

# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

**4. Projekttreffen – Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  
12. November 2018**

**Einführung**



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

Erstmals verlässliche Drei-Monats-Prognosen für Winter in Europa möglich ...

Großer Qualitätssprung durch Telekonnektionen ...

Teleconnections sind bestimmte Regionen rund um den Globus verstreut, die eine deutliche Verbindung zum mittleren Wetter einer anderen Region der Erde haben.

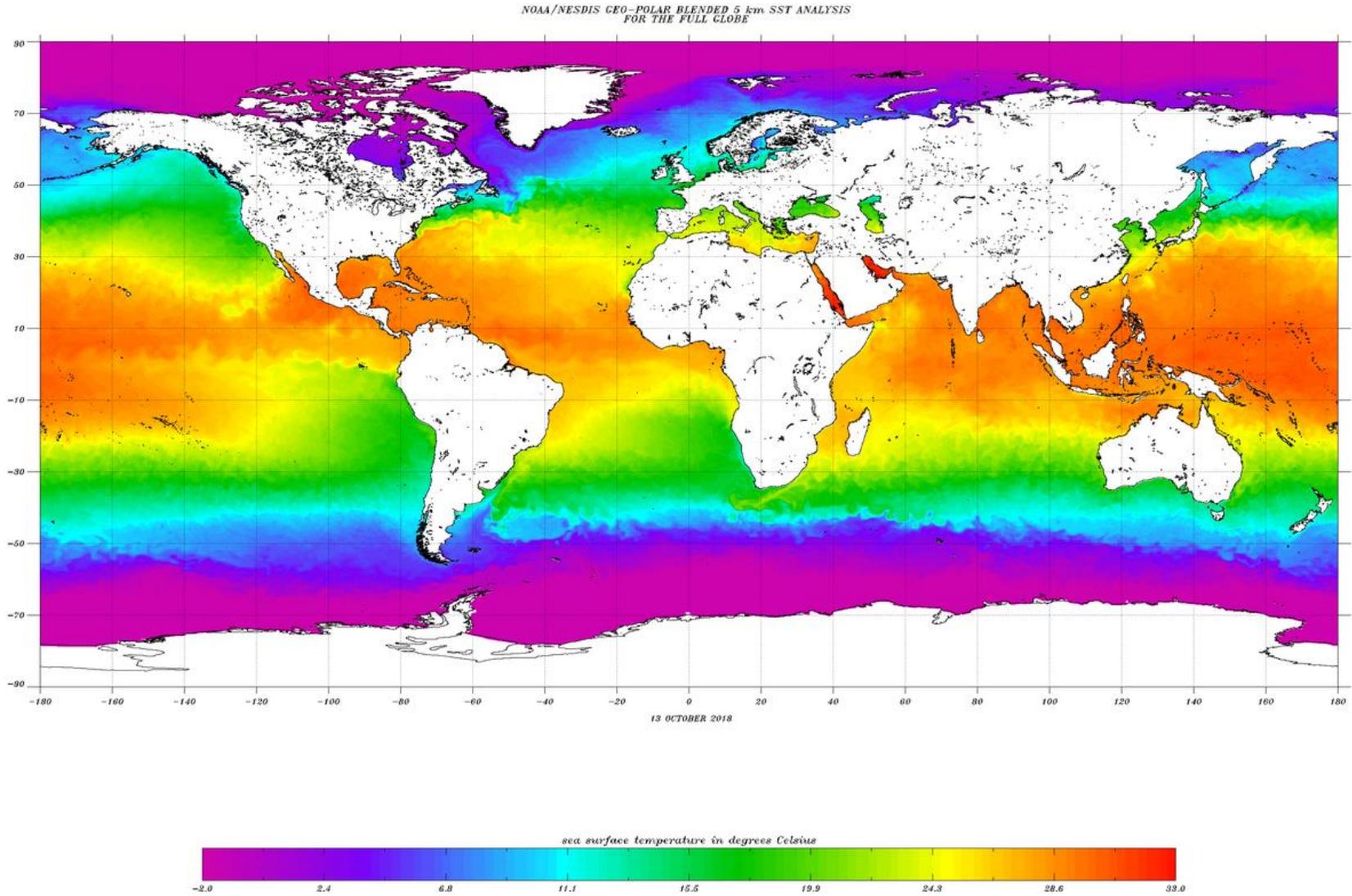
So beeinflusst zum Beispiel die Schneedicke in Sibirien im Oktober den kommenden Winter in Europa, ebenso wie der Nordatlantische Ozean oder höhere Luftschichten über der Arktis.

Telekonnektionen sind schwer zu identifizieren und verändern sich noch dazu im Laufe der Zeit. Einbezogen in Drei-Monats-Vorhersagen können sie diese aber offenbar viel genauer machen – und sind damit potenziell als neues Werkzeug für bessere Prognosen weltweit geeignet ...

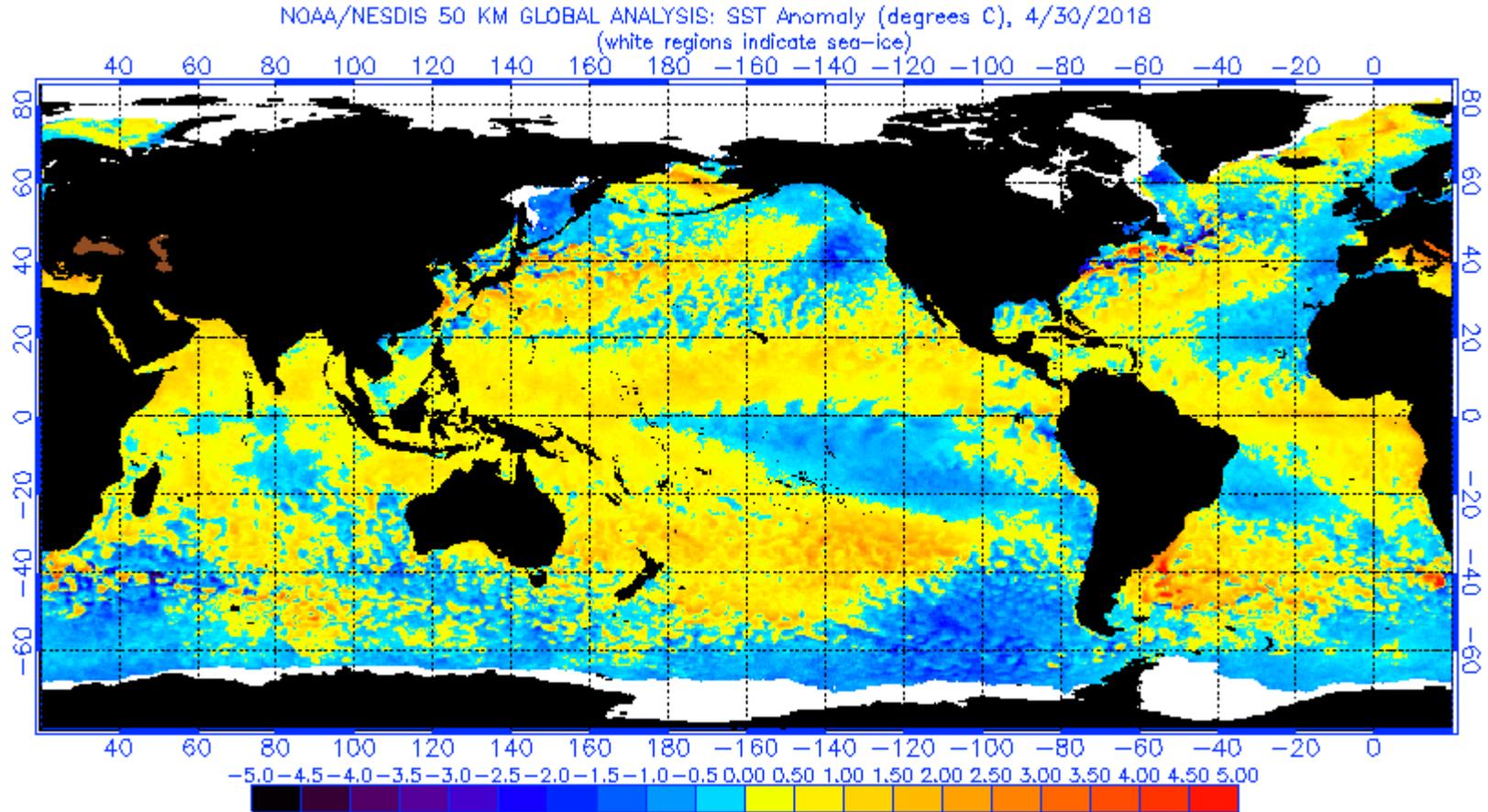
Auszug einer Mitteilung des DWD vom 20. April 2018 über das Gemeinschaftsprojekt German Climate Forecast System (Universität Hamburg, Max-Planck-Institut für Meteorologie, ETH Zürich und DWD)  
[https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle\\_meldungen/180420/verlaessliche\\_jahreszeiten\\_vhs\\_winter\\_180420.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/180420/verlaessliche_jahreszeiten_vhs_winter_180420.html)

Was ist die trögste hydro-meteorologische Grögge auf unserem Planeten?

# SST: Sea Surface Temperature



## SST: Anomaly of Sea Surface Temperature in 2018



## I. Stand der Auswertungen

SYDRO  
Frau Slavik, WTV  
Wasserverbände

## II. Handlungsanleitung

## III. Ausblick

## IV. Diskussion

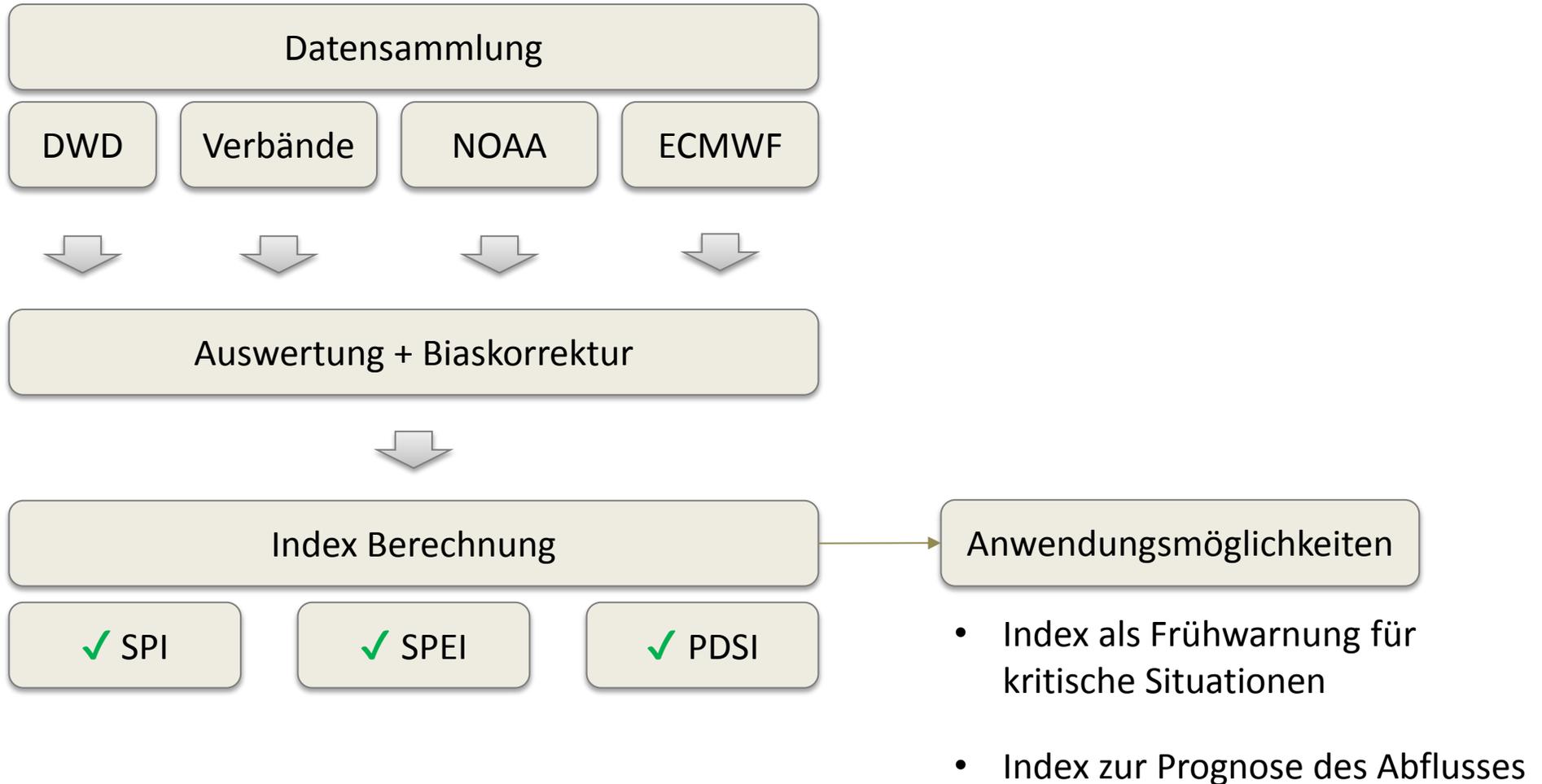
# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

**4. Projekttreffen – Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  
12. November 2018**

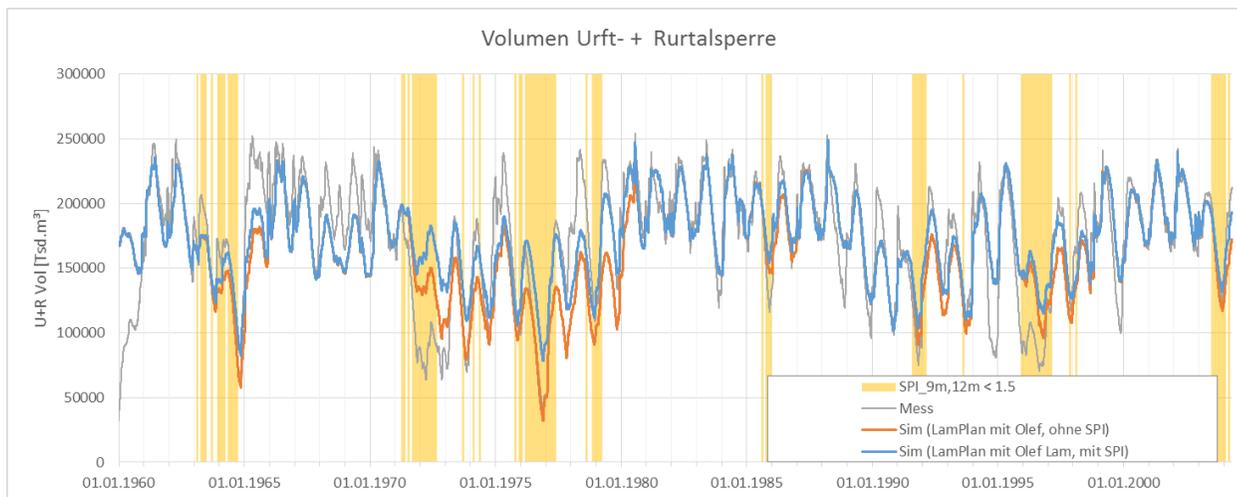
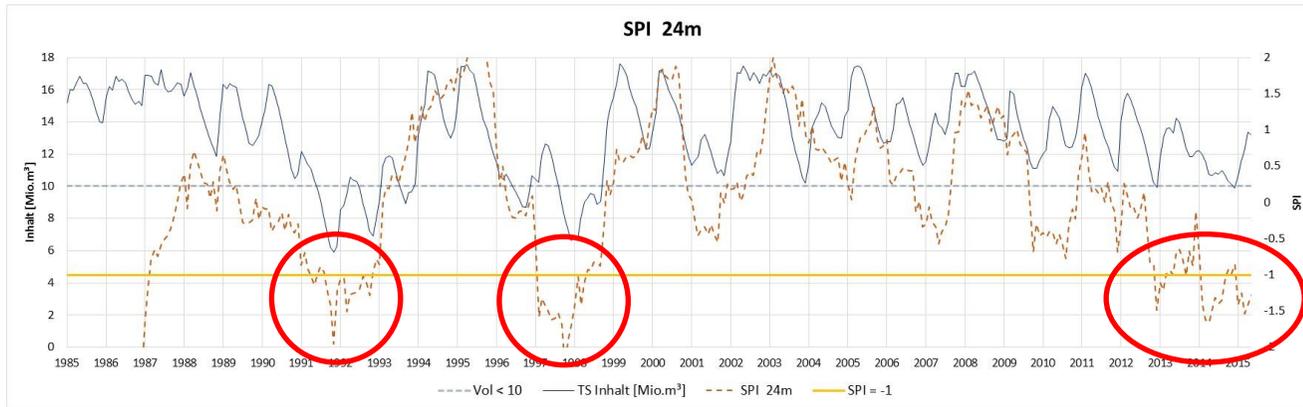
**Teil 1: Stand der Auswertung**



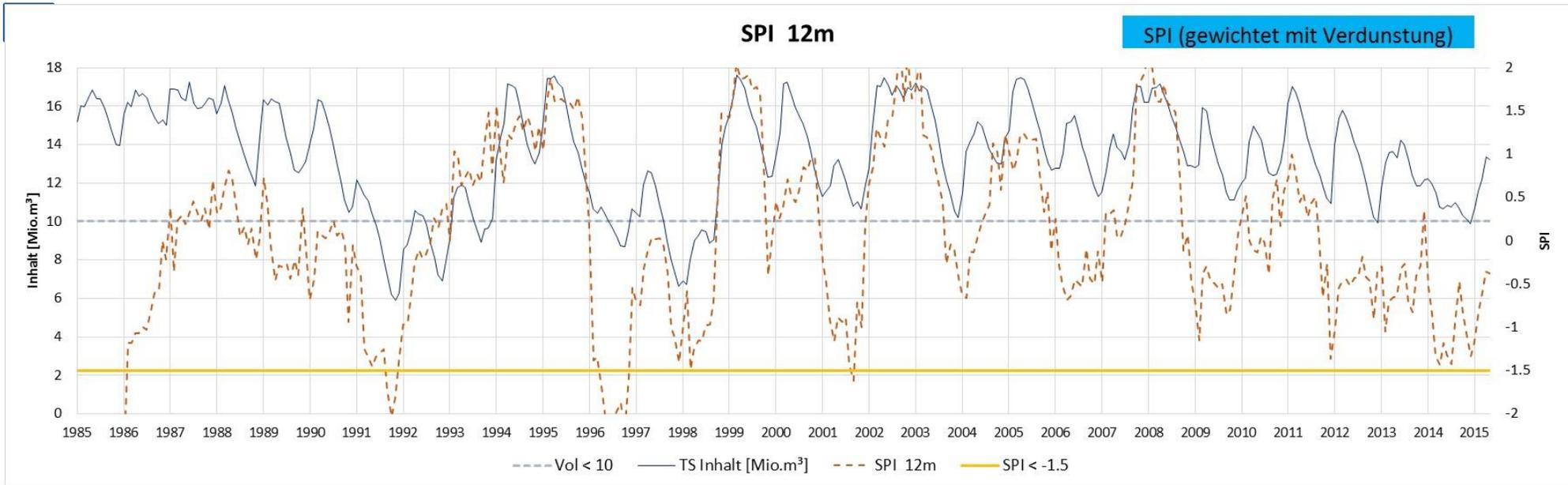
Ingenieurgesellschaft für Systemhydrologie  
Wasserwirtschaft und Informationssysteme  
Sandra Richter, Felix Froehlich, Marius Herber, Hubert Lohr



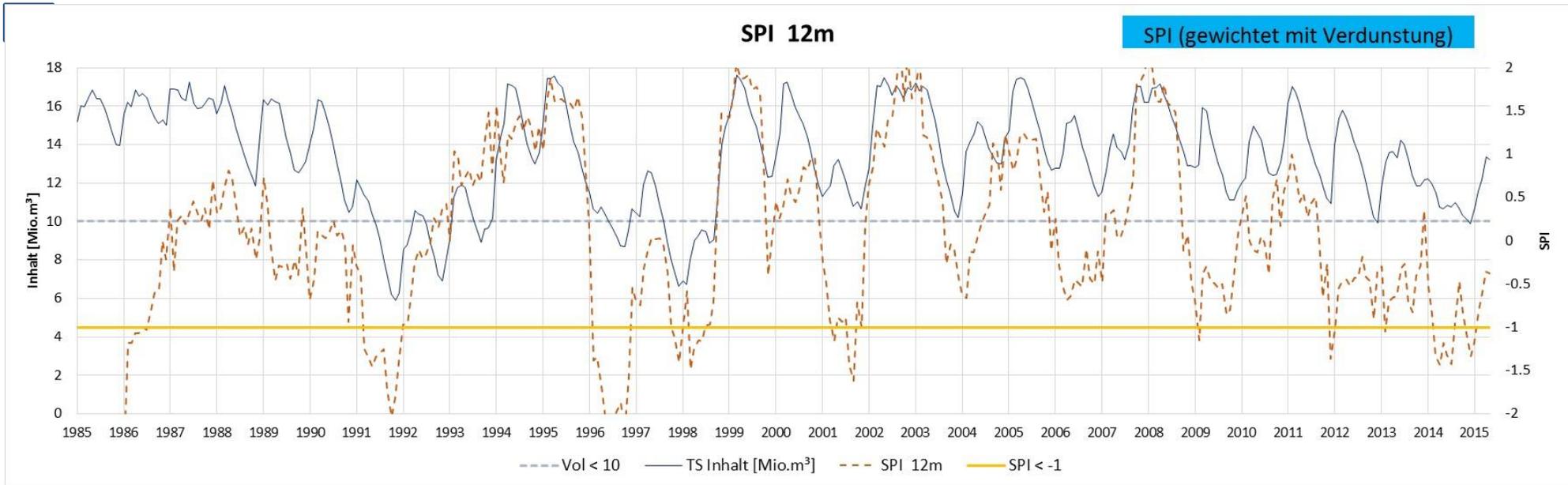
- Index als Frühwarnung für kritische Situationen



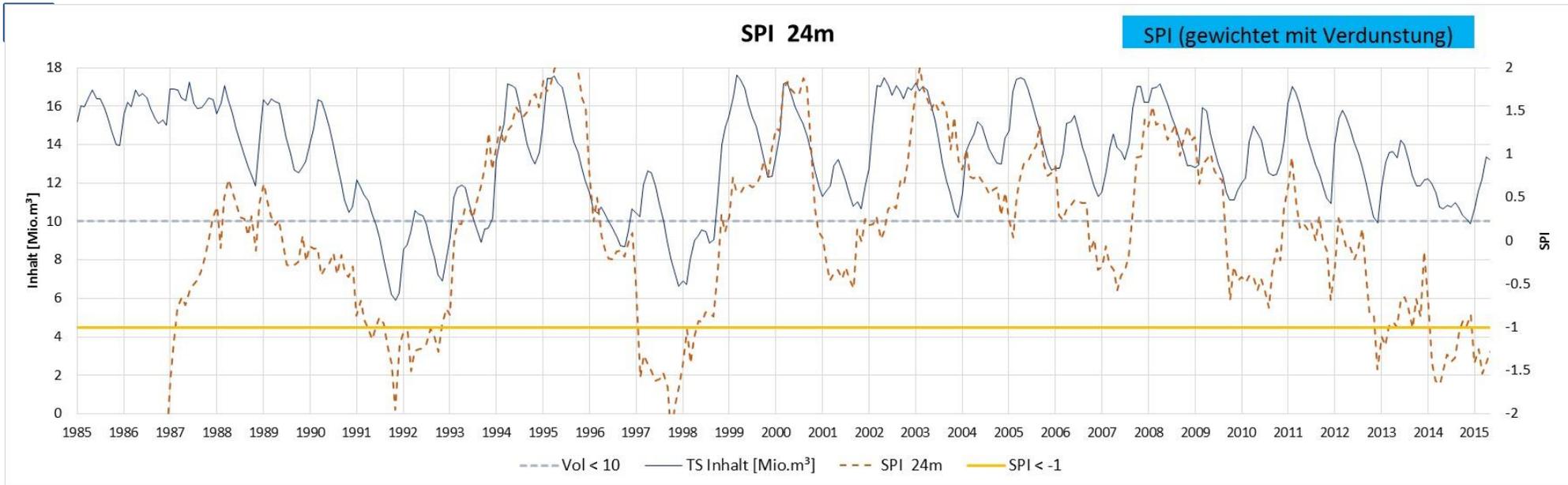
- Index als Frühwarnung für kritische Situationen



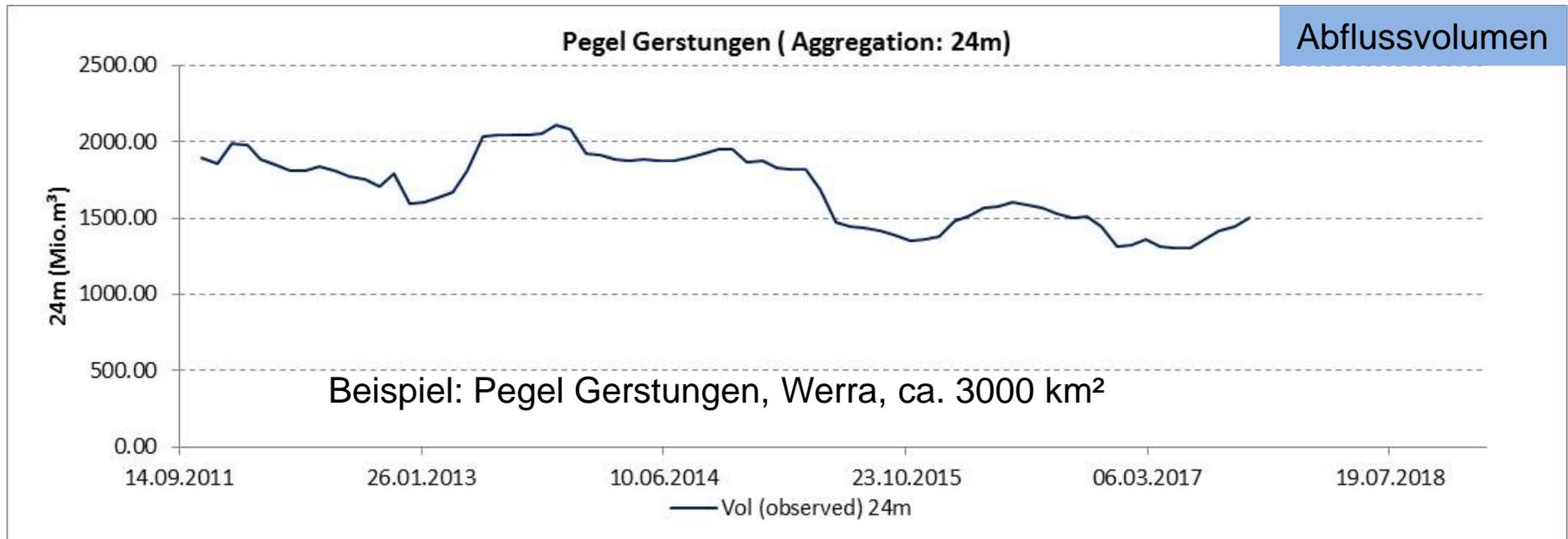
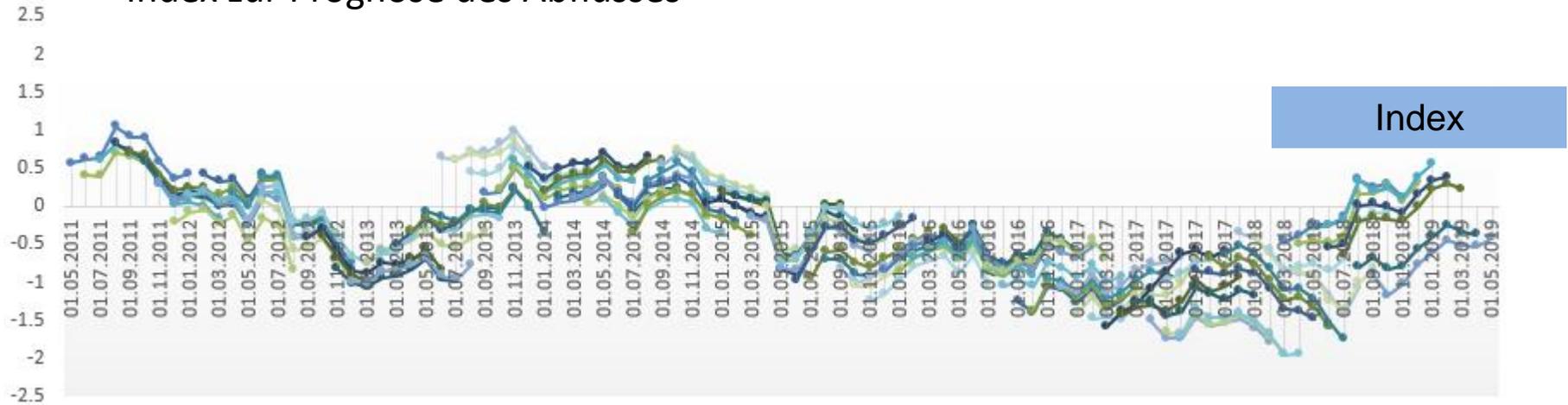
- Index als Frühwarnung für kritische Situationen



- Index als Frühwarnung für kritische Situationen

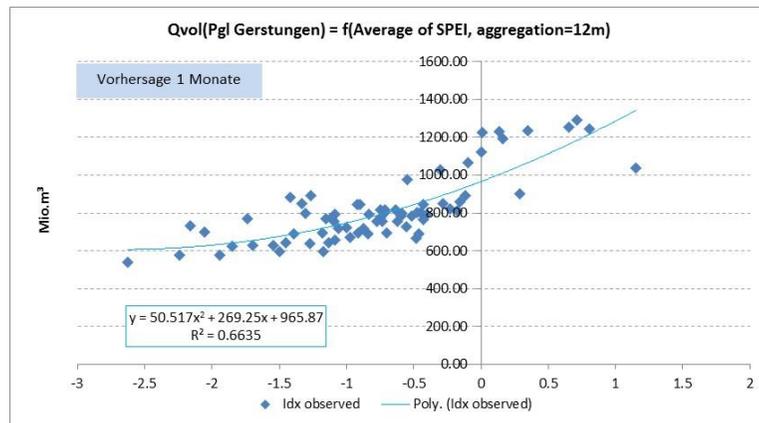


- Index zur Prognose des Abflusses

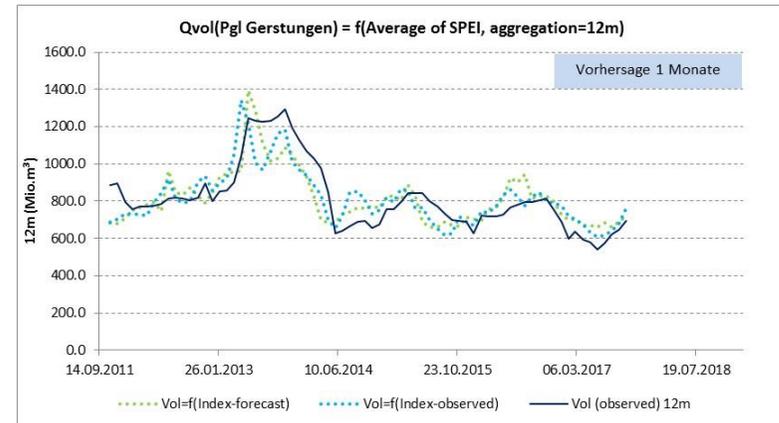


- Index zur Prognose des Abflusses

## 1. Beziehung Index zu Abflussvolumen

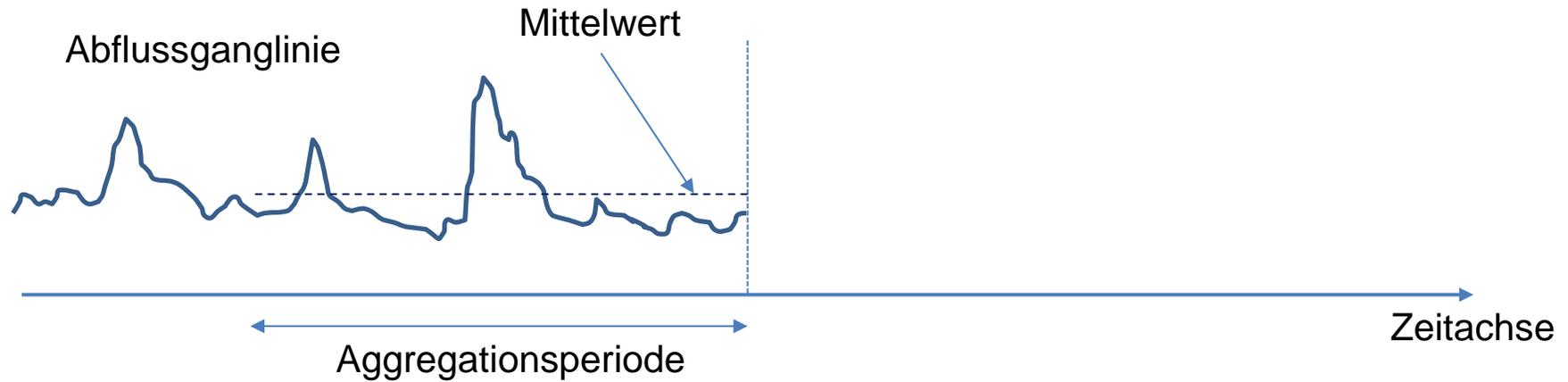


## 2. Abflussvolumen = f (Index)

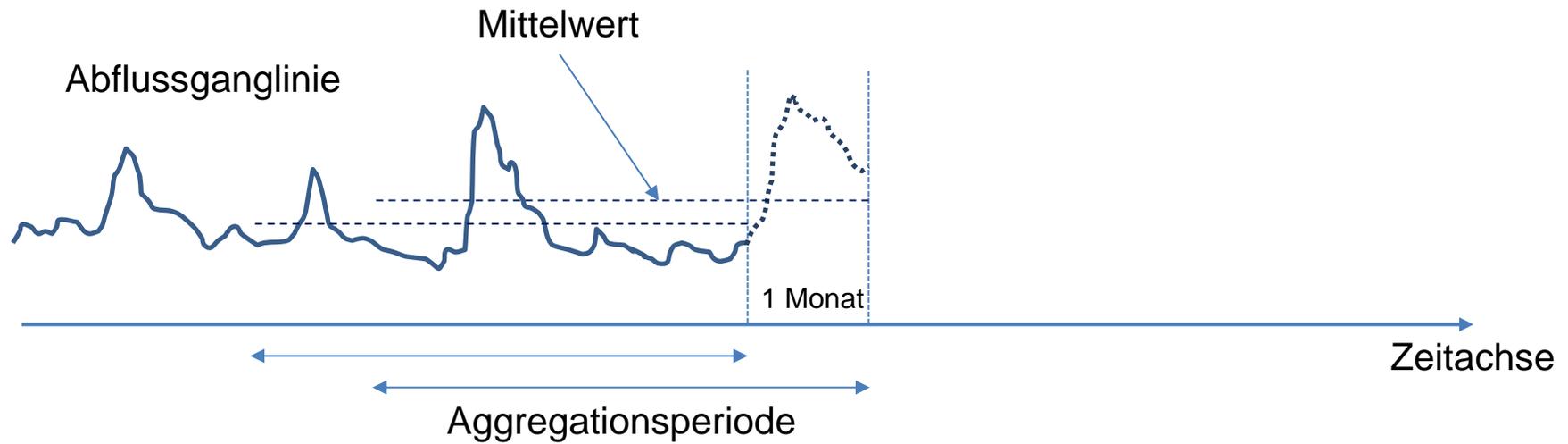


- Ohne Prognose, Index basiert ausschließlich auf Messwerten
- Mit Prognose, Index integriert auch Niederschlagsprognosen

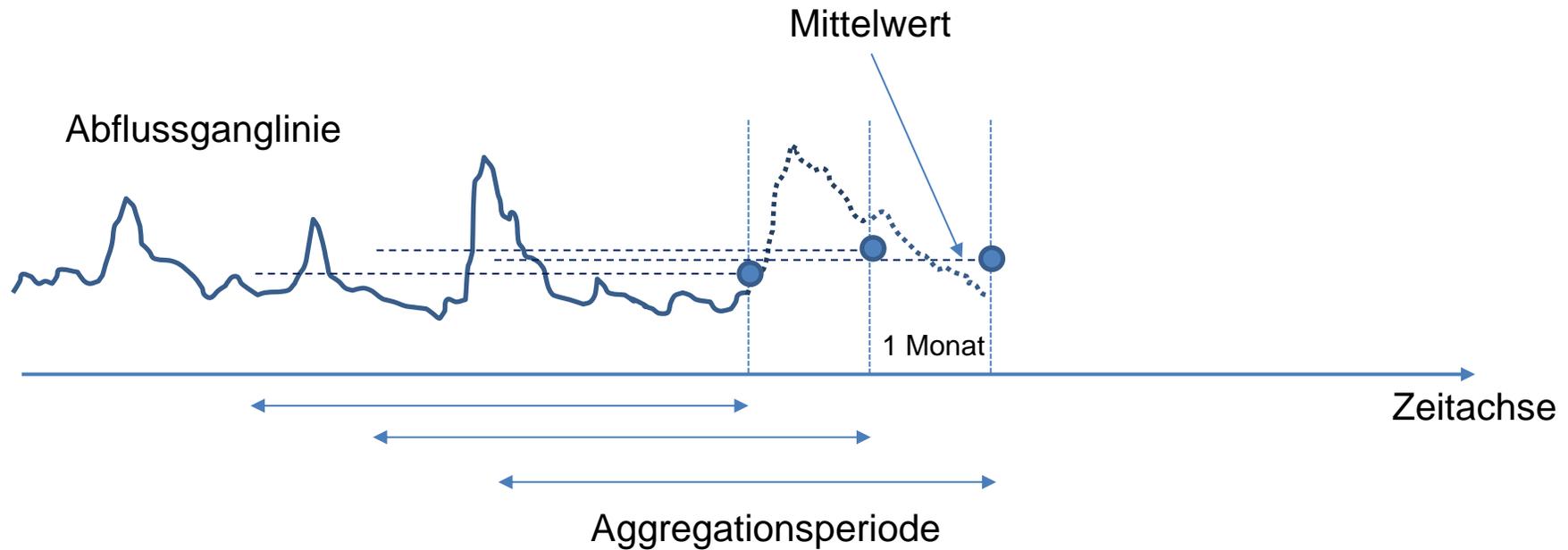
Beispiel: Zusammenhang Index und Abflussvolumen



