



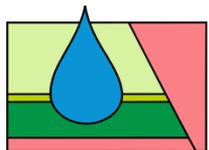
Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.  
Interreg VA / 2014–2020

# Abschlussveranstaltung zum Projekt ResiBil

Resultate und Erkenntnisse aus 4 Jahren Deutsch-Tschechischer Kooperation



**ResiBil**



ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
**SACHSEN**





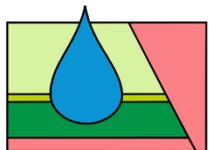
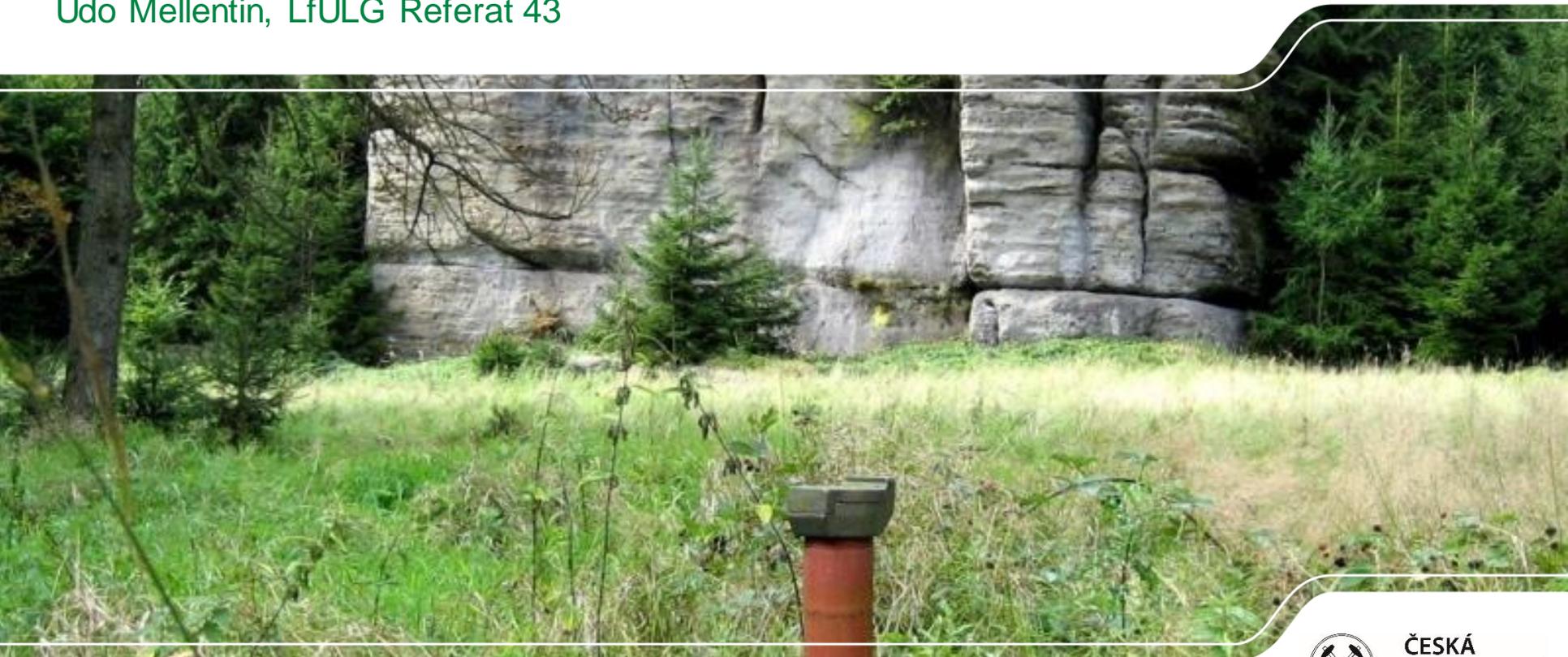
Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.  
Interreg V A / 2014 – 2020

# Abschlussveranstaltung zum Projekt ResiBil

Udo Mellentin, LfULG Referat 43



**ResiBil**

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
**SACHSEN**



ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA





# Klima- und Wasserhaushaltsentwicklung im Projektgebiet

- A) Grundvoraussetzungen zur Analyse der Auswirkungen klimatischer Änderungen auf den Wasserhaushalt
- B) Beispiel zur Analyse des Wasserdargebotes und der Abflussbildung aus dem Projektgebiet



# Klima- und Wasserhaushaltsentwicklung im Projektgebiet

- A) Grundvoraussetzungen zur Analyse der Auswirkungen klimatischer Änderungen auf den Wasserhaushalt
- B) Beispiel zur Analyse des Wasserdargebotes und der Abflussbildung aus dem Projektgebiet



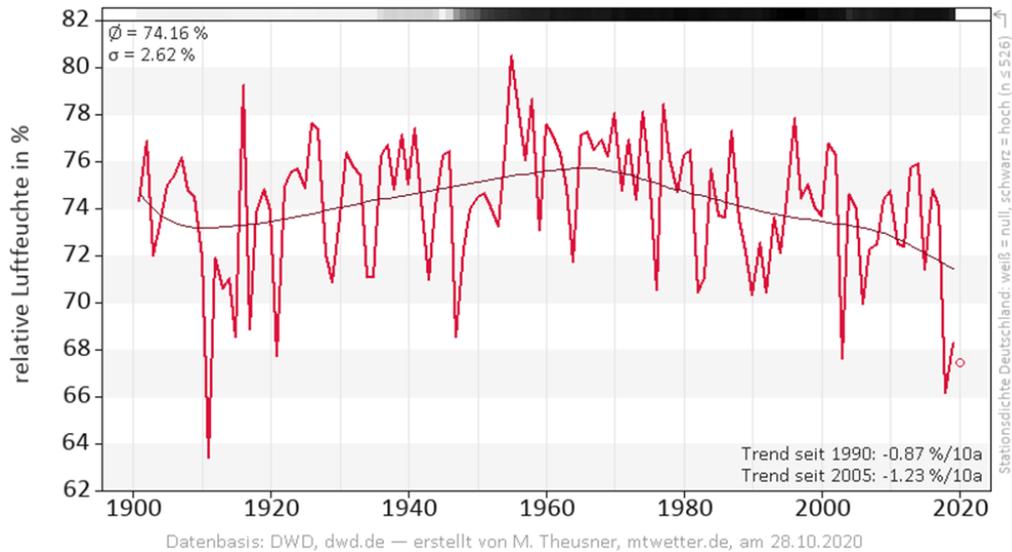
# Klima- und Wasserhaushaltsentwicklung im Projektgebiet

