

Modellierung der Wasserbilanzen in einem schöpferwerksgesteuerten Einzugsgebiet

NASIM-Infotage 2021

Dipl.-Ing. Heike Schröder

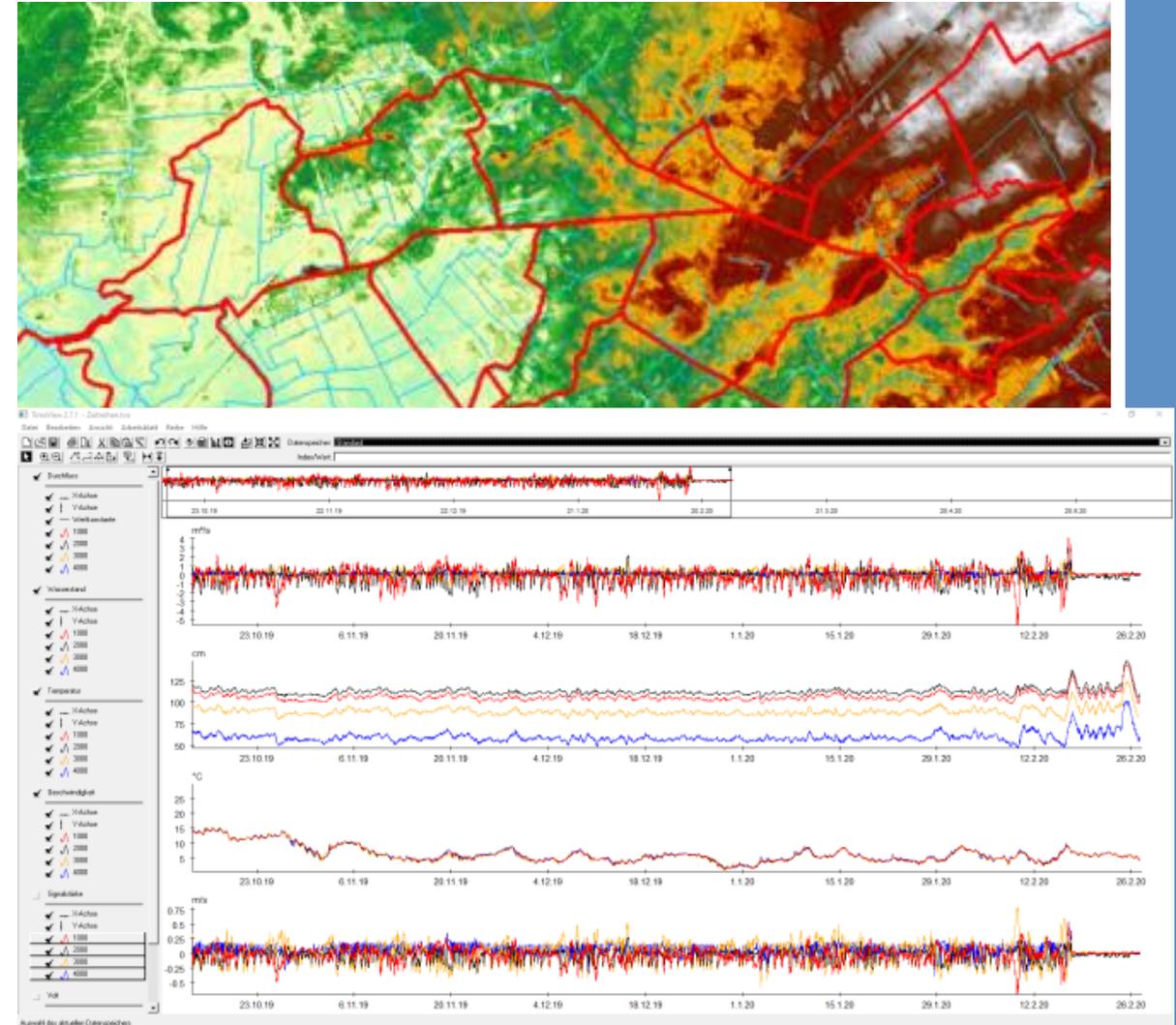
Aufgabenstellung im Projekt

- ▶ **Zielsetzung der hydrologischen Untersuchung**
 - ▶ Verständnis der Zu- und Abflüsse des Großen Meeres
 - ▶ Jahreszeitlich differenzierte Bilanzierung der Abflüsse und Nährstoffbewegungen / -Frachten

- ▶ **Herausforderung hinsichtlich der modelltechnischen (hydrologischen) Abbildung**
 - ▶ Regulierte Entwässerung des Gesamtsystems
 - ▶ Fließumkehr im Einzugsgebiet durch Topografie, Steuerung, Wind..
 - ▶ Hoher Grundwasserstand, Drainagen

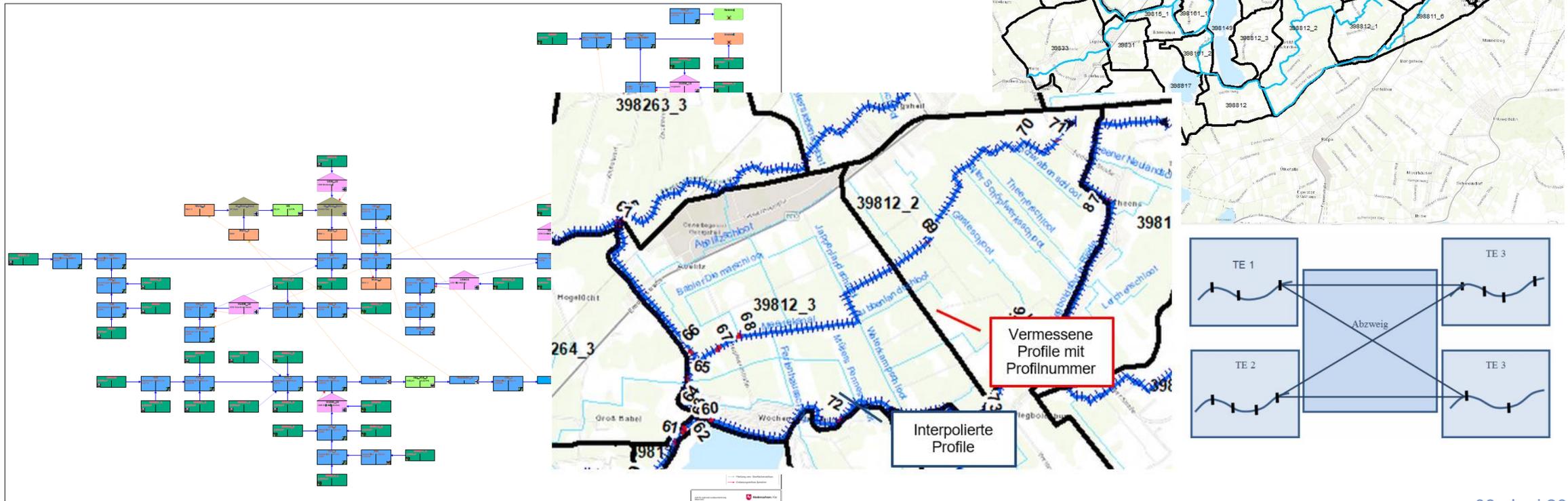
- ▶ Das in NASIM aufgestellte Wasserbilanzmodell ermöglicht ein sehr gutes Verständnis der hydrologischen und hydraulischen Prozesse im Entwässerungssystem „Großes Meer“, inklusive des Fließumkehr- und Rückstauverhaltens

