

KLIWAS

Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt
Entwicklung von Anpassungsoptionen

Wasserstraße im Klimawandel - Anpassungsoptionen für Regelung und Unterhaltung

Sven Wurms, Michael Schröder

sven.wurms@baw.de, michael.schroeder@baw.de

Projekt „Verkehrswasserbauliche Regelungs- und Anpassungsoptionen
an klimabedingte Veränderungen des Abflussregimes“



3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



1. Hintergrund und Zielstellung



Nahegrund (30.11.2011)

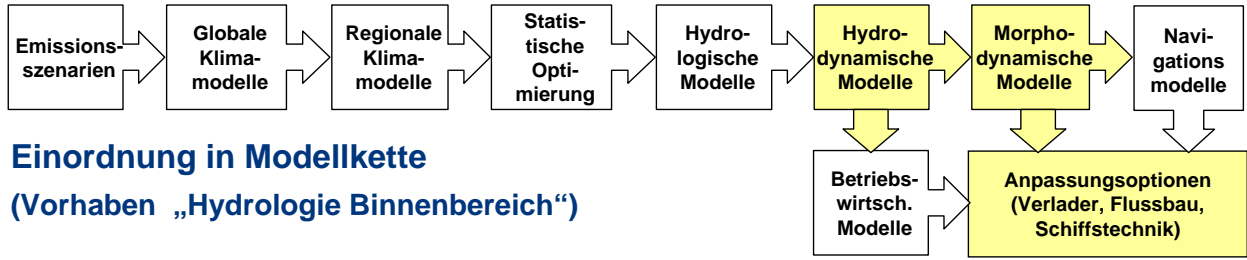


Rhein bei Oberwesel (31.05.2011)

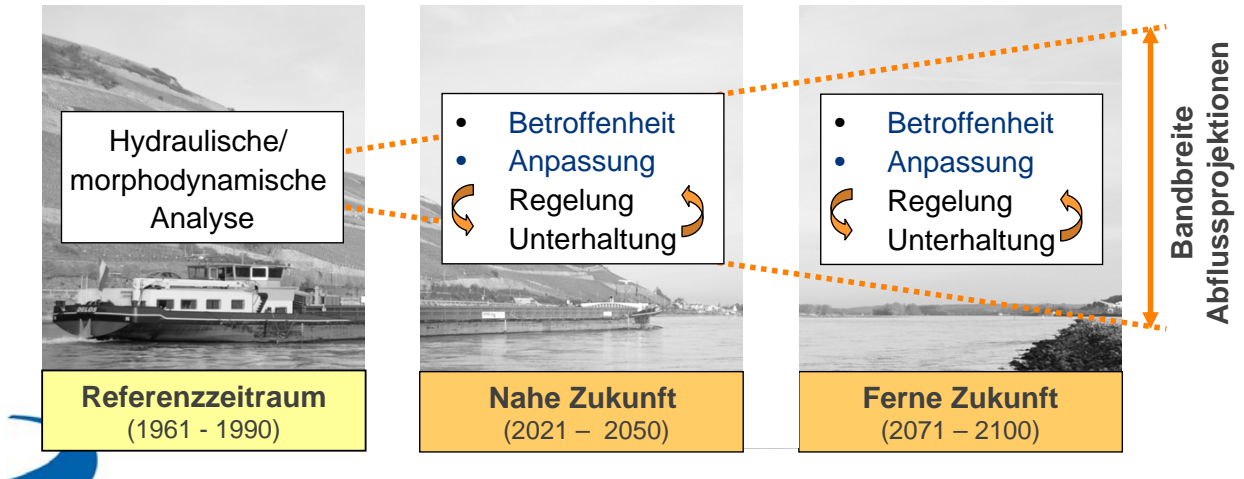


- **Abflussprojektionen am Rhein:**
Niedrigwasserabflüsse können in der
fernen Zukunft klimabedingt weiter sinken
- **Beeinträchtigung der Schifffahrt:**
Leichtigkeit, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit
- **Verkehrswasserbauliche
Anpassungsmaßnahmen:**
Aufrechterhaltung der Schifffahrt in
Niedrigwasserperioden/
Minimierung des Unterhaltungsaufwands

