



Bezirksregierung Düsseldorf

Überschwemmungsgebiet Schwarzbach



Erläuterungsbericht

August 2013
(geändert: Dezember 2014)

Erstellt durch

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

Projektbearbeitung

M. A. Regina Rieß-Dauer
Dipl.-Ing. Heike Schröder
Dipl.-Ing. Tilman Surkemper

Redaktion

Barbara Hüster

Das Titelbild zeigt den Schwarzbach (km 25,5) im Bereich Berger Busch.

Essen, im August 2013



(Dipl.-Ing. Tilman Surkemper)

© Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62-64
D-52066 Aachen

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-CD außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Projektnummer	P1433
Anzahl der Ausfertigungen	1
Ausfertigungsnummer	-
Auflage	1

Änderungen im Dezember 2014 durch Bezirksregierung Düsseldorf

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung / Allgemein	1
2 Gebietsdarstellung	1
2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes.....	1
2.2 Gewässerverlauf	1
2.3 Böden	2
2.4 Flächennutzung.....	2
2.5 Besonderheiten.....	3
3 Gelistete Datengrundlage	3
3.1 Karten	3
3.2 Geländedaten.....	3
3.3 Bodenarten / Geologie / Flächennutzung	3
3.4 Stadtentwässerung	4
3.5 Querprofilaufnahmen.....	4
3.6 Niederschlagszeitreihen	4
3.7 Klimazeitreihen.....	5
3.8 Pegeldaten.....	6
3.8.1 Gewässerpegel	6
3.9 Berechnungsansätze für Rauheiten	6
4 Modelltechnik	7
4.1 Hydrologie.....	7
4.2 Hydraulik	8
4.2.1 1D-Modellierung.....	8
4.2.2 2D-Modellierung.....	8
4.3 Verwendete Software	9
4.4 Erläuterungen und Anwendungsbereiche 1D / 2D.....	9
5 Modellkalibrierung / Modellvalidierung	10
5.1 Hydrologie.....	10
5.1.1 Tageswert-Kalibrierung	10
5.1.2 Hochwasser-Kalibrierung	11
5.1.3 Kalibrierung des hydraulischen Modells	14
5.2 Dokumentation der Anfangsbedingung und Belastungsdaten	16

6	Bewertung der Ergebnisse der hydraulischen Berechnung	17
7	Literatur	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Einzugsgebiete Anger und Schwarzbach, Verbandsgrenze BRW (grüne Linie)	2
Abbildung 3-1:	Niederschlagsstationen für die N-A-Simulation	5
Abbildung 3-2:	Übersicht über die Lage der Pegel	6
Abbildung 4-1:	Übersicht Projektgebiete Anger und Schwarzbach.....	7
Abbildung 5-1:	Tageswert-Kalibrierung Schwarzbach hydrologisches Jahr 2004.....	11
Abbildung 5-2:	Tageswert-Kalibrierung Schwarzbach hydrologisches Jahr 2007.....	11
Abbildung 5-3:	Kalibrierung HW-Ereignis November 2004.....	12
Abbildung 5-4:	Kalibrierung HW-Ereignis Januar 2005	12
Abbildung 5-5:	Kalibrierung HW-Ereignis August 2007	13
Abbildung 5-6:	Kalibrierung HW-Ereignis Juli/August 2008.....	13
Abbildung 5-7:	Darstellung der gemessenen und der berechneten Ergebnisse des Modells vor der Kalibrierung.....	14
Abbildung 5-8:	Darstellung der gemessenen und der berechneten Ergebnisse des kalibrierten Modells	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Niederschlagsstationen und vorliegende Zeitspannen	4
Tabelle 3-2:	Gewässerpegel im EZG Schwarzbach und vorliegende Zeitspannen.....	6
Tabelle 4-1:	Rheinwasserstände an den Gewässermündungen nach Berechnungsszenario	9
Tabelle 5-1:	Zur Kalibrierung verwendete Pegel	10
Tabelle 5-2:	Rauheitsklassen vor und nach der Kalibrierung	15
Tabelle 5-3:	Gegenüberstellung der gemessenen Wasserstände mit den berechneten und den Werten der Verteilungsfunktion (Höhe im Bezug zum PNP)	15
Tabelle 6-1:	Maßgebliche Ausuferungen des HQ_{100} an der Schwarzbach.....	17

1 Einleitung / Allgemein

Die Bezirksregierung (BR) Düsseldorf beabsichtigt für den Schwarzbach Überschwemmungsgebiete (ÜSG) nach § 76 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) festzusetzen. Hierfür werden Festsetzungsunterlagen (Karten, Erläuterungsberichte) benötigt.

Die Bezirksregierung Düsseldorf beauftragte die Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen, mit der „Ermittlung von Überschwemmungsgebieten zur Festsetzung nach § 76 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz, sowie zur Erarbeitung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten gemäß der Richtlinie 2007/60/EG für die Anger und den Schwarzbach“.

Die als Datengrundlage verwendeten hydraulischen und hydrologischen Modelle wurden vom Bergisch Rheinischen Wasserverband (BRW) zur Verfügung gestellt.

Die Anger ist über einen steuerbaren Entlastungsgraben mit dem Schwarzbach verbunden. Zusätzlich finden im Hochwasserfall Wasserübertritte zwischen den beiden Gewässern über die Geländeoberfläche statt. Aufgrund dieser Gegebenheiten wurden die Abflüsse beider Gewässer über ein gemeinsames zweidimensionales (2D) hydraulisches Modell abgebildet.

Der vorliegende Kurzbericht beinhaltet die wesentlichen Informationen und modelltechnischen Erläuterungen zu den Überschwemmungsflächen des Schwarzbachs. Eine vollständige Darstellung der verwendeten Modelle und Datengrundlagen enthält die Modelldokumentation „Technische_Dokumentation_HWRMRL_HWGK_Schwarzbachsyttem“, Hydrotec 2013.

2 Gebietsdarstellung

2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet des Schwarzbachs umfasst das Gebiet zwischen den Ausläufern des bergischen Landes in Wülfrath und der Rheinniederung im Bereich von Düsseldorf-Kalkum. Der Schwarzbach hat ein natürliches Einzugsgebiet von ca. 40 km².

Naturräumlich liegt der Schwarzbach im Niederbergischen Land und den Rheinterrassen. Er zählt neben Anger, Itter und Düssel zu den wichtigsten Abdachungsflüssen des Niederbergischen Landes zum Rhein.

2.2 Gewässerverlauf

Naturräumlich gesehen beginnt der Schwarzbach mit einem relativ steilen Oberlauf im hügeligen Bergischen Land und endet mit einem flachen Unterlauf in der Rheinischen Tiefebene. Der Schwarzbach liegt weit überwiegend im Einzugsgebiet des BRW.

2.2.1 Schwarzbach

Der Schwarzbach entspringt am westlichen Rand von Wülfrath in einer Höhe von 142 mNN und nimmt seinen Weg durch die Bauernschaften immer südlich der Orte Obschwarzbach, Homberg und Ratingen, um dann die Orte Kaiserswerth im Norden und Wittlaer von Süden her zu umrunden, bevor er bei km 758,0 in den Rhein fließt.

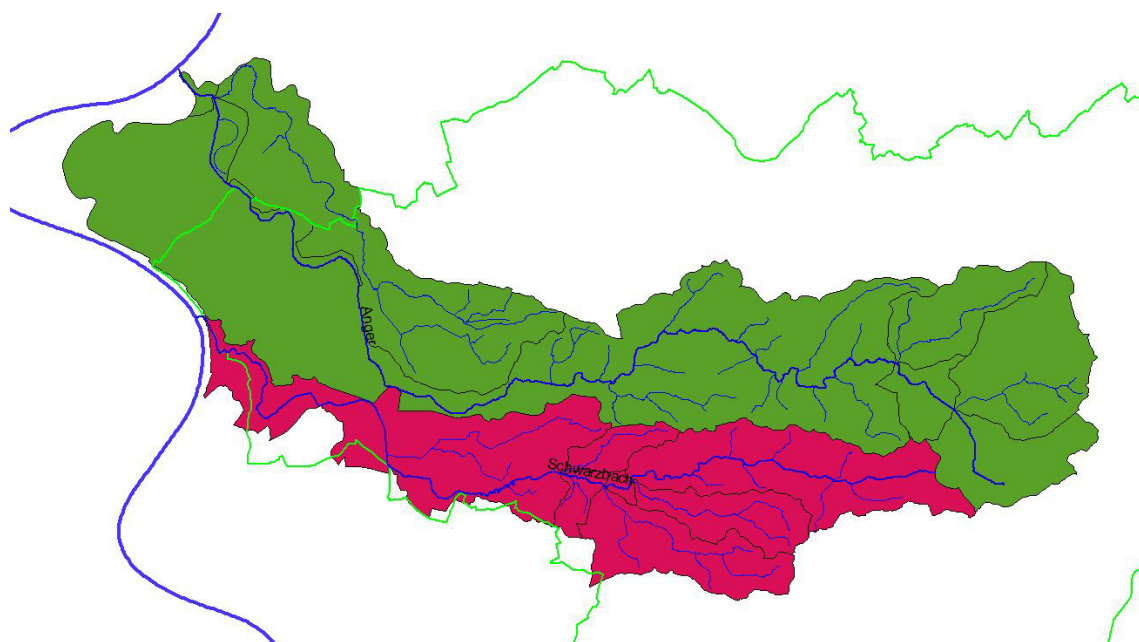


Abbildung 2-1: Einzugsgebiete Anger und Schwarzbach, Verbandsgrenze BRW (grüne Linie)

2.3 Böden

Im östlichen Bereich des Einzugsgebietes liegen in erster Linie lehmige Böden vor. Teilweise ist auch Löss vorhanden.

