

Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft

**Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine
Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes Strem**

Bettina Götz

Gerhard Zethner

MONOGRAPHIEN

BAND 78

Wien, Juni 1996

**Bundesministerium für Umwelt, Jugend
und Familie**



Autoren: Mag. Bettina Götz
DI Gerhard Zethner

Lektorat: Dr. Maria Deweis
DI Dr. Elfriede Kasperowski

Titelgraphik: Mag. Bettina Götz

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien
Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, Juni 1996
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-316-2

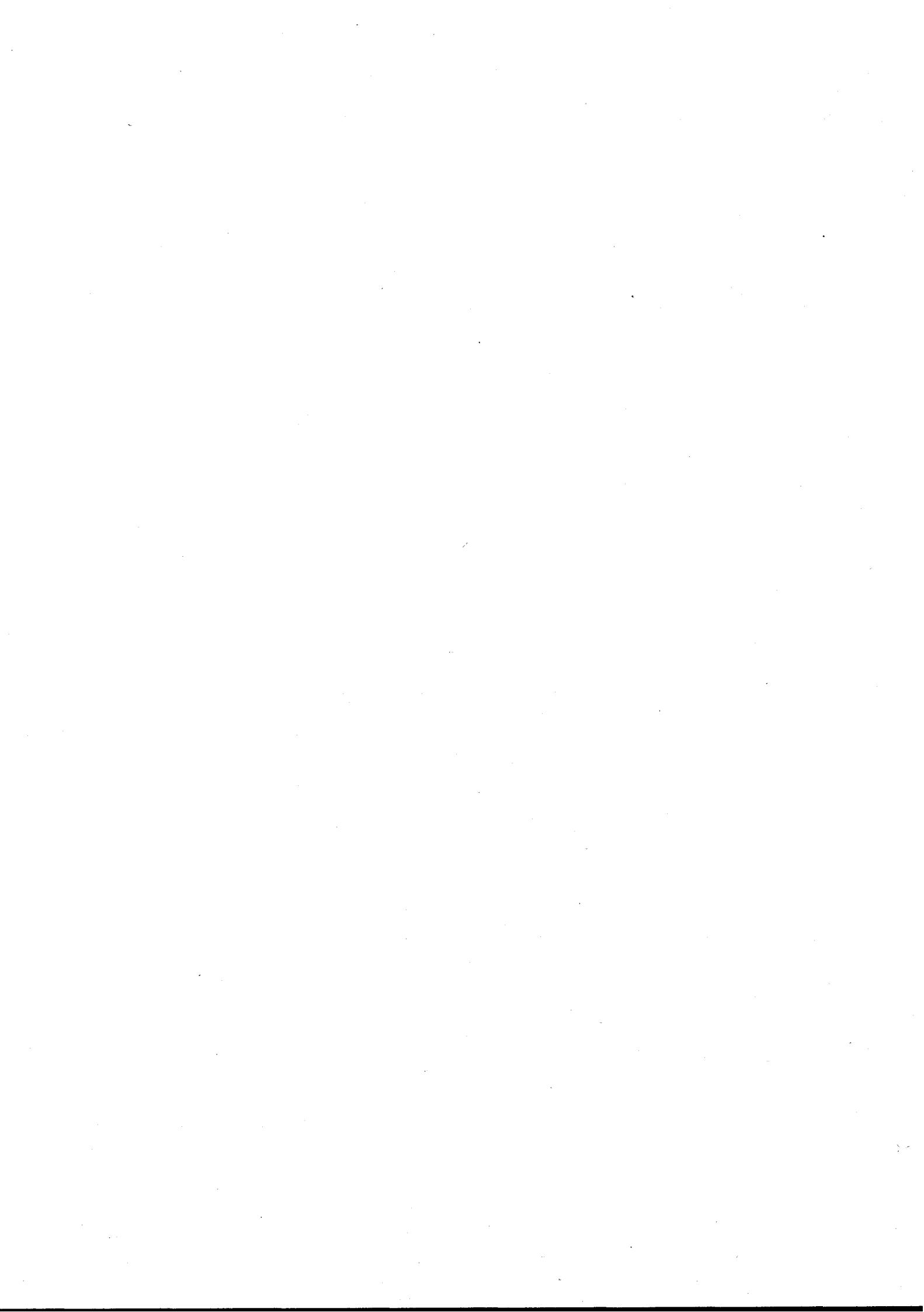
VORWORT

Die Umweltpolitik setzte in den letzten Jahren durch den vorsorgenden Umweltschutz Akzente, die darauf abzielen, vorhersehbare Schäden am Naturhaushalt zu vermeiden. Dieses Wirkungsfeld ist besonders wichtig geworden, um Umweltprobleme vorausschauend zu thematisieren, Lösungen vorzuschlagen und breit zur Diskussion zu stellen. Nachträgliche, meist sehr aufwendige Reparaturen am Naturhaushalt sollen damit überflüssig gemacht werden.

Für die Landwirtschaft sind daher, wie für jeden anderen Wirtschaftszweig, Verfahren anzuwenden, die auf der technischen Ebene einer Bilanzprüfung gleichen. Diese sollen den Umgang mit den Umweltgütern und Ressourcen im Sinne einer nachhaltigen Nutzung messen und bewerten und Maßnahmen zur Verbesserung aufzeigen.

Die vorliegende Arbeit setzt in einer Region den Maßstab der landwirtschaftlichen Nährstoffbilanz an, um Schwächen und Verbesserungspotentiale zu orten. Die Bewertung der vorgefundenen Bedingungen führt zu einer Gewichtung, aus der Vorschläge für eine Änderung der landwirtschaftlichen Praxis in Richtung nachhaltiger Nutzung abgeleitet werden.

In diesem Sinne stellt die vorliegende Studie eine Bestandsaufnahme dar, auf deren Basis mit den landwirtschaftlichen Akteuren aus Betrieben, Beratung und Verwaltung unter den derzeitigen ökonomischen und strukturellen Rahmenbedingungen Verbesserungsansätze diskutiert werden sollen.



ZUSAMMENFASSUNG

Mit der vorliegenden Studie wird erstmals für Österreich eine **landwirtschaftliche Nährstoffbilanz für die drei wichtigsten Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium auf regionaler Ebene** erstellt. Damit wird die Düngungsintensität einer Region erfaßt und kann im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft beurteilt werden.

Mit der regionalen landwirtschaftlichen Nährstoffbilanz kann ein etwaiger Nährstoffüberschuß berechnet werden. Ein Nährstoffüberschuß stellt ein **Umweltgefährdungspotential** dar. Durch die Bilanzrechnung können die hauptverursachenden Faktoren, welche für den errechneten Nährstoffüberschuß verantwortlich sind, ausgemacht werden.

In einer **landwirtschaftlichen Nährstoffbilanz** werden die Summen der **Zu- und Abgänge eines Stoffes** in einem **zeitlich und räumlich abgegrenzten Agrar-Ökosystem** gegenübergestellt. Als **Ergebnis** der Bilanzierung ergibt sich ein (positiver oder negativer) Differenzbetrag, der **Bilanzsaldo** (BACH ET AL., 1991), welcher als **Maß und Indikator für die Umweltbeeinträchtigungen durch die landwirtschaftliche Tätigkeit** dienen kann.

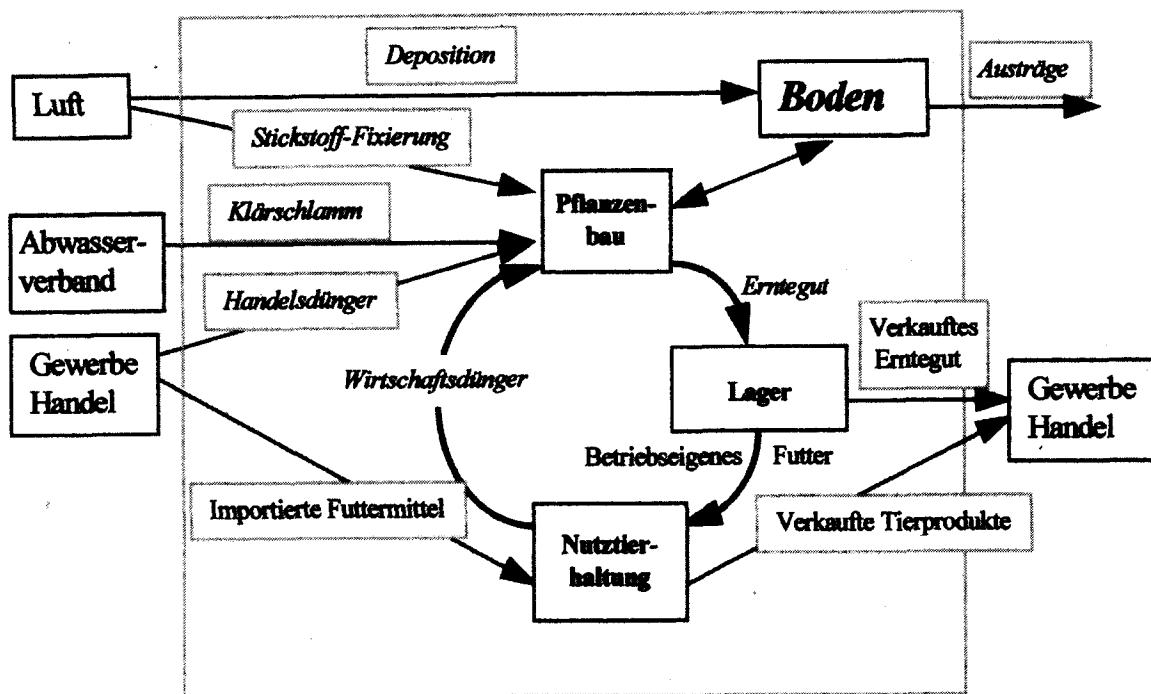


Abbildung 1: Das System „regionale Landwirtschaft“ (nach OBRIST ET AL., 1993, verändert).
 Kursiv: Bilanzgrößen der Flächenbilanz mit der Bilanzierungseinheit „Boden“
 Rote Rahmen: Systemgrenze und Bilanzgrößen der Hoftor-Bilanz mit der Bilanzierungseinheit „regionale Landwirtschaft“

In dieser Studie werden zwei Ansätze für eine regionale landwirtschaftliche Nährstoffbilanz zur Anwendung gebracht, welche in *Abbildung 1* dargestellt sind:

- Der regionale Ansatz der **Flächenbilanz** mit der Bilanzierungseinheit „Boden“ (Kursive Schrift in der *Abbildung 1*). Dabei werden sämtliche auf die Flächen aufgebrachten Nährstoffmengen (hauptsächlich Handels- und Wirtschaftsdünger) den im Erntegut enthaltenen Nährstoffmengen gegenübergestellt. In Deutschland wurde diese Methode zur regionalen Abschätzung des Nitrat-Belastungspotentials des Grundwassers und in der Schweiz zur Früherkennung von Bodenbelastungen als begleitende Maßnahme zu Bodendauerbeobachtungsstandorten angewandt.
- Der zweite verwendete Bilanzansatz, die **Hoftor-Bilanz**, mit der Bilanzierungseinheit „regionale Landwirtschaft“ als Gesamtheit (Rote Rahmen in der *Abbildung 1*). Dabei wird der **landwirtschaftliche Bereich einer Region als ein großer „Hof“ (black box)** betrachtet. Es werden nur die Stoffflüsse, die in diesen Hof hinein- oder herausführen, berücksichtigt. Die anfallenden Wirtschaftsdüngermengen (Gülle, Mist, Jauche) werden nicht extra ausgewiesen, da sie einen internen Kreislauf bilden und nicht aus dem landwirtschaftlichen Bereich herausgeführt werden. In Deutschland und der Schweiz wurde diese Methode auf nationaler bzw. regionaler (Wassereinzugsgebiet) Ebene zur Abschätzung des Nährstoffbelastungspotentials großer Gewässer (Rhein, Nordsee), für welche Schutzprogramme aufgrund der Eutrophierung ausgearbeitet werden mußten, verwendet.

Als **Region** wird in dieser Arbeit das **Einzugsgebiet der Strem im Südburgenland** betrachtet, die Fläche des Einzugsgebietes umfaßt 42.549 ha. Als Bilanzierungsjahr wird das Jahr 1990 gewählt, da die letzte ausgewertete Bodennutzungserhebung aus diesem Jahr stammt und die Daten daraus eine wichtige Grundlage für die Bilanz sind.

Aus den vorhandenen Daten des Wasserwirtschaftskatasters' (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1995) geht hervor, daß sowohl im **Grundwasserleiter** als auch im **Oberflächengewässer** Strem erhöhte Konzentrationen an Stickstoff- und Phosphatverbindungen, aber auch des Pflanzenschutzmittels Atrazin und dessen Abbauprodukten gemessen wurden. Durch die regionale landwirtschaftliche Nährstoffbilanz soll festgestellt werden, ob durch die landwirtschaftliche Nutzung ein Gefährdungspotential in Form von diffusen Nährstoffausträgen in Grund- und Oberflächenwasser, aber auch in die Atmosphäre besteht.

Ergebnisse

• Flächenbilanz

Die Ergebnisse der Flächenbilanz sind *Tabelle 1* zu entnehmen.

Der **durchschnittliche jährliche Nährstoffüberschuß** auf der landwirtschaftlichen Fläche im Einzugsgebiet der Strem wird mit **74 kg N/ha, 14 kg P/ha und 31 kg K/ha** ermittelt.

Im Vergleich dazu ergibt die **Flächenbilanz** für die „Alten Bundesländer“ der **Bundesrepublik Deutschland** (WENDLAND ET AL., 1993) einen durchschnittlichen N-Bilanz-Saldo von 105 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, für die „Neuen Bundesländer“ wird ein N-Überschuß von 101 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche berechnet.

KAAS ET AL. (1994) berechneten eine Stickstoffbilanz für das Kremstal in Oberösterreich und wiesen 93 bis 111 kg N/ha Stickstoffüberschuß aus.

Das Ergebnis der **Phosphorbilanz des Bezirkes Aarwangen** (OBRIST ET AL., 1993) in der **Schweiz** zeigt einen mittleren Phosphor-Nettoeintrag von 15 kg P/(ha*a). Für **das Untere Bünztal** in der Schweiz, eine weitaus kleinere Region als die hier untersuchte (3.400 ha landwirtschaftliche Nutzfläche), berechneten VON STEIGER UND BACCINI (1990) einen positi-

ven Phosphor-Bilanzsaldo von 14 bis 34 kg/(ha*a), welcher in etwa der Menge des jährlich eingebrachten Handelsdüngers entspricht.

Tabelle 1: Flächenbilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen in kg/ha.

INPUT - Größen:	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Handelsdünger	76	18,5	43
Wirtschaftsdünger	41	10,6	34,5
N-Fixierung	27		
Klärschlamm	1	0,4	0,14
Deposition aus der Luft	20	0,6	1,60
Summe	165	30	79

OUTPUT - Größen:	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Abfuhr mit Erntegut	91	16	48
Summe	91	16	48

Bilanz-Saldo: Input - Output	74	14	31
------------------------------	----	----	----

Die **Stickstoffüberschüsse**, welche durch die Bilanzrechnungen ausgewiesen werden, sind von besonderer Bedeutung für die Umwelt: Sie führen zu Stickstoffeinträgen in das Grundwasser, in die Oberflächengewässer und in die Atmosphäre (Ammoniak-, Stickstoff-, Stickstoffoxid- und Lachgasemissionen). Die errechneten **Phosphorüberschüsse** erhöhen hauptsächlich den P-Gehalt im Boden. Bei Erosions- und Abschwemmungseignissen kommt es dadurch zu vermehrtem P-Austrag in die Oberflächengewässer. Die Bilanzrechnung weist auch **Kaliumüberschüsse** aus, welche eine erhöhte Kalium-, aber auch Chlorid- und Kalzium-Auswaschung in das Grundwasser verursachen können. Weiters kann es durch erhöhte Zufuhr von Kalium auf die Flächen auch zu einer Steigerung des Erosionseintrages in die Oberflächengewässer kommen.

Die in die Flächenbilanz eingehenden **Faktoren**, die ausgewiesenen **Nährstoffüberschüsse** und die **Verlustaufteilung** der im Überschuß vorhandenen Nährstoffmengen werden für Stickstoff und Phosphor in den *Abbildungen 2 und 3* dargestellt. Für die Abschätzung der Verlustaufteilung werden Bandbreiten angegeben, da die Mengen auf regionaler Ebene aufgrund der heterogenen Verhältnisse und den zur Verfügung stehenden Mitteln nur in dieser Genauigkeit angegeben werden können.

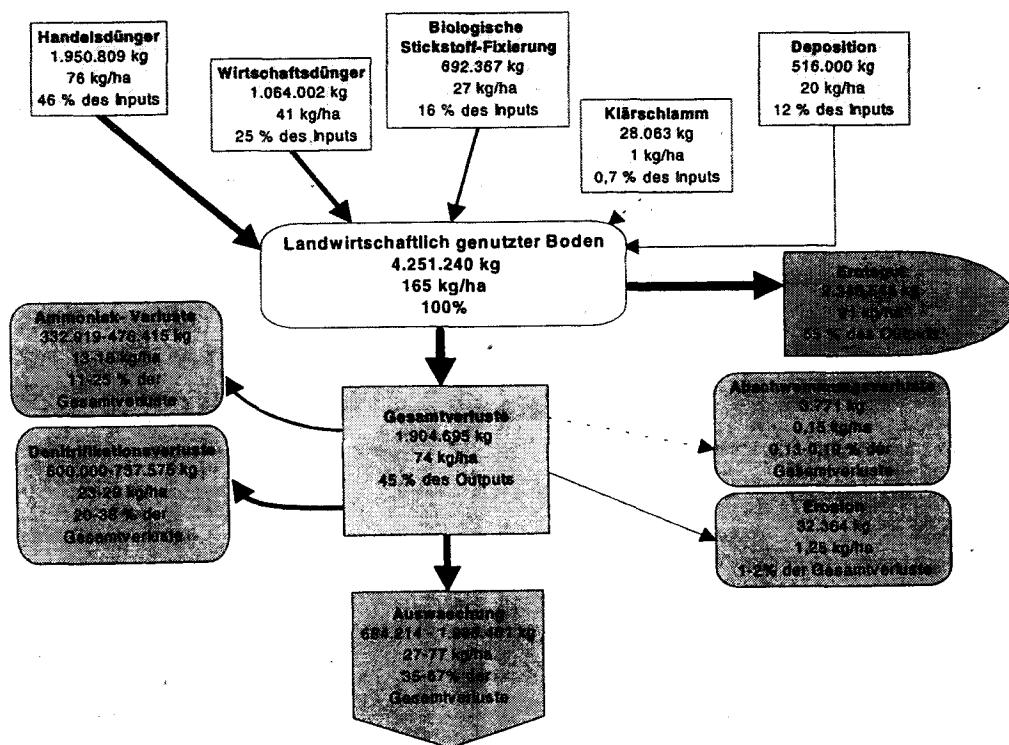


Abbildung 2: Stickstoffbilanz für das Einzugsgebiet der Strem und potentielle Überschußaufteilung auf die einzelnen Verlustwege.

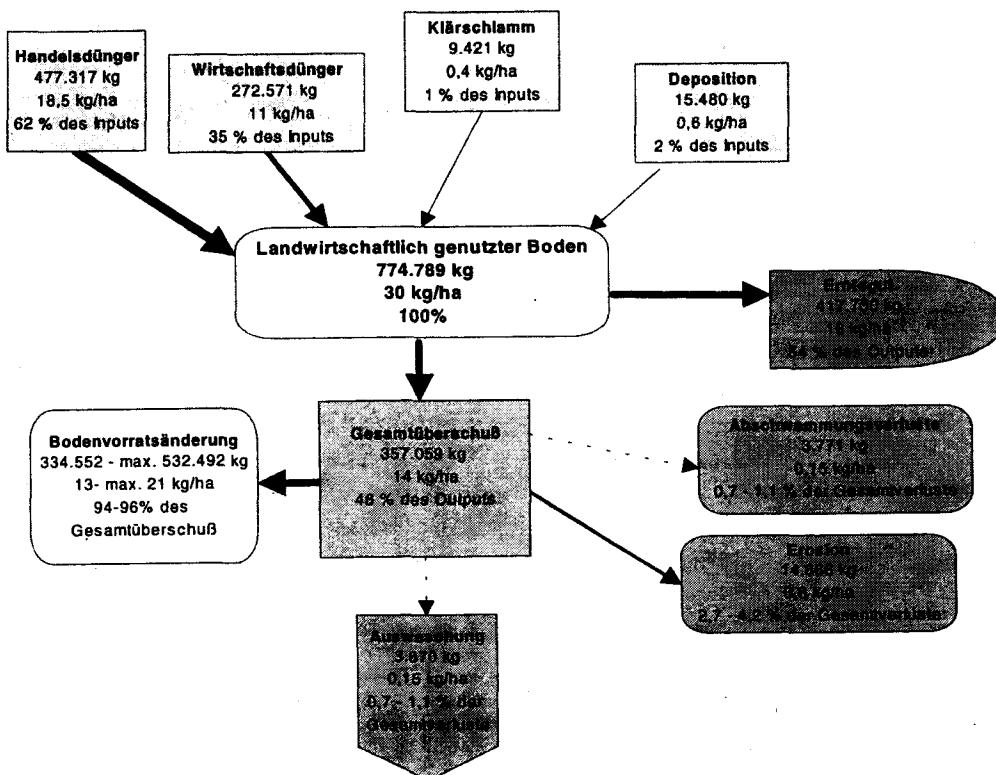


Abbildung 3: Phosphorbilanz für das Einzugsgebiet der Strem und potentielle Überschußaufteilung auf die einzelnen Verlustwege.

- **Hoftor-Bilanz**

Das **Ergebnis der Hoftor-Bilanz** für das Einzugsgebiet der Strem, bei welcher **Import- und Exportmengen** in die und aus der Landwirtschaft gegenübergestellt werden, ergibt einen positiven **Bilanzsaldo von 71 kg N/ha, 9 kg P/ha und 28 kg K/ha** (siehe *Tabelle 2*).

Tabelle 2: Hoftor-Bilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen in kg/ha.

INPUT - Größen:	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Importierte Futtermittel	12	2	2
Mineraldünger	76	19	43
Stickstoff-Fixierung	27		
Klärschlamm	1	0,4	0,1
Deposition aus der Luft	20	0,6	2
Summe	136	22	47

OUTPUT - Größen:	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Pflanzliche Lebensmittel	57	12	18
Tierische Lebensmittel	8	1	1
Summe	65	13	19

Bilanz-Saldo: Input - Output	71	9	28
------------------------------	----	---	----

Im Vergleich mit ähnlich durchgeführten Hoftor-Bilanzen aus der Literatur zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Die Hoftor-Bilanz der Landwirtschaft der **BRD** (alte und neue Bundesländer) gemäß PARCOM-Richtlinie (PARCOM, 1994) ergibt **117 kg N/ha*a Stickstoffüberschub** und **13 kg P/ha*a Phosphorüberschub** (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Die einzelnen Bilanzposten der deutschen Bilanz beinhalten jedoch größere N- und P-Mengen, als im Einzugsgebiet der Strem, bei den Futtermitteln wurde in Deutschland abweichend von der PARCOM-Richtlinie auch die Inlandsproduktion an Futtermitteln in die Bilanz miteingerechnet.
- Die Hoftor-Bilanz der Landwirtschaft der **Schweiz** gemäß PARCOM-Richtlinie (BRAUN et al., 1994) ergibt rund **83 kg N/ha*a Stickstoffüberschub**, der Phosphorüberschub beträgt **11 kg P/ha*a**. Die Werte für das Rheineinzugsgebiet liegen etwas höher, nämlich bei ca. **114 kg N/ha*a** und **17 kg P/ha*a**.
- KÖSTER et al. (1988) berechneten für 1986 folgende Bilanzüberschüsse für das Bundesgebiet der BRD:

109 kg N/ha
65 kg P₂O₅/ha = 28,4 kg P/ha
31 kg K₂O / ha = 25,7 kg K/ha.

Die durchwegs höheren Bilanzergebnisse der BRD ergeben sich durch die höheren Futtermittel- und Handelsdüngerimporte.

- Vergleichsweise ergab der **Kalium-Kreislauf** der schweizerischen Landwirtschaft für das Jahr 1985 (SPIESS & BESSON, 1993) eine Kalium-Zufuhr durch Futtermittel von ca. 10 kg K/ha, die K-Menge, die über tierische Produkte exportiert wird, umfaßt 3 kg K/ha in der Milch und 1 kg K/ha im Fleisch. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß aufgrund der geringen Kalium-Importe und -Exporte vor allem den innerbetrieblichen K-Kreisläufen Bedeutung beigemessen werden muß. Vor allem Wirtschaftsdünger und Ernterückstände können K-Mengen in beträchtlicher Menge enthalten, wobei langfristig mit dem gleichen Ausnutzungsgrad wie bei den Handelsdüngern gerechnet werden kann. Deshalb wird von SPIESS & BESSON (1993) eine Erhebung der ausgebrachten Wirtschaftsdüngermengen und eine Schätzung mittels Richtwerten bzw. Analysen des Nährstoffgehaltes gefordert.

Die **Hoftor-Bilanz**, in welche die importierten Futtermittel und die exportierten tierischen Produkte miteinbezogen werden, gibt vor allem Aufschluß über den Anteil des **Bilanzpostens „Futtermittel“** an den gesamten Nährstoffüberschüssen (v.a. Stickstoff ist hier von Interesse, da hauptsächlich Eiweißfuttermittel importiert werden). Da beim Einzugsgebiet der Strem keine Region mit intensiver Tierhaltung vorliegt, werden in dieser Studie die vorgeschlagenen Maßnahmen vor allem auf die Methode der Flächenbilanz abgestimmt.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die **Methodik der landwirtschaftlichen Nährstoffbilanzierung** wurde in den letzten Jahren soweit entwickelt, daß damit die Nährstoffflüsse eines Betriebes oder einer Region gut dargestellt, verglichen und bewertet werden können.

In Anlehnung an deutsche Arbeiten wird der regionale Stickstoffbilanz-Saldo als „Umweltindikator“ verwendet, wenngleich eine genaue Berechnung der gasförmig entweichenden und der versickernden Stickstoffmengen derzeit noch Gegenstand von Forschungsarbeiten ist.

Aus dem ausgewiesenen Nährstoffüberschuß der Flächenbilanz ergibt sich die Notwendigkeit, die **Düngopraxis der Region näher zu betrachten**. Bezuglich der **Stickstoffdüngung** wird in BUWAL (1993a) angeführt, daß das Ziel eine optimale Stickstoffversorgung der Nutzpflanzen wäre, bei minimalem Stickstoff-Input von außen, mit minimalen Verlusten an die Atmosphäre und Hydrosphäre und nachhaltiger Bewahrung der Bodenfruchtbarkeit.

Es erhebt sich die Frage, welche **Stickstoffverluste als unvermeidbar** gelten und welche eine vermeidbare Belastung darstellen und somit durch die Düngungspraxis vermindert werden können. FINCK (1990) gliedert die N-Verluste auf in

- eine natürliche Grundfracht, welche die unvermeidbaren Verluste aus ungedüngten Naturböden umfaßt und stellt dafür etwa 5-20 kg N/ha in Rechnung,
- eine Anbau-Grundlast, welche den unvermeidlichen Verlust bei der Produktion darstellt und veranschlagt dafür 10-20 kg N/ha und
- eine vermeidbare Belastung in der Höhe von 20 bis über 100 kg N/ha.

Die Diskussion über unvermeidbare N-Verluste bzw. **tolerierbare Nährstoffüberschuß-Salden** befindet sich derzeit im Gange (vgl. ISERMANN, 1994). In FRITSCH (1995) beispielsweise werden unvermeidbare Stickstoffüberhänge (Nitratverluste und N-Anreicherungen im Boden) im Pflanzenbau in Abhängigkeit von der Bodengüte und der Niederschlagsmenge angeführt, sie betragen zwischen 15 und 40 kg N/ha. Eine standortspezifisch differenzierte

Betrachtungsweise und Unterscheidung nach Betriebstypen (Marktfrucht-, Futterbau-, Gemischt- und Veredelungsbetrieb) ist jedenfalls notwendig.

Die Landwirtschaft ist bestrebt, möglichst hohe Ernteerträge (Outputs) mit möglichst geringem Aufwand an Betriebsmitteln zu erzielen. Eine nachhaltige Landwirtschaft ist weiters gekennzeichnet durch geringe Nährstoffemissionen in Grund- und Oberflächenwasser und die Luft bzw. geringe Stoffanreicherungen im Boden (Phosphor, Schadstoffe). Der effizientere Umgang mit Düngemitteln und sonstigen Nährstoffquellen (Erterückstände, Leguminosen etc.) ist daher im Sinne einer umweltgerechten Landwirtschaft notwendig. Andererseits ist dieser durch die sinkenden Preise für Agrarprodukte auch aus wirtschaftlichen Überlegungen erforderlich.

- **Die Düngungspraxis in der Region**

In Anbetracht der vielfältigen Einflußgrößen bei der Düngungsplanung kann eine tendenzielle Überschätzung des Ertragspotentials nicht ausgeschlossen werden, zumal die agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die landwirtschaftliche Produktion vorrangig steuern.

Ein Vergleich der 1990 im Einzugsgebiet vorhandenen und wahrscheinlich auch aufgewendeten Handelsdünger- und Wirtschaftsdüngermengen mit den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ, 1989) ergibt eine **über die für mittlere Ertragslage empfohlene Nährstoffzufuhr hinausgehende Stickstoffmenge von 18 - 50 kg N/ha.**

Erklärbar ist die hohe Ertragserwartung bei der Düngungsplanung durch die **Bodennutzungsänderung innerhalb der letzten 10-20 Jahre**, im Rahmen derer Grünlandstandorte in Ackerland umgewandelt wurden. Durch die **Umwandlung von Dauerwiesen in Ackerland** werden in den ersten Jahren enorme Stickstoffreserven mobilisiert.

Jedenfalls sollten nach Grünlandumbruch **Bodenanalysen** (mineralisierter Stickstoff: N_{min} und organisch gebundener Stickstoff: N_{org}) durchgeführt werden, um die Aufbringung **unnötiger Düngermengen zu vermeiden**.

- **Nährstoffüberschüsse und Möglichkeiten der Reduktion**

Der in der vorliegenden Bilanz ermittelte Nährstoffüberschuß weist ein **Umweltgefährdungspotential** aus, das durch die Landwirtschaft verursacht wird. Obwohl derzeit die Nitratbelastung des Grundwassers aufgrund der geologischen Situation im Südlichen Burgenland (MAROSI, 1990) gering ist, ist eine zeitlich verzögerte Nitratanziehung im Grundwasser nicht auszuschließen. Im Sinne des **Vorsorgeprinzips** ist deshalb trotz der geologisch für den Grundwasserschutz günstigen Situation eine Änderung der landwirtschaftlichen Düngungspraxis anzustreben.

⇒ **Maßnahmen auf der Inputseite:**

- Minimierung des **Handelsdüngereinsatzes**: Durch den Einsatz von Mineraldüngern werden über den betriebseigenen Düngeranfall hinaus Nährstoffe in den Boden gebracht, dies kann zu bedeutenden Nährstoffüberschüssen auf den landwirtschaftlichen Flächen führen (siehe auch FREUDENTHALER, 1991). Die **Einsatzmengen an NPK- Düngemitteln** können negative Auswirkungen auf die Grund- und Oberflächenwassersituation bedingen und einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit entgegenstehen. Darüber hinaus belasten sie auch die **Kostenseite der Betriebe** in dieser relativ armen Agrarregion Österreichs über Gebühr (ÖVAF, 1992).

- Aufwertung der **Wirtschaftsdünger**: Durch eine überbetriebliche Verteilung und eine gleichmäßige innerbetriebliche Verteilung der Wirtschaftsdüngermengen auf den Flächen, richtige Nährstoffanrechnung sowie die Wahl eines günstigen Zeitpunktes und einer geeigneten Technik bei der Ausbringung können eine bessere Ausnutzung der wertvollen Nährstoffe und finanzielle Entlastungen der Betriebe durch Reduktion des Handelsdüngerverbrauches erreicht werden.
- **Bodenanalysen auf N_{min}** : Eine Anpassung der Düngung an den mengenmäßigen Bedarf der Pflanzen durch **Erfassung des mineralisierten Stickstoffs (N_{min})** sollte durchgeführt werden.
- Stärkere Berücksichtigung der **Nährstoffrücklieferung aus den eingearbeiteten Ertrückständen**.
- Führen von **betrieblichen Nährstoffbilanzen**: Die **jährliche Kalkulation** betrieblicher Hoftor-Bilanzen und schlagbezogener Nährstoffbilanzen sollte in der landwirtschaftlichen Beratung und Praxis mit Nachdruck forciert werden. Neben den **positiven Umweltauswirkungen** bringen Nährstoffbilanzen auch **ökonomische Vorteile** für den Landwirt.
- Reduktion der **Futtermittelimporte** (v.a. Eiweißfuttermittel): Einerseits bedingen die Futtermittelzukaufe **finanzielle Mittelabflüsse**, andererseits ermöglicht die Tierernährung auf Sojaschrotbasis den massiven Einsatz von Mais als ideale Ergänzung in der Tierernährung zur Deckung des Energiebedarfs. Infolgedessen wird ein großer Teil der Ackerfläche für **Maisanbau** genutzt und das Grünland verliert an Bedeutung. Aus Sicht der Nährstoffbilanz ist Mais jedoch sowohl auf der Inputseite (Düngungsintensität) als auch auf der Outputseite (Erosion, Oberflächenabschwemmung, Auswaschung) problematisch.
- Reduktion des **Pestizidaufwandes**.

⇒ **Maßnahmen auf der Outputseite:**

- **Erhöhung des Grünlandanteils** - Wiesenrückführung.
- **Möglichst ganzjährige Bodenbedeckung mit Pflanzen** (Zwischenfruchtanbau und Untersaaten).
- **Maßnahmen im Tierhaltungsbereich** zur Reduktion der **Ammoniak-Emissionen**: Vor allem bei der **Güllewirtschaft** können beträchtliche gasförmige Stickstoffverluste entstehen (Aufmischen der Gülle, Ausbringung auf dem Feld), welche durch Maßnahmen wie geschlossene Göllegruben, rasche Einarbeitung der Gülle auf dem Feld, Wahl des richtigen Ausbringungszeitpunktes (Windstille, bewölkte Tage) und Aufteilung der Göllegaben verringert werden können.
- **Reduktion der Stickstoff-Mineraldüngung** zur Verringerung der **Denitrifikationsverluste**: Die **Denitrifikationsverluste** aus dem Boden, welche vor allem in verdichteten, sauerstoffarmen Böden beträchtliche Ausmaße erreichen können, sollten durch eine Reduktion der Ausbringung von N-Düngern verringert werden. Im Einzugsgebiet der Strem wäre es aufgrund der Mengenverhältnisse die wirkungsvollste Maßnahme, den Einsatz mineralischer Stickstoffdünger zu reduzieren.
- **Maßnahmen bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger** zur Verringerung des **Oberflächenabflusses**.
- **Flurbezogene und pflanzenbauliche Maßnahmen** zur Verringerung der **Erosion**.

- **Nährstoffbilanzen im biologischen Landbau**

Auf betriebswirtschaftlicher Ebene ist das Ziel einer **ökologischen Landwirtschaft**, mit betriebseigenen Energie- und Stoffressourcen zu arbeiten. Diese stehen kostenlos und im Rahmen des Betriebes zur Verfügung und der Landwirt kann somit den Zukauf von Betriebsmitteln reduzieren. Während bei **konventionell wirtschaftenden Betrieben** durchwegs **positive Hoftor-Bilanzen**, d.h. Nährstoffüberschüsse am Betrieb, in der Literatur errechnet wurden (GÄTH ET AL., 1991, KLOEN UND VEREJKEN, 1994), bewegen sich die **Bilanzzahlen für alternativ/biologisch wirtschaftende Betriebe um 0 bzw. im leicht negativen Bereich** (HEGE UND WEIGELT, 1991, KOEPF ET AL., 1989, GÖTZ, 1995). Die **Ökosystemverträglichkeit des biologischen Landbaus** im Unterschied zum konventionellen Landbau, welcher mit weitaus höheren Nährstoffinputs wirtschaftet, kann durch diese Ergebnisse unterstrichen werden. Im biologischen Landbau sind mineralische Stickstoffdünger verboten, der Futtermittelzukauf ist begrenzt und die flächengebundene Tierhaltung weist entsprechend niedrigere Tierbesatzdichten auf.

- **Die EU-Verordnung 2078/92 für eine umweltgerechte Landwirtschaft**

Die EU-Verordnung 2078/92 wird durch das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) umgesetzt, welches mit einer Laufzeit von 5 Jahren (bis 1999) eingeführt ist.

Durch die Teilnahme von ca. 90% aller landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich an diesem Programm können sich Änderungen der Düngepraxis in der Region ergeben. Diese Änderungen sollten die Umweltsituation verbessern, eine tatsächliche Beweisführung steht jedoch noch aus.

Die Begünstigung von Ackerbaubetrieben durch das ÖPUL ist anzunehmen, weil aufgrund der Fördersätze eine tendenzielle Abwertung des Grünlands erfolgt. Eine aktive Grünlandrückführung wird durch das Programm nicht forciert. Extensiv genutztes Grünland (Hutweiden, Bergmähder) wird weniger gefördert als mehrschnittige Dauerwiesen, welche einen vergleichsweise höheren Düngerinput aufweisen.

Das Prinzip der Kreislaufführung der Nährstoffe muß auf der Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes angestrebt werden (Wirtschaftsdüngerverwertung, Futterbau, Gründüngung, etc.). Inwieweit dieses Prinzip in das ÖPUL Eingang gefunden hat, sollte Gegenstand einer Evaluierung sein.

REGIONAL NUTRIENT BALANCES IN AGRICULTURE: CASE STUDY AND ENVIRONMENTAL HAZARD IN THE STREM RIVER CATCHMENT AREA - SUMMARY

With the present study an **agricultural balance** for the **three main nutrients nitrogen, phosphorus and potassium** is drawn up, for the first time, on a **regional scale** in Austria. It shows the fertilizing intensity of a region and is assessed with regard to the effects on sustainable agriculture.

A regional nutrient balance compares the **input and output of nutrients for a certain time and area of an agricultural ecosystem** and can, therefore, be used to calculate a possible nutrient surplus. The result of the balance is either a positive or negative figure. A positive figure, ie. a nutrient surplus, might indicate a potential environmental hazard, while the surplus amount itself is a measure and indicator for the extent of the environmental pollution brought about by agriculture (environmental indicator). The main factors responsible for the calculated nutrient surplus can also be identified.

The studied area is the **catchment of the Strem River in Southern Burgenland** which covers an area of 42,549 ha. The balance was carried out with data from 1990.

The following two approaches to a regional and agricultural nutrient balance were used in this study:

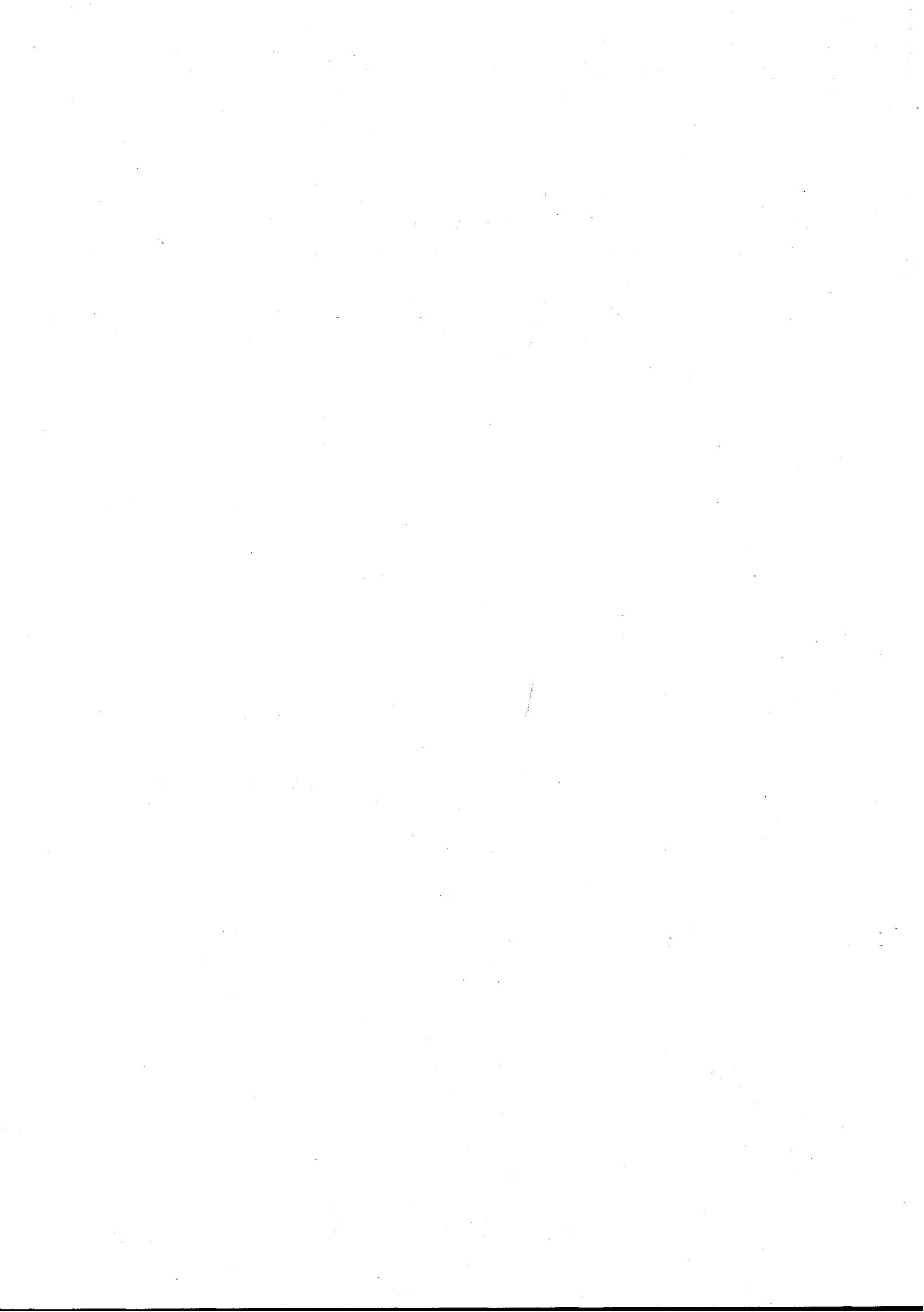
- The regional approach of **area balance** with "soil" as control unit. All nutrients (mainly commercial and agriculturally produced fertilizers) that were applied to the area are compared with those nutrients that the crop contains. The area balance yielded an **average nutrient surplus per annum of 74 kg N/ha, 14 kg P/ha and 31 kg K/ha** (see *table 1, p. iii*) for the agriculturally used area of the Strem River catchment.
- The second approach is the **black box balance** with "regional agriculture" in its entirety as control unit. It regards the whole **agriculture of a region as a large farm (black box)** and takes only the nutrients that get into and out of the farm into consideration. The manure is not taken into account since they are part of an internal cycle and are not removed from the agricultural process. The black box balance yielded a **positive figure of 71 kg N/ha, 9 kg P/ha and 28 kg K/ha** (see *table 2, p. v*) for the Strem River catchment area.

The nutrient surplus revealed by the area balance proves that a **closer examination of the fertilizing practice of the region** is necessary. Other studies have shown that a nitrogen loss of 15 to 40 kg N is unavoidable. Hence there is room for reductions in the studied area.

Proposed measures to reduce the nutrient surplus:

- minimising the use of commercial fertilizers
- improving use and application of manure
- soil analyses of Nmin and Norg to plan fertilizer use
- increasing consideration of nutrient return from crop residues
- drawing up nutrient balances within each farm
- reducing feed imports (esp. protein feeds)
- enlarging grasslands, converting arable into meadows

- protecting the soil by a vegetation cover, possibly all year round (crop rotation and under-seed)
- reducing ammonia emissions by taking measures concerning livestock
- reducing use of nitrogen fertilizer to curb denitrification
- taking measures to minimise surface run-off when liquid fertilizers are applied
- tillage and landscape planning measures to minimise soil erosions
- supporting biological farming which uses substantially fewer commercial nutrients
- promoting internal nutrient balances in the Austrian Environmental Programme (following EU regulation 2078/92)



INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG: NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE UND METHODEN DER NÄHRSTOFFBILANZIERUNG	1
1.1 STOFFBELASTUNGEN DER GEWÄSSER UND DER LUFT	1
1.1.1 Stoffeinträge in die Oberflächengewässer	3
1.1.1.1 Stickstoff- und Phosphat-Einträge	3
1.1.1.2 Pflanzenschutzmittel-Einträge	3
1.1.2 Stoffeinträge in das Grundwasser	4
1.1.2.1 Nitratbelastung des Grundwassers	4
1.1.2.1.1 Bedeutung von Nitratbelastungen	4
1.1.2.1.2 Ursachen der Nitratbelastung	5
1.1.2.1.3 Verursacher der Nitratbelastung	5
1.1.2.2 Pflanzenschutzmittelbelastung des Grundwassers	6
1.1.3 Stoffeinträge in die Atmosphäre	6
1.1.3.1 Ammoniak-Emissionen	7
1.1.3.2 Stickstoffoxid-Emissionen - Denitrifikation	7
1.2 METHODEN DER NÄHRSTOFFBILANZIERUNG	9
1.2.1 Bedarf an Umweltindikatoren für die Landwirtschaft	9
1.2.2 Bilanzierte Nährstoffe	10
1.2.3 Nährstoffbilanzierung auf betrieblicher Ebene	10
1.2.3.1 „Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt“	11
1.2.3.2 Grundwassergefährdungspotential	12
1.2.4 Nährstoffbilanzierung auf regionaler und nationaler Ebene	14
1.2.4.1 Flächenbilanz	14
1.2.4.1.1 Stoffbuchhaltungsmethode „Proterra“	14
1.2.4.1.2 Stickstoff-Bilanz	15
1.2.4.2 Hoftor- (black box-) Bilanz	16
1.2.4.2.1 Stickstoff- und Phosphor-Bilanz (D, CH)	16
1.2.4.2.2 Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen der BRD von 1950 - 1986	20
1.2.4.2.3 Vergleich der N- und P-Bilanzen verschiedener Länder	21
2 MATERIAL UND METHODEN	24
2.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET	24
2.1.1 Regionsgrenzen	24
2.1.2 Grundwassersituation	27
2.1.3 Oberflächengewässersituation	27
2.1.4 Klimatische und pedologische Verhältnisse	27
2.2 DATENGRUNDLAGEN FÜR DIE NÄHRSTOFFBILANZRECHNUNG	28
2.2.1 Bodennutzungsdaten	28
2.2.2 Viehbestandszahlen	31
2.2.3 Mineraldüngeraufwandsmengen	33
2.2.4 Futtermittelimporte in das Einzugsgebiet	34
2.2.5 Klärschlamm- und Kompostmengen	35
2.2.6 Depositionsdaten	35
2.2.7 Daten über die pflanzliche und tierische Produktion	36
2.2.7.1 Pflanzliche Produktion	36
2.2.7.2 Tierische Produktion	39
2.2.7.2.1 Fleischproduktion - Schlachtungen	39
2.2.7.2.2 Milchproduktion	41

2.2.7.2.3 Eierproduktion	41
2.2.8 Pflanzenschutzmittelaufwandsmengen	41
2.3 VERWENDETE BILANZANSÄTZE UND BERECHNUNG DER BILANZPOSTEN	42
2.3.1 Flächenbilanz	43
2.3.1.1 Inputgrößen	43
2.3.1.1.1 Handelsdünger	43
2.3.1.1.2 Wirtschaftsdünger	46
2.3.1.1.3 Biologische Stickstoff-Fixierung	48
2.3.1.1.4 Klärschlamm	49
2.3.1.1.5 Deposition	50
2.3.1.1.6 Saatgut	50
2.3.1.2 Outputgrößen	50
2.3.1.2.1 Abfuhr mit dem Erntegut	50
2.3.2 Hoftor- (black box-) Bilanz	59
2.3.2.1 Inputgrößen	59
2.3.2.1.1 Importierte Futtermittel	59
2.3.2.1.2 Mineraldünger, Stickstoff-Fixierung, Deposition, Klärschlamm und Saatgut	65
2.3.2.2 Outputgrößen	65
2.3.2.2.1 Pflanzliche Produktion	65
2.3.2.2.2 Tierische Produktion	65
3 ERGEBNISSE	68
3.1 ERGEBNISSE DER NÄHRSTOFFBILANZEN	68
3.1.1 Flächenbilanz	68
3.1.2 Hoftor- (black box-) Bilanz	73
3.1.2.1 Ergebnisse der Nährstoffbilanz	73
3.1.3 Überschüßaufteilung der Stickstoff- und Phosphormengen	75
3.1.3.1 Verlustrechnung für Stickstoff	75
3.1.3.1.1 Verlustrechnung mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten	75
3.1.3.1.2 Zusammenfassende Ergebnisse der Stickstoff-Verlustrechnung	83
3.1.3.2 Verlustrechnung für Phosphor	84
3.1.3.2.1 Verlustrechnung mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten	84
3.1.3.2.2 Zusammenfassende Ergebnisse der Phosphor-Verlustrechnung	86
3.1.4 Flächenbilanz für Stickstoff im Einzugsgebiet der Strem	87
3.1.5 Flächenbilanz für Phosphor im Einzugsgebiet der Strem	88
3.2 ERGEBNISSE DER PESTIZID - AUFWANDSMENGEN - BERECHNUNG	89
4 SCHLUßFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	95
4.1 STOFFBILANZSALDO ALS UMWELTINDIKATOR	95
4.2 DÜNGUNGSPRÄXIS IN DER REGION	96
4.3 NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE UND MÖGLICHKEITEN DER REDUKTION	101
4.4 NÄHRSTOFFBILANZEN IM BIOLOGISCHEN LANDBAU	106
4.5 DIE EU-VERORDNUNG 2078/92 FÜR EINE UMWELTGERECHTE LANDWIRTSCHAFT	107
5 LITERATUR	108
6 ANHANG	117

1 EINLEITUNG: NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE UND METHODEN DER NÄHRSTOFFBILANZIERUNG

1.1 STOFFBELASTUNGEN DER GEWÄSSER UND DER LUFT

Landwirtschaft betreiben heißt die Abläufe im Lebensraum so zu verändern, daß dadurch Ertrag (Ernte) gewonnen werden kann (MAURER, 1986).

Die **Zufuhr von Nährstoffen (Düngung)**, aber auch von Energie (bzw. Arbeit), in das landwirtschaftliche Betriebssystem ist durch den Entzug von pflanzlichen und die Erzeugung von tierischen Produkten notwendig, um **das Agrarökosystem in einem stabilen Zustand** zu erhalten. Leitbild einer nachhaltigen, das heißt über Jahrhunderte hinweg stabilen Landbewirtschaftung, durch welche eine Aufrechterhaltung von intakten Produktionsgrundlagen (Boden, Wasser, Luft und Organismen) gewährleistet ist, sind gemischt wirtschaftende, vielgliedrige Betriebe, welche weitgehend geschlossene innerbetriebliche Nährstoffkreisläufe aufweisen und wo das Ausmaß auftretender Nährstoffverluste möglichst gering gehalten wird.

Die **Entwicklung der Landwirtschaft in Österreich in den letzten 30-40 Jahren** ging in Richtung **Intensivierung** der landwirtschaftlichen Produktion (Steigerung der pflanzlichen und tierischen Produktion bei immer kleiner werdender Produktionsfläche) und **Spezialisierung** auf einzelne Wirtschaftszweige (Ackerbau- und Tierhaltungsbetriebe), verursacht vor allem durch den Einsatz von Maschinen, Handelsdüngern, chemischen Pflanzenschutzmitteln und zugekauften Futtermitteln. Durch diese in die Landwirtschaft importierten Bewirtschaftungsmittel kam es zu einem **Aufbrechen der innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufe**; es wurden zwar zunehmend höhere Erträge erzielt, jedoch auf Kosten der Betriebsautonomie und der Umwelt. Weiters wirkte sich auch vor allem die **Trennung von Tier- und Pflanzenproduktion ungünstig** auf die **Kreislaufführung der anfallenden Wirtschaftsdünger** aus; in Viehhaltungsbetrieben (v. a. im Westen Österreichs) kam es häufig zur Überfrachtung stallnaher Flächen mit Gülle und Jauche, Ackerbaubetriebe (v. a. im Osten Österreichs) wurden dagegen vermehrt von Handelsdüngerzukaufen abhängig.

Neben diesem Öffnen der Nährstoffkreisläufe, auf welchem hier das Hauptaugenmerk liegt, kam es durch die billige **Energieversorgung mit nicht erneuerbaren Energieträgern** (Erdöl, Kohle, Erdgas) neben der betrieblichen auch zur regionalen Spezialisierung (KOEPF et al., 1989). Dadurch ist in den Nahrungsmitteln, welche den Konsumenten erreichen, nicht nur der Energieaufwand für die Produktion, sondern auch jener für Transport, Lagerung und Kühlung enthalten. So beträgt beispielsweise der Primärenergiebedarf für 1 kg Weißbrot aus konventioneller Landwirtschaft, der sich aus den Wirtschaftssektoren Landwirtschaft, Mühle und Bäckerei ergibt, ca. 20,5 MJ (ca. 4.900 kcal) (LÜNZER, 1992).

In der heutigen konventionellen Landwirtschaft werden durch Zufuhr von Handelsdüngern, oft zusätzlich zur organischen Düngung, vor allem die Hauptnährstoffe **Stickstoff, Phosphor und Kalium** in das landwirtschaftliche System eingebracht. Diese Düngungspraxis nahm in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts ihren Ausgang mit der Entdeckung der Rohphosphat-Lagerstätten, der Phosphatwirkung von Thomasschlacke (einem Nebenprodukt der Eisenveredlung) und der Kaligehalte in den Abraumsalzen der Salzwerke. Bei Stickstoff brachten die Stickstoffsynthese nach Frank-Caro (Herstellung von Kalkstickstoff), Haber-Bosch (Herstellung von Ammoniak) und die Ammoniakverbrennung zu Nitrat Anfang dieses Jahrhunderts die entscheidende Wende (KÖSTER et al., 1988). Mit den nunmehr in großem Ausmaß zur Verfügung stehenden **Mineraldüngern** konnten in kurzer Zeit nicht nur eine

Optimierung der Mineralstoffernährung von Pflanzen und somit höhere Erträge bewirkt werden, sondern darüber hinaus auch natürliche oder anthropogen bedingte, nährstoffarme Standorte in Kultur genommen werden.

Die durch hohe oder zeitlich falsche Düngergaben resultierenden Nährstoffüberschüsse, welche nicht mit den Ernteprodukten vom Feld abgeführt werden, gelangen über verschiedene Verlustwege in angrenzende Ökosysteme (Hydro-, Pedo- und Atmosphäre).

Diese **Eintragspfade** in andere Ökosysteme sind bei **Stickstoff** vor allem **Nitratauswuschung ins Grundwasser** sowie **Ammoniakabgasung und Lachgasemissionen in die Luft**, während es bei **Phosphat**, welches im Boden vor allem an anorganische Sorptionsträger und in festen P-Verbindungen (z. B. Ca- Phosphaten) gebunden ist, vor allem durch **Wind- und Wassererosion zu P- Einträgen in Oberflächengewässer** kommt. **Kalium** wird im Boden an Tonminerale und organische Substanz adsorbiert bzw. in Zwischenschichten der Tonminerale fixiert, und erhöht die Bodenerodierbarkeit aufgrund seiner dispergierenden Wirkung (AUERSWALD, 1993). Bei einem Überangebot an Kalium-Ionen in sandigen Böden können, durch Erschöpfen der Bindungskapazitäten, größere Mengen durch **Auswaschung** aus dem „System Boden“ verloren gehen.

Eine Darstellung des Nährstoffkreislaufes im landwirtschaftlichen Betrieb sowie auftretende Nährstoffverluste sind *Abbildung 1* zu entnehmen.

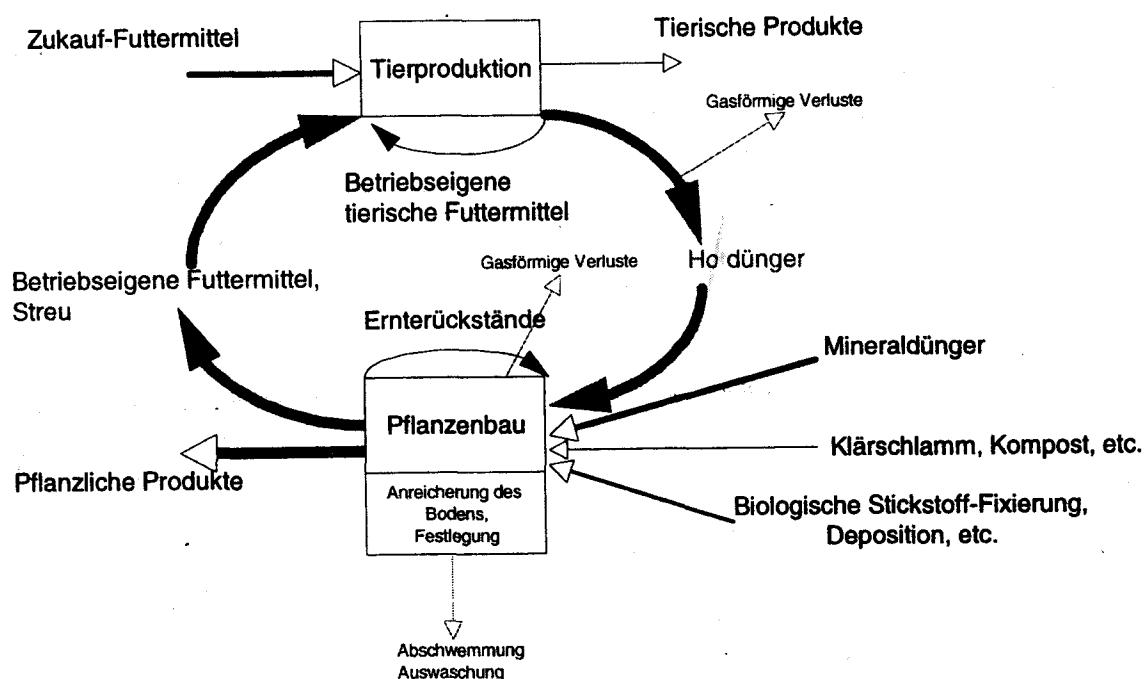


Abbildung 1: Nährstoffkreislauf und Nährstoffverluste im landwirtschaftlichen Betrieb (LBL, 1994).

Durch diese „neuartigen“ Emissionen von Stickstoff-, Phosphor- und Kali-, aber auch Kohlenstoffverbindungen (z. B. Methan) aus der Landwirtschaft entstehen **grenzüberschreitende Umweltbeeinträchtigungen**, wie Hypertrophierung und Versauerung der naturnahen Ökosysteme, Klimaveränderungen sowie die Gefährdung der Biosphäre. Angesichts der vor diesem Hintergrund noch viel zu lange (2-10 Generationen) ausreichenden nicht erneuerba-

ren fossilen Energieträger und Rohstoffe gefährdet nicht die mangelnde Versorgung, sondern wesentlich früher (1-2 Generationen) die weitgehend umweltunverträgliche Entsorgung das Wachstum und die Existenz der Landwirtschaft und Menschheit (ISERMANN et al., 1994). Zur ursachenorientierten und hinreichenden Beseitigung dieser Mißstände ist eine ca. 80%ige Minderung der Emissionen der reaktiven Verbindungen von N, P und C erforderlich (ISERMANN, 1994).

Das Vorkommen von **chemischen Pflanzenschutzmitteln** in Gewässern wurde vor allem wegen ihrer hohen Persistenz und ihrer Anreicherung in der aquatischen Biozönose als problematisch erkannt. In ackerbaulich und mit Sonderkulturen (Obst, Weinbau) genutzten Regionen sind in der Regel sowohl die Oberflächengewässer, als auch die Grundwasserleiter mit Pflanzenschutzmitteln kontaminiert. Im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung müssen alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die zu einer Verhinderung bzw. Verminderung der Einträge führen.

1.1.1 Stoffeinträge in die Oberflächengewässer

1.1.1.1 Stickstoff- und Phosphat-Einträge

In zunehmendem Maße sind die Oberflächengewässer durch **Eutrophierung mit anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen** gefährdet, denn es kann dadurch zu außergewöhnlichem **Algenwachstum**, Sauerstoffmangel, Fischsterben, Veränderung der Artzusammensetzung, Einschränkungen für die Aufbereitung von Trinkwasser sowie allergische Reaktionen bei Badenden kommen (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Besonders der Eintrag an Phosphat, welches ein wachstumsbegrenzender Faktor in Oberflächengewässern ist, steigert die Biomasseproduktion enorm.

Die Austräge an Nährstoffen in Oberflächengewässer durch die Landwirtschaft sind größtenteils **erosionsbedingt**, wobei die Witterung (eventuell Starkregen) und Häufigkeit eine große Rolle spielt.

Für **Deutschland** wurden jährliche Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer von über 1 Mio. t und Phosphoreinträge in der Höhe von ca. 100.000 t berechnet (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Die größten Anteile stammen dabei beim Phosphor aus den kommunalen **Kläranlagen** und **erodiertem Bodenmaterial** von landwirtschaftlich genutzten Flächen, beim Stickstoff aus dem Eintrag **landwirtschaftlicher Stickstoffverluste über das Grundwasser** und wiederum aus den kommunalen **Kläranlagen**. In diesen Bereichen liegen auch die größten Reduzierungspotentiale.

Nachdem die stofflichen Einträge in die Oberflächengewässer aus Industrie und Kommunen durch den Ausbau von Kläranlagen und durch weitere Maßnahmen (z. B. Ersatz phosphathaltiger Waschmittel) reduziert werden konnten, entfällt ein immer größer werdender Anteil auf die **diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft** (DVWK, 1993).

Im Rahmen der jährlichen Erhebung der Wassergüte nach dem Hydrographiegesetz (ANONYM, 1990a) (siehe WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1993, 1995) wird die Konzentration an Ammonium-Stickstoff und Ortho-Phosphat-Phosphor an 158 Meßstellen in Österreich festgestellt. Als deutliche Belastungsregionen im Osten Österreichs sind u. a. March, Thaya, der Wiener Donaukanal und die Strem zu nennen.

1.1.1.2 Pflanzenschutzmittel-Einträge

Für wasserwirtschaftliche Belange problematisch sind grundsätzlich die Pflanzenschutzmittel, die in das Grundwasser und in oberirdische Binnengewässer (Flüsse, Seen) gelangen

(UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Entsprechend der Vielfalt der Anwendungs- und Wirkungsmöglichkeiten von Pestiziden in der Landwirtschaft gibt es auch eine Vielfalt von **aktuellen und chronischen Wirkungen** auf die aquatischen Lebensgemeinschaften. Einzelne Pflanzenschutzmittel können sich in der Nahrungskette und so auch in den Fischen anreichern. Bei den Belastungsquellen handelt es sich vor allem um **diffuse Einträge**, insbesondere aus der Landwirtschaft, z. B. durch Abschwemmungen, Auswaschung in das Grundwasser sowie Verdunstung mit nachfolgender nasser und trockener Deposition. Ebenso können Pflanzenschutzmittel durch Drainagen aus dem Feld exportiert und in den Vorfluter eingetragen werden. Dem **Oberflächenabfluß (runoff)**, welcher als oberflächlich abfließendes Wasser inklusive mit diesem transportiertes, erodierte Bodenmaterial verstanden wird, wird vor allem in hängigem Gelände die entscheidende Rolle bei der Kontamination von Gewässern beigemessen (HURLE et al., 1993).

In der **Oberflächen-Trinkwasserverordnung** (ANONYM 1995a) ist der vorgeschriebene Summen-Grenzwert für Pestizide mit 0,005 mg/l angegeben, wobei dem Landeshauptmann ein Plan für die Sanierung bis zu einem Wert von 0,001 mg/l vorliegen muß.

Im Rahmen der jährlichen Erhebung der Wassergüte nach dem Hydrographiegesetz (ANONYM, 1990a) (siehe WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1993, 1995) wird die Konzentration des Herbizids Atrazin an 137 Meßstellen in Österreich gemessen. Vor allem im Osten und in schwächerem Ausmaß auch im Süden Österreichs sind Fließgewässer-Kontaminationen durch Atrazin festzustellen. Belastungsschwerpunkte sind March, Thaya und Traun. Punkte mit Maximalwerten über dem Grenzwert (0,1 µg/l) sind außerdem an der Leitha, Feistritz, Strem, Wiener Donaukanal, Donau, Ybbs u. a. zu finden.

1.1.2 Stoffeinträge in das Grundwasser

1.1.2.1 Nitratbelastung des Grundwassers

1.1.2.1.1 Bedeutung von Nitratbelastungen

Die **Gesundheitsgefährdung des Menschen** durch **erhöhte Nitratkonzentrationen im Trinkwasser** ergibt sich dadurch, daß das Umwandlungsprodukt Nitrit bei Säuglingen Blausucht auslösen kann und zudem im Verdacht steht, krebserregende Nitrosamine im Verdauungstrakt des Menschen zu bilden.

Die **Trinkwasser-Nitratverordnung** (ANONYM, 1989) sieht für den Nitrat-Grenzwert einen Stufenplan vor, wonach ab 1.7.1999 ein Grenzwert von 30 mg Nitrat pro Liter für das Trinkwasser festgelegt ist (derzeit: 50 mg Nitrat pro Liter). Nach derzeitigem Wissensstand (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT, 1995) ist diese Konzentration bis zu diesem Zeitpunkt auch mit noch so rigorosen Einschränkungen der Landbewirtschaftung flächendeckend in vielen Porengrundwasservorkommen Österreichs nicht erreichbar. Trotzdem darf dadurch die Motivation für das Ziel der Grundwassersanierung nicht geschwächt werden und notwendige Maßnahmen müssen erarbeitet und umgesetzt werden, um die gewünschten Erfolge zu erreichen.

Der **ökologische Aspekt erhöhter Nitratwerte** liegt darin, daß es durch Grundwasseraustritte in Oberflächengewässer zur Eutrophierung derselben kommt. Annähernd 2/3 der diffusen Stickstoffeinträge in die Fließgewässer erfolgen über das Grundwasser (ISERMANN, 1990). Das zunehmende Nährstoffangebot im Oberflächengewässer führt zu vermehrtem Sauerstoffverbrauch bis hin zum „Umkippen“ in anaerobe Verhältnisse mit ihren schwerwiegenden Folgen für die aquatische Tier- und Pflanzenwelt (siehe Punkt 1.2.1).

1.1.2.1.2 Ursachen der Nitratbelastung

Nitrat wird im Gegensatz zu allen anderen von der Pflanze benötigten Hauptnährstoffen nicht an den Bodenteilchen adsorbiert und kann nur über den Aufbau organischer Substanz biologisch festgelegt oder chemisch durch andere Ionen gebunden werden. Das Nitrat-Ion ist **so leicht wasserlöslich**, daß seine Wanderung der Wasserbewegung im Boden folgt und es damit aus dem Wurzelraum im Boden, wenn es nicht von Pflanzen oder Mikroorganismen aufgenommen wird, in **Richtung Grundwasser ausgewaschen** wird. **Die Höhe des Nitraustrages** mit dem Sickerwasserstrom hängt von folgenden **Faktoren** ab (BASF, 1986):

- Größe und zeitliche Verteilung der Sickerwassermenge
- Art und Dauer des Bewuchses (landwirtschaftliche Nutzung)
- Bodenart (Sand, Ton oder Schluff; Humusgehalt und biologische Aktivität)
- Stickstoffdüngung (Art, Menge, Zeitpunkt)
- Bodenbearbeitung (Bodenlockerung und -durchlüftung, Drainagen).

Ein wichtiger Einflußfaktor ist bei der landwirtschaftlichen Nutzung, neben der **Stickstoffdüngung**, vor allem das **Vorhandensein einer Pflanzendecke**; den Fruchtfolgesystemen muß daher v. a. in potentiellen Grundwassersanierungsgebieten vermehrt Aufmerksamkeit gewidmet werden (Zwischenfruchtanbau, Zeitpunkt des Umbruchs, Grünlandanteil).

Generell erlauben die komplexen Wechselwirkungen zwischen der Witterung, der Stickstoffdynamik im Wurzelraum, dem Bodenwasserhaushalt sowie den Bewirtschaftungsverhältnissen es nicht, allgemein gültige Patentrezepte zur Verringerung der Nitraauswaschung zu erstellen, die an jedem Standort, in jedem Jahr in gleicher Weise mit den gleichen Erfolgssichten angewendet werden können. Ein **standort- und nutzungsangepaßtes Maßnahmenpaket** ist erforderlich.

1.1.2.1.3 Verursacher der Nitratbelastung

Der gegenwärtig beobachtbare, zunehmende Nitrat-Eintrag ins Grundwasser geht fast ausnahmslos auf **anthropogene Ursachen** zurück (DEUTSCHE BUNDESTAG, 1994). Die Quellen der Nitratbelastung lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

- örtlich eng begrenzte, punktuelle Belastungsquellen (z. B. undichte Kanalisation, Abwasserversickerung, Mülldeponien, Gülle- und Silagelagerung)
- großflächige, diffuse Belastungsquellen (z. B. trockene und nasse Niederschläge von Luftverunreinigungen, landwirtschaftliche Bodennutzung)

Von Bedeutung sind insbesondere die diffusen Einträge ins Grundwasser. Für die Bundesrepublik Deutschland berechnete ISERMANN (1990) den **Anteil der Landwirtschaft an den diffusen Einträgen mit 80 %**, womit diese als Hauptverursacher ausgemacht wird.

Eine **Abschätzung der Stickstoffmengen**, welche durch die landwirtschaftliche Tätigkeit in das Agrarökosystem gelangen und durch Auswaschung verloren gehen, erscheint daher wichtig und notwendig. Weiter ist die Aufklärung über die **hauptverursachenden Stoffströme**, welche zu Nährstoffüberschüssen auf den Flächen führen, von besonderem Interesse für die **Ausarbeitung von Grundwassersanierungs-Maßnahmen**, welche in derzeit ausgewiesenen potentiellen Grundwassersanierungsgebieten notwendig sein werden. In Österreich sind laut WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT (1995) 56 % des gesamten untersuchten Porengrundwassergebietes in Österreich (= 9.918 km²) bezüglich Nitrat gefährdet.

Für die **Bundesrepublik Deutschland** wurde die Landwirtschaft mit ca. 46 % als führend am gesamten Stickstoffeintrag in die Fließgewässer beteiligt ausgewiesen, vor den kommu-

nalen und industriellen Kläranlagenabläufen (AUERSWALD et al., 1990), wobei annähernd 2/3 der diffusen N-Einträge in die Fließgewässer über das Grundwasser erfolgen (ISERMANN, 1990).

Die **EG-Nitratrichtlinie** (ANONYM 1991a) zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen ist für den Themenkomplex „Nährstoffbelastung“ von Bedeutung. Sie verpflichtet Mitgliedstaaten sogenannte „gefährdete Gebiete“ auszuweisen und Aktionsprogramme über Maßnahmen zur Verringerung der Nitrateinträge ins Grundwasser zu erstellen. Weiters müssen die Mitgliedstaaten Regeln der „guten fachlichen Praxis“ der Landwirtschaft aufstellen, die von den Landwirten auf freiwilliger Basis anzuwenden und in gefährdeten Gebieten verbindlich vorgeschrieben sind.

1.1.2.2 Pflanzenschutzmittelbelastung des Grundwassers

Erst Anfang bis Mitte der 80er Jahre erlangte man Kenntnis vom Auftreten pestizider Wirkstoffe im Grundwasser (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT, 1993). Noch bis Anfang der 90er Jahre wurde allgemein die Meinung vertreten, daß die Filterwirkung des Bodens ausreichend sei, um ein Versickern von Pestiziden bis in das Grundwasser zu verhindern.

Relevante **landwirtschaftliche Faktoren** für den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln ins Grundwasser sind insbesondere die Anwendungsmenge und -häufigkeit, der Anwendungszeitpunkt und die Anwendungsart (ISOE, 1991).

Im **Boden** unterliegen Pflanzenschutzmittel(-wirkstoffe) mikrobiellen und chemischen Umbau- und Abbauprozessen, welche abhängig von klimatischen Faktoren, Bodeneigenschaften, Nährstoffsituation und Biomasse im Boden sind. Neben den Abbauprozessen finden Festlegungen und Freisetzungen statt. Wirkstoffe und deren Abbauprodukte (Metabolite) werden in der organischen Substanz des Bodens (dem Humus) chemisch gebunden oder durch Sorption an Ton- und Humusteilchen angelagert. Die **Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln ins Grundwasser** ist also einerseits abhängig von dem Verhältnis von Sorption und Desorption im Boden, und andererseits beeinflußt durch die Sickerwassermenge, den Grundwasserabstand und die Durchlässigkeit der Deckschichten (ISOE, 1991).

Im **Grundwasserleiter** kann **Wirkstoffabbau** stattfinden, jedoch bestehen derzeit noch Unklarheiten über die Abbaugeschwindigkeit und das Transportverhalten der Abbauprodukte. Die äußerst langsam ablaufenden **Selbstreinigungskräfte** von Grundwasserleitern sollten **nicht überbewertet** werden (PESTEMER et al., 1989).

In der **Trinkwasser-Pestizidverordnung** (ANONYM, 1991b) wird das Ziel festgeschrieben, ein von Pestiziden freies Trinkwasser zu erreichen und auch künftig von Pestiziden freizuhalten. Der Grenzwert für beispielsweise Atrazin im Trinkwasser beträgt ab 1. Juli 1995 0,1 µg pro Liter. Die Schwellenwerte für Pestizide im Grundwasser sind in der **Grundwasserschwellenwertverordnung** (ANONYM, 1991c) festgehalten (für Atrazin: 0,1 µg/l).

Bei den Messungen im Rahmen des Wasserwirtschaftskatasters wurde am häufigsten **Atrazin** und dessen Hauptmetabolit **Desethylatrazin** im **Grundwasser** nachgewiesen und als bedeutende sanierungsrelevante Parameter beschrieben. An ca. 1/3 der österreichweit beobachteten Meßstellen wird der ab 1. Juli 1995 geltende Grenzwert für Atrazin im Trinkwasser überschritten (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT, 1995).

1.1.3 Stoffeinträge in die Atmosphäre

Umweltrelevante Stoffausträge aus der Landwirtschaft in die Atmosphäre betreffen vornehmlich das Element **Stickstoff**. Daneben sind in jüngster Zeit vor allem die Methan-Emissionen aus der Tierhaltung in den Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion gerückt, welche einen bedeutenden Beitrag zum Wärmepotential der Atmosphäre liefern (Treibhauseffekt), darauf wird aber in dieser Studie nicht näher eingegangen.

1.1.3.1 Ammoniak-Emissionen

Ammoniak- (NH_3 -) Emissionen aus der Hofdüngerwirtschaft sind **ein Verlust für die Landwirtschaft und eine Belastung für die Umwelt**.

Zum einen kann der Landwirt aufgrund der N-Verluste durch Ammoniak-Abgasung die **Dünngewirkung seiner Hofdünger nicht exakt abschätzen** und reagiert auf diese Tatsache meist mit zusätzlicher N-Düngung in mineralischer Form. Dahinter verbergen sich Begriffe wie z. B. „Sicherheitszuschlag“, „Mineraldüngeräquivalente“ oder „wirksame“ und „nicht wirksame“ Anteile des Wirtschaftsdüngers. Dies bedeutet somit für den Landwirt einen **doppelten Verlust**: Er verliert einen Teil des Stickstoffes aus den Hofdüngern und muß zusätzlich Handelsdünger zukaufen (MENZI & NEFTEL, 1993). Durch eine Verringerung der NH_3 - Verluste und durch bessere Kenntnisse über die tatsächlichen Verluste könnten der Handelsdüngereinsatz und dadurch die Düngerkosten sowie der Energieinput der Landwirtschaft reduziert werden. Die Haupt-Einflußfaktoren zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen im Rahmen der landwirtschaftlichen Tätigkeit sind: Ausbringung von Wirtschaftsdüngern bei geringer Sonneneinstrahlung, geringer Lufttemperatur, hohem Wasserdampfdruck und geringer Windgeschwindigkeit, hohe Infiltration des Bodens sowie Verdünnung und rasche Einarbeitung des ausgebrachten Flüssigmistes.

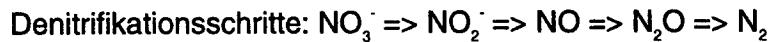
Diese „nicht wirksamen“ N- Verluste der Landwirtschaft führen jedoch sehr wohl zu einer **Beeinträchtigung von anderen Ökosystemen** (KTBL, 1990): Die NH_3 - Moleküle werden nach ihrer Verflüchtigung vom Wind verfrachtet und kommen als **Deposition bzw. Immission** u. a. auch in Ökosystemen wie Wäldern, Mooren und Gewässern, deren Entwicklung und Erhaltung seit jeher auf eine geringe N-Versorgung eingestellt ist, auf den Boden (MENZI & NEFTEL, 1993). Dies kann zu Bestandesveränderungen, Artenverarmung und Resistenzschädigungen der Pflanzen führen. Weiters führt der Abbau von NH_4^+ - Ionen im Boden zu Nitrat zu einer Freisetzung von H^+ - Ionen (Versauerung) und das Nährstoffgleichgewicht wird dadurch in eine für viele Pflanzen ungünstige Richtung verschoben. Erhöhte NH_3 - Konzentrationen in der Luft beeinflussen einerseits verschiedene chemische Prozesse (z. B. fördern sie die Deposition von Sulfat und Nitrat (MENZI & NEFTEL, 1993)) und führen andererseits zu Gebäudekorrosion (Nitrifikation von $\text{NH}_4^+ \Rightarrow$ Salpetersäure) (KTBL, 1990).

Die Reduktion der Ammoniak-Emissionen ist daher **aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht dringend und lohnend** (MENZI & NEFTEL, 1993).

Der Beitrag der Landwirtschaft zu den jährlichen anthropogenen Ammoniakemissionen Österreichs wurde in einer Studie des Umweltbundesamtes mit rund **86 %** errechnet (UMWELTBUNDESAMT, 1993).

1.1.3.2 Stickstoffoxid-Emissionen - Denitrifikation

Die Reduktion von Nitrat (=Denitrifikation) ist jener biologische Prozeß im Boden, der den **größten Teil an gasförmigen Stickstoffverbindungen freisetzt** und damit den Stickstoffkreislauf schließt (SMITH & ARAH, 1990), (siehe Abbildung 2).



Die bakterielle Nitratreduktion zu gasförmigem Stickstoff (**molekularer Stickstoff, N₂, und Stickstoffoxide, N₂O und NO_x**) ist an anaerobe Verhältnisse gebunden und tritt vor allem bei schlechter Wasserführung und unzureichender Belüftung des Bodens auf. Zahlreiche Studien haben gezeigt, daß die Denitrifikationsrate sowohl mit dem Wassergehalt, als auch mit dem Nitratgehalt im Boden korreliert (SMITH & ARAH, 1990).

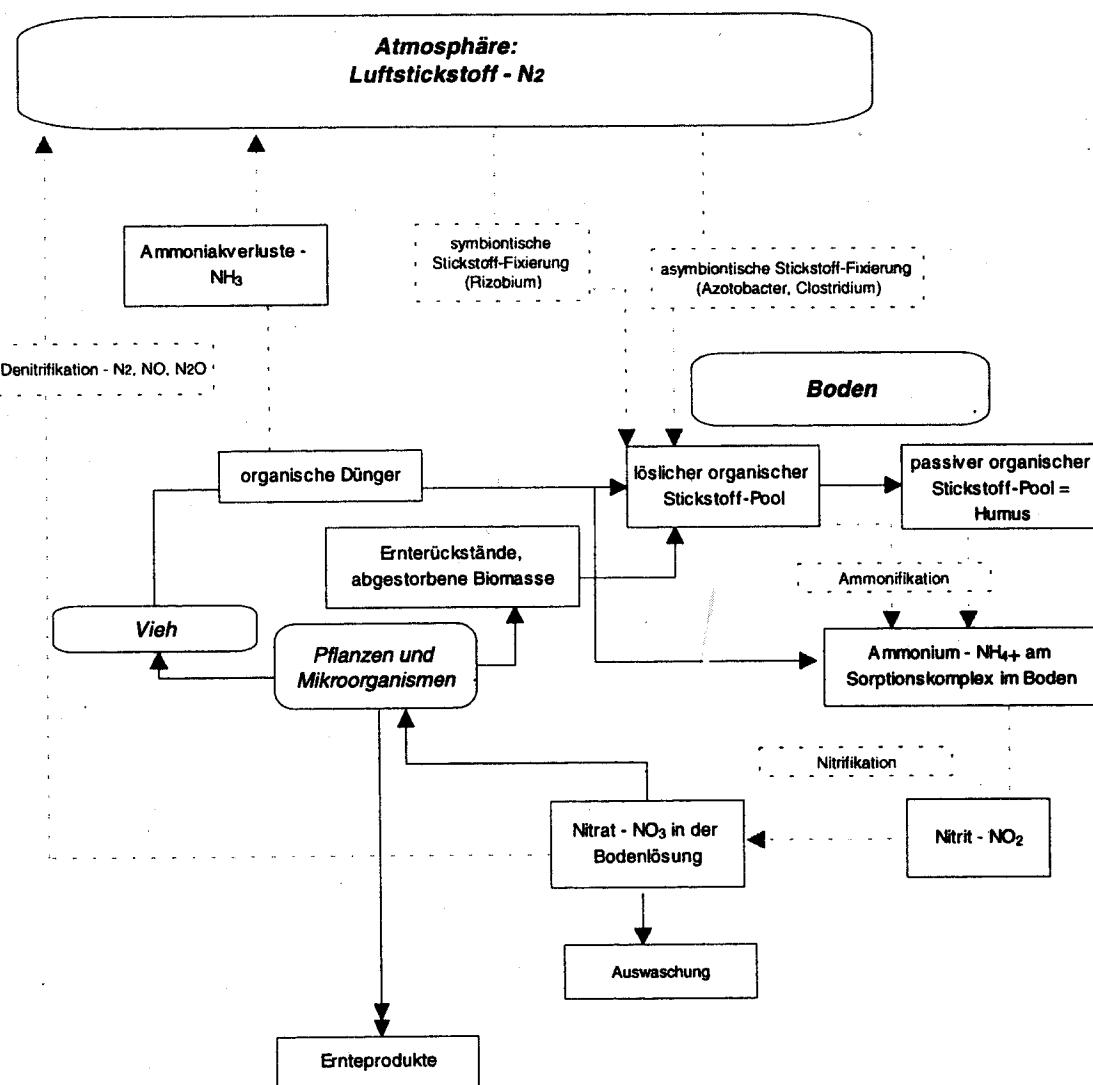


Abbildung 2: Der landwirtschaftliche Stickstoffkreislauf.

Die Landwirtschaft ist mit ca. 62 % Anteil an den **anthropogenen Distickstoffemissionen Österreichs** der **Hauptemittent**, gefolgt von der Industrie (OEFZS, 1995, siehe Tabelle 1). Die Zahlen sind „beste Schätzwerte“ und entsprechen dem aktuellen Stand des Wissens.

Tabelle 1: Anthropogene N_2O -Emissionen in Österreich für das Jahr 1990 (in Tonnen) (OEFZS, 1995).

Energiesektor (Verbrennungsprozesse aus Industrie, Verkehr, Kraft- und Heizwerken)	1.200
Industrieprozesse (Salpetersäureerzeugung)	520
Abfall (Kläranlagen)	50
Landwirtschaft (Böden)	3.000
Summe	5.770

Lachgas (N_2O) ist ein klimawirksames Gas, welches ca. 4 % Anteil am zusätzlichen Treibhauseffekt (in der Zeit von 1765-1990) hat (HALBWACHS, 1992) (vgl.: CO_2 : 61 %, CH_4 : 17 %, CFC-12: 6 %, CFC-11: 3 %, Rest: stratosphärischer Wasserdampf und troposphärisches Ozon). Zusätzlich zählt es, gemeinsam mit den FCKW, zu den wichtigsten Ozonzerstörern in der Stratosphäre.

Als Zwischenprodukt bei der Reduktion von Nitrat zu molekularem Stickstoff (N_2) im Boden entsteht neben **Distickstoffoxid (N_2O)** auch **Stickstoffmonoxid (NO)**, welches eine **Vorläufersubstanz für sekundäre Luftschaadstoffe** (Ozon, PAN u.a) ist. Etwa 80 % der Denitrifikationsverluste sind molekularer Stickstoff (N_2), welcher nicht umweltrelevant ist (BRAUN et al., 1994)

Diese Stickstoffoxidemissionen aus den landwirtschaftlichen Böden können nicht völlig eliminiert werden, jedoch durch eine reduzierte Düngung, v. a. von ammoniumhältigen, technisch hergestellten Stickstoffdüngern, auf ein „natürliches“ Ausmaß gesenkt werden. Für Deutschland wurde festgestellt, daß die N_2O -Emissionen aus den Böden mit der Höhe der N-Überschüsse auf den Flächen überproportional ansteigen, die Ausbringung mineralischer Stickstoffdünger ist zu etwa einem Drittel an den anthropogenen Distickstoffemissionen beteiligt (EK, 1994).

1.2 METHODEN DER NÄHRSTOFFBILANZIERUNG

1.2.1 Bedarf an Umweltindikatoren für die Landwirtschaft

Eine **Extensivierung der Intensivlandwirtschaft** in den Überschüßländern erscheint auch aufgrund der Umweltprobleme durch die Nährstoffüberschüsse (siehe Kapitel 1.1) dringend erforderlich. Zugleich ist eine Erhöhung der Intensität und Produktivität zur Sicherung der Selbstversorgung in den unversorgten Regionen der Welt anzustreben.

Das globale Leitziel muß eine dauerhafte Landwirtschaft sein, die jeweils **regional die Selbstversorgung** sicherstellt und in einer **Kreislaufwirtschaft** **ressourcenschonend und umweltverträglich** arbeitet.

Es gilt die **Funktionsfähigkeit der Agrarökosysteme** als Existenzgrundlage der Weltbevölkerung unter allen Umständen **nachhaltig zu wahren**. Dazu bedarf es völlig neuer Rahmenbedingungen zur **Messung und Kennzeichnung** jeder landwirtschaftlichen Erzeugungsform sowie zur finanziellen Abgeltung einer **nachhaltigen Bewirtschaftung**. Immer mehr gewinnt in diesem Zusammenhang die Methode der „**Nährstoffbilanzierung**“ von

landwirtschaftlichen Systemen unterschiedlicher Bilanzierungsebenen (Betrieb, Fläche, Stall, Region, Nation) an Bedeutung.

In einer landwirtschaftlichen Nährstoffbilanz werden die **Zu- und Abgänge eines Stoffes** in einem **zeitlich und räumlich abgegrenzten Agrarökosystem** gegenübergestellt. Als **Ergebnis** der Bilanzierung ergibt sich ein (positiver oder negativer) Differenzbetrag, der **Bilanzsaldo** (BACH et al., 1991), welcher als **Maß und Indikator für die Umweltbeeinträchtigungen durch die landwirtschaftliche Tätigkeit** dienen kann.

Je nach der Grenze des betrachteten landwirtschaftlichen Systems existieren **verschiedene Bilanzansätze**, welche im folgenden vorgestellt werden.

1.2.2 Bilanzierte Nährstoffe

Von besonderem Interesse bei der Erstellung einer landwirtschaftlichen Stoffbilanz sind folgende **Nährstoffe**:

- o **Stickstoff**, welcher in der Pflanzenernährung eine besondere Stellung einnimmt: Er wird relativ zu anderen Nährstoffen am meisten aufgenommen und ist am stärksten ertragsbestimmend. Die Entwicklung der chemischen Synthese von Ammoniak und damit die technische Erzeugung von Stickstoffdüngern ermöglichte es dem Menschen, die Kontrollmöglichkeit über das Pflanzenwachstum deutlich zu verbessern. Damit wurde Stickstoff auch ein wichtiger Faktor im Wirtschaftsgeschehen der Landwirtschaft. Die **Stickstoffüberschüsse**, welche durch Bilanzrechnungen ausgewiesen werden können, sind von **besonderer Bedeutung für die Umwelt** (siehe Kapitel 1.1.1 - 1.1.3). Vor allem auf die **Bedeutung und das Ausmaß der Nitratkonzentrationen im Grundwasser** in Österreich und die dadurch notwendigen Maßnahmenvorschläge zur Sanierung von potentiell sanierungsrelevanten Gebieten (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1995) sei nochmals hingewiesen.
- o **Phosphor**, welcher als ertragslimitierender Faktor in der Düngerwirtschaft ebenso eine große Rolle spielt und durch **Oberflächenabschwemmung und Erosion** vor allem an der **Eutrophierung von Oberflächengewässern** hauptbeteiligt ist (siehe Kapitel 1.1.1).
- o **Kalium**, welches der dritte wichtige Hauptnährstoff bei der landwirtschaftlichen Düngung ist. Bei auftretenden **Kalium-Überschüssen**, welche durch die Methode der Nährstoffbilanzierung errechnet werden können, kommt es einerseits zur **Erhöhung der Bodenerodierbarkeit**, aufgrund der dispergierenden Wirkung des Kalium-Ions, und damit zu einer Steigerung des Erosionseintrags in die Oberflächengewässer (AUERSWALD, 1993). Zum anderen führt die Salzzufuhr der Kaliumdüngung, auch wenn das Kalium-Ion selbst im Oberboden sorbiert wird, zu einer **Aufsalzung des Grundwassers, meist mit Ca^{+} und Cl^{-}** . Damit werden durch die übermäßige K-Düngung gleichzeitig Grund- und Oberflächengewässer beeinträchtigt (AUERSWALD, 1993).

Überhöhte Zufuhr von Kalium kann bei sandigen Böden auch zu **Auswaschungen in das Grundwasser** führen, was nicht reversible Verluste für das landwirtschaftliche System bedeutet. Dies limitiert zum einen die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion und bedeutet andererseits einen massiven Stoffverlust in die Gewässer.

1.2.3 Nährstoffbilanzierung auf betrieblicher Ebene

Die Anwendung der Nährstoffbilanzierung auf Ebene des Betriebes ist einerseits ein Instrument für den Betriebsleiter, um die **Wirtschaftlichkeit und Effektivität seines Betriebes** zu

überprüfen und kann andererseits der Ausweisung des Betriebes als „umweltschonend wirtschaftend“ und somit „förderungswürdig“ dienen. Besonders zweiteres wird in Zukunft auch in Österreich vermehrt diskutiert werden, da geeignete Instrumente zur Überprüfung der Förderungswürdigkeit von Betrieben aufgrund ihrer umweltschonenden Wirtschaftsweise gefunden werden müssen.

1.2.3.1 „Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt“

Die schweizer Berechnungsmethode des „Gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalts“ dient als **Planungs- und Kontrollinstrument** und eignet sich insbesondere für IP- (Integrierte Produktions-) und Bio-Betriebe zum **Nachweis eines ausgewogenen Stickstoff- bzw. Phosphathaushaltes**, wie er in Art. 31b LwG (Schweizer Landwirtschaftsgesetz) zum Bezug von finanziellen Förderungen (Direktzahlungen) verlangt wird (LBL, 1995a).

Die Methode erlaubt es (LBL, 1995a):

- rasch einen Überblick über den Nährstoffhaushalt im Gesamtbetrieb bzw. in Betriebsteilen zu bekommen und grobe Fehler aufzudecken,
- den für den Betrieb tragbaren Tierbesatz zu errechnen,
- das Ausmaß einer allfälligen Nährstoffübersorgung des Betriebes festzustellen und die nötige Hofdüngerabgabe bzw. Reduktion der Düngerzufuhr oder des Tierbestands zu berechnen,
- das Ausmaß einer allfälligen Nährstoffunterversorgung des Betriebes abzuschätzen,
- die parzellenweise Düngungsplanung vorzubereiten.

Dabei wird der **Nährstoffbedarf der im Betrieb angebauten Kulturen**, welcher in einem Tabellenwerk „Grundlagen für die Düngungsplanung“ (LBL, 1995B) für sämtliche Kulturen angegeben ist, den **auf dem Betrieb verfügbaren Nährstoffmengen**, welche durch den Tierbestand bzw. die eventuellen Mineraldünger-, Kompost- oder Klärschlamm-Importe berechnet werden, gegenübergestellt. Die Berechnung zeigt, ob der Umsatz der pflanzenwirksamen Nährstoffe im Betrieb ausgewogen ist oder nicht.

Der **Stickstoff- und Phosphorhaushalt** gilt als **ausgewogen**, falls die verfügbare Menge an Stickstoff (Nverf) den Bedarf je ha **düngungswürdige Fläche** um **nicht mehr übersteigt als**:

Integrierte Produktion: 10 % N oder 10 kg N bzw.
10 kg P₂O₅ (für alle Kulturen außer Gemüse)

Biolandbau: 5 kg N bzw. 5 kg P₂O₅

Stickstoff- und Phosphorüberschüsse sind durch eine Reduktion der Zufuhren (Mineraldünger, andere betriebsfremde Dünger, Futter u.s.w), durch eine Wegfuhr von Hofdüngern oder durch eine Reduktion der Tierbestände abzubauen.

Bei **Kalium- bzw. Magnesiumüberschüssen** sind zukünftig alle unnötigen Zufuhren dieser Nährstoffe in den Betriebskreislauf zu unterlassen. Eine Wegfuhr von Hofdüngern oder ein Tierbestandsabbau sind allein aus diesem Grund nicht notwendig, da auch ohne Düngungsfehler des Betriebsleiters Kaliüberschüsse auftreten können. Der Grund liegt darin, daß die Kalium-Gehalte in den Hofdüngern ziemlich hoch sind, da auch der K-Gehalt im Wiesenfutter hoch ist (K - Luxuskonsum der Wiesenpflanzen).

Diese Methode wird derzeit in der Schweiz an tausenden Betrieben mit Hilfe eines vorgefertigten Formulars und unter Anleitung eines landwirtschaftlichen Beraters durchgeführt.

1.2.3.2 Grundwassergefährdungspotential

BACH et al. (1991) entwickelten unter dem Gesichtspunkt, daß für die Sanierung anthropogen belasteter Trinkwasservorkommen die einzige Handlungsalternative die Reduktion der N-Einträge auf die Fläche ist, ein Konzept für betriebs- und flächenbezogene **Stickstoff-Bilanzen für Wasserschutzgebiete**, um Auskunft über das **Stickstoff-Belastungspotential** und die **Stickstoff-Belastungsherde** zu erhalten. Sie stellen 3 Bilanzierungsebenen des landwirtschaftlichen Betriebes dar:

1.) Der landwirtschaftliche Betrieb als Einheit (Hoftor-Bilanz)

Tabelle 2: Erfassungsgrößen der Betriebsbilanz (Hoftor-Bilanz).

N-Zukauf	N-Verkauf
+ Mineraldünger	+ Pflanzliche Produkte
+ Saatgut	+ Tierische Produkte
+ Zukauf - Futtermittel	
+ Zukauf von Vieh	
Σ Zukauf	Σ Verkauf
N - Saldo = Σ Zukauf - Σ Verkauf	

Die Ursachen für überdurchschnittlich hohe N-Salden der Betriebsbilanz sind bereits aus der Zusammensetzung der Ex- und Importe zu erschließen, beispielsweise (DBG, 1992):

- unter ökonomischen und pflanzenbaulichen Gesichtspunkten überhöhte N-Düngung, erkennbar am N-Import mit Handelsdünger, bezogen auf die Betriebsfläche,
- Anbau von Früchten mit hoher notwendiger N-Düngung und, im Vergleich dazu, geringer N-Abfuhr von der Fläche, erkennbar am N-Export mit Früh- und Spätkartoffeln, Feldgemüse, Raps etc.,
- Viehbestände, deren Größe, bezogen auf die Betriebsfläche, hohe Bilanzüberschüsse unvermeidlich machen, erkennbar am Export tierischer Produkte und am N-Import von Zukauf-Futtermitteln,
- unter ökonomischen und produktionstechnischen Gesichtspunkten überhöhte Futtermittlimporte, erkennbar am Rohprotein-Import, bezogen auf den Viehbestand,
- mangelnde Kenntnis in der Bewertung der Ertragseffizienz von Wirtschaftsdüngern oder:
- unzureichende Lagerkapazität von Wirtschaftsdüngern, woraus die Notwendigkeit einer nicht pflanzenbaulich gerechtfertigten Ausbringung und eines Zukaufs von dadurch notwendigem Handelsdünger resultiert, erkennbar am N-Import mit Handelsdüngern.

2.) Die pflanzliche Produktion des Betriebes (Flächenbilanz)

Die **Bezugsebene** kann entweder die ganze Fläche eines Betriebes, die Anbaufläche einer Kultur oder ein einzelner Schlag (Schlagbilanz) sein. Zur Beurteilung des kulturarten-spezifischen Belastungspotentials sollte die Flächenbilanz sowohl für die Einzelglieder einer Fruchfolge (Anbaujahre), als auch für eine Fruchfolgerotation errechnet werden.

Tabelle 3: Erfassungsgrößen der Flächenbilanz.

N-Zukauf	N-Verkauf
+ Mineraldünger + Wirtschaftsdünger + Saatgut + Symbiotische Stickstoffbindung	+ Abfuhr mit Erntegut
Σ Zufuhr	Σ Abfuhr
$N - Saldo = \Sigma Zufuhr - \Sigma Abfuhr$	

Der **Bezugsraum** der Flächenbilanz ist der **durchwurzelte Boden; Erntereste**, d. h. Stroh und Rübenblatt werden nur dann als Entzug von der Fläche gerechnet, wenn sie tatsächlich von der Fläche abgefahren werden (BACH et al., 1991).

Unter der Annahme einer gleichbleibenden Zufuhr **organischer Düngemittel** zur Fruchtfolge wird der Stickstoff-Gehalt der wirtschaftseigenen Düngemittel komplett als pflanzenverfügbar bewertet.

Bei der Beurteilung der Flächenbilanzen sollte gleichermaßen berücksichtigt werden, ob in **auswaschungsgefährdeten Zeiträumen**, in denen die Kulturpflanzen keinen Stickstoff aufnehmen und/oder eine hohe Sickerwasserrate zu erwarten ist, große Mengen an Stickstoff appliziert werden oder auf der Fläche verbleiben (DBG, 1992).

3.) Die tierische Produktion des Betriebes (Stallbilanz)

Tabelle 4: Erfassungsgrößen der Stallbilanz.

N- Zufuhr	N - Entzug
+ Zukauf - Futtermittel + Betriebs - Futtermittel + Stroh, Blatt + Zukauf von Vieh	+ Tierische Produkte + Verkauf von Vieh
Σ Zufuhr	Σ Entzug
$N - Saldo = \Sigma Zufuhr - \Sigma Entzug$	

Die Stallbilanz liefert Hinweise über die **N-Effizienz im Viehhaltungsbereich** des Betriebes. Der Stickstoff-Überschuß fällt in den tierischen Exkrementen an und wird, nach Abzug gasförmiger N-Lagerungsverluste, in Form „wirtschaftseigener organischer Dünger“ in der Regel auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche verteilt.

BACH et al. (1991) sind sich der Tatsache bewußt, daß mit den von ihnen vorgeschlagenen Methoden der Flächen- und Hoftor-Bilanz keine Zuweisung der Stickstoffüberschüsse auf die zwei Verlustwege „gasförmige Entweichung“ (durch Denitrifikation oder Ammoniak-Entgasung) und „Verlagerung in Form von Nitrat mit dem Sickerwasser“ erfolgen kann.

Der **Stickstoff-Bilanzüberschuß** steht vielmehr für die **Abschätzung des Stickstoff-Belastungspotentials der Umwelt** (Atmosphäre, Grundwasser sowie Oberflächengewässer) unter der Voraussetzung, daß längerfristig kein Stickstoff in einem Bilanzzeitraum akkumuliert. Die Größe „**Stickstoff-Überschuß**“ stellt somit eine direkte, quantitative

Vergleichsgröße, einen „Indikator“ für die potentielle Nitrat-Belastung des Grundwassers, die von einzelnen Betrieben oder Schlägen ausgeht, dar.

1.2.4 Nährstoffbilanzierung auf regionaler und nationaler Ebene

Der Bilanzansatz einer regional oder national differenzierten Nährstoffbilanzierung kann dem **Vergleich verschiedener Regionen innerhalb eines Landes** bzw. dem **Vergleich zwischen Ländern** dienen.

Ein Beispiel für eine regionale Bilanz ist der „Atlas zum Nitratstrom in der BRD“ (WENDLAND et al., 1993), wo für Rasterelemente von 3 x 3 km die **potentiellen Nitrat-Auswaschungsgefahren** auch aufgrund der landwirtschaftlichen Stickstoffbilanz bestimmt werden (siehe Kapitel 1.2.4.1.2).

In anderen Anwendungen dient die Nährstoffbilanz (v. a. für Stickstoff und Phosphor) der **Abschätzung des Nährstoffeintrages aus der Landwirtschaft in die Gewässer** (Grund- und Oberflächengewässer), d. h. der Bestimmung des nationalen (oder regionalen) Beitrags zur Gewässereutrophierung, und in weiterer Folge zur Meeresverschmutzung (siehe Kapitel 1.2.4.2.1, PARCOM, 1994 UND IKS, 1987).

Weiters kann die Methode der Nährstoffbilanz auf dieser Bilanzierungsebene einen Überblick über den **Versorgungsgrad der Böden** liefern und erlaubt **Hinweise auf mögliche und notwendige Änderungen der Düngegewohnheiten, der Fütterungspraxis, des Kulturartenverhältnisses, der Tierhaltungspraxis** u. a. (siehe Kapitel 1.2.4.2.2). Auch die **Höhe der Stickstoffoxid-Emissionen** in die Luft aus dem Bereich der Landwirtschaft eines Landes oder einer Region kann aufgrund der Intensität der Düngung abgeschätzt werden.

Vergleiche von Nährstoffbilanzen verschiedener Länder wurden bis jetzt vor allem von ISERMANN (z. B. 1991) aufgestellt (siehe Kapitel 1.2.4.2.3).

1.2.4.1 Flächenbilanz

1.2.4.1.1 Stoffbuchhaltungsmethode „Proterra“

Die Stoffbuchhaltungsmethode „Proterra“ (OBRIST et al., 1993) dient der Früherkennung von Bodenbelastungen als begleitende Maßnahme zu Bodendauerbeobachtungsstandorten. Sie wird für die Schwermetalle Kupfer, Zink, Cadmium und Blei sowie für Phosphor angewandt.

„Proterra“ bedient sich der Methodik der Stoffflußanalyse, wie sie von BACCINI UND BRUNNER (1991) beschrieben wurde.

Bilanziert werden die **Phosphor- und Schwermetalleinträge in den Boden**, die aus dem landwirtschaftlichen Pflanzenbau und der Atmosphäre stammen und die Entzüge mit der Ernte, woraus sich der Nettoeintrag in den Boden ergibt:

$$N = H + K + D + S + I - L$$

wobei: N = Nettoeintrag in den Boden

H = Hofdünger

K = Klärschlamm

D = Handelsdünger

S = Pflanzenschutzmittel

I = Deposition

L = Ernte

Bezugssystem ist dabei die Landwirtschaft einer Region.

Der **Nettoeintrag** sagt nichts darüber aus, inwieweit die eingetragenen Stoffe auch im Boden verbleiben. Austräge durch Erosion, Abschwemmung oder Auswaschung werden durch „Proterra“ nicht mitberücksichtigt. Der bilanzierte Nettoeintrag zeigt daher nicht die effektive Anreicherung eines Schadstoffes, sondern das **Anreicherungsrisiko** an (OBRIST et al., 1993). Die Rechnung wird für jedes bilanzierte Element gesondert durchgeführt.

Das Element **Phosphor** wird deswegen als **Leitsubstanz zur Erfassung der Stoffeinträge mit der landwirtschaftlichen Düngung** verwendet, weil es als Nährelement eine zentrale Rolle in der Pflanzenernährung spielt und sich wegen seiner im Vergleich zu Stickstoff geringen Mobilität sehr gut bilanzieren lässt.

Für einen Berner Mittellandsbezirk zeigt ein Testlauf von „Proterra“ für das Jahr 1990 folgende **Ergebnisse**: Auf 40 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche findet eine mehr oder weniger starke **Überdüngung mit Phosphor** statt. Bei den untersuchten **Schwermetallen** besteht für nahezu die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche ein **langfristiges Anreicherungsrisiko**.

1.2.4.1.2 Stickstoff-Bilanz

Der schon oben erklärte Bilanzierungsansatz der **Flächenbilanz** von BACH et al. (1991) (siehe Kapitel 1.2.3.2) für landwirtschaftliche Betriebe wurde für die Erstellung einer Rasterkarte zur Stickstoffbilanz der Bundesrepublik Deutschland auf regionaler Ebene angewandt (WENDLAND et al., 1993).

Für diese **großräumige Stickstoffbilanzierung** werden als **Bilanzinheiten** für die Alten Bundesländer (ABL) die *Gemeinden*, für die neuen Bundesländer (NBL) die *ehemaligen Sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe der Pflanzenproduktion* herangezogen, die häufig drei bis fünf Gemeinden umfassen. In beiden Fällen stellen diese Gebietseinheiten die unterste Aggregierungsstufe der Landesfläche dar, für welche die benötigten agrarstatistischen Ausgangsdaten (weitgehend) flächendeckend und mit homogener Güte zur Verfügung stehen.

Die Stickstoffbilanzen werden für die oben angeführten Raumeinheiten berechnet und **ohne weitere Differenzierung nach Grünland oder Ackerflächen oder nach der Bodenart** auf die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche der Bilanzinheit umgelegt. Die in die Bilanz eingehenden Größen sind in *Tabelle 5* dargestellt.

Nicht berücksichtigt werden bei diesem Bilanzansatz die Einträge mit dem Saatgut, mit asymbiotischer Stickstofffixierung, mit der landbaulichen Verwertung von Siedlungsabfällen und mit Bewässerungswasser sowie Stickstoffverluste durch Bodenerosion. Sie sind mengenmäßig von untergeordneter Bedeutung und können nicht mit hinreichender Genauigkeit geschätzt werden (WENDLAND et al., 1993).

Tabelle 5: Stickstoffbilanz der Bundesrepublik Deutschland auf regionaler Ebene (WENDLAND et al., 1993).

N-Zufuhren:	mineralische N-Handelsdünger
	+ wirtschaftseigene Dünger aus der Viehhaltung (vermindert um deren Lagerungsverluste)
	+ legume N-Fixierung
	+ Niederschläge
- N-Entzüge:	Erntesubstanz, die von der landwirtschaftlich genutzten Fläche abgefahren wird
= N-Saldo:	N-Verluste durch gasförmige N-Entbindung und Nitrat auswaschung

Bei dieser Stickstoffbilanzierung wird unterstellt, daß der **Bodenstickstoffvorrat langfristig nahezu konstant** bleibt. Sowohl für die ABL als auch die NBL wird davon ausgegangen, daß Grünlandumbrüche, Krumenvertiefungen oder eine stark verringerte Stickstoffdüngung, welche zu Veränderungen des Bodenstickstoffvorrats führen würden, nur noch auf wenigen Flächen durchgeführt werden.

Eine zweite Vorbedingung betrifft die **Anrechenbarkeit des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern**: Erfolgt eine im mehrjährigen Durchschnitt gleichbleibende Zufuhr von Wirtschaftsdüngern, so ist der gesamte Stickstoff einer mittleren Einzelgabe als voll verfügbar anzusehen.

Die Autoren führen bezüglich der **Aussagemöglichkeiten** der Größe „**Stickstoffüberschuß**“ folgende Punkte an:

1. Jede Form der Freisetzung von reaktiven Stickstoffverbindungen (Ammoniakentbindung, Nitratauswaschung, Denitrifikation mit partieller N_2O -Bildung) aus der Landwirtschaft stellt generell eine mögliche Belastung für andere Ökosysteme dar. Der Stickstoffüberschuß beschreibt das **ökologische Gesamt-Stickstoffbelastungspotential**, das vom Stickstoffeinsatz auf landwirtschaftlichen Flächen ausgeht.
2. Es können die **Regionen, Gemeinden und landwirtschaftlichen Betriebstypen identifiziert** werden, von denen die **größte Nitratauswaschungsgefährdung ausgeht**, und bei denen daher Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffauswaschung ansetzen müssen.
3. Mit dem gegenwärtigen Stand des Wissens ist es nicht möglich, zu prognostizieren, welcher Anteil des Stickstoffüberschusses tatsächlich als **NO_x in das Grundwasser** gelangt. Bei WENDLAND et al. (1993) wird mit der Annahme gerechnet, daß die Nitratauswaschung 50 % des Stickstoffüberschusses entspricht.

Die **Ergebnisse der Stickstoffbilanzen** werden für die ABL und NBL getrennt ausgewiesen: Für die **ABL** wird 1991 ein mittlerer Stickstoffüberschuß von rund **105 kg N/ha LF** (landwirtschaftliche Nutzfläche) berechnet. Dieser Wert entspricht weitgehend den Stickstoffbilanzsalden, die von BACH (1987), BACH et al. (1992) und ISERMANN (1992) für die achtziger Jahre kalkuliert wurden. Die regionale Verteilung der Stickstoffbilanzsalden zeigt die **höchsten Stickstoffüberschüsse in Regionen mit flächenunabhängiger tierischer Veredelung**, relativ hohe Stickstoffsaldoen weisen auch Regionen mit **intensivem Marktfruchtanbau und spezialisierte Futterbauregionen** auf.

Der mittlere bodenbezogene Stickstoffüberschuß im Gebiet der **NBL** betrug **101 kg/ha*a** im Zeitraum 1986-1989. Die regionalen Unterschiede in den einzelnen Stickstoffbilanzgliedern sind hier nur gering (WENDLAND et al., 1993).

1.2.4.2 Hoftor- (black box-) Bilanz

1.2.4.2.1 Stickstoff- und Phosphor-Bilanz (D, CH)

Seit 1974 verpflichten sich die **Anliegerstaaten des Nord-Ost-Atlantiks** (einschließlich Nordsee), welche in der **Paris-Kommission** (PARCOM, 1994) zusammengeschlossen sind, Maßnahmen zum Schutze des Meeres vor Verunreinigungen vom Festland aus und über Zuflüsse durchzuführen (BRAUN et al., 1994).

Im Rahmen der **Paris-Kommission** wurde 1988 von den Mitgliedstaaten eine Empfehlung zur Reduzierung der Nährstoffeinträge verabschiedet (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Um die Auswirkungen und Fortschritte von Reduzierungsmaßnahmen abschätzen zu können,

nen, soll jedes Mitgliedsland jährlich eine **Mineralbilanz für Stickstoff und Phosphor für den landwirtschaftlichen Bereich** erstellen.

Die nationalen Nährstoffbilanzen ermöglichen eine **Abschätzung des globalen Nährstoffüberschusses im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion** (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Die errechneten Überschüsse entsprechen den Nährstoffmengen, die in die Umwelt (Luft, Boden, Gewässer) gelangen. **Änderungen des Überschusses** erlauben eine Bewertung der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen.

Im Rahmen einer Ad-Hoc Unterarbeitsgruppe zur Minderung der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft (Ad-Hoc Working Group on Measures to reduce the Nutrient Load from Agriculture/NUTAG) wurde eine PARCOM-Richtlinie für die Berechnung von Mineralbilanzen aufgestellt.

Dabei wird der **landwirtschaftliche Bereich eines Landes als ein großer „Hof“ (black box)** betrachtet. Es werden nur die Stoffflüsse, die in diesen Hof hinein- oder herausführen, berücksichtigt. Die anfallenden Wirtschaftsdüngermengen (Gülle, Mist, Jauche) werden nicht extra ausgewiesen, da sie einen internen Kreislauf bilden und nicht aus dem landwirtschaftlichen Bereich herausgeführt werden.

Tabelle 6: Bilanzglieder, die in den Bilanzansatz nach PARCOM-Richtlinie miteinbezogen werden (PARCOM, 1994).

INPUT:	<ul style="list-style-type: none"> - Futtermittelimporte - Mineraldünger - Andere Einträge (Abfälle aus Nahrungsmittelindustrie, Klärschlamm, Stickstoffbindung) - Atmosphärische Deposition (ohne Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft, die in die Landwirtschaft zurückkommen)
OUTPUT:	<ul style="list-style-type: none"> - Industrie (Nahrungsmittel und Nichtnahrungsmittel) - Verkäufe landwirtschaftlicher Produkte am Hof - Futtermittelexporte - Export landwirtschaftlicher Produkte (unverarbeitet)

Beispielhaft sollen hier die **Umsetzungen dieser Richtlinie** in der **Bundesrepublik Deutschland** und in der **Schweiz** beschrieben werden:

- Stickstoff- und Phosphorbilanzierung für die Bundesrepublik Deutschland 1990 (alte und neue Bundesländer)

Der Bilanzansatz gemäß PARCOM-Richtlinie wurde mit einigen **Abweichungen** versehen (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Bei den **INPUT- Größen** werden nicht nur die Futtermittelimporte und -exporte berücksichtigt, sondern auch die Inlandserzeugung an Futtermitteln. Mengenmäßig unbedeutende Positionen, wie Einträge über Saatgut, Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie u.ä. werden nicht berücksichtigt.

Bei der Aufstellung der **OUTPUT- Größen** unterbleibt deshalb die Unterteilung der pflanzlichen Produkte in Marktfrüchte (Nahrungsmittel und Nichtnahrungsmittel) und Futtermittel. Auch eine Untergliederung der Erntemengen in „industrielle Inlandsversorgung“ und „Export“ erübrigt sich dadurch. Weiters sind in der Aufstellung der atmosphärischen Deposition auch die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft enthalten, da über diesen Bereich keine zuverlässigen Daten vorliegen.

Es handelt sich um eine **Brutto-Bilanzierung**, die den Gesamtüberschuss aufzeigt, jedoch die **weiteren Ausbreitungspfade der Stickstoff-Überschüsse** (N-Emissionen in die Luft, Nitratausträge in Grund- und Oberflächengewässer, Denitrifizierungsverluste, Verluste bei Lagerung und Verarbeitung sowie infolge von Bodenerosion) **unberücksichtigt** lässt.

Die benötigten **Daten und Werte** zu Mengen und Inhaltsstoffen werden **amtlichen Statistiken und anderen Literaturquellen** entnommen, vor allem die Stickstoffgehaltswerte wurden von unterschiedlichen Quellen verglichen und bestimmte angenommene Werte letztlich für die Bilanz verwendet.

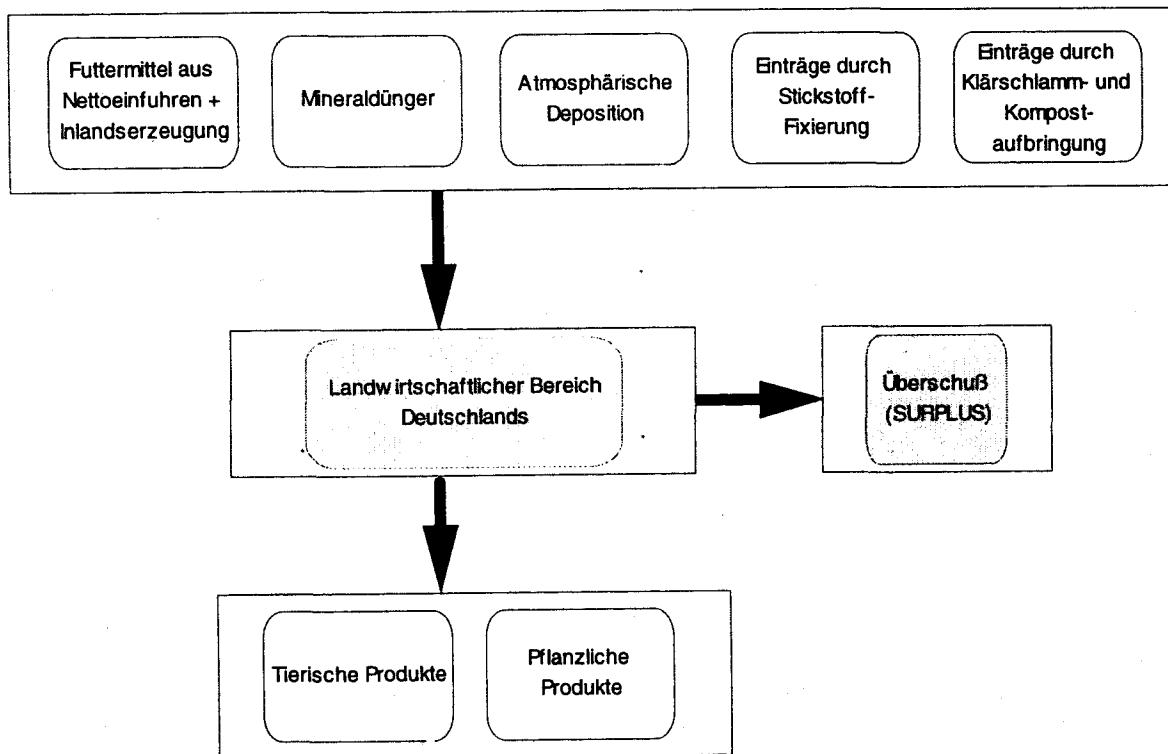


Abbildung 3: Bilanzansatz der BRD gemäß PARCOM-Richtlinie im Flußdiagramm.

Tabelle 7: N- und P-Bilanzrechnung der BRD (alte und neue Bundesländer) (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994).

GRÖSSEN		EINHEIT	WERT	GRÖSSEN	EINHEIT	WERT
INPUT	Futtermittel aus Inlandsproduktion und Nettoeinfuhr		162,8			52,9
	Futterphosphate		-			4,3
	Mineraldünger		104,4			39,2
	Atmosphärische Deposition		22			-
	Einträge durch Stickstofffixierung		16,3			-
	Einträge durch Klärschlamm- und Kompostaufbringung		ca. 1,4			4,6
	SUMME		306,9			101
OUTPUT	Tierische Erzeugnisse		23,7			10,8
	Pflanzliche Erzeugnisse		166,5			59,7
	SUMME		190,2			70,5
SURPLUS			116,7			30,8

Der Stickstoffüberschuß für das landwirtschaftlich **genutzte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland** (alte und neue Bundesländer) wurde für das Jahr 1990 mit 116,7 kg N/ha*a und 30,5 kg P₂O₅/ha*a (= 13 kg P/ha*a) berechnet (siehe Tabelle 7).

- **Stickstoff- und Phosphorbilanzierung für die Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft der Schweiz 1990**

Neben der Paris-Kommission (PARCOM, 1994) ist für die Schweiz die **Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen** (IKSR, 1987) die Grundlage für die Durchführung von regionalen und landesweiten Nährstoffbilanzen (BRAUN et al., 1994). Im Rahmen dieser Kommission wurde vereinbart, daß alle Staaten für ihren Teil des Rheineinzugsgebietes die Stickstoff-Überschüsse berechnen, weil diese eine Ursache der Verluste in die Umwelt sind.

Der Bilanzansatz wird in *Abbildung 4* dargestellt.

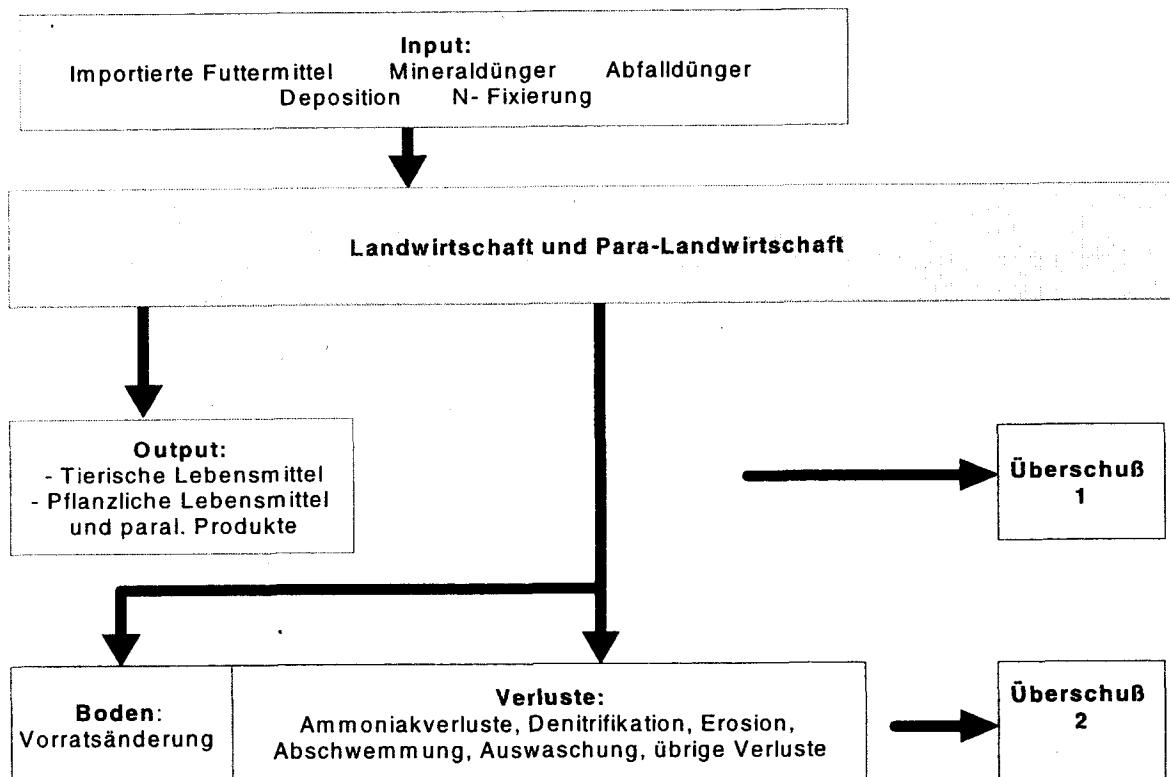


Abbildung 4: Berechnung von Überschuss 1 und 2 mit den abzuschätzenden Größen (BRAUN et al., 1994 auf Basis von PARCOM, 1994).

Das **Bilanzierungskompartiment** ist die Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft (= Umland von privaten, landwirtschaftlichen und öffentlichen Gebäuden, Schrebergärten, Friedhöfen, öffentliche Parkanlagen, offene Sportanlagen, Camping, Golfplätze, Grünflächen entlang von Bahn und Straßen und auf Flugplätzen) der **Schweiz** und des **Rheineinzugsgebietes**.

Die Datengrundlagen sind Arealstatistiken und verschiedenste Literaturquellen (Nährstofftabellen, Meßberichte etc.).

Die **Ergebnisse der Berechnungen des Überschusses 1** für die **gesamte Schweiz** betragen beim Stickstoff rund 140.000 t N/a oder, umgerechnet auf die Summe der landwirt-

schaftlich und paralandwirtschaftlich genutzten Flächen **83 kg N/ha*a**. Die P-Überschüsse betragen **19.100 t P/a**, bzw. **11 kg P/ha*a**.

Die Werte für das Rheineinzugsgebiet liegen etwas höher, nämlich **60.000 t N/a** bzw. **9.000 t P/a**, dies sind umgerechnet ca. **114 kg N/ha*a** und **17 kg P/ha*a**.

Für das **Gebiet der Schweiz** wird der **Überschuß 2** beim Phosphor fast ausschließlich durch die Bodenanreicherung bestimmt (90 %), der Anteil der Verluste beträgt 10 %, gesamt ergeben sich, in Übereinstimmung mit dem Wert der Berechnung des „Überschuß 1“, **19.054 t P/a Überschuß**. Die Stickstoffverluste weisen eine beträchtliche Höhe auf. Rund 78 % des N-Inputs gehen verloren, wobei die Denitrifikationsverluste mit 37 % des N-Überschusses am stärksten ins Gewicht fallen. Der Anteil der Ammoniakverflüchtigung beträgt 33 % und derjenige der Nitratauswaschung 28 %. Gesamt ergeben sich, in bemerkenswerter Übereinstimmung mit der Berechnung des „Überschusses 1“, **140.799 t N/a Überschuß**.

1.2.4.2.2 Stickstoff-, Phosphor- und Kalumbilanzen der BRD von 1950 - 1986

Aufgrund von statistischen Daten über Erträge, Anbauverhältnisse, Viehbesatz und tierische Leistungen in der **gesamten Bundesrepublik Deutschland** und den einzelnen Bundesländern wurde von KÖSTER et al. (1988) eine **N-, P- und K-Bilanz** für diese räumlichen Bilanzierungskompartimente **für die Jahre 1950 - 1986** durchgeführt.

Der Bilanzansatz ist einfach (siehe *Tabelle 8*), jedoch ist in dieser Arbeit der zeitliche Rahmen von besonderem Interesse.

Tabelle 8: Bilanzglieder der Stickstoff-, Phosphor- und Kalumbilanzen der BRD von 1950 - 1986 (KÖSTER et al., 1988).

Input:	+ zugekauftes Düngemittel + zugekauftes Futtermittel
Output:	+ landwirtschaftliche Produkte des Ackerbaus ohne Futterpflanzen*

* Getreide, Ölfrüchte, Zuckerrüben und Kartoffeln, welche den Hauptanteil an der Produktionsfläche ausmachen

Die Autoren geben an, daß sich der **Bilanzsaldo** aus der Anreicherung im Boden, der Verlagerung in den nicht durchwurzelten Untergrund und gasförmigen Verlusten zusammensetzt.

Die **Bilanzrechnung für den Zeitraum 1950-1986** ergibt folgende **Ergebnisse** (KÖSTER et al., 1988):

- **Stickstoff:** Die Stickstoff-Abfuhr durch Ackerfrüchte hat, bedingt durch die Ertragssteigerung, während des Berichtszeitraumes zugenommen. Die Stickstoff-Zufuhr aus Futtermitteln hat sich während des gleichen Zeitraumes ebenfalls erhöht. Die N-Zufuhr aus Mineraldüngern hat bis 1983 relativ gleichmäßig zugenommen. Die **Bilanzüberschüsse stiegen von 1950 bis 1986 von 50 % auf 250 % des Entzuges an**.
- **Phosphor:** Wie beim Stickstoff sind auch die P-Abfuhr, bedingt durch Ertragssteigerungen, und die P-Zufuhr durch Futtermittel, bedingt durch Intensivierung und Ausweitung der Tierhaltung, stetig angestiegen. Die Phosphorzufuhr aus Mineraldüngern stieg im Bundesgebiet bis Anfang der 70er Jahre stark an und erreichte nach einem kurzen Abfall 1981/82 wiederum ein Maximum. Seither nahm sie kontinuierlich ab. Da die Phosphorzufuhr durch Futtermittel im Bundesdurchschnitt etwa gleich groß wie der Phosphorent-

zug durch Ackerfrüchte ist, entspricht die Phosphorzufuhr aus Mineraldüngern ungefähr den P-Überschüssen.

- **Kalium:** Die K-Zufuhr aus Futtermitteln hat zugenommen, erreichte aber bei weitem nicht die Höhe des P-Eintrages, da Futtermittel mit den Hauptkomponenten Getreide, Extraktionschrote und Leguminosen niedrigere K-Gehalte aufweisen. Die K-Zufuhr aus Futtermitteln deckt nicht den K-Austrag durch Ackerfrüchte. Die K-Aufwendungen an mineralischem Dünger zeigen eine ähnliche Entwicklung wie beim Phosphor.

Die **Bilanzüberschüsse von Stickstoff, Phosphor und Kalium** von 1950-1986, berechnet aus **Zufuhr durch Futtermittel und Mineraldünger und Abfuhr durch Ackerfrüchte** (Getreide, Ölfrüchte, Zuckerrüben und Kartoffeln, welche den Hauptanteil an der Produktionsfläche ausmachen) im Bundesdurchschnitt für die BRD werden in *Abbildung 5* in kg pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche angegeben.

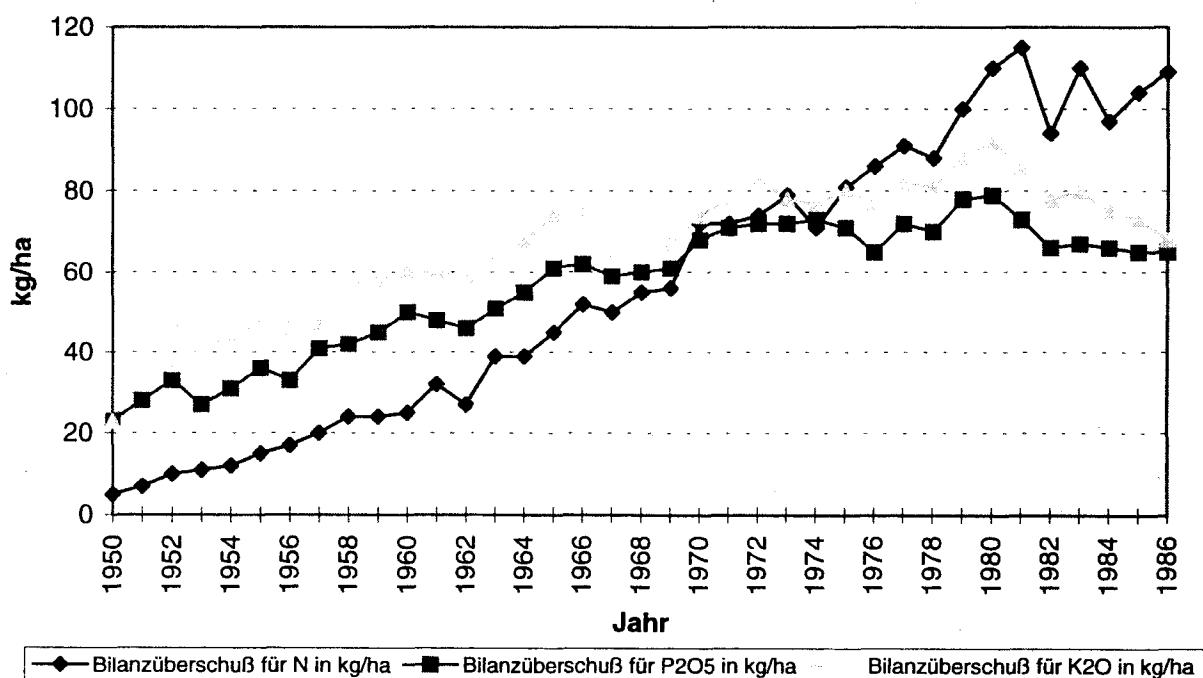


Abbildung 5: Bilanzüberschuß von Stickstoff, Phosphor und Kalium von 1950-1986 im Bundesdurchschnitt für die BRD in kg pro Hektar (nach KÖSTER et al., 1988).

Die **Art der Bilanzierung** weist natürlich Schwächen auf, weil die getroffenen Aussagen nur statistischen Wert haben und nicht grundsätzlich für kleinräumige Gebietseinheiten, wie z. B. Einzelbetriebe, anzuwenden sind. Trotz dieser Einschränkung erlaubt das Ergebnis einer nationalen Bilanzierung **Aussagen über die Düngegewohnheiten, die Intensität der Tierhaltung** und somit über den **Versorgungsgrad der Böden** bzw. das **Umweltgefährdungspotential durch Nährstoffüberschüsse** (KÖSTER et al., 1988). Besondere Bedeutung und Aussagekraft erlangt sie durch eine flächendeckende, regionale Differenzierung (nach Bundesländern, Gemeinden, etc.).

1.2.4.2.3 Vergleich der N- und P-Bilanzen verschiedener Länder

Ein **Vergleich von nationalen Stickstoff- und Phosphorbilanzen** der Landwirtschaft verschiedener Länder ist in den *Tabellen 9 a und 10 a* dargestellt (nach ISELMANN, 1991). Un-

terschiede in der Düngungsintensität bzw. der Intensität der Viehhaltung können abgelesen werden. Bei der **Überschübaufteilung** (*Tabellen 9 b und 10 b*) überwiegen beim Stickstoff die Emissionen in die Umwelt (Atmo- und Hydrosphäre), während beim Phosphat die Hauptmenge in die Bodenakkumulation eingeht.

*Tabelle 9a: N-Bilanzen verschiedener Nationen Westeuropas im Vergleich (Angaben in kg N/ha*a), nach ISELMANN, 1991.*

Land Bezugsjahre Ldw. genutzte Fläche (in Mio. ha)	NL 1986 2,3	D 1985/86 2,8	CH 1987 1,1	BRD 1986 12,0	GB 1985 18,1	S 1976-80 3,7	SF 1990 2,0	IR 1988 5,7
1. INPUT								
1.1 Mineraldünger	244	135	70	126	88	78	105	60
1.2 Import-Futtermittel	173	63	25	47	5	8	4	4
1.3 Atmosphäre	41	20	53	30	17	10	10	10
1.4 Biologische N-Bindung	5	10	65	12	17	25	4	38
1.5 Klärschlamm	2	< 1	5	3	n.b.	3	> 1	n.b.
1.6 Summe	465	228	218	218	127	124	125	112
2. OUTPUT								
2.1 Tier. Produkte	84	36	35	28	n.b.	11	13	9
2.2 Pflanzl. Produkte	14	28	10	23	n.b.	10	9	4
2.3 Summe	98	64	45	51	17	21	22	13
Überschuß (1.6 - 2.3)	367	164	173	167	110	103	103	99

*Tabelle 9b: Verbleib der N-Überschüsse laut Berechnungen von verschiedenen Nationen (Angaben in kg N/ha*a), nach ISELMANN, 1991.*

Land Bezugsjahre Ldw. genutzte Fläche (in Mio. ha)	NL 1986 2,3	D 1985/86 2,8	CH 1987 1,1	BRD 1986 12,0	S 1976-80 3,7	IR 1988 5,7
1. Im Boden (=> Im-mobilisation / Akku-mulation)	n.b.	16	n.b.	47	16	15
2. In der Umwelt	> 319	148	> 151	120	87	84
2.1 Atmosphäre	193	75	135	69	n.b.	67
2.1.1 NH ₃ -Emissionen	99	45	44	44	n.b.	22
2.1.2 Denitrifikation	94	30	91	25	n.b.	45
2.2 Hydrosphäre	n.b.	73	n.b.	51	n.b.	n.b.
2.2.1 Auswaschung / Abfluß	126	53	16	50	n.b.	17
2.2.2 Direkteinträge	n.b.	20	n.b.	1	n.b.	n.b.

*Tabelle 10a: P-Bilanzen verschiedener Nationen im Vergleich (Angaben in kg P₂O₅ /ha*a), nach ISELMANN, 1991.*

Land Bezugsjahre	NL 1985/86	DDR 1986	BRD 1986/87	CH 1985	IR 1988
Ldw. genutzte Fläche (in Mio. ha)	2,3	6,2	12,0	1,1	5,7
1. INPUT					
1.1 Mineraldünger	41	57,0	61	50	25,1
1.2 Import-Futtermittel	101	13,1	22	25	3,2
1.3 Klärschlamm	1	3,4 (+5,9 org. Dünger)	1	5 (+2 Atmos.)	n.b.
1.4 Summe	143	79,4	84	82	28,3
2. OUTPUT					
2.1 Tier. Produkte	38	5,7	22	14	6,3
2.2 Pflanzl. Produkte	17	2,7	7	9	2,1
2.3 Summe	55	8,4	29	23	8,4
Überschuß (1.4 - 2.3)	88	71	55	59	19,9

*Tabelle 10b: Verbleib der P-Überschüsse laut Berechnungen von verschiedenen Ländern (Angaben in kg P₂O₅ / ha*a), nach ISELMANN, 1991.*

Land Bezugsjahre	NL 1985/86	DDR 1986	BRD 1986/87	CH 1985	IR 1988
Ldw. genutzte Fläche (in Mio. ha)	2,3	6,2	12,0	1,1	5,7
1. Im Boden (Akku- mulation)	84,7	66,8	49,0	56,7	17,1
2. In der Umwelt					
2.1 Auswaschung	3,3	4,2	6,0	2,3	1,8
2.2 Drainage	erheblich	n.b.	< 0,1	n.b.	n.b.
2.3 Erosion und Ober- flächenabfluß	n.b.	n.b.	0,5	n.b.	n.b.
2.4 Direkteinträge	n.b.	n.b.	4,8	n.b.	2,8
			0,6	n.b.	n.b.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET

2.1.1 Regionsgrenzen

Für die Festlegung der Grenzen der landwirtschaftlichen Region, für welche eine Nährstoffbilanz berechnet werden soll, waren folgende **Hauptgesichtspunkte** entscheidend:

- **Erstens** sollte es sich um ein **geschlossenes Flußeinzugsgebiet** handeln, um die Nährstofffrachten in dieses Oberflächengewässer abschätzen zu können. Weiters wurde ein Fluß ausgewählt, bei welchem bereits erhöhte Konzentrationen an Stickstoff- und Phosphorverbindungen gemessen wurden (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1995).
- **Zweitens** sollte das **Gebiet** aufgrund des qualitativen Zustandes des Grundwassers laut WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT (1995) **kein potentielles Nitrat-Sanierungsgebiet** sein. Durch die erarbeitete Stickstoffbilanz soll das potentielle Gefährdungspotential des Grundwassers durch die landwirtschaftliche Nutzung abgeschätzt und Maßnahmen zum vorsorgenden Grundwasserschutz abgeleitet werden.
- **Drittens** sollte dieses Gebiet nicht zu groß sein, um möglichst homogene Landschafts-, Boden- und Klimaverhältnisse, sowie auch landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraktiken anzutreffen.
- **Viertens** ist es für die Durchführung einer landwirtschaftlichen Stoffbilanz entscheidend, daß sich die **Grenzen eines oder mehrerer politischer Bezirke** mit dem Einzugsgebiet annähernd decken, da einige agrarstatistische Grundlagendaten nur auf Bezirksebene verfügbar sind.

Als Bilanzierungseinheit für diese Studie wurde das **Einzugsgebiet der Strem im Südlichen Burgenland** ausgewählt, die Fläche des Einzugsgebiets umfaßt 42.549 ha.

Die Strem entwässert den Großteil des politischen Bezirkes **Güssing**, welchen er von Nordwesten nach Südosten durchfließt. Das gesamte Einzugsgebiet beinhaltet auch Teile der politischen Bezirke **Oberwart** und **Jennersdorf**. Eine Karte mit den Grenzen des Einzugsgebietes ist **Abbildung 6** zu entnehmen.

Die natürlichen Grenzen des Einzugsgebietes fallen also relativ gut mit den politischen Grenzen des Bezirkes Güssing zusammen. Von den **Bezirken Oberwart und Jennersdorf** wurden jene Gemeinden, welche im Einzugsgebiet der Strem liegen, ausgewiesen und von diesen ebenfalls die notwendigen agrarstatistischen Grundlagendaten erhoben.

In **Tabelle 11** werden die **Gemeinden im Einzugsgebiet und ihre Zugehörigkeit zu den Kleinproduktionsgebieten** (nach WAGNER, 1990) angegeben.

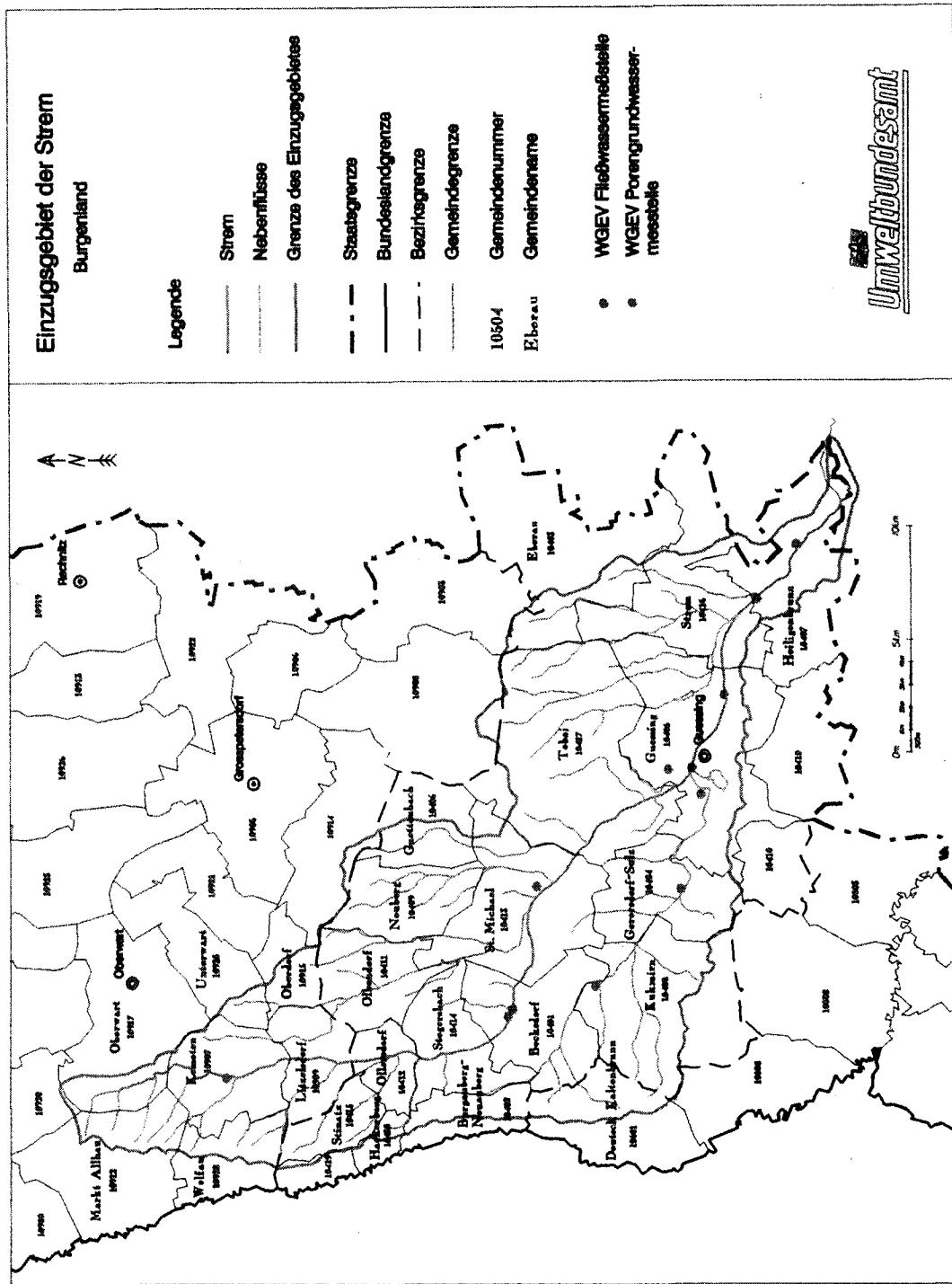


Abbildung 6: Das Einzugsgebiet der Strem.

Tabelle 11: Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem und ihre Zugehörigkeit zum Kleinproduktionsgebiet.

Politischer Bezirk	Gemeinde	Kleinproduktionsgebiet
Güssing	Bocksdorf	Südburgenländisches Obstbaugebiet
	Burgauberg-Neudauberg	Südburgenländisches Obstbaugebiet
	Eberau	Südburgenländisches Weinbaugebiet
	Gerersdorf-Sulz	Südburgenländisches Hügelland
	Güssing	Südburgenländisches Hügelland
	Güttenbach	Südburgenländisches Hügelland
	Heiligenbrunn	Südburgenländisches Weinbaugebiet
	Kukmirn	Südburgenländisches Obstbaugebiet
	Neuberg	Südburgenländisches Hügelland
	Olbendorf	Südburgenländisches Obstbaugebiet
	Ollersdorf	Südburgenländisches Hügelland
	St. Michael	Südburgenländisches Hügelland
	Stegersbach	Südburgenländisches Obstbaugebiet
	Stinatz	Südburgenländisches Hügelland
	Strem	Südburgenländisches Weinbaugebiet
	Tobaj	Südburgenländisches Hügelland
	Hackerberg	Südburgenländisches Hügelland
Oberwart	Kemeten	Südburgenländisches Hügelland
	Litzelsdorf	Südburgenländisches Hügelland
	Markt Allhau	Südburgenländisches Hügelland
	Oberdorf	Südburgenländisches Hügelland
	Oberwart	Südburgenländisches Hügelland
	Unterwart	Südburgenländisches Hügelland
	Wolfau	Südburgenländisches Hügelland
Jennersdorf	Deutsch Kaltenbrunn	Südburgenländisches Obstbaugebiet

Da die **kleinste Einheit** für verfügbare landwirtschaftliche Grundlagendaten die **Gemeinde** ist, werden alle 25 Gemeinden, welche zum Teil auch nur Anteil am Einzugsgebiet der Strem haben, flächenmäßig jedoch in vollem Umfang in die Bilanzrechnung miteinbezogen. Dies ergibt eine Gesamtfläche von 62.125 ha.

2.1.2 Grundwassersituation

Der Grundwasserleiter entlang des **Stremtals** wird seit dem vierten Kalenderquartal des Jahres 1992 an **6 Meßstellen** beprobt. Die Meßergebnisse der ersten drei Quartalsbeprobenungen (insgesamt 17 Probenahmen) zeigen erhöhte Konzentrationen an:

- **Ammonium-Stickstoff** (fast 60 % der Meßwerte liegen über dem Schwellenwert gemäß Grundwasserschwellenwertverordnung, d. h. 10 von 17 Messungen),
- **Nitrit-Stickstoff und Orthophosphat** (ca. 35 % der Meßwerte liegen über dem Schwellenwert, d. h. 6 von 17 Messungen), aber auch
- **Desethylatrazin** (ein Abbauprodukt von Atrazin) (fast 24 % der Meßwerte liegen über dem Schwellenwert, d. h. 4 von 17 Messungen) (WASSERWIRTSCHAFTSKASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1995).
- Bei den Parametern **Nitrat, Kalium und Atrazin** überschreiten fast 18 % (3 von 17 Messungen) der Meßwerte den Schwellenwert.

2.1.3 Oberflächengewässersituation

Im Oberflächengewässer Strem gibt es derzeit 3 WGEV-Meßstellen (ANONYM, 1991d), bei Bocksdorf, Güssing und Heiligenbrunn. In der Strem wurden im Untersuchungszeitraum Jänner 1992 bis Juni 1993 sowohl chemisch-physikalische als auch saprobiologische Beeinträchtigungen festgestellt (WASSERWIRTSCHAFTSKASTER/UMWELTBUNDESAMT, 1995).

Die Strem wird als deutliche Belastungsregion bezüglich Nährstoffen (**Ammonium-Stickstoff, Orthophosphat-Phosphor, Gesamt-Phosphor** (filtriert)) ausgewiesen, die **Atrazinmessungen** weisen Maximalwerte über dem Grenzwert auf (WASSERWIRTSCHAFTSKASTER/UMWELTBUNDESAMT, 1995). Die Bewertung der Daten erfolgte dabei auf Grundlage der im Entwurf zur Immissionsverordnung (Juli 1993) für Bergland- und Flachlandgewässer angeführten Grenzwerte.

Als **Hauptursache** für die generell im **Osten Österreichs** beeinträchtigte Wassergüte wird der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln von landwirtschaftlichen - insbesondere ackerbaulich genutzten - Flächen angeführt (WASSERWIRTSCHAFTSKASTER / UMWELTBUNDESAMT, 1995).

2.1.4 Klimatische und pedologische Verhältnisse

Das Südburgenland liegt im **pannonisch-mitteleuropäischen Übergangsgebiet**. Im allgemeinen ist es ein Gebiet mit gemäßigten Wintern und etwas zu warmen Sommern. Die Jahresniederschlagsmengen sind gering, es überwiegt der Sommerregen.

Im Bilanzierungsjahr 1990 betrug die Jahressumme im Durchschnitt ca. 830 mm. Im Einzugsgebiet liegen 4 Meßstellen des Hydrographischen Dienstes (BMLF, 1994). Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr 1990 ist *Tabelle 12* zu entnehmen.

Das **Ausgangsmaterial für die Bodenbildung** sind zum größten Teil **jungtertiäre Sedimente**. Der Wechsel von Sedimentablagerungen und -ausräumungen im Tertiär und Quartär ließ entlang der Täler eine Terrassenlandschaft entstehen, welche eine mehr oder weniger mächtige **Schlufflehmdecke** trägt. Schotter- und Kieslagen spielen nur eine untergeordnete Rolle (BMLF (HRSG.), in Druck).

Tabelle 12: Monatsverteilung der Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet der Strem im Jahr 1990 (in mm) (BMLF, 1994).

Meßstation	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Oberdorf	26	15	26	83	113	154	66	86	73	80	54	33	809
St. Michael	20	17	24	75	92	95	76	74	117	76	63	28	757
Kukmirn	25	20	25	72	77	138	85	70	93	80	56	33	774
Gerersdorf	35	30	30	95	76	138	119	68	132	107	91	64	985

2.2 DATENGRUNDLAGEN FÜR DIE NÄHRSTOFFBILANZRECHNUNG

2.2.1 Bodennutzungsdaten

Das **Österreichische Statistische Zentralamt (ÖSTAT)** führt alle 5 Jahre im Rahmen der Land- und Forstwirtschaftlichen Betriebszählung eine **Bodennutzungserhebung** der Betriebe durch. Zur Auskunft verpflichtet sind:

- ⇒ die Bewirtschafter einer Gesamtfläche von mindestens 1 Hektar, die ganz oder teilweise land- und forstwirtschaftlich genutzt wird;
- ⇒ die Bewirtschafter von Erwerbsobstbau- oder Erwerbsweinbauflächen von mindestens 25 Ar sowie von Beerenobst-, Ananaserdbeeren-, Erwerbsgartenbau- oder Baumschulflächen von mindestens 10 Ar oder bei Vorhandensein eines Gewächshauses unter Glas;
- ⇒ die Halter von mindestens 1 Rind oder 3 Schweinen oder 5 Schafen oder 5 Ziegen oder 50 Stück Geflügel aller Art sowie Fischerei- oder Pilzzuchtbetriebe mit einer Marktproduktion und Imkereien mit mindestens 20 Bienenvölkern, auch dann, wenn sie keine Mindestflächen aufweisen.

Die Erhebung erfolgt nach dem **Wirtschaftsprinzip**, d. h. sämtliche Wirtschaftsflächen eines Betriebes werden in der Regel in der Wohnsitzgemeinde des Betriebsinhabers erfaßt, und zwar auch dann, wenn diese in einer anderen Gemeinde liegen. Flächen, die ausländischen Betrieben gehören, werden nicht in die Statistik aufgenommen. Grundbesitz österreichischer Betriebe im Ausland muß angegeben werden und geht in die Statistik mit ein.

Dieses Prinzip **mindert die Genauigkeit der erhobenen Daten**: Ein Bewirtschafter kann Flächen besitzen, welche nicht in seiner Wohnsitzgemeinde liegen, sie werden jedoch für diese Gemeinde ausgewiesen. Weiters werden Betriebe erst ab einer bestimmten Größe in die Befragung aufgenommen (siehe oben), die land- und forstwirtschaftlich genutzte Fläche wird dadurch nicht quantitativ erfaßt. Da jedoch keine anderen, ähnlich genauen und detaillierten Daten über die Bodennutzung und die Kulturrartenverteilung in Österreich, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt erhoben werden, zur Verfügung stehen, müssen für **regionale Erhebungen** die ÖSTAT-Daten unter **Bedachtnahme auf diese Unsicherheiten** verwendet werden.

Die **Bodennutzung** der vom ÖSTAT erhobenen Gesamtwirtschaftsfläche in den Gemeinden des Einzugsgebiets ist **Abbildung 7 bzw. Tabelle 13** zu entnehmen.

Eine **Übersicht über die Flächenverteilung nach Nutzungsart des Ackerlandes** in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem gibt **Tabelle 14**.

Die räumliche Bilanzierungseinheit für die Nährstoffbilanzen ist die „düngungswürdige Fläche“, da der Wald und die unproduktiven Flächen, welche bei der ÖSTAT-Betriebszählung miterhoben werden, als nicht relevant für den landwirtschaftlichen Wirtschaftszweig betrachtet werden. Die gesamte düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem beträgt 25.800 ha und umfaßt die Bodennutzungsarten Ackerland, Hausgärten, Extensivobstanlagen, Weingärten, Erwerbsgartenland, Baumschulen, Dauerwiesen mit einem oder mehr Schnitten, Kulturweiden, Intensivobstanlagen, Energieholzflächen, Forstgärten und Forstbaumschulen, Christbaumkulturen.

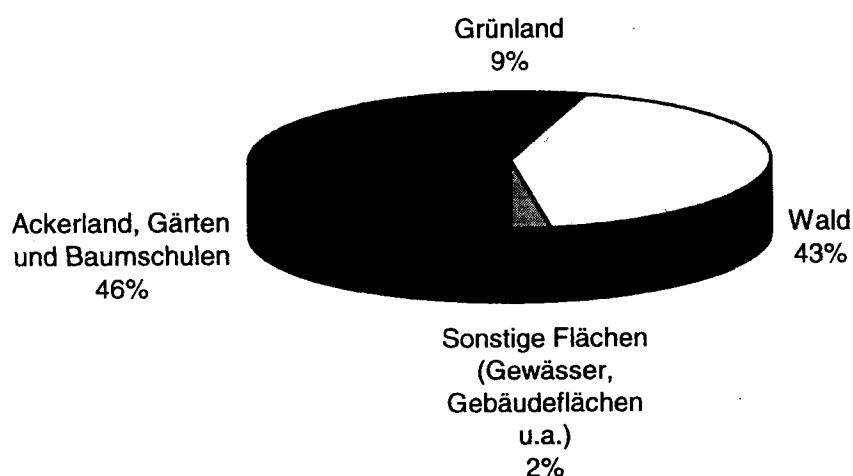


Abbildung 7: Bodennutzung im Einzugsgebiet der Strem bezogen auf die vom ÖSTAT erhobene Gesamtwirtschaftsfläche (=48.884 ha), 1990.

Tabelle 13: Flächenverteilung im Einzugsgebiet der Strem nach Nutzung (Quelle: ÖSTAT).

Nutzungsart	Fläche im Einzugsgebiet in ha
Ackerland (einschließlich nicht mehr genutzte Flächen)	20.908
Hausgärten	792
Extensivobstanlagen	156
Weingärten	121
Erwerbsgartenland	8
Baumschulen	10
Dauerwiesen mit einem Schnitt	287
Dauerwiesen mit mehr Schnitten	3.267
Kulturweiden	24
Hutweiden	302

Tabelle 13 (Fortsetzung): Flächenverteilung im Einzugsgebiet der Strem nach Nutzung (Quelle: ÖSTAT).

Nutzungsart	Fläche im Einzugsgebiet in ha
Streuwiesen	89
nicht mehr genutztes Grünland	538
Wald	20.954
fließende und stehende Gewässer	171
unkultivierte Moorflächen	9
Gebäude- und Hoffläche	539
sonstige unproduktive Flächen	482
Intensivobstanlagen (ab 1990)	180
Energieholzfläche	22
Forstgärten und Forstbaumschulen	4
Christbaumkulturen	21
Summe ÖSTAT - Fläche*	48.884

* die vom ÖSTAT erhobene Fläche land- und forstwirtschaftlicher Betriebe in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem unter Beachtung der oben genannten Unsicherheiten.

Tabelle 14: Flächenverteilung des Ackerlandes nach Anbaufläche (Quelle: ÖSTAT).

Fruchtart	Fläche im Einzugsgebiet in ha
Winterweizen	3.768
Sommerweizen	158
Winter- und Sommerroggen	249
Wintergerste	936
Sommergerste	3.346
Hafer	1.682
Wintermenggetreide	88
Sommermenggetreide	237
Körnermais	5.029
Silo- und Grünmais	988
Körnererbsen	174
Pferdebohnen	241
sonstige Körnerfrüchte (Hirse u.a)	7
frühe und mittelfrühe Speisekartoffeln	52
Spätkartoffeln	80
Zuckerrüben	0

Tabelle 14 (Fortsetzung): Flächenverteilung des Ackerlandes nach Anbaufläche (Quelle: ÖSTAT).

Fruchtart	Fläche im Einzugsgebiet in ha
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	129
Sommerraps und Rübsen	64
Mohn	0
Ölkürbis	175
Sonnenblumen zur Ölgewinnung	434
Handelsgewächse (Hopfen, Tabak u. a.)	7
Heil- und Gewürzpflanzen	0
Feldgemüse insg. (o. Mehrfachnutzung)	13
Ananas-Erdbeeren	3
Rotklee und sonstige Kleearten	375
Luzerne	67
Kleegras	185
sonstiger Feldfutterbau (Mischling u.ä.)	37
Wechselgrünland, Egart	88
nicht mehr genutztes Ackerland	537
Sojabohnen	216
Winterraps zur Ölgewinnung	720
Sonnenblumen für Vogelfutter	16
sonstige Ölfrüchte (z. B. Saflor)	2
Futtersämereien (Klee, Gräser)	0
geförderte Bracheplätze	808
Summe: Ackerland	20.911

Die Flächenangaben für die einzelnen Ackerkulturen dienen v. a. der **Ernteermittlung** (siehe Kapitel 2.2.7.1), aber auch z. B. der Berechnung des nutzungsspezifischen Nitrat-Auswaschungspotentials (siehe Kapitel 3.1.3.1).

2.2.2 Viehbestandszahlen

Das **Österreichische Statistische Zentralamt** führt im Rahmen der Land- und Forstwirtschaftlichen Betriebszählung die **Allgemeine Viehzählung** durch, bei welcher 42 Viehgattungen erhoben werden. Diese sind für die Gemeinden im Einzugsgebiet in *Tabelle 15* angeführt.

Aufgrund des Viehbestandes kann auf die in einem Jahr **anfallenden Nährstoffmengen** in Form von organischen Düngemitteln hochgerechnet werden. Für diese Berechnungen wird die Anzahl der verschiedenen Tiere in ein einheitliches Maß, die **Dung-Großvieheinheiten (DGVE)**, umgerechnet.

In Österreich existieren mehrere GVE-Schlüssel, welche je nach Verwendungszweck angewandt werden (Österreichischer Vieheinheiten-Schlüssel, agrarstatistischer Umrechnungsschlüssel des ÖSTAT, Dung-Großvieheinheitenschlüssel, Förderungsschlüssel für EU-Förderungen des BMLF, Wirtschaftswert-Schlüssel, Gewichtswert-Schlüssel, u. a. (BMLF, 1995)). In dieser Studie wird deshalb der **DGVE-Schlüssel**, welcher im Anhang B zum Wasserrechtsgesetz (ANONYM, 1990b) festgehalten ist, für die **Berechnung der anfallenden Nährstoffmengen** in Form von organischen Düngemitteln verwendet, da er für diesen Zweck erarbeitet wurde. 1 DGVE entspricht 1 Rind über 2 Jahren, entspricht 60 kg feldfallendem Stickstoff pro Jahr (= 80 kg Stickstoff minus 20 kg gasförmiger Stickstoff-Verluste). Die Umrechnung der Anzahl an Tieren in DGVE ist in *Tabelle 15* enthalten.

Tabelle 15: Anzahl der Tiere in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem am 1.6.1990 und Umrechnung in DGVE (Quelle: ÖSTAT).

Tiergattung	Anzahl	DGVE - Schlüssel	Summe DGVE
Fohlen unter 1 Jahr	37	0,33	12
Jungpferde 1 bis unter 3 Jahre	44	0,77	34
Hengste und Wallachen ab 3 Jahre	49	0,9	44
Stuten ab 3 Jahre	136	0,9	122
Pferde insgesamt	266		213
Kälber unter 3 Monate	1.280	0,15	192
männl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.566	0,6	940
weibl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.431	0,6	859
Jungstiere 1 bis unter 2 Jahre	1.420	0,6	852
Jungochsen 1 bis unter 2 Jahre	-	0,6	-
Jungkalbinnen - nicht belegt - 1 bis unter 2 J.	788	0,6	473
Jungkalbinnen - belegt - 1 bis unter 2 Jahre	516	0,6	310
Zuchstiere ab 2 Jahre	17	1	17
Schlachtstiere ab 2 Jahre	271	1	271
Ochsen ab 2 Jahre	-	1	-
Kalbinnen - nicht belegt - ab 2 Jahre	51	1	51
Kalbinnen - belegt - ab 2 Jahre	222	1	222
Milchkühe ab 2 Jahre	4.664	1	4.664
Mutter- und Ammenkühe ab 2 Jahre	8	1	8
Rinder insgesamt	12.234		8.858
Ferkel unter 2 Monate*	6.999	0	-
Jungschweine 2 bis unter 6 Monate	11.290	0,17	1.919
Schlachtschweine ab 6 Monate	6.014	0,17	1.022
Zuchtsauen - trächtig - ab 6 Monate	1.231	0,43	529

Tabelle 15 (Fortsetzung): Anzahl der Tiere in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem am 1.6.1990 und Umrechnung in DGVE (Quelle: ÖSTAT).

Tiergattung	Anzahl in den Gemeinden im Einzugsgebiet	DGVE - Schlüssel	Summe DGVE
Zuchtsauen - nicht trächtig - ab 6 Monate	761	0,43	327
Zuchteber ab 6 Monate	67	0,17	11
Schweine insgesamt	26.362		3.810
Lämmer unter 6 Monate	271	0,14	38
Schafe 6 Monate bis unter 1 Jahr	271	0,14	38
Schafe ab 1 Jahr	625	0,14	88
Schafe insgesamt	1.167		163
Ziegen	132	0,12	16
Kücken und Junghennen für Legezwecke unter 6 Monaten	1.647	0,006	10
Legehennen 6 Monate bis unter 1 Jahr	45.230	0,013	588
Legehennen 1 bis unter 2 Jahre	39.832	0,013	518
Legehennen ab 2 Jahre	15.836	0,013	206
Hähne	2.492	0,013	32
Mastküken und Jungmasthühner	6.399	0,004	26
Hühner (einschl. Hähne) insgesamt	112.165		1.380
Gänse	807	0,008	6
Enten	3.058	0,008	24
Truthühner	6.741	0,011	74
		SUMME DGVE	14.544

* Die Ferkel sind in der Berechnung der Zuchtsauen berücksichtigt

Auf Basis dieser Zahlen werden

- die im Laufe eines Jahres anfallenden Nährstoffmengen in Form von organischen Düngern,
- die für diesen Viehbestand benötigten Futtermittel als Kontrolle für die Futtermittelverkaufszahlen und
- die Schlachtmengen, welche für den Bilanzposten „Tierische Produktion“ verwendet werden, berechnet.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind den Kapiteln 2.3.1.1.2 und 2.3.2.1.1 sowie 2.3.2.2 zu entnehmen.

2.2.3 Mineraldüngeraufwandsmengen

Die Mengen der verkauften Reinnährstoffmengen Stickstoff, Phosphor (als P₂O₅) und Kalium (als K₂O) wurden bis ins Jahr 1995 (bis zur Aufhebung der Düngemittel-

(Bodenschutz-)abgabe) vom **Getreidewirtschaftsfonds** bzw. von der **Agrarmarkt Austria (AMA)** erhoben und dokumentiert. Die Zuordnung des Düngemittelabsatzes auf die Bezirke erfolgte auf Basis der Standorte der Düngemittelhändler. Zwar besteht kein zwingender Zusammenhang zwischen dem Firmensitz des Händlers und dem Verbrauchsgebiet, jedoch ist anzunehmen, daß größtenteils die in einem Bezirk verkauften Handelsdüngermengen auch in diesem Bezirk ausgebracht werden.

Die verkauften Reinnährstoffmengen in den Bezirken Güssing, Jennersdorf und Oberwart sind *Tabelle 16* zu entnehmen.

Tabelle 16: Verkaufte Reinnährstoffmengen in den Bezirken Güssing, Jennersdorf und Oberwart.

Politischer Bezirk	Stickstoff (N)	Phosphor (P ₂ O ₅)	Kali (K ₂ O)
Güssing	1.808.675	1.150.949	1.186.746
Jennersdorf	13.455	6.154	96.048
Oberwart	1.576.257	1.118.671	1.357.617

Zur **Kontrolle** dieser Zahlen, welche von der Agrarmarkt Austria (AMA) zur Verfügung gestellt werden, werden die **Verkaufszahlen eines großen Anbieters für Düngemittel** in der Region für das Jahr 1990 erhoben, unter Angabe des von einem Mitarbeiter geschätzten Marktanteils in den Bezirken Güssing, Oberwart und Jennersdorf. Die Ergebnisse sind Kapitel 2.3.1.1.1 zu entnehmen.

2.2.4 Futtermittelimporte in das Einzugsgebiet

Die Mengen an importierten (zugekauften) Futtermitteln werden durch Erhebung der **Verkaufszahlen eines großen Anbieters für Futtermittel** in der Region für das Jahr 1990, unter Angabe des von einem Mitarbeiter geschätzten Marktanteils in den Bezirken Güssing, Oberwart und Jennersdorf, erhoben.

Die Zahlen für die verkauften Mengen sind *Tabelle 17* zu entnehmen.

Tabelle 17: Verkaufte Futtermittelmengen eines großen Anbieters in den Bezirken Güssing/Jennersdorf und Oberwart (Angaben in kg im Jahr 1990).

Warengruppe	Bezirk Güssing / Jennersdorf	Bezirk Oberwart
Futtergetreide - Schrote	315.725	176.210
Mühlenprodukte	36.214	55.409
Eiweißfuttermittel OHN	1.936.258	1.271.168
Diverse Spezialfuttermittel	300.457	247.014
Sonstige Futtermittel	8.572	15.552
WÖV - Rinderprogramm	59.075	145.911
WÖV - Schweineprogramm	517.000	420.356
WÖV - Geflügelprogramm	235.715	112.555
Sonstige WÖV - Futtermittel	101.793	46.666
Summe	rd. 3.510.810	rd. 2.490.840

Zur Kontrolle der aufgrund dieser Zahlen berechneten importierten Nährstoffmengen (Nährstoffgehaltszahlen der einzelnen Futtermittelposten siehe Kapitel 2.3.2.1.1) werden **Nährstoffbedarfszahlen für landwirtschaftliche Nutztiere** herangezogen. Aufgrund dieser wird der **empfohlene, bedarfsgerechte Nährstoffverbrauch** in Form von Futtermitteln für die Tiere im Einzugsgebiet der Strem berechnet. Von diesem Gesamtnährstoffverbrauch werden die Nährstoffmengen der Futterproduktion im Einzugsgebiet der Strem abgezogen (Heu, Mais, Futterrüben u. a.) und so die Importmengen überschlagsmäßig berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen sind Kapitel 2.3.2.1.1 zu entnehmen.

2.2.5 Klärschlamm- und Kompostmengen

Eine Übersicht über die **Kläranlagen im Burgenland**, aufgegliedert nach Politischen Bezirken und Gemeinden wird vom **Amt der Burgenländischen Landesregierung, Gewässeraufsicht**, zur Verfügung gestellt.

3 größere Kläranlagen des Abwasserverbandes (AWV) liegen demnach im Einzugsgebiet der Strem. Folgende **Angaben** wurden von den **Anlagenbetreibern bzw. verantwortlichen Personen telefonisch erfragt**:

- Die produzierten Naßschlammengen im Jahr 1990,
- der Trockensubstanzgehalt des Naßschlamms,
- die 1990 an die Anlage angeschlossenen Einwohnergleichwerte und
- der Umfang der Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft (für das Jahr 1990).

Diese Angaben sind *Tabelle 18* zu entnehmen.

Tabelle 18: Kläranlagen im Einzugsgebiet und Produktion an Naßschlamm im Jahr 1990.

Anlage	Naßschlamm - Menge in m ³	% TS	angeschlossene EWG	Verwertung in der Landwirtschaft
Abwasserverband Mittleres Strem- und Zickenbachtal mit Sitz in Güssing	28.000	2	18.000	100 %
Abwasserverband Oberes Stremtal, Kläranlage Bocksdorf	2.330	4,5	10.000	100 %
Abwasserverband Stögersbachtal, Zentralkläranlage Wolfau	2.233	4,9	12.000	100 %, jedoch nur ca. 50 % der Fläche im Einzugsgebiet

Für die **gewerbemäßige Kompostierung** in großen Anlagen ist im Burgenland der Umwelt-dienst Burgenland in Oberpullendorf zuständig. Im Jahr 1990 gab es jedoch im Einzugsge-biet der Strem noch keine Anlagen, weshalb **diese Inputgröße nicht in die Bilanzrech-nung eingeht**.

2.2.6 Depositionsdaten

Mit **Regen und Staub** gelangt **Stickstoff** in Form von Nitrat und Ammonium auf den Boden (BRAUN ET AL, 1994). **Gasförmig** werden Ammoniak, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid deponiert. Die deponierte Menge kann regional stark variieren.

Phosphor wird vor allem mit Staub abgelagert. Messungen ergaben jährliche Einträge von 0,23 - 1,68 kg P/ha (BRAUN et al., 1994). **Kalium** wird mit der nassen und trockenen Deposition abgelagert.

Im **Burgenland** ist die Dichte der Meßstellen für Depositionsdaten nicht sehr hoch. Im Rahmen des EMEP-Programmes befindet sich im Burgenland eine Meßstelle des Umweltbundesamtes in Illmitz. Dieser Standort ist zum einen von der Großstadt Wien beeinflußt und zum anderen ziemlich stark vom pannischen Klima geprägt. Die Vergleichbarkeit mit dem Südburgenländischen Hügelland bezüglich der Immissionsdaten ist daher nicht gegeben.

Vom **Amt der Steiermärkischen Landesregierung**, Fachabteilung 1a, Referat für Luftgüteüberwachung, wurden Daten der WADOS-Regenproben (nasse Deposition) der **Meßstation Masenberg** zur Verfügung gestellt. Der Masenberg ist, laut Angaben von PONGRATZ, 1995 immissionsmäßig stark vom Südosten beeinflußt, weshalb diese Depositionsdaten ungefähr südburgenländische Verhältnisse widerspiegeln dürften, im allgemeinen sei der **Immissionseintrag als gering** anzunehmen.

Da vom Jahr 1990 keine vollständigen Daten über die nasse Deposition vorliegen, werden die Depositionsdaten vom Jahr 1991 (Oktober 90- September 91) herangezogen.

Tabelle 19: Depositionswerte im nassen Niederschlag in kg/ha, Meßstation Masenberg.

	Niederschlag (mm)	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ -N	K ⁺
Oktober 1990 - September 1991	728	7,9	3,4	0,8

Die **trockene Deposition** wird am Masenberg **nicht gemessen**. Auch Konzentrationsdaten der Luft für Ammoniak und Stickstoffdioxid liegen vom Jahr 1990 nicht vor, in den darauffolgenden Jahren wurden jedoch nur geringe NO₂-Werte gemessen. Um die **trockene Deposition** für ein Gebiet berechnen zu können sind allerdings sehr umfangreiche Berechnungen notwendig (PUXBAUM, 1995; GREGORI & PUXBAUM, 1994). Aufgrund der fehlenden Datengrundlagen waren diese für das Einzugsgebiet der Strem im Jahr 1990 nicht durchführbar.

Es müssen daher **Annahmen** getroffen werden, wobei für den **Stickstoffeintrag 20 kg/ha** veranschlagt werden, dies ist für ein immissionsmäßig nur wenig belastetes Gebiet eine **Obergrenze** (PUXBAUM, 1995). Für die **Kalium-Deposition** wird der Wert der nassen Deposition verdoppelt, dies ergibt **1,6 kg K/ha**. Für den jährlichen **Phosphor-Eintrag** wird wie bei BRAUN et al. (1994) ein mittlerer P-Depositionswert für das Talgebiet von **0,6 kg P/ha** angenommen.

2.2.7 Daten über die pflanzliche und tierische Produktion

2.2.7.1 Pflanzliche Produktion

Für folgende Ernteprodukte werden vom **Österreichischen Statistischen Zentralamt** (ÖSTAT) jährlich die **Erntemengen in Tonnen** erhoben:

Weizen, Roggen, Winternenggetreide, Gerste, Hafer, Sommermenggetreide, Körnermais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren, frühe und mittelfrühe Kartoffeln, Spätkartoffeln, Winterraps zur Ölgewinnung, Ölkürbis (Frucht mit Samen), Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen), Sommerraps und Rübsen, Sonnenblumen für Vogelfutter, Mohn (ab 1993), Rotklee- und sonstige Kleearten, Luzerneheu, Kleegrasheu, Silomais und Grünmais, Heu von Egärten, Wein (in Hektoliter).

In den Entzug werden in dieser Arbeit die **Nebenernteprodukte größtenteils nicht miteinbezogen**, da diese im Einzugsgebiet der Strem nicht vom Feld abgefahren, sondern **eingearbeitet werden** (Ernterückstände von Körnermais, Alternativkulturen, Kartoffeln, Ölkürbis). Zuckerrüben, deren Blätter ebenfalls von den Feldern abgeführt werden, werden im Einzugsgebiet der Strem nicht angebaut. Beim **Getreide** wird in **Ackerbaubetrieben**, welche im Einzugsgebiet der Strem vorherrschen, das **Stroh ebenfalls eingearbeitet**, nur in **Rinderhaltungsbetrieben** wird das **Stroh von den Flächen abgefahren** und als Einstreu genutzt. Laut einer groben Schätzung des landwirtschaftlichen Bezirksreferates Güssing wird das Stroh von mehr als der Hälfte der Getreidefläche eingearbeitet, es werden hier 60 % veranschlagt. Die **Berechnung der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliummengen**, welche in Form von Getreidestroh und Futterrübenblättern von den Flächen abgefahren werden, sind in Kapitel 2.3.1.2.1 dargestellt.

Die **Erntemengen an Haupterntegut** werden vom ÖSTAT aufgeschlüsselt nach **Politischen Bezirken** angegeben, die **Erntemengen der Flächen im Einzugsgebiet der Strem** werden daher wie folgt berechnet:

Erntemengenberechnung am Beispiel Weizen im Bezirk Güssing:

Die Erntemenge im Politischen Bezirk in Tonnen	dividiert durch die	Anbaufläche der Kultur im Politischen Bezirk in ha	ergibt den bezirksspezifischen	Ernteertrag in kg / ha
14.700		3.251		4.522

Der Ernteertrag in kg/ha multipliziert mit der	Anbaufläche der Kultur in den Gemeinden im Einzugsgebiet in ha	ergibt die	Erntemenge der Gemeinden im Einzugsgebiet in Tonnen
	3.053		13.805

Die Erntemengen für alle Gemeinden des Einzugsgebietes der Strem sind *Tabelle 20* zu entnehmen.

Tabelle 20: Erntemengen in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem, 1990.

		Ernte in t in den Gemeinden im Einzugsgebiet
Weizen		17.391
Roggen		1.010
Wintermenggetreide		359
Summe Brotgetreide		18.760
Gerste		19.926
Hafer		5.603
Sommermenggetreide		903
Körnermais		49.369
Summe Futtergetreide		75.801
Zuckerrüben		
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren		5.671
Summe Hackfruchtarten (exkl. Kartoffel)		5.671

Tabelle 20 (Fortsetzung): Erntemengen in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem, 1990.

		Ernte in t in den Gemeinden im Einzugsgebiet
frühe und mittelfrühe Kartoffeln		1.042
Spätkartoffeln		2.006
Summe Kartoffeln		3.048
Winterraps zur Ölgewinnung		1.368
Ölkürbis (Frucht mit Samen)		1.587
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)		401
Sommerraps und Rübsen		16
Sonnenblumen für Vogelfutter		32
Mohn (ab 1993)		-
Summe Ölfrüchte		3.405
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten		1.495
Luzerneheu		269
Kleegrasheu		719
Silomais und Grünmais		22.516
Heu von Egärten		332
Summe Futterpflanzen		25.331
Weinernte in Hektoliter		299

Die **Ernteerträge an Obst** werden vom ÖSTAT nur auf Bundeslandebene angegeben. Daraus wurden vom **Landwirtschaftlichen Bezirksreferat Güssing** die durchschnittlichen Ernteerträge für Äpfel und Birnen in kg/ha erfragt und durch Multiplikation mit der Fläche an Intensiv-Obstanlagen die Erträge in kg berechnet (siehe Tabelle 21).

Für die **Alternativkulturen Sojabohne, Körnererbse und Ackerbohne** wurden ebenfalls beim **Landwirtschaftlichen Bezirksreferat Güssing** die Hektarerträge erhoben (Durchschnittserträge der besonderen Ernteermittlung) und mit der Fläche multipliziert (Tabelle 22).

Die **Erntemengen an Heu vom Grünland** im Einzugsgebiet werden durch mittlere Hektarerträge für die einzelnen Nutzungsarten (ein- und mehrschnittige Dauerwiesen, Kulturweiden) (LÖHR, 1990) bestimmt (siehe Kapitel 2.3.2.1.1, Tabelle 49, Heumengen von den Wiesen).

Tabelle 21: Ernteerträge an Äpfel und Birnen in den Gemeinden im Einzugsgebiet.

Obst	Ernte in kg/ha	Fläche im Einzugsgebiet der Strem in ha	durchschnittlicher Ertrag in t (Äpfel und Birnen)
Äpfel	25.000	gesamt: 180 ha Intensivobstanlagen	4.050
Birnen	20.000	=> durchschnittlicher Hektarertrag: 22.500 kg/ha	

Tabelle 22: Die Ernteerträge an Körnerleguminosen im Einzugsgebiet der Strem (LANDWIRTSCHAFTLICHES BEZIRKSREFERAT GÜSSING, 1991).

	mittlere Ernte in kg/ha	Fläche im Einzugs- gebiet der Strem in ha	Ertrag in t
Sojabohne	1.300	216	281
Körnererbse	4.000	174	696
Ackerbohne	2.000	241	482

2.2.7.2 Tierische Produktion

2.2.7.2.1 Fleischproduktion - Schlachtungen

Das **Österreichische Statistische Zentralamt (ÖSTAT)** erhebt jährlich die Zahl der geschlachteten Tiere (Pferde, Ochsen, Stiere, Kühe, Kalbinnen, Kälber, Schweine und Schafe) in den Politischen Bezirken.

Um aus den Schlachtungszahlen des Bezirkes die **Anzahl der Schlachtungen in den Gemeinden im Einzugsgebiet** abschätzen zu können, werden die **Tierbestandszahlen**, welche es auf Bezirks- und Gemeindeebene gibt, herangezogen. Es wird die Annahme getroffen, daß in den Gemeinden proportional zum Tierbestand auch Schlachtungen durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Berechnungen zeigt *Tabelle 23 („Anzahl“)*. Die Angaben für die durchschnittlichen Schlachtgewichte der einzelnen Tiere wurden aus LÖHR (1990) entnommen.

Aus diesen Mengenangaben für produzierte tierische Produkte (Fleisch, Innereien, Knochen, etc.) werden für **Rinder, Schweine, Schafe und Pferde** die enthaltenen Nährstoffmengen (N, P und K) berechnet (siehe Kapitel 2.3.2.2.2).

Tabelle 23: Anzahl der geschlachteten Tiere im Einzugsgebiet der Strem und Angabe des Schlachtgewichtes.

Tierart	Anzahl	durchschnittliches Schlachtgewicht eines Tieres in kg	Produktion in kg Schlachtgewicht
Pferde und andere Einhufer (inkl. Fohlen)	1	600	600
Ochsen	0	750	-
Stiere	1.034	750	775.500
Kühe	181	600	108.600
Kalbinnen	105	500	52.500
Kälber insgesamt	504	200	100.800
Schweine insgesamt	17.358	100	1.735.800
Schafe	21	50	1.038

Da für **Geflügel** keine Schlachtungszahlen auf Bezirksebene vom ÖSTAT erhoben werden, wird die im Jahr produzierte Menge an kg Geflügelfleisch wie folgt berechnet.

Aus der **Geflügelstatistik 1990** (ÖSTAT, 1993) wurden die Mengenangaben für Geflügelschlachtungen von ganz Österreich entnommen (siehe *Tabelle 24*).

Tabelle 24: Geflügelstatistik Österreich im Jahr 1990 (ÖSTAT, 1993).

Tierart	Viehbestand in Stück	Schlachtungen in Stück	Schlachtgewicht in kg	durchschnittliche Fleischproduktion in Österreich pro Geflügel und Jahr in kg
Hühner	13.139.152	49.813.000	62.638.000	1,26
Gänse	26.602	1.000	3.000	3,00
Enten	130.592	14.000	30.000	2,14
Truthühner	524.616	1.188.000	9.417.000	7,93
Perlhühner		1.000	2.000	2,00

Die **Werte für die durchschnittliche Fleischproduktion** werden für die Anzahl der Tiere im Einzugsgebiet verwendet (siehe *Tabelle 25*).

Die **Anzahl der Schlachtungen** innerhalb eines Jahres entspricht der „**Durchsatzrate**“ der **Tiere pro Jahr am Betrieb**, z. B. werden durchschnittlich 5,5 Generationen von Mastküken in einem Jahr herangezogen und geschlachtet (BMLF, 1991).

Tabelle 25: Geflügelfleischproduktion im Einzugsgebiet der Strem im Jahr 1990.

	Viehbestand in Stück	Schlachtungen innerhalb eines Jahres	Schlachtungen 1990	durchschnittl. Fleischprod. in Österreich pro Geflügel und Jahr in kg	Geflügelfleischproduktion im Einzugsgebiet der Strem 1990 in kg
Mastküken und Jungmasthühner	6.399	5,5	35.195		
Legehennen 1 bis unter 2 Jahre	39.832	0,6	23.899		
Legehennen ab 2 Jahre	15.836	1	15.836		
Summe Hühner			74.930	1,26	94.221
Gänse	807	2	1.614	3,00	4.842
Enten	3.058	2	6.116	2,14	13.106
Truthühner	6.741	2	13.482	7,93	106.867
Summe sonstiges Geflügel			21.212		124.816

2.2.7.2.2 Milchproduktion

Zahlen für die **jährliche Kuhmilchproduktion** werden vom **ÖSTAT** jährlich für die Bundesländer erhoben. Die Anzahl der Milchkühe im Burgenland betrug 1990 15.700, die Milchproduktion in Tonnen 65.300. Daraus ergibt sich **eine durchschnittliche Milchproduktion einer burgenländischen Kuh** von 4.159 kg/Jahr oder **11,4 kg Milch / Tag**.

Durch Multiplikation dieser Produktionsmenge mit der Anzahl der Milchkühe im Einzugsgebiet der Strem erhält man die jährliche Produktion von 1990: **19.398.675 kg Milch**.

Mittels durchschnittlicher Nährstoffgehaltszahlen werden die in der Milch enthaltenen Nährstoffmengen berechnet (siehe Kapitel 2.3.2.2.2).

2.2.7.2.3 Eierproduktion

Die **Eiproduktion pro Legehenne und Jahr** beträgt ca. **10 kg** (KÖSTER et al., 1988), die Anzahl der **Legehennen ab 6 Monate** (ab diesem Alter erbringen Hennen die erste Eierleistung) beträgt in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem **100.898 Stück**. Daraus ergibt sich **eine jährliche Eierproduktion** der Legehennen im Einzugsgebiet von **1.009 Tonnen**.

2.2.8 Pflanzenschutzmittelaufwandsmengen

Die Zahlen für die im Jahr 1990 verkauften Mengen an Pflanzenschutzmitteln in den Bezirken Güssing, Oberwart und Jennersdorf wurden von einem großen Anbieter in der Region zur Verfügung gestellt (siehe *Tabelle 26*), unter Angabe des vom Vertriebsleiter geschätzten Marktanteils am Gesamtverkauf in den Bezirken Güssing, Oberwart und Jennersdorf.

Tabelle 26: Verkaufte Pflanzenschutzmittelmengen eines großen Anbieters in der Region in den Bezirken Güssing/Jennersdorf und Oberwart (Angaben in kg im Jahr 1990).

Warengruppe	Bezirk Güssing / Jennersdorf	Bezirk Oberwart
Weinbau und Obstbau	10.875	5.610
Kellerwirtschaft		12
Getreidebau	50.963	10.018
Rübenbau	163	403
Saatgutschutz, Beize	12.077	1.779
Vorratsschutz	1.869	1.159
HG - Schutz*	4.251	3.200
Sonstige Schädlingsbekämpfungsmittel	6.767	587
HHG - Pflanzenschutz**		4.198
Summe	rd. 86.964	rd. 26.965

* HG = Haus, Garten

** HHG = Haus, Hof, Garten

2.3 VERWENDETE BILANZANSÄTZE UND BERECHNUNG DER BILANZPOSTEN

Die beiden verwendeten Bilanzansätze (Flächenbilanz nach BACH, 1987 und Hoftor- (black box-) Bilanz gemäß PARCOM-Richtlinie, siehe Kapitel 2.3.1 und 2.3.2) werden in *Abbildung 8* gemeinsam graphisch dargestellt.

Die **Bilanzierungseinheit der Flächenbilanz** ist der **Boden**, während die **Bilanzierungseinheit der Hoftor- (black box-) Bilanz** durch die **Systemgrenze „regionale Landwirtschaft“** gekennzeichnet ist.

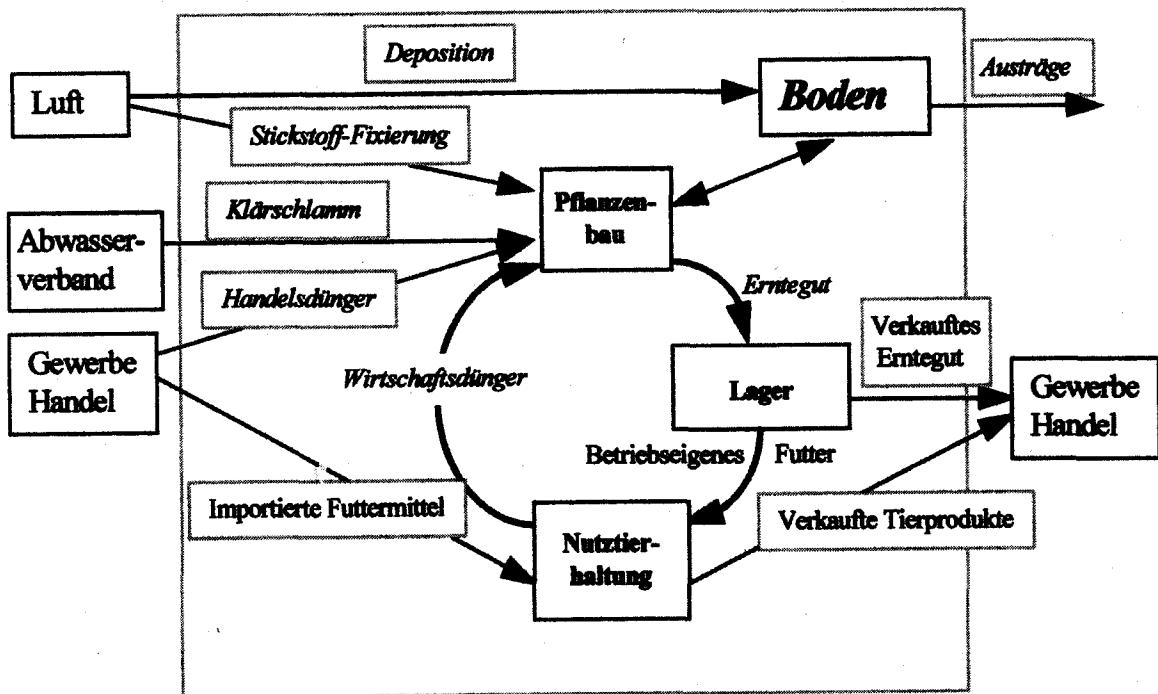


Abbildung 8: Das System „regionale Landwirtschaft“ (nach OBRIST et al., 1993, verändert).
 Kursiv: Bilanzgrößen der Flächenbilanz mit der Bilanzierungseinheit „Boden“
 Rote Rahmen: Systemgrenze und Bilanzgrößen der Hoftor- (black box-)Bilanz mit der Bilanzierungseinheit „regionale Landwirtschaft“

2.3.1 Flächenbilanz

2.3.1.1 Inputgrößen

2.3.1.1.1 Handelsdünger

- Die Daten von der **Agrarmarkt Austria (AMA)** für die verkauften Reinnährstoffmengen (Stickstoff, Phosphat und Kali) in den Bezirken Güssing, Oberwart und Jennersdorf werden auf die Gemeinden im Einzugsgebiet wie folgt umgerechnet:

Es wird ein **Faktor** gebildet aus:

düngungswürdige Fläche der Gemeinden des Politischen Bezirkes im Einzugsgebiet /
düngungswürdige Fläche des gesamten Politischen Bezirkes,

und mit diesem wird die **verkaufte Reinnährstoffmenge des jeweiligen Bezirkes multipliziert**. Man schätzt also die auf die Flächen im Einzugsgebiet aufgebrachten Mengen mit Hilfe der Größe der düngungswürdigen Fläche in Relation zu jener des gesamten Verkaufsgebietes (des Politischen Bezirkes) ab. Die Ergebnisse der Berechnungen sind *Tabelle 27* zu entnehmen.

Die **Umrechnung von P_2O_5 in P und von K_2O in K** erfolgt durch Multiplikation mit folgenden Faktoren:

$P_2O_5 \Rightarrow P$ = Multiplikation mit Faktor: 0,4364207

$K_2O \Rightarrow K$ = Multiplikation mit Faktor: 0,8301467

Die **düngungswürdige Fläche** setzt sich aus folgenden, vom ÖSTAT erhobenen, Bodennutzungsarten zusammen: Ackerland, Hausgärten, Extensivobstanlagen, Weingärten, Erwerbsgartenland, Baumschulen, Dauerwiesen mit einem oder mehr Schnitten, Kulturweiden, Intensivobstanlagen, Energieholzflächen, Forstgärten und Forstbaumschulen und Christbaumkulturen. Die gesamte düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem beträgt 25.800 ha.

Tabelle 27: In Handelsdüngern enthaltene Nährstoffmengen, welche 1990 in den Gemeinden im Einzugsgebiet der Strem ausgebracht werden.

Politischer Bezirk	N in kg	P in kg	K in kg
Güssing	1.686.590	468.393	918.674
Jennersdorf	1.457	291	618
Oberwart	262.762	8.633	187.874
Summe	1.950.809	477.317	1.107.166

- Mit Hilfe der Daten über die 1990 in den Bezirken Güssing/Jennersdorf und Oberwart von einem großen Anbieter verkauften Handelsdüngermengen werden die in den Gemeinden im Einzugsgebiet ausgebrachten Mengen wie folgt berechnet:
 - Mit Hilfe der **Marktanteilsabschätzung** des Anbieters für den Handelsdüngerverkauf in den einzelnen Bezirken wird die tatsächlich in diesen Bezirken jährlich gekaufte Menge an

Handelsdüngern berechnet (Tabelle 28). In den Bezirken Güssing/Jennersdorf wird der Marktanteil mit 70 %, in Oberwart mit 60 % angegeben.

Tabelle 28: Verkaufte Mineraldüngermengen in den Bezirken Güssing /Jennersdorf und Oberwart im Jahr 1990 (Angaben in kg).

Warengruppe	in den Bezirken Güssing / Jennersdorf verkaufte Mengen des Großanbieters	über die Marktanteilsabschätzung ermittelte gesamte Verkaufsmenge in den Bezirken Güssing / Jennersdorf	im Bezirk Oberwart verkaufte Mengen des Großanbieters	über die Marktanteilsabschätzung ermittelte gesamte Verkaufsmenge im Bezirk Oberwart
Stickstoffdünger	2.617.527	3.739.324	2.394.235	3.990.391
Phosphordünger	212.684	303.834	880.997	1.468.328
Kalidünger	68.500	97.857	631.089	1.051.815
Kalkdünger	2.055.842	2.936.917	2.447.363	4.078.938
Volldünger	6.575.888	9.394.126	3.167.677	5.279.461
2 Nährstoffdünger	95.580	850.829	467.717	779.528
Torfe, Erden, Garten	8.781	12.544	9.410	15.683
Spezialdünger	5.453	7.789	12.551	20.918
Dünger mit Unkrautvernichter	4	6	-	-
Sonstige Dünger	758	1.083	821	1.368
Summe	12.140.258	17.343.226	10.011.859	16.686.431

- Da die **Bezirke Güssing und Jennersdorf** die Handelsdüngermengen von **einem Großanbieter** beziehen, ist eine **Aufteilung der Gesamtverkaufsmenge 1990 auf die beiden Bezirke** notwendig, dies geschieht mit Hilfe der düngungswürdigen Fläche. Die düngungswürdige Fläche des Bezirkes Güssing beträgt 20.858 ha, jene des Bezirkes Jennersdorf 11.882 ha, das entspricht 64 % zu 36 % der gesamten düngungswürdigen Fläche der beiden Bezirke. Demgemäß werden die Handelsdüngermengen unter den beiden Bezirken aufgeteilt (11.100.358 kg bzw. 6.243.951 kg).
- Danach wird für jeden Bezirk die **Handelsdüngermenge, welche auf die Flächen im Einzugsgebiet der Strem ausgebracht wird** durch Abschätzung des Anteils der düngungswürdigen Fläche in den Gemeinden im Einzugsgebiet an der gesamten düngungswürdigen Fläche des Bezirkes berechnet. In Güssing beträgt der Anteil der düngungswürdigen Fläche im Einzugsgebiet an der gesamten düngungswürdigen Fläche des Bezirks ca. 93,7 %, in Jennersdorf ca. 10,7 % und in Oberwart ca. 16,8 %. Daraus berechnen sich **10.404 t Handelsdüngeraufwand im Einzugsgebiet im Bezirk Güssing, 667 t im Bezirk Jennersdorf und 2.795 t im Bezirk Oberwart**.
- Für die errechneten Handelsdüngermengen, welche 1990 im Einzugsgebiet verkauft wurden, wird nun der enthaltene Nährstoffinput berechnet. Die **Nährstoffgehaltszahlen** für die einzelnen verkauften Düngergruppen werden von einem Mitarbeiter der Verkaufsstelle erfragt, wobei meist ein oberer und ein unterer Nährstoffkonzentrationswert angegeben wird. Diese Nährstoffgehaltswerte sind in *Tabelle 29* angeführt.

Tabelle 29: Handelsdüngerverkauf im Einzugsgebiet der Strem, Nährstoffgehaltszahlen in %.

Warengruppe	Einzugsgebiet der Strem: Gesamt-Handelsdüngereinkauf im Jahr 1990 in kg	N in %, min	N in %, max	P in %, min	P in %, max	K in %, min	K in %, max
Stickstoffdünger	3.055.410	27	27				
Phosphordünger	439.899			6,6	19,7		
Kalidünger	238.647					49,8	49,8
Kalkdünger	2.558.021						
Volldünger	6.881.106	6	15	4,4	6,6	12,5	17,4
2 Nährstoffdünger	673.703	18	18	12	21		
Torfe, Erden, Garten	10.635						
Spezialdünger	8.476						
Dünger mit Unkrautvernichter	4						
Sonstige Dünger	920						

Aus den Nährstoffgehaltszahlen werden die **Absolutmengen an verkauftem Stickstoff, Phosphor und Kalium** in Form von Handelsdüngern berechnet (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Handelsdüngerverkauf im Einzugsgebiet der Strem, Nährstoffmengen in kg.

Warengruppe	N in kg, min	N in kg, max	P in kg, min	P in kg, max	K in kg, min	K in kg, max
Stickstoffdünger	824.961	824.961	-	-	-	0
Phosphordünger	-	-	28.797	86.392	-	0
Kalidünger	-	-	-	118.867	118.867	118.867
Kalkdünger	-	-	-	-	-	0
Volldünger	412.866	1.032.166	300.306	450.459	856.849	1.199.589
2 Nährstoffdünger	121.266	121.266	82.325	141.128	-	0
Torfe, Erden, Garten	-	-	-	-	-	-
Spezialdünger	-	-	-	-	-	-
Dünger mit Herbizid	-	-	-	-	-	-
Sonstige Dünger	-	-	-	-	-	-
Summe	1.359.094	1.978.392	411.428	796.846	975.716	1.318.456

Die Mittelwerte für die verkauften Nährstoffmengen betragen demnach:

N in kg, Mittelwert	P in kg, Mittelwert	K in kg, Mittelwert
1.668.743	604.137	1.147.086

Diese Werte stimmen relativ gut mit den Verkaufszahlen der Agrarmarkt Austria (AMA) überein (siehe Tabelle 27).

In die Bilanz gehen die **Handeldüngerverkaufszahlen** von der **Agrarmarkt Austria (AMA)** ein, da diese Daten gut zugänglich und für sämtliche Politische Bezirke in Österreich vorhanden sind. Die Verwendung derselben Datenquelle bei eventuellen weiteren Bilanzrechnungen in anderen Regionen begünstigt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Die Nährstoffmengen der ausgebrachten Handelsdünger betragen:

Stickstoff: 1.950.809 kg
Phosphor: 477.317 kg
Kalium: 1.107.166 kg

2.3.1.1.2 Wirtschaftsdünger

Der Nährstoffanfall in Form von Wirtschaftsdüngern wird über die **Viehbestandszahlen** berechnet.

Für den ersten Berechnungsansatz (RUHR-STICKSTOFF-AG, 1988) werden die Tiere in drei Kategorien unterteilt:

- Rauhfutterverzehrer (Rinder, Pferde, Schafe und Ziegen),
- Schweine und
- Geflügel (Hühner, Gänse, Enten, Truthühner).

Die RUHR-STICKSTOFF-AG (1988) gibt Zahlen für den **Nährstoffanfall (N, P und K)** in Form von Mist, Jauche und Gülle an (siehe Tabelle 31).

Tabelle 31: NPK - Produktion pro GVE und Tierart (RUHR - STICKSTOFF - AG, 1988).

Tierart	Org. Dünger / GVE und Jahr	N	P*	K*
		pro GVE (kg)		
Rauhfutterverzehrer	100 dt Mist	60	40	70
	4,5 m ³ Jauche	18	1	36
Schweine	13 m ³ Gülle**	74	51	43
Geflügel	120 dt Frischmist	156	132	72

* P auf Basis P₂O₅, K auf Basis K₂O

** Annahme: 7 % Trockenmasse

Aufgrund dieser Angaben wird die NPK- Produktion des Viehbestandes im Einzugsgebiet berechnet (siehe Tabelle 32). Als GVE werden hier die DGVE verwendet.

Tabelle 32: NPK - Produktion aus dem Wirtschaftsdüngeranfall des Viehbestandes im Einzugsgebiet der Strem.

Tierart	DGVE	Nges. in kg	P ₂ O ₅ in kg	K ₂ O in kg
Rauhfutterverzehrer	9.249	721.454	379.226	980.437
Schweine	3.810	281.913	194.291	163.814
Geflügel	1.485	231.601	195.970	106.893

Dies ergibt insgesamt einen Nährstoffanfall von 1.234.967 kg N, 335.820 kg P und 1.038.633 kg K.

In einer zweiten Berechnung (BMLF, 1991) wird der durchschnittliche Nährstoffanfall von Wirtschaftsdüngern gemäß den Zahlen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz errechnet. Die Nährstoffzahlen sind *Tabelle 33* zu entnehmen. Die Umrechnung auf GVE erfolgt gemäß Tabelle 6 im Anhang.

Tabelle 33: Nährstoffanfall je GVE und Jahr (durchschnittliche Zahlen aus BMLF, 1991) und Nährstoffanfall im Einzugsgebiet der Strem.

Nährstoffanfall je GVE und Jahr					Nährstoffanfall im Einzugsgebiet der Strem		
	N (ges.) in kg	P ₂ O ₅ in kg	K ₂ O in kg	Anzahl GVE im EZ Strem	N (ges.) in kg	P ₂ O ₅ in kg	K ₂ O in kg
Milchkühe + Nachzucht	68	30	105	4.945	336.260	148.350	519.225
Mastvieh	72	30	60	2.195	158.026	65.844	131.688
Mastkälber	32	13	19	1.391	43.920	17.568	26.352
Schafe	96	36	84	103	9.869	3.701	8.635
Pferde	48	24	48	231	11.069	5.534	11.069
Zuchtsauen	103	77	70	624	64.521	47.871	43.708
Mastschweine	104	61	57	1.805	188.379	109.888	102.039
Legehennen	180	180	110	410	73.832	73.832	45.120
Masthähnchen	35	30	25	23	797	683	569
Puten, Enten, Gänse	150	150	120	42	6.364	6.364	5.091
Summe					893.036	479.635	893.496

Für den Tierbestand im Einzugsgebiet der Strem ergeben sich nach dieser Berechnung 893.036 kg N, 209.322 kg P und 741.732 kg K, welche in Wirtschaftsdüngern jährlich anfallen.

Der **Mittelwert dieser zwei Berechnungsarten** wird als anfallende Nährstoffmenge in die Flächenbilanz einbezogen.

Die im Einzugsgebiet der Strem anfallende Nährstoffmenge in Wirtschaftsdüngern beträgt:

Stickstoff:	1.064.002 kg
Phosphor:	272.571 kg
Kalium:	890.183 kg

2.3.1.1.3 Biologische Stickstoff-Fixierung

Einige in Böden freilebende oder in Symbiose mit höheren Pflanzen lebende Mikroorganismen (Bakterien und Blaualgen) können den reaktionsträgen Luftstickstoff N₂ dank ihres Enzyms Nitrogenase zum Aufbau von Körpereiweiß benutzen und somit für die Pflanzen und in der Folge für Tiere und Menschen verfügbar machen.

Die **nicht-symbiotische N₂-Fixierung** hängt stark von der Höhe der Stickstoff-Düngung ab und kann schwer geschätzt werden. BUCHNER & STURM (1980) geben die Stickstoff-Fixierungsleistung von den in unseren Ackerböden vorkommenden freilebenden Azotobacter- und Clostridien-Arten mit 0,3 bis 0,5 kg N/ha*Jahr fixierten Luft-N₂ an. Andere Literaturquellen führen durchschnittlich 10 kg N-Eintrag durch asymbiotische Stickstoff-Fixierung/ha für einen mittleren Boden an (SIEBENEICHER, 1985; UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). In der **Bilanzrechnung ist dieser N-Input** in der „Stickstoff-Fixierung der restlichen düngungswürdigen Flächen“ enthalten (siehe *Tabelle 35 b*), bei welchen infolge des unbekannten Anteils an Leguminosen Werte zwischen 10 und 15 kg N/ha angenommen werden (vgl. BRAUN et al., 1994).

Am wichtigsten für die Landwirtschaft sind die **Bakterien der Gattung Rhizobium**, welche in Wurzelknöllchen von Leguminosen (z. B. Luzerne, Klee, Erbse, Bohne) **symbiotisch** mit diesen leben. Ihre Bindungsleistung beträgt bis zu 300 kg N/ha*a (BUWAL, 1993A). Eine Übersicht über verschiedene Literaturangaben und Werte für symbiotische N-Fixierung gibt *Tabelle 34*.

In *Tabelle 35 a* sind die N-Eintragsmengen durch symbiotische N-Bindung für die Leguminosen-Anbauflächen des Ackerlandes und für das „düngungswürdige“ Grünland (siehe Definition der düngungswürdigen Fläche, Kapitel 2.2.1) angegeben. Die verwendeten Werte für die symbiotische Stickstoff-Fixierung entsprechen Mittelwerten aus oben genannten Literaturangaben. In *Tabelle 35 b* wird die Stickstoff-Fixierung der restlichen düngungswürdigen Fläche des Einzugsgebietes der Strem angegeben.

*Tabelle 34: Literaturangaben über die symbiotische Stickstoff-Bindungsleistung von Wurzelknöllchenbakterien verschiedener Leguminosen und allgemein des Grünlandes (in kg/ha * Jahr).*

	Hege & Weigelt, 1991	DBG, 1992	SCHALVO, 1987	Werner, 1987, Uni Kiel (Mittelwerte)	TAB, 1992	UBA Berlin, 1994	Braun et al., 1994
Rotklee und sonst. Kleearten	300	170	170	250	180	180	
Luzerne	300	225	225	250	300	300	
Kleegras	200	120					
Körnererbse		120	120	150	120	120	
Pferdebohne	200	150	150	200	120	120	
Grünland	80						75

Tabelle 35 a: Stickstofffixierung durch Leguminosenanbau im Ackerbau und durch den Leguminosen-Anteil am düngungswürdigen Grünland.

	Fläche in ha	verwendete Werte für die symbiotische N-Fixierung in kg/ha	N- Eintrag in kg
Rotklee und sonst. Kleearten	375	208	78.125
Luzerne	67	267	17.867
Kleegras	185	160	29.600
Körnererbsen	174	120	20.880
Pferdebohnen	241	175	42.175
Grünland	3.578	80	286.240
Summe	4.620		474.887

Tabelle 35 b: Stickstoff-Fixierung der restlichen düngungswürdigen Fläche des Einzugsgebietes der Strem (Quelle für die N-Fixierungs-Werte: BRAUN ET AL, 1994).

	Fläche in ha	N-Fixierung in kg/ha	N-Eintrag in kg
restl. Ackerfläche	19.866	10	198.660
Weingärten	121	10	1.210
Extensiv- und Intensivobstanlagen	336	15	5.040
Hausgärten, Erwerbsgartenland	800	15	12.000
Baumschulen, Energieholzflächen, Forstgärten und Forstbaumschulen, Christbaumkulturen	57	10	570
Summe	21.180		217.480

Die **Summe des Stickstoff-Inputs** auf die düngungswürdige Fläche durch **biologische Stickstoff-Fixierung** ergibt sich als:

N-Eintrag in kg: 692.367

2.3.1.1.4 Klärschlamm

Die **1990 in der Landwirtschaft der Umgebung von Kläranlagen ausgebrachten Klärschlammengen** wurden von den Anlagenbetreibern erfragt. Dabei wurde stets angegeben, daß die Klärschlämme in der unmittelbaren Umgebung ausgebracht werden, d. h. im Umkreis von 5 - 12 bzw. maximal 30 km von der Anlage. Die Nährstoffgehalte wurden AICHTBERGER (1991) entnommen, welcher über 1.500 verschiedene Klärschlämme Österreichs über 10 Jahre hindurch untersucht hat (Tabelle 36). Es werden die dort angegebenen, am häufigsten analysierten Werte für österreichische Klärschlämme verwendet.

Tabelle 36: Im Jahr 1990 ausgebrachte Klärschlamm-Trockensubstanzmengen in Tonnen und Nährstoffgehaltszahlen (AICHTBERGER, 1991).

Anlage	ausgebrachte TS-Menge im Einzugsgebiet in t	N in g/kg TS	P in g/kg TS	K in g/kg TS
Abwasserverband Mittleres Strem- und Zickenbachtal mit Sitz in Güssing	560	39	13,09	4,98
Abwasserverband Oberes Stremtal, Kläranlage Bocksdorf	105			
Abwasserverband Stögersbachtal, Zentralkläranlage Wolfau	55			

Die ausgebrachte Klärschlamm-Trockensubstanzmenge ergibt somit **719.559 kg** und die enthaltenen Nährstoffmengen betragen:

Stickstoff: 28.063 kg
Phosphor: 9.421 kg
Kalium: 3.584 kg

2.3.1.1.5 Deposition

Wie in Kapitel 2.2.6 erläutert, müssen verschiedene Annahmen für die Depositionseinträge getroffen werden, die Werte sind daher nicht streng regionalspezifisch sondern **ehrer global veranschlagte Größen**. Die Angaben in kg/ha werden zur Bestimmung des Gesamteintrages auf die düngungswürdige Fläche mit dieser multipliziert (= 25.800 ha).

Die angenommenen Werte für die Nährstoffeinträge mit der nassen und trockenen Deposition betragen:

Stickstoff: 516.000 kg
Phosphor: 15.480 kg
Kalium: 41.280 kg

2.3.1.1.6 Saatgut

Die N-, P- und K-Einträge mit dem Saatgut werden nicht berücksichtigt, da sie mengenmäßig von untergeordneter Bedeutung sind.

2.3.1.2 Outputgrößen

2.3.1.2.1 Abfuhr mit dem Erntegut

Die Nährstoffabfuhr mit dem Erntegut ergibt sich aus den **Erntemengen der einzelnen Feldfrüchte multipliziert mit dem jeweiligen mittleren N-, P- und K-Gehalt**. Es wurde ei-

ne Fülle von Literaturangaben über Nährstoffgehalte von Ernteprodukten zum Vergleich herangezogen und daraus mittlere Werte für die Berechnungen verwendet.

- Stickstoffgehalte

Die verschiedenen Stickstoffgehaltszahlen der Ernteprodukte können Tabelle 1 im Anhang entnommen werden. Mit Hilfe der Mittelwerte dieser Stickstoffgehaltszahlen werden die Stickstoffabfuhrn mit dem Erntegut berechnet (siehe Tabelle 37).

Für Ölkürbisse konnte keine Stickstoffgehaltszahl gefunden werden.

Tabelle 37: Stickstoffmengen im Erntegut.

Erntegut	Mittelwert: N in g/kg	Ernte in t	N im Ernteprodukt in kg
Weizen	19,58	17.391	340.436
Roggen	16,24	1.010	16.408
Winternenggetreide	17,84	359	6.404
Summe Brotgetreide		18.760	363.248
Gerste	16,59	19.926	330.493
Hafer	17,28	5.603	96.823
Sommermenggetreide	17,84	903	16.105
Körnermais	15,49	49.369	764.794
Summe Futtergetreide		75.801	1.208.215
Zuckerrüben	1,94	-	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	2,14	5.671	12.144
Summe Hackfruchtarten		5.671	12.144
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	3,37	1.042	3.516
Spätkartoffeln	3,37	2.006	6.769
Summe Kartoffeln		3.048	10.285
Winterraps zur Ölgewinnung	35,00	1.368	47.885
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	?	1.587	?
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	30,50	401	12.225
Sommerraps und Rübsen	35,83	16	585
Sonnenblumen für Vogelfutter	30,50	32	988
Mohn (ab 1993)	32,50	-	-
Summe Ölfrüchte		3.405	61.684
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	25,61	1.495	38.272
Luzerneheu	27,34	269	7.364
Kleegrasheu	21,84	719	15.702

Tabelle 37 (Fortsetzung): Stickstoffmengen im Erntegut.

Erntegut	Mittelwert: N in g/kg	Ernte in t	N im Ernteprodukt in kg
Silomais und Grünmais	2,90	22.516	65.297
Heu von Egärten	21,46	332	7.122
Summe Futterpflanzen		25.331	133.757
	N in g / 1000 hl	Ernte in hl	
Weinernte in Hektoliter	0,10	299	30
SUMME			1.789.362

Eine andere Berechnung der Stickstoffgehaltszahlen im Erntegut wird über **Entzugszahlen, angegeben in kg/ha**, durchgeführt (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38: Entzug an Stickstoff für verschiedene Ackerkulturen (Quelle: LBL, 1995b).

Erntegut	Anbaufläche in ha	N-Entzug in kg/ha	N- Entzug in kg
Weizen	3.926	120	471.120
Roggen	249	94	23.406
Wintermenggetreide	88	85	7.480
Summe Brotgetreide			502.006
Gerste	4.282	71,5	306.163
Hafer	1.682	77	129.514
Sommermenggetreide	237	70	16.590
Körnermais	5.029	96	482.784
Summe Futtergetreide			935.051
Zuckerrüben	0	90	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	129	176	22.704
Summe Hackfruchtarten			22.704
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	52	75	3.900
Spätkartoffeln	80	135	10.800
Summe Kartoffeln			14.700
Winterraps zur Ölgewinnung	720	105	75.600
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	175	?	?
Sonnenblumen z. Ölgewinnung (Samen)	434	90	39.060
Sommerraps und Rübsen	64	105	6.720
Sonnenblumen für Vogelfutter	16	90	1.440
Mohn (ab 1993)	0		-
Summe Ölfrüchte			122.820

Tabelle 38 (Fortsetzung): Entzug an Stickstoff für verschiedene Ackerkulturen (Quelle: LBL, 1995b).

Erntegut	Anbaufläche in ha	N-Entzug in kg/ha	N- Entzug in kg
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	375	70	26.250
Luzerneheu	67	70	4.690
Kleegrasheu	185	70	12.950
Silomais und Grünmais	988	153	151.164
Heu von Egärten	88	70	6.160
Summe Futterpflanzen			201.214
Wein	121	?	?
SUMME			1.798.495

Für Ölkürbis und Wein wurden keine Angaben für Stickstoff-Entzüge in LBL (1995b) gefunden.

Die **Ergebnisse der beiden Berechnungen** für den Stickstoffoutput durch Abfuhr des Ernteproduktes liegen in **derselben Größenordnung**, für die Bilanz werden die beiden Werte gemittelt.

Daraus ergibt sich:

Mittelwert N-Abfuhr mit dem Erntegut: 1.793.928 kg

- Phosphorgehalte

Die Phosphorwerte für die Abfuhr mit dem Erntegut werden wie für den Stickstoff berechnet. Mit Hilfe mittlerer Werte für Phosphorgehaltszahlen werden die Phosphorabfuhrmenge mit dem Erntegut berechnet (siehe *Tabelle 39*).

Tabelle 39: Phosphormengen im Erntegut.

Erntegut	Mittelwert: P in g / kg	Ernte in t	P im Ernteprodukt in kg
Weizen	3,47	17.391	60.307
Roggen	3,33	1.010	3.364
Wintermenggetreide	3,37	359	1.210
Summe Brotgetreide		18.760	64.881
Gerste	3,57	19.926	71.087
Hafer	3,37	5.603	18.906
Sommermenggetreide	3,40	903	3.073
Körnermais	2,98	49.369	147.365
Summe Futtergetreide		75.801	240.431
Zuckerrüben	0,33	-	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	0,37	5.671	2.091
Summe Hackfruchtarten		5.671	2.091

Tabelle 39 (Fortsetzung): Phosphormengen im Erntegut.

Erntegut	Mittelwert: P in g/kg	Ernte in t	P im Ernteprodukt in kg
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	0,55	1.042	573
Spätkartoffeln	0,55	2.006	1.104
Summe Kartoffeln		3.048	1.677
Winterraps zur Ölgewinnung	8,40	1.368	11.496
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	?	1.587	-
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	11,30	401	4.531
Sommerraps und Rübsen	7,75	16	126
Sonnenblumen für Vogelfutter	11,30	32	366
Mohn (ab 1993)	6,98	0	-
Summe Ölfrüchte		3.405	16.520
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	2,44	1.495	3.643
Luzerneheu	2,56	269	690
Kleegrasheu	2,45	719	1.765
Silomais und Grünmais	0,7	22.516	15.723
Heu von Egärten	2,23	332	741
Summe Futterpflanzen		25.331	22.561
Weinernte in Hektoliter	0,09	299	28
SUMME			348.189

Die verschiedenen Phosphorgehaltszahlen der Ernteprodukte aus der Literatur können Tabelle 2 im Anhang entnommen werden. Für Ölkürbis konnte keine Phosphorgehaltszahl gefunden werden.

Eine **andere Berechnung** der Phosphorgehaltszahlen im Erntegut wird, wie bei Stickstoff, über **Entzugszahlen, angegeben in kg/ha**, durchgeführt (Tabelle 40). Für Ölkürbisse und Wein wurden keine Angaben für Phosphor-Entzüge in LBL (1995b) gefunden.

Tabelle 40: Entzug an Phosphor für verschiedene Ackerkulturen (Quelle: LBL, 1995b).

Erntegut	Anbaufläche in ha	P-Entzug in kg/ha	P- Entzug in kg
Weizen	3.926	21	82.243
Roggen	249	19	4.781
Wintermenggetreide	88	17	1.536
Summe Brotgetreide			88.560
Gerste	4.282	16	67.275
Hafer	1.682	21	34.501
Sommermenggetreide	237	20	4.654

Tabelle 40 (Fortsetzung): Entzug an Phosphor für verschiedene Ackerkulturen (Quelle: LBL, 1995b).

Erntegut	Anbaufläche in ha	P-Entzug in kg/ha	P-Entzug in kg
Körnermais	5.029	21	105.348
Summe Futtergetreide			211.779
Zuckerrüben	0	21	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	129	35	4.504
Summe Hackfruchtarten			4.504
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	52	17	862
Spätkartoffeln	80	30	2.374
Summe Kartoffeln			3.236
Winterraps zur Ölgewinnung	720	24	17.596
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	175		
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	434	19	8.334
Sommerraps und Rübsen	64	24	1.564
Sonnenblumen für Vogelfutter	16	19	307
Mohn (ab 1993)	0		-
Summe Ölfrüchte			27.802
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	375	11	4.091
Luzerneheu	67	11	731
Kleegrasheu	185	11	2.018
Silomais und Grünmais	988	26	25.871
Heu von Egärten	88	11	960
Summe Futterpflanzen			33.672
Wein	121		
SUMME			369.553

Die **Ergebnisse der beiden Berechnungen** für den Phosphoroutput durch Abfuhr des Ernteproduktes liegen in **derselben Größenordnung**, für die Bilanz werden die beiden Werte gemittelt.

Daraus ergibt sich:

Mittelwert P-Abfuhr mit dem Erntegut: 358.871 kg

- Kaliumgehalte

Die Kaliumwerte für die Abfuhr mit dem Erntegut werden genauso wie für N und P berechnet. Die verschiedenen Kaliumgehaltzahlen der Ernteprodukte können Tabelle 3 im Anhang entnommen werden. Mit Hilfe der Mittelwerte dieser Kaliumgehaltzahlen werden die Kaliumabfuhren mit dem Erntegut berechnet (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Kaliummengen im Erntegut.

Erntegut	Mittelwert K in g / kg	Ernte in t	K im Ernteprodukt in kg
Weizen	4,01	17.391	69.779
Roggen	4,98	1.010	5.032
Wintermenggetreide	4,15	359	1.490
Summe Brotgetreide		18.760	76.301
Gerste	4,15	19.926	82.708
Hafer	4,57	5.603	25.583
Sommermenggetreide	4,57	903	4.122
Körnermais	6,23	49.369	307.375
Summe Futtergetreide		75.801	419.788
Zuckerrüben	4,15	-	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	4,57	5.671	25.892
Summe Hackfruchtarten		5.671	25.892
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	4,98	1.042	5.190
Spätkartoffeln	4,98	2.006	9.991
Summe Kartoffeln		3.048	15.181
Winterraps zur Ölgewinnung	8,30	1.368	11.358
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	?	1.587	?
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	?	401	?
Sommerraps und Rübsen	8,30	16	135
Sonnenblumen für Vogelfutter	?	32	?
Mohn (ab 1993)		-	-
Summe Ölfrüchte		3.405	11.493
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	23,00	1.495	34.378
Luzerneheu	23,00	269	6.195
Kleegrasheu	22,00	719	15.817
Silomais und Grünmais	2,91	22.516	65.421
Heu von Egärten	23,50	332	7.798
Summe Futterpflanzen		25.331	129.609
Weinernte in Hektoliter	?	299	?
SUMME			670.176

Für Ölkürbisse, Sonnenblumen und Wein konnten keine Kaliumgehaltszahlen gefunden werden.

Eine **andere Berechnung** der Kaliumgehaltszahlen im Erntegut wird, wie bei Stickstoff und Phosphor, über **Entzugszahlen**, angegeben in kg/ha, durchgeführt (siehe Tabelle 42).

Tabelle 42: Entzug an Kalium für verschiedene Ackerkulturen (Quelle: LBL, 1995b).

Erntegut	Anbaufläche in ha	K-Entzug in kg/ha	K- Entzug in kg
Weizen	3.926	22	87.997
Roggen	249	23	5.788
Wintermenggetreide	88	21	1.826
Summe Brotgetreide			95.611
Gerste	4.282	27	113.750
Hafer	1.682	37	61.437
Sommermenggetreide	237	25	5.902
Körnermais	5.029	23	116.895
Summe Futtergetreide			297.984
Zuckerrüben	0	130	-
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	129	239	30.842
Summe Hackfruchtarten			30.842
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	52	104	5.396
Spätkartoffeln	80	187	14.943
Summe Kartoffeln			20.339
Winterraps zur Ölgewinnung	720	28	20.322
Ölkürbis (Frucht mit Samen)	175	?	?
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	434	25	10.809
Sommerraps und Rübsen	64	28	1.806
Sonnenblumen für Vogelfutter	16	25	398
Mohn (ab 1993)	0		-
Summe Ölfrüchte			33.335
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	375	75	28.017
Luzerneheu	67	75	5.006
Kleegrasheu	185	75	13.822
Silomais und Grünmais	988	160	158.296
Heu von Egärten	88	75	6.575
Summe Futterpflanzen			211.716
Wein	121	?	?
SUMME			689.827

Für Ölkürbisse und Wein wurden keine Angaben für Kalium-Entzüge in LBL (1995b) gefunden.

Die Ergebnisse der **beiden Berechnungen** für den Kaliumoutput durch Abfuhr des Ernteproduktes liegen annähernd in **derselben Größenordnung**, für die Bilanz werden die beiden Werte gemittelt.

Daraus ergibt sich:

Mittelwert K-Abfuhr mit dem Erntegut: 680.002 kg

Zu diesen **Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Gehalten** der Erntemengen, welche vom ÖSTAT erhoben werden, werden noch jene für die **Ernteprodukte Äpfel und Birnen, Sojabohne, Körnererbse und Ackerbohne** sowie **Heu von den Wiesen** hinzugezählt, deren Hektarerträge vom Landwirtschaftlichen Bezirksreferat Güssing erfragt werden, bzw. aus der Literatur entnommen wurden (LÖHR, 1990). Die Nährstoffgehaltszahlen dieser Produkte werden UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994, DBG, 1992 UND LÖHR, 1992 entnommen (siehe *Tabelle 43*).

Tabelle 43: N-, P- und K-Gehalte der Ernteprodukte Äpfel und Birnen, Sojabohne, Körnererbse und Ackerbohne sowie Heu (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994; DBG, 1992 UND LÖHR, 1990).

Ernteprodukt	Ertrag in kg	N in g / kg	P in g / kg	K in g / kg
Äpfel und Birnen	4.050.000	0,76	0,22	?
Sojabohne	280.800	48	4,80	10,79
Körnererbse	696.000	36	4,80	10,79
Ackerbohne	482.000	41	4,80	9,96
Heu von Wiesen	22.049.500	21,46	2,23	23,50

Daraus werden die Mengen an Stickstoff, Phosphor und Kalium berechnet, welche mit diesen Erntegütern von der Fläche abgefahren werden (*Tabelle 44*).

Tabelle 44: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Abfuhr durch Obst und Körnerleguminosen.

Ernteprodukt	Ernte-N in kg	Ernte-P in kg	Ernte-K in kg
Äpfel und Birnen	3.078	884	?
Sojabohne	13.478	1.348	3.030
Körnererbse	25.056	3.341	7.511
Ackerbohne	19.762	2.314	4.802
Heu von Wiesen	473.182	49.170	518.163
Summe	534.557	57.057	533.506

Die **Summe der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumabfuhr durch Haupternteprodukte** beträgt **2.328.485 kg N, 415.928 kg P und 1.213.508 kg K**.

Die **Abfuhr von Stickstoff, Phosphor und Kalium mit dem Nebenerntegut (Stroh, Blätter)** erfolgt im Einzugsgebiet der Strem nur von ca. 40 % der Getreidefläche und von der gesamten Futterrüben-, Kohlrüben und Futtermöhrenfläche.

Da das von der Fläche abgefahrenen **Getreidestroh** als Einstreu genutzt und in Form von Festmist wieder auf die Felder ausgebracht wird, wird es in dieser Arbeit **nicht in die Flächenbilanz** als Entzug **miteinbezogen**. In anderen Arbeiten, z. B. in Deutschland (WENDLAND et al., 1993), wird das Stroh als Entzug in den Output miteingerechnet, sobald es von der Fläche abgefahren wird (GÄTH, 1995). Dadurch kommen höhere Output-Mengen zustande und der Bilanzsaldo wird geringer. Dies ist aber nach Ansicht der Autoren der vorliegenden Studie eine nicht zulässige Verfälschung der Bilanz, wenn das Stroh in Form von tierischem Mist als Nährstoffinput wieder auf die Felder rückgeführt wird.

Die **Blätter der Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren** werden verfüttert und gehen somit in die Bilanz als Outputgröße ein. Die N-, P- und K-Mengen werden durch flächenspezifische Entzugswerte (LBL, 1995b) ermittelt (siehe Kapitel 2.3.1.2.1).

Tabelle 45: Nebenerntegut (Rüben- und Möhrenblätter): Entzug in kg/ha (LBL, 1995b) und in kg.

	Anbaufläche in ha	Entzug in kg/ha			Entzug in kg		
		N	P	K	N	P	K
Futter- und Kohlrüben, Futtermöhren	129	140	14	232,44	18.060	1.802	29.985

Die Summe der **Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumabfuhr durch Ernteprodukte der Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Strem** beträgt:

Stickstoff:	2.346.545 kg
Phosphor:	417.730 kg
Kalium:	1.243.493 kg

2.3.2 Hoftor- (black box-) Bilanz

2.3.2.1 Inputgrößen

2.3.2.1.1 Importierte Futtermittel

- Verkaufsdaten eines großen Anbieters

Aus den Verkaufsangaben des Jahres 1990 wurden die Futtermittelimportmengen wie folgt berechnet:

- Mit Hilfe der **Marktanteilsabschätzung des Großanbieters** für den Futtermittelverkauf in den einzelnen Bezirken wird die tatsächlich in diesen Bezirken jährlich gekaufte Menge an Futtermitteln berechnet (siehe *Tabelle 46*).

Tabelle 46: Verkaufte Futtermittelmengen in kg in den Bezirken Güssing/Jennersdorf und Oberwart im Jahr 1990.

Warengruppe	in den Bezirken Güssing / Jennersdorf vom Großanbieter verkaufte Mengen	über die Marktanteilsabschätzung ermittelte gesamte Verkaufsmenge in den Bezirken Güssing /Jennersdorf	im Bezirk Oberwart vom Großanbieter verkaufte Mengen	über die Marktanteilsabschätzung ermittelte gesamte Verkaufsmenge im Bezirk Oberwart
Futtergetreide - Schrote	315.725	631.450	176.210	352.420
Mühlennachprodukte	36.214	72.428	55.409	110.818
Eiweißfuttermittel OHN (Sojaschrot)	1.936.258	3.872.517	1.271.168	2.542.336
Diverse Spezialfuttermittel	300.457	600.915	247.014	494.028
Sonstige Futtermittel	8.572	17.144	15.552	31.103
WÖV - Rinderprogramm	59.075	118.150	145.911	291.822
WÖV - Schweineprogramm	517.000	1.034.000	420.356	840.712
WÖV - Geflügelprogramm	235.715	471.430	112.555	225.109
Sonstige WÖV - Futtermittel	101.793	203.585	46.666	93.332
Summe	3.510.810	7.021.619	2.490.840	4.981.680

- Da die Bezirke Güssing und Jennersdorf von einem Großanbieter die Futtermittel beziehen, ist eine Aufteilung der Gesamtverkaufsmenge 1990 auf die beiden Bezirke notwendig, dies geschieht mit Hilfe der Viehbestandszahlen. Die Anzahl der Tiere im Bezirk Güssing beträgt 284.087, jene des Bezirkes Jennersdorf 148.047 Tiere, das entspricht 66 % zu 34 % des gesamten Viehbestandes der beiden Bezirke. Demgemäß werden die Futtermittelmengen unter den beiden Bezirken aufgeteilt (4.616.047 kg bzw. 2.406.572 kg). Die verkaufte Futtermittelmenge für den Bezirk Oberwart beträgt 2.490.840 kg.
- Danach wird für jeden Bezirk die **Futtermittelmenge, welche an die Tiere im Einzugsgebiet der Strem verfüttert wird** durch Abschätzung des Viehbestandanteils in den Gemeinden im Einzugsgebiet am gesamten Viehbestand des Bezirkes berechnet. In Güssing beträgt der Anteil des Viehbestandes im Einzugsgebiet am gesamten Viehbestand des Bezirks ca. 95 %, in Jennersdorf ca. 16 % und in Oberwart ca. 18 %. Daraus berechnen sich 4.385 t Futtermittelverbrauch im Einzugsgebiet im Bezirk Güssing, 385 t im Bezirk Jennersdorf und 897 t in Oberwart.
- Für die errechneten Futtermittelmengen, welche 1990 im Einzugsgebiet verkauft wurden, wird nun der Nährstoffgehalt berechnet. Die **Nährstoffgehaltszahlen (N und P)** für die einzelnen verkauften Futtermittelgruppen werden zum Teil aus der Literatur entnommen (LÖHR, 1990 und DBG, 1992) und zum Teil durch Angaben einer Futtermittelfirma

(RAPESINGER, 1995) ermittelt. Für Kalium konnten keine Nährstoffgehaltsangaben gefunden bzw. erfragt werden, da Kalium in der Tierernährung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Nährstoffkonzentrationen für Stickstoff und Phosphor sind in *Tabelle 47* angeführt.

Tabelle 47: Futtermittelverkauf im Einzugsgebiet der Strem, Nährstoffgehaltszahlen in % (LÖHR, 1990; DBG, 1992; RAPESINGER, 1995) und Nährstoffmengen in kg.

Warengruppe	Einzugsgebiet der Strem: Gesamt-Futtermittelkauf im Jahr 1990 in kg	N in %	P in %	N in kg	P in kg
Futtergetreide - Schrote	492.411	1,6	0,35	7.879	1.719
Mühlennachprodukte	69.151	2,56	0,6	1.770	415
Eiweißfuttermittel OHN (Sojaschrot)	3.088.414	8	0,74	247.073	22.913
Diverse Spezialfuttermittel	497.156				
Sonstige Futtermittel	17.245				
WÖV - Rinderprogramm	132.793	3,84	1,1	5.099	1.461
WÖV - Schweineprogramm	853.776	3,84	1,1	32.785	9.392
WÖV - Geflügelprogramm	360.786	3,84	1,1	13.854	3.969
Sonstige WÖV - Futtermittel	155.105	3,84	1,1	5.956	1.706
Summe	5.666.838			314.416	41.575

- Um diese Verkaufszahlen zu kontrollieren, wird **eine zweite Methode zur Berechnung des Futtermittelverbrauches** angewandt, wie sie auch KAAS et al, 1994 verwenden. Dabei wird der aus Faustzahlen der Literatur berechnete **jährliche Nährstoffbedarf der Tiere den in der Region erzeugten Futtermittelmengen** gegenübergestellt.
- Der **Futtermittel-Nährstoffbedarf** der einzelnen Tiergattungen wird aus Futterwerttabellen entnommen, die verwendeten Mittelwerte sind dem Anhang, *Tabelle 4* zu entnehmen. Mit Hilfe dieser Zahlen wird der ungefähre Stickstoff- und Phosphorbedarf der Tiere in der Region berechnet. Er beträgt (siehe Anhang, *Tabelle 5*): ca. **1.148.080 kg Stickstoff und 202.946 kg Phosphor**. Da Kalium in der Tierernährung eine untergeordnete Rolle spielt, sind in den Futterwerttabellen keine Bedarfsmengen angegeben. Diese **mittleren Werte für die Nährstoffbedarfeszahlen** sind mit großen Unsicherheiten behaftet, da die Tiere abhängig vom Alter, Lebendgewicht, Züchtungsziel, Trächtigkeit, Leistungsziel etc. unterschiedlichen Nährstoffbedarf und entsprechende Futteraufnahme haben.
- Die **Futtermittelproduktion** im Einzugsgebiet wird wie folgt berechnet:
 - Der **jährliche Verbrauch an Futtermitteln (Getreide, Mais, Gemüse und tierischen Produkten)**, von welchen angenommen wird, daß sie in der Region produziert werden, pro GVE wurde KAAS et al., 1994 entnommen, welche die jährlichen Futtermittelmengen der Ernährungsbilanz 1990/91 des Österreichischen Statistischen Zentralamtes entnehmen und durch die Anzahl an GVE in Österreich dividieren (ÖSTAT, 1992; PRÄSIDENTENKONFERENZ DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN ÖSTERREICH, 1991).

In Tabelle 48 ist der N-, P- und K-Verbrauch in Form dieser Futtermittel pro GVE angegeben. Die Nährstoffkonzentrationsangaben stammen aus KAAS et al. (1994) sowie den Literaturquellen, welche für die tierischen und pflanzlichen Produkte verwendet werden (siehe Kapitel 2.3.1.2.1 und 2.3.2.2.2).

Tabelle 48: Futtermittelverbrauch pro GVE und Jahr sowie Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalt der Futtermittel (vgl. KAAS et al., 1994).

Futtermittel	Verbrauch in kg/GVE	N-Gehalt in %	N-Verbrauch in kg, Mittel	P-Gehalt in %	P-Verbrauch in kg, Mittel	K- Gehalt in %	K- Verbrauch in kg, Mittel
Weizen	120,2	1,6-2,1	2,22	0,35	0,42	0,40	0,48
Roggen	35,0	1,5-1,8	0,58	0,33	0,12	0,50	0,17
Gerste	290,6	1,6-1,8	4,94	0,36	1,04	0,42	1,21
Hafer	57,0	1,7-2,0	1,05	0,34	0,19	0,46	0,26
Körnermais	401,7	1,6-2,2	7,63	0,30	1,19	6,23	25,03
übriges Getreide	27,8	1,5-2,0	0,49	0,35	0,10	0,38	0,11
Kartoffel	8,4	0,3-0,4	0,03	0,06	0,00	0,42	0,03
Zucker, -waren	1,4	0	0,00	0,00	0,00		
Hülsenfrüchte	53,4	0,0-3,3	0,88	0,65	0,35	0,58	0,31
Geflügelfleisch	0,7	2,0-2,4	0,02	0,20	0,00		
Roh- (Kuh) Milch	187,9	0,57	1,07	0,10	0,19	0,15	0,28
Trockenmager- milch	3,1	0,57	0,02	0,10	0,00	0,15	0,00
Ölsaaten	9,6	0	0,00				
Pflanzliche Öle	0,6	0	0,00				
Fischöle	0,1	0	0,00				
Fette und Öle	0,7	0,08	0,00				
Summe	1.198		19		4		5

Der Verbrauch an N-, P und K für die Anzahl der GVE (Österreichischer GVE-Viecheinheitenschlüssel siehe Anhang, Tabelle 6 (BMLF, 1995)) im Einzugsgebiet (=11.909) beträgt somit:

225.436 kg Stickstoff, 42.778 kg Phosphor und 63.870 kg Kalium.

- Zu diesen Futtermittelmengen werden die Mengen an Silo- und Grünmais, Möhren, Futter- und Kohlrüben und -blättern, Klee, Kleegras, Luzerne und Heu hinzugerechnet, welche im Einzugsgebiet der Strem produziert werden und von denen angenommen wird, daß sie auch verfüttert werden (siehe Tabelle 49). Die Nährstoffgehaltszahlen entsprechen jenen der Ernteprodukte (siehe Kapitel 2.3.1.2.1).

Tabelle 49: Sonstige Futtermittelproduktion (Verbrauch) im Einzugsgebiet der Strem und enthaltene Nährstoffmengen in kg.

	Ernte in t	N in Ernte in kg	P in Ernte in kg	K in Ernte in kg
Möhren, Futter- und Kohlrüben und -blätter	5.671	30.196	3.900	55.901
Rotklee und sonst. Kleearten	1.495	38.279	3.647	34.378
Luzerneheu	269	7.364	690	6.195
Kleegrasheu	719	15.702	1.761	15.817
Silo- und Grünmais	22.516	65.297	15.761	65.522
Heu von Egärten	332	7.121	740	7.798
Heu von Wiesen*	23.126	496.273	51.570	543.449
Summe		660.232	78.069	729.060

* Berechnung der Heumengen von den Wiesen:

Art des Grünlandes	Fläche in ha	Ertrag pro ha in kg**	Ertrag in t
Dauerwiesen mit einem Schnitt	287	2.000	574
Dauerwiesen mit mehr Schnitten	3.267	6.500	21.236
Kulturweiden (angen. 170 Weidetage)	24	10.000	240
Hutweiden	302	1.500	453
Streuwiesen	89	7.000	623
SUMME	3.969	27.000	23.126

** aus LÖHR, 1990: mittlere Werte

Die **Summe** aus Punkt 1. und 2. ergibt die Futtermittel-Nährstoffmengen, welche im Einzugsgebiet produziert werden: **885.668 kg Stickstoff, 120.874 kg Phosphor und 792.930 kg Kalium.**

Stellt man den **Nährstoffbedarf der Tiere** (1.148.080 kg N und 202.946 kg P, siehe oben) der **Futtermittelproduktion** im Einzugsgebiet gegenüber (885.668 kg N, 120.874 kg P), so berechnet sich eine **Differenz** von **262.413 kg N und 82.099 kg P**. Diese Differenz entspricht also der Nährstoffmenge in Form von Futtermitteln, welche in die Region importiert werden muß. Jedoch müssen die **groben Unsicherheiten** bei der **Nährstoffbedarfsberechnung** und das wahrscheinlich davon abweichende Fütterungsverhalten der Landwirte bei der Bewertung dieser Zahlen berücksichtigt werden.

- Eine **dritte Art der Futtermittelmengenberechnung** wird von KÖSTER et al.(1988) durchgeführt, dabei wird für Rinder und Pferde nur das **Kraftfutter** (zugekauft oder selbst erzeugt) berücksichtigt. Das Grundfutter wird dadurch eliminiert, verkaufsfähiges Getreide und verfütterte Kartoffeln sind dagegen in der Futtermittelzufuhr enthalten.

Der in dieser Arbeit angenommene mittlere Verbrauch an Futtermitteln je Tiereinheit und durchschnittliche Gehalte an N, P und K in Futtermitteln ist *Tabelle 50* zu entnehmen.

Tabelle 50: Verbrauch je Tiereinheit und durchschnittliche Gehalte an N, P und K in Futtermitteln.

Tierart	Verbrauch (kg) pro Tier und Tag	N (%)	P (%)	K (%)	N in g	P in g	K in g
Rind	2	2,5	0,5	0,6	50	10	12
Kuh	4	2,5	0,5	0,7	100	20	28
Schwein	2	2,4	0,5	0,4	48	10	8
Pferd	5	1,6	0,4	0,4	80	20	20
Huhn	0,12	2,5	0,7	0,4	3	0,84	0,48

Durch **Multiplikation** der täglichen Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen in Gramm **mit der Anzahl der Tiere** (= Summe GVE einer Tiergattung/GVE-Umrechnungszahl eines ausgewachsenen Tieres dieser Gattung gemäß Österreichischem Vieheinheitenschlüssel, siehe Anhang, Tabelle 6) **und 365 Tagen** (entspricht 1 Jahr) erhält man **die jährlich nötigen Futtermittel-Nährstoffmengen** (siehe Tabelle 51).

Tabelle 51: Verbrauch an N, P und K im Einzugsgebiet der Strem nach KÖSTER et al.(1988).

Tierart	Anzahl der Tiere	N in kg	P in kg	K in kg
Rind	3.867	70.565	14.113	16.936
Kuh	4.664	170.236	34.047	47.666
Schwein	8.566	150.069	31.264	25.012
Pferd	95	2.762	691	691
Huhn (Geflügel)	118.843	130.133	36.437	20.821
Summe		523.766	116.552	111.125

Diese Nährstoffmengen entsprechen für **Rinder und Pferde den Kraftfuttermengen**, wobei aber verkaufsfähiges Getreide, Kartoffeln u. a. enthalten sind. Es wird angenommen, daß dieses Getreide, die verfütterten Kartoffeln u. a. in der Region erzeugt und nicht importiert werden. Die in diesen Futtermitteln enthaltenen Mengen an N, P und K sind in Tabelle 48 angeführt. Die Summe der Nährstoffmengen beträgt 212.280 kg N, 40.487 kg P und 60.459 kg K. Zieht man diese Nährstoffmengen von den nach KÖSTER et al.(1988) berechneten Nährstoffmengen ab, so erhält man **jene Kraftfuttermittelmengen, welche importiert werden müssen**, das sind 311.485 kg N, 76.066 kg P und 50.667 kg K.

Zusammenfassung der Futtermittel-Nährstoffmengenberechnungen:

Die **Stickstoffverkaufszahlen**, welche von einem Großanbieter erfragt wurden, dürften in etwa den tatsächlichen Importmengen an Futtermitteln entsprechen.

Die importierten **Phosphormengen** dürften etwas höher als die errechneten Verkaufsmengen liegen, es wird ein mittlerer Wert der Verkaufszahlen und der Berechnung nach KÖSTER et al.(1988) verwendet (58.820 kg P).

Die **Kaliummengen** in den importierten Futtermitteln sind nur schwer abzuschätzen, da sie aufgrund der geringen Bedeutung in der Tierernährung weder in der Literatur als Gehaltszahlen angegeben werden, noch z. B. von der Futtermittel-Firma für die verkauften WÖV-

Futtermittel erfragt werden konnten, da der K-Gehalt nie bestimmt wurde. Es wird daher die K-Menge in den Kraftfuttermitteln (Berechnung nach KÖSTER et al., 1988) verwendet.

Die in Futtermitteln importierten Nährstoffmengen betragen:

Stickstoff: 314.416 kg
Phosphor: 58.820 kg
Kalium: 50.667 kg

2.3.2.1.2 Mineraldünger, Stickstoff-Fixierung, Deposition, Klärschlamm und Saatgut

Für diese Bilanz-Inputgrößen werden die für die Flächenbilanz (Kapitel 2.3.1) berechneten Werte verwendet. Die N-, P- und K-Einträge mit dem Saatgut werden nicht berücksichtigt, da sie mengenmäßig von untergeordneter Bedeutung sind.

2.3.2.2 Outputgrößen

2.3.2.2.1 Pflanzliche Produktion

Für die Berechnung der **verkauften, pflanzlichen Lebensmittel** werden von den für die Flächenbilanz berechneten Werten für die Nährstoff-Abfuhr mit dem Haupterntegut (Kapitel 2.3.1.2.1) jene für die im Einzugsgebiet erzeugten Futtermittel (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Körnermais, übriges Getreide, Kartoffel und Hülsenfrüchte siehe *Tabelle 48*, sowie sonstige Futtermittelproduktion (Heu u. a.) siehe *Tabelle 49*) abgezogen.

Die Summe der **Nährstoffabfuhr von den Feldern** durch **pflanzliche Futtermittel** im Einzugsgebiet beträgt 872.512 kg Stickstoff, 118.556 kg Phosphor und 789.518 kg Kalium. Die Differenz zu der gesamten Nährstoffabfuhr mit dem Haupterntegut (2.346.545 kg N, 417.730 kg P und 1.243.493 kg K, Kapitel 2.3.1.2.1) ergibt sich dadurch als **1.474.033 kg Stickstoff, 299.174 kg Phosphor und 453.975 kg Kalium**.

Die **mit pflanzlichen Produkten exportierten Nährstoffmengen** betragen im Mittel:

Stickstoff: 1.474.033 kg
Phosphor: 299.174 kg
Kalium: 453.975 kg

2.3.2.2.2 Tierische Produktion

Die Nährstoffgehalte der in *Tabelle 23* angeführten Schlachtmengen werden wie folgt berechnet:

- Rinder und Schweine:

Für eine erste Berechnung werden die von LÖHR (1990) angegebenen durchschnittlichen Zusammensetzungen der Tierkörperteile (Fleisch, Fett etc.) herangezogen (siehe Anhang, *Tabelle 7*) und die anfallenden Mengen an diesen Produkten berechnet (siehe *Tabelle 52*).

Tabelle 52: Im Einzugsgebiet anfallende Schlachtmengen in kg.

	Rinder (im Mittel)	Schlacht- kälber	Schweine (im Mittel)
Reines Fleisch	340.298	43.344	749.866
Fett	132.061	10.181	511.193
Knochen	68.060	9.374	119.770
Eingeweide	77.113	7.762	137.128
Kopf und Zunge	30.596	4.838	7.811
Haut, Borsten	84.294	8.770	-
Blut	39.962	4.838	94.601
Abfall	164.217	11.693	115.431
Summe	936.600	100.800	1.735.800

Die Stickstoffgehaltszahlen dieser Produkte wurden den Angaben der Veterinärmedizinischen Universität (KAAS et al., 1994) entnommen und die Stickstoffmengen berechnet (siehe Anhang, Tabellen 8 und 9): Rinder: 31.197 bis 36.558 kg Stickstoff und Schweine: 35.798 bis 38.602 kg Stickstoff.

Eine **andere Berechnungsmethode** der anfallenden Nährstoffmengen in tierischen Produkten verwendet die DBG (1992), welche vom gesamten **Rinder- bzw. Schweinekörper** ausgeht und für diesen Nährstoffgehaltszahlen (N, P, K) angibt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen für die Tierproduktion im Einzugsgebiet der Strem sind *Tabelle 53* zu entnehmen.

Tabelle 53: Berechnung der N-, P- und K-Mengen in Rind und Schwein (nach DBG, 1992).

	Lebend- (Schlacht-) gewicht in kg	N in g/kg Lebend- gewicht	N in kg Pro- duktion	P in g/kg Lebend- gewicht	P in kg Pro- duktion	K in g/kg Lebend- gewicht	K in kg Pro- duktion
Rinder- körper	1.037.400	25,6	26.557	7	7.262	2	2.075
Schweine- körper	1.735.800	27	46.867	6	10.415	2	3.472

Eine **dritte Berechnung für Rinder und Schweine** wird anhand der Nährstoffgehaltszahlen von BRAUN et al. (1994) durchgeführt (siehe *Tabelle 54*).

Tabelle 54 : Berechnung der N-, P- und K-Mengen in Rind und Schwein nach BRAUN et al. (1994).

	Lebendgewicht in kg	N in g/kg Lebendgewicht	N in kg Produktion	P in g/kg Lebendgewicht	P in kg Produktion
Tierkörper von Rindern	1.037.400	24,56	25.479	5,91	6.131
Tierkörper von Schweinen	1.735.800	22,21	38.552	5,29	9.182

- Schafe

Die **N-Mengenberechnung** mit den Gehaltszahlen für Schafekörper der Veterinärmedizinischen Fakultät Wien (in: KAAS et al., 1994) ergibt **26 bis 36 kg Stickstoff** (siehe Anhang, Tabelle 10).

Eine zweite Berechnung durch **N- und P-Gehaltsangaben** von UMWELTBUNDESAMT BERLIN (1994) ergibt **28 kg Stickstoff und 5 kg Phosphor** (siehe Anhang, Tabelle 11).

- Pferde

Für Pferdefleisch wurden die **N- und P-Konzentrationen** von BRAUN et al. (1994) für Tierkörper von Wiederkäuern angenommen (siehe Anhang, Tabelle 12). Es berechnen sich **15 kg Stickstoff und 4 kg Phosphor**.

- Geflügel

In KAAS et al. (1994) wird angegeben, daß Hühner und sonstige Geflügel 64 % Wasser, 20 % Protein (10-12 % N), 12 % Fett und 4 % Asche enthalten. Daraus berechnet sich eine produzierte Stickstoffmenge von 4.381 bis 5.257 kg (siehe Anhang, Tabelle 13).

Mit einer zweiten Berechnungsart (BRAUN et al., 1994, siehe Anhang, Tabelle 14) errechnen sich 5.695 kg N und 1.139 kg P) und gemäß den Angaben von UMWELTBUNDESAMT BERLIN (1994) (siehe Anhang, Tabelle 15) errechnen sich 7.009 kg N und 1.147 kg P. Es wird der Mittelwert der drei Berechnungsarten für N und P für die Bilanz verwendet.

- Eier

In KÖSTER et al. (1988) wird eine Eiproduktionszahl von 10 kg Eier pro Legehenne und Jahr angegeben. Die berechnete Menge an Eiern, welche im Jahr 1990 im Einzugsgebiet produziert werden, sowie die Stickstoff- und Phosphorgehaltszahlen sind im Anhang, Tabelle 16 und 17 angegeben. Es wird eine produzierte Menge von **18.485 kg Stickstoff und 1.923 kg Phosphor** berechnet.

- Milch

Die angenommenen Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Gehaltszahlen sind *Tabelle 55* zu entnehmen.

Tabelle 55: Milchproduktion im Einzugsgebiet 1990 und enthaltene Nährstoffmengen (Nährstoffgehalts-Werte aus: BRAUN et al., 1994, DBG, 1992 UND KAAS et al., 1994).

Produktion in kg	N- Gehalt in g/kg, Min	N-Ge- halt in g/kg, Max	N- Produktion in kg, Min	N- Produktion in kg, Max	P-Gehalt in g/kg	P- Produktion in kg	K- Gehalt in g/kg	K- Produktion in kg
19.398.675	5,17	5,7	100.291	110.572	1	19.399	1,5	29.098

Einen Überblick über die tierische Produktion im Einzugsgebiet gibt Tabelle 18 im Anhang.

Die **mit tierischen Produkten exportierten Nährstoffmengen** betragen im Mittel:

Stickstoff: 199.449 kg

Phosphor: 39.534 kg

Kalium: 34.644 kg

3 ERGEBNISSE

3.1 ERGEBNISSE DER NÄHRSTOFFBILANZEN

3.1.1 Flächenbilanz

Das **Ergebnis der Flächenbilanz** für das Einzugsgebiet der Strem ist *Tabelle 56* zu entnehmen.

Tabelle 56: Flächenbilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen.

INPUT - Größen:

	N in kg	P in kg	K in kg
Handelsdünger	1.950.809	477.317	1.107.166
Wirtschaftsdünger	1.064.002	272.571	890.183
N-Fixierung	692.367		
Klärschlamm	28.063	9.421	3.584
Deposition aus der Luft	516.000	15.480	41.280
Summe	4.251.240	774.789	2.042.213

OUTPUT - Größen:

	N in kg	P in kg	K in kg
Abfuhr mit Erntegut	2.346.545	417.730	1.243.493
Summe	2.346.545	417.730	1.243.493

Bilanz-Saldo: Input - Output **1.904.695** **357.059** **798.720**

Dividiert man die Nährstoffmengen durch die Größe der düngungswürdigen Fläche, so erhält man die durchschnittlichen Nährstoffmengen in kg/ha (siehe *Tabelle 57*).

Tabelle 57: Flächenbilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen in kg/ha.

INPUT - Größen:

	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Handelsdünger	75,61	18,50	42,91
Wirtschaftsdünger	41,24	10,56	34,50
N-Fixierung	26,84		
Klärschlamm	1,09	0,37	0,14
Deposition aus der Luft	20,00	0,60	1,60
Summe	165	30	79

OUTPUT - Größen:

	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Abfuhr mit Erntegut	90,95	16,19	48,20
Summe	90,95	16,19	48,20

Bilanz-Saldo: Input - Output

74

14

31

Im Vergleich mit ähnlich durchgeföhrten Flächenbilanzen aus der Literatur zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Wie schon im Kapitel 1.2.4.1.2 beschrieben, ergibt die **Flächenbilanz für die Alten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland** (ABL) (WENDLAND et al., 1993) einen durchschnittlichen N-Bilanz-Saldo von 105 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, für die **Neuen Bundesländer** (NBL) wird ein N-Überschuß von 101 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche berechnet. Die landwirtschaftliche Nutzfläche setzt sich dabei aus Ackerland, Grünland, Garten-, Obst- und Weinbau zusammen, enthält also im Unterschied zu der hier berechneten Bilanz das gesamte Grünland, d. h. nicht nur die „düngungswürdigen Anteile“ (ein- bis mehrschnittige Dauerwiesen und Kulturweiden), sondern auch Hutweiden, Streuwiesen und nicht mehr genutztes Grünland. Dadurch wird der Bilanzüberschuß der ABL und NBL etwas abgeschwächt.

Das **Einzugsgebiet** liegt mit seinem **Flächenbilanzergebnis** für Stickstoff also niedriger, als der Durchschnitt der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands, die einzelnen Bilanzposten zeigen, daß sowohl das Düngungsniveau, als auch der Entzug in der BRD höher sind (siehe *Tabelle 58*). In den Entzug dürfte ein höherer Anteil an Nebenerntegut als in dieser Studie miteingerechnet sein, welcher von der Fläche abgeführt wird, dies bedingt u. a. das höhere Entzugsniveau. Die bundeslandbezogenen Stickstoffbilanzgrößen der Landwirtschaft der BRD und der Ex-DDR sind *Tabelle 59* zu entnehmen (WENDLAND et al., 1993 in: ISERMANN, 1994).

In Deutschland weisen die Gebiete mit intensiver flächenunabhängiger **tierischer Veredelung** hohe N-Überschüsse auf, die in den einzelnen Gemeinden sogar 200 kg N/ha LF übersteigen. Auch die lößbürtigen bzw. vergleichbaren Bodengesellschaften in klimatisch begünstigten Lagen, die zu den klassischen Gebieten mit intensivem Anbau von **Marktfrüchten** zählen, sind durch vergleichsweise hohe bis sehr hohe N-Überschüsse gekennzeichnet (WENDLAND et al., 1993).

Tabelle 58: Stickstoffbilanz der Neuen und Alten Bundesländer der BRD (WENDLAND et al., 1993).

	Alte Bundesländer: Mittelwerte für kg N/ha LF	Neue Bundesländer: Mittelwerte für kg N/ha LF
Mineraldünger	137	132
legume N-Fixierung	nicht berücksichtigt	14
Wirtschaftsdünger	83	61
Niederschlag	30	30
Summe Zufuhr	250	rd. 234
Entzug	145	133
Saldo (N-Überschub)	105	101

Tabelle 59: Bundeslandbezogene Stickstoffbilanzgrößen der Landwirtschaft in Deutschland im Zeitraum 1987/91 in der BRD bzw. 1986/89 in der Ex-DDR (WENDLAND et al., 1993 in: ISERMANN, 1994).

BRD (1991), davon	Bilanzsaldo (Input - Output)
Niedersachsen	127
Nordrhein-Westfalen	149
Rheinland-Pfalz	87
Hessen	94
Baden-Württemberg	85
Bayern	101
Schleswig-Holstein	114
Saarland	78
DDR (1987/89), davon	Bilanzsaldo (Input - Output)
Sachsen	131
Thüringen	81
Sachsen-Anhalt	134
Brandenburg	96
Mecklenburg-Vorpommern	87

Die Autoren (WENDLAND et al., 1993) führen zu diesen Ergebnissen an, daß eine **Emission von rund 100 kg Stickstoff** pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche neben dem **wirtschaftlichen Verlust Belastungen der Umwelt in erheblichem Umfang** bedeuten (Nitrat-Belastung des Grundwassers, Abgabe von Ammoniak in die Atmosphäre und Freisetzung von klimarelevantem N_2O).

- Das Ergebnis der **Phosphorbilanz des Bezirkes Aarwangen** (OBRIST et al., 1993) in der Schweiz zeigt einen mittleren Phosphor-Nettoeintrag von 15 kg P/(ha*a). Für **das Untere Bünztal**, eine weitaus kleinere Region als die hier untersuchte (3.400 ha landwirtschaftliche Nutzfläche), berechneten VON STEIGER UND BACCINI (1990) einen Phosphor-Bilanzsaldo von 14 bis 34 kg P/(ha*a), welcher in etwa der Menge des jährlich eingeführten Handelsdüngers entspricht.
- BACH et al. (1991) berechneten für die Jahre 1984/88 einen durchschnittlichen N-Überschuß auf der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der **westlichen Bundesländer der BRD** von rund **90 kg/ha**, wobei hier bei der Zufuhr von wirtschaftseigenen Düngern die Ammoniakverluste bereits enthalten sind. Dabei reicht die **kulturartenspezifische Spanne der N-Überschüsse** von 50 kg/ha für Grünlandflächen bis zu 130 kg/ha für Silo- und Körnermais. Es wird darauf hingewiesen, daß die N-Zufuhr mit wirtschaftseigenem Dünger bei Mais häufig weit über der pflanzenbaulich sinnvollen N-Menge liegt, außerdem werde vielfach trotzdem noch zusätzlich N-Mineraldünger ausgebracht.
- KAAS et al. (1994) berechneten eine Stickstoffbilanz für das Kremstal in Oberösterreich. Für den landwirtschaftlichen Bereich werden die Ergebnisse in *Tabelle 60* kurz dargestellt, um Vergleiche mit dieser Arbeit anstellen zu können. Die landwirtschaftliche Nutzfläche des Gebietes beträgt 24.943 ha, ist also in einer vergleichbaren Größe, wie das in dieser Studie untersuchte Gebiet (25.800 ha).

Die Ergebnisse der Stickstoff-Bilanz sind *Tabelle 60* zu entnehmen.

Tabelle 60: Stickstoffbilanz für die Landwirtschaft des Kremstals (nach KAAS et al., 1994).

INPUTGÜTER	kg N, min	kg N, max	kg N/ha min	kg N/ha max
Wirtschaftsdünger	2.000.000	2.300.000	80	92
Handelsdünger	2.000.000	2.100.000	80	84
Kompost	33.000	70.000	1	3
Klärschlamm	17.000	17.000	1	1
Senkgrubenräumgut	2.000	4.000	0	0
Deposition	800.000	1.200.000	32	48
Ernterückstände	480.000	580.000	19	23
Summe Input	5.332.000	6.271.000	213	251
OUTPUTGÜTER	kg N, min	kg N, max	kg N/ha, min	kg N/ha, max
Erntegut	3.000.000	3.500.000	120	140
Summe Output	3.000.000	3.500.000	120	140
Differenz: Input minus Output	2.332.000	2.771.000	93	111

Überschußaufteilung auf die Verlustwege:

	kg N min	kg N max	kg N/ha min	kg N/ha max
Ammoniak-Abgasung	479.000	571.000	19	23
Denitrifikation	620.000	750.000	25	30
Erosion, Dränage	85.000	127.000	3	5
Auswaschung	800.000	1.400.000	32	56
Summe der Verluste:	1.984.000	2.848.000	rd. 80	114

Der **Stickstoffbilanz-Saldo (Differenz Input-Output)** ist im Einzugsgebiet der Strem geringer. Bei den Input-Daten fällt auf, daß die **Handelsdünger-N-Mengen** etwa gleich hoch, die **Wirtschaftsdünger-N-Mengen** jedoch doppelt so hoch wie im Einzugsgebiet der Strem sind. Dies ist auf die höhere Viehbesatzdichte zurückzuführen (siehe Ammoniak-Emissionen). Für den Stickstoff-Eintrag durch **Deposition** werden in der Kremstal-Studie höhere Mengen angenommen (32 kg N/ha vgl. 20 kg N/ha). Die **Ernterückstände** werden als Input miteinberechnet, während sie in diesem Bericht erst gar nicht in den Pflanzenentzug einbezogen werden. Zieht man den Ernterückständeinput von 19 kg N vom Erntegut-Entzug ab, so erhält man zwischen 97 - 121 kg N/ha Stickstoffabfuhr vom Feld, also einen höheren Wert, als er in dieser Studie errechnet wurde (91 kg N/ha).

Bei der Überschußaufteilung auf die Verlustwege sind, bedingt durch den höheren Viehbesatz, die Werte für **Ammoniak-Abgasung** höher. Die Verluste durch **Auswaschung** befinden sich im selben Bereich, wobei in diesem Bericht eine breitere Spanne angenommen wird. Dies ist notwendig, da je nach Bodenart, angebauter Frucht, Wittringsverlauf, etc. tatsächlich geringe bis sehr hohe Stickstoffverluste durch Auswaschung auftreten können. Für **Erosionsverluste** wurden bei KAAS et al. (1994) zwischen 3 und 5 kg N/ha für alle Ackerflächen angenommen, da gewisse Flächen im südlichen Bereich des Kremstales stark hanglagig sind. Dagegen werden in diesem Bericht für Erosionsverluste nur max. 1,5 kg N/ha veranschlagt. Dies ist ein Wert, den beispielsweise AUERSWALD (1992) als Durchschnittswert für ganz Deutschland angibt.

3.1.2 Hoftor- (black box-) Bilanz

3.1.2.1 Ergebnisse der Nährstoffbilanz

Das Ergebnis der Hoftor-Bilanz für das Einzugsgebiet der Strem ist *Tabelle 61* zu entnehmen.

Tabelle 61: Hoftor-Bilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen.

INPUT - Größen:

	N in kg	P in kg	K in kg
Importierte Futtermittel	314.416	58.820	50.667
Mineraldünger	1.950.809	477.317	1.107.166
Stickstoff-Fixierung	692.367		
Klärschlamm	28.063	9.421	3.584
Deposition aus der Luft	516.000	15.480	41.280
Summe	3.501.655	561.038	1.202.697

OUTPUT - Größen:

	N in kg	P in kg	K in kg
Pflanzliche Lebensmittel	1.474.033	299.174	453.975
Tierische Lebensmittel	199.449	39.534	34.644
Summe	1.673.482	338.708	488.619

Bilanz-Saldo: Input - Output 1.828.173 222.330 714.078

Dividiert man die Nährstoffmengen durch die Größe der düngungswürdigen Fläche, so erhält man die durchschnittlichen Nährstoffmengen in kg/ha (siehe *Tabelle 62*).

Tabelle 62: Hoftor-Bilanz für die düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet der Strem: Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen in kg/ha.

INPUT - Größen:

	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Importierte Futtermittel	12,19	2,28	1,96
Mineraldünger	75,61	18,50	42,91
Stickstoff-Fixierung	26,84		
Klärschlamm	1,09	0,37	0,14
Deposition aus der Luft	20,00	0,60	1,60
Summe	135,72	21,75	46,62

OUTPUT - Größen:

	N in kg/ha	P in kg/ha	K in kg/ha
Pflanzliche Lebensmittel	57,13	11,60	17,60
Tierische Lebensmittel	7,73	1,53	1,33
Summe	64,86	13,13	18,94

Bilanz-Saldo: Input - Output **71** **9** **28**

Im Vergleich mit ähnlich durchgeföhrten Hoftor-Bilanzen aus der Literatur zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Die Hoftor-Bilanz der Landwirtschaft der **BRD** (alte und neue Bundesländer) gemäß PARCOM-Richtlinie ergibt **117 kg N/ha*a** **Stickstoffüberschuß** und **13 kg P/ha*a** **Phosphorüberschuß** (UMWELTBUNDESAMT BERLIN, 1994). Die einzelnen Bilanzposten (siehe *Tabelle 7*) der deutschen Bilanz beinhalten jedoch größere N- und P-Mengen, als im Einzugsgebiet der Strem. Bei den Futtermitteln wurde in Deutschland auch die Inlandsproduktion an Futtermitteln in die Bilanz eingerechnet.
- Die Hoftor-Bilanz der Landwirtschaft der **Schweiz** gemäß PARCOM-Richtlinie (BRAUN et al., 1994) ergibt rund **83 kg N/ha*a** **Stickstoffüberschuß**, der **Phosphorüberschuß** beträgt **11 kg P/ha*a**. Die Werte für das Rheineinzugsgebiet liegen etwas höher, nämlich bei ca. **114 kg N/ha*a** und **17 kg P/ha*a**.
- KÖSTER et al. (1988) berechneten für 1986 folgende Bilanzüberschüsse für das Bundesgebiet der BRD: **109 kg N/ha**

$$65 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha} = 28,4 \text{ kg P/ha}$$

$$31 \text{ kg K}_2\text{O} / \text{ha} = 25,7 \text{ kg K/ha.}$$

Die durchwegs höheren Bilanzergebnisse der BRD ergeben sich durch die höheren Futtermittel- und Handelsdüngerimporte.

- Vergleichsweise ergab der **Kalium-Kreislauf** der schweizerischen Landwirtschaft für das Jahr 1985 (SPIESS & BESSON, 1993) eine Kalium-Zufuhr durch Futtermittel von ca. 10 kg K/ha, die K-Menge, die über tierische Produkte exportiert wird, umfaßt 3 kg K/ha in der Milch und 1 kg K/ha im Fleisch. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß aufgrund der geringen Kalium-Importe und -Exporte vor allem den innerbetrieblichen K-Kreisläufen Bedeutung beigemessen werden muß. Vor allem Wirtschaftsdünger und Ernterückstände können K-Mengen in beträchtlicher Menge enthalten, wobei langfristig mit dem gleichen Ausnutzungsgrad wie bei den Handelsdüngern gerechnet werden kann. Deshalb wird von SPIESS & BESSON (1993) eine Erhebung der ausgebrachten Wirtschaftsdüngermengen und eine Schätzung mittels Richtwerten bzw. Analysen des Nährstoffgehaltes gefordert.

3.1.3 Überschußaufteilung der Stickstoff- und Phosphormengen

3.1.3.1 Verlustrechnung für Stickstoff

3.1.3.1.1 Verlustrechnung mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten

Folgende **Verlustwege** werden für das Element Stickstoff in Betracht gezogen:

1. Ammoniakverflüchtigung
2. Denitrifikation
3. Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom
4. Oberflächenabschwemmung
5. Erosion (natürlich und anthropogen)

ad 1. Ammoniakverflüchtigung

Zahlen für die **Ammoniakverluste aus der Tierhaltung** existieren vielfach in der Literatur, hier werden 3 Ansätze zur Abschätzung nachvollzogen und ein Mittelwert aus den Ergebnissen gebildet.

- Definitionsgemäß wird angenommen, daß eine Dung-Großvieheinheit (DGVE) pro Jahr 80 kg Stickstoff produziert, wovon 20 kg Ammoniak-Stickstoff-Verluste sind, d. h. daß insgesamt 60 kg feldfallender Stickstoff pro Jahr anfallen. Multipliziert mit der Anzahl an DGVE im Einzugsgebiet der Strem ergeben sich **290.873 kg NH₃-N**, welcher jährlich in die Luft verlorengeht.
- Bei KAAS et al. (1994) wird angenommen, daß 35 % der anfallenden Stickstoffmenge in Wirtschaftsdüngern durch gasförmige Ammoniak-Stickstoff-Verluste verlorengehen. Für die im Einzugsgebiet anfallenden Stickstoffmengen (1.235 t) berechnen sich **432.239 kg Ammoniak-N-Verluste**.
- In BRAUN et al. (1994) werden Annahmen für die Ammoniakverflüchtigung in Abhängigkeit von den verschiedenen Tierarten verwendet (siehe *Tabelle 63*) (siehe auch STAELMANN und FUHRER (1986) bzw. BUWAL (1993a und 1993b)).

Die **Mittelwertsberechnung** der drei Werte für Ammoniakverluste aus der Tierhaltung ergibt **337.285 kg Ammoniak-Stickstoff-Verluste**, für die Verlustberechnung werden jedoch Ober- und Untergrenzen der möglichen geschätzten Bandbreite angenommen.

Tabelle 63: Annahmen für die Ammoniakverflüchtigung in Abhängigkeit von den verschiedenen Tierarten und Berechnung für die Anzahl der Tiere im Einzugsgebiet.

Quelle	kg N /Jahr	Anzahl der Tiere im Einzugsgebiet der Strem	Ammoniak-Verluste in kg N / Jahr
Tierart			
Rinder	17,5 je Tier	12.234	214.095
Schweine	1,7 je Tier	26.362	44.815
Geflügel	0,2 je Tier	122.771	24.554
Pferde	9,1 je Tier	266	2.421
Schafe und Ziegen	2,2 je Tier	1.299	2.858
Summe			288.743

Vom **ausgebrachten Mineraldünger** gehen rund 2 % als Ammoniak-Emissionen in die Luft (VAN DER HOEK, 1991 in: BRAUN et al., 1994), daraus berechnen sich **39.016 kg Ammoniak-Stickstoff-Verluste** im Einzugsgebiet der Strem.

Die **natürlichen Ammoniak-Emissionen** des Bodens werden in BRAUN et al. (1994) mit 0,2 kg N/ha angegeben, daraus berechnen sich für das Einzugsgebiet der Strem **5.160 kg NH₃-N**.

Die Summe der **Ammoniak-Verluste im Einzugsgebiet der Strem** beträgt im Mittel **381.461 kg** bei einer Spanne von **332.919 bis 476.415 kg NH₃-N**.

Bei Abzug der Ammoniak-Verluste von dem errechneten Stickstoffüberschuß auf den Flächen verbleiben noch **1.428.280 bis 1.571.776 kg Stickstoff-Überschuß**.

ad 2. Denitrifikation

Durch die **natürlichen Denitrifikationsvorgänge in Boden und Grundwasser** findet eine Art „Selbstreinigung“ dieser Medien von Nitrat, nämlich ein Abbau von Nitrat durch Mikroorganismen, statt. Der Umfang der gasförmigen Stickstoffverluste (N₂, N₂O und NO_x) durch Denitrifikationsvorgänge wird in einer Größenordnung von 20-80 kg/ha in der Literatur angegeben (AMT DER NÖ LREG, 1988).

Die wesentlichen **Einflußgrößen** der Denitrifikation im Boden sind: Bodenfeuchte, Temperatur, Vorhandensein leicht abbaubarer organischer Substanz, pH-Wert des Bodens, Durchlüftung.

Neben den Denitrifikationsvorgängen in der obersten durchwurzelten Zone des Bodens kommt es jedoch auch in der tieferen, nicht durchwurzelten, nicht wassergesättigten Drainagezone und in der vollständig wassergesättigten Bodenzone (Aquifer) zu Denitrifikation (siehe *Abbildung 9*).

- Die Stickstoff-Verlustmenge durch Denitrifikation wird in BRAUN et al., 1994 in einer ersten Annahme in Abhängigkeit von der Flächenkategorie berechnet (siehe *Tabelle 64*).

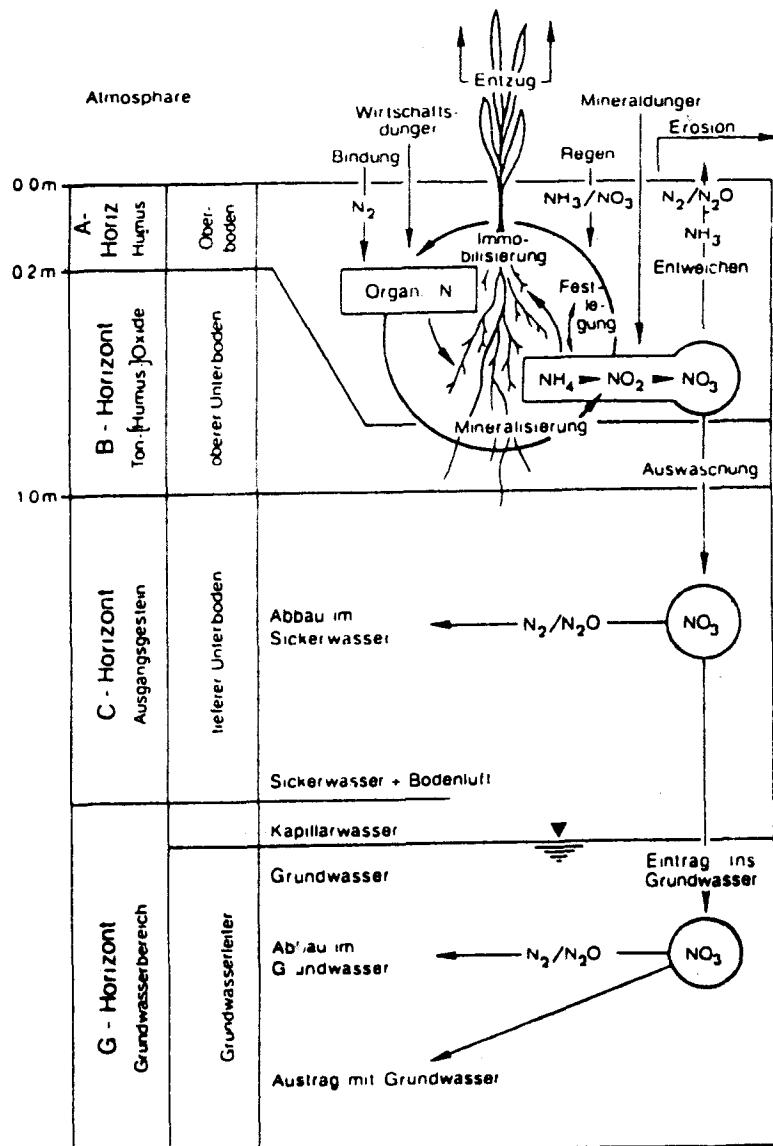


Abbildung 9: Schema des Stickstoffumsatzes im Boden und Grundwasserbereich (KLAGHOFER, 1986)

Tabelle 64: Annahmen für die Denitrifikation in Abhängigkeit von der Flächenkategorie (nach BRAUN et al., 1994) und Abschätzung der N-Verluste im Einzugsgebiet der Strem (Erste Berechnung)

Flächenkategorie	kg N/ha*Jahr	Fläche in ha	kg N/Jahr	kg N/ha*Jahr
Grünland	75	3.554	266.550	
Ackerland	15	20.908	313.620	
Weingärten	15	121	1.815	
Obst-Intensivkulturen	15	180	2.700	
Übriges Kulturland	15	213	3.195	
Weiden	5	24	120	
Gärten	15	800	12.000	
Summe			600.000	23,26

- In einer zweiten Berechnung wird die Denitrifikation in Beziehung zum ausgebrachten Dünger gesetzt. Die Prozentangaben der Denitrifikationsverluste liegen in einem weiten Bereich von 2,5 bis über 50 % des ausgebrachten Düngerstickstoffes (SMITH & ARAH, 1990). In BRAUN et al. (1994) werden 20 % der ausgebrachten Stickstoffmenge (in Hofdüngern, Mineraldüngern, Klärschlamm und Kompost) als anthropogen bedingte Denitrifikationsmenge gerechnet (siehe *Tabelle 65*). Die natürlichen Denitrifikationsverluste werden auf 5 kg N/ha*a geschätzt, daraus ergeben sich für das Einzugsgebiet der Strem 129.000 kg Stickstoff-Verluste.

Die Summe der **Denitrifikationsverluste** ergibt sich nach dieser Berechnung als **737.575 kg Stickstoff**.

Tabelle 65: Schätzung der jährlichen Denitrifikationsverluste im Einzugsgebiet (Zweite Berechnung).

	Menge	Denitrifikationsfaktor	N-Verluste in kg
Wirtschaftsdünger	1.064.002	20 %	212.800
Mineraldünger	1.950.809	20 %	390.162
Klärschlamm	28.063	20 %	5.613
Summe			608.575

Der **Mittelwert** der beiden Berechnungsansätze für die Denitrifikationsverluste im Einzugsgebiet der Strem beträgt **668.787 kg Stickstoff** (600.000 bis 737.575 kg N).

Diese beiden Schätzungen für Denitrifikationsverluste beinhalten im **wesentlichen die Stickstoffverluste der obersten, durchwurzelten Bodenzone** (0 - ca. 1m Tiefe). Für die Denitrifikationsvorgänge in der tieferen, nicht durchwurzelten, nicht wassergesättigten Drainagezone und in der vollständig wassergesättigten Bodenzone (Aquifer) gibt es noch kaum Zahlen aus der Literatur. Ein kurzer Einblick über den derzeitigen Stand der Erkenntnisse bezüglich Ausmaß der Denitrifikation in diesen Zonen ist unter **Punkt 3. Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom** nachzulesen.

Optimale Bedingungen für den Prozeß der Denitrifikation sind:

- **Geringer Wasserabfluß** im Boden. In staunassen Böden, welche vom Grundwasser oder Niederslagswasser stark beeinflußt sind (Gleye, Hangleye und Pseudogleye), sind sauerstoffarme bzw. -freie Zustände häufig anzutreffen. Diese begünstigen den Prozeß der Denitrifikation.
- **Temperaturen von $\geq 25^\circ$ Celsius.**
- Eine große Menge an verfügbarem, **abbaubarem organischem Material**.
- Das Vorhandensein von **Metall- (Eisen-) Sulfiden** als reduzierende Komponenten.

Diese Bedingungen dürften für die Böden im **Einzugsgebiet der Strem** häufig zutreffen:

- Laut den Angaben der Österreichischen Bodenkartierung (BMLF(HRSG.), in Druck) handelt es sich im Bezirk Güssing überwiegend um **Gleye und Pseudogleye** (siehe *Tabelle 66*), in welchen sauerstoffarme Verhältnisse häufig anzutreffen sind,
- **organisches Material** im Boden dürfte, bedingt durch die Einarbeitung der Ernterückstände, ebenfalls in ausreichendem Maß zur Verfügung stehen. Zudem ist in tonreichen Böden der Anteil an organischem Material durch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen stets höher als z. B. in Sandböden.

- Weiters sind im Grundwasserbereich von Gleyböden **Fe-Sulfide** vorhanden (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1992), welche von autotrophen Mikroorganismen als Elektronendonatoren bei der Denitrifikation verwendet werden. Als Folgeprodukte treten höhere Sulfat- und Eisenkonzentrationen im Grundwasser auf. Nach OBERMANN UND BUNDERMANN (1982) (in: PETERS, 1990) können im Grundwasserumsatzraum beträchtliche Mengen Nitrat reduziert werden, dies ist mit einem starken Sulfatanstieg verbunden.

Tabelle 66: Bodentypen im Bezirk Güssing (Quelle: BMLF (HRSG.), in Druck).

Bodentyp	Fläche in ha	Fläche in %
Gleye und Pseudogleye	13.725	52,12
Kulturröhböden	2.490	9,46
pseudovergleyte Lockersediment-Braunerden	5.095	19,35
Rigolböden (Weingärten)	130	0,49
Bodenformenkomplexe	3.820	14,51
Braunlehme	520	1,97
Braune Auböden	530	2,01
Niedermoore	25	0,09
Summe	26.335	100,00

ad 3. Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom

Die **Stickstoff-Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom** ist von vielen Faktoren abhängig, wie dem Niederschlagsgeschehen (Nieselregen - Starkregenereignisse), der Bodenart, der Bodennutzung (Ackerland-Grünland), der Bodenbedeckung, der Hangneigung, u.v.m.. Eine durchschnittliche **Stickstoff-Auswaschungszahl pro Hektar** für das gesamte Einzugsgebiet wäre daher eine unzulässige Vereinheitlichung, daher wird eine **Bandbreite von möglichen Stickstoffverlustzahlen pro Hektar** angegeben.

- In einer ersten Annäherung werden die **Faustzahlen für die Stickstoff- Auswaschung** in Abhängigkeit von der Flächennutzung Acker oder Grünland verwendet (RUHR-STICKSTOFF AG, 1988). Folgende durchschnittliche Auswaschungszahlen sind dort angegeben: 5 bis 15 kg N/ha*a für Grünland und 20 bis 70 kg N/ha*a für Ackerland. Daraus berechnen sich 17.890 kg bis 53.670 kg N-Auswaschung unter Grünland und 444.440 kg bis 1.555.540 kg N-Auswaschung unter Acker. Die Summe der Stickstoff-Auswaschung aus der düngungswürdigen Fläche des Einzugsgebietes beträgt demnach zwischen 462.330 kg und 1.609.210 kg N. Durch den **hohen Anteil an Ackerland an der düngungswürdigen Fläche (86 %)** werden die **Stickstoff-Auswaschungsverluste in dieser ersten groben Annäherung in der Bandbreite von 18 bis 62 kg N/ha** errechnet.

Um diese Bandbreite etwas genauer differenzieren zu können, wird versucht, aufgrund kulturartenspezifischer Stickstoff-Auswaschungsangaben die hauptverursachenden Kulturen im Einzugsgebiet herauszuarbeiten.

Nutzungs- und kulturartenspezifische Stickstoff-Auswaschungszahlen werden verschiedenen Literaturangaben aus Österreich, der Schweiz und Deutschland entnommen. Eine Übersicht ist den Tabellen 19 bis 21 im Anhang zu entnehmen. Die Zahlen, sofern es nicht Durchschnittswerte sind, stammen aus Lysimeterversuchen, in welchen die Sik-

kerwassermenge, die aus der durchwurzelten Zone des Bodens ausgewaschen und deren Stickstoffkonzentration gemessen wird.

Die möglichen Stickstoffverluste durch Auswaschung aufgrund der Flächennutzung und Anbauverhältnisse im Einzugsgebiet der Strem sind in *Tabelle 67* zusammengefaßt.

Tabelle 67: Potentielle Stickstoffverluste durch Auswaschung.

minimale N-Auswaschung in kg und kg/ha	maximale N-Auswaschung in kg und kg/ha	Mittelwert für die N- Auswaschung in kg und kg/ha
684.214	1.986.461	1.335.338
26,52	76,99	51,76

Die Werte bewegen sich in einer großen Bandbreite, durch den hohen Anteil an Ackerland (86 %) an der düngungswürdigen Fläche werden eher höhere Werte für die gesamte düngungswürdige Fläche errechnet.

- Einfluß der Denitrifikation in der ungesättigten Sickerwasser- und gesättigten Grundwasserzone auf die Nitrat-Stickstoffmenge im Sicker- und Grundwasser:

Die oben berechneten Werte für die durch Auswaschung aus der durchwurzelten Zone ausgetragenen Stickstoffmengen sind nicht den in das Grundwasser eingebrachten Stickstoffmengen gleichzusetzen, da auch im wasserungesättigten Untergrund und in der vollständig wassergesättigten Bodenzone Verminderungen der N-Konzentration stattfinden (STREBEL et al., 1984 in: HAMM (1991); AMT DER NÖ LREG, 1988). Auch PETERS (1990) führt an, daß Nitrataustrag aus dem Wurzelraum nicht in jedem Fall eine Grundwasserkontamination bedeutet, da eine Eliminierung durch Denitrifikation erfolgen kann (siehe Seite 76, Punkt 2.).

Während der Versickerung des Wassers bis zum Übertritt in die Fließgewässer wird in HAMM (HRSG.), 1991 eine Reduzierung des N-Gehaltes von 50 % angenommen, als Mittelwert des von OBERMANN (1984) (in: HAMM, 1991) festgestellten Bereiches von 25 bis 73 %. Als Ursache werden Denitrifikations-Ereignisse angegeben, wodurch Stickstoff aus dem vorhandenen Pool im Grund- und Sickerwasser gasförmig entweichen kann (als N_2 , N_2O und NO_x) oder zu Ammonium-N (NH_4^+) reduziert wird. Als wesentliche Einflußfaktoren werden der Vorrat des Grundwasserleiters an organischer Substanz, die Durchflußzeit sowie die Sauerstoff-Konzentration im Grundwasser angegeben (OBERMANN, 1984, in: HAMM, 1991).

ISERMANN (1995) gibt an, daß der mit dem Sickerwasser ausgewaschene Nitrat-Stickstoff vornehmlich in der Drainzone (Sickerwasserzone) der Denitrifikation und der Nitrat-Ammonifikation (Bildung von Ammonium, NH_4^+) unterliegt. Von den in Deutschland durchschnittlich ausgewaschenen 45 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (ISERMANN, 1995 nach HAMM, 1991 und WERNER und WODSAK, 1994) gehen in der (un)gesättigten Zone (Drainzone/Aquifer) durch Denitrifikation und Nitrat-Ammonifikation 59 % oder 26 kg N/ha verloren. Diese Denitrifikationsverluste in der (un)gesättigten Zone verringern zwar die Nitratkonzentrationen im Grundwasserbereich, führen jedoch zu Lach-gasemissionen in die Luft sowie Sulfat- und Ammonium-Anreicherungen im Grundwasser. Weiters gibt ISELMANN (1995) einen Wert für die unvermeidbare Denitrifikation oberhalb der hydraulischen Wasserscheide von ca. 20 kg N/ha*a an. In Summe errechnen sich daher für Deutschland durchschnittlich 46 kg gasförmige Stickstoff-Verluste durch Denitrifikation pro Hektar.

In ROHMANN & SONTHEIMER (1985) werden zwei Böden mit gleichen Anbauverhältnissen, jedoch unterschiedlicher Retentionsfähigkeit bezüglich der potentiellen Nitrat-Auswaschungsgefahr gegenübergestellt. Bei dem leicht durchlässigen, sandigen Boden wird das Nitrat sehr schnell irreversibel unter die durchwurzelte Bodenzone ausgewaschen und im Verlauf einer Grundwasserneubildungsperiode ins Grundwasser eingetragen. Bei dem **bindigerem Löbboden (lehmig-schluffig)** dagegen ist die Auswaschungsgefahr zwischen Ernte und Beginn der nächsten Hauptvegetationsperiode wesentlich geringer. Bei fehlendem kapillären Aufstieg kann jedoch innerhalb der nächsten Auswaschungsperiode eine **Weiterverfrachtung** erfolgen, sodaß die Nitratfront letztlich nur mit **zeitlicher Verzögerung** den Grundwasserraum erreicht. Die Möglichkeiten für einen **Nitratabbau durch Denitrifikation** im Verlauf der Bodenpassage sind jedoch unter diesen Bedingungen **wesentlich günstiger** als bei dem schnellen Transport in dem leicht durchlässigen Untergrund.

Aufgrund der **Geologie (MAROSI, 1990)** und den **pedologischen Verhältnisse im Südlichen Burgenland** ist die Gefahr der Auswaschung eher gering und es müssen aufgrund der Stickstoff-Düngungsintensität bedeutende gasförmige Verluste durch Denitrifikation angenommen werden. Da die Werte für das Ausmaß der Denitrifikation im Sickerwasser- und Grundwasserbereich jedoch schwer abgeschätzt werden können, unterbleibt hier eine Aufteilung auf die Menge an Stickstoff, welche in den Grundwasserkörper eingetragen wird und die gasförmig entweichende N-Menge. Es kann angenommen werden, daß **reduktive, denitrifizierende Vorgänge** in den schluffig-lehmig bis tonigen Böden in erheblichem Ausmaß stattfinden, für **reduktive Vorgänge im Grundwasserbereich der Strem** sprechen auch die relativ hohen Meßwerte an Ammonium-Stickstoff, von denen 60 % über dem Schwellenwert gemäß Grundwasserschwellenwertverordnung (0,03 mg/l (ANONYM, 1991b)) liegen.

ad 4. Oberflächenabschwemmung

Mit dem auf der Bodenoberfläche abfließenden Wasser können **Nährstoffe in gelöster Form** in die Gewässer abgeschwemmt werden. Die Abschwemmung gelöster Nährstoffe ist vor allem auf **Grünland** von Bedeutung (BRAUN et al., 1994). Auf Ackerland werden die gelösten Nährstoffe während des Transportes entlang der Bodenoberfläche sowohl an diese als auch an mittransportierte Bodenteilchen gebunden (siehe unten, Punkt 5). Zur Abschätzung der abgeschwemmten Fracht werden kulturspezifische Verlustkoeffizienten nach PRASUHN UND BRAUN (1994) verwendet (siehe *Tabelle 68*).

Tabelle 68: Annahmen für die Abschwemmung von Stickstoff in Abhängigkeit von der Flächenkategorie (PRASUHN UND BRAUN, 1994).

	kg N/ha*a	Fläche in ha	kg N/Jahr	kg N/ha*a
Grünland	0,4	3.554	1.422	
Ackerland	0,1	20.908	2.091	
Weingärten	0,1	121	12	
Obst-Intensivkulturen	0,1	180	18	
Übriges Kulturland	0,1	213	21	
Weiden	0,3	24	7	
Gärten	0,25	800	- 200	
Summe			3.771	0,15

Die abgeschwemmte Stickstoff-Fracht wird mit **3.771 kg N/a (0,15 kg N/ha*a)** errechnet.

ad 5. Erosion

Die **anthropogen bedingte Bodenerosion**, bei welcher es durch Bodenmaterialverluste zum Nährstoffaustausch in Oberflächengewässer kommt, ist vor allem auf Ackerflächen und im Weinbau von Bedeutung. Die **natürliche Erosion** entsteht durch physikalische und chemische Verwitterung, fluviale Erosion, Rutschungen etc. und tritt vor allem bei Hängigkeit und schluffigen Böden auf. Bei dieser Form von Nährstoffverlusten kann lediglich die Größenordnung abgeschätzt werden, weil die Datenbasis unsicher ist. Die Fähigkeit des Regens, Boden abzulösen und Oberflächenabfluß zu erzeugen, wird **Regenerosivität** genannt. Bei **natürlichen Regenereignissen** ist zumeist eine nicht erosive Phase am Beginn des Regens vorhanden, in der das leichtlösliche Nitrat der obersten Bodenschicht in tiefere Zonen verlagert wird. Bei dem durch Erosion in die Gewässer eingetragenen Stickstoff handelt es sich daher überwiegend um organisch gebundenen N, aus dem erst durch mikrobielle Umsetzungen Nitrat und Ammonium freigesetzt werden können (HAMM, 1991).

BRAUN et al., 1991, geben an, daß **nur ca. 40 % des jährlich erodierten Bodenmaterials in die Gewässer** gelangt, das meiste bleibt auf dem Feld, auf Nachbarfeldern oder auf Wegen und Straßen liegen. In PRASUHN UND BRAUN (1994) wird angenommen, daß nur 20 % der erodierten Bodenmenge in die Gewässer gelangen. **Bodenerosion** unterliegt einer **großen räumlichen und zeitlichen Variation** (trockene, erosionsarme Jahre und feuchte, erosionsreiche Jahre), innerhalb eines Jahres bestimmen meist einige wenige Großereignisse (Starkregen oder Schneeschmelze) die gesamte Jahresabtragsmenge.

Schluffreiche Böden weisen eine **hohe Bodenerodierbarkeit** auf, dagegen sind Ton- und Sandböden häufig relativ „resistenter“ (HAMM, 1991). Im Einzugsgebiet der Strem ist die Erosionsgefahr vor allem durch Abschwemmung und Überstauungsgefahr gegeben, da es sich vornehmlich um schluffig-lehmige Böden handelt.

Einfluß auf das Ausmaß der Erosion hat vor allem die **Hanglänge, die Bewirtschaftungsrichtung sowie die Bodennutzung**. Die Erosion unter Wald und Grünland ist im allgemeinen unbedeutend, unter **Ackerland** wird durch das Öffnen des Bodens die **Erosionsdisposition** erheblich **erhöht** (HAMM, 1991). Die einzelnen Feldfrüchte wirken unterschiedlich erosionsfördernd, je nach Bedeckung, Höhe der Blätter über dem Boden, Bearbeitungsintensität und Gefügestabilisierung. Besonders Kleegras und Luzerne wirken bodenstabilisierend (WISCHMEIER & SMITH, 1978 in HAMM, 1991), erosionsfördernd sind hingegen Hackfrüchte, Mais, aber auch Wintergerste und Raps.

Die **Stickstoff-Verluste durch natürliche und anthropogen bedingte Erosion** werden nach Werten in PRASUHN UND BRAUN (1994) (in BRAUN et al., 1994) geschätzt (siehe *Tabelle 69 und 70*). Die **Werte** berücksichtigen nur den **Anteil an erodiertem Bodenmaterial, welcher in die Gewässer** gelangt und stimmen recht gut mit deutschen Durchschnittswerten überein, wonach im Mittel 1,5 kg N/ha*a aus partikulärem Eintrag in Gewässer mit einer Einzugsgebietsgröße von 18 km² eingetragen werden (HAMM, 1991).

Tabelle 69: Annahmen für den Stickstoffaustausch durch natürliche Bodenerosion in die Gewässer (PRASUHN UND BRAUN, 1994 in BRAUN et al., 1994).

	kg N/ha*a	Fläche in ha	kg N/a
Grünland	0,3	3.554	1.066
Ackerland	0,3	20.908	6.272
Weingärten	0,3	121	36
Obst-Intensivkulturen	0,3	180	54
Übriges Kulturland	0,3	213	64
Weiden	2,5	24	60
Gärten (Hausgärten und Erwerbsgartenland)	0,3	800	240
Summe			7.793

Tabelle 70: Annahmen für den Stickstoffaustausch durch anthropogen bedingte Bodenerosion in die Gewässer (PRASUHN UND BRAUN (1994)).

	kg N/ha*a	Fläche in ha	kg N/a
Kunstwiesen (Leguminosen und -mischungen)	0,2	664	133
Ackerland	1,2	20.244	24.293
Weingärten	1,2	121	145
Summe			24.571

Die Stickstoffmenge, welche durch **Bodenerosion** von der düngungswürdigen Fläche im Einzugsgebiet der Strem in die Gewässer verloren geht, wird in diesem Berechnungsansatz mit **32.364 N / Jahr** berechnet.

3.1.3.1.2 Zusammenfassende Ergebnisse der Stickstoff-Verlustrechnung

Tabelle 71: Zusammenfassende Ergebnisse der Stickstoff-Verlustrechnung.

N-Verluste durch	kg N/a	N in kg/ha	% Anteil am Gesamtverlust
Ammoniakverflüchtigung	332.919 - 476.415	13- 18	11 - 25
Denitrifikation	600.000 - 737.575	23- 29	20 - 38
Auswaschung	648.214 - 1.986.461	27- 77	35 - 67
Abschwemmung	3.771	0,15	0,13 - 0,19
Erosion	32.364	1,25	1 - 2
Summe	1.934.338 - 2.955.515	69-115	100

Die Summe der Stickstoff-Verluste dürfte im unteren angegebenen Bereich liegen, dieser niedrigere Wert für das **Ergebnis der Stickstoff-Verlustrechnung** liegt auch im Bereich der beiden ausgewiesenen Stickstoff-Überschüsse durch die Flächen- bzw. Hoftor-Bilanz (1.904.695 kg N bzw. 1.828.173 kg N). Geringere N-Verluste durch Auswaschung, dafür höhere N-Verluste durch Denitrifikation sind im Einzugsgebiet der Strem anzunehmen (vgl. Kapitel 3.1.3.1.1, Punkt 2. und 3.).

3.1.3.2 Verlustrechnung für Phosphor

3.1.3.2.1 Verlustrechnung mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten

Folgende **Verlustwege** werden für das Element Phosphor in Betracht gezogen:

1. Bodenvorratsänderung
2. Erosion (natürlich und anthropogen)
3. Oberflächenabschwemmung
4. Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom

ad 1. Bodenvorratsänderung

Der Großteil des Phosphor-Überschusses auf den landwirtschaftlichen Flächen geht in die Bodenanreicherung ein (BRAUN et al., 1994), da Phosphat in Abhängigkeit von der Bindungsform stark im Boden festgelegt werden kann und mit dem Sickerwasser kaum verlagert wird.

Mittlere Werte für die Bodenanreicherung mit Phosphat auf Grünland und Ackerland werden BRAUN et al. (1994) entnommen (siehe *Tabelle 72*).

Tabelle 72: Annahmen für die Phosphoranreicherung in Abhängigkeit von der Flächennutzung (BRAUN et al., 1994).

	Anreicherung in kg P/ha*a	Fläche in ha	Anreicherung in kg P/a
Grünland	18	3.578	64.404
Ackerland	22	20.908	459.976
Obst-Intensivkulturen, Weingärten und "übriges Kulturland" *	8	514	4.112
Gärten (Hausgärten und Erwerbsgartenland)	5	800	4.000
Summe			532.492

* Extensivobstanlagen, Baumschulen, Energieholzflächen, Forstgärten und -baumschulen und Christbaumkulturen

ad 2. Erosion (natürlich und anthropogen)

In UMWELTBUNDESAMT BERLIN (1994) wird angegeben, daß der Hauptteil des Phosphats im Boden (ca. 62 %) durch den oberflächlichen Bodenabtrag (Erosion) in die Gewässer einge tragen wird. Auf die prinzipielle Unsicherheit bei der Erosionsberechnung wird im Kapitel 3.1.3.1.1 eingegangen.

Die angegebenen Werte für den P-Eintrag in die Gewässer durch Erosion (*Tabellen 73 und 74*) stimmen gut mit deutschen Durchschnittswerten überein, wonach im Mittel 0,61 kg/ha*a an partikulärem P in die Gewässer eingetragen wird (HAMM, 1991).

Tabelle 73: Annahmen für den P-Austrag durch natürliche Bodenerosion in die Gewässer in Abhängigkeit von der Flächennutzung (nach PRASUHN UND BRAUN, 1994 in BRAUN et al., 1994).

	kg P/ha*a	Fläche in ha	kg P/a
Grünland	0,1	3.554	355
Ackerland	0,1	20.908	2.091
Weingärten	0,1	121	12
Obst-Intensivkulturen	0,1	180	18
Übriges Kulturland	0,1	213	21
Weiden	1,5	24	36
Gärten (Hausgärten und Erwerbsgartenland)	0,1	800	80
Summe			rd. 2.614

Tabelle 74: Annahmen für den P-Austrag durch anthropogen bedingte Bodenerosion in die Gewässer in Abhängigkeit von der Flächennutzung (nach PRASUHN UND BRAUN, 1994 in BRAUN et al., 1994).

	kg P/ha*a	Fläche in ha	kg P/a
Kunstwiesen (Leguminosen und -mischungen)	0,05	664	33
Ackerland	0,6	20.244	12.146
Weingärten	0,6	121	73
Summe			12.252

Daraus ergeben sich in Summe rund **14.866 kg Phosphor-Verluste** durch Bodenerosion von Acker- und Kulturland.

ad 3. Oberflächenabschwemmung

Zur Abschätzung der abgeschwemmten Phosphor-Fracht werden die in *Tabelle 75* angegebenen kulturspezifischen Verlustfaktoren verwendet (nach PRASUHN UND BRAUN, 1994).

Die Phosphorfracht, die während der Sommermonate abgeschwemmt wird, beträgt ca. 0,2 kg P/ha. Dabei handelt es sich in der Regel um Nährstoffe aus dem Niederschlag, aus der trockenen Deposition und solche, die von den Blattflächen abgewaschen werden (PRASUHN UND BRAUN, 1994). Falls es jedoch zu einer direkten oder indirekten Gülleabschwemmung kommt, zum Beispiel während eines Gewitterregens unmittelbar nach dem Austrag, können bis zu 1,2 kg P/ha bei einem Ereignis abgeschwemmt werden.

Die Werte für die tatsächlich abgeschwemmten Phosphormengen hängen daher sehr stark vom Zeitpunkt der Gülleausbringung, der Gülleaufbereitung (Verdünnung) und Ausbringungstechnik sowie den Niederschlagsereignissen ab.

Tabelle 75: Annahmen für die P-Abschwemmung in die Gewässer in Abhängigkeit von der Flächennutzung (nach PRASUHN UND BRAUN, 1994).

	kg P/ha*a	Fläche in ha	kg P/a
Grünland	0,4	3.554	1.422
Ackerland	0,1	20.908	2.091
Weingärten	0,1	121	12
Obst-Intensivkulturen	0,1	180	18
Übriges Kulturland	0,1	213	21
Weiden	0,3	24	7
Gärten	0,25	800	200
Summe			3.771

ad 4. Auswaschung mit dem Sickerwasserstrom

Die Werte für die Phosphorverluste durch Auswaschung sind praktisch unabhängig von der Kultur und werden von PRASUHN UND BRAUN (1994) auf 0,15 kg P/ha*a geschätzt. Die daraus resultierende P-Menge, welche im Einzugsgebiet der Strem potentiell ausgewaschen wird, ist *Tabelle 76* zu entnehmen.

Tabelle 76: Annahmen für die Auswaschung von Phosphor in Abhängigkeit von der Flächennutzung (nach PRASUHN UND BRAUN, 1994)

	kg P/ha*a	Fläche in ha	kg P/a
Grünland	0,15	3.554	533
Ackerland	0,15	20.908	3.136
Weingärten	0,15	121	18
Obst-Intensivkulturen	0,15	180	27
Übriges Kulturland	0,15	213	32
Weiden	0,15	24	4
Gärten	0,15	800	120
Summe			3.870

3.1.3.2.2 Zusammenfassende Ergebnisse der Phosphor-Verlustrechnung

Bei der Berechnung des unteren Wertes für die Phosphoranreicherung im Boden (Bodenvorratsänderung) wird vom P-Bilanzüberschuß der Flächenbilanz ausgegangen (357.059 kg P) und die errechneten P-Verluste durch Erosion, Abschwemmung und Auswaschung werden abgezogen (siehe *Tabelle 77*).

Tabelle 77: Zusammenfassende Ergebnisse der P-Verlustrechnung

	kg P/a	P in kg/ha	% Anteil am Gesamtverlust
Bodenvorratsänderung	333.869 - max. 532.492	13 - max. 21	94 - 96
Erosion	14.866	0,58	2,7 - 4,2
Abschwemmung	3.771	0,15	0,7 - 1,1
Auswaschung	3.870	0,15	0,7 - 1,1
Summe	356.375 - max. 554.999	22 - max. 33	100

3.1.4 Flächenbilanz für Stickstoff im Einzugsgebiet der Strem

Eine zusammenfassende Darstellung ist Abbildung 10 zu entnehmen. Die angegebenen Nährstoffmengen entsprechen jenen, welche für die Flächenbilanz im Einzugsgebiet errechnet werden (siehe Kapitel 3.1.1), für die Überschußaufteilung werden Prozentzahlen und die Absolutmengen, welche in Kapitel 3.1.3.1 berechnet werden, angegeben, welche sich jedoch nicht genau mit dem in der Bilanz ausgewiesenen N-Überschuß decken.

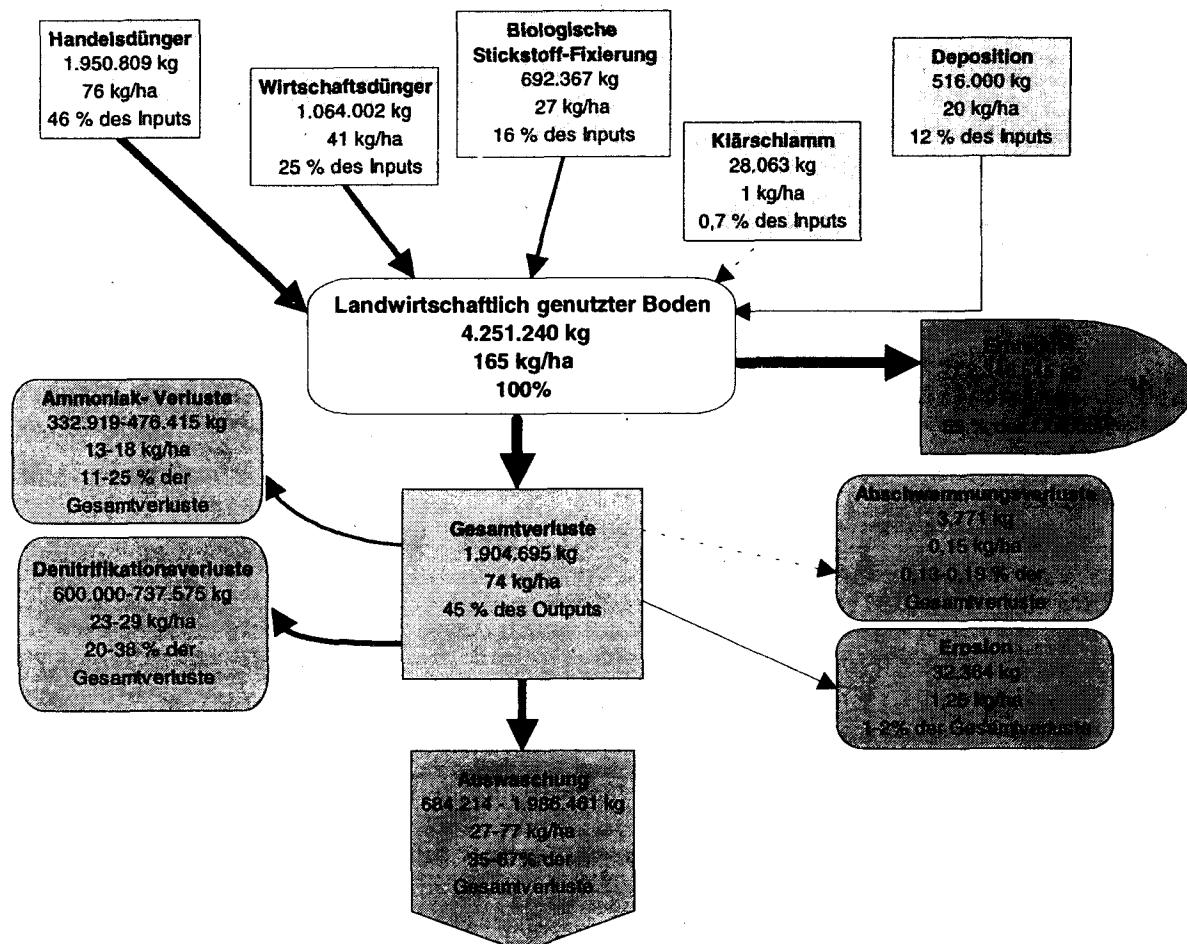


Abbildung 10: Stickstoffbilanz für das Einzugsgebiet der Strem und potentielle Überschußaufteilung auf die einzelnen Verlustwege.

In der **Strem** wird an der **Meßstelle Heiligenbrunn**, welche sich am unteren Ende des Einzugsgebietes befindet (siehe *Abbildung 6*, Seite 25), seit 1991 6 mal im Jahr die mineralische Stickstoff-Konzentration gemessen, im Durchschnitt über die Jahre beträgt die Konzentration **2 mg N/l**. Durch Multiplikation mit der mittleren jährlichen **Gesamtabflußwassermenge der Strem (51.719.040 m³ /a)** errechnen sich rund **110.500 kg N**, welche jährlich mit der Strem aus dem Einzugsgebiet ausgetragen werden. Mehrere Literaturangaben (GÖTTLICHER-GÖBEL, 1987 in: HAMM, 1991; ISERMANN, 1990; KALTHOFF, 1987 in: HAMM, 1991; KAAS et al., 1994) geben an, daß **der überwiegende Teil des Nitrat-Stickstoffs in Fließgewässern aus dem Interflow** (Speisung aus dem Grundwasser) stammt. Allerdings kann vor allem bei großen Hanglängen auch der Oberflächenabfluß überwiegen (FRERE et al., 1982). Für ein gesamtes Einzugsgebiet ist es ohne Einbindung eines Höhenmodells, in welches Boden- und Klimadaten (Niederschlag, Verdunstung) eingehen und ohne der Kenntnis der Größe des Grundwasserkörpers sowie dessen Zusammenhang mit dem Oberflächengewässer unmöglich bzw. unzulässig, eine Abschätzung der Größen der einzelnen diffusen Stickstoff-Eintragspfade (über Grundwasser, Oberflächenabschwemmung und Erosion) in das Oberflächengewässer anzustellen.

Die **Berechnung der Wasserflüsse für ein Einzugsgebiet**, d. h. der Größe des Gesamtabflusses, des Oberflächenabflusses und der Sickerwassermenge ist nur mit hohem Rechenaufwand zu bewältigen, da der Oberflächenabfluß abhängig von der Regenintensität und -dauer, der Infiltrationsrate des Bodens und der Hangneigung ist (KLAGHOFER, 1991). KLAGHOFER (1991) weist darauf hin, daß die Berechnung des Oberflächenabflusses und der Erosion in einem Einzugsgebiet mit heterogenen morphologischen, bodenkundlichen, pflanzenbaulichen und klimatologischen Bedingungen derzeit nur mit sehr hohem Aufwand mit Hilfe eines **geographischen Informationssystems** lösbar ist. Vor allem müssen dafür alle Einflußgrößen in digitalisierter Form (z. B. digitales Höhenmodell) vorliegen.

Von der **Erstellung eines hydrologischen Abflußmodells** und einer **Errechnung der Stickstoff- und Phosphorfrachten**, welche **mit den Wasserflüssen** in das Grund- und Oberflächenwasser transportiert werden, muß daher im Rahmen dieses Berichtes abgesehen werden.

3.1.5 Flächenbilanz für Phosphor im Einzugsgebiet der Strem

Eine zusammenfassende Darstellung ist *Abbildung 11* zu entnehmen. Die angegebenen Nährstoffmengen entsprechen jenen, welche für die Flächenbilanz im Einzugsgebiet errechnet werden (siehe Kapitel 3.1.1), für die Überschußaufteilung werden Prozentzahlen und die Absolutmengen, welche in Kapitel 3.1.3.2 berechnet werden, angegeben.

Ein Vergleich mit anderen P-Bilanzen aus der Literatur zeigt, daß die Anreicherung durch Phosphor je nach Tierbesatz 8-42 kg P/ha*a ausmachen kann (RICHNER UND MOOS (1989)). VON STEIGER UND BACCINI (1990) berechneten für das Untere Bünztal eine Phosphoranreicherung im landwirtschaftlich genutzten Boden von 16-32 kg/ha*a. Eine **P-Anreicherung im Boden** bedeutet ein höheres Gefahrenpotential für **P-Verluste durch Erosion**.

Die Viehbesatzdichte im Einzugsgebiet beträgt durchschnittlich nur 0,6 DGVE/ha düngungswürdiger, landwirtschaftlicher Nutzfläche, dennoch könnte allein durch die P-Mengen im Wirtschaftsdünger der P-Entzug durch die angebauten Kulturen zu 65 % abgedeckt werden (siehe *Abbildung 11*). Eine verstärkte Aufklärung im Rahmen der landwirtschaftlichen Beratung über **Nährstoffgehalte der am Betrieb kostenlos anfallenden organischen Dünger** erscheint notwendig.

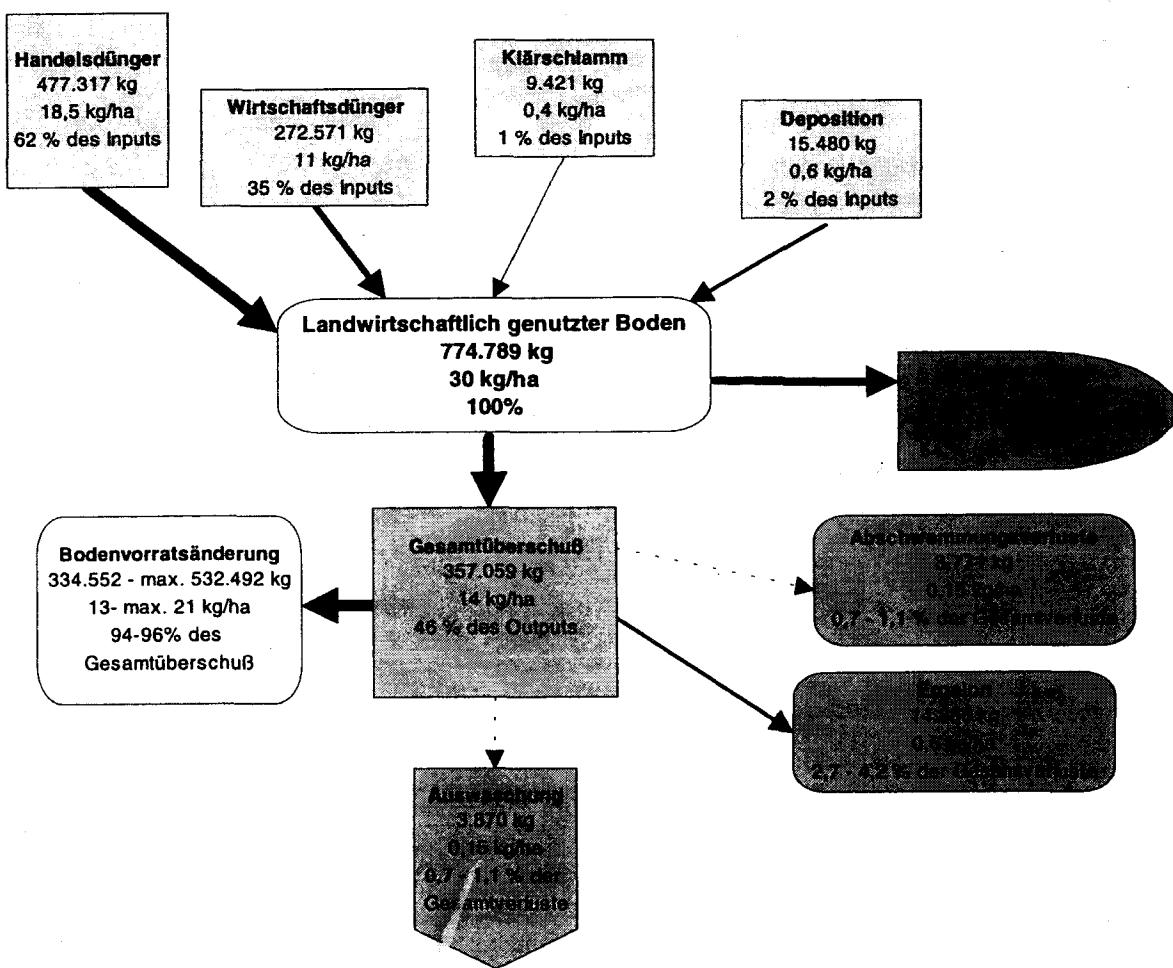


Abbildung 11: Phosphorbilanz für das Einzugsgebiet der Strom und potentielle Überschußaufteilung auf die einzelnen Verlustwege.

3.2 ERGEBNISSE DER PESTIZID-AUFWANDSMENGEN - BERECHNUNG

Durch die Marktanteilsabschätzung eines großen Anbieters wurden die gesamten verkauften Mengen an Pestiziden ermittelt. Aufgrund des Anteils der düngungswürdigen Fläche jedes einzelnen Bezirkes im Einzugsgebiet an der düngungswürdigen Fläche des gesamten Bezirkes wurden die im Einzugsgebiet wahrscheinlich aufgewendeten Pflanzenschutzmittelmen gen berechnet. Die Ergebnisse sind Tabelle 78 zu entnehmen (Berechnungsschritte vgl. Kapitel 2.3.1.1.1).

Tabelle 78: Annahme für die Menge an aufgewendeten Pflanzenschutzmittelmengen im Einzugsgebiet der Strem im Jahr 1990.

Warenguppe	Pflanzenschutzmittelmenge im Einzugsgebiet der Strem im Bezirk Güssing in kg	Pflanzenschutzmittelmenge im Einzugsgebiet der Strem im Bezirk Jennersdorf in kg	Pflanzenschutzmittelmenge im Einzugsgebiet der Strem im Bezirk Oberwart in kg	Einzugsgebiet der Strem: gesamte Pflanzenschutzmittelmenge in kg
Weinbau und Obstbau	13.047	837	1.879	15.764
Kellerwirtschaft	-	-	4	4
Getreidebau	61.142	3.922	3.356	68.420
Rübenbau	196	13	135	343
Saatgutschutz, Beize	14.489	930	596	16.015
Vorratsschutz	2.242	144	388	2.774
HG - Schutz	5.100	327	1.072	6.499
Sonstige Schädlingsbekämpfungsmittel	8.118	521	197	8.836
HHG - Pflanzenschutz	-	-	1.406	1.406
Summe	rd. 104.335	rd. 6.693	9.033	120.061

Der Großanbieter konnte die einzelnen Posten seiner Aufstellung nicht näher beschreiben, jedoch größtenteils Angaben über die Mengen an Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden, welche in den einzelnen Posten enthalten sind, machen. Daraus ergibt sich folgendes Bild (siehe Tabelle 79).

Tabelle 79: Abschätzung der verkauften Mengen an Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden.

Warenguppe	Angaben des Großanbieters	Herbizide in kg	Fungizide in kg	Insektizide in kg
Weinbau und Obstbau	ca. 50 % Fungizide, 50 % Insektizide		7.882	7.882
Kellerwirtschaft				
Getreidebau	ca. 80 % Herbizide, 20 % Fungizide	54.736	13.684	
Rübenbau	ca. 80 % Herbizide, 10 % Fungizide, 10 % Insektizide	274	34	34
Saatgutschutz, Beize	v. a. Hg-hältige Beizmittel			
Vorratsschutz	Rattengifte etc.			
HG - Schutz	(Haus, Garten): 80 % Insektizide			5.199
Sonstige Schädlingsbekämpfungsmittel	100 % Insektizide			8.836
HHG - Pflanzenschutz	(Haus, Hof, Garten): 80 % Insektizide			1.125
Summe		rd. 55.011	21.600	23.076

Bezogen auf die jeweilige Fläche ergeben sich daraus folgende Aufwandsmengen in kg/ha (siehe *Tabelle 80*).

Tabelle 80: Verkaufte Mengen an Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden bezogen auf die Fläche im Einzugsgebiet der Strem.

Warengruppe	Fläche in ha	Herbizide kg/ha	Fungizide kg/ha	Insektizide kg/ha
Weinbau und Obstbau	457		17,2	17,2
Kellerwirtschaft				
Getreidebau*	18.814	2,9	0,7	
Rübenbau	-	0,0	0,0	0,0
Saatgutschutz, Beize				
Vorratsschutz				
HG - Schutz**	1.339			3,9
Sonstige Schädlings- bekämpfungsmittel				0,4
HHG - Pflanzenschutz**	1.339			0,1

* Getreidebau: Ackerbaufläche ohne Futterbau und Zuckerrübe

** Gärten und Hofflächen

Die errechneten hohen Aufwandsmengen (17 kg/ha) an Pflanzenschutzmitteln (Insektizide, Fungizide) für den **Wein- und Obstbau** sind an der Obergrenze bzw. höher als die Zahlen aus den Standarddeckungsbeiträgen. In NARODOSLAVSKI et al. (1995) wird für die Region Feldbach eine Menge von 7 bis 35 kg Pflanzenschutzmittel pro Hektar für den Obstbau und 17 l pro Hektar für den Weinbau angegeben.

Zur **Kontrolle der Angaben über die Verkaufsmengen** werden die **Empfehlungen der Landwirtschaftskammern für die Aufwandsmengen an Pflanzenschutzmitteln** herangezogen (LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN VON NÖ, OÖ UND STMK, BMLF, 1990).

In den Daten für die Standarddeckungsbeiträge der einzelnen Anbaufrüchte werden die empfohlenen Pflanzenschutzmittelaufwandsmengen und die daraus resultierenden Kosten angegeben. Aufgrund dieser Angaben können die **Wirkstoff- und Präparatmengen** berechnet werden, welche 1990 für die **beiden Hauptanbaufrüchte Getreide (50 % der Ackerfläche im Einzugsgebiet) und Mais (29 % der Ackerfläche im Einzugsgebiet)** vermutlich aufgewendet wurden. Dabei wird **eine untere und eine obere Aufwandsmenge errechnet**, um die mögliche Bandbreite der tatsächlich aufgebrachten Mengen abstecken zu können.

- **Getreide:** Fläche in ha: $10.464 = 50\%$ der gesamten Ackerfläche im Einzugsgebiet

Tabelle 81: Empfohlene Pflanzenschutzmittelaufwandsmengen im Getreidebau.

Im Jahr 1990 am häufigsten verwendete Präparate *	empfohlene Aufwandsmenge je ha	Wirkstoff	Wirkstoffgehalt in g/l
Dicopur U 46 KV; Celatox KV	4 l	MCPP	500; 568
Dicopur fl.; Hedarex fl.	2 l	2,4 - D	500
Dicopur M; Hedonal M forte; Hedapur M 52 konz.	2 l	MCPA	400; 300; 280

* laut Angaben der Burgenländischen Landwirtschaftskammer, Pflanzenschutzreferat.

Erläuterung: MCPP = 2 - (4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-propionsäure

2,4 - D = 2,4 - Dichlorphenoxyessigsäure

MCPA = (4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-essigsäure

=> Berechnung der **Unter- und Obergrenze** für die aufgebrachten Pflanzenschutzmittel:
siehe *Tabelle 82*

Tabelle 82: Berechnung der Unter- und Obergrenze für die aufgebrachten Pflanzenschutzmittel im Getreidebau.

	Wirkstoffmenge in kg/ha	Wirkstoffmenge gesamt in kg	Herbizidmenge gesamt in kg
Untergrenze: Aufwand 2 l/ha, Wirkstoffgehalt 300g/l	0,6	6.278	20.928
Obergrenze: Aufwand 4 l/ha, Wirkstoffgehalt 500 g/l	2	20.928	41.856

- **Mais:** Fläche in ha: $6.017 = 29\%$ der gesamten Ackerfläche im Einzugsgebiet

Tabelle 83: Empfohlene Pflanzenschutzmittelaufwandsmengen im Maisbau.

Präparat	empfohlene Aufwandsmenge je ha	Wirkstoff	Wirkstoffgehalt in g/l
Gesaprim 500 fl.	2 l	Atrazin	470
Primextra 500 fl.	6-7 l	Atrazin + Metolachlor	490
Nopon 11E	5 l	Paraffinöl (= Zusatz zu Atrazin-Spritzbrühen gg. Unkräuter)	999

=> Berechnung der **Unter- und Obergrenze** für die aufgebrachten Pflanzenschutzmittel:
siehe *Tabelle 84*

Tabelle 84: Berechnung der Unter- und Obergrenze für die aufgebrachten Pflanzenschutzmittel im Maisbau.

	Wirkstoffmenge in kg/ha	Wirkstoffmenge ge- samt in kg	Herbizidmenge gesamt in kg
Untergrenze: Aufwand 2 l/ha, Wirkstoffgehalt 470 g/l	0,94	5.656	12.034
Obergrenze: Aufwand 4 l/ha, Wirkstoffgehalt 500 g/l	2	12.034	24.068

Aus der Summe der **Herbizideinsatzmengen für Getreide und Mais** ergeben sich folgende **Unter- und Obergrenzen:** 32.962 kg bis 65.924 kg Herbizidmengen, oder 11.934 kg bis 32.962 kg Wirkstoff.

Die Werte für die **Herbizidmengen** decken sich recht gut mit den oben errechneten Herbizidmengen für den Getreidebau (54.736 kg), die tatsächlich ausgebrachten Mengen dürfen sich also eher an der Obergrenze der beiden Annahmen bewegen.

Die berechnete **Untergrenze der Wirkstoffmenge, welche 1990 auf die Getreideflächen ausgebracht wurde**, beträgt 0,6 kg/ha, die **Obergrenze 2 kg/ha**, wobei der häufigste Wirkstoff MCPP sein dürfte, gefolgt von 2,4-D und MCPA (österreichweiter Trend).

Die **Untergrenze der Wirkstoffmenge, welche 1990 auf die Maisflächen ausgebracht wurde**, beträgt 0,94 kg/ha, die **Obergrenze 2 kg/ha**, wobei es sich im wesentlichen um Atrazin handelt. Aufgrund der in Kapitel 2.1.2 und 2.1.3 beschriebenen derzeitigen Situation der Atrazinbelastung sowohl im Oberflächengewässer Strem als auch im Grundwasserkörper dieses Gebietes muß angenommen werden, daß die Landwirte im Jahr 1990 trendmäßig eher im Bereich der Obergrenze Pflanzenschutzmittel ausgebracht haben, d. h. ca. 2 kg Atrazin/ha (oder ca. 4 kg atrazinhaltiges Pflanzenschutzmittel /ha).

Zum Vergleich mit Literaturangaben sei eine **Wirkstoffmengenberechnung von KÖCHL (1988)** angeführt, welcher einen österreichweiten Durchschnitt von **1,22 kg ausgebrachter Wirkstoffmenge pro Hektar „pflanzenschutzmittelwürdiger Fläche“** berechnete. Es wurde dieselbe Methode, nach der KÖCHL (1988) diesen österreichweiten Durchschnitt errechnete, für die Daten des Einzugsgebietes der Strem angewandt.

Der gesamte **Pflanzenschutzmittelverbrauch im Einzugsgebiet der Strem** wird mit **120.363 kg** angenommen (Berechnung siehe oben). Die Berechnung des Wirkstoffmengeneintrages in den Boden ist *Tabelle 85* zu entnehmen.

Tabelle 85: Berechnung des Wirkstoffmengeneintrages in den Boden (siehe KÖCHL, 1988).

	Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft in kg	behandelte Fläche in ha	Wirkstoffmengeneintrag in kg/ha
ca. 80 % der Pflanzenschutzmittel werden in der Landwirtschaft verwertet:	96.049 kg	90 % des Ackerlandes, Erwerbsgartenlandes, der Obstplantagen und Baumschulen, 100 % des Reblandes, 1 % der mehrschnittigen Wiesen und Kulturweiden	19.130
davon sind rund 60 % Wirkstoff:	57.629 kg		121
davon erreichen ca. 75 % den Boden:	43.222 kg		36
Summe in ha		19.287	2,24

Der errechnete Wirkstoffmengeneintrag pro Hektar liegt fast doppelt so hoch, wie der von KÖCHL (1988) errechnete durchschnittliche Wirkstoffmengeneintrag für Österreich.

Für die **alten Bundesländer Deutschlands** wurde eine regional differenzierte Wirkstoffmengenberechnung der Pflanzenschutzmittel mit W-Auflage (Wasserschutzgebietsauflage) durchgeführt. In 80 % aller Regionen bewegt sich die Einsatzhöhe zwischen **0,19 und 0,59 kg Wirkstoffmenge je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF)**, wobei in der LF der Grünlandanteil miteinbezogen ist, obwohl für Grünland nahezu keine Pflanzenschutzmittel verwendet werden (DEUTSCHER BUNDESTAG, 1994). Der Wirkstoffeintrag, bezogen nur auf die Ackerflächen, würde also einen höheren Wert ergeben.

In den **Regionen mit höheren Wirkstoffaufwandsmengen** sind die **hohen Anbauteile von Wintergetreide, Winterraps und Silomais** verantwortlich für den hohen Pflanzenschutzmitteleinsatz, aber auch Gebiete mit **Sonderkulturen (Weinbau, Obstbau)** stellen Schwerpunkte dar (DEUTSCHER BUNDESTAG, 1994).

4 SCHLUßFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Umweltbelastungen sind von den einzelnen Akteuren (Landwirten) nicht immer einfach als solche zu erkennen. Es fehlt in der Regel eine **Möglichkeit der Selbstkontrolle**. Das führt für die Betroffenen meist zu Unsicherheiten in der Beurteilung, wie umweltschonend die eigenen Betriebsentscheidungen sind. Im Moment stehen **zwei Orientierungen** im Raum:

Die eine ist das

- **Umweltpogramm der österreichischen Bundesregierung (ÖPUL)** (ANONYM, 1995b) und die zweite
- das weitreichende und konsequente System des **biologischen Landbaus**.

Die **Umweltwirksamkeit** ist lediglich beim biologischen Landbau (siehe Kapitel 4.4) gesichert, beim ÖPUL steht die Evaluierung des Umweltprogramms hinsichtlich seiner Umweltschonung an (siehe Kapitel 4.5).

Ein wichtiger Bestandteil zur **Bewertung der Tätigkeit der Landwirtschaft** wurde mit Hilfe dieser Arbeit erstellt und kann als **Beweissicherung einer Region** für nachfolgende Verbesserungen oder Verschlechterungen dienen.

Die **Adressaten dieser Studie** sind in erster Linie die **Landwirte** in dieser Region, welche stellvertretend als ein großer Betrieb behandelt wurde. Ebenso sind die **Interessensvertreter und Berater** zu weiteren Analysen und Schlußfolgerungen aufgerufen.

Die **Systemgrenzen** wurden in dieser Arbeit durch die ökologischen Belastungen aus der Landwirtschaft festgelegt, da die **regionale Beeinträchtigung der Wasserkreisläufe** (Regen, Grundwasser, Oberflächengewässer) zu den wichtigsten Problemen zählt, welche durch eine nicht nachhaltige Landwirtschaft hervorgerufen werden.

Das komplexe System der Region wurde in **problembezogene Teilsysteme** zerlegt. Hauptgewicht lag auf der **Düngung**, wobei indirekt als Auswirkungsebenen noch die **Fruchtfolge** und der **Kulturrbaum** ausgemacht werden konnten. Weiters wurde versucht, die **Pflanzenschutzmittel-Aufwandsmengen** zu quantifizieren.

Die errechneten Nährstoffbilanzsalden können einerseits eine Belastung für die Gewässer nach sich ziehen und andererseits einer Ressourcenverschwendungen gleichzuhalten sein. Über kurz oder lang ist daher die Bewirtschaftung auf einen ressourcenschonenden Stand zu bringen, um nachhaltig aufrechterhalten werden zu können. Aus **ökonomischen Gründen** ist die Umstellung bereits jetzt in die Wege zu leiten.

4.1 STOFFBILANZSALDO ALS UMWELTINDIKATOR

Die **Methodik der Stoffbilanzierung** hat in den letzten Jahren eine Standardreife erreicht, so daß mit diesem Instrument das **Düngeregime eines Betriebes oder einer Region** gut abgebildet werden kann.

In Anlehnung an deutsche Arbeiten wird der **regionale Stickstoffbilanz-Saldo** als „**Umweltindikator**“ verwendet, wenngleich eine genaue Bestimmung der gasförmig entweichenden und der versickernden Stickstoffmengen derzeit noch Gegenstand von Forschungsarbeiten ist. Umweltindikatoren sollen den Zustand der Umwelt abbilden und im Zeitablauf eine Veränderung dokumentieren, die vorliegende Arbeit deckt einen wichtigen Teilespekt auf regionaler landwirtschaftlicher Ebene ab: die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanz.

Positive Stickstoff- und Phosphor-Bilanzsalden sind in diesem Zusammenhang unter Umweltgesichtspunkten **grundsätzlich negativ zu beurteilen** (WEINGARTEN, 1995).

Aus dem ausgewiesenen **Nährstoffüberschuß** der **Flächenbilanz** (siehe *Tabellen 56 und 57*) ergibt sich die Notwendigkeit, die Düngepraxis der Region näher zu betrachten. Eine **Definition einer „ausgeglichenen Düngung“**, d. h. der ausgeglichenen Nährstoffzufuhr und -abfuhr im Rahmen der ordnungsgemäßen Landwirtschaft erscheint in diesem Zusammenhang notwendig.

Bezüglich der **Stickstoffdüngung** wird in BUWAL (1993A) angeführt, daß das Ziel eine optimale Stickstoffversorgung der Nutzpflanzen wäre, bei minimalem Stickstoff-Input von außen, mit minimalen Verlusten an die Atmosphäre und Hydrosphäre und nachhaltiger Bewahrung der Bodenfruchtbarkeit.

Es erhebt sich die Frage, welche **Stickstoffverluste** als **unvermeidbar** gelten und welche eine vermeidbare Belastung darstellen und somit durch die Düngungspraxis vermindert werden können. Unvermeidbare Verluste treten in gewissem Ausmaß bei der Umwandlung des Dünger-N in pflanzliches Protein auf und vor allem bei der tierischen Veredelung, wobei diese Verluste auch zum Teil den Verbrauchergewohnheiten (hoher Fleischkonsum) anzulasten sind. FINCK (1990) gliedert die N-Verluste auf in

- eine natürliche Grundfracht, welche die unvermeidbaren Verluste aus ungedüngten Naturböden umfaßt und stellt dafür etwa 5-20 kg N/ha in Rechnung,
- eine Anbau-Grundlast, welche den unvermeidlichen Verlust bei der Produktion darstellt und veranschlagt dafür 10-20 kg N/ha und
- eine vermeidbare Belastung in der Höhe von 20 bis über 100 kg N/ha.

Die Diskussion über unvermeidbare N-Verluste bzw. **tolerierbare Nährstoffüberschuß-Salden** befindet sich derzeit im Gange (vgl. ISELMANN, 1994). In FRITSCH (1995) beispielsweise werden unvermeidbare Stickstoffüberhänge (Nitratverluste und N-Anreicherungen im Boden) im Pflanzenbau in Abhängigkeit von der Bodengüte und der Niederschlagsmenge angeführt, sie betragen zwischen 15 und 40 kg N/ha. Eine **standortspezifisch differenzierte Betrachtungsweise**, wobei vor allem Bodenart und -typ sowie klimatische Bedingungen berücksichtigt werden sollten, und die Unterscheidung nach Betriebstypen (Marktfrucht-, Futterbau-, Gemischt- und Veredelungsbetrieb) sind **jedenfalls notwendig**.

Die Landwirtschaft ist bestrebt, möglichst hohe Ernteerträge (Outputs) mit möglichst geringem Aufwand an Betriebsmitteln zu erzielen. Eine nachhaltige Landwirtschaft ist weiters gekennzeichnet durch geringe Nährstoffemissionen in Grund- und Oberflächenwasser und die Luft bzw. geringe Stoffanreicherung im Boden (Phosphor, Schadstoffe). Der effizientere Umgang mit Düngemitteln und sonstigen Nährstoffquellen (Ernterückstände, Leguminosen etc.) ist daher im Sinne einer umweltgerechten Landwirtschaft notwendig. Dieser Ansatz der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft durch Minimierung der Nährstoffverluste erscheint deshalb realisierbar, weil in Österreich aufgrund der agrarpolitischen Rahmenbedingungen die Notwendigkeit eines effizienteren Umgangs mit den Betriebsmitteln besteht.

4.2 DÜNGUNGSPRAXIS IN DER REGION

Der durchschnittliche **Einsatz von Düngemitteln in Österreich je Hektar** erscheint durch die Zurechnung der Grünlandflächen, auf welche wenig Mineraldünger aufgebracht wird, **relativ niedrig**. Werden allerdings **einzelne Gebiete** betrachtet, so zeigt sich, daß eine Anzahl dieser Gebiete bzw. Gemeinden einen **beträchtlichen Nährstoffüberschuß** aufweisen. Auch FREUDENTHALER (1991) führt an, daß **regional** in Österreich durch den Wirtschaftsdüngeranfall keine **N-Überschüsse** bestehen, diese jedoch durch **zusätzlichen**

N-Mineraldüngereinsatz hervorgerufen werden können. Schon 1988 wurde im Problem- und Zielkatalog zur Erstellung eines österreichischen Bodenschutzkonzeptes (UMWELTBUNDESAMT, 1988) festgehalten, daß nicht nur innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes, sondern auch **regional möglichst geschlossene Stoffkreisläufe** anzustreben sind.

◆ **Einflußfaktoren auf das Ausmaß der Düngung**

Die **Empfehlungsbroschüre des Beirates für Bodenfruchtbarkeit** (FACHBEIRAT FÜR BODENSCHUTZ UND BODENFRUCHTBARKEIT, 1989) wird auf Grund pflanzenbaulicher Erkenntnisse erstellt und vom Praktiker häufig verwendet, um die Düngermenge je Schlag festzulegen. Um diese Empfehlungen anwenden zu können, muß die Ertragserwartung für jeden einzelnen Schlag eingeschätzt und daraus die jeweilige Düngermenge je Feldgröße ermittelt werden.

Auf diese Einschätzung haben viele Faktoren Einfluß:

- Kurzfristig wirksame Faktoren wie der Vorjahresertrag, die Witterung, Winter- und Bodenfeuchte, Sorteneinfluß, Mengen- und Qualitätsgrößen, Produktpreis, Düngemittelkosten und
- mittel- und längerfristig wirksame Faktoren wie Standortfruchtbarkeit, Drän- und Grundwassereinfluß, Humusabbau, Bodenverdichtungen, K- und P-Vorrat im Boden und die Zu- wachserwartung.

In Anbetracht dieser vielfältigen Einflußgrößen kann eine **tendenzielle Überschätzung des Ertragspotentials nicht ausgeschlossen werden**, zumal die agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die landwirtschaftliche Produktion vorrangig steuern.

Vergleicht man die 1990 im Einzugsgebiet vorhandenen und wahrscheinlich auch aufgewendeten Handelsdünger- und Wirtschaftsdüngermengen mit den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ, 1989), so zeigt sich das hohe N-Düngungsniveau im Einzugsgebiet bzw. die hohen Ertragserwartungen, die für die Düngungsplanung angenommen werden.

Die Nährstoffempfehlung für mittlere Ertragslage beträgt für die Ackerflächen im Einzugsgebiet:

N in kg, min (bei Boden- versorgungs- stufe C)	N in kg, max (bei Boden- versorgungs- stufe A)	P in kg, min (bei Boden- versorgungs- stufe C)	P in kg, max (bei Boden- versorgungs- stufe A)	K in kg, min (bei Boden- versorgungs- stufe C)	K in kg, max (bei Boden- versorgungs- stufe A)
1.378.400	2.205.060	510.390	799.512	2.040.069	2.831.755

Die Nährstoffempfehlung für mittel-intensive Dauerwiesen bei mittlerer Ertragslage beträgt:

N in kg, mittel	P in kg, min (bei Boden- versorgungs- stufe C)	P in kg, max (bei Boden- versorgungs- stufe A)	K in kg, min (bei Boden- versorgungs- stufe C)	K in kg, max (bei Boden- versorgungs- stufe A)
355.400	77.552	108.573	413.048	531.061

Die Summe der empfohlenen Nährstoffaufwandsmengen für Acker- und Grünland bei mittlerer Ertragslage im Einzugsgebiet beträgt demnach:

N in kg min	N in kg max	P min in kg	P max in kg	K in kg min	K max in kg
1.733.800	2.560.460	587.942	908.084	2.453.117	3.362.816

Im Vergleich dazu betragen die errechneten Nährstoffaufwandsmengen in Form von Handels- und Wirtschaftsdüngern:

N in kg	P in kg	K in kg
3.014.881	749.888	1.997.349

Aus errechneter aufgewendeter Nährstoffmenge in Form von Handels- und Wirtschaftsdüngern und der Nährstoffaufwandsempfehlung gemäß den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ, 1989) ergibt sich eine über die für mittlere Ertragslage empfohlene Nährstoffzufuhr hinausgehende Stickstoffmenge in einer Bandbreite von 454.351 bis 1.281.011 kg N. Bei Phosphor beträgt die Differenz P-Düngung und P-Düngungsempfehlung zu den einzelnen Kulturen bei mittlerer Ertragslage zwischen - 158.196 und + 161.947 kg P, je nach Bodenversorgungsstufe, entspricht also im Mittel den Düngungsempfehlungen. Bei Kalium werden um 1.365.467 bis 455.767 kg K weniger, als vom FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ (1989) empfohlen, angeboten. Bezogen auf die düngungswürdige Fläche sind dies **18 bis 50 kg N/ha und -6 bis +6 kg P/ha bzw. -18 bis -53 kg K/ha**.

Die N-Aufwandsmengen im Einzugsgebiet stehen im Gegensatz zur eher durchschnittlich eingeschätzten Bodenfruchtbarkeit und dürften Hauptgrund für die errechneten Stickstoffüberschüsse sein. Erklärbar ist die hohe Ertragserwartung bei der Düngungsplanung durch die **Bodennutzungsänderung innerhalb der letzten 10-20 Jahre**, im Rahmen derer Grünlandstandorte in Ackerland umgewandelt wurden.

Aus den Daten der Bodennutzungserhebung, welche vom Österreichischen Statistischen Zentralamt (ÖSTAT) durchgeführt wird, geht hervor, daß im Bezirk Güssing 1970 das Verhältnis Ackerland zu Grünland noch 67 % zu 33 % betrug (vgl. 1990: 82 % zu 18 %).

Nach den Erhebungen beim Landwirtschaftlichen Bezirksreferat in Güssing hat in den 70er und 80er Jahren in diesem Gebiet ein **massiver Grünlandumbruch** stattgefunden, welcher von Drainagierungsmaßnahmen begleitet war. Die Größe des Grünlandes betrug 1971 im Bezirk Güssing noch 8.139 ha und sank bis 1991 auf 3.608 ha.

♦ Das Nährstoff-Nachlieferungspotential des Bodens

Durch die **Umwandlung von Dauerwiesen in Ackerland** werden in den ersten Jahren enorme Nährstoffreserven mobilisiert. KUNTZE (1989, in: HAMM, 1991) führt die **Auswirkungen des Grünlandumbruches** auf den **N-Haushalt des Bodens** an: Innerhalb von 1-3 Jahren können bis zu 6.000 kg N/ha mineralisiert werden. Diese können **meist nur ungenügend von den nachfolgenden Kulturen aufgenommen** werden. Gleichzeitig wird jedoch auch ein hohes Ertragspotential vorgetäuscht, sodaß eine Fehlorientierung in der Düngungsplanung eintreten kann.

Das **Mineralisierungspotential des Bodens** müßte in eine Nährstoffbilanz auf der Inputseite eingehen und würde somit den Bilanzsaldo beträchtlich erhöhen. Aufgrund derzeitiger methodischer Diskussionen zur Bestimmung der Stickstoffnachlieferung aus dem Boden (vgl. WENZL, 1990, 1994) wurde der Bilanzposten in dieser Arbeit außer Acht gelassen. Weiters müßte bei Einbeziehung der Stickstoffmineralisation im Boden auch der Umfang der

Immobilisation von Ammonium- und Nitrat-Stickstoff durch Mikroorganismen in Rechnung gestellt werden, diese Mengen sind ebenso nicht quantifizierbar.

In BUWAL (1993a) wird ebenso angeführt, daß bezüglich der Quantifizierung der Prozesse der Stickstoffumwandlungen im Boden noch Wissenslücken bzw. Forschungsbedarf bestehen. Die Kenntnis dieser Prozesse in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußgrößen (Boden- und Bewuchsart, Witterung, Bearbeitungsmethoden, Düngung) würde es der Landwirtschaft ermöglichen, die Kräfte der Natur optimal zu nutzen und die „treibenden“ Stickstoff-Flüsse (Handelsdünger, Futtermittelimporte) zu reduzieren.

Jedenfalls sollten nach Grünlandumbruch die mobilisierten Nährstoffmengen in der Düngungsplanung berücksichtigt werden. Für deren Quantifizierung müssen Forschungsergebnisse (Untersuchungen über mineralischen Stickstoff: N_{min} und organisch gebundenen Stickstoff: N_{org}) über die landwirtschaftliche Beratung an den Landwirt weitergegeben werden.

◆ Ökonomische Aspekte der Düngung

Unwirtschaftlich hohe Düngermengen können auch durch eine **Produktpreisänderung** zu stande kommen. Bei Preissenkungen wird in der Regel der Aufwand (die Düngermenge) gesenkt, bei Preiserhöhungen dieser Aufwand erhöht.

Seit 1995 fand in Österreich eine **gravierende Preissenkung** für Agrarprodukte statt. Verhalten sich die Landwirte ökonomisch, so ist, bei optimalen Zuständen vor der Preissenkung, mit einer **Intensitätsreduktion der Düngung** zu rechnen.

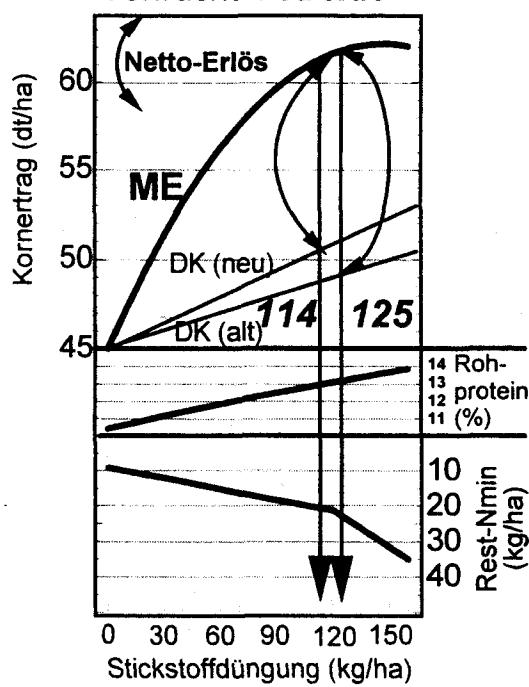
DERSCH (1995) führt an, daß es bei verringrigerter Düngermenge insbesondere im Weizenbau erforderlich ist, die Qualität zu sichern, beispielsweise durch die bewährte Gabenteilung zu drei Angebotsterminen. Bei Ölfrüchten (Raps, Sonnenblume) ist hinsichtlich Produktqualität mit geringen Verbesserungen (höherer Fettgehalt) zu rechnen. *Abbildung 12* zeigt, mit welchen Reaktionen bei dem hauptsächlichen Kostenfaktor „Düngung“ bei den wichtigsten Feldfrüchten zu rechnen ist. Die angegebenen 20 % Düngerreduktion beziehen sich auf überdurchschnittliche Standorte. Weniger ertragreiche Standorte, wie sie sich im Einzugsgebiet der Strem befinden, könnten demnach um geschätzte 15 % weniger Dünger einsetzen.

Dies würde einen **Abbau der Stickstoffüberschüsse im Einzugsgebiet der Strem von 12 %** bedeuten.

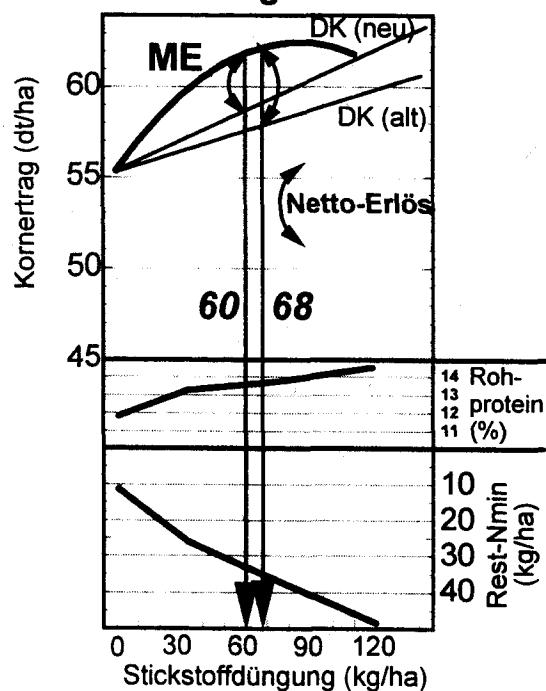
Diese **Veränderungen in der Düngungspraxis** aufgrund ökonomischer Rahmenbedingungen werden sich nicht nur in den flächenbezogenen Schlagbilanzen sondern auch in der **Regionalbilanz der Landwirtschaft** widerspiegeln. Jedenfalls ist eine **positive Umweltwirkung** zu erwarten.

Qualitätsweizen

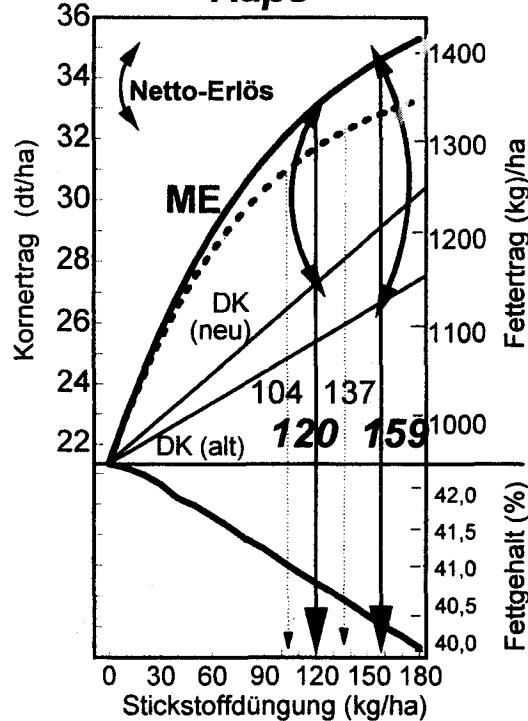
Vorfrucht Getreide



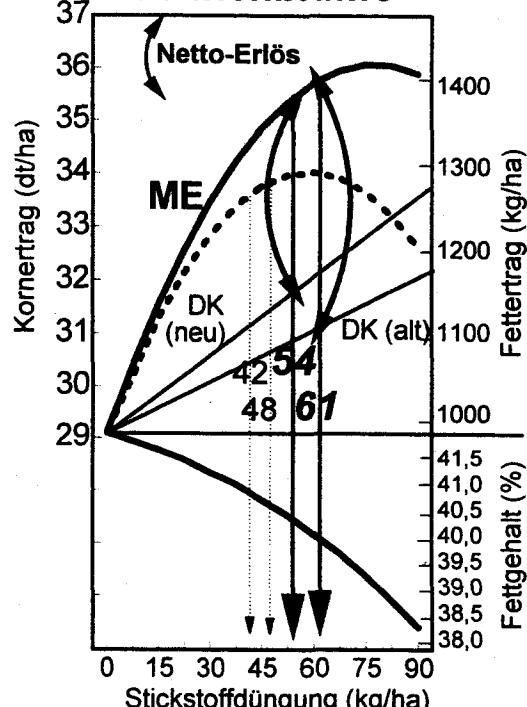
Vorfrucht Leguminosen



Raps



Sonnenblume



Legende: ME = Mehrertrag, DK = Dünger Kosten (als Dünger/Produkt-Preis-Verhältnis),
Nettoerlös = Produktpreis ("alt" oder "neu") mal ME minus Dünger Kosten

Abbildung 12: Ertrag und Netto-Erlös sowie Rohprotein- und Rest-Nmin bzw. Fettgehalt und Fett-ertrag bei ökonomisch optimalen N-Düngungsintensitäten („altes“ und „neues“ Dünger/Produkt-Preis-Verhältnis) für Qualitätsweizen in Abhängigkeit von der Vorfrucht (obere Bilder) bzw. für die Ölfrüchte (untere Bilder) (DERSCH, 1995).

4.3 NÄHRSTOFFÜBERSCHÜSSE UND MÖGLICHKEITEN DER REDUKTION

Der durch die vorliegende Bilanz ermittelte Nährstoffüberschuß weist ein **Gefährdungspotential** seitens der Landwirtschaft aus. Obwohl derzeit die Nitratbelastung des Grundwassers aufgrund der geologischen Situation im Südlichen Burgenland (MAROSI, 1990) gering ist, ist eine zeitlich verzögerte Nitratanreicherung im Grundwasser nicht auszuschließen. Die 2-4 Meter dicken, dichten Deckschichten aus Schluff, Ton und Feinsand unterhalb der humosen Bodenschicht können als schlecht wasserführend angesprochen werden (KOLLMANN, 1992). KOLLMANN führt weiter an, daß langfristig persistente Schadstoffe jedoch ebenfalls durch die ungesättigte Zone migrieren können. Bei Nitrat können Abbauprozesse durch Reduktion erfolgen, was einerseits zu gasförmigen N-Verlusten führt (Denitrifikation) und andererseits die Bildung von Ammonium zur Folge hat.

Im Sinne des **Vorsorgeprinzips** ist deshalb trotz der geologisch für den Grundwasserschutz günstigen Situation eine Änderung der landwirtschaftlichen Düngepraxis anzustreben.

Vergleichsweise sind im Grundsatzkonzept zur "Grundwassersanierung Korneuburger Bucht" (BMLF & NÖ LANDESREGIERUNG, 1993) in der Gesamtbilanz Stickstoffüberschüsse von 95-120 kg N pro Jahr und Hektar errechnet worden. Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit wurde dort jedoch auch die Mineralisation des bodenbürtigen Stickstoffs mit 90 bis 117 kg N/ha berücksichtigt. Das Einbeziehen dieses Inputfaktors in derselben Größenordnung würde für das Einzugsgebiet der Strem einen wesentlich höheren Stickstoffbilanzsaldo bedeuten, auch wenn aufgrund des geringeren „Bodenwertes“ (vgl. BMLF (HRSG.), in Druck) eine niedrigere Stickstoffnachlieferung aus dem Boden zu erwarten ist.

Daher muß der in dieser Arbeit errechnete Stickstoffüberschuß bereits als potentielle Belastungsquelle angesehen werden und Anlaß für Reduktionsmaßnahmen sein.

Prinzipiell müssen die **Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffüberschüsse** durch die landwirtschaftliche Tätigkeit sowohl bei der **Inputseite**, als auch bei der **Outputseite** ansetzen. Bei den **Nährstoffeinträgen** in das landwirtschaftliche System ist eine weitgehende Reduktion des Einsatzes an Mineraldüngern anzustreben. Daneben sollte die Verteilung und Anwendung des organischen Düngers unter Bedachtnahme auf den Nährstoffgehalt besonders berücksichtigt werden. Ebenso sollte die Nährstoffrücklieferung aus den Ernterückständen verstärkt berücksichtigt werden, da diese mengenmäßig zugleich mit der Reduktion des Viehbestandes zugenommen haben.

Die **einfache Stickstoffbilanz** (Düngung minus Entzug durch das Erntegut) sollte sich aufgrund der sinkenden Produktpreise 1995 und der damit geringeren Düngeempfehlungen bei den besonders düngungswürdigen Kulturarten **Raps** und **Winterweizen** **nahezu ausgleichen** (DERSCH, 1995). Bei anderen Kulturarten innerhalb der Fruchfolge, wie z. B. Mais, Sonnenblume und Zuckerrübe, ist sogar mit einer geringen negativen Bilanz zu rechnen (Entzug \geq Düngung). Durch die Mineralisation aus dem Bodenvorrat können diese Kulturen ihren Stickstoffbedarf abdecken.

Bei den **Nährstoffausträgen** gilt es, die Phosphoranreicherung im Boden und die Phosphor- und Stickstoffverluste auf dem Feld zu minimieren (BRAUN et al., 1994). Weiters sind hohe **Stickstoffgehalte im Erntegut** aufgrund von Stickstoff-Überversorgungen zu vermeiden. Bei Ölfrüchten (Raps, Sonnenblume) ist bei reduzierter N-Düngung (ca. 25 %) sogar mit einem um etwa 0,5 % höheren Fettgehalt zu rechnen (DERSCH, 1995).

Die **Hoftor-Bilanz**, in welche die importierten Futtermittel und die exportierten tierischen Produkte eingehen, gibt vor allem Aufschluß über den Anteil des **Bilanzpostens „Futtermittel“** an den gesamten Nährstoffüberschüssen (v. a. Stickstoff ist hier von Interes-

sc, da hauptsächlich Eiweißfuttermittel importiert werden). Da beim Einzugsgebiet der Strem keine Region mit intensiver Tierhaltung vorliegt, werden die vorgeschlagenen Maßnahmen vor allem auf die Methode der Flächenbilanz abgestimmt.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit müßten im Einzugsgebiet der Strem im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft folgende Entwicklungen angestrebt werden:

♦ **Maßnahmen auf der Inputseite:**

1. Minimierung des **Handelsdüngereinsatzes**.

Durch den Einsatz von Mineraldüngern werden über den betriebseigenen Düngeranfall hinaus Nährstoffe in den Boden gebracht, was zu bedeutenden Nährstoffüberschüssen auf den landwirtschaftlichen Flächen führen kann (vgl. auch FREUDENTHALER, 1991).

Die errechneten Bilanzüberschüsse der Flächenbilanz (74 kg N, 14 kg P, 31 kg K pro Hektar), welche in etwa den mit Handelsdüngern zugeführten Mengen entsprechen, sind Durchschnittswerte für die gesamte düngungswürdige Fläche im Einzugsgebiet. Diese Durchschnittswerte ergeben sich aus einzelnen Flächen mit geringen Nährstoffsalden (Feldfruchtbau, Grünland) und solchen mit hohen Nährstoffüberschüssen (Mais, Raps, Getreide), welche ähnlich hoch wie die Ergebnisse der Bilanzrechnungen Deutschlands liegen dürften. Die **Einsatzmengen an NPK- Düngemitteln** können negative Auswirkungen auf die Grund- und Oberflächenwassersituation bedingen und einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit entgegenstehen. Darüber hinaus belasten sie auch die **Kostenseite der Betriebe** in dieser relativ armen Agrarregion Österreichs über Gebühr (ÖVAF, 1992).

2. Aufwertung der **Wirtschaftsdünger**.

Die oben angeführte regionale Flächenbilanz zeigt, daß die Phosphor- und Kaliumentzüge durch die Erntefrüchte durch die in Wirtschaftsdüngern anfallenden Nährstoffmengen größtenteils gedeckt sind. Wenn zusätzlich N-fixierende Leguminosen in die Fruchtfolge miteingebunden werden und die N-Deposition auf die Flächen mitberücksichtigt wird, könnte die zusätzliche mineralische Düngung auf ein Minimum reduziert werden (siehe Punkt 1., Minimierung des Handelsdüngereinsatzes). Weiters könnten durch eine **überbetriebliche Verteilung** der Wirtschaftsdüngermengen vonviehhaltenden zu viehlosen Betrieben eine bessere Ausnutzung der wertvollen Nährstoffe und **finanzielle Entlastungen** durch Reduktion des Handelsdüngerverbrauches erreicht werden. Innerbetrieblich sollten die anfallenden tierischen Ausscheidungen auf möglichst allen landwirtschaftlichen Flächen des Betriebes verteilt werden (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 1988).

Die **Nährstoffgehalte** der wirtschaftseigenen Dünger sollten durch Anwendung von Richtwerten stärker berücksichtigt und mit einfachen Meßmethoden überprüft werden. Ungünstige **Ausbringungszeitpunkte und -techniken** sind in den Rahmenbedingungen der „guten fachlichen Praxis“ zu untersagen. Diese ist im Rahmen der Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie (ANONYM, 1991a) zu definieren. Weiters ist eine **ausreichende Lagerkapazität** für Wirtschaftsdünger Grundvoraussetzung für eine zeitlich und mengenmäßig optimale Ausbringung, sodaß auch diese in die „gute fachliche Praxis“ eingehen muß. Der Tierbesatz in GVE/ha sollte nicht auf die gesamte Nutzfläche eines Betriebes bezogen werden, sondern auf die nach fachlichen Kriterien abzugrenzende „begüllbare“ Fläche (vgl. HAMM (HRSG.), 1991).

3. **Einbeziehen des N-Nachlieferungspotentials aus dem Boden.**

Zusätzlich sollte eine Anpassung der Düngung an den mengenmäßigen Bedarf der Pflanzen durch **Erfassung des mineralisierten Stickstoffs (N_{min})** durchgeführt werden. Die

N_{min} -Untersuchungen könnten durch die landwirtschaftliche Beratung forciert und die Ergebnisse verbreitet werden, sodaß die Düngungsplanung daran angepaßt werden kann.

Schon in UMWELTBUNDESAMT (1988) wurde darauf hingewiesen, daß weiterer Forschungsbedarf für die Ermittlung gesicherter Parameter zur Abschätzung und Prognose der tatsächlichen Mineralisierung (N-Nachlieferung) im Laufe einer Vegetationsperiode im Boden besteht. Dies ist auch heute noch der Fall. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis ist wünschenswert.

4. Stärkere Berücksichtigung der Nährstoffrücklieferung aus den eingearbeiteten Ernterückständen.

Die relativ geringen Entzugswerte und dadurch höheren Bilanzsaldowerte für Stickstoff und Phosphor im Einzugsgebiet der Strem sind dadurch bedingt, daß die **Ernterückstände** (Stroh, Blätter) **größtenteils auf den Feldern eingearbeitet** und dadurch nicht in den Bilanzposten „Abfuhr mit dem Erntegut“ eingerechnet werden. Die Nährstoffrücklieferung muß in der Düngeplanung berücksichtigt werden und eine **Reduktion des Düngereinsatzes** bedingen, auch dies würde den **finanziellen Mittelabfluß reduzieren**.

5. Betriebliche Nährstoffbilanzen.

Die **jährliche Kalkulation** betrieblicher Hoftor-Bilanzen und schlagbezogener Nährstoffbilanzen sollte in der landwirtschaftlichen Beratung und Praxis mit Nachdruck forciert werden. Neben den **positiven Umweltauswirkungen** bringt sie auch **ökonomische Vorteile** für den Landwirt. In Deutschland haben Hoftor-Bilanzen für landwirtschaftlichen Betriebe bereits in die Düngeverordnung vom Februar 1996 (ANONYM, 1996) Eingang gefunden; in der Schweiz sind sie im Rahmen von Förderungen vorgeschrieben. Eine **ausgeglichene Betriebsbilanz** (Importe \leq Exporte) beschreibt die **Autonomie des Betriebes** und den Grad der Ausnutzung und Pflege betriebseigener Ressourcen (hofeigene Wirtschaftsdünger, Futtermittelanbau, Bodenpflege durch geeignete Fruchfolge und Bearbeitung etc.). Eine ausgeglichene Feldbilanz, in welcher Nährstoffzufuhr und -abfuhr im Rahmen der Fruchfolge im Gleichgewicht sind, bedeutet Minimierung der Nährstoffverluste auf ein umweltverträgliches, unvermeidbares Maß. FREUDENTHALER (1991) gibt beispielsweise an, daß, um Stickstoff-Verluste zu minimieren, die Düngung auf den Nährstoffentzug auszurichten ist, wobei die Durchführung einer N-Bilanzierung insbesondere für eine **längerfristige Beobachtung der N-Flüsse** hilfreich ist.

6. Reduktion der **Futtermittelimporte** (v. a. Eiweißfuttermittel - Sojaschrot).

Bei den Futtermittelimporten ins Einzugsgebiet der Strem überwiegen die **Eiweißfuttermittel**, im wesentlichen Sojaschrot (Stickstoffinput von 12,2 kg N/ha, vgl. Österreich-Durchschnitt: 14,5 kg/ha (KÖCHL, 1988)). Einerseits bedingen die Futtermittelzukaufe **finanzielle Mittelabflüsse**, andererseits ermöglicht die Tierernährung auf Sojaschrotbasis den massiven Einsatz von Mais als ideale Ergänzung in der Tierernährung zur Deckung des Energiebedarfs. Infolgedessen wird ein großer Teil der Ackerfläche für **Maisanbau** genutzt und das Grünland verliert an Bedeutung. Aus Sicht der Nährstoffbilanz ist Mais jedoch sowohl auf der Inputseite (Düngungsintensität) als auch auf der Outputseite (Erosion, Oberflächenabschwemmung, Auswaschung) problematisch.

7. Reduktion des **Pestizidaufwandes**.

Der **Pestizideintrag** dürfte 1990 fast doppelt so hoch wie der österreichweite Durchschnitt bezogen auf Hektar „pflanzenschutzmittelwürdige Fläche“ gewesen sein (2 bis 2,24 kg Wirkstoff/ha, vgl. Durchschnitt Österreich: 1,22 kg Wirkstoff/ha (KÖCHL, 1988)). Problematisch bezüglich der Grundwasserbelastung waren 1990 vor allem die **atrazinhaltigen Herbizide**, welche hauptsächlich im Maisanbau eingesetzt wurden

(1 bis 2 kg Atrazin/ha, siehe S. 93). Im **Getreidebau** (50 % der Ackerfläche) wurden ebenfalls bis zu 2 kg Wirkstoffeintrag pro Hektar (**MCPP, 2,4 D und MCPA**) errechnet (siehe S. 93).

♦ **Maßnahmen auf der Outputseite:**

1. Erhöhung des Grünlandanteils - Wiesenrückführung.

Das **Verhältnis von Acker- und Gartenland zu Grünland** im Jahr 1990 im Einzugsgebiet der Strem von 86 % zu 14 %, (vgl. Österreich: 43 % zu 57 %) wirkt sich einerseits negativ auf die Stickstoffbilanz aus und steht andererseits einem vielfältigen Kulturlandschaftsbild als Umfeld für touristische Nutzungen und einer nachhaltigen Regionalentwicklung entgegen.

Durch einen höheren Grünlandanteil könnte auch die Importabhängigkeit am Futtermittel-sektor vermindert werden. Dies würde dazu beitragen, die Vorleistungen (den finanziellen Aufwand) in der landwirtschaftlichen Produktion zu senken.

2. Möglichst ganzjährige Bodenbedeckung mit Pflanzen.

Bei **Mais- und Rapsanbau** ist die Bodenbedeckung monatelang nicht gegeben, die beiden Kulturen werden auf insgesamt 33 % der Ackerfläche in der Region angebaut (vgl. Österreich 1990: 25 %).

Bei Mais können der späte Anbau und der späte Blattschluß im Sommer sowie die Brachezeit während des Winters zu großen Stickstoffverlusten führen. Bei Rapsanbau ergeben sich im Sommer Bracheperioden, in denen die vegetative Pflanzenmasse nach der Ernte auf der Fläche verbleibt und zu Nährstoffüberschüssen führen kann.

Daher sind bei diesen düngungsintensiven Kulturen **Zwischenfruchtanbau und Untersaaten** erforderlich. Dadurch wird der nach der Mais- und Rapsernte vorhandene mineralische Stickstoff in diesen Pflanzen konserviert und steht nach Einarbeitung den nachfolgenden Kulturen zur Verfügung. Die **Stickstoff-Auswaschungsgefahr** in das Grundwasser wird dadurch reduziert. Wird die Zwischenfrucht im Herbst als Futter genutzt und erst im Frühjahr eingearbeitet, ist die Verminderung der Nitratverlagerung besonders groß (GUTSER UND VILSMEIER, 1987).

3. Maßnahmen im Tierhaltungsbereich zur Verringerung der Ammoniak-Emissionen.

Laut den in dieser Arbeit angestellten Berechnungen für die **Ammoniak-Verflüchtigung** entstammen rund 88 % der anthropogen bedingten Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung und 12 % aus der Anwendung von Mineraldüngern. Diese Zahlen sind vergleichbar jenen aus HAMM (1991), welcher die Notwendigkeit verstärkter Anstrengungen im Tierhaltungsbereich daraus ableitet.

Vor allem bei der **Güllewirtschaft** können beträchtliche gasförmige Stickstoffverluste entstehen (Aufmischen der Gülle, Ausbringung auf dem Feld), welche durch Maßnahmen wie geschlossene Güllegruben, rasche Einarbeitung der Gülle auf dem Feld, Wahl des richtigen Ausbringungszeitpunktes (Windstille, bewölkte Tage) und Aufteilung der Göllegaben verringert werden können. Auch Zusatzstoffe können die Ammoniakabgasung verringern: Organische Kohlenstoffquellen (z. B. Häckselstroh, Strohmehl) fördern aerobe Bakterien, welche Ammonium-Stickstoff organisch binden und Gesteinsmehle führen zu einer Bindung des Ammoniumstickstoffs durch Sorption an den Oberflächen oder Fixierung in den Zwischenschichten (HEß et al., 1992).

4. Reduktion der Stickstoff-Mineraldüngung zur Verringerung der Denitrifikationsverluste.

Die **Denitrifikationsverluste** aus dem Boden, welche vor allem in verdichteten, sauerstoffarmen Böden beträchtliche Ausmaße erreichen können, sollten durch eine Reduktion der Ausbringung von N-Düngern verringert werden. Global betrachtet (vgl. KROETZE, 1994 in: KRAPFENBAUER UND WRIESSNIG, 1995) sind die Mineraldünger mit 27 % und die organischen Dünger mit 24 % an den jährlichen N₂O-Emissionen beteiligt. Im Einzugsgebiet der Strem wäre es aufgrund der Mengenverhältnisse die wirkungsvollste Maßnahme, den **Einsatz mineralischer Stickstoffdünger zu reduzieren**.

5. Maßnahmen bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger zur Verringerung des Oberflächenabflusses.

Durch folgende Maßnahmen, welche die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern (Gülle, Jauche) betreffen, können Nährstoffverluste durch **Oberflächenabfluß** verringert werden:

- Verdünnung der Gülle mit Wasser, damit sie schneller in den Boden eindringen kann
- bodennahe Gülleausbringung mit Schleppschläuchen
- Einarbeitung der Gülle in den Boden
- Verzicht auf Düngung mit Wirtschaftsdüngern auf gefrorenen, wassergesättigten und schneebedeckten Böden oder in hängigem Gelände
- Einhalten eines Mindestabstandes von 10 m zu offenen Gewässern

Weitere Maßnahmen zur Verringerung des Oberflächenabflusses betreffen vor allem die Förderung „natürlicher Landschaftselemente“, wie Hecken, Raine, Gehölzstreifen, Terrassen.

6. Flurbezogene und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verringerung der Erosion.

Zur Verringerung der **Erosion** bei erosionsgefährdeten Kulturen können einerseits flurbezogene (Raine, Hecken, Querbearbeitung) und andererseits pflanzenbauliche Maßnahmen (Fruchfolge, Untersaat, Dauerbegrünung, Erosionsstreifen etc.) ergriffen werden. Als Maßnahmen des direkten Gewässerschutzes kommen vor allem Gras- oder Gehölzstreifen entlang der Uferbereiche in Betracht. Ein Maßnahmenkatalog zur vorbeugenden Erosionsbekämpfung ist in UMWELTBUNDESAMT (1988) enthalten. Da in Maisbaugebieten die Erosionsproblematik besonders deutlich auftritt, werden für den Maisbau spezielle Maßnahmen angeführt: Zwischenfruchtbau, Untersaaten, Ersatz des Silomaisanbaues in Hanglagen, Getreidestreifen quer zum Hang etc..

Weitere **Maßnahmen zur Emissionssenkung und Stoffverringerung** auf lokaler Ebene werden in UMWELTBUNDESAMT (1994) angeführt:

- Ein forciertter Auf- und Ausbau neutraler Düngungsberatungsstellen auf lokaler und regionaler Ebene und entsprechende Anreize zu deren Inanspruchnahme, wobei die bereits bestehenden Stellen der Landwirtschaftskammern die geeignetste Ausgangsbasis sind.
- Gründung von Interessengemeinschaften von an einer Optimierung des Düngemittelaufwandes interessierten Landwirten.
- Führung von Ackerschlagdateien und Anbieten von Informationen über Fruchfolgevorschläge, Zwischenfruchtbau etc.
- In Problemregionen: Einführung von Emissionslizenzen oder anderen umweltökonomischen Instrumenten, wie z. B. Güllebanken als Ausgleichsinstrument für den Wirtschaftsdüngeranfall.

- Einführung von Beratungsprojekten in Problemregionen, welche Entschädigungs- und Förderungsprogramme beinhalten.
- Abgaben auf Stickstoff aus Mineraldüngern mit einer Rückführung der Mittel über Ausgleichszahlungen bzw. Ausgabenerleichterungen. Dadurch könnte die Akzeptanz einer Abgabe bei den Landwirten erhöht werden.
- Auflagen für die Wirtschaftsdüngerausbringung. Menge und Zeitraum der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, vor allem von Gülle, sollten beschränkt werden. Dies ist auch für die Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie (ANONYM, 1991a) zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen notwendig.

4.4 NÄHRSTOFFBILANZEN IM BIOLOGISCHEN LANDBAU

• Hoftor-Bilanz

Auf betriebswirtschaftlicher Ebene ist das Ziel einer **ökologischen Landwirtschaft**, mit betriebseigenen Energie- und Stoffressourcen zu arbeiten. Diese stehen kostenlos und im Rahmen des Betriebes zur Verfügung und der Landwirt kann somit den Zukauf von Betriebsmitteln reduzieren. Während bei **konventionell wirtschaftenden Betrieben** durchwegs **positive Hoftor-Bilanzen**, d. h. Nährstoffüberschüsse am Betrieb, in der Literatur errechnet wurden (GÄTH et al., 1991, KLOEN UND VEREJKEN, 1994), bewegen sich die **Bilanzzahlen für alternativ/biologisch wirtschaftende Betriebe** um 0 bzw. im leicht negativen Bereich (HEGE UND WEIGELT, 1991, KOEPF et al., 1989, GÖTZ, 1995). Die **Ökosystemverträglichkeit des biologischen Landbaus** im Unterschied zum konventionellen Landbau, welcher mit weitaus höheren Nährstoffinputs wirtschaftet, kann durch diese Ergebnisse unterstrichen werden. Die **Nährstoffversorgung des Viehs** wird im biologischen Landbau größtenteils durch **innerbetriebliche Ressourcen** gedeckt. Obwohl die Abhängigkeit von Nährstoffzukauf und Fremdenergie reduziert ist, weisen die bilanzierten biologischen Betriebe gute Erträge und Leistungen auf.

• Flächenbilanz

Im Rahmen eines Forschungsprojektes auf dem biologisch-dynamisch bewirtschafteten Boschheide Hof wurde die **Entwicklung der Nährstoffgehalte in den Ackerböden** beobachtet (PAFFRATH, 1994). Die Phosphat- und Magnesium-Gehalte im Boden blieben **seit der Umstellung** auf demselben Niveau, die Kaliumgehalte sanken hingegen kontinuierlich ab, dies war auch an den negativen Kalium-Bilanzsalden der Hoftor-Bilanz ablesbar. Trotzdem konnten die Erträge und Qualitäten aller Feldfrüchte verbessert bzw. stabilisiert werden; auch traten keine K-Mangelscheinungen auf (PAFFRATH, 1994).

Die flächenbezogenen **N-Bilanz-Salden konventioneller Betriebe** (HÜLSBERGEN und BIERMANN, 1993, BACCINI UND VON STEIGER, 1992, GÄTH et al., 1991, BIERMANN et al., 1993) für einzelne Ackerschläge betragen im Mittel ca. 100-150 kg N/ha und sind vor allem aufgrund des Mineraldüngereinsatzes durchwegs **höher als bisher im biologischen Landbau** errechnete **N-Bilanz-Salden**. Die Gründe dafür sind, daß im biologischen Landbau mineralische Stickstoffdünger verboten sind, der Futtermittelzukauf begrenzt ist und die flächengebundene Tierhaltung entsprechend niedrigere Tierbesatzdichten aufweist. Die auf die Flächen aufgebrachten N-Mengen betragen daher im Durchschnitt weniger als 100 kg/ha und Jahr (Wirtschaftsdünger und Stickstoffixierung der Leguminosen), die Bilanzsalden und somit auch die Stickstoffverluste bzw. -emissionen sind dadurch erheblich geringer (BURDICK, 1994).

Der biologische Landbau legt großes Augenmerk auf die Bodenpflege und Behandlung und Ausbringung des organischen Düngers, welcher neben der symbiotischen Stickstofffixierung durch Leguminosenanbau die Hauptnährstoffquelle ist und somit auch voll ausgenutzt werden muß. Nährstoffverluste müssen auch aus ökonomischen Gründen möglichst gering gehalten werden. Dadurch ist diese Wirtschaftsweise am ehesten Garant dafür, daß zum einen Nährstoffüberschüsse vermieden und zum anderen Nährstoffverluste möglichst gering gehalten werden.

In UMWELTBUNDESAMT (1993) wurden Forschungsdefizite zum biologischen Landbau aufgelistet. Die Nährstoffversorgung und das Erkennen und Ausgleichen von Nährstoffdefiziten sind ein zentrales Thema in der Forschung zum biologischen Landbau und die Erarbeitung von Nährstoffbilanzen für verschiedene, biologisch wirtschaftende Betriebstypen in Österreich ist daher notwendig.

4.5 DIE EU-VERORDNUNG 2078/92 FÜR EINE UMWELTGERECHTE LANDWIRTSCHAFT

Das Bilanzierungsjahr dieser Arbeit ist 1990, seit 1995 wird die österreichische Agrarpolitik durch die Rahmenbedingungen der EU dominiert. Das dadurch übernommene Preisgefüge wird einerseits zu Extensivierungen und andererseits jedoch auch zu Konzentrationsvorgängen in der Agrarstruktur führen.

Die EU-Verordnung 2078/92 wird durch das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) (ANONYM, 1995b) umgesetzt, welches mit einer Laufzeit von 5 Jahren (bis 1999) eingeführt ist.

Durch die Teilnahme von ca. 90 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich an diesem Programm können sich Änderungen der Düngepraxis in der Region ergeben. Diese Änderungen sollten die Umweltsituation verbessern, eine tatsächliche Beweisführung steht jedoch noch aus. Eine Abschätzung der Entwicklung des Handelsdüngerverbrauches 1995 wäre notwendig, die 1990 verwendete Datenbasis ist jedoch aufgrund der Abschaffung der Düngemittelabgabe (Marktordnungsgesetznovelle 1994) nicht mehr verfügbar. Weiters müßten die detailliert erhobenen Daten aus dem ÖPUL zugänglich gemacht werden, um umweltrelevante Entwicklungen aufzeigen zu können.

Die Begünstigung von Ackerbaubetrieben durch das ÖPUL ist anzunehmen, weil aufgrund der Fördersätze eine tendenzielle Abwertung des Grünlands erfolgt. Eine aktive Grünlandrückführung wird durch das Programm nicht forciert. Extensiv genutztes Grünland (Hutweiden, Bergmähder) wird weniger gefördert als mehrschnittige Dauerwiesen, welche einen vergleichsweise höheren Düngerinput aufweisen.

Die Kontrolle der Fördervoraussetzungen in den Betrieben ist im Vergleich zu den Überprüfungs vorschriften der Biobauern, welche einmal jährlich kontrolliert werden müssen, auf eine fakultative Überprüfung beschränkt.

Das Prinzip der Kreislaufführung der Nährstoffe muß auf der Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes angestrebt werden (Wirtschaftsdüngerverwertung, Futterbau, Gründüngung etc.). Inwieweit dieses Prinzip in das ÖPUL Eingang gefunden hat, sollte Gegenstand einer Evaluierung sein.

5 LITERATUR

- Aichberger, K. (1991): Situation of Sewage Sludge in Austria - Use in Agriculture, National Guidelines and Laws, Future Aspects, in: Treatment and Use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Wastes, Herausgeber Elsevier Science Publisher, Essex, GB.
- Amt der NÖ LReg. (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung) (1988): Bericht zum Nitratproblem aus der Sicht der Wasserwirtschaft. Amt der NÖ Landesregierung - Abt. B/9, Wasserwirtschaft - Abfallwirtschaft. Sachbearbeiter: Odehnal, H. und Tschulik, M.
- Anonym (1989): Trinkwasser-Nitratverordnung. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl. 557 / 1989. 232. Stück.
- Anonym (1990a): Hydrographiegesetz. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl. 252/90 i.d.g.F.
- Anonym (1990b): Wasserrechtsgesetz. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl 215/1959 idF. BGBl. 252/1990.
- Anonym (1991a): Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91/676/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 375.
- Anonym (1991b): Trinkwasser-Pestizidverordnung. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl. 446 /1991. 164. Stück.
- Anonym (1991c): Grundwasserschwellenwertverordnung - GSvW. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl. 502 / 1991, 182. Stück.
- Anonym (1991d): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Erhebung der Wassergüte in Österreich (Wassergüte-Erhebungsverordnung).
- Anonym (1995a): Oberflächen-Trinkwasserverordnung. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, BGBl. 359 / 1995, 113. Stück.
- Anonym (1995b): Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) gemäß Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren.
- Anonym (1996): Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngerverordnung). Bundesgesetzblatt Z 5702, Teil I, ausgegeben zu Bonn am 6. Februar 1996, Nr. 6., Bonn.
- Auerswald, K., Isermann, K., Olfs, H.W. und Werner, W. (1990): Stickstoff- und Phosphateintrag in Fließgewässer über „diffuse Quellen“. In: HA „Phosphat und Wasser“ in der Fachgruppe Wasserchemie in der GDCh (Hrsg.): Wirkungsstudie Fließgewässer, 1990.
- Auerswald, K. (1992): Gewässerschutzprobleme durch Bodenerosion in der BRD. Beitrag zum ÖWAV-Seminar: Bodenerosion - ein Problem für die Gewässer. Wien.
- Auerswald, K. (1993): Realisierung durch die Landwirtschaft - Gewässerschutz durch Bodenschutz. In: Belastungen der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft - gemeinsame Lösungsansätze zum Gewässerschutz. Hrsg.: Vorstand des Dachverbandes DAF (Red.: H.-P. Wodsak). Schriftenreihe agrarspectrum Band 21. DLG-Verlag, BLV-Verlag, Landwirtschaftsverlag, Österr. Agrarverlag, BUGRA SUISSE.
- Baccini, P. und Brunner, P. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Heidelberg.
- Baccini, P. und Von Steiger, B. (1992): Die Stoffbilanzierung landwirtschaftlicher Böden - Eine Methode zur Früherkennung von Bodenveränderungen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 156, 45-54.

- Bach, M. (1987): Die potentielle Nitratbelastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. *Göttinger Bodenkundl. Ber.* 93: 1-186.
- Bach, M. (1990): Ausmaß und Bilanz der Nitratbelastung durch die Landwirtschaft. In: Rosenkranz D., Einsele, G., Harress, H.M.: Bodenschutz (Ergänzbares Handbuch, 5. Ergänzungslfg., Kennziffer 4300). E. Schmidt, Berlin S. 1-27.
- Bach, M., Gäth, S. und Frede, H.-G. (1991): Abschätzung des Nitrat-Belastungspotentials aus der Landwirtschaft mittels Stickstoff-Bilanzierung. In: *Stoffkreisläufe - Grundlagen umweltgerechter Landbewirtschaftung*, hrsg. von Günther Leithold. Kongreß- und Tagungsberichte der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1991/22 (S. 73).
- Bach, M., Rode, M., Frede, H.-G. (1992): Abschätzung der kurzfristig möglichen Verminderung der Stickstoff-Düngung in der Landwirtschaft im Bundesgebiet (westl. Länder). *Landwirtschaftliche Forschung*, Kongreßband 1992.
- BASF (1986): Nitrat im Trinkwasser - Sündenbock Landwirtschaft? *BASF- Mitteilungen für den Landbau*. Agricultural Bulletin 2/1986.
- Biermann, St., Hülsbergen, K.-J. und Gersonde, J. (1993): Flächendeckende, regional differenzierte Stickstoffbilanzierung für das Gebiet der neuen Bundesländer. Vortrag auf dem 105. VDLUFA-Kongreß, 20.-25.Sept. 1993 in Hamburg.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (Hrsg.) (in Druck): *Österreichische Bodenkartierung, Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000. Kartierungsbereich Güssing*. Wien.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1991): *Wirtschaftsdünger - Richtige Gewinnung und Anwendung*. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz. Sonderausgabe der Zeitschrift „Förderungsdienst“.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) & NÖ Landesregierung (1993): *Grundsatzkonzept Grundwassersanierung Korneuburger Bucht*. Gruppe Wasser, unveröffentlicht. Wien.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (Hrsg.) (1994): *Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1990*, 98. Band.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1995): Auskünfte von Min.Rat. Dr. Ratheiser über GVE- Umrechnungsschlüssel in Österreich.
- Braun, M., Frey, M., Hurni, P. und Sieber, U. (1991): Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer im Rheineinzugsgebiet der Schweiz unterhalb der Seen (Stand 1986). Bericht 1. Teil. FAC Liebefeld und BUWAL Bern.
- Braun, M., Hurni, P. und Spiess, E. (1994): Phosphor- und Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft. Abschätzung für die Schweiz und das Rheineinzugsgebiet unterhalb der Seen. Hrsg.: Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene.
- Brunner, H., Maidl, F. X., Köbler, M. und Heissenhuber, A. (1995): Untersuchungen zur Konkretisierung des Begriffs „ordnungsgemäße Landwirtschaft“ im Sinne des Gewässerschutzes. Ber. Ldw. 73, 242-257.
- Buchner, A. und Sturm, H. (1980): Gezielter düngen: intensiv - wirtschaftlich - umweltbezogen. DLG-Verlag Frankfurt (Main).
- Burdick, B. (1994): Ökolandbau - die klimaverträgliche Alternative. *Zeitschrift Ökologie und Landbau*, 22. Jg.
- BUWAL (1993a): Der Stickstoffhaushalt in der Schweiz, Konsequenzen für Gewässerschutz und Umweltentwicklung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 209. Hrsg: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- BUWAL (1993b): Anhang zum Bericht BUWAL (1993a): Der Stickstoffhaushalt in der schweiz. Konsequenzen für Gewässer und Umweltentwicklung. Bern.

- DBG (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft) (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat, AG Bodennutzung in Wasserschutz- und -schongebieten. Oktober 1992.
- Dersch, G. (1995): Stickstoffdüngung im Ackerbau mit „neuen Vorgaben“. Zeitschrift Blick ins Land, 2/95. Wien.
- Deutscher Bundestag (1994): Bericht des Ausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung (20. Ausschuß) gemäß § 56a der Geschäftsordnung des Deutschen Bundestages zur Technikfolgenabschätzung (TAB), hier: „Grundwasserschutz und Wasservorsorge“. Drucksache 12/3270, 12.07.1994.
- DLG (1991): DLG-Futterwerttabellen - Schweine. 6., erw. und völlig neu gestaltete Aufl., DLG (Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft) Verlag-Frankfurt am Main.
- DWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau) (1993): Pressemitteilung zur Arbeitstagung „Belastungen der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft - gemeinsame Lösungsansätze zum Gewässerschutz“ in Bonn.
- EK (1994): 2. Bericht der Enquete-Komission „Schutz der Erdatmosphäre“: Klimaänderung, Landwirtschaft und Wälder, Deutscher Bundestag, Bonn.
- Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (1989): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. BMLF und BA für Bodenwirtschaft, Wien.
- Finck, A. (1979): Dünger und Düngung: Grundlagen, Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie, Weinheim und New York. in: Hamm, A. (Hrsg.) (1991).
- Finck, A. (1990): Umweltbelastung durch Düngung: kritische Interpretation regionaler Daten. VDLUFA-Kongreßband 1990, p. 237 - 242.
- Frere, M.H., Seely, E.H. und Leonar J. R.A. (1982): Modeling the quality of water from agricultural land. In: Haan, C.T., Johnson H.P. & Brankensiek (Hrsg.): „Hydrologic modeling of small watersheds“, ASAE Monograph 5, 383-405.
- Freudenthaler, P. (1991) in: BMLF (Hrsg.): Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991: Grundwassersanierung bei flächenhafter Nitratbelastung. Sonderausgabe der Zeitschrift „Förderungsdienst“. Wien.
- Friesecke H. (1984): Handbuch der praktischen Fütterung. Verlagsunion Agrar, BLV München.
- Fritsch, F. (1995): Nährstoffbilanzen richtig erstellen. Hoftor- und Feld-Stall-Bilanz im Vergleich. DLZ Nr.10, p. 23 - 26.
- Gäth, S., Bach, M. und Frede, H.G. (1991): Beurteilung der Nitratbelastung des Grundwassers mit Hilfe von betriebs- und flächenbezogenen Stickstoff-Bilanzen. Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt, Nr. 36.
- Gäth, S. (1995): Persönliche Mitteilung zur Einbeziehung des Nebenerzeugt-Anteils in den Output der Flächenbilanz.
- Götz, B. (1995): Nährstoffbilanzierung von Agrarökosystemen am Beispiel eines biologisch wirtschaftenden Betriebes im Unteren Mühlviertel. Diplomarbeit an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien zur Erlangung des akademischen Grades Magistra der Naturwissenschaften. Wien.
- Gregori, M. & Puxbaum, H. (1994): Forschungsprojekt Schadstoffdeposition im Weinviertel, Teil 2: Trockene Deposition. i.A. des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und des Landes Niederösterreich. Institut für Analytische Chemie, TU Wien.
- Gruber, L., Wiedner, G., Vogel, A. und Guggenberger, T. (1994): Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Die Bodenkultur, Heft 1 (Februar 1994). 45. Band.

- Gutser, R. und Vilsmeier, K. (1987): Mineralization of various catch crops and utilization of N by plants. Proceedings of 4th Int. Symposium of CIEC, Braunschweig. in: Hamm, A. (Hrsg.) (1991).
- Halbwachs, G. (1992): Unterlagen zur Vorlesung „Luftverunreinigungen und ihre Wirkung auf die Vegetation“ im WS 92/93 an der Universität für Bodenkultur Wien.
- Hamm, A. (Hrsg.) (1991): Studie über die Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern. Gesellschaft Deutscher Chemiker / Hauptausschuß Phosphate und Gewässer / Arbeitskreis Wirkungsstudie. Sankt Augustin: Academia-Verl., 1991.
- Hege, H. & Weigelt, H. (1991): Nährstoffbilanzen alternativ wirtschaftender Betriebe. Landwirtschaftliches Jahrbuch 68. Jhrg., Heft 4/91.
- Heß, J., Piorr, A. und Schmidtke, K. (1992): Grundwasserschonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau? Veröffentlichungen des Instituts für Wasserforschung GmbH Dortmund.
- Hurle, K., Lang, S. und Kirchhoff, J. (1993): Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel. In: Belastungen der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft - gemeinsame Lösungsansätze zum Gewässerschutz. Hrsg.: Vorstand des Dachverbandes DAF (Red.: H.-P. Wodsak). Schriftenreihe agrarspectrum Band 21. DLG-Verlag, BLV-Verlag, Landwirtschaftsverlag, Österr. Agrarverlag, BUGRA SUISSE.
- Hülsbergen, K.-J. (1991): Analyse und Bewertung landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe - Methoden, Untersuchungsergebnisse, Empfehlungen. Kongreß- und Tagungsberichte der Univ. Halle 22:S.62-76.
- Hülsbergen, K.-J. (1992): Studies of matter cycles in ecologically managed farms. In Proc. 9th Int. Scientific Conf. Organic agriculture, a key to a sound development and a sustainable environment. 16-21 November 1992 in São Paulo, S. 51-59.
- Hülsbergen, K.-J. und Biermann, St. (1993): Methoden zur Analyse und Bewertung landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe. Vortrag auf dem 105. VDLUFA-Kongreß, 20.-25. Sept. 1993 in Hamburg.
- Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.) (1994): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1990. 98. Band, Hydrographischer Dienst Österreich. Wien.
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen) (1987): Aktionsprogramm „Rhein“. Strasbourg. 25 Seiten, zweisprachig.
- Isermann, K. (1990): Die Stickstoff- und Phosphor- Einträge in die Oberflächengewässer der Bundesrepublik Deutschland durch verschiedene Wirtschaftsbereiche unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoff- und Phosphor-Bilanz der Landwirtschaft und der Humanernährung. In: Schriftenreihe der Akademie für Tiergesundheit, Band 1, S. 358 - 413, 1990.
- Isermann, K. (1991): Die Stickstoff- und Phosphorbilanzierung der Landwirtschaft und daraus abgeleitete Lösungsansätze für eine zukünftige umweltverträgliche(re) Land(schafts)bewirtschaftung. Kongreß- und Tagungsberichte der Univ. Halle 22:S.62-76.
- Isermann, K. (1992): Nährstoffbilanzen und aktuelle Nährstoffversorgung der Böden. Berichte über Landwirtschaft, Sonderband 1992.
- Isermann, K. (1994): Lösungsansätze und Lösungsaussichten für eine hinsichtlich des Nährstoffhaushaltes nachhaltige Landwirtschaft in Deutschland bis zum Jahre 2005. Im Auftrag der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.
- Isermann, K. und Isermann, R. (1994): Ausgangslage und Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft aus der Sicht ihres Nährstoff- und Energiehaushaltes. VDLUFA Schriftenreihe 38, Kongreßband 1994.

- Isermann, K. und Isermann, R. (1995): Die Anteile des N-Austrages mit dem Sickerwasser aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche über die (un)gesättigte Zone in die Oberflächengewässer Westeuropas/EU und Deutschlands an der jeweiligen N-Bilanz der Landwirtschaft (1987/92). BAL Bericht über die 5. Gumpensteiner Lysimetertagung „Stofftransport und Stoffbilanz in der ungesättigten Zone“, Bundesanstalt für Landwirtschaft Gumpenstein.
- ISOE (1991): Bericht und Darstellung von Einzelaspekten im Vorhaben „Qualitative Analysen von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers im Verursacherbereich Landwirtschaft“ (1. Studienteil). Institut für sozial-ökologische Forschung GmbH, Frankfurt, Oktober 1991.
- Kaas, T., Fleckseder, H. und Brunner, P.H. (1994): Stickstoffbilanz des Kremstales. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (TU Wien) in Zusammenarbeit mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung.
- Klaghofer, E. (1986): Möglichkeiten zur Minimierung des Nitrateintrages in das Grundwasser. Der Förderungsdienst Heft 9, S. 235- 240.
- Klaghofer, E. (1991): Bodenerosion und Wasserhaushalt. Ber. über Landwirtschaft, 205. Sonderheft. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Kloen, H. und Vereijken, P. (1994): Development of Ecological Nutrient Management with Pilot Farmers. in: Ecological and Integrated Farming Systems, Proc. 13th Long Ashton International Symposium.
- Köchl, A. (1988): Belastungen aus der Landwirtschaft. In: Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 75, Wien.
- Kollmann, W. (1992): Umweltgeologie und Kontaminationsrisiko südburgenländischer Grundwasservorkommen. BMWF und Burgenländische Landesregierung. Wien, unveröffentlicht.
- Koepf, H.H., Kaffka, S. und Sattler, F. (1989): Nährstoffbilanz und Energiebedarf im landwirtschaftlichen Betriebsorganismus: landwirtschaftliche Systeme und ihre Bewertung. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben, 1989.
- Köster, W., Severin, K., Möhring, D. und Ziebell, H.-D. (1988): Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen landwirtschaftlich genutzter Böden der Bundesrepublik Deutschland von 1950 - 1986. Landwirtschaftskammer Hannover, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Hameln.
- Krapfenbauer, A. und Wriessnig, K. (1995): Anthropogene Umweltbelastungen - Die Rolle der Landbewirtschaftung. Die Bodenkultur, Heft 3, 46. Band. Wien.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (1990): Ammoniak in der Umwelt, Kreisläufe, Wirkungen Minderung. Gemeinsames Symposium 10. bis 12. Oktober 1990 in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig-Völkenrode). Herausgegeben von Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. & Verein Deutscher Ingenieure (VDI). Ktbl-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH.
- Landwirtschaftliches Bezirksreferat Güssing (1991): Land- und Forstwirtschaft des Bezirkes Güssing, Situationsbericht 1990. Landw. Bezirksreferat, 7540 Güssing.
- Landwirtschaftskammern von NÖ, OÖ STMK, BMLF (1990): Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 1990/91. Wien.
- LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau) (1994): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 1 (7). Hrsg. FAP, RAC, FAC.
- LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau) (1995a): Bereinigter Entwurf zum „Gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt“, 5. Auflage vom 22.5.1995.
- LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau) (1995b): Grundlagen für die Düngungsplanung, Tabellen, Normen, Richtwerte. Provisorische Ausgabe 1995, Hrsg.: Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale (LMZ) und Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (LBL).

- Liebscher, H.J. und Keller, R. (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland (Textband, Leitung: R. Keller). Hrsg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn, S. 90-159.
- Löhr, L. (1990): Faustzahlen für den Landwirt. 7., durchgesehene Auflage. Leopold Stocker Verlag Graz-Stuttgart.
- Lünzer, I. (1992): Energiebilanzen in der Landwirtschaft bei unterschiedlicher Wirtschaftsweise. in: Sinnvoller Umgang mit Energie auf dem Bauernhof (Hrsg.: Lehmann, B. und Gronauer, A.). Bad Dürkheim: SÖL- Sonderausgabe Nr. 55
- Marosi, J. (1990): Die Nitratsituation im Burgenland. gww 44, Nr.9.
- Maurer, L. (1986): Krume am Tropf. In: Umweltreport Österreich, Hrsg.: Katzmann, W. und Schrom, H. Wien: Kremayr und Scheriau.
- Menzi, H. und Neftel, A. (1993): Ammoniak - Ein Molekül, das die Landwirtschaft und Umwelt beschäftigt. Schweiz. Landw. Fo. 32 (1/2).
- Narodoslavski, M., Wallner, H.P. und Steinmüller, H. (1995): ÖKOFIT - Bezirk Feldbach durch integrierte Technik. i.A. des BMWFK, BMU und Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Bericht aus Energie- und Umweltforschung 10/95.
- National Research Council (1989): Nutrient requirements of horses. 5th revised edition. Nutrient requirements of domestic animals.
- Obrist, J., Von Steiger, B. und Schulin, R. (1993): Regionale Früherkennung der Schwermetall- und Phosphorbelastung von Landwirtschaftsböden mit der Stoffbuchhaltung „Proterra“. Landwirtschaft Schweiz Band 6 (9): 513 - 518, 1993.
- OEFZS (Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf) (1995): N₂O-Emissionen in Österreich. Seibersdorf Report 4741. Endbericht an das BMUJF. Autoren: Orthofer, R., Knoflacher, M.H. und Züger, J., Hauptabteilung Umweltplanung des ÖFZS, Seibersdorf.
- ÖSTAT (Österreichisches Statistisches Zentralamt) (1992): Ernährungsbilanz. In: Statistische Nachrichten, 47. Jahrgang, Heft 2, Wien.
- ÖSTAT (Österreichisches Statistisches Zentralamt) (1993): Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik im Jahre 1992. Hrsg.: Österreichisches Statistisches Zentralamt, Wien.
- ÖVAF (Österreichische Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung) (1992): Kreislauforientierte Bedarfsdeckung für die Region Güssing. ÖVAF (Österreichische Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung) in Zusammenarbeit mit dem Innovationsbüro Südburgenland im Auftrag des BMWF, BMLF und des Amtes der Burgenländischen Landesregierung. Wien.
- Paffrath, A. (1994): Ökologische Wirtschaftsweise und Nährstoffgehalte im Boden. Zeitschrift Ökologie und Landbau, 22. Jg.
- PARCOM (Paris Commission: Paris Convention for the Prevention of Marine Pollution) (1994): Guidelines for Calculating Mineral Balances. Dokument NUTAG 4/7/1-E der Sitzung in London vom 9.-11. Mai 1994.
- Pestemer, W., Nordmeyer, H. und Scholz, G. (1989): Abbauverhalten von Pflanzenschutzmitteln in Porengrundwasserleitern. In: G. Milde und U. Müller-Wegener (Hrsg.): Pflanzenschutzmittel und Grundwasser. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 79, Stuttgart, New York 1989, S. 313-327.
- Peters, M. (1990): Nutzungseinfluß auf die Stoffdynamik schleswig-holsteinischer Böden - Wasser-, Luft-, Nähr- und Schadstoffdynamik. Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Nr. 8. Universität Kiel.
- Pongratz (1995): Persönliche Mitteilung bezüglich der Depositionsmeßstelle Masenberg. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Ia, Referat für Luftgüteüberwachung.

- Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammern Österreichs (1991): Zahlen aus Österreichs Land- und Forstwirtschaft 90, Wien.
- Prasuhn, V. und Braun, M. (1994): Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Schriftenreihe der FAC Liebefeld, Nr. 17, 113 Seiten.
- Puxbaum (1995): Auskünfte über die Berechnung von Depositionsdaten für ein Gebiet (Beispiel Wolkersdorf). Inst. für Analytische Chemie, TU Wien.
- Rapesinger (1995): Persönliche Mitteilung über die Nährstoffgehaltszahlen der von der Firma Garant-Futtermittel in Pöchlarn verkauften WÖV-Futtermittel.
- Richner, B. und Moos, F. (1989): Auswirkungen hoher Tierdichten auf die Qualität des Bodens. Bericht Nr. 41 des Nationalen Forschungsprogrammes „Nutzung des Bodens in der Schweiz“, Liebefeld-Bern, 101 Seiten.
- Ripl, W., Hildmann, C., Janssen, T., Gerlach, I., Heller, S., Michel, J., Backhaus, R. und Braun, G. (1994): Entwicklung eines Land-Gewässer-Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässern. Reader zu den Postern der Stör-Präsentation im Sept. 1994 in Kiel. TU Berlin, Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung mbH Berlin, Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Rohmann, U. und Sontheimer, H. (1985): Nitrat im Grundwasser - Ursachen, Bedeutung, Lösungswege. DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TH).
- Ruhr - Stickstoff - AG (1988): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 11. Auflage; Münster-Hiltrup, München, Wien.
- Scheffer/Schachtschabel (1992): Lehrbuch der Bodenkunde (13. durchges. Auflage von Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.-H. und Schwertmann, U.). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SchALVO (1987): Schutz- und Ausgleichsverordnung für Wasserschutzgebiete. Baden-Württemberg (Deutschland).
- Seiler, W. und Conrad, R. (1981): Mikrobielle Bildung von N_2O aus Mineraldüngern - ein Umweltproblem? Forum Mikrobiol. 4, 322-328.
- Siebeneicher, E. (1985): Ratgeber für den biologischen Landbau. Südwest München.
- Smith, K.A. und Arah, J.R.M. (1990): Losses of nitrogen by denitrification and emissions of nitrogen oxides from soils. The Fertilizer Society, Proceedings No. 299.
- Spiess, E. und Besson, J.-M. (1993): Kalium in Hofdünger und Ernterückständen - Wirksamkeit und Verluste. Schweiz. Landw. Fo. 32(1/2).
- Stadelmann, F.X. und Fuhrer, J. (1986): Landwirtschaftsbedingte Ammoniak-Belastung der Luft und mögliche Folgen für die Vegetation. Interner Bericht der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern, 18 Seiten.
- Steffens, G. und Vetter, H. (1983): Stickstoffverlagerung nach Gülledüngung mit und ohne Zwischenfruchtbau. Landwirtsch. Forschu. 36, Kongreßband 1983, 354-362. in: Hamm, A. (Hrsg.) (1991).
- Steinmüller, H. (1995): ÖPUL- Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft - Auswirkungen auf die Klärschlammabschaffung. Umwelt & Gemeinde 2/95.
- TAB (Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages) (1992): TA-Projekt „Grundwasserschutz und Wasserversorgung“. Zwischenberichte zur Studie „Qualitative Analysen von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers im Verursacherbereich Landwirtschaft“.

- Umweltbundesamt (1988): Bodenschutz: Probleme und Ziele. Naturwissenschaftlicher Problem- und Zielkatalog zur Erstellung eines österreichischen Bodenschutzkonzeptes. Wien.
- Umweltbundesamt (1989): Grundwasseruntersuchung im Unteren Kamptal. Monographien Band 13. Wien.
- Umweltbundesamt (1992): Grundwassergüte Tullner Feld - Pilotstudie. Monographien Band 30. Wien.
- Umweltbundesamt (1993), Knoflacher M.H. et al.: Ammoniak-Emissionen in Österreich 1990 - Berechnung und Abschätzung sowie Regionalisierung auf Basis politischer Bezirke. Report UBA-92-068, Wien.
- Umweltbundesamt (1993), Lindenthal T.: Forschung im biologischen Landbau. Monographien Band 36, Wien.
- Umweltbundesamt (1994), Hofreither M.F., Sinabell F.: Zielsetzungen für eine nachhaltige Landwirtschaft. Monographien Band 48, Wien.
- Umweltbundesamt (1995): Umweltsituation in Österreich. Vierter Umweltkontrollbericht des Bundesministers für Umwelt an den Nationalrat, Teil A. Kapitel 3.5. Wien.
- Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.) (1994): Stoffliche Belastung der Gewässer durch die Landwirtschaft und Maßnahmen zu ihrer Verringerung. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., 1994 (Berichte Umweltbundesamt; 94,2).
- Van der Hoek, K.W. (1991): Bedeutung der Tierhaltung und der Düngung für die Belastung der Luft. Unterlagen des Weiterbildungskurses „Tierhaltung und Nährstoffkreislauf auf dem landwirtschaftlichen Betrieb“ vom 16.-17.4.91 in Bern. Schweizerischer Verband der Ingenieur Agronomen und der Lebensmittelingenieure, Zollikofen.
- Von Steiger, B. und Baccini, P. (1990): Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit meßbarem Ein- und Austrag. Bericht Nr. 38 des Nationalen Forschungsprogrammes „Nutzung des Bodens in der Schweiz“, Liebefeld-Bern.
- Wagner, K. (1990): Neuabgrenzung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete in Österreich, Teil 1 und 2. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft Nr. 61, Wien.
- Wasserwirtschaftskataster/Umweltbundesamt (1993): Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1993. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Wasserwirtschaftskataster/Umweltbundesamt (1995): Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Weingarten, P. (1995): Das „regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). Ber. Ldw. 73, 272-302.
- Wendland, F., Albert, H., Bach, M. und Schmidt, R. (Hrsg.) (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Wenzl, W. (1990): Modellvorstellungen zur Nachlieferung von Stickstoff aus dem Boden. Der Förderungsdienst, Beratungsservice, 38.Jahrgang - Heft 4.
- Wenzl, W. (1994): Eine neue Methode zur Bestimmung der stickstoffreichen Nichthuminstoffe („Nährhumus“) mit der nahen Infrarotspektroskopie. Kongressband 1994, 106. VDLUFA-Kongreß Jena, VDLUFA-Schriftenreihe 38/1994.
- Werner, D. (1987): Pflanzliche und mikrobielle Symbiosen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Werner, W. und Wodsak, H.P. (1994): Stickstoff- und Phosphoreintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. Agrarspectrum-Schriftenreihe 22, 1 - 243.

6 ANHANG

Tabelle 1: N- Gehalte im Korn- bzw. Hauperntegut

Literaturquelle:	Umweltbundesamt Berlin, 1994		Braun et al., 1994	Kaas et al, 1994		DBG, 1992	
	N in g/kg, Min	N in g/kg, Max		N in g/kg, Min	N in g/kg, Max	N in g/kg, Min	N in g/kg, Max
Erntegut:							
Weizen	17,7	20	20,48	16	21	15	25
Roggen	15	17,7	15,48	15	18	14	18
Winternenggetreide	17	17,7		15	20	15	21
Gerste	17	17,7	16,16	16	18	13	21
Hafer	15	18	15,52	17	20	14	18
Sommermenggetreide	17	17,7		15	20	15	21
Körnermais	14	15	13,44	16	22	12	16
Zuckerrüben	1,8	2,1	2,08	1,8	2,2	1,5	2
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	1,6	2,8	1,79	2	4	1,2	1,6
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	3,3	3,5	3,02	3	4	3	4
Spätkartoffeln	3,2	3,5	3,02	3	4	3	4
Winternaps zur Ölgewinnung			35	34	40	27	39
Ölkürbis (Frucht mit Samen)							
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	33	33				28	28
Sommerraps und Rübsen			35	35	40		
Sonnenblumen für Vogelfutter	33	33				28	28
Mohn (ab 1993)	33	33					
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	26,8*	26,8*				28	28
Luzerneheu	26,8*	26,8*				30	30
Kleegrasheu	26,8*	26,8*				28	28
Silomais und Grünmais	3,5	3,8	(13,44)°	1,5	3,5	4	4
Heu von Egärten	25,7	25,7	23,84	15	20	15	25
	N in g / 1000 hl						
Wein	0,1						

* gesamte Pflanze ° fertiges Silofutter

Tabelle 1 (Fortsetzung): N- Gehalte im Korn- bzw. Haupterntegut

Literaturquelle:	Hege & Weigelt, 1991	BUWAL, 1993	Löhr, 1990 (Entzugszahlen)		Gruber, et al., 1994	
Erntegut:	N in g/kg	N in g/kg	N in g/kg, Min	N in g/kg, Max	N in g/kg, Min	N in g/kg, Max
Weizen	20		21			
Roggen	15		18			
Winternemmenggetreide		17	16	21		
Gerste	15		16	16		
Hafer			19	19		
Sommermenggetreide			16	21		
Körnermais						
Zuckerrüben		2				
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren						
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	3,3	3	3	4		
Spätkartoffeln	3,3	3	3	4		
Winternaps zur Ölgewinnung		35	35	35		
Ölkürbis (Frucht mit Samen)						
Ölgewinnung (Samen)						
Sommernaps und Rübsen		35	35	35		
Sonnenblumen für Vogelfutter						
Mohn (ab 1993)			32	32		
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten			19,7	19,7	27,92	
Luzerneheu			26		26	27,92
Kleegrasheu			17,8		17,8	18,8
Silomais und Grünmais			1,5*	2,5*		(12,96)°
Heu von Egärten						23,16

* Siloreife Grünmasse ° fertiges Silofutter

Tabelle 2: P- Gehalte im Korn- bzw. Haupterntegut

Literaturquelle:	Umweltbundesamt Berlin, 1994		Hege & Weigelt, 1991	Braun et al., 1994	DBG, 1992
Erntegut:	P in g / kg, Min	P in g / kg, Max	P in g / kg	P in g / kg	P in g / kg
Weizen	3,20	3,50	3,49	3,80	3,49
Roggen	3,00	3,50	3,05	3,60	
Wintermenggetreide	3,00	3,50	3,49		
Gerste	3,50	3,50	3,49	3,90	3,49
Hafer	3,50	3,50		3,60	3,49
Sommermenggetreide	3,00	3,50			
Körnermais	2,70	3,50		2,80	
Zuckerrüben	0,30	0,40		0,30	
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	0,30	0,40		0,34	
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	0,5 (inkl. Abfälle)	0,65 (inkl. Abfälle)		0,61	
Spätkartoffeln	0,5 (inkl. Abfälle)	0,65 (inkl. Abfälle)		0,61	
Winterraps zur Ölgewinnung				8,95	
Ölkürbis (Frucht mit Samen)					
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)	11,30				
Sommerraps und Rübsen				8,95	
Sonnenblumen für Vogelfutter	11,30				
Mohn (ab 1993)					
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	2,36	2,75			
Luzerneheu	2,36	2,75			
Kleegrasheu	2,36	2,75			
Silomais und Grünmais	0,70	0,87		2,7 (bez. auf TS)	1,31
Heu von Egärten	0,80	3,27		3,11 (bez. auf TS)	
	P in g/1000 hl, Min	P in g/1000 hl, Max			
Wein	0,09	0,10			

Tabelle 2 (Fortsetzung): P-Gehalte im Korn- bzw. Haupterntegut

Literaturquelle:	Löhr, 1990: Futtermittel	Löhr, 1990: Entzug in g / kg	
	P in g / kg	P in g / kg, Min	P in g / kg, Max
Weizen	3,30	3,49	
Roggen	2,90	3,93	
Wintermenggetreide		3,49	
Gerste	3,60	3,49	
Hafer	3,10	3,05	
Sommermenggetreide		3,71	
Körnermais	2,80	1,96	4,15
Zuckerrüben			
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	0,30	0,35	0,52
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	0,50	0,44	0,65
Spätkartoffeln	0,50	0,44	0,65
Winterraps zur Ölgewinnung		7,86	
Ölkürbis (Frucht mit Samen)			
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)			
Sommerraps und Rübsen		6,55	
Sonnenblumen für Vogelfutter			
Mohn (ab 1993)		6,98	
Rotklee- und sonstige Kleeheuarten	2,20	2,44	
Luzerneheu	2,30	2,84	
Kleegrasheu	2,40	2,31	
Silomais und Grünmais	0,44	0,35	0,52
Heu von Egärten	1,80	3,05	
Wein			

Tabelle 3: K-Gehalte im Korn- bzw. Haupterntegut

Literaturquelle:	Löhr, 1990:	Hege & Weigelt, 1991	DBG, 1992	Gruber, et al., 1994
Erntegut:	K in g / kg	K in g/kg	K in g/kg	K in g/kg
Weizen	3,74	4,15	4,15	
Roggen	4,98	4,98		
Wintermenggetreide	3,74	4,57		
Gerste	4,15		4,15	
Hafer	4,15		4,98	
Sommermenggetreide	4,57			
Körnermais	6,23			
Zuckerrüben	4,15			
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	4,15		4,98	
frühe und mittelfrühe Kartoffeln	4,98	4,98		
Spätkartoffeln	4,98	4,98		
Winterraps zur Ölgewinnung	8,30			
Ölkürbis (Frucht mit Samen)				
Sonnenblumen zur Ölgewinnung (Samen)				
Sommerraps und Rübsen	8,30			
Sonnenblumen für Vogelfutter				
Mohn (ab 1993)				
Rotklee- und sonstige Kleearten				23,00
Luzerneheu				23,00
Kleegrasheu				22,85
Silomais und Grünmais	2,49		3,32	12,4*
Heu von Egärten				23,50
Wein				

* bezogen auf g TS

Tabelle 4: Nährstoffbedarfszahlen für landwirtschaftliche Nutztiere
 (mittlere Werte, entnommen aus: Friescke, 1984, National Research Council, 1989
 sowie DLG, 1991)

	N in g/Tag und Tier	P in g/Tag und Tier
Schaf	31,6	5,08
Milchkuh (10 kg Milch)	153,6	43
weibl. Zuchtrinder < 200 kg	97	14,5
weibl. Zuchtrinder, 500 kg	137,12	31
Jungstiere < 200kg	120	20
Jungstiere 500 kg	183	35
Pferde, erwachsen	118,08	16
Fohlen	132,4	18
Pferde 1-3 Jahre	160,2	16,75
Ferkel	23,87	3,4
weibl. Jungsauen (bis 120 Kilo)	56,64	6
Zuchtsauen	57,14	11,5
Mastschweine	57,14	8,3
Eber	62,4	
Jungsauen (bis 120 kg)	47,5	
Zuchtsauen	44-48 bzw. 144	
Ferkel	18,72	
Mastschweine	51,15	
Legehennen	2,4	0,35

Tabelle 5: Futtermittel-Nährstoffbedarfszahlen (N und P) für die Anzahl der Tiere in den Gemeinden des Einzugsgebietes der Strem

	Anzahl	N in g/Tier und Jahr	P in g/Tier und Jahr	N gesamt in kg	P gesamt in kg
Jahr	37	48.326	6.570	1.788	243
Jungpferde 1 bis unter 3 Jahre	44	58.473	6.114	2.573	269
Hengste und Wallachen ab 3 Jahre	49	43.099	5.840	2.112	286
Stuten ab 3 Jahre	136	43.099	5.840	5.861	794
Kälber unter 3 Monate	1.280	35.405	5.293	45.318	6.774
männl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.566	43.800	7.300	68.591	11.432
weibl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.431	35.405	5.293	50.665	7.574
Jungstiere 1 bis unter 2 Jahre	1.420	43.800	7.300	62.196	10.366
Jungochsen 1 bis unter 2 Jahre	-	43.800	7.300	-	-
Jungkalbinnen - nicht belegt - 1 bis unter 2 Jahre	788	35.405	5.293	27.899	4.170
Jungkalbinnen - belegt - 1 bis unter 2 Jahre	516	35.405	5.293	18.269	2.731
Zuchttiere ab 2 Jahre	17	66.795	12.775	1.136	217
Schlachtstiere ab 2 Jahre	271	66.795	12.775	18.101	3.462
Ochsen ab 2 Jahre	-	66.795	12.775	-	-
Kalbinnen - nicht belegt - ab 2 Jahre	51	50.049	11.315	2.552	577
Kalbinnen - belegt ab 2 Jahre	222	50.049	11.315	11.111	2.512
Milchkühe ab 2 Jahre	4.664	56.064	15.695	261.482	73.201
Mutter- und Ammenkühe ab 2 Jahre	8	56.064	15.695	449	126
Ferkel unter 2 Monate	6.999	8.713	1.241	60.979	8.686

Tabelle 5 (Fortsetzung): Futtermittel-Nährstoffbedarfszahlen (N und P) für die Anzahl der Tiere in den Gemeinden des Einzugsgebietes der Strem

	Anzahl	N in g/ Tier und Jahr	P in g/ Tier und Jahr	N gesamt in kg	P gesamt in kg
bis unter 6 Monate	11.290	20.674	2.190	233.405	24.725
Schlachtschweine ab 6 Monate	6.014	18.670	3.030	112.280	18.219
Zuchtsauen - trächtig - ab 6 Monate	1.231	20.856	4.198	25.674	5.167
Zuchtsauen - nicht trächtig - ab 6 Monate	761	16.060	4.198	12.222	3.194
Zuchteber ab 6 Monate	67	22.776	3.285	1.526	220
Lämmer unter 6 Monate	271	11.534	1.854	3.126	502
Schafe 6 Monate bis unter 1 Jahr	271	11.534	1.854	3.126	502
Schafe ab 1 Jahr	625	11.534	1.854	7.209	1.159
Ziegen	132	11.534	1.854	1.522	245
Kücken und Junghennen für Legezwecke unter 6 Monaten	1.647	876	128	1.443	210
Legehennen 6 Monate bis unter 1 Jahr	45.230	876	128	39.621	5.778
Legehennen 1 bis unter 2 Jahre	39.832	876	128	34.893	5.089
Legehennen ab 2 Jahre	15.836	876	128	13.872	2.023
Hähne	2.492	876	128	2.183	318
Mastküken und Jungmasthühner	6.399	876	128	5.606	817
Gänse	807	876	128	707	103
Enten	3.058	876	128	2.679	391
Truthühner	6.741	876	128	5.905	861
Summe				1.148.080	202.946

Tabelle 6: Österreichischer Vieheinheiten Schlüssel

	Anzahl der Tiere	GVE - Schlüssel	Summe GVE
Fohlen unter 1 Jahr	37	0,4	15
Jungpferde 1 bis unter 3 Jahre	44	0,7	31
Hengste und Wallachen ab 3 Jahre	49	1	49
Stuten ab 3 Jahre	136	1	136
Kälber unter 3 Monate	1.280	0,15	192
männl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.566	0,4	626
weibl. Jungvieh 3 Monate bis unter 1 Jahr	1.431	0,4	572
Jungstiere 1 bis unter 2 Jahre	1.420	0,7	994
Jungochsen 1 bis unter 2 Jahre	-	0,7	-
Jungkalbinnen - nicht belegt - 1 bis unter 2 Jahre	788	0,7	552
Jahre	516	0,7	361
Zuchttiere ab 2 Jahre	17	1	17
Schlachtstiere ab 2 Jahre	271	1	271
Ochsen ab 2 Jahre	-	1	-
Kalbinnen - nicht belegt - ab 2 Jahre	51	1	51
Kalbinnen - belegt - ab 2 Jahre	222	1	222
Milchkühe ab 2 Jahre	4.664	1	4.664
Mutter- und Ammenkühe ab 2 Jahre	8	1	8
Ferkel unter 2 Monate	6.999	0,02	140
Jungschweine 2 bis unter 6 Monate	11.290	0,08	903
Schlachtschweine ab 6 Monate	6.014	0,15	902
Zuchtsauen - trächtig - ab 6 Monate	1.231	0,3	369
Zuchtsauen - nicht trächtig - ab 6 Monate	761	0,3	228
Zuchteber ab 6 Monate	67	0,4	27
Lämmer unter 6 Monate	271	0,05	14
Schafe 6 Monate bis unter 1 Jahr	271	0,05	14
Schafe ab 1 Jahr	625	0,1	63
Ziegen	132	0,1	13
Kücken und Junghennen f. Legezwecke unter 6 Monate	1.647	0,004	7
Legehennen 6 Monate bis unter 1 Jahr	45.230	0,004	181
Legehennen 1 bis unter 2 Jahre	39.832	0,004	159
Legehennen ab 2 Jahre	15.836	0,004	63
Hähne	2.492	0,004	10
Mastkücken und Jungmasthühner	6.399	0,002	13
Gänse	807	0,004	3
Enten	3.058	0,004	12
Truthühner	6.741	0,004	27
SUMME	162.203		11.909

**Tabelle 7: Durchschnittliche Zusammensetzung von Rindern und Schweinen
(Löhr, 1990)**

Auf 100 kg Lebendgewicht entfallen ... kg

	Rinder (im Mittel)	Schlachtkälber	Schweine (im Mittel)
Reines Fleisch	36,33	43,00	43,20
Fett	14,10	10,10	29,45
Knochen	7,27	9,30	6,90
Eingeweide	8,23	7,70	7,90
Kopf und Zunge	3,27	4,80	0,45
Haut, Borsten	9,00	8,70	-
Blut	4,27	4,80	5,45
Abfall	17,53	11,60	6,65
Summe	100,00	100,00	100,00

Tabelle 8: N-Gehalt in Tierprodukten in % und N-Produktion**Rind: (N-Gehalte aus: Kaas et al, 1994)**

	N in %, Min	N in %, Max	Produktion: N in kg, Min	Produktion: N in kg, Max
Reines Fleisch	3,22	3,85	12.353	14.770
Fett	0	0	-	-
Knochen	2,9	2,9	2.246	2.246
Eingeweide	2,1	3	1.782	2.546
Kopf und Zunge	1,7	2,6	602	921
Haut, Borsten	10	12	9.306	11.168
Blut	3,1	3,1	1.389	1.389
Abfall	2	2	3.518	3.518
Summe			31.197	36.558

Tabelle 9: N-Gehalt in Tierprodukten in % und N-Produktion**Schwein: (N-Gehalte aus: Kaas et al, 1994)**

	N in %, Min	N in %, Max	Produktion: N in kg, Min	Produktion: N in kg, Max
Reines Fleisch	3,21	3,41	24.071	25.570
Fett	0	0	-	-
Knochen	2,9	2,9	3.473	3.473
Eingeweide	2,1	3	2.880	4.114
Kopf und Zunge	1,7	2,6	133	203
Haut, Borsten	10	12	-	-
Blut	3,1	3,1	2.933	2.933
Abfall	2	2	2.309	2.309
Summe			35.798	38.602

Tabelle 10: N-Gehalt in Tierprodukten in % und N-Produktion**Schafefleisch: (N-Gehalte aus: Kaas et al, 1994)**

	N in %, Min	N in %, Max	Produktion: N in kg, Min	Produktion: N in kg, Max
gesamter Tierkörper	2,5	3,5	26	36

Tabelle 11: N- und P-Gehalt in Schafefleisch in % und N- bzw. P-Produktion**(N- und P-Gehalte aus: Umweltbundesamt Berlin, 1994)**

	N in %	Produktion: N in kg	P in %	Produktion: P in kg
gesamter Tierkörper	2,7	28	0,50	5

Tabelle 12: N- und P-Gehalt in Pferdefleisch in % und N- bzw. P-Produktion**(N- und P-Gehalte aus: Braun et al., 1994, Angaben für Wiederkäuer allg.)**

	N in %	Produktion: N in kg	P in %	Produktion: P in kg
gesamter Tierkörper	2,46	15	0,59	4

Tabelle 13: Geflügel: N-Produktion im Einzugsgebiet der Strem
(N-Gehalte nach Kaas et al., 1994)

	Geflügel- fleisch- produktion 1990 in kg	Protein in kg (=20 %)	Produktion N in kg, Min	Produktion N in kg, Max
Summe Hühner	94.221	18.844	1.884	2.261
Gänse	4.842	968	97	116
Enten	13.106	2.621	262	315
Truthühner	106.869	21.374	2.137	2.565
Summe sonstiges Geflügel	124.816	24.963	2.496	2.996
Summe Geflügel	219.038	43.808	4.381	5.257

Tabelle 14: Geflügel: N- und P-Produktion im Einzugsgebiet der Strem
(N- und P-Gehalte aus: Braun et al., 1994)

	Geflügel- fleisch- produktion 1990 in kg	N in g/kg	Produktion N in kg	P in g/kg	Produktion P in kg
Summe Geflügel	219.038	26	5.695	5	1.139

Tabelle 15: Geflügel: N- und P- Produktion im Einzugsgebiet der Strem
(N- und P-Gehalte aus: Umweltbundesamt Berlin, 1994)

	Geflügel- fleisch- produktion 1990 in kg	N in g/kg	Produktion N in kg	P in g/kg	Produktion P in kg
Summe Geflügel	219.038	32	7.009	5,24	1.147

Tabelle 16: Eiproduktion im Einzugsgebiet der Strem
**(Eiproduktionszahl aus: Köster, et al., 1988; N-Gehaltszahl: Mittelwert aus
Kaas et al., 1994 und Braun et al., 1994)**

Anzahl Legehennen ab 6 Monaten bis ab 2 Jahre	Eiproduktion / Legehenne und Jahr in kg	Eiproduktion gesamt in Kilo	N in %,	N- Produktion in kg
100.898	10	1.008.980	1,83	18.485

Tabelle 17: Eiproduktion im Einzugsgebiet der Strem
(P-Gehaltszahl: Mittelwert aus Braun et al., 1994 und Umweltbundesamt, 1994)

Eiproduktion gesamt in Kilo	P in %,	P- Produktion in kg
1.008.980	0,19	1.923

Tabelle 18: Tierproduktion im Einzugsgebiet der Strem: N, P und K -Produktion im Überblick, Minimum-, Maximum- und Mittel-Werte in kg

Tierprodukt	N in kg, min	N in kg, max	N in kg, mittel
Rinder	25.479	36.558	29.948
Schweine	35.798	46.867	39.955
Schafe	26	36	30
Pferde	15	15	15
Geflügel	4.381	7.009	5.585
Eier	16.144	20.825	18.485
Milch	100.291	110.572	105.432
Summe	182.133	221.883	199.449

Tierprodukt	P in kg, min	P in kg, max	P in kg, mittel
Rinder	6.131	7.262	7.262
Schweine	9.182	10.415	9.799
Schafe	5	5	5
Pferde	4	4	4
Geflügel	1.139	1.147	1.143
Eier	1.776	2.070	1.923
Milch	19.399	19.399	19.399
Summe	37.636	40.301	39.534

Tierprodukt	K in kg, min	K in kg, max	K in kg, mittel
Rinder	2.075	2.075	2.075
Schweine	3.472	3.472	3.472
Schafe	?	?	?
Pferde	?	?	?
Geflügel	?	?	?
Eier	?	?	?
Milch	29.098	29.098	29.098
Summe	34.644	34.644	34.644

Tabelle 19: Stickstoffauswaschung in kg/ha: Berechnung mittels kulturartenspezifischer Verlustkoeffizienten aus der Literatur

ÖSTAT - Flächen	Fläche im Einzugsgebiet in ha	Braun et al., 1994	Prasuhn und Braun, 1994	Braun et al., 1991	Köpke, 1993
Ackerland (+nicht mehr genutzte Flächen)	20.908	siehe Anhang S. 133, 134	siehe Anhang S. 133, 134	siehe Anhang S. 133, 134	siehe Anhang S. 135, 136
Hausgärten	792	40	50-91 (Sand, Lysimeter, BRD)	60-150	
Extensivobstanlagen	156	40			
Weingärten	121	50	60-90 (Sand, Lysimeter, BRD)	60-150	
Erwerbsgartenland	8	85	50-91 (Sand, Lysimeter, BRD)		
Baumschulen	10	40			
Dauerwiesen mit einem Schnitt	287	20	5 (A, 1990), 29 (BRD, 1991)	5-20 (CH)	5-6
Dauerwiesen mit mehr Schnitten	3.267	20	5 (A, 1990), 29 (BRD, 1991)	5-20 (CH)	5-6
Kulturweiden	24	10	5 (A, 1990), 29 (BRD, 1991)	5-20 (CH)	5-6
Hutweiden	302	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Streuwiesen	89	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
nicht mehr genutztes Grünland	538	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Wald	20.954	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
fließende und stehende Gewässer	171	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
unkultivierte Moorflächen	9	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Gebäude- und Hoffläche	539	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
sonstige unproduktive Flächen	482	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Intensivobstanlagen (ab 1990)	180	40			
Energieholzfläche	22	10			
Forstgärten und Forstbaumschulen	4	10			
Christbaumkulturen	21	10			
Summe	48.884				

Tabelle 20: Stickstoffauswaschung in kg/ha: Verwendete Ober- und Untergrenzen für die Stickstoff-Auswaschung

ÖSTAT - Flächen	N in kg/ha, min	N in kg/ha, max	N in kg, min	N in kg, max
Ackerland (+nicht mehr genutzte Flächen)	siehe Anhang S. 135, 136	siehe Anhang S. 135, 136		
Hausgärten	40	100	31.680	79.200
Extensivobstanlagen	40	40	6.240	6.240
Weingärten	50	100	6.050	12.100
Erwerbsgartenland	50	91	400	728
Baumschulen	40	40	400	400
Dauerwiesen mit einem Schnitt	5	20	1.435	20
Dauerwiesen mit mehr Schnitten	5	20	16.335	65.340
Kulturweiden	5	20	120	480
Hutweiden	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Streuwiesen	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
nicht mehr genutztes Grünland	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Wald	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
fließende und stehende Gewässer	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
unkultivierte Moorflächen	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Gebäude- und Hoffläche	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
sonstige unproduktive Flächen	nicht in der düngungsw. Fl. enthalten			
Intensivobstanlagen (ab 1990)	40	40	7.200	7.200
Energieholzfläche	10	10	220	220
Forstgärten und Forstbaumschulen	10	10	40	40
Christbaumkulturen	10	10	210	210
Summe			70.330	172.178

Tabelle 21: Stickstoffauswaschung in kg/ha: Berechnung der Auswaschung unter Ackerland mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten aus der Literatur

Fruchtart	Fläche im Einzugsgebiet in ha	Braun et al., 1994	Prasuhn und Braun, 1994	Braun et al., 1991	Simon et al., 1988	Cepuder, 1993
Winterweizen	3.768	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80	102	36
Sommerweizen	158	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-81		
Winter- und Sommerroggen	249	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-82	64	
Wintergerste	936	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80	44	15-65
Sommergerste	3.346	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80	60	
Hafer	1.682	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80		
Wintermenggetreide	88	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80		
Sommermenggetreide	237	45	23-42 (BRD), 46-79 (BRD)	20-80		
Körnermais	5.029	100	130 (CH), 131 (BRD)	50-130		19, 47-131
Silo- und Grünmais	988	100	130 (CH), 131 (BRD)	50-130		19, 47-131
Körnererbsen	174	50		50		
Pferdebohnen	24	50		50		
sonstige Körnerfrüchte (Hirse u.a)	7	50		50		
frühe und mittelfrühe Speisekartoffeln	52	65	47 (BRD)	45-90		
Spätkartoffeln	80	65	47 (BRD)	45-90		
Zuckerüben	-	65		60		
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren	129	50	61-76 (BRD)	60		
Sommerraps und Rübsen	64	25	19-61 (BRD)	10		
Mohn	-			50		
Ölkürbis	175			50		
Sonnenblumen zur Ölgewinnung	434			50		
Handelsgewächse (Hopfen, Tabak u.a.)	7			50		
Heil- und Gewürzpflanzen	-			50		
Feldgemüse insg. (ohne Mehrfachnutzung)	13	85	107 (BRD)	60-150		
Ananas-Erdbeeren	3	85				
Rotklee und sonstige Kleearten	375	40 (inklusive Umbruch)	30 (DDR), 40-103 (BRD)			

Tabelle 21 (Fortsetzung): Stickstoffauswaschung in kg/ha: Berechnung der Auswaschung unter Ackerland mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten aus der Literatur

Fruchtart	Fläche im Einzugsgebiet in ha	Braun et al., 1994	Frasuhn und Braun, 1994	Braun et al., 1991	Simon et al., 1988	Cepuder, 1993
Luzerne	67	40 (inklusive Umbruch)				
Kleegras	185	40 (inklusive Umbruch)				
sonstiger Feldfutterbau (Mischling u.ä.)	37	40 (inklusive Umbruch)				
Wechselgrünland, Egart	88	40 (inklusive Umbruch)				
nicht mehr genutztes Ackerland	537					
Sojabohnen	216			50		
Winterraps zur Ölgewinnung	720	25	19-61 (Lysimeter, BRD)	10	77	27
Sonnenblumen für Vogelfutter	16			50		
sonstige Ölfrüchte (z.B. Saflor)	2			50		
Futtersämereien (Klee, Gräser)	-					
geförderte Bracheflächen	808	10				
Summe	20.911					

Tabelle 21 (Fortsetzung): Stickstoffauswaschung in kg/ha: Berechnung der Auswaschung unter Ackerland mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten aus der Literatur

Fruchtart	Kopec, 1993	N- Auswaschung in kg/ha, min	N- Auswaschung in kg/ha, max	N- Auswaschung in kg, min	N- Auswaschung in kg, max
Winterweizen	22-25	20	80	75.360	301.440
Sommerweizen	22-25	20	80	3.160	12.640
Winter- und Sommerroggen	22-25	20	80	4.980	19.920
Wintergerste	22-25	20	80	18.720	74.880
Sommergerste	22-25	20	80	66.920	267.680
Hafer	22-25	20	80	33.640	134.560
Winternenggetreide	22-25	20	80	1.760	7.040
Sommernenggetreide	22-25	20	80	4.740	18.960
Körnermais		50	130	251.450	653.770
Silo- und Grünmais		50	130	49.400	128.440
Körnererbsen		50	50	8.700	8.700
Pferdebohnen		50	50	12.050	12.050
sonstige Körnerfrüchte (Hirse u.a.)		50	50	350	350
frühe und mittelfrühe Speisekartoffeln	39	39	90	2.028	4.680
Spätkartoffeln	39	39	90	3.120	7.200
Zuckerrüben					
Futter-, Kohlrüben und Futtermöhren		50	76	6.450	9.804
Sommerraps und Rübsen		10	61	640	3.904
Mohn					
Ölkürbis		50	50	8.750	8.750
Sonnenblumen zur Ölgewinnung		50	50	21.700	21.700
Handelsgewächse (Hopfen, Tabak u.a.)		50	50	350	350
Heil- und Gewürzpflanzen					
Feldgemüse insg. (ohne Mehrfachnutzung)		60	150	780	1.950
Ananas-Erdbeeren		85	85	255	255
Rotklee und sonstige Kleearten	9	9	40	3.375	15.000

Tabelle 21 (Fortsetzung): Stickstoffauswaschung in kg/ha: Berechnung der Auswaschung unter Ackerland mittels nutzungsspezifischer Verlustkoeffizienten aus der Literatur

Fruchtart	Kopeć, 1993	N- Auswaschung in kg/ha, min	N- Auswaschung in kg/ha, max	N- Auswaschung in kg, min	N- Auswaschung in kg, max
Luzerne		9	40	603	2.680
Kleegras		9	40	1.665	7.400
sonstiger Feldfutterbau (Mischling u.ä.)		9	40	333	1.480
Wechselgrünland, Egart		9	40	792	3.520
nicht mehr genutztes Ackerland		9	40	4.833	21.480
Sojabohnen		50	50	10.800	10.800
Winterraps zur Ölgewinnung		10	61	7.200	43.920
Sonnenblumen für Vogelfutter		50	50	800	800
sonstige Ölfrüchte (z.B. Saflor)		50	50	100	100
Futtersämereien (Klee, Gräser)					
geförderte Bracheflächen		10	10	8.080	8.080
Summe				613.884	1.814.283