

Großräumige Flussgebietsmodellierung Deutschland: Aufbau, Kalibrierung und Validierungsstrategien des WHM LARSIM-ME für die Flussgebiete Mitteleuropas

P. Krahe, E. Nilson, B. Klein & P. Helmke

Referat M2: Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Hydrotec
Ingenieurgesellschaft für
Wasser und Umwelt mbH

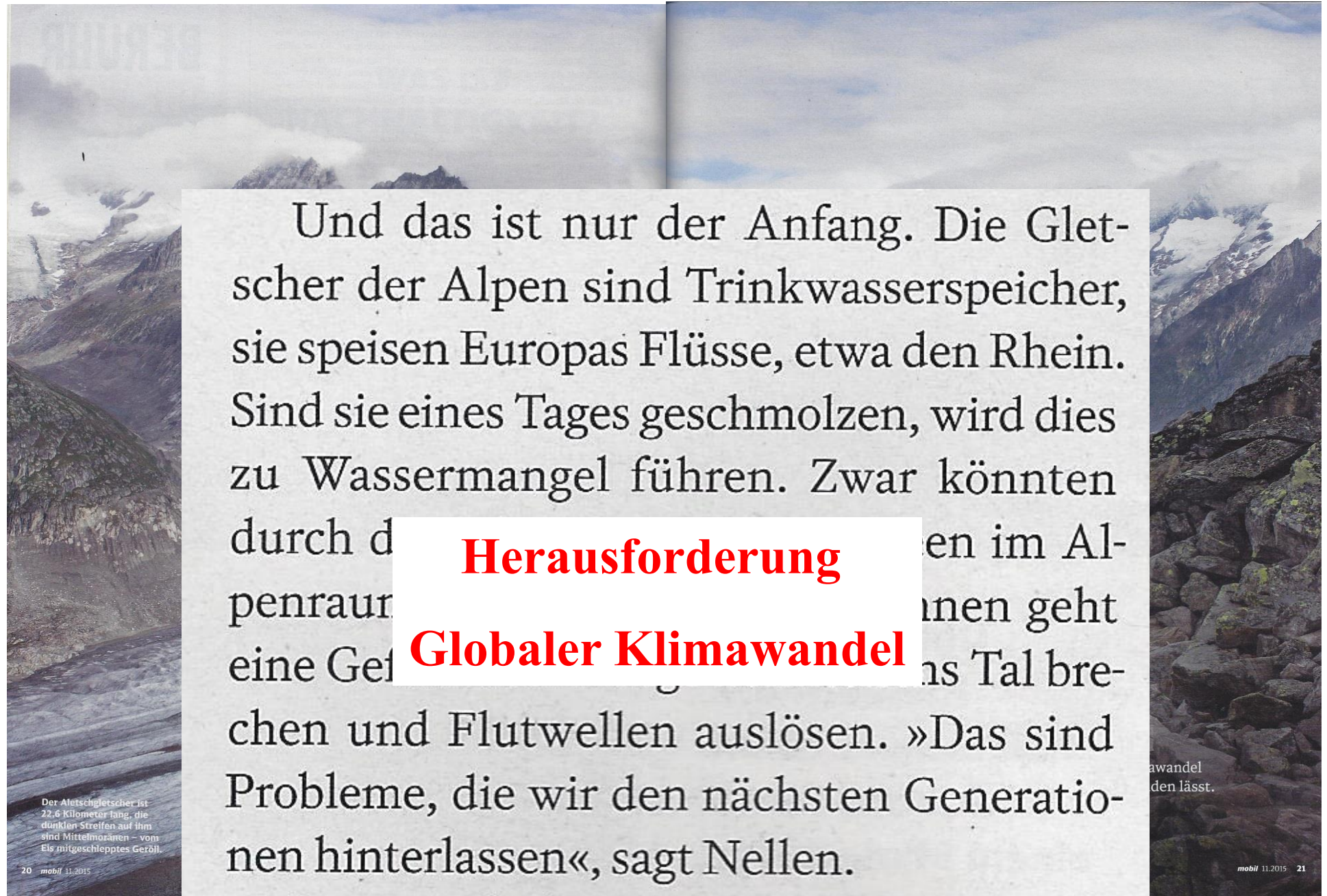
Aquante
Gesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

HYDRON
UMWELT und
WASSERWIRTSCHAFT

Gliederung

- > Einleitung
- > Überblick LARSIM-ME
 - > Datengrundlagen
 - > Regionalisierungsverfahren
 - > Feinkalibrierung
 - > Automatische Optimierung
 - > Unsicherheiten
- > Erweiterte Validierung
- > Ausblick





Einleitung

Anforderungen

Monitoring
Wasserhaushalt

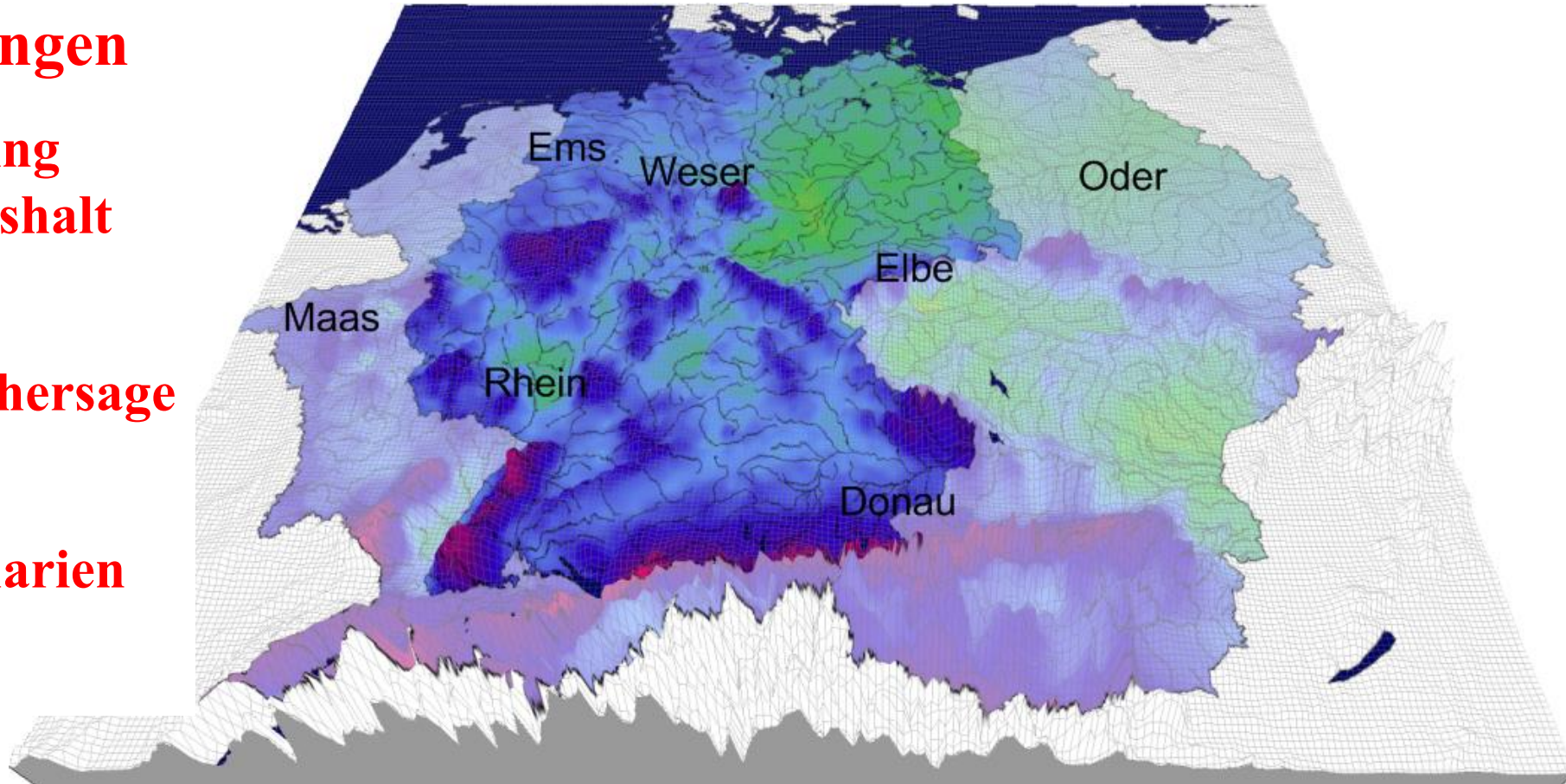
...

Saisonale Vorhersage

...

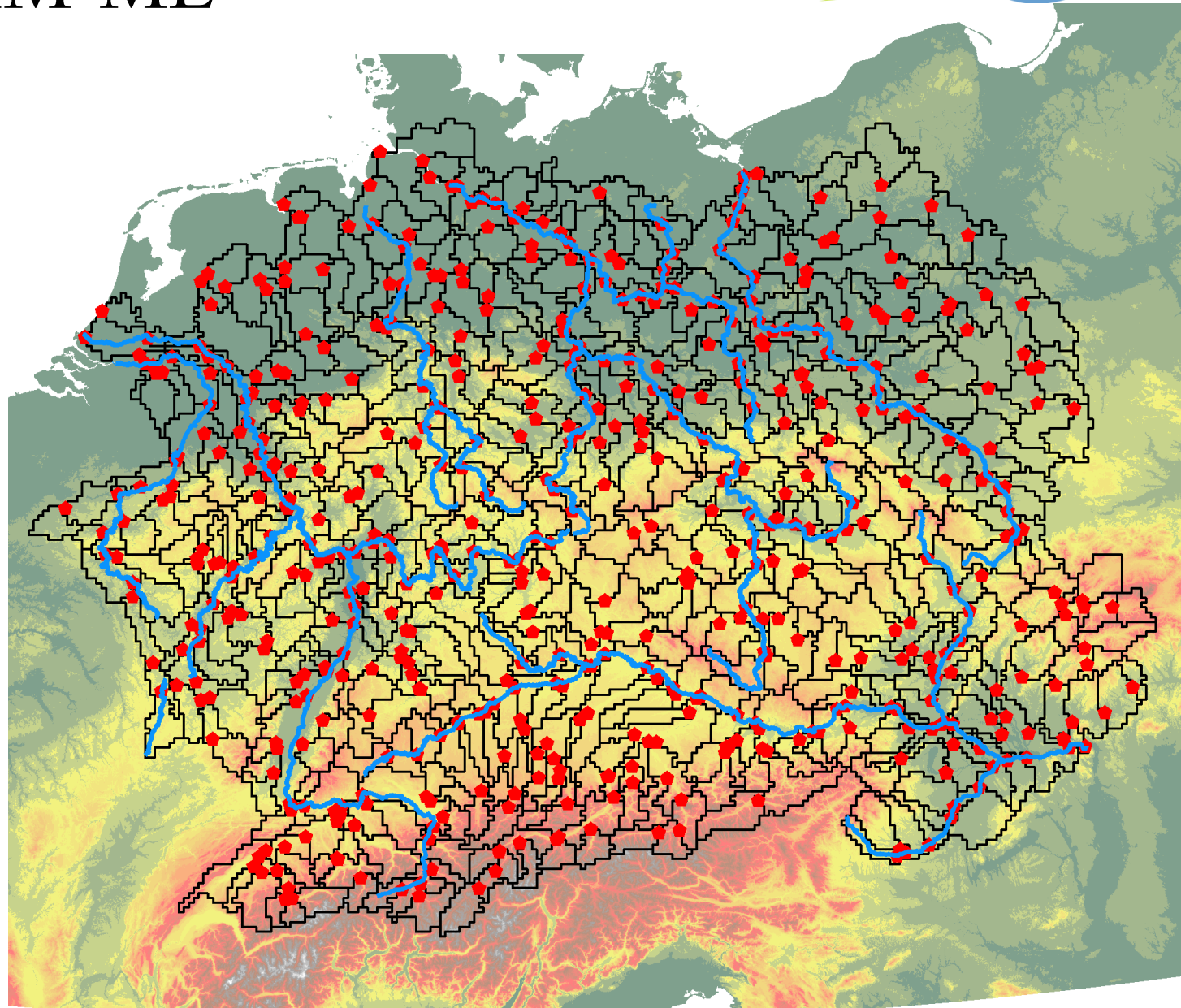
Abflussszenarien

...

