



Bezirksregierung Düsseldorf

Überschwemmungsgebiet Anger



Erläuterungsbericht

August 2013
(geändert: Januar 2015)

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 die Anger (km 10,2) süd-östlich von Angermund.

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 Januar 2015 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
3 Gelistete Datengrundlage	3
3.1 Karten	3
3.2 Geländedaten.....	3
3.3 Bodenarten / Geologie / Flächennutzung	3
3.4 Stadtentwässerung	3
3.5 Querprofilaufnahmen.....	4
3.6 Niederschlagszeitreihen	4
3.7 Klimazeitreihen.....	6
3.8 Pegeldaten.....	6
3.8.1 Gewässerpegel	6
3.9 Berechnungsansätze für Rauheiten	7
4 Modelltechnik	7
4.1 Hydrologie.....	7
4.1.1 Modell Anger.....	8
4.2 Hydraulik	8
4.2.1 1D-Modellierung.....	8
4.2.2 2D-Modellierung.....	9
4.3 Verwendete Software	9
4.4 Erläuterungen und Anwendungsbereiche 1D / 2D	10
5 Modellkalibrierung / Modellvalidierung	10
5.1 Hydrologie.....	10
5.1.1 Tageswertkalibrierung	11
5.1.2 Kalibrierung des hydraulischen Modells	12
5.2 Dokumentation der Anfangsbedingung und Belastungsdaten	13
6 Bewertung der Ergebnisse der hydraulischen Berechnung	14

7	Änderungen zur Offenlage vom 13.02.2014	16
8	Literatur	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Einzugsgebiete Anger und Schwarzbach, Einzugsbereich BRW (grüne Linie)	2
Abbildung 3-1:	Niederschlagsstationen für die N-A-Simulation	6
Abbildung 3-2:	Übersicht über die Lage der Pegel	7
Abbildung 4-1:	Übersicht Projektgebiete Anger und Schwarzbach.....	8
Abbildung 5-1:	Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2003	11
Abbildung 5-2:	Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2007	12
Abbildung 5-3:	Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2008	12
Abbildung 5-4:	Pegel KW Angertal (Anger), Vergleich gemessener und berechneter Werte	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Niederschlagsstationen und vorliegende Zeitspannen	5
Tabelle 3-2:	Gewässerpegel im EZG der Anger und vorliegende Zeitspannen	6
Tabelle 4-1:	Rheinwasserstände an den Gewässermündungen nach Berechnungsszenario	9
Tabelle 5-1:	Zur Kalibrierung verwendete Pegel	10
Tabelle 6-1:	Maßgebliche Ausuferungen des HQ_{100} an der Anger	14

1 Einleitung / Allgemein

Die Bezirksregierung (BR) Düsseldorf beabsichtigt für das Gewässer Anger Überschwemmungsgebiete (ÜSG) nach § 76 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) festzusetzen. Hierfür werden Festsetzungsunterlagen (Karten, Erläuterungsberichte) benötigt. Die unteren und mittleren Abschnitte der Anger sind zudem als Risikogebiete im Sinne der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie ausgewiesen. Für die betroffenen Abschnitte sind zusätzlich Hochwassergefahrenkarten (HWGK) und Hochwasserrisikokarten (HWRK) gemäß § 74 Abs. 2 WHG anzufertigen.

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“.

Soweit bestehende hydraulische und hydrologische Modelle zur Anwendung kamen, wurden diese vom Bergisch Rheinischen Wasserverband (BRW) zur Verfügung gestellt.

Die Anger ist über einen steuerbaren Entlastungsgraben mit dem Schwarzbach verbunden. Der Entlastungsgraben wurde in den modelltechnischen Berechnungen als „geschlossen“ angenommen. Es kommt im Hochwasserfall jedoch zu Wasserübertritten zwischen den beiden Gewässereinzugsgebieten über die Geländeoberfläche. 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 der Anger. Eine vollständige Darstellung der verwendeten Modelle und Datengrundlagen enthält die Modelldokumentation „Technische_Dokumentation_HWRMRL_HWGK_Schwarzbachsystem“, Hydrotec 2013.

2 Gebietsdarstellung

2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet der Anger umfasst das Gebiet zwischen den Ausläufern des bergischen Landes in Wülfrath und der Rheinniederung im Bereich von Düsseldorf-Angermund und Duisburg-Angerhausen. Die Anger hat ein natürliches Einzugsgebiet von ca. 93 km².

Naturräumlich gesehen beginnt die Anger mit einem relativ steilen Oberlauf im hügeligen Bergischen Land und endet mit einem flachen Unterlauf in der Rheinischen Tiefebene. Die Hauptfließstrecke liegt im Einzugsgebiet des BRW. Die Anger zählt neben der Itter und der Düssel zu den wichtigsten Abdachungsflüssen des Niederbergischen Landes zum Rhein.

2.2 Gewässerverlauf

Die Anger entspringt im Stadtgebiet von Wülfrath in einer Höhe von ca. 173 mNN. Sie durchfließt auf ihrem Lauf die Ortschaften Rohdenhaus, Flandersbach, Obenanger, Ratingen, Angermund und Duisburg (hier die Stadtteile: Ungelsheim, Hüttenheim), wo sie im Stadtteil Angerhausen in den Rhein mündet.