In der Rheinaue, also im westlichen Bereich, liegen Sand- und Kieshorizonte vor, die über älteren Flussschottern aus der Niederrheinischen Tiefebene abgelagert wurden.

An den Hängen und Hochflächen des eingerumpften Grundgebirges wurden im Quartär schluffige Lösslehme sowie Flugsande abgelagert. Im Bereich der Talzüge entstanden darüber hinaus schluffig-sandige, gelegentlich kiesige, torfige Flussablagerungen.

Im Bereich der umlagerten Lössflächen werden die Böden überwiegend durch Parabraunerden, über Hang und Hochflächenlehmen oder Schluffsteinen durch Braunerden gebildet. In den Talauen sind Gleye entwickelt.

Im Bereich von Ratingen sind vorwiegend Braunerden mit darunter liegenden Sand- und Tonsteinen anzutreffen. Braunerden als Deckschicht mit Sanden und Kiesen herrschen wiederum im Mündungsbereich der Rheinebene vor.

2.4 Flächennutzung

Das Projektgebiet ist im Osten stark von landwirtschaftlicher Nutzung und im westlichen Bereich hauptsächlich durch urbane Flächennutzung geprägt.

Auf den Höhenrücken und seichteren Talflanken im Ober- und Mittellauf wird überwiegend Ackerbau betrieben. In den flacheren Talauen liegt hauptsächlich Grünland vor, das in erster Linie als Weidefläche genutzt wird. Größere, zusammenhängende Waldflächen liegen im Ober- und Mittellauf nicht vor. An einigen Stellen in den Tälern wird Fischteichwirtschaft betrieben. Dazu werden einzelne Gewässer aufgestaut und bewirtschaftet. Die Siedlungsflächen des Schwarzbaches liegen in den Stadtteilen Mettmann-Metzkausen, Mettmann-Obschwarzbach, Ratingen-Homberg und Düsseldorf-Hubbelrath. Im Einzugsgebiet des Haarbaches/Sandbaches liegen größere Teile der Stadt Ratingen.

Im Bereich des Unterlaufes sowie im Mündungsbereich des Schwarzbaches in den Rhein liegen die Düsseldorfer Stadtteile Kalkum und Einbrungen. Hier findet man neben den Siedlungen zumeist Weide und Ackerbauflächen vor. Im Umfeld des Flughafens Düsseldorf liegt ein Teil des Düsseldorfer Stadtwaldes, der die größte Waldfläche im Projektgebiet darstellt.

Ein Teil der versiegelten Flächen besteht aus einer nennenswerten Anzahl verschiedener größerer Verkehrsflächen und -wege. Hierzu zählen die Autobahnen A3, A44 und A52 sowie die Bahnstrecken Düsseldorf-Duisburg und Düsseldorf-Ratingen, die die Flussläufe überwiegend in Nord-Süd-Richtung queren. Der Flughafen Düsseldorf umfasst einen größeren Teil der versiegelten Flächen im Einzugsgebiet des Schwarzbaches.

2.5 Besonderheiten

Die Gewässersysteme von Anger und Schwarzbach sind durch einen steuerbaren Entlastungsgraben miteinander verbunden. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass im Hochwasserfall Wasserübertritte zwischen den beiden Gewässern über die Geländeoberfläche stattfinden. Diese besonderen Gegebenheiten sind in dem hydraulischen 2D-Modell, welches beide Gewässer in einem zusammenhängenden Modell abbildet, erfasst.

Ebenfalls berücksichtigt ist der Abflussanteil, der vom Schwarzbach über eine Schwelle dem Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Kalkum zufließt.

3 Gelistete Datengrundlage

3.1 Karten

Die digitalen Kartengrundlagen wurden im Rahmen der Projektbearbeitung von der BR Düsseldorf zur Verfügung gestellt.

Für die Erstellung der Übersichtskarte im Maßstab 1 : 25.000 werden als Hintergrundinformationen die Topografischen Karten (TK25) genutzt.

Für die Erstellung der Karten im Maßstab 1 : 5.000 werden als Hintergrundinformationen die Deutschen Grundkarten (DGK5) genutzt.

3.2 Geländedaten

Die BR Düsseldorf stellte digitale Geländedaten für das Projektgebiet zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Laserscandaten als unregelmäßige Punkte mit einer je nach Region variierenden Auflösung und Datierung. Der mittlere Punktabstand liegt bei ca. 0,5 m.

3.3 Bodenarten / Geologie / Flächennutzung

Boden

Das N-A-Modell des Schwarzbachs lag für den Oberlauf als aufbereitetes Modell vor. Die darin benutzten Bodendaten und Kennwerte wurden nicht mehr verändert. Für die Modellerweiterungen im Unterlauf des Schwarzbachs stellte der BRW die Bodendaten für die im Verbandsgebiet liegenden Flächen zur Verfügung. Diese wurden implementiert. Für Einzugsgebiete außerhalb des Verbandsgebietes des BRW wurde die Bodenkarte NRW im Maßstab 1:50000 vom GLA benutzt.

Flächennutzung

Der größte Teil der Flächennutzung wurde vom BRW übergeben. Die Flächennutzung für die kommunalen Flächen in Düsseldorf im Unterlauf des Schwarzbachs stammen aus den Daten des Digitalen Landschaftsmodells des amtlichen Topografisch-Kartografischen Information-Systems (ATKIS), Basismaßstab 1:25.000.

3.4 Stadtentwässerung

Die kanalisierten Flächen und Regenbauwerke wurden aus folgenden Quellen übernommen:

- BRW: Flächen- und Bauwerksdaten der Stadt Ratingen, Stand 2010
- BRW: Bauwerksdaten zu Regenrückhaltebecken, Stand 2012
- Stadt Ratingen: Flächen- und Bauwerksdaten der Stadt Ratingen, Stand 2012
- Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf: Flächen- und Bauwerksdaten der Stadt Düsseldorf, Stand 2012

Die versiegelten Flächen wurden entsprechend den vorliegenden Unterlagen in die Modelle integriert. Der Versiegelungsanteil von befestigten Straßen und Wegen außerhalb der erfassten Stadtentwässerungsgebiete wurde auf der Basis von Erfahrungswerten abgeschätzt.

3.5 Querprofilaufnahmen

Für den Schwarzbach wurden Gewässervermessungen in Form von mehreren Hydraulikdatensätzen vom BRW übergeben. Diese umfassten Informationen über Gewässerprofile und Bauwerksgeometrien von km 0,00 bis km 26,00.

Ebenfalls enthalten sind in Klassen zusammengefasste Angaben über Rauheitswerte.

Die Profile wiesen keine Georeferenzierung auf und wurden im Rahmen der Projektbearbeitung im ETRS89/UTM32 Koordinatensystem abgebildet.

3.6 Niederschlagszeitreihen

Die für Kalibrierung und Langfristsimulation erforderlichen Niederschlagszeitreihen wurden von der BR Düsseldorf und dem BRW zur Verfügung gestellt. Unten angefügte Tabelle 3-1 stellt die Stationen mit den vorliegenden Zeiträumen zusammen.

Tabelle 3-1: Niederschlagsstationen und vorliegende Zeitspannen

NR	Stationsname	Zeitraum	Anz. Jahre
KS21	Velbert	1988 - 2011	23
KS3	Ratingen	1972 - 2011	40
KS5	Homberg Süd	Mitte 1985 - 2011	25,5
NS1	HRB Hesperbach	1984 - 2011	27
NS120	Gerresheim	1970 - 2010	40
NS14	Lintorf	Jan 1985 - 2011	25,5
NS19	Heiligenhaus -Walkm.	1989 - 2011	22
NS2	Angertal	1972 - 2011	40

NR	Stationsname	Zeitraum	Anz. Jahre
NS20	Breitscheid	1986 - 2011	25
NS22	Tönisheide	1984 - 2011	28
NS23	Hösel	1990 - 2011	21
NS24	Wülfrath	März 1974 - 2011	37
NS25	Metzkausen	1986 - 2011	25
NS6	Gruiten	1978 - 2011	34
0004	Mülheim	1978-2007	30

Alle verfügbaren Stationen wurden in das N-A-Modell eingearbeitet, die Zuordnung der einzelnen Stationen erfolgte nach dem Abstandsverfahren.

