



# Bezirksregierung Düsseldorf

## ÜBERSCHWEMMUNGSGEBIET FOSSA EUGENIANA/NIEPKANAL, ANRATHSKANAL/ PLANKENDICKSKENDEL UND NEBENGEWÄSSER

### Kurzbericht



Das Titelbild zeigt den Niepkanal / Eylsche Kendel kurz vor der Einmündung in die Fossa Eugeniana

Koblenz, 28.05.2013

© BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH

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.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Erläuterungsbericht</b>	<b>Seite</b>
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2 Einzugsgebiet	5
3 Datengrundlagen	8
4 Modelltechnik	10
4.1 Hydrologische Untersuchung	10
4.1.1 Modellerstellung	10
4.1.2 Modellkalibrierung	12
4.1.3 Ableitung der Bemessungsabflüsse	14
4.2 Hydraulisches Modell	15
5 Überschwemmungsgebiete	18

### **Abbildungsverzeichnis:**

Abbildung 1: Gewässersysteme Anrathskanal und Fossa Eugeniana mit Gewässer- (Grüner Punkt) und Grundwasserpumpwerken (Blauer Punkt)	3
Abbildung 2: Hydrologischer Längsschnitt Fossa Eugeniana	15

### **Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1: Gewässerabschnitte zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten	2
Tabelle 2: Flächengrößen am Anrathskanal und an Fossa Eugeniana	5
Tabelle 3: Vorflutpumpenanlagen (PAV) an Anrathskanal und Fossa Eugeniana	11
Tabelle 4: Gewässerpegel der LINEG mit kontinuierlichen Aufzeichnungen	13

### Abkürzungsverzeichnis

BR	Bezirksregierung
DGM	Digitales Geländemodell
EG-HWRM-RL	Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie)
GIS	Geografisches Informationssystem
HQ <sub>extrem</sub>	Extremhochwasser
HQ <sub>x</sub>	Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 1/x Jahren
HQ <sub>häufig</sub>	Häufiges Hochwasser
HW	Hochwasser
HWGK	Hochwassergefahrenkarte
HWRK	Hochwasserrisikokarte
KA	Kläranlage
KOSTRA	Koordinierte Starkregenauswertung
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LINEG	Linksniederrheinische Entwässerung-Genossenschaft
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
LWG NRW	Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen - Landeswassergesetz (LWG) vom 25. Juni 1995, Stand 16. März 2010
MID	magnetisch induktive Durchflussmessung
NA-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
PAG	Grundwasserpumpanlage
PAR / PAA	Regen- / Abwasserpumpanlage im Kanalsystem
PAV	Vorflutpumpanlage
RRB	Regenrückhaltebecken
RÜ/RÜB	Regenüberlauf / Regenüberlaufbecken
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009, Stand 22. Dezember 2011

## Verwendete Unterlagen

- [1] Festsetzungskarten Moersbach (2010)  
Überschwemmungsgebiete Moersbach und Nebenbäche,  
Auftraggeber: Bezirksregierung Düsseldorf,  
Björnsen Beratende Ingenieure, Koblenz.
- [2] DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft Nr. 113 (1984)  
Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen in kleineren  
Einzugsgebieten; Teil 2 Synthese,  
Verlag Paul Parey, Hamburg.
- [3] BWK, Merkblatt 1 (1999)  
Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern,  
BWK, Düsseldorf.
- [4] BWK, Merkblatt 2 (2002)  
Wasserbilanzmodelle in der Wasserwirtschaft,  
BWK, Düsseldorf.
- [5] NASIM 3.7 (2008)  
Modellbeschreibung NASIM, Version 3.7,  
Hydrotec, Aachen.
- [6] SOBEK (2007)  
SOBEK User Manual,  
Deltares, Delft, NL.

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) unternimmt seit vielen Jahren umfangreiche Maßnahmen zur Hochwasservorsorge. Neben aktiven Hochwasserschutzmaßnahmen in Form von Schutzanlagen oder Maßnahmen zur Retention der Hochwasserwellen kommt dabei der Prävention gerade in jüngster Zeit eine erhöhte Bedeutung zu, um im Hochwasserfall die Schäden und die Gefährdung für die Bevölkerung möglichst klein zu halten. Zudem nimmt die hochwassergerechte Entwicklungsplanung eine zentrale Bedeutung ein. Hierzu gehört die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten und damit der Schutz dieser Gebiete gegen nachteilige Veränderungen.

Deshalb werden in Nordrhein-Westfalen Überschwemmungsgebiete von Gewässern rechnerisch ermittelt und durch ordnungsbehördliche Verordnung gem. § 76 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in Verbindung mit § 112 Landeswassergesetz NRW festgesetzt. Überschwemmungsgebiete sind gemäß § 76 Wasserhaushaltsgesetz Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden. Berechnungsgrundlage für Überschwemmungsgebiete ist ein Hochwasserereignis, wie es im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren zu erwarten ist ( $HQ_{100}$ ).