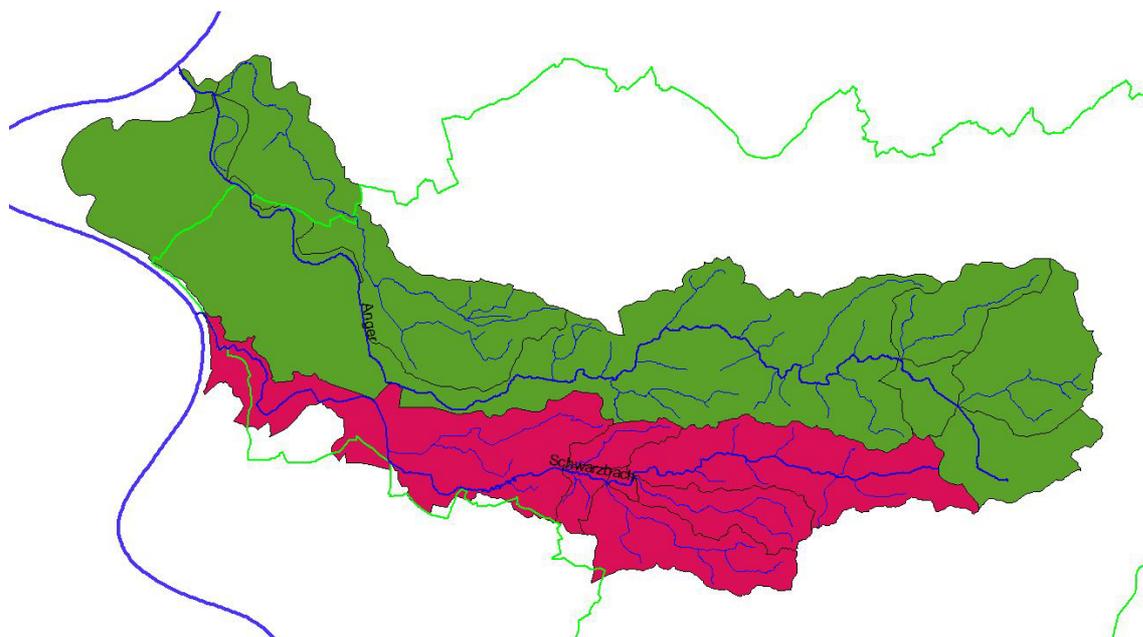


Abbildung 2-1: Einzugsgebiete Anger und Schwarzbach, Verbandsgrenze BRW (grüne Linie)

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 der Kalksteinbrüche (Velbert, Wülfrath) sind vorwiegend Deckschichten aus Braunerden mit darunter liegenden Kalksteinschichten (Karbon, Devon) anzutreffen. Im Ober- und Mittellauf des Angerbachs bestimmen Kalksteine unter Parabraunerden die Bodencharakteristik. 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. Zwischen Ratingen und Angermund sind weiträumig Gleye anzutreffen.

2.4 Flächennutzung

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

Auf den im Ober- und Mittellauf befindlichen Höhenrücken und seichteren Talflanken 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.

Der Siedlungsflächen der Anger liegen in Rohdenhaus, Flandersbach, Obenanger, Ratingen, Angermund und Duisburg (hier die Stadtteile: Ungelsheim, Hüttenheim und Angerhausen).

Ein Teil der versiegelten Flächen besteht aus größeren Verkehrsflächen und -wegen. Hierzu zählen die Autobahnen A3 und A52 sowie die Bahnstrecken Düsseldorf-Duisburg und Düsseldorf-Ratingen, die den Flusslauf in Nord-Süd-Richtung queren.

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

Bei dem N-A-Modell Anger lag der Oberlauf als aufbereitetes System vor. Die darin benutzten Bodendaten und Kennwerte wurden nicht mehr verändert. Für die Modellerweiterungen im Unterlauf der Anger stellte der BRW die Bodendaten jeweils für die Bereiche, die im Verbandsgebiet liegen zur Verfügung. Diese wurden implementiert. Für die Einzugsgebiete außerhalb des Verbandsgebietes des BRW wurde die Bodenkarte NRW im Maßstab 1:50 000 vom GLA benutzt.

Flächennutzung

Der größte Teil der Flächennutzung wurde vom BRW übergeben. Die Flächennutzung für die kommunalen Flächen in Duisburg und Düsseldorf im Unterlauf der Anger stammen aus den Daten des Digitalen Landschaftsmodells des amtlichen Topografisch-Kartografischen Informations-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
- Wirtschaftsbetriebe Duisburg: Flächen- und Bauwerksdaten der Stadt Duisburg (GEP Huckingen), 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 die Anger wurden Gewässervermessungen in Form von mehreren Hydraulikdatensätzen vom BRW übergeben. Diese umfassen die Gewässerkilometer von km 0,000 bis km 35,150 wobei die einzelnen Abschnitte verschiedenen Aktualisierungsdatierungen aufweisen.

Für den Bereich von der Mündung bis km 3,096 wurden im Rahmen der Projektbearbeitung 2012 neue Vermessungen durchgeführt. Für den Abschnitt von km 3,914 bis km 9,432 ist 2011 im Rahmen einer Baumaßnahme eine Bestandsvermessung durchgeführt worden.

Die Profile aus den Bereichen zwischen Neu- und Bestandsvermessung sowie oberhalb vom km 9,432 sind aus einem hydraulischen Modell entnommen, welches bis 2005 fortlaufend aktualisiert wurde.

