bemessungsquerschnitt liegt auf einer Höhe von ca. 530 mNN, nach Nordosten steigt das Gelände bis zum Brandberg auf 635 mNN an.

Das Einzugsgebiet hat ohne die Teile des GG eine Größe von 4,218 km². Mit den Teilen des GG, die im natürlichen Zustand (vor Existenz des GG) zur Wetterau entwässern, liegt die Größe bei 4,545 km² (siehe Abschnitt 4.1).

Teilgebiet 2 (Zwischengebiet vom BQ1 bis BQ2)

Das Teilgebiet 2 ist das Zwischengebiet vom BQ1 bis zum BQ2. Am BQ2, oberhalb des Teiches, erfolgt derzeit eine Einleitung aus dem GG über einen Kanal DN400.

Das Teilgebiet wird mit 51,0 % ackerbaulich genutzt, der Waldanteil ist gegenüber dem TG1 mit 18,6 % gering. 30,1 % bestehen aus Wiesen und Flächen mit Kleingehölzen, der bei der Verschneidung mit der Flächennutzung ausgewiesene Siedlungsanteil von 0,3 % ist vernachlässigbar.

Der Bemessungsquerschnitt liegt auf einer Höhe von 509 mNN, die höchsten Punkte der Wasserscheide liegen im Nordosten bei 575 mNN.

Das Zwischengebiet hat ohne die Teile des GG eine Größe von 0,933 km². Mit den Teilen des GG, die im natürlichen Zustand (vor Existenz des GG) zur Wetterau entwässern, liegt die Größe bei 1,047 km² (siehe Abschnitt 4.1).

Teilgebiet 3 (Zwischengebiet vom BQ2 bis zur Mündung in die Wetterau)

Das Teilgebiet 3 ist das Zwischengebiet vom BQ2 bis zur Mündung in die Wetterau am BQ3. Das Gebiet erstreckt sich vom BQ3 ca. 1 km in nordwestliche Richtung bis zur L1091, die auf der Wasserscheide verläuft. Den größten Anteil an der Flächennutzung hat Wald mit 39,7 %, Acker und Wiese haben mit 29...30 % etwa gleich große Anteile. Der Siedlungsanteil von 3,3 % kommt neben einem Einzelgehöft durch die zwei Teiche zustande, die in der Tallinie der Wetterau liegen. Der Bemessungsquerschnitt liegt auf einer Höhe von 487 mNN, nach Nordwesten steigt das Gelände bis auf 555 mNN an.

Das Zwischengebiet hat eine Größe von 0,500 km², diese Größe wird durch das Gewerbegebiet Holzverarbeitung nicht beeinflusst.

3 Hochwasserscheitelabflüsse HQ(2...100)

3.1 Methodik der Berechnung

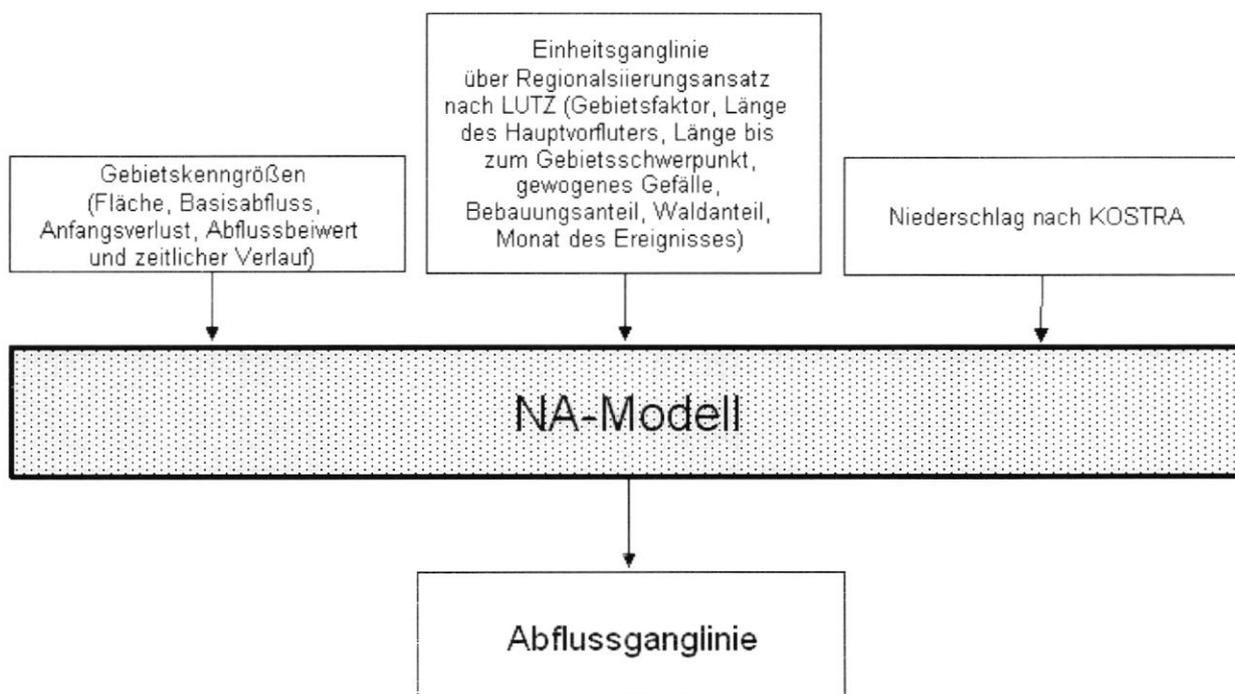
Die Hochwasserscheitelwerte für unbeobachtete Einzugsgebiete werden mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung beim KIT (Karlsruher Institut für Technologie) berechnet /4/. Dieses Modell ist Kernstück des Flussgebietsmodells (FGM), welches aus mehreren NA-Modellen aufgebaut wird.

Das Programm ermittelt eine Abflussganglinie am Gebietsauslass eines Einzugsgebietes. Eingangsgrößen sind der Gebietsniederschlag und die Einheitsganglinie des Einzugsgebietes. Der Gebietsniederschlag wird nach dem Starkniederschlagsatlas KOSTRA /5/ des Deutschen Wetterdienstes berechnet.

Für die Berechnung des Abflussbeiwertes und der Einheitsganglinie kommt der Regionalisierungsansatz nach LUTZ zum Einsatz. Das Abflussbeiwertmodell beschreibt den Gebietsrückhalt eines Einzugsgebietes über gebietspezifische und ereignisspezifische Parameter. Als gebietspezifische Parameter werden, wie auch beim SCS-Verfahren, der Bodentyp und die Bodennutzung verwendet. Man erhält damit einen sogenannten Endabflussbeiwert, der als Grenzwert bei sehr hohen Niederschlägen zu erwarten ist.

Die Einheitsganglinie eines unbeobachteten Einzugsgebietes wird nach LUTZ über die Parameter Anstiegszeit und Scheitelwert beschrieben. Beide Parameter lassen sich als Funktion von gebietspezifischen und ereignisspezifischen Kenngrößen darstellen.

