



3 Die Stickstoffbilanz der Schweiz

Ernst Spiess

Die zeitliche Entwicklung des Überschusses an Stickstoff (N) in der schweizerischen Landwirtschaft wurde mit Hilfe der Input-Output-Bilanz untersucht. Die Berechnungen für das Jahr 2002 ergaben bei einem Input von 158'000 t N und einem Output von 44'000 t N einen Überschuss von 114'000 t N. Zwischen 1980 und 2002 hat der Überschuss um 38'000 t N abgenommen, was insbesondere auf die geringeren Futtermittelimporte, die Abnahme bei der Deposition sowie den verminderten Mineraldüngereinsatz zurückzuführen ist. In den ersten Jahren nach der Einführung der ökologischen Direktzahlungen war die Reduktion überdurchschnittlich hoch. Zwischen 1997 und 2002 konnte dagegen keine weitere Abnahme verzeichnet werden. Daher dürfte das Ziel einer Verminderung des N-Überschusses um 43'000 t N zwischen 1990–92 und 2005 kaum erreicht werden. Bis 2002 betrug die Abnahme 14'000 t N, so dass erst ein Drittel des Zielwerts erreicht wurde.

Abbildung 1:
Das Prinzip der
Input-Output-Bilanz.



Die Berechnungen für die N-Bilanz wurden für die gesamte schweizerische Landwirtschaft (Pflanzenbau und Tierhaltung) durchgeführt, wobei die Landwirtschaft als eine Einheit, das heisst als ein einziger «landwirtschaftlicher Betrieb» betrachtet wurde. Die Bilanz 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 Recycling- und die übrigen Dünger (z.B. Klärschlamm, Kompost, Rübenkalk, Guano), das importierte Saatgut, die biologische N-Fixierung durch die Leguminosen sowie die N-Deposition aus der Luft. Der Output setzt sich aus den tierischen (z.B. Milch, Fleisch, Eier) und pflanzlichen Nahrungsmitteln (Brotgetreide, Speisekartoffeln etc.) sowie den anderen tierischen Produkten (z.B. Tierhäute, exportiertes Fleisch- und Fleischknochenmehl, in die «Para-Landwirtschaft» exportierte Hofdünger) zusammen. Die Bilanz, das heisst die Differenz zwischen Input und Output, ist meistens positiv (= Überschuss) und umfasst die Änderungen des Bodenvorrats (Zu- oder Abnahme des Nährstoffgehaltes im Boden) sowie die gesamten Verluste (z.B. Ammoniakverflüchtigung, Denitrifikation, Auswaschung, Abschwemmung, Erosion).

Die Nährstoffbilanzen wurden nach der von Spiess (1999) detailliert beschriebenen Methodik berechnet. Die Nährstoffmengen wurden in den meisten Fällen durch Multi-

Ernst Spiess,
Agroscope
FAL Reckenholz,
Reckenholzstr. 191,
CH-8046 Zürich

plikation der einzelnen Produktmengen mit dem Nährstoffgehalt berechnet. Die Mengenangaben stammten grösstenteils vom Schweizerischen Bauernverband (SBV 2004a und b). Die Nährstoffgehalte wurden vor allem den «Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer» (FAG 1994) entnommen.

Genauigkeit der Berechnungen

Die Beurteilung der Genauigkeit der Ergebnisse ist nicht einfach, weil die verschiedenen Mengen und Nährstoffgehalte, die in die Berechnungen gingen, mit einem schwer abzuschätzenden Fehler behaftet sind. Bei einigen Input-Grössen wie den Mineraldüngern dürfte der angenommene Wert weniger als 5 % vom eigentlichen Wert abweichen. Dagegen ist die Berechnung der biologischen N-Fixierung oder der Deposition, die mengenmässig bedeutsam sind, mit wesentlich grösseren Unsicherheiten behaftet ($\pm 10\text{--}30\%$). Der Fehler beim Endergebnis, das heisst beim Nährstoffüberschuss, dürfte jedoch geringer als $\pm 20\%$ ausfallen. Für einzelne Bereiche wie die gesamte Tierhaltung oder die Rapsproduktion zeigte eine Kontrollrechnung, dass sich viele Fehler gegenseitig aufheben. 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 allfällige Fehler systematisch erfolgt sind. Wurde z.B. die N-Deposition für 2002 zu hoch geschätzt, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass sie auch für die vorangegangenen Jahren überschätzt wurde.

Tabelle 1. N-Bilanz der schweizerischen Landwirtschaft im Jahr 2002 (in t N/Jahr und in % des gesamten Inputs)

	t N/Jahr	%
Input	158'028	100
Importierte Futtermittel	35'339	22
Mineraldünger	53'497	34
Recycling- und übrige Dünger	4'694	3
Importiertes Saatgut	145	0
N-Fixierung der Leguminosen	35'753	23
Deposition über die Luft	28'600	18
Output	43'534	27
Tierische Nahrungsmittel und andere tierische Produkte	33'811	21
Pflanzliche Nahrungsmittel	9'723	6
Überschuss	114'494	73

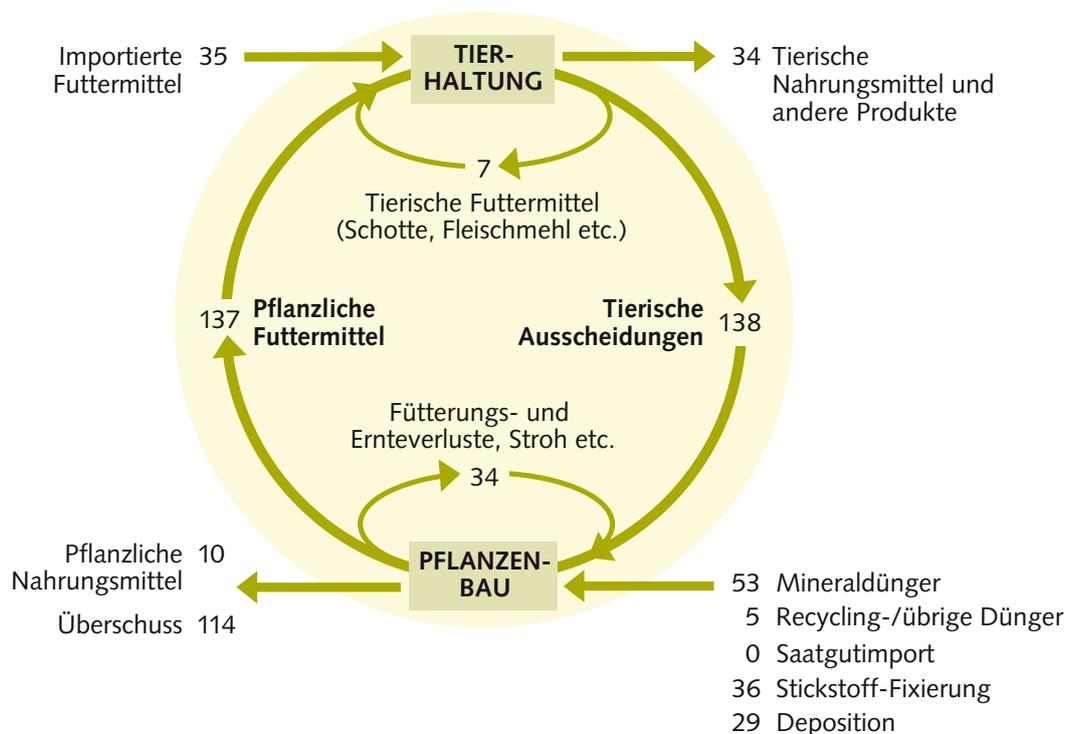
N-Bilanz im Jahr 2002

Im Jahr 2002 gelangten rund 158'000 t N in die Landwirtschaft (Tab. 1). Die Mineraldünger wiesen mit 34 %, die N-Fixierung mit 23 % und die importierten Futtermittel mit 22 % die höchsten Anteile am gesamten Input auf. Der Anteil der Deposition aus der Luft lag bei 18 %, die Recycling- und die übrigen Dünger sowie das importierte Saatgut machten weniger als 5 % aus. Über den Output verliessen gegen 44'000 t N die Landwirtschaft, was etwa einem Viertel des Inputs entspricht. Die N-Menge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen tierischen Produkten war dreimal höher als diejenige in den pflanzlichen Nahrungsmitteln. Der Überschuss betrug rund 114'000 t N. Bezogen auf die landwirtschaft-

liche Nutzfläche von 1'069'771 ha im Jahr 2002 machte dies 107 kg N/ha aus. Da eine starke Anreicherung von Stickstoff im Boden ausgeschlossen werden kann, muss angenommen werden, dass diese Menge grösstenteils der Landwirtschaft über die Ammoniakverflüchtigung, die Denitrifikation und die Nitratauswaschung verloren ging.

Aus dem N-Kreislauf (Abb. 2) ist ersichtlich, dass die N-Mengen in den pflanzlichen Futtermitteln und in den tierischen Ausscheidungen 2002 praktisch gleich gross waren. Über die importierten Futtermittel gelangte etwas mehr Stickstoff in den Kreislauf, als über die tierischen Nahrungsmittel und die anderen tierischen Produkte exportiert wurde. Im Pflanzenbau überstiegen die Düngung (tierische Ausscheidungen, Mineral-, Recycling- und übrige Dünger), die Deposition und die N-Fixierung zusammen den Entzug durch die pflanzlichen Futter- und Nahrungsmittel um 79 %. Die N-Menge 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).

Abbildung 2:
N-Kreislauf der
schweizerischen
Landwirtschaft
im Jahr 2002
(in 1000 t N).



N-Mengen, die gesamthaft in der gleichen Grössenordnung wie diejenigen der biologischen N-Fixierung lagen, zirkulierten innerhalb der Landwirtschaft via Ernte- und Fütterungsverluste, Stroh sowie inländisches Saatgut. Von den 34'000 t N, die in diesen Produkten enthalten waren, gelangte der grösste Teil in organischer Form in den Boden. Die tierischen Futtermittel waren infolge des Fütterungsverbots für Fleisch- und Fleischknochenmehl mit rund 7'000 t N weniger bedeutend als in früheren Jahren.

Entwicklung des N-Inputs und des N-Outputs zwischen 1975 und 2002

Beim Input erfuhr die N-Menge in den importierten Futtermitteln eine starke Abnahme. Mitte der neunziger Jahre war sie nur noch halb so hoch wie 20 Jahre zuvor, weil der gesamte Futterbedarf infolge der sinkenden Tierzahlen abgenommen hat und ausländisches durch inländisches Futtergetreide verdrängt wurde (Abb. 3). Seit 1996 stieg der Import jedoch wieder um 11'000 t N, was vor allem auf den vermehrten Import von Soja-

extraktionsschrot zurückzuführen ist, welches inländisches Tiermehl nach dem Fütterungsverbot ersetzt hat. Der Mineraleinsatz verdoppelte sich zwischen 1975 und 1988 von 36'000 auf 69'000 t N, nahm aber bis 1997 wieder um 20'000 t N ab. Allein nach der Einführung der ökologischen Direktzahlungen im Jahr 1993 betrug der Rückgang 18'000 t N. Zwischen 1997 und 2002 nahm der Mineraleinsatz aber wieder um über 4'000 t N zu. Der Einsatz der Recycling- und der übrigen Dünger stieg bis Ende neunziger Jahre an, nahm jedoch seither infolge des angekündigten Klärschlammverbots in der Landwirtschaft wieder ab. Die biologische N-Fixierung blieb ziemlich konstant auf einem Niveau von rund 36'000 t N. Die N-Einträge über die Deposition erreichten 1980 mit 38'000 t N ihren höchsten Wert. Seither gingen sie um 10'000 t N zurück, weil einerseits die Tierzahlen und damit der Hofdüngeranfall und die Ammoniakverluste sanken und andererseits die Stickoxidemissionen von Verkehr und Industrie abnahmen (BUWAL 1995, Menzi *et al.* 1997, Stadelmann *et al.* 1996).