Die Neuvermessung wurde im ETRS89/UTM32 Koordinatensystem durchgeführt.

Alle anderen Profildaten lagen im DHDN/GKK2 Koordinatensystem vor und wurden in das ETRS89/UTM32 Koordinatensystem transformiert (DHDN_To_ETRS_1989_8_NTv2).

Die verwendete Kilometrierung bezieht sich auf die GSK 3C.

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
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.

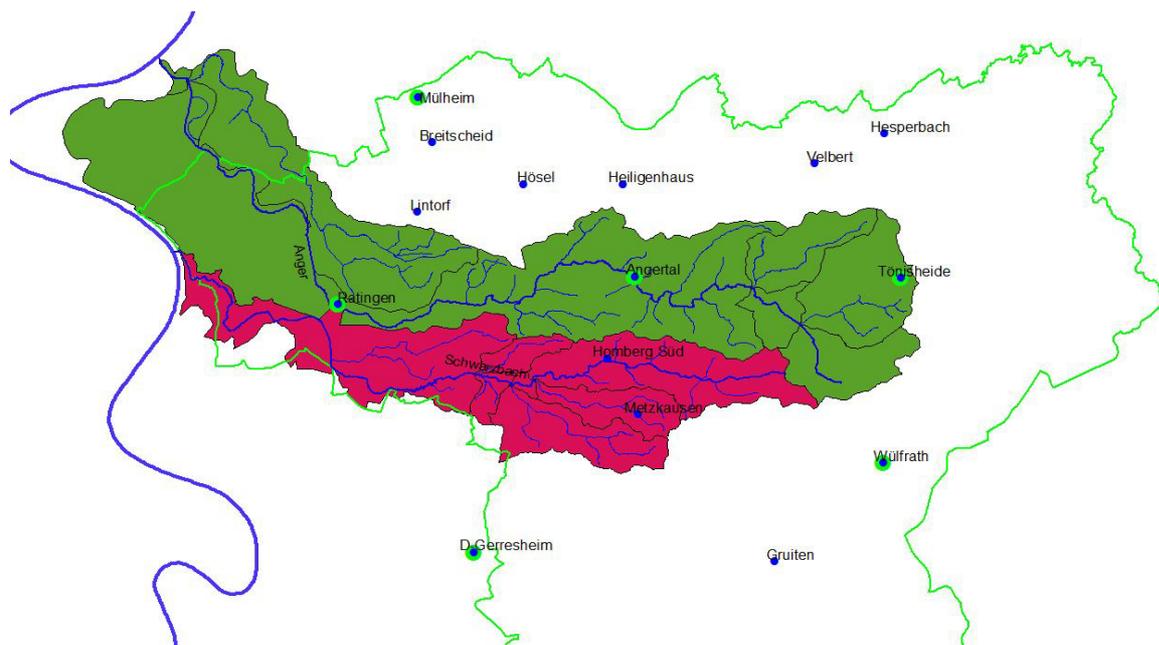


Abbildung 3-1: Niederschlagsstationen für die N-A-Simulation

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 Pegeldata

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 der Anger und vorliegende Zeitspannen

NR	Stationsname	Betreiber	Zeitraum
UP26	Unterpegel HRB Laubecker Bach	BRW	1.11.1995 - 3.11.2011
P24	Pegel Angertal KW Angertal	BRW	8.8.1972 - 21.11.2011
P231	Pegel Ratingen StUA	StUA Düsseldorf	1.11.1958 - 1.10.2010
P23	Pegel Ratingen KW	BRW	22.8.1979 - 21.12.2011