2. Methodik

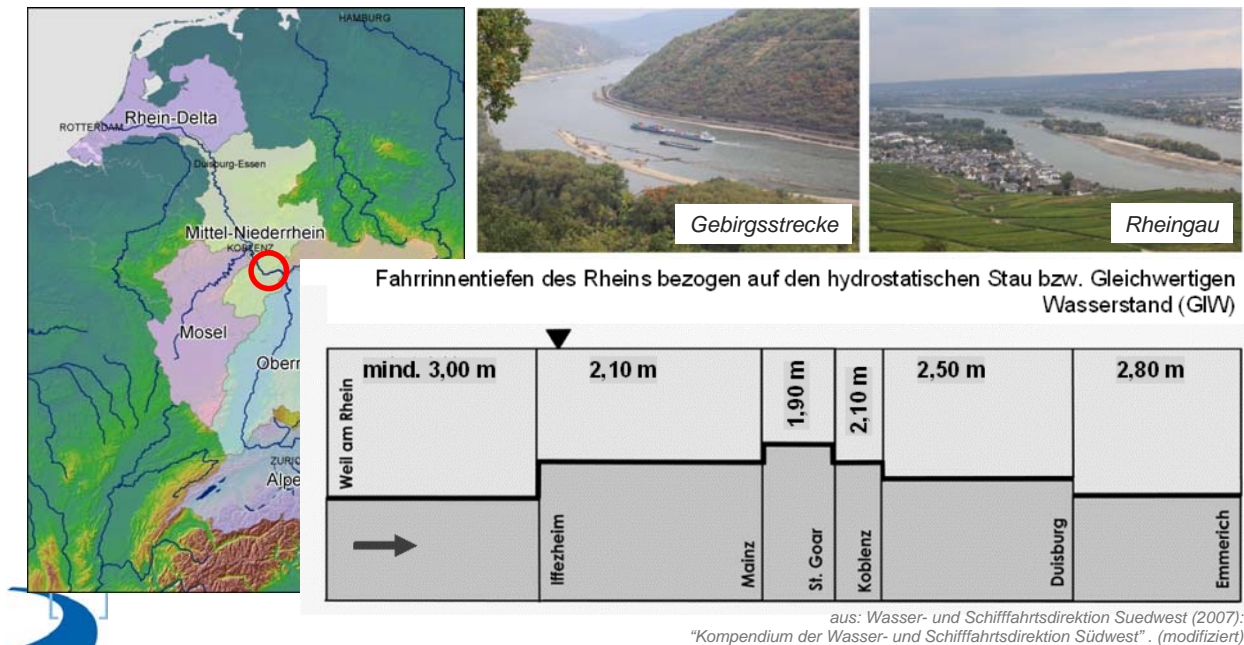


Einordnung in Modellkette
(Vorhaben „Hydrologie Binnenbereich“)



3. Pilotstrecke

Mainz – St. Goar (Rhein-km 493,00 – 557,50) → beinhaltet unter heutigen Abflussbedingungen maßgebliche Engpässe des frei fließenden Rheins

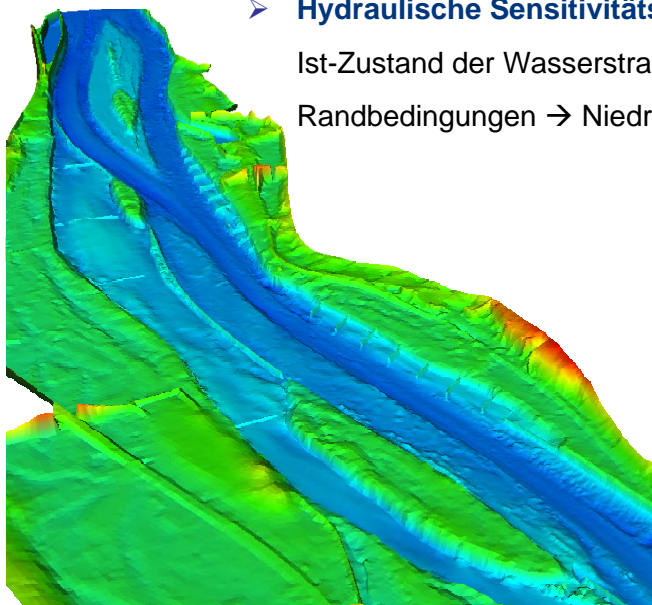


aus: Wasser- und Schifffahrtsdirektion Suedwest (2007): "Kompendium der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest". (modifiziert)

