



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Andreas Schumann

# Änderung von Extremwerten?- Die „known unknowns“

Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik



# Definition

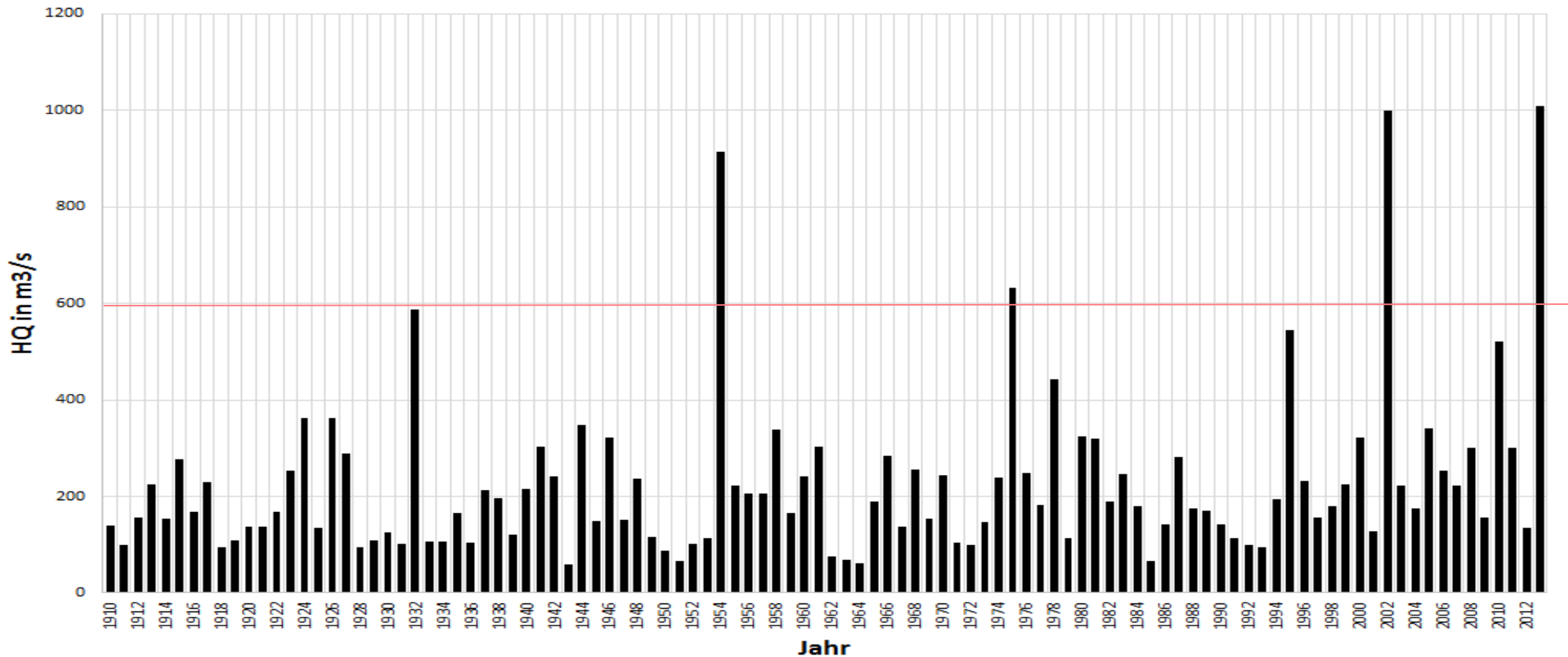


## **„Hochwasser“ im Wasserhaushaltsgesetz**

zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist.

# Hochwasser sind Zufallsereignisse!

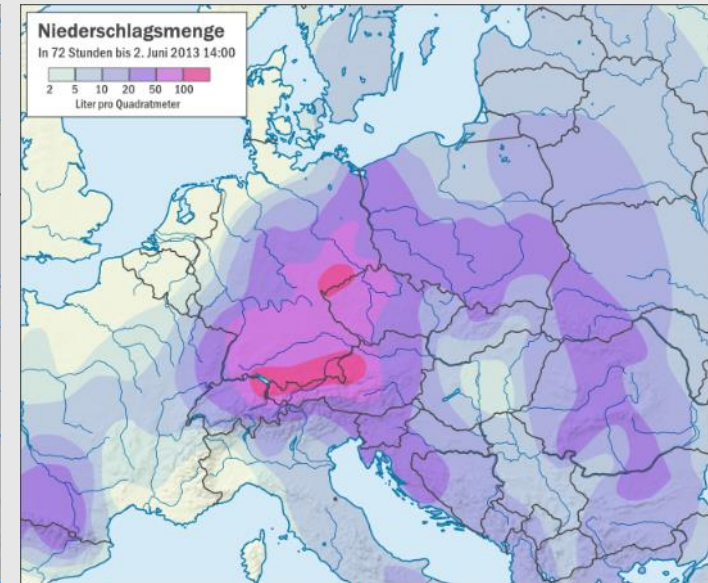
Pegel Wechselburg/Zwickauer Mulde



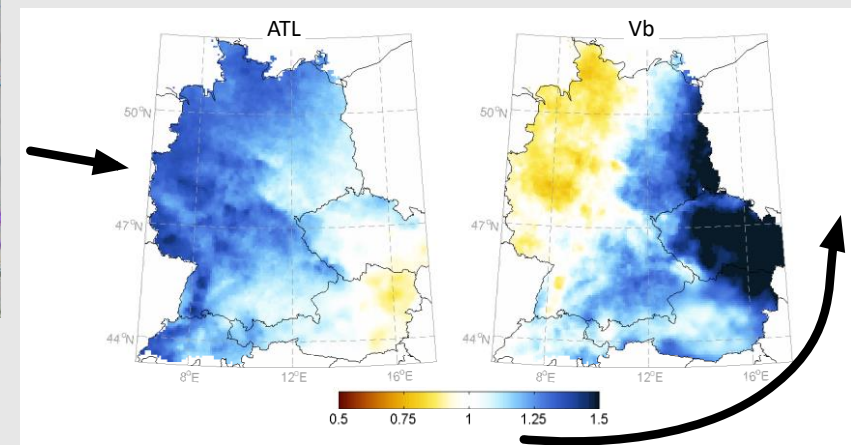
**Extreme Hochwasser unterscheiden sich von "normalen" Hochwasserereignissen!**

# Hochwasser als Zufallsereignis (1)

Räumlicher Gefährdungsbereich: Flusstäler, aber von der Niederschlagsverteilung abhängig



## Großwetterlage

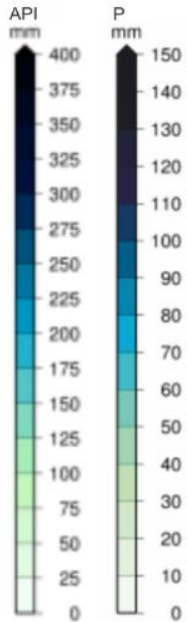
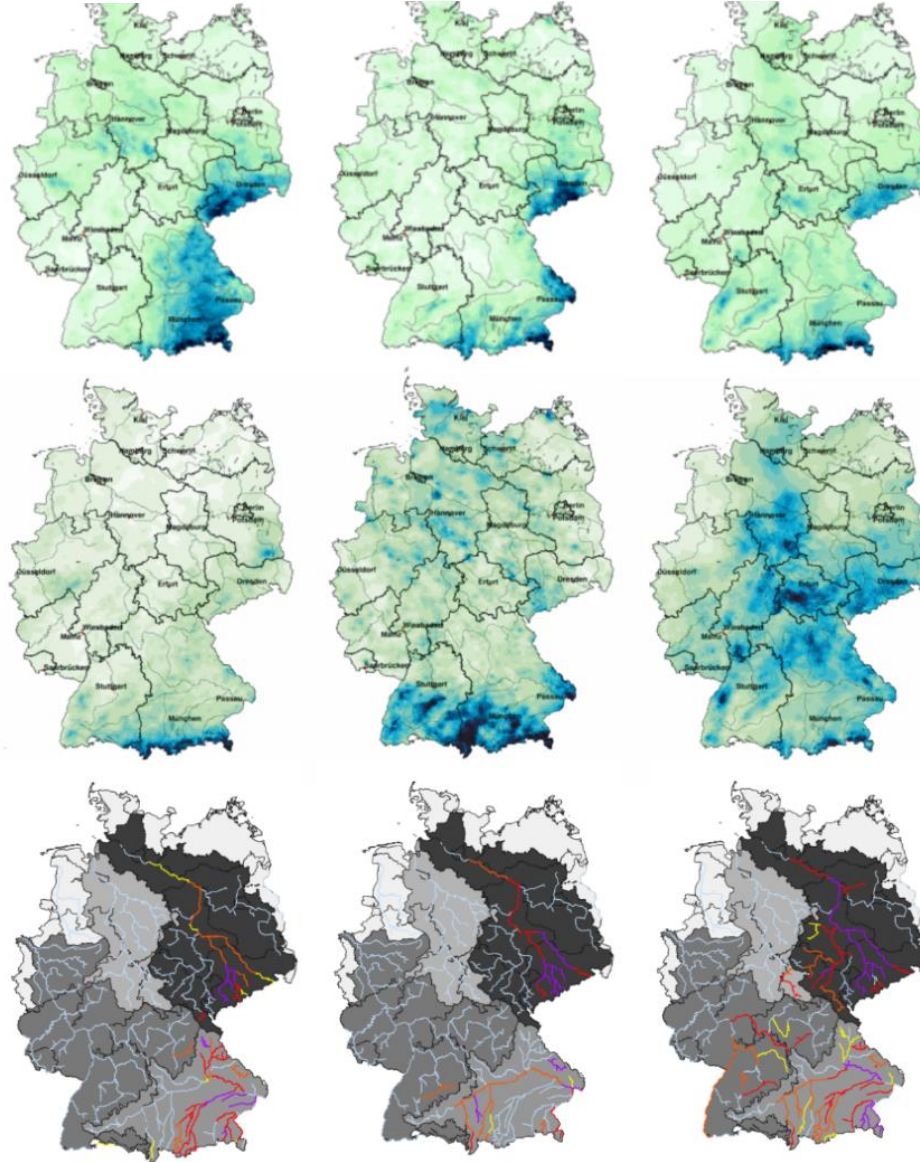


# Hochwasser als Zufallsereignis(2): Kausalkette

Juli 1954

August 2002

Juni 2013



Hauptgewässer

Landesgrenzen

stat. Wiederkehrintervall [a]

- 5 < Qp <= 10
- 10 < Qp <= 50
- 50 < Qp <= 100
- Qp > 100

Niederschlagsereignis

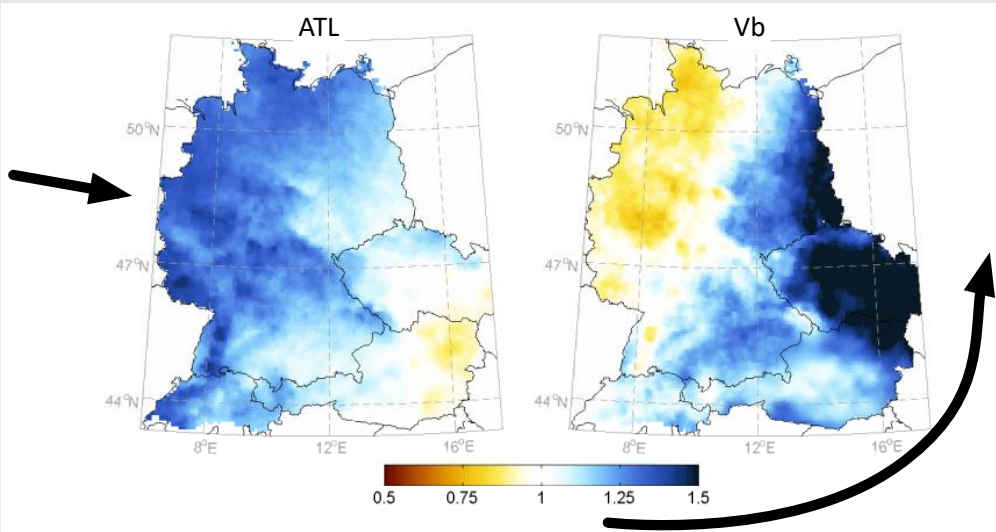
Anfangsfeuchte

Jährlichkeit (Maß für den Scheitelabfluss)

# Hochwasser als Zufallsereignis (3):

## Ereignisspezifische Einflussfaktoren in der Kausalkette Regen- Hochwasser

### Großwetterlage



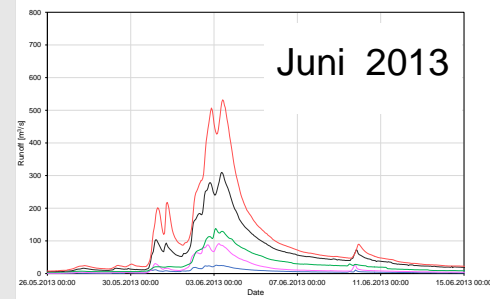
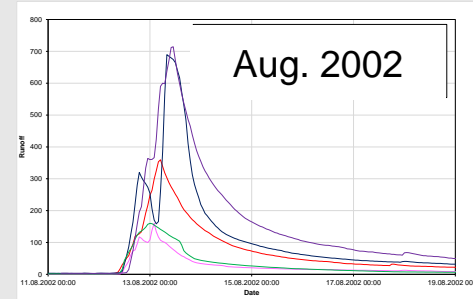
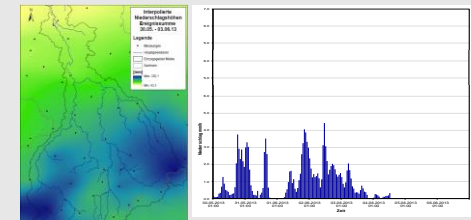
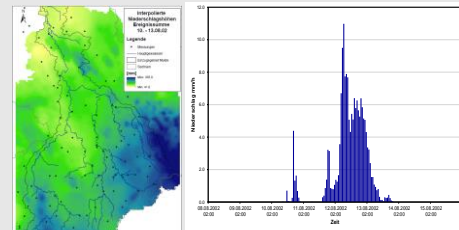
Hofstätter .. and Blöschl (2016)