Abbildung 3: N-Mengen in den einzelnen Input-Größen zwischen 1975 und 2002.

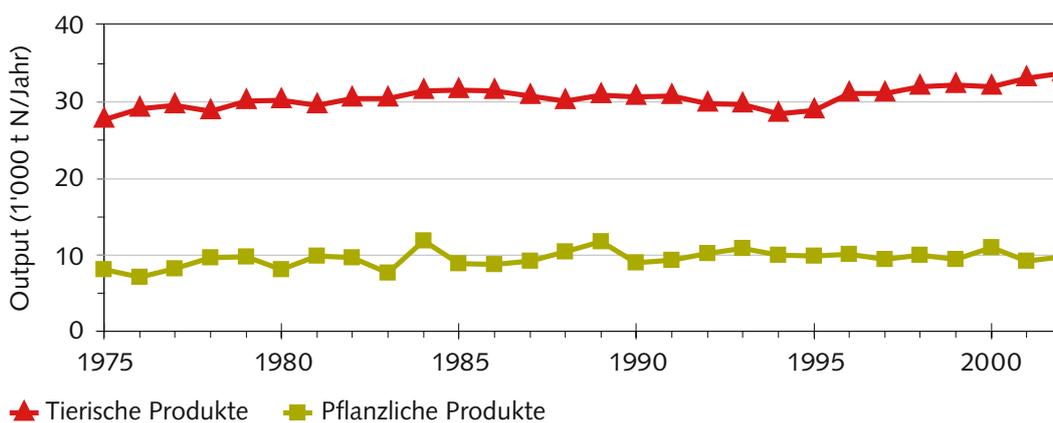
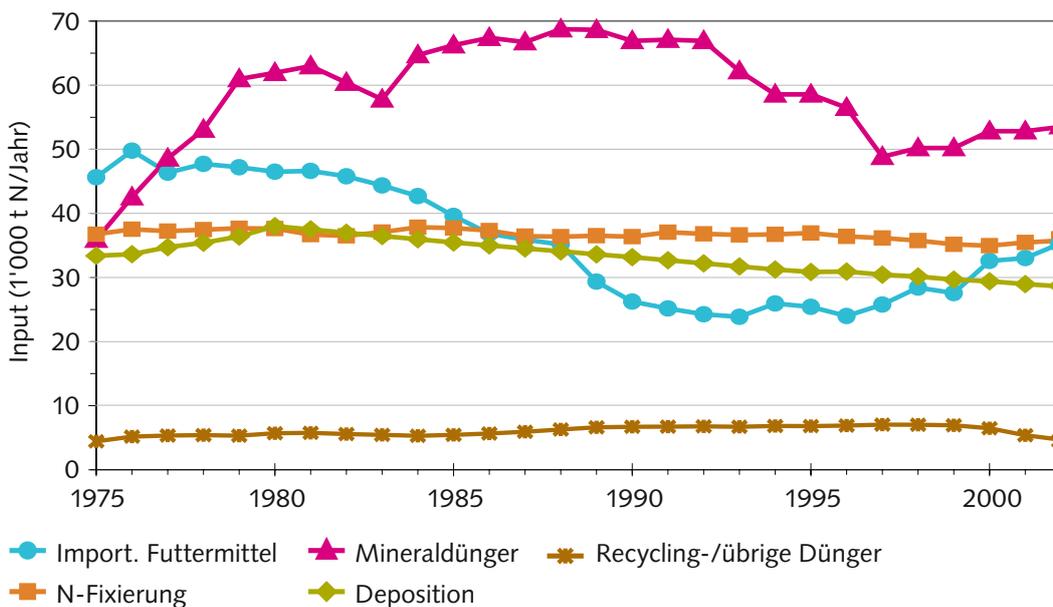


Abbildung 4: N-Mengen in den einzelnen Output-Größen (tierische Nahrungsmittel und andere Produkte sowie pflanzliche Nahrungsmittel) zwischen 1975 und 2002.

Beim Output fällt auf, dass die N-Menge in den tierischen Nahrungsmitteln und den anderen Produkten zwischen 1975 und 2002 angestiegen ist (Abb. 4). Bei den Milchprodukten betrug der Anstieg in dieser Periode über 15 %. Die in der Fleischproduktion erzeugte N-Menge, welche die Landwirtschaft verliess, nahm bis 1985 ebenfalls zu. Bis in die erste Hälfte der neunziger Jahre war sie dann aber wieder rückläufig, weil einerseits weniger Masttiere geschlachtet wurden und andererseits bei der Schlachtung mehr Nebenprodukte anfielen, welche verfüttert wurden und die Landwirtschaft somit nicht verliessen. Nach

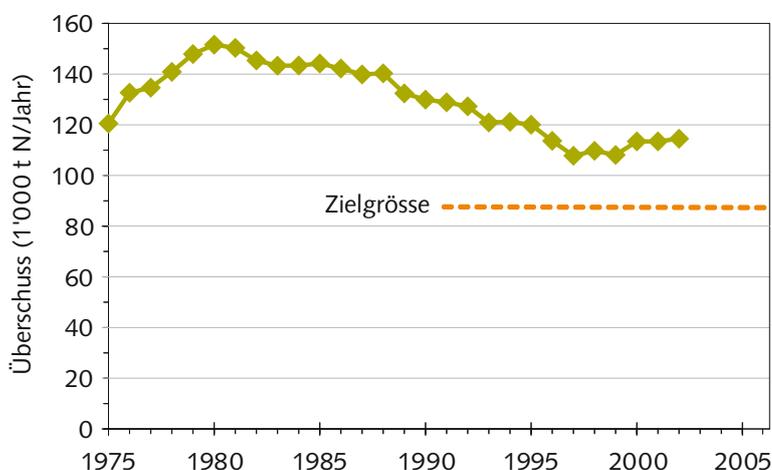
1995 trat infolge der BSE-Krise eine Wende ein. Schlachtnebenprodukte wurden immer weniger verfüttert und stattdessen vermehrt ins Ausland exportiert oder im Inland entsorgt. Dadurch nahm die N-Menge, welche die schweizerische Landwirtschaft verliess, wiederum stark zu und erreichte 2002 einen neuen Höhepunkt.

Der N-Export über die pflanzlichen Nahrungsmittel schwankte relativ stark von Jahr zu Jahr und nahm nur bis Mitte der achtziger Jahre infolge der steigenden Weizenfläche und der ertragreicheren Sorten zu.

Entwicklung des N-Überschusses zwischen 1975 und 2002

Der N-Überschuss stieg in den ersten fünf Jahren der untersuchten Periode stark an, erreichte 1980 mit über 151'000 t N seinen Höhepunkt, nahm anschliessend kontinuierlich bis auf 108'000 t N im Jahr 1997 ab und stabilisierte sich zwischen 2000 und 2002 bei 114'000 t N (Abb. 5). Der Anstieg bis 1980 war in erster Linie auf den stark steigenden Mineraleinsatz zurückzuführen. Im Jahr 1980 waren sowohl der Tierbestand mit fast 1,7 Millionen Dünger-Grossvieheinheiten als auch die Deposition am höchsten. Seither

Abbildung 5:
N-Überschuss zwischen 1975 und 2002 und Zielgrösse.



nahmen die importierten Futtermittel um 11'000 t N, die Deposition um 9'000 t N sowie der Mineraleinsatz um 8'000 t N ab. Zudem erhöhte sich die N-Menge in den exportierten tierischen Produkten um 4'000 t. Der Rückgang bei den importierten Futtermitteln ist auf den infolge der tieferen Tierzahlen geringeren Futterbedarf und auf die steigende inländische Produktion zurückzuführen. Bei der Deposition war der Rückgang der aus der Tierhaltung stammenden N-Verbindungen etwas grösser als die Abnahme der Stickoxide.

Im Rahmen der Evaluation der Ökomassnahmen wurde als Umsetzungsziel für den Bereich Stickstoff festgelegt, dass der N-Überschuss gemäss Input-Output-Bilanz zwischen den Referenzjahren 1990–92 und 2005 um ein Drittel reduziert werden soll (BLW 1999). 1990–92 betrug der N-Überschuss durchschnittlich 129'000 t N. Bis zum Zieljahr 2005 sollte somit eine Reduktion um 43'000 t N auf 86'000 t N erreicht werden. Bis 2002 betrug die Abnahme 14'000 t N, so dass das Ziel erst zu einem Drittel erfüllt wurde. Auffallend ist, dass der N-Überschuss zwischen 1999 und 2002 wieder um über 6'000 t N zugenommen hat. Zwischen 2002 und 2004 hat der Mineraleinsatz – die wichtigste Inputgrösse der Bilanz – um rund 2'000 t N abgenommen. Falls die anderen Input- und Outputgrössen in dieser Periode konstant geblieben sind, ist bis zum Jahr 2004 mit einer Reduktion des Überschusses um 16'000 t N zu rechnen.

Der Rückgang zwischen den Referenzjahren 1990–92 sowie 1997 hatte seine Ursache fast ausschliesslich im geringeren Mineraleinsatz. Dieser wiederum nahm wahrscheinlich deshalb so stark ab, weil ein ausgeglichener N-Haushalt Voraussetzung zum Erhalt von Direktzahlungen für die integrierte Produktion war. Im Jahr 1997 wurden bereits fast 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche integriert oder biologisch bewirtschaftet. Dass der Mineraleinsatz bis 2002 wieder um 4'500 t N zugenommen hat, obwohl die Fläche, auf welcher der «Ökologische Leistungsnachweis» (ÖLN) mit einem ausgeglichenen N-Haushalt (Suisse-Bilanz) erbracht werden muss, weiter zunahm, kann nicht erklärt werden. Unklar ist auch, warum bei den importierten Futtermitteln in den letzten zehn Jahren ein Anstieg von 10'000 t N zu verzeichnen war. Zwar hat das Angebot an inländischen Futtermitteln in dieser Periode abgenommen, weil Tiermehl nicht mehr in der

Fütterung eingesetzt werden darf und weniger Raufutter produziert wurde. Gleichzeitig hat aber auch der Tierbestand um 10% abgenommen. Deshalb wurde zur Deckung des Futterbedarfs der Tiere im Jahr 2002 etwa die gleiche N-Menge weniger benötigt, wie mit den inländischen Futtermitteln weniger produziert wurde. Somit hätten eigentlich nicht mehr Futtermittel importiert werden müssen. Das dies trotzdem der Fall war, bedeutet, dass in der vorliegende Bilanzrechnung entweder die Futtermengen – und hier insbesondere die Wiesenerträge – überschätzt worden sind oder die Verwertung der Futtermittel abgenommen hat.

Literatur

- BLW, 1999. Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme – Konzeptbericht. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. 23 S.
- 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 S.
- FAG (Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux), 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 3. überarbeitete Auflage. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen. 328 S.
- 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 S. + Anhang.
- SBV (Schweizerischer Bauernverband), 2004a. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Brugg, diverse Jahrgänge.
- SBV, 2004b. Schriftliche Mitteilung von I. Schmid, Schweizerischer Bauernverband, Brugg.
- Spiess E., 1999. Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 1995. Schriftenreihe der FAL Nr. 28, Zürich-Reckenholz. 46 S.
- Stadelmann F.-X., Achermann B., Lehmann H.-J., Menzi H., Pfefferli S., 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 S. + Anhang.