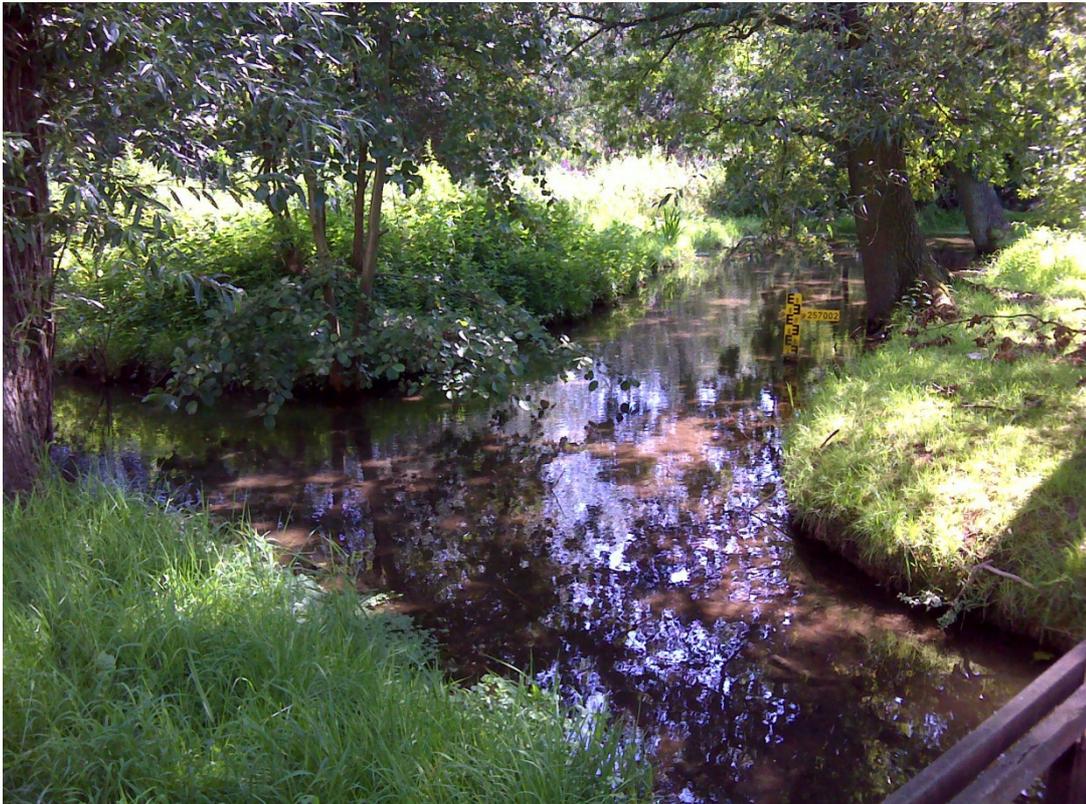




# Bezirksregierung Düsseldorf

## ÜBERSCHWEMMUNGSGEBIET SYSTEM XANTENER ALTRHEIN/SCHWARZER GRABEN

### Kurzbericht



Juni 2013

Das Titelbild zeigt die Bifurkation der Alpschen Ley innerhalb der Ortslage Alpen. Der Zufluss der Alpschen Ley (oben rechts) teilt sich auf die Alpsche Ley zum Winnenthaler Kanal (unten rechts) und die Alpsche Ley Umleitung zum Schwarzer Graben (Mitte links).

Düsseldorf, 26.06.2013

© Bezirksregierung Düsseldorf

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>
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Einzugsgebiet	3
3	Datengrundlagen	8
4	Modelltechnik	10
4.1	Hydrologische Untersuchung	10
4.1.1	Modellerstellung	10
4.1.2	Modellkalibrierung	13
4.1.3	Ableitung der Bemessungsabflüsse	14
4.2	Hydraulisches Modell	16
5	Überschwemmungsgebiete	19

### **Abbildungsverzeichnis:**

Abbildung 1:	Gewässersystem und Pumpanlagen (PAV grün, PAG blau) Xantener Altrhein/Schwarzer Graben (Blauer Punkt)	3
Abbildung 2:	Teileinzugsgebiete des NA-Modells mit städtischen Teilgebieten (schraffiert, RW-Einleitungen (violettes Symbol), Gewässerpumpanlagen (grüne Symbole), Grundwasserpumpanlagen (blaues Symbole) und Pegel	12
Abbildung 3:	Abflusslängsschnitt Heidecker Ley / Alpsche Ley	16

### **Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1:	Gewässerabschnitte zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten	2
Tabelle 2:	Einzugsgebietsgrößen im System Xantener Altrhein/Schwarzer Graben	4
Tabelle 3:	Vorflutpumpanlagen (PAV) im Gewässersystem Xantener Altrhein/Schwarzer Graben	7
Tabelle 4:	Gewässerpegel der LINEG mit kontinuierlichen Aufzeichnungen	14

**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>100</sub>	Hochwasserabfluss mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 1/100 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
MQ	Mittlerer Abfluss
NA-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
PAG	Grundwasserpumpanlage
PAHV	Hochwasserpumpanlage
PAR / PAA	Regen- / Abwasserpumpanlage im Kanalsystem
PAV	Vorflutpumpanlage

RRB	Regenrückhaltebecken
RÜ/RÜB	Regenüberlauf / Regenüberlaufbecken
SKU	Stauraumkanal mit untenliegender Entlastung
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] KOSTRA2000 (2009)  
Koordinierte Starkniederschlagsauswertung des Deutschen Wetterdienstes, digitale  
Version, ITWH Hannover.
  
- [3] BWK, Merkblatt 1 (1999)  
Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern,  
BWK, Düsseldorf
  
- [4] BWK, Merkblatt 1 (2002)  
Wasserbilanzmodelle in der Wasserwirtschaft,  
BWK, Düsseldorf
  
- [5] NASIM 3.4 (2006)  
Modellbeschreibung NASIM, Version 3.4,  
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 (HQ100).