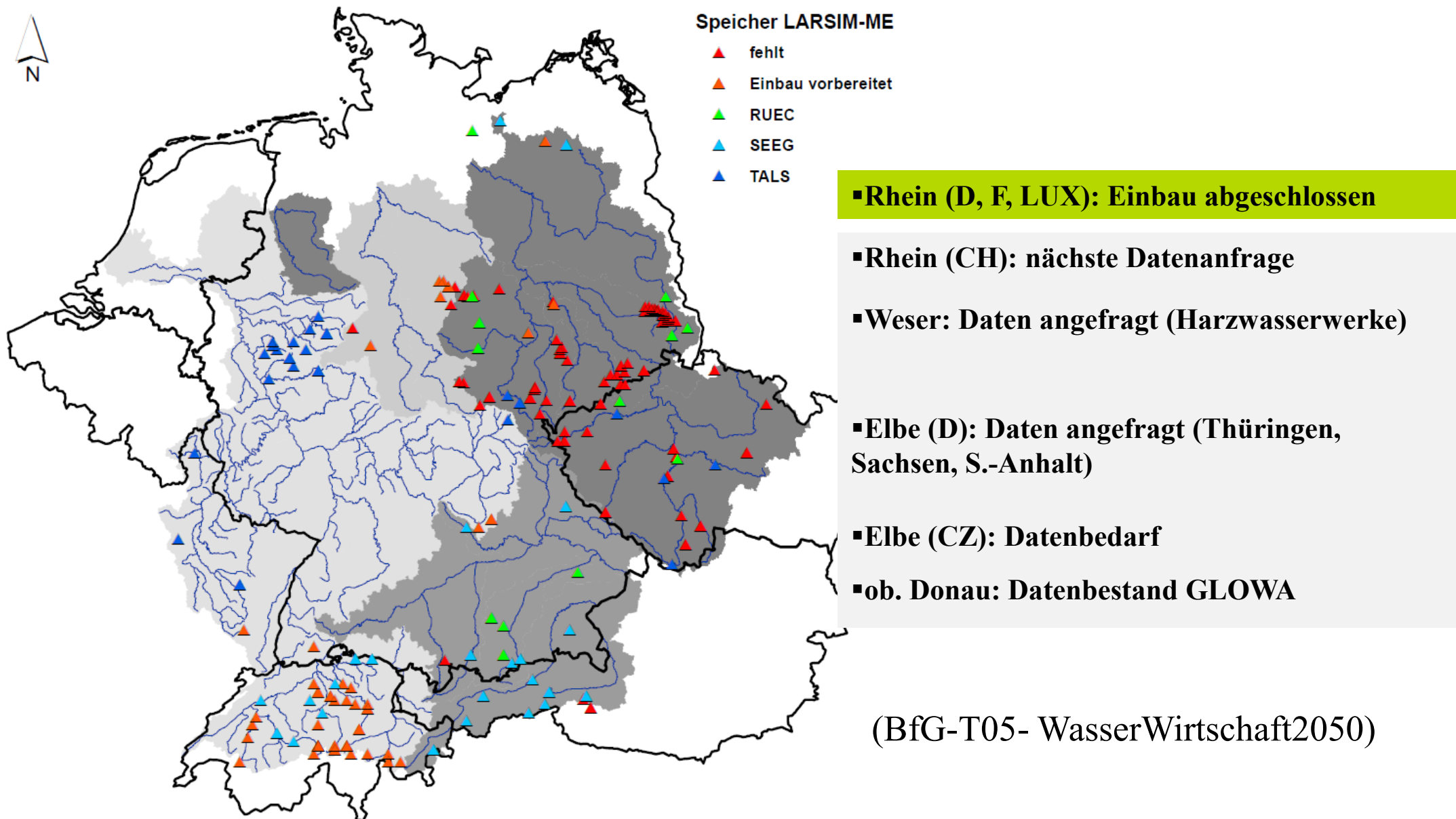


Überblick LARSIM-ME

- Deutsche FGE'S mit intern. Anteilen (ca. 800 000 km²)
- 439 Pegel (~ 1Pegel/1800 km²)
- Tageswerte
- Einheitliche Datengrundlage (5 x 5 km² Raster)
- Berücksichtigung anthropogener Maßnahmen (Speicher, Überleitungen, ...)
- Objektivierete und vereinheitlichte Parameterschätzung

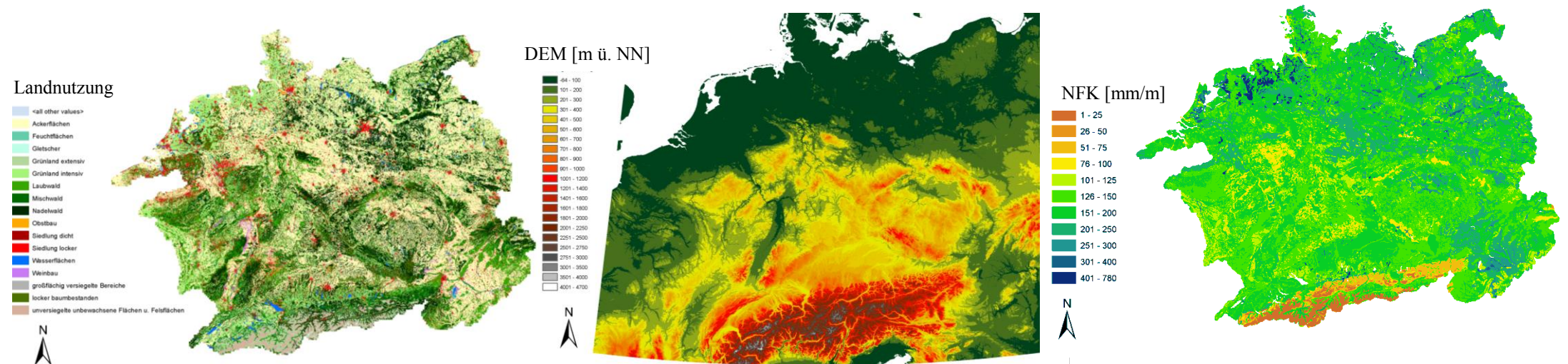


LARSIM-ME: Wasserwirtschaftliche Maßnahmen



Datengrundlage

- Boden: Verschneidung + Homogenisierung JRC European Soil Database + BUEK 1000
- Landnutzung: Corine Landcover CLC 2006 (+ Schweiz 1992-1997)
- DEM: Hydrosheds
- Meteorologie Modellerstellung: HYRAS Niederschlag + Temperatur (außerhalb HYRAS-Gebiet E-OBS); Globalstrahlung JRC-MARS



Hydrometeorologische Daten DWD/BfG-HYRAS

Parameter	Zeitll. Auflösung	Räuml. Auflösung	Gebiet	Validierung
Niederschlag v2.0	Tageswerte	1 x 1 km ² 5 x 5 km ²	KLIWAS- Gebiet	Ja
Temperatur v1.01	Tageswerte	5 x 5 km ²	KLIWAS- Gebiet	Ja
Rel. Feuchte v1.01	Tageswerte	5 x 5 km ²	Bundesgebiet und EZG Rhein+Donau	Ja

Globalstrahlung/
Sonnenscheindauer

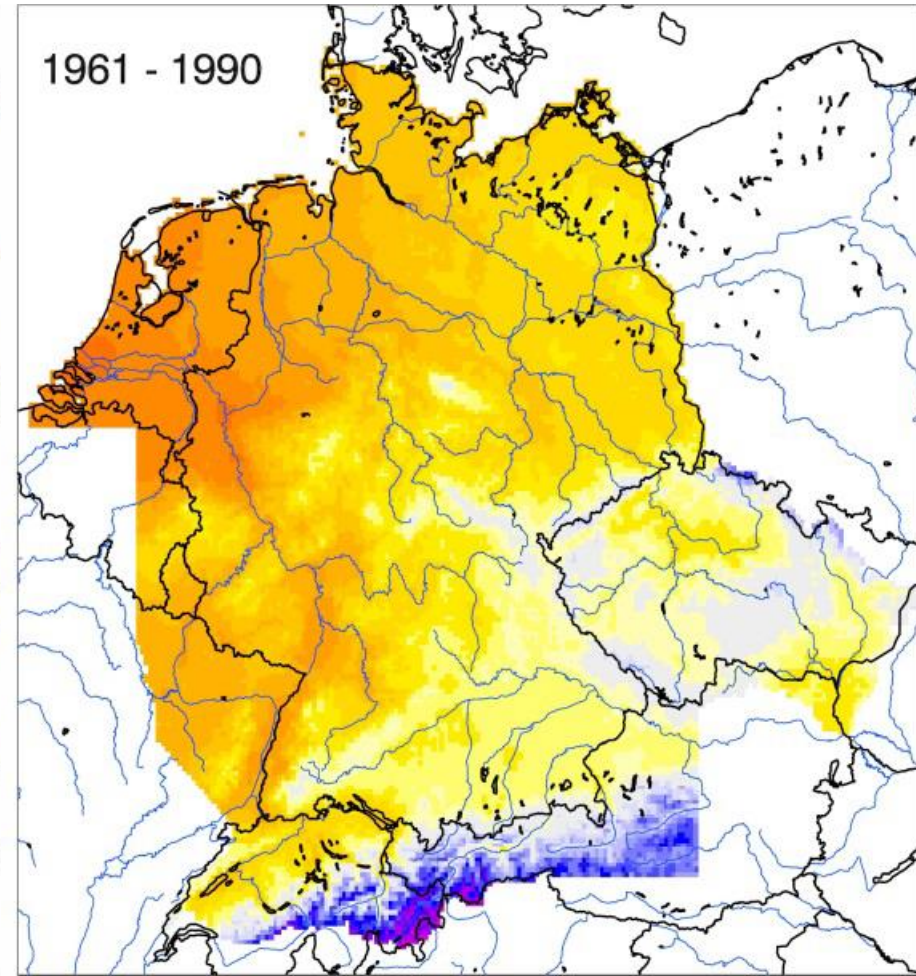
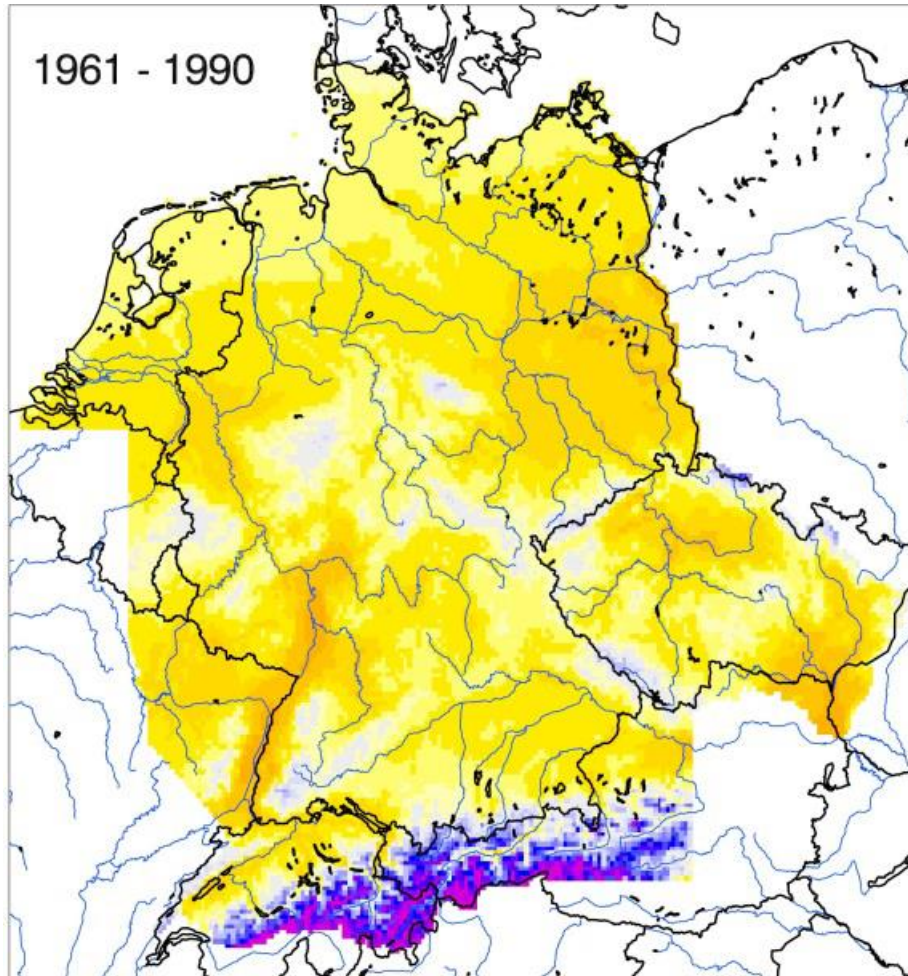
DWD/BfG-HYRAS-RSDS
v0.21

Windstärke/-geschwindigkeit

???



