

A 19992-R 1

Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt Wissenschaftliches Archiv	
Inv.Nr.:	A 19992
Standort	R
Ordnungs-Nr.:	1
Vertraulichkeit 3	AZ:

**Institut für Wassergüte
und Abfallwirtschaft**
 A-1040 Wien, Ertelplatz 13/226
 Tel.: +43 1 58 801
 Fax: +43 1 504 22 34

Bericht

Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich



von:

M. Zeßner
 T. Kaas
 H. Fleckseder
 P.H. Brunner

Regional- archiv	Wasserwirtschaftliche Planung WW-PL
Nr.:	1562
25. J. H. K.	HÜ

Wien, im November 1992

zu EG 158

AMT DER O.Ö. LANDESREGIERUNG
Abteilung Wasserbau
UA. Siedlungswasserbau

Kärntnerstr. 12, 4020 Linz
Fax: 0732/2720/2411
DVR.0069264

BauW-III-400000/64-1992/PF/BR

Linz, am 22. Dezember 1992

Bitte in der Antwort die Geschäftszahl dieses Schreibens anführen

An

W. Hofrat Dipl.-Ing. Wehinger
Abteilung BauW-Pl

i m H a u s e

Sachbearbeiter: W.Hofrat Dipl.Ing. Peter Pfeffer
Tel. 0732/584/2442 DW

Betreff: Stickstoffbilanz für O.Ö.
Bericht der TU Wien
vom November 1992

Das Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien hat nunmehr die endgültige Fassung seines Berichtes über den Stickstoffhaushalt des Landes Oberösterreich vorgelegt.

Dieser Bericht wird in Kopie zur Kenntnisnahme und weiteren Verwendung übermittelt.

Mit freundlichen Grüßen

Dipl.-Ing. Pfeffer

Beilage

Geol.B.-A. Wien



0 000002 128351

Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1. Einleitung	4
1.1 Motivation	4
1.2 Zielsetzung und Fragestellung	5
2. Begriffe der Stoffflußanalyse	6
3. Systemanalyse	7
4. Quantifizierung der Stoffflüsse	9
4.1. Import - Export	11
4.2. Planetare Grenzschicht (PLG)	13
4.3. Haushalt	17
4.4. Verbrennung	19
4.5. Industrie, Handel und Gewerbe	22
4.5.1. Chemische Industrie	23
4.5.2. Lebensmittel- und Holzverarbeitung	23
4.5.3. Handel (inkl. restliche Industrie, Gewerbe)	27
4.6. Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft	29
4.6.1. Abwasserbehandlung	29
4.6.2. Abfallwirtschaft	32
4.7. Landwirtschaft	34
4.7.1. Landwirtschaftlicher Betrieb (LWB)	34
4.7.2. Landwirtschaftliche Vegetation	38
4.7.3. Nutzvieh	39
4.7.4. Landwirtschaftlich genutzter Boden	39
4.8. Forstwirtschaft	42
4.8.1. Forst	42
4.8.2. Forstwirtschaftlich genutzter Boden	43
4.9. Sonstige Böden	45
4.10. Untergrund	45
4.11. Grundwasser	47
4.12. Oberflächengewässer	47
4.13. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	49
5. Folgerungen	51
6. Literatur	55

Zusammenfassung

Mittels einer umfassenden Systemanalyse und vorhandener Daten aus ähnlichen Regionen wurde eine erste grobe Stickstoffbilanz für Oberösterreich erstellt. In dieser Studie wurden alle für den Stickstoffhaushalt wichtigen Bereiche (Landwirtschaft, Verkehr, Industrie und Gewerbe, private Haushaltungen, Entsorgung, Luft, Wasser und Boden) mitberücksichtigt. Die gewählte Methodik der Stoffflußanalyse erwies sich als geeignet für die Erstellung der Stickstoffbilanz. In den meisten Fällen genügten die in der Literatur vorhandenen Daten, um die Stoffflüsse der einzelnen Prozesse zu bilanzieren; allerdings waren die Angaben nur selten ausreichend, um die Bilanzen auch zu überprüfen.

In methodischer Sicht besteht ein Mangel darin, daß es bis jetzt noch nicht möglich ist, anzugeben, ob Bilanzdefizite einzelner Prozesse auf echte Lageränderungen zurückzuführen sind, oder ob sie innerhalb des Streubereichs der Berechnungen liegen. Dies trifft insbesondere für die Landwirtschaft zu. Ebenso bestehen noch Lücken in der Datengrundlage: Der Bereich Industrie/Handel/Gewerbe konnte nur pauschal behandelt werden; einerseits fehlen Angaben über den Handel, und andererseits weist die Bilanz bei der Nahrungsmittelaufbereitung noch größere Lücken auf. Über die Grundwasserverhältnisse fehlen detaillierte Angaben, und verschiedene Stickstoffflüsse zwischen geochemischen Prozessen sind noch wenig untersucht (z.B. Boden - Luft).

Die größten Stickstoffimporte nach Oberösterreich bestehen aus dem Luftstickstoff der Atmosphäre (als N_2), aus Stickstoffverbindungen in der Donau und aus NO_x resp. NH_3 in der Luft. Brennstoffe und weitere Güter, die in Industrie, Handel und Gewerbe sowie der Landwirtschaft gebraucht werden, beinhalten die wichtigsten vom Menschen importierten Stickstoffmengen. Der größte Export besteht wiederum aus N_2 in der Luft. An zweiter Stelle stehen aus Luftstickstoff hergestellte Industriegüter wie Handelsdünger und Harze. Der Export über die Donau ist rund 10 - 20 % größer als die entsprechende Einfuhr durch die Fließgewässer. Auch der Export an NO_x resp. NH_3 über die Luft dürfte den Import übertreffen.

Oberösterreich ist bezüglich der anthropogenen Stickstoffgüter ein wichtiger Produzent von nationaler wirtschaftlicher Bedeutung; die exportierte Menge stickstoffhaltiger Güter ist rund sechsmal größer als die Einfuhr.

Die größten *landesinternen Flüsse* sind: Luftstickstoff aus der Atmosphäre in die Industrie und weiters als Düngemittel und Harze in den Export; der Fluß von in Fließgewässern enthaltenen Stickstoffverbindungen; Handelsdünger und Hofdünger auf den landwirtschaftlich genutzten Boden; pflanzliche und tierische Ernteprodukte; Stickstofffluß mit Brennstoffen sowie Verbrennungsluft durch stationäre (Feuerungen) und mobile (Verkehr) Verbrennungen; Deposition von NO_x resp. NH_3 aus der Luft auf den Boden.

Das größte Stickstofflager in der Region ist die Atmosphäre mit einer allerdings kurzen Aufenthaltszeit. Bei den übrigen Lagern, die alle mindestens zwei Größenordnungen kleiner sind aber meist wesentlich größere Aufenthaltszeiten aufweisen, überwiegen die Böden die Lager in den Gewässern um schätzungsweise den Faktor 10. Die Fließgewässer sind ein vernachlässigbar kleines Stickstofflager mit einer sehr kleinen Aufenthaltszeit. Über das Lager in den privaten Haushaltungen ist nur wenig bekannt; möglicherweise nimmt es auf-

grund des Kunststoffeinsatzes im Bau- und Ausrüstungswesen stark zu. Die vorliegenden Daten sind zuwenig genau, um über die Änderungen der Lager in land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden eine Aussage machen zu können.

Die größten Stickstoffflüsse *zwischen der Anthroposphäre und der Umwelt* fließen von der Landwirtschaft zur Atmosphäre, von den Verbrennungsprozessen zur Atmosphäre, aus der Landwirtschaft in den Untergrund sowie von der Abwasserbehandlung zu den Fließgewässern. Über Boden und Grundwasser gelangt mehr Stickstoff in die Oberflächengewässer als über die gereinigten Abwässer. Der größte "Empfänger" von anthropogenem Stickstoff ist die Atmosphäre, gefolgt vom Grundwasser via Untergrund und den Oberflächengewässern.

Die in dieser Studie erstellte Stickstoffbilanz von Oberösterreich erlaubt es, Prioritäten für die Optimierung des Stickstoffhaushaltes bezüglich Umweltschutz und Ressourcennutzung zu setzen. Bevor spezifische Maßnahmen getroffen werden, müssen allerdings regional maßgeschneiderte Untersuchungen durchgeführt werden, mit denen die vorläufig noch bestehenden Unsicherheiten der Bilanz verkleinert und bewertet werden.

1. Einleitung

1.1 Motivation

Die Gründe, eine Stickstoffbilanz für Oberösterreich zu erstellen, können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Die WRG-Novelle 1990 sieht einen wesentlichen Schwerpunkt in ihrer Umsetzung bei Herkunft, Umwandlung und Verbleib von Stickstoffverbindungen vor (Nitrifikation und Denitrifikation in der Abwasserreinigung, Nitrat im Grundwasser).
- Stickstoff kommt nicht nur im Abwasser vor, er wird auch bewußt in Form von Hof- und Handelsdünger in der Landwirtschaft eingesetzt, er wird aber auch als Stickoxid aus Verbrennungsprozessen via Atmosphäre auf die Fläche verfrachtet.
- Die in Oberflächen- und Grundwässern beobachteten bzw. beobachtbaren Werte hängen somit nicht nur von den Maßnahmen der Abwasserreinigung, sondern auch vom übrigen Umgang mit Stickstoffverbindungen ab.
- Im Land Oberösterreich wurde ein Anschlußgrad der ca. 1,3 Mio. Einwohner an biologische Abwasserreinigungsanlagen erzielt, der 62% beträgt. Von den verbleibenden 38% entfallen 14% auf Senkgruben von Einwohnern aus landwirtschaftlichen Betrieben, 23% auf restliche Senkgruben sowie 1% auf Kanäle, bei denen das Abwasser zur Zeit noch nicht gereinigt wird. Die Schätzungen über die erforderlichen Investitionen zur Erschließung des eher locker verbauten Raumes bezüglich Abwasserableitung und Abwasserreinigung geht in die zig-Milliardenhöhe, die Kosten für die Verführung von Senkgrubeninhalten zu zentralen Abwasserreinigungsanlagen liegt - als Kapital ausgedrückt - in derselben Größenordnung.
- Die den locker verbauten Raum mitbesiedelnde landwirtschaftliche Bevölkerung ist in diesen Fragen sowohl als Betroffene als auch als Verursacher eingebunden. Als Betroffene, weil die Ausbringung von Klärschlamm und Senkgrubeninhalten in die Landwirtschaft und den Landbau zur Zeit nicht überblickbare Risikofaktoren enthält und Nitrat im Grundwasser die eigene Wasserversorgung gefährden kann, als Verursacher, da die landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Stickstoff zu düngen und die eigenen Abwässer auch zu entsorgen sind.
- Die Bilanzierung ausgewählter Stoffkenngrößen (z.B. Stickstoff) für ausgewählte Systemgrenzen (z.B. das Bundesland Oberösterreich) pro Zeiteinheit (z.B. ein Jahr) ermöglicht eine objektive Beurteilung von ins Auge gefaßten Maßnahmen. Zum Begriff der "Maßnahmen" zählen dabei nicht nur die Errichtung einer technischen Infrastruktur, sondern auch die Erstellung von Gesetzen, Verordnungen, fiskalische Steuerungsinstrumente, aber auch die Ausbildung und Meinungsbildung zur Verhaltenssteuerung.

Mit ersten Kontakten im Spätsommer 1991, mit einem Besuch von o.Univ.-Prof. Dr.sc.techn. H.P. Brunner und Univ.-Doz. Dr.techn. H. Fleckseder am 8.11.1991 in Linz

beim Amt der Landesregierung und einem Angebot durch das Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau (heute: Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft) vom 27.11.1991 erfolgte mit Schreiben durch das Amt der OÖ. Landesregierung vom 13.3.1992 die Vergabe für die 1. Stufe des Angebotes zum Thema "Stickstoff in Oberösterreich" (Gegenschlußbrief durch das Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft am 18.3.1992 unterzeichnet).

Im Angebot vom 8.11.1991 war vorgeschlagen worden, die Bearbeitung in zwei Stufen durchzuführen. In der ersten Stufe - sie ist Gegenstand dieses Berichtes - sollte der Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich anhand allgemein zugänglicher Kennzahlen und Befragung der ÖMV-Chemie abgeschätzt werden und es sollte auch erkannt werden, welche Stoffflüsse innerhalb des gewählten Systems wegen unklarer Kenntnislage in der zweiten Stufe vertieft zu betrachten seien. In der zweiten Stufe soll in einer ausgewählten Region - am günstigsten ist dies ein Flußeinzugsgebiet mit einer landestypischen Siedlungsstruktur und Flächennutzung, dessen Grundwasserhaushalt bekannt sein muß - und anhand einzelner erhobener Stickstoffflüsse eine regionale Betrachtung durchgeführt werden, da dies konkreter als die Abschätzung des Stickstoff-Haushaltes für Oberösterreich die Beurteilung und auch das Setzen von Maßnahmen zuläßt.

Nach Erstellung einer ersten Systemanalyse (dazu: siehe Punkt 3 dieses Berichtes) und ihrer Übersendung an das Amt der OÖ. Landesregierung (Schreiben vom 14.5.1992, protokollierter Eingang beim Amt der Landesregierung am 26.5.1991) fanden am 23.6.1992 Besprechungen sowohl bei der ÖMV-Chemie (Gesprächspartner, ohne Titel: Marecek, ÖMV-Chemie; Brunner, Fleckseder, Zessner, TU Wien) als auch beim Amt der OÖ. Landesregierung (Gesprächspartner, ohne Titel: Pelz, Krenn, Zehetner, LWK für OÖ; Gruber, Lehner, Loibl, Rossoll, Sporn, Wehinger und Windischbaur, Amt der OÖL, sowie Brunner, Fleckseder, Zessner, TU Wien) statt. Der primäre Zweck dieser Gespräche war es aus der Sicht des Institutes für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien einerseits die für die Bilanzierung der ersten Stufe erforderlichen Daten bzw. die sie kennzeichnenden Kenngrößen zu erfassen, andererseits auch, Vorgespräche darüber zu führen, welche Region am ehesten die unterschiedlichen für die Übertragung auf Oberösterreich erforderlichen Bedingungen erfüllt. Aus der Sicht des Amtes der Landesregierung bestand der Zweck des Gespräches auch darin, die maßgebenden Herren der oberösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer über das Vorhaben zu unterrichten und Ihnen gleichzeitig dabei auch die Möglichkeit zu bieten, die Herren der TU Wien kennenzulernen.

1.2. Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist:

1. für Oberösterreich eine erste Stickstoffbilanz, beinhaltend sämtliche relevanten Quellen, Transportwege und Senken, zu erstellen Diese Bilanz soll anhand von bestehenden Messungen, Angaben von Behörden und der Wirtschaft sowie von eigenen Abschätzungen und von früheren Institutsarbeiten durchgeführt werden.
2. die bestehenden Unsicherheiten bei der Bilanzierung zu erkennen und die wichtigsten Wissenslücken zu identifizieren, die im Hinblick auf Massnahmen zur Optimierung des Stickstoffhaushaltes in Oberösterreich zu stopfen sind.

Folgende Fragen stehen dabei im Vordergrund:

1. Welche Prozesse, Güter, Güterflüsse und Systemgrenzen müssen ausgewählt werden, um den Stickstoffhaushalt einer Region quantitativ beschreiben zu können?
2. Wie bestimmt man den Stofffluss durch die einzelnen Prozesse?
3. Welches sind die wichtigsten Quellen, Transportwege und Senken von Stickstoff in Oberösterreich?
4. Welches sind die grössten Unsicherheiten und Wissenslücken in der Stickstoffbilanz der Region?

Im folgenden wird zuerst die Methodik der Stoffflussanalyse erläutert, anschliessend die Systemanalyse für die Stickstoffbilanz von Oberösterreich erstellt, diese mit Zahlenangaben über die Prozesse, Güter und Stoffkonzentrationen von Stickstoff und seinen Verbindungen anhand von Daten aus Oberösterreich, der Bundesrepublik und der Schweiz ergänzt, und daraus eine erste Stickstoffbilanz für Oberösterreich erstellt. Die Beurteilung dieser Bilanz in Bezug auf Umweltrelevanz oder die Optimierung des Stickstoffhaushaltes des Landes ist nicht Gegenstand dieser Vorstudie.

2. Begriffe der Stoffflußanalyse

Die vorliegende Stickstoffbilanz wurde in Form einer Stoffflußanalyse durchgeführt. Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen der Stoffflußanalyse nach [Baccini und Brunner, 1991] dargestellt.

Anthropogene Systeme können durch Prozesse, durch die Güter und Stoffe fließen, charakterisiert werden. Als System können z.B. Anlagen, Kombinationen von Anlagen oder auch Regionen verstanden werden. Der Begriff "Prozeß" wird hier allgemein verwendet, um die Transformation, den Transport oder die Lagerung von Gütern und Stoffen zu beschreiben. Als "Güter" werden handelbare, aus Stoffen zusammengesetzte Substanzen bezeichnet, die einen Prozeß durchlaufen. Elemente respektive chemische Verbindungen werden "Stoffe" genannt.

Die Stoffflußanalyse beginnt mit einer Systemanalyse. In ihr werden die zu untersuchenden Stoffe, Güter und Prozesse definiert, die Systemgrenzen werden festgelegt und die Beobachtungszeitspanne wird bestimmt. Aus diesen Grundlagen wird eine Liste von Stoffen und Gütern und Prozessen erstellt, und ihre gegenseitige Beziehung abgeklärt (Güter/Stoff-Matrix, Prozeß/Güter-Matrix).

Die Güter durchlaufen jeden Prozeß als Input und Output, und jedem Gut werden ein (oder mehrere) Herkunfts- und Zielprozesse zugeordnet. Güter, die einen Prozeß durchlaufen, verändern meistens ihre physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften, erhalten bleiben jedoch die Gesamtmassen der einzelnen Elemente (Erhaltungssatz). In die Massenbilanz sind alle Edukte und Produkte mit einzubeziehen. Die Stoffflüsse lassen sich aus den

Güterflüssen und Stoffkonzentrationen in den Edukten und Produkten berechnen [Beer, Moench, Brunner, 1991].

3. Systemanalyse

Ziel der Systemanalyse ist es einerseits das Gesamtsystem zu definieren und andererseits, die komplexe Wirklichkeit in überschaubare Einheiten, die Prozesse, zu zerlegen. Wichtig dabei ist eine klare Abgrenzung der einzelnen Prozesse voneinander. Nur so können die Güterflüsse zwischen den Prozessen eindeutig bestimmt werden. Weiters sollten die Prozesse sinngemäße Einheiten bilden. Jeder Prozeß kann auch weiter in Unterprozesse gegliedert werden. Im Endeffekt können für jeden (Unter-) Prozeß die Stoffflüsse über Input- und Outputgüter bilanziert werden.

Als "**Systemgrenze**" bezüglich der flächenhaften Ausdehnung dient die Landesgrenze Oberösterreichs. Die Fläche Oberösterreichs beträgt 1,2 Mio ha, davon werden 48 % landwirtschaftlich genutzt und 40 % sind Waldgebiet. In Oberösterreich wohnen 1,3 Mio Menschen. Nach oben hin umfaßt die Systemgrenze die planetare Grenzschicht (PLG). Dies ist jener Bereich der Atmosphäre, der sich ungefähr 500m über den Boden erstreckt und in dem die vertikale Durchmischung gegenüber der horizontalen klein ist. Nach unten hin umfaßt die Systemgrenze jenen Teil des Untergrundes, soweit er durch Stoffaustausch mit Grund- und Sickerwasser von der Fläche her beeinflußt wird. Als zeitliche Grenze wird die Bilanz auf der Basis eines Kalenderjahres erstellt, da dies, durch Erfassen einer Vegetationsperiode und eines hydrologischen Jahres, Mittelbildungen über den gesamten Zeitraum zulässig erscheinen läßt.

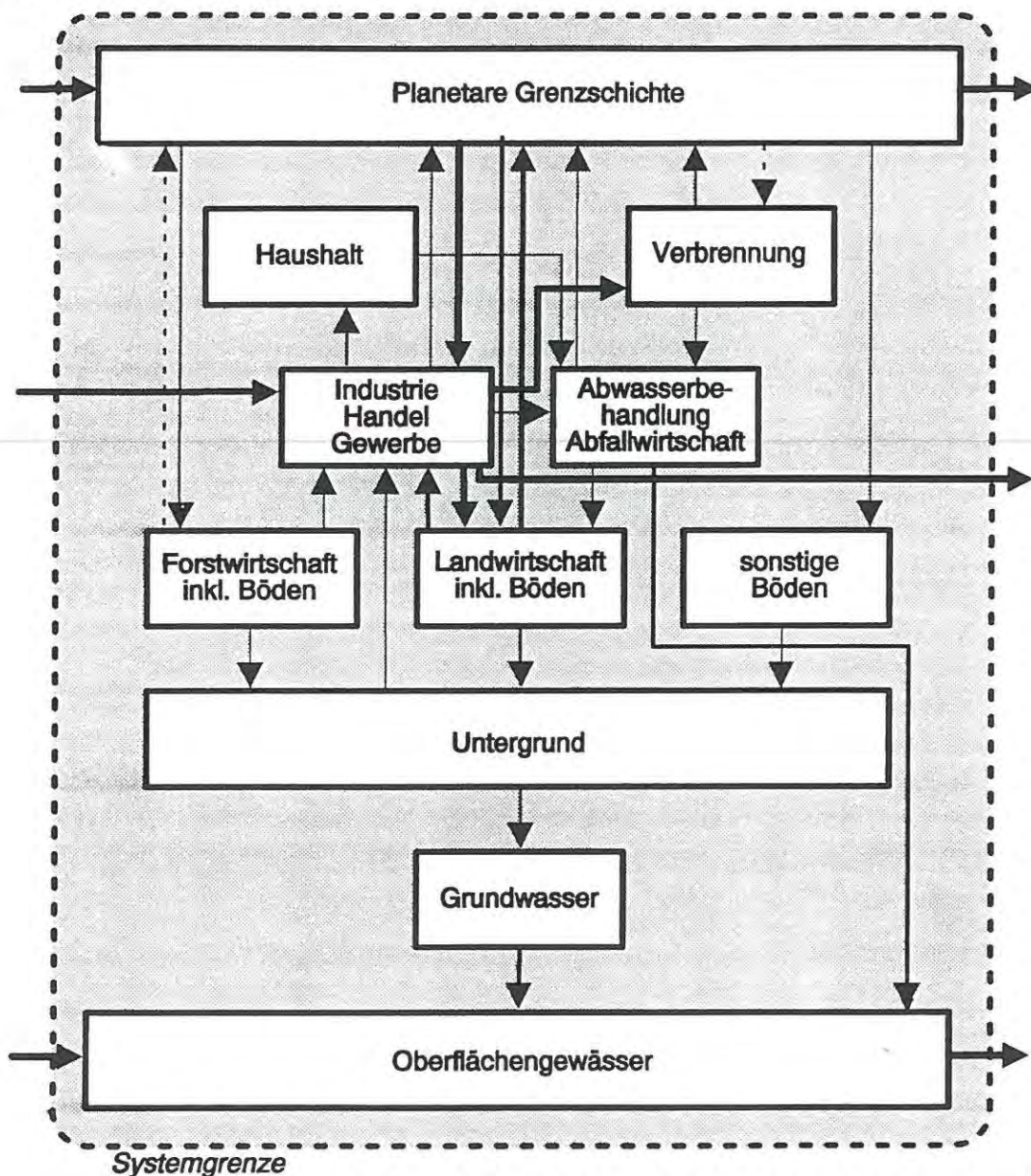
Das Gesamtsystem innerhalb der Systemgrenzen wurde in folgende 11 "**Prozesse**" gegliedert:

1. Planetare Grenzschicht,
2. Haushalt,
3. Verbrennung,
 - Industrielle Prozeßwärme,
 - Verkehr,
 - Raumheizung (inkl. Prozeßwärme der Haushalte),
4. Industrie-Handel- Gewerbe,
 - Chemische Industrie,
 - Lebensmittel- und Holzverarbeitung,
 - Handel inklusive restliche Industrie und Gewerbe,
5. Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft,
 - Abwasserbehandlung,
 - Abfallbehandlung,
6. Landwirtschaft,
 - Landwirtschaftlicher Betrieb,
 - Landwirtschaftlich genutzter Boden,
 - Landwirtschaftliche Vegetation,
 - Nutzvieh,
7. Forstwirtschaft,
 - Forst,
 - Forstwirtschaftlich genutzter Boden,

8. Sonstige Böden,
9. Untergrund,
10. Grundwasser,
11. Oberflächengewässer (siehe Abbildung 1).

Auf die Aufstellung der Güterlisten wird an dieser Stelle verzichtet, da diese für die einzelnen Prozesse in Verbindung mit der Quantifizierung der einzelnen Stoffflüsse in den nächsten Kapiteln angegeben sind. Als Stoff ist für diese Studie nur der **Stickstoff** und dessen chemische Verbindungen von Interesse, demnach wurden in die Güterliste nur **stickstoffhaltige Güter** aufgenommen.

Abbildung 1: Systemanalyse



4. Quantifizierung der Stoffflüsse

Im folgenden werden die "Güterflüsse" in und aus dem System (Import und Export) und zwischen den einzelnen Prozessen des Systems (Input und Output) zusammengestellt, es wird der Stofffluß anhand der Güterflüsse und der Stoffkonzentrationen in den Gütern quantifiziert und es wird eine Bilanzierung für die einzelnen Prozesse durchgeführt. Güter, die einen Stofffluß von $< 500 \text{ t N/a}$ (d.h. $< 0,5\%$ des Gesamtflusses) bewirken wurden vernachlässigt. Weiters werden noch ganz grobe Abschätzungen der Lagergrößen einiger Prozesse angegeben.

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, handelt es sich bei dieser Studie um eine erste Abschätzung der Stickstoffflüsse in Oberösterreich. Die verwendeten Daten sind daher von sehr unterschiedlicher Qualität. Zum Teil handelt es sich nur um grobe Abschätzungen, um eine Vorstellung der Größenordnung des jeweiligen N-Flusses, bzw. N-Lagers zu erhalten. Diese Daten werden in Folge in Klammern angegeben (xxx). Für einen anderen Teil der Daten wurden aus der Literatur entnommene Faustzahlen auf die Verhältnisse von Oberösterreich umgelegt. Die Angaben aus verschiedenen Literaturstellen schwanken zum Teil sehr stark, hier wird in Folge der gesamte Schwankungsbereich der Daten angegeben xxx - xxx und zum Teil jene Ergebnisse, die den Verhältnissen in Oberösterreich am ehesten entsprechen gesondert ausgewiesen xxx (xxx-xxx). Weiters konnte auf vorhandenes statistisches Material (z.B. Erntestatistik, Schlachtungsstatistik usw.) zurückgegriffen werden. Die daraus errechneten Stoffflüsse enthalten neben der Unsicherheit der statistischen Erhebung noch die Unsicherheit der schwankenden Stickstoffgehalte der Güter. In der Regel wurde mit aus der Literatur entnommenen mittleren N-Gehalten gerechnet. Punktförmig liegen auch Ergebnisse konkreter Erhebungen vor. Hier besteht allerdings die Schwierigkeit der Umlegung dieser Daten auf das gesamte Gebiet Oberösterreichs. Da es von der Datenlage her nicht möglich ist die gesamte Bilanzierung für ein Bezugsjahr durchzuführen, wurden Daten verwendet, die zwischen 1985 und 1991 erhoben wurden. In den folgenden Kapiteln wird kurz erläutert wie die Daten erhoben wurden.

Die hier ausgewiesenen Daten erheben keinen Absolutheitsanspruch und können jeder Zeit durch bessere ersetzt werden. Allerdings besteht durch die Anwendung der Methodik der Systemanalyse die Möglichkeit der Bilanzierung über jeden einzelnen Prozeß, wodurch bereits jetzt grobe Fehler und Ungereimtheiten ausgewiesen und bereinigt werden können. Die in den Tabellen als Differenz ausgewiesene Größe ist die Differenz zwischen der Summe der Inputgrößen in einen Prozeß und der Summe der Outputgrößen aus einem Prozeß. Diese Differenz kann durch eine Lageränderung im Prozeß, durch Outputgrößen mit unbekanntem Zielprozeß oder durch einen Fehlbetrag auf Grund ungenauer Daten begründet sein.

Legende für das Verständnis der nachfolgenden Tabellen und Abbildungen:

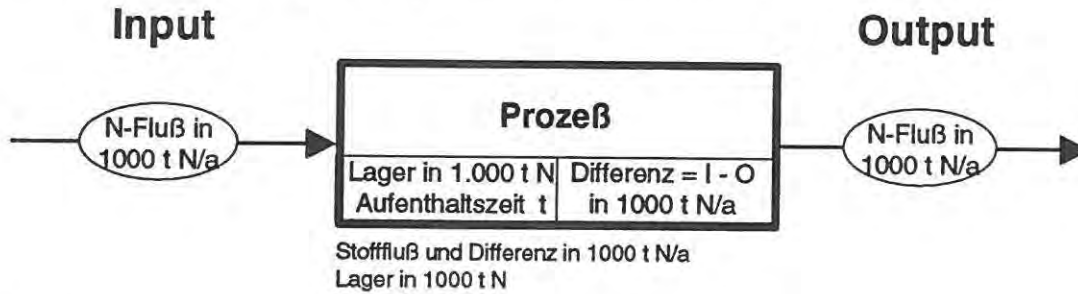
Zahlenwerte:

(xxx)	Zahlenwerte aus groben Schätzungen,
xxx	Zahlenwerte für die jeweils nur eine Quelle bekannt sind,
xxx - xxx	Schwankungsbereich der ermittelten Zahlenwerte aus unterschiedlichen Ansätzen,

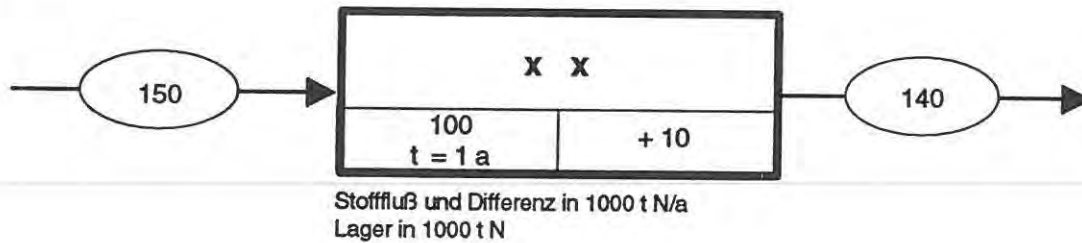
- xxx (xx- xxx) Schwankungsbereich der ermittelten Zahlenwerte, wobei der den Verhältnissen in Oberösterreich am ehesten entsprechende Wert hervorgehoben ist,
- Zahlenwerte die vernachlässigt werden,
- ? unbekannte Größen.

Abbildungen:

Die folgenden Abbildungen sind jeweils nach folgendem Schema aufgebaut:



Beispiel:



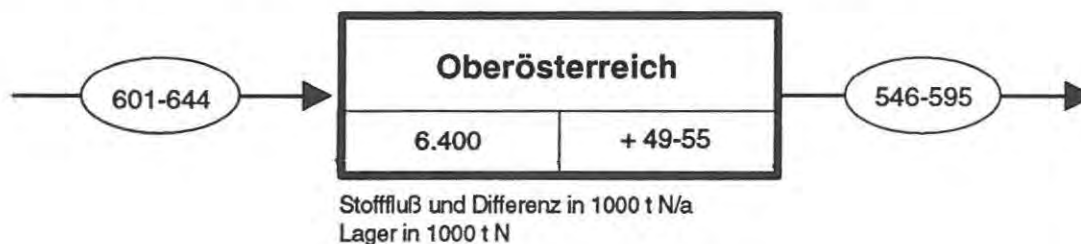
- Dabei sind:
- Inputgröße: 150000 t N/a
 - Outputgröße: 140000 t N/a
 - Lager: 100000 t N
 - Aufenthaltszeit im Lager t: 1 a
 - Differenz = Input - Output
 - (Lageränderung/unbekannter Zielprozeß/Fehlbetrag): + 10000 t N/a

4.1. Import - Export

Tabelle 1: Aufgliederung der Import und Export Stoffflüsse des Gesamtsystems

Zielprozesse im System	Importgüter	1000 t N/a	ohne PLG 1000 t N/a
Planetare Grenzschicht (PLG)	Luft	N ₂ -N (5 · 10 ⁹)	408
		NO _x -N (34)	9 - 12
		NH _x -N (17)	13 - 16
Handel	Lebensmittel	-	-
Handel	Futtermittel	(22 - 25)	(22 - 25)
Handel	Mineraldünger	10	10
Handel	Versch. N-haltige Produkte	?	?
Handel	Brennstoffe	31	31
Grundwasser	Grundwasser	(-)	(-)
Oberflächengew.	Oberflächenwasser	(108 - 142)	(108 - 142)
	Summe		601 - 644
Herkunftspr. im System	Exportgüter	1000 t N/a	ohne PLG 1000 t N/a
Planetare Grenzschicht (PLG)	Luft	N ₂ -N (5 · 10 ⁹)	24
		NO _x -N (34)	13
		NH _x -N (17)	17 - 24
Handel	Lebensmittel	(6)	(6)
Handel	Futtermittel	-	-
Handel	Mineraldünger	222	222
Handel	Versch. N-haltige Produkte	142 - 143	142 - 143
Handel	Brennstoffe	1	1
Grundwasser	Grundwasser	(-)	(-)
Oberflächengew.	Oberflächenwasser	(121 - 162)	(121 - 162)
	Summe		546 - 595
	Differenz		+ 49 - 55
	Lager 1000 t N		(6 400)

Abbildung 2: Bilanz des Gesamtsystems ohne Planetare Grenzschicht



Luft: Die Flüsse "Importe" und "Exporte" aus der planetaren Grenzschichte sind nur sehr schwer zu ermitteln. Sie werden in diesem Abschnitt geschätzt. Die Genauigkeit dieser

Schätzung ist gering, da weder die Windverhältnisse noch die Stoffkonzentrationen der PLG bekannt sind. Deshalb wurden die mittleren Stoffkonzentrationen aus den Meßwerten am Boden abgeleitet. Diese Methode ist genügend genau, um die Größenordnung der Importe und Exporte abzuschätzen.

Aus den Jahresmittelwerten verschiedener Meßstellen Oberösterreichs konnte die mittlere Windgeschwindigkeit in Bodennähe (1,4 m/s) ermittelt werden [Amt der OÖ Landesregierung, Luftgüteüberwachung, 1991]. Entsprechend RESUB Luft [Beer, Moench, Brunner, 1991] wurde daraus auf eine mittlere Windgeschwindigkeit über die 500m der PLG von ungefähr 3 m/s geschlossen. Die Fläche Oberösterreichs läßt sich für diese Abschätzung als eine Kreisscheibe mit 120 km Durchmesser beschreiben. Der jährliche Fluß der Luft durch die PLG beträgt dann ungefähr $5,7 \cdot 10^{15} \text{ m}^3/\text{a}$ beziehungsweise $6,8 \cdot 10^{12} \text{ t/a}$.

Zur Berechnung der Stoffimporte in die PLG wurden anhand der Konzentrationen in Bodennähe folgende durchschnittlichen Stoffkonzentrationen abgeschätzt:

N_2 78%
 $\text{NO}_x\text{-N}$ $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $\text{NH}_x\text{-N}$ $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Die NO_x Konzentrationen in Bodennähe sind für verschiedene Meßstellen der Luftgüteüberwachung [Amt der OÖ Landesregierung, 1991] zu entnehmen. Für NH_x Konzentrationen standen aus Oberösterreich nur Messungen der Meßstelle Schöneben [Puxbaum, 1991] zur Verfügung. Es wurden für NH_x daher mittlere Konzentrationen aus der Literatur angenommen [TUSCH, 1990]. Bei $\text{NO}_x\text{-N}$ und $\text{NH}_x\text{-N}$ wurde für die mittlere Konzentration in der PLG die Hälfte der Konzentration in Bodennähe eingesetzt [nach Beer, Moench, Brunner 1991]. Die daraus berechneten Stickstoffflüsse sind in Tabelle 1 angegeben.

Als weitere wichtige N-Verbindung der Atmosphäre wäre noch das Lachgas (N_2O) zu erwähnen. Die N_2O -Konzentrationen in der Atmosphäre liegen auf Grund der langen Verweilzeit mit ca. 300 ppb [TUSCH, 1990; Hackl, Vitovec, 1992] weit über denen von NO_x und NH_x . Da jedoch die gesamten N_2O -Emissionen der Region mengenmäßig kaum ins Gewicht fallen dürften und außerdem der Kenntnisstand noch recht gering ist wurde N_2O in dieser Studie nicht gesondert ausgewiesen. (siehe auch Abschnitt 4.2.).

Handels Güter: Auch bei Handels Gütern ist die Ermittlung der Exporte und Importe für Oberösterreich problematisch, da für die Landesgrenzen keine Export - Import Statistiken existieren. Hier wurde so vorgegangen, daß den Produktionsmengen der Güter in Oberösterreich die Verbrauchsmengen gegenübergestellt und daraus der Netto-Export bzw. Netto-Import abgeschätzt wurde. Die Berechnung von Produktions- und Verbrauchsmengen ist den jeweiligen Prozessen zu entnehmen.

Grundwasser: Ein etwaiger Export oder Import von Stickstoff über das Grundwasser wurde nicht berücksichtigt.

Oberflächengewässer: Der Export von Stickstoff über Oberflächengewässer ist in Oberösterreich durch die N-Fracht der Donau recht eindeutig definiert. Für die Pegel Linz-St. Magareten und Ybbs-Persenbeug werden monatlich Abflußmengen und NO_3^- , NO_2^- und NH_4^+ - Konzentrationen der Donau ermittelt [Bundesanstalt für Wassergüte, 1985 - 1990]. Nicht erfaßt werden dabei die organischen Stickstoffverbindungen. Hier wäre noch zu klären in wie weit diese für die gesamt N-Fracht von Bedeutung sind. Für die Jahre 1985 -

1990 wurde aus den vorhandenen Daten die N-Jahresfracht der Donau an dem jeweiligen Pegel berechnet. Es zeigten sich von Jahr zu Jahr große Schwankungen in den Jahresfrachten. Am Pegel Linz - St. Magareten (112 - 148 000 t N/a) wird ein Teil der aus Oberösterreich stammenden N - Einträge in die Donau nicht erfaßt, die Frachten am Pegel Ybbs - Persenbeug (124 - 179 000 t N/a) enthalten bereits einen Anteil von Einträgen aus Niederösterreich. Für diese Abschätzung wurden die Mittelwerte aus den beiden Pegeln als N - Export über die Donau angenommen (121 - 162 000 t N/a). Wesentlich unklarer als die Abflußverhältnisse sind die Zuflußverhältnisse nach Oberösterreich. Neben der Donau ist auch noch der Inn maßgeblich für den Zufluß, und dieser ist zudem noch ein Grenzgewässer zu Bayern, sodaß keine klare Zuordnung getroffen werden kann. Die als Durchschnitt der beiden Donaupegeln Obernzell und Felsen-Hütt, nach der Einmündung des Inn, ermittelte N-Jahresfrachten liegen für die Jahre 1985 - 1990 zwischen 108 - 142 000 t N/a. Allerdings wird in Obernzell und Felsen-Hütt bereits Stickstoff miterfaßt, der aus Einträgen aus Oberösterreich stammt. In Ermangelung eines besseren Datenmaterials wird vorerst die N-Fracht dieser Pegel mit dem N-Import nach Oberösterreich gleichgesetzt.

Bilanzierung: Eine Bilanzierung der Importe und Exporte des gesamten Systems hat nur dann einen Sinn, wenn der Export und Import von Luftstickstoff nicht berücksichtigt wird, da er dermaßen überwiegt, sodaß die anderen Größen keinen Einfluß auf die Bilanz haben würden. Die Bilanzierung über das Gesamtsystem wurde daher ohne die Planetare Grenzschicht durchgeführt. Für diese Bilanzierung wurde der Output und der Input der Planetaren Grenzschicht als Import und Export für das System gewertet. Bei der Bilanzierung zeigt sich eine Differenz zwischen Importen und Exporten von rund 10%. Diese läßt sich durch Lageränderungen und Fehlbeträge in den einzelnen Prozessen erklären.

Lager: Die Lagergröße im Gesamtsystem ergibt sich aus der Summe der Abschätzungen der Lagergrößen der einzelnen Prozesse.

4.2. Planetare Grenzschicht (PLG)

Kurzbeschreibung des Prozesses: Die Planetare Grenzschicht ist jener Teil der Atmosphäre, der sich ungefähr 500m über dem Boden erstreckt und in dem die vertikale Durchmischung gegenüber der horizontalen eher klein ist. In der Terminologie der Stoffflußanalyse läßt sich der Prozeß "Planetare Grenzschicht" durch den Transport des Gutes "Luft" und die Transformationen des Gutes "Abluft" über verschiedenste chemische Reaktionen in das Gut "nasse und trockene Deposition" beschreiben. Die planetare Grenzschicht ist auf Grund der kurzen Aufenthaltszeit der Luft, auf unsere Systemgrenzen bezogen, ein unbedeutender Stickstoffspeicher. Sie ist aber der wichtigste "Durchflußreaktor".

Tabelle 2: Aufgliederung der Stoffflüsse durch die Planetare Grenzschichte:

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Import	Luft	N ₂ -N (5 · 10 ⁹) NO _x -N (34) NH _x -N (17)
Landwirtschaftlich genutzter Boden	Abluft _{Boden}	N ₂ -N 8 NH ₃ -N 9 - 13
Landwirtschaftlicher Betrieb	Abluft _{Gülle}	NH ₃ -N 8 - 11
Verbrennung (industrielle Prozesswärme, Verkehr, Raumheizung)	Abluft _{Verbrennung}	NO _x -N 13 N ₂ 43111
Chemische Industrie	Abluft _{chemische Industrie}	NH ₃ -N < 0,5
Abwasserbehandlung	Abluft _{Abwasser}	N ₂ -N 1
Abfallbehandlung	Deponiegas	-
	Summe ohne N₂	81 - 88
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Export	Luft	N ₂ -N (5 · 10 ⁹) NO _x -N (34) NH _x -N (17)
Landwirtschaftlich genutzte Böden	nasse und trockene Deposition	NO _x -N 4 - 6 NH _x -N 6 - 8 ges. N 10 - 14
Sonstige Böden	nasse und trockene Deposition	NO _x -N 1 NH _x -N 1 - 2 ges. N 2 - 3
Forst	nasse und trockene Deposition	NO _x -N 4 - 5 NH _x -N 5 - 6 ges. N 9 - 11
Landwirtschaftlich genutzter Boden	Luft	N ₂ -N 7
Chemische Industrie	Luft	N ₂ -N 396
Verbrennung (Industrielle Prozesswärme, Verkehr, Raumheizung)	Luft	N ₂ -N 43100
	Summe ohne N₂	72- 79
	Differenz ohne N ₂	+ 9
	Lager mit N ₂ in 1000 t N Aufenthaltszeit t: (10h)	(6 · 10 ⁶)

Import und Emissionen: Die größenordnungsmäßige Abschätzung der N-Importe und Exporte über die Luft wurden bereit in Abschnitt 4.1. erläutert. Die NH₃ - Emissionen aus der Landwirtschaft werden in Abschnitt 4.7. näher behandelt. Die NO_x - Emissionen aus Verbrennungsprozessen sind einer Emissionsermittlung des Amtes der OÖ - Landesregierung [1988] entnommen. Eine Aufgliederung in Verursacher erfolgt in Abschnitt 4.4.. Die NH₃ - Emissionen aus der Industrie wurden uns von der einzigen relevanten Quelle, der ÖMV-Chemie zur Verfügung gestellt. Die Stickstoff - Abgabe an die Luft durch Denitrifikation in

der Abwasserreinigung und von den landwirtschaftlich genutzten Böden wird in Abschnitt 4.6. bzw. 4.7.4. behandelt.

Die N₂O-Emissionen für Gesamt-Österreich betragen in Summe ca. 7600 tN/a [Hackl und Vitovec, 1992], wobei nur die Emissionen aus Verbrennungsprozessen genauer untersucht wurden, der Großteil aber den Böden entstammen dürfte. Auf Oberösterreich umgelegt betragen die gesamten N₂O-N Emissionen ca. 1300 t/a und davon entstammen ca. 1000 t/a den Böden. Dieser Anteil ist in den Denitrifikationsverlusten aus den Böden enthalten, ist mengenmäßig eher unbedeutend und wird daher nicht extra ausgewiesen. Über N-Emission durch Deponiegas sind keine Informationen bekannt, sie dürften allerdings gering sein. Der Input und Output von Luftstickstoff bei Verbrennungsprozessen wird in Abschnitt 4.4. behandelt.

Depositionen: In TUSCH [1989] wird aus gemessenen und errechneten Werten für Österreich auf eine durchschnittliche gesamte Deposition von 16 kg/ha.a (8,5 kg/ha.a als NO_x-N und 7,5 kg/ha.a als NH_x-N) geschlossen. Die Schwankungsbreite der gemessenen Werte beträgt im Freiland 4 - 21 kg N/ha.a und in Waldökosystemen 6 - 40 kg N/ha.a. Auch wird darauf hingewiesen, daß die Messung der nassen und trockenen Deposition die tatsächlichen Deposition etwas unterschätzen dürfte. So werden in TUSCH, Abschnitt Boden, für Oberösterreich Depositionen von 23 kg/ha.a (10 kg/ha.a NO_x-N, 13 kg/ha.a NH_x-N) errechnet. Dem Messbericht des Amtes der OÖ - Landesregierung sind Messergebnisse von WADOS - Geräten (wet and dry only sampler) für die nasse und trockene Deposition zu entnehmen. Für die Messstellen Schöneben, Kremsmünster und Almsee ergibt sich für die Jahre 1989 - 1991 bei einer Schwankungsbreite von 11- 21 kg N/ha.a eine durchschnittlich Gesamtdeposition von 18 kg N/ha.a (NO_x-N 7 kg/ha.a, NH_x-N 11 kg/ha.a). Die Ergebnisse der Meßstellen Steyregg und ORF - Zentrum wurden zur Mittelbildung nicht herangezogen, da sie auf Grund ihrer Nähe zu Linz vermutlich nicht repräsentativ für Oberösterreich sind.

Auch für die N - Depositionen in Waldökosysteme liegen eine Reihe von Meßwerten vor [Glatzel et al., 1988], [FBVA Berichte, 1988] (Meßstellen Schöneben, Wurzeralm, Hausruck 1984 - 1987). Die Ergebnisse schwanken von 13 - 49 kg N/ha.a. Jedoch liegt auch hier, unter Vernachlässigung der extrem hohen Werte aus dem Hausruck, der Mittelwert bei 18 kg N/ha.a. Puxbaum/Rosenberg [1989] ermitteln aus Messungen der nassen und Berechnung der trockenen Deposition für Schöneben unter Fichte eine Gesamtdeposition von 31 kg N/ha.a.

Für eine Gesamtbetrachtung Oberösterreichs scheinen die 18 kg N/ha.a ein guter Mittelwert der Meßwerte zu sein. Um die etwaige Unterschätzung der gemessenen Werte zu berücksichtigen wird im folgenden die berechnete Deposition aus TUSCH [1990] übernommen und mit einer Schwankungsbreite von 18 - 23 kg N/ha.a als Gesamtdeposition in Oberösterreich gerechnet.

Die Flächenaufteilung zur Berechnung der Depositionen wurde der Bodennutzungserhebung von 1990 (Landwirtschaftlich genutzte Böden: 576 538 ha) [ÖSTZ, 1991] und der österreichischen Forstinventur 1986/90 [in Amt der OÖ - Landesregierung, 1991] (forstwirtschaftlich genutzte Böden: 487 209 ha) entnommen. Die Rest auf die Gesamtfläche Oberösterreichs wurde unter den sonstigen Böden zusammengefaßt (134 221 ha).

N - Fixierung: Die Werte für die biologische und die chemische N - Fixierung wurden von den Abschnitten 4.7.2. und 4.5.1. übernommen.

Bilanzierung der Planetaren Grenzschichte:

Eine Bilanzierung des Gesamtstickstoffflusses durch die PLG ist nicht sinnvoll da der Luftstickstoff übermäßig dominiert. Auf Grund der relativ geringen Verweilzeit der meisten relevanten Spurengase kann von einem Gleichgewicht von Emission und Deposition ausgegangen werden [TUSCH, 1990]. Es wird eine getrennte Bilanzierung der N - haltigen Spurengase und deren Umwandlungsprodukte $\text{NO}_x\text{-N}$ und $\text{NH}_x\text{-N}$ durchgeführt. In den Abbildungen 4 und 5 sind die wichtigsten NO_x und NH_x Inputs und Outputs der PLG noch einmal zusammengefaßt.

Abbildung 3: NH_x - Bilanz der PLG

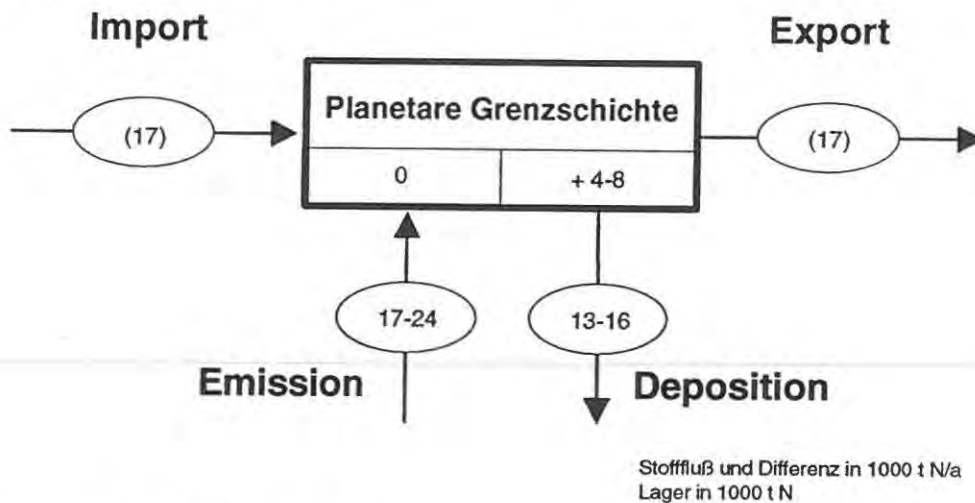
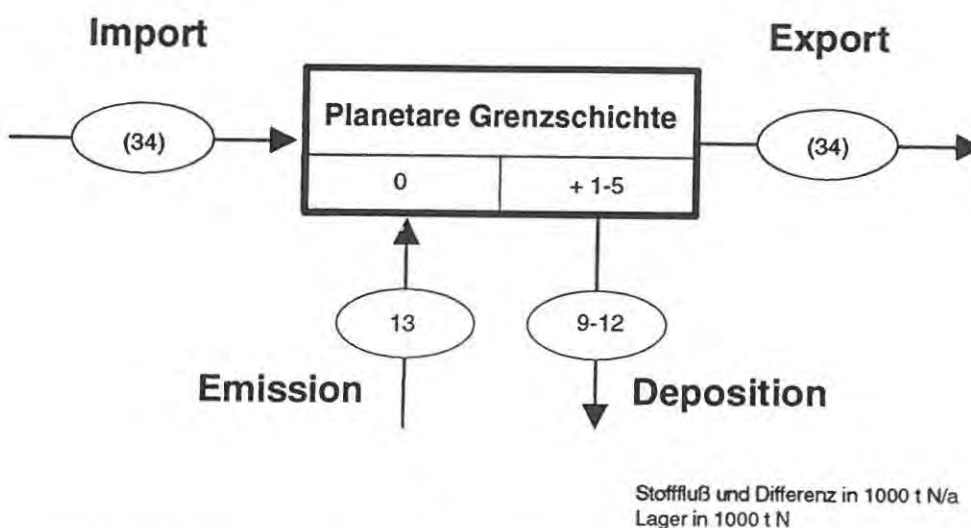


Abbildung 4: NO_x -Bilanz der PLG



Aus Abbildung 3 sieht man, daß die NH_x -Importe und die NH_x -Exporte etwa in derselben Größenordnung liegen dürften wie die NH_3 -Emissionen aus der Landwirtschaft in Oberösterreich. Bei NO_x (Abbildung 4) liegt die Größenordnung der Importe und Exporte, bei aller Unsicherheit der Abschätzung, doch deutlich über den Emissionen aus Oberösterreich. Es läßt sich daraus schließen, daß die NH_3 -Emissionen in Oberösterreich einen wesentlich

direkteren Einfluß auf die Immissionen haben werden als die NO_x -Emissionen. Dies zeigt sich auch bei der Betrachtung der Ergebnisse aus den Depositionsmessungen, bei NH_3 -Emissionen aus der oberösterreichischen Landwirtschaft, die durch den hohen Viehbestand deutlich über dem österreichischen Durchschnitt liegen, liegen auch die NH_x -Depositionen über den Durchschnittswerten Österreichs. Auch die NO_x -Emissionen Oberösterreichs liegen über dem österreichischen Durchschnitt, was sich allerdings nicht in einer erhöhten NO_x -Deposition niederschlägt. Weiters ist aus der Tabelle zu ersehen, daß Oberösterreich sowohl bei NH_x als auch bei NO_x eher zu den Netto - Exporteuren zählen dürfte.

Lager: Die PLG ist ein sehr großes N - Lager mit einer allerdings sehr geringen Aufenthaltszeit. Zur Abschätzung der Größenordnungen wurden die selben Annahmen wie in Abschnitt 4.1. getroffen. Bei einer Fläche Oberösterreichs von 1,2 Mio ha und der Höhe der PLG von 500m, beträgt das Luftvolumen über Oberösterreich $6 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ bzw. die Luftmasse $7 \cdot 10^9 \text{ t}$. Bei einem N - Gehalt von 78% sind das $5,6 \cdot 10^9 \text{ t}$ Luftstickstoff in der PLG über Oberösterreich. Bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit in der PLG von 3 m/s und einer Ausdehnung Oberösterreichs von rund 120 km beträgt die Aufenthaltszeit der Luft über Oberösterreich rund 10h.

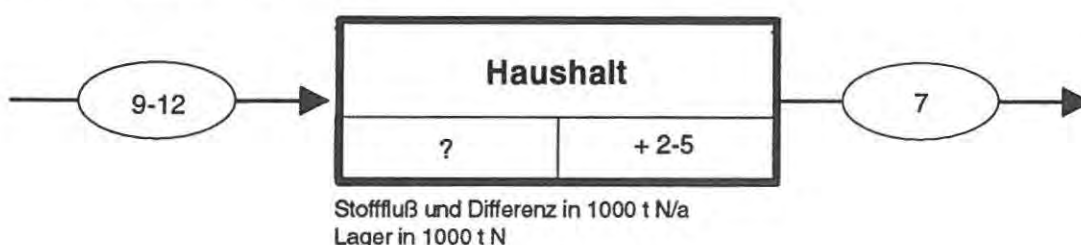
4.3. Haushalt

Kurzbeschreibung des Prozesses: Der Haushalt umfaßt den Einkauf von Gütern und deren Verwendung bis sie schließlich über das Abwasser oder als Abfall entsorgt werden. Wichtige N - hältige Güter sind Lebensmittel, einige Kunststoffe, Abwasser und Abfall. Nicht zu diesem Prozeß werden Verbrennungsvorgänge zum Heizen, Kochen und der Warmwasserbereitung gerechnet. Der Haushalt ist ein N-Speicher (Baumaterialien, Einrichtungsgegenstände, Nahrungsmittelvorräte, Menschlicher Organismus)

Tabelle 3: Aufgliederung der Stoffflüsse durch den Haushalt

Herkunftsprozeß	Inputgüter	1000 t N/a
Handel	Nahrungsmittel	5 - 7
Handel	Versch. N-haltige Produkte	4 - 5
	Summe Input	9 - 12
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Abwasserbehandlung	Abwasser	5
Abfallwirtschaft	Abfall	2
	Summe Output	7
	Differenz	+ 2 - 5
	Lager 1000 t N	?

Abbildung 5: Bilanz Haushalt



Nahrungsmittel: Der aus einer Schweizer Konsumerhebung [BAS, 1987] und mittleren Stickstoffgehalten der Lebensmittel [Ciba-Geigy, 1977] [in Baccini, Brunner, 1991] ermittelte jährliche N - Input über Lebensmittel in den Haushalt beträgt ,bei einem Zuschlag von 10% für Nahrungsaufnahme außer Haus, 3,6 kg N/Kopf.a. Dies ergibt, unter Berücksichtigung des Anteils für den Fremdenverkehr, auf Oberösterreich umgelegt eine Fracht von rund 5000 t N/a als Input über Nahrungsmittel in die Haushalte. Legt man den Berechnungen den durchschnittlichen Pro-Kopf-Lebensmittelverbrauch der Ernährungsbilanz des Österreichischen Statistischen Zentralamtes [ÖSTZ, 1991] zu Grunde, erhält man bei den selben angenommenen Stickstoffgehalten einen Stickstoffverbrauch von 7,1 kg N/EW.a (EW: Einwohner). Allerdings handelt es sich bei der Ernährungsbilanz des ÖSTZ um keine Konsumerhebung, sondern um eine Ermittlung der Nahrungsmittelproduktion der Landwirtschaft für den inländischen Verbrauch. Nach Angaben des ÖSTZ sind davon bis zum Verkauf an die Endverbraucher ein Schwund von ca. 30% anzusetzen. Der so ermittelte N - Input in den Haushalt beträgt dann 4,9 kg N/EW.a (OÖ: 6000 t N/a). Isermann [1991] gibt für Deutschland eine N-Anlieferung der Landwirtschaft über Verkaufsprodukte von 10 kg N/EW.a an. Davon erreichen 5,6 kg/EW.a die Verbraucher in Deutschland. Auf Oberösterreich umgelegt sind das 7000 t N/a. Die Spanne zwischen Produktion und Verbrauch liegt bei Isermann bei 44%.

Verschiedene N - haltige Produkte: Hier dürften vor allem Kunststoffe von Bedeutung sein. Für Österreich konnten keine Verbrauchszahlen ermittelt werden. Aus einer Studie aus der Schweiz [Baccini, 1989] ist der Import an Kunststoffen in der Schweiz bekannt. Dieser entspricht in etwa dem Schweizer Kunststoffverbrauch, da in der Schweiz keine Kunststoffproduktion besteht. Der daraus berechnete pro Kopf-Kunststoffverbrauch wurde auch für Oberösterreich angenommen, und mit Hilfe der N-Gehalte [aus: Franck, Biederbick, 1990; Beyer, Walter, 1981, und eigenen Berechnungen] der N-Input über Kunststoffe in den Haushalt berechnet.

Abwasser: Fleckseder [1989] gibt aus Untersuchungen von der Wiener Hauptkläranlage einen Stickstoffanfall im Abwasser von 10 g/EW.d (3,65 kg/EW.a, bzw. OÖ: 5000 t N/a) an. Davon entstammen 9 g den menschlichen Ausscheidungen, 0,5 g werden für den Eintrag von Speiseresten angenommen und weiter 0,5 g sind ein Zuschlag für den Fremdenverkehr. Isermann [1991] rechnet in seiner Studie mit einer Abgabe von 4 kg N/EW.a (5000 t N/a) an das Abwasser.

Abfall: In TUSCH [1989] wird mit einem N - Gehalt in der Vegetabilienfraktion im Hausmüll von 0,8% gerechnet. Umgelegt auf die Abfallerhebung des Amtes der OÖ-LR [1992] ergibt das eine N -Fracht von 1000 t N/a (0,8 kg N/EW.a). Aus Untersuchungen des Institutes für Wassergüte und Abfallwirtschaft ergaben sich N - Gehalte im Gesamthausmüll von 0,7 - 1% bezogen auf die Trockensubstanz [Mostbauer, persönliche Mitteilungen, 1992], bei einem durchschnittlichen Wassergehalt von 30 - 40% [Hösel, Schenkel, Schnurer, 1964] liegt der N - Gehalt des feuchten Hausmüll bei 0,4 - 0,7%, dies entspricht einer N -Fracht im Hausmüll von rund 2000 t/a.

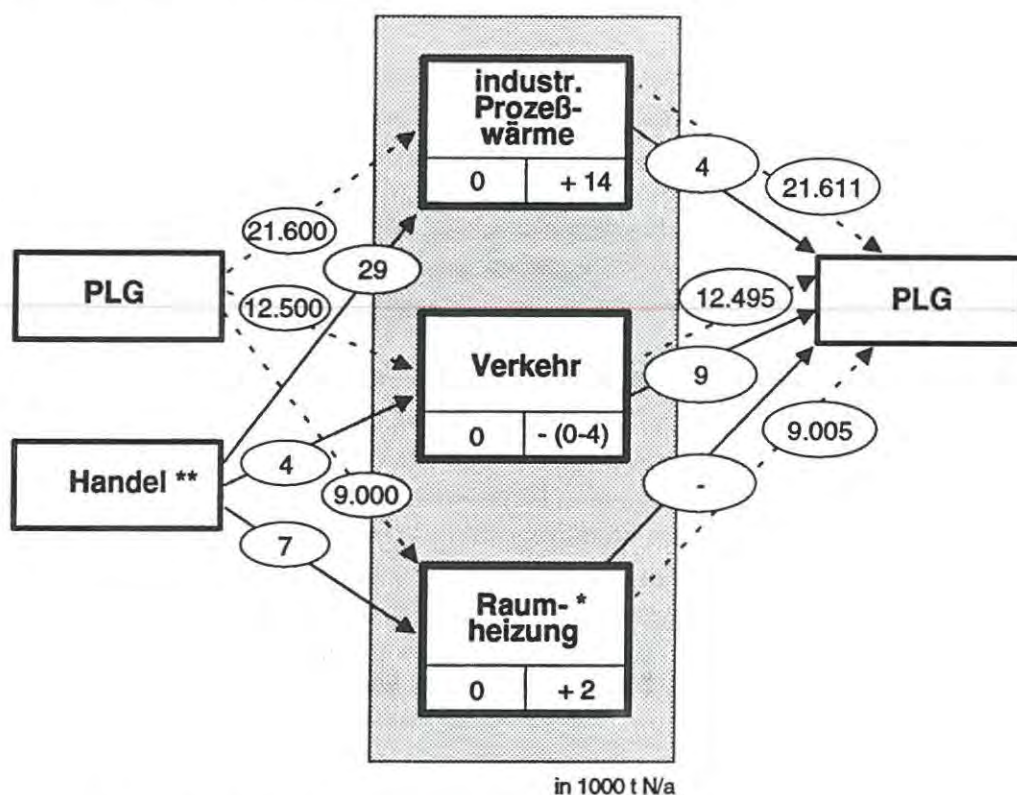
Bilanzierung : Einem N - Input über Nahrungsmittel von 5 - 7000 t/a steht ein Output von 5000 t/a über das Abwasser und 1000 t/a über die Vegetabilienfraktion des Mülls gegenüber. Im Großen und Ganzen zeigt sich daher eine recht gute Übereinstimmung der oben beschriebenen Ansätze, wenn auch in der Vegetabilienfraktion ein Anteil aus Gartenabfällen enthalten ist, der beim Input nicht berücksichtigt wurde.

Im Hausmüll sind ca. 1000 t N/a enthalten die nicht der Vegetabilienfraktion zuzurechnen sind. Dem gegenüber steht ein Input von 4 - 5000 t N/a über Kunststoffe. Daraus ergibt sich ein Bilanzierungsüberschuß von 3 - 4000 t N/a, der, wenn kein grober Bilanzierungsfehler vorliegt, als Lagererhöhung durch Baumaterialien und Einrichtungsgegenstände im Haushalt bewertet werden kann.

4.4. Verbrennung

Kurzbeschreibung des Prozesses: Dieser Prozeß enthält sämtliche N-Umsetzungen bei Verbrennungsvorgängen. In den übrigen Prozessen werden demnach die Verbrennungsvorgänge nicht mehr berücksichtigt. Als Unterprozesse des Prozesses Verbrennung werden betrachtet: Industrielle Prozeßwärme, Verkehr, Raumheizung (inkl. Prozeßwärme der Haushalte).

Abbildung 6: Bilanz Prozeß Verbrennung



* inkl. Prozeßwärme im Haushalt

Summe:

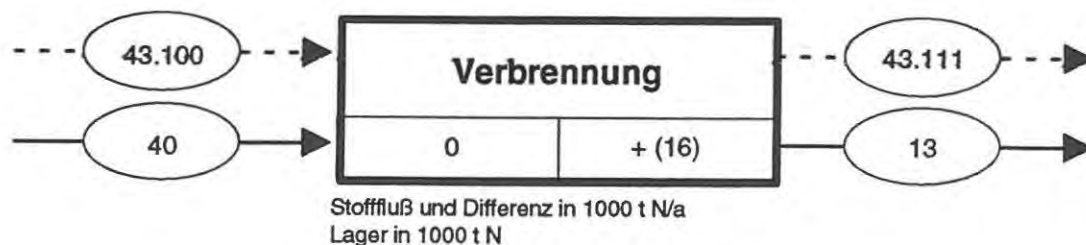


Tabelle 4: Aufgliederung der Stoffflüsse durch den Prozeß Verbrennung:

		Industrielle Prozeßwärme	Verkehr	Raumheizung + Prozeßw. i. HH.
Herkunftspr.	Inputgüter	1000 t N/a	1000 t N/a	1000 t N/a
PLG	Luft	21600	12500	9000
Handel	Brennstoff	29	4	7
	Summe	21629	12504	9007
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a	1000 t N/a	1000 t N/a
PLG	Abluft _{Verbrennung}	NO _x -N 4 N ₂ 21611	NO _x -N 9 N ₂ 12495	NO _x -N - N ₂ 9005
Abfallw.	Schlacke	?	-	?
	Summe	21615	12504	-
	Differenz	(+ 14)	-	(+ 2)
	Lager	-	-	-

Brennstoffe: Eine Aufstellung der Aufbringung und des Verbrauchs von Energieträgern in Oberösterreich ist dem Energiekonzept Oberösterreichs [Kotzmann, 1992] zu entnehmen. Daraus wurde mit mittleren N-Gehalten die N-Fracht berechnet die über die Brennstoffe den Verbrennungsprozessen zugeführt wird. [Quellen für N-Gehalte: Wasserwirtschaft Wasser- vorsorge, 1982; Doz. Brötzenberger, Versuchsanstalt für Brennst., Feuerungsanlagen. und Gastechnik, persönliche Mitteilungen, 1992; Aumüller, 1990; Angaben der OKA, 1992 und der Oberösterreichischen Ferngas Ges.m.b.H, 1992]

Abluft: Die NO_x-Emissionen wurden vom Amt der OÖ-Landesregierung Abteilung Umweltschutz für das Jahr 1988 zur Verfügung gestellt. Aus dem Emissionskataster des Amtes für Umweltschutz des Magistrates Linz sind die Werte für Linz aus dem Jahre 1990 zu entnehmen. Es zeigt sich eine Reduktion der Emissionen der Linzer Großindustrie Voest und ÖMV-Chemie. Bei der ÖMV-Chemie sind weitere Reduktionen der Emissionen in Realisierung. Verbesserungen beim Verkehr dürften durch ein erhöhtes Verkehrsaufkommen wieder ausgeglichen werden, sodaß ansonsten die Emissionen seit 1988 in etwa gleichgeblieben sein dürften. Diese Emissionsdaten konnten auch durch eigene Berechnungen über den Brennstoffverbrauch [Kotzmann, 1992] und spezifischen Emissionsfaktoren [aus: Beer, Moench, Brunner; 1991] bestätigt werden. Ebenfalls wurde nach RESUB LUFT [Beer, Moench, Brunner; 1991] mit Hilfe brennstoffspezifischer Faktoren für den Luftverbrauch und über den Brennstoffverbrauch der Luftverbrauch für Verbrennungsvorgänge in Oberösterreich berechnet. Der Stickstoff aus der Luft macht einen überwiegenden Anteil des am Verbrennungsprozeß beteiligten Stickstoffes aus und verläßt zum Großteil den Verbrennungsprozeß über die Abluft unverändert.

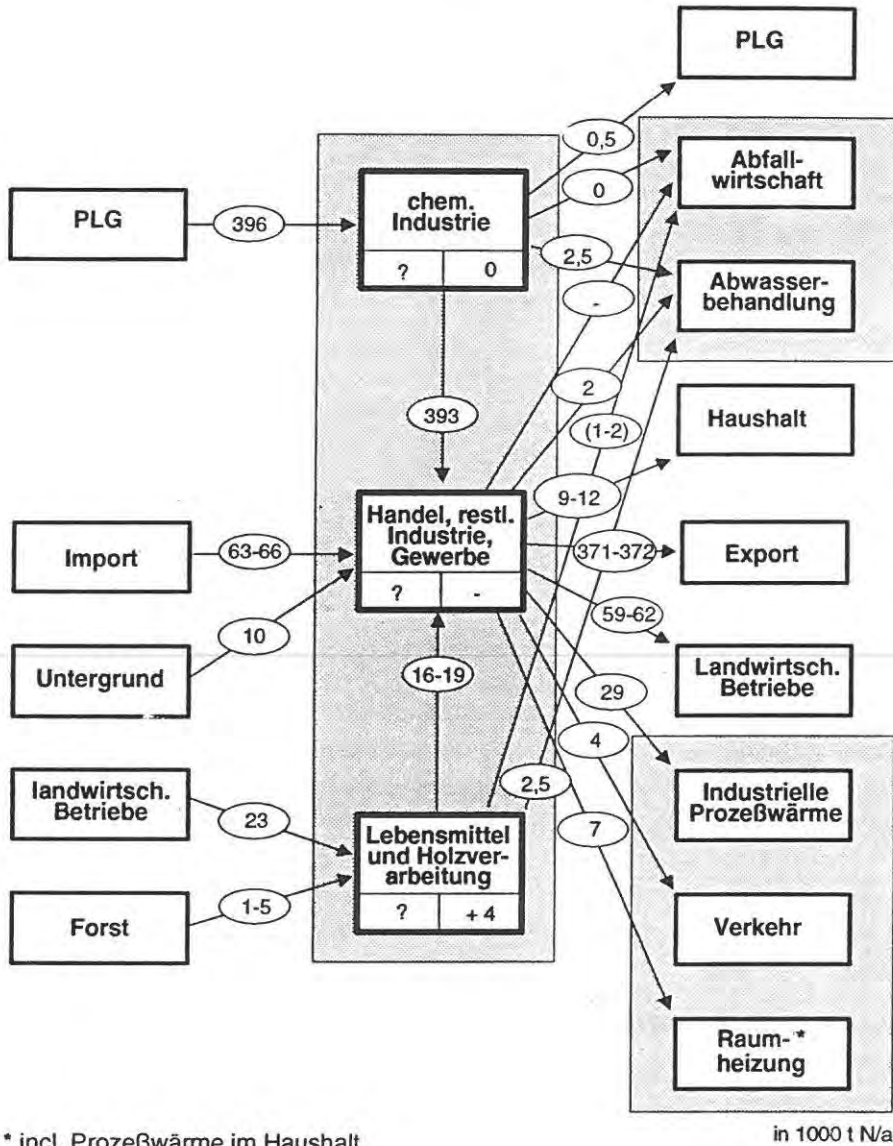
Bilanzierung: Bei der Bilanzierung über den Unterprozeß Verkehr zeigt sich das die über die Kraftstoffe in den Verbrennungsprozeß eingebrachte Stickstoffmenge kleiner als der Output über die NO_x-N Emissionen ist. Von restlichen NO_x wird angenommen, daß es der Oxidation des Luftstickstoffes entstammt. Bei der Bilanzierung über die Unterprozesse industrielle Prozeßwärme und Raumheizung fällt der große Überschuß der über die Brennstoffe in den Prozeß eingebrachte N-Menge gegenüber dem N-Output über NO_x-Emissionen auf. Ein Teil dieses Überschusses (11 000 tN/a bei der industriellen Prozeßwärme und 5 000 tN/a bei der Raumheizung) läßt sich dadurch erklären, daß der Brennstoffstickstoff im Erd-

gas als N_2 vorliegt. Dieses N_2 ist mengenmäßig gegenüber dem am Verbrennungsprozeß beteiligten Luftstickstoff vernachlässigbar klein und hat für die NO_x -Bildung keine Bedeutung. Anders sind die Verhältnisse bei Kohle und Erdölprodukten, da hier anzunehmen ist, daß der Stickstoff vor allem in organisch gebundener Form vorliegt, sodaß theoretisch annähernd der gesamte Brennstoffstickstoff zu NO_x oxidiert werden müßte. Demgegenüber gibt es Messungen bei der OKA für die Kohlestaubfeuerung, wonach durchschnittlich nur etwa 20 - 25% des Brennstoffstickstoffes als NO_x wiedergefunden wurden, beziehungsweise von der Oberösterreichischen Ferngas Ges.m.b.H. für die Verbrennung von Erdölprodukten, wonach etwa 70 - 80% des Brennstoffstickstoffes für die NO_x -Bildung verantwortlich sind. Diese Angaben würden größenordnungsmäßig recht gut den hier ermittelten Daten entsprechen. Jedoch ist dann der Verbleib des restlichen Brennstoffstickstoffes in der Schlacke oder aber als N_2 in der Luft noch nicht zufriedenstellend geklärt. Zur Klärung dieser Fragen wäre die Durchführung weiterergender Untersuchungen zur Erstellung gezielter N-Bilanzen für die Verbrennung verschiedener Brennstoffe mit Erfassung aller Input und Output Größen notwendig.

4.5. Industrie, Handel und Gewerbe

Dieser Prozess beinhaltet die Unterprozesse: Chemische Industrie, Lebensmittel- und Holzverarbeitung, Handel (+ restliche Industrie und Gewerbe).

Abbildung 7: Bilanz Industrie, Handel und Gewerbe



Summe:



4.5.1. Chemische Industrie

Kurzbeschreibung des Prozesses: Unter diesem Prozeß wird die industrielle Ammoniak-synthese sowie die chemische Weiterverarbeitung zu N-hältigen Produkten, soweit sie im selben Betrieb stattfindet, verstanden. Dabei entstehen Abluft, Abwasser und Abfall. Nicht in diesem Prozeß behandelt werden Verbrennungsvorgänge zur Erzeugung der nötigen Prozeßwärme, diese sind in einem eigenen Prozeß (Abschnitt 4.4.) zusammengefaßt. Rohstoff- bzw. Endproduktlager können einen längerfristigen Speicher bilden. Für Oberösterreich fällt dieser Prozeß im wesentlichen mit dem Betrieb der ÖMV-Chemie zusammen.

Tabelle 5: Aufgliederung der Stoffflüsse durch den Prozeß Chemische Industrie

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
PLG	Luft	396
	Summe	396
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Handel	Mineraldünger	246
Handel	Versch. N-hältige Produkte	147
Abwasserbehandlung	Abwasser _{Chemische Industrie}	2,5
Abfallwirtschaft	Abfall _{Chemische Industrie}	-
PLG	Abluft _{Chemische Industrie}	NH ₃ -N < 0,5
	Summe	396
	Differenz	-
	Lager	?

Die hier verwendeten Daten wurden uns dankenswerter Weise von der ÖMV-Chemie zur Verfügung gestellt. Durch zukünftige Maßnahmen werden die Emissionen in Wasser (1800 t N/a) und Luft weiter reduziert. Für die hier durchgeführte Bilanz wurde allerdings der Bezugszeitraum 1985 - 1991 gewählt, sodaß hier noch die alten Daten verwendet wurden.

4.5.2. Lebensmittel- und Holzverarbeitung

Kurzbeschreibung des Prozesses: In diesem Prozeß sind sämtliche Betriebe zur Verarbeitung land- und forstwirtschaftlicher Produkte (Schlachthäuser, Molkereien, lebensmittelverarbeitende Betriebe usw., aber auch die Tierkörperverwertung) zusammengefaßt. Neben den Transport- und Umwandlungsvorgängen dieses Prozesses können diverse Lager auch als längerfristige Speicher von Bedeutung sein.

Tabelle 6: Stofffluß durch den Prozeß Lebensmittel- und Holzverarbeitung:

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
landwirtschaftlicher Betrieb	pflanzliche Produkte	8
landwirtschaftlicher Betrieb	tierische Produkte	15
Forst	Holz	1 - 5
	Summe	24 - 28
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Handel	Lebensmittel	12
Handel	Futtermittel	3
Handel	Holzprodukte	1 - 4
Abwasserbehandlung	Abwasser _{Lebensmittelverarbeitung}	3
Abfallwirtschaft	Abfall _{Lebensmittelverarbeitung}	(1 - 2)
	Summe	20 - 24
	Differenz	+ 4
	Lager	?

Die Ermittlung der Güter und Stoffflüsse durch die Prozesse Lebensmittel- und Holzverarbeitung und Handel war sehr schwierig, da keine Handelsstatistiken für Oberösterreich zur Verfügung standen und für eigene Erhebungen die Mittel fehlten.

Pflanzliche und tierische Produkte: Erntemengen, Schlachtungszahlen, Milch und Eierproduktion Oberösterreichs wurden den Ergebnissen der landwirtschaftlichen Statistik 1990 [ÖSTZ, 1991] entnommen (siehe auch Abschnitt 4.7.1.). Die Umrechnung von Güterflüssen auf Stoffflüssen erfolgte mit der Literatur entnommenen durchschnittlichen Stickstoffgehalten. Ernteprodukte: [Ruhr-Stickstoff Aktiengesellschaft, 1988], [L. Löhr, 1990], Nahrungsmittel: [Ciba-Geigy, 1977], [Sourci/Fachmann/Kraut, 1962], Die N-Gehalte in Fleisch, Innereien und Schlachtabfällen wurden von Doz. Bauer des Institutes für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelkunde der Veterinärmedizinischen Universität Wien zur Verfügung gestellt.

Bei den Schlachtungen wurde der gesamten Tierkörper als Input in die Lebensmittelverarbeitung angesetzt, wobei der Schlachtkörper in die Ernährungsbilanz eingeht und ein Anteil an Schlachtabfälle über die Tierkörperverwertung als Futtermittel wieder in die Landwirtschaft zurückfließt.

Für eine weitere Aufgliederung der der Ernährung dienenden landwirtschaftlichen Produktion in Export, Import, Futtermittel, Saatgut, industrielle Verwendung, Schwund und Ernährung wurde die Ernährungsbilanz für Österreich des ÖSTZ von 1990/91 [ÖSTZ, Statistische Nachrichten, 1992] herangezogen. Dazu wurde angenommen, daß die landwirtschaftlichen Produkte Oberösterreichs im selben Verhältnis auf die Verwendungen Futter, Saatgut, Industrie, Schwund und Ernährung (inkl. Export und Import) aufzuteilen sind, wie es dem Österreichischen Durchschnitt entspricht. Weiters ging in diese Abschätzung auch noch die tatsächliche Marktleistung für Weizen, Roggen, Gerste, Hafer und Körnermais der Oberösterreichischen Landwirtschaft [nach Auskunft des Getreidewirtschaftsfond, 1992] unter der Annahme ein, daß die auf den Markt gebrachte Getreidemenge in weiterer Folge der Ernährung dient oder der weiterverarbeitenden Industrie zugeführt wird. Die Abschätzung dürfte eventuell aufgrund des hohen Viehbestandes in Oberösterreich zu einer Überschätzung der Nahrungsmittelproduktion gegenüber den Futtermitteln führen, die jedoch

vernachlässigt wurde. Für den Input in den Prozeß lebensmittelverarbeitende Industrie wurde nun jener Anteil der pflanzlichen und tierischen Produkte angesetzt der in weitere Folge der Ernährung, der industriellen Weiterverarbeitung oder dem Schwund zuzurechnen ist. Der Anteil, der als Futtermittel oder Saatgut Verwendung findet, verläßt den landwirtschaftlichen Kreislauf nicht und wurde als in Prozeß Landwirtschaft verbleibend angesetzt.

Von den nicht in der Ernährungsbilanz enthaltenen pflanzlichen Produkten der Landwirtschaft wurde für jene die ausschließlich der Futterproduktion dienen ebenfalls angenommen, daß die den Prozeß Landwirtschaft nicht verlassen. Sie sind somit nicht im Input in die Lebensmittelverarbeitung enthalten. Sehr wohl im Input von der Landwirtschaft in die lebensmittelverarbeitende Industrie über pflanzliche Produkte enthalten sind noch die die N-Fracht in Zuckerrüben und Rabs. Vom Stickstoff der Zuckerrübe wurde angenommen, daß er über die Melasse als Futter wieder in die Landwirtschaft gelangt. Der Rabsstickstoff geht in Industrie und Verbrennung und wurde nicht weiter verfolgt.

Lebensmittel: Von den 8 000 t N/a über pflanzliche Produkte und 15 000 t N/a über tierische Produkte die dem Prozeß Lebensmittelverarbeitung zugeführt werden, verbleiben entsprechend der Ernährungsbilanz rund 16 000 t N/a in Produkten für die Ernährung und den Export (5 000 t N/a in pflanzlichen Produkten und 11 000 t in tierischen Produkten). Davon ist ein weiterer Schwund für die Weiterverarbeitung und Verteilung von ca.30% anzusetzen (siehe Prozeß Haushalt, Abschnitt 4.3.), womit mit einer N-Fracht in verkauften Lebensmittel Oberösterreichischer Produktion von ca. 12 000 t N/a zu rechnen ist.

Für die Berechnung von Importen und Exporten der Lebensmittel wurde angenommen, daß der Lebensmittelbedarf in Oberösterreich entsprechend Ernährungsbilanz im österreichischen Durchschnitt liegt. Die Lebensmittelproduktion in Oberösterreich wurde abgeschätzt (siehe oben). Überschüsse wurden als Export, Defizite als Import gewertet.

Futtermittel: Die hier ausgewiesenen 3 000 t N/a die aus der Lebensmittelverarbeitung über den Handel in die Landwirtschaft zurückfließen, setzten sich aus den N-Frachten, die über die Tierkörperverwertung und in der Melasse als Futtermittel zurückgelangen, zusammen.

Holz: Die Angaben über N - Gehalt von Holz sind stark unterschiedlich (<0,1 - 0,5%). Der N - Entzug aus der Forstwirtschaft über Holz liegt daher je nach angenommenen N - Gehalt zwischen <1000 und 5000 t N/a (Abschnitt 4.9.). Die weitere Verwendung des Holzes ist im österreichischen Durchschnitt zu rund 1/4 als Brennholz, rund 1/3 in der Papier und Zellstoffindustrie und der Rest als Bauholz, Schmittholz und in der Platten- und Furnierindustrie. Diese Stickstoffflüsse konnten nicht mehr weiter verfolgt werden. [Quellen: Holzeinschlag: Amt der O.Ö. Landesregierung, 1991; N - Gehalte: Wasserwirtschaft Wasserversorgung, 1982; Doz. Brötzenberger, Versuchsanstalt für Brennst., Feuerungsanlagen und Gastechnik, persönliche Mitteilungen, 1992]

Abwasser: Die Ermittlung der N-Frachten im Abwasser aus Industrie, Handel und Gewerbe wird in Abschnitt 4.6.1. beschrieben.

Abfall: Dem Abfallwirtschaftskonzept für Oberösterreich [Amt d. O.Ö. Landesregierung, 1992] ist eine Zusammenstellung des Gesamtmüllaufkommen Oberösterreichs zu entnehmen. Es wird für das Jahr 1991 ein Posten von 240 000 t "Gemischte Betriebsabfälle" ausgewiesen. Nicht erfaßt werden dabei Abfälle von Betrieben die ihre Abfälle selbst ab-

lagern, schon enthalten ist jedoch ein Teil der Klärschlämme aus kommunalen Kläranlagen. Vor allem Abfälle aus der Lebensmittelindustrie und von Schlachthöfen dürften hier größere Mengen an Stickstoff enthalten [TUSCH, 1990]. Über die Zusammensetzung dieser gemischten Betriebsabfall ist wenig bekannt, sie dürfte aber ähnlich der des Hausmülls sein. Fürs Erste wurden daher die selben N-Gehalte wie im Hausmüll angenommen und die gesamten gemischten Betriebsabfälle der Lebensmittelverarbeitenden Industrie zugerechnet, wobei es sich nur um eine grobe Abschätzung handeln kann. Um genauer Aussagen machen zu können wären konkrete Erhebungen notwendig.

Bilanzierung: Bei der Bilanzierung über die Lebensmittelverarbeitung fällt auf, daß einem Input von 23 000 t N/a über landwirtschaftliche Produkte ein Output von nur 15 000 t N/a über Nahrungs- und Futtermittel gegenübersteht. Dies ergibt sich vor allem durch die hohen Verluste, die zwischen Nahrungsmittelproduktion und Verbrauch auftreten, aber auch durch industrielle Verwendung landwirtschaftlicher Produkte, für die der Güterfluß nicht weiter verfolgt wurde (1 000 t N/a). Ein Teil des Verlustes (1500 t N/a) findet sich in der für die Abwässer der Lebensmittelverarbeitung abgeschätzten N-Fracht wieder. Ein weiterer Teil wurde für die Abfälle der Lebensmittelindustrie angenommen (1 - 2 000 t N/a). Nicht geklärt ist der Verbleib der restlichen 4 000 t N/a. Eventuell wurde die N-Fracht in Abwasser oder Abfall zu nieder angesetzt, vielleicht gelangt auch ein Teil über Verwertungsbetriebe als Futtermittel wieder in die Landwirtschaft zurück. Ein weiterer Verlust ist sicher auch durch Transport und Lagerung zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Verteilung der Fläche zuzuordnen. Eine andere Möglichkeit wäre auch, daß ein Teil des Verlustes in Verwertungsbetrieben außerhalb Oberösterreichs anfällt und demnach den Export aus Oberösterreich erhöhen würde. Hier liegen allerdings keine Daten vor, um diese Größenordnungen auch nur näherungsweise abschätzen zu können.

4.5.3. Handel (inkl. restliche Industrie, Gewerbe)

Kurzbeschreibung des Prozesses: Neben dem Handel werden zu diesem Prozeß sämtliche Industrie- und Gewerbebetriebe gezählt, die nicht zur chemischen Industrie oder den Lebensmittel oder Holz verarbeitenden Betrieben gehören. Diverse Lager können längerfristige Speicher bilden.

Tabelle 7: Aufgliederung der Stoffflüsse durch den Prozeß Handel

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Import	Mineraldünger _{Import}	(10)
Import	Lebensmittel _{Import}	(-)
Import	Futtermittel _{Import}	22 - 25
Import	Verschiedene N-hältige Produkte _{Import}	?
Import	Brennstoffe _{Importe}	31
Chemische Industrie	Mineraldünger _{Eigenproduktion}	246
Chemische Industrie	Verschiedene N-hältige Produkte _{Eigenproduktion}	147
Lebensm. und Holzverarb.	Lebensmittel _{Eigenproduktion}	12
Lebensm. und Holzverarb.	Futtermittel _{Eigenproduktion}	3
Lebensm. und Holzverarb.	Holzprodukte _{Eigenproduktion}	1 - 4
Untergrund	Brennstoffe _{Eigenproduktion}	10
	Summe	482 - 488
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Export	Mineraldünger	222
Export	Lebensmittel	(6)
Export	Futtermittel	-
Export	Verschiedene N-hältige Produkte	142 - 143
Export	Brennstoffe	1
Haushalt	Lebensmittel	5 - 7
Haushalt	Verschiedene N-hältige Produkte	4 - 5
Landwirtschaftlicher Betrieb	Mineraldünger	34
Landwirtschaftlicher Betrieb	Futtermittel	(25 - 28)
Industrielle Prozeßwärme	Brennstoff	29
Verkehr	Brennstoff	4
Raumheizung	Brennstoff	7
Abwasserbehandlung	Abwasser _{Handel}	2
Abfallwirtschaft	Abfall _{Handel}	-
	Summe	481 - 488
	Differenz	+ 0 - 1
	Lager	?

Mineraldünger: Nach TUSCH [1990] werden ca. 60 000 t N/a über Mineraldünger nach Österreich importiert. In Ermangelung von Daten über den Import nach Oberösterreich wurde entsprechend den Flächenverhältnissen der düngewürdigen Fläche zwischen Öster-

reich und Oberösterreich die in Oberösterreich verwendete Mineraldüngermenge ausländischer Produktion mit 10 000 t N/a angenommen. Die Mineraldüngerproduktion der ÖMV Chemie in Oberösterreich liegt weit über dem Mineraldüngerverbrauch Oberösterreichs. Es wurde der Überschuß aus Import und Produktion der ÖMV-Chemie gegenüber dem Mineraldüngerverbrauch Oberösterreichs [aus Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1991] als Export aus Oberösterreich angesetzt.

Brennstoffe: (siehe auch Prozeß Verbrennung, Abschnitt 4.4) Neben der N-Fracht der in Oberösterreich verbrauchten Brennstoffe, wurde auch die N-Fracht der nach Oberösterreich importierten, in Oberösterreich geförderten und aus Oberösterreich exportierten Brennstoffe über mittlere N-Gehalte abgeschätzt. Quellen: Brennstoffmengen: [Kotzmann, 1992], N-Gehalte: [Wasserwirtschaft Wasserversorgung, 1982; Doz. Brötzenberger, Versuchsanstalt für Brennst., Feuerungsanlagen. und Gastechnik, persönliche Mitteilungen, 1992; Aumüller, 1990; Angaben der OKA, 1992 und der Oberösterreichischen Ferngas Ges.m.b.H, 1992].

Verschiedene N-hältige Produkte: Hier konnten nur sehr lückenhafte Daten ermittelt werden. Der Stickstoff-Output über Kunststoffe in den Haushalt wurde in Abschnitt 4.3. behandelt. Weiteres sind die Produktionsdaten für N-haltige Ausgangsprodukte der Kunststoff-erzeugung (Harnstoff und Melamin) der ÖMV-Chemie bekannt. Nichts bekannt ist über deren Weiterverarbeitung und -verwendung. In Ermangelung besserer Daten wurde der Überschuß der Produktion gegenüber dem Verbrauch als in den Export gehend angesetzt. Neben den Kunststoffen ist noch die Kohle von Bedeutung, die in der Kokerei der Voest Verwendung findet, auch hier fehlen noch die Daten.

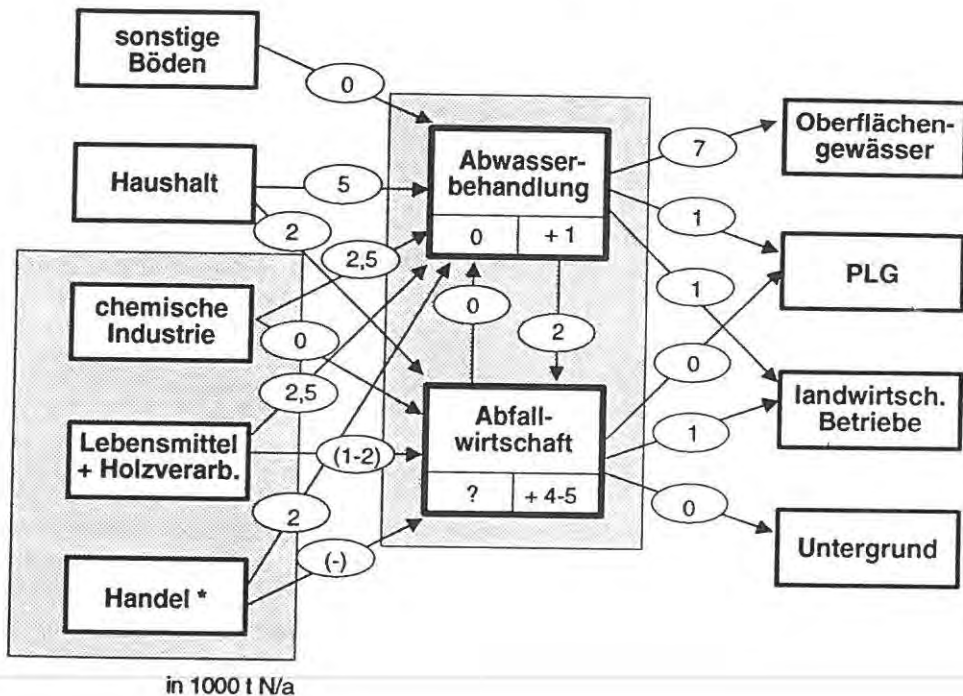
Die Berechnung von Importen und Exporten von Lebensmitteln und Futtermitteln wurden im Zusammenhang mit der Verarbeitung schon im vorigen Abschnitt erläutert. Die Berechnung der N - Fracht im **Abwasser** wird in Abschnitt 4.6. dargestellt.

Bilanzierung: In diesem Prozeß werden die Güter in erster Linie durch Handelstätigkeit auf verschiedene Zielprozesse umverteilt. Die Inputgüter scheinen zum Großteil als Outputgüter wieder auf. Die Differenz zwischen N-Input und N-Output ergibt sich dadurch, daß einerseits die Verwendung des Inputs über Holzprodukte nicht weiter verfolgt wurde und andererseits der Stickstoff im Abwasser dieses Prozesses, in erster Linie aus Kokereiabwässern der Voest (1700 t N/a) auf der Input Seite nicht aufscheint.

4.6. Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft

Unterprozesse: Abwasserbehandlung, Abfallwirtschaft

Abbildung 8: Bilanz Prozeß Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft



* inkl. restliche Industrie und Gewerbe

Summe:



4.6.1. Abwasserbehandlung

Kurzbeschreibung des Prozesses: Der Prozeß Abwasserbehandlung umfaßt den Transport und die Reinigung von Abwasser. Im Prozeß Abwasserbehandlung werden keine N-haltigen Güter gespeichert, es sei denn, Klärschlamm muß auf Grund von Entsorgungsproblemen auf der Kläranlage zwischengelagert werden.

Tabelle 8: Stofffluß durch die Abwasserbehandlung

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Handel	Abwasser _{Handel}	2
Chemische Industrie	Abwasser _{Chemische Industrie}	2,5
Lebensm. und Holzverarb.	Abwasser _{Lebensmittelverarbeitung}	2,5
Haushalt	Abwasser _{Haushalt}	5
Abfallwirtschaft	Sickerwasser	-
Sonstige Böden	Wasser	-
	Summe	12
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
PLG	Abluft _{Abwasser}	1
Oberflächengewässer	Abwasser	7
Landwirtschaftlicher Betrieb	Klärschlamm, Senkgruben- räumgut	1
Abfallwirtschaft	Klärschlamm	2
	Summe	11
	Diff. = Senkgrubenträumgut mit ungeklärtem Zielprozeß	+ 1
	Lager	-

Abwasseranfall: Aus Untersuchungen der Hauptkläranlage Wien gibt Fleckseder [1989] einen Stickstoffanfall im Abwasser von insgesamt 13 g/EW.d an, davon kommen 10 g/EW.d von der Bevölkerung (siehe auch Abschnitt 4.3.) und 3 g/EW.d von Industrie und Gewerbe. Diese durchschnittlichen Anfallmengen wurden auch für Oberösterreich angesetzt, wobei der Anteil für Industrie und Gewerbe zur Gänze der Lebensmittelverarbeitung zugerechnet wurde. Nur der Raum Linz wurde gesondert behandelt. Von der ÖMV-Chemie wurden die Daten über die derzeitigen und die zukünftig zu erwartenden N-Frachten in ihrem Abwasser zur Verfügung gestellt (siehe auch Abschnitt 4.5.1.). Ein Teil davon wird über die Kläranlage Linz Asten entsorgt, ein Teil wird direkt in die Donau eingeleitet (zukünftig: 1800 t N/a, davon ca. 50% zur Kläranlage und ca. 50% direkt in die Donau). Für die Kläranlage Linz-Asten liegen am Institut für Wassergüte Untersuchungen über die Stickstoff-Zulauf-Frachten gegliedert nach den Verursachern Voest, ÖMV-Chemie und Kommune (mit einem Anteil aus der übrigen Industrie und Gewerbe) vor [Schweighofer, persönliche Mitteilungen, 1992]. Die Zulauffracht von der ÖMV-Chemie zur Kläranlage beträgt derzeit ca. 500 t N/a. Für den momentanen Stand wird daher angenommen, daß der Rest der Abwasserfracht der ÖMV-Chemie (ca. 2000 t N/a) direkt in die Donau gelangt. Der Anteil der Voest (ca. 1700 t N/a) am Zulauf zur KA Linz-Asten wird dem Prozeß Handel (inkl. restliche Industrie und Gewerbe) zugerechnet. Von dem Anteil aus der Kommune werden wieder die 10g N/EW.d als der Input aus dem Prozeß Haushalt angenommen. Wie der Rest, der aufgrund der spezifischen Situation von Linz mit ca. 7 g N/EW.d wesentlich über den durchschnittlichen 3g N/EW.d liegt, auf die Prozesse Lebensmittelverarbeitung und Handel (inkl. restliche Industrie und Gewerbe) aufzuteilen ist, konnte nicht erhoben werden. Allerdings ist er in Summe mit 620 t N/a nicht sehr bedeutend und wird infolge jeweils zur Hälfte beiden Prozessen zugerechnet.

Weiters wurde noch ein Zuschlag für die Papier- und Zellstoffindustrie von 1000 t N/a als Input aus dem Prozeß Lebensmittel und Holzverarbeitung angesetzt, welcher sich aus der Bilanzierung über die Klärschlammengen ergab (siehe unten).

Die Stickstofffrachten aus Sickerwässern und der Regenwasserableitung dürften gering sein und wurden vernachlässigt.

Abwasserentsorgung: Die Entsorgungssituation der ca. 1,3 Millionen Einwohner Oberösterreichs gibt folgendes Bild:

0,8%	Kanal ohne Kläranlage
59,3%	Kanal mit Kläranlage
2,3%	Kleinkläranlagen
14,6%	Senkgruben von Einwohnern aus landwirtschaftlichen Betrieben
23,0%	restliche Senkgruben

[aus: Konzept zur Entsorgung von Räumgut aus Senkgruben und Kleinkläranlagen, Amt der OÖ. Landesregierung, 1992]

Für das Abwasser aus Industrie, Handel und Gewerbe wird angenommen, daß es, abgesehen vom oben ausgewiesenen Anteil des Abwassers der ÖMV-Chemie, zur Gänze über Kläranlagen entsorgt wird. Dies ergibt zusammen mit dem häuslichen Abwasser eine N - Fracht von ca. 7000 t N/a zu den Kläranlagen Oberösterreichs, wobei vorläufig das Abwasser der Papier- und Zellstoffindustrie nicht berücksichtigt ist. Aus einer Auflistung des Amtes der OÖ. Landesregierung, Abteilung Gewässerschutz, für die Kläranlagen in Oberösterreich ist zu entnehmen, daß auf die Kapazität an EGW bezogen rund ein Drittel der Anlagen Oberösterreichs auf Denitrifikation ausgelegt sind. Die Anlagen die erst nach 1991 in Betrieb gegangen sind und die Abwasserreinigungsanlagen der Papier und Zellstoffindustrie wurden dabei nicht berücksichtigt.

In der Abwasserreinigung von vorwiegend kommunalen Abwässern werden im Schnitt 25% des Zulaufstickstoffes in den Schlamm übergeführt, es wird jedoch auch ein Drittel davon im Schnitt in der Schlammbehandlung löslich gemacht, sodaß mit einer N - Entfernung von ca. 17% über den Schlamm gerechnet werden kann [TUSCH, 1990]. Diese N - Entfernung wurde für die Kläranlagen ohne Denitrifikation angesetzt. Bei Kläranlagen mit Denitrifikation wurde mit einer N- Entfernung von 70 % gerechnet, wobei 17% über den Schlamm und der Rest durch Denitrifikation entfernt werden.

Für die Einwohner aus landwirtschaftlichen Betrieben, deren Abwasser über Senkgruben entsorgt wird, wird angenommen, daß dieses in weiterer Folge gemeinsam mit dem Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche aufgebracht wird. Über die weitere Entsorgung der Abwässer aus den übrigen Senkgruben sind keine Informationen bekannt. (Undichte Senkgruben -> Untergrund, Ablassen in Oberflächengewässer, ebenfalls landwirtschaftliche Verwertung oder Übernahme von Kläranlagen?).

Klärschlammentsorgung: Aus der oben angeführten Berechnung würde sich ein Stickstoffgehalt der Klärschlämme Oberösterreichs von ca 1200 t/a ergeben. Nach den im Konzept für die Klärschlammentsorgung von Oberösterreich von Machowetz [1991] durchgeführten Berechnungen fallen jährlich, bei Vernachlässigung des Schlammes aus der Papier- und Zellstoffindustrie, ca. 30000 t TS Klärschlamm an. Bei mittleren N - Gehalten im Klärschlamm von 3,3 - 5% erhält man mit 1100 - 1600 t N/a Werte in einer ähnlichen Größenordnung. Die N - Gehalte für Klärschlamm sind der Literatur entnommen [ÖWWV-Regelblatt 17, 1984], [TUSCH, 1990], [Kroiß/Nagel, 1989].

Der größte Teil des Klärschlammanfalls Oberösterreichs entstammt jedoch der Papier- und Zellstoffindustrie (ca. 35000t TS/a nach [Machowetz, 1991], 53000 t TS/a nach am Institut für Wassergüte erhobenen Daten [Nowak, persönliche Mitteilungen, 1992]). Dabei ist allerdings zu bedenken, daß in der Papierindustrie ein hoher Anteil von Primärschlamm mit niederen N - Gehalten anfällt. Auch ist der N - Gehalt des Abwassers so gering, daß Stickstoff zur besseren Nährstoffversorgung in die Biologie zudosiert werden muß. Es ist daher auch im Überschussschlamm ein geringer N - Gehalt zu erwarten. Nimmt man einen N - Gehalt von 3,3% an so beträgt die Gesamtfracht an Stickstoff in im Klärschlamm der Papier- und Zellstoffindustrie 1200 - 1700 t/a. Diese Werte scheinen allerdings auch zu hoch zu sein. Nach eigenen Abschätzungen über den CSB - Abbau in den Abwasserreinigungsanlagen der Papier- und Zellstoffindustrie dürfte die Stickstofffracht im Klärschlamm nicht über 800 t/a liegen. Aufgrund der geringen N - Versorgung in der Abwasserreinigung der Papier und Zellstoffindustrie wird angenommen, daß die N - Fracht im Ablauf vernachlässigt werden kann. Es muß jedoch ein weiterer N-Input aus dem Prozeß Lebensmittel- und holzverarbeitende Industrie dem Output über den Klärschlamm gleichgesetzt werden, der seinen Ursprung einerseits im bei der Zellstofferzeugung verwendeten Holz und andererseits in der N - Dosierung zur Biologie hat.

Nach den Klärschlammhebungsbögen des Amtes d. OÖ Landesregierung [Machowetz, 1991] wurde 1988 eine Klärschlammmenge von ca. 8000 t TS/a (ca. 300 t N/a) in Oberösterreich landwirtschaftlich verwertet. Der Rest wird deponiert, nur der Klärschlamm der Abwasserreinigungsanlage Lenzing AG wird verbrannt.

4.6.2. Abfallwirtschaft

Unter diesem Prozeß wird die gesamte Abfallbehandlung von der Sammlung bis inkl. die Vorgänge in der Deponie verstanden. Im Prozeß Abfallbehandlung ist die Deponie ein Speicher.

Tabelle 9: Aufgliederung der Stoffflüsse durch die Abfallbehandlung

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Handel	Abfall _{Handel}	(-)
Chemische Industrie	Abfall _{Chemische Industrie}	-
Lebensm.-und Holz Verarb.	Abfall _{Lebensmittelverarbeitung}	1 - 2
Haushalt	Abfall _{Haushalt}	2
Abwasserbehandlung	Klärschlamm	2
Verbrennung	Schlacke	-
	Summe	5 - 6
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
PLG	Deponiegas	?
Abwasserbehandlung	Deponiesickerwasser	-
Untergrund	Deponiesickerwasser	-
Landwirtschaftlicher Betrieb	Kompost	1
	Summe	1
	Lageränderung	+ 4 - 5
	Lager	?

Die Ermittlung der Abfallmengen wurde bereits in den jeweiligen Herkunftsprozessen dargestellt. Nur für den Hausmüll und Klärschlamm konnten halbwegs zufriedenstellende Daten ermittelt werden. Für die "Gemischten Betriebsabfälle" wurden die selben N-Gehalte wie für den Hausmüll angenommen und sie wurden zur Gänze der Lebensmittelverarbeitung zugerechnet (Abschnitt 4.5.2.). Nach Angaben eigenen Angaben stellt Stickstoff für die Entsorgung der Abfälle der ÖMV-Chemie kein Kriterium dar.

Ein Großteil der Abfälle, die vom N - Gehalt her interessant sind, wird deponiert. Von rund 350000 t/a Hausmüll werden rund 70000 t/a kompostiert, dazu kommen noch 23000 t/a Grünabfallkomposte, sodaß mit einem N - Fracht in den Komposten von ca. 600 t /a zu rechnen ist.

Nach Abschätzungen aus [TUSCH, 1990] dürfte die jährliche N - Auswaschung über Sickerwässer aus Deponien in einer Größenordnung von < 500 t N/a liegen und kann daher für diese Studie vernachlässigt werden.

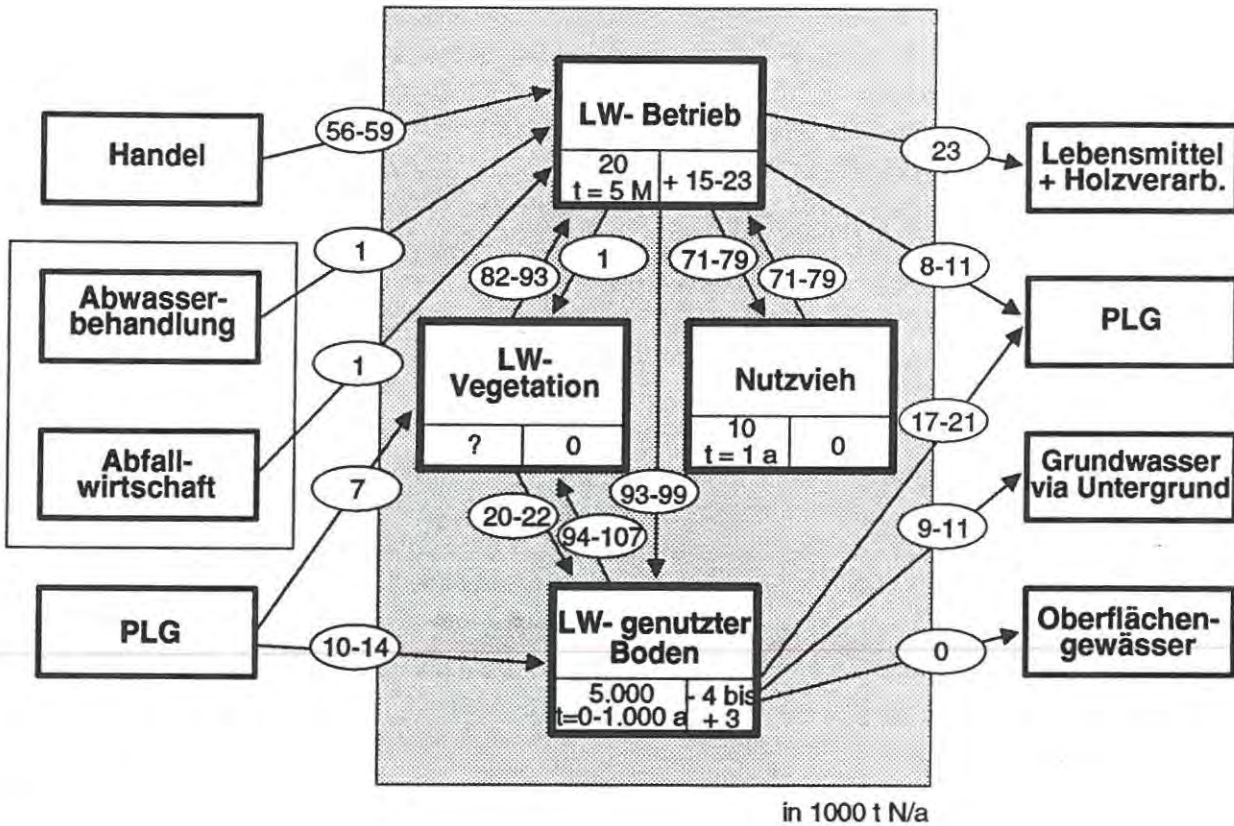
Über die N - Emissionen über Deponiegase sind keine Informationen bekannt.

Bilanzierung: Es zeigt sich eine Differenz zwischen Input und Output in diesem Prozeß von 4 - 5 000 t N/a. Diese Differenz kann zur Gänze als Lageränderungen in den Deponien angenommen werden. Da die Datenlage auf der Inputseite unvollständig ist gilt das selbe auch für die Größe der Lageränderungen.

4.7. Landwirtschaft

Unterprozesse: Landwirtschaftlicher Betrieb, Landwirtschaftliche Vegetation, Nutzvieh, Landwirtschaftlich genutzter Boden.

Abbildung 9: Bilanz Landwirtschaft



Summe:



4.7.1. Landwirtschaftlicher Betrieb (LWB)

Kurzbeschreibung des Prozesses: Dieser Prozeß beinhaltet vor allem die bäuerliche Tätigkeit in der Landwirtschaft: von der Ernte bis zum Verkauf der Produkte, bzw. bis zur der Verfütterung - von der Güllesammlung bis zur Ausbringung des Wirtschaftsdüngers usw. Der landwirtschaftliche Betrieb ist kurzfristig ein Stickstoffspeicher. Gespeicherte N-hältige Güter sind: Erntegut, Futtermittel, Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, Saatgut.

Tabelle 10: Aufgliederung der Stoffflüsse durch die Landwirtschaft:

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Handel	Mineraldünger	34
Handel	Futtermittel	(22 - 25)
Handel	Saatgut	-
Abfallwirtschaft	Kompost	1
Abwasserbehandlung	Klärschlamm, Senkgrubenräumgut	1
Landw. Vegetation	Erntegut	82 - 93
Nutzvieh	tierische Produkte (Schlachtvieh, Milch, Eier)	16
Nutzvieh	Wirtschaftsdünger	55 - 63
	Summe	211 - 233
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Lebensem. und Holz Verarb.	tierische Produkte	15
Lebensem. und Holz Verarb.	pflanzliche Produkte	8
Landw. genutzter Boden	Mineraldünger	34
Landw. genutzter Boden	Wirtschaftsdünger	47 - 52
Landw. genutzter Boden	Ernterückstände	10 - 11
Landw. genutzter Boden	Kompost	1
Landw. genutzter Boden	Klärschlamm, Senkgrubenräumgut	1
Nutzvieh	Futtermittel	71 - 79
PLG	Abluft _{Wirtschaftsdünger}	8 - 11
Landw. Vegetation	Saatgut	1
	Summe Output	196 - 210
	Differenz	+ 15 - 23
	Lager 1000 t N Aufenthaltszeit t: 5 Monate	20

Mineraldünger, Komposte, Klärschlamm und Senkgrubenräumgut sind für den landwirtschaftliche Betrieb nur Durchgangsposten. Die selben Mengen, die übernommen werden, werden auch auf die Fläche aufgebracht.

Tierische Produkte: Die Schlachtungsziffern wurden ebenso wie die Aufgliederung der Milchproduktion für das Jahr 1990 den Ergebnissen der landwirtschaftlichen Statistik [ÖSTZ, 1991] entnommen. Für die Eierproduktion liegen nur Daten von ganz Österreich vor. Hier wurde über den Anteil der oberösterreichischen Legehennen an der Gesamtzahl Österreichs auf die Eierproduktion Oberösterreichs geschlossen. Die Umrechnung von Milch und Eiern erfolgte anhand durchschnittlicher N - Gehalte [Ciba-Geigy, 1977]. Zur Berechnung der N - Frachten in den Schlachttieren wurde eine durchschnittlicher Anfall von Fleisch, Fett, Blut, Innereien, Knochen und sonstigen Schlachtabfällen [Löhr, 1990] angenommen und diese mit durchschnittlichen N - Gehalten umgerechnet. Die N - Gehalte wurden von Doz. Bauer vom Institut für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelkunde der Veterinärmedizinischen Universität zur Verfügung gestellt. Ein Teil der Milch wird als Futter verwendet (1000 t N/a), der Rest der tierischen Produkte gehen als Output in die Lebensmittelverarbeitung (15000 t N/a). **Wirtschaftsdünger:** Die N - Frachten im

Wirtschaftsdünger wurden ausgehend von der Tierzählungsstatistik [ÖSTZ, 1991] berechnet. Isermann [1990] gibt einen durchschnittlichen N - Anfall von ca. 100 kg N/GV.a (63000 t/a) in den Ausscheidungen an. Davon gehen 36 kg N/GV.a (22000 t N/a) durch NH₃-Abgasungen verloren, rund die Hälfte vor und rund die Hälfte nach Aufbringung auf das Feld. Der feldfallende Anteil bei Isermann beträgt also 82 kg /GV.a (52000 t N/a für ÖÖ).

Bei der Berechnung des Wirtschaftsdüngerstickstoff nach den Angaben des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (ca. 68 kg GVE/a) [BM für Land- und Forstwirtschaft, 1991] erhält man für Oberösterreich einen Wert von 47000 t N/a. Diese Berechnungen beziehen sich auf den feldfallenden Wirtschaftsdüngerstickstoff, das ist jene Stickstoffmenge, die in dem auf das Feld aufgebrauchten Wirtschaftsdünger enthalten ist. Die N - Verluste über NH₃-Abgasung im Stallbereich und bei der Lagerung sind hier nicht enthalten, wohl aber die Verluste nach der Aufbringung, die in Summe mit ca. 30% (14000 t N/a) angegeben werden.

Die Berechnung der NH₃ Emissionen nach Buijsman [1987] mit spezifischen NH₃-N Verlusten von 18 kg/Stück.a bei Rindern, 2,8 kg N/Stück.a bei Schweinen und 0,26 kg N/Stück.a bei Hühnern erhält man für Oberösterreich die Summe von 16000 t N/a [TUSCH, 1990 und eigene Berechnungen].

Nimmt man in Anlehnung an Isermann an, daß auch hier die Hälfte der Emissionen vor der Aufbringung auf die Fläche entstehen, so erhält man in Verbindung mit den Werten des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit einen N - Anfall in den Ausscheidungen von 55000 t N/a. Für die Bilanzierung für Oberösterreich wurden die Werte nach Isermann als die obere Grenze angenommen und die Werte nach Fachbeirat für Bodenschutz gemeinsam mit jenen nach Buijsman als die untere Grenze.

Ernte: Bei der Berechnung der N-Entzüge bei der Ernte, wurde vorerst von den Erntemenge aus den Ergebnissen der landwirtschaftlichen Statistik 1990 [ÖSTZ, 1991] ausgegangen. Dann wurde mit Hilfe durchschnittlicher spezifischer Ernteentzüge mit und ohne Ernterückständen [aus: Löhr, 1990; Ruhr-Stickstoff-Aktiengesellschaft, 1988] der gesamte Stickstoffentzug aus den landwirtschaftlich genutzten Böden Oberösterreichs abgeschätzt. Vom N-Entzug über die Ernterückstände wurde angenommen, daß er über die Einstreu im Zuge des landwirtschaftlichen Kreislaufes wieder auf die Fläche zurückgelangt.

Um die gesamte N-Aufnahme der Pflanzen abzuschätzen müssen noch die Wurzelrückstände berücksichtigt werden, welche bei der Ernte auf dem Feld verbleiben und damit wieder dem Boden zuzurechnen sind. Für die Wurzelrückstände wurden 25% des Ernteentzuges als Zuschlag angesetzt [nach: Löhr, 1990; Ruhr-Stickstoff-Aktiengesellschaft, 1988]. Dieser Zuschlag wurde auch für das Grünland in Rechnung gestellt, um hier auch N-Rücklösungen aus den Wurzeln, Verluste bei der Heuernte und nicht genutztes Grünland zu berücksichtigen. Die gesamte N-Aufnahme der landwirtschaftlichen Vegetation betrug nach dieser Abschätzung ca. 102 000 t N/a (ca. 180 kg N/ha.a).

Nach Angaben von Dipl.Ing. Zehetner von der Landwirtschaftskammer Oberösterreich dürften diese Werte jedoch zu gering sein, da eher mit einer durchschnittlichen Pflanzenaufnahme von 200 kg N/ha.a (115 000 t N/a für Oberösterreich) zu rechnen ist. Nach Abklärung der unterschiedlichen Ansätze zeigte sich, daß die Angaben des statistischen

Zentralamtes [ÖSTZ, 1991] für Grünland mit einem Heuertag von 7,4 t/ha bei zwei und mehrmadigen Wiesen eher niedrig sein dürfte. Auch die Rücksprache mit dem Sachbearbeiter des ÖSTZ ergab, daß gerade bei Grünland die Erhebung der Erntemengen sehr unsicher sei und die Annahmen von Ernteerträgen von Heu zwischen 7 und 10 t/a gerechtfertigt sei. Es wurde daher die oben beschriebene Berechnung mit einem durchschnittlichen Ernteertrag in mittleren bis hohen Ertragslagen von 9,3 t Heu/a für zwei und mehrmadige Wiesen wiederholt [BM. f. Land- und Forstwirtschaft, 1989]. In Folge werden die Ergebnisse beider Ansätze als Ober- und Untergrenze angegeben und für die weitere Berechnung verwendet. Die tatsächliche Unsicherheit dieser Abschätzungen dürfte allerdings noch um einiges höher sein.

Die Stickstoff Aufnahme der landwirtschaftlichen Vegetation beträgt also ca. 102 - 115000 t/a. Davon wird angenommen, daß der Stickstoff in den Leguminosen (7000 t/a) über Knöllchenbakterien aus der Luft stammt, ein weiterer Anteil (1000 t/a) dem Saatgut entstammt und der Rest dem Boden entzogen wird. Bei der Ernte verbleiben von der gesamten N-Aufnahme der Pflanzen ein Teil (ca. 20 - 22 000 t N/a in Wurzelrückstände) auf der Fläche und scheint nicht als Input in den landwirtschaftlichen Betrieb auf, ein weiterer Teil kommt über Einstreu oder Strohdüngung über den landwirtschaftlichen Betrieb wieder auf die Fläche zurück (ca. 10 - 11 000 t N/a in Ernterückstände) und der Großteil (72 - 82 000 t N/a in Ernteprodukte) wird in weiterer Folge der Nutzung Futtermittel, Nahrungsmittel, Industrie oder Saatgut zugeführt.

Futtermittel: Von den 72 - 82 000 t N/a in den Ernteprodukten Oberösterreichs entstammen ca. 48 - 58 000 t N/a dem Grünland und dem Feldfutterbau. Dazu kommen ca 15 000 t N/a als Futtermittel aus der Getreide-, Körnermais- und Kartoffelproduktion (siehe Abschnitt 4.5.2. Abschätzung über die Ernährungsbilanz). Zu diesen 63 - 73 000 t N/a in Futtermitteln aus pflanzlicher Produktion kommen noch 1000 t/a aus der Milch und 3000 t/a über Tierkörperverwertung und Melasse, sodaß die N-Fracht von in Oberösterreich produzierten Futtermitteln ca. 67 - 77 000 t N/a beträgt.

Da keine Export-Import Statistiken auf Bundesländerebene existieren, kann das Futtermittelaufkommen in Oberösterreich nicht über Produktion, Export und Import berechnet werden. Es wurde daher über das Futtermittelaufkommen in Österreich abgeschätzt. Die Futtermittelproduktion in Österreich wurde analog zu der in Oberösterreich berechnet. Daraus wurde über Futtermittel-Import und -Export das Aufkommen in Österreich ermittelt (rund 302 - 345 000 t N/a). Über das durchschnittliche Futtermittelaufkommen pro GVE in Österreich und den Viehbestand in Oberösterreich wurde das Futtermittelaufkommen in Oberösterreich abgeschätzt. Es beträgt ca 89 - 102 000 t N/a. Dieses Futtermittelaufkommen steht einer Eigenproduktion von 67 - 77 000 t N/a gegenüber. Es wurde daher ein Netto-Import von 22 - 25 000 t N/a über Futtermittel nach Oberösterreich angenommen.

Der N (Protein) - Bedarf des Viehbestandes Oberösterreichs wurde nach den DLG-Futterwerttabellen [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1982, 1984] auf 64000 t N/a geschätzt.

Der Viehbestand Oberösterreichs ist in etwa konstant. Es kann daher bei einer Bilanzierung über die Tierkörper aus dem Output von 16000 t N/a aus tierischen Produkten und 55 - 63000 t N/a aus Ausscheidungen auf einen Input von 71 - 79000 t N/a über Futtermittel geschlossen werden. Diese Werte liegen in der Mitte zwischen N - Bedarf und N - Aufkom-

men in Futtermitteln und scheinen daher recht realistisch zu sein. Einerseits wird der Futtermittelbedarf meist über den Energiebedarf errechnet und es kann daher bei N - reichen Grünlandfuttermitteln leicht zu einer Stickstoffübersorgung kommen. Andererseits ist sicher auch mit einem gewissen Schwund des Futtermittelaufkommens durch Lagerungs- oder Transportverluste zu rechnen. Nicht geklärt ist jedoch ob dieser Schwund mit ca. 20 % des Futtermittelaufkommens realistisch ist, und welchem Zielprozeß er in Folge zuzurechnen ist.

Bilanzierung: Die Differenz zwischen N - Input und Output kann für den landwirtschaftlichen Betrieb nicht ganz geklärt werden. Einer Lagerveränderung in dieser Höhe ist nicht anzunehmen. Ein Teil dieser Differenz dürfte durch einen Schwund an Ernteprodukten mit ungeklärtem Zielprozeß zu erklären sein, oder aber einfach auf Grund der Erhebungunschärfe zustande kommen.

Lager: Unter Annahme einer mittleren Lagerungszeit der Gülle von 5 Monaten [BM für Land- und Forstwirtschaft, 1991] beträgt das Gülle Lager im landwirtschaftlichen Betrieb 20000 t N.

4.7.2. Landwirtschaftliche Vegetation

Kurzbeschreibung des Prozesses: Bewuchs der landwirtschaftlich genutzten Fläche: Getreide, Hackfrüchte, Futterpflanzen, Öl/Faserpflanzen, Reifhülsenfrüchte, Gras, Gemüse, Weinkulturen, Obstkulturen und Gärten. In der Nomenklatur der Stoffflußanalyse wird auch die lebende Pflanze als Prozeß bezeichnet, da in ihr der Definition gemäß Güter und Stoffe transportiert, umgewandelt und gespeichert werden. Die Schnittstelle zu anderen Prozessen ist einerseits durch die Nährstoffaufnahme aus dem Boden und andererseits durch die Ernte gegeben. Die Ernteprodukte sind der Input in den landwirtschaftlichen Betrieb, die Wurzelrückstände der Input in den Boden. Mehrjährige Pflanzenkulturen können einen längerfristigen Speicher bilden.

Tabelle 11: Stoffflüsse durch die Pflanze:

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Landw. genutzter Boden	Wasser _{Nährstoffe}	94 - 107
PLG	Luft	7
Landwirtschaftlicher Betrieb	Saatgut	1
	Summe	102 - 115
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Landwirtschaftlicher Betrieb	Erntegut	82 - 93
Landw. genutzter Boden	Bestandesabfall	20 - 22
Nutzvieh	Weidegras	-
	Summe	102 - 115
	Differenz	0
	Lager	?

Die Berechnung dieser Stoffflüsse wurde bereits in Abschnitt 4.7.1. dargestellt. Für die biologische Stickstoffbindung wurde der Stickstoffinput direkt aus der Luft in die Pflanze angenommen. Dabei wurde die N-Fracht in den Leguminosen als aus der Luft stammend angesetzt und die N-Bindung durch freilebende N-fixierende Bakterien vernachlässigt. Die

Größenordnung von 7 000 t N/a entspricht für Oberösterreich auch in etwa den von Isermann [1991] angegebenen 12 kg N/ha (landwirtschaftliche Nutzfläche) für die biologische N-Fixierung. Die Lagergröße von Stickstoff in mehrjährigen Kulturen konnte nicht abgeschätzt werden.

4.7.3. Nutzvieh

Kurzbeschreibung des Prozesses: Alle Transport-, Umwandlungs- und Speichervorgänge im landwirtschaftlich genutzten Tier.

Tabelle 12: Stoffflüsse durch das Nutzvieh

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Landwirtschaftlicher Betrieb	Futtermittel	71 - 79
Landw. Vegetation	Weidegras	-
	Summe	71 - 79
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Landwirtschaftlicher Betrieb	tierische Produkte (Schlachtvieh, Milch, Eier)	16
Landwirtschaftlicher Betrieb	Wirtschaftsdünger	55 - 63
Landw. genutzter Boden	Ausscheidungen	-
	Summe	71 - 79
	Differenz	0
	Lager 1000 t N	10

Auch hier wurde die Datenerhebung bereits in Abschnitt 4.7.1. beschrieben. Da der Anteil der Weidefläche in Oberösterreich gering ist wurde die Nahrungsaufnahme und die Ausscheidung des Weideviehs direkt auf die Fläche nicht extra behandelt, sondern eine reine Stallhaltung angenommen. Der N - Speicher in lebenden Tieren wurde in gleicher Weise wie der N - Gehalt des Schlachtviehs abgeschätzt.

4.7.4. Landwirtschaftlich genutzter Boden

Kurzbeschreibung des Prozesses: Dieser Prozeß beinhaltet sämtliche Umwandlungsprozesse des Bodens von der Mineralisation des Bestandesabfalls bis zur Auswaschung durch das Sickerwasser. Dabei wird nur die oberste, direkt durch landwirtschaftliche Tätigkeit beeinflusste Bodenschicht betrachtet ("Pflugschar"). Landwirtschaftlich genutzte Böden sind: Ackerland, Grünland, Flächen für Gemüsebau, Weinbau, Obstbau, Almen und Gärten. Die Flächenaufteilung ist der Bodennutzungserhebung für 1990 [ÖSTZ, 1991] entnommen. Die gesamte Landwirtschaftliche Nutzfläche in Oberösterreich beträgt 576 538 ha. Transportiert werden Wasser und Biomasse. Weiters sind eine Vielzahl von Transformationen zu beachten: biologische Stickstofffixierung, Immobilisierung und Aufnahme durch die Biomasse, Absterben von Biomasse, Mineralisation, Humusbildung, Fixierung im Bodenumus, NH₃-Abgasung, Nitrifikation und Denitrifikation. Außerdem ist der Landwirtschaftlich genutzte Boden ein wichtiger N-Speicher (Humus, Anlagerung an Tonminerale, Biomasse).

Tabelle 13: Stoffflüsse durch den Landwirtschaftlich genutzten Boden:

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
PLG	Luft	-
PLG	nasse + trockene Deposition	10 - 14
LWB	Mineraldünger	34
LWB	Wirtschaftsdünger	47 - 52
LWB	Kompost	1
LWB	Klärschlamm	1
LWB	Ernteabfälle	10 - 11
Landwirtschaftl. Vegetation	Wurzelrückstände	20 - 22
Nutzvieh	Ausscheidungen	-
	Summe Input	123 - 135
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
PLG	Abluft _{Boden}	17 - 21
Landwirtschaftl. Vegetation	Wasser _{Nährstoffe}	94 - 107
Untergrund	Wasser _{Nährstoffe}	9 - 11
Oberflächengewässer	Humus	-
	Summe Output	120 - 139
	Differenz	(- 4) - (+ 3)
	Lager 1000 t N	5000
	Aufenthaltszeit t: (0 - 1000 a)	

Der N - Eintrag über die Luft durch biologische Fixierung freilebender Bodenbakterien wird vernachlässigt, da die Hauptleistung der N - Fixierung bei den Knöllchenbakterien der Leguminosen liegt. Dieser Eintrag wird jedoch als Input direkt in die landwirtschaftliche Vegetation behandelt.

Depositionen: Als Deposition wurden 18 - 23 kg N/ha.a angesetzt. Die Ermittlung dieser Daten wurde bereits in Abschnitt 4.2. diskutiert.

Mineraldünger: Die in Oberösterreich verwendeten Mineraldüngermenge betrug für das Jahr 1990 60 kg N/ha.a auf die düngewürdige Fläche [Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1991]. Als düngewürdige Fläche wird die landwirtschaftliche Nutzfläche minus Alpweiden, Bergmähder, Hutweiden, Streuwiesen und nicht mehr genutztes Acker- und Grünland bezeichnet.

Die **Wirtschaftsdüngermengen** wurden aus den Berechnungen in Abschnitt 4.7.1. und die Mengen von **Kompost, Klärschlamm und Senkgrubenräumgut** vom Abschnitt 4.6. übernommen.

Von den **Ernterückständen** wird angenommen, daß sie über die Einstreu oder als Strohdüngung zur Gänze wieder auf die Fläche gelangen. Die **Wurzelrückstände** verbleiben bei der Ernte auf dem Feld und können dann wieder dem Boden zugerechnet werden.

NH₃-Verluste, Denitrifikation: Die Berechnungen der NH₃-Emissionen von Wirtschaftsdüngern nach Buisjsman und Isermann werden in Abschnitt 4.7.1. besprochen. Isermann

[1990] gibt an, daß etwa die Hälfte der Emissionen bereits im Stall und bei der Lagerung des Wirtschaftsdüngers entstehen und der Rest (8 - 11000 t NH₃-N/a) der Fläche zuzurechnen ist, dies wurde auch hier angenommen. Für die NH₃ - Verluste bei Mineraldüngern werden die in TUSCH [1990] nach Buijsman [1987] für Oberösterreich berechneten Werte von rund 2000 t NH₃-N/a und für die Denitrifikation die nach Colbourn et al. [1984] ebenfalls in TUSCH [1990] berechneten Werte von 8000 t N/a übernommen. Isermann geht von durchschnittlichen Emissionsfaktoren für Mineraldünger von 1,9 - 3,4% des angewandten Gesamt - N aus (für OÖ ca 1000 t NH₃-N/a). Für Denitrifikationsverluste setzt er für Deutschland 25 kg N/ha.a an. In Oberösterreich würden dem 14000 t N/a entsprechen. Dies dürfte allerdings für Österreichische Verhältnisse zu hoch sein, da in Deutschland aufgrund des höheren Düngenniveaus die N - Versorgung der Böden wesentlich reichlicher ist als in Österreich und somit auch eine höhere Denitrifikation zu erwarten ist.

Der N - Entzug durch die Nährstoffaufnahme der Pflanzen wurde in Abschnitt 4.7.1 behandelt.

Auswaschung: Die N - Verluste durch Nitratauswaschung können je nach Kulturart, Bearbeitungsweise, Boden, Klimaverhältnissen usw. stark schwanken. In den Faustzahlen für die Landwirtschaft [Ruhr-Stickstoff Aktiengesellschaft, 1988] sind folgende durchschnittliche Auswaschungsraten angegeben:

Grünland	5 - 15 kg N/ha.a
Acker	20 - 70 kg N/ha.a
Wald	5 - 10 kg N/ha.a.

Isermann ermittelte für deutsche Verhältnisse eine durchschnittliche Auswaschungsrate von 41 kg N/ha.a bezogen auf die gesamte Landwirtschaftliche Fläche, diese kann jedoch aufgrund des unterschiedlichen Düngenniveaus kaum auf Österreich umgelegt werden. In TUSCH wurde für Österreich mit 5 - 8 kg N/ha.a für Grünland und 25 - 30 kg N/ha.a für Ackerland gerechnet (OÖ: 11000 t N/ha.a). Nach Rücksprache mit Herrn Dipl.Ing. Zehetner von der Landwirtschaftskammer Oberösterreichs sind für Oberösterreich eher 5 bzw. 25 kg N/ha.a (9000 t N/a) anzusetzen. Diese Werte werden auch von Klaghofer (Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwirtschaft) angegeben [aus: Galler, 1989].

Über N - Verluste durch Erosion liegen keine Daten vor, sie dürften aber gegenüber den Auswaschungsverlusten gering sein und wurden vernachlässigt.

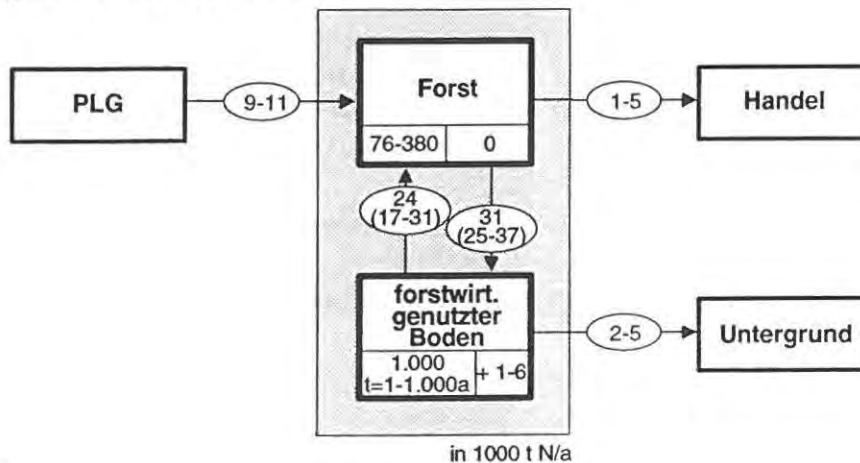
Bilanzierung: Es zeigt sich für den landwirtschaftlich genutzten Boden ein weitgehender Ausgleich zwischen Input und Output. Eine etwaige Lageränderung dürfte innerhalb der Erhebungsungenauigkeit liegen.

Lager: Der landwirtschaftlich genutzte Boden ist ein sehr wichtiger Stickstoffspeicher. Die Angaben von N-Gehalten im Boden schwanken zwischen 3 und 50 t/ha. Hier wurde mit einem durchschnittlichen N-Gehalt von 10 t/ha gerechnet. Der Stickstoffspeicher in den landwirtschaftlich genutzten Böden Oberösterreichs liegt somit in der Größenordnung von ca. 5 000 000 t N. [Quellen: Zehetner, 1992; Kemmerling, Lechner, 1983]

4.8. Forstwirtschaft

Unterprozesse: Forst, Forstwirtschaftlich genutzter Boden

Abbildung 10: Bilanz Forstwirtschaft



Summe:



4.8.1. Forst

Unter dem Prozeß Forst wird der Waldbestand inklusive Wild und die Tätigkeit durch den forstwirtschaftlichen Betrieb verstanden. In diesem Prozeß werden folgende Güter transportiert: Wasser, Holz, Streufall, Wild. Als Transformationen sind vor allem das Wachstum und der Blatt- und Nadelabwurf der Bäume, aber auch die Schlägerung des Holzes, von Bedeutung. Der Forst stellt auch einen gewissen N-Speicher dar (Bäume).

Tabelle 14: Stoffflüsse durch den Forst

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
PLG	nasse + trockene Deposition	9 - 11
Forstw. genutzter Boden	Wasser _{Nährstoffe}	24 (17 - 31)
	Summe	34 (26 - 42)
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Forstw. genutzter Boden	Wasser _{Interception}	9 - 11
Forstw. genutzter Boden	Streufall	21 (16 - 26)
Lebensm. und Holz Verarb.	Holz	1 - 5
	Summe	34 (26 - 42)
	Differenz	0
	Lager 1000 t N	76 - 380

Depositionen: Die Depositionen wurde als Input in den Waldbestand angenommen. Eine direkte Aufnahme bzw. Auswaschung über Blätter und Nadeln wurde vernachlässigt, sodaß die gesamte N - Fracht aus der Deposition über abrinnendes Regenwasser in den forstwirtschaftlich genutzten Boden gelangt. Die Größe der Deposition wurde von Abschnitt 4.2. übernommen.

Nährstoffaufnahme: Unter der Annahme eines in etwa gleichbleibenden Waldbestandes wurde die Nährstoffaufnahme der Bäume aus dem Boden dem N - Gehalt von Streufall, welche wieder auf den Boden zurück kommt, zuzüglich dem über den Jahresholzeinschlag dem Forst entzogenen Stickstoff gleichgesetzt.

Streufall: Über mittlere jährliche Stickstoffflüsse mit der Streufall für verschiedene Baumarten [Bredemeier, 1987] und der Artenaufteilung des oberösterreichischen Waldbestandes [Amt der OÖ Landesregierung, 1992] wurden die N - Fracht von Streufall berechnet.

Holz: Dem Bericht über die wirtschaftliche und soziale Lage der oberösterreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 1991 [Amt der OÖ Landesregierung, 1992] ist ein Jahreseinschlag für Oberösterreich von rund 2 000 000 Efm Holz zu entnehmen. Bei einer durchschnittlichen Dichte des Holzes im lufttrockenen Zustand von ca. 500 kg/m³ (Fichte 470 kg/m³) sind dies 1 000 000 t Holz lufttrocken pro Jahr. Die Angaben des N - Gehaltes für Holz schwanken zwischen 0,1% der wasserfreien Substanz und 0,5% im lufttrockenen Zustand. Der N - Entzug aus dem Forst über den Holzeinschlag beträgt daher in etwa 1000 bis 5000 tN/a. In gleicher Weise wurde auch über den Waldbestand [aus Amt der OÖ Landesregierung, 1992] die im Forst gespeicherte N - Menge berechnet.

4.8.2. Forstwirtschaftlich genutzter Boden

Unter diesem Prozeß wird die gesamte bewaldete Fläche inklusive der durch den Forst direkt beeinflussten Bodenschichte verstanden. Die Transport-, Speicherungs- und Transformationsprozesse entsprechen im wesentlichen denen der landwirtschaftlich genutzten Böden. Starke Unterschiede ergeben sich bei Input- (und Output-) gütern. Die Flächenausdehnung der forstwirtschaftlich genutzten Böden beträgt nach der Österreichischen Forstinventur 1986/90 487 209 ha [aus: Amt der OÖ-Landesregierung, 1991] (438 831 ha Ertragswald, 48 378 ha Wald außer Ertrag).

Tabelle 15: Stoffflüsse durch den forstwirtschaftlich genutzten Boden

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
PLG	Luft	(-)
Forst	Wasser _{Interception}	9 - 11
Forst	Streufall	21 (16 - 26)
	Summe Input	31 (25 - 37)
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
PLG	Abluft _{Boden}	(-)
Forst	Wasser _{Nährstoffe}	24 (17 - 31)
Untergrund	Wasser _{Nährstoffe}	2 - 5
Oberflächengewässer	Humus	-
	Summe Output	27 (19 - 36)
	Differenz	+ 1 - 6
	Lager 1000 t N	(1000)
	Aufenthaltszeit t: (1 - 1000 a)	

Zur Abschätzung der **biologischen N - Fixierung** in Waldökosystemen und der **Denitrifikation** in forstwirtschaftlich genutzten Böden konnten bei dieser Arbeit keine Daten ermittelt werden. Der N - Eintrag aus **Depositionen** und durch **Streufall** und der N - Entzug durch die **Nährstoffaufnahme** der Bäume wurde vom Prozeß Forst übernommen.

Auswaschung: In den Faustzahlen für die Landwirtschaft [Ruhr - Stickstoff Aktiengesellschaft, 1988] wird eine durchschnittliche Auswaschungsrate im Wald von 5 - 10 kg N/ha.a angegeben. Klaghofer (Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenkunde) [aus: Galler, 1989] rechnet mit 10 kg N/ha.a. Für Oberösterreich würde das eine Auswaschung von 2000 - 5000 t N/a aus den forstwirtschaftlich genutzten Böden ergeben.

Lageränderung: Berdemeier [1987] gibt aus Untersuchungen in Norddeutschland in verschiedenen Waldstandorten (Fichte, Eiche, Kiefer und Buche) Akkumulationsraten für Stickstoff in den Böden an. Legt man diese Akkumulationsraten auf den Waldbestand Oberösterreichs [aus: Amt der OÖ Landesregierung, 1992] um, würde man eine Anreicherung in den Waldböden Oberösterreichs von 11000 t N/a erhalten. Berücksichtigt man den N - Entzug durch den nachwachsenden Jungwald, der in etwa in der Größenordnung des N - Entzuges über den Holzeinschlag liegen dürfte, würde die N - Anreicherung in den forstwirtschaftlich genutzten Böden Oberösterreichs immer noch 6 - 10000 t N/a betragen. Dies scheint zu hoch zu sein, da dann die Akkumulation in den Böden bereits die Größenordnung des gesamten N - Eintrages über Depositionen erreichen würde. Der für die norddeutschen Waldstandorte gemessene N - Eintrag über die Deposition liegt auch wesentlich höher als in Oberösterreich, sodaß ein direkter Übertrag nicht sinnvoll erscheint. Es wurde für diese Arbeit daher der Bilanzüberschuß von 1 - 6000 t N/a als Akkumulation in den forstwirtschaftlich genutzten Böden angesetzt.

Lager: In Ermangelung von Daten über forstwirtschaftlich genutzte Böden wurde um die Größenordnung dieses Lagers abzuschätzen der N - Gehalt stickstoffarmer landwirtschaftlich genutzter Böden angenommen (3 t N/ha).

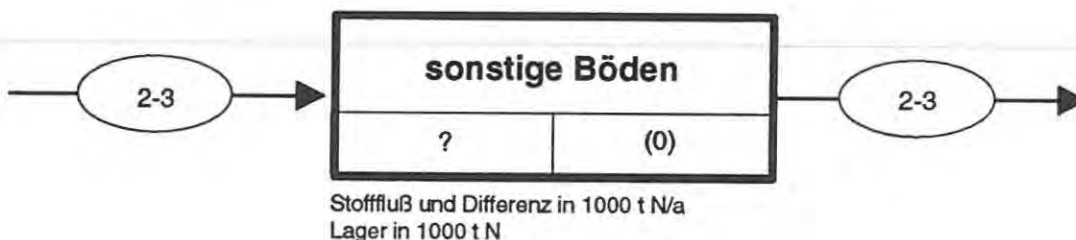
4.9. Sonstige Böden

Als sonstige Böden werden die land- und forstwirtschaftlich nicht genutzte Böden, wie bebautes Gebiet und Ödland, bezeichnet. Die Flächenausdehnung entspricht der gesamten Fläche Oberösterreichs weniger der landwirtschaftlich genutzten Fläche und der Waldfläche. Als transportiertes N-hältiges Gut ist nur das Wasser von Bedeutung. Speicherung und Transformationen dürften nicht von Bedeutung sein.

Tabelle 16: Stoffflüsse durch sonstige Böden

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
PLG	nasse+trockene Depositionen	2 - 3
Haushalt	Abfall _{Haushalt}	-
	Summe	2 - 3
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Untergrund	Wasser	(2 - 3)
Abwasserbehandlung	Wasser	-
	Summe	2 - 3
	Differenz (Annahme)	(0)
	Lager 1000 t N	?

Abbildung 11: Bilanz sonstige Böden



Der einzig relevante N - Eintrag in diesen Prozeß ist der Stickstoff aus der nassen und trockenen Deposition. Der Eintrag über Abfälle in befestigten Gebieten, der dann über die Regenwasserableitung entsorgt wird, dürfte vernachlässigbar sein. Auch werden bei diesem Prozeß keine Speichervorgänge berücksichtigt, sodaß der gesamte Eintrag über Depositionen als Austrag in den Untergrund angesetzt wird.

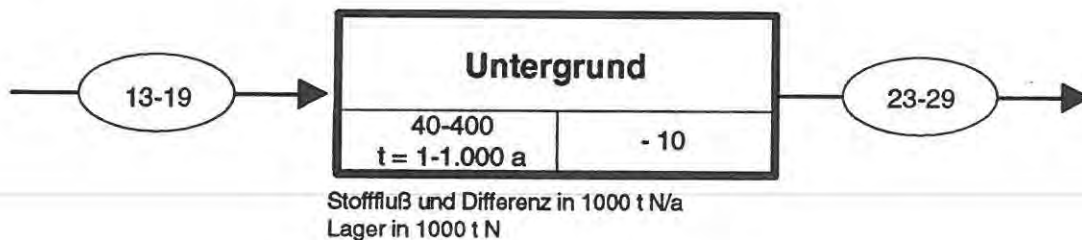
4.10. Untergrund

Der Prozeß Untergrund beinhaltet den gesamten Untergrund des betrachteten Gebietes soweit er nicht direkt an den Stoffumsätzen der Land- und Forstwirtschaft beteiligt ist, aber doch von der Fläche her durch Stoffaustausch mit Sicker- und Grundwasser beeinflusst wird. Transport von N-hältigen Gütern: Wasser, Deponiesickerwasser. Transformation: kurz- oder längerfristige Fixierung von Ammonium- und Nitrat- Ionen an Ton-Humuskomplexen und Silikaten des Untergrundes. Auch der Untergrund kann als N-Speicher eine Rolle spielen (Humus, Silikate).

Tabelle 17: Stoffflüsse durch den Untergrund

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
landw. genutzte Böden	Wasser _{Nährstoffe}	9 - 11
forstw. genutzte Böden	Wasser _{Nährstoffe}	2 - 5
sonstige Böden	Wasser _{Nährstoffe}	2 - 3
Abfallwirtschaft	Deponiesickerwasser	-
	Summe	13 - 19
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Grundwasser	Sickerwasser	13 - 19
PLG	Abluft	?
Handel	Brennstoffe	10
	Summe	17 - 49
	Differenz	- 10
	Lager	40 - 400
	Aufenthaltszeit t: (1 - 1000 a)	

Abbildung 12: Bilanz Untergrund



Wasser: Für die Transport-, Umwandlungs- und Speichervorgänge im Untergrund war keine Quantifizierung möglich. Isermann [1991] rechnet für deutsche Verhältnisse mit einer Denitrifikation im Untergrund von 50% des eingetragenen Stickstoffes. Für Oberösterreich dürfte dies jedoch nicht zutreffend sein, da hier organisch kaum verunreinigte und sauerstoffreiche Grundwässer überwiegen. In Ermangelung besseren Datenmaterials wurde daher der Output dem Input über Sickerwässer aus der Bodenregion gleichgesetzt.

Brennstoffe: In Oberösterreich wird Erdgas, Erdöl und Braunkohle gefördert. Der Stickstoffentzug aus dem Untergrund über diese Brennstoffe wurde über die Fördermengen [aus: Kotzmann, 1992] und durchschnittliche N - Gehalte in diesen Brennstoffe berechnet.

Lager: Bei der Bestimmung der Lagergröße eines Prozesses geht es nur darum eine Vorstellung von der ungefähren Größe des Lagers zu bekommen. Für das N-Lager im Untergrunde wurde angenommen, daß es in etwa in der selben Größenordnung liegt wie das Lager im Grundwasser.

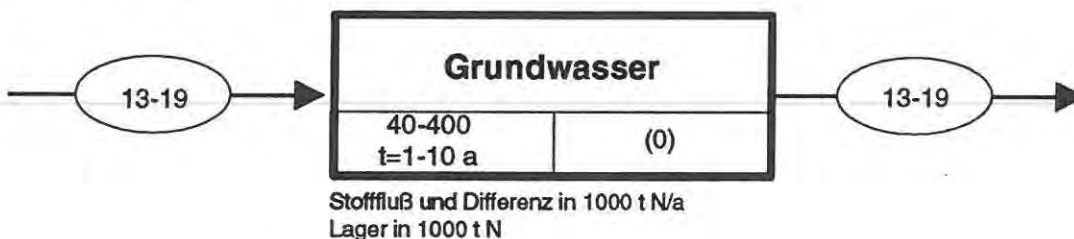
4.11. Grundwasser

Im Grundwasser wird Stickstoff transportiert und gespeichert.

Tabelle 18: Stoffflüsse mit dem Grundwasser

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Untergrund	Sickerwasser	13 - 19
Import	Grundwasser	-
	Summe	13 - 19
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Oberflächengewässer	Grundwasser	13 - 19
Export	Grundwasser	-
Haushalt	Trinkwasser	-
	Summe	13 - 19
	Differenz	(0)
	Lager 1000 t N Aufenthaltszeit 1 - 10 a	(40 - 400)

Abbildung 12: Bilanz Grundwasser



In Ermangelung von Kenntnissen über die Speichervorgänge im Grundwasser wurde eine Lageränderung von Null angenommen und der Output dem Input gleichgesetzt. Um die Größenordnung des N-Lagers im Grundwasser abzuschätzen wurde über die Fläche Oberösterreichs eine Grundwassermächtigkeit von 0,5 - 5 m angenommen. Nimmt man bei einem Niederschlag von 800 mm/a eine Grundwasserneubildung von 200 mm an, so beträgt bei einem durchschnittlichen Auswaschungsverlust für Oberösterreich von ca 13 kg N/ha.a der durchschnittliche NO₃-N Gehalt im Grundwasser 6,5 mg/l (29 mg NO₃/l) [nach: Zehetner, 1992]. Bei einer angenommenen Grundwassermächtigkeit von 0,5 - 5 m über Oberösterreich beträgt dann der N-Speicher im Grundwasser 40 000 - 400 000 t N und die Aufenthaltszeit in diesem Speicher 2 - 25 Jahre.

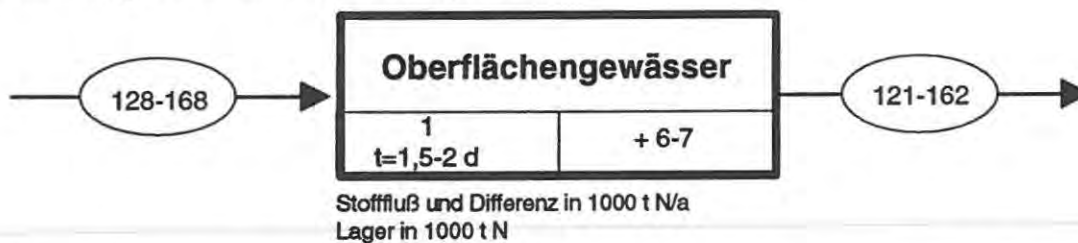
4.12. Oberflächengewässer

Dieser Prozeß beinhaltet den Stoffflux durch Seen, Flüsse und Teiche des betrachteten Gebietes. Speicher: Vor allem Sedimente sind N-Speicher innerhalb dieses Prozesses.

Tabelle 19: Stoffflüsse mit den Oberflächengewässern

Herkunftsprozesse	Inputgüter	1000 t N/a
Import	Oberflächenwasser	(108 - 142)
Abwasserbehandlung	Abwasser (gereinigt)	7
Grundwasser	Grundwasser	13 - 19
Landw. genutzter Boden	Humus	-
PLG	trockene+nasse Depositionen	-
	Summe	128 - 168
Zielprozesse	Outputgüter	1000 t N/a
Export	Oberflächenwasser	(121 - 162)
Grundwasser	Oberflächenwasser	-
	Summe	121 - 162
	Differenz	+ 6 - 7
	Lager 1000 t N	(1)
	Aufenthaltszeit t: 1,5 - 2 d	

Abbildung 14: Bilanz Oberflächengewässer



Die Abschätzung der Größenordnung der N - **Importe** und - **Exporte** über die Oberflächengewässer wurde bereits in Abschnitt 4.2. erläutert. Der N - Eintrag in die Oberflächengewässer über die **Abwässer** wurde von Abschnitt 4.6.1. und der Eintrag über das **Grundwasser** von Abschnitt 4.10. übernommen. Nicht berücksichtigt werden konnte N-Entnahme über die Sedimente in den Donaustaus.

Bilanzierung: Eine Bilanzierung über diesen Prozeß zeigt, daß die Einträge über Grundwasser und Abwasser in etwa in der Größenordnung des Unterschiedes zwischen Export und Import liegen. Die auftretende Differenz ist auf die Ungenauigkeit der Abschätzungen und nicht auf eine Lageränderung zurückzuführen.

Lager: Auch das Stickstofflager in der Donau, als bedeutendstem Oberflächengewässer Oberösterreichs, wurde grob abgeschätzt. Die Mittelwasserwerte der Donau (ca. 1500 m³/s) und die NH₄-N und NO₃-N Konzentrationen (rund 2,5 mg/l) konnten dem Jahresbericht der Bundesanstalt für Wassergüte [1989], [1990] entnommen werden. Die Fließstrecke wurde mit 150 km und die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit mit 0,8 - 1 m/s abgeschätzt. Die daraus errechneten Speichergrößen sind mit einem Lagerinhalt von 500 - 1000 t N und einer Aufenthaltszeit von 1,5 - 2 Tagen vergleichsweise sehr gering. Die N - Speicherung in den Sedimenten der Seen wurde nicht berücksichtigt.

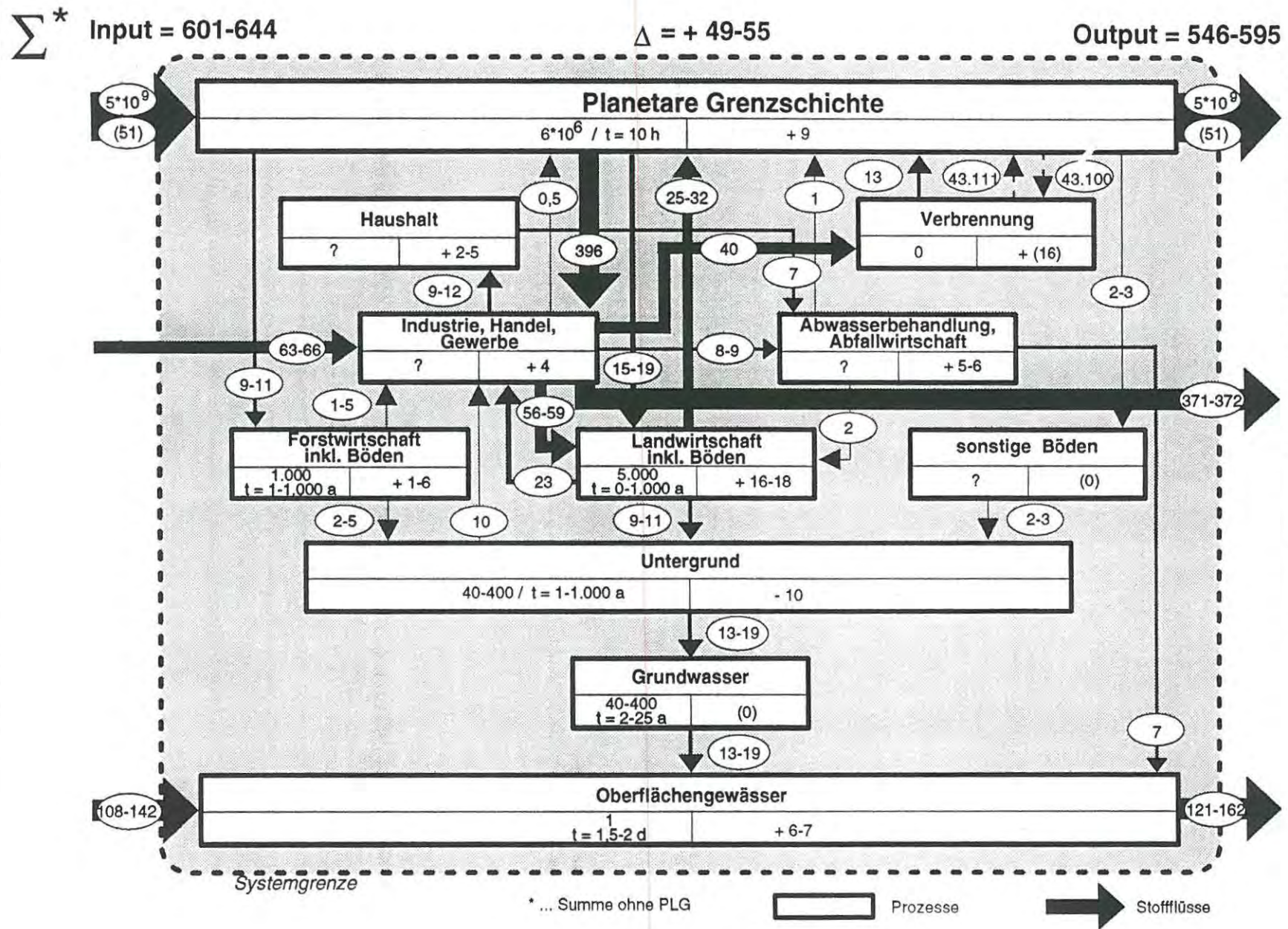


Abbildung 15: Stickstoffhaushalt des Landes Oberösterreichs in 1000 t N/a (Lager in 1000 t N)

Σ

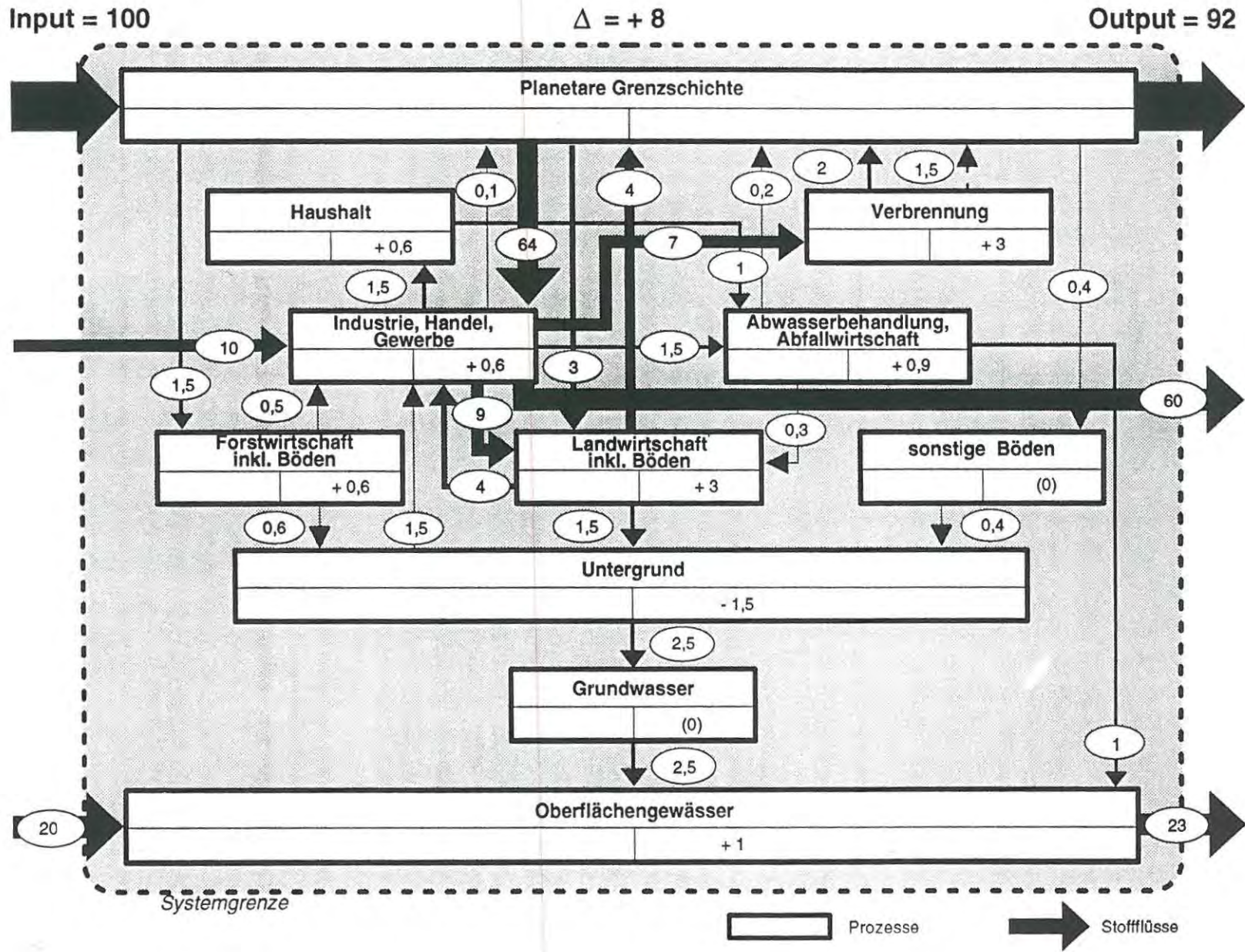


Abbildung 16: Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich in % des Gesamt-Importes ohne Planetare Grenzschichte

5. Folgerungen

- Die Stickstoffbilanz ist machbar, die gewählte Methodik der Stoffflußanalyse erwies sich prinzipiell als geeignet.

Mittels einer umfassenden Systemanalyse und vorhandener Daten aus ähnlichen Regionen wurde eine erste grobe Stickstoffbilanz für Oberösterreich erstellt. In dieser Studie wurden alle für den Stickstoffhaushalt wichtigen Bereiche (Landwirtschaft, Verkehr, Industrie und Gewerbe, private Haushaltungen, Entsorgung, Luft, Wasser und Boden) mitberücksichtigt. In den meisten Fällen genügten die in der Literatur vorhandenen Daten, um die Stoffflüsse der einzelnen Prozesse zu bilanzieren; allerdings waren die Angaben nur selten ausreichend, um die Bilanzen auch zu überprüfen.

- Die Stoffflüsse durch die einzelnen Prozesse lassen sich auf folgende drei Arten bestimmen:

1. Direkte Messung der Güterflüsse und der Stoffkonzentrationen (z.B. Ernährung, Entsorgung): Dies ist sicher die genaueste Methode zur Bestimmung der Stoffflüsse. Auch genügt es, falls die Stoffkonzentrationen bekannt sind, die *Güterflüsse* zu ermitteln um den Stofffluß zu errechnen. Problematisch wird dies allerdings bei stark schwankenden Stoffkonzentrationen in den Gütern. Dann nimmt die Genauigkeit der Bestimmung stark ab oder aber der Erhebungsaufwand stark zu. Weiters sind dieser Methode Grenzen durch die Bestimmbarkeit der Güterflüsse gesetzt (z.B. große Anzahl sehr kleiner Güterflüsse)

2. Emissionsfaktoren resp. Frachtkoeffizienten (z.B. Verkehr, Feuerung, etc.): Diese Methode bietet sich an, wenn die Bestimmung der einzelnen Güterflüsse nicht möglich ist. Die Schwierigkeiten bestehen darin, daß von einigen wenigen Messungen auf den Gesamtfluß geschlossen werden muß, und daher auf spezifische Gegebenheiten kaum Rücksicht genommen werden kann.

3. Bilanzierung (z.B. Grundwasser): Wenn weder Güterflüsse und Stoffkonzentrationen noch Emissionsfaktoren resp. Frachtkoeffizienten bekannt sind bleibt noch die Möglichkeit einen Stofffluß durch Bilanzierung über einen Prozeß zu bestimmen. Dazu müssen allerdings sämtliche anderen Bilanzierungsgrößen, das sind Inputflüsse, Outputflüsse und die Lageränderung des Prozesses, bekannt sein. Es ist zu bedenken, daß sich bei dieser Methode die Fehler aller Bilanzierungsgrößen summieren und die Möglichkeit der Kontrolle über die Bilanz verloren geht.

- Die wichtigsten Quellen, Transportwege, Senken von Stickstoff in Oberösterreich:

Die größten Stickstoffimporte nach Oberösterreich bestehen aus dem Luftstickstoff der Atmosphäre (als N_2), aus Stickstoffverbindungen in der Donau und aus NO_x resp. NH_3 in der Luft. Brennstoffe und weitere Güter, die in Industrie, Handel und Gewerbe sowie der Landwirtschaft gebraucht werden, beinhalten die wichtigsten vom Menschen importierten Stickstoffmengen. Der größte Export besteht wiederum aus N_2 in der Luft. An zweiter Stelle stehen aus Luftstickstoff hergestellte Industriegüter wie Handelsdünger und Harze. Der Export über die Donau ist ca. 10 - 20 % größer als die entsprechende Einfuhr durch

die Fließgewässer. Auch der Export an NO_x resp. NH_3 über die Luft dürfte den Import übertreffen.

Oberösterreich ist bezüglich der anthropogenen Stickstoffgüter ein wichtiger Produzent von nationaler wirtschaftlicher Bedeutung; die exportierte Menge stickstoffhaltiger Güter ist rund sechsmal größer als die Einfuhr.

Die größten *landesinternen Fluxe* sind: Luftstickstoff aus der Atmosphäre in die Industrie und weiters als Düngemittel und Harze in den Export; der Fluß von in Fließgewässern enthaltenen Stickstoffverbindungen; Handelsdünger und Hofdünger auf den landwirtschaftlich genutzten Böden; pflanzliche und tierische Ernteprodukte; Stickstofffluß mit Brennstoffen; Deposition von NO_x resp. NH_3 aus der Luft auf den Boden.

Die größten Stickstoffflüsse *zwischen der Anthroposphäre und der Umwelt* fließen von der Landwirtschaft zur Atmosphäre, von mobilen (Verkehr) und stationären (Feuerung) Verbrennungsprozessen zur Atmosphäre, aus der Landwirtschaft in den Untergrund sowie von der Abwasserbehandlung zu den Fließgewässern. Über Boden und Grundwasser gelangt mehr Stickstoff in die Oberflächengewässer als über die gereinigten Abwässer. Der größte "Empfänger" von anthropogenem Stickstoff ist die planetare Grenzschicht, gefolgt vom Grundwasser via Untergrund und den Oberflächengewässern.

Das größte Stickstoff *lager* in der Region ist die Atmosphäre mit einer allerdings kurzen Aufenthaltszeit. Bei den übrigen Lagern, die alle mindestens zwei Größenordnungen kleiner sind aber meist wesentlich größere Aufenthaltszeiten aufweisen, überwiegen die Böden die Lager in den Gewässern um schätzungsweise den Faktor 10. Für die zukünftige Gewässerbelastung ist deshalb die N-Bewirtschaftung des Bodens von entscheidender Bedeutung. Die Fließgewässer sind ein vernachlässigbar kleines Stickstofflager mit einer sehr kleinen Aufenthaltszeit. Über das Lager in den privaten Haushaltungen ist nur wenig bekannt; möglicherweise nimmt es aufgrund des Kunststoffeinsatzes im Bau- und Ausrüstungswesen stark zu. Die vorliegenden Daten sind zu wenig genau, um über die Änderungen der Lager in land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden eine Aussage machen zu können.

- Kenntnislücken bestehen auf folgenden Gebieten:

In methodischer Sicht besteht ein Mangel darin, daß es bis jetzt noch nicht möglich ist, anzugeben, ob Bilanzdefizite einzelner Prozesse auf echte Lageränderungen zurückzuführen sind, oder ob sie innerhalb des Streubereichs der Berechnungen liegen. Dies trifft insbesondere für die Landwirtschaft, aber auch für die Forstwirtschaft, zu.

Ebenso bestehen noch Lücken in der Datengrundlage: Der Bereich Industrie/Handel/Gewerbe konnte nur pauschal behandelt werden. Es fehlen Daten über den Handel mit Lebens- und Futtermitteln, aber auch Informationen über die Abfall- und Abwassersituation der Lebensmittel verarbeitenden Industrie. Den Produktionszahlen der Landwirtschaft stehen nur die durchschnittlichen Verbrauchszahlen von Nahrungs- und Futtermitteln gegenüber. Dadurch ergeben sich Schwierigkeiten bei der Beurteilung der weiteren Verwendung einiger Produkte der Landwirtschaft als Nahrungs- oder Futtermittel, bei der Quantifizierung von Exporten und Importen und bei der Zuordnung von Verlusten, die zwischen Produktion und Verbrauch auftreten. Noch geringer ist der Kenntnisstand für

Kunststoffe. Es fehlen Informationen über die Verarbeitung, den Handel und den Verwendungszweck. Weiters fehlen die Informationen über den Einsatz weiterer N-hältiger Güter.

Auch in der Landwirtschaft verbleiben noch große Unsicherheiten bei der Bilanzierung. Neben den natürlichen Ungenauigkeiten größflächiger Betrachtungsweisen, fehlen vor allem noch Daten über Verluste und den Verbleib dieser Verluste im landwirtschaftlichen Kreislauf. Hier wäre es notwendig über eine Stoffbuchhaltung in den Betrieben den Verbleib der eingesetzten Stoffe zu dokumentieren.

Im Bereich Verbrennung ist ein Überschuß an N im Input über Brennstoffe gegenüber dem Output über NO_x-Emissionen noch nicht geklärt. Hier wäre noch großer Forschungsbedarf zur Bilanzierungen der Verbrennungsvorgänge verschiedener Brennstoffe mit Erfassung aller Güterflüsse gegeben.

Auch im Bereich Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft gibt es noch einige Kenntnislücken vor allem über Abwasser und Abfall Zusammensetzung und Mengen von Industrie und Gewerbe. Auch hier muß eine Forderung nach einer Stoffbuchhaltung der Betriebe erhoben werden, auch wenn für N der Stoffumsatz, abgesehen von der chemischen Industrie, wo für Stickstoff die Buchhaltung bereits gegeben ist, im Vergleich mit der Landwirtschaft geringer ist.

Über die Böden den Untergrund und vor allem die Grundwasserverhältnisse fehlen detaillierte Angaben. Auch sind verschiedene Stickstoffflüsse zwischen geochemischen Prozessen noch wenig untersucht. z.B. Boden - Luft, Boden - Untergrund - Grundwasser - Oberflächengewässer.

Der N-Fluß durch die Oberflächengewässer wurde an Hand eines lückenhaften Datenmaterials ermittelt und der N-Fluß über die Luft ist nur eine grobe Abschätzung.

- Für die zukünftige Hauptstudie sind folgende Erkenntnisse wichtig:

Die in dieser Studie erstellte Stickstoffbilanz von Oberösterreich erlaubt es, Prioritäten für die Optimierung des Stickstoffhaushaltes bezüglich Umweltschutz und Ressourcennutzung zu setzen. Bevor spezifische Maßnahmen getroffen werden, müssen allerdings regional massgeschneiderte Untersuchungen durchgeführt werden, mit denen die vorläufig noch bestehenden Unsicherheiten der Bilanz verkleinert und bewertet werden.

Für die Durchführung einer regionalen Studie sollen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Es sollten genügend Daten über die Region vorhanden sein, zumindest über: den Wasserhaushalt, die Bevölkerung, die Wirtschafts- und Beschäftigungsstruktur, größere industrielle Betriebe, das Verkehrswesen, die Landwirtschaft und die Entsorgung (Abwasser, Abfall und Abluft).
2. Die Region sollte eine mit Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft gleichmäßig durchmischte Wirtschaftsstruktur besitzen und keine bezüglich Stickstoff alles dominierende Punktquelle aufweisen.

3. Die Kooperation mit der Region ist wichtig, um einen möglichst guten Datenzugang zu gewährleisten.

4. Ebenso ist eine gute Zusammenarbeit mit der Landes- und Regionalverwaltung notwendig.

Eine Restunsicherheit bezüglich der Bilanz wird immer vorhanden sein, - auch bei größtmöglichem Aufwand.

- Die Hauptstudie wird wichtige Beiträge zu folgenden Gebieten liefern:

Steuerung des Stickstoffhaushaltes im Hinblick auf langfristige Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung (Modell und Szenarien),

Erweiterung der Kenntnisse über die Lagerveränderungen in landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Böden,

Erweiterung der Kenntnisse über Auswaschungsverluste aus Böden und den N-Eintrag in das Grundwasser und über das Grundwasser in die Oberflächengewässer,

Klärung offener Fragen in den Bereichen Industrie/Handel/Gewerbe, Haushalt, Abwasserbehandlung und Abfallwirtschaft, Verbrennung und Landwirtschaft,

Mitberücksichtigung der Unsicherheiten bei der Bilanzierung (mathematisch - statistische Auswertung),

"Rezeptbuch" für analoge Studien in weiteren Regionen und für ähnliche Stoffe.

6. Literatur

- Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Umweltschutz (1988): Aufstellung der NO_x-Emissionen in Oberösterreich im Jahre 1988, Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Umweltschutz, UA. Luftreinhaltung und Energietechnik (1991): "Luftgüteüberwachung", Jahresbericht 1991, Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Umweltschutz (1990), (1992): "Sauerer Regen in Österreich", Meßbericht 3: Messungen Jän. 1989 - Dez. 1989, Meßbericht 4: Messungen Jän. 1990 - Dez. 1991, Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Abt. Umweltschutz/Abfallwirtschaft (1992): "Abfallwirtschaftskonzept für Oberösterreich", Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Agrar- und Forstrechts-Abteilung (1992): "Bericht über die wirtschaftliche und soziale Lage der oberösterreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahre 1991", Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Landesbaudirektion Immissionsschutz (1986), (1989): "Sauerer Regen in Österreich", Meßbericht 1: Messungen Jän. 1984 - Dez. 1985, Meßbericht 2: Messungen Jän. 1986 - Dez. 1988, Linz.
- Amt der OÖ Landesregierung, Unterabteilung Abwasserbeseitigung und Gewässerschutz (1992): "Konzept zur Entsorgung von Räumgut aus Senkgruben und Kleinkläranlagen", Linz.
- Aumüller A. (1990): "Prognose und Evaluierung von Emissionen sowie resultierende Brennstoffstrategien zur Emissionsminderung bei kohlegefeuerten Kesselanlagen", 4. Stickstoffsymposium, Linz Nov. 1990.
- Baccini P. (1989): "Kunststoffflüsse in der Schweiz", Swiss Plastics 13 Nr. 3, S. 51 - 72.
- Baccini P. und Brunner P. (1991): "Metabolism of the Anthroposphere", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- BAS (1987): "Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1978/1988", Bundesamt für Statistik, Basel, [in Baccini/Brunner, 1991].
- Bauer F. (1992): Persönliche Mitteilungen, Institut für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelkunde, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- Beer, Moench, Brunner (1991): "RESUB Luft", Regionale Stoffhaushaltsstudie Unteres Bünztal, Teilprojekt Resub Luft, Dübendorf.
- Berger T.W. (1991): "Aspekte des Stoffhaushaltes von Eichenmittelwäldern des Weinviertels", Dissertation, Institut für Forstökologie, Universität für Bodenkultur, Wien.

- Beyer H. und Walter W. (1981): "Lehrbuch der organischen Chemie", S. Hirzel Verlag, Stuttgart.
- Bredemeier M. (1987): "Stoffbilanzen, interne Protonenproduktion und Gesamtsäurebelastung des Bodens in verschiedenen Waldökosystemen Norddeutschlands", Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Waldsterben, Reihe A, Bd. 33 Universität Göttingen.
- Brötzenberger H. (1992): Persönliche Mitteilungen, Versuchsanstalt für Brennstoffe, Feuerungsanlagen und Gastechnik, TU-Wien.
- Buijsman/Maas/Asman (1987): "Antropogenic NH₃ Emissions in Europe", Atmospheric Environment Vol. 21 - No. 5, [aus: TUSCH, 1990].
- Bundesanstalt für Wassergüte (1985 - 1990): Jahresberichte 1985 - 1990
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1982): "Sonderabfallstudie unter besonderer Berücksichtigung des Gewässerschutzes", Wasserwirtschaft, Wasservorsorge.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (1989): "Richtlinien für die sachgerechte Düngung", 2. Auflage, Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1991): "Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1990", Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (1991): "Wirtschaftsdünger, Richtige Gewinnung und Anwendung", Sonderausgabe der Zeitschrift "Förderungsdienst".
- Ciba-Geigy (1977): "Wissenschaftliche Tabellen Geigy", Teilband Körperflüßigkeiten, 8. Aufl., Ciba-Geigy, Basel, [in Baccini/Brunner, 1991].
- Colbourn et al. (1984): "Estimation of total gaseous nitrogen losses from clay soils under laboratory and field conditions", journal of soil Science 35, in Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Stuttgart - Mainz 1985, [aus: TUSCH, 1990].
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (1982): "DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer", 5. Auflage, Frankfurt/Main.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (1984): "DLG-Futterwerttabellen für Schweine", 5. Auflage, Frankfurt/Main.
- Dissemond/Gomiscek/Zeißner (1991): "Landwirtschaftliche Stickstoffbilanzierung für Österreich unter besonderer Berücksichtigung ihrer Einbeziehung in die Volkswirtschaft" Sonderdruck aus "Die Bodenkultur", Wien.

- Galler J. (1989): "Gülle - Anfall, Lagerung, Verwertung, Umwelt", Leopold Stocker Verlag, Graz - Stuttgart
- Glatzel et. al. (1988): "Deposition langzeitwirksamer Luftschadstoffe in Wälder und Einfluß auf den Ionenhaushalt", Forschungsbericht, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- Glatzel et. al. (1988): "Eintrag atmosphärischer Spurenstoffe in Österreichische Wälder", Ergebnisse aus vier Depositionsmessungen, Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Symposium S. 60 - 72.
- Fleckseder H. (1989): "Woher stammt der Phosphor und Stickstoff in der Donau am Pegel Wien-Nußdorf?", TU-Wien.
- Franck A. und Biederbick K. (1990): "Kunststoff-Kompendium", 3. überarbeitete Auflage, Vogel Buchverlag.
- FBVA-Berichte (1988): "Messungen der nassen Deposition in Österreich", Schriftenreihe der forstlichen Bundesanstalt, Wien.
- Hackel A. E., Vitovec W. (1992): "Pyrogene N₂O-Emissionen aus stationären Quellen in Österreich", in ÖChemZ 1992/10.
- Hösel, Schenkel, Schnurer (1964): "Müllhandbuch Band 2", Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Isermann K. (1990): "Ammoniakemissionen der Landwirtschaft als Bestandteil ihrer Stickstoffbilanz und Lösungsansätze zur hinreichenden Minderung" Beitrag zum KTBL/VDI-Symposium: Ammoniak in der Umwelt - Kreisläufe, Wirkungen, Minderung - Oktober 1990 in Braunschweig, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft KTBL-Schriften-Vertrieb Im Landwirtschaftsverlag GmbH/Münster-Hiltrup (Westf.).
- Isermann K. (1990): "Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of Western Europe against the background of their eutrophication", Fertilizer Research 26: 253-269.
- Isermann K. (1991): "Territorial, Continental and Global Aspects of C, N, P and S Emissions from Agricultural Ecosystems", NATO Advanced Research Workshop (ARW) on "Interactions of C, N, P and S Biochemical Cycles", March 1991, Melreux, Belgium.
- Isermann K. (1991): "Anteil der Landwirtschaft an den Stickstoff und Phosphor-Einträgen in die Oberflächengewässer der Bundesrepublik Deutschland (1986/87) und Lösungsansätze zu ihrer hinreichenden Verminderung", 46. Fachtagung der bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung "Weitergehende Abwasserreinigung - Zielsetzung, Erfahrung und Ergebnisse", Oktober 1991, München.
- Isermann K. (1991): "Anteile der Landwirtschaft an der Emission klimarelevanter Spurengase und ursachenorientierte Lösungsansätze zu ihrer hinreichenden Vermin-

- derung", Öffentliche Anhörung der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", November 1991, Bonn.
- Kemmerling/Lechner (1983): "Nitratbelastung des Grundwassers", in Wasserwirtschaft, Wasservorsorge, Wien.
- Kroiß H., Nagel G. (1989): "Klärschlamm Entsorgung in Österreich", Wiener Mitteilungen Band 82, Wien.
- Kotzmann F. (1992): "Energiekonzept Oberösterreich, Band I, Besandsaufnahme - Energiebericht", Linz.
- Löhr L. (1990): "Faustzahlen für den Landwirt", 7. Auflage, Graz/Stuttgart.
- Machowetz H. (1991): "Konzept für die Klärschlamm Entsorgung in Oberösterreich", Linz.
- Magistrat der Landeshauptstadt Linz - Amt für Umweltschutz (1988): Emissionskataster Linz.
- Mohr H. (1990): "Der Stickstoff - ein kritisches Element der Biosphäre", Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Springer Verlag.
- Mostbauer P. (1992): Persönliche Mitteilungen, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abt. Abfallwirtschaft, TU-Wien.
- Nowak O. (1992): Persönliche Mitteilungen, Institut für Wassergüte, TU-Wien.
- Österreichisches Statistisches Zentralamt (ÖSTZ) (1991): "Bodennutzungserhebung 1990", Wien.
- Österreichisches Statistisches Zentralamt (ÖSTZ) (1991): "Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik 1990", Wien.
- Österreichisches Statistisches Zentralamt (ÖSTZ) (1992): "Statistische Nachrichten", 47. Jahrgang 1992, Heft 2, Wien.
- ÖVGW (1988): "Handbuch für das Gas- und Wasserfach", Ausgabe 89, Wien.
- ÖWWV (1984): "Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen - Empfehlungen für Betreiber von Abwasserreinigungsanlagen", Regelblatt 17.
- Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammer Österreichs (1991), (1992): "Zahlen aus Österreichs Land- und Forstwirtschaft 90" und "Zahlen aus Österreichs Land- und Forstwirtschaft 91", Wien.
- Puxbaum /Rosenberg/Gregori (1991): "Occurrence of HNO₃, NH₃ and NH₄NO₃ in Two Forested Regions in Austria", Institut für Analytische Chemie, TU-Wien.

- Puxbaum H. und Rosenberg C. (1989): "Deposition of Ozone and Acidic Components in Two Forest Ecosystems in Austria", Ecological Impact of Acidification, Proceedings of the Joint Symposium "Environmental Threats to Forest and Other Natural Ecosystems", S.137 - 148.
- Ruhr-Stickstoff Aktiengesellschaft (1988): "Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau", Bochum.
- Schweighofer P. (1992): Persönliche Mitteilungen, Institut für Wassergüte, TU-Wien.
- Souci/Fachmann/Kraut (1962): "Die Zusammensetzung der Lebensmittel", Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- TUSCH (1990): "Stickstoffbilanz für Österreich", Interdisziplinäres Projekt Technischer Umweltschutz, Universität für Bodenkultur Wien - Technische Universität Wien.
- Zehetner A. (1992): Persönliche Mitteilungen, Landwirtschaftskammer für Oberösterreich.
- Zehetner A. (1992): "Umweltgerechte Düngung", Eigenvervielfältigung der Landwirtschaftskammer für OÖ, Linz.
- Zehetner A. (1992): "Das Nitrat aus der Sicht der Düngung", Eigenvervielfältigung der Landwirtschaftskammer für OÖ, Linz.
-