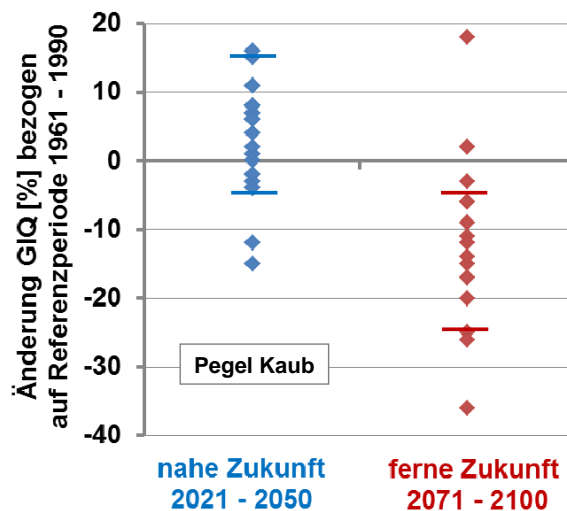
4. Analyse des heutigen NW-Ausbaus

Identifikation potenzieller klimabedingter Engstellen

- **Hydraulische Sensitivitätsanalyse (TELEMAC-2D):**
Ist-Zustand der Wasserstraße unter veränderten hydrologischen Randbedingungen → Niedrigwasserkenngröße **GIQ - 5% bis GIQ - 25%**

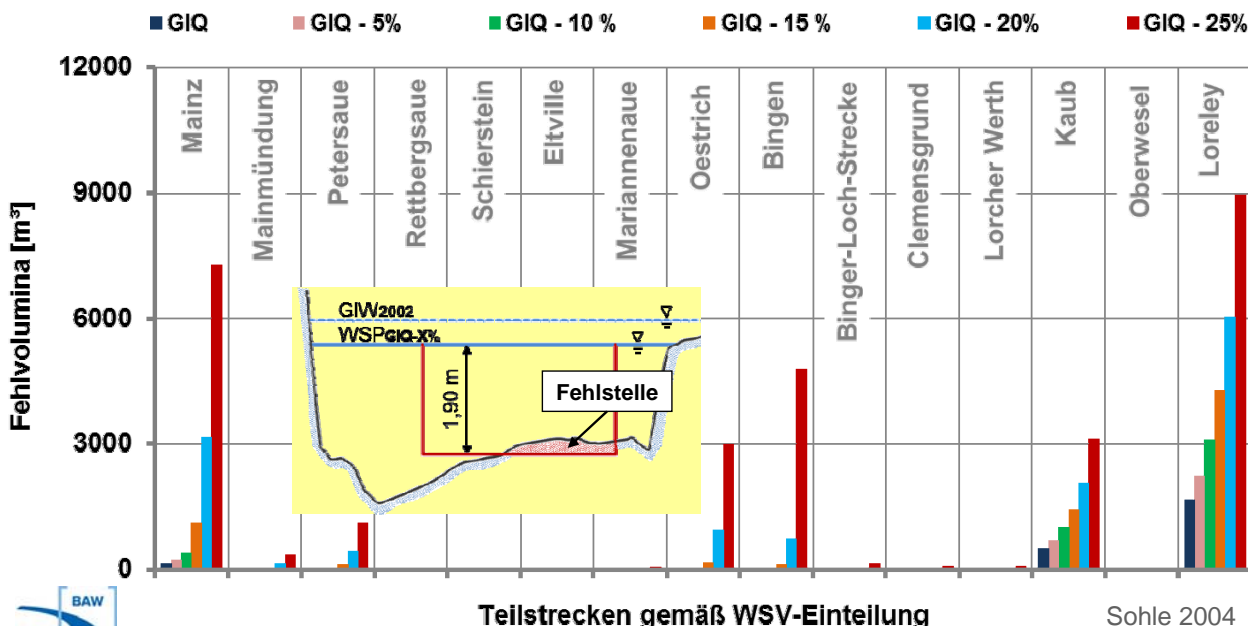


Ausschnitt aus 2D-Strömungsmodell
Mainz – St. Goar (Rhein-km 493,00 – 557,50)



