

# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

Abschlusstreffen – WVER, Düren  
24. Juni 2019



Ingenieurgesellschaft für Systemhydrologie  
Wasserwirtschaft und Informationssysteme  
Hubert Lohr, Sandra Richter, Felix Froehlich, Marius Herber

# Agenda

---

## Rückblick: Aktivitäten TASK

### I. Ergebnisse und Ausblick

- a) Indexberechnung, Niederschlagsmuster
- b) Handlungsanleitung
- c) Weiterentwicklung TASK (Abflussprojektionen)
- d) Webportal zur saisonalen Vorhersage
- e) TASK2 - Folgeantrag

### II. Ergebnisse und Ausblick, Teil Wasserqualität

### III. Sonstiges

- a) Vorstellung neue DWA AG

### IV. Abschlussdiskussion

## Vorträge und Poster

- International Commission on Large Dams ICOLD, Prag (2017)
- Seminar Stauanlagenaufsicht Essen (2017)
- Essener Wasserwirtschaftstage (2018)
- International Commission on Large Dams ICOLD, Wien (2018)
- Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren ATT Karlsruhe (2018)
- Tag der Hydrologie, Dresden (2018)
- 19. IFWW Fachkolloquium, Haltern (2019)
- Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, Papenburg (2019)
- Symposium Flussgebietsmanagement Wupperverband (2019)
- ATT Workshop Erfurt (2019) (1 Folie in Vortrag von Karsten Rinke, UFZ)

## Veröffentlichungen

- Slavik, I., Richter, S. und Lohr, H.: Anpassung der Nutzung von Trinkwasserressourcen an klimabedingte Veränderungen von Niederschlagsregimes. *Vom Wasser*, 02 (2018), S. 47-49.
- Lohr, H., Froehlich, F., Herber, M., Richter, S. (2018): Dams and Reservoirs – Climate change adaptation. Book of Full Papers. Symposium Hydro Engineering. 26th World Congress ICOLD. Vienna, Austria. ISBN (e-book) 978-3-85125-620-8. DOI 10.3217/978-3-85125-620-8.
- Lohr, H. (2017): Dams and Reservoirs – Foresighted reservoir management with long-range forecasts and hydro-meteorological indices. 85th Annual Meeting of International Commission on Large Dams. Prague, Czech Republic.

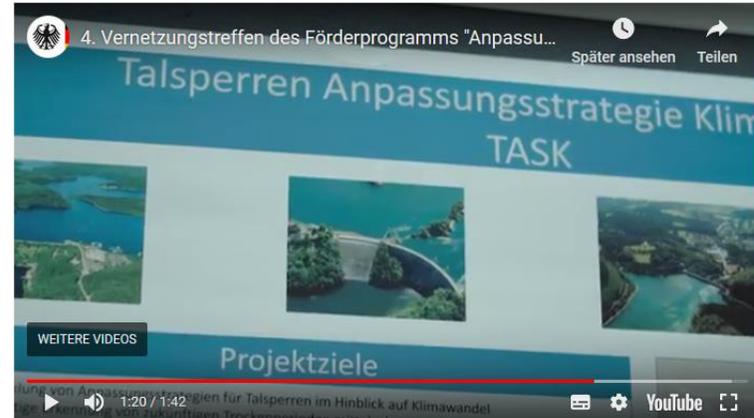
## Vernetzungstreffen

- Bonn (2017)
- Berlin (2018) – Kurzvideo des BMU zum TASK-Projekt (<http://task.sydro.de>)

## Projekttreffen

1. Wasserverband Eifel-Rur (03/2017)
2. Aggerverband (09/2017)
3. Wupperverband (03/2018)
4. Wahnachtalsperrenverband (11/2018)
5. Wasserverband Eifel-Rur (06/2019)

-> Präsentationen und Protokolle auf <http://task.sydro.de>



# I. a) Niederschlagsmuster

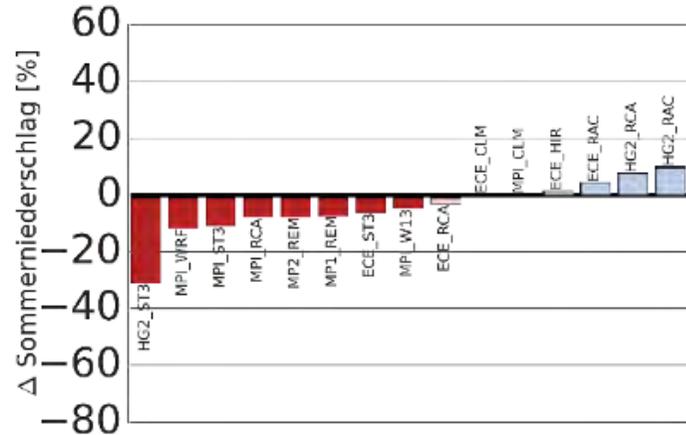
---

- Teilaspekt TASK Vorhaben: Untersuchung der Verschiebung von Niederschlagsmustern
- Niederschlagsmuster: Projekt Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland - ReKliEs-De (<http://reklies.hlnug.de>)
- Untersuchung Klimaänderungssignale bis Ende 21. Jh. (2027-2100) im Vergleich zur Referenzperiode (1971-2000) für Deutschland (und nach Deutschland entwässernde EZGs)
- Europäische Initiative EURO-CORDEX: Regionalisierung globaler Simulationen mit (dynamischen) regionalen Klimamodellen
- ReKliEs-De: Erweiterung und Komplettierung der existierenden Ensembles der Klimaschutz-Szenarios (RCP2.6) und des Weiter-wie-bisher-Szenarios (RCP8.5) mit statistischen und dynamischen Regionalisierungsverfahren

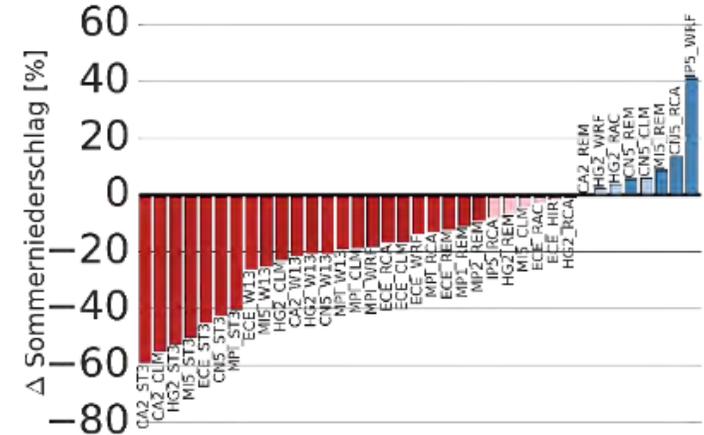
# I. a) Niederschlagsmuster – Änderung des mittleren Niederschlags

Sommer

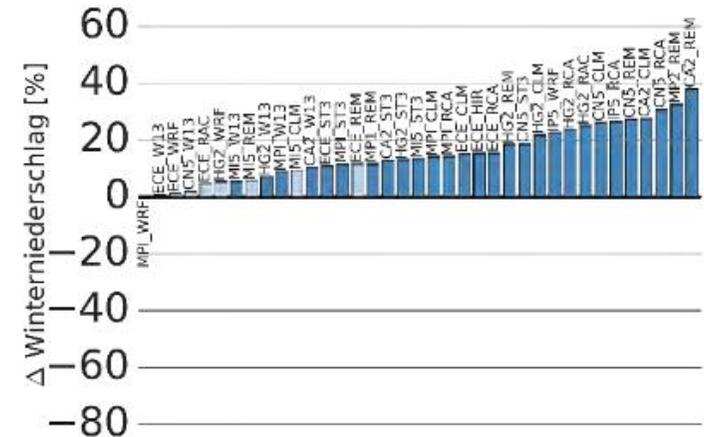
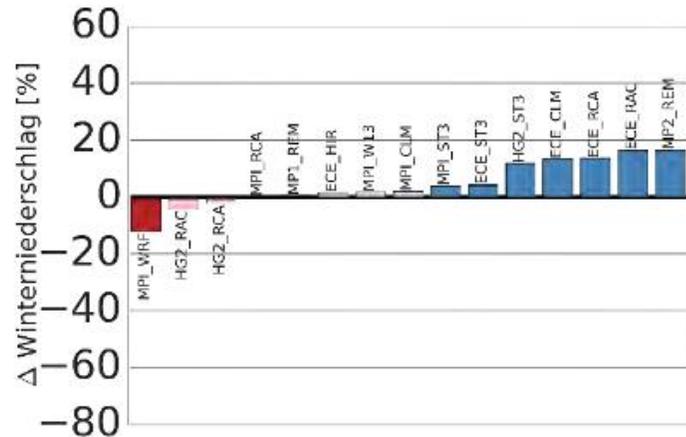
Klimaschutz-Szenario (rcp26)



Weiter-wie-bisher-Szenario (rcp85)

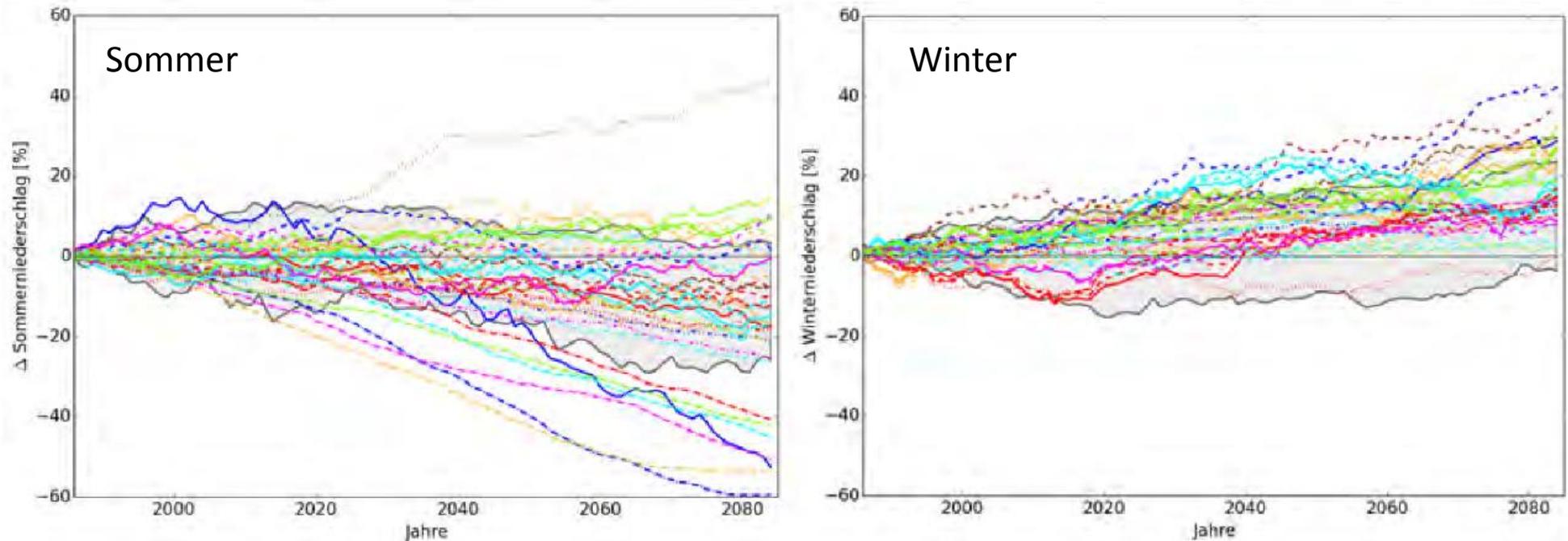


Winter



# I. a) Niederschlagsmuster – Änderung des mittleren Niederschlags

Mittlere Niederschlagsänderung SRES A1B (grauer Bereich) und RCP8.5-Simulationen (farbig)



- Meiste Klimaprojektionen zeigen Abnahme des Sommerniederschlags und Zunahme des Winterniederschlags
- RCP-Simulationen größere Bandbreite als SRES-Szenarien (SRES = Special Report on Emission Scenarios - IPCC)

# I. a) Niederschlagsmuster

---

- Zentrale Aussagen vorheriger Studien zur Temperatur- sowie zur Niederschlagsänderung im Sommer und Winter bleiben erhalten:
  - Niederschlagsmuster: Mehrzahl der Klimaprojektionen simuliert für den Sommer eine Niederschlagsabnahme (einige jedoch auch Zunahmen); Winterniederschlag nimmt in fast allen Simulationen zu
  - „Weiter-wie-bisher-Szenario“ Änderungssignale im Sommer von  $-60\%$  bis  $+40\%$ , im Winter von  $0$  bis  $+40\%$
  - „Klimaschutz-Szenario“  $-30\%$  bis  $+10\%$  im Sommer und  $-12\%$  bis  $+15\%$  im Winter.
  - Niederschlagsmenge bei Starkregen (Niederschlagsmenge oberhalb des 95-Perz) nimmt prozentual stärker zu als die mittlere Niederschlagsmenge