Die folgende Skizze zeigt die prinzipielle Vorgehensweise.



3.2 Regenspende

Die Regenspende wird nach dem Starkniederschlagsatlas KOSTRA /5/ des Deutschen Wetterdienstes berechnet. Damit können für Rasterflächen von 71,5 km² die Niederschlagshöhen $h_N(D;T)$ und Niederschlagsspenden $r_N(D;T)$ für die Dauerstufen von 5 min bis 72 h und Überschreitungshäufigkeiten von zweimal im Jahr bis einmal in 100 Jahren (Jährlichkeiten bzw. Wiederkehrzeiten T von 0,5 a bis 100 a) ermittelt werden. Die Lage der Teilgebiete im KOSTRA-Raster ist in Anlage 2.1 zu sehen. Danach liegt das Gesamtgebiet in den Rastern Z62S51 und Z63S51, wobei der Anteil des natürlichen Landeinzugsgebiet im nördlichen Raster Z62S51 etwas größer ist. Bei der Bemessung der RRB in /2/ wurde das nördliche Raster verwendet. Um damit konform zu gehen und die Berechnung nicht unnötig kompliziert zu gestalten, wurden hier einheitlich die Werte des nördlichen Rasters verwendet, zudem die Unterschiede nur gering sind.

In der Regel werden Rechnungen mit verschiedenen Regendauern bei einer mittenbetonten Niederschlagsverteilung vorgenommen, um die für das Gebiet maßgebende Dauer, die zu einem maximalen Scheitelwert führt, zu bestimmen.

Da im weiteren Verlauf der Planungen auch Retentionsrechnungen mit den RRB durchgeführt werden sollen, spielen außer den Scheitelwerten die Wellenfüllen eine Rolle. Außerdem sind die Teilgebiete von der Größe her sehr unterschiedlich, so dass hier in den Teilgebieten unterschiedliche Regendauern zu maximalen Scheitelwerten führen würden. Mit der Regendauer nehmen die Wellenfüllen prinzipiell zu. Die Scheitelwerte nehmen bei Ansatz einer mittenbetonten Niederschlagsverteilung jedoch zunächst bis zu einer maßgebenden Dauer zu und mit längerer Dauer wieder ab. Hier bietet sich die Euler Verteilung Typ II an, die in der Siedlungswasserwirtschaft üblicherweise verwendet wird. Sie ist dadurch charakterisiert, dass in ihr alle statistischen Maximalwerte des Niederschlags der KOSTRA-Tabelle vorkommen. Verteilt man beispielsweise die 6h-Summe des Niederschlags $h_N(100a,6h)=59,5$ mm (Anlage 2.2.1) gemäß der Euler-2-Verteilung, so treten in ihr die maximale 10min-Summe von 20,0 mm genauso auf wie die 1h-Summe von 48 mm und die maximale 2h-Summe von 52,x mm. Diese Verteilung ist besonders geeignet, wenn Speicherrechnungen eine Rolle spielen und/oder ein komplexeres Flussgebiet mit unterschiedlich reagierenden Teilgebieten betrachtet wird.

Der DWD gibt für die KOSTRA-Niederschläge und T=100a eine Toleranz von ± 20 % an, in der Hydrologie ist eine Toleranz von 10-20 % bei Hochwasserscheitelwerten üblich.

3.3 Mittelwasserabfluss und mittlerer Niedrigwasserabfluss

Bei der Rechnung mit dem NA-Modell wird als Anfangszustand der Mittelwasserabfluss festgelegt. Es genügt hierbei ein Näherungswert.

Die Berechnung des Mittelwasserabflusses MQ erfolgt auf der Basis des Informationssystems GEOFEM /7/. GEOFEM liefert für Raster 500m x 500m mittlere Wasserhaushaltsgrößen.

Der Gesamtabfluss QR berechnet sich als „Restgröße“ aus der Differenz korrigierter Niederschlag P0korr minus reale Gebietsverdunstung ETR. Er beinhaltet damit den Direktabfluss und die Grundwasserneubildung des entsprechenden Rasterelementes. Der Gesamtabfluss QR stellt damit die obere Grenze für das Wasserdargebot dar.

$$QR = P0korr - ETR$$

Das Modell ermittelt, ausgehend vom berechneten mittleren Gesamtabfluss (QR), die einzelnen Abflussanteile unter den Bedingungen der Abflusskonzentration im langjährigen Verhalten. Unter den Bedingungen der Abflusskonzentration verändert sich sowohl das Verhältnis ETR/QR als auch RD/GWN. Je größer das berechnete Gebiet ist, um so höhere Werte werden für ETR und RD im Vergleich zu den arithmetischen Gebietsmittelwerten der einzelnen betroffenen BE des Gebiets berechnet. Im Gegensatz dazu führt bei der Berechnung des Grundwasserdargebots eine größere Gebietsfläche zu höheren Dargebotswerten, weil hier Ausgleichswirkungen bei Trockenwetterverhältnissen berücksichtigt werden.

Die Rasterflächen von GEOFEM für das Untersuchungsgebiet und die Ergebnisse der Berechnung sind in den Anlagen 3.1 bis 3.2 zu sehen.

Es ergeben sich folgende Größen für das potenzielle Gesamtwasserdargebot QR und den Direktabfluss RD.

$$QR: 337 \text{ mm/a} = 10,7 \text{ l/(s}\cdot\text{km}^2)$$

$$RD: 387 \text{ mm/a} = 12,3 \text{ l/(s}\cdot\text{km}^2)$$

Üblicherweise ist der Gesamtabfluss größer als der Direktabfluss. Hier wird nach GEOFEM jedoch ein negativer Grundwasserabfluss ausgewiesen, das Gebiet ist damit ein Zehrgebiet. Für die Berechnungen mit dem NA-Modell ist dies nicht relevant. Es wird eine Mittelwasserspende von 12 l/(s·km²) angesetzt.

Die Mittelwasserspende, bzw. der Mittelwasserabfluss wird im NA-Modell als Anfangszustand für die Gebietsfeuchte und den Basisabfluss verwendet. Eine höhere Mittelwasserspende (Gebietsfeuchte) führt zu größeren Abflussbeiwerten und Hochwasserscheitelwerten.

Für das Gesamtgebiet mit einer Fläche von 6,092 km² ergibt sich damit ein Mittelwasserabfluss von MQ=73 l/s.

Für den mittleren Niedrigwasserwert existiert kein Berechnungsverfahren. Er ist ein statistischer Wert und kann eigentlich nur durch langjährige Messungen ermittelt werden. In der Regel liegt er nach Pegelauswertungen in der Größenordnung von 10...30 % des MQ-Wertes. Bei einem Ansatz von 20 % würde sich für das Gesamteinzugsgebiet ein mittlerer Niedrigwasserwert von MNQ=15 l/s ergeben.