4. Analyse des heutigen NW-Ausbaus

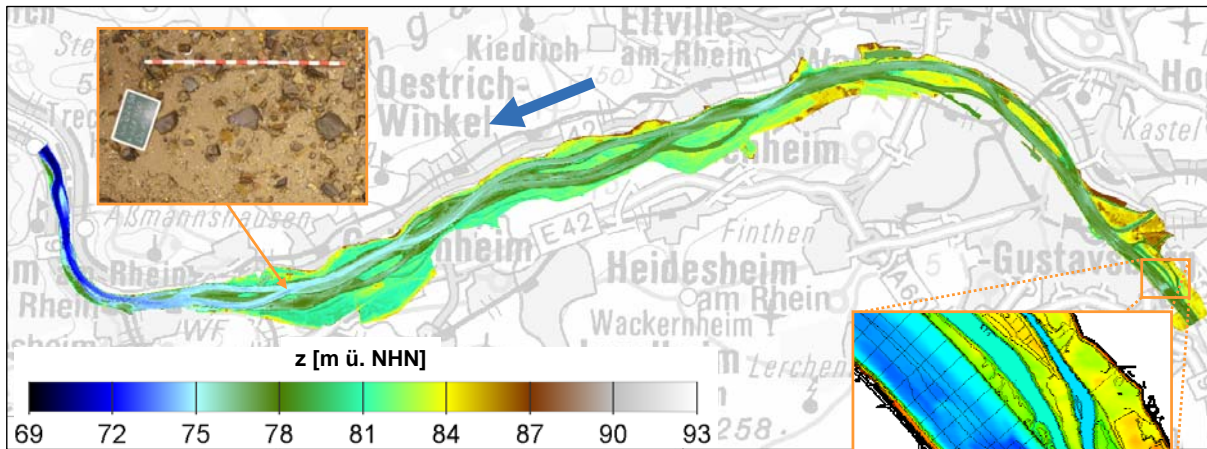
Volumina der Fehlstellen infolge reduzierter Niedrigwasserabflüsse GIQ – X %



Sohle 2004

5. Morphodynamische Analyse

2D-Feststofftransportmodell (Rhein-km 493,00 – 535,36)



- Analyse morphologischer Änderungen/
potenzieller Unterhaltungsaufwand
- Auswirkung verkehrswasserbaulicher
Anpassungsoptionen auf Unterhaltungsaufwand



Geschiebefang Mainz-Weisenau:
1997 – 2011: 25 Leerungen
(insg. $1,94 \cdot 10^6$ t Sediment)

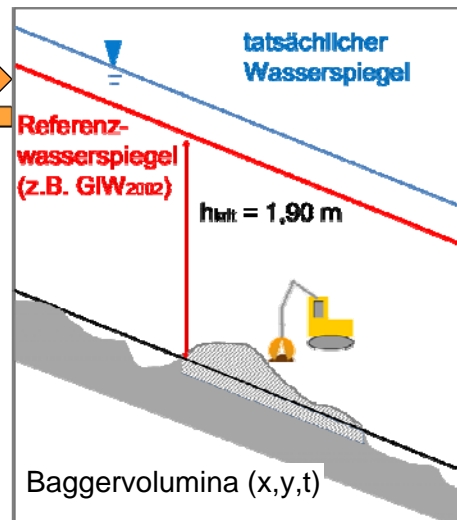
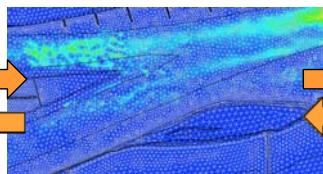
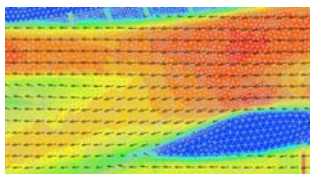
5. Morphodynamische Analyse

Methodik + Randbedingungen

2D-Hydrodynamik
TELEMAC-2D

2D-Morphodynamik
Sisyphé

Bagger- und Verklappmodul
DredgeSim



Randbedingungen:

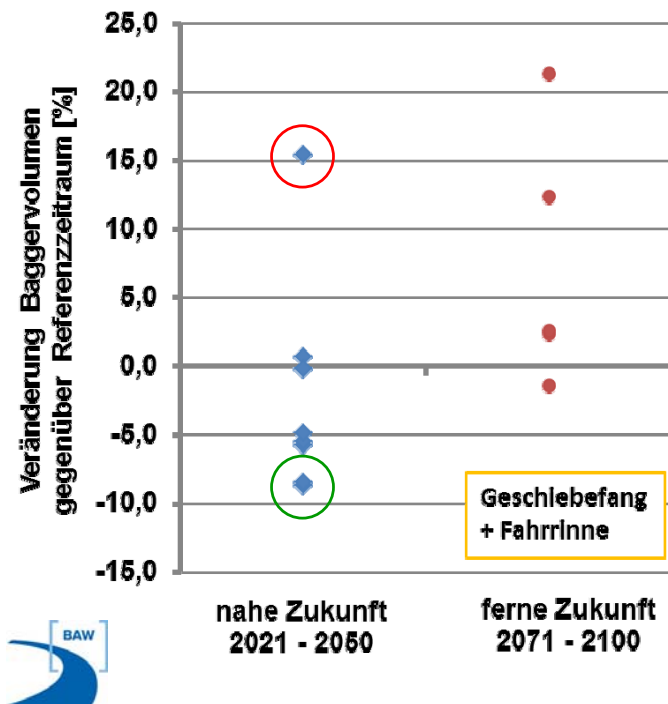
- Nahe Zukunft: 8 Ganglinien à 30 Jahre
- Ferne Zukunft: 5 Ganglinien à 30 Jahre