# I. a) Indexberechnung

## TASK

Anwendung 1

Messdaten

Langfristvorhersage

Index Berechnung

Index wird Bestandteil von  
wasserwirtschaftlichen Regeln

Anwendung 2

Messdaten

Langfristvorhersage

Index Berechnung

Korrelation zu Abfluss

Abfluss wird Bestandteil von  
wasserwirtschaftlichen Regeln

Anwendung 3

Messdaten

Langfristvorhersage

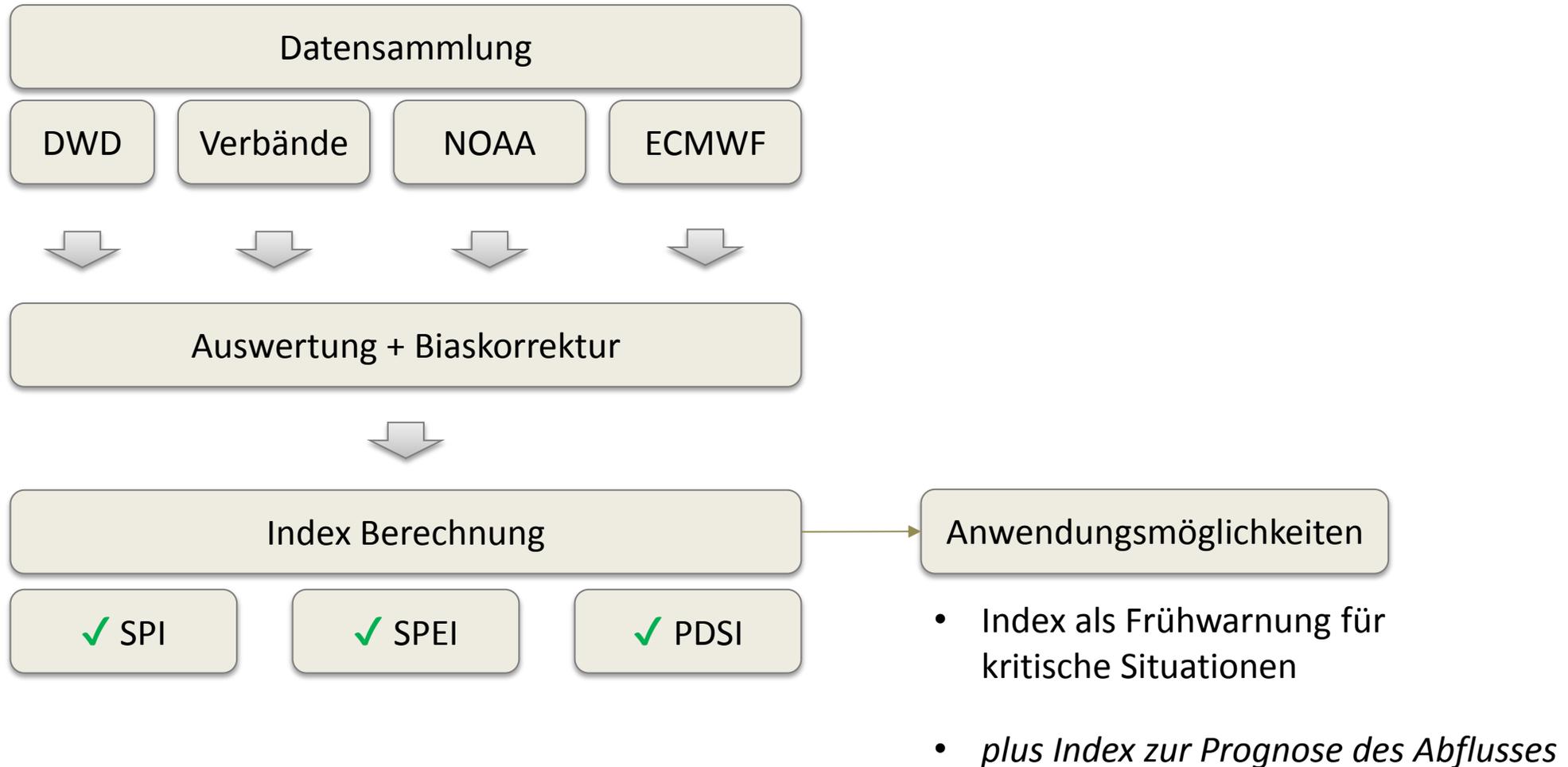
NA Modell

Simulation

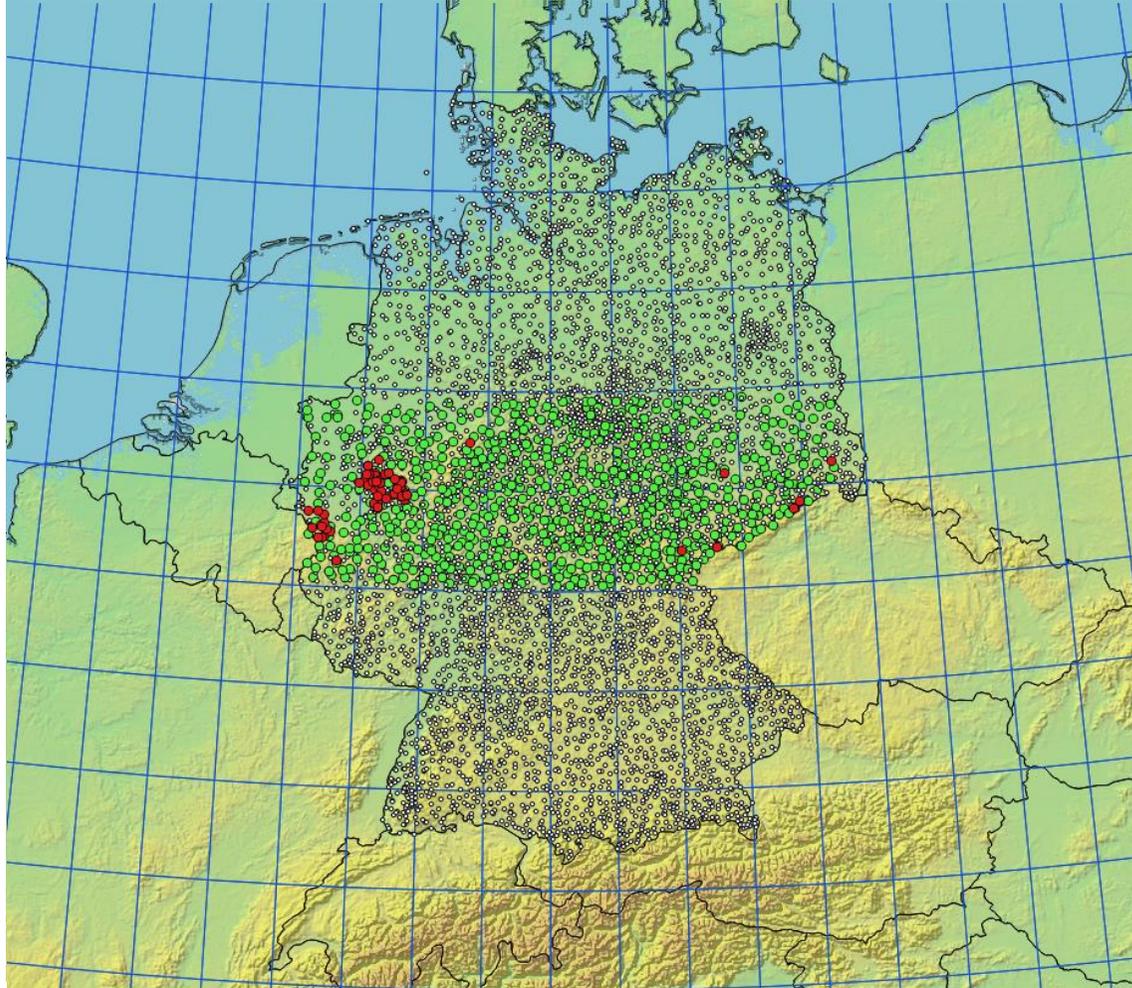
Ergebnisse

Ergebnisse der NA  
Modellierung werden  
Bestandteil von  
wasserwirtschaftlichen Regeln

# I. a) Indexberechnung



# I. a) Indexberechnung – Daten



- 59 Stationen der Projektpartner

- 638 Stationen vom



NOAA

- 9 Monate Vorhersagen
- 4 Vorhersagen/Tag
- Seit April 2011
- Zellengröße ( $0,9^\circ \times 0,9^\circ$ )



- 7 Monate Vorhersagen
- 1 Vorhersage/Monat
- Seit Nov. 2011
- Zellengröße ( $1^\circ \times 1^\circ$ )

# I. a) Indexberechnung – Indizes SPI, SPEI

## Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

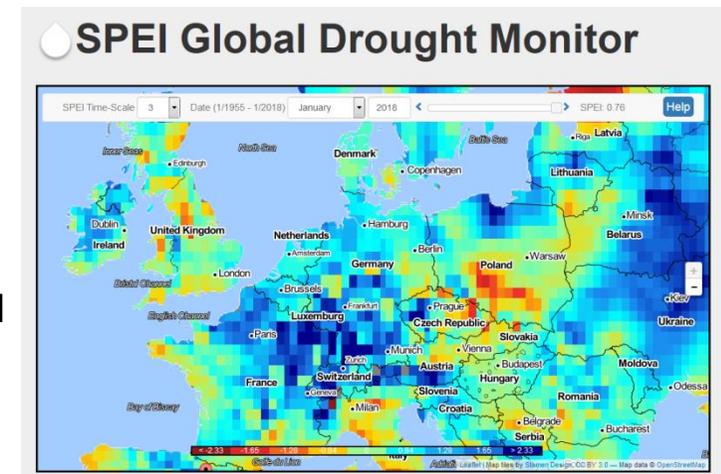
-> Abweichung der Niederschlagsmenge/Wasserbilanz vom langjährigen Mittel

### Stärken

- + Anzeiger für Trockenheit und abnormale Wetterverhältnisse
- + Erfordern wenig Daten als Eingangsgrößen
- + Einsetzbar in nahezu allen Regionen der Erde
- + Empfohlene Aggregationszeiträume von 3-32 bzw. 48 Monaten
- + Rechenaufwand im Verhältnis zu anderen Indizes gering
- + Weltweiter, laufend aktualisierter Datensatz von 1955 bis aktuell frei verfügbar (<http://spei.csic.es>) (SPEI)
- + Kann mit Datenlücken berechnet werden (SPI)
- + Von der WMO empfohlen (SPI)

### Limitierungen

- Niederschlagsmenge wird berücksichtigt, nicht die Intensität
- Lange Bestandsdaten erforderlich (30-50 Jahre)
- Daten dürfen keine Lücken enthalten (SPEI)



# I. a) Indexberechnung – Indizes PDSI, SWSI

## Palmer Drought Severity Index (PDSI), Surface Water Supply Index (SWSI)

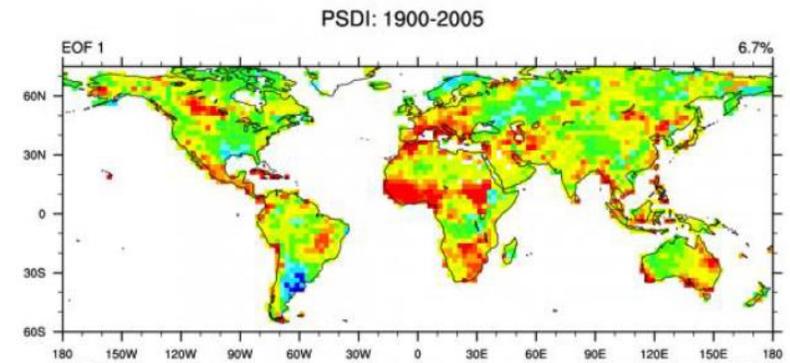
-> Berücksichtigt Niederschlag, Temperatur und Bodenfeuchte (und Wasservorrat)

### Stärken

- + Berücksichtigt sämtliche Wasserressourcen eines Einzugsgebiets
- + Weltweit in Benutzung, relativ robust
- + Effektiv für die Erkennung von langfristigen Trockenperioden

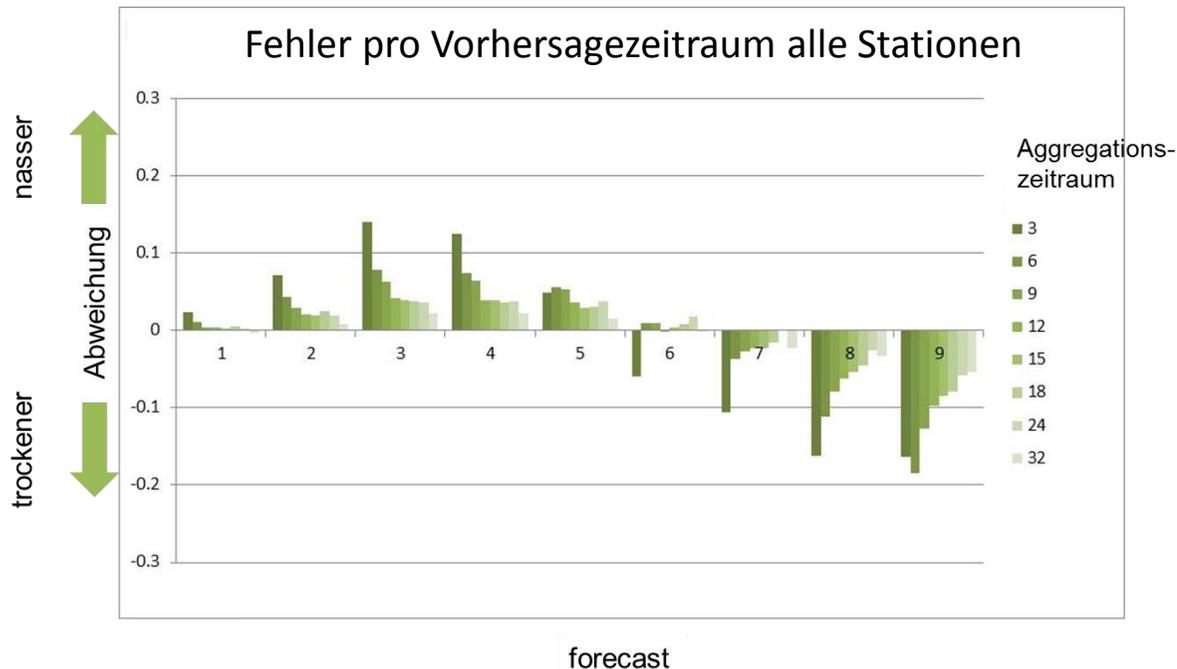
### Limitierungen

- Zeitskala mit 9 bis 12 Monaten festgelegt
- Besitzt eine autoregressive Charakteristik, Indizes können durch die Bedingungen von bis zu vier Jahren zuvor beeinflusst sein (PDSI)
- Algorithmus kann nicht gut mit Schneefall und gefrorenen Böden umgehen (PDSI)
- Nicht über verschiedene Orte vergleichbar
- Lange Bestandsdaten erforderlich (30-50 Jahre) (PDSI)
- Berücksichtigung von Speicherinhalt im Rahmen von Vorhersagen zur Speichersteuerung nicht sinnvoll (SWSI)
- Daten dürfen keine Lücken enthalten (PDSI)



# I. a) Indexberechnung - Biaskorrektur

- Zweigliedriges Verfahren: Kalibrierung + SPI / SPEI / PDSI -Berechnung
- Zwei Methoden Bias-Korrektur getestet: Linear Scaling und Quantile Mapping -> Linear Scaling einfacher anzuwenden, bisher kein signifikanter Unterschied in Ergebnissen festgestellt

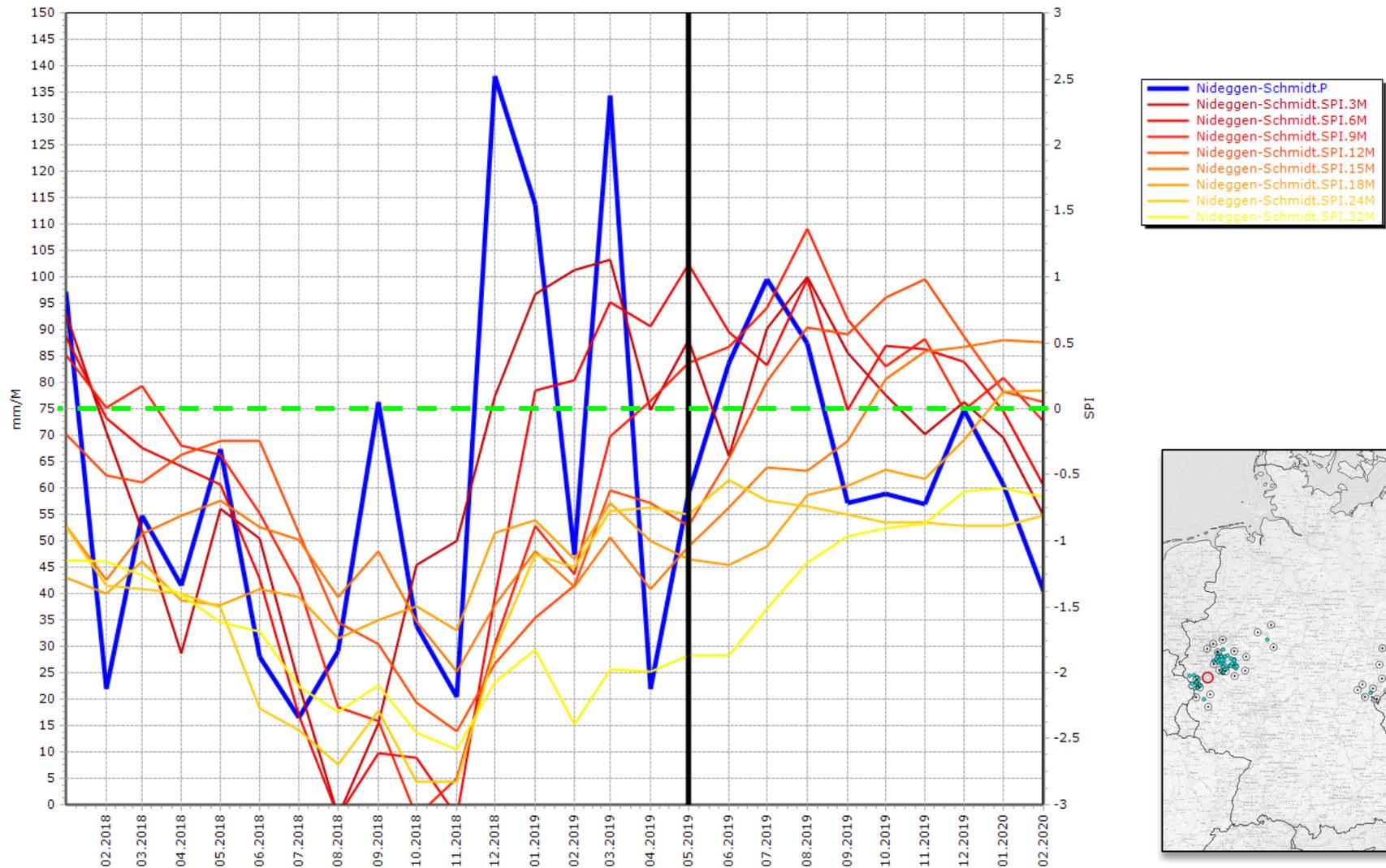


- Lange Aggregationszeiträume / kurzer Vorhersagezeitraum = bessere Vorhersage
- In der Vorhersage für Monat 1-5 tendenziell Überschätzung
- In der Vorhersage für Monat 6-9 tendenziell Unterschätzung
- Innerjährlicheres Muster über alle Stationen erkennbar



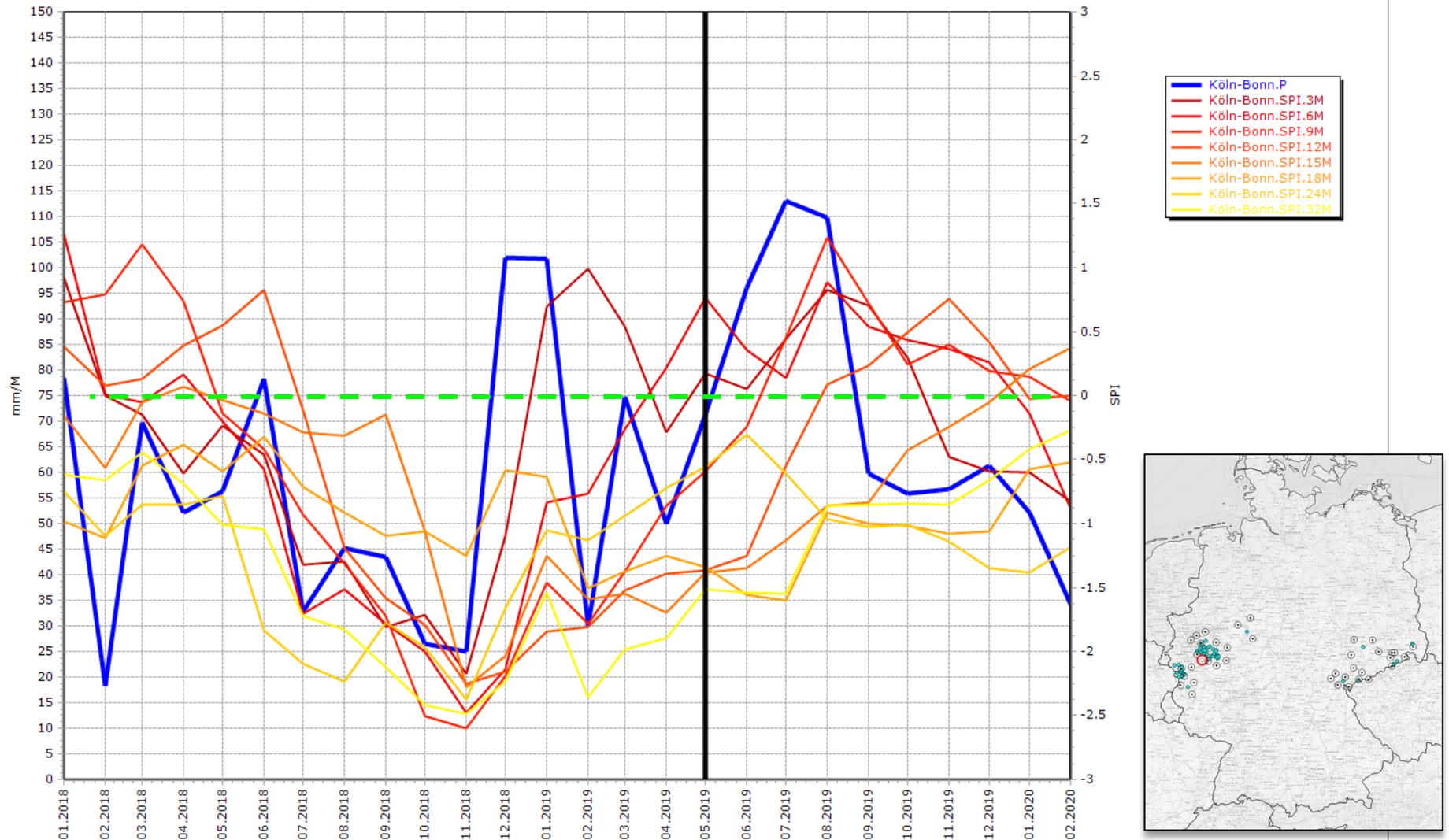
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse - Beispiel SPI

Mesdaten bis 05/2019, danach mit NOAA-Vorhersage von 05/2019



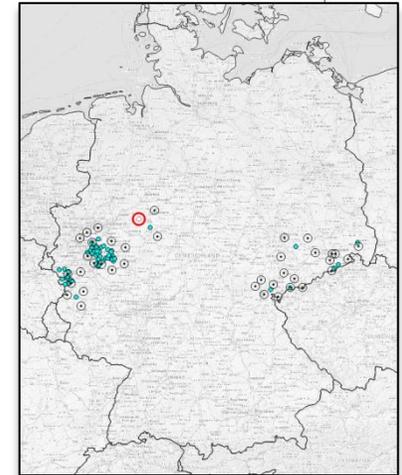
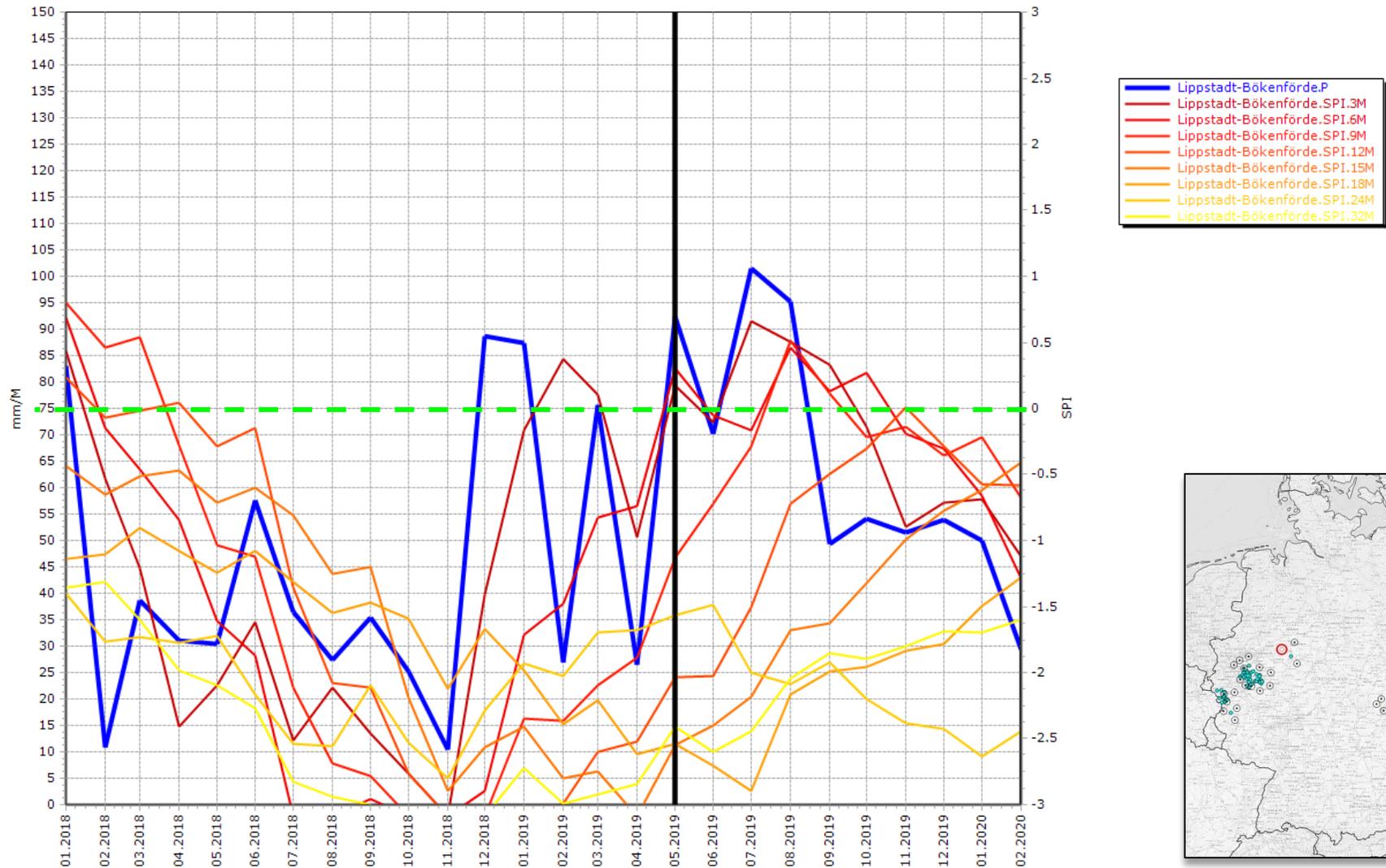
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – Beispiel SPI