- Klima und Wasserhaushalt sind durch Verdunstung und Niederschlag verbunden





Mittel der relativen Luftfeuchte im Jahr  
Sachsen



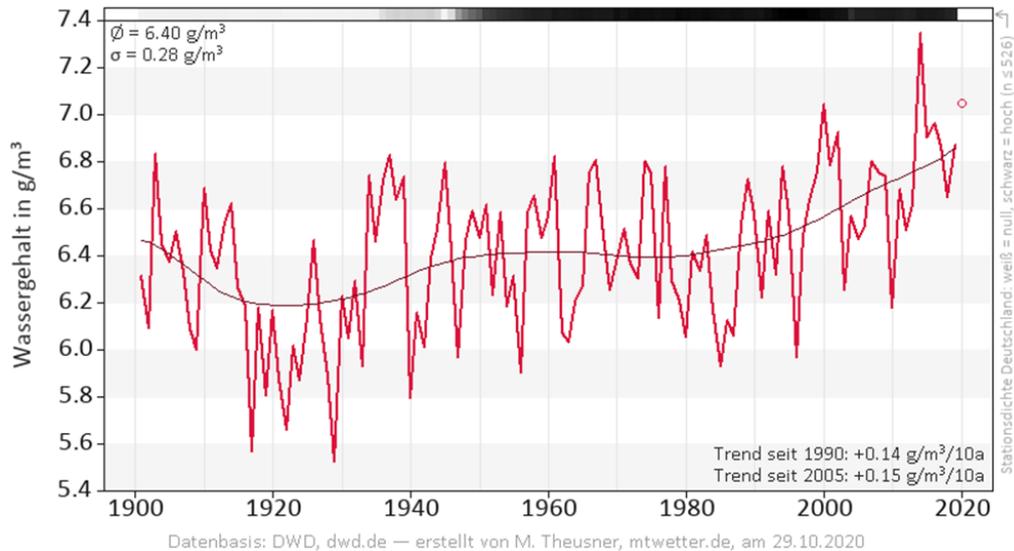
Mit der Erwärmung  
Abnahme der  
relativen  
Luftfeuchte

„Trockenere“ Luft =  
Verdunstung begünstigt

⇒ Höhere Dürregefahr ?



Mittlerer absoluter Wassergehalt der Luft im Jahr  
Sachsen



Gleichzeitig  
Zunahme des  
absoluten  
Wassergehaltes

Wasserdampf = Energie  
Konvektion begünstigt

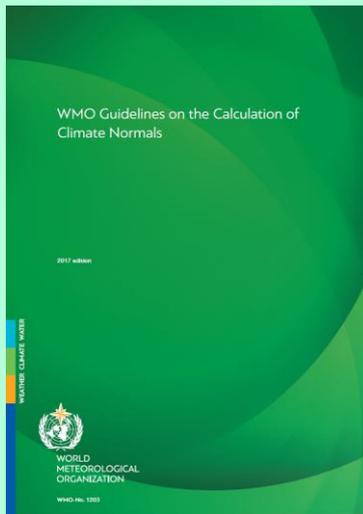
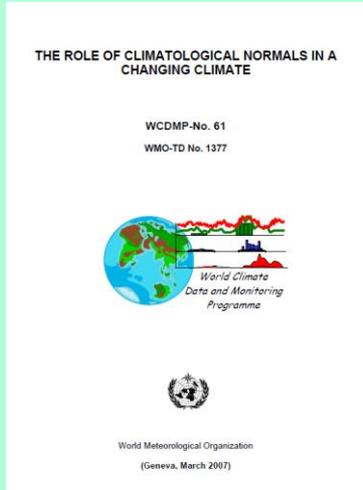
⇒ Intensivere  
Starkniederschläge ?



# Klima- und Wasserhaushaltsentwicklung im Projektgebiet

Schlüsselfragen zur Analyse (der Sensitivität):

- Welche Kenngrößen sind relevant?
- Welche Trends beobachten wir?
- Mit welchen Trends ist perspektivisch zu rechnen?
- Wie reagiert dann das Wasserdargebot?
- **Welche Bilanzzeiträume sind zu vergleichen?**



# „Klimahomogene“ Perioden für Wasserhaushaltsbilanzen (obs)

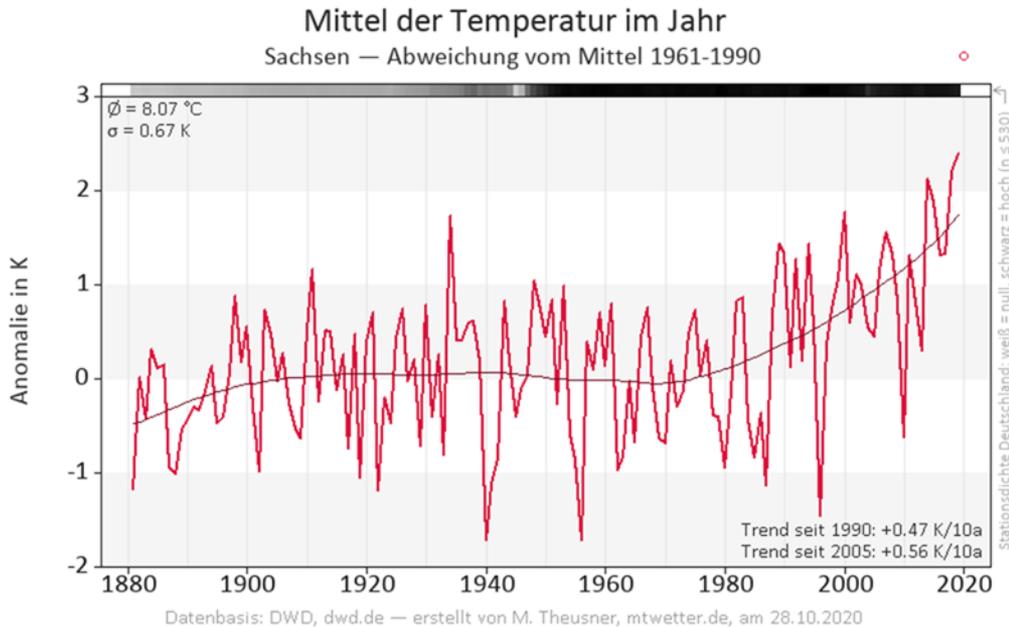
The importance of such secular trends is that they reduce the representativeness of historical data as a descriptor of the current, or likely future, climate at a given location.

⇒ **Geschwindigkeit des Klimawandels verhindert Repräsentanz 30-jähriger Mittelwerte**

In *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO, 2007), it was found that, for most mean and sum parameters (not extreme parameters or higher-order statistical properties such as quantiles), 10–12 years of data provided a predictive skill similar to that from a standard 30-year period.



