

# Gewässereintiefung - Prozesse, Auswirkungen, Sanierung

Dr.-Ing. Klaus Kern, Karlsruhe

Fachtagung „Sohlenerosion – Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen

18.11.2022



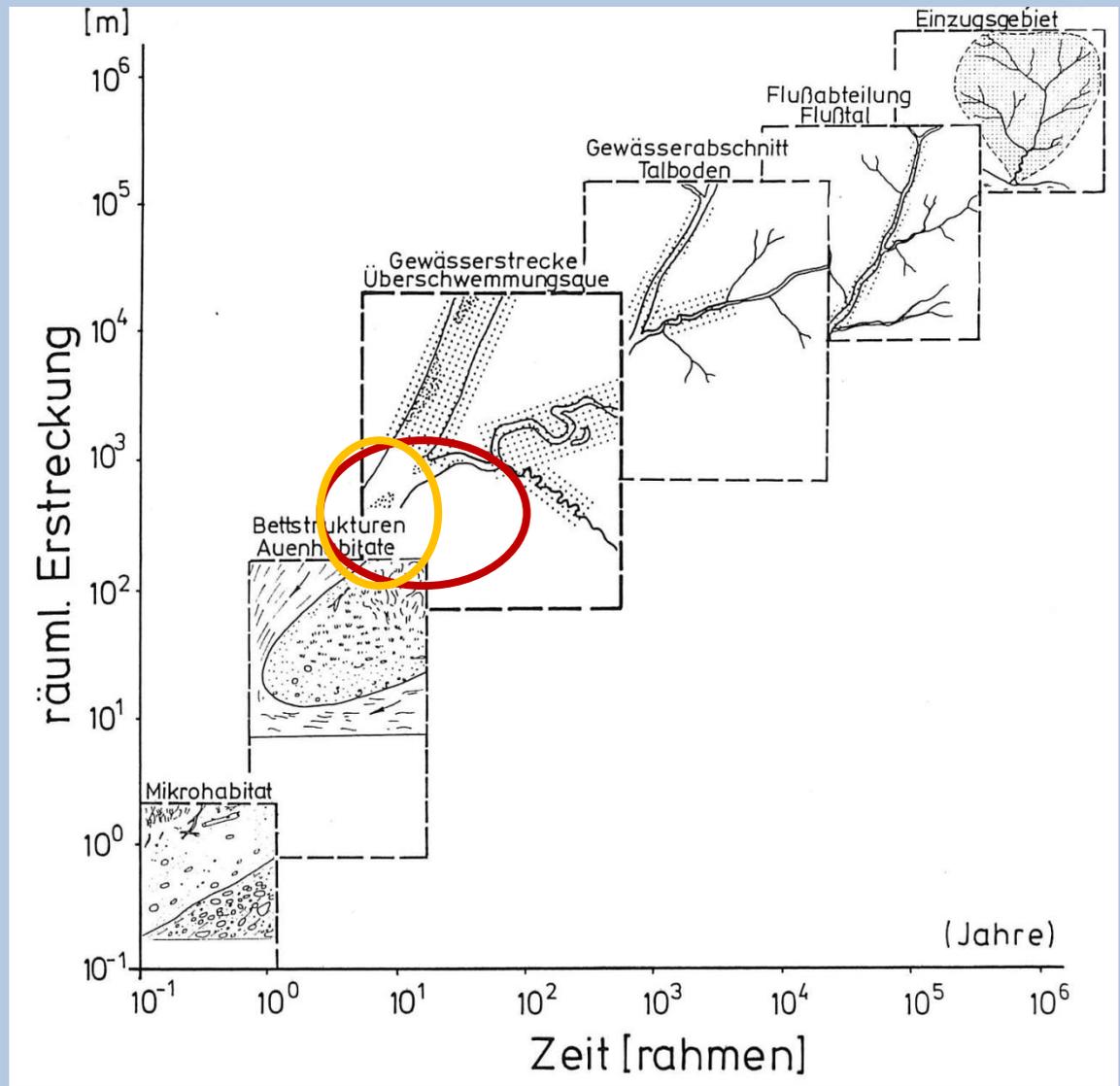
# Gliederung

- **Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung**
- **Anthropogen bedingte Eintiefung: Merkmale, Prozesse und ökologische Auswirkungen**
- **Sanierungsmaßnahmen: Ziele und Konzepte**
- **Beispiel Donau bei Sigmaringen (BW)**
- **Beispiel Holzbach bei Dierdorf (RP)**
- **Beispiel Bocksbach bei Karlsruhe**
- **Beispiel Rheinaue bei Karlsruhe**

