

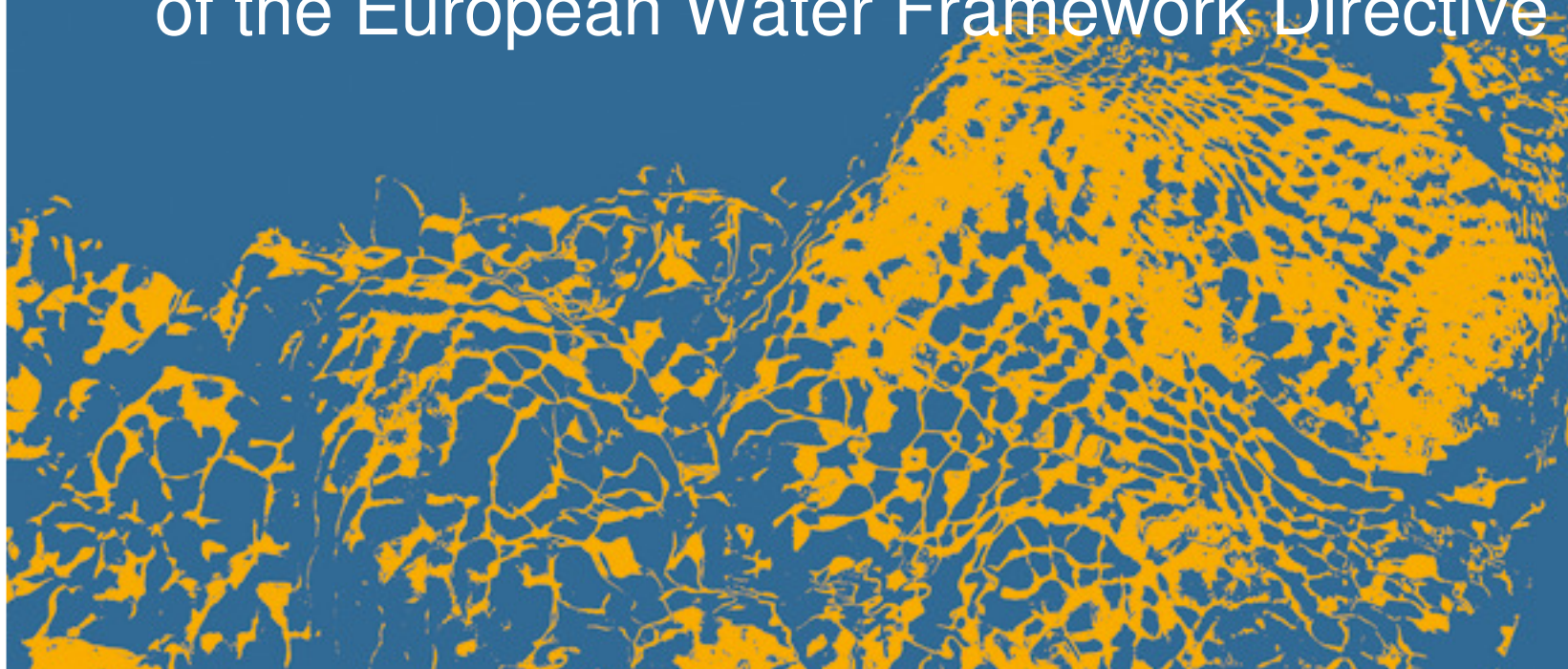


Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



# Cost-effectiveness of hydromorphological measures

Economic Implementation  
of the European Water Framework Directive



---

## Part A

### Cost-effective analysis

Problems with the use for hydromorphological measures

## Part B

### Cost-effective measures

Approaches by planning tools and by institutional controlling

## Hydromorphological Measures

... are taken to improve:

- Morphological conditions
- Hydrological regime
- River continuity.



Restoration of river continuity

- Fish ladders or fish bypasses
- Reconstruction of weirs
- Management of weirs

Giving space to the river

- Acquisition of land
- Remove of hard river bank structures
- Relining of rivers

Ecological concepts for river development

## Cost-effective analysis

WFD Annex III:

“... make judgements about the most **cost-effective** combination of measures in respect of water uses ...”

**Cost-effective analysis (CEA):**

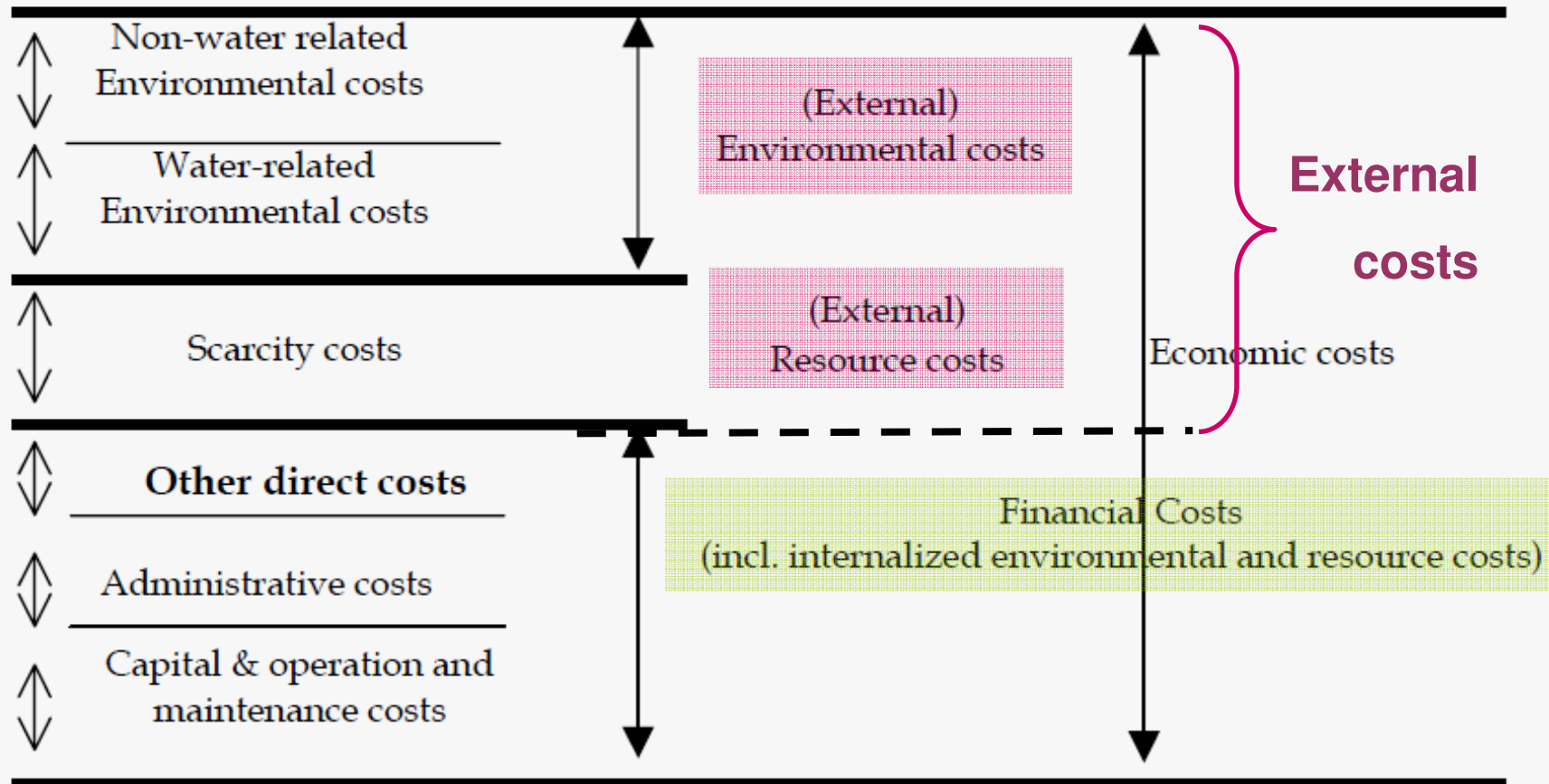
$$A_{CE} = \max \left\{ \frac{E_{A1}}{C_{A1}}, \frac{E_{A2}}{C_{A2}}, \dots, \frac{E_{An}}{C_{An}} \right\}$$