Beispiel: Zusammenhang Index und Abflussvolumen

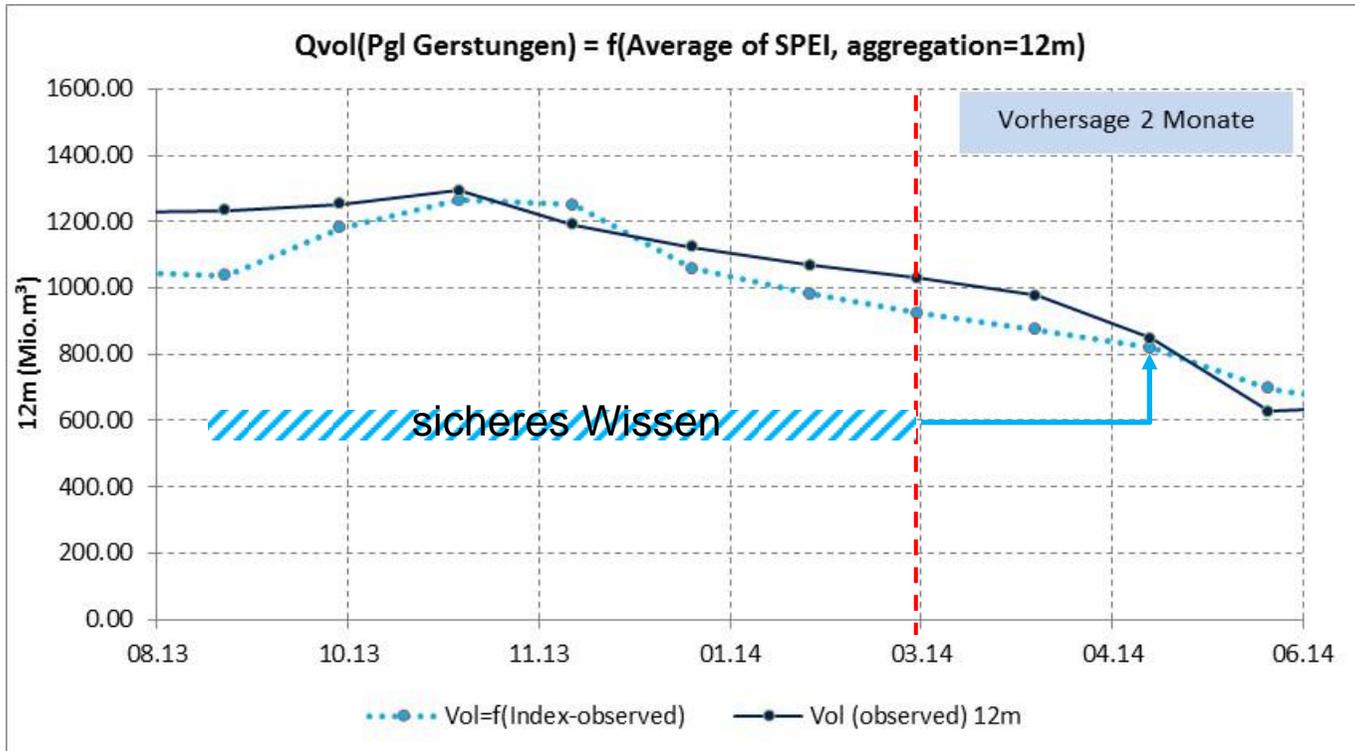


## Beispiel: Zusammenhang Index und Abflussvolumen



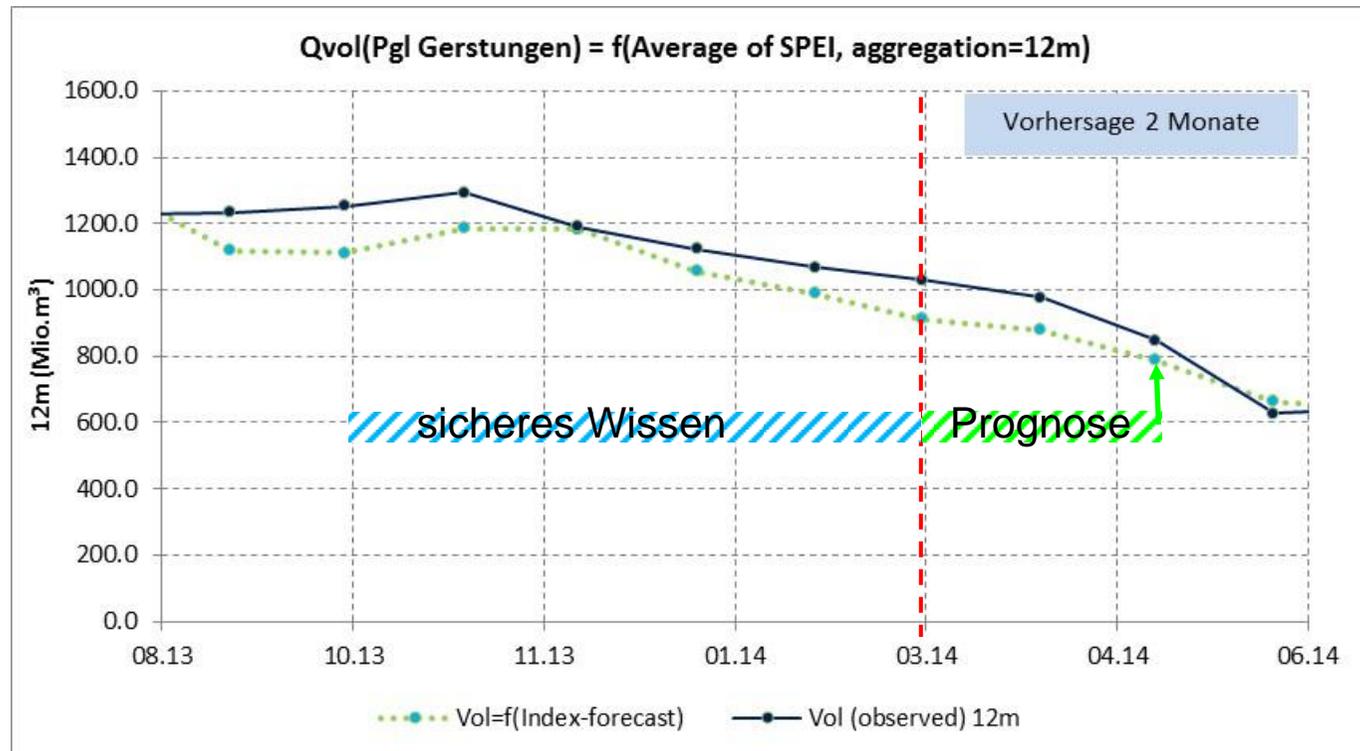
- Je Monat Bildung des Abflussvolumens über verschiedene Aggregationsperioden
- Vergleich mit Index der gleichen Aggregationsperiode

Beispiel: Unterschied zwischen mit/ohne Prognose



# I. Stand der Auswertung

Beispiel: Unterschied zwischen mit/ohne Prognose



### Beispiele: Zusammenhang Index und Abflussvolumen

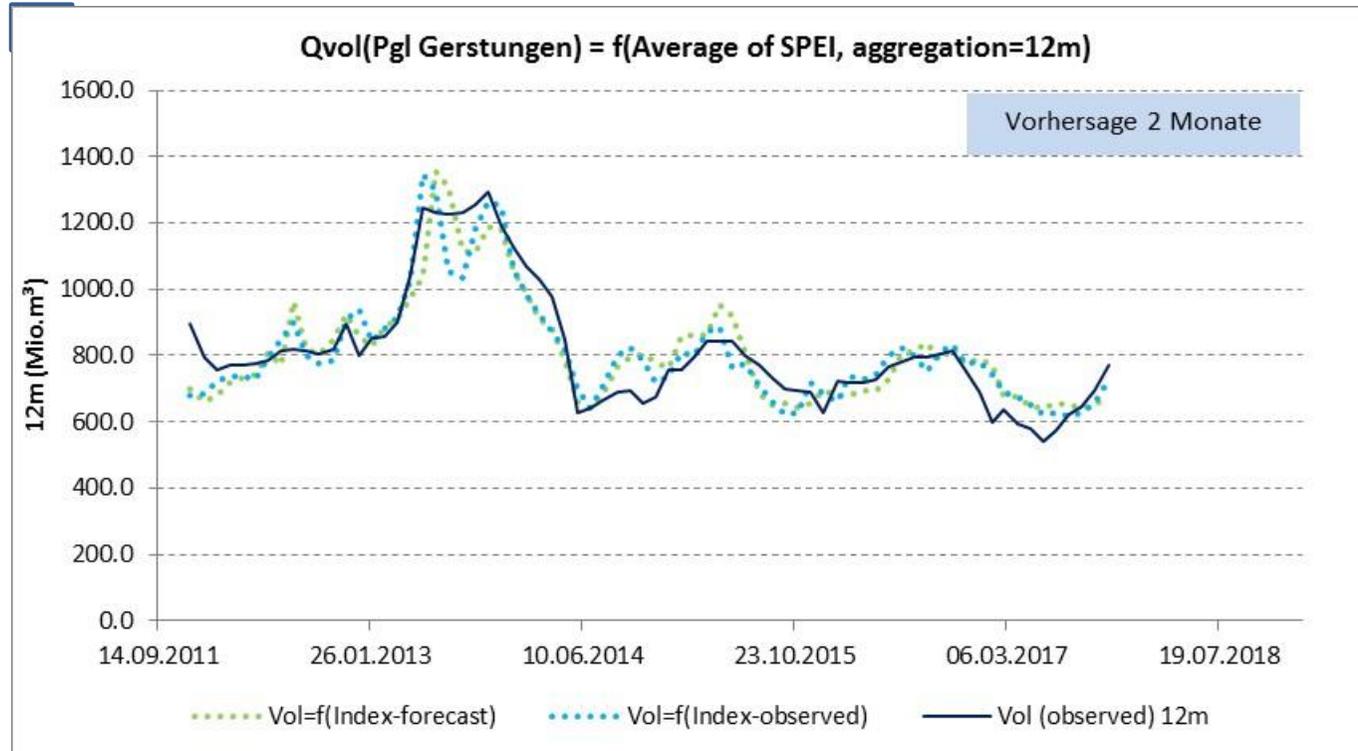
Beispiel 1: Pegel Gerstungen, Werra Einzugsgebiet, 3000 km<sup>2</sup>, 4 Stationen

Stationsdichte: 750 km<sup>2</sup> / Station

Beispiel 2: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

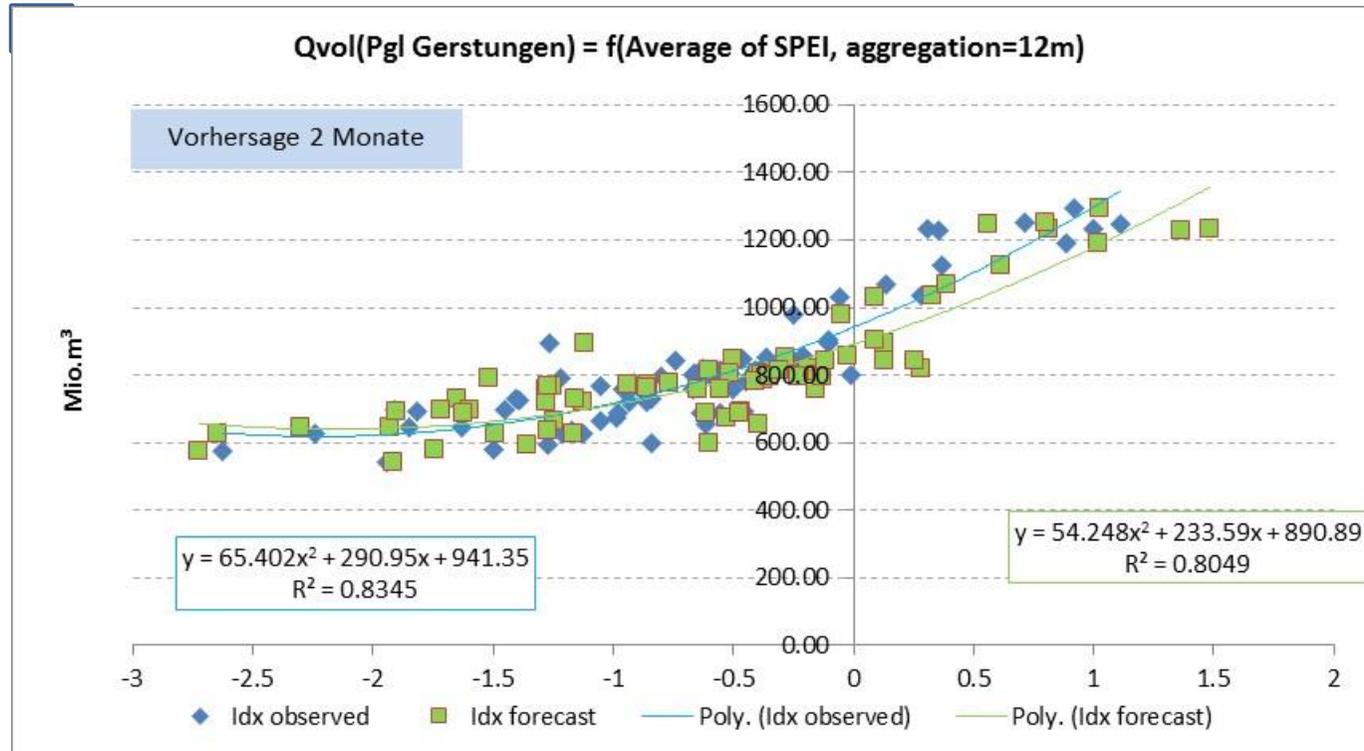
Stationsdichte:  $\approx 10$  km<sup>2</sup> / Station

- **2 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



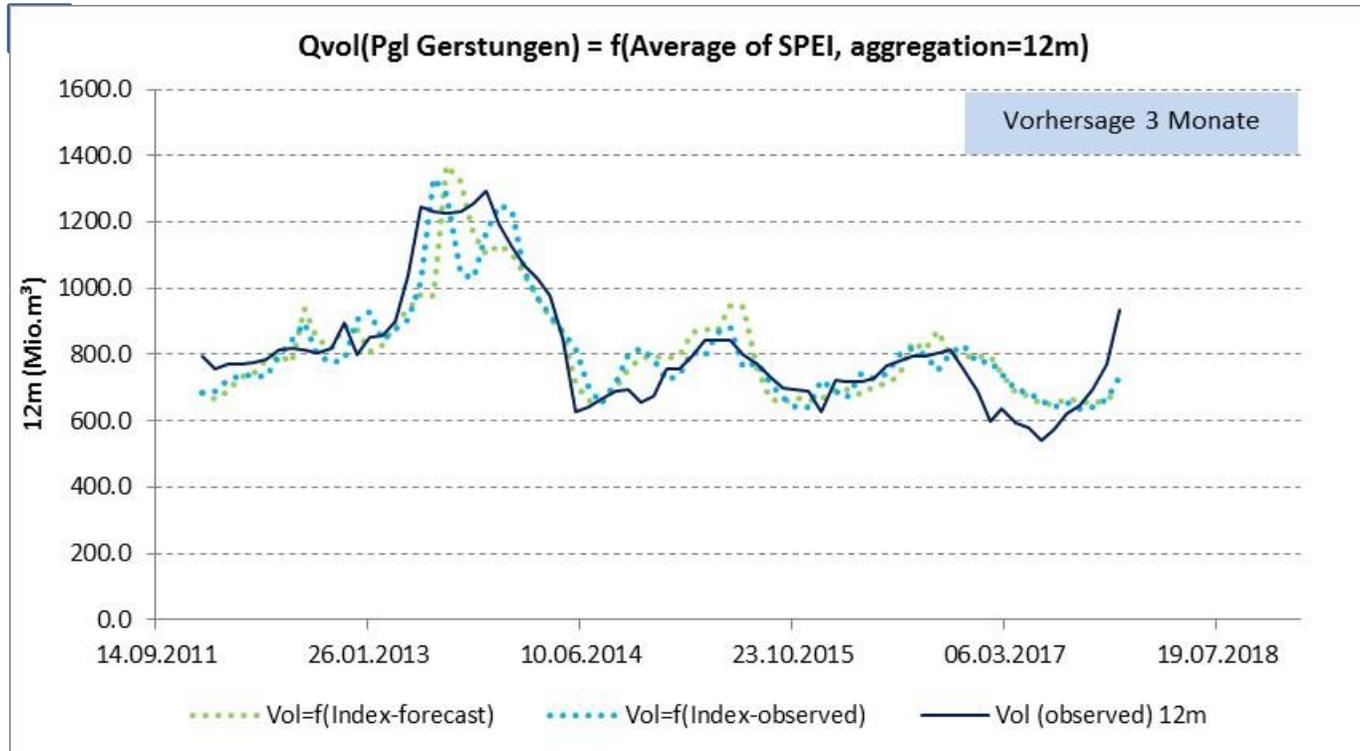
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **2 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



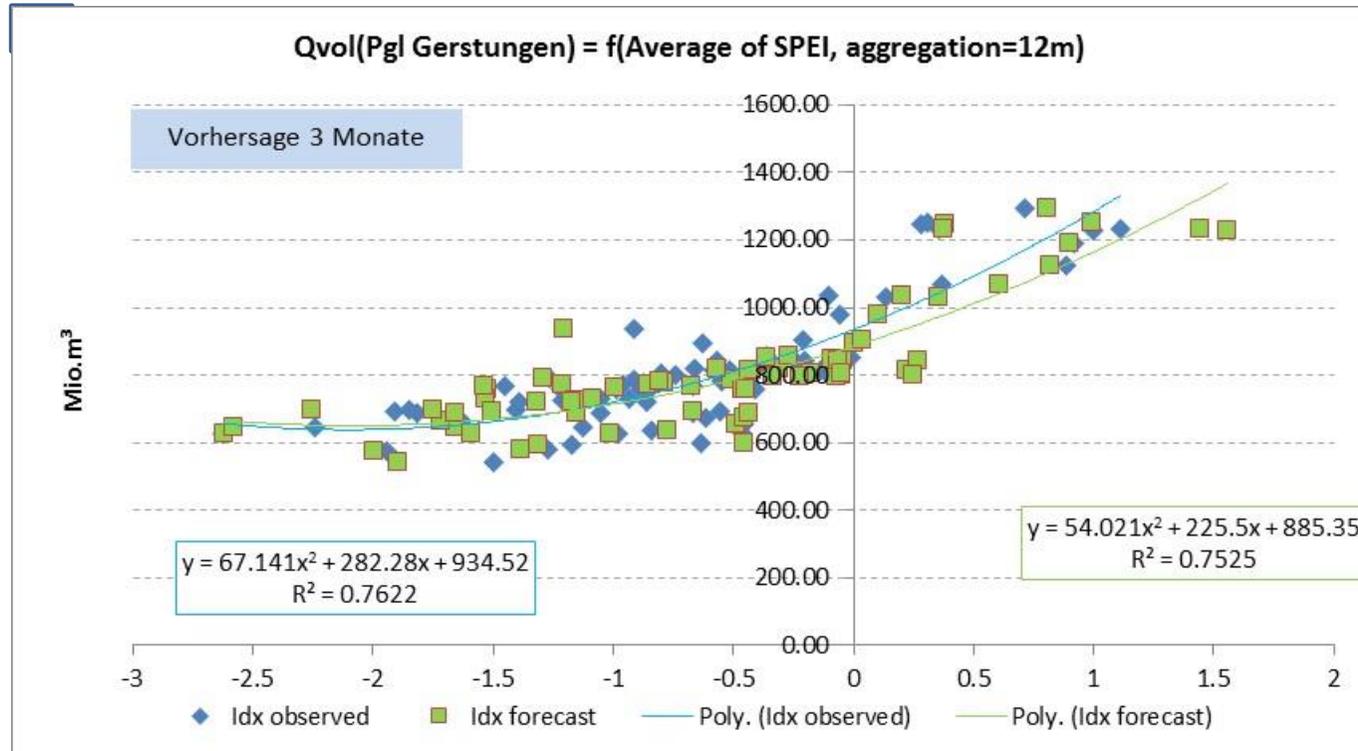
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **3 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



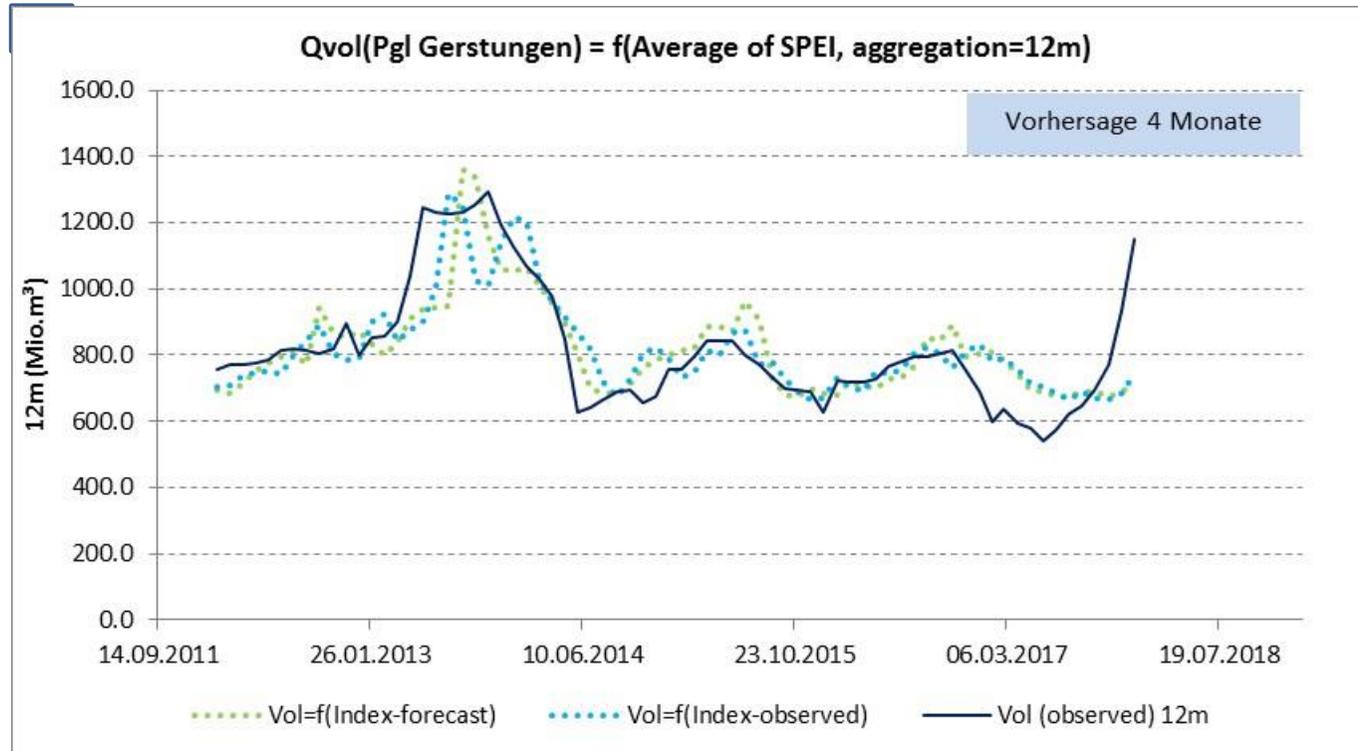
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **3 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