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

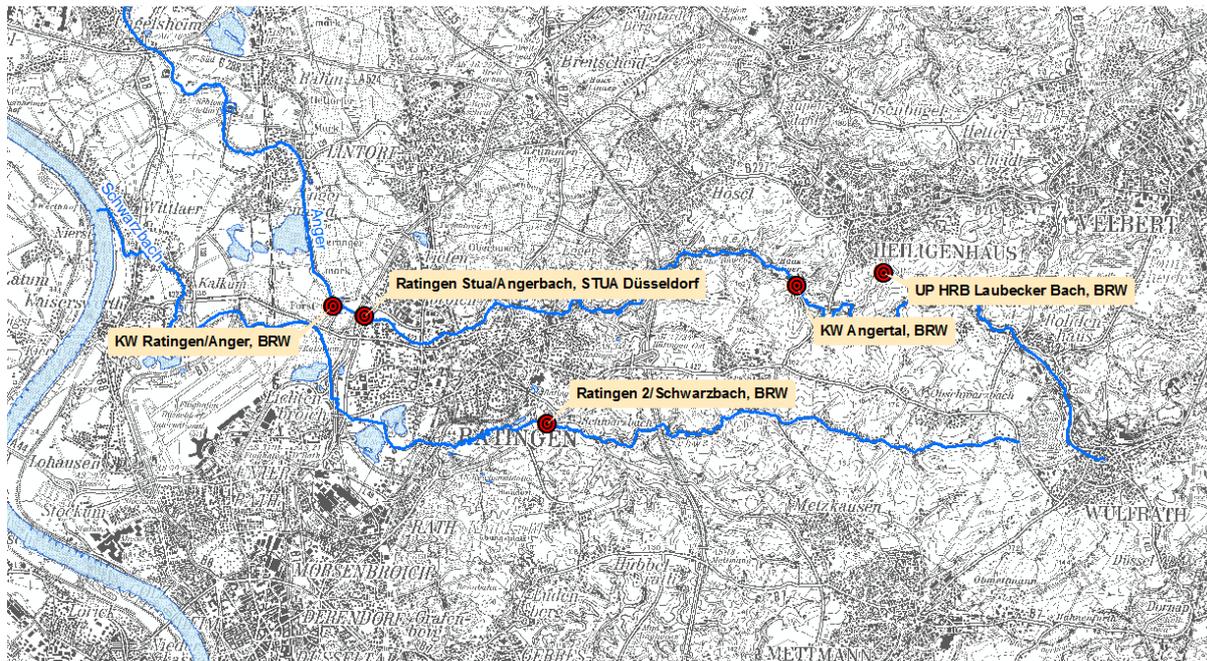


Abbildung 3-2: Übersicht über die Lage der Pegel

3.9 Berechnungsansätze für Rauheiten

Da für die hydraulischen Berechnungen im 1D-Modell der Anger detaillierte Angaben zum Bewuchs vorliegen, wurde hier das Fließgesetz nach Darcy-Weisbach verwendet. Die Berücksichtigung des Vorlandbewuchses (Großbewuchs) erfolgte auf Grundlage des DVWK-Merkblatts 220.

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.

Siehe auch Erläuterungen in Kap. 6 hinsichtlich modelltechnischer Anpassungen in der Nachberechnung vom Dezember 2014.

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 der Anger erforderlichen Abflussganglinien, wurden mittels der plausibilisierten und aktualisierten N-A-Modelle berechnet. Datengrundlage waren vom BRW zur Verfügung gestellte N-A-Modelle für den Oberlauf. Das Modell wurde 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:

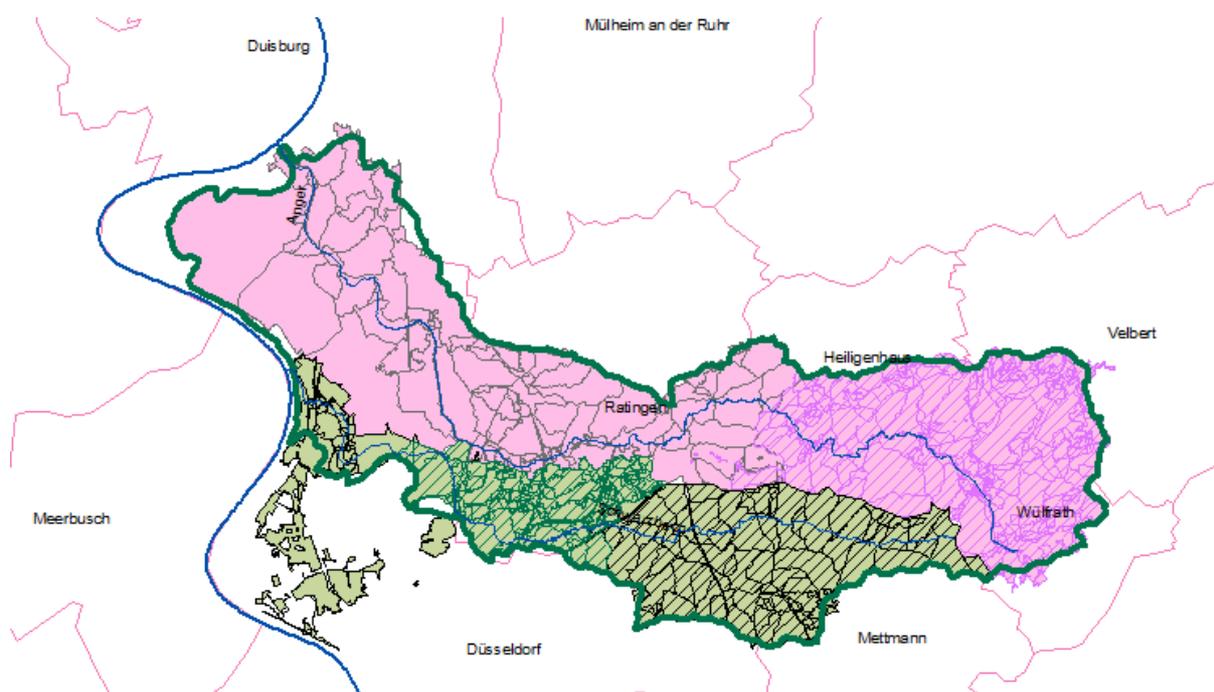


Abbildung 4-1: Übersicht Projektgebiete Anger und Schwarzbach

4.1.1 Modell Anger

Das Gebiet der Oberen Anger, ca. 37 km² lag als detailliertes N-A-Modell beim Bergisch-Rheinischen Wasserverband vor. Dieses Modell wurde übernommen und bei der Kalibrierung modifiziert. So wurde z.B. das HRB Wusten, ein Hilfselement zur Abbildung der Retention vor einem Bahndurchlass, geöffnet und dafür eine Beeinflussung durch Vorlandretention in das Modell eingearbeitet. Für andere Bereiche im Verlauf des Gewässers wurde ebenfalls Vorlandretention eingesetzt.

