

Numerische Sedimenttransportuntersuchungen - Beispiele aus der Ingenieurspraxis

DI Georg Puchner

ÖGH Vortragsreihe: „Junge Hydrologie Österreichs“

Wien, 11. November 2010

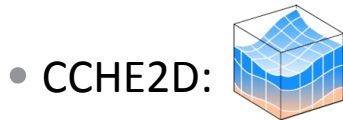
Inhalt

- Übersicht angewandeter Simulationssoftware
- Spülmanagement geplanter Hochgebirgsspeicher Pakistan (CCHE2D)
- Stauraumverlandung eines geplanten Kraftwerks (SRH-1D)
- Ermittlung der Anlandungscharakteristik im Kraftwerksstauraum (CCHE2D)
- Zusammenfassung

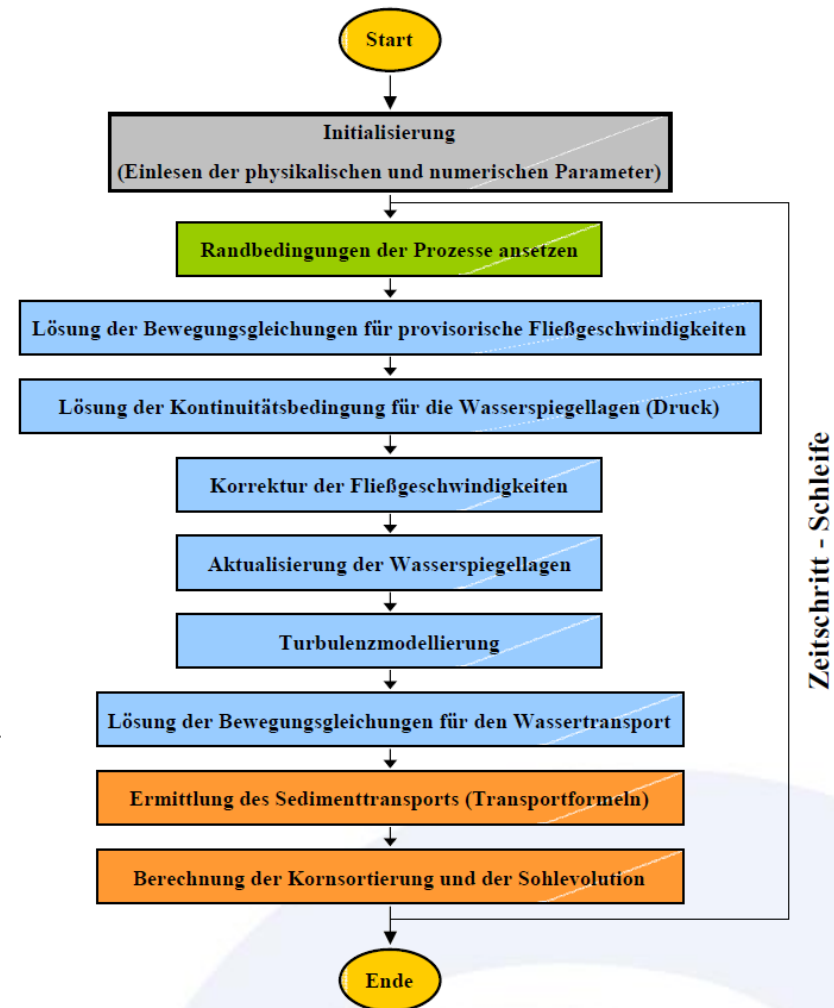
Übersicht der angewendeten Simulationssoftware

- SRH-1D (vormals GSTAR-1D)
 - Entwickler/Herausgeber:
Sedimentation and River Hydraulics Group of the U.S. Bureau of Reclamation, Denver, USA
 - Instationäres 1D Abfluss- und Sedimenttransportmodell
 - Querprofile, Lösung mittels Finite Differenzen Schema
 - Interne Randbedingungen (Wasserstands-GL, Durchfluss-GL, WQ-Beziehung, Bauwerke)
 - Laterale Zuflüsse (punktuell oder diffus)
 - Mehrkornmodell inkl. Simulation der Sortierung des Bettmaterials
 - Mehr-Layer Technik für Bodenschichtungen
 - 17 Ansätze zur Ermittlung der Transportkapazität