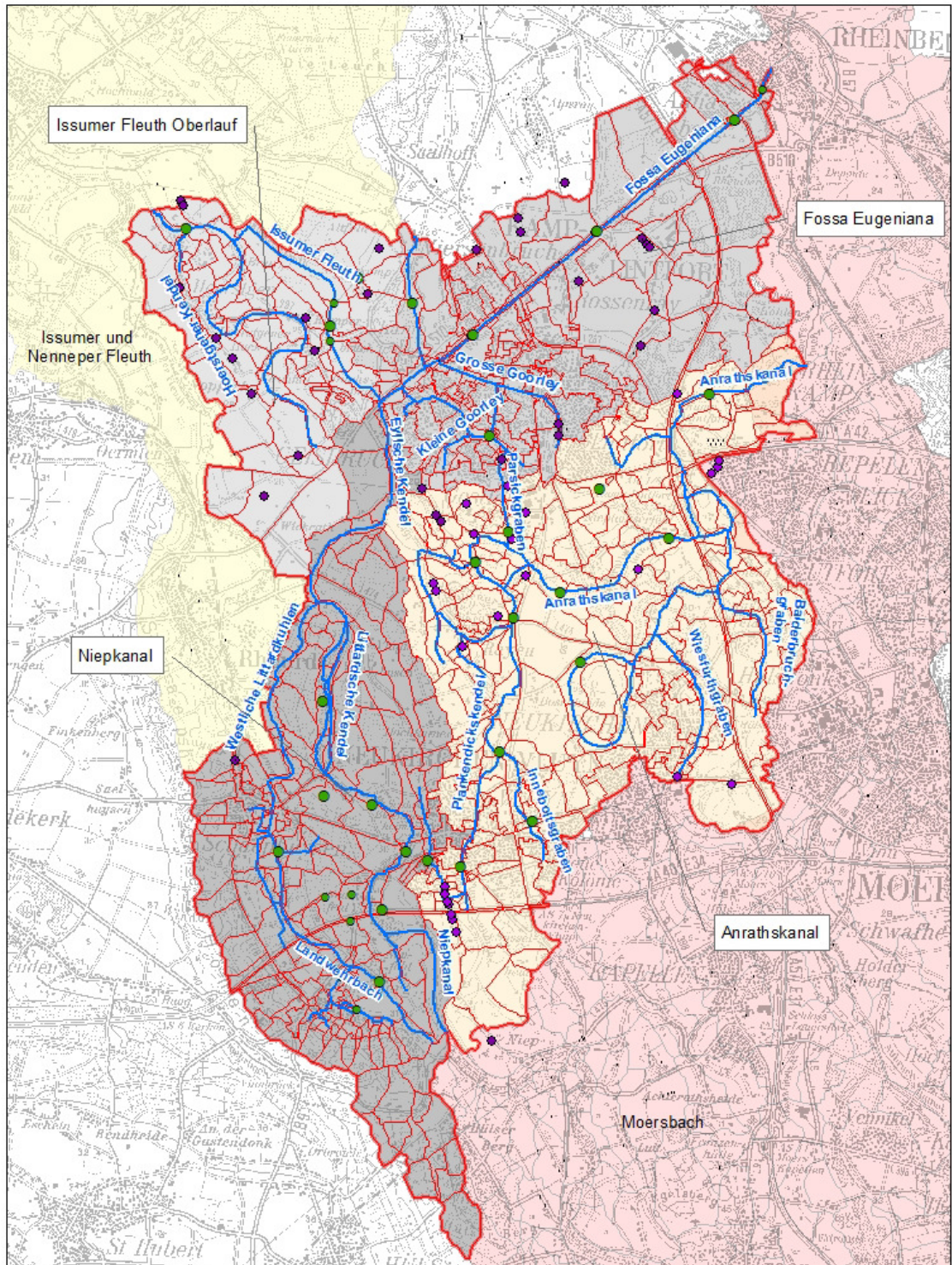
In den Überschwemmungsgebieten gelten besondere Schutzvorschriften. So sind dort zur Vermeidung späterer Hochwasserschäden die Ausweisungen neuer Baugebiete ebenso wie die Errichtung oder Erweiterung baulicher Anlagen in der Regel untersagt. Weiterhin ist es im Allgemeinen nicht zulässig, Grünland in Ackerland umzuwandeln oder Baum- und Strauchpflanzungen anzulegen, die den Zielen des vorsorgenden Hochwasserschutzes entgegenstehen.

Folgende Gewässerabschnitte sind in die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete einbezogen (gemäß amtlicher Stationierung des Landes NRW, GSK3C):

**Tabelle 1: Gewässerabschnitte zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten**

Gew.Ken	Gewässername GSK3C	Bezeichnung LINEG	Gewässerstrecke nach GSK3C	
			von Fluss-km	bis Fluss-km
<b>Anrathskanal</b>				
27766	Anrathskanal	Anrathskanal, Plankendickskendel	0,00	13,99
277666	Anrathskanal-Schleife	Anrathskanal-Schleife	0,00	1,64
2776662	Balderbruchgraben	Balderbruchgraben	0,00	3,57
27766622	Wiesfurthgraben	Wiesfurthgraben	0,00	4,11
277666222	Klein Hugengraben	Klein Hugengraben	0,00	2,75
2776662222	Vietengraben	Vietengraben	0,00	1,91
277668	Landwehrgraben	Landwehrgraben	0,00	1,00
277662	Sittermannsgraben	Sittermannsgraben-Durchstich	0,00	0,32
2776622	Köhreram Ley	Sittermannsgraben	0,00	0,76
27766314	Inneboltsgraben	Inneboltsgraben	0,00	2,04
277663222	Schwanenbrückskendel	Schwanenbrückskendel	0,00	0,83
27766322	Schwanenbrückskendel	Schwanenbrückskendel, Koidicksgraben, Rayener Abzugsgraben	0,20	3,40
2776632	Kleine Goorley II	Plankendicksk. von Kleine Goorley	0,00	0,94
27768822	Parsickgraben		0,00	1,13
2776634	Anrathskanal II	Anrathskanal von Plankendickskendel	0,00	1,14
<b>Fossa Eugeniana / Niepkanal</b>				
27768	Fossa Eugeniana / Niepkanal	Fossa Eugeniana, Eyllsche Kendel, Littardsche Kendel, Niepkanal	0,00	21,05
2776852	Littardsche Kendel - Umleitung	Littardsche Kendel - Umleitung	0,00	2,64
2776832	Selzerbruchgraben	Selzerbruchgraben	-0,33	0,74
2776622	Köhreram Ley	Köhreram Ley	0,76	2,23
27768322	Binnenlandwehr	Binnenlandwehr	0,36	1,68
28662	Nenneper Fleuth	Landwehrbach, Binnenlandwehr	12,51	18,32
277688	Große Goorley	Große Goorley	0,00	2,48
2776882	Kleine Goorley	Kleine Goorley	0,00	1,97
27766342	Parsickgraben	Parsickgraben / Hornbuschgrbn	0,00	0,74
2776876	Saalhofer Ley 2	Saalhofer Ley	0,00	1,45
2776874	Issumer Fleuth	Issumer Fleuth	0,00	3,83
286614	Hoerstgener Kendel	Hoerstgener Kendel	0,83	1,13
27768742	Hoerstgener Kendel	Hoerstgener Kendel	0,00	6,48
277686	Westliche Lithardsche Kuhlen	Westliche Lithardsche Kuhlen	0,00	1,82
2866212	Seemanns Abzugsgraben	Seemanns Abzugsgraben	0,00	2,03
28662122	Toenisberger Dorfabzugsgrbn	Achterberger Abzugsgraben	1,07	1,75





**Abbildung 1: Gewässersysteme Anrathskanal und Fossa Eugenia mit Gewässer- (Grüner Punkt) und Grundwasserpumpwerken (Blauer Punkt)**



Die Überschwemmungsgebiete werden entsprechend der Vorgabe der Bezirksregierung Düsseldorf in Übersichtskarten und Detailkarten dargestellt. Die Karten sind als Anlage beigefügt. Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Ableitung der Überschwemmungsgebiete in den Einzugsgebieten des Anrathskanal und der Fossa Eugenia in Kurzform erläutert.

