

Ergänzung der zustandsbasierten Gewässerbewertung durch eine funktionsorientierte Betrachtung der Ökosystemleistungen

Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referat U2: Mikrobielle Ökologie
helmut.fischer@bafg.de

Anspruch der Wasserrahmenrichtlinie

Der „ökologische Zustand“ nach WRRL beschreibt „die Qualität von Struktur und Funktionsfähigkeit aquatischer (...) Ökosysteme“

- Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft
relevante chemische Schadstoffe
physikalische-chemische Komponenten
hydromorphologische Eigenschaften
- Funktionen werden nicht direkt untersucht

Funktionen natürlicher Fließgewässer

- Ökosystem-Metabolismus

→ Kohlenstoffumsatz

Biogeosciences, 14, 1989–2002, 2017
www.biogeosciences.net/14/1989/2017/
doi:10.5194/bg-14-1989-2017
© Author(s) 2017. CC Attribution 3.0 License.



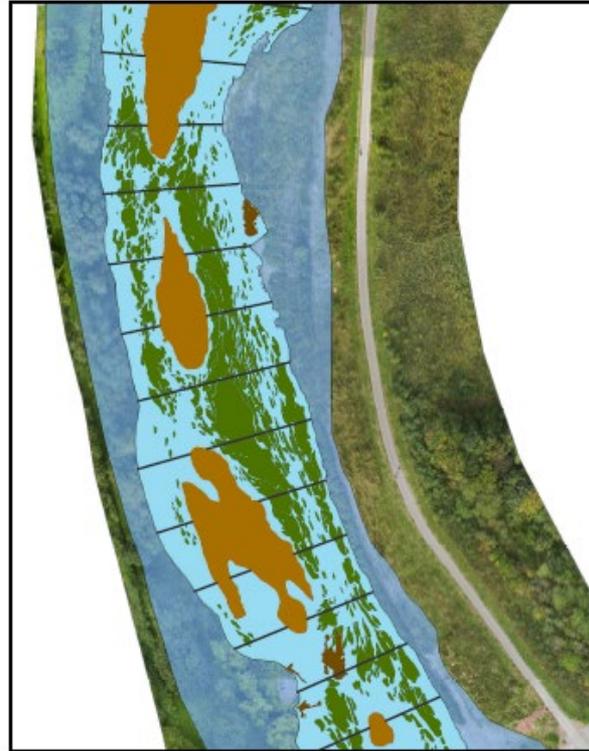
Hydromorphological restoration stimulates river ecosystem metabolism

Benjamin Kupilas¹, Daniel Hering¹, Armin W. Lorenz¹, Christoph Knuth², and Björn Gücker³

- Primärproduktion steigt deutlich
- Gesamtrespiration steigt ein wenig
- Verhältnis P/R steigt

Funktionen natürlicher Fließgewässer

- Ökosystem-Metabolismus



- Wetted channel
- Floodplain
- Islands
- Macrophyte
- Woody debris
- Width

→ Ökosystem-Metabolismus charakterisiert ein Fließgewässer.
Kann er auch zur Bewertung genutzt werden?

Funktionen natürlicher Fließgewässer

- Ökosystem-Metabolismus

J. N. Am. Benthol. Soc., 2008, 27(3):605–625
© 2008 by The North American Benthological Society
DOI: 10.1899/07-121.1
Published online: 1 July 2008

Organic matter breakdown and ecosystem metabolism: functional indicators for assessing river ecosystem health

Roger G. Young¹

Cawthron Institute, Private Bag 2, Nelson, New Zealand

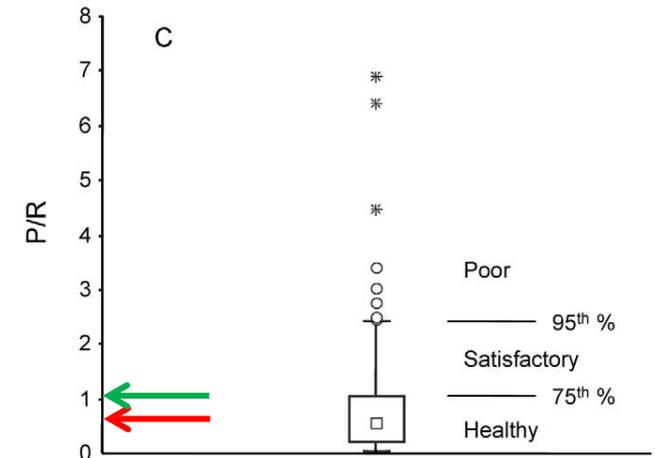
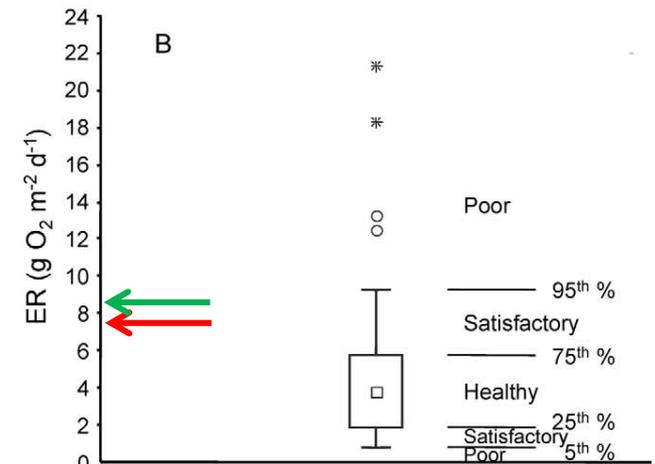
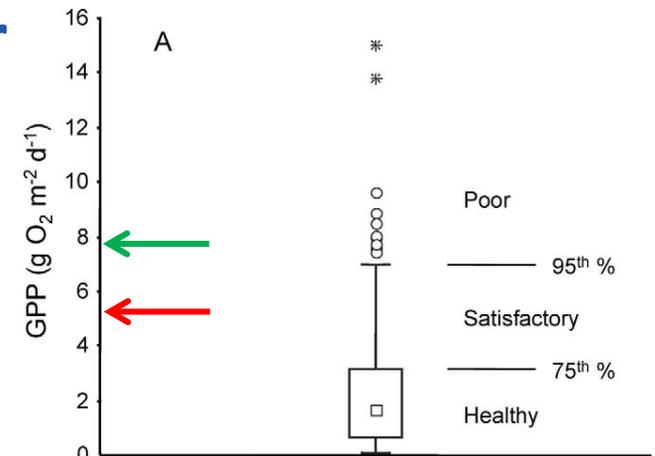
Christoph D. Matthaei² AND Colin R. Townsend³

Department of Zoology, University of Otago, P.O. Box 56, Dunedin, New Zealand

→ Unrestaurierte

Abschnitte an der Ruhr

(Grafik Young et al. 2008, Werte aus Kupilas et al. 2017)



Funktionen natürlicher Fließgewässer

- Nährstoffrückhalt

Ecology, 85(10), 2004, pp. 2818–2827
© 2004 by the Ecological Society of America

STREAM MORPHOLOGY CONTROLS AMMONIUM RETENTION IN TROPICAL HEADWATERS

BJÖRN GÜCKER¹ AND IOLA G. BOËCHAT

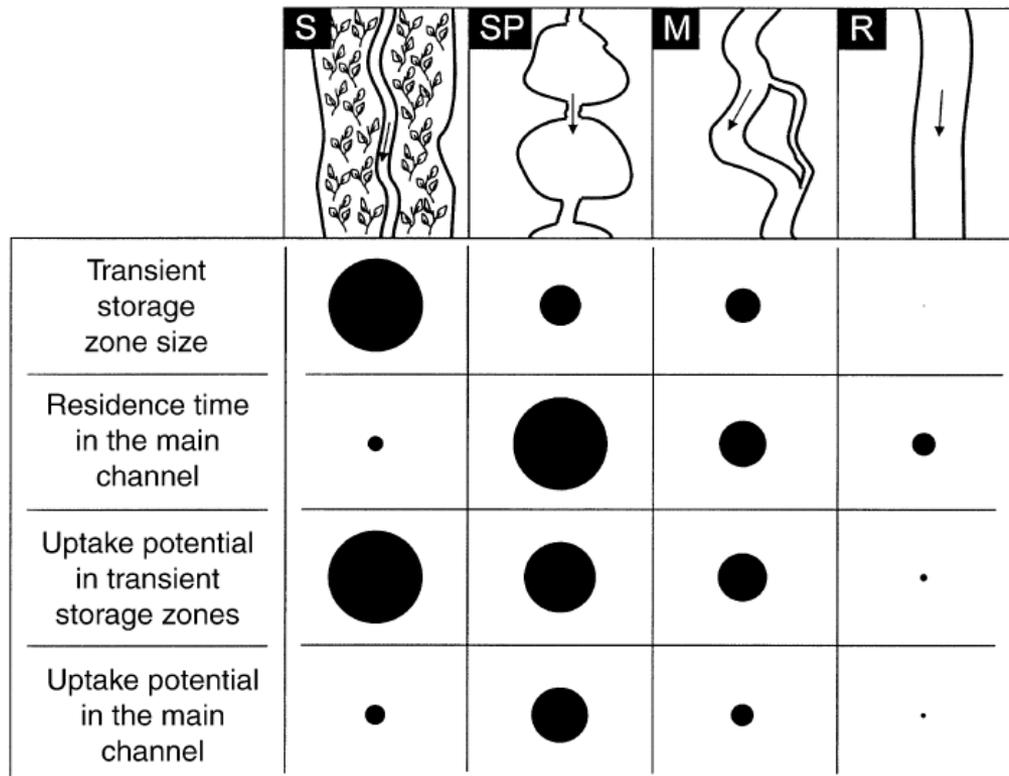


FIG. 4. Schematic overview of functional properties of different stream morphotypes. Diameters of circles correspond to the fraction of the median of the respective morphotype relative to the highest median of all morphotypes. Morphotypes are swamp (S), step-pool (SP), meandering (M), and run (R).

