



Feststoffhaushalt, Sedimenttransport und Flussmorphologie

Univ.Prof. DI Dr. Helmut Habersack
Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung
Universität für Bodenkultur Wien

Inhalt

1. Problembeschreibung
2. Globale und europäische Dimension
3. Nationale Ebene
4. Beispiel Donau
5. Übergeordnete Sedimentbewirtschaftung
6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Wasserrahmenrichtlinie

Warum ist die Berücksichtigung von **Feststoffhaushalt und Flussmorphologie** wichtig?

- Probleme im Zusammenhang mit Sedimentüberschuss (zB Speicherverlandung)
- Probleme im Zusammenhang mit Sedimentdefizit (zB Sohleintiefung)
- Probleme im Bereich der Ökologie

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Wasserrahmenrichtlinie

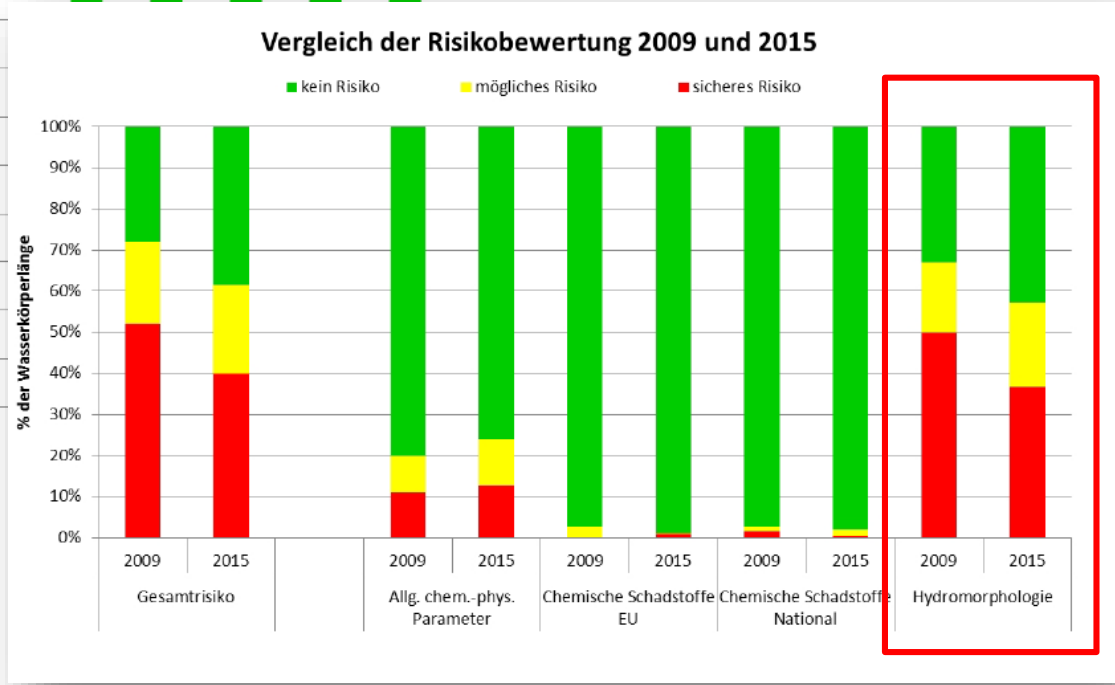
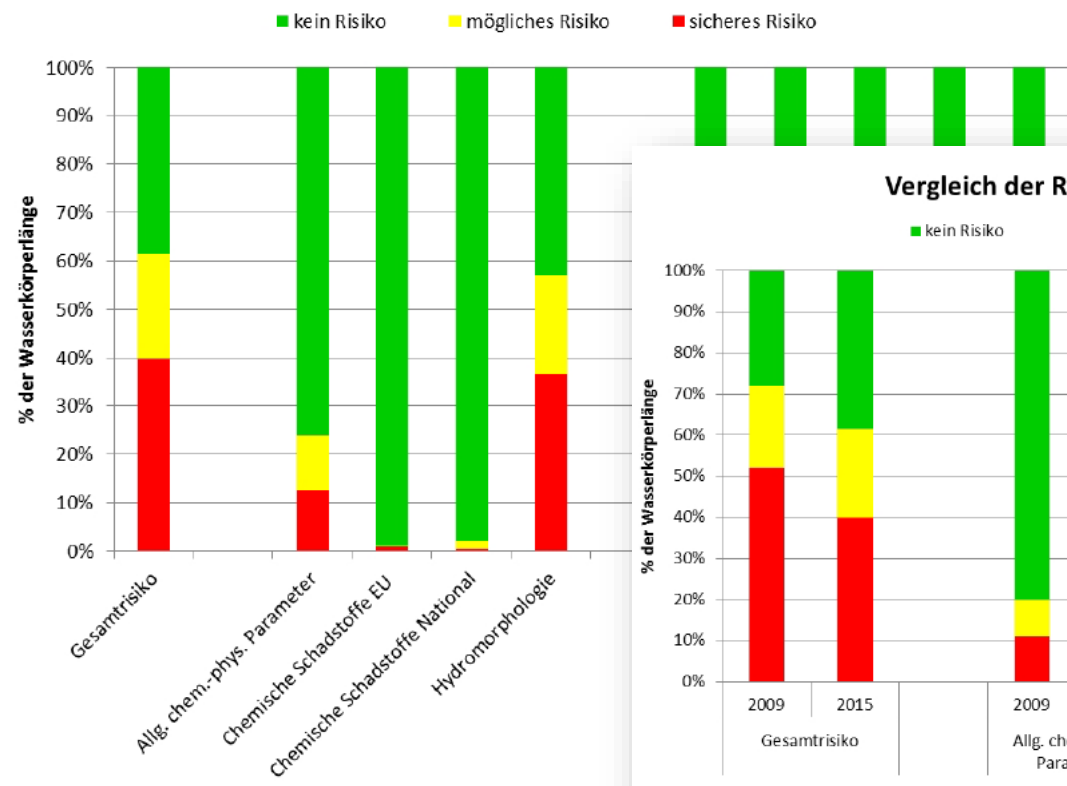
Hydromorphologische Qualitätskomponenten	Sehr guter Zustand
Wasserhaushalt	Menge und Dynamik der Strömung und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grundwasser entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.
Durchgängigkeit des Flusses	Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten .
Morphologie	Laufentwicklung, Variationen von Breite und Tiefe, Strömungsgeschwindigkeiten, Substratbedingungen sowie Struktur und Bedingungen der Uferbereiche entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse.

(2000/60/EC, Annex V)

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Wasserrahmenrichtlinie – NGP 2

Verteilung des Risikos in den Fließgewässern



(BMNT, NGP 2015)

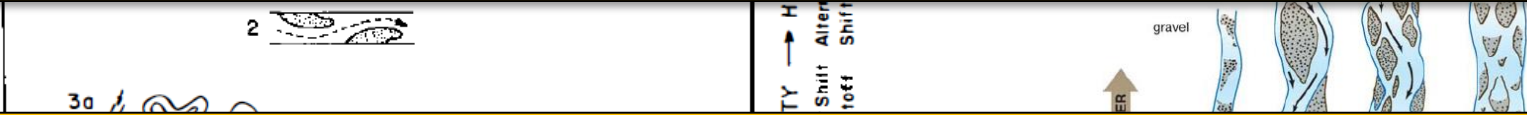
Abhängigkeit der Morphologie vom Sedimenteintrag

INCREASING SEDIMENT SUPPLY →

bed material dominated channels

Ohne Sedimenteintrag keine Anlandungen → ohne Anlandungen begrenzte laterale Erosion → begrenzte Morphodynamik → beeinträchtigte Morphologie

CHANNEL PATTERN
STRAIGHT

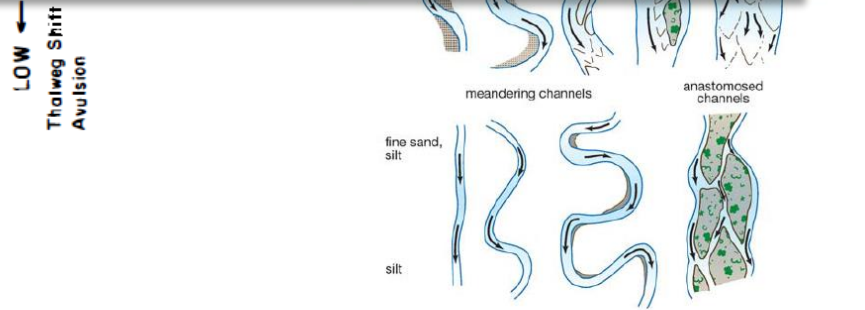
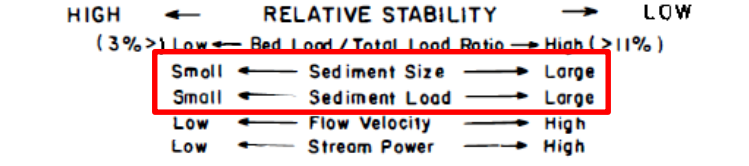


Wenig Sedimenteintrag → automatische Einengung des Flusslaufs Aufweitungsmaßnahmen ohne Berücksichtigung des Sedimenteintrags nicht zielführend

CHANNEL PATTERN
MEANDERING



BRAIDED



HIGH ← RELATIVE STABILITY → LOW
(3% >) Low ← Red Load / Total Load Ratio → High (> 11%)

Small ← Sediment Size → Large
Small ← Sediment Load → Large
Low ← Flow Velocity → High
Low ← Stream Power → High

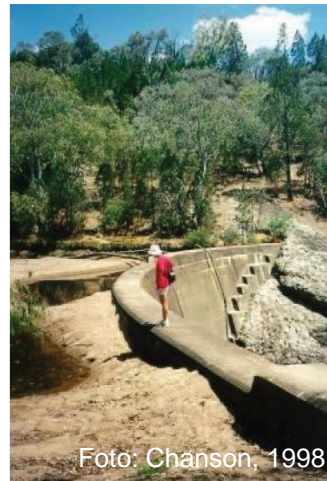
Schumm (1985)