3.4 Parameter der natürlichen Landeinzugsgebiete

Flächennutzung

Für Thüringen existiert flächendeckend eine Biotopen- und Nutzungstypenkartierung mit dem Erfassungsjahr 1993/94 (BNTNUTZ11, /8/). Mit ArcView wurden die 3 Teilgebiete mit dieser Nutzungskartierung verschnitten (Anlage 4.1). Die Nutzungstypen wurden anschließend den Nutzungsarten des NA-Modells zugeordnet. Die Anlage 4.2 zeigt eine Tabelle mit der Zuordnung der Flächen zu den Nutzungen.

Folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung für die 3 Teilgebiete.

Gebiet der Wetterau	AE [km ²]	Wald [%]	Acker [%]	Wiese [%]	Siedlung [%]
TG1 = bis einschl. Tal RRB2	4,218	45,8	23,4	29,3	1,5
TG2 = bis Einleit. RRB1	0,933	18,6	51,1*	30,1	0,3
TG3 = Mdg. in Ehrlichbach	0,500	26,8	34,9	35,0	3,4*
Gesamtgebiet	5,650				

Bodentypen

Bei der Berechnung des Abflussbeiwertes wird innerhalb des NAM ein Regionalisierungsmodell für den Gebietsrückhalt nach LUTZ verwendet. Dieses Modell beschreibt den Gebietsrückhalt eines Einzugsgebietes über gebietspezifische und ereignisspezifische Parameter. Als gebietspezifische Parameter werden der Bodentyp und die Bodennutzung verwendet.

Die Bodenkarte /9/ wurde mit den Einzugsgebieten in Arcview verschnitten (Anlage 5.1) und hinsichtlich der Flächenanteile ausgewertet (Anlage 5.2).

Das Lutz-Modell erfordert die Einordnung der Böden in die Typen

- A: Schotter, Kies, Sand (kleinster Abfluss)
- B: Feinsand, Löß, leicht tonige Sande
- C: bindige Böden mit Sand, lehmiger Mehlsand, sand. Lehm, tonig- lehmiger Sand
- D: Ton, Lehm, dichter Fels, stauender Untergrund

Die Zuordnung der Bodeneinheiten erfolgte gemäß der Klassifikation in /6/ und ist ebenfalls in Anlage 5.2 zu sehen

Zusammenfassend ergeben sich für die 3 natürlichen Teileinzugsgebiete folgende Zuordnungen zu den Bodenklassen.

Gebiet	AE [km ²]	A	B	C	D
TG1 = bis einschl. Tal RRB2	4,116	-	49	51	-
TG2 = bis Einleit. RRB1	1,076	-	65	35	-
TG3 = Mdg. in Ehrlichbach	0,500	-	55	45	-

Anfangsverlust und maximaler Endabflussbeiwert

Im NA-Modell wird der Effektivniederschlag nach dem Regionalisierungsverfahren nach LUTZ berechnet. Dabei ist die Kenntnis des maximalen Abflussbeiwertes (Endabflussbeiwert) und Anfangsverlustes erforderlich. Diese Parameter sind vom Bodentyp A...D und der Flächennutzung abhängig. Der Berechnungsgang ist in Anlage 6 zu sehen. Dabei ergaben sich folgende Werte für die unversiegelten Flächen:

Gebiet	Anfangsverlust [mm]	Endabflussbeiwert [-]
TG1 = bis einschl. Tal RRB2	3,4	0,60
TG2 = bis Einleitung RRB1	3,5	0,63
TG3 = Mdg. in Ehrlichbach	3,4	0,61

Mittelwasserspende

Bei der Rechnung muss ein Basisabfluss bei Eintritt des Starkregenereignisses angenommen werden. Der Basisabfluss kennzeichnet die Bodenfeuchte zu Beginn des Ereignisses und sollte etwa mittleren Verhältnissen entsprechen. Der Mittelwasserabfluss wurde in Abschnitt 3.3 mit einer Spende von 12 l/(s·km²) nachgewiesen.

Gewogenes Gefälle des Hauptvorfluters

Das NA-Modell erfordert die Angabe der Fließlänge und des gewogenen Gefälles entlang dem Hauptgewässer. Dabei ist nicht unbedingt der genaue Gewässerverlauf maßgebend, sondern der maßgebende Talverlauf des Teilgebiets. Auf der Grundlage der Karte DTK10 erfolgte eine Digitalisierung der Fließstrecken vom Bemessungspunkt bis zur Wasserscheide (Anlage 7). Dabei wurden die Höhen an den Schnittpunkten mit Höhenlinien oder direkten Angaben in der Karte abgegriffen. Die Berechnung des gewogenen Gefälles erfolgte mit dem Programm GEFAELLE /4/. Dabei wird der Längsschnitt des Gefälles aufgezeichnet und eine Linie durch den untersten Punkt so gelegt, dass ein Ausgleich der Flächen über und unter dieser Linie erfolgt. Die Länge bis zum Schwerpunkt wurde jeweils etwa mittig eingeschätzt. Folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Gefälledaten.

Gebiet	I_G [m/m]	L [km]	L_c [km]
TG1 = bis einschl. Tal RRB2	0,0255	3,340	1,70
TG2 = bis Einleitung RRB1	0,0436	1,207	0,60
TG3 = Mdg. in Ehrlichbach	0,0482	1,093	0,55

3.5 Zusammenfassung der Gebietsparameter

Zusammenfassend wurden folgende Gebietsparameter bestimmt:

Parameter	TG1	TG2	TG3
AE, Einzugsgebiet [km ²]	4,218	0,933	0,500
U, Bebauungsanteil [%]	1,5	0,3	3,3
AV, Anfangsverlust [mm]	3,4	3,5	3,4
EAB, Max. Abflussbeiwert Landflächen [-]	0,60	0,63	0,61
Mq, Mittelwasserspende [l/s·km ²]	12	12	12
MQ, Basisabfluss [m ³ /s]	0,051	0,011	0,006
L, Länge Hauptvorfluter [km]	3,340	1,207	1,093
L _C , Länge Hauptvorfluter bis Schwerp. [km]	1,70	0,60	0,55
I _G , Gewogenes Gefälle [m/m]	0,0255	0,0436	0,0482
W, Waldanteil [%]	45,8	18,6	26,8

3.6 Wellenverformung

Auf den Fließstrecken zwischen den Modellknoten lässt sich eine Wellenverformung simulieren. Diese kann zu einer Retention und/oder zeitlichen Verschiebung der Wellen führen. Für die Berücksichtigung der Retention sind detaillierte Kenntnisse der Gerinnegeometrie erforderlich, ohne die Möglichkeit einer Kalibrierung ist die Ableitung von Parametern daraus schwierig. Da außerdem typische Retentionsflächen mit weiten flachen Vorländern auf den Strecken nicht vorhanden sind wird im Modell nur die zeitliche Verschiebung (Translation) der Wellen berücksichtigt. Dabei wurden folgende Strecken berücksichtigt:

von	bis	Strecke [m]	Translationszeit [min]	10-min-Intervalle
BQ1	BQ2	1021	17	2
BQ2	BQ3	911	15	2

Bei der Translationszeit wurde eine Fließgeschwindigkeit von 1 m/s angesetzt.

Bei dieser Art der Wellenverformung werden Abflussspitzen im Oberlauf unverändert nach unten weitergegeben. Bei sehr extremen und kurzen Spitzen (Abgaben aus RRB) kann dies zu einer Überbewertung der Scheitelwerte im Unterlauf führen. Gerade extrem kurze Spitzenwerte werden sich, auch ohne ausgeprägte Retentionsflächen, nach unten hin etwas abflachen.

4 Berechnung Bestand

4.1 FGM für den Bestand

Zunächst wurde eine Bestandsrechnung für den Zustand vor Bau des Gewerbegebietes durchgeführt. Damals entwässerten die Gebiete, die jetzt in die RRB entwässern, entsprechend der Geländetopografie zur Wetterau. Deshalb mussten die im Abschnitt 3 ermittelten natürlichen Landeinzugsgebiete zunächst um die Flächenanteile des Gewerbegebietes erweitert werden.

	TG1	TG2	TG3
ohne GG Holz	4,218 km ²	0,933 km ²	0,500 km ²

Erweiterung um die Anteile des GG Holzverarbeitung

E1 und E RBB1	0,069 km ²		0,069 km ²	
E2	0,230 km ²	0,185 km ²	0,045 km ²	
E RRB2	0,016 km ²	0,016 km ²		
E Bahn	0,042 km ²	0,042 km ²		
E3.1	0,018 km ²	0,018 km ²		
E3.2	0,066 km ²	0,066 km ²		
Summe TG1...3	0,441 km²	4,545 km²	1,047 km²	0,500 km²
Kumulativ, bis zu den BQ1...3		4,545 km²	5,592 km²	6,092 km²

Die übrigen in Abschnitt 3 ermittelten Parameter wie Flächennutzung, Bodentypen und Gefälle blieben unverändert. Die kleinen Fehler, die sich durch die Gebietserweiterung ergeben, können vernachlässigt werden.

Um die maßgebende Niederschlagsdauer für das Untersuchungsgebiet zu ermitteln, wurden zunächst Modellrechnungen mit unterschiedlichen Regendauern und dem Wiederkehrintervall T=100 Jahre (Anlage 2.2.1) vorgenommen. Die Zeitschrittweite beträgt 10 Minuten, der Niederschlag wurde mittenbetont verteilt.

Folgende Hochwasserscheitelwerte wurden für die Teilgebiete und Mündungsquerschnitt bestimmt:

Regendauer [h]	Scheitelwerte für die Teilgebiete und das Gesamtgebiet an der Mündung in den Ehrlichbach [m ³ /s]			
	TG1	TG2	TG3	Mündung
1	4,392	1,982	1,038	4,878
2	4,591	1,650	0,833	5,208
3	4,079	1,342	0,662	4,887
4	3,634	1,133	0,555	4,520
6	3,017	0,876	0,427	3,893

Dabei treten bei den kleinen Teilgebieten TG2 und TG3 die größten Scheitelwerte bei einer Regendauer von 1 Stunde ein. Für das größte Teilgebiet TG1 und das Gesamtgebiet an der Mündung in den Ehrlichbach liegt die maßgebende Regendauer bei 2 Stunden. In Anlage 9.1 ist eine Zusammenfassung der Berechnungen als

Tabelle und Grafik zu sehen. Anlage 9.2 zeigt den Verlauf der Ganglinien für die Regendauer von 2 Stunden als Tabelle, Anlage 9.3 als Grafik.

Wird mit der Regendauer von 2 Stunden das Gesamtgebiet einschließlich der Planung mit den RRB berechnet, so werden dabei die maximalen Scheitel in den kleinen Gebieten nicht richtig erfasst. Da außerdem die Füllen mit wachsender Dauer zunehmen, kann diese Regendauer für die Retentionsberechnungen (RRB) zu gering sein. Als alternative Verteilung des Niederschlags bietet sich die Euler Verteilung Typ II an. Sie ist dadurch charakterisiert, dass in ihr alle statistischen Maximalwerte des Niederschlags der KOSTRA-Tabelle vorkommen. Verteilt man beispielsweise die 6h-Summe des Niederschlags $h_N(100a,6h)=59,5$ mm (Anlage 2.2.1) gemäß der Euler-2-Verteilung, so treten in ihr die maximale 10min-Summe von 20,0 mm genauso auf wie die 1h-Summe von 48 mm und die maximale 2h-Summe von 52,0 mm. Diese Verteilung ist besonders geeignet, wenn Speicherrechnungen eine Rolle spielen und das Modell aus verschiedenen großen Teilgebieten besteht, wie es hier der Fall ist.

Anlage 2.3 zeigt beispielhaft den Euler-2-verteilten Niederschlag für $T=100a$ und eine Regendauer von 6 Stunden bei einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten.

Die Ergebnisse der Berechnung mit der Euler-2-Verteilung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst und den Ergebnissen der mittenbetonten Verteilung gegenübergestellt. Bei der Euler-2-Verteilung wurde die Regendauer von 6h gewählt, weil hier die Füllen eine für die Bemessung der RRB maßgebende Größe erreichen. Bei der Bemessung der RRB in /2/ wurde eine Dauer von 4h verwendet. Die maßgebenden Spitzenwerte des Niederschlags sind bei der Eulerverteilung bei verschiedenen Regendauern identisch.

Teilgebiet Knoten	AE [km ²]	HQ(100) [m ³ /s]	
		Euler-2 D=6h	mittenbetont D=2h
TG1=K1	4,545	3,839	4,591
TG2=K2	1,047	1,831	1,650
TG3=K3	0,500	0,982	0,833
Mdg.=K7	6,092	4,538	5,208

Maximale Scheitelwerte treten an der verschiedenen Knoten sowohl bei der mittenbetonten als auch bei der Euler-2-Verteilung auf. Für das größte Teilgebiet 1 und den Mündungsquerschnitt der Wetterau in den Ehrlichbach fallen die Scheitelwerte beim mittenbetonten 2h-Regen höher aus. Insgesamt liegt die Variabilität innerhalb der üblichen hydrologischen Toleranzen von $\pm 20\%$. Testrechnungen mit Euler-2-verteiltem Regen kürzerer Dauern brachten für das Teilgebiet 1 und das Gesamtgebiet Scheitelwerte in der Größenordnung des 2h-mittenbetonten Regens.

Da die Euler-2-Verteilung vom Gutachter bei der Berechnung des kompletten Flussgebietes einschließlich RRB als praktikabler eingeschätzt wird (einheitliche Berechnung aller Gebiete mit einer einzigen Regenverteilung, für die Speicherrechnung maßgebende Füllen), erfolgt die weitere Bearbeitung mit der Euler-2-Verteilung bei einer Dauer von 6 Stunden.