Übersicht der angewendeten Simulationssoftware



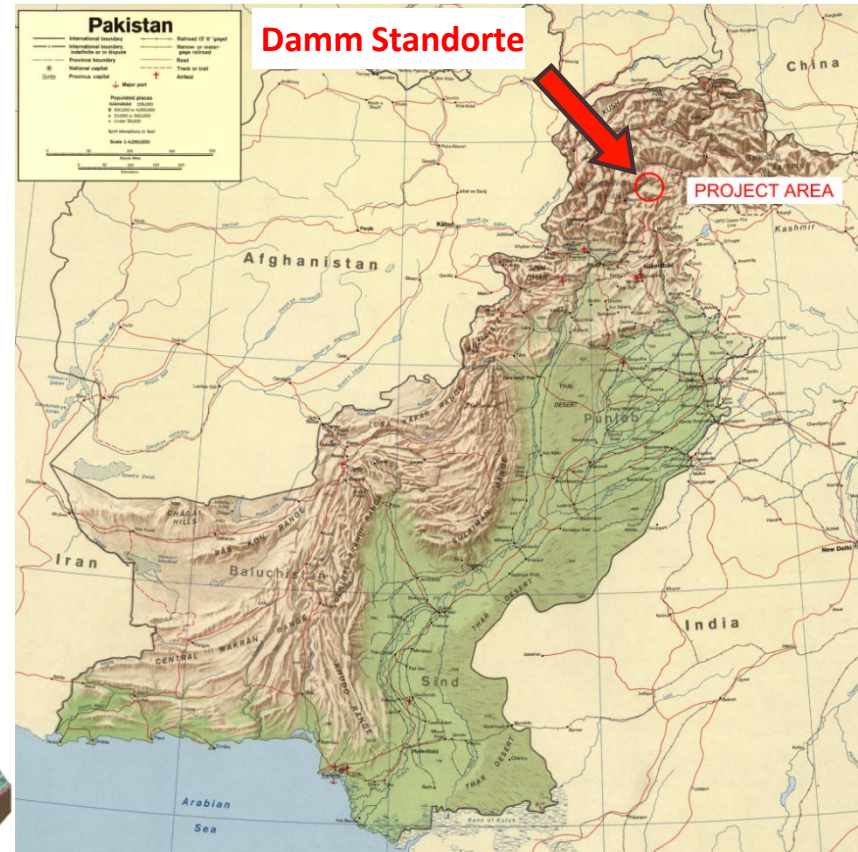
- Entwickler/Herausgeber: *National Center for Computational Hydroscience and Engineering NCCHE*, University of Mississippi, USA
- 2D tiefengemitteltes Abfluss- und Sedimenttransportmodell
- Strukturiertes krummliniges Vierecksnetz
- Effiziente Elementen Methode (Wang & HU, 1993)
- 3 Turbulenzansätze (parabolisches Wirbelviskositätsmodell, Mischungslängen Modell und $k-\varepsilon$ Modell)
- Mehrkornmodell (bis zu 8 Fraktionen)
- Mehr-Layer Technik für Bodenschichtungen
- 4 Ansätze zur Ermittlung der Transportkapazität



