



Stoffbilanzmodellierung auf Ebene von Einzugsgebieten

Matthias Zessner

Technische Universität Wien,
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement
und Abfallwirtschaft

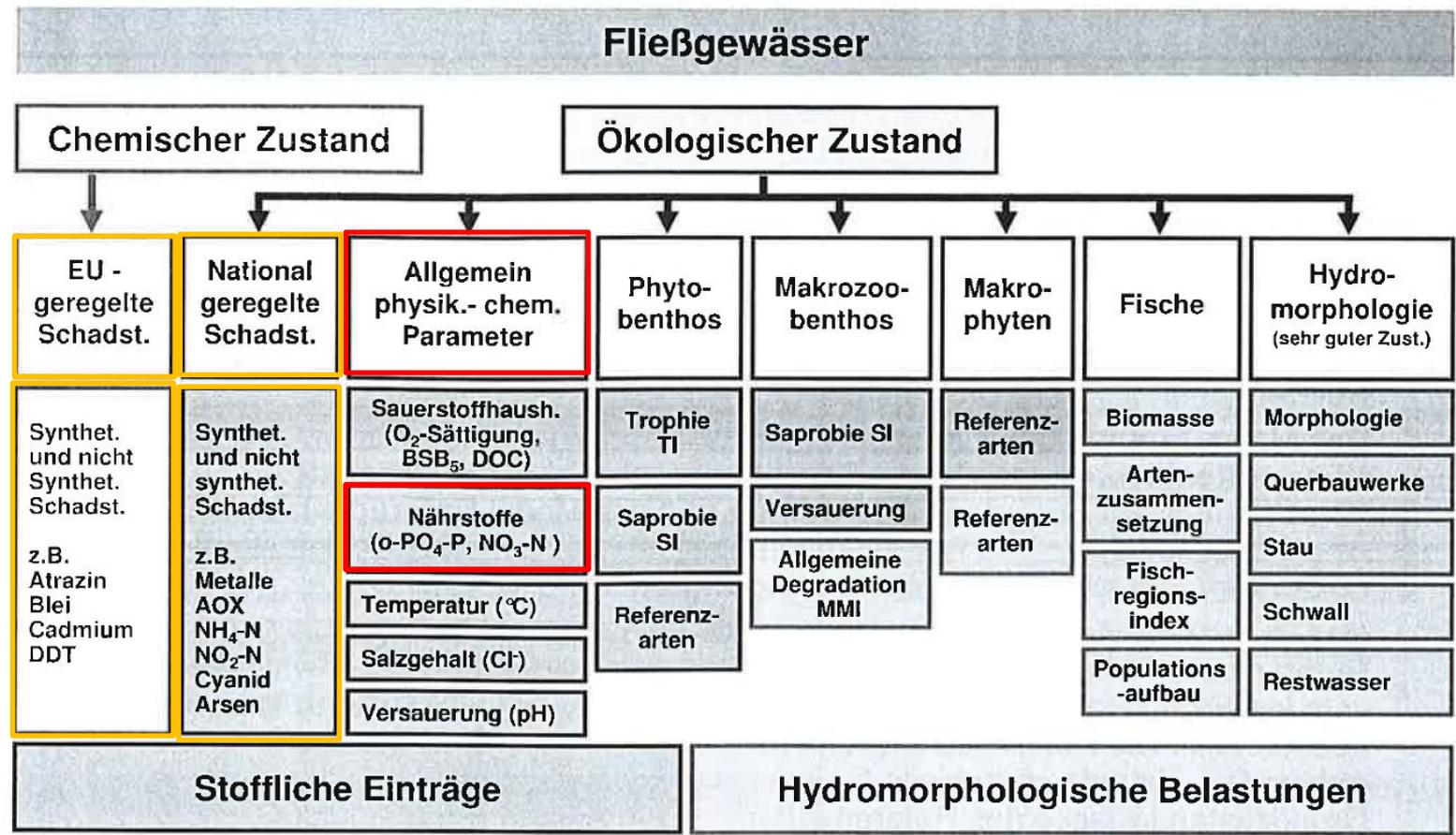
Rechtliche Grundlagen

- **EU-WRRL** seit 2000 in Kraft
- Ziele: Schutz der Gewässer, Vermeidung der Verschlechterung
- „Guter ökologischer Zustand“ und „guter chemischer Zustand“ für natürliche Oberflächengewässer bis 2015/2027
- Gutes ökologisches Potenzial und guter chemischer Zustand für künstliche und natürliche, aber erheblich veränderte Gewässer bis 2015/2027
- Guter chemischer und mengenmäßiger Zustand des Grundwassers bis 2015/2027



Stoffliche Komponenten des Gewässerzustandes

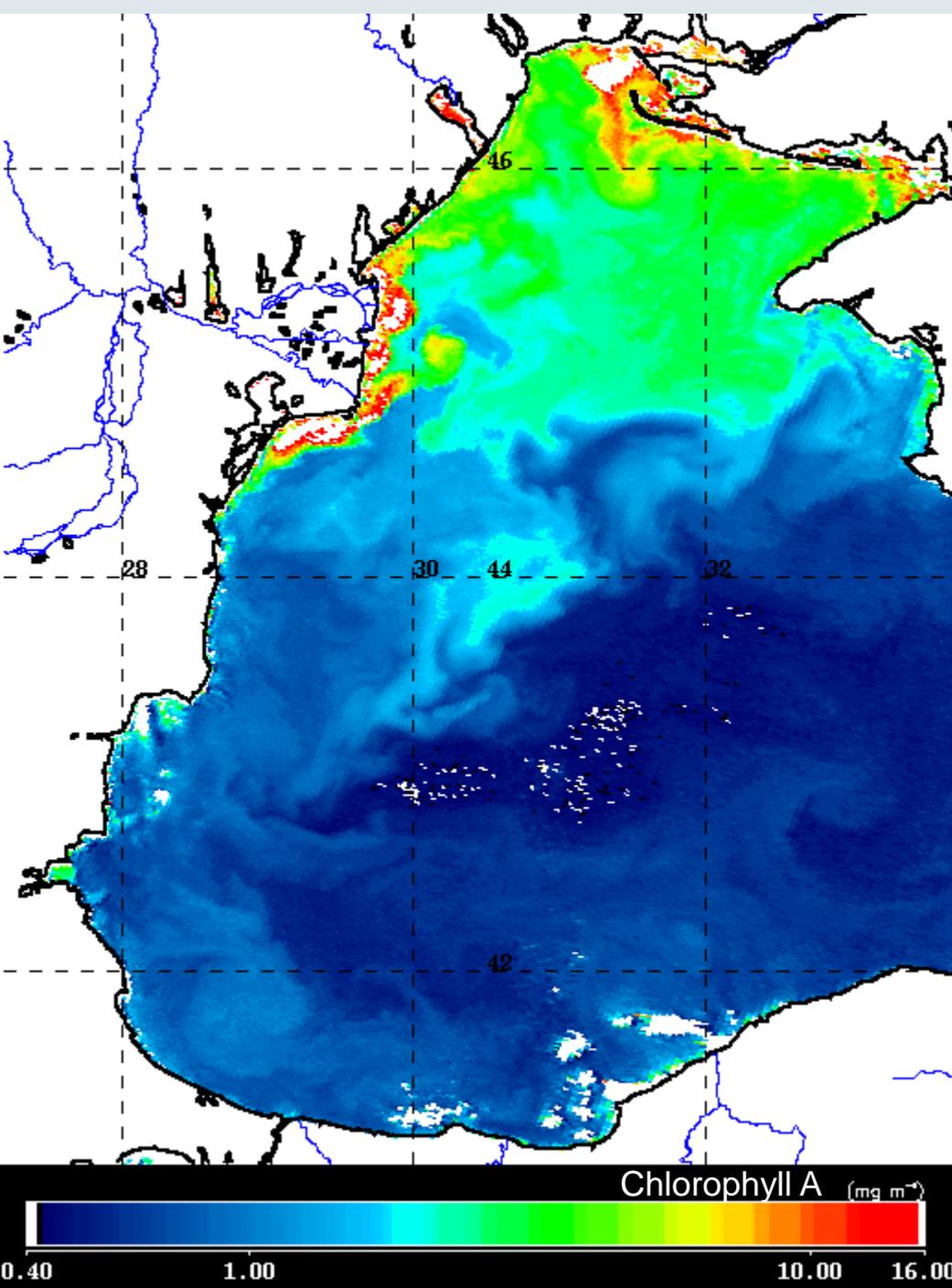
Übersicht über die Bewertungsmethoden



Quelle: Ofenböck&Deutsch, 2009

Meeres- eutrophierung

z.B. Schwarzes Meer



Die Eutrophierungszone wird abhängig von der Strömungsrichtung in diesem Falle nach norden verdriftet. (3 - 22 August 2000).

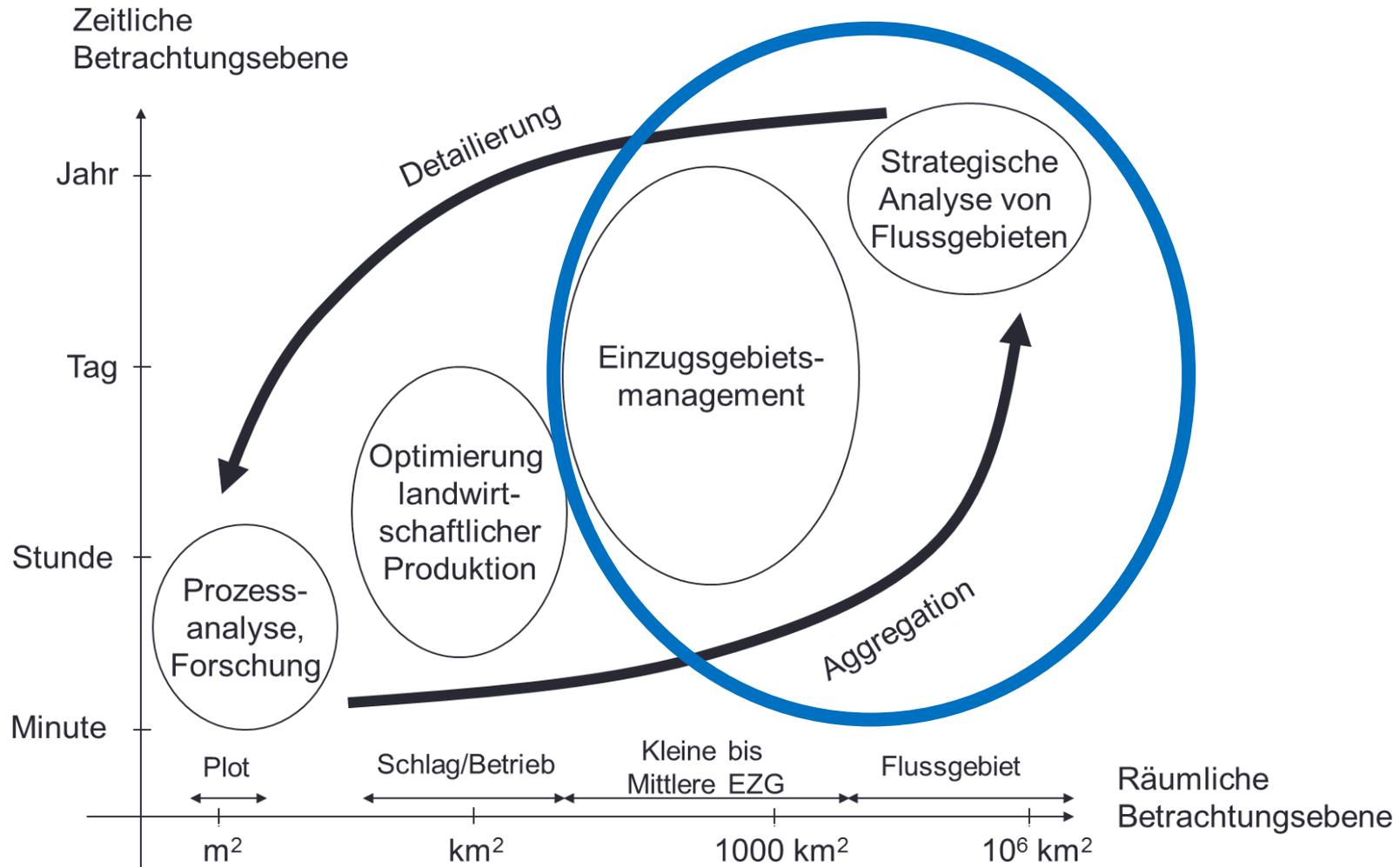
Umsetzung der WRRL

- Nationale und Internationale Gewässerbewirtschaftungspläne 2009/2015/2021/2027
 - 6 Jahreszyklus
 - Allgemeine Zustandsbeschreibung der Gewässer
 - Allgemeine Identifikation notwendiger Maßnahmen auf Grundlage der Hauptbelastung (bisher meist Unterscheidung eher Punktquelle (+) oder diffuse Einträge (?)...)
 - Maßnahmenplanung zur Erreichung des guten Zustandes
- **Notwendigkeit einer genauen Analyse der Hauptbelastungsquellen und Eintragspfade zur Ausweisung (kosten)effektiver Maßnahmen zur Reduktion der Gewässerbelastung! → steht weitgehend aus!**