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.

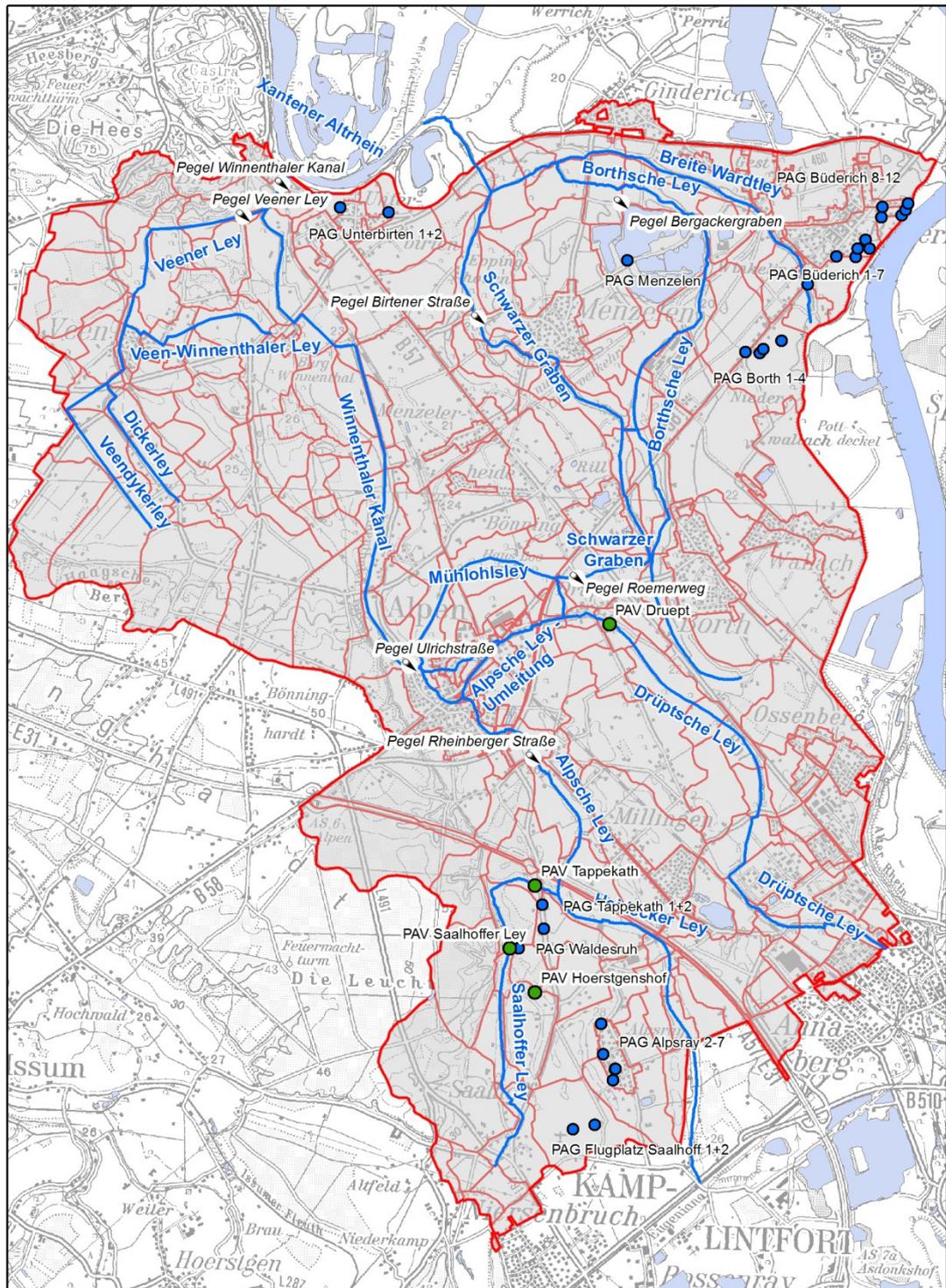
Tabelle 1 führt die in die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete einbezogenen Gewässerabschnitte (gemäß amtlicher Stationierung des Landes NRW, GSK3C) auf:

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

GewKz	Gewässername GSK3C	Abschnittsname	Gewässerstrecke nach GSK3C	
			von Fluss-km	bis Fluss-km
2792	Xantener Altrhein / Schwarzer Graben	Saalhofer Ley	20,42	25,04
2792	Xantener Altrhein / Schwarzer Graben	Alpsche Ley	14,38	20,42
279212	Heidecker Ley		0,00	4,29
279214	Alpsche Ley - Umleitung		0,00	0,84
27922	Drüptsche Ley		0,00	6,99
2792	Xantener Altrhein / Schwarzer Graben	Schwarzer Graben	6,41	14,38
279232	Mühllohls Ley		0,00	2,69
279112	Borthsche Ley		0,00	8,20
27911232	Borthsche Ley		0,00	1,27
2792336	Borthsche Ley		0,00	0,58
279112322	Breite Wardtley		0,00	4,28
27924	Winnenthaler Kanal		0,35	7,54
279242	Veener Ley		0,00	3,26
27924242	Dickerley		0,00	1,81
2792424	Veendikerley		0,00	2,66
2792416	Veen-Winnenthaler Ley	Dörnemannsley	0,00	1,42

Die Überschwemmungsgebiete werden in Übersichtskarten und Detailkarten dargestellt. Die Karten sind als Anlage beigefügt.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Ableitung der Überschwemmungsgebiete im Einzugsgebiet des Gewässersystems Xantener Altrhein/Schwarzer Graben in Kurzform erläutert.



