

Ein Überblick über die Geschichte der

# Abflussmodellierung an der deutschen Mosel

durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde



**Marcus Hatz**

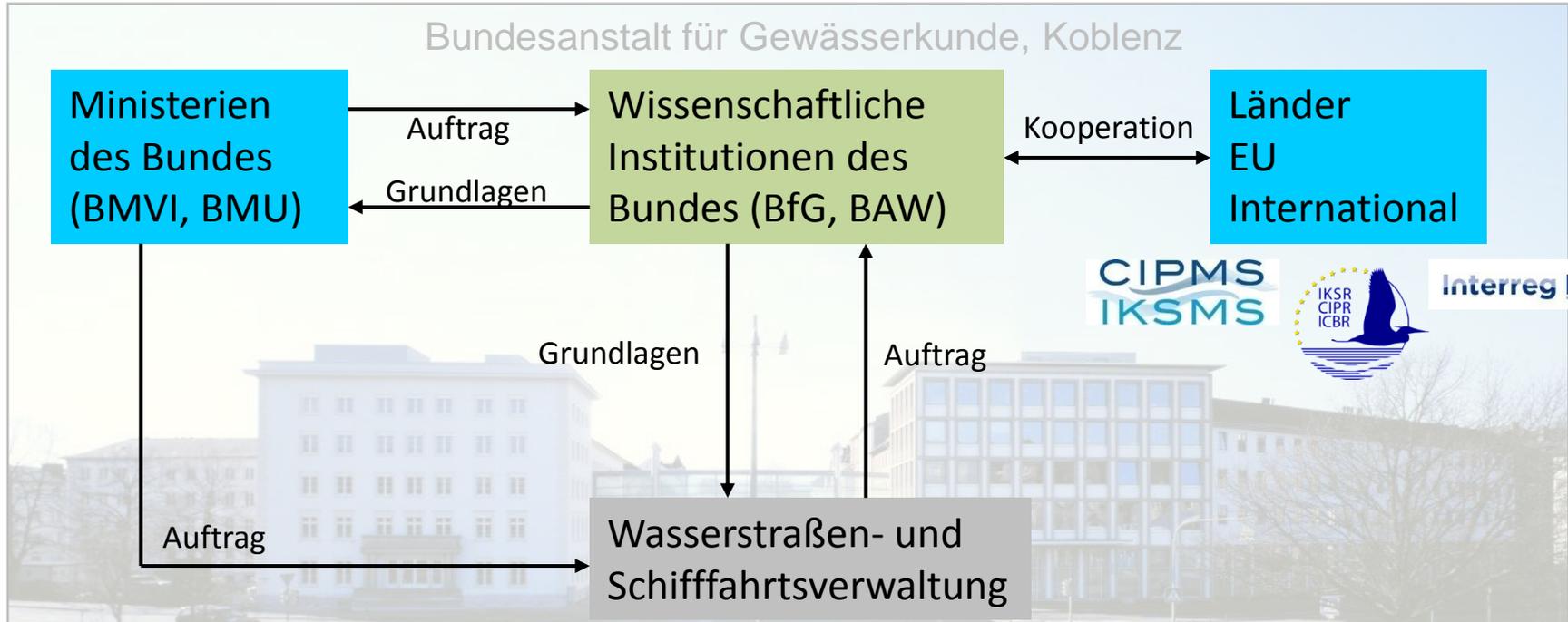
Referat M2 „Wasserhaushalt, Vorhersagen, Prognosen“  
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz



**Hoch- und Niedrigwasserereignisse der Mosel**

CHARTA-Veranstaltung, Trier (D), 16.01.2020

# Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)



## 3 Fachabteilungen der BfG:

Abteilung G: Qualitative Gewässerkunde

**Abteilung M**: Quantitative Gewässerkunde

Abteilung U: Ökologie

## Referat M2 in Abteilung M:

„Wasserhaushalt, Vorhersagen, Prognosen“

### 4 Aufgabengebiete:

Wasserbewirtschaftung

Flussgebietsmodellierung

Vorhersage

**Fließgewässermodellierung**

Heute!

# Ausgewählte Projekte und Modelle der BfG an der Mosel seit 1990

**Bis 1964:** Ausbau der deutschen Mosel zur Großschifffahrtsstraße

**Hochwasser 1993:** Höchstes Ereignis seit Beginn der regelmäßigen Wasserstandsaufzeichnung

**Hochwasser 1983**

**1999:** Aktionsplan Hochwasser Mosel

**2007:** EU-HWRM-RL

**SYNHP-Modell** (Speichermodell)

**1990:** Erstellung eines mathematischen Modells zur Simulation von Hochwasserabläufen in der Mosel für Zustände vor und nach Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße. *BfG-Bericht 549*

**1996:** Untersuchungen zur Wirkung denkbarer Rückhaltemaßnahmen an der französischen Obermosel auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *DGM, 40. Jahrgang, Heft 2, 1996*

**1994:** Auswirkungen des Moselausbaus zur Großschifffahrtsstraße auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *Wasserwirtschaft 84 (1994)/5*

## Hochwasser 1993: Auswirkungen des Moselausbaus auf den Hochwasserablauf? (1994)



Quelle: <http://www.pegeldeutschland.de/hwschiffe1.jpg>

**Gestrandete Schiffe bei Detzem (Hochwasser 1993)**

## Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße (1958 – 1964)



**Blick auf die Mosel im Bereich der heutigen Staustufe  
Lehmen, vor Moselausbau, 1957**

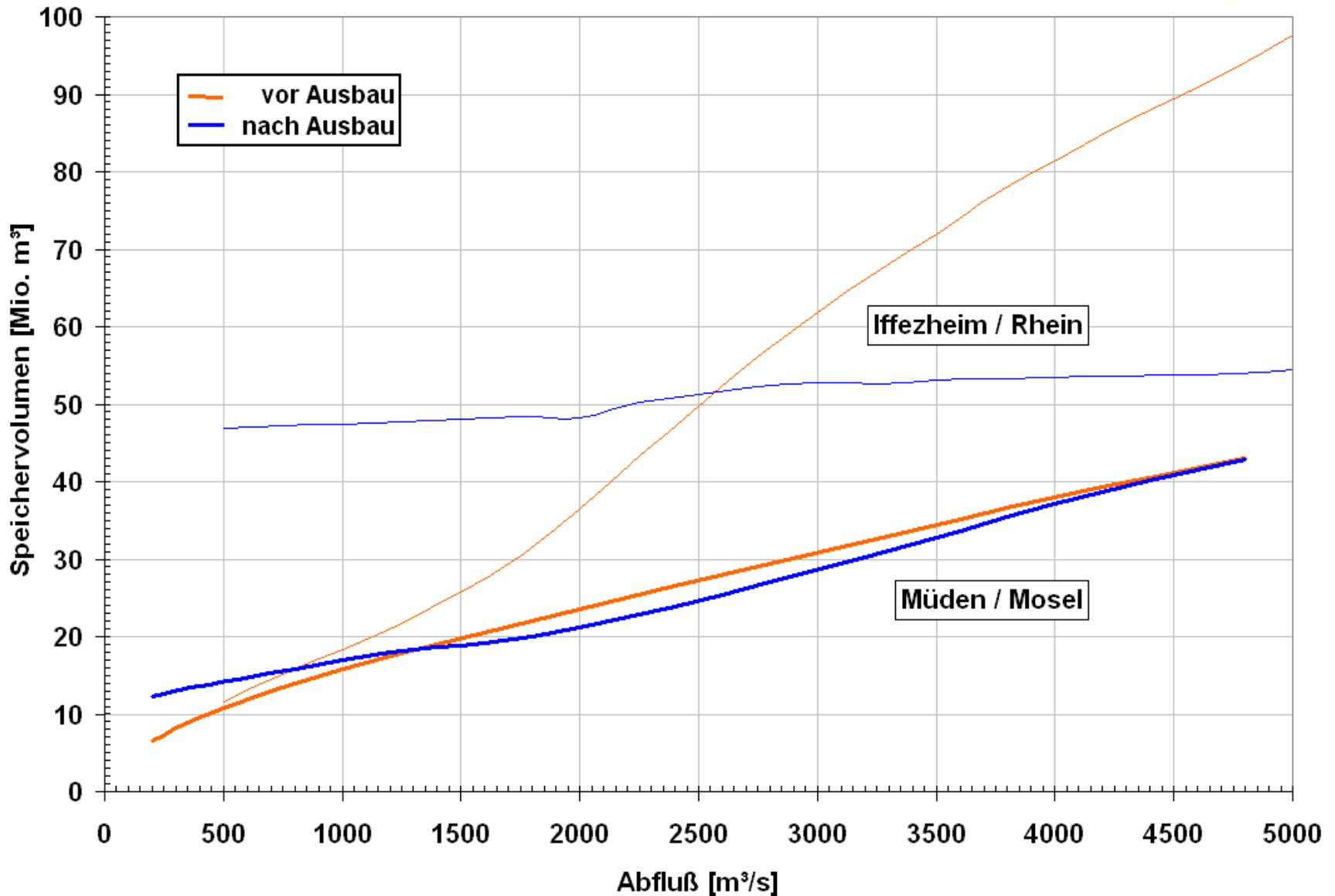
## Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße (1958 – 1964)

**Kennzahlen des Ausbaus:** 12 Staustufen auf 240 km, mittlere Stauhaltungslänge 20 km, mittlere Hubhöhe 6,70m

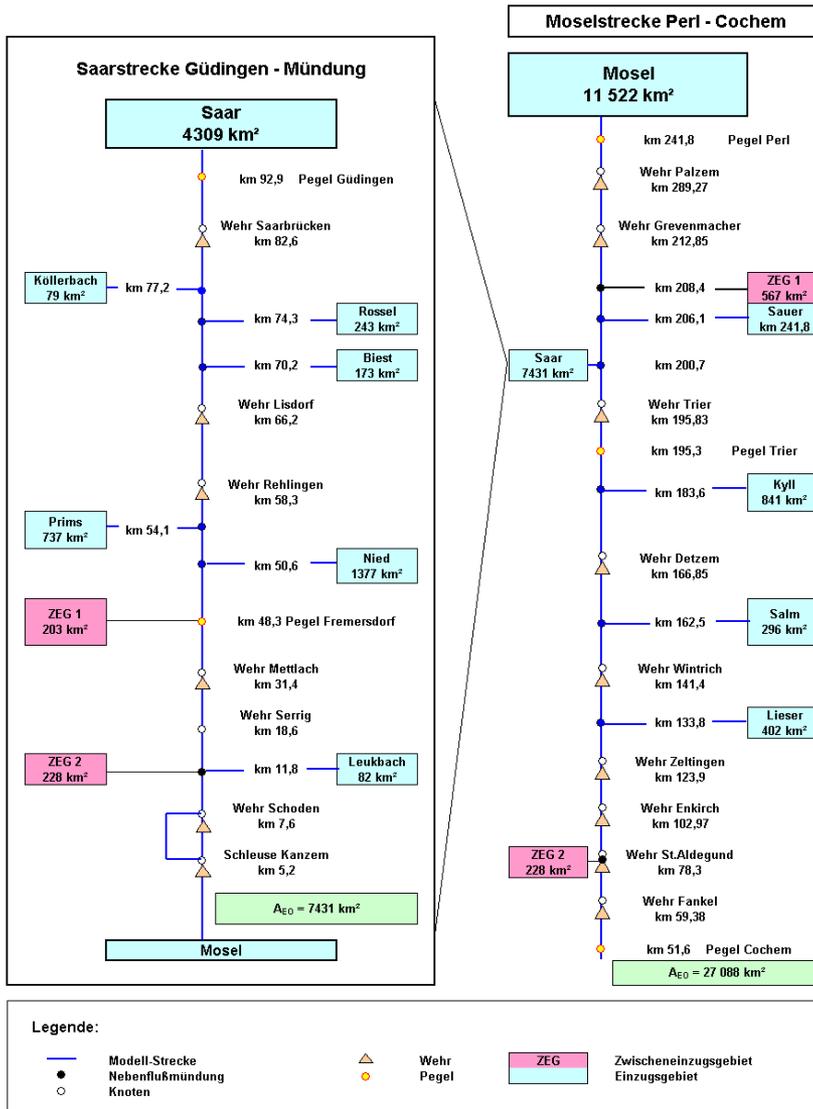


**Blick auf die Mosel mit der Staustufe Lehmen, nach Moselausbau, 1976**

# Volumen-Abfluss-Beziehungen ausgewählter Flussabschnitte an Rhein und Mosel

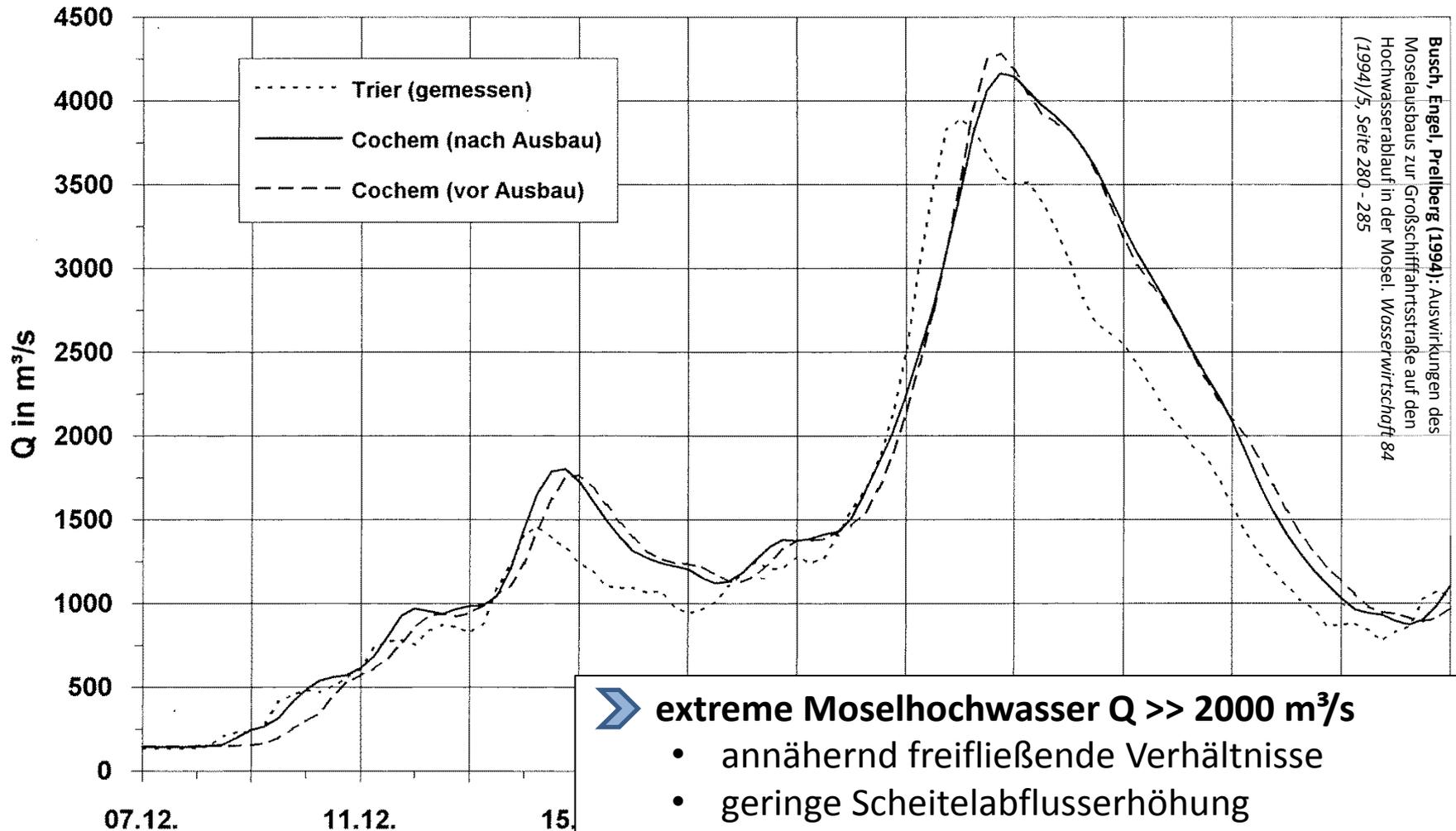


# SYNHP-Modelle der Saar und der Mosel



- **SYNHP-Modelle:**  
Typische Translations- und Retentions-eigenschaften eines Gewässers werden durch abflussabhängige Speicherkoeffizienten (Volumen-Abfluss-Beziehungen) beschrieben.
- **2 Modelle der Mosel**, für die Zustände vor und nach Moselausbau
- Simulationsberechnungen für **27** abgelaufene Moselhochwasser