Flussdiagramm von CCHE2D

Spülmanagement Hochgebirgsspeicher Pakistan

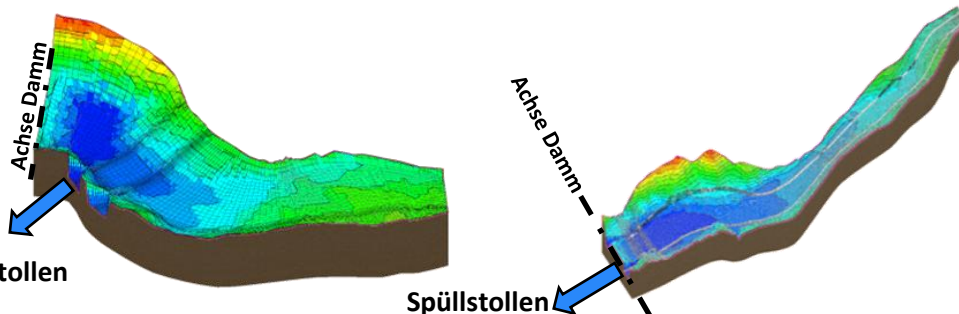
- Kurzbeschreibung:
 - 2 geplante Hochgebirgsspeicher an Zubringern des Indus (jeweils der unterste einer 3er-Kaskade)
 - Hohes Gefälle, hohe Sedimentfrachten und sehr große Korndurchmesser (bis > 1m)
- Fragestellung:
 - Ermittlung der maximalen Korndurchmesser, die bei Spülung (HQ_1) in den Spülstollen gelangen könnten (Beschädigung)
 - Software: CCHE2D



Lage des Projektgebiets

Mesh: Lower Spat Gah Dam

Mesh: Lower Palas Dam



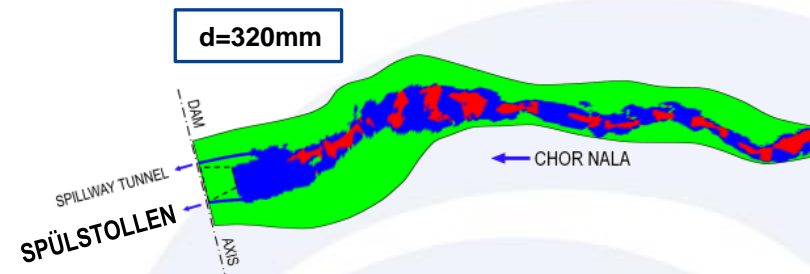
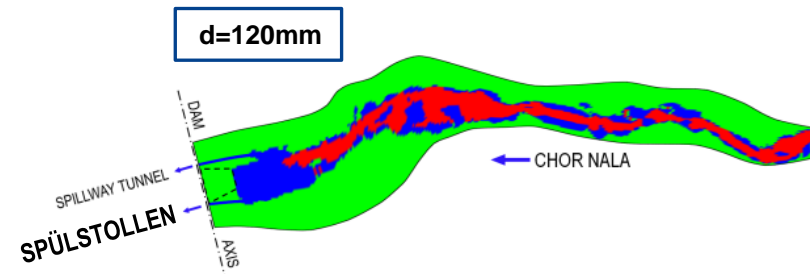
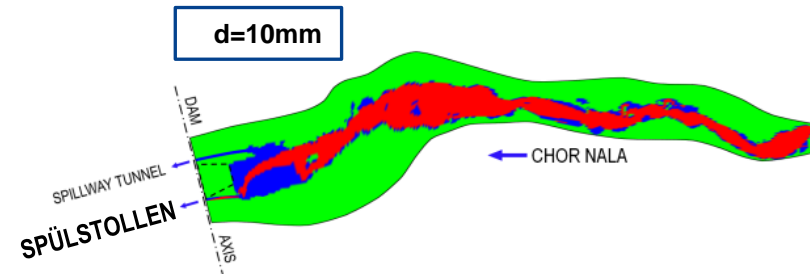
Spülmanagement Hochgebirgsspeicher Pakistan

- Ergebnis:

- Plausible Modellierung des Geschiebetransports nicht möglich (begrenzter Anwendungsbereich von Transportformeln, etc.)
- Daher: Ermittlung der kritischen Sohlschubspannung τ_{krit} nach Shields (1936) mit 10% Bewegungsrisiko nach Zanke (1990) für verschiedene Korndurchmesser
- Vergleich der modellierten Sohlschubspannung mit τ_{krit}