**Abbildung 1: Gewässersystem und Pumpanlagen (PAV grün, PAG blau) Xantener Altrhein/Schwarzer Graben (Blauer Punkt)**

## 2 Einzugsgebiet

Das Gewässersystem Xantener Altrhein/Schwarzer Graben entwässert ein ca. 90,3 km<sup>3</sup> großes Einzugsgebiet im Bereich der Gemeinde Alpen, nördliche Teile der Stadt Rheinberg sowie die Ortsteile Niersenbruch (Kamp-Lintfort), Wesel-Büderich und Xanten-Birten und Unterbirten (siehe Abbildung 1). Davon liegen 23,3 km<sup>2</sup> an der Alpschen Ley, weitere 22,4 km<sup>2</sup> am Winnenthaler Kanal, 18,7 km<sup>2</sup> am Schwarzen Graben und 8,0 km<sup>2</sup> an der Drüptschen Ley. Weitere ca. 17,8 km<sup>2</sup> entwässern zum Baggersee Menzelen oder in abflusslose Gräben, die vor dem Rheinhauptdeich enden. Die Einzugsgebietsgrößen der einzelnen Seitengräben sind in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2: Einzugsgebietsgrößen im System Xantener Altrhein/Schwarzer Graben**

<b>Einzugsgebiet</b>	<b>Einzugsgebietsfläche [km<sup>2</sup>]</b>
Alpsche Ley (mit Saahoffer Ley u. Heidecker Ley)	23,33
Winnenthaler Kanal / Veener Ley	22,40
Drüptsche Ley	8,04
Schwarzer Graben (mit Borthsche Ley Oberlauf)	18,74
Graben Unterbirten	0,63
Borthsche Ley Mittel u. Unterlauf (Zufl. Baggersee Menzelen)	8,15
Breite Warthley / Gathsche Ley	9,02
<b>Gesamt</b>	<b>90,31</b>

Im System Xantener Altrhein/Schwarzer Graben (Bezeichnung nach LINEG: Nordgebiet) ist das gesamte Einzugsgebiet von Xantener Altrhein/Schwarzen Graben und Winnenthaler Kanal berücksichtigt, dass über den Xantener Altrhein als Vorfluter zum Rhein entwässert. Die Grenze des Bearbeitungsgebietes bildet der Rheinhauptdeich. Rheinseitig ist das Abflussverhalten im Hochwasserfall wesentlich vom Rhein gesteuert und wird nicht in der Bearbeitung berücksichtigt.

Das Gewässernetz ist in dem nur gering reliefierten Einzugsgebiet nur undeutlich ausgebildet. Generell folgt die Entwässerungsrichtung dem geringen Geländegefälle von Süden nach Norden. Zusätzlich topographisch bedingte Vorgaben bestehen in alten Rheinarmen (z.B. Drüptsche Ley, Borthsche Ley usw.). Die breiten, weitgehend verlandeten Auenbereiche werden heute von schmalen Gräben entwässert. Z.T. fehlt bei hohen Versickerungsraten eine direkte Anbindung ans Gewässernetz.

Hauptvorfluter sind der Xantener Altrhein/Schwarzer Graben sowie der Winnenthaler Kanal. Der Gewässerverlauf Xantener Altrhein/Schwarzer Graben ist in 4 Abschnitte aufgeteilt. Der

nach Süden bis an die Wasserscheide zur Fossa Eugeniana reichende Abschnitt heißt Saal-  
hoffer Ley. Am Gemeindedreieck Kamp-Lintfort, Rheinberg und Alpen bildet dieser durch den  
Zusammenfluss mit der Heidecker Ley den Abschnitt Alpsche Ley. Im weiteren Verlauf um-  
rundet die Alpsche Ley den Ortskern der Ortslage Alpen halbkreisförmig.

Um die Abflussverhältnisse zu verbessern, wurde vor der Ortslage mit der Alpschen Ley -  
Umleitung der Bogen um den Ortskern verkürzt. Der Zufluss aus der Alpschen Ley teilt sich  
dort über die Alpsche Ley -Umleitung noch Nordosten zum nächsten Abschnitt Schwarzer  
Graben sowie über den alten halbkreisförmigen Gewässerverlauf auf. Zudem wurde nordwest-  
lich von Alpen über den Winnenthaler Kanal eine direkte Verbindung nach Norden zum Xan-  
tener Altrhein geschaffen. Die Alpsche Ley (alter Verlauf) liegt ab dieser Stelle trocken und  
nimmt lediglich lokale Regenwassereinleitungen der Gemeinde Alpen auf.

Östlich der Ortslage Alpen beginnt mit Zusammenführung von Alpscher Ley und Drüptscher  
Ley der Schwarze Graben. Dabei reicht die Drüptsche Ley nach Süden bis an die Ortslage  
Rheinberg bzw. die Wasserscheide zur Fossa Eugeniana/Moersbach. Zufluss zum Schwarzen  
Graben ist aufgrund hohen Grundwasserverluste nicht vorhanden; die vor der Einmündung  
liegende PAV Drüptsche Ley ist laut LINEG während der letzten 10 Jahre nicht angesprungen.  
Ähnliches gilt für die Borthsche Ley, die in ihrem Oberlauf über zwei Verbindungsabschnitte  
an den Schwarzen Graben angeschlossen ist. Auch für den Schwarzen Graben sind Versicke-  
rungsverluste anzunehmen, bevor über eine Pollschleuse der letzte Abschnitt Xantener Alt-  
rhein erreicht wird. Ist bei hohem Rheinwasserstand die Pollschleuse geschlossen, so werden  
Feuchtwiesen binnenseitig der Schleuse als Retentionsraum genutzt. Zudem wird das Tiroler  
Wehr nach Osten zur Borthschen Ley geöffnet und über den Bergackergraben eine Verbin-  
dung zum Baggersee Menzelen mit weiterem Retentionsraum geschaffen. Der Wasserstand  
im Baggersee wird durch die PAG Menzelen kontrolliert, die direkt mit dem Rhein verbunden  
ist.

Weiter im Osten reicht das Einzugsgebiet mit der Breiten Wardtley und der Gath-schen Ley  
bis an den Rheinhauptdamm. Direkte Abflussmöglichkeiten zum Rhein fehlen. Zur binnensei-  
tigen Entwässerung des Grabensystems ausreichend sind Versickerung und Grundwasserab-  
fluss, der dabei nach Osten Richtung Rhein erfolgt.