Als Grundlage für die Langfristsimulation über 40 Jahre lagen nur 3 Niederschlagsstationen im Einzugsgebiet vor. Es wurden daher noch 3 weitere Stationen, Tönisheide, Wülfrath und Mülheim, mit der nächstgelegenen langen Zeitreihe auf den Zeitraum 1.11.1971 – 31.10.2011 aufgefüllt.

In der Abbildung 3-1 ist die Lage der verwendeten Stationen ersichtlich. Die Reihen, mit denen die Langfristsimulation berechnet wurde, sind mit einem grünen Kranz um den blauen Punkt dargestellt.

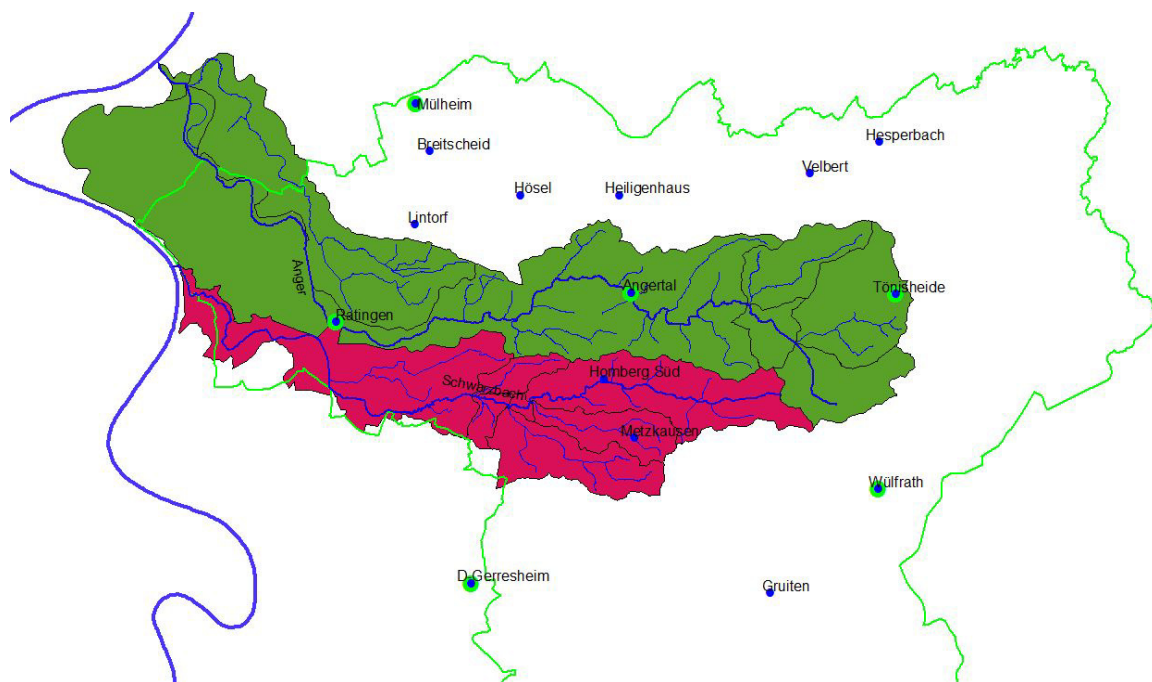


Abbildung 3-1: Niederschlagsstationen für die N-A-Simulation

3.7 Klimazeitreihen

Als Informationen über das Klima im Einzugsgebiet wurden Verdunstungs- und Temperatur-Zeitreihen der Essener Station Bredeney (KS 104) verwendet. Die Daten umfassten den Zeitraum vom 1.1.1951 bis zum 7.11.2011.

3.8 Pegeldaten

Die Qualität der Modellkalibrierung wird durch den Vergleich der gemessenen und der gerechneten Abflüsse überprüft.

3.8.1 Gewässerpegel

Im Untersuchungsgebiet liegen folgende Gewässerpegel vor:

Tabelle 3-2: Gewässerpegel im EZG Schwarzbach und vorliegende Zeitspannen

NR	Stationsname	Betreiber	Zeitraum
P42	Pegel Ratingen 2	BRW	14.6.2000 – 24.6.2012

Die Lage der Pegelmessstellen ist in Abbildung 3-2 dargestellt.

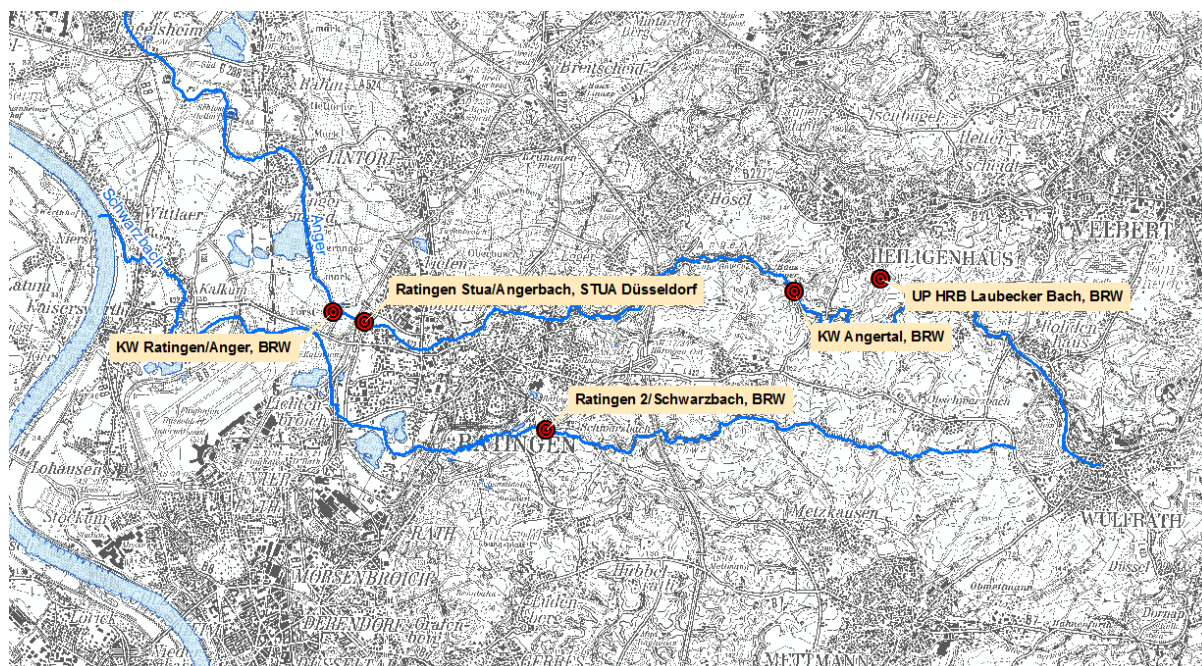


Abbildung 3-2: Übersicht über die Lage der Pegel

3.9 Berechnungsansätze für Rauheiten

Für die hydraulischen Berechnungen im 1D-Modell des Schwarzbachs liegen keine detaillierten Informationen zum Bewuchs vor. Daher wurden Rauheiten nach Manning/Strickler verwendet. Die Berücksichtigung des Vorlandbewuchses erfolgte kumuliert durch die Abbildung der Oberflächenrauheiten.

Bei den hydraulischen Berechnungen des 2D-Modells wurde die Zuweisung der Rauheiten nach Manning/Strickler auf Grundlage der Nutzungsdaten aus ATKIS (Stand 2008) durchgeführt, da eine gesonderte Abbildung des Bewuchses im 2D-Modell nicht möglich ist. Bei diesem Ansatz wird der Bewuchs über die Rauheit berücksichtigt.

4 Modelltechnik

4.1 Hydrologie

Für die Berechnungen der benötigten Abflussganglinien für die hydraulischen Simulationen wurde das Niederschlags-Abfluss-Simulationsmodell NASIM verwendet (NASIM®, Version 4.1.3, Hydrotec, Aachen).

Die für die Ermittlung der Überflutungsgebiete erforderlichen Abflussganglinien, wurden mittels der plausibilisierten und aktualisierten N-A-Modelle berechnet. Datengrundlage war das vom BRW zur Verfügung gestellte N-A-Modell für den Oberlauf. Ein detailliertes N-A-Modell für den Sandbach mit einem kleinen Teilbereich des Schwarzbaches, war vom Ing. Büro Fischer erstellt und kalibriert worden. Dies wurde ebenfalls in das Gesamt N-A-Modell Schwarzbach eingearbeitet. Die Modelle für beide Gewässer wurden im Unterlauf bis zur Mündung in den Rhein erweitert.

Das gesamte Modell wurde für die Tageswert- und die Hochwassersimulation kalibriert.

In der folgende Abbildung sind die übernommenen Teilbereiche schraffiert dargestellt:

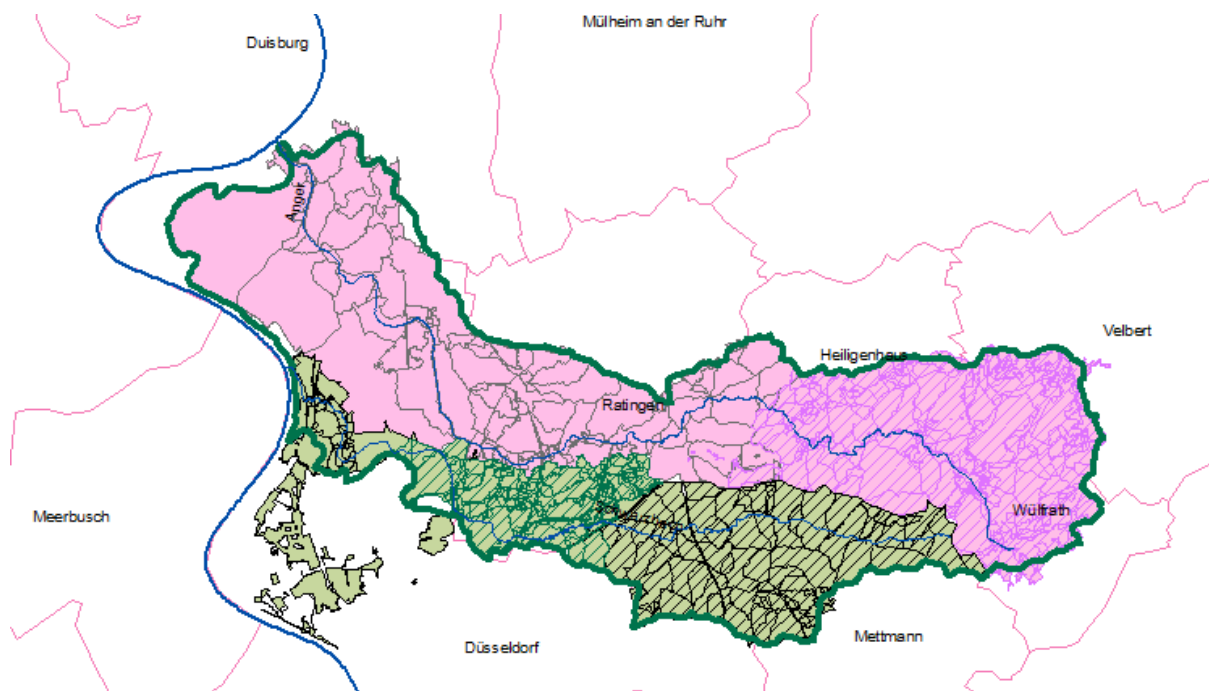


Abbildung 4-1: Übersicht Projektgebiete Anger und Schwarzbach

Schwarzbach-Oberlauf

Das Modell des Schwarzbach-Oberlaufes wurde vom BRW übernommen. Der Bereich des Oberlaufes erstreckt sich von der Quelle bis zum Pegel Ratingen 2 (EZG 30,78 km²) an dessen Pegeldata das Modell kalibriert wurde.

Die Gebietskennwerte, die im DHDN/GKK2 Koordinatensystem vorlagen mussten in das ETRS89/UTM32 Koordinatensystem umgerechnet werden, fehlende Georeferenzierungen wurden direkt im ETRS89/UTM32 Koordinatensystem bestimmt.

Schwarzbach Mittel- und Unterlauf

Der Mittel- und Unterlauf des Schwarzbacheinzugsgebietes sowie das Einzugsgebiet des Sandbachs wurden vom Ing. Büro Fischer aufbereitet und zur Einarbeitung in das Gesamtmodell Schwarzbach übernommen.

Das Modell schließt an das Einzugsgebiet des Pegels Ratingen an und umfasst eine Einzugsgebietsfläche von insgesamt 39,25 km². Dieser mittlere Teil des Schwarzbachmodells liegt in einer sehr hohen Detaildichte vor. Die EG-Flächen von Sandbach/Haarbach und Schwarzbach sind durch die Kanalisierung stark verwoben. Eine Abtrennung des Haarbach-Modells war daher nicht sinnvoll.

Der bisher noch nicht abgebildete Bereich des Schwarzbach-Unterlaufes (Abschlag zum HRB Kalkum bis zur Einmündung in den Rhein) wurde auf Basis der Topografie (DGM) und des Fließgewässersystems komplettiert. Die natürlichen Flächen wurden mit den Daten der Stadtentwässerung verschnitten. Das RRB Kalkumer Schlossallee, im Bereich des unteren Schwarzbach sowie die wesentlichen Bestandteile der Stadtentwässerung wurden in das Modell eingearbeitet.

Des Weiteren wurde das HRB Kalkum in das Modell eingearbeitet. Das angesetzte Volumen von ca. 478.000 m³ entspricht dem zum Zeitpunkt der Modellerstellung tatsächlich vorhandenem Volumen (Istzustand).

4.2 Hydraulik

4.2.1 1D-Modellierung

Die Daten des hydraulischen 1D-Modells wurden vom BRW zur Verfügung gestellt. Das Modell wurde auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft und überarbeitet:

- Da die Profile keine Georeferenzierung aufwiesen, wurden sie über die angegebene Kilometrierung sowie Lageübereinstimmung in DGM und DGK5 im ETRS89/UTM32 Koordinatensystem georeferenziert.
- Zur vollständigen Abbildung des durchströmten Querschnitts wurden einige Profile ins Vorland verlängert. Hierzu wurden die hydraulisch relevanten Höhen der Profilverlängerungen aus dem DGM entnommen.
- Einige Bauwerksabbildungen mussten in den Typ „überströmbares Profil“ umgewandelt werden. Verlauf und Höhe des hierbei erstellten Überströmprofils wurden aus dem DGM entnommen.

Die 1D-Wasserspiegellagenberechnungen des HQ₁₀₀ des Schwarzbaches wurden stationär ungleichförmige von km 15,700 bis km 26,075 durchgeführt.

Der angesetzte Wasserstand des ersten Profils im 1D-Modell wurde aus dem entsprechenden Wasserstand des 2D-Modell entnommen.

4.2.2 2D-Modellierung

Die Gewässersysteme von Anger und Schwarzbach sind durch einen Entlastungsgraben miteinander verbunden. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass im Hochwasserfall Wasserüberbritte zwischen den beiden Gewässern über die Geländeoberfläche stattfinden.

Daher wurden beide Gewässer gemeinsam in einem hydraulischen 2D-Modell abgebildet (HYDRO_AS-2D, Version 2.2, Dr. M. Nujić, Rosenheim, Deutschland).

Die Berechnung erfolgt instationär mit den aus der Hydrologie ermittelten Abflussganglinien.

Die Mündungssituation in den Rhein wurde nach Vorgabe des AG durch die in Tabelle 4-1 **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** dargestellten Wasserstände abgebildet.

Tabelle 4-1: Rheinwasserstände an den Gewässermündungen nach Berechnungsszenario

Szenario	WSP Angermündung [mNN]	WSP Schwarzbachmündung [mNN]
HQ ₁₀	28,49	30,87
HQ ₁₀₀	30,09	32,49
HQ ₁₀₀	30,84	33,27

4.3 Verwendete Software

Die hydrologischen Berechnungen wurden mit dem Programmsystem NASIM, Version 4.1.3 durchgeführt (NASIM®, Version 4.1.3, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen).

Die eindimensionalen hydraulischen Berechnungen und die grafischen Darstellungen der Daten und Ergebnisse erfolgen für das Programmsystem Jabron, Version 6.8 (Jabron, Version 6.8, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen) und JabPlot, Version 3.0 (JabPlot, Version 3.0, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen).

Die zweidimensionalen hydraulischen Berechnungen und die grafischen Darstellungen der Daten und Ergebnisse erfolgen für das Programmsystem HYDRO_AS-2D, Version 2.2 (HYDRO_AS-2D, Vers. 2.2, Dr.-Ing. M. Nujić, Rosenheim).

Die Kartendarstellungen wurden mit dem Programm ArcGIS, Version 9.3 bearbeitet und dargestellt (ArcGIS®, Version 9.3, ESRI, Redlands, CA, USA).

4.4 Erläuterungen und Anwendungsbereiche 1D / 2D

Die Berechnungen der Überschwemmungsgrenzen des Gewässeroberlaufes (Schwarzbach von km 15,700 bis km 26,075) wurden auf der Basis eines eindimensionalen hydraulischen Wasserspiegellagenmodells ermittelt. Die Analyse der berechneten Ergebnisse zeigt, dass die mit dem 1D-Modell ermittelten Überschwemmungsgrenzen plausibel sind.

