

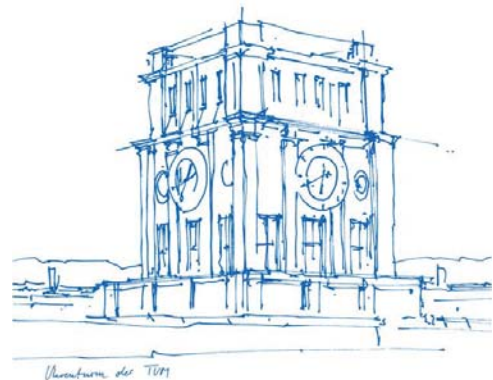
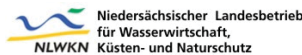
# Wie anfällig ist die Wasserwirtschaft in Bezug auf extreme Wetterereignisse?

Niedersächsisches Gewässerforum, 11. bis 12. September 2017 in Hildesheim

**Prof. Dr.-Ing. Markus Disse**

Technische Universität München

Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement



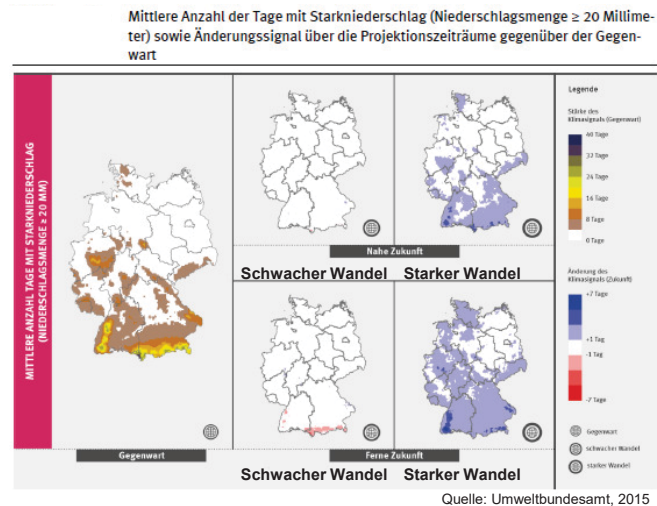
## Extreme Wetterereignisse und Klimawandel in Deutschland

- Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft wurden und werden umfassend untersucht:  
z.B. KLIWA, GLOWA-Elbe, GLOWA-Danube, WasKlim, KLIWAS, UBA 08/05, UBA 24/2015, KliBiW
- **Hochwassergefahr** steigt in ganz Deutschland, vor allem in den Winter- und Frühjahrsmonaten.
- Besonders gefährdet: Alpenraum, Gebiete ohne ausreichende Retentionsflächen, Gebiete mit hoher Bebauungsdichte.
- Von einem verringerten **Wasserdargebot** in den Sommermonaten sind vor allem die zentralen und östlichen Gebiete Deutschlands betroffen.
- Reduzierung der **Grundwasserneubildungsrate** in Gebieten mit verringerter Wasserverfügbarkeit (z. B. EZG Elbe und Ostdeutschland).
- Erwartet wird eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von **Starkregenereignissen**.

➡ Zunahme extremer Wetterereignissen und Zunahme extremer Abflussereignisse;  
für Extremereignisse aber nur qualitative Aussagen möglich

## Extreme Wetterereignisse – Starkregen

- Prognostizierte Zunahme Starkregen
- Im Alpenraum bis zu +7 Tage mit Starkregenereignissen

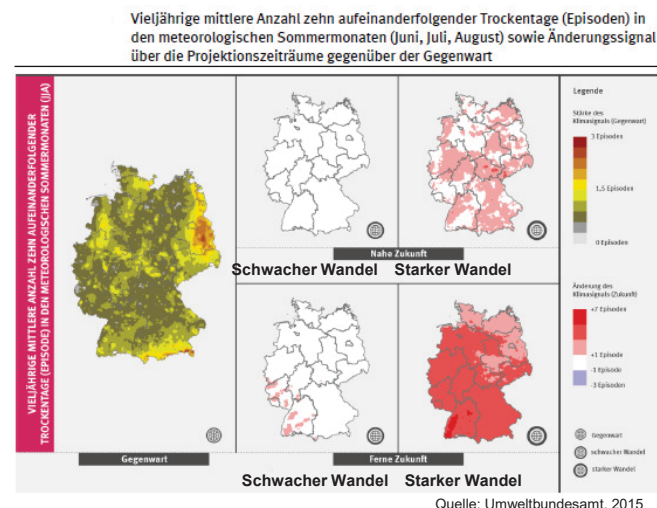


Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

3

## Extreme Wetterereignisse – Trockenperioden

- Prognostizierte Zunahme Trockenperioden (>10 Tage)
- Zunahme flächendeckend um 3 bis 5 Episoden.