## Berechnete Hochwasserganglinien 12-1993 vor / nach Ausbau der Mosel

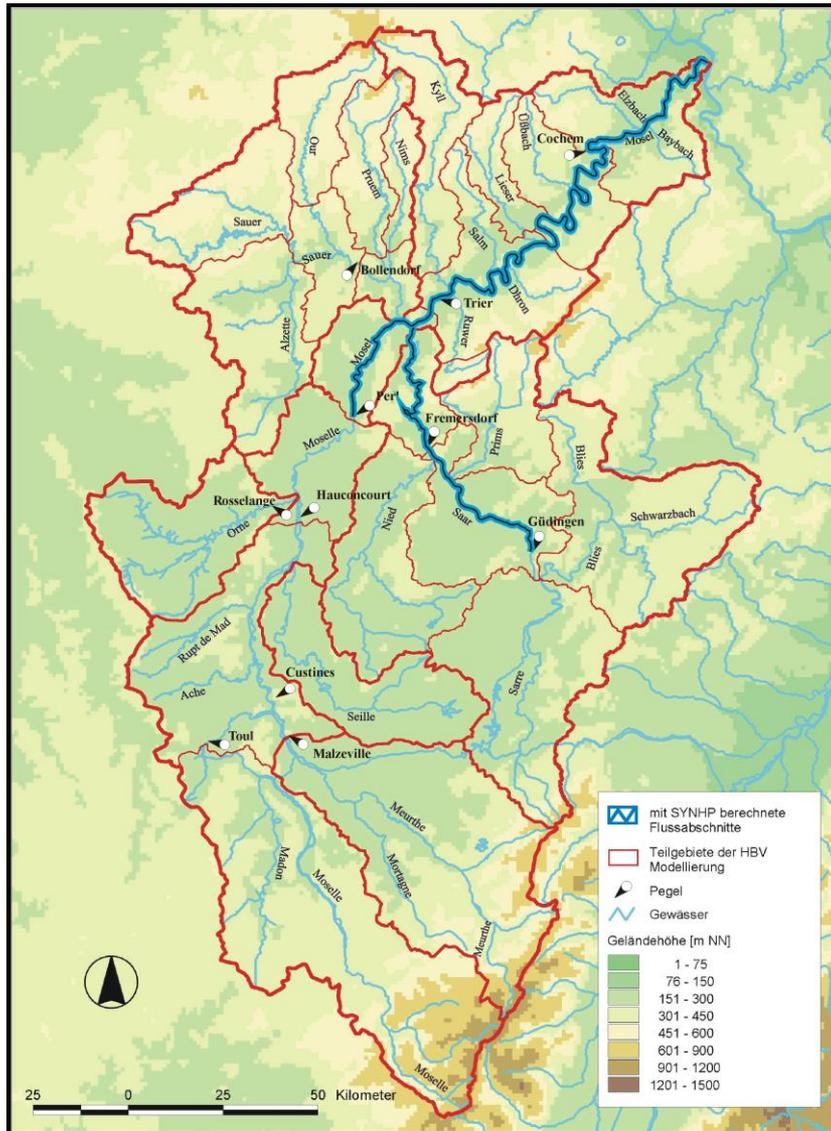


Busch, Engel, Prellberg (1994): Auswirkungen des Moselausbaus zur Großschiffahrtsstraße auf den Hochwasserablauf in der Mosel. Wasserwirtschaft 84 (1994)/5, Seite 280 - 285

### ➤ extreme Moselhochwasser $Q \gg 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

- annähernd freifließende Verhältnisse
- geringe Scheitelabflusserhöhung
- Keine nennenswerten Veränderungen in der Scheitelform / Wellenablauf

# Untersuchung zur Wirkung denkbarer Rückhaltemaßnahmen an der Obermosel (1996)



➤ SYNHP-Modell: **Custines** (F, Mo-km 343,3) bis **Koblenz** (D, Mo-km 0)

➤ **6 Polderstandorte** zwischen 60 ha und 430 ha:

- $\Sigma = 1000$  ha bzw. **35 Mio. m<sup>3</sup>**

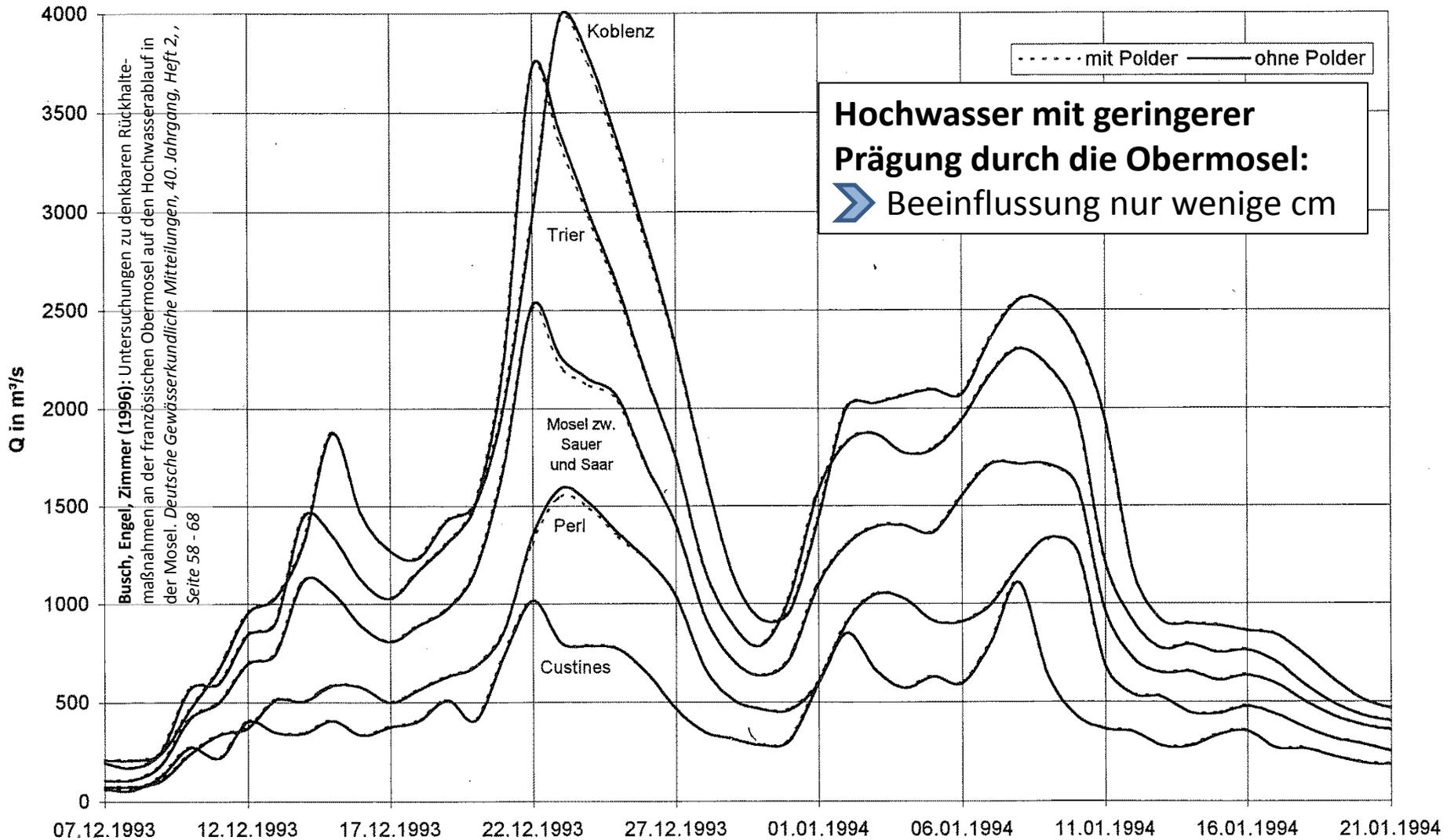
➤ **8 Hochwasserereignisse** zwischen 1977 und 1993