- ▶ Die Ergebnisse der Simulation geben die Möglichkeit aus wöchentlich gemessene Stoffkonzentrationen Frachten für verschiedene Zeiträume und Szenarien zu berechnen



Modellerstellung NASIM

- ▶ Erstellung eines Wasserbilanzmodells mit NASIM
 - ▶ Ae 150 km²
 - ▶ Mittlere TG-Größe = 4 km²
- ▶ Verwendung des in NASIM implementierten Hydrodynamischen Rechenkerns HDR für die Abbildung der Gewässer
 - ▶ 82 km; mittlere TE-Länge 2,5 km



► Berücksichtigung des Unterwasserstandes (Winterstau und Sommerstau)

The screenshot displays the NASIM software interface. The main window shows a hydraulic network diagram with various elements like 'Knockster Tief' (198_3) and 'Sammel'. A dialog box titled 'Elementdaten [198_3]' is open, showing configuration options for a 'Transportelement'. The 'Berechnung' section is set to 'Hydrodynamisch' with 'Wasserstandreihe' selected. The 'Stationen' are set to 3324,80 m (oben) and 0,00 m (unten). Below the dialog, a table lists system elements with their properties.

SE	Externer Abfluss	Mit TE
8 18_1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9 198	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10 198_1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11 198_2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12 198_3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13 20000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

	Vers. EG [geeicht]	Nat. EG [km ²]	Nat. EG [geeicht]	Iflow EG [km ²]	Basisabfluss EG [l/s]	GW Tief EG [km ²]
59	1,2059	40,4723	40,4723	40,4723	31,9963	0,0000
36	5,9636	23,9845	23,9845	30,0591	57,6575	0,0000
64	6,0264	29,7603	29,7603	32,5589	57,6575	0,0000
22	6,1622	32,1370	32,1370	34,9356	60,1700	0,0000
	6,7129	40,9208	40,9208	43,7194	69,5044	0,0000
	0,0321	3,9449	3,9449	3,9449	7,1988	0,0000

► Berücksichtigung des Unterwasserstandes (Winterstau und Sommerstau)

(Kalender-)Zeitreihen

Anzeige
 Nur Zeitreihen anzeigen, die in aktueller Variante verwendet werden Datenspeicher Verwalten...

Niederschlag Temperatur Verdunstung Pegel Zufluss GW-Zufluss Wasserstand Wassertemperatur

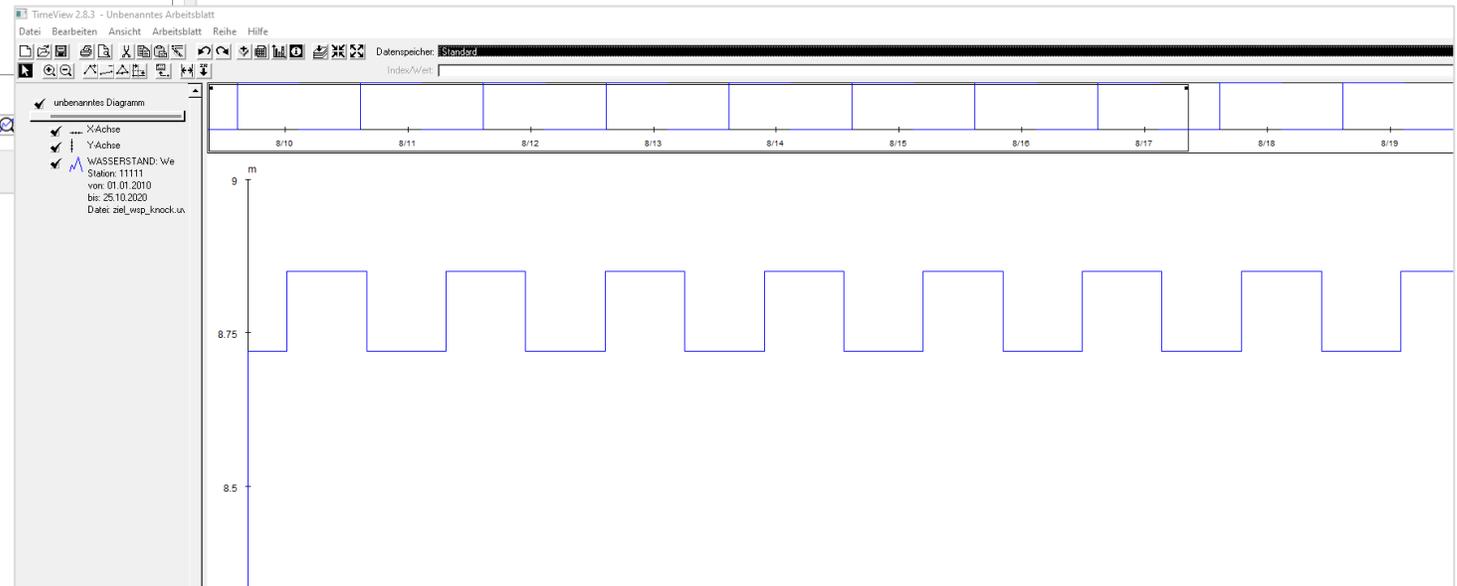
Verzeichnis: d:/Projekt/P2254_GrossesMeer_Aurich/1_Bearbeitung/2_Hydrologie/zeitreihen/wasserstand

Nummer	Kommentar	Dateiname	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [m]	Nummer und Da	Mit Konzentric
1	<neue Reihe>	ziel_wsp_borssu...				11111, ziel_wsp...	...
2	<neue Reihe>	ziel_wsp_knock....				11111, ziel_wsp...	...
3	<neue Reihe>	ziel_wsp.uvf				11111, ziel_wsp...	...

