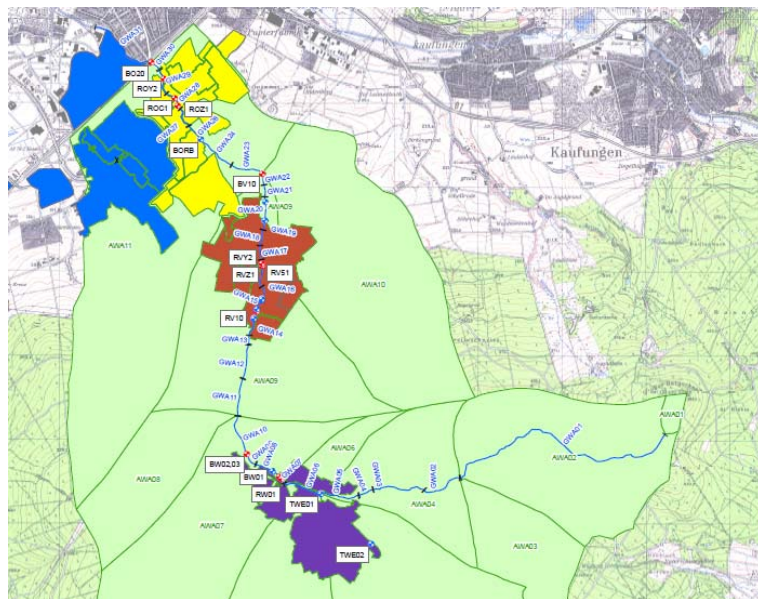


Projekt-Nr.
201 - 141580

Ausfertigungs-Nr.
1 / 2

Datum
24.08.2016

Erläuterungsbericht



Projekt: **N-A-Modell HW-Schutz Fahren-Wahlebach**

Auftraggeber: **Gemeinde Lohfelden**
Lange Straße 20
34253 Lohfelden

Auftragnehmer: **agc wasser gmbh**
Friedrich-Ebert-Straße 48
34117 Kassel
Telefon: 0561 - 510 906 - 94
Telefax: 0561 - 510 906 - 96

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Thomas Huth (Projektleitung)
Dipl.-Ing. Markus Funke, Sydro Consult GmbH (Modellierung)
Christoph Wegener M. Sc. (Maßnahmenplanung)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	5
2 Bestandsaufnahme	6
2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes	6
2.1.1 Lagemäßige Übersicht	6
2.1.2 Topographie	6
2.1.3 Geologie	7
2.1.4 Bodenverhältnisse	7
2.1.5 Niederschlagsgebiet	8
2.2 Vorhandene Planungen und Untersuchungen	8
2.2.1 SMUSI-Berechnung	9
2.2.2 Geplante Retentionsmaßnahmen	9
2.3 Niederschlags- und Abflussdaten	10
2.3.1 Datenaufnahme	10
2.3.2 Datenbewertung	10
3 Niederschlag - Abfluss - Modell	12
3.1 Verwendetes Modell	12
3.1.1 Modellkonzept	15
3.2 Teilniederschlagsgebiete	15
3.3 Gewässerabschnitte	18
3.3.1 Modellkalibrierung	19
3.3.2 Hydraulische/hydrologische Auswertung der Langzeitsimulation	19
3.3.3 Ergebnisse der Modellkalibrierung	21
4 P_{nat} -Zustand, Istzustand- und Variantenbetrachtung	22
4.1 P_{nat} -Zustand	22
4.2 Ist-Zustand	22
4.3 Variantenbetrachtung	28
4.3.1 Variantenvorstellung	28
4.3.2 Vergleich der Varianten	30

4.3.3 Bewertung der Varianten	33
5 Fazit /Ergebnisse	36
Literaturverzeichnis	39
Anlage A: Übersichtslageplan	40
Anlage B: Modelldaten des NA-Modells und der SMUSI	40
Anlage C: Kenngrößen der Kanalhaltungen und der Bauwerke sowie Vergleich der Varianten.....	40
Anlage D: Fotodokumentation und Aktennotiz	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Profilaufweitung des Wälzebach	10
Abbildung 2: Gelände des angedachten RRB Richterdamm	10
Abbildung 3: Kanalprofil der Brunnenstraße	18
Abbildung 4: Querung "Kassler Straße"	18
Abbildung 5: Lastbänder P_{nat} -Zustand	22
Abbildung 6: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat} -Zustand, $T_n = 5$	26
Abbildung 7: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat} -Zustand, $T_n = 10$	27
Abbildung 8: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat} -Zustand, $T_n = 25$	27
Abbildung 9: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat} -Zustand, $T_n = 50$	28
Abbildung 10: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 2$	31
Abbildung 11: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 5$	31
Abbildung 12: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 10$	32
Abbildung 13: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 25$	32
Abbildung 14: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 50$	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geplante Retentionsmaßnahmen	9
Tabelle 2: Parametrisierung der natürlich entwässernde Teilniederschlagsgebiete	16
Tabelle 3: Parametrisierung der Außengebiete (aus SMUSI-Datensatz)	17
Tabelle 4: Parametrisierung der kanalisierten Flächen (aus SMUSI- Datensatz)	17
Tabelle 5: Parametrisierung der Gewässerabschnitte	18
Tabelle 6: Hochwasserabflüsse im Istzustand aus der Studie von 1995 [4]	19
Tabelle 7: Ergebnisse der Kalibrierung, Stat. 0,00	21
Tabelle 8: Zusammenstellung der im Modell abgebildeten Sonderbauwerke ...	24
Tabelle 9: Kennwerte der potentiell natürlichen Kleinstrückhalte	29
Tabelle 10: Bewertungsmatrix	35
Tabelle 11: Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen der Varianten	35

1 Einleitung

In der jüngeren Vergangenheit haben sich im Gewässerverlauf des Wahlebaches kleinere Hochwasser ereignet, die zu lokalen Ausuferungen geführt haben. Die Gemeinde Lohfelden beabsichtigt aus diesem Grund, einen umfassenden Hochwasserschutz im Einzugsgebiet herzustellen und gleichmaßen Renaturierungsmaßnahmen zur Aufwertung der Gewässerökologie vorzunehmen. Es ist geplant, für die Renaturierungs- und Hochwasserschutzmaßnahmen Fördermittel des Landes zu beantragen. In einer ersten Vorbesprechung bei der zuständigen Genehmigungsbehörde wurde festgelegt, die bisher vorliegenden Unterlagen (Generalentwässerungsplan, Hochwasserschutzkonzept u.a.) als erste Bearbeitungsgrundlage für die Gesamtbearbeitung einzubeziehen.

Für die Schaffung einer Planungsgrundlage sind die hydrologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet in einem Niederschlags-Abfluss-Modell (N-A-Modell) abzubilden. Hierin sollen auch alle bisher angedachten und als Fachplanung existierenden Einzelmaßnahmen integriert und berücksichtigt werden, um Aussagen über die Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen treffen zu können.

Mit den Ergebnissen aus dem N-A-Modell soll über die weiteren Planungen und deren Bearbeitungstiefe (z.B. Vermessungen, Wasserspiegellagenberechnungen, Variantenplanungen etc.) entschieden werden. In einem ersten Ansatz sollen die Ergebnisse jedoch dazu verwendet werden, eine Erstabschätzung über mögliche Engpässe am Gewässer abzugeben, um hieraus entsprechende Maßnahmenvorschläge erarbeiten zu können.

2 Bestandsaufnahme

2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes

2.1.1 Lagemäßige Übersicht

Das Einzugsgebiet des Wahle-/Fahrenbach liegt süd-östlich der Stadt Kassel in Nordhessen. Es erstreckt sich von dem Stadtteil Kassel-Bettenhausen über die Ortschaften Lohfelden/Ochshausen, Lohfelden/Vollmarshausen über Wellerode bis zum Quellgebiet am großen Belgerskopf.

Das Einzugsgebiet des Wahle-/Fahrenbaches umfasst bis zur Bundesautobahn A7 eine Größe von ca. 34 km².

Zusätzlich kommen kanalisierte Flächen, welche nicht im natürlichen Einzugsgebiet des Wahlebachs liegen, hinzu. Dies sind die Industriegebiete von Crumbach sowie ein Wohngebiet von Ochshausen, sodass das Einzugsgebiet bis in den Bereich Kassel-Bettenhausen eine Größe von ca. 35 km² aufweist. Die kanalisierten Teilflächen im Bereich der Stadt Kassel, welche dem Wahlebach in seinem weiteren Verlauf bis zur Mündung in die Fulda zufließen, wurden nicht berücksichtigt.

Der Wahle-/Fahrenbach entspringt zwischen dem Kleinen - und Großen Belgerskopf. Er verläuft durch die Ortschaften Wellerode, wo er weitere Zuflüsse aus dem Bernsbach, Steinbach und Stellbergsgraben erhält. Unterhalb der Ortschaft Vollmarshausen, mündet der Heupelsgraben in den Wahle-/Fahrenbach. Der Wahlebach verläuft durch den Lohfeldener Ortsteil Ochshausen und mündet später in die Fulda ein. Der Wahle- bzw. Fahrenbach hat somit eine Gewässerlänge von ca. 12 km.

2.1.2 Topographie

Das Niederschlagsgebiet des Wahle-/Fahrenbaches liegt im Bereich von 160 (Grenze Autobahn A7) bis 499,90 m ü. NN und damit im unteren Mittelgebirgsniveau. Die höchste Erhebung im Niederschlagsgebiet ist der große

Belgerkopf östlich von Wellerode (499,90 m ü. NN). Das Gefälle der Vorfluter im Gebiet ist typisch für Mittelgebirgsverhältnisse und liegt im Schnitt über 2 %. Das Tal des Wahle-/Fahrenbaches wird eingerahmt durch den Kleinen Belgerkopf (470,50 m ü. NN) im Süd-Osten, den großen Belgerkopf (499,90 m ü. NN) im Osten, den Schorn (456,80 m ü. NN), die Warpel (439 m ü. NN) und den Stellberg (476,20 m ü. NN) im Süden, sowie den Lindenberg (221 m ü. NN) im Norden. Im Bereich der Talaue nimmt die Höhenlage in Süd-Nord-Richtung von etwa 300 m ü. NN bis auf 160 m ü. NN ab.

2.1.3 Geologie

Anhand der geologischen Übersichtskarte lässt sich feststellen, dass das Gebiet um Kassel durch drei in Richtung Nord-Süd verlaufende Bänder von unterschiedlich alten geologischen Formationen gekennzeichnet ist. Östlich und nördlich der Stadt erheben sich die Schichten des Buntsandsteins, vor allem die sehr mächtigen Sandsteinschichten des mittleren Buntsandsteins, zu den Höhenzügen der Söhre, des Kaufunger Waldes und des Reinhardswaldes. Östlich davon brechen die Schichten ab, weil hier eine junge tektonische Störungszone verläuft.

Der Wahlebach wird in seinem Einzugsgebiet von Basalt und Buntsandstein beeinflusst. Der Basalt ist ein basisches Gestein und hat eine puffernde Wirkung aufs Fließgewässer. Insbesondere bei einem nicht so tiefen Grundwasserkörper, bei dem das Einzugsgebiet nicht sehr groß ist (bis ca. 2 km seitlich vom Bach), hat das oberflächennah anstehende Gestein einen großen Einfluss.

2.1.4 Bodenverhältnisse

Die Bachsedimente werden vom anstehenden Gestein beeinflusst. Für die Böden im Gebiet des Wahlebaches heißt dies, dass sich auf den Plateaus und Hängen über Basalt und Sandstein Ranker und Braunerden finden, welche über dem Buntsandstein relativ sauer und nährstoffarm sind. In dem Löß der Seitenflächen (Terrassen) haben sich Lößbraunerden und Parabraunerden gebildet, die mächtiger und lehmiger sind als die Braunerden über Buntsandstein.

2.1.5 Niederschlagsgebiet

Die Wasserscheide des Niederschlagsgebietes verläuft im südlichen Teil über die Warpel, den Schorn zum Stellberg. Süd-östlich schließt sie sich der Kuppe des kleinen Belgerkopfes und den großen Belgerkopfes an, um im weiteren Verlauf nördlich über den Lindenberg die Grenze des Niederschlagsgebietes festzulegen.

2.2 Vorhandene Planungen und Untersuchungen

Vor Beginn der Erstellung des NA-Modells wurden die bereits vorhandenen Bauwerksdaten, in Form von Berichten und Planwerken durch den Auftraggeber an das Ingenieurbüro agc wassser gmbh übergeben. Die Daten setzen sich aus diversen Baumaßnahmen, Plänen und einem Generalentwässerungsplan, sowie verschiedenen Einleitegenehmigungen zusammen. Bestandteil des Generalentwässerungsplans (GEP) ist eine SMUSI-Berechnung und eine Prognose aus dem Jahr 2009. Weitere Daten lagen zu den folgenden Maßnahmen in Form von PDF-Plänen vor:

- Regenrückhaltebecken „Neue Vollmarshäuser Teiche“
- Umsetzungen des GEP
- Unterhaltung Fahrenbach Ortsausgang Vollmarshausen Wellerode
- Untersuchungen Wahlebach Ochshäuser Dorfstraße Höhe A7 Brücke
- ALK der Gemeinde Lohfelden (dxf)
- Höhenlinien der Gemeinde Lohfelden (pdf)

Weitere Bestandteil der Vorhandenen Datensätze sind folgend aufgelistet:

- Eine beim HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) eingeholte NiedSim-Zeitreihe für die Gemeinde Lohfelden

- Studie zum Hochwasserschutz im Tal des Wahle-/Fahrenbaches von 1995 [4]
- KOSTRA (Koordinierte-Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen KOSTRA, DWD 2000)-DWD-Tabelle-S31-Z52 - Lohfelden

2.2.1 SMUSI-Berechnung

Für die kanalisierten Flächen wurde die SMUSI-Berechnung der Gemeinde Lohfelden von 2009 verwendet. Erstellt wurde die SMUSI vom Ingenieurbüro Heer aus Fritzlar.

2.2.2 Geplante Retentionsmaßnahmen

Für die vorliegende Untersuchung wurden Informationen zu geplanten Retentionsbauwerken zusammengetragen. Geplante Rückhaltebauwerke im Bereich der Siedlungsentwässerung lagen nicht vor, so dass im Folgenden ausschließlich geplante Maßnahmen in der Fläche, am und im Gewässer berücksichtigt und bewertet wurden. In Tabelle 1 sind die geplanten Retentionsmaßnahmen aufgelistet und im Übersichtslageplan dargestellt.

Tabelle 1: Geplante Retentionsmaßnahmen

Bezeichnung	Art	Gewässer	Örtlichkeit	Volumen [m³]
RRB Heupel	Regenrückhaltebecken	Heupelsgraben	Südöstlich von Voll-marshausen	450-680
RRB Richter-damm	Regenrückhaltebecken	Wälzebach	Südlich von Crumbach	2.100-2.500
Grabenvergrößerung	Profilaufweitung	Wälzebach	Parallelverlauf zur BAB 7	450
RRB Lingelbach	Regenrückhaltebecken	Lingelbach	Westlich von Crumbach	Nicht im EZG



Abbildung 1: Profilaufweitung des Wälzebach

Abbildung 2: Gelände des angedachten RRB
Richterdam

2.3 Niederschlags- und Abflussdaten

2.3.1 Datenaufnahme

Im Einzugsgebiet des Wahle-/ Fahrenbachs sind keine kontinuierlich aufzeichnenden Gewässerpegel oder Regenschreiber vorhanden. Somit stehen keine gemessenen Abflussganglinien oder Niederschlagszeitreihen im Einzugsgebiet des Wahle-/ Fahrenbachs zur Verfügung, die für ein (Niederschlag-) Abfluss-Modell genutzt werden können.

Alternative Eingangsdaten liefern der KOSTRA-Atlas, sowie die langjährigen hochaufgelösten Niederschlagszeitreihen, die mit dem stochastischen Niederschlags-Simulator NiedSim vom HLNUG zur Verfügung gestellt werden.

2.3.2 Datenbewertung

KOSTRA

Der KOSTRA-Atlas liefert für mittelgroße und große Einzugsgebiete zuverlässige Niederschlagshöhen für unterschiedliche Dauerstufen und unterschiedliche Jährlichkeiten. Insbesondere aber in den Oberläufen kleinerer Einzugsgebiete liegen die mit den KOSTRA-Werten berechneten Abflüsse tendenziell eher unter den gemessenen Werten. Dies liegt darin begründet, dass die räumliche Auflösung im KOSTRA-Atlas die Charakteristik kleiner steiler Einzugsgebiete

nicht berücksichtigen kann. Die Auswirkungen einer ungleichmäßigen Überregnung können daher nicht abgebildet werden. Mit fortlaufender Gewässerfließlänge und damit größer werdendem Einzugsgebiet stimmen die mit den KOSTA-Werten berechneten Abflüsse den gemessenen Werten besser überein.

NiedSim

Die mit NiedSim erzeugten synthetischen Niederschlagszeitreihen entsprechen keinem tatsächlichen oder historischen Niederschlagsverlauf. Jedoch werden die statistischen Kennwerte für den jeweiligen Standort vom HLNUG als realistisch eingeschätzt. Extremwerte stimmen mit Extremen der Koordinierten-Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen (KOSTRA) überein. Zur Erstellung der synthetischen Niederschlagsreihen werden Methoden der Statistik und Zeitreihenanalyse sowie geostatistische Verfahren eingesetzt.

In durchgeführten Untersuchungen zum „Immissionsnachweis“ (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz HMELV, 2012) wurde festgestellt, dass mit den NiedSim-Werten insbesondere für die kleinen Wiederkehrintervalle von $T_n=1$ bis $T_n=5$ ebenfalls tendenziell höhere Abflusswerte berechnet werden.

3 Niederschlag - Abfluss - Modell

3.1 Verwendetes Modell

Für die vorliegende Untersuchung wurde das Modell GISMO der SYDRO Consult GmbH verwendet. Das Modell GISMO wurde im Mai 2016 vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) als Software zur Durchführung des „Immissionsnachweis“ (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz HMELV, 2012) zugelassen.

Das **GewässerImmissionsSimulationsMO**dell GISMO ist ein flächen- und komponentendetailliertes hydrologisch-deterministisches Niederschlag-Abfluss-, Stofftransport- und Stoffumsatz-Modell. Es vereint die Berechnungselemente eines Schmutzfrachtmodells, eines hydrologischen Gewässerabflussmodells und eines Gewässergütemodells. Durch GISMO können sowohl mengen- als auch gütebezogene Auswertungen für prinzipiell beliebige Zeiträume durchgeführt werden. Durch seinen modularen Aufbau in einzelne Komponenten können Anpassungen an aktuelle Änderungen durchgeführt werden. Außerdem lassen sich die Einzelkomponenten kalibrieren, wodurch das Modell an reale Gegebenheiten (Messungen von Abflüssen und Stoffkonzentrationen) angepasst werden kann.

Standardmäßig wird eine vollständige Niederschlag-Abfluss-Simulation der naturnahen oberirdischen Einzugsgebiete durchgeführt. Hierbei stehen das Abflussbeiwert- und das SCS-Verfahren sowie die vollständige geschichtete Bodenfeuchtsimulation zur Abflussbildung zur Verfügung. Die Abflusskonzentration wird mit einer Parallelspeicherkaskade modelliert. Als Grundlast kann der Basisabfluss berücksichtigt werden.

Die folgenden für die Fragestellung maßgebenden Prozesse werden kontinuierlich über einen vorzugebenden Zeitraum simuliert:

- Abfluss in niederschlagsfreien Zeiten sowohl im Siedlungsgebiet als auch im naturnahen Einzugsgebiet,
- Abflussbildung in undurchlässigen und durchlässigen Flächen (bei durchlässigen Flächen durch SCS-Verfahren oder Bodenfeuchtesimulation),
- Abflusskonzentration in undurchlässigen und durchlässigen Teilflächen (Parallelspeicherkaskadenkonzept),
- Überlagerung der unterschiedlichen Volumen- und Stoffströme in den einzelnen Systemelementen,
- Verformung der Abfluss- und Frachtganglinien in den Transportelementen (bei den Frachten nach dem Lagrange-Ansatz),
- Stoffumsatz für nicht konservative Stoffe (reaktionskinetische Ansätze ergänzt durch stöchiometrische Angaben),
- Speicherung und/oder Aufteilung der Volumen und Stoffströme an Bauwerken.

GISMO besitzt keine Benutzeroberfläche (*Graphical User Interface*) und wird ausschließlich über ASCII-Dateien (*American Standard Code for Information Interchange*) gesteuert. Die ASCII-Dateien für GISMO sind modifizierte SMUSI-Dateien (*Schmutzfrachtsimulationsmodell*), die durch Elemente des naturnahen oberirdischen Einzugsgebiets ergänzt werden. Die Systemlogik einer Schmutzfrachtsimulation (SMUSI) enthält ausschließlich die folgenden Bestandteile urbaner Gebiete (Siedlungsgebiete):

- Kanalisierte Flächen (Misch- und Trennsystem),
- Sammler (Kanäle),
- Außengebiete (die durch das urbane Gebiet entwässert werden),
- Einzeleinleiter (meist Industrie),
- Sonderbauwerke (RÜ, RRB, KLA, usw.).

Für eine Immissionsbetrachtung eines Gewässers mit dem Modell GISMO müssen weitere Systemelemente ergänzt werden:

- Naturnahe/natürliche oberirdische Einzugsgebiete,
- Gerinneelemente (Flussabschnitte),
- Rückhaltemaßnahmen im Gewässer (z.B. HRB),
- Wehre und Verzweigungen.

Durch die Ergänzung der naturnahen oberirdischen Einzugsgebiete und deren Gewässerabschnitte kann das Projektgebiet in seiner Gesamtheit abgebildet werden.

Zusätzlich sind folgende Belastungsdaten erforderlich und Modellparameter festzulegen:

- Niederschlagszeitreihen (Historische Regenreihen, Synthetische Regenreihen, Modellregen oder Regenspektren),
- Stoffpotenziale und Stoffkonzentrationen,
- Tages-, Wochen- oder Jahresganglinien von Abflüssen (optional),
- Verknüpfung der Systemelemente.

Sowohl der Abfluss aus den naturnahen als auch aus den urbanen Gebieten wird über das Niederschlag-Abfluss-Modell ermittelt.

Ein möglicherweise zukünftig notwendiger „Immissionsnachweis“ (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz HMELV, 2012) kann mit dem hiermit zur Verfügung stehenden Modell durch Aktivieren der Stoffkomponenten und Stoffumsatzprozesse durchgeführt werden.

3.1.1 Modellkonzept

Die Niederschlag-Abfluss-Simulation erfolgt unter Verwendung des in Kapitel 3.1 beschriebenen Modells GISMO, welches die gemeinsame Betrachtung von Siedlungsgebieten und ruralen Gebieten ermöglicht.

Das Modell entspricht hinsichtlich der Siedlungsgebiete dem Modell der Schmutzfrachtsimulation. Unterschiede existieren bei der Modellierung der Trenngebiete, da für die GISMO-Simulation im Gegensatz zur reinen Schmutzfrachtsimulation zusätzlich die Abflüsse aus den Trenngebieten berücksichtigt werden müssen.

Die ruralen Einzugsgebiete wurden anhand der topografischen Karte ermittelt und unter Verwendung der Daten des hessischen Bodenviewers sowie CORINE-Daten der Landnutzung parametrisiert. Hierbei wurden zunächst die Einzugsgebiete des potenziell naturnahen Zustands (P_{Nat}) ermittelt (siehe Übersichtslageplan) ist. Der Wahle-/ Fahrenbach wurde gemäß den örtlichen Randbedingungen in repräsentative Gerinneabschnitte unterteilt. Die entsprechenden Querprofilgeometrien aus der Studie 1995 [4] entnommen und durch Informationen aus der Ortsbegehung vom 09.02.2016 und 25.02.2016 ergänzt.

Zur Erstellung der IST-Variante wurden im nächsten Arbeitsschritt durch eine GIS-Verschneidung die Siedlungsgebiete aus den potenziell naturnahen Einzugsgebieten herausgeschnitten (siehe Übersichtslageplan) und das Modell um die Systemelemente zur Abbildung des Siedlungsgebietes ergänzt.

3.2 Teilniederschlagsgebiete

Bei der Modellerstellung wurden die Teileinzugsgebiete in drei Kategorien unterteilt:

- Natürlich entwässernde Teilniederschlagsgebiete, ohne Siedlungsflächen und ohne kanalisierte Wasserführung, potenziell naturnah,

- Künstlich entwässerte Teilniederschlagsgebiete, ohne Siedlungsflächen und mit kanalisierter Wasserführung, Außengebiete entsprechend SMUSI-Datensatz,
- Künstlich entwässerte Teilniederschlagsgebiete, mit Siedlungsflächen und mit kanalisierter Wasserführung, kanalisierte Flächen entsprechend SMUSI-Datensatz.

Tabelle 2 zeigt die Parametrisierung der natürlich entwässernden Teilniederschlagsgebiete, die geografische Lage ist im Übersichtslageplan ersichtlich.

Tabelle 2: Parametrisierung der natürlich entwässernde Teilniederschlagsgebiete

Bez	I	Typ	Gebietskenngrößen				I	H	I	ETp	I	T	I	QBASIS	I	PSI	I	SCS	Retention				I	SMU-Pot.				
	I	I	A	VG	Ho	Hu	L	I	Datei	Kng	Sum	Datei	Datei	qB	JGG	I	Typ	I	CH	I	R	K(VG)	K1	K2	I	Typ	JGG	
-	I	1-3	I	ha	%	muNN	muNN	m	I	Nr.	1/2	mm/a	Nr.	I	Nr.	1/2	sqkm	-	I	I	I	-	h	h	h	I	-	-
AKA02	I	2	I	355.5	0.00	497.3	340.0	3390	I	1	I		I	I	12.	I	I	70	I	n	0.387	1.157	3.625	I	1			
AKA03	I	2	I	129.7	0.00	482.0	340.0	2344	I	1	I		I	I	12.	I	I	69	I	n	0.263	0.937	2.757	I	1			
AKA04	I	2	I	182.2	0.00	405.0	290.0	2306	I	1	I		I	I	12.	I	I	72	I	n	0.280	0.972	2.890	I	1			
AKA05	I	2	I	366.0	0.00	483.7	290.0	3742	I	1	I		I	I	12.	I	I	75	I	n	0.401	1.176	3.706	I	1			
AKA06	I	2	I	265.9	0.00	473.0	285.0	2895	I	1	I		I	I	12.	I	I	79	I	n	0.301	1.013	3.050	I	1			
AKA10	I	2	I	472.4	0.00	405.0	187.5	3849	I	1	I		I	I	12.	I	I	76	I	n	0.396	1.169	3.677	I	1			
AKA11	I	2	I	743.2	0.00	405.0	160.0	5622	I	1	I		I	I	12.	I	I	83	I	n	0.586	1.402	4.656	I	1			
AKA07	I	2	I	337.5	0.00	439.0	278.0	3863	I	1	I		I	I	12.	I	I	77	I	n	0.447	1.240	3.967	I	1			
AKA09	I	2	I	404.0	0.00	370.0	187.5	4204	I	1	I		I	I	12.	I	I	80	I	n	0.469	1.269	4.090	I	1			
AKA08	I	2	I	157.4	0.00	411.0	278.0	2575	I	1	I		I	I	12.	I	I	74	I	n	0.301	1.012	3.046	I	1			
AKA01	I	2	I	10.6	0.00	499.9	473.0	551	I	1	I		I	I	12.	I	I	70	I	n	0.094	0.430	1.001	I	1			

Die künstlich entwässerten Teilniederschlagsgebiete wurden entsprechend dem vorliegenden SMUSI-Datensatz (Ing.- Büro Heer, 2009) übernommen. Tabelle 3 und Tabelle 4 zeigen die Parametrisierung des Außengebiete und der kanalisierten Flächen. Die geografische Zuordnung der Teilflächen ist im Übersichtslageplan dargestellt.

Tabelle 3: Parametrisierung der Außengebiete (aus SMUSI-Datensatz)

Bez	I	Typ	Gebietskenngrößen					I	N	I	KTP	I	T	I	QBASIS	I	PSI	I	SCS	Retention				I	SMU-Pot.				
	I		A	VG	Mo	Hu	L	IDate	I	Wng	Sum	Date	I	Date	I	qB	JGG	I	Typ	1	CH	I	K	V(KV)	K1	K2	I	Typ	UG
-	I	1-3	ha	%	muSH	muHN	m	I	Hr.	l/2	mm/s	Mr.	I	Hr.	l/sgkm	-	I	I	I	-	h	h	h	I	-	-	-	-	
AMA02	I	2	I	355.5	0.00	497.3	340.0	33901	I	I			I	I	12.	I	I	70	I	n			0.387	1.157	3.623	I			
AMA03	I	2	I	129.7	0.00	482.0	340.0	23441	I	I			I	I	12.	I	I	69	I	n			0.263	0.937	2.757	I			
AMA04	I	2	I	182.2	0.00	405.0	290.0	23061	I	I			I	I	12.	I	I	72	I	n			0.280	0.972	2.890	I			
AMA05	I	2	I	366.0	0.00	483.7	290.0	37421	I	I			I	I	12.	I	I	75	I	n			0.401	1.176	3.706	I			
AMA06	I	2	I	265.9	0.00	473.0	285.0	28951	I	I			I	I	12.	I	I	79	I	n			0.301	1.013	3.050	I			
AMA10	I	2	I	472.4	0.00	405.0	187.5	38491	I	I			I	I	12.	I	I	76	I	n			0.396	1.169	3.677	I			
AMA11	I	2	I	743.2	0.00	405.0	160.0	56221	I	I			I	I	12.	I	I	83	I	n			0.586	1.402	4.656	I			
AMA07	I	2	I	337.5	0.00	439.0	278.0	38631	I	I			I	I	12.	I	I	77	I	n			0.447	1.240	3.967	I			
AMA09	I	2	I	404.0	0.00	370.0	187.5	42041	I	I			I	I	12.	I	I	80	I	n			0.469	1.269	4.090	I			
AMA08	I	2	I	157.4	0.00	411.0	278.0	25751	I	I			I	I	12.	I	I	74	I	n			0.301	1.012	3.046	I			
AKA01	I	2	I	10.6	0.00	499.9	473.0	5511	I	I			I	I	12.	I	I	70	I	n			0.094	0.430	1.001	I			
AOC1	I	2	I	3.58	.05	210	205.3	2001	I	I			I	I	0	I	I	80	I	I			0.057	0.253	0.502	I			
AVO01	I	2	I	5.2	0	260	220	4001	I	I			I	I	0	I	I	80	I	I			0.056	0.246	0.484	I			
AVO02	I	2	I	5.25	0	311	290	6501	I	I			I	I	0	I	I	80	I	I			0.125	0.555	1.394	I			
AVO04	I	2	I	1.07	0	305	290	4201	I	I			I	I	0	I	I	80	I	I			0.086	0.394	0.894	I			
AW03	I	2	I	116.98	.02	301.5	297.8	6001	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.222	0.845	2.409	I			
AME01	I	2	I	12	.02	425	349.8	6501	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.076	0.350	0.766	I			
AME02	I	2	I	4.3	.02	415.5	349.6	4501	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.053	0.231	0.445	I			
AME04	I	2	I	1.95	.02	399.5	393.5	4001	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.115	0.519	1.280	I			
AME05	I	2	I	111.72	.02	291.5	279	7001	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.166	0.699	1.864	I			
AMEA2	I	2	I	.91	.02	293.8	292	501	I	I			I	I	2	I	I	80	I	I			0.046	0.200	0.370	I			

Tabelle 4: Parametrisierung der kanalisierten Flächen (aus SMUSI-Datensatz)

Bez.	I	Gebietskenngrößen					I	Trockenwetterabfluss									
		A	VG	Ng	CN	tf		Einw.	BWN	R	P	I	Qh	KT	Qg	KT	Qf
-	I	ha	-	-	-	min	-	-	-	-	I	l/Ed	-	l/sha	-	l/sha	-
FCR1	I	7.44	.366	3	80	2.5	248	n	1	I	100	1				.07	1
FCR10	I	12.5	.765	1	80	4.1	308	n	1	I	100	1				.07	1
FCR11	I	15.19	.703	1	80	4.2	375	n	1	I	100	1				.07	1
FCR2	I	3.28	.402	3	80	.8	109	n	1	I	100	2				.07	1
FCR3	I	7.72	.354	3	80	2.3	257	n	1	I	100	1				.07	1
FCR4	I	7.74	.347	3	80	4.7	258	n	1	I	100	1				.07	1
FCR5	I	2.87	.11	2	80	2.4	96	n	1	I	100	1				.07	1
FCR6	I	19.93	.316	3	80	6.3	664	n	1	I	100	1				.07	1
FCR7	I	1.18	.415	3	80	.7	39	n	1	I	100	1				.07	1
FCR8	I	3.09	.383	2	80	3.9	76	n	1	I	100	1				.07	1
FCR9	I	9.4	.8	1	80	3.7	232	n	1	I	100	1				.07	1
FOC1	I	8.56	.307	3	80	5.3	171	n	1	I	100	1				.07	1
FOC10	I	5.86	.4	3	80	1.5	120	n	1	I	100	1				.07	1
FOC11	I	2.73	.382	2	80	4.1	54	n	1	I	100	1				.07	1
FOC12	I	13.83	.365	3	80	2.9	339	n	1	I	100	1				.07	1
FOC13	I	.91	.392	1	80	1.7	18	n	1	I	100	1				.07	1
FOC14	I	1.67	.323	2	80	1.3	33	n	1	I	100	1				.07	1
FOC15	I	10.28	.443	3	80	2.9	205	n	1	I	100	1				.07	1
FOC16	I	6.54	.77	1	80	4.2	161	n	1	I	100	1				.07	1
FOC2	I	.5	.36	3	80	.8	10	n	1	I	100	1				.07	1
FOC3	I	1.51	.237	4	80	.7	30	n	1	I	100	1				.07	1
FOC4	I	.51	.271	3	80	1.4	10	n	1	I	100	1				.07	1
FOC5	I	3.94	.411	3	80	2.4	79	n	1	I	100	1				.07	1
FOC6	I	4.79	.43	3	80	3.1	76	n	1	I	100	1				.07	1
FOC7	I	6.93	.447	3	80	4.1	138	n	1	I	100	1				.07	1
FOC8	I	1.97	.409	2	80	2.7	39	n	1	I	100	1				.07	1
FOC9	I	3.81	.39	3	80	1.8	232	n	1	I	100	1				.07	1
FV001	I	.07	.279	3	80	1	3	n	1	I	100	1				.07	1
FV002	I	.55	.522	3	80	1.8	22	n	1	I	100	1				.07	1
FV003	I	8.04	.356	3	80	2.7	322	n	1	I	100	1				.07	1
FV004	I	.1	.36	3	80	2.7	4	n	1	I	100	1				.07	1
FV005	I	1.57	.405	3	80	2.4	63	n	1	I	100	1				.07	1
FV006	I	2.63	.279	2	80	3.3	105	n	1	I	100	1				.07	1
FV007	I	6.47	.423	3	80	3.6	259	n	1	I	100	1				.07	1
FV008	I	5.38	.382	3	80	2.9	215	n	1	I	100	1				.07	1
FV009	I	5.38	.382	3	80	2.9	215	n	1	I	100	1				.07	1
FV010	I	1.41	.342	4	80	1.3	56	n	1	I	100	1				.07	1
FV011	I	6.66	.401	2	80	2.9	266	n	1	I	100	1				.07	1
FV012	I	2.85	.45	2	80	2.4	114	n	1	I	100	1				.07	1
FV013	I	1.43	.549	2	80	2.1	57	n	1	I	100	1				.07	1
FV014	I	.28	.486	2	80	.5	11	n	1	I	100	1				.07	1

3.3 Gewässerabschnitte

Mit dem vorliegenden Modell soll die hydrologische Nachweisführung für alle Gewässerabschnitte des Wahle-/ Fahrenbachs erfolgen, sodass die Gewässerbelastung für das gesamte betrachtete Gewässersystem ermittelt und bewertet werden kann. Im Ergebnis wird eine detaillierte und vor allem kontinuierliche Übersicht der hydrologischen Situation vorliegen. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, wurden 31 repräsentative Gewässerabschnitte identifiziert und im Modell implementiert. Tabelle 5 zeigt einen Ausschnitt der parametrisierten Gewässerabschnitte.

Tabelle 5: Parametrisierung der Gewässerabschnitte

Bezeichnung	Typ-V = 1		Typ-V = 2		Typ-V = 3		Allg. Kenngrößen		AB.		QWS		ITyp		ITypIOU		Typ	I	Station	Ven	I	Station	Bis
	X-Coord.	Z-Coord.	Bohle	Breite	A-quers	Qab	Laenge	Wb (1m)	KSt (2m)	Is	HQZ	NQ	IR	IV	IT	IT							
-	m	m/HH	m	m	qm	qm/s	m	mm	ml/3/s	%	qm/s	qm/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GW001							3017	25.0	44.11	0.21	0.97	0.20	2	2	2	2	90	9344.1431	1	12341.1879			
				0.00	0.00																		
				1.00	4.00																		
				1.01	4.00																		
				1.25	6.00																		
				1.26	6.00																		
				1.75	6.00																		
GW003							457	25.0	27.41	9.97	48.12	0.20	2	2	2	2	90	7521.1834	1	9344.1431			
				0.00	1.20																		
				1.30	5.50																		
				1.31	5.50																		
				1.55	7.50																		
				1.56	7.50																		
				2.05	7.50																		
GW004							464	45.0	10.81	20.13	95.00	0.20	2	2	2	2	90	7057.0045	1	7521.1834			
				0.00	2.40																		
				1.90	5.00																		
				2.00	5.00																		
GW007							216	25.0	9.21	25.29	119.2	0.20	2	2	2	2	90	5952.4512	1	7057.0045			
				0.00	2.40																		
				1.90	7.00																		
				2.40	7.00																		
GW011							453	22.0	17.71	34.83	144.2	0.20	2	2	2	2	90	2950.9486	1	5952.4512			
				0.00	2.00																		
				2.50	9.00																		
				2.51	9.00																		
				3.00	12.00																		
				3.01	12.00																		
				3.50	12.00																		



Abbildung 3: Kanalprofil der Brunnenstraße



Abbildung 4: Querung "Kasseler Straße"

3.3.1 Modellkalibrierung

Als Referenzwerte für die Kalibrierung dienen die mit den KOSTRA-Werten ermittelten Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeiten.

In Tabelle 6 sind die berechneten Hochwasserabflüsse HQ_{20} -, HQ_{50} - und HQ_{100} -Werte für den IST-Zustand aus der Studie 1995 [4] dargestellt.

Tabelle 6: Hochwasserabflüsse im Istzustand aus der Studie von 1995 [4]

Knoten	Station km	Bemerkungen	Baustein	Istzustand		
				HQ in m ³ /s		
				HQ20	HQ50	HQ100
K 6	7,000	Einmündung Bernsbach	Zulauf T06	1,91	3,54	5,23
K 8	6,600	Einmündung Stellbachsgraben	Zulauf T08	5,55	8,06	10,48
K10	6,450	Einmündung Steinbach	Zulauf T10	9,28	13,95	18,30
K12	6,000	Ortsende Wellerode	Zulauf T11	11,04	16,43	21,41
K14	5,500	Einmündung Graben A	Zulauf T13	10,93	16,33	21,38
K19	4,300	Ortseingang Vollmarshausen	Ablauf T17	10,51	15,83	20,84
K25	3,000	Ortsende Vollmarshausen	Zulauf T24	13,54	20,08	26,19
K28	2,500	Einmündung Heupelsgraben	Zulauf T27	14,91	22,22	29,06
K29	2,000	Ortseingang Ochshausen	Ablauf T27	14,74	21,99	28,77
K33	1,000	Ortsende Ochshausen	Zulauf T32	20,84	29,82	38,02
K36	0,000	Einmündung Wälz bach	Zulauf TS7	25,69	36,44	46,14

Zur Kalibrierung werden die Kenngrößen und Parameter der Abflussbildung (CN-Werte oder Bodenkenngößen), der Abflusskonzentration (Retentionskonstanten der Parallelspeicherkaskaden) und der Abflusstransformation (Rauheitsbeiwerte der Gerinneelemente) an die örtliche Situation angepasst.

3.3.2 Hydraulische/hydrologische Auswertung der Langzeitsimulation

GISMO gibt nach erfolgreichem Abschluss der Simulation eine ZLF-Datei als Ergebnis aus. Diese enthält die ermittelten Abflussereignisse der Langzeitsimulation. Um die simulierten Hochwasserereignisse selektieren zu können, benötigt GISMO ein fiktives Abschlussbauwerk (BFIK) am Ende des Nachweisraums. Der eingestellte Drosselabfluss des Beckens wird dabei so definiert, dass er über dem Basisabfluss liegt, damit ausschließlich Regenwetterereignisse selektiert werden. Jeglicher Abfluss, der über den Beckenüberlauf entlastet wird, wird dabei als Regenereignis gezählt und inklusive Anfangs- und Endda-

tum in eine Ausgabedatei geschrieben. Die Anzahl der dadurch gewerteten Ereignisse wird dabei global für alle Gewässerabschnitte angenommen.

Über ein von SYDRO entwickeltes Auswertungsprogramm werden auf Grundlage der Langzeitsimulation die Abflusswerte verschiedener Wiederkehrintervalle (HQ_1 , HQ_2 , ...) ermittelt. Hierbei wird aus allen Abflussereignissen der simulierten Jahre (M) eine partielle Serie voneinander unabhängiger Maximalabflusswerte gezogen. Der Standardumfang der selektierten Werte beträgt in Anlehnung an BWK (2008): $N = 3 \cdot M$.

Für jeden Wert der partiellen Serie wird die empirische Unterschreitungswahrscheinlichkeit P_U gemäß Plotting-Position-Verfahren (Gleichung 1) ermittelt:

$$P_U = \frac{(K - \alpha)}{(N + 1 - 2 \cdot \alpha)} \quad \text{Gleichung 1}$$

Mit K = Rang des Elements der Stichprobe (größter Abflusswert hat Rang N)
 N = Anzahl der Werte der Stichprobe/ partiellen Serie
 α = Plotting-Position-Faktor; Standardwert: $\alpha = 0,3$ (Chegodayev, 1955)

Die zugehörige Überschreitungswahrscheinlichkeit $P_{\bar{U}}$ berechnet sich nach Gleichung 2:

$$P_{\bar{U}} = 1 - P_U \quad \text{Gleichung 2}$$

Mit P_U = Unterschreitungswahrscheinlichkeit nach Gleichung 1.

Das zugehörige Wiederkehrintervall T_n berechnet sich jeweils nach Gleichung 3. Durch die Verwendung des Faktor α nach Chegodayev (1955) bei der Bestimmung der Unterschreitungswahrscheinlichkeit P_U entspricht Gleichung 3 exakt Gleichung 20 des Leitfadens „Immission“ (HMUEL, 2012) sowie den Vorschlägen in DWWK (1999) und Sartor (2008).

$$T_n = \frac{1}{P_{\bar{U}}} \cdot \frac{M}{N} \quad \text{Gleichung 3}$$

Mit M = Anzahl der simulierten Jahre
 $P_{\bar{U}}$ = Überschreitungswahrscheinlichkeit nach Gleichung 2
 N = Anzahl der Werte der Stichprobe/ partiellen Serie

Aus der linearen Regression der N Wertepaare aus Abfluss (Q_i) und natürlichem Logarithmus des Wiederkehrintervalls ($\ln(T_i)$) ergibt sich eine Geradengleichung für die Abflusswerte gemäß Gleichung 4.

$$Q_i = m \cdot \ln(T_i) + b$$

Gleichung 4

Mit m = Steigung
 b = Achsenabstand

Durch die ermittelte Geradengleichung können anschließend die Abflusswerte von HQ_1 , HQ_2 , usw. bestimmt werden.

3.3.3 Ergebnisse der Modellkalibrierung

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Kalibrierung für die Station 0,00 (Ende des Projektgebietes, Gemeindegrenze Lohfelden) für unterschiedliche Jährlichkeiten dargestellt. Die Abweichungen der Langzeitsimulation für unterschiedliche Jährlichkeiten liegen deutlich über den Anforderungen des BWK M7 (BWK 2008), hierin werden Abweichungsmaße $DY \leq 0,15$ gefordert.

Tabelle 7: Ergebnisse der Kalibrierung, Stat. 0,00

Bezeichnung	HQ ₂₀ [m³/s]	HQ ₅₀ [m³/s]
KOSTRA	25,69	36,44
Langzeitsimulation GISMO	24,43	36,74
Abweichungsmaß DY	0,03	0,01

4 P_{nat} -Zustand, Istzustand- und Variantenbetrachtung

4.1 P_{nat} -Zustand

In der Abbildung des potentiell naturnahen Zustands (P_{nat} -Zustand) werden die Siedlungsgebiete entsprechend der Charakteristik des gesamten oberirdischen Einzugsgebietes durch naturnahe Flächennutzungen (z.B. Wiese, Acker, Wald) ersetzt. Das Lastband in Abbildung 5 zeigt somit die hydraulische Belastung des Fahren-/Wahlebachs ohne die Auswirkungen der Siedlungsgebiete für die Wiederkehrintervalle $T_n = 0,5$, $T_n = 1$; $T_n = 2$, $T_n = 5$, $T_n = 10$, $T_n = 25$ und $T_n = 50$.

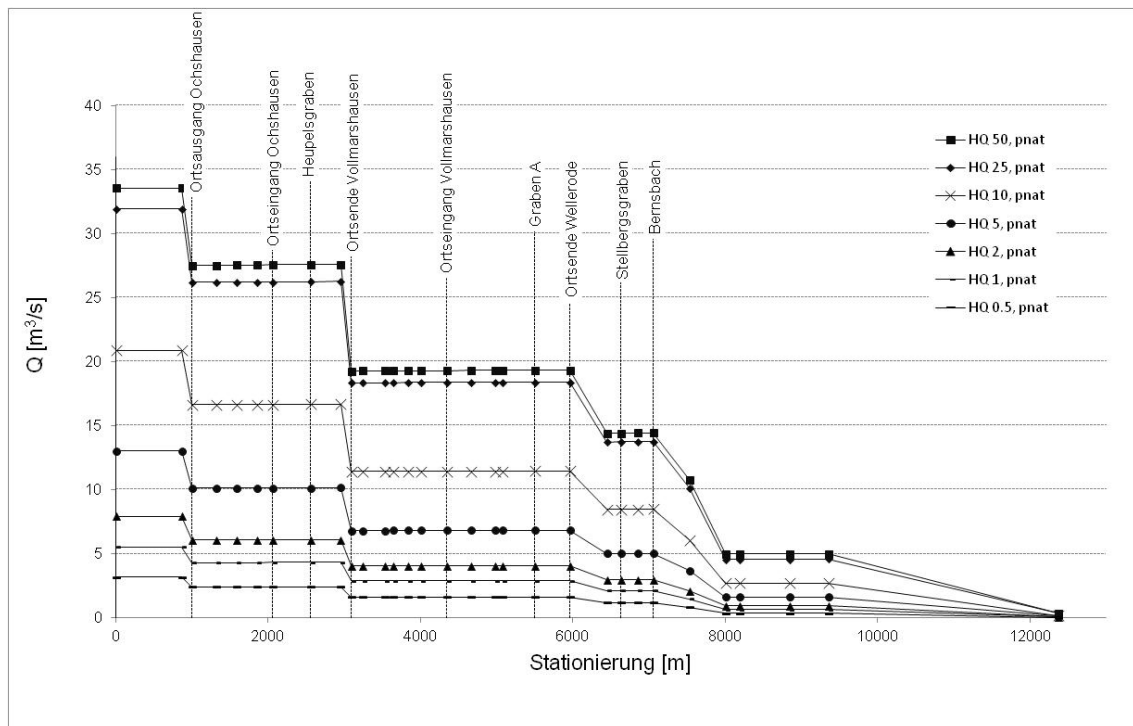


Abbildung 5: Lastbänder P_{nat} -Zustand

4.2 Ist-Zustand

Ausgehend vom potentiell naturnahen Zustand werden im Istzustand die Auswirkungen der Siedlungsgebiete und ihrer Entlastungsanlagen berücksichtigt. Grundlage hierfür war die Schmutzfrachtsimulation (SMUSI) der Gemeinde Lohfelden aus dem Jahr 2009. Für die Gemeinde Wellerode konnte während

der Bearbeitungszeit keine Schmutzfrachtsimulation zur Verfügung gestellt werden. Daher wurden für das Siedlungsgebiet Wellerode die Versiegelungsgrade und Entlastungsraten aus der SMUSI der Gemeinde Lohfelden übernommen. Die im Modell abgebildeten Sonderbauwerke sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Die Tabelle befindet sich zur besseren Ansicht in Originalgröße im Anlage C.

Tabelle 8: Zusammenstellung der im Modell abgebildeten Sonderbauwerke

Nr.	Na- me/Bezeichnung/Bauwerk	Stat.	Stau- raum- volumen	Abgabe	Planungsstand			
Hesse u Partner		[km]	[m³]	[l/s]	Bestand	In Planung	Umgesetzt	Verworfen
1	Am Eckenbach	4.398	0			gene.		
2	Am Eckenbach	4.259	0			gene.		
3	Kassler Straße	3.876	0			gene.		
4.1	Im Wiesengrund	3.447	0			gene.		
4.2	Im Wiesengrund	3.212	0			gene.		
5	Ochshäuser Dorfstraße	2.218	662	270		gene.		
6	Hammelsberg RRB	2.000	2.180	545	x			
7	Quellenweg	1.866	0					
8	Am Ufer	1.569	0					
9	Marie-Curie-Straße	n.i.EZG	9600					
10	A7	Wälzebach						
11.1	A7	Wälzebach						
11.2	A7	Wälzebach						
12	Im Alten Teich	NG	-					
13	Lingelbach	n.i.EZG	-					
14	Stegerwaldstraße	n.i.EZG	-					
15	Am Stadion	Wälzebach	~800	180		x		
16	Teichwiesen	n.i.EZG	-					
17	Feldbach	n.i.EZG	-					
18	Feldbach	n.i.EZG	4.700	355			x	
19	Bei der Johanneswiese	n.i.EZG	-					
20	Waldauer Weg	n.i.EZG	-					
21.1	Herchenbach	NG	-					
21.2	Herchenbach	NG	-					
22	Wahlebach	310	0					
	RRB Schießstand		600	130			x	
	Hochwasserschutz Tief- brunnen						x	
	RRB Richterdamm	Wälzebach	2200 - 2500	160		x		
	Graben Heupel		450 - 680	70 - 90		x		
	Einlaufrinne Stein- weg/Sollingstraße					x		
	RRB Heupel					x		

Nr.	Na- me/Bezeichnung/Bauwerk	Stat.	Stau- raum- volumen	Abgabe	Planungsstand			
Hesse u Partner		[km]	[m³]	[l/s]	Bestand	In Planung	Umgesetzt	Verworfen
	gepl. Beidseitige Erhö- hung der Böschungs- oberkannte Graben "Wälzebach" vor und hinter RRB Wälzebach bzw. Grabenvergröße- rung	Wälzebach				x		
	RRB Hammelsberg	2.000	2200	570	x			
	RÜB Vollmarshausen	2.900	261	100	x			
	RRB Neubaugebiet	2.000	115	85	x			
	RÜ Lehmhofstraße	1.119	0	90	x			
	RÜ Lindenbergstr.	1.528	0	50	x			
	RÜ Hauptstraße	1.424	0	33	x			
	RÜB Wälzebach	Wälzebach	9600	1.500	x			
	RÜB Crumbach	Wälzebach	55	183	x			
	SRK Söhrestraße	Wälzebach	80	160	x			
	RÜB Ochshausen	868	662	270	x			
	RÜ Im Graben	3.956	0		x			
	RRB Fieseler Werk		1500	100			x	
	RÜ Heupel	3.660	0		x			
	RÜ Stellestraße	3.960	0		x			
	RÜ Steinweg	4.300	0		x			
	RÜB Wellerode I, II	5.821	1.300		x			
	Bahnhofstraße	6.211	0		x			
	RÜB Schulstraße	6.310	450		x			
	RÜ Wattenbacher Straße	6.353	0		x			
	Am Steinbruch	7.000	0		x			

In Abbildung 6 bis Abbildung 9 ist der Vergleich der Lastbänder für den potentiell naturnahen Zustand und den Istzustand für die Wiederkehrintervalle $T_n = 5$, $T_n = 10$, $T_n = 25$ und $T_n = 50$ dargestellt.

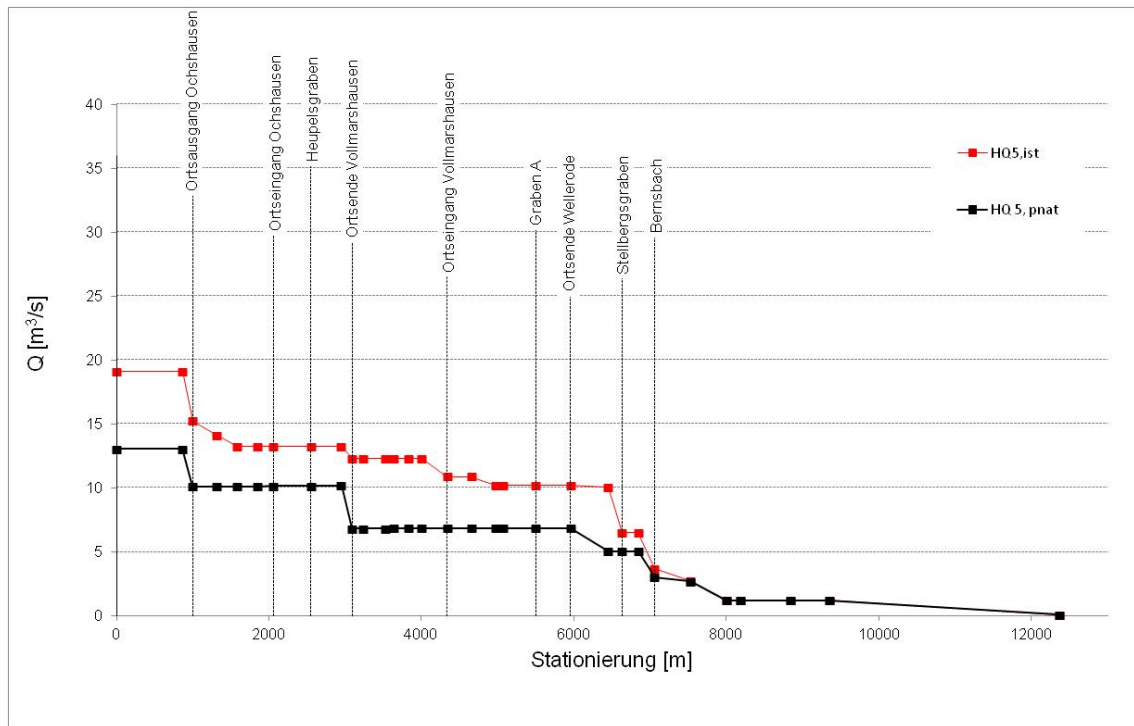
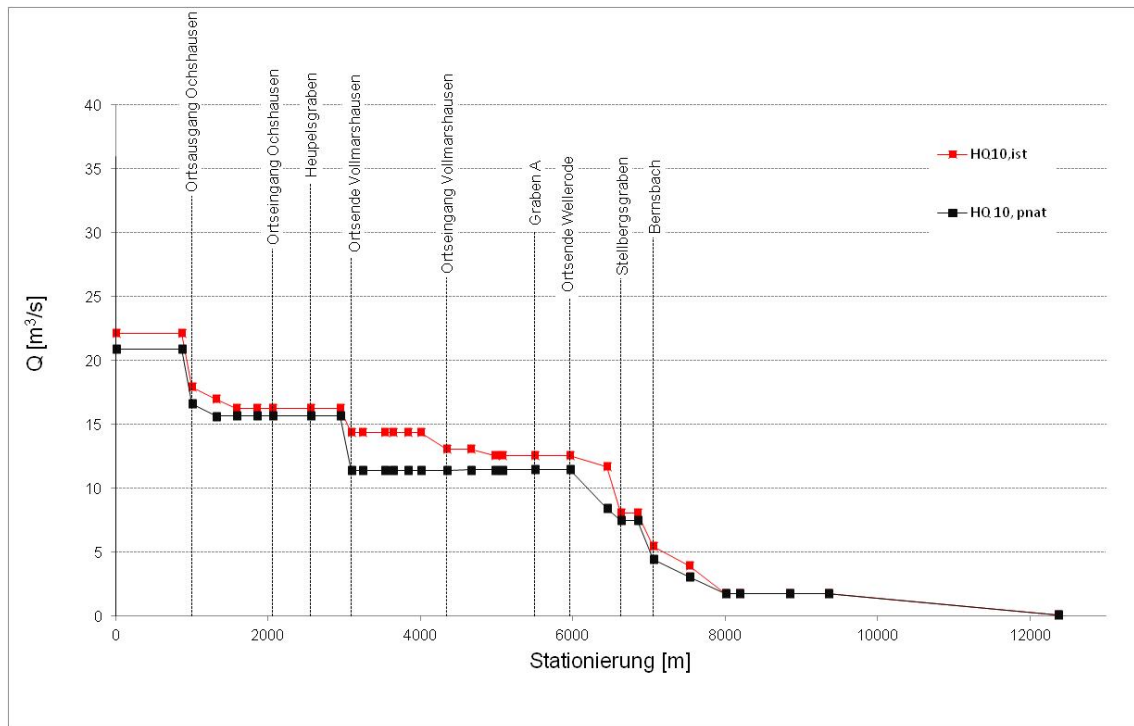
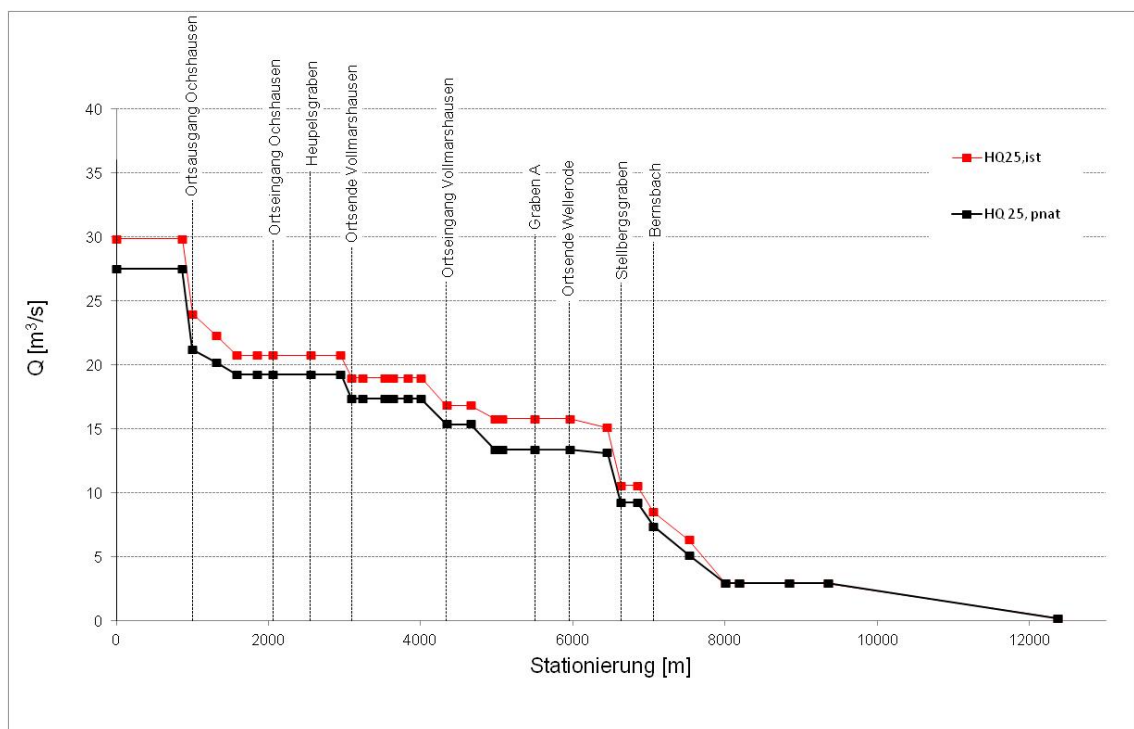


Abbildung 6: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat}-Zustand, $T_n = 5$

Die Auswirkungen durch die versiegelten Flächen in den Ortschaften Wellerode und Lohfelden sind bei einem kleinem Hochwasser (HQ₅) deutlich zu erkennen (Abbildung 6). Der Durchfluss steigt im Mittel um 5 bis zu 7 m³/s. Dies lässt darauf schließen, dass im naturnahen Zustand ein Großteil des Wassers in der Fläche versickert.

Mit zunehmenden Durchfluss nimmt die Differenz zwischen naturnahem und Istzustand weiter ab. Dies ist den folgenden Abbildungen 7 – 9 zu entnehmen ($T_n = 10, 25, 50$).

Abbildung 7: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat}-Zustand, T_n = 10Abbildung 8: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat}-Zustand, T_n = 25

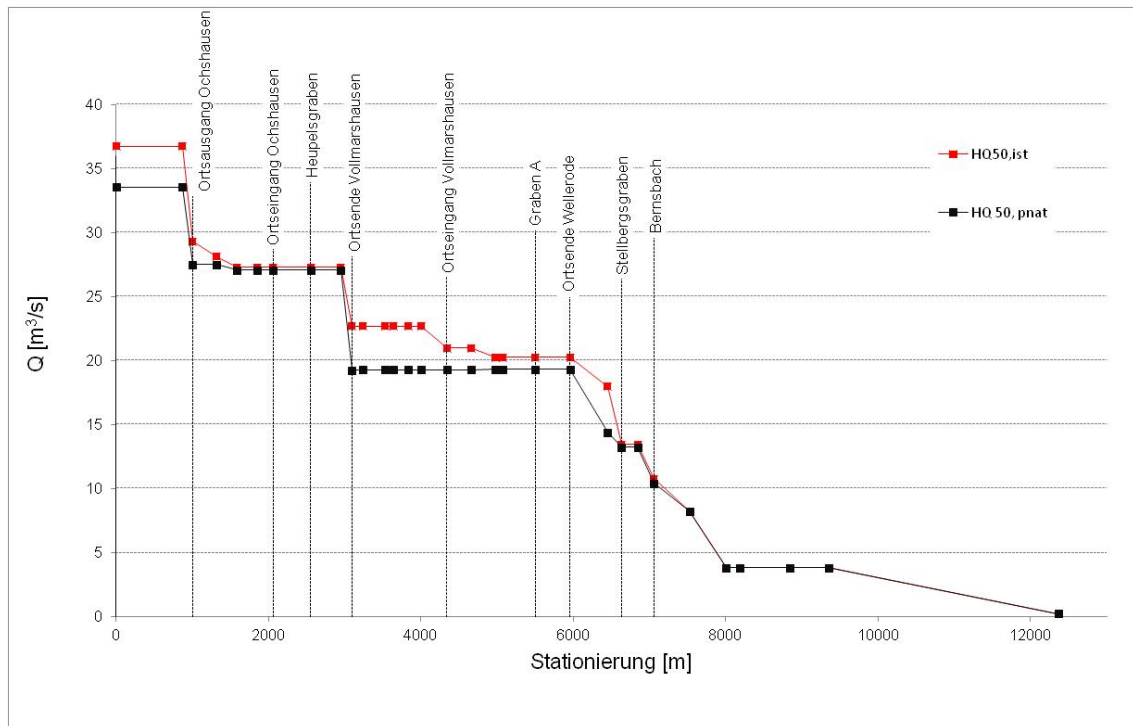


Abbildung 9: Vergleich Lastbänder Istzustand und P_{nat}-Zustand, T_n = 50

Bei einem HQ₅₀-Ereignis sinkt die Differenz in zwei Drittel des Lastbandes gegen 0 (Station 1.700 bis 3.000 und 7.000 bis 12.000). Dies lässt sich durch den gesättigten Boden im naturnahen Zustand erklären. Durch die Gegenüberstellung wird deutlich, dass die Abflussspitzen am Ortsende Vollmarshausen, sowie am Ortsende Ochshausen, aus der örtlichen Geometrie entstehen und weniger ein Resultat der Flächenversiegelung der Ortschaften sind. Daher sollte geprüft werden, inwiefern die örtliche Geometrie mit natürlichen Rückhaltemaßnahmen verbessert werden kann, um die Abflussspitzen zu senken.

4.3 Variantenbetrachtung

4.3.1 Variantenvorstellung

Ziel der Variantenuntersuchung ist es, die potentiell natürlichen Kleinstrückhalte und technische Rückhaltebauwerke im Modell abzubilden und deren Auswirkungen bewerten zu können. Nachfolgende Varianten wurden untersucht:

- Variante 1: Technische Rückhaltebauwerke aktiv und potentielle natürliche Kleinrückhalteanlagen aktiv
- Variante 2: Technische Rückhaltebauwerke inaktiv und potentielle natürliche Kleinrückhalteanlagen aktiv
- Variante 3: Technische Rückhaltebauwerke und potentielle natürliche Kleinrückhalteanlagen inaktiv
- Variante 4: Technische Rückhaltebauwerke aktiv und „Neue Vollmarshäuser Teiche“ inaktiv

Darin wird des Weiteren untersucht welche aktiv genutzten Streckenabschnitte weiter durch Kleinrückhalteanlagen optimiert werden könnten (Vergleich Variante 1 und 2) bzw. weiter im Detail untersucht werden sollten.

Des Weiteren wird überprüft wieweit die bereits umgesetzten technischen Bauwerke ihre Aufgabe erfüllen (Vergleich Variante 1 und 3).

In der Variante 4 wird die Auswirkung der Maßnahme „Neue Vollmarshäuser Teiche“ genauer betrachtet, da die Positionierung im hinteren Abschnitt der Zuflussskette liegt und ein hohes Nutzenpotential von der bereits umgesetzten Maßnahme zu erwarten ist.

Tabelle 9 zeigt die Kennwerte der potentiell natürlichen Kleinrückhalte. Die Lage der potentiell natürlichen Kleinrückhalte ist im Übersichtslageplan der Anlage A dargestellt.

Tabelle 9: Kennwerte der potentiell natürlichen Kleinrückhalte

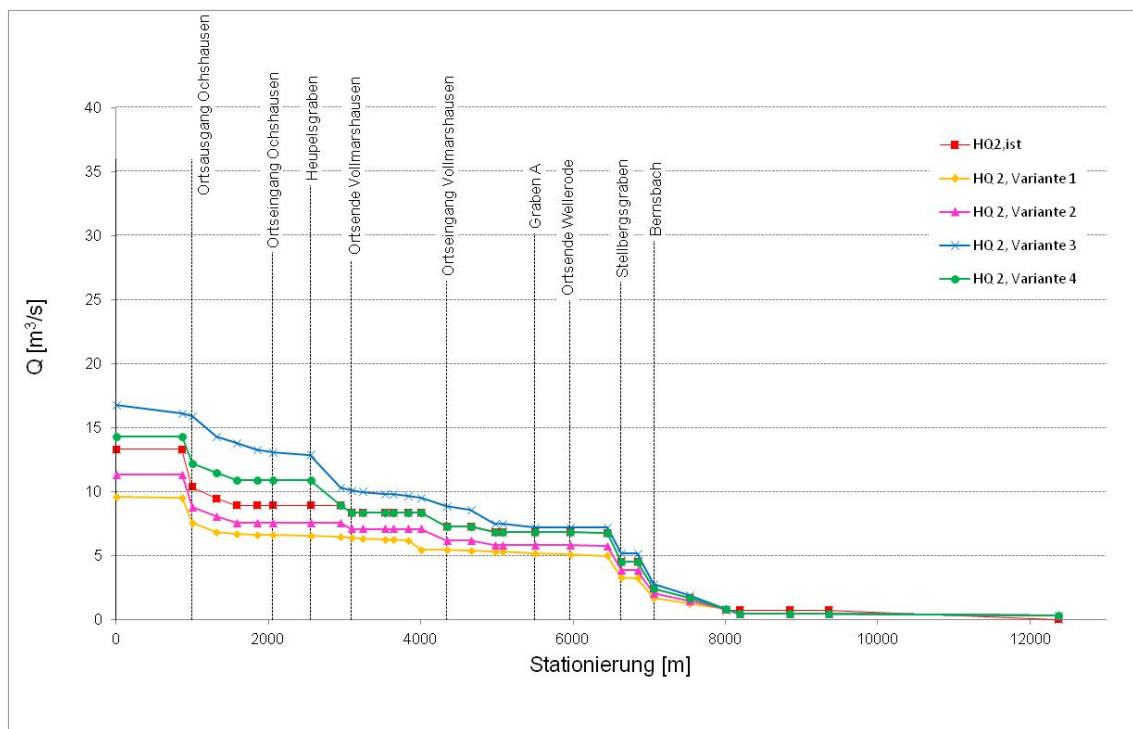
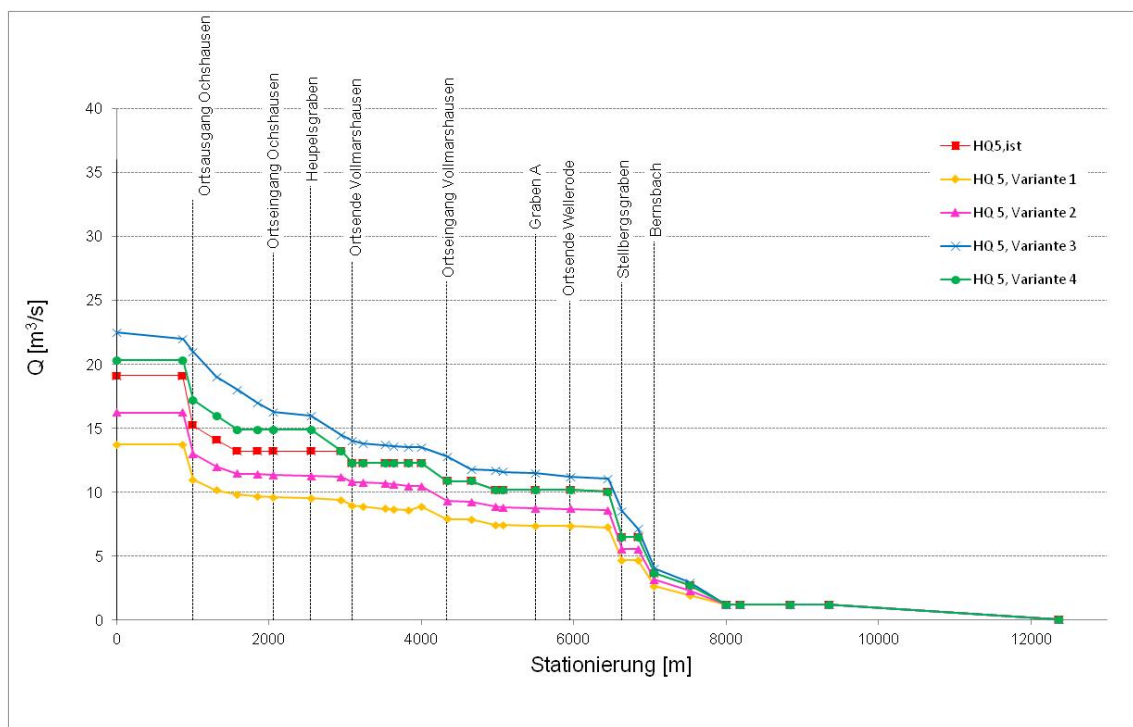
Bezeichnung	Gewässer	Volumen [m³]	Lage	Stationierung [km]
KR01 (KR01a/01b)	Bernsbach	1.338	oberhalb Wellerode	7,00

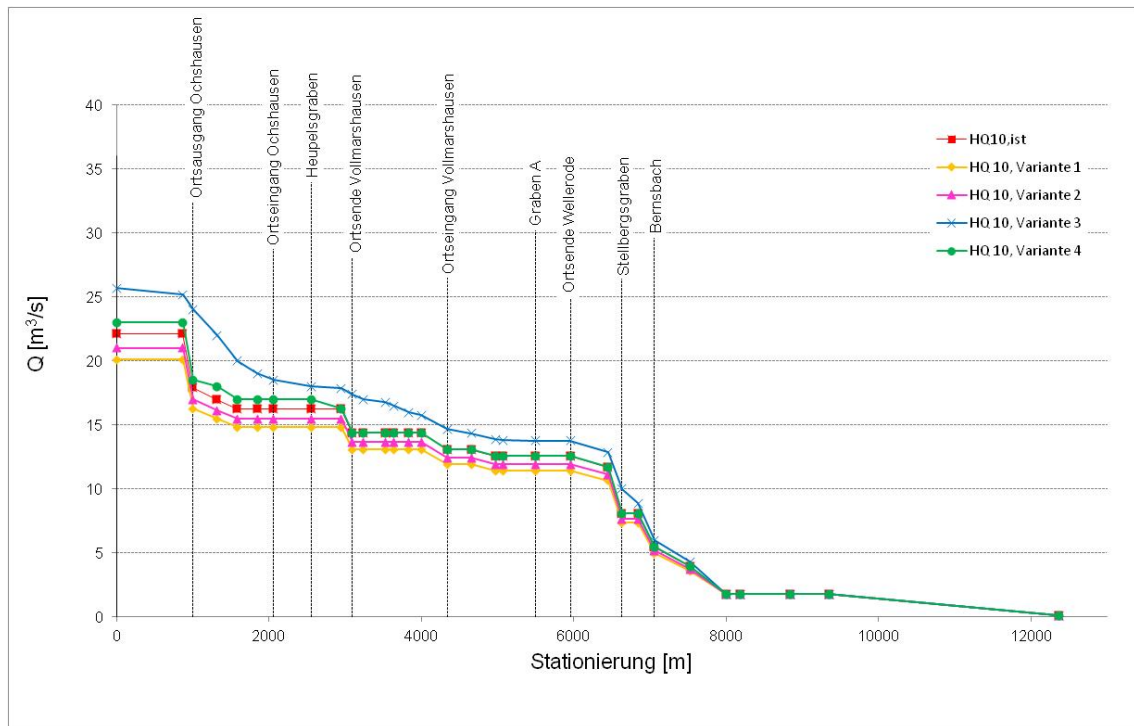
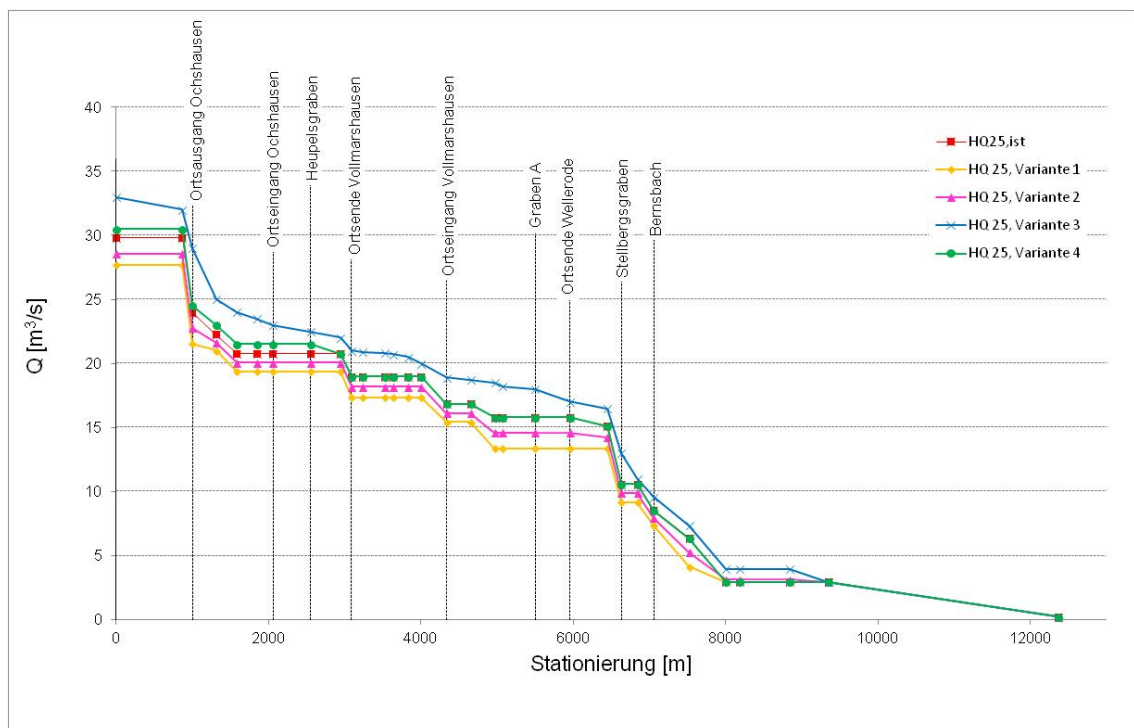
Bezeichnung	Gewässer	Volumen [m³]	Lage	Stationierung [km]
KR02 (KR02a/02b/02c)	Stellbachsgraben	682	oberhalb Wellerode	6,60
KR03 (KR03a/03b/03c)	Steinbach	1.445	oberhalb Wellerode	6,40
KR04	Graben A	187	unterhalb Wellerode	5,50
KR05	Wahlebach	2.402	vor Vollmarshausen	5,10
KR06	Wahlebach	537	vor Vollmarshausen	4,90
KR07	Wahlebach	396	vor Vollmarshausen	4,70
KR08	Wahlebach	1352	neben Vollmarshausen	3,00
KR09	Wahlebach	15.300	neben Vollmarshausen	ca. 2,50
KR10	Wahlebach	3.800	neben Vollmarshausen	ca. 2,50
KR11	Wahlebach	6.100	neben Vollmarshausen	ca. 2,50
KR12	Wahlebach	7.580	neben Vollmarshausen	ca. 2,50
KR13	Wahlebach	7.500	neben Vollmarshausen	ca. 2,50
KR14	Wahlebach	5.500	neben Vollmarshausen	ca. 2,50

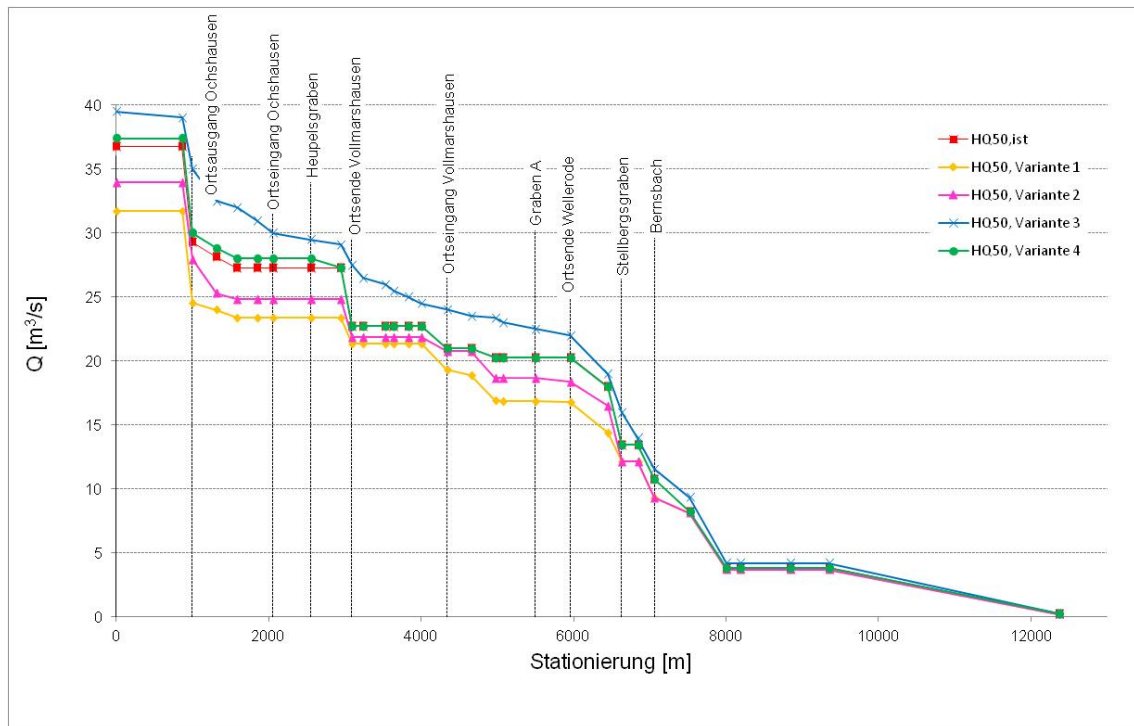
4.3.2 Vergleich der Varianten

Die Auswertung der Varianten erfolgte analog zur Auswertung des potentiell naturnahen Zustands und des Istzustandes. Somit ist für unterschiedliche Wiederkehrintervalle der Vergleich der Lastbänder möglich.

