

## **Simulation der Binnenzuflüsse zum Nord-Ostsee-Kanal mit LARSIM als Beitrag einer vorausschauenden Wasserbewirtschaftung**

Jochen Hohenrainer<sup>1</sup>, Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach<sup>1</sup>, Christian Elpers<sup>2</sup>,  
Martin Hunger<sup>2</sup>, Dennis Meißner<sup>1</sup> und Silke Rademacher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

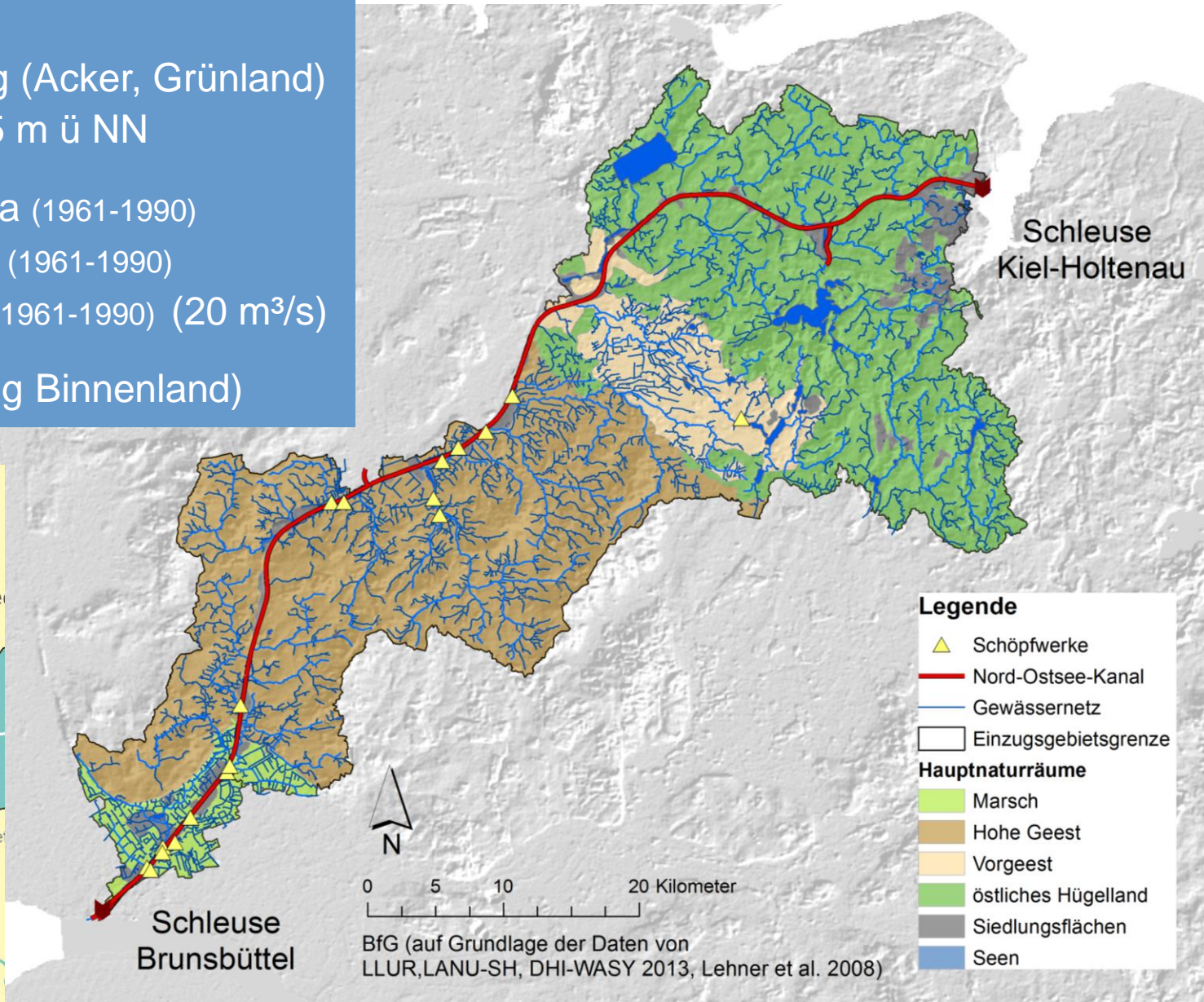
<sup>2</sup>Aquantec Gesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Karlsruhe

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop am 9./10.03.2016 in Augsburg

1. Gebietscharakteristika
2. Wassermengenbewirtschaftung NOK
3. Konzept der Modellsysteme
4. Globalstrahlung und Sonnenscheindauer in LARSIM NOK

# 1 Einzugsgebiet Nord-Ostsee-Kanal (NOK)

- Einzugsgebietsgröße: 1530 km<sup>2</sup>
- 4 Hauptnaturräume
- überwiegend landwirt. Nutzung (Acker, Grünland)
- Geländehöhe: ca. -5 bis ca. 85 m ü NN
- (korr.) Niederschlag: 910 mm/a (1961-1990)
- reale Verdunstung: 500 mm/a (1961-1990)
- Abflusshöhe: 410 mm/a (1961-1990) (20 m<sup>3</sup>/s)
- 18 Schöpfwerke (Entwässerung Binnenland)





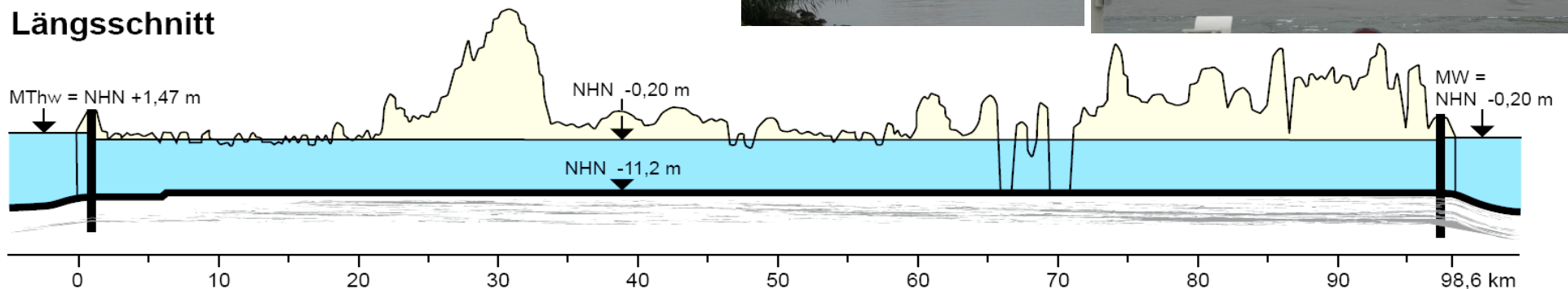
# 1 Bundeswasserstraße Nord-Ostsee-Kanal

- Länge: ca. 100 km
- Breite: 162,0 m (NOK-km 0,0 bis 87,0)  
102,5 m (NOK-km 87,0 bis 96,7)
- Sohltiefe 11,0 m
- 2 Hauptschleusen (Brunsbüttel, Kiel-Holtenau)
- 2 Nebenschleusen, 10 Brücken, 2 Wehre

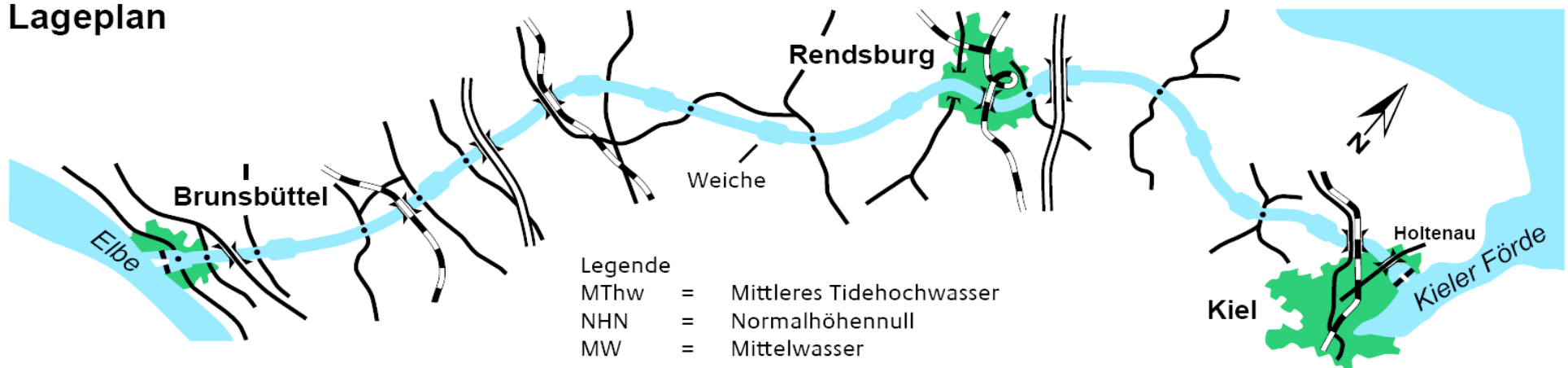


- meist befahrene künstliche Seeschiffahrtsstraße der Welt
  - 32 589 Schiffe (99,1 Mio. t) (2014)
  - zum Vergleich: Gütermengen Rhein (Emmerich) 156,8 Mio. t (2013)
- Quelle: WSV