- Alternative measures  $A_1, A_2, \dots, A_n$
- E: Effectiveness in units of a quantitative physical indicator
- C: Costs in Money (€)

# Price comparison list for hydromorphological measures

Maßnahmen Umsetzung im Zuge von Projekten und der Gewässerunterhaltung	Einheit	Flächensanspruch hoch	Kostenansatz Investitionskosten in [TEUR/Einheit] bzw. Betriebs-/Unterhaltungskosten in % der Investitionskosten											
			Typ 1: bis 5 m Breite		Typ 2: 5 bis 10 m Breite		Typ 3: 10 bis 40 m Breite		Typ 4: 40 bis 80 m Breite		Typ 5: über 80 m Breite			
			Investive Kosten	Betrieb und Unterhalt	Investitions- Kosten	Betrieb- und Unterhalts- Kosten	Investitions- Kosten	Betrieb- und Unterhalts- Kosten	Investitions- Kosten	Betrieb- und Unterhalts- Kosten	Investitions- Kosten	Betrieb- und Unterhalts- Kosten		
69.4 Umgießungsgewässer, Flechauf- und Absteigungsanlage an einem Wehr/Absatz/Durchlassbauwerk umbauen/optimieren														
69.5 sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (z.B. Schrämpfe umbauen/optimieren)	[m <sup>2</sup> /Tage]		40	3,0%	20	3,0%	10	2,5%	5	2,0%	2	2,0%		
69.6 Längsdurchgängigkeit in Buhnenfeldern schaffen (Verbindung untereinander)	[Stütze]		1	5,0%	5	2,0%	5	1,0%	10	1,0%	25	1,0%		
70.1 Flächenanwerb zur eigendynamischen Entwicklung	[m <sup>2</sup> ]		0,25 - 7 €/m <sup>2</sup>											
70.2 Massive Sicherungen (Ufer/Sohle) beseitigen/reduzieren	[km]		40	1,0%	75	1,0%	110	1,0%	130	1,0%	150	1,0%		
70.3 Ergänzende Maßnahmen zum Initiieren eigendynamischer Gewässerentwicklung (z.B. Stützungselemente einbauen)	[km]		10	2,0%	15	2,0%	20	2,0%	25	1,8%	30	1,5%		
71.1 Punktuale Verbesserung durch Strukturelement innerhalb des vorhandenen Gewässers (z.B. Störsteine und Totholz einbringen, Kiessteilpflanz schaffen)	[Stück]		2	2,0%	5	1,5%	10	1,5%	15	1,0%	20	1,0%		
72.1 Gewässersprofil naturnah umgestalten	[km]		80	1,2%	180	1,0%	280	1,0%	380	0,8%	480	0,6%		
72.2 Naturnaher Gewässerbau (Kiesbank- oder Röhrlinien)	[km]	X	100	1,4%	200	1,2%	300	1,1%	400	1,0%	500	0,8%		
72.3 Punktuale Maßnahmen zur Habitatverbesserung mit Veränderung des Gewässersprofils (z.B. Kiesbank mobilisieren)	[m <sup>2</sup> ]		0,50 - 3 €/m <sup>2</sup> Kiesbank											
72.4 Auflockerung strukturmorphologischer Uferlinien	[km]		20	2,0%	30	2,0%	40	2,0%	50	2,0%	60	2,0%		
73.1 Ufergehölzstreifen herstellen oder entwickeln	[km]	X	je 5-10 km <sup>2</sup> Ufergehölz											
		X	ohne Investitionskosten bei Substrat (1-2 km <sup>2</sup> pro 2-5 Uferkm)											
		X	25	5,0%	50	4,0%	75	3,0%	100	2,0%	125	2,0%		
73.2 Hochwasserüberlaufwehre herstellen oder entwickeln	[km]	X	je 10-20 km <sup>2</sup> Ufergehölz (Fläche pro Uferkm 2-10 Uferkm)											
		X	5	2,0%	10	2,0%	15	2,0%	20	2,0%	25	2,0%		
73.3 Ufervegetation erhalten, neuansetzen/pflanzen	[km]		5	1,0%	10	1,0%	15	1,0%	20	2,0%	25	2,0%		
74.1 Bruchmauer naturnah herstellen/entwickeln	[km]	X	35	3,0%	50	4,0%	70	3,0%	100	3,0%	150	3,0%		
74.2 Primärmauer naturnah entwickeln	[km]		10	5,0%	20	3,0%	30	2,0%	40	1,5%	50	1,0%		
74.3 Ausgewässertes/Entstehendes Gewässer neu anlegen	[km]	X	25	5,0%	50	4,0%	75	3,0%	100	3,0%	150	3,0%		
74.4 Ausgewässertes/Entstehendes Gewässer entwickeln	[km]		10	2,0%	20	2,0%	30	2,0%	40	1,5%	50	1,0%		
74.5 Sonstige Maßnahmen zur Auferentwicklung und zur Verbesserung von Habitaten (z.B. Gewässererosion abhalten, Ufermauern abtragen, Flutrinne aktivieren)	[m <sup>2</sup> ]	X	5 - 25 €/m <sup>2</sup> Bodenbewegung (ohne Entweigung)											
74.6 Aus naturnah erhalten/pflanzen	[km]		10	2,0%	20	2,0%	30	2,0%	40	1,5%	50	1,0%		
74.7 Sekundärmauer naturnah herstellen oder entwickeln	[km]	X	10	2,0%	20	2,0%	30	2,0%	40	1,5%	50	1,0%		
75.1 Allgewässer anbinden	[Stk]		15	2,0%	20	2,0%	25	2,0%	30	2,0%	35	2,0%		
75.2 Durchgängigkeit in die Seitengewässer verbessern	[Stk]		15	2,0%	20	2,0%	25	2,0%	30	2,0%	35	2,0%		

## Costs of measures



in CIS Guidance Document No. 1: WATECO

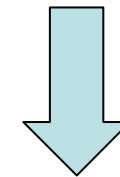
## Effectiveness of measures

### Hydromorphological measures with different structural effects

- Improvement of bank structures → (output A)
- Installation of a ecological minimum flow → (output B)
- Restoration of river continuity → (output C)

... are aiming at the same biological impact:

A natural re-colonization of rivers by fish fauna



(outcome)

**A common metric scale for the effects of hydromorphological measures is missing!?**

---

## Problems of cost-effective analysis

**CEA is a useful tool to evaluate measures, when**

- the effectiveness of the measures can be measured with a single indicator, which stands as the main expected impact of the measures**
- the direct and important indirect costs of the measures are easily measurable**

***Otherwise the use of CEA should be avoided.***



---

## **PART B: Cost-effective measures**

### **Multi-level planning**

- 1 Strategic level: Programme of measures under Article 11 WFD
- 2 Conceptual level: Hydromorphological concepts of measures
- 3 Operational level: Detailed technical implementation of measures.

# 1 Strategic level: LAWA catalogue of generic measures

70	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Habitatverbesserung durch Initiieren/ Zulassen einer eigendynamischen Gewässerentwicklung	Bauliche oder sonstige (z.B. Flächenerwerb) Maßnahme mit dem Ziel, dass das Gewässer wieder eigenständig Lebensräume wie z. B. Kolke, Gleit- und Prallhänge oder Sand- bzw. Kiesbänke ausbilden kann. Dabei wird das Gewässer nicht baulich umverlegt, sondern u. a. durch Entfernung von Sohl- und Uferverbau und Einbau von Strömungskernen ein solcher Prozess initiiert.	M1	Länge [km]	6
71	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im vorhandenen Profil	Bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstruktur, Breiten- und Tiefenvarianz ohne Änderung der Linienführung (insbesondere wenn keine Fläche für Eigenentwicklung vorhanden ist), z.B. Einbringen von Störsteinen oder Totholz zur Erhöhung der Strömungsdiversität, Erhöhung des Totholzdargebots,	M1	Länge [km]	6
72	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im Gewässer durch Laufveränderung, Ufer- oder Sohlgestaltung	Bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur von Sohle und Ufer mit baulicher Änderung der Linienführung z.B. Maßnahmen zur Neutrassierung (Remäandrierung) oder Aufweitung des Gewässergerinnes. Geht im Gegensatz zu Maßnahme 70 über das Initiieren hinaus.	M1	Länge [km]	6
73	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im Uferbereich	Anlegen oder Ergänzen eines standortheimischen Gehölzsaumes (Uferandstreifen), dessen sukzessive Entwicklung oder Entfernen von standortuntypischen Gehölzen; Ersatz von technischem Hartverbau durch ingenieurbioologische Bauweise; Duldung von Uferabbrüchen Hinweis: primäre Wirkung ist Verbesserung der Gewässermorphologie (Abgrenzung zu Maßnahme 28)	M1 (Außenbereich), M2 (Innenbereich)	Länge [km]	6
74	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Auenentwicklung und zur Verbesserung von Habitaten	Maßnahmen zur Auenentwicklung und zur Verbesserung von Habitaten in der Aue, z.B. Reaktivierung der Primäraue (u. a. durch Wiederherstellung einer natürlichen Sohlage), eigendynamische Entwicklung einer Sekundäraue, Anlage einer Sekundäraue (u. a. durch Absenkung von Flussufern), Entwicklung und Erhalt von Altstrukturen bzw. Altassern in der Aue, Extensivierung der Auennutzung oder Freihalten der Auen von Bebauung und Infrastrukturmaßnahmen	M1 (Außenbereich), M2 (Innenbereich)	Maßnahmenfläche [ha]	6
75	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Anschluss von Seitengewässern, Altarmen (Quervernetzung)	Maßnahmen zur Verbesserung der Quervernetzung, z. B. Reaktivierung von Altgewässern (Altarme, Altwässer), Anschluss sekundärer Auengewässer (Bodenabbauwasser)	M1	Einzelmaßnahme [Anzahl]	6
76	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Technische und betriebliche Maßnahmen vorrangig zum Fischschutz an wasserbaulichen Anlagen	Technische und betriebliche Maßnahmen zum Fischschutz an für wasserbaulichen Anlagen, außer Maßnahmen zur Herstellung/Verbesserung der linearen Durchgängigkeit (siehe hierzu Nr. 68 und 69), wie z. B. optimierte Rechenanlagen, fischfreundliche Turbinen, Fischw anderverhaltenbezogene Steuerung	M3	Einzelmaßnahme [Anzahl]	6
77	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushaltes bzw. Sedimentmanagement	Maßnahmen zur Erschließung von Geschiebequellen in Längs- und Querverlauf der Gewässer und des Rückhalts von Sand- und Feinsedimenteinträgen aus Seitengewässern, z.B. Umsetzen von Geschiebe aus dem Stauwurzelbereich von Flusstauhaltungen und Talsperren in das Unterwasser, Bereitstellung von Kiesdepots, Anlage eines Sand- und Sedimentfangs, Installation von Kiesschleusen an Querbauwerken	M2	Einzelmaßnahme [Anzahl]	6
78	WRRL/DW	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen: Morphologie	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen die aus Geschiebeentnahmen resultieren	Maßnahmen zur Verminderung nachteiliger Effekte im Zusammenhang mit Geschiebeentnahmen (Kiesgewinnung, Unterhaltungsbaggerung), z.B. Einschränkung oder Einstellung von Baggerarbeiten	M1 oder M3	Einzelmaßnahme [Anzahl]	6

Replace impassable weirs with flat rock ramps

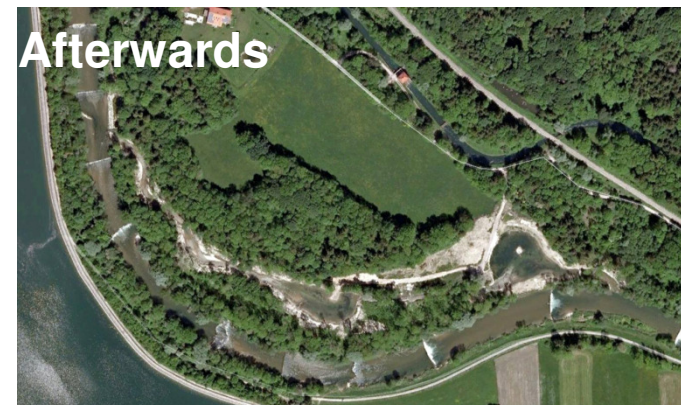
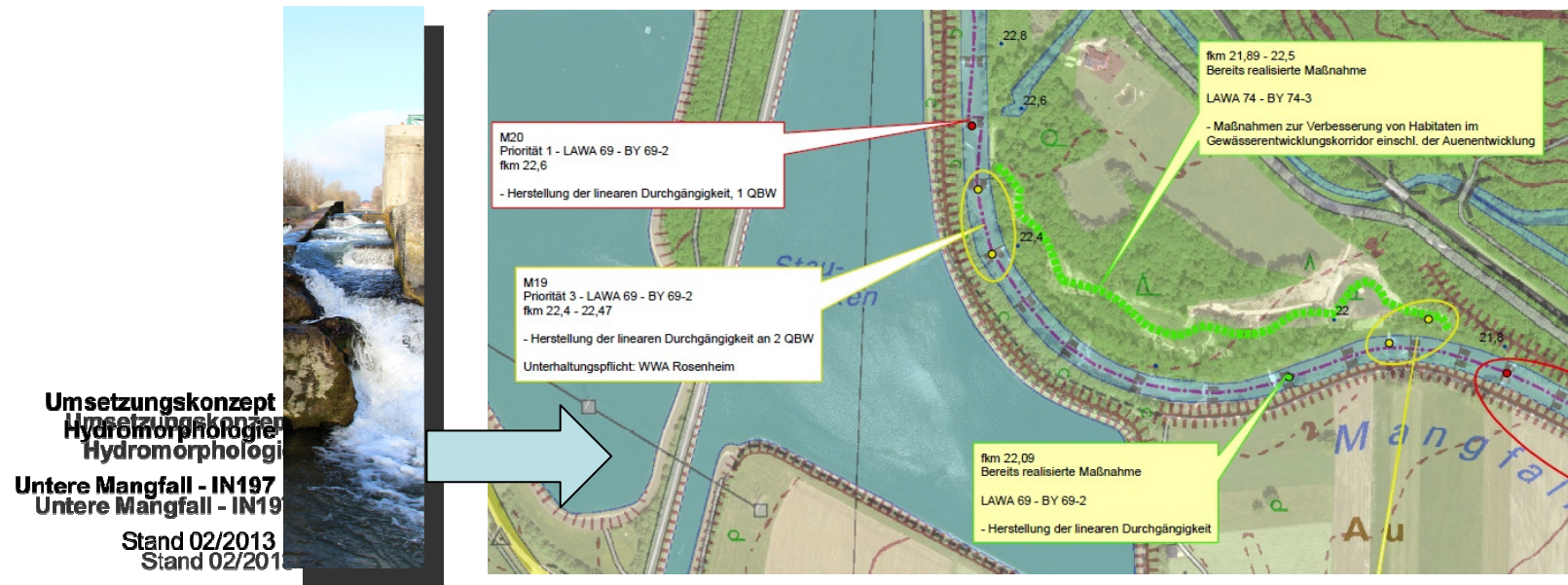
Remove massive shore line and river bed stabilisation