Der Winnenthaler Kanal verläuft – teilweise begradigt und künstlich ausgebaut – von Alpen  
nach Norden direkt zum Xantener Altrhein. Er kreuzt in einer Hochwasserschleuse bei Birten  
den Rheinhauptdeich. Ein Hochwasserpumpwerk (PAHV Winnenthaler Kanal) verhindert  
Rückstau, falls bei hohem Rheinwasserstand die Hochwasserschleuse geschlossen werden  
muss. Im Unterlauf mündet linksseitig die Veener Ley als wesentlicher Zufluss ein. Die Veener  
Ley ist im Unterlauf vertieft und sichert so die Vorflut einer größeren Niederung südlich der  
Ortslage Veen, deren Entwässerung über ein dichtes Grabensystem erfolgt (Dicker- und Ve-  
endykerley).

Aufgrund des geringen Reliefs weist das gesamte Gewässernetz ein nur geringes Fließgefälle auf. Eine ständige Unterhaltung der Gewässer ist erforderlich, um einer Verlandung vorzubeugen und eine ausreichende Vorflut sicherzustellen. Zum Teil wird eine ausreichende Entwässerung mit Hilfe künstlicher Gräben und Umleitungen erreicht bzw. deutlich verbessert (Alpsche Ley - Umleitung, Winnenthaler Kanal, Veener Graben). Im Norden entlang der Wasserscheide zur Fossa Eugeniana / Moersbach haben sich die Entwässerungsverhältnisse durch Bergsenkungen infolge des untertägigen Bergbaus weiter verschlechtert. Erst Gewässerpumpanlagen (PAV) sichern hier eine ausreichende Vorflut.

Das Einzugsgebiet wird weitgehend landwirtschaftlich genutzt. Dabei dominieren Wiesen und Weiden die gewässernahen Auenbereiche, während in höheren Kuppenlagen überwiegend Äcker anzutreffen sind. Große Waldflächen fehlen mit Ausnahme des Höhenrückens der Bönninghardt.

Neben dem Zufluss der natürlichen Einzugsgebiete nimmt das Gewässersystem Regenwasserabflüsse aus den Ortslagen auf. Dabei überwiegen Trennsysteme, die direkt ins Gewässer entlasten. Z.T. sind Rückhaltungen in Form von Regenrückhaltebecken (RRB) vorgeschaltet. Größere Einleitungen zum Gewässersystem erfolgen aus:

Rheinberg → Drüptsche Ley

Alpen → Alpsche Ley u. Alpsche Ley Umleitung

Birten (Xanten) → Winnenthaler Kanal

Weitere Ortslagen entwässern – z. T. über Regenwasserpumpwerke – direkt zum Rhein (Büderich, Borth, Ossenberg) und tragen nicht zum Gewässerabfluss des Systems bei. Andere Ortslagen mit offener, ländlich geprägter Baustruktur verfügen nicht über eine zentrale Regenwasserentwässerung (z.B. Menzelen, Veen, Alpsray). Hier werden die Abflüsse versiegelter Teilflächen lokal versickert und nicht direkt dem Gewässersystem zugeleitet.

Weiterhin sind Einleitungen aus Grundwasserpumpanlagen (PAG) zu berücksichtigen, die einen nicht unerheblichen Anteil am Gesamtabfluss betragen. Die mittlere Einleitungsrate liegt bei ca. 160 l/s. Die Oberläufe von Saalfelder Ley und Heidecker Ley erreichen erst unterstrom von PAG-Ausleitungen eine kontinuierliche Wasserführung.

Insgesamt erreichen Winnenthaler Kanal und Xantener Altrhein/Schwarzer Graben bezogen auf ihre Einzugsgebietsgröße nur niedrige Abflusswerte. Der mittlere Abfluss liegt am Xantener Altrhein/Schwarzen Graben (Pegel Birtener Str.) bei lediglich 21 l/s und am Winnenthaler Kanal bei 100 l/s. Hier trägt die Veener Ley mit deutlichen Zuflüssen bei (ca. 80 l/s). Kennwerte zum Hochwasserabfluss wurden mit dem NA-Modell neu berechnet. Auch hier ergeben sich nur niedrige Scheitelwerte. Dabei sind die Scheitelabflüsse in den Oberläufen durch die max. Pumpleistung der PAV's begrenzt. Eine Übersicht der Pumpleistungen gibt Tabelle 3.

**Tabelle 3: Vorflutpumpanlagen (PAV) im Gewässersystem Xantener Altrhein/Xantener Altrhein/Schwarzer Graben**

Kennung NA-Modell	Name	Gewässer	Anzahl Pumpen	max. Pumpleistung [l/s]
SHL11PAV	PAV Saalhoffer Ley	Saalhoffer Ley	4	<b>201</b>
SHL01PAV	PAV Tappekath	Saalhoffer Ley	1	<b>97</b>
HH01PAV	PAV Hoerstgenshof		1	<b>75</b>
DL01PAV	PAV Drüpt	Drüptsche Ley	1	<b>24</b>
<b>Hochwasserpumpanlage (PAHV)</b>				
WK01PW	PAHV Winnenthaler Kanal	Winnenthaler K.	4	<b>2.080</b>

### 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 mit den von der LINEG unterhaltenen Gewässern einschließlich wesentlicher Zuflussgräben, 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).
- Grundwasserhorizont für einen trockenen und einen nassen Zeitpunkt (teilweise).