Ziele der Stoffbilanzmodellierung

- ⇒ Quantifizierung der Emissionsfrachten über unterschiedliche Eintragspfade und der resultierenden Gewässerbelastung (Frachten, Konzentrationen), regionale und sektorale Verteilung
- ⇒ Risikoanalyse einer Zielverfehlung für nicht beobachtete Gebiete
- ⇒ Darstellung der Wirksamkeit unterschiedlicher Maßnahmen (Landwirtschaft, Abwasserentsorgung) auf Konzentrationen in den lokalen Gewässern und den Export in Richtung Schwarzes Meer
- ⇒ Kosten-Effektivitäts-Analyse der betrachteten Maßnahmen
- ⇒ Risikoanalyse zukünftiger Zielverfehlungen von Umweltqualitätszielen in Fließgewässern aufgrund von vorhersehbaren Entwicklungen und geplanten Maßnahmen,

Modellauswahl



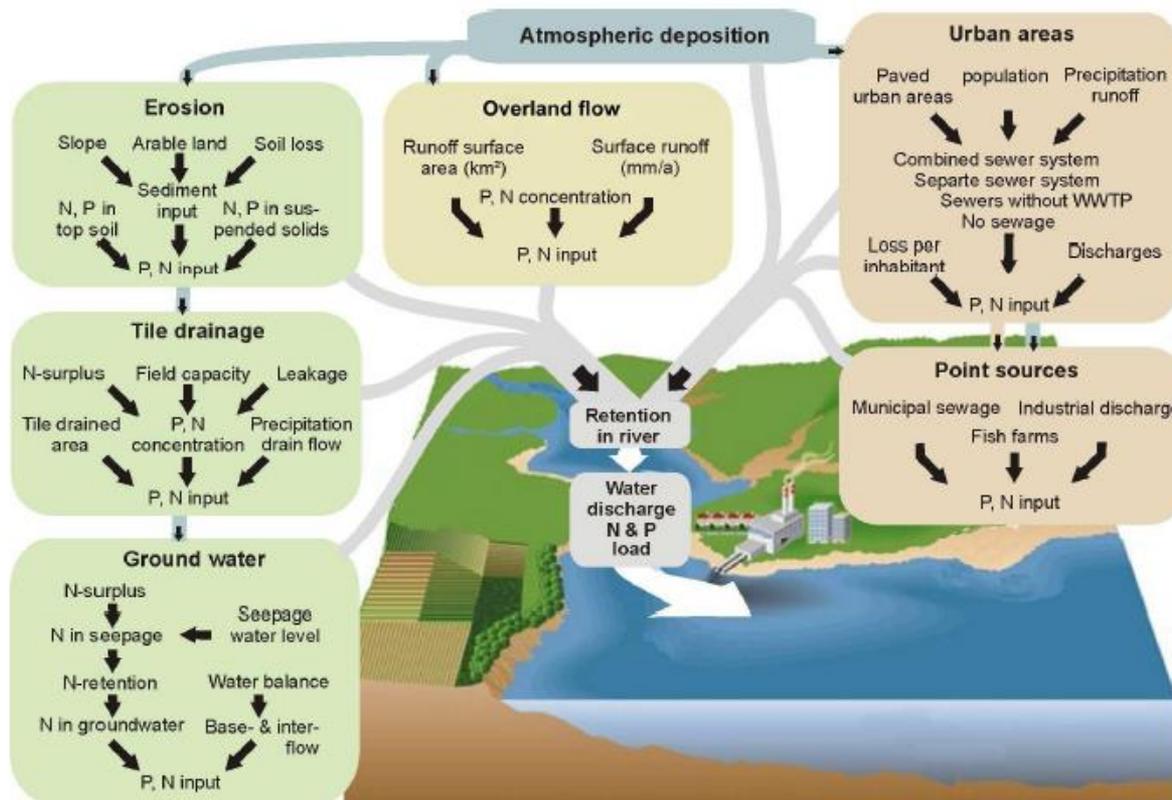
Modellauswahl

	Climatic conditions						Landscape					Flow paths				Agricultural activity		
	N	W	M	S	SE	NE	M	H	P	D	R	R	SS	AD	DG	I	M	E
NLCAT – N	o	++	++	o	+	o	o	+	++	++	+	o	++	++	++	++	++	+
NLCAT – P	o	++	++	o	+	o	o	+	++	++	+	o	++	++	++	++	++	+
SWAT – N	o	++	++	+	+	o	o	++	+	o	+	++	++	++	++	++	++	++
SWAT – P	o	++	++	+	+	o	o	++	+	o	+	++	++	++	++	++	++	++
TRK – N	++	++	++	o	o	++	o	++	++	o	o	o	++	++	+	++	++	++
TRK – P	+	o	-/+	o	o	o	o	+	+	o	o	+	++	++	+	-	o	-
MONERIS – N	+	++	++	+	++	++	+	++	++	++	+	++	++	++	o	++	+	++
MONERIS – P	+	++	++	+	++	++	+	++	++	+	+	++	++	++	o	++	++	++
EVENFLOW – N	o	+	+	o	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	o	++	++	o
NLES-CAT – N	o	++	+	o	o	+	o	+	+	o	o	-	-	-	-	++	++	+
NOPOLU – N	o	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o
NOPOLU – P	o	+	+	+	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o
REALTA – P	-	++	o	o	o	-	o	++	-	o	-	++	-	-	-	++	++	++
SA – N	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SA – P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

* ++ = highly capable, + = capable, o = partially capable, - = not capable.

- Abhängigkeit von Fragestellung und Ressourcen
- Kombination von Modellen bei komplexen Fragestellungen
- Modelle ersetzen Messdaten nicht!

Groß- bis mittelskalige Modellierung (MONERIS/MoRE)



- Basierend auf der Ebene von Teileinzugsgebieten (> 100 km² Fläche)

MONERIS/MoRE (Struktur)

Emissionen

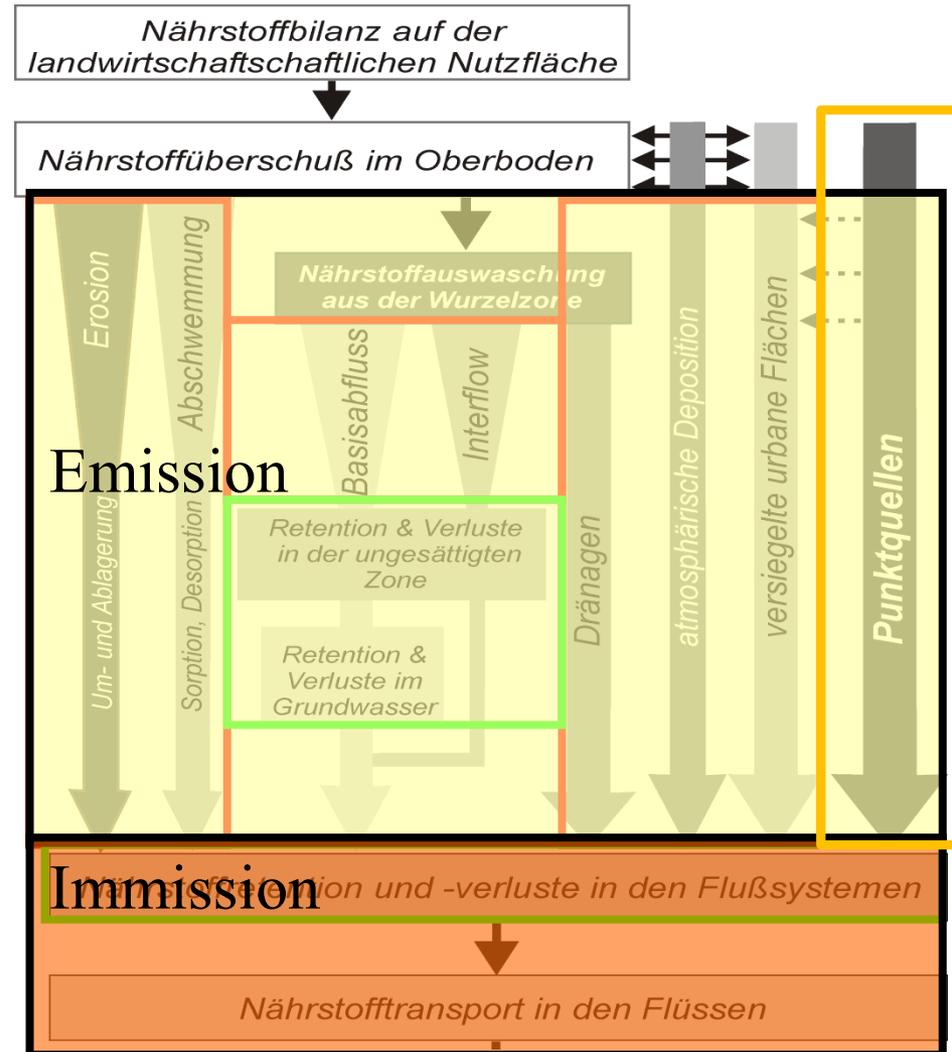
- Erstellung eines Abflussbaumes mit Teileinzugsgebieten
- Berechnung der Emissionen über 7 Eintragspfade
 - Empirische Berechnungsansätze
 - 2 Arten von Input-Daten:
 - zeitunabhängige Eingangsdaten ohne (große) zeitliche Veränderung
 - Eingangsdaten mit zeitlicher Variabilität
- Berechnung jedes Eintragspfades für jedes Teil-EZG (Abflussbaum)

Immission

- = Emission (TEZG + TEZG -1) – Retention (TEZG + TEZG-1)
- ➔ Vergleich der gerechneten Fracht mit gemessenen (Modellabgleich)

MONERIS/MoRE (Struktur)

- Emissionen aus diffusen Quellen
- Emissionen aus Punktquellen
- Retention



MONERIS/MoRE (Eingangsdaten)

Zeitunabhängige Eingangsdaten :