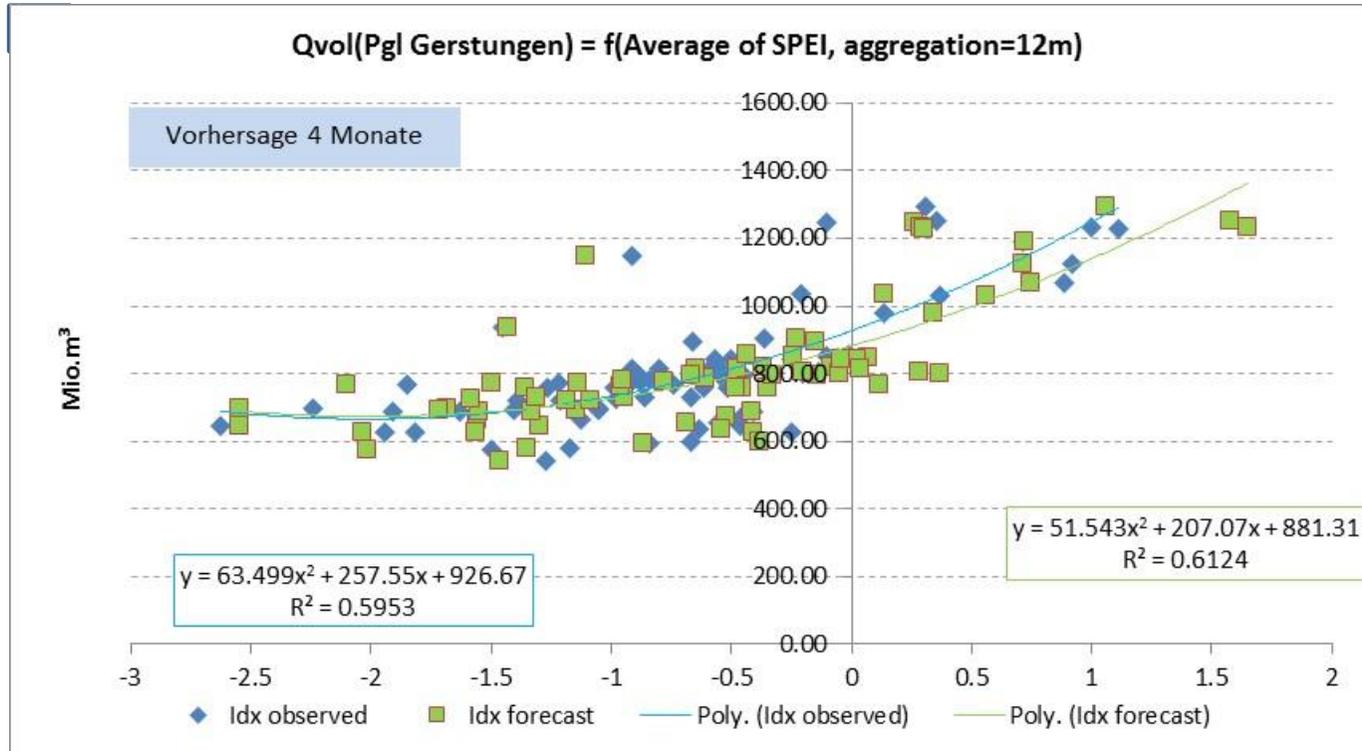
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **4 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



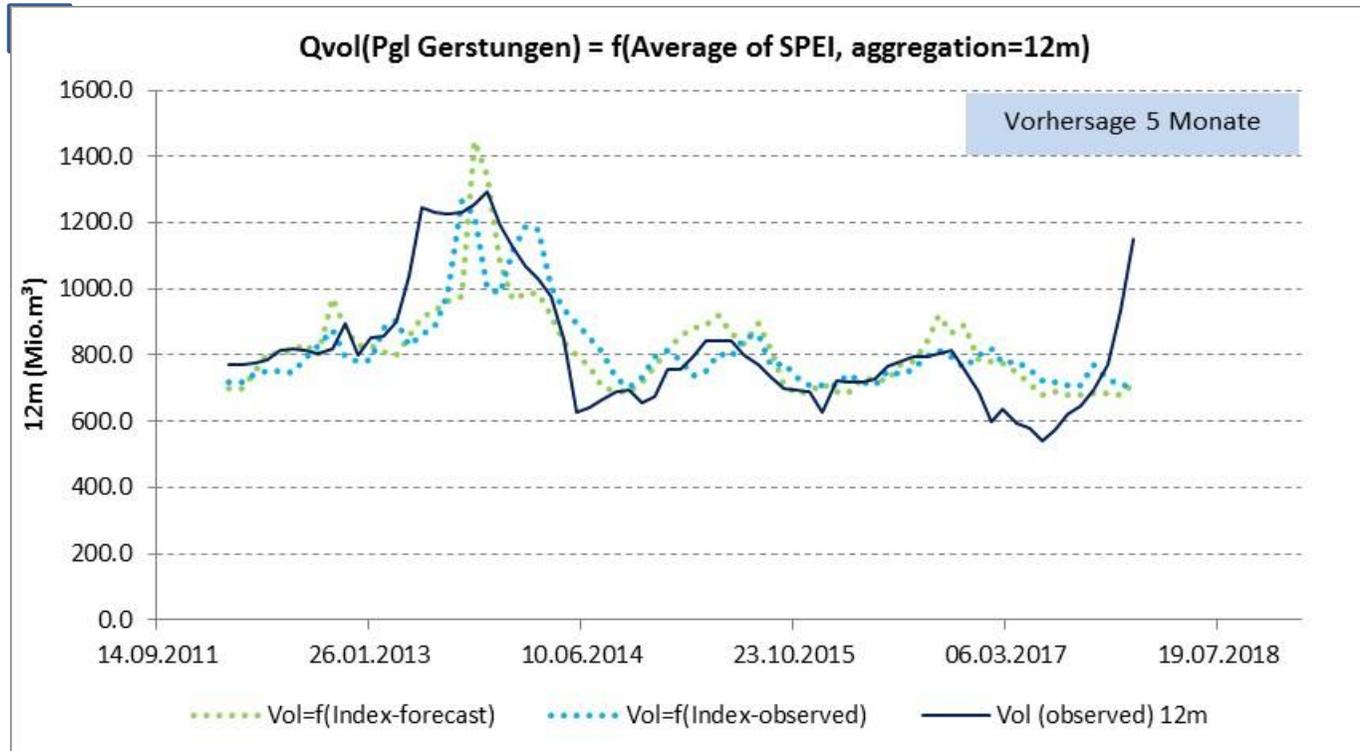
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **4 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



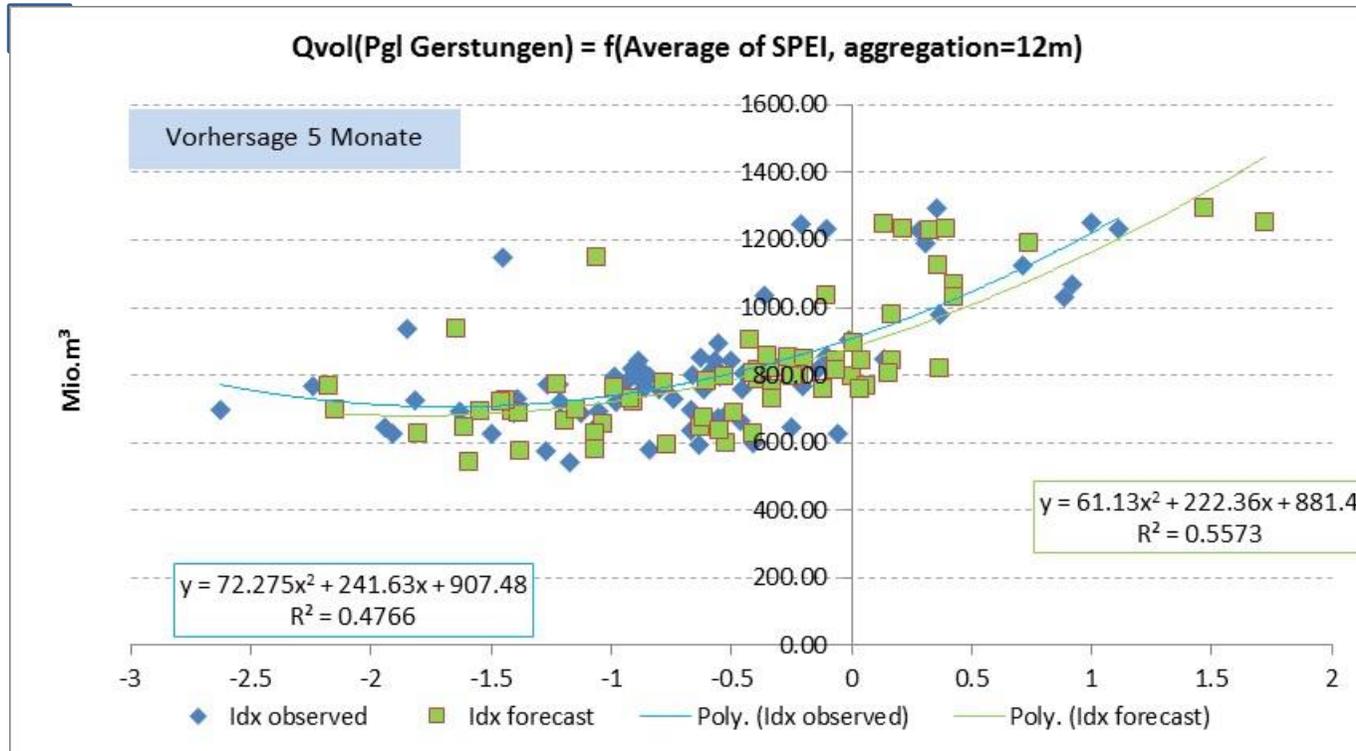
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **5 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



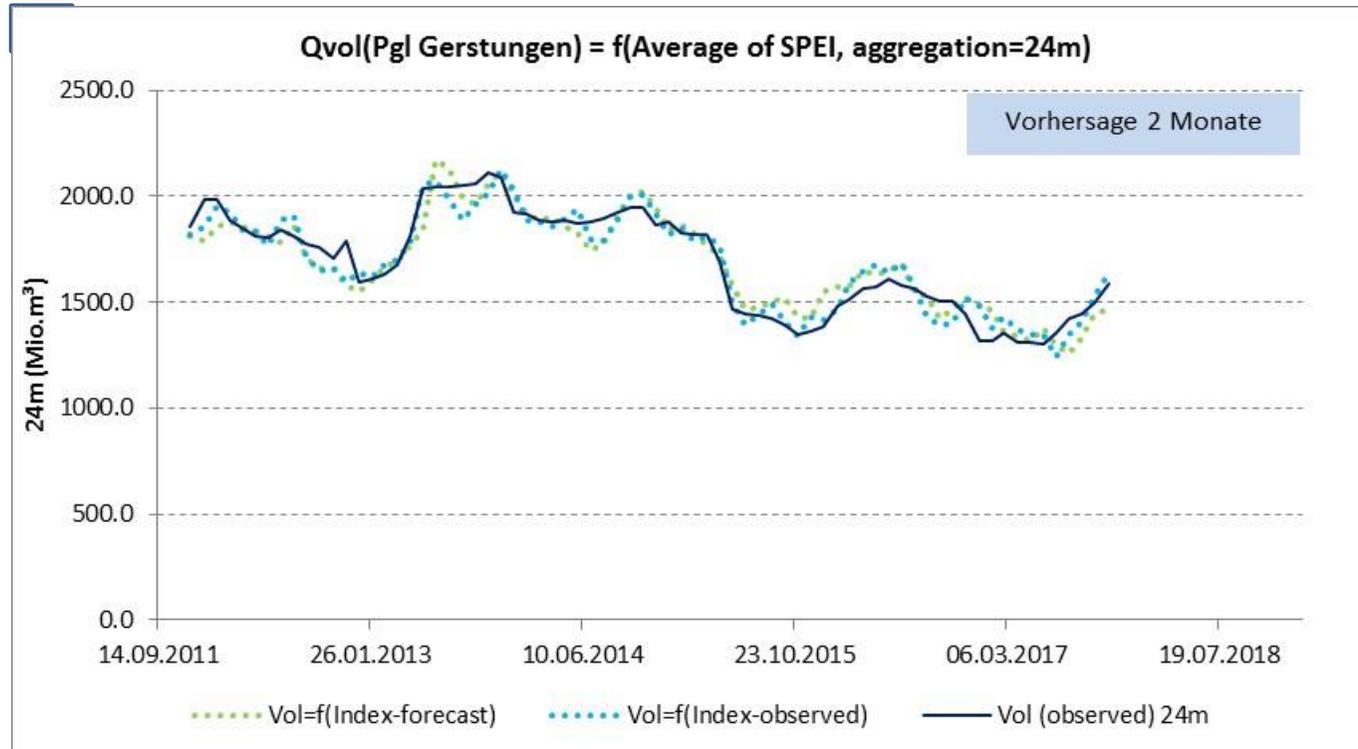
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **5 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



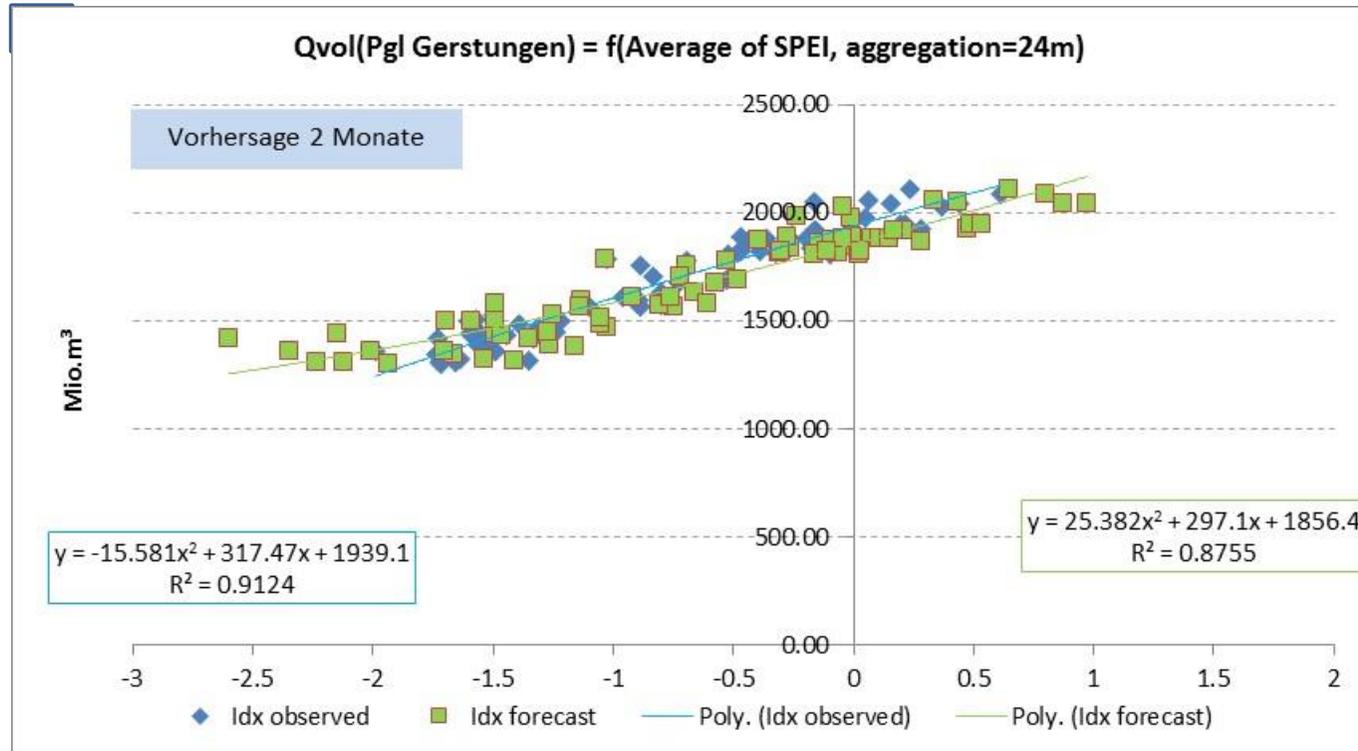
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **2 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



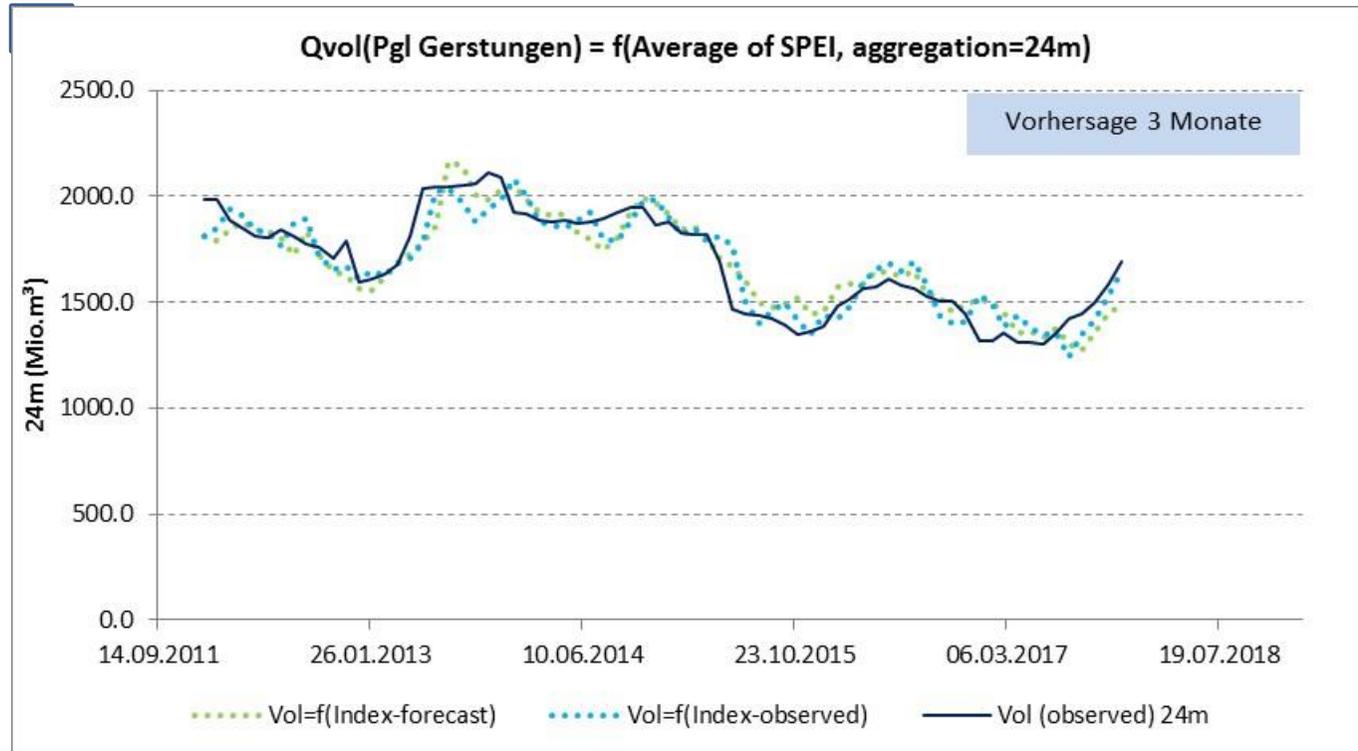
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **2 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



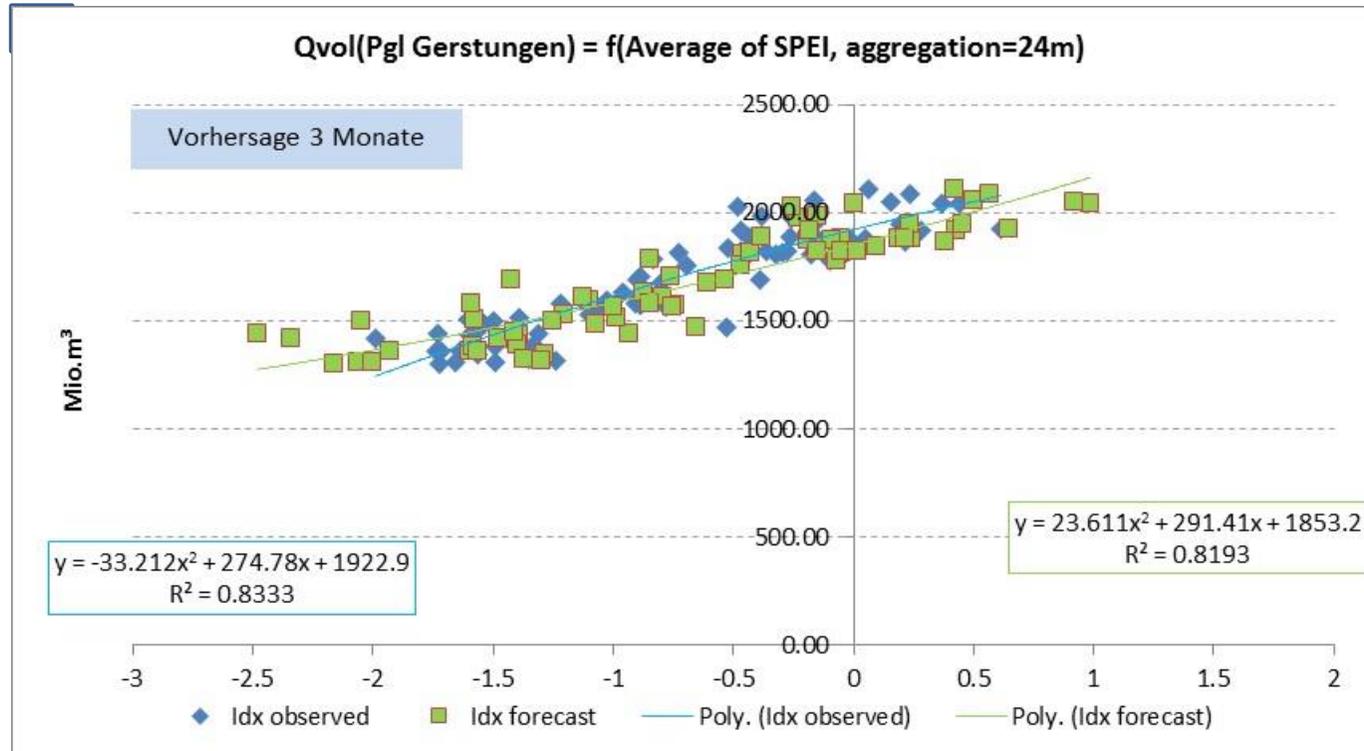
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **3 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



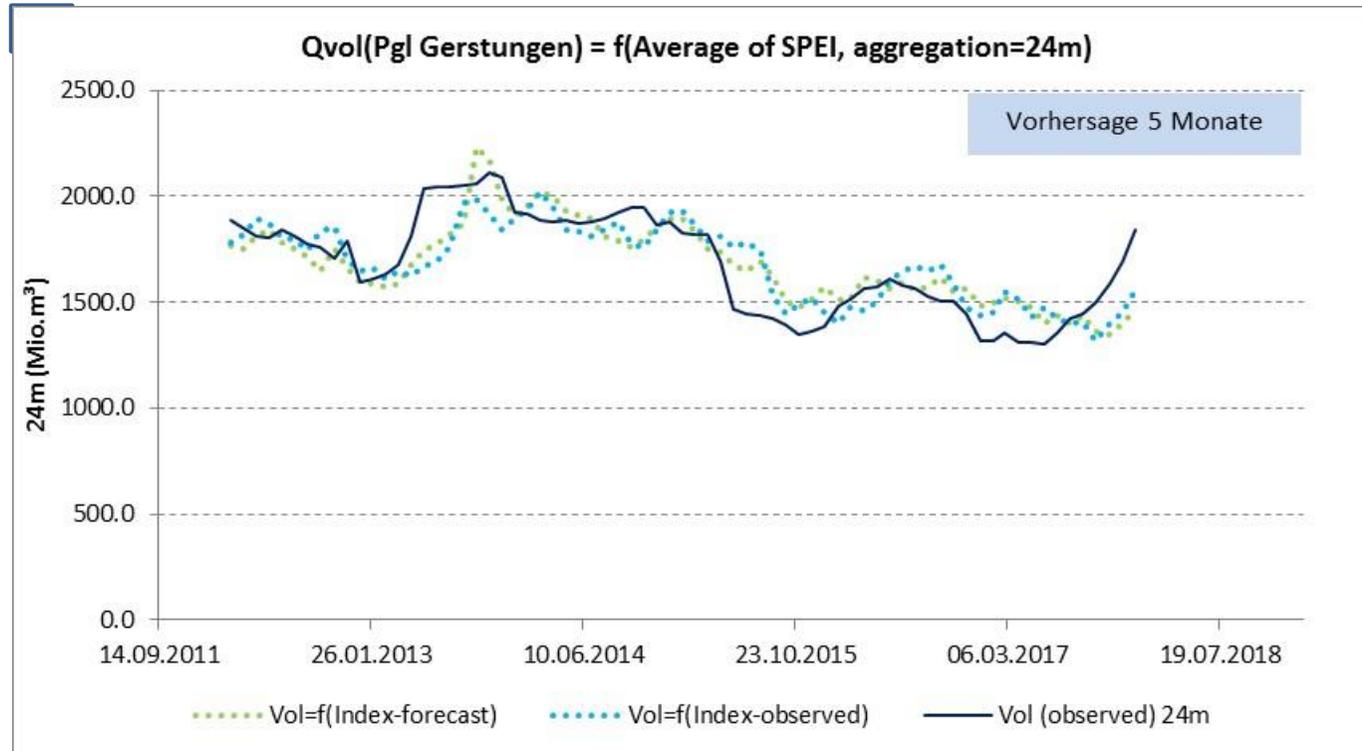
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **3 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



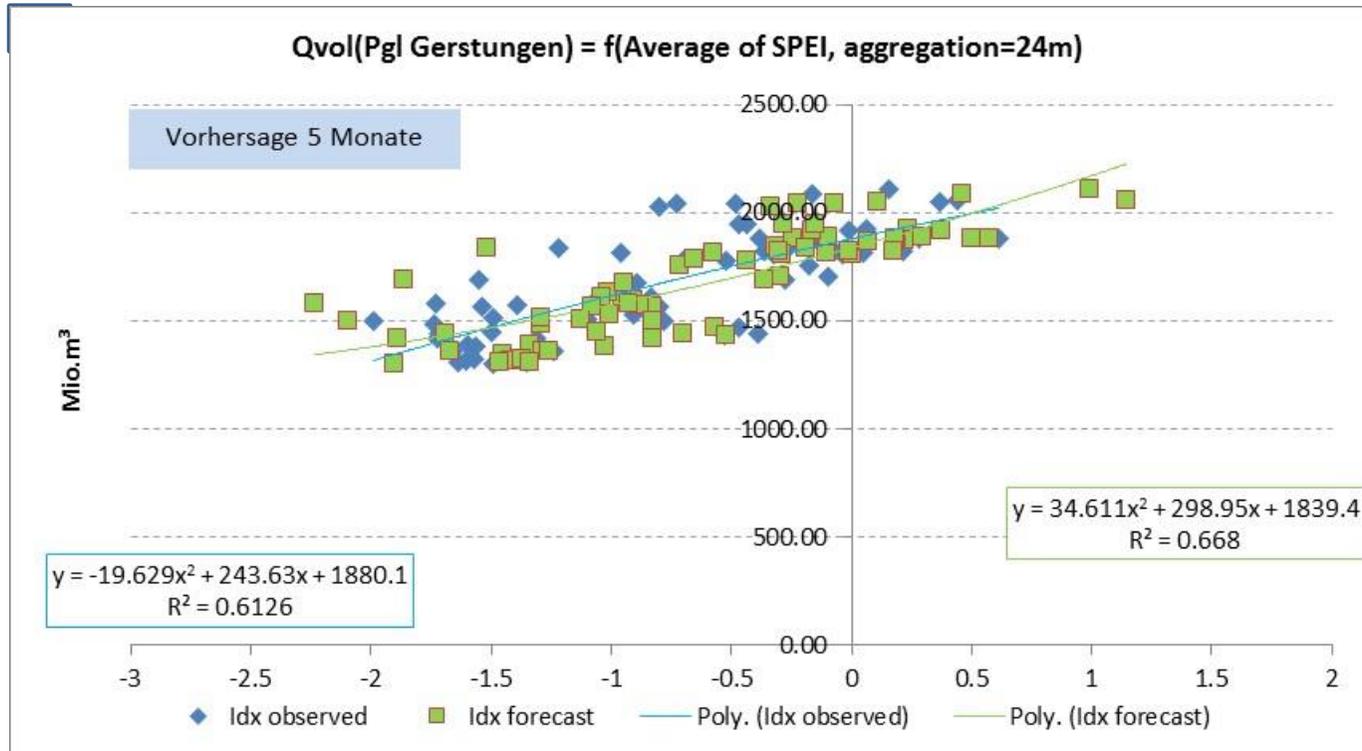
Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **5 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !



Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

- **5 Monate Vorhersage**
- Nur 4 Niederschlags + Temperaturstationen !

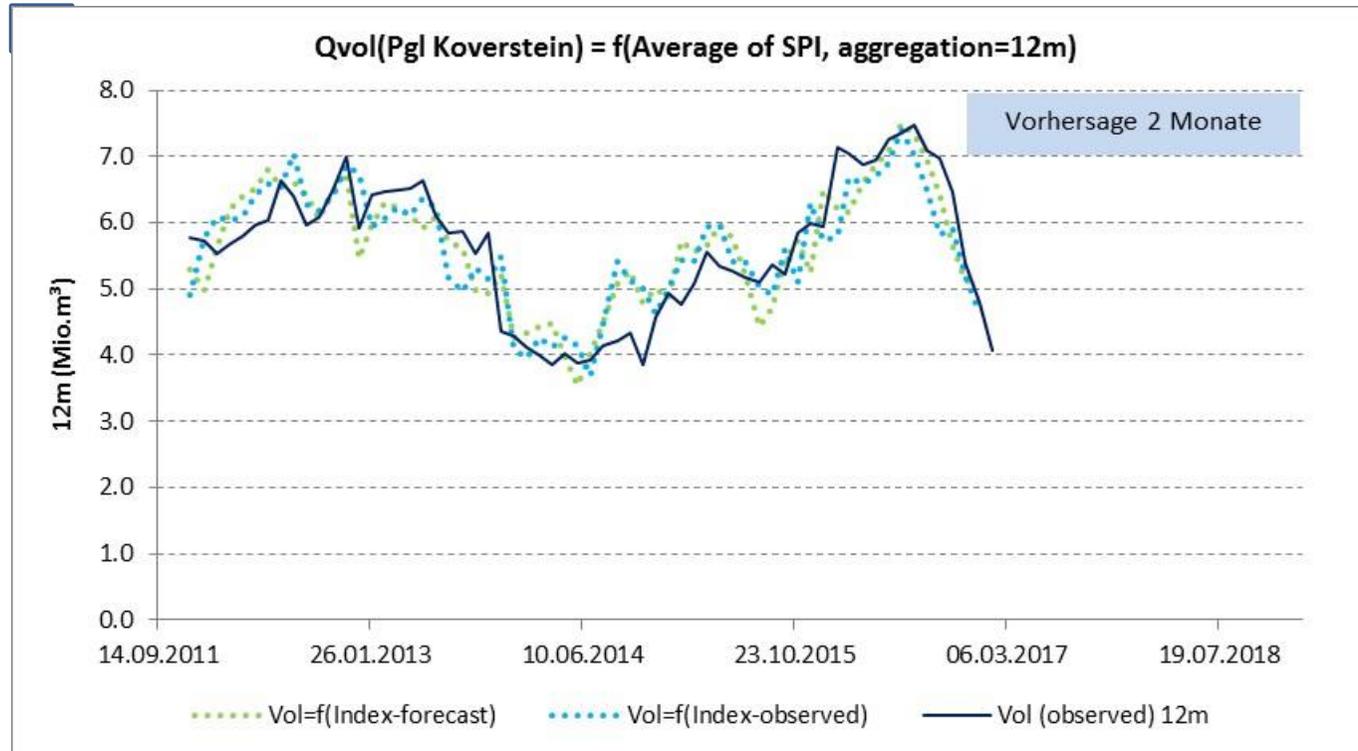


Beispiel: Pegel Gerstungen, Werra, ca. 3000 km<sup>2</sup>

Beispiel 2: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

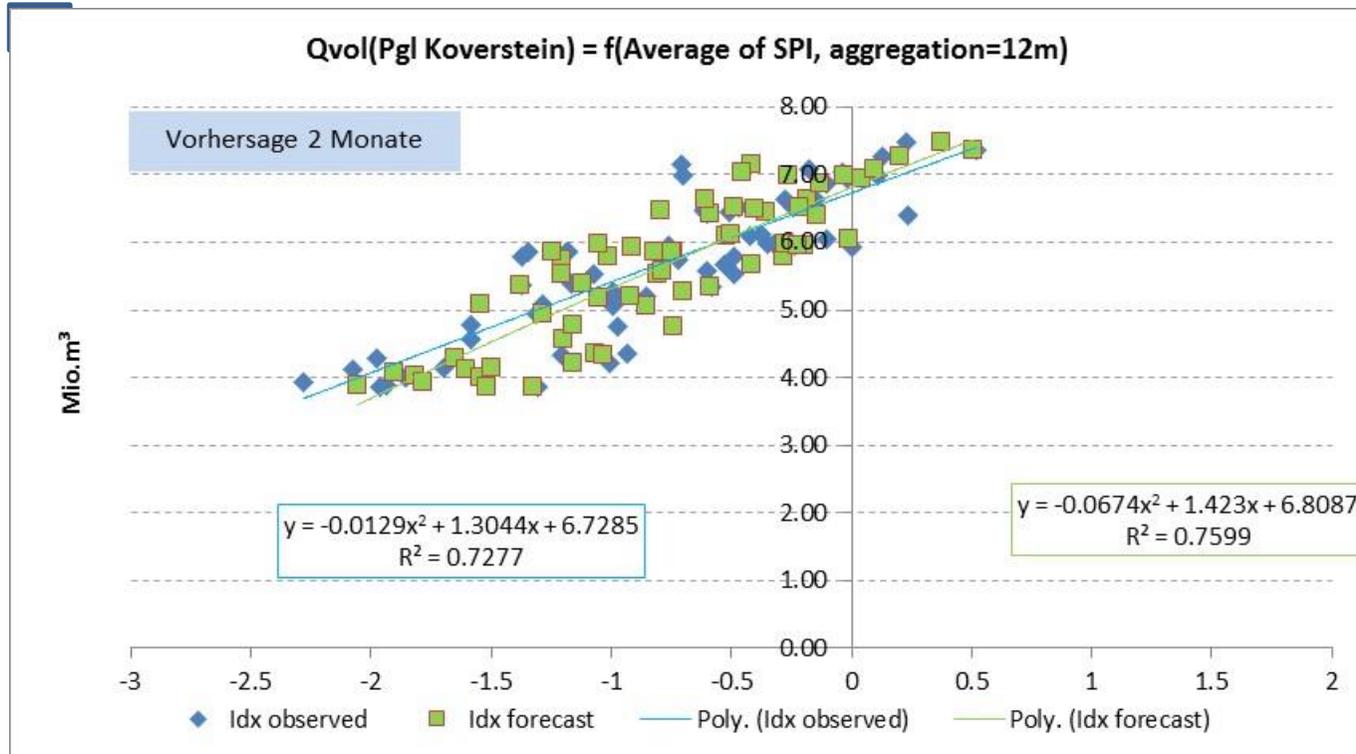
Stationsdichte:  $\approx 10 \text{ km}^2 / \text{Station}$

- **2 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



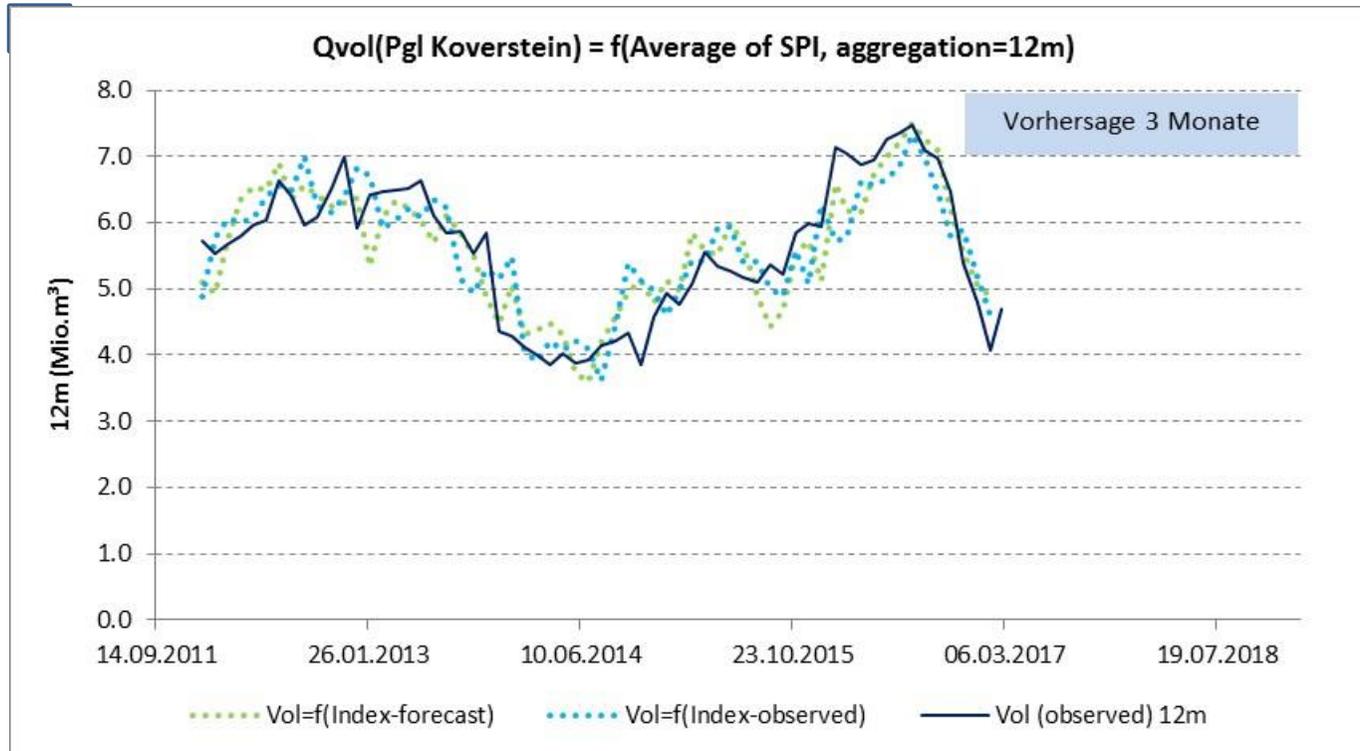
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km², 5 Stationen

- **2 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



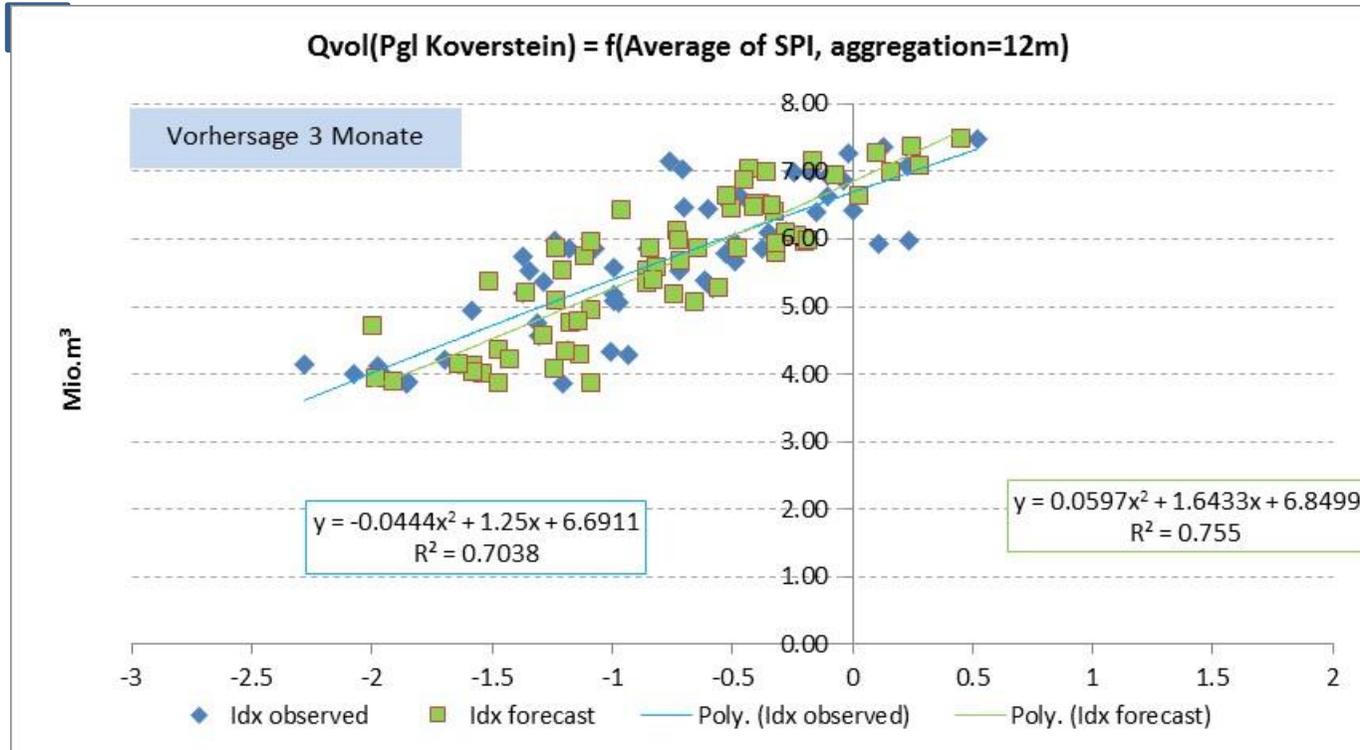
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

- **3 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



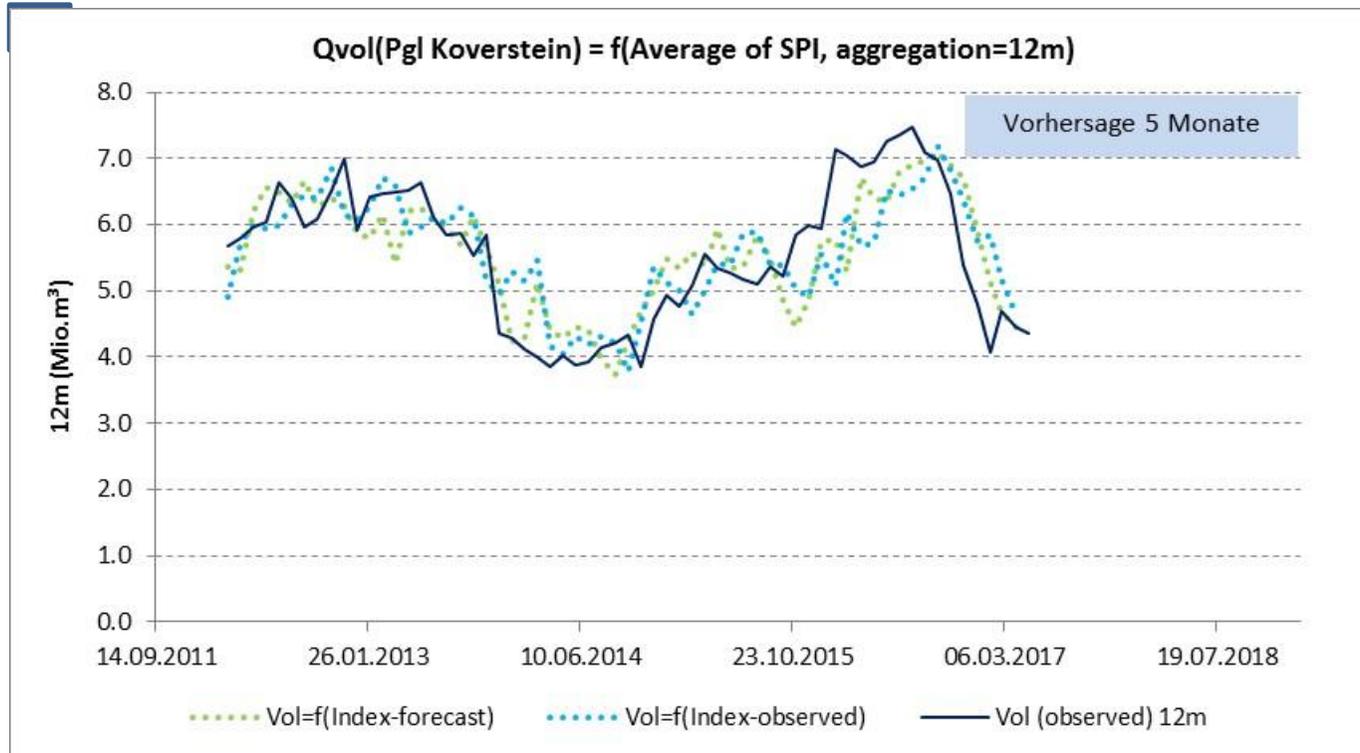
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

- **3 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



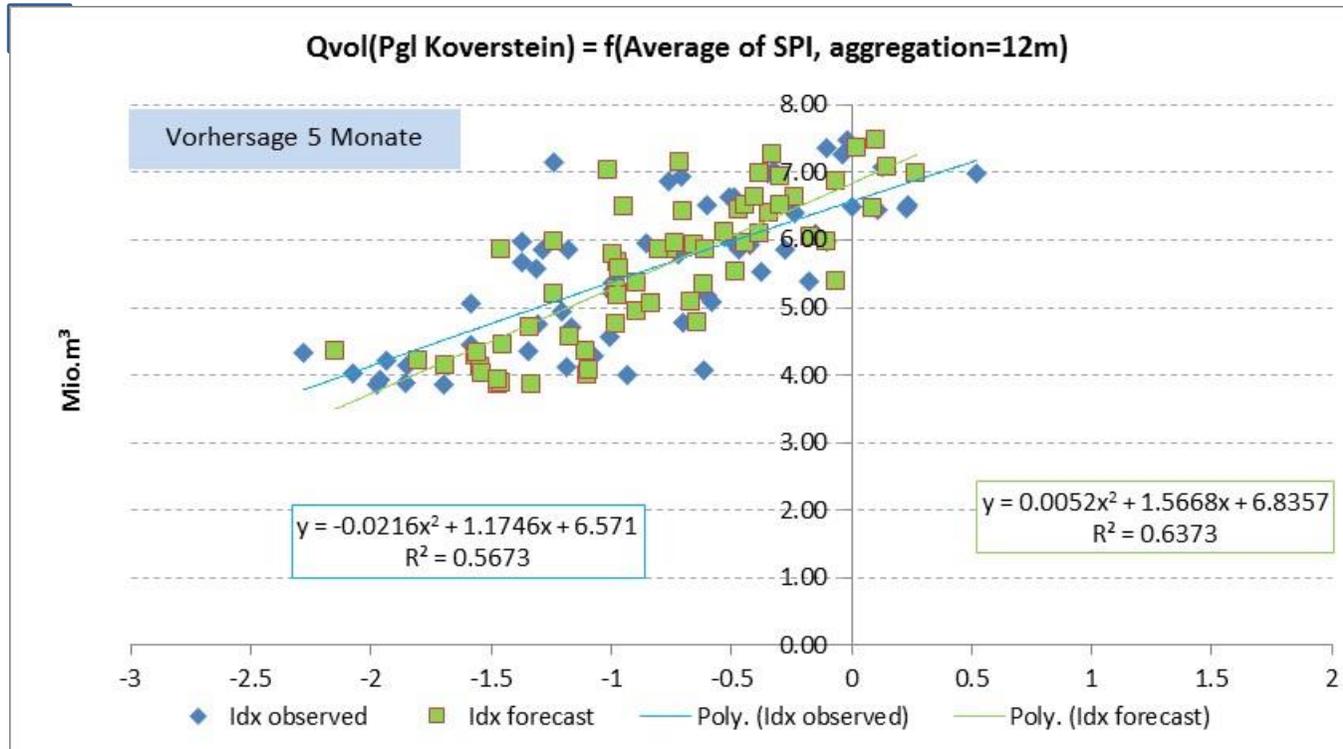
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

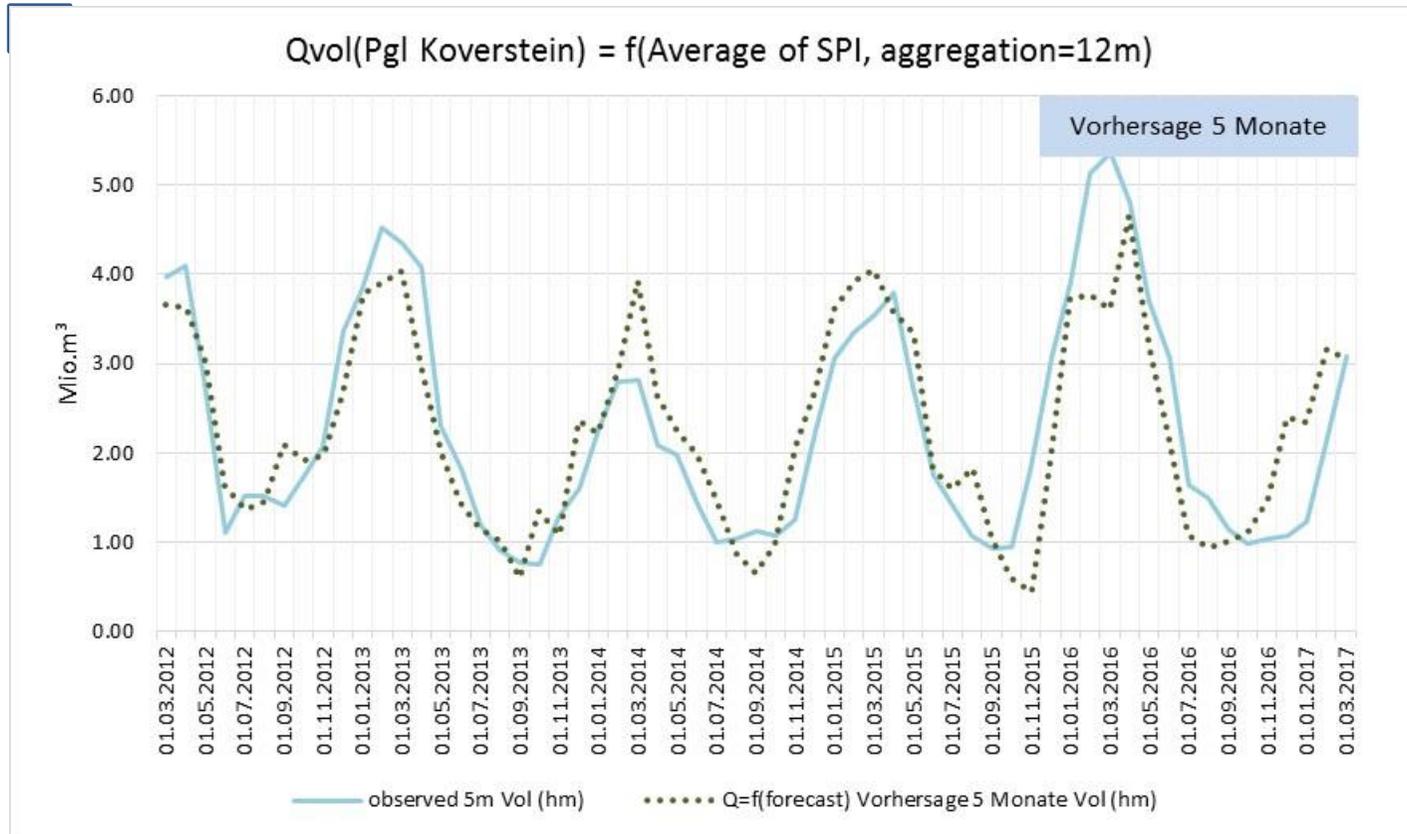
- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

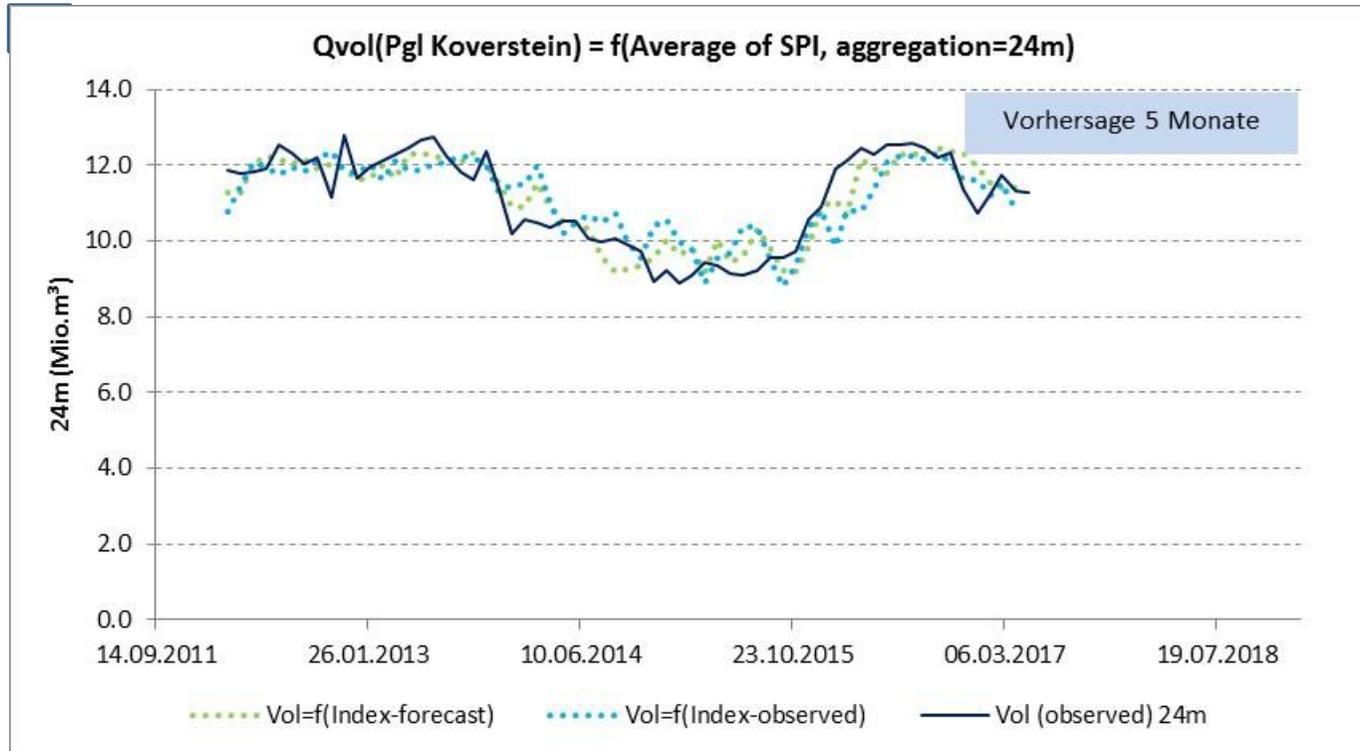
# I. Stand der Auswertung

- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



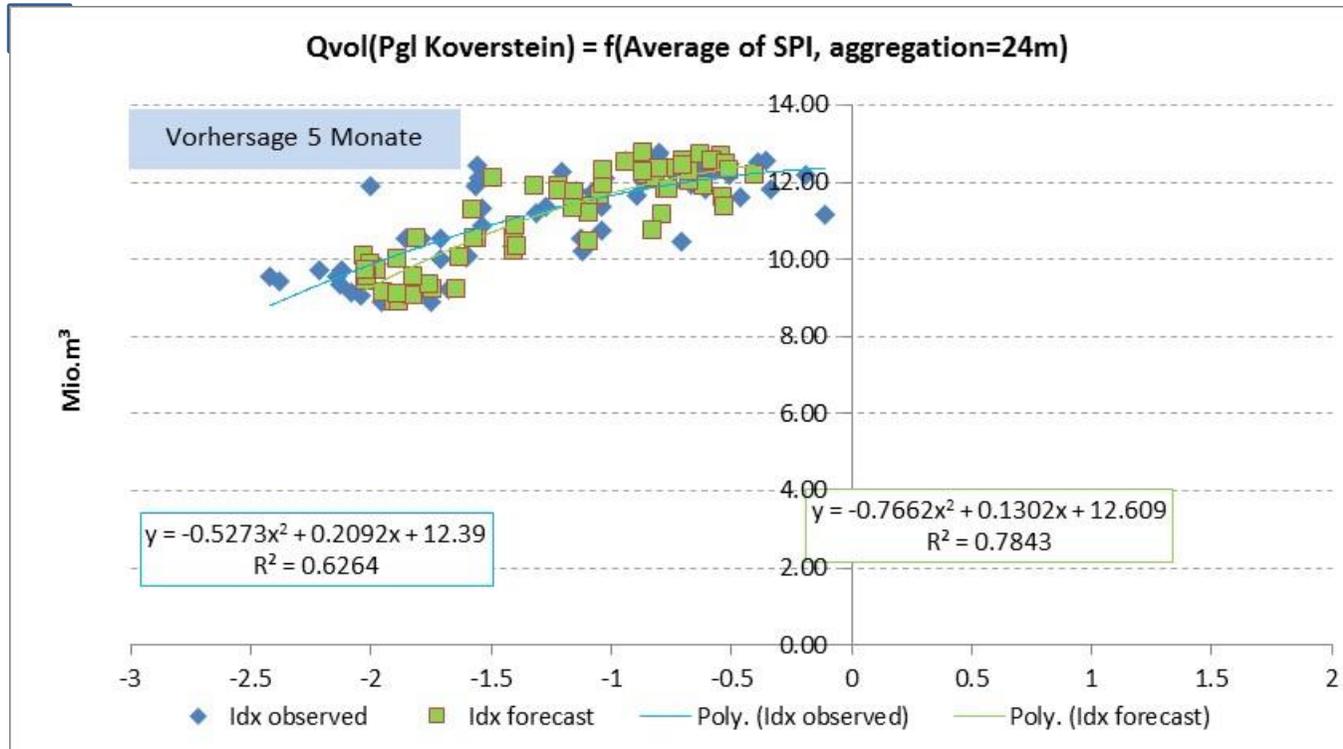
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



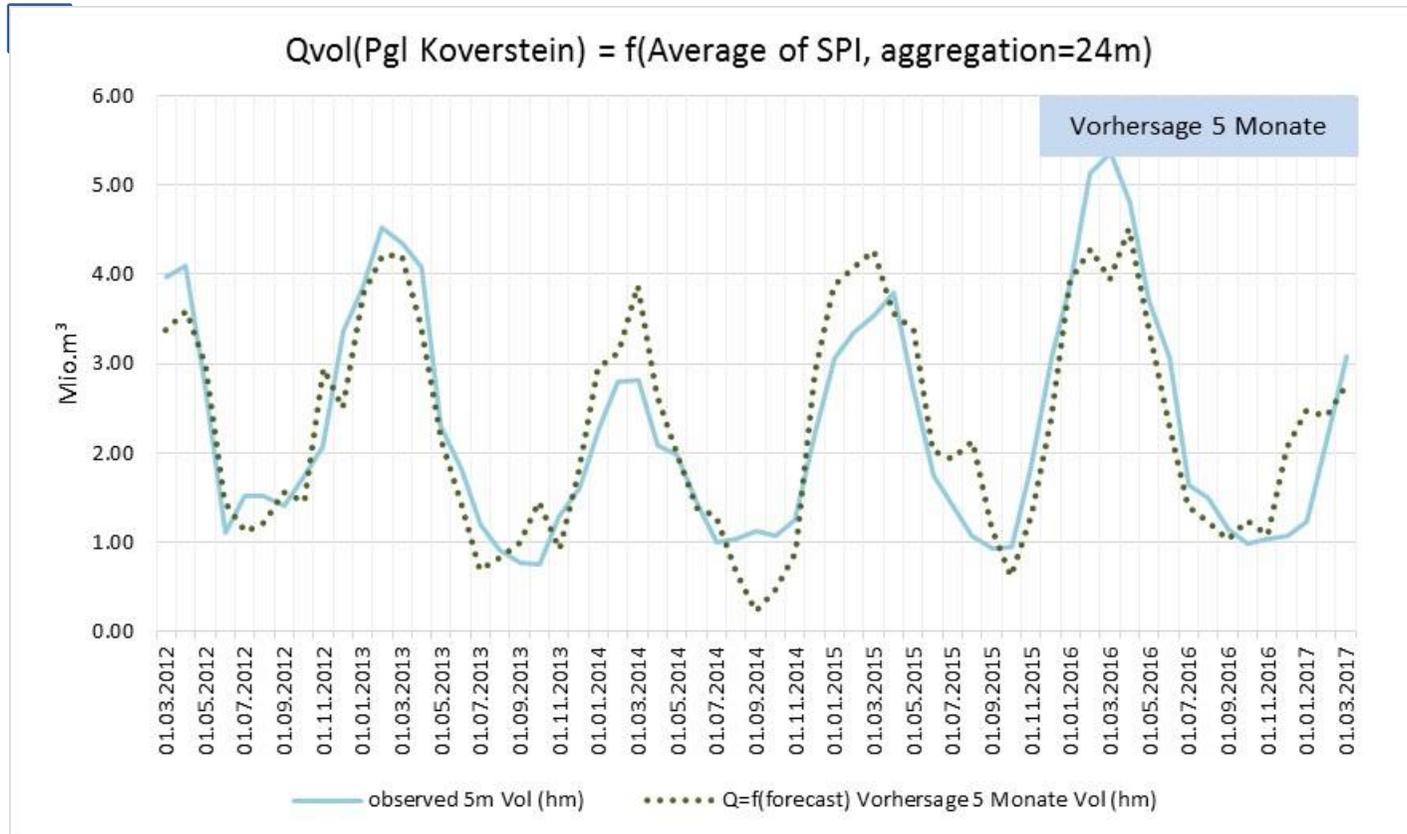
Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km², 5 Stationen

- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km<sup>2</sup>, 5 Stationen

- **5 Monate Vorhersage**
- 5 Niederschlags + Temperaturstationen



Beispiel: Pegel Koverstein, Einzugsgebiet der Aggertalsperre, <50 km², 5 Stationen

## Fazit

- ECMWF Prognosen sind etwas besser als NOAA
- SPI oder SPEI muss getestet werden, PDSI war immer deutlich schwächer
- Stationsdichte zur Ableitung des Index scheint wichtig zu sein
- Prognosen bis zu 5 Monaten sind mit einer hohen Trefferquote möglich
- Fehler in der Berechnung des Abflussvolumens aus dem Index können durch operatives Wasserbilanzmodell eingeschränkt werden

Erstmals verlässliche Drei-Monats-Prognosen für Winter in Europa möglich ...

Großer Qualitätssprung durch Telekonnektionen ...

Auszug einer Mitteilung des DWD vom 20. April 2018 über das Gemeinschaftsprojekt German Climate Forecast System (Universität Hamburg, Max-Planck-Institut für Meteorologie, ETH Zürich und DWD)

[https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle\\_meldungen/180420/verlaessliche\\_jahreszeiten\\_vhs\\_winter\\_180420.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/180420/verlaessliche_jahreszeiten_vhs_winter_180420.html)

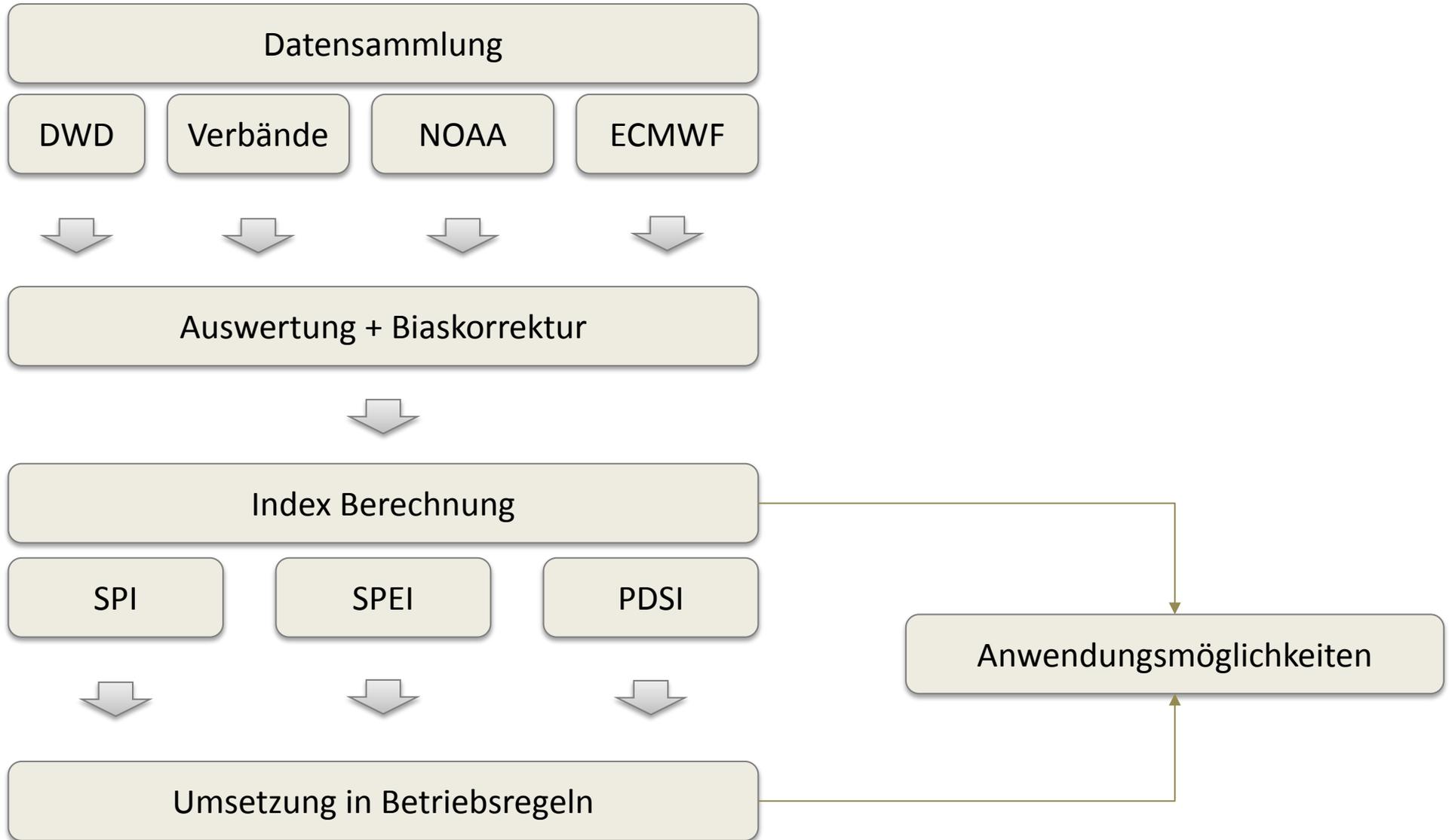
# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

**4. Projekttreffen – Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  
12. November 2018**

**Teil 2: Handlungsanleitung**



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



## II. Handlungsanleitung

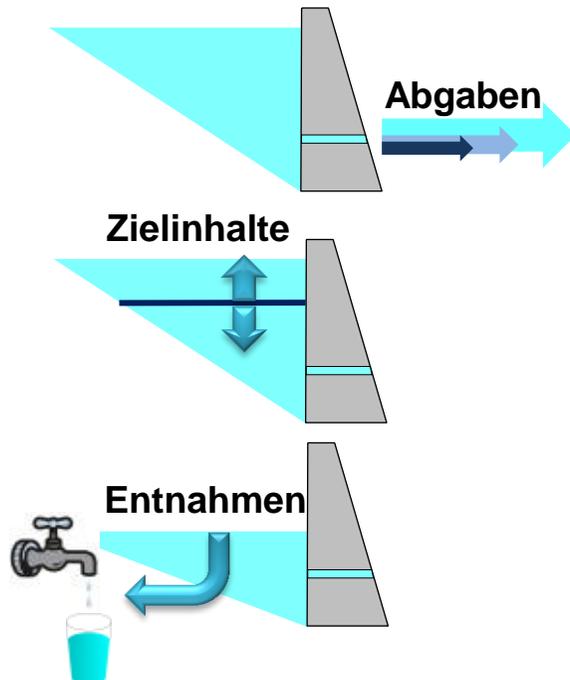
Anwendungsmöglichkeiten

A

Index wird direkt in den Betriebsregeln verwendet

B

Über den Index abgeleitete Größen werden für Betriebsregeln verwendet



**WENN**

Index einen Schwellwert unterschreitet

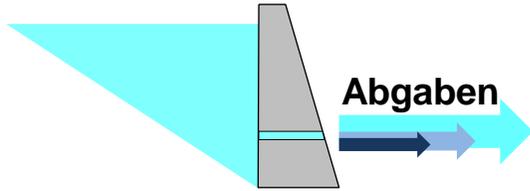
**UND**

Begleitende Randbedingungen erfüllt sind

**DANN**

Reduktion der Abgaben

## II. Handlungsanleitung



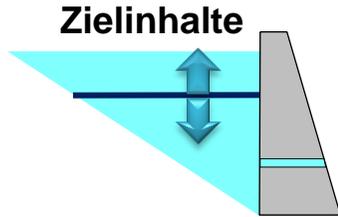
### Änderung der Abgaben

- Lamellenplan
- Niedrigwasseraufhöhung
- Mindestabgabe

Talsperre	Betriebsplan	Aktion	Bedingung*
Aggertalsperre	Lamellenplan	Reduktion der Abgaben	Index + Wsp
Wiehltalsperre	Lamellenplan	Reduktion der Abgaben	Index + Wsp
Rurtalsperre	Lamellenplan	Reduktion der Abgaben	Index + Wsp
Große Dhünn TS	Mindestabgabe	Absenkung der Aufhöhung	Index + Wsp
Wuppertalsperre	Mindestabgabe	Absenkung der Aufhöhung	Index + Wsp + Einleiter**
...	...	...	...

\* kann von der Jahreszeit abhängig sein

\*\* Koordination mit Einleitern im Unterlauf



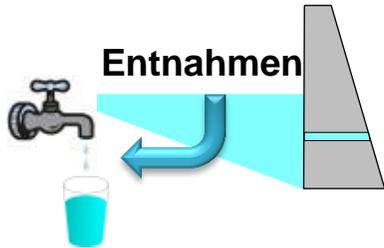
Anpassung von Zielinhalten

- Bewirtschaftung des HW-Schutzraumes
- Anpassung von Lamellen

Talsperre	Betriebsplan	Aktion	Bedingung*
Beventalsperre	Stauziele	Dynamisierung des Stauziels	Index + Wsp + Qzu
Wiehltalsperre	Stauziele	Dynamisierung des Stauziels	Index + Wsp + Qzu
Rurtalsperre	Stauziele	Dynamisierung des Stauziels	Index + Wsp + Qzu
Aabach-TS	Stauziele	Dynamisierung des Stauziels	Index + Wsp + Qzu
Olef-TS	Stauziele	Dynamisierung des Stauziels	Index + Wsp + Qzu
...	...	...	...

\* ist von der Jahreszeit abhängig

## II. Handlungsanleitung

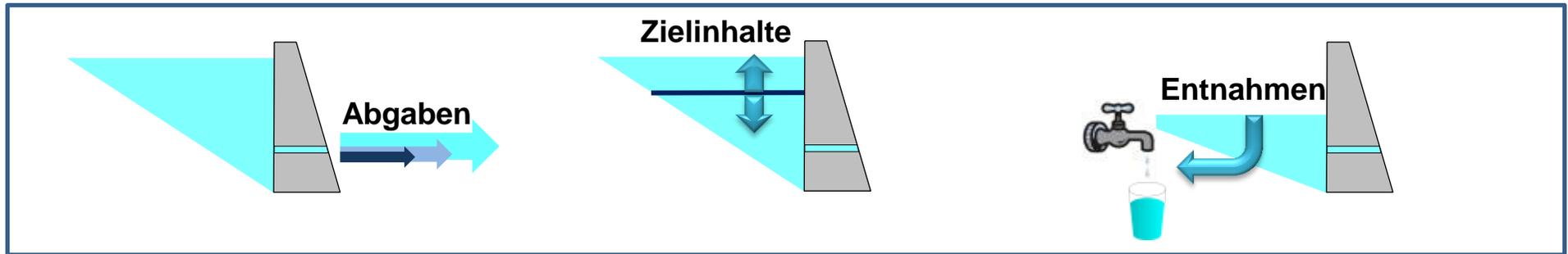


Anpassung der Entnahmen

- Reduzierung der Entnahmen
- Kontingentierungsplan

Talsperre	Betriebsplan	Aktion	Bedingung*
Wahnbach-TS	Entnahmemenge	Ausweichen auf GW	Index + Wsp + GW
Wiehltalsperre	Entnahmemenge	Reduktion, Kontingentierung	Index + Wsp
Aabach-TS	Entnahmemenge	Reduktion, Ausweichen auf GW, Kontingentierung	Index + Wsp + GW
Große Dhünn TS	Entnahmemenge	Reduktion, Kontingentierung, alternative Ressourcen	Index + Wsp
...	...	...	...

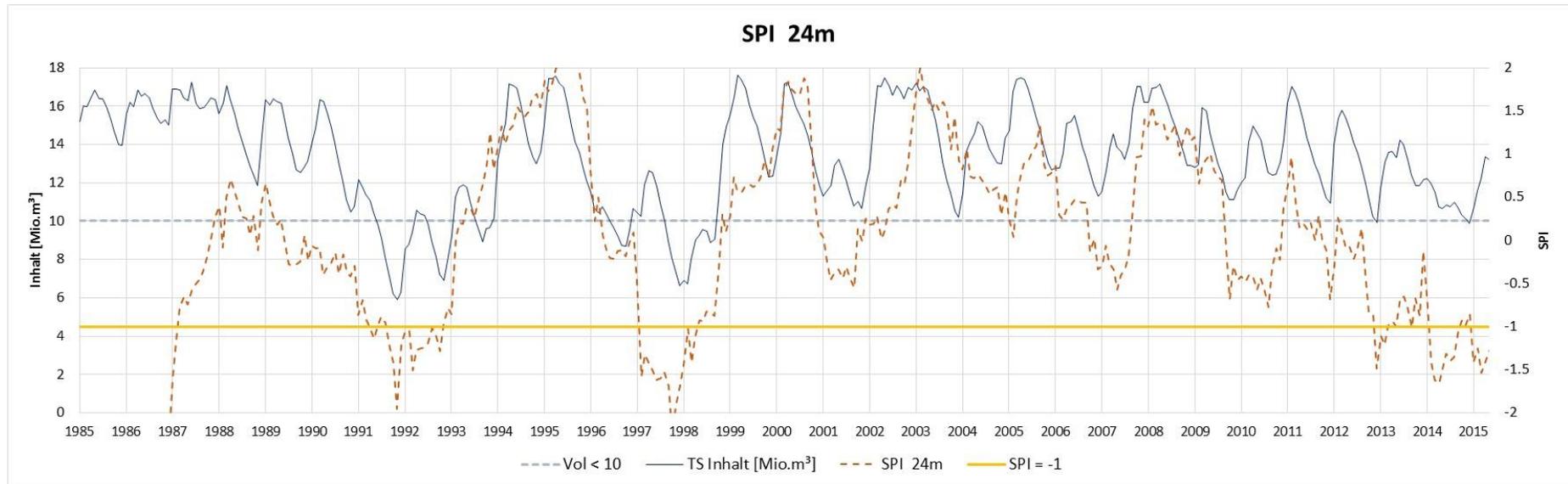
\* ist von der Jahreszeit abhängig



1. Schwellwert des Indizes ab wann Vorsorge erforderlich wird
2. Auswertung von bekannten kritischen Zuständen in der Vergangenheit und Vergleich mit Index
3. Definition der Wasserstände, die eine Aktion erlauben
4. Regel für die dynamische Anpassung (diese wird von TS zu TS unterschiedlich sein)
5. Regel für den Zeitraum der dynamischen Anpassung (wie lange wird mindestens eine Veränderung aufrechterhalten, damit sich überhaupt eine Wirkung ergibt)
6. Ausschaltbedingung aufgrund von Hochwasser
7. Kommunikation und Koordination mit Dritten

## II. Handlungsanleitung

1. Schwellwert des Indizes ab wann Vorsorge (=Handlung) erforderlich wird
2. Auswertung von bekannten kritischen Zuständen in der Vergangenheit und Vergleich mit Index



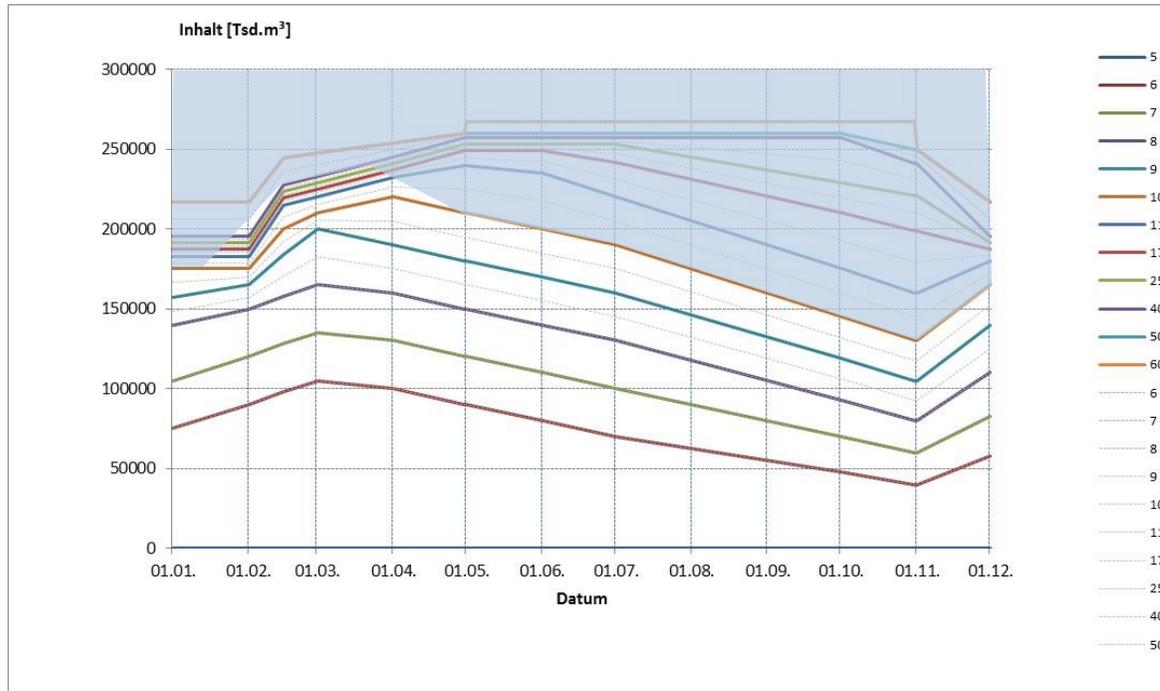
- Kombination Inhalt und Index
- Welcher Index?
- Welcher Aggregationszeitraum?

1. Schwellwert des Indizes ab wann Vorsorge (=Handlung) erforderlich wird
2. Auswertung von bekannten kritischen Zuständen in der Vergangenheit und Vergleich mit Index

### **Handlungsanleitung:**

- Benötigte Daten (Monatssummen): Niederschlag, Verdunstung (Temperatur)
- Räumlich: Im Einzugsgebiet und in klimatisch ähnlichen Nachbarregionen
- Zeitlich: Mindestens 20 Jahre, besser 30 oder mehr
- Indexberechnung mit Aggregation 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 32, 48 Monate und Kombinationen der Stationen
- Zusammenstellung kritischer Zeiträume
- Zeitreihe Talsperreninhalt, mit Markierung von Sonderbedingungen
- Abflussvolumen bilden aus Q-Zeitreihe
- Gegenüberstellung Index  $\leftrightarrow$  Inhalt, Index  $\leftrightarrow$  Zufluss verschiedene Aggregationen

### 3. Definition der Wasserstände, die eine Aktion erlauben

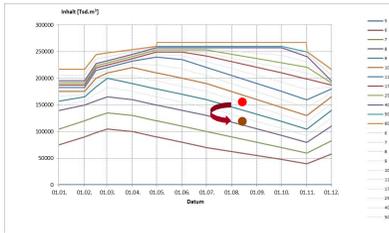


- Reservierte Bereiche festlegen in denen kein Eingriff erfolgen soll
- Achtung: wenn Restriktionen zu hoch angesetzt werden, wird keine Vorsorge wirken
- Besonders sensitive: Übergang Winter zu Frühling

## II. Handlungsanleitung

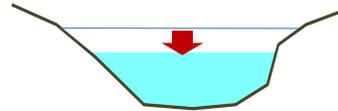
4. Regel für die dynamische Anpassung (diese wird von TS zu TS unterschiedlich sein)
5. Regel für den Zeitraum der dynamischen Anpassung (wie lange wird mindestens eine Veränderung aufrechterhalten, damit überhaupt eine Wirkung zustande kommt)

### Wechsel der Lamellen



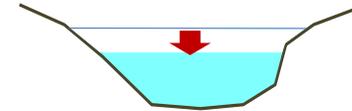
Reduzierung  
NW-Aufhöhung

und/oder



und/oder

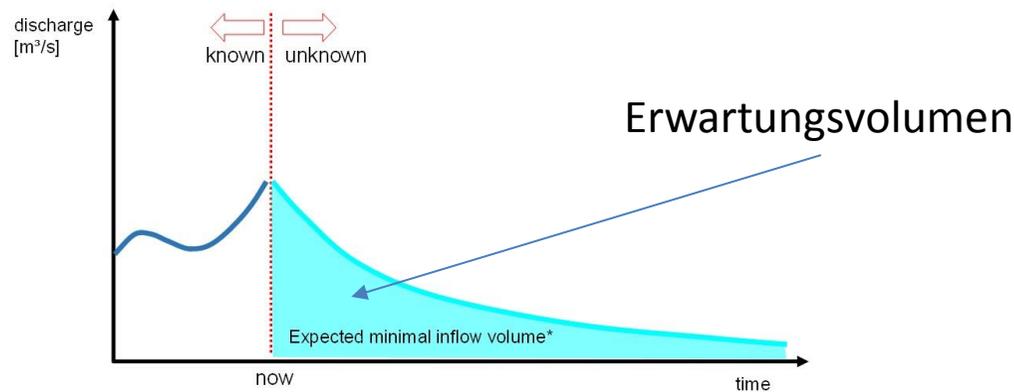
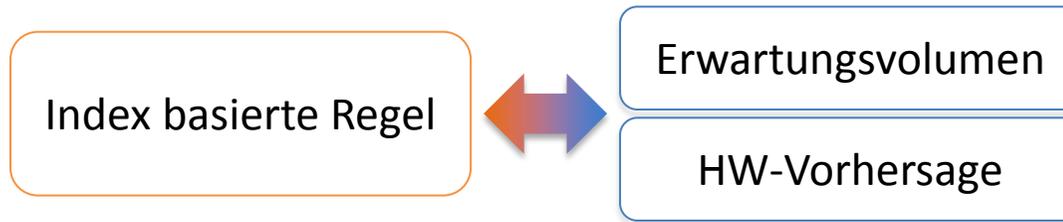
Reduzierung  
Mindestabgabe



keine generelle Aussage sinnvoll

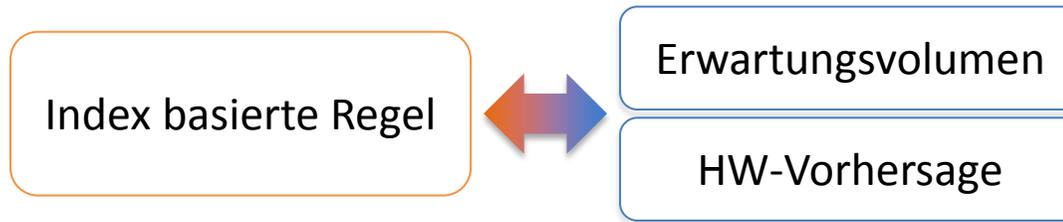
- Betriebsregel(n) sind spezifisch für jede Talsperren einzeln festzulegen, eventuell in Abhängigkeit weiterer Parameter

### 6. Ausschaltbedingung aufgrund von Hochwasser



- Dynamische Ausschaltbedingung
- Nachweis der Hochwassersicherheit durch Langzeitsimulation (Veränderung vorher – nachher)
- Anzahl Einstau in HW-Schutzraum ist kein negatives Kriterium, sondern Bestandteil der dynamischen Regel

### 6. Ausschaltbedingung aufgrund von Hochwasser



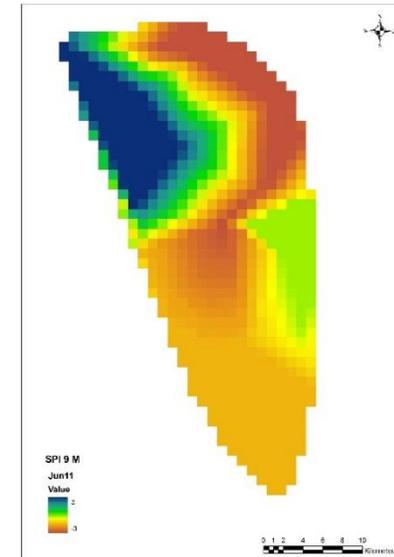
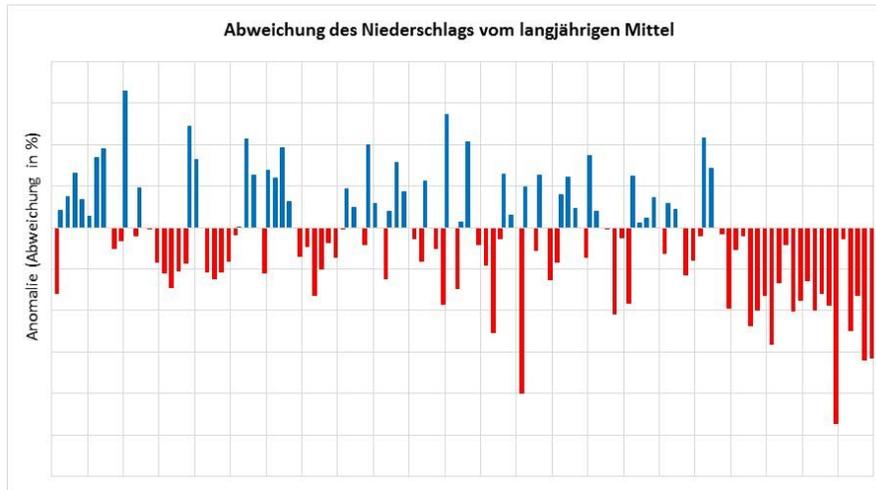
#### Handlungsanleitung:

- Kriterium: Veränderung der Wahrscheinlichkeit höherer Abgaben in den Unterlauf
- Langzeitsimulation vorher und nacher und Eintrittswahrscheinlichkeiten für Abgaben berechnen

#### Kontrolle:

- Maximal tolerable Abgaben im Unterlauf (diese sind oft bedingt durch vermeidbare Engstellen oder unklar oder relativ einfach zu vergrößern mit Begleitmaßnahmen)
- Vergleich: Schadensvermeidung durch Vorsorgebetriebsregel gegenüber Kosten zur Reduktion der Engstellen
- Vorsorge- und Kommunikationsplan mit Betroffenen aufstellen

### 7. Kommunikation und Koordination mit Dritten



- Veröffentlichung von Darstellungen (Anomalie, Karten, ...) z.B. auf der Homepage
- Vorsorgeprinzip als Grundsatz zur Vorbeugung vor größeren negativen Auswirkungen zu einem späteren Zeitpunkt mit Betroffenen festlegen
- Kommunikation starten in Zeiten ohne Wasserstress
- Kontingentierungsplan entwerfen

# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

**4. Projekttreffen – Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  
12. November 2018**

**Teil 3: Ausblick**



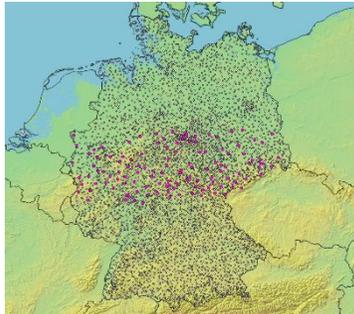
Ingenieurgesellschaft für Systemhydrologie  
Wasserwirtschaft und Informationssysteme  
Sandra Richter, Felix Froehlich, Marius Herber, Hubert Lohr

- Planung: Webportal zur saisonalen Vorhersage
- 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
- Dezentraler Zugriff

## SYDRO Services Login

Bitte mit einem gültigen Benutzernamen und Passwort anmelden.

User:	<input type="text"/>
Password:	<input type="password"/>
<input type="button" value="Anfrage senden"/>	<input type="button" value="Zurücksetzen"/>



W S Y D R O S E R V E R

**Talsim**

**Talsim-Systeme**  
Vorhandene Talsim-Modelle

**Konfiguration**

**Talsim-Konfiguration**  
Konfigurationseinstellungen

**Benutzer**  
Aktueller Benutzer: autorun

**Abmelden**  
Benutzer vom System abmelden

### SYDRO Services beim WVER

Die SYDRO Services unterstützen den modellgestützten operationellen Betrieb wasserwirtschaftlicher Systeme mit TALSIM-NG: Von der automatisierten Übernahme und Prüfung von Messwerten bis zur zeitgesteuerten Simulation basierend auf aktuellen Daten.

Um zu den vorhandenen wasserwirtschaftlichen Systemen (TALSIM-NG Modelle) zu kommen, entweder die Links in der Leiste am linken Rand oder in der Übersichtsgrafik auswählen.

Basin | River | Upstream Area [km2]

Powered by SYDRO-Server-Engine [V1.0.0.4], (c) SYDRO 2008-2019 - Aktueller Benutzer: autorun

# Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel (TASK)

**4. Projekttreffen – Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg  
12. November 2018**

**Teil 4: Diskussion**

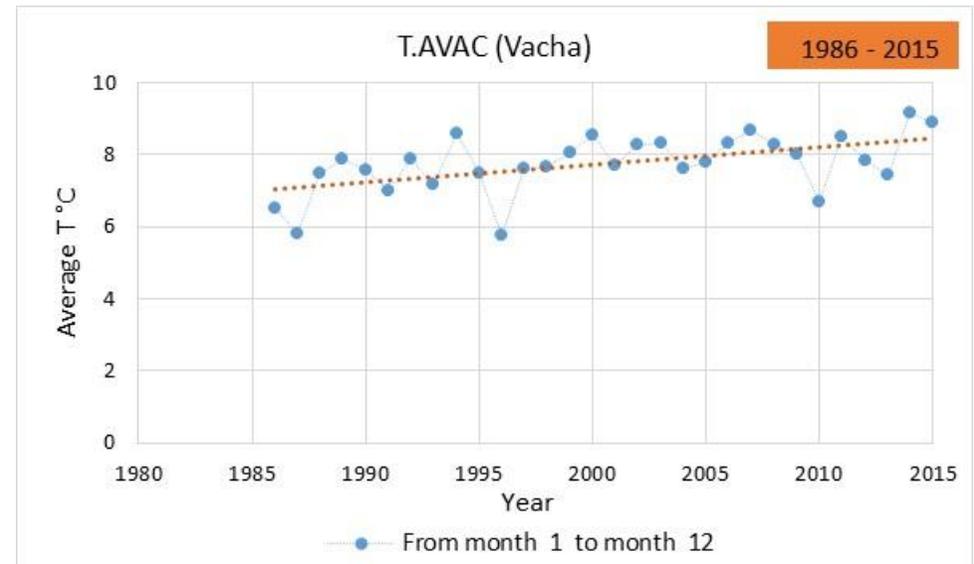
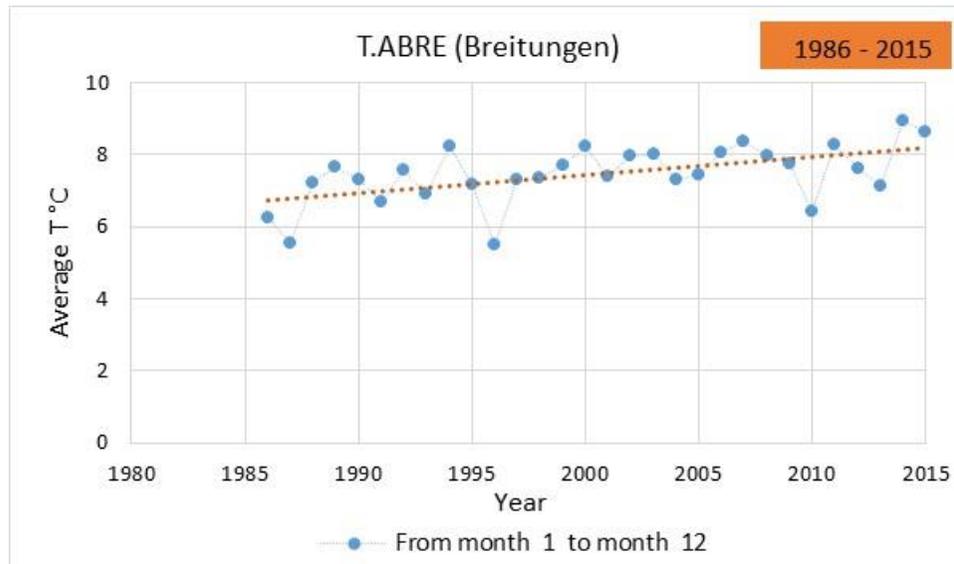
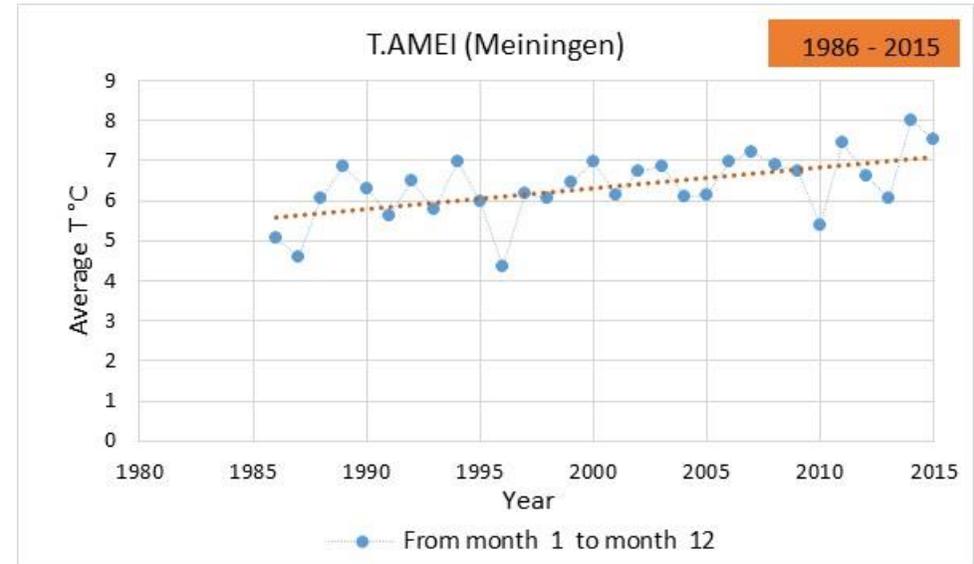


Ingenieurgesellschaft für Systemhydrologie  
Wasserwirtschaft und Informationssysteme  
Sandra Richter, Felix Froehlich, Marius Herber, Hubert Lohr

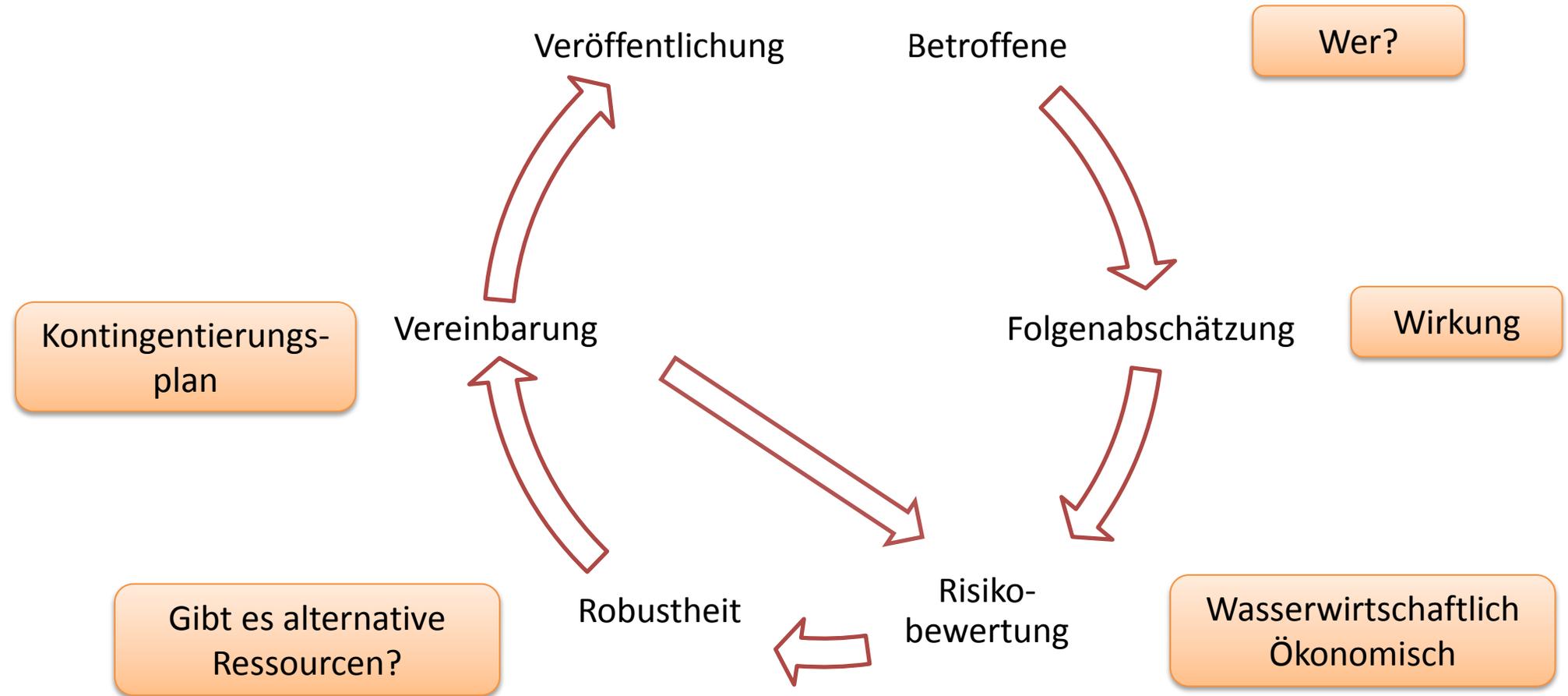
Arbeitsgemeinschaft der Deutschen  
Trinkwassertalsperren (ATT):

Vortrag zum Thema Langfristvorhersage und  
Klimawandel.

Es ist nicht mehr die Frage, ob, sondern nur wie  
intensiv und schnell eine Klimaänderung erfolgt.



Kontingenzierungsplan (Drought Plan)



## Ziele von Task

Robustes Verfahren für vorausschauenden Betrieb bereitstellen

Generalisierter Weg zur Früherkennung von hydrologischen Stresssituationen ( $\Rightarrow$  Trockenheit)

Gemeinsame und einheitliche Vorgehensweise für Betreiber und Behörde zur einfachen Kommunikation

**Handlungsbedarf:**

- Notwendigkeit der Früherkennung von Trockenperioden wird an Bedeutung gewinnen
- Starre Betriebsregeln und Randbedingungen werden zukünftig mehr Probleme bereiten

**Früherkennung:**

- Liefert die TASK Methode den erforderlichen Nachweis zur Früherkennung einer hydrologischen Stresssituation ( $\Rightarrow$ Trockenheit)?

**Umsetzung:**

- (Betreiber)  
Ist die Vorgehensweise transparent und klar genug, um dynamische Anpassungen von Abgaben, Zielinhalten oder Entnahmen mit Entscheidungsgremien kommunizieren zu können?
- (Aufsichtsbehörde)  
Ist die Vorgehensweise transparent und klar genug, um eine dynamische Anpassung von Abgaben, Zielinhalten oder Entnahmen in eine unkomplizierte Genehmigungsstruktur übertragen zu können?