

Long-term streamflow forecasting for waterway transport in Central Europe using Delft-FEWS

Bastian Klein, Barbara Frielingsdorf, Dennis Meißner, Monika Thül (BCE)
Department M2 - Water Balance, Forecasting and Predictions
Federal Institute of Hydrology (BfG)

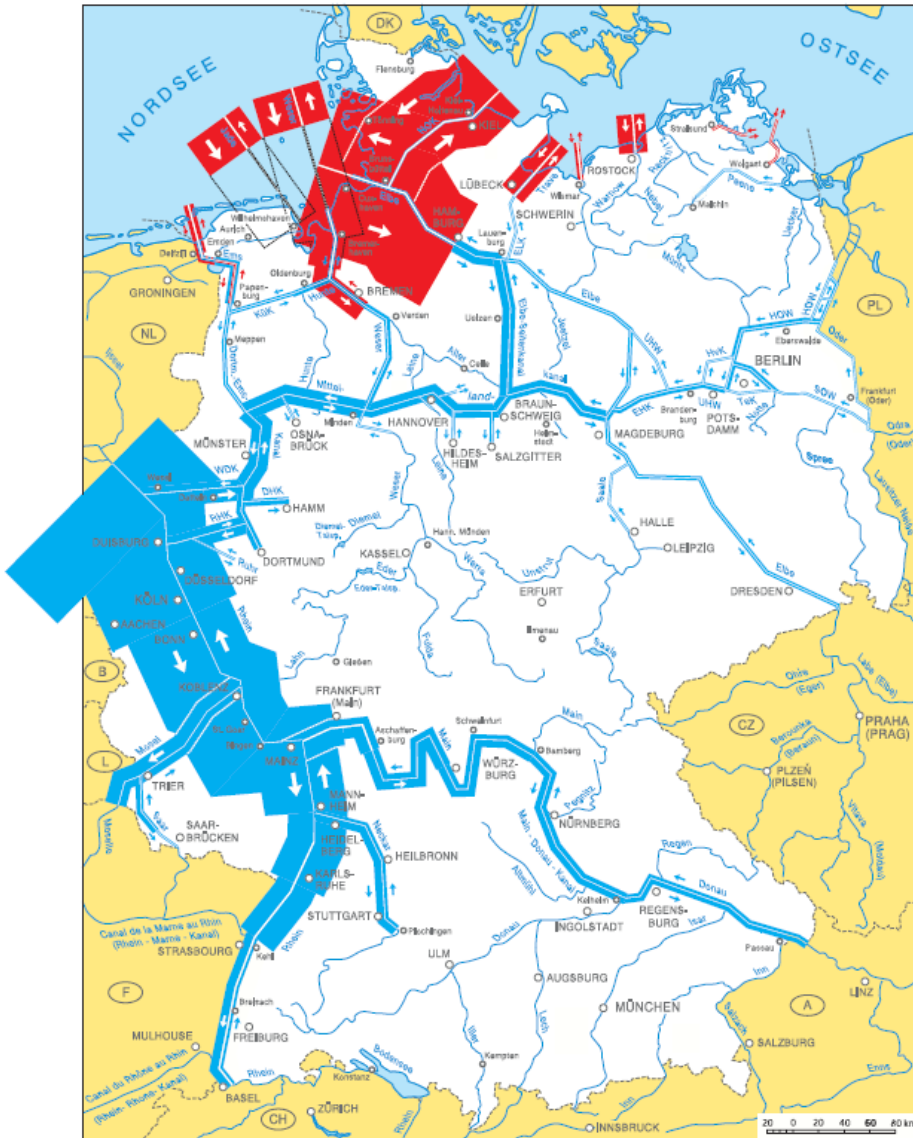
Delft-FEWS – International User Days
7./8. November 2018, Delft

Federal Institute of Hydrology (BfG)

- German federal government's scientific institution for research, assessments, and consulting in the fields of hydrology, water quality and ecology
- advise of federal ministries and their subordinate bodies on fundamental and specific issues, in the context of **planning, development, operation, maintenance and new construction of waterways in Germany**
- Development of forecasting models and forecasting systems
- Operational forecasting (water-level and flow forecasts, ice thickness forecasts for the canals) for navigation along Germany's federal waterways (approx. 7300 km)
- Involvement in national and international research projects related to hydrological forecasting (e.g. IMPREX, ECCONET, H-SAF, EUPORIAS etc.)

Navigation-related long-term forecast

German waterways



Required for:

- Optimal planning multi-modal split
- Optimized long-term transport capacity planning
- Optimized long-term stock management
- Adaptation of fleet
- Optimized timing to avoid additional costs in case of low flows
- Timing / suspending of dredge operations
- Reduction of dredge operations
- Economic outlook
- Guarantee security of energy supply (Redispatch)

(German Federal Ministry of Transport and Digital
Infrastructure, Fachstelle für Geoinformation Süd)

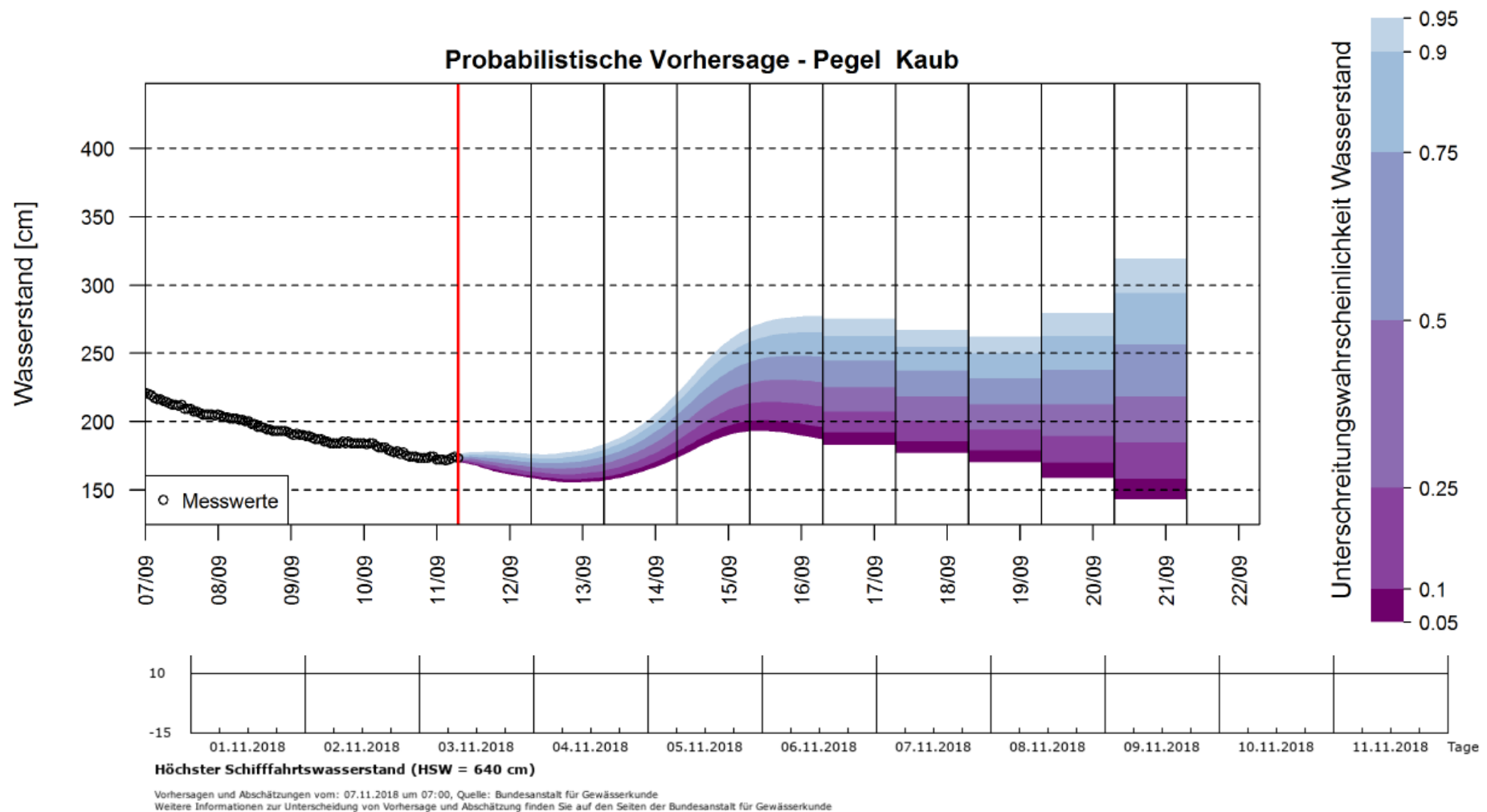
Current State (e.g. River Rhine)