- historisch
- skaliert: HQ<sub>50</sub> in Cochem
- skaliert: HQ<sub>100</sub> in Cochem

➤ Steuerung der Polder nach **lokalen Kriterien**

➤ **48 Modellläufe** mit / ohne Maßnahmenwirkungen

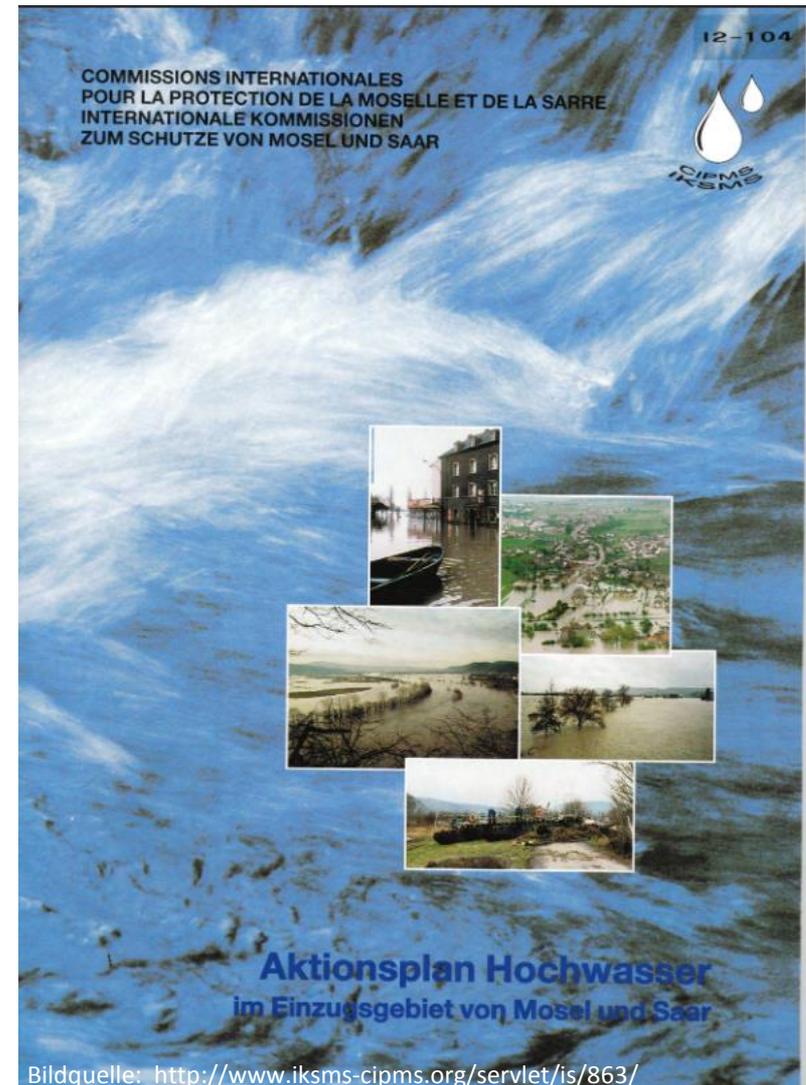
# Berechnete Hochwasserganglinien 12-1993 mit/ohne Maßnahmen



## Schlussfolgerungen / Aktionsplan „Hochwasser“ (1999)

### Schlussfolgerungen und Ziele des Aktionsplans „Hochwasser“:

- Kein Hochwasser gleicht einem anderen!
- Schadensrisiken minimieren.
- Hochwassermelde- und Vorhersagedienst weiter verbessern.
- Wasserrückhalt vor allem an Nebengewässern von Mosel und Saar erhöhen! (*„Durch gesteuerte Maßnahmen ist bei großen Hochwassern an der Mosel keine nennenswerte Schadensminderung zu erwarten“, Busch et. al. 1996*)



# Ausgewählte Projekte und Modelle der BfG an der Mosel seit 1990

**Bis 1964:** Ausbau der deutschen Mosel zur Großschifffahrtsstraße

**Hochwasser 1993:** Höchstes Ereignis seit Beginn der regelmäßigen Wasserstandsaufzeichnung

**Hochwasser 1983**

**1999:** Aktionsplan Hochwasser Mosel

**2007:** EU-HWRM-RL

**SYNHP-Modell** (Speichermodell)

**SOBEK-Modelle** (1D-instationär)

**K-Wert-Modell** (1D-stationär)

**1990:** Erstellung eines mathematischen Modells zur Simulation von Hochwasserabläufen in der Mosel für Zustände vor und nach Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße. *BfG-Bericht 549*

**1996:** Untersuchungen zur Wirkung denkbarer Rückhaltemaßnahmen an der französischen Obermosel auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *DGM, 40. Jahrgang, Heft 2, 1996*

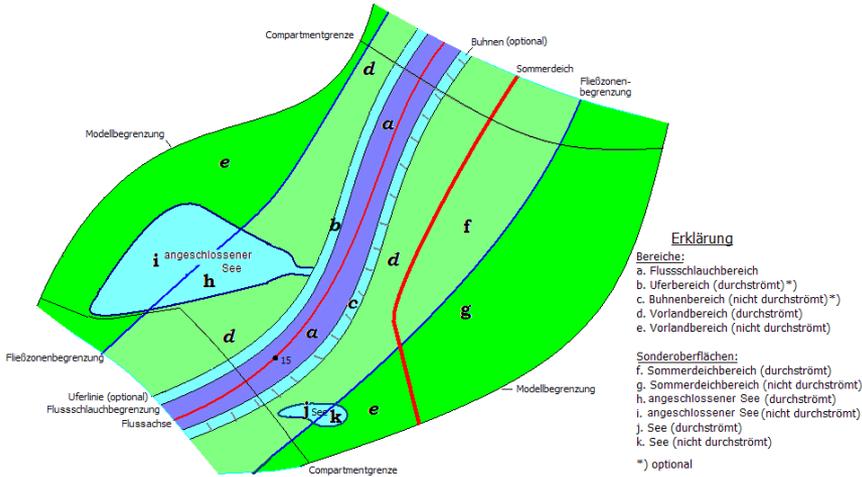
**1994:** Auswirkungen des Moselausbaus zur Großschifffahrtsstraße auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *Wasserwirtschaft 84 (1994)/5*

**1998 - 2001:** Gefahrenatlas für die Mosel / Bestimmung extremer Abflüsse an der Mosel

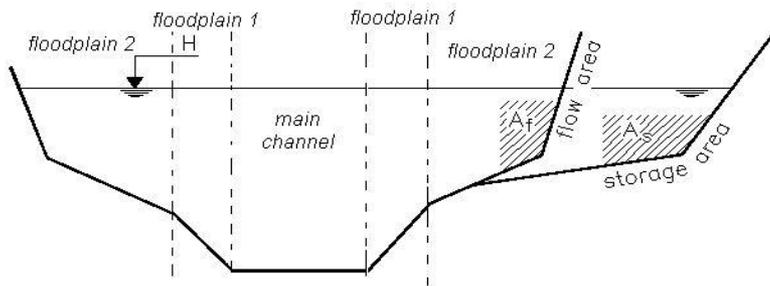
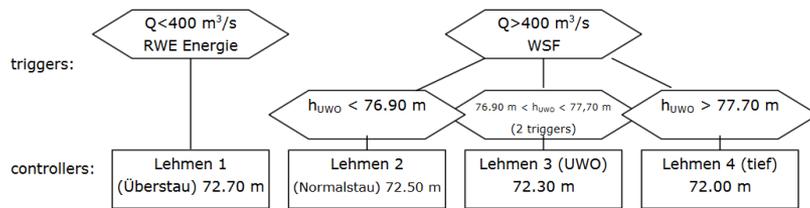
**1999:** Vergleichende Darstellung der Ausbaumaßnahmen an Oberrhein, Mosel und Saar und ihre Auswirkungen auf Hochwasser. *HYWA, 43. Jahrgang, Heft 6, 1999*