4.2 Berechnung der Hochwasserwellen HQ(2...100), Bestand

Die Hochwasserwellen für die Jährlichkeiten $T=2...50$ Jahre wurden ebenfalls mit dem Euler-2-verteilten Regen der Dauer von 6 Stunden berechnet. Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

			Hochwasserscheitelwerte [m ³ /s] in den Teilgebieten und am Mündungsknoten				
TG / BQ	AE [km ²]	HQ(2)	HQ(5)	HQ(10)	HQ(20)	HQ(50)	HQ(100)
TG1=K1	4,545	0,875	1,383	1,845	2,377	3,174	3,839
TG2=K2	1,047	0,393	0,642	0,869	1,127	1,511	1,831
TG3=K3	0,500	0,216	0,347	0,467	0,604	0,810	0,982
K7=Mdg.	6,092	1,060	1,662	2,209	2,825	3,758	4,538

In Anlage 11.1 sind zusätzlich zu dieser Tabelle noch die Wellenfüllen und eine Grafik zu sehen. Anlage 11.2 zeigt eine Tabelle und Grafik nur für die 3 Bemessungsquerschnitte der Wetterau.

5 Berechnung Planung

5.1 Flussgebietsmodell (FGM)

In der Planungsvariante werden die Entwässerungsflächen des Gewerbegebietes im FGM modelliert. Daher werden diese aus den natürlichen Teilgebieten 1 bis 3 (siehe Erweiterung der Flächen in der Bestandrechnung, Abschnitt 4.1) wieder herausgenommen. Die Teilgebiete 1...3 haben demzufolge die in den Abschnitten 2 und 3 aufgeführten Flächen (ohne die Teile des Gewerbegebietes). Bei diesen 3 NA-Modellen werden die im Abschnitt 3.5 ermittelten Parameter verwendet.

Die Planung /2/ sieht die Erweiterung des Holzverarbeitungsbetriebes auf den in Anlage 1.1 dargestellten Endzustand aus. Für diese Gebiete wurden vereinfachte NA-Modelle aufgestellt. Dabei sind im Wesentlichen nur folgende Parameter von Bedeutung:

	E1	E2	E RRB2	E Bahn	E3.1	E3.2
A_E [km]	0,069	0,230	0,016	0,042	0,018	0,066
AB [-]	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8
L [km]	0,415	0,766	0,132	0,740	0,183	0,289
L_C [km]	0,250	0,380	0,065	0,370	0,095	0,145
I_G [-]	0,0361	0,0287	0,0758	0,0270	0,0383	0,0450

Der mittlere Abflussbeiwert ψ (AB) wurde bis auf das Gebiet E Bahn ($\psi = 0,5$) auf konstant $\psi = 0,8$ gesetzt.

Das FGM besteht damit aus folgenden Knoten.

Knoten	Einzugsgebiet	Fläche [km ²]
1	TG1	4,218
2	TG2	0,933
3	TG3	0,500
4	E1 und E RBB1	0,069
5	E2	0,230
6	E RRB2	0,016
7	E Bahn	0,042
8	E3.1	0,018
9	E3.2	0,066
10	Summe (fiktiv)	6,092

Mit dem FGM erfolgten die Berechnungen der Ganglinien für die einzelnen Teilgebiete (Knoten 1...9). Der Knoten 10 ist die Summe aller Teilgebiete (ohne zeitliche Verzögerung) und musste als Endknoten definiert werden, er hat hier keine Bedeutung. Anlage 12.1 zeigt die berechneten Ganglinien für alle 9 Knoten als Tabelle, in Anlage 12.2 sind die entsprechenden Ganglinien zu sehen. An der Gangliniengrafik ist deutlich zu sehen, dass die Scheitelwerte der kleineren Gebiete deutlich vor dem Scheitel des größten Teilgebietes TG1 der Wetterau auftreten.

Anlage 12.3 zeigt eine Zusammenfassung der Scheitelwerte für alle Jährlichkeiten $T=2...100a$.

5.2 Bewirtschaftungsmodell WinPro

Wegen der besseren Handhabung erfolgte die Simulation des Gesamtsystem nicht mit dem FGM sondern mit dem Programm WinPro /10/. WinPro verwendet die mit dem FGM berechneten Ganglinien an den Knoten 1...9. Die Bewirtschaftung des Gesamtsystems erfolgt gemäß dem Entwässerungsschema des IB Heller /2/, welches in Anlage 13 dargestellt ist. Es sind 2 RRB geplant, wobei das zur Zeit bestehende RRB2 erweitert wird.

RRB1

Das RRB1 besitzt bis zur Höhe 544,70 mNN einen Dauerstauraum, Darüber befindet sich bis zur Höhe von 546,50 mNN ein Rückhalterraum von 2.440 m³. Die Drosselabgabe beträgt 20 l/s. Dies entspricht nach /2/ einer Spende von 3,64 l/(s·ha) und liegt damit nach Anlage 11.2 etwa in der Größenordnung eines Hq(5...10). Ab einer Höhe von 546,50 mNN erfolgt der Notüberlauf über eine 10 m breite Schwelle ins Gelände zum BQ2. In das RRB1 entwässert nur das Gebiet E1 (einschließlich E RRB1, insgesamt: 6,9 ha). Der Drosselablauf wird zusammen mit dem Ablauf aus dem RRB2 über einen Kanal zur Wetterau am BQ2 (oberhalb des Teiches) geführt. In den Anlagen 14.1 und 14.2 sind die Stauinhaltstabelle und die Leistung der Entlastungsanlagen für das RRB2 zu sehen.

RRB2

Das RRB2 besitzt nach der Erweiterung einen Dauerstau bei 557,70 mNN und darüber einen Rückhalterraum von 12.900 m³. Der Drosselabfluss wurde mit 105 l/s festgelegt. Dies entspricht nach /2/ einer Spende von 3,68 l/(s·ha) und liegt damit nach Anlage 11.2 etwa in der Größenordnung eines Hq(5...10) für natürliche Gebiete. Die Drosselabgabe erfolgt über eine geplante Leitung DN600 zunächst in einen offenen Graben beim RRB1. Dort wird er zusammen mit der Ableitung aus dem RRB1 erfasst und über eine geplante Rohrleitung zur Wetterau am BQ2 (oberhalb Teich) geführt. Unterhalb der Notüberlaufhöhe von 560,40 mNN befindet sich auf der Höhe von 560,30 mNN eine Überlaufschwelle, über die zusätzlich zum Drosselabfluss von 105 l/s die eine Menge von 90 l/s in diese Leitung abgeschlagen werden kann. Im Modell kann damit eine maximale Menge von 195 l/s als Drosselabfluss in den Kanal in Richtung RRB1 gelangen. Ab 560,40 mNN erfolgt über eine 26 m breite Schwelle der Notüberlauf über den Waldhang zur Wetterau am BQ1. In den Anlagen 15.1 und 15.2 sind die Stauinhaltstabelle und die Leistung der Entlastungsanlagen für das RRB2 zu sehen.

In das RRB2 werden folgende Entwässerungsflächen geleitet:

- E2	23,0 ha
- E RRB2	1,6 ha
- E Bahn	4,2 ha
- E3.1	1,8 ha
- E3.2	6,6 ha
Summe	37,2 ha

Dabei wird von den Gebieten E3.1 und E3.2 eine zeitliche Verzögerung von jeweils einem Zeitintervall berücksichtigt (Fließstrecken 780 m und 670 m).