In dem unteren Gewässerabschnitt (Schwarzbach von km 0,0 bis km 15,700) wurde die Berechnung mit dem 2D-Modell unter Verwendung einer instationären Bemessungswelle durchgeführt. In diesem Gewässerabschnitt liegen mehrere Bereiche mit sehr hohem Schadenspotenzial vor. Zusätzlich sind aufgrund der flachen Geländetopographie sehr große Ausuferungen im Vorland vorhanden, die mit einem 1D-Modell nicht korrekt abgebildet werden können.

Neben der genauen Erfassung von Fließwegen im Vorland wird durch das 2D-Modell das vorhandene Abflussvolumen berücksichtigt, was eine sehr detaillierte Ermittlung von Überschwemmungsflächen ermöglicht.

5 Modellkalibrierung / Modellvalidierung

5.1 Hydrologie

Die parallele Bearbeitung von Tageswertkalibrierung, Hochwasserkalibrierung und Modellsimulation mit Bemessungsniederschlägen ermöglicht den Austausch von Erkenntnissen zwischen diesen Arbeitsschritten.

Bei der Tageswertkalibrierung stehen die langfristige Wasserbilanz und Anfangsbedingungen für Hochwasserereignisse im Vordergrund, bei der Hochwasserkalibrierung die korrekte Anpassung von Abflussscheitelwerten und Wellenablauf. Bei der Simulation mit Bemessungsniederschlägen erfolgt ein Abgleich mit der jeweiligen Pegelstatistik.

Tabelle 5-1 zeigt die verwendeten Pegel, das zugehörige Systemelement (SE) des Modells und Zeiträume, die jeweils zur Kalibrierung verfügbar waren.

Tabelle 5-1: Zur Kalibrierung verwendete Pegel

Nummer	Name	Gewässer	Be-treiber	AE0 [km ²]	NASIM SE	vorhandener Zeitraum
P24	KW Angertal	Anger	BRW	40,8	PAN	8.8.1972 - 21.11.2011
2756500000100	Ratingen	Anger	StUA	63,2	3132_15000	1.11.1958 - 1.10.2010
P23	KW Ratingen	Anger	BRW	63,8	3132_12000	22.8.1979 - 21.12.2011
P42	Ratingen 2	Schwarzbach	BRW	31,4	Pegel Ra-tingen_2	14.6.2000 - 24.6.2012

Folgende Kennwerte wurden in der Kalibrierung durch Faktoren angepasst:

- Maximale Infiltrationsrate der obersten Bodenschicht
- Horizontale Leitfähigkeit des Bodens
- Vertikale Leitfähigkeit des Bodens
- Retentionskonstante Oberflächenabfluss
- Retentionskonstante Interflow
- Retentionskonstante Basisabfluss

5.1.1 Tageswert-Kalibrierung

Die Tageswert-Kalibrierung und -simulation erfolgte für die hydrologischen Jahre 2001 bis 2010 auf Tageswertbasis zur Überprüfung der Wasserbilanz und zur Ermittlung der Anfangsbedingungen für die Kalibrierung der Hochwasserereignisse.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Tageswert-Kalibrierung an dem Pegel des Schwarzbachs für eine Auswahl hydrologischer Jahre zwischen 2001 und 2010. Die Messwerte des Pegels sind jeweils in schwarzer Signatur, die Modellergebnisse in roter Signatur dargestellt. Neben den Abflussganglinien sind die Summenlinien für die gerechneten und gemessenen Abflüsse jeweils aufsummiert auf ein halbes hydrologisches Jahr (Winter/Sommer) dargestellt.

Die Simulationsergebnisse der Tageswertsimulation passen gut bis sehr gut mit den Messwerten überein. Abweichungen in den Tageswerten (Scheitelwerten) sind zum einen auf die unterschiedliche Bilanzierung zurück zu führen. In der Tageswertsimulation wird die Belastungsgröße Niederschlag auf einen Tag zusammengefasst, bei der dargestellten Pegelganglinie wurde der Abfluss auf Tageswerte interpoliert. Zum anderen tragen lokale Nieder-

schlagsereignisse zu Abweichungen bei, die in ihrer Verteilung nicht mit dem Modell nachgebildet werden können.

In der Jahresbilanz sind teilweise Abweichungen in den Wintermonaten zu erkennen, die in erster Linie auf die mit dem Modell schlecht darzustellenden Schnee- und Tauwetterereignisse zurück zu führen sind.

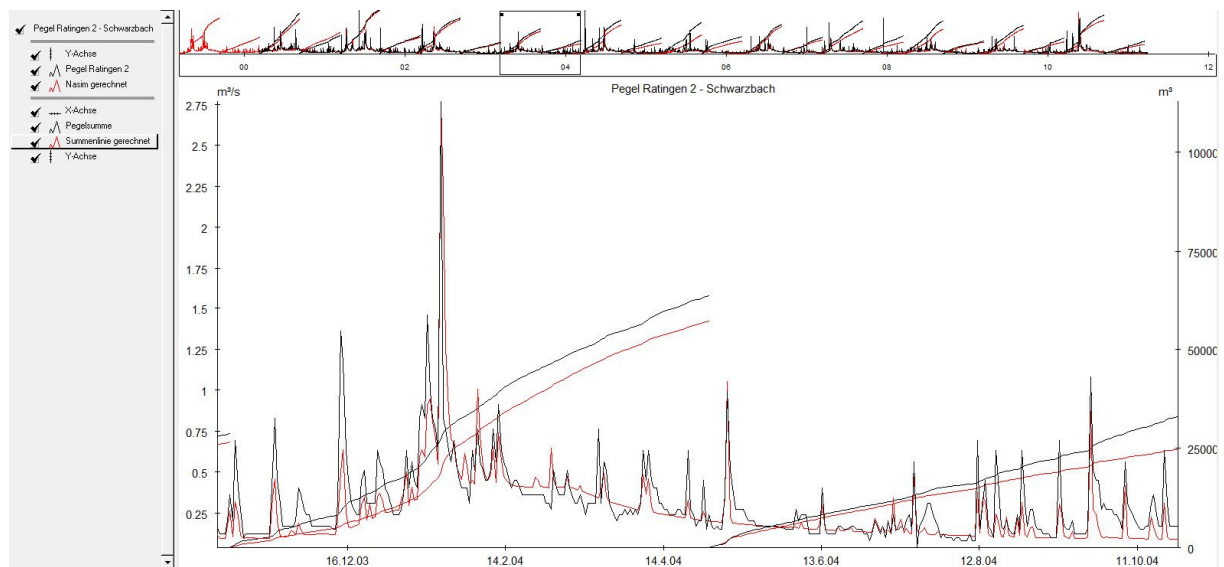


Abbildung 5-1: Tageswert-Kalibrierung Schwarzbach hydrologisches Jahr 2004

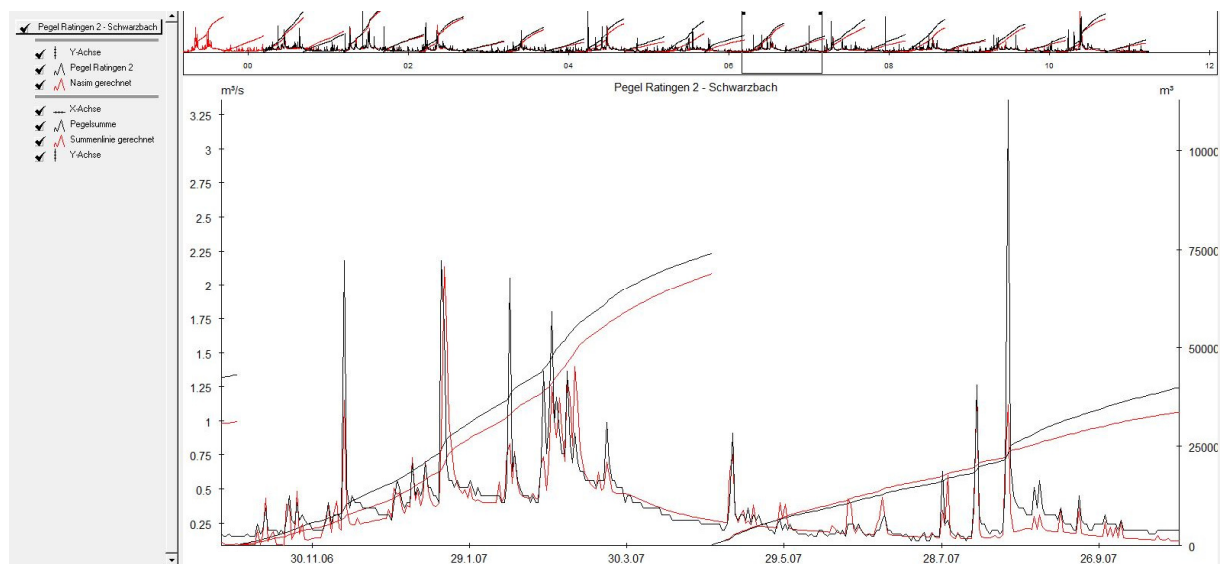


Abbildung 5-2: Tageswert-Kalibrierung Schwarzbach hydrologisches Jahr 2007

5.1.2 Hochwasser-Kalibrierung

Die Modellkalibrierung für Hochwasserereignisse mit einem Zeitschritt von 6 Minuten erfolgte anhand der Hochwasserereignisse November 2004, Januar 2005, August 2007 und Juli/August 2008.

