

Ein Überblick über die Geschichte der

Abflussmodellierung an der deutschen Mosel

durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde



Marcus Hatz

Referat M2 „Wasserhaushalt, Vorhersagen, Prognosen“

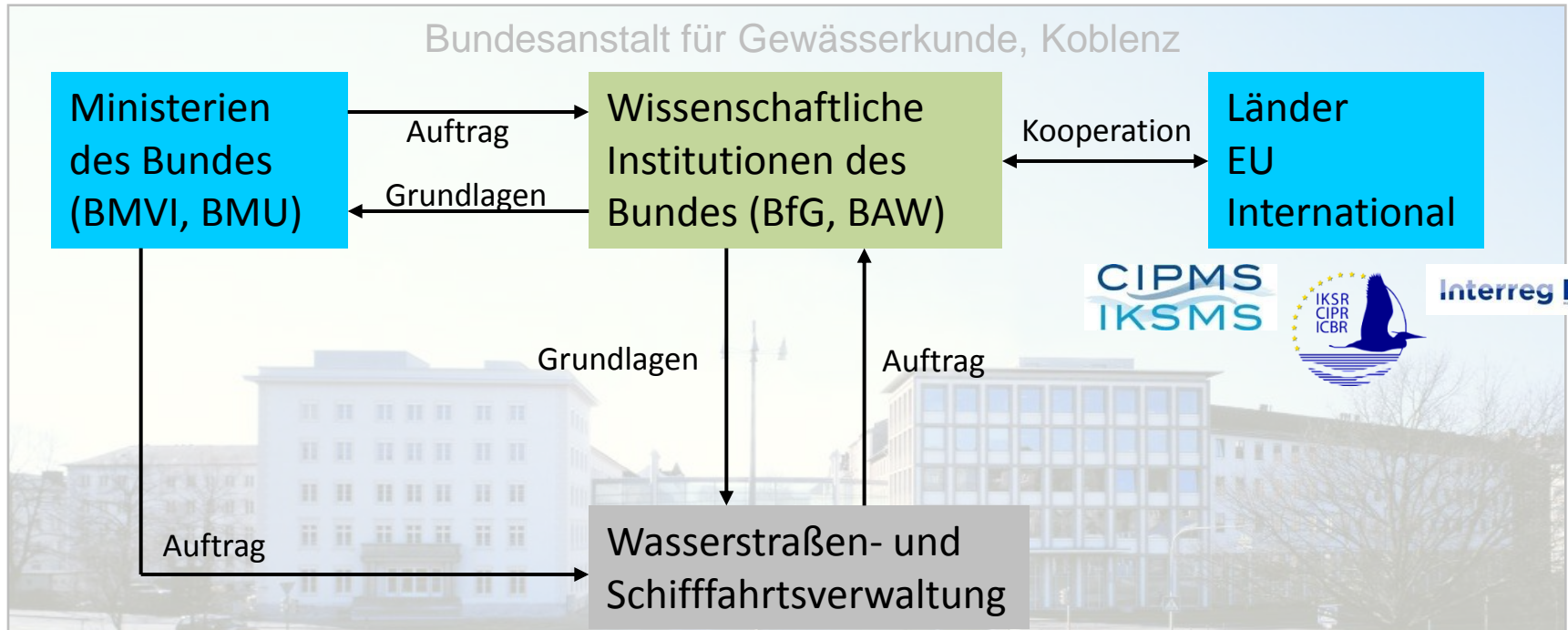
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz



Hoch- und Niedrigwasserereignisse der Mosel

CHARTA-Veranstaltung, Metz (F), 23.11.2018

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

Ausgewählte Projekte und Modelle der BfG an der Mosel seit 1990

Bis 1964: Ausbau der deutschen Mosel zur Großschifffahrtsstraße

Hochwasser 1983

Hochwasser 1993: Höchstes Ereignis seit Beginn der regelmäßigen Wasserstandsaufzeichnung

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)



Gestrandete Schiffe bei Detzem (Hochwasser 1993)

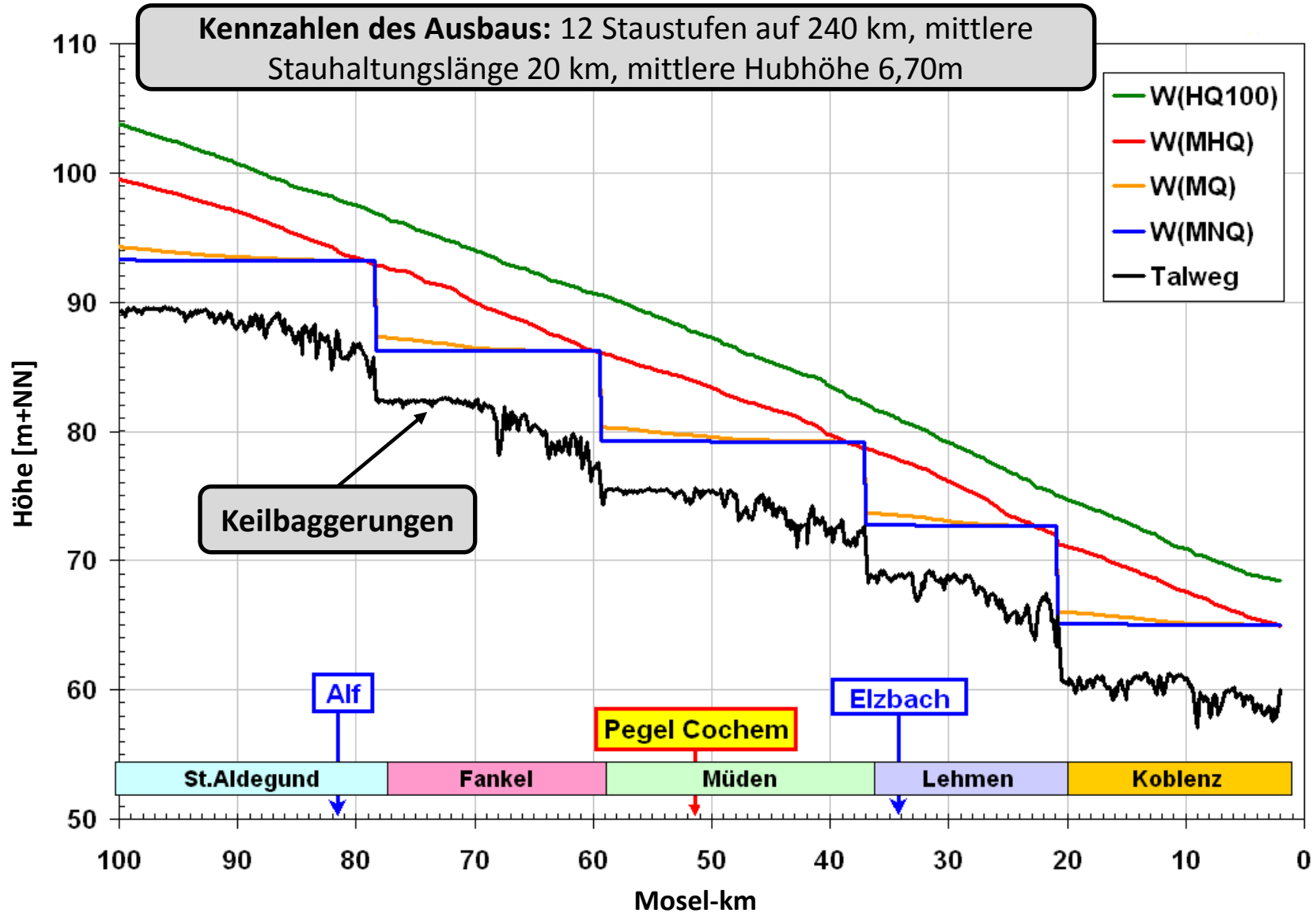
Quelle: <http://www.pegeldeutschland.de/hwschiffe1.jpg>