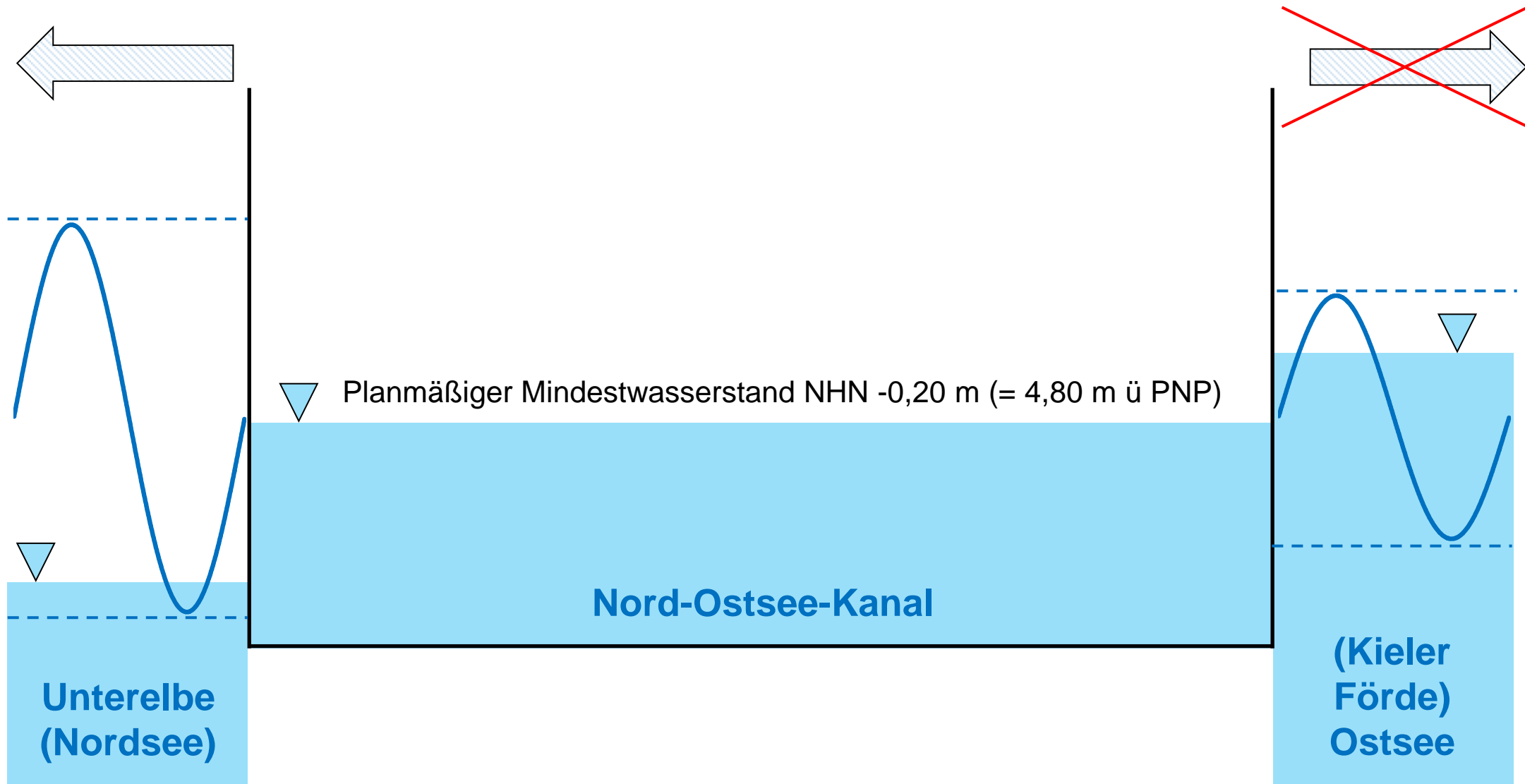
**Längsschnitt**



**Lageplan**



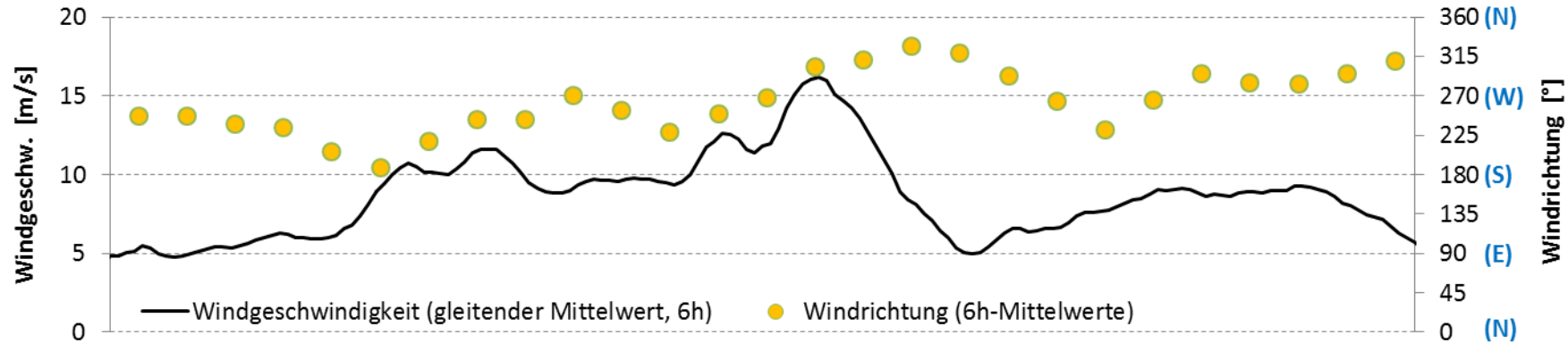
# 1 Entwässerung Nord-Ostsee-Kanal



# 2 Wassermengenbewirtschaftung NOK

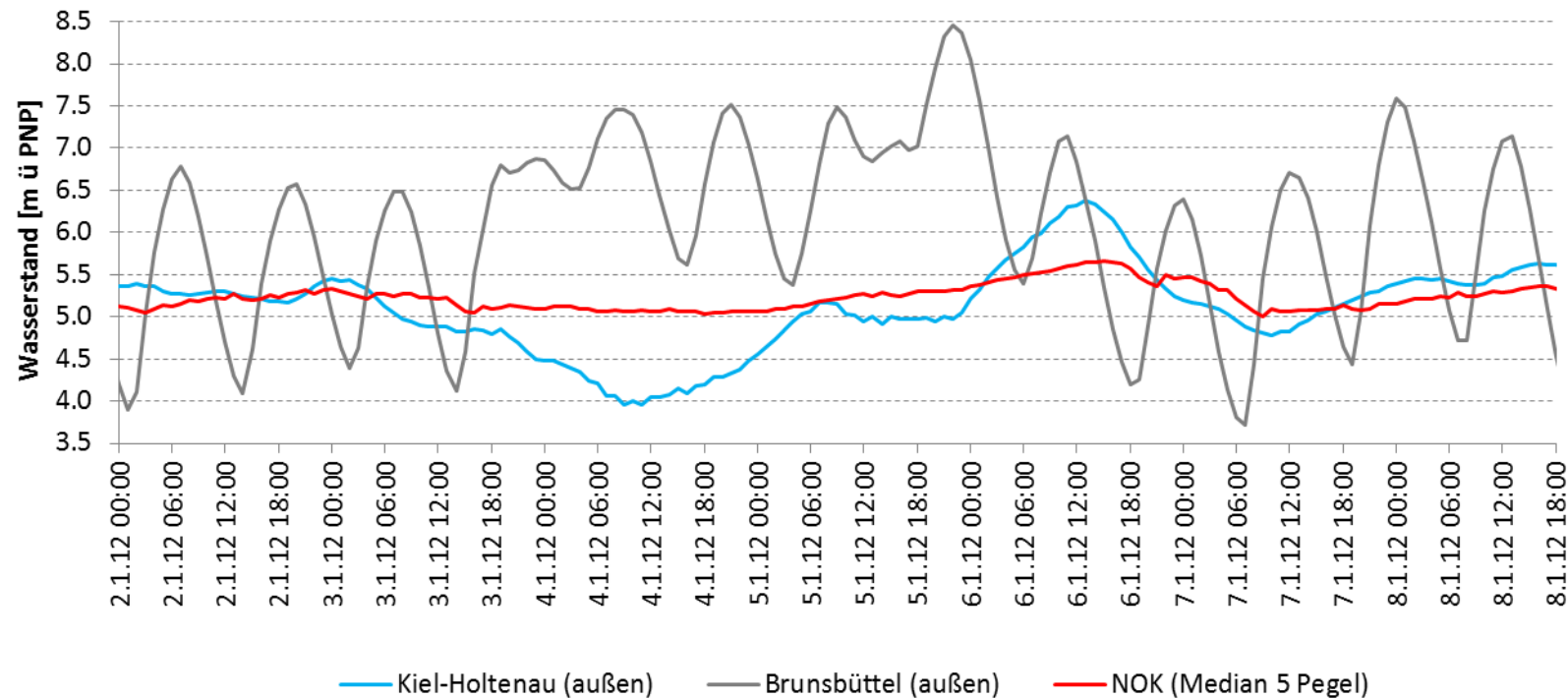
## Starke Westwinde...

Windmessung (DWD-Station Cuxhaven)



## ...Anstieg Tidehoch- und Tideniedrigwasser Nordsee

Wasserstände außen und binnen



### **Ziel: Vorausschauende Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals**

- Anlagensicherheit
- Gewährleistung eines möglichst reibungslosen Ablaufs des Schiffsverkehrs und
- des Betriebs der Wasserstraße einschließlich des Querverkehrs durch die Fähren

Auftrag GDWS ASt Nord, 28.01.2014 an die BfG:

Aufbau und Anwendung Wasserbewirtschaftungs- und Vorhersagemodellsystem

Fokus: 2 Zeithorizonte

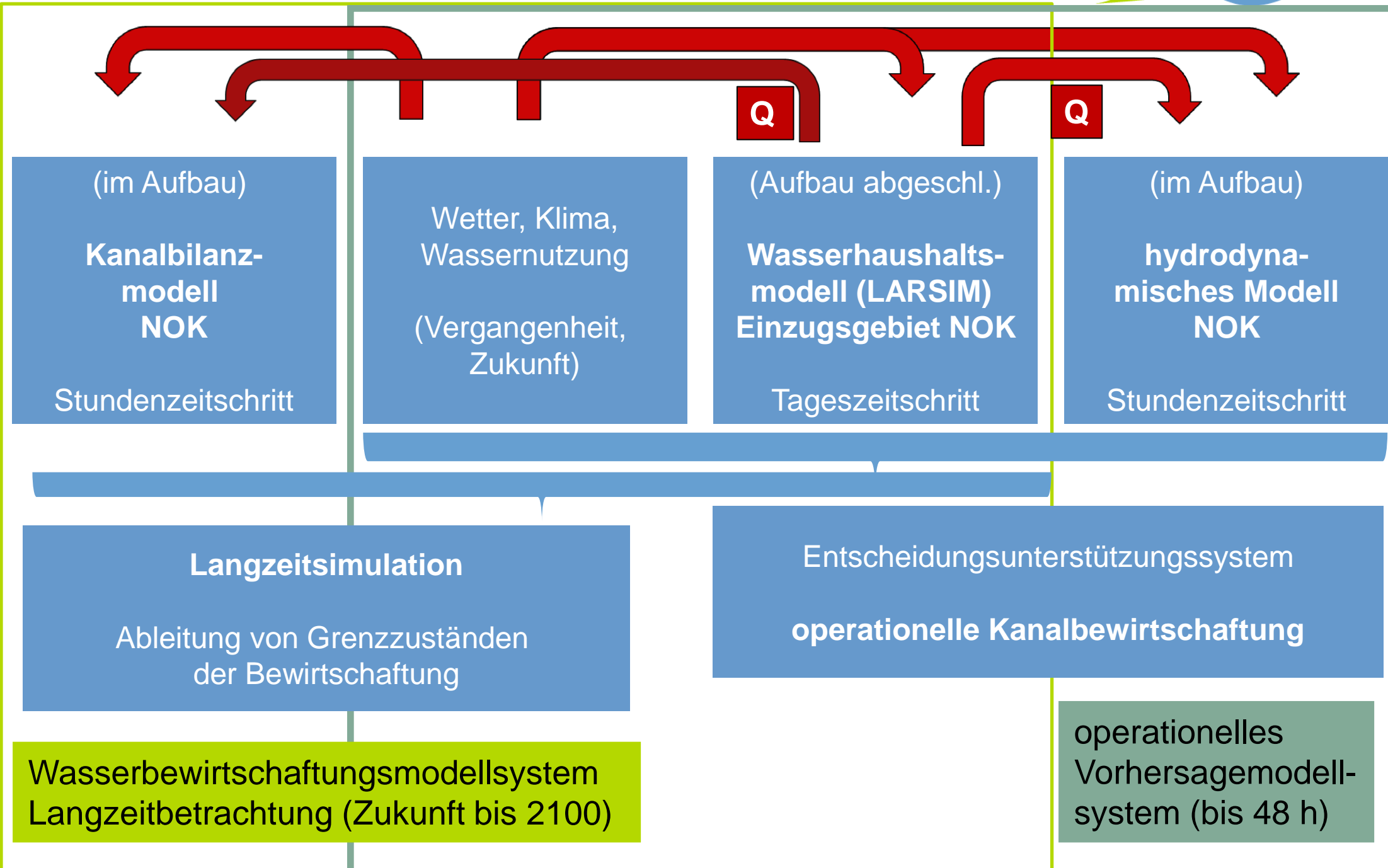
#### **(A) Operationelles Vorhersagesystem (Kurzzeitvorhersagen)**

Entscheidungshilfe im Entwässerungsbetrieb (kritische Vorwarnzeit bis 48 h)

#### **(B) Langzeitbetrachtung**

Ableitung Grenzzustände Bewirtschaftung NOK, zukünftige Auftretensveränderung (21. Jh.)  
Klimaprojektionen & veränderte betriebliche Erfordernisse der Wasserstraße

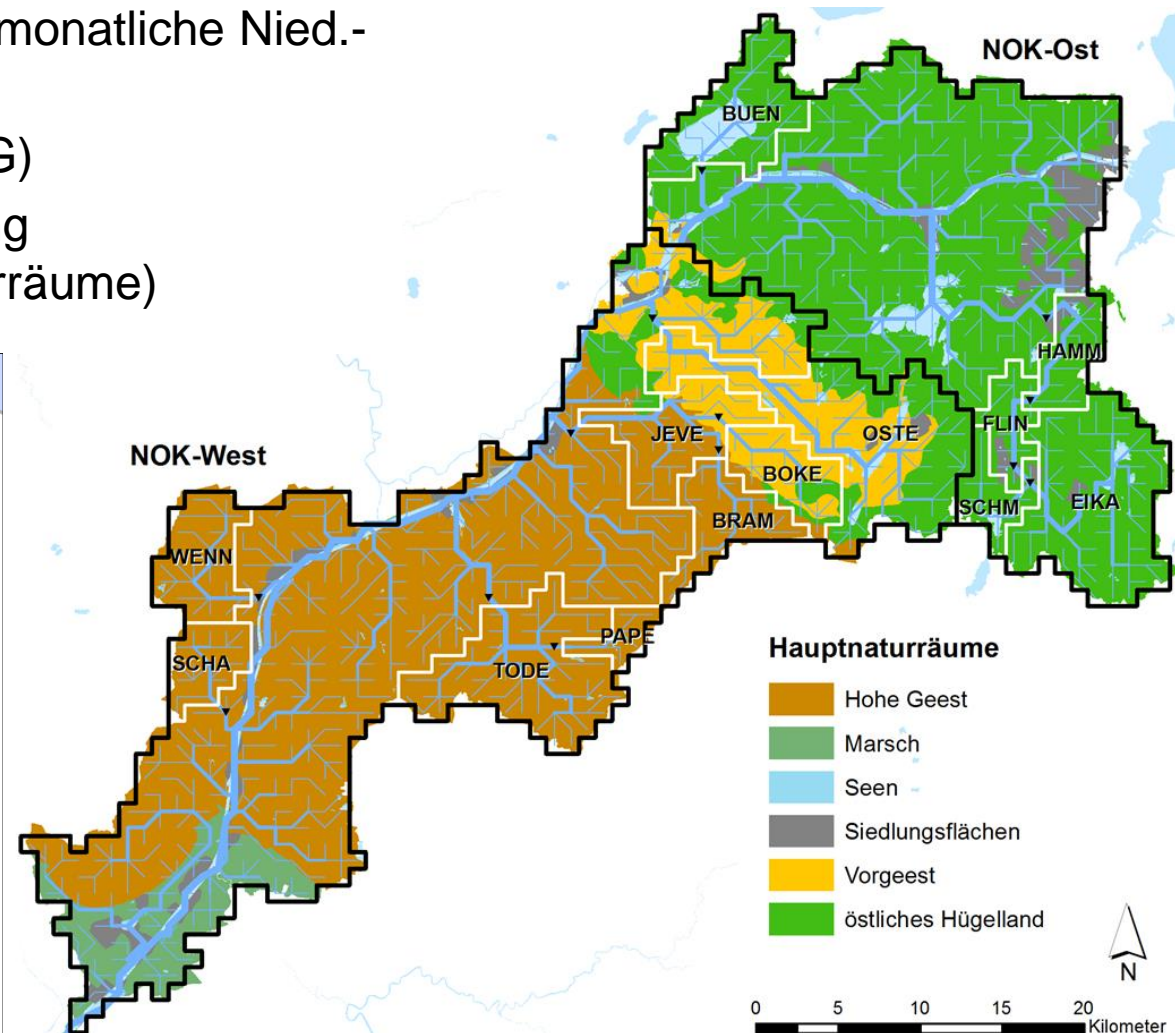
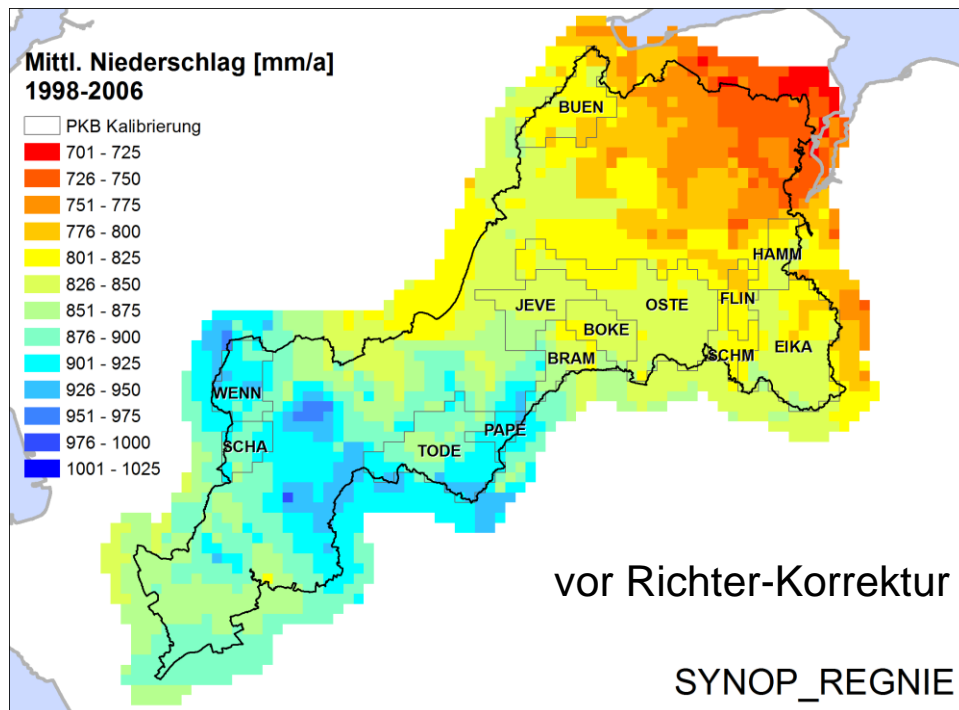
# 3 Modellsysteme