Bewirtschaftungsalgorithmus in WinPro

Mit dem FGM wurden zunächst die Ganglinien sämtlicher Einzugsgebiete (Tabelle FGM-Knoten weiter vorn im Abschnitt 5, Knoten 1 bis 9) berechnet. Anschließend erfolgte mit WinPro die Simulation des Gesamtsystems für die Planung nach folgendem Algorithmus:

- Translation E3.2 zum RRB2, Verschiebung : 1 Zeitintervall
- Translation E3.1 zum RRB2, Verschiebung : 1 Zeitintervall
- Zufluss RRB2 = E3.1 + E3.2 + E2 + EBahn + ERRB2 (unter Berücksichtigung der Verschiebung)
- Speicherrechnung RRB2, Ergebnis: Ganglinien für Gesamtabgabe, Drosselabgabe, Überlauf, Inhalt und WSP
- Translation Drosselabgabe RRB2 in Richtung RRB1, Verschiebung: 1 Zeitintervall
- Translation Überlauf RRB2 in Richtung BQ1, Verschiebung: 1 Zeitintervall
- Translation BQ1 bis BQ2, Verschiebung: 2 Zeitintervalle
- Zufluss RRB1 = E1
- Speicherrechnung RRB1, Ergebnis: Ganglinien für Gesamtabgabe, Drosselabgabe, Überlauf, Inhalt und WSP
- Addition der Drosselabgaben RRB1 und RRB2 und Translation zum BQ2, Verschiebung: 1 Zeitintervall
- Translation Überlauf RRB1 zum BQ2, Verschiebung: 1 Zeitintervall
- BQ2 = Translation vom BQ1 + TG2 + Translation Drosselabgaben vom RRB1/RRB2 + Translation Überlauf vom RRB1
- Translation BQ2 zum BQ3, 2 Zeitintervalle
- BQ3 = (Translation BQ2) + TG3

Außerdem wurde der Fall berechnet, dass der gesamte Überlauf aus dem RRB2 nicht über den Waldhang zum BQ1 abgeschlagen wird, sondern ebenfalls in den Kanal in Richtung RRB1 und zusammen mit dessen Abgaben über einen Kanal zum BQ2 geführt wird.

Die Translationen der Ganglinien erfolgen unter folgenden Annahmen

Translation von...bis	Strecke [m]	Zeitschritte [10min]
E3.2 bis RRB2	780	1
E3.1 bis RRB2	670	1
Drosselabgabe RRB2 bis RRB1	730	1
Überlauf RRB2 bis BQ1	410	1
BQ1 bis BQ2	1000	2
Drosselabgabe RRB1/RRB2 bis BQ2	520	1
Überlauf RRB1 bis BQ2	520	1
BQ2 bis BQ3	900	2

5.3 Ergebnisse der Berechnungen

Eine Berechnung wurde zunächst für den Fall T=100a durchgeführt. Die Ganglinien, einschließlich der Simulation der Rückhaltebecken sind in der Anlagen 16.1 vollständig tabellarisch dokumentiert. In dieser Tabelle kann die Simulation in 10min-Schritten für alle maßgebenden Reihen nachvollzogen werden. Einen anschaulichen Überblick über die Vorgänge in den Becken zeigen die Grafiken der Anlagen 16.2 (RRB2) und 16.3 (RRB1).

Am Becken 2 (Anlage 16.2) wird 3:20 Stunden nach Regenbeginn die Überlaufhöhe von 560,40 mNN überschritten und es kommt zu einem Abschlag zur Wetterau am BQ1, der Zulaufscheitel ist zu diesem Zeitpunkt bereits seit 1 Stunde überschritten. In den Kanal Richtung RRB1 werden ohne den Überlauf maximal 195 l/s abgegeben, die Überlaufspitze zum BQ1 beträgt 426 l/s.

Soll die gesamte Abgabe des RRB2 in den Kanal zum RRB1 erfolgen, so müsste dieser Kanal 0,621 m³/s abführen können. Wie man an der Grafik in Anlage 16.2 erkennt, ist hier entscheidend, wann der Überlauf des Beckens erfolgt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einer noch ungünstigeren Niederschlagsverteilung die Abgabespitze größer ist als der hier ausgewiesene Wert von 0,621 m³/s. Prinzipiell kann das RRB2 jedoch ein 10-jährliches Ereignis mit einigen Reserven sicher aufnehmen.

Am Becken 1 (Anlage 16.3) wird 2:50 Stunden nach Regenbeginn die Überlaufhöhe von 546,50 mNN überschritten und es kommt zu einem Abschlag in Höhe von maximal 0,154 m³/s zur Wetterau am BQ2. Der Zulaufscheitel ist zu diesem Zeitpunkt bereits seit 1/2 Stunde überschritten, die Drosselabgabe beträgt 0,020 m³/s.

Wird die Gesamtabgabe des RRB1 vollständig in den Kanal zum BQ2 geleitet, so ergibt sich aus dem RRB1 der Maximalzufluss von 0,174 m³/s. Der Maximalzufluss unter diesen Bedingungen vom RRB2 (vollständige Abführung der Abgabe aus dem RRB2 in den Kanal zum RRB1) beträgt 0,621 m³/s (siehe Absatz oben). Da sich beide Scheitel nicht überlagern kommt es bei der Simulation zu einer Maximalabgabe in den Kanal zum BQ2 von 0,686 m³/s (siehe Tabelle Anlage 16.1, Seite 5).

In Anlage 16.4 sind die Ganglinien an den Bemessungsquerschnitten BQ1...3 der Wetterau unter der Bedingung zu sehen, dass aus den RRB1 und RRB2 nur die Drosselabgaben über den Kanal zum BQ2 geführt werden, die Überläufe erfolgen über die Talhänge zur Wetterau. Man sieht hier deutlich, wie die Ganglinien durch die Überläufe aus den Becken beeinflusst werden. Die Überläufe erfolgen nach Durchgang des Scheitels aus dem natürlichen Einzugsgebiet. Dies führt nur am BQ1 zu einer echten Erhöhung des Scheitels, an den beiden anderen Querschnitten führt die Überlagerung im Rückgang der Welle zu einer zweiten Spitze auf gleichem Niveau wie die Spitze aus dem natürlichen Einzugsgebiet. In Anlage 16.4 sind neben den Ganglinien der Planung die Ganglinien ohne das Gewerbegebiet dargestellt. Zu beachten ist dabei, dass dies nicht dem Bestand (Anlage 10.1) entspricht, da hier (in Anlage 16.4) das Gewerbegebiet vollständig herausgenommen wurde (also nicht nur unversiegelt).

In Anlage 16.5 ist die Berechnungsvariante dargestellt, in der die Gesamtabgaben der RRB1 und RRB2 über Kanäle zum BQ2 geführt werden. Hier ist der Scheitelwert

am BQ2 mit 4,489 m³/s gegenüber der Variante in Anlage 16.4 (nur Drosselabgabe über Kanal, Überläufe über Talhang, Scheitelwert BQ2: 4,301 m³/s) etwas größer. Ursache dafür sind die angesetzten Translationszeiten, die in Anlage 16.4 zu einem etwas späteren Zusammentreffen der Scheitel aus den Überläufen am BQ2 führen als in der Variante nach Anlage 16.5. Dies zeigt, dass das System generell empfindlich auf die Verteilung des Niederschlags reagiert.

Folgende Tabelle zeigt einen Vergleich der Scheitelwerte für T=100a mit der Bestandsrechnung.

Wetterau-Querschnitt	Scheitel Bestand (mit GG-Flächen, aber unversiegelt, Anlage 11.1) [m ³ /s]	Scheitel Planung 1 nur Drosselabgaben über Kanal zum BQ2 [m ³ /s]	Scheitel Planung 2 Gesamte RRB-Abgaben über Kanal zum BQ2 [m ³ /s]
BQ1	3,839	3,769	3,567
BQ2	4,361	4,301	4,489
BQ3	4,538	4,483	4,599

Die Scheitelwerte liegen prinzipiell in der gleichen Größenordnung. Die Unterschiede der Planungsvarianten sind in den Annahmen zur Niederschlagsverteilung (Zeitpunkt des Überlaufs) und der Translation zwischen den Querschnitten begründet. Die getroffenen Annahmen stellen einen ungünstigen Fall dar, bei veränderten Randbedingungen können jedoch Fälle mit größeren Scheitelwerten nicht ausgeschlossen werden.

Die Scheitelwerte für die Planung 1 sind geringfügig kleiner, liegen jedoch in derselben Größenordnung. Die Ursache für die etwas kleineren Scheitelwerte ist darin begründet, dass die Drosselabgaben so festgelegt wurden, dass sie etwa einem HQ(5...10) des natürlichen Gebietes entsprechen. Aus dem Gewerbegebiet wird im Hochwasserfall HQ(100) somit nur eine Menge abgegeben, die einem natürlichen HQ(5...10) entspricht. Da die Überläufe nach den natürlichen Scheitelwerten erfolgen, kommt es hier zu keiner Überlagerung der Spitzen.

In Planungsvariante 2 ist der Scheitelwert am BQ1 etwas kleiner, weil gegenüber dem Bestand das Einzugsgebiet um die Anteile des GG reduziert ist und gegenüber Planung 1 der Überlauf des RRB2 über Kanäle zum BQ2 geleitet wird. Der Scheitelwert am BQ2 ist wegen der veränderten Überlagerung der Wellen aus den RRB etwas größer.

Als weitere Berechnungsvariante wird der Fall T=10a detailliert dokumentiert, da mit diesem Wiederkehrintervall die Becken bemessen worden sind. Die Ergebnisse sind analog zum Fall T=100a in den Anlagen

- 17.1 Detaillierte Ergebnisstabelle
- 17.2 Grafik Simulation RRB2
- 17.3 Grafik Simulation RRB1
- 17.4 Grafik Ganglinien BQ1...3

An den Becken treten keine Überläufe auf. Das Becken 1 wird mit maximal 9.850 m³ (von 12.900 m³) gefüllt, das Becken 2 mit maximal 1.930 m³ (von 2.440 m³).

In Anlage 17.4 sind die Ganglinien am BQ1 (Planung und ohne GG) identisch, da hier gegenüber der Variante T=100a kein Überlauf erfolgt. An den BQ2 und BQ3 beträgt die Differenz zwischen der Planung und der Ganglinien ohne GG genau 125 l/s und entspricht damit der Summe der Drosselabgaben aus den Becken.

Die folgende Tabelle (siehe auch Anlage zeigt eine Zusammenfassung aller Berechnungsvarianten (Planung 1) für T=2...100a.

T	RRB1		RRB2		BQ1	BQ2	BQ3
	Max. V	Max. ÜL	Max. V	Max. ÜL			
[a]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
2	1270	-	6440	-	0,816	1,060	1,112
5	1650	-	8370	-	1,287	1,591	1,669
10	1930	-	9850	-	1,716	2,081	2,175
20	2220	-	11330	-	2,209	2,635	2,745
50	2460	0,050	12860	-	2,949	3,467	3,608
100	2520	0,154	13180	0,426	3,769	4,301	4,483

Ein Überlauf tritt am RRB1 erst ab dem Regenereignis T=50a auf, am RRB2 erst ab T=100a. Für die Höhe der Überläufe ist entscheidend, wann der Zuflussscheitel auf das Becken trifft. Beim Modellregen war dies immer vor Beckenfüllung der Fall und der Überlauf erfolgte erst bei relativ stark zurückgegangenem Zulauf. Veränderte Regenverteilungen werden hier zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Prinzipiell sind die Becken jedoch in der Lage, Hochwasserereignisse bis T=20a vollständig aufzunehmen, was folgende Rechnung bestätigt.

An das RRB2 angeschlossene Flächen	37,2 ha = 0,372 km ²
Regensumme, T=10a, D=6h	42,1 mm
Abflusssumme bei $\Psi=0,8$, ohne weitere Verluste (372.000 m ² x 0,0421 m x 0,8)	12.529 m ³

In Anlage 18.2 (Planung 1) sind die Scheitelabflüsse für T=2...100a als Tabelle und Grafik zu sehen und mit denen des Bestandes (aus Anlage 11.2) verglichen. Hierzu ist folgendes zu erläutern:

- Am BQ1 liegen die Werte für die Planung bis T=50a um etwa 7...8 % unter denen des Bestandes. Ursache dafür ist das um die Anteile des GG reduzierte Einzugsgebiet in der Planung (Reduzierung von 5,545 km² auf 5,218 km²). Solange es zu keinem Überlauf des RRB2 kommt, hat das GG in der Planung keinen Einfluss auf den BQ1. Erst bei T=100a wird infolge des Überlaufs vom RRB2 zum BQ1 der Unterschied zwischen Bestand und Planung geringer.
- Am BQ2 liegen die Scheitelwerte der Planung bis zu T=5a knapp über dem Bestand, ab T=10a liegen sie geringfügig darunter. Die Ursache dafür ist die Drosselabgabe, deren Spende bezogen auf das natürliche Einzugsgebiet in der Größenordnung von Hq(5...10) liegt. Bei häufigen Regenereignissen (kleine Wiederkehrintervalle) führt dies zu erhöhten Scheitelwerten gegenüber dem Bestand. Durch die Überläufe der Becken bei T=100a (RRB1 bereits bei T=50a), nähert sich der Planungszustand bei sehr seltenen Ereignissen dem Bestand.

- Am BQ3 liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim BQ2. Auf der Strecke bis zum BQ3 erfolgte keine zusätzliche Beeinflussung durch das GG.
- Für die Ableitung des Gesamtabflusses (Drosselabgabe + Überlauf) vom RRB2 in Richtung RRB1 (Planung 2) wurde ein Maximalwert von $0,621 \text{ m}^3/\text{s}$ nachgewiesen und für die Ableitung der Gesamtabflüsse aus beiden Becken zur Wetterau am BQ ein Maximalwert von $0,686 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese Werte sind jedoch stark vom zeitlichen Eintreffen der Zuflussspitzen und dem jeweiligen Füllstand der Becken abhängig. Nach Ansicht des Gutachters sollte hier aus Sicherheitsgründen mit einem Maximalwert von ca. $1 \text{ m}^3/\text{s}$ gerechnet werden.