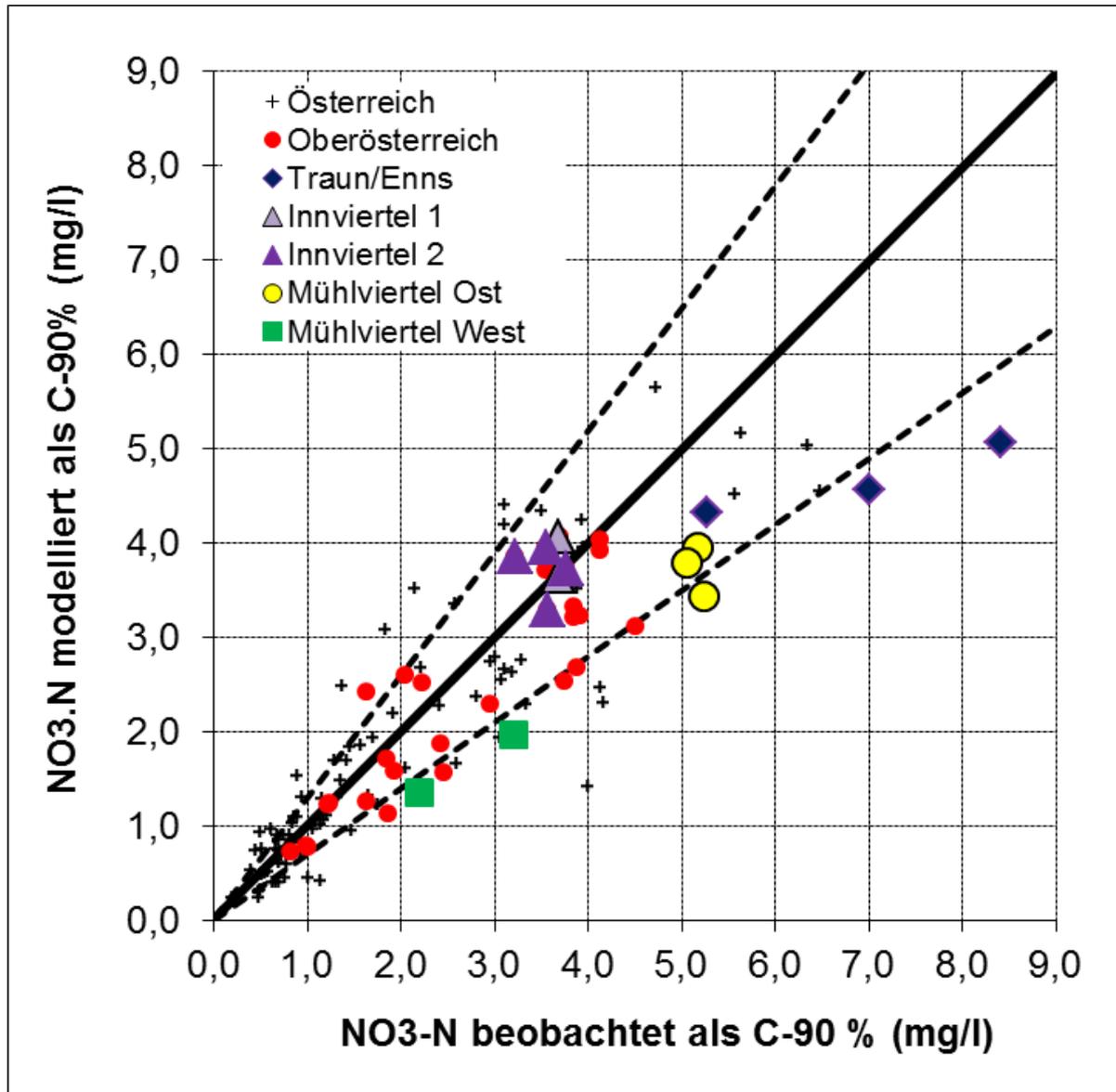
- EZG-Größe
- Digitales Höhenmodell
- Landnutzung (landw. Nutzfläche, Ackerfläche, Grünland)
- Bodenarten
- mittl. Ton-Gehalt des Bodens
- Gewässerflächen
- Langjährige Wasserbilanz (Niederschlag, ETR)
- Langjährige atmosphärische Deposition

MONERIS/MoRE (Eingangsdaten)

Eingangsdaten mit zeitlicher Variabilität:

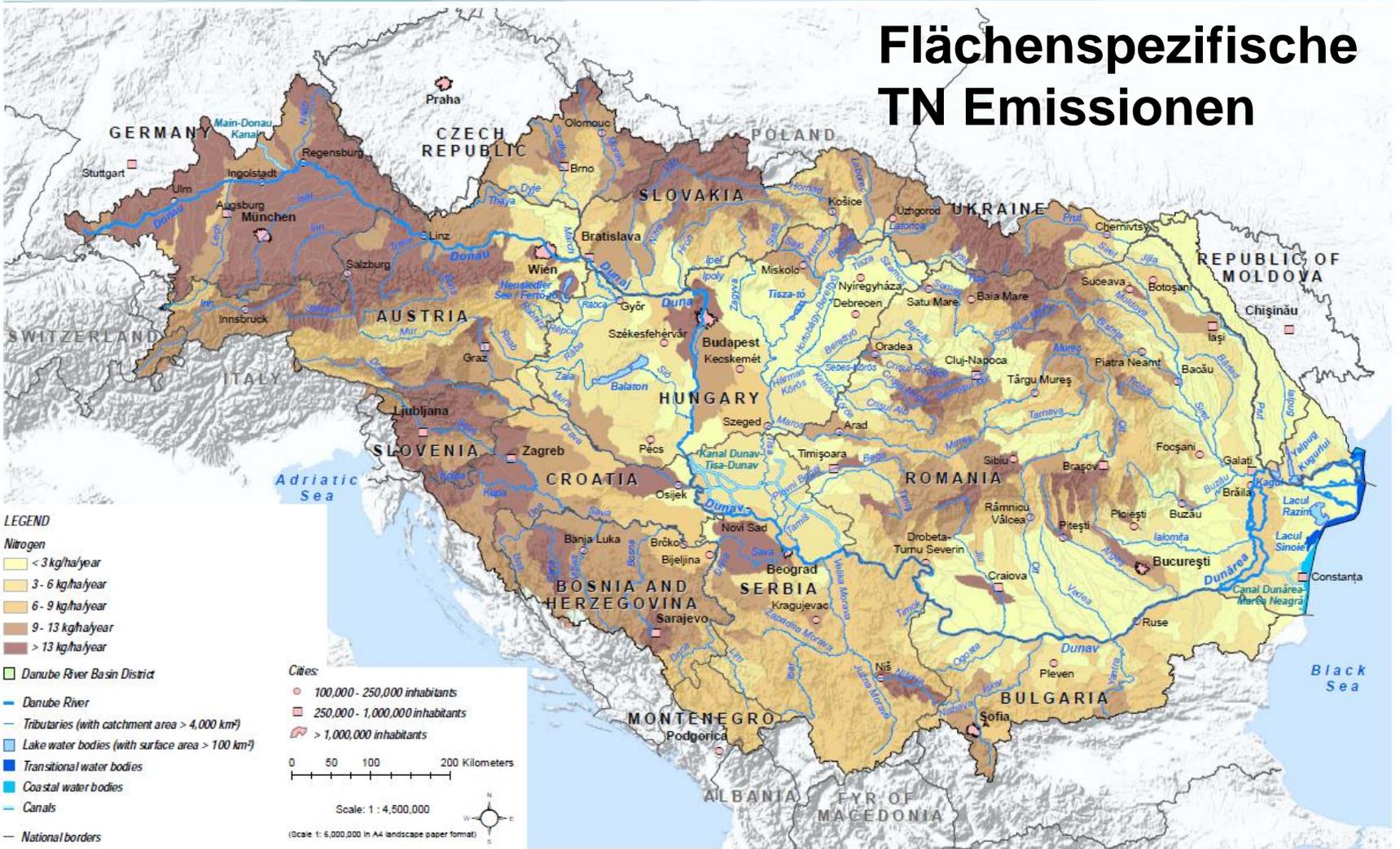
für Berechnungsperiode (ca. 3-5 jähriger Zeitraum):

- Niederschlag
- Atmosphärische Deposition
- Einwohner (an Kanal / Kläranlage angeschlossen)
- KA-Reinigungsleistung bzw. Emissionsfrachten
- Industrielle Dirketleinleitung
- Daten zu Kanalsystemen (Trennsystem/Mischsystem/Entlastung)
- N-Überschuss auf landwirtschaftlichen Flächen
- P-Akkumulation auf landwirtschaftlichen Flächen
- Bodenabtrag von Ackerflächen nach Gefälleklassen
- Abfluss
- Gemessene Frachten (DIN, TN, TP)



Emissionsfrachten regionale Verteilung

Flächenspezifische TN Emissionen



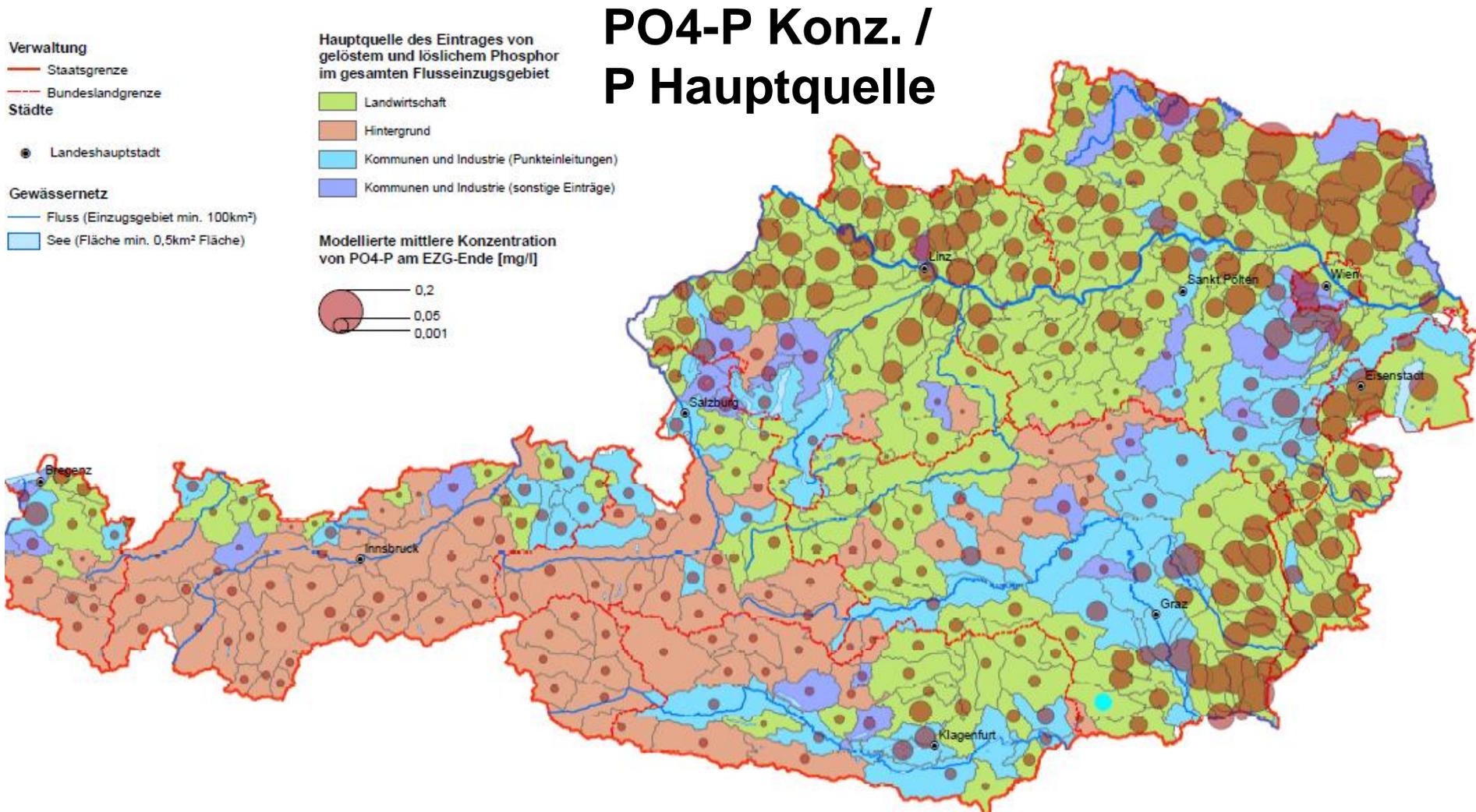
Significant efforts have been undertaken so far in the DRBD regarding diffuse source pollution and its illustration using the MONERIS Model System (Behrend et al., 2007). However, further research and monitoring is needed, as well as a continuous improvement and calibration of the MONERIS scenarios.

The MONERIS Model integrates the findings of point source analysis with those related to diffuse sources and reflects the overall nutrient input in the DRB in total and per Danube country. SI is using a method based on the OECD method: Environmental Indicators for agriculture. Methods and Results (2006).

