

# Sedimente in Staubecken

Ein Randthema oder ein

zentrales Thema der Kraftwerksbetreiber

# Inhalt

- Einleitung
- Allgemeine Betrachtungen zur Stauraumverlandung
- Zielvorgaben an Stauanlagen
- Herausforderungen
- Resümee

# Feststoffabtrag

- Bodenerosion
- Gebirgsabtrag
- Natürlicher Prozess
  - Wind
  - Wasser
  - Frost
  - Eis
- Geologie
- Festgestein
- Lockermaterial

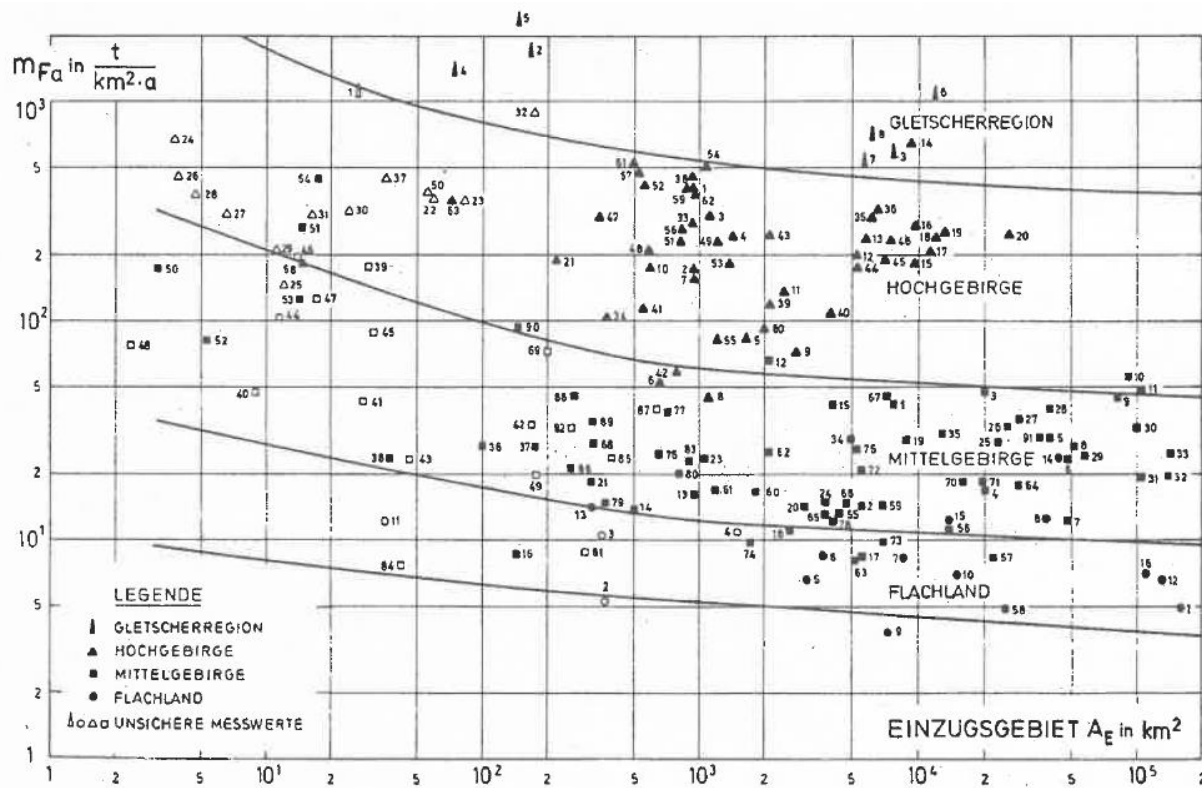


# Feststoffabtrag

- Flächige Erosion
- Linienhafte Erosion
- Lokale Erosion
- Prozessablauf
  - kontinuierlich
  - abrupt (Muren, Felssturz)
- Erscheinungsform
  - Gelöst
  - Schwebstoff
  - Geschiebe



# Feststoffabtrag

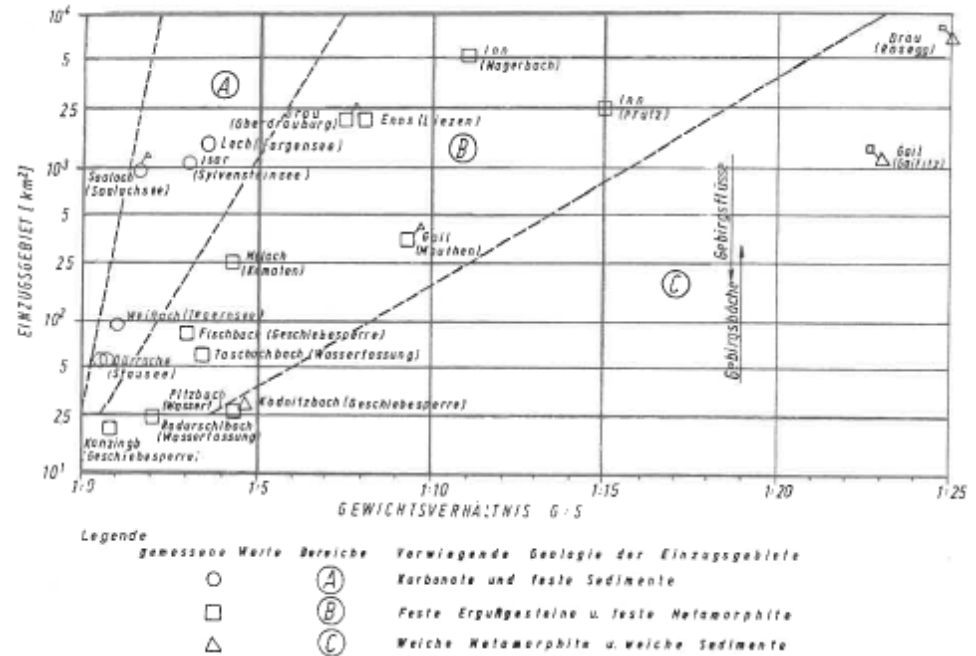


Feststoffabtrag in Abhängigkeit von der Einzugsgebietsgröße und der Region (Schröder et al., 1984)

# Sedimentanfall

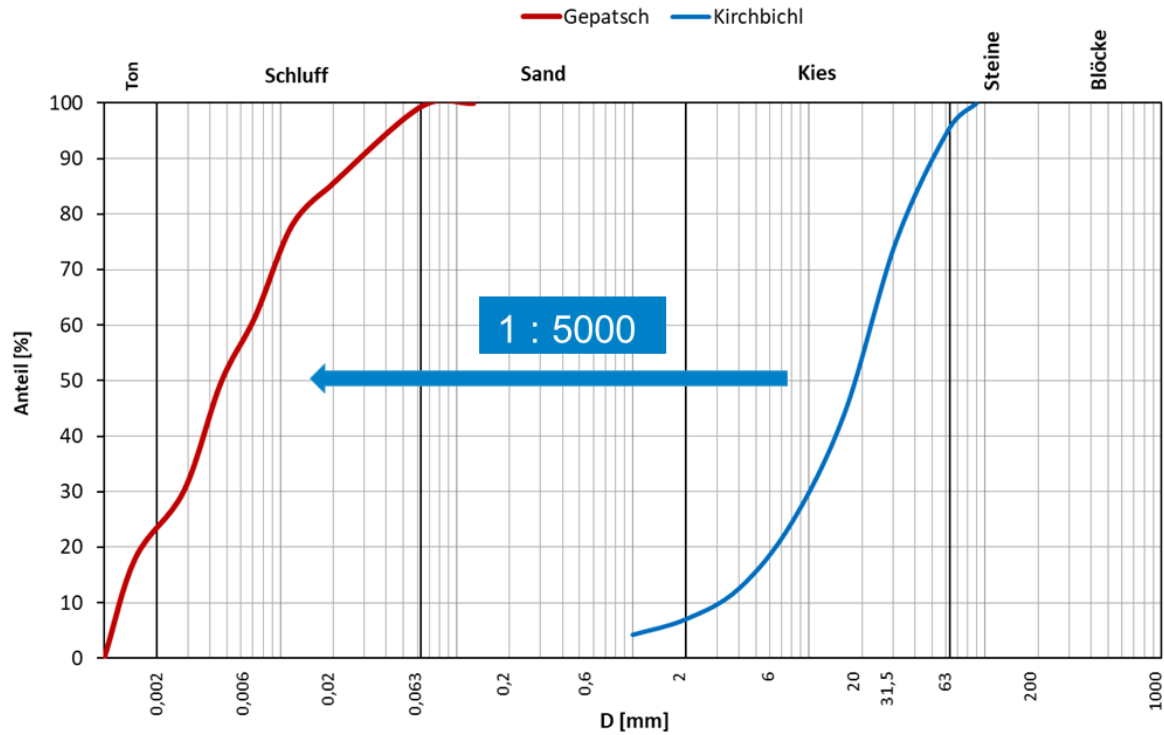
## Gebirgsabtrag im Alpenraum

- Durchschnittlich 0,1 bis 0,6 mm/Jahr
- 100 bis 600 m<sup>3</sup> fest / km<sup>2</sup>, Jahr
- ~ 130 bis 800 m<sup>3</sup> locker / km<sup>2</sup>, Jahr
- ~ 260 bis 1600 t / km<sup>2</sup>, Jahr
  
- Einzugsgebiet mit 100 km<sup>2</sup>
  - ~ 50.000 m<sup>3</sup> Sedimentmaterial
  
- Geschiebe – Schwebstoffverhältnis
  - Inn: ~ 1:10



Gewichtsverhältnis G:S in Bezug auf Einzugsgebiet (Sommer, 1980)

# Sedimentanfall



# Sedimenttransport

$$Q \cdot I \sim G \cdot d_m \quad (\text{nach Lane})$$

mit  $Q$  = Abfluss

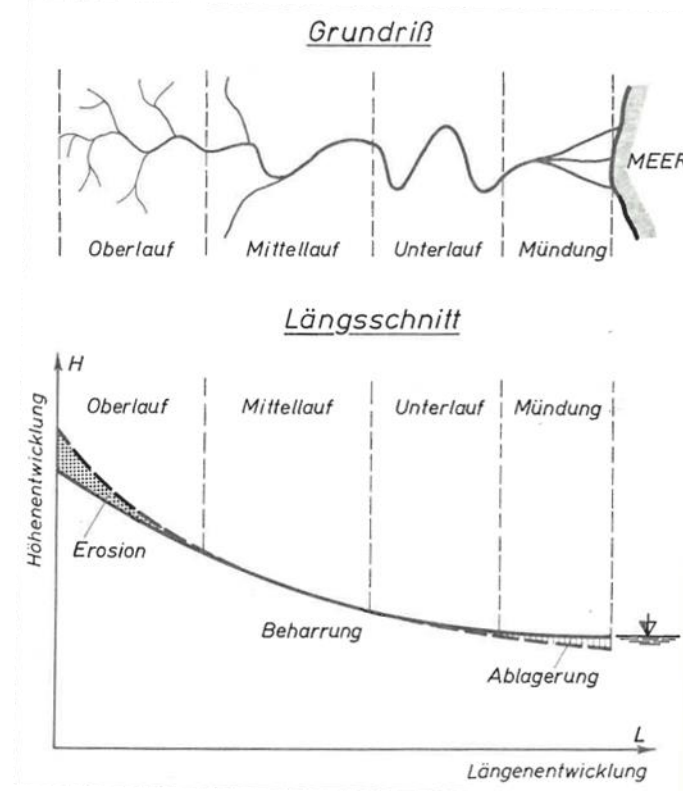
$I$  = Sohlgefälle

$G$  = Sedimenttransport

$d_m$  = mittlerer Korndurchmesser

Abhängig vom Zustand des Gewässers

- Alluvion (Ablagerung)
- Beharrung
- Erosion
- Latente Erosion



Prof. Helmut Scheuerlein:  
Wasserentnahme aus  
geschiebeführenden  
Flüssen; VAO Mitteilung Nr.  
41 (1979)

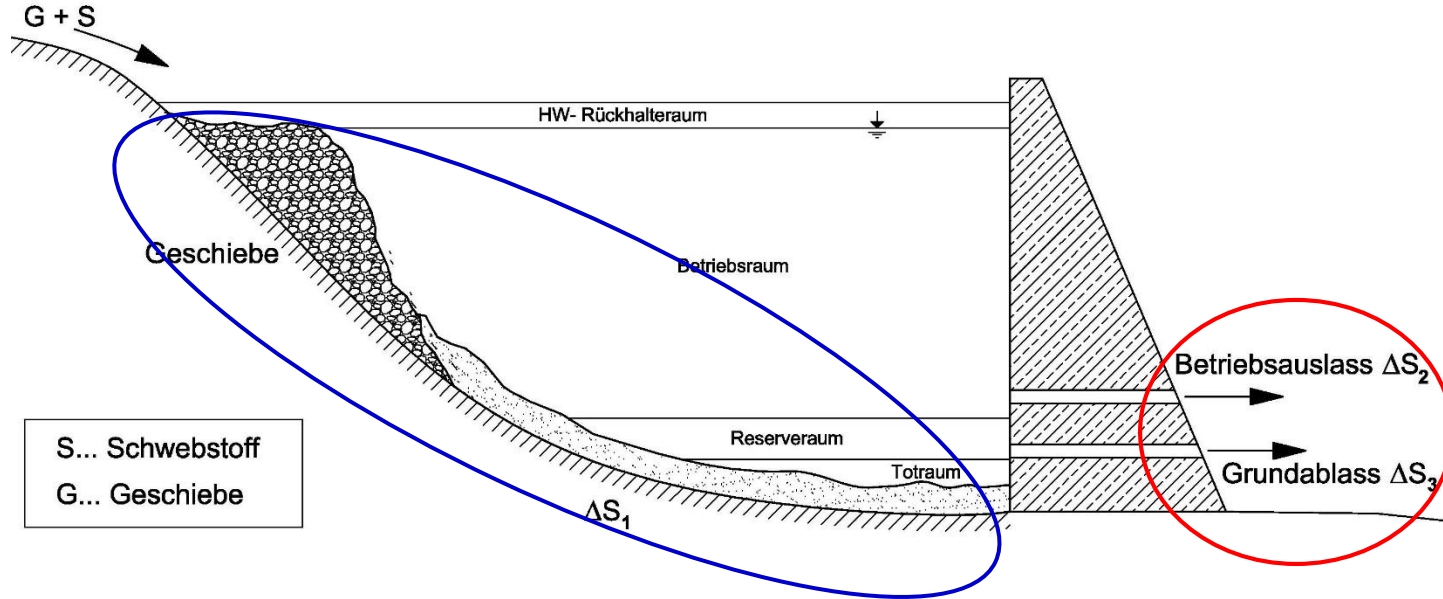


# Sedimenttransport



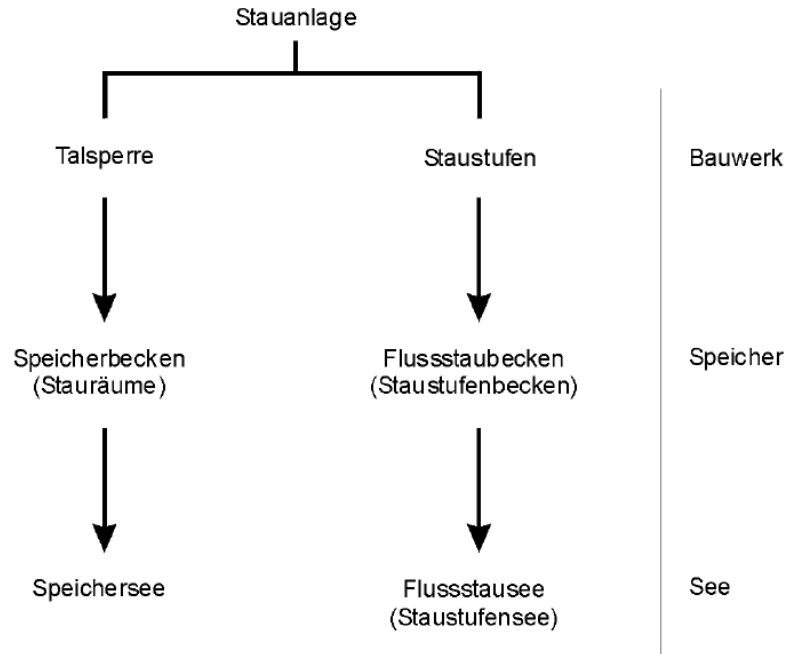
Rheindelta  
Bodensee  
24.08.2018

# Massenbilanz



- Ablagerungsraten [ $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{a}$ ] bzw. [ $\text{t}/\text{km}^2/\text{a}$ ]
- Feststoffaustragsraten [ $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{a}$ ] bzw. [ $\text{t}/\text{km}^2/\text{a}$ ]
- Massenbilanz:  $S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$

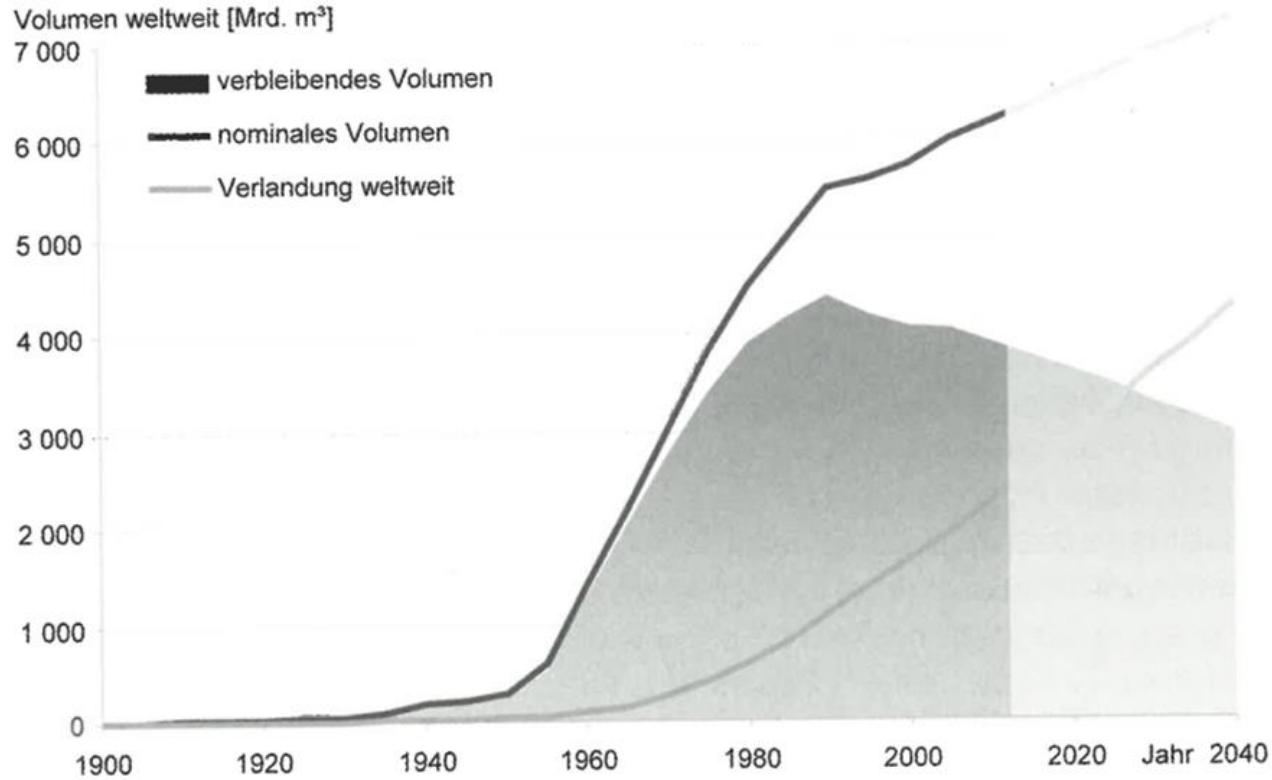
# Systematik von Stauanlagen



(DWA, 2006)



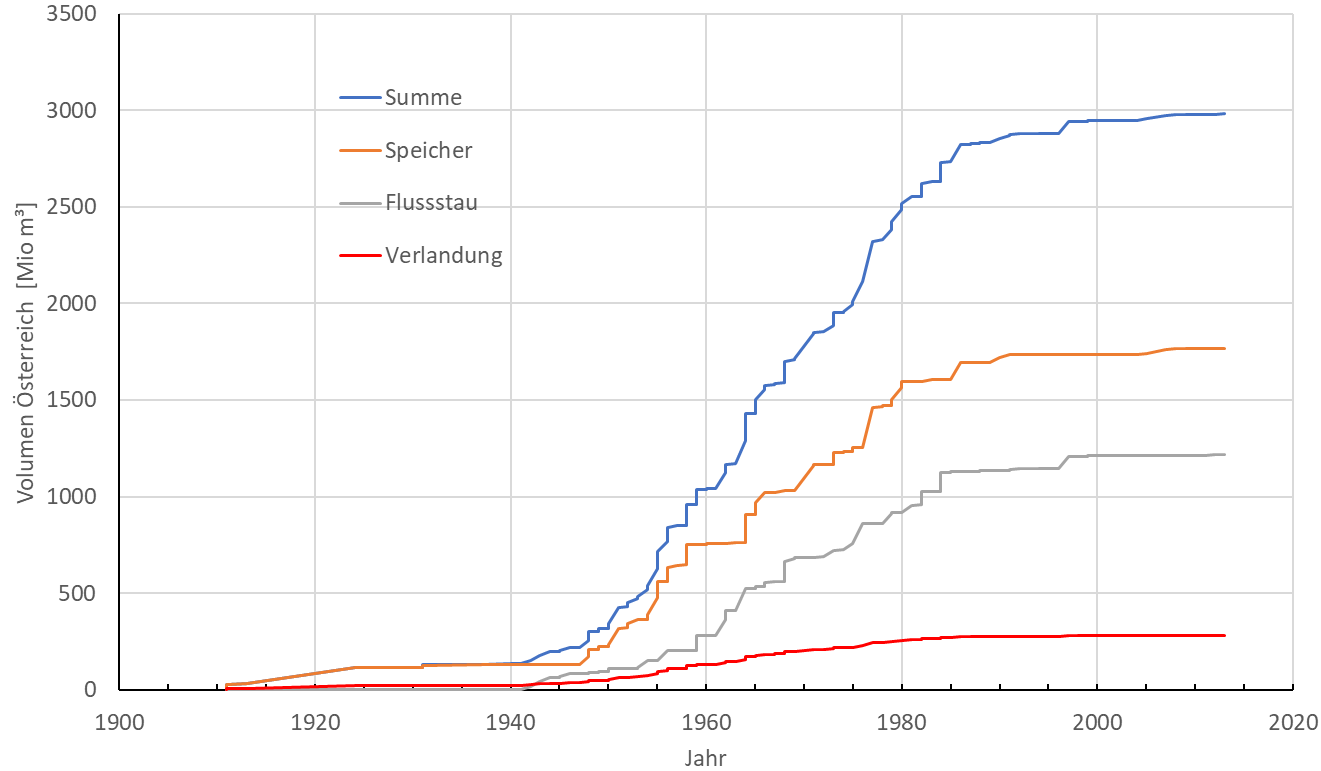
# Stauraumentwicklung weltweit



Literatur: Jenzer, De Cesare; 2006

# Stauraumentwicklung Österreich

Flusstauhaltungs- und Speichervolumen

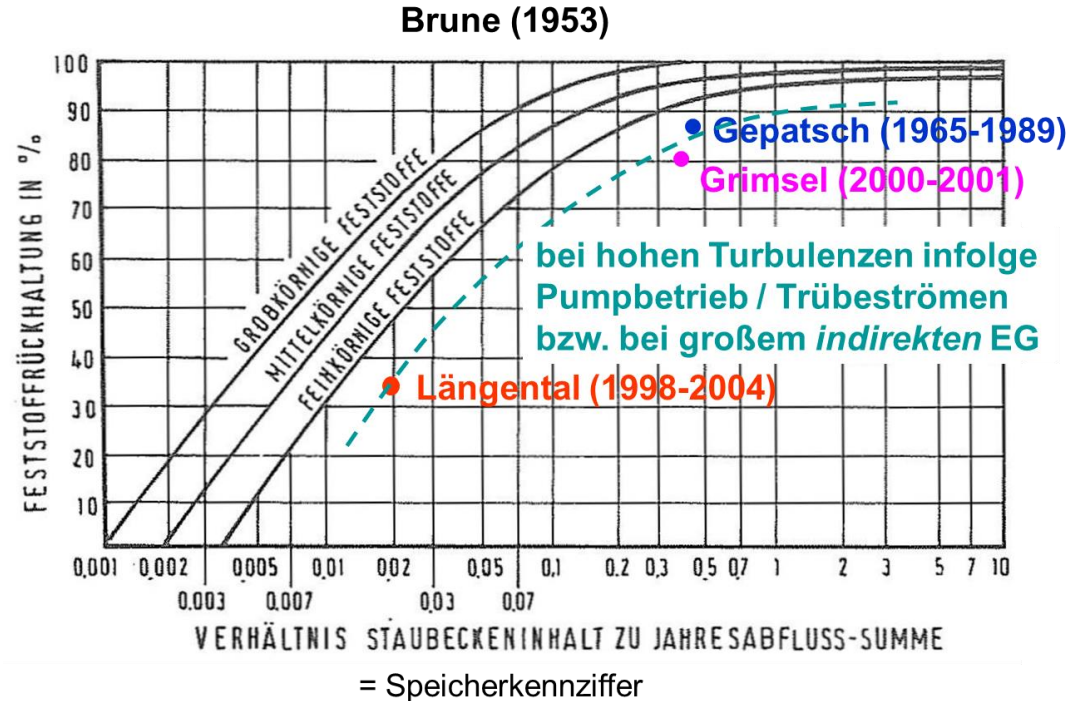


# Stauraumentwicklung TIWAG

Durchschnittliche  
Verlandung pro Jahr

Speicher ~ 0,007 %

Flussstaue ~ 12 %



(Boes & Reindl, 2006)

# Anforderungen an Stauanlagen

## Rechtliche Erfordernisse

- Anforderung aus EU-WRRL

## Sicherheitserfordernisse

- Sedimente dürfen die **Anlagen-Sicherheit** nicht gefährden (z.B. Hochwassersicherheit)
- Jederzeitige Gewährleistung der Funktionsfähigkeit der Betriebseinrichtungen (z.B. Grundablass)
- Durchführbarkeit notwendiger Inspektions- und Erhaltungsarbeiten (z.B. regelm. behördl. Inspektionen)

## Betriebliche Erfordernisse

- Erhaltung des nutzbaren Speichervolumens
- Hohe Kraftwerksverfügbarkeit
- Geringer Wartungs- und Erhaltungsaufwand (z.B. Turbinenabrasion, Verlegung von Messleitungen)

# Anforderungen aus EU-WRRL

## Hydromorphologische Qualitätskomponenten

Komponente	Sehr guter Zustand	Guter Zustand	Mäßiger 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.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.
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.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.
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.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.	Bedingungen, unter denen die oben für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.



# NGP 2009

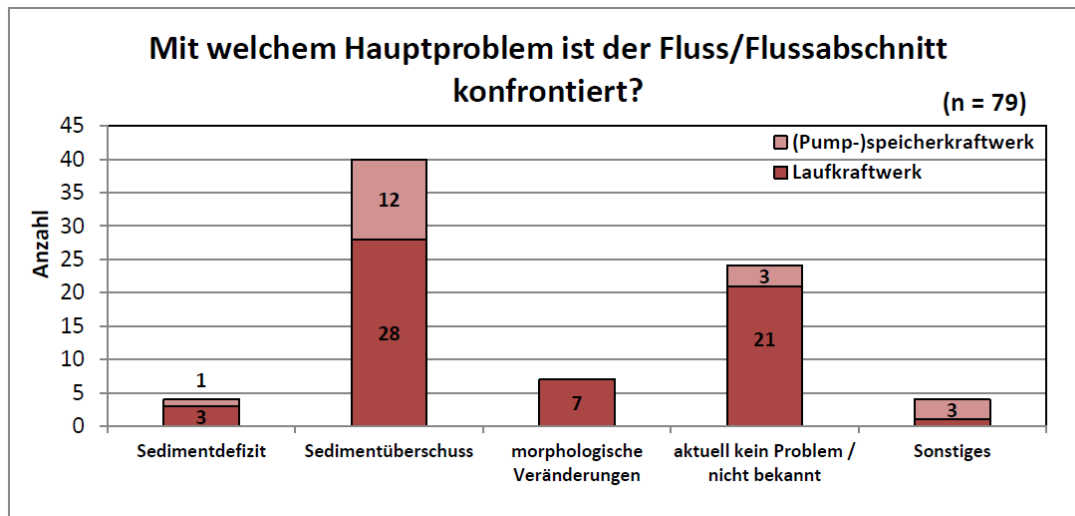
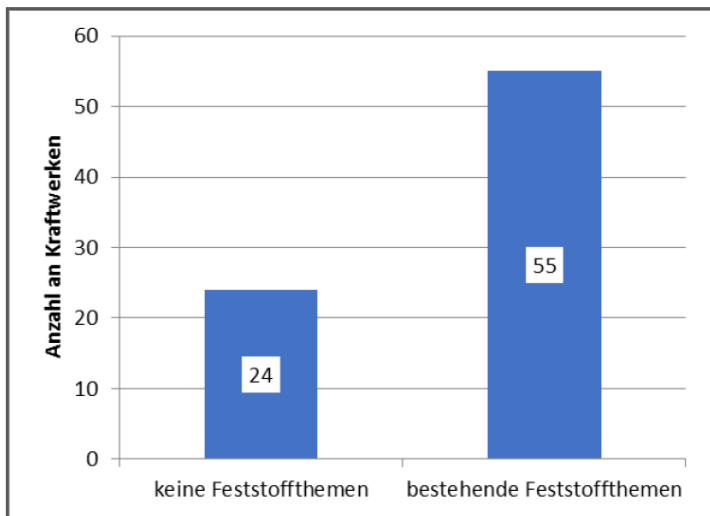
## Ergebnis der Risikobewertung

- Zielverfehlung hauptsächlich durch hydromorphologische Belastungen
- steht in engen Zusammenhang mit Feststoffhaushalt, Sedimenttransport und Flussmorphologie

## Projekt SED\_AT

- österreichweite Erfassung und Analyse von Problemen im Bereich des Feststoffhaushaltes, des Sedimenttransportes und der Flussmorphologie
- Erhebung des sich daraus ableitenden Handlungsbedarfs
- in Hinblick auf Maßnahmen zur Zielerreichung des guten ökologischen Zustandes
- Erstellung eines akkordierten Umsetzungsprogramms
- Bewusstseinsbildung in den betroffenen Sektoren (WLV, Flussbau, Ökologie, Energiewirtschaft, Wasserstraßen und Landwirtschaft)

## Umfrage Energiewirtschaft



## BELASTUNGSTYP: EINGRIFFE IN DEN FESTSTOFFHAUSHALT

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

- Handlungsbedarf in Richtung verbessertes Sedimentmanagement
- sektorübergreifende Bearbeitung
- Erstellung von einzugsgebietsbezogenen Feststoffmanagementkonzepten
- in der kommenden Planungsperiode ist geplant derartige Konzepte und deren Realisierbarkeit anhand von Pilotstudien an ausgewählten Einzugsgebieten zu erarbeiten
- Feststoffproblematik soll auch bei den geplanten Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepten berücksichtigt werden.
- Sammlung bewährter Maßnahmen zum Feststofftransport (z.B. Leitfaden)
- Weiterführende Forschung

# Blickrichtung NGP 2021

## BNT: Die Zukunft unserer Gewässer

Wissensdefizite zum generellen Prozessverständnis – Sedimenthaushalt und Ökologie - reduzieren

## Weiterführende Forschung

Christian Doppler (CD) Labor für Sedimentforschung und -management

Leitung: Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ch. Hauer

Ziel: Geeignete Maßnahmen für langfristiges und nachhaltiges Feststoffmanagement unter Berücksichtigung der ökologischen Auswirkungen

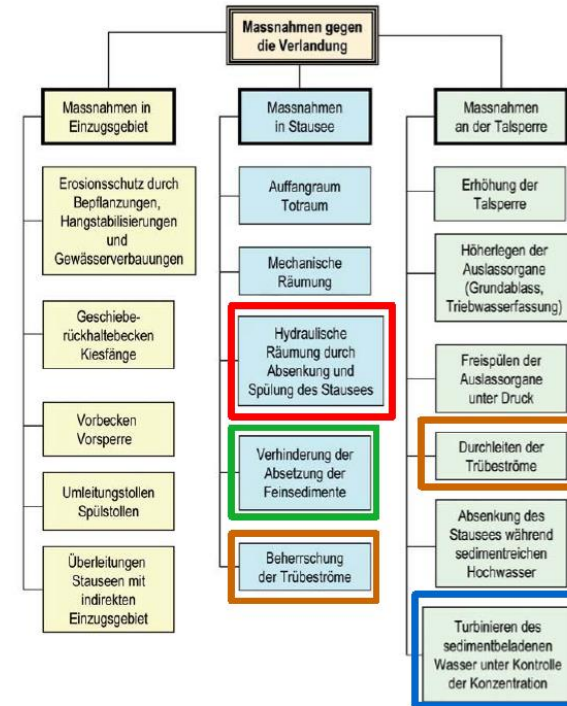


Abb.: Präventive und retroaktive Maßnahmen gegen die Verlandung (Quelle: Schleiss und Oehy, 2002)

# Flussstauhaltungen

## Sedimentverhältnisse

### Feststofffracht

- Große jährliche Sedimentmengen
- Beträchtliche Menge an groben Geschiebematerial
- Schwebstoffanteil dominant

### Feststoffverhalten

- Geschiebe
  - Ablagerung im Stauwurzelbereich
- Schwebstoff
  - Selektiver Absetzprozess über den gesamten Stauraum
  - Gleichzeitiger Austrag über Trieb- und Überwasser

# Flussstauhaltungen

## Bewirtschaftungsmaßnahmen

### Stauraumpülungen

- regelmäßig, fallweise mehrfach pro Jahr
- im Zuge von Hochwasserereignissen
- vollständige Öffnung der Wehranlage
- Herstellung eines freien Abflusses
- abgestimmtes Spülmanagement in Kraftwerkskette

### Geschiebeentnahmen

- an der Kopfstufe einer Kraftwerkskette

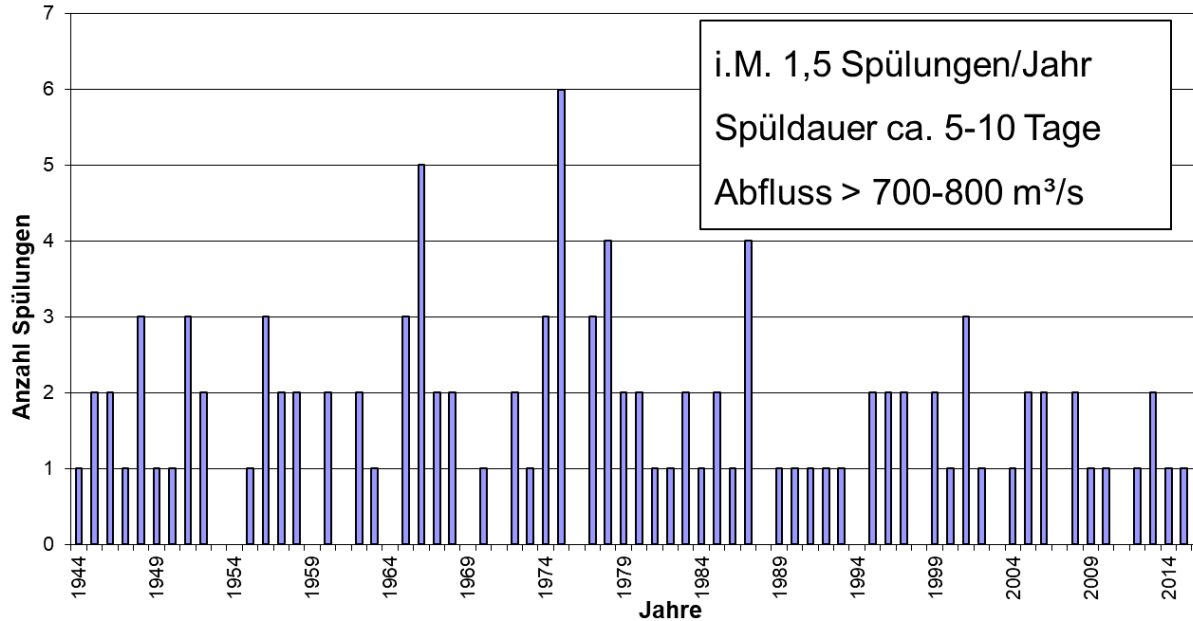
### Sohlhöhenkontrollen

- profilweise Echolotaufnahmen (Frühjahr, nach Stauraumpülung)
- Sohlhöhenvergleich und Massenbilanz

# Flussstauhaltungen

## Bewirtschaftungsmaßnahme - Stauraumpülungen

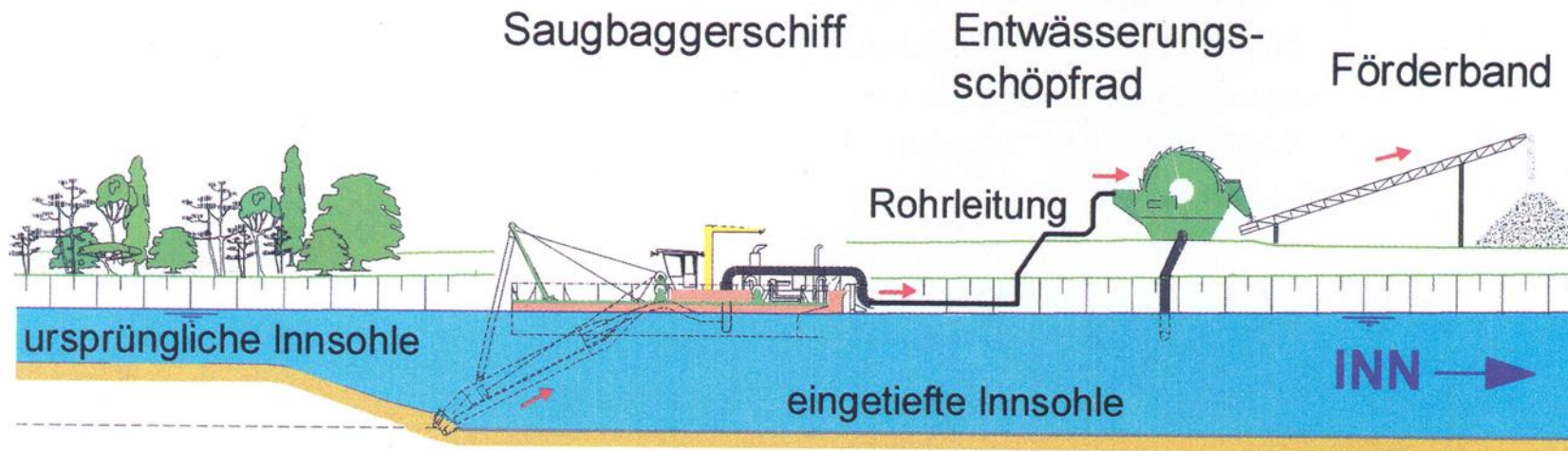
Stauraumpülungen KW Kirchbichl in den Jahren 1944 bis 2015



# Flussstauhaltungen

## Bewirtschaftungsmaßnahme - Geschiebeentnahme

Schema der Saugbaggerung





# Flussstauhaltungen

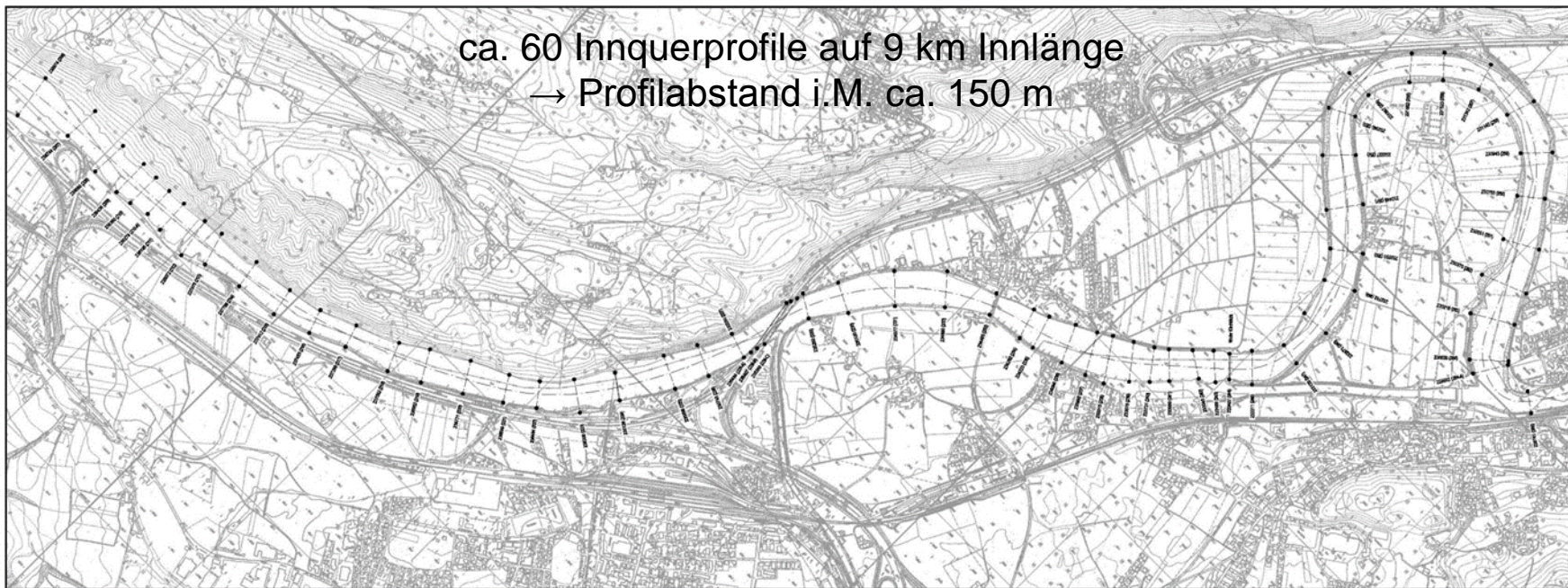
## Bewirtschaftungsmaßnahme - Geschiebeentnahme



# Flussstauhaltungen

## Bewirtschaftungsmaßnahme - Sohlhöhenkontrolle

ca. 60 Innquerprofile auf 9 km Innlänge  
→ Profilabstand i.M. ca. 150 m



# Flussstauhaltungen

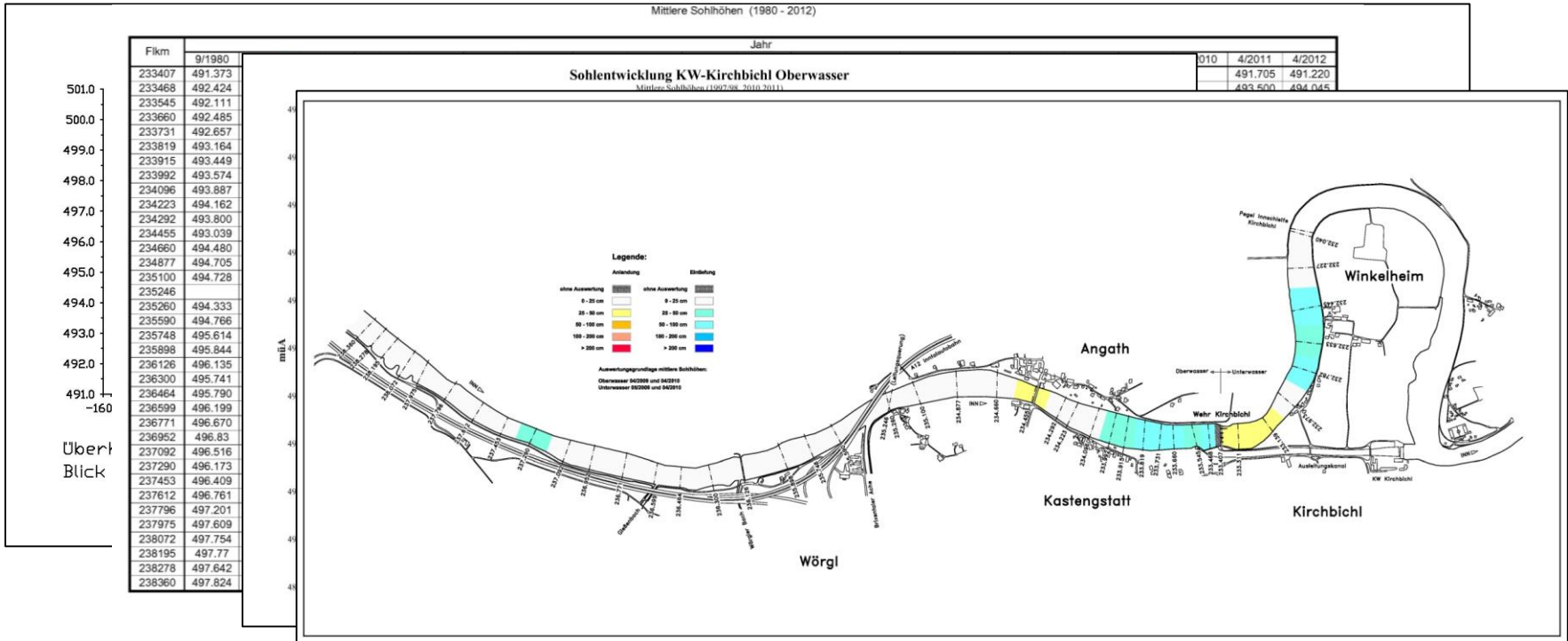
## Bewirtschaftungsmaßnahme - Sohlhöhenkontrolle



# Flussstauhaltungen



## Bewirtschaftungsmaßnahme - Sohlhöhenkontrolle



# Speicherbecken

## Sedimentverhältnisse

### Feststofffracht

- Aus direktem Einzugsgebiet Geschiebe und Schwebstoff
- Aus indirektem Einzugsgebiet nur Schwebstoff
- Schwebstoffe meist maßgeblich

### Feststoffverhalten

- Geschiebe
  - Ablagerung im Stauwurzelbereich
- Schwebstoff
  - Selektiver Absetzprozess über den gesamten Stauraum
  - Durch Trübestrome und betriebl. Abstauprozesse verstärkte Verlagerung in Richtung Talsperre
  - Gleichzeitiger Austrag über Triebwasser

# Speicherbecken

## Bewirtschaftungsmaßnahmen

### Bau

- Totraumvolumen für 50 bis 100 Jahre
- aufgrund Anlagenalter häufig aufgefüllt

### Betrieb

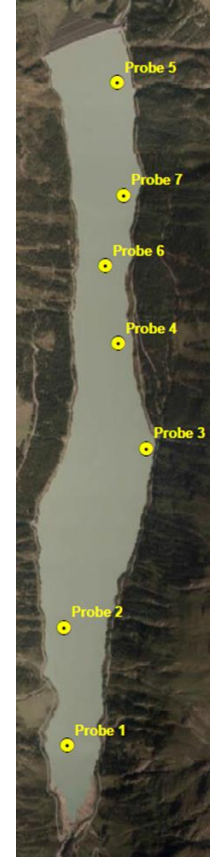
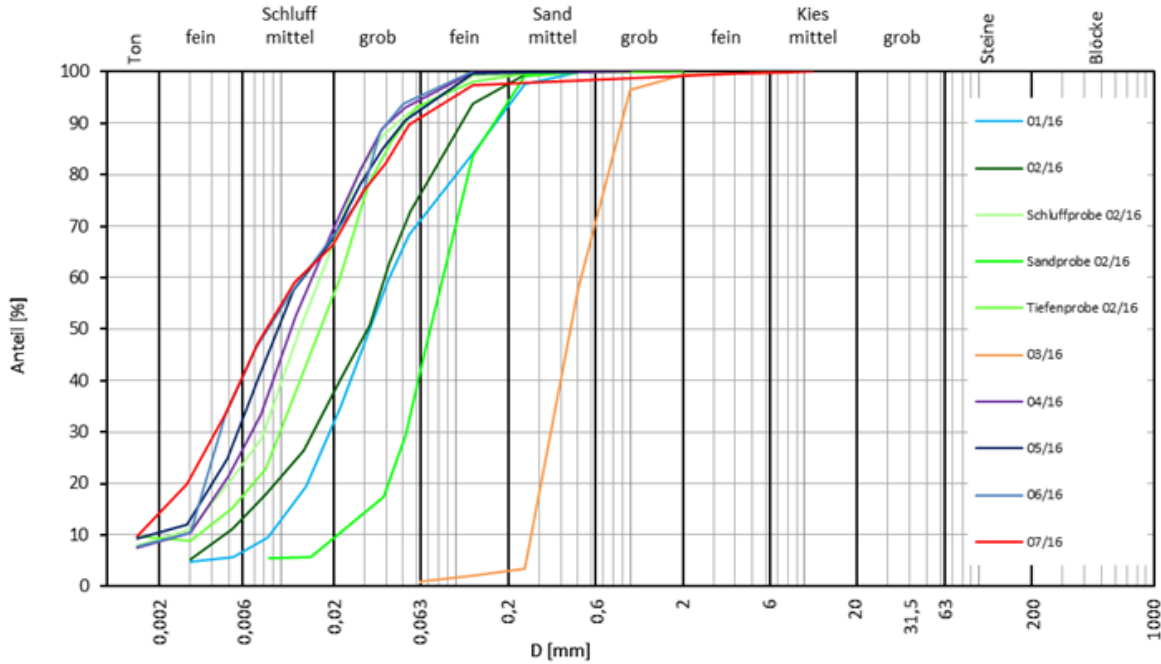
- Vielfach keine langfristig nachhaltigen Maßnahmen umgesetzt (Umlagerung, Anlagenerhöhung, etc)
- Grundsätzlich viele Möglichkeiten – präventive und retroaktive Maßnahmen
- Unterschiedliche ökologische Auswirkungen - Wissensdefizite
- Konfliktpotential – Einhaltung Bescheidvorgaben sehr aufwändig
  - Ökologie
  - Fischerei
  - Medien, breite Öffentlichkeit

# Speicherbecken



## Sedimentzusammensetzung

Speicher Gepatsch, Proben 12.05.2016



# Speicherbecken

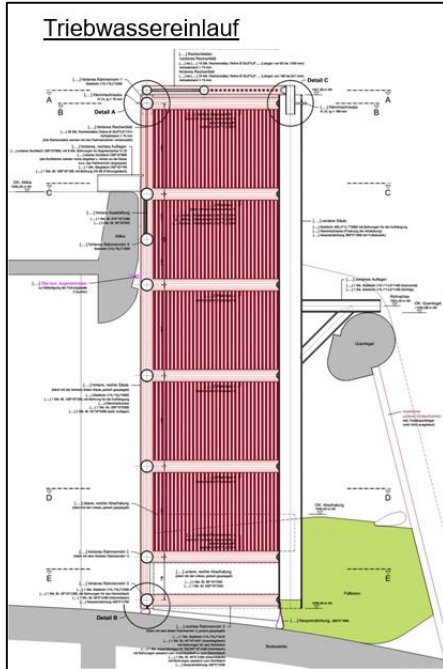
## Sedimentmobilisierung bei Speicherentleerung





# Speicherbecken

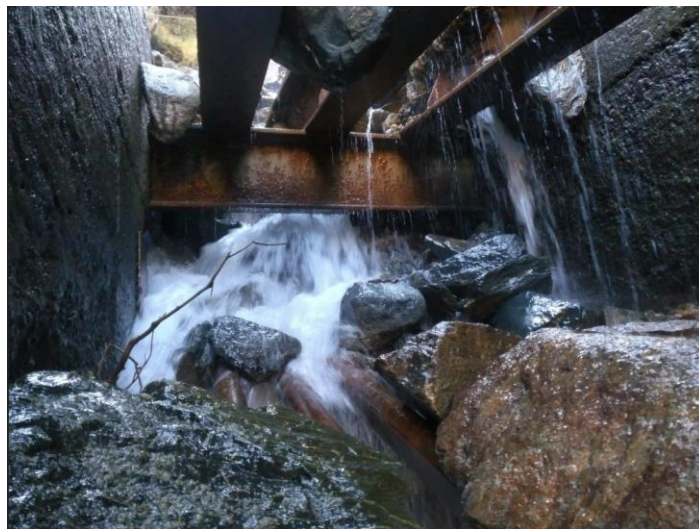
## Umbau Triebwassereinlauf



# Speicherbecken

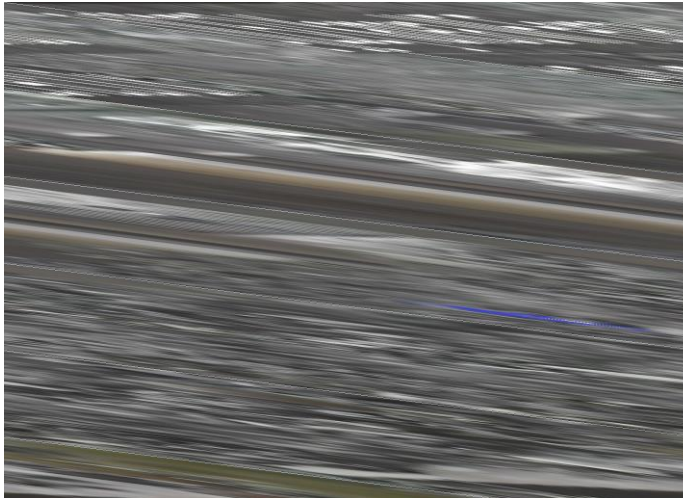
## Extreme Sedimentbelastungen

- Korndurchmesser
- Schwebstoffkonzentration
- Prozessablauf



# Speicherbecken

## Extreme Sedimentbelastungen



# Speicherbecken

## Konventionelle Räumungen

### Knackpunkte:

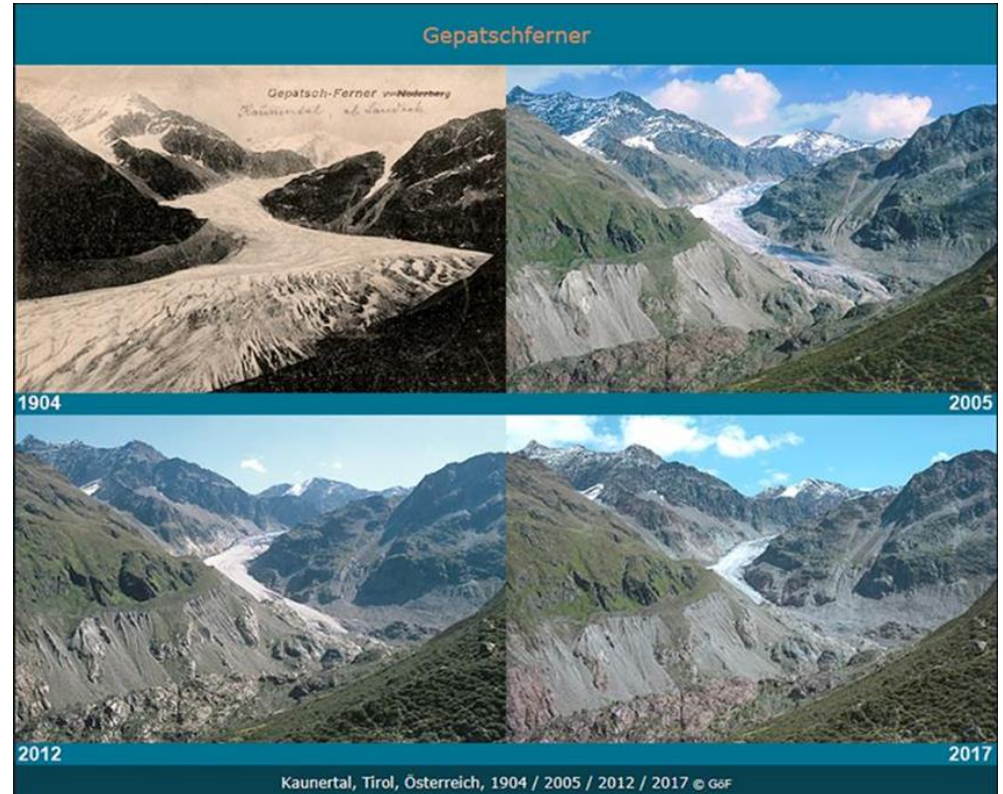
- Betriebsunterbrechung
- Sedimentprobleme bei Entleerung
- Schnee- und Eisauflage
- Materialentwässerung
- Maßnahmen für Wasserableitung
- Deponiemöglichkeit
- Verschmutzung Transportwege
- Belastungen Anrainer
- Nachsorge Deponie



# Speicherbecken

## Einfluss Klimaänderung

- Gletscherrückgang
- Neue Erosionsflächen
- Zunahme Starkniederschläge
- Abflussverschiebung Sommer-Winter
- Anstieg Schneefallgrenze
- Auftauen des Permafrosts
- Anstieg der Baumgrenze
- Längere Vegetationszeit



# Schlussfolgerungen

- Sedimente sind natürliche Verwitterungsprodukte die bevorzugt im Fließgewässersystem transportiert werden.
- Je nach Gewässer und Jahreszeit setzen sich die Sedimente aus unterschiedlichen Geschiebe- und Schwebstoffanteilen zusammen.
- Seen stellen natürliche Unterbrechungen der Sedimentdurchgängigkeit dar, was längerfristig gesehen, zu deren Verschwinden führt.
- Die Wasserkraftnutzung ist unmittelbar mit den Gegebenheiten des Feststoffhaushalts konfrontiert.
- Die Sedimenteinträge in Speicherbecken und Stauhaltungen müssen durch geeignete Maßnahmen so bewirtschaftet werden, dass die Anlagensicherheit und die betrieblichen Erfordernisse jederzeit entsprechend sichergestellt sind.
- Die Umsetzung von langfristig nachhaltigen Sedimentbewirtschaftungsmaßnahmen ist erforderlich.
- Es gibt noch etliche Wissensdefizite hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen.
- Die konkrete Maßnahmenentwicklung stellt immer eine Einzelfallbetrachtung dar.



**Sedimente stellen auf jeden Fall ein zentrales Thema für den Kraftwerksbetrieb dar**



Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit

TIWAG-  
Tiroler Wasserkraft AG  
Eduard-Wallnöfer-Platz 2  
6020 Innsbruck  
[www.tiwag.at](http://www.tiwag.at)

**TIWAG**