■ kein Transport
■ Transport
■ Gelände

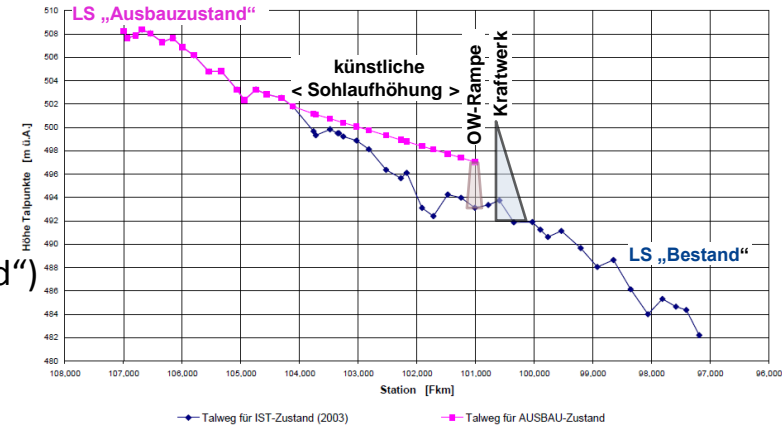
Ergebnisse: Lower Palas Dam



Stauraumverlandung geplantes Kraftwerk

- Kurzbeschreibung:

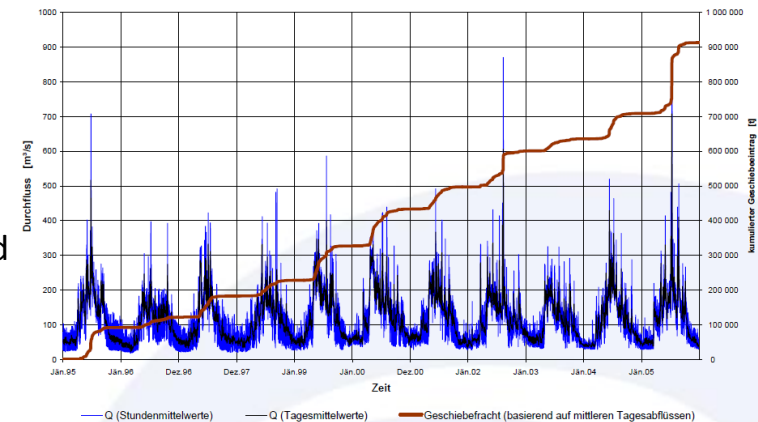
- Laufkraftwerk im alpinen Bereich
- OW-Rampe im Stauraum zur Reduktion der Stauwirkung, Aufhöhung der Flusssohle mit Gefällevereinerlichung
- Modelllängen 10km („Bestand“) bzw. 6km („Ausbauzustand“)
- Software: SRH-1D



Sohlage Bestand und Ausbauzustand

- Kalibrierung

- Instationär Zeitraum 10 Jahre
- SOLL-Wasserspiegellagen aus hydrodynamischen 1D-Modell
- IST-Zustand Sohle (insgesamt stabile Sohlage, lokale Umlagerungen bis zu 0,5m)
- Variable Korngrößenverteilung im Längsverlauf für Deck- und Unterschicht
- Geschiebeeintrag abhängig vom Durchfluss (Ermittlung über Korrelation mit Funktion für Schwebstofffracht)



Abflussganglinie und Geschiebetracht

Stauraumverlandung geplantes Kraftwerk

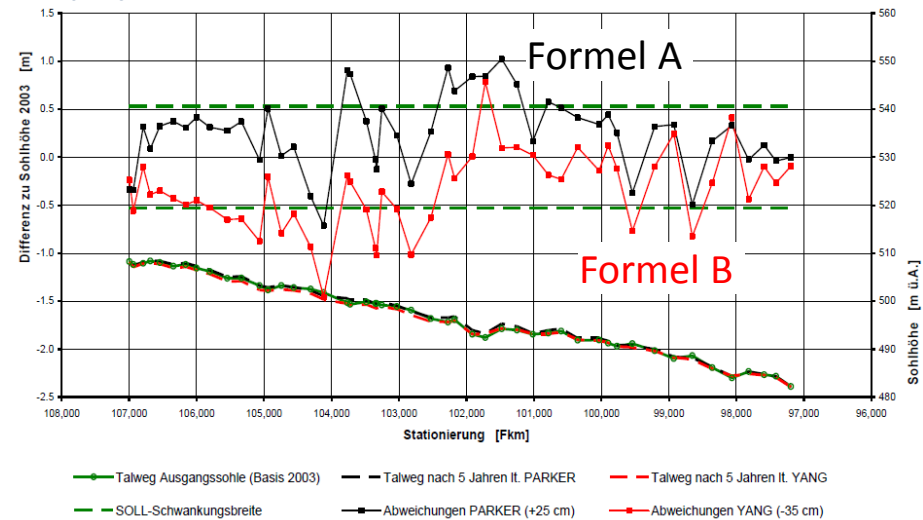
- Sensitivitätsanalysen:

- Aufgrund der Daten- und Modellunsicherheit unbedingt erforderlich
- Transportformel, Geschiebeeintrag, numerische Parameter, ...

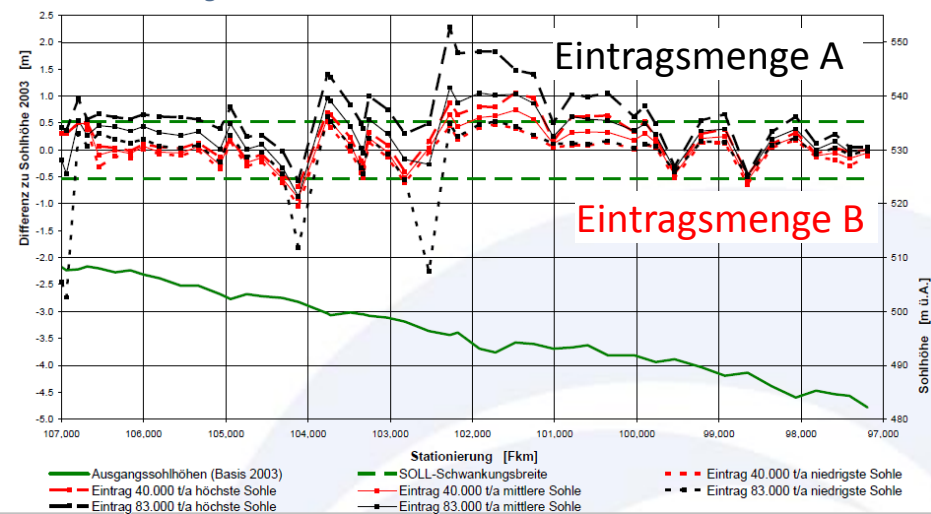
- Fazit:

- Charakteristik wird wiedergegeben
- Absolutwerte kritisch hinterfragen (modellbedingt erhöht)
- Korrektur durch Differenzenbildung der Modelle „Bestand“ und „Ausbauzustand“ möglich

Transportformel



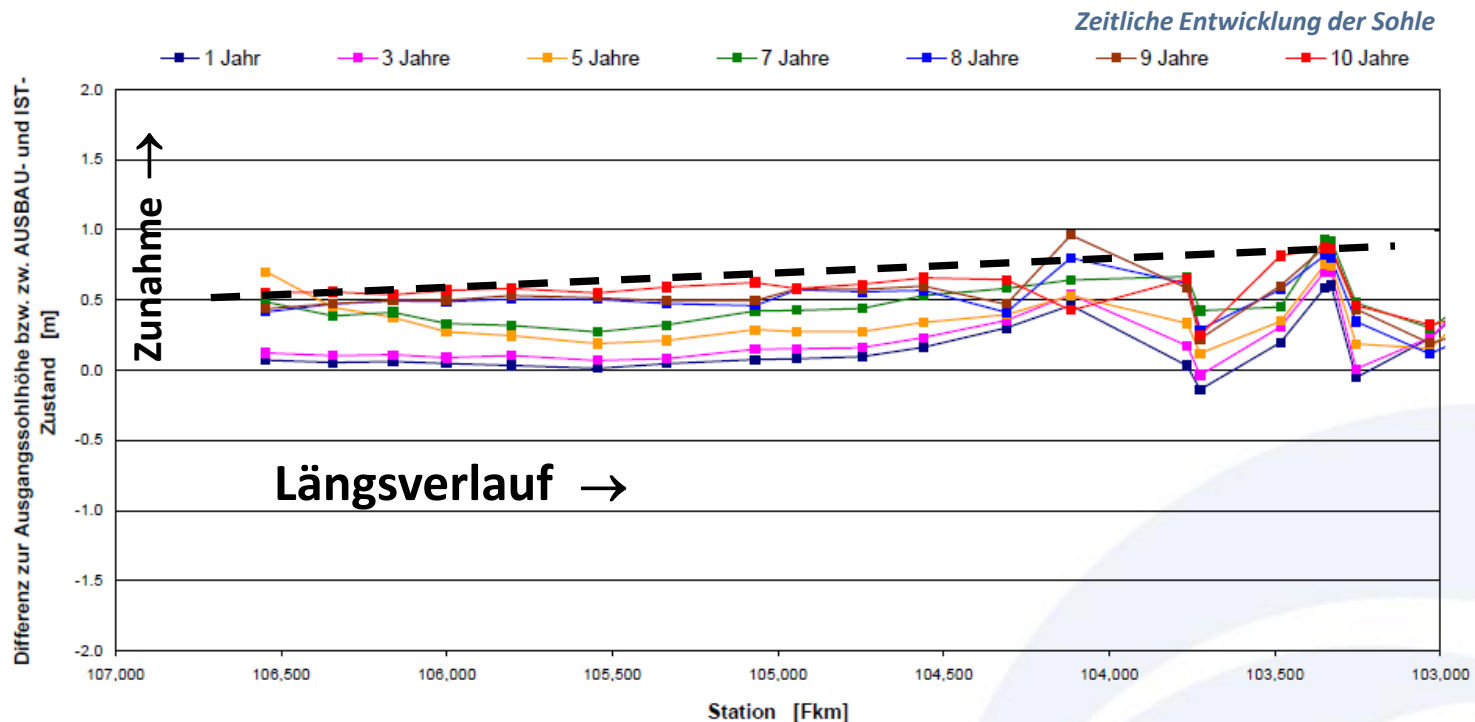
Geschiebeeintrag



Stauraumverlandung geplantes Kraftwerk

- Simulationsergebnisse:

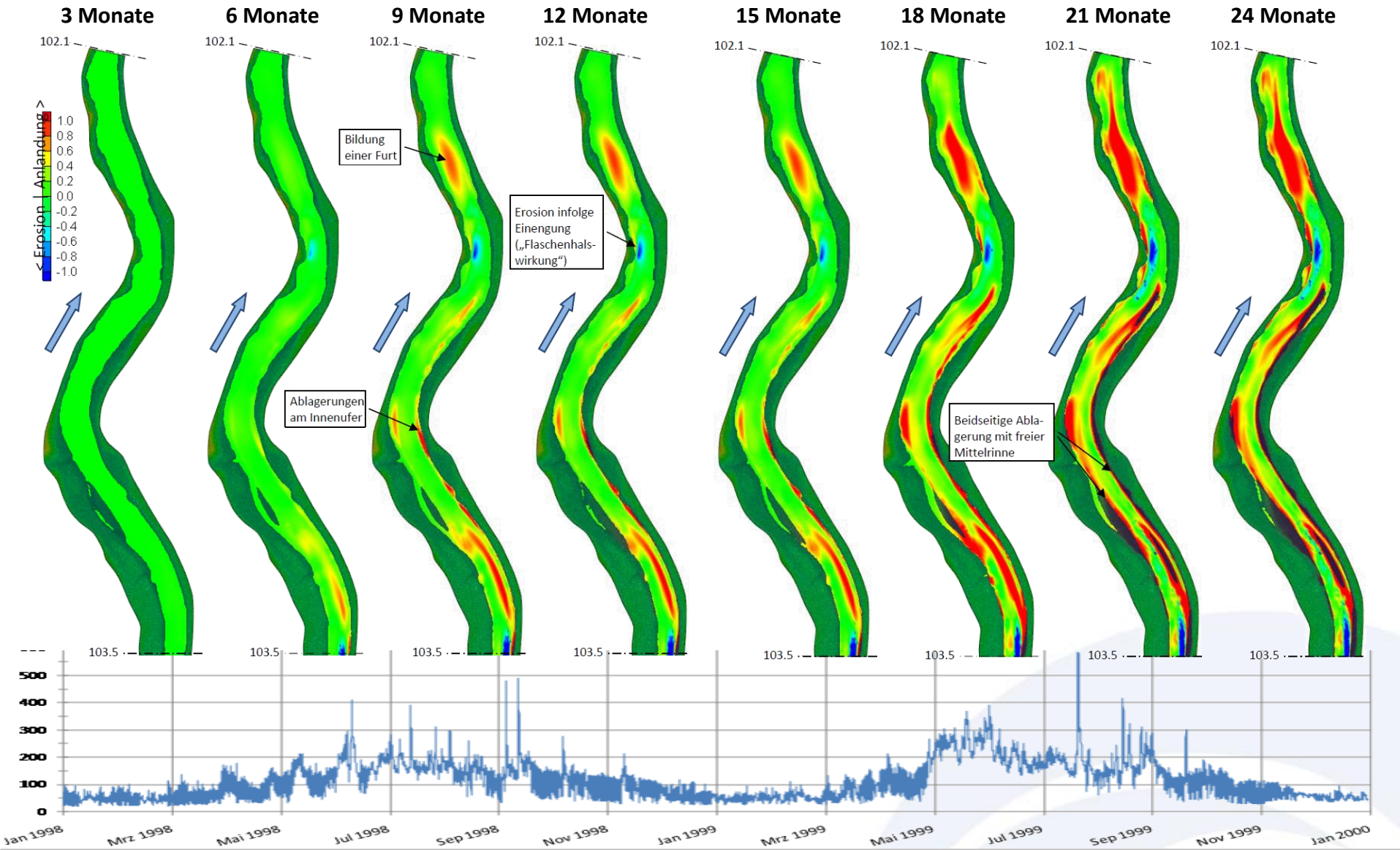
- Erreichen des Gleichgewichtszustands mit einer stabilen Sohllage nach ca. 7-8 Jahren
- Ermittlung mittels:
 - der Höhenänderung der Querprofil-Talpunkte und
 - der Bilanzierung der Anlandungs- und Erosionsvolumina



Ermittlung Anlandungscharakteristik im KW-Stauraum

- Kurzbeschreibung:
 - Vorangegangene 1D-Simulation liefert nur Anlandungsvolumen
 - Verteilung und Ausmaß der Anlandungszonen entscheidend für die resultierenden Strömungsverhältnisse (ökologische und schutzwasserbauliche Beurteilung)
 - Software: CCHE2D
- Ziel:
 - Verifizieren flussmorphologischer Gesetzmäßigkeiten für den Ausbauzustand an einem rd. 1,5km langen Abschnitt der OW-Sohlaufhöhung
 - Festlegen einer realistischen Anlandungsgeometrie für die hydrodynamische Modellierung
- Eingangsdaten:
 - Geometrie: bestehendes hydrodynamisches Modell für den Ausbauzustand
 - Korngrößenverteilung und Geschiebeeintrag: 1D-Sedimenttransportmodell
 - Zuflussganglinie: sehr dynamische 2-Jahresreihe (3x HQ_1 überschritten)

Ermittlung Anlandungscharakteristik im KW-Stauraum



Zusammenfassung:

- Generell:
 - Modellgrenzen bzw. zulässige Einsatzbereiche der empirischen Transportformeln beachten
 - Extremereignisse sind sehr schwierig nachbildbar
 - Absolutwerte der Ergebnisse kritisch hinterfragen
 - Meist zu geringe Verfügbarkeit der notwendigen Sedimentdaten
- Anwendungen 1D:
 - Längerfristige Entwicklungen
 - Größere Gewässerabschnitte
 - Vernachlässigung lokaler Besonderheiten ist zulässig
- Anwendungen 2D:
 - Ermittlung der Erosions- und Anlandungscharakteristik
 - Geeignet für kürzere Teilabschnitte mit ausreichend Eingangsdaten
 - In bestimmten Fällen Kombination aus hydrodynamischer Modellierung der Sohlschubspannungen und Vergleich mit nach empirischen Formeln ermittelten kritischen Sohlschubspannungen sinnvoll