Restore the riparian forest

And many more....



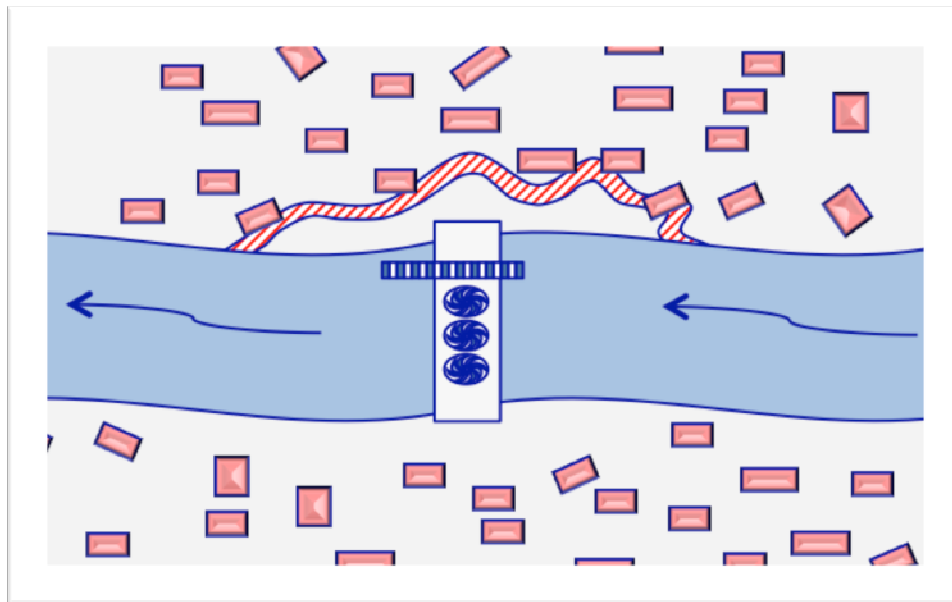
## 2 Conceptual level of planning: combination of measures



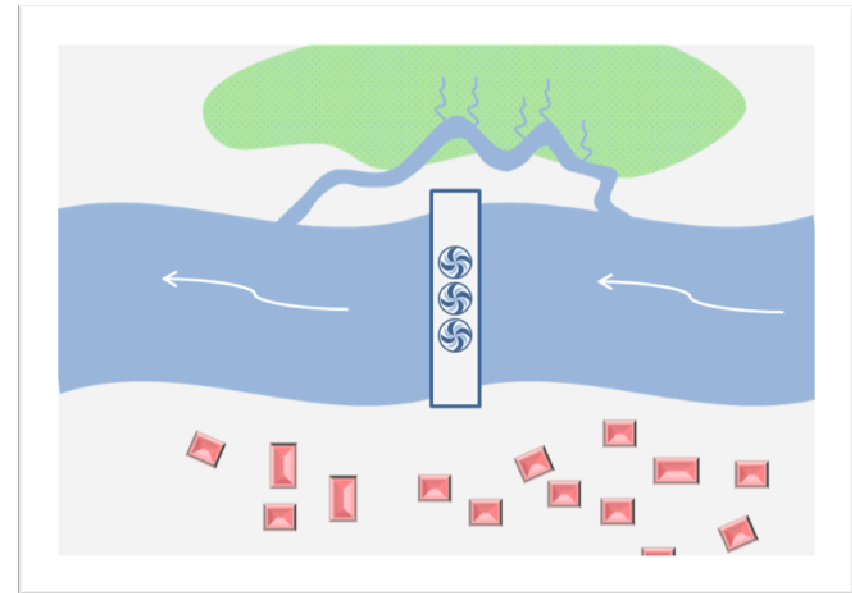
## 2 Conceptual level of planning

Choice between concepts with different cost and benefits

Option A: fish ladder



Option B: fish bypass channel



---

## 2 Conceptual level of planning

### Strategies of planning cost-effective measures

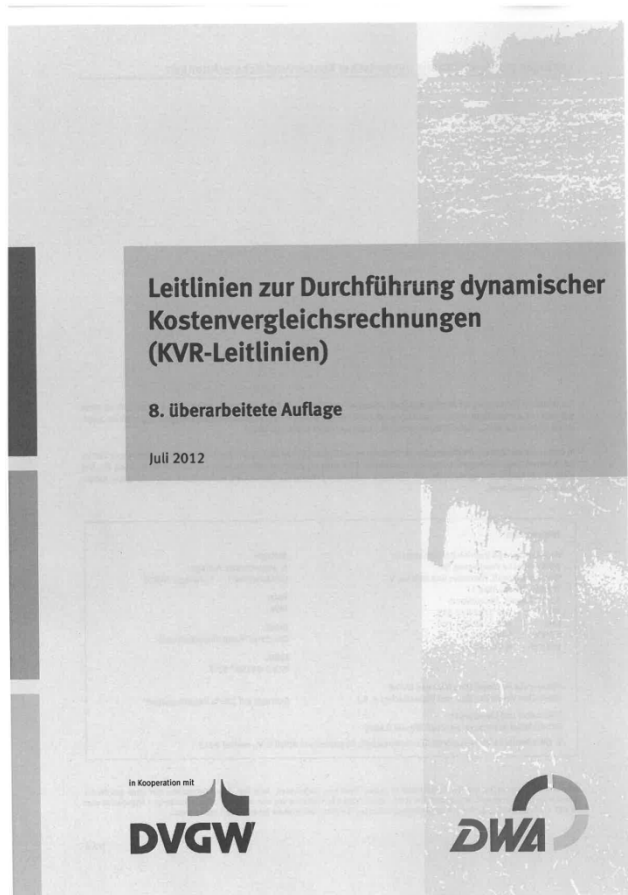
**Minimize** the use of measures and the **expenditures** for a chosen concept:

- The utilization of natural river dynamics as a driving force in restoration concepts
- The application of biological spreading and step stone effects of local measures in concepts for the re-colonization of water by plants and animals
- Prioritization of measures according to their efficacy for the environmental objectives of the WFD, for an optimal allocation of limited financial resources
- The positioning of land requiring measures preferably on public property.

**Maximize** the additional (external) **benefits** of measures for:

- Environmental objectives of other water bodies
- Protected areas referred to in Article 6 WFD
- Other water management objectives such as flood protection
- Goals of environmental protection and nature conservation in the wider sense.

### 3 Operational level of planning: technical implementation



LAWA-Guidelines for dynamic cost comparison calculation

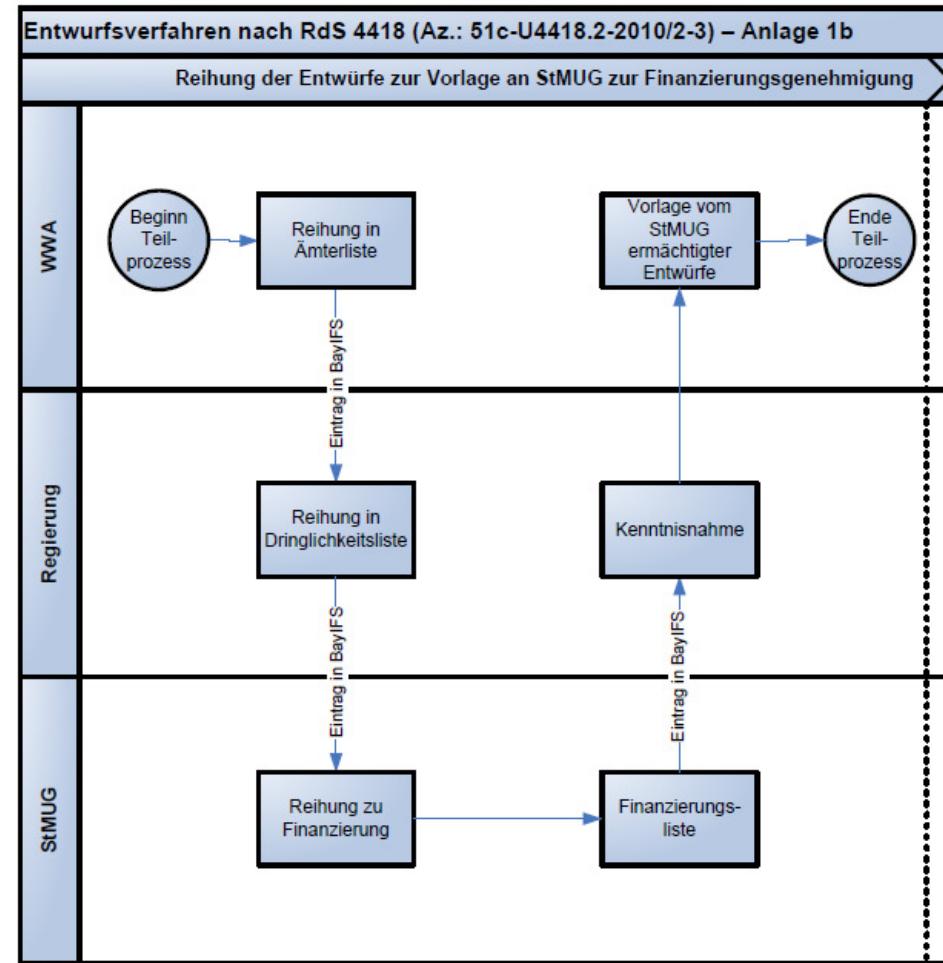
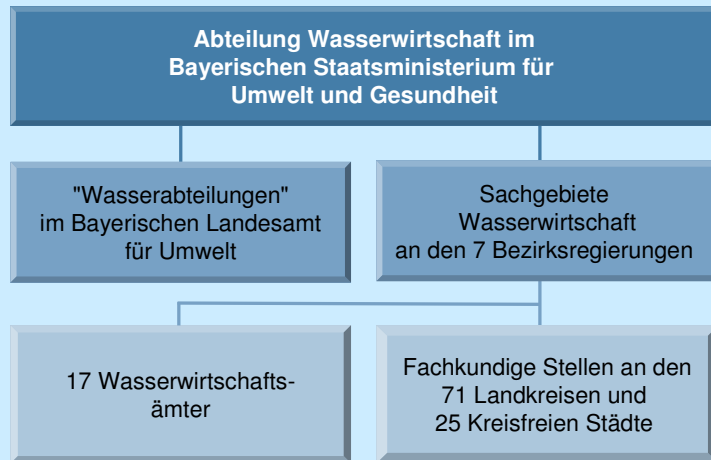
**CEA → Cost-comparison:**

$$A_{CE} = \min \{ C_{A1}, C_{A2}, \dots, C_{AN} \}$$

$$\text{if } E_{A1} \approx E_{A2} \approx \dots \approx E_{An}$$

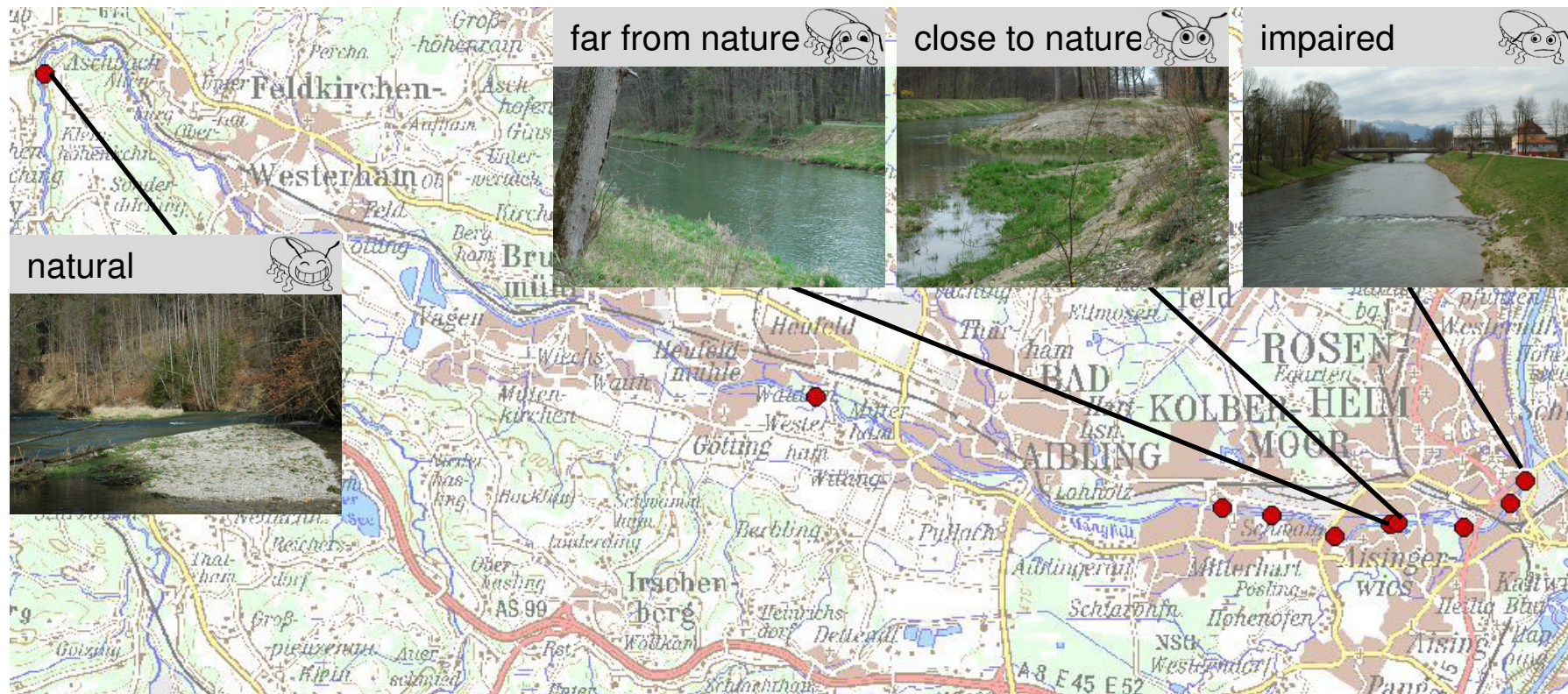
# Institutional control of the planning process

## Organisation der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung



## Ex post evaluation of effectiveness of measures

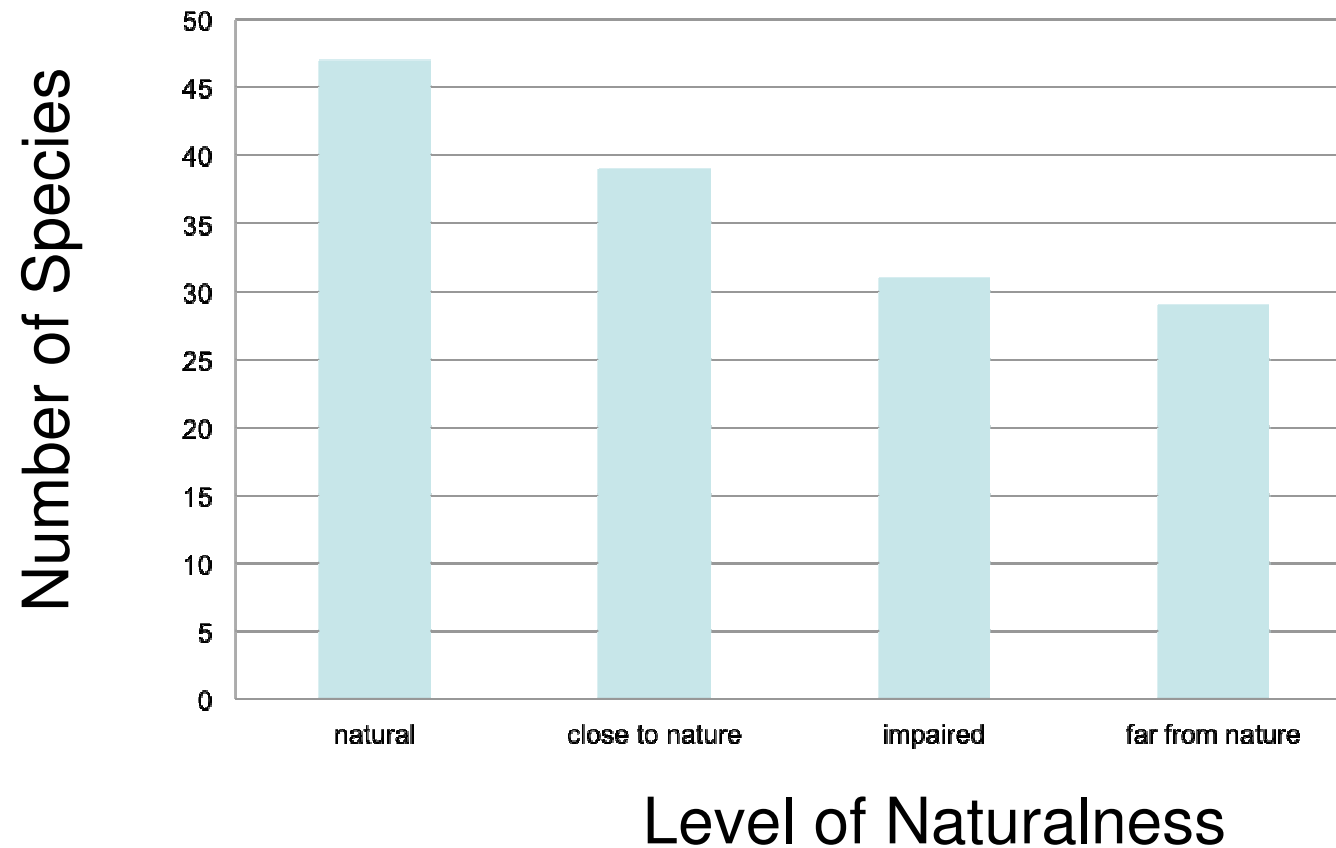
### Positions of the measuring points in the Mangfall River





## Ex post evaluation of effectiveness of measures

### Diversity of macroinvertebrates vs. level of naturalness



A photograph of a river flowing through a dense forest. The river is surrounded by lush green trees and foliage. In the foreground, the water is calm and reflects the surrounding greenery. In the middle ground, there is a small waterfall cascading over rocks. The background shows more of the forest, with sunlight filtering through the leaves.

**Not everything that can be counted counts,  
and not everything that counts can be counted.**

**Albert Einstein**

---

Efficiency in water management requires cost-effective measures, but that is not all:

- who has to pay for it? - social equity?
- impacts on nature - environmental & resources costs?
- impacts on future generations - opportunity costs?

It is a mistake to confuse economics with accounting.

Economics is action orientated, seeking to guide decision making on multiple levels.

R.C. Griffin

# 1 Strategic level: Programme of measures Article 11 WFD

12

Measures	Impact Assessment			
	Fish	Macro-invertebrates	Macrophytes and attached algae	Phyto-plankton
Replace impassable weirs with flat rock ramps	+++	0	0	0
Remove massive shore line and river bed stabilisation	+++	+++	+	0
Restore the riparian forest	+++	+++	+++	+
And many more....				

Maßnahme (Code)	Maßnahme (Bezeichnung)	Beispiele für Umsetzungsmöglichkeiten <sup>1</sup>	Wirkungsabschätzung <sup>2</sup>						
			Verbesserungspotenzial für die Qualitätskomponenten						
			Fisch-fauna	Makro-zoo-benthos	Makro-phyten/Phyto-benthos	Phyto-plankton	Stickstoff <sup>3</sup>	Phosphor/Boden-eintrag <sup>4</sup>	chemische Schadstoffe
		sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (z.B. Sohirampe umbauen/optimieren)	+++ <sup>9</sup>	+	0	0	0	0	0
		Längsdurchgängigkeit in Bühnenfeldern schaffen (Verbindung untereinander)	++	+	+	+	n	n	0
70	Maßnahmen zur Habitatverbesserung durch Initiieren/Zulassen einer eigendynamischen Gewässerentwicklung	Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung	+++	+++	++	+	+	+	+
		Massive Sicherungen (Ufer/Sohle) beseitigen/reduzieren	+++	+++	+	0	0	0	0
		Ergänzende Maßnahmen zum Initiieren eigendynamischer Gewässerentwicklung (z.B. Strömunglenker einbauen)	+++	+++	+	0	0	0	0
71	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im vorhandenen Profil	Punktueller Verbesserung durch Strukturelemente innerhalb des vorhandenen Gewässerprofils (z.B. Störsteine und Totholz einbringen, Kieslaichplätze schaffen)	+++ <sup>10</sup>	+++	+	0	0	0	0
72	Maßnahmen zur Habitatverbesserung im Gewässer durch Laufveränderung, Ufer- oder Sohlgestaltung	Gewässerprofil naturmah umgestalten	+++	+++	+	0	0	0	0
		Naturmahen Gewässerlauf anlegen (Neuanlage oder Reaktivierung)	+++	+++	+	0	0	0	0
		Punktueller Maßnahmen zur Habitatverbesserung mit Veränderung des Gewässerprofils (z.B. Kiesbank mobilisieren)	+++	+	+	0	0	0	0
		Aufflockern starrer/monotoner Uferlinien	++	+	0	0	0	0	0

<sup>9</sup> Rückbau vor passierbarem Bauwerk vor ausgeleiteter FAA nach Situation vor Ort

<sup>10</sup> Unter räumlich beengten Verhältnissen, sonst eigendynamische Prozess bevorzugen

# RBA 2004 – Results

Germany: Percentage of surface water bodies affected by significant pressures

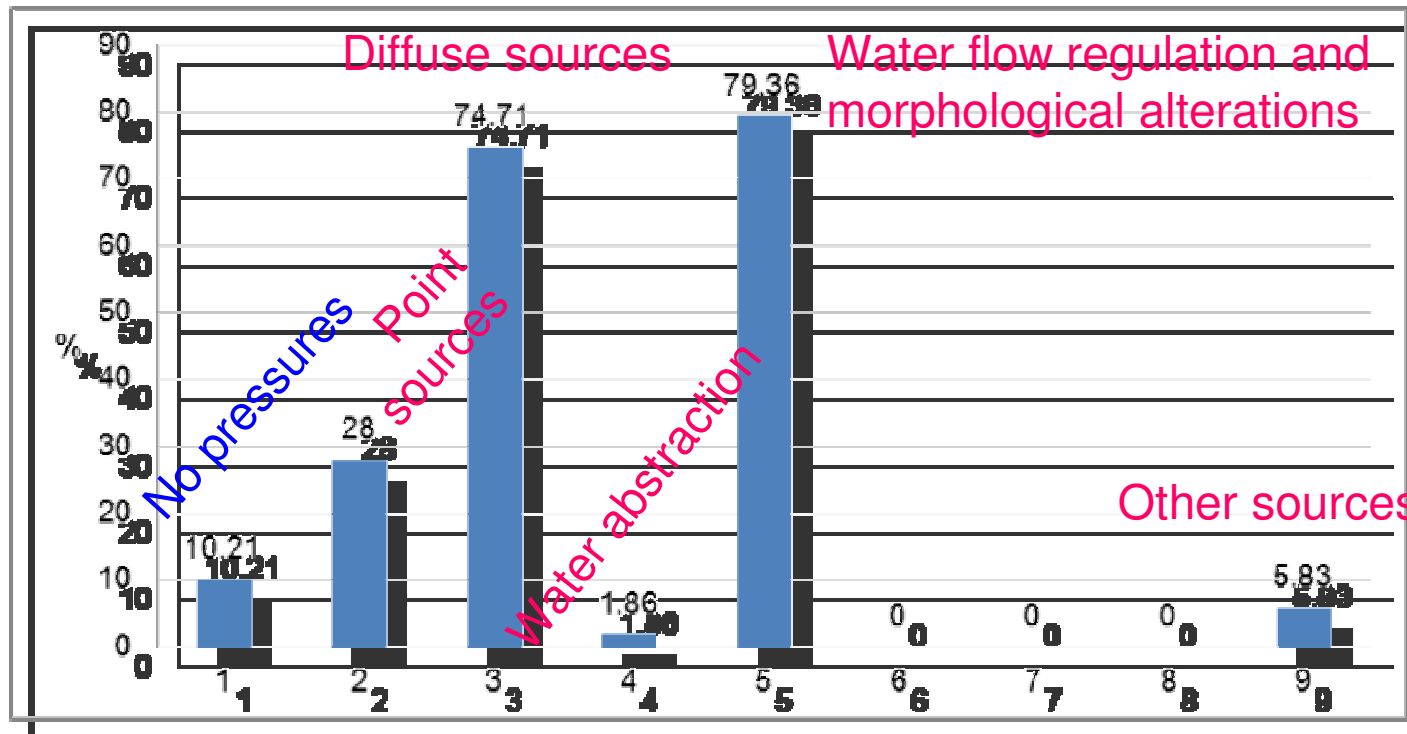


Figure 4.4.1: Graph of percentage of surface water bodies affected by significant pressures

1 = No pressures

2 = Point source

3 = Diffuse source

4 = Water abstraction

5 = Water flow regulations and morphological alterations

6 = River management

7 = Transitional and coastal water management

8 = Other morphological alterations

9 = Other pressures

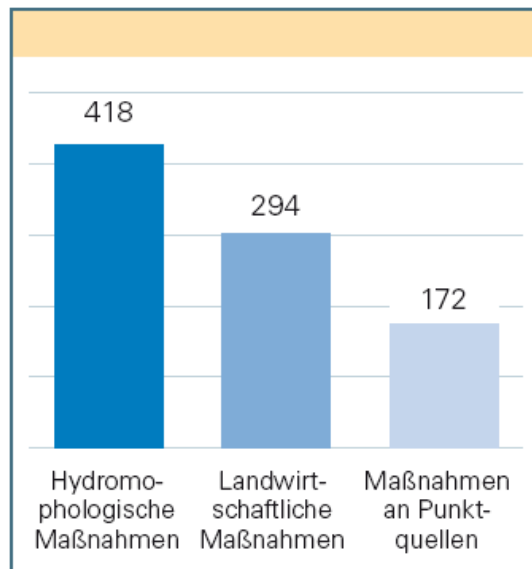
Source: WISE

D3

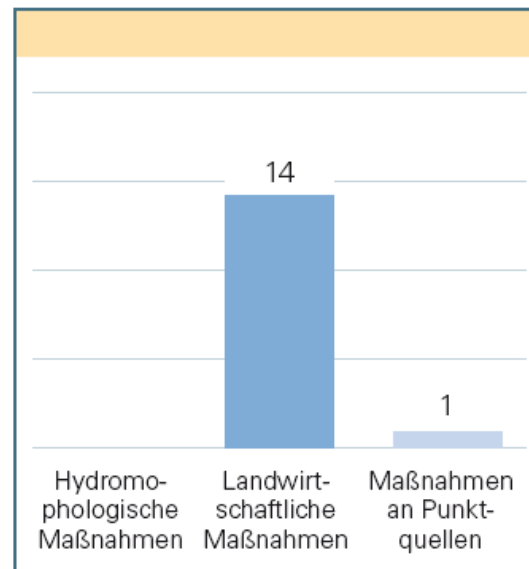
# Overview: Types and incidence of measures

Wasser der Wasserkörper

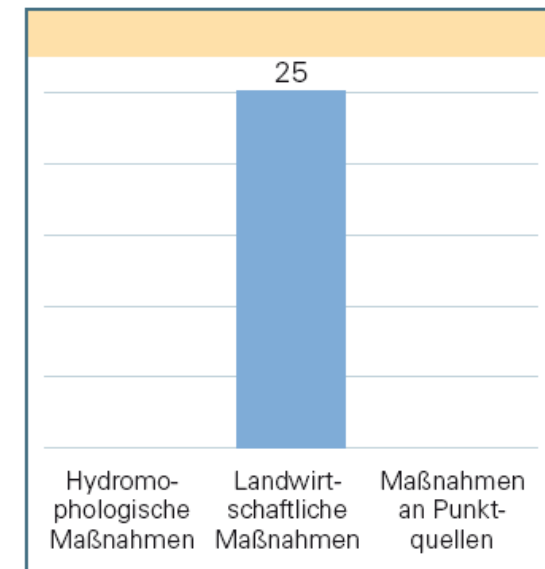
## Rivers



## Lakes



## Groundwater



## No of water bodies with measures applied to in Bavaria



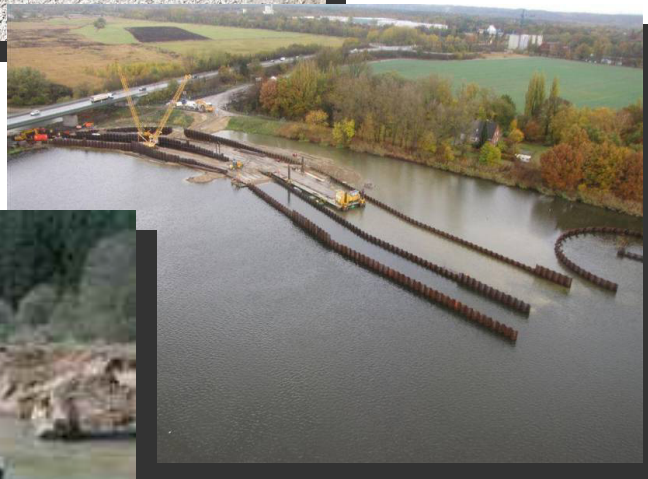
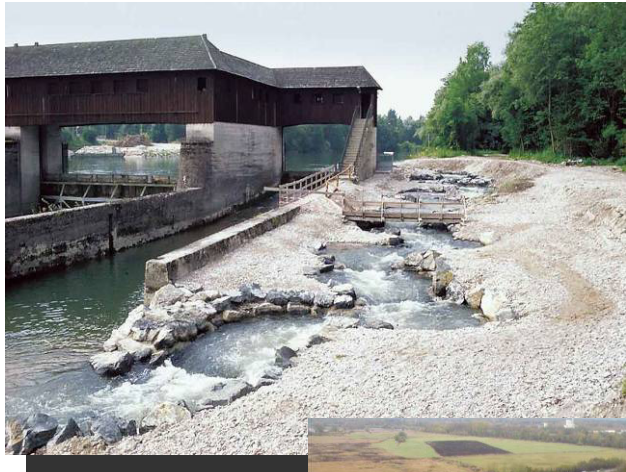
Hydromorphological measures

Agricultural measures

Sewage treatment measures

D3

## 2 Hydromorphological measures



- Restoration of river continuity
  - Fish ladders or fish bypasses
  - Reconstruction of weirs
  - Management of weirs
- Giving space to the river
  - Acquisition of land
  - Remove of hard river bank structures
  - Relining of rivers

Ecological concepts  
for river development.

---

## 1.1 CIS GD No 1: Economics and the environment

*STEP 1* - Evaluating the costs and effectiveness of potential measures

- Identify potential measures
- Estimate the costs of each measure
- Estimate the effectiveness of each measure

*STEP 2* - Constructing a cost-effective programme of measures

- Assess and rank cost-effectiveness of measures
- Select the most cost-effective programme of measures
- Calculate range for the total discounted costs
- Undertake a sensitivity analysis

*STEP 3* - Evaluating whether costs are disproportionate

- Compare total costs to financial resources
- Assess total costs and benefits.



## Ex post evaluation of effectiveness of measure



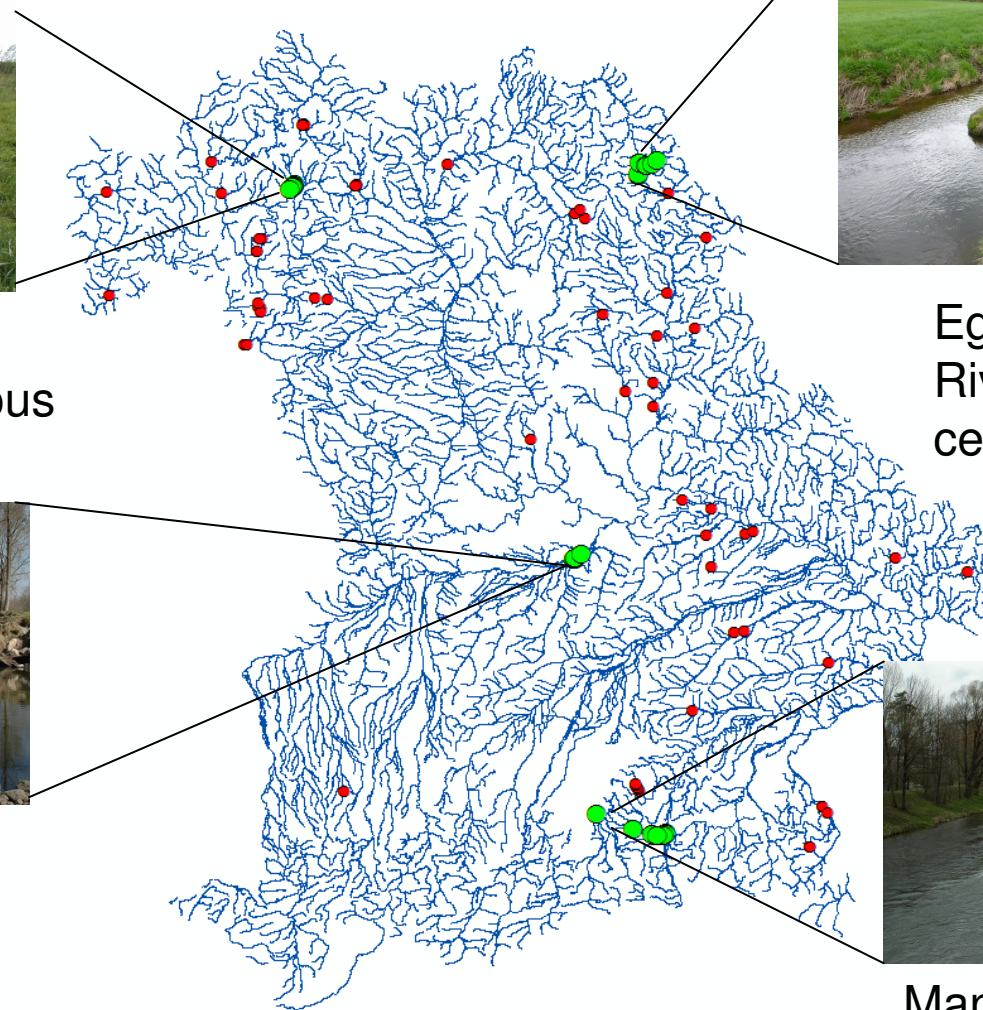
River Wern – 2010  
River type: calcareous  
central uplands



Eger – 2013  
River type: siliceous  
central uplands



Donau – 2012  
Large River in a  
floodplain



Mangfall – 2011  
River of the Alps

- Spots of smaller-scale success monitoring

# Institutional control of the planning process