## 2 Einzugsgebiet

Anrathskanal und Fossa Eugeniana entwässern ein ca. 105,3 km<sup>2</sup> großes Einzugsgebiet im Bereich der Städte Neukirchen-Vluyn, Kamp-Lintfort und Rheinberg sowie den Ortsteilen Schaephuysen (Rheurdt) und Tönisberg (Kempen) und kleinere Bereiche der Stadt Moers (Gewerbegebiet Genend) (Tabelle 2). Davon liegen 38,1 km<sup>2</sup> am Anrathskanal. Die Fossa Eugeniana entwässert eine Fläche von 66,8 km<sup>2</sup>. Dabei entfallen 16,6 km<sup>2</sup> auf den Niepkanal und 24,7 km<sup>2</sup> auf die eigentliche Fossa Eugeniana. Zusätzlich ist der Oberlauf der Issumer Fleuth (14,2 km<sup>2</sup>) einbezogen, der über eine Gewässerpumpanlage (PAV Kamperbrück) zur Fossa Eugeniana entwässert. Weiterhin trägt der Oberlauf des Nenneper Fleuth (Bezeichnung auch Landwehrbach) mit 11,7 km<sup>2</sup> zum Einzugsgebiet bei. Hier ist eine Aufteilung über die Meenenkaule zur Nenneper Fleuth nicht mehr aktiv, so dass der gesamte Abfluss aus dem Oberlauf / Landwehrbach über die Westliche Littardkuhlen den Niepkanal erreicht. Am Niepkanal endet die Bearbeitung mit der Ausleitung der PAV Niep. Am Oberlauf oberhalb der PAV Niep (Niepkühlen oberh. Fluss-km 21,05) wurden bereits in der Bearbeitung zum Moersbach Überschwemmungsgebiete festgesetzt.

**Tabelle 2: Flächengrößen am Anrathskanal und an Fossa Eugeniana**

Einzugsgebiet		Fläche [km <sup>2</sup> ]
Anrathskanal	Plankendickskendel	14,63
	Balderbruchgraben	11,60
	Anrathskanal	11,84
	Summe	<b>38,06</b>
Fossa Eugeniana	Landwehrbach	11,71
	Niepkanal / Eylscher Kendel	16,63
	Issumer Fleuth Oberlauf	14,22
	Fossa Eugeniana	24,72
	Summe	<b>67,28</b>
gesamt		<b>105,34</b>

Das Einzugsgebiet ist nur gering reliefiert. Die Geländehöhen reichen von über 70 mNHN im Schaephuysen Höhenrücken bis auf ca. 20 mNHN an den Einmündungen zum Moersbach. Das Gewässernetz ist in dem flachen Einzugsgebiet nur undeutlich ausgebildet. Generell folgt die Entwässerungsrichtung dem geringen Geländegefälle von Süd nach Nord. Dabei werden z. T. breite Abflussrinnen genutzt (Niepkanal / Littardsche Kendel, Plankendickskendel), die

der stark verwilderte Ur-Rhein mit Ende der Weichsel Eiszeit in der flachen Landschaft hinterließ. Die Rinnen verlandeten und werden heute vom Gewässersystem genutzt. Am Niepkuhlen wurden die weitgehend verlandeten Auenbereiche als Torfstiche genutzt. Es entstand ein System hintereinander liegender Seen, die vom Gewässer durchflossen werden.

Um eine Entwässerung sicher zu stellen und vernässte Auenbereiche zu entwässern, wurden bestehende Gräben ausgebaut und vertieft. Zum Teil wurden zusätzliche Entwässerungsgräben geschaffen. Wesentliche Veränderungen haben sich durch die Fossa Eugeniana sowie – abschnittsweise – durch den Anrathskanal ergeben. Diese verlaufen von West nach Ost und kreuzen die generelle Entwässerungsrichtung. Eine beschleunigte Ableitung der zufließenden Gewässer nach Osten zum Moersbach als Vorfluter zum Rhein wird so erreicht. Dabei wurde die Fossa Eugeniana ursprünglich im 18. Jahrhundert als Kanal angelegt, um eine schiffbare Verbindung zwischen Rhein und Maas herzustellen. Der Kanal wurde allerdings nie fertig gestellt und wird heute lediglich zwischen Rheinberg und Kamp-Lintfort zur Sicherstellung der Vorflut genutzt.

In jüngerer Zeit haben sich die Entwässerungsverhältnisse durch bergbaubedingte Senkungen deutlich verschlechtert. Große Senkungsbereiche ohne eine natürliche Vorflut sind entstanden. Die Vorflut wird erst durch Pumpanlagen (PAV) wieder hergestellt. Dabei liegen die Pumpen in der Regel im Senkungsschwerpunkt. Über Druckleitungen wird der Abfluss aus der Senke bis zum stromabwärtigen Gewässerhochpunkt weitergeleitet. Im Einzugsgebiet der Fossa Eugeniana sind 18 größere PAV zu berücksichtigen, die von der LINEG betrieben werden. Weitere 11 PAV liegen am Anrathskanal. Im Hochwasserfall bilden die maximalen Pumpleistungen der Gewässerpumpen eine obere Abflussbegrenzung. Ergänzend sind zusätzliche Grundwasserpumpenanlagen (PAG) erforderlich, um Vernässungen entgegenzuwirken. Die Grundwasserpumpen leiten direkt ins Gewässernetz ein und tragen nicht unerheblich zum Abfluss einzelner Seitengräben bei.

Das Einzugsgebiet wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Dabei dominieren Wiesen und Weiden die gewässernahen Auenbereiche, während in höheren Kuppenlagen vorwiegend Äcker anzutreffen sind. Waldflächen beschränken sich am Anrathskanal wesentlich auf bereits rekultivierte Haldenflächen (Halde Norddeutschland), während an der Fossa Eugeniana mit dem Dachsberg, dem Kampener Wald sowie dem Vluynr Busch auch größere natürliche Waldbestände anstehen.

Mit den Städten Rheinberg, Kamp-Lintfort und Neukirchen-Vluyn sowie den Ortslagen Schaephuysen und Tönisberg liegen zudem zahlreiche Siedlungsbereiche innerhalb des Einzugsgebietes. Die Ortslagen sind z.T. ländlich geprägt, z.T. in den Kernbereichen auch deutlich verdichtet. Größere Industrie- oder Gewerbeflächen resultieren weitgehend aus alten Zechenanlagen, die heute nur noch in Kamp-Lintfort in Betrieb sind. Die Flächen wurden z.T. als Gewerbeflächen umgenutzt. Insbesondere im Bereich von Kamp-Lintfort wurden zudem auch

größere Gewerbeflächen neu erschlossen. Regenwassereinleitungen der Siedlungsflächen erfolgen direkt in das lokale Grabensystem und führen hier zu hohen Zuflussspitzen. Z.T. sind den Einleitungen Rückhaltungen in Form von RRB vorgeschaltet. Größere Einleitungen erfolgen aus:

Neukirchen-Vluyn	→ Plankendickskendel / Inneboltgraben
	→ Wiesfurthgraben
Thönisberg:	→ Achterberger Abzugsgraben
Schaephuysen:	→ Nenneper Fleuth / Landwehrbach
Kamp-Lintfort	→ Große Goorley u. Fossa Eugenia
	→ Parsickgraben u. Graben Vinnbruch
Rheinberg	→ Fossa Eugenia

Weitere Veränderungen ergeben sich durch zum Teil sehr großflächige Baggerseen (Baggersee Asdunk), die abflusslose, nur vom Grundwasser beeinflusste eigenständige Systeme darstellen.

