

## Klimawandel und Hochwasser im Elbeeinzugsgebiet

### *Změna klimatu a povodňové v povodí Labe*



Foto: W. Küchler

Hochwasserrisikomanagement  
für Mitteleuropa -  
das CENTRAL EUROPE Projekt LABEL

Management povodňových rizik pro střední  
Evropu - program CENTRAL EUROPE projekt  
LABEL

Udo Mellentin

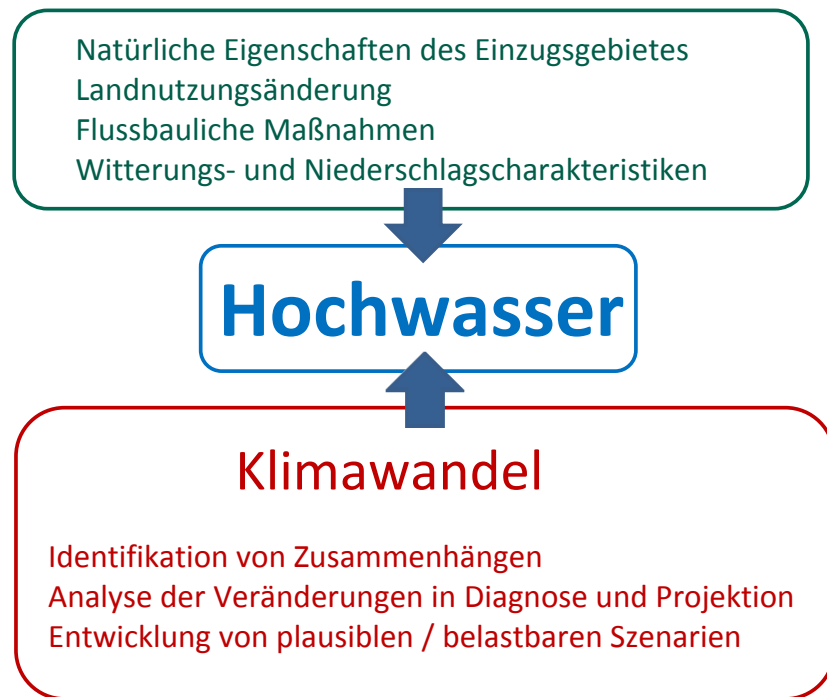
Sächsisches Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie

Leipzig den 25.10.2010

Natürliche Eigenschaften des Einzugsgebietes  
Landnutzungsänderung  
Flussbauliche Maßnahmen  
Witterungs- und Niederschlagscharakteristiken



**Hochwasser**



## Übersicht

- Wirkungskette klimabedingter Änderungen des Hochwasserregimes
- Temperatur - Treiber der Änderungen im Wasserkreislauf
- Wird das Klima Sachsens extremer?
- Analysen subjektiver Großwetterlagen - Mitteleuropa
- Analyse Zyklonenttracking - Mitteleuropa
- Resümee

# Wirkungskette klimabedingter Änderungen des Hochwasserregimes

5 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55



*Sehrschade Platte in Weesenstein.  
Aus dem Ugan des Weesenstein für die Schiffe, über Berg und Tal.*

Hochwasserschäden in Weesenstein im Sommer 1897



Ortslage Weesenstein im August 2002

## Historische Hochwasser in der Müglitz

1897

1927

1954

1957

2002

6 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

Wahrscheinlichkeiten von sehr seltenen Ereignissen sind schwer bestimmbar.  
Für Heute sehr unsicher und für Morgen noch unsicherer.

Selbst wenn wir die richtige Wahrscheinlichkeit kennen würden, wüssten wir nicht wann das Hochwasser kommt.

## **Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen**

## Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen

### Hochwasserereignis

- Sturzflut
- Überschwemmung
- Sommerhochwasser
- Winterhochwasser

Abflussbildung  
(Vorfeuchte, Versiegelung, ...)  
Abflusskonzentration  
Abflussverlauf

## Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen

### Hochwasserereignis

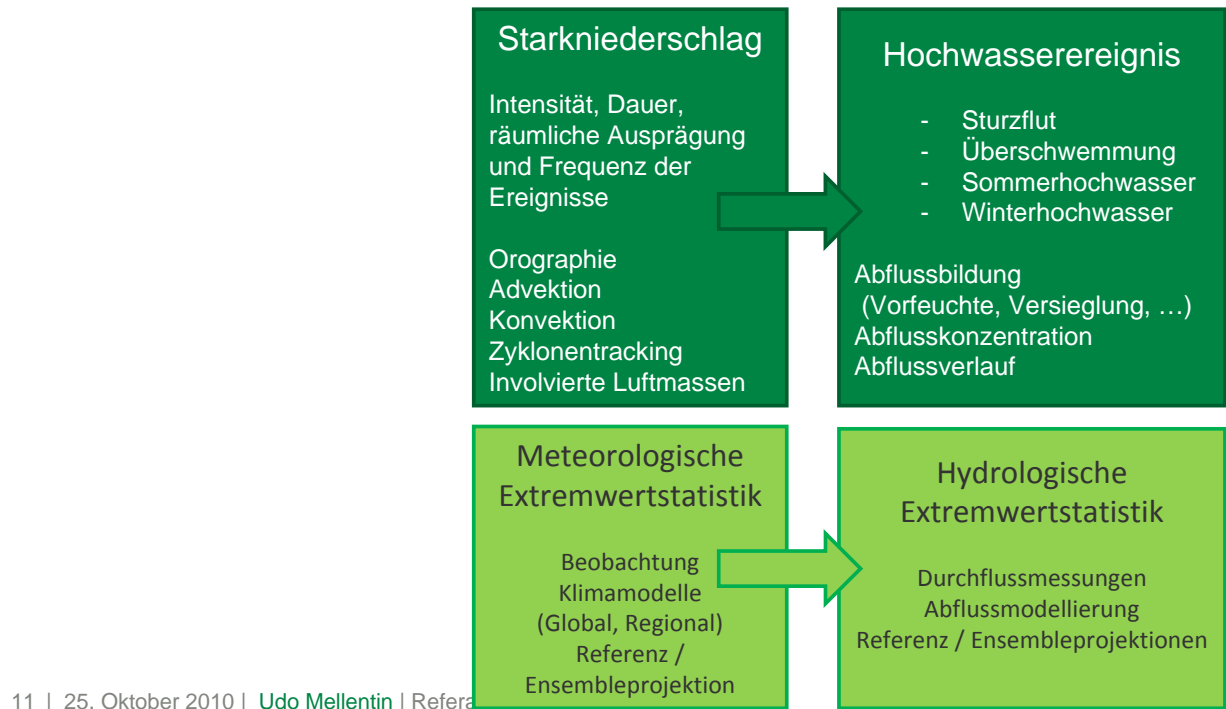
- Sturzflut
- Überschwemmung
- Sommerhochwasser
- Winterhochwasser

Abflussbildung  
(Vorfeuchte, Versiegelung, ...)  
Abflusskonzentration  
Abflussverlauf

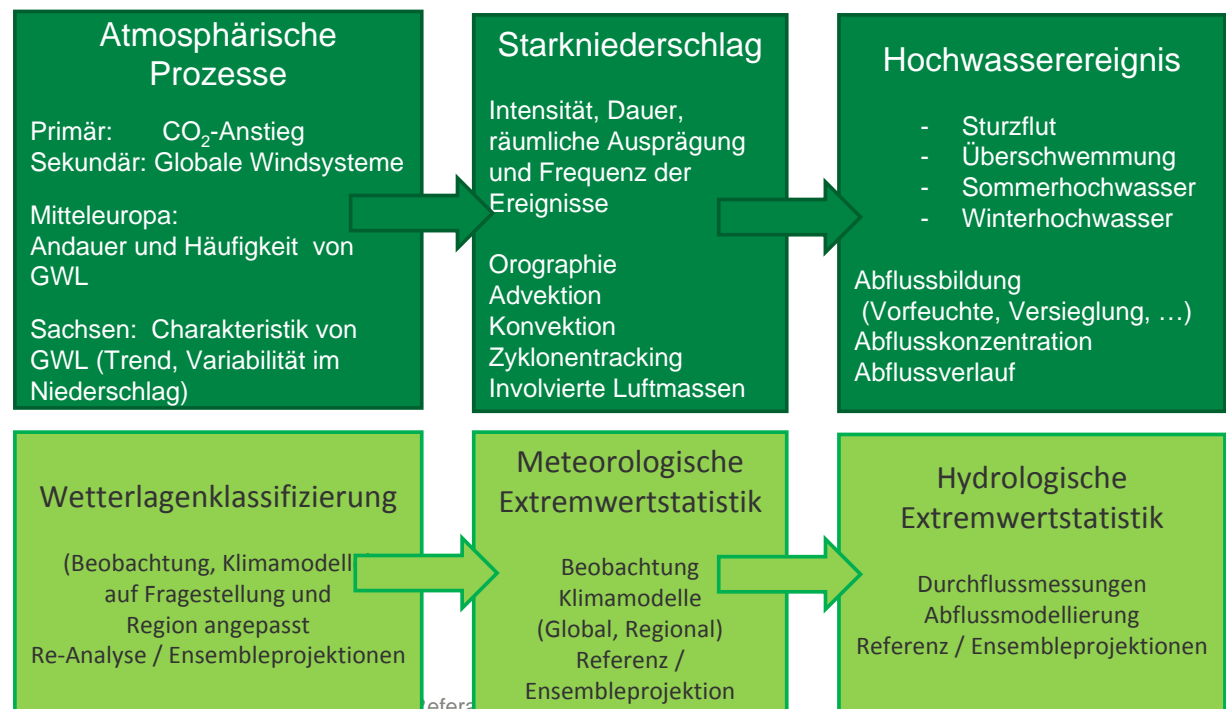
### Hydrologische Extremwertstatistik

Durchflussmessungen  
Abflussmodellierung  
Referenz / Ensembleprojektionen

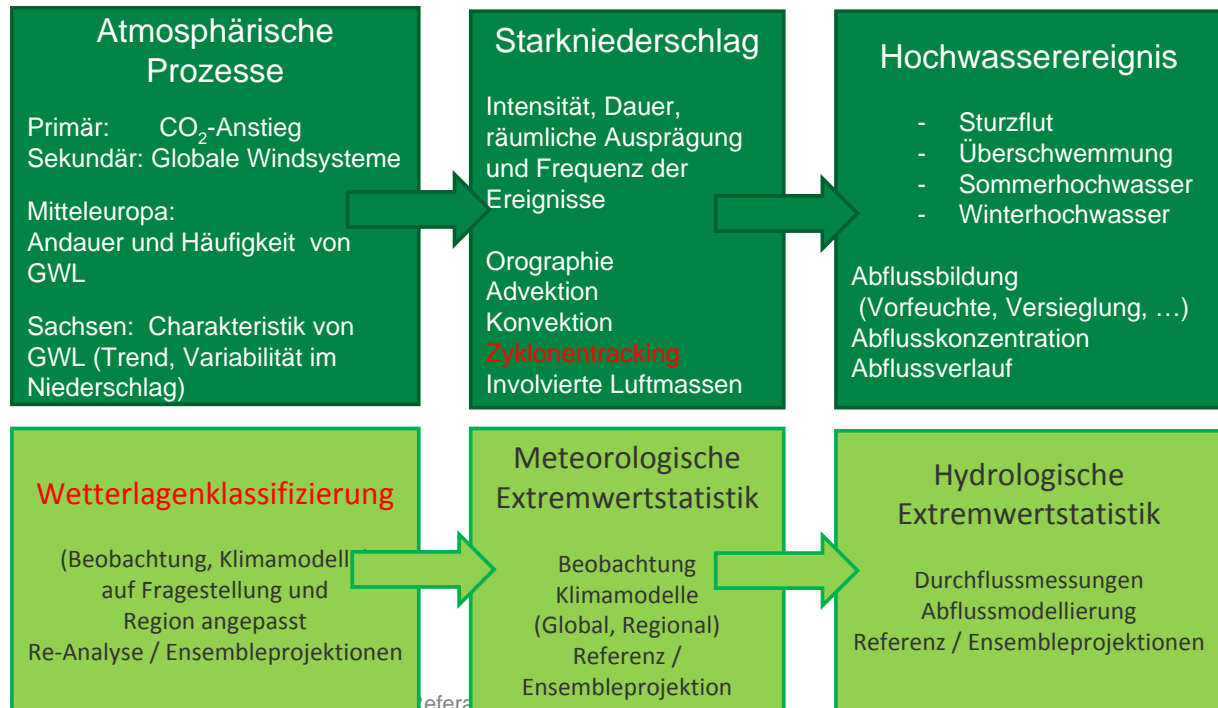
## Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen



## Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen



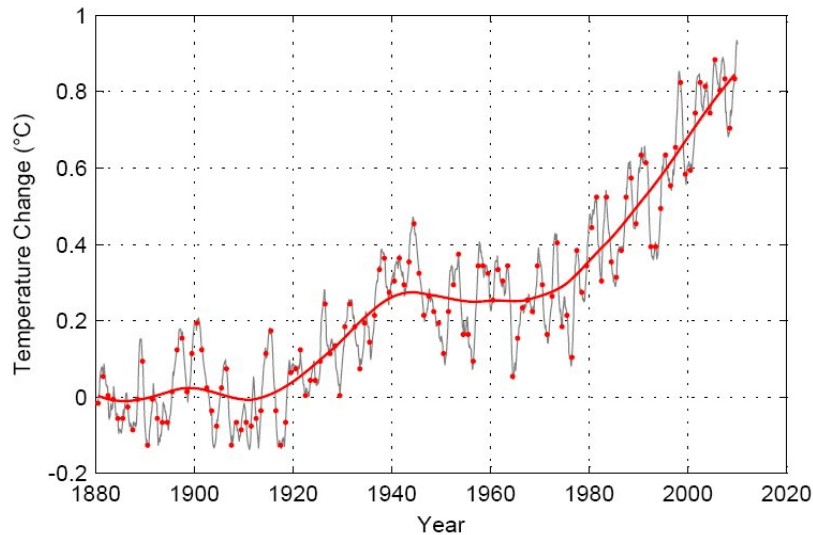
## Wirkungskette klimabedingter Veränderungen von Hochwasser in Sachsen



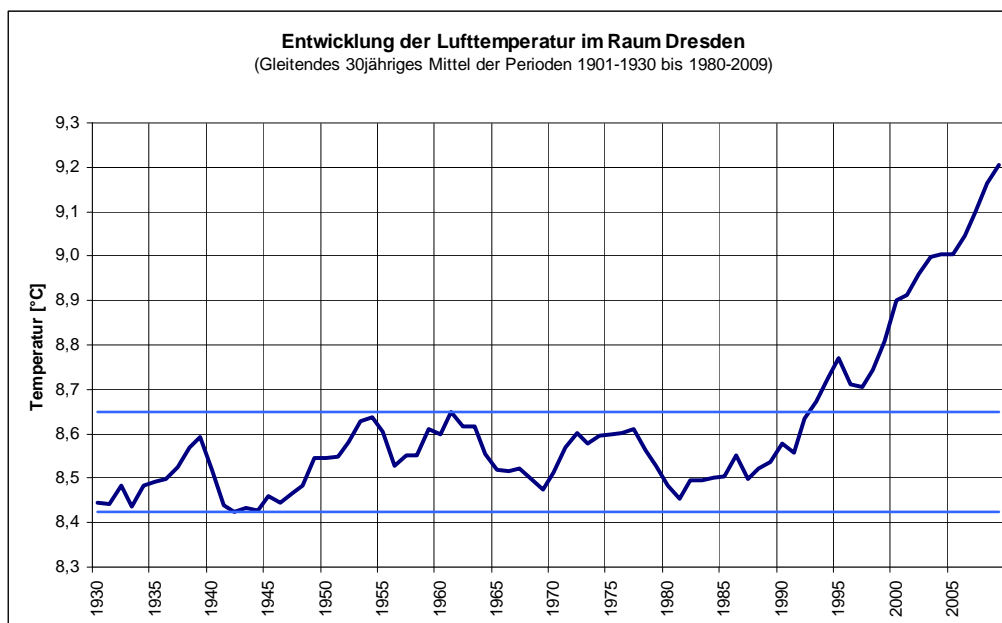
## Temperatur – Treiber der Änderungen im Wasserkreislauf

## Anomalie der globalen Mitteltemperatur (Referenzperiode 1880-1920)

Roter Punkt: Jahresmittelwert  
Graue Linie: gleitendes Mittel über 12 Monate  
Rote Linie: Langzeittrend



Quelle: NASA



# Wird das Klima in Sachsen extremer ?

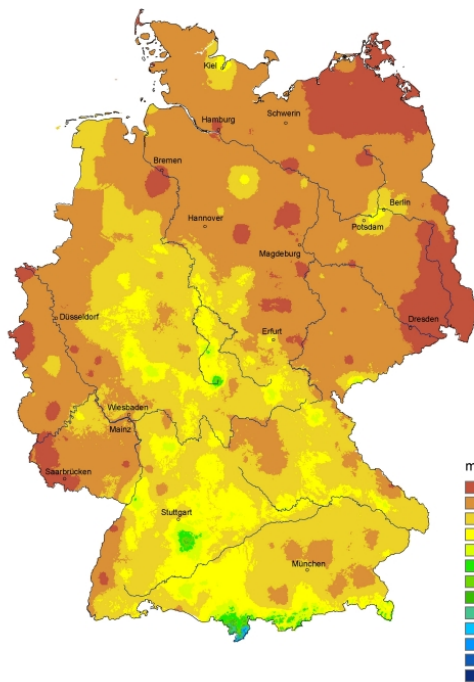
## Trockenheit versus Niederschlagsextreme

17 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

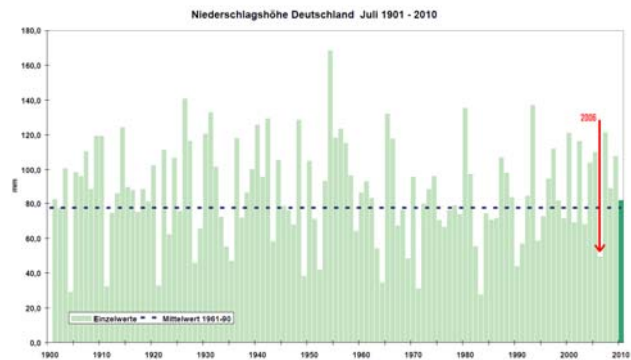
## Trockenheit

18 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

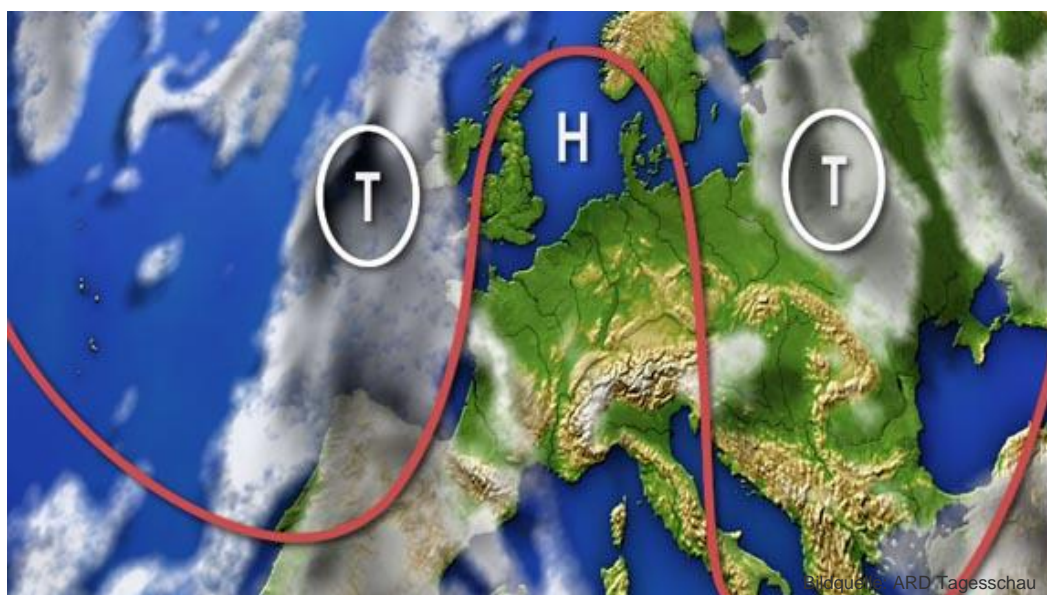
## Niederschlagshöhe in Deutschland – Juli 2006



An den Stationen Dresden und Görlitz  
6 mm Monatsniederschlag

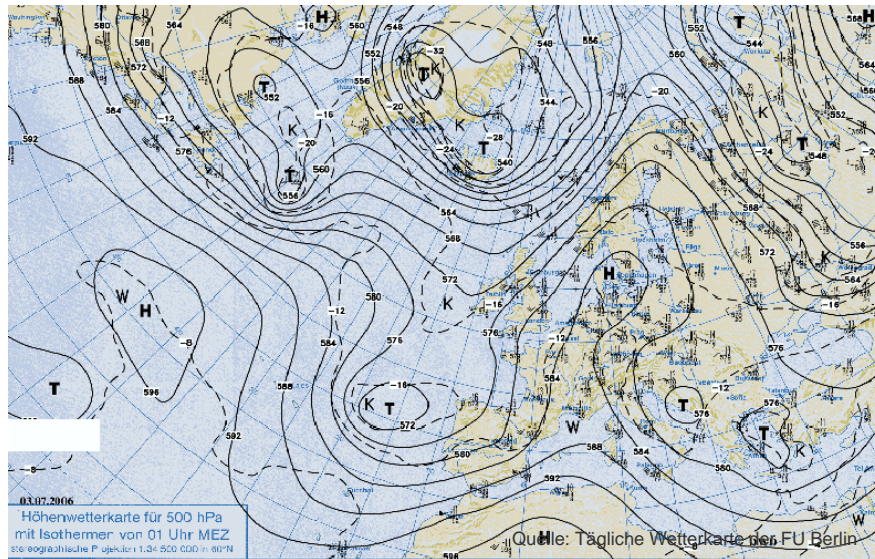


## Die klassische „Omega-Wetterlage“



## Typische „Omega-Wetterlage“

Höhenwetterkarte für 500 hPa am 3. Juli 2006

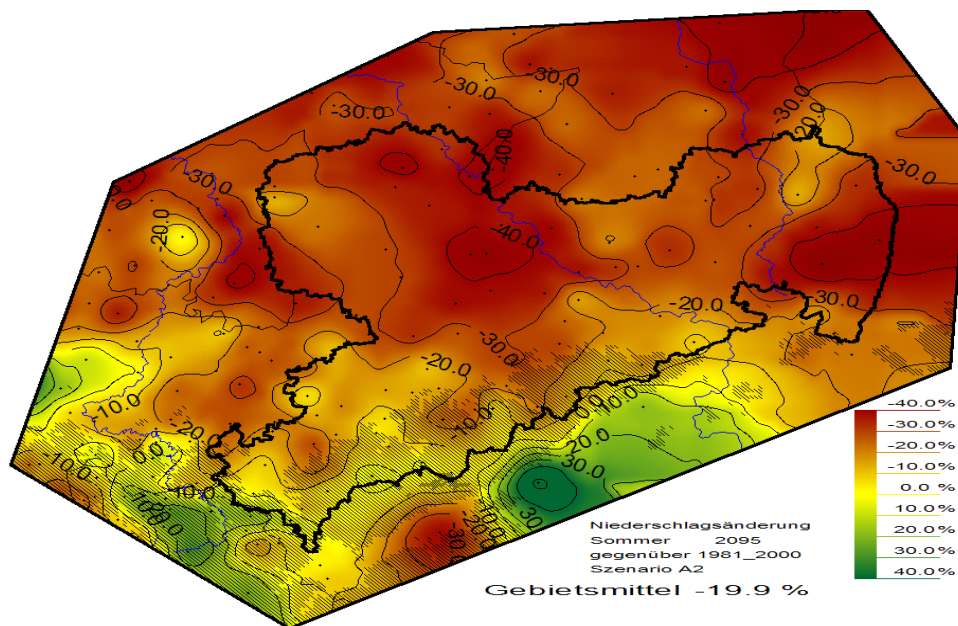


## Trockenheit Sommer 2006 - Mündung der Müglitz in die Elbe



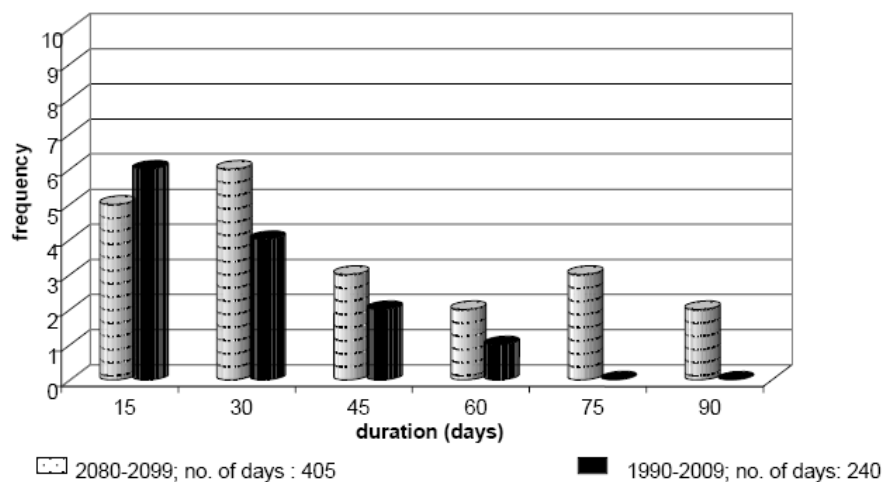
Szenario der Niederschlagsänderung in Sachsen im Sommer in der Dekade 2091- 2100

gegenüber der Referenzperiode 1981/2000 unter Szenario A2



23 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Häufigkeiten und Andauern von Trockenperioden in Ostsachsen: Projizierter Trend für das 21. Jahrhundert



Change of frequency and duration of dry periods in east Saxony during  
vegetation period 1

Quelle: LfULG, WEREX III, 2004

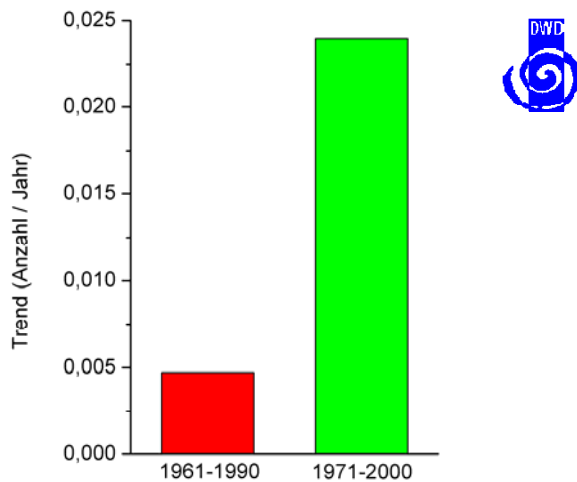
24 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Dresden Ende des 21. Jahrhunderts – Mit bisher unbekannter Sommertrockenheit?



## Niederschlagsextreme

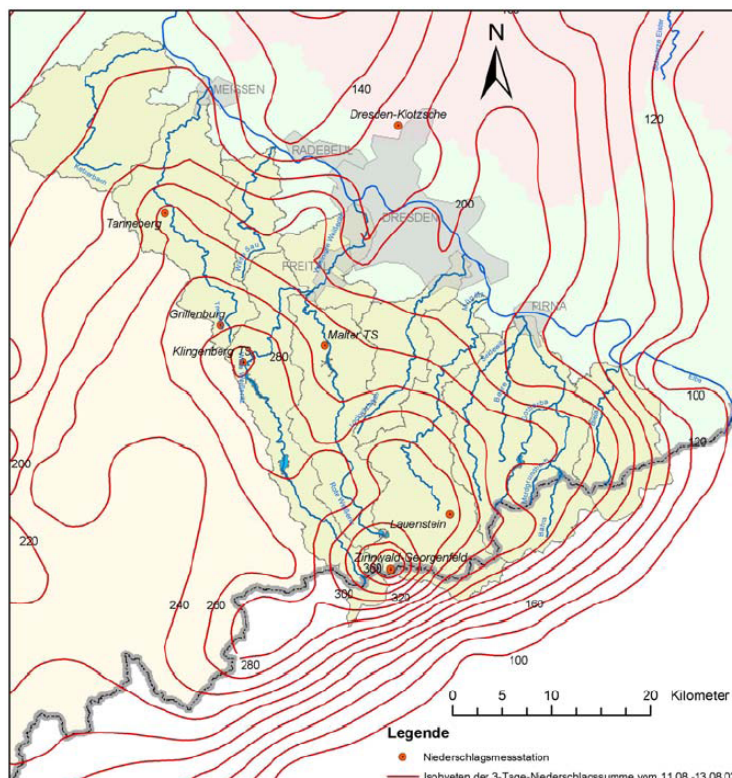
## Beobachten wir einen Anstieg der Starkregen?



Trend der Häufigkeiten der Starkniederschläge > 20 mm / Tag  
(Sachsenmittel)

**Es gibt einen Anstieg der Niederschläge mit hohen Intensitäten ( $\geq 10$  mm and  $\geq 20$  mm) im Juli und August.**

Freydank,  
CLISAX-Endbericht, 2001



Niederschlagshöhen in mm im Betrachtungsgebiet vom 11. bis zum 13.08.02

### Station Zinnwald

Deutschlandrekord  
für 24 h-Niederschlag  
**342 mm**

11. – 13.08.2002:  
**406,9 mm**

## Ursachen für das Extremhochwasser August 2002

- Vb-Tief mit feuchtwarmen Luftmassen (Mittelmeer, Schwarzes Meer)
- Konvektive Prozesse (Schauer und Gewitter)
- Orographische Verstärkung des Niederschlages am Nordstau des Erzgebirges (bewirkte einen Anteil von ca. 60 %)
- Lange Andauer der großräumigen Luftdruck- und Strömungsverteilung über Europa
- Vorfeuchte im Boden aus Niederschlägen Anfang August

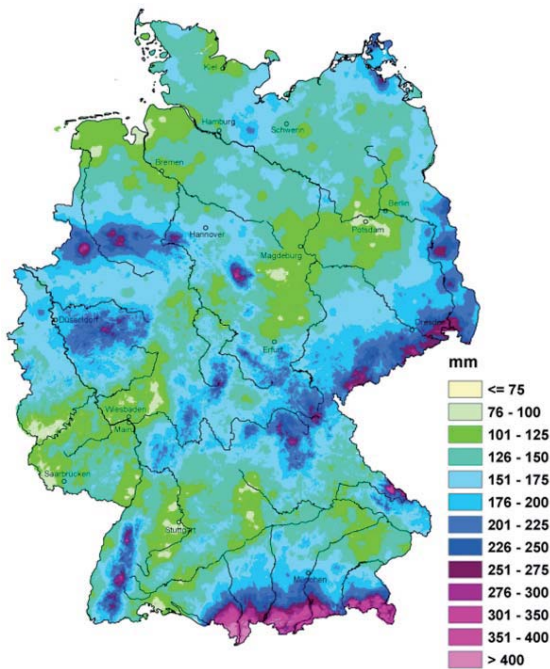
29 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Entstehung von sommerlichen Starkniederschlägen in Mitteleuropa infolge der Vb-Zugbahn

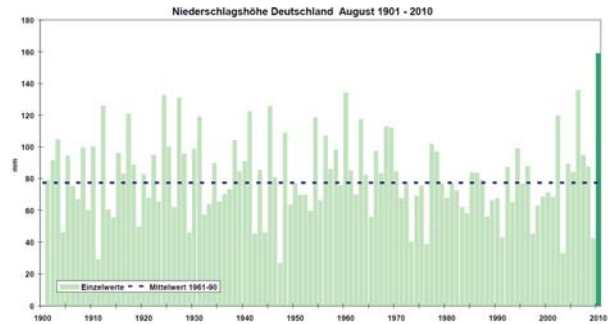


30 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

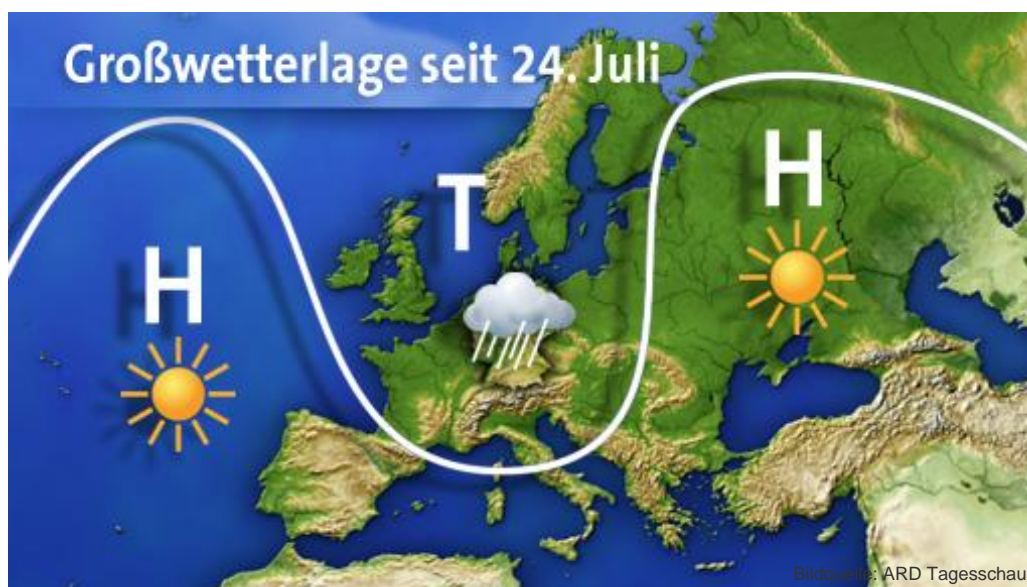
## Niederschlagshöhe in Deutschland – August 2010



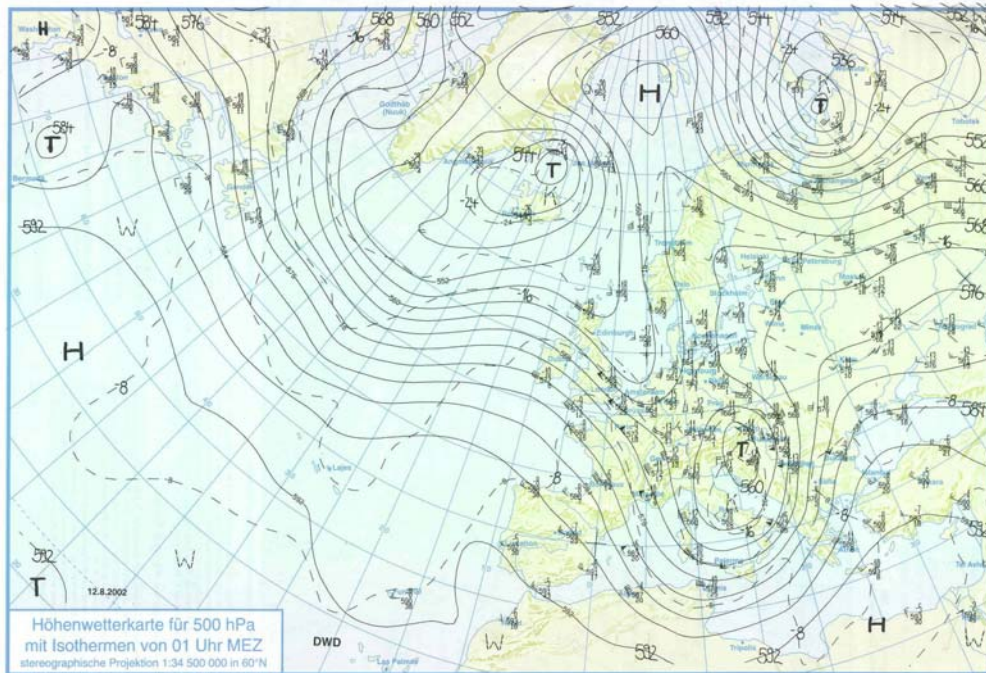
### August 2010 – Rekordniederschlag



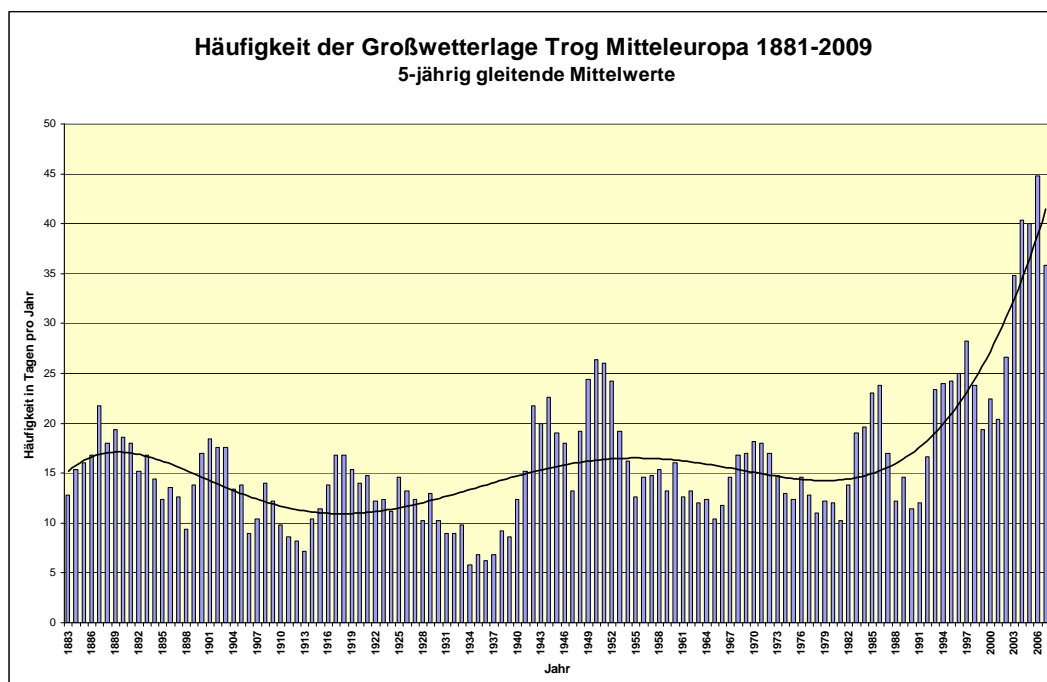
## Ausgeprägte „Troglage“ von Juli zu August 2010



## Trog Mitteleuropa - Beispiel 12. August 2002

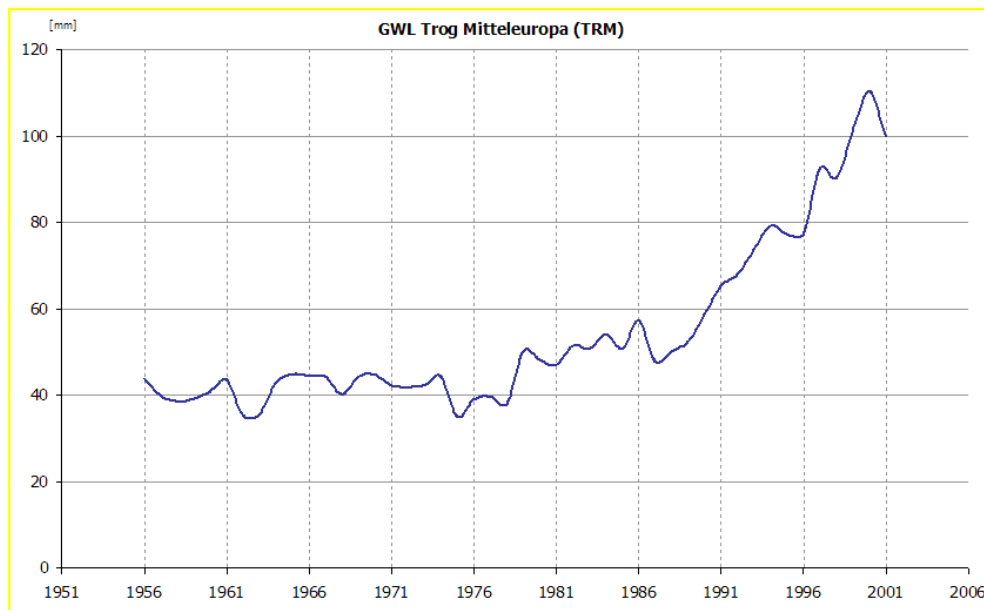


33 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55



34 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Gleitende 11-Jahresmittel des Anteils am Jahresniederschlag (erhöhtes Potenzial für **Niederschlagsextreme**)



35 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Atmosphärische Zirkulationsverhältnisse

*prägen im regionalen Scale die*

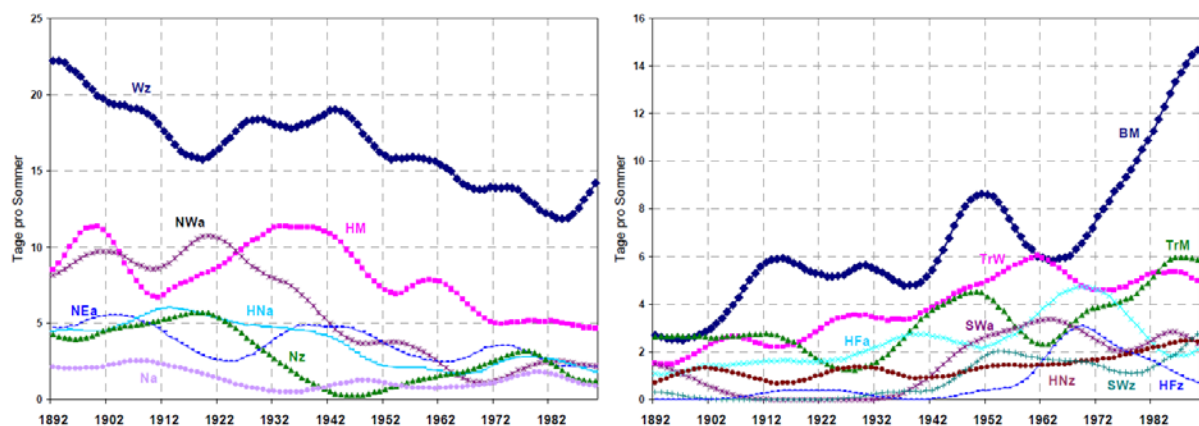
- Stärke des Trends (*Anstiegs*) der Lufttemperatur
- *Dynamik von Extremereignissen (Dürreperioden; Starkregenereignisse)*
- Regionale Differenzierung der Klimaänderungen

36 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

# Analyse subjektiver Großwetterlagen in Mitteleuropa

37 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Trend von Großwetterlagen mit signifikantem Rückgang und Zunahme im Sommer zwischen 1881 – 2001 mit 30-jähriger Tiefpassfilterung



Quelle: DWD

- Mit der Häufigkeit kann sich die Niederschlagscharakteristik in der GWL ändern.
- Sächsische Forschungsvorhaben sind darauf ausgerichtet, offene Fragen der weiteren Entwicklung zu klären.

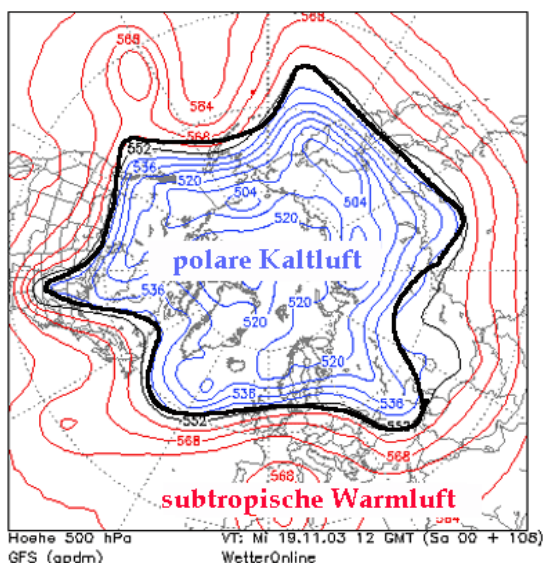
38 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Zentrale Frage:

# Wie reagiert die polare Frontalzone der Nordhemisphäre auf eine weitere globale Erwärmung?

39 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

### Polare Frontalzone



Aus Veränderungen von Lage und Ausprägung der polaren Frontalzone können gravierende Veränderungen im Niederschlagsregime des Elbeinzugsgebietes resultieren.

40 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Neue aktuelle Forschungsergebnisse

Im Zuge des Klimawandels haben sich (*in der Nordhemisphäre*) bereits veränderte *Druck- und Zirkulationsmuster* eingestellt.

- ❖ Geophysical Research Letters, 2008
- ❖ Stanford University, 2009
- ❖ PIK Potsdam, 2009

## Neue „abrupte Klimaänderungsmuster“

Heutige Untersuchungen bestätigen **Flohn's** bereits 1940 gezogenen Schlussfolgerungen für die atmosphärische Zirkulation bei nordhemisphärischer Erwärmung.

Nordverlagerung und Abschwächung des nordhemisphärischen polaren Jetstreams deutet sich bereits an (**Archer et al. 2008; Trenberth et al. 2007**).

Polwärtige Verlagerung der Hauptzugbahnen wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in der Zukunft fortsetzen (**Hegerl et al. 2007; Meehl et al. 2007**).

Eine gravierende Veränderung der atmosphärischen Zirkulation über dem Nordatlantik ist festzustellen (**Bakke et al. 2008**).

Durchschnittliche Andauern typischer atmosphärischer Zirkulationsmuster im nordatlantisch-europäischen Raum haben sich seit Anfang der 70er Jahre erheblich verlängert (**PIK 2009**).

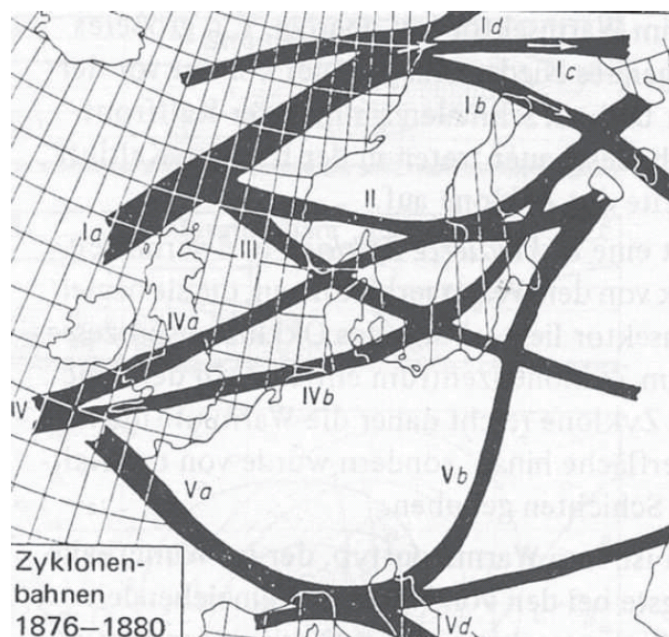
Neueste internationale Forschungsergebnisse liefern Hinweise, dass sich in hohen nördlichen Breiten bereits ein neues, stärker meridional – also entlang der Längengrade – ausgerichtetes Strömungsregime herausgebildet hat. Dieses ist mit einem ausgeprägten polwärtigen Wärmetransport verbunden und stellt offensichtlich die treibende Kraft hinter den aktuellen Klimaänderungen in der Arktis dar (**Overland 2008**).

Aktuelle Studie US-amerikanischer, norwegischer und deutscher Wissenschaftler (**Zhang et al. 2008**). Luftdruckverhältnisse über dem Nordatlantik haben sich verändert. Strömung in der Nordhemisphäre jetzt nicht mehr bevorzugt zonal, sondern meridional. Damit erfolgt ein tief greifender Wärmetransport in die Arktis, der letztendlich mit einem rasanten Rückgang des arktischen Eises gekoppelt ist.

# Analyse des Zyklonentrackings in Mitteleuropa

43 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Zugbahnen von Tiefdruckgebieten nach van Bebber



44 | 25. Oktober 2010 | Udo Mellentin | Referat 55

## Zugbahnparameter

DIAGNOSE 20. JH

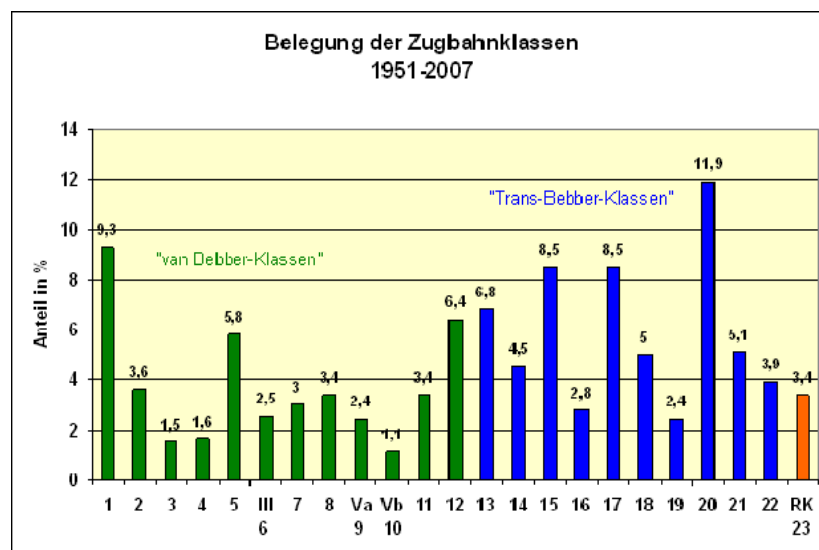
Gibt es Trends bei den Zugbahnparametern?

MODELL-VALIDIERUNG

Ist das Klimamodell in der Lage, Zustände und Entwicklungen der Jetztzeit zu rekonstruieren?

MODELL-PROJEKTION 21. JH

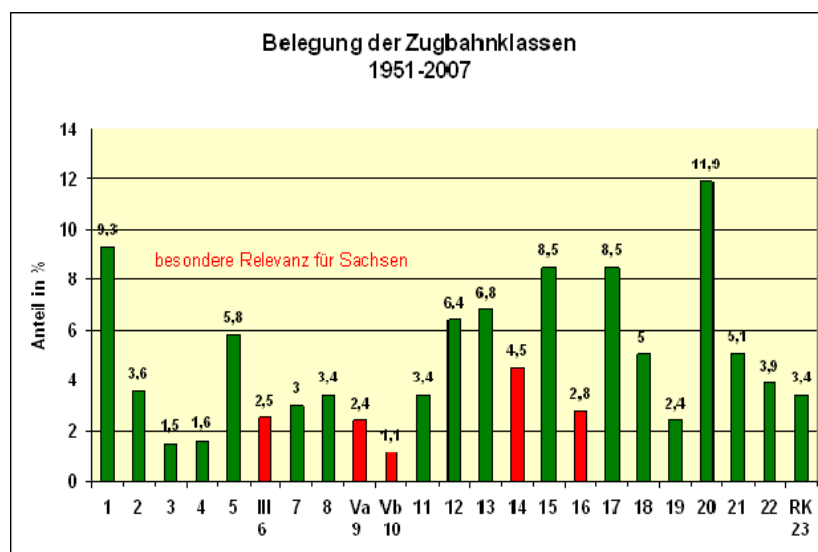
Zeichnen sich zukünftige Entwicklungen bei den Zugbahnparametern ab?



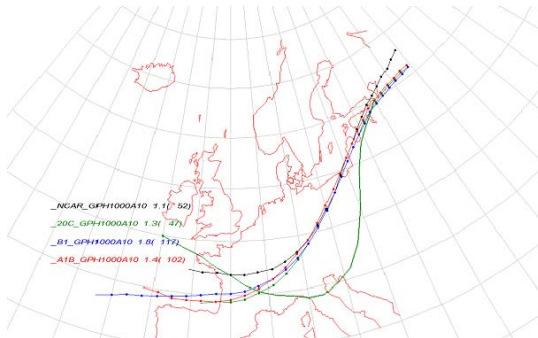
## Erkenntnisse

Die für Extremwetterereignisse im östlichen Mitteleuropa relevante van Bebbler - Klasse Vb tritt nur selten auf.

Neben der Klasse Vb besitzen vier weitere besondere Bedeutung für die Witterung im Freistaat Sachsen.

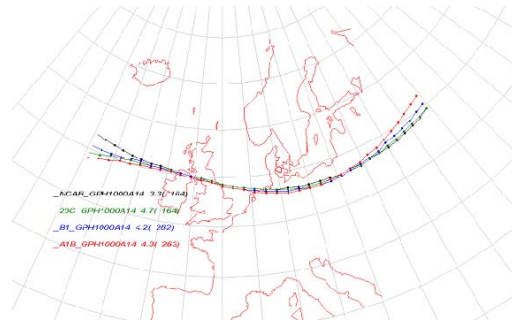


## Klasse 10



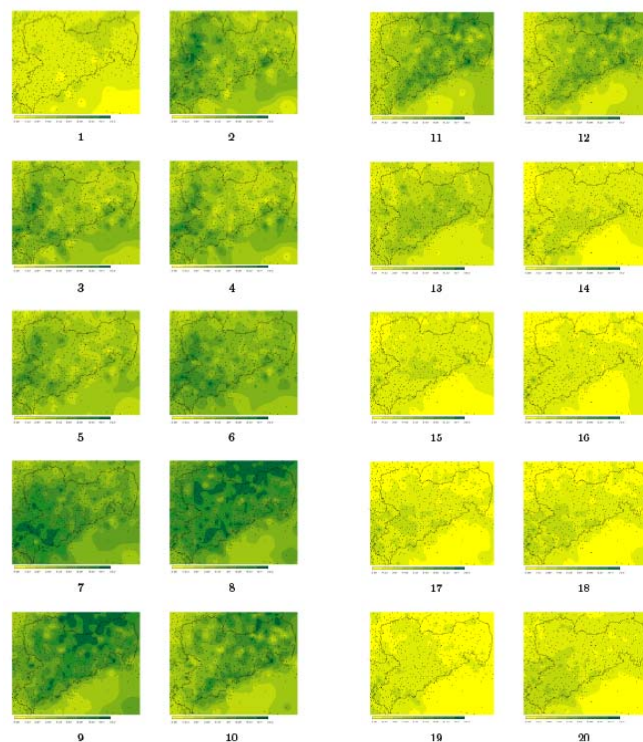
- NCAR-Reanalysedaten
- ECHAM 5 20C-Daten
- ECHAM 5 Szenario A1B
- ECHAM 5 Szenario B1

## Klasse 14



- 1951–2007
- 1951–2000
- 2001–2100
- 2001–2100

Sequenz von  
Niederschlagsverteilungen  
in Sachsen zu den Terminen 1-20  
beim Durchzug eines Tiefs  
auf der normierten Bahn 10 (Vb)



## Erwartete Entwicklung der Tief-Zugbahnen in Europa

Einflussbereich atlantischer *und* mediterraner Tiefs.  
Welchen Einfluss könnten sie künftig ausüben?

*Aktuellste Forschungsergebnisse:*

Hauptzugbahnen verlagern sich polwärts.

Verstärkung der Tiefdrucktätigkeit im Raum Nordatlantik/Skandinavien.

Abschwächung der Tiefdrucktätigkeit im Mittelmeerraum.

*Ursache: Ausdehnung der subtropischen Hadley-Zirkulation*


## Resümee

## Resümee Klimadiagnose:

- **Gravierender Temperaturanstieg (stärkere Verdunstung)**
- **Markanter Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode**
- **Keine nennenswerte Zunahme der Winterniederschläge in Sachsen**
- **Im Sommer Anzeichen der Verschiebung von Regen zu konvektiven Starkniederschlägen in Sachsen**
  
- **Bis Mitte des 21. Jahrhunderts ist eine signifikante Zunahme extremer Witterungssituationen zu erwarten. Diese Entwicklung zeichnet sich diagnostisch bereits ab.**

## Resümee zukünftige Klimaentwicklung:

- **Physikalisch plausible Wirkungskette:**  
  
**Erwärmung durch Treibhausgase > Intensivierung des Wasserkreislaufes > häufigere bzw. intensivere z.T. lang anhaltende Niederschläge**
  
- **Unsicherheit Globale Windsysteme > Trockenheit und Niederschlagsextreme in Mitteleuropa sehr unsicher**
  
- **Die Atmosphäre bietet zahlreiche Reaktionsmöglichkeiten > nur ebenso komplexe Klimamodelle erlauben einen Blick in die Zukunft > Analyse von Modellensembles notwendig**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!