



Von der Vielfalt profitieren: Ökosystem(dienst)-leistungen von Fließ- und Standgewässern

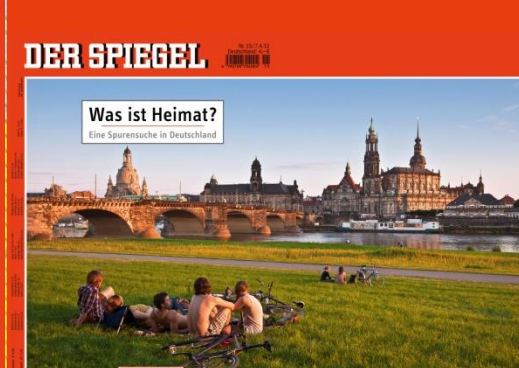
Prof. Dr. Markus Weitere
Department Fließgewässerökologie

Mit Beiträgen von Dr. Mario Brauns,
Matthias Scholz & Dr. Christine Wolf



HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

Mensch und Gewässer



Vielfältige Nutzung der Gewässer, Beispiele

Trinkwasser



Baden



Abwasserentsorgung



Transport



Ökosystem(dienst)leistungen sind direkte und indirekte Beiträge der Natur zum menschlichen Wohlergehen

⇒ „Nutzenstiftungen“ bzw. „Vorteile“, die Menschen von Ökosystemen beziehen



Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Soil formation	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nutrient retention and cycling	Nutrient storage in rivers and riparian zones, nutrient spiraling in rivers
Biodiversity and food web dynamics	High habitat diversity and species richness mediate resilience (“insurance”)

Produktions-ÖSL

Food	Fisheries products (e.g. fish, crustaceans), wild game and vegetables
Domestic water use	Drinking water production and other domestic uses
Industrial water use	Process water in industries and cooling water
Agricultural water use	Irrigation water for production of agricultural goods in arid regions
Non-consumptive water use	Hydropower generation and transportation/navigation
Fiber, fodder, peat	Reed production, animal fodder, peat as energy source

Regulierende ÖSL

Self-purification	Maintenance of water quality, detoxification, natural filtration, nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Flood buffering	Retention capacities of riparian zones, wetlands, and lakes, buffering of flash floods
Land-water-interactions	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
Climate regulation	Buffering of air temperature and humidity variations by evapotranspiration

Kulturelle ÖSL

Recreation and tourism	Recreational areas are required near urban areas; tourism is of high importance at the regional scale
Aesthetic/spiritual values	Sacred lakes, ethical heritages, aesthetic landscape elements
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nutrient storage in rivers and riparian zones, nutrient cycling in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	habitat diversity and species richness mediate ("insurance")

Produktions-ÖSL

Food	Fisheries products (e.g. fish, crustaceans), wild game and vegetables
Domestic water use	Drinking water production and other domestic uses
Industrial water use	Process water in industries and cooling water
Agricultural water use	Irrigation water for production of agricultural goods in arid regions
Non-consumptive water use	Hydropower generation and transportation/navigation
Fiber, fodder, peat	Reed production, animal fodder, peat as energy source

Regulierende ÖSL

Self-purification	Maintenance of water quality, detoxification, natural filtration, nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Flood buffering	Retention capacities of riparian zones, wetlands, and lakes, buffering of flash floods
Land-water-interactions	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
Climate regulation	Buffering of air temperature and humidity variations by evapotranspiration

Kulturelle ÖSL

Recreation and tourism	Recreational areas are required near urban areas; tourism is of high importance at the regional scale
Aesthetic/spiritual values	Sacred lakes, ethical heritages, aesthetic landscape elements
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nut storage in rivers and riparian zones, nutrient ng in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	at diversity and species richness mediate ("insurance")

Produktions-ÖSL

Nahrungsproduktion	products (e.g. fish, crustaceans), wild game les								
Wasserverbrauch	<table border="1"> <tr> <td>Domestic water use</td> <td>Drip</td> <td>Trinkwasser 464 km³ p.a.</td> <td>ses</td> </tr> <tr> <td>Agricultural water use</td> <td>Irrig in a</td> <td>Landwirtschaft 2.769 km³ p.a.</td> <td></td> </tr> </table>	Domestic water use	Drip	Trinkwasser 464 km ³ p.a.	ses	Agricultural water use	Irrig in a	Landwirtschaft 2.769 km ³ p.a.	
Domestic water use	Drip	Trinkwasser 464 km ³ p.a.	ses						
Agricultural water use	Irrig in a	Landwirtschaft 2.769 km ³ p.a.							
Wasserkraft, Transport, etc.	and transportation/								
Rohstoffe (Schilf, Torf, etc.)	al fodder, peat as energy								

Regulierende ÖSL

Self-purification	Maintenance of water quality, detoxification, natural filtration, nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Flood buffering	Retention capacities of riparian zones, wetlands, and lakes, buffering of flash floods
Land-water-interactions	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
Climate regulation	Buffering of air temperature and humidity variations by evapotranspiration

Kulturelle ÖSL

Recreation and tourism	Recreational areas are required near urban areas; tourism is of high importance at the regional scale
Aesthetic/spiritual values	Sacred lakes, ethical heritages, aesthetic landscape elements
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Rinke, Steffen, Kong, Borchardt, Weitere (2019) in Schröter et al., Atlas of Ecosystem Services

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nutrient storage in rivers and riparian zones, nutrient cycling in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	Genetic diversity and species richness mediate ("insurance")

Produktions-ÖSL

Nahrungsproduktion	Products (e.g. fish, crustaceans), wild game
Domestic water use	Drip <i>Trinkwasser 464 km³ p.a.</i> Des
Wasserverbrauch	<i>Industrie 768 km³ p.a.</i>
Agricultural water use	Irrigation <i>Landwirtschaft 2.769 km³ p.a.</i>
Wasserkraft, Transport, etc.	Energy and transportation/
Rohstoffe (Schilf, Torf, etc.)	Raw material fodder, peat as energy

Regulierende ÖSL

Selbstreinigung	Improvement of water quality, detoxification, natural nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Hochwasserschutz	Reduction of flood peak, retention of flood peak, retention of flash floods
Land-water-interactions	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
Klimaregulation	Reduction of air temperature and humidity variations, evapotranspiration