Die vorliegenden GIS-Informationen zum N-A-Modell die ebenfalls vom BRW übergeben wurden lagen als Gauß-Krüger-Koordinaten vor. Hierfür erfolgte eine Umrechnung in das ETRS89/UTM32 Koordinatensystem.

Hydrotec vervollständigte das Modell der Anger zu einem Gesamtmodell bis zur Einmündung in den Rhein. Es erfolgte eine Neuermittlung der natürlichen Grenzen für das gesamte Einzugsgebiet des Unterlaufes. Die Einteilung der Teilgebiete wurde auf der Basis der Topografie (DGM) und des Fließgewässersystems durchgeführt. Weiterhin wurde bei der Teilgebietseinteilung die Lage bestehender Bilanzpunkte wie Einleitungs- oder Messstellen berücksichtigt. Die Daten der Stadtentwässerung aus Ratingen, Düsseldorf und Duisburg wurden unter Einbezug der wesentlichen stadthydrologischen Gegebenheiten durch Verschneidung der kanalisierten mit den natürlichen Einzugsgebieten und Abbildung von RÜB und RRB vom Unterlauf bis zur Mündung eingearbeitet.

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:

- 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 wurden stationär ungleichförmige von km 21,470 bis km 35,155 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. In den modelltechnischen Berechnungen wurde der Graben als „geschlossen“ angenommen. Es kommt im Hochwasserfall jedoch zu Wasserüberritten zwischen den beiden Gewässereinzugsgebieten über die Geländeoberfläche.

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 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 (km 21,470 bis km 35,155) 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, Anger von km 0,0 bis km 21,470) wurde die Berechnung mit dem 2D-Modellen 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 berücksichtigt das 2D-Modell das vorhandene Abflussvolumen, was eine sehr detaillierte Ermittlung von Überschwemmungsflächen ermöglicht. Zugleich wird das durch Ausuferung „verloren“ gehende Volumen in der weiterfließenden Welle berücksichtigt.

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	Betreiber	AE0 [km ²]	NASIM SE	vorhandener Zeitraum
P24	KW Angertal	Anger	BRW	40,8	PAN	8.8.1972 - 21.11.2011
275650000100	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 Ratingen_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 Tageswertkalibrierung

Die Tageswertkalibrierung 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 Tageswertkalibrierung an den wichtigsten Pegeln 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 an allen Pegeln 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 Niederschlagsereignisse 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.