### 3 Datengrundlagen

Die Überschwemmungsgebiete für ein 100-jährliches Hochwasserereignis (HQ<sub>100</sub>) wurden in Zusammenarbeit mit der LINEG unter Anwendung hydrologischer und hydraulischer Modelle ermittelt. Die Modellaufstellung erfolgte anhand folgender Grundlagendaten:

#### Flächendaten:

- Flächennutzung: ATKIS Datensätze.
- Boden: digitale Bodenkarte des Landes NRW.
- Topographische Karten, 1: 25.000 und Grundkarten, 1:5.000.
- Gewässernetz:  
Gewässernetz des Landes NRW, GSK3C mit NRW Stationierung und Gewässerbezeichnung.  
LINEG Gewässernetz der von der LINEG unterhaltenen Gewässer mit Gewässerbezeichnung sowie Stationierung (LINEG-Stationierung).  
(für die Festsetzungskarten wird die Stationierung und Bezeichnung des Landes nach GSK3C Datensatz übernommen).
- Leitungen: Druck- und Gefälleleitung für verrohrte Gewässerabschnitte (in der Regel in Kombination mit PAV).
- Pumpwerke: Shapes für PAV, PAG und PAR.
- Pegel Shape für Gewässerpegel (kontinuierliche Messwerte) und Wasserstandspegel (monatliche Ablesung).

#### Digitale Geländemodelle und Senkungsdaten:

- Digitales Geländemodell des Landes NRW, DGM 1L, Stand 2012 (Laserscan Befliegung, Punktabstand ca. 1m, unterschiedliche Befliegungszeitpunkte).
- Senkungsgrids mit Senkungsdaten zwischen den Zeitpunkten der Laserscan Befliegung und dem Bezugszeitpunkt 31.12.2012 (LINEG / DSK).

#### Zeitreihen:

- Pumptanlagen: PAV, PAG  
Ganglinien der Pumpmengen Zeitraum 1995 – 2012,  
ab ca. 2000 in der Regel 15 Minuten Zeitauflösung  
Zusätzlich: Kenndaten der Pumpwerke (insbes. Leistungsvermögen der Einzelpumpen sowie Schaltpunkte).
- Gewässerpegel: Ganglinien mit Wasserstand u. Abfluss in hoher Zeitauflösung.
- Niederschlagswerte: LINEG-Stationen Hoerstgen, Kamp-Lintfort, Alte Landstr., Repepen, Neukirchen und Niep, jeweils Pluviometer Messungen in hohe Zeitauflösung.
- Temperatur- und Verdunstung: Umgerechnet für die Niederschlagsstation Kamp-Lintfort nach LANUV NRW.



- Extremniederschlagshöhen nach KOSTRA und PEN-LAWA (DWD) sowie der Niederschlagsstation Dinslaken (Emschergenossenschaft).

#### Unterlagen zur Stadtentwässerung (Gemeinden u. LINEG)

- Neukirchen-Vlyn: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (AutoCad), Excel-Tabelle aller Einleitungen mit Angabe der  $A_e$  und  $A_{red}$ -Flächen.
- Kamp-Lintfort: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (AutoCad) zu MS und TS, Studie „Nachweis der Regenwasserbehandlung der MW-Kanalisation“ sowie „GEP“ mit Kenngrößen für RÜ, RÜB u. RRB.
- Rheinberg: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (AutoCad).
- Gewerbegebiet GENEND: Lage- und Bestandspläne der Entwässerungsgebiete und RRB.
- Thönisberg u. Schaephuysen: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (AutoCad), Angaben zu Rückhaltungen und Pumpanlagen, Planungsunterlagen zum HRB Schaephuysen.

#### sowie (LINEG)

- Anlagenverzeichnisse der LINEG mit Detailplänen, Betriebsplänen, Kenndaten usw. aller relevanten Bauwerke der LINEG (PAR, PAA, Rückhaltungen, u. ä.).
- Einleitungen: Shape mit Regenwassereinleitungen (LINEG) ins Gewässer.
- Shape mit Kanalnetzflächen (LINEG). Ergänzend angegeben ist die Flächengröße und Größe der angeschlossenen versiegelten Teilfläche ( $A_{red}$ -Fläche) entsprechend Angaben der Kommunen sowie die Entwässerungsart (Mischsystem, Trennsystem, Bezeichnung sowie Hinweis auf Rückhaltung).

#### Gewässerprofile:

- Gewässerquerprofile nach Vermessungen der LINEG zwischen ca. 1990-2011; in Senkungsbereichen höhenkorrigiert (Plandarstellung sowie Lagepläne, Profile digitalisiert als WSPWIN-Datensatz).
- Gewässerabschnitte Fossa Eugeniana, Niepkanal, Plankendickskendel, Inneboltsgraben, Graben C / Anrathskanal. Neuvermessung BCE, Dez. 2011 / Jan. 2012, WSPWIN-Datensätze.
- Nenneper Fleuth NRW-Fluss-km 12,5-15,1 (Landwehrbach): Neuvermessung BCE, Okt. 2011 – Jan 2012.
- Westliche Littardkuhlen / Nenneper Fleuth (Landwehrbach): Gewässerprofile für Ausbauplanung.
- Längsschnitte (Plandarstellung inklusive Angaben zu Bauwerken).
- Punktshape aller von der LINEG unterhaltenen Bauwerke (insbesondere Brücken, Wehre u. ä.) mit Kenndaten zur Bauwerksgeometrie.

## **4 Modelltechnik**

### **4.1 Hydrologische Untersuchung**

#### **4.1.1 Modellerstellung**

Für das Einzugsgebiet von Anrathskanal und Fossa Eugeniana wurde ein Niederschlag-Abfluss-Modell (NA-Modell) aufgestellt. Eingesetzt wurde das Modell NASIM (Hydrotec, Aachen, [5]) in den Versionen 3.4 und 4.1. In einem ersten Schritt wurde das Einzugsgebiet in 525 natürliche Teilgebiete untergliedert. Dazu wurden Wasserscheiden aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet und natürliche Teilgebiete festgelegt. Einbezogen wurden insbesondere die Gewässerpumpwerke, die Gewässerpegel, die Einmündungen von Seitenbächen sowie Regenwassereinleitungen der Stadtentwässerung.