# 3 Wasserhaushaltsmodell LARSIM NOK

- 2 Teilmodelle (West, Ost), 1527 Rasterzellen (1x1 km<sup>2</sup>)
- 18 Schöpfwerke (West)
- Räumliche Interpolation SYNOP-Daten (Delft-FEWS):  
**IDW** bzw. **REGNIE-Hintergrundfelder**, monatliche Nied.-  
Korrektur nach Richter (1995)
- Kalibrierung: 13 Abflusspegel (37 % EZG)
- Unbeobachtetes Gebiet: Regionalisierung  
Modellparameter (3 Klassen, Hauptnaturräume)



# 4 Globalstrahlung und Sonnenscheindauer

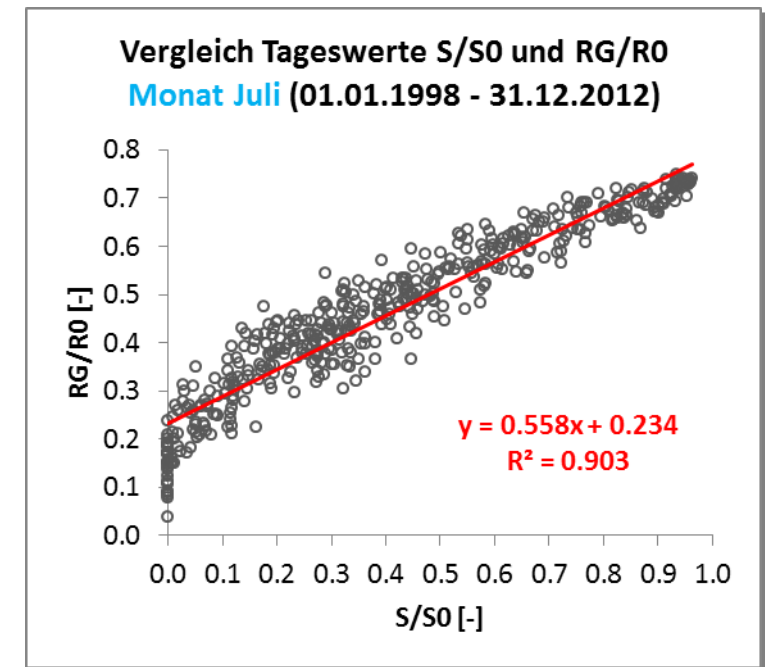
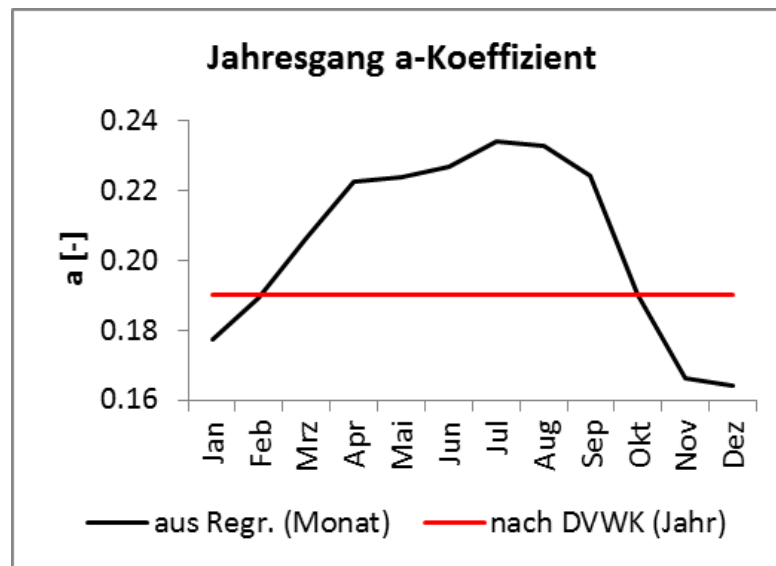
## Hintergrund

- Globalstrahlung **RG** für Evapotranspiration in LARSIM
- Geringe Messnetzichte → Ableitung aus Sonnenscheindauer **S** (SYNOP-Daten)
- Ångström-Formel: **RG = R0 \* (a + b \* S/S0)** (vgl. DVWK 238/1996)

R0: extraterr. Globalstr., S0: astronom. mögl. Sonnenscheindauer, a & b: empirische Koeffizienten

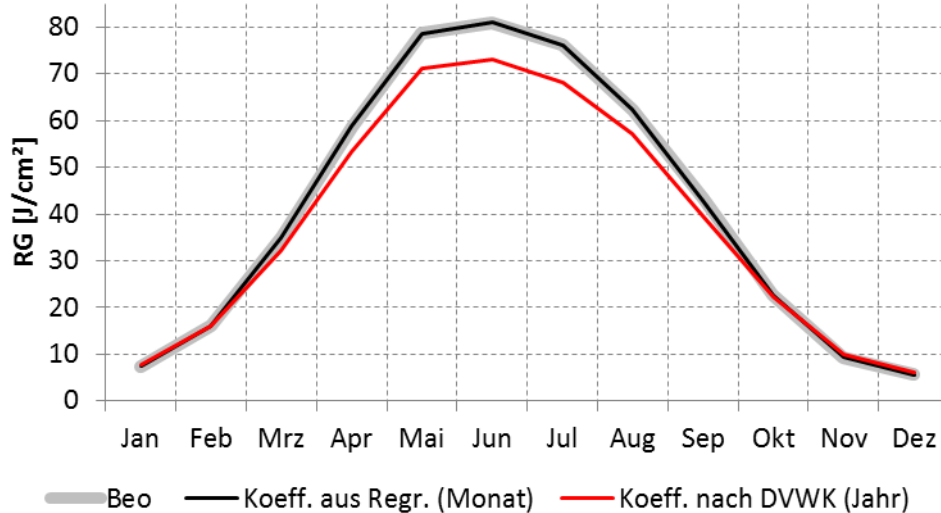
## Vorgehen

- Tageswerte DWD-Station Schleswig (01/1998 – 12/2012)
- Neuberechnung **a** und **b**: monatliche lineare Regression
- Vergleich mit „Standardwerten“ für D (z.B. DVWK 238/1996)



# 4 Vergleich Globalstrahlung

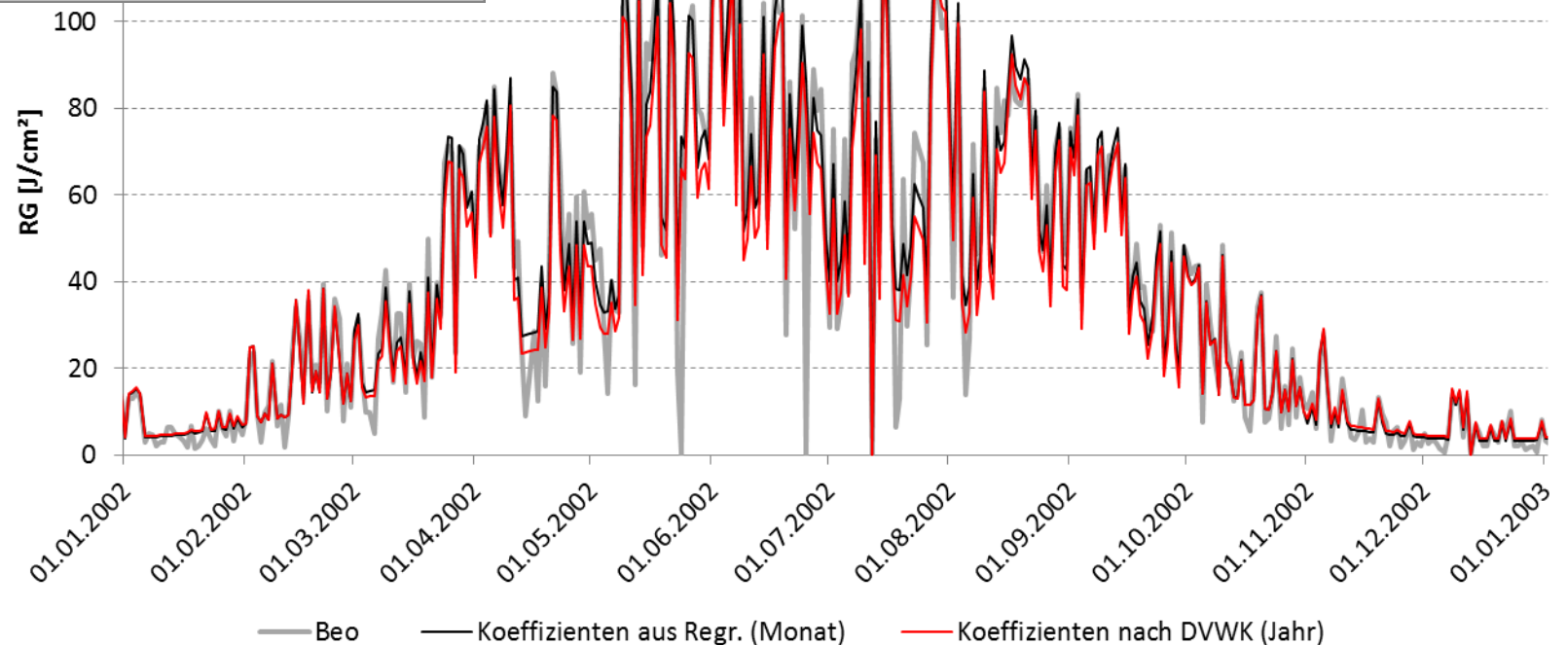
Mittlerer Jahresgang Globalstrahlung Schleswig  
01.01.1998 - 31.12.2012



## Globalstrahlung nach DVWK vs. Beo Schleswig durchschnittliche Abweichung, je nach Monat

- von -10,3 % (Juli)
  - bis +9,0 % (Dezember)
- Unterschätzung Evapotranspiration im Sommer

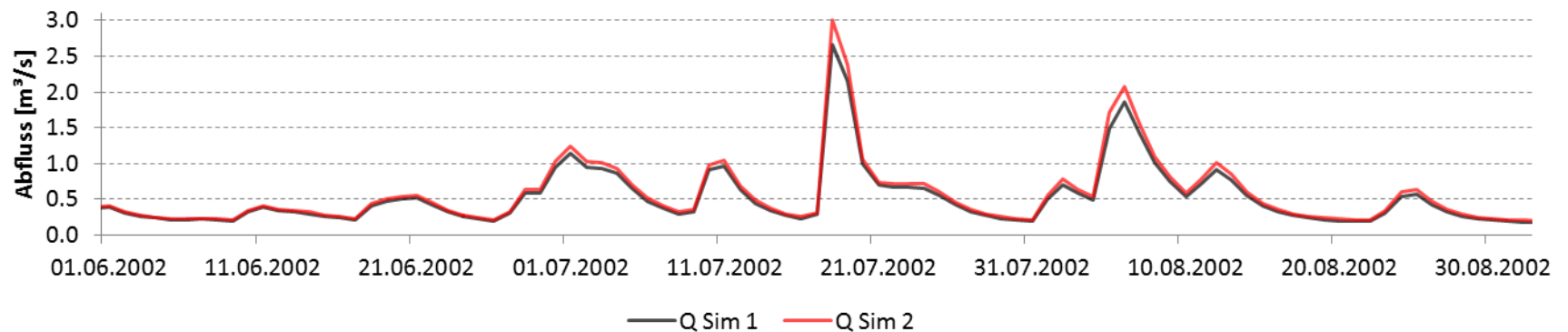
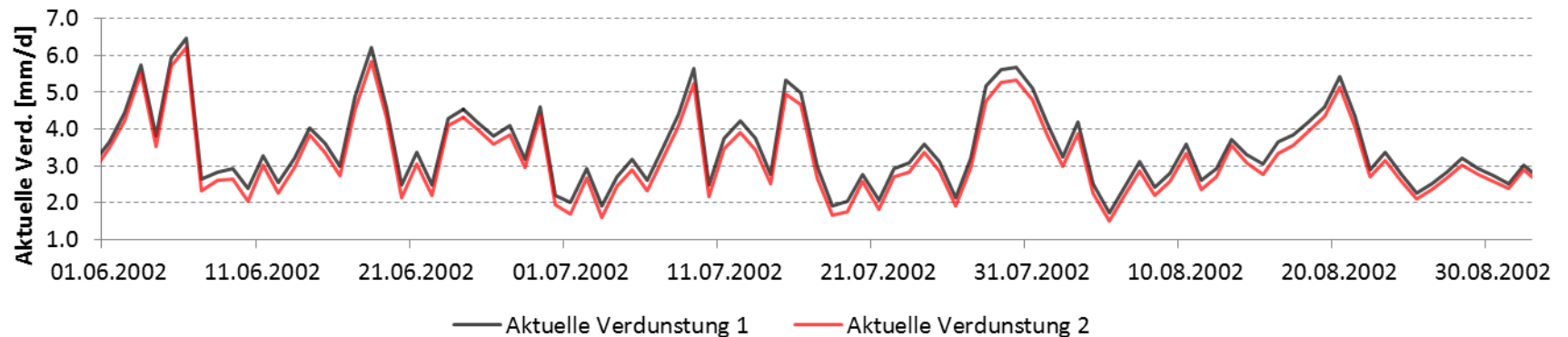
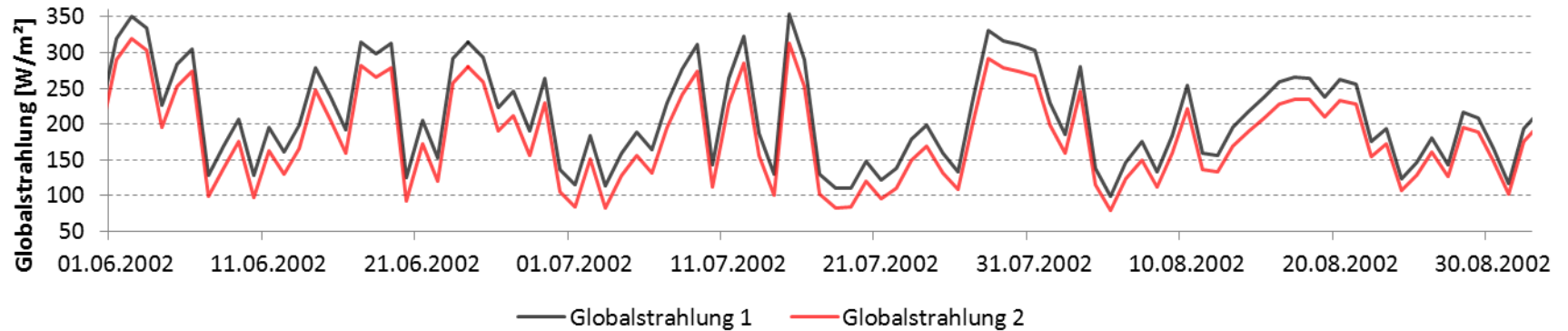
Tageswerte Globalstrahlung Schleswig



# 4 Beispiel: PKB Wennbüttel/Gieselau (35,0 km<sup>2</sup>)

Jun.-Aug.  
2002

- RG +16 %
- Vakt. + 8 %
- Qsim - 8 %

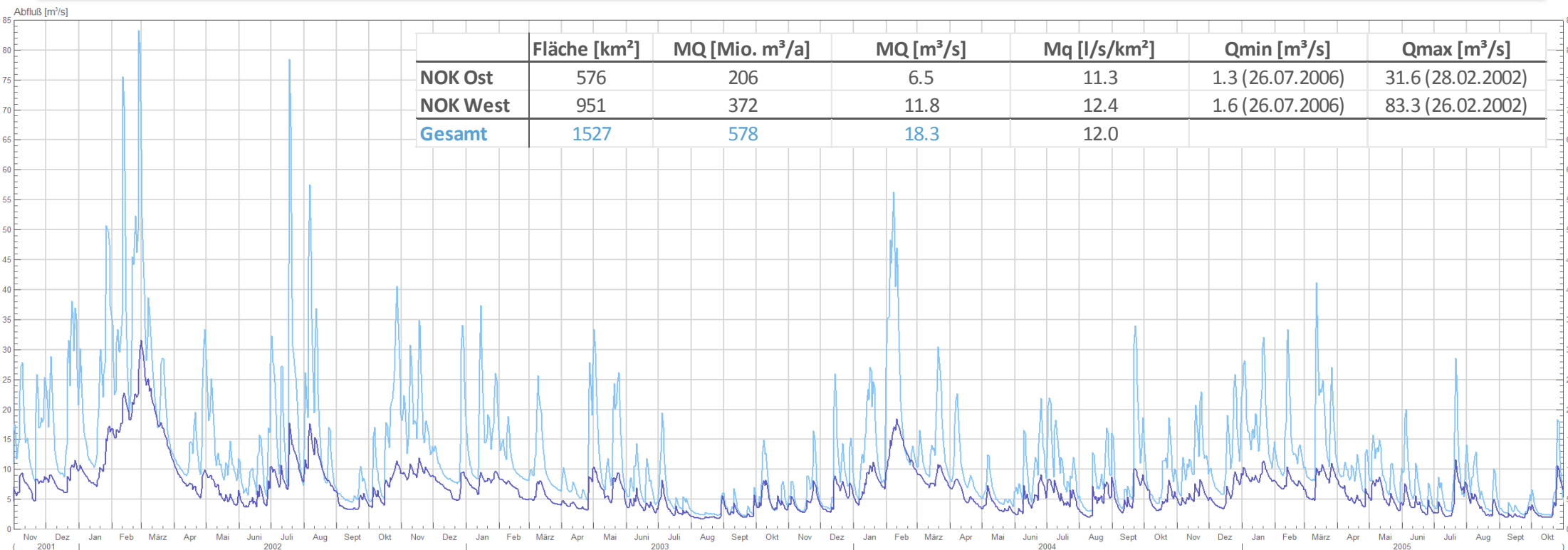


# Simulation der Binnenzuflüsse zum NOK mit LARSIM

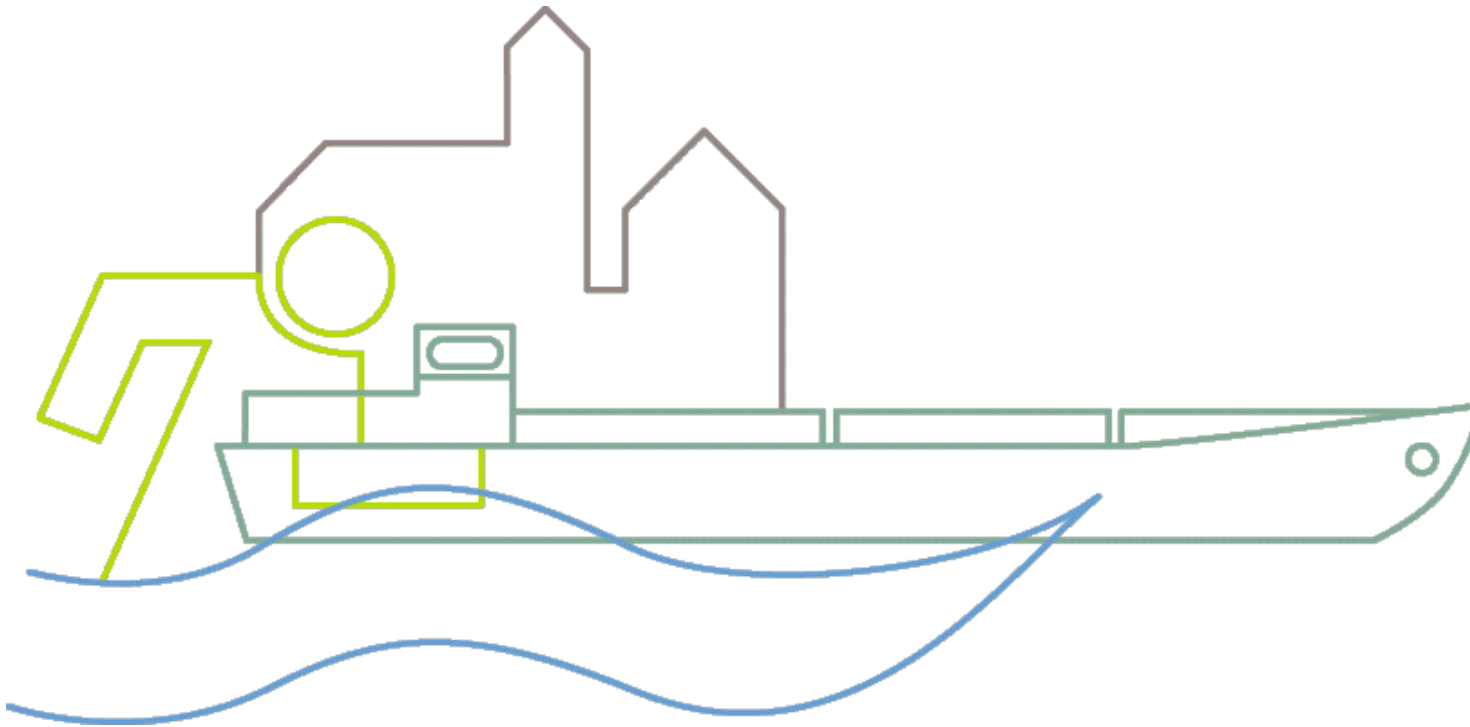
## Umsetzung in LARSIM NOK

- LARSIM-externe Umwandlung SYNOP-Sonnenscheindauer → Globalstrahlung
- monatliche Ångström-Koeffizienten (abgeleitet für Station Schleswig)

## Simulation der Binnenzuflüsse zum Nord-Ostsee-Kanal mit LARSIM → Details im nachfolgenden Vortrag ...







# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

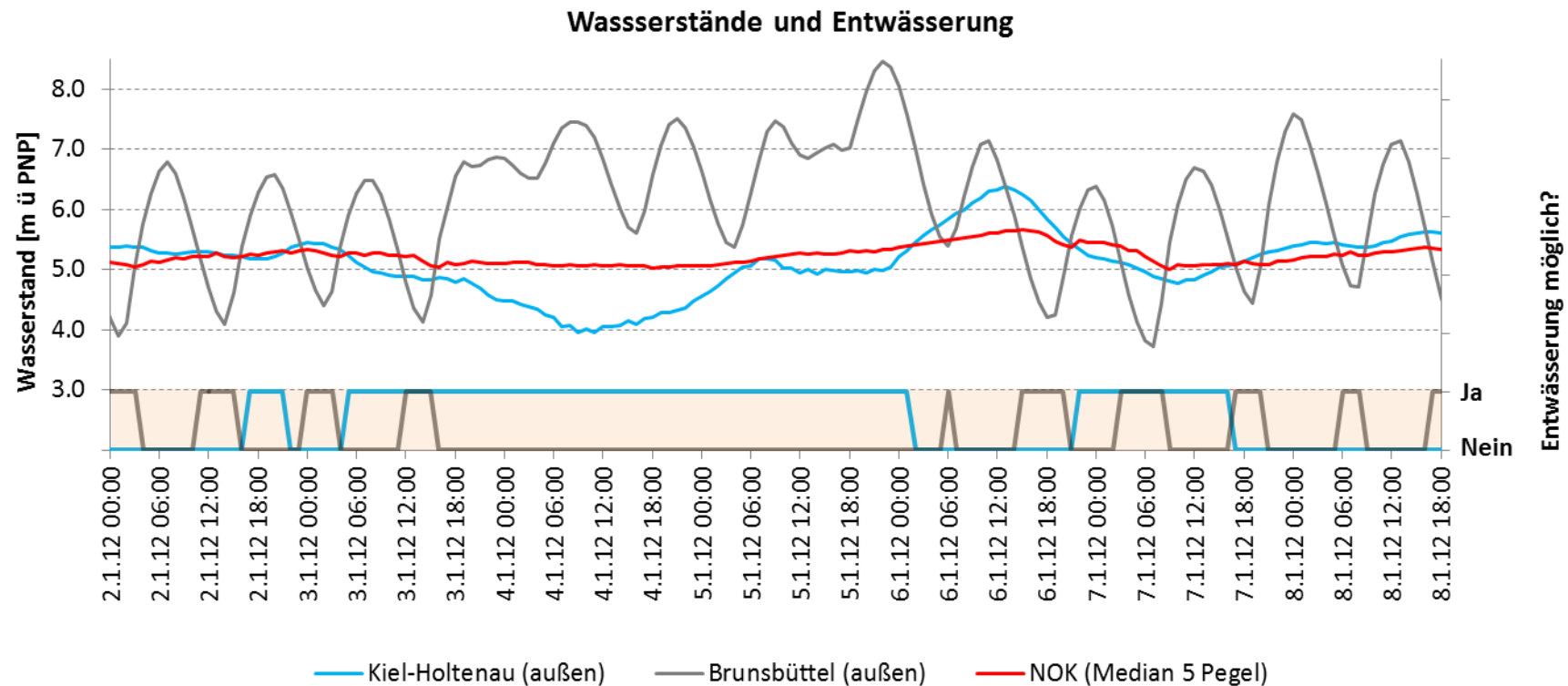
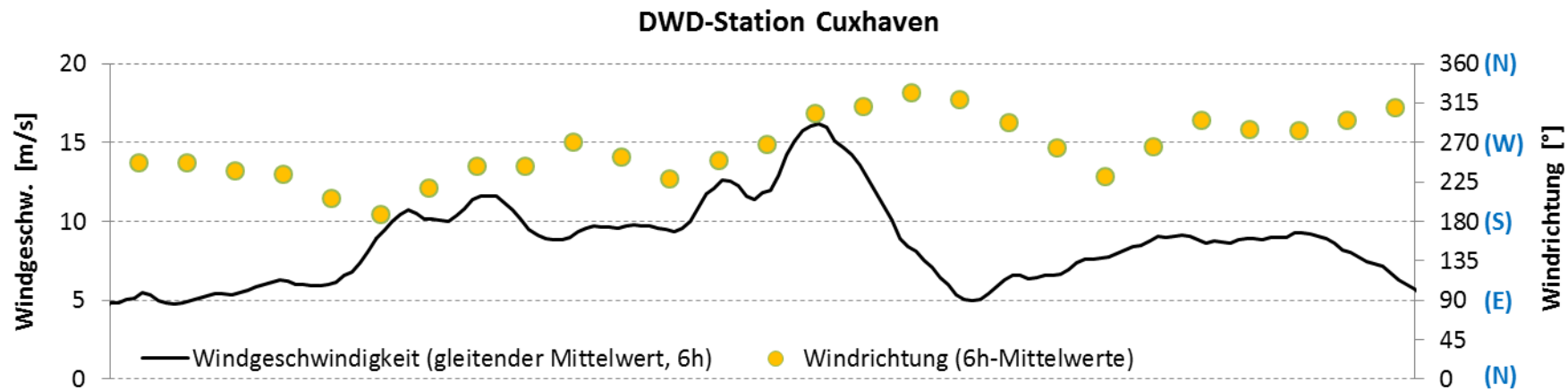
Dipl.-Hyd. Jochen Hohenrainer

Quantitative Gewässerkunde  
Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

Tel.: 0261/1306-5180, Fax: 0261/130-5280  
E-Mail: [hohenrainer@bafg.de](mailto:hohenrainer@bafg.de)  
[www.bafg.de](http://www.bafg.de)

Reserve....

# 2 Wassermengenbewirtschaftung NOK



# 3 Vorhersagesystem

**Operationell seit Januar 2015:** Einfache Vorwarnung aus aggregierten Niederschlagsmesswerten und -vorhersage (SYNOP, COSMO-EU, ICON)



COS



## COSMO-EU Vorhersage des Gesamtniederschlags

Deutschland und angrenzende Gebiete

COSMO-EU von Sa, 20.02.2016 18:00 UTC Blatt 1 von 2

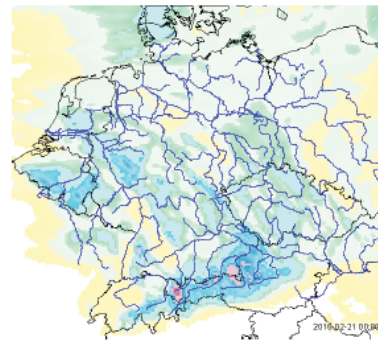


Deutschland und angrenzende Gebiete

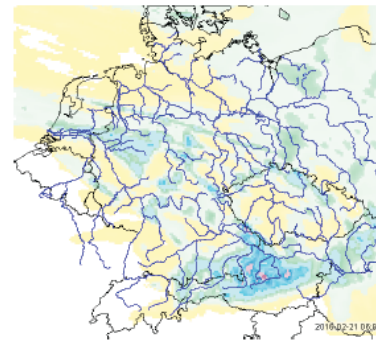
Gebietsniederschlag als 6-Stunden-Summe / fester Niederschlagsanteil

Einzugsgebiet	21.02 00:00	
Rhein bis Basel	4,3	33 0
Neckar	4,3	0 1
Main	4,6	0 2
Mosel	3,9	0 0
Rhein von Basel bis Andernach ohne Neckar, Main, Mosel	3,5	0 0
Rhein von Andernach bis D-NL Grenze	6,7	0 3
Donau bis Ingolstadt	4,9	12 2
Isar	6,8	10 3
Inn	15,2	34 7
Donau von Ingolstadt bis Achleiten ohne Isar, Inn	6,0	10 3
Oder bis Polecko	1,3	0 2
Lausitzer Neiße	4,0	13 3
Warthe	1,2	0 2
Oder von Polecko bis Widuchowa ohne Laus. Neiße, Warthe	2,5	0 2
Elbe bis Ústí nad Labem	4,7	28 1
Mulde	3,6	6 2
Saale	2,3	0 2
Elbe von Ústí nad Labem bis Barby ohne Mulde, Saale	4,1	2 2
Elbe von Barby bis Neu-Darchau	2,6	0 1
Werra	3,5	0 3
Eder	4,9	0 3
Fulda ohne Eder	3,5	0 2
Diemel	3,8	0 3
Aller	1,9	0 2
Weser bis Pegel Intschede ohne Werra, Fulda, Diemel, Aller	2,0	0 2
Ems bis Versen	2,5	0 2
Nord-Ostsee-Kanal	2,3	0 1

So, 21.02.2016 00:00 6h-Summe



So, 21.02.2016 06:00 6h-Summe



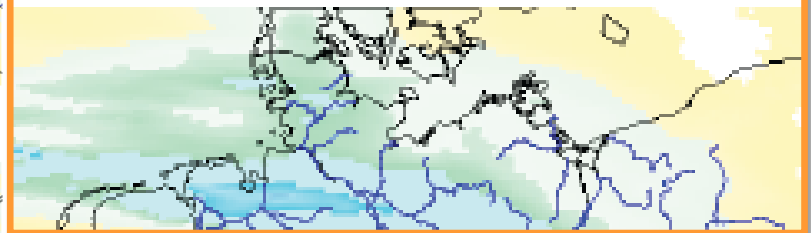
So, 21.02.2016 12:00 6h-Summe



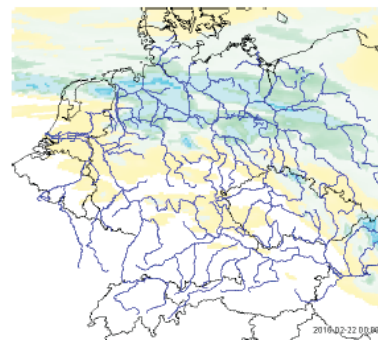
So, 21.02.2016 18:00 6h-Summe



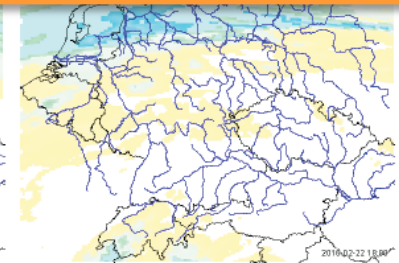
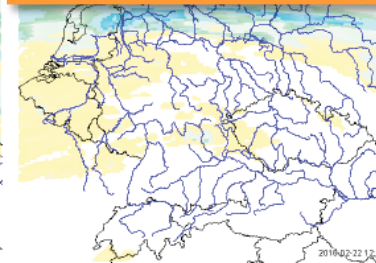
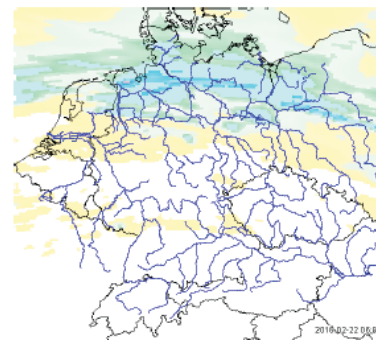
**So, 21.02.2016 18:00 6h-Summe**



Mo, 22.02.2016 00:00 6h-Summe



Mo, 22.02.2016 06:00 6h-Summe



Niederschlag [mm]



0km 250km 500km 750km 1000km

Nord-Ostsee-Kanal

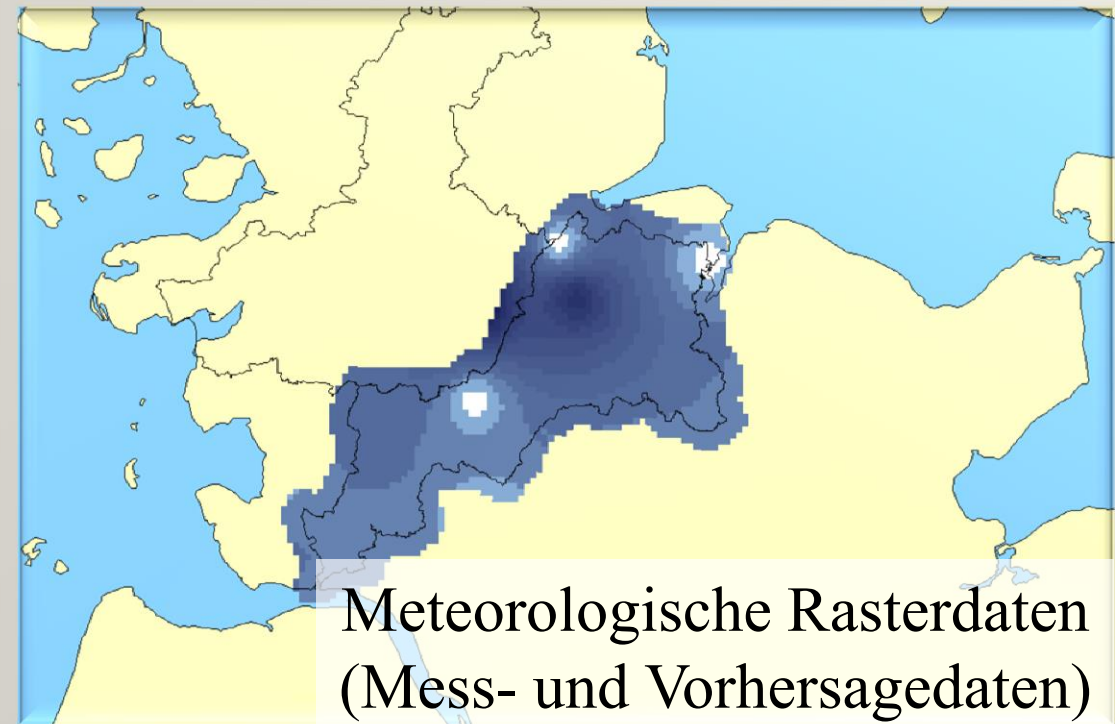
2,3 0 1,0 0 0,4 0 4,9 0

Prognosedaten: COSMO-EU des Deutschen  
Wetterdienstes

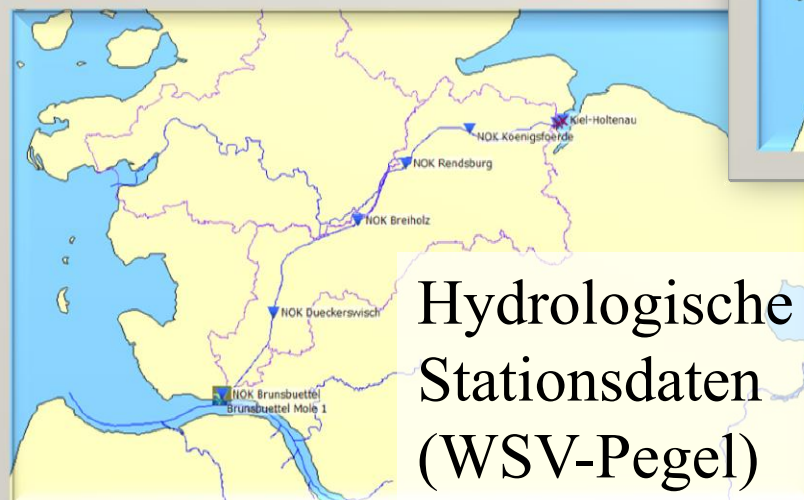
# Operationelles Vorhersagesystem NOK



Meteorologische Stationsdaten



Meteorologische Rasterdaten  
(Mess- und Vorhersagedaten)

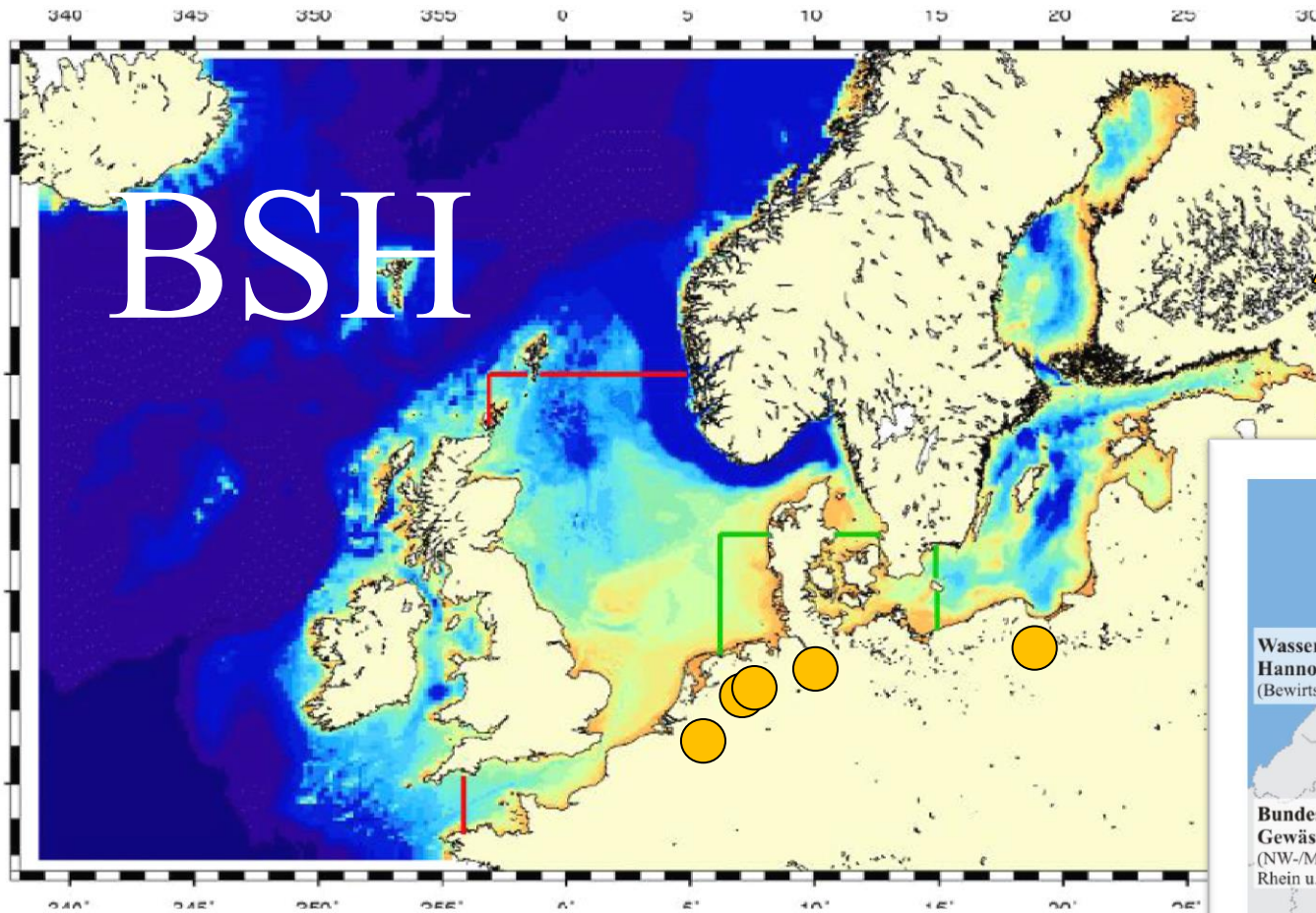


Hydrologische  
Stationsdaten  
(WSV-Pegel)

- ✓ Datenfluss NOK bereits im BfG-Vorhersagesystem implementiert
- Implementierung Modelle fehlt noch

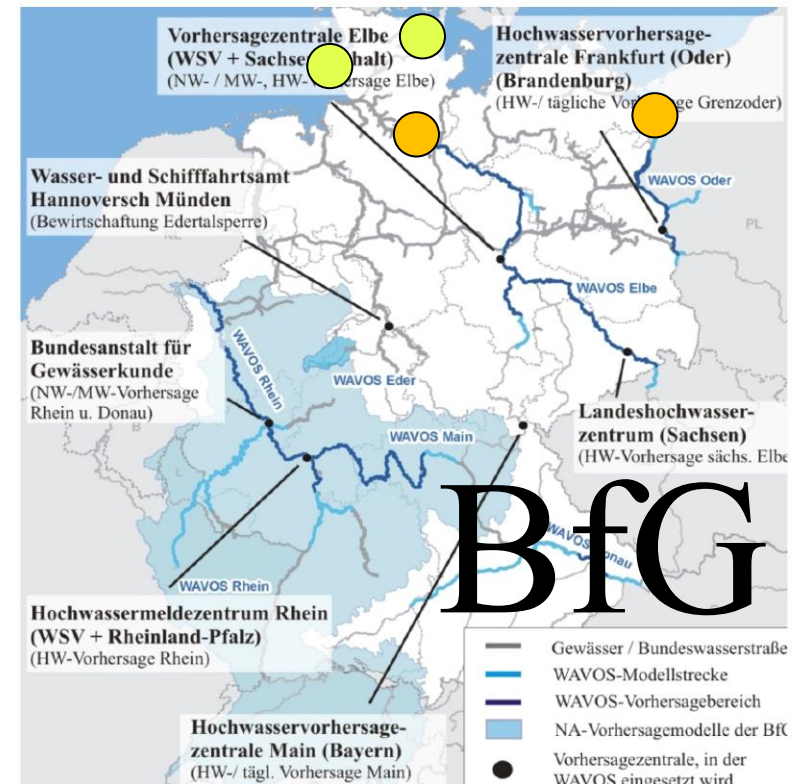


# Wasserstandsvorhersagesysteme



Messdaten + Vorhersagen

Vorhersagen



# Kanalmodell – Vorhersage

Benötigt werden operationelle Messdaten und Vorhersagen für die

- Außenwasserstände der Kieler Förde (Holtenau) und der Unterelbe (Brunsbüttel) ✓ **Bereits mit BSH abgesprochen**
- sowie operationelle Daten der Entwässerungsmengen (und Schleusungsmengen)

Ohne operationelle Erfassung und Bereitstellung ist

- keine sinnvolle Vorhersage der Wasserstände im Kanal und
- keine Verbesserung der Modelle möglich





# Wie geht es weiter?

## Gemeinsam

- Begleitung/Abnahme des Auftrages Wasserhaushaltsmodell

## Langzeitsimulation

- Erarbeitung des Feinkonzeptes zur Ereignisanalyse in Absprache mit DWD/BSH/BAW
- Ergebnisse Ende 2016/2017

## Operationelle Vorhersage

- Vergabe zur Anpassung des operationellen Vorhersagesystems wird nach Fertigstellung Wasserhaushaltsmodell im IV. Quartal 2015
- prä-operationeller Betrieb ab III.Quartal 2016

# 4 Globalstrahlung und Sonnenscheindauer

## Hintergrund

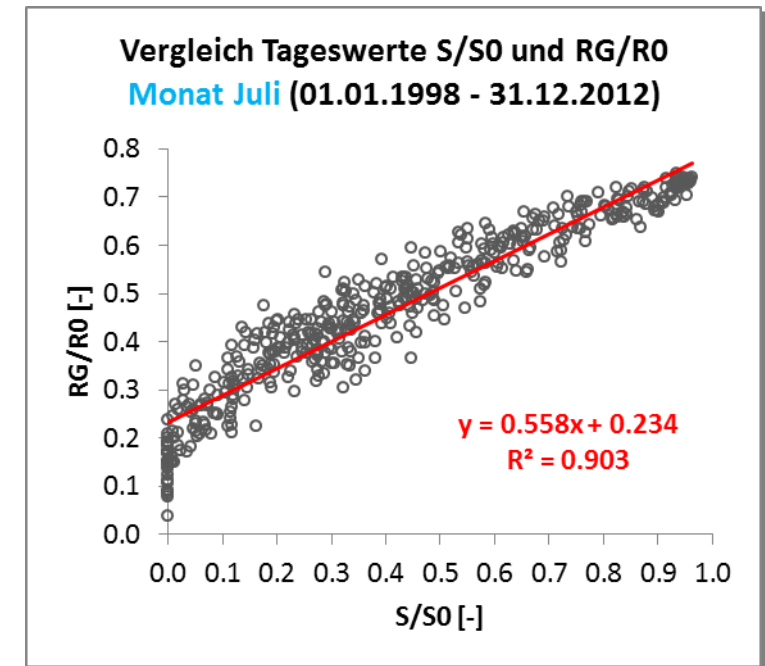
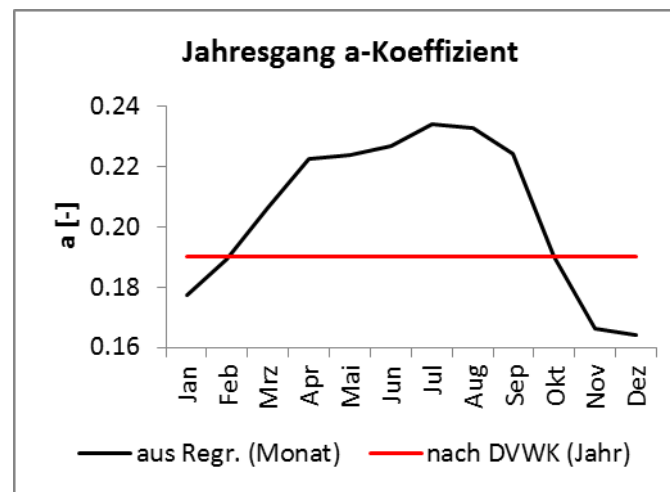
- Globalstrahlung **RG** für Evapotranspiration in LARSIM
- Geringe Messnetzdicke → Ableitung aus Sonnenscheindauer **S** (SYNOP-Daten)
- Ångström-Formel:  **$RG = R_0 * (a + b * S/S_0)$**  (vgl. DVWK 238/1996)

$R_0$ : extraterr. Globalstr.,  $S_0$ : astronom. mögl. Sonnenscheindauer, a & b: empirische Koeffizienten

## Vorgehen

- Tageswerte DWD-Station Schleswig (01/1998 – 12/2012)
- Neuberechnung **a** und **b**: monatliche lineare Regression
- Vergleich mit „Standardwerten“ für D (z.B. DVWK 238/1996)

**Jahresgang bei  
Koeffizienten!**



Schleswig	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	DVWK (D)
<b>a</b>	0,177	0,189	0,206	0,222	0,224	0,227	0,234	0,233	0,224	0,190	0,166	0,164	0,196	0,190
<b>b</b>	0,551	0,549	0,598	0,574	0,577	0,571	0,558	0,538	0,548	0,558	0,571	0,559	0,590	0,550