Neu aus Datei... Neu aus Datenspeicher... Löschen

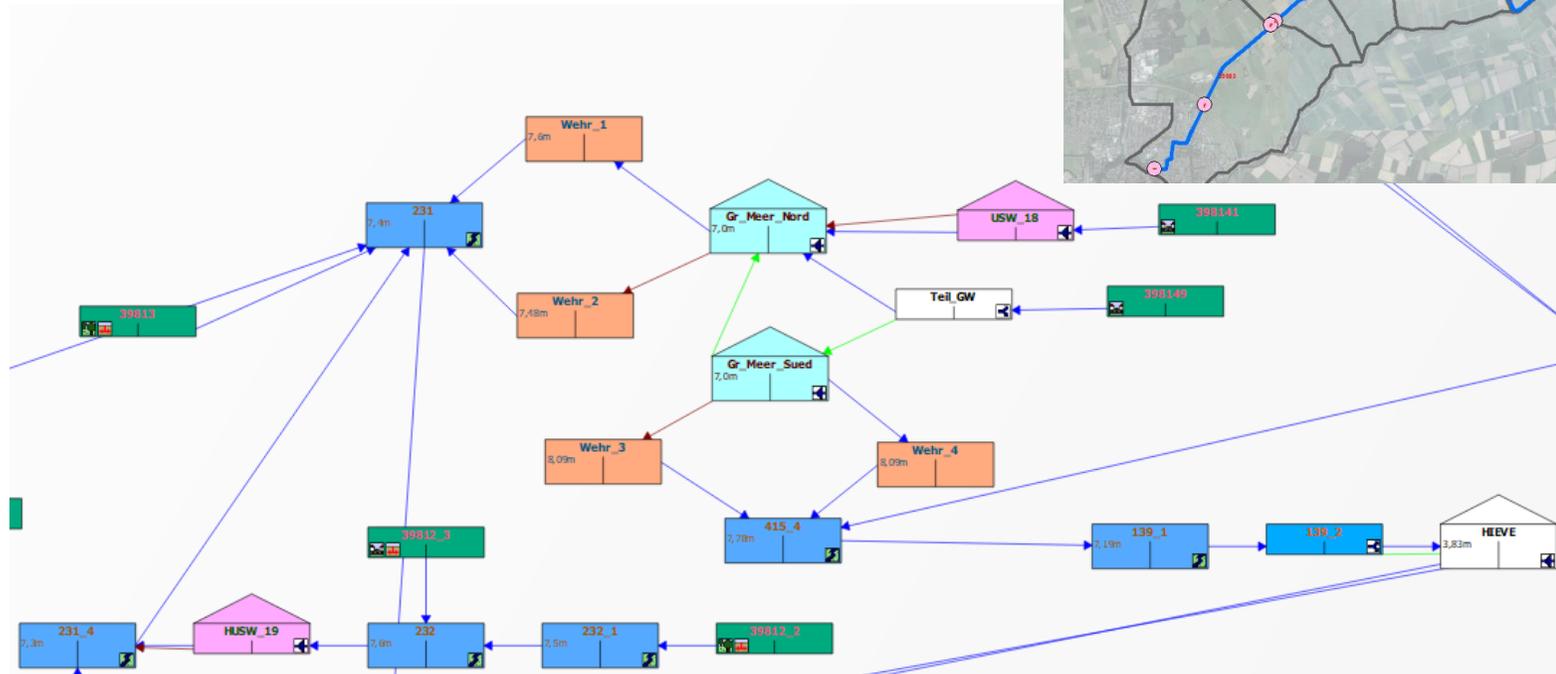
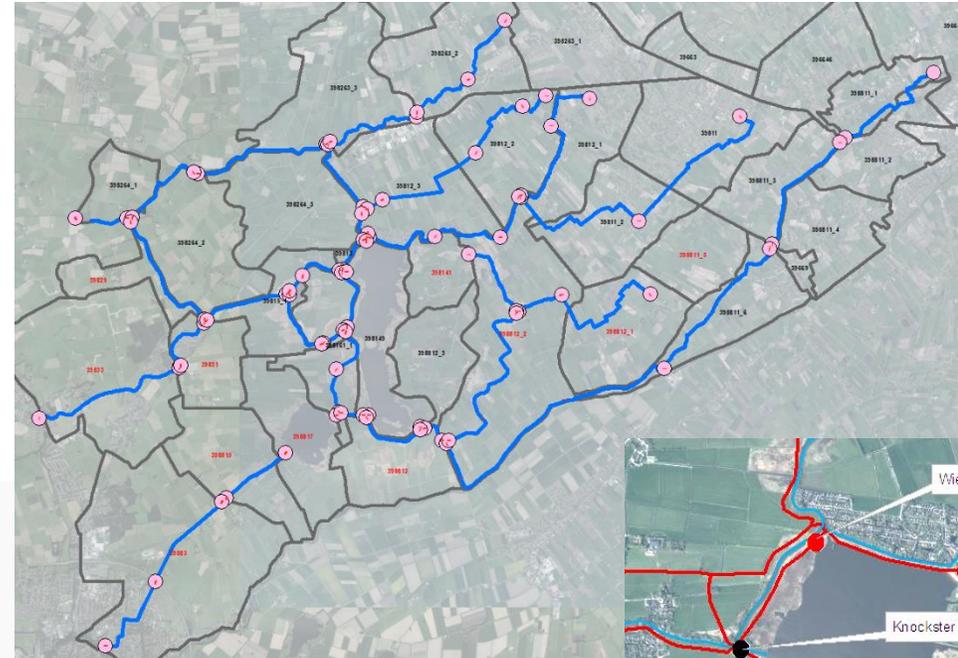
zugeordnete SE selektieren Zeitreihe zuordnen Zuordnung auflösen

Hilfe



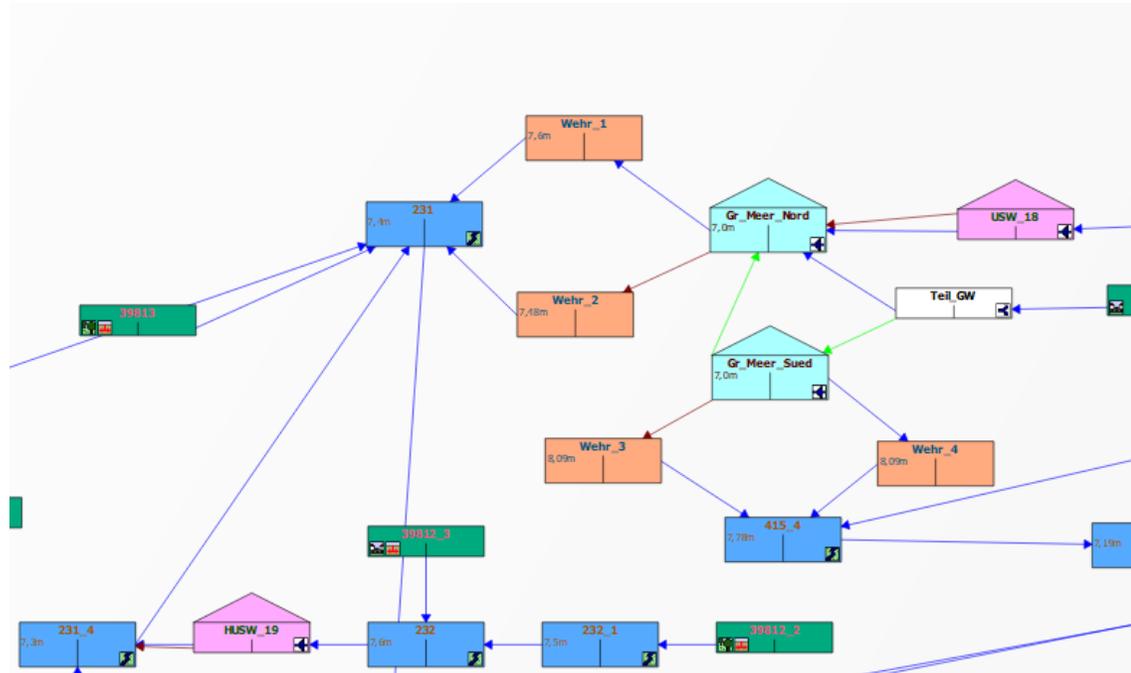
Modellerstellung NASIM

- ▶ Berücksichtigung aller Fließwege am Großen Meer
- ▶ Inkl. Zufluss, Abfluss, Rückstau



Modellerstellung NASIM

- ▶ Berücksichtigung aller Fließwege am Großen Meer
- ▶ Inkl. Zufluss, Abfluss, Rückstau



Oberfläche: m²

Volumen bei Stauziel: Tm³ [Jahreszeitabhängiges Stauziel](#)

Volumen bei Einstau: Tm³

Berechnung

Drossel: Fließzeit: Minuten [Kurven](#) [Betriebsregeln](#)

Überlauf: Stelle: km

Entnahme: Stelle: km

Messwert Speicherinhalt

Zeitpunkt:

Inhalt: Tm³

Hydrodynamisch

Länge: m Rauheit: m^{^(1/3)/s}

Schmutzfrachtsimulation

Absetzkasse:

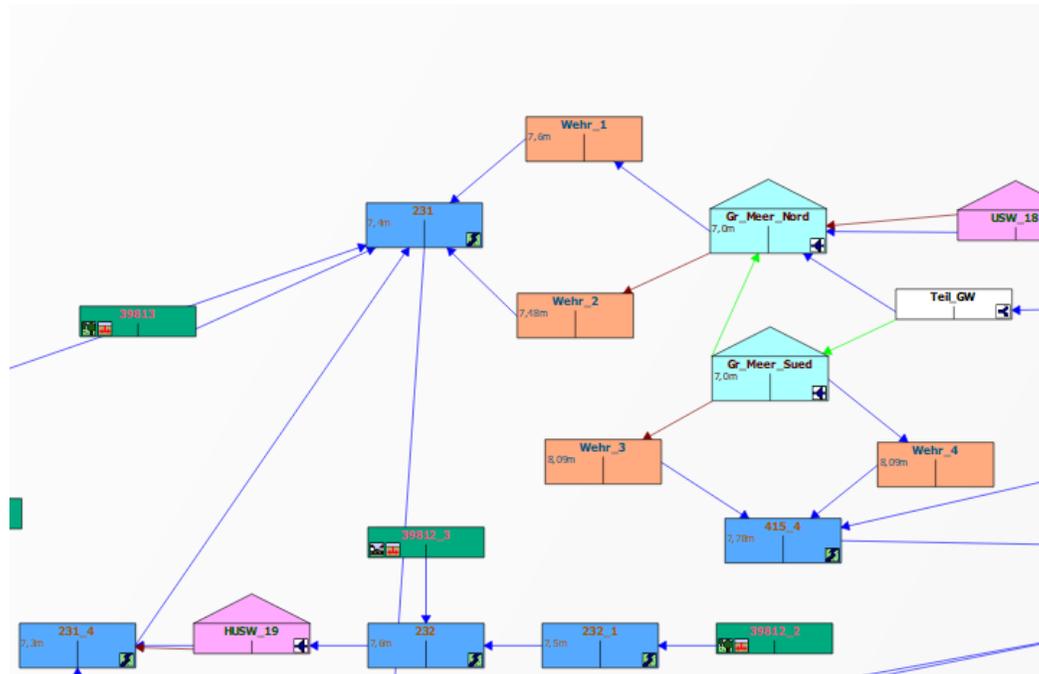
Absetzung bei hydrodyn. Berechnung

V_spül: %

SKU (A128):

Modellerstellung NASIM

- ▶ Berücksichtigung aller Fließwege am Großen Meer
- ▶ Inkl. Zufluss, Abfluss, Rückstau



Speicherkurven

Drossel Überlauf Entnahme

Name	Formel	Parameter
1 Drossel		

Neu... Löschen

Drossel: Drossel Überlauf: Ueber Entnahme: Verd

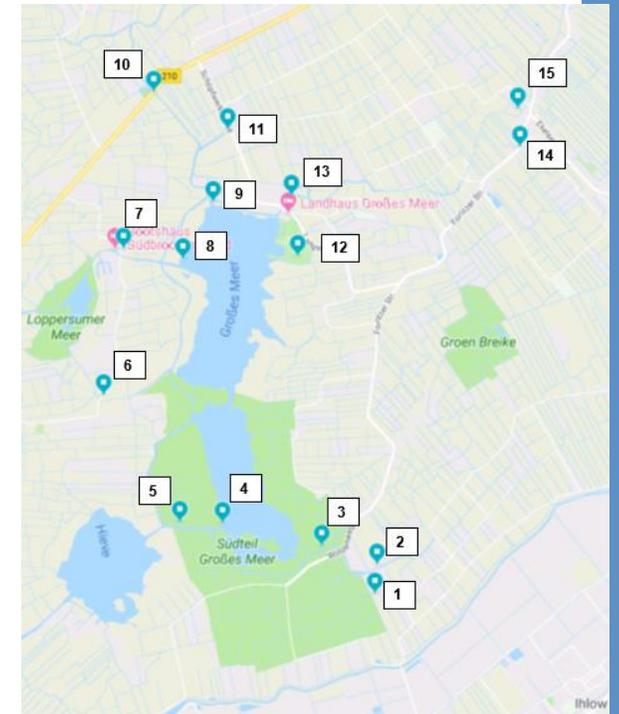
Höhe [m]	Inhalt [Tm ³]	Drossel [m ³ /s]	Ueberlauf [m ³ /s]	Entnahme [m ³ /s]
1	0,00	0,0000		0,0000
2	0,70	700,0000		0,0000
3	1,20	1.500,0000		0,0000
4	1,46	1.920,0000		0,0000
5	1,49	1.960,0000		0,0000
6	1,50	1.984,0000		0,0000
7	1,55	2.064,0000		0,0000

Neu... Löschen

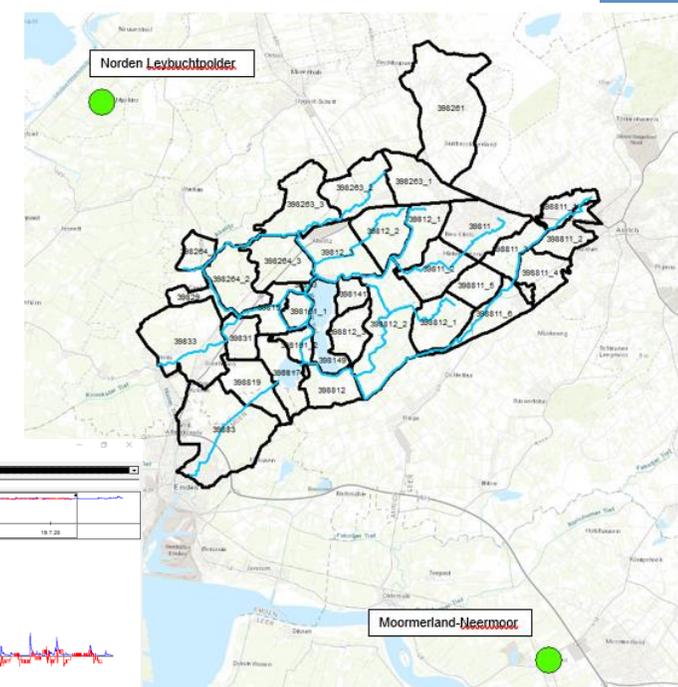
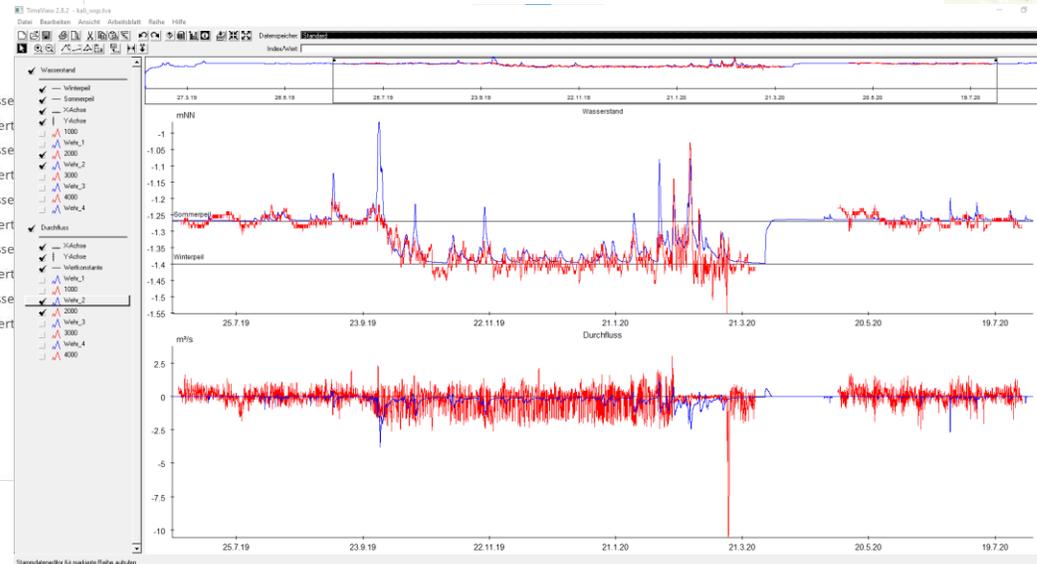
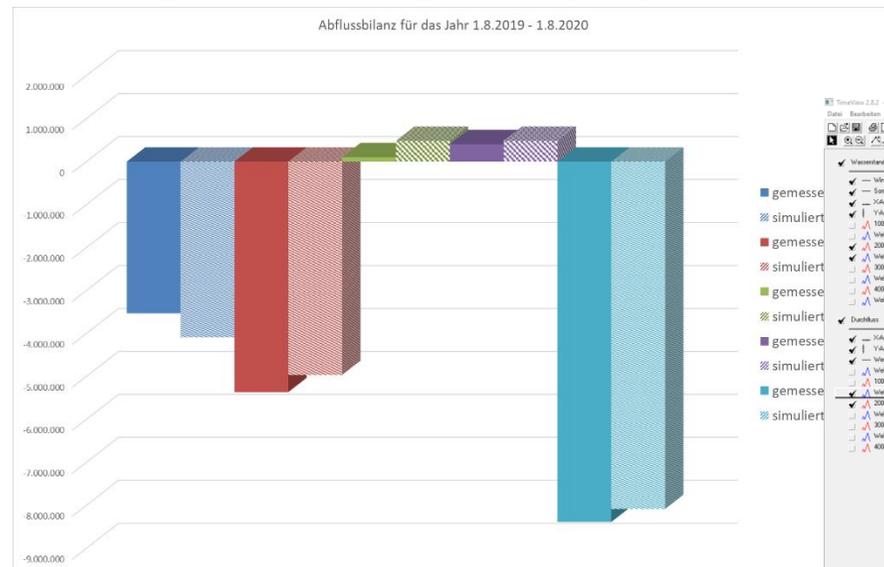
- ▶ Abflussmessungen an 4 Messstellen
- ▶ Kontinuierliche Messung von
 - ▶ Wasserstand
 - ▶ Temperatur
 - ▶ Durchfluss
 - ▶ Fließgeschwindigkeit



- ▶ Nährstoffmessungen an 15 Messstellen
- ▶ Wöchentliche Messung von
 - ▶ Wassertemperatur
 - ▶ Sauerstoffkonzentration, gelöst
 - ▶ Sauerstoffsättigung
 - ▶ Elektrische Leitfähigkeit
 - ▶ Stickstoffkonzentration
 - ▶ Phosphorkonzentration
 - ▶ Ortho-Phosphat-Phosphor-Konzentration
 - ▶ Chloridkonzentration



- ▶ Kalibrierung des Modells anhand der gemessenen Abflüsse und Wasserspiegel an den Wehren am Großen Meer
 - ▶ Belastung des Modells mit Niederschlagsdaten der DWD-Stationen Norden Leybucht polder und Moormerland-Neermoor
 - ▶ Kontinuierliche Simulation über den Zeitraum der Abflussmessung (Juni 2019 – Juli 2020)
- ▶ Vergleich der gemessenen und berechneten Abflussbilanzen
- ▶ Vergleich der gemessenen und berechneten Abflüsse und Wasserspiegel
- ▶ Überprüfung der Gültigkeit des Messzeitraums (unterdurchschnittlicher Abfluss durch wenig Niederschlag im Vorjahr)



- Kontinuierliche Langzeitsimulation über 10 Jahre (1.1.2010 bis 1.1.2020)
- Auswertung der Zuflüsse zum Großen Meer
 - Abflussbilanz der Abflusspfade
 - Auswertung des Zuflusses zum Großen Meer für Trockenabfluss, Mittelwasserabfluss und Hochwasserabfluss
 - Auswertung der genannten Szenarien für Winterpeil und Sommerpeil

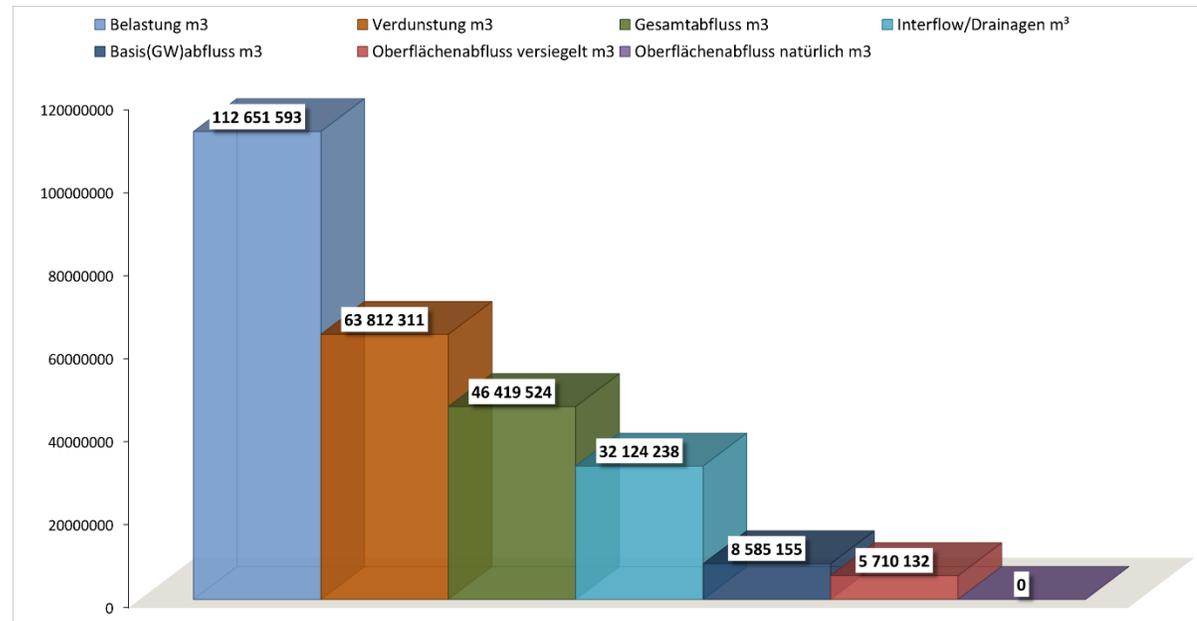


Tabelle 4-1: Mittlerer Abfluss in m³/s für Trockenwetterperioden im Sommer

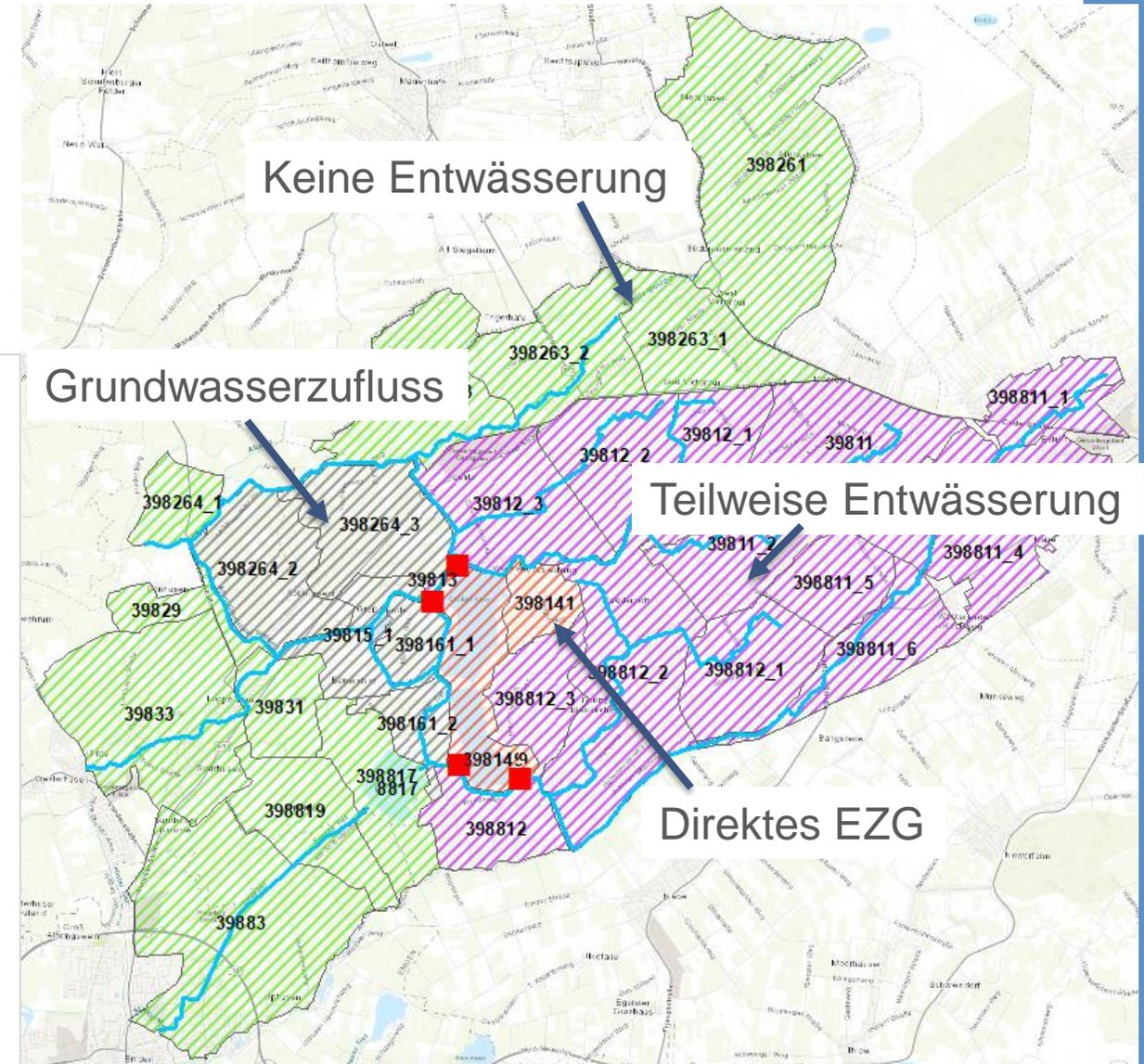
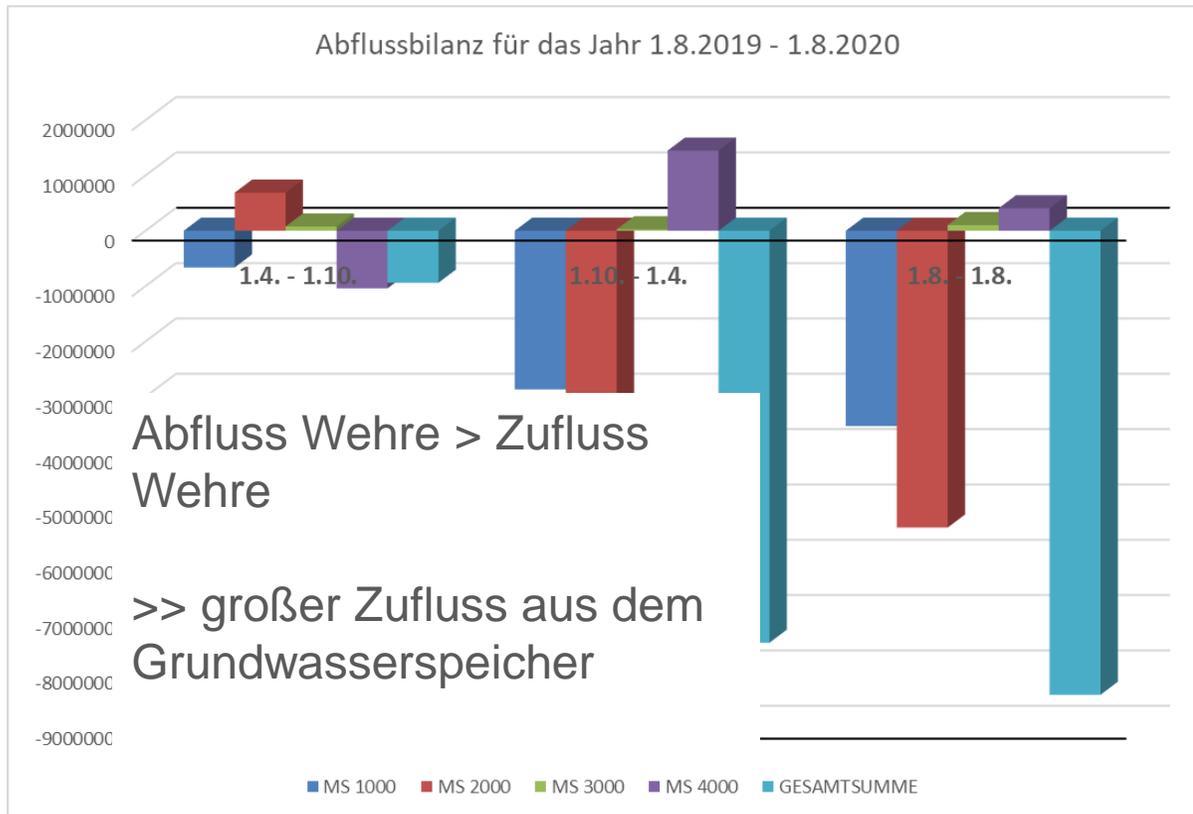
Ereignis	Juni 2014 in m³/s	Juli 2018 in m³/s	Mai 2020 in m³/s
Wehr 1	0,003	-0,069	0,00
Wehr 2	0,004	-0,084	0,00
Wehr 3	0,002	0,040	0,028
Wehr 4	0,002	0,040	0,028
UWS	0,001	0,000	0,000
Grundwasser	0,020	0,010	0,005

Tabelle 4-2: Mittleres Abflussvolumen in m³ für Trockenwetterperioden im Sommer

Ereignis	Juni 2014 in m³	Juli 2018 in m³	Mai 2020 in m³
Wehr 1	7776	-184810	0
Wehr 2	10368	-224986	0
Wehr 3	5184	107136	74995
Wehr 4	5184	107136	74995
UWS	2592	0	0
Grundwasser	51840	26784	12960

Aufteilung der Abflussströme zum „Großen Meer“

- ▶ Aufteilung des Einzugsgebiets in
 - ▶ Direktes Einzugsgebiet
 - ▶ Teilweise Entwässerung zum Großen Meer (Verbindung über Gewässer vorhanden)
 - ▶ Grundwasserzufluss zum Großen Meer



- ▶ Kontinuierliche Langzeitsimulation über 10 Jahre (1.1.2010 bis 1.1.2020)
- ▶ Auswertung der Zuflüsse zum Großen Meer
 - ▶ Abflussbilanz der Abflusspfade
 - ▶ Auswertung des Zuflusses zum Großen Meer für Trockenabfluss, Mittelwasserabfluss und Hochwasserabfluss
 - ▶ Auswertung der genannten Szenarien für Winterpeil und Sommerpeil

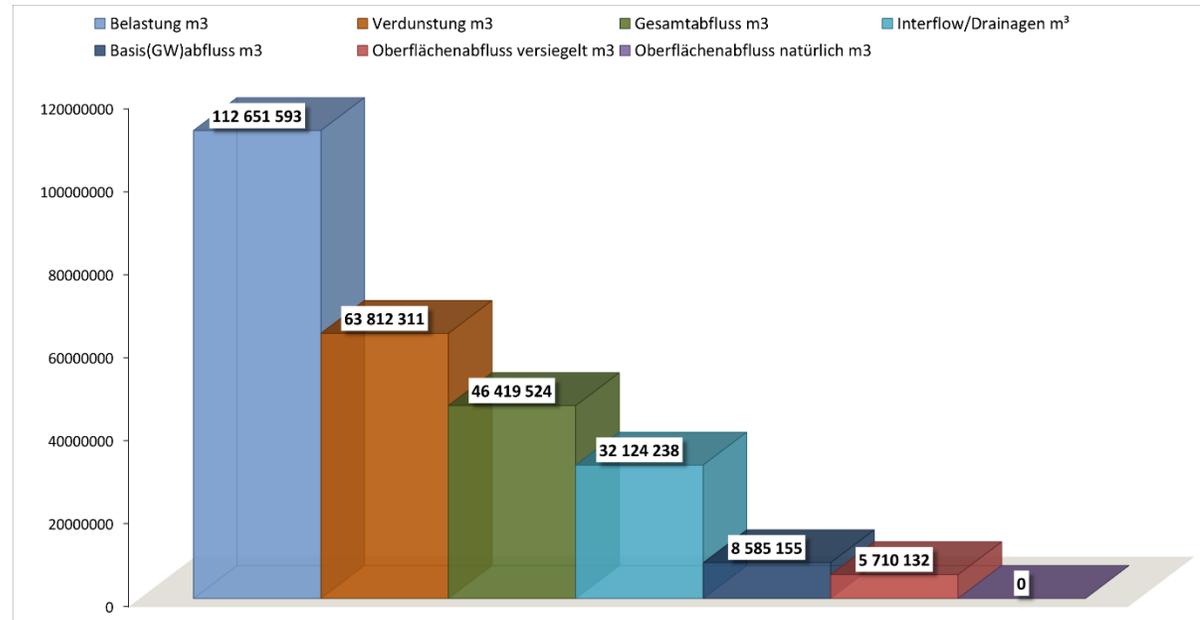


Tabelle 4-11: Maximaler Abfluss in m³/s für Hochwasserereignisse im Winter

Ereignis	4.–13. Dezember 2011 in m³/s	14.–23. November 2015 in m³/s	19./20. Juli 2020 in m³/s
Wehr 1	-2,68	-2,51	1,07
Wehr 2	-3,19	-2,94	1,27
Wehr 3	0,479	0,727	0,699
Wehr 4	0,479	0,727	0,699
UWS	0,721	0,882	0,516
Grundwasser	12,74	5,61	12,33

Tabelle 4-12: Abflussvolumen in m³ für Hochwasserereignisse im Winter

Ereignis	4.–13. Dezember 2011 in m³/s	14.–23. November 2015 in m³/s	9./10. Februar 2020 in m³/s
Wehr 1	-630292	-585905	45640
Wehr 2	-753151	-700666	54365
Wehr 3	198525	150559	38025
Wehr 4	198525	150559	38025
UWS	118560	94232	19623
Grundwasser	1407474	1269698	126609

Zuordnung der Teileinzugsgebiete zu den Messstellen

- ▶ Zur Bilanzierung der Nährstofffrachten wurden die zugehörigen (oberirdischen) Messstellen-Einzugsgebiete ermittelt

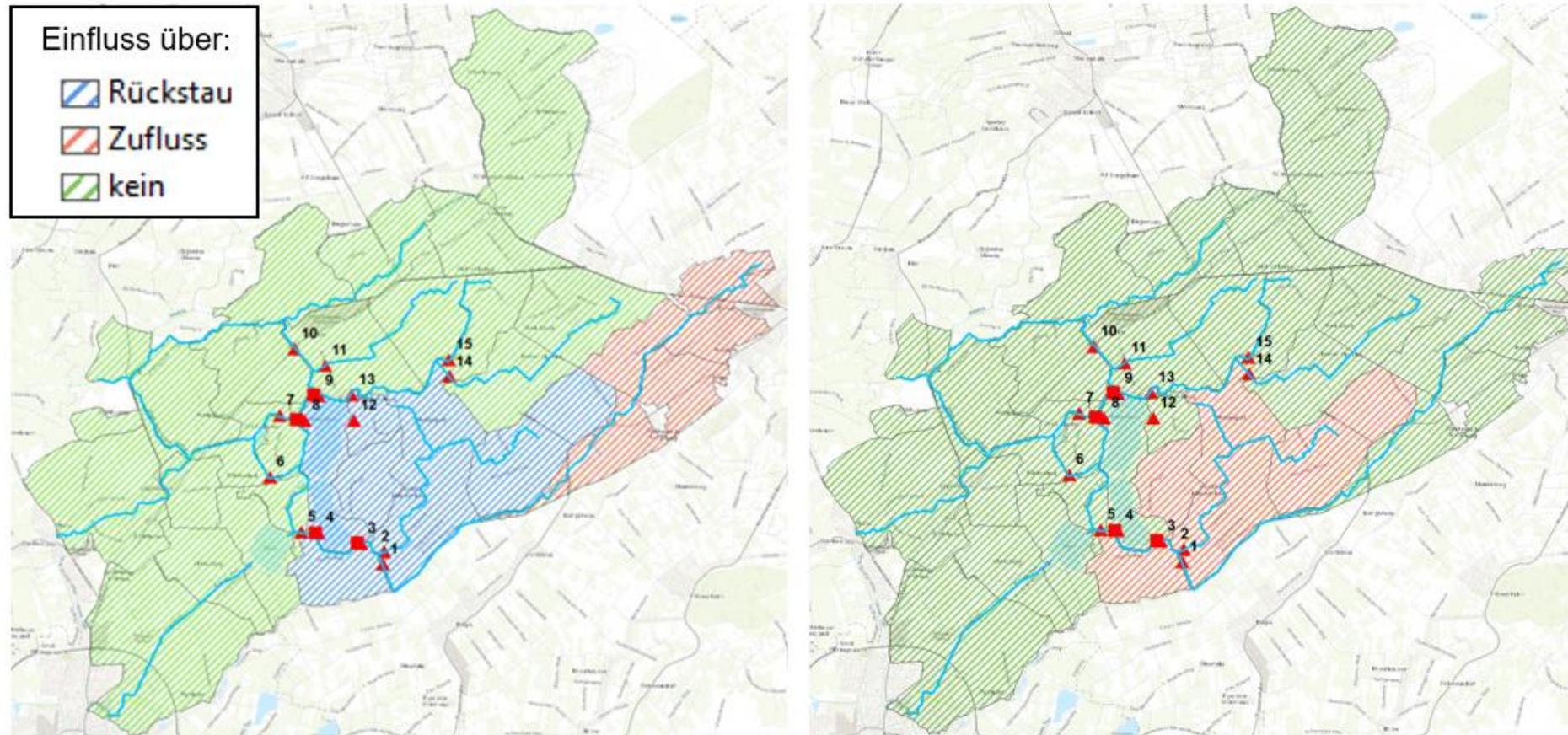


Abbildung 2-23: Zuflussgebiete der Nährstoffmessstellen MST1 (links) und MST2 (rechts)
(Hintergrund: http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Topo_Map)

Modellanwendung und Berechnungsergebnisse

Nährstoffbilanzen

- Berechnung der monatlichen Nährstofffrachten an den 15 Nährstoffmessstellen

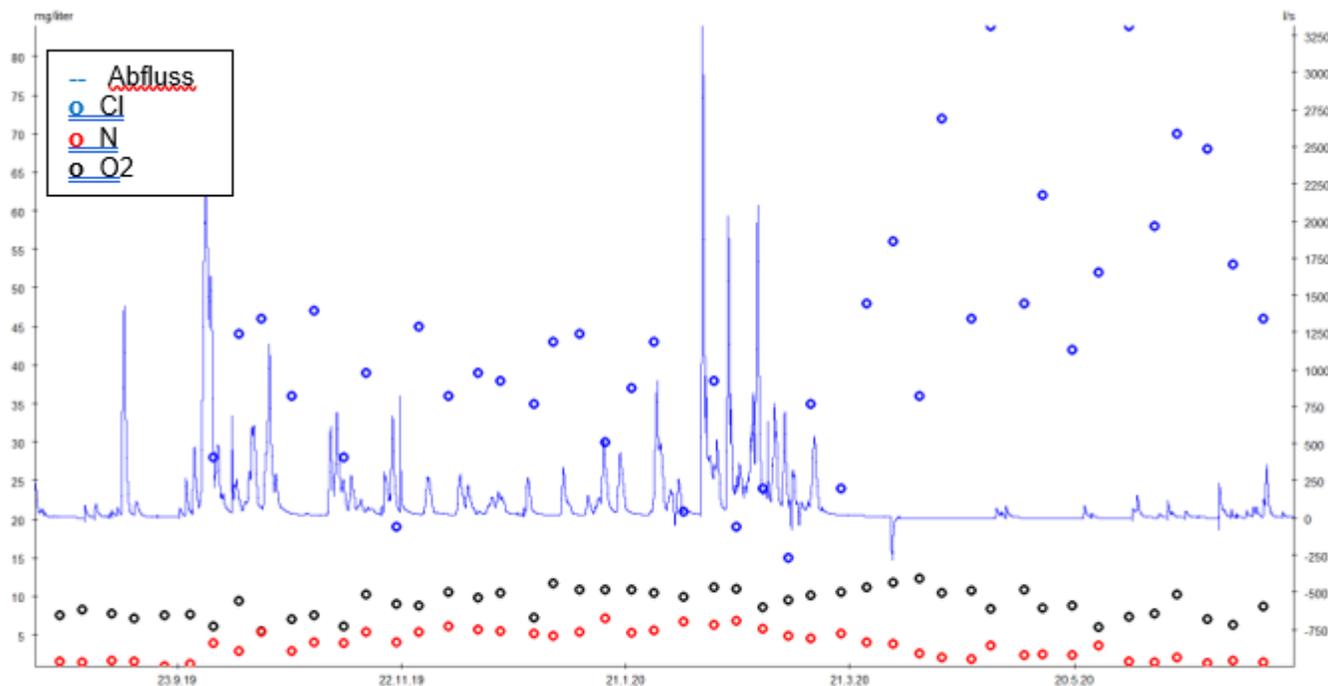


Abbildung 4-2: Messstelle 1, Westerender Ehe: Berechneter Abfluss und gemessene Nährstoffkonzentrationen für Chlorid (Cl), Stickstoff (N) und Sauerstoff (O2)

Nährstofffracht pro Monat

	Cl (kg)	N (kg)	P (kg)	PO4 (kg)
	-	13	1,1	0,2
	-	139	15	1,9
	-	699	82	9,6
	16.972	1.938	112	23
	14.023	1.664	72	19
	7.061	1.079	33	7,1
	13.443	1.980	69	16
	24.750	6.245	263	81
	6.165	1.150	61	20
	899	44	3,1	0,2
	886	43	3,9	0,0
	3.599	80	8,8	0,6