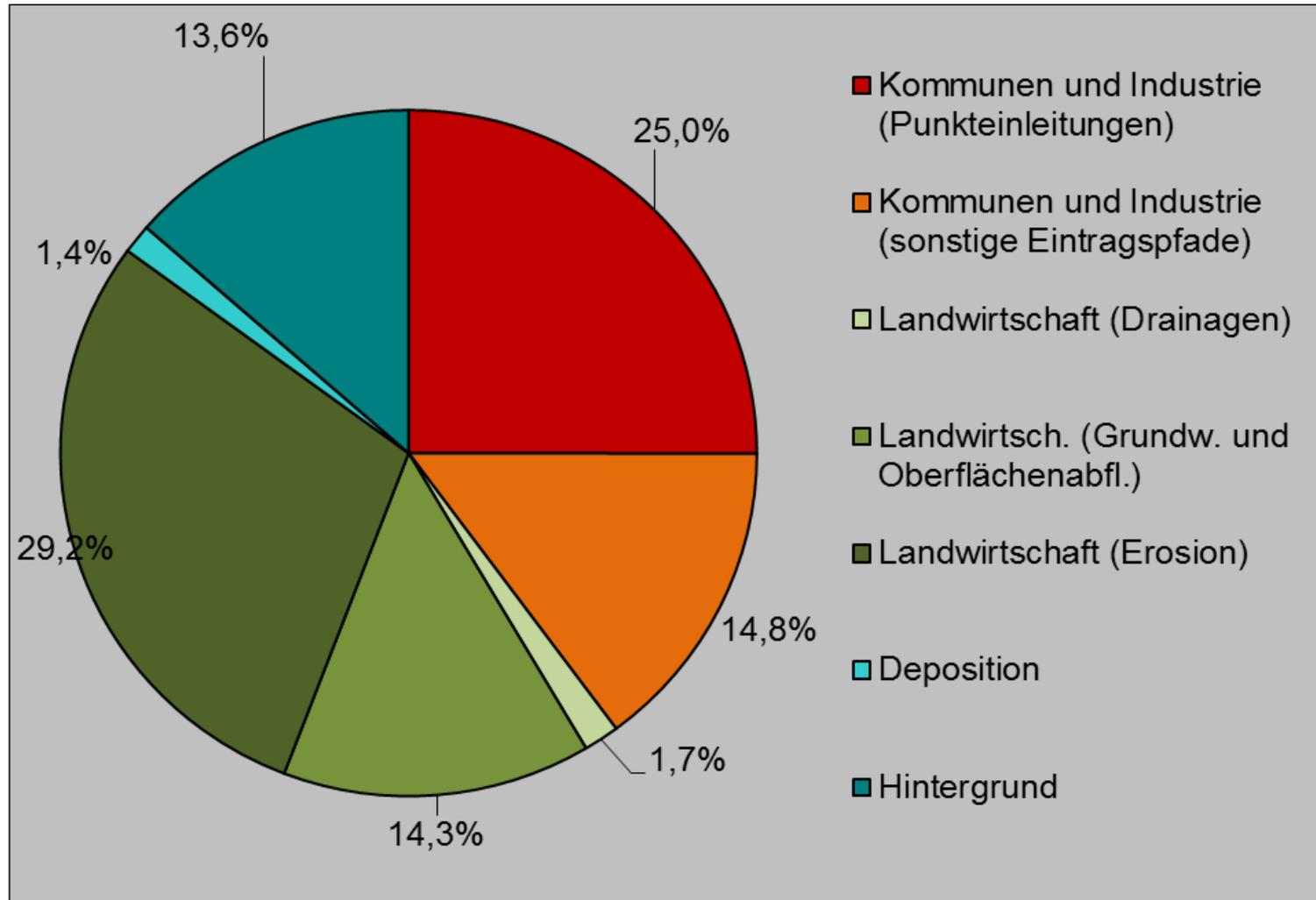
This ICPRD product is based on national information provided by the ICPRD (AT, BA, BG, CZ, DE, HR, HU, MD, RO, RS, SI, SK, UA) and CH, except for the following: EuroGlobalMap v2.1 from EuroGeographics was used for national borders of AT, CZ, DE, HR, HU, MD, RO, SI, SK and UA; ESRJ data was used for national borders of AL, ME, MK; Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) from USGS Seamless Data Distribution System was used as topographic layer; data from the European Commission (Joint Research Center) was used for the outer border of the DRBD of AL, IT, ME and PL.

Belastungsschwerpunkte + Hauptquellen

Hauptquellen für Einträge von gelöstem und löslichem Phosphor: Konzentrationsbetrachtung

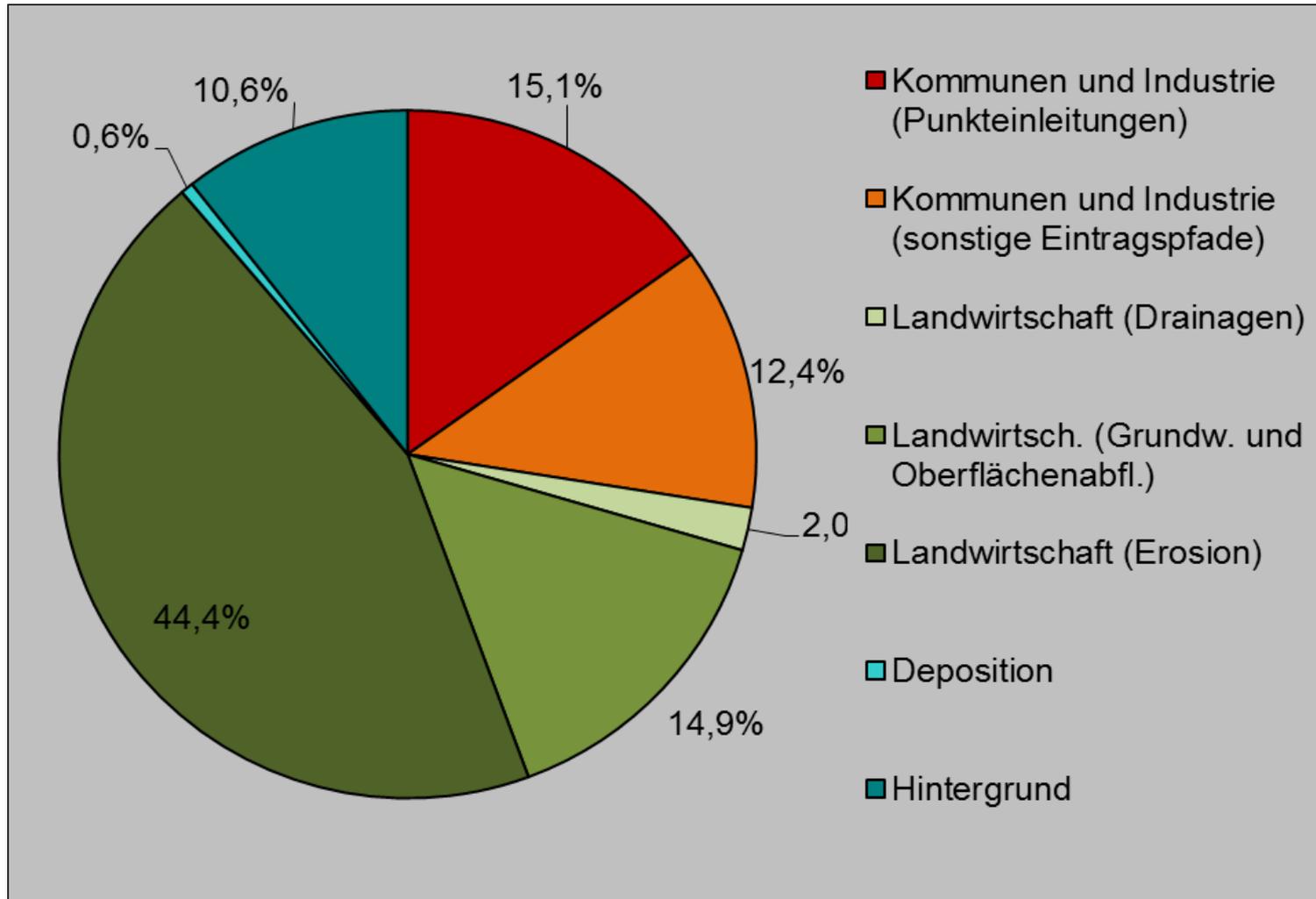


P-Emissionsquellen in Oberösterreich



Alle EZG Oberösterreichs

P-Emissionsquellen in Oberösterreich



EZG aller Gewässer OÖ mit Überschreitung des UQZ

Risikoanalyse für nicht überwachte Gebiete

Verwaltung

- Staatsgrenze
- - - Bundeslandgrenze

Städte

- Landeshauptstadt

Gewässernetz

- Fluss (Einzugsgebiet min. 100km²)
- See (Fläche min. 0,5km² Fläche)

Verhältnis der modellierten Nitratkonzentration zum typspezifischen Richtwert für die Zustandsgrenze gut/mäßig am EZG-Ende

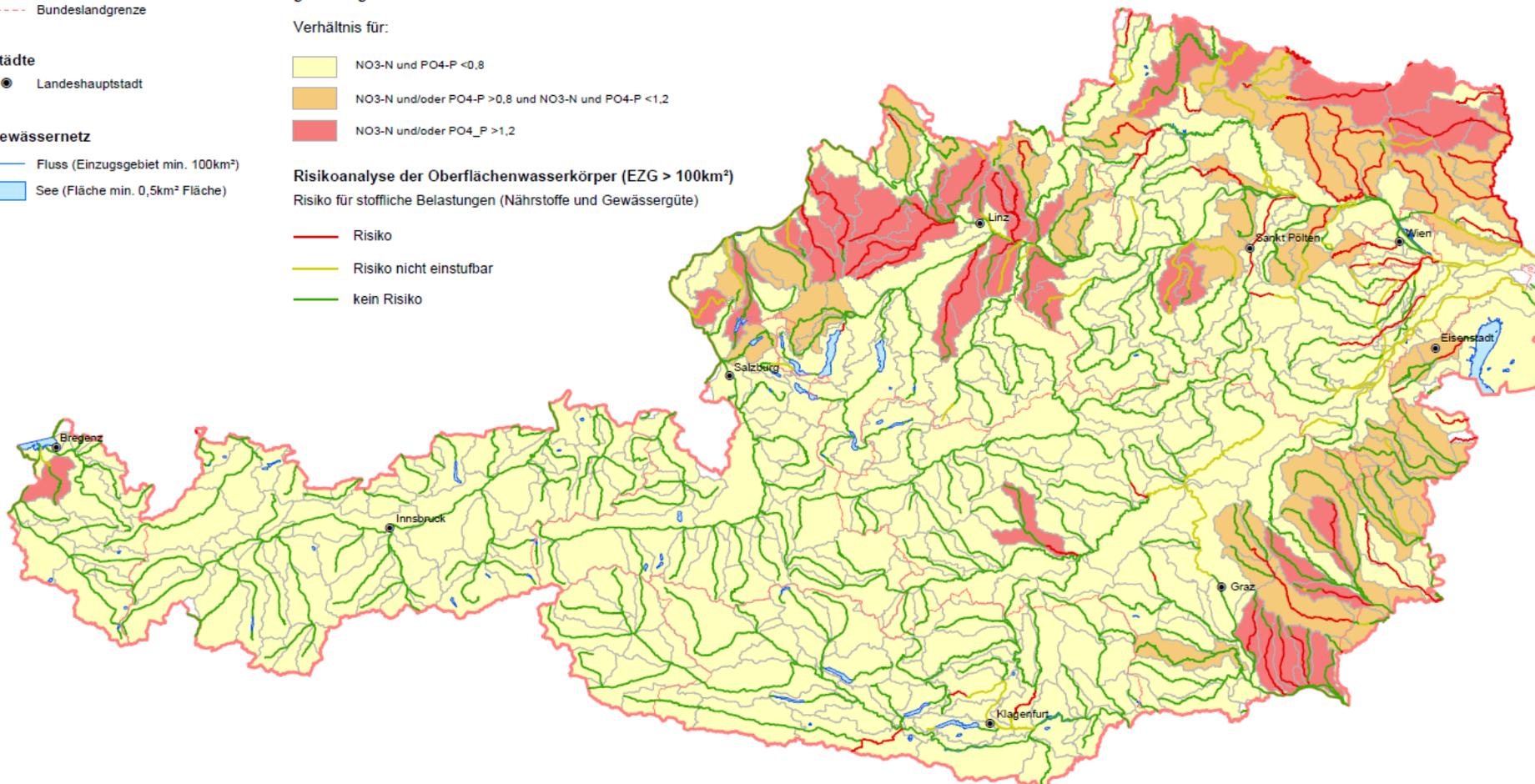
Verhältnis für:

- NO₃-N und PO₄-P < 0,8
- NO₃-N und/oder PO₄-P > 0,8 und NO₃-N und PO₄-P < 1,2
- NO₃-N und/oder PO₄-P > 1,2

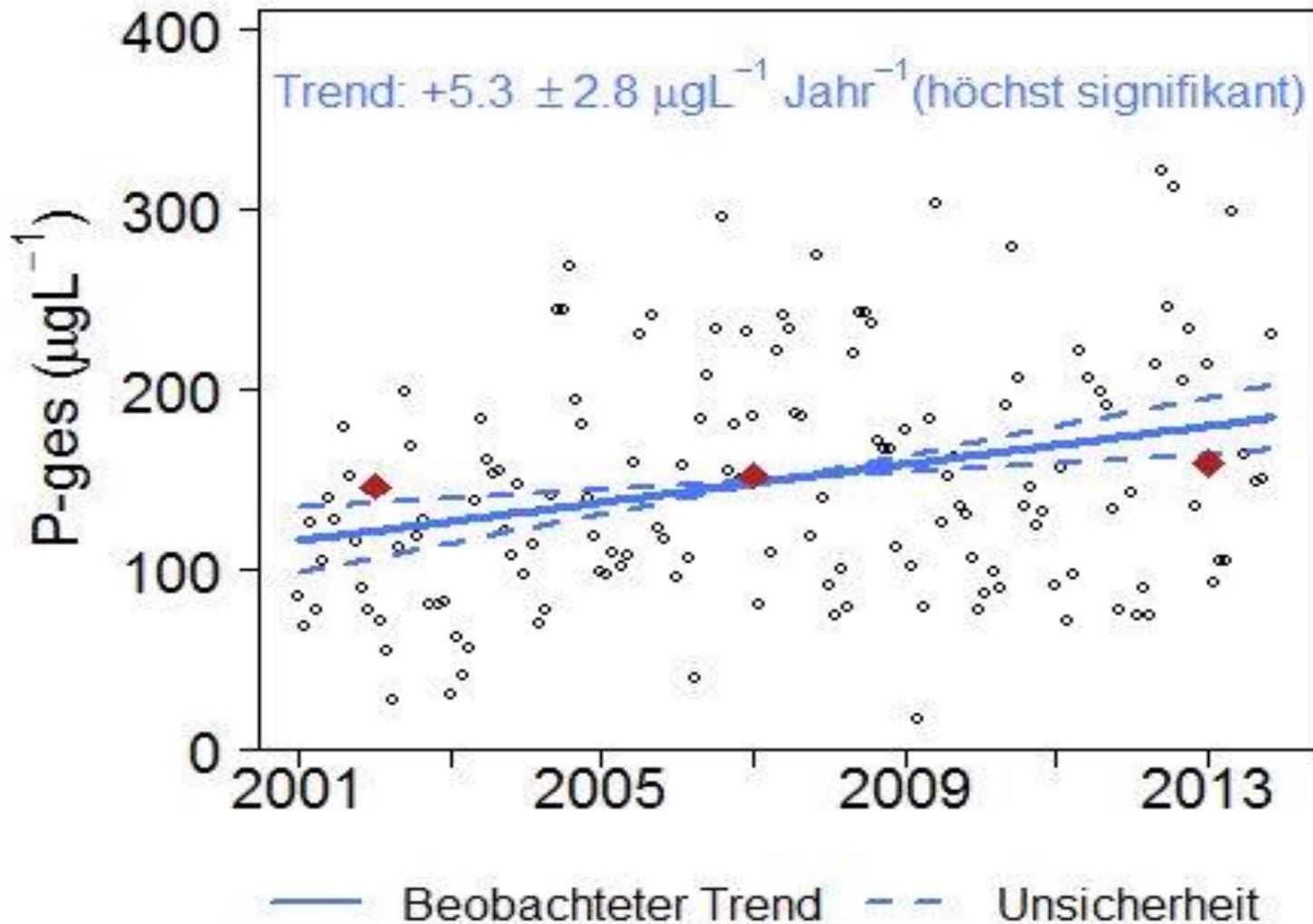
Risikoanalyse der Oberflächenwasserkörper (EZG > 100km²)

Risiko für stoffliche Belastungen (Nährstoffe und Gewässergüte)

- Risiko
- Risiko nicht einstuftbar
- kein Risiko



Ursachenevaluierung für Belastungstrends





Legende

- politische Grenze
- Seeflächen
- 1100** Teileinzugsgebiet ID

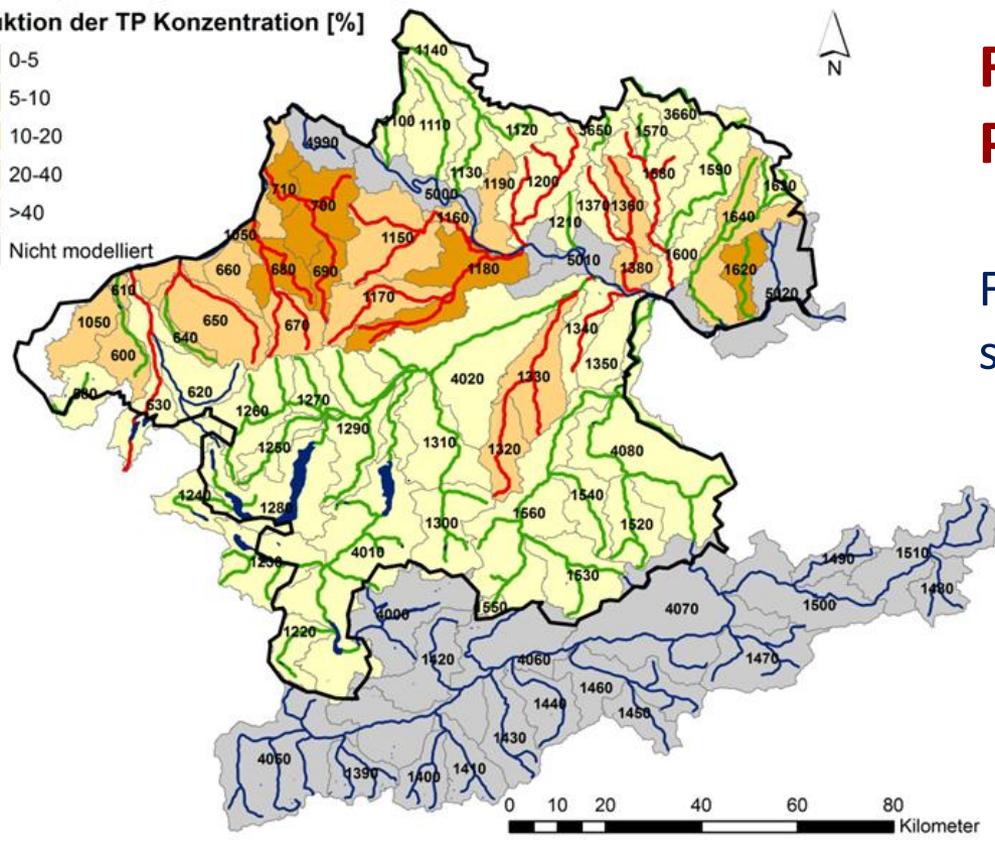
Beobachtete PO4-P Konzentrationen

- Keine Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- Kein Messwert

Fruchtfolgeauflagen auf steilen Hängen

Reduktion der TP Konzentration [%]

- 0-5
- 5-10
- 10-20
- 20-40
- >40
- Nicht modelliert



**Reduktionspotential (%)
P-Konzentrationen**

**Fruchtfolgeauflagen auf
steilen Hängen**



Legende

- politische Grenze
- Seeflächen
- 1100** Teileinzugsgebiet ID

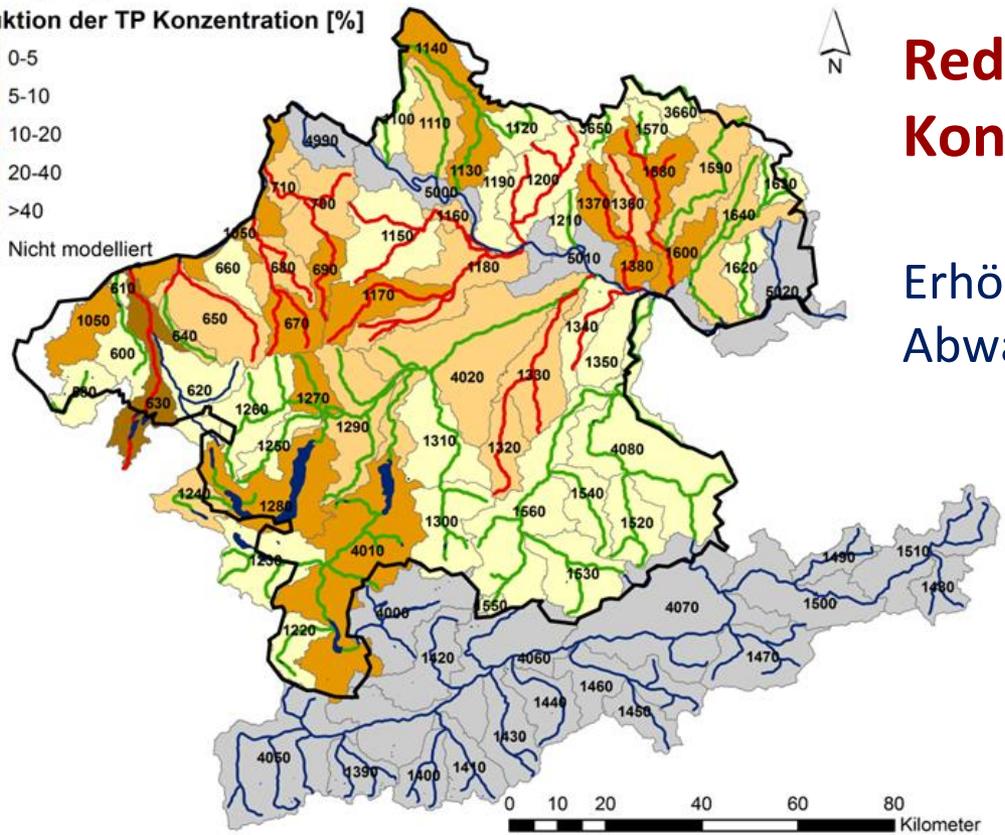
Beobachtete PO4-P Konzentrationen

- Keine Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- Kein Messwert

KAs < 0,5 mgP/l

Reduktion der TP Konzentration [%]

- 0-5
- 5-10
- 10-20
- 20-40
- >40
- Nicht modelliert



Reduktionspotential (%) P-Konzentrationen

Erhöhte Anforderungen an die Abwasserreinigung (TP < 0,5 mg/l)

Legende

politische Grenze 1100 Teileinzugsgebiet ID

Seeflächen

Beobachtete PO4-P Konzentrationen

Keine Überschreitung UQZ

Überschreitung UQZ

Kein Messwert

Gewässerrandstreifen, 50 m

Reduktion der TP Konzentration [%]

0-5

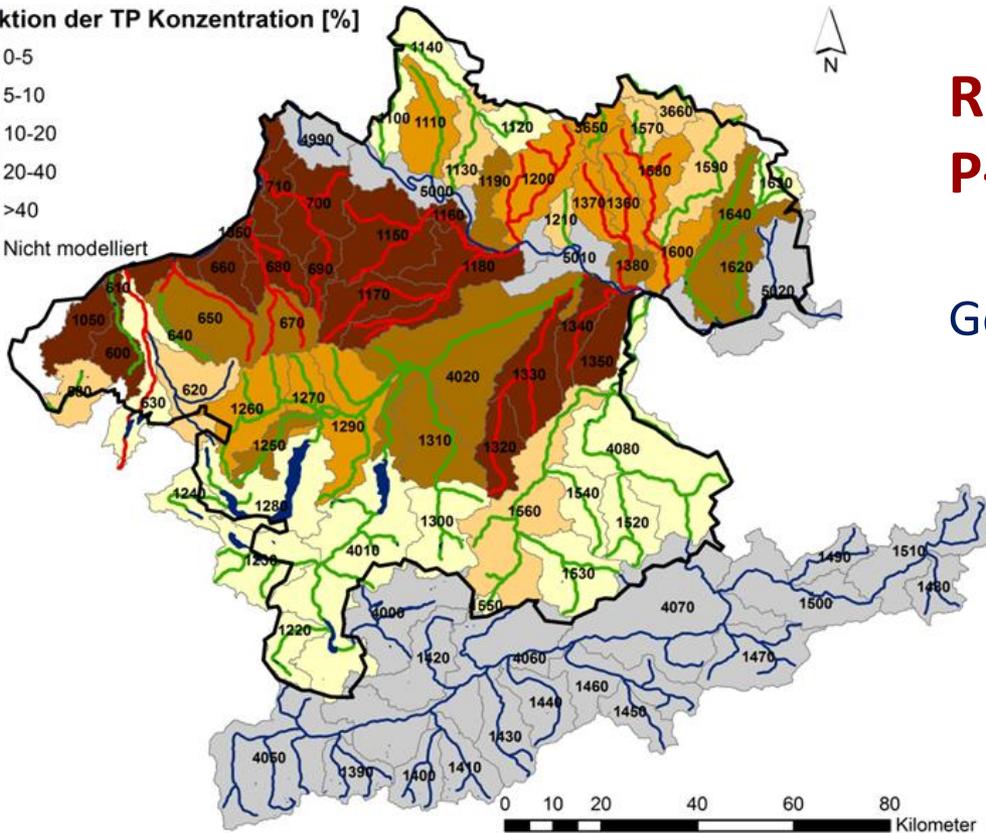
5-10

10-20

20-40

>40

Nicht modelliert



**Reduktionspotential (%)
P-Konzentrationen**

Gewässerrandstreifen, 50 m

Legende

- politische Grenze
- 1100 Teileinzugsgebiet ID
- Seefläche

Beobachtete PO4-P Konzentration

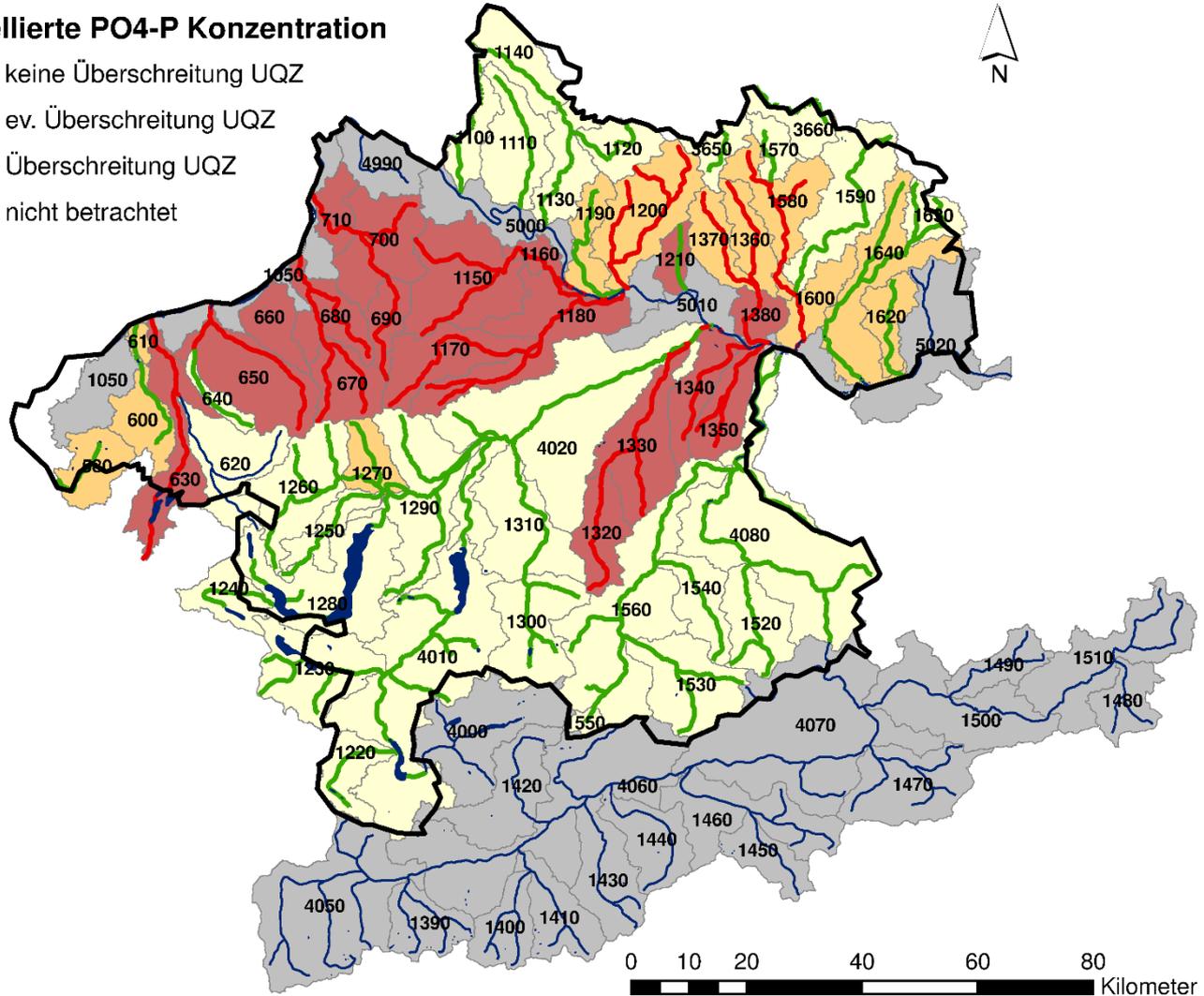
- keine Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- kein Messwert

Modellierte PO4-P Konzentration

- keine Überschreitung UQZ
- ev. Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- nicht betrachtet

Überschreitungen der RW für PO₄-P in Oberösterreich

Referenz



Legende

- politische Grenze
- 1100 Teileinzugsgebiet ID
- Seefläche

Beobachtete PO4-P Konzentration

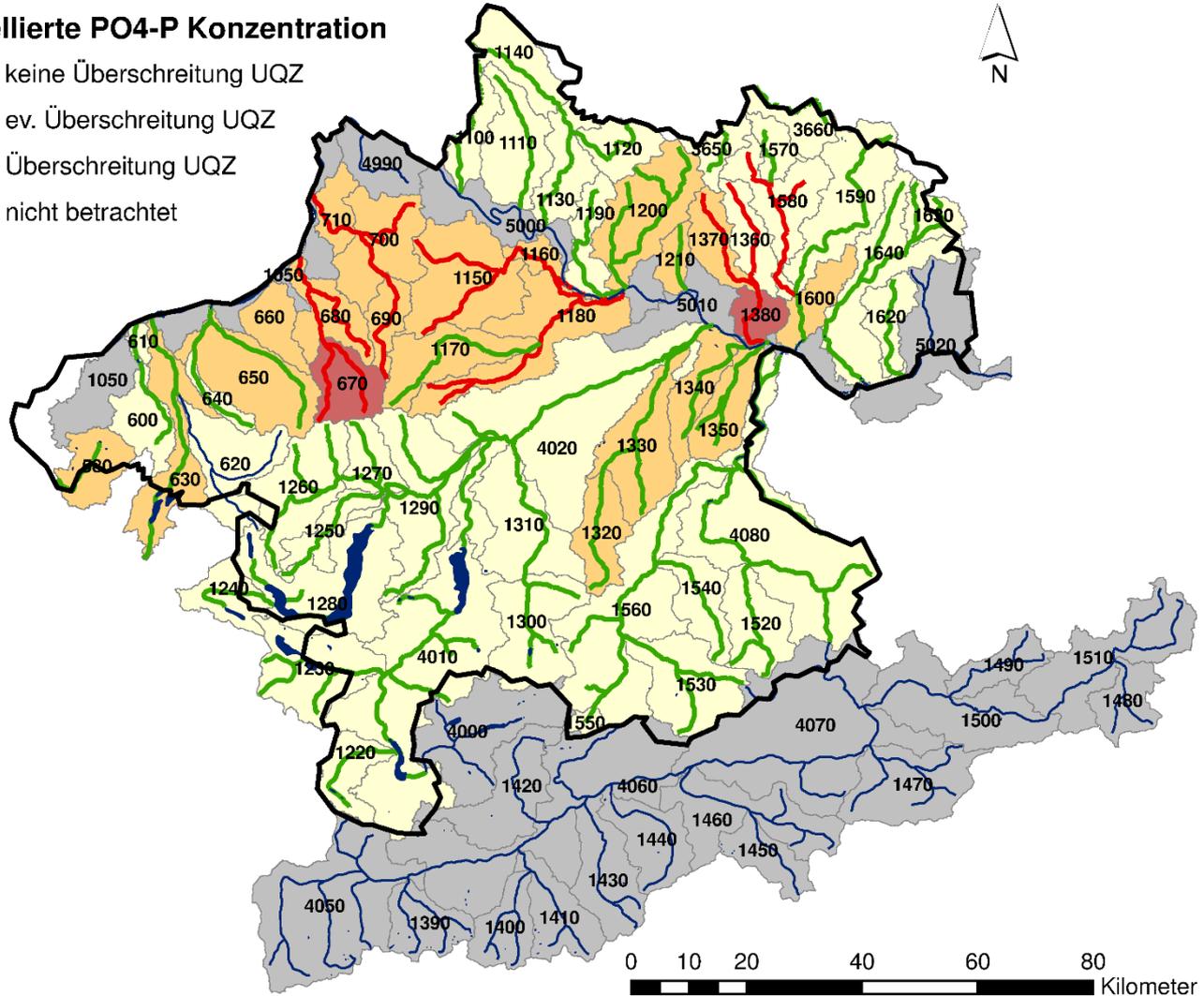
- keine Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- kein Messwert

Modellierte PO4-P Konzentration

- keine Überschreitung UQZ
- ev. Überschreitung UQZ
- Überschreitung UQZ
- nicht betrachtet

Überschreitungen der RW für PO₄-P in Oberösterreich

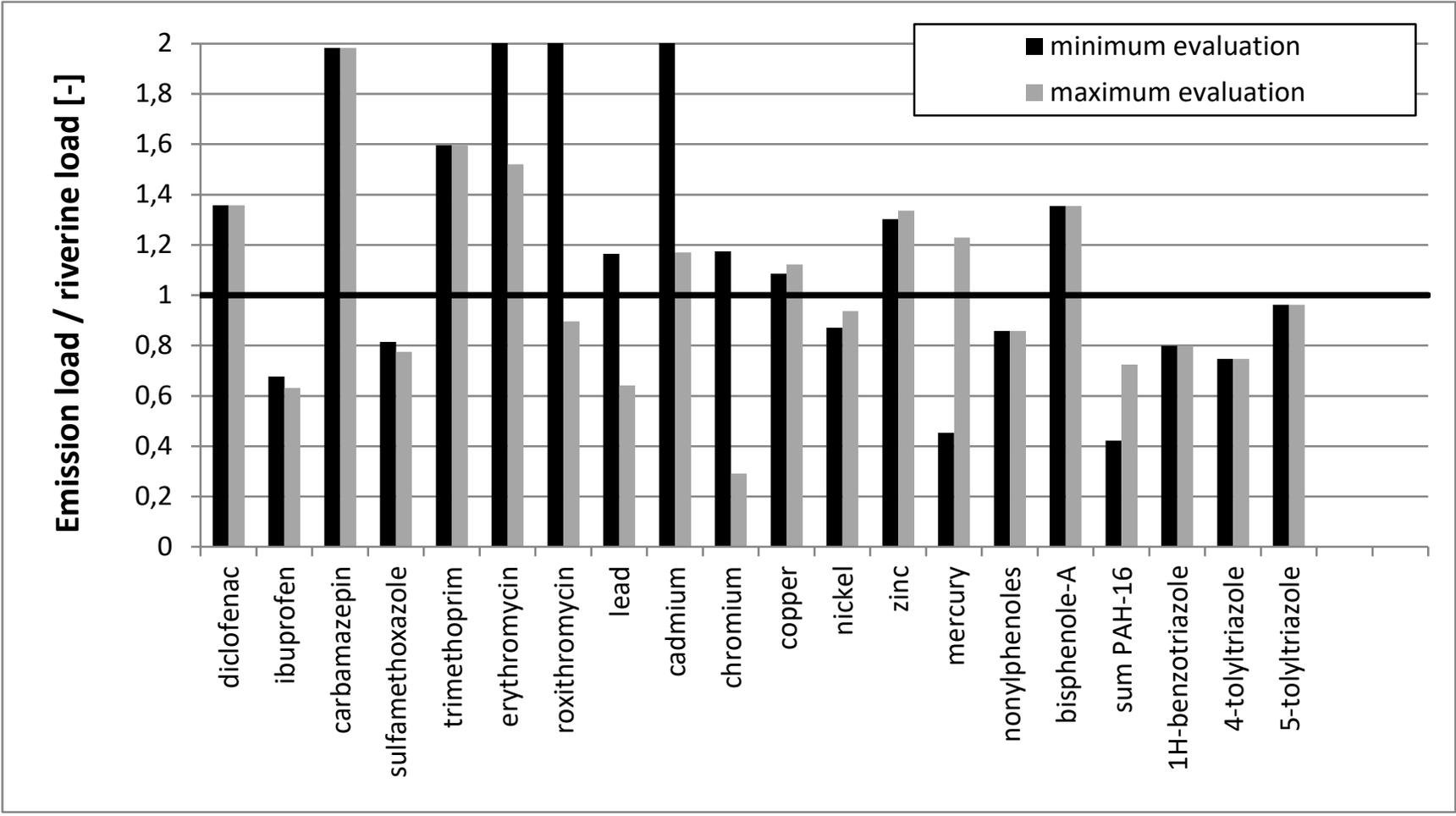
nach Umsetzung der betrachteten Maßnahmen





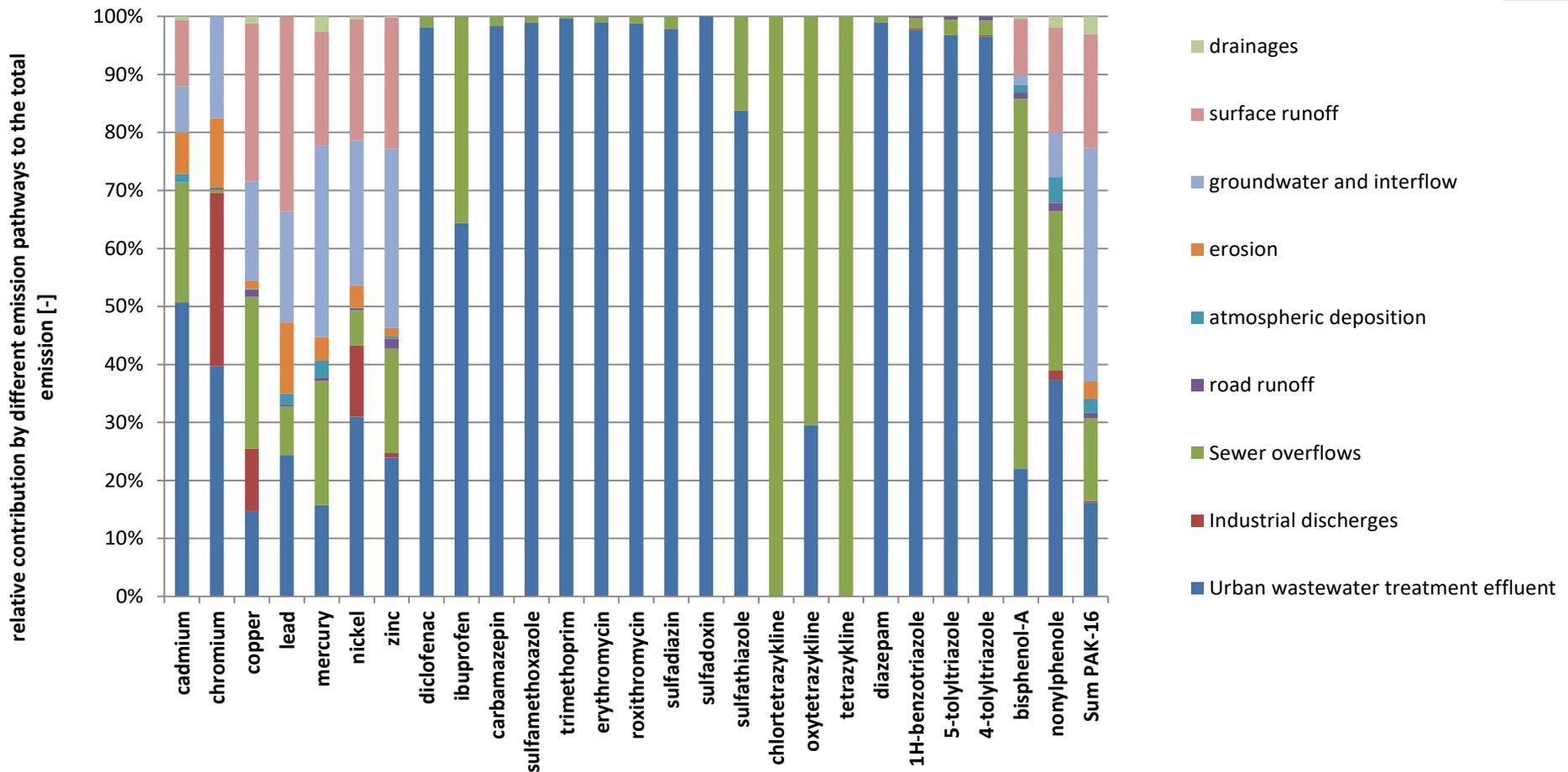
Spurenstoffmodellierung (Dornbirner Ache)

Emissionsfrachten (modelliert) vs. Immissionsfrachten (beobachtet)



Spurenstoffmodellierung (Dornbirner Ache)

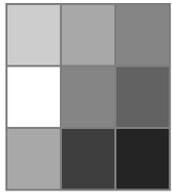
Eintragspfade



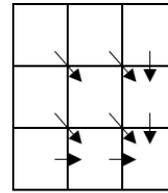
Grenzen der Anwendung für mittel- bis großräumige Modellierung

- Bisher: Annahme von Maßnahmenwirksamkeiten und Betrachtung auf die Auswirkungen auf Gewässer
- Ziel: Koppelung mit Modellierung der Wirksamkeit lokaler Maßnahmen auf der Fläche (Landwirtschaft)
- Bisher: Regionale Auflösung der Verortung von Maßnahme ist das Teileinzugsgebiet
- Ziel: Verortung von Maßnahmen und deren Wirksamkeit im Einzugsgebiet

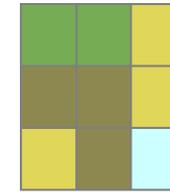
Rasterbasierte Modellierung (PhosFate)



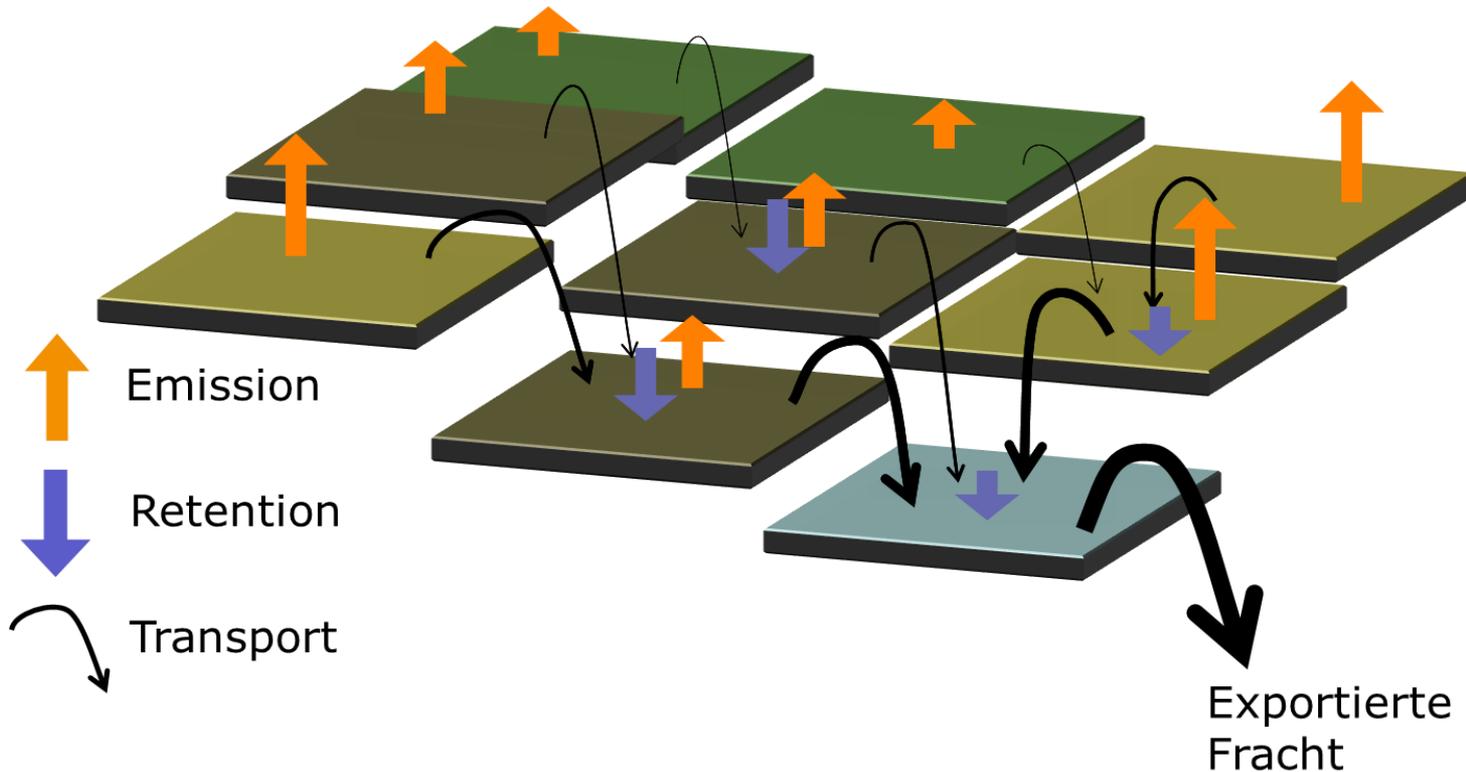
Höhenmodell



Abflussbaum

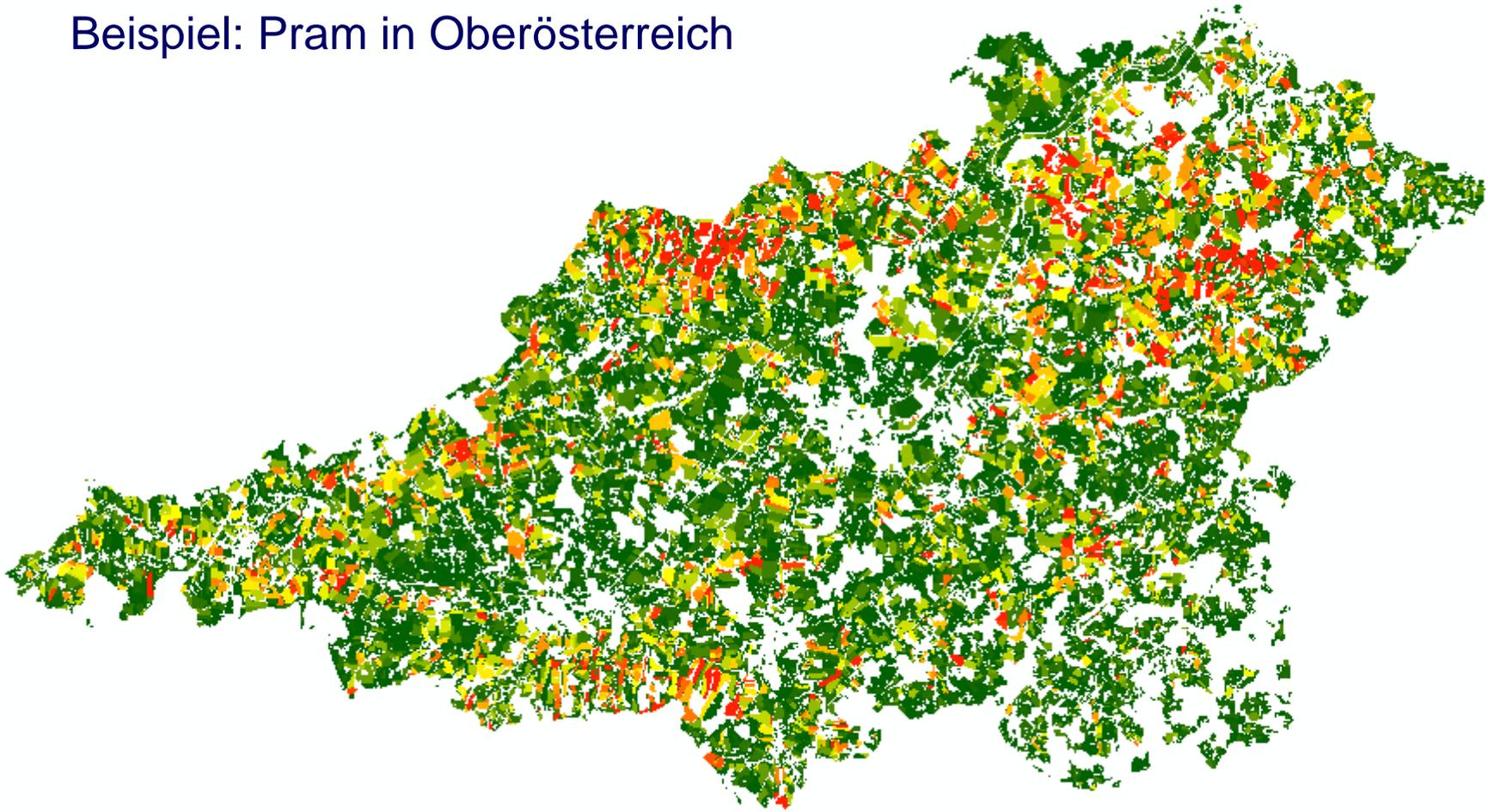


Landnutzung



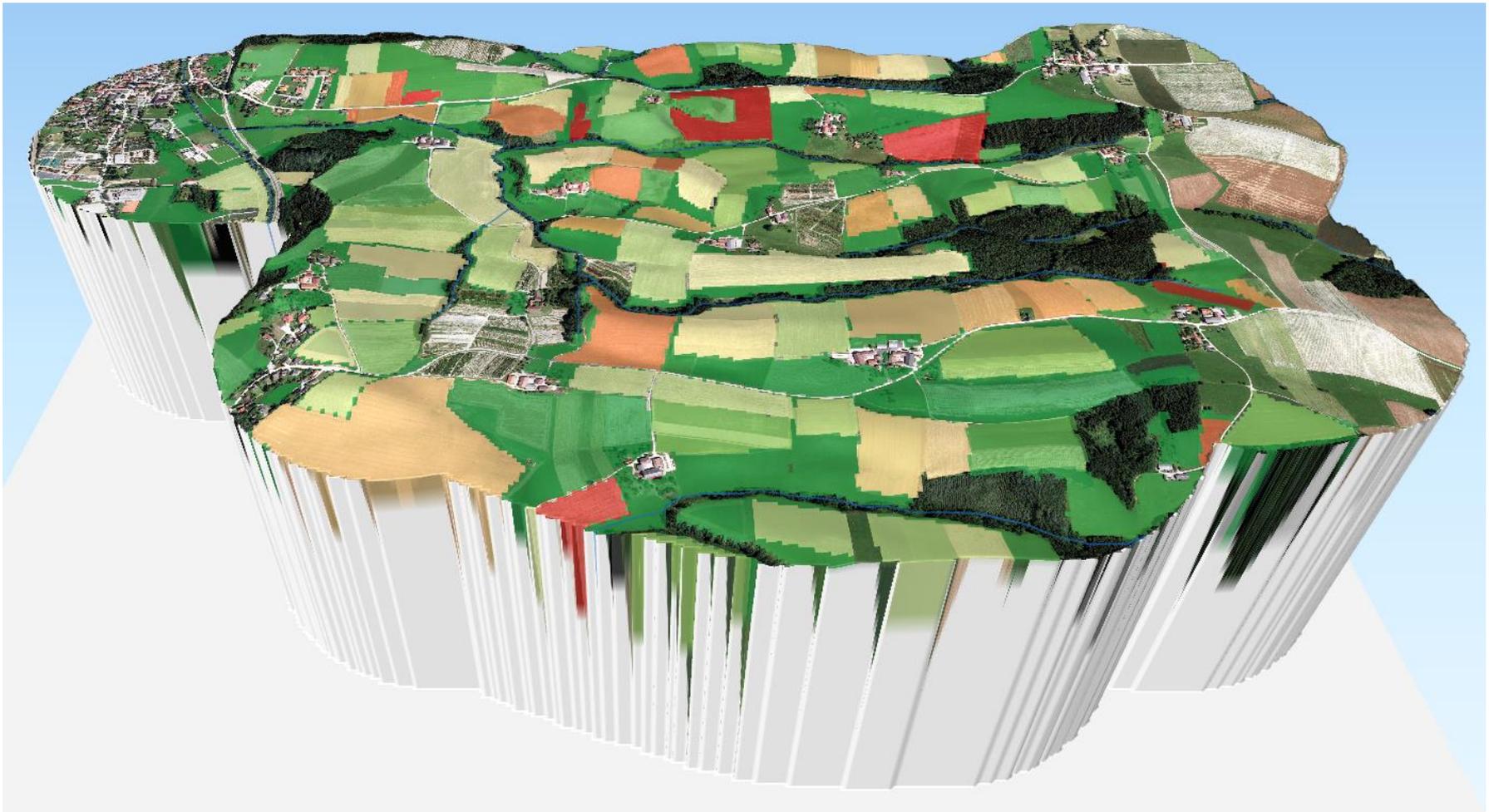
Identifikation von Emissions-Hotspots im EZG

Beispiel: Pram in Oberösterreich



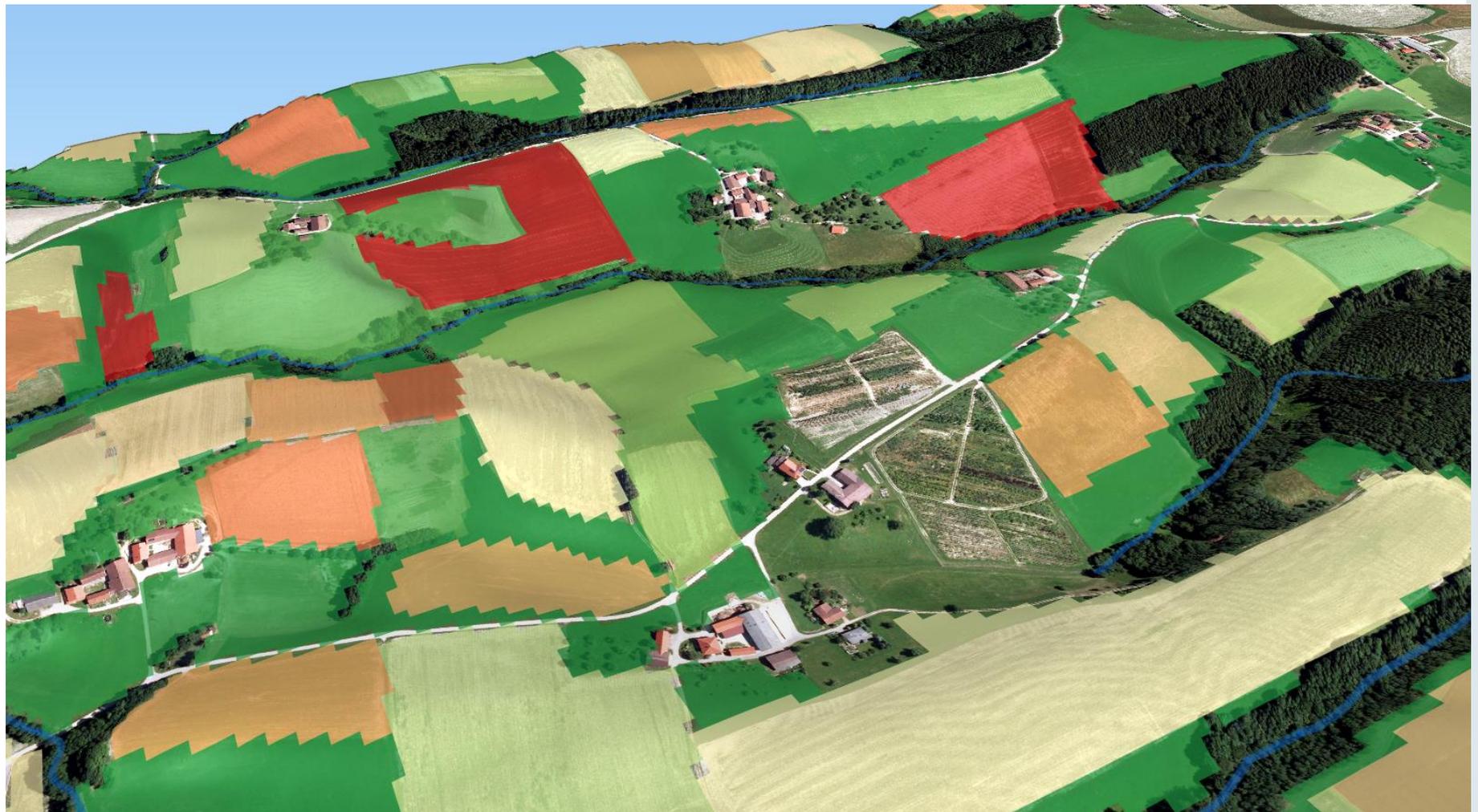
Identifikation von Emissions-Hotspots im EZG

Drei-D Darstellung zur Visualisierung und Diskussion



Identifikation von Emissions-Hotspots im EZG

Drei-D Darstellung zur Visualisierung und Diskussion



Schlussfolgerungen für Wasserwirtschaft in Ö

- ⇒ Im Bereich P umfassende Anstrengungen erforderlich, um die Qualitätsziele zu erreichen.
- ⇒ Maßnahmen zur weitergehenden Verringerung der P-Belastungen im Bereich Erosionsschutz. Maßnahmen vor allem bei Berücksichtigung der Gebietskulisse wirksam.
- ⇒ Für einige Gewässer ist ein Einhalten der Qualitätsziele derzeit nicht absehbar.
- ⇒ Zukünftige Entwicklungen in der Landwirtschaft haben das Potential Erfolge von Maßnahmenprogrammen zur Emissionsminderung durch Kulturartenwechsel zu konterkarieren.

Schlussfolgerungen für Wasserwirtschaft in Ö

- ⇒ Eine weitergehende Phosphorentfernung bei der Abwasserreinigung bringt nur noch in wenigen für lokale Gewässer, ist aber für P-Export aus Ö (Schwarz Meer Schutz) noch relevant.
- ⇒ In Österreich steht nun ein weitentwickeltes Instrumentarium zur Verfügung, um Fragen der Wirksamkeiten von Maßnahmen zur Reduktion der Gewässerbelastung mit Nährstoffen fundiert behandeln zu können.
- ⇒ Für Spurenstoffe wurde eine gute Basis geschaffen, die Emissionsmodellierung auf Ebene von Flusseinzugsgebieten voran zu bringen. Weiterentwicklungen sind noch erforderlich.