Hydrometeorologische Daten



summer daily temperature

[°C]

winter daily temperature

[°C]



▪ Mittlere Temperatur für den meteorologischen

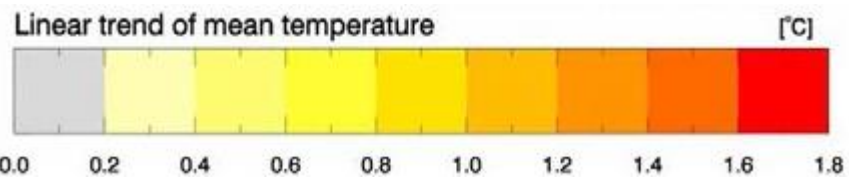
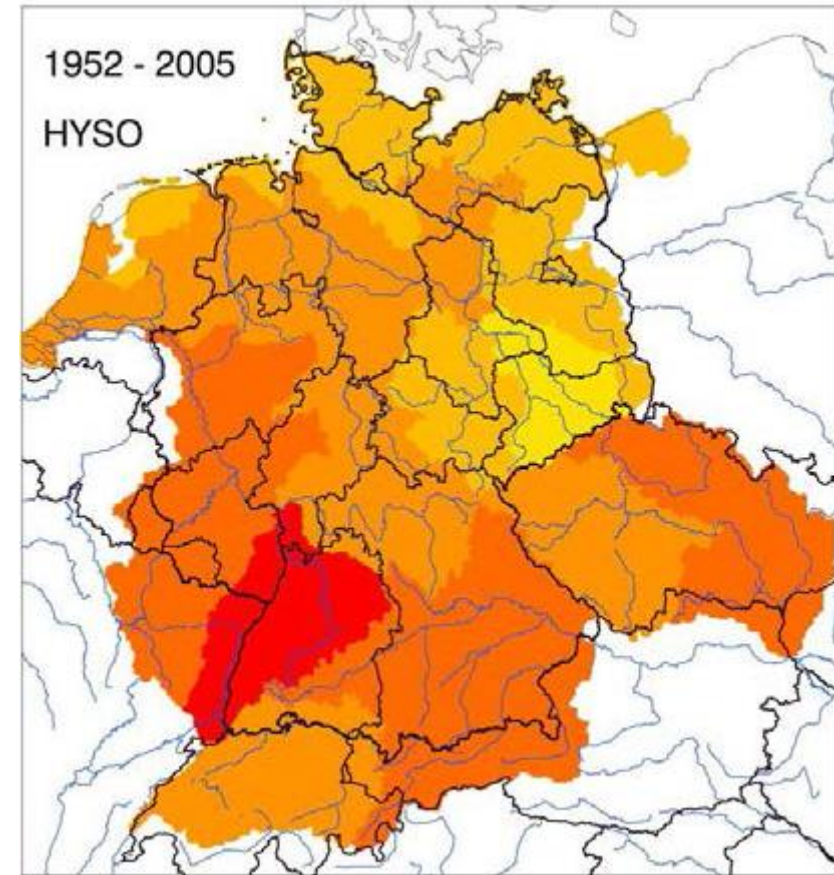
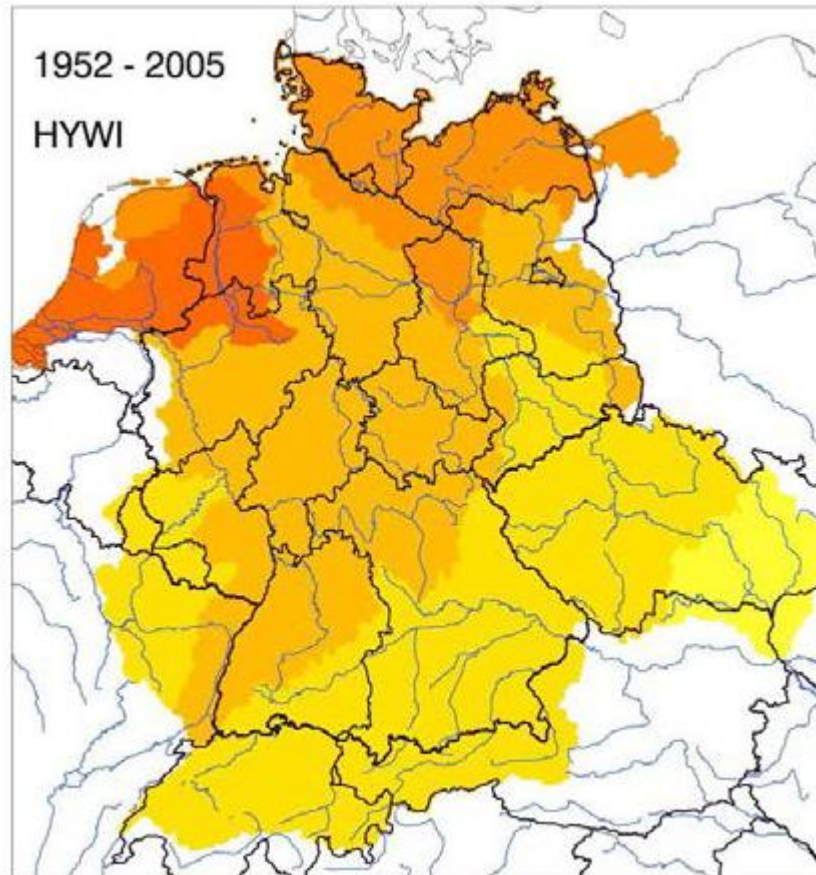
▪ Sommer (links) und Winter (rechts) in der Klimanormalperiode (1961-1990) aus

-2 -1 0 1 2 3 5

▪ DWD/BfG-HYRAS-TAS und -HURS.

FRICK et al., 2014

Linearer Trend (1952-2005) der Lufttemperatur (HYRAS Referenzdaten)

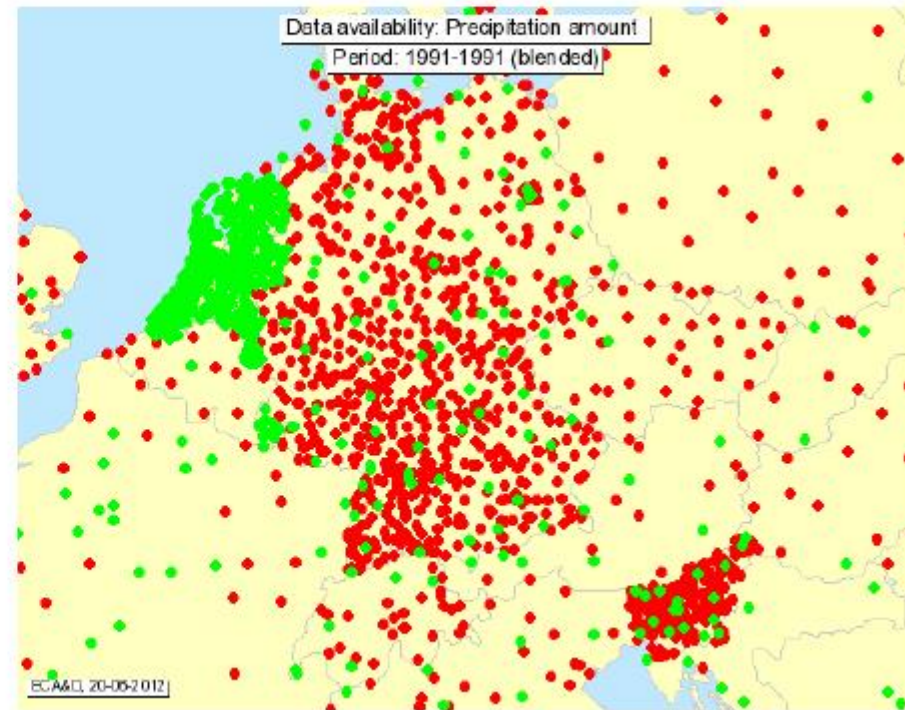
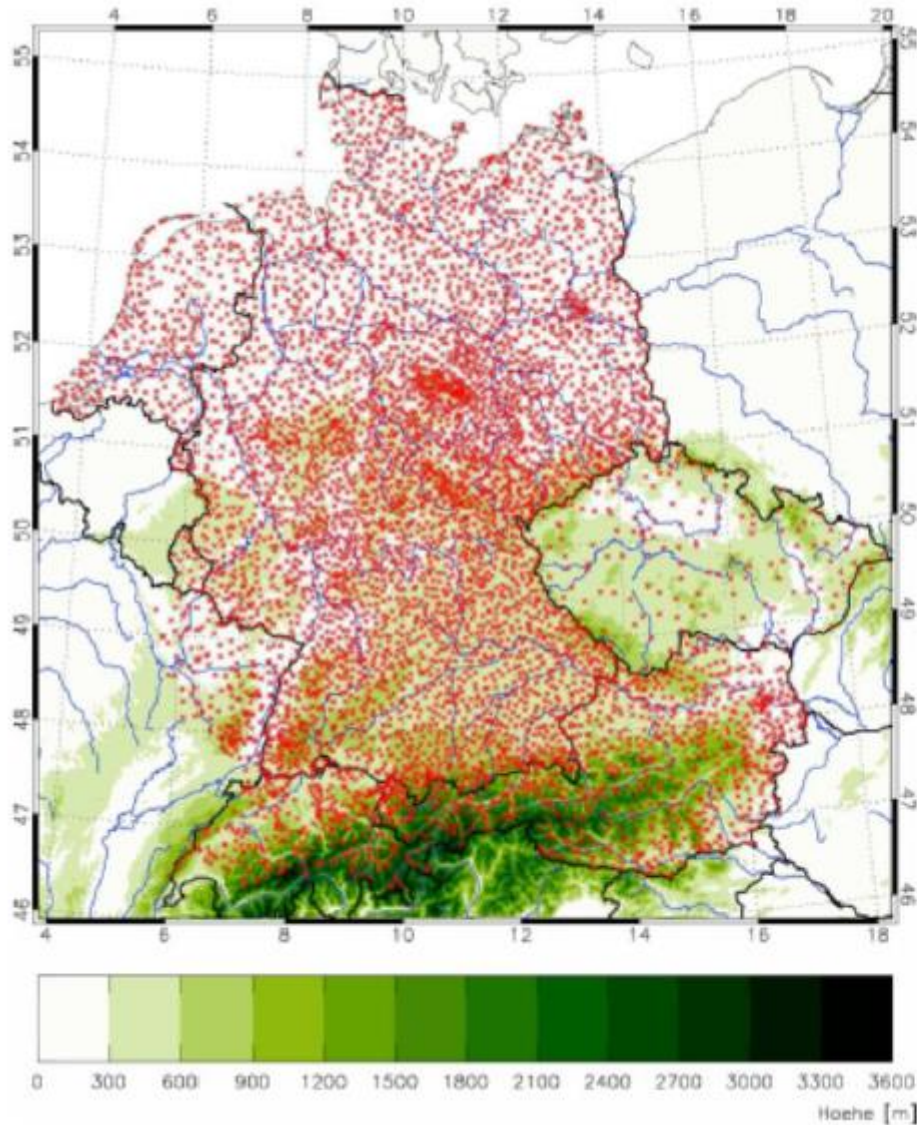


FRICK et al., 2014

Hydrometeorologische Daten

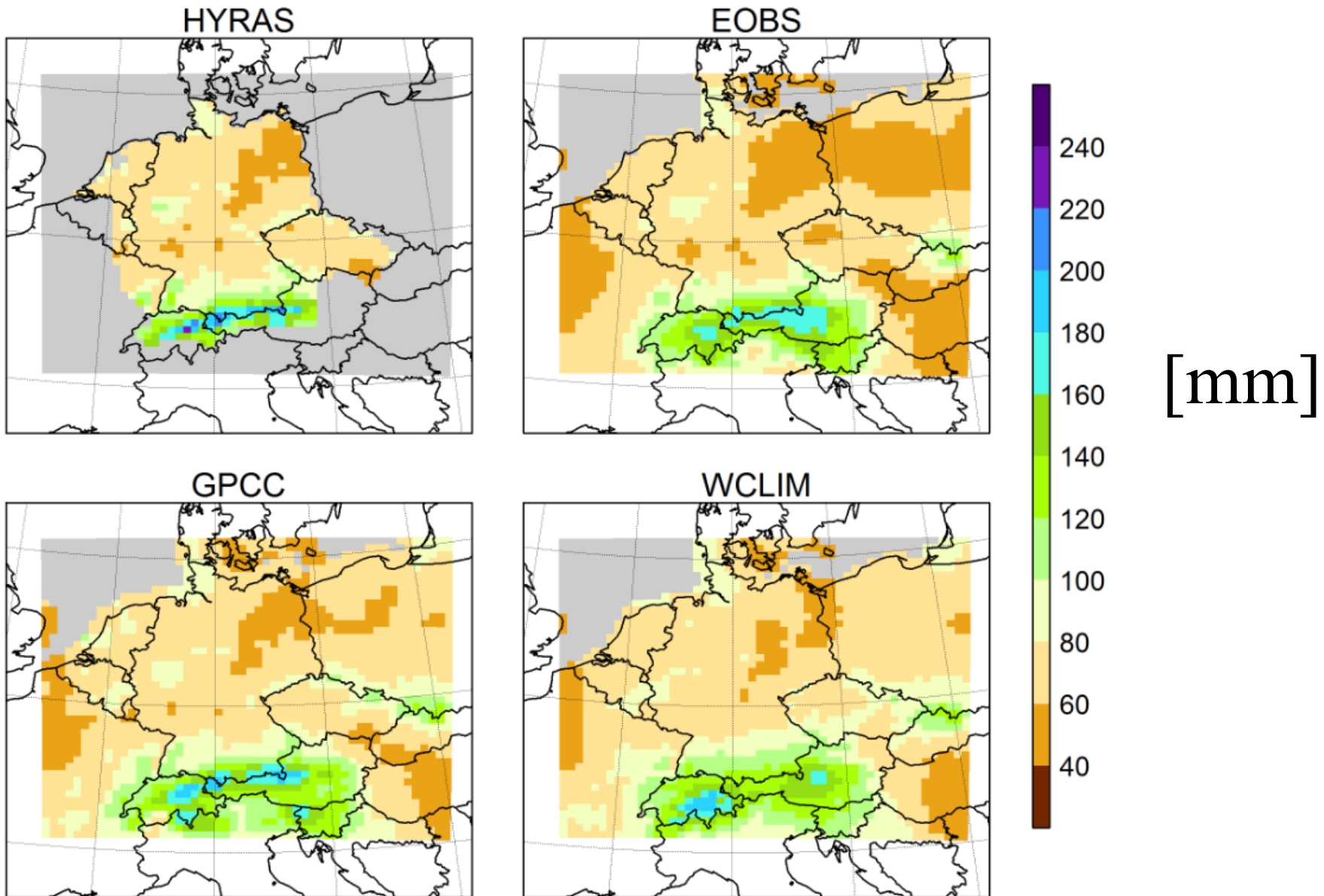
Stationsdichte: Niederschlag

- KLIWAS
- WETRAX
- ASG Rhein
- KLIWA
- GRADE
- ...