In Abbildung 10 bis Abbildung 14 ist der Vergleich der Lastbänder der Varianten für die Wiederkehrintervalle $T_n = 2$, $T_n = 5$, $T_n = 10$, $T_n = 25$ und $T_n = 50$ dargestellt.

Abbildung 10: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n=2$ Abbildung 11: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n=5$

Abbildung 12: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 10$ Abbildung 13: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 25$

Abbildung 14: Vergleich Lastbänder Varianten, $T_n = 50$

4.3.3 Bewertung der Varianten

Eine zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen der Varianten enthält Tabelle 11. Hierin wurde die prozentuale Abweichung zum Istzustand, wie in Tabelle 10 dargestellt, bewertet. Wie zu erwarten ist, treten in **Variante 1** (Technische Rückhaltebauwerke aktiv und potentielle natürliche Kleinrückhalteanlagen aktiv) im Vergleich zum Istzustand die größten positiven Wirkungen in der Reduzierung der Abflussspitzen auf, da in dieser Variante alle bestehenden, geplanten und potentiellen Retentionsvolumen angesetzt wurden. So ergibt sich für die Ortslage Vollmarshausen eine rechnerische Reduzierung der Abflussspitze eines zweijährlichen Ereignisses von ca. $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Istzustand) auf ca. $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Variante 1). Auch bei einem fünfjährlichen Ereignis sind deutliche Reduzierungen der Abflussspitzen in den Ortslagen Vollmarshausen und Ochshausen zu erwarten. Tendenziell nimmt die Wirkung der in Variante 1 angesetzten Retentionsvolumina mit steigendem Wiederkehrintervall zwar ab, ist aber im Vergleich zum Istzustand noch erkennbar. Insbesondere die angesetzten Kleinrückhalte südöstlich von Vollmarshausen KR 09 bis

KR 14 mit einem Gesamtvolumen von rund 45.000 m³ tragen zu der o.g. Reduzierung der Abflussspitzen bei. Bezüglich der in der Vergangenheit beobachteten Abflussereignisse im Bereich der Querung der BAB 7 können die in Variante 1 angesetzten Retentionsmaßnahmen dazu beitragen, solche Abflussbedingungen zu entschärfen.

Da in **Variante 2** (Technische Rückhaltebauwerke inaktiv und potentielle natürliche Kleinstrückhalteanlagen aktiv) zwar die technischen Bauwerke in ihrer Retentionswirkung „ausgeschaltet“, aber weiterhin alle potentiellen Kleinstrückhalte (ca. 45.000 m³) berücksichtigt werden, liefert auch diese Betrachtung eine positive Auswirkung auf die Reduzierung der Abflussspitzen im Vergleich zum Istzustand. Diese Variante berücksichtigt nicht die negativen stofflichen Auswirkungen im Gewässer durch die „Ausschaltung“ der technischen Bauwerke. Sie ist daher rein fiktiv, zeigt aber deutlich, dass ein hohes Potential bezüglich der Reduzierung der Abflussspitzen im Bereich der Ortslagen Vollmarshausen und Ochshausen sowie im Bereich der BAB 7 besteht.

Die Ergebnisse der **Variante 3** (Technische Rückhaltebauwerke und potentielle natürliche Kleinstrückhalteanlagen inaktiv) zeigen im Vergleich zum Istzustand die Wirkung der vorhandenen technischen Bauwerke auf. Im Mittel- und Unterlauf des Wahlebachs würden die Abflussspitzen für kleine und große Wiederkehrintervalle um 10 % bis 20 % über denen des Istzustandes liegen. Eine derartige Abflussverschärfung würde insbesondere in den jetzt schon identifizierten Bereichen in den Ortslagen Vollmarshausen und Ochshausen sowie im Bereich der BAB 7 zur erheblichen Ausuferungen, Rückstaubereichen und den damit verbundenen negativen Folgen führen.

In **Variante 4** (Technische Rückhaltebauwerke aktiv und „Neue Vollmarshäuser Teiche“ inaktiv) wird die Retentionswirkung der umgesetzten Maßnahme „Neue Vollmarshäuser Teiche“ ermittelt. Die Auswertungen zeigen, dass ohne diese Maßnahme in der Ortslage Ochshausen und im Bereich der BAB 7 deutlich höhere Abflussspitzen ($HQ_2 = 17 \%$) zu erwarten wären und es somit zu einer Verschärfung der Abflussbedingungen an den identifizierten Engstellen kommen würde.

Tabelle 10: Bewertungsmatrix

Abweichung [%]	kleiner			0	=>	"-"	negative Auswirkung
	zwischen	0	und	5	=>	"o"	keine Auswirkung
	zwischen	5	und	10	=>	"+"	geringe positive Auswirkung
	zwischen	10	und	15	=>	"++"	positive Auswirkung
	größer			15	=>	"+++"	deutlich positive Auswirkung

Tabelle 11: Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen der Varianten

[illegible]

5 Fazit /Ergebnisse

Der Vergleich der unterschiedlichen Varianten mit den jeweiligen Hochwasserereignissen HQ₂, HQ₅, HQ₁₀, HQ₂₅ und HQ₅₀ ergab die in Tabelle 11 dargestellten positiven bzw. negativen Effekte.

Die **Variante 1** umfasst den optimalen technischen wie natürlich genutzten Rückhalt. Daraus resultiert der größtmögliche positive Rückhalteeffekt. Dies wird insbesondere an den Stationierungen direkt hinter den Ortslagen deutlich (Die Stationierung ist durch die Lage der technischen Bauwerke bedingt). Die positiven Auswirkungen beziehen sich nicht nur auf kleine oder große Hochwasserereignisse, sondern auf alle betrachteten HW-Ereignisse. Insbesondere am Ortsende Wellerode verringert sich der Durchfluss um 17 % bei einem HQ₅₀ und um 26 % bei einem HQ₂, am Ende der Modellstrecke „Einmündung Wälzebach“ um 14 - 28% sowie in Vollmarshausen um 14 - 27 %. Auf Grund der hier festgestellten Auswirkungen sollte in diesen Abschnitten eine genauere Untersuchung mit Vermessung der Gewässerstrecke und einer darauf aufbauenden Wasserspiegellagenmodellierung in Betracht gezogen werden. Hiermit können die Standorte der potenziellen Retentionsmaßnahmen näher lokalisiert und deren erzielbare Wirkungen präzisiert werden.

Die **Variante 2** beschreibt die Auswirkungen, die allein durch das Nutzen von natürlichen Kleinrückhalten erzielt werden. In der Auswertung wurde deutlich, dass besonders in den Ortslagen Ochshausen (15 % Abflussreduktion) und Vollmarshausen (15 % Abflussreduktion) die Auswirkungen der Kleinrückhalte den größten Anteil zu den positiven Veränderungen der Rückhaltevolumina beitragen. Die Auswirkungen sind insbesondere bei häufig wiederkehrenden Starkregenereignissen zu erkennen (HQ₂). Ziel der weiteren Untersuchungen sollte sein, weitere Retentionsräume in der Ortslage Vollmarshausen und Ochshausen vorzunehmen. Modellhaft könnten fiktive Speicherbecken in den Ortslagen angesetzt werden, um die nötige Größe für die gewünschten Abflussminderungen zu berechnen. Gleichzeitig könnten die benö-

tigten Rückhaltevolumina mit den möglichen Retentionsflächen in den Ortslagen verglichen werden. Somit wäre eine direkte Überprüfung der Umsetzbarkeit möglich.

Die **Variante 3** macht deutlich, dass die bereits ausgeführten technischen Rückhaltebauwerke durchweg positive Auswirkungen auf die Reduzierung der Abflussspitzen besitzen. Die prozentuale Verschlechterung bei der Deaktivierung aller Anlagen im Modell beträgt ca. 8 bis 26 %. Je größer das Hochwasserereignis, desto geringer fallen die Auswirkungen ins Gewicht. Somit wird deutlich, dass durch die Ausschöpfung der natürlichen Kleinstrückhalte eine ebenso große Verbesserung möglich ist, wie sie bereits durch die derzeitigen technischen Bauwerke erzielt wurde.

Die **Variante 4** zeigt, dass sich die Umsetzung der Maßnahme „Neue Vollmarshäuser Teiche“ positiv auf das Abflussband auswirkt. Der simulierte Ausfall der Anlage macht deutlich, dass es ab der Einleitestelle oberhalb von Vollmarshausen durchweg zu einer Verschlechterung der Abflussreduktion von bis zu 22 % an Station 2,55 km (HQ₂) führen würde.

Die Betrachtung der verschiedenen Varianten macht deutlich, dass die Abflussspitzen insbesondere hinter der Ortslage Vollmarshausen und Ochshausen stärker ausschlagen. Die Reduktion dieser Abflussspitzen sollte ein Ziel der in Zukunft angestrebten Maßnahmen sein. Der natürliche Kleinstrückhalt K09-14 sollte diesbezüglich genauer betrachtet werden, da je nach zur Verfügung stehendem Volumen von einer größeren positiven Wirkung ausgegangen werden kann, als sie z.B. die „Neuen Vollmarshäuser Teiche“ erzielt haben. Für weitere Planungsschritte empfiehlt es sich, die Ortslagen Ochshausen und Vollmarshausen mit Hilfe einer Wasserpiegellagenberechnung gezielt zu untersuchen, um mögliche Ausuferungsflächen genauer abbilden zu können. Zudem ist eine genaue Positionierung für mögliche Rückhaltebauwerke oder natürliche Kleinstrückhalte bestimmbar.

Um einer ganzheitlichen Gewässerbetrachtung Rechnung zu tragen ist es sinnvoll, Synergieeffekte aus Maßnahmen die durch rechtliche Anforderungen entstehen können, zu nutzen. Der Immissionsnachweis (Leitfaden 2012) des Hes-

sischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz fordert u.a. neben einem stofflichen Nachweis auch einen hydraulischen Nachweis. Zur Einhaltung dieses hydraulischen Nachweises können Retentions- und Renaturierungsmaßnahmen notwendig werden.

Kassel, den 24.08.2016

agc wasser gmbh

Friedrich-Ebert-Straße 48

34117 Kassel

Tel.: 0561-510 906-94

E-Mail: post@agc-gruppe.de

.....

(Verfasser)

Literaturverzeichnis

- [1] ESRI ArcGIS: ArcGIS (Software), ESRI Inc., Version 3.3.
- [2] ESRI ArcMap: ArcMap (Software), ESRI Inc., Version 9.3.
- [3] Schneider, Klaus-Jürgen Schneider (Hrsg.), Berner, Klaus 2002: Bautabellen für Ingenieure, Werner-Verlag, Düsseldorf.
- [4] Huth, T.: Studie zum Hochwasserschutz im Tal des Wahle-/Fahrenbachs, Universität Kassel, Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft, Januar 1995

Anlage A: Übersichtslageplan

Anlage B: Modelldaten des NA-Modells und der SMUSI

Anlage C: Kenngrößen der Kanalhaltungen und der
Bauwerke sowie Vergleich der Varianten

Anlage D: Fotodokumentation und Aktennotiz