Wasserstände an schifffahrtsrelevanten Pegeln

Pegel KAUB

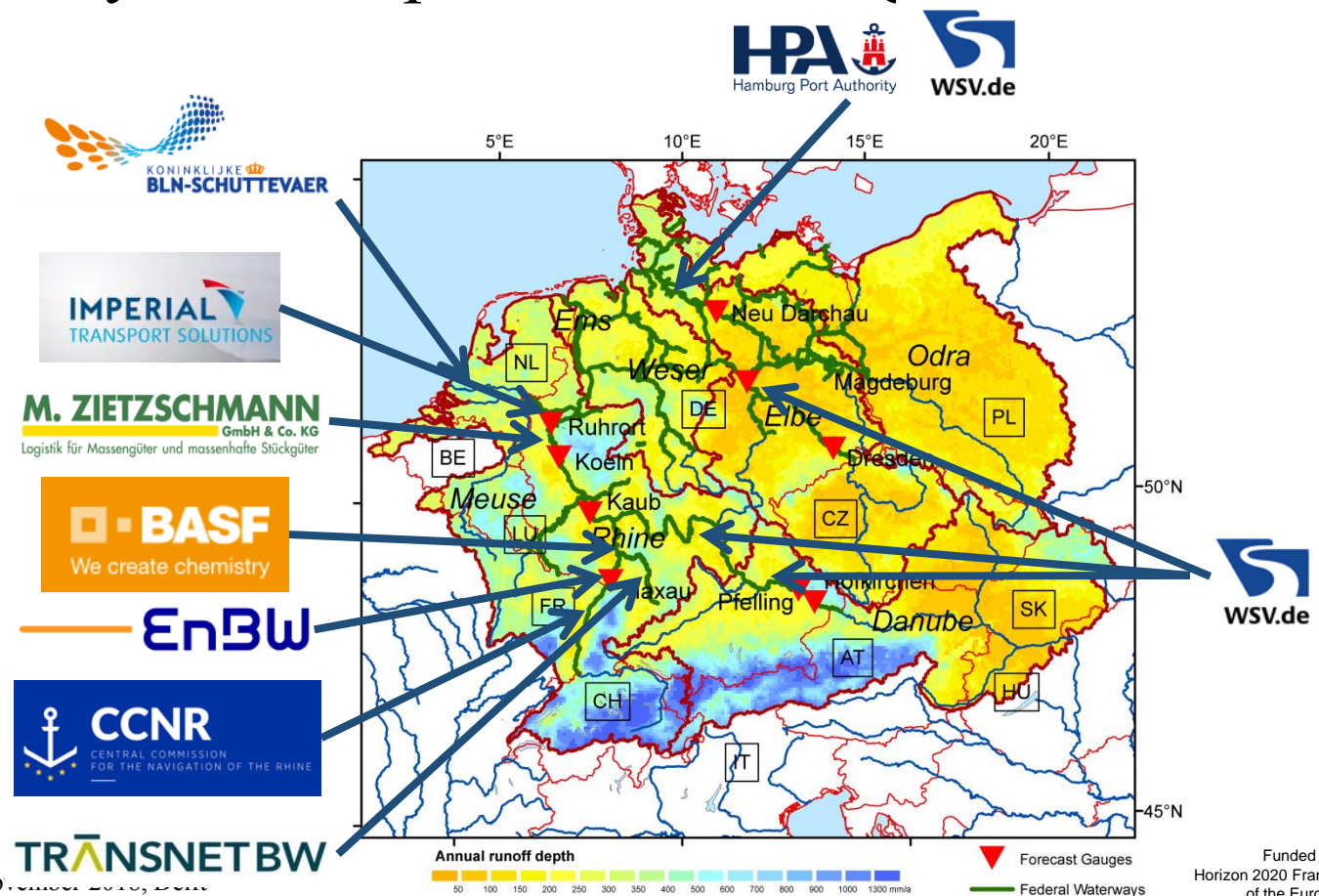
Pegel
HSW / GIW (n.d. =

 KAUB
640 / 78









Navigation-related long-term forecast German waterways

➔ Development of navigation-related long-term forecasting systems for the German waterways in the context of R & D projects EU-H2020 IMPREX and Seamless Prediction (funded by the German Ministry of Transportation and Digital Infrastructure)



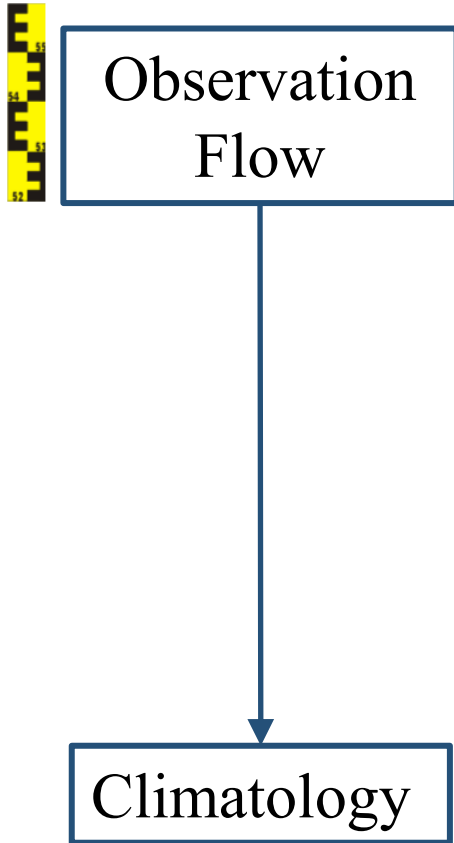
Case Study: Sediment Management Lower Elbe

- Stakeholder HPA and WSV  
- Support sediment management Hamburg harbour and tidal influenced part of Elbe River
- Challenges:
 - interaction between tidal pumping effect and flow from upstream river Elbe
 - Restrictions due to natural conservation
 - Long-term forecast from upstream river flow is needed to optimize sediment management
 - Cooperation with German Weather Service DWD and Federal Waterways Engineering and Research Institute BAW and AWI    

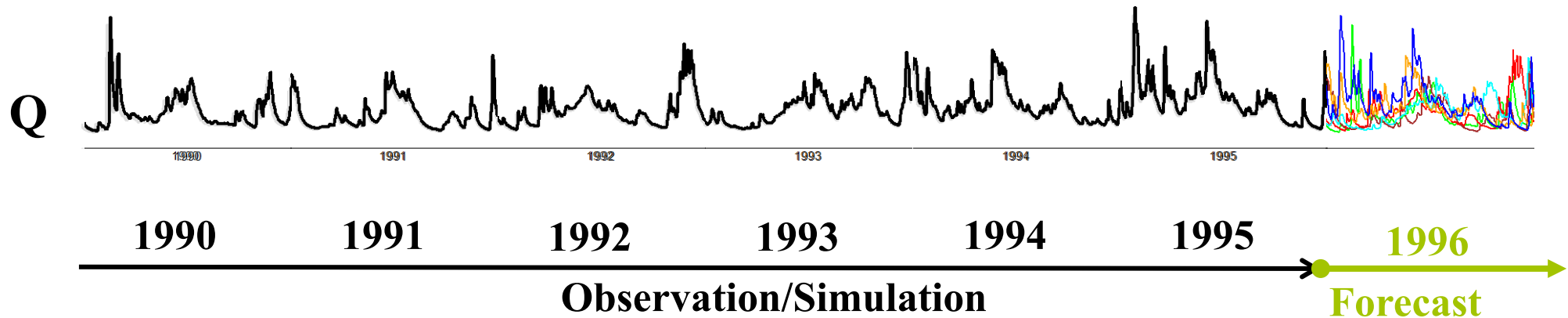


IMPREX story
<http://stories.imprex.eu/mike.php>

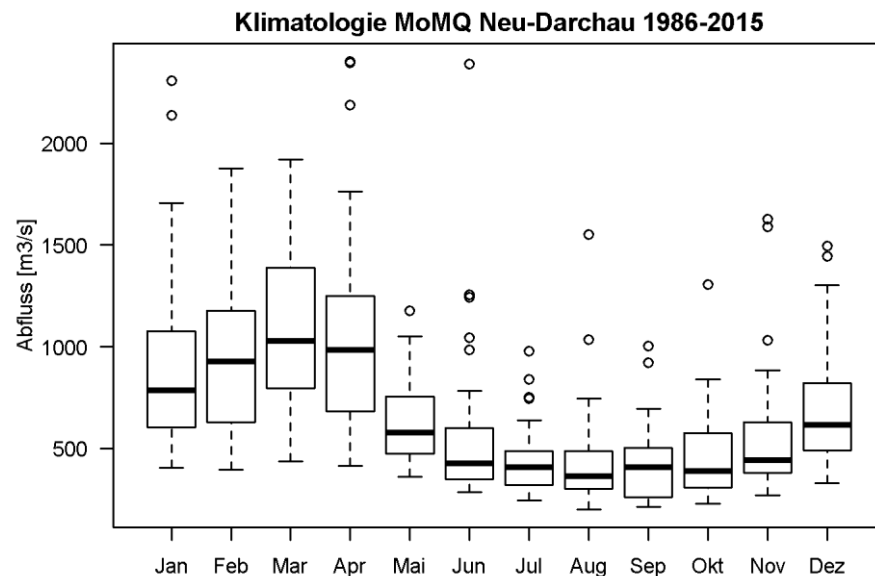
Methods



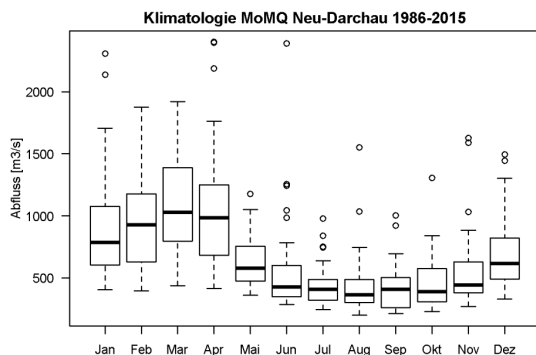
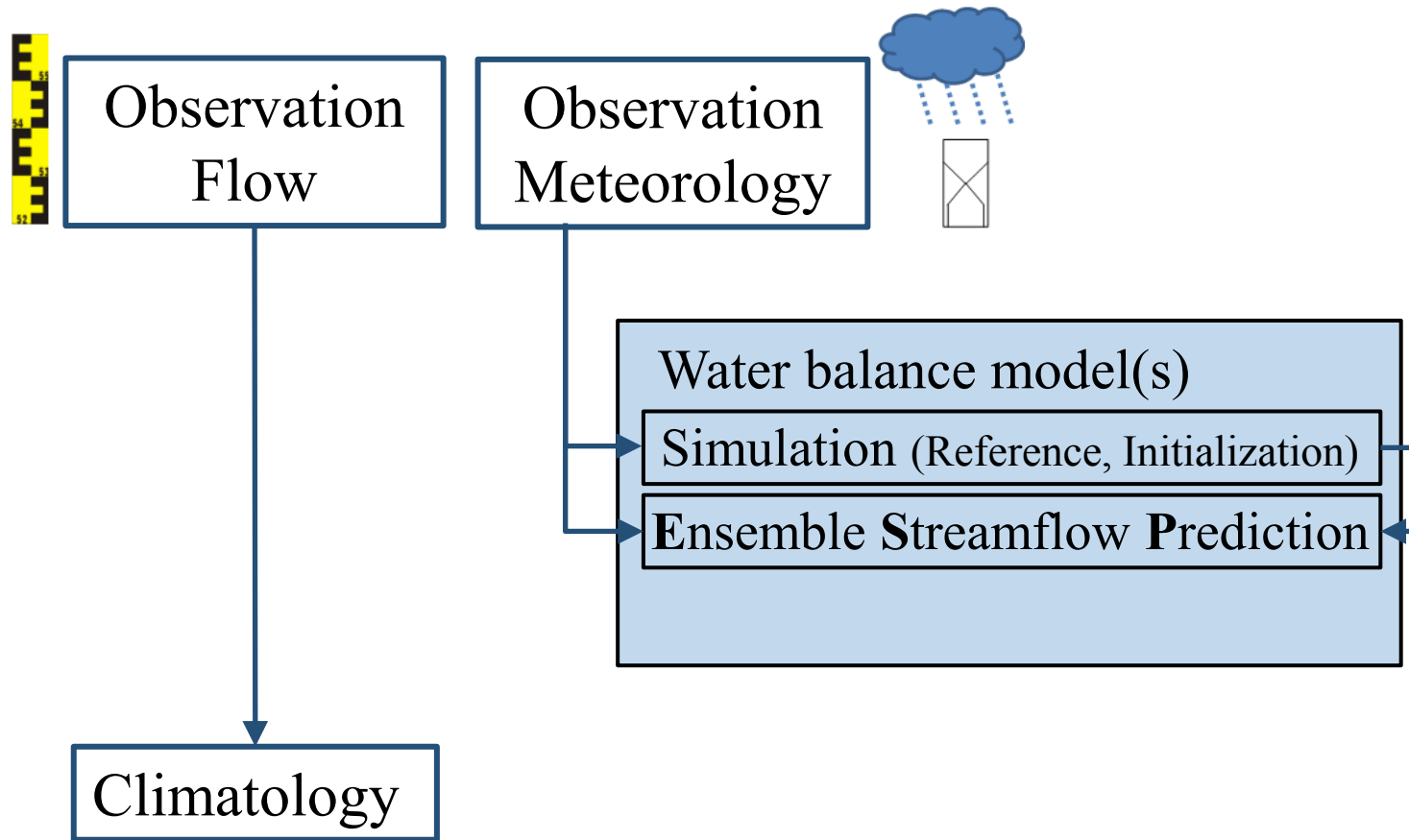
Climatological Forecast