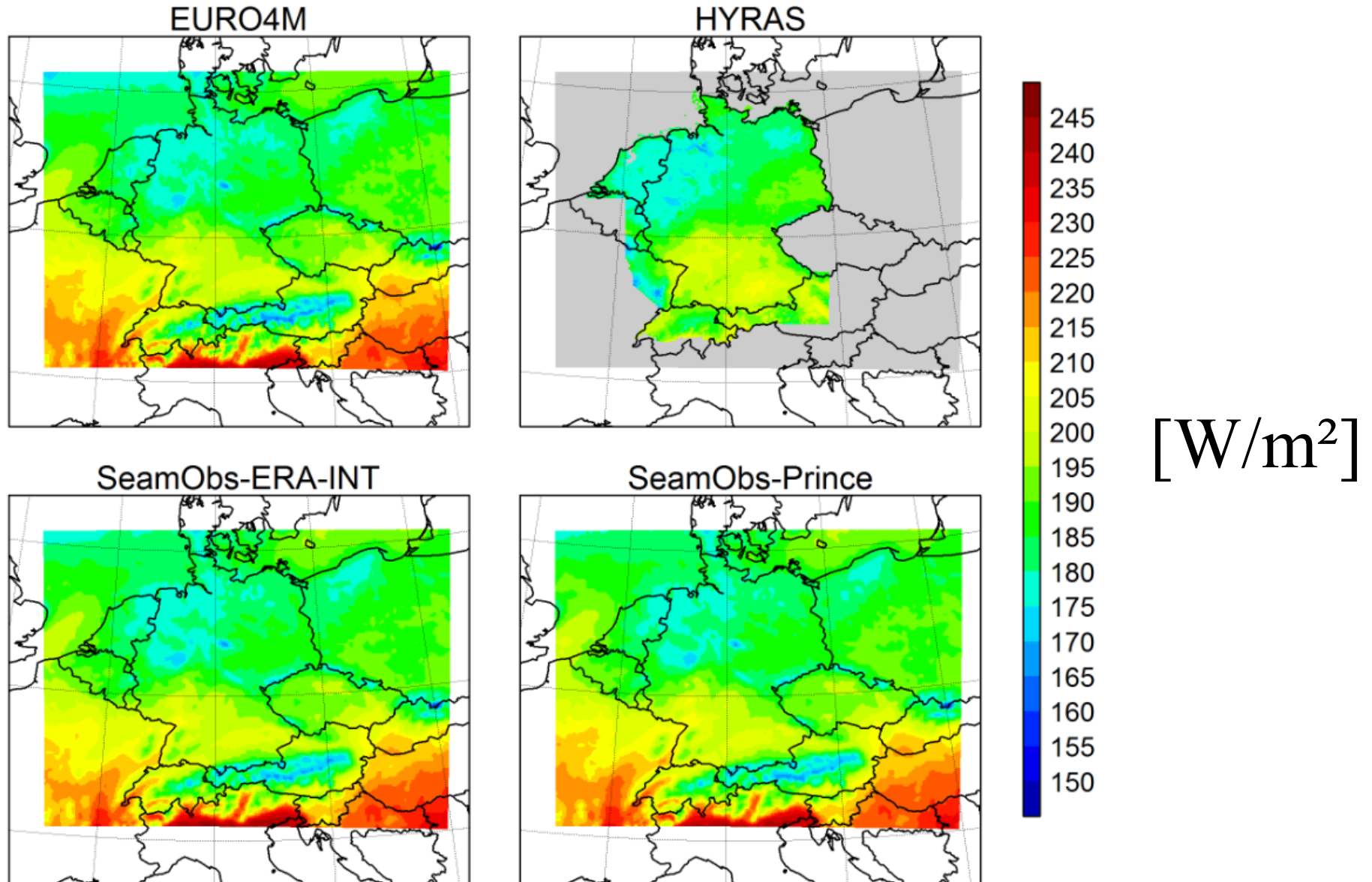


Source: Hegnauer et al., 2014

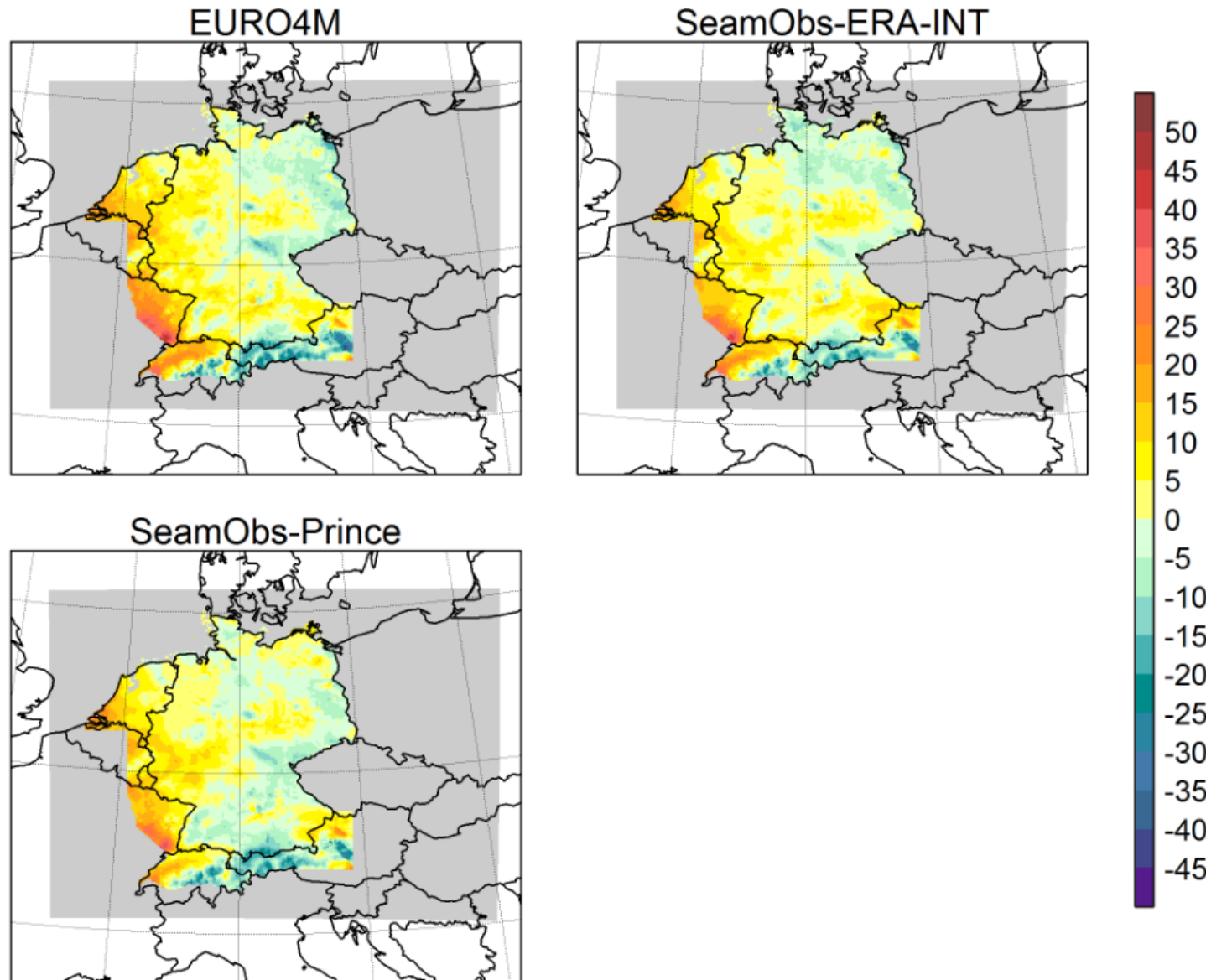
Climatology prec 1951-2000 August



Climatology dswrf 1991-2006 August



Difference Climatology - HYRAS dswrf 1983-1990 August

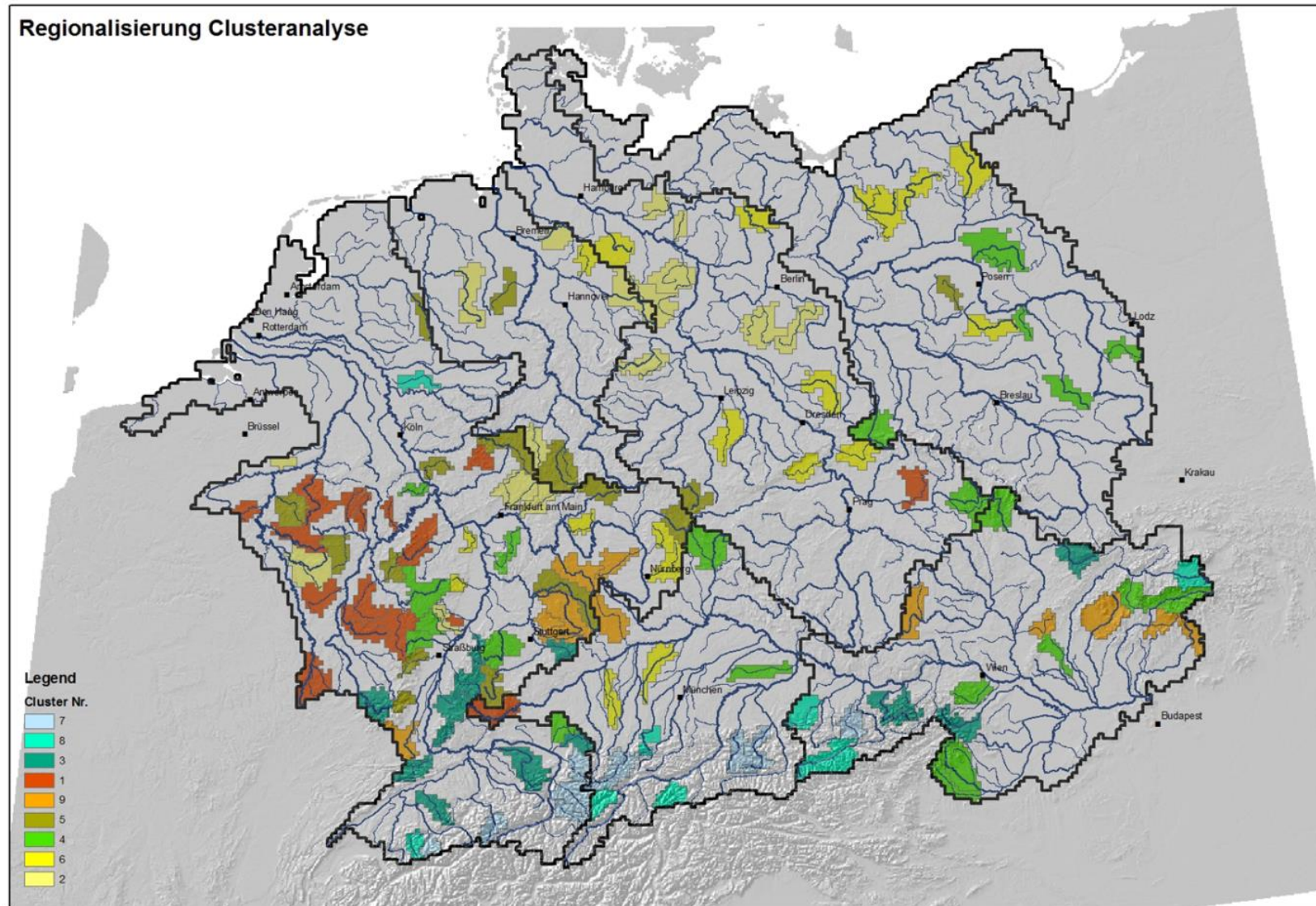


- **These:** regionalisierte Parametersätze erlauben robustere Aussagen bei instationären Klima- und Landnutzungsbedingungen (z. B. Klimawandel)
- Ziel: Gebiete mit ähnlichen Gebietseigenschaften sollen ähnliche Parameterkombinationen in LARSIM erhalten

Vorgehen

- Ableitung von Clustern mit ähnlichen Gebietseigenschaften an Hand von hydrologischen Kenngrößen für relativ unbeeinflusste Gebiete (132 Pegel)
- ➔ Wahl von 9 Clustern
- Reklassifizierung an Hand von Geokenngrößen und regelbasierte Übertragung der Klassifizierung auf das gesamte Modellgebiet
- **Kalibrierung** von 6 – 12 Pegeln pro Cluster zur Ableitung der Parameterbandbreiten und der Modellparameter (Klassenmittelwerte) sowie **Übertragung** auf das Gesamtgebiet
- Feinkalibrierung Obere Donau (ohne Inn) und Elbe innerhalb der Parameterbandbreiten pro Cluster (Widerspruch zu These?)
- Test mathematische Optimierung unter Berücksichtigung der Parameterbandbreiten