Anschließend wurden Regenwassereinleitungen mit ihren kanalisierten Flächen erhoben. Zugrunde gelegt wurden Kanalnetzpläne, die von der LINEG bzw. den Gemeinden bereitgestellt wurden. Die kanalisierten Flächen bilden eigene städtische Teilgebiete. Dabei erfolgt eine einleitungsscharfe Differenzierung, um der hohen Bedeutung der Regenwassereinleitung gerade für den Hochwasserabfluss gerecht zu werden. Insgesamt werden 174 städtische Teilgebiete abgebildet. Dabei entwässern 65 städtische Teilgebiete zum Anrathskanal. Weitere 79 liegen an der Fossa Eugeniana. Zudem sind weitere 30 städtische Teilgebiete im Teilmodell Landwehrbach berücksichtigt. Um eine flächentreue Abbildung zu gewährleisten, wurden die natürlichen Teilgebiete mit den städtischen überlagert, d.h. vorrangig erfolgt die Zuordnung in ein städtisches Teilgebiet; nur die Restflächen verbleiben als natürliche Teilgebiete.

Für die Teilgebiete wurden anschließend entsprechend den Empfehlungen nach [4] sowie der NASIM-Modelldokumentation [5] die benötigten Modellparameter abgeleitet. Bodenverhältnisse und Landnutzung wurden aus den Boden- und Flächennutzungskarten des Landes NRW übernommen. Dabei simuliert NASIM die Abflussbildung anhand eines Bodenspeicheransatzes. Die einzelnen Abflusskomponenten werden auf Grundlage der physikalischen Bodeneigenschaften (Wasseraufnahmevermögen, Feldkapazität, Leitfähigkeit) ermittelt. Für die Abbildung der Abflussverzögerung innerhalb des Teilgebietes sind zudem Geometrieparameter anzugeben, die anhand des DGM erhoben wurden.

Wesentliche Modellparameter für städtische Teilgebiete sind der Versiegelungsgrad sowie die längsten Fließzeiten im Kanalnetz, die ebenfalls aus den Unterlagen der Gemeinden bzw. der LINEG übernommen werden konnten. Zusätzlich wurden Sonderbauwerke im Kanalnetz erhoben und ins NA-Modell integriert. Insgesamt sind 32 Regenrückhaltebecken (RRB) sowie weitere 4 Kanalstauräume (SKU) und 7 Regenüberläufe (RÜ) berücksichtigt.

**Tabelle 3: Vorflutpumpanlagen (PAV) an Anrathskanal und Fossa Eugeniana**

Name	Gewässer	Anzahl der Teilpumpen	Max. Pumpmenge bei Parallelbetrieb [l/s]
<b>Anrathskanal</b>			
Plankendicksweg	Plankendickskendel	3	446
Weistrasse	Plankendickskendel	3	440
Geldernsche Strasse	Plankendickskendel	4	609
Neenrathshof	Anrathskanal	3	472
Holtmannshof	Anrathskanal	3	783
Hochfeld	Anrathskanal	4	1055
Inneboltsgraben	Inneboltsgraben	2	127
Klein Hugengraben	Klein Hugengraben	3	35
Am Honigshuck	Plankendickskendel	1	15
Parsickgraben	Parsickgraben	1	60
Vinnbruch	Vinnbruchgraben	3	195
Dongrathshof	Anrathskanal / Scheife		stillgelegt
<b>Niepkuhlenzug</b>			
Schultes Kull	Niepkanal	3	1500
Leyenburg	Niepkanal	5	2653
Samannshof	Niepkanal	5	1555
Binnenlandwehr	Binnenlandwehr	2	44
Neufeld 3	Gräben	2	33
Koehrram Ley	Koehrram Ley	3	36
Bloemersheim 1	Rücklauf	3	244
Bloemersheim 2	Drainage	3	48
Kamperbruch	Fossa Eugeniana	6	3845
Krummensteg	Fossa Eugeniana	6	5056
Alte Landstraße	Fossa Eugeniana	6	5400
Ifangshof	Saalhofer Ley	1	14
Hornbuschgraben	Hornbuchgraben	2	70
<b>Issumer Fleuth</b>			
Hoerstgen	Hoerstgener Kendel	3	180
Issumer Fleuth	Issumer Fleuth	2	97
Niederkamp	Issumer Fleuth	3	142
Kamperbrück 4	Issumer Fleuth	5	588
Kamperbrück 5	Issumer Fleuth	1	13
<b>Landwehrbach</b>			
Tönisberg	Achterberger	2	90
Achterberger Abzugsgraben	Abzugsgraben	2	900
Landwehrbach	Landwehrbach	5	656
Neufelder Heide 1	Grabensystem	2	16
Neufelder Heide 2	Neufelder Heide	2	44

Die Weiterleitung der Teilgebietsabflüsse erfolgt über Gerinneelemente. Die Modellparameter der Fließgewässerstrecken wurden bei verfügbaren Gewässerquerprofilen über hydraulische Berechnungen ermittelt. Für Seitengräben ohne vermessene Querprofile erfolgt eine vereinfachte Abbildung anhand repräsentativer, in Ortsbegehungen erhobener Profile.

Zudem wurden die Pumpwerke übernommen (Tabelle 3). Gewässerpumpwerke (PAV) werden mit ihrer max. Pumpleistung einbezogen. Übersteigt der Zufluss die Pumpleistung, erfolgt Rückstau vor der PAV. Ein unbegrenztes Rückstauvolumen wird angenommen. Insgesamt sind fünf PAV an den Oberläufen berücksichtigt. Zudem sind die Einleitungen der Grundwasserpumpen (PAG) abgebildet (29 Einleitungspunkte). Für den Kalibrierungszeitraum ab 2001 werden Messwerte der LINEG als Zuflussganglinien übernommen.

#### 4.1.2 Modellkalibrierung

Gerade für Tieflandgewässer ist für die Qualität der Modellabbildung eine Modellkalibrierung wesentlich. Für eine Modellkalibrierung sind 13 Pegel im Einzugsgebiet von Anrathskanal und Fossa Eugeniana verfügbar (Tabelle 4). Zudem werden an den PAV die Pumpmengen in hoher Zeitaufösung erfasst (15 Minuten-Werte) und können zur Modellkalibrierung benutzt werden. Messwerte zum Niederschlag (ebenfalls in hoher zeitlicher Auflösung) stehen aus dem Messnetz der LINEG zur Verfügung (Stationen Alte Landstr., Hoerstgen, Kamp-Lintfort, Niederend, Repelen, Neukirchen und Niep). Die Stationswerte wurden nach der Thiessen-Methode als Gebietsniederschlag übernommen. Damit liegt eine gute Ausgangsdatenlage für eine Kalibrierung des NA-Modells vor.