Vortrag beschränkt auf Berg-, Hügel- und Flachlandgewässer ohne alpine Gewässer

# Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung

## Das Raum-Zeit-Konzept



Planungshorizont

- Soll
- Ist

Geogene, klimatologische Landschaftsformung



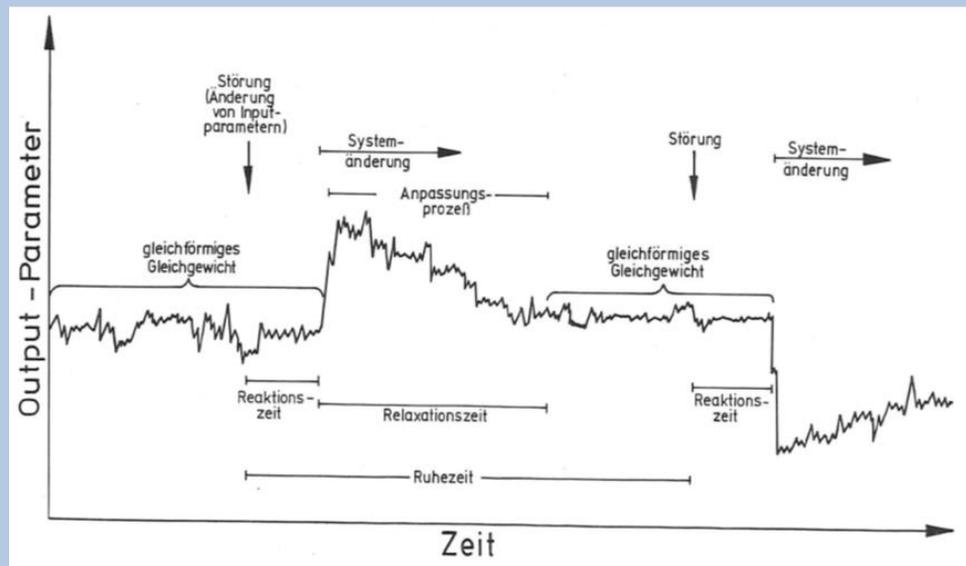
Tendenz

Anthropogene Einflüsse

# Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung

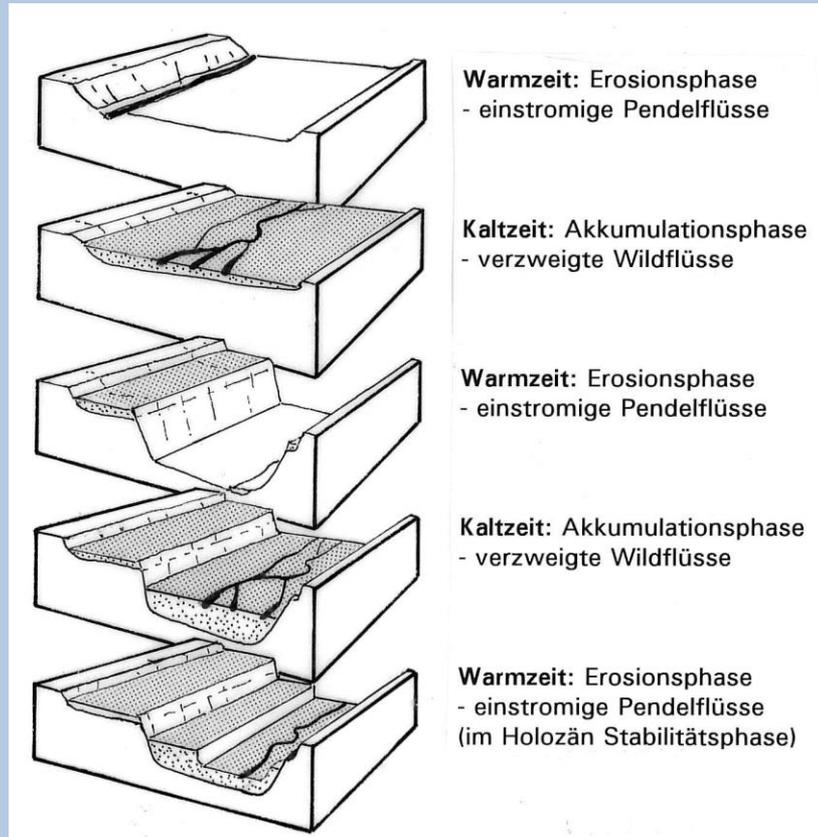
## Das Gleichgewichtskonzept

- Schwankungen der Sohlenlage, der Gerinnebreite, der Sinuosität, des Gefälles um eine mittlere Lage
- Störungen des Gleichgewichts durch Klimaschwankungen, Flussanzapfungen, außergewöhnliche Hochwasserabflüsse, Bergstürze, große Hangrutschungen u.a.
- Folge: Massive Veränderungen der Fluss- und Talmorphologie, allmähliche Anpassung der Gewässerformen an das vorherrschende Abfluss- und Geschieberegime
- Erneute Ausbildung eines Gleichgewichts bis zur nächsten Störung



# Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung

## Beispiel: Terrassenbildung durch Klimaänderung



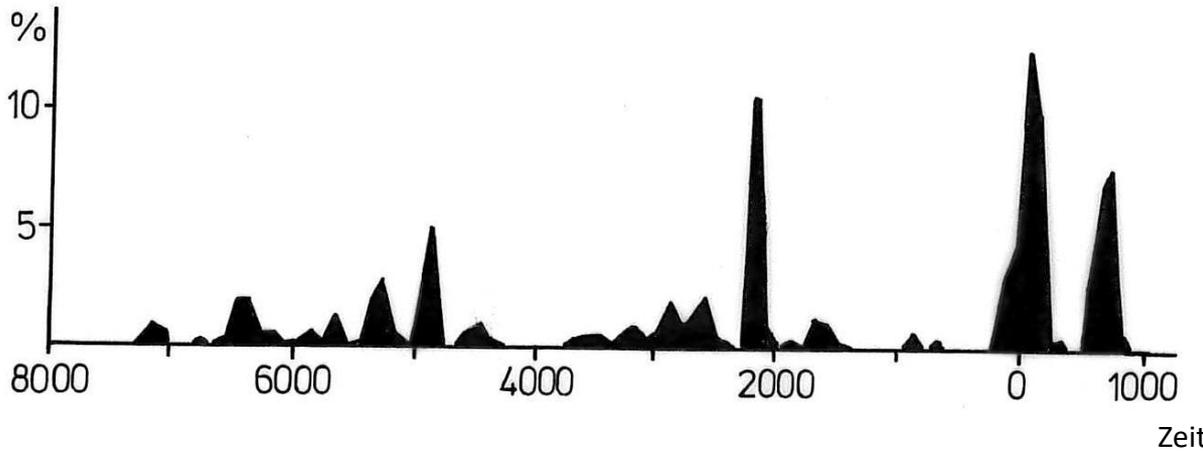
**Wechsel von Einschneidung und Aufschotterung im Verlauf der Warm- und Kaltzeiten führte in Flusstälern zu Terrassensystemen**

Kern 1994, verändert nach Graul 1983)

**Natürliche Gewässereintiefungen werden in mm/1000 a angegeben!**

# Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung

## Beispiel: Aktivitätsphasen durch Klimaschwankungen



**Häufigkeit fossiler Eichenstammfunde an Main und Regnitz (Becker 1983 in Kern 1994)**



**Fossiler Eichenstamm im Pralluferbereich der unteren Mulde bei Bad Dübener**

# Natürliche geomorphologische Gewässerentwicklung

## Beispiel: Flussanzapfung



Ref. 1

**Umleitung des Donauoberlaufs in Richtung Rhein durch die Wutach im Südschwarzwald**

**Canyonartige Einschneidung der Wutach zwischen Schatten- und Wutachmühle; hier im Muschelkalk**



Ref. 2

# Merkmale anthropogen bedingter Eintiefung



- **Steilufer, auch ohne Krümmungen, ohne oder mit Krautwuchs**
- **Kleine Abstürze und Sohlenstufen in kohäsiven Sohlen (Auenlehm, Lösslehm)**
- **Freigespülte Wurzelbereiche von Ufergehölzen**

# Merkmale anthropogen bedingter Eintiefung



**Freigespülte Sohlenlage von Durchlässen**



**„Säbelwachstum“ von Uferbäumen**



**Mündungen von Seitenbächen in Hochlage**

# Prozesse: Übertiefung durch Auenauflandung

- Nachweislich seit Beginn des Ackerbaus im Neolithikum
- Auflandungsraten abhängig von Geologie, Intensität der Landwirtschaft und Häufigkeit der Überflutung (irreversibel)



Rheinaue bei Karlsruhe:  
Archäologische Funde  
unter Auenlehmdecke.  
Auflandung 70 cm in  
200 Jahren; ca. 3,5 mm/a  
(eigene Beobachtung 2010)

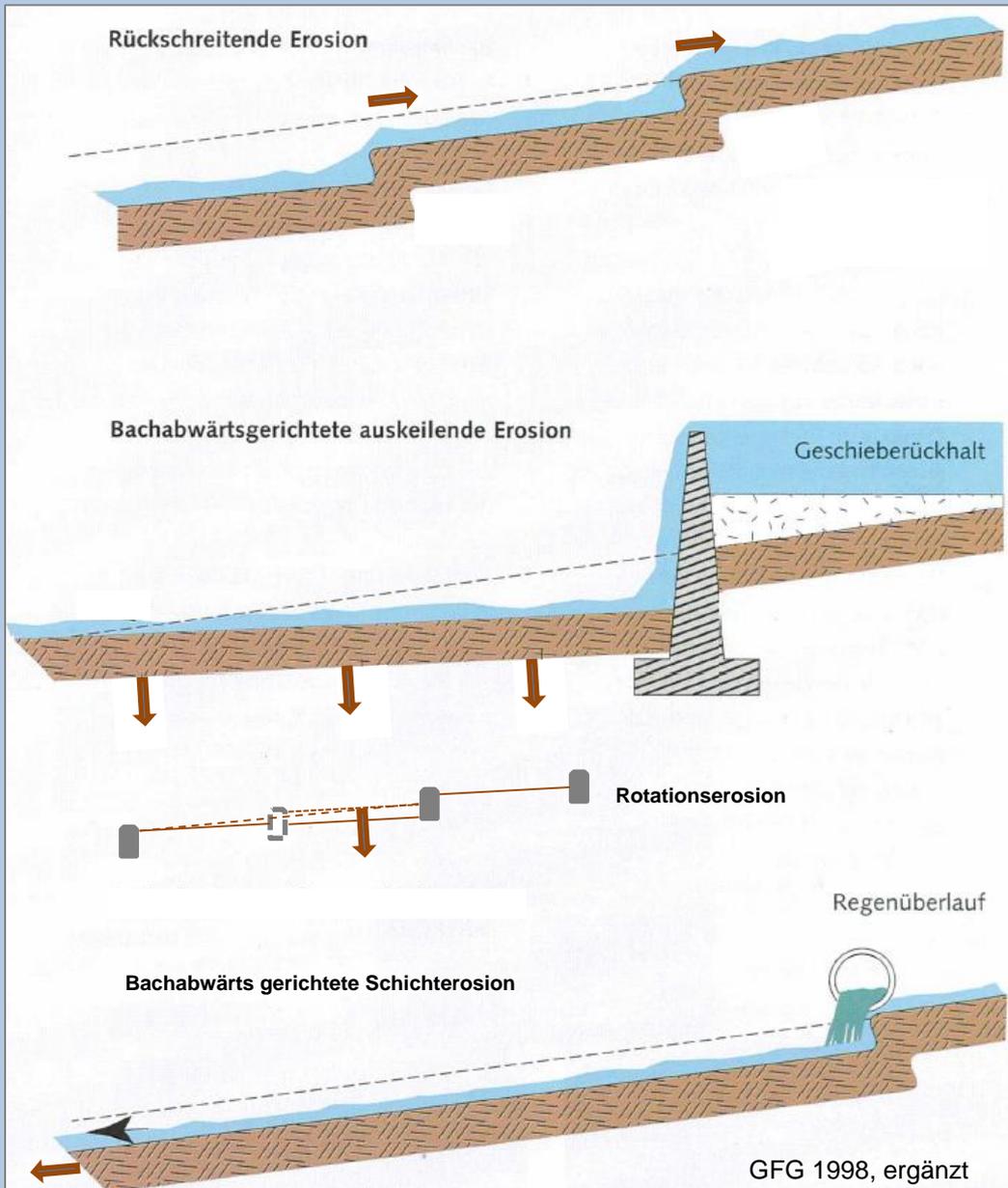


Elbaue (5 Standorte):  
Auenauflandung  
1 – 6 mm/a  
(Rommel 2013)



Holzbach bei Dierdorf (Westerwald):  
Auflandung 4 – 6 mm/a (geschätzt aus archäologischen Funden  
unter Auenlehm)  
Aktuelle Messungen in der Überschwemmungsaue bis 10 mm/a  
(Gewässerpflegeplan Holzbach, Erosionskartierung, Ing.-Büro Kern, 1999,  
unveröffentlicht)

# Prozesse: Erosionsarten



## Stufenerosion

- Hier beschränkt auf **kohäsives Sohlenmaterial** (Auenlehm, Lösslehm)
- **Stufenhöhe 0,2 m bis > 1 m** (Steillagen)
- **Rückschreitende Erosion** durch Überfallenergie bei höheren Abflüssen
- **Erosionsleistung** wenige Meter pro Jahr

## Keilförmige Erosion

- Bei **Geschieberückhalt** in größeren Stauanlagen durch Geschiebeaufnahme im UW
- Nach der **Entnahme** von sohlensichernden **Grundswellen** (Vergrößerung des Schwellenabstands) = Rotationserosion
- **Oberhalb von Aufweitungen** durch einen hydraulischen Beschleunigungseffekt

## Schichtererosion

- Bei (Netto-)Sedimentaufnahme aus der Sohle durch **Überschreiten von kritischen Schubspannungen** (Laufverkürzung, ...)
- Durch **Abrieb** widerständiger **Lehmsohlen** bei durchlaufendem Geschiebe
- **Unterhalb von Aufweitungen**, solange diese als Geschiebefang wirken

# Prozesse: Erosion durch Aufweitung

Kinzig bei Offenburg



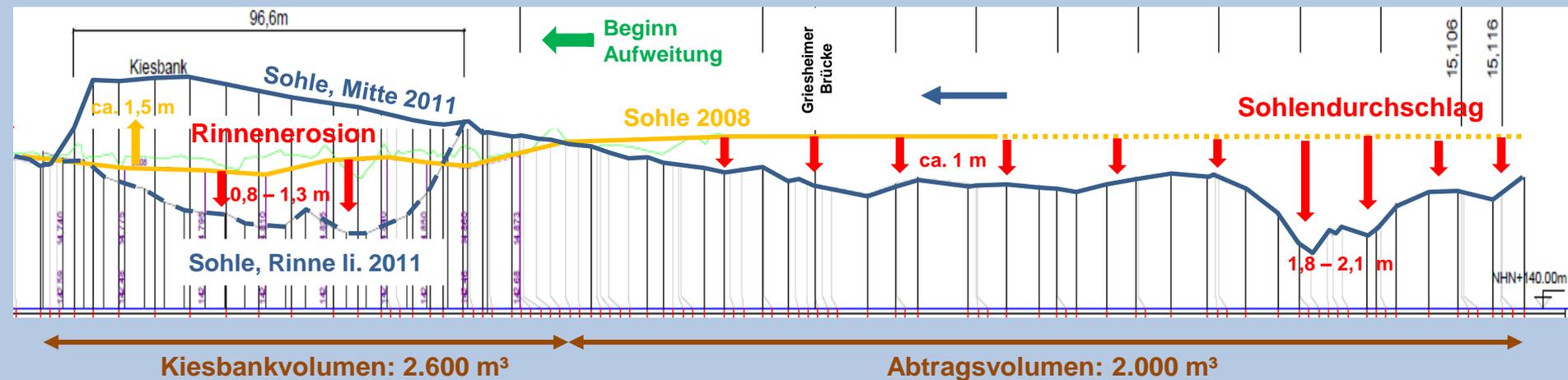
Bestand 2007



Aufweitung 2008



Überraschung 2011

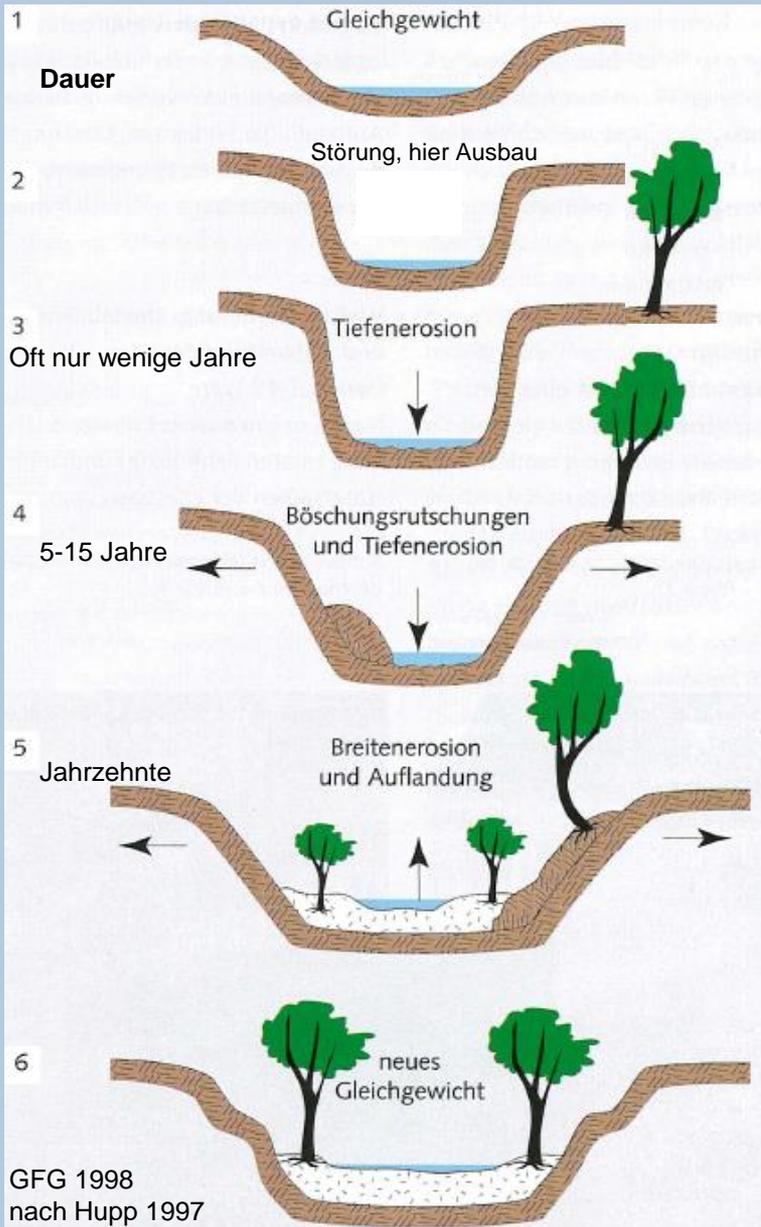


## Gewässerdaten Kinzig:

$MQ = 23,5 \text{ m}^3/\text{s}$  /  $HQ_{2} = 260 \text{ m}^3/\text{s}$  /  $HQ_{100} \text{ ca. } 1050 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Erosionsereignis im Jan. 2011:  $Q_{\text{max}} = 210 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Mittlere jährliche Geschiebefracht: 3.000 bis 4.000  $\text{m}^3$   
 (ermittelt aus Geschiebetransportmodell, HZ&P, CH, 2012)  
 $d_{\text{max, Kiesbank}} = 120 \text{ mm}$ ;  $T_{\text{crit}} = 96 \text{ N/m}^2 \gg T_{\text{real}} = 35 \text{ N/m}^2$

Die Änderungen der Gerinnehydraulik durch Aufweitungen können schwerwiegende Folgen haben (Überschreitung von Schwellenwerten der Sohlenbelastung)!

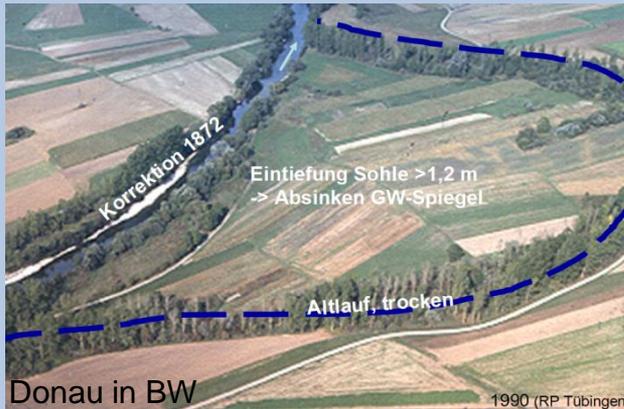
# Prozesse: Rückkehr zum Gleichgewicht



## Entwicklungsmodell gestörter Gewässersysteme nach Eintiefung (Hupp 1997, ergänzt)

1. Gleichgewicht (vgl. Folie 4)
2. Störung: Laufverkürzung, Vertiefung o.ä. durch Ausbau, Räumung von Deckschichten, Einleitungen (RÜB, Baugebiete), Unterbrechung Geschiebezufuhr, ...
3. Eintiefung (primäre Reaktion zum Gefälleausgleich). Zunehmende hydraulische Belastung der Sohle.
4. Mit weiterer Eintiefung kommt es zu schollenartigen Gleitbrüchen der Uferpartien mit einer allmählichen Abflachung der zuvor fast vertikalen Böschungen. Bei gehölzbestandenen Uferpartien tragen Sturzbäume im Bett zu Anlandungen und zur nachfolgenden Breitenerosion bei. Bildung schmaler Uferbermen.
5. Breitenerosion und Auflandung (sekundäre Reaktion). Mit fortschreitender Aufweitung nehmen die hydraulischen Belastungen der Sohle ab, und es kommt zu Anlandungen, soweit es noch Geschiebezufuhr gibt oder das erodierte Ufermaterial gröbere Körnungen enthält.
6. Allmählich entwickelt sich durch Auflandung ein neuer Sedimentkörper, und ein flacheres Bachbett mit einem schmalen Ufergehölzsaum auf tieferem Niveau entsteht. In der weiteren Entwicklung kann es durch Verkläusungen auch zu größeren Ausbuchtungen und der allmählichen Entwicklung einer Sekundäraue mit pendelndem Stromstrich kommen.

# Ökologische Auswirkungen der Übertiefung



## Austrocknen der Aue

Verlust an Feuchtlebensräumen mit entsprechenden Rückgang spezifischer Tier- und Pflanzenarten (Austrocknung von Altarmen, **Verlust der Diversität wechselfeuchter Standorte** im bewegten Auenrelief).  
Besonders schädlich in großen Auengebieten.



## Abgang von Ufergehölzen

- Fehlende Beschattung führt zu höheren Wassertemperaturen; **Gefahr kritischer Sauerstoffwerte** (besonders relevant bei abnehmendem NW-Ständen und zunehmenden Hitzeperioden = Klimawandel)
- **Verlust an Fischunterständen**

## Erosion des Sedimentkörpers

- Bei freigelegter Lehmsohle vollständiger **Verlust des Interstitials** als Lebensraum für Wirbellose und Laichplatz für Fische
- Rückgang der Selbstreinigungsfunktion
- **Verlust an Sohlenstrukturen** (Bänke, Kolke, Riffle-Pool-Abfolgen)
- **Verlust an Substratvielfalt** und Strömungsdiversität
- Folge: Biologisch verödete Bachstrecken
- Verstärkter Austrag von Schluff ins UW mit Schädigung der Wasserfauna



## Verlust der produktiven Uferzone

Der Übergang vom aquatischen zum terrestrischen Lebensraum in der Wasserwechselzone bietet zahlreichen spezialisierten Tier- und Pflanzenarten eine Nische, die bei übertieften Gewässern verloren geht.

# Sanierungsmaßnahmen: Ziele

## Ziele der Sanierung

- Wiederherstellung der **natürlichen Ausuferung** (Idealfall)
- Gewässermorphologischen **Gleichgewichtszustand** anstreben (Folie 4)
- **Freie Gewässerentwicklung** zulassen, ggf. mit unterstützenden Eingriffen
- Regeneration eines bachtypischen **Sedimentkörpers**
- Verzicht auf herkömmliche Unterhaltung
- Planungshorizont 30 bis 50 Jahre?

## Begrenzungen

- Anforderungen an den **Hochwasserschutz**
- Hoher **Schwebstoffeintrag** aus der Landnutzung
- Gestörter **Geschiebehaushalt**
- Zunahme der **Abflussextrême**
- Begrenzte Ressourcen (Flächen, Geld, geeignete Materialien, **Wissenslücken**)

# Sanierungsmaßnahmen: Konzepte

- **Erosionsursachen bekämpfen**

Erosionsstufen in der Sohle fixieren, Regenwasser versickern, Einleitungen dämpfen, **Wehrbänke belassen**, ggf. **entnommenes Geschiebe wieder zugeben**, Uferangriffe fördern, ...

## Typ 1: Neuer Lauf mit höherem Sohlenniveau (Flächen verfügbar)

### A. Mit **Verfüllung des erodierten Laufs** (evt. Teile als Altwasser anbinden)

Vorteil: Volle Wassermenge und Geschiebe im neuen Gerinne. Kritisch: Erosionsstabilität?

### B. **Beibehaltung** des erodierten Laufs **als Parallelgerinne**

Vorteil: Niedrigere HW-Stände. Kritisch: Langfristig Auflandung des neuen Laufes.

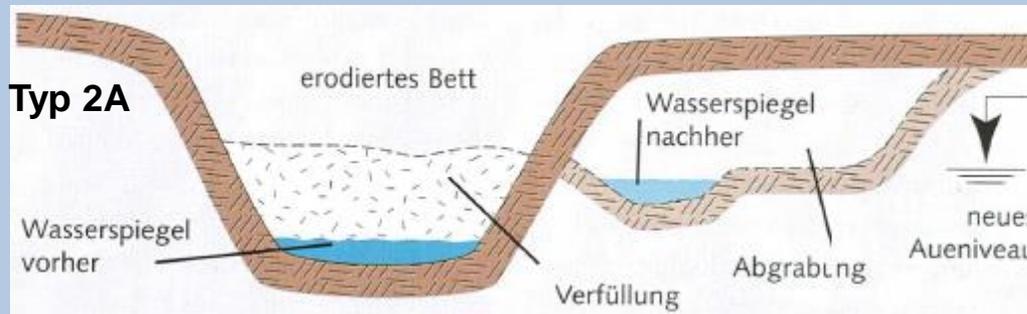
## Typ 2: Aufweitung (Flächen nur begrenzt verfügbar)

### A. Mit **Teilverfüllung** des erodierten Laufs und Entwicklung einer **Sekundäraue**

Vorteil: GW-Spiegelanhebung. Kritisch: Eignung des Materials als Sohlen- u. Auenkörper?

### B. Mit **Beibehaltung** des erodierten Laufs und des **Sohlenniveaus**

Vorteil: Geringerer Flächenbedarf. Kritisch: Aufbau Sedimentkörper?



# Sanierungsmaßnahmen: Konzepte

## Typ 3: Erodiertes Bett auffüllen, Ufer abflachen (kaum Flächen verfügbar)

Herstellung einer **erosionsstabilen Sohle auf höherem Niveau**, möglichst Ufer abflachen.

Vorteil: Geringer Platzbedarf. Kritisch: Kornspektrum und Habitateignung Sedimentkörper?



Fotos oben: Schüller

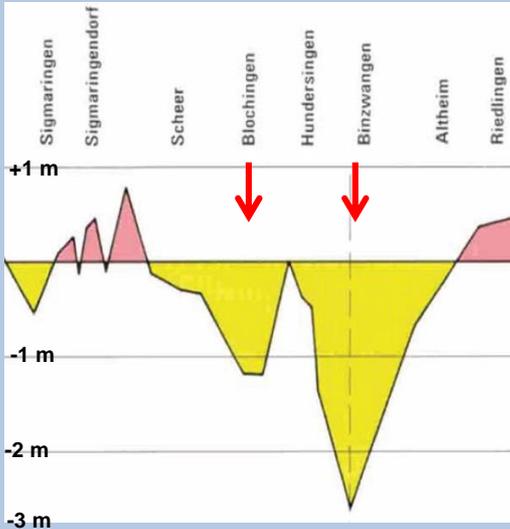


Kern/Nadolny

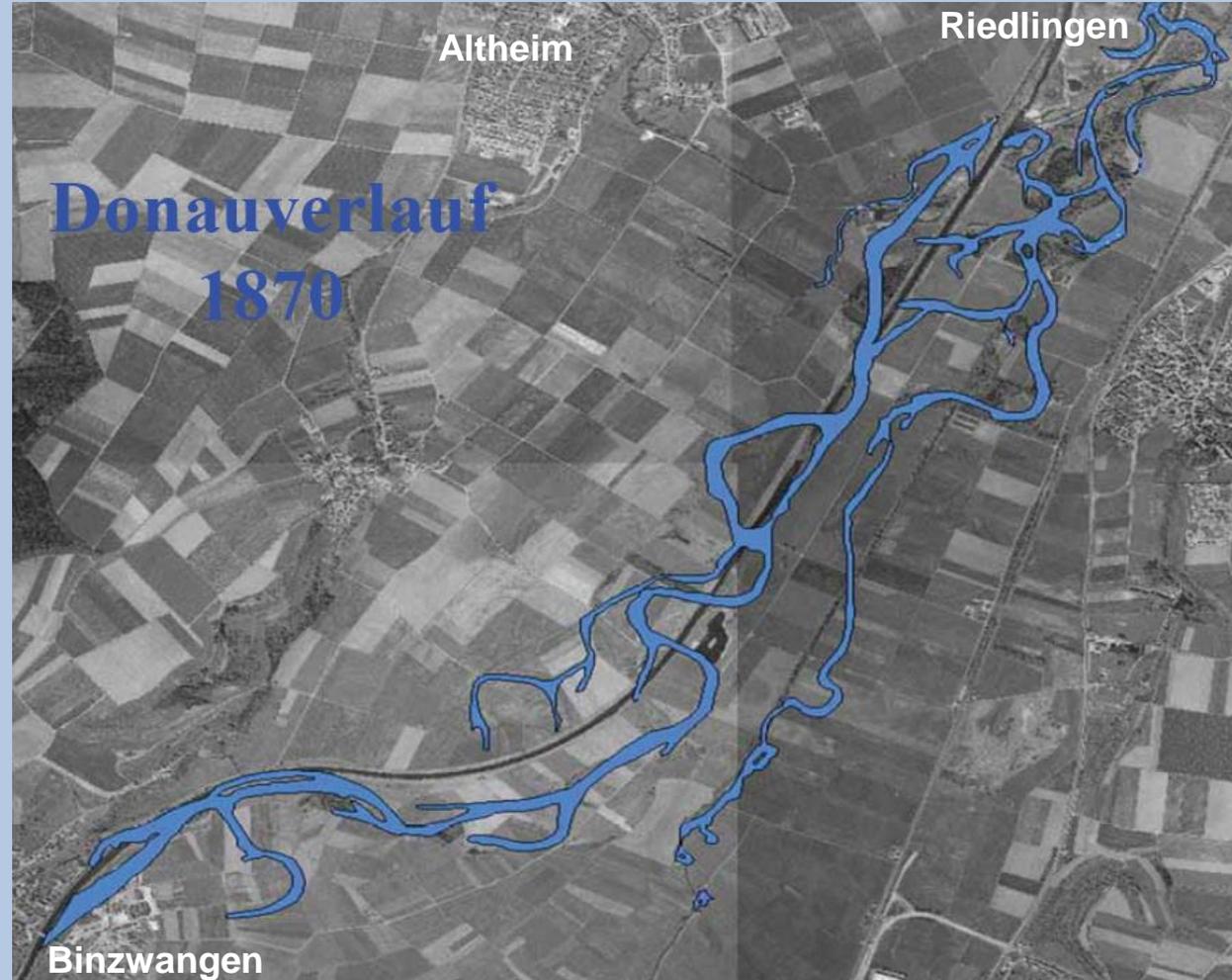
## Typ 4: Erosionsrinne mit Totholz verbauen, Eigenentwicklung fördern, ggf. Geschiebevorrat einbringen (kaum Flächen verfügbar)

- A. **Ausreichend Geschiebefracht** mit Korngrößen zur Deckschichtbildung vorhanden: Eigenentwicklung!  
Vorteil: Geringer Platzbedarf. Kritisch: Einschätzen der Geschiebeführung, Entwicklungsdauer?
- B. Bei **geringem Geschiebetrieb**: Wiederholtes Einbringen von Geschiebevorrat über längeren Zeitraum.  
Vorteil: Geringer Platzbedarf. Kritisch: Fremdmaterial gewässertypisch? Entwicklungsdauer?

# Sanierung: Donau zw. Sigmaringen u. Riedlingen (BW)



Sohlenentwicklung 1890-1990



**Eintiefung der Donau in 100 Jahren durch Begradigung  
und Freilegung leicht erodierbarer Schichten**

# Sanierung: Donau bei Blochingen (BW) – Typ 1B

## Sanierungsziele

- Anhebung des GW-Spiegels
- Weitgehend freie Gewässerentwicklung
- Entwicklung einer natürlichen Flussaue
- Hochwasserneutralität für die oberhalb liegende Ortschaft Blochingen

## Maßnahmenkonzept

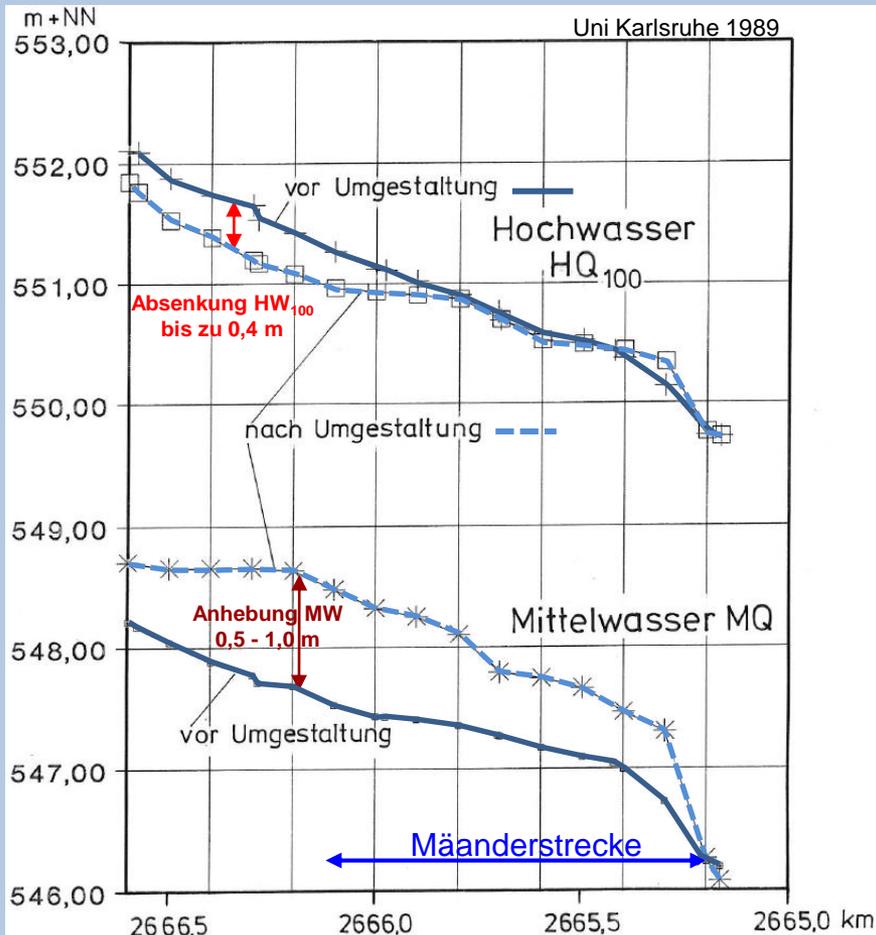
- Anhebung des Wasserspiegels durch den Bau zweier Rampen ( $h = 2,2 / 1,6$  m)
- Vorgabe zweier Mäanderbögen als Initialgerinne
- Modellierung des Auenreliefs im Innenbereich der Bögen
- Beibehaltung des begradigten Laufs

## Daten

MQ:	26,6 m <sup>3</sup> /s
HQ <sub>2</sub> :	180 m <sup>3</sup> /s
HQ <sub>100</sub> :	475 m <sup>3</sup> /s
Eintiefung:	1,2 m (1890 - 1990)
Projektstrecke:	1,3 km
Modellversuch:	1989 (Uni Karlsruhe)
Umgestaltung:	1992/93



# Sanierung: Donau bei Blochingen (BW) – Typ 1B



## Entwicklung seit 1993:

- Naturnahe Fluss- und Auenlandschaft
- Fortschreitende Auflandung der Mäanderbögen
- Eigendynamische Entwicklung der Aue
- Nur geringe Seitenverlagerung
- Seit 1996 Naturschutzgebiet
- Erste Biberansiedlung in BW

# Sanierung: Donau bei Binzwangen (BW) – Typ 1A

## Sanierungsziele

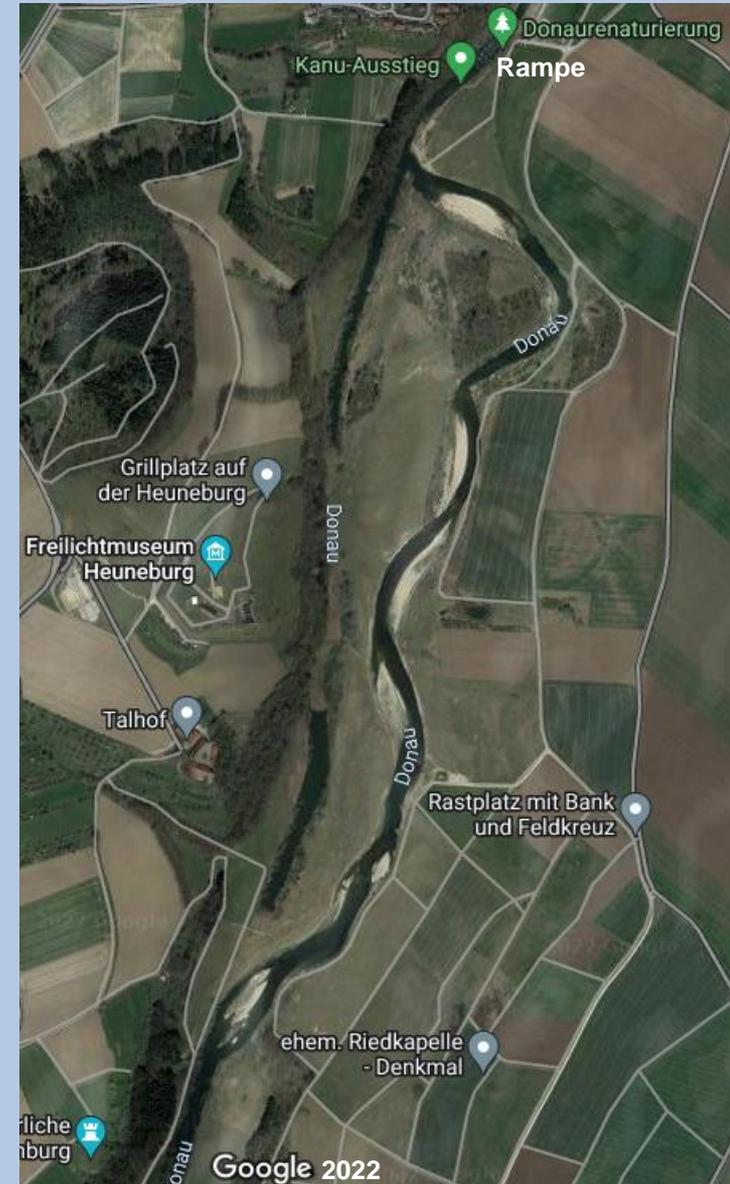
- **Anhebung des GW-Spiegels**
- Freie Gewässerentwicklung
- Entwicklung einer **natürlichen Flussaue**
- Ausuferung zweimal jährlich

## Maßnahmenkonzept

- Anhebung des Wasserspiegels durch den Bau einer Rampe im alten Donaubett (h = 2,5 m, L = 100 m)
- Vorgabe eines neuen Laufes als Initialgerinne in Anlehnung an die historische Laufentwicklung
- Belassen zweier Abschnitte des alten Donaubettes als Altgewässer

## Daten

MQ:	26,6 m <sup>3</sup> /s
HQ <sub>2</sub> :	180 m <sup>3</sup> /s
HQ <sub>100</sub> :	475 m <sup>3</sup> /s
<b>Eintiefung:</b>	<b>ca. 3 m</b> (1890 - 1990)
Projektstrecke:	2,6 km
Umgestaltung:	2009-2012
Quelle:	RP Tübingen (2012)

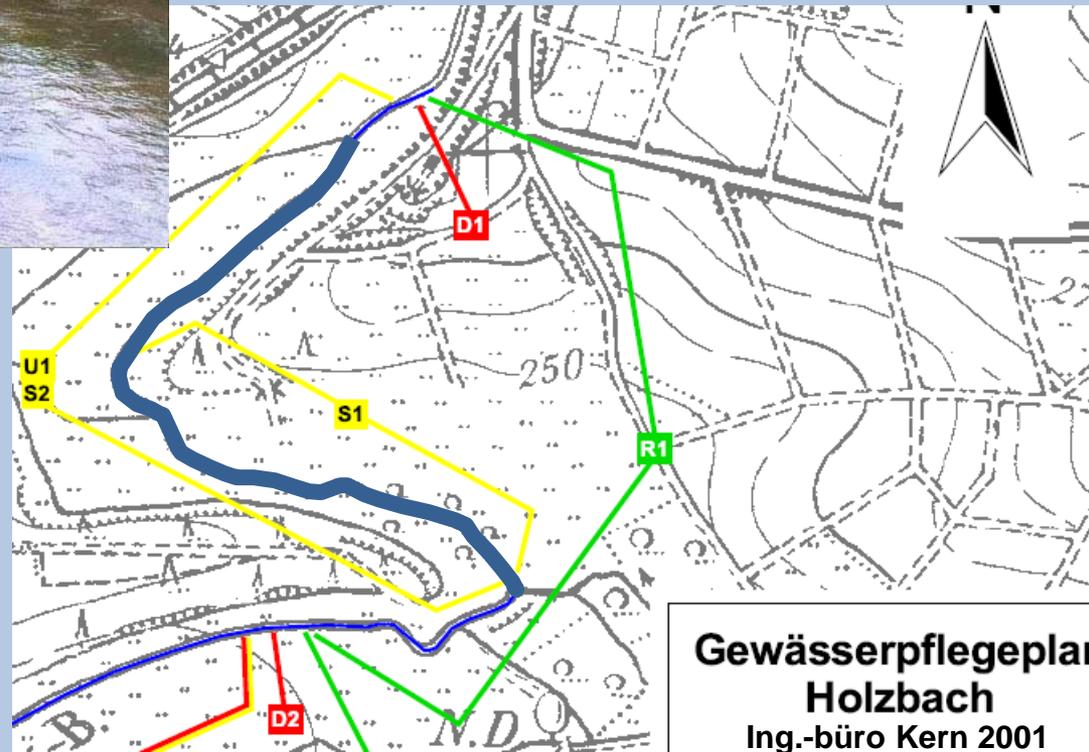


# Sanierung: Holzbach bei Dierdorf, Westerwald (RP)



Foto: Dreher

- U1** Uferbermen abgraben, Rohbodenstandorte anlegen
- U2** Naturnähere Gestaltung der Uferlinie (einseitig)
- S1** Sohlenlage/-struktur verbessern
- S2** Totholzeinbau als Strukturbildner



**Gewässerpflegeplan  
Holzbach**  
Ing.-büro Kern 2001

## Daten

Einzugsgebiet: 71,8 km<sup>2</sup>  
Gewässertyp: silikatischer Mittelgebirgsbach,  
LAWA-Typ 9  
MQ: 1,16 m<sup>3</sup>/s  
HQ<sub>2</sub>: 9,6 m<sup>3</sup>/s  
HQ<sub>100</sub>: 18,0 m<sup>3</sup>/s  
**Tieflage:** 1,5 - 2,2 m (Erosionskartierung 1999)  
Projektstrecke: 0,86 km  
Sanierung: 2003/04 (?)

# Sanierung: Holzbach bei Dierdorf – Typ 2B

## Ursachen Übertiefung

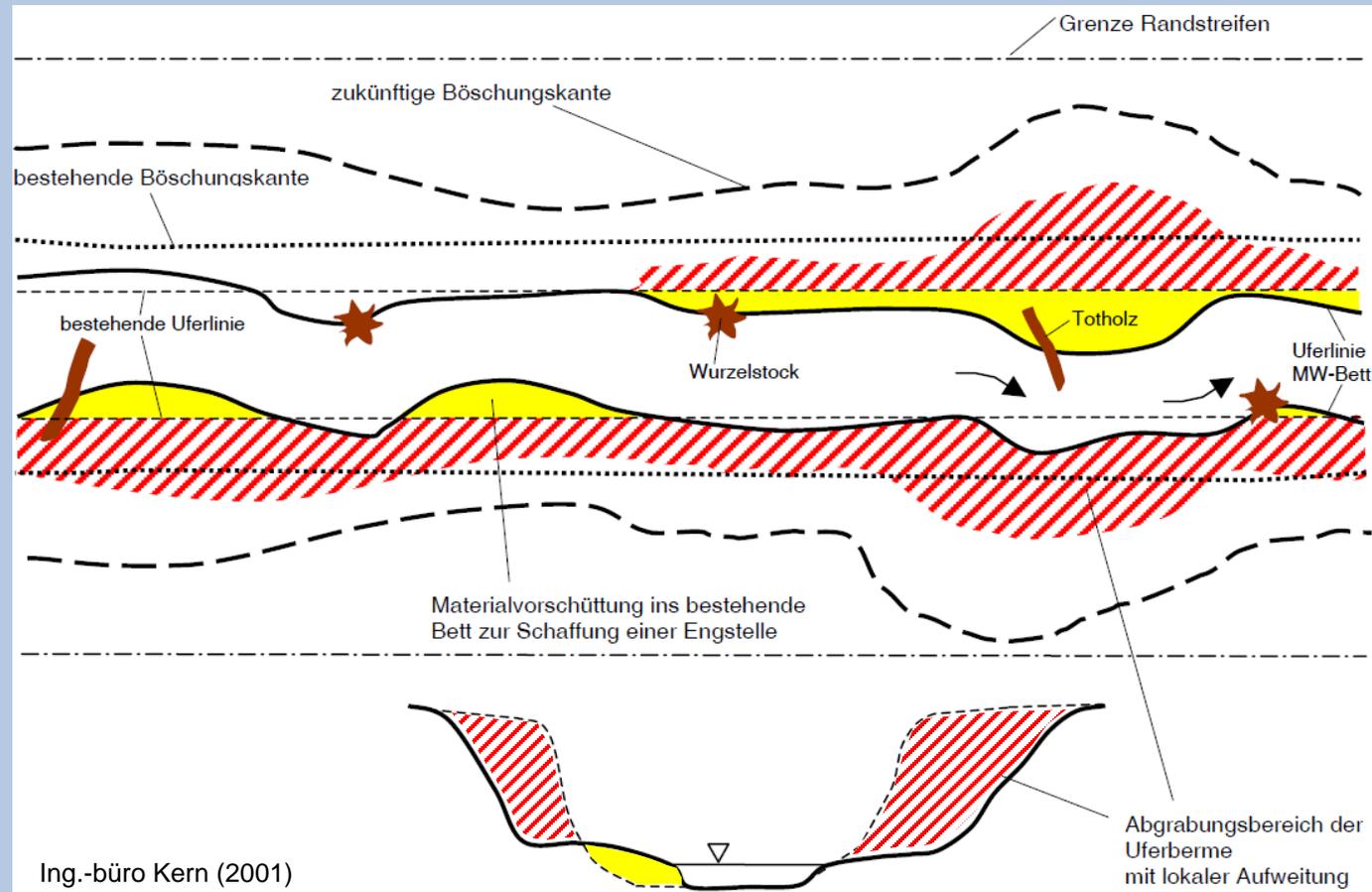
- Bachbegradigung
- Auenauflandung (primär?)
- Eintiefung

## Folgen

- Nur **stellenweise Sedimentauflage** aus steinig, kiesig, sandigem Material
- Teilweise Erosionsrinnen in anstehender, fest verbackener **Lösslehmsohle**
- Abschnittsweise **steile Uferböschungen** ohne Bewuchs

## Sanierungsziele

- **Regeneration der Sedimentauflage** durch die natürliche Geschiebeführung und Zugabe von Steinen
- Entwicklung **typspezifischer Sohlen- und Uferstrukturen** (Riffle-Pool-Sequenzen, Totholzverkläusungen, Uferbuchten mit entsprechender Substratdiversität)



## Maßnahmenkonzept

- **Aufweitung** des Bettes, **Abflachen** der Ufer, Vorschütten von **Bermen**
- Einbau von **Totholz** (Wurzelstöcke und Stammholz) als Strömungshindernis
- Verfüllen von Tiefrinnen und Einbau von Steinen

# Sanierung: Holzbach bei Dierdorf – Typ 2B

Aufweitung und Abflachung



Foto: Dreher



Foto: Dreher

Schaffung von Uferbuchten und Bühnen aus Holzstämmen als Strömungshindernisse

# Sanierung: Holzbach bei Dierdorf – Typ 2B



Foto: Dreher

Entwicklung nach 2 Jahren



Foto: Dreher

# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad bei Karlsruhe

## Daten

Einzugsgebiet:	16 km <sup>2</sup>
Gewässertyp:	Bergbach, Buntsandstein LAWA-Typ 5, evt. 5.1
MQ:	0,13 m <sup>3</sup> /s ( <b>trocken fallend</b> )
MHQ:	2,7 m <sup>3</sup> /s
HQ <sub>100</sub> :	8,5 m <sup>3</sup> /s
Schubspannung:	100 -130 N/m <sup>2</sup> (bordvoll)
<b>Tiefelage:</b>	<b>2,0-2,4 m</b>
Projektstrecke:	1,4 km
<b>Sanierung:</b>	<b>2002 bis 2020+</b>

## Ursachen Eintiefung

- Bachverlegung und **Begradigung**
- **Geschiebentnahme** oberhalb einer Verrohrung
- **RÜB-Einlauf**, erhöhte und häufigere Abflussspitzen

## Folgen

- **Erosion** der 0,6-0,8 m mächtigen **Sedimentauflage** aus steinig, kiesig, sandigem Material
- Freilegen der anstehenden, fest verbackenen **Lösslehmsohle**
- Kontinuierliche Eintiefung mit nachbrechenden Uferböschungen und **abgehenden Uferbäumen**



Foto: ALAND

# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B

## Sanierungsziele

- Reduzierung der bordvollen **Abflusskapazität** auf das **einjährige Hochwasser** durch Anheben der Sohle
- Aufbau einer natürlichen Sedimentauflage möglichst aus autochthonem Material und damit **Regeneration** des erodierten **Interstitials**
- Entwicklung **typspezifischer Sohlen- und Uferstrukturen** (Riffle-Pool-Sequenzen, Totholzverkläuerungen, Uferbuchten mit entsprechender Substratdiversität)

## Maßnahmenkonzept

- Belassen der vorhandenen Sturzbäumen
- Einbringen von ca. **150 Wurzelstöcken** mit 0,5-1 m Stammholz; **Fixierung ohne Fremdmaterial** (Initialmaßnahme)
- Punktueller Einbringen von **Geschiebevorrat aus Ablagerungen benachbarter Gewässer** (Initialmaßnahme)
- **Zuführung von Geschiebevorrat über 20 Jahre** (erforderliches Volumen geschätzt auf 3.100 m<sup>3</sup>)
- **Monitoring** 2008 und 2020



Fotos: ALAND

# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B

## Initialmaßnahmen

Mit vorhandenen Sturzbäumen verkeilte  
Wurzelstöcke als zusätzliche Barriere (re.)

Fotos: ALAND



2003



2001

Stubbenfeld als Rauheit und Barriere; Wurzelstöcke überdeckt mit Steinmaterial gegen Verdriften. Hier Verwendung von Deponiesteinen (20-40 cm); ca. 5 % des Gesamtvolumens (li.)

# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B

Einbringen von Geschiebevorrat



2022

Foto: ALAND



2020

Mittenbank aus verfrachtetem  
Geschiebematerial bei erhöhtem Abfluss

# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B



Nahezu trocken gefallenes Bachbett  
auf deutlich höherem Niveau mit natur-  
nahen Sohlen- und Uferstrukturen

Fotos: ALAND

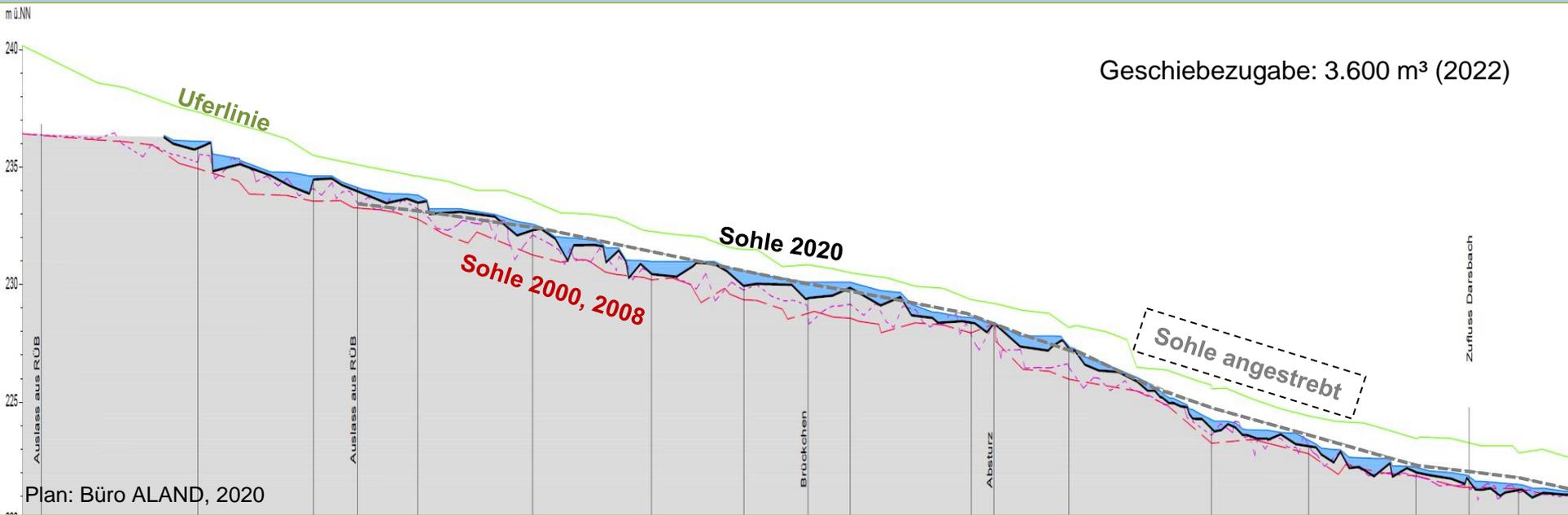


# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B

Entwicklung nach 23 Jahren



# Sanierung: Bocksbach, Karlsbad – Typ 4B



## Herausforderungen

- Beschaffung **geeigneter Wurzelstöcke**
- Beschaffung von **geeignetem Sohlenmaterial** in passender Körnung
- Zugang zum Gewässer (Zuwegung? Frost erforderlich?)
- **Bereitschaft des Trägers für langfristige Kooperation** und Flexibilität
- Finanzierung Monitoring

**Dank an das Büro ALAND,  
Karlsruhe, und die Gemeinde  
Karlsbad für die Bereitstellung  
der Unterlagen!**

# Erosion erwünscht: Rheinaue bei Karlsruhe



Bruch eines alten Deiches als  
Auslöser für eine Rinnenerosion

# Erosion erwünscht: Rheinaue bei Karlsruhe



## Entstehung einer Auenrinne

An wenigen Stunden im Jahr bildet sich ein erosiv wirksamer Überfall im weichen Auenlehm heraus, der durch rückschreitende Erosion die Rinne ein wenig verlängert. Im Laufe von Jahrzehnten kann so ein kleiner Nebenarm des Rheins entstehen.



Fotos: Kern

A lush green stream flows through a dense forest. The water is clear and reflects the surrounding greenery. The banks are lined with tall grasses and various plants. In the background, a large tree trunk is visible, and the forest is filled with more trees and foliage. The overall scene is peaceful and natural.

**Vielen Dank!**

# Referenzen

Fotos: Büro ALAND (Karlsruhe), Priska Dreher † (ehem. Kreis Neuwied), Oliver Harms (Karlsruhe), Ina Nadolny (Karlsruhe), Regierungspräsidium Tübingen, Raimund Schüller (Rheinbach); alle anderen: Klaus Kern

Ref. 1: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karte\\_Obere\\_Donau.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karte_Obere_Donau.png)

Ref. 2: <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geotourismus/landschaftsteile-felsen/gaeulandschaften/wutachschlucht>

Büro ALAND (2020) „Sanierung der tiefenerodierten Bocksbachstrecke – Untersuchungen zur Erfolgskontrolle 2020“. Im Auftrag der Gemeinde Karlsbad, unveröffentlicht.

GFG (1998) „Sohlenerosion und Auenauflandung – Empfehlungen zur Gewässerunterhaltung“. Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft im DWA, Autor: K. Kern und begleitender Arbeitskreis, 48 S.

Hupp, C.R. (1997) „Riparian Vegetation, Channel Incision, and Ecomorphic Recovery“. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision, S.S.Y. Wang, E.J. Langedoen & F.D. Shields (Hrsg.), S. 3-11.

Ing.-büro Kern (1999/2001) „Gewässerpflegeplan Holzbach, Kartierung des Erosionszustandes (1999) und Aktions- und Zielplanung (2001)“. Im Auftrag der Kreisverwaltung Neuwied, unveröffentlicht.

Kern, K. (1994) „Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung – geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern“. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Nachdruck 1995, 256 S.

Rommel, J. (2013) „Anthropogen beeinflusste Ufer- und Vorlandentwicklung an der Unteren Mittelelbe“. BAW-Mitteilungen Nr. 97, S. 149-170.

RP Tübingen (2011) „Renaturierungen an der Donau“. Regierungspräsidium Tübingen, Landesbetrieb Gewässer, Vortrag von H. Klepser am 25.05.2011 bei der BfN, 88 Folien.

RP Tübingen (2012) „Donausanierung Hundersingen – Binzwangen“. Regierungspräsidium Tübingen, Landesbetrieb Gewässer, Flyer zum Integrierten Donauprogramm.

Uni Karlsruhe (1989) „Modellversuche zur Umgestaltung der Donau auf der Gemarkung Blochingen“. A. Dittrich & K. Kern, Inst. Wasserbau u. Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, unveröffentlicht.

**Kontakt: Dr.-Ing. Klaus Kern, Am Rennbuckel 12 b, 76185 Karlsruhe, Tel. 0721-71288, kern@river-consult.de**