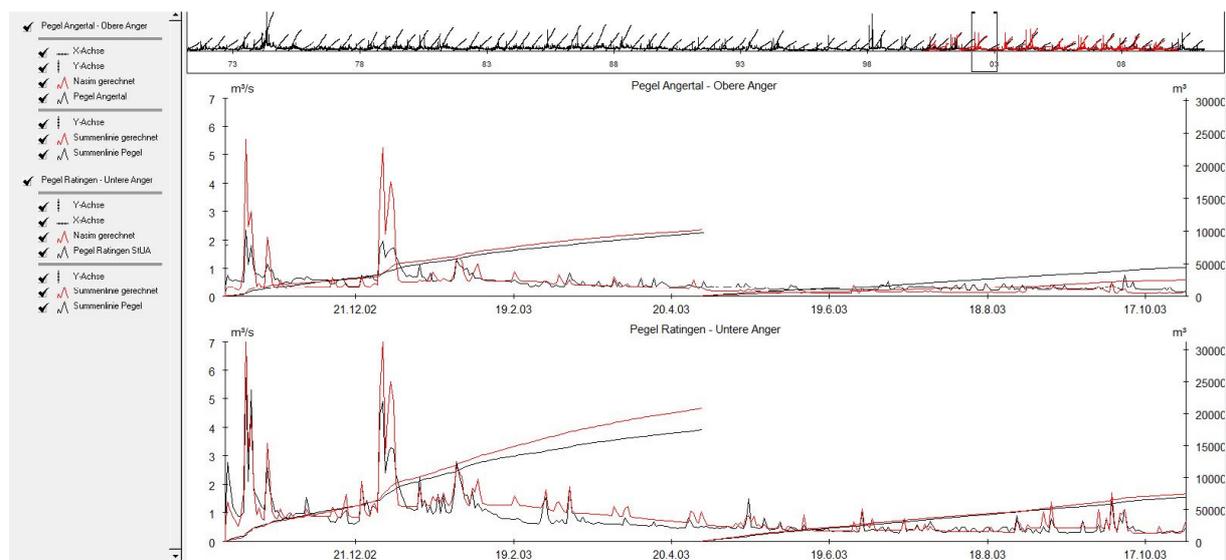


Abbildung 5-1: Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2003

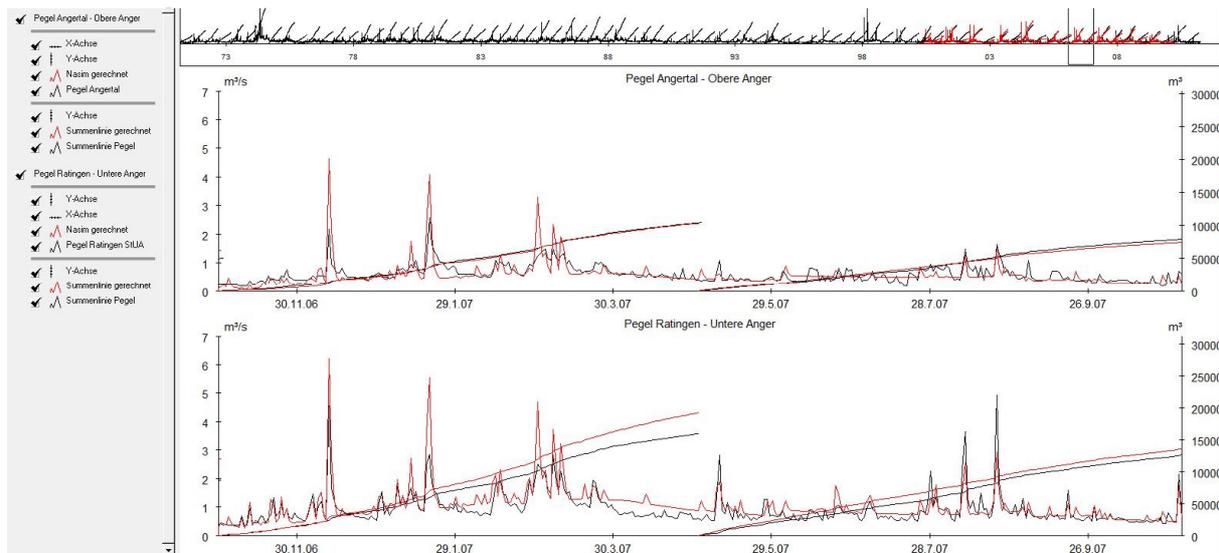


Abbildung 5-2: Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2007

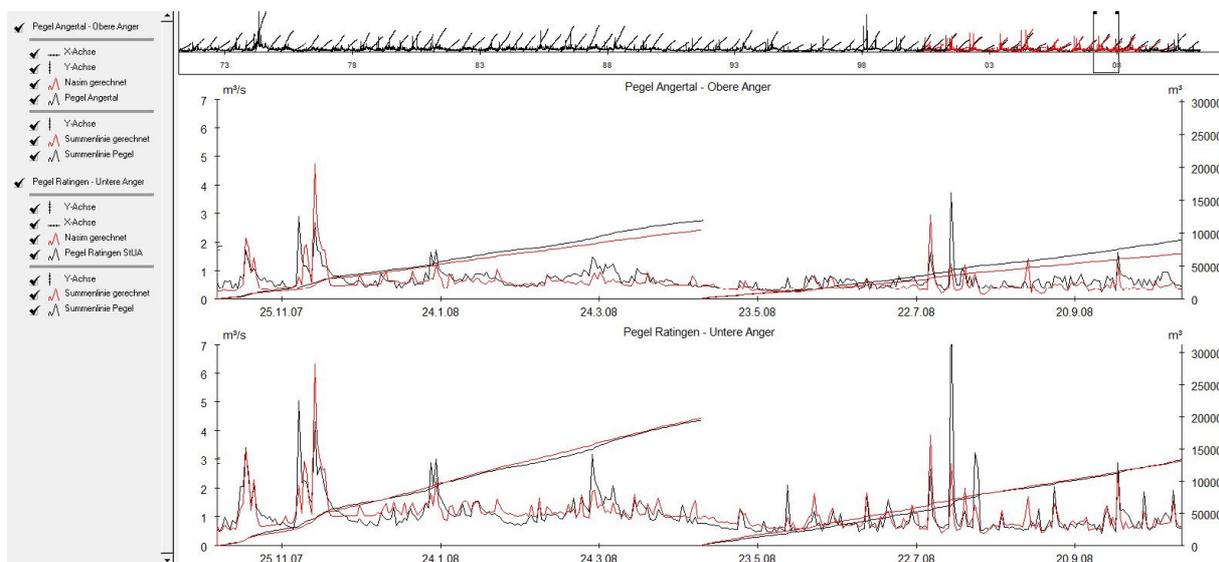


Abbildung 5-3: Tageswertkalibrierung Anger hydrologisches Jahr 2008

5.1.2 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 sollte anhand des Pegels KW Angertal erfolgen. Der Pegel liegt direkt oberhalb des Klärwerks „Angertal“ bei km 24,86, in der Nähe von Heiligenhaus.

Eine Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten Werten zeigte, dass eine Kalibrierung des überarbeiteten hydraulischen Modells der Anger nicht notwendig war (siehe auch den Kurzbericht „Berechnung einer Pegelkurve mit dem hydraulischen 1D-Modell Anger am Pegel KW Angertal“; Hydrotec 2012). Die Kurve der Modellergebnisse verläuft im Vergleich steiler als die statistische Extrapolation der gemessenen Werte (Näherungsfunktion). Im Gegensatz zur Näherungsfunktion berücksichtigt das Berechnungsmodell, neben der Querschnittsgeometrie auch die zusammen mit dem Wasserstand steigenden Abflusswiderstände durch Bewuchs und Sohlbeschaffenheit entlang der Böschung. Diese detaillierte Abbildung der hydraulischen Gegebenheiten im Gewässer und Vorland stellt vor dem Hintergrund der guten Übereinstimmung der Kalibrierung einen plausibilisierten Verlauf der Pegelkurve (Q-H-Beziehung) für größere Abflüsse dar.

Die Ergebnisse der Gegenüberstellung sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch dargestellt.