Allerdings sind bei der Übernahme der Pegelmesswerte Unsicherheiten zu berücksichtigen. Die Pegel sind ohne ausgebaute Messstrecke im Gewässer angeordnet. Bei dem geringen Sohlgefälle kann es leicht zu Rückstau, Ablagerungen, Verlegung oder Verkrautung im Pegelprofil kommen. Zudem ist die WQ-Beziehung häufig unsicher.

Daher wurde die Modellkalibrierung wesentlich anhand der PAV-Messwerte durchgeführt und die Pegelmessungen zur Plausibilisierung eingesetzt. Die Mehrzahl der PAV sind mit Magnetisch-induktiven-Durchfluss-Messgeräten ausgestattet, so dass hier zuverlässige Messwerte vorliegen. Insgesamt konnten 30 der PAV's zur Modellkalibrierung herangezogen werden (vgl. Tab. 3), die relativ gleichmäßig verteilt im Einzugsgebiet vorliegen.

Als Kalibrierungszeitraum wurde der Zeitraum 2006 bis Mai 2011 an Anrathskanal und Fossa Eugeniana gewählt. Ergänzend wird zur Modellvalidierung der Zeitraum ab 2004 betrachtet.

Ein erster Kalibrierungsschritt betrifft das mittlere Abflussverhalten im Jahresverlauf (Langzeitkalibrierung). Neben dem Abflussvolumen soll der Verlauf im Jahresrhythmus sowie Unterschiede zwischen einzelnen Jahren in Übereinstimmung mit den Messwerten abgebildet wer-

den. Gleichzeitig werden die Messwerte auf ein plausibles Verhalten im Gewässerlängsschnitt überprüft.

Generell zeigen sich dabei nur niedrige mittlere Abflüsse, die allerdings für einzelne Gerinneabschnitte deutlich variieren. Hier besteht ein direkter Bezug zur Höhe des Grundwasserspiegels. Abschnitte mit tiefem Grundwasserstand fallen trocken, in Abschnitten mit einer Gewässersohle in Höhe des Grundwasserspiegels treten z. T. hohe Zuflussraten auf. Im Modell mussten abschnittsweise hohe Versickerungsraten im Gewässer sowie große Zuflussgebiete im Grundwasserzufluss – auch über die topographische Wasserscheide hinaus – angepasst werden. Die Messwerte werden dann gut erreicht. Dabei ermöglicht die große Zahl von relativ gleichmäßig über das Einzugsgebiet verteilt liegender Kalibrierungspunkte eine sehr kleinräumige Modellanpassung.

Anschließend wurde das Modell anhand einzelner Hochwasserereignisse kalibriert. Dabei sind die Zuflussscheitel aus natürlichen Einzugsgebieten generell sehr niedrig. Die Kalibrierung ist schwierig, da nur ein kleiner Anteil des Niederschlagsinputs zur Hochwasserwelle beiträgt. Nicht immer werden hier die Hochwasserwellen auch im Modell erreicht. Über alle Ereignisse zeigt sich zwischen Messwerten und Modell ein ähnliches Abbildungsverhalten.

**Tabelle 4: Gewässerpegel der LINEG mit kontinuierlichen Aufzeichnungen**

Gewässersystem	Kenn. LINEG	Bezeichnung	Lage
<b>Niepkuhlenzug</b>	360092gw	Niepkanal, am Selsterhof	unterh. Ausl. PAV Niep
<b>Fossa</b>	370090gw	Fossa-Eug. oberhalb Issumer Fleuth	oberh. Einm. Issumer Fleuth
	370091gw	Fossa-Eug. oberh.Ferdinantengraben	oberh. Ferdinandengraben
	371090gw	Fossa Eug. Rheinberg Fischbauchklappe	Mündung
<b>Plankendickskendel</b>	343090gw	Inneboldgraben-PAV Weistrasse	oberh. PAV Weistrasse
	345090gw	Rayener Abzugsgraben	Mündung
	341092gw	Plankendickskendel Rayen	oberh. Einm Rayener Abzugsgraben
	341091gw	Graben C, Plankendickskendel	Mündung
<b>Anrathskanal</b>	355090gw	Landwehrgraben - Kamp - Lintfort	Zufluss Vinnbruchgraben
	351092gw	Anrathskanal Evertz Dammbalken	unterh. Einm. Landwehrgrbn
	351091gw	Anrathskanal vor Moersbach	Mündung
<b>Landwehrbach</b>	368091gw	Stauanlage Bergdahlsweg	Mündung
	411091gw	Meenenkaule:Schöperslandwehr	Bifurkation zur Meenenkaule



Hohe Hochwasserscheitel resultieren wesentlich aus Regenwassereinleitungen der Siedlungsgebiete. Dies wird auch im Modell erreicht. Allerdings müssen die befestigten Flächen gegenüber den Ausgangswerten aus der Kanalnetzdimensionierung z. T. deutlich reduziert werden, um die Messwerte nicht zu überschätzen. Dies deckt sich mit dem Modellverhalten am Moersbach [1]. Mit dem so angepassten Modell werden die Messwerte einzelner Hochwasserereignisse gut erreicht.

#### 4.1.3 Ableitung der Bemessungsabflüsse

Anschließend wurde das kalibrierte Modell eingesetzt, um den hundertjährigen Hochwasserabfluss ( $HQ_{100}$ ) abzuleiten. Eine statistische Auswertung der simulierten Abflussganglinien war nicht möglich, da entsprechend lange Niederschlagszeitreihen nicht vorliegen. Zudem erschweren die PAV mit einer Begrenzung der weitergeleiteten Scheitelwerte auf die max. Pumpleistung eine extremwertstatistische Auswertung für die Unterläufe.

Daher wurde der hundertjährige Hochwasserabfluss über eine Simulation aus Bemessungsereignissen mit korrespondierenden Niederschlagsereignissen abgeleitet. Niederschlagshöhen für ein 100-jährliches Ereignis standen für unterschiedliche Dauern aus der Extremwertauswertung des DWD (KOSTRA2000) bzw. den Messwerten der Station Dinslaken der Emshergenossenschaft zur Verfügung. Letztere wurden übernommen, da sie sich besser mit extremen, im Einzugsgebiet beobachteten Ereignissen decken.