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)

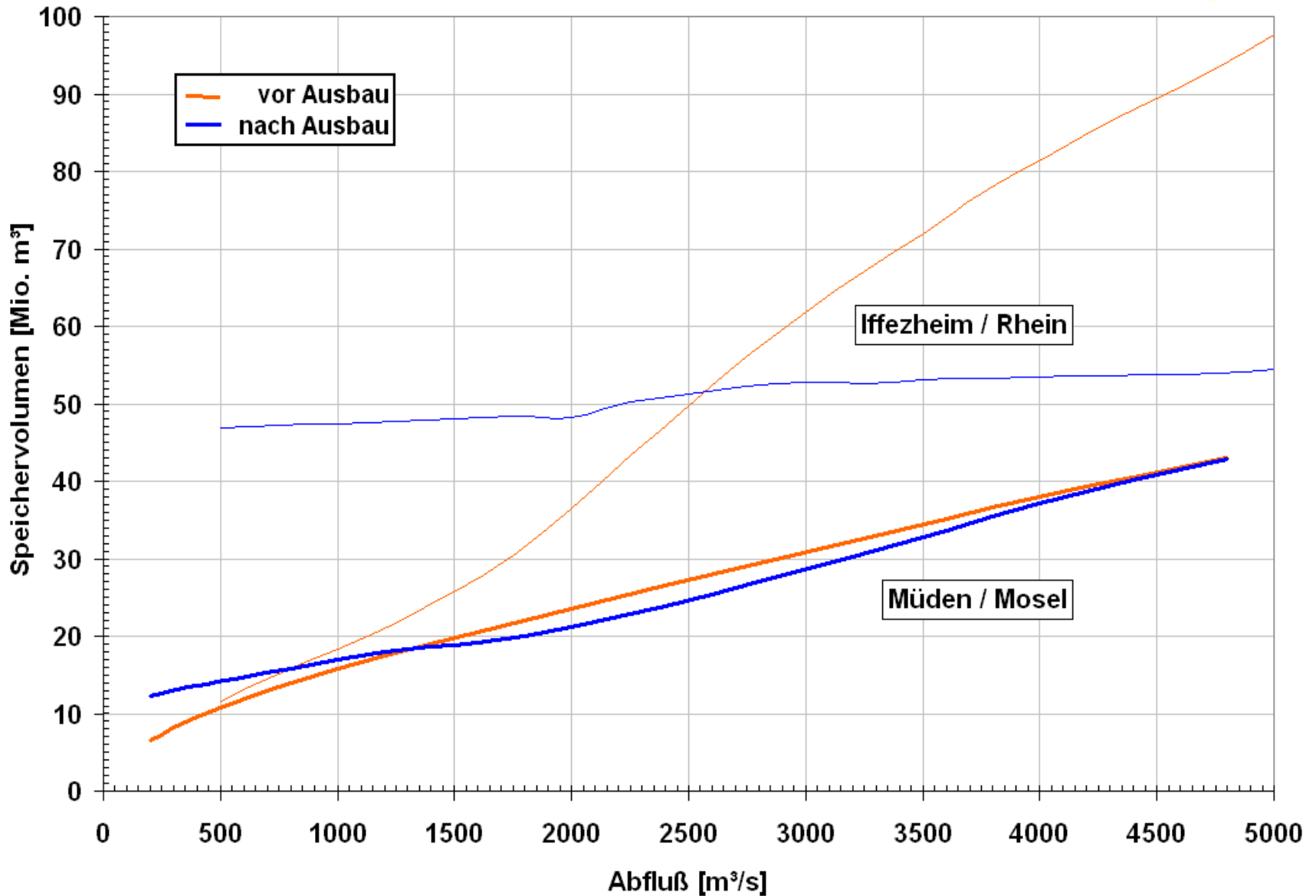


Ausbau der Mosel zur Großschifffahrtsstraße (1958 – 1964)