Bei der Kalibrierung wurden insbesondere Parameter der Abflussbildung (max. Infiltrationsrate, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit sowie maximale Interflowrate) und der Abflussretention (Retentionskonstanten der Speicher für die Abflussanteile Oberflächenabfluss, Interflow und Basisabfluss) variiert.

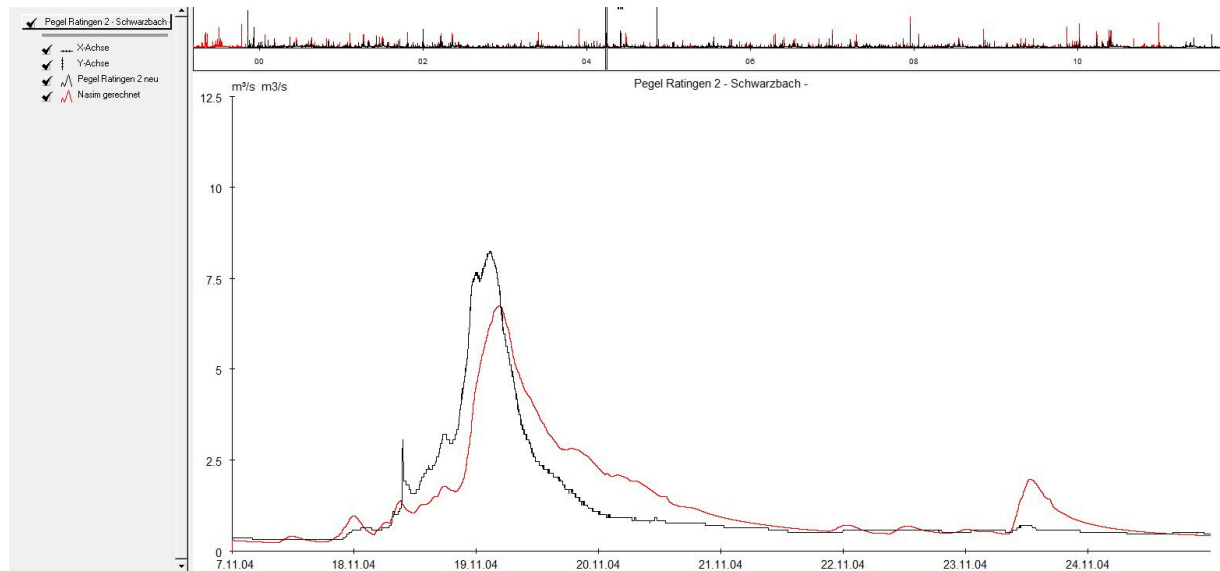


Abbildung 5-3: Kalibrierung HW-Ereignis November 2004

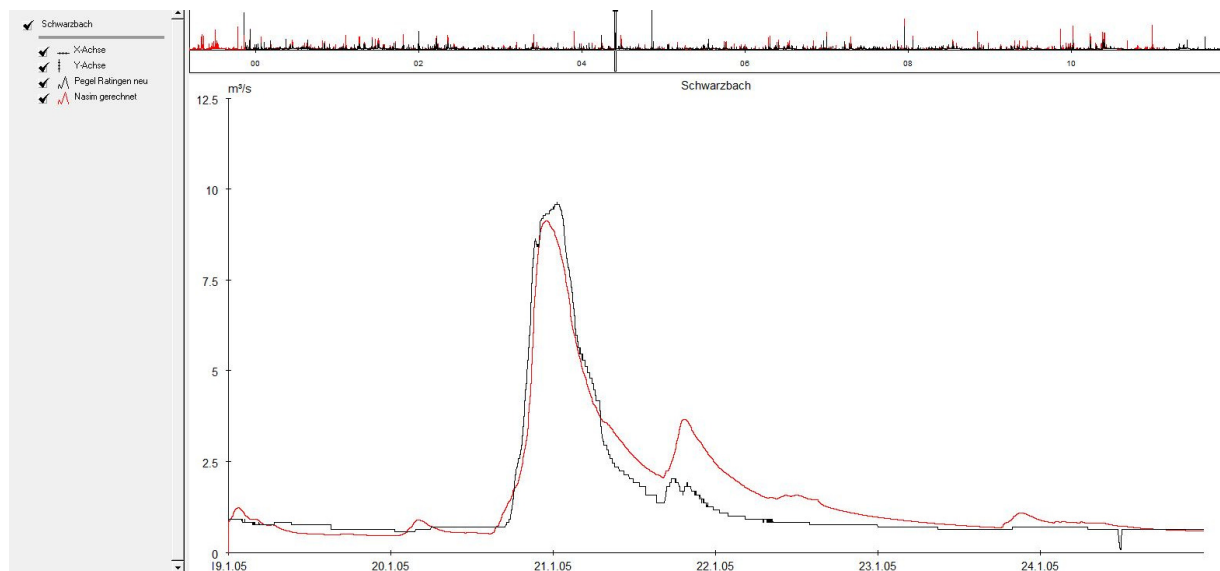


Abbildung 5-4: Kalibrierung HW-Ereignis Januar 2005

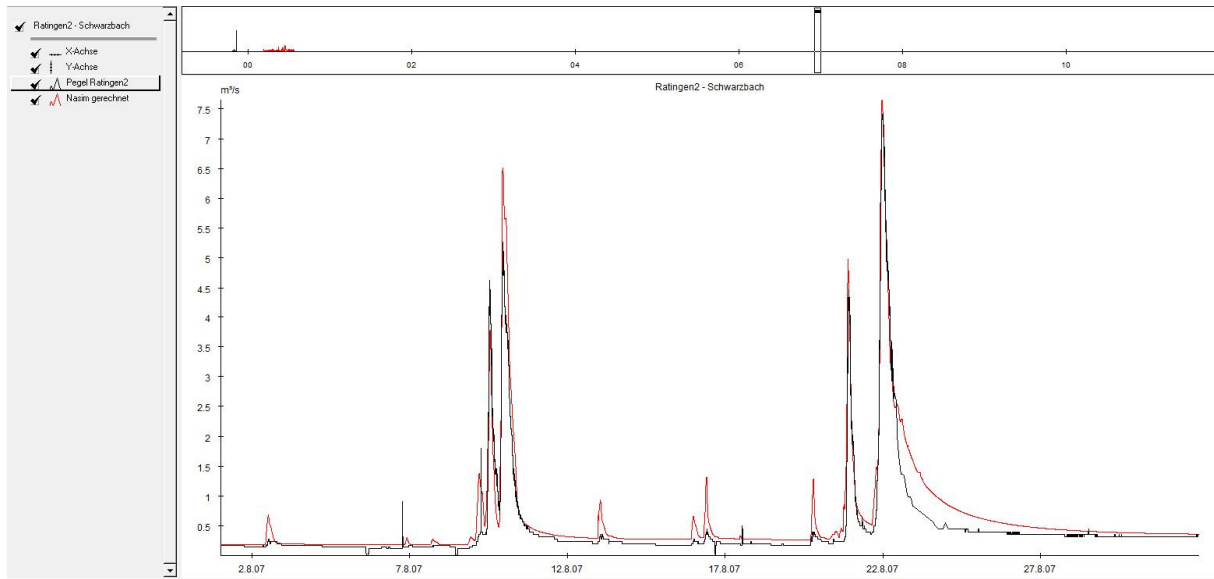


Abbildung 5-5: Kalibrierung HW-Ereignis August 2007

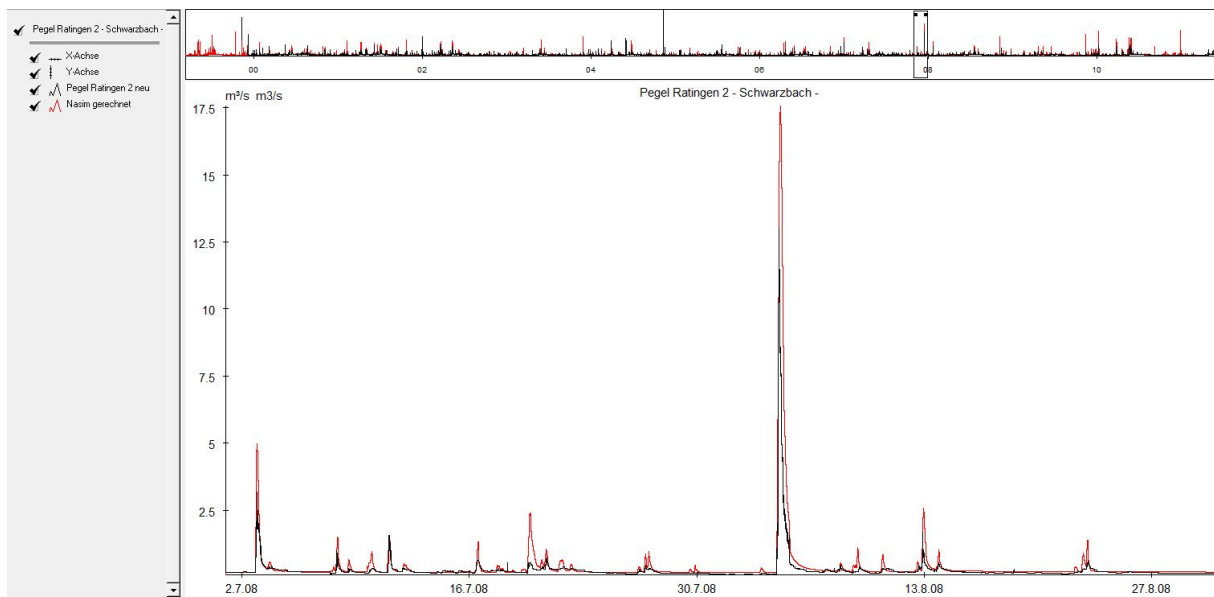


Abbildung 5-6 Kalibrierung HW-Ereignis Juli/August 2008

5.1.3 Kalibrierung des hydraulischen Modells

Ziel der hydraulischen Kalibrierung ist es, die angesetzten Rauheitsgrößen und Bewuchsparameter zu verifizieren. Diese hydraulischen Eingangswerte wurden bei der Vermessung bzw. bei den Begehungen aufgrund von Erfahrungswerten abgeschätzt und bergen u. U. Ungenauigkeiten in sich. Diese können durch die Kalibrierung aufgedeckt und korrigiert werden. Weiterhin können die angesetzten lokalen Verluste (Bauwerksverluste u. ä.) überprüft werden. Die geometrischen Eingangsdaten sind im Gegensatz dazu unveränderliche Größen.

Die Kalibrierung durch Annäherung von gemessenen und berechneten Werten erfolgte anhand des Pegels Ratingen 2/Schwarzbach. Der Pegel liegt bei Gewässerkilometer 15,712 direkt oberhalb des Autobahndurchlasses BAB 44 südöstlich von Ratingen.

In einem ersten Schritt werden die gemessenen mit den berechneten W/Q-Werten unter Verwendung der originalen Rauheiten verglichen.

Abbildung 5-7 zeigt den Verlauf der W/Q-Beziehung unter Verwendung des Modells mit den enthaltenen Rauheiten im Bezug zu den gemessenen W/Q-Beziehungen.

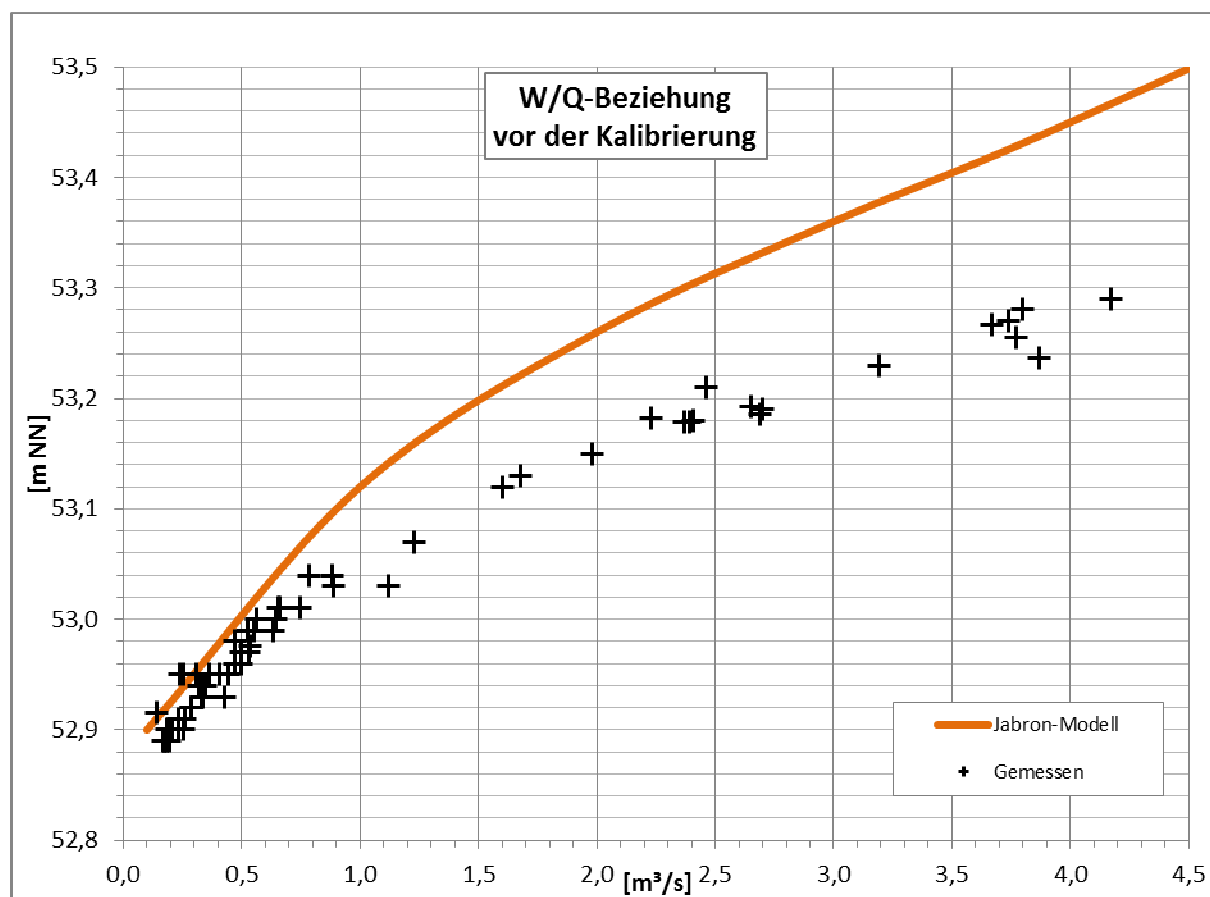


Abbildung 5-7: Darstellung der gemessenen und der berechneten Ergebnisse des Modells vor der Kalibrierung

Die große Abweichung der Berechnungsergebnisse von den Messwerten zeigt, dass das hydraulische Modell optimiert werden muss.

Die Abbildung der Rauheiten in dem Modell ist über Klassen (siehe Tabelle 5-2) durchgeführt worden, welche jeweils die durchschnittliche Oberflächenbeschaffenheit und den Bewuchs eines Gerinneabschnittes erfassen sollen. Die hierbei angesetzten Rauheiten sind unter Betrachtung der Gewässercharakteristik als sehr rau zu bewerten, was die Berechnung mit diesen Werten bestätigt.

Zur Verbesserung der Rauheitsabbildung des Modells wurde eine Klasse ergänzt (Klasse BW). Die Vergabe der Rauheitswerte dieser Klasse wurde durch Eigenschaften bestimmt die sich aufgrund der vorhandenen Datenlage ableiten ließ (Foto, Kreisdurchlass = Beton/Steinzeug/etc.).

Die Werte der jeweiligen Klassen wurden iterativ angepasst bis die Berechnungsergebnisse bestmöglich mit den gemessenen Werten übereinstimmten. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die angesetzten Rauheitswerte den jeweiligen Bereich (Sohle/Vorland/etc.) verhältnismäßig repräsentieren.

Die durch die Kalibrierung ermittelten Rauheitswerte sind in Tabelle 5-2 dargestellt.

Tabelle 5-2: Rauheitsklassen vor und nach der Kalibrierung

Name	Im Modellabschnitt hauptsächlich vergeben für:	K _{st} - Ori. [m ^{1/3} /s]	K _{st} -Kali. [m ^{1/3} /s]
Klasse 1	Vorland/Böschung	10	25
Klasse 2	Sohle/Böschung/geschl. Profil	20	35
Klasse 3	geschlossenes Profil	25	38
Klasse 4	geschlossenes Profil	30	40
Klasse 6	Vorland (als inaktiv zu werten)	5	5
Klasse BW	Geschlossene Profile (glatt)	-	45

Die gemessenen Abflussgrößen reichen von ca. 0,14 m³/s bis 4,17 m³/s.

In Tabelle 5-3 ist eine Gegenüberstellung der gemessenen Q-H-Beziehungen mit den berechneten Q-H-Beziehungen dargestellt. Die Werte der Näherungsfunktion sind ebenfalls zur Orientierung enthalten. Die Abweichung ΔH bezieht sich auf den jeweiligen Messwert in der letzten Spalte. Abbildung 5-8 zeigt eine graphische Darstellung der Q-H-Beziehungen für diesen Bereich.