Kulturelle ÖSL

Recreation and tourism	Recreational areas are required near urban areas; tourism is of high importance at the regional scale
Aesthetic/spiritual values	Sacred lakes, ethical heritages, aesthetic landscape elements
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nutrient storage in rivers and riparian zones, nutrient cycling in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	habitat diversity and species richness mediate ("insurance")

Produktions-ÖSL

Nahrungsproduktion	products (e.g. fish, crustaceans), wild game
Domestic water use	Drip <i>Trinkwasser 464 km³ p.a.</i> Des
Wasserverbrauch	<i>Industrie 768 km³ p.a.</i>
Agricultural water use	Irrigation <i>Landwirtschaft 2.769 km³ p.a.</i>
Wasserkraft, Transport, etc.	Energy and transportation/
Rohstoffe (Schilf, Torf, etc.)	Straw as fodder, peat as energy

Regulierende ÖSL

Selbstreinigung	improvement of water quality, detoxification, natural nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Hochwasserschutz	retention of water, reduction of peak discharges, reduction of flash floods
Land-water-interactions	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
Klimaregulation	moderation of air temperature and humidity variations, transpiration

Kulturelle ÖSL

Erholung, Tourismus	recreation areas are required near urban areas; high importance at the regional scale
Ästhetisch/ spiritueller Wert	Heritages, aesthetic landscape
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nut storage in rivers and riparian zones, nutrient ng in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	lat diversity and s ("insurance")

Produktions-ÖSL

Nahrungsproduktion	products (e.g. fish, crustaceans), wild game les
Domestic water use	Driir Trinkwasser 464 km ³ p.a. ses
Wasserverbrauch	Industrie 768 km ³ p.a.
Agricultural water use	Irrig in al Landwirtschaft 2.769 km ³ p.a.
Wasserkarft, Transport, etc.	i and transportation/
Rohstoffe (Schilf, Torf, etc.)	al fodder, peat as energy

Regulierende ÖSL

Selbstreinigung	of water quality, detoxification, natural rient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Hochwasserschutz	acities of riparian zones, wetlands, and ig of flash floods
	Groundwater recharge from inland waters, transition zones between terrestrial and aquatic ecosystems
	air temperature and humidity variations piration

Synergie-Effekte

Kulturelle ÖSL

Erholung, Tourismus	areas are required near urban areas; high importance at the regional scale
Ästhetisch/ spiritueller Wert	eritages, aesthetic landscape
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Ökosystemleistungen von Flüsse & Seen

Unterstützende ÖSL

Bodenbildung	Soil formation and fertilization by sedimentation in riparian zones
Nährstoffkreislauf	nutrient storage in rivers and riparian zones, nutrient cycling in rivers
Erhalt genetischer & funktioneller Vielfalt	Genetic diversity and species richness mediate ("insurance")

Produktions-ÖSL

Nahrungsproduktion	Food products (e.g. fish, crustaceans, mollusks)
Wasserverbrauch	Domestic water use: Trinkwasser Industrial: Industrie 768 km ³ p.a. Agricultural water use: Irrigation: Landwirtschaft 2.769 km ³ p.a.
Wasserkraft, Transport, etc.	Energy and transportation/
Rohstoffe (Schilf, Torf, etc.)	Raw materials: al fodder, peat as energy

Regulierende ÖSL

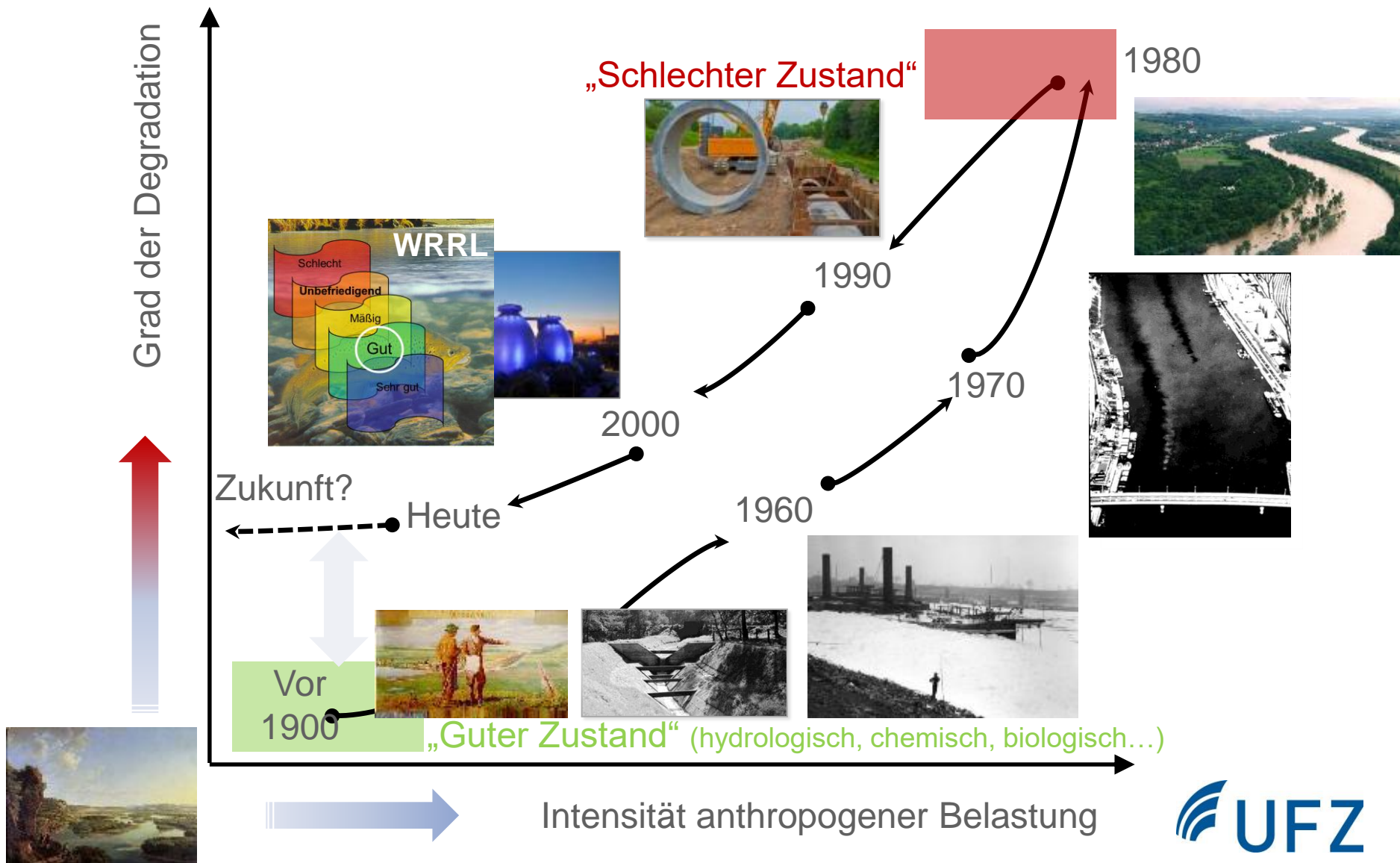
Selbstreinigung	Improvement of water quality, detoxification, natural nutrient retention. Great importance of benthic communities (biofilms, particle feeders)
Hochwasserschutz	Reduction of flood peak discharges, retention of flood peak discharges, retention of flash floods
Land-water-interaction	Water recharge from inland waters, transition between terrestrial and aquatic ecosystems
Microclimate	Reduction of air temperature and humidity variations, reduction of evaporation

„Trade-offs“

Kulturelle ÖSL

Erholung, Tourismus	Recreation areas are required near urban areas; high importance at the regional scale
Ästhetisch/ spiritueller Wert	Cultural heritage, aesthetic landscape
Educational values	Education in Ecology, schools, universities and stakeholders (farmers, water managers...)

Prioritäten in der Gewässerbewirtschaftung und Effekte auf das Ökosystem (Beispiel Rhein)



Ökosystemleistungen in der WRRL

- WRRL hat verschiedene, teilweise konfligierende **Ziele**:
- ökologisches Konzept, Bewertungsmethoden der WRRL: menschliche Nutzungen teilweise als Belastungen, teilweise als schützenswert verstanden
- **Begriff ÖSL** erst im Nachhinein (MA 2005, TEEB 2010, EU-Biodiversitäts-Strategie 2011) in WRRL projiziert
- Hinarbeiten auf **naturnahen Zustand**, da Annahme, dass dann alle ÖSL gegeben seien (DUFOUR/PIÉGAY 2009)

Ziele WRRL (Artikel 1)

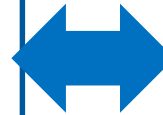
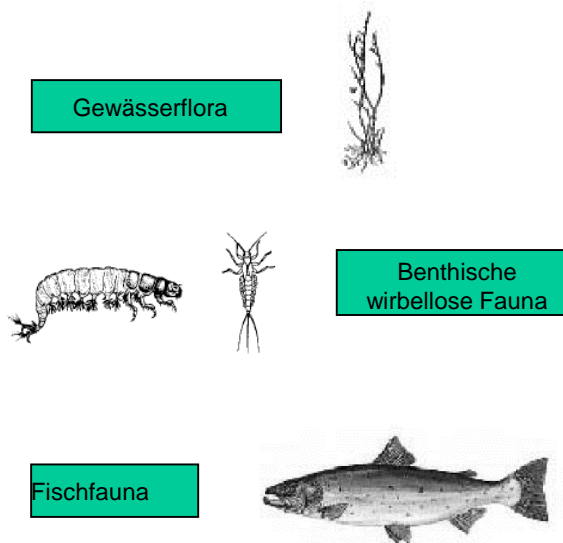
Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zwecks

- a) **Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme** und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt,
- b) **Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung** auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen,
- c)

Sichtweisen WRRL und ÖSL-Ansatz

WRRL: Zustand, der u.a. durch stoffliche Belastung beeinträchtigt wird („Rezeptor-Perspektive“)

⇒ **Ökologischer Zustand auf der Basis von Lebensgemeinschaften**



ÖSL: Prozesse, welche u.a. die stoffliche Belastung verbessern können („Reaktor-Perspektive“)

- Selbstreinigung
- Schadstoffabbau
- Nährstoffrückhalt
- Eutrophierungskontrolle
-

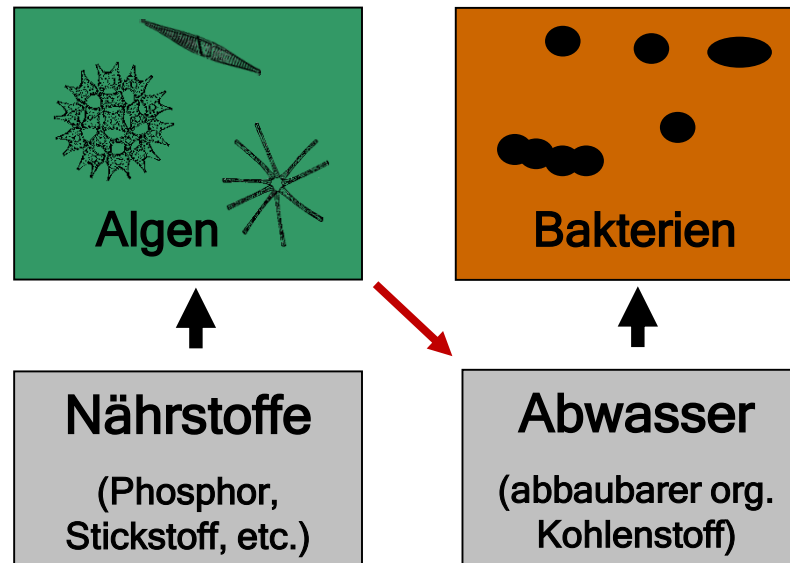
Beispiel: Stoffhaushalt (C/N/P) von Flüssen

- Starker Nährstoffüberschüsse, „legacy“ Grundwasser
- Zunahme der Folgen (Eutrophierung, Fischsterben, etc.) durch Klimawandel (s. Dürre 2018/19)



Eutrophierung, Folgen:

- Unstabile Wasserchemie
- Fischsterben
- tox. Blaualgenblüten



Folgen:

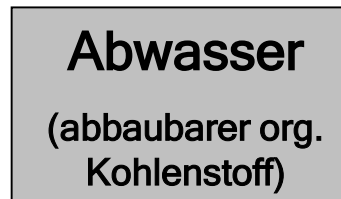
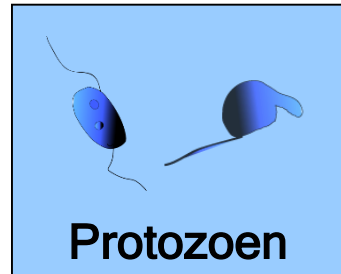
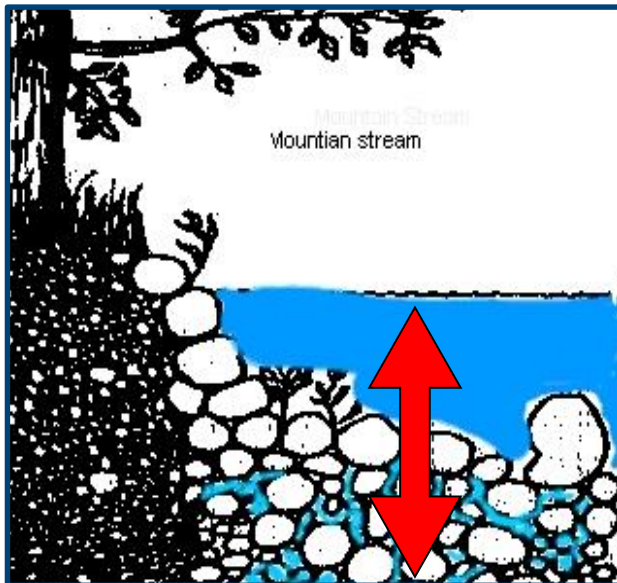
- Sauerstoffzehrung
- Pathogene
- Fischsterben
- Rücklösung Problemstoffe

Beispiel: Stoffhaushalt von Flüssen

Abbauleistung organischer Kohlenstoff

Biofilm

Dichten:
~ 100.000 Zellen pro cm²



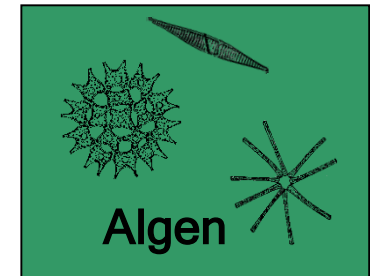
Plankton

Dichten:
~ 1.000 Zellen pro ml
Leistung:
~ 700 Bakterien pro Tag (Flag.)

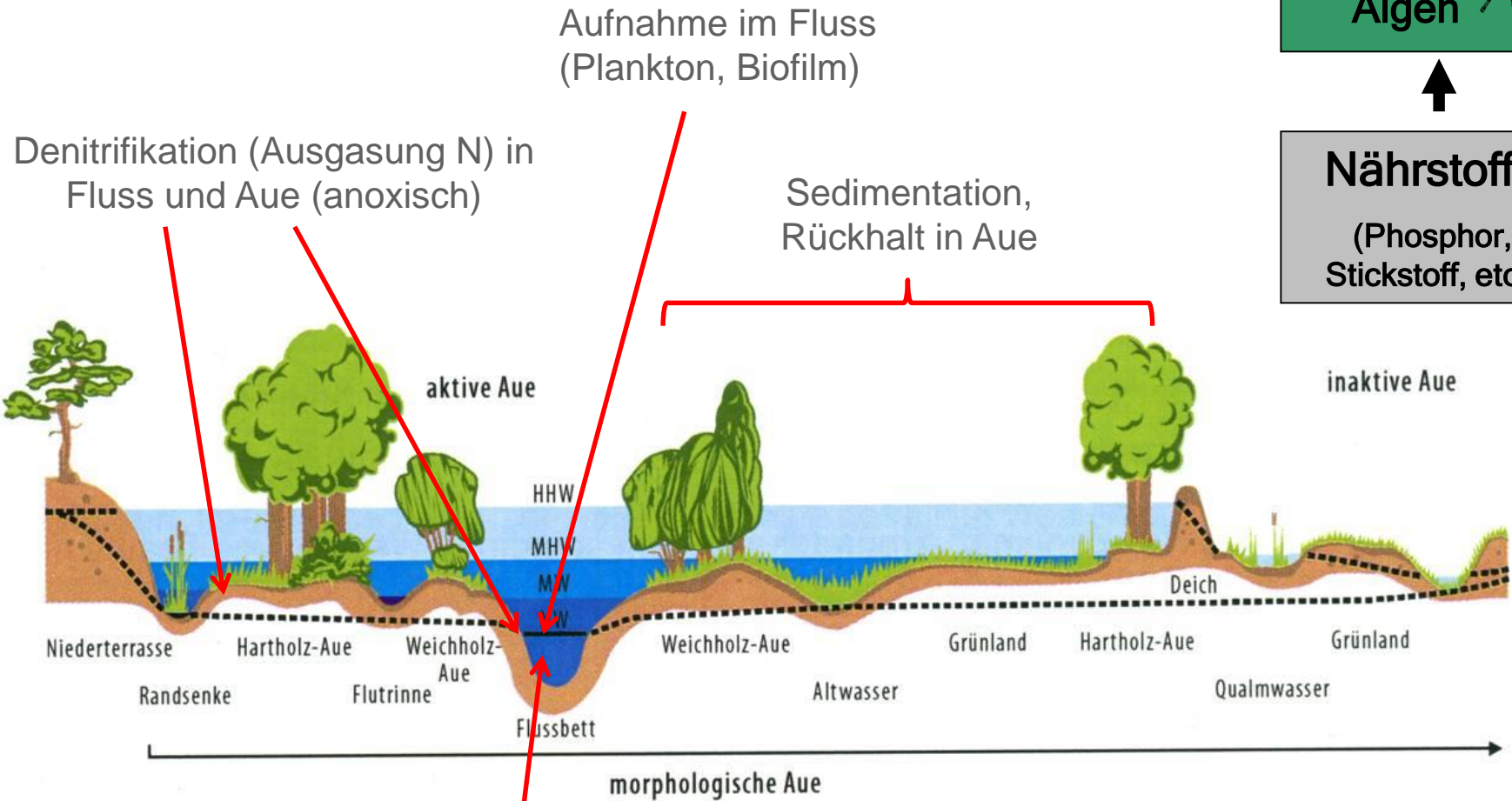
Dichten:
~ 1.000.000 Zellen pro ml
Verdopplungszeit:
~ 8 Stunden