### Unterschiedliche zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilungen

### Unterschiedliche Hochwassertypen

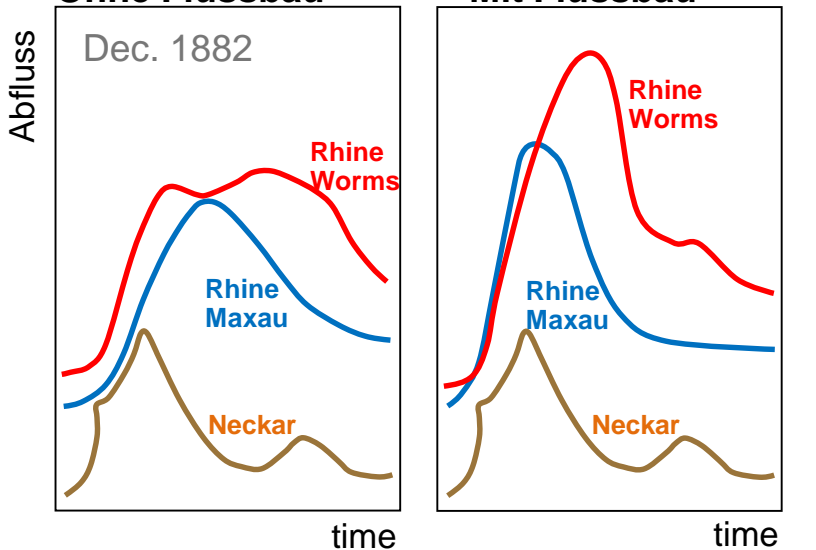
Intensitätsabhängige HW

Mengenabhängige HW



### Ohne Flussbau

### Mit Flussbau

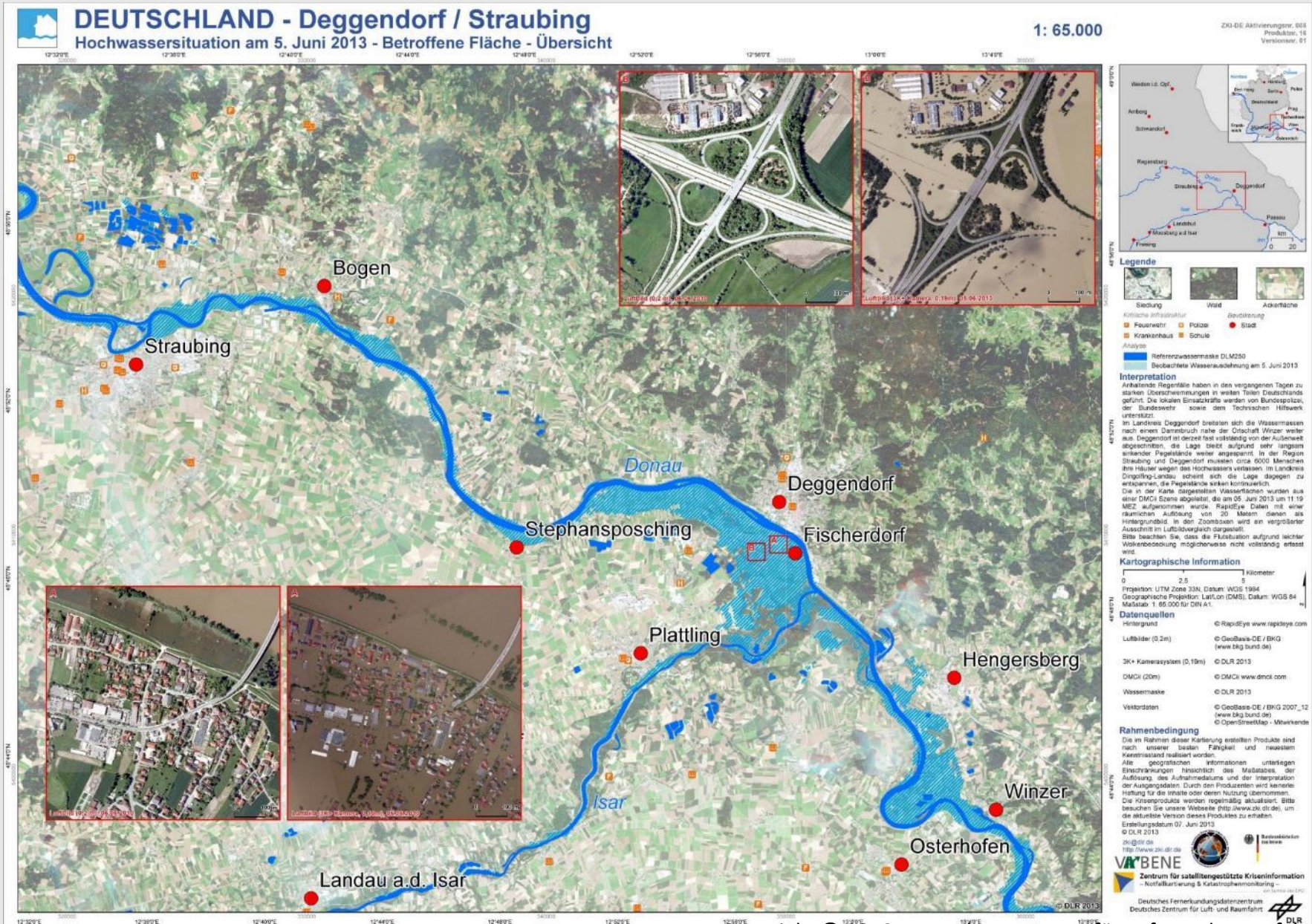


Veränderung der Randbedingungen durch wasserbauliche Eingriffe:

Deiche, Polder, Gewässerausbau

Disse and Engel (2001)

# Hochwasser (Überflutung) hängt von Abfluss und den hydraulischen Verhältnissen ab



# Hochwasser und Klimawandel: Aussagen des IPCC

## Climate Change 2014 Synthesis Report

Edited by

---

The Core Writing Team  
Synthesis Report  
IPCC

Rajendra K. Pachauri  
Chairman  
IPCC

Leo Meyer  
Head, Technical Support Unit  
IPCC

There is ***low confidence*** that anthropogenic climate change has affected the frequency and magnitude of fluvial floods on a global scale.

- lack of long-term records from unmanaged catchments
- floods are strongly influenced by many human activities impacting catchments,  
→ making the attribution of detected changes to climate change difficult.



## IPCC Working Group II Contribution to AR5

whether they are “caused” by climate change. Climate change can indeed alter the probability of a particular event. However, to estimate the alteration reliably it is necessary to quantify uncertainties due to natural variability in the changed and the unchanged climates, and also—because of the need for model simulations—uncertainties due to limited ability to simulate the climate.

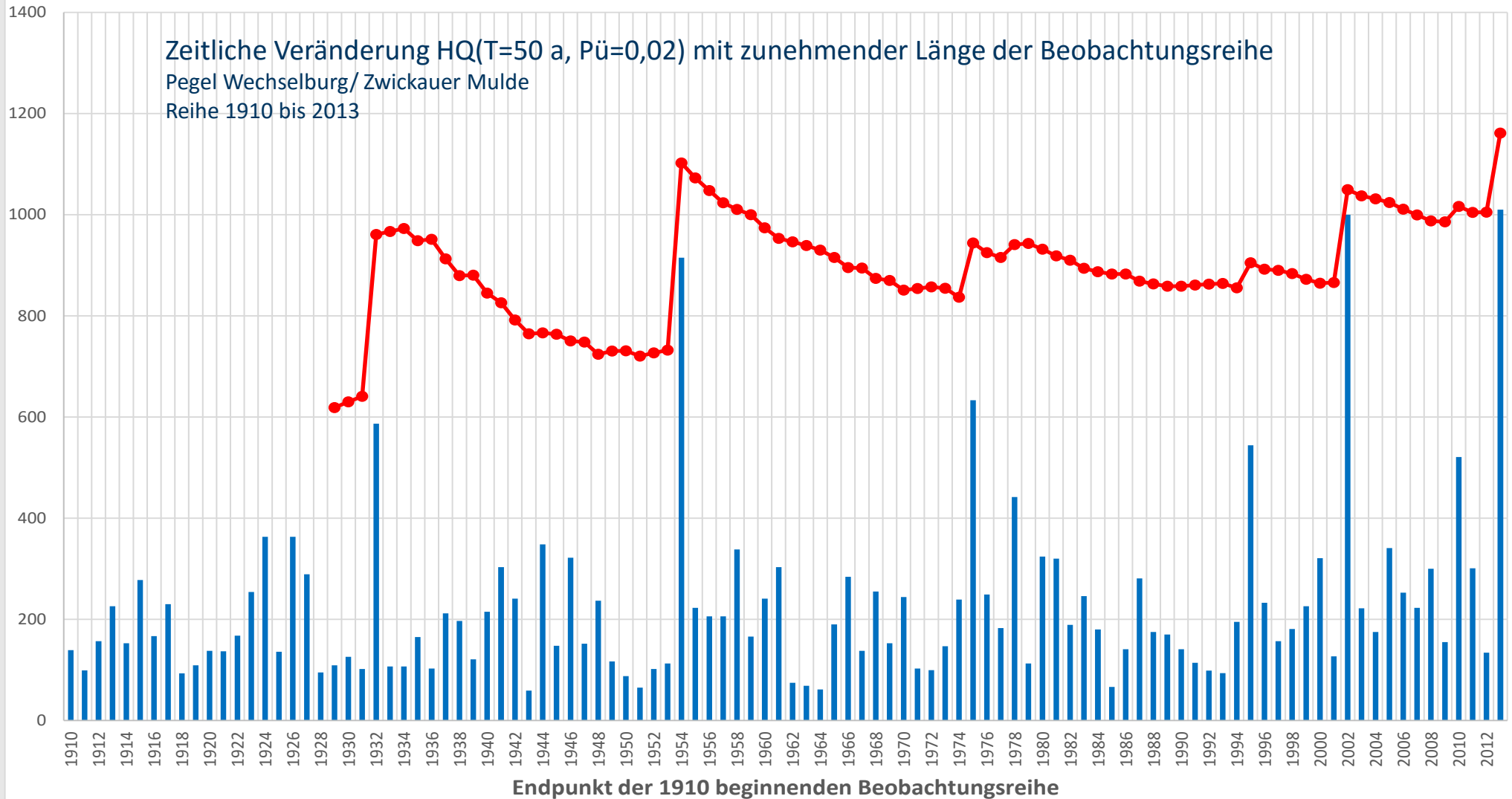


# Langzeitvariabilität und Stochastische Unsicherheit: Variabilität der hochwasserstatistischen Bewertung

Jahreshöchstabflüsse  
bzw. 0.98 Quantil

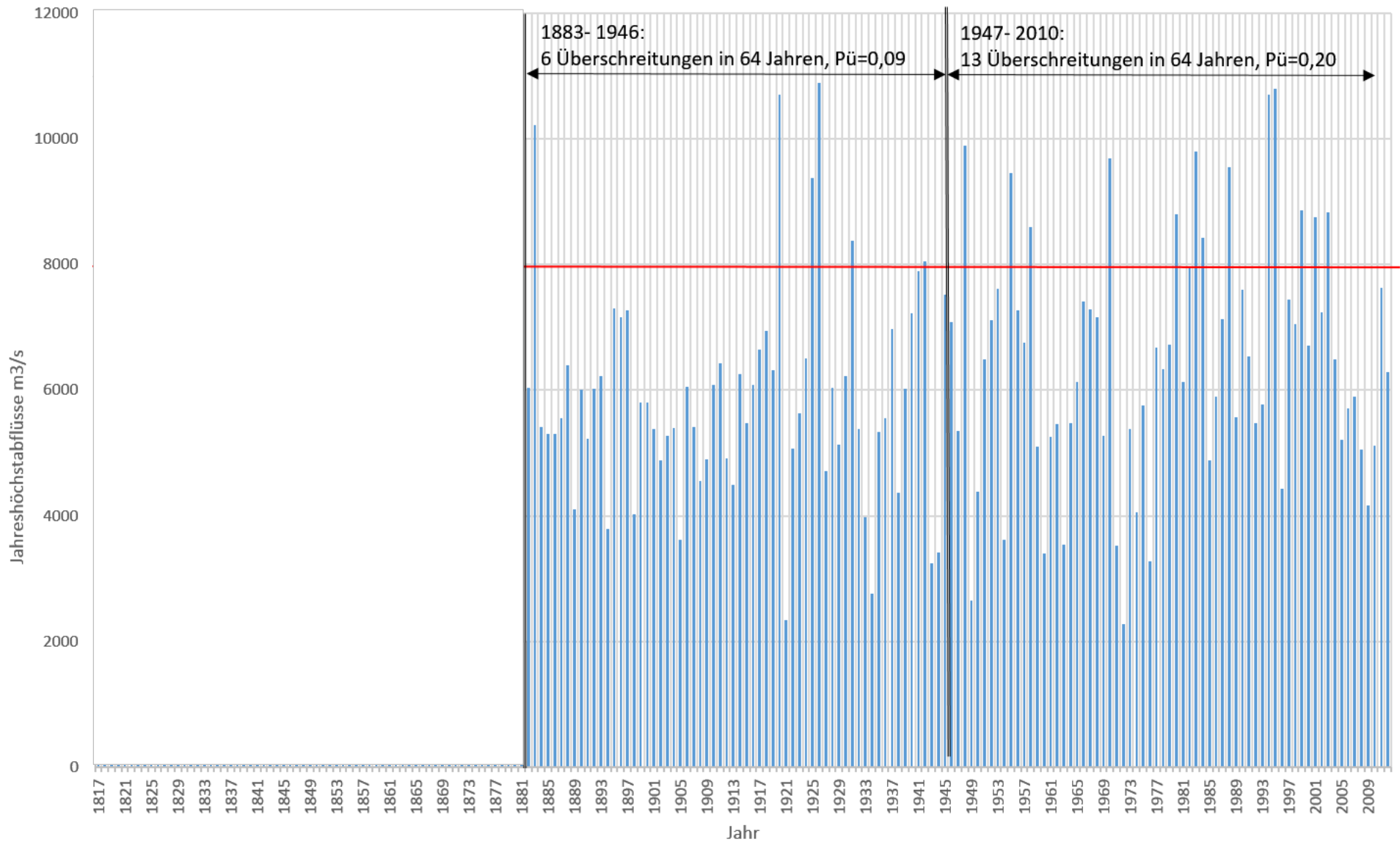
Pegel Wechselburg/ Zwickauer Mulde

Zeitliche Veränderung HQ(T=50 a, Pü=0,02) mit zunehmender Länge der Beobachtungsreihe  
Pegel Wechselburg/ Zwickauer Mulde  
Reihe 1910 bis 2013

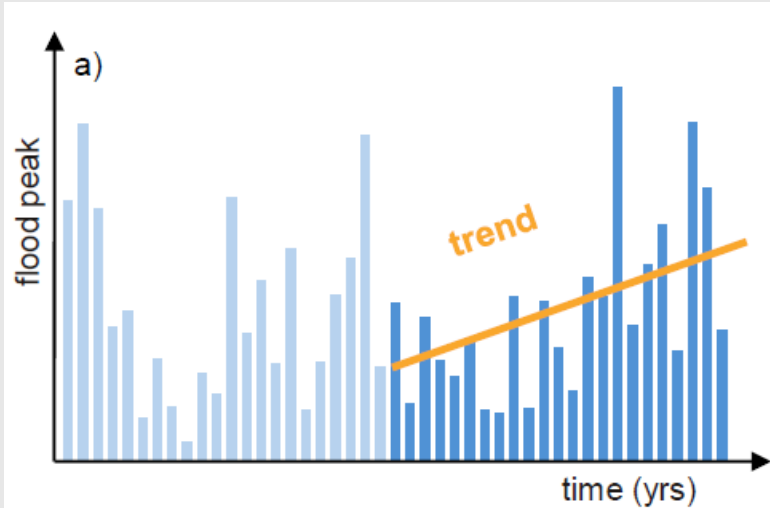


# Problematik der Abschätzung von Veränderungen

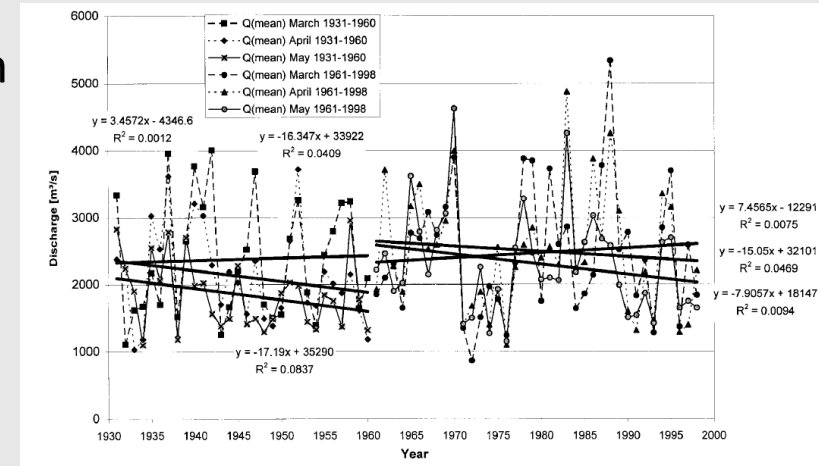
Pegel Köln/ Rhein



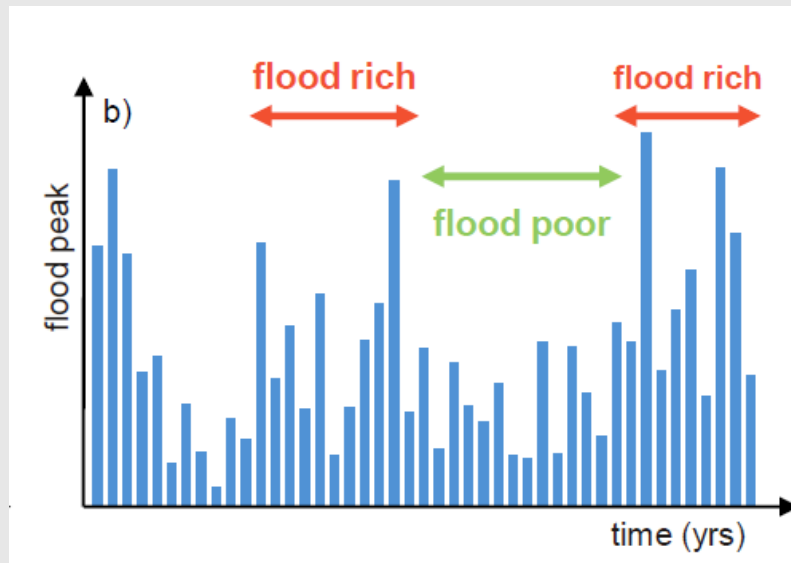
# Problematik der Abschätzung von Trends



Trend hängt vom  
gewählten  
Anfangs- und  
Endpunkt ab



Disse and Engel (2001)



Abfolge  
hochwasserarmer und  
hochwasserreicher  
Zeitabschnitte  
(zyklisch aber nicht  
periodisch)

## Hochwasserrisikomanagement (EU- Direktive)

**Hochwasserrisiko RI:** Kombination aus der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses ( $P(Q)$ ) und der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen für die Gesellschaft ( $S(Q)$ )

$$RI = \int_0^{\infty} S(Q) \cdot P(Q) dQ$$

### 3 Szenarien:

Hochwasser mit

-hoher Wahrscheinlichkeit ( $P_{\ddot{u}}=0.1$ )

-mittlerer Wahrscheinlichkeit ( $P_{\ddot{u}}=0.01$ )

-Extremhochwasser (je nach Bundesland unterschiedlich definiert, in NRW  $P_{\ddot{u}}=10^{-3}$ )  
oder Extremszenarium

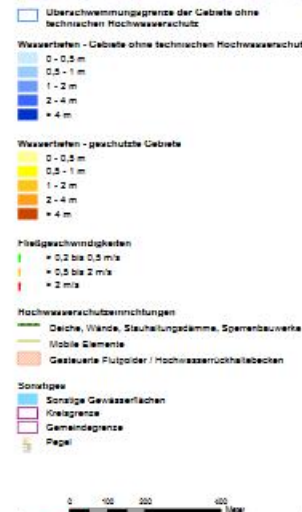
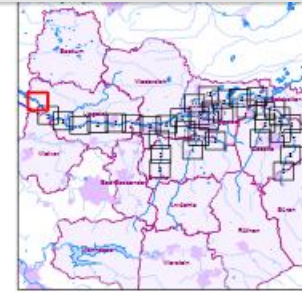
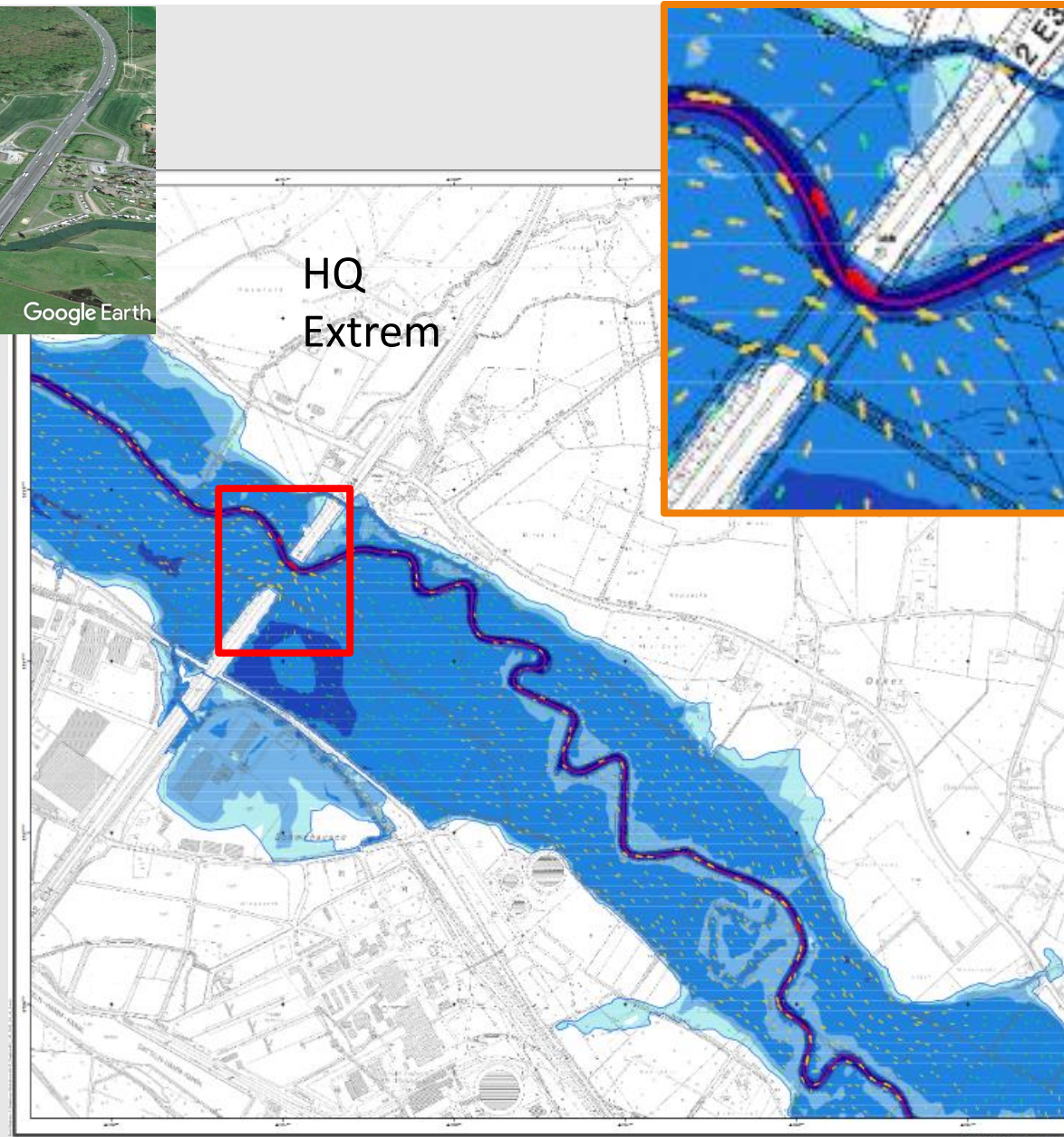
Ergebnis:

- Gefahrenkarten
- Risikokarten
- Risikomanagementpläne (Reduzierung  $S(Q)$  und/oder  $P(Q)$ )

# Beispiel Hochwassergefahrenkarte NRW: Kreuzung A2 mit Lippe im Raum Uentrop



HQ 100



0 100 200 400 Meter

Bezirkregierung Amberg  
Seberstraße 1, 95021 Amberg

GG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie  
**Hochwassergefahrenkarte  
Lippe**

Flussgebietsbeinh: Rhein  
Teilinzugsgebiet: Lippe

Hochwasserszenario  
**Extremhochwasser**

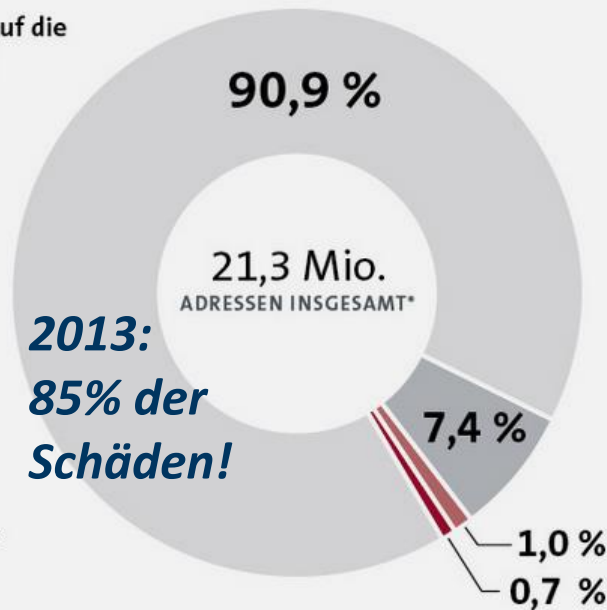
Maßstab 1 : 5.000    08/2013    Kartenblatt: 5/17  
Bezirkregierung Amberg, Dez. 04

# Unsicherheit, Beispiel ZÜRS: „Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko“ der Versicherungswirtschaft

## Elementargefahren: Gefährdung durch Hochwasser

Verteilung der Adressen auf die Gefährdungsklassen (GK) in ZÜRS Geo 2016

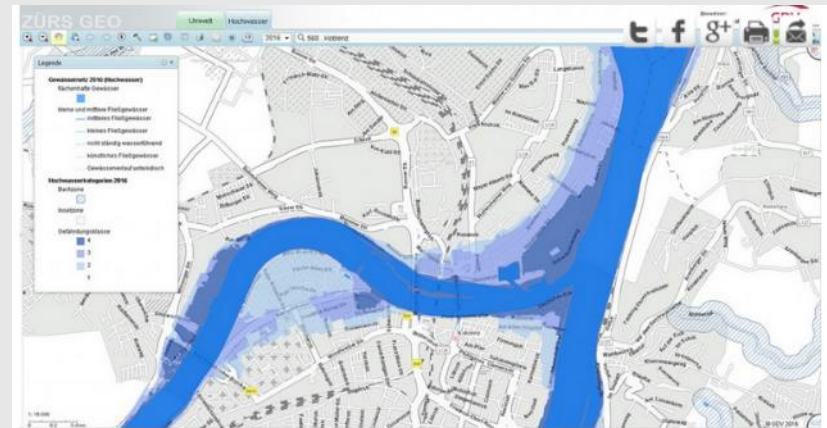
- GK 1
- GK 2
- GK 3
- GK 4



Statistisch tritt Hochwasser auf in:  
 GK 4: mind. 1x in 10 Jahren  
 GK 3: 1x in 10 bis 100 Jahren  
 GK 2: 1x in 100 bis 200 Jahren  
 GK 1: seltener als 1x alle 200 Jahre

\* ohne Nord- und Ostseeinseln

Quelle: www.gdv.de | Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)



12.05.2016

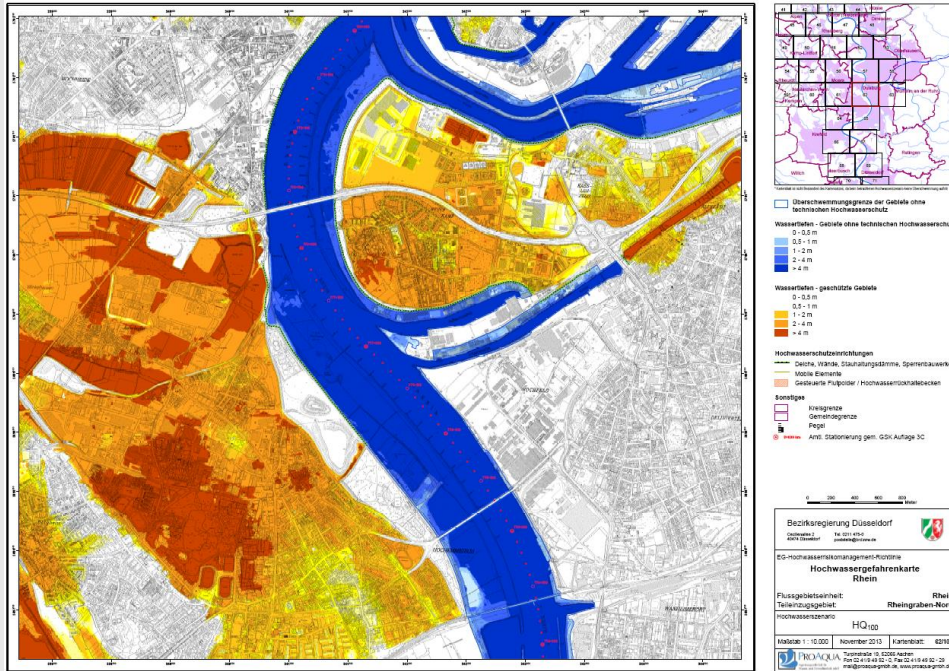
Geo-Informationssystem

„ZÜRS Geo“ – Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko und Einschätzung von Umweltrisiken

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)  
 Hochwasserschäden 2013:  
**1,8 Milliarden €**  
 140.000 versicherte Schäden  
 (GDV, 2014)

# Szenarien im Hochwasserschutz

## Problem: Restrisiko von Hochwasserschutzanlagen



HQ(100): geschützt,  
keine Überflutung

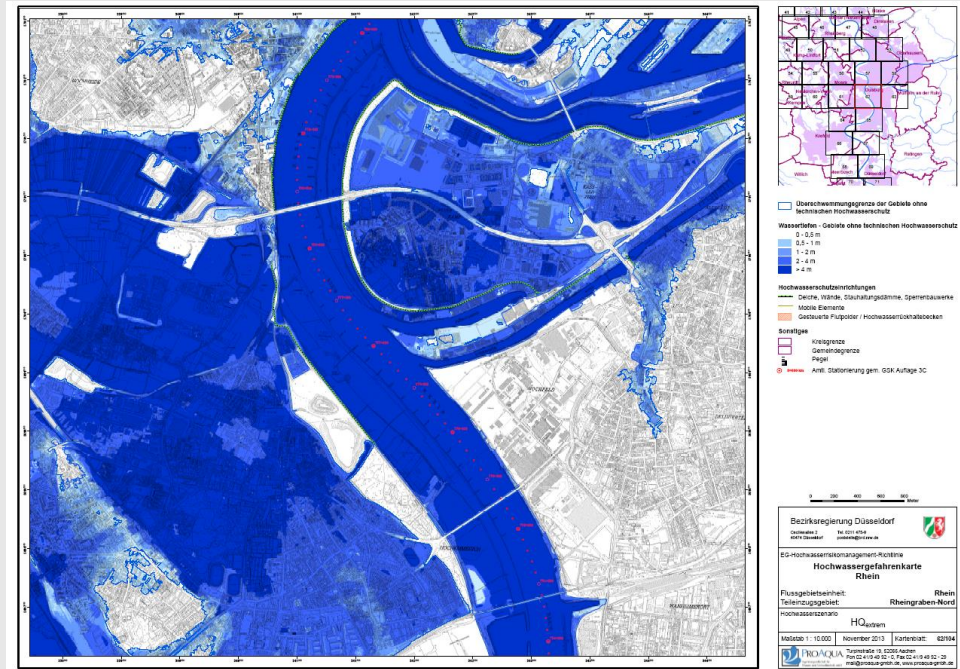
## Referentenentwurf HW- Schutzgesetz

§ 78b

Überschwemmunggefährdete Gebiete

(1) Überschwemmunggefährdete Gebiete sind Gebiete,

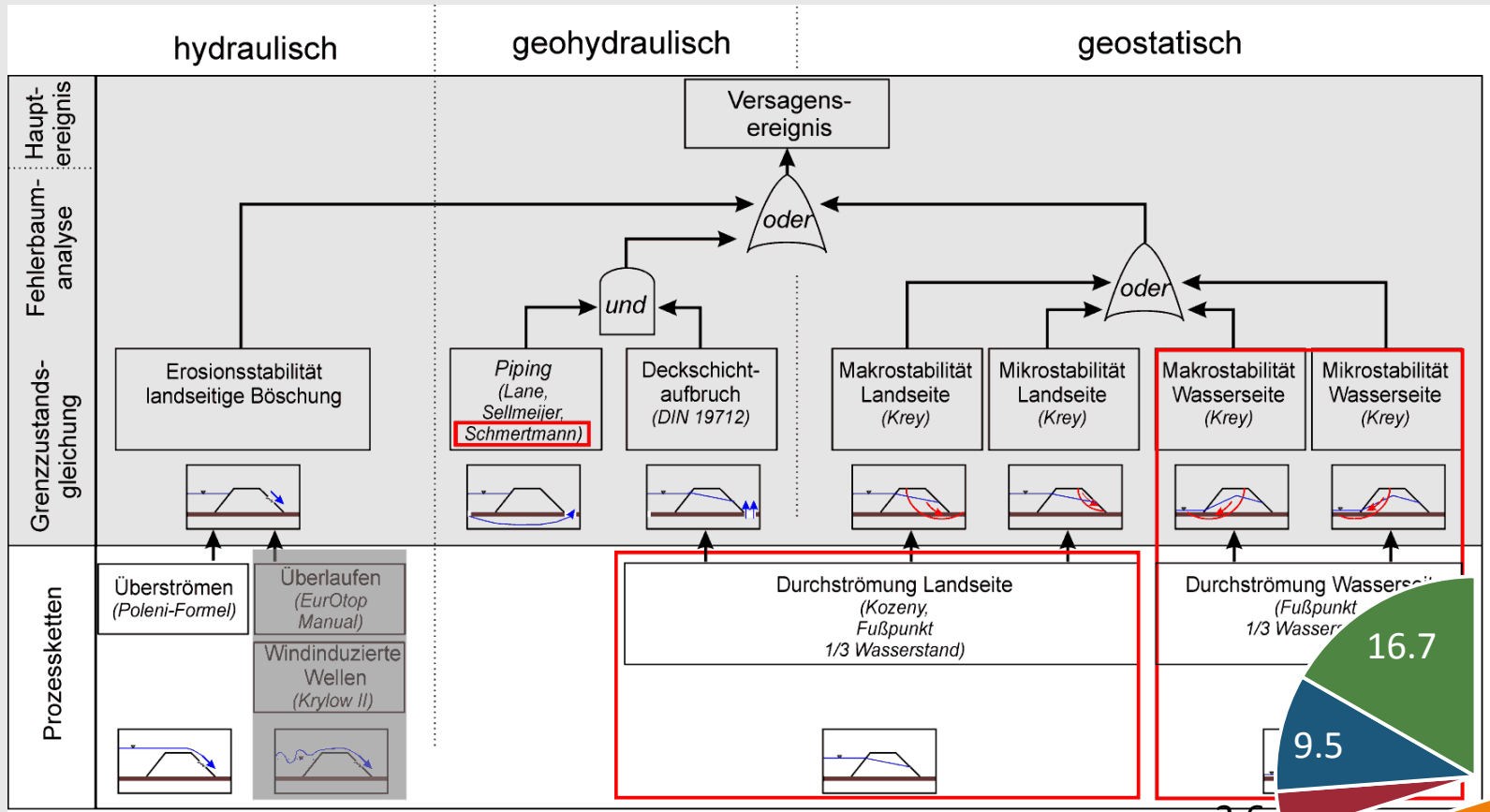
1. die überschwemmt werden, wenn Hochwasserschutzanlagen versagen, die vor einem Hochwasser schützen sollen, wie es statistisch einmal in 100 Jahren oder seltener zu erwarten ist und



HQ- Extrem (HQ(1000))  
ungeschützt, Überflutung

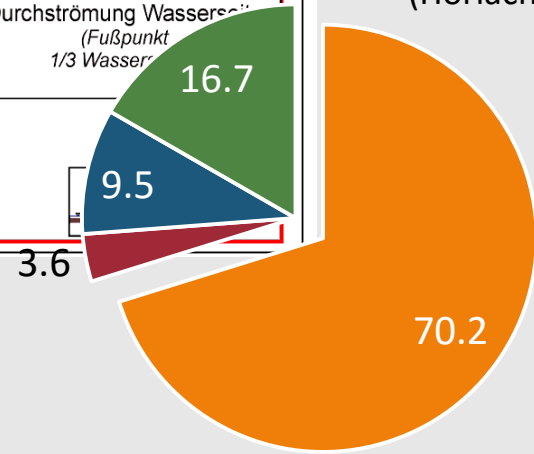


# Multiple Versagensmechanismen, Beispiel Flussdeiche



(Bachmann et al., 2013)

Deichversagen 2002 in Sachsen (Horlacher et al., 2005)



- Überflutung
- Innere Erosion
- Durchsickerung
- Fehlende Standfestigkeit

# Unsicherheit: Sturzfluten

Flusshochwasser	Sturzfluten
Lang anhaltende, räumlich ausgedehnte (synoptische) Niederschläge	Kurze, intensive, lokale Niederschläge („konvektive Zellen“)
Hochwasser in großen Flussgebieten	Hochwasser in kleinen Flussgebieten
Hochwasserwellenanstieg mehrere Tage	Hochwasserwellenanstieg über wenige Stunden
Schäden durch Wasserstand	Schäden durch hydrodynamische Kräfte (starke Strömung) und Massentransport



# Berücksichtigung von Sturzfluten durch Extremszenarien, Beispiel Unna

Sonderdruck aus KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft 8. Jahrgang, Heft 2/2015, Seite 108–114, 94–101, 115–124

## Das Projekt „Stark gegen Starkregen“

Jochen Stemplewski, Georg Johann, Patricia Bender und Björn Grün (Essen)



Abb. 2: Teilausschnitt der Starkregengefahrenkarte Unnas

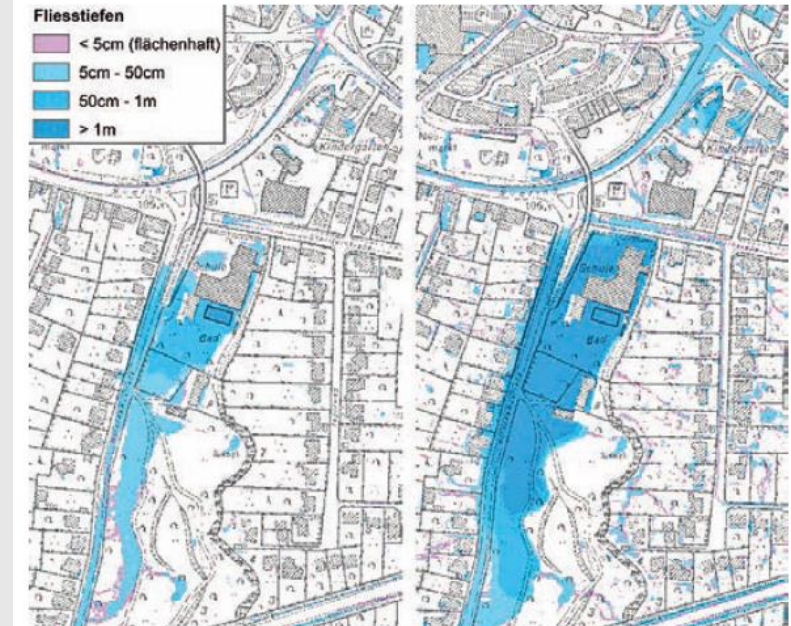
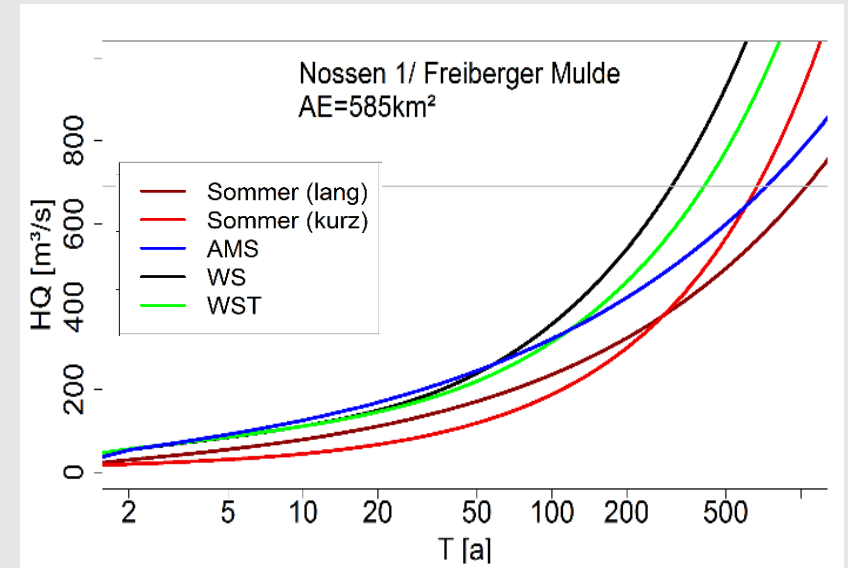
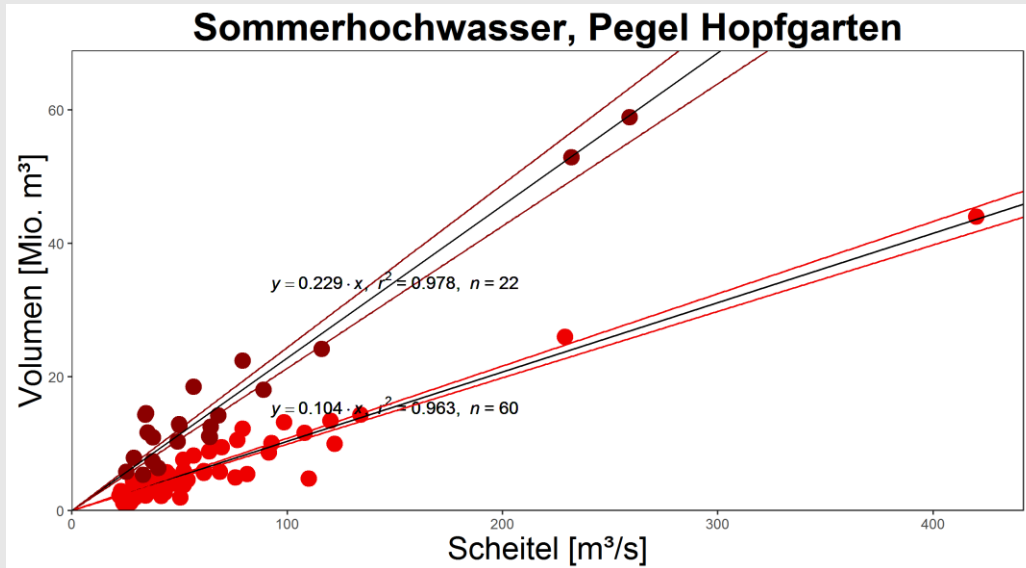


Abb. 3: Ausschnitt aus der Starkregengefahrenkarte Unna, links: Szenario 1 – 45 mm/h; rechts: Szenario 2 – 90 mm/h

# Bedeutung von Starkregen kurzer Dauern für die Hochwasserwahrscheinlichkeiten



	Reihe 1936- 2013 kurze Sommerhochwasser Anteil 0,41		Anteil der kurzen Sommerereignisse 0,6 (S1) bzw. 0,7 (S2)		Erhöhung der WSTyp-Quantile in %	
T	Jahres-HQ (AEV) [m <sup>3</sup> /s]	WSTypen [m <sup>3</sup> /s]	Szenario 1 [m <sup>3</sup> /s]	Szenario 2 [m <sup>3</sup> /s]	Szenario 1	Szenario 2
50	134	119	146	178	23	50
100	183	169	214	268	27	59
200	247	256	320	409	25	60
500	368	462	557	723	21	56

## Hochwasserrisikomanagement (EU- Direktive)

Vorgabe: **Signifikantes** Hochwasserrisiko durch Maßnahmen mindern

Wo liegt die „Signifikanzgrenze“ ?

Gegenläufiges Verhalten von  $S(Q)$  und  $P(Q)$ : 
$$RI = \int_0^{\infty} S(Q) \cdot P(Q) dQ$$

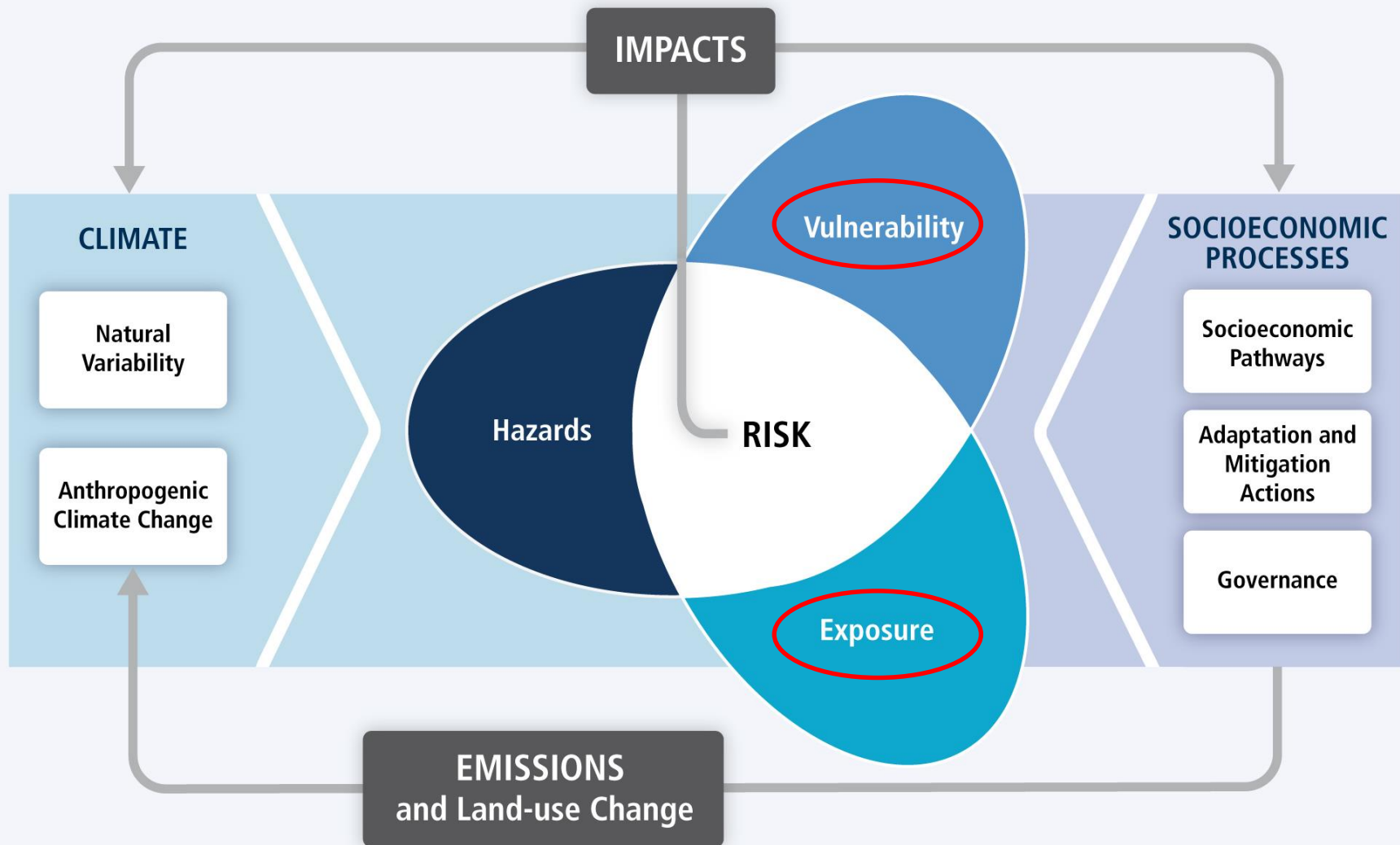
Bei Ereignissen **niedriger Wahrscheinlichkeit** ergeben sich **höhere nachteilige Folgen** eines Hochwassers

Hochwasserbetroffenheit hängt von der Annahme des hydrologischen Szenariums ab, aber Wahrscheinlichkeitsaussage unter Instationarität schwierig!

Hohe Beeinträchtigung	HQ 100	HQ EXTREM
Kein Handlungsbedarf	Geringe Beeinträchtigung	Geringe Beeinträchtigung
Hoher Handlungsbedarf*	Geringe Beeinträchtigung	Hohe Beeinträchtigung
Hoher Handlungsbedarf	Hohe Beeinträchtigung	Hohe Beeinträchtigung

\*Extremszenarien unterscheiden sich zwischen Bundesländern, Unsicherheit in Belastbarkeit

# Fazit: Robuste Maßnahmen um das Hochwasserrisiko zu vermindern



# Fazit: Szenarien als Hilfsmittel um die Resilienz\* der Verkehrswege zu erhöhen