Tabelle 5-3: Gegenüberstellung der gemessenen Wasserstände mit den berechneten und den Werten der Verteilungsfunktion (Höhe im Bezug zum PNP)

Abfluss [m ³ /s]	h-Berechnet [m]	ΔH [%]	h-Näherungsfunktion [m]	ΔH [%]	h-Messung [m]
1,00	0.31	0.64	0.32	2.56	0.31
2,00	0.42	-3.67	0.42	-3.67	0.44
3,00	0.51	6.25	0.48	1.04	0.48
4,00	0.58	8.13	0.54	0.67	0.54
4,17	0.59	5.36	0.55	-1.79	0.56
Ø (ABS)		7,2		5,74	
Ø (mittel)		3,08		-0,24	

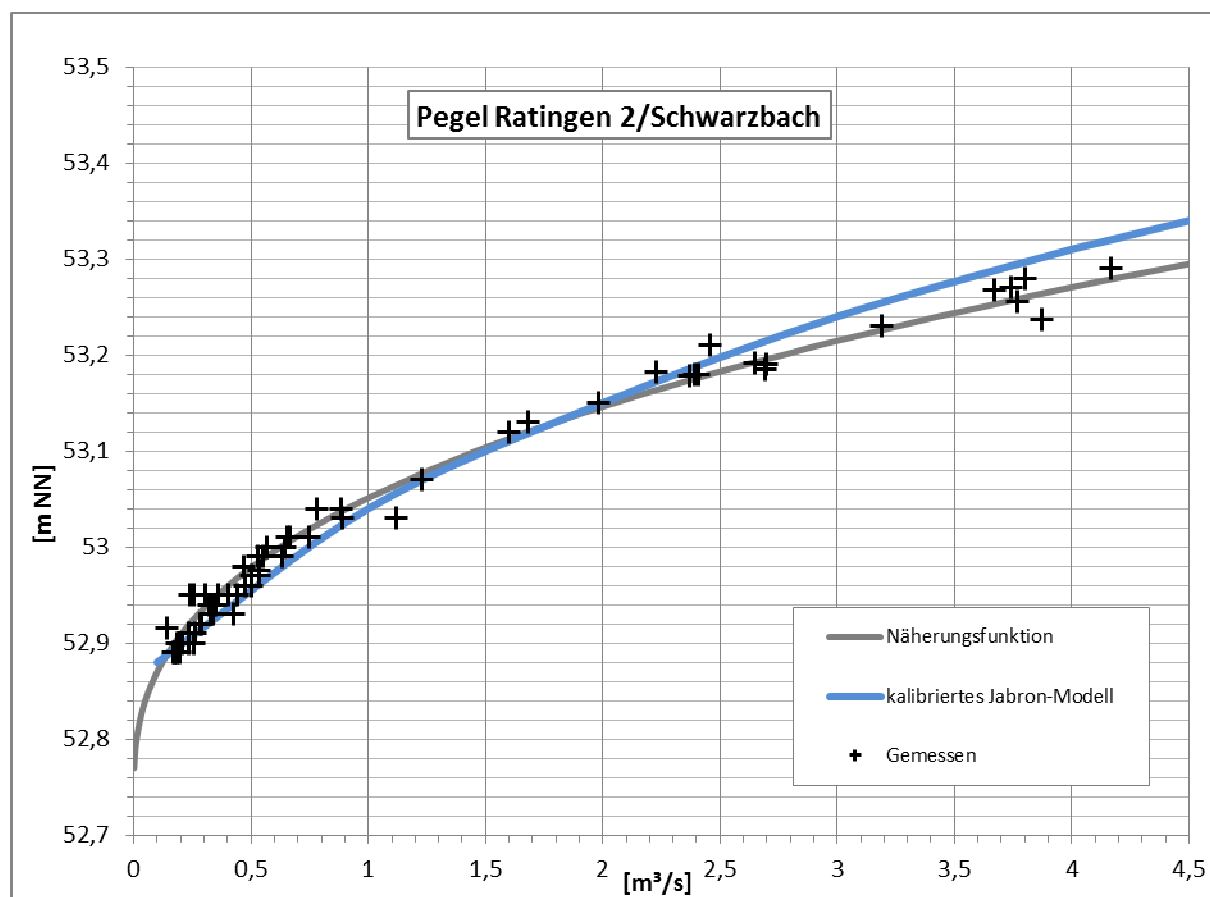


Abbildung 5-8: Darstellung der gemessenen und der berechneten Ergebnisse des kalibrierten Modells

5.2 Dokumentation der Anfangsbedingung und Belastungsdaten

Am untersten Profil des hydraulischen 1D Modells wurde ein Wasserstand als Anfangsbedingung gesetzt. Dieser Wasserstand aus den Berechnungsergebnissen des 2D-Modells wurde unter Annahme des gleichen Abflusses entnommen.

6 Bewertung der Ergebnisse der hydraulischen Berechnung

Die Überflutungsflächen wurden für das HQ₁₀₀ in den 1D-Bereichen durch Verschneidung der berechneten Wasserspiegellagen mit dem digitalen Geländemodell ermittelt.

In den Bereichen mit der hydraulischen 2D-Berechnung wurden die Wasserspiegellagen mit dem für das 2D-Modell modifizierten digitalen Geländemodell ermittelt.

Maßgebliche Ausuferungsbereiche, die sich an der Schwarzbach bei einem HQ₁₀₀ Abflussergebnis ergeben, sind in Tabelle 6-1 aufgelistet.

Tabelle 6-1: Maßgebliche Ausuferungen des HQ₁₀₀ an der Schwarzbach

Bereich	Kilometer		Ausuferungen		Bemerkungen
	von	bis	links	rechts	
Anger					
Schwarzbach-Mündung Einbrungen	1+2	2+1	x	x	Objekte betroffen, haupts. durch Rheinwasserstand
Am Klompenkothen	2+9	3+0	x	x	Objekt betroffen
Kleianshof	3+7	4+4	x	x	Objekte betroffen
Hüttenhof	4+2	4+4	x	-	Objekte betroffen
Zwischen Zeppenheimerstr. und B8	4+5	5+6	x	-	-
vor Schwarzbach Entlastungsgraben	6+0	6+5	x	x	Flughafenwiesen betroffen
Mündung Anger Entlastungsgraben	7+5	8+1	x	x	Grundwassersee betroffen
AK Düsseldorf Nord	8+5	9+5	x	x	Kläranlage betroffen, BAB betroffen
Gut Volkardey / Gut Niederbeck	9+7	11+8	x	x	Gewerbe betroffen, Objekte betroffen, Grundwasserseen betroffen
Düsseldorfer Straße	11+9	12+5	x	x	Gewerbe betroffen, Objekte betroffen, Übertritt zum Kettelbach
Schwarzbachtal	12+6	14+5	x	x	Objekte betroffen, Naturschutzgebiet
Knitkuhler Straße	14+7	15+0	-	x	Objekte betroffen
Voisweg	15+3	15+6	x	x	-
Mühlenhauschen	15+7	16+2	x	x	Objekte betroffen
Schönheitsmühle / Buchmühle	16+4	16+9	x	x	Objekte betroffen

Bereich	Kilometer		Ausuferungen		Bemerkungen
	von	bis	links	rechts	
Anger					
Scheffmühle	17+0	17+6	x	x	Objekte betroffen
Hackenbergrweg	18+0	18+6	x	x	
Götzenberg	18+8	20+0	x	x	Naturschutzgebiet
Groß-Ilbeck	20+3	20+9	x	x	Naturschutzgebiet
Homberg – Krampenhaus	21+3	21+6	x	x	Objekte betroffen
Schwarzbachhof / -mühle	21+8	23+0	-	x	Objekte betroffen
Zur Kuhlen	23+8	24+2	x	x	Objekte betroffen
Hausmanns Graben	24+3	24+8	x	x	RRB
Bulthausen	25+1	25+2	x	x	
Reinerzhäuschen	25+4	25+6	-	x	

Ausuferungen, bei denen hohe Schäden zu erwarten sind, liegen insbesondere bei den o.g. Gewerbeobjekten vor.

Die Karten zeigen, dass in vielen Abschnitten mit großen Ausuferungen die natürlichen Retentionsräume eines HQ₁₀₀ Abflussereignis in Anspruch genommen werden. Hier sind i.d.R. keine Objektgefährdungen zu erwarten.

7 Literatur

Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., BWK (1999): Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Merkblatt Nr.1, Düsseldorf.

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., DVWK (Hrsg.) (1991): Hydraulische Berechnung von Fließgewässern. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 220, Hamburg.

Hydrotec (2012): Kalibrierung des hydraulischen 1D-Modell Schwarzbach und Berechnung einer Pegelkurve am Pegel „Ratingen 2/Schwarzbach“