Mesdaten bis 05/2019, danach mit NOAA-Vorhersage von 05/2019



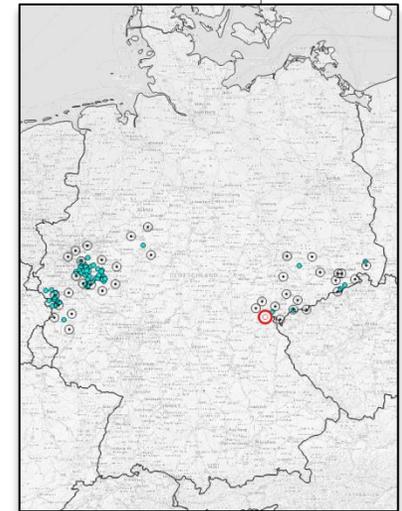
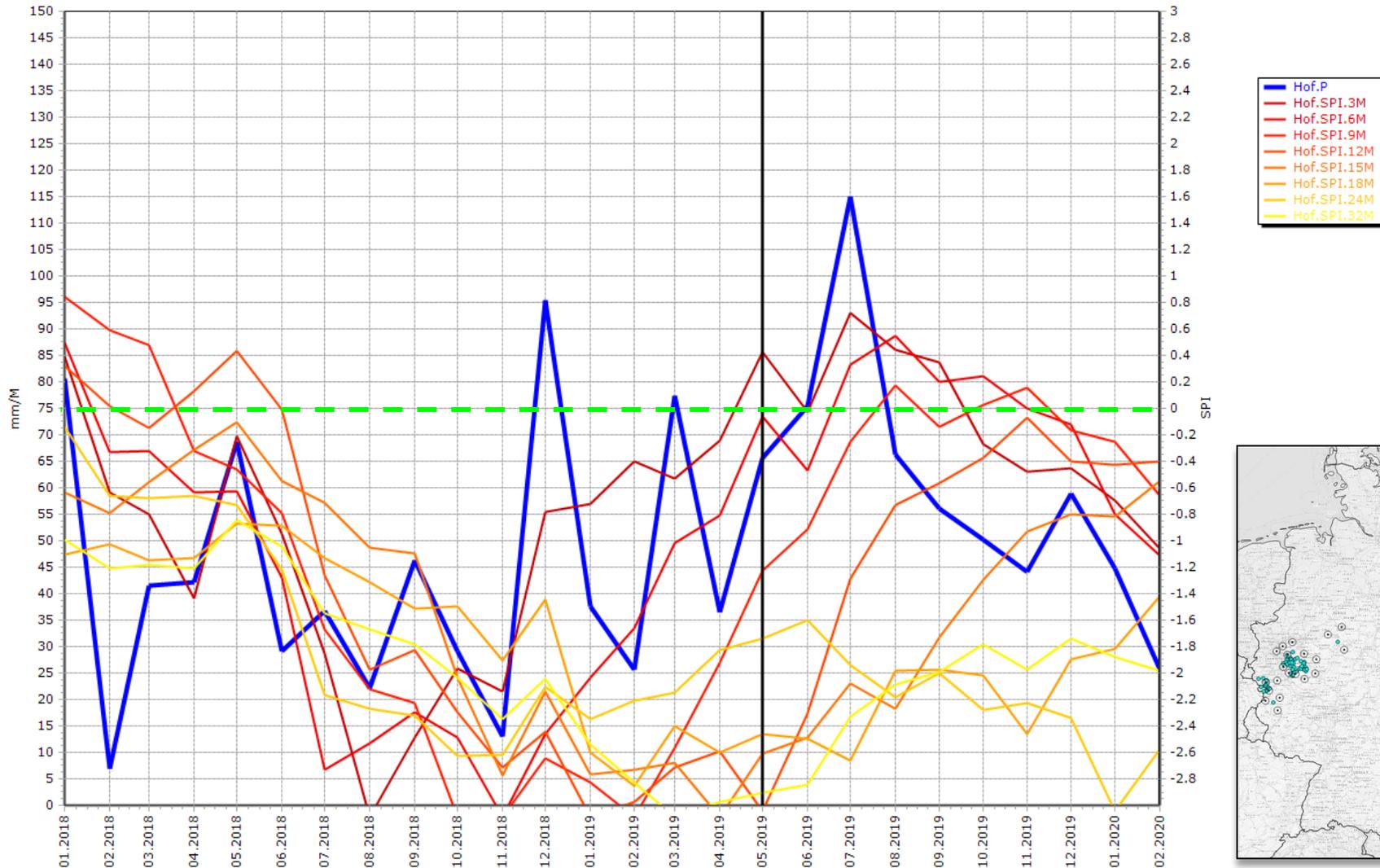
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – Beispiel SPI

Mesdaten bis 05/2019, danach mit NOAA-Vorhersage von 05/2019



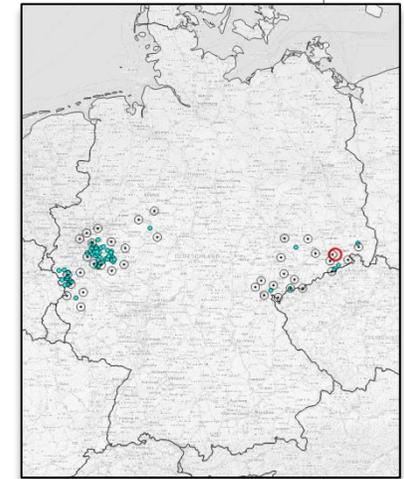
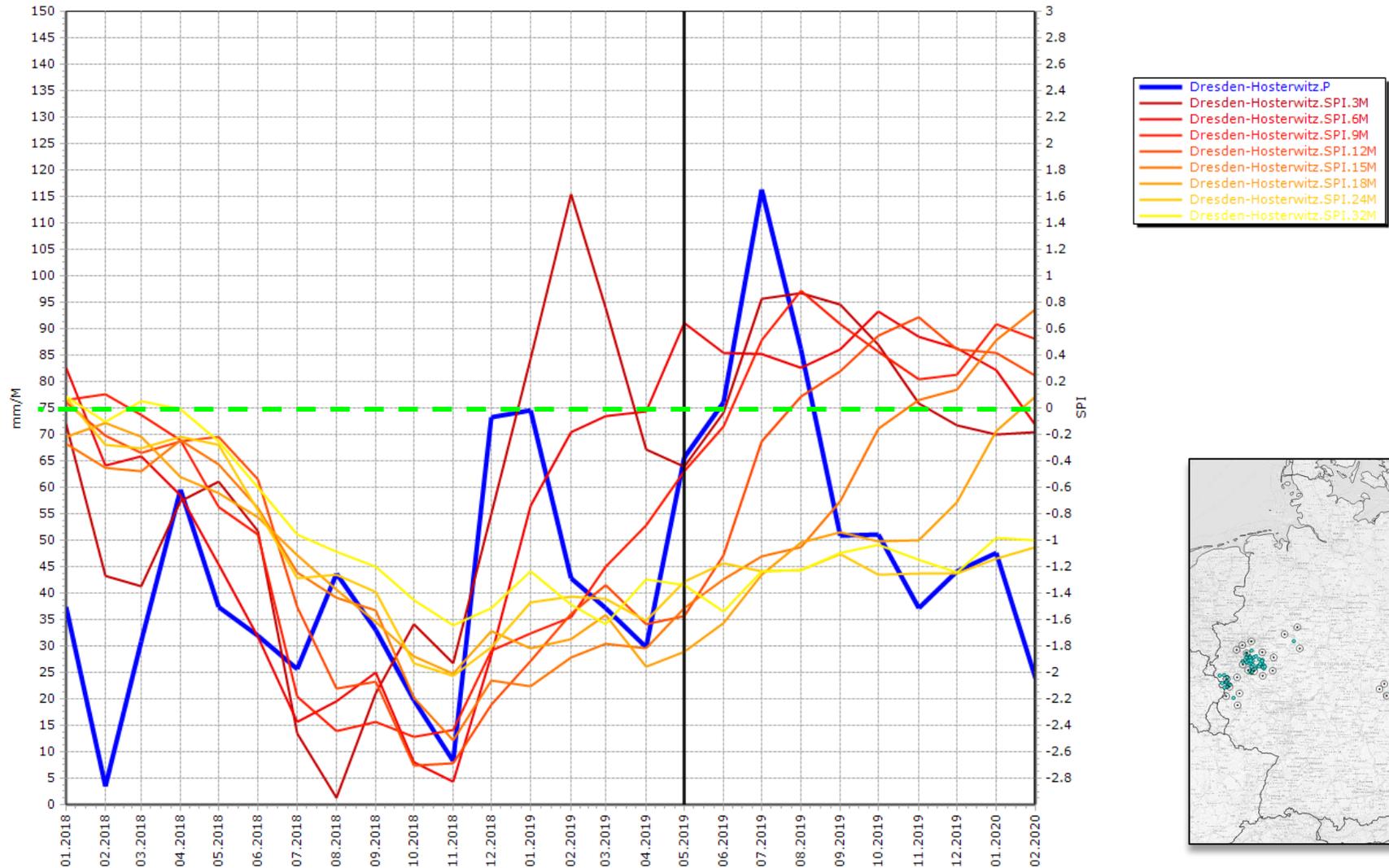
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – Beispiel SPI

Mesdaten bis 05/2019, danach mit NOAA-Vorhersage von 05/2019

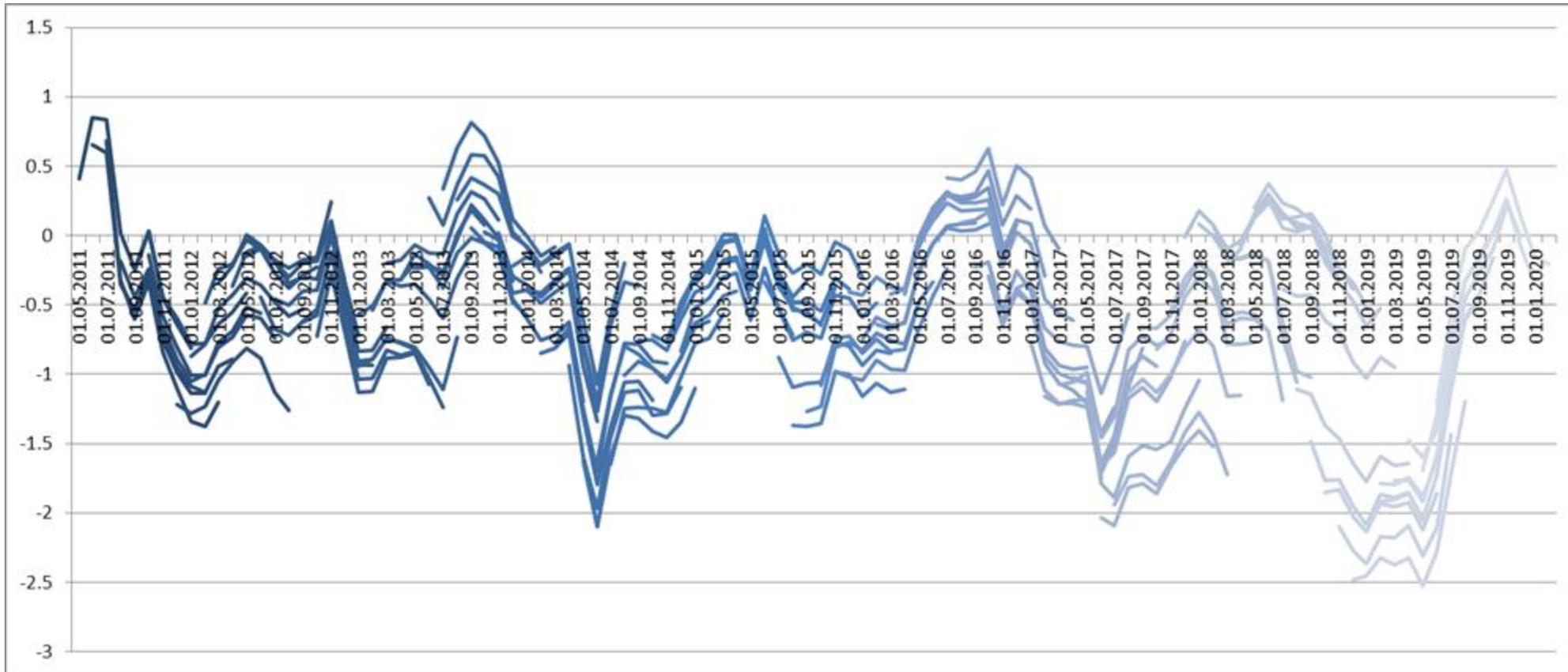


# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – Beispiel SPI

Mesdaten bis 05/2019, danach mit NOAA-Vorhersage von 05/2019



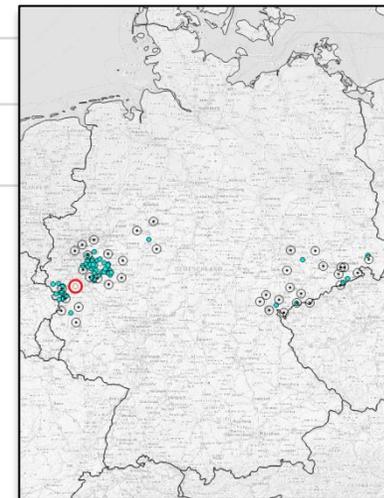
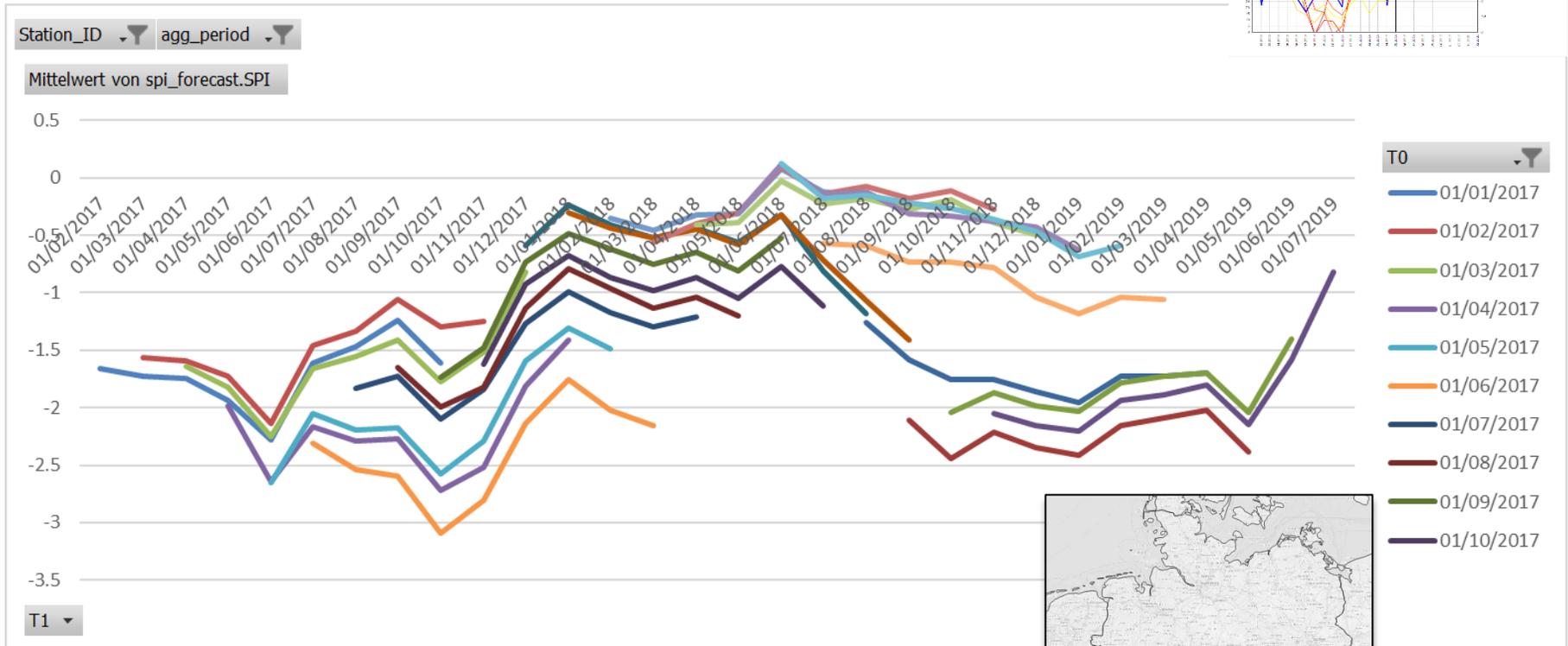
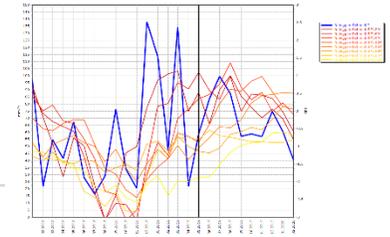
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI alle DWD-Stationen