# „Klimahomogene“ Perioden für Wasserhaushaltsbilanzen

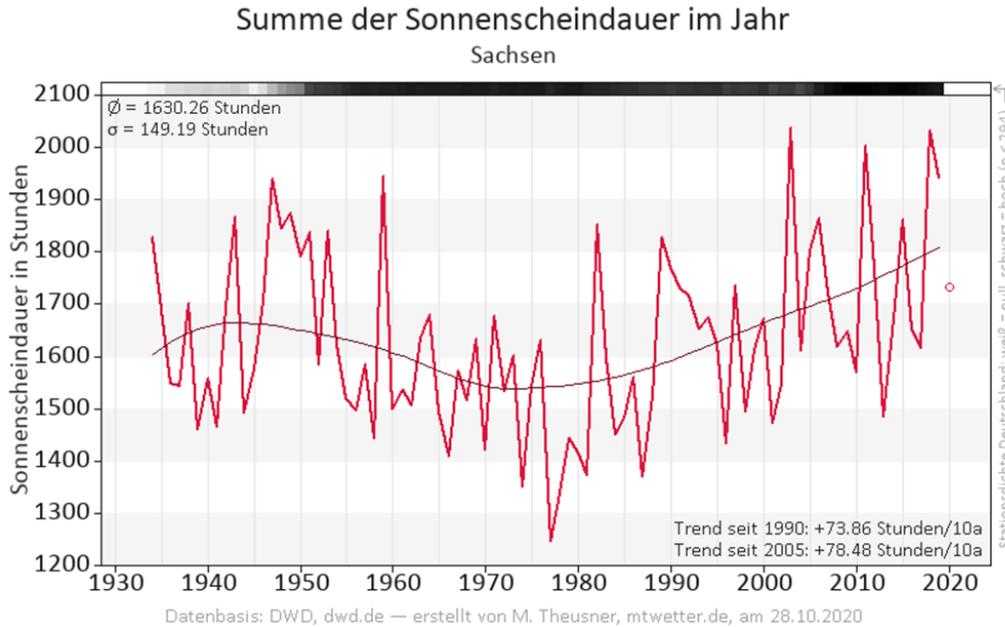


Breakpoints der  
Lufttemperatur:

- ✓ 1989
- ✓ 2014



# „Klimahomogene“ Perioden für Wasserhaushaltsbilanzen



## Breakpoints der Sonnenscheindauer:

- ✓ 1989
- ✓ 2003



# Treiber der (potenziellen) Verdunstung: Sonnenscheindauer, Temperatur und ...

potentielle Verdunstung ET (mm) nach TURC-WENDLING

$$ET = \frac{(GS + 93^*) \cdot (T + 22)}{150 \cdot (T + 123)}$$

$$T = \frac{(TX + TN)}{2} \quad GS = R_{ex} \cdot \left( a + b \cdot \frac{SD}{S_0} \right)$$

GS Globalstrahlung (J/cm<sup>2</sup>)

TX Lufttemperatur\_Max (°C)

TN Lufttemperatur\_Min (°C)

SD Sonnenscheindauer (h)

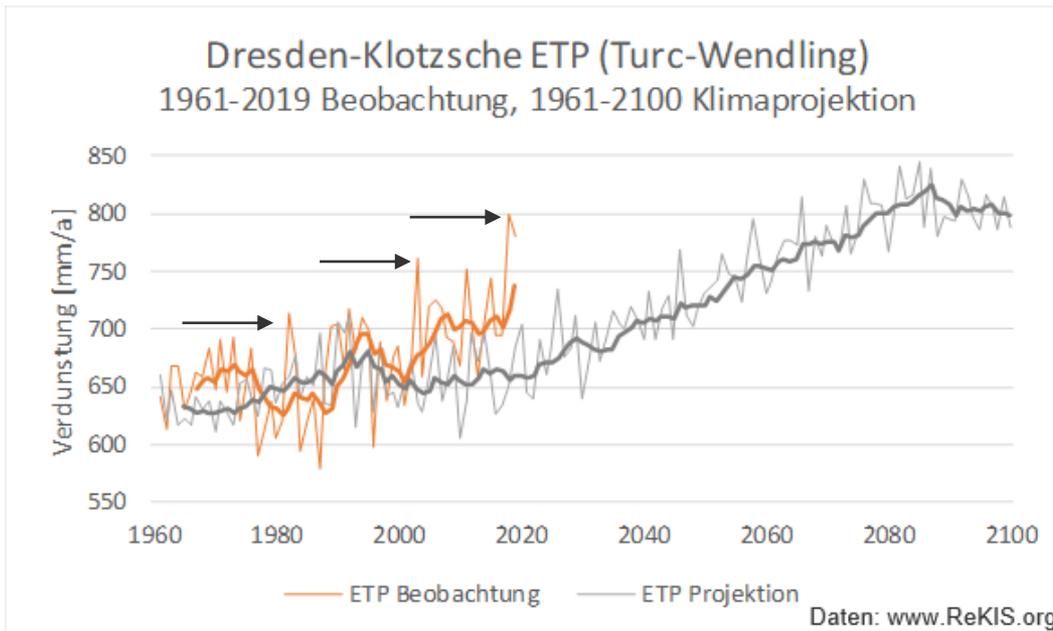
S<sub>0</sub> astronomisch mögliche Sonnenscheindauer (h)

R<sub>ex</sub> extraterrestrische Strahlung (J/cm<sup>2</sup>)

\* Küstenfaktor gleich 1



# Treiber der (potenziellen) Verdunstung: Sonnenscheindauer, Temperatur und ...



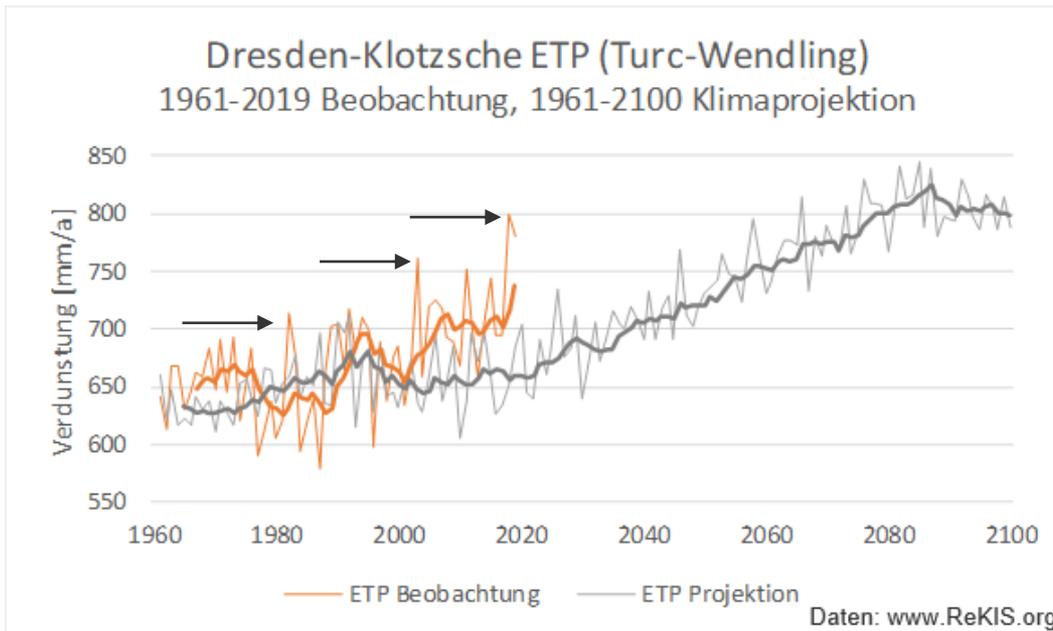
## Breakpoints der Verdunstung:

- ✓ 1989 T, SD
- ✓ 2003 SD
- 2014\* T

\* Anbahnungsphase für ETP  
von  $\varnothing 750 \pm 25$  mm/a



# Treiber der (potenziellen) Verdunstung: Sonnenscheindauer, Temperatur und ...



## Breakpoints der Verdunstung:

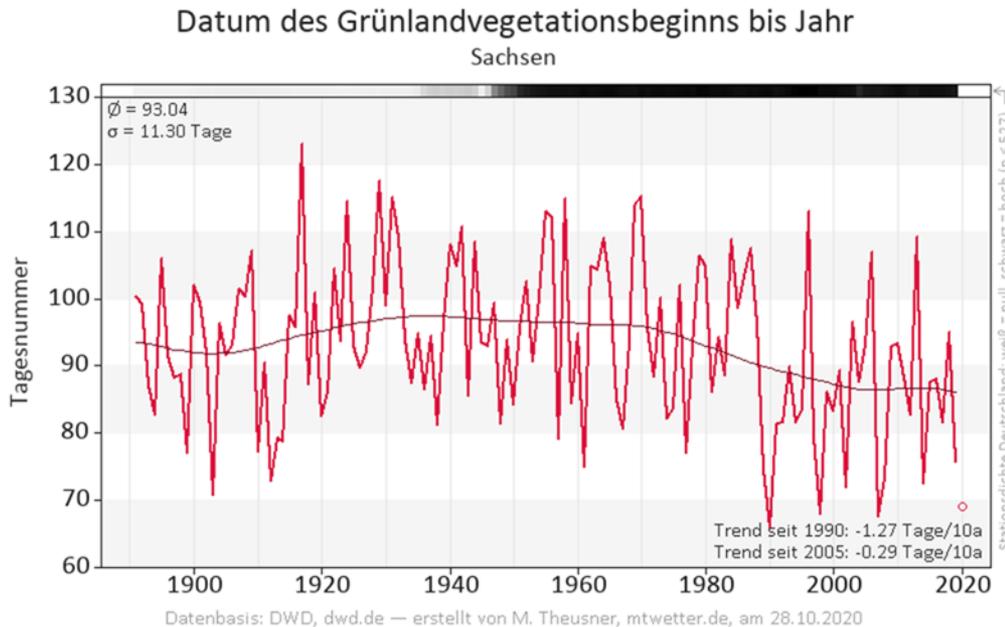
- ✓ 1989 T, SD
- ✓ 2003 SD
- 2014\* T

\* Anbahnungsphase für ETP  
von  $\varnothing 750 \pm 25$  mm/a

**ETP erreichte 2018 und 2019 die mittlere ETP von 2071-2100  
unserer Worst-Case-Klimaprojektion**



# Treiber der (realen) Verdunstung: Sonnenscheindauer, Temperatur und **Vegetation**



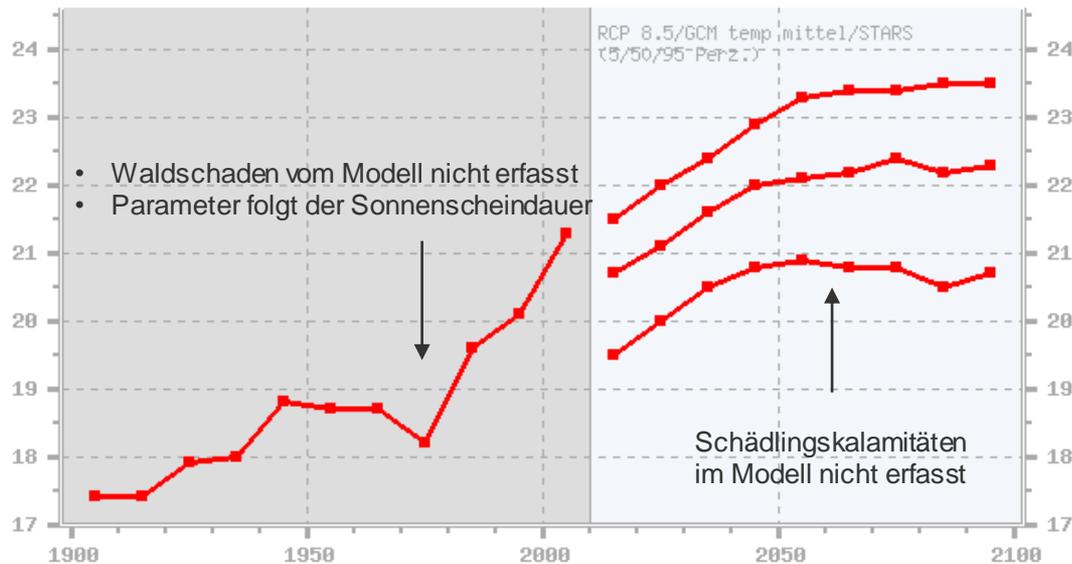
Breakpoint beim  
Vegetationsbeginn:

✓ 1989



# Treiber der (realen) Verdunstung: Sonnenscheindauer, Temperatur und **Vegetation**

Sächsische Schweiz-Osterzgebirge  
Stammholzzuwachs Fichte [ $m^3/ha/Jahr$ ] in Jahresmittel



Quelle: [www.klimafolgenonline.com](http://www.klimafolgenonline.com)

Biomassezuwachs –  
Indikator steigender  
Transpiration

Der Zuwachs wird vom Modell 4C berechnet und als durchschnittlicher Volumenzuwachs ermittelt.



Zur Analyse der Auswirkungen klimatischer Änderungen auf den Wasserhaushalt sind „**klimahomogene**“ **Bilanzzeiträume** zu betrachten ...

... für die Komplexgröße Verdunstungsanspruch (  $ETP = f(T, SD, \dots)$  )

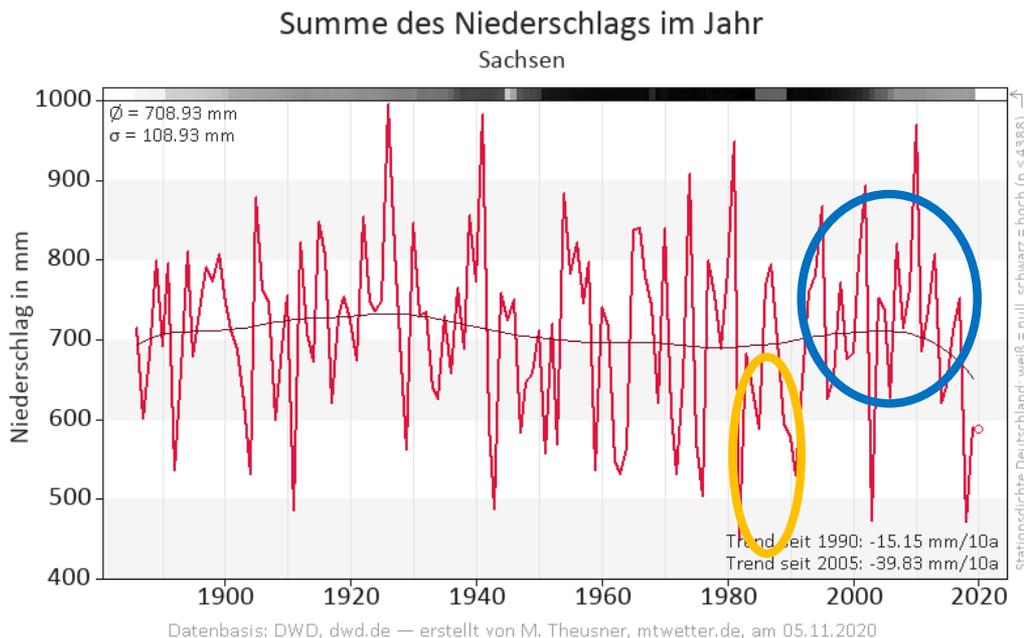
... um ein charakteristisches mittleres Niveau (Bruchpunkte)