Regionalisierung ~ Clusteranalyse Abfluss



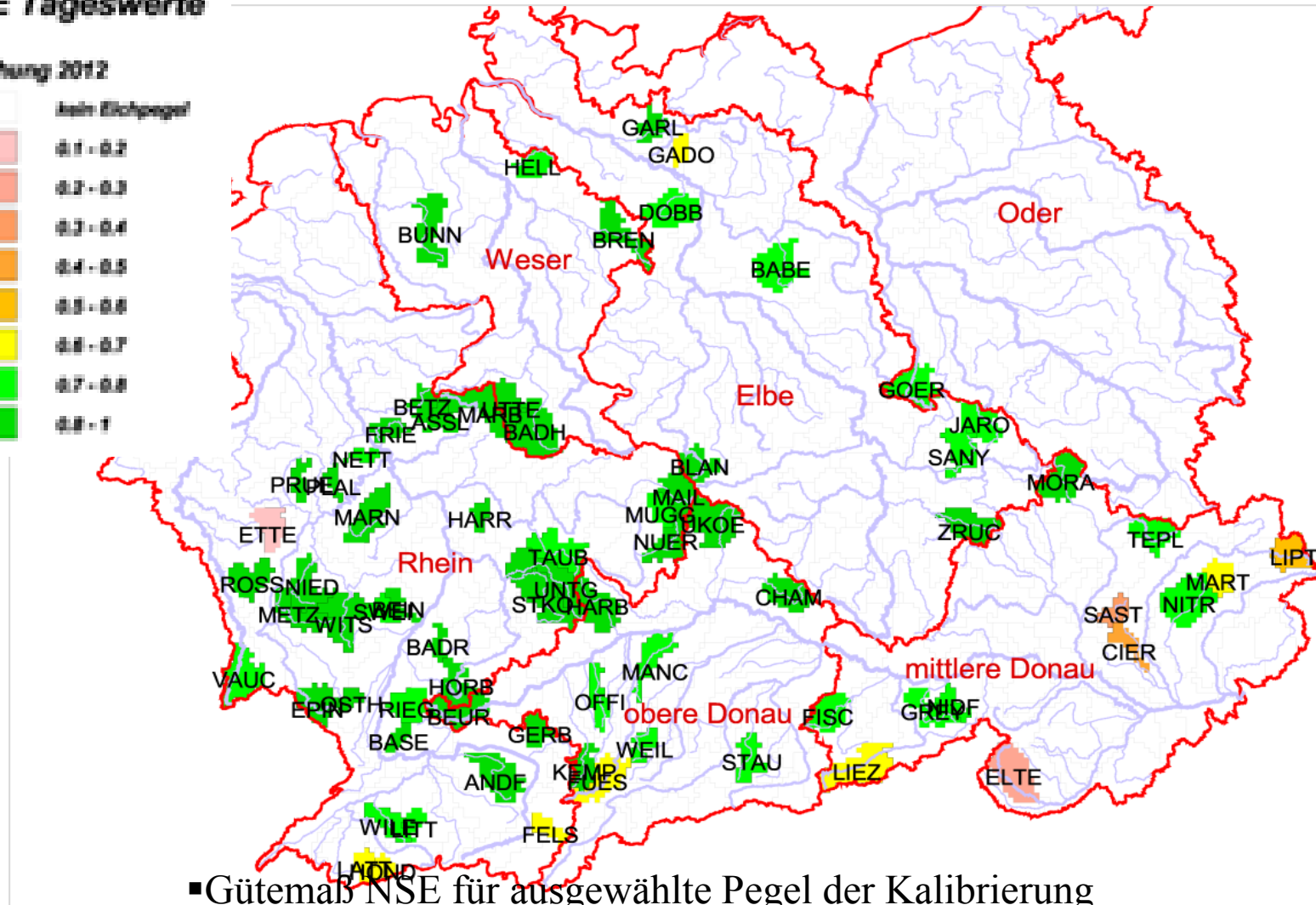
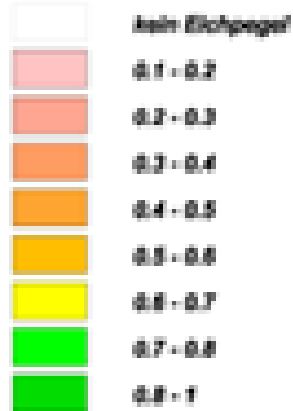
LARSIM-ME Modellkonfiguration

- **Verdunstung**
 - > **Gras-Referenzverdunstung** nach Penman Wending
 - > **optional auch potentielle Verdunstung** nach Oudin
 - > **Maximale Evapotranspiration** nach ATV-DVWK-M 504
(+10% vom Bewuchs abhängiger Faktor)
 - > Aktuelle Verdunstung nach ATV-DVWK-M 504 **mit Kalibrierparameter r nach Disse**
- **Schnee** Tag-Grad-Verfahren mit Setzung der Schneedecke nach Bertle und mit Angabe maximaler Schneeretention), für **ASG-Rhein**:
 - > **Schneehöhenzonierung (25 km² zu 25 x 1 km²)**
 - > **Schneemassentransport (innerhalb des 25 km² Rasters)**
- **Flood-Routing** Verfahren nach Williams mit dV/dQ
- **Rückhaltebecken** mit Berücksichtigung von Flood Routing
- **Talsperren bzw. Seesteuerung** sowie **Verzweigungen**

Kalibrierung repräsentativer PKB's

NSE Tageswerte

Elückung 2012



■ Gütemaß NSE für ausgewählte Pegel der Kalibrierung für die Regionalisierung

Parameterbandbreiten pro Cluster

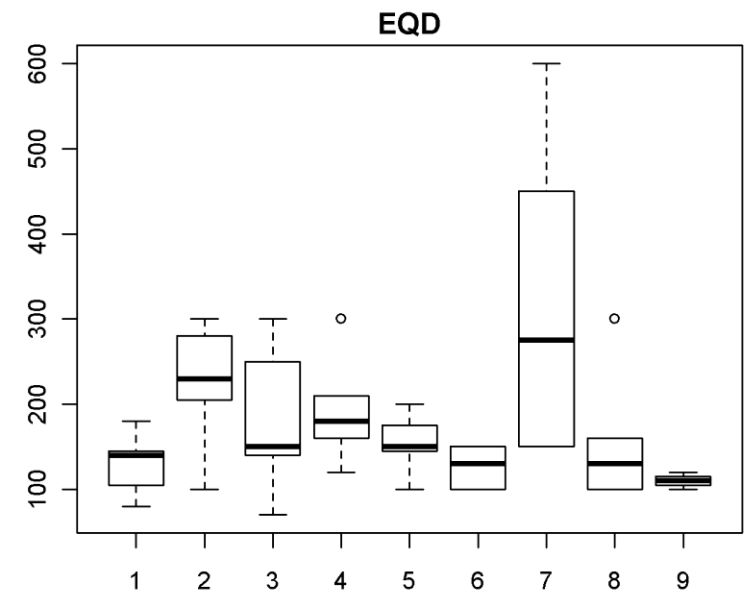
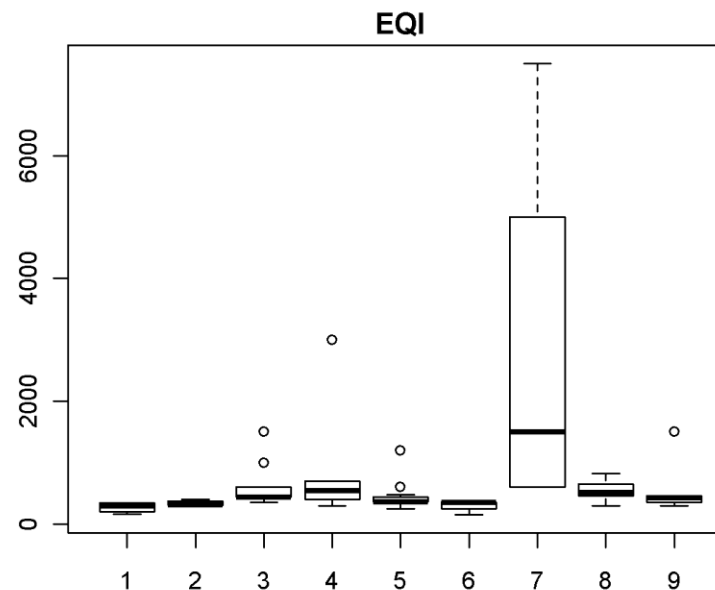
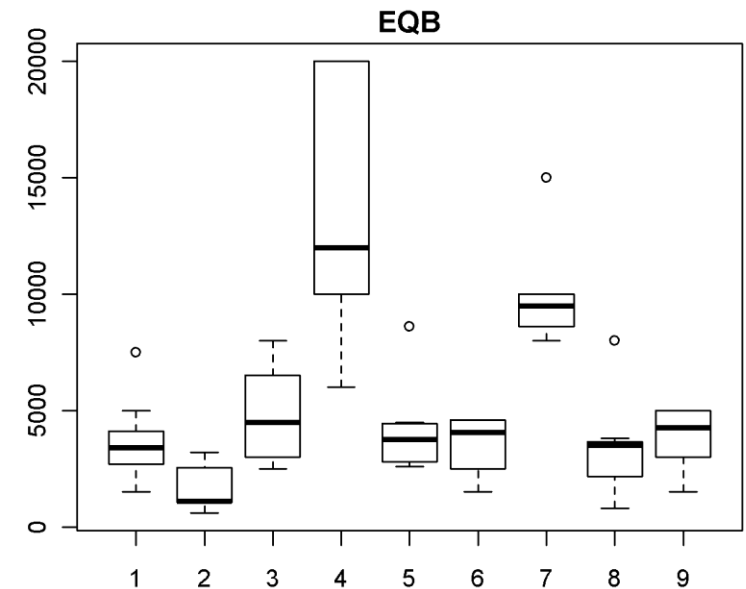
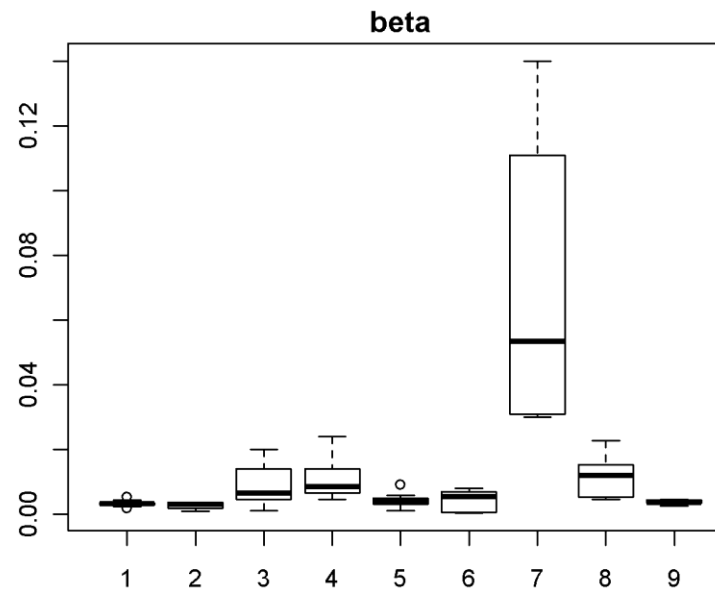
Cluster 7, 8: „Gebirge“

Cluster 3: „Gebirge, tiefere Lagen und obere Mittelgebirgslagen“

Cluster 1, 5, 9, 4: „Mittelgebirge“

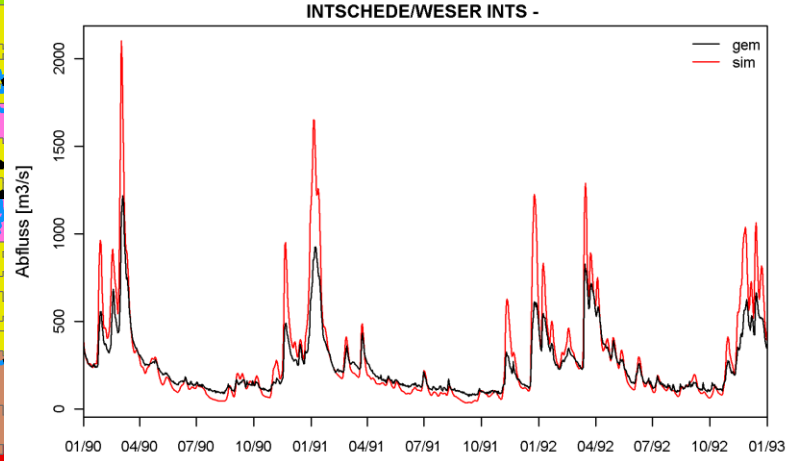
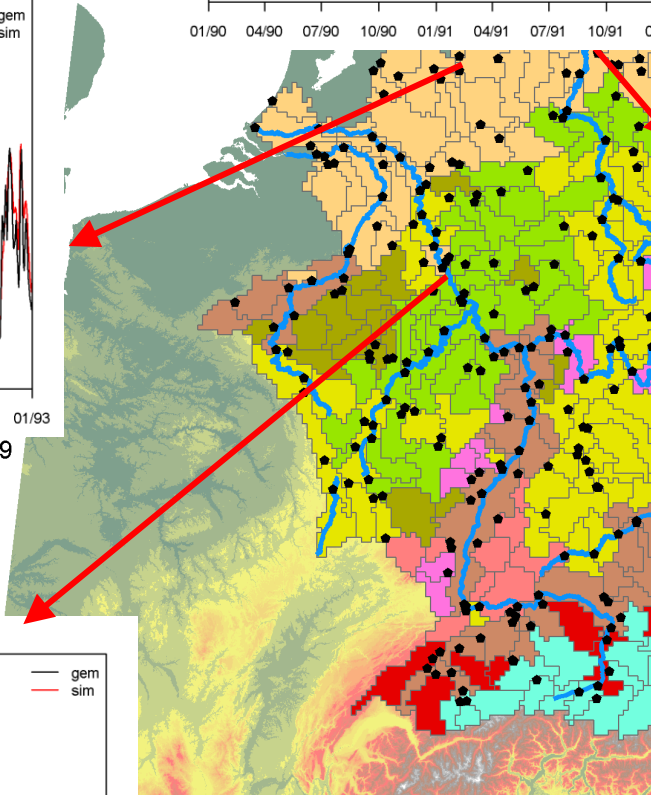
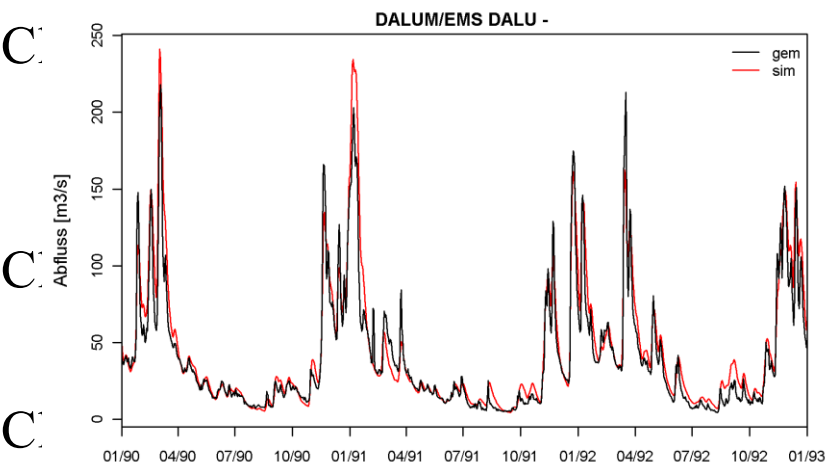
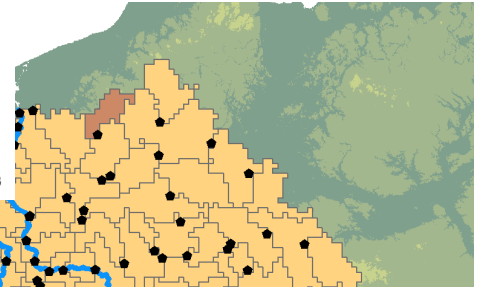
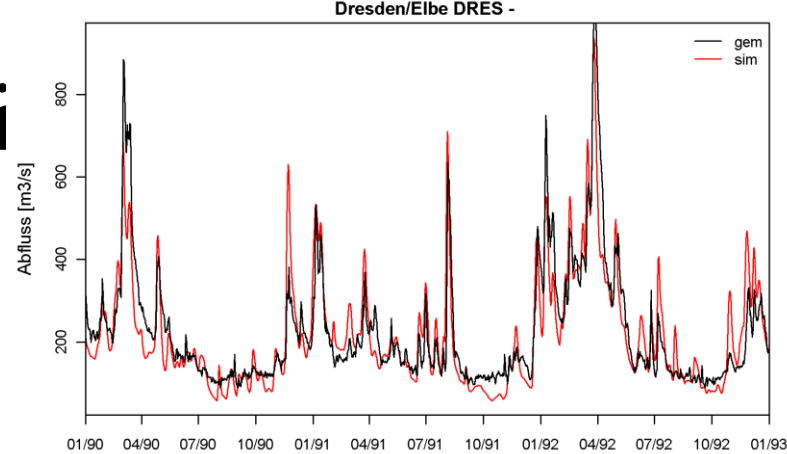
Cluster 2, 6: „untere (flache) Mittelgebirgslagen und Tiefland“