Decken Bandbreite der Änderungen der Niedrig-, Mittel- und Hochwasserkenngößen ab



5. Morphodynamische Analyse

Änderung Baggermengen gegenüber Referenzperiode 1961-1990



GIQ : - 15 %
MQ : + 2 %
HM7Q : + 5 %
Sedimenteintrag: + 8 %
 Bagger volumina **Fahr rinne**: + 123 %
 Bagger volumina **Geschiebef.**: + 15 %

GIQ : + 6 %
MQ : - 1 %
HM7Q : + 4 %
Sedimenteintrag: - 2 %
 Bagger volumina **Fahr rinne**: - 18 %
 Bagger volumina **Geschiebef.**: - 5 %

6. Verkehrswasserbauliche Anpassungsoptionen

Anpassung der Fahr rinne an potenziell veränderten Bezugswasserstand (GIQ – X %)

Unterhaltung auf **gesamter FR-Breite**

Nachteil: Hoher Unterhaltungsaufwand

Unterhaltung auf **reduzierter FR-Breite**
(„Abgestufte Fahr rinne“)

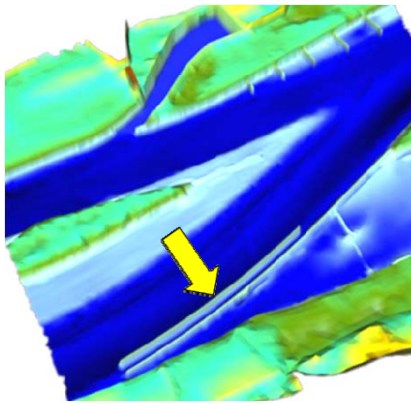
(Mindestfahr rinnenbreite aus KLIWAS-Projekt „Ermittlung notwendiger Fahr rinnenbreiten“)

Vorteile: Geringerer Unterhaltungsaufwand
Geringerer Wasserspiegelverfall

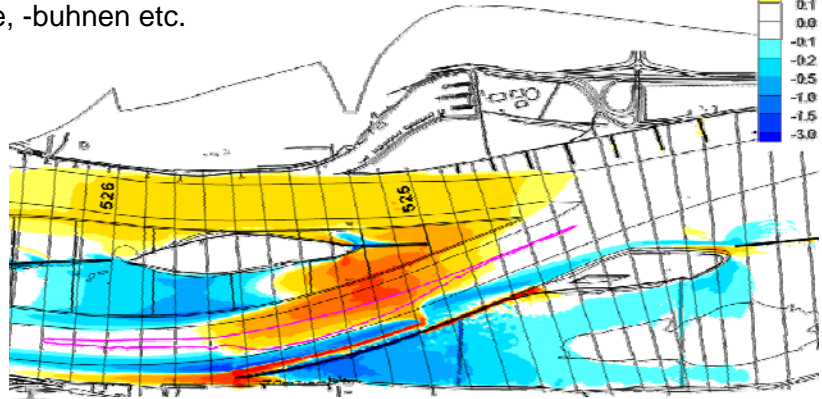
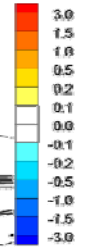
6. Verkehrswasserbauliche Anpassungsoptionen

Regelungsmaßnahmen zur Reduzierung der Anlandungstendenzen in Tiefenengstellen

- Konventionelle Regelungsmaßnahmen: Längswerke, Bühnen etc.
- Flexible, temporär wirkende Regelungsmaßnahmen: Schlauchwehre, -bühnen etc.