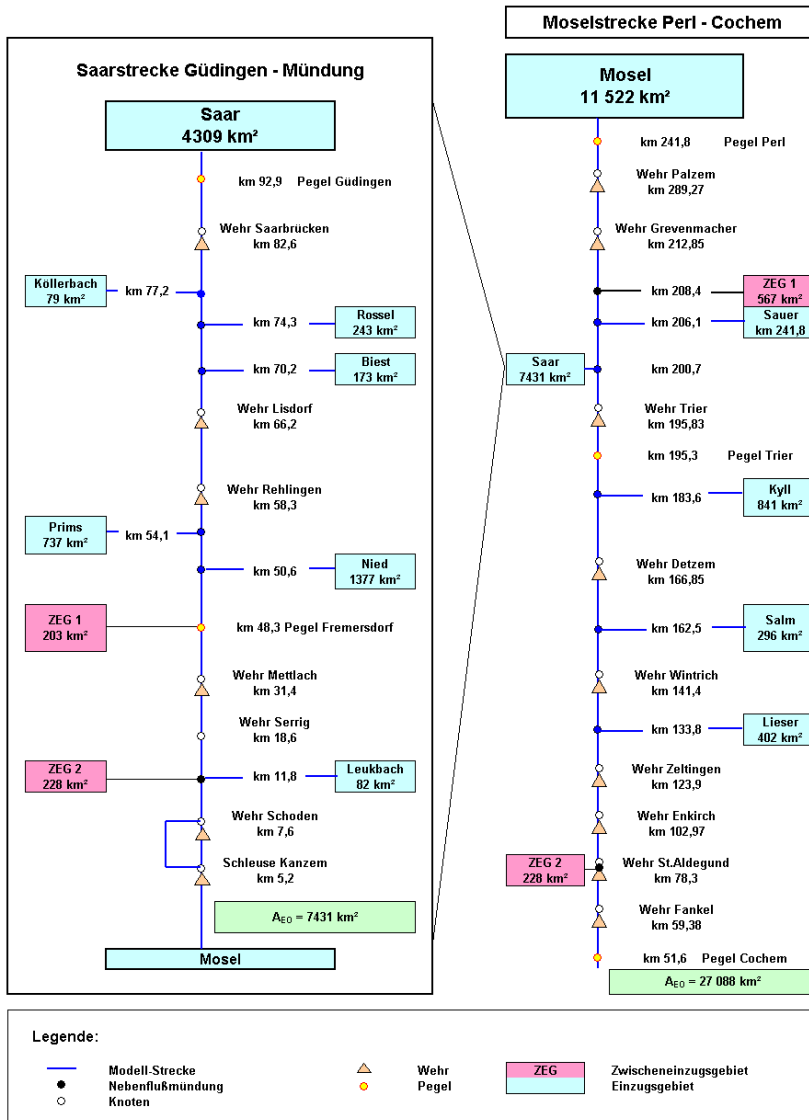


**Blick auf die Mosel mit der Staustufe
Lehmen, nach Moselausbau, 1976**

Volumen-Abfluss-Beziehungen ausgewählter Flussabschnitte an Rhein und Mosel

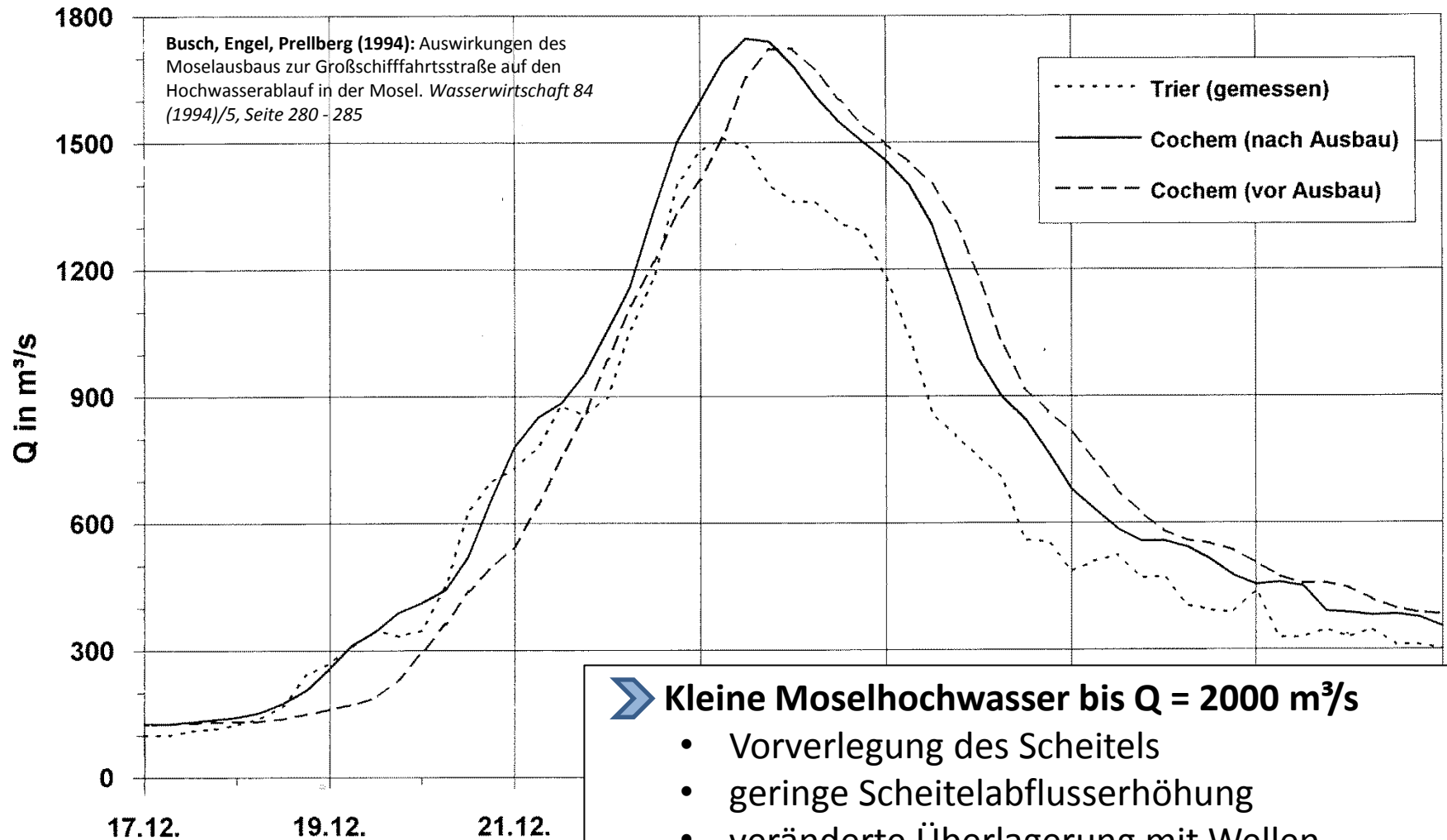


SYNHP-Modelle der Saar und der Mosel



- **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

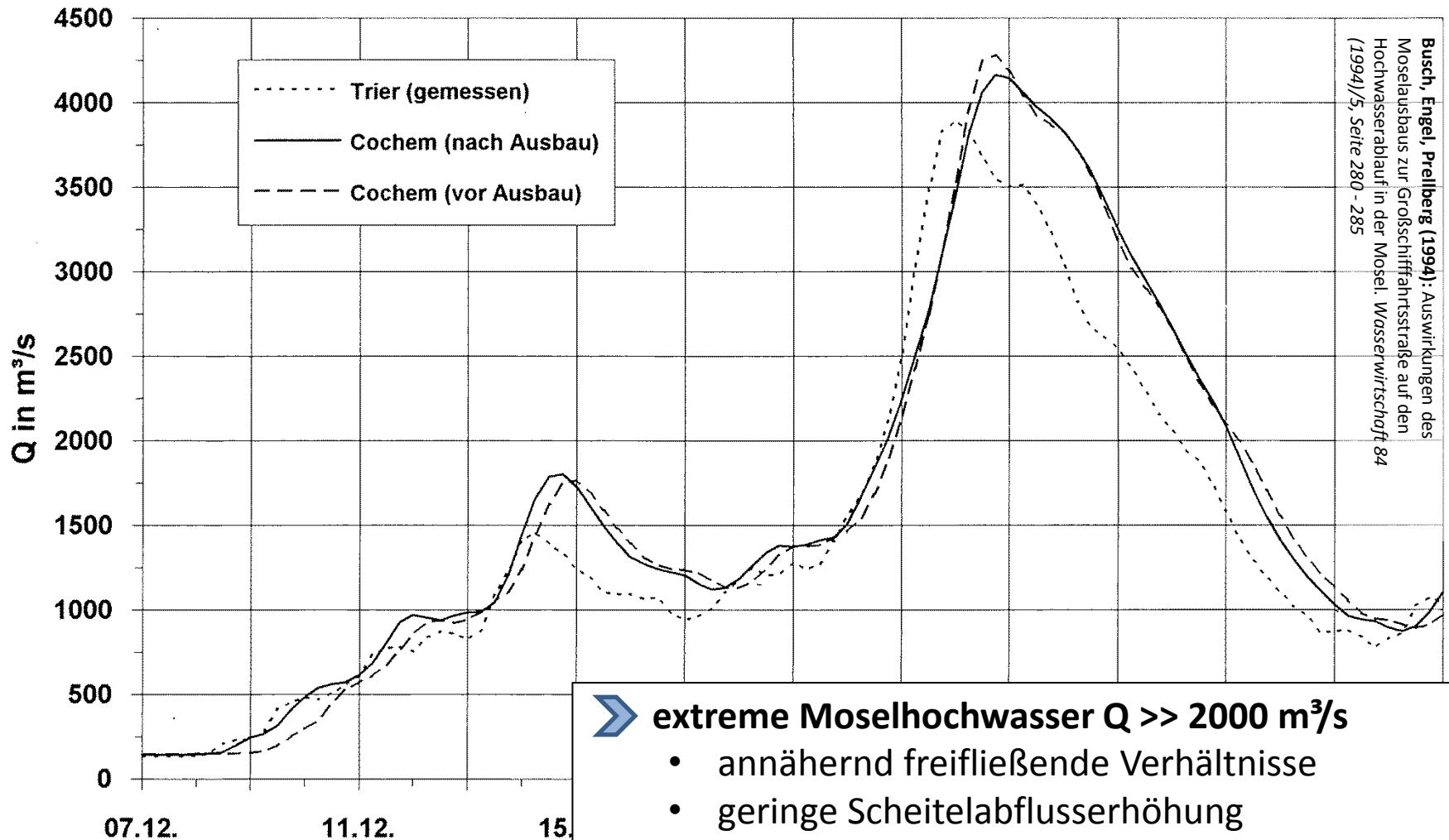