Kalibrierung:
6 - 12 Pegel pro Cluster



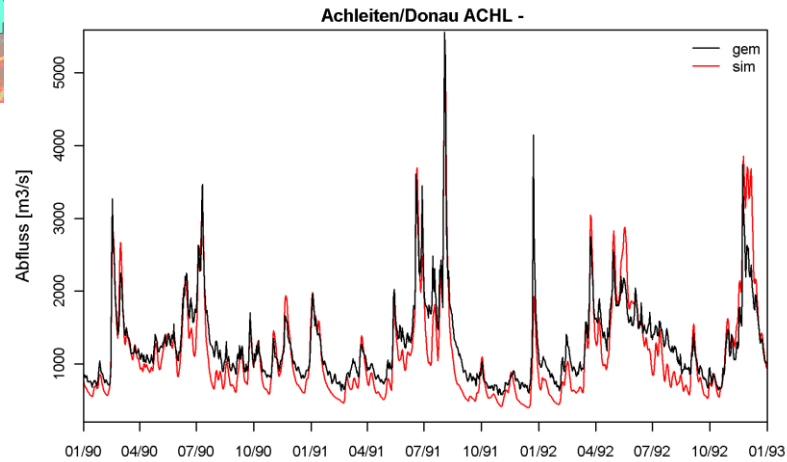
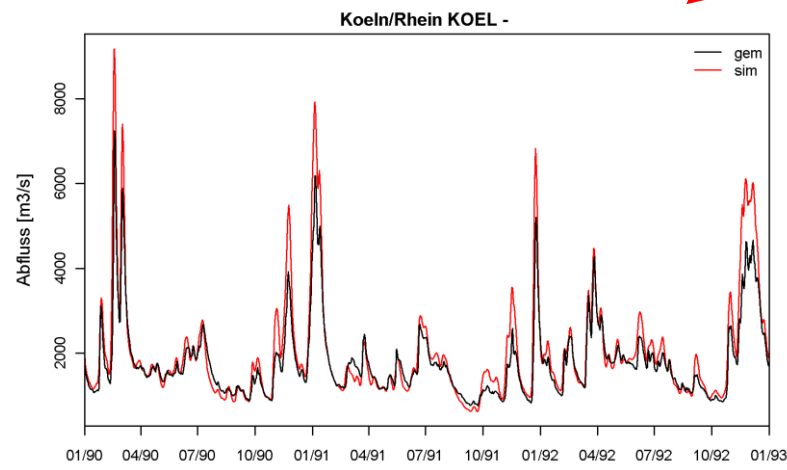
LARSIM-ME Ergebnis

Cluster 7, 8: „Gebirge“

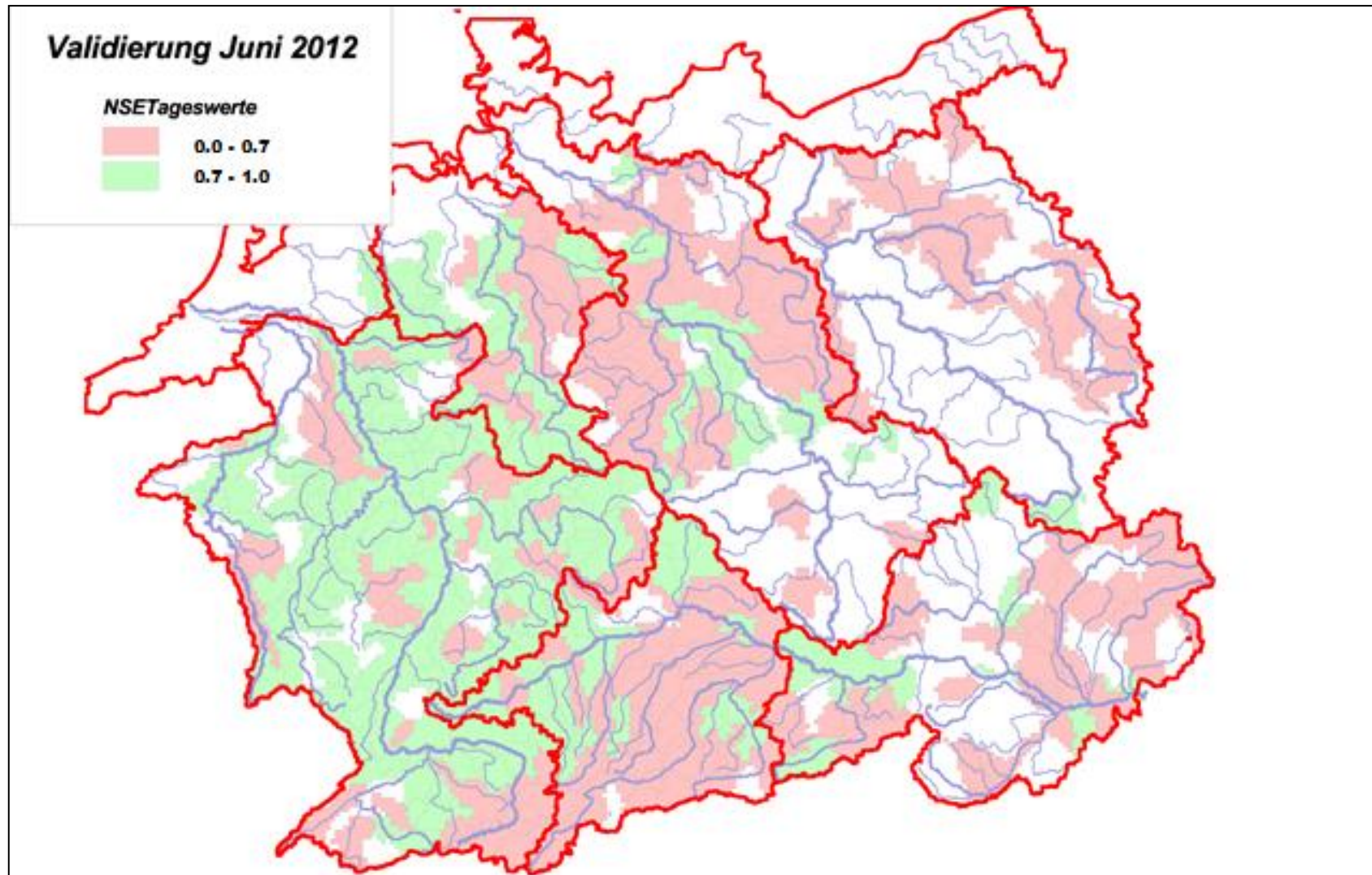


Mittelgebirgslagen und Tiefland

9



LARSIM-ME Validierung Regionalisierung

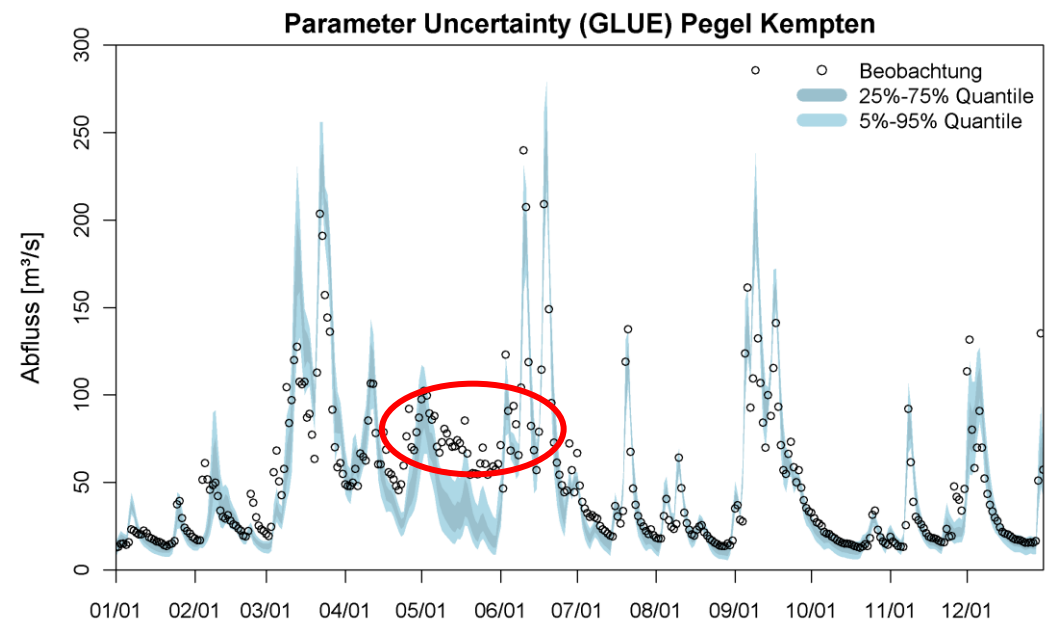
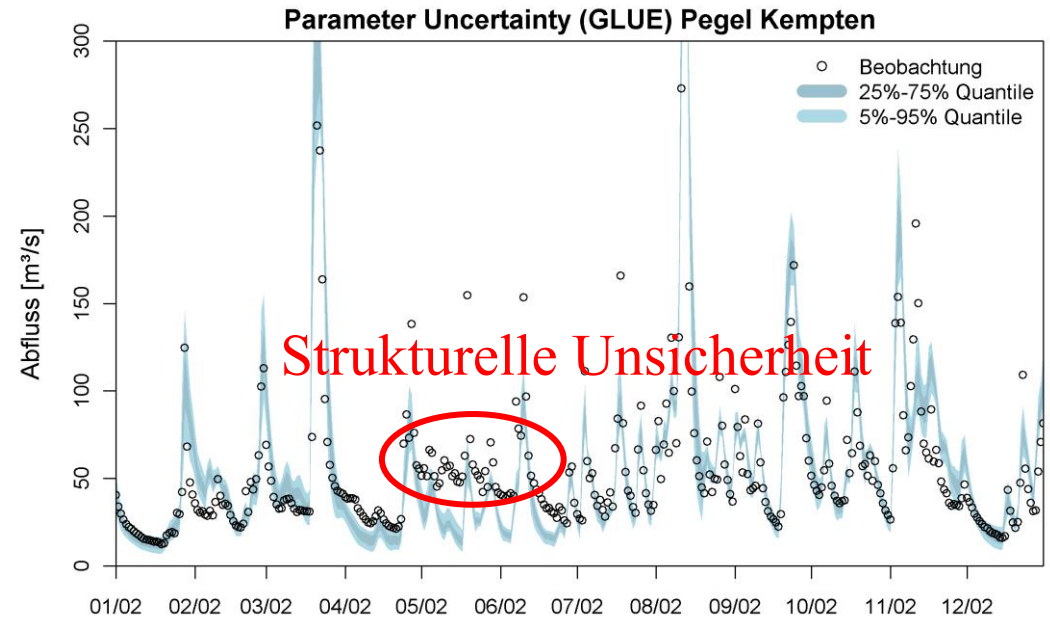
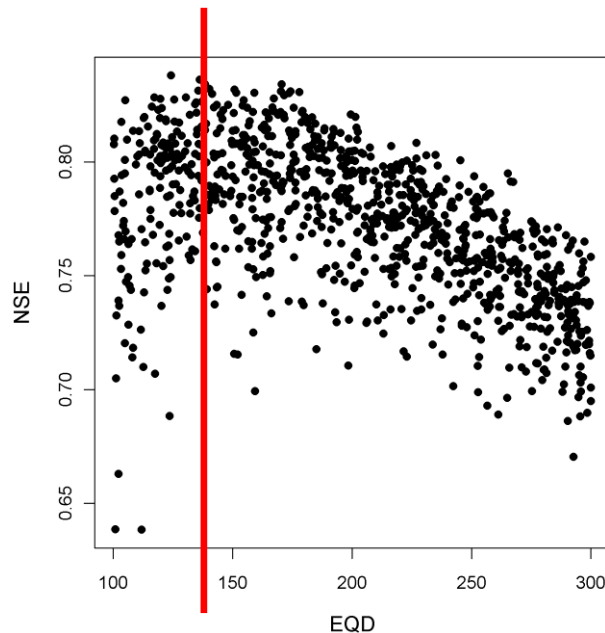