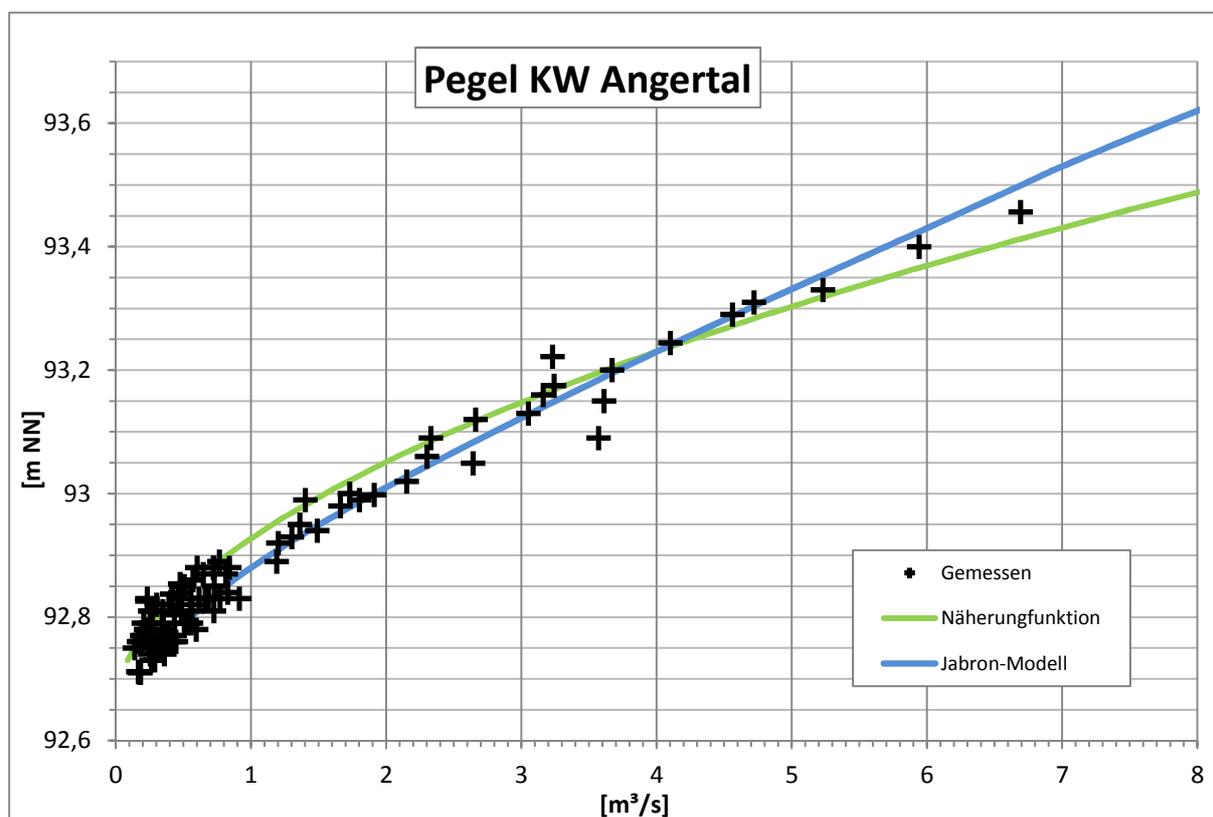


Abbildung 5-4: Pegel KW Angertal (Anger), Vergleich gemessener und berechneter Werte

5.2 Dokumentation der Anfangsbedingung und Belastungsdaten

Am untersten Profil des hydraulischen 1D Modells der Anger 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 Anger bei einem HQ₁₀₀ Abflussergebnis ergeben, sind in Tabelle 6-1 aufgelistet.

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

Bereich	Kilometer		Ausuferungen		Bemerkungen
	von	bis	links	rechts	
Anger					
Angerpark	0+8	1+6	x	-	Objekte betroffen
Kesselsberg	3+7	3+9	-	x	-
Verloher Kirchweg	3+9	4+5	x	-	-
Klein-Wickelhausen	4+7	5+7	-	x	-
Schloß Heltorf	5+9	6+5	x	x	Schloßgraben / Schloß betroffen
Kalk Straße	6+5	7+2	x	-	Objekte betroffen
Haus Bilkraht	7+2	8+2	x	x	Objekte betroffen*
Angermund - Hoppengraben	8+5	8+8	x	-	-
Angermund – Kellnerei	9+4	10	-	x	Übertritt zum Rahmer Bach
Angermunder Baggersee	10+2	12+1	x	x	Objekte betroffen, Grundwassersee betroffen, Übertritt zum Rahmer Bach
Kläranlage / Entlastungsgraben	12+7	12+9	x	-	Übertritt zum Entlastungsgraben
Ratingen - Tiefenbroich	12+9	13+8	x	x	Objekte betroffen, Gewerbe betroffen
Ratingen - Am Roten Kreuz	14,5	15,3	x	x	Objekte betroffen, Kläranlage betroffen
Ratingen - Stadionring	15+3	15+3	x	x	Bahntrasse betroffen
Ratingen - Vermillionring	15+4	15+7	x	x	Gewerbe betroffen
Ratingen – Anger Bad	15+8	15+8	-	x	Gewerbe betroffen
Ratingen – Haus zum Haus / Cromford	15+9	16+7	x	x	Objekte betroffen
Ratingen – Brücker Mühle	17+2	17+7	x	x	Objekte betroffen