Berechnete Hochwasserganglinien 12-1991 vor / nach Ausbau der Mosel



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

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

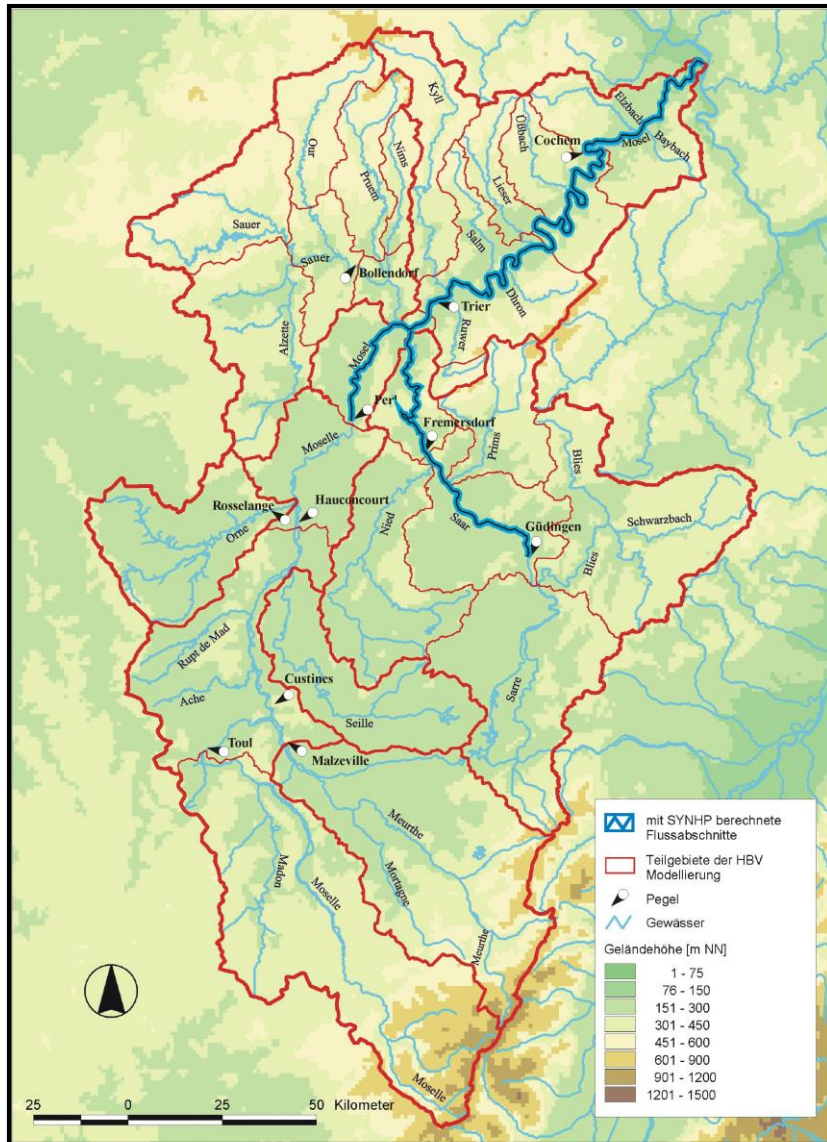
Berechnete Hochwasserganglinien 12-1993 vor / nach Ausbau der Mosel



➤ **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: **Cüstines** (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. m³**