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

4

## Mögliche Anpassungsstrategien und –maßnahmen

- **Forschungsbedarf:** neue praxisgerechte **Bemessungsverfahren**, z. B. für die instationäre Extremwertstatistik.
- „**no-regret**“- und „**low-regret**“-Optionen bevorzugen
- Entscheidung unter **Risiko**: Bekannte Methoden des Risikomanagements können angewendet werden
- Entscheidung unter **Ungewissheit**: Abschätzende Methoden müssen angewendet werden

## Umgang mit Unsicherheiten in der Wasserwirtschaftsverwaltung

- **Probleme:** Anpassung an extreme Ereignisse und an große Unsicherheit nötig.
- Unsicherheit von Risikoinformationen wird oft zum Hindernis der Risikovorsorge.
- Entwicklung von **Entscheidungsunterstützungssystemen, z.B. Projekt WASKLIM**

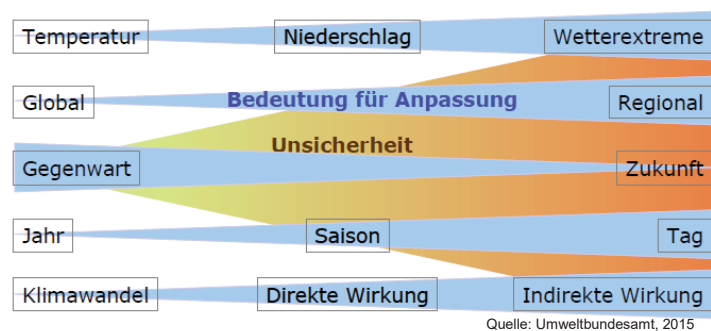


Abb. 6-2: Zunahme der Unsicherheiten mit der Bedeutsamkeit der Auswirkungen des Klimawandels.

## Projekt WASKLIM (2007 – 2009): Entwicklung eines übertragbaren Konzeptes zur

### Bestimmung der Anpassungsfähigkeit sensibler Sektoren an den Klimawandel

#### am Beispiel der Wasserwirtschaft

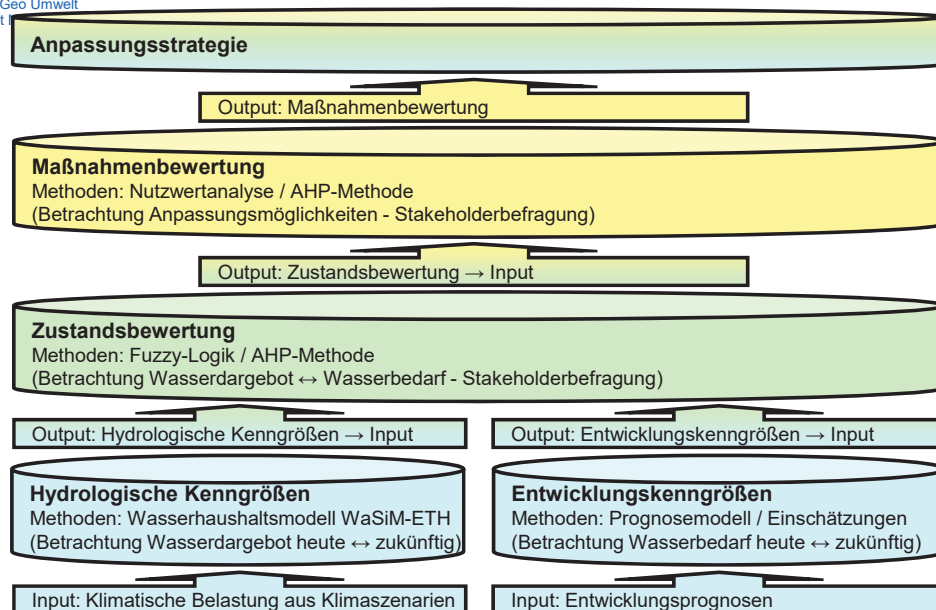


Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES

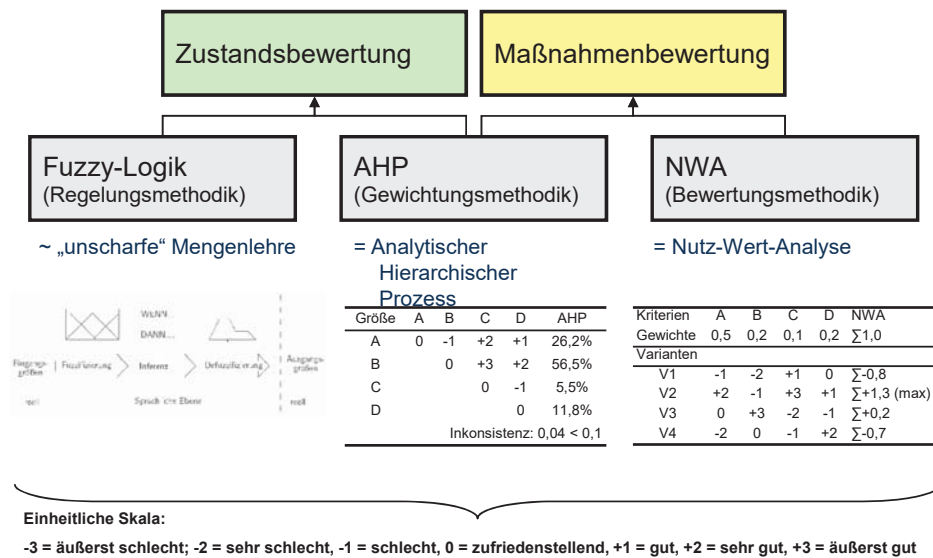
9

## Konzept DSS



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

10



## Zustandsbewertung

|                        | Wassernutzungen |             |             |             |             |             |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | WKA<br>Z1       | WKA<br>Z2   | WV<br>Z1    | WV<br>Z2    | AA<br>Z1    | AA<br>Z2    |
| Wasserdargebot         | +0,4            | +0,2        | -1,5        | -1,8        | -2,3        | -2,7        |
| Wasserbedarf           | 0,0             | 0,0         | +1,2        | +1,5        | -0,2        | -0,2        |
| <b>Gesamtbewertung</b> | <b>+0,4</b>     | <b>+0,2</b> | <b>-0,3</b> | <b>-0,3</b> | <b>-2,5</b> | <b>-2,9</b> |

Skala:  
-3 = äußerst schlecht bis +3 = äußerst gut

Schlechteste Zustandsbewertung  
für nahe und ferne Zukunft

mit:

- Z1    nahe Zukunft (2021-2050)
- Z2    ferne Zukunft (2071-2100)
- WKA   Wasserkraftanlagen
- WV    Wasserversorgungsanlagen
- AA    Abwasseranlagen
- AHP   Analytischer Hierarchischer Prozess

Maßnahmenbewertung

| Maßnahmen                           | Wassernutzungen |       |           |     |           |     |
|-------------------------------------|-----------------|-------|-----------|-----|-----------|-----|
|                                     | WKA<br>10%      |       | WV<br>50% |     | AA<br>40% |     |
| <b>Talsperre für NW-Aufhöhung</b>   | Bew.            | AHP   | Bew.      | AHP | Bew.      | AHP |
| - Nutzen kurzfristig                | +3              | 20%   |           |     | +2        | 15% |
| - Nutzen langfristig                | +3              | 20%   |           |     | +2        | 25% |
| - Beitrag zum Klimaschutz           | +2              | 5%    |           |     | 0         | 5%  |
| - Resilienz                         | +3              | 5%    |           |     | +3        | 5%  |
| - Nutzungskonflikte                 | -1              | 50%   |           |     | -3        | 50% |
| <b>Gesamtbewertung</b>              | <b>+0,08</b>    | +0,95 | 0,00      |     | -0,55     |     |
| <b>Wasserschutzgebiet ausweiten</b> | Bew.            | AHP   | Bew.      | AHP | Bew.      | AHP |
| - Nutzen kurzfristig                |                 |       | +2        | 10% |           |     |
| - Nutzen langfristig                |                 |       | +3        | 20% |           |     |
| - Beitrag zum Klimaschutz           |                 |       | +2        | 10% |           |     |
| - Resilienz                         |                 |       | +3        | 10% |           |     |
| - Nutzungskonflikte                 |                 |       | -1        | 50% |           |     |
| <b>Gesamtbewertung</b>              | <b>+0,40</b>    | 0,00  | +0,80     |     | 0,00      |     |

Ablauf der Berechnung - Überblick

|                              | Wassernutzungen |           |           |          |           |          |
|------------------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                              | WKA<br>Z1       | WKA<br>Z2 | WV<br>Z1  | WV<br>Z2 | AA<br>Z1  | AA<br>Z2 |
| <b>Zustandsbewertung</b>     | +0,4            | +0,2      | -0,3      | -0,3     | -2,5      | -2,9     |
| <b>Maßnahmenbewertung</b>    | WKA<br>10%      |           | WV<br>50% |          | AA<br>40% |          |
| Talsperre für NW-Aufhöhung   | +0,08           | +0,95     | 0,00      |          | -0,55     |          |
| Wasserschutzgebiet aufweiten | +0,40           | 0,00      | +0,80     |          | 0,00      |          |

Maßnahme:  
„Wasserschutzgebiet ausweiten“  
sollte bevorzugt werden

## Regionale Studien

Entwicklung, Test und Optimierung eines Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) für die drei Beispielregionen hinsichtlich folgender Wassernutzungen:

- Wasserversorgung, Bewässerung
- Wasserkraftnutzung
- Kühlwassernutzung
- Ökologischer Gewässerzustand
- Hochwasserrisiken, sofern für Wassernutzungen relevant

→ Regionale Nutzerkonferenzen

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse



20



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse



### Wupper

$A_E = 813 \text{ km}^2$   
Nordrhein-Westfalen  
Mittelgebirge



### Salza

$A_E = 621 \text{ km}^2$   
Sachsen-Anhalt  
Trockenregion



### Iller bis Kempten

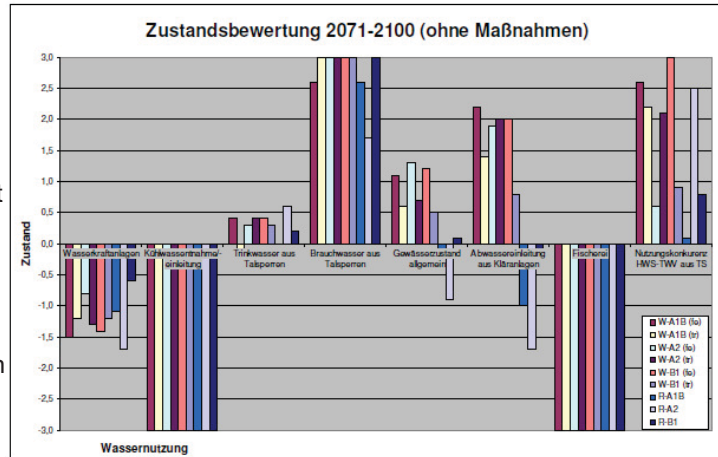
$A_E = 935 \text{ km}^2$   
Bayern  
Alpen / Alpenvorland



21

## Beispiel: Anwendung des DSS für die Wupper

- Erster Schritt:**  
Berechnung der **hydrologischen Kenngrößen** für verschiedene **Klimaszenarien** des IPCC mit WaSiM-ETH (Regionalisierung mit WETTREG und REMO)
- Zweiter Schritt:**  
**Zustandsbewertung** Auswertung der Auswirkungen der veränderten Zustandsgrößen auf die Wassernutzung.



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

22

## Beispiel: Anwendung des DSS für die Wupper

Tabelle 23: Zusammenfassung Zustandsbewertung - Mittelwerte (roter Pfeil = negativ Zustandsentwicklung, grüner Pfeil = positive Zustandsentwicklung, ? = unklare Zustandsentwicklung)

| Wassernutzung                         | 2021-2050 | 2071-2100 |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
| Wasserkraftanlagen                    | ?         | →         |
| Kühlwasserentnahmen/-einleitungen     | →         | →         |
| Trinkwasserversorgung aus Talsperren  | →         | →         |
| Brauchwasserversorgung aus Talsperren | →         | →         |
| Gewässerzustand allgemein             | ?         | →         |
| Abwasserreinigung aus Kläranlagen     | →         | →         |
| Fischerei                             | →         | →         |
| Nutzungskonkurrenz HWS-TWV            | →         | →         |



| Bewertung der Anpassungsmöglichkeiten<br>getrennt für jede Wassernutzung incl. Synergieeffekte |                |                |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Anpassungsmöglichkeit<br>Gewichtung (AHP)                                                      | W.-Nutzung A   | W.-Nutzung B   | W.-Nutzung C   |
| 20% Nutzen kurz/mittelfristig                                                                  | Max.: 3 Punkte | Max.: 3 Punkte | Max.: 3 Punkte |
| 20% Nutzen langfristig                                                                         | ...            | ...            | ...            |
| 10% Beitrag zum Klimaschutz                                                                    | ...            | ...            | ...            |
| 20% Resilienz                                                                                  | ...            | ...            | ...            |
| 10% Nutzungskonflikte                                                                          | ...            | ...            | ...            |
| Punktbewertung                                                                                 | 3              | 1.5            | 2              |
| Gewichtung (AHP)                                                                               | 40%            | 25%            | 35%            |
| Gesamtnutzen der Maßnahme                                                                      | 2.3            |                |                |



Zusammenfassung der Auswertung für verschiedene Wassernutzungen. Vulnerable Wassernutzungen sind identifiziert.

Bewertung möglicher Maßnahmen mittels Input von Stakeholdern und Behörde



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

23



Siehe Dissertation Timo Heinsch:

Anpassungsstrategien an den Klimawandel - Entwicklung eines übertragbaren Entscheidungsunterstützungssystems am Beispiel der Wasserwirtschaft

[https://www.hydrologie.bgu.tum.de/fileadmin/w00bpg/www/Christiane1/Dissertations/Timo\\_Heinsch.pdf](https://www.hydrologie.bgu.tum.de/fileadmin/w00bpg/www/Christiane1/Dissertations/Timo_Heinsch.pdf)



## Beispiel: Anwendung des DSS für die Wupper

Tabelle 24: Maßnahmenbewertung im EZG der Wupper (rot = vulnerabel)

|                                          | Bewertung | Wasserkraftanlagen | Kühlwasserentnahme/-eileitung | Trinkwasser aus Talsperren | Brauchwasser aus Talsperren | Gewässerzustand allgemein | Abwasserreinigung aus Kläranlagen | Fischerei | Nutzungskonflikte HWS-TWW aus TS |
|------------------------------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Anpassungsmaßnahmen                      | [-3,-3]   | 3%                 | 5%                            | 34%                        | 10%                         | 22%                       | 6%                                | 14%       | 7%                               |
| WKA Modernisierung Steuerung             | 0,08      | 3,0                |                               |                            |                             |                           |                                   |           |                                  |
| WKA Modernisierung Turbine               | 0,07      | 2,4                |                               |                            |                             |                           |                                   |           |                                  |
| Fernwärmenetz ausbauen                   | 0,02      |                    | 0,5                           |                            |                             |                           |                                   |           |                                  |
| Kühlturm bauen                           | -0,03     |                    | -0,7                          |                            |                             |                           |                                   |           |                                  |
| Speichersee optimieren                   | 0,76      |                    |                               | 2,3                        |                             |                           |                                   |           |                                  |
| Gewässerschutz oberirdisch               | 1,85      |                    |                               | 2,3                        |                             | 3,0                       |                                   | 3,0       |                                  |
| Trennung von Schmutz- und Regenwasser    | 0,10      |                    |                               |                            |                             | 1,6                       |                                   |           |                                  |
| Flächen entlang der Gewässer freihalten  | 0,13      |                    |                               |                            |                             |                           |                                   |           | 2,0                              |
| Trinkwasserbedarf realistisch abschätzen | 0,14      |                    |                               |                            |                             |                           |                                   |           | 2,1                              |

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

### Maßnahmenbewertung:

- Basierend auf Einschätzungen des Nutzens der Maßnahmen durch Experten und sowie einer Gewichtung der verschiedenen Wassernutzungen.
- Die Maßnahme Gewässerschutz ist in diesem Beispiel zu priorisieren



24

Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement  
Ingenieurakultät Bau Geo Umwelt  
Technische Universität München



## Handlungsempfehlungen Süddeutschland (Klima-Report Bayern 2015)

### NQ

- Errichtung eines (online) Niedrigwasserinformationsdienstes (seit 2008 in Bayern)
- Umsetzung kurzfristiger (operationeller) Maßnahmen, die während konkreter NQ-Situationen ergriffen werden (z.B. Regulierung von Wärmeleitungen)
- Umsetzung langfristiger Maßnahmen zur Prävention von NQ-Ereignissen und Nutzungskonflikten (z.B. Speicher zur NQ-Erhöhung durch Überleitungssystem Donau-Main)
- Erarbeitung regionaler Managementkonzepte mit Hilfe von Pilotprojekten (z.Zt. Erarbeitung von Handlungsstrategien in Unterfranken) & Prüfung der Allgemeingültigkeit



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

27

## Handlungsempfehlungen Süddeutschland (Klima-Report Bayern 2015)

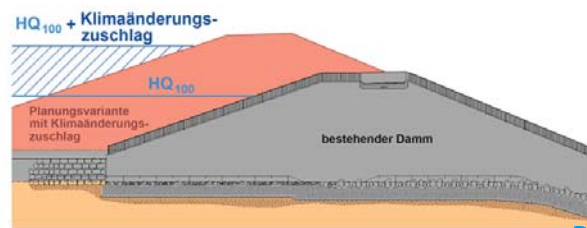
### HQ

- Berücksichtigung eines Klimaänderungsfaktors bei Bemessung neuer HQ-Schutzmaßnahmen (z.B. pauschal  $1,15 \cdot HQ_{100}$  in Bayern, regionalisierte Änderungsfaktoren in Baden-Württemberg)
- länderspezifische Risikomanagementpläne (z.B. Aktionsprogramm 2020 plus in Bayern)



LfU (2017)

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse



LfU (2017)



**KLIWA**  
Klimaveränderung  
und Wasserwirtschaft

28

## Handlungsempfehlungen Süddeutschland

### Bsp. Aktionsprogramm 2020plus (Bayern)

- Kernpunkte: **Bewältigung, Nachsorge, Vermeidung, Schutz** und **Vorsorge** (StMUV, 2014)



LfU (2017)

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

- **Bewältigung:** Begrenzung von Schäden im Ereignisfall
- **Nachsorge:** Behebung von Schäden, Dokumentation, Grundlagen prüfen
- **Vermeidung:** bestehende Risiken reduzieren, neue vermeiden (z.B. Überschwemmungsgebiete freihalten, freimachen)
- **Schutz:** natürlicher Rückhalt (Steigerung Versickerung, Renaturierung, Laufverlängerung u.a.)  
technischer Schutz (Rückhalt durch Talsperren und Rückhaltebecken, Umleitung durch Flutmulden u.a.)
- **Vorsorge:** künftige Ereignisse besser bewältigen und vorbereiten (Vorhersagen, Warnungen, Planungen, öffentl. Bewusstsein u.a.)

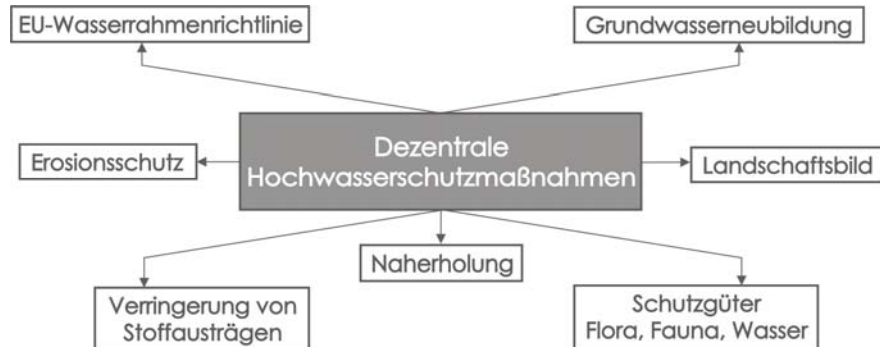
29



LfU (2017)



Landwirtschaft Forstwirtschaft Kleinrückhalte Renaturierung



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

## Handlungsempfehlungen Süddeutschland

Erweitertes Handlungsfeld: Sturzfluten

**Süddeutsche.de** Bayern

6. August 2016, 13:40 Umwelt

### Bayern plant mehr Schutz gegen Sturzfluten

- Umweltministerin Ulrike Scharf (CSU) will die Beratung von Kommunen in Sachen Hochwasserschutz ausbauen.
- Die Staatsregierung will außerdem ein eigenes Vorwarnsystem etablieren.

Von Christian Sebold

Nach den katastrophalen Sturzfluten in diesem Frühjahr, die vor allem kleine Städte und Gemeinden getroffen haben, wird der Freistaat seine Hochwasserschutz-Strategie ausweiten. Umweltministerin Ulrike Scharf (CSU) kündigte an, dass künftig verstärkt "Gewässer dritter Ordnung" in den Fokus rücken. Das sind Bäche und Fließchen, für die eigentlich die angrenzenden Städte und Gemeinden zuständig sind. "Beratung, Förderung und Warnung - das ist der Dreiklang unseres Kommunalpakets", sagte Scharf. "Damit wollen wir die Sicherheit der Bevölkerung vor Naturgefahren erhöhen."

Die Beratung von Kommunen in Sachen Hochwasserschutz ist seit jeher eine wichtige Aufgabe der Wasserwirtschaftsämter. Scharf will sie nun ausbauen. So will sie spezielle Hochwasserrisikokarten für kommunale Gewässer vorlegen und die Kommunen bei der Überwachung ihrer Stauanlagen unterstützen.

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

**Süddeutsche.de** Bayern

13. September 2016, 18:50 Hochwasser

### Mehr Geld für Schutz vor Sturzfluten

Als Reaktion auf die lokalen Sturzfluten und Hochwasserkatastrophen in Simbach und anderswo in Bayern verstärkt der Freistaat den kleinräumigen Hochwasserschutz. "Wir müssen uns bestmöglich auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten", sagte Umweltministerin Ulrike Scharf (CSU) am Dienstag. "Ein Schwerpunkt dabei ist der Hochwasserschutz, vor allem der Schutz vor lokalen Hochwassern." Nach einem Beschluss des Kabinetts wird das bayerische Hochwasserschutzprogramm deshalb um die Komponente "Sturzfluten" erweitert. Außerdem intensiviert der Freistaat die Hochwasservorsorge speziell an kommunalen Gewässern und stellt den Städten und Gemeinden dafür jährlich 23 Millionen Euro zusätzlich zur Verfügung. Die Wasserwirtschaftsverwaltung wird personell verstärkt und bekommt zusätzliches Geld speziell für den kommunalen Hochwasserschutz. Die Anpassungsstrategien an den Klimawandel gehen aber weit über den Hochwasserschutz hinaus. Nach Scharfs Worten umfassen sie mehr als 300 Einzelmaßnahmen - vom Erhalt natürlicher Lebensräume über den Waldbau bis hin zur Vorsorge gegen neue Schädlinge.

Sueddeutsche.de (2017)

31

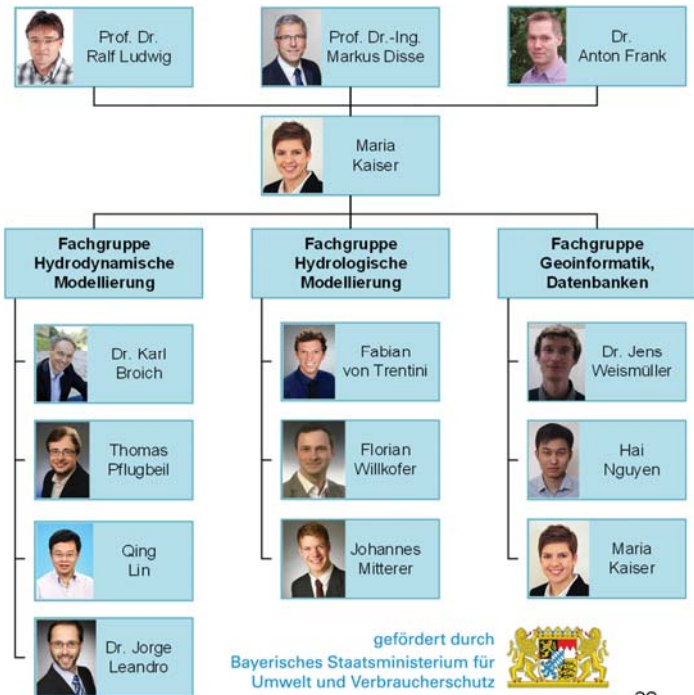
## Das Projekt HiOS - Hinweiskarte Oberflächenabfluss & Sturzflut (Laufzeit: 1997 – 2020)

**TUM** Technische Universität München  
Lehrstuhl für Hydrologie und  
Flussgebietsmanagement  
Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

**LMU** Ludwig-Maximilians-Universität München  
Department für Geographie  
Prof. Dr. Ralf Ludwig

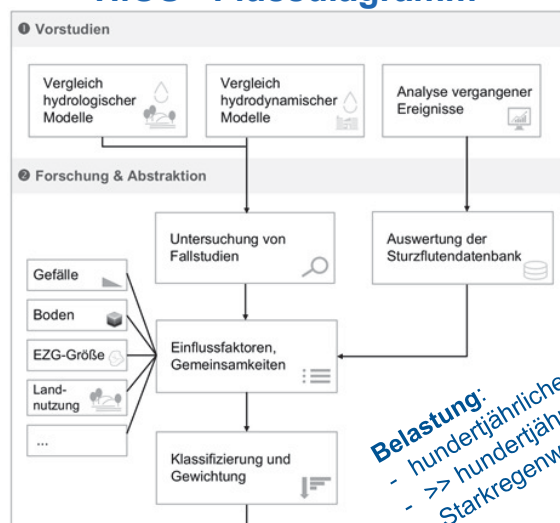
**lrz** Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen  
Akademie der Wissenschaften  
Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse



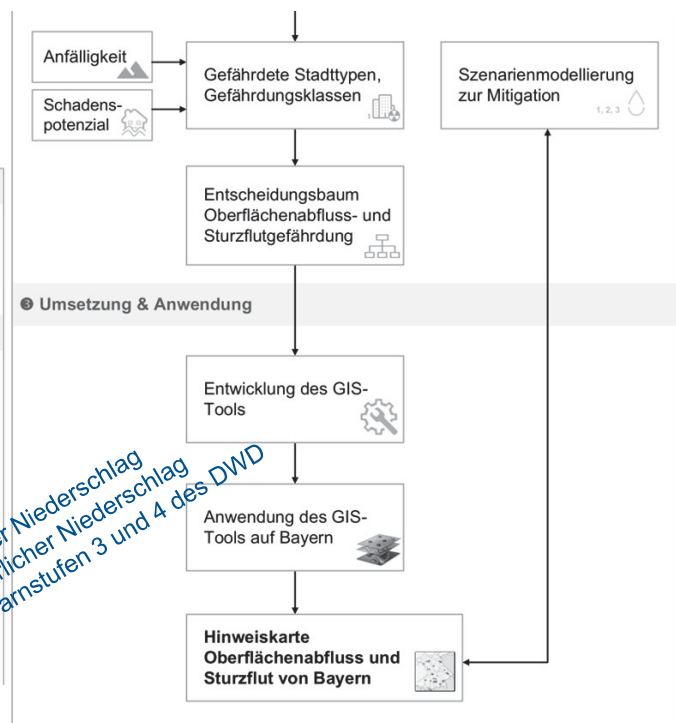
32

## HiOS - Flussdiagramm



Prof. Dr.-Ing. Markus Disse

**Belastung:**  
- hundertjähriger Niederschlag  
- >> hundertjähriger Niederschlag  
- Starkregenwarnstufen 3 und 4 des DWD



## Schlussfolgerungen

- Kurz- und mittelfristig ist die deutsche Wasserwirtschaft auf extreme Wetterereignisse (gut) vorbereitet
- Problembereiche: Dürreperioden (v.a. Ost- und Mitteldeutschland) und Sturzfluten
- Erforderlich bezgl. Dürre: Effiziente Bewässerungsmethoden, auch Bau von Versorgungsspeichern
- Erforderlich bezgl. Sturzfluten: Kenntnis über Sturzflutgefährdung (Projekt HiOS), Vorsorgemaßnahmen
- Langfristige (unsichere) Folgen des Klimawandels erfordern no-regret und low-regret Maßnahmen
- Handlungsziele und –Entscheidungskriterien müssen trotz Unsicherheit definiert und umgesetzt werden.
- Entscheidungsunterstützungssysteme (z.B. WASKlim-DSS) helfen bei der Maßnahmenauswahl
- **Generelle Fragen:** Welchen Schutzgrad soll sich eine Gesellschaft leisten?  
Was ist die beste Strategie (ökonomisch, ökologisch, gesellschaftlich)?  
Wo liegen die höchsten Synergieeffekte?

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

### Literatur

- Zebisch, M., Grothmann, T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., & Cramer, W. (2005). Klimawandel in Deutschland– Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltbundesamt. Climate Change 08/05. Dessau.
- adelphi / PRC / EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau.
- KLIWA (2017). [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de)
- LAWA–Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2010). Strategiepapier “Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft”, Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen.
- Regierung von Mittelfranken (2016). Wasserversorgungsbilanz Mittelfranken. Heute schon an morgen denken. Bestandsanalyse + Entwicklungsprognose 2025.
- StMUV (2014). Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020 plus. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.
- Klima-Report Bayern 2015. [www.klima.bayern.de](http://www.klima.bayern.de)