Nash-Sutcliffe-Effizienz (NSE) Tageswerte
(Auswerteperiode 1.11.1976 bis 31.10.2005)

Parameter- ~ strukturelle Unsicherheit

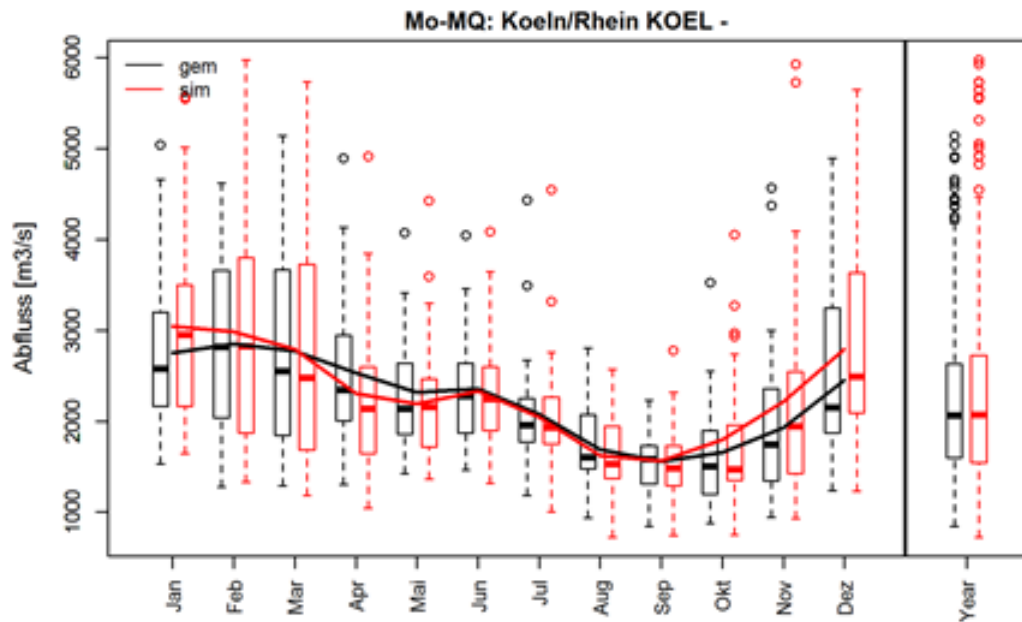
Pegel Kempton - Iller:

- Cluster 8: „Gebirge“
- GLUE-Analyse** mit 1000 Parametersätzen
- Variation Parameter: beta, EQB, EQI, EQD, Dmin, Dmax, TGr, GTF, BSF
- Parametervariation gleichverteilte Zufallszahlen innerhalb Cluster-Parameter Bandbreiten

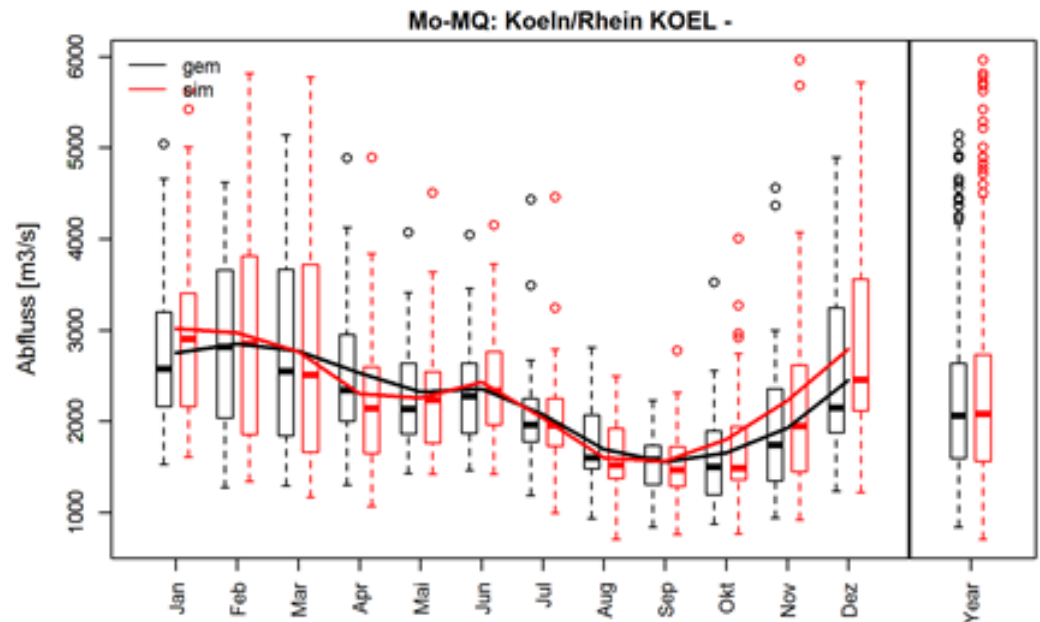


Unsicherheit ~ verschiedene hydmet. Daten

Pegel	NSE _{neu}	NSE _{alt}	KGEmon _{neu}	KGEmon _{alt}	Bias _{neu}	Bias _{alt}
	[/]	[/]	[/]	[/]	[/]	[%]
Andelfingen	0,81	0,8	0,94	0,95	-4,4	-3
Basel Rheinhalle	0,86	0,85	0,9	0,88	-0,9	0,2
Bollendorf	0,9	0,91	0,94	0,93	-4,6	-6,1
Köln	0,8	0,79	0,82	0,82	2,7	3



HYRAS (Stand 2013)



Hymet. Daten Kalibrierung (Stand 2011)

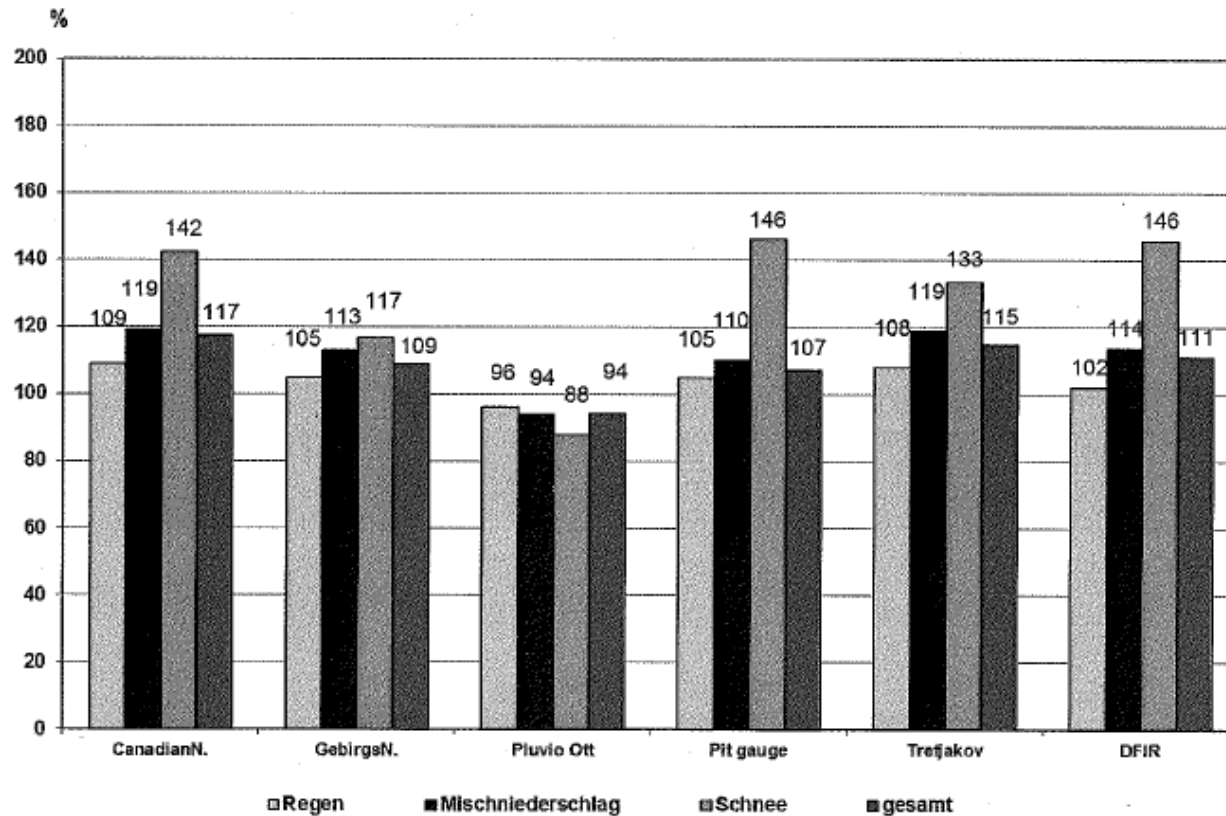
Unsicherheit ~ Niederschlagskorrektur

- oder auch : **Neue Gerätegeneration – andere Fehler ?**



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

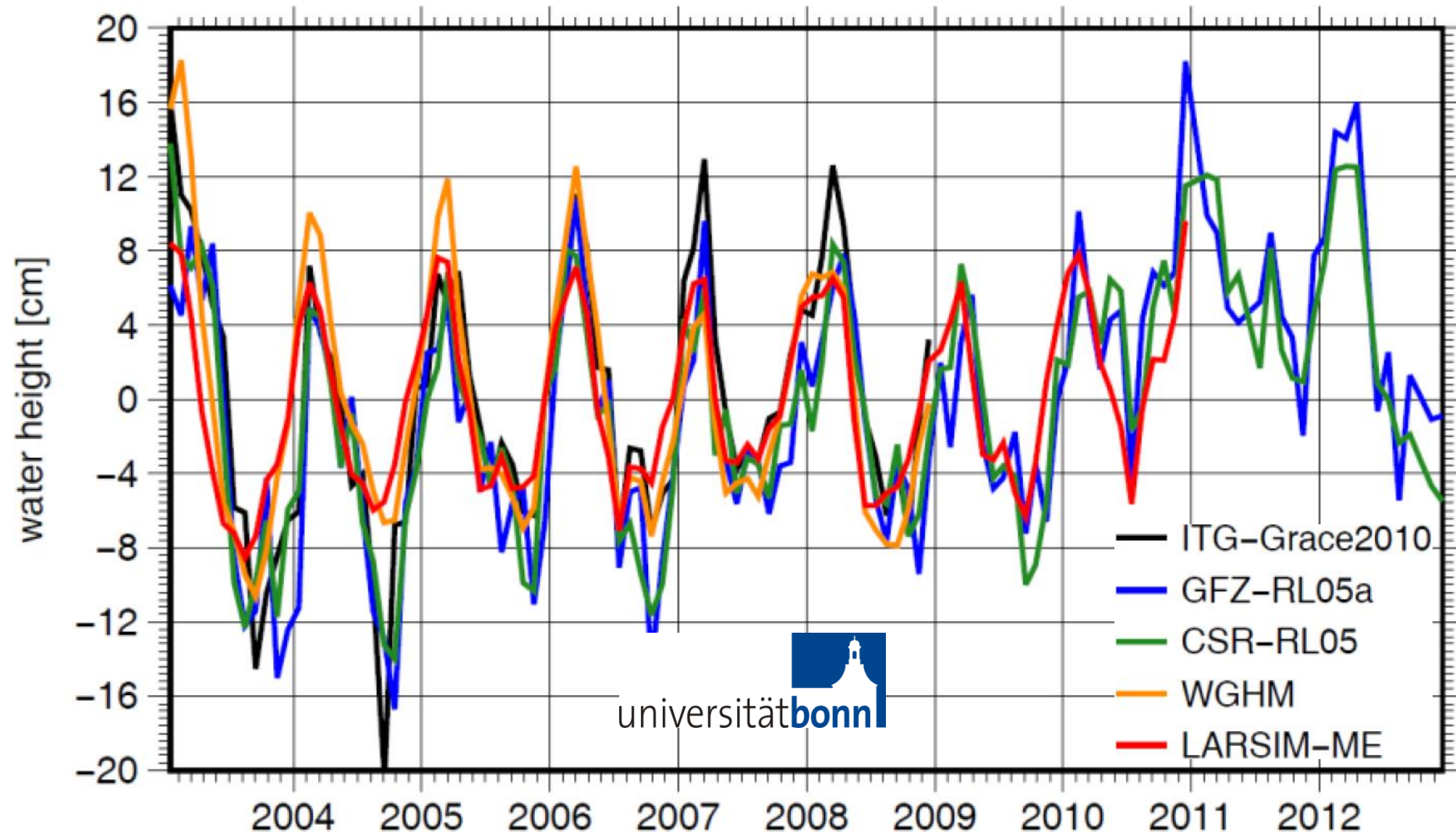
Niederschlagsvergleichsmessungen Wasserkuppe, Zeitraum 10/2004 bis 06/2013
Prozentualer Vergleich verschiedener Messgeräte zum Hellmann-Standard



N-Station
Wasserkuppe
(Mittelgebirge)



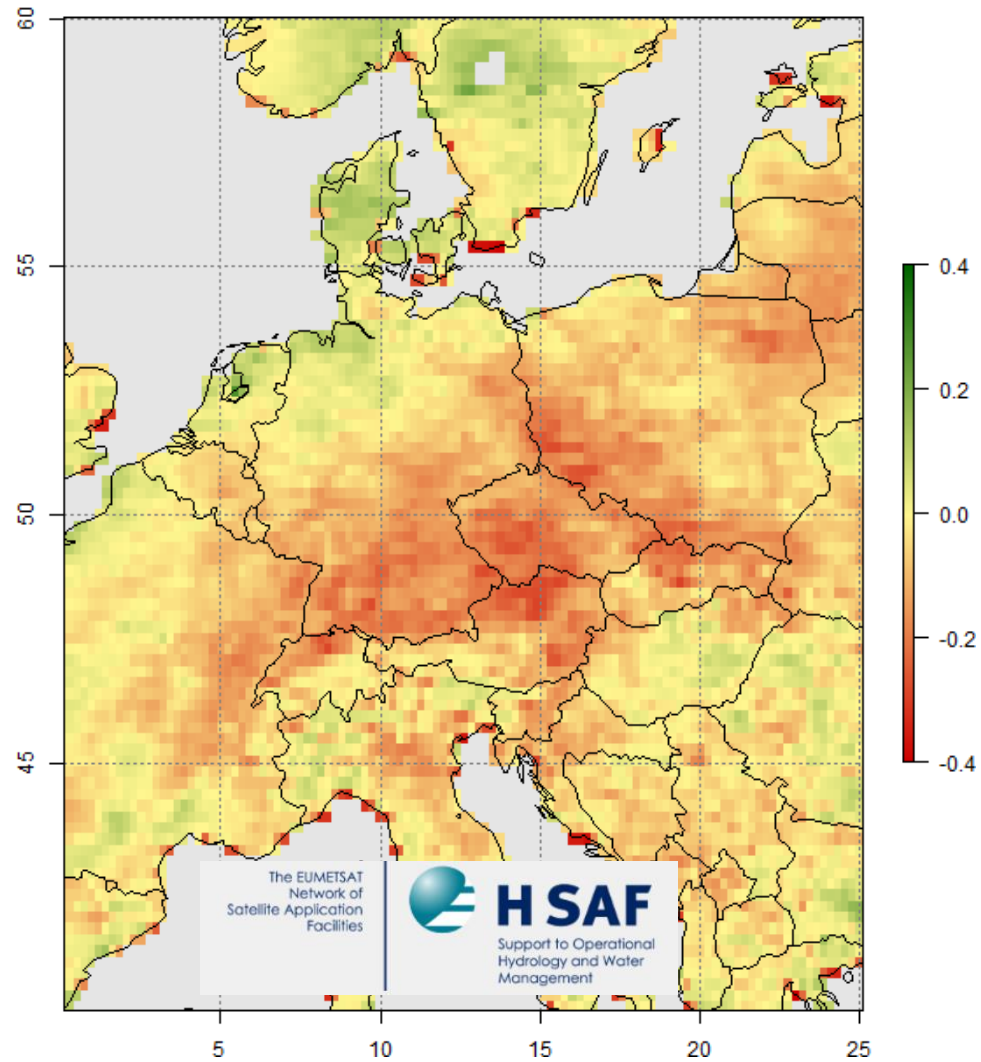
■ Water storage change in the Elbe catchment)



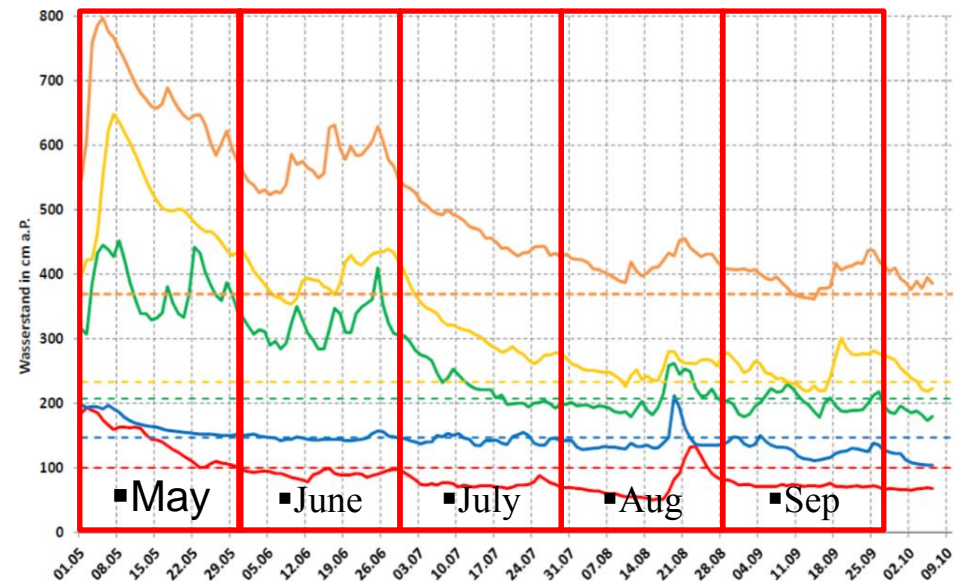
■ Source: Eicker et al. (2014)

Erweiterte Validierung Bodenfeuchte

H-SAF H14 SWIANO_0_100
September 2015



- Soil moisture (H14 product)
- Monthly anomaly 10/2014 to 09/2015 (vs. 5 year mean)
- 0-100 cm depth average



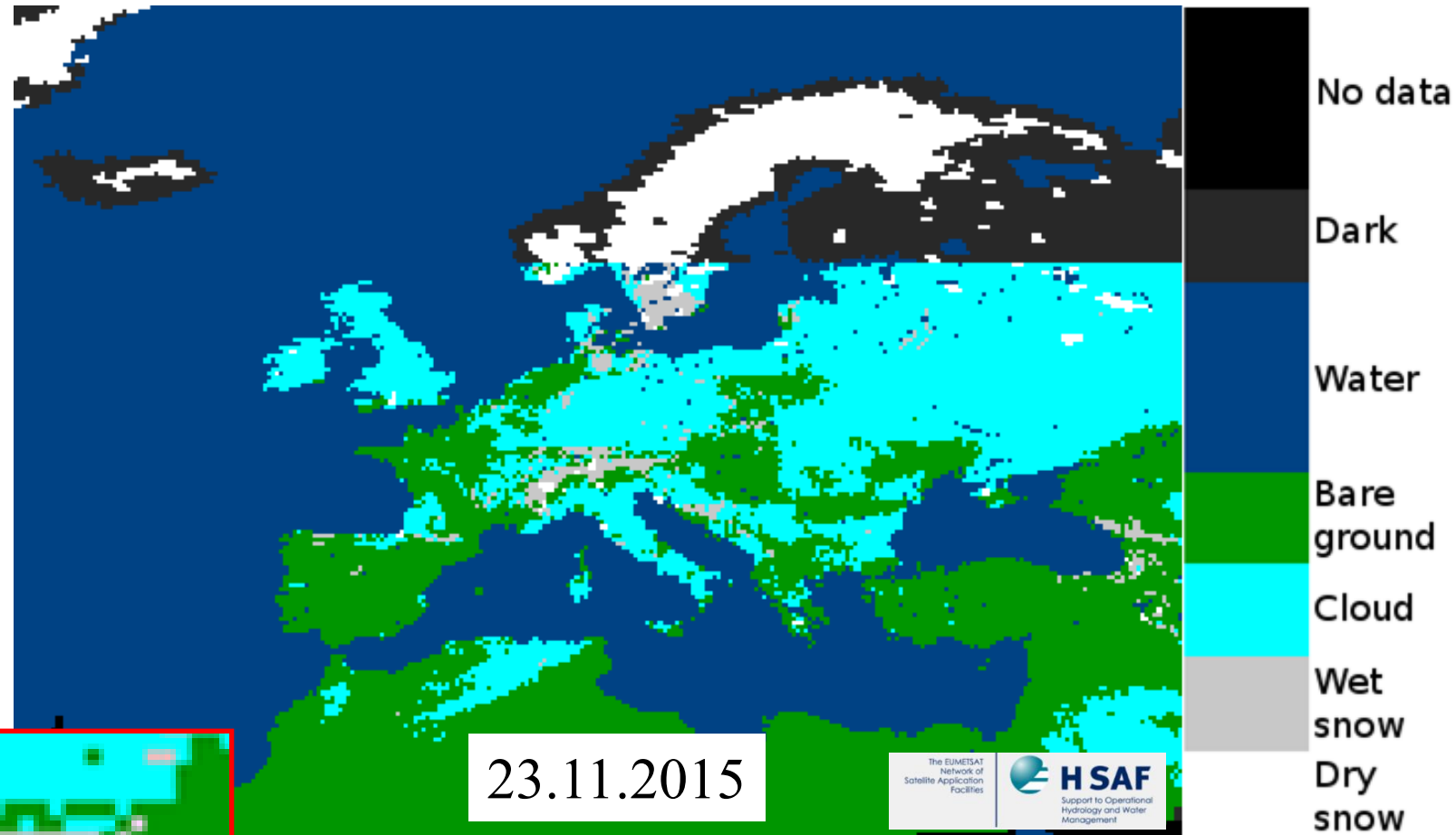
■ Danube Lower and Upper Rhine Elbe Weser

■ Source: P. Helmke (pers. Comm), data: <http://hsaf.meteoam.it/>

Erweiterte Validierung Schnee

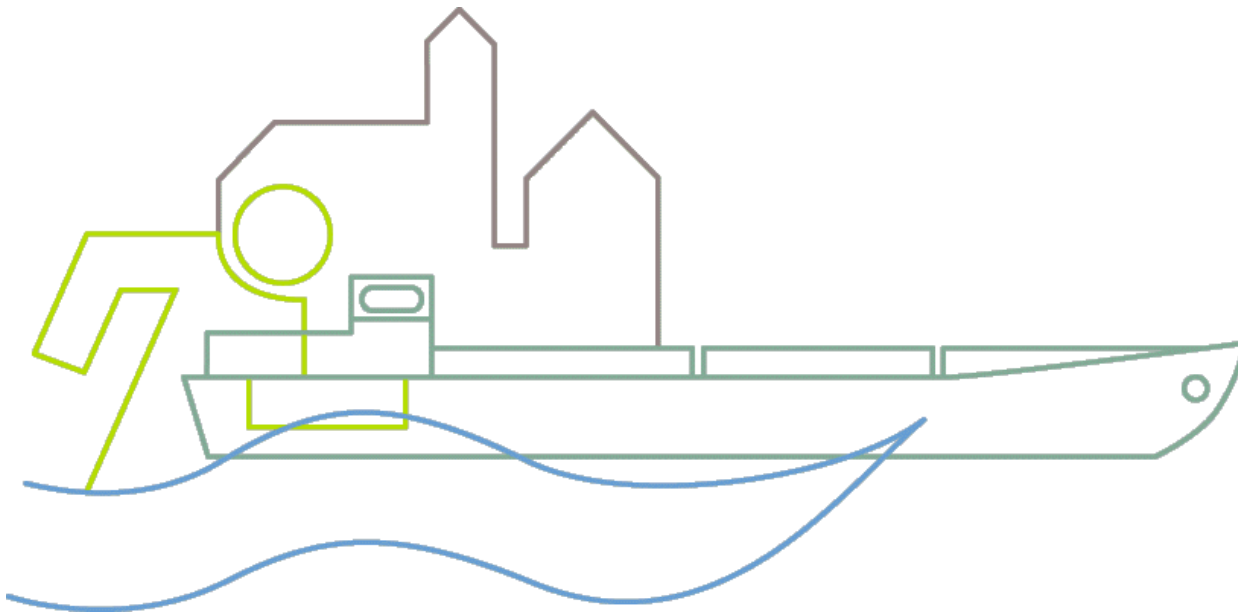
SN OBS 2 - H11

Snow status
(dry/wet)
by
MW
radiometry



Ausblick

- Weiterentwicklung Hydrometeorologische Eingangsdaten
- Analyse Einfluss unterschiedlicher Verdunstungsansätze auf Wasserhaushalt
- Analyse unterschiedlicher Beobachtungsdatensätze auf Wasserhaushalt
- Berücksichtigung der Höhenverteilung in den LARSIM-Elementen (5km x 5km) in den verbleibenden alpinen Gebieten
- Weiterentwicklung Modelle Rhein und Weser (Einbau Speicher, Überleitungen, Feinkalibrierung, math. Optimierung, DA-Verfahren)
- Iterative Verbesserung Regionalisierungsverfahren



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Peter Krahe

Referat M2 - Wasserhaushalt, Vorhersagen, Prognosen

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/1306-5234, Fax: 0261/130-5280

E-Mail: krahe@bafg.de

www.bafg.de

Projektteam:

Klein, B., Carambia, M., Lingemann, I.,
Hohenrainer, J., Krahe, P., Nilson, E.,
Malte Knoche (BfG)

Wolf-Schumann, U., Buchholz, O., Dorp,
M., Hellbach, C. (Hydrotec)

Richter, K.-G., Elpers, C., Hunger, M.,
Krauter, G., Vollmer, S. (Aquantec)

Gerlinger, K., Böhm, M., Henn, N.
(Hydron)