Flow of the past as forecast for the future

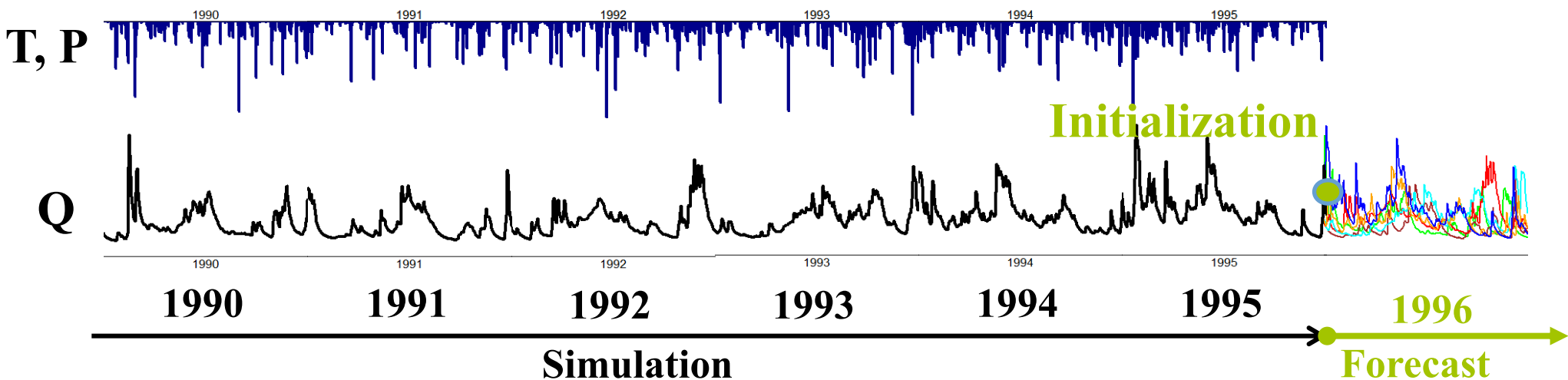


Methods

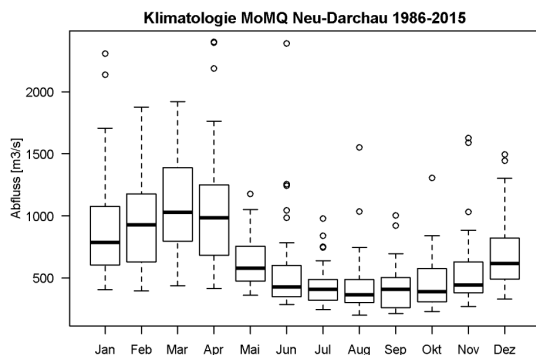
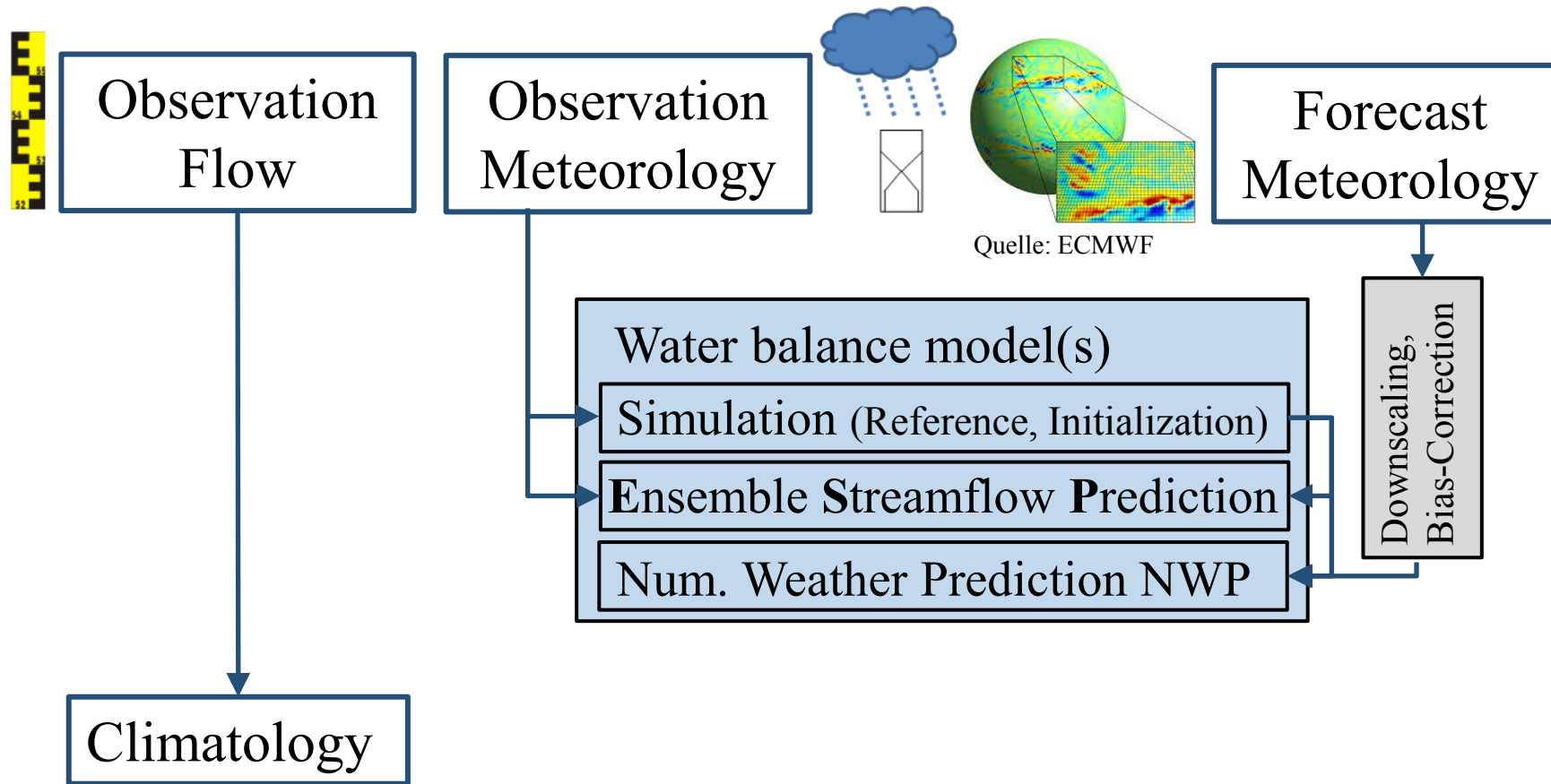


Ensemble Streamflow Prediction ESP

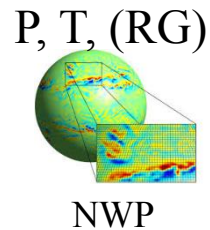
- Observed meteorological time series of the past used as forecasts of the hydrological model (Resampling)
- Climatological meteorological forecast
- Predictability arises from the initial conditions (snow, soil moisture,...) of the hydrological model
- Scenarios, e.g. future development of the flow with the meteorology of the year 2003 (extreme low flow year)



Methods



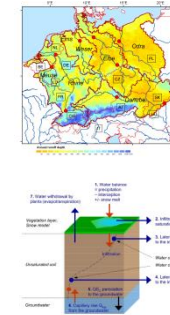
Numerische Wettervorhersage



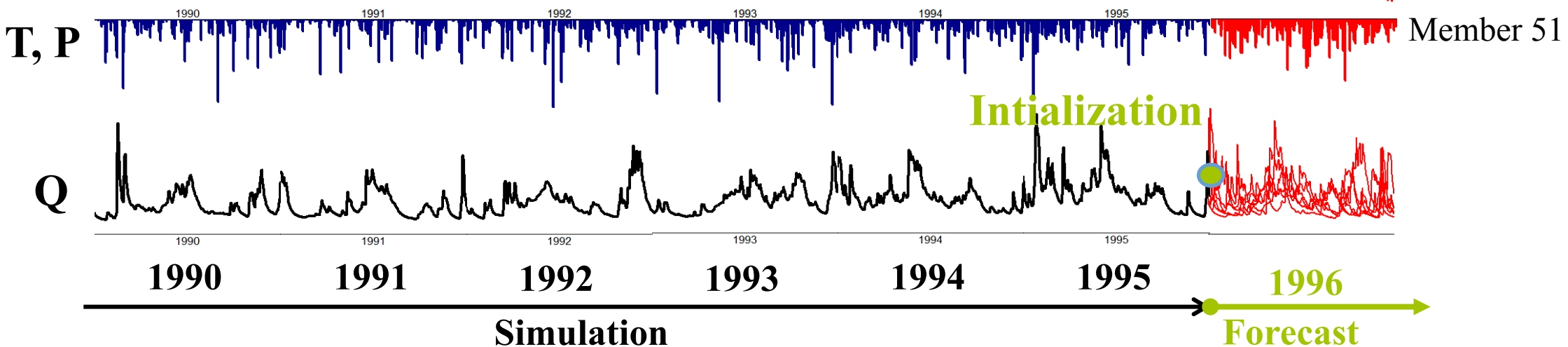
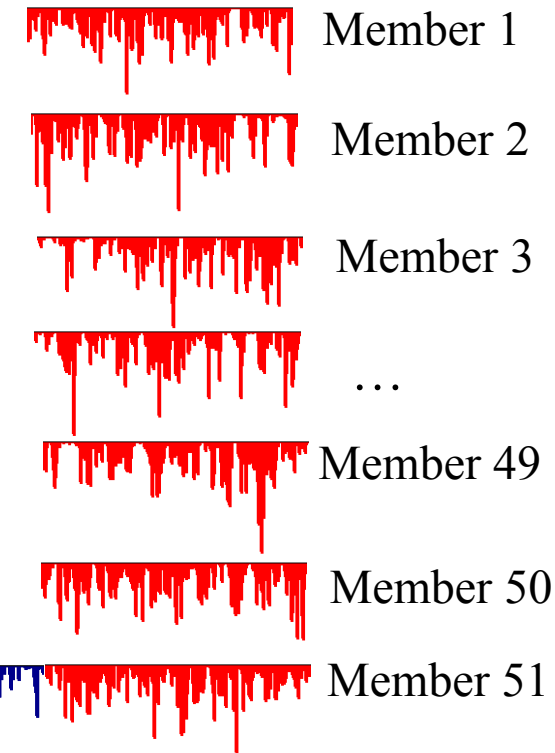
Interpolation
25 x 25 km (ENS)
50 x 50 km

