

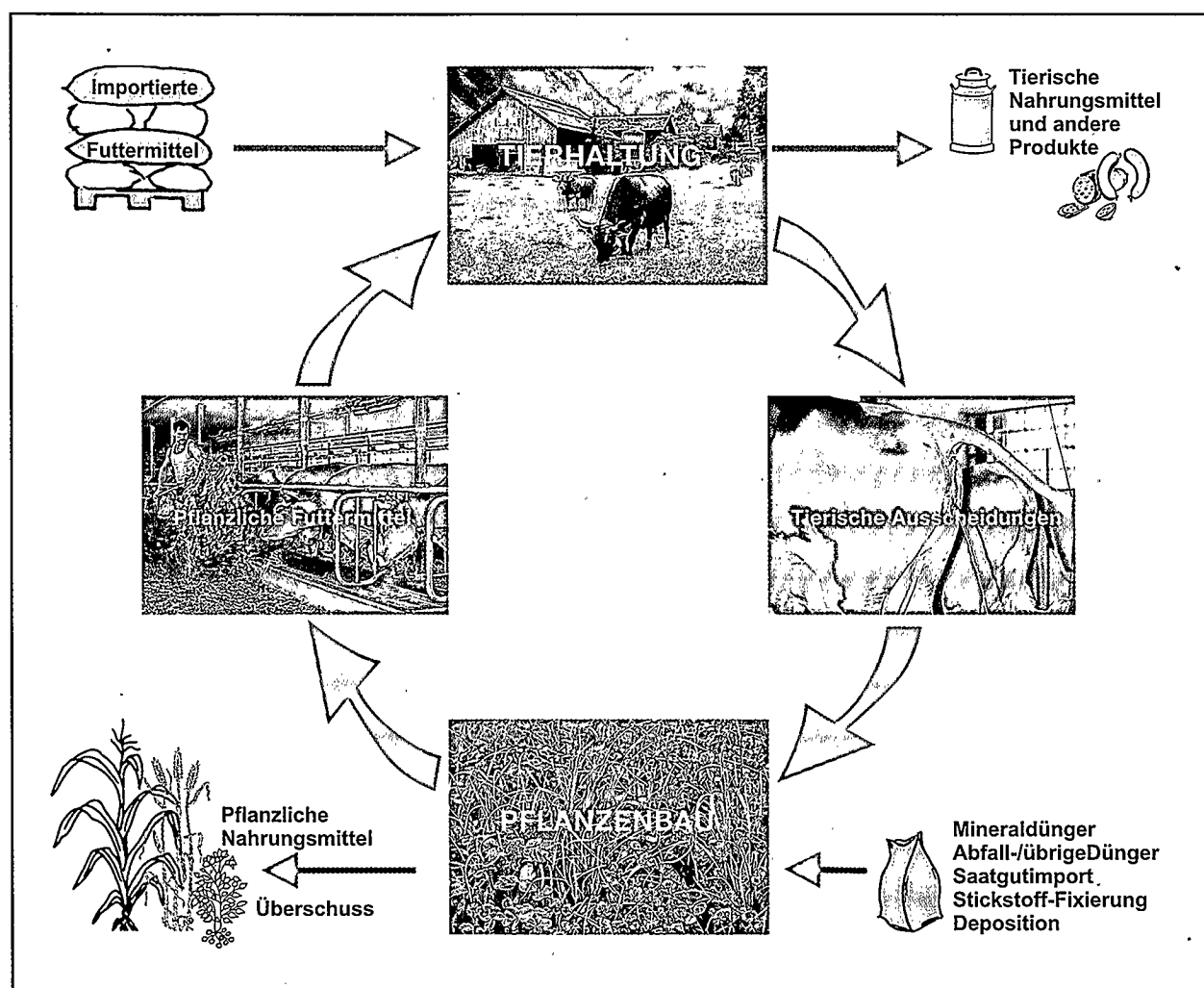
Zürich-Reckenholz  
Liebefeld-Bern

## Schriftenreihe der FAL 28 Les cahiers de la FAL 28

### Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 1995

### Bilan des éléments nutritifs dans l'agriculture suisse pour les années 1975 à 1995

Ernst Spiess



Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz  
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern

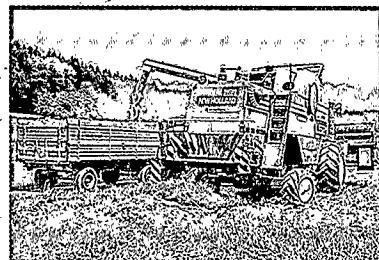
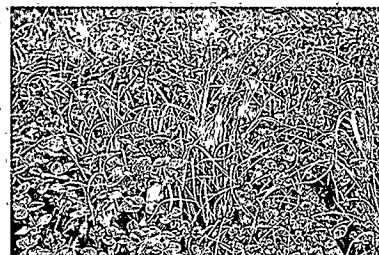
Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz  
Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture, Liebefeld-Berne

**Schriftenreihe der FAL 28**  
**Les cahiers de la FAL 28**

**Nährstoffbilanz der  
schweizerischen Landwirtschaft  
für die Jahre 1975 bis 1995**

**Bilan des éléments nutritifs dans  
l'agriculture suisse pour les  
années 1975 à 1995**

**Ernst Spiess**



**Eidgenössische Forschungsanstalt  
für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz**  
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern

**Station fédérale de recherches en agroécologie et  
agriculture, Zurich-Reckenholz**  
Institut de recherches en protection de l'environnement  
et en agriculture, Liebefeld-Berne

Impressum:

ISSN 1421-4393 Schriftenreihe der FAL  
ISBN 3-905608-20-0

Herausgeber: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau  
Zürich-Reckenholz, CH-8046 Zürich  
mit  
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld, CH-3003 Bern  
<http://www.admin.ch/sar/fal/>

Redaktion: Albrecht Siegenthaler

Gestaltung: Ernst Spiess, Elisabeth Plüss

Preis Fr. 30.— inkl. MwSt.

© by FAL, 1999

# VORWORT

---

Die schweizerische Landwirtschaft konnte ihre Wertschöpfung nach dem Zweiten Weltkrieg vor allem über die Steigerung der pflanzlichen und tierischen Produktion erhöhen. Dank ertragreicheren Zuchtsorten, einer verbesserten Anbautechnik, dem Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln und namentlich einem höheren Düngereinsatz konnten die Pflanzenerträge in einem beachtlichen Mass gesteigert werden. Durch diese Entwicklung konnte die Existenz vieler Landwirtschaftsbetriebe gesichert werden, und eine beträchtliche Anzahl von Arbeitsplätzen blieb damit im ländlichen Raum erhalten.

Andererseits hatte die Intensivierung im Pflanzenbau zunehmend ökologische Probleme zur Folge, die sich beispielsweise in einer steigenden Belastung des Grundwassers und der Oberflächengewässer mit Nähr- und Schadstoffen, höheren Ammoniakemissionen in die Luft und einer abnehmenden Artenvielfalt (Flora und Fauna) äussern. Diese Entwicklung ist nicht ein rein schweizerisches Problem, wie die Aktivitäten verschiedener internationaler Organisationen zeigen. Die United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE) formuliert zum Beispiel 'Critical Levels' für verschiedene Luftschadstoffe. In anderen Organisationen wie der Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution (OSPARCOM), der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen (IKSR) sowie den Internationalen Nordseeschutz-Konferenzen wird angestrebt, die Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer markant zu reduzieren.

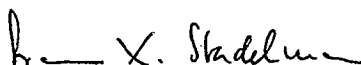
In der schweizerischen Landwirtschaft wird vor allem mittels der anfangs der neunziger Jahre eingeleiteten Ökologisierung angestrebt, die landwirtschaftsbedingten Umweltprobleme zu verringern. Besondere ökologische Leistungen, die grösstenteils mit einem verringerten Hilfsstoffeinsatz verbunden sind, werden über Direktzahlungen abgegolten. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) hat den Auftrag, die Wirksamkeit dieser Ökomassnahmen zu evaluieren. Im Rahmen dieser Evaluation werden am Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft Untersuchungen bezüglich der Stickstoff- und Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft in die Umwelt durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der Belastung der Gewässer liegt. Die vorliegende, erste diesbezügliche Arbeit ist den Stickstoff- und Phosphorbilanzen der gesamten schweizerischen Landwirtschaft gewidmet. Weitere Publikationen über den Zusammenhang zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Belastung der Gewässer mit Nährstoffen werden folgen.

Es ist erfreulich festzustellen, dass die Ökomassnahmen zu greifen beginnen. Haben doch zwischen 1990/92 und 1995 die Stickstoffüberschüsse um 7% und die Phosphorüberschüsse in der schweizerischen Landwirtschaft gar um 29% abgenommen. Die vorliegende Arbeit soll die Landwirtschaft ermutigen, auch künftig unbeirrt einen verstärkten Beitrag zur Erreichung der Umweltziele zu leisten. Ein besonderes Augenmerk wird auf jene Regionen zu legen sein, in denen die Nitratreinträge ins Grundwasser, die Phosphoreinträge in empfindliche Seen sowie die Ammoniakemissionen in die Luft besonders hoch sind.

Eidgenössische Forschungsanstalt für  
Agrarökologie und Landbau (FAL)

Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL)

Der Leiter:



F.X. Stadelmann, Vizedirektor FAL

# PRÉFACE

---

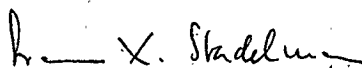
L'agriculture suisse a surtout pu augmenter sa plus-value après la deuxième guerre mondiale par l'accroissement de la production végétale et animale. Grâce aux variétés à rendements plus élevés, aux techniques culturales améliorées, à l'utilisation des produits phytosanitaires et en particulier grâce à une utilisation accrue des engrais, on a pu atteindre une augmentation considérable des rendements des cultures. Ce développement a permis d'assurer l'existence de beaucoup d'exploitations agricoles et nombreuses ont été les places de travail maintenues dans les campagnes.

Par ailleurs, l'intensification de la production végétale a eu pour conséquence une amplification des problèmes écologiques qui se manifestent par exemple par la charge accrue des nappes phréatiques et des eaux de surface avec des éléments nutritifs et des polluants, par des émissions plus élevées d'ammoniac dans l'atmosphère et par une diminution de la diversité biologique (flore et faune). Cette évolution n'est pas unique en Suisse, ainsi que les activités de différentes organisations internationales le montrent. La Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (UN/ECE) formule par exemple plusieurs «seuils critiques» pour différents polluants atmosphériques. D'autres organisations telles que les Conventions d'Oslo et de Paris pour la prévention de la pollution marine (OSPARCOM); la Commission internationale pour la protection du Rhin contre les polluants (IKSR) et la Conférence internationale pour la protection de la mer de Nord, ont pour but de diminuer les apports en azote et en phosphore dans les eaux.

Dans l'agriculture suisse on poursuit l'objectif surtout par le moyen de l'écologisation de la production mise en œuvre au début des années nonante, de réduire les problèmes environnementaux dus à l'agriculture. Des prestations écologiques particulières liées à une utilisation restrictive des matières auxiliaires, sont honorées par des paiements directs. L'Office fédéral de l'agriculture (OFA) a pour mandat d'évaluer l'efficacité de ces mesures écologiques. Dans le cadre de cette évaluation, l'Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture conduit des travaux sur les apports d'azote et de phosphore en provenance de l'agriculture dans l'environnement, le point fort se situant dans le domaine de la charge des eaux avec ces éléments nutritifs. Le présent travail, le premier à ce sujet, est consacré aux bilans de l'azote et du phosphore pour l'ensemble de l'agriculture suisse. D'autres publications se rapportant à la relation entre l'agriculture et la charge des eaux en éléments nutritifs suivront.

Il est réjouissant de constater que les mesures écologiques commencent à montrer leurs effets. C'est ainsi qu'entre 1990/92 et 1995 les excédents d'azote ont diminué de 7% et ceux du phosphore de 29% dans l'agriculture suisse. Le présent travail doit encourager l'agriculture à contribuer à l'avenir de manière accrue et sans relâche à atteindre les buts environnementaux. Une attention particulière est à vouer dans les régions où les apports en nitrates dans les nappes phréatiques, ceux en phosphore dans les lacs sensibles et les émissions d'ammoniac dans l'atmosphère sont particulièrement élevées.

Station fédérale de recherches  
en agroécologie et agriculture (FAL)  
Institut de recherches en protection de  
l'environnement et en agriculture (IUL)  
Le chef:



F.X. Stadelmann, Vice-directeur FAL

# INHALT

---

<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>Résumé</b>	<b>8</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1 Einleitung und Problemstellung</b>	<b>11</b>
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>12</b>
2.1 Bilanzierungsmethode	12
2.2 Ausgangsdaten und Berechnungsmethode	13
2.3 Genauigkeit der Berechnungen	17
<b>3 Nährstoffbilanz und Nährstoffkreislauf im Jahr 1995</b>	<b>19</b>
3.1 Stickstoff	19
3.2 Phosphor	21
3.3 Kalium	21
<b>4 Entwicklung der Nährstoffbilanz zwischen 1975 und 1995</b>	<b>23</b>
4.1 Stickstoff	23
4.2 Phosphor	25
4.3 Kalium	26
<b>5. Evaluation der Massnahmen nach Artikel 70 und 76 des Landwirtschaftsgesetzes</b>	<b>28</b>
<b>6. Vergleich mit in- und ausländischen Studien</b>	<b>30</b>
6.1 Vergleich mit inländischen Studien für die Jahre 1975 - 1995	30
6.2 Vergleich mit inländischen Studien für die Jahre vor 1975	31
6.3 Vergleich mit ausländischen Studien	32
<b>Literatur</b>	<b>36</b>
<b>Anhang</b>	<b>41</b>

# VERDANKUNGEN

---

Danken möchte ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Institutionen, die mich bei der Durchführung dieses Projektes unterstützt haben. Ein besonderer Dank richtet sich an Th. Amstutz, S. Giuliani, I. Schmid (alle SBV), D. Bohnenblust, H. Steinhöfel (beide BFS), B. Boller, W. Kessler (beide FAL), T. Candinas, Th. Kupper, H. Menzi und A. Neftel (alle IUL) für die Lieferung von Daten sowie wertvolle Hinweise. Meinen Arbeitskolleginnen N. Aschwanden, K. Grünig und V. Prasuhn möchte ich für ihre Anregungen danken. Meinen Vorgesetzten J.-M. Besson und M. Braun (heute BFS) sowie dem Leiter des Projektausschusses, U. Gantner (BLW), danke ich für die Unterstützung bei der Projektdurchführung und die gute Zusammenarbeit.

# ZUSAMMENFASSUNG

---

Die Nährstoffbilanz für die schweizerische Landwirtschaft wurde für Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) für die Jahre 1975 bis 1995 berechnet. Als Bilanzierungsmethode diente die Input-Output-Bilanz, bei welcher der Nährstoff-Input in die Landwirtschaft dem Output aus der Landwirtschaft gegenübergestellt wird. Zur Ergänzung und zur Kontrolle wurde der Nährstoffkreislauf erstellt. Die verschiedenen Input- und Output-Grössen sowie die landwirtschaftsinternen Stoffflüsse wurden grösstenteils durch Multiplikation der einzelnen Produktmengen mit dem entsprechenden Nährstoffgehalt berechnet.

Die wichtigste Input-Grösse sind bei allen drei Nährstoffen die Mineraldünger. Während anteilmässig beim Stickstoff die biologische Fixierung durch die Leguminosen und die Deposition folgen, sind es bei Phosphor und Kalium die importierten Futtermittel. Der Output über die tierischen und pflanzlichen Nahrungsmittel sowie die anderen tierischen Produkte (Tierhäute etc.) macht je nach Nährstoff ein Viertel bis ein Drittel des gesamten Inputs aus. Der Überschuss betrug im Jahr 1995 beim Stickstoff rund 124'000 t N bzw. 116 kg N/ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN = landwirtschaftlich genutzte Fläche ohne Sömmerungsweiden). Beim Phosphor waren es etwa 13'500 t P bzw. 13 kg P/ha LN und beim Kalium rund 38'000 t K bzw. 35 kg K/ha LN.

Aus dem Nährstoffkreislauf ist ersichtlich, dass der Input über die importierten Futtermittel beim Stickstoff geringer war als der Output über die tierischen Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte; bei Phosphor und Kalium waren die beiden Stoffflüsse etwa gleich gross. Im Pflanzenbau überstieg die Nährstoffzufuhr durch alle Düngemittel, die Stickstoff-Fixierung und die Deposition den Entzug in den pflanzlichen Nahrungs- und Futtermittel je nach Nährstoff um 23 bis 79%.

Zwischen 1975 und 1995 stieg der Mineraldüngerverbrauch bei den drei Nährstoffen zuerst unterschiedlich stark an und nahm anschliessend wieder ab. Ein starker Rückgang über die ganze Periode war bei den Futtermittelimporten zu verzeichnen. Während sich die Nährstoffmenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten nur wenig änderte, erfolgte bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln eine Zunahme. Bei allen drei Nährstoffen stiegen der gesamte Input und der Überschuss bis 1980 an und nahmen nachher fast kontinuierlich ab. Im Rahmen der Evaluation der Ökomaassnahmen nach Landwirtschaftsgesetz wurde festgestellt, dass die Überschüsse zwischen den Referenzjahren 1990-92 und 1995 um fast 10'000 t N (= 7%) und rund 5'500 t P (= 29%) abgenommen hatten.

Im Vergleich mit anderen europäischen Länder nimmt die Schweiz in Bezug auf die Nährstoffüberschüsse eine Mittelstellung ein. Hohe Überschüsse in einem Land können hauptsächlich auf eine grosse Tierdichte und einen hohen Mineraldüngereinsatz zurückgeführt werden.



# RÉSUMÉ

---

## Bilan des éléments nutritifs dans l'agriculture suisse pour les années 1975 à 1995

Le bilan des éléments nutritifs dans l'agriculture suisse a été calculé pour l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) au cours des années 1975 à 1995. Le calcul de ce bilan est basé sur le bilan des entrées et des sorties dans lequel les quantités d'éléments nutritifs qui entrent en agriculture sont confrontées à celles qui en ressortent. En guise de complément et de contrôle, on a aussi établi le cycle de ces éléments. Les quantités des différentes entrées et sorties ainsi que les flux internes à l'agriculture ont été pour la plupart calculés par la multiplication de la quantité de chaque produit par leur teneur et addition en fonction de chacun des trois éléments nutritifs.

Les engrais minéraux représentent l'entrée la plus importante pour les trois éléments nutritifs. Suivent pour l'azote la fixation biologique par les légumineuses et les dépositions. Pour le phosphore et le potassium ce sont les fourrages importés. Les sorties dues aux denrées alimentaires d'origines végétale et animale ainsi que les autres produits d'origine animale (peaux, etc.) représentent selon l'élément un quart à un tiers des entrées totales. Le surplus s'est élevé en 1995 pour l'azote à environ 124'000 t N, soit 116 kg N/ha de surface agricole utile (SAU), pour le phosphore à environ 13'500 t P, soit 13 kg P/ha SAU et pour le potassium à environ 38'000 t K, soit 35 kg K/ha SAU.

Le cycle des éléments nutritifs fait apparaître que pour l'azote, les entrées dues aux fourrages importés ont été plus faibles que les sorties sous formes de denrées alimentaires et autres produits d'origine animale; pour le phosphore et le potassium, les deux flux ont été approximativement du même ordre de grandeur. En production végétale l'apport en éléments nutritifs par tous les engrais, la fixation d'azote et les dépositions ont dépassé les exportations par les denrées alimentaires et fourragères d'origine végétale de 23 à 79% suivant l'élément considéré.

Entre 1975 et 1995 la consommation des engrais minéraux a tout d'abord augmenté de manière différente pour les trois éléments nutritifs pour ensuite diminuer. On a constaté une forte diminution des importations de fourrages au cours de toute la période. Alors que les quantités d'éléments nutritifs contenues dans les denrées alimentaires et autres produits d'origine animale n'ont que peu varié, on a enregistré une augmentation dans les denrées alimentaires d'origine végétale. Les entrées et les surplus des trois éléments nutritifs ont augmenté jusqu'en 1980 et ont diminué par la suite de manière presque continue. Dans le cadre de l'évaluation des mesures écologiques selon la Loi sur l'agriculture, on a constaté une diminution des surplus entre les années de référence 1990 à 1992 et 1995 de presque 10'000 t N (= 7%) et d'environ 5'500 t P (= 29%).

Comparée aux autres pays européens la Suisse occupe une place moyenne quant aux surplus des éléments nutritifs. Les surplus élevés dans un pays résultent principalement de la haute densité des cheptels vifs et d'une utilisation élevée des engrais minéraux.

# SUMMARY

---

## Nutrient balances of Swiss agriculture between 1975 and 1995

The nutrient balances of Swiss agriculture were calculated for nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) for the years between 1975 and 1995. The farmgate balance, a comparison between nutrient input into agriculture and output from agriculture, was used as method. As supplementation and control the nutrient cycle was established. Input and output items and nutrient fluxes within agriculture were primarily calculated by multiplication of product quantities with their nutrient contents.

Mineral fertilizers are the most important input item for all three nutrients. They are followed for nitrogen by biological fixation by legumes and deposition and for phosphorus and potassium by imported feedstuffs. The output through animal and vegetable products makes up a fourth to a third of the whole input, depending on the nutrient. Nitrogen surplus amounted to about 124'000 t N or 116 kg N/ha agricultural used area (= surface used by agriculture without alpine pastures) in 1995. The corresponding values for phosphorus were about 13'500 t P or 13 kg P/ha and for potassium about 38'000 t K or 35 kg K/ha.

The nutrient cycle reveals that the N output through animal products exceeds the input in form of imported feedstuffs; for phosphorus and potassium the nutrient fluxes were in the same magnitude. In crop production nutrient supply by fertilizers, nitrogen fixation and deposition exceeded the removal by crop products by 23% up to 79%, depending on the nutrient.

Between 1975 and 1995 mineral fertilizer consumption first increased and then decreased. A strong decrease over the whole period was observed for imported feedstuffs. During this time period, the nutrient amount in animal products was constant whereas the use of vegetable foodstuffs increased. For all three nutrients, the whole input and nutrient surplus increased up to 1980 and then decreased continuously. The evaluation of the ecological measures (according to the Swiss Agricultural Law) reveal a decrease in the nutrient surplus of nearly 10'000 t N and about 5'500 t P between the reference years 1990-92 and 1995.

In comparison with other European countries, Switzerland has an intermediate position concerning nutrient surpluses. Large surpluses in a country are mainly a consequence of high animal densities and large quantities of mineral fertilizers applied.



# 1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

---

In der schweizerischen Landwirtschaft nahm der Düngereinsatz in diesem Jahrhundert lange Zeit zu. Dadurch konnten die Pflanzenerträge, die tierischen Leistungen und die gesamte Produktion stark gesteigert werden. Aber auch die Nährstoffverluste nahmen zu und führten zu verschiedenen Umweltproblemen: Der **Nitratgehalt im Trinkwasser** liegt an vielen Orten über dem Qualitätsziel. Ammoniak-Emissionen tragen zur **Überdüngung von empfindlichen Ökosystemen** (z.B. Wälder, Moore, Magerwiesen) bei. Bei der Denitrifikation wird neben molekularem Stickstoff ( $N_2$ ) auch Lachgas ( $N_2O$ ) gebildet, welches zum **Treibhauseffekt** und zum **Abbau der Ozonschicht** in der Stratosphäre beiträgt. Die grossen Phosphorfrachten, die über die Abschwemmung und die Erosion in die Gewässer gelangen, sind eine Hauptursache für die hohen Phosphorgehalte und die **Eutrophierung von Seen und Flüssen**. Im Pflanzenbau führt die Überdüngung zu einer unerwünschten **Anreicherung des Bodens mit Phosphor und Kalium**. Wird überdüngter Boden erodiert, entstehen deshalb höhere Nährstoffverluste und eine grössere Gewässerbelastung. Ein hoher Kaliumgehalt des Bodens kann infolge des Antagonismus zwischen Kalium und Magnesium einen niedrigen Magnesiumgehalt im Wiesenfutter bewirken, welcher wiederum **bei den Raufutter verzehrenden Tieren gesundheitliche Störungen** verursachen kann.

Die Nährstoffverluste sowie die Anreicherung im Boden können gezielter vermindert werden, wenn die Höhe des Nährstoffüberschusses sowie die Nährstoffflüsse im Bereich der Landwirtschaft bekannt sind. Aus diesem Grund wurden die Nährstoffbilanz und der Nährstoffkreislauf der schweizerischen Landwirtschaft für die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium erstellt. Damit die zeitliche Entwicklung der verschiedenen Grössen verfolgt werden kann, wurden die Berechnungen für jedes Jahr im Zeitabschnitt 1975 - 1995 durchgeführt. Die Berechnungen für die letzten Jahre dieser Periode sind ein Hilfsmittel bei der Evaluation der 1993 eingeführten Ökomassnahmen nach Artikel 70 und 76 des Landwirtschaftsgesetzes (früher: Artikel 31b) und wurden für Stickstoff und Phosphor im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft durchgeführt (BLW 1998).

## 2 MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 BILANZIERUNGSMETHODE

Die Berechnungen wurden für die gesamte Landwirtschaft (Pflanzenbau und Tierhaltung) durchgeführt. Im Gegensatz zu einer früheren Studie (BRAUN *et al.* 1994), die als Grundlage für die vorliegende Arbeit diente, wurde die 'Para-Landwirtschaft' (Gärten von privaten und öffentlichen Gebäuden, Grünflächen entlang von Strassen und Bahnlinien, Park- und offene Sportanlagen etc.) nicht berücksichtigt. Die schweizerische Landwirtschaft wurde als eine Einheit - als ein einziger 'landwirtschaftlicher Betrieb' - betrachtet.

Die Nährstoffbilanz wurde aufgrund des Nährstoff-Inputs in die Landwirtschaft und des Nährstoff-Outputs aus der Landwirtschaft erstellt (= Input-Output-Bilanz; Abb. 1). Der Input umfasst die importierten Futtermittel, die Mineraldünger, die Abfall- und die übrigen Dünger (Klärschlamm und Kompost, Rübenkalk, Guano etc.), das importierte Saatgut, die biologische Stickstoff-Fixierung durch die Leguminosen sowie die Nährstoff-Deposition aus der Luft. Der Output setzt sich aus den tierischen (Milch, Fleisch, Eier etc.) und pflanzlichen Nahrungsmitteln (Brotgetreide, Speisekartoffeln etc.) sowie den anderen tierischen Produkten (Tierhäute, exportiertes Fleisch- und Fleischknochenmehl, in die 'Para-Landwirtschaft' exportierte Hofdünger etc.) zusammen. Die Bilanz, das heisst die Differenz zwischen Input und Output, ist meistens positiv (= Überschuss) und umfasst die Bodenvorratsänderung (Zu- bzw. Abnahme des Nährstoffgehaltes im Boden) sowie die gesamten Verluste (Ammoniakverflüchtigung, Denitrifikation, Auswaschung, Abschwemmung, Erosion etc.).

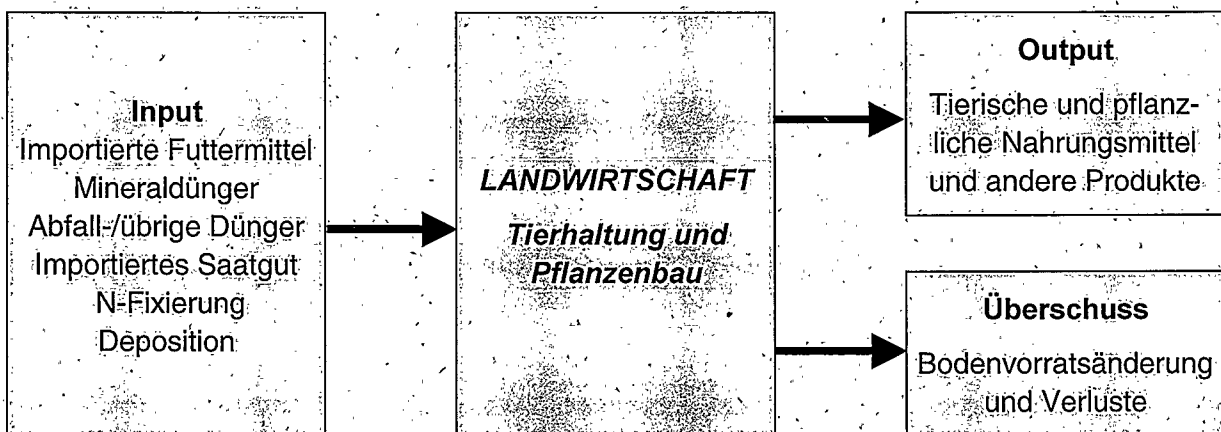


Abb. 1: Prinzip der Input-Output-Bilanz.

Die Nährstoffbilanz wurde aus folgenden Gründen nicht nach der Methode 'Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt' (LBL 1995) berechnet:

- Bei dieser Methode wird eine Bilanz für den Pflanzenbau und nicht für die gesamte Landwirtschaft (inkl. Tierhaltung) erstellt. Der Input über die importierten Futtermittel sowie der Output über die tierischen Produkte werden nicht erfasst, und die nur schwer vermeidbaren Ammoniakverluste im Stall und bei der Lagerung sind nicht im Stickstoffüberschuss enthalten.

- Bei den Hof-, den Abfall- und den übrigen Düngern wird mit dem verfügbaren Stickstoff und nicht mit dem Gesamtstickstoff gerechnet.
- Die Stickstoff-Fixierung und die Deposition werden nicht direkt erfasst. Sie werden allerdings indirekt im Bedarf der Kulturen (= Düngungsnorm) berücksichtigt.
- Es wird mit dem Bedarf und nicht mit dem Entzug der Pflanzen gerechnet. Die beiden Grössen unterscheiden sich beim Stickstoff, aber auch beim Kalium stark voneinander. Die Düngungsnorm enthält neben der Korrektur für die Stickstoff-Fixierung und die Deposition auch einen Abzug für die Stickstoffnachlieferung des Bodens während der Vegetationszeit. Beim Kalium betreiben die Pflanzen oftmals einen Luxuskonsum (SPIESS *et al.* 1993, VON GRÜNIGEN 1945, ZORN und PRAUSSE 1992), so dass der Entzug den Bedarf weit übersteigt, was vor allem beim Grasland von Bedeutung ist.

Aus diesen Gründen können die Ergebnisse der beiden Methoden 'Input-Output-Bilanz' und 'Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt' nicht direkt miteinander verglichen werden.

Zur Ergänzung der Input-Output-Bilanz wurden in der vorliegenden Arbeit auch die folgenden kreislaufinternen Grössen berechnet: die im Inland erzeugten pflanzlichen und tierischen Futtermittel (Raufutter, Futtergetreide, Schotter, Fleischknochenmehl etc.), die tierischen Ausscheidungen, die Fütterungs- und Ernteverluste, das Stroh sowie das im Inland erzeugte Saatgut.

## 2.2 AUSGANGSDATEN UND BERECHNUNGSMETHODE

Die Nährstoffmengen wurden in den meisten Fällen durch Multiplikation der einzelnen Produktmengen mit dem Nährstoffgehalt berechnet (siehe Anhang). Die Mengenangaben stammten grösstenteils vom Schweizerischen Bauernsekretariat (SBV 1996a und b, 1997a und b). Die Nährstoffgehalte wurden vor allem den 'Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer' (FAG 1994) entnommen.

Bei den in die Schweiz **importierten Futtermitteln** wurde die Menge der anorganischen Futterphosphate aufgrund der Aussenhandelsstatistik (EIDG. OBERZOLLDIREKTION 1996) geschätzt.

Die Nährstoffmenge in den **Mineraldüngern** wurde den 'Statistischen Erhebungen und Schätzungen' (SBV 1996a) entnommen; diejenigen in den **Abfall- und übrigen Düngern** wurden grösstenteils aufgrund von verschiedenen Quellen (z.B. CANDINAS und CHASSOT 1997, KETTLER 1998, LÖTSCHER und HUNGERBÜHLER 1997, SBV 1997b) selbst berechnet. Es wurde davon ausgegangen, dass 4% des Mineraldüngers, kein Klärschlamm, rund ein Drittel des Komposts und je nach Nährstoff und Jahr 20 - 40% der restlichen Dünger in der 'Para-Landwirtschaft' eingesetzt werden.

Die **biologische Stickstoff-Fixierung** wurde für das Grasland berechnet, indem die Fläche der Natur- und der Kunstwiesen (umgerechnet auf einen Standard-Ertrag von 130 dt Trockensubstanz (TS) pro ha) mit dem Kleeanteil (in %), dem Faktor 4,15 kg N/ha sowie einem Faktor 1.4 multipliziert wurde (BRAUN *et al.* 1994). Für Naturwiesen wurde ein Kleeanteil von 10% und für Kunstwiesen ein solcher von 30% angenommen. Nach BOLLER und NÖSBERGER (1987) werden bei TS-Erträgen von 100 - 160 dt/ha (Mittel: 130 dt/ha) pro Prozent Kleeanteil

3.70 - 4.59 kg N/ha (Mittel: 4.15 kg N/ha) fixiert und von den oberirdischen Pflanzenteilen aufgenommen. Die Multiplikation mit dem Faktor 1.4 erfolgte, weil nicht der gesamte von den Pflanzen fixierte Stickstoff mit dem Erntegut weggeführt wird. Ein Teil des fixierten Stickstoffes gelangt durch absterbende Kleeteile in den Bodenvorrat (BOLLER 1988). Bei den Ackerleguminosen wurde die Stickstoff-Fixierung auf 200 kg N/ha geschätzt, bei den Obst-Intensivkulturen auf 15 kg N/ha und beim Rebland auf 10 kg N/ha.

Die Stickstoff-**Deposition** kann regional stark variieren. Mit Regen und Staub gelangt Stickstoff in Form von Nitrat und Ammonium auf den Boden. Gasförmig werden Ammoniak, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid deponiert. Die Deposition auf die landwirtschaftliche Nutzfläche wurde im Mittel der Jahre 1993 - 1995 auf 25 kg N/ha geschätzt (nach RIHM 1996). Bei den Sömmerungsweiden wurde von 15 kg N/ha ausgegangen. Die Werte für die anderen Jahre wurden aufgrund der Höhe der gesamten Ammoniak- und Stickoxidemissionen (BARRETT *et al.* 1995, BUWAL 1995, MENZI *et al.* 1997, STADELMANN *et al.* 1996) geschätzt. Bei Phosphor und Kalium wurde eine Deposition von 0.6 kg P/ha (PRASUHN und BRAUN 1994) bzw. 3 kg K/ha angenommen.

Die Nährstoffmenge in den **tierischen und pflanzlichen Produkten** wurde indirekt berechnet. Die Menge in den tierischen Nahrungsmitteln (Konsummilch, Käse, Butter, Fleisch, Eier etc.) und den anderen Produkten (Tierhäute, exportiertes Fleisch- und Fleischknochenmehl, Petfood, verbrannte Tierkörper etc.) ergab sich, indem die tierischen Futtermittel (Milch für die Aufzucht, Mager- und Buttermilch, Schotte, Fleisch- und Fleischknochenmehl, Fleischsuppe etc.) von der gesamten Produktion an Milch, Schlachtvieh, Geflügel und Eiern abgezogen wurden. Die Schlachtvieh- und Geflügelproduktion (ausgedrückt in Lebendgewicht) wurde für jede Tierkategorie über die Fleischmenge (ausgedrückt in Schlachtgewicht; BFS 1986 und SBV 1996a) und die jeweilige durchschnittliche Schlachtausbeute berechnet. Bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln (Brotgetreide, Speisekartoffeln, Obst, Gemüse etc.) wurde die Nährstoffmenge über die Differenz zwischen der gesamten pflanzlichen Produktion und den pflanzlichen Futtermitteln (Raufutter, Futtergetreide, Futterkartoffeln, Zuckerrübenschnitzel, Rapsextraktionsschrot etc.) ermittelt.

Die Ermittlung der Nährstoffmenge im **Raufutter** erwies sich als schwierig, weil der durchschnittliche Wiesenertrag und die Höhe der gesamten Raufutterproduktion unbekannt sind. Da aber die Wiesen in der Schweiz rund 70% der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen, haben sie einen grossen Einfluss auf die Höhe der im Kreislauf umgesetzten Nährstoffmengen. Um den Fehler möglichst klein zu halten, wurde die Raufutterproduktion deshalb über den TS-Verzehr der Raufutter verzehrenden Tiere geschätzt, indem die Anzahl Tiere der verschiedenen Tierkategorien mit einem spezifischen Wiesenfutter- und Silomaisverzehr (Tab. 1) multipliziert wurde (nach SPIESS 1989). Während bei optimaler Fütterung der Anteil der aus dem Raufutter produzierten Milch über 90% der gesamten Milchmenge beträgt, wurde in unseren Berechnungen angenommen, dass in der Praxis dieser Anteil zwischen 1975 und 1995 von 80% auf 85% gesteigert werden konnte (vgl. MENZI und GANTNER 1987). Aus diesem Grund wurde der durchschnittliche TS-Verzehr der Milchkühe gegenüber LBL (1995) um 6% (1995) bis 11% (1975) vermindert. Beim Silomais wurde mit einer Zunahme des Brutto-Ertrages während der untersuchten Periode von 140 auf 160 dt TS/ha gerechnet. Weiter wurde angenommen, dass der Ertrag der Kunstwiesen 20% höher ist als derjenige der Naturwiesen. Der Zwischenfutterbau, die Sömmerungsweiden und andere Raufutterarten wie die Futterrüben oder das Rübenlaub wurden nicht in die Berechnungen

einbezogen. Einerseits waren keine Daten vorhanden, andererseits waren die Mengen unbedeutend. Da bei den Kunstwiesen mit der Fläche während den Hauptnutzungsjahren gerechnet wurde, konnte auch nicht berücksichtigt werden, dass viele Kunstwiesen schon nach der Ernte der Hauptkultur im Vorjahr angesät oder erst im Frühling nach dem letzten Hauptnutzungsjahr umgebrochen werden. Aus diesen Gründen wurden die Wiesenerträge gesamthaft etwas überschätzt, was aber keine Auswirkungen auf die Höhe der Stoffflüsse hat.

Die **Ernteverluste** wurden auf 15% des Bruttoertrages der Wiesen und auf 2% beim Silomais geschätzt. Für die **Fütterungsverluste** wurden bei den Wiesen und beim Silomais 5% des Feldertrages (= Brutto-Ertrag minus Ernteverluste) eingesetzt. Die berechneten Felderträge der Naturwiesen lagen zwischen 1975 und 1995 im Mittel über das gesamte Berg- und Talgebiet ziemlich konstant bei rund 70 dt TS/ha (Abb. 2).

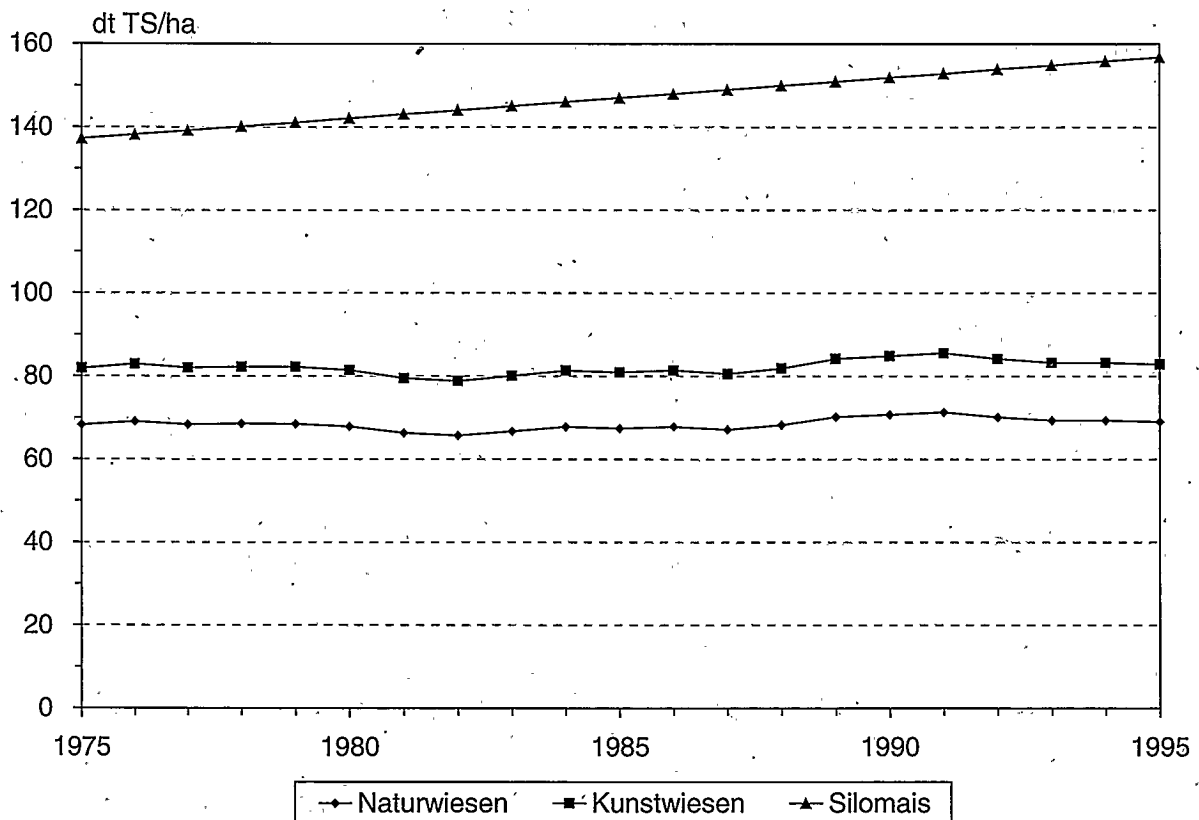


Abb. 2: Berechnete Felderträge für die Natur- und Kunstwiesen sowie Annahme für Silomais in den Jahren 1975 - 1995.

Die in den **tierischen Ausscheidungen** (Kot und Harn) enthaltene Nährstoffmenge wurde berechnet, indem die Nährstoffmenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen Produkten von derjenigen in den inländischen pflanzlichen und den aus dem Ausland importierten Futtermitteln abgezogen wurde (Bilanz-Methode; Tab. 2). Der Vergleich dieser Werte mit dem über die Tierzahlen und die Hofdüngerrichtwerte berechneten Anfall (Richtwert-Methode = 100%) ergab je nach Jahr Abweichungen, die beim Stickstoff zwischen -2% und 6%, beim Phosphor zwischen 8 und 21% und beim Kalium zwischen -11 und -7% lagen (Abb. 3). Diese Abweichungen haben verschiedene Ursachen: Bei der Erstellung der Hofdüngerrichtwerte wurde bei den meisten Tierkategorien von einer optimalen Fütterung nach Normen ausgegangen, welche in der Praxis jedoch häufig nicht erreicht wird. Zudem setzen



die Landwirte teilweise auch andere Futterrationen ein. Beim Phosphor deuten die Berechnungen darauf hin, dass die Überversorgung der Milchkühe mit mineralischen Futterphosphaten sowie die über dem Optimum liegenden Phosphorgehalte im Schweine- und Geflügelfutter in den letzten 20 Jahren zurückgegangen sind. Die Differenz beim Kalium ist darauf zurückzuführen, dass bei der Bilanz-Methode aufgrund der 'Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer' (FAG 1994) mit einem mittleren Kaliumgehalt des Wiesenfutters von 27.8 g K/kg TS (Anteile von 60% Gras, 20% Grassilage und 20% Dürffutter) gerechnet wurde, während bei der Erstellung der Hofdüngerrichtwerte basierend auf den Fütterungsempfehlungen von 1984 von einem solchen von über 30 g K/kg TS ausgegangen wurde (FLÜCKIGER 1987). Die in den letzten Jahren verbesserte Futterverwertung in der Mast hatte nur einen geringen Einfluss auf den Nährstoffanfall in den Hofdüngern, da der geringere Futterbedarf pro kg Zuwachs praktisch durch die intensivere Mast (höhere Tageszunahmen und dadurch kürzere Mastzeiten) ausgeglichen wurde. Für die Berechnung des Nährstoffkreislaufes der Landwirtschaft wurde angenommen, dass 2% des Hofdüngers in der 'Para-Landwirtschaft' eingesetzt werden.

Tab. 1: Verwendete Werte für den TS-Verzehr der Raufutterverzehrer (nach LBL 1995) und den Nährstoffanfall in Kot und Harn pro Tiereinheit (nach BLW und BUWAL 1994).

Tierkategorie	TS-Verzehr kg/Tag	Nährstoffanfall in Kot und Harn		
		kg N/Jahr	kg P/Jahr	kg K/Jahr
Aufzuchtrinder bis 1 Jahr	3.0	26	4	40
Aufzuchtrinder 1 - 2 Jahre	6.0	42	6	60
Aufzuchtrinder über 2 Jahre	10.0	63	9	90
Milchkühe <sup>1)</sup>	12.0-12.8	105	15	150
Mastkälber		12	1.4	5
Vormastkälber bis 1/2 Jahr	0.3	8	1.1	6
Mastvieh 125-500 kg	4.5	35	7.5	30
Zuchtstuten und -hengste sowie andere Pferde über 4 Jahre	8.0	60	12	90
Fohlen unter 4 Jahre <sup>2)</sup>	3.2	24.0	4.8	36.0
Maultiere und Esel <sup>2)</sup>	5.6	42.0	8.4	63.0
Ponies <sup>2)</sup>	3.4	25.7	5.1	38.6
Zuchtauern <sup>3)</sup>	2.1	16.0	2.7	24.0
Milchziegen <sup>3)</sup>	2.1	18.0	2.7	23.0
Mastschweine <sup>4)</sup>		15.0	3.0	5.0
Mutterschweine <sup>5)</sup>		35.0	8.5	15.0
Zuchteber <sup>2)</sup>		17.5	4.3	7.5
Legetierküken und Junghennen		0.34	0.07	0.10
Lege- und Zuchthennen, Zuchthähne		0.71	0.20	0.21
Mastpoulets		0.40	0.07	0.11
Gänse, Enten und Truten		1.40	0.25	0.35

1) Annahme für eine Milchleistung von 5000 kg/Jahr (tieferer Wert: 80%, höherer Wert: 85% der Milchproduktion aus dem Raufutter); bei einer um 100 kg höheren oder tieferen Leistung wurde eine Korrektur um +1% bzw. -1% vorgenommen

2) über DGVE-Faktor berechnet

3) Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock

4) Mastschwein von 25-100 kg Lebendgewicht

5) Zuchtschwein inkl. Ferkel bis 25 kg Lebendgewicht

Tab. 2: Nährstoffanfall in Kot und Harn im Jahr 1995 (in t/Jahr).

	N	P	K
+ Nährstoffmenge in den importierten Futtermitteln	24'855	4'927	6'967
+ Nährstoffmenge in den inländischen pflanzl. Futtermitteln	144'900	24'123	158'659
- Nährstoffmenge in den tierischen Nahrungsmitteln	- 29'017	- 4'544	- 6'570
= Nährstoffmenge im ausgeschiedenen Kot und Harn	140'739	24'506	159'056

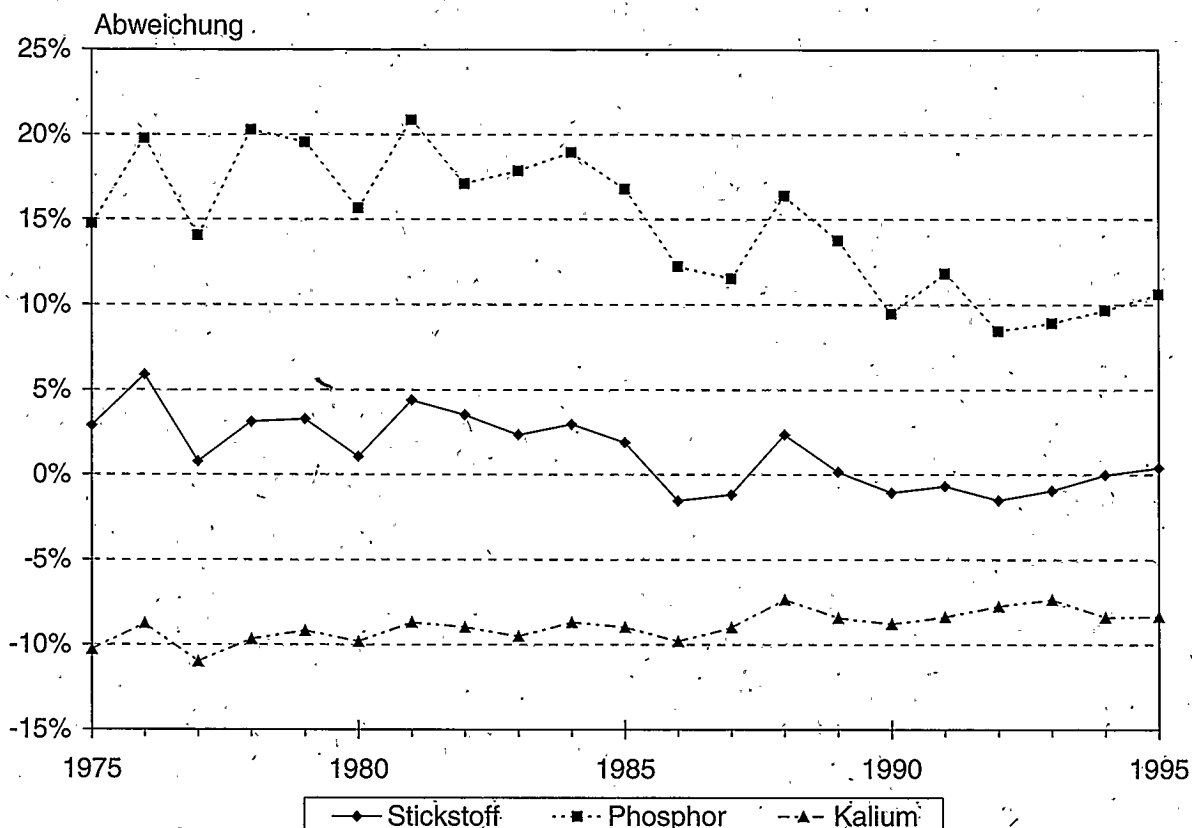


Abb. 3: Abweichungen der Bilanz-Methode von der Richtwert-Methode (= 100%) im Nährstoffanfall in Kot und Harn.

Bei den **Ernterückständen** wurde die Strohmenge über das Verhältnis Kornertrag zu Strohertrag (gemäss FAP, RAC und FAC 1994) berechnet.

## 2.3 GENAUIGKEIT DER BERECHNUNGEN

Die Genauigkeit der Ergebnisse ist nicht leicht zu beurteilen, weil die verschiedenen Mengen und Nährstoffgehalte, die in die Berechnungen eingingen, mit einem schwer abzuschätzenden Fehler behaftet sind. Bei einigen Input-Grössen wie den Mineraldüngern dürfte der angenommene Wert weniger als 5% vom wahren Wert abweichen. Dagegen ist die Berechnung der biologischen Stickstoff-Fixierung oder der Deposition, die mengenmässig bedeutsam sind, mit viel grösseren Unsicherheiten behaftet (ca.  $\pm 10-30\%$ ). Der Fehler beim Endergebnis, dem Nährstoffüberschuss, dürfte jedoch geringer als  $\pm 20\%$  ausfallen. Einerseits konnte für einzelne Bereiche wie z.B. die gesamte Tierhaltung oder die Rapsproduktion eine

Kontrollrechnung durchgeführt werden. Andererseits heben sich viele Fehler gegenseitig auf. Wird beispielsweise mit einer zu grossen Raufutterproduktion gerechnet, fällt infolge der Bilanzrechnung auch der Hofdüngeranfall höher aus, jedoch nicht der Nährstoffüberschuss.

Die Veränderung des Nährstoffüberschusses im Laufe der Jahre kann genauer geschätzt werden als die absolute Höhe des Überschusses in einem einzelnen Jahr, weil für die gesamte Untersuchungsperiode mit der gleichen Methode gerechnet wurde und sich hier Fehler noch vermehrt gegenseitig aufhoben. Wurde z.B. die Stickstoff-Deposition 1995 zu hoch geschätzt, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass sie auch in den vorhergegangenen Jahren überschätzt wurde. In einzelnen Bereichen (z.B. importierte und inländische Futtermittel) war allerdings die Datenbasis vor 1984 schlechter als nachher, weil das Schweizerische Bauernsekretariat in diesem Jahr eine detailliertere Erhebungsmethode einführte.

### 3 NÄHRSTOFFBILANZ UND NÄHRSTOFFKREISLAUF IM JAHR 1995

#### 3.1 STICKSTOFF

In der schweizerischen Landwirtschaft werden grosse Stickstoffmengen umgesetzt. Im Jahr 1995 gelangten rund 164'000 t N über den Input in den Kreislauf (Tab. 3). Die Mineraldünger wiesen mit 36%, die Stickstoff-Fixierung mit 23% und die Deposition mit 22% die höchsten Anteile am gesamten Input auf. Der Anteil der importierten Futtermittel lag bei 15%, die Abfall- und die übrigen Dünger sowie das importierte Saatgut machten weniger als 5% aus. Über den Output verliessen 40'000 t N wieder die Landwirtschaft, was etwa einem Viertel des Inputs entsprach. Die Stickstoffmenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten war mehr als doppelt so hoch als diejenige in den pflanzlichen Nahrungsmitteln. Der Stickstoffüberschuss betrug fast 124'000 t. Bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche von 1'064'740 ha im Jahr 1995 machte dies 116 kg N/ha aus. Es muss angenommen werden, dass diese Menge grösstenteils der Landwirtschaft über die Ammoniakverflüchtigung, die Denitrifikation und die Nitratauswaschung verloren ging, weil eine starke Anreicherung von Stickstoff im Boden ausgeschlossen werden kann.

Tab. 3: Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft im Jahr 1995 (in t/Jahr und in % des gesamten Inputs).

	N		P		K	
	t/Jahr	%	t/Jahr	%	t/Jahr	%
<b>Input</b>	<b>163'940</b>	<b>100</b>	<b>19'865</b>	<b>100</b>	<b>50'542</b>	<b>100</b>
Importierte Futtermittel	24'855	15	4'927	25	6'967	14
Mineraldünger	58'560	36	10'145	51	36'010	71
Abfall- und übrige Dünger	6'757	4	3'756	19	2'488	5
Importiertes Saatgut	147	0	31	0	44	0
Stickstoff-Fixierung der Leguminosen	37'730	23				
Deposition über die Luft	35'891	22	1'006	5	5'032	10
<b>Output</b>	<b>40'383</b>	<b>25</b>	<b>6'354</b>	<b>32</b>	<b>12'927</b>	<b>26</b>
Tierische Nahrungsmittel und andere tierische Produkte	29'017	18	4'544	23	6'570	13
Pflanzliche Nahrungsmittel	11'367	7	1'810	9	6'357	13
<b>Überschuss</b>	<b>123'556</b>	<b>75</b>	<b>13'511</b>	<b>68</b>	<b>37'614</b>	<b>74</b>

Der Stickstoffkreislauf für die schweizerische Landwirtschaft zeigt neben den verschiedenen Input- und Output-Grössen auch die landwirtschaftsinternen Stoffflüsse. Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Stickstoffmengen in den pflanzlichen Futtermitteln und in den tierischen Ausscheidungen 1995 praktisch gleich gross waren. Über die importierten Futtermittel gelangte etwas weniger Stickstoff in den Kreislauf, als über die tierischen Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte exportiert wurde. Von der gesamten Milch- und Fleischpro-

duktion gingen über zwei Drittel des Stickstoffs in die tierischen Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte. Der Rest war in den tierischen Futtermitteln (Milch für die Aufzucht, Schotte, Fleisch- und Fleischknochenmehl etc.) enthalten. Im Pflanzenbau überstiegen die Düngung (tierische Ausscheidungen, Mineral-, Abfall- und übrige Dünger), die Deposition und die Stickstoff-Fixierung zusammen den Entzug durch die pflanzlichen Futter- und Nahrungsmittel um 79%. Die Stickstoffmenge in den pflanzlichen Nahrungsmitteln war relativ gering. Der grösste Teil des Stickstoffs stammte hier vom Brotgetreide. Bei diesem gelangte im langjährigen Durchschnitt nur die Hälfte des Stickstoffs in den Körnern in die menschliche Ernährung. Die andere Hälfte wurde verfüttert (deklassiertes Brotgetreide und Müllereiabfälle wie Kleie). Vom Stickstoff in den Kartoffeln wurde im schlechten Erntejahr 1995 ein Drittel in der Fütterung eingesetzt; in früheren Jahren lag dieser Anteil bei 50%. Beim Raps verliessen nur geringe Stickstoffmengen die Landwirtschaft, weil Öl praktisch kein Protein und damit keinen Stickstoff enthält. Der Stickstoff in den Rapskörnern kommt fast vollständig über das Extraktionsschrot in die Landwirtschaft zurück.

Stickstoffmengen, die gesamthaft in der gleichen Grössenordnung lagen wie diejenigen der biologischen Stickstoff-Fixierung oder der Deposition, zirkulierten innerhalb der Landwirtschaft via Ernte- und Fütterungsverluste, Stroh sowie inländisches Saatgut. Von den 38'000 t N, die in diesen Produkten enthalten waren, gelangte der grösste Teil in organischer Form in den Boden. Die tierischen Futtermittel waren mit rund 12'000 t N ebenfalls bedeutend.

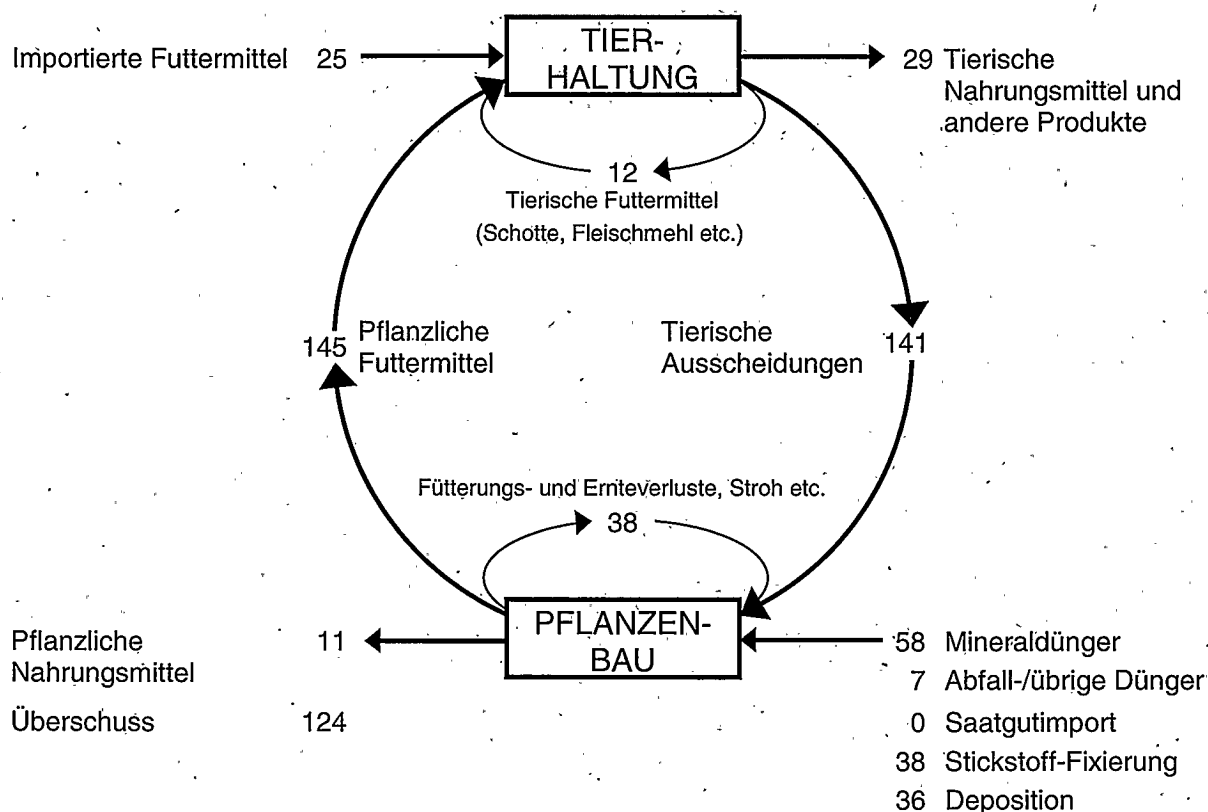


Abb. 4: Stickstoffkreislauf der schweizerischen Landwirtschaft im Jahr 1995 (in 1000 t N/Jahr).

### 3.2 PHOSPHOR

Der gesamthafte Phosphor-Input in die Landwirtschaft betrug 1995 fast 20'000 t P (Tab. 3). Wie beim Stickstoff wiesen die Mineraldünger mit 51% den grössten Anteil am gesamten Input auf. 25% des Phosphor-Inputs gelangten über die importierten Futtermittel und 19% über die Abfall- und die übrigen Dünger in den landwirtschaftlichen Kreislauf. Der Anteil der Abfall- und der übrigen Dünger war hauptsächlich wegen dem P-reichen Klärschlamm so hoch. Die über die Deposition auf dem landwirtschaftlich genutzten Land abgelagerte Menge an Phosphor (1'000 t P/Jahr) ist im Vergleich mit dem Stickstoff (36'000 t N/Jahr) gering. Der Output betrug mit gegen 6'500 t P/Jahr fast ein Drittel des Inputs. Der Überschuss von 13'500 t wurde beim Phosphor zum grössten Teil im Boden angereichert. Der Rest gelangte vor allem über die Erosion und die Abschwemmung in die Gewässer. Mit 13 kg P/ha LN entspricht der Überschuss rund einem Drittel bis der Hälfte des Phosphorbedarfs vieler landwirtschaftlichen Kulturen.

Beim Phosphorkreislauf (Abb. 5) liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim Stickstoff. In den pflanzlichen Futtermitteln und in den tierischen Ausscheidungen zirkulierte eine Phosphormenge in der Grössenordnung von 24'000 t P/Jahr. Auffallend ist, dass die tierischen Futtermittel fast gleich viel Phosphor enthielten wie die tierischen Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte. Während vom Phosphor in der produzierten Milch rund zwei Drittel die Landwirtschaft über die Nahrungsmittel verliessen, betrug dieser Anteil in der Fleischproduktion weniger als 40%. Ein grosser Teil wurde hier vor allem in Form von Fleischknochenmehl wieder verfüttert. Im Pflanzenbau überstieg die P-Zufuhr über alle Düngemittel und die Deposition den Nährstoffentzug über die Futter- und Nahrungsmittel um rund 50%.

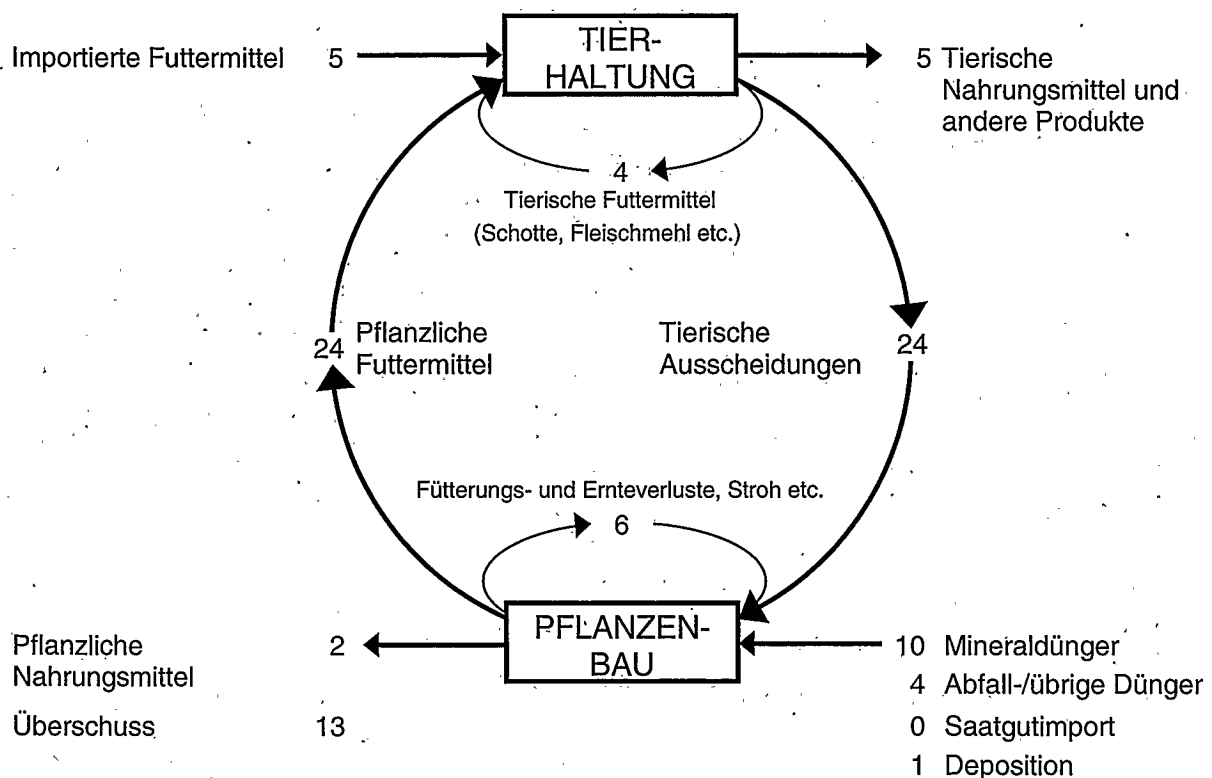


Abb. 5: Phosphorkreislauf der schweizerischen Landwirtschaft im Jahr 1995 (in 1000 t P/Jahr).

### 3.3 KALIUM

Der Kalium-Input in die Landwirtschaft betrug 1995 fast 51'000 t K (Tab. 3). Mit 71% stammte der Hauptteil von den Mineraldüngern. Die Anteile der importierten Futtermittel und der Deposition beliefen sich auf 14% bzw. 10%. Der Output über die Nahrungsmittel und die anderen Produkte war mit 13'000 t K/Jahr relativ gering und machte etwa ein Viertel des Inputs aus. Im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor war die Kaliummenge in den tierischen Produkten fast gleich hoch wie diejenige in den pflanzlichen Produkten, weil Milch und Fleisch geringere Kaliumgehalte aufweisen als Kartoffeln oder Getreidekörner. Es kann angenommen werden, dass sich der Überschuss von 38'000 t K/Jahr bzw. 35 kg K/ha LN grösstenteils im Boden anreicherte und dass der Rest hauptsächlich über die Auswaschung verloren ging. Verglichen mit dem durchschnittlichen Nährstoffbedarf der meisten Kulturen war der Überschuss beim Kalium nicht so gross wie beim Phosphor.

Beim Kaliumkreislauf (Abb. 6) fällt auf, dass die landwirtschaftsinternen Stoffflüsse (besonders die pflanzlichen Futtermittel, die tierischen Ausscheidungen sowie auch die Fütterungs- und Ernteverluste und das Stroh) im Vergleich zu Input und Output sehr hoch waren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Kalium vor allem in vegetativen Pflanzenteilen (Raufutter, Stroh etc.) enthalten ist. Die Kaliumgehalte der generativen Pflanzenteilen (Körner, Früchte etc.) sind dagegen niedrig. Da auch Fleisch, Milch, Käse und Butter wenig Kalium enthalten, war die Kaliummenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten niedrig. Dagegen gelangten beträchtliche Kaliummengen vor allem über die Schotte in die Fütterung. Im Pflanzenbau war das Verhältnis zwischen der Nährstoffzufuhr über Düngemittel und Deposition und dem Nährstoffentzug über die pflanzlichen Futter- und Nahrungsmittel besser als bei Stickstoff und Phosphor. Die Kaliumzufuhr überstieg den Entzug um 23%.

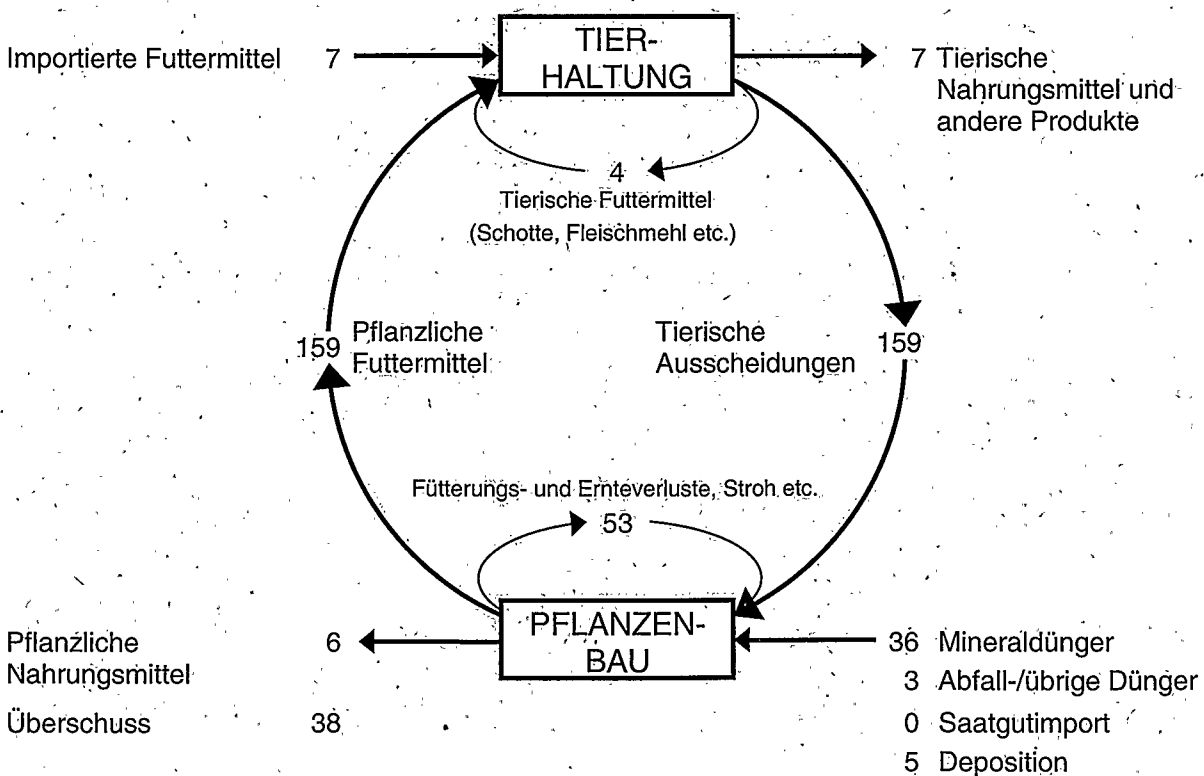


Abb. 6: Kaliumkreislauf der schweizerischen Landwirtschaft im Jahr 1995 (in 1000 t K/Jahr).

## 4 ENTWICKLUNG DER NÄHRSTOFFBILANZ ZWISCHEN 1975 UND 1995

### 4.1 STICKSTOFF

Beim Stickstoff-Input verdoppelte sich der Mineraldüngereinsatz zwischen 1975 und 1988 von 36'000 auf 69'000 t N und nahm bis 1995 wieder um 10'000 t N ab (Abb. 7). Der Rückgang war vor allem nach der Einführung der ökologischen Direktzahlungen im Jahr 1993 beträchtlich. Der Einsatz der Abfall- und der übrigen Dünger stieg in den letzten 20 Jahren zwar an, die Stickstoffmengen waren aber verglichen mit anderen Input-Größen gering. Die Stickstoffmengen im importierten Saatgut (nicht abgebildet) waren immer sehr gering. Die biologische Stickstoff-Fixierung blieb ziemlich konstant auf einem Niveau von rund 38'000 t N. Die Stickstoffeinträge über die Deposition erreichten Ende der achtziger Jahre mit 40'000 t N ihren höchsten Wert. In den letzten Jahren gingen sie zurück, weil einerseits die Tierzahlen und damit der Hofdüngeranfall und die Ammoniakverluste und andererseits die Stickoxidemissionen von Verkehr und Industrie abnahmen (BUWAL 1995, MENZI *et al.* 1997, STADELMANN *et al.* 1996). Die Stickstoffmenge in den importierten Futtermitteln erfuhr eine starke Abnahme und war Mitte der neunziger Jahre noch halb so hoch wie 20 Jahre zuvor, weil der gesamte Futterbedarf infolge der sinkenden Tierzahlen abnahm und weil ausländisches durch inländisches Futtergetreide verdrängt wurde. Der gesamte Stickstoff-Input in die Landwirtschaft stieg bis 1980 an und nahm danach ab (Abb. 8).

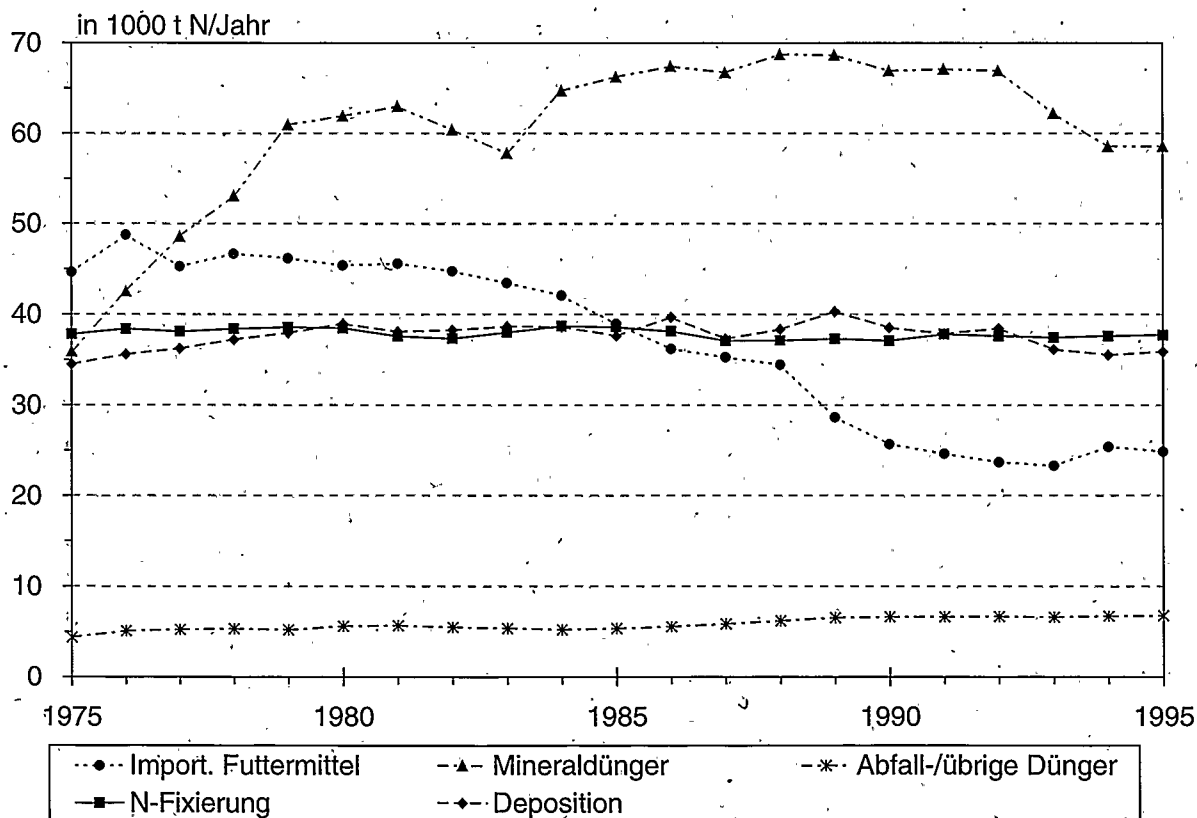


Abb. 7: Stickstoffmengen in den einzelnen Input-Größen zwischen 1975 und 1995.



Beim Output fällt auf, dass die Stickstoffmenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen Produkten 1995 ungefähr gleich hoch war wie Mitte der siebziger Jahre (Abb. 8). Die Milch- und die Fleischproduktion nahmen jahrelang leicht zu; in den letzten zehn Jahren ging dann vor allem die Fleischproduktion um fast 10% zurück. Bei der Fleischproduktion zeigen die Berechnungen auch, dass zwischen 1975 und 1992 immer mehr Schlachtnebenprodukte in der schweizerischen Landwirtschaft verwertet wurden. Der Stickstoff-Export über die pflanzlichen Produkte schwankte relativ stark von Jahr zu Jahr, nahm aber insgesamt vor allem infolge der steigenden Weizenfläche und der ertragreicheren Sorten zu.

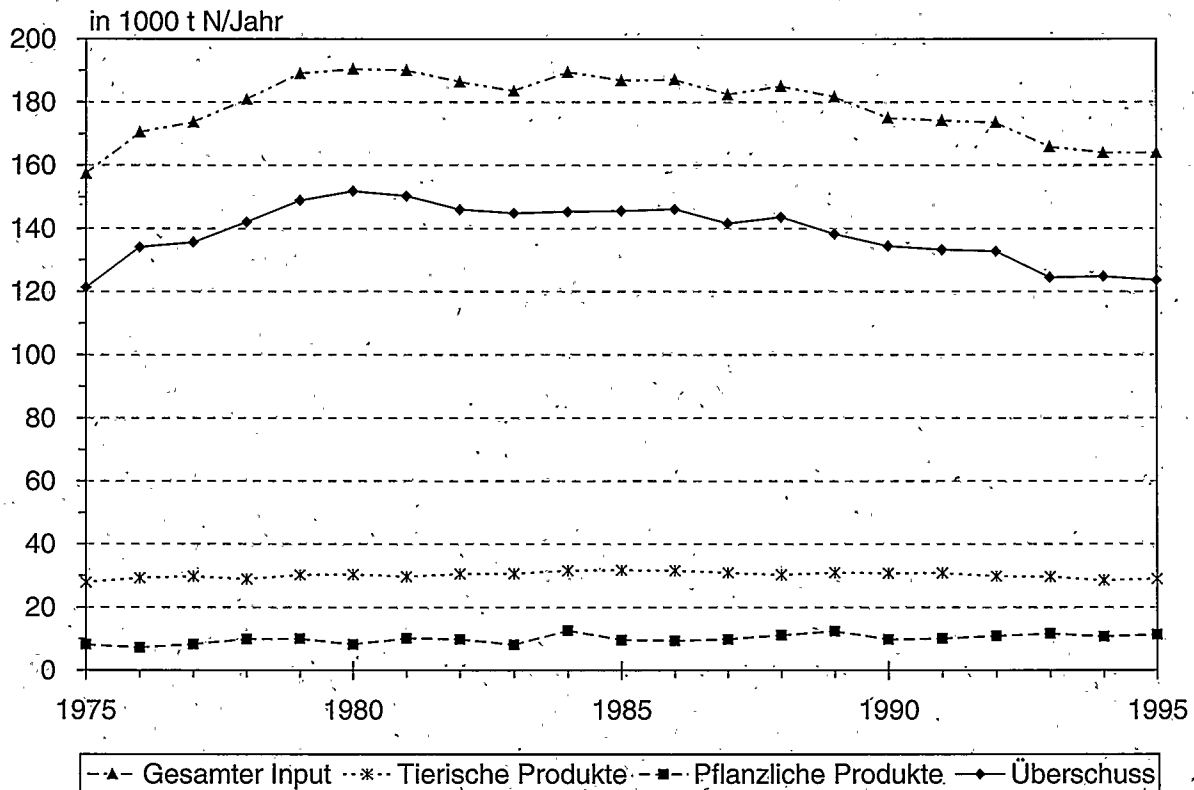


Abb. 8: Stickstoffmengen im gesamten Input, in den einzelnen Output-Grössen (tierische Nahrungsmittel und andere Produkte sowie pflanzliche Nahrungsmittel) sowie im Überschuss zwischen 1975 und 1995.

Der Stickstoffüberschuss stieg in den ersten fünf Jahren der untersuchten Periode stark an, erreichte 1980 mit 152'000 t N seinen Höhepunkt und nahm anschliessend kontinuierlich ab (Abb. 8). In den letzten Jahren lag er bei rund 124'000 t N, was ungefähr dem Niveau von Mitte der siebziger Jahre entspricht. Dieser Rückgang hatte vor allem zwei Ursachen: Einerseits ging der Mineraldüngereinsatz in den letzten Jahren um 10'000 t N zurück, andererseits nahmen die importierten Futtermittel seit 1975 sogar um 20'000 t N ab.

## 4.2 PHOSPHOR

Der Mineraldüngerverbrauch nahm bei Phosphor zwischen 1975 und 1980 von 17'000 auf 20'500 t P/Jahr zu. In den nachfolgenden Jahren fand ein Rückgang auf 10'500 t P statt (Abb. 9). Der in den letzten 20 Jahren steigende Einsatz der Abfall- und der übrigen Dünger ist auch beim Phosphor gut sichtbar. Bei der Deposition wurde davon ausgegangen, dass die Werte in der untersuchten Periode auf einem Niveau von 1'000 t P/Jahr konstant blieben. Die Phosphormenge in den importierten Futtermitteln nahm wie die Stickstoffmenge stark ab und war Mitte der neunziger Jahre noch halb so hoch wie 20 Jahre zuvor. Der gesamte Phosphor-Input in die Landwirtschaft stieg bis 1980 und ging nachher fast jedes Jahr zurück (Abb. 10).

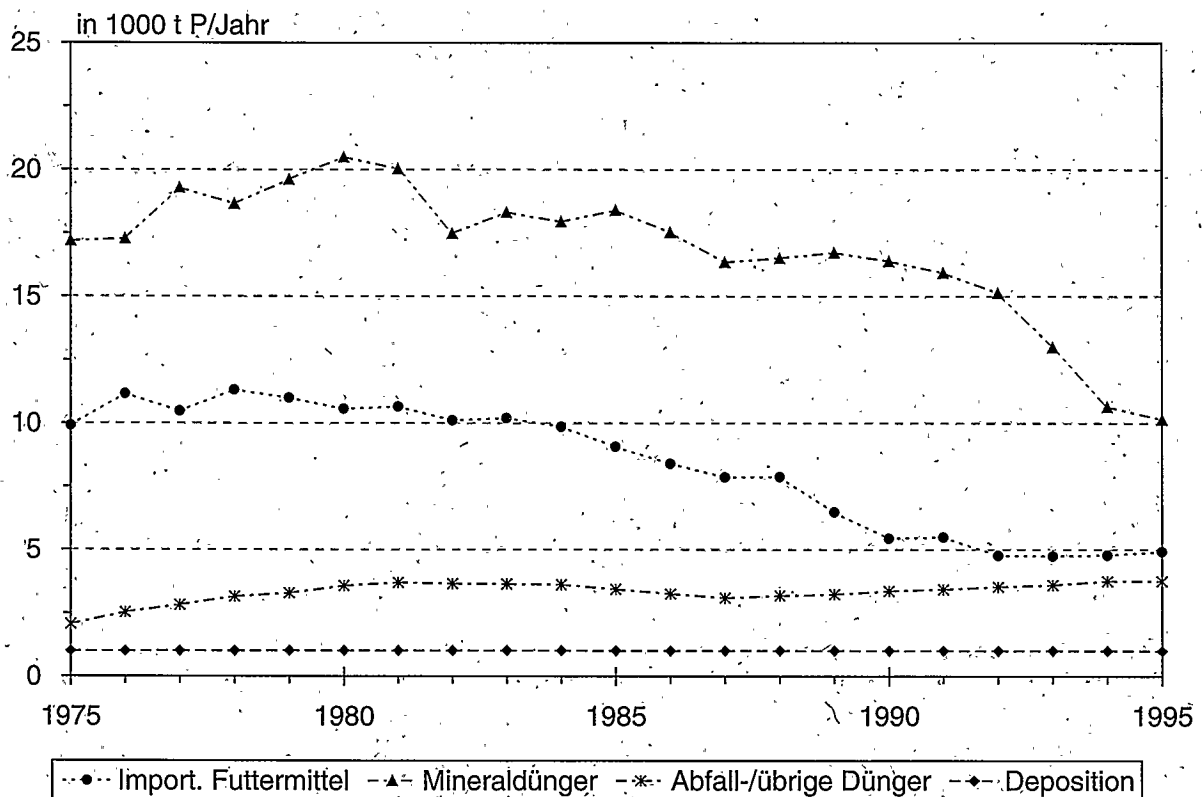


Abb. 9: Phosphormengen in den einzelnen Input-Grössen zwischen 1975 und 1995.

Beim Output wurde im Gegensatz zum Stickstoff festgestellt, dass die Phosphormenge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten 1995 leicht niedriger war als 1975. Der Phosphor-Export über die pflanzlichen Produkte nahm dagegen wie beim Stickstoff zu (Abb. 10). Der Überschuss stieg bis 1980 von 24'000 auf 29'000 t P/Jahr an, nahm nachher ab und war 1995 mit etwas über 13'000 t P/Jahr bedeutend tiefer als 1975.

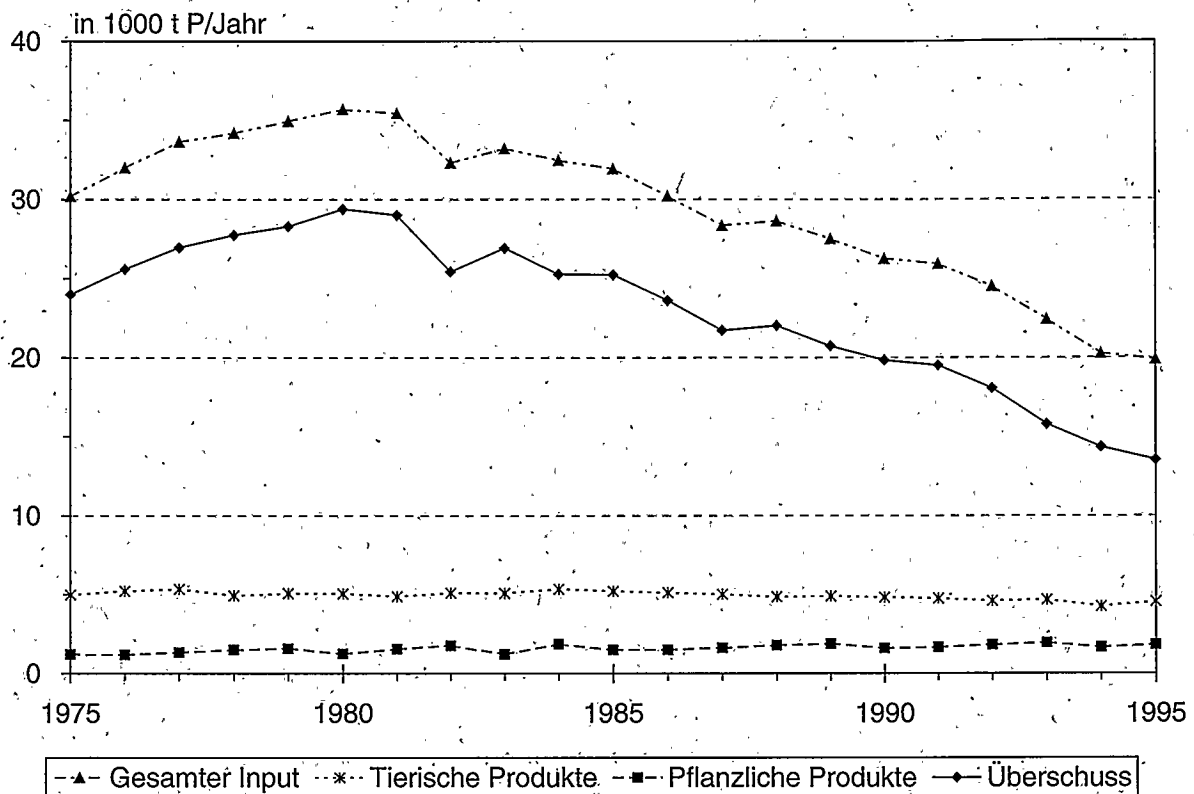


Abb. 10: Phosphormengen im gesamten Input, in den einzelnen Output-Grössen (tierische Nahrungsmittel und andere Produkte sowie pflanzliche Nahrungsmittel) sowie im Überschuss zwischen 1975 und 1995.

### 4.3 KALIUM

Beim Kalium war der Mineräldüngereinsatz in allen Jahren die dominierende Input-Grösse. 1980 war der Verbrauch mit 57'000 t K/Jahr am höchsten. Nachher fand ein bedeutender Rückgang statt, wobei die stärkste Abnahme in den neunziger Jahren erfolgte (Abb. 11). 1995 wurden noch 37'000 t K eingesetzt. Die Kaliummenge in den Abfall- und den übrigen Düngern war sehr gering und nahm in den letzten 20 Jahren leicht zu. Wie für Phosphor wurde bei Kalium angenommen, dass die Deposition während der untersuchten Periode konstant blieb. Die Nährstoffmenge in den importierten Futtermitteln nahm auch beim Kalium ab, der prozentuale Rückgang war jedoch geringer als bei Stickstoff und Phosphor. Der gesamte Input in die Landwirtschaft stieg bis 1980 und nahm nachher kontinuierlich ab (Abb. 12).

Beim Output lässt sich feststellen, dass die Kaliummengen in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten sowie in den pflanzlichen Nahrungsmitteln 1995 in der gleichen Grössenordnung lagen wie 20 Jahre zuvor (Abb. 12). Der Überschuss stieg Ende der siebziger Jahr stark an, erreichte 1980 mit etwas über 64'000 t K/Jahr den Höhepunkt und nahm anschliessend um mehr als 26'000 t K ab. 1995 betrug er weniger als 38'000 t K/Jahr.

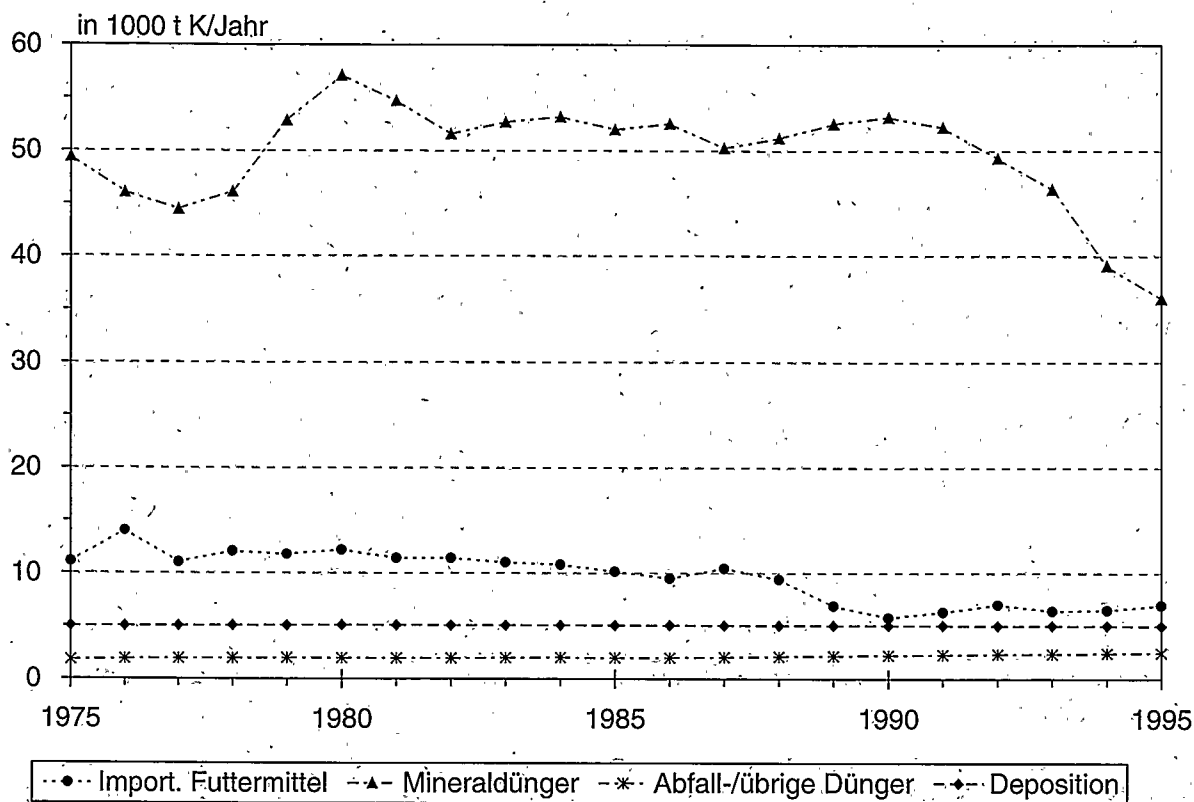


Abb. 11: Kaliummengen in den einzelnen Input-Größen zwischen 1975 und 1995.

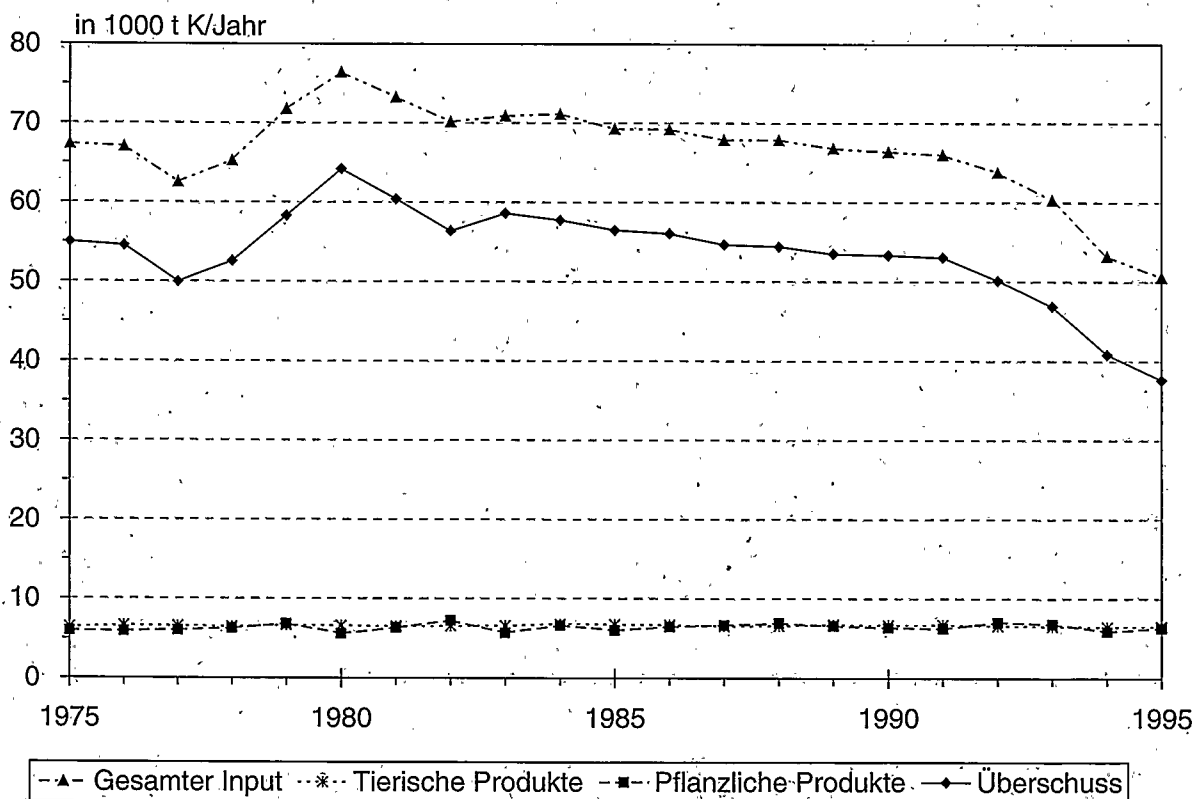


Abb. 12: Kaliummengen im gesamten Input, in den einzelnen Output-Größen (tierische Nahrungsmittel und andere Produkte sowie pflanzliche Nahrungsmittel) sowie im Überschuss zwischen 1975 und 1995.

## 5. EVALUATION DER MASSNAHMEN NACH ARTIKEL 70 UND 76 DES LANDWIRTSCHAFTSGESETZES

---

Seit 1993 richtet der Bund ökologische Direktzahlungen für die Integrierte Produktion, den Biologischen Landbau, ökologische Ausgleichsflächen sowie andere Ökomassnahmen aus. Aufgrund der Nachhaltigkeitsverordnung ist das Bundesamt für Landwirtschaft verpflichtet, die Wirkung dieser ökologischen Massnahmen zu überprüfen. Da die Stickstoff- und Phosphorverluste auf vielerlei Weise die Umwelt beeinträchtigen, wurden Stickstoff und Phosphor in die Evaluation der Ökomassnahmen einbezogen. Dabei wurden für beide Nährstoffe je ein Umweltziel (Wirkungsziel) und ein agronomisches Ziel (Umsetzungsziel) aufgestellt, die zwischen den Referenzjahren 1990-92 und dem Jahr 2005 erreicht werden sollen (BLW 1998):

Umweltziele:

- Der Nitratgehalt ausgewählter, insgesamt repräsentativer Grund- und Quellwasser soll im Durchschnitt um 5 mg/l reduziert werden.
- Die durch die Landwirtschaft verursachte Phosphorbelastung der Oberflächengewässer soll um 50% reduziert werden.

agronomische Ziele:

- Der Stickstoffüberschuss gemäss Input-Output-Bilanz soll um ein Drittel reduziert werden.
- Der Phosphorüberschuss gemäss Input-Output-Bilanz soll um die Hälfte reduziert werden.

Was bedeuten nun die agronomischen Ziele für die Landwirtschaft? In den drei Jahren vor der Einführung der Direktzahlungen, die als Referenzjahre dienen, betrugen die Nährstoffüberschüsse im Mittel 134'000 t N/Jahr bzw. 19'000 t P/Jahr (Tab. 4). Der Überschuss soll beim Stickstoff durch die Ökomassnahmen bis ins Jahr 2005 um ein Drittel, das heisst um 44'000 t N, auf 90'000 t N reduziert werden. Beim Phosphor wird eine Reduktion um die Hälfte auf 9'500 t P angestrebt. Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn der Nährstoff-Output über die Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte erhöht und/oder der Nährstoff-Input vermindert wird. In der schweizerischen Agrarpolitik wird angestrebt, die heutige Produktionsmenge in der Tierhaltung und im Pflanzenbau zu halten (LEHMANN 1994). Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Nährstoffmenge in den tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln konstant bleiben wird. Das bedeutet, dass vor allem der Nährstoff-Input reduziert werden muss (BRAUN *et al.* 1994). Wenn die Futtermittelproduktion im Inland konstant bleibt und der Futterbedarf im Jahr 2005 infolge der im Vergleich zu 1990 um ca. 15% geringeren Tierzahl (LEHMANN 1994) tiefer sein wird, wird man weniger Futter importieren müssen. Der Futtermittelimport dürfte demnach bezogen auf Stickstoff um über die Hälfte und bei Phosphor um etwa ein Drittel zurückgehen (BRAUN *et al.* 1994). Die Nährstoffmenge in den Abfall- und den übrigen Düngern ist gering. Zudem gelangen mit diesen organischen Düngern hauptsächlich Nährstoffe wieder in die Landwirtschaft, die diese vorher mit den tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln verlassen haben. Die Deposition geht beim Stickstoff seit einigen Jahren infolge der verminderten Ammoniakverluste und der Massnahmen der Luftreinhalteverordnung zurück. Zwischen 1990/92 und 1995 betrug die Abnahme über 2'000 t N. Die Stickstoff-Fixierung wird vermutlich auch in Zukunft wenig än-

dern. Da die Veränderungen bei den oben erwähnten Input-Grössen nicht zur notwendigen Reduktion des Nährstoffüberschusses ausreichen, muss folglich vor allem der Mineraldüngerverbrauch gesenkt werden. Seit den Referenzjahren ist hier eine Reduktion von über 8'000 t N und 5'500 t P erreicht worden. Gesamthaft haben die Überschüsse beim Stickstoff zwischen 1990-92 und 1995 um fast 10'000 t N bzw. um 7% abgenommen. Beim Phosphor trat nur beim Mineraldünger eine Abnahme ein, während sich die anderen Input-Grössen kaum veränderten. Deshalb beträgt die gesamte Reduktion des Phosphorüberschusses ebenfalls rund 5'500 t P, was einer Abnahme um 29% entspricht.

Tab. 4: Ausgangsbasis in den Referenzjahren, aktueller Zwischenstand und Zielgrössen für die Stickstoff- und Phosphorüberschüsse bei der Evaluation der Ökomassnahmen (in t/Jahr).

	Referenzjahre 1990-92	Zwischenstand 1995	Ziel 2005
Stickstoffüberschuss	134'000	124'000	90'000
Reduktion gegenüber 1990-92		- 10'000	- 44'000
Phosphorüberschuss	19'000	13'500	9'500
Reduktion gegenüber 1990-92		- 5'500	- 9'500

In der vorliegenden Studie ist der Nährstoffüberschuss bis 1995 berechnet worden, also nur für die ersten drei Jahre seit der Einführung der ökologischen Direktzahlungen. Aus diesem Grund ist es zum Teil noch schwierig zu beurteilen, ob die angestrebten Ziele bis zum Jahr 2005 erreicht werden können oder nicht. Sowohl beim Stickstoff wie beim Phosphor ist eine klare Abnahme des Überschusses zu beobachten. Beim Phosphor machte die Reduktion zwischen den Referenzjahren 1990-92 und 1995 schon mehr als die Hälfte der angestrebten Menge von 9'500 t P aus. Es kann deshalb angenommen werden, dass das Ziel schon in wenigen Jahren erreicht werden kann. Beim Stickstoff wurde 1995 fast ein Viertel der angestrebten Reduktion erreicht. Im Gegensatz zum Phosphor scheint es für diesen Nährstoff noch verfrüht zu sein, eine Prognose bezüglich der Zielerreichung zu stellen.

## 6. VERGLEICH MIT IN- UND AUSLÄNDISCHEN STUDIEN

### 6.1 VERGLEICH MIT INLÄNDISCHEN STUDIEN FÜR DIE JAHRE 1975 - 1995

Seit Mitte der achtziger Jahren sind verschiedene Studien über Nährstoffbilanzen und/oder Nährstoffkreisläufe veröffentlicht worden (BRAUN *et al.* 1994, FURRER in BUS 1987, FURRER und STAUFFER 1986, PROJEKTGRUPPE STICKSTOFFHAUSHALT SCHWEIZ 1996, SPIESS 1989, STADELMANN 1990), wobei fast alle Stickstoff zum Inhalt hatten. Die meisten Studien wurden an der damaligen Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC), Liebefeld-Bern, durchgeführt und sind durch Weiterentwicklung früherer Arbeiten entstanden. Die vorliegende Studie basiert hauptsächlich auf den Arbeiten von SPIESS (1989) und BRAUN *et al.* (1994). Aus diesen Gründen unterscheiden sich die Ergebnisse der verschiedenen Publikationen nicht sehr stark (Tab. 5). Die grössten Unterschiede ergeben

Tab. 5: Vergleich einiger Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit anderen Studien für ausgewählte Jahre (Werte in t N, t P bzw. t K).

	Jahr	Nährstoff-Input	Nährstoff-Output	Überschuss
<b>Stickstoff:</b>				
FURRER und STAUFFER (1986)	1980	185'000	45'000	140'000
diese Studie	1980	189'000	36'000	153'000
SPIESS (1989) <sup>1)</sup>	1985	212'000	40'000	172'000
diese Studie	1985	186'000	39'000	147'000
STADELMANN (1990)	1987	228'000	45'000	173'000
diese Studie	1987	180'000	38'000	142'000
BRAUN <i>et al.</i> (1994) <sup>2)</sup>	1990	181'000	41'000	140'000
diese Studie	1990	174'000	38'000	136'000
PROJEKTGRUPPE STICKSTOFFHAUSHALT (1996) <sup>3)</sup>	1994	175'000	42'000	133'000
diese Studie	1994	162'000	37'000	125'000
<b>Phosphor:</b>				
FURRER in BUS (1987)	1985	36'000	10'000	26'000
SPIESS (1989) <sup>1)</sup>	1985	30'000	7'000	23'000
diese Studie	1985	31'000	6'000	25'000
BRAUN <i>et al.</i> (1994) <sup>2)</sup>	1990	26'000	7'000	19'000
diese Studie	1990	26'000	6'000	20'000
<b>Kalium:</b>				
SPIESS (1989) <sup>1)</sup>	1985	66'000	12'000	54'000
diese Studie	1985	68'000	10'000	58'000

1) Werte aus der zweiten Variante des Nährstoffkreislaufes.

2) inklusiv 'Para-Landwirtschaft'

3) wo Bereiche angegeben sind, wurde der Mittelwert genommen

sich für die Stickstoff-Fixierung der Leguminosen. Im Laufe der Zeit wurde diese immer tiefer geschätzt. Nahmen FURRER und STAUFFER (1986), SPIESS (1989) und STADELMANN (1990) für verschiedene Jahre zwischen 1980 und 1987 noch Werte von 60'000 t N/Jahr und mehr an, liegen die Zahlen der vorliegenden Studie für den untersuchten Zeitraum durchwegs unter 40'000 t N/Jahr. Grössere Unterschiede zu FURRER und STAUFFER (1986) und zu STADELMANN (1990) gab es auch bei den importierten Futtermitteln und der Deposition sowie zu allen anderen Arbeiten bei den pflanzlichen bzw. den tierischen Nahrungsmitteln.

## 6.2 VERGLEICH MIT INLÄNDISCHEN STUDIEN FÜR DIE JAHRE VOR 1975

Die erste Publikation, die sich mit der Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft beschäftigte, erschien schon Mitte der dreissiger Jahre. TRUNINGER und VON GRÜNIGEN (1934) berechneten damals eine Bodenbilanz, d.h. eine Bilanz für den Bereich Pflanzenbau. GISIGER (1940) veröffentlichte erstmals eine die gesamte Landwirtschaft umfassende Input-Output-Bilanz. In den fünfziger Jahren folgte eine zweite Arbeit zu diesem Thema (GISIGER 1957). Tabelle 6 zeigt, dass die Input-Grössen mit Ausnahme der P-Mineraldünger im Zeitraum 1920-39 bzw. 1955 viel geringer waren als 1975 oder 1995. Der Nährstoff-Output war ungefähr halb so hoch wie heute.

Tab. 6: Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit für 1975 und 1995 mit älteren Studien (Werte in t N, t P bzw. t K).

Jahr	Import. Futter- mittel	Mineral- dünger	N-Fixe- rung	Depo- sition	ande- res	Input <sup>1)</sup>	Tier. Pro- dukte	Pflanzl. Pro- dukte	Output	Über- schuss <sup>1)</sup>	Quelle:
<b>Stickstoff:</b>											
1955	13'000	11'300	n.b.	n.b.	n.b.	24'300	11'660	6'190	17'850	6'450	Gisiger 1957
1975	44'636	35'904	37'808	34'505	4'512	157'365	27'887	8'134	36'021	121'344	diese Studie
1995	24'855	58'560	37'730	35'891	6'904	163'940	29'017	11'367	40'383	123'556	diese Studie
<b>Phosphor:</b>											
1920-39	3'203	11'194	-	n.b.	n.b.	14'397	n.b.	n.b.	3'100	11'297	Gisiger 1940
1955	3'275	17'904	-	n.b.	n.b.	21'179	2'035	1'031	3'066	18'114	Gisiger 1957
1975	9'908	17'188	-	1'001	2'086	30'182	4'987	1'212	6'199	23'983	diese Studie
1995	4'927	10'145	-	1'006	3'787	19'865	4'544	1'810	6'354	13'511	diese Studie
<b>Kalium:</b>											
1920-39	4'170	6'461	-	n.b.	n.b.	10'631			7'552	3'079	Gisiger 1940
1955	4'149	20'913	-	n.b.	n.b.	25'062	2'241	3'859	6'100	18'963	Gisiger 1957
1975	11'094	49'394	-	5'005	1'857	67'350	6'422	5'941	12'363	54'987	diese Studie
1995	6'967	36'010	-	5'032	2'532	50'542	6'570	6'357	12'927	37'614	diese Studie

n.b. nicht berechnet

1) Kursive Werte: Die absolute Höhe des gesamten Inputs und des Überschusses muss bei teilweise fehlenden Input-Grössen vorsichtig beurteilt werden.

Wegen den in den früheren Studien nicht berechneten Werten für die biologische Stickstoff-Fixierung und die Deposition ist ein Vergleich beim Stickstoffüberschuss nur beschränkt möglich. Der Überschuss war aber 1975 und 1995 bei Stickstoff wie auch bei Kalium eindeutig höher als in den früheren Jahren. Beim Phosphor gilt dies nur für 1975. 20 Jahre später war der Überschuss schon einige Tausend Tonnen niedriger als 1955 und nur wenig höher als zwischen 1920-39. Dies ist auf die Halbierung der Futtermittelimporte in den letzten zwei Jahrzehnten und besonders auf den beträchtlichen Rückgang bei den Mineraldüngern zurückzuführen. Eine Zusammenstellung des Mineraldüngerverbrauchs in den letzten



sechs Jahrzehnten (Abb. 13) zeigt, dass 1995 weniger P-Mineraldünger eingesetzt wurde als Mitte der dreissiger Jahre; beim Kalium war der Verbrauch etwa so hoch wie 1960.

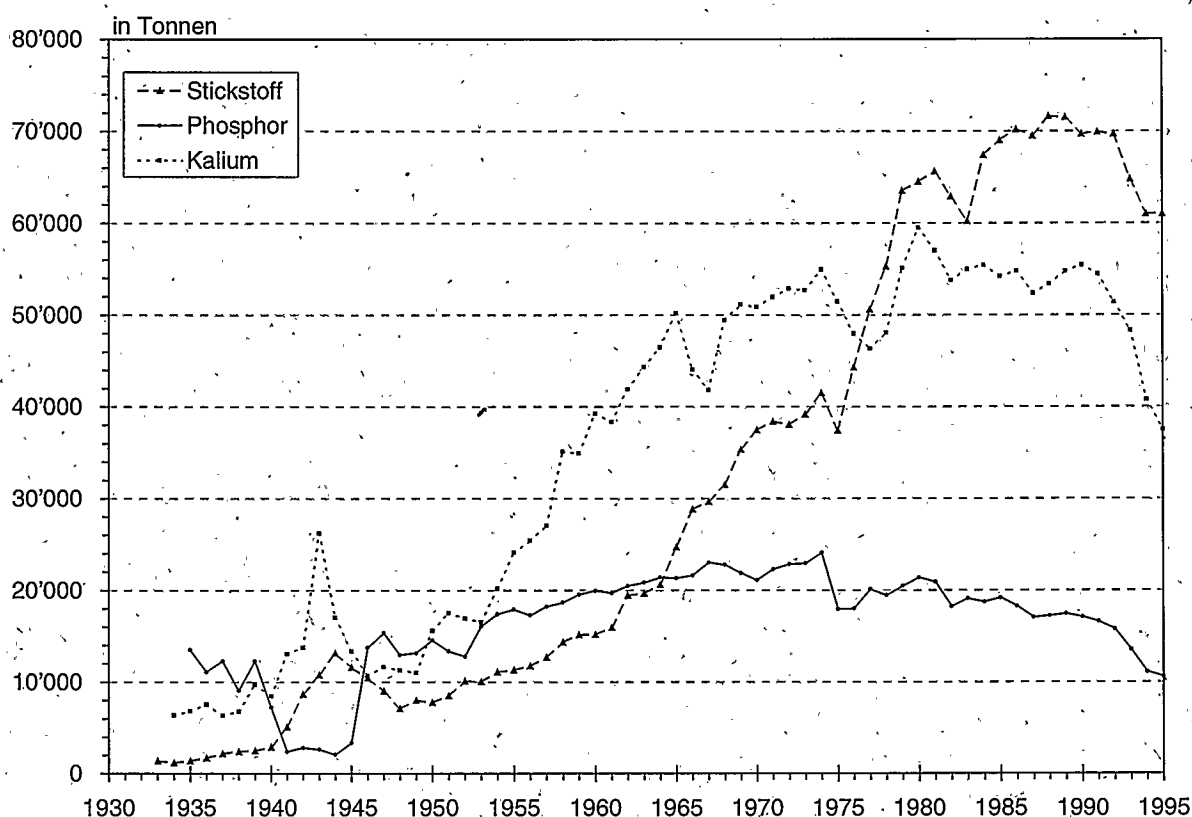


Abb. 13: Mineraldüngerverbrauch zwischen 1933 und 1995 (Quelle: SBV 1996a).

### 6.3 VERGLEICH MIT AUSLÄNDISCHEN STUDIEN

Ein Vergleich mit ausländischen Studien erweist sich als schwierig, weil sich die angewendeten Methoden meistens mehr oder weniger stark unterscheiden. Zudem ist ein Vergleich mit anderen Ländern nur aussagekräftig, wenn die Werte pro Flächeneinheit angegeben werden. Als Bezugsfläche eignet sich die landwirtschaftliche Nutzfläche am besten. Doch auch bei dieser ergeben sich Schwierigkeiten. Die Sömmerungsweiden gehören z.B. in der Schweiz nicht zur LN, obwohl sie landwirtschaftlich genutzt werden. In anderen Ländern werden diese Weiden dagegen der LN zugerechnet. Durch die Wahl der LN als Bezugsbasis fallen die Bilanzwerte der Schweiz im Vergleich zu den anderen Ländern etwas zu hoch aus, weil die LN intensiver bewirtschaftet wird als die Sömmerungsweiden. Zudem werden die Nährstoffmengen der gesamten Landwirtschaft (inkl. Sömmerungsweiden) und nicht nur diejenigen, die die LN betreffen, pro Hektare LN ausgedrückt. Da die Deposition auf den Sömmerungsweiden hoch ist, werden die Depositionswerte bei dieser Berechnungsmethode am stärksten überschätzt.

Bei der Berechnung der Nährstoffbilanzen gibt es Möglichkeiten, die Grössen Input, Output und Überschuss gezielt zu beeinflussen. Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft wer-

den z.B. teilweise wieder auf landwirtschaftlich genutztem Land deponiert. Ist dieser Prozess nun ein landwirtschaftsinterner Stofffluss, der keinen Einfluss auf die Bilanz ausübt, oder sind die Ammoniakemissionen als ein den Überschuss erhöhender Verlust und die darauf folgende Deposition auf landwirtschaftlich genutztes Land als Input zu betrachten? Bei der Nahrungsmittelproduktion fallen oftmals Nebenprodukte an (Schotte, Fleischmehl, Rapsextraktionsschrot, Zuckerrübenschnitzel etc.). Verlassen nun die Ernteprodukte (z.B. Rapskörner) die Landwirtschaft über die tierischen und pflanzlichen Nahrungsmittel (= Output) und kommen die Nebenprodukte (z.B. Rapsextraktionsschrot) über die in die Landwirtschaft importierten Futtermittel (= Input) zurück oder verlassen nur die eigentlichen Nahrungsmittel (z.B. Rapsöl) die Landwirtschaft, während die Nebenprodukte im landwirtschaftsinternen Kreislauf bleiben? In der vorliegenden Studie wurde in beiden Fällen die zweite Berechnungsart gewählt. Landwirtschaftsbedingte Ammoniakemissionen sind Verluste, die es zu vermindern gilt. Wenn Ammoniumstickstoff auf Landwirtschaftsland deponiert wird, erschwert dies die gezielte Düngung der Kulturen, weil nicht abgeschätzt werden kann, wieviel Stickstoff auf welcher Parzelle zu welchem Zeitpunkt deponiert wird. Dadurch kann es zu Überschüssen und nachfolgenden Stickstoffverlusten kommen. Wenn die Nebenprodukte der Nahrungsmittelproduktion als landwirtschaftsinterner Stofffluss betrachtet werden, hat dies keinen Einfluss auf die Höhe des Überschusses, sondern nur auf das Verhältnis zwischen Output und Input, d.h. auf die Wirksamkeit des Nährstoff-Inputs.

Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, dass die Schweiz in Bezug auf die Stickstoffbilanz mit Österreich, Irland, Grossbritannien, Deutschland und Norwegen im Mittelfeld liegt. Polen weist infolge des kleinen Inputs den geringsten Stickstoffüberschuss auf. In Dänemark, Belgien und Holland geht am meisten Stickstoff pro Hektare LN verloren. Bei Phosphor und Kalium ist die Reihenfolge der Länder dieselbe wie bei Stickstoff.

In vielen Fällen nimmt mit steigendem Input nicht nur der Nährstoffüberschuss, sondern auch der Output zu. Das Verhältnis zwischen Output und Input hängt, wie Tabelle 7 zeigt, nicht von der Höhe des Inputs ab. Eine intensive Landwirtschaft ist deshalb nicht unbedingt mit einer geringeren Nährstoffeffizienz verbunden, aber mit einem grösseren Überschuss und deshalb mit höheren Nährstoffverlusten. Bei hohen Nährstoffüberschüssen stehen folgende Ursachen im Vordergrund:

- bodenunabhängige Tierhaltung (z.B. Schweineproduktion mit zugekauften Futtermitteln)
- geringer Anteil der Ackerfläche an der LN und hoher Besatz mit Raufutter verzehrenden Tieren (bodenabhängige Tierhaltung). Dies ist mit einer geringeren Stickstoffausnutzung infolge des höheren Hofdüngeranfalls verbunden. Die nicht oder schwer vermeidbaren Stickstoffverluste sind bei Mist und Gülle höher als bei den Mineraldüngern.
- hohe Mineraldüngung in den Ackerkulturen und im Futterbau (Grasreinbestände).

Da sich der Einfluss der genannten Faktoren überlagert, können die Nährstoffüberschüsse in den verschiedenen Ländern zum Teil nur schwer beurteilt werden. In Belgien und Holland dürften alle drei Faktoren eine Rolle spielen. Diese Staaten setzen am meisten Mineraldünger ein, weisen mit um die 50% einen für Europa unterdurchschnittlichen Ackerflächenanteil auf, und importieren eine grosse Futtermittelmenge, welche auf eine teilweise bodenunabhängige Tierhaltung hinweist. Diese wird durch die FAO-Statistik (FAO 1996) bestätigt, nach der beide Länder sehr hohe Schweine- und Geflügelzahlen pro Hektare LN aufweisen. Deutschland und die Schweiz sind in Bezug auf die Höhe der Nährstoffüberschüsse gut miteinander vergleichbar. Die Struktur ist aber in den beiden Ländern unterschiedlich:

Tab. 7: Vergleich der schweizerischen Bilanzwerte für das Jahr 1995 mit ausländischen Studien (Werte gerundet, in kg/ha LN).

Land <sup>1)</sup>	Jahr	Import Fütter- mittel <sup>2)</sup>	Mineral- dünger	N-Fixie- rung <sup>3)</sup>	Deposi- tion <sup>4)</sup>	anderes <sup>5)</sup>	Input	Tier- Pro- dukte	Pflanzl. Pro- dukte <sup>2)</sup>	Output	Über- schuss	Output /Input	Hof- dünger <sup>6)</sup>	Mineral- + Hof- dünger	AF/LN <sup>7)</sup>	LN <sup>8)</sup> Mio. ha	Quelle
<b>Stickstoff:</b>																	
PI	1993/94	7	40	20	17	n.b.	84	7	3	10	74	12%	33	74	76%	17.94	Sapek 1997
A	1994	14	51	60		n.b.	125	n.b.	n.b.	33	92	26%	69	120	40%	2.48	BFL 1996
Irl	1988	4	60	38	10	n.b.	112	9	4	13	99	12%	68	128	30%	5.70	Sherwood + Tunney 1991
UK		9	85	5	26	2	127	14	14	28	99	22%	65	150	35%	16.38	Lord 1997
BRD	1995	38	105	11	10	2	166	19	36	55	111	33%	82	187	68%	17.00	Bach + Frede 1998
CH	1995	23	55	35	34	6	154	27	11	38	116	25%	132	187	39%	1.06	diese Studie
N	1990	30	118	8	5	n.b.	162	24	4	28	134	17%	82	200	87%	1.03	Bleken + Bakken 1997
DK	1985/86	63	135	10	20	0	228	36	28	64	164	28%	102	237	88%	2.78	Laursen 1989
B	1993	135	141	5	33	2	316	69	35	104	212	33%	258	399	52%	1.36	Bomans <i>et al.</i> 1996
NL	1995	236	203		16	22	477	121	25	146	331	31%	326	529	45%	2.00	van Eerd + Fong 1998
<b>Phosphor:</b>																	
PI	1994/95	2	7	-	n.b.	n.b.	8	1	2	2	6	28%			76%	17.94	Sapek 1998
A	1994	3	11	-	n.b.	n.b.	14	4	3	7	7	53%	15	26	40%	2.48	BFL 1996
UK	1993	3	11	-	n.b.	n.b.	13	n.b.	n.b.	3	10	26%	13	23	35%	16.38	Withers 1996
BRD	1995	10	12	-	n.b.	1	23	4	8	12	11	52%	14	26	68%	17.00	Bach + Frede 1998
CH	1995	5	10	-	1	4	19	4	2	6	13	32%	23	33	39%	1.06	diese Studie
B	1993	30	17	-	1	1	50	15	7	22	27	45%	38	55	52%	1.36	Bomans <i>et al.</i> 1996
NL	1985/86	44	18	-	n.b.	0	62	17	7	24	38	38%	56	74	45%	2.00	Isermann 1993
<b>Kalium:</b>																	
A	1994	3	26	-	n.b.	n.b.	29	2	8	11	18	37%	65	91	40%	2.48	BFL 1996
BRD	1995	14	33	-	n.b.	0	47	3	15	18	29	38%	74	107	68%	17.00	Bach + Frede 1998
CH	1995	7	34	-	5	2	47	6	6	12	35	26%	149	183	39%	1.06	diese Studie

n.b. nicht berechnet

1) A = Österreich, B = Belgien, BRD = Deutschland, CH = Schweiz, DK = Dänemark, Irl = Irland, N = Norwegen, NL = Niederlande, PI = Polen, UK = Grossbritannien

2) BRD: importierte Futtermittel und pflanzliche Produkte inkl. Futtermittel aus der Verarbeitungsindustrie

3) A: N-Fixierung inkl. N-Deposition; NL: N-Fixierung in 'anderes' enthalten

4) A: N-Deposition in N-Fixierung enthalten;

BRD und NL: Ammoniakemissionen mit nachfolgender Deposition auf die LN wurden als landwirtschaftsinterner Fluss definiert (BRD: 13 kg N/ha LN, NL: 15 kg N/ha LN);  
CH: Werte sind zu hoch, da auch die Deposition auf die Sömmerungsweiden in den Werten pro Hektare LN enthalten ist

5) anderes: Abfall- und übrige Dünger, importiertes Saatgut, Tierimporte/-exporte

6) Irl und DK: Hofdüngeranfall nach SCHLEEF und KLEINHANS (1994); A: Hofdüngeranfall berechnet nach DISSEMOND *et al.* (1991)

7) AF = Ackerfläche; LN = Landwirtschaftliche Nutzfläche; Verhältnis Ackerfläche/LN aufgrund von FAO (1996) berechnet

8) A: anstelle der LN wurde mit der 'düngungswürdigen Fläche' gerechnet;

UK und DK: LN nach BFS (1997); NL: LN nach VAN EERDT und FONG (1998)

Deutschland weist einen viel höheren Ackerflächenanteil auf, importiert eine grössere Futtermittelmenge und setzt mehr stickstoffhaltige Mineraldünger ein. In der Schweiz wird andererseits infolge der Klee graswiesen viel mehr Stickstoff durch die Leguminosen fixiert. Zudem ist hier die Tierdichte bei den Schweinen und vor allem beim Rindvieh bedeutend höher, was zu einem höheren Hofdüngeranfall führt. Die österreichische Landwirtschaft ist etwas extensiver als die schweizerische. Bei Polen, dem Land mit den geringsten Nährstoffüberschüssen, ist zu bemerken, dass der Mineraldüngerverbrauch nach der politischen Wende im Jahr 1989 stark zurückgegangen ist (SAPEK und SAPEK 1993, SAPEK 1998).

Eine zeitliche Entwicklung der Nährstoffüberschüsse liegt allein für Deutschland vor; diese reicht sogar bis ins Jahr 1970 zurück (BACH *et al.* 1997, BACH und FREDE 1998). Wie in der Schweiz erreichten die Überschüsse in den westlichen Bundesländern ums. Jahr 1980 ihren Höhepunkt und nahmen nachher ab. Die Kurven der N-, P- und K-Überschüsse sehen in der Schweiz und in den westlichen Bundesländern ähnlich aus. Die gesamtdeutschen Werte, die nur für die Jahre 1990 bis 1995 berechnet wurden, liegen etwas unter denjenigen der westlichen Bundesländer. Auch in Deutschland wurde der zeitliche Verlauf des Stickstoffüberschusses stark vom Mineraldüngereinsatz geprägt (BACH und FREDE 1997). Dieser erreichte wie in der Schweiz Ende der achtziger Jahre seinen Höhepunkt. In Österreich machte der Mineraldüngerverbrauch ebenfalls eine ähnliche Entwicklung durch (BLF 1996). Der Rückgang im Mineraldüngerverbrauch setzte dort aber bei Phosphor und Kalium schon um 1970 ein.

# LITERATUR

---

AGW (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau) (1997): Kompostier- und Vergärungsanlagen im Kanton Zürich - Jahresbericht 1996. Autor: K. Schleiss. Zürich. 18 pp.

BACH M. und FREDE H.-G. (1997): Methodische Probleme nationaler Stoffbilanzen am Beispiel des Stickstoffs. In: Ökobilanzen - von der Erzeugung zum Produkt. Vorträge der DLG-Umweltgespräche, Bonn, 18.6.97. DLG, Frankfurt a.M. Arbeitsunterlagen M/97, 30-42.

BACH M., FREDE H.-G. und LANG G. (1997): Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanzen für die Bundesrepublik Deutschland - Methodik, Trends und Bewertung von PARCOM-gemässen und flächenbezogenen Bilanzierungen. VDLUFA-Schriftenreihe 46 (Kongressband 1997), 351-354.

BACH M. und FREDE H.-G. (1998): Agricultural nitrogen, phosphorus and potassium balances in Germany - Methodology and trends 1970 to 1995. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 161, 385-393.

BARRETT K., SELAND Ø., FOSS A., MYLONA S., SANDNES H., STYVE H. and TARRASÓN L. (1995): European transboundary acidifying pollution: Ten years calculated fields and budgets to the end of the first sulphur protocol. EMEP/MS-CW, Report 1/95. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.

BFS (Bundesamt für Statistik) (1986): Statistisches Jahrbuch der Schweiz. Birkhäuser Verlag, Basel. diverse Jahrgänge.

BFS (1997): Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft - Ausgabe 1997. Bern. 123 pp.

BLEKEN M.A. and BAKKEN L.R. (1997): The nitrogen cost of food production: Norwegian society. Ambio 26, 134-142.

BLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1996): Ökologische Evaluierung des Umweltprogrammes (ÖPUL). Bericht des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft an die Europäische Kommission gemäss Art. 16 der VO (EG) Nr. 746/96. Wien. 377 pp.

BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) (1998): Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme. Konzeptbericht. Autoren: U. Gantner, L. Nyffenegger, H.U. Gujer und D. Forni. Bern. 22 pp. + Anhänge.

BLW und BUWAL (1994): Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft. EDMZ, Bern. 86 pp. + Anhänge.

BOLLER B.C. and NÖSBERGER J. (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of <sup>15</sup>N-fertilisation. Plant and Soil 104, 219-226.

BOLLER B.C. (1988): Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiss- und Rotklee unter Feldbedingungen. Landwirtschaft Schweiz 1, 251-253.

BOMANS E., VANONGÉVAL L., VANDENDRIESCHE H. and GEYENS M. (1996): Development of an agricultural nutrient balance indicator: progress report from Belgium. Document for the Joint Working Party of the Committee for Agriculture and Environment Policy Committee, 19-21 June 1996, OECD. 51 pp.

- BRAUN M., HURNI P. und SPIESS E. (1994): Phosphor- und Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft. Schriftenreihe der FAC Liebefeld Nr. 18, 70 pp.
- BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT BODENVERBESSERUNG E.V. (1995): Datenblätter zur Charakterisierung von Rest- und Abfallstoffen. Mannheim.
- BUS (Bundesamt für Umweltschutz) (1987): Bericht über die Phosphorbelastung durch die Düngung in der Landwirtschaft. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 71, 60 pp.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (1995): Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900 bis 2010. Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, 121 pp.
- CANDINAS T. und CHASSOT G.M. (1997): Klärschlamm 1984, 1989 und 1994: Abfall, Dünger und Träger von Umwelt-Informationen. Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft Liebefeld, Bern. 24 pp.
- DISSEMOND H., GOMISCEK T. und ZESSNER M. (1991): Landwirtschaftliche Stickstoffbilanzierung für Österreich unter besonderer Berücksichtigung ihrer Einbeziehung in die Volkswirtschaft. Die Bodenkultur 42, 83-95.
- DLG (1973): DLG-Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. Arbeiten der DLG 62, 199 pp. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- EIDG. OBERZOLLDIREKTION (1996): Jahresstatistik des Aussenhandels der Schweiz. Bern, diverse Jahrgänge.
- ELMADFA I., AIGN W., MUSKAT E., FRITSCH D. und CREMER H.-D. (1988): Die grosse GU-Nährwert-Tabelle. 2. Auflage. Gräfe und Unzer, München. 79 pp.
- FAG (Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux) (1994): Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Autoren: Y. Arrigo, C. Chaubert, R. Daccord, I. Egger, H. Gerber, D. Guidon, F. Jans, J. Kessler, E. Lehmann, J. Morel, A. Mürger, M. Rouel, U. Wyss, B. Jeangros, J. Lehmann. 3. überarbeitete Auflage. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen. 328 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1996): FAO yearbook - Production 1995. FAO Statistics Series No. 130. Rome. Vol. 49.
- FAP, RAC und FAC (Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz; Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Nyon; Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern) (1994): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Autoren: U. Walther, H. Menzi, J.-P. Ryser, R. Flisch, B. Jeangros, W. Kessler, A. Maillard, A. Siegenthaler und P. Vuilloud. Agrarforschung 1 (7), Beilage, 40 pp. Landw. Beratungszentrale, Lindau.
- FINCK A. (1978): Pflanzenernährung in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
- FLÜCKIGER E. (1987): Nährstoffanfall in den Hofdüngern - eine Modellrechnung. Landw. Jb. Schweiz 101, 285-311.
- FURRER O.J. (1975): Die Phosphor-Belastung der Gewässer durch die Landwirtschaft. Mitt. Eidg. Anst. forst. Versuchswesen 51, 267- 283.
- FURRER O.J. und STAUFFER W. (1975): Menge und Zusammensetzung des in der Geflügelhaltung anfallenden Düngers. Schweiz. Landw. Monatshefte 53, 368-376.

- FURRER O.J. und STÄUFFER W. (1986): Stickstoff in der Landwirtschaft. Gas - Wasser - Abwasser 66, 460-472.
- FÜTTERUNGSEMPFEHLUNGEN UND NÄHRWERTTABELLEN FÜR SCHWEINE (1993). Autoren: M. Boltshauser, M. Jost, J. Kessler und P. Stoll. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen. 129 pp.
- FÜTTERUNGSNORMEN UND NÄHRWERTTABELLEN FÜR WIEDERKÄUER (1984). Schriftleitung: H. Schneeberger und J. Landis. Autoren: H. Bickel, R. Daccord, F. Jans, J. Kessler, J. Landis, E. Lehmann, J. Lehmann und J. Morel. 2. Auflage. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.
- GISIGER L. (1940): Die Düngung des Schweizerbodens während den letzten 20 Jahren. Schweiz. Landw. Monatshefte 18, 229-237.
- GISIGER L. (1957): Versuch einer bilanzmässigen Betrachtung der schweizerischen Düngewirtschaft. Mitt. Schweiz. Landw. 5, 138-145.
- HASLER A. und HOFER H. (1979): Düngungslehre. Verlag Wirz, Aarau. 107 pp.
- ISERMANN K. (1993): Nährstoffbilanzen und aktuelle Nährstoffversorgung der Böden. Berichte über Landwirtschaft, 207. Sonderheft, 15-54.
- KESSLER J. (1994). Schriftliche Mitteilung. Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux.
- KETTLER R. (1998): Abfallstatistik 1996: Umwelt-Materialien Nr. 90. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 149 pp.
- LANDWIRTSCHAFTLICHES HANDBÜCHLEIN ZUM WIRZ-KALENDER (1970). Verlag Wirz, Aarau.
- LAURSEN B. (1989): Vandmiljøplanen og landbrugets Kvelstofforurening. Tidskrift for Landøkonomi, 129-136. (zitiert in ISERMANN 1993).
- LBL (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau) (1995): Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt. 5. Auflage. Lindau.
- LEHMANN H.-J. (1994): Mündliche Mitteilungen. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
- LORD E. (1997): Schriftliche Mitteilung. ADAS, Wolverhampton (UK).
- LÖTSCHER R. und HUNGERBÜHLER N. (1997): Abfälle zur Verwendung als Dünger - Bestandsaufnahme für die Schweiz. Interner Bericht. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern. 27 pp. + Anhänge.
- MENZI H., FRICK R. und KAUFMANN R. (1997): Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL Nr. 26, 107 pp. + Anhang.
- MENZI H. und GANTNER U. (1987): Entwicklung der Milchleistung aus dem Grundfutter im schweizerischen Tal- und Berggebiet zwischen 1966 und 1985. Schweiz. Landw. Fo. 26, 209-221.
- OSLAGE H.J. (1964): Untersuchung über die Körperzusammensetzung und den Stoffansatz wachsender Mastschweine. 5. Mitteilung: Über den Mineralstoffgehalt und den Mineralstoffansatz wachsender Mastschweine. Z. Tierphys. Tierernähr. Futtermittelkunde 19, 330-357.

- 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 pp. und Anhang.
- PROJEKTGRUPPE STICKSTOFFHAUSHALT SCHWEIZ (1996): Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 273, 142 pp., BUWAL, Bern.
- RIHM B. (1996): Critical loads of nitrogen and their exceedances. Environmental Series No. 275, 74 pp. + Annex. Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL), Berne.
- SAPEK A. (1997): Risk of water pollution as a result of agricultural activities. In: SAPEK A. and SWITALA J. (Eds.): Sustainable agriculture and rural area development. Activity of Working Group Reports and Conference Proceeding, Warsaw, 8-10 October 1996. Institute for Land Reclamation and Grassland Farming (IMUZ), Falenty, Raszyn (Pl), 79-99.
- SAPEK A. (1998): Phosphorus cycle in Polish agriculture. In: SAPEK A. (Ed.): Phosphorus in agriculture and water quality protection. Sielinko near Poznań, 2-3 December 1997. Institute for Land Reclamation and Grassland Farming (IMUZ), Falenty, Raszyn (Pl), 8-18.
- SAPEK A. and SAPEK B. (1993): Assumed non-point water pollution based on the nitrogen budget in Polish agriculture. Water Sci. Technol. 28, 483-488.
- SBV (Schweizerischer Bauernverband) (1996a): Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Verlag des SBV, Brugg, diverse Jahrgänge.
- SBV (1996b): Milchstatistik der Schweiz. Verlag des SBV, Brugg, diverse Jahrgänge.
- SBV (1997a): Homepage des Schweizerischen Bauernverbandes, Brugg; Agrarstatistik; <http://www.agri.ch/astat/default.htm>.
- SBV (1997b): Schriftliche und mündliche Mitteilungen von Th. Amstutz, S. Giuliani und I. Schmid, Schweizerisches Bauernsekretariat, Brugg.
- SCHLÉEF K.-H. und KLEINHANSS W. (1994): Mineral balances in agriculture in the EU - Part 1: The regional level. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode. 84 pp.
- SHERWOOD M. and TUNNEY H. (1991): The nitrogen cycle - a national perspective. In: Paper presented at Irish Grassland and Animal Production Association, Dublin, March 1991. (zitiert in ISERMANN 1993).
- SOUICI S.W., FACHMANN W. und KRAUT H. (1989): Die Zusammensetzung der Lebensmittel: Nährwert-Tabellen 1989/90. 4., revidierte und ergänzte Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- SPIESS E. (1989): Schätzung der schweizerischen Nährstoffbilanz für 1985. Schriftenreihe der FAC Liebefeld Nr. 4, 61 pp.
- SPIESS E., STAUFFER W., NIGGLI U. und BESSON J.-M. (1993): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell: 4. Aufwand und Ertrag: Nährstoffbilanzen, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. Schweiz. Landw. Fo. 32, 565-579.
- STADELMANN F.X. (1990): N in der Landwirtschaft: Kreislauf, Probleme, Verluste, Synthese, Schlussfolgerungen. In: FAC-Oktobertagung 1988: Stickstoff in Landwirtschaft, Luft und Umwelt. Bern, 27.10.88. Schriftenreihe der FAC Liebefeld, Nr. 7, 141-191.



- STADELMANN F.X., ACHERMANN B., LEHMANN H.-J., MENZI H., PFEFFERLI St., SIEBER U. und ZIMMERMANN A. (1996): Ammoniak-Emissionen Schweiz. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft Liebefeld, Bern, und Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon, 61 pp. + Anhang.
- STOLL P. (1994). Schriftliche Mitteilung. Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux.
- TRUNINGER E. und VON GRÜNIGEN F. (1934): Wie steht es mit der Phosphorsäure- und Kalibilanz des schweizerischen Kulturbodens? Landw. Jb. Schweiz 48, 20-33.
- VAN EERDT M.M. and FONG P.K.N. (1998): The monitoring of nitrogen surpluses from agriculture. Environmental Pollution 102 (S1), 227-233.
- VON GRÜNIGEN F. (1945): Über die Beziehungen zwischen dem Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters und dem Auftreten von Mangelkrankheiten in der Schweiz. Schweiz. Landw. Monatshefte 23, 297-321.
- WITHERS P.J.A. (1996): Phosphorus cycling in UK agriculture and implications for water quality. Soil Use and Management 12, 221.
- ZORN W. und PRAUSSE A. (1992): Der Einfluss des K- und Mg-Gehaltes des Bodens auf die K-, Ca- und die Mg-Aufnahme von Kartoffeln. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 36, 267-278.

# ANHANG

Tab. A1: Berechnung des Raufutterverzehr und der Nährstoffmengen in tierischen Exkrementen im Jahr 1995 (Berechnung über die Anzahl Tiere und die Richtwerte).

Tierkategorie	Anzahl	TS-Verzehr t TS	Nährstoffanfall in Kot und Harn		
			t N	t P	t K
Milchkühe	765'469	3'609'062	81'274	11'611	116'105
Mastkälber	126'529		1'518	177	633
Vormastkälber bis 1/2 Jahr	87'252	9'598	698	96	524
Mastvieh 125-500 kg	106'336	174'391	3'722	798	3'190
Aufzuchttrinder bis 1 Jahr	301'933	332'126	7'850	1'208	12'077
Aufzuchttrinder 1 - 2 Jahre	233'865	514'504	9'822	1'403	14'032
Aufzuchttrinder über 2 Jahre	139'359	508'662	8'780	1'254	12'542
Züchtstuten, -hengste, andere Pferde über 4 J.	34'315	100'201	2'059	412	3'088
Fohlen unter 4 Jahre	12'848	15'006	308	62	463
Maultiere und Esel	2'623	5'361	110	22	165
Ponies	6'782	8'487	174	35	262
Zuchtauern	221'985	170'928	3'552	599	5'328
Milchziegen	33'456	25'761	602	90	769
Mutterschweine	166'542		5'829	1'416	2'498
Zuchteber	7'849		137	33	59
Mastschweine	885'592		13'284	2'657	4'428
Legetierküken und Junghennen	704'450		240	49	70
Lege- und Zuchthennen, Zuchthähne	2'162'330		1'535	432	454
Mastpoulets	3'232'349		1'293	210	356
Gänse, Enten und Truten	174'273		244	44	61
Total Rindvieh und andere Raufutterverzehrer		5'474'088	120'470	17'766	169'178
Total Schweine			19'250	4'106	6'985
Total Geflügel			3'312	735	941
Gesamttotal		5'474'088	143'032	22'608	177'104

Tab. A2: Berechnung der Nährstoffmengen in Klärschlamm und Kompost 1994/95.

Produkt	Menge t TS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Bemerkungen
		N g/kg	P g/kg	K g/kg	N t	P t	K t	
Klärschlamm	1.16'770	40.68	25.18	3.55	4'750	2'940	415	a)
Kompost	72'128	12.00	3.01	9.46	866	217	682	b)
Total					5'616	3'157	1'097	

a) alle Angaben nach CANDINAS und CHASSOT (1997) für das Jahr 1994; Klärschlamm-Menge: 3.5 Mio. m<sup>3</sup>; TS-Gehalt 6.0%; in der Landwirtschaft verwerteter Anteil: 55%

b) Menge nach KETTLER (1998) für das Jahr 1995; eigene Annahmen: 5% des Komposts wird in Anlagen mit einer Produktion von weniger als 100 t hergestellt; in der Landwirtschaft verwerteter Anteil: 67%; TS-Gehalt: 46%; Rotteverlust: 44%; Nährstoffgehalte nach AGW (1997)

Tab. A3: Berechnung der Nährstoffmengen in den in die Schweiz importierten Futtermitteln für 1995.

Produkt	Menge t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>				Bemerkungen
		N g/kg	P g/kg	K g/kg	N t	P t	K t	N Menge	P	K		
Weizen	39'679	21.96	3.80	4.00	871	151	159	17	4	4	4	
Roggen	1	16.98	3.60	4.00	0	0	0	17	4	4	4	
Gerste	63'996	17.32	3.90	5.00	1'108	250	320	17	4	4	4	
Hafer	48'220	16.64	3.60	4.50	802	174	217	17	4	4	4	
Mais	23'665	13.44	2.80	4.00	318	66	95	17	4	4	4	
Reis	13'769	12.27	1.20	1.00	169	17	14	17	4	4	4	
anderes Getreide	7'526	15.27	3.00	3.00	115	23	23	17	4	4	4	wie Hirse
Trockengemüse	591	34.88	4.40	10.00	21	3	6	17	4	4	4	wie Erbsen
Erbsen	15'005	34.88	4.40	10.00	523	66	150	17	4	4	4	
Weizenkleie	14'361	24.88	12.20	11.00	357	175	158	17	4	4	4	
Haferabfallmehl	3'932	14.36	3.72	4.65	56	15	18	17	4	4	4	b)
Getreidekeime	3'576	49.06	10.91	9.68	175	39	35	17	4	4	4	wie Weizenkeime
Paniermehl	953	22.54	1.89	1.80	21	2	2	17	4	4	4	
andere Müllereiprodukte	9'220	26.76	9.60	10.00	247	89	92	17	4	4	4	c)
Gersténmehl	2'325	20.41	4.90	6.00	47	11	14	17	4	4	4	
Maismehl	1'504	16.32	4.50	5.00	25	7	8	17	4	4	4	
Weizenmehl hell	20'045	27.79	4.00	4.00	557	80	80	17	4	4	4	
Weizenmehl dunkel	43'865	29.67	7.70	8.00	1'301	338	351	17	4	4	4	
Leinsamen etc.	29'203	35.42	5.22	8.10	1'034	152	237	17	4	4	4	
Erdnussextraktionsschrot	405	93.77	6.40	12.00	38	3	5	17	4	4	4	
Sojaextraktionsschot	81'630	76.88	6.80	19.00	6'276	555	1'551	17	4	4	4	
Sonnenblumenextrakt.schrot	13'118	60.57	8.50	14.00	795	111	184	17	4	4	4	
Leinexpeller	609	54.72	8.55	10.80	33	5	7	17	4	4	4	
andere Extraktionsschrote	2'844	49.07	8.33	14.60	140	24	42	17	4	4	4	c d)
Johannisbrot	1'752	7.66	0.84	6.72	13	1	12	17	4	4	4	
Fleischmehl	1'773	96.71	30.27	5.64	171	54	10	17	4	4	4	60% RP
Fischmehl	15'643	107.01	23.46	10.12	1'674	367	158	17	4	4	4	e)
Federmehl	1'448	131.69	3.35	0.93	191	5	1	17	4	4	4	
Futter- und Bierhefe	2'025	77.90	14.04	11.70	158	28	24	17	4	4	4	wie Futterhefe
Saatgutabfälle	228	21.96	3.80	4.00	5	1	1	17	4	4	4	wie Weizen
Malz	362	40.61	7.11	8.10	15	3	3	17	4	4	4	wie Malzkeime
Stärke	18'296	0.53	0.42	0.83	10	8	15	17	4	4	4	wie Kartoffelstärke
Trockenschnitzel	212	14.83	0.90	6.30	3	0	1	17	4	4	4	
Maniok etc.	1'399	3.28	0.98	7.12	5	1	10	17	4	4	4	
Biertreber feucht	79	4.72	1.47	0.22	0	0	0	17	4	4	4	
Maiskleber	52'592	99.20	4.70	1.00	5'217	247	53	17	4	4	4	
Mischfutter	7'541	26.64	4.50	9.90	201	34	75	17	7	7	7	wie Milchviehfutter
Fruchtabfälle trocken	154	3.66	0.72	8.94	1	0	1	17	4	4	4	wie Äpfel
Kaffeesatz	1'500	18.24	0.57	1.90	27	1	3	17	4	4	4	
Melasse	21'231	16.38	0.08	32.00	348	2	679	17	4	4	4	
Biertreber getrocknet	15'000	36.32	4.80	1.00	545	72	15	17	4	4	4	
Heu	40'338	13.66	2.99	22.88	551	121	923	17	4	4	4	f)
Heumehl	1'176	13.66	2.99	22.88	16	4	27	17	4	4	4	
Futterrüben	315	1.79	0.34	3.42	1	0	1	17	11	11	4	g)
feuchte Fruchtabfälle	525	0.61	0.12	1.49	0	0	1	17	4	4	4	wie Äpfel
Bäckereiabfälle	276	21.87	1.95	3.40	6	1	1	17	4	4	4	wie Brotabfälle
Stroh	135'152	4.93	0.79	8.80	666	107	1'189	17	4	4	4	wie Weizenstroh
anorgan. Mehrfachphosphate						1'517		20	20	20		
Total					24'855	4'927	6'967					

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

b) wie Haferschälmehl

c) wie Mühlenachproduktegemisch

d) Mittel von Baumwoll- und Kokosextraktionsschrot

e) Mittel von 64% RP und 70/72% RP

f) wie Dürrfutter (gräserreich, Stadium 4, Mittel von Heu und Emd)

g) wie Halbzuckerrüben

Tab. A4: Berechnung der Nährstoffmengen in den tierischen Nahrungs- und Futtermitteln und den anderen tierischen Produkten im Jahr 1995.

Produkt	Menge  t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>				Bemerkungen
		N	P	K	N	P	K	N	P	K		
		g/kg	g/kg	g/kg	t	t	t	Menge				
Milch	3'930'000	5.16	0.98	1.43	20'279	3'851	5'620	16	4	4	4	
Rindvieh und andere Tiere	322'034	25.00	6.00	1.60	8'051	1'932	515	16	20	13	13	
Schweine	330'341	22.20	5.30	1.59	7'334	1'751	525	16	19	19	15	
Geflügel	59'388	26.00	5.20	2.40	1'544	309	143	16	9	9	9	
Eier	35'520	20.64	1.76	0.84	733	63	30	16	18	2	2	
Total					37'940	7'906	6'833					

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

Tab. A5: Berechnung der Nährstoffmengen in den tierischen Futtermitteln im Jahr 1995.

Produkt	Menge  t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>				Bemerkungen
		N	P	K	N	P	K	N	P	K		
		g/kg	g/kg	g/kg	t	t	t	Menge				
Milch für die Aufzucht	668'000	5.16	0.98	1.43	3'447	655	955	17	4	4	4	
Mager- und Buttermilch	166'000	5.01	0.92	1.45	832	153	241	17	4	4	4	
Schotte	1'362'000	1.18	0.35	1.31	1'607	477	1'784	17	4	4	4	
Vollmilchpulver	7	41.96	7.66	14.55	0	0	0	17	4	4	4	
Mager-/Buttermilchpulver	10'618	56.10	10.28	15.52	596	109	165	17	4	4	4	
Schottenpulver	961	19.31	6.31	23.28	19	6	22	17	4	4	4	
Fleischknochenmehl	24'344	68.73	68.71	7.52	1'673	1'673	183	17	4	4	4	40% RP
Fleischmehl	17'800	96.71	30.27	5.64	1'721	539	100	17	4	4	4	60% RP
Grieben	3'000	131.33	5.32	4.75	394	16	14	20	4	4	4	
Fleischsuppe	80'000	17.95	2.80	0.52	1'436	224	42	20	10	10	20	b)
Metzgereiabfälle	3'964	17.95	2.80	0.52	71	11	2	17	4	4	20	wie Fleischsuppe
Total					11'796	3'862	3'509					

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

b) K: gleiches P:K-Verhältnis wie Fleischmehl

Tab. A6: Berechnung der Nährstoffmengen in den tierischen Nahrungsmitteln im Jahr 1995.

	Nährstoffmenge		
	N	P	K
	t	t	t
+ Nährstoffmengen in den tierischen Nahrungs- und Futtermitteln und den anderen Produkten	40'813	8'406	10'079
- Nährstoffmengen in den tierischen Futtermitteln	11'796	3'862	3'509
= Nährstoffmengen in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen Produkten	29'017	4'544	6'570

Tab. A7: Berechnung der Nährstoffmengen in den pflanzlichen Nahrungs- und Futtermitteln im Jahr 1995.

Produkt	Menge t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>				Bemerkungen
		N g/kg	P g/kg	K g/kg	N t	P t	K t	N	P	K	Menge	
Raufutter: Wiesen	4'877'661	23.14	3.65	28.40	112'850	17'803	138'526	20	4	4	4	b), c)
Raufutter: Silomais	618'988	13.60	2.70	13.00	8'418	1'671	8'047	20	4	4	4	b), d)
Weizen	618'141	21.96	3.80	4.00	13'574	2'349	2'473	16	4	4	4	
Roggen	42'064	16.98	3.60	4.00	714	151	168	16	4	4	4	
Dinkel, Mischel	14'197	21.61	3.70	3.00	307	53	43	16	4	4	4	
Gerste, Mischel	306'366	17.32	3.90	5.00	5'306	1'195	1'532	16	4	4	4	
Hafer	44'129	16.64	3.60	4.50	734	159	199	16	4	4	4	
Triticale	33'927	18.70	3.70	5.00	634	126	170	16	4	4	4	
Mais	224'879	13.44	2.80	4.00	3'022	630	900	16	4	4	4	
Kartoffeln (inkl. Saatgut)	568'800	3.68	0.58	5.06	2'093	330	2'878	16	4	4	4	
Raps	45'056	31.52	7.30	8.00	1'420	329	360	16	4	4	4	
Zuckerrüben	823'955	2.10	0.35	2.07	1'730	288	1'706	16	4	4	4	
Zuckerrübenköpfe und -laub	686'629	3.14	0.35	4.90	2'156	240	3'364	5	4	4	4	
Rübenwascherde	40'000	2.00	0.55	7.75	80	22	310	20	12	8	6	b)
Futtermüben	326'700	1.79	0.34	3.42	585	111	1'117	17	11	11	4	e)
Futtermübenköpfe und -laub	130'680	3.14	0.35	4.90	410	46	640	5	4	4	4	f)
Eiweisserbsen (Futter-)	7'882	34.88	4.40	10.00	275	35	79	16	4	4	4	
Soja	4'848	64.10	5.70	16.00	311	28	78	16	4	4	4	
Gemüse	307'162	2.56	0.37	2.52	786	114	775	16	3	3	3	g)
Obst	365'044	0.61	0.12	1.49	223	44	544	16	4	4	4	wie Apfel
Trauben	154'732	1.70	0.61	4.15	263	94	642	16	14	14	14	
andere Produkte	4'672	80	25	100	374	117	467	20	20	20	20	h)
Total					156'267	25'934	165'016					

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

b) Menge in t TS; Nährstoffgehalte in g/kg TS

c) Raufutter Wiesen: 60% Gras (Stadium 3), 20% Dürrfutter (Stadium 4), 20% Grassilage (Stadium 3); ausgewogener Bestand A1

d) wie Maissilage (Teigreife)

e) wie Halbzuckerrüben

f) wie Zuckerrübenlaub

g) Mittel von Gartenbohnen, Karotten und Kopfsalat

h) Fläche in ha anstelle der Menge; Nährstoffentzüge in kg/ha anstelle der Nährstoffgehalte

Tab. A8: Berechnung der Nährstoffmengen in den pflanzlichen Futtermitteln im Jahr 1995.

Produkt	Menge  t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>				Bemerkungen
		N	P	K	N	P	K	N	P	K		
		g/kg	g/kg	g/kg	t	t	t	Menge				
Raufutter: Wiesen	4'877'661	23.14	3.65	28.40	112'850	17'803	138'526	20	4	4	4	b), c)
Raufutter: Silomais	618'988	13.60	2.70	13.00	8'418	1'671	8'047	20	4	4	4	b), d)
Weizen	200'200	21.96	3.80	4.00	4'396	761	801	17	4	4	4	
Roggen	27'900	16.98	3.60	4.00	474	100	112	17	4	4	4	
Dinkel, Mischel	4'100	21.61	3.70	3.00	89	15	12	17	4	4	4	
Gerste	287'600	17.32	3.90	5.00	4'981	1'122	1'438	17	4	4	4	
Hafer	42'400	16.64	3.60	4.50	706	153	191	17	4	4	4	
Triticale	31'700	18.70	3.70	5.00	593	117	159	17	4	4	4	
Mais	217'200	13.44	2.80	4.00	2'919	608	869	17	4	4	4	
Futterkartoffeln	194'200	3.68	0.58	5.06	715	113	983	17	4	4	4	
Rapsextraktionsschrot	26'144	56.00	12.70	13.00	1'464	332	340	17	4	4	4	
andere Extraktionsschrote	3'878	76.88	6.80	19.00	298	26	74	17	4	4	4	e)
Trockenschnitzel	5'451	14.83	0.90	6.30	81	5	34	17	4	4	4	
Zuckerrübenschnitzel	193'497	3.22	0.23	1.33	623	45	257	17	4	4	4	
Melasse	18'553	16.38	0.08	32.00	304	1	594	17	4	4	4	
Zuckerrübenköpfe und -laub	686'629	3.14	0.35	4.90	2'156	240	3'364	5	4	4	4	
Futterrüben	326'700	1.79	0.34	3.42	585	111	1'117	17	11	11	4	f)
Futterrübenköpfe und -laub	130'680	3.14	0.35	4.90	410	46	640	5	4	4	4	g)
Müllereiprodukte	80'450	26.76	9.60	10.00	2'153	772	805	17	4	4	4	h)
Erbsen	7'900	34.88	4.40	10.00	276	35	79	17	4	4	4	
Trockengemüse	1'100	34.88	4.40	10.00	38	5	11	17	4	4	4	wie Erbsen
Gemüseabfälle für Fütterung	4'245	46.00	3.49	9.13	195	15	39	20	1	1	1	b)
Futter- und Bierhefe	40	77.90	14.04	11.70	3	1	0	17	4	4	4	wie Futterhefe
Früchte und Fruchtabfälle	39'970	0.61	0.12	1.49	24	5	60	17	4	4	4	b), wie Äpfel
Bäckereiabfälle	3'000	21.87	1.95	3.40	66	6	10	17	4	4	4	b), wie Brotabfälle
Haushaltsabfälle	19'427	4.32	0.80	5.06	84	16	98	17	10	10	4	b), K: Kartoffeln
Total					144'900	24'123	158'659					

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

b) Menge in t TS; Nährstoffgehalte in g/kg TS

c) Raufutter Wiesen: 60% Gras (Stadium 3), 20% Dürrfutter (Stadium 4), 20% Grassilage (Stadium 3); ausgewogener Bestand A1

d) wie Maissilage (Teigreife)

e) wie Sojaextraktionsschrot

f) wie Halbzuckerrüben

g) wie Zuckerrübenlaub

h) wie Mühlennachproduktegemisch

Tab. A9: Berechnung der Nährstoffmengen in den pflanzlichen Nahrungsmitteln im Jahr 1995.

	Nährstoffmenge		
	N	P	K
	t	t	t
+ Nährstoffmengen in den pflanzlichen Nahrungs- und Futtermitteln	156'267	25'934	165'016
- Nährstoffmengen in den pflanzlichen Futtermitteln	144'900	24'123	158'659
= Nährstoffmengen in den pflanzlichen Nahrungsmitteln	11'367	1'811	6'357

Tab. A10: Berechnung der Nährstoffmengen in den Fütterungsverlusten und im Stroh im Jahr 1995.

Produkt	Menge t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle <sup>a)</sup>			Bemerkungen
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	
		g/kg	g/kg	g/kg	t	t	t	Menge			
Fütterungsverluste: Wiesen	256'719	23.14	3.65	28.40	5'939	937	7'291	20	4	4	b), c)
Fütterungsverluste: Silomais	32'578	13.60	2.70	13.00	443	88	424	20	4	4	b), d)
Weizenstroh	772'676	4.93	0.79	8.80	3'809	610	6'800	5	4	4	
Roggenstroh	57'360	4.22	0.88	8.80	242	50	505	5	4	4	
Dinkelstroh	21'296	4.93	0.79	8.80	105	17	187	5	4	4	wie Weizenstroh
Gerstenstroh	331'896	4.65	0.70	14.96	1'543	232	4'965	5	4	4	
Haferstroh	56'164	4.51	1.23	18.48	253	69	1'038	5	4	4	
Triticalestroh	45'235	4.93	0.79	8.80	223	36	398	5	4	4	wie Weizenstroh
Rapsstroh	83'675	7.50	1.53	13.28	628	128	1'111	5	5	5	
Total					13'186	2'168	22'718				

a) Quellenangabe: siehe Tabelle A11

b) Menge in t TS; Nährstoffgehalte in g/kg TS

c) Raufutter Wiesen: 60% Gras (Stadium 3), 20% Dürrfutter (Stadium 4), 20% Grassilage (Stadium 3); ausgewogener Bestand A1

d) wie Maissilage (Teigreife)

Tab. A11: Berechnung der Nährstoffmengen in den Ernteverluste, den Ernterückständen und im inländischen Saatgut im Jahr 1995.

Produkt	Menge t FS	Nährstoffgehalt			Nährstoffmenge			Quelle			Bemerkungen
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	
		g/kg	g/kg	g/kg	t	t	t	Menge			
Ernteverluste: Wiesen	906'067	23.14	3.65	28.40	20'963	3'307	25'732	20	4	4	a), b)
Ernteverluste: Silomais	13'297	13.60	2.70	13.00	181	36	173	20	4	4	a), c)
Maissstroh	267'043	7.74	1.32	9.68	2'067	352	2'585	5	4	4	
Kartoffelkraut	158'000	2.70	0.26	7.47	427	41	1'180	5	5	5	
Erbсенstroh	7'882	9.86	1.85	18.48	78	15	146	5	4	4	
Sojabohnenstroh	4'848	40.00	6.11	33.20	194	30	161	5	5	5	
Getreidesaatgut	30'908	21.96	3.80	4.00	679	117	124	16	4	4	wie Weizen
Kartoffelsaatgut	43'513	3.68	0.58	5.06	160	25	220	20	4	4	
Gemüseabfälle	5'307	46.00	3.49	9.13	244	19	48	20	1	1	
Total					24'992	3'942	30'369				

a) Menge in t TS; Nährstoffgehalte in g/kg TS

b) Raufutter Wiesen: 60% Gras (Stadium 3), 20% Dürrfutter (Stadium 4), 20% Grassilage (Stadium 3); ausgewogener Bestand A1

c) wie Maissilage (Teigreife)

#### Quellen:

- 1 BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT BODENVERBESSERUNG (1995)
- 2 DLG (1973)
- 3 ELMADFA *et al.* (1988)
- 4 FAG (1994)
- 5 FAP, RAC und FAC (1994)
- 6 FINCK (1978)
- 7 FLÜCKIGER (1987)
- 8 FURRER (1975)
- 9 FURRER und STAUFFER (1975)
- 10 FÜTTERUNGSEMPFEHLUNGEN UND NÄHRWERTTABELLEN FÜR SCHWEINE (1993)
- 11 FÜTTERUNGSNORMEN UND NÄHRWERTTABELLEN FÜR WIEDERKÄUER (1984)
- 12 HASLER und HOFER (1979)
- 13 KESSLER (1994)
- 14 LANDW. HANDBÜCHLEIN ZUM WIRZ-KALENDER (1970)
- 15 OSLAGE (1964)
- 16 SBV (1997a)
- 17 SBV (1997b)
- 18 SOUCI *et al.* (1989)
- 19 STOLL (1994)
- 20 eigene Schätzung