... mit einer charakteristischen Variabilität (Häufigkeit, Andauer)

- Superposition weiterer Einflüsse (Entnahmen, Waldschäden, ...)
- Niederschlagsvariabilität begrenzt den analysierbaren Wertebereich der charakteristischen N-A-Beziehung eines „klimahomogenen“ Zeitraumes (Beobachtung, Klimaprojektion)
- Geschwindigkeit des Klimawandels verhindert Extremwertstatistik innerhalb rezenter „klimahomogener“ Bilanzzeiträume



# Jahresniederschlag: Mehrjährige und -dekadische Variabilität statt Breakpoints („Modulator“)



Bisher eine typische Abfolge für  
Sachsen:

**1982-1992**  
**Häufung niederschlagsarmer**  
**Jahre** (s.a. 1942-1953)

**1993-2017**  
**Periode mit 2003 als**  
**singuläres Trockenjahr**  
(s.a. 1912-1941)



# Klima- und Wasserhaushaltsentwicklung im Projektgebiet

- A) Grundvoraussetzungen zur Analyse der Auswirkungen klimatischer Änderungen auf den Wasserhaushalt
- B) Beispiel zur Analyse des Wasserdargebotes und der Abflussbildung aus dem Projektgebiet



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



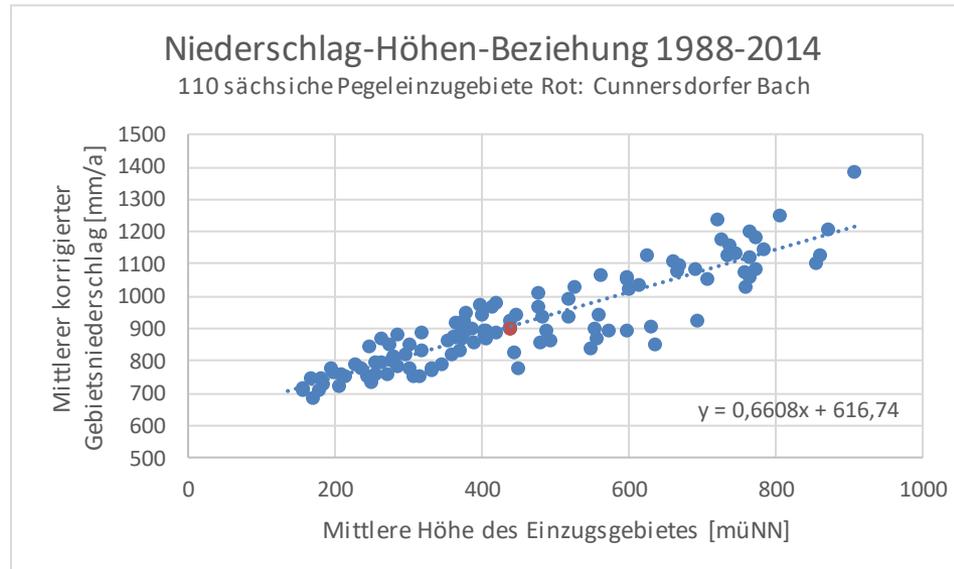
# Cunnersdorfer Bach

Einordnung seines Wasserhaushaltes  
innerhalb Sachsens



# Cunnersdorfer Bach - Gebietskennwerte

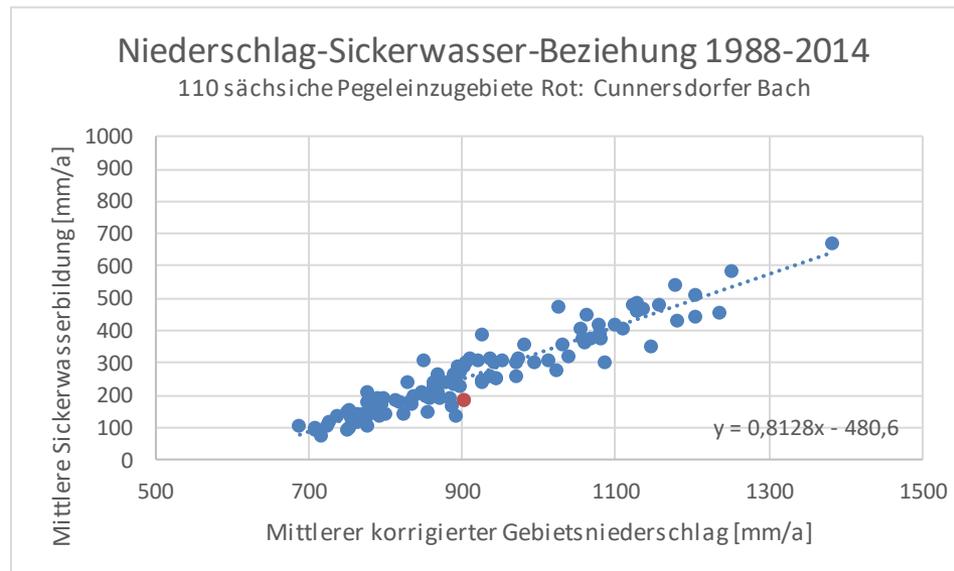
## Mittleres Niederschlagsdargebot 906 mm/a





# Cunnersdorfer Bach - Gebietskennwerte

Mittleres Grundwasser-Dargebot: 182 mm/a (bis 2014)

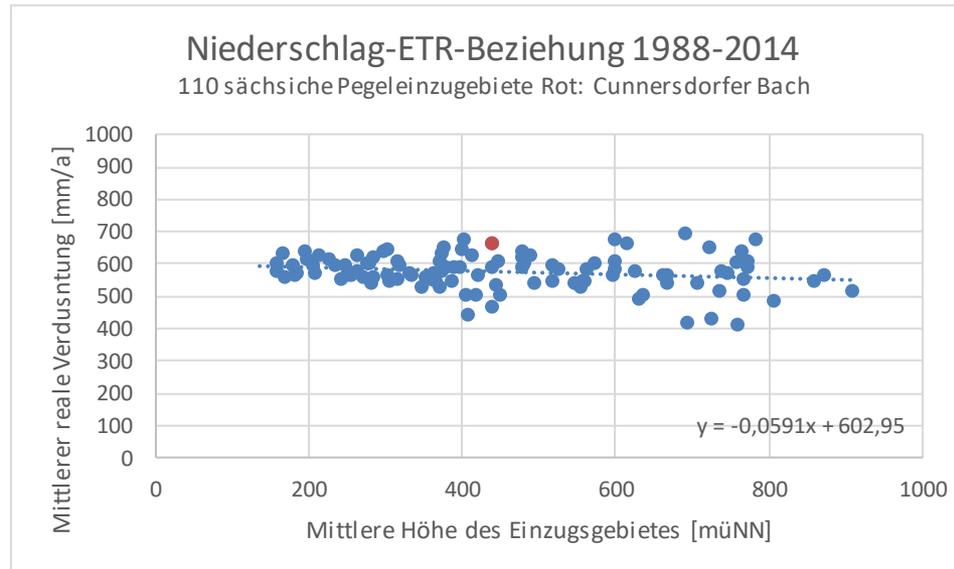


Unterdurchschnittliche Grundwasserneubildung im EZG des Cunnersdorfer Baches?



# Cunnersdorfer Bach - Gebietskennwerte

Mittlere reale Verdunstung: 671 mm/a (bis 2014)



Überdurchschnittliche Verdunstung im EZG des Cunnersdorfer Baches?



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



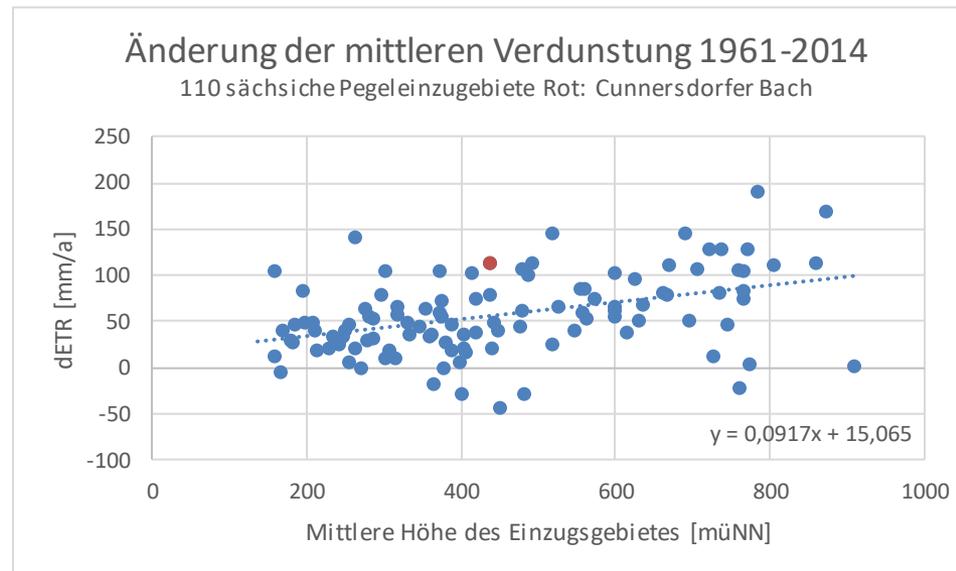
# Cunnersdorfer Bach

Bilanzierung der Änderung des Wasserhaushaltes  
im Zeitraum 1961-2014



# Cunnersdorfer Bach

## Änderung der realen Verdunstung 1961-2014

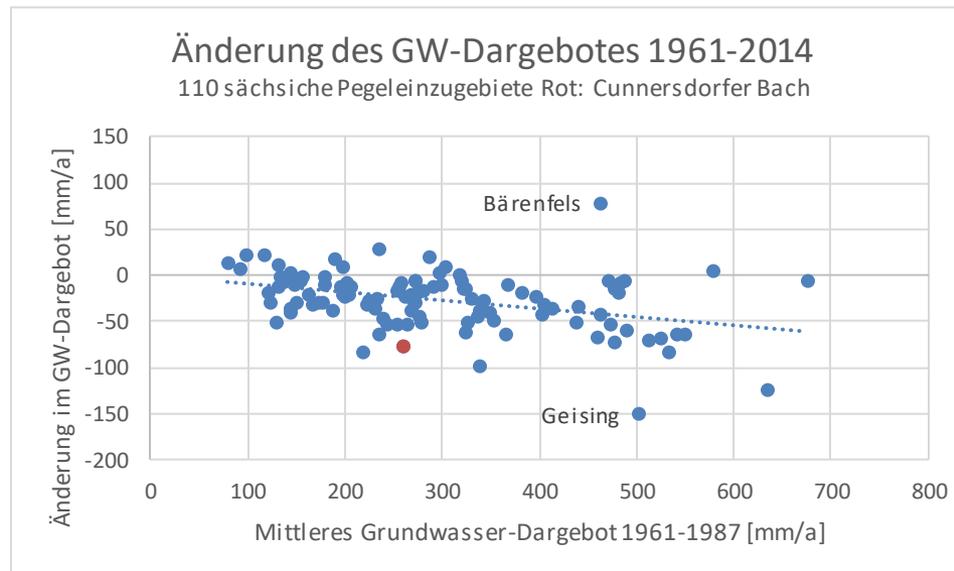


Regionalspezifisch große Unterschiede der Verdunstungs-Sensitivität



# Cunnersdorfer Bach

## Änderung des Grundwasser-Dargebotes 1961-2014



Regionalspezifisch große Unterschiede der Dargebots Änderungen

Je höher die relative Änderung ist, um so kritischer sind mögliche Auswirkungen.



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.

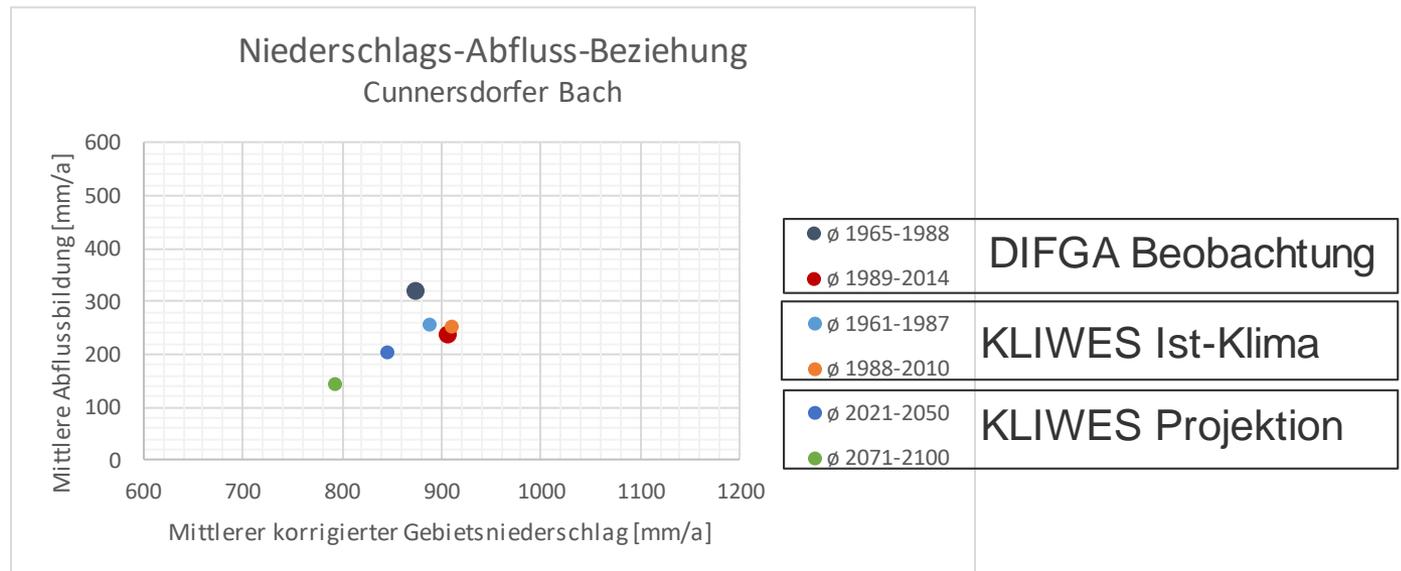


# Cunnersdorfer Bach

Analyse beobachteter und möglicher Änderungen  
des Wasserhaushaltes im Klimawandel