Bias/Drift
Correction

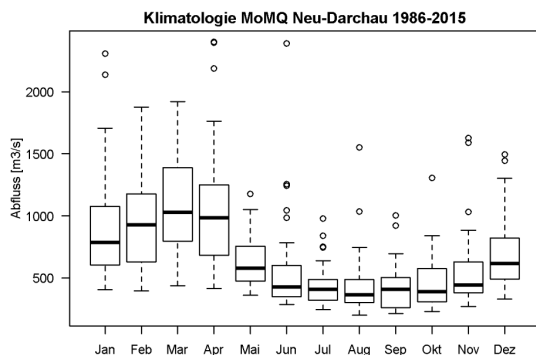
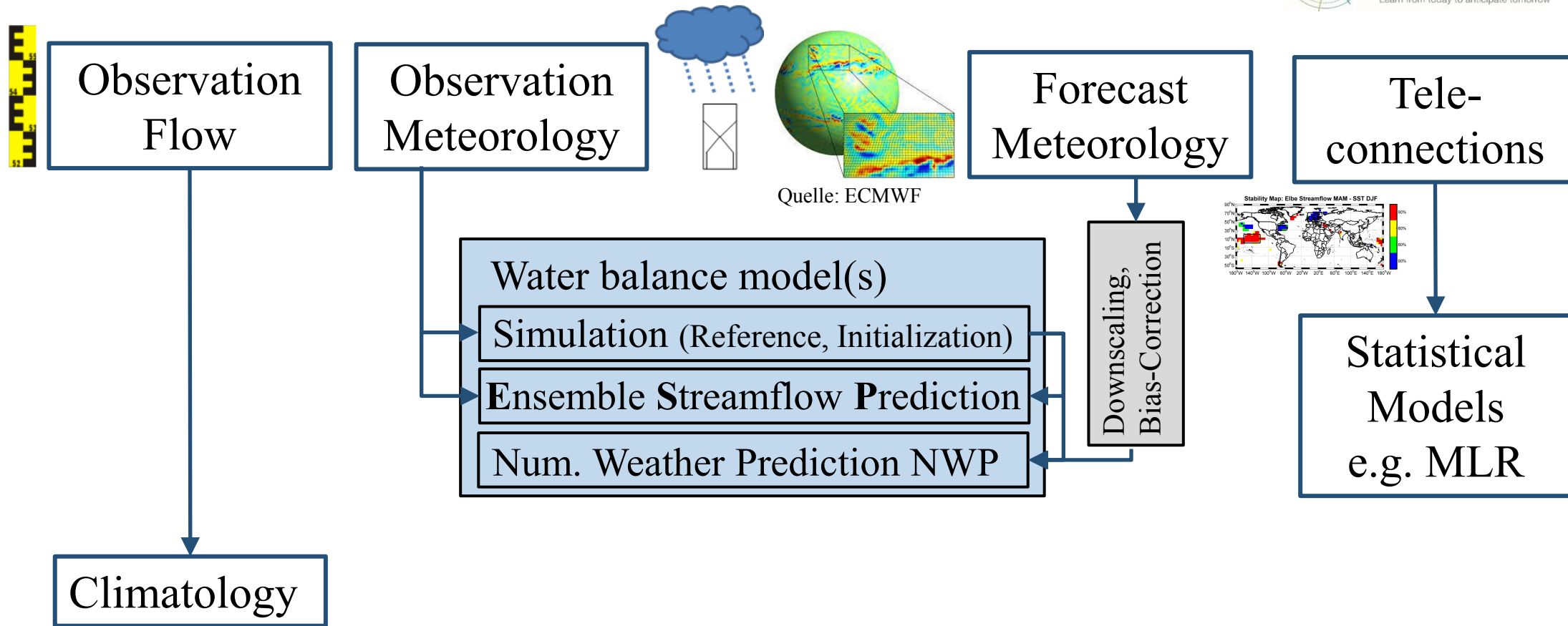
Downscaling
5 x 5 km



- Meteorological ensemble forecasts as boundary condition of the hydrological model
e.g. ECMWF-ENS 51 member to quantify the meteorological forecast uncertainty

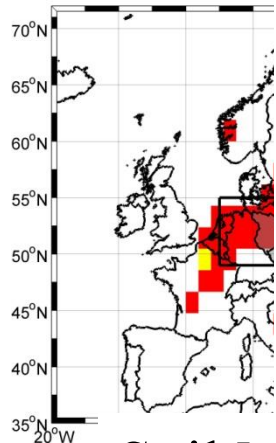


Methods



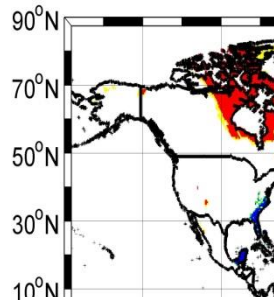
Teleconnections

Stability Map: Elbe Streamflow MAM - Soil Moisture DJF



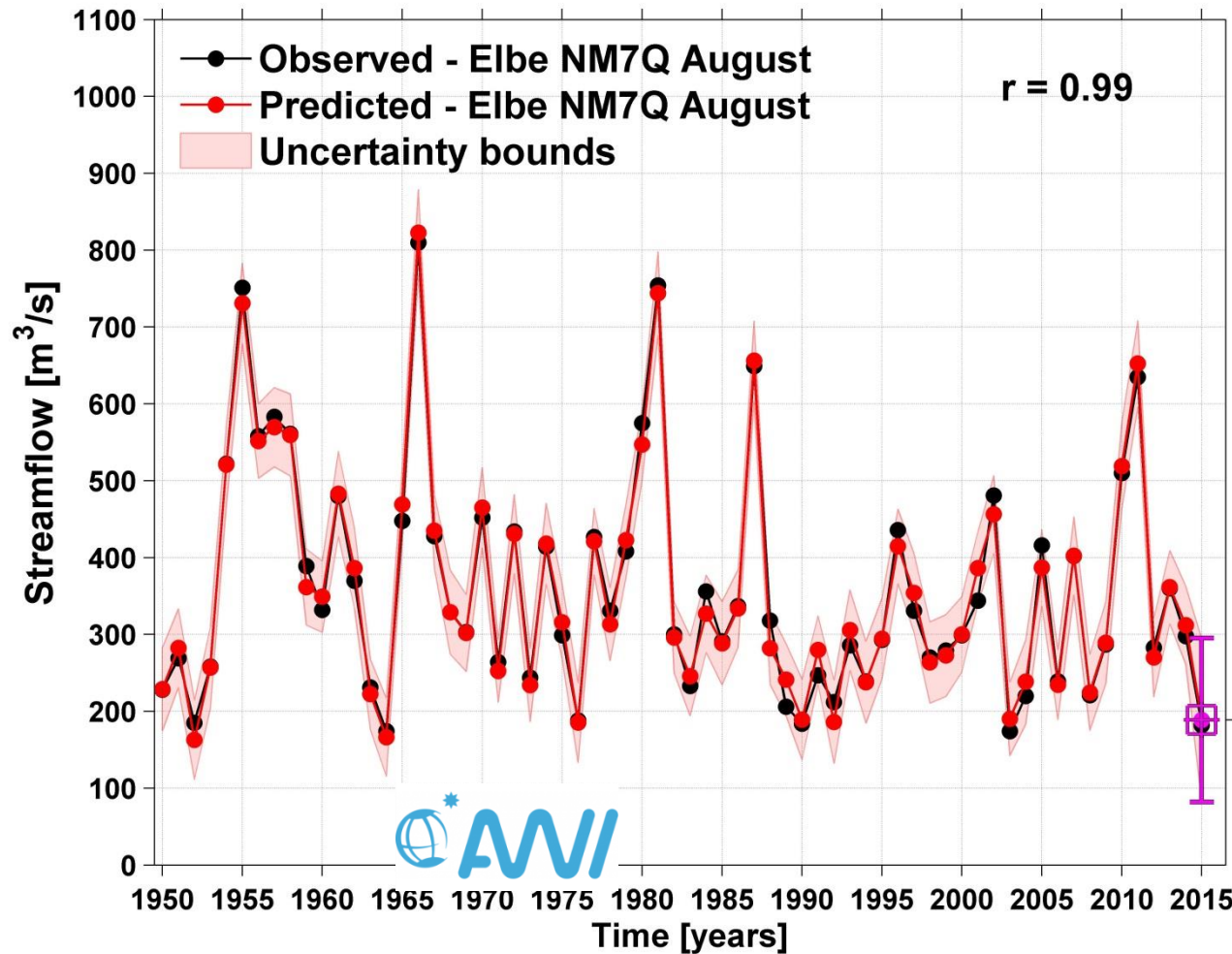
Soil M

Stabil



Temperature

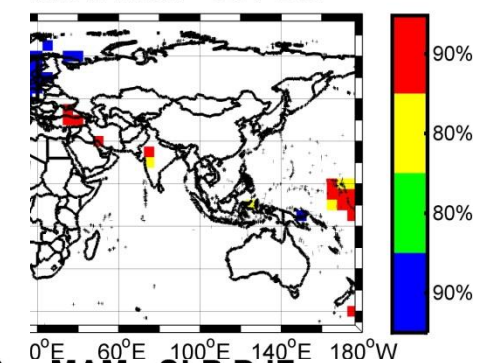
Stability Map: Elbe Streamflow MAM - PP DJF