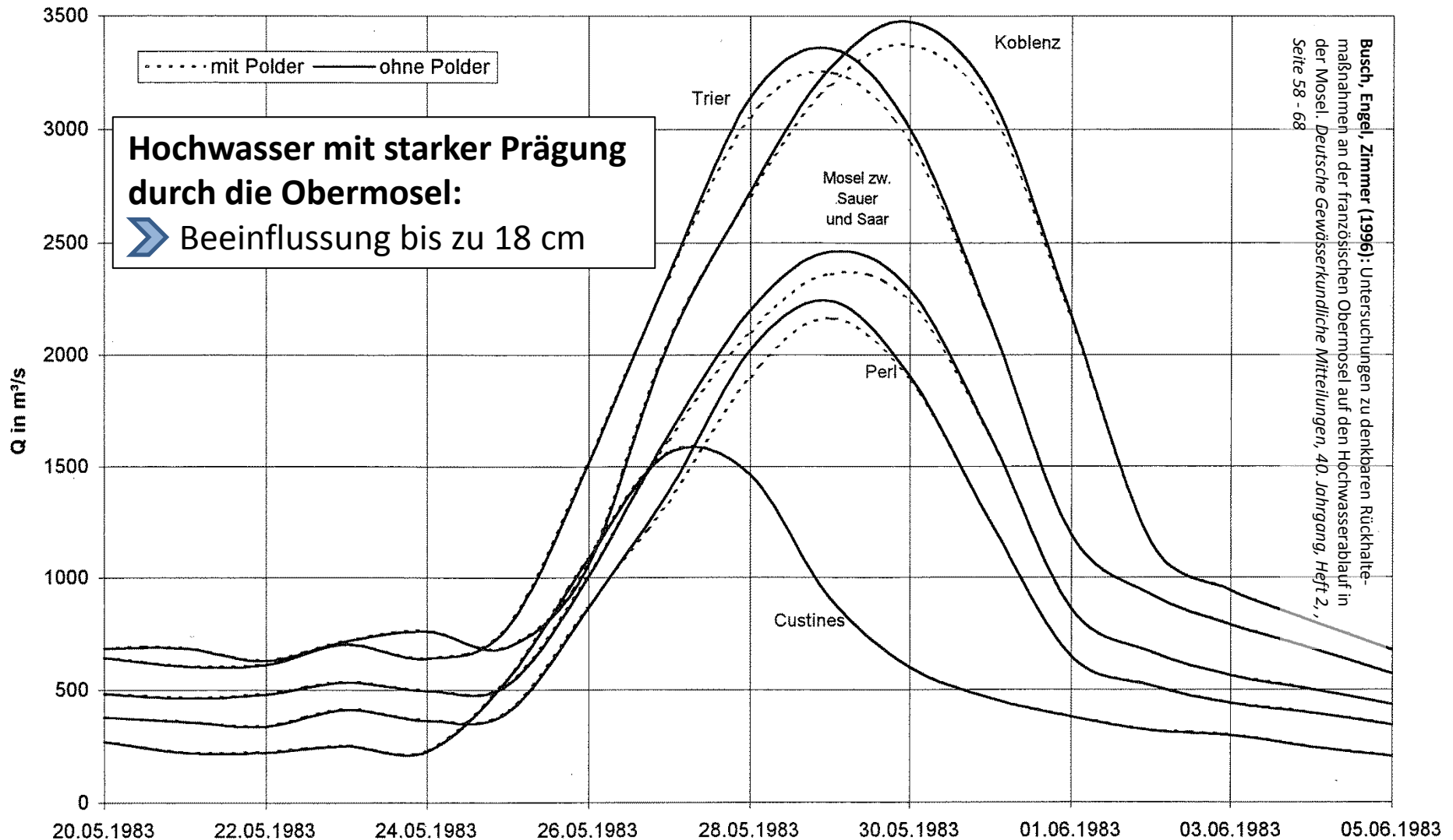
➤ **8 Hochwasserereignisse** zwischen 1977 und 1993

- historisch
- skaliert: HQ₅₀ in Cochem
- skaliert: HQ₁₀₀ in Cochem

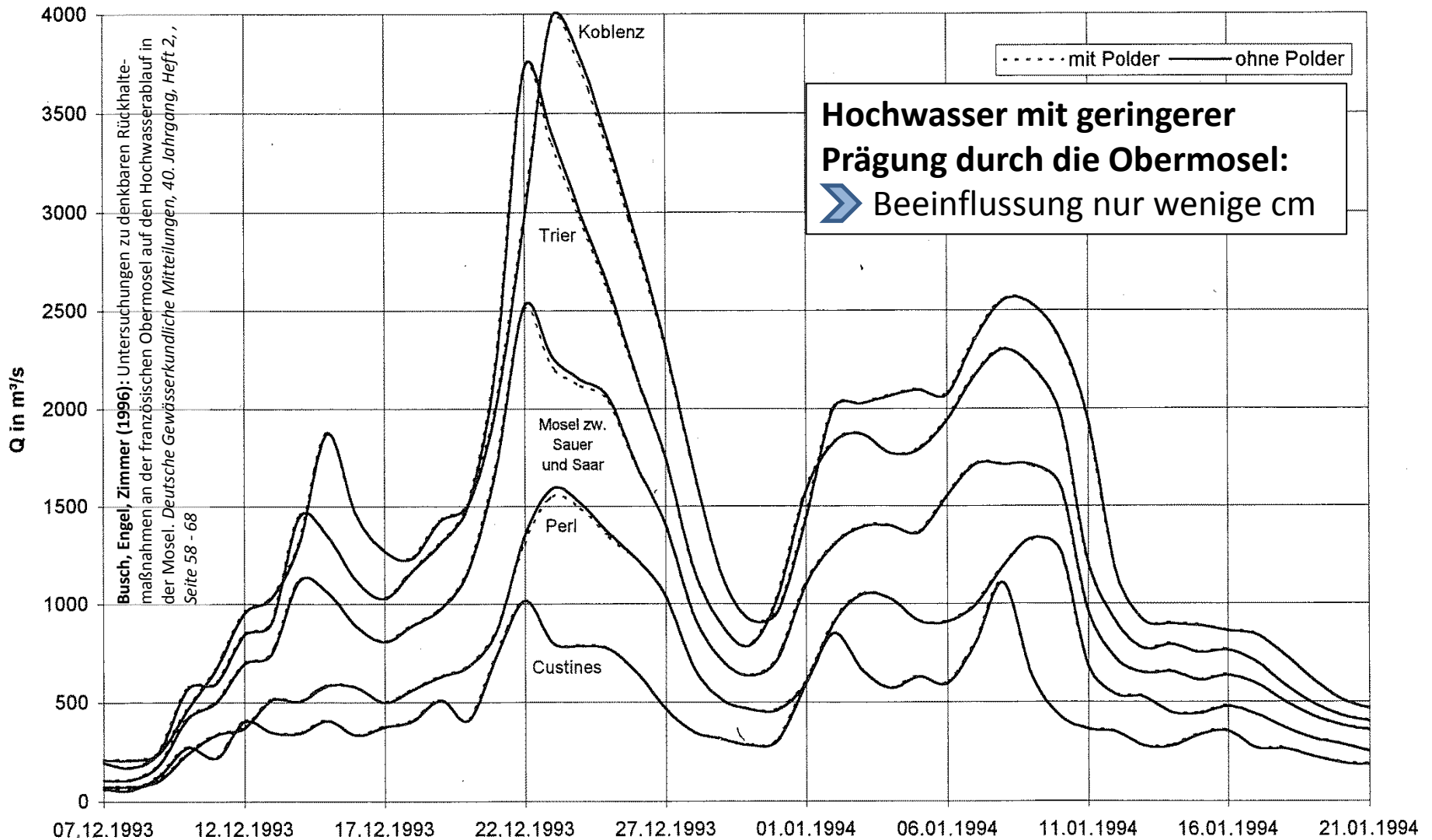
➤ Steuerung der Polder nach **lokalen Kriterien**

➤ **48 Modellläufe** mit / ohne Maßnahmenwirkungen

Berechnete Hochwasserganglinien 05-1983 mit/ohne Maßnahmen



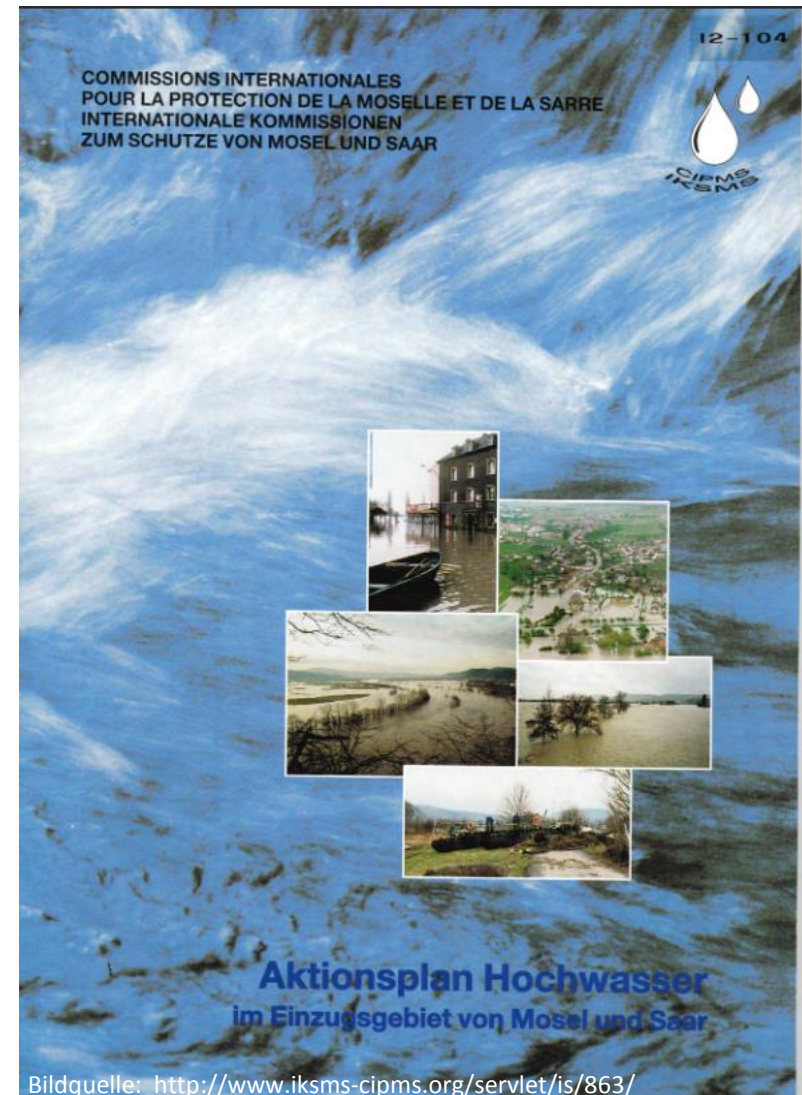
Berechnete Hochwasserganglinien 12-1993 mit/ohne Maßnahmen



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

Hochwasser 2013: Extreme Hochwasser in Mitteleuropa

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*

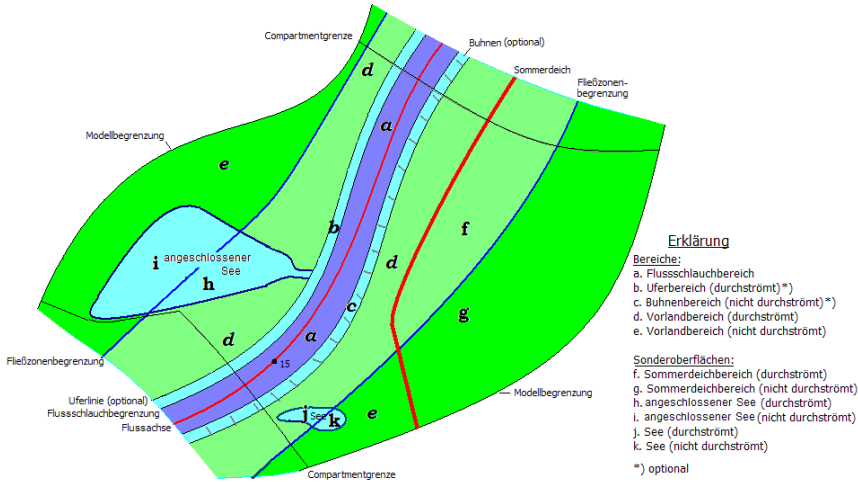
1999: Vergleichende Darstellung der Ausbaumaßnahmen an Oberrhein, Mosel und Saar und ihre Auswirkungen auf Hochwasser. *HYWA, 43. Jahrgang, Heft 6, 1999*

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

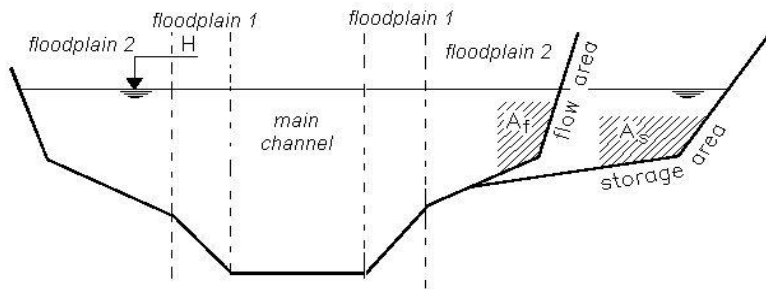
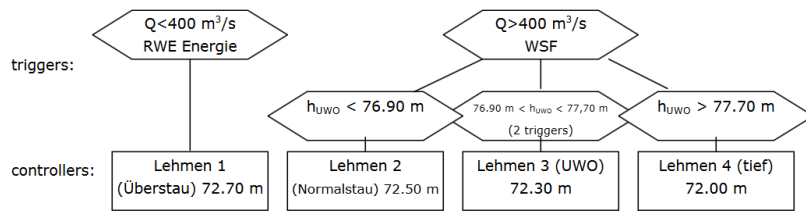
1999: Förderung ökologischer Potentiale am Beispiel der staugeregelten Mosel. *Wasser und Umwelt, 89. Jahrgang, Heft 4, April 1999*

2018+: ?