Church (1992, 2006)

wash material dominated channels
Decreasing channel stability →

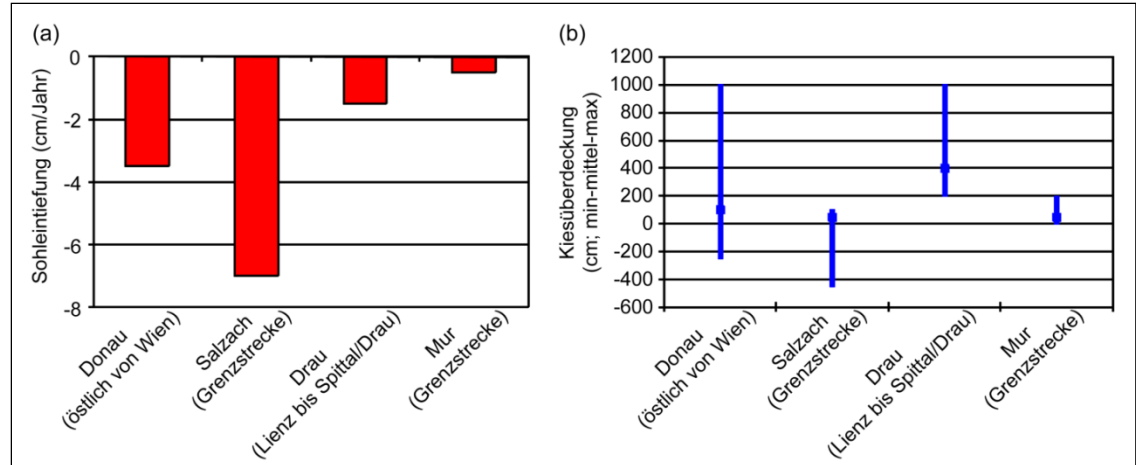
Problemstellung

Sedimentkontinuum – Überschuss



Problemstellung

Sedimentkontinuum – Defizit



(Habersack et al., 2012)

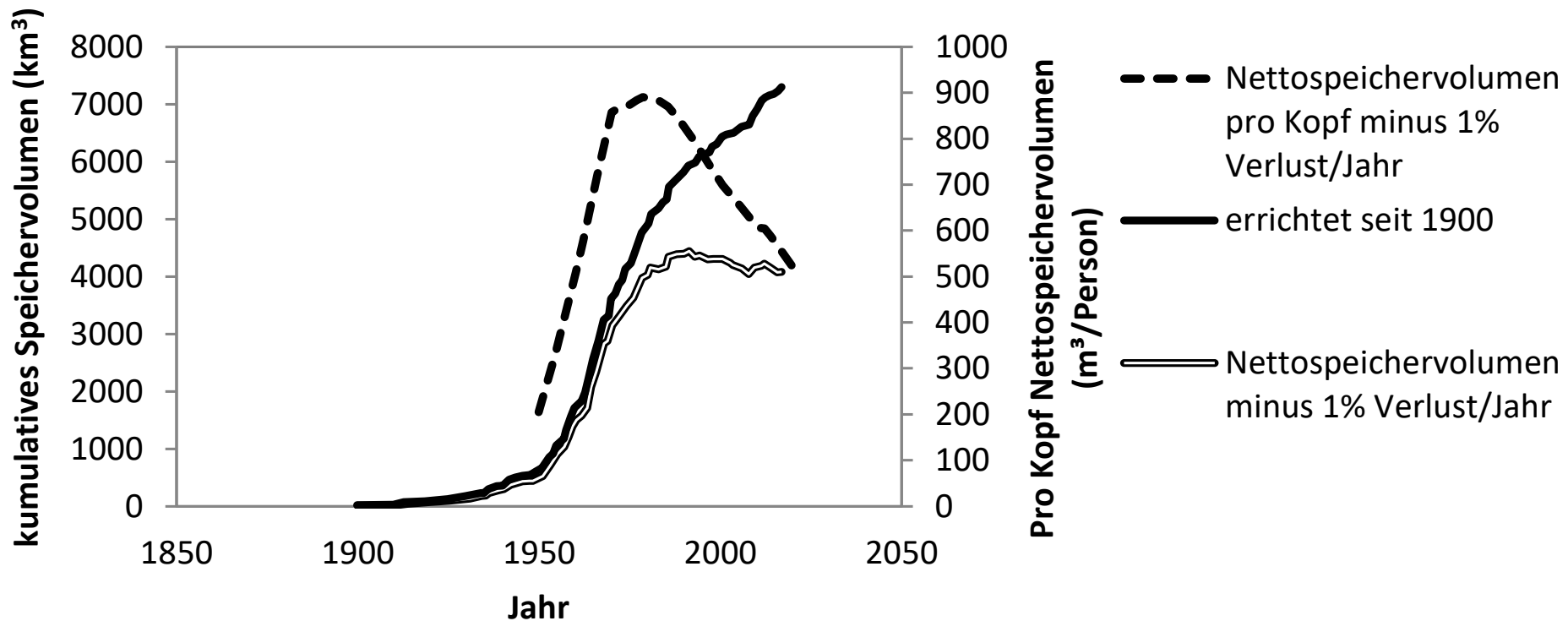


(Hengl, 2004)

Globale Dimension

Entwicklung der globalen Stauraumverlandung

Globales Speichervolumen



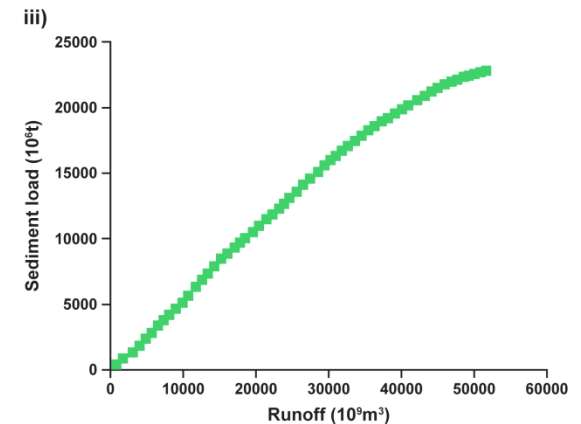
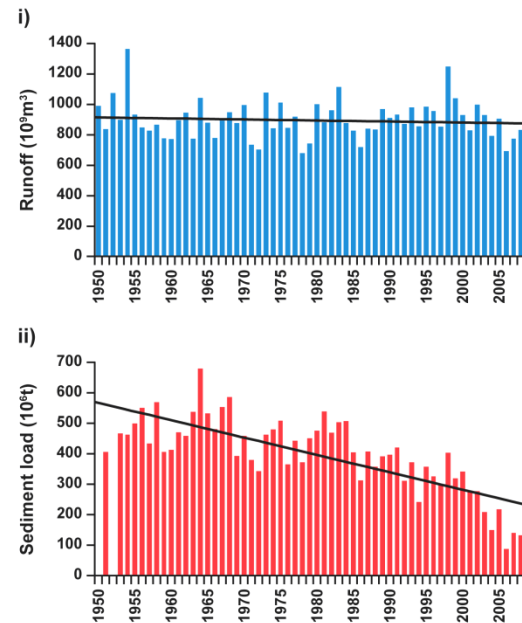
World's Large Rivers – Trends

Änderungen der Feststofffracht der 15 Flüsse mit den global höchsten Transporten

(Milliman and Meade, 1983, ISI, 2018)

Fluss	Trend
Gelber Fluss	Abnahme
Ganges/ Brahmaputra	?
Amazonas	? (stabil)
Yangtze	Abnahme
Irrawaddy	? (stabil)
Magdalena	Zunahme
Mississippi	Abnahme
Orinoco	?
Red	Abnahme
Mekong	Abnahme
Indus	Abnahme
Mackenzie	?
Godavari	Abnahme
La Plata	?
Haiho	Abnahme

Yangtze River at Datong, China, 1950 - 2009

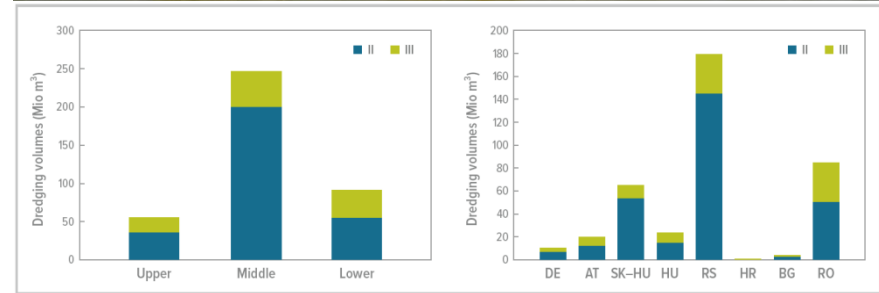
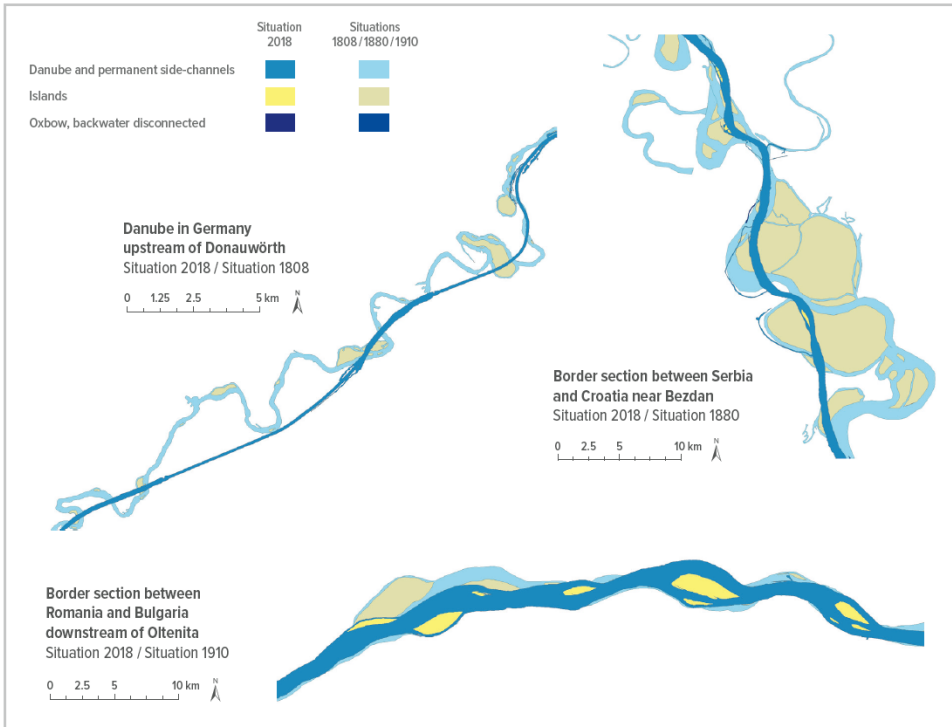


Walling, 2011, ISI, 2018

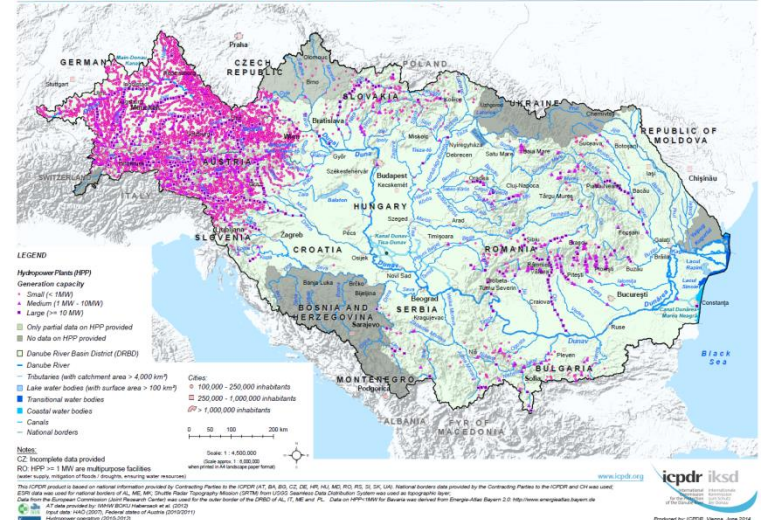
<http://worldslargerivers.boku.ac.at/wlr/>

Donau

Einflüsse auf Feststoffhaushalt und Sedimenttransport

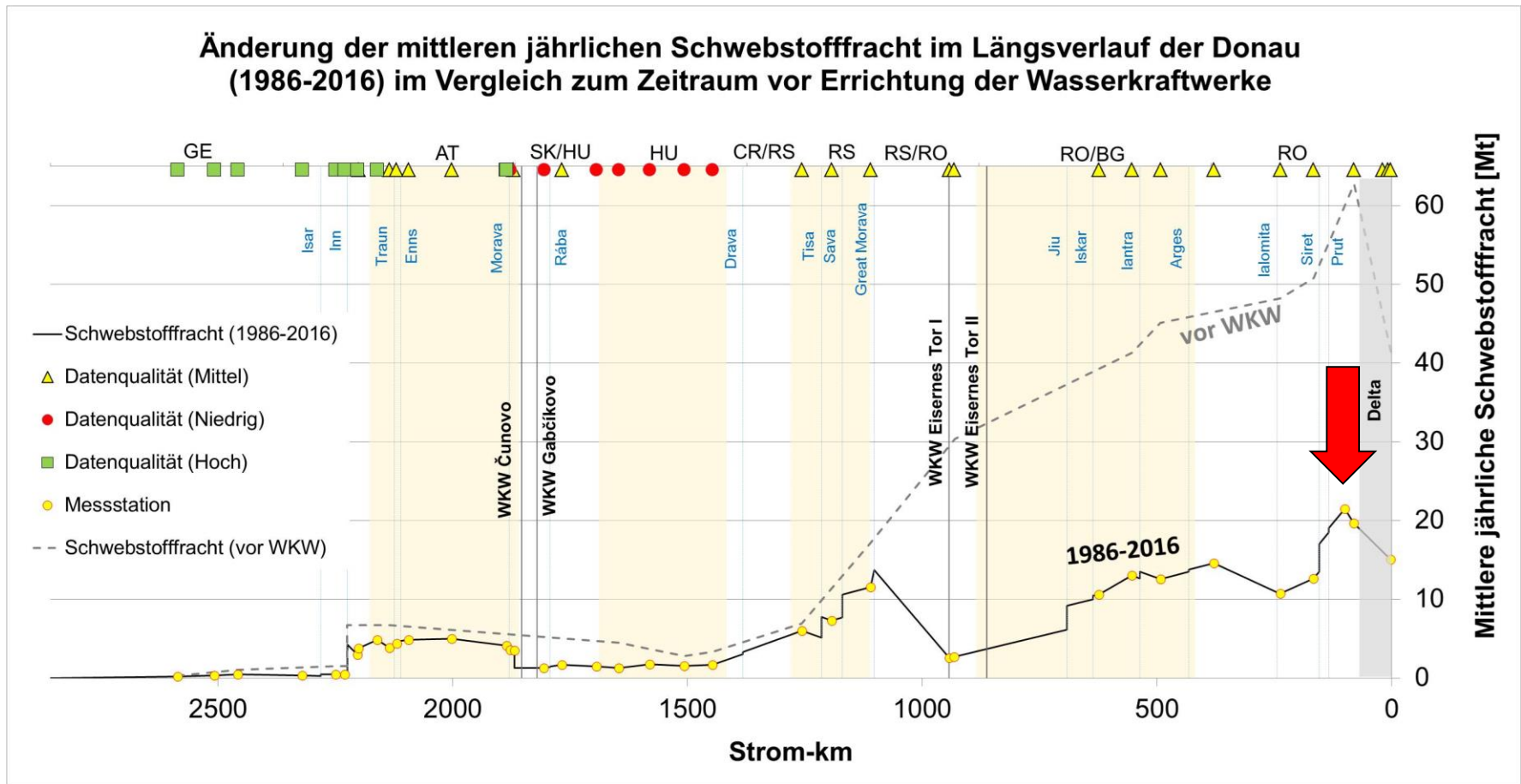


Danube River Basin District: Hydropower Plants (HPP)



	Width	Length
Upper Danube	- 39%	-11%
Middle Danube	- 12%	- 4%
Lower Danube	- 4%	-1%

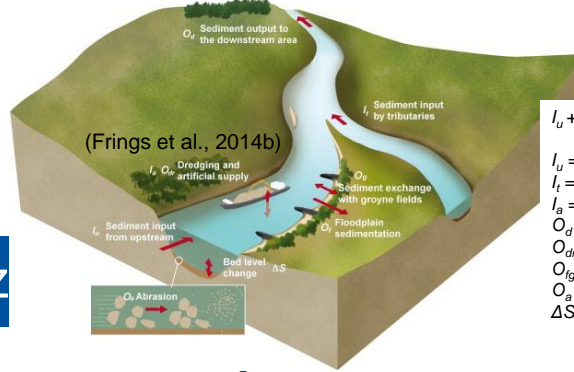
Änderung Sedimentfracht



→ Reduktion des Sedimenteintrags bis zum Schwarzen Meer um ca. 60 %

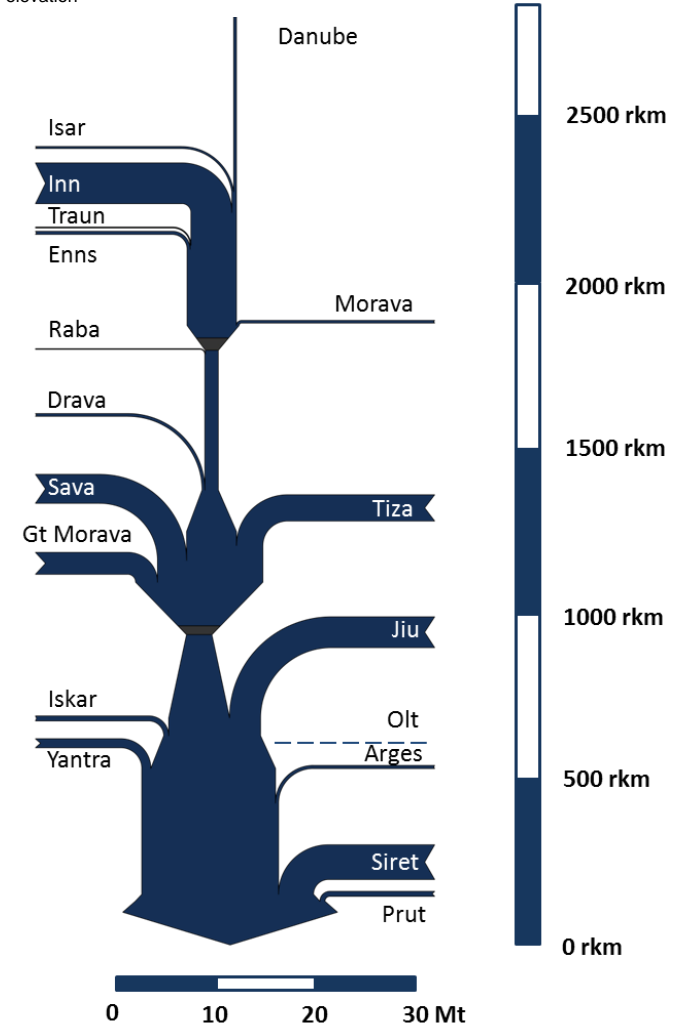
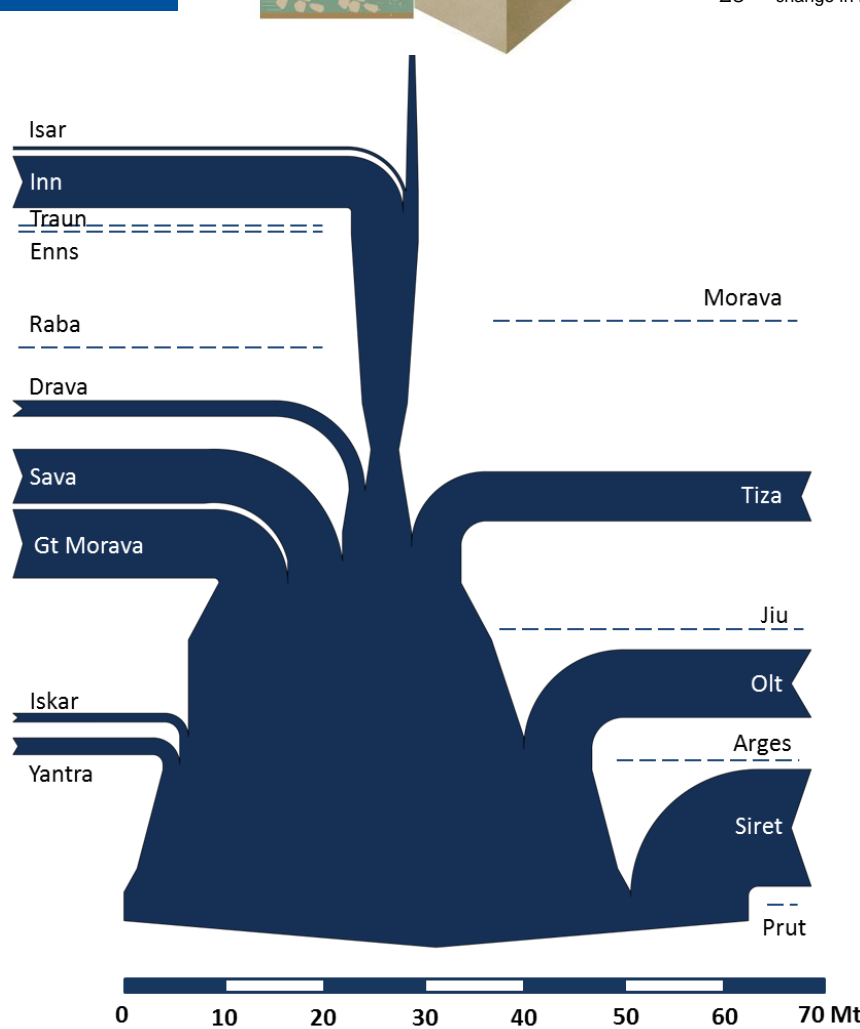
Donau

Sedimentbilanz

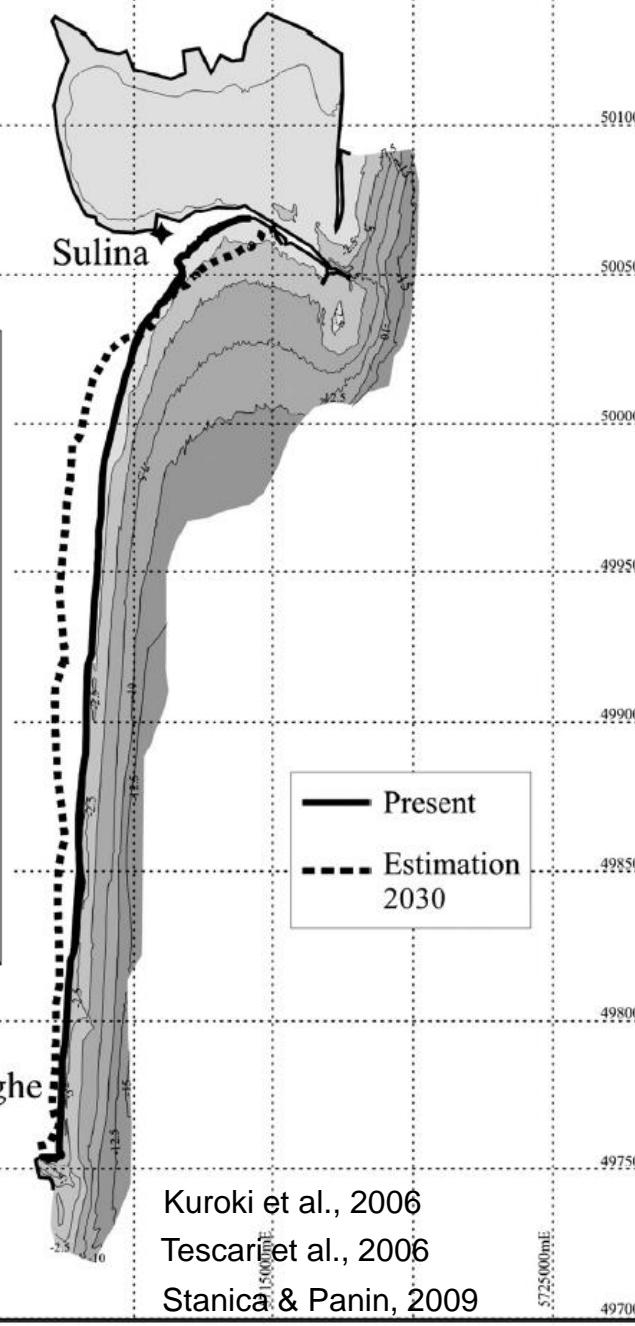
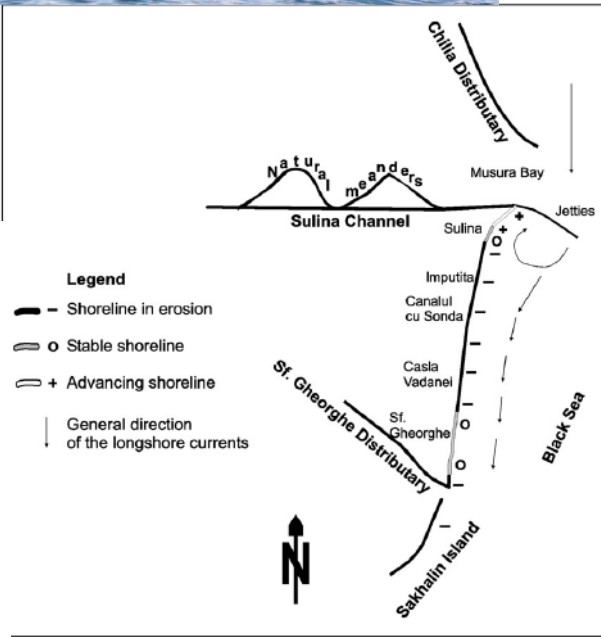
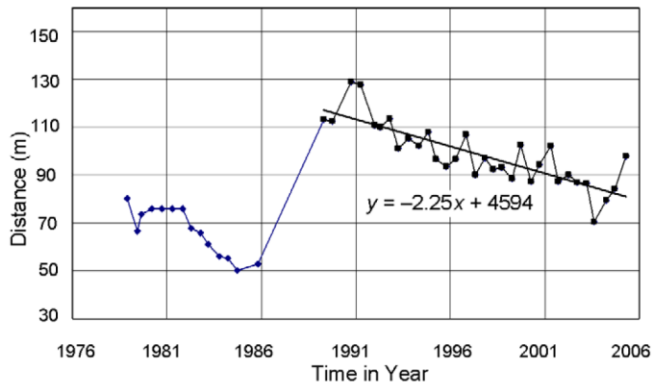
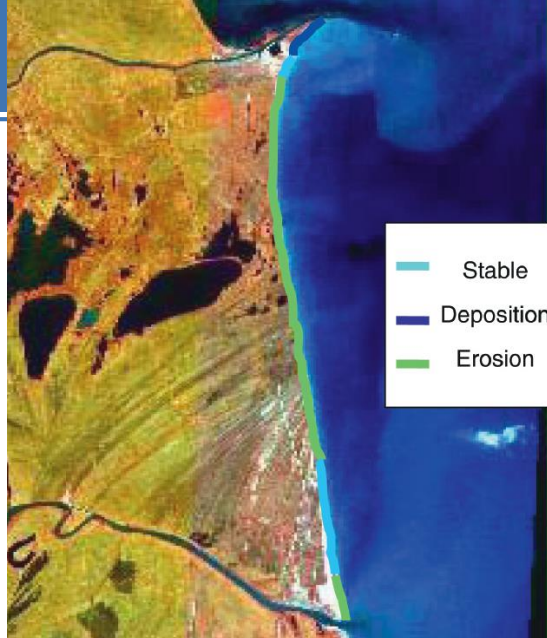


$$I_u + I_t + I_a - O_d - O_{dr} - O_{fg} - O_a = \Delta S$$

- I_u = sediment input from upstream
- I_t = sediment input from tributaries
- I_a = artificial sediment input
- O_d = sediment output to downstream
- O_{dr} = dredging
- O_{fg} = sedimentation on floodplains
- O_a = abrasion
- ΔS = change in bed elevation



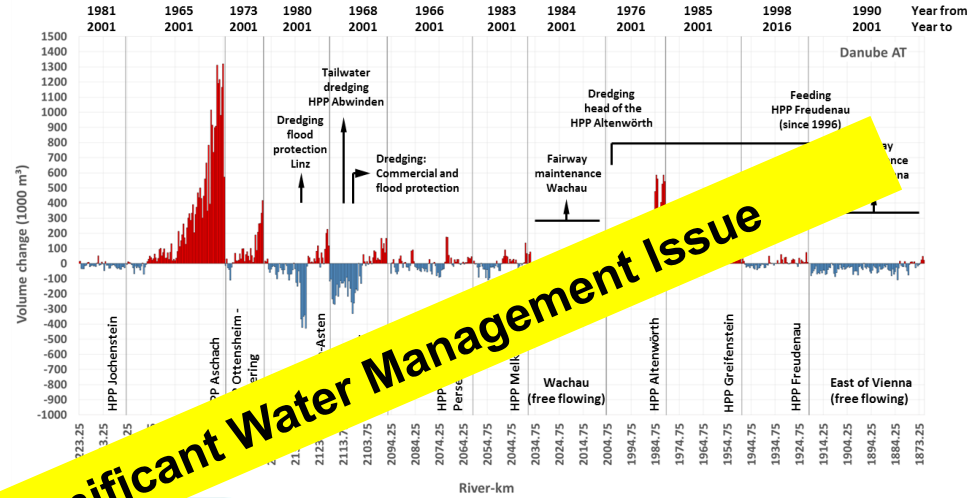
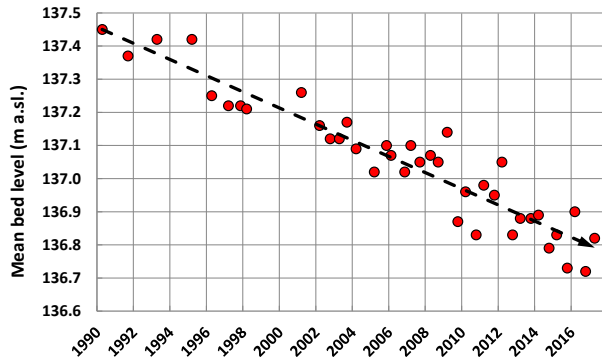
--- tributaries, no data available



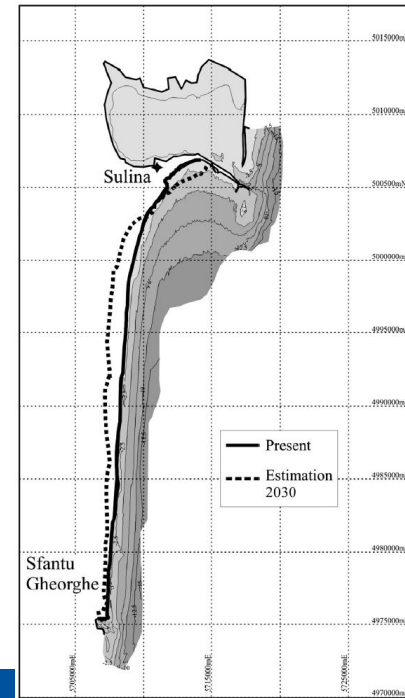
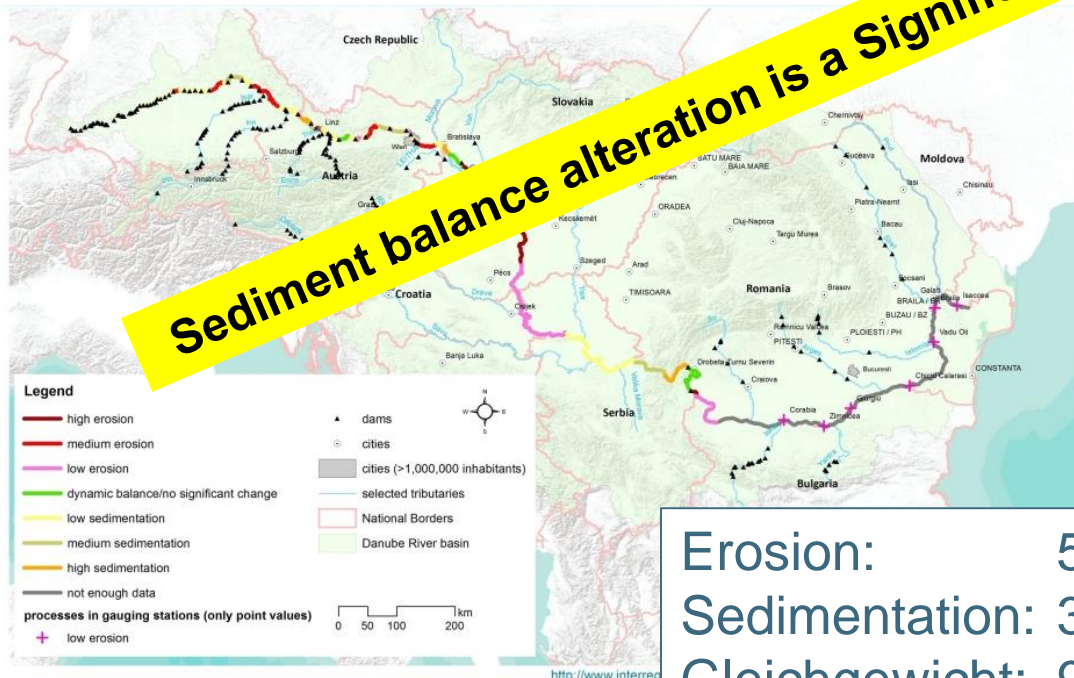
Küstenerosion bis zu 24 m / Jahr

Donau

Konsequenzen



Sediment balance alteration is a Significant Water Management Issue



Erosion: 55% (29%)
 Sedimentation: 36%
 Gleichgewicht: 9%

Donau

Sediment alteration wird Significant Water Management Issue

Interim Overview: Significant Water Management Issues in the Danube River Basin District



Interim overview on the Significant Water Management Issues to meet the requirements of WFD (Directive 2000/60/EC) Article 14 regarding public information and consultation in preparation of developing the 3rd Danube River Basin Management Plan for the implementation cycle 2021-2027

Document number: 2021-01

Significant Water Management Issue

The project (2018-2021) aims to create ecological corridors for identifying key habitats and initiating protection measures along the Danube River and its tributaries. Main activities include the mapping and identifying of key habitats and developing and testing a methodology for migratory fish habitat mapping and the development of a harmonized strategy for restoring blue and green corridors.

4.1.4.2.2 Sediment balance alteration

The aspect of sediment quantity in the Danube River Basin was already mentioned in the 1st DRBMP 2009 and considered as potential Significant Water Management Issue in 2013. Based on key findings of the DanubeSediment project (Danube Sediment Management - Restoration of the Sediment Balance in the Danube River) the alteration of the sediment balance is now identified as new sub-item of the Significant Water Management Issue "Hydromorphological alterations". First results of the project are used for the description of the issue and the preliminary identification of actions and coordination requirements for the basin-wide level. The results of the project will be further discussed under the umbrella of the ICPDR with the aim to fully integrate them into the development of the 3rd DRBMP Update 2021.

The issue:

The sediment balance is disturbed in particular by interruption of sediment transport caused by transversal structures (such as weirs or dams due to e.g. hydropower use, water supply or flood protection). The sediment balance is furthermore impacted by river regulation works for flood protection and navigation (river strengthening and building dykes often leading to cut-off meanders and shortening of the river length), as well as commercial dredging, land use on the entire catchment and other infrastructure projects. These measures reduce the river width, increase the riverbed slope whereas bank protection measures prohibit side erosion. This leads to a sediment deficit and increased sediment transport capacity in the free flowing sections as well as to coastal erosion. In impounded sections, floodplains and groin fields a surplus of sediments is dominating. Disturbed morphodynamics cause a deterioration of type-specific habitats and may cause a lowering of groundwater levels. In general this may lead to severe impacts on the type-specific aquatic communities and water dependent terrestrial ecosystems and thus on the water status.

Vision
The ICPDR's basin-wide vision is a **balanced sediment regime** and an **undisturbed sediment continuity**. Type-specific **natural bed forms** and **bed material** as well as a **dynamic equilibrium between sedimentation and erosion** is provided. The balanced sediment regime enables the **long term provision of appropriate habitats** for the type-specific aquatic communities and groundwater dependent terrestrial ecosystems.



Donau

Danube Sediment Management

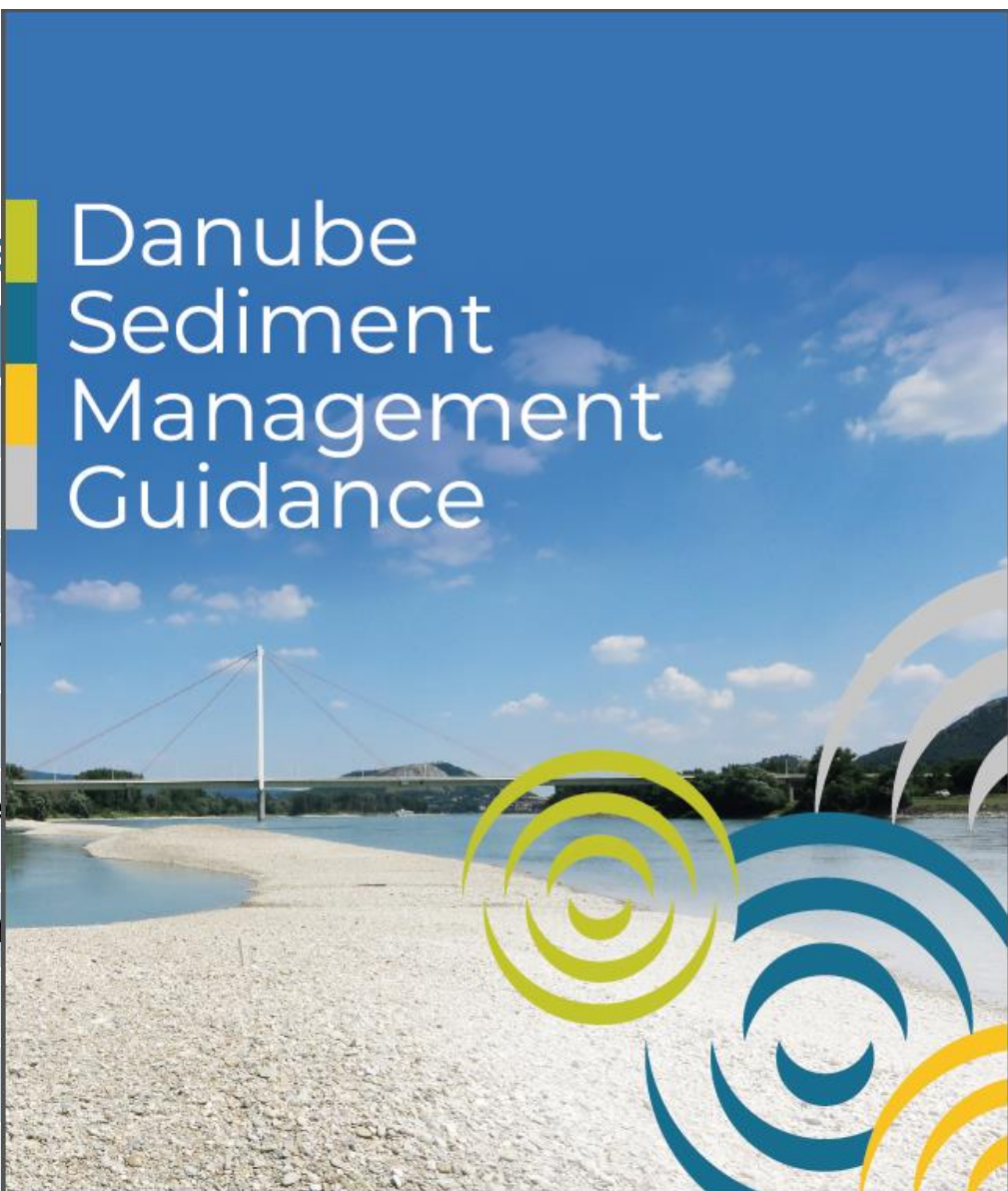
General Recommendations

- › Development of a basin-wide sediment management plan
- › Improvement of legal regulations and good practice
- › Preservation of the sediment continuity
- › Restoration / Improvement of the sediment continuity
- › Reduction of surplus and deficit reaches
- › Development and implementation of sediment management measures for hydropower and flood risk management
- › Defined refeeding of the dredged material
- › Catchment-related measures
- › Establishment of harmonized sediment monitoring
- › Sediment quality needs to be included

Available soon:

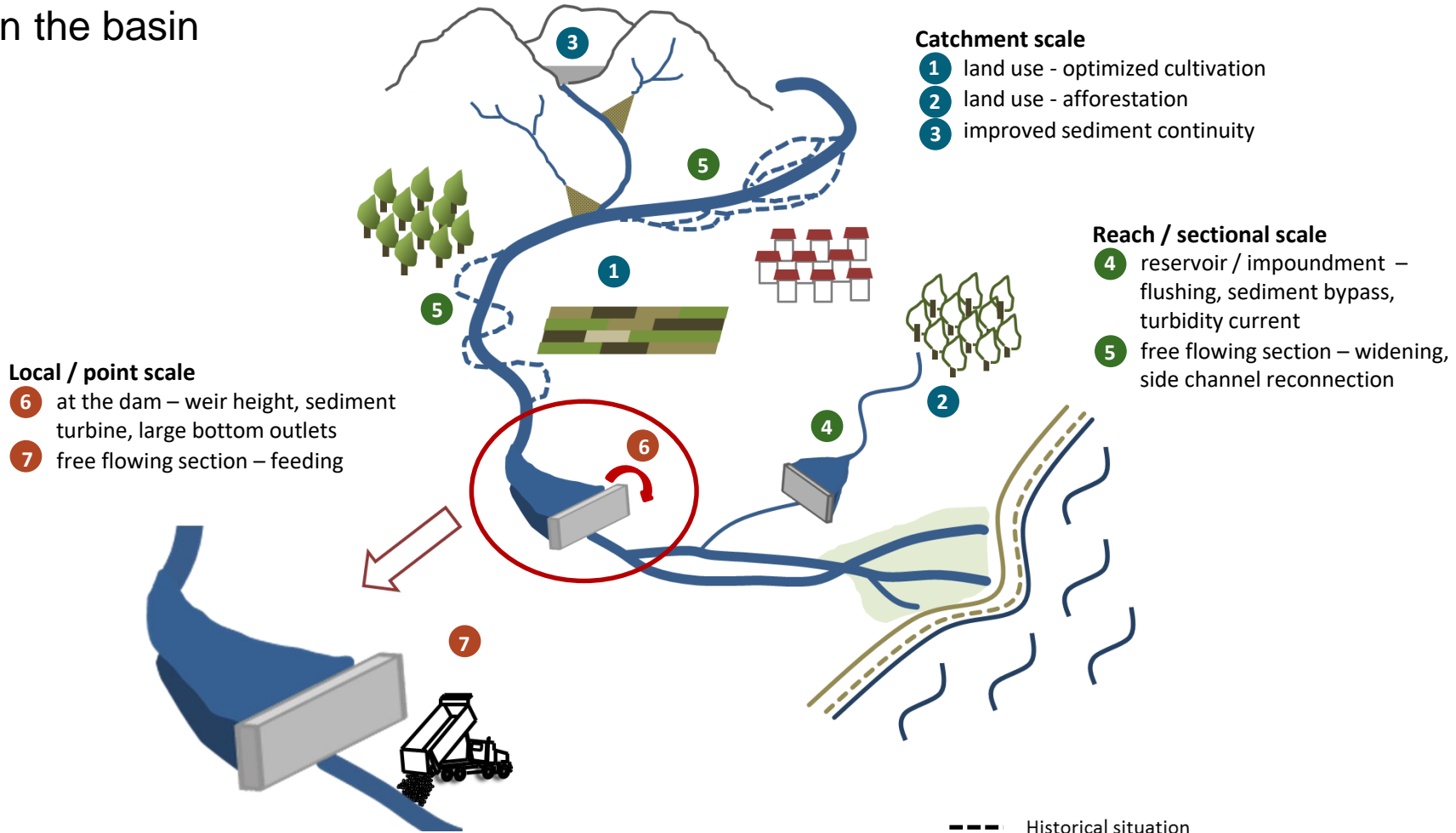
<http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs>

Danube Sediment Management Guidance



Danube Sediment Management Guidance (DSMG)

Location of selected measures within the basin



Sediment Manual for Stakeholders (SMS)

NAVIGATION		N 1		
Measure	Reduction of existing groynes			
Location	River banks / near bank zone			
Application	Free flowing section Gravel and sand bed river			
Main aim	Reduction of river bed erosion			
Parameter	Reduction of bed shear stress and sediment transport capacity			
Goals of measure	Sediment	Reduced bed erosion due to reduced bed shear stress in the main channel Less sedimentation in the groyne field Increased sediment input due to side erosion in combination with bank restoration		
	Navigation	Improvement of navigability (increase water depth at low discharges, reduce maintenance dredging) Fixation of the navigation channel / fairway Protection of banks at outer curves		
Effects	Hydro-dynamics	water level	M	water level increase at low flows
		flow velocity	M	decreased flow velocity*
		shear stress	H	lower shear stresses*
	Sediment-dynamics	transport capacity	M	decrease of transport capacity*
		continuity	L	
	Morpho-dynamics		M	less degradation in main channel*
	Ecology		M	groyne field: increased flow velocity diversity, improvement of habitat diversity, minimized aggradation
Type of measure		<input checked="" type="checkbox"/> no-recurring	<input type="checkbox"/> recurring	
Categories		<input checked="" type="checkbox"/> state of the art	<input type="checkbox"/> state of science	
Scaling	spatial	<input checked="" type="checkbox"/> local scale	<input type="checkbox"/> sectional scale <input type="checkbox"/> upstream effects <input type="checkbox"/> river basin scale <input type="checkbox"/> downstream effects	
	temporal	<input checked="" type="checkbox"/> short-term	<input checked="" type="checkbox"/> mid-term <input checked="" type="checkbox"/> long-term	
Interrelation with	Flood protection	<input type="checkbox"/> Hydropower	<input checked="" type="checkbox"/> River basin management incl. ecology	
Costs		H construction	L maintenance	
Assessment	Monitoring of sediment transport, bathymetry, morphology, side erosion, flow velocity pattern			
	Numerical simulation of sediment transport and morphology			
Notes / Risks	Length, spacing, height determining effects			
	Scouring effects			
	Side erosion of river banks			
Interrelation with other measures	Bank restoration (R1), chevrons (N2), side-arm reconnection (R2)			

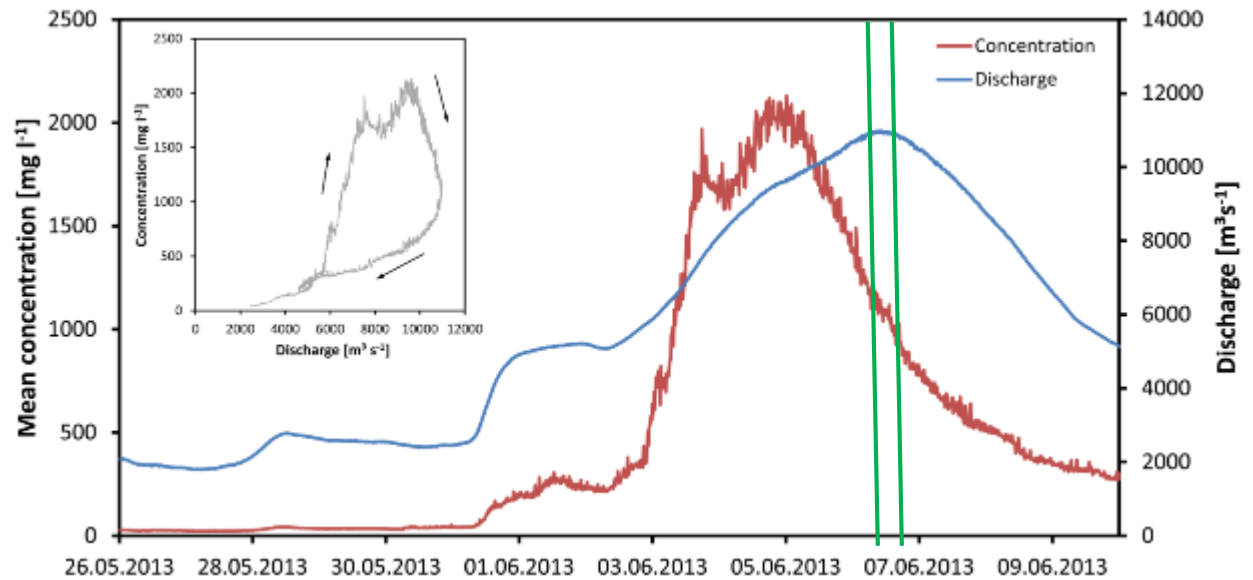
*depending on groyne height, orientation, spacing

NAVIGATION		N 1	
Measure	Reduction of existing groynes		
negative:			
positive:			
	<p>Variation of groynes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - shortening - lowering - change of orientation - increase of spacing 		
Examples	<p>before</p> <p>after</p>		
Reference	<p>IREP - Integrated River Engineering Project on the Danube to the East of Vienna (viadonau & DonauConsult, 2009) (http://www.donau.bmvit.gv.at) (Danube/AT)</p>		

Hochwasser 2013



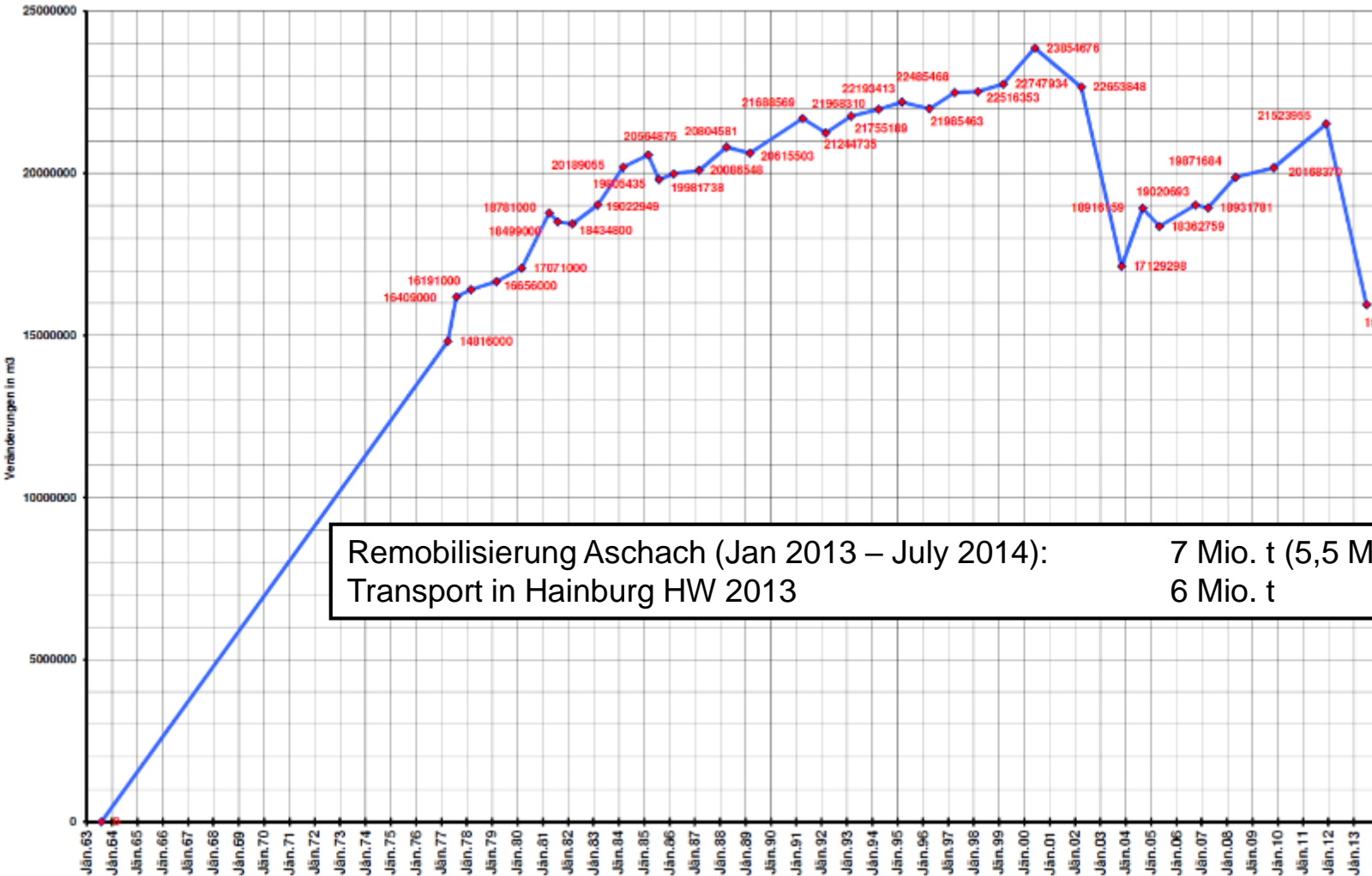
Schwebstoffmessung in Hainburg



Habersack et al., 2015

Remobilisierung von Sedimenten

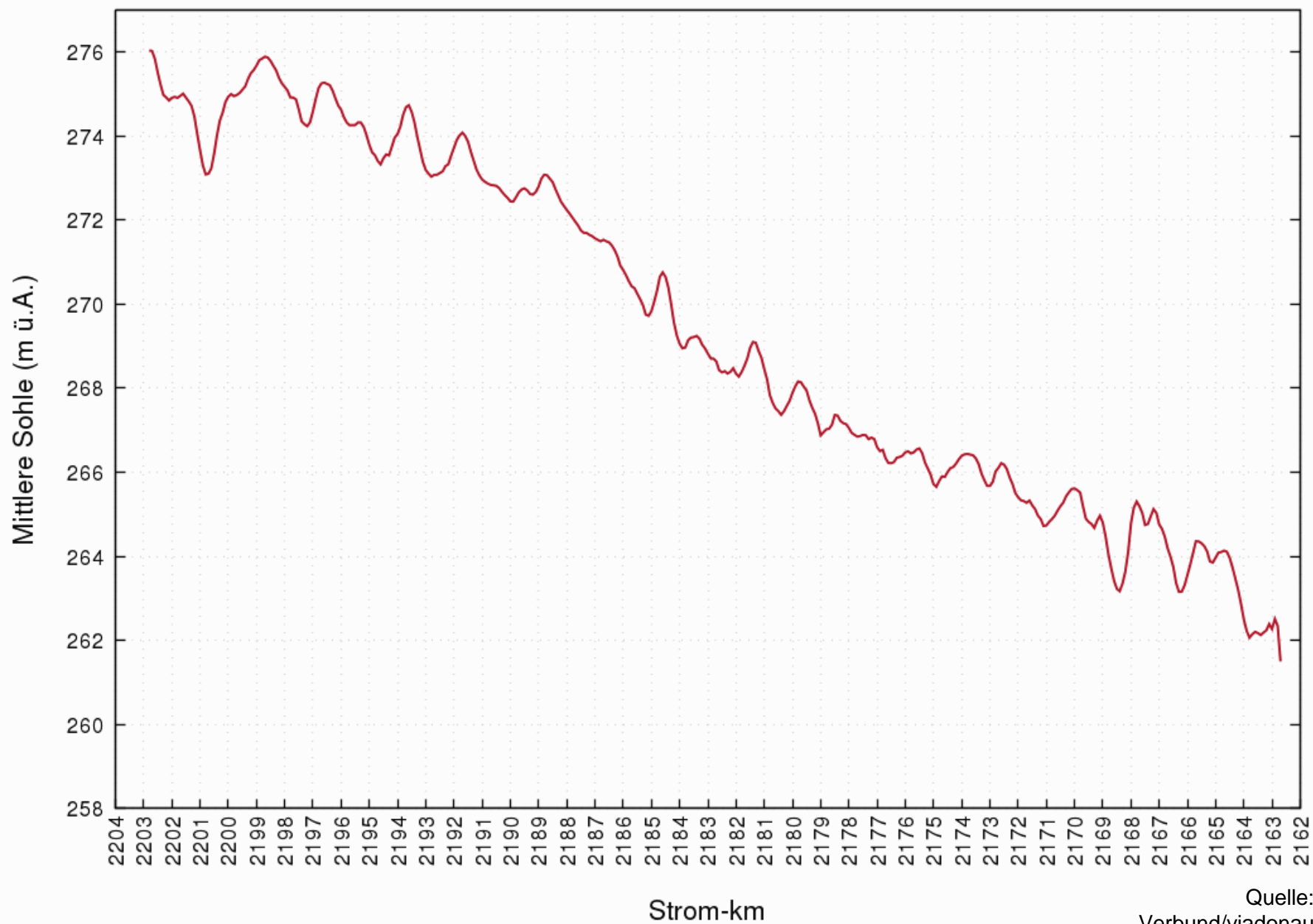
Abschnitt Aschach Strom-km 2162,900 - 2203,200 (100m)
Summe der Stromsohlenänderungen zwischen August 1963 und Oktober 2013



Remobil.:
5,5 Mio. m³

Remobilisierung Aschach (Jan 2013 – July 2014): 7 Mio. t (5,5 Mio. m³)
Transport in Hainburg HW 2013 6 Mio. t

Aschach 09.1965



Quelle:
Verbund/viadonau

Hochwasser 2013

Sedimentablagerungen im Vorland



Machland

(Gmde Ardagger Markt, Pressl, 2013)

Eferdinger Becken

Verbund, Schmallfuss, 2013)

Habersack et al., 2015

2. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

2.1.5.1 BELASTUNG VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN DURCH EINGRIFFE IN DEN FESTSTOFFHAUSHALT

Derzeit verfehlen rund 53% der untersuchten Wasserkörper in Gewässern mit mehr als 10 km² Einzugsgebietsgröße den guten ökologischen Zustand aufgrund von hydromorphologischen Belastungen. Diese Belastungen stehen in engem Zusammenhang mit Problemen, die durch Veränderungen im Feststoffhaushalt, Sedimenttransport und der Flussmorphologie entstehen.

Die Betrachtung des **Feststoffhaushaltes** und der Flussmorphologie im Flussgebietsbewirtschaftungsplan ist für verschiedene Bereiche der Wasserwirtschaft wichtig, unter anderem auch für eine nachhaltige Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung und zum langfristigen Erhalt eines guten ökologischen Zustandes /guten ökologischen Potentials.

2. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

6.4.8.3 WELCHE MASSNAHMEN KÖNNEN KÜNFTIG GETROFFEN WERDEN, UM VERBESSERUNGEN IM GEWÄSSERZUSTAND ZU ERZIELEN?

Im Rahmen des SED_AT-Projektes konnte gezeigt werden, dass bei jedem der gewässerrelevanten Sektoren Veränderungen im Feststoffhaushalt, Sedimenttransport und der Flussmorphologie Probleme verursachen und ein Handlungsbedarf in Richtung verbessertes Sedimentmanagement gegeben ist.

Ein zentrales Element für die sektorübergreifende Bearbeitung kann zukünftig die Erstellung von einzugsgebietsbezogenen **Feststoffmanagementkonzepten** unter Berücksichtigung der vorhandenen anthropogenen Einwirkungen sein. Es ist geplant in der kommenden Planungsperiode derartige Konzepte und deren Realisierbarkeit anhand von Pilotstudien an ausgewählten Einzugsgebieten zu erarbeiten. Die Feststoffproblematik soll auch bei den geplanten Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepten berücksichtigt werden.

Ein weiteres Element der Bearbeitung in der kommenden Planungsperiode soll die Untersuchung und Weiterentwicklung von Baumaßnahmen, Bauwerken und Betriebs- bzw. Managementweisen in Hinsicht auf den Feststofftransport sein. Ziel ist mittelfristig eine Sammlung bewährter Maßnahmen z.B. in Form eines Leitfadens.

Hydromorphological Evaluation Tool (HYMET)

1. Sedimentkonnektivität

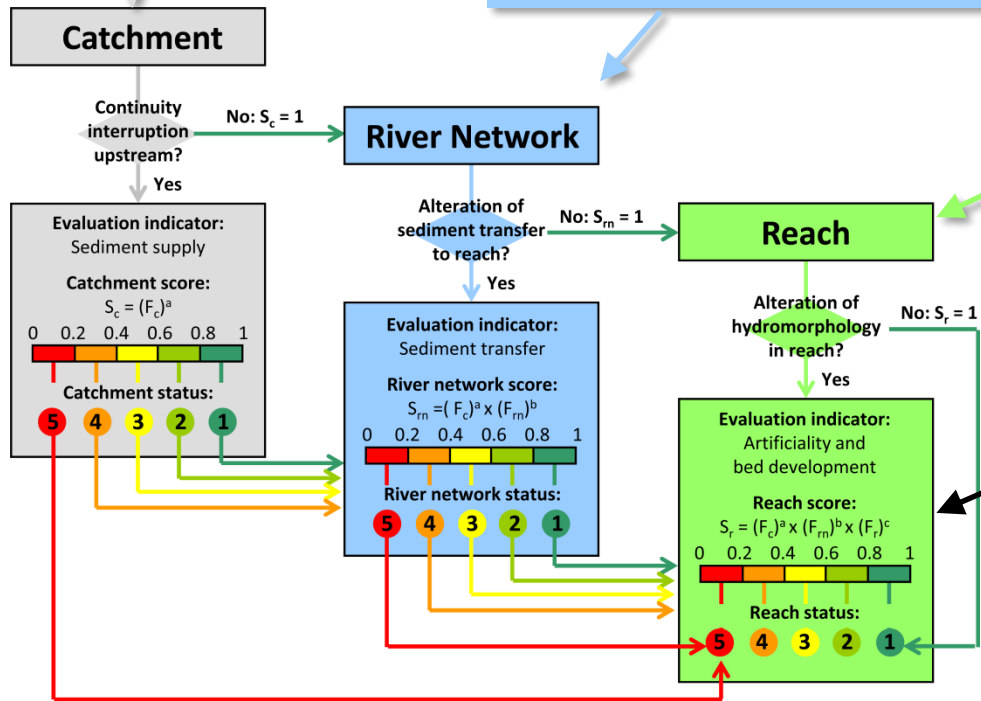
(Hat das im Einzugsgebiet produzierte Sediment Zugang zum bewerteten Flussabschnitt?)

2. Sedimenttransfer

(z.B. stammt verfügbares Material aus Erosionsstrecken flussauf? → nur temporäre Versorgung)

3. Lokaler Verbauungsgrad, Sedimentbilanz

(In welchem Ausmaß stößt die Morphologie auf Verbauungen?)



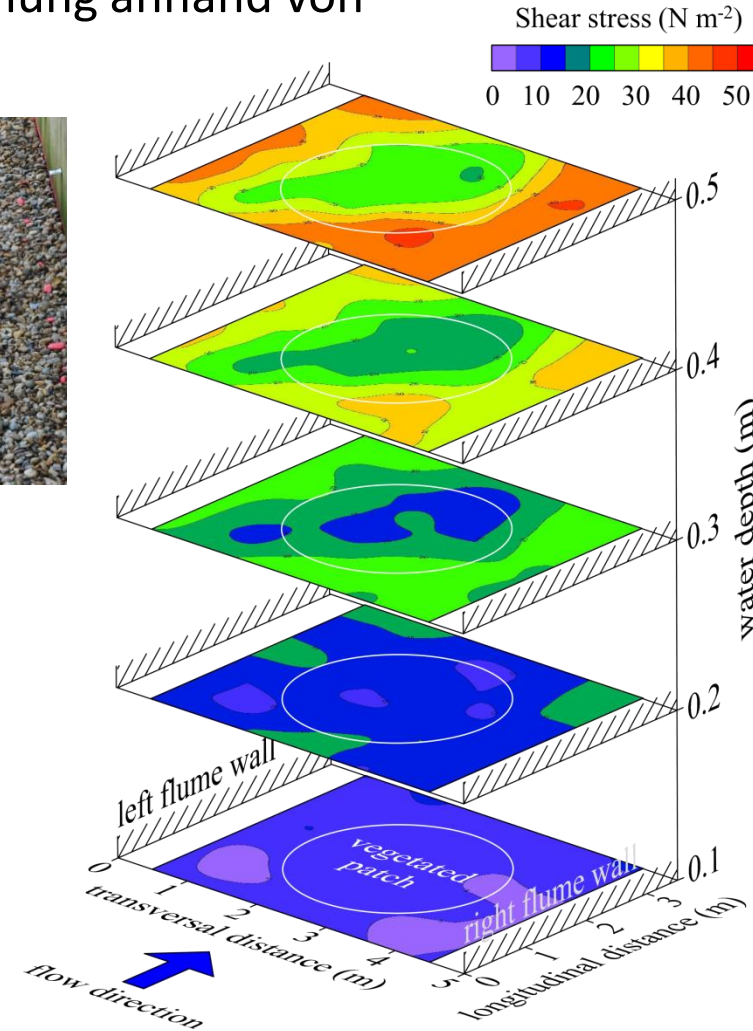
Multiplication der Indikatoren gewährleistet Berücksichtigung des Stellenwerts von Sedimenteintrag für Hydromorphologie

5 very bad 4 bad 3 acceptable 2 good 1 very good

(Klösch und Habersack, 2017)

Interaktion Vegetation – Hydrodynamik- Sedimenttransport

Forschungsgerinne: Ermittlung der Sohlschubspannung anhand von
Geschiebetracerversuchen mit/ohne Vegetation



Schlussfolgerungen und Ausblick

- **Sedimente** spielen in Fließgewässern eine **zentrale Rolle**
- **Zunehmende Schere** zwischen **Überschuss** und **Defizit**
- **Technische, wirtschaftliche** und **ökologische** Probleme
- Prozesse laufen langsam ab, daher **möglichst rasch verbessertes Sedimentmanagement** (Hochwasserschutz, Wasserkraft, Schifffahrt, Ökologie....) → neue Ansätze in der Planung/Bautypen → **Maßnahmenentwicklung, - optimierung**
- **Langfristige Prozesse** sollten **erfasst** werden (**Monitoring** des **Sedimenttransports** aber auch der **Morphodynamik**)
- Es besteht **Forschungsbedarf** betreffend **Prozesse** und **Maßnahmen**, klein- und vor allem **großmaßstäbliche Versuche** erforderlich, **Naturmessungen, numerische Modellierung**



DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wasser - Atmosphäre - Umwelt
Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung (IWA)

UNESCO Lehrstuhl Integrated River Research and Management
Univ. Prof. DI Dr. Helmut Habersack

Muthgasse 107, A-1190 Wien
Tel.: +43 1 47654-81901, Fax: +43 1 47654-81911
helmut.habersack@boku.ac.at

www.boku.ac.at

<http://unesco-chair.boku.ac.at/>

<http://worldslargerivers.boku.ac.at>

