Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

DIPLOMARBEIT
Master Thesis

Nährstoffbilanzierung auf Flussgebietsebene mit besonderer Berücksichtigung der Gewässerretention am Beispiel der Traun

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Matthias Zessner

E 226

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
Forschungsbereich Wassergütewirtschaft

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Raimund Schuster

0225030

Wien, am 25.01.2013

Ich möchte die Gelegenheit nutzen und an dieser Stelle all jenen meinen Dank aussprechen, die mich in meinem Vorhaben mein Studium zu absolvieren unterstützt, gestärkt und motiviert haben.

Besonderer Dank gilt im Zusammenhang mit dieser Diplomarbeit meinem Betreuer Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Matthias Zessner, der mich trotz der langen Bearbeitungszeit immer vorbildlich unterstützt hat und stets mit Rat zur Stelle war.

Für die vielen Stunden, die meine Frau Ingrid und mein kleiner Sohn Sebastian auf mich verzichten mussten, möchte ich mich entschuldigen und mich zugleich für ihre Unterstützung bedanken.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinen Eltern Waltraud und Raimund, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben und mir während dieser Zeit immer zur Seite waren.

Meinem Taufpaten Stefan möchte ich danken, weil er mich als Chef immer in meinem Bestreben das Studium zu absolvieren bestärkt und unterstützt hat.

Abschließend möchte ich mich noch bei meiner restlichen Familie, bei meinen Freunden, Studienkollegen und allen, die mich während der Zeit meines Studiums begleitet und unterstützt haben, bedanken.

Herzlichen Dank!

Kurzfassung

Für die Quantifizierung von Nährstoffemissionsfrachten über unterschiedliche (diffuse) Eintragspfade und den daraus resultierenden Immissionsfrachten und –konzentrationen ist man in der Regel auf Modellberechnungen angewiesen. Diese können in weiterer Folge genutzt werden um die Auswirkungen verschiedenster Maßnahmen in Bezug auf Gewässerschutz abzuschätzen. Dabei ist die Berücksichtigung von Retentionsfrachten in den Gewässern (Abbau und Rückhalt von Stoffen) erforderlich. Die Retention ist von zahlreichen Parametern abhängig und eine Modellierung daher mit großen Unsicherheiten behaftet. Eine besondere Bedeutung kommt der Retention in Seen zu. Die Qualität der Modellierung lässt sich über den Vergleich von modellierten mit beobachteten Immissionsfrachten überprüfen (Pegelabgleich).

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, den Einfluss der Berechnungsansätze für die Retention in Seen auf die berechnete Immissionsfracht im Gewässer zu untersuchen. Da sich das Trauneinzugsgebiet mit seinen großen Seeflächen besonders gut für diese Untersuchungen eignet, wurde es als Modellgebiet ausgewählt. Als Rechenmodell diente das Programm MONERIS. Die Retention wurde über verschiedene Ansätze berechnet und die Auswirkungen auf die modellierten Immissionsfrachten und damit auf den Pegelabgleich verglichen.

Insgesamt macht die Phosphorretention im Trauneinzugsgebiet etwa 25 bis 30 % der Emissionsfracht aus. Die Seen prägen für das gesamte Einzugsgebiet der Traun die Gewässerretention für Phosphor entscheidend mit. Knapp 50 % der Gesamtretention im Untersuchungsgebiet ist auf Seen zurückzuführen. Eine detailliertere Gebietsaufteilung mit stärkerer Berücksichtigung der Seen bringt jedoch nur geringfügige Verbesserungen beim Pegelabgleich. Nur für relativ kleine Gebiete mit hohem Seeanteil ergeben sich durch genauere Einzugsgebietsaufteilungen größere Veränderungen. Sobald im Unterlauf der Seen größere landwirtschaftliche Flächen vorhanden sind, verlieren die Auswirkungen der Retentionsberechnung immer mehr an Bedeutung für Immissionsfracht und Pegelabgleich, da landwirtschaftliche Emissionen das Geschehen zunehmend prägen. Auch die Implementierung anderer

Retentionsansätze (z.B. nach Vollnweider) bringt nur für sehr stark durch Seen geprägte Gebiete eine wesentliche Veränderung der Rechenergebnisse. Eine eindeutige Verbesserung des Pegelabgleiches konnte jedoch nicht erreicht werden.

Abstract

Application of quantitative models is essential for the quantification of nutrient emission loads via different (diffuse) pathways and resulting-instream river loads. These models finally can be used for evaluation of effects of pollution control measures on instream loads and concentrations. Retention, which includes all loss and transfer processes of nutrients in the rivers systems, has to be regarded in case of quantification of the relation of emission- and instream loads. Because of numerous variables, which influence the retention processes, results from model calculations may include significant uncertainties. The retention in lakes may be of high importance, in relation to the total retention load. The scope of this master thesis is the illustration of the influence of different approaches of retention calculation on calculated instream loads of nutrients. For calculation the nutrient emission model MONERIS is used. Quality of modelling is assessed by comparison of calculated instream loads to observed ones.

Due to the high number and the big surface of lakes which are located in the catchment of the Traun, this river basin was elected as case study. All investigations, which were made during this work, refer to the nutrient phosphor (P). Alltogether about 25 to 30 % of the emitted P-load into the riversystem of the Traun catchment are retained within the water sytem by retention (sedimentation, export to river bank). About 50 percent of this retention can by allocated to lake retention. In conclusion, it is very important to take lakes into consideration for retention calculations.

More detailed fragmentation of catchment areas, with an even stronger focus on the lakes, as well as the changing of the retention terms and the implementation of these terms into the programme MONERIS, led only to small improvements of the quantification of instream P-loads for the overall catchment. On subcatchment scale the chosen approach for calculation of lake retention significantly may influence the results in cases of high shares of lake surface in a catchment.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung ... 3
Abstract ... 5
Inhaltsverzeichnis ... 6
Abbildungsverzeichnis ... 8
Tabellenverzeichnis ... 10
1. Einleitung ... 11
1.1 Ziel der Arbeit ... 13
1.2 Die Traun ... 13
1.3 MONERIS ... 14
1.4 Retention in Oberflächengewässern ... 15
1.4.1 Stickstoffretention ... 16
1.4.2 Phosphorretention ... 17
2. Methoden und Materialien ... 18
2.1 MONERIS Aufbau ... 18
2.2 Retentionsansätze ... 21
2.3 Eingangsdaten MONERIS – Herkunft ... 22
2.4 Einzugsgebietsaufteilung für die Berechnungen ... 26
2.4.1 Untersuchung unterschiedlicher Versionen ... 26
2.4.2 Teileinzugsgebiete der Version 1 ... 28
2.4.3 Seen im Trauneinzugsgebiet bei der Berechnungsversion 1 ... 50
2.4.4 Probegebiet 1280 – Vergleich der Retentionsansätze ... 52
2.4.5 Änderung der Teileinzugsgebiete in den Versionen 2-4 ... 59
2.4.6 Seen im Trauneinzugsgebiet ab der Berechnungsversion 2 ... 68
2.4.7 MONERIS Version 2 ... 69
2.4.8 MONERIS Version 3 ... 69
2.4.9 MONERIS Version 3 o Gew ... 70
2.4.10 MONERIS Version 4 ... 70
2.5 Beobachtete Frachten ... 72

2.6 Frachtberechnung 75
2.6.1 Mittelwertbildung 75
2.6.2 Monatsmittelwerte 75
2.6.3 Abflussklassenbildung 78
3. Ergebnisse und Diskussion 80
3.1 Detailergebnisse der Einzugsgebiete 82
3.2 Gegenüberstellung der Detailergebnisse 100
4. Zusammenfassung 110
Literaturverzeichnis 114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Eintragspfade in MONERIS 15
Abbildung 2 - Systematik MONERIS 19
Abbildung 3 - Abflussbaum MONERIS Version 1 28
Abbildung 4 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1220 31
Abbildung 5 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1230 33
Abbildung 6 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1240 34
Abbildung 7 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1250 35
Abbildung 8 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1260 36
Abbildung 9 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1270 37
Abbildung 10 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1280 38
Abbildung 11 - beobachtete Frachten am Gebietsauslass 1280 (Ager) 40
Abbildung 12 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1290 41
Abbildung 13 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1300 42
Abbildung 14 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1310 43
Abbildung 15 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1320 44
Abbildung 16 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1330 45
Abbildung 17 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4000 46
Abbildung 18 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4010 47
Abbildung 19 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4020 48
Abbildung 20 - Einzugsgebietsaufteilung des gesamten Trauneinzugsgebietes 49
Abbildung 21 - Detail EZG 1280 53
Abbildung 22 - Abflussbaum MONERIS ab Version 2-4 60
Abbildung 23 - EZG 1220 Version 2 -4 61
Abbildung 24 - EZG 1230 Version 2 -4 62
Abbildung 25 - EZG 1240 Version 2 -4 63
Abbildung 26 - EZG 1280 Version 2 -4 64
Abbildung 27 - EZG 1300 Version 2 -4 65
Abbildung 28 - EZG 4000 Version 2 -4 66

Abbildung 29 - EZG 4010 Version 2 -4 67
Abbildung 30 - Auszug Abfrage aus H2O Datenbank 73
Abbildung 31 - Gebiet 4020 - Fracht und Durchfluss 78
Abbildung 32 - Ergebnisvergleich 1260 82
Abbildung 33 - Ergebnisvergleich 1270 83
Abbildung 34 - Ergebnisvergleich 1280 85
Abbildung 35 - Ergebnisvergleich 1290 87
Abbildung 36 - Ergebnisvergleich 1300 89
Abbildung 37 - Ergebnisvergleich 1320 91
Abbildung 38 - Ergebnisvergleich 1330 92
Abbildung 39 - Ergebnisvergleich 4000 94
Abbildung 40 - Ergebnisvergleich 4010 96
Abbildung 41 - Ergebnisvergleich 4020 98
Abbildung 42 - Phosphoremissionen Traun 100
Abbildung 43 - Ergebnisvergleich Version 1 - 4 103
Abbildung 44 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 1 ...105
Abbildung 45 - Abweichung bezogen auf landwirtschaftliche Fläche in Version 1.. 106
Abbildung 46 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 2 . 107
Abbildung 47 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 3 . 107
Abbildung 48 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 4 . 109

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Einzugsgebietsinformationen Version 1 - Teil 1 29
Tabelle 2 - Einzugsgebietsinformationen Version 1 - Teil 2 30
Tabelle 3 - flächenspezifische Abflüsse der Teileinzugsgebiete 32
Tabelle 4 - Einzugsgebiet 1280 unterschiedliche Gütemessstellen 39
Tabelle 5 - Seen im Einzugsgebiet der Traun Version 1 50
Tabelle 6 - Seen im Einzugsbereich des EZG 1280 54
Tabelle 7 - Retention HL - Ansatz 55
Tabelle 8 - Version 3 - "outlet lakes" HL Ansatz 57
Tabelle 9 - Version 4 - "outlet lakes" Ansatz Vollnweider 58
Tabelle 10 - Seen im Einzugsgebiet der Traun mit Zuordnung in Version 2-4 69
Tabelle 11 - Retentionsfaktoren Version 4 71
Tabelle 12 - Retentionsfaktoren Version 4 71
Tabelle 13 – Monatsmittelwerte [m³/s] - Gebiet 4020 76
Tabelle 14 - Monatsmittelwerte Konzentration - Gebiet 4020 76
Tabelle 15 - Monatsmittelwerte Fracht - Gebiet 4020 77
Tabelle 16 - Auswertung nach Abflussklassen - Gebiet 4020 79
Tabelle 17 - Retention EZG 1260 82
Tabelle 18 - Retention EZG 1270 84
Tabelle 19 - Retention EZG 1280 86
Tabelle 20 - Retention EZG 1290 88
Tabelle 21 - Retention EZG 1300 90
Tabelle 22 - Retention EZG 1320 91
Tabelle 23 - Retention EZG 1330 93
Tabelle 24 - Retention EZG 4000 95
Tabelle 25 - Retention EZG 4010 97
Tabelle 26 - Retention EZG 4020 99
Tabelle 27 - Aufteilung Phosphoremissionen Traun 100
Tabelle 28 - Phosphorfrachten Traun 101
Tabelle 29 - Phosphorretention Traun 102

1. Einleitung

Durch die unterschiedlichsten menschlichen Aktivitäten, wie landwirtschaftliche Produktion oder Abwasserentsorgung, kommt es zu mehr oder minder großen Belastungen des Gewässersystems durch sogenannte Nährstoffe. Vor allem zu erwähnen sind hier Stickstoff und Phosphor, die über unterschiedliche Eintragspfade in die Gewässer gelangen. Diese Arbeit beschäftigt sich insbesondere mit dem Nährstoff Phosphor und dessen Emissionen in die Gewässer beziehungsweise dessen Retention oder Transport in den Gewässern. Die Leistungsfähigkeit der phototrophen Organismen (Algen) und ihrer Populationen hängt vom Vorhandensein verschiedenster Nährstoffe ab. Besonders zu erwähnen sind hier Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P). Von diesen ist Phosphor in unseren Gewässersystemen meist der limitierende Nährstoff (vgl. dazu Wohlrab et.al., 1992). Nachdem die Organismen ihr Wachstum an ein vorhandenes Nährstoffangebot angepasst haben und das Mehrangebot zu einer Wachstumssteigerung geführt hat, sterben diese nach Ablauf ihrer Lebensdauer ab. Sie bilden so „Nahrung“ für neue Organismen in Form von organischem Kohlenstoff. Dieser wird durch heterotrophe Organismen unter Sauerstoffverbrauch abgebaut. Dieser Sauerstoffverbrauch kann zu anaeroben Verhältnissen führen, die neben bedrohlichen Auswirkungen auf andere Organismen (Fische, etc.) auch in der Mobilisierung von bereits gebundenem Phosphor resultieren können, was wiederum zu einem vermehrten Algenwachstum führt und diesen Kreislauf der Eutrophierung verstärkt. Deshalb sind die Nährstoffeinträge und der in weiterer Folge auftretende Mehrverbrauch an Sauerstoff im Gewässer zu minimieren.

Da diese Nährstoffe von ihrem Emissionsort aus unterschiedlichsten Prozessen, wie Retention, Umwandlung, etc. unterliegen ist eine Abschätzung der Immission im Fließgewässer aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren sehr schwierig. Hierzu wurden verschiedene Modelle entwickelt, die die komplexe Realität in abstrakten Formeln abzubilden versuchen. Eines dieser Modelle, welches auch für die Berechnungen dieser Arbeit herangezogen wurde, ist das Programm MONERIS, das unter Punkt 2.3 beschrieben wird. Dieses Modell berechnet anhand verschiedenster

Eingangsparameter die Immission im Fließgewässer, unter Berücksichtigung der verschiedenen Eintragspfade mit ihren speziellen Prozessen. Zuerst werden die Emissionsfrachten aus den jeweiligen Eintragspfaden berechnet. Anschließend erfolgt eine Berechnung der Retentionsfracht anhand verschiedener Berechnungsansätze, auf die später noch eingegangen wird. Diese Retention soll alle Abbau- und Rückhaltevorgänge im betreffenden Gewässerabschnitt erfassen und abbilden. Erst wenn diese Retentionsfracht, die sehr schwierig abzuschätzen ist und von verschiedensten Parametern abhängt, modelliert ist, kann durch Abzug der Retentionsfracht von der Emissionsfracht, die für das Gewässer bedeutende Immissionsfracht berechnet werden.

Durch die versuchte Abbildung der Wirklichkeit mithilfe solcher Modelle können die einzelnen Anteile aus den unterschiedlichen Eintragspfaden quantifiziert werden. Erst das Wissen um diese quantitativen Zusammenhänge ermöglicht es die Bedeutungen der einzelnen Emissionspfade zu vergleichen und die Auswirkungen von Maßnahmen abzuschätzen.

1.1 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der Berechnungsansätze für die Retention in Seen auf die berechnete Immissionsfracht im Gewässer zu untersuchen beziehungsweise darzustellen. Alle Verlust- und Rückhalteprozesse werden in der hier vorliegenden Arbeit unter dem Sammelbegriff Retention zusammengefasst. Als Untersuchungsgebiet wurde die Traun ausgewählt, da sie in ihrem Einzugsgebiet mit den 14 vorliegenden Seen eine Gesamtseefläche von rund 121 km² oder 2,8 % der Gesamteinzugsfläche und damit einen sehr hohen Seeanteil aufweist. Untersucht wurde der Einfluss der Berechnungsansätze auf die Nährstoffbilanz und in weiterer Folge, wie, die so gewonnenen Ergebnisse mit den beobachteten Frachten übereinstimmen. Diese Frachten wurden aus Abfragen aus den Jahren 2001 bis Ende 2005 ermittelt. Desweiteren wurde der Einfluss des Detailierungsgrades der Eingangsdaten und der damit verbundenen größeren Berücksichtigung der Seenretention (darauf wird in der Beschreibung der Versionen unter Punkt 3.4 noch näher eingegangen) auf das Gesamtergebnis untersucht und ausgewertet.

1.2 Die Traun

Die Traun ist ein ca. 150 km langer rechter Zubringer zur Donau, der den größten Teil der Fließstrecke in Oberösterreich zurücklegt. Sie erstreckt sich vom Toten Gebirge, wo sie beim Traunursprung in der Steiermark entspringt, bis nach Linz, wo sie in die Donau mündet. Nachdem die Traun durch den Toplitzsee und den Grundlsee fließt, vereinigt sich die Grundlseer Traun in Bad Aussee mit der Altausseer Traun und der Kainischtraun und wird ab hier zur Koppentraun. Die Koppentraun fließt Richtung Westen und wendet am Dachsteinmassiv nach Norden, um den Hallstätter See zu speisen. Ab hier fließt die Traun in Oberösterreich und heißt nach dem Hallstätter See endgültig Traun. Sie durchquert das innere Salzkammergut und fließt durch den Traunsee, weiter durch Wels, bis sie nahe Linz in die Donau mündet. Die größeren Zubringer zur Traun sind, aufgelistet vom

Ursprung bis zur Mündung der Gosaubach, die Ischl, die Ager, die Alm und die Krems (vgl. http://de.wikipedia.org).

1.3 MONERIS

Wie in Venohr, et al. (2009) beschrieben, stellt MONERIS (Modelling Nutrient Emissions to River Systems) ein Programm dar, welches vom Leibnitz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin entwickelt wurde, um die Phosphor- und Stickstoffemissionen in die Ostsee zu modellieren.
Ursprünglich wurde es entwickelt, um folgende drei Ziele zu erreichen (vgl. Venohr et al., 2009):

- Identifizierung der Quellen und Eintragspfade von Nährstoffen auf Analysegebietsebene (kleinste im Modell verwendete Berechnungseinheit)

- Analyse des Transports und der Retention von Nährstoffen in Flusssystemen

- Bereitstellung eines Untersuchungsrahmens für Managementalternativen (Szenarien)

Das empirische Modell MONERIS berechnet nun aus einer Vielzahl von Eingangsdaten wie Abfluss, Bodenart, Landnutzung, Niederschlag, etc. die Phosphor- und Stickstoffemissionen für die einzelnen Gebiete. Diese erwähnten Eingangsdaten werden auf Basis der Einzugsgebietsebene, oben als Analysegebietsebene bezeichnet, eingegeben. Die Berechnung der Eintragsfracht in das Gewässer erfolgt durch aufsummieren der Emissionsfrachten aus den sieben Eintragspfaden. Diese im Modell erfassten Eintragspfade sind:

- Nährstoffeinträge aus Punktquellen
- Nährstoffeinträge aus atmosphärischer Deposition
- Nährstoffeinträge durch Abschwemmung
- Nährstoffeinträge durch Erosion

- Nährstoffeinträge durch Drainagen
- Nährstoffeinträge über das Grundwasser
- Nährstoffeinträge durch urbane Flächen

Nach Berechnung der Gesamtemissionsfracht aus den sieben Eintragspfaden erfolgt die Modellierung der Retentionsfracht, in der alle Abbau- und Rückhalteprozesse berücksichtigt werden sollen.
Die Immissionsfracht ergibt sich aus Emissionsfracht abzüglich Retentionsfracht.

In der Abbildung, entnommen aus Venohr et al. (2009) sind die, durch MONERIS erfassten Eintragspfade, dargestellt.

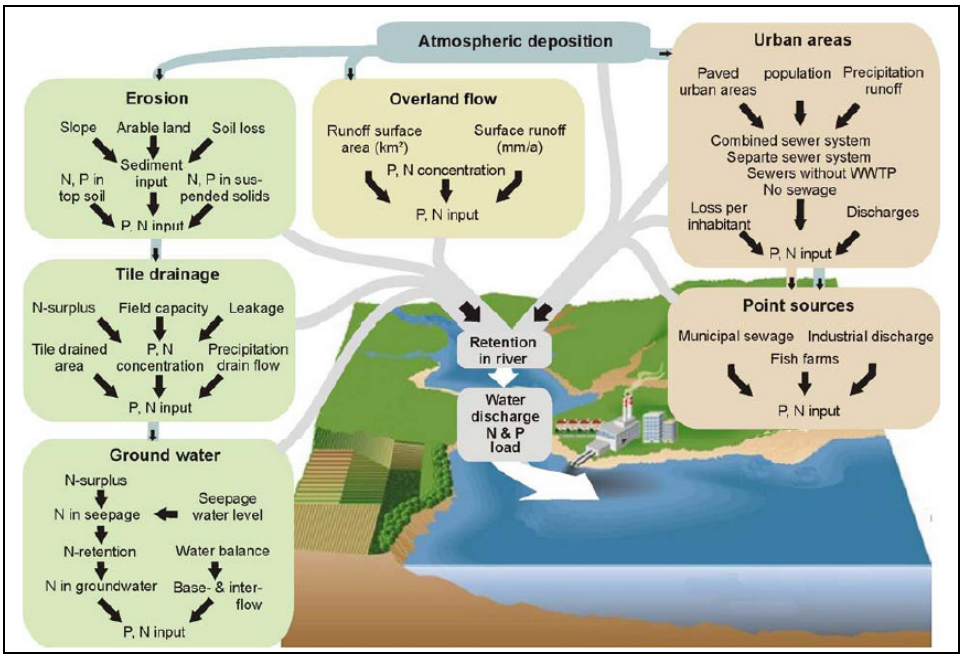

Abbildung 1 - Eintragspfade in MONERIS

1.4 Retention in Oberflächengewässern

Da sich die vorliegende Diplomarbeit vor allem mit der Retention befasst, erfolgt hier eine allgemeine Beschreibung der Vorgänge, die weiter als Retention bezeichnet werden.

1.4.1 Stickstoffretention

Wie bei Venohr (2009) beschrieben, wird anorganisch gelöster Stickstoff durch Pflanzen und Bakterien aufgenommen und ist somit in organisch gebundener Form vorhanden, bis er in organischer Form (Harnstoff, Ammoniak) durch Ausscheidungen oder Absterben der Organismen wieder in den Wasserkreislauf zurückkehrt. Durch Mineralisation wird er wieder in anorganischen Stickstoff übergeführt und unterliegt weiteren bakteriellen Transformationen (Nitrifikation, Denitrifikation). Als Nahrung für fast alle autotrophen Organismen in Gewässern dienen gelöstes Nitrat, Nitrit oder Ammonium.

Besonders wichtig für die Stickstoffretention sind sogenannte Totzonen, in welchen es zur Denitrifikation kommt, weshalb auch die Morphologie für die Retention von besonderer Bedeutung ist. „Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass Denitrifikation der dominante und auf jährlicher Basis der einzige effektive Retentionsprozess ist." (Svendsen und Kronvang, 1993; Seitzinger, 1988; in Venohr, 2009) Die anderen Retentionsprozesse sind nur temporär, können sich aber natürlich saisonal auswirken.

In aeroben Zonen wird organischer Stickstoff unter Sauerstoffverbrauch bei der sogenannten Nitrifikation zu Nitrat umgebaut. Gelangt nun dieses Nitrat in oben erwähnte Totzonen, das sind Bereiche in denen anoxische Verhältnisse herrschen, wird der Sauerstoff aus dem Nitrat von heterotrophen Bakterien zum Abbau von organischem Kohlenstoff verwendet (vgl. Knoblauch/Schneider, 2001). Dieser Vorgang wird Denitrifikation genannt. Das übrigbleibende Stickstoffgas entweicht wie das Kohlendioxid aus dem Wasser in die Luft.

Die Sedimentation ist jährlich betrachtet im Gegensatz zu Phosphor eher unbedeutend (der Anteil der Denitrifikation ist mehr als doppelt so hoch, als jener der Sedimentation), da sich der partikuläre Stickstoff nicht wie Phosphor im Sediment akkumuliert.

> *„Bei optimalen Randbedingungen und den, in Oberflächengewässern vorkommenden Temperaturen, kann man davon ausgehen, dass die Denitrifikation mit der Temperatur (Optimum: 30 °C) zunimmt, solange sie nicht durch einen Mangel an direkt beteiligten Stoffgruppen (Nitrat und verfügbares*

organisches Material) oder dem Sauerstoffgehalt gehemmt wird.“ (Venohr, 2009).

Da sich die einzelnen Teilprozesse nur für kleinste Abschnitte detailliert darstellen lassen, wird für Modellansätze die Retention als Nettogröße aller wirksamen Transformations- und Verlustprozesse angesehen.

1.4.2 Phosphorretention

Im Gegensatz zur Stickstoffretention, bei der durch die Denitrifikation der Stickstoff aus dem Wasserkreislauf entfernt werden kann, gibt es bei der Phosphorretention nur die Sedimentation. Wie im Folgenden beschrieben ist die Dauer dieser Retention von den Umgebungsbedingungen abhängig.

Wie bei Venohr (2009) beschrieben, wurden die ersten Ansätze zur Quantifizierung der Phosphorretention von Vollnweider (1969; in Venohr, 2009) zusammengefasst und angeführt. Hinsichtlich der Retention von Phosphor in Oberflächengewässern kann die Abhängigkeit der Retention von Aufenthaltszeit und Tiefe als allgemein anerkannt angesehen werden.

Phosphor kommt, wie bei Wohlrab et al. (1992) beschrieben, kommt Phosphor in der Natur oft nur in Spuren im Wasser gelöst vor, was an seinen sehr starken Bindungen zum Beispiel als Calciumphosphat liegt. Die Phosphor-Konzentration ist daher in anthropogen unbeeinflussten Gewässern dementsprechend niedrig. Das, in das Gewässer gelangende gelöste Phosphat, wird in der obersten Wasserschicht von Primärproduzenten aufgenommen und zum Teil in einem kurz geschlossenen Kreislauf wieder verwendet. Der, mit den abgestorbenen Organismen auf den Boden gelangende Phosphor, wird, wenn ein sauerstoffhaltiges Milieu vorherrscht, in den Sedimenten fixiert und damit dem Kreislauf entzogen. Sauerstoffschwund und Reduktionsmilieu, im Bereich der Sedimente, führen zu einem Rücklösen des Phosphors und Rücktransport in den Kreislauf. (vgl. Wohlrab et al., 1992). Diese beschriebene Retention findet vorwiegend in Seen statt. Folglich kann es zu einer Retention nur kommen, solange genug Sauerstoff auch in den untersten Schichten der Seen, im sogenannten Hypolimnion, vorhanden ist. Wenn dies nicht mehr der

Fall ist, findet keine Retention, sondern sogar Rücklösung von bereits entferntem Phosphor statt, und der Kreislauf der Eutrophierung beginnt.

2. Methoden und Materialien

Im folgenden Kapitel erfolgt die Beschreibung des verwendeten Modells mit den verwendeten Retentionsansätzen und Eingangsdaten. Desweiteren gibt es einen Überblick über das gesamte Einzugsgebiet und die Erläuterung zu den Frachtberechnungsmethoden.

2.1 MONERIS Aufbau

Wie bei Berendt et al. (1999) beschrieben, erfolgen die Berechnungen der Emissionsfrachten in MONERIS auf Basis der Eintragspfade.
Diese im Programm erfassten Eintragspfade sind:

- Nährstoffeinträge aus Punktquellen
- Nährstoffeinträge aus atmosphärischer Deposition
- Nährstoffeinträge durch Abschwemmung
- Nährstoffeinträge durch Erosion
- Nährstoffeinträge durch Drainagen
- Nährstoffeinträge über das Grundwasser
- Nährstoffeinträge durch urbane Flächen

Die, aus den oben erwähnten Eintragspfaden, eingehenden Emissionsfrachten für Stickstoff und Phosphor werden innerhalb jedes Einzugsgebietes berechnet und folgender Systematik unterworfen:

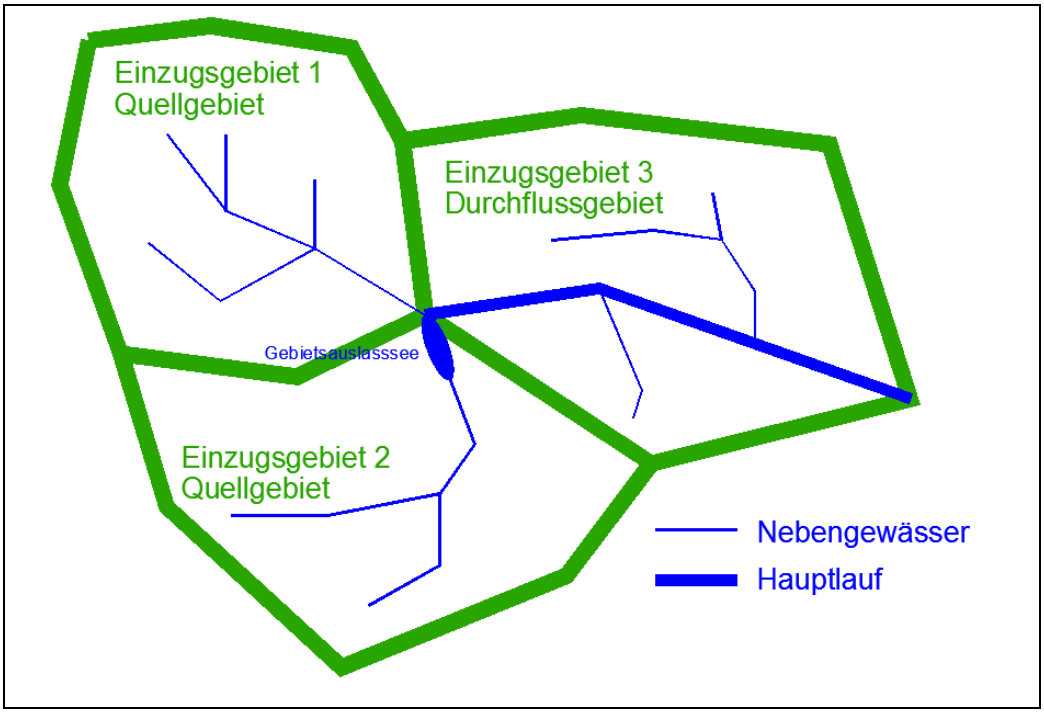

Abbildung 2 - Systematik MONERIS

Die Analysegebiete werden in sogenannte Quell- und Durchflussgebiete eingeteilt. Ein Quell- oder Startgebiet ist ein Einzugsgebiet, das den Ursprung des zu untersuchenden Fließgewässers beinhaltet und somit keine Vorlaufgebiete aufweist.
Die vorhandenen Fließgewässer werden in Hauptlauf und Nebengewässer eingeteilt. Der Hauptlauf (main channel) wird von Fließgewässerabschnitten mindestens eines Vorlaufgebietes und den im Gebiet liegenden Nebengewässern (tributaries) gespeist. Das heißt in einem Quellgebiet können nur Nebengewässer auftreten. Die Seen werden je nach Lage den Haupt- oder Nebengewässern zugewiesen. Befindet sich ein See direkt am Ende eines Einzugsgebietes, wird er als sogenannter Gebietsauslasssee nochmals erfasst.
Es wird davon ausgegangen, dass die Nährstoffeinträge eines Analysegebietes gleichmäßig in die, als Nebengewässer ausgewiesenen Oberflächengewässer gelangen und dort einer Retention unterliegen (vgl. Venohr et al., 2009). Bei der Eingabe der Fließgewässer erfolgt eine zusätzliche Unterteilung in die, in Abbildung 2 dargestellten, Nebengewässer und Hauptläufe (Durchflussgebiete). Falls das betrachtete Analysegebiet ein Durchfluss- und somit kein Quellgebiet ist, wird für

die zufließende Fracht aus den Nebengewässern eine Retention im Hauptlauf berechnet (Venohr et. al., 2009). Für einleitende Punktquellen wird erst im unterhalb liegenden Analysegebiet eine Retention berücksichtigt und bei Gebieten mit Seeflächen am Gebietsauslass, sogenannte Gebietsauslassseen, wird für die gesamte, am Gebietsauslass ankommende Fracht eine zusätzliche Retention im See berechnet (Venohr et. al., 2009). Im MONERIS - Modell wird die Retention durch zwei verschiedene Ansätze nachgebildet. Zum einen durch einen Ansatz, der Temperatur und hydraulische Belastung (HL – hydraulic load = Abfluss durch Gewässeroberfläche) berücksichtigt, und zum anderen durch einen Ansatz, der den flächenspezifischen Abfluss (q = Abfluss durch Einzugsgebietsfläche) berücksichtigt.
Entsprechend Venohr et al. (2009) wird bei der Phosphorretention für die Nebenläufe ein Mittelwert der Ansätze HL (hydraulische Belastung) und q (Abflussspende) berechnet und für Hauptläufe die Retention nur nach dem Ansatz HL berechnet beziehungsweise berücksichtigt. Für die gesamte, in den Gebietsauslassseen ankommende Nährstofffracht, wird zusätzlich zur bereits genannten Retention im Haupt- oder Nebengewässer eine Retention im See nach dem HL – Ansatz berücksichtigt.
Beim sogenannten Pegelabgleich werden innerhalb des Berechnungsprogrammes die modellierten Frachten mit den beobachteten Frachten verglichen, um eine Plausibilitätsprüfung der berechneten Immissionsfrachten zu ermöglichen.

2.2 Retentionsansätze

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Auflistung und Beschreibung der beiden, für die Berechnungen im Zuge der Erstellung dieser Diplomarbeit verwendeten, Retentionsansätze für Seen.

HL Ansatz:

Um die Retention nach dem HL – Ansatz zu berechnen, muss zuerst die hydraulische Last selbst berechnet werden. Dazu erfolgt die Division des Durchflusses in Kubikmeter pro Jahr durch die Seeoberfläche. Die so erhaltene „hydraulic load“ hat die Einheit Meter pro Jahr.

$$HL\ [m/a] = \frac{Q\ [m^3/a]}{A\ [m^2]}$$

HL … hydraulic load

Q … Gesamtabfluss

A … Seefläche

$$\text{Retentionsfaktor} = \frac{1}{1 + a \times HL^b}$$

a … Modellkonstante 1 (aus MONERIS Österreich übernommen mit 25,74)

b … Modellkonstante 2 (aus MONERIS Österreich übernommen mit -1)

Nun setzt man die HL in die obige Formel ein und erhält nach Festlegung der beiden Parameter a und b den Retentionsfaktor. Dieser Retentionsfaktor, multipliziert mit der eingehenden Fracht in den See, ergibt die ausgehende Fracht.

Ansatz nach Vollnweider

$$\text{Retentionsfaktor} = \frac{1}{1 + d \times \sqrt{\tau}}$$

d … Modellkonstante 3 (für Tiefseen 1, für andere Seen 2)

τ … Aufenthaltszeit im See

$$\tau\,[a] = \frac{V\,[m^3]}{q\,[m^3/a]}$$

V … Volumen

q … Durchfluss

Der Retentionsfaktor nach dem Ansatz nach Vollnweider wird, wie oben ersichtlich, berechnet und ist abhängig von einem Parameter, der, je nach Seeart, festgelegt wird und der Aufenthaltszeit τ, welche durch Division von Volumen V durch Durchfluss q berechnet wird. Multipliziert man abschließend die Konzentration im See mit dem Durchfluss, erhält man die abgehende Fracht.

2.3 Eingangsdaten MONERIS – Herkunft

Die Eingangsdaten wurden aus dem Projekt Stobimo und Folgeprojekten des Institutes für Wassergütewirtschaft der Technischen Universität Wien mit verschiedenen Kooperationspartnern übernommen.

> *„Die Abgrenzung der Modelleinzugsgebiete (MEZG) ist eine wesentliche Grundlage für alle Berechnungsschritte im Modell MONERIS. Einerseits basieren viele „Modell – Eingangsgrößen" auf der räumlichen Verschneidung unterschiedlicher digitaler Daten mit den Modelleinzugsgebieten und einer anschließenden Mittelung der jeweiligen Eingangsgröße über das gesamte MEZG (z.B. mittleres Gefälle eines MEZG), andererseits stellen die MEZG die Grundlage für den Abflussbaum dar. Anhand der hierarchischen Gliederung*

*der MEZG im Abflussbaum und einer Abflussgleichung (Flow Net Equation, FNE) können unterschiedliche Datenbestände (z.B. Frachten) einzelner MEZG auf größere Einzugsgebietsebenen aggregiert werden.“(*Zessner et al., 2011)

Die einzelnen Modelleinzugsgebiete wurden unter Zuhilfenahme einer Bestandskarte des BMLFUW mit Teileinzugsgebieten größer 100 km² sowie unter Berücksichtigung folgender Messstellen eingeteilt:

- WGEV/GZÜV Messstellen
- Messstellen der Ländermessnetze
- Messstellen, die im Rahmen dieses Projektes beprobt werden
- Abflussmessstellen des Hydrographischen Zentralbüros (HZB)

Nach Überprüfung auf Verwendbarkeit hinsichtlich ausreichender Messfrequenz und Untersuchungsparameter wurde die Anzahl eingeschränkt und die verwendbaren Messstellen heraus gefiltert.
Wie bei Zessner et al. (2011) beschrieben, sind folgende Eingangsdaten für die Berechnung zur Verfügung gestanden und dienten als Ausgangsbasis für weitere Berechnungen:

BORIS (Bodeninformationssystem)

Das Bodeninformationssystem BORIS beinhaltet österreichweite Informationen über den Zustand der Böden und deren Belastung mit Schadstoffen (vgl. www.umweltbundesamt.at)
Die Bodenkennwerte Tongehalt, N - Gesamtgehalt und P - Gehalt im Oberboden wurden aus dem System übernommen.

eBOD

Die Web-GIS-Applikation eBOD stellt die Internetversion der digitalen Bodenkarte dar und ermöglicht sämtliche Standortseigenschaften der landwirtschaftlich nutzbaren und kartierten Böden des Bundesgebietes abzurufen. (vgl. http://bfw.ac.at)

Die Bodenkennwerte, Bodenarten (Sand-, Ton-, Schluffgehalt), sowie weitere Kennwerte zur Ableitung eines modifizierten Drainageansatzes (z.B. Bodentypen, Durchlässigkeit, Gründigkeit, Wasserverhältnisse, etc.) wurden für die ursprünglichen Berechnungen herangezogen (vgl. Zessner et al., 2011)

österreichweite Bodenabtragskarte

Wie bei Zessner et al. (2011) beschrieben, stand zur Berechnung des Nährstoffeintrages über die Erosion eine digitale, österreichweite Bodenabtragskarte vom Bundesamt für Wasserwirtschaft - Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt (BAW – IKT) zur Verfügung.

> *„Zur Berechnung des Stickstoffbilanzüberschusses und der Phosphor-Akkumulation wurden vom BMLFUW Abt. II/5 Daten zu Viehbeständen und Landnutzung aus der INVEKOS – Datenbank zur Verfügung gestellt. Die Daten zu Ernteerträgen und Futtermengen wurden von Statistik Austria abgefragt. Auf Basis dieser detaillierten Inputdaten konnten die Bilanzen auf Ebene politischer Gemeinden berechnet werden.“ (Zessner et al., 2011).*

eHYD - Hydrographische Messstellen:

Der Hydrographische Dienst in Österreich betreibt ein Basisnetz zur Beobachtung der wesentlichsten Komponenten des Wasserkreislaufes. Die Karte enthält eine Übersicht über Messstellen der Sachgebiete Niederschlag, Abfluss, sowie unterirdisches Wasser einschließlich Quellen und bietet Daten vom Beobachtungsbeginn bis zum aktuellen Hydrographischen Jahrbuch zum Download an (http://gis.lebensministerium.at/eHYD/).

Die Abflussbeobachtungen, welche, sowohl als Datengrundlage für die Monerisberechnungen, als auch für den Pegelabgleich dienten, wurden aus dieser Datenbank abgefragt, die notwendigen Abflusswerte berechnet und weiter verwendet. Die Einzugsflächenangaben bei der Pegelabfrage wurden mit den Einzugsflächen der Gütemessstellen verglichen. Der, durch Division von Gütemessstelleneinzugsfläche durch Abflusspegeleinzugsfläche, gewonnene Faktor

wurde zur Anpassung der Abflussmenge herangezogen, um die vorhandenen Flächenunterschiede auszugleichen.

> *„Die Angaben zu Punktquellen (Lage, Frachten, etc.) stammen für kommunale Kläranlagen aus der Kläranlagendatenbank des Bundes, für betriebliche Einleiter aus dem europäischen Schadstoffemissionsregister (EPER) und dem Schadstofffreisetzungs- und –verbringungsregister (PRTR). Der Anschlussgrad wurde dem Lagebericht 2008 entnommen.“ (Zessner et al., 2011)*

Während die Karte des EMEP – Programmes als Grundlage für die Bestimmung der atmosphärischen Deposition diente, wurde in Bezug auf die hydrogeologische Information (Unterscheidung von Locker- und Festgesteinsbereich) auf die österreichische geologische Karte (M 1: 500.000) zurückgegriffen (vgl. Zessner et al., 2011)

> *„Als Quelle für die Landnutzung wurde CORINE Land Cover 2006 (CLC2006) verwendet und zur Bestimmung der Gewässerfläche wurde das Gewässernetz des Bundesamts für Eichung- und Vermessungswesen (BEV) (fw_oek50_uba) mit einer groben Angabe der Gewässerbreite verwendet.*
> *Weitere Basis- und Geodaten konnten direkt aus dem Datenpool des BMLFUW (Metagis) übernommen werden.“ (Zessner et al., 2011)*

2.4 Einzugsgebietsaufteilung für die Berechnungen

Im folgenden Kapitel erfolgt eine Vorstellung des Einzugsgebietes der Traun und eine genaue Erläuterung der durchgeführten Untersuchungen.

2.4.1 Untersuchung unterschiedlicher Versionen

Im Zuge der Berechnungen für diese Diplomarbeit wurden insgesamt fünf verschiedene Versionen aufgestellt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen in Bezug auf Retention verglichen. Hier eine Aufstellung der einzelnen berechneten Versionen:

Version 1: Die Abgrenzung (Größe der Einzugsgebiete und der Abflussbaum) der Einzugsgebiete wurde aus MONERIS-Österreich unverändert übernommen. Bei der zur Weiterbearbeitung übernommenen vorhandenen MONERIS Version Oberösterreich, gab es vor allem beim Gesamtphosphor Abweichungen von über 80 % zu den gemessenen Werten. Deshalb wurden die Daten zu den Seen, hier vor allem die Fläche, durch Größenabfragen aus den vorliegenden CAD Karten überprüft und bei Notwendigkeit richtig gestellt. In dieser Version wurde das Gesamteinzugsgebiet der Traun mit einer Größe von rund 4.260 km² in 15 verschiedene Einzugsgebiete eingeteilt. Siehe dazu die, der Diplomarbeit beiliegende, Karte.

Aufgrund einer durchgeführten Untersuchung des Einzugsgebietes der Ager mit der Gebietsnummer 1280, welche unter 3.4.4 genau beschrieben ist, wurden weitere Versionen berechnet, um den Unterschieden im Berechnungsergebnis bei unterschiedlicher Berücksichtigung der Seen Rechnung zu tragen. Vor allem die Berücksichtigung als sogenannter Gebietsauslasssee, wie unter 3.1 beschrieben, bringt nicht zu unterschätzende Veränderungen, die in der Ergebnisauswertung auch dargestellt sind.

Version 2: In diesem Schritt wurden die vorhandenen Einzugsgebiete nochmals verfeinert und nach jedem berücksichtigten See im Trauneinzugsgebiet eine Gebietsabgrenzung vorgenommen, um alle Seen zu einem Gebietsauslasssee zu machen. Nach dieser Verfeinerung standen 27 einzelne Einzugsgebiete für die Berechnung fest. In der Version 2 wurden die vorliegenden Eingangsdaten, die unter 3.3 beschrieben sind, lediglich flächenspezifisch auf die neu unterteilten Einzugsgebiete umgerechnet.

Diese neue Gebietsabgrenzung, die auch in der beiliegenden Karte dargestellt ist, wurde als Grundlage für alle weiteren Variantenrechnungen verwendet.

Version 3: Für die Version 3 erfolgte eine Neuverschneidung der Einzugsgebietsflächen mit den ursprünglich vorhandenen Eingangsdaten hinsichtlich Flächennutzungen, Bevölkerungsdichten, Geländeneigungen usw. und danach eine Neuberechnung in MONERIS.

Version 3 o. Gew.: Diese Berechnung erfolgte nur, um darzustellen, wie groß der Einfluss der Seen in einem Einzugsgebiet, wie dem der Traun, indem eine beachtliche Anzahl von großen Seeflächen vorhanden ist, konkret ausfällt. Deshalb wurden aus der Berechnungsversion 3 alle Seeflächen herausgenommen und eine Neuberechnung durchgeführt.

Version 4: Um, den unter 3.4.4 beschriebenen Unterschied der Berechnung nach dem HL Ansatz, zu einer Berechnung nach Vollnweider Ansatz in der Seenretention genauer darzustellen, wurde in einer letzten Projektversion dieser Ansatz in das MONERIS implementiert. Obwohl der Unterschied mit knapp 5 % im

Probeuntersuchungsgebiet nicht sehr groß war, wurde diese Version erstellt und die Ergebnisse dargestellt.

2.4.2 Teileinzugsgebiete der Version 1

Die Einzugsgebietsaufteilung für die gerade beschriebene Version 1 wurde aus dem vorhandenen MONERIS Österreich, beziehungsweise MONERIS Oberösterreich übernommen. Diese Einteilung der Einzugsgebiete hinsichtlich ihrer Grenzen wurde für die ursprünglichen Berechnungen des Institutes für Wassergütewirtschaft, TU Wien, so vorgenommen, dass nach Möglichkeit an jedem Gebietsauslass eine Gütemessstelle aus der H_2O-Datenbank des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, vorliegt und so die berechneten Frachten über einen Pegelabgleich an den Gebietsauslässen verifiziert werden können.

Die folgende Grafik zeigt den Abflussbaum der MONERIS Version 1.

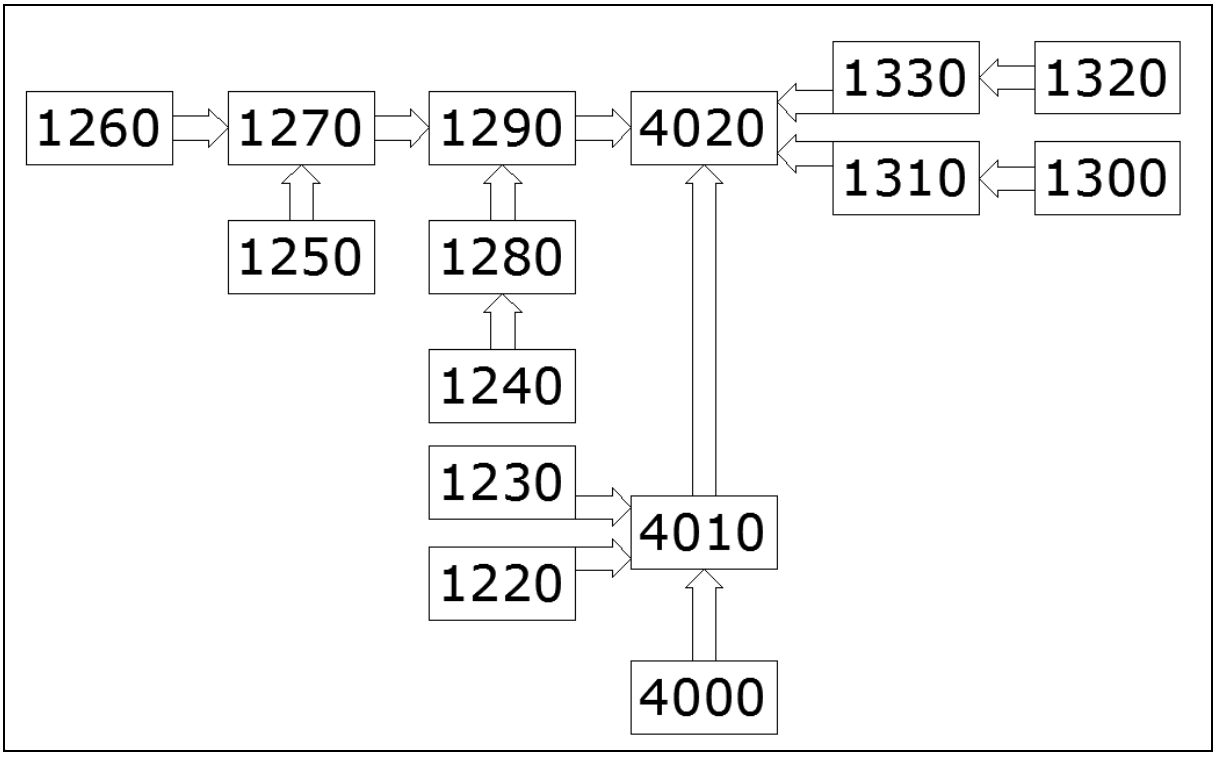

Abbildung 3 - Abflussbaum MONERIS Version 1

In den folgenden beiden Tabellen werden charakteristische Einzugsgebietsdaten zusammengefasst

Name	Gosaubach	Ischler Ache	Fuschler Ache	Dürre Ager	Vöckla	Vöckla	Ager	Ager
ID	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290
Fläche [km²]	110,89	253,63	114,42	94,67	246,42	98,63	376,41	324,76
Anteil an der Gesamteinzugsfläche der Traun	3%	6%	3%	2%	6%	2%	9%	8%
Abfluss [m³/s]	5,62	10,39	3,96	1,33	6,07	1,29	13,25	6,45
Anteil am Gesamtabfluss der Traun	4%	7%	3%	1%	4%	1%	9%	4%
flächenspez. Abfluss l/(s.km²)	50,68	40,95	34,57	14,08	24,63	13,03	35,21	19,86
HL - hydraulic load für Nebengewässer [m/y]	226,51	23,16	40,58	93,46	203,15	253,81	6,40	196,50
HL - hydraulic load für Hauptgewässer [m/y]	-	-	-	-	-	807,31	-	1002,01
HL - hydraulic load für Gebiets-auslassseen [m/y]	-	-	-	-	-	-	11,75	-
durchschnittl. Höhenlage [m ü. A.]	1411,61	962,85	742,69	638,18	621,12	540,27	724,35	560,30
durchschnittl. Geländeneigung [%]	21,55	16,51	8,48	3,66	3,11	2,88	11,23	3,92
Phosphoreintrag in die Gewässer des EZG [t/a]	4,10	6,13	5,74	2,24	5,69	4,45	16,68	14,34
Anteil an Gesamtphosphor-eintrag in die Traun	2%	3%	3%	1%	3%	2%	8%	7%
Seefläche im Einzugsgebiet [km²]	0,59	13,08	2,63	0,00	0,00	0,00	63,54	0,00
Seefläche im Einzugsgebiet als Gebietsauslasssee [km²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,18	0,00

Tabelle 1 - Einzugsgebietsinformationen Version 1 - Teil 1

Name	Alm	Alm	Krems	Krems	Traun	Traun	Traun
ID	1300	1310	1320	1330	4000	4010	4020
Fläche [km²]	243,15	258,66	140,40	239,83	317,44	717,36	720,51
Anteil an der Gesamteinzugsfläche der Traun	6%	6%	3%	6%	7%	17%	17%
Abfluss [m³/s]	13,12	4,46	2,78	3,69	19,75	32,76	23,00
Anteil am Gesamtabfluss der Traun	9%	3%	2%	2%	13%	22%	16%
flächenspez. Abfluss l/(s.km²)	53,97	17,24	19,82	15,39	62,21	45,66	31,92
HL - hydraulic load für Nebengewässer [m/y]	248,09	156,28	116,78	179,89	83,96	494,84	387,33
HL - hydraulic load für Hauptgewässer [m/y]	-	528,86	-	528,73	-	207,83	749,42
HL - hydraulic load für Gebiets-auslassseen [m/y]	-	-	-	-	-	88,61	-
durchschnittl. Höhenlage [m ü. A.]	1090,92	601,27	575,97	382,55	1356,93	1134,88	389,36
durchschnittl. Geländeneigung [%]	18,09	6,18	7,85	1,89	17,27	18,92	1,46
Phosphoreintrag in die Gewässer des EZG [t/a]	2,21	10,25	12,84	25,52	8,77	26,21	66,80
Anteil an Gesamtphosphor-eintrag in die Traun	1%	5%	6%	12%	4%	12%	32%
Seefläche im Einzugsgebiet [km²]	0,84	0,00	0,00	0,00	6,59	33,38	0,00
Seefläche im Einzugsgebiet als Gebietsauslassee [km²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,38	0,00

TRAUN
4257,15
1,00
147,91
1,00
34,74
236,49
318,92
15,97
781,24
9,89
211,95
100%
120,64
70,56

Tabelle 2 - Einzugsgebietsinformationen Version 1 - Teil 2

1220 – Gosaubach

Das Einzugsgebiet 1220, bezeichnet das Einzugsgebiet des Gosaubaches und teilt sich in folgende Flächenanteile auf.

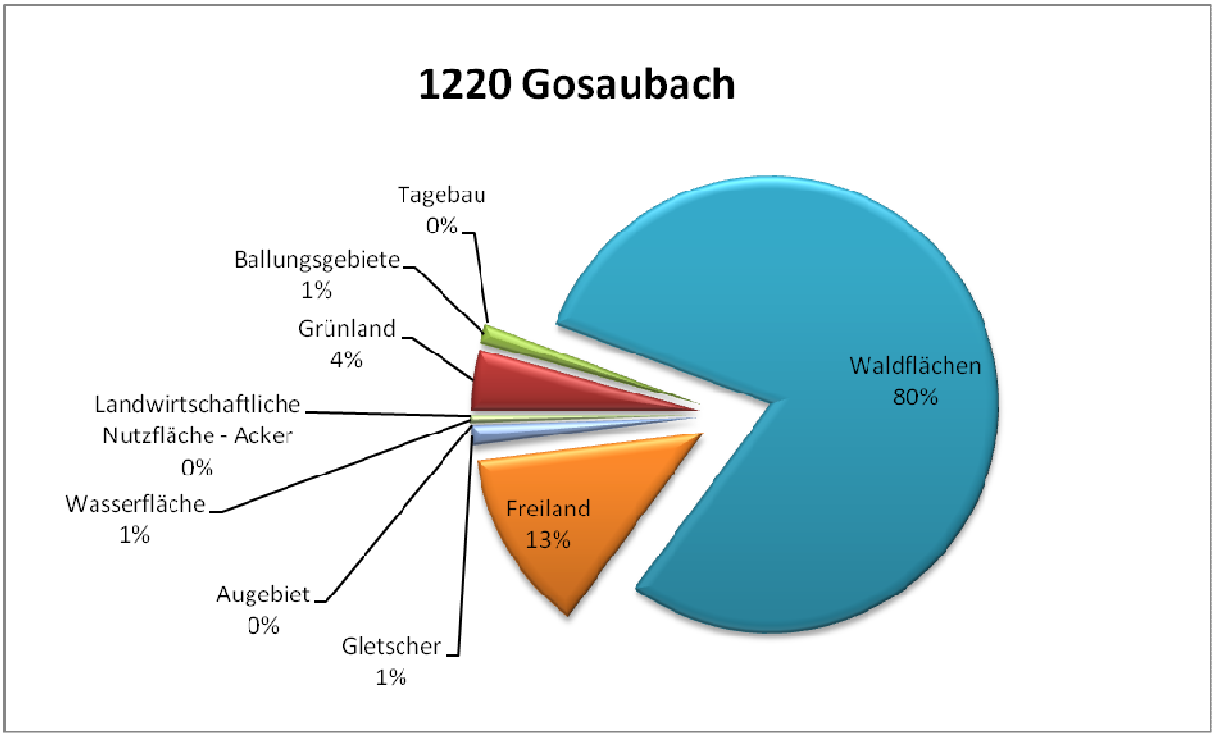

Abbildung 4 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1220

Wie aus Diagramm und Tabelle ersichtlich, ist das Einzugsgebiet Gosaubach zum größten Teil mit Wald bedeckt und weist als einziges Gebiet einen Anteil an einem Gletscher auf. Weiters liegt mit dem Vorderen Gosausee ein relativ kleiner See im Einzugsgebiet, welcher bei der Berechnungsvariante 1 nicht am Gebietsauslass gelegen ist, durch die neue Aufteilung in den Versionen 2 und 3 jedoch zum Gebietsauslasssee wird. Dazu folgt später noch eine genauere Beschreibung unter Kapitel 2.4.5.

Für das Gebiet 1220 gibt es keine verfügbare Gütemessstelle und auch keine geeignete Pegelmessstelle, um Berechnungsergebnisse mit den beobachteten

Daten abzugleichen. Als Abflussspende wurde für das Gebiet, in Anlehnung an die bereits eingetragenen Abflüsse im MONERIS Österreich, die Abflussspende von rund 51 l/(s.km²) aus den ursprünglichen Berechnungen übernommen. Für die einzige im Gebiet vorhandene Messstelle (Klaushof), die wiederum über 6 km vor dem Gebietsauslass liegt, sind für den Untersuchungszeitraum keine Daten vorhanden.

Unten stehend ist die Aufstellung der Abflussspenden der einzelnen Gebiete zu finden. Für das Gebiet 1220 scheint eine über dem Durchschnitt liegende Abflussspende plausibel, da es sich um ein Startgebiet handelt und diese allgemein höhere Spenden aufweisen, wie die Tabelle zeigt.

EZG	Gebietsgröße [km²]	Gebietsabfluss [m³/s]	Abflussspende [l/(s.km²)]
1220	110,89	5,62	50,68
1230	253,63	10,31	40,65
1240	114,42	3,77	32,95
1250	94,67	1,46	15,42
1260	246,42	3,90	15,83
1270	98,63	3,48	35,28
1280	376,41	12,46	33,10
1290	324,76	7,41	22,82
1300	243,15	9,20	37,84
1310	258,66	6,39	24,70
1320	140,40	2,92	20,80
1330	239,83	3,27	13,63
4010	717,36	35,37	49,31
4020	720,51	8,37	11,62
4000	317,44	19,75	62,22

Tabelle 3 - flächenspezifische Abflüsse der Teileinzugsgebiete

1230 – Ischler Ache

Dieses Gebiet teilt sich wie folgt in die einzelnen Landnutzungen ein. Wie durch nachfolgende Grafik ersichtlich, weist dieses Gebiet erneut einen überdurchschnittlich hohen Waldanteil auf. Da mit dem Wolfgangsee ein für das Gebiet relativ großer See vorhanden ist, welcher erst durch detailliertere Gebietsaufteilung in den Versionen 2 und 3, siehe dazu Kapitel 2.4.5, zu einem Gebietsauslasssee wurde, liegt der Anteil der Wasserfläche bei beachtlichen 5,2 %.

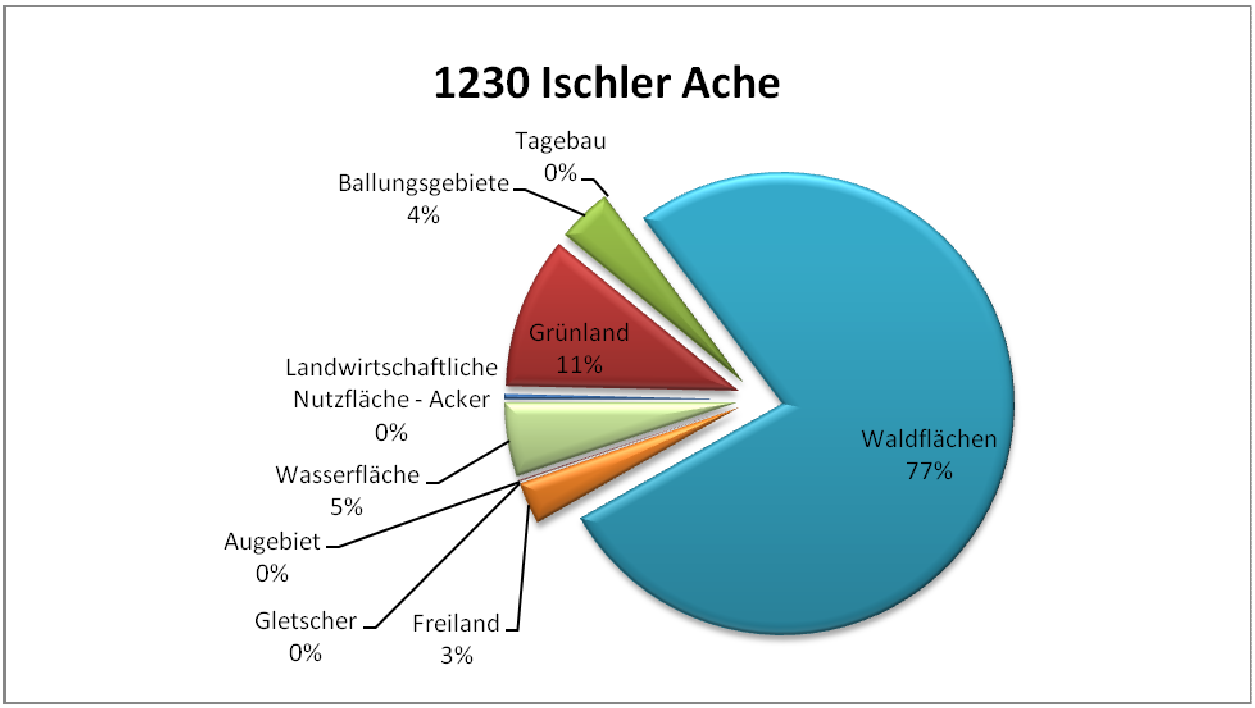

Abbildung 5 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1230

Dieses Gebiet weist keine Gütemessstelle auf. Eine verwendbare Abflussmessstelle, Bad Ischl – Giselabrücke, in der Nähe des Gebietsauslasses ist jedoch vorhanden und wurde für die MONERIS-Berechnung herangezogen.

1240 – Fuschler Ache

Nachfolgend befindet sich die Darstellung des Einzugsgebietes an der Fuschler Ache hinsichtlich Flächeneinteilung. Geprägt ist das gegenständliche Gebiet durch Wälder und Grünflächen. Mit dem Fuschlsee liegt ein kleiner See im Einzugsbereich der Fuschler Ache. Wiederum wurde durch eine spätere genauere Gebietsaufteilung in den MONERIS – Berechnungsvarianten ab Version 2 auch der Fuschlsee zu einem Gebietsauslasssee und eine zusätzliche Retention in diesen Berechnungen berücksichtigt.

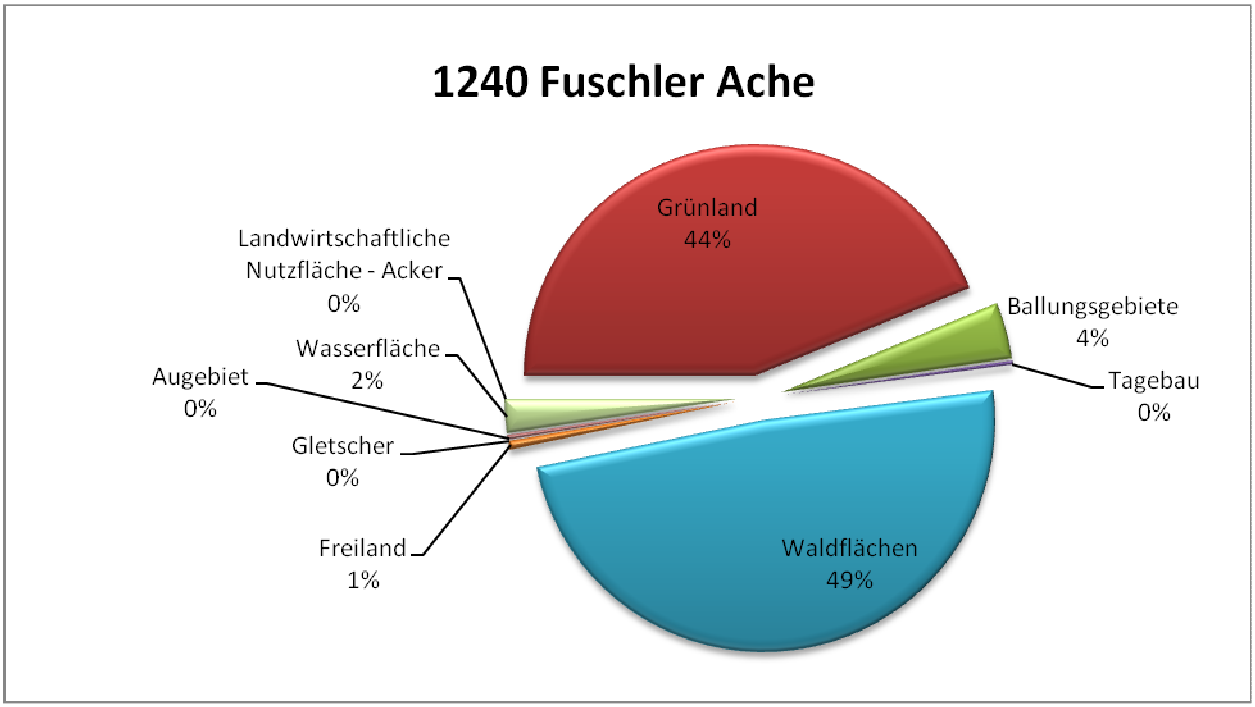

Abbildung 6 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1240

In diesem Teileinzugsgebiet waren sowohl eine Gütemessstelle, als auch eine Abflussmessstelle am Gebietsauslass vorhanden. Da bei der erwähnten Gütemessstelle für den Betrachtungszeitraum keine Daten vorliegen, musste auf einen Vergleich von beobachteten und berechneten Werten in diesem Fall verzichtet werden.

1250 – Dürre Ager

Das Einzugsgebiet der Dürren Ager gliedert sich wie in Abbildung 7 dargestellt wie folgt auf. Hauptsächlich bestehend aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald, bleiben 3 % der Fläche für Ballungsräume.

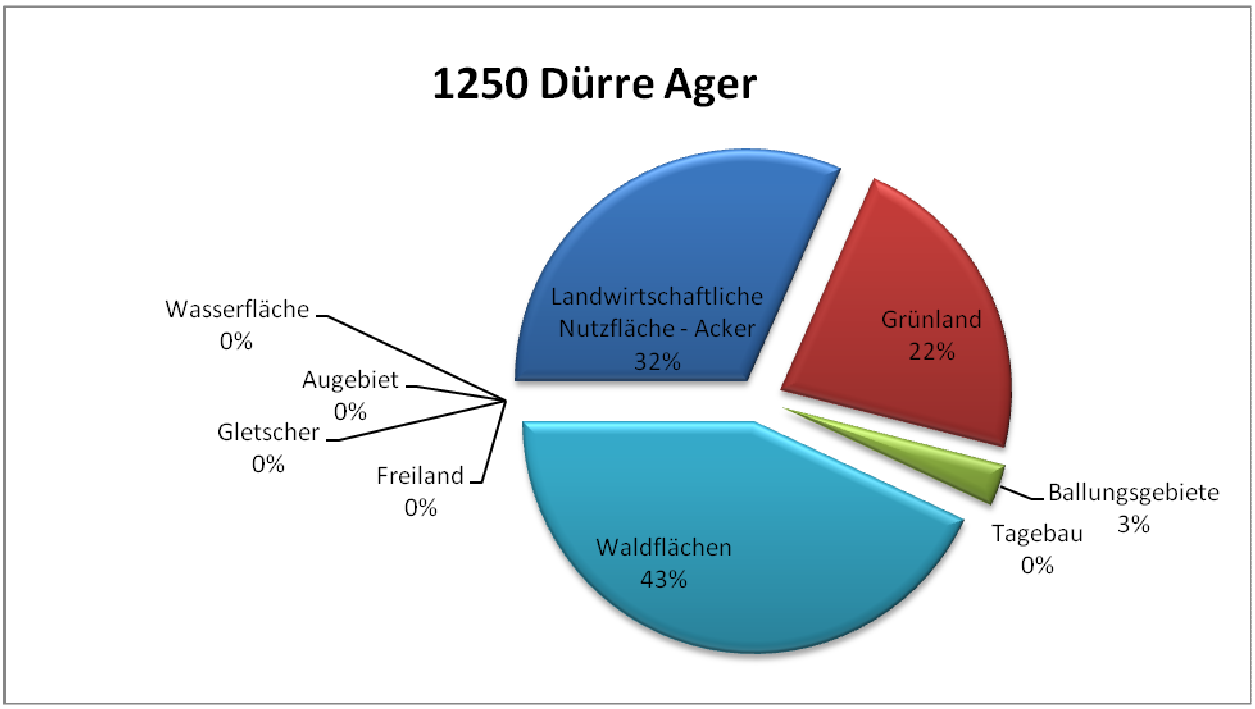

Abbildung 7 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1250

Wie in der Tabelle 1 dargestellt, weist dieses Einzugsgebiet keine Seeflächen auf und setzt sich hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald zusammen.
Die Dürre Ager hat im betrachteten Bereich eine passende Abflussmessstelle am Gebietsauslass, die zur Durchflussberechnung herangezogen wurde. Eine Gütemessstelle war leider nicht vorhanden, und so konnte auch bei diesem Gebiet kein Abgleich zwischen modellierten und beobachteten Frachten durchgeführt werden.

1260 – Vöckla

Das Einzugsgebiet der Vöckla weist folgende Gliederung auf.

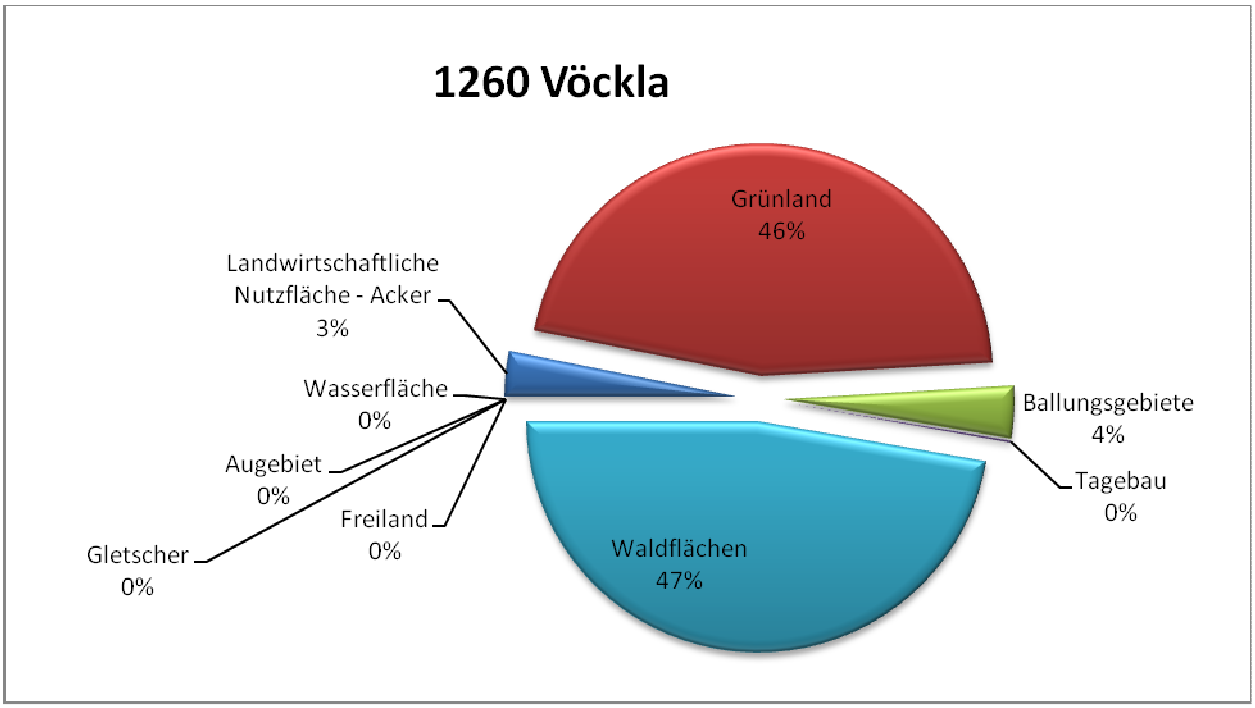

Abbildung 8 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1260

Wie oben dargestellt, weist dieses Einzugsgebiet keine Seeflächen auf und setzt sich hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald zusammen. Da kein See in diesem Einzugsgebiet vorhanden ist, wurde dieses auch in den folgenden Versionen nicht geteilt. Nachfolgend die Tabelle mit den Gebietsinformationen für das gegenständliche Einzugsgebiet.

Die Vöckla hat in diesem Einzugsgebiet ihren Ursprung. Am Gebietsauslass befindet sich auch eine passende Gütemessstelle, die für Vergleiche verwendet wurde. Betreffend die Abflussmenge wurden zwei Messstellen herangezogen, die Messstelle Stauf und die Messstelle Redl. Trotz dieser beiden Messstellen bleibt der Teil des Einzugsgebietes, der zwischen diesen beiden Messungen liegt unberücksichtigt, da bei Stauf die Vöckla gemessen wird, bei der Stelle Redl jedoch nur der Redlbach als Zubringer zur Vöckla erfasst wird, und so der Bereich dazwischen nicht erfasst

werden kann. Dieser Umstand wurde, wie bei allen Gebieten, in denen die Abflusspegel nicht genau am Gebietsauslass lagen, insofern berücksichtigt, als dass die Gesamteinzugsfläche des Gebietes mit den Pegeleinzugsflächen verglichen wurde. Diese Differenzfläche wurde anschließend durch Multiplikation der Abflussmenge mit dem Quotienten aus Einzugsgebietsfläche/Pegeleinzugsflächensumme berücksichtigt. Durch diese vereinfachte Betrachtung wurde der mittlere flächenspezifische Abfluss des, durch Messdaten erfassten Teils des Einzugsgebietes, auf die Gesamteinzugsfläche angewendet, und so der Fehler in der Gesamtfracht minimiert.

1270 – Vöckla

Das Einzugsgebiet der Vöckla gliedert sich hinsichtlich Flächennutzung folgendermaßen auf. Wie unten dargestellt, weist dieses Einzugsgebiet keine Seeflächen auf und setzt sich hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald zusammen. Ebenfalls vorhanden sind Ballungsgebiete, in einem etwas über dem Durchschnitt liegenden Anteil.

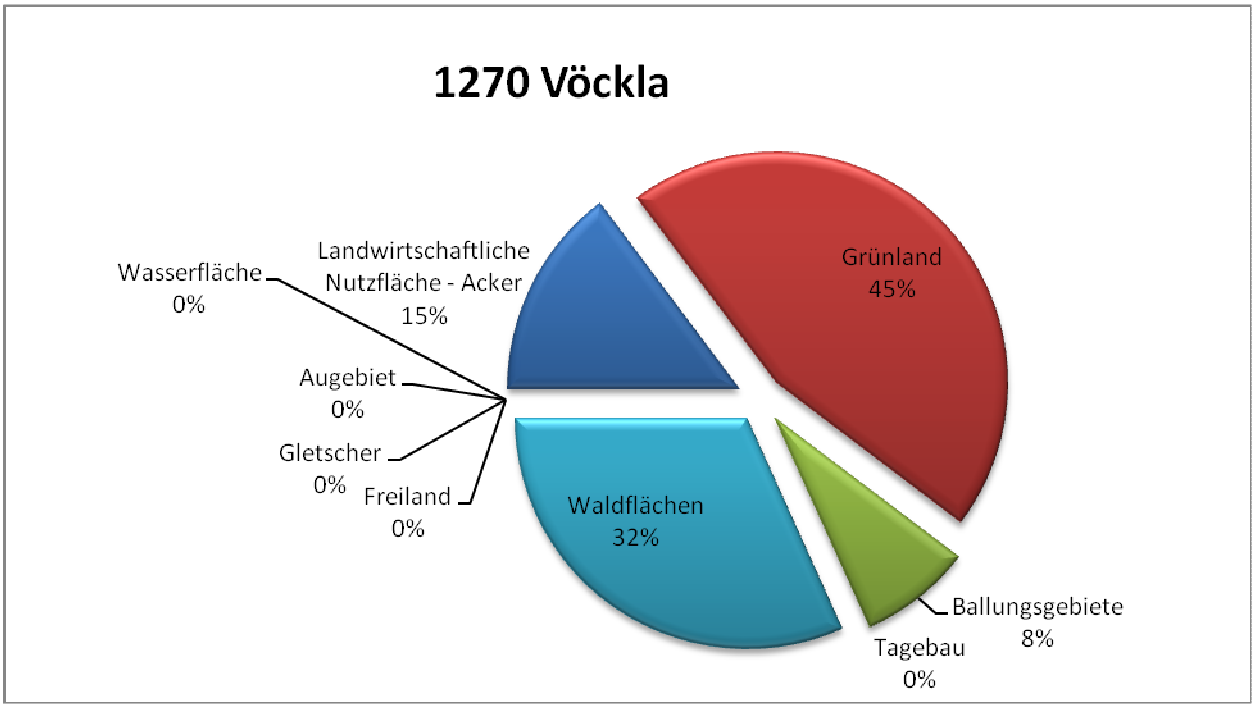

Abbildung 9 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1270

Für dieses Einzugsgebiet stehen sowohl ein günstig gelegener Abflusspegel, als auch eine Gütemessstelle zur Verfügung. Die Abflussmessung Vöcklabruck befindet sich in der Nähe des Gebietsauslasses und stellt deshalb eine gute Basis für den Pegelabgleich dar. In der Tabelle Nr. 1 sind charakteristische Werte des Einzugsgebietes dargestellt.

1280 – Ager

Folgende Gebietsaufteilung, betreffend Landnutzung liegt im Einzugsgebiet Nr. 1280 der Ager vor. Besonders zu erwähnen ist hierbei der große Anteil der Seen (17 %) in diesem Einzugsgebiet, da sich hier mit Irrsee, Mondsee und Attersee gleich drei Seen von beachtlicher Größe befinden. Insgesamt ergibt sich eine Seefläche von 63,5 km². Der größte See, der Attersee, befindet sich am Gebietsauslass.

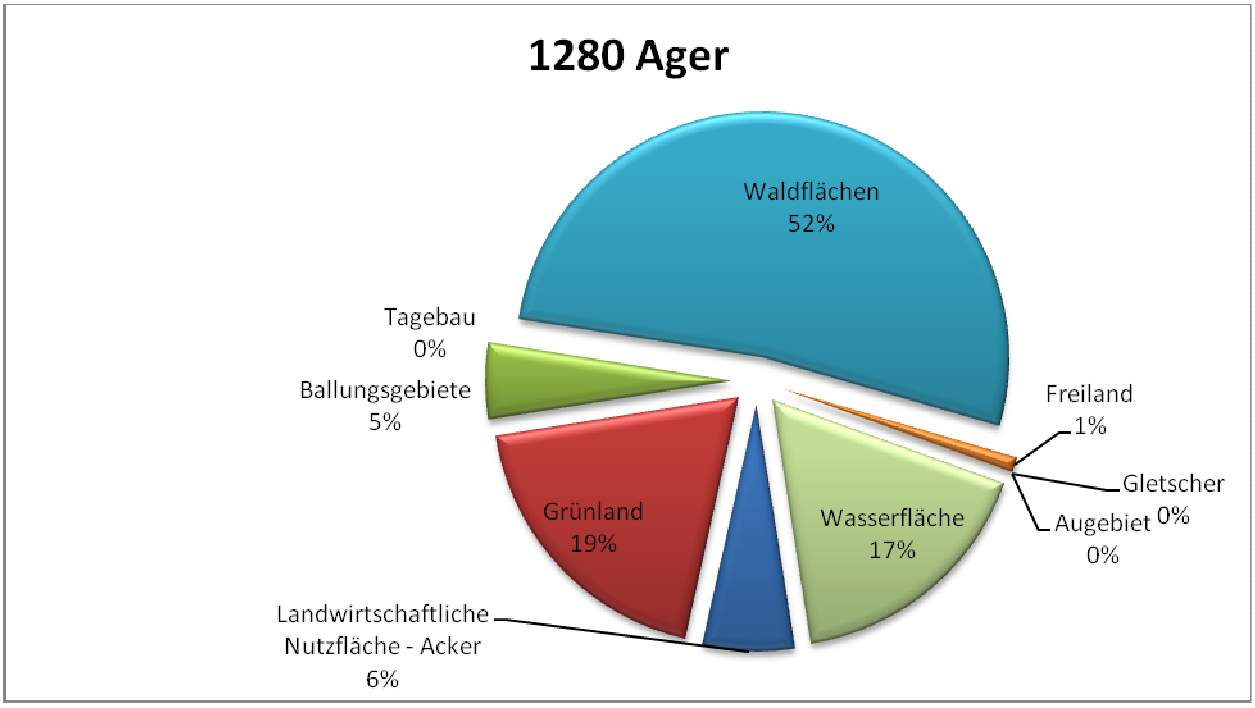

Abbildung 10 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1280

Hier existiert erneut eine Gütemessstelle und in unmittelbarer Nähe einen Abflusspegel. Die Gütemessstelle liefert, hinsichtlich Nährstofffrachten, jedoch unglaubwürdige Daten, deshalb erfolgte ein Vergleich mit den Daten der Oberösterreichischen Landesregierung für die Ager. Anhand der vorliegenden Pläne des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung sieht man, dass zwischen den Messstellen Ag 31,2 und Ag 32,9 nicht nur die Gütemessstelle FW40710017 liegt, sondern auch der Direkteinleiter, die Abwasserreinigungsanlage Attersee. Die Gütemessstelle muss demnach kurz nach Einleitung des Kläranlagenablaufes messen, wodurch sich die hohen Werte durch unvollständige Durchmischung am Standort der Probenahme begründen lassen. Nach relativ kurzer Fließstrecke werden bei der Gütemessung Ag 31,2 wieder wesentlich geringere Werte gemessen. Für den Pegelabgleich wurde die Messstelle Ag 31,2 herangezogen, da in diesem Punkt die Durchmischung nach der Kläranlageneinleitung offensichtlich bereits abschlossen ist.

Einzugsgebiet 1280 - Ager							
Parameter	Berechnung MONERIS VERSION 3	FW40710017 Lebensministerium berechnet nach Methode 2		Ag 31,2 - Land OÖ berechnet nach Methode 2		Ag 32,9 - Land OÖ berechnet nach Methode 2	
	[t/a]	[t/a]	Δ [t/a]	[t/a]	Δ [t/a]	[t/a]	Δ [t/a]
DIN	232,45	691,79	459,34	402,25	169,80	330,67	98,21
$P_{ges., unfiltriert}$	4,05	90,54	86,49	10,65	6,60	10,86	6,81
km		31,9		31,2		32,9	

Tabelle 4 - Einzugsgebiet 1280 unterschiedliche Gütemessstellen

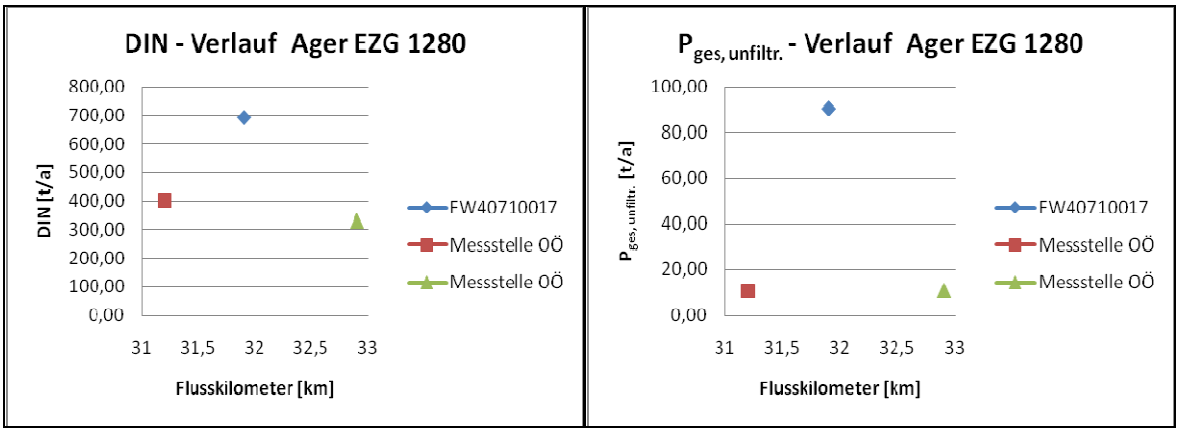

Abbildung 11 - beobachtete Frachten am Gebietsauslass 1280 (Ager)

Auf den Diagrammen in der vorigen Abbildung Nr. 11 ist sehr deutlich die Einleitung der Kläranlage erkennbar. Nachdem die Fracht bei Kilometer 32,9 sehr niedrig ist, kommt der Kläranlagenablauf in die Ager hinzu. Bei der nächsten Messstation (bei Kilometer 31,9) liegen die Frachten vermeintlich höher, da sich der Ablauf vermutlich noch nicht zur Gänze durchmischt hat. Nach weiterer Fließstrecke durchmischt sich der Ablauf jedoch, und bei der Gütemessstelle bei Fließkilometer 31,2 scheint die vollständige Durchmischung abgeschlossen zu sein.

Für den Vergleich von beobachteten und berechneten Frachten wurde der oberösterreichische Pegel Ager 31,2 verwendet.

1290 – Ager

Folgende Landnutzungsaufteilung besteht beim Gebiet 1290, einem Einzugsgebiet der Ager. Es befindet sich kein See in diesem Einzugsgebiet. Hauptsächlich besteht das Einzugsgebiet der Ager aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und Wald. Auch Ballungsgebiete sind mit 6 % durchschnittlich vertreten.

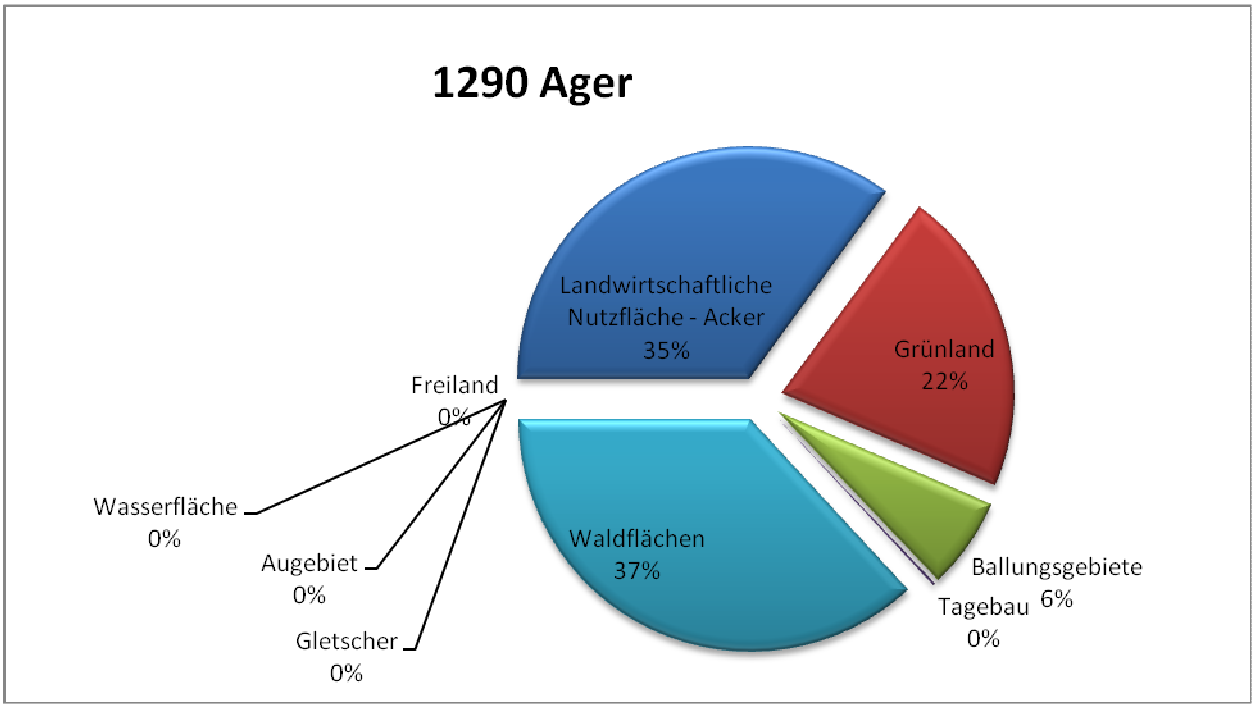

Abbildung 12 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1290

Weiters ist zu erwähnen, dass für die Berechnungen, Beobachtungen und Vergleiche sowohl ein passender Abflusspegel, als auch eine geeignete Gütemessstelle zur Verfügung stehen. Beide Messpunkte wurden für die Berechnungen verwendet.

1300 – Alm

Für das Einzugsgebiet der Alm ergibt sich in ihrem Startgebiet 1300 folgende Gebietsaufteilung. Wie nachfolgend ersichtlich, besteht dieses Einzugsgebiet hauptsächlich aus Waldflächen. Mit dem Almsee befindet sich auch ein kleinerer See im Einzugsgebiet, der sich allerdings in der Version 1 nicht am Gebietsauslass befindet und somit nicht gesondert berücksichtigt wird.
Anzumerken ist der niedrige Anteil an Phosphoreintrag in die Traun verglichen mit den Anteilen an der Gesamteinzugsfläche sowie am Gesamtabfluss.

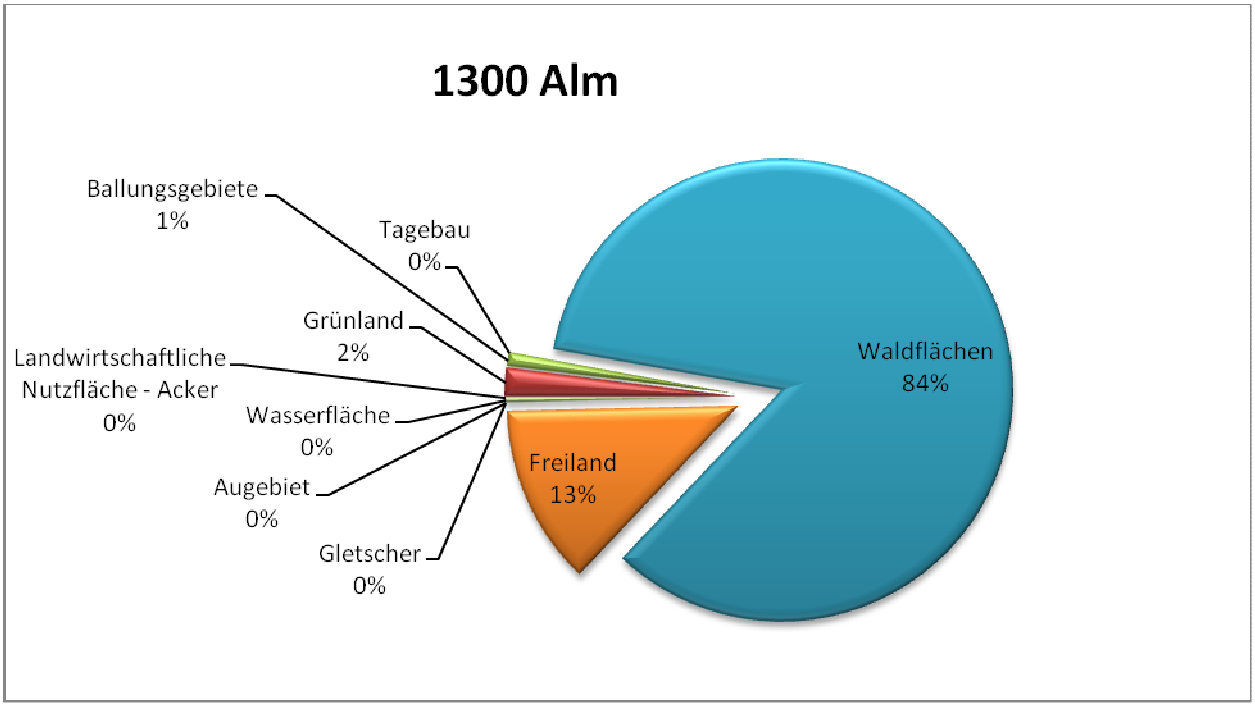

Abbildung 13 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1300

Für dieses Einzugsgebiet steht eine günstig gelegene Gütemessstelle zur Verfügung. Der vorhandene Abflusspegel liegt nicht direkt am Gebietsauslass und der Abfluss musste deshalb, wie schon vorhin beschrieben, über den Anpassungsfaktor in diesem Fall ein Vergrößerungsfaktor, der die Gesamteinzugsfläche abbildet, hochgerechnet werden.

1310 – Alm

Folgende Aufteilung ergibt sich, betreffend verschiedene Landnutzungen, für das Einzugsgebiet der Alm. Das zweite Teileinzugsgebiet der Alm weist wiederum kein Gewässer in Form eines für die Berechnung relevanten Sees auf.

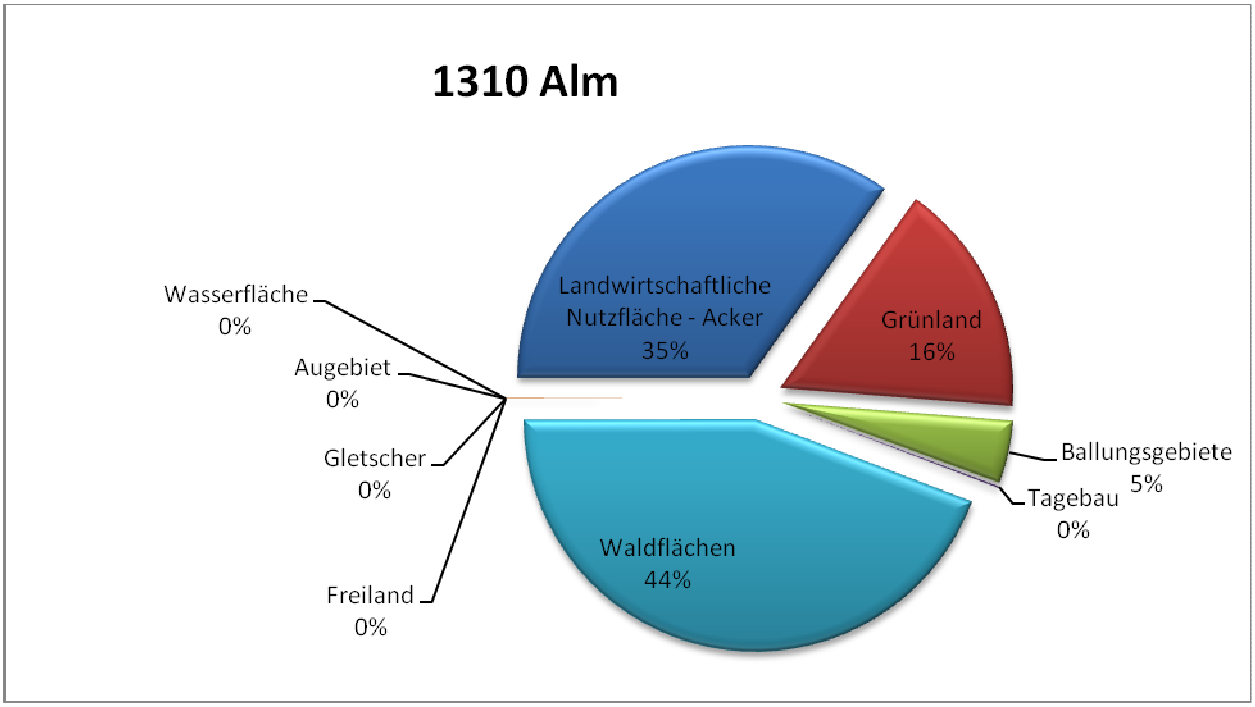

Abbildung 14 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1310

Für dieses Gebiet steht für die Abflussbeobachtung mit dem Pegel Penningersteg eine einigermaßen geeignete Messstelle zur Verfügung. Zum Zwecke der Gütemessung ist eine Gütemessstelle des Landes Oberösterreich vorhanden, welche zum Datenabgleich mit der Monerisberechnung verwendet wurde.

1320 – Krems

Das Einzugsgebiet der Krems weist im Oberlauf folgende Gliederung hinsichtlich Flächennutzung auf. Wie dargestellt, gibt es in diesem Einzugsgebiet keine Seeflächen und es setzt sich hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen und Wald zusammen. Ebenfalls vorhanden sind Ballungsgebiete, in einem geringfügig über dem Durchschnitt liegenden Anteil.
Erwähnenswert bei diesem Teileinzugsgebiet ist der hohe Anteil des Phosphoreintrages am Gesamteintrag in die Traun. Der Anteil des Phosphoreintrages liegt nicht, wie in den meisten Startgebieten üblich, unter dem Flächen- oder Abflussanteil. In diesem Fall liegt der Anteil des Gebietes an der Gesamteinzugsfläche bei 3 %, der des Abflusses geringfügig darunter bei 2 % und der Anteil des Phosphoreintrages aus diesem Gebiet bei 6 %.

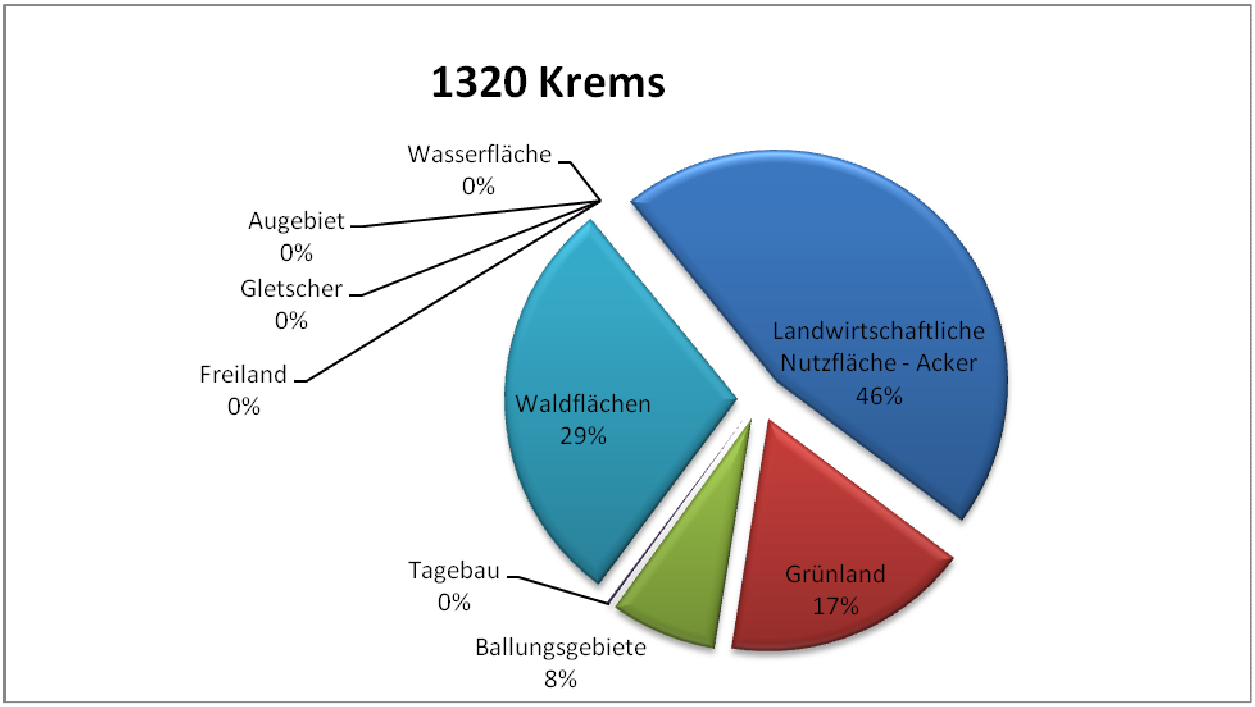

Abbildung 15 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1320

Für dieses Einzugsgebiet steht sowohl eine günstig gelegene Gütemessstelle, als auch ein geeigneter Abflusspegel zur Verfügung. Der vorhandene Abflusspegel liegt nicht direkt am Gebietsauslass, und der Abfluss musste deshalb, wie schon vorhin beschrieben, über den Vergrößerungsfaktor, der die Gesamteinzugsfläche abbildet,

umgerechnet werden. In diesem Fall ist die Einzugsfläche des Pegels jedoch größer als das Einzugsgebiet selbst und so musste die berechnete Abflussmenge verkleinert werden.

1330 – Krems

Das, sich im Unterlauf der Krems befindliche Einzugsgebiet der Krems weist die folgend beschriebene Gliederung hinsichtlich Flächennutzung auf. Wie ersichtlich, besteht dieses Einzugsgebiet hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen. Waldflächen und Ballungsräume sind ebenfalls vorzufinden. Eine Seefläche ist auch in diesem Kremseinzugsgebiet nicht vorhanden.

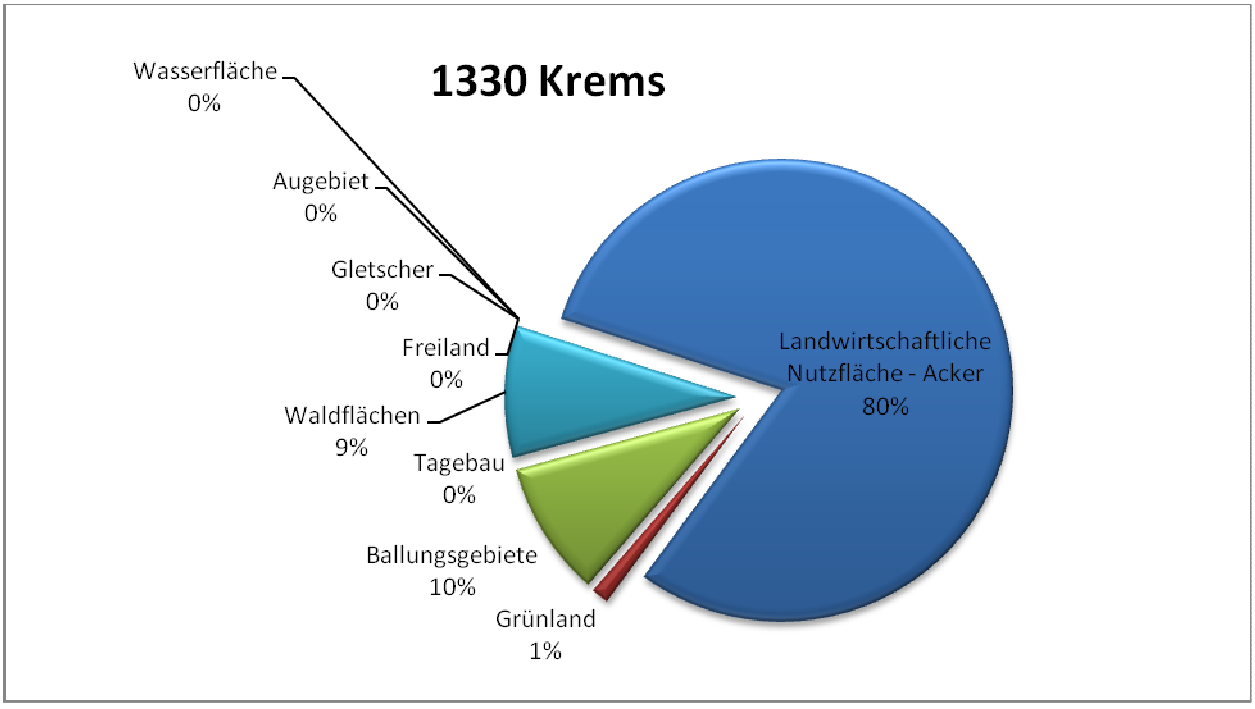

Abbildung 16 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 1330

Für den Vergleich mit den MONERIS Berechnungen stehen in diesem Fall wieder geeignete Messstellen zur Verfügung. Sowohl eine passende Güte-, als auch eine passende Abflussmessstelle, die beide für den Abgleich beziehungsweise für die Berechnungen verwendet wurden, sind in diesem Fall vorhanden.

Wie schon im Oberlauf der Krems zu bemerken ist, liegt auch hier der Anteil am Gesamtphosphoreintrag in die Traun, verglichen mit den Einzugsgebietsanteilen und dem Gesamtabflussanteil, sehr hoch. Der Unterschied aus dem Oberlauf setzt sich scheinbar nicht nur fort, sondern wird in diesem Gebiet sogar verstärkt. So kann abgelesen werden, dass die Krems während sie nur 4 % des Gesamtabflusses der Traun liefert, 18 % des Phosphoreintrages in diese bedingt. Als Grund könnte der weit über dem Durchschnitt liegende Ackerflächenanteil genannt werden.

4000 – Traun

Folgende Aufteilung des Einzugsgebietes in die einzelnen Flächen ergibt sich für den Oberlauf der Traun. Das erste Gebiet an der Traun ist geprägt durch einen sehr großen Waldanteil an der Gesamtfläche. Mit dem Toplitzsee, dem Altausseersee und dem Grundlsee liegen drei Seen, die in der Berechnung berücksichtigt werden, in diesem Einzugsgebiet. Allerdings befinden sich alle drei Seen nicht in der Nähe des Gebietsauslasses, wodurch sie erst in späteren Versionen gesondert berücksichtigt werden.

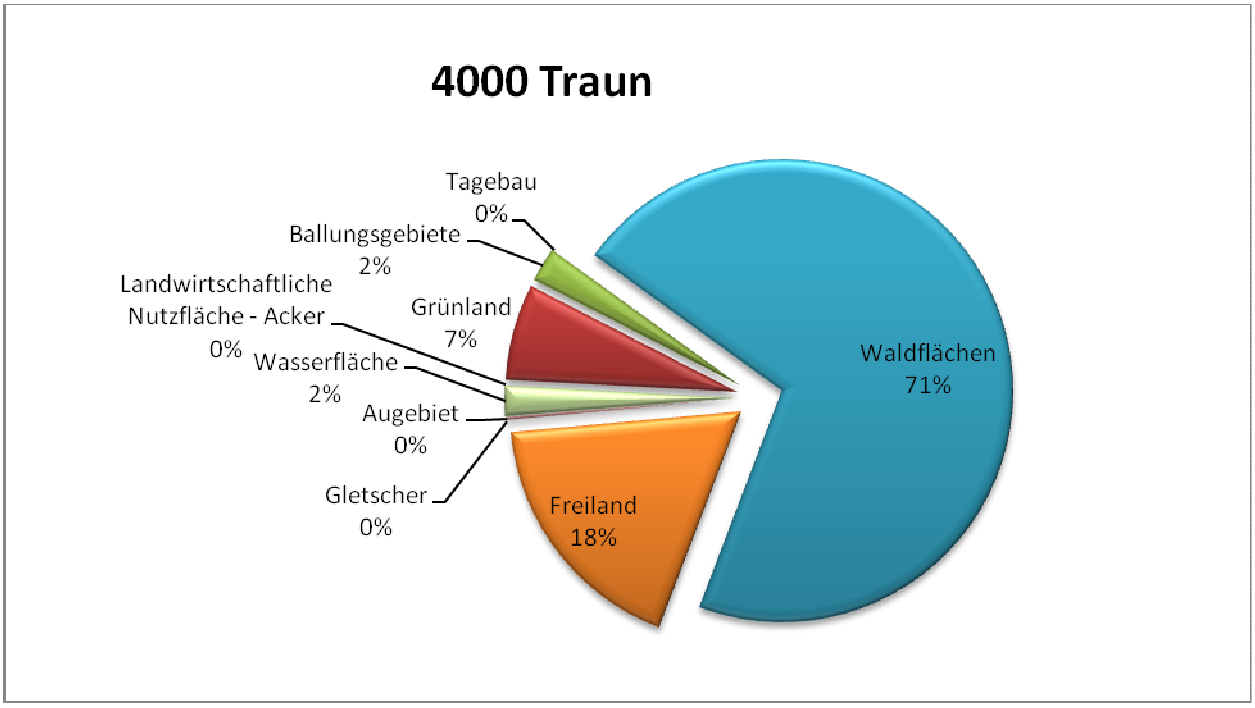

Abbildung 17 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4000

Weiters ist zu erwähnen, dass für die Berechnungen, Beobachtungen und Vergleiche sowohl ein passender Abflusspegel, als auch eine geeignete Gütemessstelle zur Verfügung stehen. Beide Messpunkte wurden in den Berechnungen verwendet.

4010 – Traun

Wie in nachfolgendem Diagramm ersichtlich, ist dieses Einzugsgebiet hauptsächlich durch große Waldflächen gekennzeichnet. Mit dem Hallstätter See und dem Traunsee befinden sich auch zwei große Seen in diesem Einzugsgebiet.

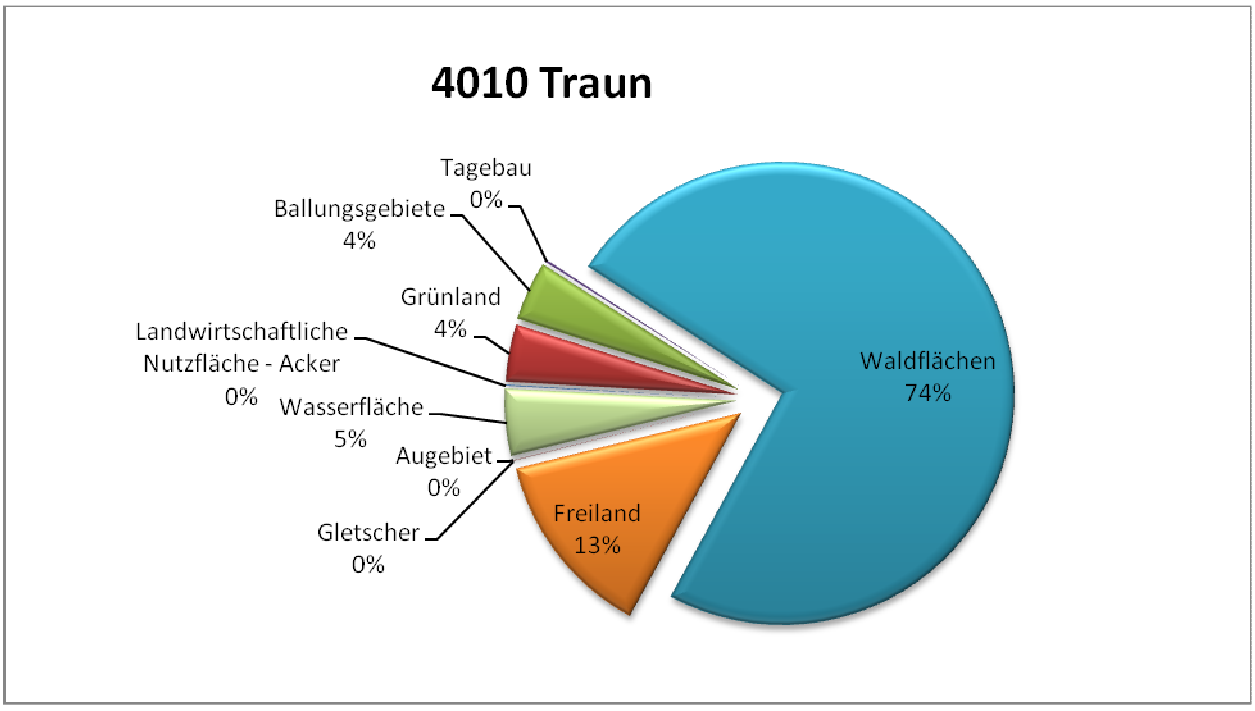

Abbildung 18 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4010

Für dieses Einzugsgebiet steht eine günstig gelegene Gütemessstelle zur Verfügung. Ein, ebenfalls für den Vergleich, günstig gelegener Abflusspegel konnte für die Berechnungen und Vergleiche herangezogen werden. Tabelle Nr. 2 beinhaltet erneut charakteristische Daten für das vorliegende Einzugsgebiet 4010.

4020 – Traun

Das, im Unterlauf der Traun liegende Einzugsgebiet der Traun, stellt das Abschlussgebiet für die vorliegende Untersuchung dar und weist die folgend beschriebene Gliederung hinsichtlich Flächennutzung auf. Wie im Diagramm ersichtlich, besteht dieses Einzugsgebiet hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Flächen. Waldflächen und Ballungsräume sind ebenfalls vorhanden, eine erwähnenswerte Seefläche gibt ist in diesem Einzugsgebiet jedoch nicht.
Für die Untersuchungen waren sowohl eine Gütemessstelle, als auch ein Abflusspegel verfügbar. Da sich beide Stationen nicht direkt am Gebietsauslass befinden, mussten die beobachteten Werte an die tatsächlich vorhandene Gebietsgröße angepasst werden.

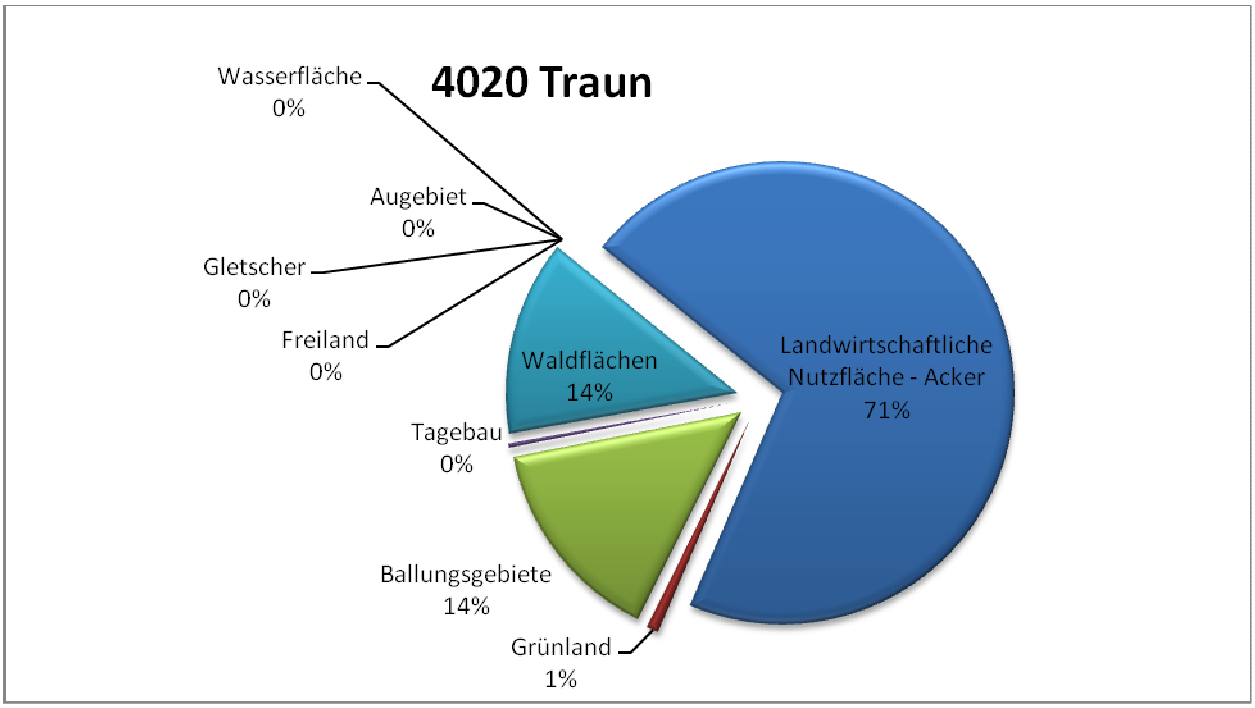

Abbildung 19 - Gebietsaufteilung MONERIS EZG 4020

Erwähnenswert ist hier wiederum der hohe Phosphoreintrag im Vergleich zum Flächenanteil. Wie schon im Fall der Krems, könnte dies auf den hohen Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche zurückgeführt werden.

Zusammenfassung Trauneinzugsgebiet

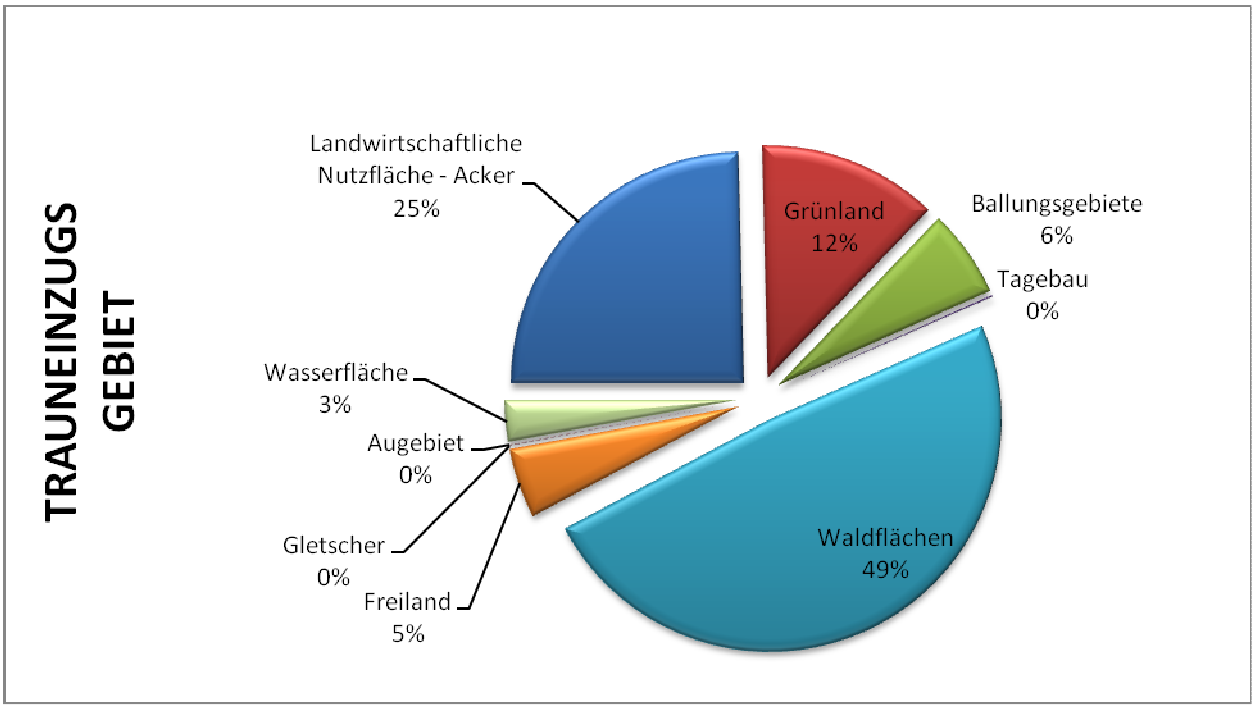

Abbildung 20 - Einzugsgebietsaufteilung des gesamten Trauneinzugsgebietes

2.4.3 Seen im Trauneinzugsgebiet bei der Berechnungsversion 1

Nachfolgend befindet sich eine Tabelle mit den Seen im Trauneinzugsgebiet, die in den Berechnungen berücksichtigt wurden. Ersichtlich ist ihre jeweilige Zuordnung als See im Haupt- oder Nebenfluss beziehungsweise als Gebietsauslasssee, wie unter 3.1 beschrieben.

Seename	Seeoberfläche Nebenfluss [km²]		Seeoberfläche Hauptfluss [km²]		Seeoberfläche Gebietsauslass [km²]	Einzugsgebiet
Vorderer Gosausee	0,585					1220
Wolfgangsee	13,08					1230
Fuschlsee	2,634					1240
Irrsee	3,549					
Mondsee	13,81	63,539				1280
Attersee	46,18				46,176	
Almsee	0,841					1300
Toplitzsee	0,528					
Grundlsee	4,016	6,588				4000
Altausseersee	2,044					
Hallstätter See			8,153			
Offensee	0,54	0,84		32,536		4010
Langbathsee	0,3					
Traunsee			24,38		24,383	

Tabelle 5 - Seen im Einzugsgebiet der Traun Version 1

Diese hier genannte MONERIS Version 1 wurde mit den, durch das Institut für Wassergütewirtschaft zur Verfügung gestellten, Daten berechnet. Zu Beginn wurden lediglich die Daten hinsichtlich Seenfläche und die Zuordnungen als herkömmliche Seefläche, Gebietsauslasssee oder dergleichen überprüft und gegebenenfalls richtig gestellt.

Anschließend erfolgte die Überprüfung des Retentionsansatzes, der in MONERIS implementiert ist. Hierzu wurde das Gebiet 1280 aufgrund der großen Seeflächen herangezogen, um diesen sogenannten HL - Ansatz zu überprüfen und gegebenenfalls die Notwendigkeit einer weiteren Version mit einem geänderten Retentionsansatz zu eruieren.

2.4.4 Probegebiet 1280 – Vergleich der Retentionsansätze

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Retentionsansätze auf das Rechenergebnis zu testen, wurden in einem ersten Schritt unterschiedliche Retentionsansätze auf das Gebiet 1280 angewandt. Weiters wurde der Einfluss der detaillierteren Gebietsaufteilung, die bereits unter 3.4.1 beschrieben ist, untersucht und dargestellt. Das Gebiet wurde aufgrund der großen Anzahl von Seen (Irrsee, Mondsee und Attersee) beziehungsweise des großen Anteils der Seefläche an der Gesamteinzugsfläche und der Lage im Gesamteinzugsgebiet (nur ein Zufluss aus Gebiet 1240, welches durch den Fuschlsee ebenfalls ein Seengebiet ist) ausgewählt.

Die Fläche der Seen wurde über vorliegende GIS – Karten, siehe dazu 3.3, ermittelt und das Volumen durch Recherche im Internet bestimmt. Die Daten wurden aus Informationen auf der Homepage der jeweiligen zuständigen Landesregierung bezogen.
Der Abfluss, der aufgrund der Pegelmessstellenlage, nur für das gesamte Einzugsgebiet 1280 berechnet werden konnte, musste in weiterer Folge flächenspezifisch aufgeteilt werden. Das heißt, es erfolgte probeweise die Aufteilung des Gebietes 1280 in drei Einzelgebiete, um jeden See im Einzugsgebiet zu einem Gebietsauslasssee zu machen. Diese Vorgehensweise ist auf der in diesem Kapitel dargestellten Übersichtskarte für das Gebiet 1280 ersichtlich.

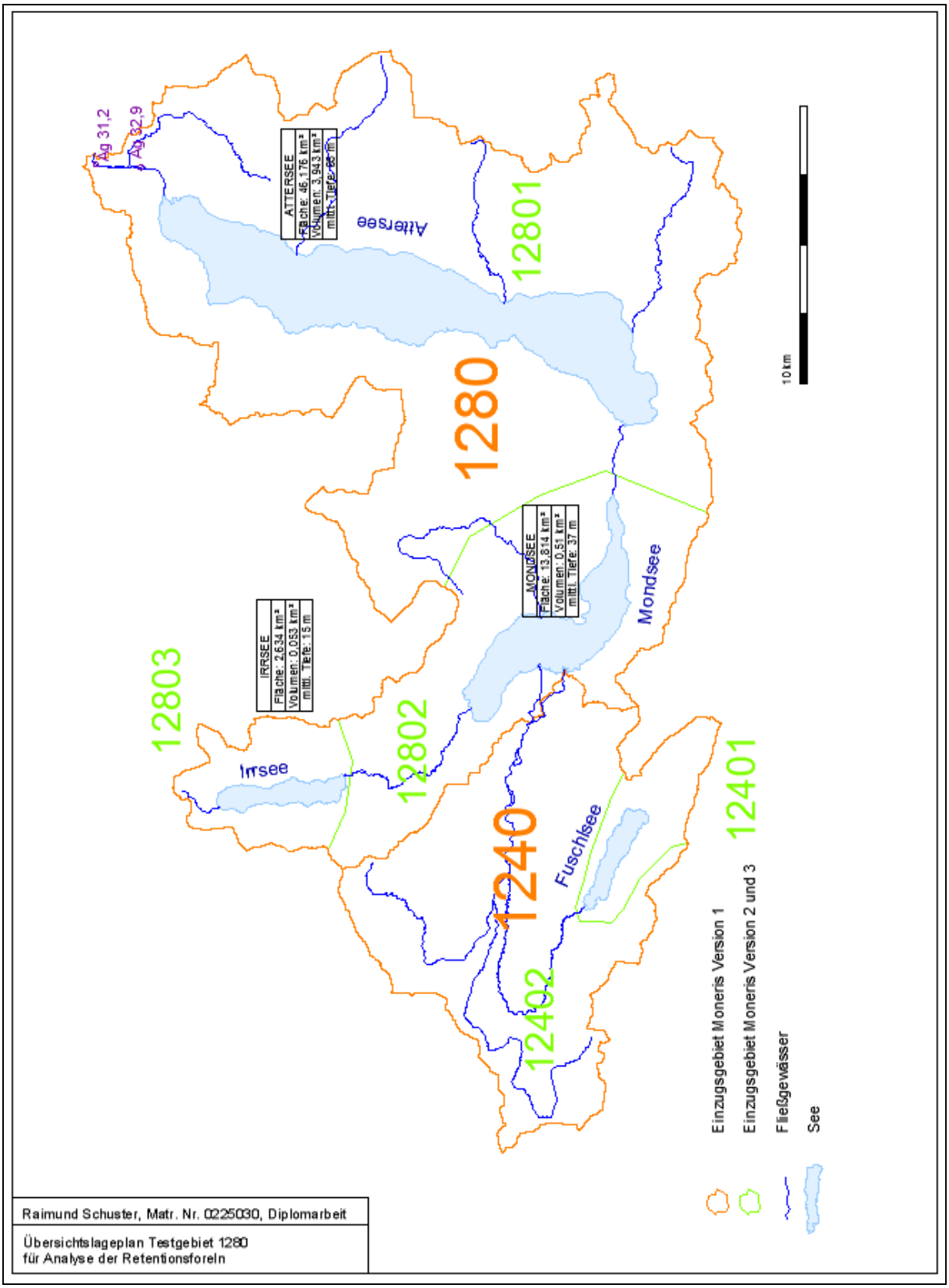

Abbildung 21 - Detail EZG 1280

Da nur die Retention in den Seen dargestellt werden soll, wurde eine fiktive Eingangsfracht von 100 t/a angenommen und die unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Versionen verglichen. Um das System einfacher zu gestalten wurde beim Gebiet 1240 nur der Teil, der den Fuschlsee beinhaltet (12401), berücksichtigt. Alle Berechnungen, die für die einzelnen Gebiete durchgeführt wurden, wurden genauso für das Gebiet 12401 durchgeführt. Die Aufteilung, der aus den Abflusspegeln berechneten Abflussmengen, erfolgte analog der Vorgangsweise beim Gebiet 1280.

Seename	Irrsee	Mondsee	Attersee	Fuschlsee
Seeoberfläche [km²]	3,549	13,814	46,176	2,634
Volumen [km³]	0,053	0,51	3,943	0,097
mittlere Tiefe [m]	15	37	85	37
maximale Tiefe [m]	32	68	169	67
Einzugsgebiet d. Seen [km²]	22,92	83,60	269,89	16,92
	376,41			16,92
	393,33			
Netto - Gebietsabfluss [m³/s]	0,81	2,94	9,50	0,59
Gesamtabfluss [m³/s]	0,81	4,33	13,84	0,59

Tabelle 6 - Seen im Einzugsbereich des EZG 1280

Oben befindet sich die Tabelle mit der Auflistung der vorhandenen Seen in den Gebieten 1280 und 1240. Wie bereits erwähnt, wurde die Seeoberfläche aus GIS Karten gemessen und mit Recherchedaten aus dem Internet verglichen. Das Volumen und die maximale Tiefe wurden aus den bereits beschriebenen Quellen der jeweiligen Landesregierungen übernommen, und damit die mittlere Tiefe durch Division von Volumen durch Fläche ermittelt.

Aus der neu erstellten GIS Karte mit den zusätzlichen Einzugsgebieten (12801, 12802, 120803 und 12401) wurden die Flächen der Teileinzugsgebiete ermittelt und der Gesamtabfluss durch die bereits beschriebene flächenspezifische Aufteilung berechnet.

In unten stehender Tabelle wurde nur die alleinige Seenretention, die in MONERIS erfasst wird, nachgebildet. Die zusätzliche in MONERIS erfasste Retention in Fließgewässern (Haupt- oder Nebengewässer) wurde nicht berücksichtigt, da diese in allen Versionen gleich ist. Lediglich über die Definition von Haupt- bzw. Nebengewässern könnten sich Unterschiede ergeben, da im Nebengewässer eine Mittelung der Retentionsansätze HL und Abflussspende passiert. Diese Unterschiede wurden nicht berücksichtigt.

Version 1 - Einzugsgebiet 1280 - HL Ansatz		
	1280	1240
Q [m³/s]	13,835	0,59
Q [m³/a]	436.300.560	18.448.560
Seefläche [m²]	46.176.245	2.633.848
HL Abfluss/Seefläche [m/a]	9,45	7,00
Eingangsfracht [t/a]	96,62	4,30
TP Ret. Modellkonstante 1	25,74	25,74
TP Ret. Modelkonstante 2	-1	-1
Retentionsfaktor	0,27	0,21
Restfracht [t/a]	**26**	1

Tabelle 7 - Retention HL - Ansatz

Die Berechnung der Retention wurde nach der Formel für den HL – Ansatz, welche unter Pkt. 2.2 beschrieben ist, durchgeführt. Die Variablen für diese Formel wurden aus, den für die Berechnung verwendeten, Datensätzen übernommen beziehungsweise berechnet. In dieser oben stehenden Tabelle Nr. 7 erfolgt nur die tabellarische Darstellung, der im MONERIS implementierten Retentionsrechnung vorerst für die Version 1. Zu Beginn wird die willkürlich festgelegte Eingangsfracht von 100t/a auf die Einzelgebiete flächenspezifisch aufgeteilt. Durch die Division des Abflusses in m³/a durch die Seefläche in m² erhält man die hydraulische Last HL in m/a. Die Modellkonstanten wurden, wie oben ersichtlich, unverändert aus vorhandenen MONERIS - Versionen übernommen. Mithilfe der, unter 3.2

beschriebenen Formel, erfolgt die Berechnung der Retention. Der Retentionsfaktor beträgt für 1280 0,27 und für 1240 0,21 und wird mit der jeweiligen Eingangsfracht multipliziert, um die Restfracht zu erhalten. Diese Schritte wurden zuerst für das Gebiet 1240 durchgeführt und die Restfracht zur Eingangsfracht von 1280 hinzugezählt, um danach die Berechnung für 1280 durchzuführen. Als Restfracht am Gebietsauslass von 1280 ergeben sich somit rund 26 t/a. Es werden also 74 % der Eingangsfracht im See zurückgehalten.

Die Berechnung nach dem Modell Version 2 wird hier ausgespart, da es sich bei dieser lediglich um eine ungenauere Version 3 handelt. Siehe dazu die Erklärungen unter Pkt. 2.4.1.

So wird mit der Untersuchung nach Modellversion 3 fortgefahren. Hierzu erfolgte eine detailliertere Aufteilung der Einzugsgebiete, siehe dazu die Übersichtskarte. Durch diese Aufteilung wurden alle Seen zu so genannten Gebietsauslassseen und waren somit gesondert zu berücksichtigen.
Die Berechnung erfolgte nach dem gerade beschriebenen Schema zur Version eins, jedoch mit feingliedrigerer Aufteilung der Gebiete.

Version 3 - Einzugsgebiete mit "outlet lakes" - HL Ansatz				
	12803 - Irrsee	12802 -Mondsee	12801 - Attersee	12401 - Fuschlsee
Q [m³/s]	0,81	4,33	13,84	0,59
Q [m³/a]	25.444.827	136.698.569	436.300.560	18.448.560
Seefläche [m²]	3.548.710	13.814.202	46.176.245	2.633.848
HL Abfluss/Seefläche [m/a]	7,17	9,90	9,45	7,00
Eingangsfracht [t/a]	5,83	23,44	75,13	4,30
	100			
TP Ret. Modellkonstante 1	25,74	25,74	25,74	25,74
TP Ret. Modellkonstante 2	-1	-1	-1	-1
Retentionsfaktor	0,22	0,28	0,27	0,21
Restfracht [t/a]	1	7	**20**	1

Tabelle 8 - Version 3 - "outlet lakes" HL Ansatz

Durch diese Rechnung ergibt sich am Gebietsauslass von 1280 eine Restfracht von rund 20 t/a. Die Retention beträgt in dieser Berechnungsversion 80 %. Vergleicht man dieses Ergebnis mit der Berechnung zur Version 1, ergibt sich zur detaillierteren Aufteilung in kleinere Einzugsgebiete mit Gebietsauslassseen ein Unterschied von 23 %. Hier sieht man, dass die Berücksichtigung einzelner Seen als Gebietsauslasssee und somit die detailliertere Berücksichtigung der Seen eine nicht vernachlässigbare Auswirkung auf das Ergebnis hat.

Um einen weiteren Vergleich mit einem grundsätzlich anderen Retentionsansatz zu erhalten, erfolgte in einem weiteren Schritt die Berechnung einer Version mit dem Retentionsansatz nach Vollnweider. Dazu wurde mit den Eingangsdaten inklusive Gebietsabgrenzungen aus der Version 3 weitergearbeitet und anstatt dem HL - Ansatz der Ansatz nach Vollnweider für die Retentionsberechnung eingesetzt. Dieser Ansatz ist wie der HL - Ansatz mit Formelerklärung unter 3.2 zu finden.

Version 4 - Einzugsgebiete mit "outlet lakes" -Ansatz Vollnweider				
	12803 - Irrsee	12802 -Mondsee	12801 - Attersee	12401 - Fuschlsee
Q [m³/s]	0,81	4,33	13,84	0,59
Q [m³/a]	25.444.827	136.698.569	436.300.560	18.448.560
Seefläche [m²]	3.548.710	13.814.202	46.176.245	2.633.848
Seevolumen [m³]	53.000.000	510.000.000	3.943.000.000	97.430.000
τ Volumen/Abfluss [a]	2,08	3,73	9,04	5,28
Eingangsfracht [t/a]	5,83	24,06	76,82	4,30
	100			
TP Ret. Modellkonstante 3	1	1	1	1
Retentionsfaktor	0,41	0,34	0,25	0,30
c im See [t/m³]	9,37E-08	6,00E-08	4,40E-08	7,07E-08
Restfracht [t/a]	2	8	**19**	1

Tabelle 9 - Version 4 - "outlet lakes" Ansatz Vollnweider

Die Eingangsdaten sind unverändert im Vergleich zur Version 3, siehe dazu die vorherige Tabelle. Zum Unterschied zum HL – Ansatz erfolgt die Berechnung von τ durch Division von Volumen durch Abfluss. Die Modellkonstante wurde generell mit 1 festgelegt. Anschließend wird die Konzentration im See berechnet. Weiter wird die Restfracht, die aus dem See fließt, durch Multiplikation der Konzentration mit dem Seeabfluss berechnet. Die Tabelle oben zeigt den gerade beschriebenen Rechenablauf. Wieder wird beim Einzugsgebiet mit dem Fuschlsee begonnen und die berechnete Restfracht jeweils dem nächsten Gebiet zur Grundeingangsfracht hinzugerechnet. Die Grundeingangsfracht wird als flächenspezifische Aufteilung der zuvor festgelegten 100 t/a Gesamtfracht berechnet.

Als Restfracht am Gebietsauslass des Gebietes 1280 ergeben sich rund 19 t/a. Bei diesem Ansatz ergibt sich eine rechnerische Retention im Einzugsgebiet von 81 %.

Wie der Vergleich der beiden vorigen Tabellen zeigt, liegt zwischen den beiden Ansätzen ein Unterschied in der Restfracht von 5 %. Dazu wurden die einzelnen Retentionsfaktoren, wie oben ersichtlich, gewählt.
Beim HL – Ansatz wurden bei allen Seen die gleichen Retentionsmodellkonstanten gewählt. Beim Ansatz nach Vollnweider wurde ebenfalls die Retentionsmodellkonstante für alle Seen gleich mit 1 festgelegt.

Aufgrund der Unterschiede der gerade beschriebenen Berechnungen - anhand der Probegebiete 1280 und 1240 - erfolgte die Berechnung von drei weiteren Versionen. Um die Veränderung der Berechnungsergebnisse bei genauerer Berücksichtigung der Seen zu analysieren. Als erste zusätzliche Version wurden die vorhandenen Einzugsgebiete an den zahlreichen im Traungebiet vorhandenen Seen geteilt und die flächenspezifischen Eingangsdaten in den neuen Gebieten von den vorherigen, größeren Gebieten übernommen. In einem zweiten Schritt erfolgte die Neuverschneidung der Daten durch das Institut für Wassergütewirtschaft und die Neuaufteilung auf die geschaffenen Einzugsgebiete.

2.4.5 Änderung der Teileinzugsgebiete in den Versionen 2-4

In diesem Schritt wurden diese Einzugsgebiete, wie schon vorhin erwähnt, nochmals verfeinert und nach jedem See im Trauneinzugsgebiet eine Gebietsabgrenzung vorgenommen, um alle Seen zu einem Gebietsauslasssee zu machen. Nach dieser Verfeinerung standen 27 einzelne Einzugsgebiete für die Berechnung fest. In der Version 2 wurden die in der Version 1 vorhandenen Eingabedaten lediglich flächenspezifisch auf die neu unterteilten Einzugsgebiete umgerechnet.

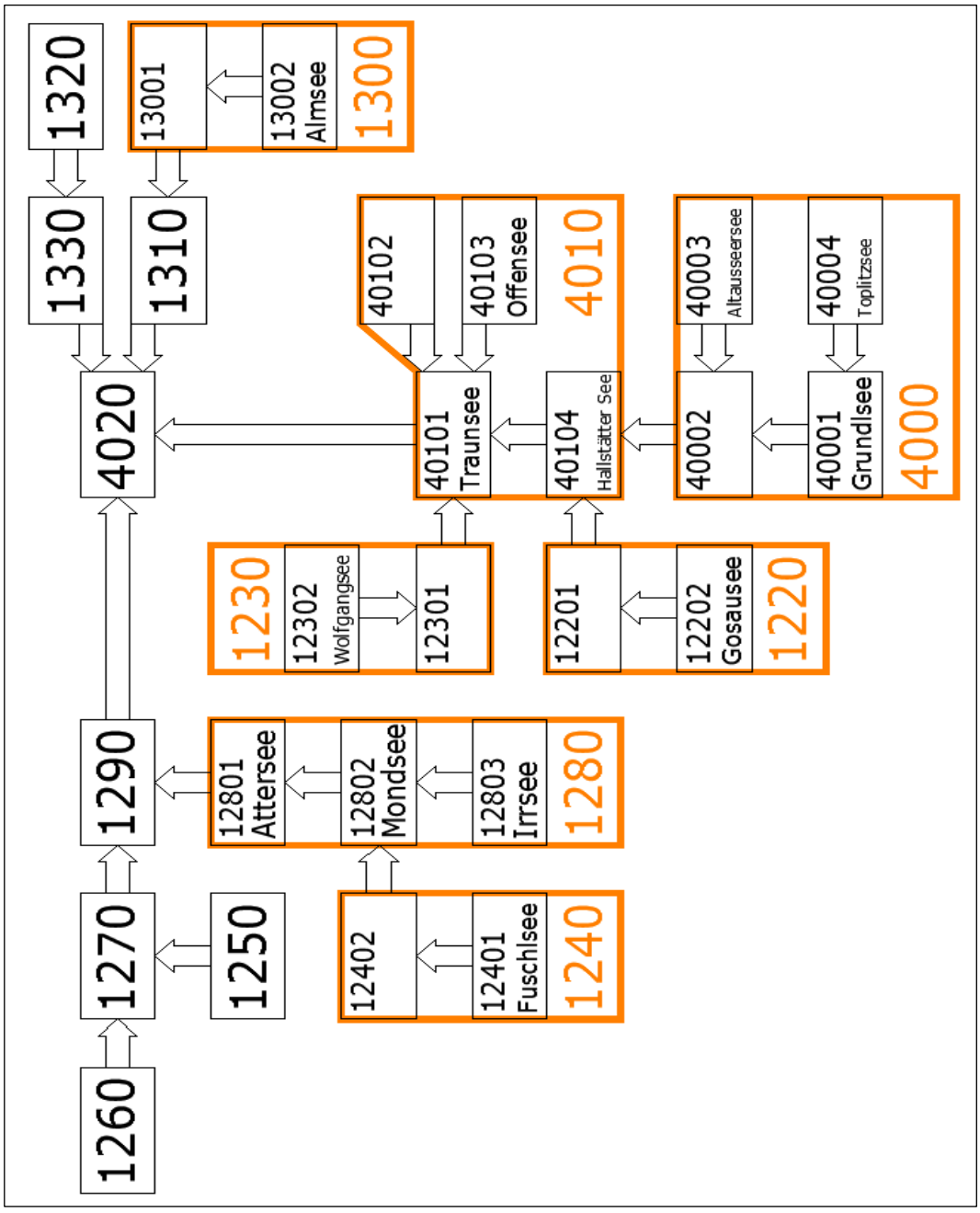

Abbildung 22 - Abflussbaum MONERIS ab Version 2-4

In weiterer Folge sind ausschließlich jene Gebiete aufgezählt, in denen sich durch die neue Gebietsaufteilung eine Änderung ergab, siehe dazu auch die vorige Abbildung. Auf den Grafiken sind jeweils in oranger Farbe die Einzugsgebiete der Version 1 eingegrenzt, in grüner Farbe ist die neue Gebietsabgrenzung für die Versionen 2 bis 4 dargestellt.

1220 – Gosaubach

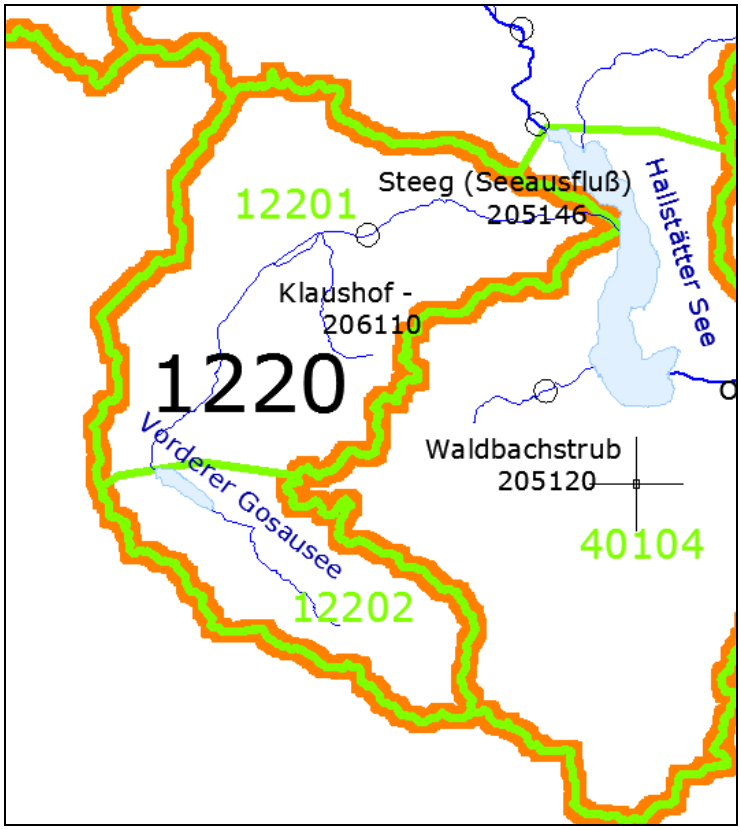

Abbildung 23 EZG 1220 Version 2 -4

Wie auf obiger Abbildung dargestellt wurde das Gebiet 1220 in die Einzugsgebiete 12201 und 12202 aufgeteilt. Der Grund für die Teilung war der Vordere Gosausee, der durch diesen Vorgang zum Gebietsauslasssee des Gebietes 12202 wurde.
Da keine verfügbare Gütemessstelle in der Nähe des Gebietsauslasses besteht, musste wie schon zuvor erwähnt auf eine Gegenüberstellung mit beobachteten Werten verzichtet werden und die eventuelle Verbesserung der Modellierung durch diese Gebietsaufteilung konnte nicht weiter untersucht werden.

1230 – Ischler Ache

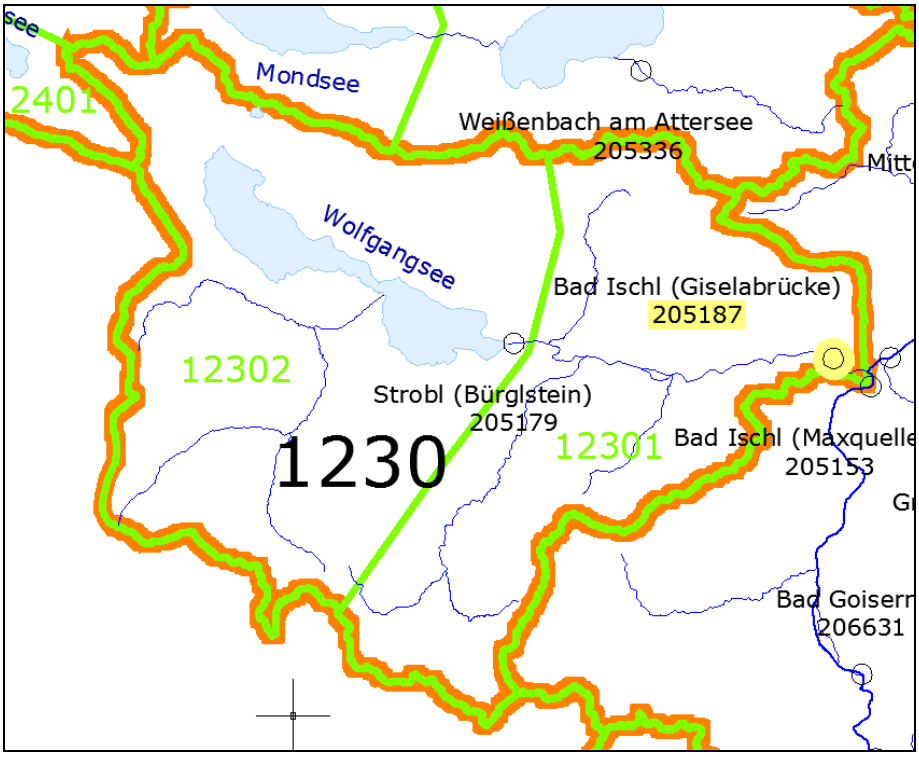

Abbildung 24 EZG 1230 Version 2 -4

Wiederum erfolgte die Teilung eines einzelnen Einzugsgebietes in zwei Teile. Hier wurde das Einzugsgebiet der Ischler Ache mit der Nr. 1230 in die zwei Gebiete 12301 und 12302 geteilt, um den Wolfgangsee zu einem sogenannten Gebietsauslasssee zu machen.

Wieder musste aufgrund des Fehlens einer geeigneten Gütemessstelle auf einen Vergleich von beobachteten und modellierten Frachten verzichtet werden.

1240 – Fuschler Ache

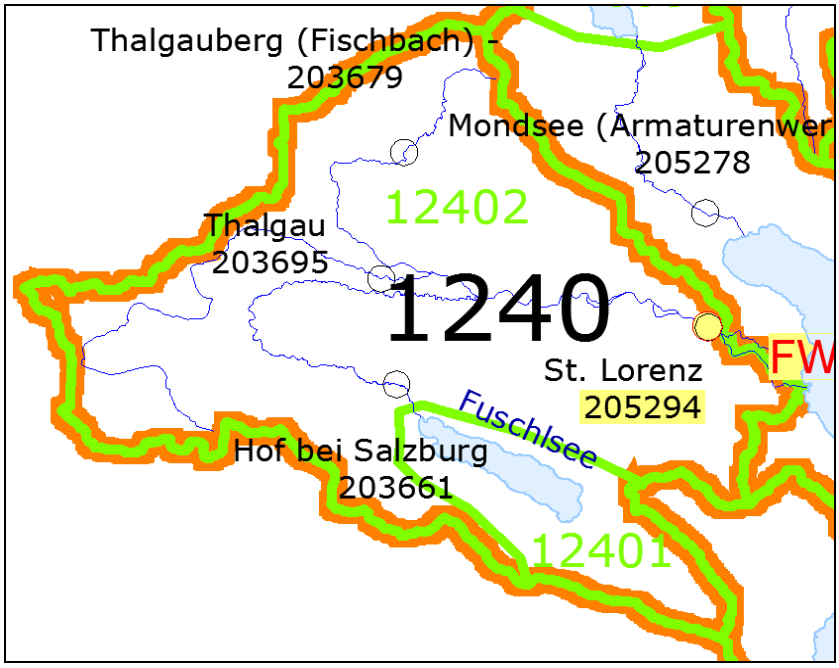

Abbildung 25 EZG 1240 Version 2 -4

Um den Fuschlsee ebenfalls zu einem Gebietsauslasssee zu machen, wurde das Einzugsgebiet 1240 in die beiden Teilgebiete 12401 und 12402 geteilt.

1280 – Ager

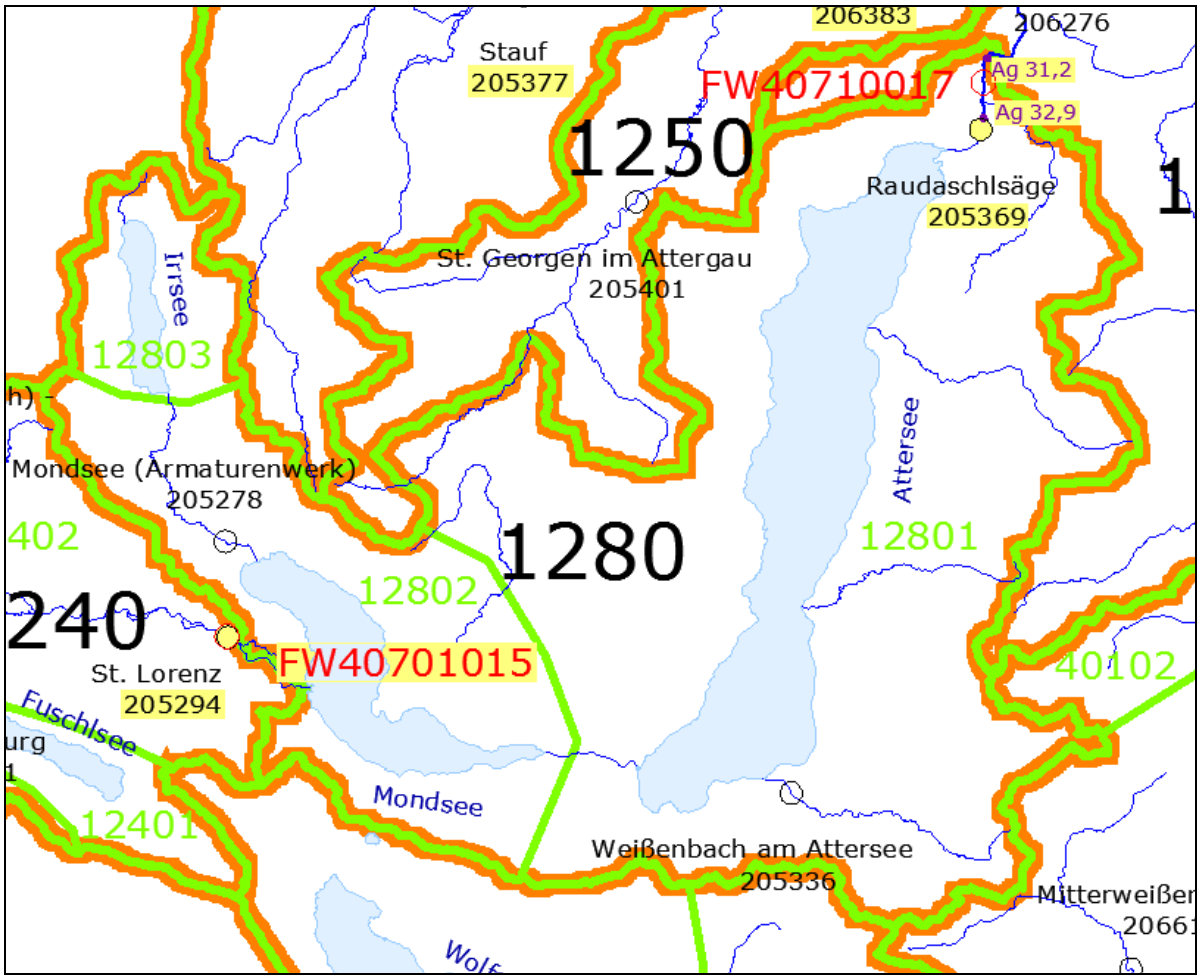

Abbildung 26 EZG 1280 Version 2 -4

Beim Einzugsgebiet 1280 handelt es sich mit seinen drei Seen, dem Irrsee, dem Mondsee und dem Attersee um ein sehr seenreiches Einzugsgebiet, weshalb es auch für die Probeuntersuchungen im Kapitel 2.4.4 herangezogen wurde. Wie dort bereits beschrieben, wurde dieses Gebiet in drei kleinere Einzugsgebiete geteilt, um alle drei Seen als Gebietsauslassseen berücksichtigen zu können.

1300 – Alm

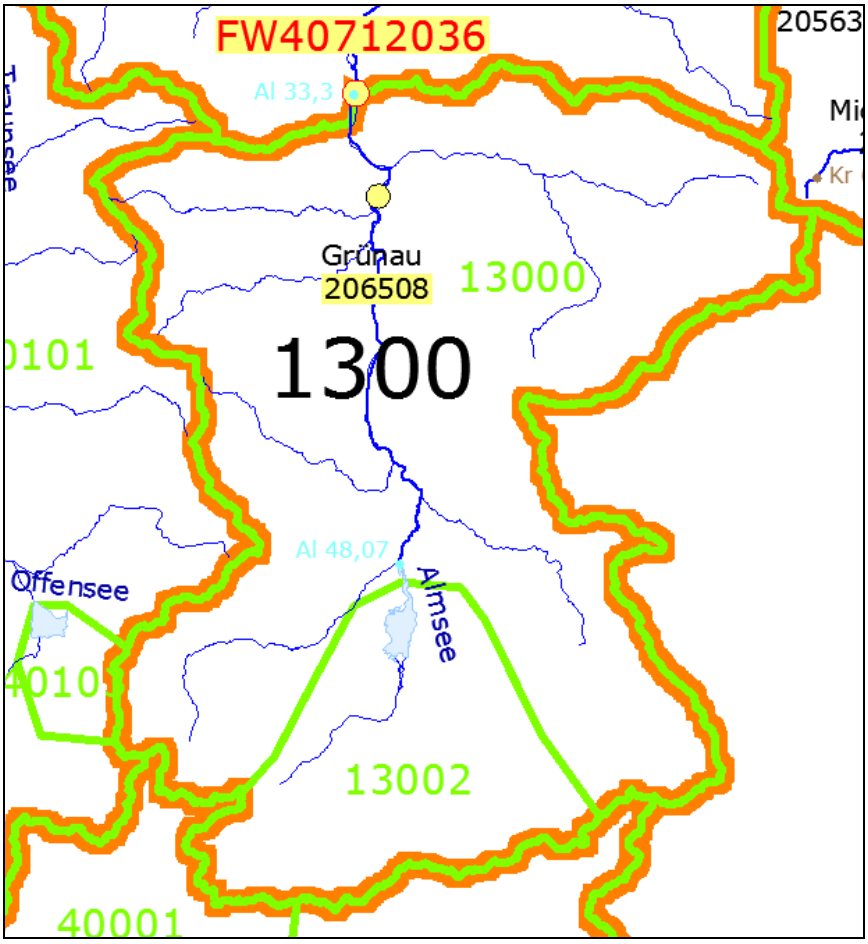

Abbildung 27 EZG 1300 Version 2 -4

Durch die Teilung des Einzugsgebietes der Alm 1300 in die Teileinzugsgebiete 13001 und 13002 wurde der Almsee ein Gebietsauslasssee gemäß Programmdefinition.

4000 – Traun

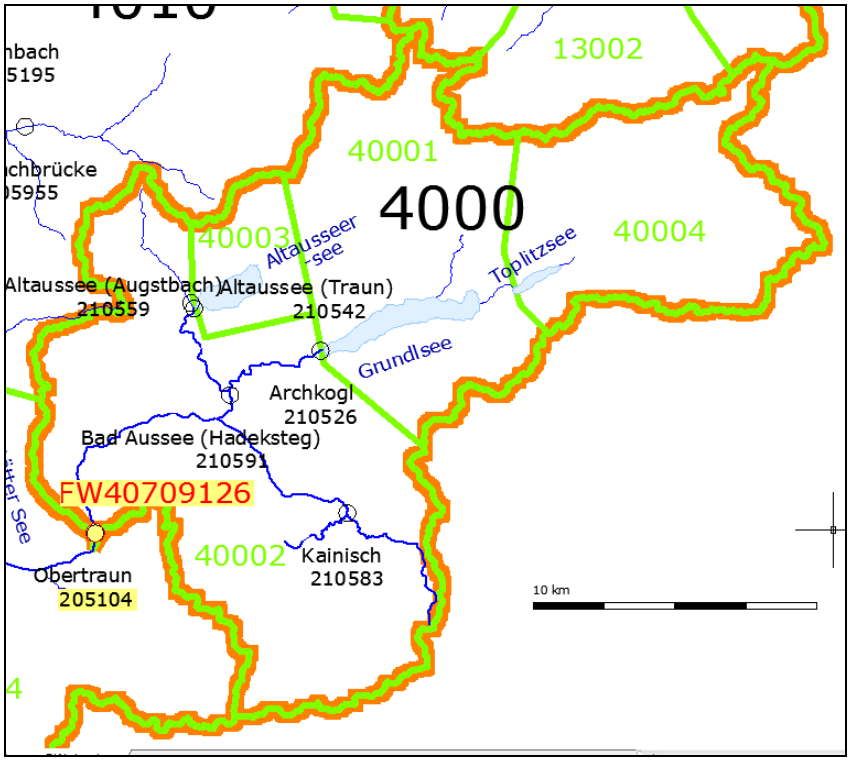

Abbildung 28 EZG 4000 Version 2 -4

Um die drei Seen des Traunursprungsgebietes 4000, den Toplitzsee, den Grundlsee und den Altausseersee in der Berechnung besser berücksichtigen zu können, erfolgte die Teilung dieses Einzugsgebietes in vier Teileinzugsgebiete mit den Bezeichnungen 40001, 40002, 40003 und 40004.

4010 – Traun

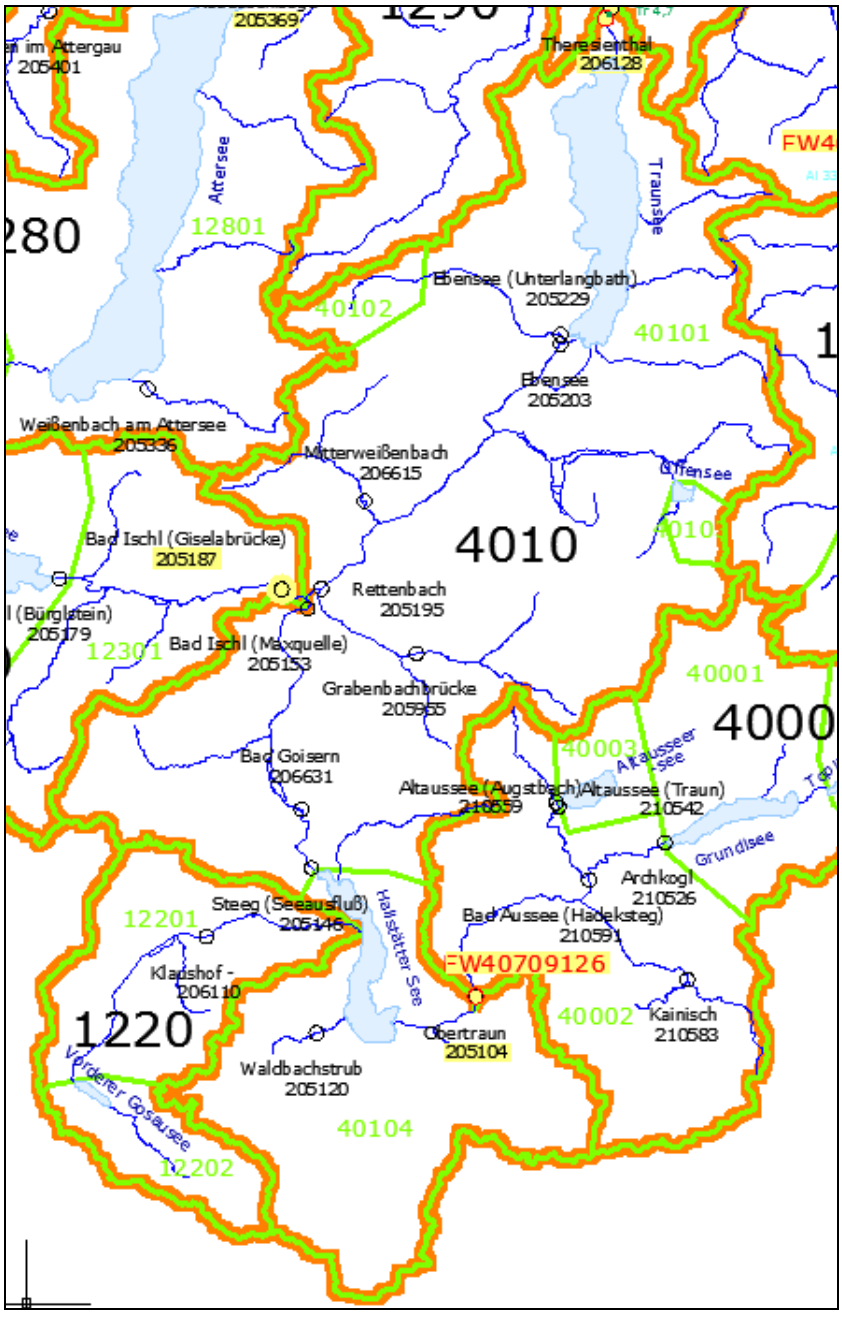

Abbildung 29 EZG 4010 Version 2 -4

Das große Einzugsgebiet 4010 der Traun wurde durch die Unterteilung in die Einzugsgebiete 40101, 40102, 40103 und 40104 verfeinert. Durch diesen Schritt wurden die vier zu berücksichtigenden Seen, der Hallstätter See, der Traunsee und

die beiden kleineren Seen, der Offensee und der Ebensee, ebenfalls zu Gebietsauslassseen.

Mit dieser neuen verfeinerten Gebietsaufteilung wurden die Versionen 2 bis 4 berechnet. Die restlichen Einzugsgebiete blieben unverändert, wurden jedoch, um die Anzahl der Stellen bei der Gebietsnummerierung gleich zu halten um eine 0 erweitert.

1250 → 12500	1260 → 12600	1270 → 12700	1290 → 12900
1310 → 13100	1320 → 13200	1330 → 13300	4020 → 40200

Nachfolgend befindet sich die Tabelle mit den einzelnen berücksichtigten Seen und ihrer Zuordnung im Programm.

2.4.6 Seen im Trauneinzugsgebiet ab der Berechnungsversion 2

Ab der Version 2 erfolgte die Neuaufteilung der Gebiete mit einem Gebietsende nach jedem erfassten See, und somit eine Erhöhung der Einzugsgebiete von 15 auf 27. In der folgenden Tabelle ist die, für die Versionen 2, 3 und 4 geltende, Seeneinteilung ersichtlich.

Seename	Seeoberfläche Nebenfluss [km²]	Seeoberfläche Hauptfluss [km²]	Seeoberfläche Gebietsauslass [km²]	Einzugsgebiet
Vorderer Gosausee	0,585		0,585	12202
Wolfgangsee	13,078		13,078	12302
Fuschlsee	2,634		2,634	12401
Irrsee	3,549		3,549	12803
Mondsee		13,814	13,814	12802
Attersee		46,176	46,176	12801
Almsee	0,841		0,841	13002
Toplitzsee	0,528		0,528	40004
Grundlsee		4,016	4,016	40001
Altausseersee	2,044		2,044	40003
Hallstätter See		8,153	8,153	40104
Offensee	0,54		0,54	40103
Langbathsee	0,3		0,3	40102
Traunsee		24,383	24,383	40101

Tabelle 10 - Seen im Einzugsgebiet der Traun mit Zuordnung in Version 2-4

2.4.7 MONERIS Version 2

Wie schon mehrmals erwähnt, wurde hier die eben beschriebene verfeinerte Gebietsaufteilung gewählt, die flächigen Eingangsdaten lediglich flächenspezifisch auf die neu gewonnen Teileinzugsgebiete aufgeteilt und eine neuerlich Berechnung durchgeführt.

2.4.8 MONERIS Version 3

Für die Version 3 erfolgte eine Neuverschneidung der Einzugsgebietsflächen mit den ursprünglich vorhandenen Daten hinsichtlich Flächennutzungen,

Bevölkerungsdichten, Geländeneigungen usw. durch das Institut für Wassergüte. Danach wurden die so neu gewonnenen Daten im Rahmen dieser Diplomarbeit in das Programm eingegeben und eine Neuberechnung durchgeführt.

2.4.9 MONERIS Version 3 o Gew

Für diese Version wurden die gesamten Seeflächen auf 0 gesetzt und eine dementsprechende Neuberechnung durchgeführt.

2.4.10 MONERIS Version 4

Um den bereits erwähnten Unterschied der Berechnung nach dem HL - Ansatz zu einer Berechnung nach Vollnweider - Ansatz in der Seenretention genauer darzustellen, wurde in einer letzten Projektversion dieser Ansatz in MONERIS implementiert.
Die Daten der Seen wurden teilweise über eine vorliegende GIS - Karte ermittelt, beziehungsweise aus Datenblättern und Berichten der jeweiligen Landesregierungen betreffend ihrer Seen entnommen, gesammelt und in einer Berechnungstabelle zusammengestellt, um anhand der Daten die Retentionsfaktoren für die weiteren Berechnungsschritte zu ermitteln.
Folgend sind die Berechnungstabellen für die Ermittlung der Retentionsfaktoren eingefügt.

Seename	Vorderer Gosausee	Wolfgangsee	Fuschlsee	Irrsee - Zellersee	Mondsee	Attersee	Almsee
EZG	12202	12302	12401	12803	12802	12801	13002
Seeoberfläche [km²]	0,585	13,078	2,634	3,549	13,814	46,176	0,841
Volumen [km³]	0,025	0,619	0,097	0,053	0,51	3,943	0,002
mittlere Tiefe [m]	43	47	37	15	37	85	2
maximale Tiefe [m]	69	114		32	68	169	5
Einzugsgebiet [km²]	32,38	145,05	16,92	22,92	220,94	490,82	48,09
Gebietsabfluss [m³/s]	1,64	5,94	0,59	0,81	7,71	17,21	2,60
Gebietsabfluss [m³/a]	51.750.576	187.321.855	18.450.646	25.448.213	243.023.529	542.671.488	81.842.975
τ Volumen/Abfluss [a]	0,48	3,30	5,26	2,08	2,10	7,27	0,02
TP Ret. Faktor 3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Retentionsfaktor	0,59	0,35	0,30	0,41	0,41	0,27	0,86

Tabelle 11 - Retentionsfaktoren Version 4

Seename	Toplitzsee	Grundlsee	Altausseersee	Hallstätter See	Offensee	Langbathsee	Traunsee
EZG	40004	40001	40003	40104	40103	40102	40101
Seeoberfläche [km²]	0,528	4,016	2,044	8,153	0,54	0,3	24,383
Volumen [km³]	0,034	0,17	0,072	0,557	0,011	0,006	2,302
mittlere Tiefe [m]	64	42	35	68	20	20	94
maximale Tiefe [m]	103	64	53	125	38	33	191
Einzugsgebiet [km²]	67,09	149,78	17,82	590,98	7,11	15,13	1399,31
Gebietsabfluss [m³/s]	4,17	9,32	1,11	32,80	0,32	0,69	68,51
Gebietsabfluss [m³/a]	131.626.927	293.867.577	34.963.895	1.034.254.118	10.243.136	21.781.083	2.160.576.326
τ Volumen/Abfluss [a]	0,26	0,58	2,06	0,54	1,07	0,28	1,07
TP Ret. Faktor 3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Retentionsfaktor	0,66	0,57	0,41	0,58	0,49	0,66	0,49

Tabelle 12 - Retentionsfaktoren Version 4

Die Berechnung der Retentionsfaktoren erfolgte analog der Berechnung, wie sie im Kapitel 2.4.4 dargestellt und beschrieben ist.
Diese Werte wurden in das MONERIS übernommen und anhand der neu berechneten Retentionsfaktoren die Version 4 berechnet. Zur Verbindung dieser beiden Berechnungstabellen wurde an der Stelle der Retentionsfaktoren im Monerisprogramm, eine Verknüpfung zum Retentionsfaktor im selbst kreierten Vollnweider Berechnungsprogramm hergestellt und so die automatische Berechnung ermöglicht.

2.5 Beobachtete Frachten

Um die beobachteten Frachten zu ermitteln, mussten sowohl die Abflussmengen als auch die Konzentrationen im Gewässer ermittelt werden.
Die Abflussdaten wurden aus derselben Quelle entnommen, die als Quelle der Eingangsdaten für die Monerisberechnungen diente. Wie schon unter Pkt. 2.3 erwähnt, wurden diese Abflussdaten aus Abfragen aus dem Webportal eHyd des Hydrographischen Dienstes des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gewonnen.
Für die Ermittlung der beobachteten Konzentrationen wurden, wie bereits erwähnt, Abfragen aus der H_2O Fachdatenbank verwendet. Als Vergleichsgrundlage dienten Gütemessungen aus den Jahren 2001 bis inklusive 2005. Die nachfolgende Grafik zeigt ein Abfrageblatt einer derartigen Abfrage aus der H_2O – Fachdatenbank, wie sie für alle Gütemessstellen durchgeführt wurde, und unter http://wisa.lebensministerium.at/h2o abgefragt werden kann.

Messstellen: FW40709126

Parameter: F108 ENTNAHME-DATUM TT-MM-JJJJ, F112 LUFTTEMPERATUR IN °C, F271 PHOSPHOR GES. (unfiltr.,ber. als P) mg/l

Turnus von A110 bis A560

Parameter werden in Spalten angezeigt

				F108	F112	F271
GZÜV-ID	Name	Flussname	Turnus	ENTNAHME-DATUM TT-MM-JJJJ	LUFTTEMPERATUR IN °C	PHOSPHOR GES. (unfiltr.,ber. als P) mg/l
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A440	27.07.2004	21	0,013
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A445	24.08.2004	23	0,009
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A450	22.09.2004	10	0,011
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A455	26.10.2004	5	<0,00500
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A460	24.11.2004	0,5	0,017
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A465	14.12.2004	-6	0,015
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A510	27.01.2005	-2,5	0,018
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A515	23.02.2005	2	0,007
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A525	14.04.2005	7	0,006
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A530	31.05.2005	12	0,036
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A535	30.06.2005	20	0,008
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A540	26.07.2005	20	0,008
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A545	23.08.2005	17	0,013
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A550	27.09.2005	13	0,008
FW40709126	Obertraun Pegel	Traun	A555	19.10.2005	9	0,008

Abbildung 30 - Auszug Abfrage aus H2O Datenbank

Nachfolgend befinden sich die Erklärungen zu dieser Datenabfrage, übernommen von der oben angeführten Datenquelle (H_2O – Fachdatenbank).

Datenquelle:

Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Hydrographiegesetz i.d.F. des BGBl. Nr. 252/90 (gültig bis Dezember 2006) bzw. Gewässerzustandsüberwachung in Österreich gemäß Wasserrechtsgesetz, BGBl. I Nr. 123/06, i.d.g.F.; BMLFUW, Sektion VII/Abteilung 1 - Nationale Wasserwirtschaft; Ämter der Landesregierungen

Erklärungen zur Bestimmungs- und Nachweisgrenze:

Angaben wie zum Beispiel <0,5 bedeuten, dass der Wert unter der Bestimmungsgrenze von 0,5 ist. In diesen Fällen wurde die Nachweisgrenze als Wert angenommen. Angaben wie zum Beispiel [0,005] bedeuten, dass die entsprechende Substanz bei einer Nachweisgrenze von 0,005 nicht nachgewiesen wurde. In diesen Fällen wurde der Wert der Nachweisgrenze als Messwert angenommen.

Turnuserklärung Fließgewässer:

Fließgewässeruntersuchungen werden mindestens 12-mal jährlich durchgeführt. Die Angaben sind in den Zeilen nach sogenannten Turnussen unterteilt. Seit 1. Jänner 2000 sind die GZÜV - Turnusnummern umgestellt. Die Turnusse sind nun dem Kalenderjahr angepasst, das heißt ein Beobachtungsjahr beginnt nun mit dem Monat Jänner und umfasst ein Kalenderjahr. Jahre werden am Beginn mit einem Buchstaben bezeichnet (2000: A0; 2002: A2 usw.); A010 ist entsprechend dieser Bezeichnung der erste Turnus im Kalenderjahr 2000, A160 der letzte Turnus im Kalenderjahr 2001. Weitere Beobachtungen werden einem Turnus zugeordnet und mit der Einerstelle weitergezählt (zum Beispiel A011).

Für die gesamten Berechnungen wurden die Daten von Jänner 2001 bis Dezember 2005, soweit diese vorhanden waren, verwendet. Diese erhaltenen Daten wurden aufbereitet und für die, unter 2.6 näher beschriebenen Frachtberechnungen, zum Abgleich mit den Ergebnissen aus der Monerisberechnung herangezogen. Zur Verdichtung wurden weitere Gütemessdaten vom Amt der Oö. Landesregierung, Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft, Schutzwasserwirtschaft und Hydrographie verwendet. Diese wurden durch das Institut für Wassergütewirtschaft, TU Wien bereitgestellt.

2.6 Frachtberechnung

Um Frachten aus den, durch die Messstellen beobachteten Güte- und Abflussdaten zu erhalten, wurden drei unterschiedliche Methoden, die nachfolgend beschrieben werden, angewandt.
Um auf das Problem, dass die Messstellen nicht immer genau am Gebietsauslass vorhanden sind, einzugehen, wurde ein Faktor, der diesen Umstand berücksichtigt, eingefügt und für alle Frachtberechnungen verwendet. Der Faktor wurde durch Division, der am Pegel angegebenen Einzugsgebietsgröße durch die im MONERIS verwendete Einzugsgebietsgröße, ermittelt.

2.6.1 Mittelwertbildung

In einem ersten Schritt wurden lediglich die gemessenen Abflüsse arithmetisch gemittelt und mit der arithmetisch gemittelten Konzentration multipliziert, um so zu den gemittelten Frachten zu gelangen. Dies war der erste Schritt zur Überprüfung der modellierten Frachten anhand der aus den Beobachtungen errechneten Frachten.

2.6.2 Monatsmittelwerte

In einem zweiten Schritt wurden, um die berechneten Frachten zu verifizieren, Monatsmittelwerte der Abflüsse gebildet. Hier die Erklärung anhand des Beispiels am Gebiet 4020:
Die täglichen Abflussmessungen der Jahre 2001 bis 2005 an den Messstellen Wels Lichtenegg, Oberschauersberg und Kremsdorf wurden zu Monatsmittelwerten zusammengefasst.

Monat	2001	2002	2003	2004	2005
Jänner	64,821	129,749	137,095	104,084	84,007
Februar	107,835	142,578	75,448	115,014	105,728
März	182,200	238,088	107,294	121,335	170,985
April	163,816	140,827	110,649	142,984	200,045
Mai	160,299	169,642	138,823	173,667	227,178
Juni	200,468	152,999	87,104	231,354	155,151
Juli	115,196	113,685	71,745	146,675	252,125
August	83,090	337,943	67,786	106,844	209,053
September	243,177	135,244	102,370	136,669	109,257
Oktober	73,946	163,242	127,544	91,008	81,353
November	80,381	202,025	57,991	90,920	52,821
Dezember	143,503	123,013	50,810	55,909	67,247

Tabelle 13 – Monatsmittelwerte [m³/s] - Gebiet 4020

Die einmal monatlich vorhandenen Gütemessungen wurden ebenfalls zusammengefasst. Falls in einem Monat zwei Messungen durchgeführt wurden, dann wurden diese ebenfalls gemittelt. Die, in der unten stehenden Tabelle gelb hinterlegten Felder, waren Monate in denen kein Messwert vorhanden war. In diesen Fällen wurde der fehlende Wert mit dem Mittelwert der Konzentrationen aus den gleichen Monaten der anderen Jahre besetzt.

$P_{ges.\ unfiltr}$ [mg/l]					
Monat	2001	2002	2003	2004	2005
Jänner	0,022	0,014	0,036	0,025	0,016
Februar	0,030	0,053	0,017	0,039	0,021
März	0,027	0,014	0,012	0,029	0,015
April	0,023	0,010	0,011	0,008	0,014
Mai	0,024	0,009	0,023	0,017	0,037
Juni	0,067	0,016	0,024	0,013	0,014
Juli	0,029	0,015	0,013	0,018	0,068
August	0,015	0,014	0,015	0,016	0,022
September	0,009	0,010	0,014	0,014	0,216
Oktober	0,012	0,017	0,022	0,063	0,015
November	0,020	0,023	0,017	0,032	0,024
Dezember	0,012	0,023	0,017	0,019	0,018

Tabelle 14 - Monatsmittelwerte Konzentration - Gebiet 4020

Die Monatsmittelwerte der gemessenen Abflüsse wurden mit den monatlich gemessenen Konzentrationen multipliziert, um monatlich gemittelte Frachten zu erhalten. So wurden anhand der beiden vorhergehenden Tabellen die Monatsmittelwerte der Frachten und daraus wie folgt die mittlere Jahresfracht berechnet.

Frachten [t/m]					
Monat	2001	2002	2003	2004	2005
Jänner	3,820	3,614	8,005	5,910	3,375
Februar	4,435	11,796	2,683	8,876	5,116
März	6,344	6,887	3,362	6,825	5,954
April	9,766	3,449	2,897	2,594	5,704
Mai	9,231	3,112	6,321	3,721	7,302
Juni	28,475	4,918	4,854	6,596	4,022
Juli	4,613	4,080	1,998	4,321	16,882
August	2,760	9,595	2,070	4,006	12,318
September	5,673	3,085	3,211	3,897	11,045
Oktober	2,396	6,690	5,568	8,288	3,051
November	4,084	7,855	2,345	5,420	3,286
Dezember	4,151	6,886	1,946	2,096	2,702
Mittelwert				5,77	t/m
mittlere Jahresfracht				69,26	t/a

Tabelle 15 - Monatsmittelwerte Fracht - Gebiet 4020

Diese Monatsmittelwerte wurden wiederum über die Jahre 2001 bis 2005 gemittelt, um so die Frachten für den Gesamtbetrachtungszeitraum zu erhalten.

Nach diesem Muster wurde für alle Einzugsgebiete, in denen Gütemessstellen und Abflusspegel mit entsprechenden Untersuchungsdaten vorhanden waren, vorgegangen.

2.6.3 Abflussklassenbildung

Für die weitere Vorgehensweise wurden Abflussklassen gebildet. Das heißt, es wurden die Frachten über dem Durchfluss aufgetragen und so eine Einteilung nach Abflussklassen ermöglicht. Diese, in der folgenden Grafik anhand des Gebietes 4020 dargestellten Abflussklassen, wurden nach Möglichkeit so gewählt, dass eine repräsentative Anzahl an Messergebnissen pro Abflussklasse, mindestens jedoch drei, vorhanden waren.

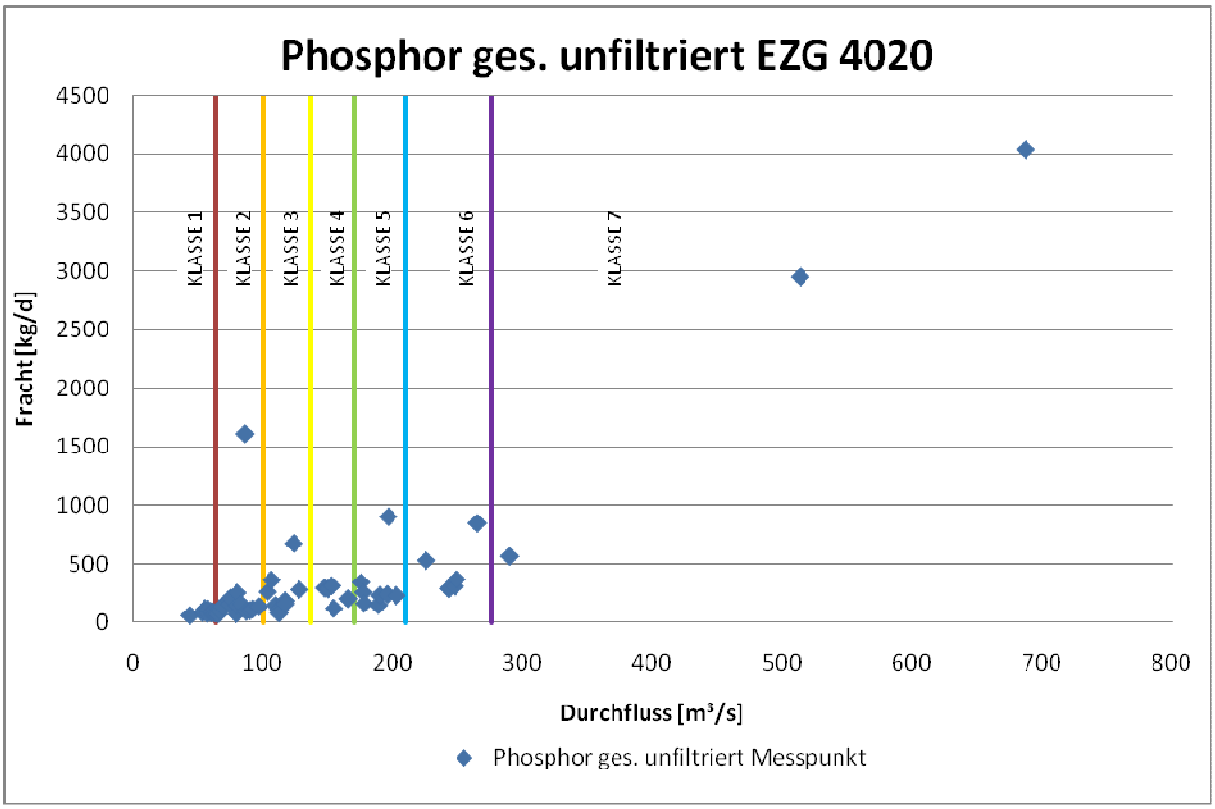

Abbildung 31 - Gebiet 4020 - Fracht und Durchfluss

Innerhalb dieser Abflussklassen werden die Mittelwerte der gemessenen Frachten berechnet. Danach wird ein nach Auftrittshäufigkeit des Abflusses gewichtetes Mittel aus den Abflussklassenmittelwerten gebildet. Dieses Mittel mit der Einheit Kilogramm pro Tag multipliziert mit 365 Tagen pro Jahr ergibt die mittlere Jahresfracht.

Abfluss-klasse	Abflussklassen: m³/s ≤ Q < m³/s	Anzahl der Abflüsse in dieser Klasse	Repräsentanz der gemessenen Werte an der Gesamtanzahl [%]	mittlere Fracht in dieser Abflussklasse [kg/d]	nach Repräsentanz gewichteter Frachtanteil [kg/d]
1	0 ≤ Q ≤ 64,0	337	18%	85,70	15,8
2	64,0 < Q ≤ 100,0	471	26%	218,15	56,3
3	100,0 < Q ≤ 137,0	373	20%	248,51	50,8
4	137,0 < Q ≤ 170,0	218	12%	240,84	28,8
5	170,0 < Q ≤ 210,0	185	10%	311,80	31,6
6	210,0 < Q ≤ 276,0	138	8%	465,89	35,2
7	276,0 < Q	104	6%	2515,29	143,3
Gesamtsumme		1826	100%		218,4
Jahresfrachtermittlung [kg/d]					218,4
Jahresfrachtermittlung [kg/a]					79.716,1

Tabelle 16 - Auswertung nach Abflussklassen - Gebiet 4020

So erhält man eine, entsprechend den Abflussklassen, gebildete Gesamtfracht des Einzugsgebietes. Wie schon zuvor erwähnt, war darauf zu achten, eine gewisse Mindestanzahl von gemessenen Werten innerhalb einer Klasse zu haben, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen.

3. Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden für die Gebiete, in denen ein Vergleich von beobachteten und modellierten Frachten aufgrund des Vorhandenseins von Güte- und Abflussmessstellen möglich war, die Unterschiede der einzelnen Berechnungsversionen zu den beobachteten Werten dargestellt.

In den Diagrammen befinden sich stets alle fünf verschiedenen MONERIS Versionen (vgl dazu 2.4.1). Die Version 1 wurde aus der ursprünglichen MONERIS Version (für Österreich) übernommen und die Wasserflächen richtig gestellt bzw. angepasst. Bei der MONERIS Version 2 erfolgte, wie schon beschrieben, eine genauere Gebietsaufteilung, wobei bei jedem See eine Gebietsgrenze eingezogen wurde, um die Seenretention stärker zu berücksichtigen. Bei dieser genaueren Gebietsaufteilung wurden in dieser Version die Eingangsdaten flächenspezifisch aufgeteilt und den neuen Gebieten zugewiesen. In einem weiteren Schritt zur Berechnung der MONERIS Version 3 wurden durch das Institut für Wassergütewirtschaft, die vorhandenen Grunddaten neu verschnitten. Die erforderliche Zuweisung der Daten zu den neuen Gebieten erfolgte im Rahmen dieser Diplomarbeit. Eine weitere Version wurde erstellt, indem in der Version 3 o Gew die Seeflächen der Version 3 einfach aus der Berechnung genommen wurden, um den Einfluss der Seenretention zu veranschaulichen. In einem letzten Schritt erfolgte die Berechnung der Retention nach dem Vollnweider - Ansatz. Dieser wurde, wie bereits unter 2.4.10 beschrieben, berechnet und der ermittelte Retentionsfaktor in die MONERIS Berechnung übernommen.

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden die, nach den unter Kapitel 2.6 beschriebenen Methoden zur Frachtermittlung ermittelten beobachteten Frachten als Mittelwert mit vorhandener Abweichung, den berechneten Frachten aus den unterschiedlichen MONERIS Versionen (siehe Kapitel 2.4) gegenübergestellt, und so die Beobachtung als Bandbreite dargestellt.

Alle angegebenen Werte und Auswertungen der folgenden Diagramme und Tabellen beziehen sich auf Gesamtphosphor (TP).

Anzumerken ist weiters, dass die Diagramme stets die Gesamtfracht des Gebietes inklusive aller Vorgängergebiete enthalten, während in den Tabellen die Frachten und Werte für das jeweilige Einzelgebiet und das Gesamteinzugsgebiet inklusive aller Vorlaufgebiete angegeben sind. Das bedeutet, dass der Überblick über die modellierten zu beobachteten Frachten immer unter Einbeziehung etwaiger Retentionen der Vorgängergebiete erfolgt, um einen Gesamteindruck der Qualität der Modellrechnung zu erhalten. In der Tabelle wird die Gegenüberstellung der einzelnen Versionen, hinsichtlich ihrer Retentionsfracht, bezogen auf das Einzelgebiet und das Gesamtgebiet, gezeigt.

In Bezug auf die Retentionsfrachten und die prozentuelle Angabe dieser im Tabellenteil Einzelgebiet ist noch Folgendes anzumerken. Bei Gebieten, die ein Quellgebiet darstellen, kann die Retentionsfracht einfach durch Subtraktion der Ausgangsfracht des Einzelgebietes von der Eingangsfracht des Einzelgebietes berechnet werden. Die prozentuelle Angabe ist bezogen auf die Eingangsfracht des Einzelgebietes. Für sogenannte Durchflussgebiete ist die Berechnung der Retentionsfracht des Einzelgebietes komplizierter, da die aus dem Modellberechnungsprogramm MONERIS übernommenen Werte für die Eingangs- und Ausgangsfracht des Einzelgebietes wirklich nur den Teil wiedergeben, der direkt im Einzugsgebiet anfällt. Frachten aus Vorlaufgebieten, die im betreffenden Einzugsgebiet einer neuerlichen Retention unterliegen, sind hier nicht eingerechnet. In der Spalte mit den Retentionsfrachten der Einzelgebiete wurde diese Retention von Frachten aus Vorlaufgebieten sehr wohl berücksichtigt, da sie teilweise einen nicht vernachlässigbaren Anteil an der Gesamtretention, die im Einzelgebiet stattfindet, aufweist.

3.1 Detailergebnisse der Einzugsgebiete

1260 – Vöckla

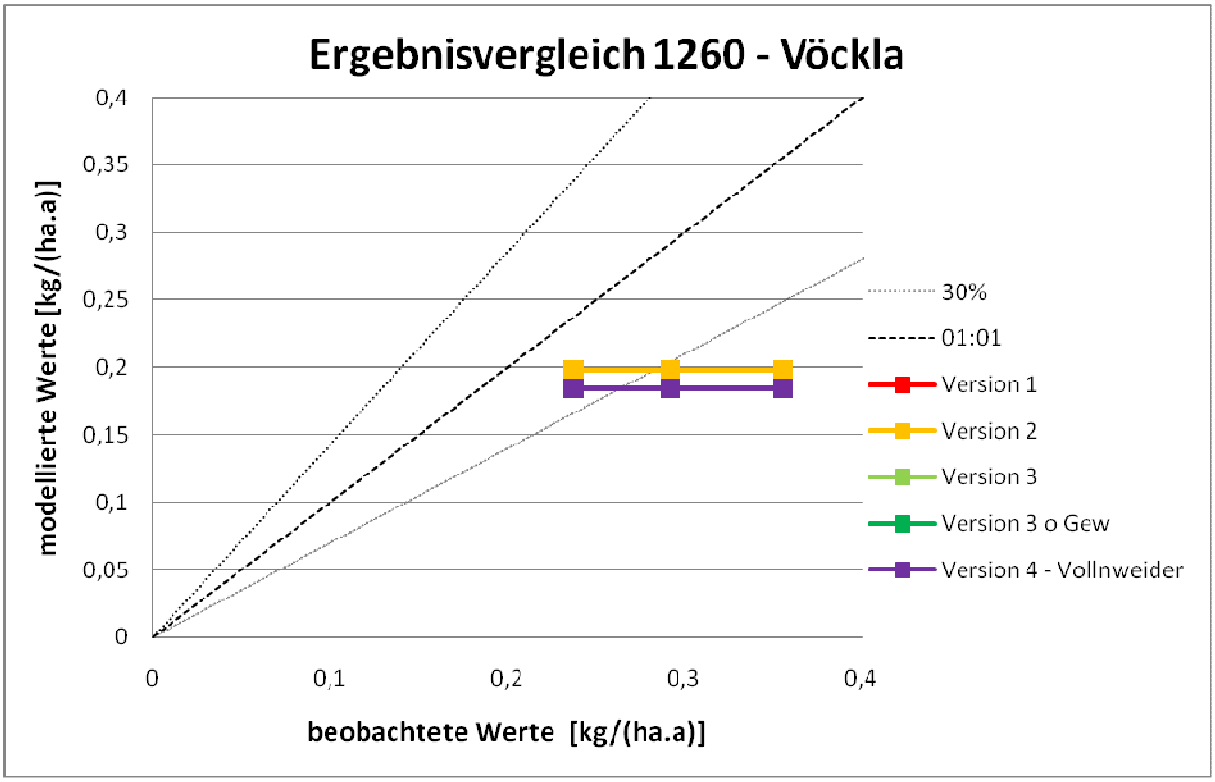

Abbildung 32 - Ergebnisvergleich 1260

TP										
EZG	Version	ID	Gesamt				Einzelgebiet			
			Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1260 - Vöckla	1	1260	5,69	4,88	0,81	14,18%	5,69	4,88	0,81	14,18%
	2	1260	5,69	4,88	0,81	14,18%	5,69	4,88	0,81	14,18%
	3	1260	5,29	4,54	0,75	14,18%	5,29	4,54	0,75	14,18%
	4	1260	5,29	4,54	0,75	14,18%	5,29	4,54	0,75	14,18%
	3 o Gew	1260	5,29	4,54	0,75	14,18%	5,29	4,54	0,75	14,18%

Tabelle 17 – Retention EZG 1260

Da es sich beim Einzugsgebiet 1260 um ein seenloses Gebiet handelt, ergeben die verschiedenen Monerisversionen, in denen nur Veränderungen in Bezug auf die Seen eingearbeitet wurden, keine anderen Ergebnisse.
Wie in der Abbildung Nr. 32 dargestellt, ergibt die Berechnung zu geringe Frachten im Vergleich zu den beobachteten. Der geringfügige Unterschied der Retentionsfracht bei den Versionen 3 und 4 erklärt sich durch die geänderte Eingangsfracht, welche wiederum aus der Neuverschneidung der Eingangsdaten mit den Einzugsgebieten resultiert. Die einzelnen Frachten betreffend das Einzelgebiet und das Gesamtgebiet sind klarerweise ident, da es sich um ein Quellgebiet handelt. Aus diesem Grund wurde in den einzelnen Monerisversionen nur eine Retention für Nebengewässer berücksichtigt, da in einem Quellgebiet definitionsgemäß keine Hauptflussretention berücksichtigt wird (siehe dazu Kapitel 2.1).

1270 – Vöckla

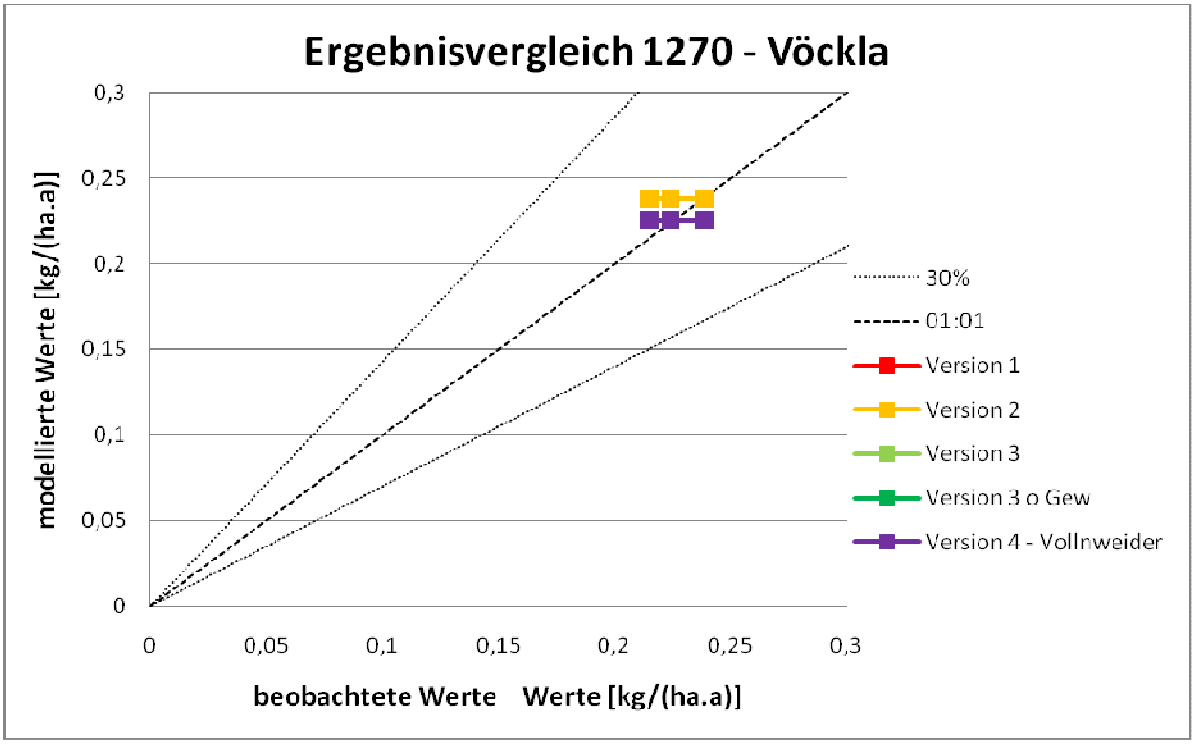

Abbildung 33 - Ergebnisvergleich 1270

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1270 - Vöckla	1	1270	12,37	10,47	1,90	15,35%	4,45	4,10	0,56	5,03%
	2	1270	12,37	10,47	1,90	15,35%	4,45	4,10	0,56	5,03%
	3	1270	11,65	9,91	1,75	14,98%	4,48	4,12	0,54	5,18%
	4	1270	11,65	9,91	1,75	14,98%	4,48	4,12	0,54	5,18%
	3 o Gew	1270	11,65	9,91	1,75	14,98%	4,48	4,12	0,54	5,18%

Tabelle 18 – Retention EZG 1270

Beim Gebiet 1270 liegt wiederum ein Gebiet ohne zu berücksichtigende Seefläche vor. Auch die Oberlieger, die Gebiete 1250 und 1260 weisen keine Seeflächen auf, weshalb auch hier keine Unterschiede in den verschiedenen Versionen, außer den bereits beim Gebiet 1260 erwähnten, vorliegen. Durch die Neuverschneidung der Eingangsdaten zur Berechnung der Version 3 ergab sich eine geringfügig andere Eingangsfracht für die Einzelgebiete weshalb auch die Retention von 5,03 % auf 5,18 % steigt. Diese Änderung wiederum ergibt eine noch bessere Übereinstimmung von modellierter zu beobachteter Fracht.

Neben der Retention in den Nebenflüssen, gibt es nach Modelldefinition in diesem Fall auch eine Retention im Hauptlauf, da es sich nicht mehr um ein Quellgebiet handelt, sondern Zuflüsse von den beiden Vorlaufgebieten zu berücksichtigen sind.

1280 – Ager

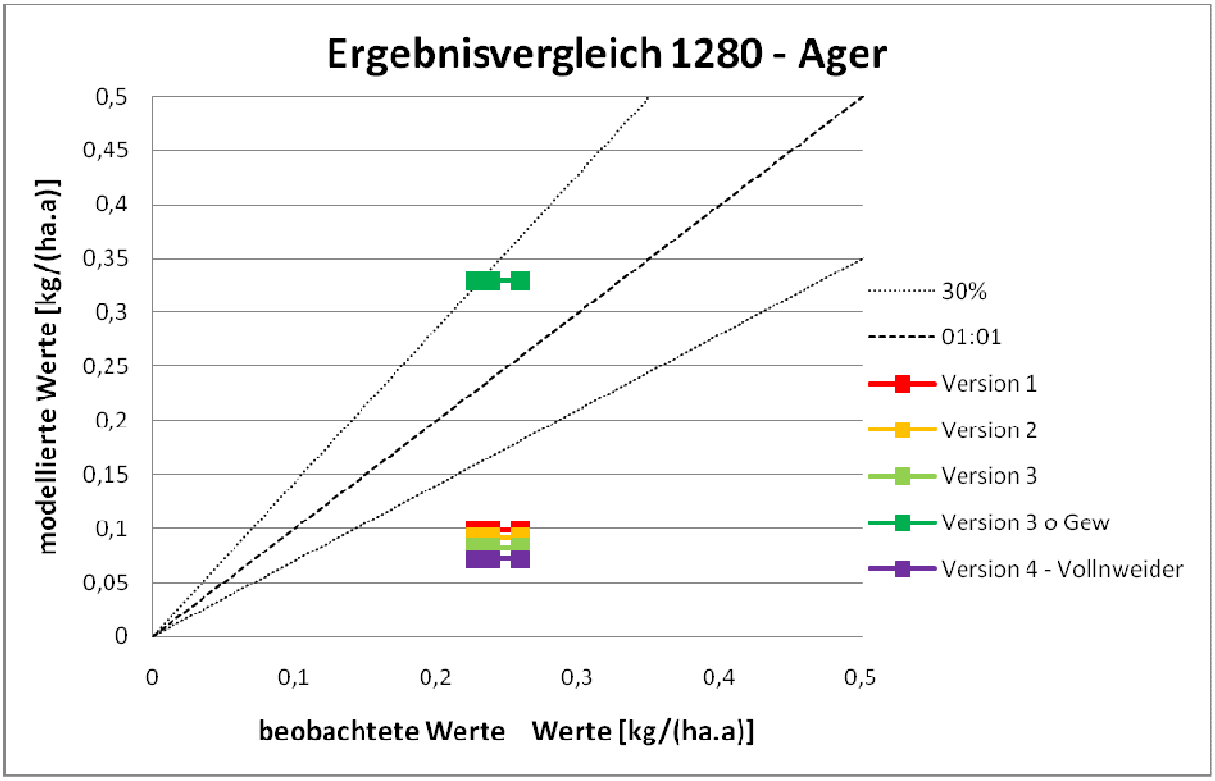

Abbildung 34 - Ergebnisvergleich 1280

Dieses Gebiet ist für die vorliegende Untersuchung ein Wesentliches, da sich mit dem Irrsee, dem Mondsee und dem Attersee gleich drei große Seen in einem Einzugsgebiet befinden. Andererseits muss das Ergebnis aufgrund der unter Pkt. 2.4.2 – 1280 thematisierten Tatsache, dass die vorhandenen Gütemessstellen äußerst fragliche und unterschiedliche Daten liefern, mit gebotener Skepsis betrachtet werden. Geht man von unbeeinflussten Messstellen und somit verwertbaren Gütemessungen aus, so sieht man, dass sich mit fortschreitendem Detailierungsgrad in der Berücksichtigung der Seen und somit größerer Berücksichtigung der Retention in den stehenden Gewässern, die Retentionsüberschätzung beziehungsweise die Frachtunterschätzung steigert.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1280 - Ager	1	1280	22,42	4,84	17,58	78,42%	16,68	3,50	16,10	76,89%
	2	12801	22,42	4,50	17,92	79,94%	11,98	3,52	16,60	78,69%
	2	12802	10,44	3,22			3,70	1,40		
	2	12803	1,01	0,15			1,01	0,15		
	3	12801	19,92	4,05	15,86	79,64%	11,03	3,26	14,31	77,93%
	3	12802	8,89	2,62			3,21	1,21		
	3	12803	0,70	0,08			0,70	0,08		
	4	12801	19,92	3,52	16,40	82,33%	11,03	2,81	14,91	80,91%
	4	12802	8,89	2,69			3,21	1,22		
	4	12803	0,70	0,15			0,70	0,15		
	3 o Gew	12801	17,73	16,17	1,56	8,82%	9,49	9,00	1,04	6,06%
	3 o Gew	12802	8,24	7,39			2,76	2,58		
	3 o Gew	12803	0,58	0,51			0,58	0,51		

Tabelle 19 – Retention EZG 1280

Betrachtet man in der Abbildung 34 nur die Veränderungen der einzelnen Berechnungsversionen, so sieht man, dass die modellierten Frachten bezogen auf die Einzugsgebietsfläche mit fortschreitendem Detailierungsgrad absinken. Die Retentionsleistung, sowohl mit Berücksichtigung des Vorlaufgebietes 1240 als auch bei Betrachtung des Einzugsgebietes 1280 alleine, fällt in der Version 3 im Vergleich zur Version 2 leicht ab. Durch eine sich aus der Neuverschneidung ergebende niedrigere Eingangsfracht wird die Ausgangsfracht dennoch niedriger.

Aus der Tabelle Nr. 19 ablesbar ist ein sehr großer Anteil der Seenretention an der Gesamtretention. Betrachtet man das Einzelgebiet 1280, so ist der Unterschied noch etwas größer. So beträgt etwa die Retention in der Version 1 77 % während sie in der Version 3 o Gew nur mehr 6 % beträgt. Ein Unterschied in dieser Größenordnung

findet sich natürlich nur in Gebieten wie diesem mit einer derartig hohen Seefläche wieder.

Der, durch die Untersuchungen am Probegebiet 1280, welche unter Pkt. 2.4.4 beschrieben ist, berechnete Unterschied aus Version 1 und Version 2, mit Neueinteilung der Einzugsgebiete, kann in diesem Fall nicht in dieser Größenordnung wiedergefunden werden. Dies liegt am Einfluss der, in der Probeuntersuchung nicht berücksichtigten, Retentionsanteile der Neben- und Hauptflussretention. Der sich ergebende Unterschied durch Anwendung des Retentionsansatzes nach Vollnweider in der Version 4 wird, wenn auch nicht in der Größe, der im Probegebiet ermittelten 5 %, wiedergefunden.

1290 – Ager

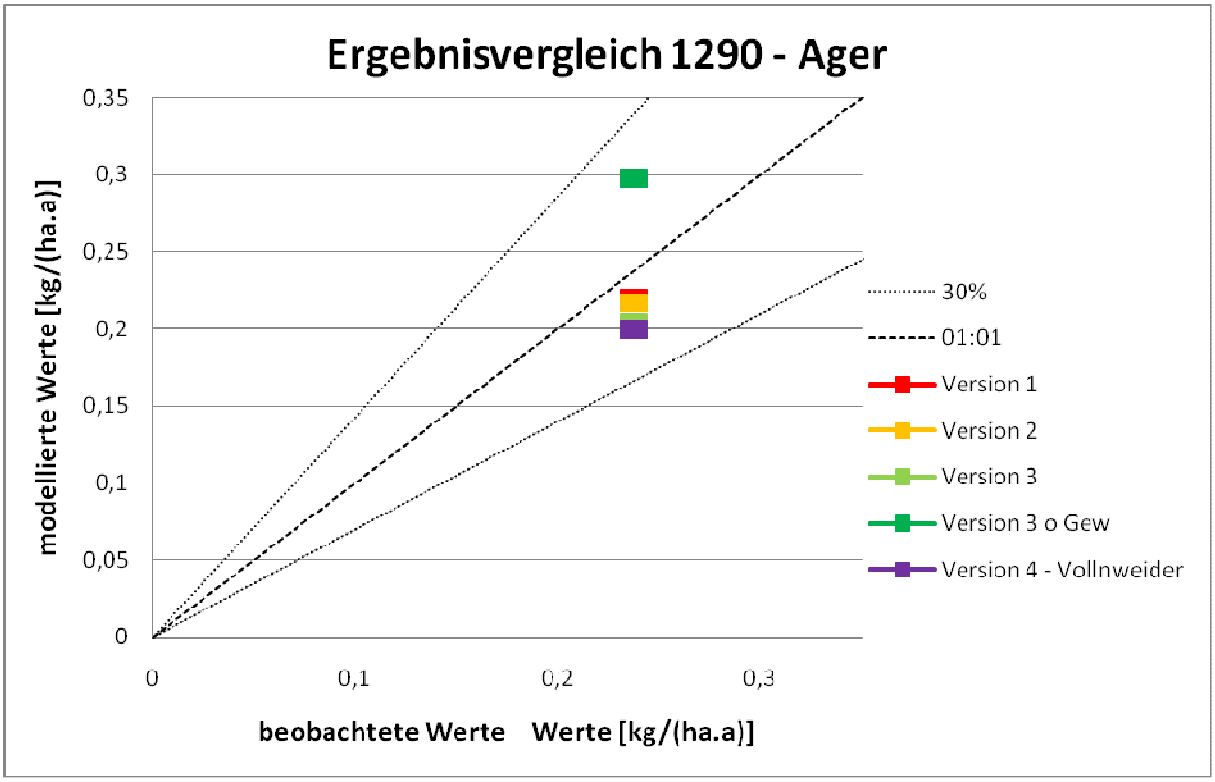

Abbildung 35 - Ergebnisvergleich 1290

Das Gebiet 1290 ist wiederum ein Gebiet ohne größere Seefläche, weshalb sich keine Veränderungen der Retentionsfaktoren durch die einzelnen Modellversionen im MONERIS ergeben. Durch den Umstand, dass Vorlaufgebiete von 1290 jedoch

sehr wohl große Seeflächen enthalten, sind die Ergebnisse der Untersuchungen unterschiedlich.

Der Unterschied in der Retentionsfracht, der vor allem bei Vergleich der Version 3 o Gew mit den anderen Versionen auffällt, ergibt sich durch folgenden Umstand: Durch wesentlich geringere Retention in der Version 3 o Gew in den Vorlaufgebieten zu 1290, in denen Seeflächen vorhanden sind, kommt eine größere Eingangsfracht für das Gebiet 1290 zustande. Diese Konstellation bedingt, dass bei gleichem Retentionsfaktor die Retentionsfracht in der Version 3 o Gew höher, gleichzeitig jedoch der prozentuelle Anteil an der gesamten, für das Einzelgebiet zu berücksichtigenden Eingangsfracht, niedriger wird.

Alle Versionen, bis auf die ohne Berücksichtigung der stehenden Gewässer, liefern mit ihrem Ergebnis eine leichte Frachtunterschätzung. Das Gesamtergebnis der Modellierung liegt somit im guten Bereich der 30-prozentigen Abweichung.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1290 - Ager	1	1290	49,13	27,54	21,60	43,95%	14,34	12,61	2,11	7,13%
	2	1290	49,13	27,20	21,93	44,63%	14,34	12,61	2,11	7,19%
	3	1290	45,15	25,58	19,57	43,34%	13,58	11,97	1,96	7,11%
	4	1290	45,15	25,06	20,09	44,50%	13,58	11,97	1,94	7,20%
	3 o Gew	1290	42,96	37,39	5,57	12,97%	13,58	11,97	2,26	5,70%

Tabelle 20 – Retention EZG 1290

1300 – Alm

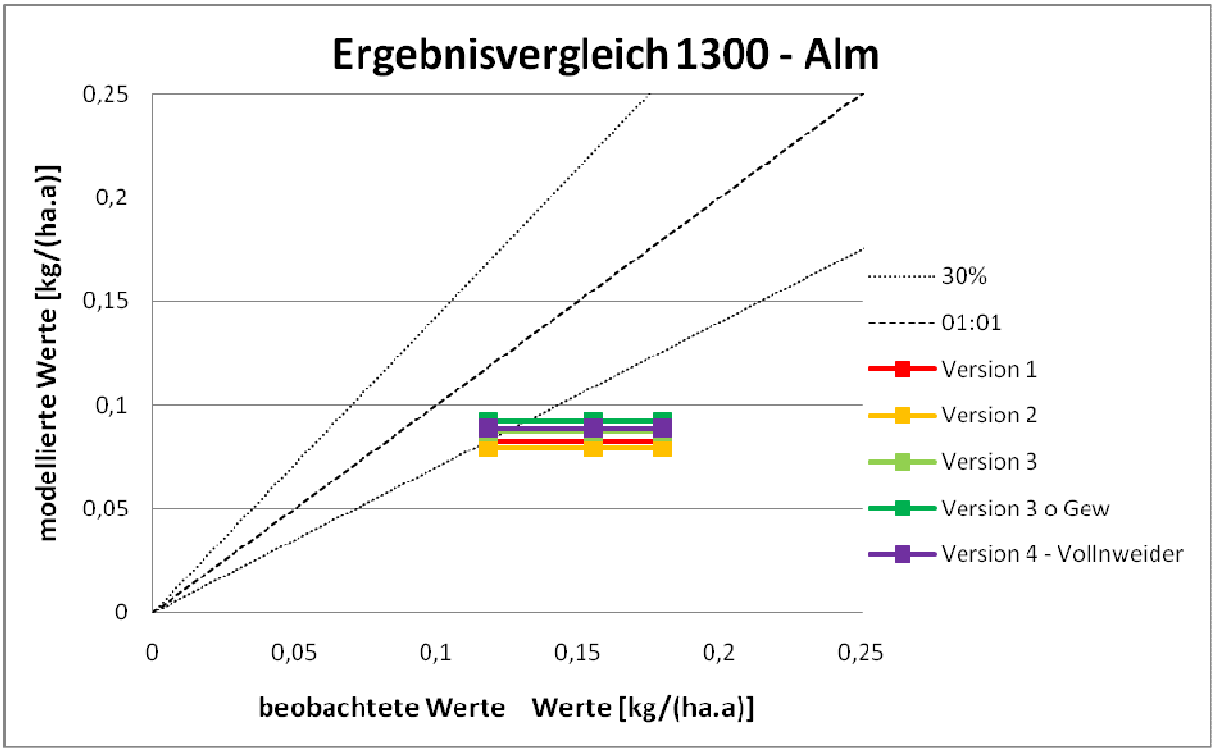

Abbildung 36 - Ergebnisvergleich 1300

Beim Gebiet 1300 – Alm handelt es sich um ein Quellgebiet. Das Gebiet weist mit dem Almsee, der sich, in den auf die Version 1 folgenden Versionen, im Gebiet 13002 befindet, einen See auf. Aufgrund des Umstandes, dass es sich hier um ein Quellgebiet handelt und deshalb kein Einfluss von anderen, als den beiden Gebieten (13001 und 13002) vorhanden ist und die Seegröße des Almsees relativ klein ist, liefern alle Versionen ähnliche Ergebnisse mit geringen Unterschieden.

In der Tabelle Nr. 21 kann allerdings der Einfluss der genaueren Seebetrachtung abgelesen werden, wenn dieser auch nicht sehr bedeutend ausfällt. Das zeigt sich auch, wenn die Retentionsanteile der unterschiedlichen Versionen verglichen werden. So kommt es durch die Berücksichtigung des Almsees zu einer Steigerung der Retention von 7 % bei Version 3 o Gew auf lediglich 9-13 % in den anderen Versionen. Der Vergleich mit einem seereichen Gebiet, wie zum Beispiel 1280 in dem die Retention bei Berücksichtigung der Seen bei rund 80 % liegt, zeigt den gravierenden Unterschied.

Generell liegt hier eine Frachtunterschätzung oder Retentionsüberschätzung vor. Die Modellierung funktioniert in diesem Gebiet mit den gewählten Ansätzen nur mittelmäßig gut. Eine Abweichung von knapp unter beziehungsweise über 30 % ist in allen Modellversionen vorhanden.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1300 - Alm	1	1300	2,21	2,01	0,20	8,99%	2,21	2,01	0,20	8,99%
	2	13001	2,21	1,93	0,27	10,24%	1,75	1,63	0,27	12,38%
	2	13002	0,46	0,30			0,46	0,30		
	3	13001	2,43	2,12	0,31	10,47%	1,89	1,76	0,31	12,81%
	3	13002	0,55	0,36			0,55	0,36		
	4	13001	2,43	2,15	0,28	9,33%	1,89	1,76	0,28	11,43%
	4	13002	0,55	0,40			0,55	0,40		
	3 o Gew	13001	2,40	2,24	0,16	5,55%	1,89	1,76	0,16	6,74%
	3 o Gew	13002	0,52	0,48			0,52	0,48		

Tabelle 21 – Retention EZG 1300

1320 – Krems

Das Gebiet 1320 ist ein Quellgebiet ohne nennenswerte Seefläche, weshalb alle fünf untersuchten Versionen dieselben Retentionsfaktoren aufweisen, und der einzige Unterschied durch die Neuverschneidung der Gebiete in den Versionen 3-4 entsteht. Generell wird in diesem Gebiet durch die Modellierung die Retention unterschätzt beziehungsweise die Emissionsfracht überschätzt und die erzielten Ergebnisse sind, nur von mittelmäßiger Qualität, da die Abweichung auch hier in allen Versionen von knapp unter bis über 30 % reicht. Bemerkenswert an diesem Gebiet sind auch die überdurchschnittlich hohen flächenspezifischen Werte bei der Phosphoremission. Diese höheren Werte finden sich desweiteren in den beobachteten Werten, wenn auch nicht im selben Ausmaß, wieder.

Dieser Trend der Krems setzt sich auch im Unterlauf des Flusses, dem nächsten Einzugsgebiet mit der Nummer 1330, fort. Der Grund für die hohen flächenspezifischen Phosphorfrachten könnte im weit über dem Durchschnitt liegenden Anteil an landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen.

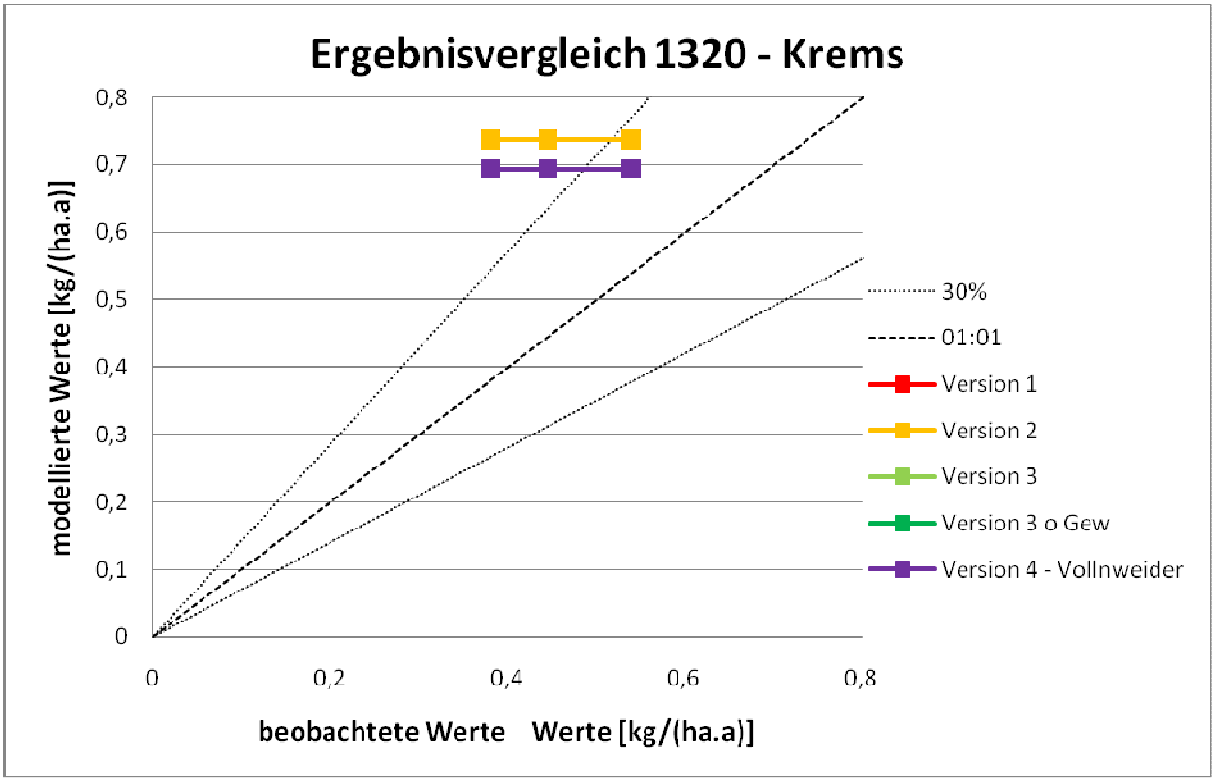

Abbildung 37 - Ergebnisvergleich 1320

TP										
EZG	Version	ID	Gesamt				Einzelgebiet			
			Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1320 - Krems	1	1320	12,84	10,34	2,50	19,46%	12,84	10,34	2,50	19,46%
	2	1320	12,84	10,34	2,50	19,46%	12,84	10,34	2,50	19,46%
	3	1320	12,10	9,74	2,35	19,46%	12,10	9,74	2,35	19,46%
	4	1320	12,10	9,74	2,35	19,46%	12,10	9,74	2,35	19,46%
	3 o Gew	1320	12,10	9,74	2,35	19,46%	12,10	9,74	2,35	19,46%

Tabelle 22 – Retention EZG 1320

1330 – Krems

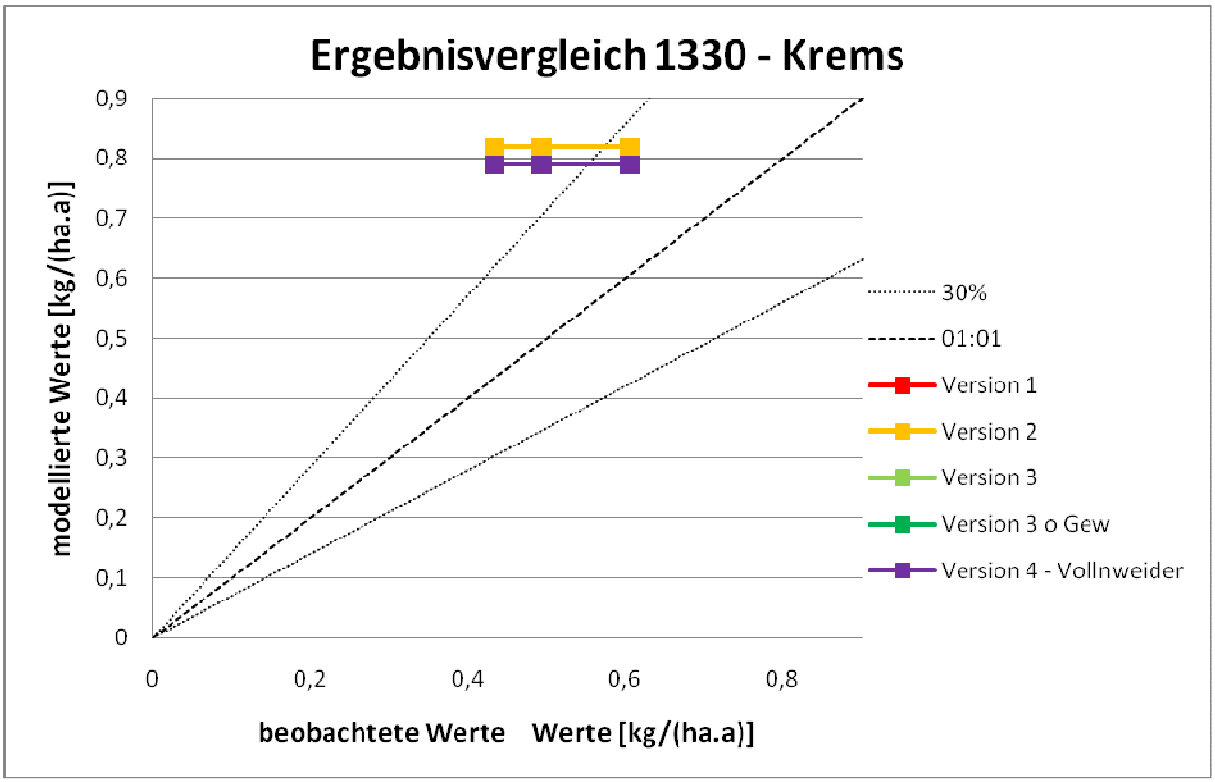

Abbildung 38 - Ergebnisvergleich 1330

Da sich weder in diesem Gebiet, noch im Vorlaufgebiet 1320 eine zu berücksichtigende Seenfläche befindet, sind hier erneut keine anderen Einflüsse, als die durch die Neuverschneidung hervorgerufenen zu erwarten, weshalb auch in diesem Fall die Versionen 1 und 2 sowie die Versionen 3 und 4 identische Ergebnisse bringen. Dadurch, dass sich keine Veränderungen bei den Seeflächen ergeben und auch die Hauptläufe und Nebenläufe hinsichtlich Länge, Breite, etc. gleich bleiben, verändern sich auch die Retentionsfaktoren in den einzelnen Versionen nicht. Zusammenfassend kann die Untersuchung, wie schon im Oberlaufgebiet der Krems 1320, als mittelmäßige Abbildung der realen Verhältnisse bezeichnet werden. Die Berechnung der verschiedenen Versionen bringt durchwegs eine geringe Frachtüber- beziehungsweise Retentionsunterschätzung. Wie schon im vorigen Gebiet, sind auch hier die relativ hohen flächenspezifischen Frachten sowohl im modellierten, als auch im beobachteten Bereich anzumerken. Zu erwähnen ist,

wie schon bei der Gebietsvorstellung unter Kapitel 2.4.2 beschrieben der relativ große Einfluss der Krems auf die Gesamtphosphoremissionen in die Traun. Demnach liefert die Krems 4 % des Gesamtabflusses, während sie 18 % des Phosphoreintrages bringt. Dies zeigt, wie groß der Einfluss dieser beiden Kremseinzugsgebiete auf die Gesamteintragsfracht ist und wie stark dementsprechend falsche Modellierungen das Gesamtergebnis verfälschen. Es scheint, dass im Fall der Krems die Modellierung mit MONERIS nicht sehr gut funktioniert und die durch die Gebietszusammensetzung hervorgerufenen hohen Phosphorfrachten in der Modellierung noch höher berechnet werden als sie ohnehin sind.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
1330 - Krems	1	1330	38,36	31,10	7,26	18,93%	25,52	21,23	4,76	13,28%
	2	1330	38,36	31,10	7,26	18,93%	25,52	21,23	4,76	13,28%
	3	1330	36,98	30,02	6,97	18,84%	24,89	20,72	4,61	13,32%
	4	1330	36,98	30,02	6,97	18,84%	24,89	20,72	4,61	13,32%
	3 o Gew	1330	36,98	30,02	6,97	18,84%	24,89	20,72	4,61	13,32%

Tabelle 23 – Retention EZG 1330

4000 – Traun

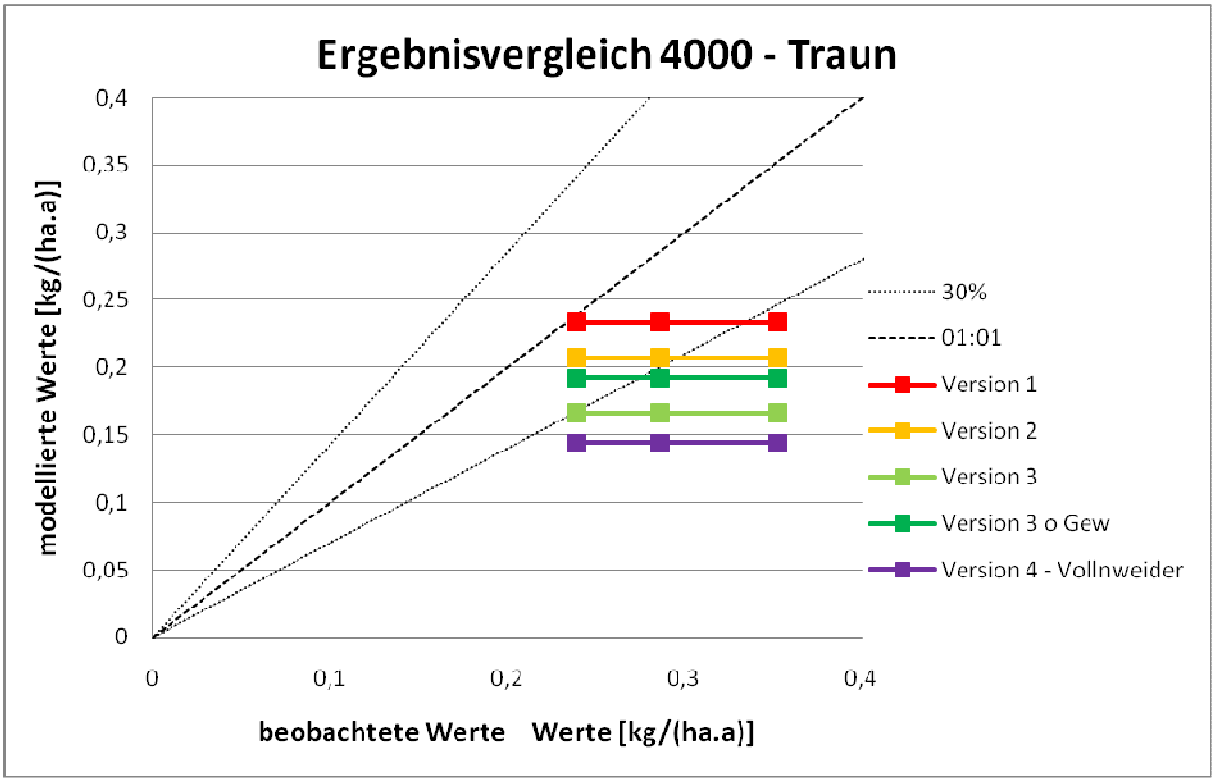

Abbildung 39 - Ergebnisvergleich 4000

Wie aus der Abbildung Nr. 39 und der nachfolgenden Tabelle Nr. 24 ersichtlich, wurde das Gebiet 4000, welches das Quellgebiet der Traun darstellt, nach der ersten Version in insgesamt vier Teilgebiete aufgeteilt, von denen drei einen Gebietsauslasssee vorweisen. Dementsprechend ergeben sich durch die unterschiedlichen Versionen unterschiedliche Ergebnisse. Insgesamt kommt es in diesem Gebiet zu einer Retentionsüber- oder Frachtunterschätzung in der Berechnung. Die Annäherung der Berechnung an die Beobachtung gelingt mittelmäßig gut. Es ergibt sich wiederum eine Abweichung von rund 30 %. Wie im Diagramm dargestellt, steigert sich die Retentionsüber- beziehungsweise Emissionsfrachtunterschätzung mit steigendem Detailierungsgrad, durch den die Seen stärker berücksichtigt werden. Ebenfalls anzumerken ist die große Auswirkung, die die detailliertere Gebietsaufteilung auf die Retention hat. Der Unterschied, den die Untersuchung der Retentionsansätze unter Pkt. 2.4.4 gezeigt hat, findet sich in

der Auswertung zum Gebiet 4000 wieder. Durch die detailliertere Berücksichtigung der Seen steigt die Retention von 16 % auf 25 %.

Durch die Version 3 ergibt sich keine besondere Veränderung - durch Implementierung des Vollnweideransatzes kommt es zu einer weiteren Steigerung der Retention von rund 25 % auf 33 %. Hier könnte natürlich über eventuell notwendige Anpassungen der Vollnweidermodellkonstante diskutiert werden.

Erwähnenswert sind die für ein Quellgebiet sehr hohen flächenspezifischen Phosphorfrachten, die beobachtet wurden.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
4000 - Traun	1	4000	8,77	7,41	1,36	15,51%	8,77	7,41	1,36	15,51%
	2	40001	4,18	2,76	2,19	24,98%	2,36	1,67	2,19	24,98%
	2	40002	8,77	6,58			4,04	3,82		
	2	40003	0,55	0,14			0,55	0,14		
	2	40004	1,82	1,49			1,82	1,49		
	3	40001	3,44	2,32	1,59	23,20%	2,14	1,55	1,59	23,20%
	3	40002	6,86	5,27			3,11	2,94		
	3	40003	0,31	0,08			0,31	0,08		
	3	40004	1,29	1,06			1,29	1,06		
	4	40001	3,44	1,62	2,29	33,39%	2,14	1,19	2,29	33,39%
	4	40002	6,86	4,57			3,11	2,94		
	4	40003	0,31	0,08			0,31	0,08		
	4	40004	1,29	0,77			1,29	0,77		
	3 o Gew	40001	3,28	3,15	0,53	8,04%	2,01	1,96	0,53	8,04%
	3 o Gew	40002	6,63	6,10			3,11	2,94		
	3 o Gew	40003	0,24	0,23			0,24	0,23		
	3 o Gew	40004	1,27	1,21			1,27	1,21		

Tabelle 24 – Retention EZG 4000

4010 – Traun

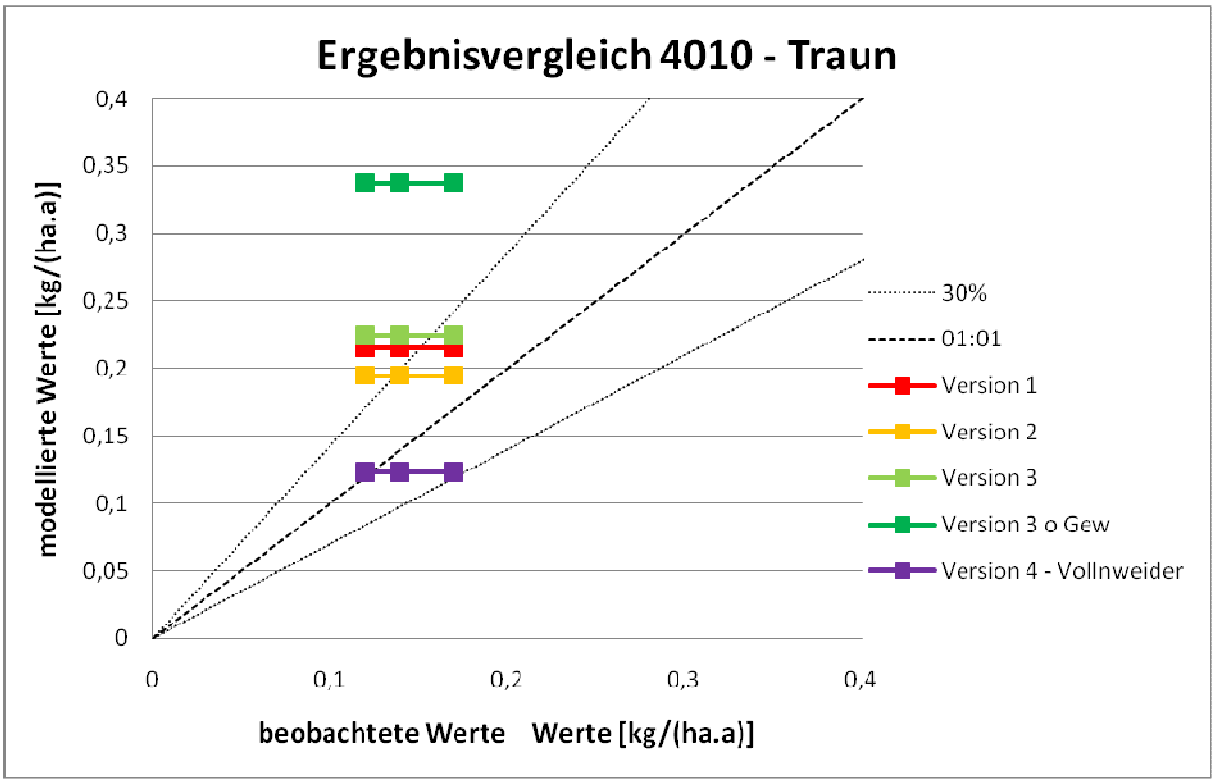

Abbildung 40 - Ergebnisvergleich 4010

Der Traun bis inklusive dem Mittellauf, abgebildet im Gebiet 4010, kann wie aus Abbildung 40 hervorgeht, relativ gut modelliert werden, vor allem die Verwendung des Vollnweideransatzes führt zu einer sehr guten Übereinstimmung mit den beobachteten Werten. Das Gebiet selbst weist durch die vier zu berücksichtigenden Seen und die zu berücksichtigenden Vorlaufgebiete unterschiedliche Ergebnisse in allen fünf Versionen auf. Zum Einfluss der Seen kommt natürlich auch der Einfluss aus dem Oberlauf hinzu. Je nach Gewichtungsgrad der Seen beziehungsweise der zugehörigen Retention, kommt es zu einer leichten Retentionsunterschätzung bis hin zur relativ genauen Annäherung an die beobachteten Werte, bei Verwendung des Ansatzes nach Vollnweider, wie dies in der Version 4 geschieht.

Ganz deutlich sieht man hier auch die Auswirkung der Seenretention und die Auswirkungen der genaueren Gebietsaufteilung. So steigt die Retention im Einzelgebiet durch eine detailliertere Aufteilung der Einzugsgebiete in der Version 2 von rund 16 % auf 31 % und verdoppelt sich fast. Durch eine Neuverschneidung der

Eingangsdaten kommt es erneut zu einem Anstieg der Retention auf 44 % und durch die Anwendung des Vollnweideransatzes in der Version 4 wird die Retention auf 82 % gesteigert. Ganz deutlich erkennbar in der Tabelle 25 ist auch der Anteil der Seenretention an der Gesamtretention des Einzugsgebietes. Wenn die Seen, wie in Version 3 o Gew, nicht berücksichtigt werden, fällt die Retention von den eben beschriebenen über 80 % auf 7 % zurück und damit kommt es, wie in Abbildung 40 ersichtlich, zu einer großen Retentionsunterschätzung.
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Modellierung mit MONERIS in diesem Gebiet sehr gute Ergebnisse liefert.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
4010 - Traun	1	4010	45,21	30,09	15,12	33,44%	26,21	19,54	6,66	16,06%
	2	40101	45,20	27,24	17,96	39,73%	19,44	14,57	12,08	30,72%
	2	40102	0,54	0,36			0,54	0,36		
	2	40103	0,27	0,09			0,27	0,09		
	2	40104	18,83	13,19			5,96	4,79		
	3	40101	52,77	31,38	21,38	40,52%	22,64	16,50	15,03	44,08%
	3	40102	0,46	0,28			0,46	0,28		
	3	40103	0,24	0,07			0,24	0,07		
	3	40104	22,36	15,64			10,75	8,42		
	4	40101	52,77	17,27	35,50	67,28%	22,64	10,48	27,90	81,85%
	4	40102	0,46	0,25			0,46	0,25		
	4	40103	0,24	0,08			0,24	0,08		
	4	40104	22,36	10,15			10,75	5,84		
	3 o Gew	40101	51,01	47,19	3,82	7,49%	21,82	20,53	2,38	7,22%
	3 o Gew	40102	0,45	0,42			0,45	0,42		
	3 o Gew	40103	0,22	0,20			0,22	0,20		
	3 o Gew	40104	21,84	20,51			10,48	9,87		

Tabelle 25 – Retention EZG 4010

4020 – Traun

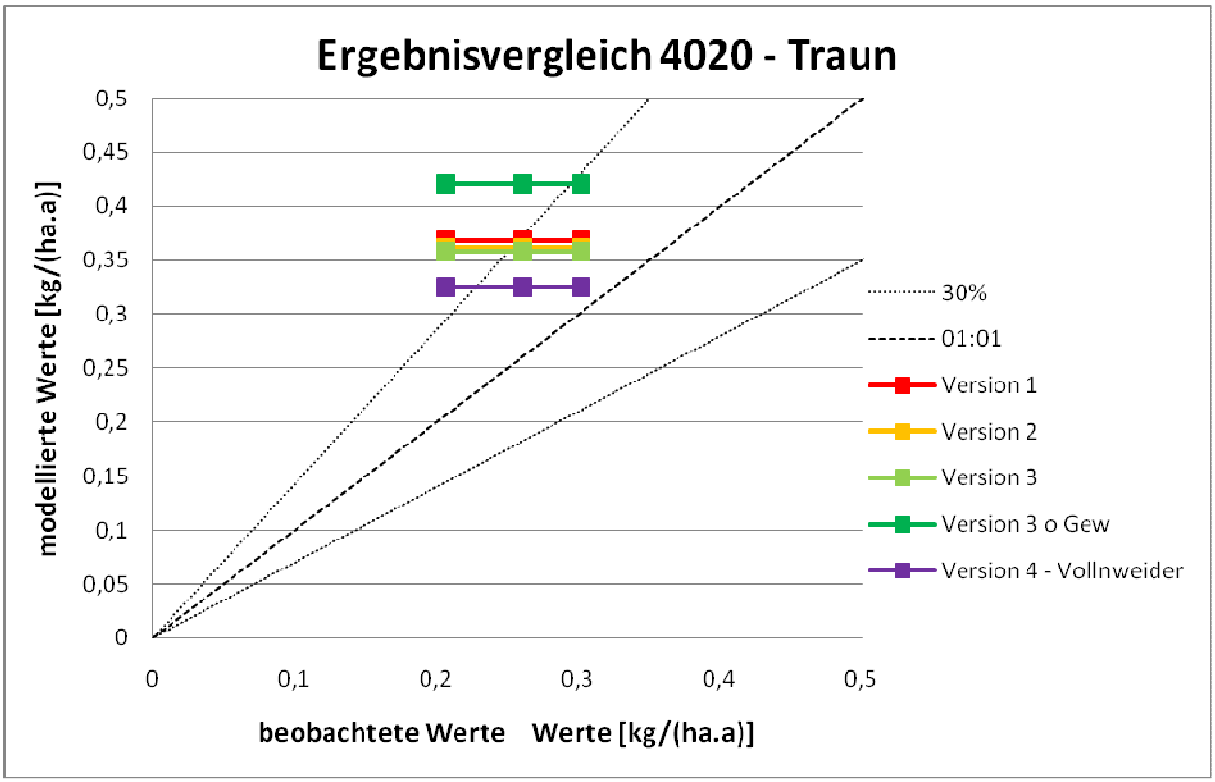

Abbildung 41 - Ergebnisvergleich 4020

Das Gebiet 4020 stellt das Abschlussgebiet der Untersuchungen zu dieser Diplomarbeit dar. Die Retentionsfrachten für das Einzelgebiet sind, wie in der Tabelle 26 ersichtlich, in allen Versionen nahezu gleich groß, nur die Neuverschneidung der Eingangsdaten bringt eine Änderung mit sich. Die beinahe gleichen Retentionsfrachten resultieren aus dem Umstand, dass sich in diesem Einzugsgebiet kein See befindet. Die unterschiedlichen prozentuellen Retentionsanteile ergeben sich aus den durch die zahlreichen Vorlaufgebiete variierenden Eingangsfrachten für das Gebiet 4020.

Wie in Abbildung 41 dargestellt, stimmen die modellierten Werte in diesem Gebiet gut bis mittelmäßig mit den beobachteten Werten überein. Die Abweichung bleibt innerhalb der 30 % Marke beziehungsweise knapp darüber. Es kommt tendenziell zu einer leichten Überschätzung der Frachten beziehungsweise einer Unterschätzung der Retention. Die Nichtberücksichtigung der Seenretention würde erwartungsgemäß

eine Verschlechterung der Ergebnisse mit sich bringen. Durch die Anwendung des Vollnweideransatzes in der Version 4 kommt es sogar zu einer guten Anpassung der Modellergebnisse an die beobachteten Frachten. Wie schon in der Gebietsvorstellung in der Tabelle zum Einzugsgebiet 4020 ersichtlich, bringt dieses Gebiet bei einem Abflussanteil von 16 % am Gesamtabfluss der Traun modellierte 32 % der Phosphorfracht in die Traun ein und beeinflusst so die Gesamteingangsfracht in die Traun überproportional hoch. Diese großen flächenspezifischen Phosphorfrachten sind das Resultat eines hohen Anteils an landwirtschaftlich genutzten Flächen kombiniert mit einem überdurchschnittlichen Ballungszentrenanteil des Abschlussgebietes der Traun.

TP										
			Gesamt				Einzelgebiet			
EZG	Version	ID	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]	Eingang Fracht [t/a]	Ausgang Fracht [t/a]	Retention [t/a]	Retention [%]
4020 - Traun	1	4020	211,95	156,92	55,03	25,96%	66,80	61,05	9,04	5,45%
	2	4020	211,94	153,78	5,75	2,71%	66,80	61,05	8,93	5,49%
	3	4020	210,92	152,34	5,50	2,61%	64,32	58,83	8,71	5,41%
	4	4020	210,92	138,22	5,50	2,61%	64,32	58,83	8,22	5,62%
	3 o Gew	4020	206,95	179,15	5,50	2,66%	64,32	58,83	9,63	5,10%

Tabelle 26 – Retention EZG 4020

3.2 Gegenüberstellung der Detailergebnisse

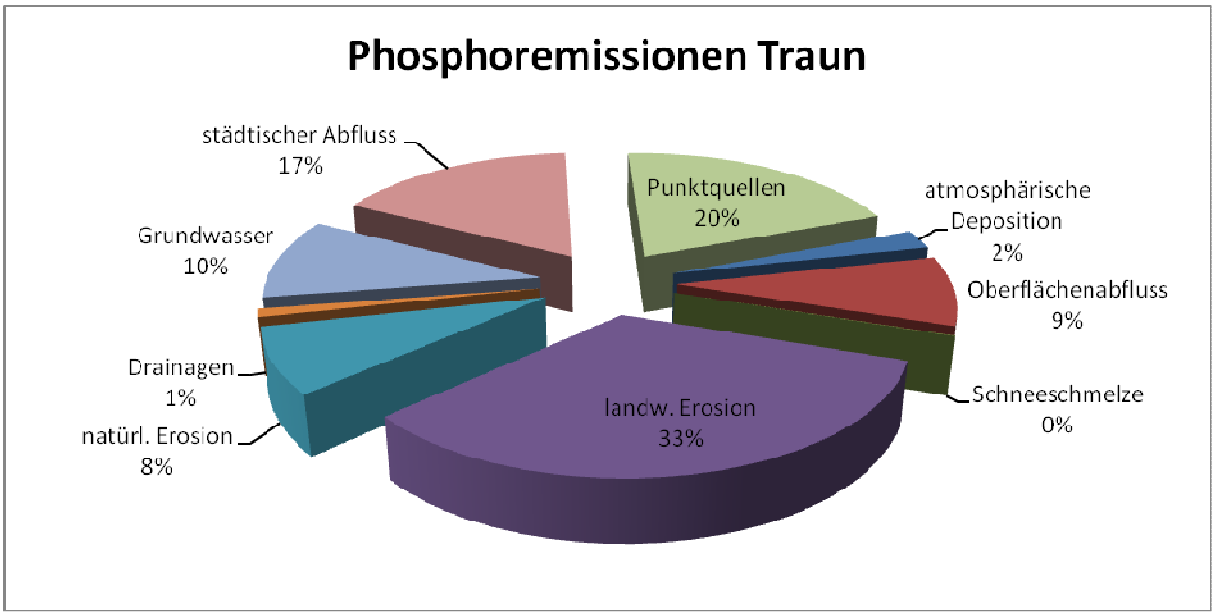

Abbildung 42 - Phosphoremissionen Traun

TRAUN - Phosphoremissionen Version 1 [t/a]				
Diffuse Quellen	atmosphärische Deposition	5,00	169,69	80%
	Oberflächenabfluss	18,16		
	Schneeschmelze	0,13		
	landw. Erosion	70,56		
	natürl. Erosion	17,11		
	Drainagen	2,14		
	Grundwasser	21,38		
	städtischer Abfluss	35,20		
	Punktquellen	42,26		20%
	SUMME	211,95		100%

Tabelle 27 – Aufteilung Phosphoremissionen Traun

Wie die Tabelle 27 zeigt, kommen rund 80 % der Phosphoremissionen der Traun aus diffusen Quellen und 20 % aus Punktquellen. Das Einzugsgebiet ist stark landwirtschaftlich geprägt. Die Einflüsse der, durch diese beeinflussten, Eintragspfade (Oberflächenabfluss, landwirtschaftliche Erosion, Drainagen und Grundwasser), machen rund die Hälfte der gesamten Phosphoremissionen aus.

TRAUN - Phosphorfrachten				
Version	Gesamteingangsfracht [t/a]	Gesamtretentionsfracht		Gewässerfracht
		[t/a]	[%]	[t/a]
1	211,95	55,03	26%	156,92
2	211,94	58,17	27%	153,78
3	210,92	58,58	28%	152,34
4	210,92	72,70	34%	138,22
3 o Gew	206,95	27,80	13%	179,15
gemessene Gewässerfracht				107,09

Tabelle 28 – Phosphorfrachten Traun

Insgesamt gelangen rund 212 Tonnen Phosphor pro Jahr in die Traun beziehungsweise ihre Zubringer. Nach erfolgter Retention, die bei Phosphor die Sedimentationsprozesse beinhaltet, gelangen noch 150 bis 180 Tonnen Phosphor pro Jahr in die Donau. Das ergibt eine durchschnittliche Retention von 26 % bis 34 % des gesamten Phosphoreintrages im Einzugsbereich der Traun, je nachdem welche Gebietsaufteilung beziehungsweise welcher Retentionsansatz gewählt wird. Beobachtet wurden im Mittel im Betrachtungszeitraum der Jahre 2001 bis inklusive 2005 rund 110 Tonnen, die in die Donau geleitet wurden.

TRAUN - Phosphorfrachten			
Version	Gesamtretentionsfracht	Anteil an der Retention durch Gebietsauslassseen	
	[t/a]	[t/a]	[%]
1	55,03	13,35	24%
2	58,17	18,85	32%
3	58,58	19,60	33%
4	72,70	29,67	41%
3 o Gew	27,80	0	0%

Tabelle 29 – Phosphorretention Traun

Von dieser Gesamtretention, die zwischen 55 – 73 Tonnen Retentionsfracht enthält, entfallen, je nach Version, 24 % bis 41 % auf die Gebietsauslassseen. Die sonstige Berücksichtigung der Seen bleibt bis auf die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenlauf – See in allen Versionen unverändert.

In Abbildung 43 auf der folgenden Seite sind die beobachteten Phosphorfrachten mit den modellierten flächenspezifischen Frachten aus den fünf unterschiedlichen Versionen gegenübergestellt. Die Bandbreite der Beobachtung in X-Richtung ergibt sich aus den drei unterschiedlichen Frachtberechnungsarten, die unter Pkt. 2.6 beschrieben sind. Die Bandbreite in Y-Richtung bei den modellierten Werten ergibt sich aus den fünf unterschiedlichen Berechnungsversionen.
Von den 15 Einzugsgebieten der Traun war ein Pegelabgleich nur in 10 Einzugsgebieten möglich, da in den anderen keine Gütemessstelle vorhanden war oder die vorhandene Gütemessstelle im Untersuchungszeitraum von 2001 bis Ende 2005 keine Messdaten liefern konnte. Deshalb enthält die folgende Abbildung nur diese 10 Einzugsgebiete bei denen die nötigen Daten vorhanden waren.

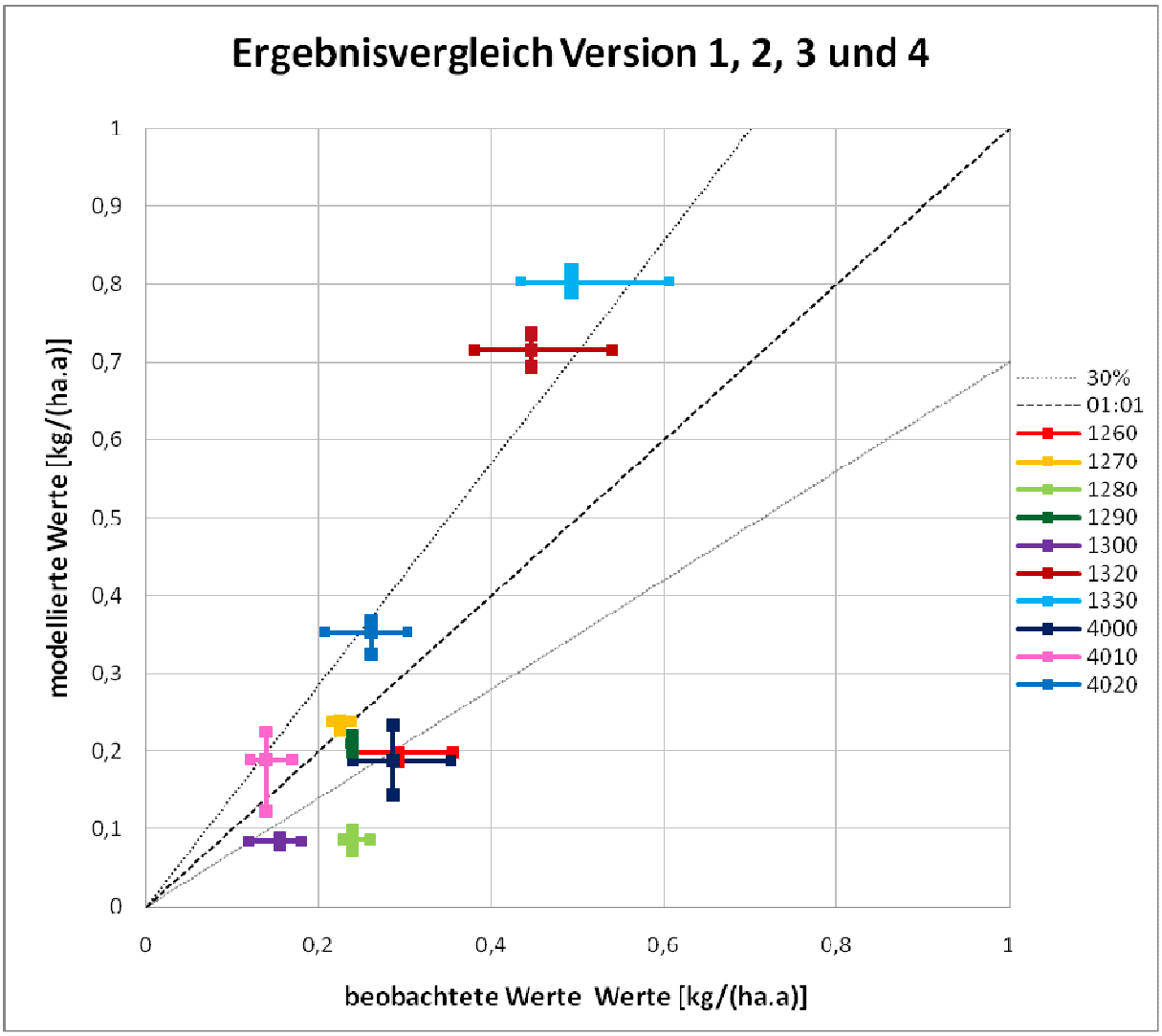

Abbildung 43 - Ergebnisvergleich Version 1 - 4

Wie Abbildung 43 zeigt, findet man die Einzugsgebiete mit einem Waldanteil jenseits der 70 % und so gut wie nicht vorhandener landwirtschaftlichen Fläche im linken Bereich des Diagramms. Das heißt die beobachteten flächenspezifischen Phosphorimmissionsfrachten liegen sehr niedrig bei kleiner als 0,2 kg/(ha.a). Hierbei handelt es sich um die Einzugsgebiete 4010 und 1300. Die anderen Gebiete mit vergleichbaren Waldanteilen sind nicht im Diagramm enthalten, da leider keine verfügbaren Messstellendaten verfügbar sind. Das dritte Einzugsgebiet mit ähnlicher Charakteristik, das Gebiet Nr. 4000 (71 %, Wald, 0 % Landwirtschaft), weist wie schon unter Pkt. 3.1 erwähnt, untypischerweise sehr hohe flächenspezifische

Frachten auf. Eine Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden. Am anderen Ende des Diagramms findet man die Einzugsgebiete der Krems, die sehr hohe beobachtete flächenspezifische Phosphoremissionen von größer als 0,4 kg/(ha.a) aufweisen. Zum Teil lassen sich diese hohen Werte durch den hohen landwirtschaftlichen Flächenanteil erklären, der vor allem im Gebiet 1330 gegeben ist (68 % Landwirtschaft). Beim Gebiet 1320 liegt der Anteil an landwirtschaftlich genützter Fläche bei 46 %. Dementsprechend etwas niedriger liegt auch die flächenspezifische Phosphorfracht. Das Gebiet 4020 einen Anteil von 25 % landwirtschaftlicher Fläche auf und einen Waldanteil von knapp 50 % und liegt mit den flächenspezifischen Frachten im Mittelfeld. Die anderen Gebiete befinden sich durchwegs im Mittelfeld bei beobachteten flächenspezifischen Phosphorfrachten von rund 0,25 kg/(ha.a).

Bei Berücksichtigung des Vorhandenseins von Seeflächen in den Einzugsgebieten sieht man, dass sich die vier Gebiete die keine Seeflächen innerhalb ihrer Einzugsgebietsgrenzen aufweisen, beziehungsweise auch von keinem See durch ein Vorlaufgebiet beeinflusst werden, eher im mittleren bis höheren Bereich der spezifischen Phosphorfrachten befinden. Diese Gebiete ohne Seebeeinflussung sind 1260, 1270, 1320 und 1330. Auch die Gebiete 1290 und 4020, die von der Seeretention nur durch Vorlaufgebiete beeinflusst sind, liegen im mittleren bis höheren Bereich der spezifischen Frachten. Die Gebiete mit Seeretention im eigenen Einzugsbereich liegen tendenziell im unteren Bereich. Allein das Gebiet 4000 passt nicht in dieses Schema, da es wie vorhin schon erwähnt, sehr hohe flächenspezifische Phosphorfrachten liefert. Das Gebiet 1280 – Ager liegt, wie in der Abbildung 43 ersichtlich, im mittleren Bereich der beobachteten flächenspezifischen Phosphorfrachten. Wie in Kapitel 3.1 bereits erläutert, scheinen diese beobachteten Frachten allerdings äußerst fragwürdig.

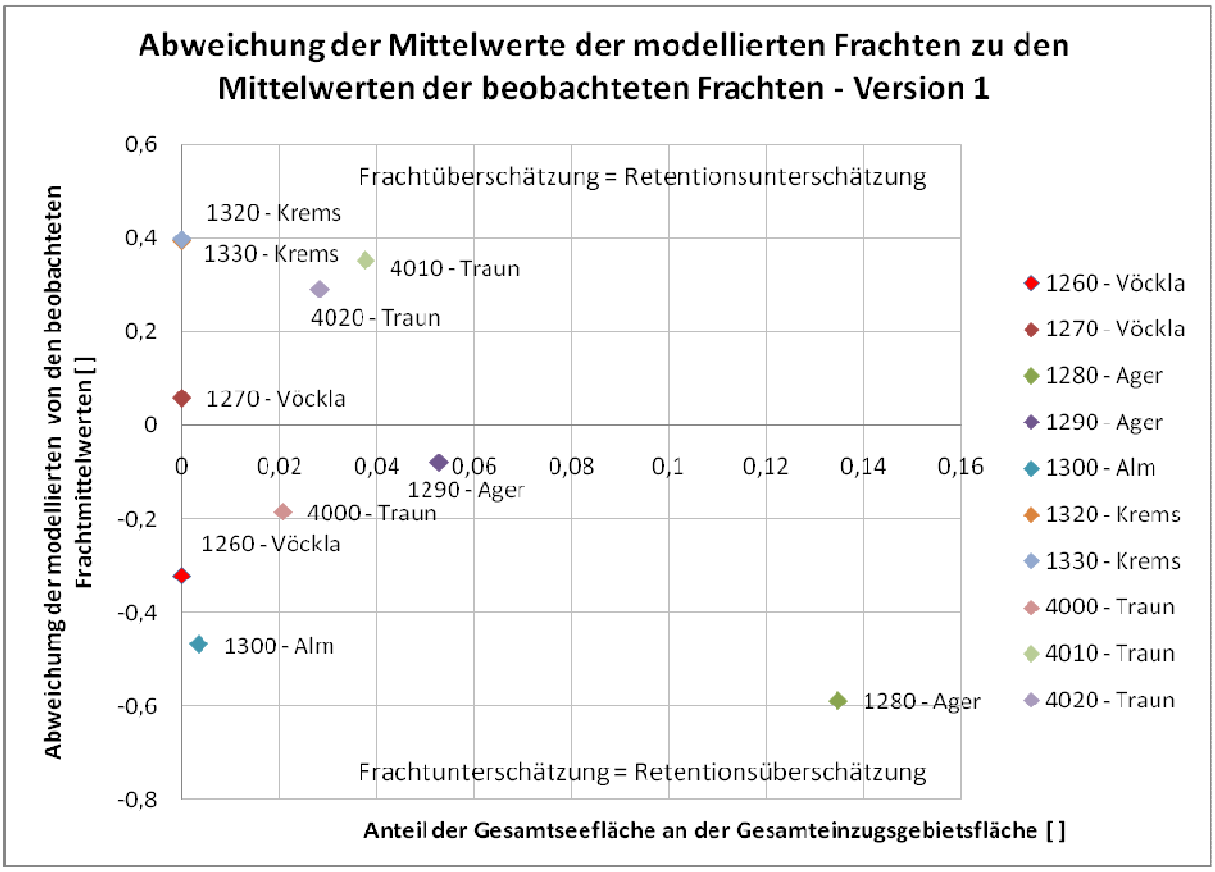

Abbildung 44 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 1

In der Abbildung 44 sind die modellierten Frachten der Version 1 eingetragen. Wie schon zuvor sind nur die zehn Gebiete eingetragen, für die Gütemessungen vorhanden waren. Auf der X-Achse ist der Anteil der Gesamtseefläche an der Gesamteinzugsgebietsfläche bis inklusive des jeweiligen Gebietes und auf der Y-Achse ist die Abweichung der modellierten Frachten von den beobachteten Frachten aufgetragen. Das heißt im oberen positiven Bereich befinden sich die Gebiete, in denen durch die Modellierung eine Frachtüberschätzung oder Retentionsunterschätzung stattfindet, und im unteren negativen Bereich befinden sich jene Gebiete, in denen es zu einer Frachtunterschätzung beziehungsweise einer Retentionsüberschätzung kommt.

Wie die Abbildung 44 zeigt, kann keine eindeutige Tendenz zur Über- bzw. Unterschätzung der Frachten und somit auch der Retentionsvorgänge in Abhängigkeit der Seefläche, bei Betrachtung der einzelnen Einzugsgebiete

abgeleitet werden. Das Gebiet 1280 wurde trotz der fragwürdigen Frachtdaten in dieser Aufstellung belassen. Wie unter Pkt. 2.4.2 nachzulesen ist, wurden diese Frachten an zwei aufeinander folgenden Messstellen des Landes Oberösterreich beobachtet, weshalb eine gänzliche Streichung dieses Pegelabgleichs auch nicht angemessen erscheint. Wenngleich dieses Gebiet, wie auch aus den folgenden Abbildungen ersichtlich ist, am weitesten von den modellierten Frachten abweicht.

An der positiven Extremstelle, wo sich die Einzugsgebiete mit der größten Frachtüberschätzung befinden, liegen die Kremseinzugsgebiete. Anzumerken ist hier noch, dass im Einzugsgebiet 1320, das eigentlich noch keinen so hohen Anteil an landwirtschaftlich genutzten Flächen vorweist, die Frachtüberschätzung noch höher ist als im Gebiet 1330, das mit seinem landwirtschaftlichen Flächenanteil von 80 % weit über dem Durchschnitt liegt. Nachfolgende Abbildung 45 verdeutlicht diesen Zusammenhang zwischen landwirtschaftlichem Flächenanteil und Frachtüberschätzung.

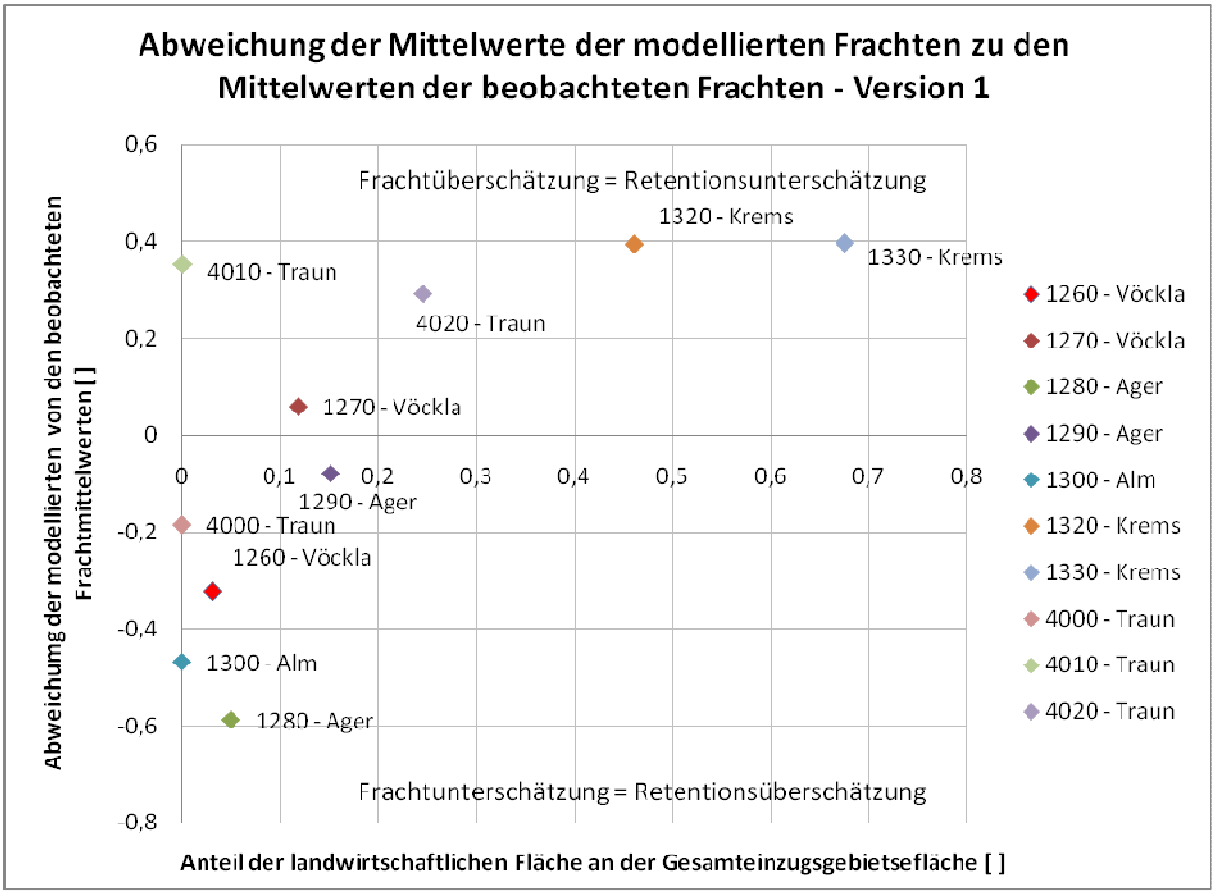

Abbildung 45 - Abweichung bezogen auf landwirtschaftliche Fläche in Version 1

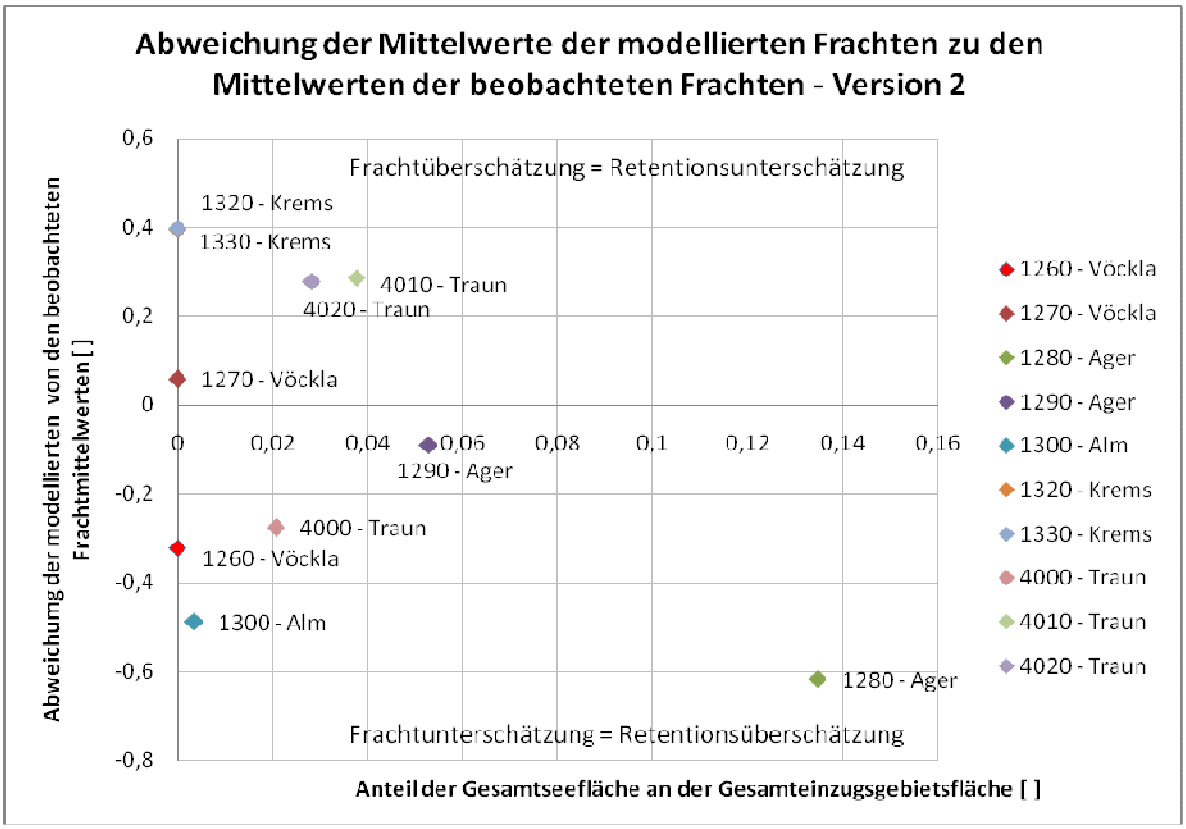

Abbildung 46 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 2

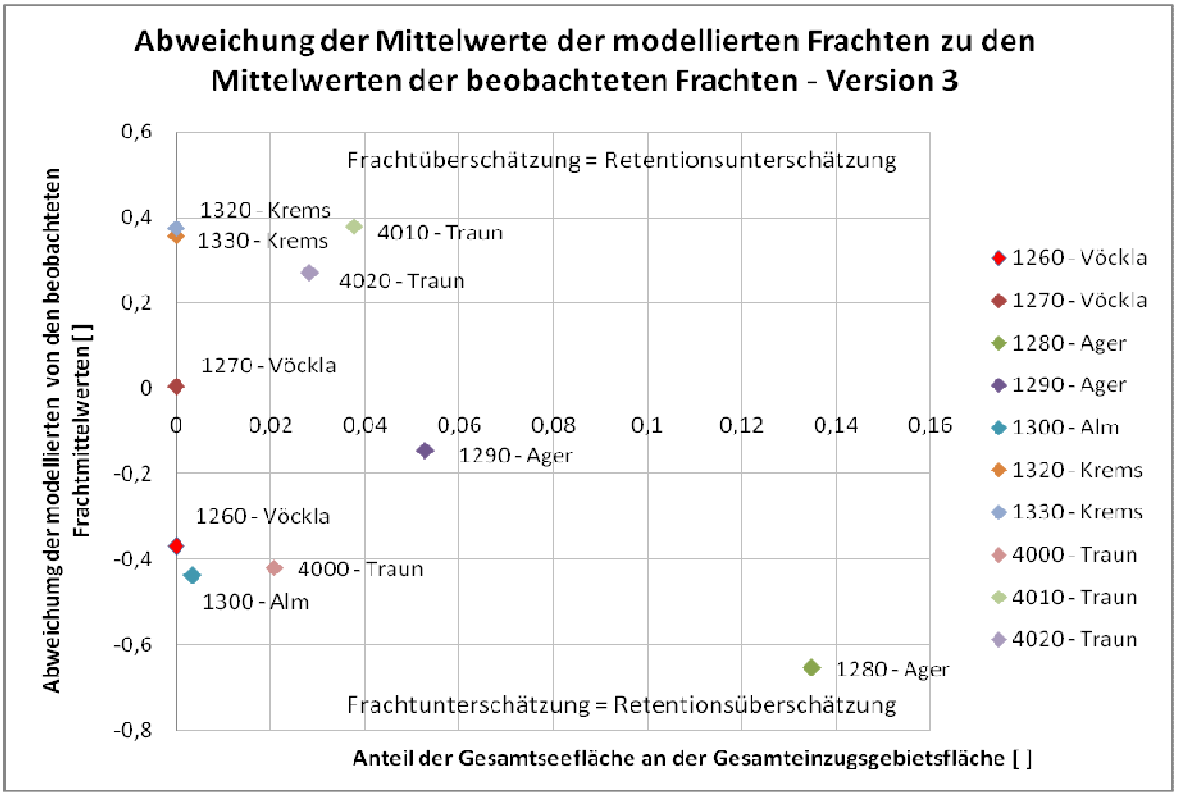

Abbildung 47 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 3

Die Abbildungen 46 und 47 zeigen die Modellierungsqualität in den Versionen 2 und 3 in Abhängigkeit zur Seefläche. Änderungen können sich logischerweise nur in jenen Gebieten ergeben, welche von Seeflächen beeinflusst sind. Durch die genauere Gebietseinteilung, wie sie in der Version 2 durchgeführt wurde, konnten die Ergebnisse nur zum Teil verbessert werden. Das tendenzielle Bild, das einige Seengebiete zur Frachtunter- beziehungsweise Retentionsüberschätzung neigen, wird durch diese detailliertere Betrachtung noch verstärkt. So steigert sich die Abweichung der Gebiete 1300 und 4000 in Richtung größere Frachtunterschätzung von der Version 1 zur Version 2. Beim Einzugsgebiet 4000 setzt sich dieser Trend fort.
Für die beiden restlichen Einzugsgebiete der Traun 4010 und 4020 bedeutet die genauere Betrachtung der Seen allerdings eine Verbesserung der modellierten Ergebnisse in der Version 2. Bei der Version 3 kehrt sich diese Verbesserung wieder um und die Modellgenauigkeit in der Version 3 ist in diesen Gebieten kaum verändert zur Version 1. Die Neuverschneidung der Eingangsdaten zur Version 3 bewirkt eine Verschlechterung des Ergebnisses beim Einzugsgebiet 1260. Da es sich um ein Quellgebiet ohne Seefläche handelt, kann nur die Neuverschneidung der Eingangsdaten diese Verschlechterung bewirkt haben.

Die Version 4, dargestellt in Abbildung 48, bringt durch die Verwendung eines anderen Retentionsansatzes eine weitere Veränderung der Rechenergebnisse. Während diese Veränderung für das Gebiet 4000, das Quellgebiet der Traun, eine weitere Steigerung der Frachtunterschätzung bedingt und somit das Ergebnis verschlechtert, bewirkt der Retentionsansatz beim Gebiet 1300 keine Verschlechterung. Für die Trauneinzugsgebiete 4010 und 4020 bedeutet es jedoch eine klare Verbesserung der Modellergebnisse. Das Gebiet 4020 erreicht mit einer Frachtüberschätzung von knapp 20 % das Bestergebnis aus allen Versionen. Auch beim Trauneinzugsgebiet 4010 gelingt mit Hilfe des Vollnweideransatzes das beste Modellierungsergebnis. Hier kommt es durch die Berechnung der Version 4 von einer 40 – prozentigen Frachtüberschätzung zu einer 10 - prozentigen Frachtunterschätzung.

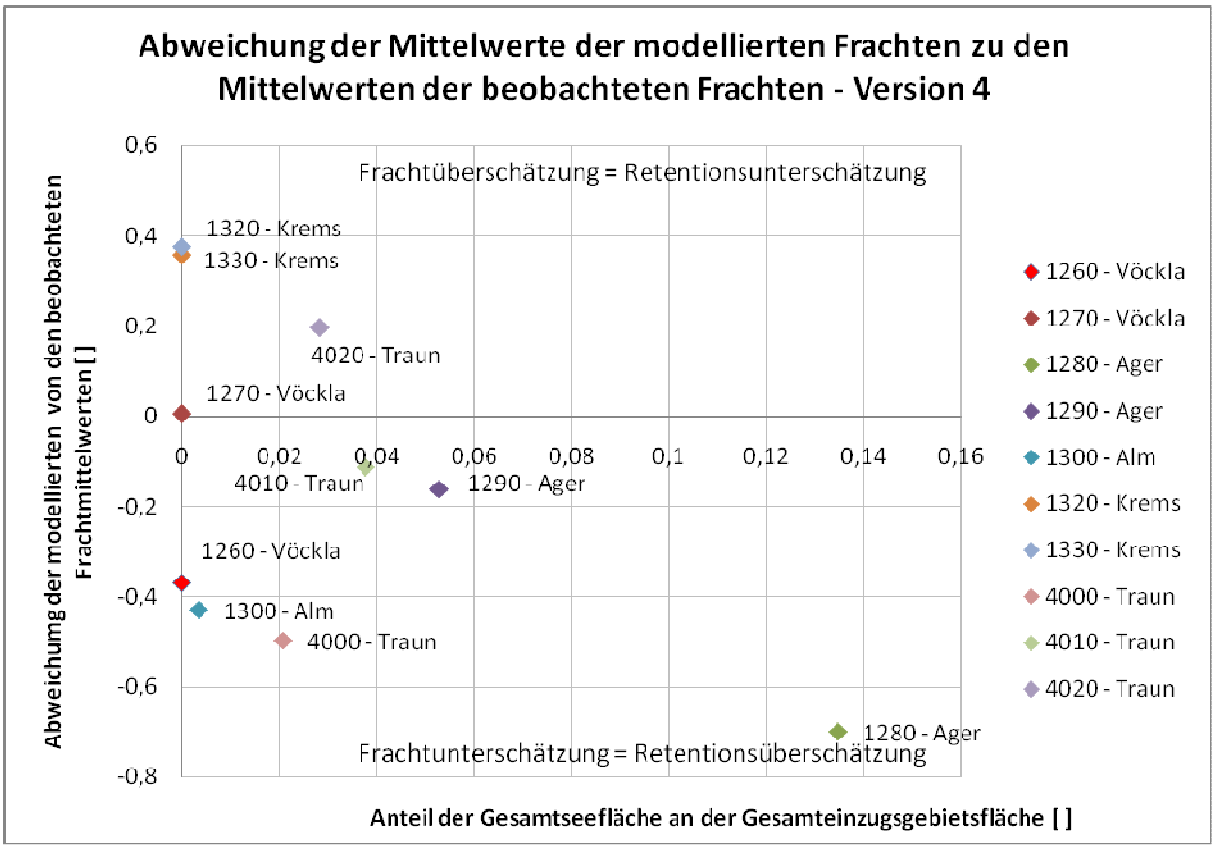

Abbildung 48 - Abweichung der Frachtmittelwerte bezogen auf Seefläche in Version 4

Betrachtet man in dieser Version nur die Gebiete, bei denen das Ergebnis durch die Modifikationen zu den einzelnen Versionen verändert werden konnte, so erhält man eine gute Abbildung der beobachteten Werte. Tendenziell ergibt sich eine Frachtunter- beziehungsweise Retentionsüberschätzung.

Geht man vom Endgebiet der Berechnung, dem Gebiet 4020, welches alle berücksichtigten Einzugsgebiete einschließt, aus, so gelingt mit der Version 4 die beste Modellierung.

4. Zusammenfassung

Im Zuge der Erstellung dieser Diplomarbeit wurden für das Einzugsgebiet der Traun mithilfe des Nährstoffmodellierungsprogrammes MONERIS Phosphor-Emissionsfrachten über verschiedene Eintragspfade und die daraus resultierenden Immissionsfrachten berechnet. In Hinblick auf die Retention in Seen wurden dabei unterschiedliche Berechnungsansätze verglichen. Die Qualität der Berechnung wurde über einen Vergleich der modellierten mit den beobachteten Immissionsfrachten überprüft.

Zu Beginn erfolgte die Berechnung unter Zuhilfenahme der vorhandenen Daten, welche durch frühere Modellierungsberechnungen bereits zur Verfügung standen. Anschließend wurde die Einzugsgebietsaufteilung so verfeinert, dass jeder See im Einzugsgebiet der Traun an einer Gebietsgrenze zu liegen kam und so zu einem sogenannten Gebietsauslasssee wurde. Mit diesen neuen Bedingungen wurde eine weitere Berechnung durchgeführt. Danach erfolgte durch das Institut für Wassergütewirtschaft eine Neuverschneidung der Eingangsdaten und wiederum eine entsprechende Neuberechnung. Schließlich wurde ein alternativer Retentionsansatz (nach Vollnweider) in das Programm implementiert und neuerlich eine Berechnung durchgeführt. Um den generellen Einfluss der Seenretention darzustellen wurde in einem letzten Schritt eine Berechnung unter Ausschluss der Retention in Seen durchgeführt.

Aus diesen Modellierungen ergab sich, dass rund 80 % der Phosphoremissionen in die Traun mit einer Gesamtfracht von rund 212 Tonnen pro Jahr aus diffusen Quellen und 20 % aus Punktquellen stammen. Die Landwirtschaft zeichnet sich im Einzugsgebiet der Traun für rund 53 % der Phosphoremissionen verantwortlich. Die kommunale und industrielle Abwasserentsorgung liefert insgesamt rund 37 % der Phosphoremissionen in die Traun, wobei neben den Punktemissionen auch Emissionen über urbane Systeme (z.B. Mischwasserentlastungen, Regenkanalisation und über Senkgruben entsorgte Gebiete) inkludiert sind. 8 % der

Eintragsfrachten resultieren aus natürlicher Erosion, die restlichen 2 % der Phosphoremissionen kommen über die relativ unbedeutenden Eintragspfade atmosphärische Deposition und Schneeschmelze.

Durch die Modellrechungen wird ausgewiesen, dass von den gesamten P-Emissionen im gesamten Trauneinzugsgebiet durch Retention etwa 25 – 35 %, hauptsächlich in Form von Sedimentation und eventuellem Austrag in Uferbereiche im Falle eines Hochwassers, im Gewässersystem zurückgehalten werden. Aufgrund der niedrigen Durchflussgeschwindigkeiten beziehungsweise des großen Volumens in Seen leisten diese einen erheblichen Beitrag zur Gesamtretention
So kann auf die Seen im Einzugsgebiet bis zu 41 % der Gesamtretention zurück geführt werden. Das heißt, dass bezogen auf die gesamte Emissionfracht im Trauneinzugsgebiet ca. 15 % der Eingangsfracht in den Seen zurückgehalten werden. Das entspricht einer Fracht von rund 32 Tonnen Phosphor, die sich in den 14 Seen des Trauneinzugsgebietes jährlich ablagert. Anhand einzelner Gebiete, die überdurchschnittlich stark durch Seen geprägt sind, lässt sich die Relevanz der Seenretention noch deutlicher zeigen.
Im Oberlauf der Ager befinden sich der Irrsee, der Mondsee und der Attersee, damit weist dieses Einzugsgebiet gleich drei große Seen auf. Zusätzlich erhält es durch die Fuschler Ache, die in den Mondsee mündet, Einfluss eines weiteren Gebiets, das mit dem Fuschlsee einen zusätzlichen See beinhaltet. Die vier Seen dieser beiden Gebiete machen mit ihren 66,2 km² Seefläche einen Anteil von 13,6 % an der Gesamteinzugsgebietsfläche aus. Hier werden von den rund 22 Tonnen Phosphor, die in das Einzugsgebiet als Emissionsfracht gelangen, insgesamt rund 18 Tonnen zurückgehalten. Das ergibt eine Retention von insgesamt 80 %. Eliminiert man die Retention der Seen aus der Modellrechnung, so beträgt die Retention lediglich rund 10 % der Emissionsfracht. Das bedeutet, für dieses Teileinzugsgebiet werden ca. 70 % der Emissionsfracht in den Seen zurückgehalten.

Parallel zur Modellrechnung erfolgte die Berechnung der beobachteten Frachten aus den gemessenen Abflüssen und Konzentrationen. Zu diesem Zweck wurden drei verschiedene Berechnungsmethoden angewandt, die zu unterschiedlichen

Jahresfrachten führten. Für einen Pegelabgleich wurden die modellierten Frachten mit den beobachteten für die unterschiedlichen Einzugsgebiete miteinander verglichen.

Bei diesem Vergleich ergaben die beschriebenen Versionen der Modellrechnung folgendes Bild:
Insgesamt gelang durch die Modellierung eine relativ gute Abbildung der beobachteten Frachten. Die Unterschiede von modellierten zu beobachteten Frachten lagen größtenteils innerhalb oder um die 30 % Abweichung, dies kann bei den großen Unsicherheiten in den einzelnen Einflussfaktoren, wie Abflussschwankungen, Konzentrationsuntersuchungsintervalle usw. als gutes Ergebnis gewertet werden. Vor allem konnte durch das modellierte Endergebnis im Schlussgebiet der Traun, bevor sie in die Donau mündet, eine relativ gute Übereinstimmung mit den beobachteten Frachten erzielt werden. Wenn auch, durch eine weitere Detaillierung der Einzugsgebietsflächen mit Neuverschneidung der Eingangsdaten und Implementierung eines anderen Retentionsansatzes in das Modellierungsprogramm, nur geringfügige Änderungen bei den Phosphorfrachten modelliert wurden, so ergab sich dadurch zumindest für die Traun bei Betrachtung des Pegels vor Einmündung in die Donau eine deutliche Verbesserung der Übereinstimmung mit den beobachteten Frachten. Während bei der ursprünglichen Version die Abweichung noch bei über 30 % lag, lag die Übereinstimmung nach Verwendung des neuen Retentionsansatzes bei der 10 % Marke. Demgegenüber muss allerdings festgehalten werden, dass durch diese unterschiedlichen Versionen keine eindeutige Verbesserung des Pegelabgleiches in allen Einzugsgebieten erreicht werden konnte.

Eine Neuverschneidung und gesonderte Berücksichtigung von Seen als sogenannte Gebietsauslassseen bringt vor allem für Einzugsgebiete mit relativ großen Seeflächen merkbare Auswirkungen. Sobald größere landwirtschaftliche Flächen mit den zugehörigen Emissionen im Unterlauf der Seen vorhanden sind, spielen diese Unterschiede in der Seeretention keine bedeutende Rolle mehr. Gänzlich vernachlässigbar ist die Seeretention dennoch nicht.

Im Zuge der Erstellung dieser Arbeit ergaben sich folgende Problematiken, die an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben sollen.
Einzelne Gebiete mussten aus dem Pegelabgleich herausgenommen werden, da teilweise sehr fragwürdige Daten vorliegen, wie das zum Beispiel beim Einzugsgebiet der Ager der Fall ist. Andere Gebiete, wie die Einzugsgebiete der Krems erhalten durch das Modell sehr hohe flächenspezifische Frachtemissionen zugewiesen, welche nur zum Teil durch die beobachteten Werte bestätigt werden können.
So zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung, dass die Modellierung für die Gebiete mit hohem landwirtschaftlichem Flächenanteil, hier vor allem die Einzugsgebiete der Krems, nicht optimal funktioniert.
Ein Problem in der Auswertung lag auch in der geringen Anzahl an Gebieten mit Seen für die ein Pegelabgleich durchgeführt werden konnte. Wenn man berücksichtigt, dass das Gebiet der Ager eigentlich nicht für die Auswertung herangezogen werden sollte, bleiben nur fünf Einzugsgebiete mit vorhandenen Seeflächen oder Einfluss aus Vorlaufgebieten mit Seeflächen übrig, um die modellierten Frachten mit den beobachteten Frachten zu vergleichen.

Trotz des Umstandes, dass eine detailliertere Gebietseinteilung sowie die Implementierung anderer Retentionsansätze nur geringe Fortschritte in Bezug auf die Übereinstimmung der modellierten mit den beobachteten Frachten bringt, darf die Wichtigkeit der genauen Erfassung der Seeflächen nicht unterschätzt werden. Für die Qualität der Modellierungsergebnisse ist die möglichst genaue Erfassung der Seen und Eingabe in das Modellprogramm unerlässlich.

Literaturverzeichnis

AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG OBERFLÄCHENGEWÄSSERWIRTSCHAFT (2009): Inspektionsbericht, chemisch – physikalisch – bakteriologische Untersuchung von Fließgewässern, Jahresbericht 2009; Linz

AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2012): Oberösterreichische Seen, http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/13043_DEU_HTML.htm

AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (2012): Seen, http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/gewaesserschutz/gewaesserschutz_guete/see.htm

BEHRENDT, H., HUBER, P., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G., UEBE, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands, Forschungsbericht 296 25 515, UBA-FB 99-087, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2009): H2O Fachdatenbank, http://wisa.lebensministerium.at/h2o/

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2012): eHYD, http://gis.lebensministerium.at/eHYD/ -

KNOBLAUCH, H., SCHNEIDER, U. (2001): Bauchemie, Düsseldorf: Werner Verlag

VENOHR, M., HIRT, U., HOFMANN, J., OPITZ, D., GERICKE, A., WETZIG, A., ORTELBACH, K., NATHO, S., NEUMANN, F., HÜRDLER, J. (2009): Das Modellsystem Moneris, Version 2.14.1vba, Leibnitz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V., Berlin

VENOHR, M. (2009): Modellierung der Einflüsse von Temperatur, Abfluss und Hydromorphologie auf die Stickstoffretention in Flusssystemen, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum naturalium im Fach Geographie eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

WIKIPEDIA (2012): Traun (Donau), http://de.wikipedia.org/wiki/Traun_(Donau)

WOHLRAB, B., ERNSTBERGER, H., MEUSER, A., SIKOLLEK, V. (1992): Landschaftswasserhaushalt, Hamburg/ Berlin: Verlag Paul Parey

ZESSNER, M., GABRIEL, O., KOVACS, A., THALER, S., HOCHEDLINGER, G., SCHILLING, C., WINDHOFER, G. (2011): Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugsgebietsebene (STOBIMO-Nährstoffe) als Grundlage für Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme, Endbericht: Studie im Auftrag des BMLFUW, Wien

ZESSNER, M., GABRIEL, O., KOVACS, A., KUDERNA, M., SCHILLING, C., HOCHEDLINGER, G., WINDHOFER, G. (2011): Analyse der Nährstoffströme in oberösterreichischen Einzugsgebieten nach unterschiedlichen Eintragspfaden für strategische Planungen (Nährstoffströme Oberösterreich), Endbericht im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Wien

ZESSNER, M. (2012): Vorlesungsunterlagen Wassergütewirtschaft und Flussgebietsmanagement, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Wien