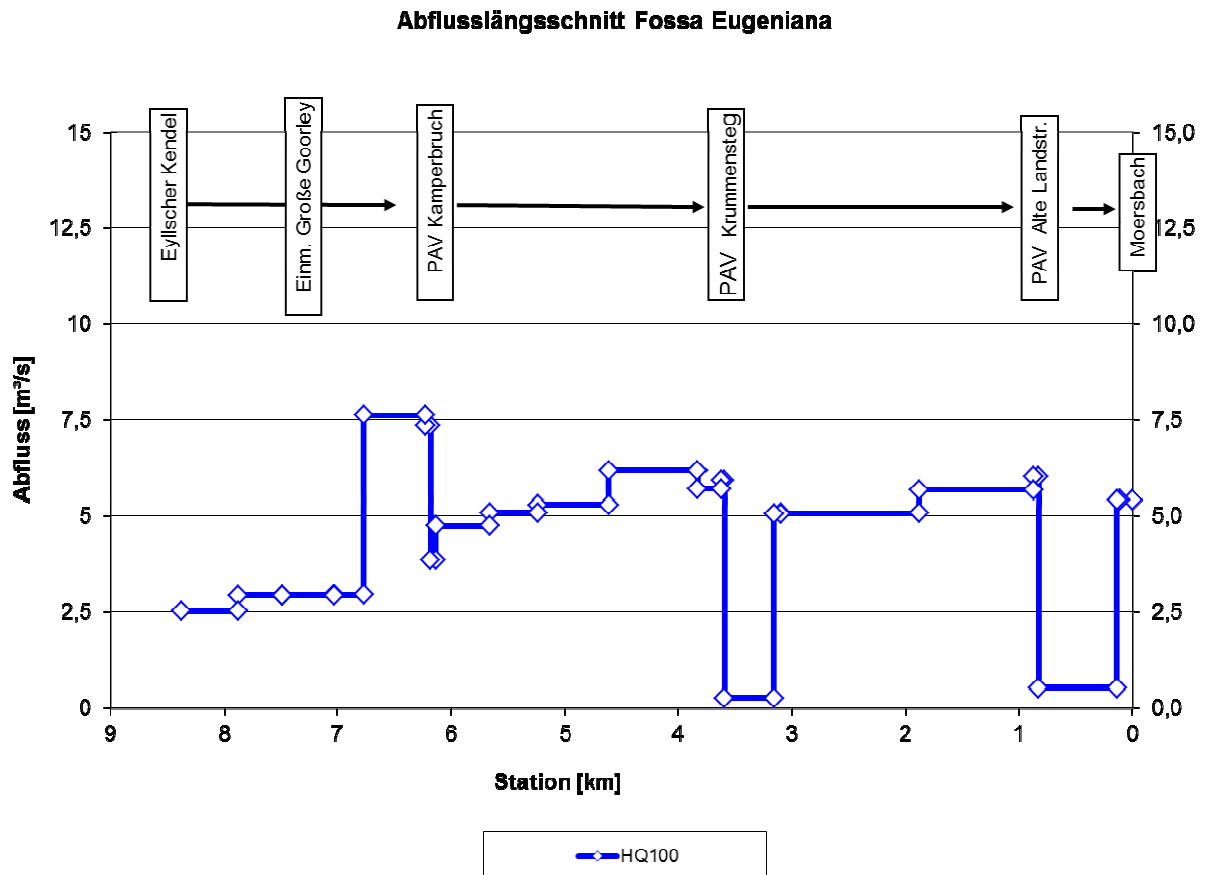
Für die Simulation müssen die Niederschlagsmengen über die Dauer des Ereignisses verteilt werden. Gerade für längere Ereignisse ist eine Gleichverteilung unwahrscheinlich. Stattdessen sind auch während längerer Ereignisse, Phasen mit hohen Niederschlagswerten zu erwarten. Daher wurde zusätzlich ein einstündiges Extremereignis in ein länger dauerndes Ereignis integriert. Für die Einzelereignisse wurde eine Verteilung mit Maximum in der Mitte (nach DVWK, Heft 113 [2]) angenommen. Die Vorgehensweise entspricht der Ableitung der Überschwemmungsgebiete im benachbarten Einzugsgebiet des Moersbaches [1].

Folgende weitere Randbedingungen wurden festgelegt:

- Gleichmäßige Überregnung des Gesamtgebietes ohne Niederschlagsabminderung
- Vorflutpumpenanlagen (PAV) mit auf die max. Pumpleistung begrenzter Weiterleitung.
- Einleitung der Grundwasserpumpen (PAG) entsprechend 95 % Fraktile der gemessenen Pumpmengen (Zeitraum 2002-2011).

Anhand der Bemessungsereignisse wurden maximale Abflüsse für die einzelnen Gewässerabschnitte ermittelt und in hydrologische Längsschnitte umgesetzt (s. Abbildung 2). Dabei sind die Zuflüsse aus dem Oberlauf durch die max. Pumpleistung der PAV's nach oben begrenzt.

Zudem wurde das Bemessungsereignis (HQ<sub>100</sub>) eingesetzt, um Abflusswellen als Input für das nachfolgend beschriebene hydraulische Modell zu generiert. Hierzu wurden 196 Übergabepunkte (76 am Anrathskanal und 120 an der Fossa Eugeniana) festgelegt, an denen Zuflusswellen aus seitlichen Zuflüssen sowie den Zwischeneinzugsgebieten bereitgestellt werden.



**Abbildung 2: Hydrologischer Längsschnitt Fossa Eugeniana**

## 4.2 Hydraulisches Modell

Anhand hydraulischer Berechnungen wurden die mit dem hydrologischen Modell berechneten Abflüsse in Wasserstände entlang des Gewässers umgesetzt. Dabei ist das Abflussverhalten am Anrathskanal und der Fossa Eugeniana gerade im Hochwasserfall von den Gewässerpumpwerken (PAV) überprägt. Übersteigt der Zufluss die maximale Pumpmenge der PAV, so kommt es zum Rückstau vor dem Pumpwerk mit der Folge eines entsprechenden Anstiegs im Wasserspiegel.

Um diesen Vorgang möglichst detailliert in der hydraulischen Berechnung zu berücksichtigen, wurde mit einer instationären Abbildung der Hochwasserwelle sowie einer zweidimensionalen Abbildung des Vorlandbereichs anhand eines Rastermodells ein relativ aufwendiger Berechnungsansatz gewählt. Eingesetzt wurde das Modell SOBEK (Deltares, Delft [6]), welches auf einem 1D/2D gekoppelten Berechnungsansatz basiert. Das Gewässerbett wird eindimensional anhand von Gewässerprofilen abgebildet, während die Strömung auf den Vorländern zweidimensional über ein rasterbasiertes Berechnungsnetz abgebildet wird. Damit wird sowohl die feingliedrige Gewässergeometrie anhand der Querprofile gut erfasst als auch die Vorlandtopographie über das zweidimensionale Raster detailliert einbezogen. Über die instationäre Abbildung der Hochwasserwelle wird im Modell die Weiterleitung der Zuflusswelle im räumlichen und zeitlichen Verlauf abgebildet. Pumpwerke können mit unterschiedlichen Pumpen über Steuerregeln ins Modell integriert werden. Der Rückstau vor der Pumpenanlage mit seiner Retentionswirkung ist in der Modellabbildung einbezogen. Ausuferungen vor der Pumpanlage werden zweidimensional in dem korrespondierendem Rasternetz simuliert (1D/2D Kopplung). Damit wird der Rückstau vor den Pumpwerken wirklichkeitsgetreu im räumlichen und zeitlichen Verlauf anhand der Geländetopografie abgebildet. Gleiches gilt für Ausuferungen im Vorlandbereich bei hohem Gerinneabfluss. Auch hier ist mit dem Rasternetz die reale Vorlandgeometrie berücksichtigt. Fließvorgänge über die Gewässerauen sowie das räumlich differenzierte Retentionsvolumen gehen in die Modellabbildung ein, so dass der Hochwasserabfluss wirklichkeitsgetreu abgebildet wird.