Zwischenfazit

- Fließgewässer können über ausgewählte Funktionen charakterisiert werden ...
- ... z. B. Ökosystem Metabolismus (über Tagesgänge des Sauerstoffs), Abbau von schwer abbaubarem, partikulärem Material, Nährstoffrückhalt, Habitatbereitstellung u. a.
- Eine funktionsbasierte Bewertung erscheint möglich, erfordert aber noch erheblichen konzeptionellen Aufwand.

ÖSL-Bewertung mit dem River Ecosystem Service Index

Daten
Indika-
toren

Polit. Ziele und
menschl. Werte



ÖSL-Einzel-
bewertung
anhand RESI-
Faktenblättern

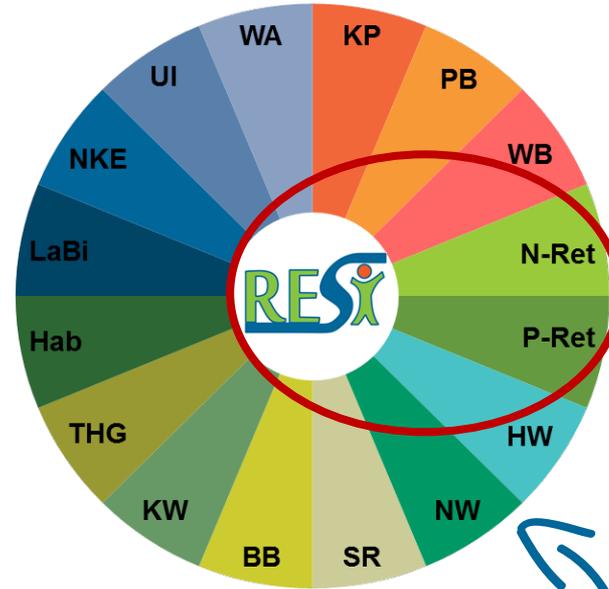


RESI Skala

5	sehr hoch
4	hoch
3	mittel
2	niedrig
1	sehr niedrig
	NA

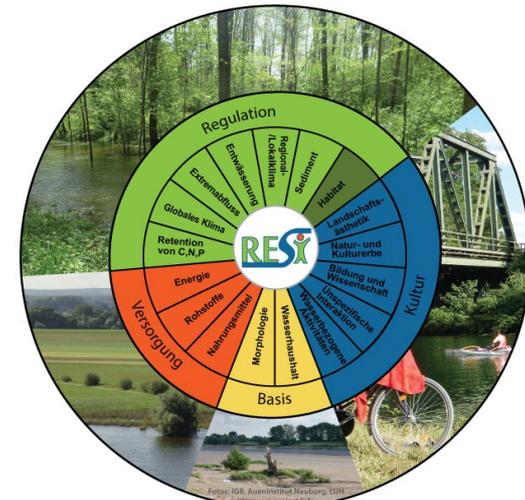
ÖSL-
Gesamt-
bewertung

$$\sum_{i=1}^n ES^i = \frac{RESI}{A_{Aue}}$$



- KP Kulturpflanzen
- PB Pflanzliche Biomasse
- WB Wasserbereitstellung
- N-Ret N-Retention
- P-Ret P-Retention
- HW Hochwasserregulation
- NW Niedrigwasserregulation
- SR Sedimentregulation
- BB Bodenbildung
- KW Kühlwirkung
- THG Treibhausgas Rückhalt
- Hab Habitatbereitstellung
- LaBi Landschaftsbild
- NKE Natur- & Kulturerbe
- UI Unspezifische Interaktion
- WA Wasserbezogene Aktivitäten

Visualisierung



Nährstoff- und Kohlenstoffrückhalt als Ökosystemleistung

→ Regulative Funktion

- Reguliert eutrophierende Wirkung der Nährstoffe und den Sauerstoffhaushalt im Gewässer

→ Ökosystemleistung: Erhalt/Verbesserung der Wasserqualität

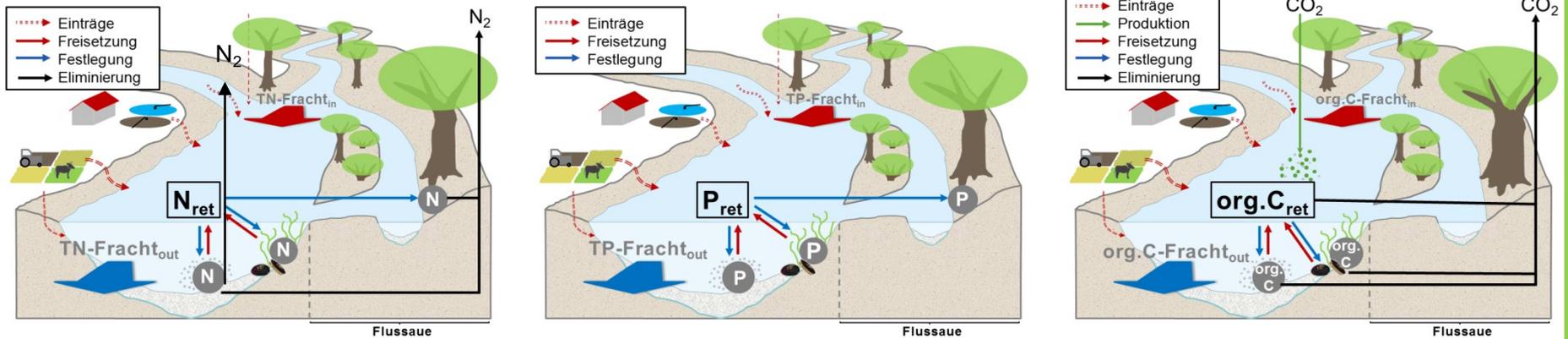
- Nährstoff wird im System zurückgehalten und gelangt nicht in die Küstenregionen
- Stickstoff wird über Denitrifikation aus dem System entfernt
- Kohlenstoff wird im System zurückgehalten und abgebaut

→ Bewertbarkeit

- Messung, Modellierung und Literaturrecherche der relevanten Prozesse
- Indikatorbildung: Anteil des zurückgehaltenen org. C, N, P
- Bewertung qualitativ (Kategorien), über Ersatzkosten oder über Schadenskosten

Prozesse: N-, P- und C-Retention

Retention ist die Fähigkeit eines Fluss-Auen-Abschnitts, Stoffe zurückzuhalten und überhöhte Belastungen zu kompensieren.