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

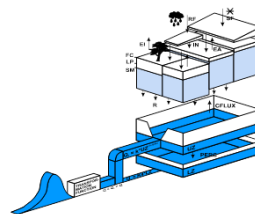
Derzeit existiert für die gewässerkundliche Ist-Beschreibung in der BfG kein durchgängiges hydraulisches Modell auf Basis aktueller und homogener Daten!

Niedrig- und Mittelwasservorhersage für den Rhein

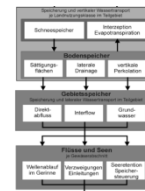


Operationelle Vorhersage „Rhein“:

- 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 Langfristvorhersagen (Zeitraum ≥ 1 Monat)

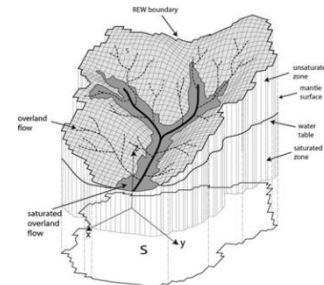


HBV Model



Fraunhofer IAIS

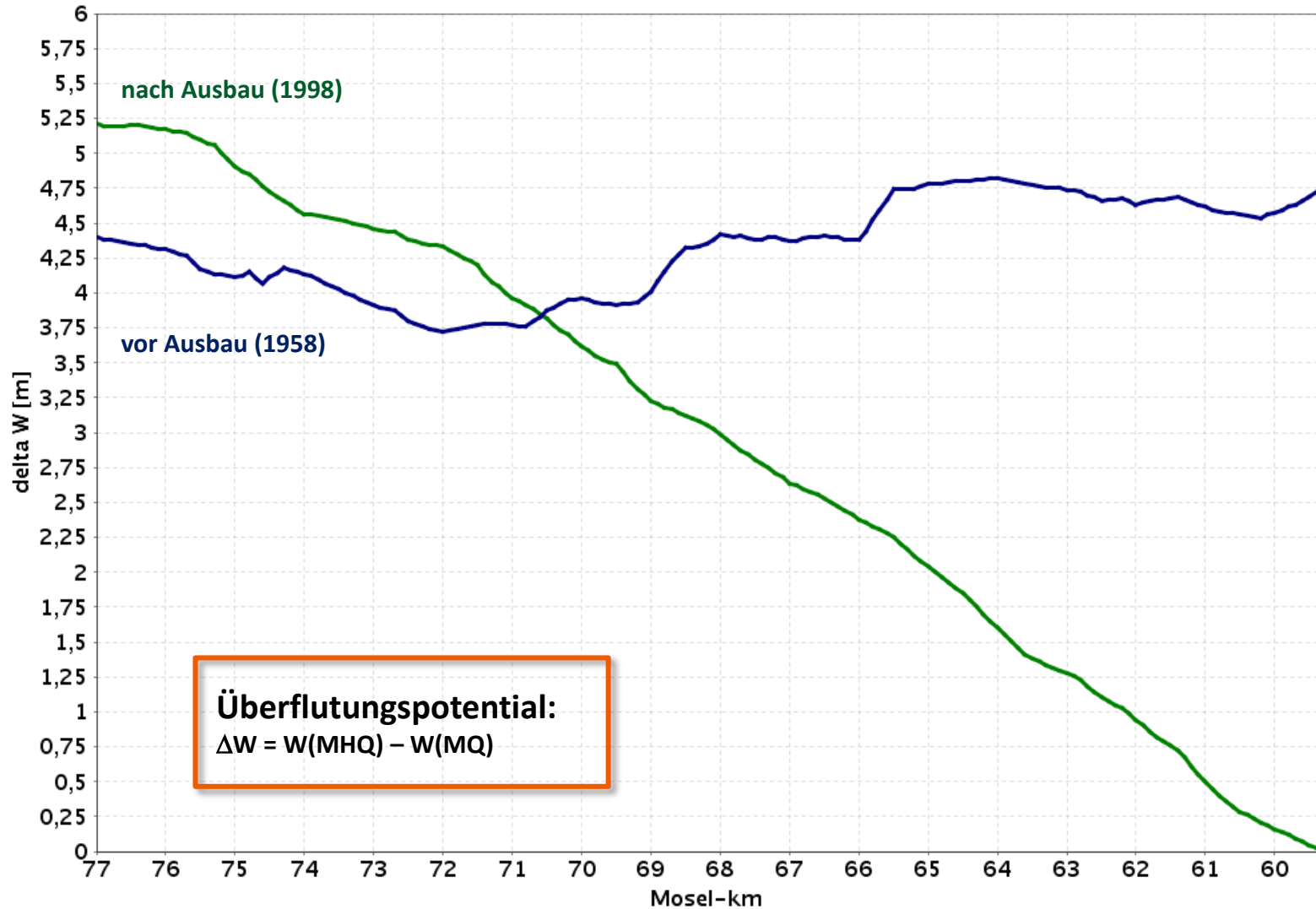
Echo State Networks



REW Model

Veränderung auendynamischer Prozesse an der Mosel

Wasserstandschwankungen in der Wasserwechselzone vor/nach Moselausbau



2D-Modellierung zur gewässerkundlichen Ist-Beschreibung

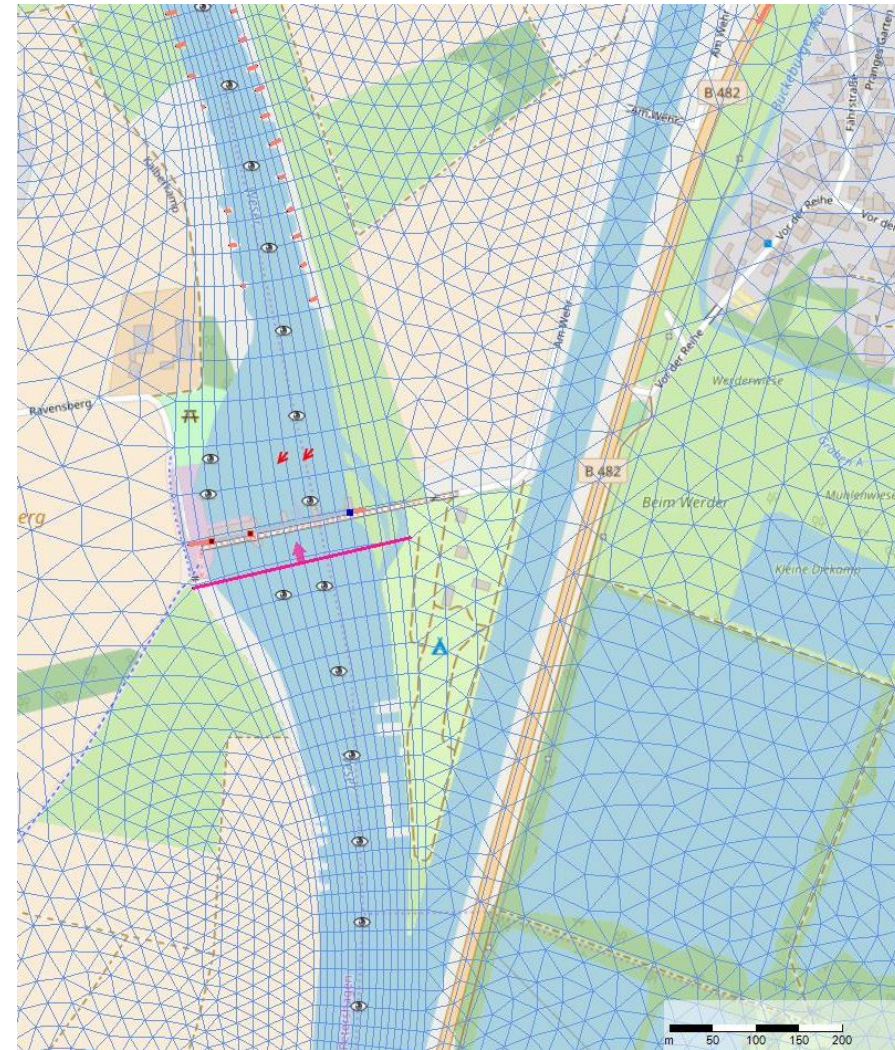
➤ **2012:** Einstieg der BfG in die großräumige 2D-Modellierung zur gewässerkundlichen Ist-Beschreibung und für Wirkungsanalysen

➤ **Heute:** 2D-Modelle für BWaStr Elbe, Havel, und Weser → Rechenzeiten sind kein limitierender Faktor mehr!!!

➤ **Aufgaben:**

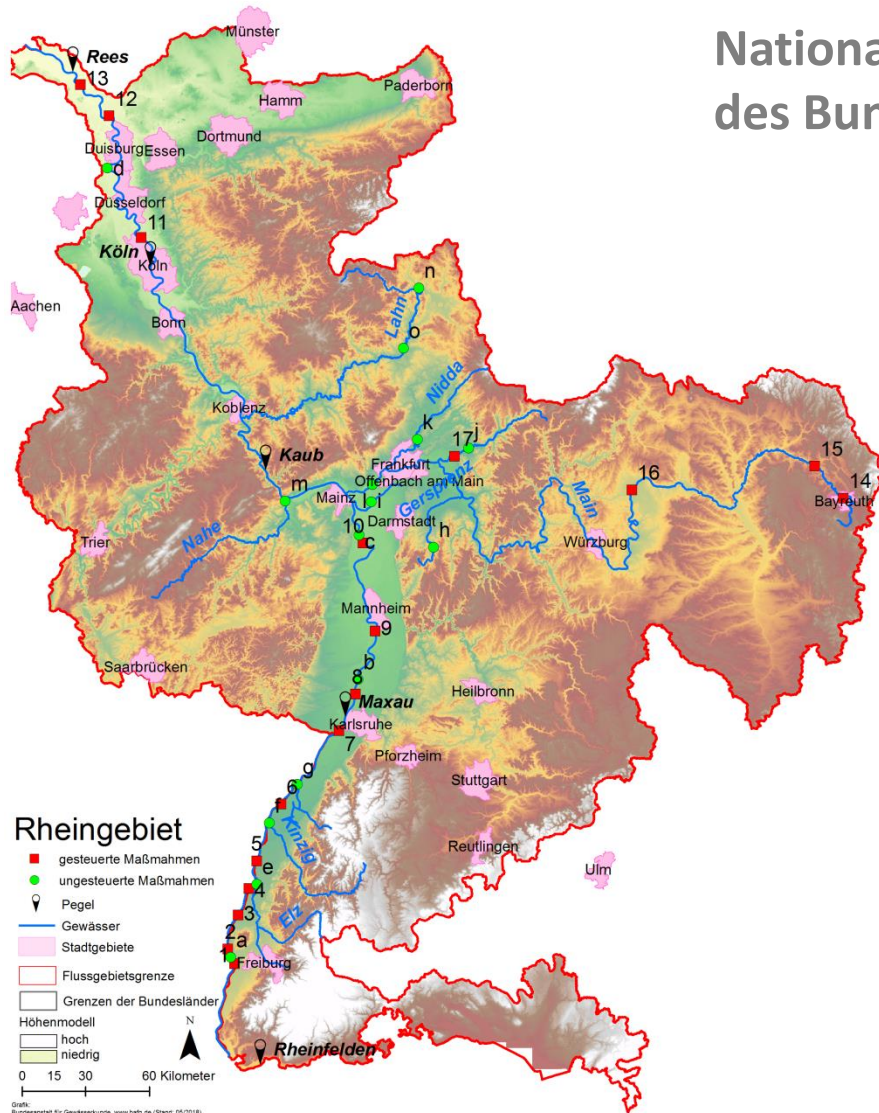
- Bereitstellung hydrologischer Grundlagen (Wasserspiegel, Überschwemmungsflächen)
- Überprüfung von Abflusskurven im Extrapolationsbereich
- Berechnung von Bemessungswasserspiegellagen (nicht nur in Gewässermitte)
- Beiträge zur EU-HWRM-Richtlinie
- Nachweis von Maßnahmenwirkungen

➤ **Zukunft:** Großräumiges 2D-Modell für Mosel und Saar?



Beispiel: im Aufbau befindliches 2D-Modell der Binnenweser

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.
- 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-Modells der Mosel ist zu diskutieren!



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

Marcus Hatz, Tel.: 0261/1306-5574, E-Mail: hatz@bafg.de