6 Zusammenfassung

Das bei Starkregen auf dem Gewerbegebiet der Holzverarbeitung anfallende Oberflächenwasser kann bis zu einem Wiederkehrintervall von $T=10\text{a}$ durch die geplanten RRB sicher zurückgehalten werden. Es wird nur die Drosselabgabe von insgesamt 125 l/s am BQ2 (oberhalb des Teiches, ca. 900 m oberhalb Mündung in Wetterau) in die Wetterau eingeleitet. Da die Drosselabgaben im Bereich der Scheitelstunden eines 5...10-jährigen Ereignisses bei natürlichem Einzugsgebiet liegen, ergeben sich in der Wetterau an den BQ2...3 bis $T=10\text{a}$ für die Planung nahezu identische Scheitelwerte mit dem Bestand (für $T=2\text{a}$ ist die Planung um ca. 5% größer). Für $T>10\text{a}$ sind die Scheitelwerte der Planung kleiner als die des Bestandes, solange kein Überlauf der Becken erfolgt.

Bei Regenereignissen ab $T=50\text{a}$ (Modellregen vom Typ Euler-2, $D=6\text{h}$) kommt es zunächst am RRB1 und ab $T=100\text{a}$ auch beim RRB2 zu Überläufen. Bei dem gewählten Modellregen waren bis $T=100\text{a}$ die Scheitelwerte der Planung in der Wetterau aber immer noch geringfügig kleiner als die des Bestandes. Dies ist jedoch von der Verteilung des Niederschlags abhängig.

Um die Drosselabgaben einschließlich der Überläufe über Kanäle zu Wetterau zu führen, sollte die Dimensionierung bei HQ(100) mit einem Maximalabfluss von ca. $1 \text{ m}^3/\text{s}$ erfolgen.

7 Anlagen

- 1.1 Übersichtskarte mit Teilgebieten des FGM
- 1.2 Luftbild mit Teilgebieten
- 1.3 Ausschnitt Gewerbegebiet Holzindustrie, entfällt möglicherweise
- 2.1 Verschneidung der Teilgebiete mit dem KOSTRA-Raster
- 2.2.1 Starkniederschläge nach KOSTRA, Raster Z62S51, Gefell Nord (verwendet)
- 2.2.2 Starkniederschläge nach KOSTRA, Raster Z63S51, Gefell Süd
- 2.3 Beispiel für Eule2-Regenverteilung, $T=100a$, $D=6h$, $DT=10min$
- 2.4 KOSTRA-Niederschläge, $D=6h$, $T=2...100a$, Euler-2-verteilt
- 3.1 Berechnung des Mittelwasserwertes nach GEOFEM, Karte
- 3.2 Berechnung des Mittelwasserwertes nach GEOFEM, Tabelle
- 4.1 Flächennutzung in den Teilgebieten, Karte
- 4.2 Flächennutzung in den Teilgebieten, Tabelle
- 5.1 Verschneidung der Teilgebiete mit der Bodenkarte
- 5.2 Zuordnung der Bodentypen zu den Teilgebieten
- 6 Berechnung von Anfangsverlust und maximalem Abflussbeiwert
- 7 Ermittlung des gewogenen Gefälles
- 8 Mittlere Abflussbeiwerte nach Lutz
- 9.1 Ermittlung der maßgebenden Regendauer, $T=100a$, M mittenbetont verteilt
- 9.2 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=100a$, $D=2h$, N mittenbetont, Tabelle
- 9.3 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=100a$, $D=2h$, N mittenbetont, Gangliniengrafik
- 10.1 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=100a$, N Euler-2-verteilt, $D=1...6h$, Zusammenf.
- 10.2 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=100a$, N Euler-2-verteilt, $D=6$, Tabelle
- 10.3 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=100a$, N Euler-2-verteilt, $D=6$, Gangliniengrafik
- 10.4 Berechnungsprotokoll FGM, Bestand, $T=100a$, N Euler-2-verteilt, $D=6h$
- 11.1 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=2...100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt, Zusammenf.
- 11.2 Ergebnisse FGM, Bestand, $T=2...100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt, BQ1...3
- 12.1 Ergebnisse FGM, Planung, $T=100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt, Tabelle
- 12.2 Ergebnisse FGM, Planung, $T=100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt, Gangliniengrafik
- 13 Entwässerungsschema Planung (IB Heller)
- 14.1 RRB1, Stauinhaltenstabelle
- 14.2 RRB1, Leistung der Entlastungsanlagen
- 15.1 RRB2, Stauinhaltenstabelle
- 15.2 RRB2, Leistung der Entlastungsanlagen
- 16.0 Erläuterung der Bezeichnungen in den Simulationstabellen
- 16.1 Simulation Planung mit WinPro, $T=100a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, Tabelle
- 16.2 Simulation Planung mit WinPro, $T=100a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, RRB2
- 16.3 Simulation Planung mit WinPro, $T=100a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, RRB1
- 16.4 Simulation Planung mit WinPro, $T=100a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, BQ1...3
- 17.1 Simulation Planung mit WinPro, $T=10a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, Tabelle
- 17.2 Simulation Planung mit WinPro, $T=10a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, RRB2
- 17.3 Simulation Planung mit WinPro, $T=10a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, RRB1
- 17.4 Simulation Planung mit WinPro, $T=10a$, $D=6h$, Euler-2-verteilt, BQ1...3
- 18.1 Ergebnisse für die RRB, $T=2...100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt
- 18.2 Ergebnisse für die BQ1...3, $T=2...100a$, $D=6h$, N Euler-2-verteilt, B und P

Weitere Anlagen: CD mit digitalen Unterlagen

8 Verwendete Unterlagen

- /1/ Landesamt für Vermessung und Geoinformation: Topographische Karten 1:10 000 (TOP10) und 1:50.000 (TOP50)
- /2/ Ingenieurbüro Willi Heller: Erweiterung des Werkgeländes in Ullersreuth, Änderungsantrag zur vorliegenden Wasserrechtlichen Erlaubnis, Februar 2013
- /3/ Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Medien: Geodateninfrastruktur (GDI-Th), Geoproxy Thüringen
- /4/ IHRINGER, J: Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Softwarepaket für Hochwasseranalyse und -berechnung, Version 7.0
- /5/ Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für Deutschland KOSTRA-2000, Ausgabe 2005
- /6/ Gewässerkundlicher Landesdienst Thüringen: Anforderungen an hydrologische Gutachten, Erfurt, 11/2009
- /7/ TLU Jena: GEOFEM - Raumbezogenes Informationssystem zur Wasserhaushaltsberechnung in Thüringen, Jena 1998
- /8/ TLUG Jena: Landnutzung BNTNUTZ11, auch über Geoproxy /3/
- /9/ Bodengeologische Karten Thüringen M 1:100 000
- /10/ Thiele+Büttner GbR; Programmsystem WinPro zur Flussgebietsmodellierung