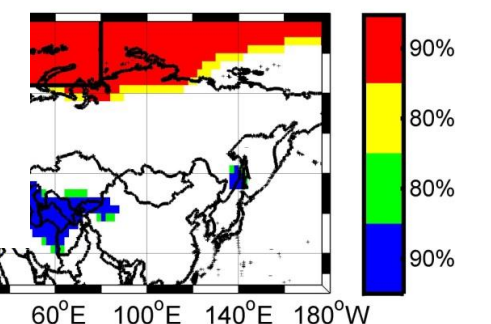
Sea Level Pressure

y Maps
tion of the mean
ow MAM

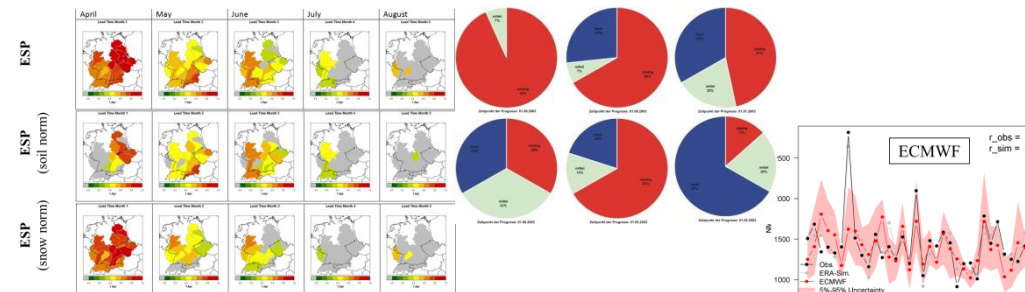
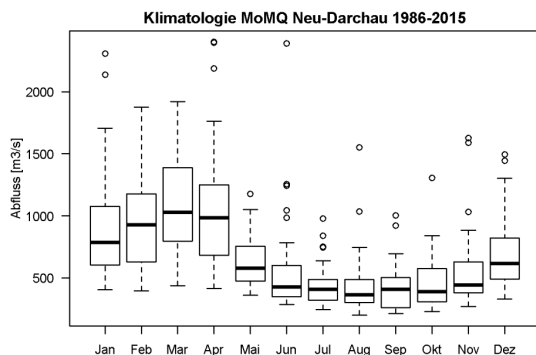
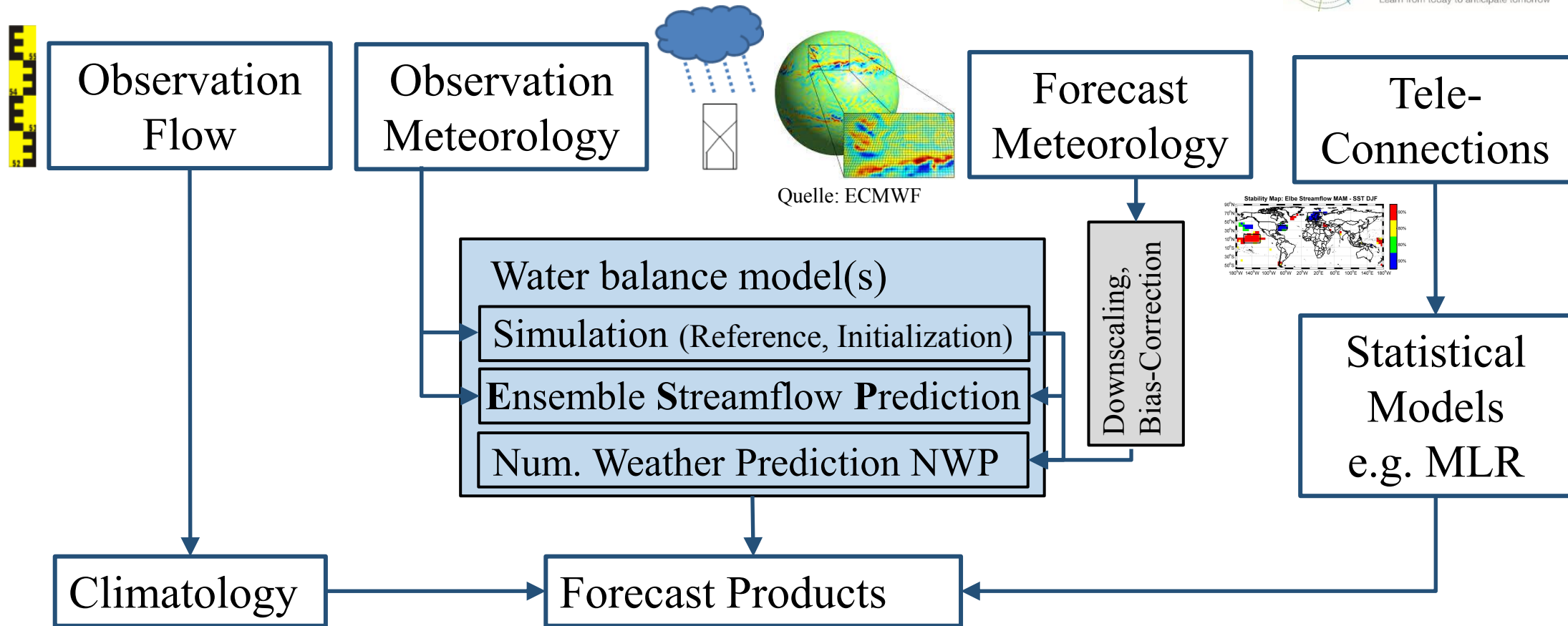
nf flow MAM - SST DJF



/ MAM - SLP DJF

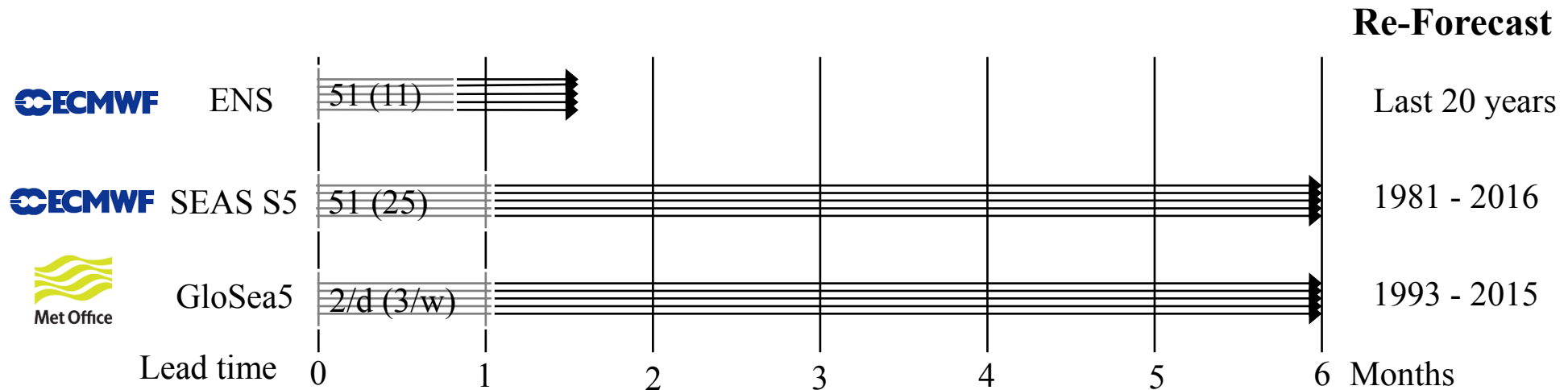


Methods



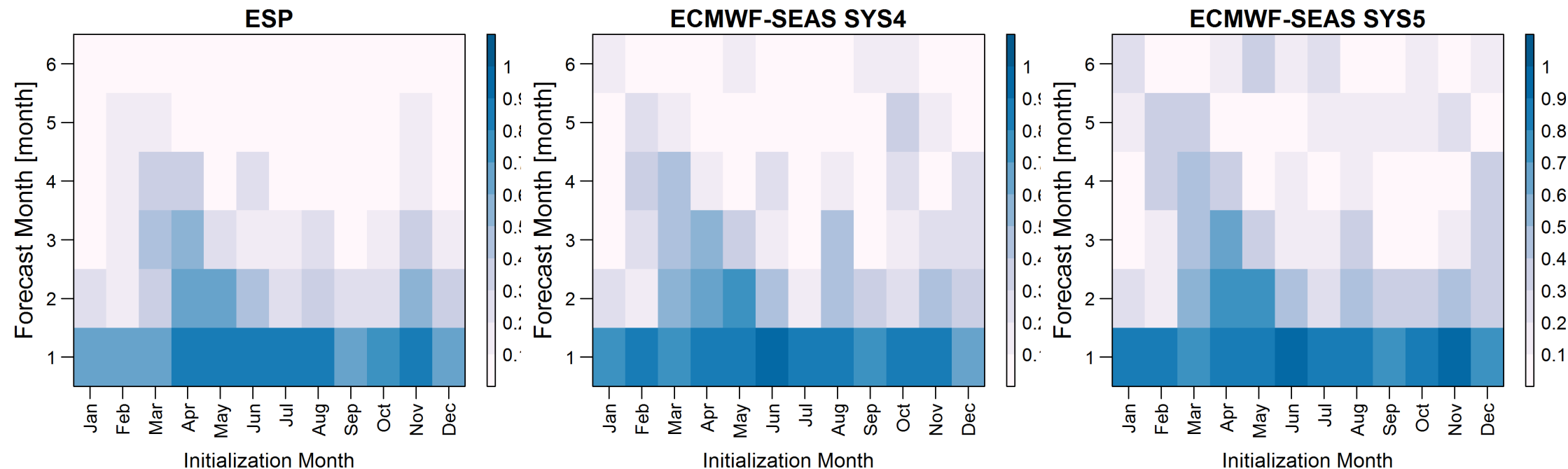
Numerical Weather Prediction

Selected numerical weather prediction systems:



Predictability Seasonal Forecasts

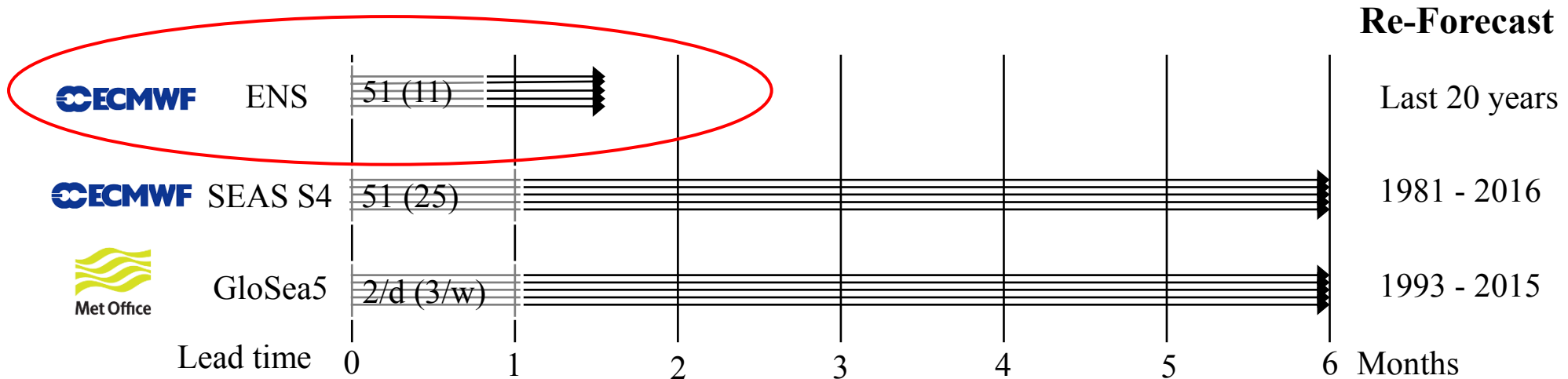
Verification ESP, SEAS4 and SEAS5 gauge Kaub / Rhine
simulated reference



➔ Predictability 1 – 2 months

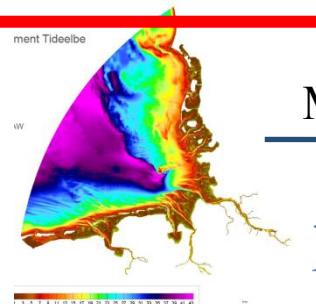
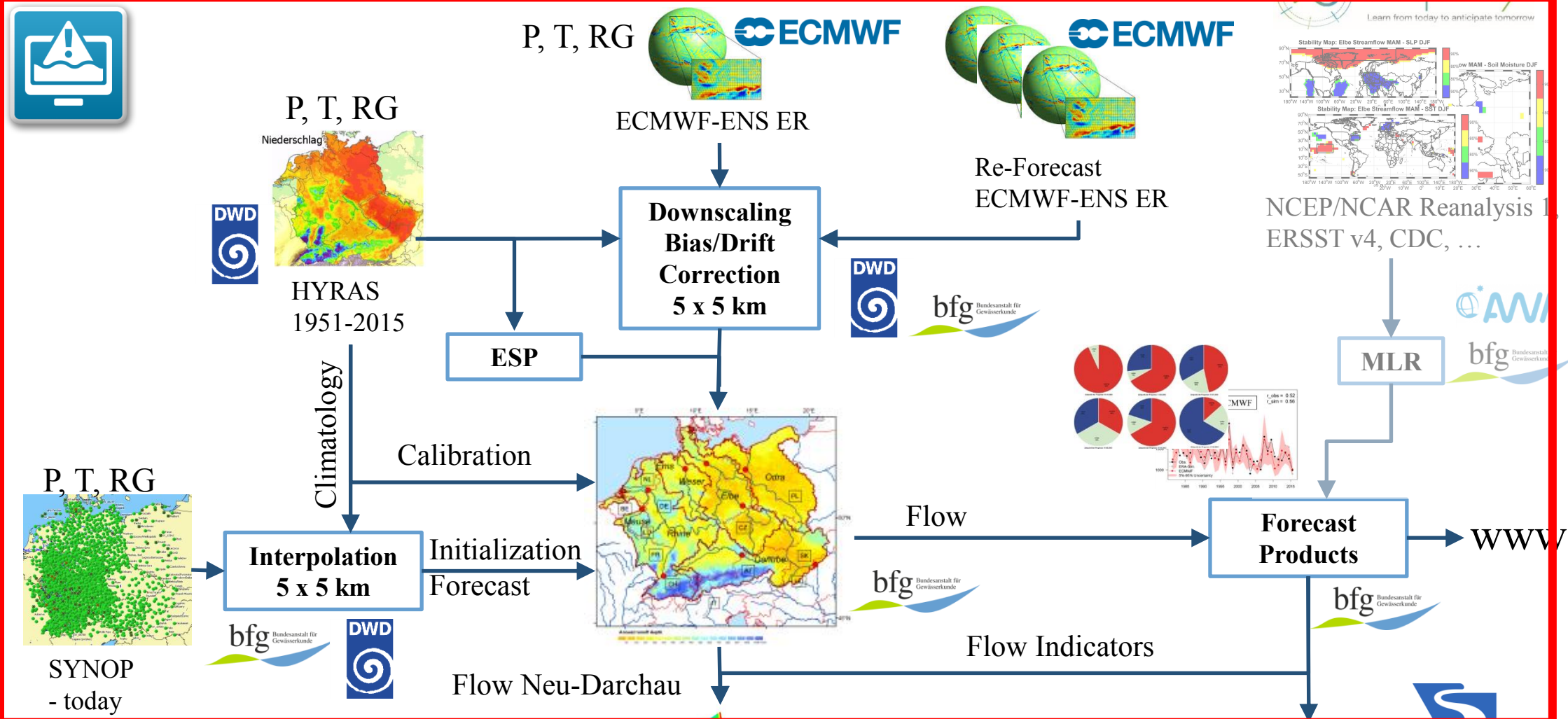
Numerical Weather Prediction

Selected numerical weather prediction systems:

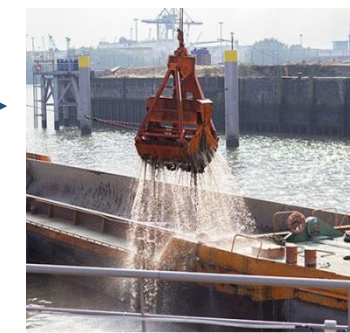


- Initialization ECMWF-ENS extended range Monday + Thursday
- Re-Forecasts of the last 20 years operational available (e.g. for Bias/Drift-Correction)
- Forecast horizon 46 d; 51 ensemble members
spatial resolution $0,2^{\circ}$ (day 1 – 15) / 0.4° (day 16 – 46)

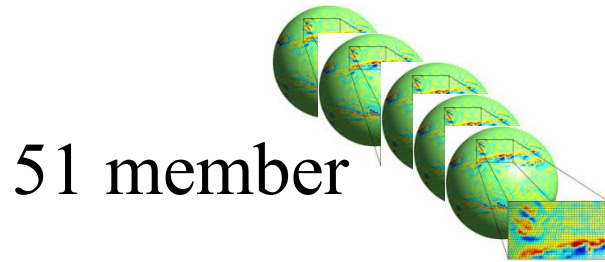
General Workflow Case Study Elbe



Management options



FEWS-Challenge



T0: 08.11.2018

Running operationally forecast +
re-forecasts of the past 20 years
+ handling of data in workflows
e.g. export for pre-processing in
FEWS (different t0)



T0: 08.11.2017






T0: 08.11.2016



T0: 08.11.1999

Technical Workflow FEWS (in progress)

 @imprex_eu






Produkt 3
Monatsvorhersage Pegel Kaub
01.09.2013 – 28.09.2013

Aktuelle Vorhersage
Vorhersage vom: 01.09.2013
 Unsicherheitsverteilung des mittleren wöchentlichen Abflusses der Vorhersagewoche 1, 2, 3 und 4 als Box-Whisker-Plots. Zur Einordnung der Tendenz ist die Verteilung der beobachteten mittleren wöchentlichen Abflüsse des entsprechenden Monats des Zeitraums 1981-2010 (Klimatologie) dargestellt. Es ist im Vergleich zu der langjährigen beobachteten Vergangenheit mit einem leicht unterdurchschnittlichen Abfluss in den nächsten 4 Wochen zu rechnen.



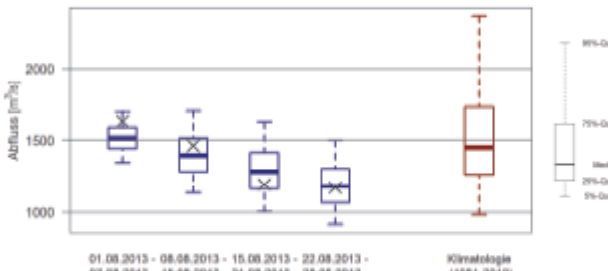
Erläuterungen zur Vorhersage
 Die 4-Wochen-Vorhersage basiert neben aktuellen Messwerten an 48 Pegeln im Rheineinzugsgebiet und über 900 Wetterstationen auf der meteorologischen Ensemble-Vorhersage ECMWF-ENS extended des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage EZMW. Auf Grundlage dieser umfangreichen Echtzeitdaten werden mit hydrologischen, hydraulischen und statistischen Modellen der Bundesanstalt für Gewässerkunde wöchentlich die Abflüsse nebst Eintrittswahrscheinlichkeiten an ausgewählten Rheinpegeln ermittelt.
 Auf Grund der großen Unsicherheiten bei längerfristigen Vorhersagen werden Wochenmittel des Abflusses veröffentlicht. Die Unsicherheitsverteilung wird in der Form eines modifizierten Box-Whisker-Plots dargestellt. Bei den Box-Whisker-Plots entspricht die Box dem 25% bis 75% Quartil, der Median wird als durchgezogener Strich dargestellt und die Antennen (Whisker) gehen bis zum 5% bzw. 95% Quantil. Zur Einordnung der Tendenz der Vorhersagen wird die Verteilung der beobachteten Wochenmittelwerte des Abflusses für den Zeitraum 1981-2000 (Klimatologie) als Box-Whisker-Plot dargestellt. Bei der in der Abbildung dargestellten Unsicherheitsverteilung ist zu beachten, dass im statistischen Mittel 5% aller Beobachtungen oberhalb und 5% unterhalb der dargestellten 5%-95% Quantile liegen.


 IMPREX has received funding from the European Union Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant agreement N° 641811

 @imprex_eu




Allgemeine Hinweise
 Die Abschätzungen des Wasserstands werden auf der Basis operationell betriebener meteorologischer und hydrologischer Vorhersagemodelle sowie im Wesentlichen ungeprüften Messdaten automatisiert generiert. Daher sind diese mit Unsicherheiten behaftet. Die Verlässlichkeit der längerfristigen Wasserstandsabschätzungen ist nicht mit der Genauigkeit der über den Elektronischen Wasserstraßen-Informationsservice (ELWIS) der WSV bereitgestellten Wasserstandsvorhersagen für die kommenden 4 Tage gleichzusetzen.

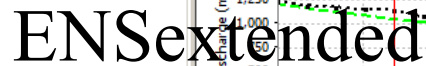
Güte der Vorhersage vom Vormonat
Vorhersage vom: 01.08.2013



Kontakt
 Bundesanstalt für Gewässerkunde
 Referat „Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen“
 Telefon: 0261 / 1306-5036
 E-Mail: vorhersage@bafg.de

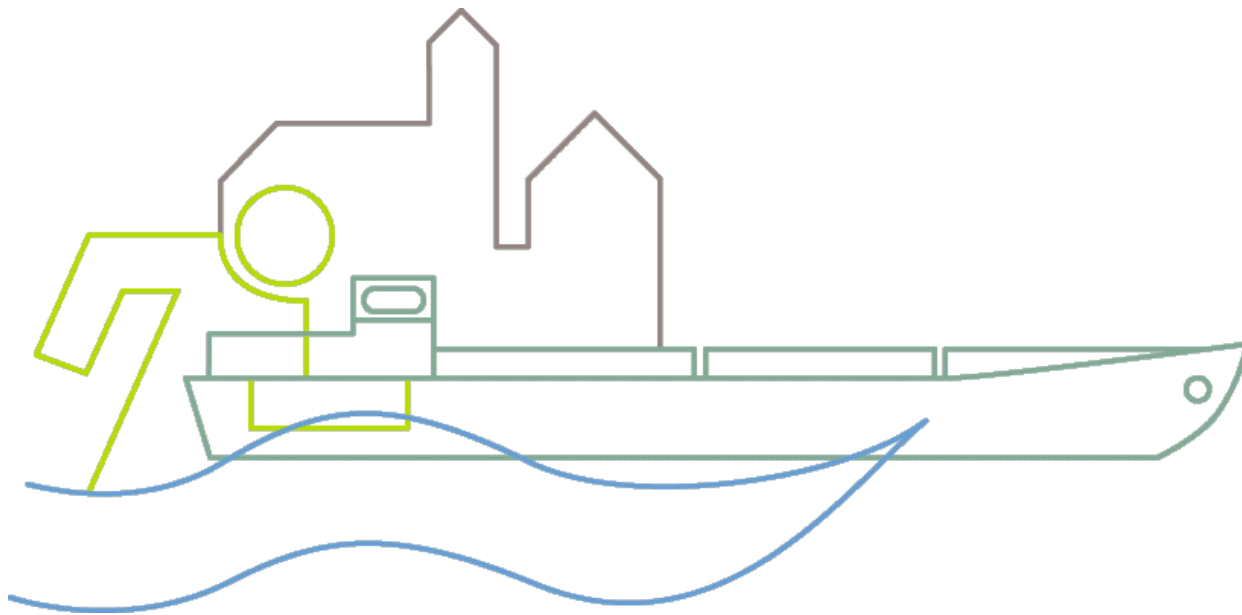
Haftungsausschluss
 Es wird keine Haftung oder Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der zur Verfügung gestellten Abschätzungen des Wasserstands übernommen.


 IMPREX has received funding from the European Union Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant agreement N° 641811



Summary

- Analysis of seasonal streamflow forecasts of ECMWF showed a predictability of 1-2 months in Central Europe
→ Development of a monthly forecast system using ECMWF-ENS extended (lead time 6 weeks)
- Co-design of relevant forecast indicators and forecast products with end-users (in progress)
- First prototype ready end of 2018
- Start pre-operational forecasts begin of 2019 (pdf report)
- Integration of statistical forecasting method of AWI planned in 2019
- Further development of the system
(statistical pre- and post-processing, downscaling,...)
- Development of a R Shiny-web platform to publish forecasts



Thank you very much for your attention!
Ideas? Recommendations? Feedback welcome!

Dr.-Ing. Bastian Klein
Department M2 - Water Balance, Forecasting and Predictions
Federal Institute of Hydrology (BfG)
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, Germany

Tel.: +49 261/1306-5256
E-Mail: klein@bafg.de
www.bafg.de/vorhersage

Funding:



Funded under the Horizon
2020 Framework Programme
of the European Union
Grant Agreement No 641811



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung