

Analyse der Nährstoffströme in oberösterreichischen Einzugsgebieten nach unterschiedlichen Eintragspfaden für strategische Planungen (Nährstoffströme Oberösterreich)

- Modul 1 -

Endbericht

**Im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen
Landesregierung**

WPLO-2010-290023/1-Stu/Mö



Wien, Juni 2011

Autoren

**Technische Universität Wien; Institut für Wassergüte,
Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft**

Matthias Zessner

Oliver Gabriel

Adam Kovacs



wpa Beratende Ingenieure

Max Kuderna

wpa Beratende Ingenieure



Umweltbundesamt

Christian Schilling

Gerald Hochedlinger

Georg Windhofer

ENVIRONMENT
AGENCY AUSTRIA **umweltbundesamt**^U

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
2. Grundlagen und Änderungen gegenüber MONERIS-Österreich	7
2.1 Das MONERIS Modell	7
2.2 Vom Eintragspfad zur Quelle	8
2.3 Aktualisierte Inputdaten.....	9
2.4 Abgrenzung der Einzugsgebiete	10
2.5 Nährstoffbilanzen neu	13
2.5.1 Methodik zur Berechnung der Nährstoffbilanzen.....	13
2.5.2 Methodik zur Durchführung der Plausibilitätskontrollen und Vergleichsrechnungen .	15
2.5.3 Ergebnisse.....	15
2.5.4 Plausibilitätskontrolle mit Düngerabsatzzahlen	19
2.5.5 Plausibilitätskontrolle mit Grundwasserdaten.....	20
2.5.6 Berücksichtigung von langjährigen Überschüssen	21
2.5.7 Umlegung der Überschüsse von Gemeindeebene auf Einzugsgebietsflächen	22
2.6 Drainagedaten	22
2.7 Geologie.....	24
2.8 Fließgewässer-Gütedaten.....	26
2.8.1 Konzentrationen.....	26
2.8.2 Frachten.....	26
2.8.3 Verwendete Messstellen zur Modellvalidierung.....	27
2.9 Daten zu Art und Ausbaugrad der Kanalisation	29
2.9.1 Entlastungsanlagen	29
2.9.2 Art und Verteilung des Kanalnetzes	30

3. Betrachtung der Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern.....	33
3.1 Problematik	33
3.2 Gebiete in Festgesteinsbereichen	33
3.3 Gebiete mit nennenswerten Dotationen zwischen benachbarten Grundwasserkörpern.....	35
3.4 Gebiete mit Versickerungen von Oberflächengewässern.....	37
4. Modellvalidierung MONERIS Oberösterreich.....	40
4.1 Pegelabgleich Frachten.....	40
4.2 Pegelabgleich Konzentrationen.....	42
4.3 Plausibilitätsüberlegungen Grundwasserkonzentrationen.....	47
5. Berechnete Frachten	53
5.1 Berechnete Frachten in den Einzugsgebieten.....	53
5.1.1 Stickstoff-Frachten	53
5.1.2 Phosphor-Frachten.....	57
5.2 Haupteintragspfade bzw.-quellen	61
5.2.1 Herkunft der Stickstoffemissionen.....	61
5.2.2 Herkunft der Phosphoremissionen	63
6. Berechnete Konzentrationen.....	67
6.1 Räumliche Verteilung von Konzentrationen in Grundwasser und Fließgewässern..	67
6.2 Berechnete Überschreitungen der Richtwerte nach Qualitätszielverordnung Ökologie und Gegenüberstellung mit Messdaten.....	73
6.3 Haupteintragspfade bzw.-quellen für Einzugsgebiete mit berechneten Überschreitungen der Richtwerte	77
6.3.1 Eintragspfade für N- und P-Emissionen.....	77
6.3.2 Quellen von N- und P-Emissionen	78

7. Eintragungspfade für Nährstoffe in Gewässer in unterschiedlichen Beispielsregionen	81
7.1 Auswahl und Charakterisierung der Regionen	81
7.2 Traun-Enns-Region	85
7.3 Innviertel.....	86
7.4 Mühlviertel	88
7.5 Vergleich der Beispielsregionen	90
8. Literaturverzeichnis.....	92
Anhang 1: P Emissionen in der Beispielsregion Traun-Enns	93
Anhang 2: N Emissionen in den Beispielsregionen des Innviertels	94
Anhang 3: N Emissionen in den Beispielsregionen des Mühlviertels	96
Anhang 4: Berechnete TN-Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2001-2006	98
Anhang 5: Berechnete TP-Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2001-2006	101
Anhang 6: Lage der zur Frachtberechnung verwendeten Landesmessstellen....	104

1. Einleitung

Im 1. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan wird festgestellt, dass bei ca. einem Drittel der oberösterreichischen Oberflächengewässer ein Risiko besteht, dass der „gute Zustand“ als Ziel der WRRL aufgrund von Nährstoffproblemen (Stickstoff und Phosphor) bis 2015 nicht erreicht wird.

Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer aus punktförmigen Einleitungen und diffusen Quellen sind in diesen Bereichen signifikante Belastungen. Die Quantifizierung der Einträge sowie die Identifizierung der maßgeblichen Eintragspfade ist unter Zuhilfenahme von entsprechenden Modellen möglich. Nur wenn die Eintragspfade und deren Beitrag zur Gewässerbelastung bekannt sind, können effektive Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge abgeleitet werden.

Ziel des gegenständlichen Projektes ist es, aufbauend auf den Ergebnissen des im Zeitraum 2008-2010 durchgeführten Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ (Zessner *et al.* 2011) mit Hilfe des MONERIS-Modells die Ist-Situation in Oberösterreich hinsichtlich der Nährstoffeinträge von Stickstoff und Phosphor in die Fließgewässer auf Einzugsgebietsebene zu quantifizieren und die maßgeblichen Eintragspfade zu identifizieren. Es sollen die Stoffeinträge in Problembereichen visualisiert und die Ursachen der jeweiligen Probleme dargestellt werden.

Modul 1 des Projektes „Analyse der Nährstoffströme in oberösterreichischen Einzugsgebieten nach unterschiedlichen Eintragspfaden für strategische Planungen“ strebt folgende Ergebnisse an:

- Analyse der Inputdaten für eine detaillierte Modellberechnung der oberösterreichischen Einzugsgebiete mit dem Modell MONERIS zur Erfassung von Nährstoffeinträgen aus diffusen und punktförmigen Eintragspfaden
- Flächenspezifische und gesamte Emissionsfrachten (diffuse und punktförmige) je Eintragspfad und Einzugsgebiet in Oberösterreich für Stickstoff und Phosphor
- Visualisierung der Ergebnisse in Form von Karten und Grafiken als Grundlage für weitere Entscheidungen in Bezug auf Maßnahmenplanung
- Detaillierte Aufgabenbeschreibung für Modul 2 des Projektes

Im weiteren Verlauf des Projektes (Modul 2 und 3) sollen Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffemissionen ausgewählt und deren Wirksamkeit auf eine mögliche Reduktion der Emissionen quantifiziert werden. Es ist ebenfalls vorgesehen Abschätzungen zu treffen, ob durch weitere Daten- und Modelloptimierungen des MONERIS-Modells in geringem Umfang Verbesserungen der Modellaussagen möglich sind.

Durch die Einbindung der Kolleginnen und Kollegen aus den Fachabteilungen des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung wurde der Bezug zu laufenden Vorhaben der Oberösterreichischen Wasserschutzberatung sichergestellt. Über regelmäßige Treffen auf internationaler Ebene werden die Aktivitäten im Donau-Raum (Donau-Bewirtschaftungsplan) verfolgt. Über einen Erfahrungsaustausch mit Fachgruppen in Deutschland, welche ebenfalls mit dem MONERIS-Modell arbeiten, wird sichergestellt, dass aktuelle Entwicklungen und neuste Erkenntnisse bei der Bearbeitung des Projektes berücksichtigt werden.

2. Grundlagen und Änderungen gegenüber MONERIS-Österreich

2.1 Das MONERIS Modell

Das MONERIS-Modell ist ein empirisches Modell, das auf Basis von langjährigen Zeitreihen die Stickstoff- und Phosphoremissionen über 7 Eintragspfade in die Fließgewässer berechnet.

Folgende Berechnungspfade werden berücksichtigt:

- Atmosphärische Deposition (Direkteintrag auf Wasseroberflächen)
- Abschwemmung von unbefestigten Flächen (Transport gelöster Komponenten)
- Erosion (Transport partikulärer Komponenten)
- Einträge aus Drainagen
- Einträge über das Grundwasser (inklusive Zwischenabfluss)
- Einträge aus urbanen Gebieten bzw. Siedlungsgebieten (Mischwasserentlastung, Emissionen über Regenkanäle und von nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohnern)
- Einleitungen aus Punkteinleitungen (kommunale Kläranlagen und industrielle Direkteinleiter)

Für jedes betrachtete Einzugsgebiet werden die Gesamt-Stickstoff- (TN) und Gesamt-Phosphoremissionen (TP) über die 7 Eintragspfade in die Gewässer berechnet. Für die Gesamtemissionen wird eine Retention bzw. Denitrifikation im Gewässer berücksichtigt, so dass die berechneten Immissionen (Summe der Emissionen abzüglich Retention bzw. Denitrifikation) mit den aus Messungen im Gewässer hergeleiteten Frachten zum Zweck des Modellabgleichs verglichen werden können. Gewässerfrachten werden für die Parameter Gesamtstickstoff (TN), gelöster anorganischer Stickstoff ($DIN = NO_3-N + NO_2-N + NH_4-N$) und Gesamtphosphor (TP) berechnet.

Die Basis für die Berechnung der Emissionen in den Einzugsgebieten ist die Wasserbilanz. Mit Hilfe empirischer Ansätze wird der Anteil des oberflächlichen Abflusses von unbefestigten Flächen, des Abflusses über Drainagen und des Abflusses von versiegelten, urbanen Flächen ermittelt. Hinzu kommt die Wassermenge, die über Punktquellen in einem Einzugsgebiet emittiert wird. Der Abfluss über das Grundwasser (inklusive Zwischenabfluss) ergibt sich aus der Differenz des Gesamtabflusses im Einzugsgebiet (= gemessener Abfluss) und den rechnerisch ermittelten Abflüssen der übrigen Eintragspfade.

Die ermittelten Abflüsse für jeden Eintragspfad werden mit berechneten Stickstoff- (N) oder Phosphorkonzentrationen (P) (Drainagen, Abschwemmung, Grundwasser) bzw. mit dem N- und P-Gehalt transportierter Sedimentfrachten (Erosion) multipliziert und so die Fracht berechnet, die über den jeweiligen Eintragspfad in die Gewässer emittiert wird. Ausgehend von Bodenabtragskarten und einer empirisch abgeleiteten Formel für die „sediment delivery ratio“ (Anteil des Bodenabtrages, der das Gewässer erreicht) wird der Sedimenteintrag über der Erosion errechnet. Die Kurzdarstellung des Stoffeintrages über die einzelnen Pfade kann Abbildung 1

entnommen werden. Umfassend werden die Modellberechnungen in Venohr et al. (2009) erläutert.

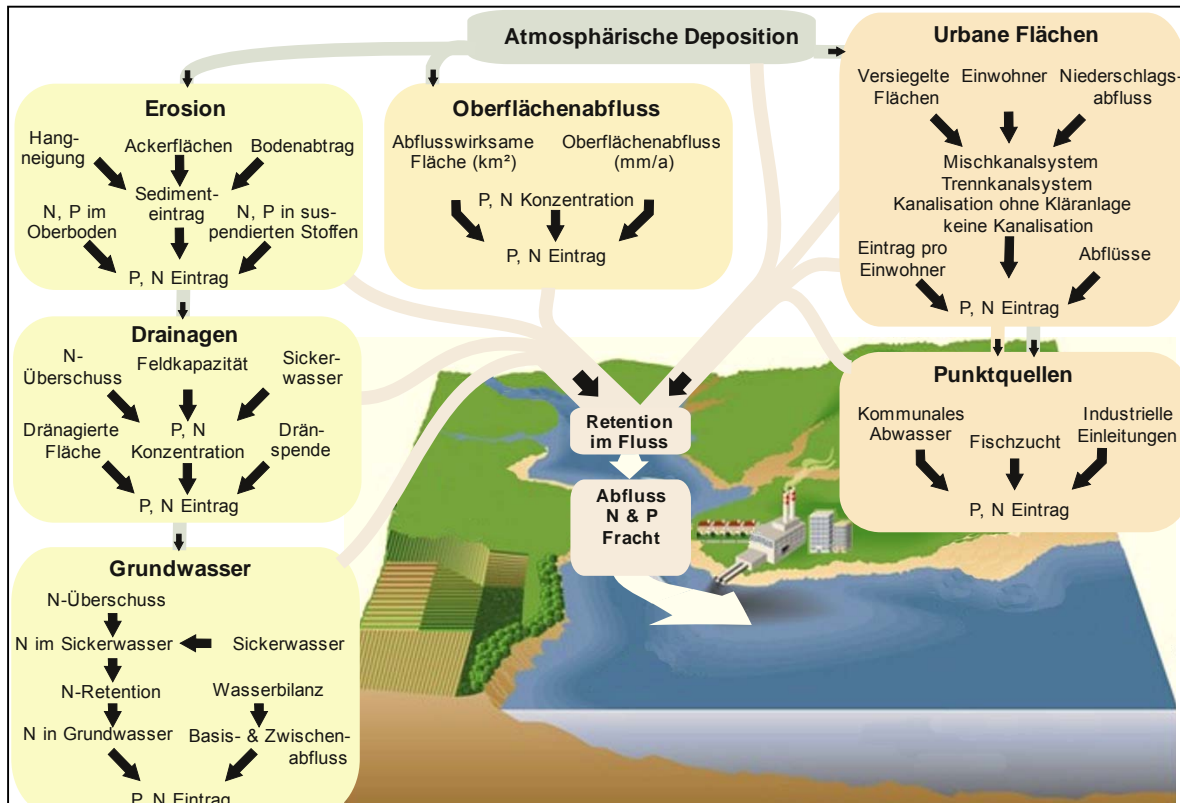


Abbildung 1: Eintragspfade und Prozesse bei der Betrachtung des Nährstoffeintrags in Gewässer (aus Venohr et al. 2009, modifiziert)

2.2 Vom Eintragspfad zur Quelle

Die Berechnungen der Emissionen erfolgen im MONERIS-Modell grundsätzlich auf Basis der Eintragspfade. Die Emissionen können zur Verdeutlichung ihrer Herkunft jedoch auch verschiedenen Quellen zugeordnet werden. Im Rahmen der hier durchgeführten Betrachtungen wurden drei Hauptquellen für Stickstoff- und Phosphoreinträge in einem Einzugsgebiet unterschieden:

- Kommunen und Industrie
- Landwirtschaft
- natürlicher Hintergrund

Bei den Einträgen über Kommunen und Industrie wird zwischen Einträgen über Punkteinleitungen (kommunale Kläranlagen und Kläranlagen industrieller Direkteinleiter) und sonstigen Einträgen über den Wasserpfad (Mischwasserentlastung, Emissionen über Regenkanäle sowie von nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohnern) unterschieden. Beim Stickstoff sind Kommunen und Industrie zusätzlich noch als Quellen von Einträgen, welche über den Luftpfad transportiert werden, zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich um die NO_x-Emissionen aus Verkehr, Industrie und Hausbrand, welche über Deposition auf Wald und offene Flächen oder über Depositionen auf landwirtschaftliche Flächen zur Gewässeremission beitragen und bei der Quell-Zuordnung entsprechend ausgewiesen werden können.

Bei der Landwirtschaft kann als Quelle für Nährstoffemissionen zwischen Emissionen über Drainagen aus landwirtschaftlichen Flächen und Emissionen, welche aufgrund der Landwirtschaft (z.B. Düngemittelaufbringung, Anbau von N-fixierenden Kulturen) über Grundwasser und Oberflächenabschwemmung oder Erosion zu Emissionen führen, unterschieden werden. Beim Stickstoff ist wiederum der Transport über den Luftpfad zu berücksichtigen, wobei die NH_x -Abgasungen aus der Viehzucht die Quelle darstellen. Über Deposition auf Wald und offene Flächen oder über Depositionen auf landwirtschaftliche Flächen können auch diese Quellen zu Gewässeremission beitragen und bei der Quell-Zuordnung entsprechend ausgewiesen werden.

Die Nährstoffbelastung aus dem Hintergrund wird über ein Szenario ohne menschliche Einwirkung abgeschätzt. Als Quellen dienen hier Verwitterung von Gesteinen sowie atmosphärische (z.B. Blitze) oder biologische Bildung (N-Fixierung), welche über Erosion, Oberflächenabschwemmung oder das Grundwasser in die Fließgewässer eingetragen werden.

2.3 Aktualisierte Inputdaten

Die Anwendung des MONERIS-Modells für die Ermittlung der Nährstoffeinträge in die Fließgewässer erfordert die Bereitstellung von Eingangsdaten, die das Modell zur Charakterisierung der Verhältnisse in den betrachteten Einzugsgebieten benötigt. Generell werden im Rahmen dieses Projektes die für die Anwendung in Österreich im Rahmen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ adaptierte und erweiterte MONERIS-Version (MONERIS-Österreich) sowie die Eingangsdaten aus dieser Modellanwendung für Österreich verwendet. Näheres dazu kann dem Endbericht der Studie entnommen werden (Zessner *et al.*, 2011).

Zusätzlich wurde geprüft, ob für die notwendigen Eingangsdaten des MONERIS-Modells Datensätze mit einer höheren Auflösung bzw. Informationsdichte auf der Ebene des Landes Oberösterreich zur Verfügung stehen als jene, die für die Berechnungen im Projekt „STOBIMO-Nährstoffe“ verwendet wurden. Es wurde ein Katalog von Daten, die für die Bearbeitung des Moduls 1 des Projektes von Interesse sind, zusammengestellt. Dieser betrifft folgende Eingangsdaten:

- Nährstoffbilanzen für die landwirtschaftlichen Flächen
- Daten zu Drainagen
- Daten zu Mischwasserentlastungsanlagen
- Daten zur Verteilung von Misch- und Trennkanalisation
- Hydrogeologische Informationen
- Fließgewässer-Konzentrationen und Frachten (Nährstoffparameter, Schwebstoffe)

Verfügbare Daten wurden beim Amt der Oberösterreichischen Landesregierung angefordert bzw. durch eigene Auswertungen aufbereitet.

Nachfolgend werden die wesentlichsten Eingangsdaten sowie jene, die nicht aus der MONERIS-Version des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ übernommen wurden, erläutert.

2.4 Abgrenzung der Einzugsgebiete

Die Abgrenzung (Größe der Einzugsgebiete und der Abflussbaum) der Einzugsgebiete wurde aus MONERIS-Österreich unverändert übernommen.

Um die gesamte Fläche des Landes Oberösterreich in der Bilanzierung der Nährstoffemissionen zu berücksichtigen, wurden Einzugsgebiete, die sich nicht oder nicht vollständig im Bundesland Oberösterreich befinden, für die Bilanzierung mit berücksichtigt, wenn diese für Flüsse innerhalb des Bundeslandes durch relevante Zuflüsse von Bedeutung sind. Das betrifft das:

- Enns-Einzugsgebiet mit allen Zubringern
- Traun-Einzugsgebiet
- Ager-Einzugsgebiet
- Moosach

Die gesamten Einzugsgebiete von Donau und Inn oberhalb Oberösterreichs werden bei der Emissionsberechnung nicht berücksichtigt, womit die Frachten und Konzentrationen in diesen Gewässern im Zuge dieses Projektes nicht modelliert werden. Sehr wohl modelliert werden jedoch die Emissionen der diesen Gewässern zugeordneten in Oberösterreich gelegenen Teileinzugsgebiete, wodurch die Gesamtnährstoffemission Oberösterreichs erfasst werden kann.

Die Größe der Einzugsgebiete sowie die Anzahl der betrachteten Teileinzugsgebiete kann Tabelle 1 entnommen werden. Eine Karte über die Abgrenzung der Einzugsgebiete ist in Abbildung 2 dargestellt.

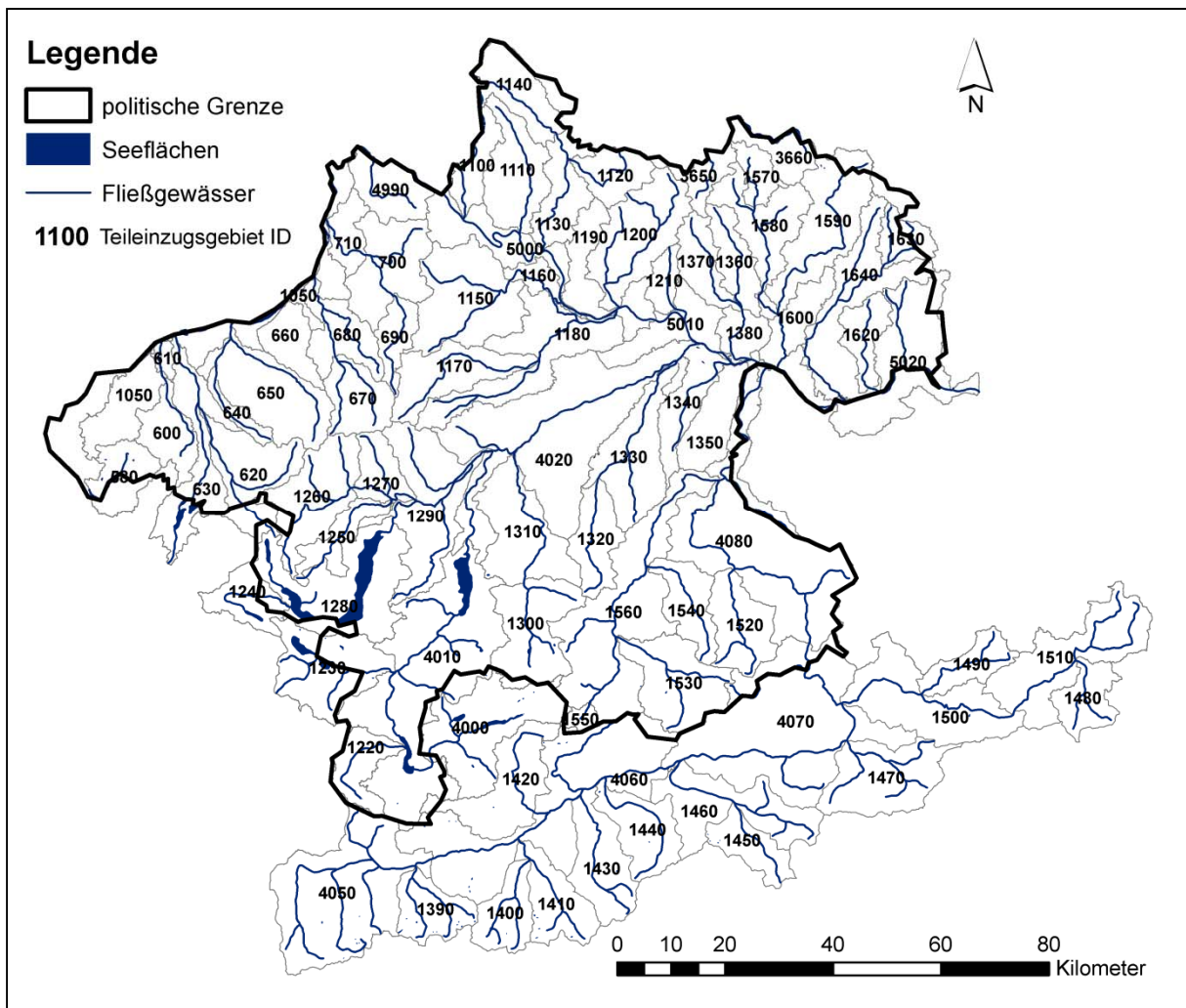


Abbildung 2: Abgrenzung der Einzugsgebiete für MONERIS-Oberösterreich

Tabelle 1: Einzugsgebietgliederung (Abflussbaum) für MONERIS-Oberösterreich

Fluss	ID's	EZG-Größe [km ²]	Anzahl der Teil-EZG	Zurbinger zu
Ach	640	43,3	1	Mühlheimer Ache
Ager	1280,1290	701,2	2	Traun
Aist	1600	104,9	1	Donau
Alm	1300,1310	501,8	2	Traun
Antiesen	670,680	283,1	2	Inn
Aschach	1150,1160	359,9	2	Donau
Aschbach	1480	114,2	1	Salza
Diesleitenbach	1210	54,6	1	Donau
Donau	4990-5020	905,8	4	-
Donnersbach	1430	196,2	1	Enns
Dürre Ager	1250	94,7	1	Vöckla
Enknach	600,610	139,9	2	Inn
Enns	4050-4080	2.494,1	4	Donau
Erzbach	1470	255	1	Enns
Feldaist	1570,1580	263	2	Aist
Fuschler Ache	1240	114,4	1	Ager
Gosaubach	1220	110,9	1	Traun
Große Gusen	1370	111,1	1	Gusen
Große Mühl	1130,1140	298,2	2	Donau
Große Rodl	1200	268	1	Donau
Gulling	1440	168,2	1	Enns
Gurtenbach	660	98,8	1	Inn
Gusen	1380	72,9	1	Donau
Inn	1050	304,4	1	Donau
Innbach	1180	302	1	Donau
Ipfbach	1340	129,8	1	Donau
Ischl	1230	253,6	1	Traun
Kettenbach	3650	67,7	1	Elbe-EZG
Klambach	1620	98,8	1	Naarn
Klammleitenbach	1630	79,3	1	Naarn
Kleine Gusen	1360	112,1	1	Große Gusen
Kleine Mühl	1110	201,5	1	Donau
Kleinsölkbach	1400	128,6	1	Sölkbach
Krems	1320,1330	380,2	2	Traun
Kristeinerbach	1350	135,3	1	Donau
Krumme Steyring	1540	136,2	1	Steyr
Lassingbach	1490	106,2	1	Salza
Maltsch	3660	97	1	Elbe-EZG
Moosach	580	126,6	1	Salzach
Mühlheimer Ache	650	270,3	1	Inn
Naarn	1640	291,6	1	Donau
Palten	1460	260	1	Enns
Pesenbach	1190	108,7	1	Donau
Pram	690,700,710	383,4	3	Inn
Ranna	1100	82	1	Donau
Reichraming	1520	170,7	1	Enns
Salza	1420,1500,1510	878,1	3	Enns
Schwemmbach	620	450,4	2	Inn
Sölkbach	1410	157,6	1	Enns
Steinerne Mühl	1120	108,9	1	Große Mühl
Steyr	1550,1560	539,8	2	Enns
Talbach	1390	134,8	1	Enns
Teichl	1530	239	1	Steyr
Trattnach	1170	196,2	1	Innbach
Traun	4000,4010,4020	1.755,3	3	Donau
Triebenbach	1450	111,6	1	Palten
Vöckla	1260,1270	345	2	Ager
Waldaist	1590	282,1	1	Aist
Gesamt		17.179	81	

2.5 Nährstoffbilanzen neu

2.5.1 Methodik zur Berechnung der Nährstoffbilanzen

Zur Berechnung der Nährstoffbilanzen (N und P) wurden folgende Bilanzglieder verwendet:

Einträge:

- Düngung auf Grund des eingeschätzten Nährstoffbedarfs (N, P)
- Nährstoffüberschuss aus Tierhaltung (N, P)
- Symbiotische Luftstickstofffixierung (N)
- Nichtsymbiotische Luftstickstofffixierung (N)
- Atmosphärische Deposition (N)
- Weitere Einträge mit dem Wirtschaftsdünger (N):
 - Lokal wirksame atmosphärische Deposition gasförmiger N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger
 - Differenz feldfallender – jahreswirksamer N

Austräge:

- Nährstoffentzüge durch die Ernte (N, P)

Ausgleichsbeträge:

- Für Flächen, wo keine Nährstoffbilanz berechnet werden konnte (N, P), wurde der Durchschnittswert der Gemeinde angesetzt

Zur Berechnung der Nährstoffbilanzen (N und P) für die Landwirtschaft wurde von der Summe der Einträge die Summe der Austräge in jeder Katastralgemeinde abgezogen.

Die einzelnen Bilanzglieder wurden im Detail wie folgt berechnet:

Düngung auf Grund des eingeschätzten Nährstoffbedarfs

Als Datengrundlage zur Bewertung standen die Flächen der angebauten landwirtschaftlichen Kulturen auf Ebene der Katastralgemeinden aus den INVEKOS-Daten der Jahre 2001 bis 2006 sowie Ertragsstatistiken der ÖSTAT der Jahre 2001 bis 2006 auf Bezirksebene zur Verfügung. Zur Berechnung des Nährstoffbedarfs wurde davon ausgegangen, dass Landwirte bei Ihrer Einschätzung den Richtlinien für die sachgerechte Düngung des BMLFUW folgen. Da die Ertragshöhe in einem einzelnen Jahr zum Zeitpunkt der Düngung nicht bekannt ist, wurde die Annahme getroffen, dass Landwirte bei der Einschätzung des Nährstoffbedarfs von einer hohen Ertragslage ausgehen, wenn in einzelnen Jahren hohe Erträge bei der entsprechenden Kultur auftreten. In allen anderen Fällen wurde von einer mittleren Ertragslage als Grundlage für den Düngebedarf ausgegangen bzw. wurden für seltene und damit flächenmäßig weniger bedeutende Kulturen, die nicht in den Richtlinien für die Sachgerechte Düngung enthalten sind, andere in Österreich gängige Grundlagen zur Düngeempfehlung herangezogen. Für Grünland wurde außerdem angenommen, dass die P-Versorgung nur durch betriebseigenen Wirtschaftsdünger erfolgt.

Nährstoffüberschuss aus der Tierhaltung

Als Datengrundlage standen Tierhaltungszahlen aus den INVEKOS-Daten der Jahre 2001 bis 2006 auf Gemeindeebene zur Verfügung. Der Nährstoffanfall wurde entsprechend den Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage bewertet. In jenen Katastralgemeinden, wo der Nährstoffanfall aus der Tierhaltung den Nährstoffbedarf überstieg, wurde der Differenzbetrag aus Nährstoffanfall – Nährstoffbedarf = Nährstoffüberschuss aus der Tierhaltung berechnet.

Symbiotische Luftstickstofffixierung

Es wurden kulturspezifische konstante Werte pro Flächeneinheit verwendet. Die Werte wurden aus den Berechnungen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ übernommen.

Nichtsymbiotische Luftstickstofffixierung

Es wurde ein konstanter Wert von 4 kg N/ha verwendet.

Atmosphärische Deposition

Es wurde ein konstanter Wert von 15 kg N/ha verwendet.

Weitere Einträge mit dem Wirtschaftsdünger

Die Differenzbeträge zwischen feldfallendem Stickstoff und jahreswirksamen Stickstoff sowie die gasförmigen Stickstoffverluste bei der Ausbringung wurden entsprechend den Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage bewertet. Als Datengrundlage standen Tierhaltungszahlen aus den INVEKOS-Daten der Jahre 2001 bis 2006 auf Gemeindeebene zur Verfügung.

Gasförmige Stickstoffverluste aus der Tierhaltung, sowie bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger werden bei der Bemessung der Düngung üblicherweise abgezogen. Diese gasförmigen Stickstoffverluste gehen jedoch nur zu einem kleineren Teil in den Ferntransport, ein Großteil wird im Nahbereich der Verlustquelle wieder als Deposition wirksam. Da diese Deposition im Wert der atmosphärischen Deposition nicht enthalten ist (sie berücksichtigt Einträge aus dem Ferntransport), auf Ebene von Einzugsgebieten der Größe, wie sie hier betrachtet werden, jedoch relevant ist, müssen die gasförmigen Stickstoffverluste aus der Tierhaltung als Einträge zur Berechnung der Stickstoffbilanz wieder zum Teil hinzugezählt werden. Die Höhe des Anteils der gasförmigen Verluste, der wieder lokal als Deposition wirksam wird, wurde im Ausmaß der gasförmigen Verluste bei der Wirtschaftsdüngerausbringung berücksichtigt.

Eine weitere grundlegende Annahme war, dass bei der Düngung der jahreswirksame Stickstoff berücksichtigt wird, jedoch der gesamte feldfallende Stickstoff ausgebracht wird und dieser zwar möglicherweise nicht im Anwendungsjahr, jedoch fast zur Gänze in den Folgejahren mobilisiert wird, so dass er bei einer mehrjährigen Betrachtungsweise zu berücksichtigen ist.

Nährstoffentzüge durch die Ernte

Datengrundlage waren die Flächen der angebauten landwirtschaftlichen Kulturen auf Ebene der Katastralgemeinden aus den INVEKOS-Daten der Jahre 2001 bis 2006, Ertragsstatistiken der ÖSTAT der Jahre 2001 bis 2006 auf Bezirksebene sowie Konzentrationswerte für N und P in den Ernteprodukten, die aus den Berechnung des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ übernommen wurden. Wenn für eine in den INVEKOS Daten enthaltene Kultur in einem Jahr in einem Bezirk keine Ertragsdaten aus ÖSTAT vorhanden waren, wurde der Durchschnitt der Jahre 2001 bis 2006 eingesetzt, war auch dieser nicht berechenbar, der Durchschnitt aus Oberösterreich. Andernfalls wurden Standardwerte verwendet, was aber nur bei flächenmäßig wenig bedeutenden Kulturen erforderlich war.

Ausgleichsbeträge

Für jene Flächen, auf denen (in Oberösterreich) seltene Kulturen angebaut waren und für die eine Recherche der erforderlichen Inputdaten (Düngebedarf, Nährstoffentzüge) mit einem unverhältnismäßigen Aufwand verbunden gewesen wäre, wurde der Durchschnittswert der jeweiligen Katastralgemeinde eingesetzt. Das Ausmaß der betroffenen Fläche bewegt sich im Promillebereich.

2.5.2 Methodik zur Durchführung der Plausibilitätskontrollen und Vergleichsrechnungen

Mineraldüngereinsatz

Der Mineraldüngereinsatz wurde als Differenz von Nährstoffbedarf und Nährstoffanfall aus der Tierhaltung (bei N: jahreswirksam) berechnet. Nur positive Differenzbeträge wurden berücksichtigt. Die Summen für gesamt Oberösterreich wurde mit den Angaben der ÖSTAT zum Mineraldüngerverkauf in diesem Bundesland der Jahre 2001 bis 2006 verglichen.

Grundwasserqualität

Für die Stickstoffüberschüsse aus der Bilanzrechnung wurde angenommen, dass sie zu einem Nitrateintrag ins Grundwasser führen. Da eine unmittelbare und kurzfristige Auswirkung nicht in jedem Fall zu erwarten ist, wurde der Durchschnittswert der Jahre 2001 bis 2006 mit dem durchschnittlichen Nitratgehalt der Messungen von an den (2007 gültigen) GZÜV Messstellen für den Zeitraum 2001 (1. Durchgang) bis 2007 (2. Durchgang) auf Bezirksebene verglichen.

2.5.3 Ergebnisse

Die Stickstoffbilanz der landwirtschaftlichen Fläche betrug im Durchschnitt der Jahre 2001 bis 2006 in Oberösterreich 50 kg N/ha, werden Flächen aus Einzugsgebieten außerhalb Oberösterreichs mit berücksichtigt, 51 kg N/ha. Die P-Bilanzen betragen im Durchschnitt 4 kg P/ha (egal ob Flächen außerhalb Oberösterreichs mitgezählt wurden). Zwischen den einzelnen Jahren traten deutliche Unterschiede auf, die vor

allem durch Ertragsschwankungen hervorgerufen wurden (Abbildung 3 und Abbildung 4). Ebenso sind deutliche regionale Unterschiede erkennbar. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der N-Bilanzen der landwirtschaftlichen Flächen für die einzelnen Katastralgemeinden Oberösterreichs im Durchschnitt der Jahre 2001-2006. In Abbildung 6 werden die N-Bilanzen der Landwirtschaft auf die gesamte Fläche der jeweiligen Katastralgemeinde bezogen. Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen das Selbe für Phosphor.

In Abbildung 5 und Abbildung 7 dargestellte hohe Bilanzergebnisse im zentralen Bereich Gmundens dürften darauf zurückzuführen sein, dass Almflächen bei der landwirtschaftlichen Fläche nicht mit erfasst sind. Dieser Fehler wird aber ausgeglichen, wenn das Bilanzergebnis auf die Gesamtfläche der jeweiligen Katastralgemeinde bezogen wird (Abbildung 6 und Abbildung 8). In diesen Darstellungen treten intensiv landwirtschaftlich genutzte Regionen des Zentralraums klar hervor und heben sich von Randbereichen deutlich ab, in denen Grünlandnutzungen oder Forstwirtschaft von Bedeutung sind.

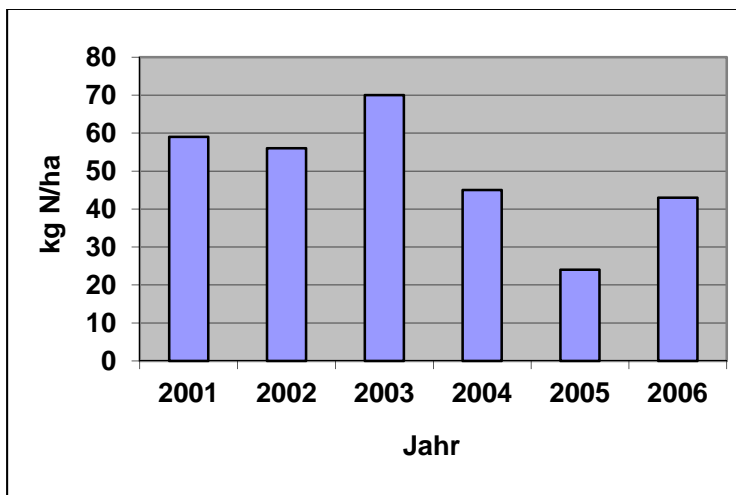


Abbildung 3: N-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche in Oberösterreich

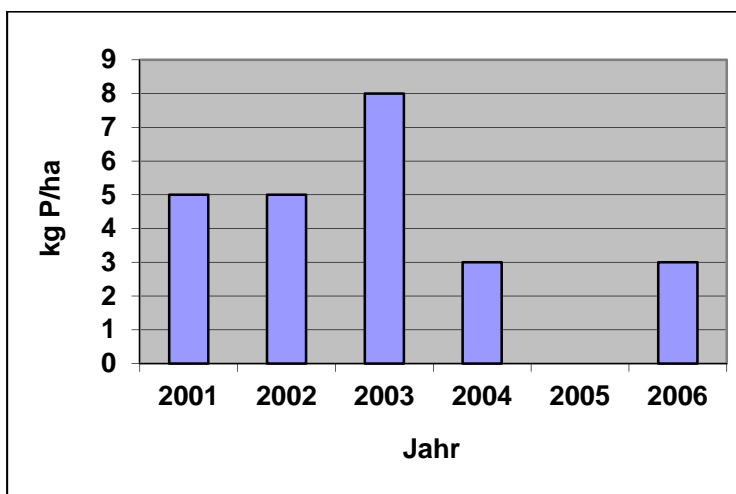


Abbildung 4: P-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche in Oberösterreich

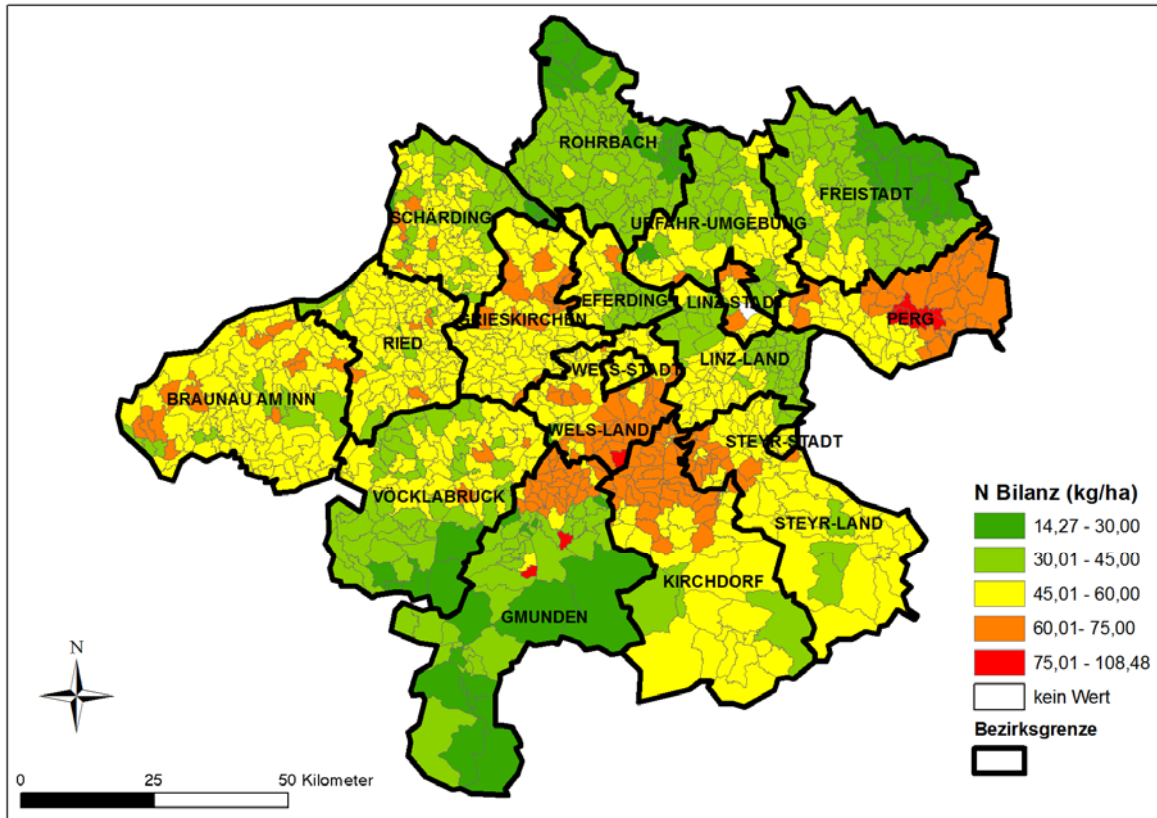


Abbildung 5: Durchschnittliche N-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche in den Katastralgemeinden

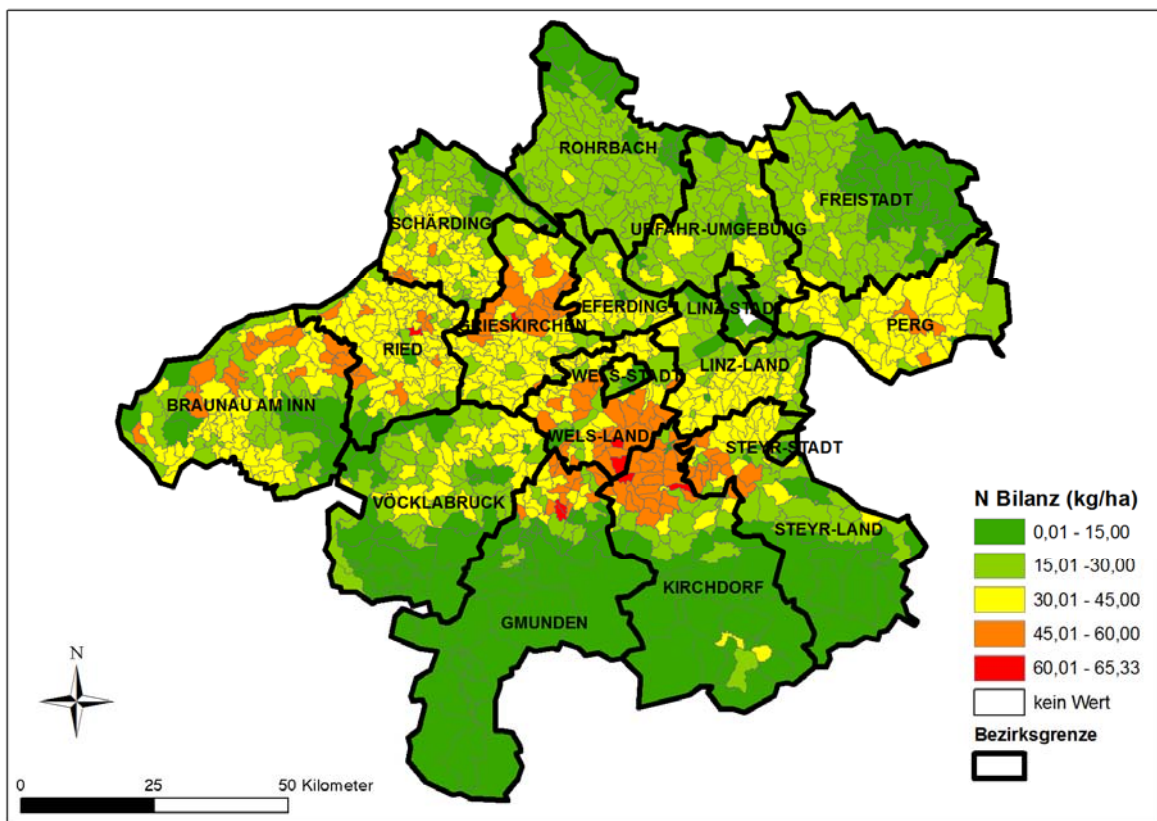


Abbildung 6: Durchschnittliche N-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche bezogen auf die Fläche der Katastralgemeinden

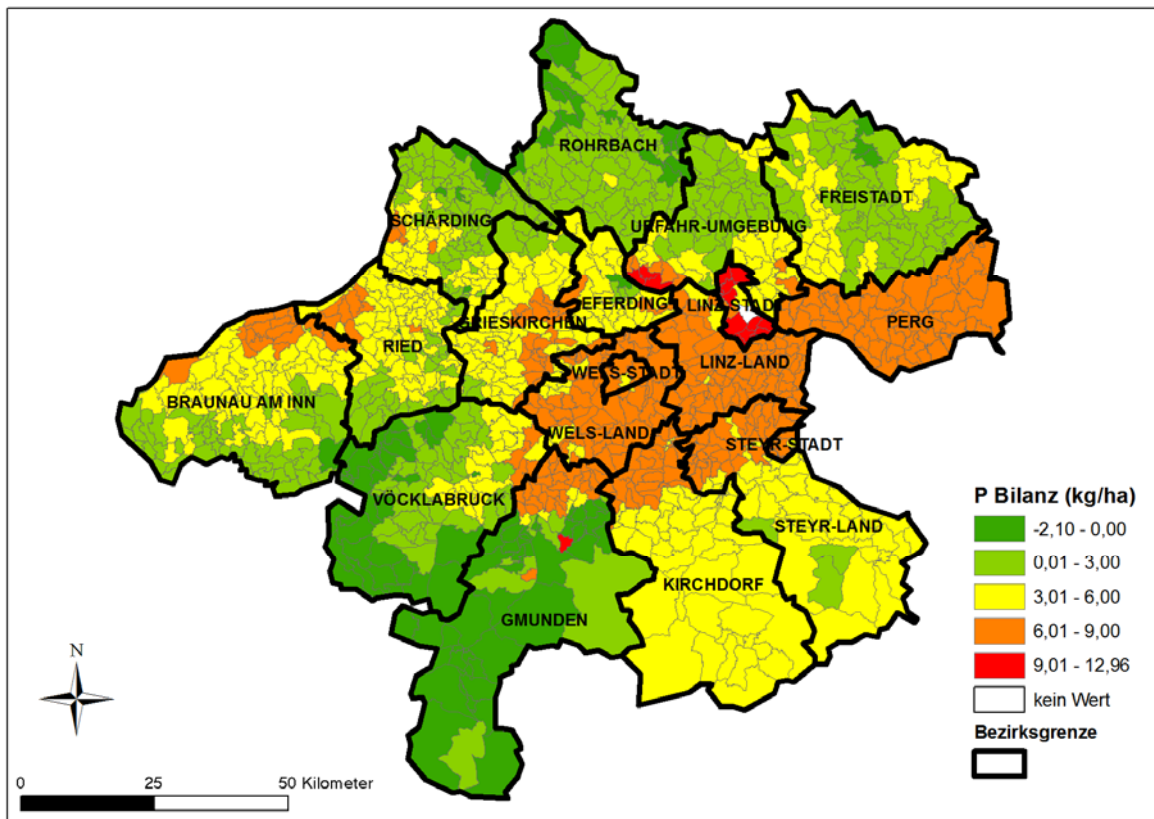


Abbildung 7: Durchschnittliche P-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche in den Katastralgemeinden

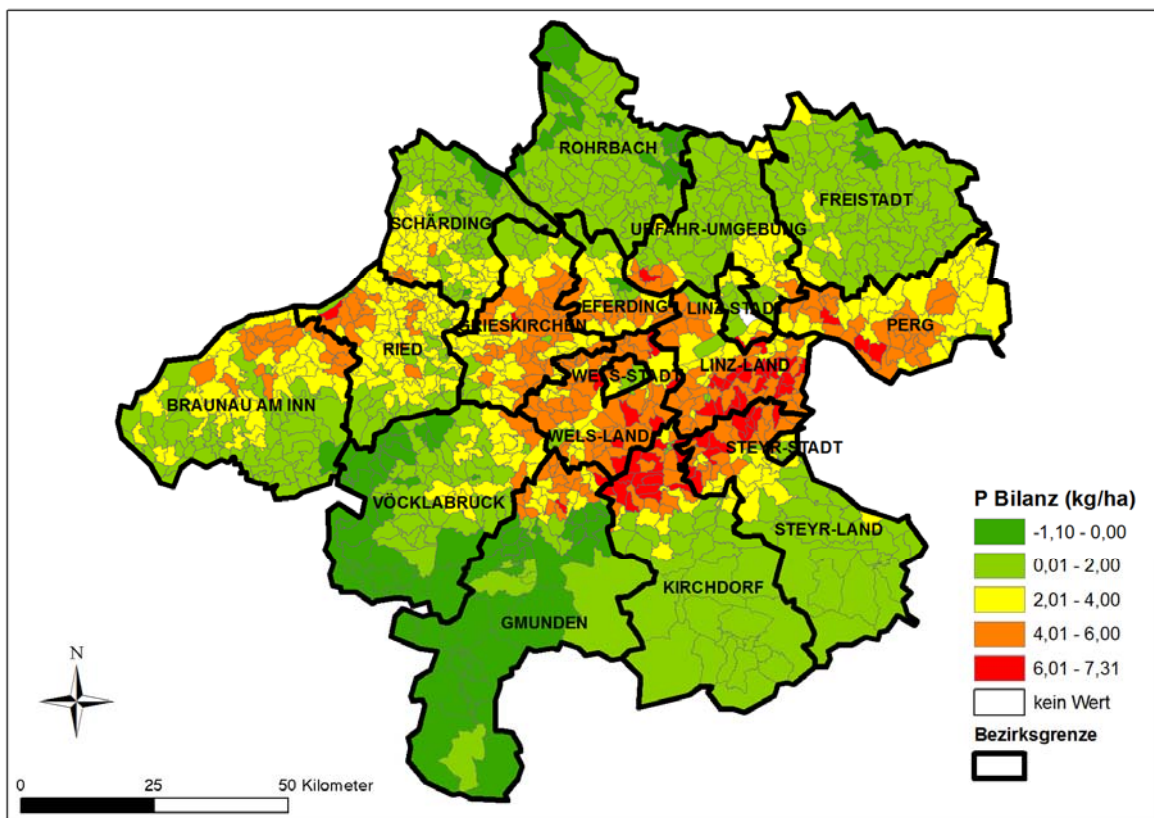


Abbildung 8: Durchschnittliche P-Bilanzen der landwirtschaftlichen Fläche bezogen auf die Fläche der Katastralgemeinden

2.5.4 Plausibilitätskontrolle mit Düngerabsatzzahlen

Ein Vergleich des modellhaft abgeschätzten Stickstoffmineraldüngereinsatzes mit den Absatzzahlen der ÖSTAT ergibt für die Jahre 2001 und 2002 eine sehr gute Übereinstimmung (siehe Abbildung 9). Dann gehen die Absatzzahlen, vermutlich auf Grund wirtschaftlicher Einflüsse wie Düngemittel oder Produktpreise der Landwirtschaft zurück, während der berechnete Stickstoffmineraldüngereinsatz relativ konstant bleibt, da die genannten Einflussfaktoren im Rechenmodell nicht abgebildet werden. In Summe liegt der berechnete Mineraleinsatz im Betrachtungszeitraum um 14% unter den ÖSTAT Zahlen.

Bei Phosphormineraldünger liegen die Absatzzahlen der ÖSTAT im Betrachtungszeitraum um 34% unter den Berechneten. Die Tendenz ist im Prinzip ähnlich wie beim Stickstoff, allerdings fällt bei P die Abnahme der Absatzzahlen deutlicher aus (siehe Abbildung 10). Diese lagen außerdem vor dem betrachteten Zeitraum z.T. noch deutlich höher (z.B. 1996 fast doppelt so hoch wie 2006). Die stärkere Schwankung als beim Stickstoff ist ein weiterer Hinweis auf wirtschaftliche Einflussfaktoren, da (außer bei unterversorgten Böden) der P-Bedarf der Kulturen unter wirtschaftlich ungünstigen Bedingungen mehrere Jahre lang problemlos aus dem Bodenvorrat gedeckt werden kann, während das bei Stickstoff nicht möglich ist.

Anzumerken ist, dass nicht auszuschließen ist, dass Minerale Dünger auch über Quellen bezogen wird, die von der ÖSTAT nicht erfasst wurden, wie zum Beispiel ein Einkauf zu günstigeren Preisen im Ausland. Umgekehrt ist es weniger wahrscheinlich, dass von der ÖSTAT in größerem Umfang ein Absatz von Minerale Dünger in Oberösterreich erfasst wurde, der anderswo zum Einsatz kam.

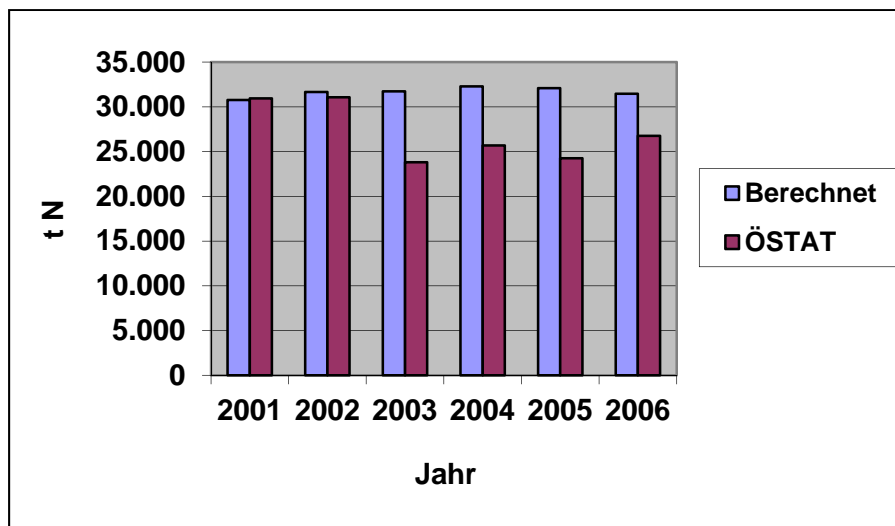


Abbildung 9: N-Mineraldünger – berechnete Menge und Absatzzahlen

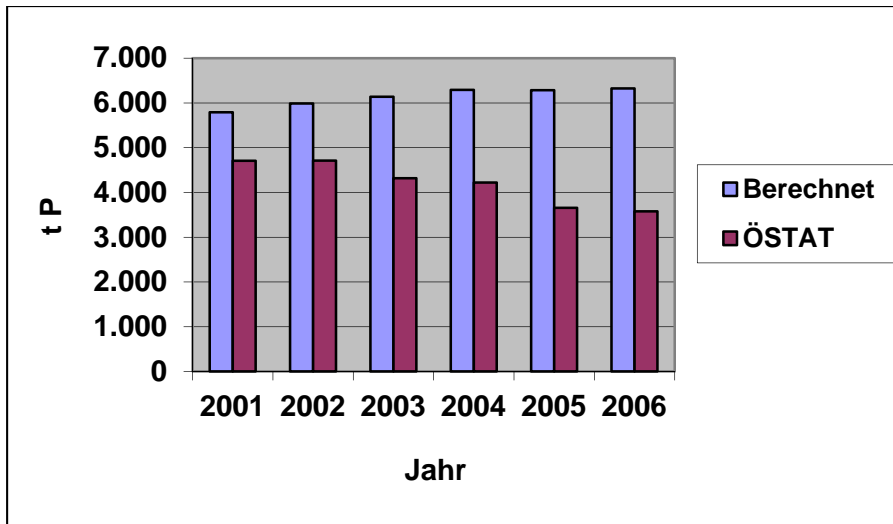


Abbildung 10: P-Mineraldünger – berechnete Menge und Absatzzahlen

2.5.5 Plausibilitätskontrolle mit Grundwasserdaten

Die Stickstoffbilanzen der Landwirtschaft (Durchschnittswerte der Jahre 2001 bis 2006) wurden auf die Gesamtfläche des jeweiligen Bezirks bezogen und mit dem durchschnittlichen Nitratgehalt im Grundwasser im Zeitraum 2001 bis 2007 (bis einschl. 2. Messdurchgang) verglichen. Ein Großteil der Werte für den Nitratgehalt liegt im Bereich einer Anpassungslinie mit der Formel $0,85 \times \text{N-Bilanz} - 0,3$ (+/- 7,5), und das, obwohl Einflussfaktoren, wie Grundwasserneubildung, Bodenverhältnisse oder geohydrologische Verhältnisse an den Messstellen (wie z.B. Art des Grundwasserkörpers) bei dieser Gegenüberstellung unberücksichtigt blieben (Abbildung 11). Deutlich über dieser Anpassungslinie liegt der Bezirk Steyr-Land, was möglicherweise damit zusammenhängt, dass der Großteil der GZÜV-Messstellen dieses Bezirks im Grundwasserkörper der Traun-Enns-Platte und ein erheblicher Teil im Bereich des unteren Ennstales liegen, bei der Berechnung der Bilanzen aber große nicht landwirtschaftlich genutzte Bereiche in den Kalkalpen und dem Flysch mit einfließen. Ebenfalls deutlich über der Anpassungslinie liegt der Bezirk Linz. In dieser Stadtgemeinde dürften nicht-landwirtschaftliche Faktoren die Grundwasserqualität mit beeinflussen, wie dies (in geringerem Umfang) auch bei Wels der Fall sein dürfte.

Deutlich unter der Anpassungslinie liegen die Bezirke Ried im Innkreis und Grieskirchen. Die gemessenen Nitratgehalte sind im Durchschnitt niedriger als es auf Grund der Höhe der Stickstoffbilanzen zu erwarten wäre.

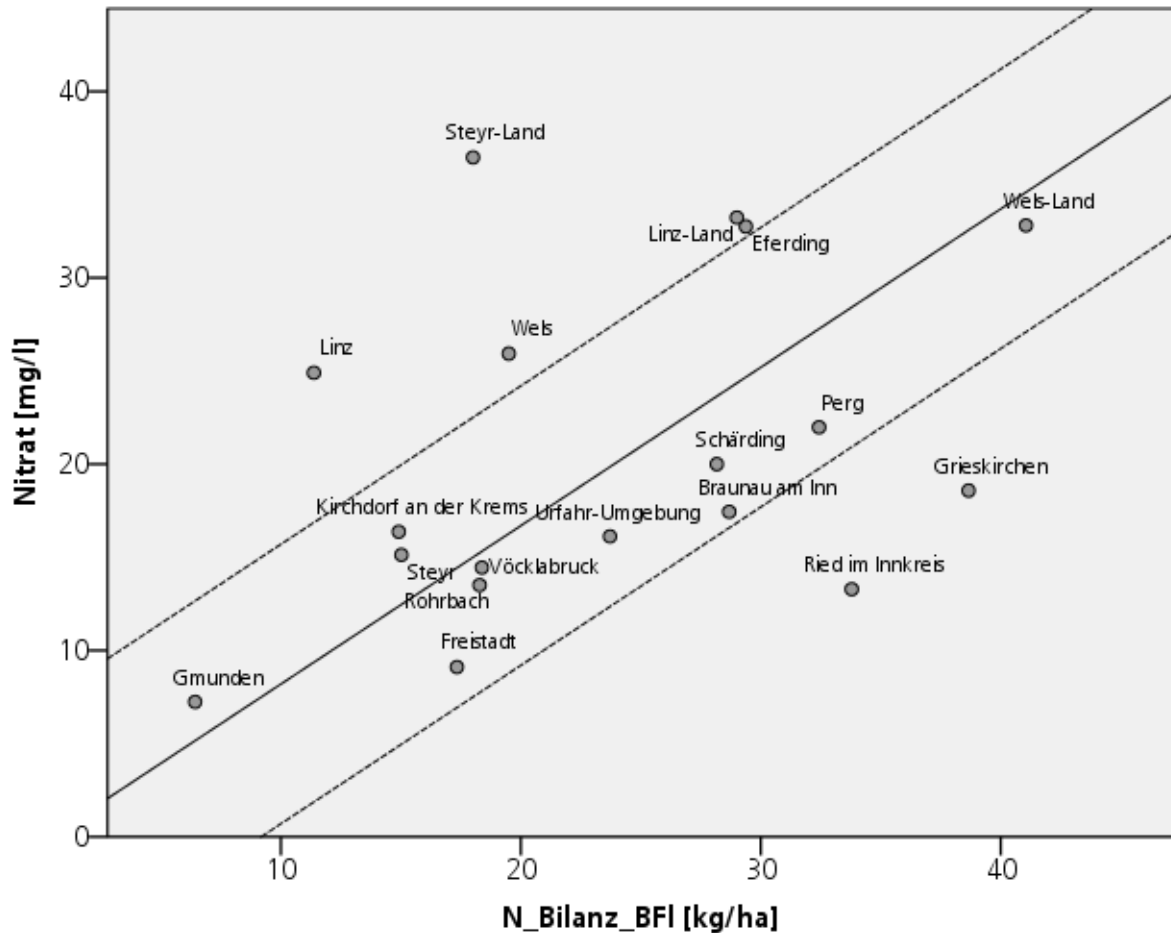


Abbildung 11: N-Bilanzen und Nitratgehalt im Grundwasser

2.5.6 Berücksichtigung von langjährigen Überschüssen

MONERIS verwendet nicht nur den aktuellen mittleren N-Überschuss für den Betrachtungszeitraum. Für die Berechnung des N-Eintrags über das Grundwasser wird der mittlere Überschuss über den Zeitraum verwendet, welcher der mittleren Grundwasseraufenthaltszeit des Einzugsgebietes entspricht.

Die berechneten mittleren N-Überschüsse wurden für die Jahre 2001 und 2002 den Überschüssen der Jahre 2001 und 2002 aus einer historischen Zeitreihe (1961-2002) gegenübergestellt. Daraus wurde ein Korrekturfaktor berechnet ($2001_{\text{neu}}/2001_{\text{alt}}$), mit dem die mittleren jährlichen N-Überschüsse der historischen Zeitreihe an die neu berechneten N-Überschüsse angepasst wurden. Somit war eine Zeitreihe der mittleren jährlichen N-Überschüsse für 1961-2006 verfügbar.

Die jährlichen mittleren N-Überschüsse der Zeitreihe 1961-2006 wurden mit Hilfe der aktuellen Bilanzierung auf N-Überschüsse auf Gemeindeebene umgelegt. Pro politischer Gemeinde wurden mittlere N-Überschüsse über den Zeitraum der Grundwasseraufenthaltszeit (z.B. Grundwasseraufenthaltszeit 5 Jahre: Berechnung für den Zeitraum 2003 (Mitte des Betrachtungszeitraums) minus 5 Jahre) berechnet.

2.5.7 Umlegung der Überschüsse von Gemeindeebene auf Einzugsgebietsflächen

Da die Berechnung des Überschusses der landwirtschaftlichen Nutzflächen auf Ebene der politischen Gemeinden durchgeführt wurde, erfolgte anschließend eine räumliche Verschneidung der Überschüsse auf Gemeindeebene mit den Grenzen der Modelleinzugsgebiete. Der mittlere N-Überschuss der landwirtschaftlichen Nutzflächen pro Einzugsgebiet ergab sich aus dem flächengewichteten Mittel der Überschüsse aller politischen Gemeinden im jeweiligen Einzugsgebiet.

Diese Verschneidung wurde für die berechneten Überschüsse des Betrachtungszeitraums 2001-2006 sowie für alle berechneten Überschüsse der Zeiträume der Grundwasseraufenthaltszeitklassen durchgeführt.

2.6 Drainagedaten

Für eine Berechnung der Nährstoffemissionen über den Eintragspfad Drainagen benötigt das MONERIS-Modell als Eingangsdatensatz die Größe der drainierten Fläche sowie Niederschlagsdaten (zeitlich aufgelöst in Winter- und Sommerhalbjahr), aus der die Dränspende berechnet wird. Die N-Konzentration im Dränabfluss ergibt sich aus der potentiellen Nitrat-Sickerwasserkonzentration, die sich aufgrund der regionalen Verteilung der Stickstoffüberschüsse – reduziert um den Anteil, der im Oberboden denitrifiziert wird - ergeben. Die P-Konzentration im Dränabfluss errechnet sich als flächengewichtetes Mittel spezifischer P-Konzentrationen in sandigen und lehmigen Böden, in Niedermooren und Hochmooren und deren Flächenanteilen im Einzugsgebiet.

Der Nährstoffeintrag in die Gewässer ergibt sich aus dem Dränabfluss und der Nährstoffkonzentration im Abfluss.

Bei diesem Berechnungsansatz stellt die Bestimmung der Größe der Dränfläche häufig den größten Unsicherheitsfaktor dar, da Informationen dazu zum Teil nur sehr lückenhaft vorliegen.

In Oberösterreich sind die Vorkommen der bewilligten Drainagen „händisch“ auf analogen Karten gekennzeichnet. Ein Großteil des Kartenmaterials konnte bereits im Projekt „STOBIMO-Nährstoffe“ (Zessner *et al.*, 2011) ausgewertet werden. Die bisher fehlenden Regionen wurden für das gegenständliche Projekt ausgewertet, so dass nun ein vollständiger Datensatz zum Drainagevorkommen in Oberösterreich vorliegt.

Als mögliche Fehlerquellen in diesem Datensatz verbleiben:

- I.) die kaum lösbare Frage zur aktuellen Funktionalität der bewilligten Drainagen (z.T. in den 1930er Jahren eingebaut) und
- II.) das Vorkommen von nicht bewilligten Drainagen oder Drainagen die aus anderen Gründen nicht in der Datenbasis enthalten sind

Ungeachtet der möglichen Ungenauigkeiten stellt der Datensatz eine wertvolle Grundlage zur Berechnung der Nährstoffeinträge aus Drainagen dar, die in vielen MONERIS-Anwendungen in anderen Regionen über Bodenkennwerte abgeschätzt werden müssen.

Zudem erfolgt im Bundesland Oberösterreich in einem eigenen Projekt eine weitergehende Auswertung der vorliegenden Drainagedaten, in denen unter

anderem auch die Fragestellung nach der aktuellen Funktionalität weiter aufgeklärt werden soll. Somit ist für die Zukunft mit einem noch deutlich verbesserten Eingangsdatensatz für das Vorkommen von Drainageflächen zu rechnen.

Abbildung 12 zeigt die für Oberösterreich in den Einzugsgebieten verorteten Drainagevorkommen.

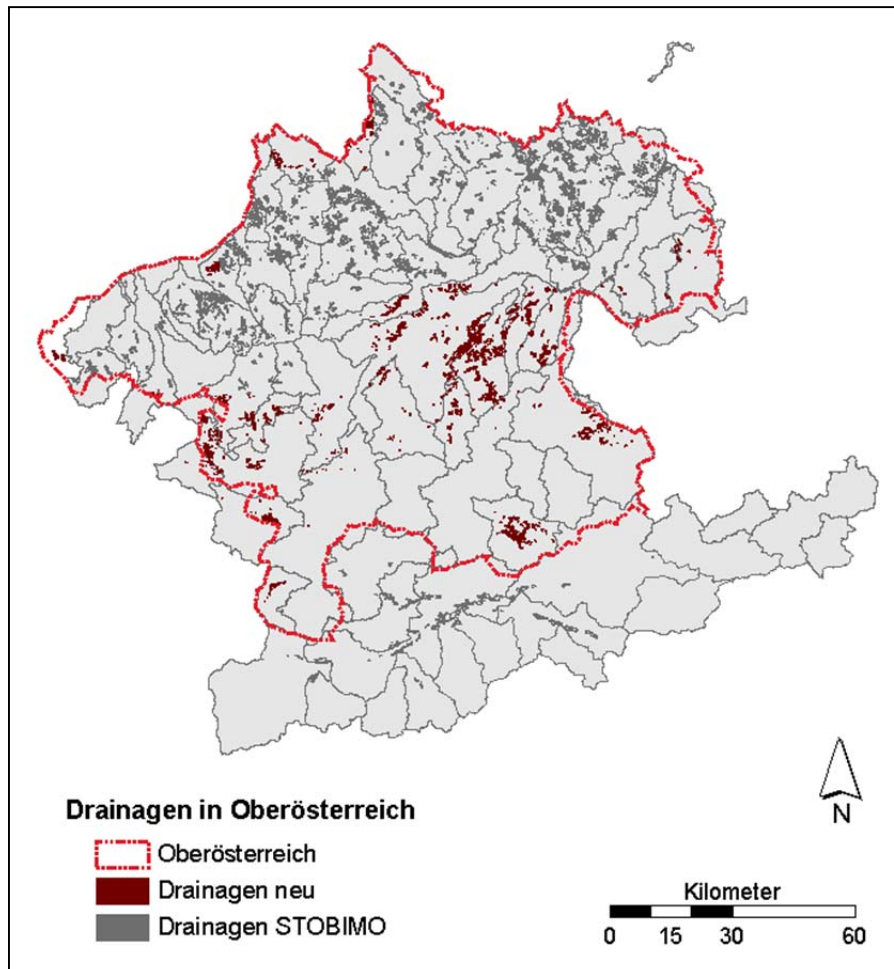


Abbildung 12: Räumliche Verteilung der Drainageflächen in Oberösterreich

In Abbildung 12 kann zwischen den Drainagen, die bereits im Rahmen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ verortet wurden (dunkelgrau) und denen, die im Rahmen dieses Projektes verortet wurden (braun), unterschieden werden.

Für ganz Oberösterreich wird eine Drainagefläche von 321 km² ausgewiesen. Die Intensität der Drainagevorkommen nimmt generell vom Norden nach Süden ab. Schwerpunkte bilden das Innviertel und Teile der Traun-Enns-Platte, aber vor allem auch das zentrale Mühlviertler Hochland (nordöstlich von Linz), das Leonfelder Hochland und der Sauwald.

Die Verteilung des prozentualen Anteils der Drainageflächen an der jeweiligen Einzugsgebietsfläche (siehe Abbildung 13) verdeutlicht verschiedene Schwerpunkte. Dazu gehört das mit 67,7 km² kleine Einzugsgebiet des Kettenbaches, in dem ca. 13% der Fläche drainiert sind. Weitere Schwerpunkte mit Dränflächenanteilen zwischen 5 bis 8% liegen in den Einzugsgebieten des Gurtenbaches (ID 660), der Aschach (ID 1150), der Krems (ID 1330), der Feldaist (IDs 1570, 1580), der Mühlheimer Ache (ID 650), der Pram (IDs 700, 710), der Kleinen Gusen (ID 1360), der Große Gusen (ID 1370), der Gusen (ID 1380) und der Maltsh (ID 3660).

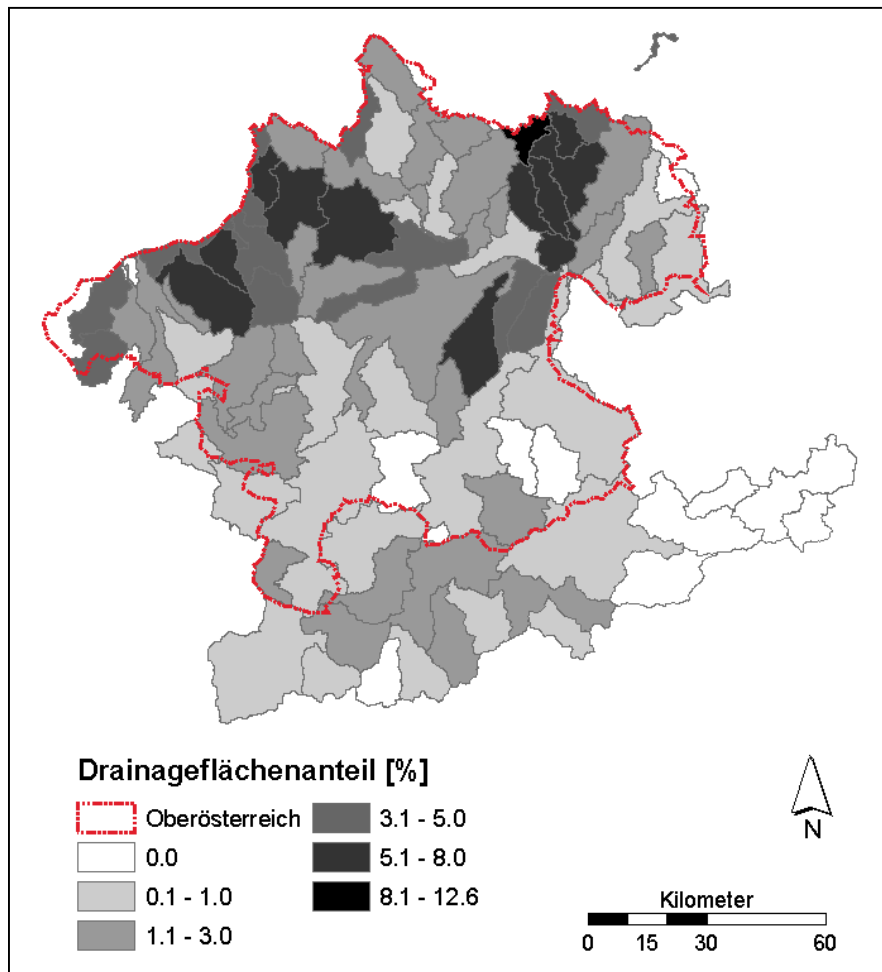


Abbildung 13: Prozentualer Anteil der Drainageflächen an den ausgewiesenen Einzugsgebietsflächen

2.7 Geologie

Informationen zu den hydrogeologischen Verhältnissen werden im MONERIS-Modell benötigt, um für den Eintragspfad Grundwasser die Denitrifikation in der gesättigten Zone zu berechnen. Die Denitrifikation im Oberboden, im ungesättigten und im gesättigten Bereich wird über einen empirisch abgeleiteten Retentionsansatz berechnet. Die hydrogeologischen Verhältnisse eines Einzugsgebietes werden zu Berechnungszwecken in 4 Kategorien unterteilt:

- Festgestein durchlässig
- Festgestein undurchlässig
- Porengrundwasser grundwassernah
- Porengrundwasser grundwasserfern

Für jede dieser 4 Kategorien werden bei der Berechnung der Denitrifikation im gesättigten Bereich verschiedene Modellkonstanten verwendet. Die Einzugsgebietsflächen der betrachteten Einzugsgebiete werden entsprechend ihren

hydrogeologischen Verhältnissen den 4 Kategorien zugeordnet. Im Rahmen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ fand diese Zuordnung auf Basis der Österreichischen Geologischen Karte im Maßstab 1:500.000 statt.

Für das gegenständliche Projekt wurde in einem ersten Schritt die Klassifizierung der hydrogeologischen Verhältnisse aus dem Projekt „STOBIMO-Nährstoffe“ mit den Informationen, die über die Charakterisierung der oberflächennahen Grundwasserkörper in Oberösterreich vorliegen, verifiziert. Durch die Verifikation ergab sich eine geringe Anpassung in der Klassifikation, die in Tabelle 2 dargestellt ist.

Im Wesentlichen ergab sich für die gegenständlichen Betrachtungen durch die Verifikation eine Reduktion des Flächenanteils an der hydrogeologischen Klasse „Porengrundwasser – oberflächenfern“ um ca. 17% der betrachteten Gesamtfläche (Oberösterreich + relevante Einzugsgebietsflächen der Enns) gegenüber der Klassifikation, die im Projekt „STOBIMO-Nährstoffe“ verwendet wurde. Diese Reduktion wurde zu etwa gleichen Teilen durch eine Erhöhung der Flächenanteile an den Klassen „Porengrundwasser – oberflächennah“ (+9%) und „Festgestein – undurchlässig“ (+7%) kompensiert.

Die in Zeile 2 der Tabelle dargestellte Klassifikation wurde für die finalen Berechnungen in Modul 1 des Projektes verwendet.

Tabelle 2: Flächenanteile der für die Berechnungen betrachteten Einzugsgebiete (Einzugsgebiete in Oberösterreich sowie die Enns) an den im MONERIS-Modell verwendeten hydrogeologischen Klassen; Gegenüberstellung der Klassifizierung im Projekt „STOBIMO-Nährstoffe (nur Gebietes des Betrachtungsraumes von MONERIS Oberösterreich)“ (Zeile 1) und der in Modul 1 des gegenständlichen Projektes verwendeten Klassifizierung (Zeile 2: MONERIS Oberösterreich)

	Porengrundwasser- oberflächennah [km ²]	Porengrundwasser- oberflächenfern [km ²]	Festgestein- durchlässig [km ²]	Festgestein- undurchlässig [km ²]
STOBIMO- Nährstoffe	261	5.205	5.737	5.976
MONERIS- Oberösterreich	1.776	2.309	5.887	7.205
Änderung zu STOBIMO [% der betrachteten Gesamtfläche]	8,8	-16,9	0,9	7,2

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, wurde für die Betrachtungen in diesem Projekt ca. ¼ der Fläche der Einzugsgebiete Porengrundwasserleitern zugeordnet. Dabei entfallen ca. 10% auf oberflächennahe Porengrundwasserkörper. Der verbleibende Anteil der Flächen wurde mit etwa 35% bzw. etwa 40% der Klasse „Festgestein durchlässig“ bzw. der Klasse „Festgestein undurchlässig“ zugeordnet.

Für das gegenständliche Projekt wurde beim Land Oberösterreich ebenfalls die geologische Karte im Maßstab 1:200.000 in digitaler Form angefragt. Die Daten wurden dem Projektteam zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Auswertungen wurde aufgrund von Unklarheiten in den Attributen des Datensatzes Kontakt mit der Geologischen Bundesanstalt aufgenommen. Nach Rücksprache zu den enthaltenen

Informationen stellte sich heraus, dass der Datensatz für die Ausweisung von Flächen hinsichtlich hydrogeologischer Verhältnisse ungeeignet ist, da die Karte primär zur Abschätzung der Verfügbarkeit bzw. Abbauwürdigkeit der geologischen Formationen entwickelt wurde. Es wurde darauf hingewiesen, dass ebenfalls eine digitale hydrogeologische Karte von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 verfügbar ist, die im Auftrag des Landes Oberösterreich von der Geologischen Bundesanstalt erstellt wurde.

Die digitale hydrogeologische Karte wurde bisher nicht angefordert, da aus Sicht der Bearbeiter zahlreichen Änderungen in den Eingangsdaten des MONERIS-Modells in Modul 1 des Projektes vorgenommen wurden, deren Beurteilung hinsichtlich einer Verbesserung der Modellanpassung erst mit den Ergebnissen des Modul 1 möglich sind. Für Modul 2 des Projektes sollen die genannten hydrogeologischen Informationen vom Land Oberösterreich angefordert und in das MONERIS-Modell integriert werden.

2.8 Fließgewässer-Gütedaten

2.8.1 Konzentrationen

Daten zu N- und P-Konzentrationen (jeweils als gelöst- oder Gesamtgehalt) in den Fließgewässern werden für die Validierung der Modellergebnisse benötigt. Im Rahmen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ wurden Messdaten des GZÜV-Messnetzes verwendet.

Um die räumliche Auflösung zu erhöhen und eine Berechnung von Frachten entlang der Fließgewässer zu ermöglichen, wurden Daten zu Konzentrationen der N- und P-Parameter ($TP_{\text{unfiltriert}}$, $PO_4\text{-P}$, $NO_2\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$, $NH_4\text{-N}$) sowie zu abfiltrierbaren Stoffen für Messstellen des Landesmessnetzes für den Zeitraum 2001-2006 angefordert. Diese wurden durch das Land Oberösterreich zur Verfügung gestellt.

Neben den Frachtberechnungen, die für Aussagen der Modellanpassung notwendig sind (Vergleich der berechneten Frachten mit den Frachten, die aus den Messungen abgeleitet werden), werden im Rahmen der MONERIS-Berechnungen auch Konzentrationsbetrachtungen durchgeführt. Dabei wird die berechnete Fracht im Fließgewässer in eine Konzentration umgerechnet. Diese wird dann dem typspezifischen Grenzwert für den guten Zustand nach QZV Ökologie OG für die Parameter $NO_3\text{-N}$ und $PO_4\text{-P}$ gegenübergestellt. Details zum Vorgehen bei der Umrechnung können in (Zessner et al. 2011) nachgelesen werden.

Eine Gegenüberstellung der aus den Berechnungen hervorgehenden Überschreitungen der Richtwerte für den guten Zustand mit denen aus den Messungen ist in Kap. 6.2 dargestellt.

2.8.2 Frachten

Basierend auf den zur Verfügung stehenden Gütedaten wurden mittlere jährliche Frachten für den Zeitraum 2001-2006 für die Parameter

- Gesamtphosphor unfiltriert (TP) und filtriert (TP_{fil}) sowie Ortho-Phosphat ($PO_4\text{-P}$)
- Gelöster anorganischer Stickstoff (DIN) aus $NH_4\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$ und $NO_3\text{-N}$

- abfiltrierbare Stoffe

für alle Gütemessstellen, welche einen nahegelegenen HZB-Pegel (Abflusspegel des Hydrographischen Zentralbüros; Abweichung des Einzugsgebietes des HZB-Pegels zum Einzugsgebiet der Gütemessstelle $\leq \pm 15\%$) sowie mindestens 12 Messwert pro Jahr (mindestens 1 Messwert pro Monat), berechnet. Für 3 Messstellen wurden die Frachten trotz größerer Abweichungen der Einzugsgebiete des HZB-Pegels zum Einzugsgebiet der Gütemessstelle berechnet, in diesen Fällen war eine sehr gute Übereinstimmung des Einzugsgebietes der Gütemessstelle mit dem Modelleinzugsgebiet des MONERIS-Modells gegeben.

Als Methode zur Frachtberechnung wurde die ICPDR-Methode (ICPDR, 2005) verwendet, bei welcher auf Basis von mittleren Monatsabflüssen und mittleren monatlichen Konzentrationen eine mittlere Monatsfracht berechnet wird. Die mittleren Monatsfrachten werden zu einer mittleren Jahresfracht aufsummiert.

Im Falle einer Abweichung der Einzugsgebietsgröße eines Abflusspegels von der Modelleinzugsgebietsgröße wurde für die Frachtberechnung der Abfluss basierend auf dem Einzugsgebietsverhältnis angepasst. Für die Konzentrationen wurde die an der Gütemessstelle gemessene Konzentration auch für den Gebietsauslass angesetzt.

Die berechneten DIN- und TP-Frachten wurden verwendet, um über den Pegelabgleich die Modellanpassung und somit die Ergebnisse der Modellierung zu bewerten. Für den Pegelabgleich (siehe Kap. 4) wurden die Frachten der Messstellen, welche sich an den Gebietsauslässen (am Ende eines Teil-Einzugsgebietes) befinden, verwendet.

2.8.3 Verwendete Messstellen zur Modellvalidierung

Im Rahmen des Projektes „STOBIMO-Nährstoffe“ wurde MONERIS für die Anwendung in Österreich modifiziert und erweitert (Zessner *et al.*, 2011). Zur Kalibrierung der Modellmodifikationen und -erweiterungen wurden die modellierten Gewässerfrachten (Summe der Emissionen in die Gewässer abzüglich der Retention oder Denitrifikation im Gewässer) beobachteten Gewässerfrachten (Konzentration multipliziert mit dem Abfluss) gegenüber gestellt. Österreichweit konnten in MONERIS-Österreich an 101 Gebietsauslässen der insgesamt 367 österreichischen Modelleinzugsgebiete Gewässerfrachten aus Messdaten abgeleitet werden. Zur Berechnung der Gewässerfrachten wurden dabei überwiegend Nährstoffkonzentrationen, welche an Messstellen des GZÜV-Messnetzes erhoben wurden, verwendet. Abflussdaten wurden HZB-Abflusspegeln mit einer möglichst großen Nähe zu den GZÜV-Messstellen entnommen.

Für die Modellierung in Oberösterreich wurde die Einzugsgebietsgliederung aus der MONERIS-Anwendung für ganz Österreich übernommen, welche im Wesentlichen auf der Lage von GZÜV-Messstellen beruht. Die in wesentlich größerer Anzahl vorhandenen Landesmessstellen wurden bei der Abgrenzung der Einzugsgebiete nicht berücksichtigt.

Um die Modellergebnisse für Oberösterreich einer weitergehenden Plausibilitätskontrolle (Validierung) zu unterziehen, werden die modellierten Gewässerfrachten beobachteten Gewässerfrachten an jenen Messstellen gegenüber gestellt, die bei der Kalibrierung nicht berücksichtigt wurden. Zu diesem Zweck

können die in Oberösterreich in großem Umfang vorhandenen Landesmessstellen genutzt werden.

In Tabelle 3 sind jene GZÜV-Messstellen, welche in der Anwendung MONERIS-Oberösterreich verwendet werden und bereits in MONERIS-Österreich (Zessner *et al.*, 2011) zur Frachterhebung verwendet wurden, dargestellt. Insgesamt handelt es sich dabei um 15 Messstellen, welche sich in Oberösterreich befinden und 4 Messstellen, welche im Einzugsgebiet des Enns-Oberlaufes und damit im Betrachtungsgebiet, aber nicht in Oberösterreich liegen. Die Tabelle zeigt die Identifikationsnummer (Modell EZG-ID), die Größe des gesamten Modelleinzugsgebietes inklusive allenfalls oberliegender Einzugsgebiete (Brutto EZG) und die Größe der Einzugsgebiete der dem jeweiligen Modelleinzugsgebiet zugeordneten Gütemessstelle (GZÜV) bzw. des jeweiligen Abflusspegels (HZB). Weiters ist die Abweichung der Einzugsgebietsgröße der Messstellen von der Einzugsgebietsgröße des Modelleinzugsgebietes in % angegeben.

Tabelle 3: Bei der MONERIS Anwendung in Österreich verwendete GZÜV-Messstellen zur Erhebung von Gewässerfrachten und Kalibrierung der Modellberechnung

Verwendete Messstellen in MONERIS Österreich								
Modell EZG-ID	Brutto - EZG (km ²)	Flussname	GZÜV ID	EZG für GZÜV Mst. (km ²)	HZB Pegel	EZG für HZB Pegel (km ²)	EZG Abweichung HZB zu Modell [%]	EZG Abweichung GZÜV zu Modell [%]
630	450	Mattig	FW40503037	447	204677	447	1	1
640	43	Moosbach	FW40530016	43	206722	39	10	0
650	314	Mühlheimer Ache	FW40504017	314	204719	315	0	0
670	140	Antiesen	FW40505027	140	206805; 204735	56; 69	10	0
700	306	Pram	FW40506027	304	204859	303	1	1
1110	202	Kleine Mühl	FW40627016	202	204883	199	1	0
1200	268	Große Rodl	FW40622016	255	205088	227	15	5
1270	440	Vöckla	FW40711027	448	205419	447	-2	-2
1290	1255	Ager	FW40710047	1255	205450	1260	0	0
1330	380	Krems	FW40713047	366	205658	364	4	4
1550	24	Steyr	FW40815036	24	205765	25	-5	0
1560	915	Steyr	FW40815027	901	205914	898	2	2
4000	317	Traun	FW40709126	317	205104	317	0	0
4010	1399	Traun	FW40709047	1399	206128	1431	-2	0
4080	6090	Enns	FW40814047	6067	205922	5915	3	0
1430	196	Donnersbach	FW60800386	190	210732	194	1	3
1460	372	Palten	FW60800057	371	210815	369	1	0
4050	662	Enns	FW60800027	662	210641	649	2	0
4070	4358	Enns	FW40814017	4358	206342	4341	0	0

In Tabelle 4 sind die zusätzlich zur Validierung der Modellberechnungen für Oberösterreich verwendeten Landesmessstellen dargestellt. Die Tabelle ist in gleicher Weise wie Tabelle 3 aufgebaut. Insgesamt konnten 27 Landesmessstellen zur Validierung der Modellergebnisse herangezogen werden. Da sich die Lage der Landesmessstellen zum Teil mit den Bundesmessstellen überschneiden, können für insgesamt 67 in Oberösterreich gelegene Modelleinzugsgebiete in 32 Fällen an den Gebietsauslässe Gewässerfrachten der betrachteten Nährstoffparameter angegeben werden. Weiters werden 4 außerhalb Oberösterreichs gelegene Messstellen für Frachtvergleiche herangezogen. In Fällen, in denen Bundes- und Landesmessstellen an einem Gebietsauslass vorhanden sind, wurden nur die Landesmessstellen zur Validierung herangezogen.

Eine Übersichtskarte mit der Lage der verwendeten Messstellen des Landesmessnetzes und des GZÜV-Messnetzes findet sich im Anhang.

Tabelle 4: Bei der MONERIS Anwendung in Oberösterreich verwendete Landesmessstellen zur Erhebung von Gewässerfrachten und zur Validierung der Modellergebnisse.

Modell EZG-ID	Brutto - EZG (km ²)	Flussname	Auswahl von Landesmessstellen					
			Landesmessstelle	EZG LMST (km ²)	HZB Pegel	EZG für HZB Pegel (km ²)	EZG Abweichung HZB zu Modell [%]	EZG Abweichung LMST zu Modell [%]
630	450	Mattig	Mattig 1,93	447	204677	447	1	1
670	140	Antiesen	Antiesen 21,7	138	204750	165	-18	1
690	84	Pram	Pram 33,6	81	204784	60	28	3
700	306	Pram	Pram 15,9	306	204867	341	-11	0
710	383	Pram	Pram 6,6	342	204867	341	11	11
1150	312	Aschach	Aschach 18,7	312	205054	312	0	0
1160	360	Aschach	Aschach 5,4	352	205054	312	13	2
1170	196	Trattnach	Trattnach 1,35	194	205021	184	6	1
1270	440	Vöckla	Vöckla 0,1	449	205419	447	-2	-2
1280	491	Ager	Ager 31,2	483	205369	466	5	2
1290	1255	Ager	Ager 1,57	1256	205450	1256	0	0
1300	243	Alm	Alm 33,3	246	205500	326	-34	-1
1310	502	Alm	Alm 4,75	445	205518	445	11	11
1320	140	Krems	Krems 36,5	138	205641	147	-5	2
1330	380	Krems	Krems 7,9	366	205658	364	4	4
1340	130	lpfbach	lpfbach 3,9	92	205690	86	34	29
1360	112	Kleine Gusen	Kleine Gusen 0,1	105	206854	76	32	7
1370	223	Gusen	Gusen 15,7	224	206375	257	-15	0
1380	296	Gusen	Gusen 2,1	271	206375	257	13	9
1560	915	Steyr	Steyr 0,08	918	205914	898	2	0
1570	65	Feldaist	Feldaist 31	65	205948	64	2	1
1590	282	Waldaist	Waldaist 2,4	273	205971	266	6	3
1600	650	Aist	Aist 6	635	205989	605	7	2
1630	79	Große Naarn	Naarn 49,85	77	205997	80	-1	3
4000	317	Traun	Traun obere 130,93	318	205104	334	-5	0
4010	1399	Traun	Traun untere 71	1397	206128	1431	-2	0
4020	4257	Traun	Traun untere 4,7	3984	206409	3426	20	6
4080	6090	Enns	Enns 2,7	6064	205922	5915	3	0

2.9 Daten zu Art und Ausbaugrad der Kanalisation

Vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung wurden Daten zu Art des Kanalnetzes und Ausbaugrad in Oberösterreich angefordert. Folgende Informationen sind für die Darstellung im MONERIS-Modell von besonderem Interesse:

- Art der Kanalisation – prozentuale Verteilung von Misch- oder Trennsystem in den einzelnen Gemeinden des Bundeslandes
- Ausbaugrad – vorhandenes Volumen an Mischwasserentlastungsanlagen bezogen auf die angeschlossene versiegelte Fläche [m³/ha]

2.9.1 Entlastungsanlagen

Im Rahmen des STOBIMO-Projektes wurde für die Berechnungen mit dem MONERIS-Modell die Annahme getroffen, dass in allen österreichischen Einzugsgebieten ein Ausbaugrad mit Mischwasserentlastungsanlagen von 100% vorzufinden ist. Unter der Annahme von 100% Ausbaugrad wird dabei angenommen, dass pro Hektar versiegelte Fläche ein Speichervolumen von 15m³ Entlastungsanlagen zur Verfügung steht.

Um diese Annahme auf Ihre Plausibilität hin zu überprüfen, wurde vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung ein Datensatz zu vorhandenen und geplanten Volumina von Mischwasserentlastungen angefordert.

Der zur Verfügung gestellte Datensatz umfasst 675 Anlagen mit Angabe der Lage (Gemeinde/Bezirk), der u.a. folgende Daten beinhaltet:

- Status der Anlage (in Betrieb/ im Bau/ in Planung/ stillgelegt)
- Datum der Inbetriebnahme
- Ort der Einleitung (Name des Fließgewässers)
- Beckenvolumen (Angabe für 406 Anlagen)
- Entlastungsart (Filterbecken/ Regenüberlaufbecken/ Regenrückhaltebecken/ Stauraumkanal)
- Angaben zu Vorentlastungen

Über den vorhandenen Datensatz kann vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung nicht abgeschätzt werden, wie viele der in Oberösterreich geplanten und im Betrieb befindlichen Anlagen sich in diesem Datensatz tatsächlich wiederfinden.

Die wesentliche Information, die für das MONERIS-Modell wichtig ist, ist jene über den Ausbaugrad. Auf Basis der vorhandenen Daten wurde eine Abschätzung des Ausbaugrades versucht. Dabei wurde aus der versiegelten Fläche pro Gemeinde (Bestimmung aus Corine Land Cover) das notwendige Beckenvolumen errechnet, dass 100% Ausbaugrad entsprechen würde. Diese wurden dem Datensatz gegenübergestellt, der vom Land Oberösterreich zur Verfügung gestellt wurde.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass der vorliegende Datensatz sehr lückenhaft ist, seine Repräsentativität nicht eingestuft werden kann und der Datensatz damit ungeeignet erscheint, die im Modell getroffenen Annahmen über den Ausbaugrad zu ersetzen. Somit wird weiterhin ein Ausbaugrad von 100% bei Mischwasserentlastungsanlagen in den Berechnungsansätzen des MONERIS-Modells angenommen, bis die Datengrundlage eine regional stärker differenzierte Abschätzung erlaubt.

2.9.2 Art und Verteilung des Kanalnetzes

Im Rahmen des STOBIMO-Projektes wurden für die Berechnungen mit dem MONERIS-Modell Annahmen über die Verteilung von Trenn- und Mischkanalisation in den Einzugsgebieten Österreichs getroffen. Die Verteilung zwischen Trenn- und Mischkanal wurde in Abhängigkeit der Bevölkerungsdichte wie folgt angenommen:

- Bevölkerungsdichte ≤ 100 EW/km²: Verteilung Misch-/Trennkanal = 95%/ 5%
- Bevölkerungsdichte > 100 EW/km²: Verteilung Misch-/Trennkanal = 50%/ 50%

Um diese generellen Annahmen auf der Ebene des Bundeslandes Oberösterreich zu präzisieren, wurden vom Land Oberösterreich Daten zur Verteilung von Misch- zu Trennkanal angefordert.

Der zur Verfügung gestellte Datensatz umfasste insgesamt 1354 Einträge. Dieser Datensatz enthält u.a. Informationen über:

- Anlagen und deren Zuordnung (Gemeinde oder Verband)
- Status einer Anlage (in Betrieb/ in Planung/im Bau)
- Einleitung in Oberflächengewässer oder WIS-Anlagenteil
- Ort der Einleitung und

- Entwässerung (Art des Kanalsystems)

Diese Informationen wurden auf Gemeindeebene ausgewertet. Das Ziel der Auswertungen war die Information, welche Verteilung der Kanalnetzart (Mischsystem/Trennsystem) in einer Gemeinde vorliegt.

Von den 445 oberösterreichischen Gemeinden sind im vorliegenden Datensatz für 419 Gemeinden Einträge vorhanden. Viele der Einträge zu Anlagentypen enthalten allerdings keine Informationen darüber, welche Art(en) des Kanalnetzes in der betreffenden Gemeinde zu finden sind.

Wenn Informationen für eine Gemeinde über die Art des Kanalnetzes vorhanden sind, sind dies teilweise vereinzelt Punktinformationen (für eine Gemeinde, einen Verband oder eine Genossenschaft). Die vorliegenden Informationen sind mit den Angaben wie etwa „Schmutzwasserkanal (51 - 75%), Regen-, Reinwasserkanal (100%), Mischsystem (25 - 50%)“ sehr genereller Natur.

Es kann aus den vorhandenen Daten ebenfalls kein Rückschluss gezogen werden, welchen Anteil einer Gemeinde der vorliegende Datensatz repräsentiert!

Die Auswertungen haben folgendes Resultat ergeben: In die Berechnungen als Eingangsdaten gingen diese Informationen in der jetzigen Phase nicht ein, da die Daten zum Einen nicht auf Plausibilität überprüft wurden und eine Angabe auf Vollständigkeit im Moment nicht möglich ist, zum Anderen weil die Informationen auf Bezirksebene teilweise sehr lückenhaft sind (siehe Spalte 2 und 3 der Tabelle 5).

So sind nur für ca. die Hälfte der Gemeinden eines Bezirkes Informationen zu der Art des Kanalnetzes vorhanden. Die Angaben zum Anteil der Kanalnetzart in Klassen (< 25%, 25 - 50%, etc.) erschwert die Auswertung auf Gemeindeebene. Teilweise sind die Informationen innerhalb einer Gemeinde recht widersprüchlich (z.B. Mischkanal > 75%, Trennkanal > 75%), was die Berechnung eines mittleren Verhältnisses von Mischkanal zu Trennkanal pro Gemeinde deutlich erschwert.

Für jede Gemeinde wurde auf Basis der Angaben zur Art des Kanalnetzes eine Verteilung zwischen Misch- und Trennkanalisation mit den Klassen 0%/ 100%, 25%/ 75%, 50%/ 50%, 75%/ 25%, 100%/ 0% angenommen. Die in Tabelle 5 dargestellten mittleren Anteile Misch- bzw. Trennkanalisation ergaben sich aus dem Mittel aller Gemeindeklassifikationen innerhalb des zugehörigen Bezirks.

Tabelle 5: Mittlere Anteile von Mischkanal und Trennkanal im Bezirk (Angabe, zu wie vielen Gemeinden pro Bezirk Information vorliegen, finden sich in Spalte 2 und 3)

Bezirk	Datensatz enthält Informationen für x von y Gemeinden	Information für x % der Gemeinden im Bezirk	Einwohnerdichte [EW/km ²]	mittlerer ber. Anteil Mischkanal [%]	mittlerer ber. Anteil Trennkanal [%]
Linz	0 von 1	0	1.963	-	-
Steyr	0 von 1	0	1.469	-	-
Wels	1 von 1	100	1.277	25	75
Braunau am Inn	26 von 46	57	93	32	68
Eferding	6 von 12	50	121	50	50
Freistadt	27 von 27	100	65	55	45
Gmunden	17 von 20	85	70	37	63
Grieskirchen	8 von 34	24	108	41	59
Kirchdorf an der Krems	12 von 23	52	45	25	75
Linz-Land	13 von 22	59	293	44	56
Perg	12 von 26	46	107	46	54
Ried im Innkreis	21 von 36	58	100	43	57
Rohrbach	24 von 42	57	69	33	67
Schärding	16 von 30	53	92	34	66
Steyr-Land	17 von 21	81	60	46	54
Urfahr-Umgebung	16 von 27	59	123	45	55
Vöcklabruck	36 von 52	69	119	40	60
Wels-Land	9 von 24	38	143	50	50

Im Mittel ergibt sich aus den Berechnungen auf Bezirksebene für das Bundesland Oberösterreich eine Verteilung von Mischkanal zu Trennkanal von ca. 40% zu 60%. Wenn man für die Bezirke Linz und Steyr einen Anteil an Mischkanalisation von ca. 80% annimmt, ergibt sich eine mittlere Verteilung von Mischkanal zu Trennkanal von ca. 45% zu 55%.

Bei Betrachtung der Einwohnerdichte fällt auf, dass mit abnehmender Einwohnerdichte der Anteil der Mischkanalisation abnimmt (Ausnahme Bezirk Wels). Die Bezirke mit einer Einwohnerdichte < 100 EW/km² weisen einen Anteil an Mischkanalisation von 25% bis 54%, im Mittel einen Anteil von 37% auf. Bei Bezirken mit einer Einwohnerdichte > 100 < 500 EW/km² steigt der Anteil der Mischkanalisation auf 40 - 50%, im Mittel auf 45%. Bei den Gemeinden Linz und Steyr wird ein Anteil der Mischkanalisation von ca. 80% angenommen (keine Daten verfügbar). Für den Bezirk Wels war eine Information verfügbar, daher muss die berechnete Verteilung zwischen Misch- und Trennkanal dort geprüft werden.

Die in MONERIS-Österreich verwendete Verteilung zwischen Mischkanal und Trennkanal in Abhängigkeit der Einwohnerdichte ist im Mittel für den größten Teil Oberösterreichs zutreffend. Für weitere Berechnungen im Rahmen dieses Projektes könnte überlegt werden, ob der Schwellenwert der Einwohnerdichte von 100 EW/km² für die Abgrenzung der Verteilung von Misch-/Trennkanal zwischen 50%/ 50% und 95%/ 5% erhöht werden sollte.

3. Betrachtung der Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern

3.1 Problematik

Interaktionen zwischen dem Grundwasser und Oberflächengewässern haben Auswirkungen auf die Beschaffenheit des jeweils anderen Kompartiments und hängen sehr stark von den gegebenen lokalen hydrogeologischen Situationen ab. Im MONERIS-Modell wird die Interaktion zwischen Grundwasser und den Oberflächengewässern nur in einer Richtung berücksichtigt: es wird davon ausgegangen, dass das Grundwasser innerhalb eines (oberirdisch abgegrenzten) Einzugsgebietes in die Oberflächengewässer des betreffenden Einzugsgebietes infiltriert und somit ein Nährstoffeintrag aus dem Grundwasser die im Oberflächengewässer transportierte Nährstofffracht beeinflusst.

Das MONERIS-Modell bilanziert die Stoffeinträge in Oberflächengewässer innerhalb oberirdisch abgegrenzter Einzugsgebiete. Wenn über die Grenzen der Einzugsgebiete hinweg nennenswerte Grundwasserströmungen stattfinden stellt sich die Frage, wie weit das die Ergebnisse des MONERIS-Modells beeinflussen kann.

Um abzuschätzen, welche der Einzugsgebiete durch die Problematik eines wesentlichen unterirdischen Austausches von Grundwasser und Nährstoffen betroffen sein können, wurden aus hydrogeologischer Sicht 3 Fälle unterschieden und deren Vorkommen innerhalb Oberösterreichs in bestimmten Regionen betrachtet:

- Gebiete in Festgesteinsbereichen
- Gebiete mit nennenswerten Dotationen zwischen benachbarten Grundwasserkörpern, die über die Grenzen des oberirdischen Einzugsgebietes hinausgehen
- Grundwasserkörper mit Versickerungen von Oberflächengewässern

Die Grundwasserkörper Oberösterreichs wurden hinsichtlich der Unterscheidung dieser 3 Fälle betrachtet. Für jeden dieser Fälle wurde versucht, die Auswirkungen der Situation auf die Ergebnisse des MONERIS-Modells abzuschätzen. In den folgenden Kapiteln werden diese 3 Fälle diskutiert.

3.2 Gebiete in Festgesteinsbereichen

Kristalline Bereiche (Grundwasserkörper Böhmisches Massiv)

Eine nennenswerte Grundwasserführung beschränkt sich in den Bereichen auf die oberflächennahen Verwitterungsbereiche, die den kristallinen Gesteinen auflagernden Sande und Kiese sowie Talfüllungen.

Die Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen ist abhängig von der Mächtigkeit und Verbreitung der Sedimente. In großen Beckenentwicklungen finden sich ergiebige Grundwasservorkommen, in Bereichen mit geringmächtigen Sedimenten ist die Ergiebigkeit eher gering.

Flysch (Grundwasserkörper Flyschzone)

Im Flysch beschränkt sich die Grundwasserführung im Wesentlichen auf Klüfte im Sandstein oder auf die dem Flysch aufliegenden Kiese.

Schlier (Grundwasserkörper Schlierhügelland)

Im Schlier selbst beschränkt sich die Wasserführung auf Klüfte. Nennenswerte ungespannte Grundwasservorkommen sind in diesen Grundwasserleitern nur in tertiären Sanden, Schottern und Alluvionen zu finden.

Karst- und Dolomitbereiche (Grundwasserkörper Nördliche Kalkalpen)

In den verkarsteten Bereichen finden sich Quellen mit starken Schüttungen und Schüttungsschwankungen, in den Dolomitbereichen Quellen mit eher geringen Schüttungen und Schüttungsschwankungen. Größere Mengen an Porengrundwasser sind mitunter in den Talfüllungen vorhanden.

Auswirkungen auf das MONERIS-Modell

Die dem MONERIS-Modell zugrunde liegenden Modellannahmen, dass innerhalb eines oberflächlich abgegrenzten Einzugsgebietes der Eintrag über das Grundwasser ebenfalls aus diesem Gebiet stammt, würden in den Festgesteinsbereichen Oberösterreichs großteils zutreffen. Bis auf die Quellen der Karst- und Dolomitbereiche kann man davon ausgehen, dass das Grundwasser großteils in den Niederungen der Flussläufe vorhanden ist und morphologisch gesehen aus dem oberirdisch abgegrenzten Einzugsgebiet stammt. Die räumliche Begrenzung des Grundwassers auf die Talfüllungen bewirkt, dass Einträge aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer nur aus den Begleitströmen oder den Quellen innerhalb des Gebietes kommen. In diesen Bereichen kann man demnach davon ausgehen, dass hinsichtlich der Einträge über den Grundwasserpfad die Gegebenheiten im Großteil der Einzugsgebiete mit dem MONERIS-Modell gut abgebildet sind.

In Beckenfüllungen (siehe Böhmisches Masse) können die Grundwasserströmungsverhältnisse von den Vorflutverhältnissen abweichen, was einen Grundwasserstrom über die oberirdischen Grenzen eines Einzugsgebietes hinweg bedeuten kann. Zum Einen sind die Ausdehnungen der Becken im Vergleich zur Gesamtgröße der Einzugsgebiete der Fließgewässer der Böhmisches Masse von einem Ausmaß, dass der Einfluss eventueller Grundwasserströmungen über die Einzugsgebietsgrenzen hinaus eher gering ist. Zum Anderen kann man davon ausgehen, dass aufgrund von Denitrifikationsprozessen der über das Grundwasser in Oberflächengewässer eingetragene Stickstoff aus den Nahbereichen der Fließgewässer kommt, und daher Grundwasserströmungen aus benachbarten Einzugsgebieten für die Emissionsberechnungen von untergeordneter Bedeutung sind.

Im Karst- und Dolomitbereich kann es durchaus zu Wasserbewegungen über den Untergrund von einem in ein anderes oberirdisch abgegrenzte Einzugsgebiet kommen. Da jedoch die unterschiedlichen Gebiete im Karst- und Dolomitbereich sich in Hinblick auf ihre Eigenschaft als Quelle von Nährstoffeinträgen kaum

unterscheiden und die Wasserbilanz durch gemessene Abflusswerte bestimmt wird, stellt dies kein grundsätzliches Problem für die Berechnungen mit MONERIS dar.

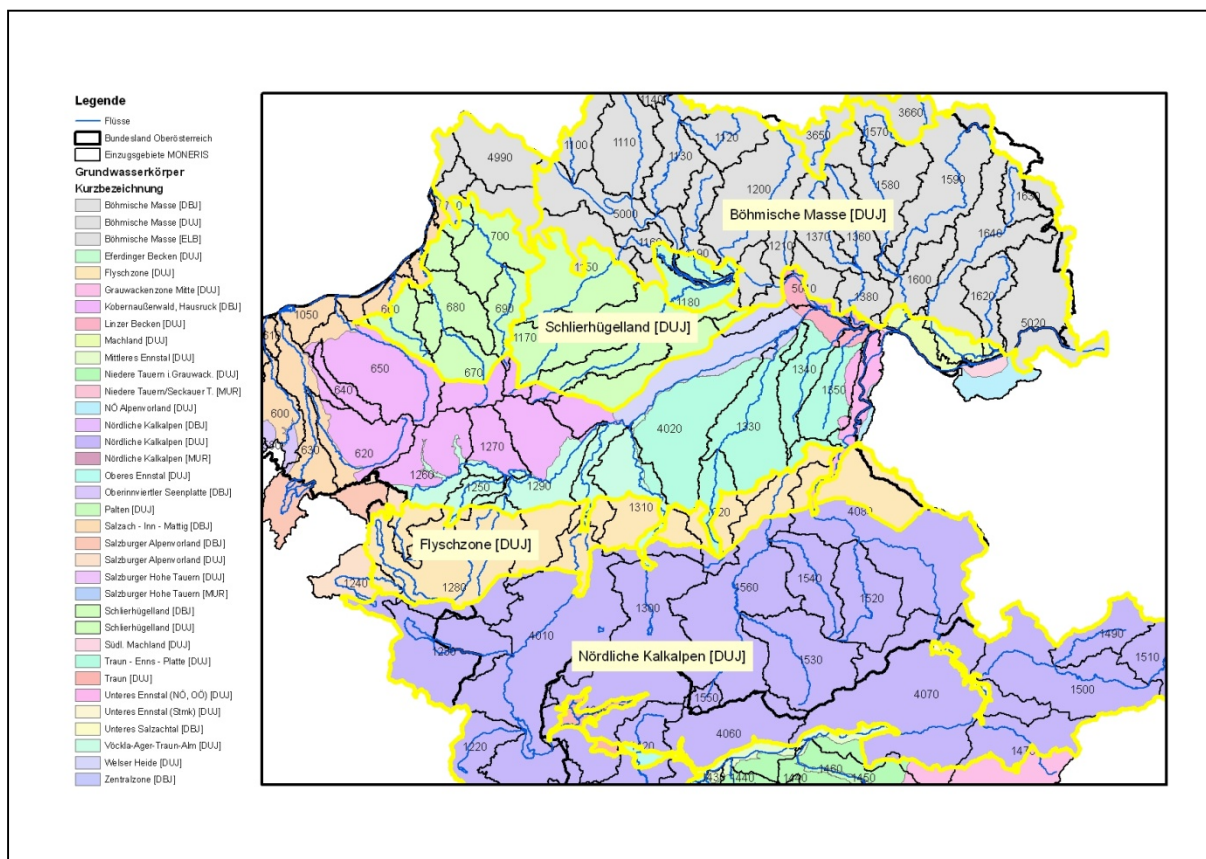


Abbildung 14: Grundwasserkörper Böhmisches Masse, Schlierhügelland, Flyschzone und Nördliche Kalkalpen (gelb hervorgehoben) mit der vom MONERIS-Modell verwendeten, oberirdischen Abgrenzung der Einzugsgebiete

In Abbildung 14 sind die Grenzen der Grundwasserkörper Böhmisches Masse, Schlierhügelland, Flyschzone und Nördliche Kalkalpen (gelb hervorgehoben) zusammen mit den für MONERIS abgegrenzten, oberirdischen Einzugsgebieten der Flüsse dargestellt. Die Einzugsgebiete nördlich der Donau befinden sich fast ausschließlich im Bereich des Grundwasserkörpers Böhmisches Masse. Im Bereich des Grundwasserkörpers Nördliche Kalkalpen befinden sich hauptsächlich die oberen Teile der Einzugsgebiete der Traun, Steyr und Enns. In den Grundwasserkörpern Schlierhügelland sind die Flüsse des Innviertels Antiesen, Pram bis hin zum Innbach zu finden. Für diese Einzugsgebiete kann man aufgrund der oben beschriebenen hydrogeologischen Charakteristika davon ausgehen, dass die Modellvorstellung in MONERIS, wonach Stoffeinträge aus einem geschlossenen oberirdisch abgrenzbaren Einzugsgebiet stammen, für die Berechnung der Stoffeinträge über das Grundwasser kein Problem verursachen.

3.3 Gebiete mit nennenswerten Dotationen zwischen benachbarten Grundwasserkörpern

Im MONERIS-Modell wird davon ausgegangen, dass die Stoffeinträge ins Grundwasser aus Aktivitäten im Einzugsgebiet stammen, und dass das Grundwasser

zum Stoffeintrag in das Oberflächengewässer des betreffenden Einzugsgebietes beiträgt. Wenn nun zwischen zwei oder mehreren benachbarten oberirdisch abgegrenzten Einzugsgebieten nennenswerte Grundwasserzu- oder -abströme zu verzeichnen sind, kann dies für die Berechnung von Stoffeinträgen über das Grundwasser relevant sein, da nicht alle Stoffeinträge dem oberirdischen Einzugsgebiet zugeordnet werden können.

Nennenswerte Dotationen zwischen Grundwasserkörpern, die ebenfalls über die Grenzen der oberirdischen Einzugsgebiete hinausgehen, werden für folgende Grundwasserkörper angegeben:

- GWK Kobernaußewald, Hausruck
- GWK Vöckla-Ager-Traun-Alm
- GWK Eferdinger Becken
- GWK Welser Heide
- GWK Linzer Becken
- GWK Marchland

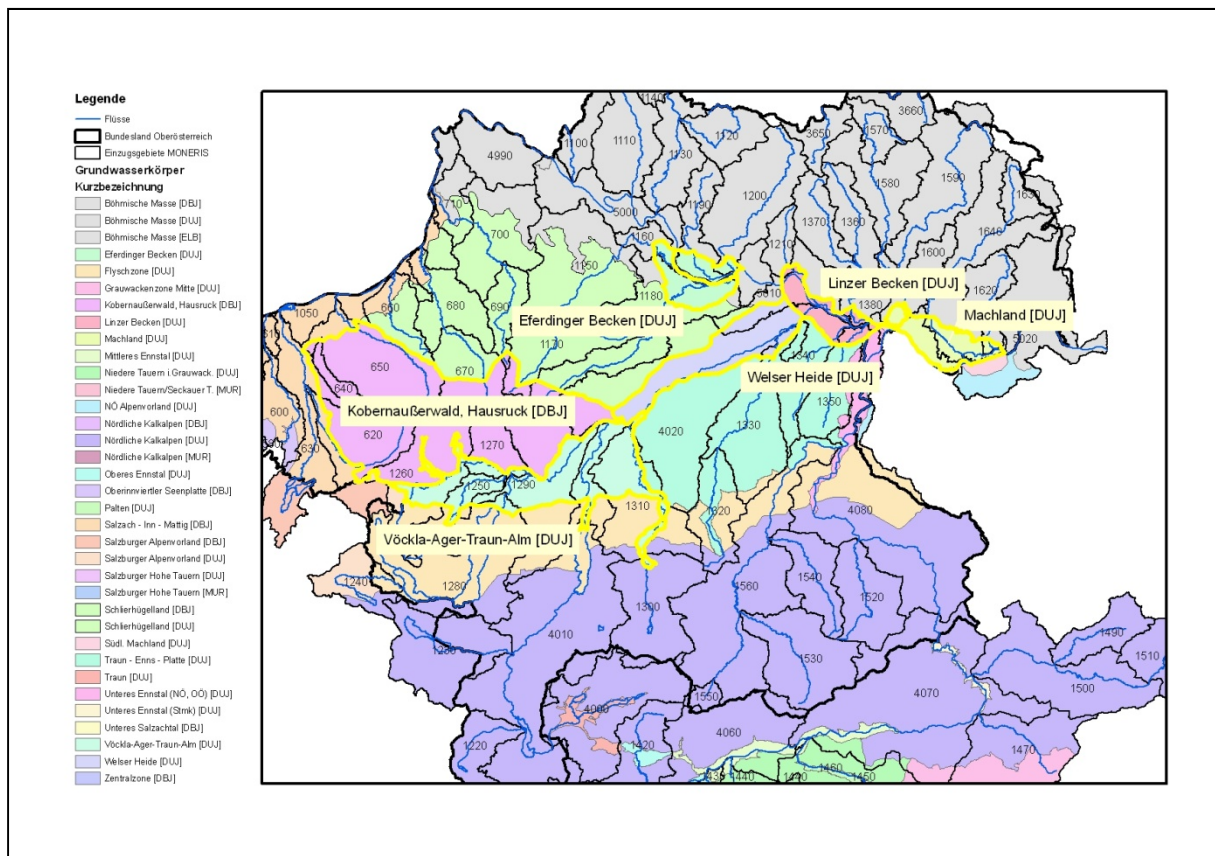


Abbildung 15: Grundwasserkörper Kobernaußewald, Hausruck, Vöckla-Ager-Traun-Alm, Eferdinger Becken, Welser Heide, Linzer Becken und Marchland (gelb hervorgehoben) mit der vom MONERIS-Modell verwendeten Abgrenzung der Einzugsgebiete

Abbildung 15 veranschaulicht die Lage der aufgelisteten Grundwasserkörper (Grenzen der Grundwasserkörper sind gelb hervorgehoben) im Bezug zu den Abgrenzungen der oberirdischen Einzugsgebiete des MONERIS-Modells.

Betroffene Einzugsgebiete sind in erster Linie die der Vöckla, der Ager und der Traun. Dort werden Dotationen aus dem GWK Kobernaußewald hin zum GWK Vöckla-Ager-Traun-Alm berichtet. Im weiteren Verlauf durchfließt die Traun den GWK Welser Heide, welcher aus dem benachbarten GWK Schlierhügelland dotiert wird. Generell ist schwer zu beurteilen, wie stark sich die Dotationen auf die Bilanzierung der Stoffeinträge aus dem Grundwasser ins Oberflächengewässer auswirken. Aufgrund des Umstandes, dass die über das Grundwasser in die Oberflächengewässer eingetragenen Stickstoffemissionen überwiegend aus dem Nahbereich der Fließgewässer stammen (aufgrund der Denitrifikation im Grundwasser verringert sich die Stickstofffracht mit zunehmendem Fließweg; daher ist der Eintrag von Flächen mit langen Fließwegen und –zeiten in die Oberflächengewässer eher gering), sollte dieser Umstand jedoch nicht überbewertet werden. So mag es zwar sein, dass Grundwasser aus einem benachbarten Einzugsgebiet in ein Fließgewässer gelangt, der Nährstofftransport über diesen Grundwasserstrom ist jedoch aufgrund der vergleichsweise hohen Fließstrecken voraussichtlich ohne wesentliche Bedeutung. Gerade im Traun-Einzugsgebiet spielt die Größe des betrachteten Einzugsgebietes ebenfalls eine entscheidende Rolle, so dass der Einfluss der Dotationen auf die Bilanzierung des gesamten Einzugsgebietes eher als gering betrachtet wird.

Die Grundwasserkörper Linzer Becken, Eferdinger Becken und Marchland haben aufgrund ihrer Größe einen lokalen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit. Aufgrund der Betrachtung des gesamten Flusseinzugsgebietes und der bereits diskutierten Herkunft von Stickstoffemissionen, die über das Grundwasser eingetragen werden, ist anzunehmen dass dieser Einfluss in seiner Bedeutung eher gering ist. Daher wird auch für die Einzugsgebiete, die Anteile an den betreffenden Grundwasserkörpern haben, davon ausgegangen, dass die Berechnungen mit dem MONERIS-Modell zu aussagekräftigen Ergebnissen führen.

3.4 Gebiete mit Versickerungen von Oberflächengewässern

Für einige Grundwasserkörper in Oberösterreich wird berichtet, dass die Grundwasserneubildung zum Großteil über versickerndes Oberflächenwasser erfolgt. Neben den bereits im vorangegangenen Kapitel besprochenen Grundwasserkörpern Vöckla-Ager-Traun-Alm und Welser Heide betrifft dies auch noch die Grundwasserkörper Traun-Enns-Platte und Salzach-Inn-Mattig.

Grundwasserkörper Salzach-Inn-Mattig [DBJ]

In der hydrogeologischen Charakterisierung des Grundwasserkörpers ist erwähnt, dass "...die Grundwassererneuerung der mächtigen Schotterkörper vorwiegend durch versickerndes Oberflächenwasser erfolgt. Sobald die aus Süden kommenden Gerinne die Niederterrasse erreichen geben sie an den Untergrund Wasser ab, z. T. versickern sie sogar völlig. Der im besagten Gebiet in der Hauptsache nach Norden gerichtete Grundwasserstrom tritt in weiterer Folge am Nordabfall zum Inn in Form von großen Quellen und diffusen Grundwasseraustritten zutage."

Es wird erwähnt, dass das Grundwasser des Mattigtals auch durch eine Versickerungsanlage angereichert wird.

Von dieser Situation betroffen sind die Einzugsgebiete der Mattig und der Enknach, welche sich nahezu vollständig innerhalb des Grundwasserkörpers befinden.

Grundwasserkörper Traun-Enns-Platte [DUJ]

Die hydrogeologische Charakterisierung des Grundwasserkörpers beschreibt die Situation wie folgt:

„...Die Grundwasserneubildung erfolgt im Wesentlichen durch die Versickerung von Oberflächenwasser, da die diversen Schotter fast durchwegs von Deckschichten (Lößlehm, in der Umgebung von Kremsmünster auch Moränen) überlagert werden. ...Sobald die Gerinne die Moränen verlassen, beginnen sie, Wasser an den Untergrund abzugeben, z. T. versickern sie sogar ganz. Bei Erreichen der Schlieroberkante kommt es wiederum zum Austritt von Grundwasser bzw. Quellen.“

Betroffen sind die beiden Einzugsgebiete der Krems, welche sich nahezu vollständig innerhalb der Grenzen des Grundwasserkörpers befinden.

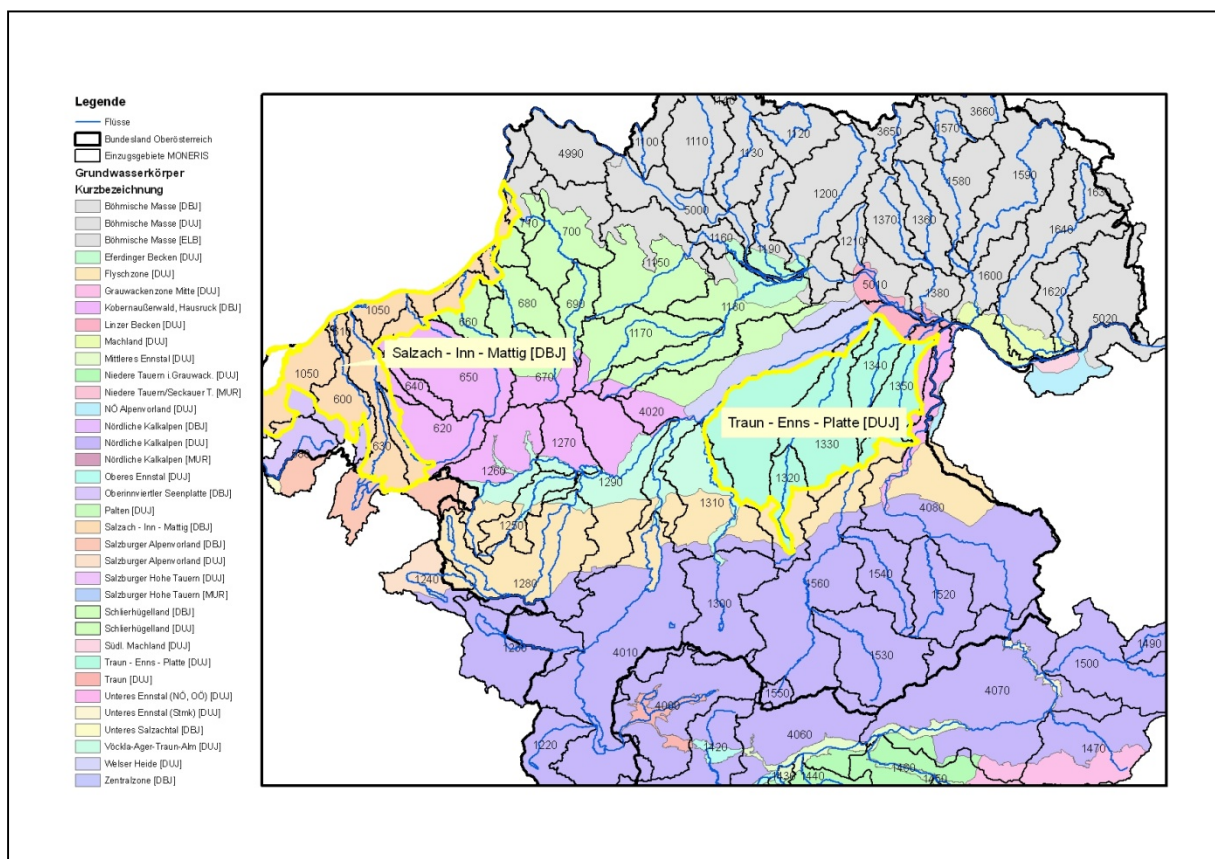


Abbildung 16: Grundwasserkörper Traun-Enns-Platte und Salzach-Inn-Mattig (gelb hervorgehoben) mit der vom MONERIS-Modell verwendeten Abgrenzung der Einzugsgebiete

Gerade für Einzugsgebiete, die sich (fast) vollständig in dem betreffenden Grundwasserkörper befinden und diese Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern stark ausgeprägt ist, kann es zu einer Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit durch versickerndes Oberflächenwasser kommen. In Abbildung 16 ist die Lage der betroffenen oberirdischen Einzugsgebiete in Relation zu den genannten Grundwasserkörpern dargestellt.

Für die betroffenen Einzugsgebiete der Mattig, Enknach und Krems scheint die Situation in Hinblick auf die Modellergebnisse vorteilhaft zu sein, dass es neben der starken Interaktionen bzw. den Versickerungen von Oberflächengewässern ins Grundwasser zu einem Nettoabfluss über das Grundwasser aus dem Gebiet kommt, da das im Oberlauf versickernde Oberflächenwasser in den unteren Bereichen der Einzugsgebiete wieder aus dem Grundwasser in die Fließgewässer exfiltriert. D.h. es kann angenommen werden, dass das versickernde Wasser zum Großteil innerhalb der oberirdisch abgegrenzten Einzugsgebiete wieder den Fließgewässern zufließt und sich aufgrund der möglichen Bilanzierbarkeit der Wassermengen innerhalb der Einzugsgebiete somit keine völlig geänderte Situation gegenüber den Modellannahmen ergibt.

4. Modellvalidierung MONERIS Oberösterreich

4.1 Pegelabgleich Frachten

Beim Pegelabgleich werden für den gelösten anorganischen Stickstoff (Dissolved Inorganic Nitrogen, $DIN = NO_3-N + NO_2-N + NH_4-N$) und für den Gesamtphosphor aus der unfiltrierten Probe (TP) die beobachteten Frachten den modellierten Frachten gegenübergestellt. Dazu werden flächenspezifische Frachten verwendet. Die flächenspezifische Fracht errechnet sich aus der Gesamtfracht an einem Gebietsauslass dividiert durch die Einzugsgebietsfläche (inklusive der oberhalb gelegenen Einzugsgebiete). Durch diese Darstellung wird der Einfluss der Einzugsgebietsgröße auf die Gewässerfracht eliminiert, und Unterschiede in der flächenspezifischen Fracht ergeben sich allein durch Unterschiede in der Typologie und der Bewirtschaftung des Einzugsgebietes. Ein Pegelabgleich für den Gesamtstickstoff (TN) ist nicht möglich, da für diesen Parameter keine Messdaten vorhanden sind.

Abbildung 17 zeigt den Pegelabgleich für DIN. Zum Einen wird der Pegelabgleich aller österreichischen Messstellen aus MONERIS-Österreich dargestellt, zum Anderen der Pegelabgleich für die oberösterreichischen Messstellen aus der aktualisierten MONERIS-Anwendung für Oberösterreich. Bei den oberösterreichischen Messstellen sind in der Abbildung jene Messstellen gesondert hervorgehoben, die am Gebietsauslass von Teileinzugsgebieten der in Kapitel 7 näher betrachteten Beispielregionen liegen. Für den Pegelabgleich von DIN zeigt sich, dass die oberösterreichischen Validierungsgebiete ein ähnliches Muster zeigen wie die österreichischen Einzugsgebiete. Allerdings ist der Anteil der oberösterreichischen Gebiete im Bereich der höheren flächenspezifischen Frachten größer als in ganz Österreich. Für die oberösterreichischen Gebiete gilt wie für die Österreichischen, dass für eine Großteil der Gebiete die Abweichung der modellierten flächenspezifischen Fracht von der beobachteten Fracht $< 30\%$ beträgt. Nur 6 von 36 Einzugsgebieten liegen über dieser Abweichung. Auffällig ist, dass die höchsten flächenspezifischen Frachten in den Einzugsgebieten der Beispielregion Traun-Enns (Krems, Ipfbach, Kristeinerbach - siehe auch Kapitel 7) auftreten. Dies wird auch durch die Modellierung wiedergegeben. Allerdings ist in diesen Gebieten mit den höchsten flächenspezifischen Frachten zumeist eine Unterschätzung der beobachteten Fracht gegeben. In den anderen Beispielregionen (Innviertel 2, Mühlviertel Ost, Mühlviertel West) liegen die gemessenen flächenspezifischen Frachten in der gleichen Größenordnung ($11 - 14 \text{ kg DIN}/(\text{ha} \cdot \text{a})$). Die Modellierung weist dagegen in den Einzugsgebieten der Beispielregion Innviertel 2 etwas höhere flächenspezifische Frachten aus als in den beiden Regionen des Mühlviertels. Für die Beispielregion Innviertel 1 gab es keine Messstelle am Auslass eines der betrachteten Einzugsgebiete, für welche beobachtete Frachten den modellierten Frachten gegenübergestellt werden konnten.

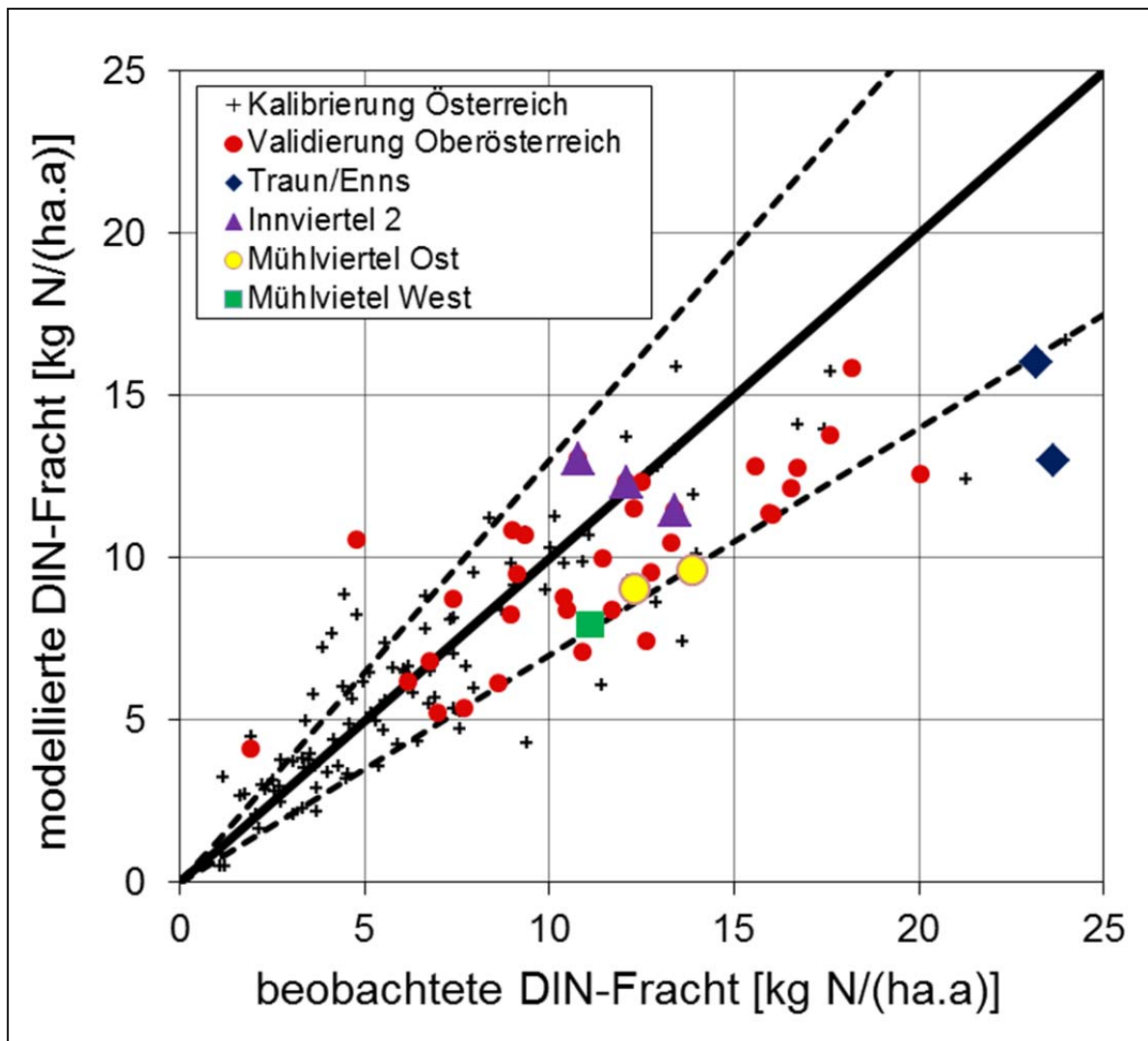


Abbildung 17: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter mittlerer jährlicher Frachten am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete für den Zeitraum 2001-2006 für DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen, $\text{DIN} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$)

Auch beim TP fällt der Vergleich zwischen beobachteten und modellierten Frachten für die oberösterreichischen Messstellen ähnlich aus wie für Messstellen in ganz Österreich (Abbildung 18). Die Abweichung der modellierten von den gemessenen Frachten ist für TP generell höher als für DIN. Bei 17 von 36 Messstellen kommt es zu einer Abweichung zwischen beobachteten und modellierten Gewässerfrachten von $> 30\%$. Dieser im Vergleich zum DIN schlechtere Pegelabgleich dürfte in erster Linie darauf zurückzuführen sein, dass der Transport von TP stark an den partikulären Transport gebunden ist und damit stark von hydrologischen Ereignissen (z.B. Hochwasser) beeinflusst wird. Durch dieses instationäre Verhalten des Transportes ist sowohl die Frachterhebung als auch die Modellierung mit höheren Unsicherheiten behaftet.

Die höchsten flächenspezifischen Gewässerfrachten werden in den Einzugsgebieten der Beispielregion Innviertel II gemessen. Dies wird im Großen und Ganzen auch durch die Modellierung wiedergegeben. Allerdings weist die Modellierung auch für das Traun-Enns Gebiet teilweise ähnlich hohe Frachten (Krems) aus, welche durch die Messungen nicht bestätigt werden. Generell kommt es im Beispielgebiet der Traun-Enns im Vergleich mit den Messungen zu einer Überschätzung der Gewässerfrachten. Die Gewässerfrachten im Mühlviertel sind deutlich geringer als im

Innviertel und im Gebiet zwischen Traun und Enns. Dies wird durch Beobachtung und Modellierung in gleicher Weise ausgewiesen.

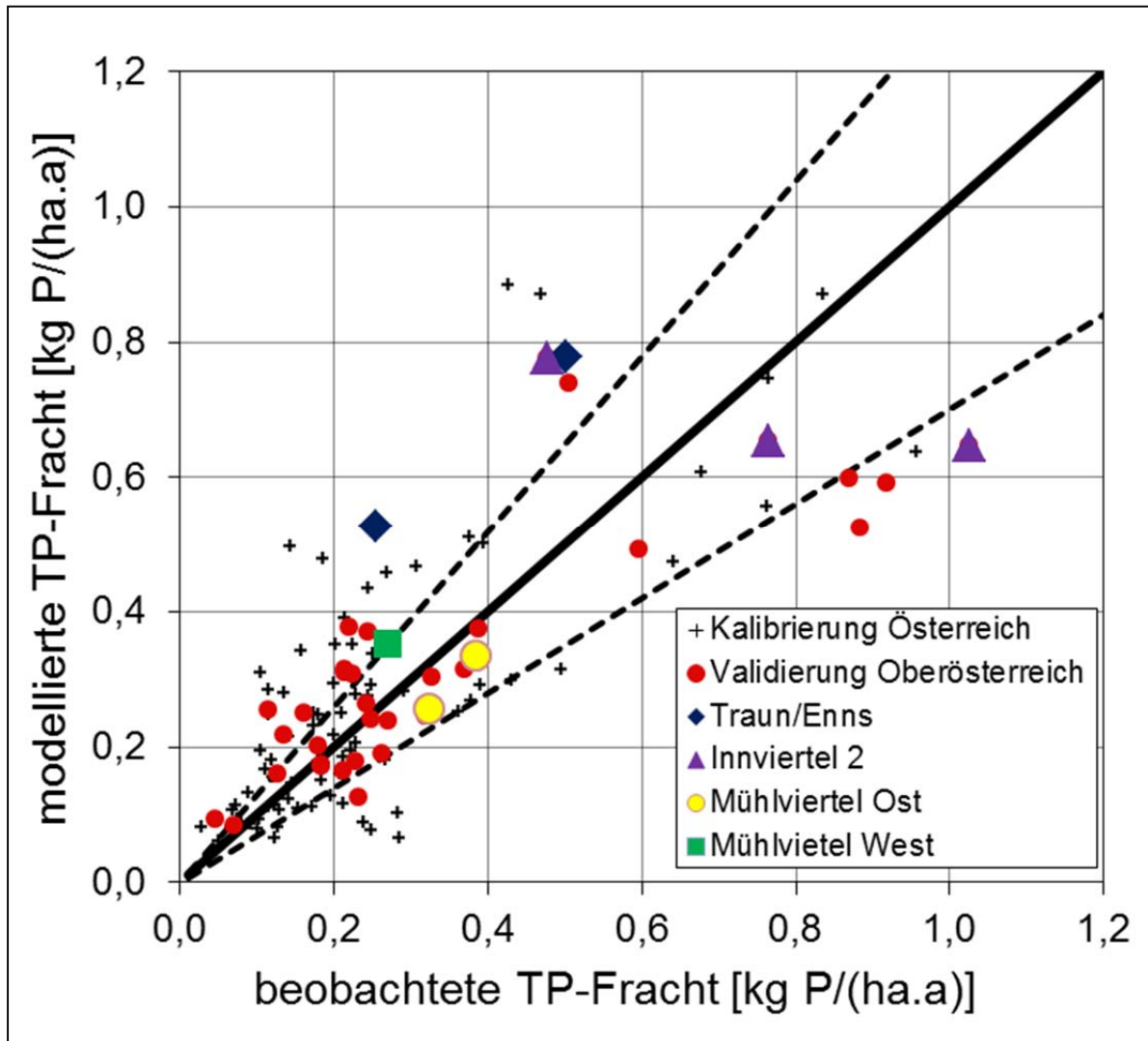


Abbildung 18: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter mittlerer jährlicher Frachten am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete für den Zeitraum 2001-2006 für TP

4.2 Pegelabgleich Konzentrationen

Während MONERIS in seiner ursprünglichen Version in erster Linie zur Berechnung der Emissionsfrachten und der Gewässerfrachten von TP, TN und DIN entwickelt wurde, sind für Fragestellungen zur Betrachtung der lokalen Gewässergüte auch die Zusammenhänge zwischen Emissionsfrachten und Gewässerkonzentrationen von Interesse. Da durch die Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer in Österreich typenspezifische Richtwerte für die Nährstoffparameter $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{PO}_4\text{-P}$ als 90%-Perzentile definiert wurden, war es das Ziel auch diese Parameter modellieren zu können. Im Zuge der MONERIS Adaptierung, Erweiterung und Anwendung für Österreich wurde daher eine Anwendung implementiert und kalibriert, welche die Berechnung von 90%-Perzentilen für $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{PO}_4\text{-P}$ im Gebietsauslass aller Teileinzugsgebietes aus den Emissionsfrachten ermöglicht (Zessner *et al.*, 2011).

Diese Anwendung wurde auch für Oberösterreich umgesetzt. Eine Gegenüberstellung der beobachteten und modellierten 90%-Perzentile der $\text{NO}_3\text{-N}$ Konzentrationen am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete ist in Abbildung 19 dargestellt. Neben den Gebietsauslässen, für welche Frachten berechnet werden konnten, wurde diese Darstellung durch Daten weiterer Messstellen ergänzt. Für diese Ergänzung wurden die beobachteten 90% $\text{NO}_3\text{-N}$ -Perzentile von Messstellen an Gebietsauslässen der Einzugsgebiete der Beispielregionen (siehe auch Kapitel 7) herangezogen, für welche aufgrund des Fehlens geeigneter Abflusspegel keine Frachten berechnet werden konnten. Die Anzahl der Vergleichspunkte für die Konzentrationen ist in den Beispielregionen daher höher als jene für die Frachten. Für den Konzentrationsvergleich konnten somit auch zwei Messstellen aus der Beispielregion Innviertel I genutzt werden.

Der Konzentrationsvergleich der 90%-Perzentile des $\text{NO}_3\text{-N}$ zeigt ein ähnliches Bild wie der Frachtvergleich für DIN. Wiederum ist die Abweichung zwischen beobachteten und modellierten Konzentrationen zumeist $< 30\%$. Die höchsten Konzentrationen werden für die Traun-Enns-Platte beobachtet und modelliert, wobei es in diesem Bereich wiederum tendenziell zu einer Unterschätzung der Konzentrationen durch die Modellierung kommt. Kein Unterschied ist bei Messung und Modellierung zwischen den beiden Regionen im Innviertel zu erkennen. In beiden Regionen werden die Beobachtungen durch Modellierung gut abgebildet. Für das östliche Mühlviertel (abflussarm) werden bei geringeren modellierten, flächenspezifischen Gewässerfrachten ähnliche Konzentrationen modelliert, wie für das Innviertel. Die Messungen weisen im östlichen Mühlviertel bei ähnlichen gemessenen flächenspezifischen Frachten jedoch höhere Konzentrationen aus als im Innviertel. Im östlichen Mühlviertel kommt es tendenziell durch die Modellierung im Vergleich mit den Beobachtungen zu einer Unterschätzung. Das westliche Mühlviertel weist die geringsten modellierten und beobachteten Konzentrationen auf. Tendenziell kommt es auch hier zu einer Unterschätzung durch die Modellierung.

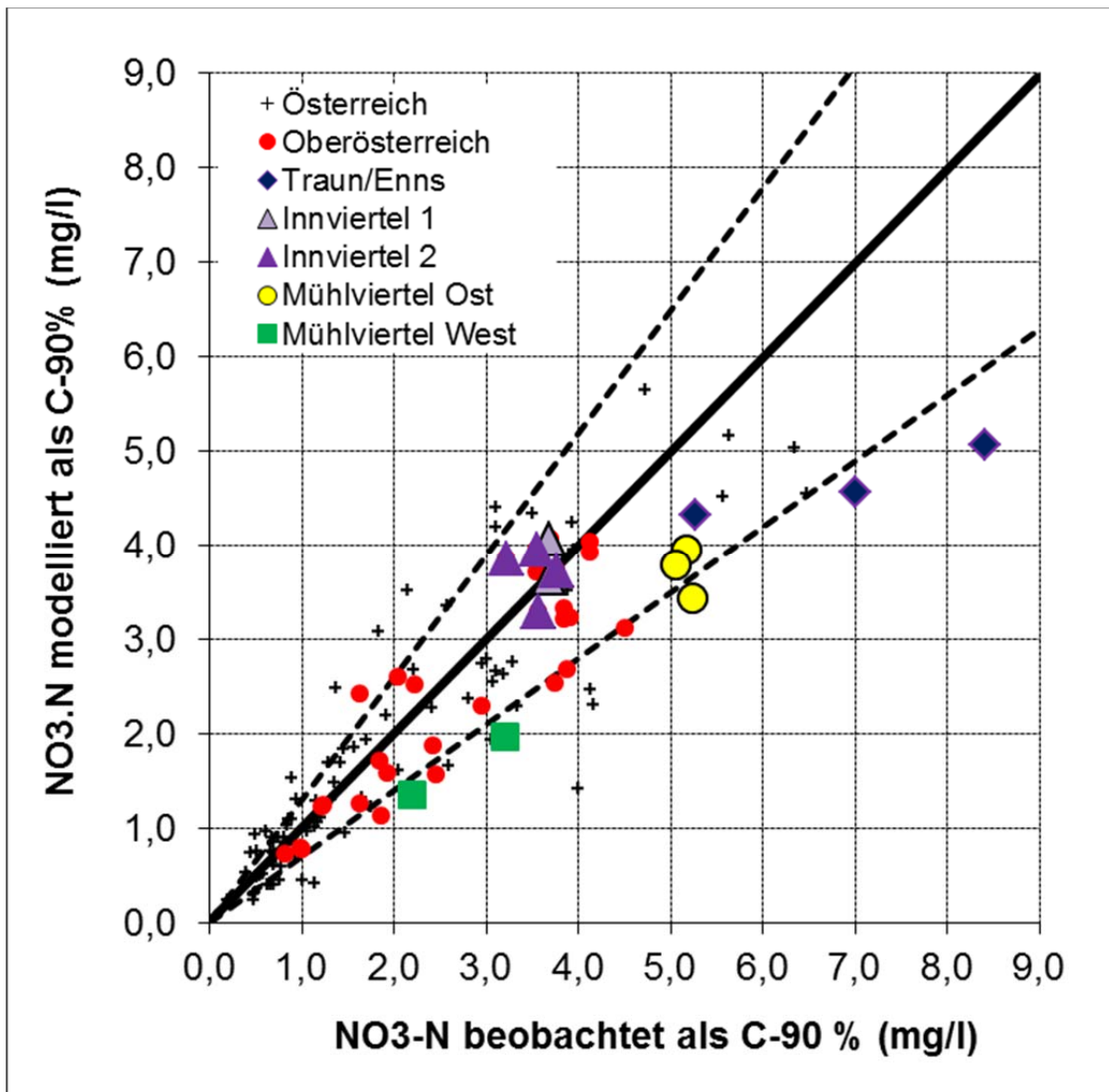


Abbildung 19: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter 90 % Perzentile der $\text{NO}_3\text{-N}$ Konzentrationen am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete im Zeitraum 2001-2006.

Der Konzentrationsvergleich für das 90%-Perzentil der $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen zeigt im Vergleich zu $\text{NO}_3\text{-N}$ eine schlechtere Übereinstimmung zwischen gemessenen und modellierten Konzentrationen (Abbildung 20). Vor allem bei höheren beobachteten Konzentrationen kommt es teilweise zu einer deutlichen Unterschätzung durch die Modellierung. Dies ist ein Ergebnis, welches bei der Anwendung in Österreich nicht in diesem Ausmaß zu erkennen war und sich am stärksten in den Einzugsgebieten der Beispielregion östliches Mühlviertel zeigt. In diesen Einzugsgebieten werden ähnliche Konzentrationen gemessen wie im Innviertel, die Modellierung weist jedoch deutlich geringere Konzentrationen aus. Im Innviertel werden die gemessenen Konzentrationen teilweise gut wiedergeben, teilweise etwas unterschätzt. Erwähnt werden muss hier, dass an der Messstelle der oberen Pram, welche am Gebietsauslass des Modelleinzugsgebietes ID 690 gelegen ist, zeitweise extrem hohe $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen gemessen wurden, welche zu einem 90%-Perzentilwert führen, der weit über den in den anderen Messstellen der Pram oder anderer oberösterreichischer Gewässer gelegen ist. Diese Konzentrationen treten überwiegend bei Niederwassersituationen auf und dürften auf

lokale, zeitweilige Belastungen (Punkteinleitungen) hinweisen, die nicht durch die Modellierung bzw. das verwendete Datenmaterial abgebildet werden. Diese Messstelle ist daher in Abbildung 20 nicht dargestellt. Im Beispielgebiet Traun-Enns kommt es durch die Modellierung tendenziell zu einer Überschätzung der Messwerte. Im westlichen Mühlviertel werden die geringsten Konzentrationen gemessen und modelliert.

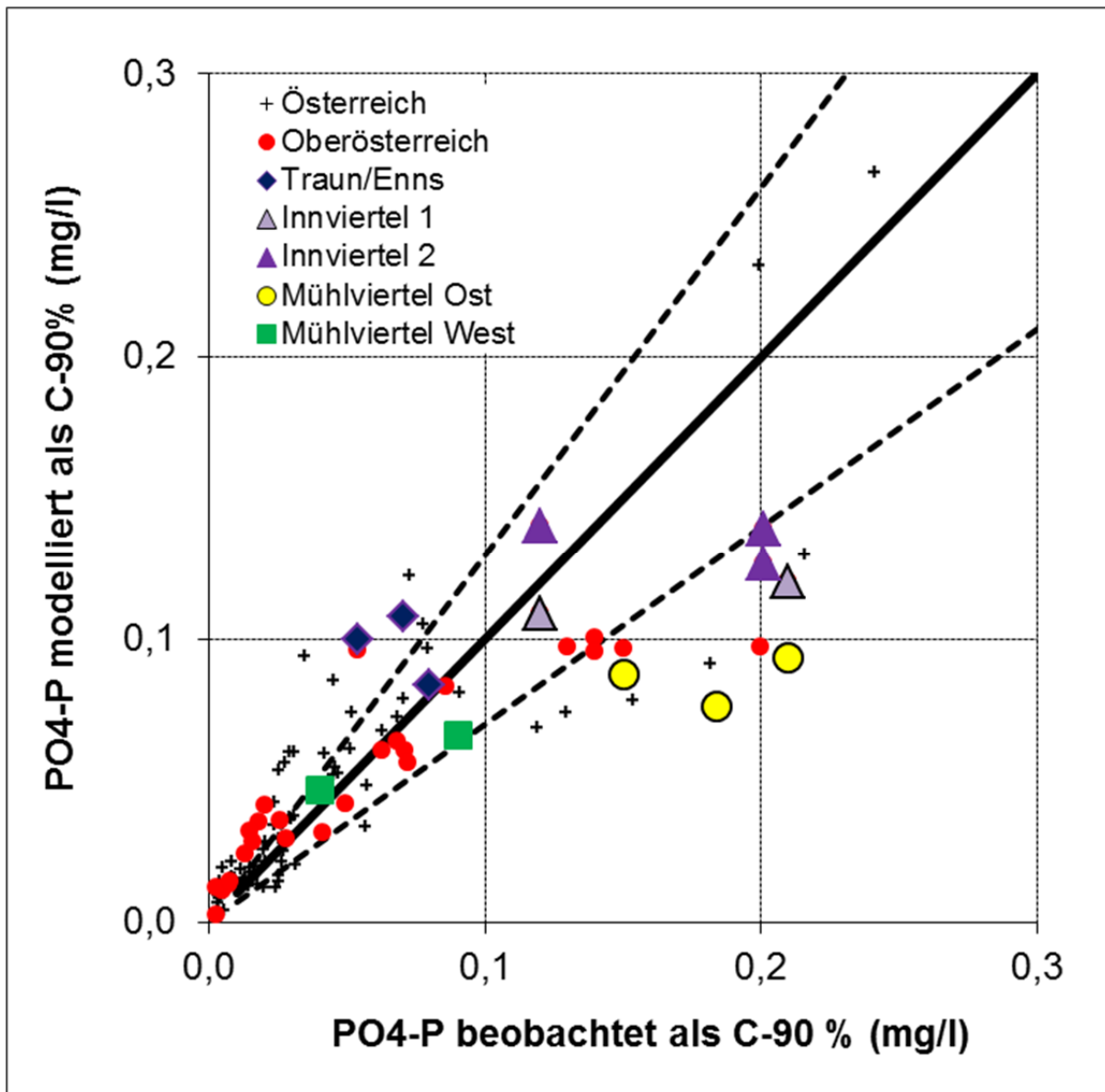


Abbildung 20: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter 90 % Perzentile der $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete im Zeitraum 2001-2006.

Zum Vergleich mit Abbildung 20 ist in Abbildung 21 auch der Pegelabgleich für den Mittelwert der TP Konzentrationen an den Gebietsauslässen der Modelleinzugsgebiete dargestellt. Bei den beobachteten Mittelwerten wurde dabei nicht das arithmetische Mittel der Messwerte verwendet, sondern der Abflussgewichtete Mittelwert, welcher aus der mittleren Fracht über die Jahre 2001 bis 2006 durch den mittleren Abfluss dieses Zeitraums berechnet wurde. Für das Innviertel zeigt sich wieder eine recht weite Streuung der beobachteten Konzentrationen bei relativ einheitlichen Modellergebnissen, welche sich aus der ähnlichen Struktur der Einzugsgebiete ergibt. Eingangsdaten und Modellierung können somit die Unterschiede in den Konzentrationen nicht erklären. Für das Beispielgebiet zwischen

Traun und Enns zeigt sich wiederum die Tendenz zur Überschätzung durch die Modellierung. Für das westliche Mühlviertel ergeben sich wieder die geringsten beobachteten und modellierten Konzentrationen. Auffällig ist, dass bei den TP-Mittelwerten die Konzentrationen deutlich unter jenen der anderen betrachteten Beispielregionen liegen als bei den 90%-Perzentilen der $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen. Dies zeigt den vergleichsweise hohen Eintrag von gelösten P-Formen, welcher sich auch bei näherer Betrachtung der Eintragspfade erkennen lässt (Kapitel 7).

Besonders auffällig sind aber die Ergebnisse des östlichen Mühlviertels. Während die 90%-Perzentile der $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen in diesem Gebiet zu den Höchsten in Oberösterreich gehören und durch Eingangsdaten und Modellierung in dieser Höhe nicht erklärt werden können, liegen die mittleren TP-Konzentrationen deutlich unter jenen einer Reihe von Einzugsgebieten des Innviertels. Auch lassen sich die TP-Konzentrationen im östlichen Mühlviertel durch die Modellierung gut abbilden. Im Vergleich zu anderen Einzugsgebieten ist im Mühlviertel demnach der Anteil des $\text{PO}_4\text{-P}$ am TP deutlich höher bzw. spielen einzelne erhöhte $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen für die Bestimmung des 90%-Perzentsils eine größere Rolle als in anderen Regionen, wodurch die Differenz zwischen Mittelwert und 90%-Wert zunimmt.

Insgesamt zeigt der Vergleich zwischen Abbildung 20 und Abbildung 21, dass für einzelne Einzugsgebiete (vor allem im östlichen Mühlviertel) der gewählte Ansatz zur Transformation der berechneten TP-Frachten auf 90%-Perzentile von $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen noch Schwächen aufweist, die bei der Anwendung für ganz Österreich nicht zu erkennen waren. Eine weitere Optimierung sollte hier angestrebt werden.

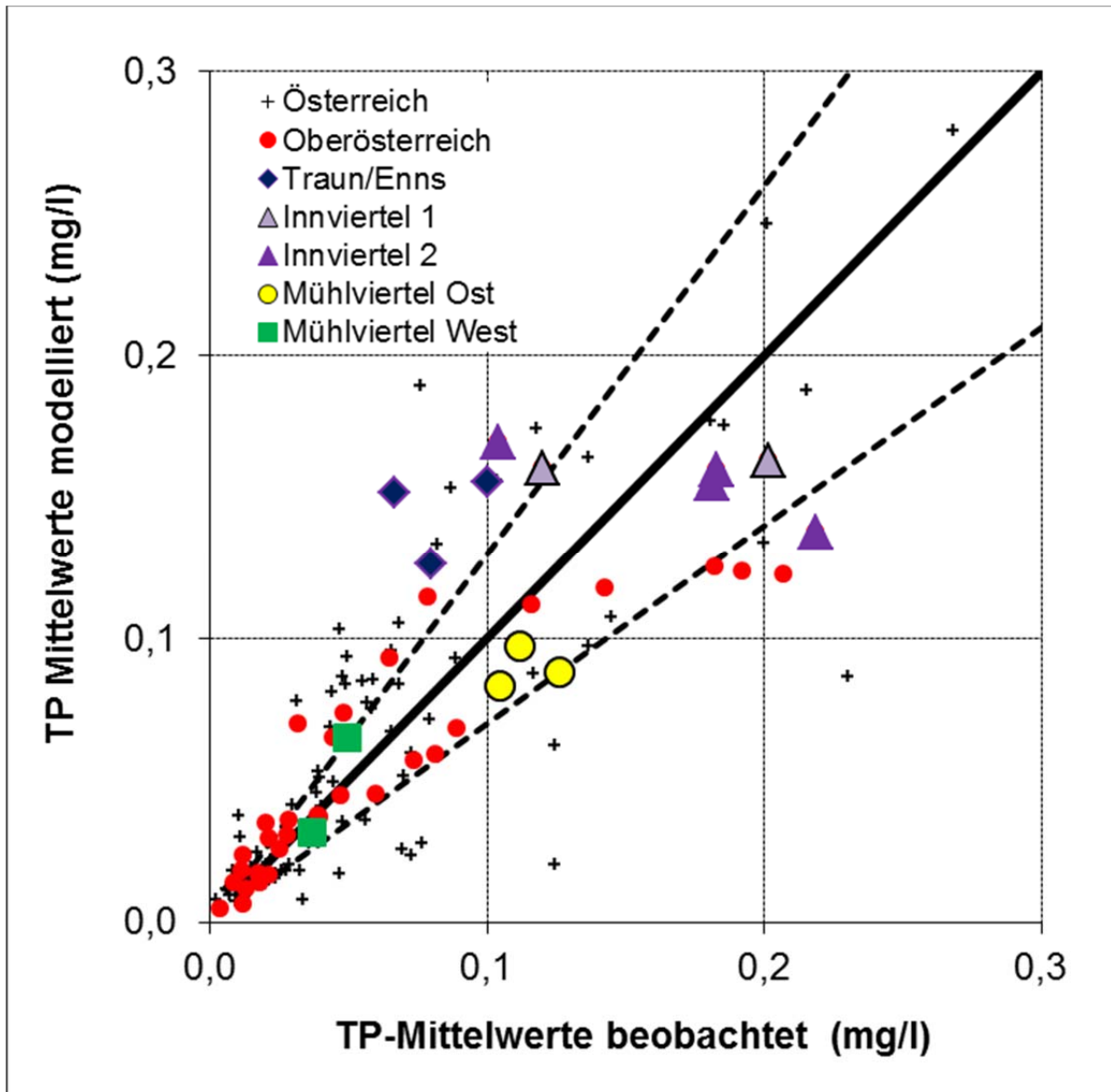


Abbildung 21: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter Mittelwerte der TP-Konzentrationen am Gebietsauslass der Modelleinzugsgebiete im Zeitraumes 2001-2006. Der beobachtete Mittelwert ist ein abflussgewichteter Mittelwert der Konzentrationen, welcher aus der mittleren Fracht über die Jahre 2001 bis 2006 durch den mittleren Abfluss dieses Zeitraums berechnet wurde.

4.3 Plausibilitätsüberlegungen Grundwasserkonzentrationen

MONERIS wurde zur Berechnung von Emissionen in Fließgewässern entwickelt. Dabei wurde das Grundwasser nur als Transportmedium für Nährstoffe betrachtet. Das Modellverständnis dabei ist, dass die Nährstoffe aus dem Oberboden ausgewaschen und über Sickerwasser und in Folge über Zwischenabfluss oder Grundwasser in die Fließgewässer transportiert werden. Stickstoff ist während des Transportes von der Bodenoberfläche über das Grundwasser in die Fließgewässer einer Reihe von Umwandlungsprozessen unterworfen, von denen die Denitrifikation von NO_3 zu N_2 oder N_2O zu einer Entfernung von Nitrat aus der Wasserphase führt. In MONERIS wird ausgehend von den Stickstoffüberschüssen auf der Fläche ein Stickstoffeintrag über das Grundwasser in die Fließgewässer berechnet. Dabei wird vorerst über den rechnerisch ermittelten Überschuss auf der Fläche und die

Sickerwassermenge der Teileinzugsgebiete die mittlere potentielle Sickerwasserkonzentration errechnet. Dann werden empirisch abgeleitete Formeln zur Berechnung der Denitrifikation auf der Fließstrecke zwischen Boden und Fließgewässer unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Situation des Gebietes verwendet und aus der potentiellen Sickerwasserkonzentration die mittlere Konzentration, mit der das Grundwasser (inklusive Zwischenabfluss) die Fließgewässer erreicht (Konzentration bei Exfiltration), berechnet.

Im Zuge der in diesem Projekt durchgeführten Arbeiten wurde zusätzlich die Denitrifikation im Oberboden und in der ungesättigten Zone separat ermittelt. Dadurch kann neben dem Überschuss auf der Fläche auch der Stickstoffeintrag in das Grundwasser berechnet werden. Über die Sickerwassermengen lässt sich die Sickerwasserkonzentration als Mittelwert über das betrachtete Einzugsgebiet ausweisen. Da jedoch auch im Grundwasser vielfach eine relevante Denitrifikation stattfindet, die durch die Heterogenität des Untergrundes lokal stark variieren kann, entspricht diese Sickerwasserkonzentration nicht der zu erwartenden Konzentration im Grundwasser. Eine detaillierte Modellierung von Grundwasserströmungen zur Erfassung der Einzugsgebiete von Grundwassermessstellen mit detaillierter Stickstoffbilanzierung auf dieser Ebene ist im Rahmen dieses Projektes nicht leistbar.

Trotzdem sollen die errechneten Werte für die mittlere potentielle Sickerwasserkonzentration, die mittlere Sickerwasserkonzentration und die mittlere Konzentration im Grundwasser bei Dotation der Oberflächengewässer (Konzentration im Grundwasser bei Exfiltration) der betrachteten Teileinzugsgebiete über die gemessenen Grundwasserkonzentrationen einer groben Plausibilitätskontrolle unterzogen werden. Dazu werden die gemessenen Grundwasserkonzentrationen der GZÜV-Grundwassermessstellen jedes Teileinzugsgebietes aus dem Beobachtungszeitraum 2001 bis 2006 gemittelt und der Größe nach gereiht in einer Graphik aufgetragen (Abbildung 22). Die höchsten Grundwasserkonzentrationen werden in den Teileinzugsgebieten des Ipfbaches (ID 1340), des Kristeinerbaches (ID 1350) und der unteren Krems (ID 1330) gemessen. Für jedes Teileinzugsgebiet sind neben den mittleren beobachteten Grundwasserkonzentrationen auch die modellierten mittleren, potentiellen Sickerwasserkonzentrationen, die mittleren Sickerwasserkonzentrationen und die mittleren Grundwasserkonzentrationen bei Exfiltration angegeben. Theoretisch sollte die gemessene Konzentration zwischen den mittleren Sickerwasserkonzentration und der mittleren Grundwasserkonzentration bei Exfiltration liegen, da das Grundwasser bei Betrachtung eines Teileinzugsgebietes als Einheit, einen Zustand auf dem Fließweg aus der Fläche in die Oberflächengewässer darstellt. Es zeigt sich, dass für den überwiegenden Teil der Teileinzugsgebiete die beobachtete Grundwasserkonzentration zwischen der berechneten Sickerwasserkonzentration und der berechneten Grundwasserkonzentration bei Exfiltration liegt und somit die modellierten Werte im Großen und Ganzen als plausibel angesehen werden können.

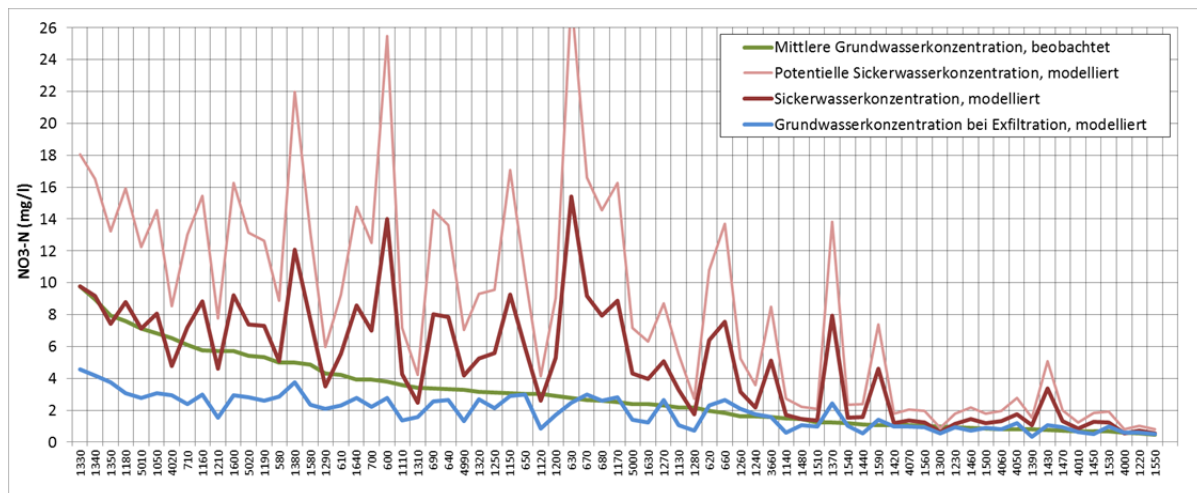


Abbildung 22: Gegenüberstellung beobachteter Mittelwerte der $\text{NO}_3\text{-N}$ Konzentrationen der Grundwassermessstellen eines Teileinzugsgebietes für den Zeitraum 2001-2006 mit modellierten Werten für die potentielle Sickerwasserkonzentration, die Sickerwasserkonzentration und die Grundwasserkonzentration bei Exfiltration.

In weiterer Folge wurde eine grobe Abschätzung der mittleren Grundwasserkonzentrationen für die einzelnen Teileinzugsgebiete durch eine gewichtete Mittelwertbildung aus den Sickerwasserkonzentrationen und den Konzentrationen des Grundwassers bei der Exfiltration in die Fließgewässer berechnet. Die Ergebnisse dieser Modellierung wurden den mittleren in einem Einzugsgebiet beobachteten Grundwasserkonzentrationen gegenüber gestellt. Die beste Übereinstimmung zwischen modellierten und beobachteten Grundwasserkonzentrationen ergab sich bei einer Wichtung der Sickerwasserkonzentration mit 1 und der Konzentration des Grundwassers bei Exfiltration mit 3.

Dies ist eine Vorgangsweise die ungenau sein muss, weil die Lage der Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet nicht berücksichtigt werden kann. Eine weitere Problematik liegt darin, dass die MONERIS-Einzugsgebiete aufgrund des Oberflächenreliefs abgegrenzt wurden, Grundwassergebiete teilweise aber davon abweichende Einzugsgebiete haben und eine Infiltration von Oberflächengewässer ins Grundwasser in der mesoskaligen Betrachtungsebenen von MONERIS nicht berücksichtigt wird. Das sind Probleme, die sich auch in Abbildung 23 widerspiegeln. Insgesamt ist jedoch ein klarer Zusammenhang zwischen modellierten und beobachteten Grundwasserkonzentrationen zu erkennen ($R^2 = 0,39$). Die Abweichung der modellierten Werte von den beobachteten liegt für fast alle Teileinzugsgebiete in einem Bereich von $\pm 50\%$.

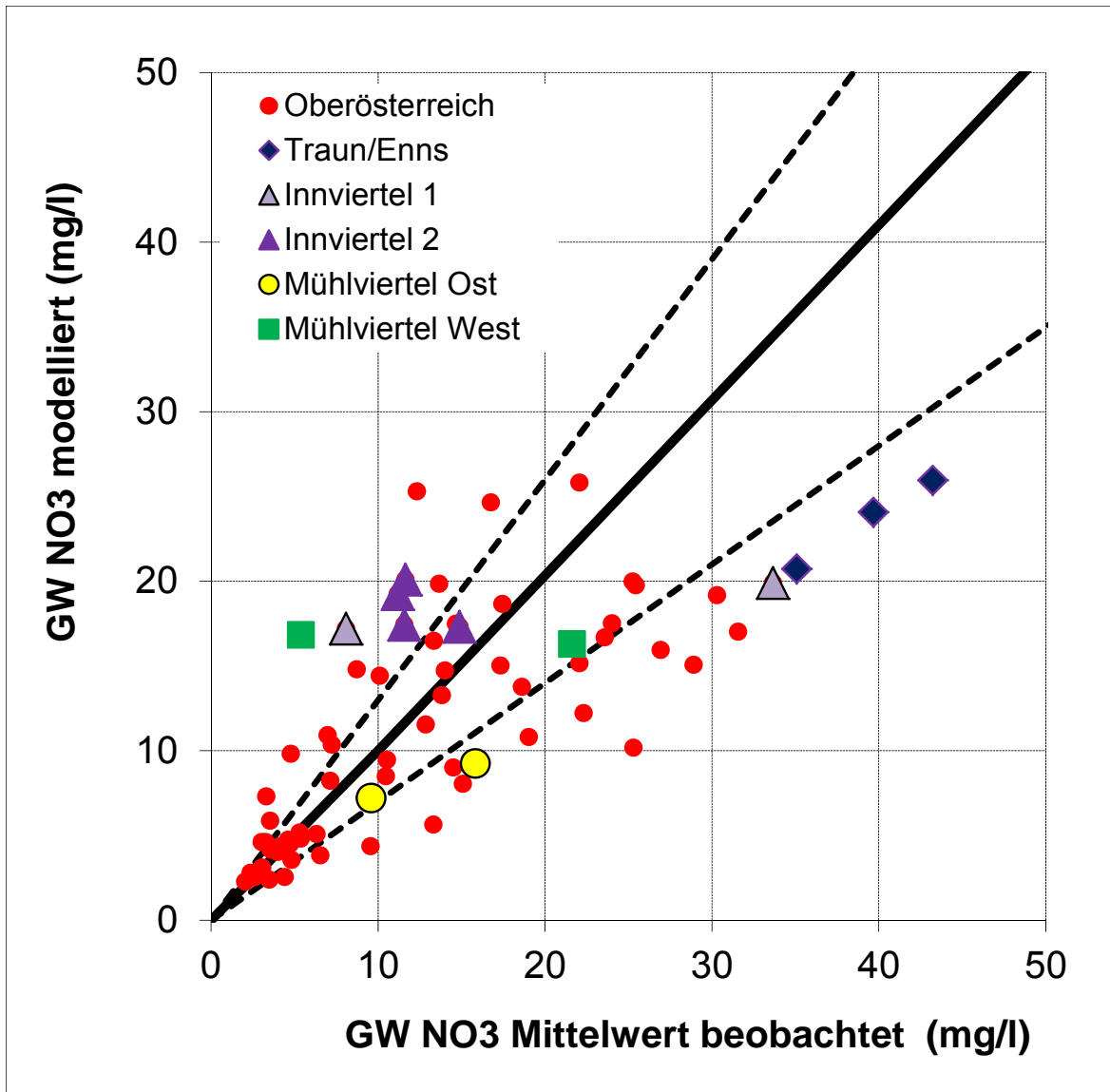


Abbildung 23: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter Mittelwerte der NO_3 Konzentrationen der Teileinzugsgebiete im Zeitraumes 2001-2006.

Bei der Berechnung der Phosphorkonzentrationen im Grundwasser bei Exfiltration in die Fließgewässer wird in MONERIS mit Konstanten in Abhängigkeit von Bodentypen und Nutzungsformen des Teileinzugsgebietes gearbeitet. Zusätzlich werden anaerobe Grundwassersituationen berücksichtigt. Für eine grobe Plausibilitätsprüfung wurde ähnlich vorgegangen wie beim Stickstoff, die mittleren, beobachteten Grundwasserkonzentrationen eines Teileinzugsgebietes werden mit den modellierten Konzentrationen des Grundwassers bei Exfiltration verglichen. Tendenziell sollten die modellierten Werte gleich oder etwas geringer als die Beobachteten sein, da davon ausgegangen wird, dass die P-Nachlieferung im Grundwasser überwiegend aus der Fläche erfolgt und es dann vor allem im Oberboden – in weiterer Folge tendenziell aber auch mit zunehmender Fließzeit und -strecke im Untergrund – zu einer Verringerung der P-Konzentrationen durch Adsorption an Bodenmaterial kommt.

In Abbildung 24 werden die mittleren, beobachteten $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen im Grundwasser der Teileinzugsgebiete der Größe nach geordnet dargestellt und den modellierten Werten gegenüber gestellt. Die höchsten Konzentrationen werden im Teileinzugsgebiet der unteren Pram (ID 710) und der Großen Gusen (ID 1370)

gemessen, die Geringsten im alpinen Bereich des südlichen Oberösterreichs. Im Zuge der österreichweiten Anwendung wurden die Konstanten für die Berechnung der P-Konzentrationen kalibriert (Zessner *et al.*, 2011). Dies führt vor allem in den gering belasteten Einzugsgebieten zu deutlich realistischeren Werten bei der Modellierung, als es mit den ursprünglich in der MONERIS Version 2.14 vorgeschlagenen Konstanten der Fall war (Venohr *et al.*, 2009). Die höchsten gemessenen Konzentrationen können durch die verwendeten Modellansätze jedoch nicht nachvollzogen werden. Dies muss jedoch nicht an der Modellierung liegen. Es kann die Ursache auch die Situierung der Grundwassermessstellen sein, die vielleicht in Bereichen liegen, wo erhöhte Konzentrationen auftreten (Moore *etc.*), die jedoch nicht repräsentativ für das jeweilige Einzugsgebiet sind.

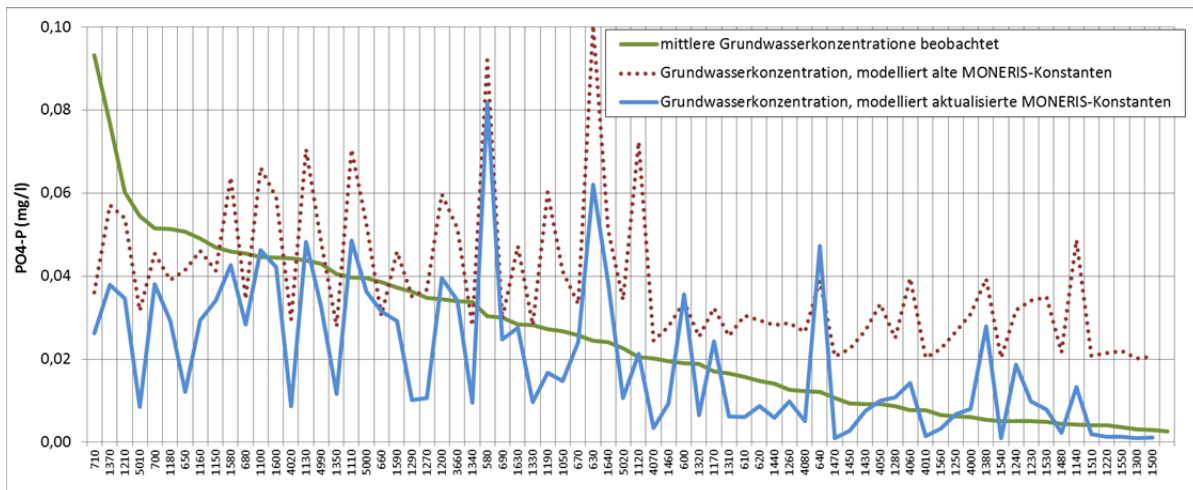


Abbildung 24: Gegenüberstellung beobachteter Mittelwerte der $PO_4\text{-P}$ Konzentrationen der Grundwassermessstellen eines Teileinzugsgebietes für den Zeitraum 2001-2006 mit modellierten Werten für die Grundwasserkonzentration bei Exfiltration mit den ursprünglichen MONERIS-Konstanten (alt) und den für die MONERIS-Anwendung in Österreich kalibrierten MONERIS Konstanten (adaptiert aus (Zessner *et al.*, 2011)).

Trägt man die modellierten und gemessenen mittleren P-Konzentrationen des Grundwassers direkt gegeneinander auf (Abbildung 25), so erkennt man, dass die Gebiete mit sehr geringen Konzentrationen zumeist recht gut identifiziert werden können, dass es bei höheren Konzentrationen doch in einer Reihe von Fällen zu erheblichen Abweichungen kommt. In der Regel wird das auf die Modellierung insgesamt keinen sehr großen Einfluss haben, da der Phosphoreintrag über das Grundwasser zumeist unbedeutend ist. In einigen Fällen (z.B. Beispielsregion Mühlviertel Ost) spielt jedoch das Grundwasser für die Gesamtphosphorbelastung der Fließgewässer eine relevante Rolle. Eine Nachschärfung des Ansatzes zur Berechnung der P-Einträge über das Grundwasser sollte daher im Modul 2 des Projektes angestrebt werden.

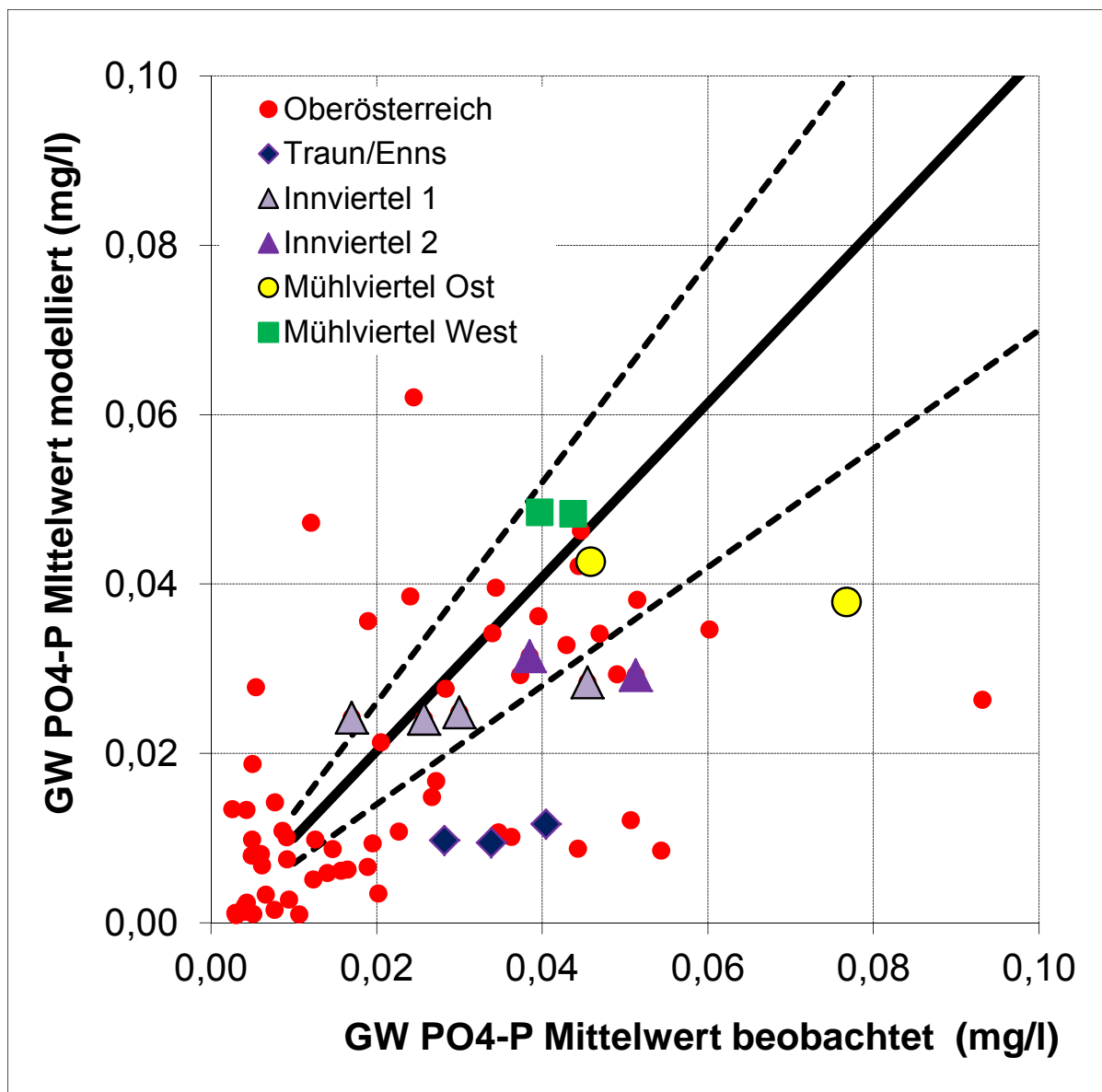


Abbildung 25: Gegenüberstellung beobachteter und modellierter Mittelwerte der $\text{PO}_4\text{-P}$ Konzentrationen der Teileinzugsgebiete im Zeitraumes 2001-2006.

5. Berechnete Frachten

5.1 Berechnete Frachten in den Einzugsgebieten

5.1.1 Stickstoff-Frachten

Als wesentliches Modellergebnis wurden die Gesamtfrachten an Stickstoff aus den Einzugsgebieten in die Fließgewässer sowie die im Gewässer transportierten Frachten berechnet.

Im Anhang 4 sind die berechneten Gesamt-Stickstofffrachten (TN) als Gesamtfrachten in Tonnen pro Jahr sowie als flächenspezifische Frachten in Kilogramm pro Hektar und Jahr pro Flusseinzugsgebiet aufgelistet. Zudem sind in dieser Tabelle die Informationen zu den berechneten gewässerinternen Frachten (DIN-Frachten in Tonnen pro Jahr) sowie die Stickstoffeinträge über die einzelnen Eintragspfade (ebenfalls in Tonnen pro Jahr) angegeben.

Die Gesamt-Stickstoffemissionen für den oberösterreichischen Teil des Donaeinzugsgebietes (inklusive des Enns-Einzugsgebietes) wurden für den Betrachtungszeitraum 2001-2006 mit **22.511 tN/a** berechnet (die Berechnung gibt die TN-Emissionen an, die Oberösterreich über die Donau am Gebietsauslass des Teileinzugsgebietes mit der ID 5020 verlassen). In diesen Berechnungen sind die Frachten, die aus oberliegenden Einzugsgebieten über die Donau, den Inn oder die Salzach zufließen, nicht berücksichtigt (es wurden nur die Gesamtemissionen berechnet, die in den betrachteten Einzugsgebieten über die unterschiedlichen Eintragspfade „generiert“ wurden). Zwei Einzugsgebiete in Oberösterreich entwässern in das Elbe-Einzugsgebiet (Kettenbach (ID 3650) und Maltsch (ID 3660)), für diese beiden Gebiete wurden Gesamt-Stickstoffemissionen von jeweils **75 tN/a** berechnet.

Um den Einfluss der Emissionen oberliegender Einzugsgebiete auszuschalten, wurden die Gesamt-Stickstoffemissionen in den einzelnen Einzugsgebieten auf die Fläche der Einzugsgebiete umgelegt. Die räumliche Verteilung der flächenspezifischen Stickstoffemissionen wird in den anschließenden Abbildungen diskutiert.

In Abbildung 26 ist die räumliche Verteilung der berechneten flächenspezifischen TN-Emissionen dargestellt. Die berechneten flächenspezifischen Gesamt-TN-Emissionen weisen in den oberösterreichischen Einzugsgebieten eine Bandbreite von 3,7-135 kgN/ha*a auf.

Die höchsten flächenspezifischen Gesamt-TN-Emissionen wurden für die Region der unteren Traun (ID 4020), der Krems (ID 1320, 1330), die unteren Bereiche der Alm (ID 1310) und der Ager (ID 1290) sowie für die Moosach (ID 580), die Mühlheimer Ache (ID 650) und Fuschler Ache (ID 1240) mit 16-26 kgN/ha*a berechnet. In diesen Gebieten wird der Großteil der TN-Emissionen über den Grundwasserpfad (Vergleiche mit Abbildung 27 und Abbildung 28) eingetragen. Eine Ausnahme stellt das Donau-Einzugsgebiet (ID 5010) dar: für dieses Gebiet wurden flächenspezifische Gesamt-TN-Emissionen von 135 kgN/ha*a berechnet, diese stammen zum überwiegenden Teil aus Punkteinleitungen der Stadt Linz (125 kgN/ha*a), die umgelegt auf die relativ geringe Fläche des Einzugsgebietes diese extrem hohe flächenspezifische Fracht ergeben. Wird dieser Eintragspfad außer Acht gelassen,

ergeben sich für dieses Einzugsgebiet deutlich geringere flächenspezifische TN-Emissionen von $< 10\text{kgN/ha}^*\text{a}$ (siehe Abbildung 27).

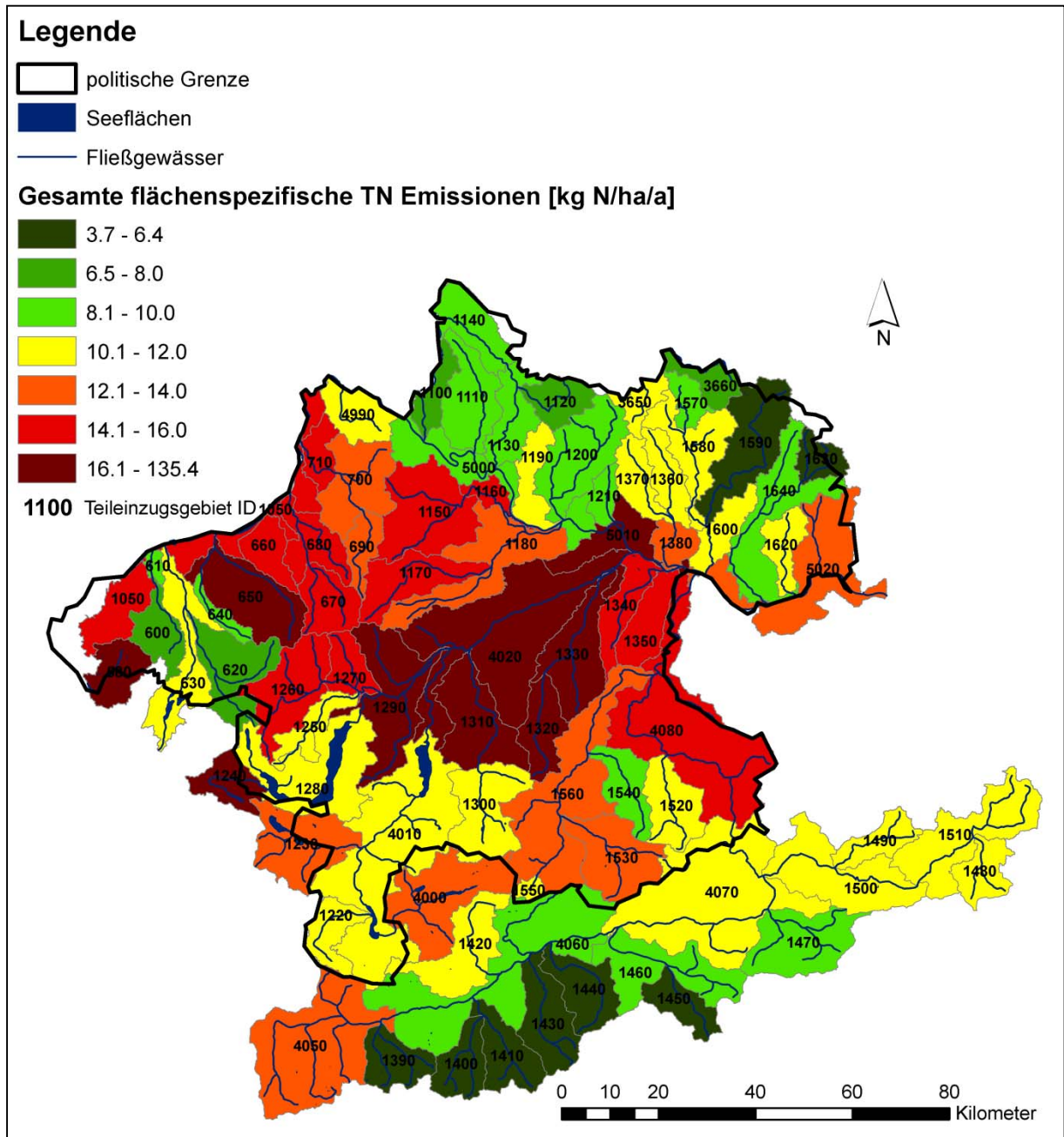


Abbildung 26: Gesamte flächenspezifische TN-Emission in die Fließgewässer, in $\text{kgN/ha}^*\text{a}$

Das Innviertel weist mit der Antiesen (ID 670, 680) und der Pram (ID 690-710) im westlichen Bereich sowie mit der Aschach (ID 1150, 1160), der Trattnach (ID 1170) und dem Innbach (ID 1180) ebenfalls hohe flächenspezifische TN-Emissionen zwischen $12\text{-}16\text{ kgN/ha}^*\text{a}$ auf. Auch die untere Enns (ID 4080) und deren Zubringer (Steyr – ID 1550, 1560) weisen ähnlich hohe flächenspezifische TN-Emissionen auf.

Vergleicht man die Regionen mit hohen flächenspezifischen TN-Emissionen mit den N-Überschüssen auf den landwirtschaftlichen Flächen (vgl. Abbildung 5), befinden sich in den Einzugsgebieten mit hohen flächenspezifischen Emissionen auch die Gemeinden mit mittleren und hohen N-Überschüssen > 45 bzw. $> 60\text{ kgN/ha}_{\text{LF}}^*\text{a}$.

Die geringsten flächenspezifischen Gesamt-TN-Emissionen sind für die südlichen Zubringer der oberen Enns (ID 1390-1450) sowie für einige Einzugsgebiete des östlichen Mühlviertels (Waldaist – ID1590) und Klammleitenbach (ID 1630)) mit 3,7-6,4 kgN/ha*a berechnet worden.

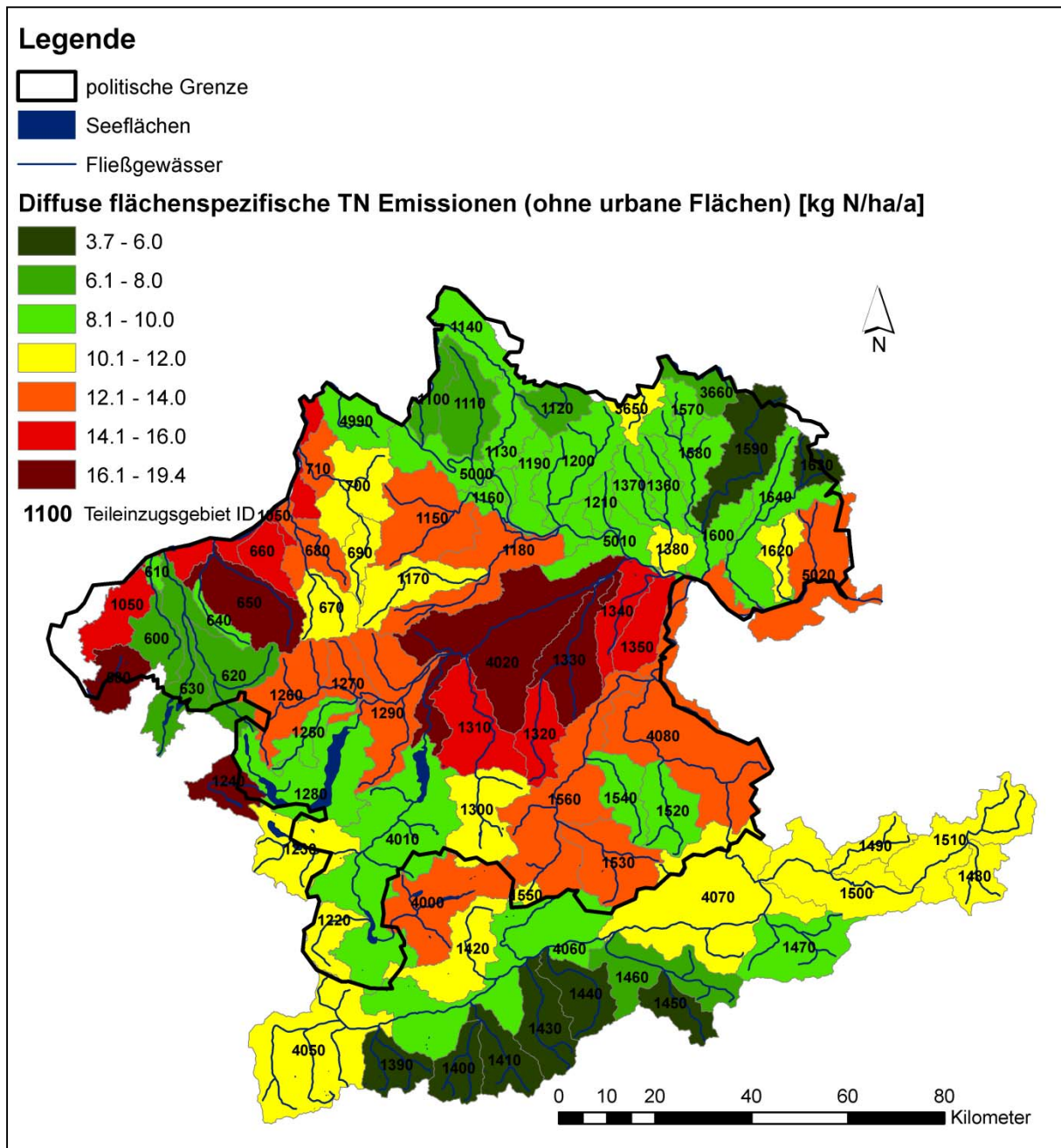


Abbildung 27: Diffuse flächenspezifische TN-Emission (ohne urbane Flächen) in kgN/ha*a

Lässt man den Einfluss der Punkteinleitung und den Beitrag der urbanen Flächen außer Acht, zeigt sich dass diese Eintragspfade im Innviertel und in der Region zwischen Traun und Enns von untergeordneter Bedeutung sind (siehe Abbildung 27 – in dieser Abbildung sind die flächenspezifischen diffusen TN-Emissionen ohne den Beitrag der urbanen Flächen dargestellt). In den unteren Bereichen der Traun, der Kreams, der Mühlheimer Ache, der Moosach und der Fuschler Ache weist das Modell auch bei Betrachtung der diffusen Einträge ohne urbane Flächen flächenspezifische TN-Emissionen von 16-19 kgN/ha*a aus. Auch der untere Bereich der Enns mit dem Zubringer Steyr, die obere Traun sowie der Ipfbach und Kristeinerbach weisen hohe

flächenspezifische TN-Emissionen von 12-16 kgN/ha*a auf. In diesen Bereichen kommen die TN-Emissionen zum überwiegenden Teil aus den diffusen Quellen.

Das Mühlviertel weist generell bei Betrachtung der diffusen Einträge ohne die urbanen Flächen flächenspezifische TN-Emissionen von < 10kgN/ha*a auf.

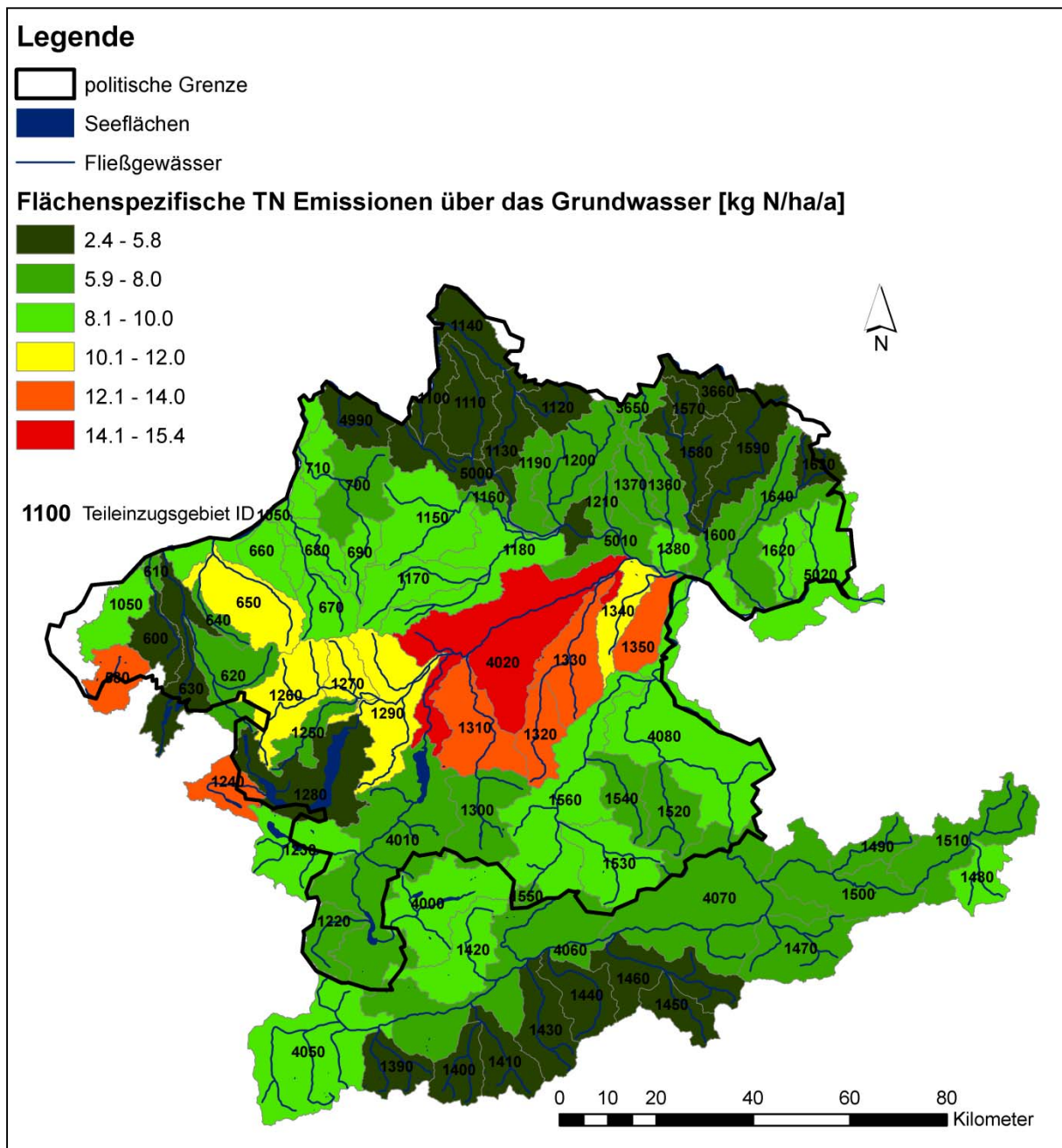


Abbildung 28: Flächenspezifische TN-Emissionen über das Grundwasser in kgN/ha*a

Das Grundwasser ist der dominierende Eintragspfad für TN-Emissionen in die Fließgewässer. Gebiete mit den höchsten flächenspezifischen TN-Emissionen über den Eintragspfad Grundwasser sind besonders sensibel gegenüber Maßnahmen, die im Bereich der Landwirtschaft gesetzt werden, da der Stickstoffeintrag über das Grundwasser wesentlich durch die Höhe des Überschusses vorgegeben wird. In Abbildung 28 ist die räumliche Verteilung der flächenspezifischen TN-Emissionen über das Grundwasser dargestellt.

Die höchsten flächenspezifischen TN-Emissionen ($> 10 \text{ kgN/ha}^*a$) über das Grundwasser kommen vor allem aus den Gebieten der Traun-Enns-Region mit der Traun und deren Zubringern Ager, Alm und Vöckla, der Krems, dem Ipfbach und dem Kristeinerbach, aber auch aus den Einzugsgebieten der Moosach, der Fuschler Ache sowie Mühlheimer Ache. Im Innviertel, im Steyr-Einzugsgebiet sowie im Oberlauf der Enns sind Gebiete mit flächenspezifischen TN-Emissionen zwischen $8\text{-}10 \text{ kgN/ha}^*a$ zu finden.

Im überwiegenden Teil des Enns-Einzugsgebietes sowie im Mühlviertel sind geringere flächenspezifische TN-Emissionen über das Grundwasser mit $< 8 \text{ kgN/ha}^*a$ zu finden.

5.1.2 Phosphor-Frachten

In Anhang 5 findet sich eine Tabelle mit den berechneten Phosphoremissionen für die Flusseinzugsgebiete in Oberösterreich. Neben den Gesamt-TP-Frachten (in Tonnen pro Jahr) und den flächenspezifischen TP-Frachten (in Kilogramm pro Hektar und Jahr) finden sich ebenfalls die berechneten gewässerinternen Frachten sowie die TP-Emissionen über die einzelnen Eintragspfade (in Tonnen pro Jahr).

Für den oberösterreichischen Teil des Donau-Einzugsgebietes (inklusive Enns-Einzugsgebiet) wurden Gesamt-Phosphoremissionen für den Betrachtungszeitraum 2001-2006 von **742 tP/a** berechnet. Dabei sind ebenfalls – analog zu den Berechnungen für Stickstoff – die Frachten aus den oberliegenden Einzugsgebieten nicht berücksichtigt. Für die beiden oberösterreichischen Gebiete des Elbe-Einzugsgebietes Kettenbach und Maltsh wurden Gesamt-Phosphoremissionen von **2,5** bzw. **2,3 tP/a** berechnet.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung der flächenspezifischen, gesamten TP-Emissionen ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild im Vergleich zu den TN-Emissionen (siehe Abbildung 29). Die höchsten flächenspezifischen Gesamt-TP-Emissionen kommen ebenfalls aus den Einzugsgebieten der Traun-Enns-Region sowie des Innviertels. Dabei kommen die höchsten Emissionen aus den Einzugsgebieten der Krems (ID 1330), der Trattnach (ID 1170) und der Antiesen (ID 680) mit $> 1 \text{ kgP/ha}^*a$. Das Teileinzugsgebiet der Donau (ID 5010) hat auch bei den Gesamt TP-Emissionen eine Sonderstellung: die berechneten flächenspezifischen TP-Emissionen von $4,8 \text{ kgP/ha}^*a$ ergeben sich fast ausschließlich aus Punkteinleitungen der Stadt Linz ($4,35 \text{ kgP/ha}^*a$), die umgelegt auf die kleine Einzugsgebietsfläche in hohen flächenspezifischen TP-Emissionen resultieren.

Die übrigen Einzugsgebiete der Traun-Enns-Region und das Innviertel weisen flächenspezifische TP-Emissionen zwischen $0,4$ und $1,0 \text{ kgP/ha}^*a$ auf. Auch das Mühlviertel weist zum Großteil flächenspezifische TP-Emissionen zwischen $0,3$ und $0,6 \text{ kgP/ha}^*a$ aus. Im Vergleich mit Abbildung 18 wird deutlich, dass die ausgewählten Beispielregionen der Traun-Enns-Region, des Innviertels, aber auch des Mühlviertels hinsichtlich der Phosphoremissionen im Bereich mittlerer bis hoher flächenspezifischer TP-Emissionen gewählt wurden.

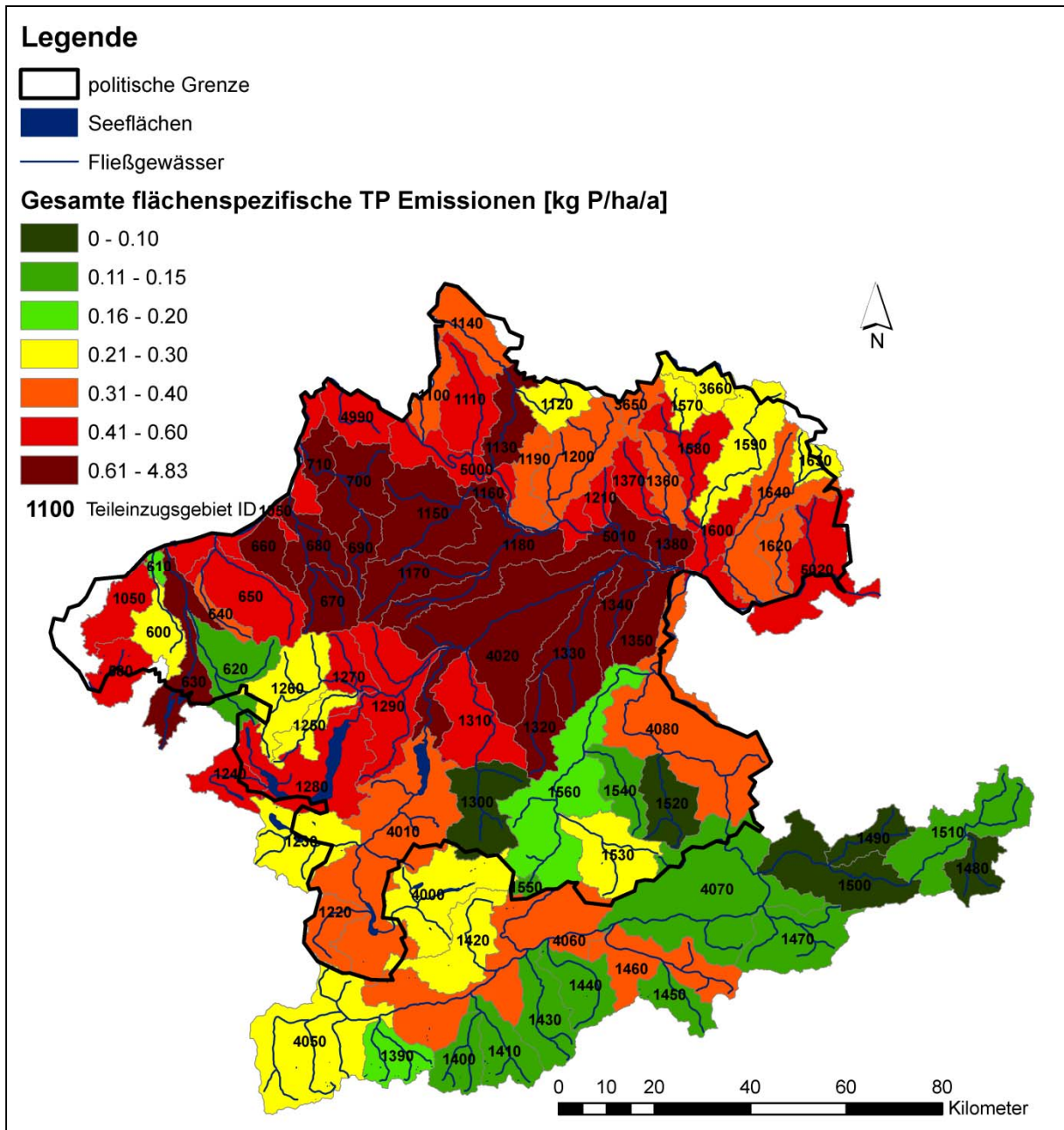


Abbildung 29: Gesamte flächenspezifische TP-Emissionen in kgP/ha*a

Die niedrigsten flächenspezifischen Gesamt-TP-Emissionen wurden für weite Teile des oberen Enns-Einzugsgebietes und das Salza-Einzugsgebiet sowie das Steyr-Einzugsgebiet, den Schwemmbach und den unteren Teil der Enknach mit TP-Emissionen < 0,2 kgP/ha*a berechnet.

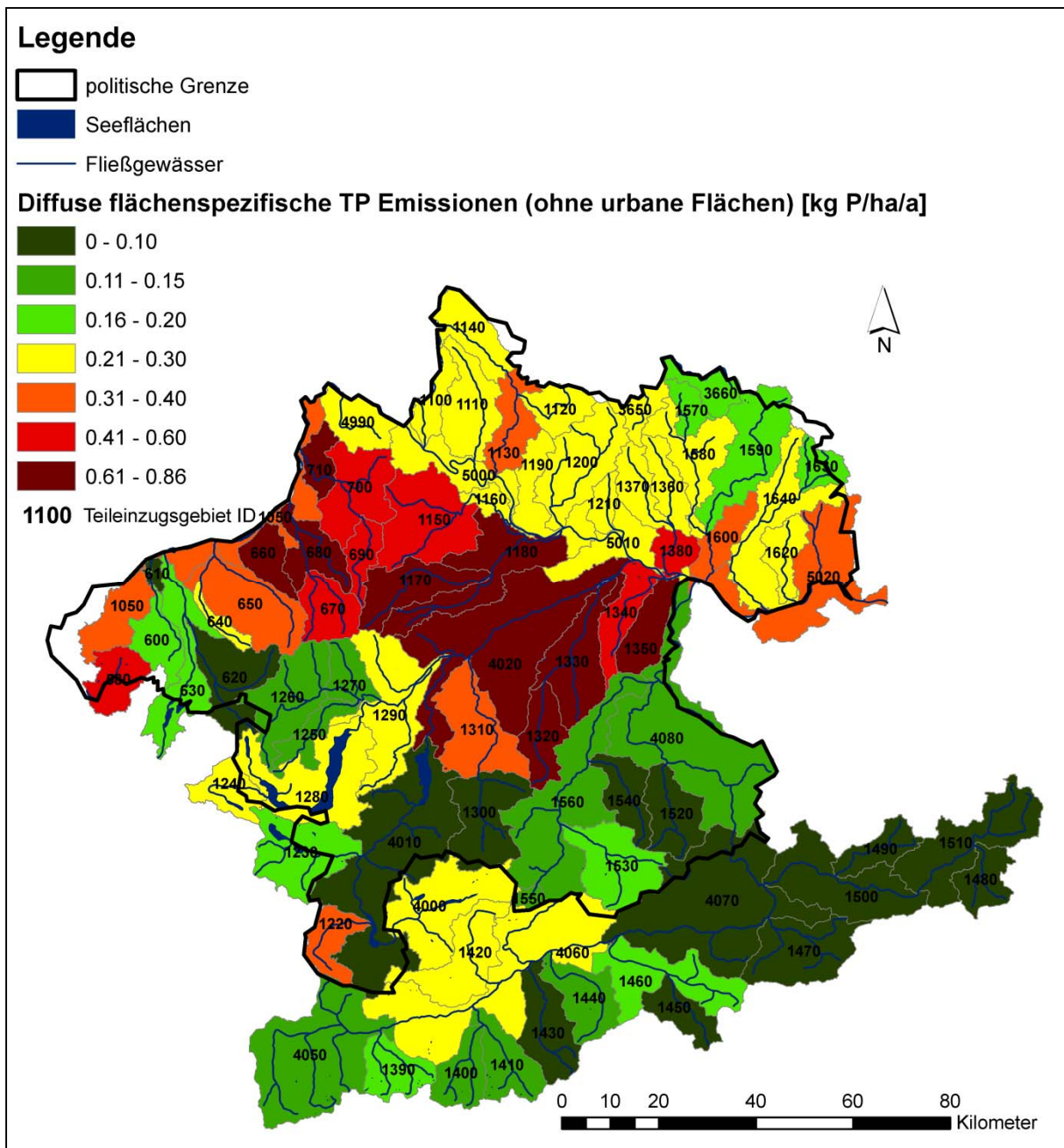


Abbildung 30: Diffuse flächenspezifische TP-Emissionen (ohne urbane Flächen) in kgP/ha*a

Bei Betrachtung der diffusen flächenspezifischen TP-Emissionen ohne urbane Flächen (siehe Abbildung 30) fällt auf, dass die unteren Einzugsgebiete der Traun-Enns-Region sowie des Innviertel wiederum die höchsten flächenspezifischen TP-Emissionen ausweisen, daher der Einfluss der Punktquellen und urbanen Flächen in diesen Gebieten von geringer Bedeutung ist. Es fallen jedoch Gebiete auf, die gegenüber Abbildung 29 eine deutlich geringere flächenspezifische TP-Fracht ausweisen: die Donau (ID 5010), die Aschach (ID 1160), die Mattig (ID 630), die Vöckla (ID 1270), die obere Traun (ID 4010) sowie die Paltten (ID 1460) – in diesen Gebieten ist der Anteil der Punktquellen und der Einträge aus urbanen Flächen an den gesamten flächenspezifischen TP-Emissionen $\geq 50\%$.

Die alleinige Betrachtung des dominanten Eintragspfades für TP-Emissionen – der Erosion (siehe Abbildung 31) – zeigt deutlich die Gebiete, in denen primär Maßnahmen zum Erosionsschutz wirksam zur Reduktion der TP-Emissionen zu

setzen sind. Die größten flächenspezifischen TP-Emissionen über Erosion kommen aus den Einzugsgebieten des Gurtenbachs (ID 660) und der Antiesen (ID 680); der Krems (ID 1320, 1330) sowie dem Ipfbach (ID 1340), dem Kristeinerbach (ID 1350), der unteren Traun (ID 4020), dem Innbach (ID 1170, 1180) mit der Trattnach, dem unteren Teil der Gusen (ID 1380) sowie der Pram (ID 690-710).

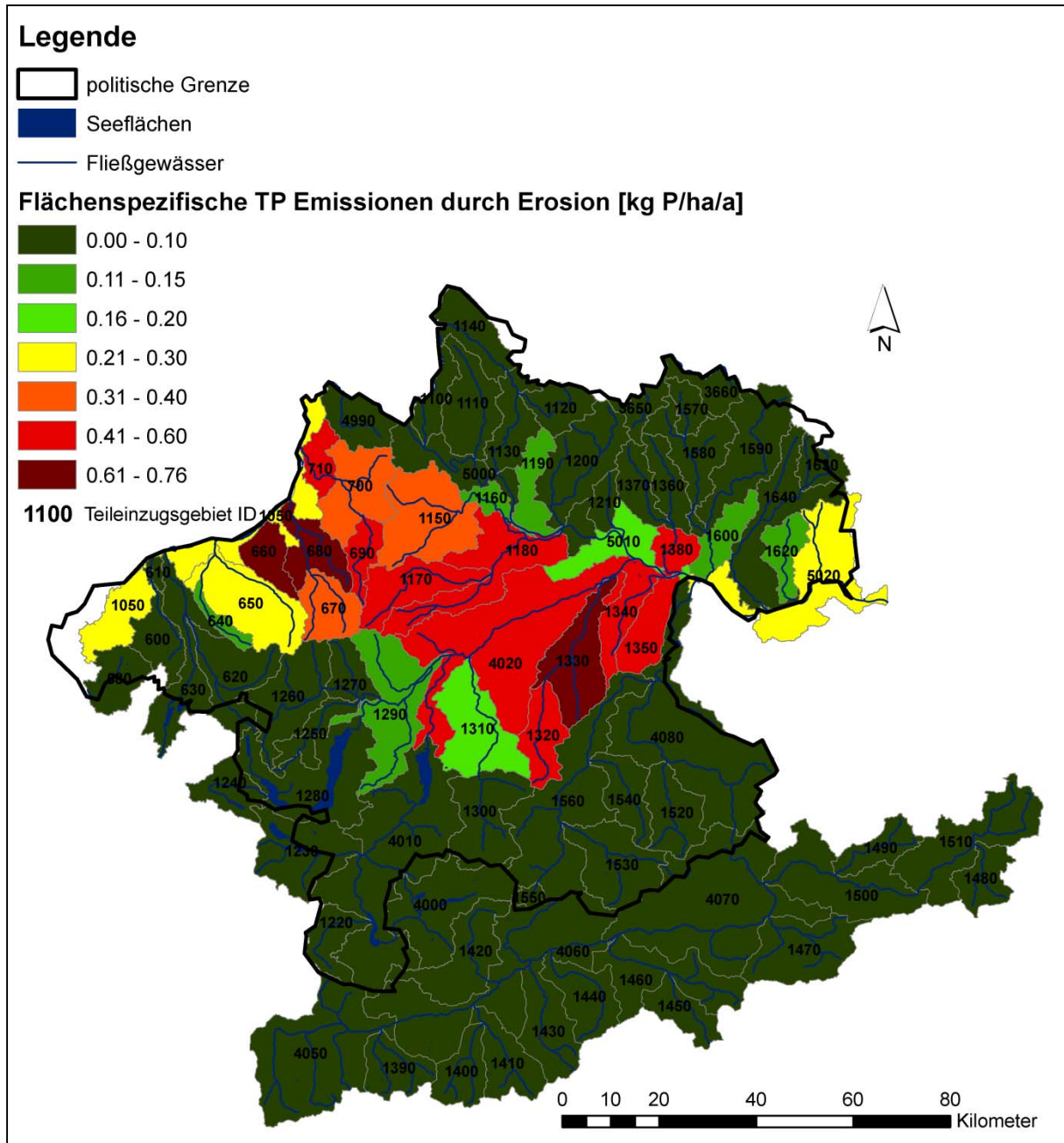


Abbildung 31: Flächenspezifische TP-Emissionen durch Erosion in kgP/ha*a

5.2 Haupteintragspfade bzw.-quellen

5.2.1 Herkunft der Stickstoffemissionen

Für jedes Einzugsgebiet, welches im MONERIS-Modell berücksichtigt wird, ergibt sich eine unterschiedliche Bedeutung der Beiträge der einzelnen Eintragspfade zu den Gesamt-Stickstoffemissionen aus dem Einzugsgebiet. In Abbildung 32 ist die relative Bedeutung der Beiträge der unterschiedlichen Eintragspfade zu den Gesamt-TN-Emissionen für alle in Oberösterreich gelegenen Einzugsgebiete dargestellt.

Wie bereits in Kapitel 5.1 erläutert, ist der dominierende Eintragspfad für TN-Emissionen in Oberösterreich das Grundwasser mit einem Anteil von 59% an den Gesamtemissionen (Abbildung 32). Der Beitrag der Punktquellen ist mit 18% deutlich geringer, gefolgt vom Oberflächenabfluss mit 12%. Auffällig ist, dass die Eintragspfade Deposition, Erosion, Drainagen sowie urbane Flächen mit Anteilen von < 5% nur von lokaler Bedeutung für die TN-Emissionen sein kann.

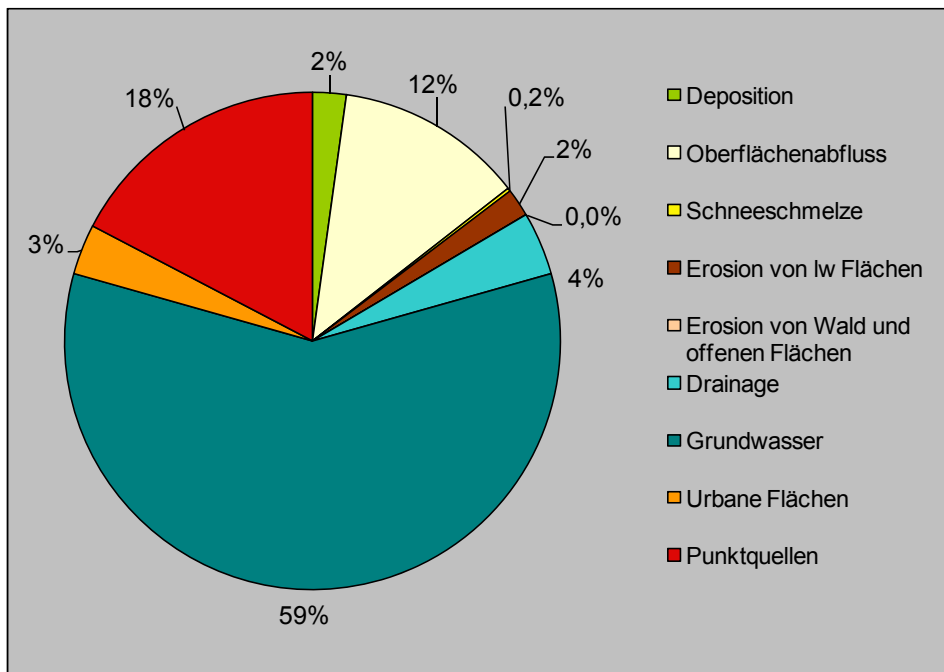


Abbildung 32: Haupteintragspfade für Gesamt-Stickstoffemissionen

In den einzelnen Einzugsgebieten kann sich die Relevanz der einzelnen Eintragspfade deutlich von jener für Gesamt-Oberösterreich unterscheiden. Dies betrifft folgende Eintragspfade mit den entsprechenden Einzugsgebieten:

- **Deposition:** im Einzugsgebiet der Ager (ID 1280) und einem Teil-Einzugsgebiet der Donau (ID 5000) ist dieser Eintragspfad mit Beiträgen von 23% bzw. 13% von Bedeutung, Ursache dafür sind die großen Wasserflächen in den Gebieten
- **Oberflächenabfluss:** In den Einzugsgebieten des oberen Enns-Tals (ID 1390-1440), aber auch der Steyr (ID 1550) und der großen Mühl (ID 1140) ist dieser Eintragspfad mit Anteilen von 30-40% ebenfalls von Bedeutung; die Ursache dafür ist wahrscheinlich in einem hohen mittleren Gefälle der Einzugsgebiete in Kombination mit einem hohen Anteil an Grünland zu finden

- **Erosion von landwirtschaftlichen Flächen:** der maximale Beitrag dieses Eintragspfades ist in zwei Gebieten mit 7-9% eher von untergeordneter Bedeutung; d.h. dieser Eintragspfad spielt hinsichtlich der TN-Emissionen in die Fließgewässer in den oberösterreichischen Einzugsgebieten keine entscheidende Rolle
- **Erosion von natürlich bedeckten Flächen:** in allen Einzugsgebieten sind die Beiträge dieses Eintragspfades < 1% und damit vernachlässigbar für den Stickstoffeintrag in die Gewässer
- **Drainagen:** in einigen Gebieten ist der Beitrag des Eintragspfades zwischen 15-20% (Gusen, Aschach und Feldaist), der maximale Anteil von 27% wurde für das Einzugsgebiet des Kettenbachs (ID 3650) berechnet
- **Grundwasser:** die Anteile des Eintragspfades variieren in allen Einzugsgebieten zwischen 40% und 85%
- **Urbane Flächen:** der Anteil des Eintragspfades liegt in allen Gebieten bei < 7% (mit Ausnahme des Diesleitenbachs (ID 1260), für den ein Anteil von 15% berechnet wurde) und ist damit von untergeordneter Bedeutung für den Stickstoffeintrag in die Fließgewässer
- **Punktquellen:** wie in Kapitel 5.1 bereits beschrieben, liegt der Anteil in einem Teileinzugsgebiet der Donau bei > 90%, in diesem Einzugsgebiet wird die Einleitung der Kläranlage Linz-Asten berücksichtigt; in den Einzugsgebieten der Trattnach (ID 1170), der Traun (ID 4020), der Mattig (ID 630) und der Aschach (ID 1160) sind Anteile zwischen 20-35% berücksichtigt; in allen übrigen Einzugsgebieten ist der Anteil der Punktquellen an den Gesamt-Stickstoffemissionen bei < 15%

Aus der Betrachtung der Zuordnung der TN-Emissionen zu den Quellen (siehe Abbildung 33) geht hervor, dass die TN-Emissionen zum überwiegenden Teil (ca. 57%) aus dem landwirtschaftlichen Bereich stammen. $\frac{2}{3}$ der Emissionen kommen innerhalb der Landwirtschaft aus der direkten Landbewirtschaftung, ca. 30% aus dem luftbürtigen Eintrag von NH_x -Depositionen auf landwirtschaftlichen Flächen sowie Wald und offenen Flächen.

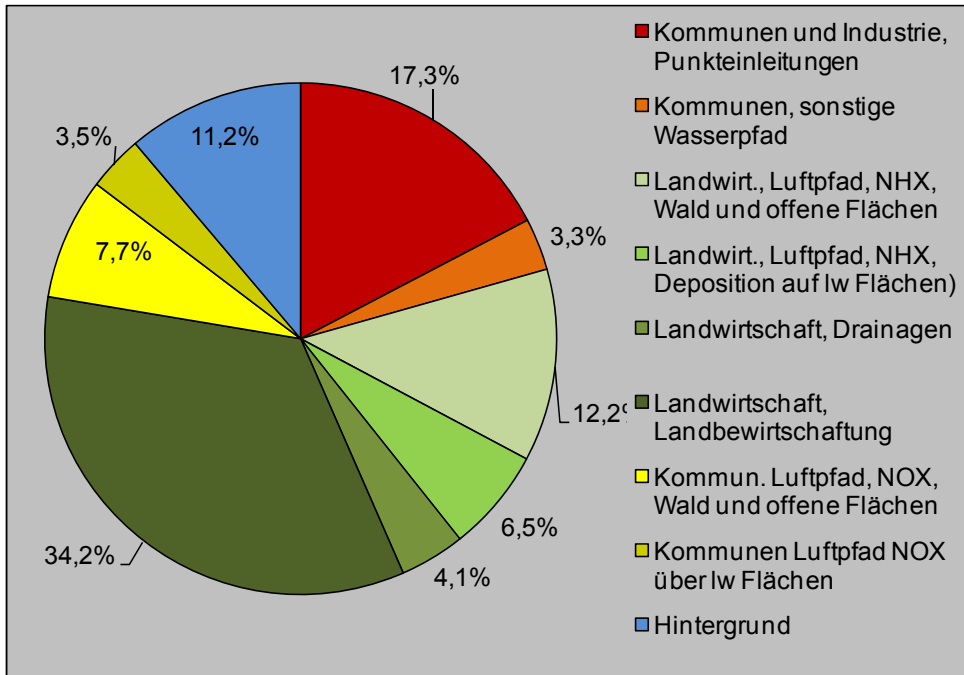


Abbildung 33: Hauptquellen für Gesamt-Stickstoffemissionen

Der Beitrag der Quelle "Kommunen und Industrie" mit den Punkteinleitungen und den sonstigen Einträgen über den Wasserpfad entspricht im Wesentlichen den Einträgen über die Eintragspfade Punktquellen und urbane Flächen und hat einen mittleren Anteil ca. 20% an den Gesamt-TN-Emissionen.

Der Anteil der Kommunen und Industrie, deren Einträge über den Luftpfad kommen (NO_x-Deposition auf Wald, offene Flächen und landwirtschaftliche Flächen) ist mit 11,2% gleich groß wie der Hintergrundeintrag von Stickstoff in die Gewässer.

5.2.2 Herkunft der Phosphoremissionen

Der mittlere Beitrag der Eintragspfade zu den Gesamt-Phosphoremissionen für alle Einzugsgebiete ist in Abbildung 34 (links) dargestellt. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, dominieren die Emissionen über die Erosion von landwirtschaftlichen Flächen mit 31% sowie die Emissionen aus Punktquellen mit 25% die Gesamt-Phosphoremissionen in die Fließgewässer.

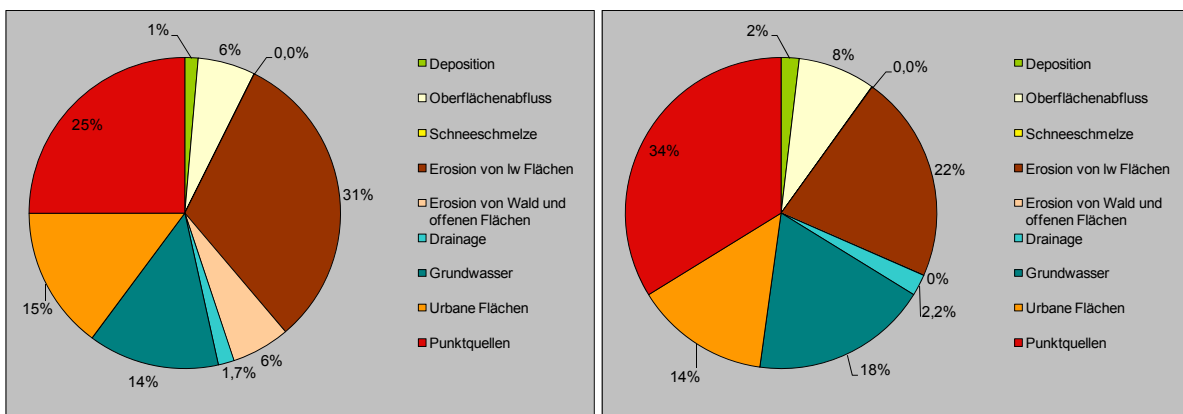


Abbildung 34: Haupteintragspfade für Gesamt-Phosphoremissionen (links) und lösliche Phosphoremissionen (rechts)

Die Eintragspfade urbane Flächen und Grundwasser sind mit mittleren Anteilen von jeweils 15% bzw. 14% ebenfalls von Bedeutung für die Gesamt-TP-Emissionen aus den oberösterreichischen Gebieten. Die Eintragspfade Oberflächenabfluss sowie Erosion von natürlichen Flächen sind mit Anteilen von jeweils 6% eher von lokaler Bedeutung, eine vernachlässigbare Rolle für die TP-Emissionen spielen die Deposition und die Einträge über Drainagen bei der Betrachtung der Gesamtemissionen.

Bei Betrachtung der löslichen Phosphoremissionen (Abbildung 34 rechts) reduziert sich die relative Bedeutung der Erosion von landwirtschaftlichen Flächen deutlich auf 22%, die Emissionen aus Punktquellen sind mit 34% Anteil der dominante Eintragspfad. Bei den löslichen Phosphoremissionen ist der Anteil des Eintragspfades Grundwasser mit 18% etwas höher als bei den Gesamtemissionen, der Anteil der urbanen Flächen verändert sich kaum.

Deutliche Unterschiede in der Relevanz der einzelnen Eintragspfade gegenüber dem mittleren Beitrag ergeben sich für folgende Gebiete:

- **Deposition:** im Einzugsgebiet der Ager (ID 1280) ist der Anteil der Deposition mit knapp 14% an den TP-Emissionen am Größten, im Teil-Einzugsgebiet der Donau (ID 5000) und der Ischler Ache (ID 1230) wurden Anteile von 7-8% berechnet; in allen übrigen Einzugsgebieten ist die Deposition mit Anteilen < 5% nicht von Bedeutung
- **Oberflächenabfluss:** in einigen Einzugsgebieten treten zum Teil beachtliche Anteile von Emissionen über den Oberflächenabfluss auf: Für einige Einzugsgebiete der oberen Enns wurden Anteile von 30% bis 47% berechnet; in weiteren Einzugsgebieten der Traun-Enns-Region sowie vereinzelt in Gebieten des Mühlviertels sowie des oberen Innviertels wurden Anteile von 10-23% an den Gesamt-TP-Emissionen berechnet
- **Erosion von landwirtschaftlichen Flächen:** in den Einzugsgebieten Kristeinerbach (ID 1350), Ipfbach (ID 1340), Gurtenbach (ID 660), Krens (ID 1320, 1330), Innbach (ID 1180), Antiesen (ID 680), Pram (ID 710), Gusen (ID 1380) und Traun (ID 4020) liegt der Anteil der Erosion von landwirtschaftlichen Flächen an den TP-Emissionen bei knapp 80% bis 50% in der genannten Reihenfolge; in weiteren Einzugsgebieten des Innviertels und des Traunviertels wurden Anteile von > 20%-50% berechnet
- **Erosion von natürlich bedeckten Flächen:** für die Gesamt-TP-Emissionen von untergeordneter Bedeutung, ist der Anteil dieses Eintragspfades für einige Einzugsgebiete sehr beachtlich: für den Gosaubach (ID 1220) wurde ein Anteil von ca. 80% berechnet; für einen Großteil des oberen Enns-Einzugsgebietes (inkl. der Salza) ergeben sich Anteile von > 20-60%; auch im Traun-Einzugsgebiet sind einige Teilgebiete mit Anteilen zwischen 10 und 20% zu finden
- **Drainagen:** für diesen Eintragspfad wurden Anteile von max. ca. 15% für die Einzugsgebiete des Kettenbachs (ID 3650), der Teichl (ID 1530) und der Salza (ID 1420) berechnet; für die übrigen Einzugsgebiete ist dieser Eintragspfad mit Anteilen < 12% eher von untergeordneter Relevanz
- **Grundwasser:** für einige Einzugsgebiete ist der Anteil der Grundwassers an den TP-Emissionen ebenfalls beachtlich; Anteile von 40% bis knapp 65% wurden für die Einzugsgebiete des Mühlviertels (Kleine Mühl (ID 1110)

Steinerne Mühle (ID 1120), Große Mühle (ID 1130), Ranna (ID 1100), Klammlaitenbach (ID 1630)), aber auch Teile des Innviertels (Mühlheimerache (ID 580), Moosbach (ID 640)) berechnet; insgesamt weisen mehr als die Hälfte aller oberösterreichischen Gebiete Anteile des Eintragspfades von > 20% auf; auch die flächenspezifischen Emissionen weisen darauf hin, dass dieser Eintragspfad in vielen der betrachteten Einzugsgebieten in Oberösterreich durchaus von Bedeutung ist

- **Urbane Flächen:** auch dieser Eintragspfad ist in einigen Gebieten von größerer Bedeutung, für die Einzugsgebiete der Enknach (ID 610), den Diesleitenbach (ID 1210), die Dürre Ager (ID 1250), die Fuschler Ache (ID 1240), den Schwemmbach (ID 620), die Enns (ID 4080) und die Steyr (ID 1560) wurden Anteile zwischen 65% und 30% (mit Abnahme in der Reihenfolge der Aufzählung) errechnet
- **Punktquellen:** neben dem bereits angesprochenen Einzugsgebiet der Donau, in welches die Kläranlage Linz einleitet (Anteil 90% an den Gesamt-TP-Emissionen), haben die Einzugsgebiete der Großen Gusen (ID 1370), der Antiesen (ID 670), der Paltan (ID 1460), der Aschach (ID 1160), der Traun (ID 4010), der Mattig (ID 630) und der Vöckla (ID 1270) bedeutende Punkteinleitungen mit Anteilen von >30% - 60% an den TP-Emissionen zu verzeichnen

Die Zuordnung der Emissionen zu den Hauptquellen ist für den Gesamtphosphor in Abbildung 35 links, für lösliche P-Emissionen in Abbildung 35 rechts dargestellt.

Mit ca. 45% stammt knapp die Hälfte der Gesamt-Phosphoremissionen aus dem Bereich der Landwirtschaft. Betrachtet man nur die löslichen P-Emissionen, verringert sich dieser Anteil geringfügig auf 43%. Der überwiegende Teil der TP-Emissionen aus der Landwirtschaft wird dabei über Erosion eingetragen, der andere Teil über das Grundwasser oder den Oberflächenabfluss. Die Einträge aus Drainagen spielen kaum eine Rolle. Für die löslichen P-Emissionen sind die Anteile je aus der Erosion und dem Grundwasser/Oberflächenabfluss nahezu gleich.

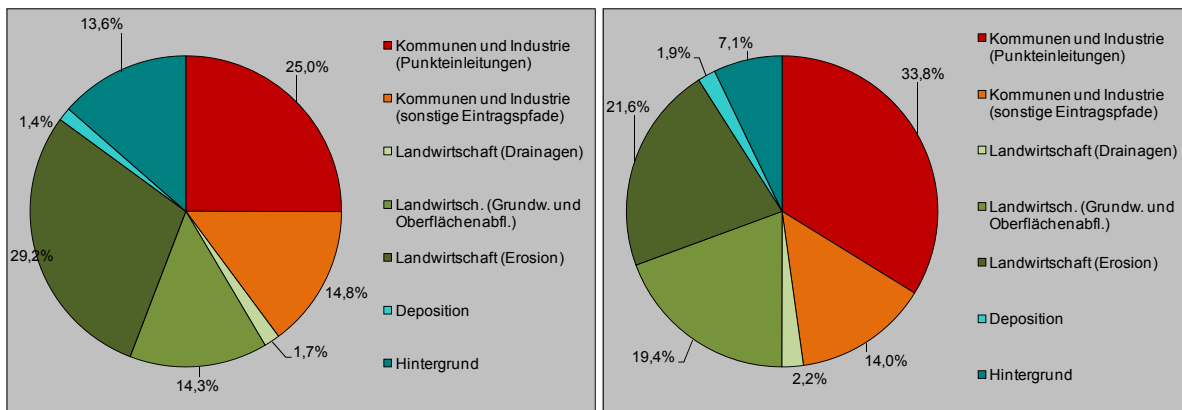


Abbildung 35: Hauptquellen für Gesamt-Phosphoremissionen (links) und lösliche Phosphoremissionen (rechts)

Ein weiterer bedeutender Teil der Emissionen stammen aus den Kommunen und der Industrie, für TP-Emissionen insgesamt knapp 40%, bei Betrachtung der löslichen P-Emissionen erhöht sich dieser Anteil auf knapp 48%. Dabei sind für die TP-Emissionen als auch für die löslichen P-Emissionen die Punktquellen die dominierende Quelle innerhalb dieser Sektoren.

Bei den TP-Emissionen können ca. 15% der Gesamtemissionen nicht beeinflusst werden, diese kommen über Hintergrundeinträge zustande. Bei der Betrachtung der löslichen P-Emissionen reduziert sich dieser Anteil um die Hälfte auf ca. 7%.

6. Berechnete Konzentrationen

6.1 Räumliche Verteilung von Konzentrationen in Grundwasser und Fließgewässern

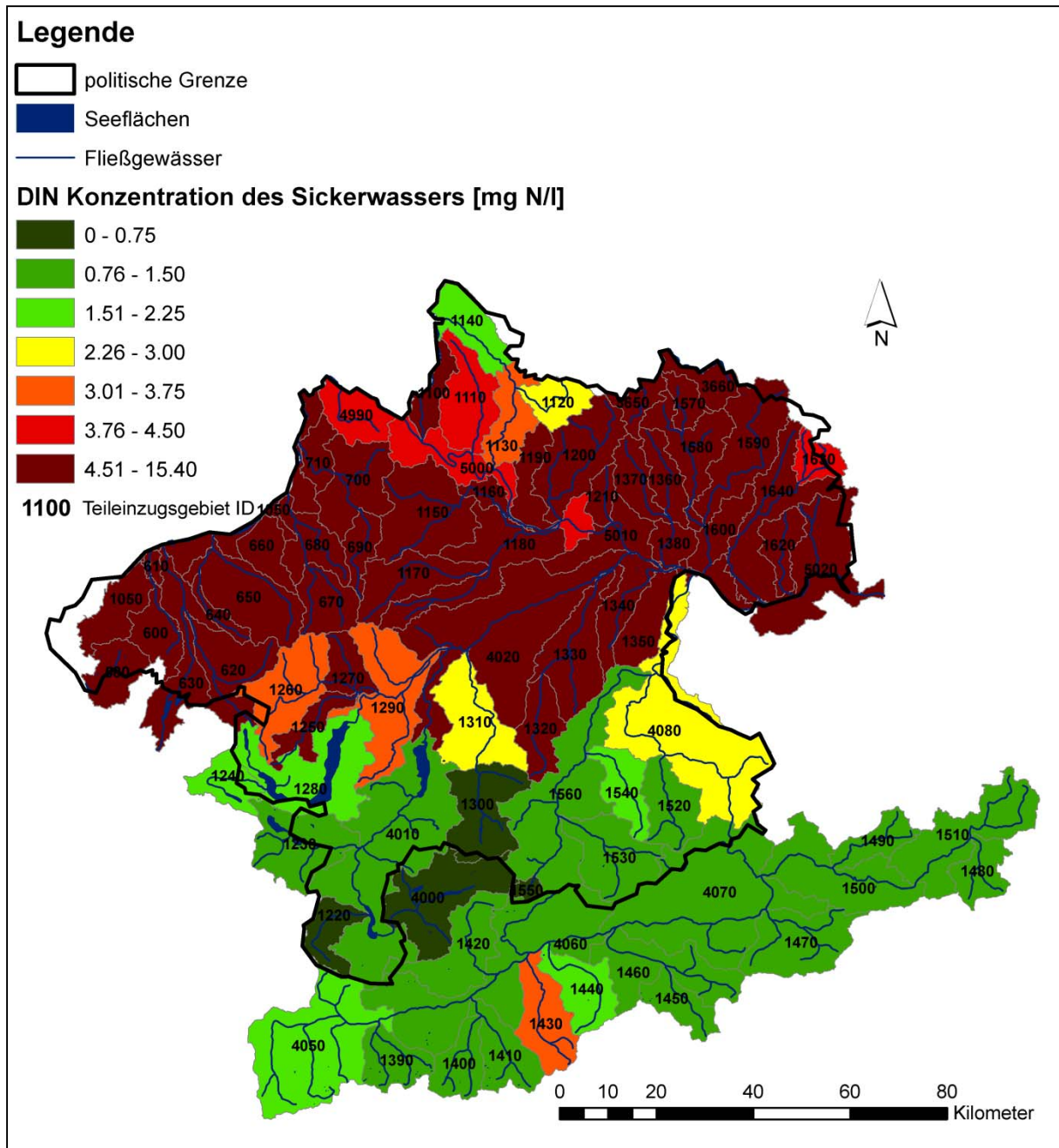


Abbildung 36: modellierte DIN-Konzentration des Sickerwassers in mgN/l

Die Modellierung mit MONERIS ermöglicht neben den Frachtdarstellungen auch die flächendeckende Darstellung der regionalen Verteilung von Nährstoffkonzentrationen in verschiedenen Kompartimenten des Wasserhaushaltes. In Abbildung 36 bis Abbildung 38 sind die mittleren, modellierten Stickstoffkonzentrationen der Modelleinzugsgebiete im Sickerwasser, im Grundwasser und im Grundwasser bei Exfiltration dargestellt.

Bei der Darstellung wurde darauf geachtet, jeweils dieselbe Farbskalierung zu verwenden. Die Differenz zwischen den Abbildungen zeigt damit die Stickstoffentfernung über Denitrifikation entlang der Fließstrecke. Gegenüber der Darstellung mit den flächenspezifischen Frachten über das Grundwasser (z.B. Abbildung 28) in die Fließgewässer werden die Konzentrationen über Verdünnung durch die Sickerwassermenge bzw. über die unterirdisch abfließenden Wassermenge (Grundwasser entsprechend Modelldefinition) beeinflusst.

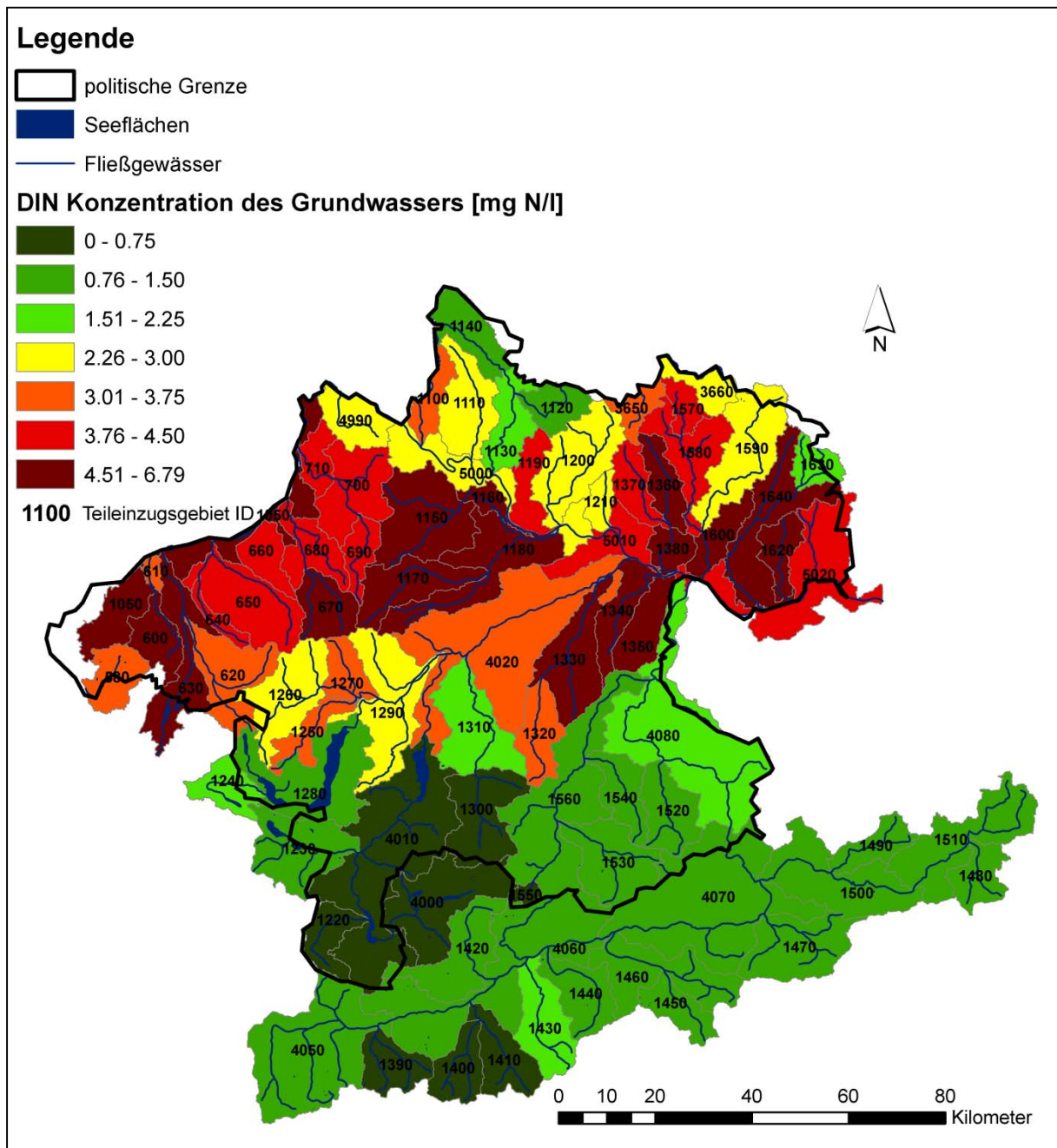


Abbildung 37: modellierte DIN-Konzentration des Grundwassers in mgN/l

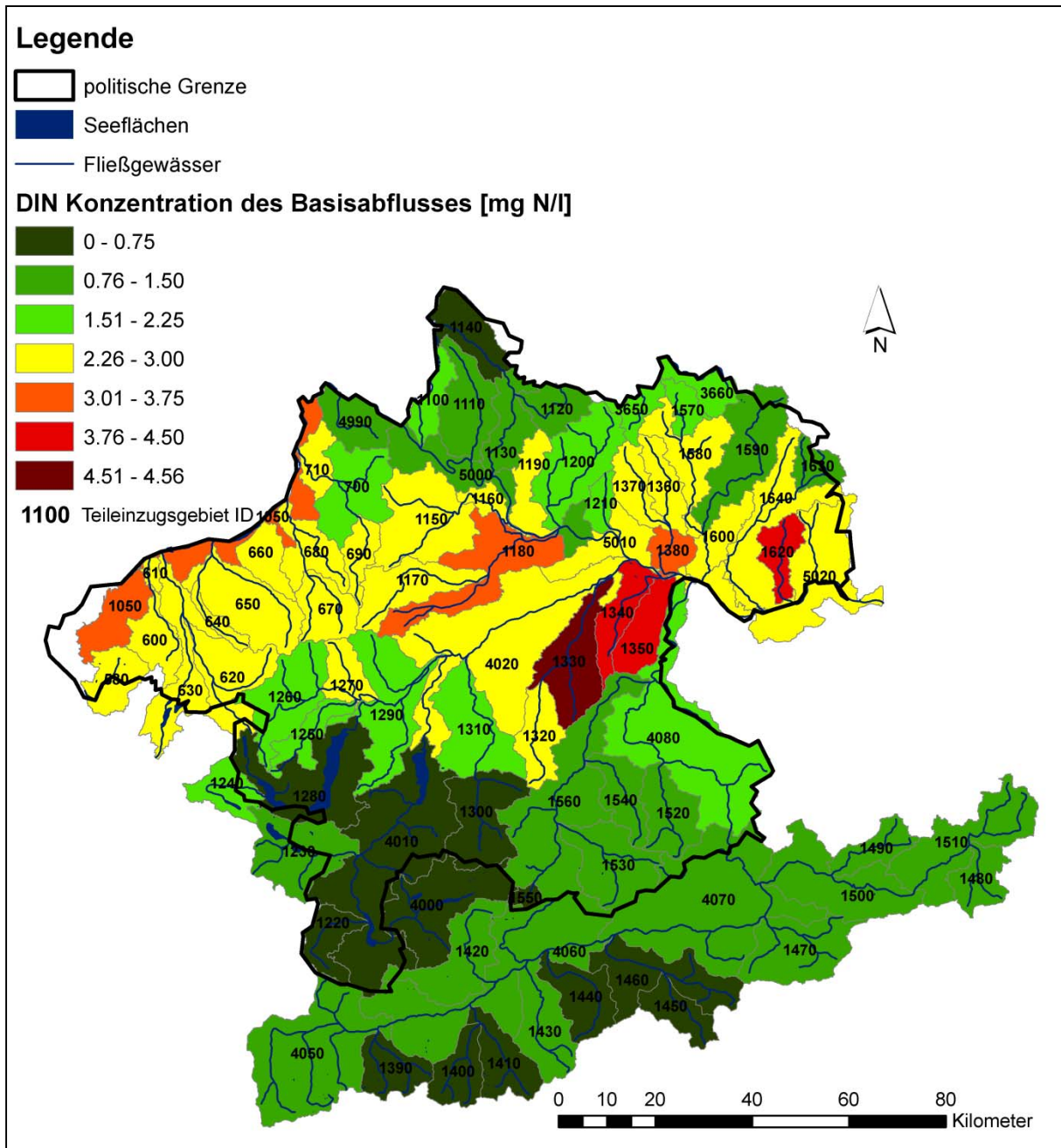


Abbildung 38: modellierte DIN-Konzentration im Grundwasser bei Exfiltration (Basisabfluss) in mgN/l

Schwerpunkte der Belastung des Grundwassers, aber auch der Fließgewässer über das Grundwasser sind im Bereich der Traun/Enns Platte (Krems (ID 1330), Ipfbach (ID 1340), Kristeinerbach (ID 1350)) auszumachen. Auch im Bereich des Innviertels, aber auch im Bereich des östlichen Mühlviertels sind die Konzentrationen im Grundwasser gegenüber dem südlichen und nördlichen Teil des Landes erhöht. Die geringsten Konzentrationen werden für den südlichen alpinen Raum und den nördlichsten Teil des Mühlviertels berechnet.

Betrachtet man die modellierte Verteilung der DIN-Konzentrationen in den Fließgewässern (Abbildung 39), so erkennt man bei den größeren Gewässern die Verdünnung der Konzentrationen durch das aus dem Oberlauf stammende Wasser mit geringer Konzentrationen (z.B. Traun (ID 4020)). Ansonsten ist die

Konzentrationsverteilung in den Fließgewässern ähnlich wie im Grundwasser bei Exfiltration, da der Stickstoffeintrag über das Grundwasser den Gesamteintrag in die Fließgewässer in den meisten Fällen dominiert. Ausnahmen sind z.B. die Mattig (ID 630) und die Aschach (ID 1160), wo Einträge aus Punkquellen in derselben Größenordnung liegen wie jene über das Grundwasser, oder die Feldaist (ID 1570), wo die Einträge über Drainagen die Konzentrationen in den Fließgewässern deutlich mitprägen.

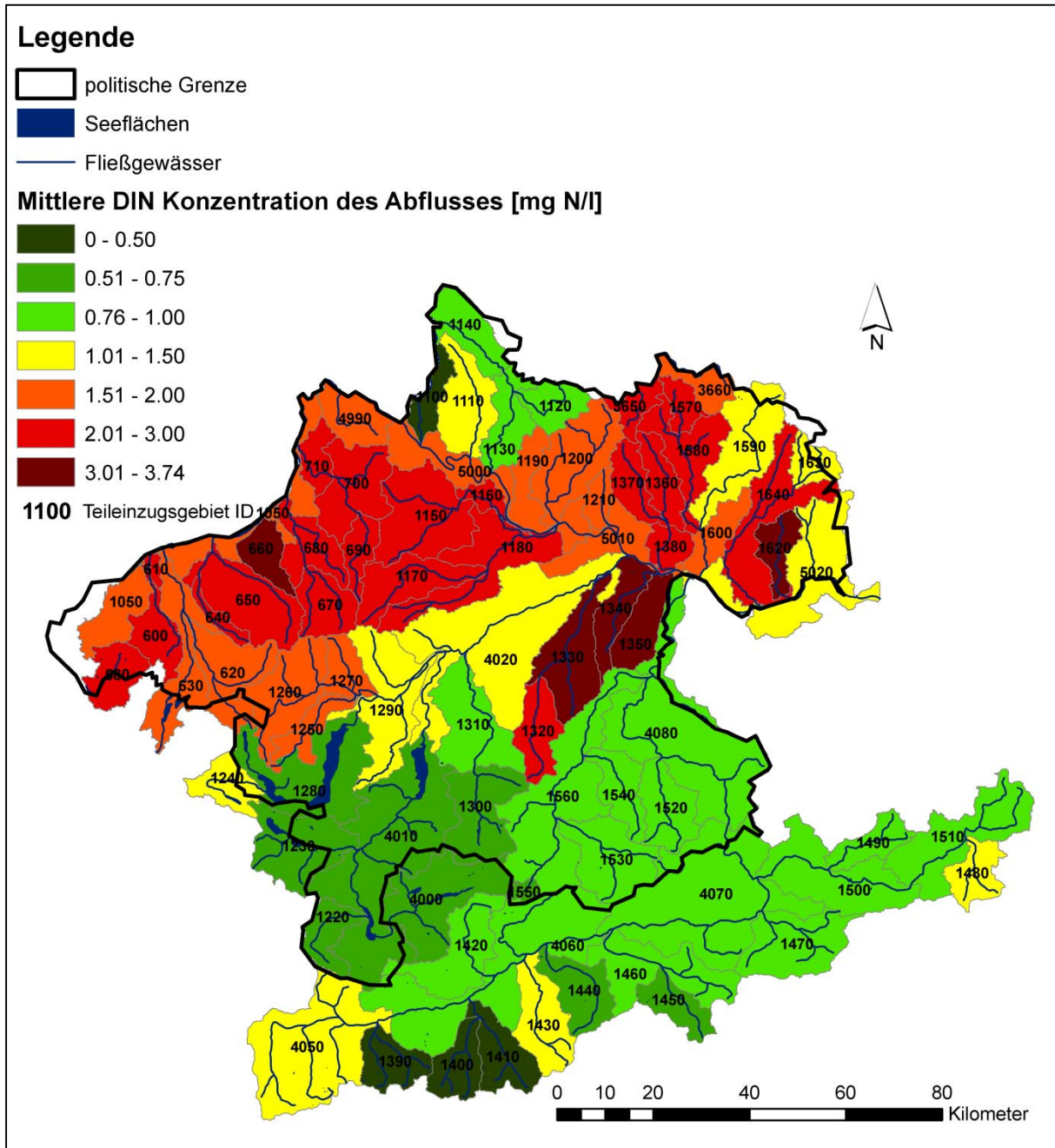


Abbildung 39: modellierte mittlere DIN-Konzentration des Abflusses in mgN/l

Für Phosphor sind in Abbildung 40 bis Abbildung 42 die mittleren modellierten Konzentrationen auf der Ebene der Modelleinzugsgebiete für TP im Grundwasser bei Exfiltration, TP in den Fließgewässern und $\text{PO}_4\text{-P}$ in den Fließgewässern dargestellt. Überwiegend hohe P-Konzentrationen im Grundwasser werden aufgrund des hohen Anteils an sandigen Böden und des relevanten Anteils an landwirtschaftlichen

Nutzflächen für den nördlichen Teil Oberösterreichs modelliert. Die höchsten Konzentrationen werden für die Feldaist (ID 1570 und 1580) sowie für die Ranna (ID 1100), die Kleine Mühl (ID 1110) und die Große Mühl (ID 1130) ausgewiesen.

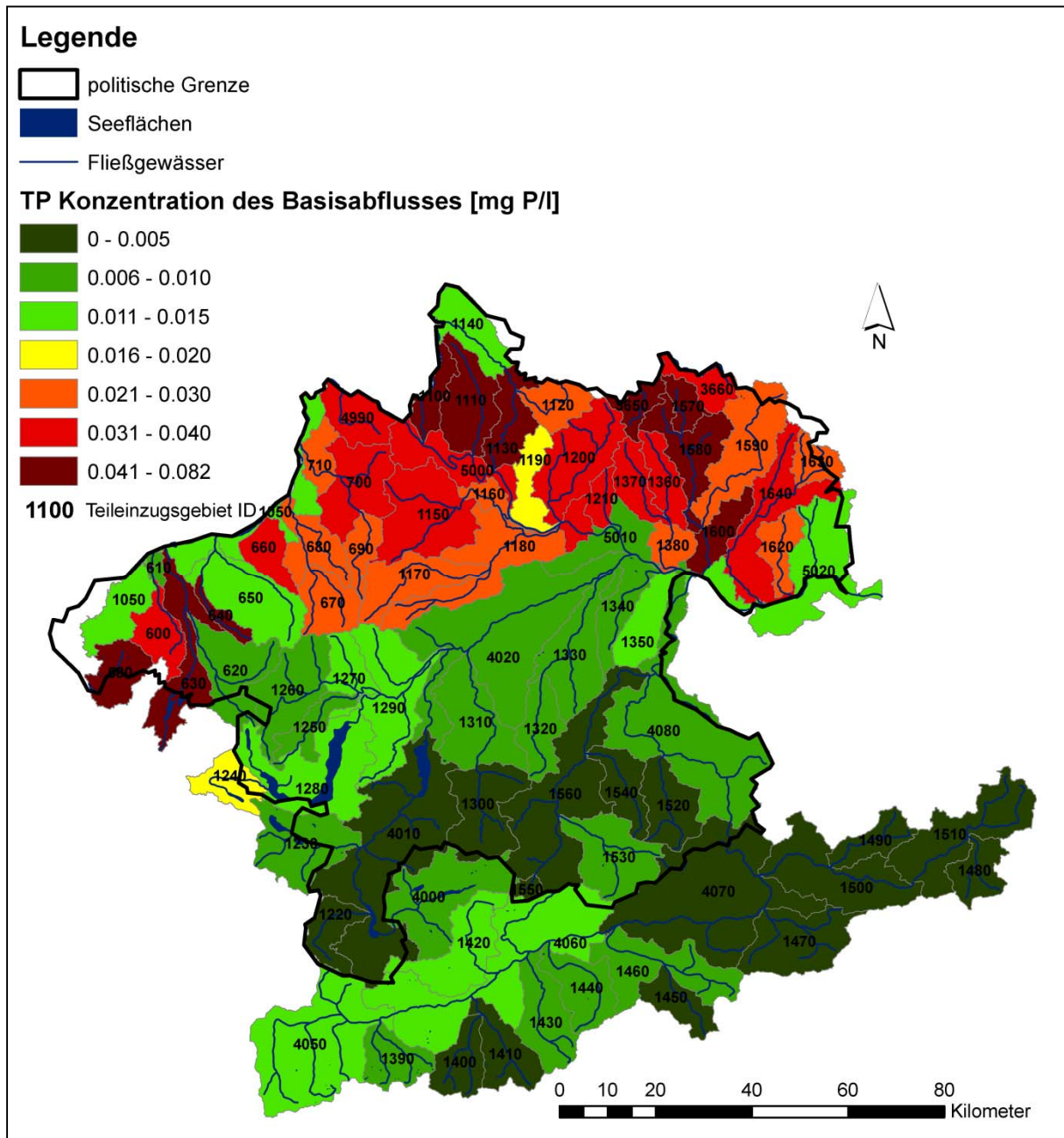


Abbildung 40: modellierte TP-Konzentration im Grundwasser bei Exfiltration (Basisabfluss) in mgP/l

Die Korrelation zwischen P-Gehalten im Grundwasser und in den Fließgewässern ist wesentlich geringer als beim Stickstoff, da der Eintrag über das Grundwasser zumeist nur einen geringen Anteil an der Belastung der Gewässer ausmacht. Andere Eintragspfade (Erosion, Punkquellen) sind wesentlich relevanter. So ist in Abbildung 41 zu erkennen, dass die höchsten TP-Konzentrationen für jene Gewässer modelliert werden, in deren Einzugsgebieten auch die Erosion die höchsten Emissionsfrachten liefert (Abbildung 31). Eine Ausnahme ist hier wieder der Unterlauf der Traun (ID 4020) da es hier zu einer Verdünnung mit aus dem Oberlauf zufließendem Wasser kommt.

Im östlichen Mühlviertel treten ebenfalls vergleichsweise hohe Konzentrationen auf, obwohl hier die Erosion nur eine untergeordnete Rolle spielt. Hier ist es ein Zusammenspiel aus Einträgen über das Grundwasser, aus Punktquellen und urbanen Flächen mit einem vergleichsweise geringen Abfluss in den Fließgewässern, die zu dieser Situation führen. Deutlich geringer sind die Konzentrationen jener Flüsse, die aus dem alpinen Bereich im Süden Oberösterreichs kommen. Geringe Einträge gepaart mit hohen Abflüssen führen zu diesen geringen Konzentrationen.

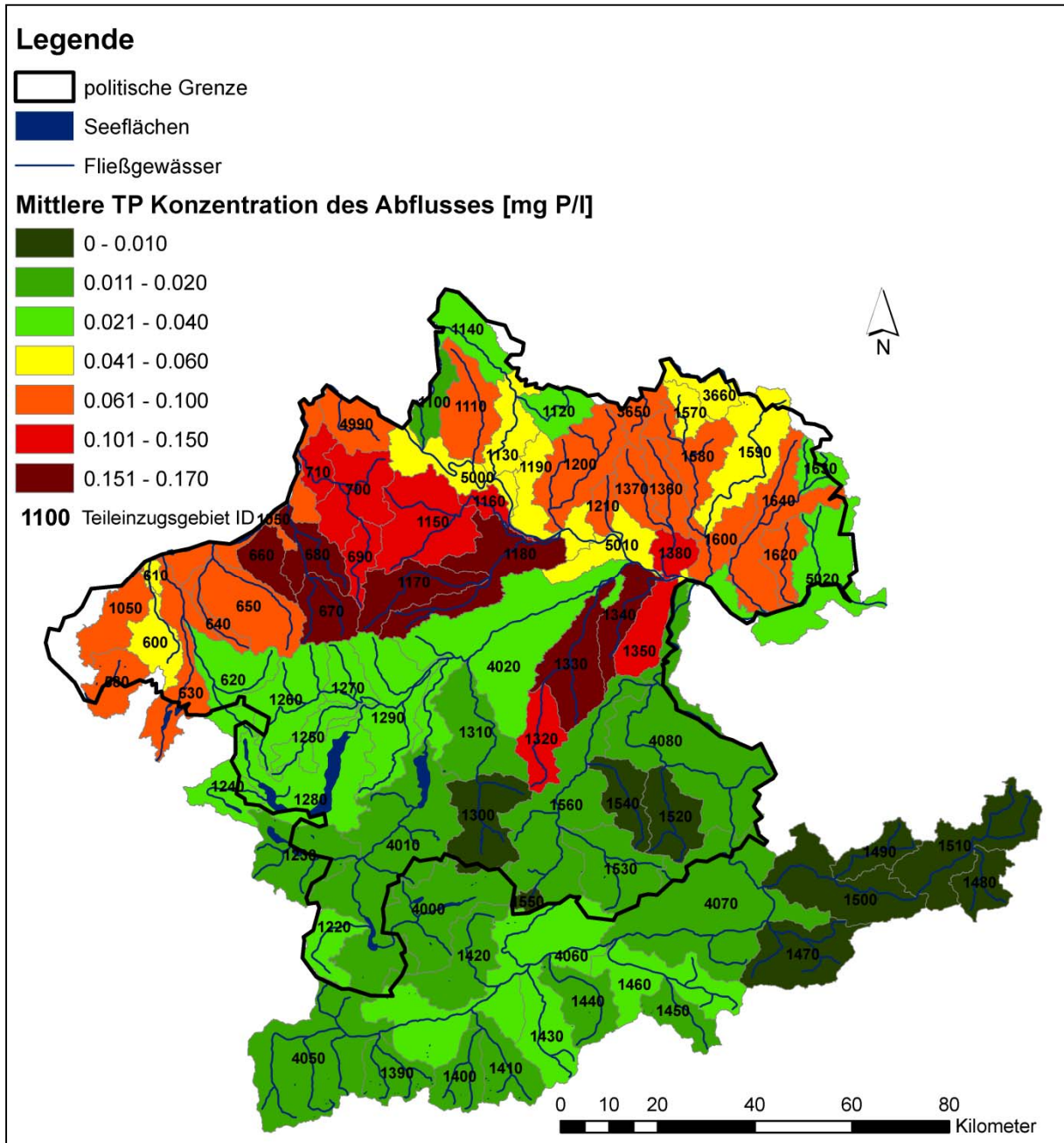


Abbildung 41: mittlere TP-Konzentration des Abflusses in mgP/l

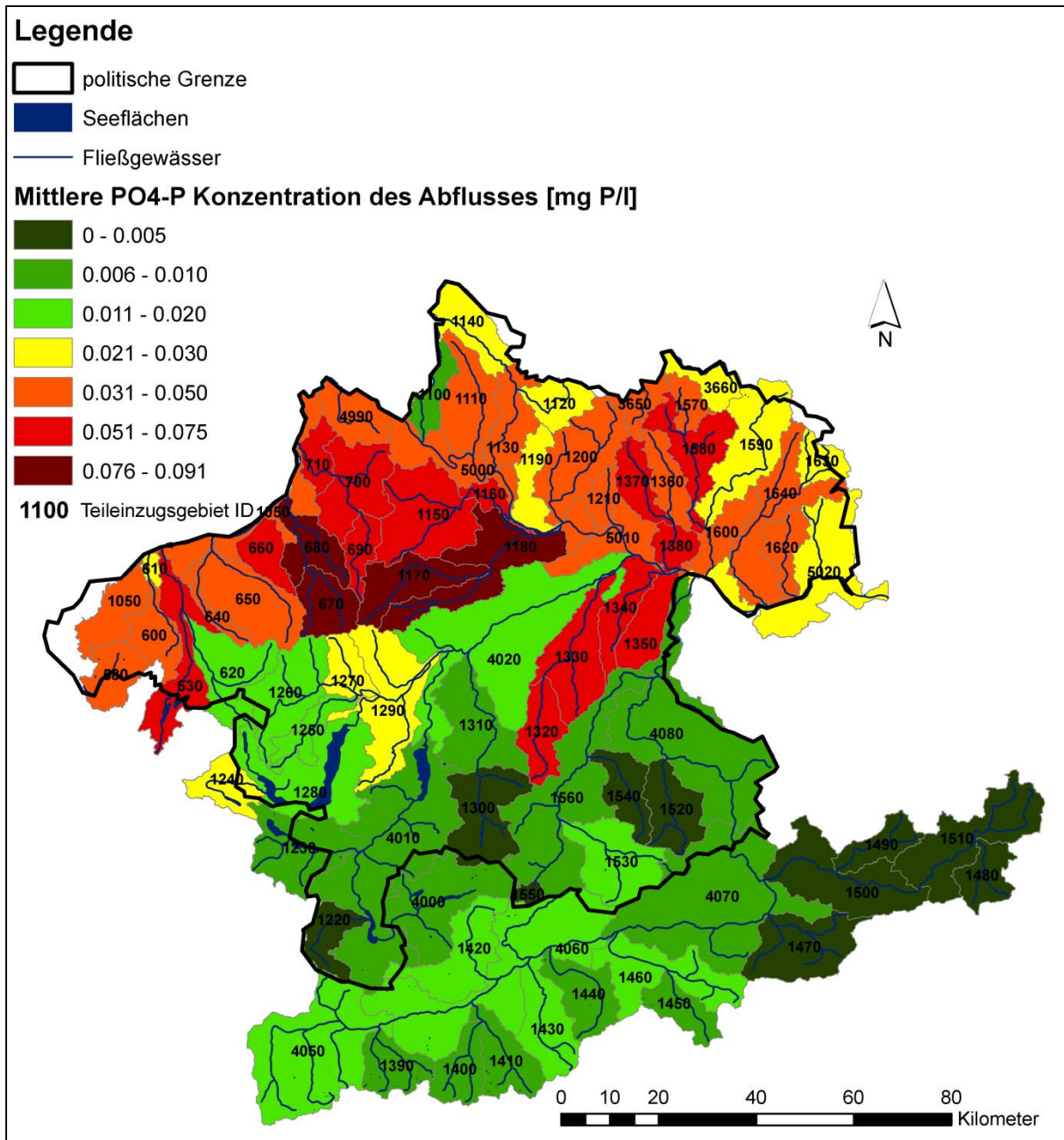


Abbildung 42: mittlere PO₄-P-Konzentration des Abflusses in mgP/l

6.2 Berechnete Überschreitungen der Richtwerte nach Qualitätszielverordnung Ökologie und Gegenüberstellung mit Messdaten

Die österreichische Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 99/2010) hat für die Nährstoffparameter NO₃-N und PO₄-P typenspezifische Richtwerte (Umweltqualitätsziele UQZ) festgelegt. Die Richtwerte variieren in Abhängigkeit der Bioregion, in der ein Gewässer liegt, der Einzugsgebietsgröße und der Höhenlage. Der jeweilige Richtwert ist von 90% der Messwerte eines Jahres (90% Perzentile) einzuhalten. In Tabelle 6 sind die typenspezifischen Richtwerte für

die Zustandsgrenze gut/mäßig für die Gewässer am Gebietsauslass der betrachteten Modelleinzugsgebiete dargestellt.

Tabelle 6: Richtwert für Zustandsgrenze gut/mäßig gemäß Bioregionszuordnung der QZV Ökologie Oberflächengewässer (UQZ) für den Gebietsauslass des jeweiligen Modelleinzugsgebietes, die Werte sind als 90% Perzentile einzuhalten

Name	ID	UQZ NO ₃ -N mg/l	UQZ PO ₄ -P mg/l	Name	ID	UQZ NO ₃ -N mg/l	UQZ PO ₄ -P mg/l	Name	ID	UQZ NO ₃ -N mg/l	UQZ PO ₄ -P mg/l
Moosb./Mühlheimerache	580	5,5	0,05	Trattnach	1170	5,5	0,05	Große Gusen	1370	5,5	0,10
Enknach	600	5,5	0,05	Innbach	1180	5,5	0,05	Gusen	1380	5,5	0,05
Enknach	610	5,5	0,05	Pesenbach	1190	5,5	0,05	Reichramming Großer	1520	5,5	0,03
Schwemmbach	620	5,5	0,05	Große Rodl	1200	5,5	0,05	Teichl	1530	5,5	0,03
Mattig	630	5,5	0,05	Diesenleitenbach	1210	5,5	0,05	Krumme Steyrling	1540	5,5	0,03
Moosbach	640	5,5	0,05	Gosaubach	1220	4	0,02	Steyr	1550	4	0,02
Mühlheimer Ache	650	5,5	0,05	Ischler Ache	1230	7	0,03	Steyr	1560	5,5	0,05
Gurtenbach	660	5,5	0,05	Fuschler Ache	1240	5,5	0,05	Feldaist	1570	4	0,08
Antiesen	670	5,5	0,05	Dürre Ager	1250	5,5	0,05	Feldaist	1580	5,5	0,10
Antiesen	680	5,5	0,05	Vökla	1260	5,5	0,05	Waldaist	1590	5,5	0,10
Pram	690	5,5	0,05	Vökla	1270	5,5	0,05	Aist	1600	5,5	0,05
Pram	700	5,5	0,05	Ager	1280	7	0,05	Klammbach	1620	5,5	0,05
Pram	710	5,5	0,05	Ager	1290	5,5	0,05	Klammleitenbach	1630	4	0,08
Ranna	1100	5,5	0,10	Alm	1300	5,5	0,03	Große Naam	1640	n.b.	0,05
Kleine Mühl	1110	5,5	0,10	Alm	1310	5,5	0,05	Kartenbach	3650	4	0,08
Steinerne Mühl	1120	5,5	0,10	Krems	1320	5,5	0,05	Maltsch	3660	4	0,08
Große Mühl	1130	5,5	0,10	Krems	1330	5,5	0,05	Traun	4010	7	0,08
Große Mühl	1140	5,5	0,08	Ipfbach	1340	5,5	0,05	Traun	4020	5,5	0,08
Dürre Aschach und Aschach	1150	5,5	0,05	Kristeinerbach	1350	5,5	0,05	Enns	4080	5,5	0,08
Aschach	1160	5,5	0,05	Kleine Gusen	1360	5,5	0,10				

Durch die Vielzahl der Gütemessstellen des Landesmessnetzes Oberösterreichs kann für die meisten betrachteten Gewässerstrecken anhand von Messungen geprüft werden, ob der jeweilige typenspezifische Richtwert eingehalten wird. In Abbildung 43 und Abbildung 44 sind jene Gewässer dargestellt, in denen eine Überschreitung des typenspezifischen Richtwertes ausgewiesen wird. Überschreitungen aufgrund von Messwerten in den Fließgewässern sind durch die rote Färbung des Gewässernetzes gekennzeichnet. Überschreitungen aufgrund von Modellergebnissen sind durch eine Färbung des Einzugsgebietes gekennzeichnet. Aufgrund der Unsicherheiten bei der Modellierung werden Gebiete, für die am Gebietsauslass ein modellierter Wert den Richtwert um mehr als das 1,25-fache überschreitet, als „Überschreitung“ ausgewiesen. Liegt der modellierte Wert zwischen dem 0,75- und 1,25-fachen des Richtwertes, werden die Gebiete als Gebiete mit „eventueller Überschreitung“ ausgewiesen.

Bei NO₃-N wird in Oberösterreich auf Grund von Messwerten nur bei wenigen Gewässern eine Richtwertüberschreitungen festgestellt (Untere Krems (ID 1330), Ipfbach (ID 1340), Kristeinerbach (ID 1350), Untere Gusen (ID 1380), Dürre Aschach und Aschach (ID 1150 und 1160) und obere Feldaist (ID 1570)). All diese Gebiete werden auch in der Modellierung zumindest der Kategorie „Eventuelle Überschreitung“ zugeordnet. Eine Reihe weiterer Gebiete des Innviertels fällt ebenfalls in die Kategorie „Eventuelle Überschreitung“, ohne dass über Messwerte eine Grenzwertüberschreitung ausgewiesen wird.

Beim PO₄-P wird über Messwerte in einer wesentlich größeren Anzahl von Gewässern eine Richtwertüberschreitung festgestellt. Überschreitungen treten vor allem im Innviertel, im östlichen Mühlviertel und in den Gewässern der Traun-Enns-Platte auf. Die Gewässer mit gemessenen Richtwertüberschreitungen werden auch bei der Modellierung zumeist der Kategorie „Überschreitung“, zumindest aber der Kategorie „eventuelle Überschreitung“ zugeordnet. Einzelne Gewässer werden über

die Modellierung der Kategorie „eventuelle Überschreitung“ zugeordnet, ohne dass über Messwerte eine Grenzwertüberschreitung ausgewiesen wird. Lediglich zwei Modelleinzugsgebiete werden über Modellierung der Kategorie „Überschreitung“ zugewiesen, ohne dass dies auch bei den Messwerten der Fall wäre. Insgesamt können die kritischen Gebiete über die Modellierung sehr gut nachvollzogen werden. Dies ermöglicht es, in der Folge bei jenen Gebieten, für welche eine Richtwertüberschreitung modelliert wird, den Eintragspfaden und Quellen näher nachzugehen.

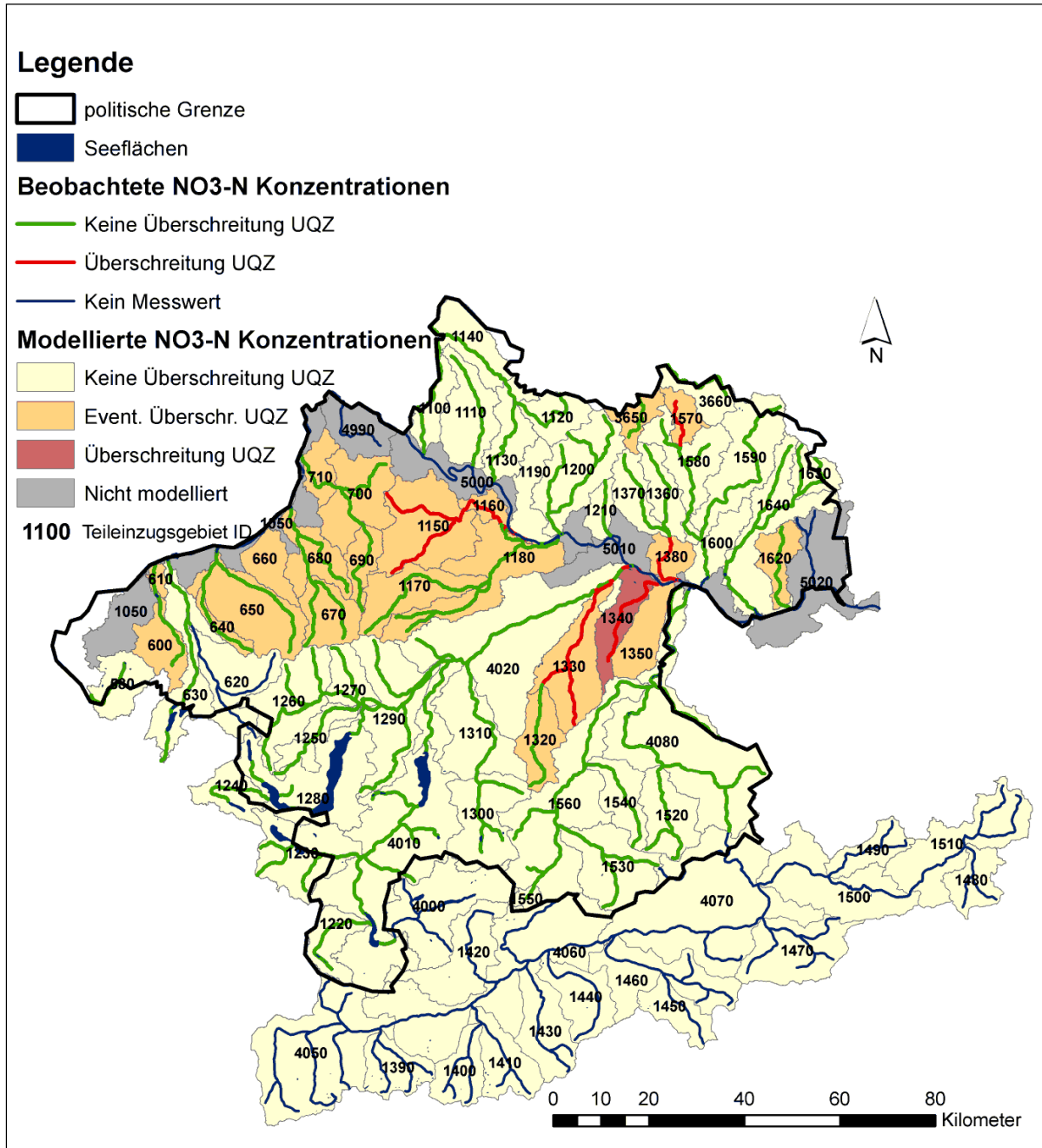


Abbildung 43: Ausweisung von Gewässern mit Überschreitung des typenspezifischen Richtwertes für NO₃-N in den Jahren 2001 bis 2006. Beobachtet: „Überschreitung UQZ“, wenn das 90% Perzentil der Messwerte des Zeitraumes 2001 bis 2006 über dem UQZ liegt; Modelliert: „Überschreitung UQZ“, wenn das für den Zeitraum 2001 bis 2006 modellierte 90% Perzentil über dem 1,25-fachen des UQZ liegt; „eventuelle Überschreitung“, wenn das modellierte 90% Perzentil zwischen dem 0,75- und dem 1,25-fachen des UQZ liegt, „keine Überschreitung“, wenn das modellierte 90% Perzentil unter dem 0,75-fachen des UQZ liegt

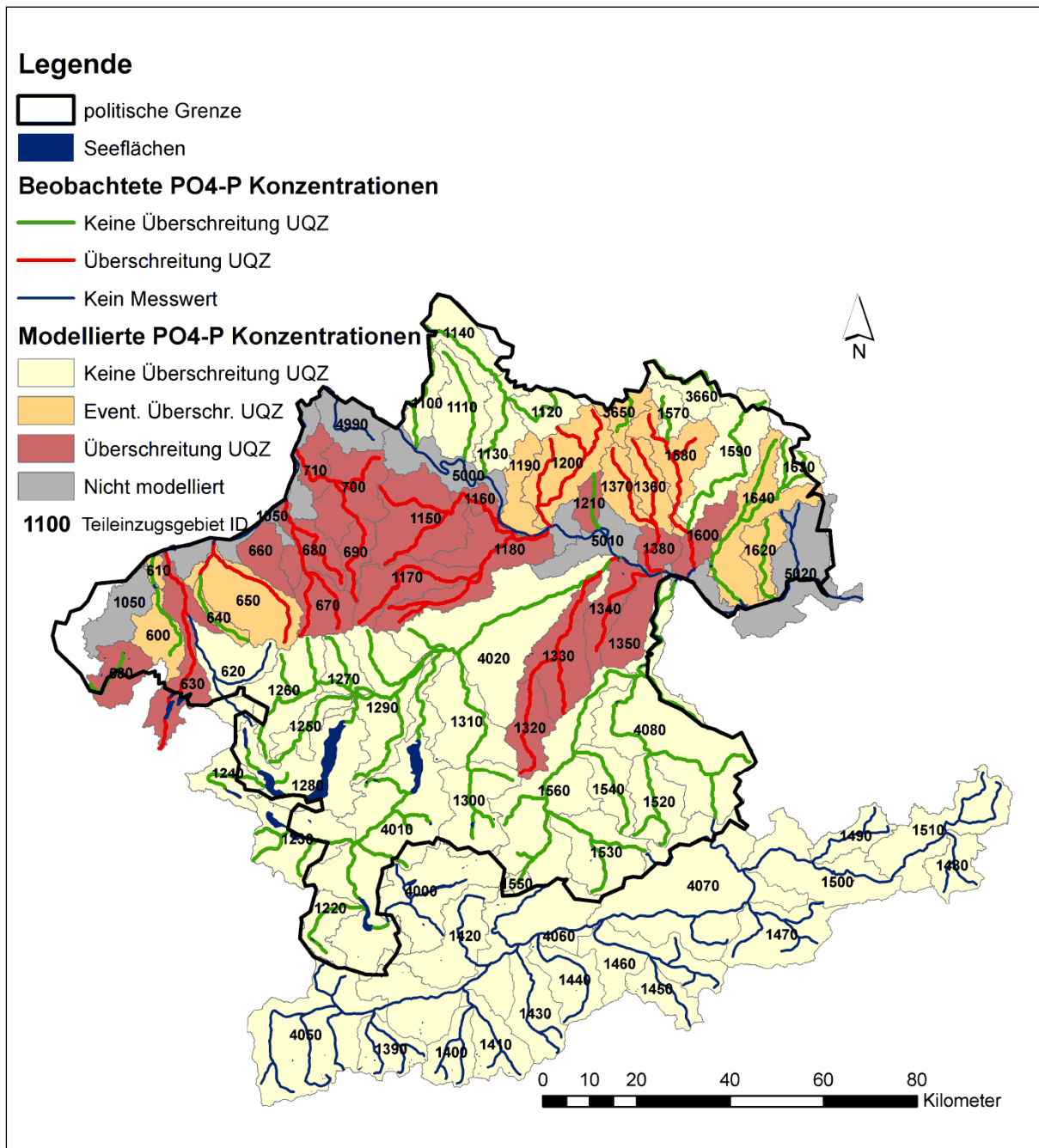


Abbildung 44: Ausweisung von Gewässern mit Überschreitung des typenspezifischen Richtwertes für PO₄-P-N in den Jahren 2001 bis 2006. Beobachtet: „Überschreitung UQZ“, wenn das 90% Perzentil der Messwerte des Zeitraumes 2001 bis 2006 über dem UQZ liegt; Modelliert: „Überschreitung UQZ“, wenn das für den Zeitraum 2001 bis 2006 modellierte 90% Perzentil über dem 1,25-fachen des UQZ liegt; „eventuelle Überschreitung“, wenn das modellierte 90% Perzentil zwischen dem 0,75- und dem 1,25-fachen des UQZ liegt, „keine Überschreitung“, wenn das modellierte 90% Perzentil unter dem 0,75-fachen des UQZ liegt

6.3 Haupteintragspfade bzw.-quellen für Einzugsgebiete mit berechneten Überschreitungen der Richtwerte

6.3.1 Eintragspfade für N- und P-Emissionen

In Kapitel 5.2 wurde bereits die unterschiedliche Bedeutung der Eintragspfade an den Gesamt-Stickstoffemissionen für alle betrachteten Gebiete diskutiert.

In Abbildung 45 sind die Anteile der Eintragspfade an den Gesamt-Stickstoffemissionen für die Gebiete dargestellt, in denen eine Überschreitung („eventuelle Überschreitung“ und „Überschreitung“) der typspezifischen Richtwerte für NO₃-N modelliert wurde. Im Vergleich zur relativen Bedeutung der Eintragspfade für alle oberösterreichischen Einzugsgebiete (vgl. Abbildung 32) zeigt sich deutlich, dass auch in den Gebieten mit Richtwertüberschreitungen die Gesamt-Stickstoffemissionen überwiegend über das Grundwasser (68%) eingetragen werden. Die Punktquellen nehmen in diesen Gebieten mit einem Anteil von ca. 5% in ihrer relativen Bedeutung für die TN-Emissionen deutlich ab. Der Oberflächenabfluss ist mit ca. 9% gleichbedeutend wie in allen oberösterreichischen Gebieten. Auffällig ist die Zunahme der relativen Bedeutung der Einträge über die Drainagen: da erhöht sich der relative Anteil an den TN-Emissionen von 4% in allen Gebieten auf knapp 9,5% in den Gebieten mit Richtwertüberschreitungen.

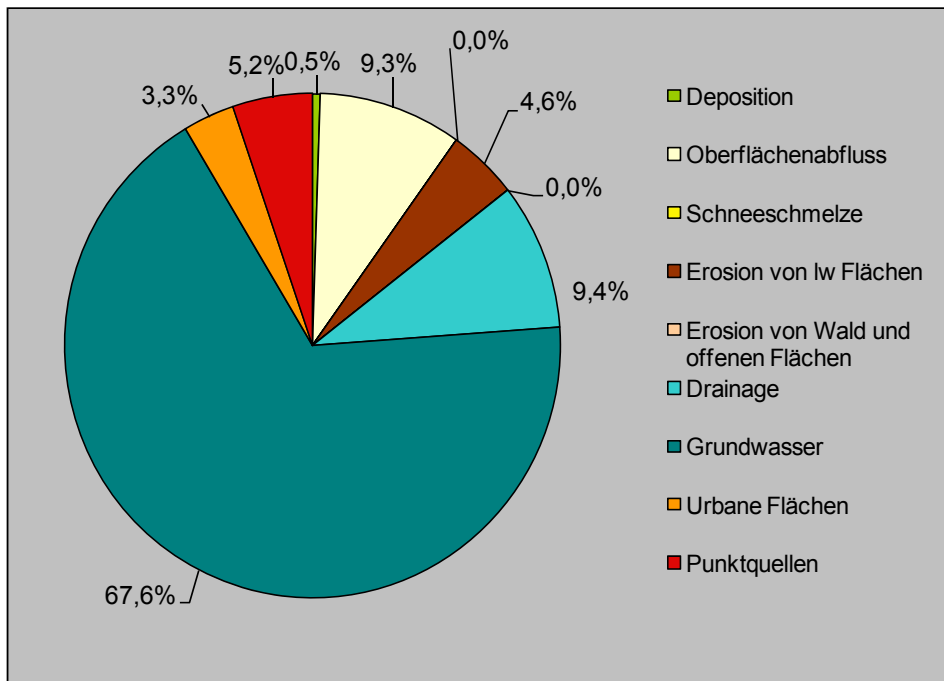


Abbildung 45: Haupteintragspfade für Gesamt-Stickstoffemissionen für die Einzugsgebiete, in denen eine Überschreitung der Richtwerte für den guten Zustand auf Basis der berechneten Konzentrationen festgestellt wurde

Die beiden Eintragspfade Grundwasser und Drainagen tragen in den Gebieten mit modellierten Richtwertüberschreitungen zu knapp 80% der Gesamt-Stickstoffemissionen bei. Die Einträge aus beiden Eintragspfaden werden maßgeblich durch den Überschuss und die Bodenverhältnisse geprägt und deuten darauf hin, dass Maßnahmen, die bei den N-Überschüssen ansetzen, am deutlichsten zur Reduktion der N-Konzentrationen in den Gebieten mit Problemen bei Richtwertüberschreitungen beitragen können.

Bei den Gesamt-Phosphoremissionen (Abbildung 46 links) sind im Wesentlichen starke Änderungen in 2 Eintragungspfaden gegenüber der Situation in allen oberösterreichischen Einzugsgebieten festzustellen: die relative Bedeutung der Erosion von landwirtschaftlichen Flächen nimmt in den Gebieten mit Richtwertüberschreitungen deutlich zu (Zunahme von 31% auf 47%) und der Eintragungspfad der Punktquellen verliert an Bedeutung (Abnahme von 25% auf 15%) (vgl. Abbildung 34). Alle übrigen Eintragungspfade zeigen nur geringfügige Veränderungen gegenüber ihrer Bedeutung in allen Gebieten Oberösterreichs.

Die löslichen P-Emissionen (Abbildung 46 rechts) zeigen ähnliche Änderungen in den Beiträgen der einzelnen Eintragungspfade: eine Zunahme der Bedeutung der Erosion von landwirtschaftlichen Flächen (Zunahme von 22% auf 35%) sowie eine Abnahme in der Bedeutung der Punktquellen (Abnahme von 34% auf 22%), während sich die übrigen Eintragungspfade in ihrer Bedeutung nur geringfügig verändern.

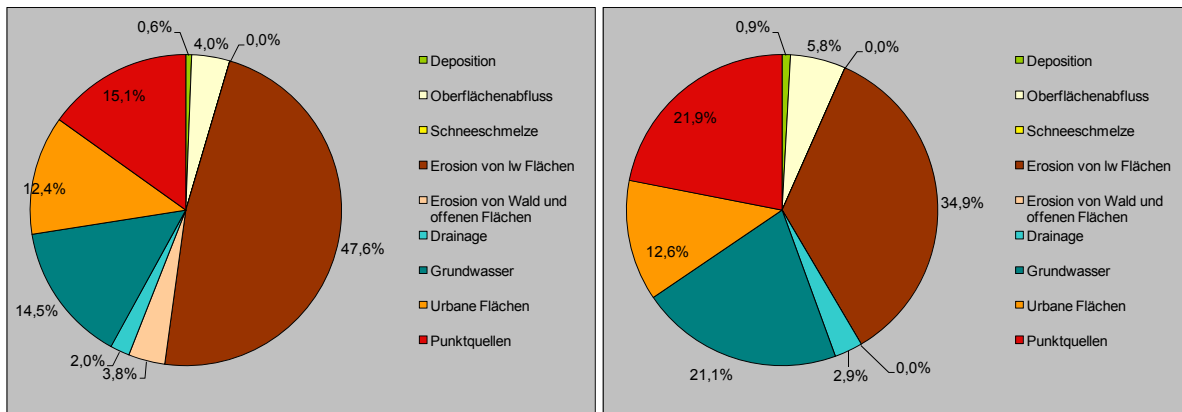


Abbildung 46: Haupteintragspfade für Gesamt-Phosphoremissionen (links) und lösliche Phosphoremissionen (rechts) für die Einzugsgebiete, in denen eine Überschreitung der Richtwerte für den guten Zustand auf Basis der berechneten Konzentrationen festgestellt wurde

Daraus lässt sich ableiten, dass zur effektiven Reduktion der Gesamt-Phosphoremissionen als auch der löslichen P-Emissionen Maßnahmen nicht nur in einem Bereich zu setzen sind. Eine Reduktion der Emissionen in den Gebieten mit Richtwertüberschreitungen könnte zum Einen über Maßnahmen im Bereich des Erosionsschutzes zu erreichen sein, zum Anderen spielen aber auch Maßnahmen im Bereich der Punktquellen sowie Maßnahmen, die Emissionen über das Grundwasser reduzieren, eine wesentliche Rolle in der Reduktion der Gesamt-Phosphoremissionen aus den Gebieten mit den berechneten Richtwertüberschreitungen.

6.3.2 Quellen von N- und P-Emissionen

Die Veränderungen in der relativen Bedeutung der Eintragungspfade, die sich bei der Betrachtung der Gebiete mit Richtwertüberschreitungen gegenüber allen oberösterreichischen Gebieten ergibt, spiegelt sich in gleichem Maße in den Hauptquellen für die Gesamt-Stickstoffemissionen wieder (Abbildung 47). Die relative Bedeutung der Punkteinleitungen aus den Kommunen und der Industrie nimmt stark ab, dafür nimmt die relative Bedeutung der Landwirtschaft als Hauptquelle der Gesamt-Stickstoffemissionen zu. Der Großteil der Emissionen aus der Landwirtschaft stammt aus der Landbewirtschaftung, die Bedeutung der Emissionen aus den

Drainagen nimmt zu. Die Bedeutung der luftbürtigen Einträge aus der Landwirtschaft und den Kommunen auf Waldflächen und offene Flächen hat für die Gebiete mit Richtwertüberschreitungen kaum eine Bedeutung.

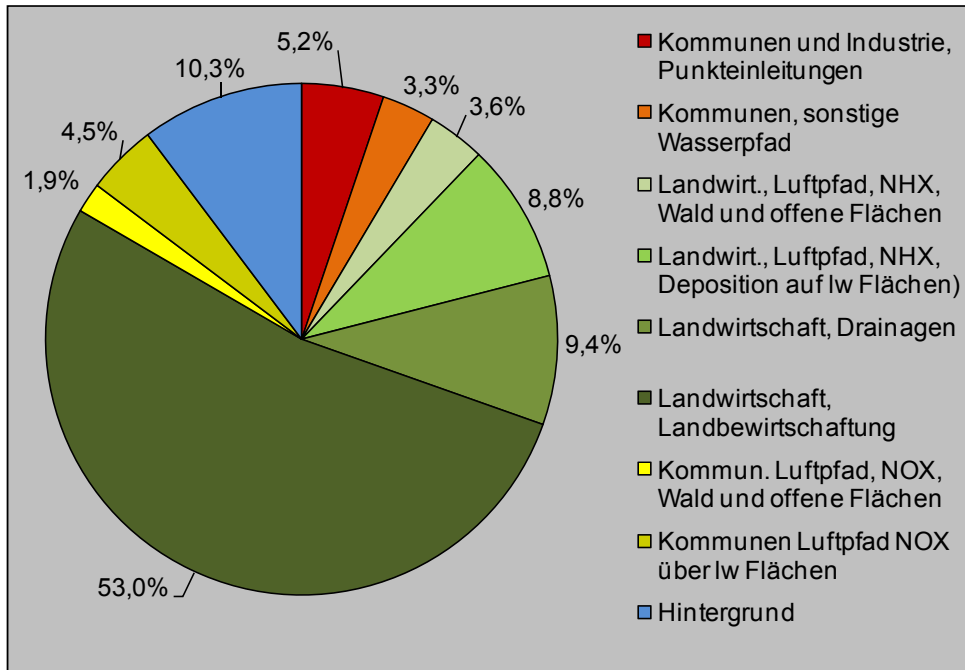


Abbildung 47: Hauptquellen für Gesamt-Stickstoffemissionen in Einzugsgebieten, in denen eine Überschreitung der Richtwerte für den guten Zustand auf Basis der berechneten Konzentrationen festgestellt wurde

Bei den Hauptquellen für die Gesamt-Phosphoremissionen (Abbildung 48 links) ist eine deutliche Zunahme der Landwirtschaft als Hauptquelle bei alleiniger Betrachtung der Gebiete mit Richtwertüberschreitungen zu verzeichnen, diese Zunahme ist allerdings innerhalb des Sektors Landwirtschaft auf die Hauptquelle Erosion beschränkt. Entsprechend der Zunahme im Bereich der Landwirtschaft ergibt sich eine Abnahme der relativen Bedeutung der Punkteinleitungen aus den Kommunen und der Industrie. Die relative Bedeutung der übrigen Hauptquellen verändert sich nur unwesentlich gegenüber der Betrachtung aller Gebiete Oberösterreichs.

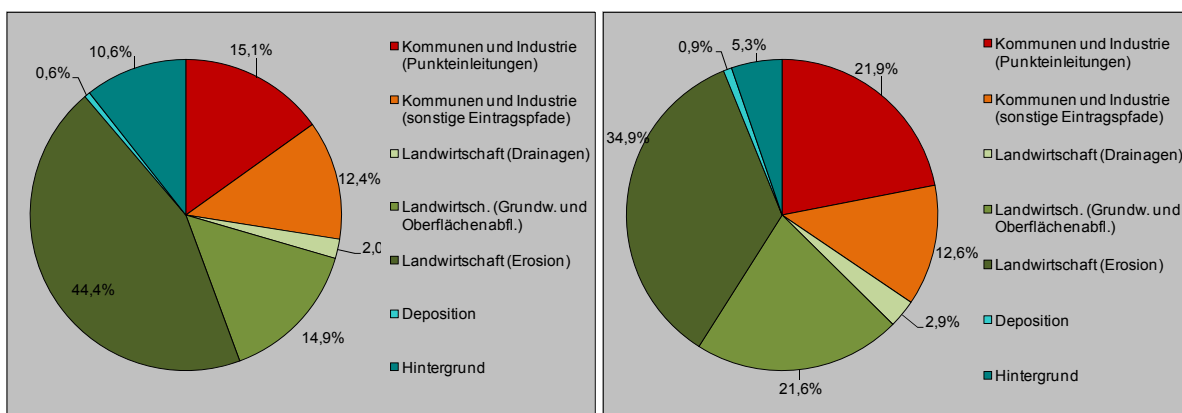


Abbildung 48: Hauptquellen für Gesamt-Phosphoremissionen (links) und lösliche Phosphoremissionen (rechts) für die Einzugsgebiete, in denen eine Überschreitung der Richtwerte für den guten Zustand auf Basis der berechneten Konzentrationen festgestellt wurde

Auch bei den löslichen P-Emissionen (Abbildung 48 rechts) nimmt die Erosion in der Landwirtschaft in der relativen Bedeutung zu, im selben Ausmaß reduziert sich die Bedeutung der Punkteinleitungen aus den Kommunen und der Industrie. Auch bei den löslichen P-Emissionen ändert sich die relative Bedeutung der übrigen Hauptquellen nur unwesentlich gegenüber der Betrachtung aller oberösterreichischer Gebiete.

7. Eintragspfade für Nährstoffe in Gewässer in unterschiedlichen Beispielsregionen

7.1 Auswahl und Charakterisierung der Regionen

Ziel der Unterscheidung der Nährstoffemissionen in typische Beispielsregionen von Oberösterreich ist die Darstellung regionaler Besonderheiten, die sich auf die Dominanz und die Ausprägung der Emissionen von verschiedenen Eintragspfaden auswirken. Eine solche differenzierte Herangehensweise mit der Bündelung spezifischer, ähnlicher Einzugsgebiete (EZG) kann als eine grobe Sensitivitätsanalyse der Modellergebnisse angesehen werden, denn sie gibt Auskunft, ob die in MONERIS verwendeten Algorithmen für die Berechnung der Emissionen über die verschiedenen Eintragspfade ausreichen, um diese (bekannten) Besonderheiten quantitativ abzubilden.

Als typische Beispielsregionen für Oberösterreich wurden drei verschiedene Gebiete gewählt:

- Die intensiv landwirtschaftlich genutzte Traun-Enns-Platte, in der die Dominanz des Grundwasserpfad auf die N-Emissionen bekannt ist,
- Das intensiv landwirtschaftlich genutzte Innviertel, das durch hohe P-Emissionen gekennzeichnet ist, die hauptsächlich über den Eintragspfad der Erosion verursacht werden,
- Das Mühlviertel, mit einer geringeren landwirtschaftlichen Nutzung und erhöhten Waldanteilen.

In zwei der drei Beispielregionen (Innviertel und Mühlviertel) wurden weitere Differenzierungen durchgeführt, die die Sensitivität der in MONERIS verwendeten Ansätze vertieft testen. Als Innviertel I wird eine Region bezeichnet, wo die landwirtschaftliche Nutzung als Grünland mit etwa 20% der Einzugsgebietsfläche bei noch immer starker Ackerlandnutzung von 60% (der Gesamteinzugsgebietsfläche) eine gewisse Rolle spielt. Als Innviertel II wird ein Gebiet mit einer fast ausschließlichen landwirtschaftlichen Nutzung als Ackerland (80%) bezeichnet. Im Mühlviertel wurde in abflussschwächere östliche Bereiche und abflusstärkere westliche Regionen unterteilt. Neben den bereits angeführten Kriterien wurde darauf geachtet, dass die ausgewählten und zu beispielhaften Regionen zusammengefassten EZG möglichst einem Grundwasserkörper zugehören, so dass ein Ferntransport von Stoffen über das Grundwasser aus anderen Gebieten weitgehend ausgeschlossen werden kann.

Letztendlich werden für die Traun-Enns-Platte die Untere Krems (ID 1330), der Ipfbach (ID 1340) und der Krusteinerbach (ID 1350) als Beispielsregion betrachtet. Diese Region verfügt über ein EZG von 505km². Im Innviertel repräsentieren der Gurtenbach (ID 660) und der Innbach (ID 1180) landwirtschaftlich genutzte EZG mit hohen Anteilen an Ackerflächen (401km²) und die Antiesen (ID 670/680), die obere Pram (ID 690) und die Trattnach (ID 1170) intensiv landwirtschaftlich genutzte EZG mit Grünlandanteilen (563km²). Im westlichen, abflusstärkeren Mühlviertel werden die Kleine Mühl (ID 1110) und die Große Mühl (ID 1130) zusammengefasst (349km²), während das abflussärmere östliche Mühlviertel durch die EZG der Kleinen Gusen (ID 1360), der oberen Großen Gusen (ID 1370) und durch die untere Feldaist (ID 1580) repräsentiert wird (421km²).

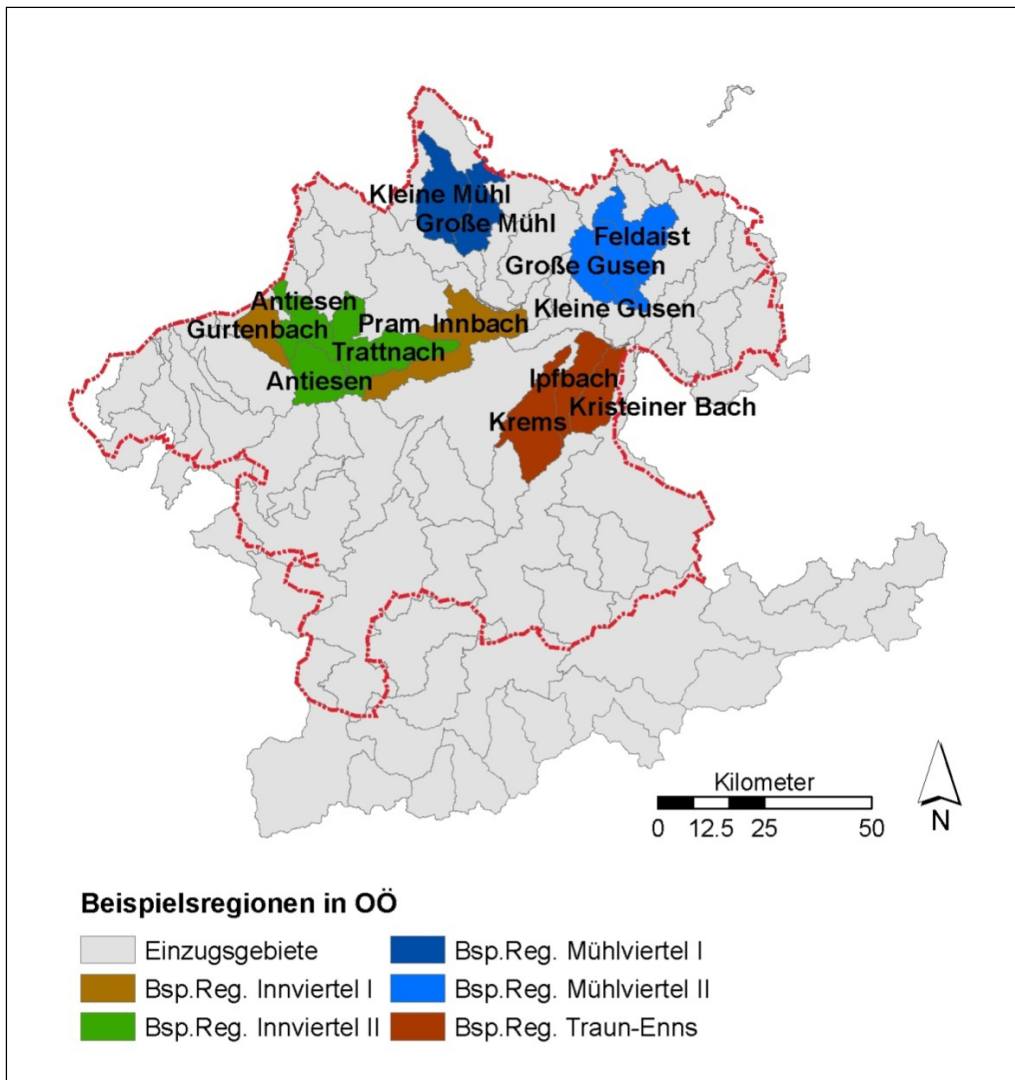


Abbildung 49: Darstellung der Einzugsgebiete in Oberösterreich, die zu Beispielsregionen zusammengefasst wurden

Die genauen Unterschiede der Beispielsregionen hinsichtlich ihrer Abflussbedingungen und Landnutzung sowie der Nährstoffüberschüsse werden nachfolgend im Detail vorgestellt.

Tabelle 7 zeigt die Gesamtabflüsse in den Beispielsregionen und die in MONERIS kalkulierten Anteile der verschiedenen Abflusskomponenten.

Tabelle 7: Gesamtabflüsse und Abflusskomponenten in den Beispielsregionen.

Beispielsregion	Abfluss	Oberflächen-abfluss	Grund-wasser	Drain-spende	Abfluss urbaner Flächen	Abwasser	Nasse Deposition
Traun_Enns [mm]	397,8	67,5	296,6	15,4	7,2	8,9	2
Traun_Enns [%]	100,0	17,0	74,6	3,9	1,8	2,2	0,5
Innviertel I [mm]	410,5	74,5	317,0	10,8	4,2	1,8	2,2
Innviertel I [%]	100,0	18,2	77,2	2,6	1,0	0,4	0,5
Innviertel II [mm]	457,2	78,7	335,5	7,0	5,8	28,0	2,3
Innviertel II [%]	100,0	17,2	73,4	1,5	1,3	6,1	0,5
Mühlviertel (Ablussstark) [mm]	611,4	122,3	466,5	3,4	4,8	11,5	3,0
Mühlviertel (Ablussstark) [%]	100,0	20,0	76,3	0,6	0,8	1,9	0,5
Mühlviertel (Ablussarm) [mm]	341,3	56,6	251,3	14,8	4,7	12,3	1,6
Mühlviertel (Ablussarm) [%]	100,0	16,6	73,6	4,3	1,4	3,6	0,6

Die Gesamtabflüsse in den Beispielsregionen variieren zwischen 341mm im abflussarmen *östlichen Mühlviertel* und 611mm im abflussreichen *westlichen Mühlviertel*. Die Abflüsse in den Beispielsregionen des *Innviertels* sind mit 411mm bei erhöhter Ackerlandnutzung und 457mm bei erhöhten Grünlandanteilen annähernd vergleichbar. Die Abflüsse von 398mm für die *Traun-Enns Region* ähneln denen des Innviertels mit hohen Anteilen für Ackerland.

Maximale prozentuale Anteile des Oberflächenabflusses am Gesamtabfluss werden von MONERIS für das abflussreiche *Mühlviertel* (20,0%) und das *Innviertel* bei Ackerlandnutzung (18,2%) ausgewiesen. Grundsätzlich variiert die Abflusskomponente Oberflächenabfluss prozentual zwischen 15,1% und 20,0%. Für die in allen Beispielsregionen dominierende Abflusskomponente Grundwasser werden Variationen zwischen 71,5% (abflussarme *Mühlviertel*) und 77,2% (*Innviertel* Ackerland) ausgewiesen. Aufgrund der bereits angesprochenen unterschiedlichen Vorkommen der Drainageflächen mit Schwerpunkten im östlichen abflussarmen *Mühlviertel* werden hier die höchsten prozentualen Drainspenden von 5,9% am Gesamtabfluss ermittelt. In den übrigen Gebieten variiert der Anteil zwischen 0,6% (*westliches Mühlviertel*) und 3,9% (*Traun-Enns*). Der Abfluss von urbanen Flächen und der Abwasseranfall aus Kläranlagen korreliert und ist Ausdruck des Siedlungsflächenanteiles an der Gesamtfläche. Während der Abfluss von urbanen Flächen zwischen 0,8% und 1,9% am Gesamtabfluss ausmacht, liegen die Anteile der Kläranlagenabflüsse am Gesamtabfluss zwischen 0,4% und 6,1%. Die höchsten Anteile werden im *Innviertel* (Grünland) und im *abflussarmen Mühlviertel* kalkuliert. Der Anteil der nassen Depositionen am Gesamtabfluss liegt zwischen 0,5% bis 0,6% und ist weitgehend zu vernachlässigen.

In Tabelle 8 werden die wesentlichen Landnutzungen und ihr prozentualer Anteil an der Gesamt-Einzugsgebietsfläche zusammengefasst. Sowohl in der *Traun-Enns-Region* als auch in dem stark ackerbaulich genutzten Teil des *Innviertels* dominiert der Ackerbau mit einem Anteil von etwa 80 % die Landnutzung deutlich. Ein wesentlicher Unterschied liegt jedoch im Gefälle der bewirtschafteten Flächen. In der *Traun-Enns-Region* weisen 60% der Ackerflächen Hangneigungen < 4% auf, im *Innviertel* dagegen zeigen etwa 60% der bewirtschafteten Ackerflächen Hangneigungen > 4%. Der Anteil des Grünlandes ist in beiden Gebieten sehr gering und liegt unter 2%. Auch die Drainageflächenanteile sind mit 6,1% (*Traun-Enns-Region*) und 4,2% (*Innviertel*) weitgehend vergleichbar. Die Siedlungsfläche ist dagegen mit 8,5% in der *Traun-Enns-Region* gegenüber dem *Innviertel* mit 4,3% deutlich erhöht.

Tabelle 8: Landnutzung und Flächenanteile in den Beispielsregionen.

Beispielsregion	EZG	Ackerland	Ackerland <4%	Ackerland >4%	Weideland	Drainfläche	Siedlungs- fläche	Wald
Traun_Enns [km2]	505	402,4	243,3	158,9	2,9	30,7	43,0	52,7
Traun_Enns [%]	100,0	79,7	60,5	39,5	0,6	6,1	8,5	10,4
Innviertel (Ackerland) [km2]	401	320,7	140,9	179,7	6,4	17,0	17,4	55,3
Innviertel (Ackerland) [%]	100,0	80,0	43,9	56,0	1,6	4,2	4,3	13,8
Innviertel (Grünland) [km2]	563	350,9	148,0	203,0	111,4	13,8	31,9	68,8
Innviertel (Grünland) [%]	100,0	62,3	42,2	57,9	19,8	2,5	5,7	12,2
Mühlviertel (Abflussstark) [km2]	349	179,8	29,7	150,1	41,8	4,1	12,5	113,9
Mühlviertel (Abflussstark) [%]	100,0	51,5	16,5	83,5	12,0	1,2	3,6	32,6
Mühlviertel (Abflussarm) [km2]	421	209,4	40,5	168,9	40,9	27,3	19,9	150,9
Mühlviertel (Abflussarm) [%]	100,0	49,7	19,3	80,7	9,7	6,5	4,7	35,8

Die Region des *Innviertels* mit gewissen Grünlandanteilen wird mit einem Flächenanteil von 62,3% ebenfalls durch den Ackerbau dominiert (wobei hier ebenfalls annähernd 60% der genutzten Flächen Hangneigungen > 4% aufweisen). Die Differenz zum stärker ackerbaulich genutzten *Innviertel* von etwa 20% wird hier durch eine erhöhte Grünlandnutzung kompensiert. Entsprechend einer geringeren Nutzung als Ackerland nehmen die Drainageflächenanteile ebenfalls ab (2,5%). Dagegen sind Siedlungsflächen und Waldflächenanteile in den beiden Regionen des *Innviertels* weitgehend vergleichbar. Die landwirtschaftlichen Flächen in den Gebieten des *Mühlviertels* weisen weitgehend vergleichbare Flächenanteile auf (ca. 50% Ackerflächen mit 80% über 4% Hangneigung und Grünlandanteile zwischen 10% und 12%). Auch die hohen Waldanteile von 33% bzw. 36% und die Siedlungsflächenanteile von 4% bzw. 5% sind vergleichbar. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich dagegen bei den Anteilen der Drainageflächen. Diese überwiegen in dem östlichen abflussärmeren Gebieten des *Mühlviertels* mit 6,5% deutlich gegenüber den abflussstärkeren Einzugsgebieten mit 1,2%.

Betrachtet man die Nährstoffüberschüsse für N und P auf landwirtschaftlichen Flächen in den Beispielsregionen (siehe Tabelle 9), so zeigen sich zwischen *Traun-Enns-Region* und den beiden Gebieten im *Innviertel* für N nur geringe Unterschiede. Die aktuellen N Überschüsse liegen hier zwischen 49 kg/ha*a (*Innviertel* Ackerland) und 52 kg/ha*a (*Innviertel* Grünland). Die Langzeit-Überschüsse schwanken zwischen 61 kg/ha*a und 64 kg/ha*a. Im *Mühlviertel* sind die aktuellen N-Überschüsse deutlich geringer und liegen zwischen 38 kg/ha*a im abflussreichen und 44 kg/ha*a im abflussarmen, östlichen Gebiet. Die aktuellen bzw. langzeitigen N-Depositionen, die in den aktuellen bzw. den Langzeit-N-Überschüssen für die Landwirtschaft bereits enthalten sind, schwanken gering zwischen 14 und 16kg/ha*a (aktuell) bzw. zwischen 17 und 19 kg/ha*a (Langzeit). Grundsätzlich lassen sich hinsichtlich der N-Überschüsse somit ähnliche Bedingungen für *Traun-Enns* und *Innviertel* ausweisen, die sich deutlich vom *Mühlviertel*, insbesondere vom westlichen *Mühlviertel*, unterscheiden.

Für die akkumulierten P-Überschüsse zeigt sich dagegen ein stärker differenziertes Bild (Akkumulation seit 1960). Hier werden die höchsten P-Überschüsse für die *Traun-Enns-Region* ausgewiesen (619 kg/ha), während im *Innviertel I* deutlich geringere 508 kg/ha in das Modell eingehen. Im *Innviertel II* sind die Überschüsse deutlich geringer und erreichen 439 kg/ha. Die geringste P-Akkumulation im Boden wird erneut im *westlichen, abflussstarken Mühlviertel* ermittelt (271 kg/ha) während im *östlichen Mühlviertel* 387kg/ha in das Modell eingehen.

Tabelle 9: N- und P-Überschüsse auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Beispielsregionen

Beispielsregion	akt. N- Überschuss	langz. N- Überschuss	akt. atmosph. N- Deposition	langz. atmosph. N- Deposition	akkumulierter P- Überschuss
Traun_Enns [kgN/ha/a] [kgP/ha]	50,8	63,1	14,4	17,1	618,5
Innviertel I [kgN/ha/a] [kgP/ha]	49,4	60,7	15,5	18,4	507,7
Innviertel II [kgN/ha/a] [kgP/ha]	51,9	63,8	15,7	18,6	439,4
Mühlviertel (Ablussstark) [kgN/ha/a]	38,2	40,7	14,9	18,2	271,4
Mühlviertel (Ablussarm) [kgN/ha/a]	43,8	57,0	13,9	17,5	387,3

In den folgenden Kapiteln werden N- Einträge in der *Traun-Enns-Region* sowie die P-Einträge im *Innviertel* und *Mühlviertel* detailliert vorgestellt. Die P-Einträge in der *Traun-Enns-Region* sowie die N-Einträge im *Innviertel* und *Mühlviertel* wurden in gleicher Weise visualisiert und finden sich im Anhang.

7.2 Traun-Enns-Region

Die *Traun-Enns-Beispielsregion* repräsentiert ein Gebiet, in dem hohe N-Konzentrationen in den Gewässern gemessen werden, die vorwiegend über das Grundwasser eingetragen werden. In Abbildung 50 werden für diese Region die von MONERIS berechneten und flächengewichteten N-Emissionen in die Gewässer dargestellt. Die in den Grafiken oben stehenden Zahlen beschreiben die Emissionen in kgN/ha*a, die unteren den prozentualen Anteil an den Gesamtemissionen. Die Gesamtemissionen, die die Gewässer erreichen, werden durch die im Gewässer dargestellte rote Zahl abgebildet. Die mit einem negativen Vorzeichen versehene Zahl beschreibt die in MONERIS errechnete Retention im Gewässer. Aus der Differenz von Gesamtemission und Gewässerretention resultiert die verbleibende und transportierte Gewässerfracht (grau hinterlegt), die mit den beobachteten Gewässerfrachten auf Ebene der betrachteten Einzugsgebiete verglichen werden kann (siehe Abbildung 17). Nach Umrechnung der mittleren Abflüsse und mittleren Frachten können mittlere Gewässerkonzentrationen für die Regionen berechnet werden.

Der Emissionspfad Grundwasser dominiert die Einträge in das Gewässer mit 12,6 kgN/ha*a und macht 73,5% an den Gesamtemissionen aus. Die flächengewichteten Emissionen der übrigen Beispielsgebiete liegen mit maximal 9,3 kgN/ha*a deutlich unter diesem Wert. Neben dem Grundwasser stellen auch die Emissionen aus den Drainagen mit 1,7 kgN/ha*a (10,1% der Gesamtemissionen) einen bemerkenswerten Eintragspfad für N in die Fließgewässer dar, der in den übrigen Beispielsregionen nicht in diesem Ausmaß erreicht wird (mit Ausnahme des *abflussschwachen Mühlviertels* mit den höchsten Anteilen an Drainagefläche und flächenspezifischen Emissionsfrachten von 1,6 kgN/ha*a). Der Anteil der Punktquellen aus Kläranlagenabläufen an den TN Emissionen liegt in der Beispielsregion *Traun-Enns* bei nur 2,7%.

Die ermittelten Gesamt N-Emissionen im *Traun-Enns* Beispielsgebiet stellen mit 17,1 kg/ha*a die höchsten ermittelten N-Emissionen der oberösterreichischen Gebiete dar. Nach einer in MONERIS berechneten Gewässerretention von 7,4% werden 15,8 kgN/ha*a in den Fließgewässern transportiert, was zu mittleren Konzentrationen von 4,0 mgDIN/l führt. Die tatsächlich gemessenen DIN Konzentrationen in Gewässern dieser Region überschreiten die mit MONERIS modellierten Konzentrationen jedoch (5,5 - 6,0 mgDIN/l). Entsprechend überschreiten

die aus den Messungen berechneten DIN-Frachten mit etwa 23 kg/ha*a die in MONERIS ausgewiesenen Frachten von etwa 16 kg/ha*a deutlich (siehe Abbildung 17). Die Unterschätzungen der Raten ist auf die Eingangsdaten zurückzuführen. Eine entscheidende Frage zur weitergehenden Anwendbarkeit des Modells, die in der zweiten Projektphase geklärt werden soll, ist, ob bei einer sinnvollen und nachvollziehbaren Anpassung der Eingangsdaten (etwa Erhöhung der N-Überschüsse oder des Drainageanteils) die gemessenen Konzentrationen und Frachten von den Modellierten besser abgebildet werden können.

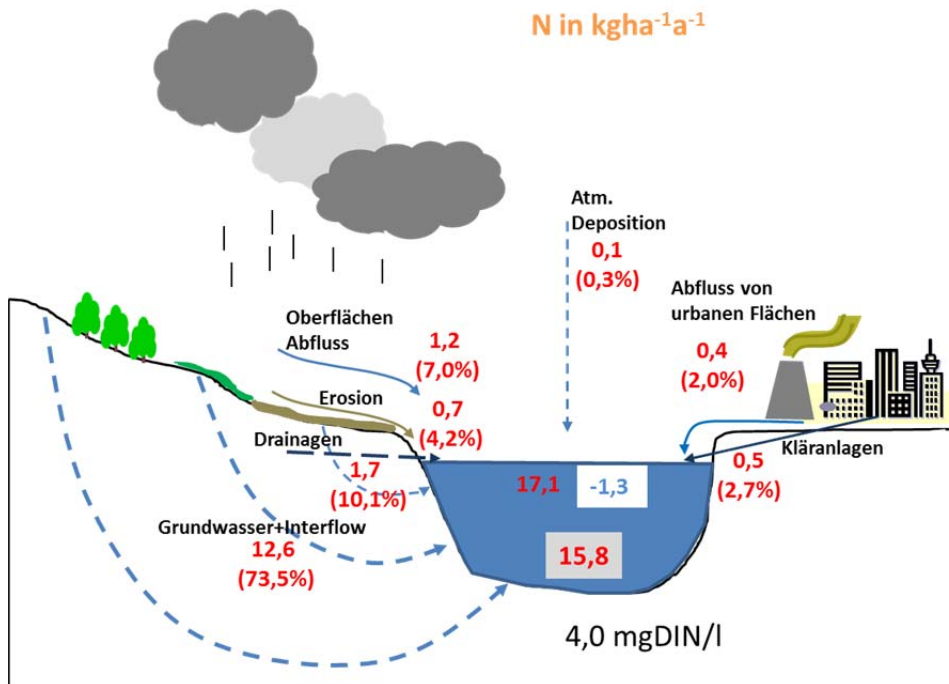


Abbildung 50: N Einträge, Retention und transportierte Fracht [$\text{kgN/ha} \cdot \text{a}$] sowie resultierende mittlere Konzentrationen der Gewässer der Beispielsregion Traun-Enns.

7.3 Innviertel

Im *Innviertel* werden in vielen Fließgewässern erhöhte Phosphor-Konzentrationen gemessen, die maßgeblich auf die Erosion zurückgeführt werden können. Diese wird durch die hohen Anteile an Ackerland bei erhöhter Hangneigung (die von den Eingangsdaten abgebildet wird) stark begünstigt. Dementsprechend werden für das *Innviertel* die P-Emissionen detailliert vorgestellt. Gebiete mit 80% Ackerlandanteil (*Innviertel I*) werden Gebieten mit 60% Ackerland und 20% Grünland (*Innviertel II*) gegenübergestellt. Die Ergebnisse geben einen Hinweis über die Sensitivität der Modellergebnisse hinsichtlich der veränderten Eingangsdaten.

Innviertel I Beispielsregion

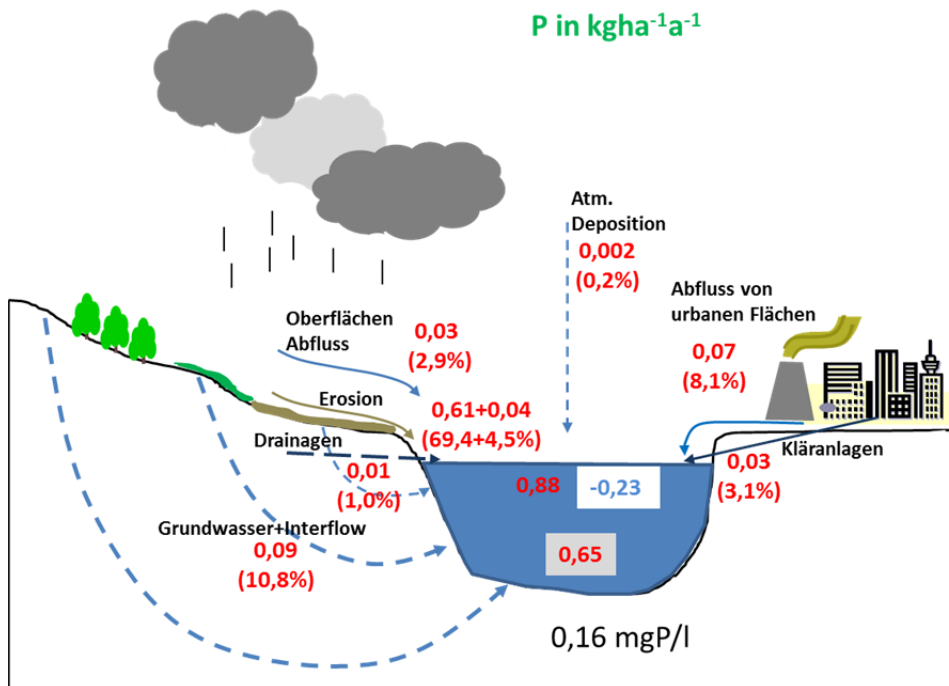


Abbildung 51: P Einträge, Retention und transportierte Fracht [$\text{kgP/ha} \cdot \text{a}$] sowie resultierende mittlere Konzentrationen der Gewässer der Beispielsregion Innviertel I.

Innviertel II Beispielsregion

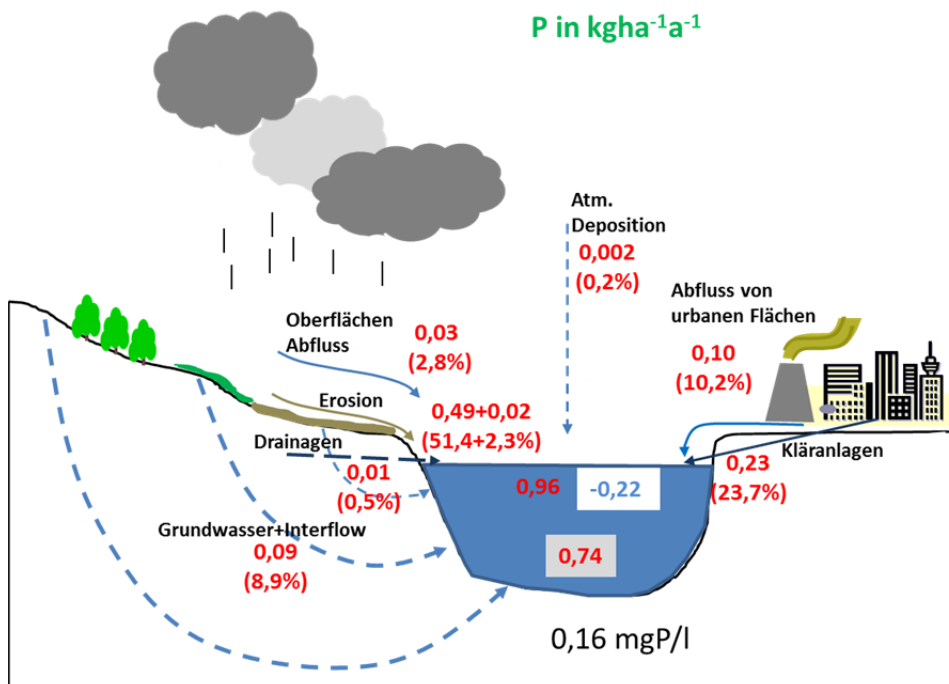


Abbildung 52: P Einträge, Retention und transportierte Fracht [$\text{kgP/ha} \cdot \text{a}$] sowie resultierende mittlere Konzentrationen der Gewässer der Beispielsregion Innviertel II.

In beiden Modellregionen stellt die Erosion von landwirtschaftlichen Flächen (erste Zahl im Pfad Erosion) den dominanten Transportmechanismus in die Gewässer dar.

Aufgrund des erhöhten Ackerlandanteiles fällt die Emission mit 0,6 kg/ha*a in der Beispielsregion *Innviertel I* noch deutlich höher aus als in der Beispielsregion *Innviertel II* mit 0,5 kg/ha*a und Ackerlandfläche von 60% sowie 20% Grünlandanteil an der Gesamt EZG Fläche. Der Einfluss der Landnutzung (hinsichtlich einer Unterscheidung von Ackerland und Grünland) auf die P-Emissionen aus der Erosion werden von MONERIS abgebildet.

Grundsätzlich würde der Unterschied bei diesem Eintragspfad zwischen *Innviertel I* und *Innviertel II* noch deutlicher ausfallen, würden dieselben Abflussbedingungen angenommen. Der Abfluss ist aber in der Beispielsregion *Innviertel II* höher, was zu einer Erhöhung des P-Eintrages aus der Erosion führen dürfte. Neben der Erosion werden noch erhebliche P-Einträge aus dem Grundwasser ausgewiesen, die etwa 0,1 kgP/ha*a ausmachen (etwa 10% der Gesamtemissionen). Ähnlich hoch sind für beide Beispielsregionen die Einträge aus dem Abfluss von urbanen Flächen. In Beispielsregion *Innviertel II* wird bei einem erhöhten Anteil an Siedlungsfläche ebenfalls ein deutlich erhöhter Anteil von P aus Punktquellen (23,7% bzw. 0,23 kg/ha*a) emittiert.

Die Beispielsregionen des *Innviertels* weisen die höchsten P-Gesamtemissionen von 0,88 kg/ha*a bzw. 0,96 kg/ha*a auf, wobei die gegenüber *Innviertel I* erhöhten Emissionen von *Innviertel II* ausschließlich auf den Einfluss von Punktquellen zurückzuführen sind. Für beide Regionen weist MONERIS eine vergleichbare Retention des Phosphors im Gewässer von 26% (*Innviertel I*) bzw. 23% (*Innviertel II*) aus. Die resultierenden transportierten TP Frachten liegen bei 0,65 bzw. 0,75 kg/ha*a und stellen damit die in den Beispielsregionen deutlich höchsten flächengewichteten Frachten dar und stimmen im Mittel recht gut (*Innviertel II*) mit den gemessenen Frachten überein (siehe Abbildung 18). Für die einzelnen EZG zeigt der Vergleich zwischen gemessenen und modellierten Frachten jedoch auch deutliche Abweichungen.

7.4 Mühlviertel

Im *Mühlviertel*, das eine geringere landwirtschaftliche Aktivität aufweist, wird der Einfluss unterschiedlicher Abflussbedingungen getestet. Die Anteile der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Ackerland und Grünland) sind hier weitgehend vergleichbar, jedoch dürften sich neben den Abflüssen auch die N-Überschüsse und die P-Akkumulation auf die Ergebnisse niederschlagen. Dabei zeigen sich für die abflussarme *östliche Mühlviertelregion* deutlich höhere N- und P-Überschüsse (siehe Tabelle 9).

In den insgesamt am geringsten belasteten Beispielsregionen des *Mühlviertels* zeigt sich eine deutliche Differenzierung zwischen den abflussreichen und den abflussarmen Regionen. In den abflussreichen Regionen werden die höchsten flächenspezifischen P-Emissionen für den Grundwasserpfad (0,23 kgP/ha*a) ausgewiesen, was einen Anteil von 44,4% an den Gesamt P-Emissionen ausmacht.

Die hohen Emissionen über den Grundwasserpfad werden durch einen vergleichsweise hohen Grundwasserabfluss von 477 mm/a und eine fast 100% Klassifizierung der landwirtschaftlich genutzten Böden als „sandige Böden“ verursacht. Dagegen überwiegen z.B. in den Beispielsregionen *Innviertel I* und *Innviertel II* lehmige, siltige und tonige Böden die landwirtschaftliche Nutzfläche, was zu einer starken Verminderung der modellierten P-Emissionen über das

Grundwasser führt. Im *abflussarmen Mühlviertel* tritt ebenfalls ein erhöhter Anteil an bindigen Böden auf. Hier stellt jedoch insbesondere der deutlich geringere Grundwasserabfluss die wesentliche Ursache für die geringeren P-Emissionen über das Grundwasser dar. Eine ebenfalls durch die hohen Abflüsse geprägte Eingangsgröße ist der P-Eintrag über den Oberflächenabfluss, der im *abflussreichen Mühlviertel* doppelt so hoch ist wie im *abflussarmen Mühlviertel*.

Die Erosion von P spielt dagegen im *Mühlviertel* in beiden Regionen eine untergeordnete Rolle. Dies ist nur z.T. auf eine geringere Nutzung der Flächen als Ackerland zurückzuführen, da hier die Eingangsdaten noch immer recht hohe Ackernutzung von 50% der Gebietsfläche ausweisen, die zudem noch hauptsächlich eine hohe Hangneigung aufweisen. Betrachtet man dagegen den auf Grundlage der Bodenabtragskarte und von USLE berechneten Sedimenteintrag, wird die Ursache für die im Vergleich zum *Innviertel* um den Faktor 10 geringeren Bodenabtrag deutlich. Aufgrund von Textur (Sand im Mühlviertel und lehmige Böden im Innviertel) und Kultur wird für das *Mühlviertel* ein Sedimenteintrag in die Gewässer zwischen 3 und 14 kg/ha*a berechnet. Im *Innviertel* tritt dagegen in den einzelnen betrachteten EZG ein Sedimenteintrag von 88-280 kg/ha*a auf.

Aufgrund der insgesamt recht niedrigen P-Emissionen nehmen die Punktquellen und die Emissionen von urbanen Flächen im *Mühlviertel* prozentual gesehen einen hohen Anteil an den Gesamtemissionen ein.

Mühlviertel (abflussstark) Beispielsregion

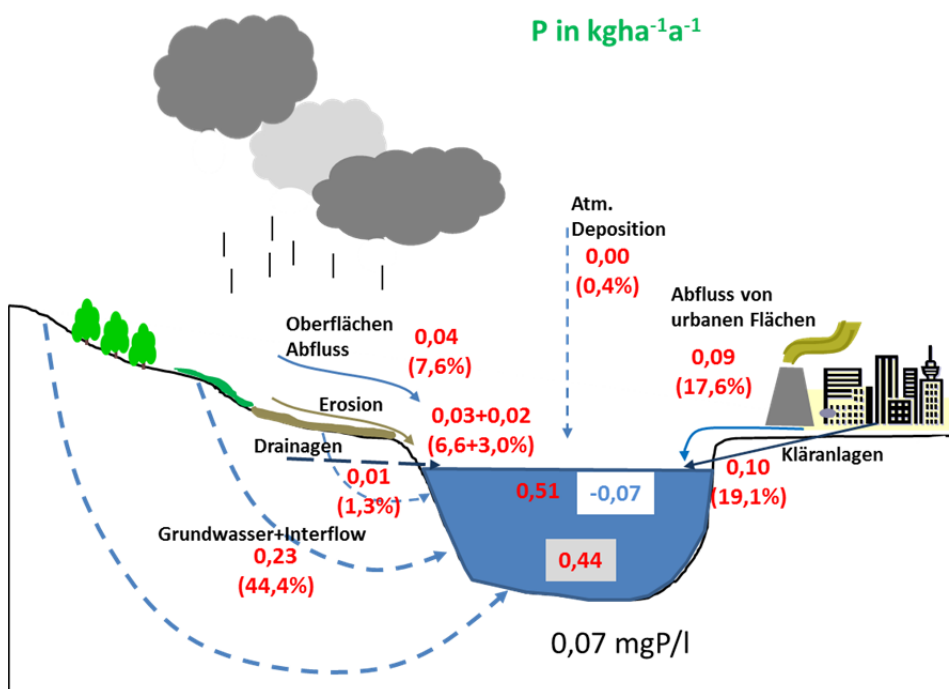


Abbildung 53: P Einträge, Retention und transportierte Fracht [$\text{kgP/ha}^* \text{a}$] sowie resultierende mittlere Konzentrationen der Gewässer der Beispielsregion Mühlviertel (abflussstark).

Mühlviertel (abflussarm) Beispielsregion

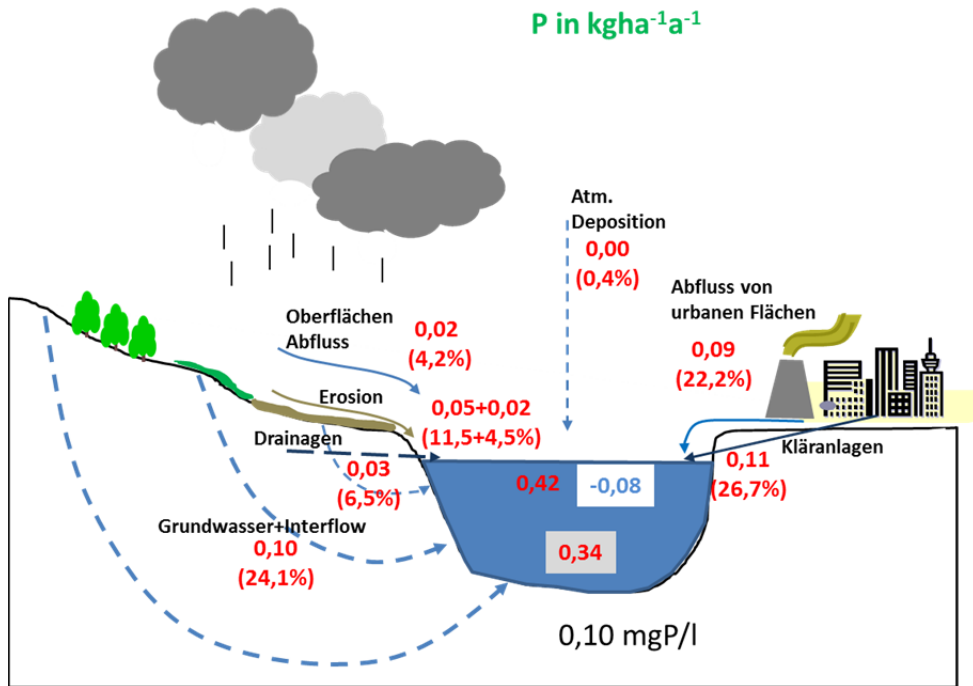


Abbildung 54: P Einträge, Retention und transportierte Fracht [kgP/ha*a] sowie resultierende mittlere Konzentrationen der Gewässer der Beispielsregion Mühlviertel (abflussarm).

7.5 Vergleich der Beispielsregionen

Ein Vergleich der wesentlichen Unterschiede der Beispielsregionen hat bereits in dem vorangegangenen Kapitel stattgefunden. In Tabelle 10 sind noch einmal alle TN- und TP-Emissionen in $\text{kg/ha} \cdot \text{a}$ sowie ihr Anteil an den Gesamtemissionen für die einzelnen Eintragspfade angeführt.

Tabelle 10: Flächenspezifische TN und TP Emissionen sowie ihre Anteile an den Gesamtemissionen der Beispielsregionen.

TN Emissionen										
Beispielsregion	Total	Depositionen	Oberfl. Abfluss	Erosion (lw. Fläche)	Erosion (nat. Fläche)	Drainagen	Grundwasser	Urbane Flächen	Kläranlagen	
Traun_Enns [kg/ha/a]	17,1	0,1	1,2	0,7	0	1,7	12,6	0,4	0,5	
Traun_Enns [%]	100,0	0,3	7,0	4,2	0,0	10,1	73,5	2,3	2,7	
Innviertel I [kg/ha/a]	13,5	0,1	1,4	0,8	0,0	1,1	9,3	0,5	0,2	
Innviertel I [%]	100,0	0,6	10,6	6,0	0,0	8,4	69,2	3,3	1,8	
Innviertel II [kg/ha/a]	14,7	0,1	1,3	0,8	0,0	0,7	9,2	0,6	1,8	
Innviertel II [%]	100,0	0,5	9,1	5,8	0,0	4,7	63,1	4,2	12,6	
Mühlviertel (Ablussstark) [kg/ha/a]	9,2	0,1	2,0	0,1	0,0	0,2	5,7	0,6	0,5	
Mühlviertel (Ablussstark) [%]	100,0	0,8	21,3	1,1	0,0	2,7	62,1	6,5	5,5	
Mühlviertel (Ablussarm) [kg/ha/a]	10,6	0,1	1,0	0,1	0,0	1,6	6,3	0,6	1,0	
Mühlviertel (Ablussarm) [%]	100,0	0,6	9,2	0,9	0,0	14,8	59,4	5,7	9,5	

TP Emissionen										
Beispielsregion	Total	Depositionen	Oberfl. Abfluss	Erosion (lw. Fläche)	Erosion (nat. Fläche)	Drainagen	Grundwasser	Urbane Flächen	Kläranlagen	
Traun_Enns [kg/ha/a]	0,70	0,00	0,02	0,51	0,02	0,01	0,02	0,05	0,06	
Traun_Enns [%]	100,0	0,2	2,8	73,1	3,1	1,2	3,3	7,8	8,5	
Innviertel I [kg/ha/a]	0,88	0,00	0,03	0,61	0,04	0,01	0,09	0,07	0,03	
Innviertel I [%]	100,0	0,2	2,9	69,4	4,5	1,0	10,8	8,1	3,1	
Innviertel II [kg/ha/a]	0,96	0,00	0,03	0,49	0,02	0,01	0,09	0,10	0,23	
Innviertel II [%]	100,0	0,2	2,8	51,4	2,3	0,5	8,9	10,2	23,7	
Mühlviertel (Ablussstark) [kg/ha/a]	0,51	0,00	0,04	0,03	0,02	0,01	0,23	0,09	0,10	
Mühlviertel (Ablussstark) [%]	100,0	0,4	7,6	6,6	3,0	1,3	44,4	17,6	19,1	
Mühlviertel (Ablussarm) [kg/ha/a]	0,42	0,00	0,02	0,05	0,02	0,03	0,10	0,09	0,11	
Mühlviertel (Ablussarm) [%]	100,0	0,4	4,2	11,5	4,5	6,5	24,1	22,2	26,7	

Als grundsätzliches Ergebnis zeigt der Vergleich der Beispielsregionen, dass MONERIS plausible Ergebnisse erzielt und die Besonderheiten verschiedener typischer Regionen abbilden kann. Dies gilt für die Abbildung der dominanten Eintragspfade und in der Tendenz auch für die Ausprägung der Emissionen. Das Modell ist in der Lage, die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungen (*Innviertel I* und *Innviertel II*) auf die Emissionen und die Pfade abzubilden. Es ist ebenfalls in der Lage, die Auswirkungen unterschiedlicher Abflussbedingungen (*Mühlviertel abflussstark* und *Mühlviertel abflussarm*) wiederzugeben.

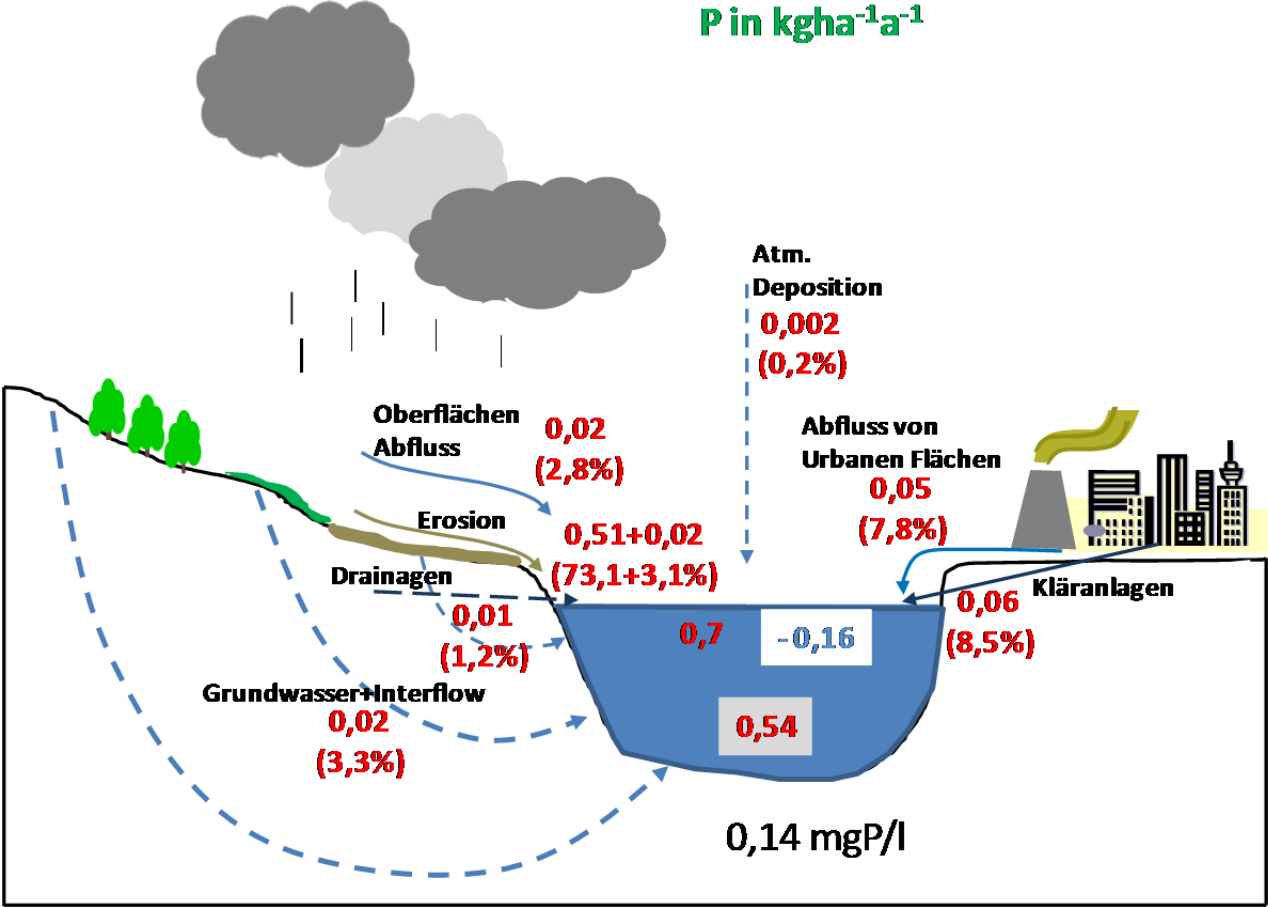
Dennoch weichen die erzielten Ergebnisse insbesondere in einzelnen EZG zum Teil deutlich von den gemessenen Konzentrationen und Frachten ab. Vielfach lassen sich die Unterschiede in den gemessenen Konzentrationen jedoch nicht in der Gebietscharakteristik begründen. Für Gebiete mit ähnlichen Inputdaten werden logischer Weise ähnliche Emissionen und Gewässerfrachten modelliert. In den beobachteten Gewässerfrachten treten aber zum Teil trotzdem erhebliche Unterschiede in diesen Gebieten auf. Dies zeigt, dass basierend auf den vorhandenen Inputdaten Unterschiede nicht abgeleitet werden können. Unterschiede zwischen den beobachteten Frachten gehen daher zum Teil auf Einflüsse zurück, die über Inputdaten und Modellvorstellungen nicht abgebildet werden, oder auf Eingangsdaten, die ebenfalls mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sein können.

8. Literaturverzeichnis

- ICPDR (2005) Water Quality in the Danube River Basin- 2005 TNMN Yearbook (http://www.icpdr.org/icpdr-pages/tnmn_yearbooks.htm)
- Venohr, M., Behrendt H, Hirt, U., Hofmann, U., Opitz, D., Gericke, A., Wetzig, A., Ortelbach, K., Natho, S., Neumann, F., Hürdler, J. (2009): Das Modell System MONERIS – Version 2.14.1vba. Leibnitz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund e.V., Berlin, 2009
- Zessner, M; Gabriel, O.; Hochedlinger, G.; Kovacs, A.; Schilling, C.; Thaler, S.; Windhofer, G. (2011): Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugsgebietsebene als Grundlage für Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme (STOBIMO-Nährstoffe). Endbericht. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt Wien. Wien, 2011

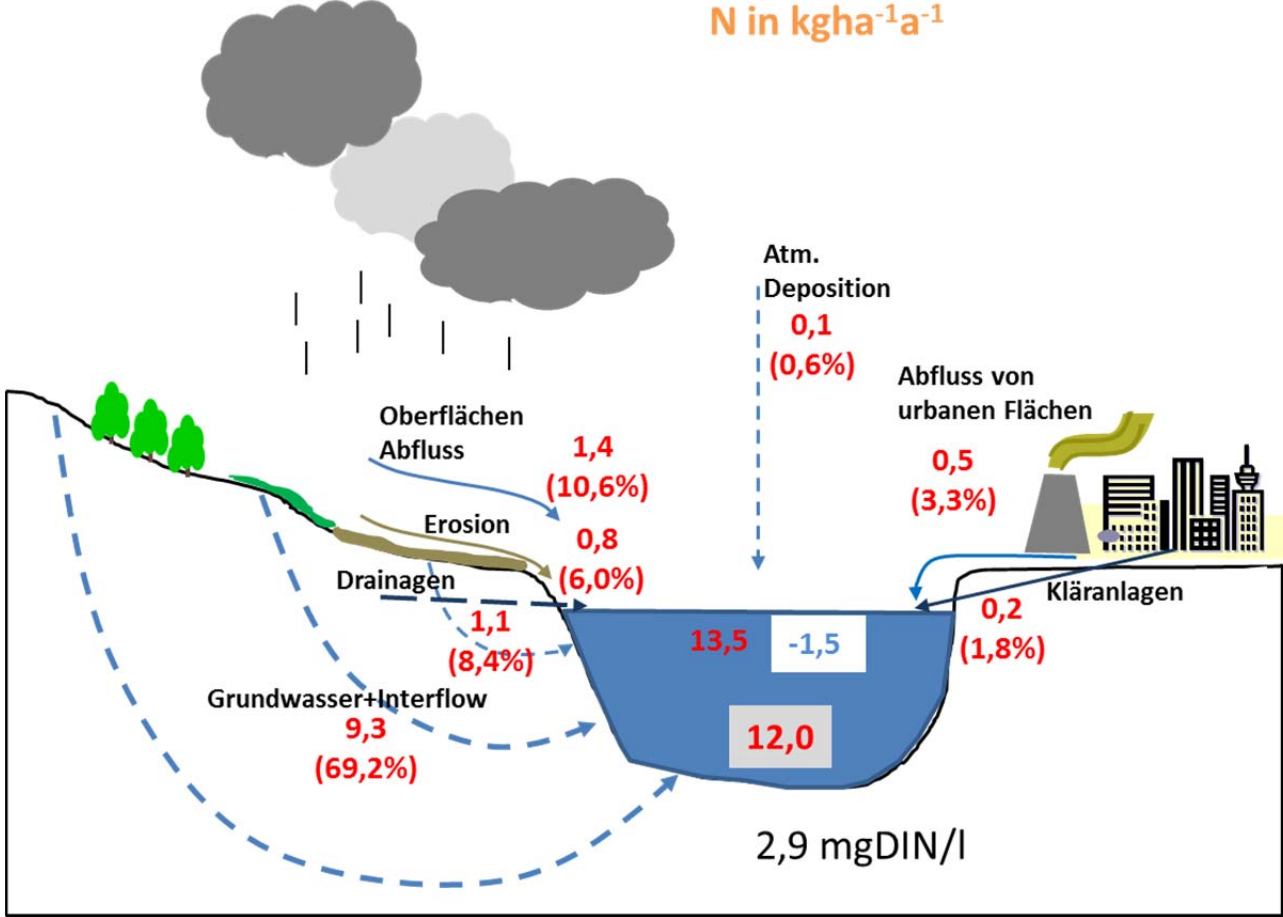
Anhang 1: P Emissionen in der Beispielsregion Traun-Enns

Traun-Enns Beispielsregion

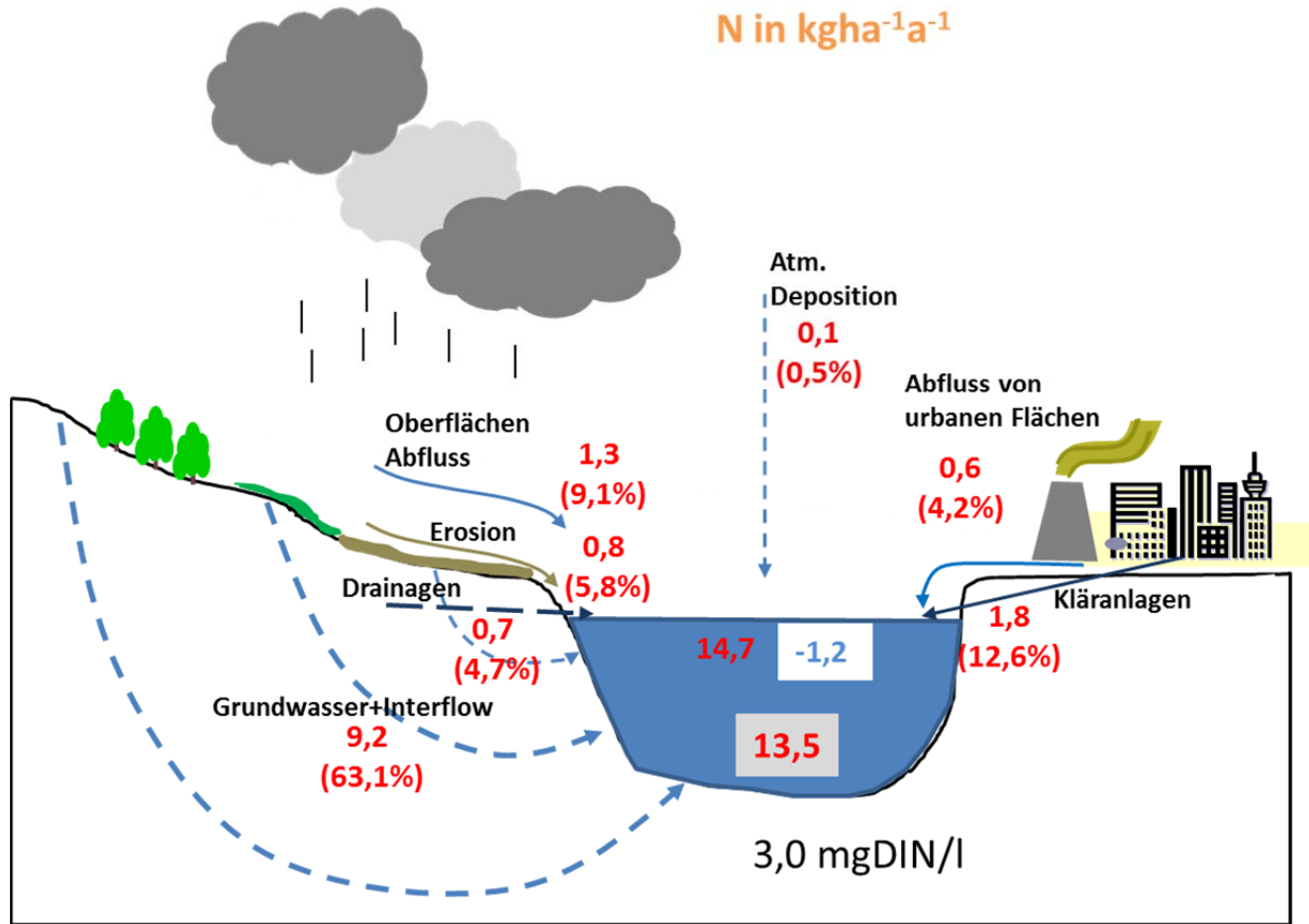


Anhang 2: N Emissionen in den Beispielsregionen des Innviertels

Innviertel I Beispielsregion

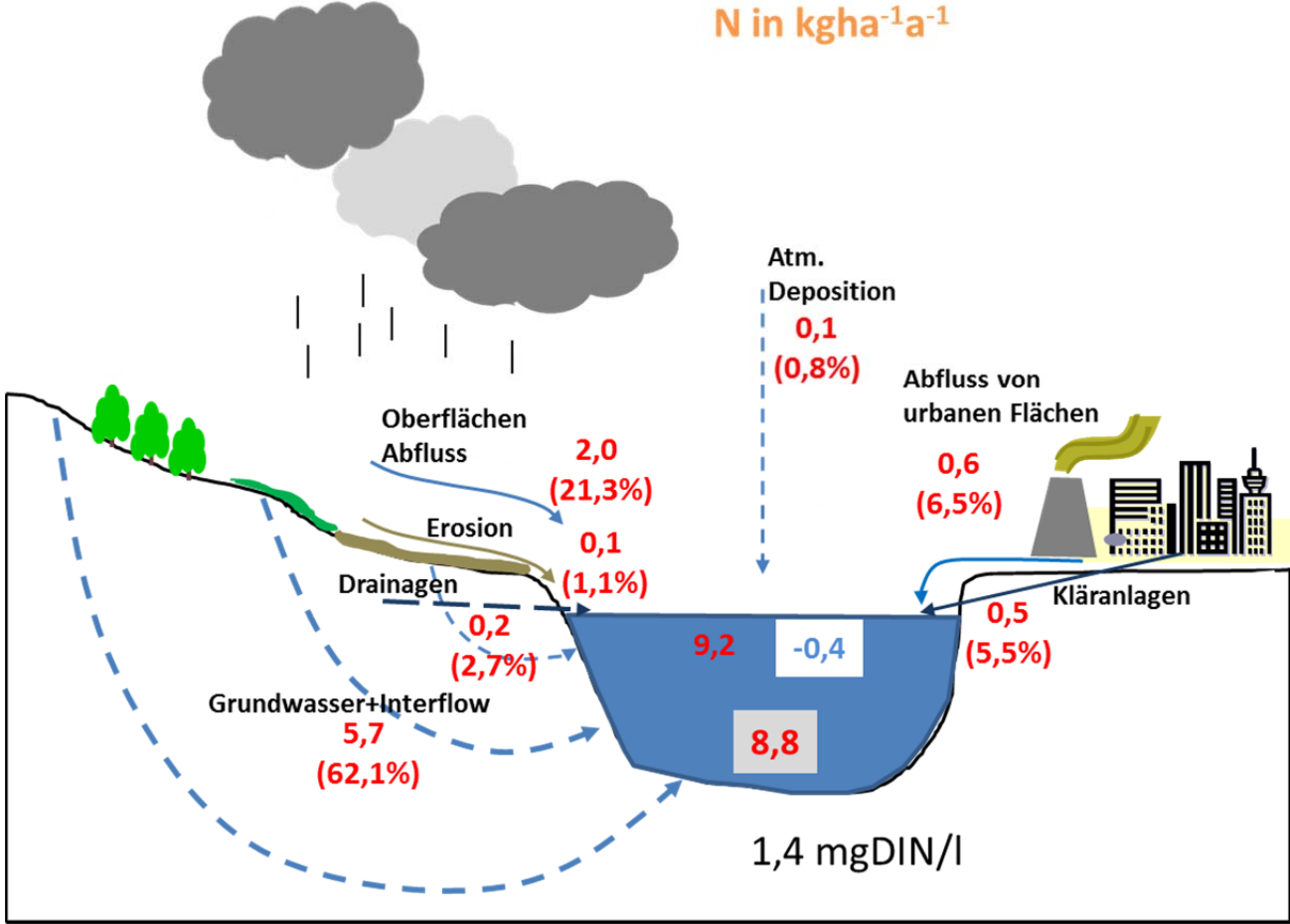


Innviertel II Beispielsregion

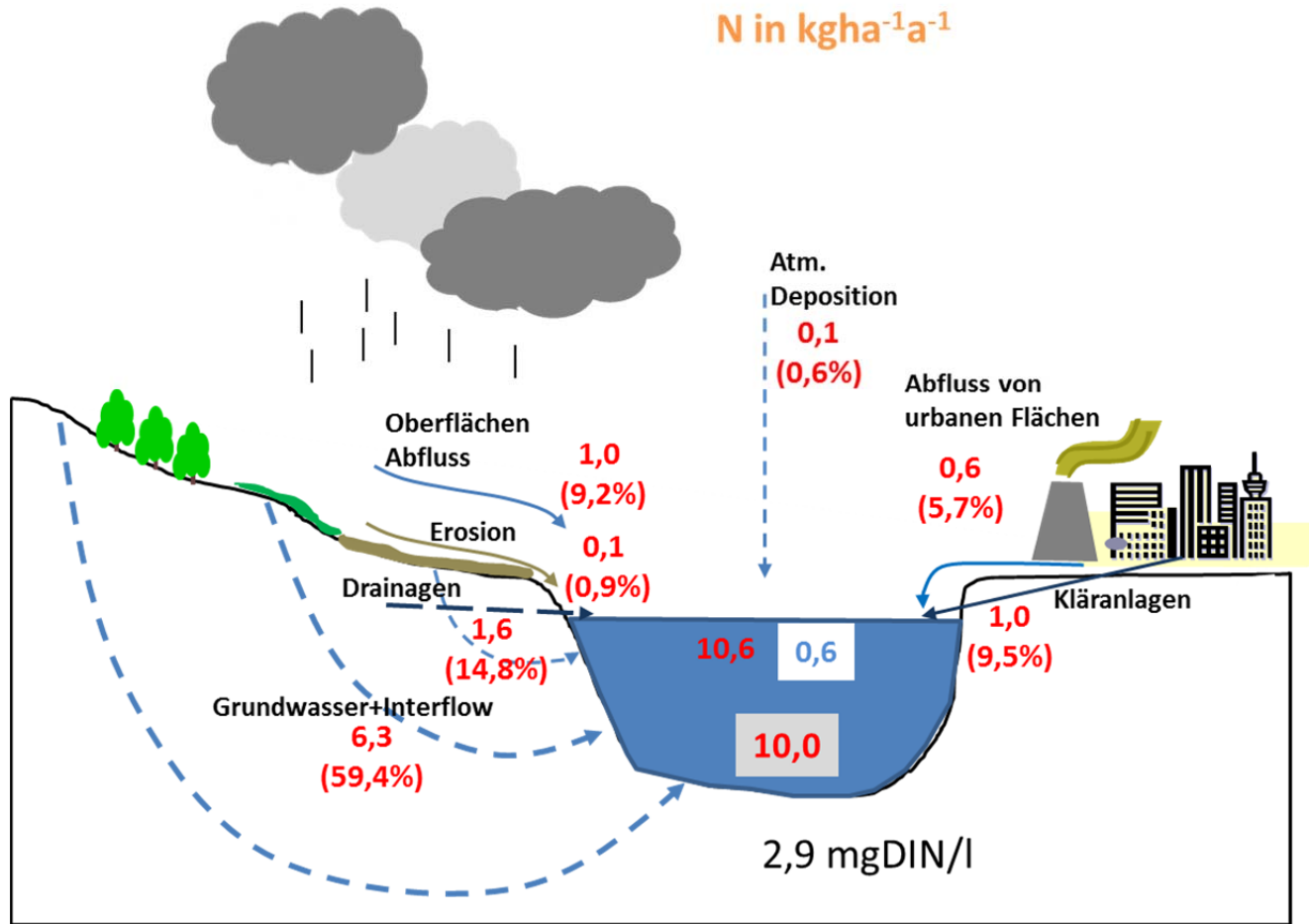


Anhang 3: N Emissionen in den Beispielsregionen des Mühlviertels

Mühlviertel (abflussstark) Beispielsregion



Mühlviertel (abflussarm) Beispielsregion



Anhang 4: Berechnete TN-Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2001-2006

Fluss	Teil-Einzugsgebiet	Gesamt-Emissionen	Flächen-spezifische Emissionen	Gewässerfrachten		Eintragspfade								
		TN Emissionen	TN Emissionen	TN Frachten	DIN Frachten	Atmosp h. Dep.	Oberfl.-abfluss	Erosion lw. Flächen	Erosio n nat. Fläche n	Draina-gen	Grund-wasser	Urbane Flächen	Punkt-quellen	Diffuse Quellen ges.
		t/a	kg/(ha*a)	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
Ager		1.794	14,3	1.436	1.309	116	258	9	0	32	1.157	70	151	1.643
	Fuschler Ache	213	18,6	174	150	5	27	0	0	2	154	11	14	199
	Dürre Ager	96	10,2	88	82	1	10	1	0	3	75	6	0	96
Aist		541	8,3	494	461	4	64	5	0	62	352	30	23	517
	Feldaist	255	9,7	236	223	2	26	2	0	44	149	13	19	236
	Waldaist	179	6,4	162	151	2	28	0	0	14	123	10	2	177
Alm		689	13,7	663	642	5	152	10	0	4	486	16	11	678
Antiesen		406	14,3	376	354	2	39	28	0	25	261	17	34	372
Aschach		524	14,5	472	437	3	44	21	0	72	318	21	44	479
Diesenleitenbach		53	9,8	50	47	0	7	0	0	4	33	8	0	53
Donau		22.511	13,3	19.608	17.890	435	3.180	334	3	799	13.651	650	3.332	19.156
Donnersbach		95	4,8	86	81	1	11	0	0	9	65	2	6	88
Enknach		106	7,6	97	90	1	12	2	0	6	83	3	0	106
Enns		6.313	10,4	6.036	5.778	52	1.277	8	1	119	4.443	121	226	6.087
Erzbach		244	9,6	236	231	1	51	0	0	0	179	3	5	238
Große Mühl		368	9,0	348	333	4	117	2	0	14	199	19	14	353
	Steinerne Mühl	85	7,9	80	77	1	25	0	0	4	51	5	0	85
Große Naarn		423	9,0	376	343	3	41	7	0	10	331	20	11	411
	Klammbach	114	11,5	101	93	1	8	2	0	5	91	5	3	111

	Klammlen- bach	50	6,3	46	41	0	9	0	0	0	37	3	0	50
Große Rodl		250	9,3	233	220	2	39	4	0	13	172	17	4	246
Guflling		98	5,9	94	90	1	26	0	0	7	63	1	0	98
Gurtenbach		150	15,2	144	139	0	18	11	0	21	93	4	3	147
Gusen		321	10,8	270	239	2	27	6	0	47	212	20	27	314
	Kleine Gusen	107	9,5	91	82	0	10	1	0	18	76	7	4	113
Inn		2.521	12,8	1.959	1.676	67	271	111	0	195	1.647	74	157	2.365
Innbach		697	14,0	614	560	4	64	35	0	34	466	26	69	629
	Trattnach	306	15,6	276	256	2	25	13	0	9	184	12	62	244
Ipfbach		189	14,5	177	169	1	13	6	0	16	146	7	0	189
Kettenbach		75	11,1	71	68	0	9	1	0	20	40	4	1	75
Kleine Mühl		175	8,7	166	160	1	33	2	0	3	116	12	7	168
Krems		720	18,9	654	609	3	51	30	0	67	506	18	45	675
Kristeinerbach		210	15,5	198	190	1	19	9	0	14	164	3	0	210
Maltsch		75	7,8	70	67	0	12	0	0	11	49	3	0	75
Mattig		406	9,0	304	278	21	32	3	0	10	250	13	76	330
	Schwemm- bach	177	8,0	169	162	1	18	0	0	3	150	5	0	177
Moosach		219	17,3	188	156	3	26	0	0	16	167	4	3	216
Mühlheimer Ache		488	15,6	455	432	2	52	21	0	53	346	4	9	478
	Moosbach	42	9,8	40	38	0	4	1	0	2	33	0	1	41
Palten		278	7,5	268	253	2	54	0	0	20	166	7	28	251
	Triebenbach	57	5,1	55	53	0	18	0	0	0	35	1	0	57
Pesenbach		110	10,1	89	76	2	13	3	0	2	84	5	1	109
Pram		503	13,1	464	436	3	63	29	0	51	319	25	14	489
Ranna		109	13,3	105	102	1	9	0	0	7	42	5	0	65
Reichramming		172	10,1	166	162	1	40	0	0	0	128	3	0	172
Salza		907	10,5	883	860	5	201	0	0	0	678	8	5	902

	Aschbach	129	11,3	126	125	0	28	0	0	0	97	2	0	129
	Lassingbach	110	10,3	106	103	1	26	0	0	0	80	2	0	110
	Salza (Salzastause)	278	12,0	270	258	1	55	0	0	11	198	3	6	272
	Sölkbach	116	4,1	110	105	2	38	0	0	0	72	2	0	116
	Kleinsölkbach	57	4,4	54	52	1	19	0	0	0	34	2	0	57
	Steyr	1.116	12,2	1.084	1.053	8	239	2	0	20	801	26	6	1.110
	Teichl	328	13,7	318	306	1	65	1	0	19	230	5	3	325
	Krumme Steyrling	122	9,0	118	114	1	22	0	0	0	95	2	2	120
	Talbach	68	5,0	63	58	1	24	0	0	1	35	1	0	68
	Traun	6.749	15,9	5.836	5.351	216	1.013	93	1	161	4.247	206	776	5.973
	Gosaubach	113	10,2	109	106	1	31	0	0	2	76	1	0	113
	Ischler Ache	305	12,0	224	183	20	63	0	0	5	206	8	0	305
	Vökla	600	13,7	566	541	3	68	2	0	16	466	20	25	576

Anhang 5: Berechnete TP-Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2001-2006

Fluss	Teil-Einzugsgebiet	Gesamt-Emissionen	Flächen-spezifische Emissionen	Gewässer-frachten	Eintragspfade								
		TP Emissionen	TP Emissionen	TP Frachten	Atmosph. Dep.	Oberfl.-abfluss	Erosion lw. Flächen	Erosion nat. Flächen	Drainagen	Grundwasser	Urbane Flächen	Punktquellen	Diffuse Quellen ges.
		t/a	kg/(ha*a)	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
Ager		49,4	0,39	38,1	2,5	6,7	4,6	3,2	0,5	7,9	11,6	12,5	36,9
	Fuschler Ache	5,6	0,49	4,1	0,1	0,8	0,1	0,3	0,0	1,6	1,8	0,8	4,9
	Dürre Ager	2,3	0,24	1,7	0,0	0,3	0,5	0,2	0,0	0,2	1,0	0,0	2,3
Aist		21,2	0,33	15,9	0,1	1,3	2,5	1,7	1,2	6,4	4,6	3,5	17,8
	Feldaist	9,8	0,37	7,8	0,0	0,5	0,9	0,5	0,8	2,7	2,1	2,3	7,5
	Waldaist	6,7	0,24	4,9	0,1	0,6	0,1	0,9	0,4	2,5	1,5	0,7	6,0
Alm		14,1	0,28	12,6	0,1	2,2	4,3	2,5	0,0	1,5	2,5	0,9	13,2
Antiesen		26,6	0,94	20,5	0,0	0,8	14,4	0,6	0,2	2,5	2,7	5,5	21,1
Aschach		24,4	0,68	17,7	0,1	0,9	11,5	0,9	0,6	3,7	3,2	3,4	20,9
Diesenleitenbach		2,7	0,49	2,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	1,4	0,0	2,7
Donau		742,1	0,44	511,7	10,2	52,0	208,5	57,7	14,2	108,2	106,6	183,8	558,1
Donnersbach		2,5	0,13	1,8	0,0	0,4	0,0	0,4	0,3	0,5	0,3	0,6	2,0
Enknach		2,8	0,20	2,0	0,0	0,2	0,9	0,2	0,0	0,9	0,5	0,0	2,8
Enns		122,7	0,20	105,7	1,4	17,5	2,9	24,5	5,5	26,5	20,3	23,4	99,2
Erzbach		2,6	0,10	2,3	0,0	0,2	0,0	1,1	0,0	0,2	0,5	0,7	2,0
Große Mühl		17,4	0,43	15,0	0,1	2,2	0,8	0,8	0,5	6,5	2,9	3,6	13,9
	Steinerne Mühl	3,1	0,28	2,6	0,0	0,5	0,1	0,2	0,2	1,3	0,7	0,0	3,1
Große Naarn		14,8	0,31	10,7	0,1	0,8	3,5	1,3	0,1	4,1	3,0	1,8	13,0

	Klammbach	3,4	0,34	2,4	0,0	0,2	1,3	0,3	0,0	0,5	0,7	0,4	3,0
	Klammlaiten- bach	1,6	0,21	1,3	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,8	0,4	0,0	1,6
Große Rodl		10,7	0,40	8,4	0,0	0,8	1,3	0,7	0,3	4,0	2,7	1,0	9,7
Gufling		2,5	0,15	2,1	0,0	0,9	0,0	0,5	0,2	0,7	0,2	0,0	2,5
Gurtenbach		9,1	0,92	7,4	0,0	0,3	6,6	0,2	0,1	1,1	0,6	0,1	8,9
Gusen		13,9	0,47	9,0	0,0	0,5	4,7	0,7	0,7	2,6	3,2	2,9	12,4
	Kleine Gusen	3,3	0,29	1,9	0,0	0,2	0,6	0,2	0,3	1,0	1,0	0,5	3,4
Inn		114,7	0,58	62,0	1,3	5,2	53,2	3,9	1,9	15,4	11,7	22,3	92,4
Innbach		46,5	0,93	33,8	0,1	1,2	27,5	1,9	0,3	4,3	4,2	6,9	39,5
	Trattnach	20,3	1,04	15,2	0,0	0,5	9,7	0,6	0,1	1,6	1,9	6,0	14,4
Ipfbach		9,0	0,69	6,8	0,0	0,3	6,7	0,3	0,1	0,3	1,2	0,0	9,0
Kettenbach		2,5	0,37	2,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,4	0,9	0,6	0,1	2,4
Kleine Mühl		8,7	0,43	7,1	0,0	0,7	0,6	0,3	0,1	4,1	1,9	1,0	7,7
Krems		38,1	1,00	29,6	0,1	1,2	26,3	1,1	0,4	1,1	3,2	4,8	33,3
Kristeinerbach		9,0	0,66	7,1	0,0	0,4	7,0	0,3	0,1	0,5	0,7	0,0	9,0
Maltsch		2,3	0,24	1,8	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	1,1	0,4	0,0	2,3
Mattig		18,1	0,40	13,9	0,4	0,8	1,1	1,0	0,1	3,0	2,4	9,3	8,8
	Schwemm- bach	2,8	0,13	2,2	0,0	0,5	0,1	0,7	0,0	0,6	0,9	0,0	2,8
Moosach		6,9	0,55	5,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,7	4,4	0,7	0,3	6,6
Mühlheimer Ache		14,0	0,45	11,6	0,0	1,1	7,1	0,5	0,6	1,9	0,7	2,1	11,9
	Moosbach	1,4	0,33	1,1	0,0	0,1	0,5	0,1	0,0	0,6	0,1	0,1	1,4
Palten		10,7	0,29	9,8	0,1	1,6	0,0	1,3	0,5	1,8	1,1	4,3	6,4
	Triebenbach	1,4	0,12	1,2	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	1,4
Pesenbach		3,6	0,33	2,3	0,0	0,2	1,5	0,4	0,0	0,5	0,8	0,1	3,5
Pram		29,3	0,76	22,6	0,1	1,2	15,5	0,9	0,5	4,5	3,7	2,9	26,4
Ranna		4,1	0,50	3,7	0,0	0,2	0,1	0,1	0,3	1,1	0,7	0,0	2,5
Reichramming		1,5	0,09	1,3	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,1	0,4	0,0	1,5

Salza		8,1	0,09	7,3	0,1	0,7	0,1	3,9	0,0	1,1	1,2	1,0	7,1
	Aschbach	1,1	0,09	1,0	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2	0,3	0,0	1,1
	Lassingbach	1,0	0,09	0,9	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,3	0,0	1,0
Salza (Salzastause)		5,9	0,26	5,3	0,0	0,7	0,0	0,8	0,9	2,7	0,5	0,3	5,7
Sölkbach		3,8	0,13	3,2	0,1	1,6	0,0	0,9	0,0	0,8	0,3	0,0	3,8
	Kleinsölkbach	1,9	0,15	1,6	0,0	0,7	0,0	0,5	0,0	0,3	0,2	0,0	1,9
Steyr		18,3	0,20	16,3	0,2	3,0	0,8	4,3	1,0	3,6	4,3	1,1	17,2
	Teichl	6,2	0,26	5,6	0,0	0,7	0,1	1,0	1,0	1,8	0,9	0,7	5,5
	Krumme Steyrling	1,4	0,11	1,3	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,3	0,2	1,3
Talbach		2,6	0,19	2,1	0,1	0,8	0,0	0,8	0,1	0,6	0,1	0,0	2,6
Traun		210,5	0,49	160,5	5,1	17,2	70,6	17,1	2,1	20,7	35,2	42,3	168,2
	Gosaubach	4,1	0,37	3,7	0,0	0,1	0,0	3,4	0,1	0,2	0,2	0,0	4,1
	Ischler Ache	6,1	0,24	4,2	0,5	0,5	0,0	0,9	0,6	2,2	1,4	0,0	6,1
Vökla		12,5	0,28	10,6	0,1	1,9	0,8	1,0	0,2	2,0	3,3	3,2	9,3

Anhang 6: Lage der zur Frachtberechnung verwendeten Landesmessstellen