~~Transformation (z. B. Aufnahme in planktische Biomasse)~~

Temporärer Rückhalt: (N, P und org. C)

- Aufnahme in stationäre Biomasse z.B. Auenvegetation, benthische Biomasse
- Aufnahme in Sedimente / Böden z.B. Sedimentation, Sorption

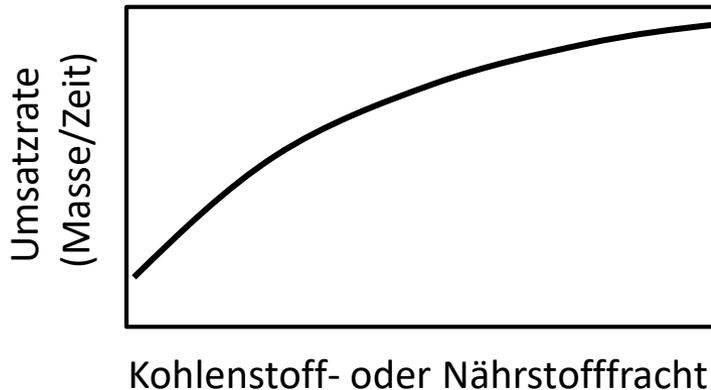
Dauerhafte Entfernung:

- Denitrifikation (N)
- Respiration (org. C)

Ökosystemleistung Retention darf nicht alleine auf der Umsatzrate beruhen

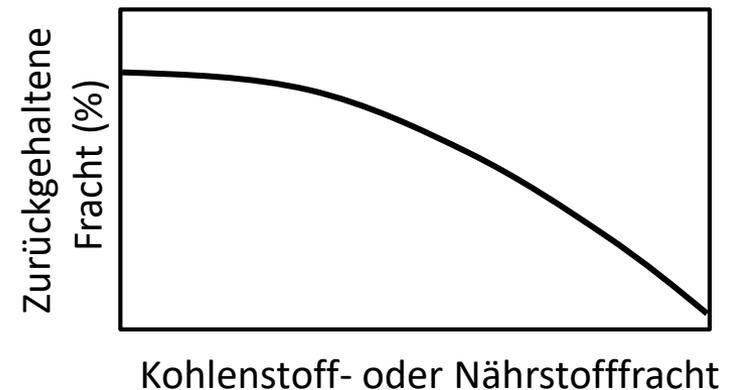
Retentionsraten steigen mit der Nährstoffversorgung

→ Belastete Flüsse halten mehr Material zurück



Anteil der zurückgehaltenen Fracht sinkt mit steigender Nährstoffversorgung

→ Belastete Flüsse sind weniger effizient



% Retention

=

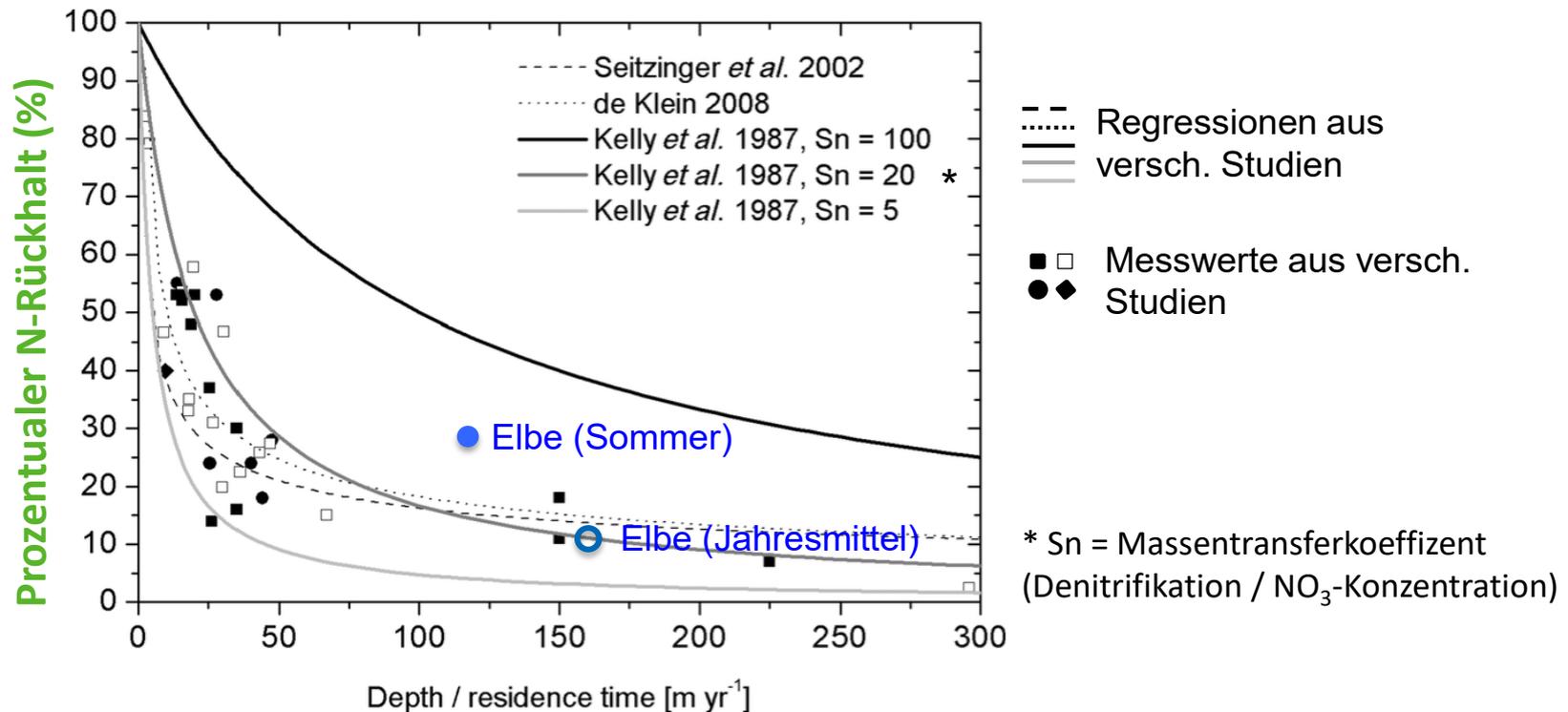
Fähigkeit eines Flusses, die eigene Nährstofffracht zurückzuhalten

Umsatzraten im Fluss, prozentualer Rückhalt

Retentionseffizienz hängt von Wassertiefe und -aufenthaltszeit ab

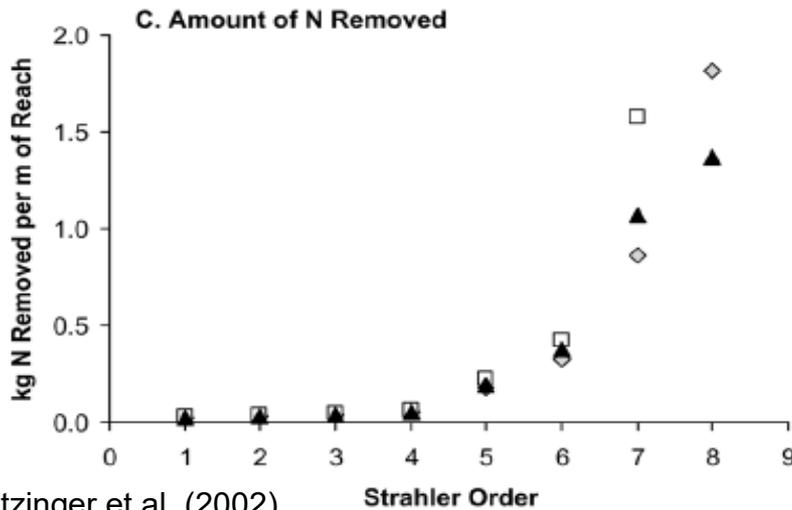
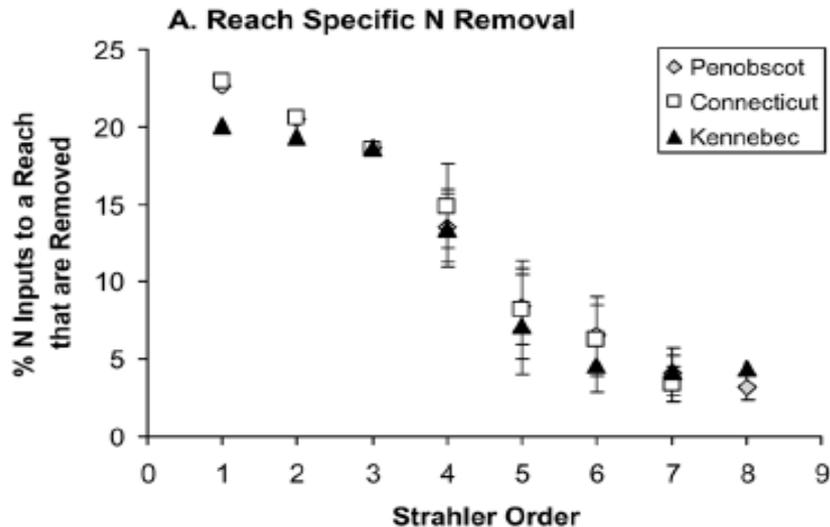
→ tiefe und schnell fließende Flüsse gleicher Ordnung → geringere %Retention

→ Mit dem Stoffrückhalt werden auch hydro-morphologische Eigenschaften betrachtet und bewertet



(Durand et al. 2011)

Große vs. kleine Flüsse



Seitzinger et al. (2002)

Kleine Flüsse entfernen einen größeren **Anteil (%)** der N-Einträge

- größeres Verhältnis
Sedimentoberfläche : Wasservolumen

Große Flüsse entfernen einen höheren **absoluten Betrag** (Masse/Fläche, Masse/Flusskilometer)

- meist höhere N-Konzentrationen
- breiter (mehr Fläche pro Abschnitt)

- Die Bewertungsskala muss an die Flussgröße angepasst sein

RESI-Retentionsindikator

N- und P-Retention (Fluss+Aue)

$$Ind_{xret} = \frac{\sum(Ret_x F, Ret_x A)}{T_x} * 1000$$

wobei:

Ind_{xret} = relative Retention des jeweiligen Stoffes (N oder P) auf einem 1 km-Fluss-Auen-Abschnitt [‰]

$Ret_x F$ = absolute jährliche **Retention** auf einem **1 km-Fluss-Abschnitt** [t a⁻¹]

$Ret_x A$ = absolute jährliche **Retention** auf einem **1 km-Auen-Abschnitt** [t a⁻¹]

T_x = absolute jährliche **Fracht** des jeweiligen Stoffes (N der P) auf einem 1 km-Fluss-Abschnitt [t a⁻¹]

- Leistung eines Fluss-Auen-Abschnitt (= Gesamtsystem)
- Umsatzraten werden in Relation zur Belastung gesetzt (‰-Retention)
- 1 km Abschnittslänge (= 1 km Auensegmente)

RESI-Retentionsindikator

C-Retention (Fluss)

$$Ind_{Cret} = \frac{\sum(Ret_c F, AssC)}{org. C} * 1000$$

wobei:

- Ind_{Cret} = relative Retention von C auf einem 1 km-Fluss-Auen-Abschnitt [‰]
- $Ret_c F$ = absolute jährliche **Retention** auf einem **1 km-Fluss-Abschnitt** [t a⁻¹]
- $AssC$ = absolute jährliche **org. C-Produktion** auf einem **1 km-Fluss-Abschnitt** [t a⁻¹]
- $org. C$ = absolute jährliche **C-Fracht** im Fluss auf dem betrachteten Kilometer [t a⁻¹]

- Nur flussinterne Umsätze werden betrachtet
- Zusätzliche Betrachtung der C-Produktion durch Assimilation des Phytoplanktons (Planktonwachstum = negative Retention)
- Umsatzraten werden in Relation zur Belastung gesetzt (‰-Retention)
- 1 km Abschnittslänge (= 1 km Auensegmente)

Quantifizierung der Retention in den RESI-Modellregionen

1. Retention im Fluss (Ret_xF):

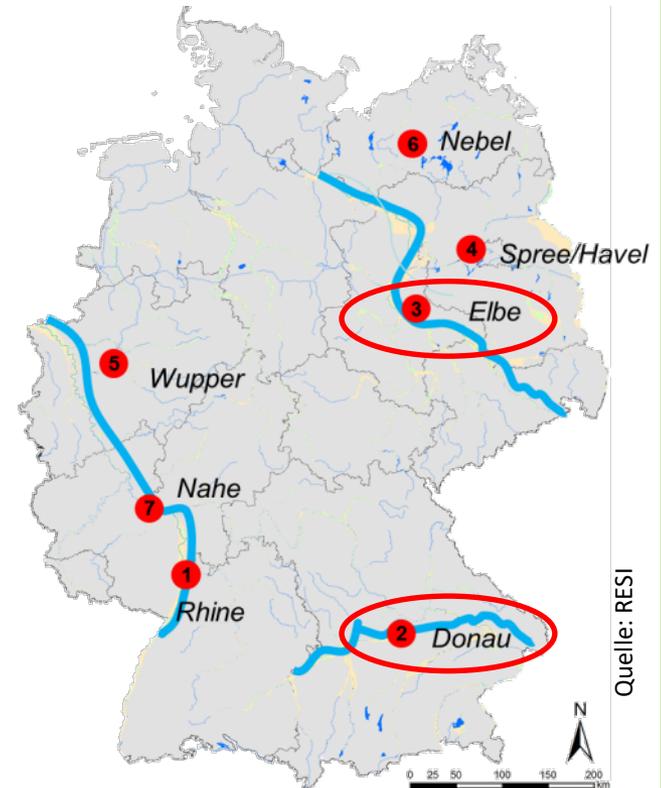
Modellbasierte Ansätze

- a) N-, P- und C-Retention in Donau & Elbe:
Gewässergütemodell QSim (BfG)
- b) N- und P-Retention in der Nahe:
MONERIS (IGB)
- c) N- und P-Retention aus gemessenen Werten
oder abgeleitet aus Literaturwerten

2. Retention in der Aue (Ret_xA):

Faustzahlbasiertes Modell

N- und P-Retention in der Donau, Elbe, Nahe:
Schulz-Zunkel et al. 2012 (UFZ)



Bewertungsskala

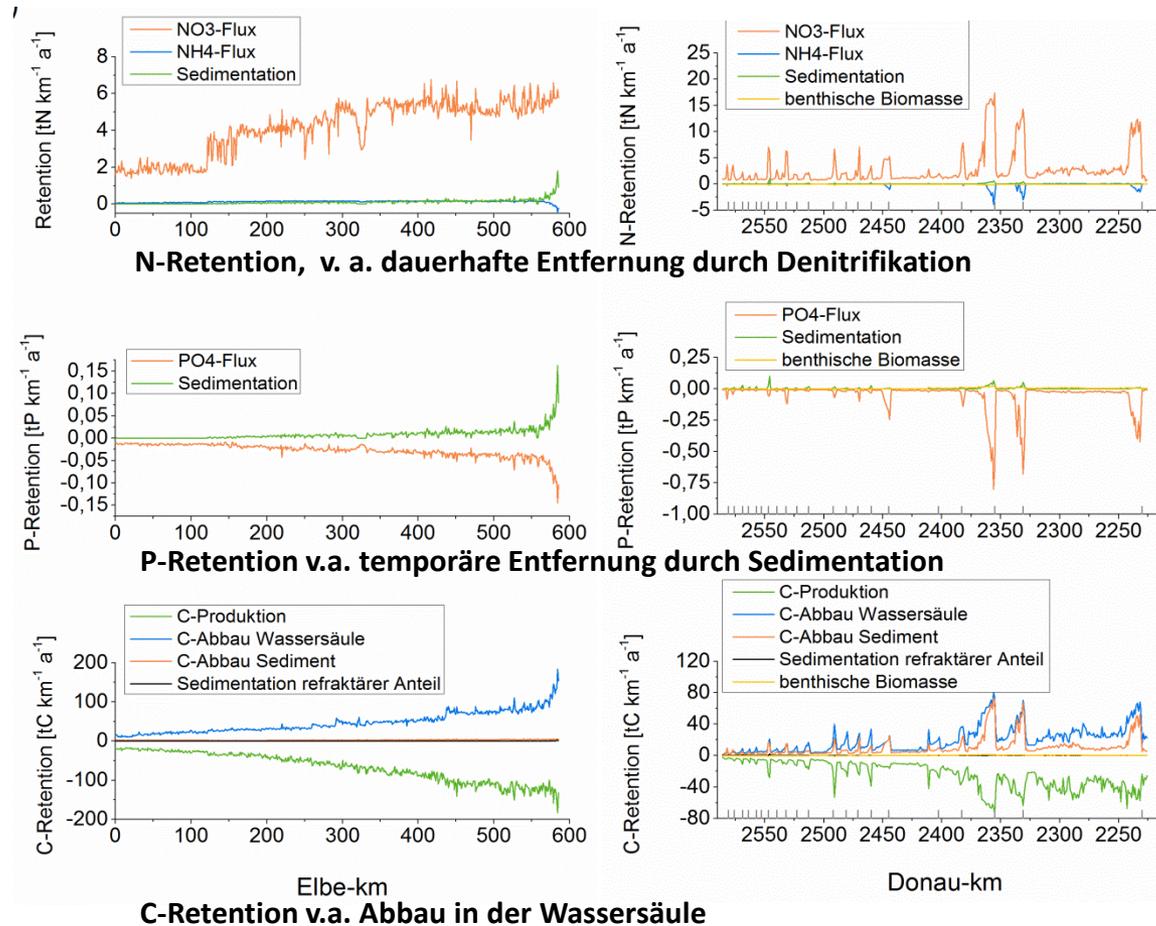
Abflussklasse	N-Fracht	5	4	3	2	1
		Sehr hohe Retention	Hohe Retention	Mäßige Retention	Geringe Retention	Freisetzung oder keine Retention
$m^3 s^{-1}$	$[t a^{-1}]$	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}
0,1 -1	45	> 138,7	> 48,5 - 138,7	> 16,0 - 48,5	> 0 - 16,0	≤ 0
1-10	451	> 18,9	> 7,0 - 18,9	> 2,4 - 7,0	> 0 - 2,4	≤ 0
10-100	4 510	> 2,8	> 1,1 - 2,8	> 0,4 - 1,1	> 0 - 0,4	≤ 0
100-1000	45 096	> 0,4	> 0,2 - 0,4	> 0,06 - 0,2	> 0 - 0,06	≤ 0
1000-10.000	450 965	> 0,07	> 0,03 - 0,07	> 0,01 - 0,03	> 0 - 0,01	≤ 0

		3	2	1
		Mäßige Retention	Geringe Retention	Freisetzung oder keine Retention
$m^3 s^{-1}$	$[t a^{-1}]$	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}	‰ km^{-1}
0,1 -1	2,3	> 45,2	> 15,1 - 45,2	> 5,3 - 15,1
1-10	23	> 4,5	> 1,5 - 4,5	> 0,5 - 1,5
10-100	225	> 0,5	> 0,2 - 0,5	> 0,1 - 0,2
100-1000	2 255	> 0,05	> 0,02 - 0,05	> 0,005 - 0,02
1000-10.000	22 248	> 0,005	> 0,002 - 0,005	> 0 - 0,0005

$m^3 s^{-1}$	$[t a^{-1}]$	‰ km^{-1}				
0,1 -1	68	> 314,4	> 162,9 - 314,4	> 52,1 - 162,9	> 0 - 52,1	≤ 0
1-10	676	> 56,8	> 29,4 - 56,8	> 9,4 - 29,4	> 0 - 9,4	≤ 0
10-100	6 764	> 10,3	> 5,3 - 10,3	> 1,7 - 5,3	> 0 - 1,7	≤ 0
100-1000	67 644	> 1,9	> 1,0 - 1,9	> 0,3 - 1,0	> 0 - 0,3	≤ 0
1000-10.000	676 447	> 0,3	> 0,2 - 0,3	> 0,06 - 0,2	> 0 - 0,06	≤ 0

- Flussgrößenspezifischer Bewertungsansatz für 5 Abflussklassen
- Berücksichtigt die Retention in Fluss und Aue
- Klassengrenzen:
 - für den Fluss aus der Literatur
 - für die Aue aus deutschlandweiter Fallstudie
- Bundesweit anwendbar für Fließgewässer unterschiedlicher Größe und Belastungssituation

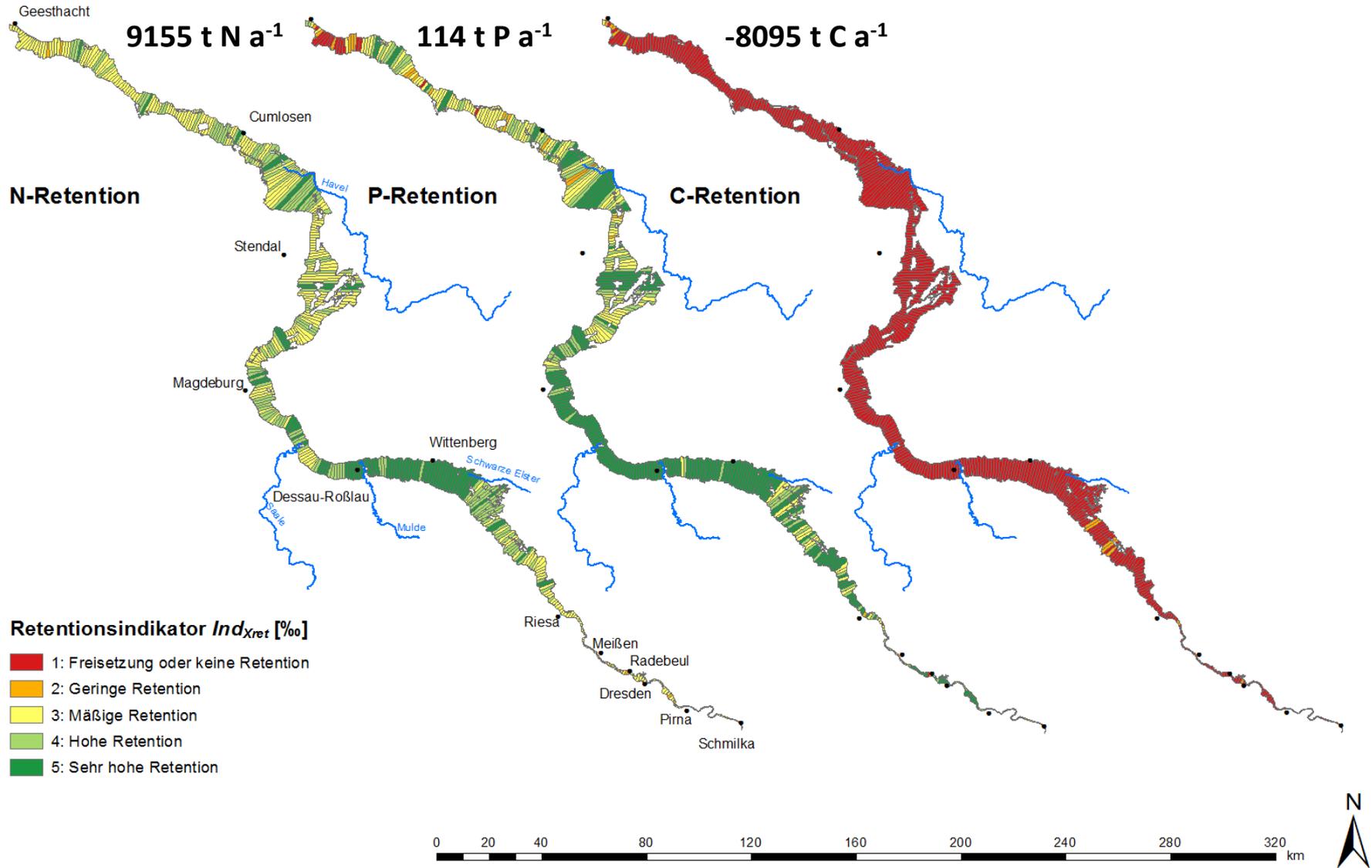
Retentionsverlauf im Fluss in Donau und Elbe



- Retentionsverlauf in der Elbe ist relativ linear
- Retentionsverlauf in der Donau ist heterogen
- **Stauhaltungen:** Positive Auswirkung auf N- und C-Retention, negative Auswirkung auf P-Retention
- **Buhnenfelder:** Positive Auswirkung auf N-Retention
- Trade-Offs

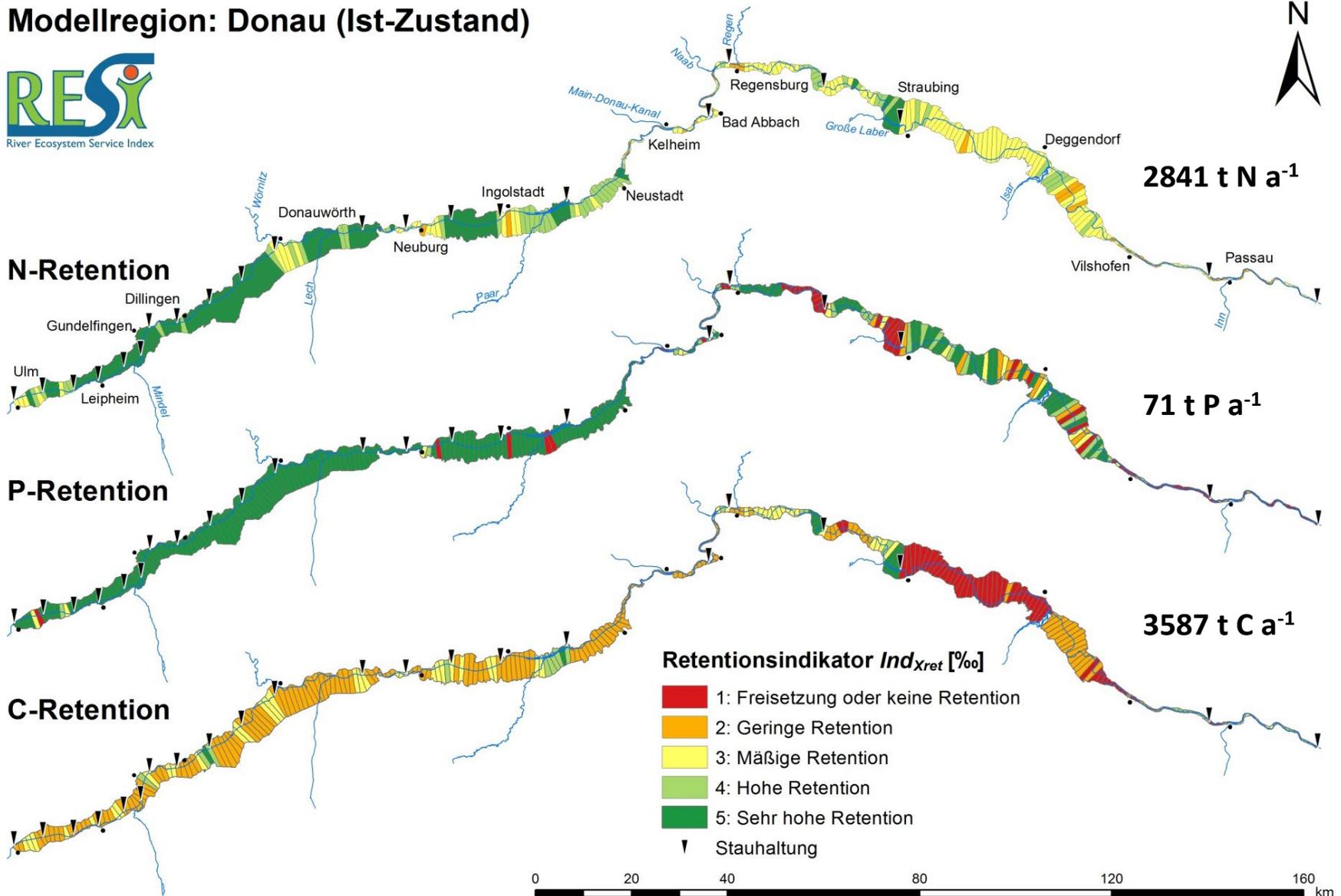
Gesamtbewertung: Modellregion Elbe

RESI-Modellregion: Elbe (Ist-Zustand)



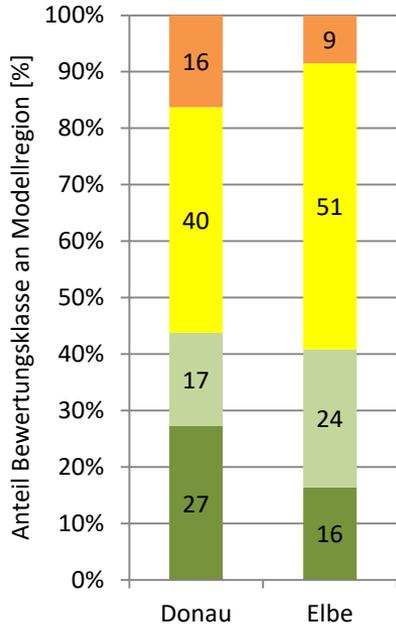
Gesamtbewertung: Modellregion Donau

Modellregion: Donau (Ist-Zustand)

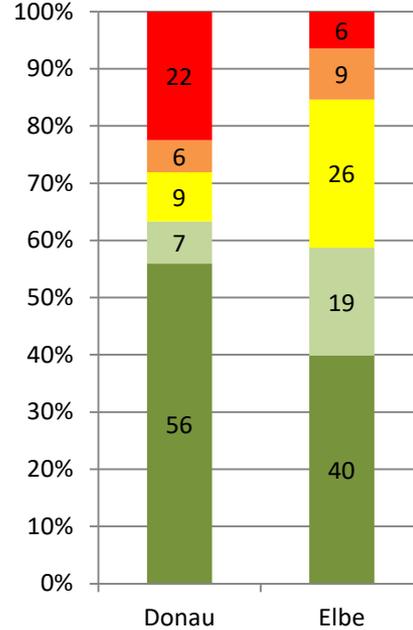


Vergleich von Fließgewässern (Donau/Elbe)

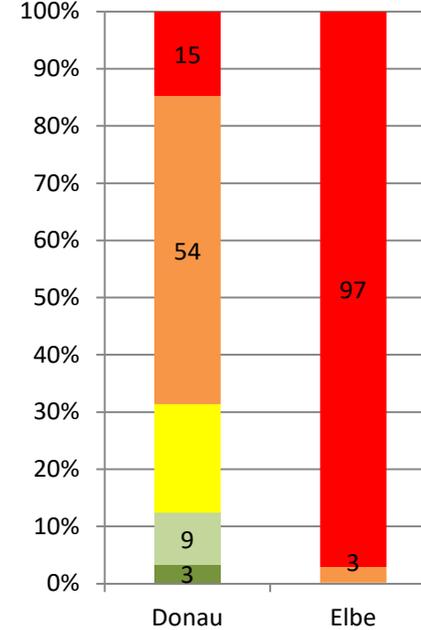
N-Retention



P-Retention



C-Retention

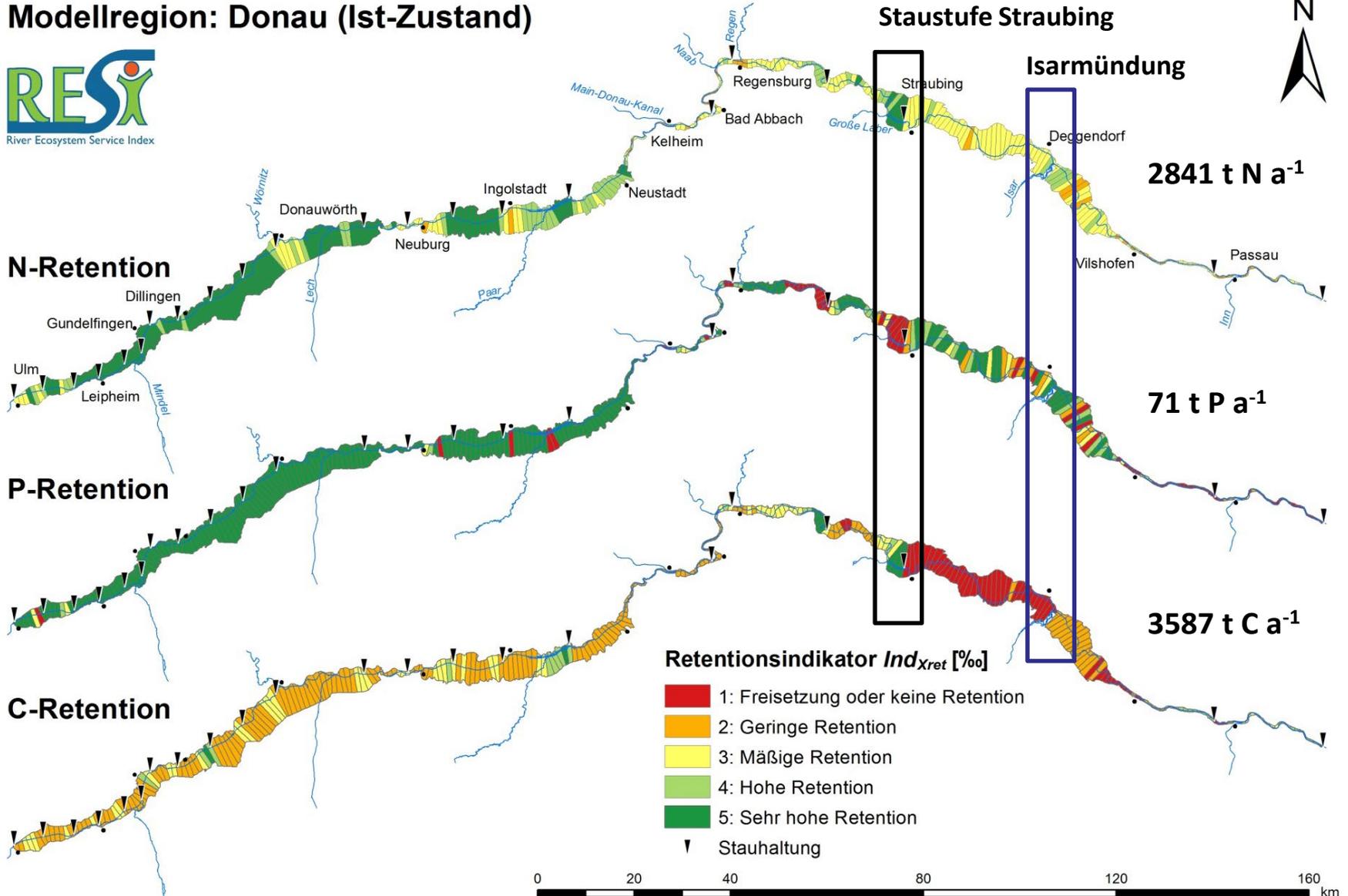


- 1: Freisetzung oder keine Retention
- 2: Geringe Retention
- 3: Mäßige Retention
- 4: Hohe Retention
- 5: Sehr hohe Retention

→ Ermöglicht Variantenvergleich

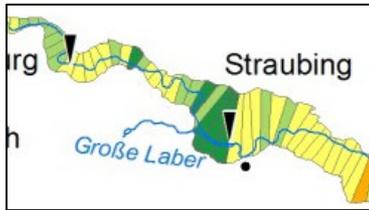
Vergleich von Gewässerabschnitten (Donau)

Modellregion: Donau (Ist-Zustand)

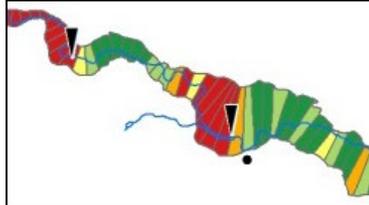


Vergleich von Gewässerabschnitten (Donau)

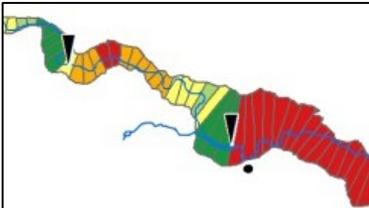
Staustufe Straubing:



N-Retention = 5



P-Retention = 1



C-Retention = 5

- Geringe Retentionsleistung in der Aue, hohe im Fluss
- Vor Staustufen erhöhte N- und C-Retention, jedoch geringe P-Retention (negative P-Retention= Freisetzung)

Isarmündung:



N-Retention = 4



P-Retention = 5

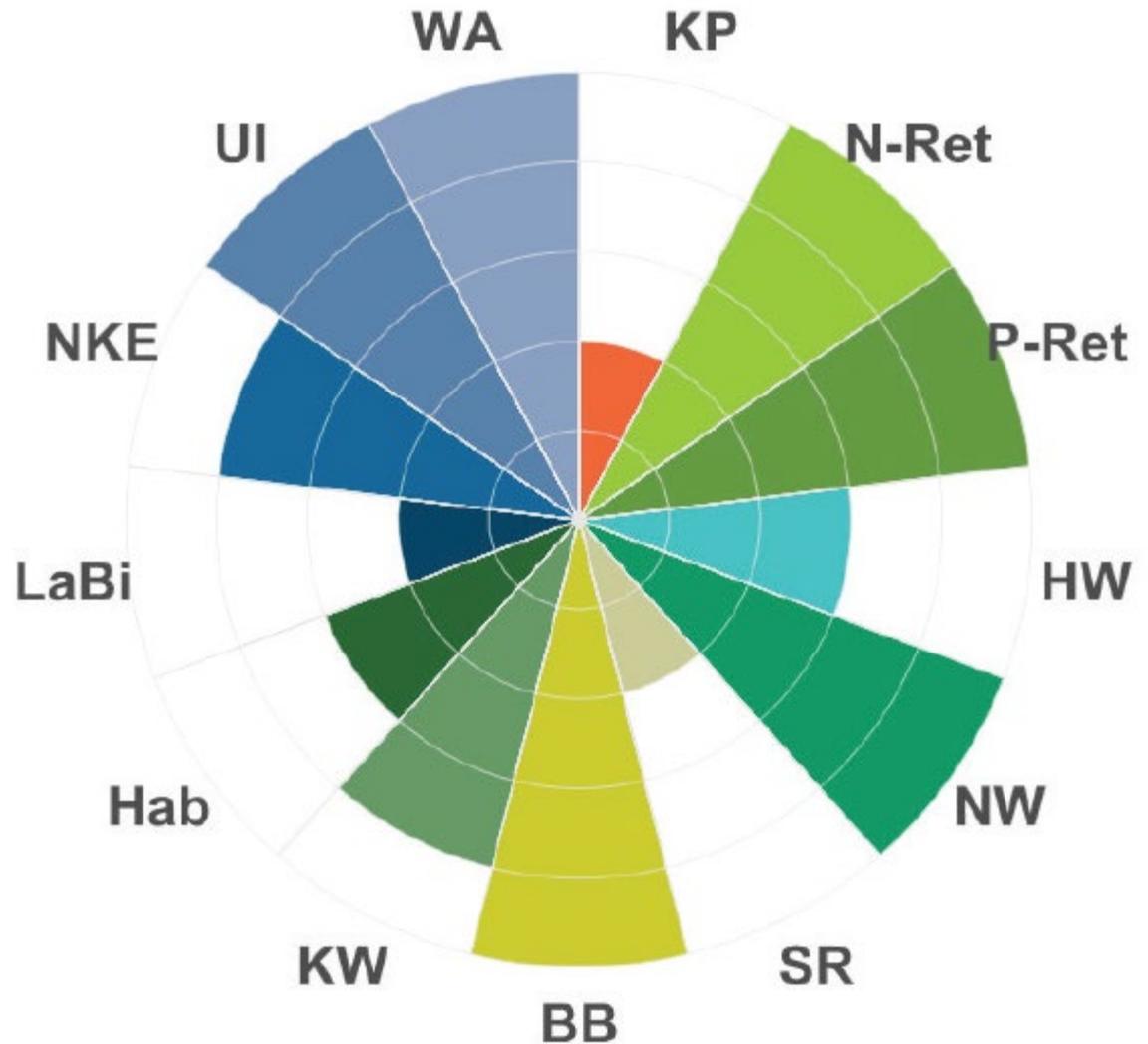
- Hoher Retentionsleistung in der Aue, geringe im Fluss
- Naturnahe Auenlandschaft im Bereich der Isarmündung

Darstellung des RESI: Polargrafik

(Fallbeispiel Donau)

Bezugszustand

KP	Kulturpflanzen
N-Ret	N-Retention
P-Ret	P-Retention
HW	Hochwasserreg.
NW	Niedrigwasserreg.
SR	Sedimentreg.
BB	Bodenbildung
KW	Kühlwirkung
Hab	Habitatbereitstellung
LaBi	Landschaftsbild
NKE	Natur- & Kulturerbe
UI	Unspez. Interaktion
WA	Wasserbez. Aktivitäten

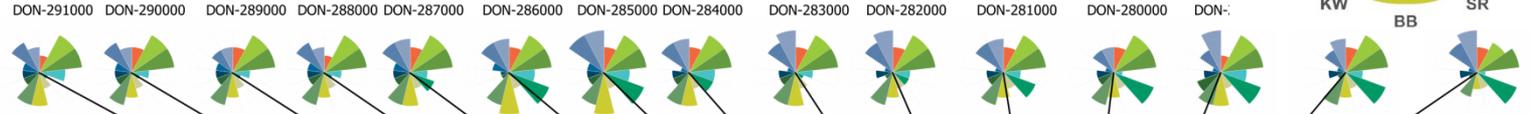
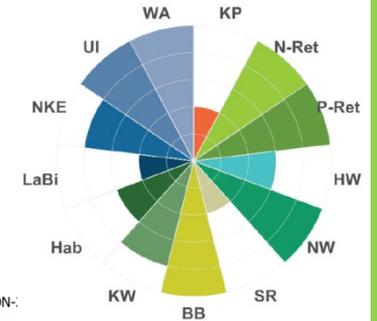


Kartendarstellungs-Variante des RESI

(Fallbeispiel Donau)



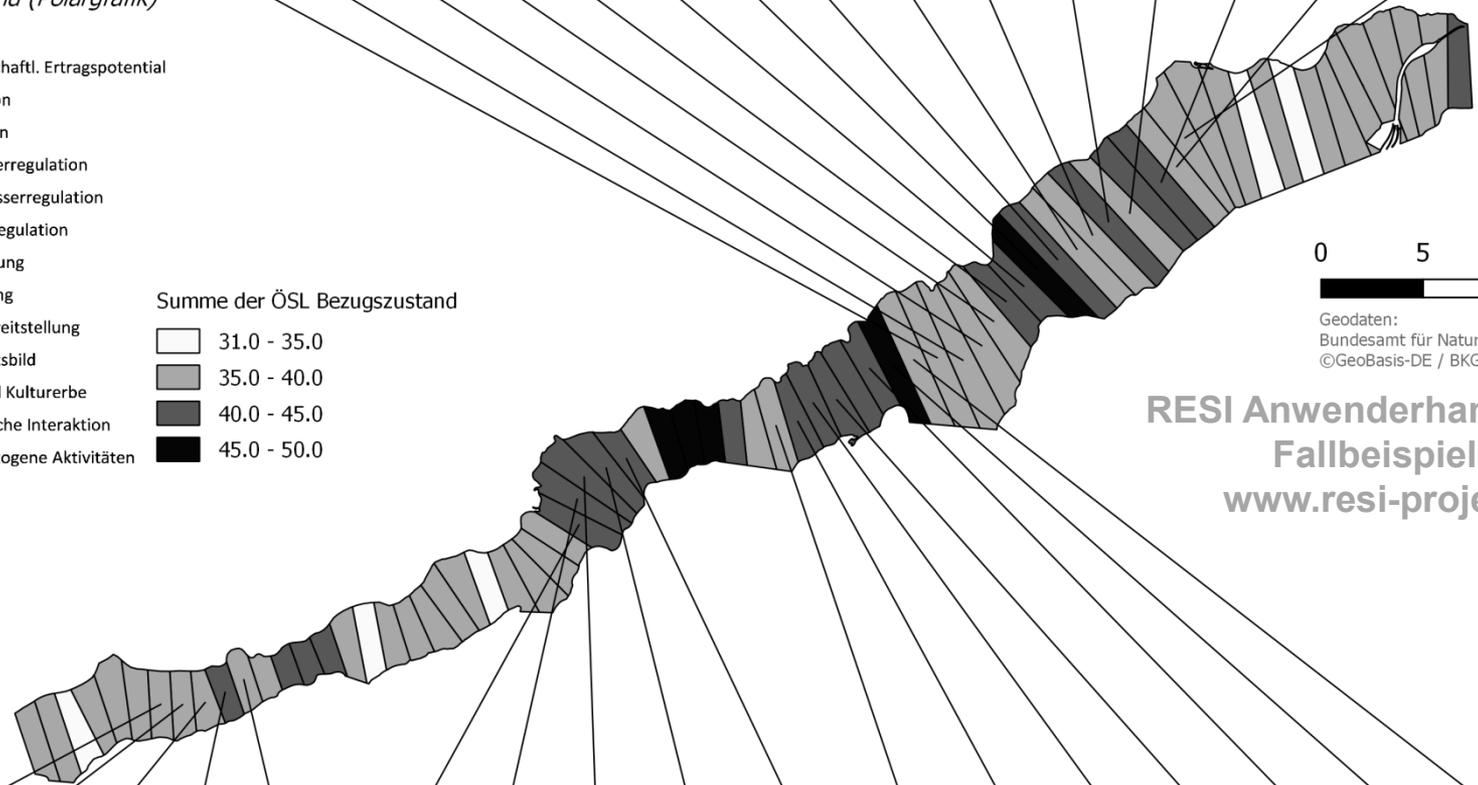
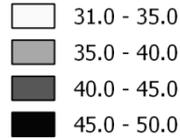
Donau



Bezugszustand (Polargrafik)



Summe der ÖSL Bezugszustand



Geodaten:
Bundesamt für Naturschutz (2009)
©GeoBasis-DE / BKG (2016)

RESI Anwenderhandbuch
Fallbeispiel Donau
www.resi-project.info



DON-331000 DON-330000 DON-329000 DON-328000 DON-327000 DON-310000 DON-309000 DON-308000 DON-307000 DON-306000 DON-299000 DON-298000 DON-297000 DON-296000 DON-294000 DON-293000 DON-292000

Zum Nachlesen - www.resi-project.info

- RESI Faktenblätter

	<p>Retention von N</p> <p>Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D. Kasperidus (UFZ), M. Scholz (UFZ), C. Schulz-Zunke (UFZ), M. Venohr (IGB), M. Wildner (IGB)</p>
	<p>Retention von P</p> <p>Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D.</p>
	<p>C-Retention</p> <p>Bearbeiter: Stephanie Ritz (BfG), Helmut Fischer (BfG), Kathrin Linnemann (BfG), Antje Becker (DHI), Markus Venohr (IGB), Marcus Wildner (IGB)</p> <p>Stand: 12.07.2018</p>

Zum Nachlesen - www.resi-project.info

- RESI Faktenblätter

- Projektergebnisdokumente



RESI ARBEITSPAPIER

zu den Projektergebnisdokumenten (PED):
PED 3.2 „Quantifizierung der N-, P- und C-Retention“
PED 3.3 „Bewertung der N-, P- und C-Retention“



Retention von N[†]

Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D. Kasperidus (UFZ), M. Scholz (UFZ), C. Schulz-Zunkel (UFZ), M. Venohr (IGB), M. Wildner (IGB)

Retention von P[†]

Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D.

C-Retention[†]

Bearbeiter: Stephanie Ritz (BfG), Helmut Fischer (BfG), Kathrin Linnemann (BfG), Antje Becker (DHI), Markus Venohr (IGB), Marcus Wildner (IGB)[†]

Stand: 12.07.2018[‡]

QUANTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG VON REGULATIVEN ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Stephanie Ritz¹, Kathrin Linnemann¹, Antje Becker², Hans D. Kasperidus², Mathias Scholz², Christiane Schulz-Zunkel³, Markus Venohr⁴, Marcus Wildner⁴, Helmut Fischer⁴

1) Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz

2) DHI WASY GmbH, Volmerstraße 8, 12489 Berlin

3) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

4) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Justus-von-Liebig-Straße 7, 12587 Berlin

Zitation: Ritz, S.; Linnemann, K.; Becker, A.; Kasperidus, H. D.; Scholz, M.; Schulz-Zunkel, C.; Venohr, M.; Wildner, M.; Fischer, H. (2017): Quantifizierung und Bewertung von regulativen Ökosystemleistungen. *River Ecosystem Service Index (RESI) Projektergebnisdokument 3.2-3*

Zum Nachlesen - www.resi-project.info

- RESI Faktenblätter

- Projektergebnisdokumente



RESI ARBEITSPAPIER

zu den Projektergebnisdokumenten (PED):
PED 3.2 „Quantifizierung der N-, P- und C-Retention“
PED 3.3 „Bewertung der N-, P- und C-Retention“



Retention von N[†]

Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D. Kasperidus (UFZ), M. Scholz (UFZ), C. Schulz-Zunkel (UFZ), M. Venohr (IGB), M. Wildner (IGB)

Retention von P[†]

Bearbeiter: S. Ritz (BfG), H. Fischer (BfG), K. Linnemann (BfG), A. Becker (DHI), H. D.

C-Retention[†]

Bearbeiter: Stephanie Ritz (BfG), Helmut Fischer (BfG), Kathrin Linnemann (BfG), Antje Becker (DHI), Markus Venohr (IGB), Marcus Wildner (IGB)[†]

Stand: 12.07.2018[‡]

Simone A. Podschun, Matthias Schmidt, Lena Hornung, Christian Albert, Alexandra Dehnhardt, Christian Damm, Christine Fischer, Helmut Fischer, Francis Foeckler, Marlon Gelhaus, Lars Gerstner, Volkmar Hartje, Tim G. Hoffmann, Janette Iwanowski, Hans Kasperidus, Kathrin Linnemann, Dietmar Mehl, Marin Rayanov, Stephanie Ritz, Andrea Rumm, Mathias Scholz, Christiane Schulz-Zunkel, Barbara Stammel, Julia Thiele, Christina von Haaren, Martin Pusch

QUANTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG VON REGULATIVEN ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Stephanie Ritz¹, Kathrin Linnemann¹, Antje Becker², Hans D. Kasperidus², Mathias Scholz², Christiane Schulz-Zunkel³, Markus Venohr⁴, Marcus Wildner⁴, Helmut Fischer⁴

- 1) Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
- 2) DHI WASY GmbH, Volmerstraße 8, 12489 Berlin
- 3) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
- 4) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Justus-von-Liebig-Straße 7, 12587 Berlin

Zitation: Ritz, S.; Linnemann, K.; Becker, A.; Kasperidus, H. D.; Scholz, M.; Schulz-Zunkel, C.; Venohr, M.; Wildner, M.; Fischer, H. (2017): Quantifizierung und Bewertung von regulativen Ökosystemleistungen. *River Ecosystem Service Index (RESI) Projektergebnisdokument 3.2-3*

- RESI Handbuch

(Entwurf) RESI-Anwenderhandbuch

Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen erfassen und bewerten



Schlussfolgerungen

- Fluss-Ökosysteme können mit funktionsbasierten Indikatoren charakterisiert werden.
- Eine entsprechende Bewertung erfordert noch erheblichen konzeptionellen Aufwand.
- Alternative, anthropozentrische Sichtweise:
Konzept der Ökosystemleistungen
- Der River Ecosystem Service Index (RESI) beschreibt, kategorisiert und bewertet diese Leistungen (aber nicht im Sinne der WRRL!).
- Die transparente Bewertung schafft eine Kommunikationsbasis für Entscheidungsprozesse.
- Gesamtschau: der RESI ermöglicht eine umfassende und vergleichende Darstellung der Ökosystemleistungen von Fluss-Auen-Systemen.

Dank an die Coautorinnen und das RESI-Team

Stephanie Ritz (jetzt Landesamt
für Umwelt Rheinland-Pfalz)
Umsetzung in GIS-Darstellungen

Stephanie Ritz (jetzt Bundesamt für Naturschutz)
Ableitung des Retentionsindex
Simulationen des Stoffumsatzes mit QSim

(FOTOS für die Veröffentlichung entfernt)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: helmut.fischer@bafg.de