Differenz der Sohlschubspannungen [N/m²] bei bettbildendem Abfluss (Längswerk + Abgestufte Fahrrinne) minus (Ist-Zustand)



Beispiel: Längswerk zur Unterstützung der abgestuften Fahrrinne im Kemptener Fahrwasser

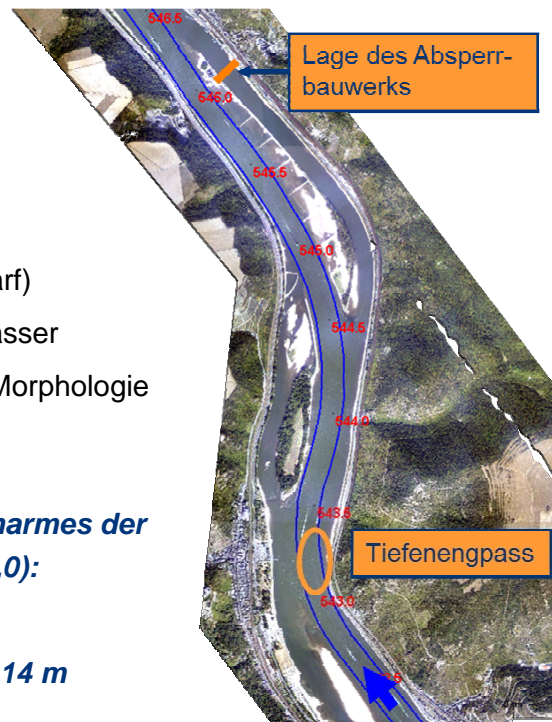
6. Verkehrswasserbauliche Anpassungsoptionen

Regelungsmaßnahmen zur Anhebung des Wasserspiegels

- Konventionelle Regelungsmaßnahmen: Längswerke, Bühnen etc.
- **Flexible, temporär wirkende Regelungsmaßnahmen: Schlauchwehre, -bühnen etc.**
(Konstruktive Umsetzung → Untersuchungsbedarf)
→ Entfaltung der Wirkung lediglich bei Niedrigwasser
→ Hochwasserneutral, geringe Auswirkung auf Morphologie

Beispiel: **Temporäre Absperrung des Nebenarmes der Stromverzweigung (Rhein-km 546,0):**

Tiefenengpass bei $GIQ_{2002} - 25\%$:
Erhöhung der Fahrwassertiefe um **0,14 m**



6. Verkehrswasserbauliche Anpassungsoptionen

Flexible, temporär wirkende Regulationsmaßnahmen

Stand 2. KLIWAS-Statuskonferenz 2011:

Nahezu keine Erfahrungen am Rhein

Aktuell: 2 Projekte mit flexibler Regelung an Niederrhein und Waal (Rijkswaterstaat, NL)

- Bau Uferrinne Oberrhein (Rhein-km 865,2 – 867,3)

mit flexiblen Ein-/Auslassöffnungen

- Bau Pilotlängsdämme Waal (911,5 – 922,0)

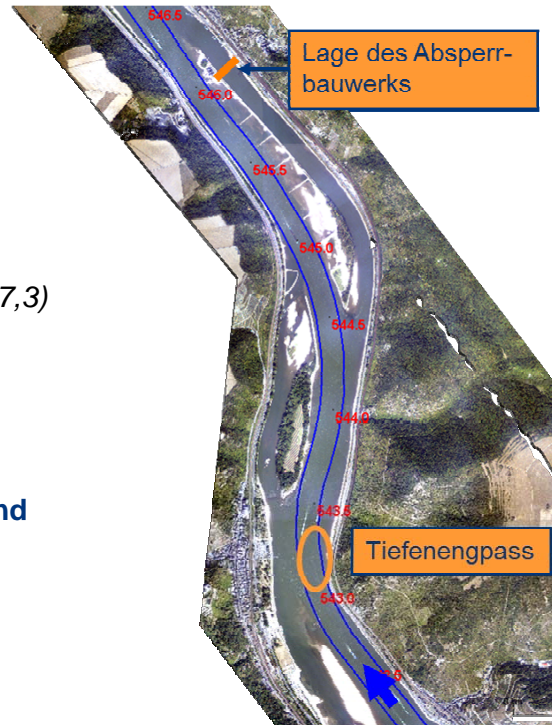
mit flexibel einstellbaren Einläufen

u.a. zur Anhebung niedriger Wasserstände und

zur Kontrolle der Sohlenlagen

(Quelle: Protokolle 22 und 23 der Herbstsitzung 2011 der

Zentralkommission für die Rheinschifffahrt ZKR)



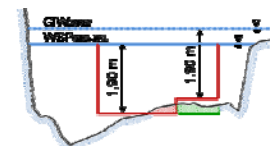
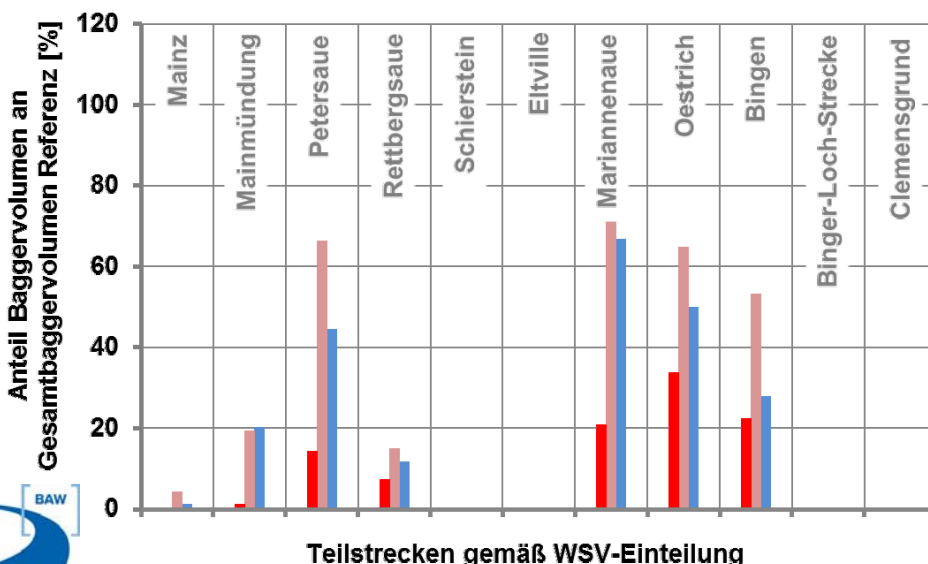
7. Auswirkung der Anpassungsoptionen auf die Unterhaltung

▪ Abgestufte Fahrrinne

Änderung Baggervolumina Fahrrinne

Ferne Zukunft (pessimistisch) ohne Anpassung: + 196 %

Ferne Zukunft (pess.) + Abgestufte Fahrrinne: + 122 %



- Referenz (Summe: 100%)
- Ferne Zukunft pessimistisch (Summe: 296%)
- Ferne Zukunft pessimistisch + Abgestufte Fahrrinne (Summe: 222%)

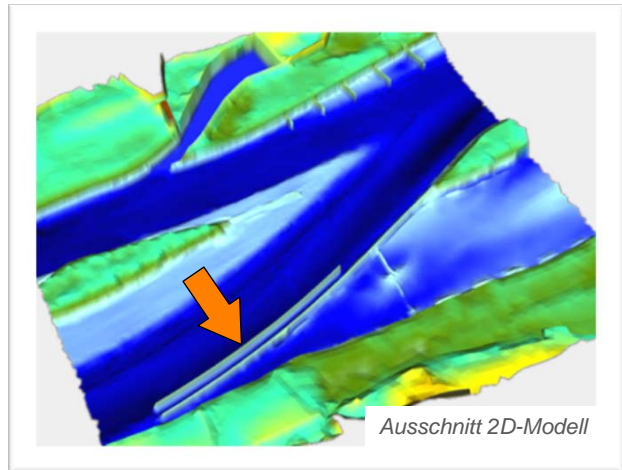
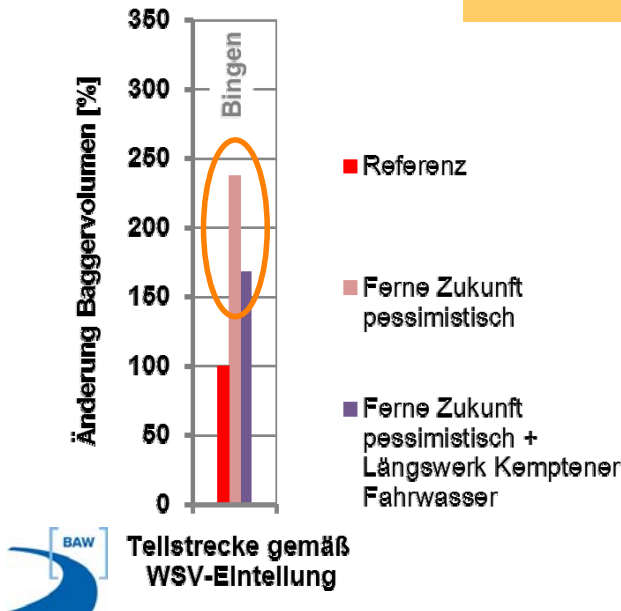


7. Auswirkung der Anpassungs- optionen auf die Unterhaltung

- **Längswerk
Kemptener Fahrwasser**

Änderung Baggervolumina Teilstrecke Bingen

Ferne Zukunft (pessimistisch) ohne Anpassung: **+ 137 %**
 Ferne Zukunft (pess.) + **Längswerk**: **+ 69 %**

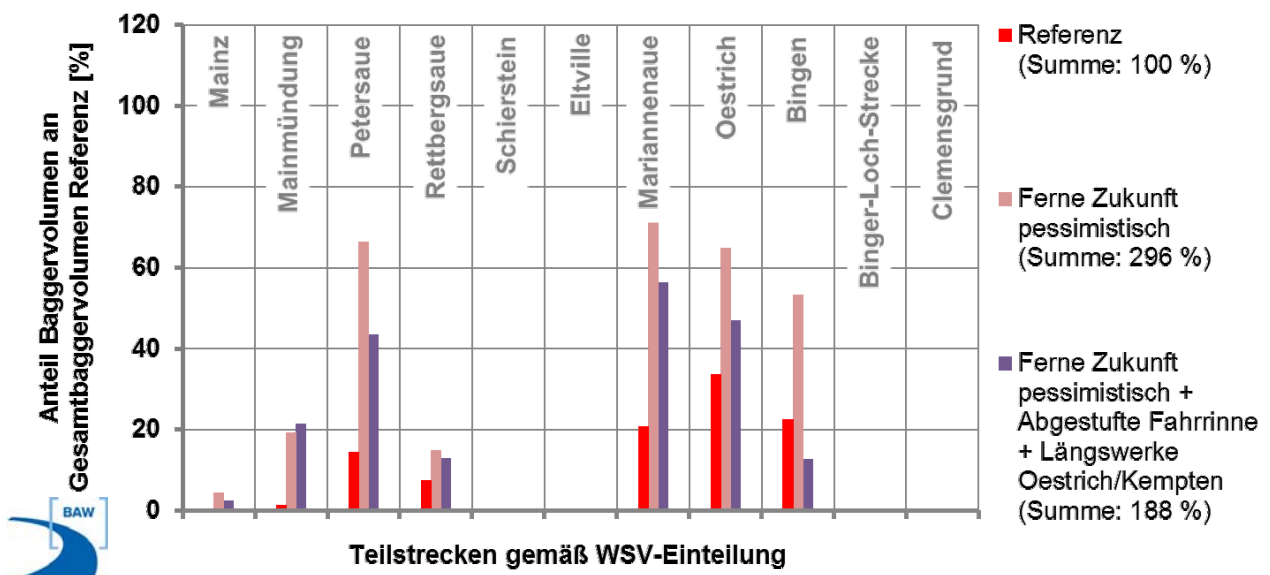


7. Auswirkung der Anpassungs- optionen auf die Unterhaltung

- **Abgestufte Fahrrinne
+ Längswerke Oestrich/
Kemptener Fahrwasser**

Änderung Baggervolumina Fahrrinne

Ferne Zukunft (pessimistisch) ohne Anpassung: **+ 196 %**
 Ferne Zukunft (pess.) + **Abgest. Fahrrinne + LW**: **+ 88 %**



Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse:

Nahe Zukunft: Keine eindeutige Tendenz erkennbar

Ferne Zukunft: Klimabedingte Verringerung erwartet → Verschärfung der Engpassstellen

▪ Aus technischer Sicht geeignete verkehrswasserbauliche Anpassungsmaßnahmen:

→ abgestuft unterhaltene Fahrrinne

→ konventionelle und flexible Regelungsmaßnahmen

▪ Unterhaltungsmaßnahmen stellen flexibelste Form der Anpassung dar

▪ Unterhaltungsmengen hängen stark vom zukünftigen Bezugswasserstand ab

▪ Die Ergebnisse sind streckenspezifisch und nicht direkt übertragbar

➤ **Verkehrswasserbauliches Anpassungspotenzial an Klimawandel ist vorhanden**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Projekt: Verkehrswasserbauliche Regelungs- und
Anpassungsoptionen an klimabedingte Veränderungen
des Abflussregimes (4.03)

Sven Wurms

sven.wurms@baw.de

Michael Schröder

michael.schroeder@baw.de