Die Aufstellung des Modells SOBEK für das Gewässerbett (1D) erfolgte anhand der Gewässerprofile, die in ca. 75-100 m Abstand von der LINEG bereitgestellt wurden. Lediglich kleinere Gewässerabschnitte ohne aktuelle Querprofilaten wurden neu vermessen. Sonderprofile (Brücken, Durchlässe, Wehre u. ä.) wurden anhand ergänzender Angaben einbezogen. Die Pumpanlagen gehen mit den Einzelpumpen unter Berücksichtigung von Ein- und Ausschaltpunkten ins Modell ein. Die gepumpten Abflüsse werden in Druckleitungen bis zum Ausleitbauwerk weitergeleitet.

Das für die zweidimensionale Abbildung des Vorlandabflusses benötigte Geländemodell wurde aus dem digitalen Geländemodell des Landes NRW (DGM 1) abgeleitet. Grundlage bildet ein Rasternetz mit 5 m Kantenlänge, welches aus dem DGM abgeleitet wurde. Zusätzlich wurden Bergsenkungen zwischen dem Befliegungszeitpunkt für das DGM und dem Bezugszeitpunkt (31.12.2012) anhand von Senkungsdaten berücksichtigt, die von der LINEG bereitgestellt wurden.

Typische Gerinneabschnitte wurden anhand von Ortsbegehungen unterteilt und Rauheitsbeiwerte festgelegt [3]. Gerade für kleinere Gräben spielt der aktuelle Pflege- und Unterhaltungszustand des Grabens und der Vorländer eine bedeutende Rolle, wobei nur ein mittlerer Zustand berücksichtigt werden kann. Anschließend wurden einzelne Gerinneabschnitte den Ge-

rinnetypen zugeordnet und die Rauheitsbeiwerte für die Querprofile übernommen. Rauheiten für das 2D-Raster wurden anhand der Flächennutzung nach ATKIS festgelegt. Dabei zeigen Testrechnungen nur eine geringe Sensitivität der berechneten Wasserspiegellagen hinsichtlich der gewählten Sohlrauheit. Dies deckt sich mit den flachen Gefälleverhältnissen. Entscheidend ist die Qualität der verfügbaren Querprofilgeometrien im Flussschlauch und im Vorlandbereich, die den bestimmenden Faktor für die Genauigkeit der simulierten Wasserspiegellagen darstellt.

Im hydraulischen Modell werden alle in Tabelle 1 gelisteten Gewässer berücksichtigt. Diese erreichen eine Länge von 41,2 km am Anrathskanal und weitere 63,6 km an der Fossa Eugeniana. Weitere Seitengräben sind im hydraulischen Modell nicht einbezogen.

Das Programmsystem SOBEK erlaubt eine gleichzeitige Abbildung von Haupt- und Nebengewässern. Anfangsbedingungen für die Mündungen brauchen damit nicht vorgegeben werden, sondern ergeben sich modellintern durch die Abbildung innerhalb eines Gesamtmodells. Lediglich für die Einmündung in den Moersbach muss ein Anfangswasserstand angenommen werden. Hier wurde als Anfangsbedingung der Wasserstand aus den Berechnungen  $HQ_{100}$  am Moersbach übernommen [1].

Die Berechnung der Wasserspiegellagen erfolgte anhand der mit dem NA-Modell berechneten Zuflusswellen, die an 196 Übergabepunkten ausgetauscht werden. Damit ist eine detaillierte Untergliederung in einzelne Gerinneabschnitte gewährleistet. In den Wellen berücksichtigt sind alle Zuflüsse zum Gewässer, d. h. neben den Zuflüssen von den Seitenbächen sowie den jeweiligen Zwischeneinzugsgebieten sind die Regenwassereinleitungen sowie die Einleitungen der Grundwasserpumpwerke berücksichtigt.

Zusammenfassend liegen damit den hydraulischen Berechnungen folgende Randbedingungen zugrunde:

- Übernahme von Zuflusswellen aus seitlichen Zuflüssen und den Zwischeneinzugsgebieten aus dem hydrologischen Modell für das Bemessungsereignis bei  $HQ_{100}$ .
- PAV mit max. Pumpleistung.
- PAG mit 95 % Fraktile der gemessenen Pumpmengen (2002 – 2011).
- Hochwasser  $HQ_{100}$  des Moersbachs mit zugehörigem Wasserstand als untere Randbedingung.

An jedem Punkt des Geländemodells (SOBEK-Berechnungsmodell) wurde die maximale Wasserspiegellage beim Durchgang der Bemessungswelle als Wasserspiegellage  $HW_{100}$  definiert und für die Festlegung der Überschwemmungsgebiete übernommen.

## 5 Überschwemmungsgebiete

Die Überschwemmungsgebiete wurden anhand der hydraulischen Berechnungen für ein 100-jährliches Hochwasserereignis bestimmt. Hierzu wurden die berechneten Wasserspiegellagen aus der SOBEK-Berechnung mit einem detaillierten Geländemodell in einem Geographischen Informationssystem (GIS) verschnitten. Eingesetzt wurde das digitale Geländemodell des Landes NRW, 1 m Raster. Das Geländemodell wurde an aktuelle Bergsenkungen seit dem Befliegungszeitpunkt angepasst (Bezugszeitpunkt 2012).

Die ermittelten Überschwemmungsgebiete wurden in den Randbereichen geglättet und anhand von Ortsbegehungen geprüft.

Die kartografische Umsetzung erfolgt nach Vorgaben der Bezirksregierung Düsseldorf in Detailkarten Maßstab 1:5.000 sowie Übersichtskarten Maßstab 1:25.000. Anhand der Karten wird das Verfahren zur Festsetzung der Überschwemmungsgebiete des Anrathskanal und der Fossa Eugeniana von der Bezirksregierung Düsseldorf durchgeführt.

Sachbearbeiter:  
Dr. rer. nat. R. Schröder  
Dipl. Geogr. F. Krebs

Koblenz, im Mai 2013  
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH



Dr.-Ing. K. Lippert