**1999:** Förderung ökologischer Potentiale am Beispiel der staugeregelten Mosel. *Wasser und Umwelt, 89. Jahrgang, Heft 4, April 1999*

# 1D-SOBEK-Modelle für die Mosel (2001 – 2004)



Bildquelle: MEANDER (2006): GIS2PROF Version 2.1 – GIS-Verfahren zur Erstellung von Profilen für SOBEK, WAVOS und FLYS – Technisches Handbuch, Mai 2006



Bildquelle: DELTARES (2018): SOBEK 1D/2D – Modelling suite for integral water solutions. Technical Reference Manual, November 2018

## Aufbau von SOBEK-Modellen:

- Hydrodynamisch-numerische, 1D-Modelle (Lösung Saint-Venant-Gleichungen)
- Querprofildiskretisierung: 100 – 200 m;
- Geländedatengrundlage: Ende 1990er / Anfang 2000er-Jahre
- Cochem – Mündung: 2001  
Perl – Cochem: 2004
- Nochmalige Aktualisierung der Strecke „Cochem – Mündung“ in 2011

**Derzeit existiert für die gewässerkundliche Ist-Beschreibung in der BfG kein durchgängiges hydraulisches Modell auf Basis aktueller und homogener Daten!**

Referat **M2** in **Abteilung M**:  
„Wasserhaushalt, Vorhersagen, Prognosen“

## Aspekte aus den Aufgabengebieten

Vorhersage

Flussgebiets-  
modellierung

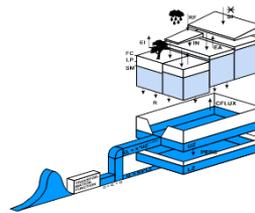
Fließgewässer-  
modellierung

# Niedrig- und Mittelwasservorhersage für den Rhein

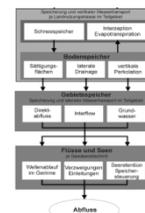


## Operationelle Vorhersage „Rhein“:

- Einzugsgebietsmodellierung: **HBV**  
Hydraulisches Modell ab Trier: **SOBEK-1D**
- Keine Mittel- und Niedrigwasservorhersage für die Mosel!
- Bedeutung der Mosel nicht nur bei Hochwasser, sondern auch für NW- und MW-Vorhersage für Niederrhein
- EZG der Mosel: dient oft als Testgebiet für Modelloptimierungen und -vergleiche



HBV Model

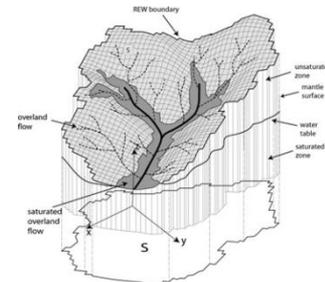


LARSIM



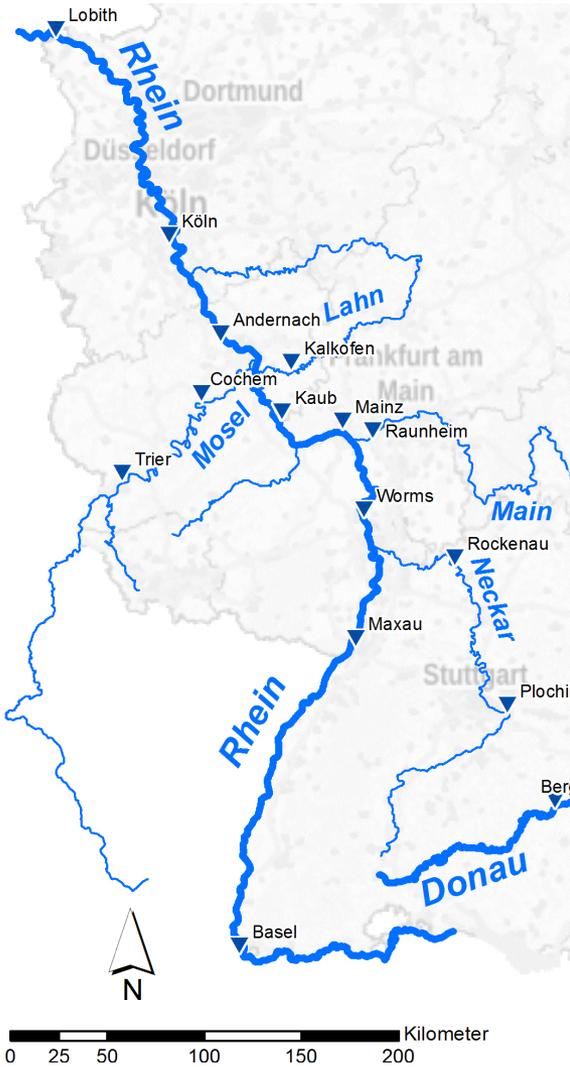
Fraunhofer IAIS

Echo State Networks

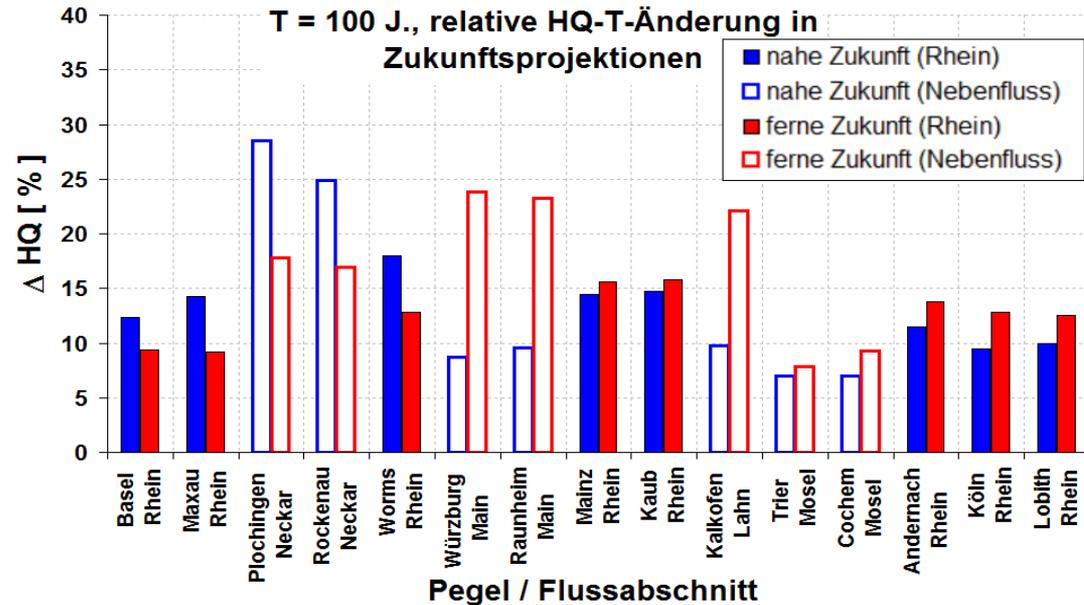


REW Model

# Relative Veränderung der HQ<sub>100</sub>-Abflussscheitel in RCP8.5-Zukunftsprojektionen



Im Vergleich mit der Referenzperiode 1971-2000:

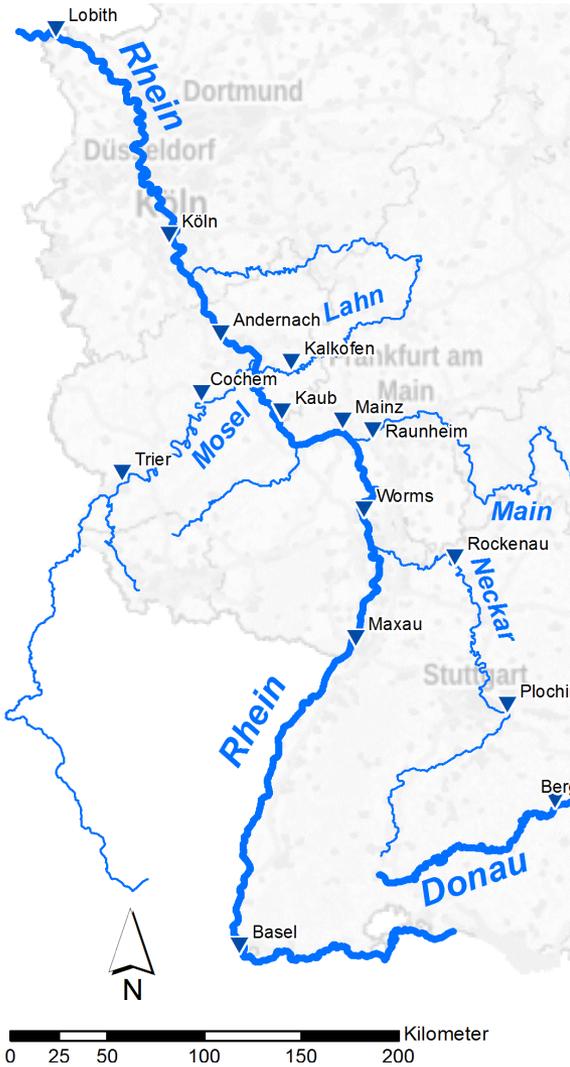


**Ansprechpersonen in der BfG:**  
M. Helms, E. Nilson, C. Fleischer

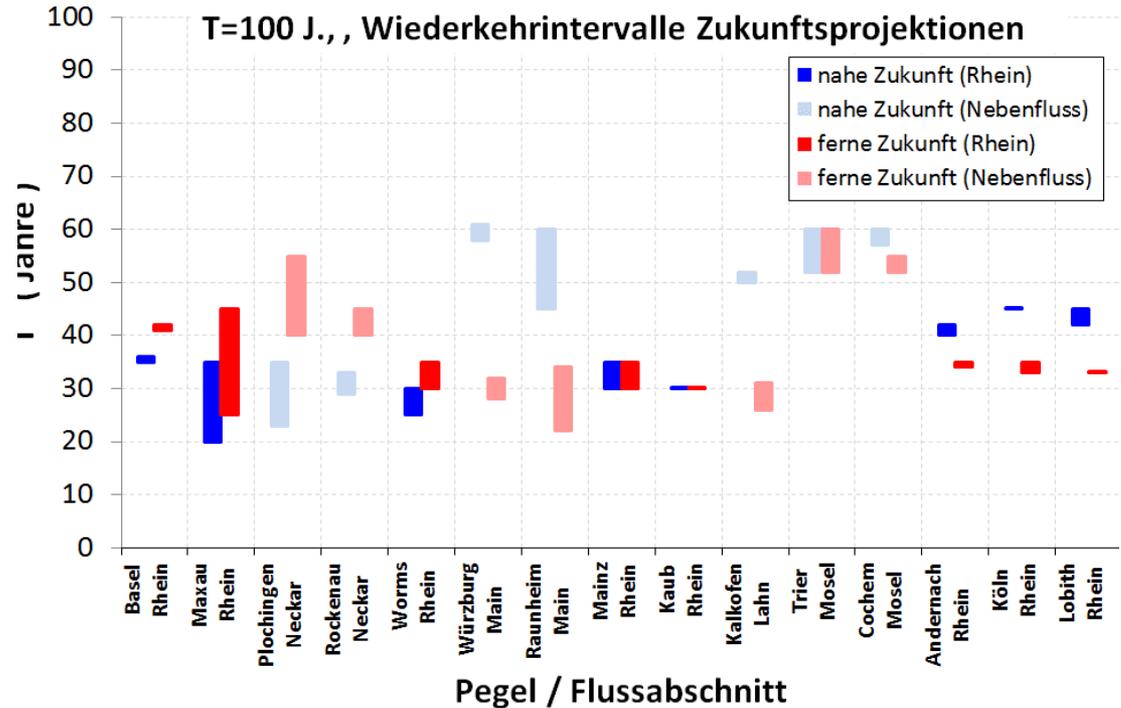
**Quelle:** Hochwasserstatistiken für Abflussprojektionen (RCP 8.5) des BMVI-Expertennetzwerks in den Einzugsgebieten des Rheins und der Donau [84. Sitzung des Arbeitskreises KLIWA, 24./25.10.2019, Wiesbaden]

**Weiterführende Literatur:** Rauthe, M., Brendel, C., Helms, M. et al. (2019): Klimawirkungsanalyse des Bundesverkehrssystems im Kontext Hochwasser: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Hochwassergefahren (SP-103) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks, 140 Seiten (in Vorbereitung)

# Relative Veränderung der HQ<sub>100</sub>-Abflussscheitel in RCP8.5-Zukunftsprojektionen



Im Vergleich mit der Referenzperiode 1971-2000:

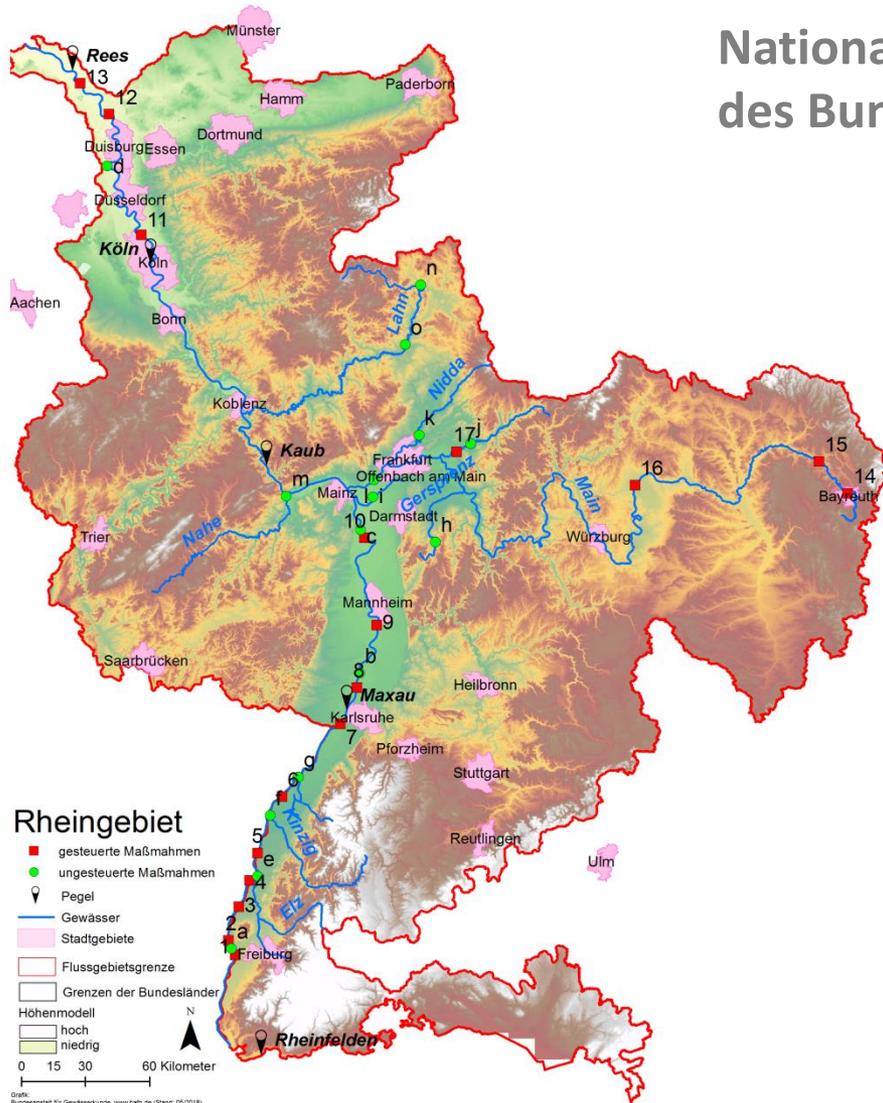


**Ansprechpersonen in der BfG:**  
M. Helms, E. Nilson, C. Fleischer

**Quelle:** Hochwasserstatistiken für Abflussprojektionen (RCP 8.5) des BMVI-Expertennetzwerks in den Einzugsgebieten des Rheins und der Donau [84. Sitzung des Arbeitskreises KLIWA, 24./25.10.2019, Wiesbaden]



# Großräumige Wirkungsanalysen für Hochwasserschutzmaßnahmen



## Nationales Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) des Bundes und der Bundesländer:

- Förderung prioritärer, überregional wirksamer Hochwasserschutzmaßnahmen
- gesteuerte (Polder) und ungesteuerte (Deichrückverlegungen) Maßnahmen an den großen Flüssen und im EZG
- **derzeit:** großräumige Wirkungsanalysen mit gekoppelten Bund-Länder-Modellsystemen durch die BfG in den Flussgebieten Rhein, Elbe und Donau
- **Zukünftig:** dauerhafte Begleitung des NHWSP durch die BfG
- **Ziele:** Weiterentwicklung des NHWSP, Kriterien für Maßnahmenpriorisierung, ...

## Zusammenfassung

- Die BfG betreibt seit Ende der 1980er-Jahre großräumige Modelle für den deutschen Streckenabschnitt der Mosel.
- Modellbasierte Analysen beschäftigten sich v.a. mit dem Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße und ihren Auswirkungen auf Hochwasserablauf und Gewässerökologie; heute liegt ein Fokus u.a. auf den Themen Wasserstandsvorhersage, Gewässergüte und Auswirkungen des Klimawandels
- Mit der Veränderung der untersuchten Fragestellungen hat sich in der Vergangenheit auch die Modelltechnik weiterentwickelt.
- Und in Zukunft? Typische Aufgaben wie ...
  - Überprüfung von Abflusskurven im Extrapolationsbereich,
  - Bereitstellung von hydrologischen Grundlagen für ökologische Fragestellungen oder
  - Berechnungen von Überschwemmungsflächen nach EU-HWRM-RL und Bemessungswasserspiegellagen

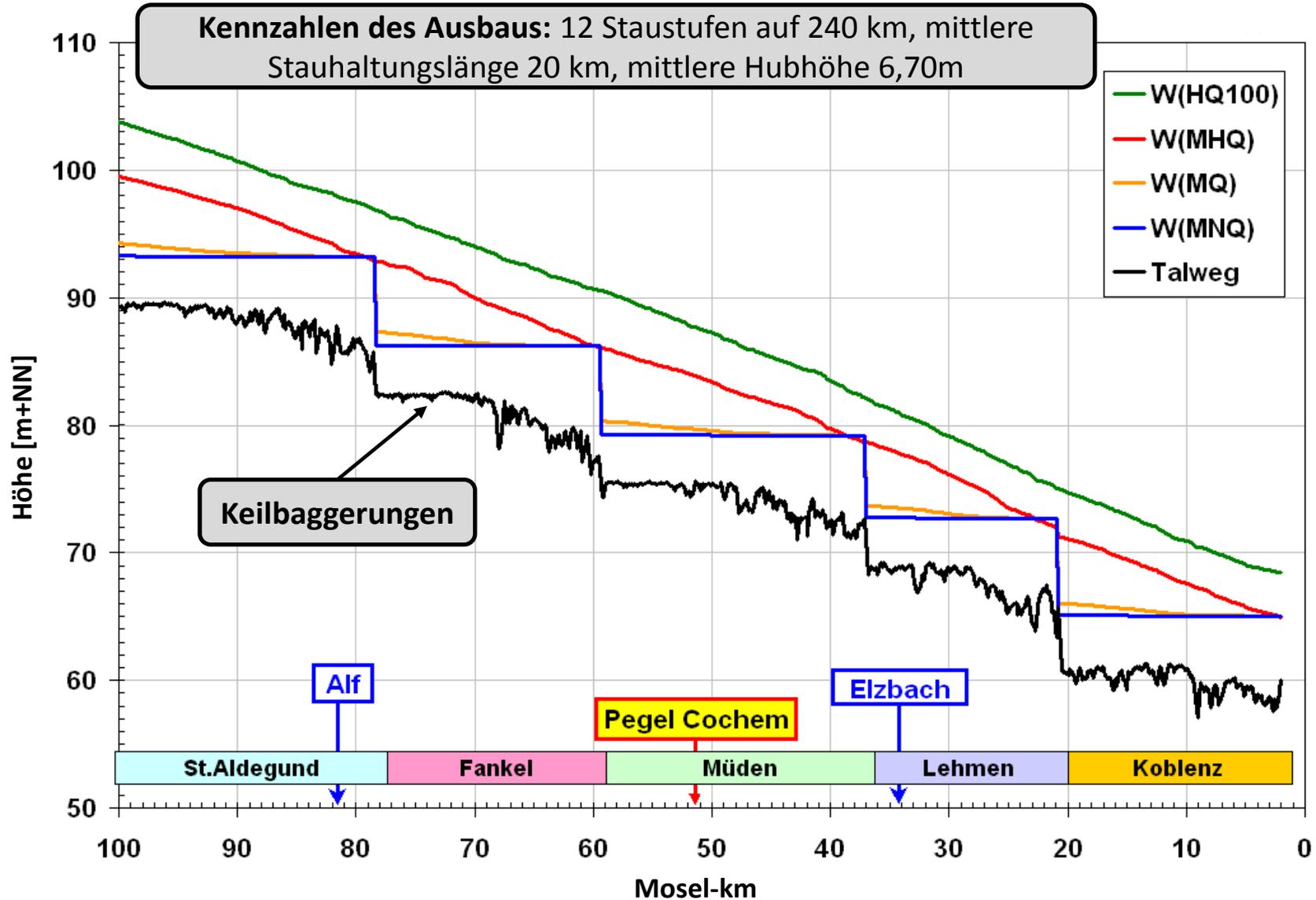
... bedürfen einer Bearbeitung mit aktuellen Modellen nach Stand der Technik. **Der Aufbau eines großräumigen 2D-Modellsystems der Mosel ist geplant!**



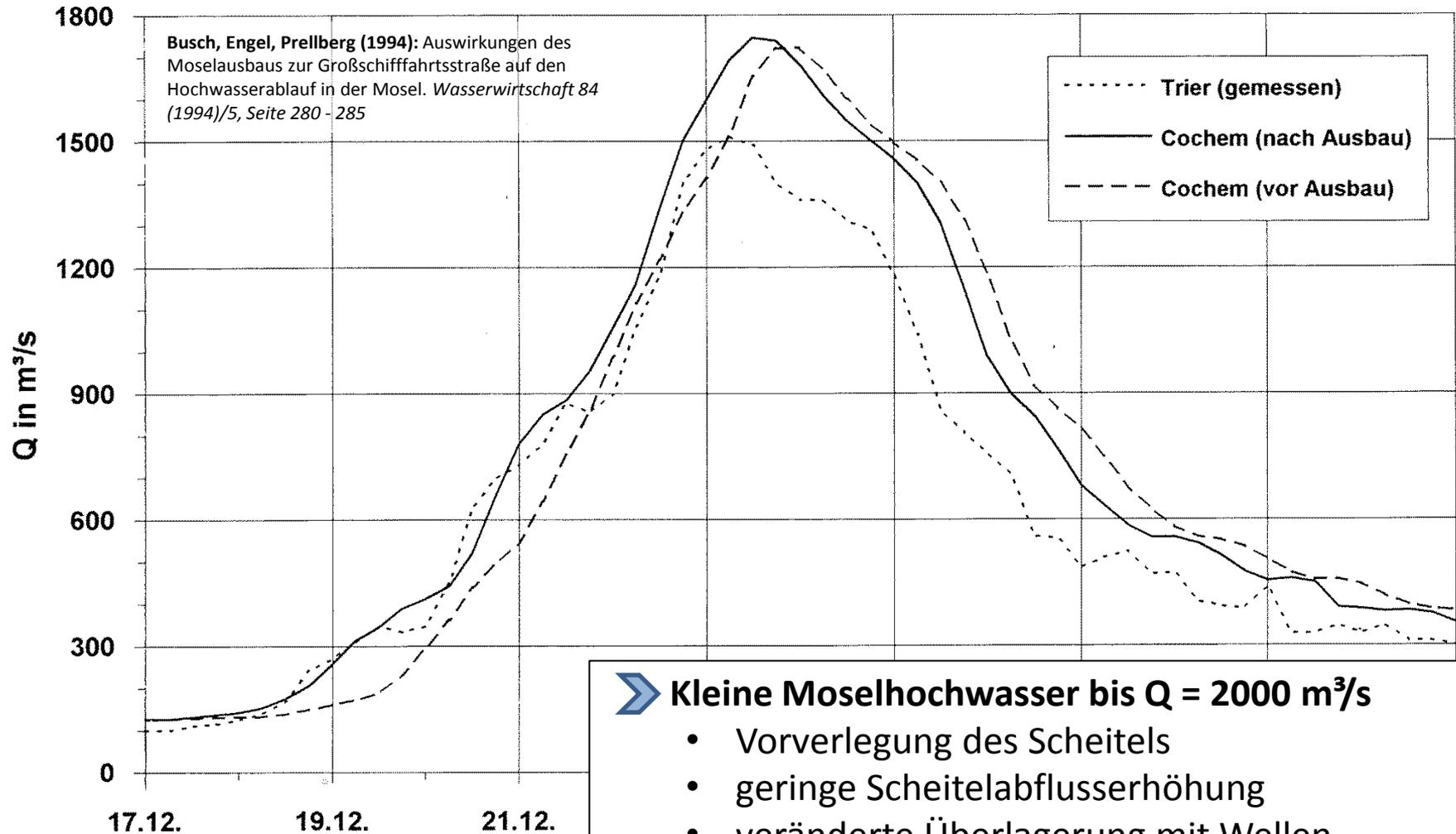
**Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit.  
Merci beaucoup pour votre attention.**

Marcus Hatz, Tel.: 0261/1306-5574, E-Mail: [hatz@bafg.de](mailto:hatz@bafg.de)

# Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße (1958 – 1964)



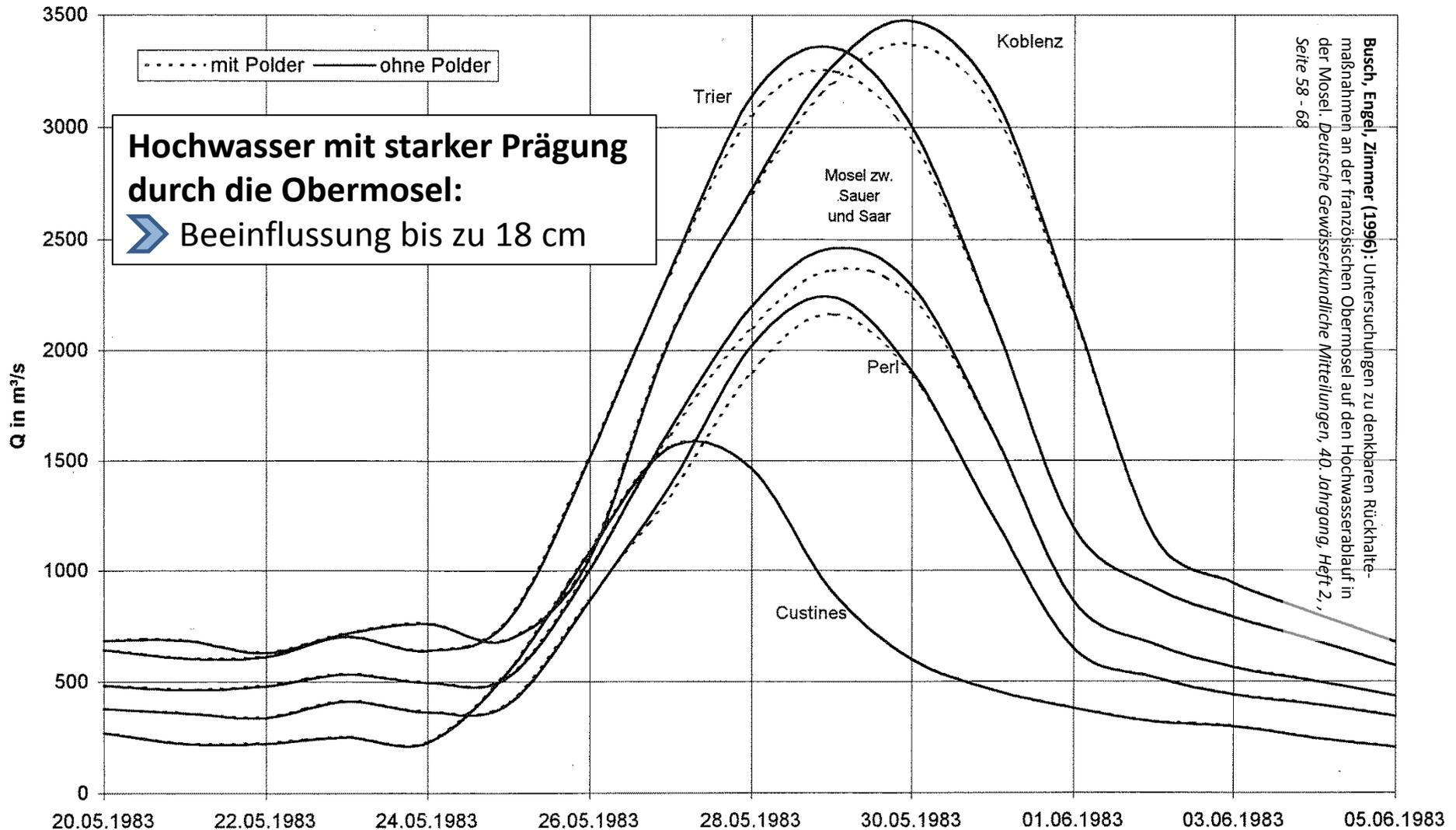
## Berechnete Hochwasserganglinien 12-1991 vor / nach Ausbau der Mosel



### ➤ Kleine Moselhochwasser bis $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

- Vorverlegung des Scheitels
- geringe Scheitelabflusserhöhung
- veränderte Überlagerung mit Wellen einmündender Nebenflüsse

# Berechnete Hochwasserganglinien 05-1983 mit/ohne Maßnahmen



Busch, Engel, Zimmer (1996): Untersuchungen zu denkbaren Rückhalte-  
 maßnahmen an der französischen Obermosel auf den Hochwasserablauf in  
 der Mosel. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 40. Jahrgang, Heft 2,  
 Seite 58 - 68

# Ausgewählte Projekte und Modelle der BfG an der Mosel seit 1990

**Bis 1964:** Ausbau der deutschen Mosel zur Großschifffahrtsstraße

**Hochwasser 1993:** Höchstes Ereignis seit Beginn der regelmäßigen Wasserstandsaufzeichnung

**Hochwasser 2013:** Extreme Hochwasser in Mitteleuropa

**Hochwasser 1983**

**1999:** Aktionsplan Hochwasser Mosel

**2007:** EU-HWRM-RL

SYNHP-Modell (Speichermodell)

SOBEK-Modelle (1D-instationär)

K-Wert-Modell (1D-stationär)

?

**1990:** Erstellung eines mathematischen Modells zur Simulation von Hochwasserabläufen in der Mosel für Zustände vor und nach Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße. *BfG-Bericht 549*

**1996:** Untersuchungen zur Wirkung denkbarer Rückhaltemaßnahmen an der französischen Obermosel auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *DGM, 40. Jahrgang, Heft 2, 1996*

**1994:** Auswirkungen des Moselausbaus zur Großschifffahrtsstraße auf den Hochwasserablauf in der Mosel. *Wasserwirtschaft 84 (1994)/5*

**1999:** Vergleichende Darstellung der Ausbaumaßnahmen an Oberrhein, Mosel und Saar und ihre Auswirkungen auf Hochwasser. *HYWA, 43. Jahrgang, Heft 6, 1999*

**1998 - 2001:** Gefahrenatlas für die Mosel / Bestimmung extremer Abflüsse an der Mosel

**1999:** Förderung ökologischer Potentiale am Beispiel der staugeregelten Mosel. *Wasser und Umwelt, 89. Jahrgang, Heft 4, April 1999*

**2018+: ?**

# Veränderung auendynamischer Prozesse an der Mosel

## Wasserstandschwankungen in der Wasserwechselzone vor/nach Moselausbau