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:

- Pumpanlagen: 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 Abfluss in hoher Zeitauflösung
- Niederschlagswerte: LINEG-Stationen Menzelen-Ost, Alpen, Rheinberg, Alte Landstraße, Kamp-Lintfort und Xanten, jeweils Pluviometer Messungen in hoher Zeitauflösung

- Temperatur- und Verdunstung: Werte für die Station Kamp-Lintfort, nach LANUV-NRW gültig auch für alle Niederschlagsstationen im System Xantener Altrhein/Schwarzer Graben, potentielle Verdunstung berechnet nach dem Haude-Ansatz.
- Extremniederschlagshöhen nach KOSTRA [2] und PEN-LAWA (DWD) sowie der Niederschlagsstation Dinslaken (Emschergenossenschaft)

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

- Alpen: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (AutoCad)
- Rheinberg: Kanalnetzdaten mit Angaben zu Haltungen und Schächten (Auto-Cad)
- 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 ( $A_{\text{red}}$ -Fläche) entsprechend Angaben der Kommunen sowie die Entwässerungsart (Mischsystem, Trennsystem), Bezeichnung sowie Hinweis auf Rückhaltung.

#### Gewässerprofile:

- Gewässerquerprofile nach Vermessungen der LINEG zwischen ca. 1990-2012; in Senkungsbereichen höhenkorrigiert (Plandarstellung sowie Lagepläne, Profile digitalisiert als WSPWIN-Datensatz)
- Längsschnitte (Plandarstellung inklusive Angaben zu Bauwerken)
- Mühlohlsley: Neuvermessung LINEG, Aug. 2012.  
Gewässersystem Veener Ley: Bauwerkskenngößen und repräsentative Querprofile, LINEG, Mai 2012.
- 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 insgesamt ca. 90,3 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet wurde ein NA-Modell (TYP NASIM) aufgestellt.

Grundlage des Modellsystems NASIM [5] sind frei festzulegende Teilgebiete, für die bei Belastung mit einem Niederschlag eine Abflusswelle generiert wird. Dabei erfolgt die Abflussaufteilung anhand einzelner Speicheransätze, insbesondere eines Bodenspeichers. Neben Oberflächen- und oberflächennahem Abfluss sowie Grundwasserabfluss wird auch ein Abflussanteil von versiegelten Teilflächen differenziert. Anhand des Unit-Hydrograph-Konzeptes sowie eines nachgeschalteten Linearspeichers werden Retention und Translation im Einzugsgebiet berücksichtigt. Die Abflusswellen werden in Gerinneelementen weitergeleitet, über die die Teilgebiete zum Gesamtsystem vernetzt sind. Das Modell erlaubt die Simulation sowohl langer Zeiträume zur Abbildung langfristiger Prozesse (z.B. Bodenfeuchte oder Grundwasserspeicher) als auch kurzfristiger Abflussreaktionen auf hohe Niederschläge.

Im Modell werden natürliche und städtische Teilgebiete unterschieden. Die Untergliederung in „natürliche“ Teilgebiete orientiert sich besonders an der Einzugsgebietstopographie sowie dem Gewässersystem. Dabei werden möglichst Gebiete mit hydrologisch ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst. Zudem werden Pegel, Einleitungen, Pumpwerke u. ä. in der Gebietsgliederung berücksichtigt. Aufgrund der geringen Höhenunterschiede ist allerdings die Festlegung von Einzugsgebietsgrenzen nicht immer eindeutig. Erschwerend sind die Bergsenkungen zu berücksichtigen, durch die sich Geländesenken ohne direkte Oberflächenentwässerung gebildet haben. Größere Senken werden durch Pumpanlagen entwässert. Zudem entwässern einzelne Teilbereiche in lokale Tiefpunkte (Baggerseen, Freizeitseen) und tragen nicht direkt zum Oberflächenabfluss bei. Insgesamt wurden 199 natürliche Teilgebiete im System Xantener Altrhein/Schwarzer Graben festgelegt und ins NA-Modell übernommen (siehe Abbildung 2).

Ergänzend werden „städtische“ Teilgebiete berücksichtigt, die sich auf kanalisierte Einzugsgebiete innerhalb der Ortslagen beschränken. Alle Regenwassereinleitungen der Kanalisation ins Gewässer wurden mit ihren Zuflussgebieten erhoben und als eigene Systemelemente („städtische“ Teilgebiete) mit der jeweils angeschlossenen versiegelten Fläche ( $A_{\text{red}}$ -Fläche) ins Modell aufgenommen. Ähnlich werden Straßenabschnitte mit direkter Einleitung ins Gewässer differenziert. 56 städtische Teilgebiete der Städte und Gemeinden Alpen, Rheinberg, Wesel mit den linksrheinischen Ortsteilen Buderich und Ginderich und Xanten Birten sowie 10 Straßenabschnitte wurden differenziert, die an 30 Einleitungen zum Gewässersystem Xante-

ner Altrhein/Schwarzer Graben entwässern. Weitere Einleitungen erfolgen direkt zum Rhein oder sind an lokale Versickerungsbecken angeschlossen. Die Teilgebiete sind im Modell berücksichtigt. Die Abflüsse der versiegelten Flächen werden aber nicht im Modell weitergeleitet. Andere städtische Teilgebiete entwässern über zentrale oder dezentrale Versickerungsanlagen und leiten nicht ins Gewässersystem ein. Sie werden zwar ins Modell übernommen, der Abfluss wird aber nicht ins Gewässersystem weitergeleitet, sondern über eigene Speicherelemente versickert

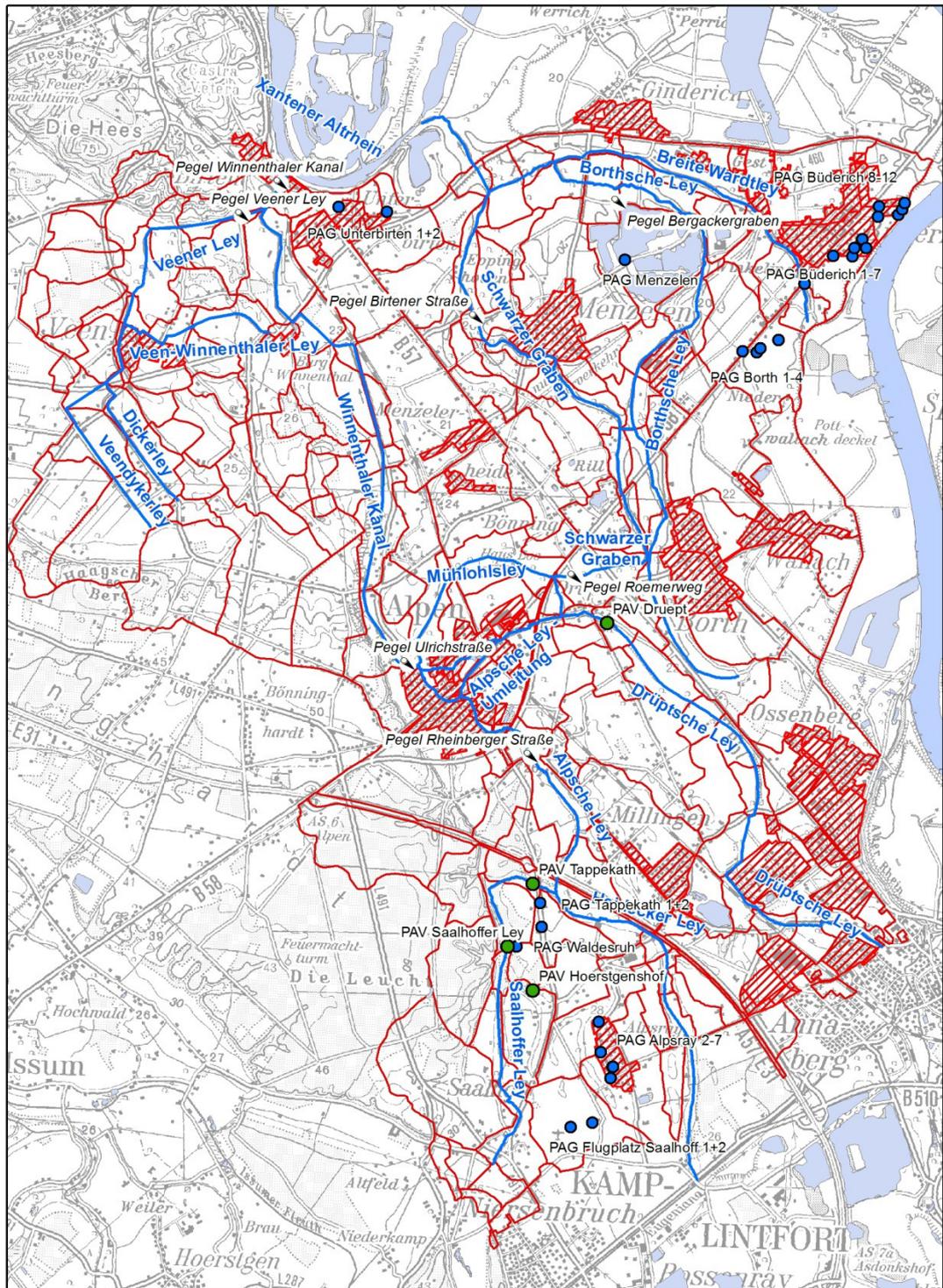
Für jedes Teilgebiet sind zahlreiche Modellparameter festzulegen [4]. Die räumliche Grundlage bilden dabei Hydrotöpfe (Flächen gleicher Bodenart und Nutzung), in die die Teilgebiete weiter unterteilt wurden. Wesentliche Modellparameter sind:

- Flächengröße
- Bodenparameter (max. Porenvolumen, Feldkapazität, kf-Wert)
- Nutzungsparameter (Interzeptionsspeicherinhalt, Verdunstungskorrektur)
- Parameter zur Teilgebietsform (Hanglänge und –gefälle)
- Retentionsparameter für die einzelnen Abflusskomponenten (Overlandflow, Interflow, Basisabfluss)

Die Parameter wurden direkt in der GIS-Umgebung aus den jeweiligen Grundlagenkarten (Boden, Nutzung und Topographie) abgeleitet.

Wesentliche Parameter für städtische Teilgebiete sind die versiegelte Fläche (A<sub>red</sub>-Fläche) sowie die maximale Fließzeit im Kanalnetz. Die Parameter wurden aus den entsprechenden Unterlagen zur Stadtentwässerung abgeleitet.

Jedes Teilgebiet ist einem Gerinneelement zugeordnet, in welchem der Abfluss unter Berücksichtigung von Retentionseffekten weitergeleitet wird. Die Gerinneelemente werden zu einem Abflusssystem vernetzt. Als Modellparameter sind für jedes Gerinneelement die Länge sowie ein mittleres Sohlgefälle anzugeben. Weiterhin werden Retentionsparameter benötigt. Für die Risikogewässer wurden die Parameter direkt aus den verfügbaren Querprofilen unter Anwendung einer 1D-Wasserspiegelberechnung (Modell JABRON) ermittelt. Für die restlichen Gerinneabschnitte wurden repräsentative Querprofile in Ortsbegehungen festgelegt und ins NA-Modell übernommen.



**Abbildung 2: Teileinzugsgebiete des NA-Modells mit städtischen Teilgebieten (schraffiert, RW-Einleitungen (violette Symbol), Gewässerpumpanlagen (grüne Symbole), Grundwasserpumpanlagen (blaue Symbole) und Pegel**

Zur Vervollständigung der Modellstruktur sind weiterhin Speicherelemente vorgesehen, mit deren Hilfe Seen und Teiche im Gewässer, RÜB und RRB an den Einleitungen sowie Pumpwerke abgebildet werden:

- Gewässerpumpenanlagen u. ä. (PAV, PAHV, PAR):  
Vier PAV werden mit der Leistung der Einzelpumpen als Speicherelemente abgebildet. Nach oben ist die Abgabe auf die maximale Kapazität aller Einzelpumpen bei Parallelbetrieb begrenzt. Für Extremereignisse wird ein unbegrenztes Rückstauvolumen oberhalb der PAV angenommen. Die Hochwasserpumpenanlage (PAHV) Winnenthaler Kanal an der Schleuse vor der Einmündung zum Xantener Altrhein wird adäquat abgebildet. Zudem wird eine Regenwasserpumpenanlage (PAR) in der Kanalisation Alpen über ein Speicherelement berücksichtigt.
- Rückhaltungen vor den Regenwassereinleitungen (RRB, RÜB, SKU):  
Einigen größeren Regenwassereinleitungen ist eine Rückhaltung vorgelagert. Für die Abbildung als Speicherelement werden das max. Einstauvolumen sowie der Drosselabfluss ( $Q_d$ ) bzw. der kritische Abfluss ( $Q_{krit}$ ) entsprechend den Angaben der LINEG übernommen.
- Grundwasserpumpenanlagen (PAG):  
PAG werden mit ihren Einleitungen ins Gewässersystem berücksichtigt. Insgesamt sind 5 Einleitungsstellen aus PAG im NA-Modell abgebildet. Im NA-Modell werden für die Kalibrierung die tatsächlichen Pumpmengen anhand der gemessenen Ganglinien (LINEG) als Zuflussganglinien übernommen. Für die Bemessungsereignisse müssen Annahmen zur Einleitung getroffen werden. Angenommen wird als konstante Einleitung das 95 % Fraktil der gemessenen Pumpmengen zwischen 2002 und Juni 2012.

#### 4.1.2 Modellkalibrierung

Gerade für Tieflandgewässer ist für die Qualität der Modellabbildung eine Modellkalibrierung wesentlich. Für eine Modellkalibrierung sind sieben Pegel im Einzugsgebiet des Systems Xantener Altrhein/Schwarzer Graben verfügbar (vgl. Tabelle 4). Allerdings wurden einige der Pegel erst in Kombination mit der Erarbeitung der HWGK und HWRK eingerichtet, so dass nur ein relativ kurzer Messzeitraum vorliegt. An den neu eingerichteten Pegeln werden neben dem Wasserstand auch die Fließgeschwindigkeit und der Durchfluss direkt gemessen (induktive Durchflussmessung). Rückstaueffekte bei hohen Wasserständen, Verlegung und jahreszeitlich wechselnder Bewuchs u. ä. sind damit in den Messwerten berücksichtigt.

Zusätzlich werden die Pumpmengen der PAV in der Kalibrierung einbezogen. Dabei sind die Messwerte der PAV durch die max. Leistung der Pumpen nach oben begrenzt. Insgesamt werden drei PAV berücksichtigt.

Messwerte zum Niederschlag (ebenfalls in hoher zeitlicher Auflösung) stehen aus dem Messnetz der LINEG zur Verfügung (Stationen Menzelen-Ost, Alpen, Rheinberg, Alte Landstraße, Kamp-Lintfort und Xanten).

Als Kalibrierungszeitraum wurde der Zeitraum Mai 2011 bis Juni 2012 gewählt. Ziel war dabei, möglichst alle gemessenen Hochwasserereignisse im Mittel gut abzubilden. Ergänzend wird zur Modellvalidierung der Zeitraum vor 2011 betrachtet, soweit hierzu Messdaten vorliegen.

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

Pegelname	Gewässer	Anlagen Nr. LINEG	digitale Da- ten ab	MQ <sup>**</sup> )	HQ <sub>100</sub> <sup>***</sup> )
				[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Rheinberger Str.	Alpsche Ley	257090	16.05.2011	0,063	0,647
Römerstr.	Schwarzer Graben	255091	16.05.2011	0,055	1,789
Birtener Str.	Schwarzer Graben	255092	16.05.2011	0,021	2,247
Ulrichstr.	Winnenthaler Kanal	258092	16.05.2011	0,021	1,249
Veener Ley	Veener Ley	258093	16.05.2011	0,081	3,077
Winnenthaler Kanal	Winnenthaler Kanal	258091	21.10.2008	0,096	3,703
Bergackergraben	Bergackergraben	250090	16.12.2008	0,103	1,365
<b>Zusätzlich zur Modellkalibrierung herangezogen:</b>					
PAV Saalhoffer Ley	Saalhoffer Ley		01.10.2001 *)	0,034	
PAV Tappekath	Heidecker Ley		18.11.2009 *)	0,023	
PAV Drüpt	Drüpt'sche Ley		01.10.2001 *)	kein Betrieb	

\*) Monatswerte bereits ab 1995

\*\*\*) aus Messwerten abgeleitet (z.T. nur kurzer Zeitraum)

\*\*\*) nach hydrologischen Berechnungen

#### 4.1.3 Ableitung der Bemessungsabflüsse

Anschließend wurde das kalibrierte Modell eingesetzt, um den hundertjährigen Hochwasserabfluss (HQ100) 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.

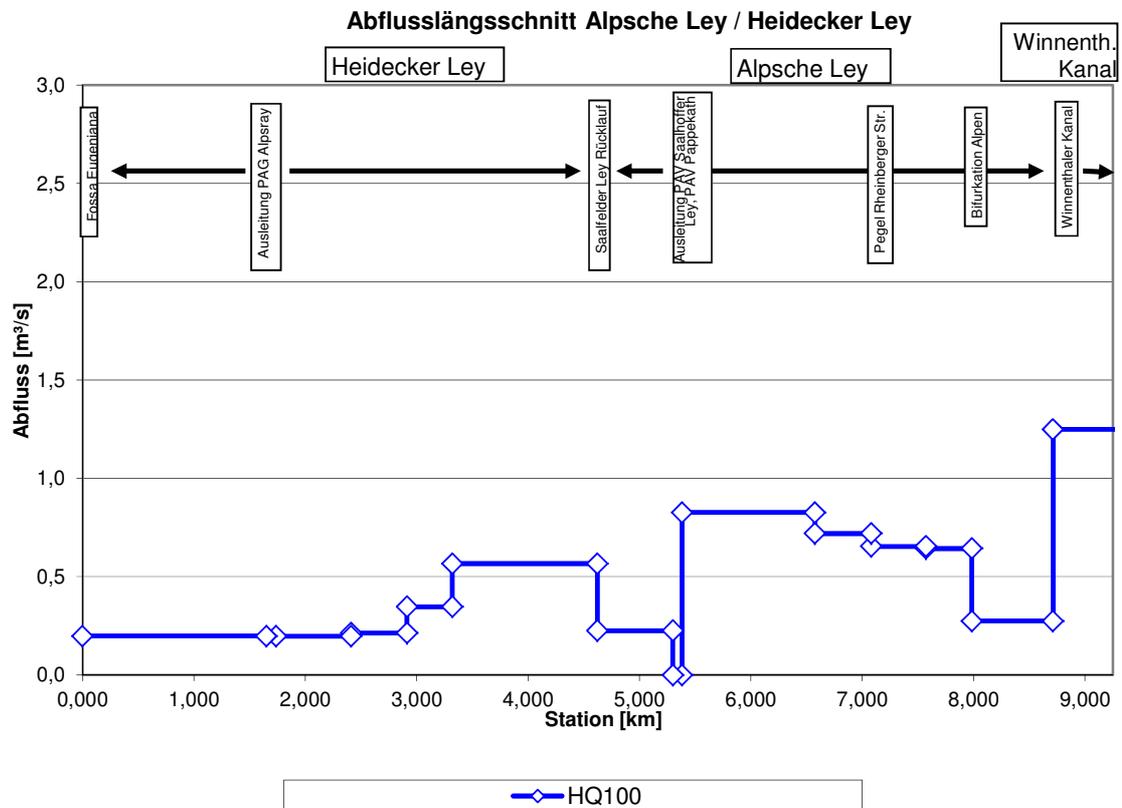
Für die Simulation müssen die Niederschlagsmengen über die Dauer des Ereignisses verteilt werden. Gerade für längere Ereignisse ist eine Gleichverteilung unwahrscheinlich. Stattdessen sind auch während längerer Ereignisse, Phasen mit hohen Niederschlagswerten zu erwarten. Daher wurde zusätzlich ein einstündiges Extremereignis in ein länger dauerndes Ereignis integriert. Für die Einzelereignisse wurde eine Verteilung mit Maximum in der Mitte (nach DVWK, Heft 109) 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 % Fraktil der gemessenen Pumpmengen (Zeitraum 2002-2012)

Anhand der Bemessungsereignisse wurden maximale Abflüsse für die einzelnen Gewässerabschnitte ermittelt und in hydrologische Längsschnitte umgesetzt (siehe Abbildung 3). Dabei sind die Zuflüsse aus dem Oberlauf durch die max. Pumpleistung der PAV's nach oben begrenzt.

Zudem wurde das Bemessungsereignis (HQ100) eingesetzt, um Abflusswellen als Input für das nachfolgend beschriebene hydraulische Modell zu generieren. Hierzu wurden 84 Übergabepunkte festgelegt, an denen Zuflüsse aus den Zwischeneinzugsgebieten sowie seitliche Zuflüsse angegeben werden. Durch die hohe Zahl der Übergabepunkte wird die Abflussentwicklung sehr genau an das hydraulische Modell weitergegeben.



**Abbildung 3: Abflusslängsschnitt Heidecker Ley / Alpsche Ley**

## 4.2 Hydraulisches Modell

Anhand hydraulischer Berechnungen wurden die mit dem hydrologischen Modell berechneten Abflüsse in Wasserstände entlang des Gewässers umgesetzt. Die Abflüsse werden dann im hydraulischen Modell bei instationärer Abbildung weitergeleitet. Insbesondere sind die Gewässerpumpwerke und die Hochwasserschleusen im Rheinhauptdeich im Modell berücksichtigt. Durch die instationäre hydraulische Berechnung kann die Retention vor den Pumpwerken und den Schleusen abgebildet werden, so dass der Rückstau mit Ausuferungen in die Vorländer in die Bestimmung der Wasserspiegelhöhen einfließt.

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 Pumpenanlage 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. Dies bedeutet gerade für den Rückstau vor den PAV im Oberlauf und den Hochwasserschleusen zum Xantener Altrhein eine erhebliche Verbesserung gegenüber einer sonst üblichen eindimensionalen Abbildung.

Die Aufstellung des Modells SOBEK für das Gewässerbett (1D) erfolgte anhand der Gewässerprofile, die von der LINEG bereitgestellt wurden. Lediglich kleinere Gewässerabschnitte ohne aktuelle Querprofilaten wurden neu vermessen. Bergsenkungen zwischen der Vermessung und dem Bezugszeitpunkt wurden ergänzend berücksichtigt. Sonderprofile (Brücken, Durchlässe, Wehre u. ä.) wurden anhand ergänzender Angaben einbezogen. Die Pumpenanlagen gehen mit den Einzelpumpen unter Berücksichtigung von Ein- und Ausschaltpunkten ins Modell ein. Die gepumpten Abflüsse werden in Druckleitungen bis zum Ausleitbauwerk weitergeleitet. Insgesamt wurden 821 Gewässerprofile sowie 233 Sonderprofile ins SOBEK-Modell übernommen.

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 20 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 Gerinnetypen 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 hinsicht-

lich 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.

Die Berechnung der Wasserspiegellagen erfolgte anhand der mit dem NA-Modell berechneten Zuflusswellen, die an 84 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  $HQ_{100}$ .
- PAV mit max. Pumpleistung.
- PAG mit 95 % Fraktil der gemessenen Pumpmengen (2002 – 2012), (bereits in Zuflusswellen berücksichtigt).
- Geschlossene Schleusen des Winnenthaler Kanals und des Schwarzen Grabens zum Rheinhauptdeich aufgrund zeitgleichen Hochwassers am Rhein

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 in Detailkarten im Maßstab 1:5.000 sowie Übersichtskarten im Maßstab 1:25.000. Anhand der Karten wird das Verfahren zur Festsetzung der Überschwemmungsgebiete des Systems Xantener Altrhein/Schwarzer Graben von der Bezirksregierung Düsseldorf durchgeführt.