Bereich	Kilometer		Ausuferungen		Bemerkungen
	von	bis	links	rechts	
Anger					
Ratingen – Auf der Aue	17+7	18+1	x	x	
Ratingen – Papiermühle	18+2	18+9	x	x	Objekte betroffen, Gewerbe betroffen
Auermühle / Homberger Bach	18+9	19+8	x	x	Objekte betroffen
Müschenuau	21+3	21+7	x	x	Objekte betroffen
Große Steinkothen	21+7	23+1	x	x	Naturschutzgebiet
Haus Anger	23+8	24+6	x	x	Objekte betroffen
Zehnthofweg	25+8	26+2	-	x	Naturschutzgebiet
Weil	26+4	27+0	x	x	Objekte betroffen
Angerweg	27+2	28+2	x	x	
Weinbeck	28+3	28+6	x	x	Objekte betroffen
Wusten	29+0	29+6	x	x	Objekte betroffen
Zur Mühle	29+6	30+2	x	x	
Flandersbach	30+4	30+1	-	x	Objekte betroffen
Vogelsmühle	31+3	31+5	x	x	

* Das Haus Bilkraath ist durch eine provisorische Erhöhung des linken Ufers entlang der Anger gegen Hochwasser geschützt. Die Wirksamkeit der Verwallung kann wegen fehlender Vermessungsdaten nicht beurteilt werden. Die Überflutung der Hofanlage erfolgt maßgeblich aus den östlich angrenzenden Wiesenflächen.

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 Änderungen zur Offenlage vom 13.02.2014

Nach Abschluss der modelltechnischen Berechnungen wurden im Bereich der Ortslage Angermund verschiedene abflussrelevante Änderungen durchgeführt. Auch gingen im Festsetzungsverfahren zum ÜSG Anger (s. Bezirksregierung Düsseldorf, Amtsblatt Nr. 7 vom 13.02.2014) verschiedene kritische Fragen und Hinweise zu den verwendeten modelltechnischen Daten ein. Nach erneuter Prüfung und teilweiser Aktualisierung der Datengrundlagen erfolgte im Dezember 2014 für den Abschnitt km 7,15 – km 12,9 eine Nachberechnung der Überschwemmungsflächen unter Berücksichtigung folgender Anpassungen:

- **Vermessung der Böschungsoberkanten Anger (km 9,45 - km 12,9)**

Die Böschungsoberkanten im genannten Abschnitt wurden im November 2014 vermessen und sind als Höhendaten im Modell enthalten. Die bestehende Entlastungsscharte bei ca. km 12,35 ist modelltechnisch ebenfalls erfasst. Im Rahmen der Ortsbegehung erfolgte weiterhin eine Neubewertung der Profil-Rauheiten für den Abschnitt km 8,2 – km 9,5. Das Gewässerprofil ist in diesem Abschnitt glatter ausgeführt als im ursprünglichen Modell dargestellt (k_{st} 40 statt k_{st} 27).

- **Neue Wehrschwelle am Anger-Entlastungsgraben (km 12,47)**

Die Wehranlage am Anger-Entlastungsgraben wurde durch den Bergisch-Rheinischen Wasserverband erneuert. Die Oberkante der Wehrschwelle liegt aktuell bei 38,74 mNN (bisher: 38,60 mNN). Die geänderte Schwellenhöhe und der Bypass DN1200 sind im Modell berücksichtigt.

- **Umbau der Mühle Wolff (km 9,45)**

Die rückgebaute Wehrschwelle an der Mühle Wolff sowie die in diesem Abschnitt veränderten Gewässerprofile sind im Modell berücksichtigt.

Ergebnis der Nachberechnungen vom Dezember 2014

Die Erhöhung der Wehrschwelle am Anger-Entlastungsgraben bedingt eine größere Weiterleitungsmenge in Richtung Angermund. Westlich des Entlastungsgrabens führt die geringere Abflussmenge zu kleineren Überschwemmungsflächen.

Der nach dem Entlastungsgraben höhere Abfluss der Anger führt in Verbindung mit den aktuellen Höhendaten aus der Längsvermessung zu leicht veränderten Überschwemmungsflächen vor der Ortslage Angermund. Dabei sind sowohl Flächenvergrößerungen wie auch Flächenverkleinerungen festzustellen. Die Veränderungen betreffen jedoch ausschließlich landwirtschaftlich genutzte Bereiche oder Waldflächen und sind durchweg geringfügig.

Im Unterstrom der Ortslage Angermund führen der höhere Abfluss an der Wehranlage Mühle Wolff und das glatte Gewässerprofil zu zusätzlichen Ausuferungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bei den betroffenen Gebäuden zeigen sich keine Veränderungen.

Innerhalb der Ortslage Angermund ergab die Nachberechnung keine Veränderungen.

Weitere Anpassungen der Überschwemmungsgebiete waren erforderlich aufgrund von Verkehrswegemaßnahmen bei km 3,95 (A 524) und km 4,75 (B 8n).

8 Literatur

Bergisch-Rheinischer Wasserverband BRW (2011): Anger, Sanierungsmaßnahmen in Angermund Abschnitt I, Provisorischer Überflutungsschutz am Haus Bilkraht auf Grund von Hochwasserereignissen

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): Berechnung einer Pegelkurve mit dem hydraulischen 1D-Modell Anger am Pegel KW Angertal