Beispiel: Stoffhaushalt von Flüssen

Nährstoffrückhalt und -abbau, wichtige Prozesse

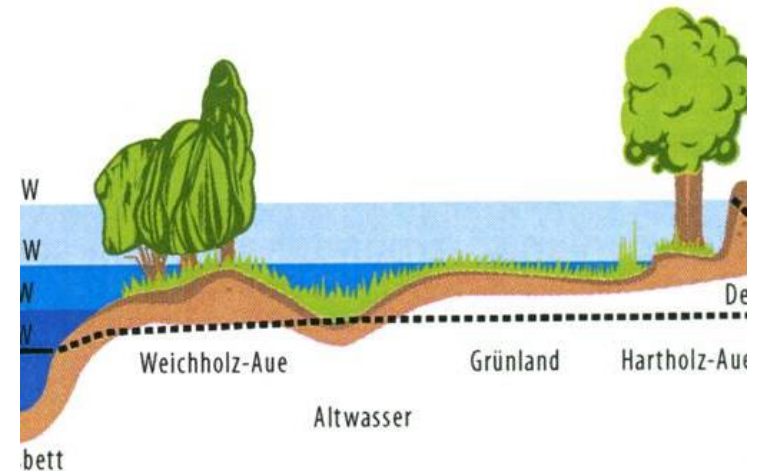
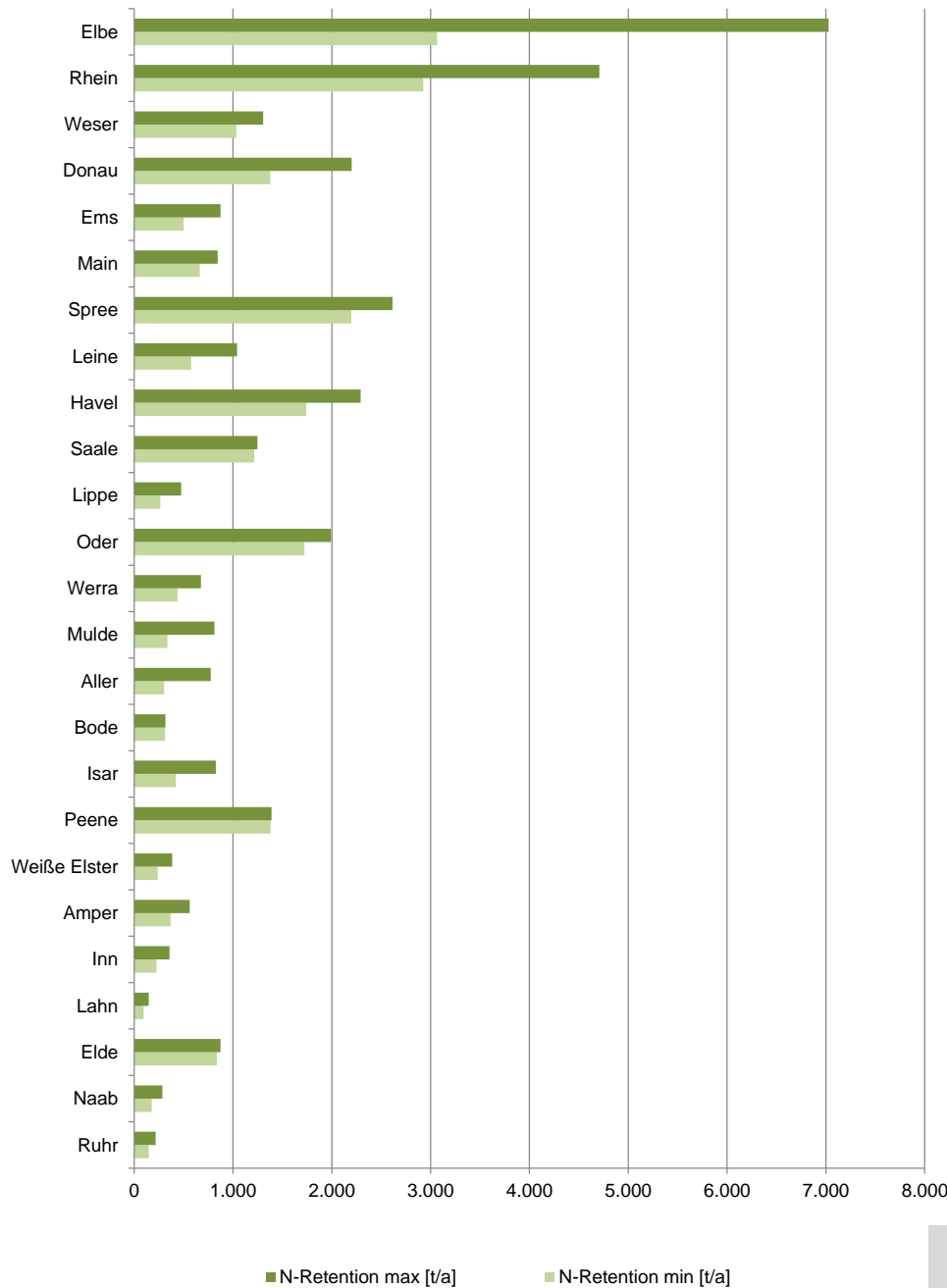


Nährstoffe
(Phosphor, Stickstoff, etc.)



Abbau Algen im Nahrungsnetz des Flusses

Stickstoffretention in 25 flächenmäßig größten Flussaunen in D [t/a]



Starke Abhängigkeit von

- Auenfläche
- Überflutungsdynamik

Schulz-Zunkel, C., Scholz, M., Kasperidus, H.D., Krüger, F., Natho, S. & M. Venohr (2012): Nährstoffrückhalt. In: Scholz, M. et al.: Ökosystemfunktionen von Flussaunen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 124: 48-72.

Beispiel: Stoffhaushalt von Flüssen

Eutrophierungskontrolle

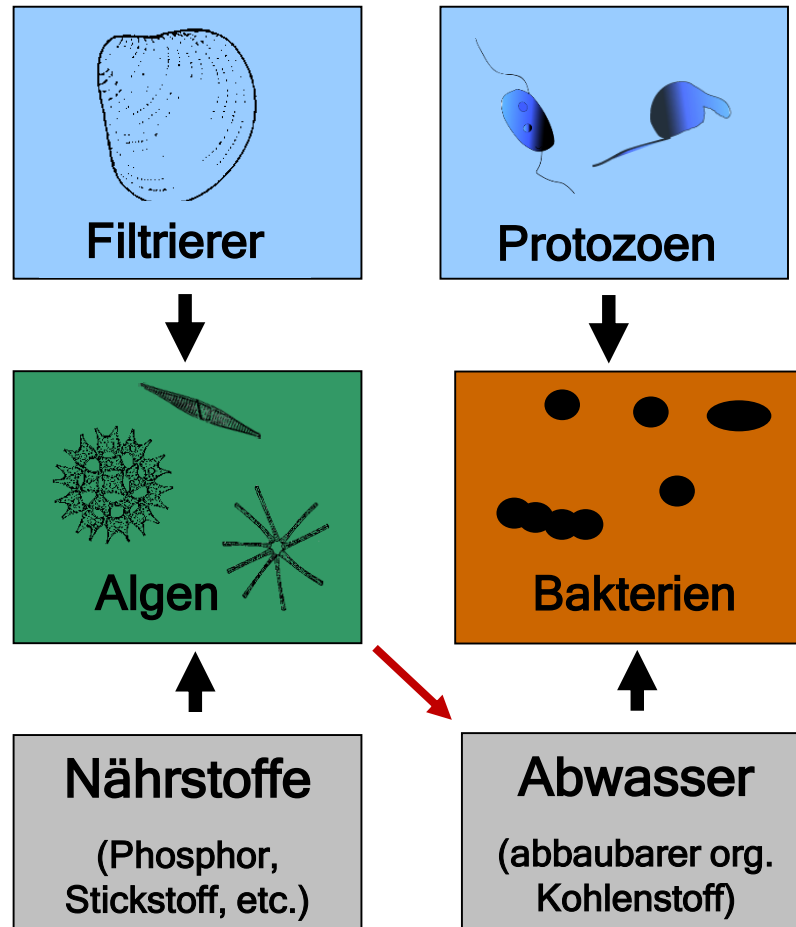
Dichten (Muscheln):

Bis > 1.000 Ind. pro m²

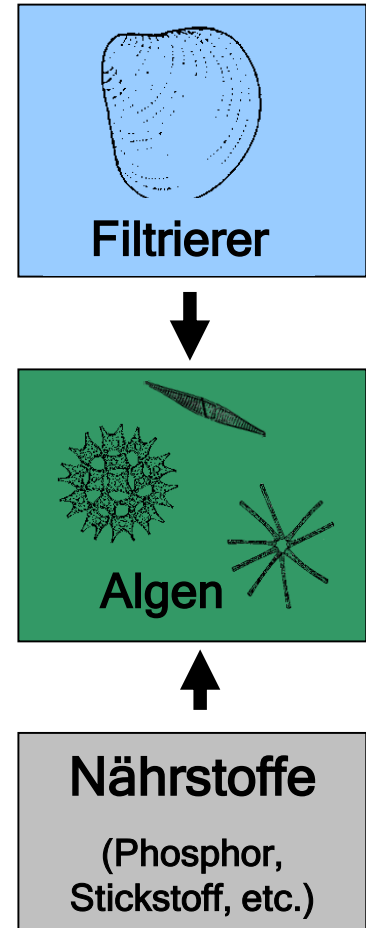
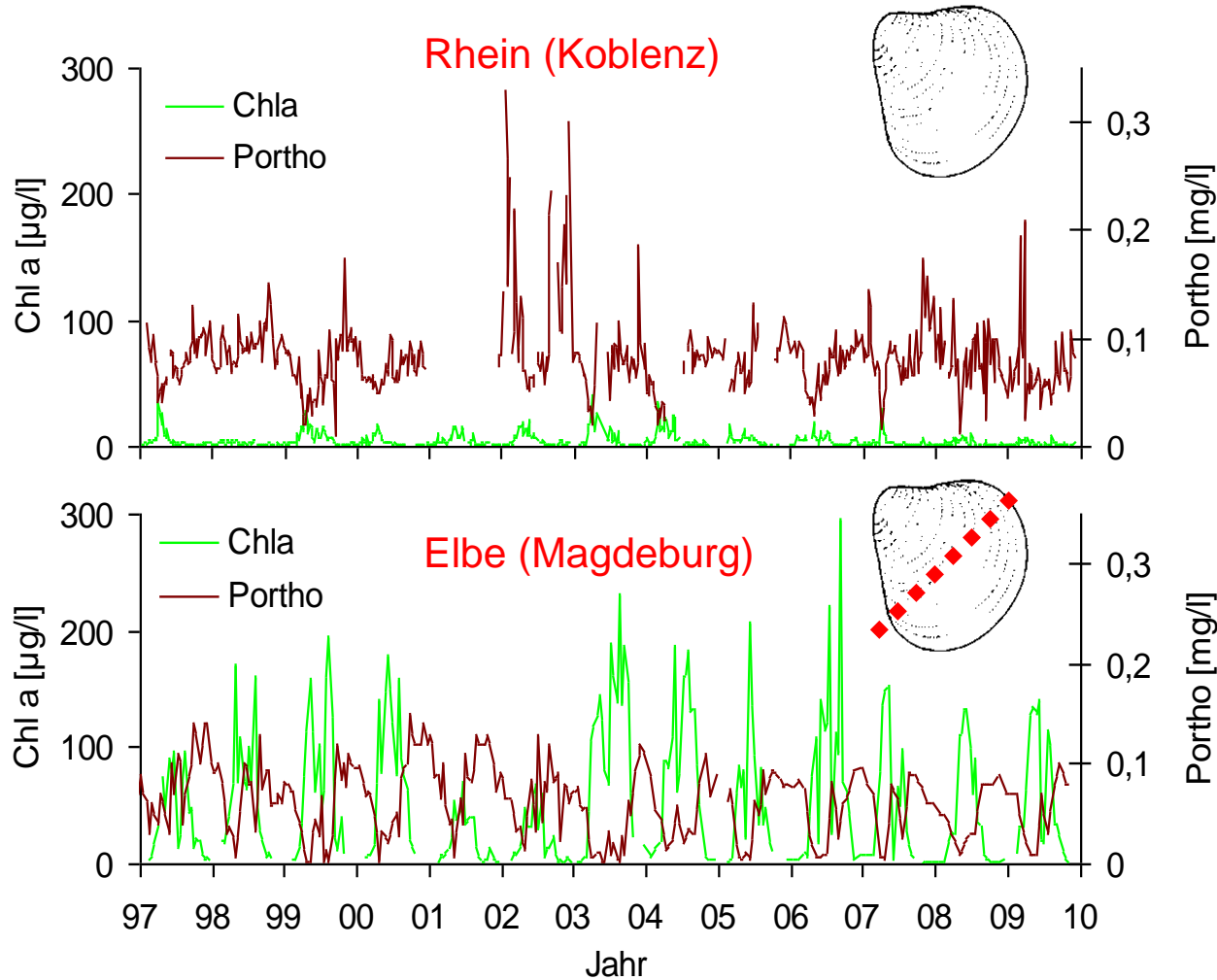
Filtrierleistung:

~ 4 L pro Tag

Beispiel entspricht einer
filtrierten Wassersäule
von 4 m pro Tag



Eutrophierungskontrolle in großen Flüssen



Hardenbicker et al. (2014) *Int Rev Hydrobiol*

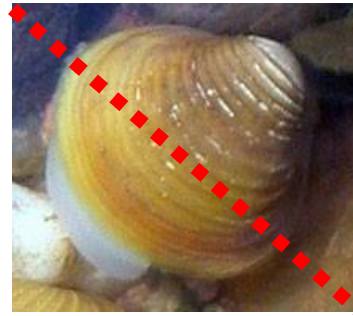
Eutrophierungskontrolle in großen Flüssen

Historisch



Heutiger Zustand

Elbe

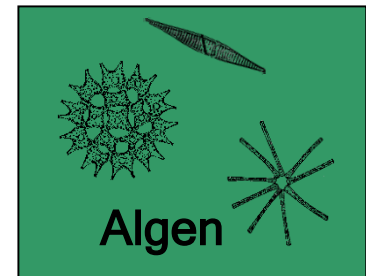
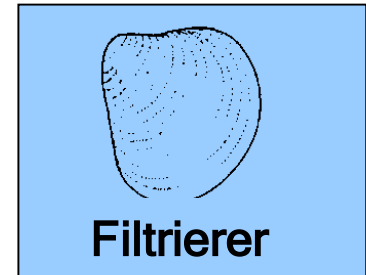


Rhein



Körbchenmuschel
Corbicula fluminea,

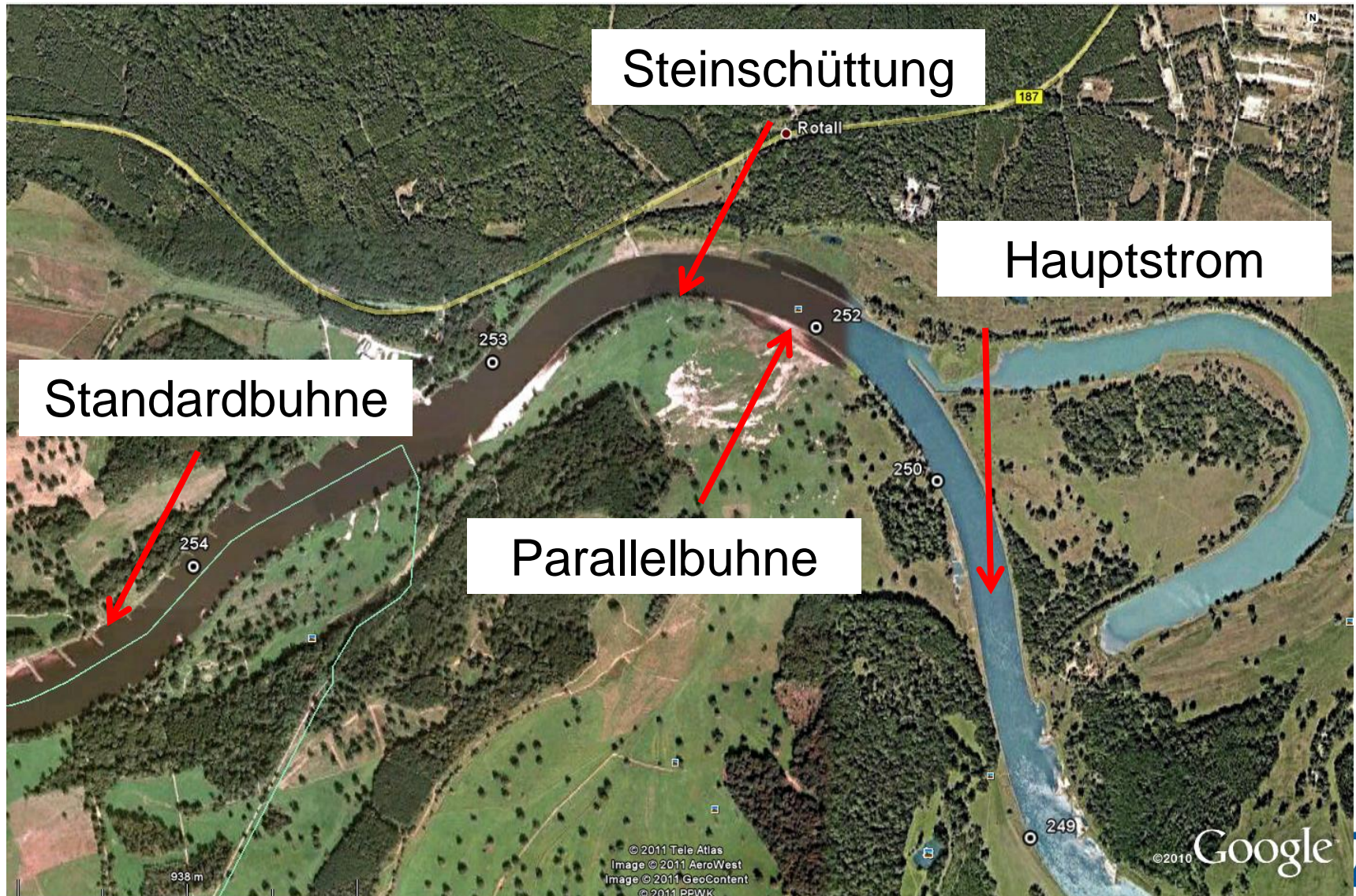
Filtrierrate: ~ 4 L pro Tag



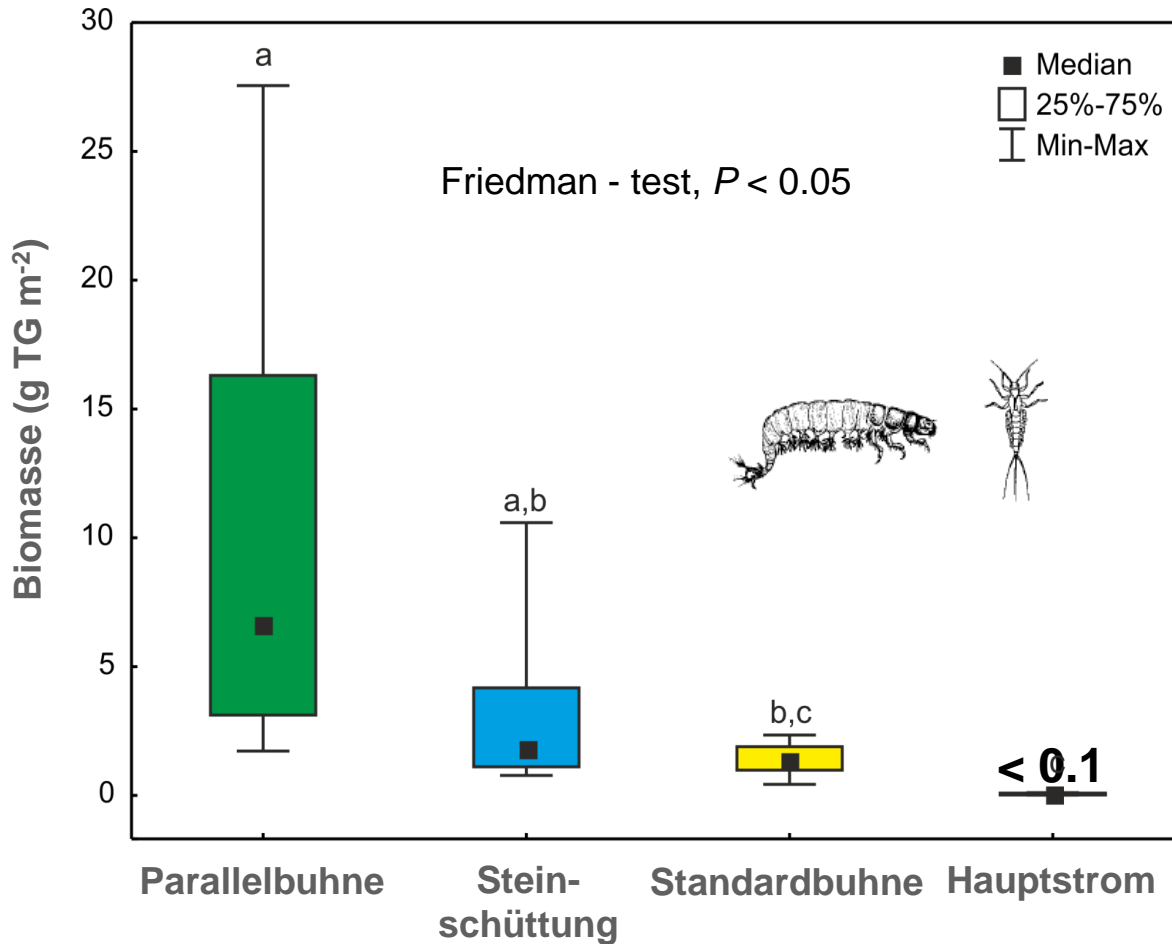
Nährstoffe

(Phosphor,
Stickstoff, etc.)

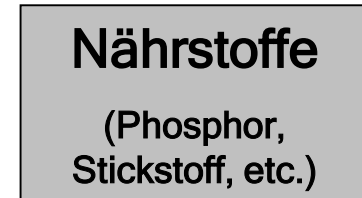
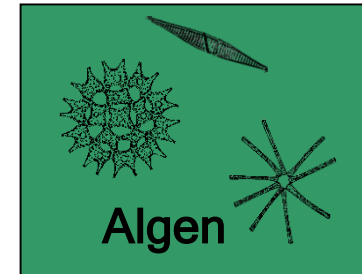
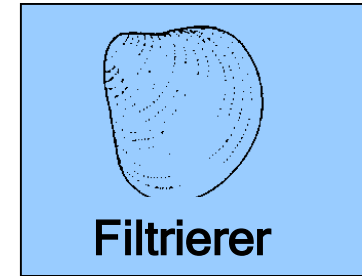
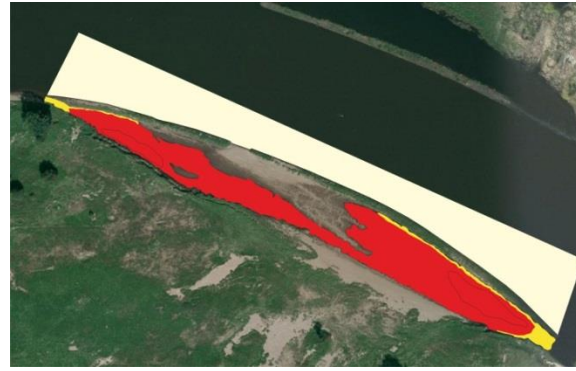
Uferverbau und Habitate in der Elbe



Habitatspezifische Biomasse Makrozoobenthos



Effekte der Uferstruktur auf die Sekundärproduktion in der Elbe



⚡ Stressor +

Brabender, Weitere, Anlanger, Brauns 2016 *Hydrobiologia* 776

Fazit

- Flüsse und Seen stellen eine Vielzahl von ÖSL bereit
- Wichtige Rolle der Ökosysteme in der Regulation des Stoffhaushaltes, welche durch bewusstes Management verbessert werden kann
- Synergien und Trade-offs zwischen ÖSL und Zielen der WRRL
- ÖSL zeigen den Nutzen der Ökosysteme für den Menschen und können die Kommunikation mit Stakeholder verbessern
- ÖSL-Ansatz kann bei der Planung von Maßnahmen helfen: Abwägung Kosten ↔ Nutzen; Gewinnern ↔ Verlierern; Synergien ↔ Trade-offs