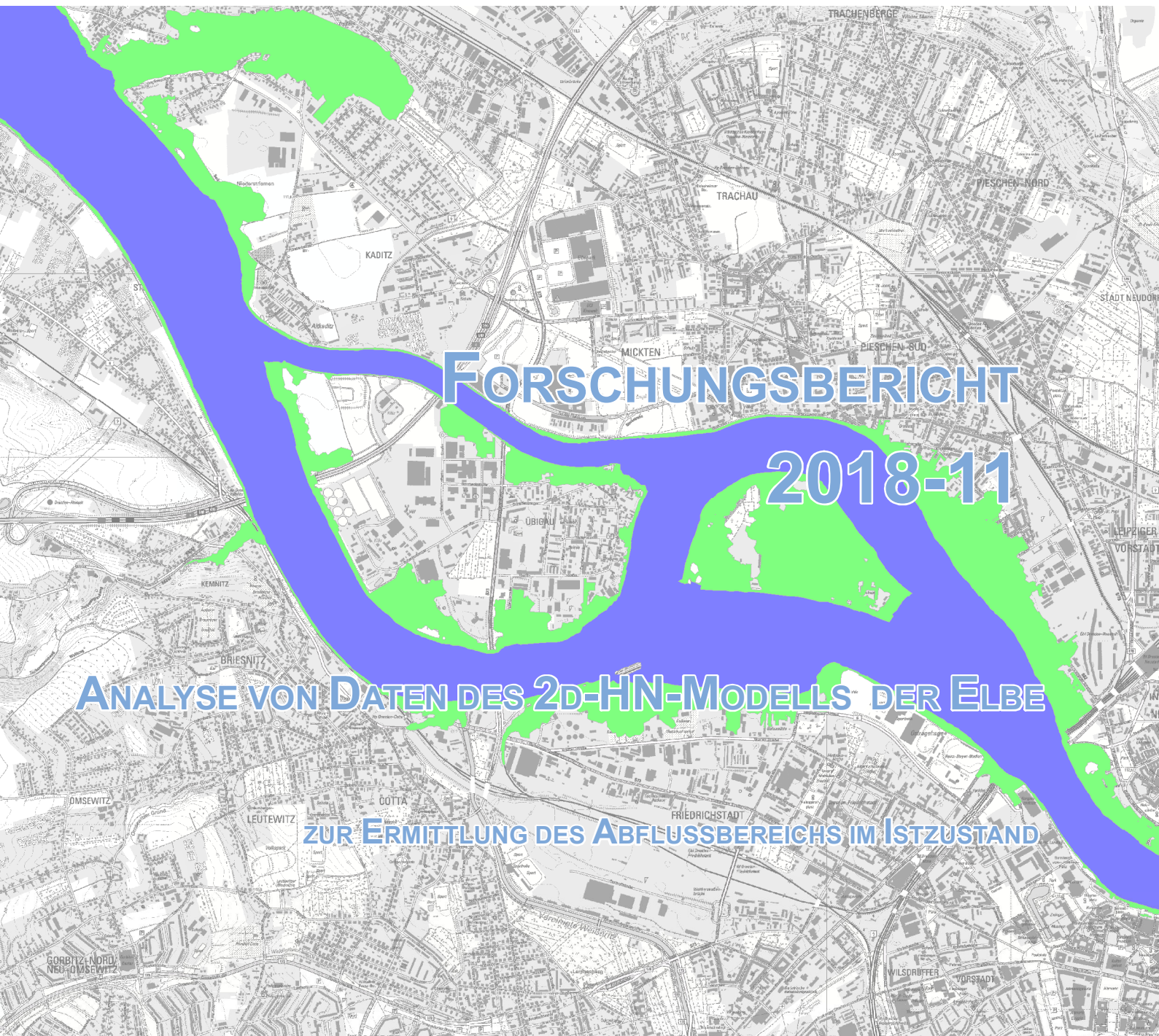




TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG

INSTITUT FÜR WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG GEORG SIMON OHM  
INSTITUT FÜR WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT  
[WWW.HYDROOHM.DE](http://WWW.HYDROOHM.DE) & [WWW.IWWN.DE](http://WWW.IWWN.DE)

# ANALYSE VON DATEN DES 2D-HN-MODELLS DER ELBE ZUR ERMITTLUNG DES ABFLUSSBEREICHES IM ISTZUSTAND

**Auftrag vom:** 07.09.2018

**Auftraggeber:** Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt  
Postfach 12 00 20  
01001 Dresden

**Auftragnehmer:** Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft  
Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm  
Keßlerplatz 12  
90489 Nürnberg

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Jens Wilhelm

**Datum:** 01. November 2018

.....  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen

.....  
Dipl.-Ing. Jens Wilhelm

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	3
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	4
1      Veranlassung und Aufgabenrahmen .....	5
2      Methodik .....	5
3      Ergebnisdaten .....	13

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Rotation des Vektorfeldes der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit (Detail)	7
Abbildung 2-1	Divergenz des Vektorfeldes der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit (Detail)	8

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1	Ordnerbezeichnungen für HW-Szenarien	13
Tabelle 3-2	Eingabe- und Ausgabedatensätze (Rasterdaten) BS1	13
Tabelle 3-2	Erzeugte Datensätze BS3	14

## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

2d-HN-Modell	Zweidimensionales hydrodynamisch-numerisches Modell
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BHQ	Bemessungshochwasserzufluss
BTLNK	Biotopen- und Landnutzungskartierung
DGM	Digitales Geländemodell
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DOP	Digitale Orthofotos
DTK10	Digitale Topographische Karte 1 : 10 000
El-km	Elbe-Kilometer
FB	Forschungsbericht
HWS	Hochwasserschutz
HWSA	Hochwasserschutzanlage
HWSK	Hochwasserschutzkonzept
HQ, HQ(T)	Hochwasserabfluss (bestimmter Jährlichkeit)
IWWN	Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
IZ	Ist-Zustand
KA	Kläranlage
KFN	Kaditzer Flutrinne Nord
LTV	Landestalsperrenverwaltung Sachsen
PZ	Plan-Zustand

# 1 Veranlassung und Aufgabenrahmen

Mit dem Vertrag GZ: 86.36-9131/3/9801#1 64131/18 vom 07.09.2018 wurde das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Hochschule Nürnberg (IWWN) durch das Umweltamt der Landeshauptstadt Dresden mit folgender Leistung beauftragt:

„Analyse von Daten des 2d-HN-Modells der Elbe zur Ermittlung des Abflussbereiches im Istzustand“.

Die Landeshauptstadt Dresden (LH Dresden) hat sich entschieden, für die Elbe innerhalb des Überschwemmungsgebietes ein Hochwasserabflussgebiet zu ermitteln und auf den ÜG-Karten mit darzustellen. Dies erfolgte erstmals in der Rechtsverordnung (RVO) zum ÜG Elbe vom 11. Mai 2000. In der RVO wurde das Hochwasserabflussgebiet definiert als „der Bereich, der von der Hochwasserwelle eines 100jährigen Hochwasserereignisses strömungswirksam durchflossen wird“ (§ 2 Abs. 3 der RVO vom 11. Mai 2000).

In diesem Zusammenhang sollen auf der Grundlage vorhandener Simulationsergebnisse der 2d-HN-Modellierung für das Stadtgebiet der Landeshauptstadt Dresden Datenaufbereitungen und Analysen mittels GIS-gestützter Werkzeuge und Methoden erfolgen und deren Ergebnisse in Form von GIS-Datensätzen digital zur Verfügung gestellt werden.

Dem vorliegenden Leistungs- und Kostenangebot liegen die ausführlich gegliederte und fachlich nachvollziehbare Beschreibung der zu erstellenden Datensätze mit Hinweisen zur anzuwendenden Methodik (Konzept zur Ermittlung des Abflussbereiches der Elbe, Entwurf 180803) sowie weitere Abstimmungen im Vorfeld zugrunde.

Die Aufgabenstellung umfasst folgende Bearbeitungsschritte:

- BS1 technisches Aufbereiten der Ableitungen gem. Pkt. 19, 20, 21 und 22 jeweils für alle 0,5m- und HQ(T)-Schritte
- BS2 technisches Ableiten der Umgriffsflächen sowie technische Homogenisierung aus den Rasterdaten für alle 0,5m- und HQ(T)-Schritte
- BS3 fachliche Aufbereitung der Abflussverteilung und Vorschlag eines Abflussgebietes für HQ100 stationär
- BS4 fachliche, ganztägige Beratung in Dresden zu einem amtsinternen Workshop zum Thema Ende Oktober bzw. im November

## 2 Methodik

### Bearbeitungsschritt 1 (BS1):

Das Aufbereiten der 1. Ableitung eines Rasterdatensatzes wurde über das Werkzeug Neigung der ArcGIS-Erweiterung Spatial Analyst der Firma ESRI vorgenommen. Dieses ermittelt für jeden Zellwert auf der Grundlage der 8 benachbarten Zellen den Wert des maximalen Gefälles und gibt dieses wahlweise als Winkel in Grad oder in Prozent aus. Hierbei ist eine Skalierung der Zellwerte des Eingangs-Rasters möglich.

Der Algorithmus ist u.a. in der Dokumentation der aktuellen ArcGIS-Versionen beschrieben.

Während die Eingangsdaten bei der Bearbeitung der Punkte 20 und 21 (Änderung der Wassertiefe und Änderung der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit) bereits beim AG vorlagen, müssen diese für die Punkte 19 und 22 (Änderung der Fließrichtung und Änderung des spezifischen Durchflusses) erzeugt bzw. präzisiert werden.

#### 19) Änderung der Fließrichtung

- Bei der Untersuchung von Gebieten mit Oberflächenabfluss wird der Begriff Fließrichtung zuweilen in unterschiedlicher Bedeutung verwendet. Bei der Beurteilung einer Strömung ist hiermit die Richtung der Geschwindigkeitsvektoren des entsprechenden Vektorfeldes gemeint. Aus hydrologischer Betrachtung wird zuweilen die Richtung des maximalen Gefälles der Geländeoberfläche als Fließrichtung bezeichnet, da Zuflüsse aus Niederschlägen potenziell in dieser Richtung abfließen. Im Rahmen Bearbeitung der Aufgabenstellung beziehen sich Aussagen zur Fließrichtung ausschließlich auf die mit dem 2d-HN-Modell ermittelten Vektorfelder der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit.
- In 2d-HN-Modellen ergibt sich Richtung der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit aus den Komponenten in x- und y-Richtung. Die Angabe der Fließrichtung erfolgt vorzugsweise als Winkel gegenüber einer Himmelsrichtung in Winkereinheiten, beispielsweise Grad oder Radiant und ist somit auch als Skalar darstellbar. Bei der Symbolisierung kann hierbei dem Problem des Werte-Sprungs zwischen 0° und 360° durch die Verwendung von Farbkreisen begegnet werden. Für Bereiche ohne signifikante Fließgeschwindigkeit ( $v=0$ ) ist die Fließrichtung nicht definiert. In der Symbolisierung ließen sich hierfür Lösungen gesonderter Kennzeichnung finden.
- Auch wenn sich anhand solcher Darstellungen Bereiche mit relativ hoher Änderung der Fließrichtung optisch identifizieren ließen, ist anders als bei den „echten“ skalaren Größen (z.B. Wassertiefe und Betrag der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit) eine analytische Ermittlung mittels Ableitung (Neigung) nicht sinnvoll.
- Mehr oder weniger starke lokale Änderungen im Vektorfeld können über die Divergenz und die Rotation identifiziert werden. Auf zweidimensionale Flachwasserströmungen bezogen kann die Rotation des Vektorfeldes als Tendenz zur Eigendrehung eines Fluidelements gesehen werden. Diese wird auch als Wirbelstärke bezeichnet und tritt besonders zwischen Bereichen unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten auf, z.B. im Uferbereich. Die Divergenz bezeichnet hingegen die Tendenz benachbarter Geschwindigkeitsvektoren, auseinanderzudriften oder aufeinander zuzulaufen. Für die Beurteilung der Änderung der Fließrichtung wurden beide Größen berechnet.
- Für die Berechnung werden Rasterdatensätze der Komponenten der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit in x- und y-Richtung benötigt. Diese wurden direkt aus den vorhandenen TIN-Datensätzen erzeugt.
- Ermittlung der Wirbelstärke (Rotation des Vektorfeldes):

$$\vec{\omega} = \text{rot } \vec{v} = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y}$$



Die Änderung der Fließrichtung als Wirbelstärke ist vorzeichenbehaftet und sollte für die Darstellungen als absoluter Betrag dargestellt werden.

Die Maßeinheit ist  $\frac{m/s}{m}$  bzw.  $\frac{1}{s}$ .

Der Berechnungsalgorithmus für die Wirbelstärke wurde in einem Script umgesetzt.

- Eingangsdatensätze: grdvx [m/s], grdvy [m/s]
- Ausgangsdatensatz: grdvrot [1/s]
- Ermittlung der Divergenz des Geschwindigkeitsfeldes:

$$\text{div } \vec{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y}$$

Die Divergenz ist ebenfalls vorzeichenbehaftet, positive Werte deuten auf ein Auseinanderdriften, negative auf ein Zusammenlaufen der Vektoren der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit hin. Die Maßeinheit ist  $\frac{m/s}{m}$  bzw.  $\frac{1}{s}$ .

Der Berechnungsalgorithmus für die Divergenz wurde in einem Script umgesetzt.

- Eingangsdatensätze: grdvx [m/s], grdvy [m/s]
- Ausgangsdatensatz: grdvdiv [1/s]

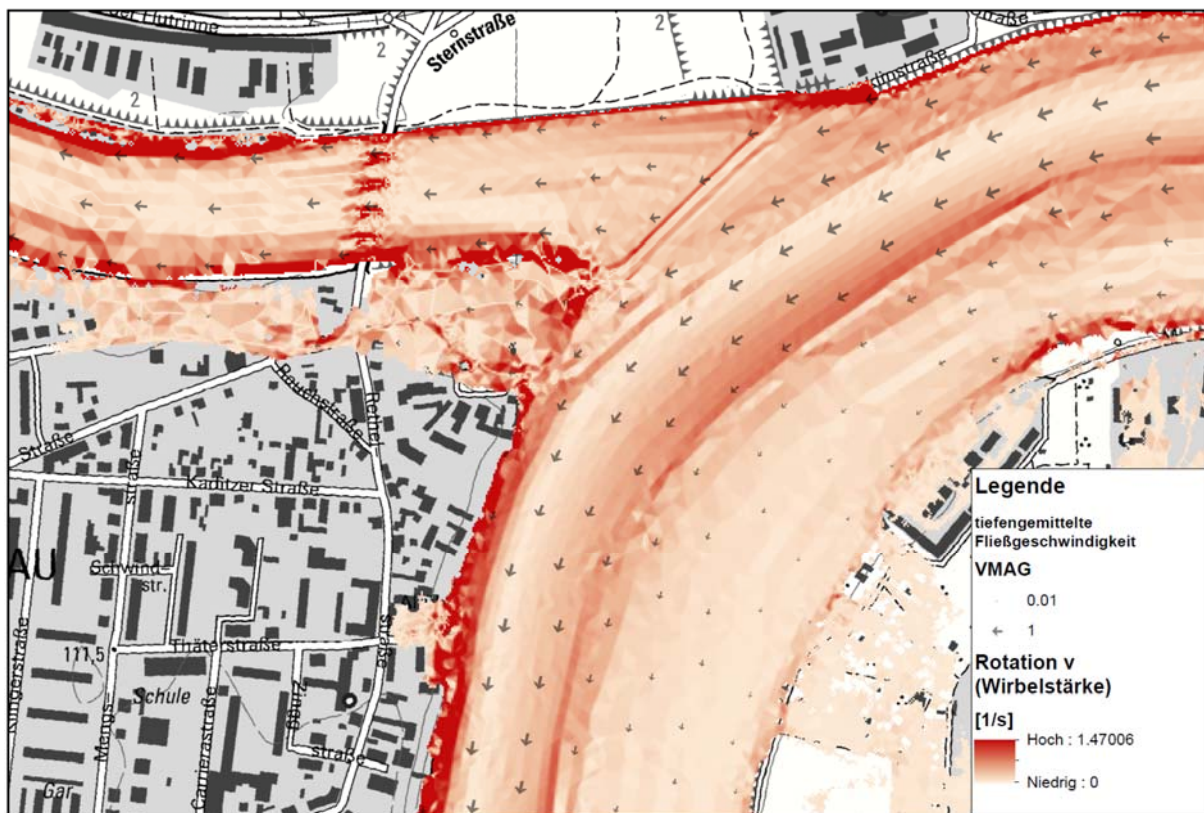


Abbildung 2-1 Rotation des Vektorfeldes der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit (Detail)



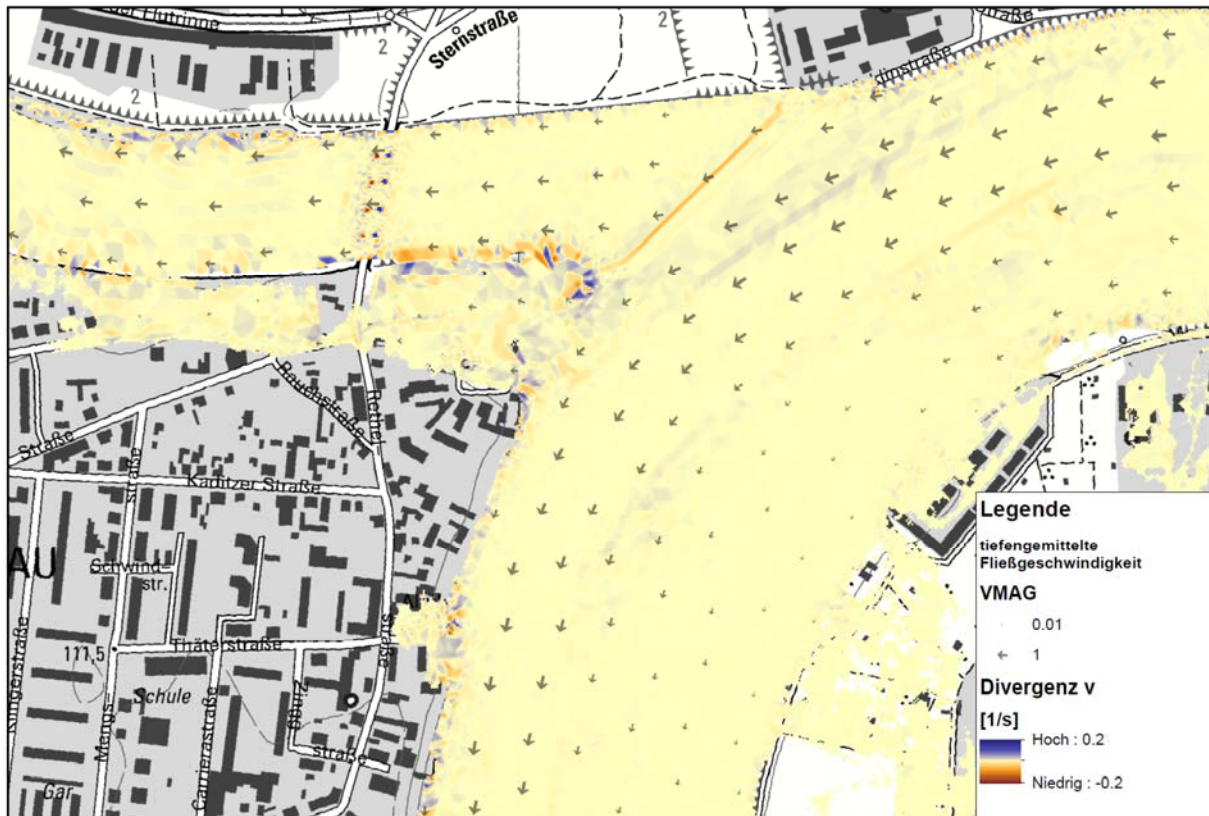


Abbildung 2-2 Divergenz des Vektorfeldes der tieftengemittelten Fließgeschwindigkeit (Detail)

## 20) Änderung der Wassertiefe

- Direkte Ableitung mit ArcGIS-Werkzeug Neigung
- Eingangsdatensatz: grddt [m]
- Ausgangsdatensatz: grddta [%]

## 21) Änderung der tieftengemittelten Fließgeschwindigkeit

- Direkte Ableitung mit Werkzeug Neigung
- Eingangsdatensatz: grdv [m/s]
- Ausgangsdatensatz: grdva [1/s] (alternativ: [%/s])

## 22) Änderung des spezifischen Abflusses

- Der spezifische Abfluss kann als Produkt aus dem Betrag der tieftengemittelten Fließgeschwindigkeit und der Wassertiefe ermittelt werden. Der so ermittelte Wert in  $\text{m}^2/\text{s}$  entspricht dem Abfluss pro Meter Breite quer zur Strömungsrichtung. Hierzu ist anzumerken, dass die bisher übergebenen Datensätze grdq sich nicht für die Darstellung des spezifischen Abflusses und dessen Änderung eignen, da die zugrundeliegenden Datensätze physikalisch nicht konsistent sind. Der Grund liegt in der Verwendung der sich aus dem Verschnitt der Wasserspiegellage mit dem Geländemodell ergebenden Wassertiefe. Die tieftengemittelte Fließgeschwindigkeit stammt aus der Interpolation zwischen den Modellknoten des 2d-HN-Modells.
- Für eine konsistente und hinsichtlich der Homogenität bessere Darstellung ist die Verwendung der Wassertiefe aus dem 2d-HN-Modell vorzuziehen.
- Die Berechnung kann aus den vorhandenen Rasterdatensätzen erfolgen.

- Eingangsdatensätze: grdw [m+NHN], grdz[m+NHN], grdv [m/s]
- Ausgangsdatensatz: grdqn [m<sup>2</sup>/s]
- Die Ableitung kann direkt mit dem ArcGIS-Werkzeug Neigung erfolgen.
- Eingangsdatensatz: grdqn [m<sup>2</sup>/s]
- Ausgangsdatensatz: grdqn [m<sup>2</sup>/s]
- Ggf. ist zu prüfen, ob sich die neuen Datensätze des spezifischen Abflusses auch besser für die Verwendung im CARDO eignen. Anzumerken ist auch, dass für einen Vergleich zwischen stationärer und instationärer Simulation gemäß Punkt 18) für die stationäre Simulation der Datensatz grdqn zu verwenden wäre. Darüber hinaus sollte für die instationäre Simulation nicht das Produkt aus maximaler Wassertiefe und maximaler tiefengemittelter Fließgeschwindigkeit verwendet werden, die an viele Stellen nicht gleichzeitig auftreten. Stattdessen sollte der maximale spezifische Abfluss aus den Zeitschritten ermittelt werden.

Die Ableitungen können alternativ auch in Grad statt in Prozent berechnet werden. Eine Umrechnung ist jedoch ggf. auch nachträglich über die Arkustangens- bzw. Tangens-Funktion möglich.

## **Bearbeitungsschritt 2 (BS2):**

Das technische Ableiten der Umgriffsflächen sowie die technische Homogenisierung aus den Rasterdaten für alle 0,5m- und HQ(T)-Schritte konnte über ein entsprechendes Script automatisiert werden.

Die Methodik ist in mehreren Schritten wie folgt vorgegeben:

- Die Polygongrenze des Ausgangspolygons entspricht der Rastergrenze des Themas "Wassertiefe in cm - ..."
- 1 cm Puffer erstellt, damit unmittelbar angrenzende Rasterflächen verbunden werden und nicht wegen der Mindestflächenvorgabe im Vereinfachungsprozess entfallen;
- Polygon vereinfachen (BEND\_SIMPLIFY-Behält die kritischen Biegungen bei, und entfernt unwesentliche Biegungen aus einem Polygon), Toleranz 5 m, Mindestfläche 200m<sup>2</sup>;
- Glättungsalgorithmus (PAEK-Berechnet ein geglättetes Polygon, das nicht durch die Eingabe-Polygon-Stützpunkte verläuft), Toleranz 5 m;
- Puffer: -50 cm, damit die Außengrenze innerhalb des Ausgangs - Polygons, quasi ohne Umgrenzung der "Zacken" des Rasters verläuft, ohne jedoch schmale überschwemmte Flächen zu entfernen (Rastergröße 2x2 m);
- clip Stadtgrenze
  - Werkzeug Ausschneiden
  - Polygon wird durch LHDD zur Verfügung gestellt
- clip Elbe
  - Werkzeug Radieren
  - Polygon wird durch LHDD zur Verfügung gestellt

- Singlepart erstellen
- Polygone aggregieren: Entfernung: 1m; Mindestfläche: 500 m<sup>2</sup>; minimale Lochgröße (Inselflächen): 500 m<sup>2</sup>; Barrieren Features: Umringe des jeweils nächst kleineren und größeren HQ (mit dem größten HQ beginnen), Stadtgrenze, Elbe
  - Anmerkung: Wegen der Barrieren wird mit dem größten HQ begonnen, somit wird jeweils nur der Umring das nächst größeren Ereignisses als Barriere relevant, der Umring des nächst kleineren HQ ist im Moment der Berechnung unbekannt.
- Geometrie reparieren (Null geometry, Short segment, Incorrect ring ordering, Incorrect segment orientation, Self intersections, Unclosed rings, Empty parts, Duplicate vertex, Discontinuous parts, Bad envelope)

### Bearbeitungsschritt 3 (BS3):

Aus den Basisdaten der stationären Modellierung sollte die Verteilung des Abflusses anhand geeigneter Profile als absolute und prozentuale Anteile ermittelt werden. Dabei sollte mit einer ausreichend hohen Dichte der Querschnitte/Abflussprofile die räumliche Ausbildung der Abflussverteilung bestimmt werden:

23)Thema Abflussverteilung  $B\dot{Q}_{HQ100}^{stat}$ : als Linien gleichen Abflussanteils „quasiparallel“ zur Abfluss-Mittellinie der Gewässer bzw. der Mittellinien von Umflutungsbereichen

- PRÜFZIEL: Bereich, den die Wassermassen zum Abfluss hauptsächlich benötigen
- Die Analyse sollte unter Berücksichtigung der bei dem zu betrachtenden Hochwasserabfluss verteilten Fließwege erfolgen. Dazu sollten offensichtliche Fließ- bzw. Umflutungssysteme (nachfolgend Teilsystem) mit Hilfe der Basisthemen händisch abgegrenzt werden. Ein solches Teilsystem ist idealer Weise jeweils durch gleichen Zu- und Abfluss gekennzeichnet mit maximal zwei Aufteilungen im Zu- und/oder Abfluss.
- Eine vollumfängliche Berücksichtigung aller Fließwege bei der Unterteilung in Teilsysteme erwies sich Im Rahmen der Bearbeitung als nicht zweckmäßig, da die offensichtlichen Haupt-Fließwege bei dem zu untersuchenden BHQ zum Teil durch zahlreiche kleinere Fließwege miteinander verbunden sind. Darüber hinaus kommen einige Bereiche des durchflossenen Überflutungsgebietes aufgrund der Nutzung nicht für die Ausweisung als Abflussgebiet infrage. Beispielhaft hierfür stehen Teile von Kleinzschachwitz und Laubegast.
- Da der Fokus auf einer Ermittlung der wesentlich am Abfluss beteiligten Flächen lag und damit der relative Abfluss im Vordergrund stand, wurden möglichst große Teilgebiete definiert und dabei kleinere Fließwege integriert und unbedeutende Fließwege z.T. ausgespart. Dies hat zur Folge, dass der Abfluss innerhalb eines Teilabschnittes nicht immer einheitlich ist. Da die Reduzierung der Abflussfläche prozentual erfolgen sollte, kann dies jedoch als unproblematisch gesehen werden.
- Die Analyse erfordert eine Festlegung von Kontrollquerschnitten. Die Ermittlung des Abflusses an einem Kontrollquerschnitt erfordert die Verwendung des Vektorfeldes der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit und die Verwendung der an den Modellknoten des

2d-HN-Modells ermittelten Wassertiefen. Eine Summation von Zellwerten aus Rasterdatensätzen aus den als Produkt von Wassertiefen und Beträgen der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit sind nicht zulässig, solange der betreffende Kontrollquerschnitt nicht in allen Punkten senkrecht zur Fließrichtung steht.

- Zur Vermeidung bzw. Minimierung von Fehlern infolge von Interpolation ist eine vektorbasierte Methodik geboten, die sich an den Knoten des 2d-HN-Modells orientiert. Die Definition von Kontrollquerschnitten als Knotenkette (Nodestrings) ist ein Standardelement des verwendeten 2d-HN-Modells. Für die Ermittlung des Abflusses aus den x- und y-Komponenten der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit und der Wassertiefe liegen verschiedene Methoden vor. Da die modellinternen Methoden auch gemäß Softwaredokumentation Defizite aufweisen, welche zu Fehlern von mehreren Prozent führen können, zieht das IWWN selbst entwickelte Algorithmen vor, die im Post-Processing verwendet werden und die sich in der Vergangenheit bewährt haben.
- Entsprechend der Anforderungen der Analyse wurde der Algorithmus dahingehend erweitert, dass der Anteil des Abflusses entlang der Knotenkette relativ und absolut ermittelt wird. Bei einheitlicher Ausrichtung der Knotenkette entsprechend der Fließrichtung von links nach rechts ergibt sich dadurch ein Netz mit relativen Abflusswerten von 0% (links) bis 100% (rechts). Darin können GIS-basiert Linien gleichen relativen Abflusses interpoliert werden. Die 50%-Linie stellt sozusagen die Abflussmittellinie dar.
- Im Rahmen der Bearbeitung erwies es sich als zweckmäßig, die Kontrollquerschnitte zunächst frei von der Netzstruktur als relativ gerade Polylinien, also nicht als Knotenkette (Nodestrings) zu definieren. Auf diese Weise kann den Anforderungen der Strömungsverhältnisse und der erforderlichen Dichte der Kontrollquerschnitte besser Rechnung getragen werden.
- Die Unterteilung der Kontrollquerschnitte in kleine Abschnitte erfolgte durch den Verschnitt mit der triangulierten Netzstruktur des Berechnungsnetzes des 2d-HN-Modells. Dabei wurden an den Schnittpunkten eines jeden Kontrollquerschnittes mit den Elementkanten des Berechnungsnetzes Stützpunkte erzeugt, denen die entsprechenden Werte der x- und y-Komponente der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit, Sohl-/Geländehöhe sowie die Wassertiefe zugeordnet wurden.
- Für jeden dieser Stützpunkte wurde anhand der benachbarten Stützpunkte eine Kontrollstrecke definiert, für die sich der Abfluss als Produkt aus der Komponente der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit senkrecht zu dieser Strecke und der Wassertiefe ergibt. Undurchlässige Modellränder (z.B. Gebäude) wurden dabei berücksichtigt. Je nach Strömungsrichtung können in einem Kontrollquerschnitt sowohl positive als auch negative Abflüsse auftreten (z.B. innerhalb von Strömungswalzen). Durch Summation wurde für jeden Kontrollquerschnitt der absolute Betrag des Abflusses  $Q_{abs}[\frac{m^3}{s}]$  ermittelt. Mit diesem Wert wurde anschließend der relative Abfluss  $Q_{rel}[\%]$  ermittelt. Wegen der Möglichkeit, dass in einem Kontrollquerschnitt abschnittsweise unterschiedliche Vorzeichen des Abflusses möglich

sind, ergeben sich gelegentlich auch Werte unter 0% und über 100%. Der Anfangswert ist (in Hauptfließrichtung links) ist je doch immer 0% und der Endwert 100%.

- Um eine Reduktion der Abflussfläche auf Teilabflüsse vornehmen zu können, wurde für jeden Stützpunkt ein Reduktionswert ermittelt. Dieser ergibt sich aus der Umrechnung des relativen Abflusses  $Q_{rel}$ :

$$Q_{red} = 100\% - 2 * |Q_{rel} - 50\%|$$

Die Werte betragen am Anfang und Ende der Kontrollquerschnitte betragen die Werte jeweils 0% und in der Abflussmitte 100%.

- Auf dieser Grundlage können triangulierte Oberflächenmodelle (TIN) erzeugt werden aus denen sich mittels eines Verschnitts mit einer Ebene definierter Höhe Polygone bzw. Polylinien ableiten lassen, welche den gesuchten reduzierten Abflussflächen entsprechen.
- Es wurden zunächst 4 Flächen ermittelt, für die die prozentualen Abflussanteile 99,5%, 99%, 98,5%, 98% betragen.
- Beispielhaft wurden die Flächen 98% und 99% manuell nachbearbeitet, insbesondere in Übergangsbereichen

### 3 Ergebnisdaten

Tabelle 3-1 Ordnerbezeichnungen für HW-Szenarien

Kennung	HW-Szenario
2004_iz17hq020_q3130	HW-Szenario HQ20 (3130 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
2005_iz17hq050_q3820	HW-Szenario HQ50 (3820 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
2006_iz17hq100_q4374	HW-Szenario HQ100 (4374 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
2007_iz17hq200_q4930	HW-Szenario HQ200 (4930 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
2008_iz17hq500_q5710	HW-Szenario HQ500 (5710 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20102_iz17_p0400_q0870	HW-Szenario 4,00 m + PN Pegel Dresden (727 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20103_iz17_p0450_q1025	HW-Szenario 4,50 m + PN Pegel Dresden (1025 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20104_iz17_p0500_q1193	HW-Szenario 5,00 m + PN Pegel Dresden (1193 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20105_iz17_p0550_q1374	HW-Szenario 5,50 m + PN Pegel Dresden (1374 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20106_iz17_p0600_q1611	HW-Szenario 6,00 m + PN Pegel Dresden (1611 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20107_iz17_p0650_q1895	HW-Szenario 6,50 m + PN Pegel Dresden (1895 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20108_iz17_p0700_q2222	HW-Szenario 7,00 m + PN Pegel Dresden (2222 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20109_iz17_p0750_q2597	HW-Szenario 7,50 m + PN Pegel Dresden (2597 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20110_iz17_p0800_q3027	HW-Szenario 8,00 m + PN Pegel Dresden (3027 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20111_iz17_p0850_q3519	HW-Szenario 8,50 m + PN Pegel Dresden (3519 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20112_iz17_p0900_q4079	HW-Szenario 9,00 m + PN Pegel Dresden (4079 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20113_iz17_p0950_q4715	HW-Szenario 9,50 m + PN Pegel Dresden (4715 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20114_iz17_p1000_q5437	HW-Szenario 10,00 m + PN Pegel Dresden (5437 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche
20115_iz17_p1050_q6255	HW-Szenario 10,50 m + PN Pegel Dresden (6255 m <sup>3</sup> /s), Überflutungsfläche

#### Bearbeitungsschritt 1 (BS1):

Tabelle 3-2 Eingabe- und Ausgabedatensätze (Rasterdaten) BS1

Datensatz	Einheit	Bedeutung
grddt	[m]	Wassertiefe aus Verschnitt der Wasserspiegellage mit DGM
grddta	[%]	Neigung (maximales Gefälle) der Wassertiefe aus Verschnitt der Wasserspiegellage mit DGM
grdq	[m <sup>2</sup> /s]	spezifischer Abfluss in Strömungsrichtung (Produkt aus tiefengemittelter Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe aus 2d-HN-Modellnetz)
grdqna	[%*m/s]	Neigung (maximales Gefälle) des spezifischen Abflusses in Strömungsrichtung (Produkt aus tiefengemittelter Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe aus 2d-HN-Modellnetz)
grdv	[m/s]	Betrag der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit
grdva	[%/s]	Neigung (maximales Gefälle) des Betrages der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit
grdvdiv	[1/s]	Wirbelstärke (Rotation des Vektorfeldes)
grdvrot	[1/s]	Divergenz des Vektorfeldes
grdvx	[m/s]	x-Komponente der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit
grdvy	[m/s]	y-Komponente der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit
grdw	[m+NHN]	Wasserspiegellage
grdz	[m+NHN]	Sohl-/Geländehöhe aus 2d-HN-Modellnetz



## Bearbeitungsschritt 2 (BS2):

Die Homogenisierung wurde entsprechend der Vorgaben in 9 Schritten durchgeführt. Übergeben wird das jeweilige Endergebnis für die HW-Szenarien gemäß Tabelle 3-1 als Shapefile mit der Bezeichnung `grd0s_pg_simp09.shp`.

## Bearbeitungsschritt 3 (BS3):

Tabelle 3-3 Erzeugte Datensätze BS3

Verzeichnis	Datensatz	Format	Bedeutung
1_Teilgebiete			
	analyse_tg_pg.shp	Polygon-Shapefile	Unterteilung der Überflutungsfläche des 2d-HN-Modells in Teilgebiete
2_Kontrollquerschnitte			
	analyse_kxs_pl.shp	Polylinien-Shapefile	Definition von Kontrollquerschnitten innerhalb der Teilgebiete
	analyse_kxs_ana_pt.shp	Punkt-Shapefile	Stützpunkte aus Verschnitt der Kontrollquerschnitte mit dem 2d-HN-Modellnetz mit Simulations- und Berechnungsergebnissen
	tinQred	TIN	Triangulierte Oberfläche der relativen Abflussreduzierung am Kontrollquerschnitt, ausgehend vom Rand der Überflutungsfläche
3_Verschnitt_Konturlinien			
	qred_0_5_kontur_pg.shp	Polygon-Shapefile	Verschnitt der relativen Abflussreduzierung mit Bezugsebenen (0,5%;1,0%;1,5%;2,0%) in Form von Flächen
	qred_1_0_kontur_pg.shp		
	qred_1_5_kontur_pg.shp		
	qred_2_0_kontur_pg.shp		
	qred_0_5_kontur_pl.shp	Polylinien-Shapefile	Verschnitt der relativen Abflussreduzierung mit Bezugsebenen (0,5%;1,0%;1,5%;2,0%) in Form von Linien
	qred_1_0_kontur_pl.shp		
	qred_1_5_kontur_pl.shp		
	qred_2_0_kontur_pl.shp		
4_Abflussgebiet			
	q98_0_abflgeb_pg.shp	Polygon-Shapefile	Nachbearbeitung der Verschnitte der relativen Abflussreduzierung mit Bezugsebenen (2,0%;1,0%) als Grundlage für die Ausweisung des Abflussgebietes (98%; 99%) Form von Linien
	q99_0_abflgeb_pg.shp		