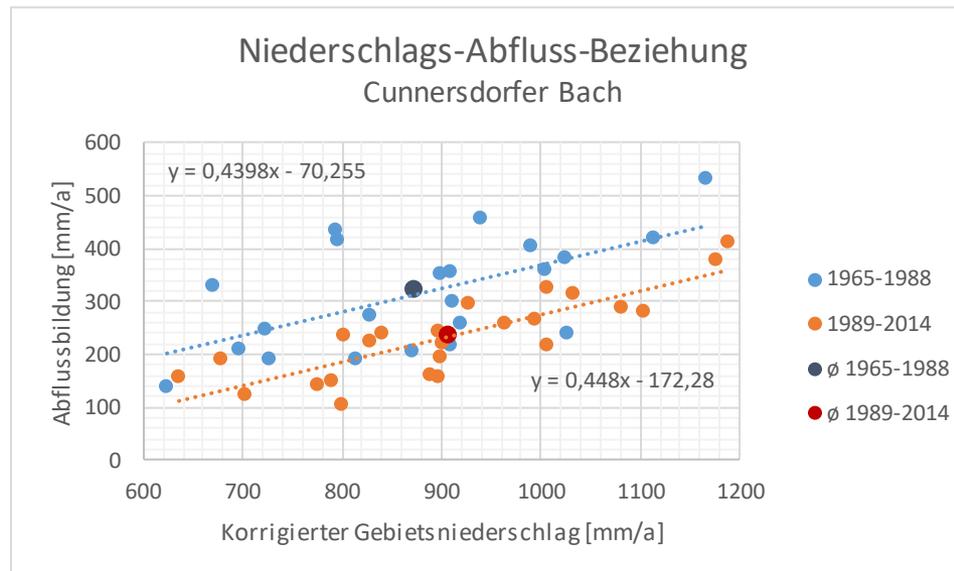
# Mittelwerte in Beobachtung und Projektion



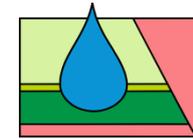
KLIWES wurde dicht am Zeitraum 1988-2014 kalibriert



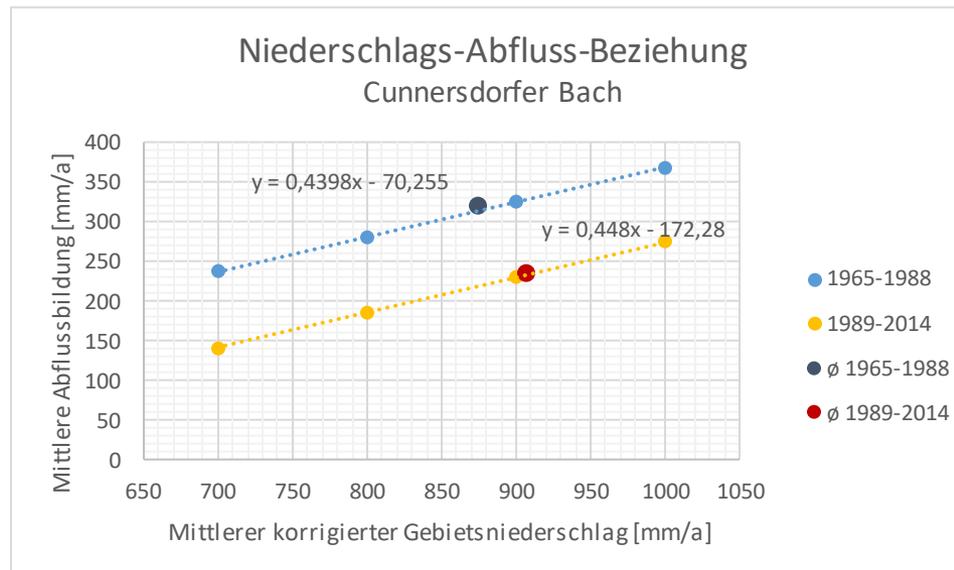
# Ausschöpfung der ganzen Information (1) Streudiagramm



1989-2014 gegenüber 1961-1988 geänderte Abflussbildung

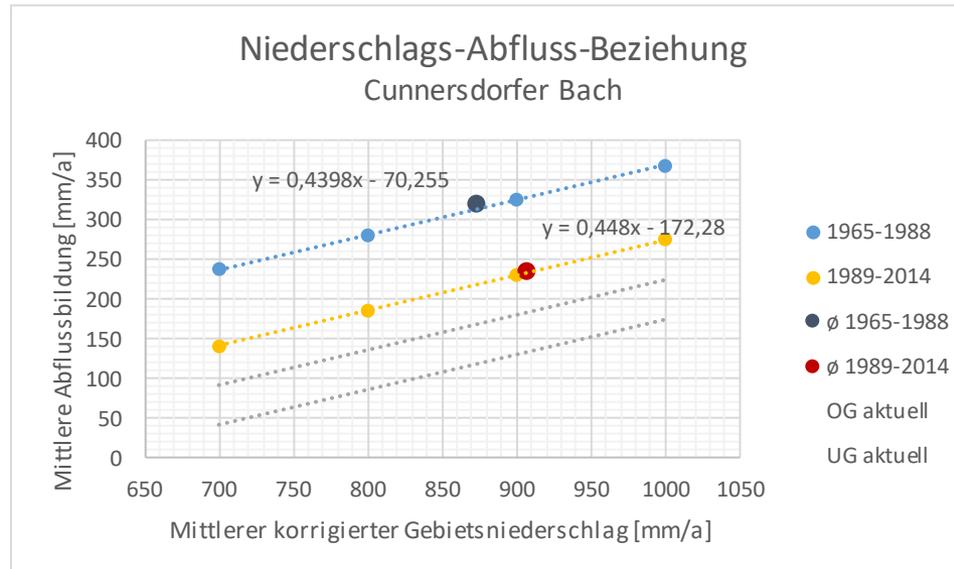


# Ausschöpfung der ganzen Information (2) N-A-Beziehung





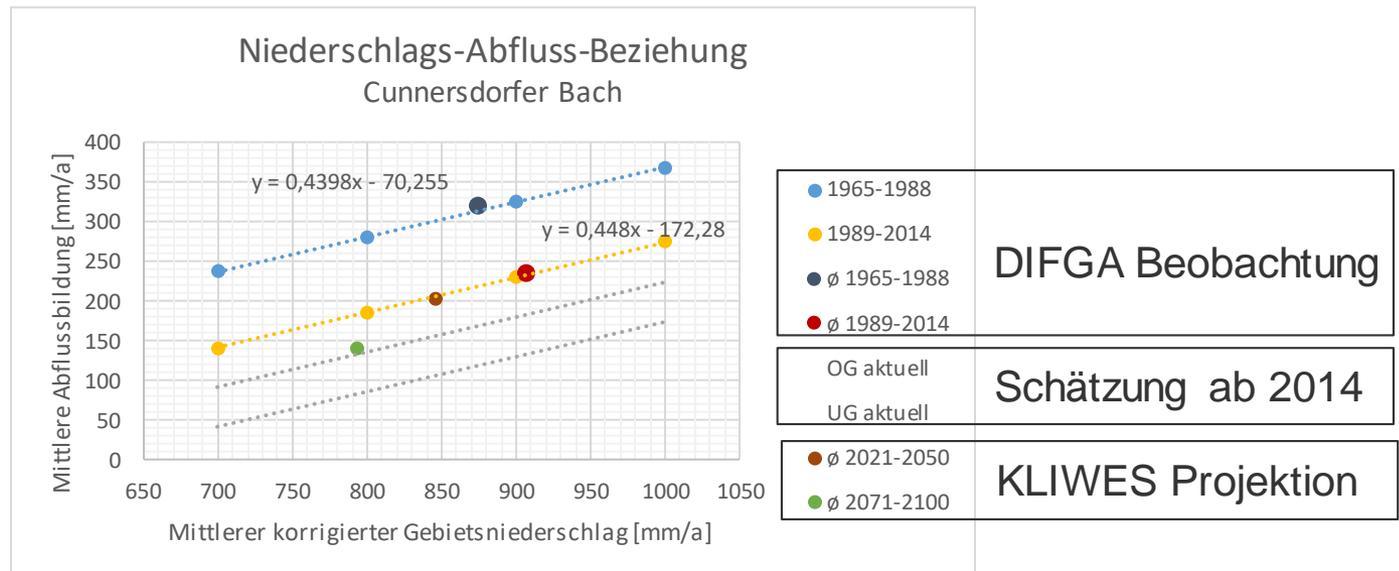
# Ausschöpfung der ganzen Information (2) N-A-Beziehung



Seit 2014 weitere Verschiebung der N-A-Beziehung  
Detaillierte Analyse stehen noch aus!



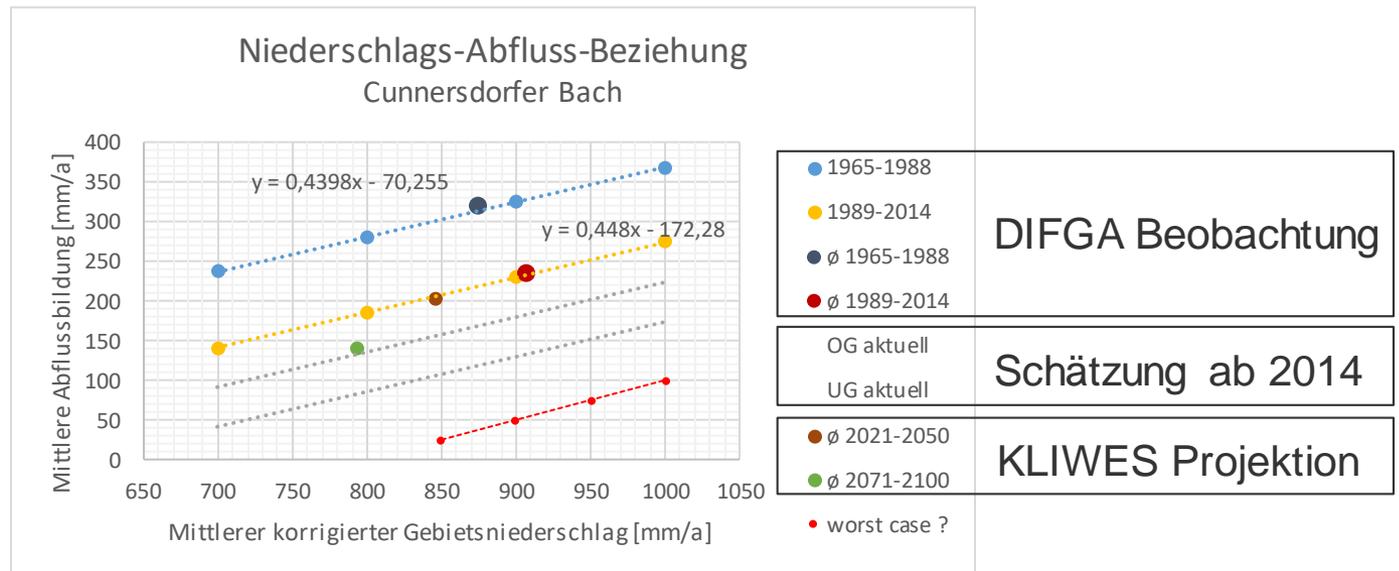
# Ausschöpfung der ganzen Information (2) N-A-Beziehung



**KLIWES 2021-2050** liegt auf N-A-Beziehung von 1989-2014 – im Modell **nur** Niederschlagssensitivität (ETP21-50 ≈ ETP89-14; Modell i.O.)  
**KLIWES 2071-2100** liegt über dem Korridor der aktuell anzunehmenden N-A-Beziehung – im Modell **geringe** Verdunstungssensitivität



# Ausschöpfung der ganzen Information (2) N-A-Beziehung



## EZG Cunnersdorfer Bach

- KLIWES 2071-2100 ist von einem potentiell denkbaren „Worst-case“ für das 21. Jahrhundert weit entfernt
- 2014 begann die Realität das Szenario KLIWES 2071-2100 zu überholen
- Faktoren, wie z. B. Boden, Vegetation, Landnutzung oder Flächenversiegelung, können dem in Zukunft wieder entgegen wirken
- Zur Präzisierung plausibler Grenzen potentieller worst-case-Szenarien ist weitere Forschung erforderlich



## Fazit:

- Immer höherer Niederschlag zum Defizit ausgleich erforderlich; „Verschleppung“ von Dürre; systematische, regionale „Wenn-Dann-Analysen“ müssen state-of-the-art werden
- Instrumente für Sachsens müssen auf adäquater **Raum-Zeit-Skale** arbeiten!
- Meteorologische und hydrologische Datensätze dazu qualifizieren und zusammenführen mit ReKIS, dem Wasserhaushaltsportal und dem GWN-Viewer sind bereits wertvolle Entwicklungsschritte erfolgt
- Methoden und Instrumente auf das wasserwirtschaftliche Handeln zuschneiden

***Qualifizierte Daten > Qualifizierte Instrumente > Fundiertes wasserwirtschaftliches Handeln***

In der zukünftigen Arbeit auf die wertvollen Erkenntnisse aus **ResiBil** weiter aufbauen!



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



Děkuji za pozornost !

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !