

## Klimatische Veränderungen und deren Auswirkungen auf die hydro-meteorologischen Verhältnisse in Nordostdeutschland



20. Gewässersymposium in M-V, Güstrow, 20. Oktober 2015

## Gliederung

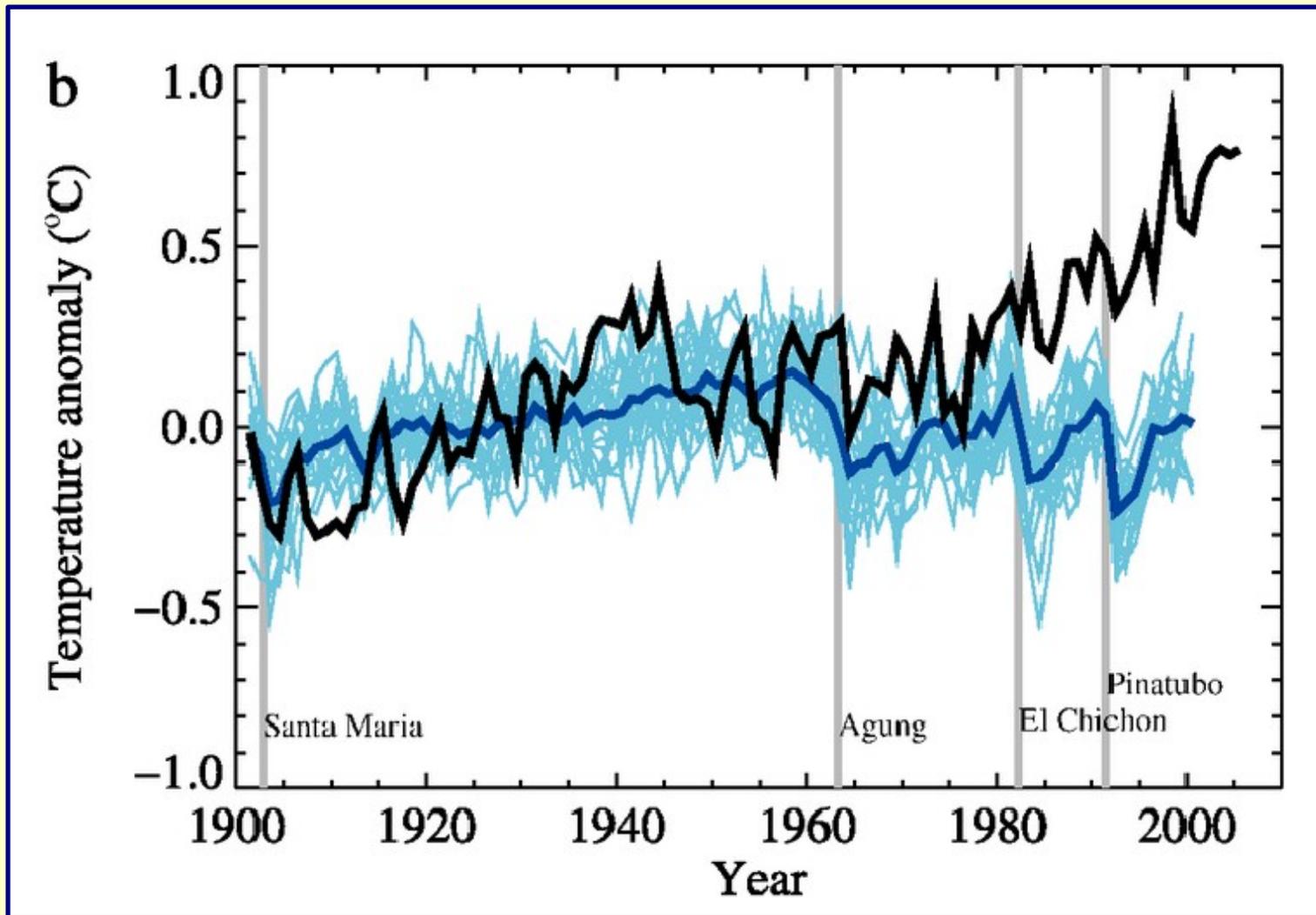
1. Einleitung
2. Grundsätzliche Aspekte der Klimaanalyse
  - 2.1 Klimawandel ja / nein ?
  - 2.2 Klimamodellierung
  - 2.3 Zu erwartende Veränderungen
3. Ergebnisse bisheriger Beobachtungen
  - 3.1. Hydrometeorologisch relevante Parameter
  - 3.2 Wasserhaushalt
4. Schlussdiskussion



### Was spricht für eine anthropogene Verursachung der globalen Erwärmung in den letzten Jahrzehnten ?

die Stärke des Anstiegs in kürzester Zeit,  
 die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen waren in den letzten 400.000 Jahren niemals so hoch,  
 das CO<sub>2</sub>-Maximum dieser Zeitspanne wird gegenwärtig um ca. 40% übertroffen,  
 Klimamodelle liefern nur bei Berücksichtigung dieses CO<sub>2</sub>-Anstiegs plausible Ergebnisse,  
 im Zeitraum von 1995 bis 2014 (20 Jahre) sind die 19 wärmsten Jahre seit 1881 (135 Jahre) aufgetreten, unveränderte Klimaverhältnisse vorausgesetzt beträgt die Wahrscheinlichkeit dafür  $10^{-13}$  % (Grundlage der Abschätzung: Binomialverteilung),  
 die Grundtendenz der Erwärmung gilt im Kern für nahezu alle größeren Gebiete der Erde im Einzelnen (subkontinentale Betrachtung) gleichermaßen.

### Abweichung der Globalen Mitteltemperatur vom Mittelwert des Zeitraums 1901 bis 1950 (aus UBA, 2012)



Bei der Simulation fanden nur die natürlichen Klimaeinflüsse Berücksichtigung.

Die grauen Linien markieren Vulkanausbrüche.

schwarze Linie

globale Beobachtungsdaten

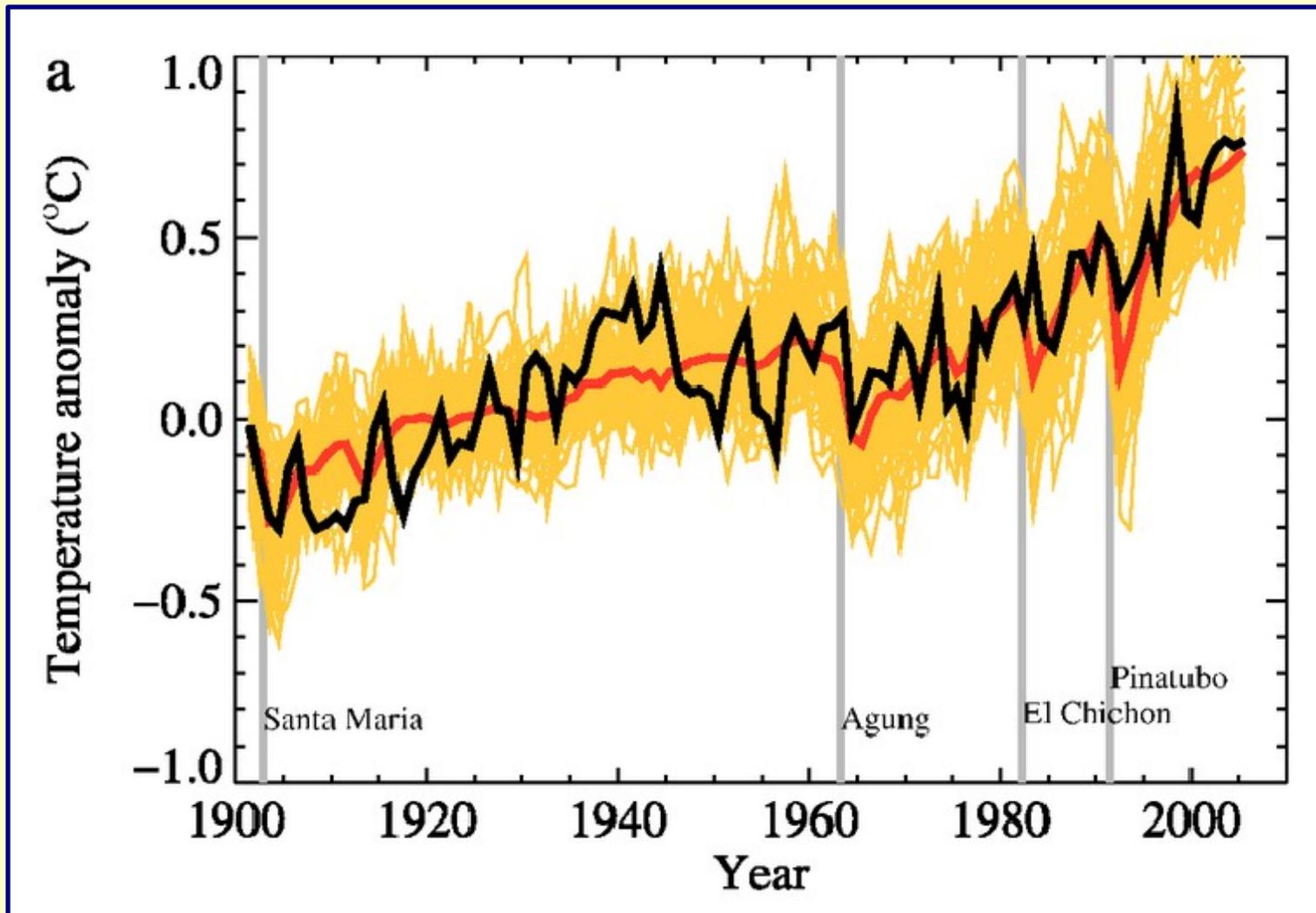
blaues Band

Ensemble Simulationen (19 Läufe mit 5 Modellen)

blaue Linie

Mittelwert der Ensembles

### Abweichung der Globalen Mitteltemperatur vom Mittelwert des Zeitraums 1901 bis 1950 (aus UBA, 2012)



Bei der Simulation fanden sowohl natürliche, als auch anthropogen bedingte Klimaeinflüsse Berücksichtigung.

Die grauen Linien markieren Vulkan- ausbrüche.

schwarze Linie

gelbes Band

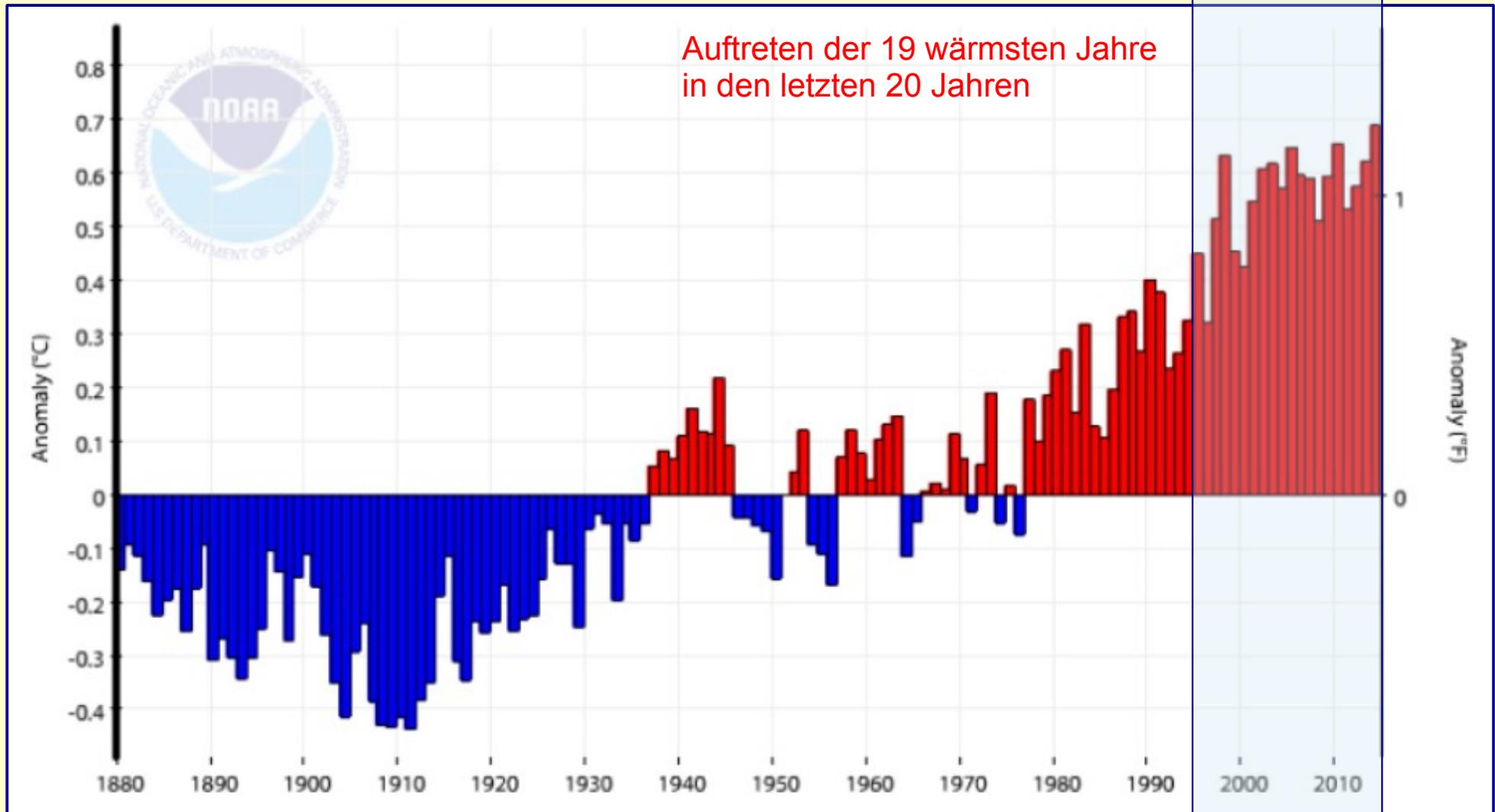
rote Linie

globale Beobachtungsdaten

Ensemble Simulationen (58 Läufe mit 14 Modellen)

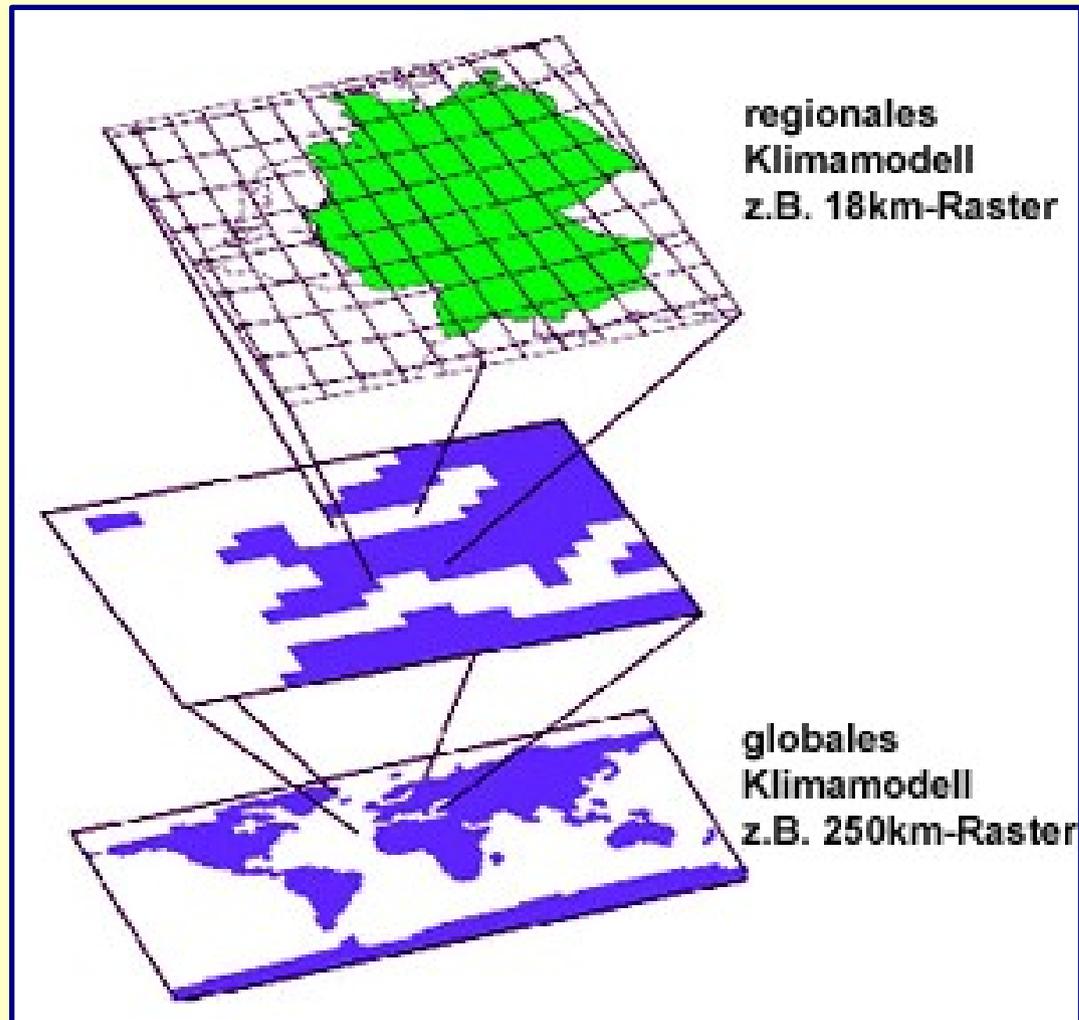
Mittelwert der Ensembles

### Abweichungen der globalen Mitteltemperatur vom Mittel des 20. Jahrhundert im Zeitraum 1880 bis 2014



aus: Deutscher Wetterdienst ([www.dwd.de](http://www.dwd.de); Quelle: NOAA, NCDC)

Modellkette vom globalen bis zum regionalen Klimamodell



<http://www.waldwissen.net/wald/klima/>

### Methodische Besonderheiten

Bei allen Aussagen zu möglichen Veränderungen in der Zukunft handelt es sich „nur“ um Szenarios auf der Grundlage bestimmter Annahmen.

Es darf deshalb nicht von Prognosen gesprochen werden.

Bei der Auswertung von Modelldaten für die Zukunft ist der Vergleich mit Beobachtungsdaten aus der Vergangenheit streng genommen unzulässig

→ für solche Vergleiche muss auch die Vergangenheit modellgestützt abgebildet werden.

Es ist eine Vielzahl an Unsicherheiten zu beachten.

Szenario-Daten des Niederschlags sind besonders unsicher.

### Unsicherheiten bei der Anwendung von globalen Klimamodellen

- Vulkanismus in den kommenden 100 Jahren,
- Erwärmung der Weltmeere und ihre Auswirkungen auf den Gasaustausch mit der Atmosphäre,
- Veränderung der Meeresströme wie die des Golfstroms,
- Veränderung der Eisbedeckung der Erde,
- Veränderung des Gasaustausches mit der Landoberfläche, besonders über auftauenden Permafrostböden,
- Auswirkungen des Staubs in der Atmosphäre auf Strahlungshaushalt und Wolkenbildung,
- Veränderung der Zirkulationsmuster und der nordhemisphärischen Oszillation,
- weitere Entwicklung des anthropogen bedingten Ausstoßes an Treibhausgasen.

## Dynamisches versus statistisches Downscaling

Die größte Unsicherheit ist das globale Modell selbst. Seine Fehler am den Rasterrändern werden durch die regionalen Modelle übernommen, wenn auch in unterschiedlicher Weise.

Durch Downscaling-Modelle erfolgt die räumliche Verfeinerung, durch die regionale Effekte wie Gebirgs- und Küsteneinflüsse, Höhenlage, Landnutzungsverteilung und Seen berücksichtigt werden können.

Beim dynamischen Downscaling werden die Prozesse in der Atmosphäre weitgehend physikalisch begründet abgebildet. Jedoch kommen auch diese Modelle nicht ohne empirische Ansätze aus.

Durch statistische Modelle bleiben die statistischen Zusammenhänge zwischen den Klimagrößen weitgehend gewahrt. Das hat Vor- und Nachteile. Ihre Extrapolation in die Zukunft gilt als unsicher.

Bei statistischen Modellen treten keine systematischen Abweichungen auf, die bei den dynamischen vor allem in Bezug auf den Niederschlag gravierend sind und dort den Einsatz von (weitgehend statistischen!) Korrekturverfahren erfordern (regional variable Bias-Korrektur).

Hauptursache ist die Simulation einer zu hohen Luftfeuchte durch das globale Modell. Die Folge sind u.a. falsche Niederschlagshöhen und eine zu kleine Anzahl trockener Tage.

### Zu erwartende Veränderungen und Probleme

Zunahme der Lufttemperatur um 1,2 K bis 2050,

Zunahme warmer & Abnahme kalter Tage sowie Verlängerung warmer & Verkürzung kalter Perioden,

innerjährliche Umverteilung der Niederschläge zu Lasten des Sommerhalbjahres,

Zunahme extremer Wetterereignisse und Witterungsverläufe . . . u. a. von Starkniederschlägen und Verschärfung von Hitze- und Trockenperioden,

Verschärfung von Hoch- und Niedrigwasserabflüssen,

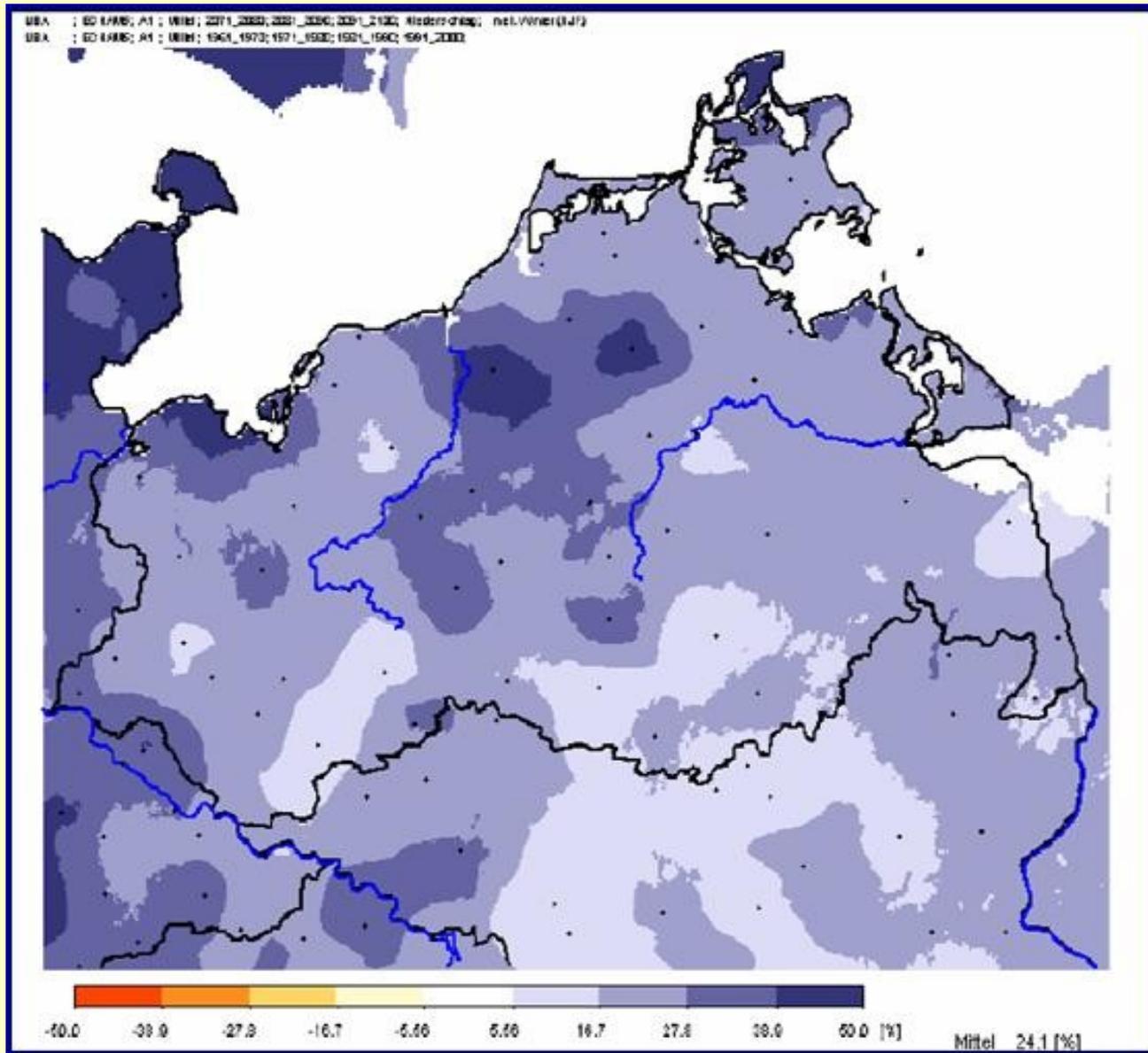
Veränderungen des Landschafts- und Bodenwasserhaushalts . . . mit entsprechenden Auswirkungen auf Grundwasser und Ökosysteme (u.a. Feuchtgebiete),

Rückgang des Grundwassers & des Wasserspiegels von Grundwasserseen,

Verringerung des Wasserdargebots,

phänologische Veränderungen,

Verschärfung von Sturmfluten / Anstieg der Küstenwasserstände mit Folgen für den Binnenbereich.



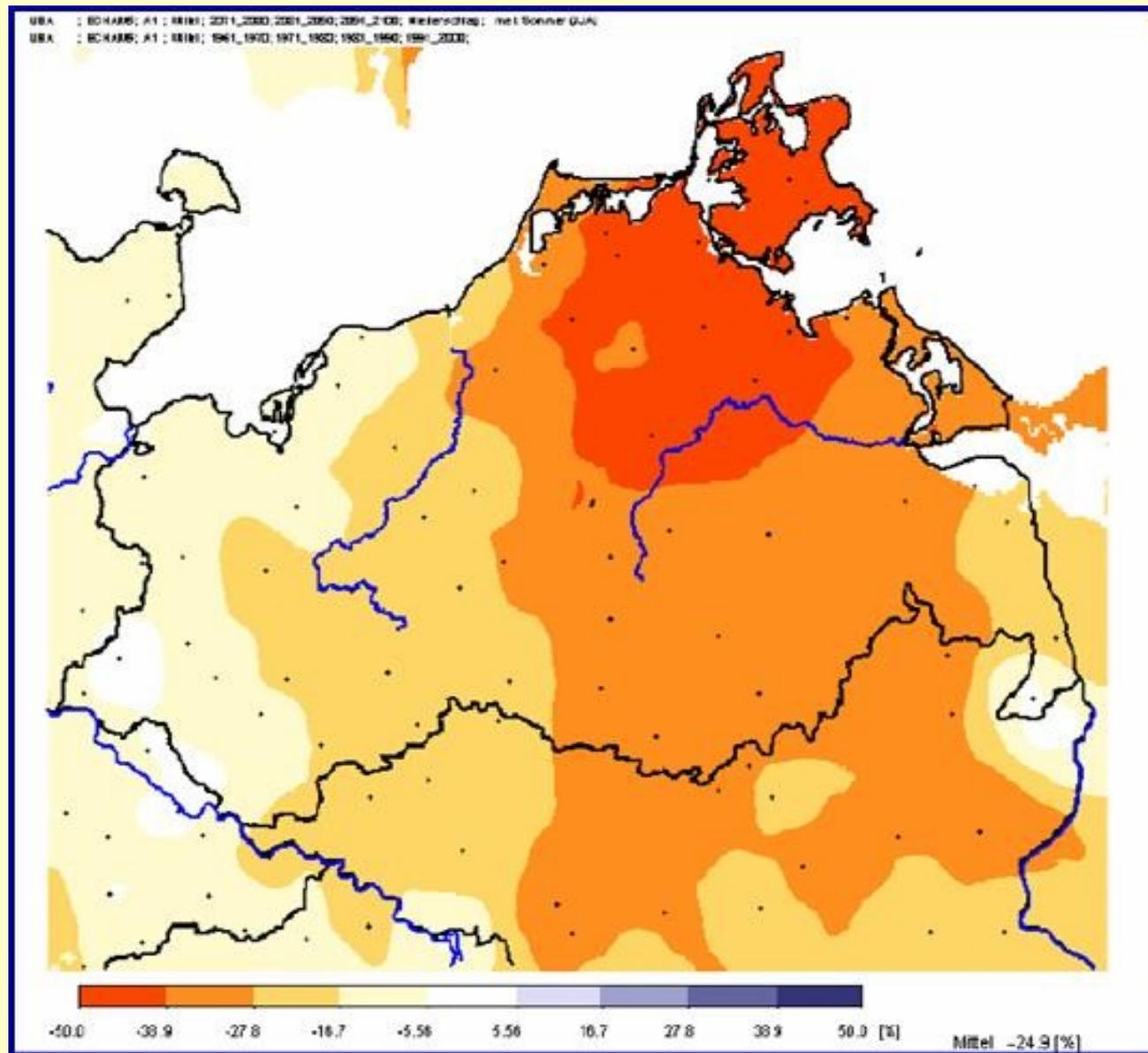
### Umverteilung der innerjährlichen Niederschläge

Zunahme im Winter  
um + 5 bis + 50 %

A1B-Szenario,

regionales Downscaling  
nach WETTREG

Vergleich 2071 bis 2100  
gegen 1961 bis 2000



Umverteilung der  
innerjährlichen  
Niederschläge

Abnahme im Sommer  
um 0 bis – 50 %

A1B-Szenario,  
regionales Downscaling  
nach WETTREG

Vergleich 2071 bis 2100  
gegen 1961 bis 2000

#### Ursachen für den Rückgang des Wasser- spiegels in Grundwasserseen des Landes Brandenburg (Kaiser u.a., 2012)

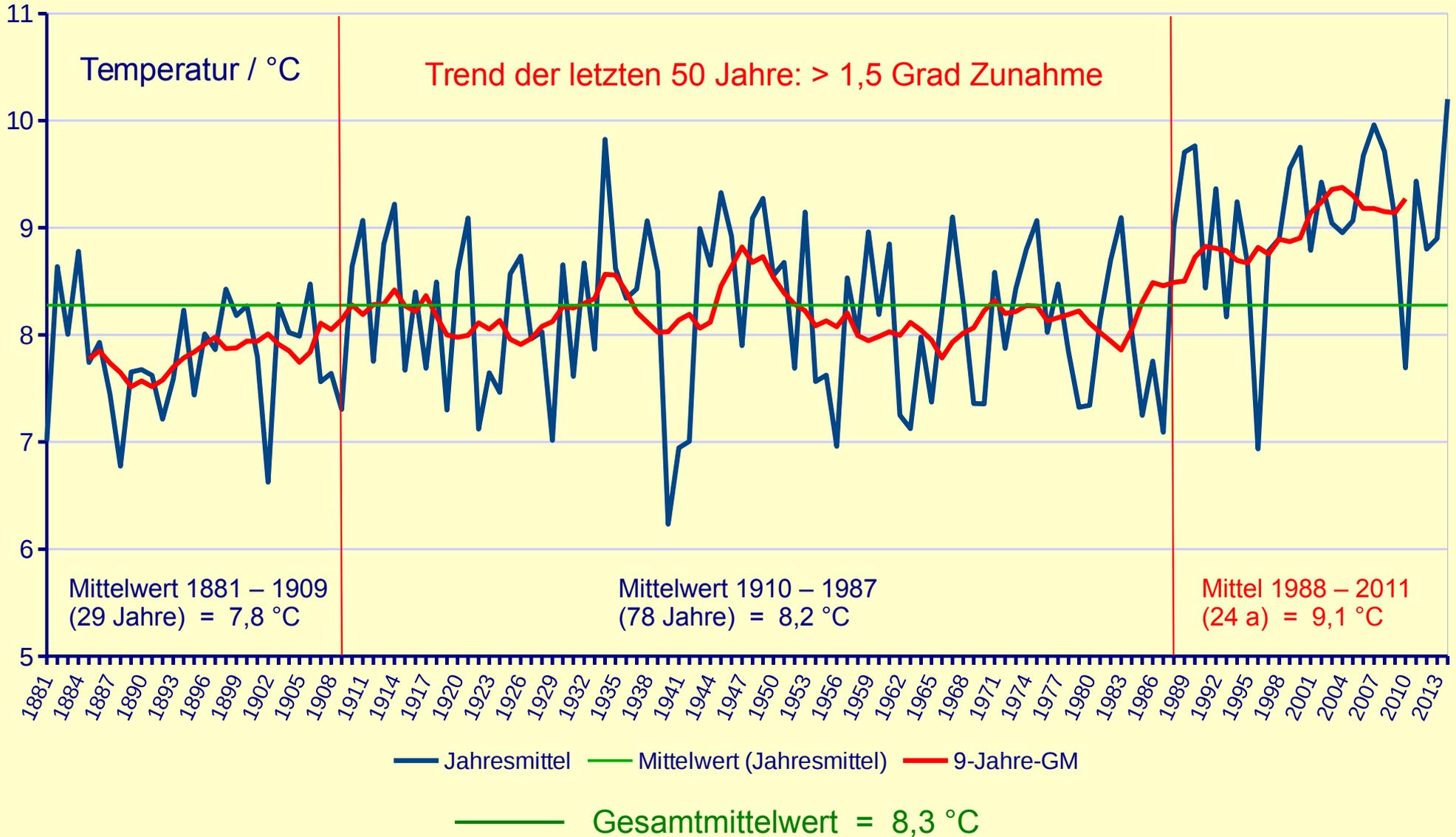
Folgende, meist individuell wirkende Ursachen wurden identifiziert:

- Verschärfung der klimatischen Wasserbilanz, vor allem durch Niederschlagsabnahme.
- Veränderung der Waldstruktur,
- Vergrasung des Waldbodens,
- Maßnahmen der Melioration in benachbarten Mooren und Niederungen,
- neue Grundwasserentnahmen.

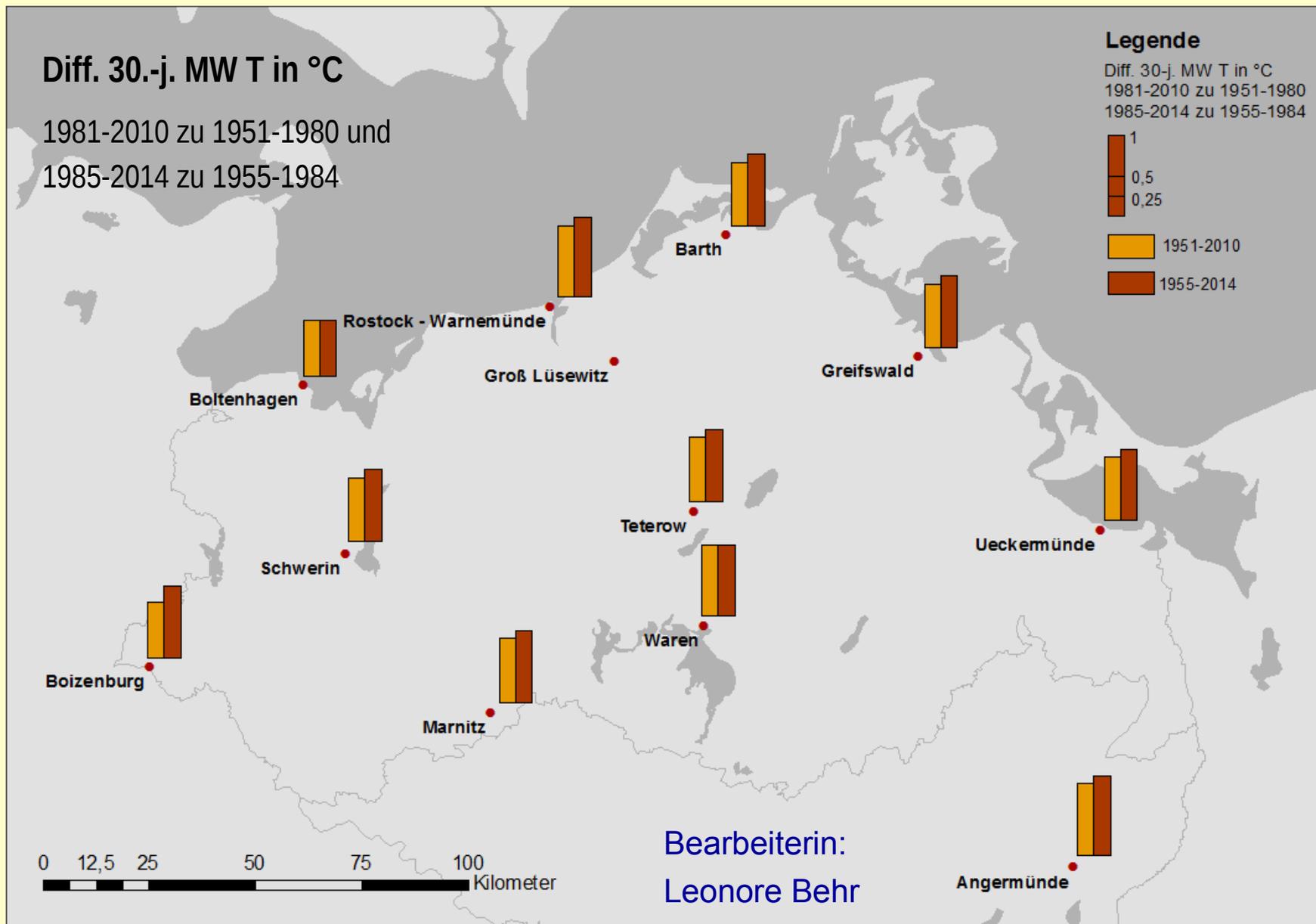
Möglicherweise spielen hierbei auch die Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft eine Rolle.

### 3. Ergebnisse bisheriger Beobachtungen

Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen in Mecklenburg-Vorpommern von 1881 bis 2014 im Vergleich zum 9-jährlichen gleitenden Mittelwert

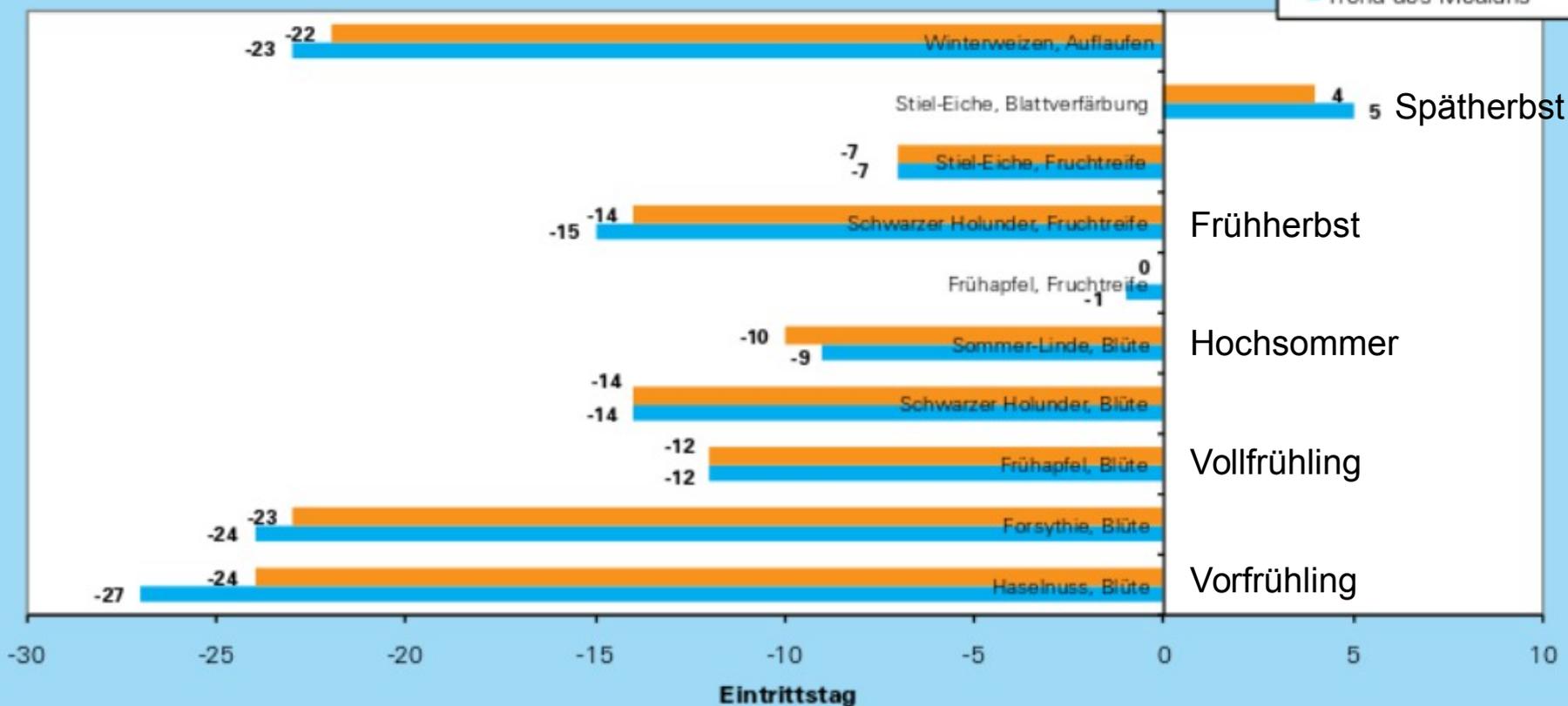


## Änderung der Jahrestemperatur an ausgewählten Klimastationen



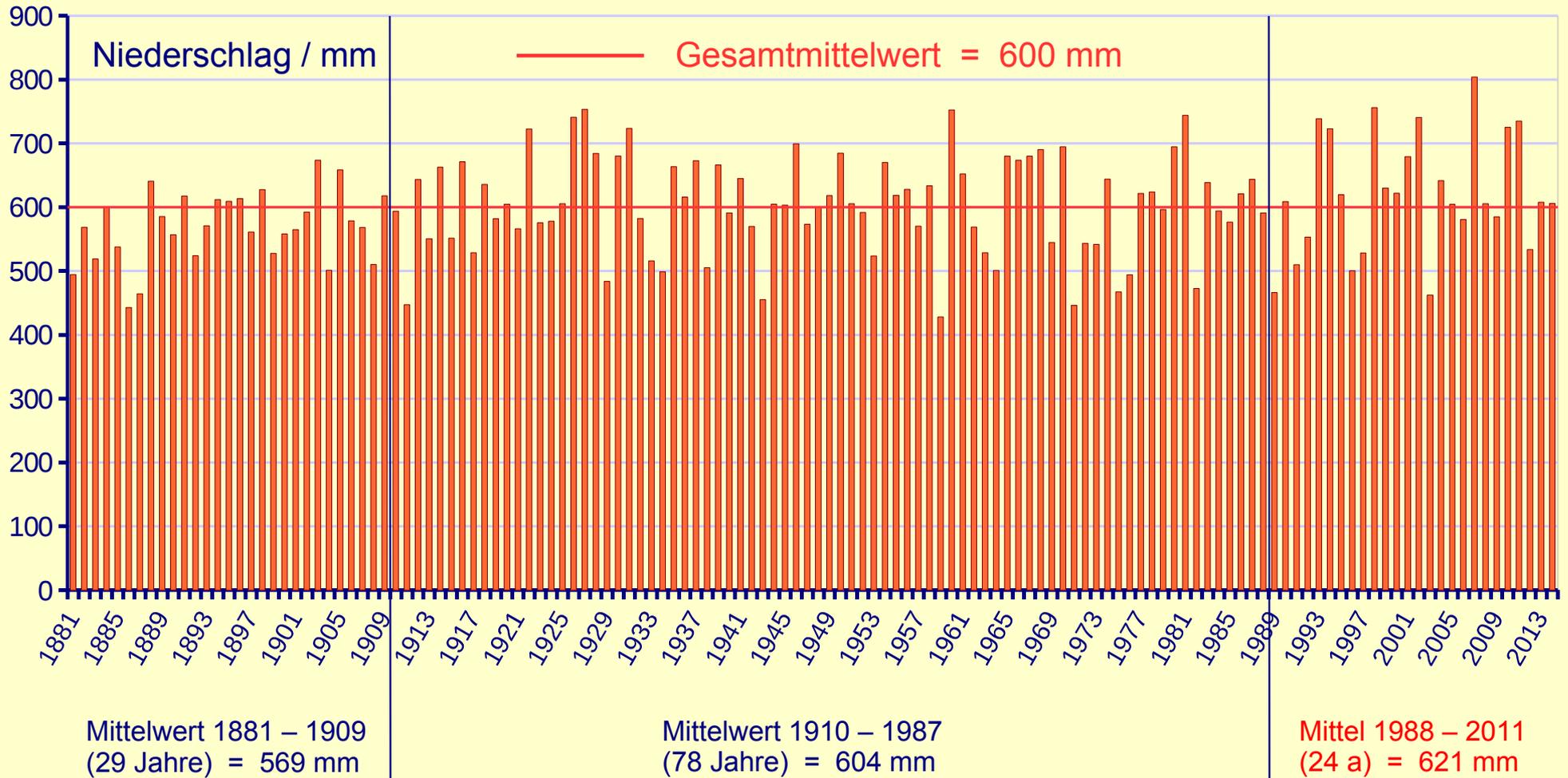
## Phänologische Trends in Schleswig-Holstein

Phänologischer Trend von 1951-2005, Schleswig-Holstein



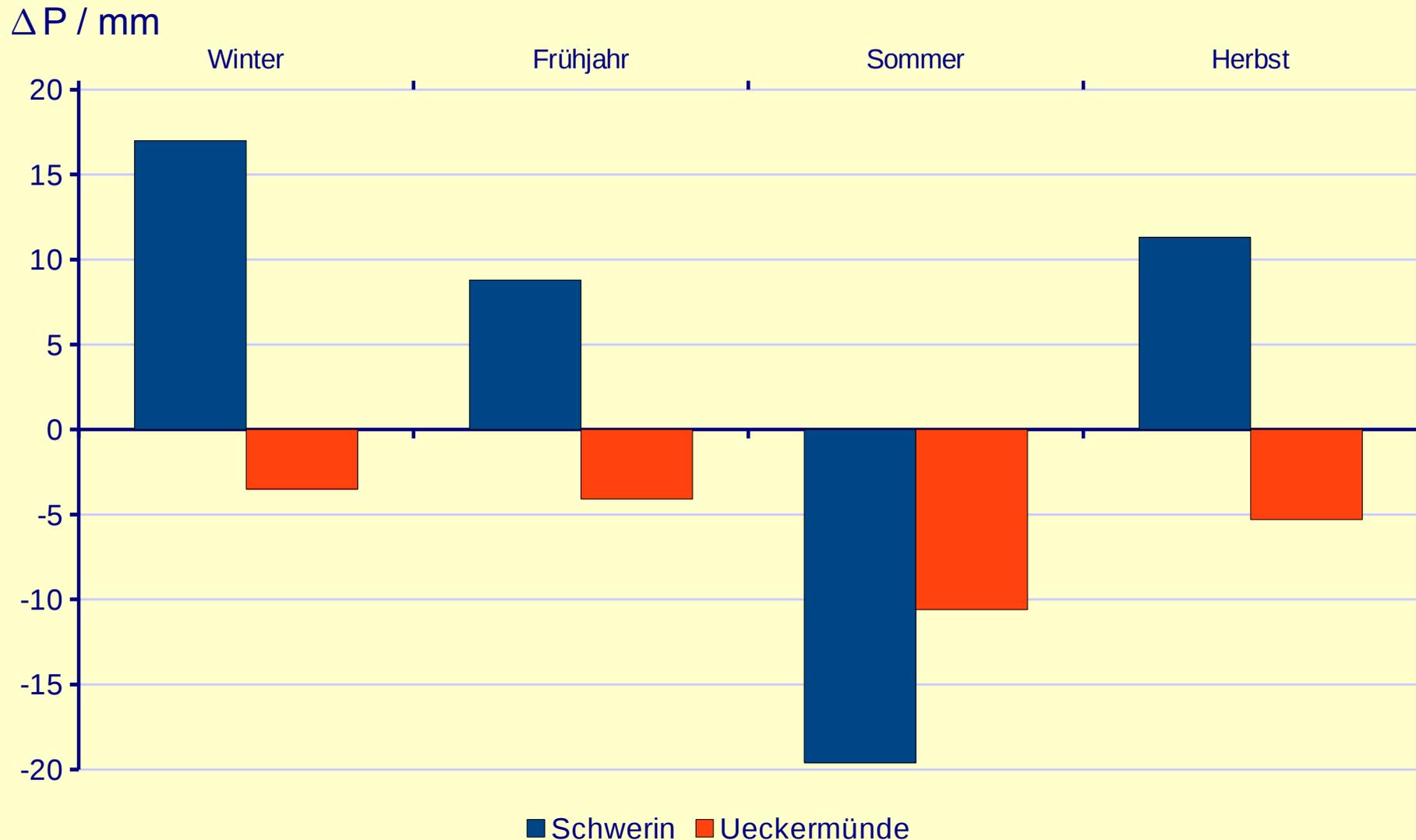
Quelle: Rammert, U. & M- Cassens, Jahresbericht des LA für Natur und Umwelt S-H, 2007/08

## Entwicklung der Jahresniederschläge in Mecklenburg-Vorpommern von 1881 bis 2014

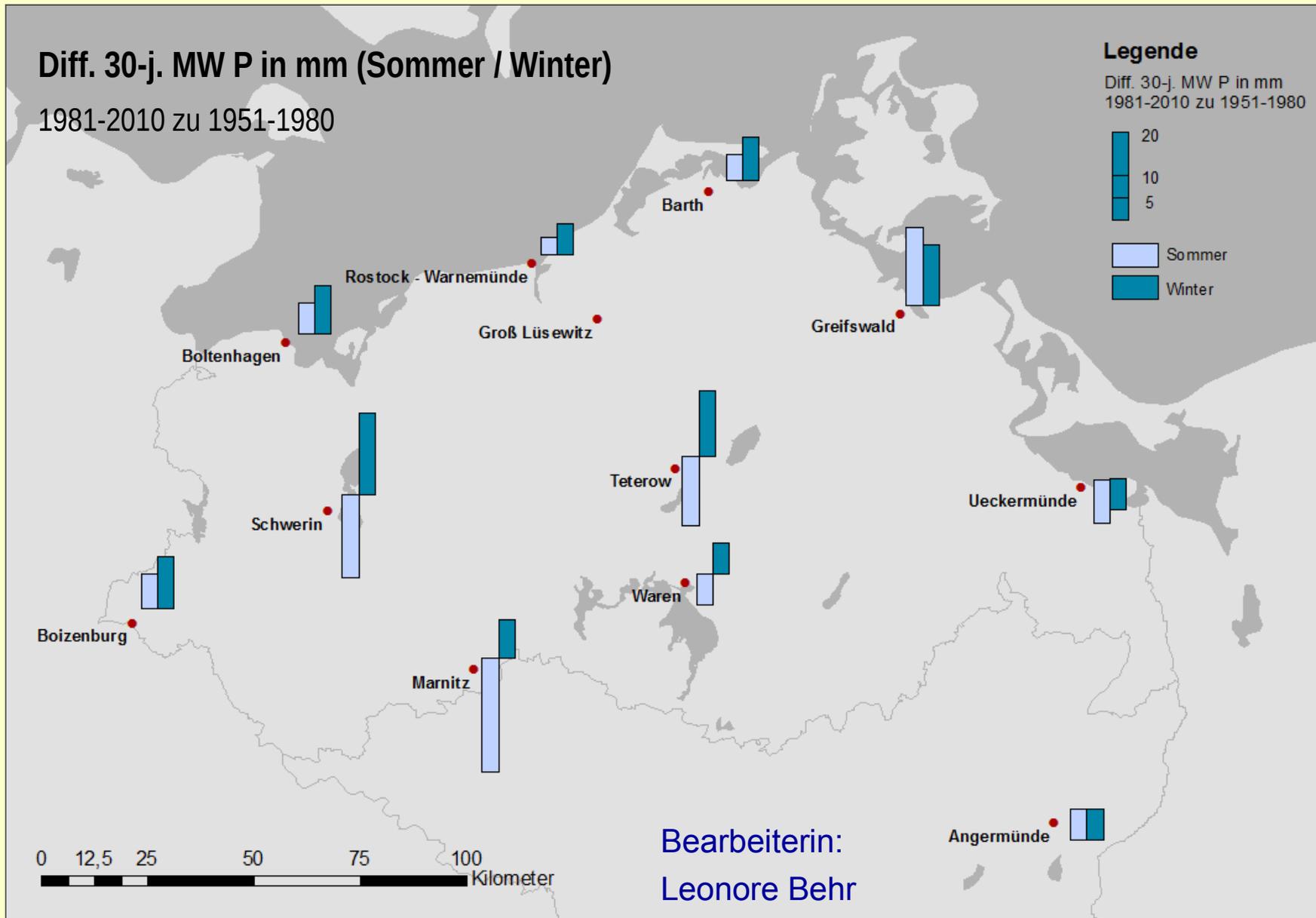


Niederschlagszunahme nach Trendlinie = 55 mm; mit größtem Anteil des Winters und leichtem Rückgang im Sommer

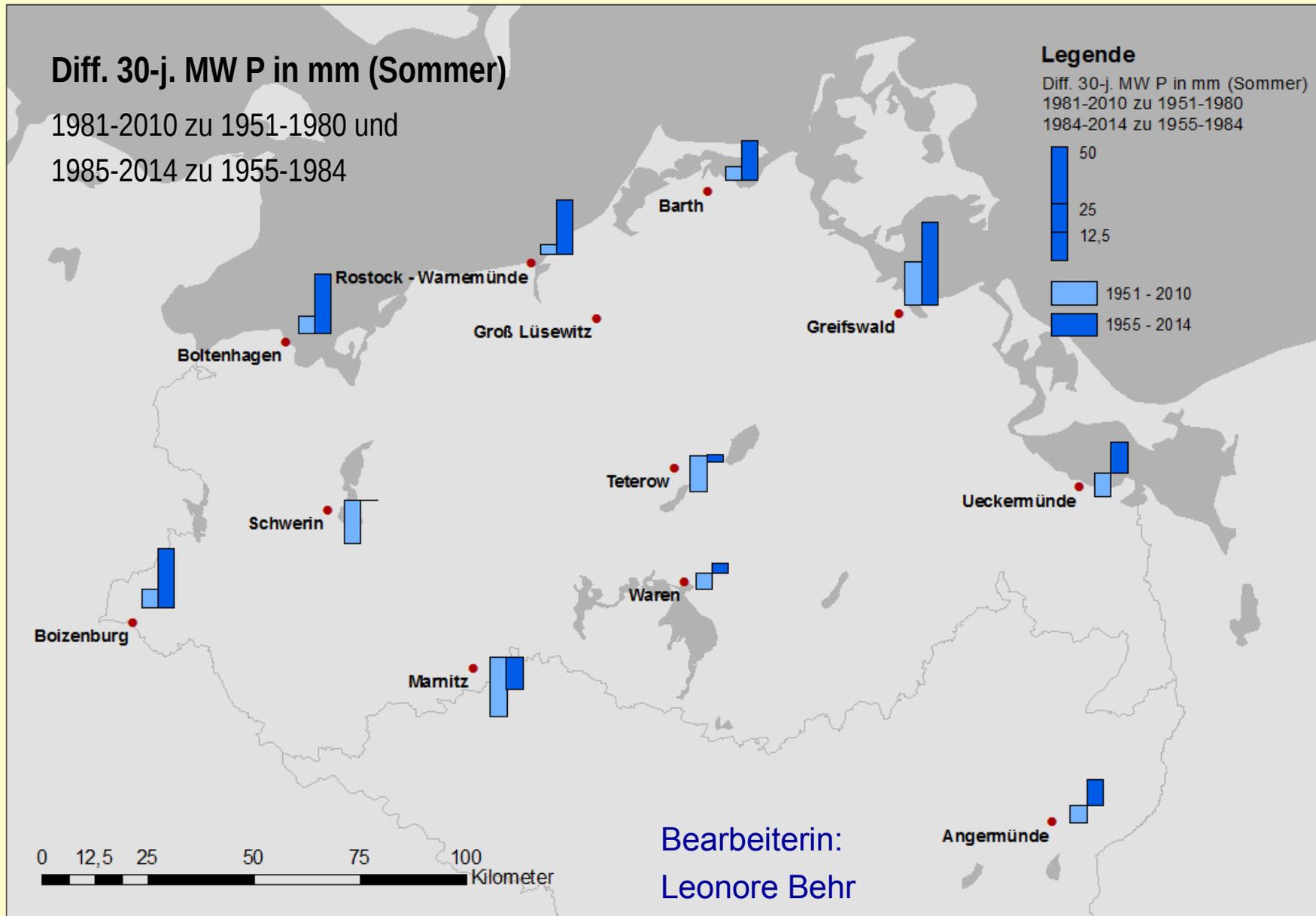
## Jahreszeitliche Änderung des Niederschlags $\Delta P$ in Schwerin und Ueckermünde des Zeitraums 1981 bis 2010 im Vergleich zu 1951 bis 1980



## Änderung der Niederschläge an ausgewählten Klimastationen

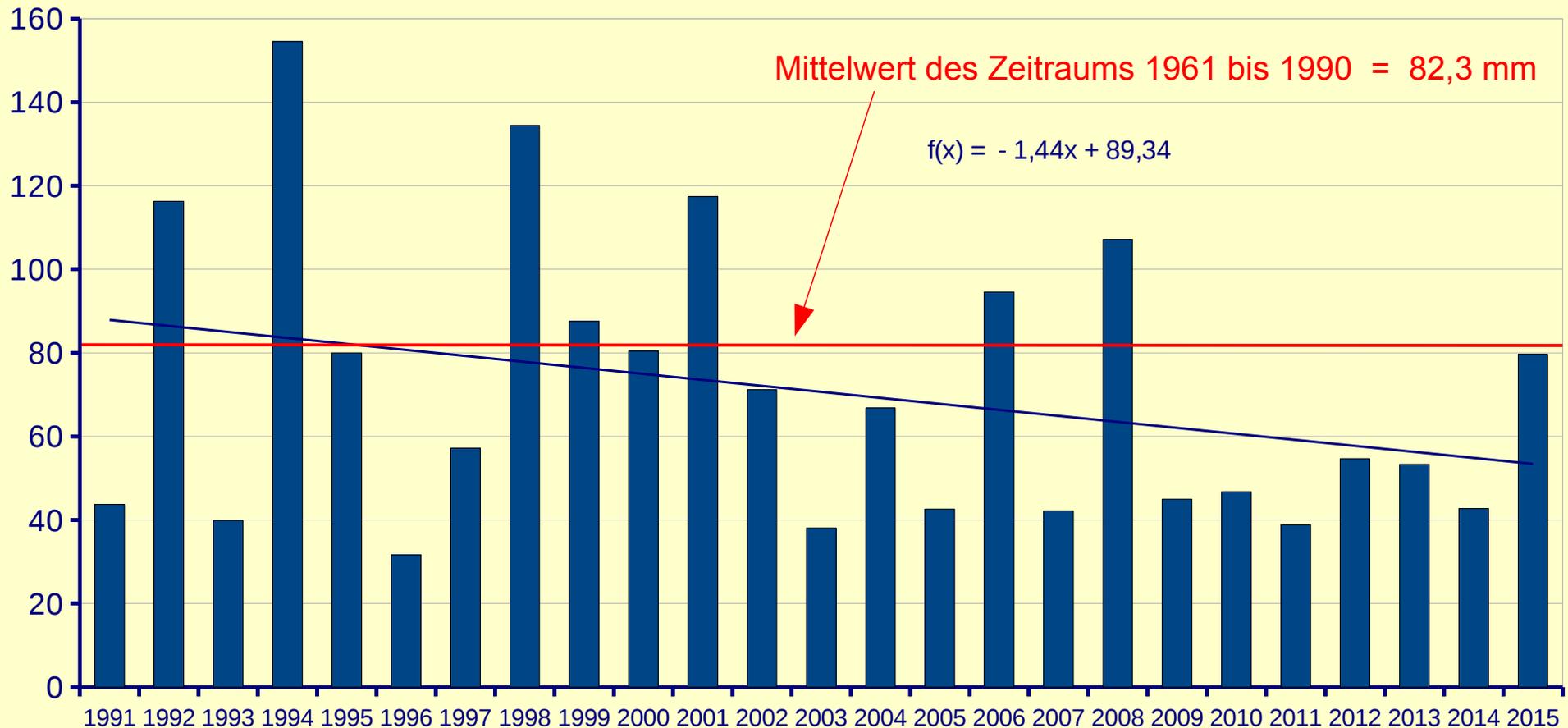


## Änderung der Sommerniederschläge verschiedener Bezugsperioden

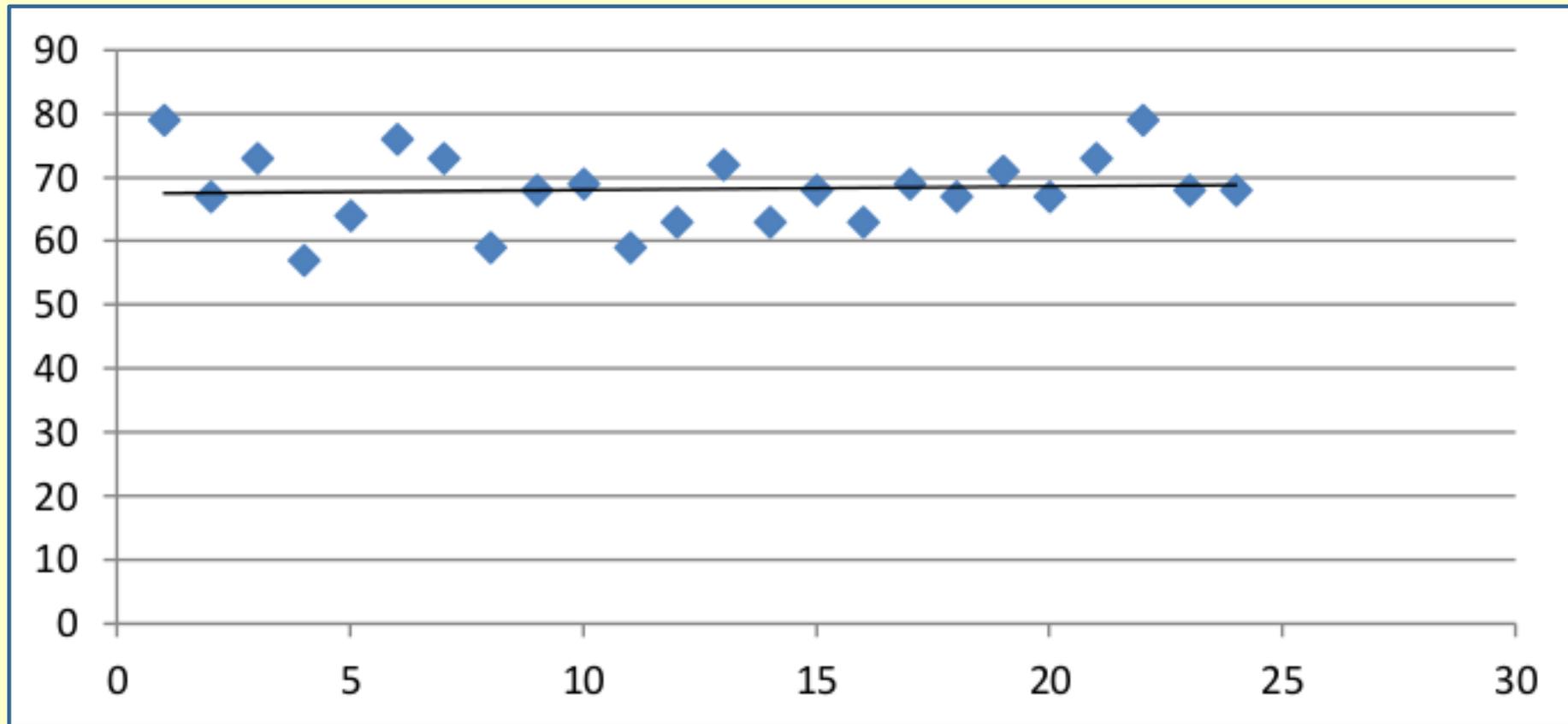


### 3. Ergebnisse bisheriger Beobachtungen

Niederschlagssumme der Monate März und April seit 1991 als Indiz für eine zunehmende Frühjahrstrockenheit (Warnemünde) ?

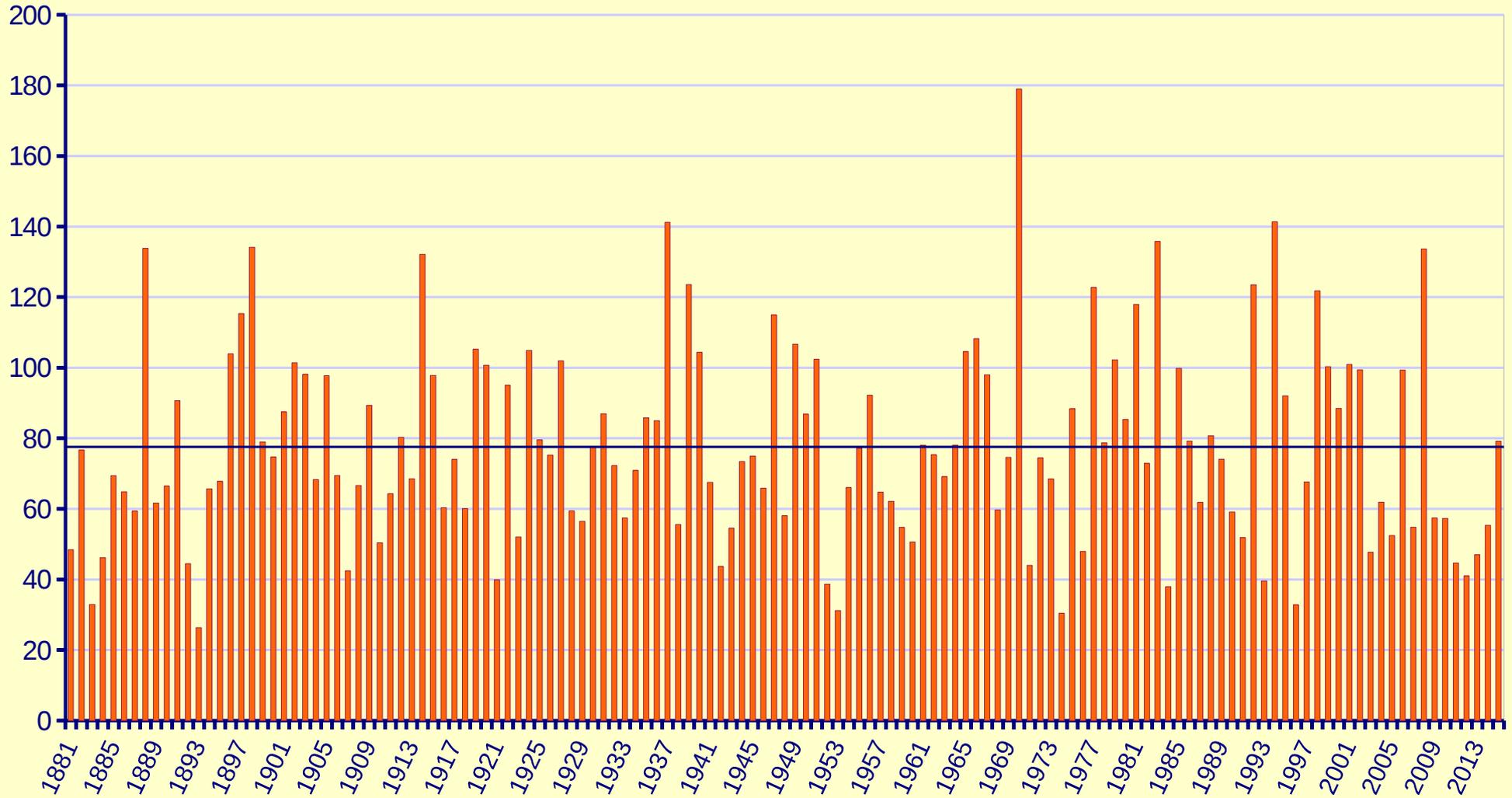


Anzahl der Tage im Frühjahr mit einer Niederschlagssumme  
 $P < 1 \text{ mm}$  in Rostock-Warnemünde (Zeitraum 1991 – 2014)



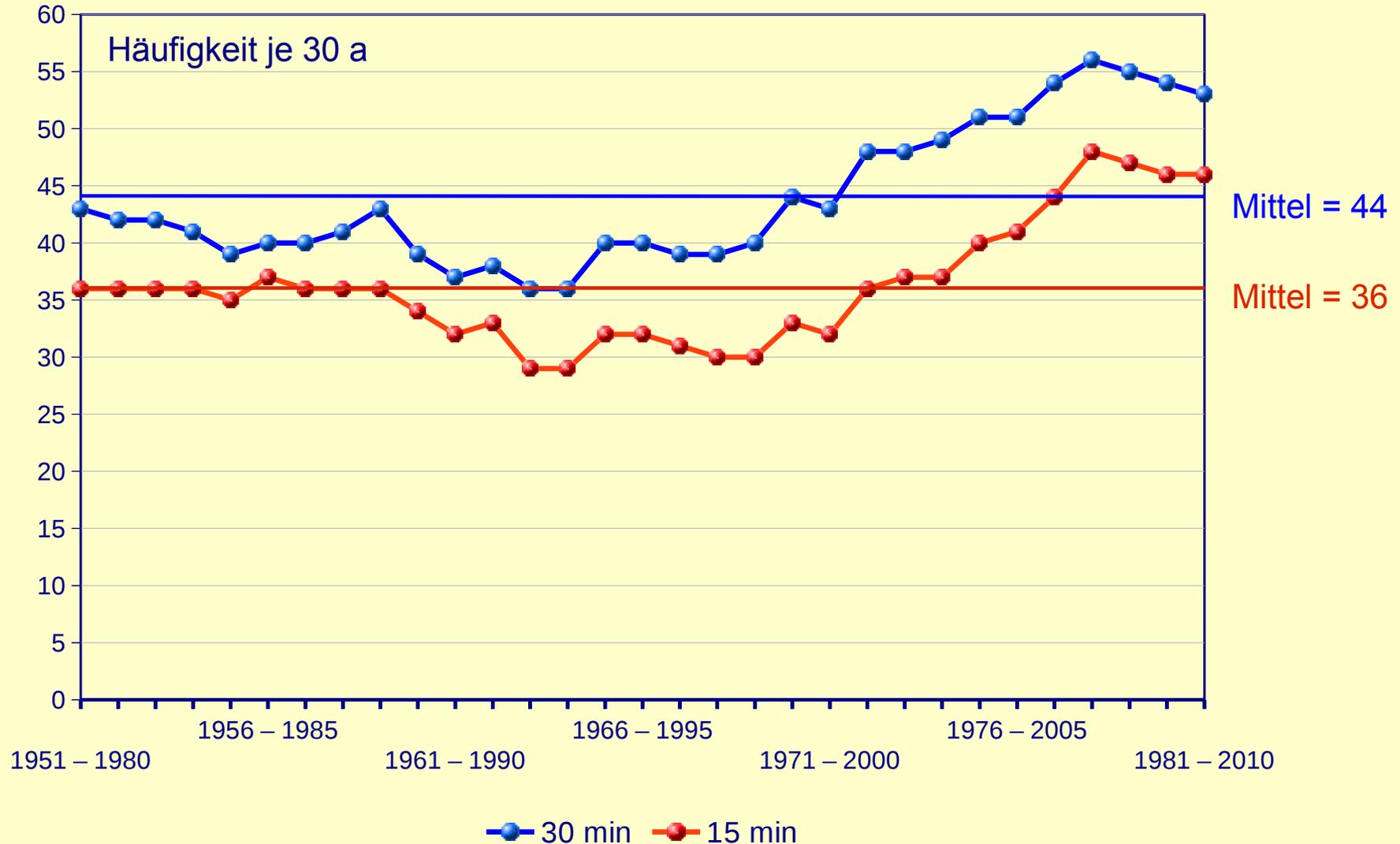
Bearbeiterin: Freya Skierlo

## Entwicklung der Niederschläge in den Monaten März und April in Mecklenburg-Vorpommern von 1881 bis 2015



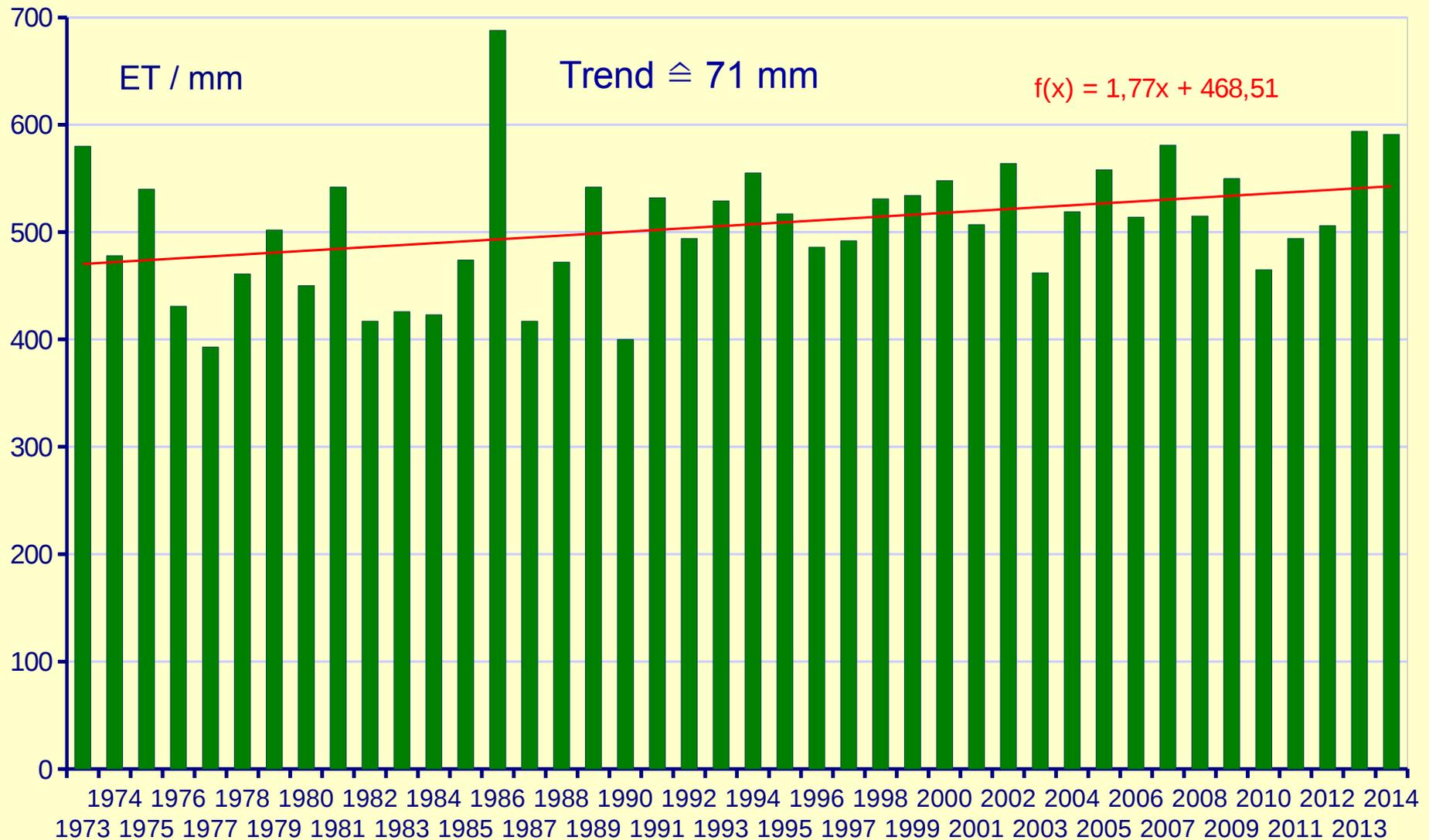
### 3. Ergebnisse bisheriger Beobachtungen

Häufigkeit der Überschreitung des Starkniederschlags mit dem Wiederkehrintervall  $T = 0,5$  a und der Dauer  $D = 15$  min bzw.  $D = 30$  min in Warnemünde in 30-jährigen Zeiträumen

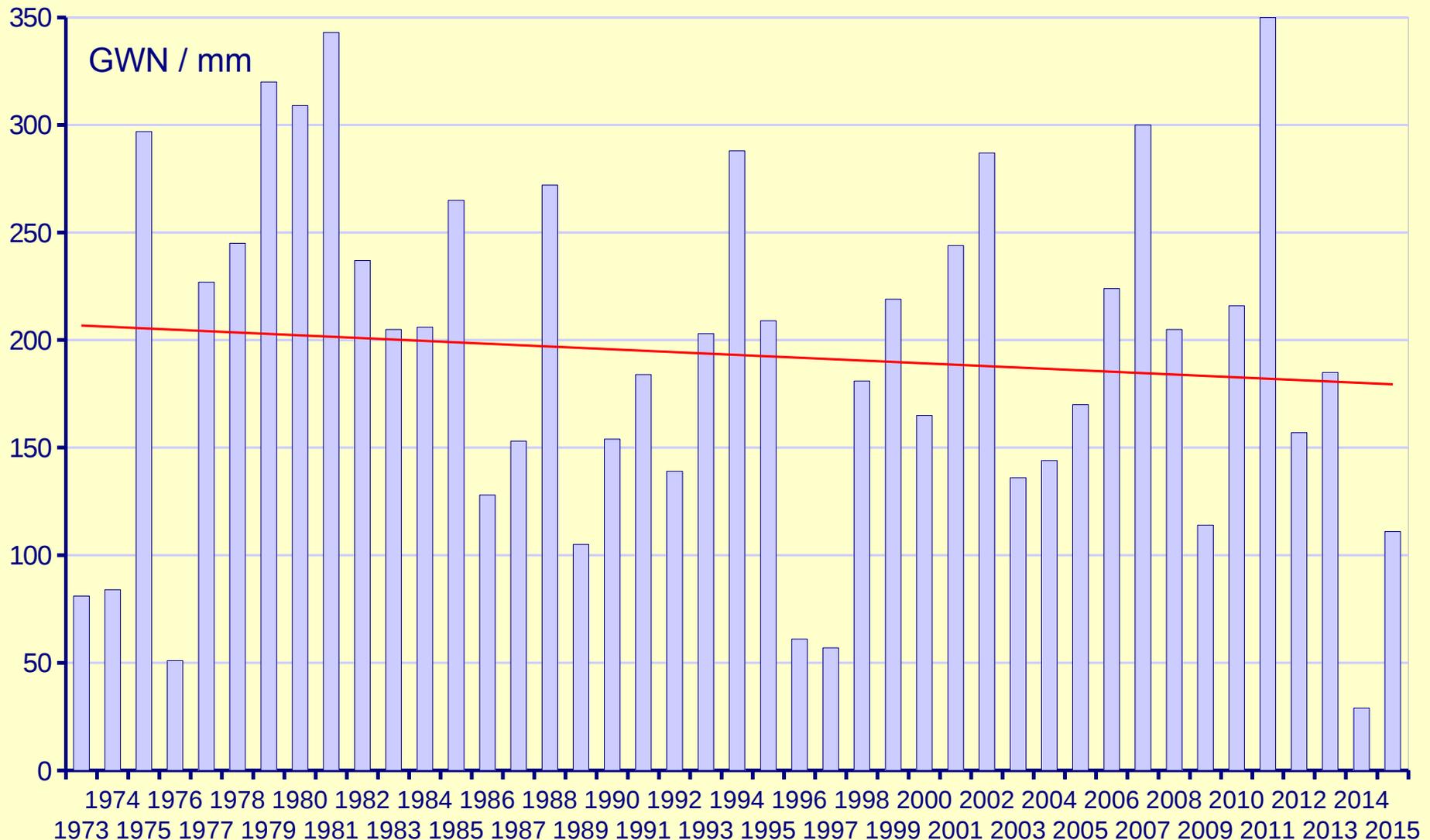


Der Eintragungspunkt kennzeichnet jeweils das Ende des Betrachtungszeitraums !

## Jährliche Verdunstung der 6 Lysimeter an der Station Groß Lüsewitz für Wasserhaushaltsjahre von 1973/74 bis 2013/14 (Nov. bis Okt.)



## Jährliche Versickerung der 6 Lysimeter an der Station Groß Lüsewitz für Wasserhaushaltsjahre 1973/74 bis 2014/15 (Nov. bis Okt.)



### Kernprobleme

Die Nachweisführung hydrologischer Veränderungen ist durch Bewirtschaftungseinflüsse sehr erschwert.

Eine weitere Temperaturerhöhung gilt als sehr wahrscheinlich nicht mehr zu vermeiden, so dass Anpassungsstrategien unverzichtbar sind.

### Potenzielle Zukunftsaufgaben im Bereich der Wasserwirtschaft

- Anpassung des Küstenschutzes,
- Entwicklung neuer Bewirtschaftungsstrategien im Bereich von Küstenniederungen,
- ebenso entlang rückgestauter Flussabschnitte,
- meliorative Maßnahmen zur Bewältigung von Starkregen und Wassermangelsituation,
- Anpassung urbaner Entwässerungssysteme, vor allem Behebung bereits jetzt erkannter Schwachstellen,
- Anpassung der regionalen Wasserversorgung.

## Erkenntnisse und Schlussfolgerungen (1)

Die Ergebnisse von Klimamodellen für die Zukunft lassen sich vorerst nicht abschließend überprüfen.

Die Identifikation bereits eingetretener Klimafolgen ist durch die Überlagerung mit Bewirtschaftungseinflüssen erheblich erschwert.

Solche Einflüsse führen kurzfristig zu schnelleren und stärkeren Änderungen als der Klimawandel.

Zukunftszenarien der Klimaentwicklung ohne plausible Annahmen zur Bewirtschaftung und Landnutzung sind praktisch wertlos. Dabei ist zu beachten, dass z.B. die Landnutzung auf das Klima zurück wirkt (Wärmehaushalt der Landoberfläche, Treibhausgasemissionen).

Die ungenügende Erfassung solcher Rückkopplungen gehört zu den größten Unsicherheiten (z.B. Pflanzen).

Szenarien besitzen aber generell keinen Wahrheitsanspruch, sie sind nur hypothetische Konstruktionen möglicher Zukünfte auf der Basis des gegenwärtigen Wissens und Vorstellungsvermögens (in: März u.a., 2012; nach Kosow & Gassner, 2008)

## Erkenntnisse und Schlussfolgerungen (2)

Die Unsicherheiten entlang der Methodenkette vom globalen Klimamodell bis zum regionalen Wirkmodell sind so groß, dass für die Zukunft nur Möglichkeiten und Wirkrichtungen aufgezeigt werden können.

Dies gilt vor allem für den Niederschlag & Aussagen zu Extremwerten.

Manche Autoren sprechen von einer „Unsicherheitskaskade“ (Schneider, 1983) oder sogar „Unsicherheitsexplosion“ (Henderson-Sellers, 1993) entlang der Modellkette.

Dem versucht man u.a. mit Ensemble-Simulationen (verschiedenen Globalmodelle und Szenarios, viele Realisationen) zu begegnen.

Eine weitere Temperaturerhöhung ist mit großer Wahrscheinlichkeit nicht mehr zu verhindern, weshalb neben dem Klimaschutz der vorsorglichen Anpassung die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Dabei leiden die Entscheidungsprozesse jedoch unter der Unschärfe der Modellaussagen.

## Überschwemmungen in den Wolfsberger Seewiesen (17. August 2011)



Bildquelle: Konrad Miegel

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !**