



Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Aufstellung eines Niederschlag-Abfluss-
Modells der Sule bei Sulingen zur Prüfung
der Abflüsse bei der Ermittlung des Über-
schwemmungsgebietes



Erläuterungsbericht

Aufstellung eines Niederschlag-Abfluss-Modells der Sule bei Sulingen zur Prüfung der Abflüsse bei der Ermittlung des Überschwemmungsgebietes

Mitwirkende:

Elmar Brömse

Norbert Weinert

© Eine Vervielfältigung oder Verwendung des Inhaltes in elektronischen oder gedruckten Publikationen aller Bestandteile dieses Berichts (inkl. Anlagen, digitalen Unterlagen, etc.) ist ohne ausdrückliche vorherige Zustimmung des Auftraggebers nicht gestattet.

Z:\Auftg_09\A-18_09\Texte\Erl_NA-Sule_2009-11-13.doc

Inhalt

1	Veranlassung.....	3
2	Grundlagen.....	3
2.1	Datengrundlagen	3
2.2	Software	3
3	Kurzbeschreibung der Örtlichkeit.....	4
3.1	Hydrologische Situation	4
3.2	Hydraulische Situation	5
4	Niederschlag-Abfluss-Modell.....	5
4.1	Abgrenzung der Teilgebiete	5
4.2	Elementarflächen	5
4.3	Transportelemente	6
4.4	Ermittlung der maßgeblichen Niederschlagsdauer	8
4.5	Kalibrierung	10
4.5.1	Natürliches Einzugsgebiet.....	10
4.5.2	Stadtgebiet Sulingen	10
4.6	Ermittlung der Bemessungsabflüsse.....	14
4.7	Überlagerung von Stadt- und Landabfluss	15
5	Bewertung der Ergebnisse	16
6	Hydraulische Berechnung.....	18
7	Zusammenfassung.....	19
8	Quellenangabe.....	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modellsystem	7
Abbildung 2:	Sule oberhalb Sulingen (S55 zu) – alle N-Dauern (rot = 1h).....	9
Abbildung 3:	Sule unterhalb Sulingen (S56 zu) – alle N-Dauern (rot = 1h).....	9
Abbildung 4:	Niederschlagshöhen und –intensitäten gem. DVWK-Verteilung	10
Abbildung 5:	Landnutzung ATKIS (li: Übersicht Sulingen, re: Detail)	11
Abbildung 6:	HQ ₁₀₀ Sule Bassumer Straße (blau) und B61/214 (grün)	14
Abbildung 7:	Ganglinien Stadtgebiet und natürliches Einzugsgebiet.....	16
Abbildung 8:	Vergleich der Abflüsse	17
Abbildung 9:	Durchlass Stat. 11 +210.....	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	KOSTRA - Niederschläge $T_N = 100a$	8
Tabelle 2:	Einleitungen in die Sule	12
Tabelle 3:	Einleitungen in die Sule	13
Tabelle 4:	ermittelte Bemessungsabflüsse.....	15

Anlagen

Anlage 1	Übersichtskarte	1 : 25.000
Anlage 2.1 – 2.3	Längsschnitte (nur digital)	1 : 5.000/ 100

1 Veranlassung

Für die Gewässer Sule und Flöte soll das Überschwemmungsgebiet neu festgesetzt werden. Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz beauftragte den Unterzeichner 2006 mit der Ermittlung der Überschwemmungsflächen. Diese wurden im Mai 2007 vorgelegt.

Der Landkreis Diepholz hat im Verfahren zur Festsetzung des Überschwemmungsgebietes um eine Überprüfung der verwendeten Abflüsse an der Sule gebeten. Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Abflüsse wurden entsprechend den vorliegenden Hochwasserbemessungswerten für die Fließgewässer in Niedersachsen [NLÖ 2003] ermittelt.

Für eine genauere Ermittlung der Situation und einer möglichen Überlagerung der Abflussganglinien aus dem natürlichen Einzugsgebiet und den städtischen Oberflächenwassereinleitungen wird ein Niederschlag-Abflussmodell aufgestellt. Ziel ist es zu untersuchen, ob die angesetzten Bemessungsabflüsse zutreffen oder ggf. korrigiert werden müssen.

2 Grundlagen

2.1 Datengrundlagen

Eingangsdaten Niederschlag-Abfluss-Modell:

- ATKIS
- Digitale Bodendaten BÜK 50
- Hydraulikmodell [Ing. Büro Sönnichsen & Partner, 2007]
- DGM5 der Landesvermessung [NLWKN, 2006]
- Bemessungsabflüsse [Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Nds., 2003]
- Bemessungsniederschläge KOSTRA [DWD]
- Lageplan Einleitungen [Stadt Sulingen, ohne Datum]

2.2 Software

1. AutoCad LT, Autodesk

2. ArcView 3.2 (Esri)
3. Hydra, Rechenkern 2005 (Knauf, Darmstadt)
4. Talsim (Sydro, Darmstadt)

3 Kurzbeschreibung der Örtlichkeit

Die Sule ist ein linksseitiges Nebengewässer der Großen Aue. Naturräumlich ist das Einzugsgebiet der Diepholzer Moorniederung im Süden der Norddeutschen Tiefebene zuzuordnen. Die hydrologische Landschaft ist die Moorgeest.

Die Sule hat ihre Quelle bei Blockwinkel, nördlich von Scholen. Sie durchfließt von der Quelle bis zur Einmündung in die Große Aue eine Strecke von rd. 18,6 km. Ihr Gesamteinzugsgebiet beträgt 61,2 km².

Das im NA-Modell betrachtete Einzugsgebiet reicht bis zur Brücke der B61/214 unterhalb von Sulingen und hat eine Größe von 30,9 km².

3.1 Hydrologische Situation

Das Gebiet besteht zu einem großen Teil aus landwirtschaftlich genutzten Flächen (vorwiegend Acker), weiterhin gibt es geringe Anteile an Wald- und Moorflächen. Als Siedlungsgebiete sind Scholen und Schwaförden sowie die Stadt Sulingen zu nennen.

Das Niederschlag-Abflussverhalten des natürlichen Einzugsgebiets der Sule ist von der schwachen Reliefenergie und dem infiltrationsfähigen Boden sowie den besonderen Rückhalte-/ Speichereigenschaften der vorliegenden Moorböden geprägt. Die Abflusskonzentration erfolgt gemächlich, die Abflussspenden sind gering.

Es herrschen Schluffe, Sande und lehmige Sande vor, entlang des Gewässers sind Torfböden zu finden.

3.2 Hydraulische Situation

Die Sule weist ein überwiegend ausgebautes technisches Trapezprofil auf, das Ende der 60er Jahre zur Verbesserung der Binnenvorflut erstellt wurde. Entsprechend den Zielen der damaligen Zeit (Sicherstellung der Vorflut für landwirtschaftliche Flächen und Siedlungsgebiete) sind die Gewässer tief eingeschnitten. Der Gewässercharakter ist von Gradlinigkeit, geringem Platzbedarf und einer Befestigung der Sohle geprägt.

4 Niederschlag-Abfluss-Modell

4.1 Abgrenzung der Teilgebiete

Die digital vorliegenden Gewässereinzugsgebiete des Landes Niedersachsen wurden auf Grundlage der Topographischen Karte TK25 verfeinert. Im Stadtgebiet von Sulingen wurden die Grenzen auf der Grundlage von Unterlagen der Stadtentwässerung überarbeitet. Die Gesamtgröße des Einzugsgebiets der Sule bis zur Brücke der B61/214 unterhalb von Sulingen beträgt rund 30,9 km². Das System besteht aus 7 Teilgebieten.

Für die Teilgebiete wurden jeweils Fläche, höchster und tiefster Punkt und längster Fließweg ermittelt.

4.2 Elementarflächen

Zunächst wurden die Landnutzungsdaten aus dem ATKIS in die vier Klassen Acker, Grünland, Wald und Siedlung eingeteilt und mit den Teilgebieten verschnitten. So entstehen für jedes Teilgebiet vier Elementarflächen. Die vorliegenden Bodeneigenschaften wurden ebenfalls mit den Teilgebietsgrenzen verschnitten und über eine digitale Verschneidung den vier Landnutzungsarten zugeordnet. So ergeben sich pro Teilgebiet 6 bis 12 Elementarflächen, die in das NA-Modell eingearbeitet wurden.

4.3 Transportelemente

Die Gewässer werden durch Transportelemente abgebildet. Diesen können verschiedene Translations- und Retentionseigenschaften zugeordnet werden.

Mit Hilfe des Hydraulikmodells wurde abschnittsweise die Beziehung von Wasserstand, Fließquerschnitt und Abfluss ermittelt (Tape 18) und den Eingabeanforderungen des N-A-Modells entsprechend weiterverarbeitet.

Das Modellsystem ist in der Abbildung 1 dargestellt.

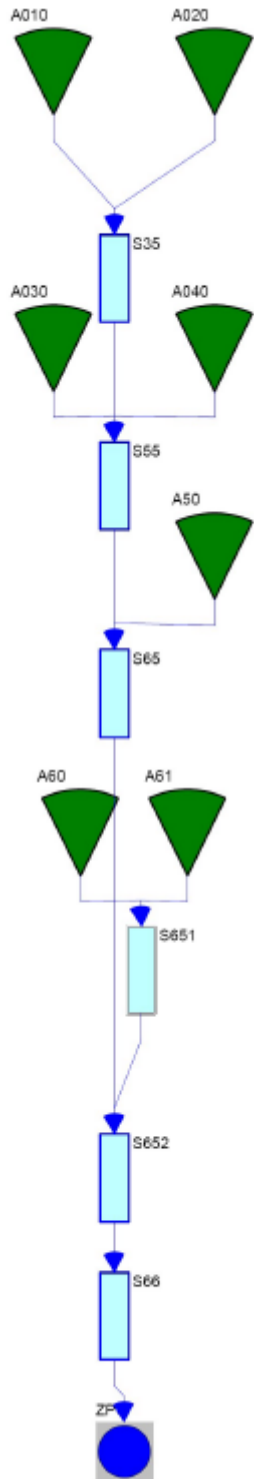


Abbildung 1: Modellsystem

4.4 Ermittlung der maßgeblichen Niederschlagsdauer

Das Modell wurde mit den Niederschlägen aus KOSTRA-DWD der Felder 25/32, 25/33, 26/32 und 26/33 (DVK-Verteilung) belastet. Folgende Niederschlagshöhen kamen zum Einsatz:

Tabelle 1: KOSTRA - Niederschläge $T_N = 100a$

Niederschlagsdauer [h]	Niederschlagshöhe [mm]
0,5	34,6
1	48
2	52
4	56,6
6	59
12	65
18	70
24	75
48	85
72	90

Die höchsten Abflüsse treten an allen Gewässerstellen bei einer Niederschlagsdauer von 1 h auf. Die nachfolgenden Abbildungen wurden vor der Kalibrierung des Stadtabflusses (s. Kap. 4.5.2) erzeugt, daher weichen sie von den Bemessungsabflüssen ab. Die Tendenz, dass der 1-h-Niederschlag die höchsten Abflüsse erzeugt, bleibt auch nach der Kalibrierung bestehen.

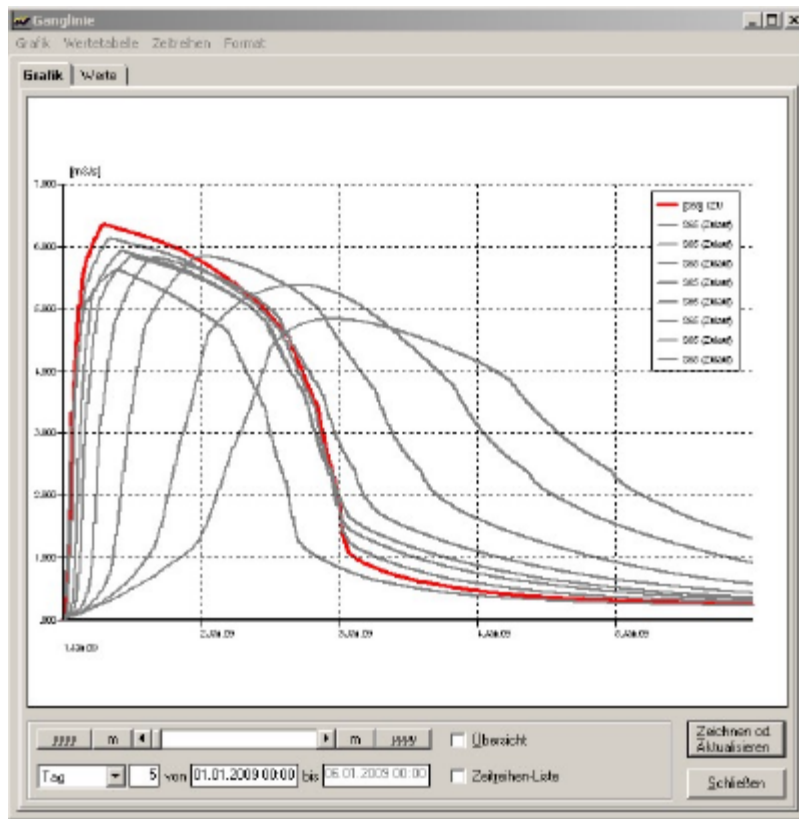


Abbildung 2: Sule oberhalb Sulingen (S55 zu) – alle N-Dauern (rot = 1h)

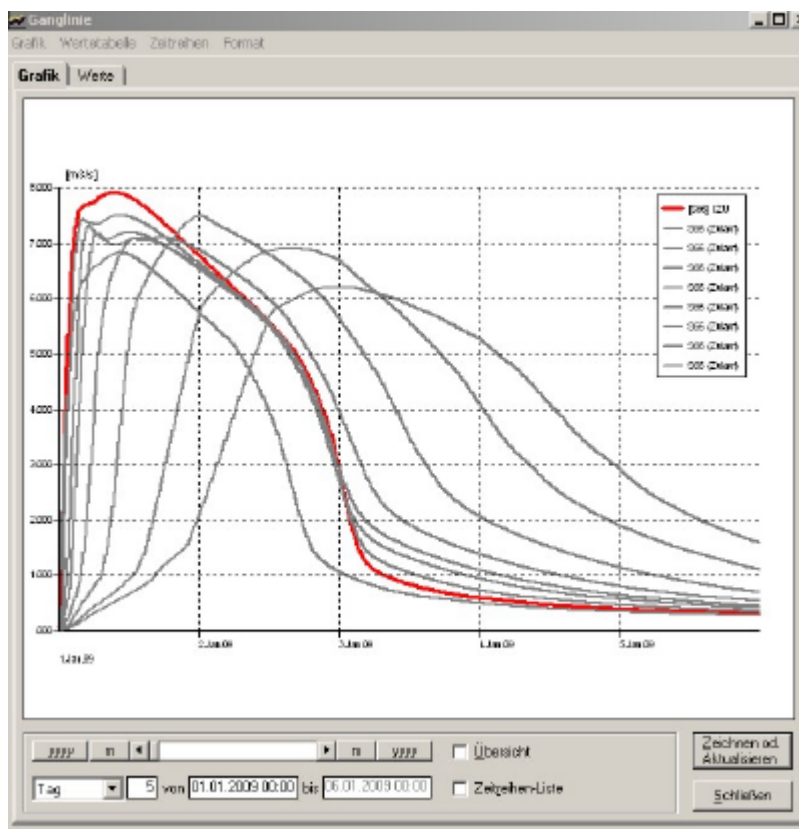


Abbildung 3: Sule unterhalb Sulingen (S56 zu) – alle N-Dauern (rot = 1h)

Dieses Ergebnis ist plausibel, da die Intensität der Niederschläge mit zunehmender Dauer stark abnimmt. In der folgenden Abbildung sind die Niederschlagshöhen und –intensitäten (mm/ Berechnungszeitschritt) aufgetragen. Bei Niederschlagsdauern ab 24 h liegt die Intensität bei Werten von unter 2 mm/ 15min.

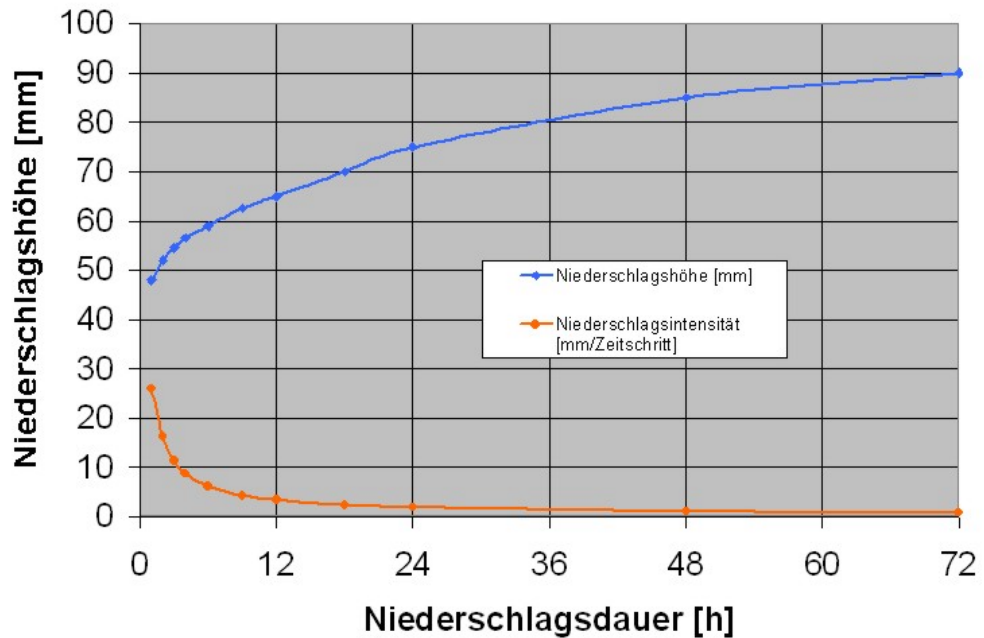


Abbildung 4: Niederschlagshöhen und –intensitäten gem. DVWK-Verteilung

4.5 Kalibrierung

4.5.1 Natürliches Einzugsgebiet

Das Niederschlag-Abflussmodell wurde mit Hilfe der Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Nds. (2003) kalibriert. Dazu wurden die Eichparameter (Retentionskonstanten) angepasst, sodass der Scheitelwert von $HQ_{100} = 6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ oberhalb der Stadt Sulingen (Station 10 + 830, S65zu) erreicht wurde.

4.5.2 Stadtgebiet Sulingen

Das Stadtgebiet von Sulingen wurde mit zwei Teilgebieten (westlich und östlich der Sule) abgebildet. Zur Kalibrierung wurden Vergleichswerte aus Kanalnetzrechnungen und Einleitungsgenehmigungen herangezogen.

Mit den modellintern ermittelten Retentionskonstanten für den Abfluss aus den versiegelten Flächen wurden die Scheitelwerte nicht erreicht.

Um höhere Scheitel zu erzielen, stehen prinzipiell folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

a) Erhöhung des Versiegelungsgrades

Grundlage der Landnutzung für das NA-Modell sind ATKIS-Daten. Die darin enthaltenen Siedlungs- und Industrieflächen werden mit einem Faktor belegt, um den Anteil versiegelter Flächen zu bestimmen. Im vorliegenden Fall wurden die Flächen mit Faktoren zwischen 10% (ländliche Bebauung) und 30 % (Stadtgebiet Sulingen) belegt. Diese Werte liegen nach Erfahrungen aus zahlreichen NA-Modellierungen der Unterzeichnenden sowie auch der Wasserwirtschaftsverwaltung (Bez.-Reg. Detmold) auf der sicheren Seite. Wie den beiden folgenden Abbildungen zu entnehmen ist, enthalten die ATKIS-Siedlungsflächen aufgrund des Bearbeitungsmaßstabs einen großen Anteil nicht versiegelter Flächen, wie z.B. Gärten, Baulücken, Spielplätze, Straßenbegleitgrün, kleinere Parks und sonstige Grünflächen.

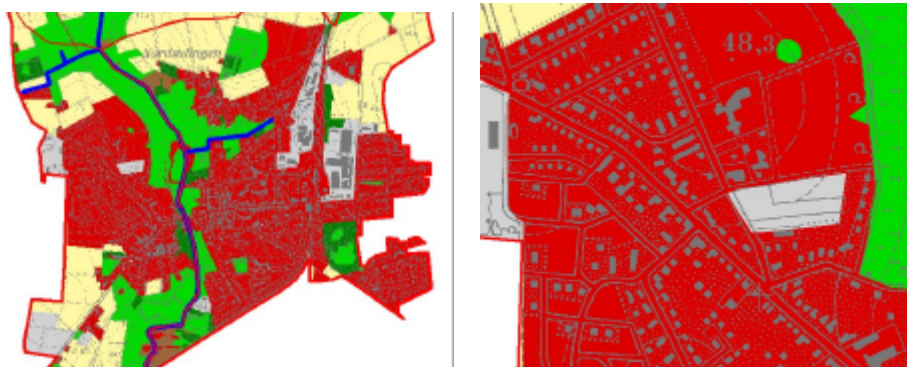


Abbildung 5: Landnutzung ATKIS (li: Übersicht Sulingen, re: Detail)

Da für die verwendeten Versiegelungsgrade die oben genannten Erfahrungswerte vorliegen, bleiben diese unverändert. Zur Kalibrierung werden stattdessen die Retentionskonstanten verwendet (s. u.).

b) Verkürzung der Retentionskonstanten

In dem verwendeten NA-Modell TALSIM stehen für den Oberflächenabfluss drei Retentionskonstanten (langsame, schnelle und urbane Kaskade) zur Verfügung. Eine Verkürzung der Retentionskonstanten führt zu einer Beschleunigung des Abflusses und somit zu höheren Scheitelwerten.

Durch Verkürzung der modellintern ermittelten Retentionskonstanten für den Abfluss aus den versiegelten Flächen (urbane Kaskade) konnte eine gute Übereinstimmung mit den Einleitungsmengen erreicht werden.

Tabelle 2: Vergleich Kanalnetz – N-A-Modell

Summe der Einleitungsmengen (n=0,33) (Quelle: Stadt Sulingen)		NA-Modell	
Gebiet	Q [m ³ /s]	Teilgebiet	HQ ₃ [m ³ /s]
Sulingen West	1,1	A60	1,1
Sulingen Ost	2,2 ***	A61	2,5
gesamt	3,3	S651	3,6

*** ohne Einleitungen in den Nordsulinger Graben (1,4 m³/s)

Einleitungen in den Nordsulinger Graben (1,4 m³/s) sind hier nicht enthalten. Die Fließstrecke zwischen Einleitungsstelle und den Einleitungen in die Sule liegt bei rund 1,6 km, dadurch tritt eine zeitliche Verzögerung und Abdämpfung auf.

Die Maximalwerte der Ganglinien aus dem Stadtgebiet treten nach 1,25 h auf, dieses ist durch die vorliegenden Fließlängen im Gebiet und die verwendete Niederschlagsdauer von 1 h begründet.

Die Ganglinien sind sowohl im Scheitel als auch im zeitlichen Verlauf plausibel.

Berechnet man die Bemessungsabflüsse HQ₁₀₀ mit dem kalibrierten Modell, so ergeben sich die in Tabelle 3 aufgeführten Werte. Diese liegen auf der sicheren Seite, da die verkürzten Retentionskonstanten, die den schnellen Abfluss des Kanalnetzes berücksichtigen, auch für den Oberflächenabfluss nach Überlastung des Kanalnetzes zur Anwendung kommen.

Tabelle 3: Einleitungen in die Sule

NA-Modell	
Teilgebiet	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
A60	2,55
A61	5,90
S651	8,44

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Ganglinien dargestellt. Der Anteil aus dem Stadtabfluss erzeugt einen Scheitel, der vor dem Eintreffen der HW-Welle aus dem natürlichen Einzugsgebiet wieder abgeklungen ist (blaue Kurve). Um die Retention im Gewässer genau abbilden zu können, wurde im NA-Modell nachträglich eine weitere Unterteilung der Transportstrecken vorgenommen. Durch Retention im Gewässer auf der Fließstrecke von der Bassumer Straße bis zur Grenze des Niederschlag-Abfluss-Modells an der B61/214 wird der Scheitel aus dem Stadtgebiet abgedämpft (grüne Kurve).

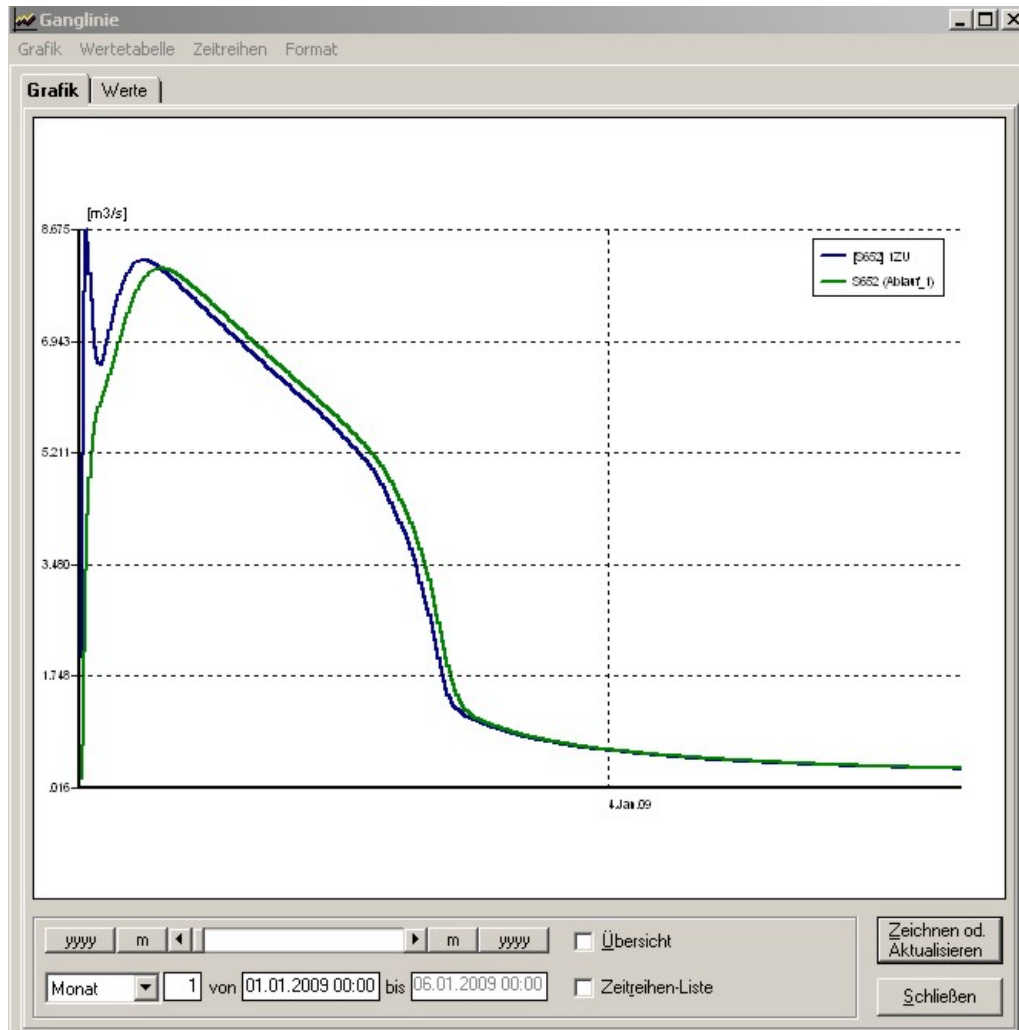


Abbildung 6: HQ₁₀₀ Sule Bassumer Straße (blau) und B61/214 (grün)

4.6 Ermittlung der Bemessungsabflüsse

Mit dem kalibrierten NA-Modell wurden die Bemessungsabflüsse HQ₁₀₀ ermittelt. Sie sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: ermittelte Bemessungsabflüsse

Sule-km	System- element	Beschreibung	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	A _{Eo} [km ²]	Hq ₁₀₀ [l/skm ²]
-	A10	Scholen	2,9	5,9	492
-	A20	Schwaförden	3,1	6,2	500
15+200	S35 zu	Sule	5,9	12,1	487
-	A30	Nechtelsen	1,7	3,5	485
-	A40	Vorwohldede	2,1	4,5	467
12+980	S55 zu	Sule	7,4	20,1	368
-	A50	Bocksgründen	2,3	4,3	535
10+830	S65 zu	Sule	6,4	24,4	262
-	A60	Sulingen West	2,6	2,5	1.040
-	A61	Sulingen Ost	5,9	3,9	1.513
-	S651 ab	Sulingen ge- samt	8,4	6,4	1.313
9+450	S652 zu	Sule Lange Straße	8,7	-	-
7+705	S66 zu	Sule Gesamt- gebiet	8,1	30,9	262

4.7 Überlagerung von Stadt- und Landabfluss

In der nachfolgenden Abbildung ist die Überlagerung der Ganglinien des Stadtabflusses mit dem Landabfluss dargestellt.

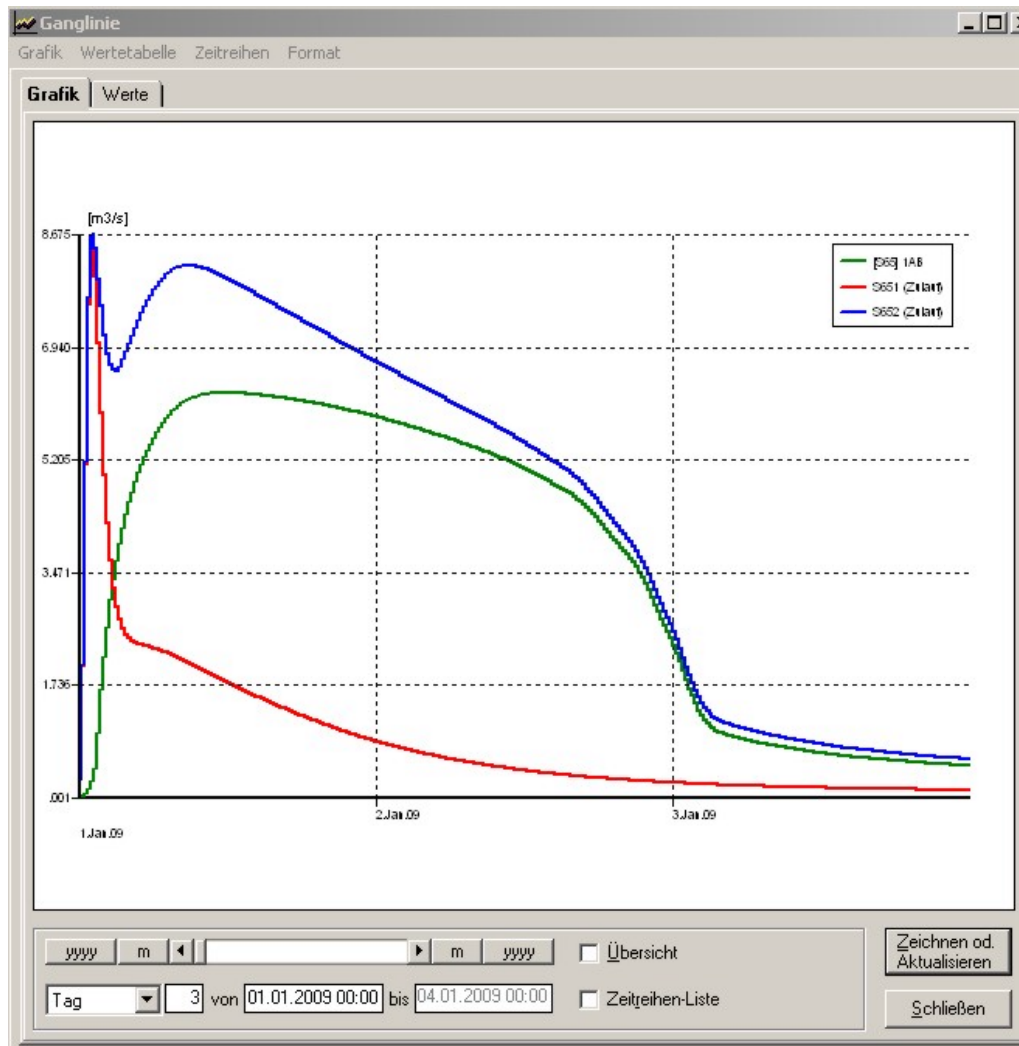


Abbildung 7: Ganglinien Stadtgebiet (rot) und natürliches Einzugsgebiet (grün)

Die Spitze des Landabflusses (grün) tritt deutlich verzögert auf, sie wird mit dem fallenden Ast der Stadtabflussganglinie (rot) überlagert. Die daraus entstehende Gesamtabflussganglinie ist in blau dargestellt.

5 Bewertung der Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sind die in den hydraulischen Berechnungen zur Ermittlung der Überschwemmungsflächen verwendeten Abflüsse denen aus dem NA-Modell gegenübergestellt.

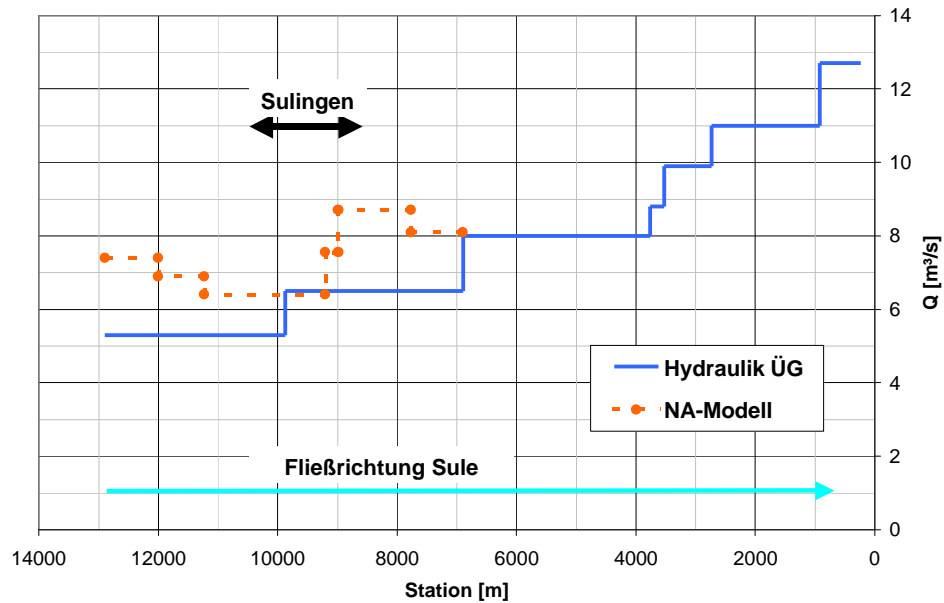


Abbildung 8: Vergleich der Abflüsse

Es zeigt sich, dass die Abflüsse unterhalb des Stadtgebietes (Station 6+900) nahezu identisch sind, eine Erhöhung aus den Stadtabflüssen tritt also wie oben beschrieben nicht auf. Durch die feinere räumliche Auflösung des Niederschlag-Abfluss-Modells und die Berücksichtigung der Lage der Einleitungsstellen treten zwischen Station 6+900 (oberhalb Mündung Stehler Schulgraben) und 9+200 höhere Abflüsse auf. Oberhalb der Einleitungsstellen zwischen Station 9+200 und 9+880 sind die hier ermittelten Abflüsse etwas geringer.

Am Beginn der Bearbeitungstrecke des Hydraulikmodells (Station 12+800) ergeben sich aus dem NA-Modell höhere Abflüsse, die im Verlauf der Gewässerstrecke durch Retention deutlich gedämpft werden. In diesem Bereich sind großflächige Überschwemmungsflächen vorhanden, so dass dieser Effekt plausibel ist.

Hinweis: Die Überschwemmungsflächen oberhalb von Stat. 11+210 werden durch einen nicht ausreichend dimensionierten Straßendurchlass verursacht. Hier entsteht ein Aufstau von 1,30 m, der aufgrund der Retention zu einer Drosselung der Abflüsse führt. Die bedeutet, dass im Falle einer Vergrößerung des Durchlasses die Bemessungsabflüsse unterhalb ansteigen würden.



Abbildung 9: Durchlass Stat. 11+210

6 Hydraulische Berechnung

Um die Auswirkungen auf die Wasserspiegellagen zu ermitteln, wurde das Hydraulikmodell mit den neu ermittelten Abflüssen beschickt. Weiterhin wurde die Brücke Fillerdamm leicht verändert, in dem die Konstruktionsunterkante auf die Unterkante der unteren Rohrleitung gesetzt wurde (ungünstige Annahme: Querschnitt zwischen Rohrleitung und Brücke komplett verlegt).

Zwischen Stat. 6+900 und 8+780 tritt eine Erhöhung der Wasserspiegel von 1 bis 2 dm auf. Oberhalb der Brücke Fillerdamm sind die Wasserspiegel um knapp 40 cm höher. Da in diesem Abschnitt ein hohes Sohlgefälle vorliegt, sind Änderungen nur in zwei Profilen nach Oberwasser nachzuweisen.

Zwischen Station 9+880 und 12+825 treten Erhöhungen in einer Größenordnung von bis zu 1 dm auf.

Die Ergebnisse der Wasserspiegellagenberechnungen (Abweichungen bei der Hydraulikmodelle) sind in den Längsschnitten (Anl. 2.1 – 2.3, nur digital) dargestellt.

7 Zusammenfassung

Durch die Neuermittlung der Bemessungsabflüsse mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell ergeben sich für die Festsetzung des Überschwemmungsgebiets der Sule geänderte Wasserspiegellagen in der Größenordnung von 1 bis 4 dm. Die Auswirkungen auf die Überschwemmungsflächen sind gering. Für die Unterlagen zur Festsetzung des Überschwemmungsgebietes werden die hydraulischen Längsschnitte sowie die ÜG-Karten neu erstellt.

Sulingen, Minden, im November 2009

Aufgestellt:



(Schmidt-Schweden)

Bearbeitet:



(Weinert)

(Brömse)

8 Quellenangabe

HOCHWASSERBEMESSUNGSWERTE FÜR DIE FLIEßGEWÄSSER IN NIEDERSACHSEN (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, 2003)

WASSERSPIEGELLAGENBERECHNUNG FÜR GEGLIEDERTE FLUSSPROFILE MIT VORLÄNDERN UND DURCHSTRÖMTEM BEWUCHS (PSW KNAUF, 2001)