Alle SPI-Vorhersagen über die Zeit (gemittelte Werte von den aktuell verarbeiteten DWD-Stationen), Aggregationsperiode 12 Monate

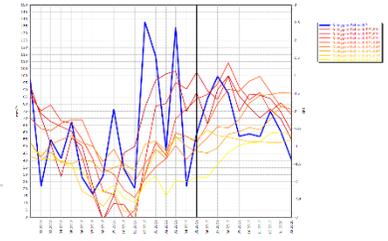
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

12m Nideggen-Schmidt (3591)



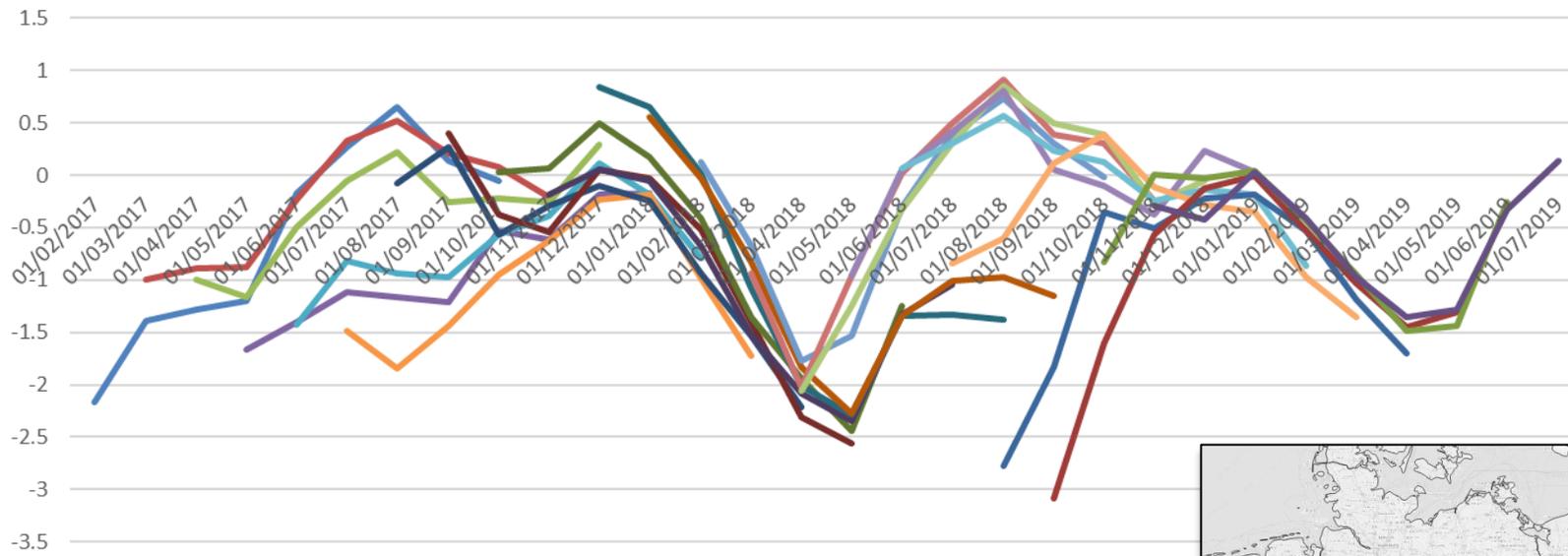
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

3m Nideggen-Schmidt (3591)



Station\_ID ▼ agg\_period ▼

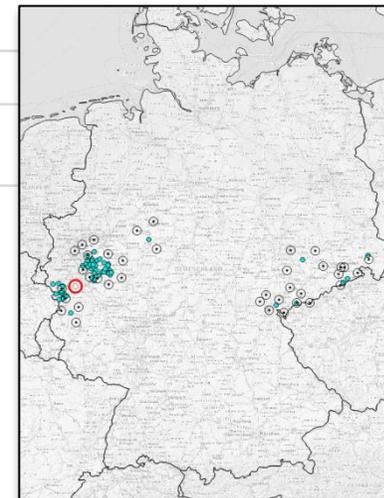
Mittelwert von spi\_forecast.SPI



T0 ▼

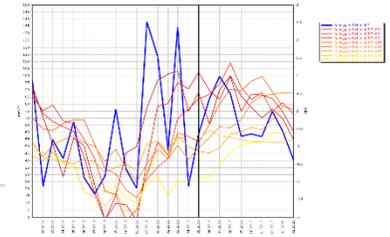
- 01/01/2017
- 01/02/2017
- 01/03/2017
- 01/04/2017
- 01/05/2017
- 01/06/2017
- 01/07/2017
- 01/08/2017
- 01/09/2017
- 01/10/2017

T1 ▼



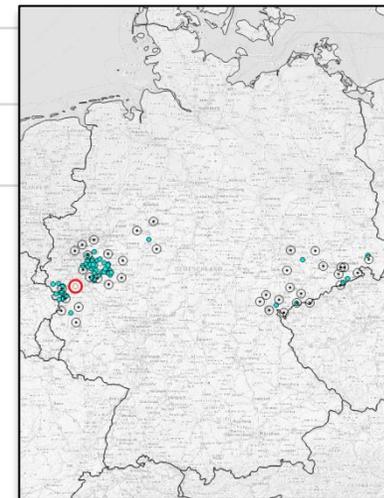
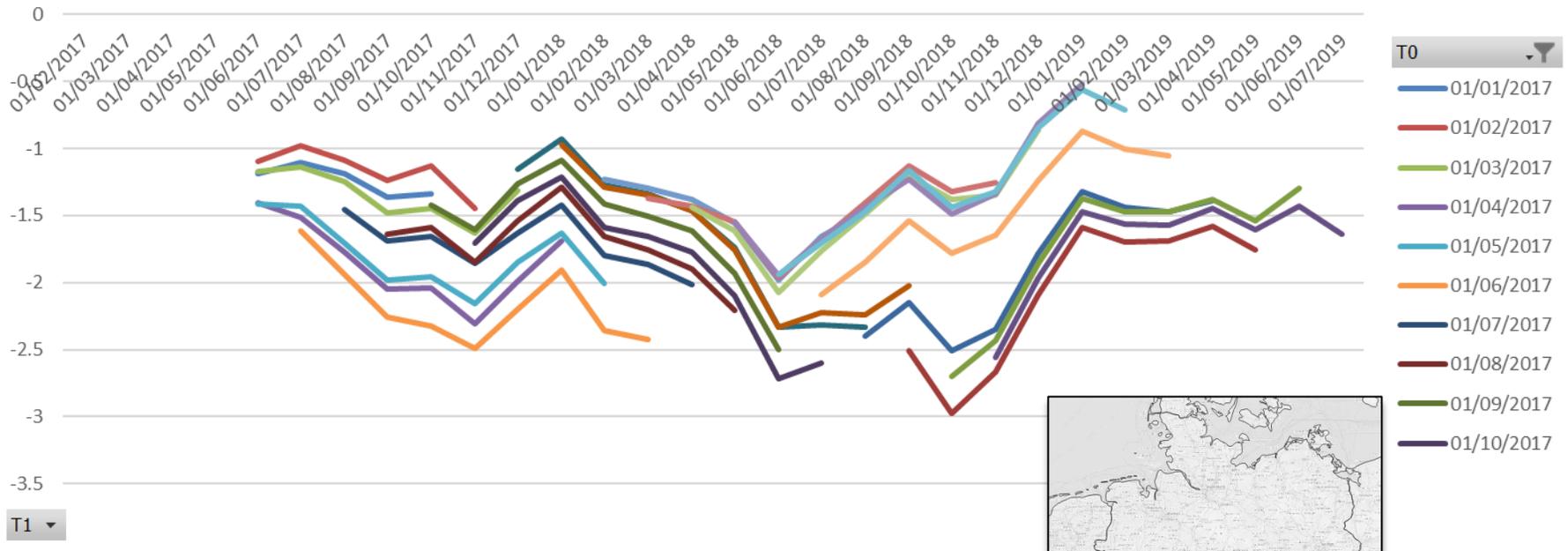
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

24m Nideggen-Schmidt (3591)



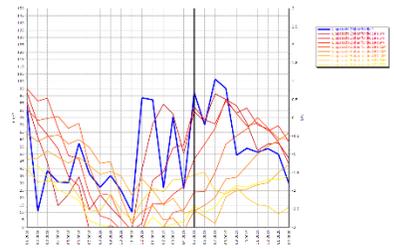
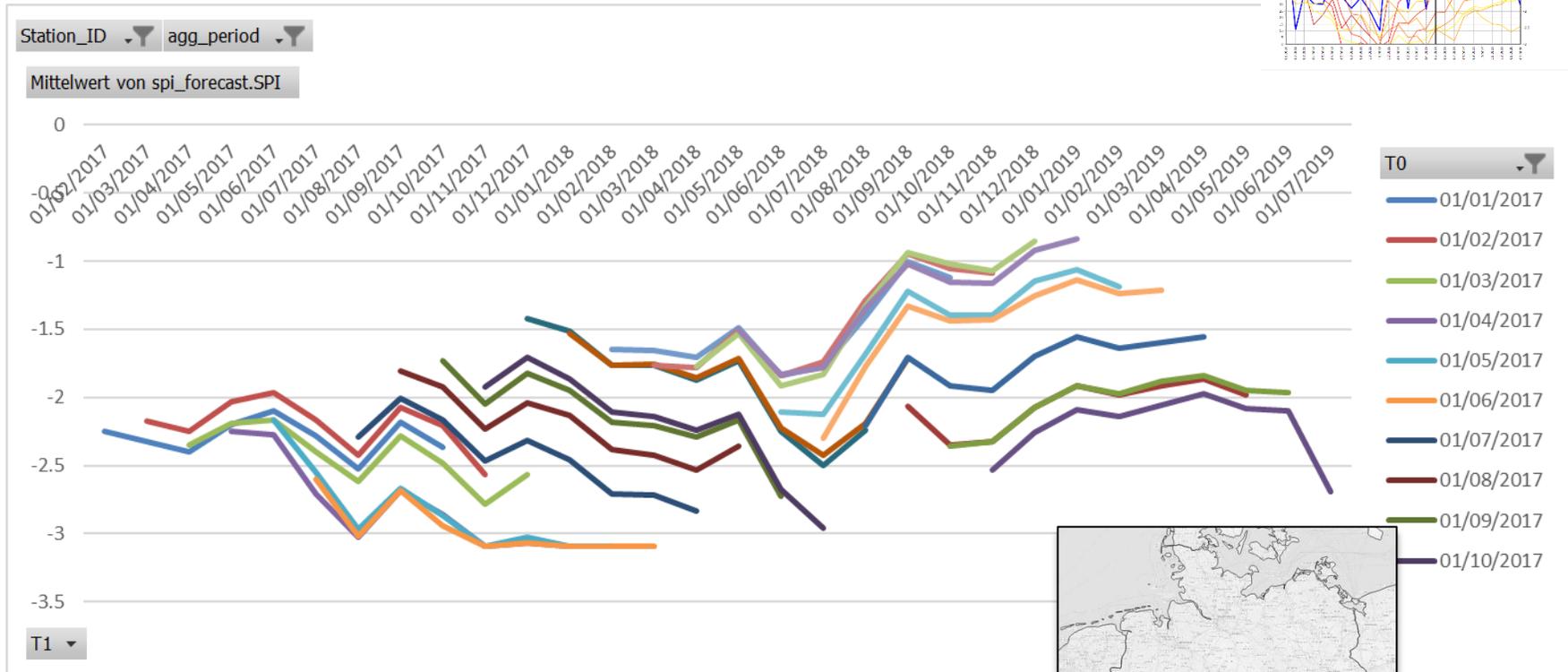
Station\_ID ▼ agg\_period ▼

Mittelwert von spi\_forecast.SPI



# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

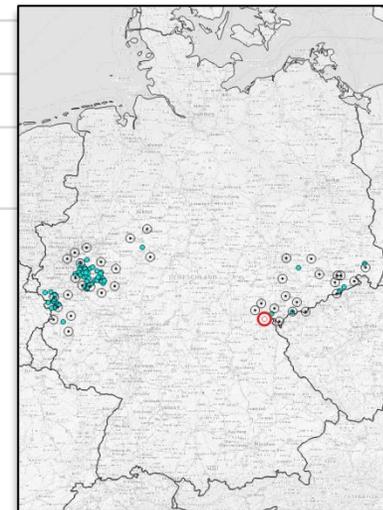
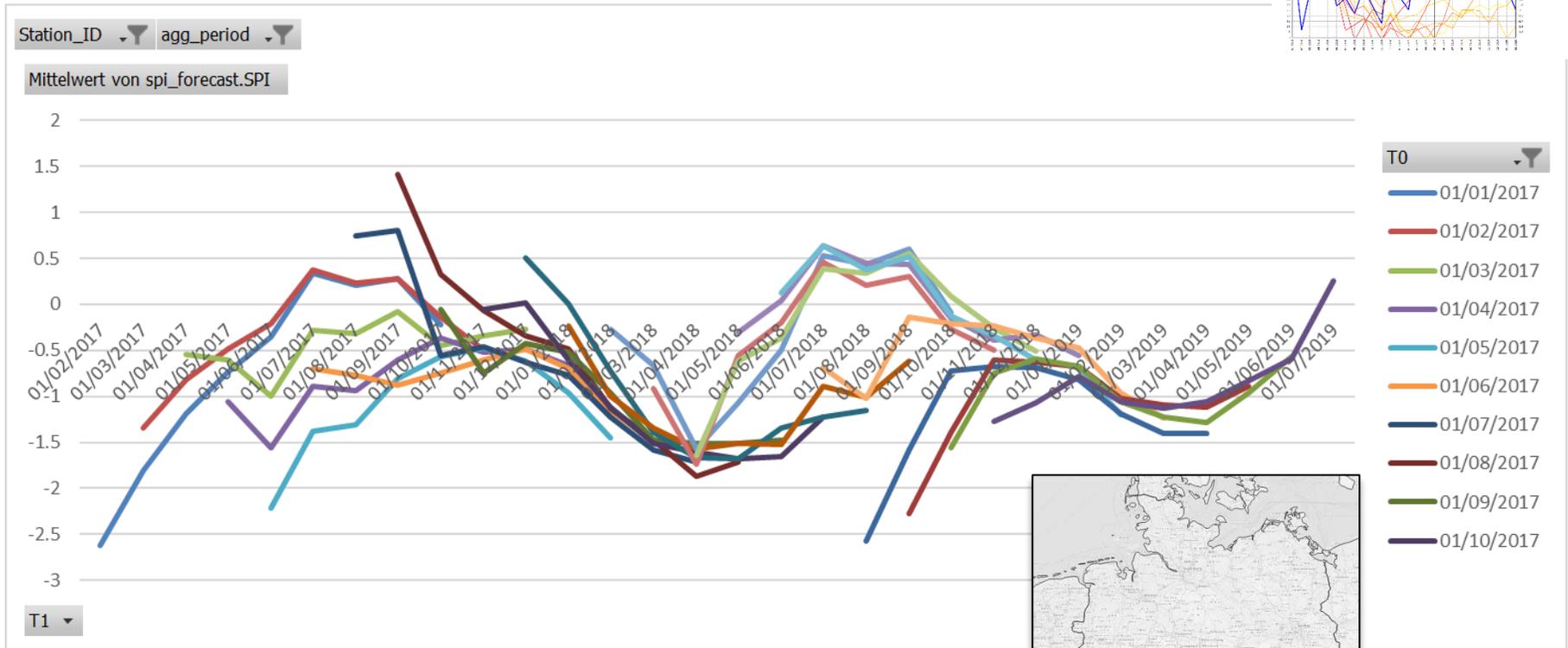
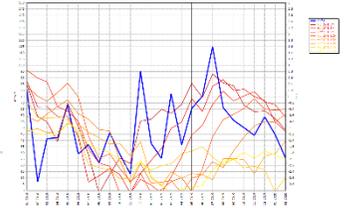
24m Lippstadt Bökenförde 3031



# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

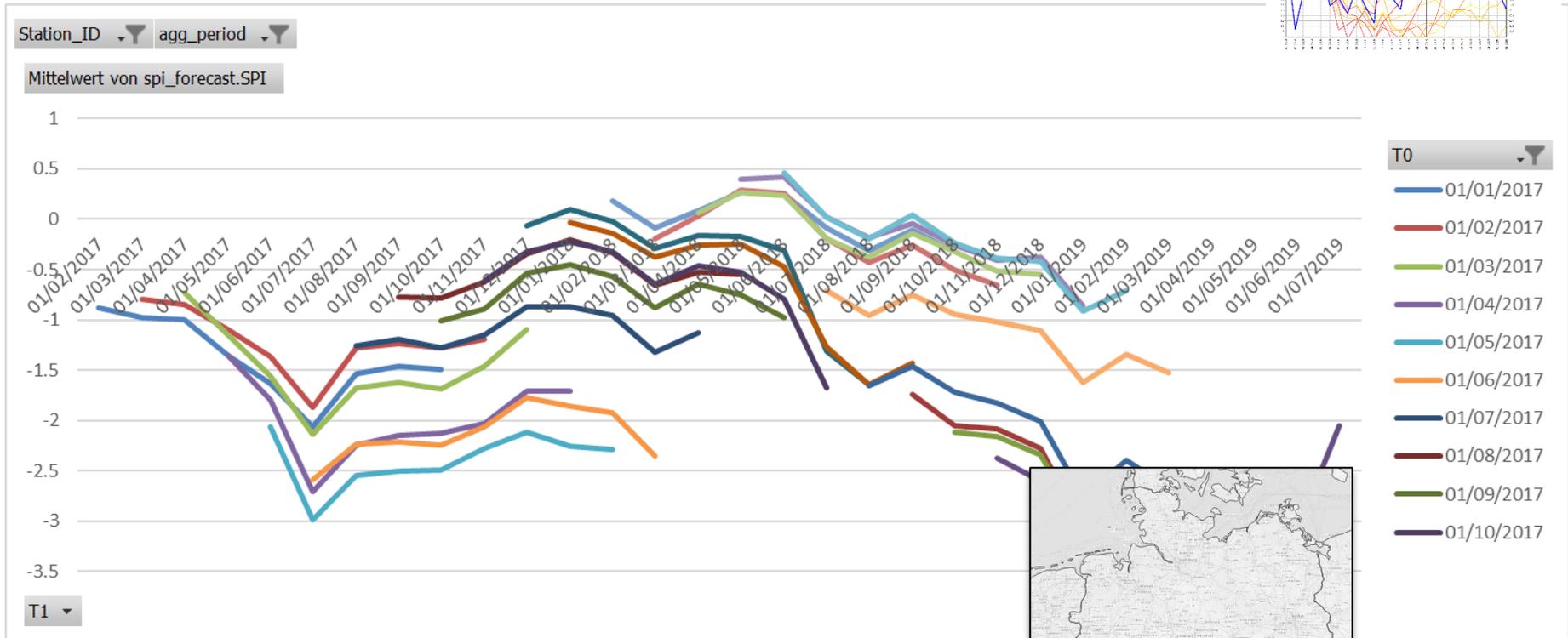
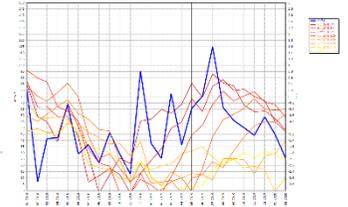
3m

Hof 2261



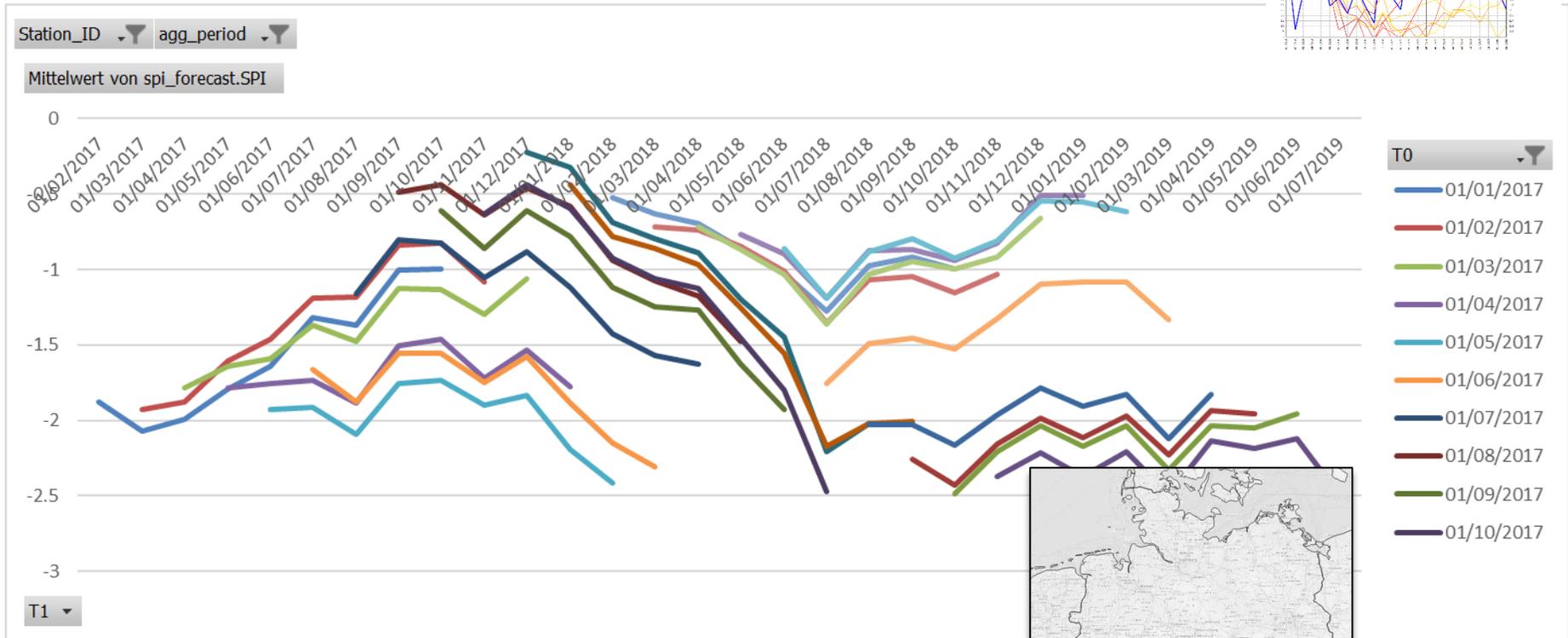
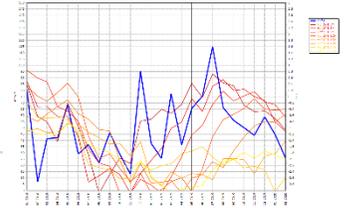
# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

12m Hof 2261



# I. a) Indexberechnung: Ergebnisse – SPI ausgewählte DWD-Stationen

24m Hof 2261



## I. a) Fazit Indexberechnung

---

- ECMWF Prognosen sind etwas besser als NOAA
- SPI oder SPEI muss individuell getestet werden, PDSI war immer deutlich schwächer
- Prognosen bis zu 5 Monaten sind mit einer hohen Trefferquote möglich
- Stationsdichte zur Ableitung des Index scheint wichtig zu sein
- Für jede Station muss eine Einzelbetrachtung (z.B. Aggregationszeitraum) unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten durchgeführt werden

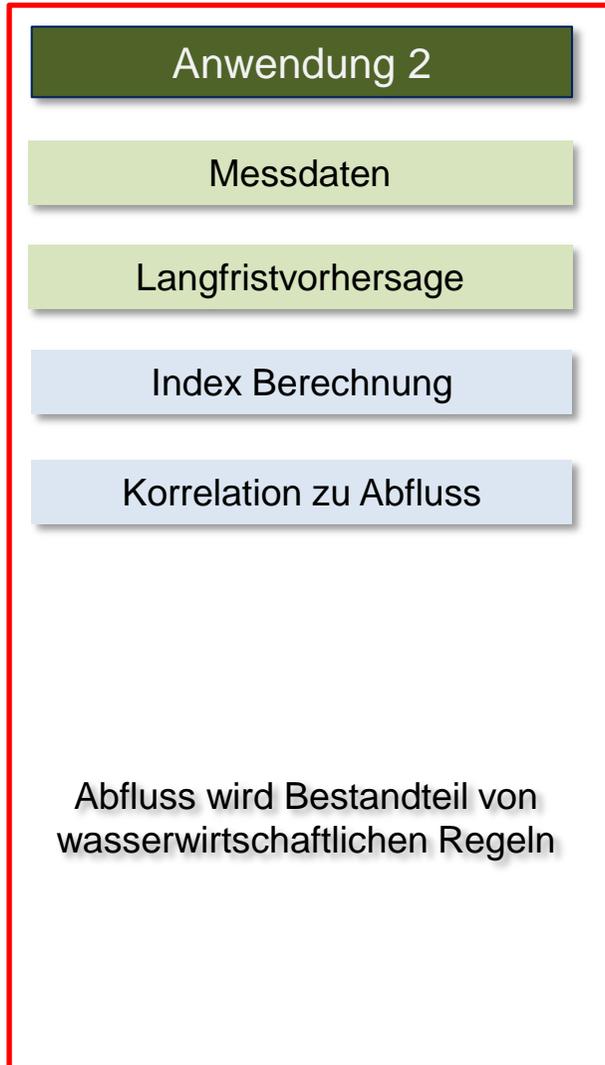
# I. c) Abflussprojektionen

## TASK Ausblick 1

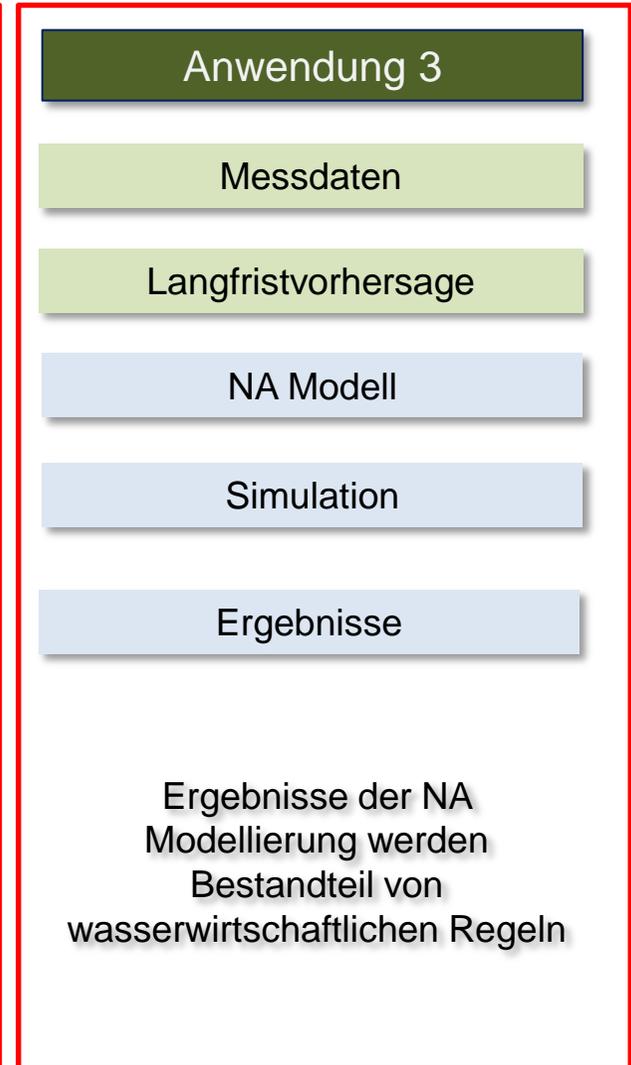
## TASK Ausblick 2



Index wird Bestandteil von wasserwirtschaftlichen Regeln



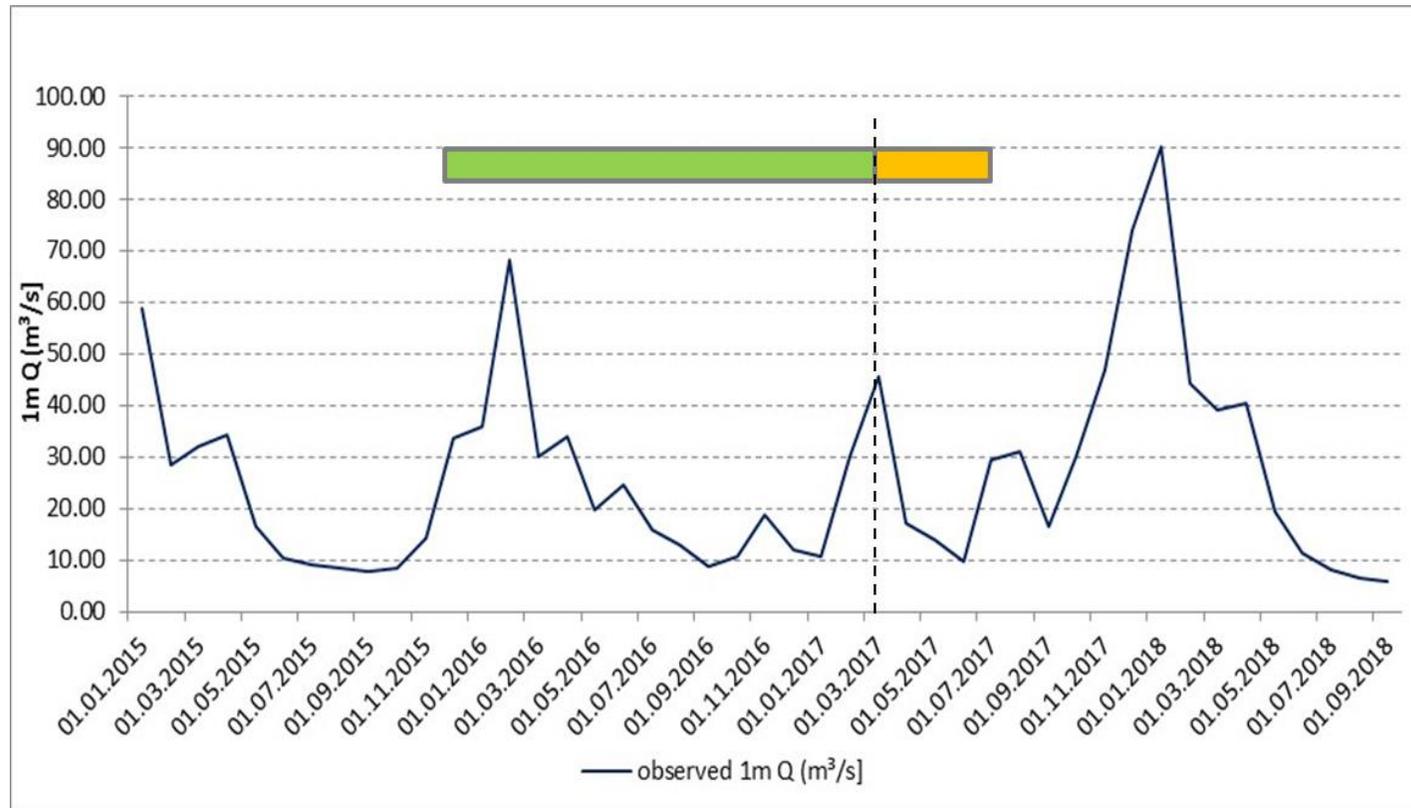
Abfluss wird Bestandteil von wasserwirtschaftlichen Regeln



Ergebnisse der NA Modellierung werden Bestandteil von wasserwirtschaftlichen Regeln

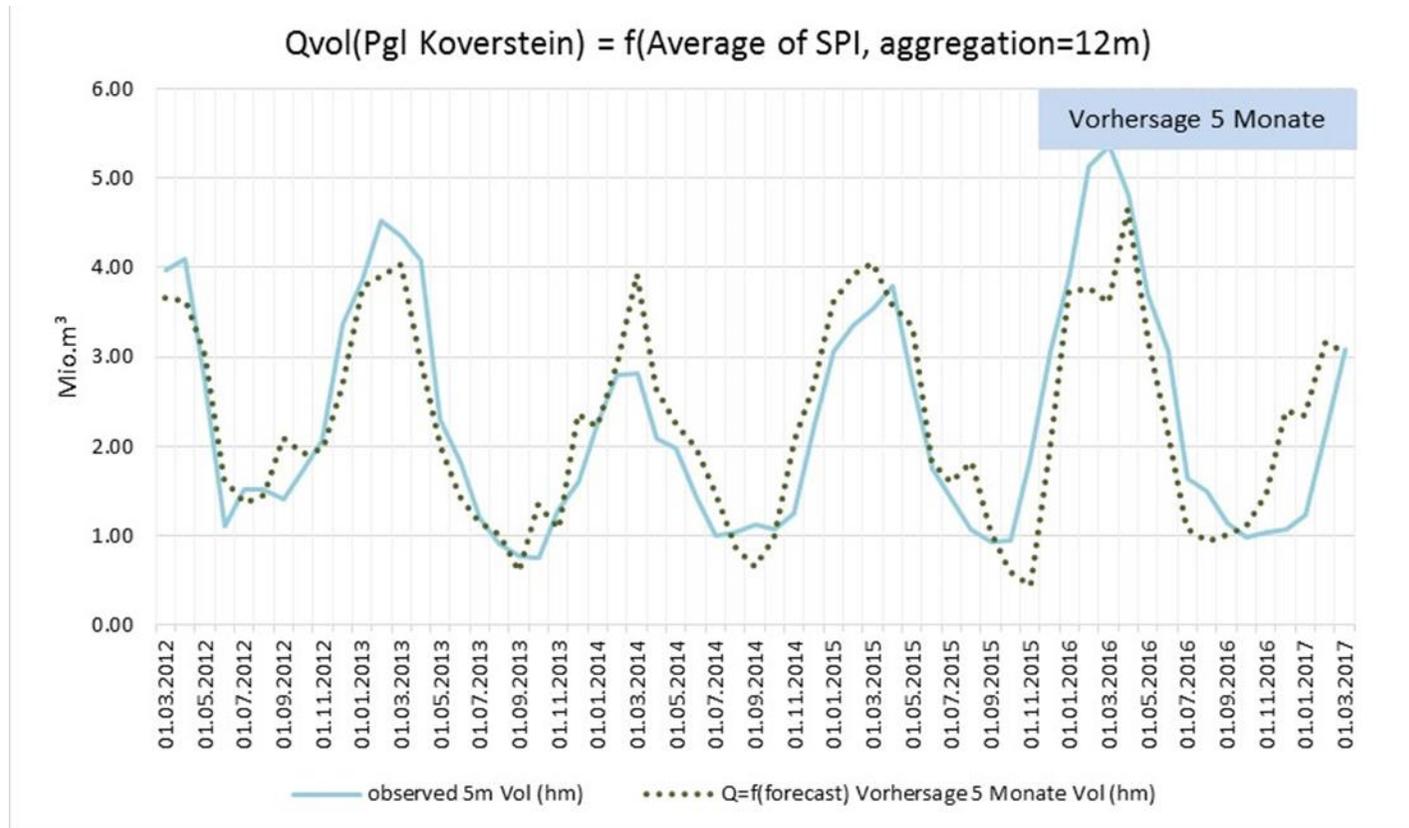
# I. c) Abflussprojektionen

Korrelation Index (SPI, SPEI) zu Abflussvolumen (aggregiert über einen Zeitraum)



# I. c) Abflussprojektionen – Bsp. Pegel Koverstein

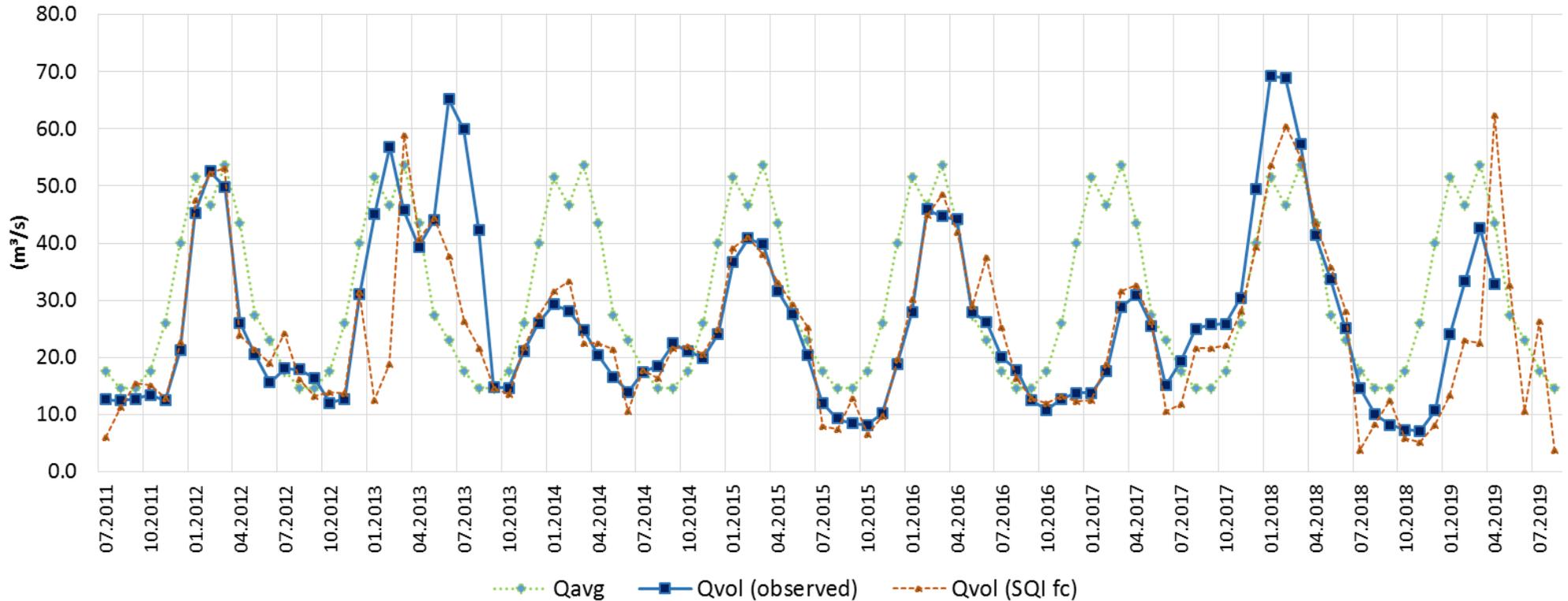
## Beste Vorhersage des Abflussvolumens (5 Monate)



Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, < 50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen  
Stationsdichte: ≈ 10 km<sup>2</sup> / Station

# I. c) Abflussprojektionen – Bsp. Pgl. Gerstungen

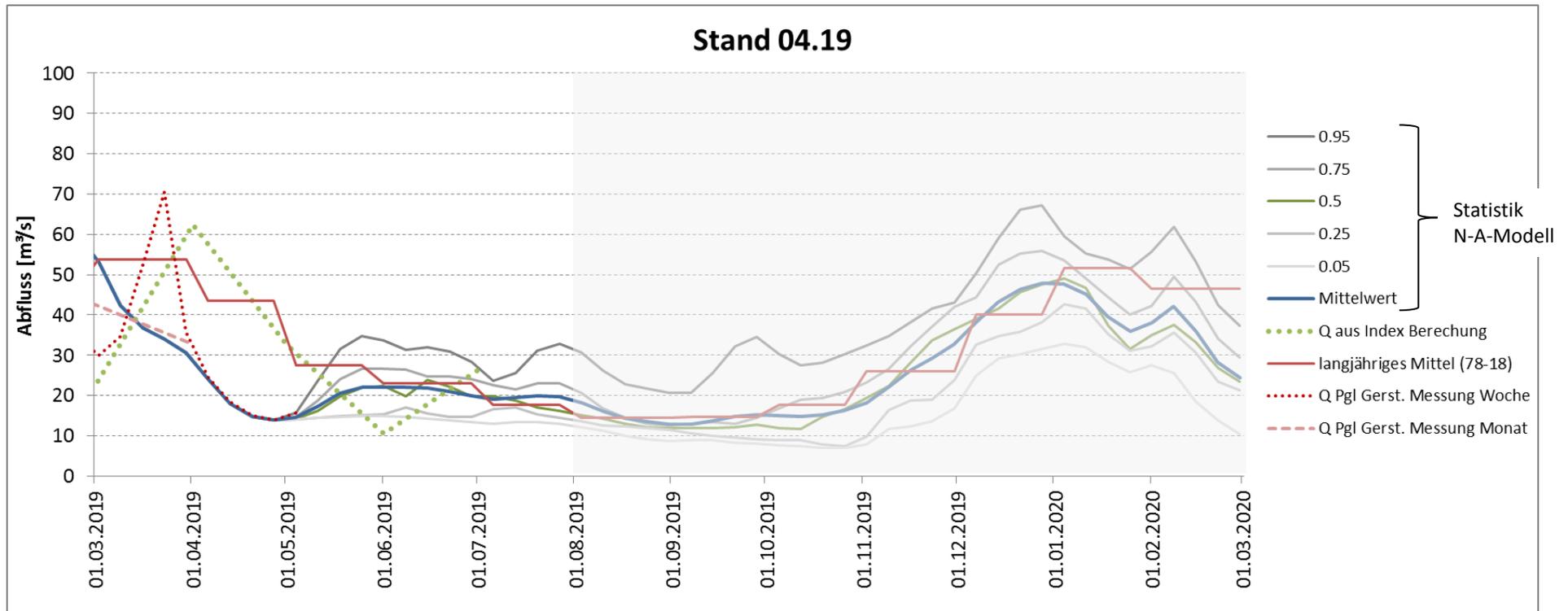
Abflussvolumen =  $f(\text{SPI} + \text{Vorhersage})$



- Berechnung des SPI
- Ermittlung der Beziehung zwischen SPI und SQI
- Ermittlung Abflussvolumen aus SQI

# I. c) Abflussprojektionen – Bsp. Pgl. Gerstungen

$$\text{Abflussvolumen} = f(\text{SPI} + \text{Vorhersage})$$



- Berechnung des SPI
- Ermittlung der Beziehung zwischen SPI und SQI
- Ermittlung Abflussvolumen aus SQI
- Zusätzliche Ermittlung aus N-A Modell

## I. c) Abflussprojektionen

---

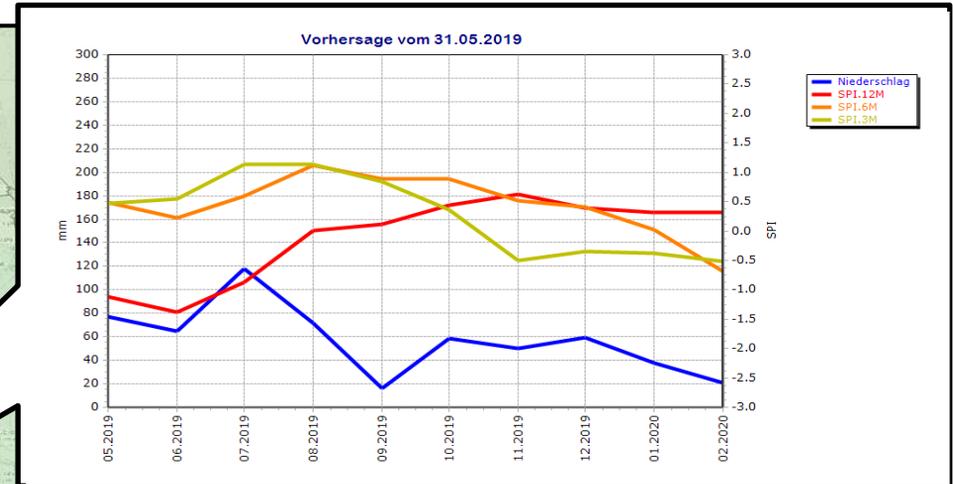
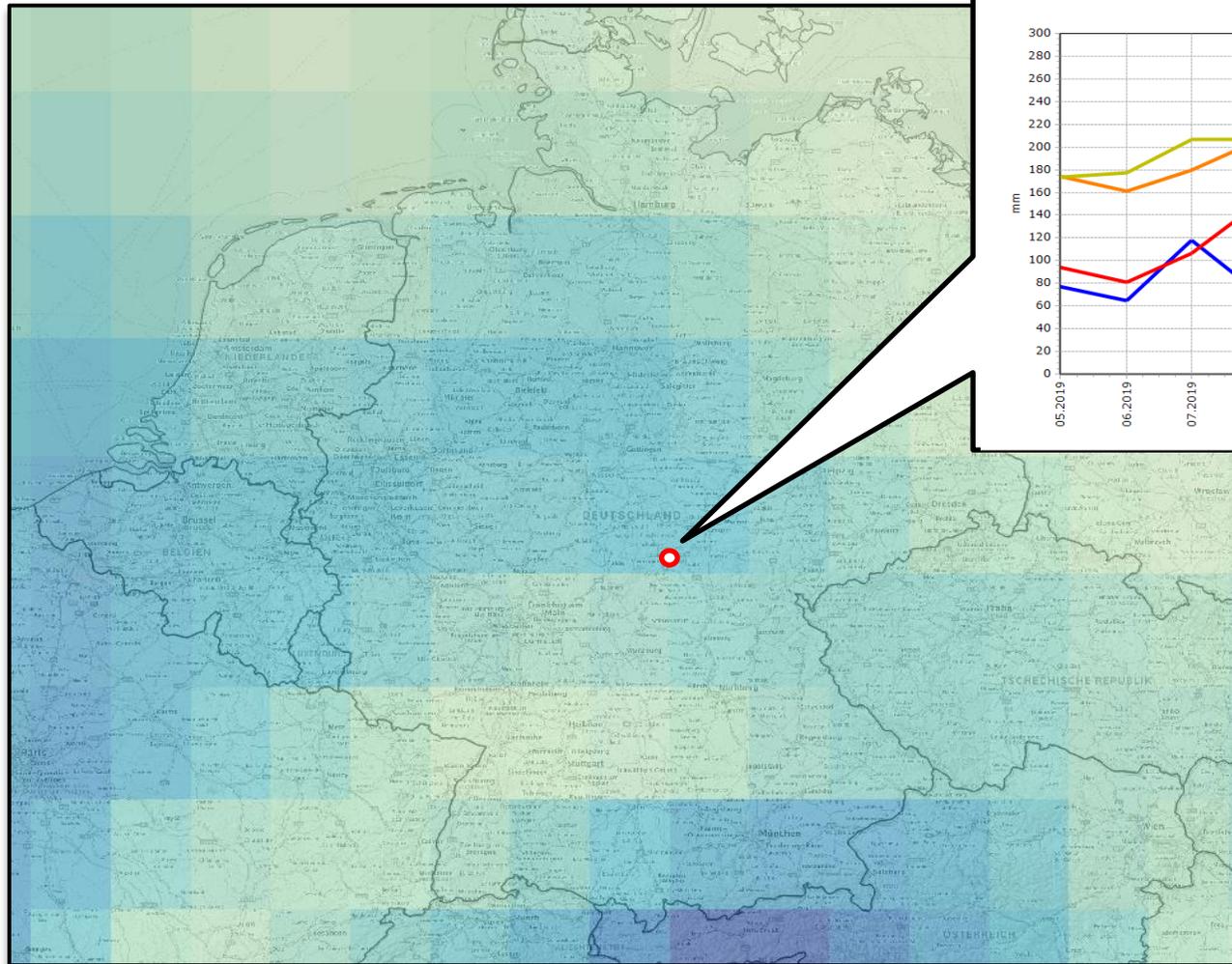
- Gute Stationsdichte wichtig
- Jedes Einzugsgebiet (Pegel) muss individuell geprüft werden, welcher Aggregationszeitraum beste Ergebnisse liefert
- Lernender Algorithmus (wird besser mit zunehmender Länge der Zeiten mit Vorhersagen)
- Fehler in der Berechnung des Abflussvolumens aus dem Index können durch operatives Wasserbilanzmodell eingeschränkt werden

# I. d) Webportal zur saisonalen Vorhersage

---

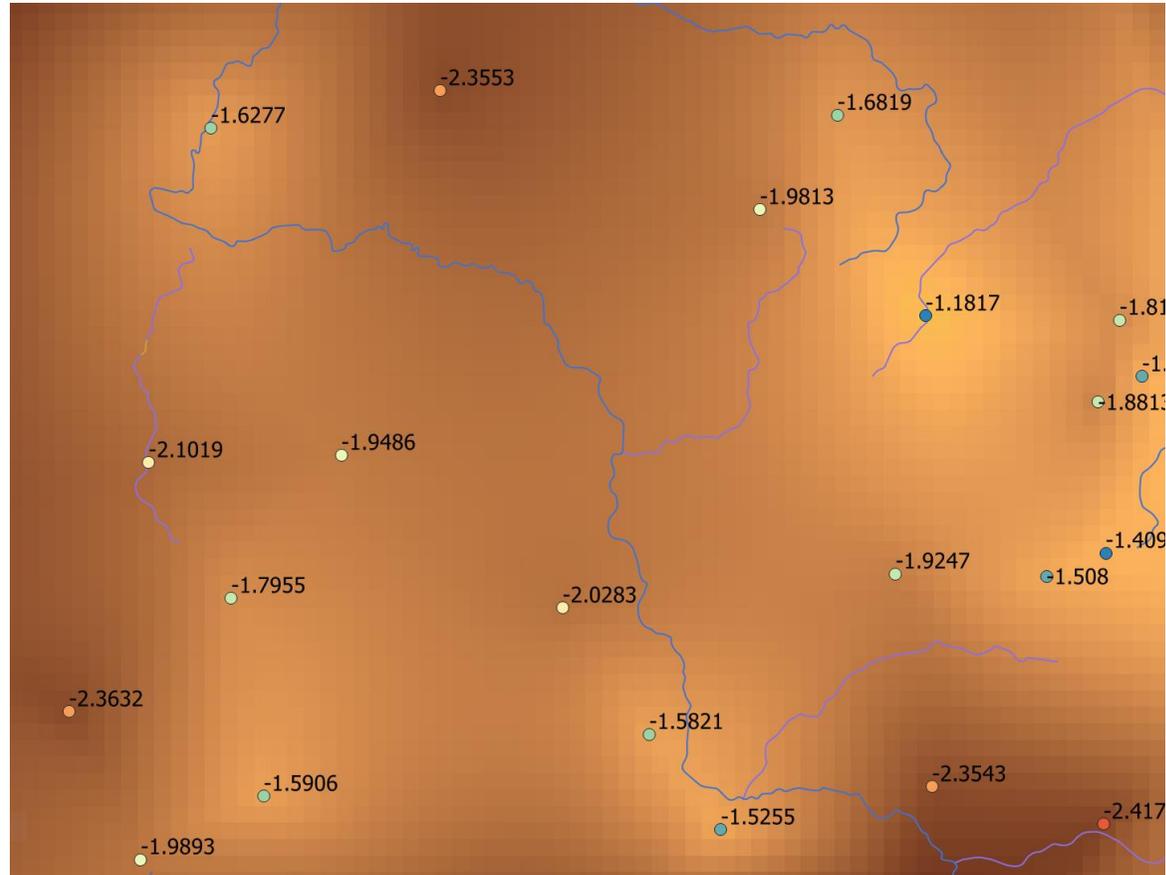
- Planung: Webportal zur Langfristvorhersage
- Login für Benutzer, um ihre Ergebnisse für ihr Gebiet abgreifen zu können
- Kalibrierungsphase erforderlich (Stichwort: Biaskorrektur, Aggregation)
- Einmalige Erstinvestition für den Aufbau erforderlich
- Anschließend jährliche Servicegebühr für die Benutzer
- Nur ein Server, der operationell betrieben werden muss
- Mögliche Inhalte:
  - Aussagen zu Indizes, Warnstufen
  - Abfluss an bestimmten Stellen (Pegel, Zufluss Talsperre)
  - punktuell und in der Fläche

# I. d) Webportal zur saisonalen Vorhersage – Beispiel



Bsp. SPI/SPEI Anzeige /  
Download für  
verschiedene  
Standorte – flächig  
und punktuell

# I. d) Webportal zur saisonalen Vorhersage – Beispiel



### III. Sonstiges – TASK2 Forschungsvorhaben

- Einreichung Antrag zum 15.06., Förderprogramm Anpassung an den Klimawandel, BMU
- Frühester Projektbeginn 01.09.2019, geplante Laufzeit 3 Jahre
- Partner: Thüringer Fernwasserversorgung und Stadt Erfurt
- Thema: Operativer Einsatz saisonaler hydro-meteorologischer Vorhersagen mit Wasserbilanz- und Bodenwasserhaushaltsmodellierung zur Anpassung an Trockenheit durch den Klimawandel - TASK2

Im Auftrag des:



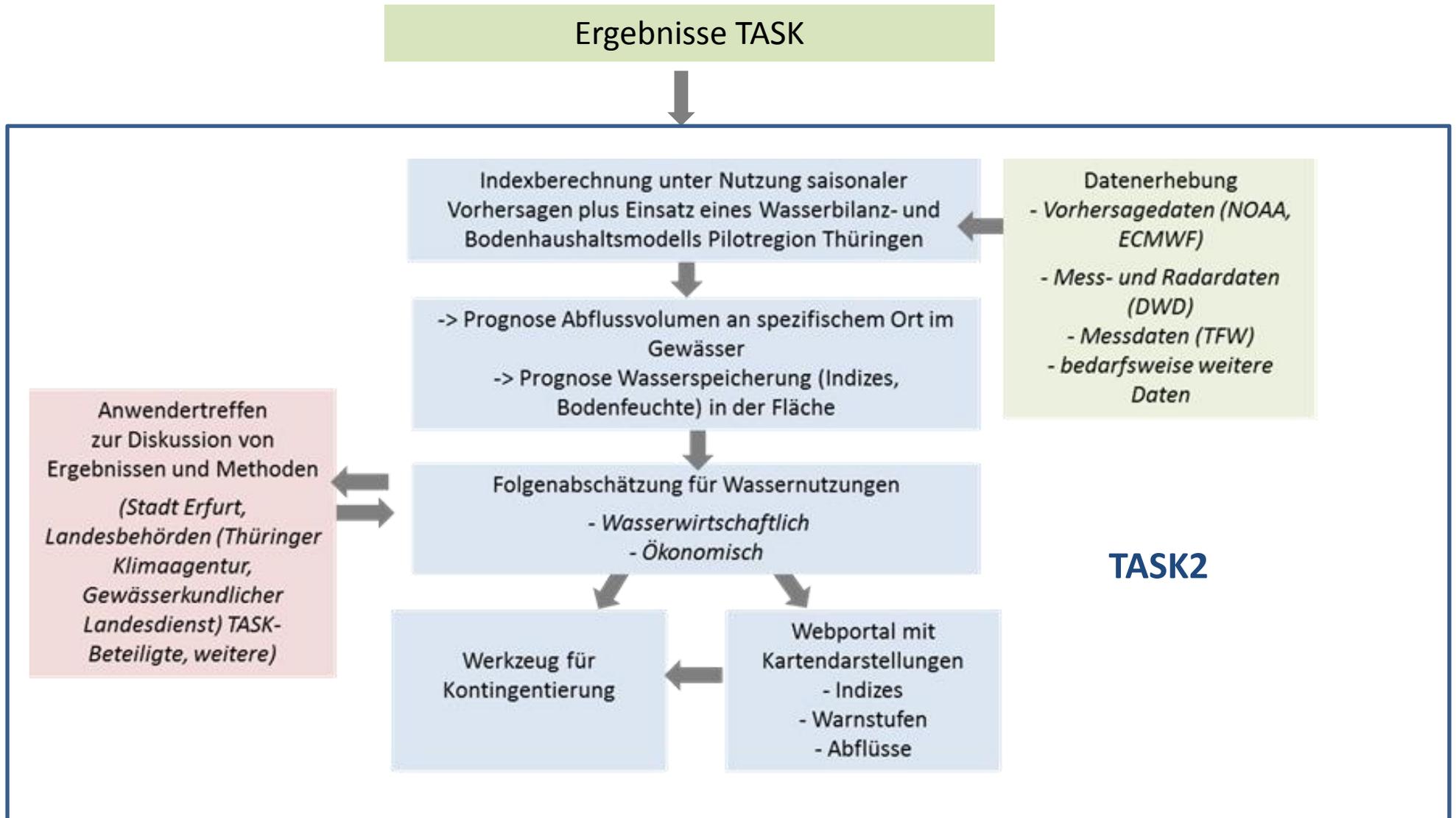
Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



Thüringer  
Fernwasserversorgung  
Mehr als reines Wasser



### III. Sonstiges – TASK2 Forschungsvorhaben



---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit