

## Nährstoffbilanzierung auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern mit Hilfe des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO

K. Weinfurtner, P. Dreher<sup>32</sup>, U. Matthes<sup>33</sup> und G. Gerl<sup>34</sup>

### 1. Einleitung

Nach der derzeit geltenden Düngeverordnung sind regelmäßige Nährstoffbilanzierungen vorgeschrieben. Die ermittelten Nährstoffsalden (Input/Output) gelten als geeignetes Instrument für die Bewertung der Effizienz und Umweltverträglichkeit eines landwirtschaftlichen Betriebes. Auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern bei Pfaffenhofen (ca. 60 km nördlich München im südbayerischen Tertiärhügelland) wurden Nährstoffsalden für zwei unterschiedliche Nutzungssysteme mit Hilfe des Betriebsbilanzierungsprogrammes REPRO (Hülsbergen und Diepenbrock, 1997) der Universität Halle berechnet und auf Plausibilität geprüft.

### 2. Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern (Abb. 1) untersucht der Forschungsverbund Agrarökosysteme München, ein Zusammenschluß von Instituten der TU München und der GSF München, seit 1990 die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungssysteme auf die Agrarlandschaft. Nach einer zweijährigen Übergangsphase, in der - weitgehend flächendeckend - wichtige biotische und abiotische Parameter erfaßt wurden, erfolgte eine Bewirtschaftung der vorhandenen Flächen nach zwei unterschiedlichen Betriebssystemen. Ein Betrieb wird nach Vorgaben des integrierten Pflanzenbaus geführt, mit der Fruchtfolge Kartoffel-Winterweizen-Mais-Winterweizen. Nach Winterweizen wird jeweils Senf als Zwischenfrucht angebaut, um den Boden möglichst lange bedeckt zu halten und die Bodenerosion zu verringern. Der Tierbesatz beträgt 1,5 Rinder-GV ha<sup>-1</sup>, die Tierhaltung wird allerdings nur simuliert, indem der erzeugte Mais an einen Nachbarbetrieb abgegeben und im Gegenzug eine entsprechende Güllemenge geliefert wird.

Der zweite Betrieb wird nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus bewirtschaftet - mit einer Fruchtfolge Luzerne-Klee gras-Winterweizen-Winterroggen-Luzerne-Klee gras-Kartoffel-Winterweizen-Sonnenblumen; nach Kartoffel und dem nachfolgenden Winterweizen wird eine Zwischenfrucht gesät sowie im Winterroggen und den Sonnenblumen eine Untersaat mit Luzerne-Klee gras eingebracht. Der Leguminosenanteil der Fruchtfolge beträgt ohne Anrechnung

<sup>32</sup> K. Weinfurtner u. Dr. P. Dreher, Fraunhoferinstitut Umweltchemie und Ökotoxikologie, Auf dem Aberg 1, 57392 Schmallenberg

<sup>33</sup> Dr. U. Matthes, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Am Hochanger 2, 85356 Freising

<sup>34</sup> G. Gerl, Institut für Bodenökologie, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764 Neuherberg bei München

der Zwischenfrüchte 30% der Ackerfläche. Auch in diesem Betrieb wird eine möglichst ganzjährige Pflanzendecke angestrebt.

Der Tier-Besatz beträgt  $1,1 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$  in Form einer Mutterkuhherde mit Mast. Die Tiere werden im Sommer auf der Weide, im Winter in einem offenen Laufstall gehalten.

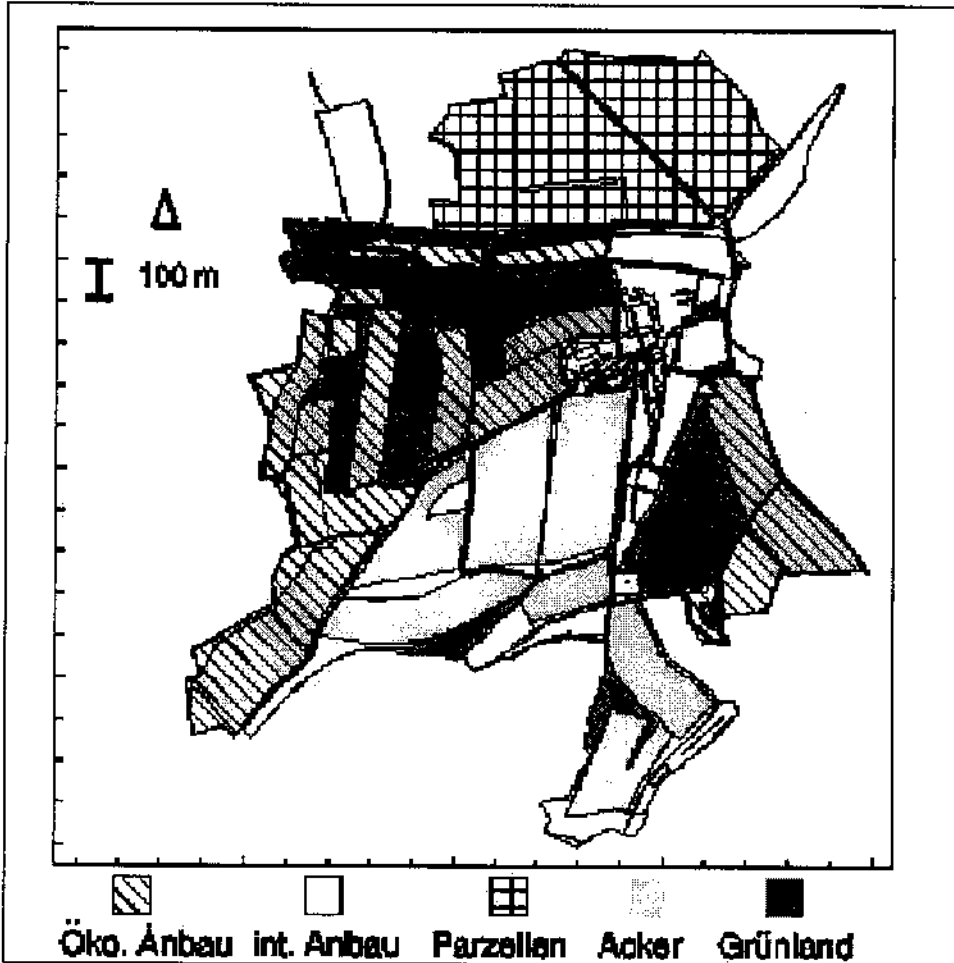


Abbildung 1: Versuchsstation Klostergut Scheyern

Für beide Betriebe wurden mit Hilfe des von der Universität Halle entwickelten Bilanzierungsprogrammes REPRO für die Ackerflächen N-, P- und K-Salden errechnet. Für die Nährstoffzufuhr werden Mineraldünger, organische Düngemittel (Gülle, Mist, Kompost), Saatgut, Immissionen und die symbiontische N-Fixierung berücksichtigt. Für die Nährstoffabfuhr werden die in den verkauften pflanzlichen Produkten enthaltenen Nährstoffe erfasst. Weiterhin wird die Änderung des N-Bodenvorrats durch Mobilisierung oder Immobilisierung berücksichtigt. Dies macht den Vergleich mit anderen Bilanzierungsansätzen

allerdings schwierig, da eine Änderung des Bodenvorrats oft nicht enthalten ist. Schwierigkeiten macht auch die symbiotische N-Fixierung; sie ist nur schwer messbar, so dass in die Input-Berechnung Standardwerte eingehen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass die Fixierungsleistung häufig höher liegt als bisher angenommen, so dass die N-Zufuhr über die Fixierung möglicherweise unterschätzt wird (Heuwinkel u. Gutser, 1997).

### 3. Ergebnisse

In Abb. 2 sind von 1993–2000 die jährlichen Stickstoffsalden für die Ackerflächen beider Betriebe, sowie der Mittelwert für diesen Zeitraum abgebildet. Der Toleranzbereich nach KUL, innerhalb dem der N-Saldo (Bruttosaldo) als nachhaltig und umweltverträglich beurteilt wird (z.B. Eckert et al., 1999, modifiziert), liegt je nach Tierhaltung unter Einbeziehung der  $\text{NH}_3$ -Verluste zwischen 40 und 90 kg N  $\text{ha}^{-1}$ . Frede und Dabbert (1999) begrenzen den tolerierbaren N-Überschuss (Hoftor-Bilanz) auf 50 kg N  $\text{ha}^{-1}$ .

Beide Betriebe unterscheiden sich deutlich. Im integrierten Betrieb gab es zwischen 1993 und 1997 einen starken Anstieg des jährlichen Saldos von 60 auf 110 kg N  $\text{ha}^{-1}$ ; später pendelt der Wert um 80 kg N  $\text{ha}^{-1}$ . Der Anstieg lässt sich auf steigende Güllegaben zurückführen (von ca. 30 kg N  $\text{ha}^{-1}$  als Gülle 1993 bis auf 80 kg N  $\text{ha}^{-1}$  1997 - versuchstechnisch bedingt wurden die anfänglich ausserordentlich geringen N-Gaben durch höhere Gülledüngung auf den Bezugslevel 1,5 GV  $\text{ha}^{-1}$  angepasst). Die positiven Salden im ökologischen Betrieb sind erheblich geringer und schwanken um ca. 30 kg N  $\text{ha}^{-1}$ .

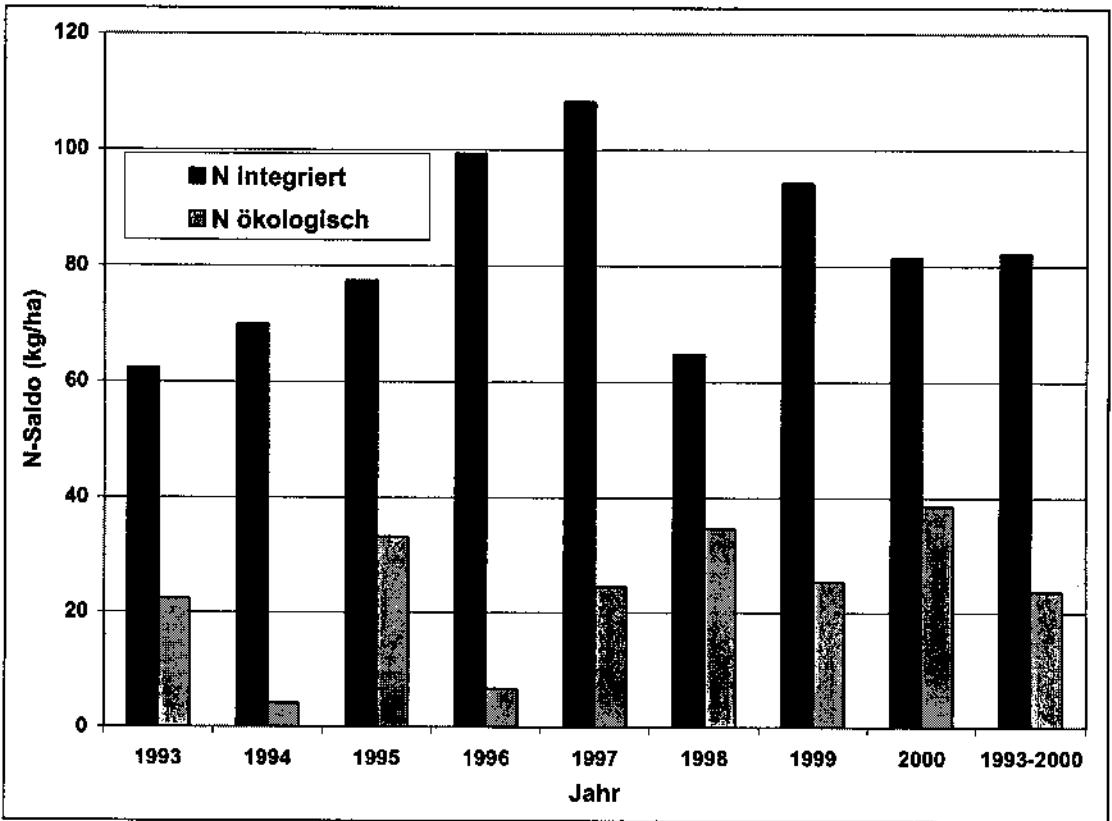


Abbildung 2: N-Salden im integrierten und ökologischen Betrieb

Die Bilanzsalden des ökologischen Betriebes liegen mit  $25 \text{ kg N ha}^{-1}$  immer deutlich unter dem Toleranzbereich KUL bzw. dem Richtwert von Frede und Dabbert. Im integrierten Betrieb ergibt sich für den Zeitraum 1993-2000 ein durchschnittlicher Saldo von  $82 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Dabei wird der Toleranzbereich KUL (modifiziert) zumindest voll beansprucht, berücksichtigt man die Tierdichte von  $1,5 \text{ GV ha}^{-1}$ . Der ökologische Betrieb weist entsprechend dieser Toleranzschwelle besonders umweltverträgliche N-Salden auf. Dem integrierten Betrieb wird nach KUL gerade noch Umweltverträglichkeit zugesprochen, wengleich aber der hohe N-Überschuss ein beachtliches N-Verlustpotenzial darstellt und den Richtwert von Frede und Dabbert überschreitet. Die in dieser Hinsicht positive ökologische Bewertung des ökologischen Betriebes wird allerdings durch Ertragseinbußen von 20-30 % erkauft.

Im Gegensatz zu Stickstoff unterscheiden sich die P-Salden des integrierten und ökologischen Betriebes kaum (Abb. 3). Sie sind beide in der Regel negativ, wobei der Bilanzsaldo im integrierten Betrieb stärker negativ ist.

Der 1993 stark positive P-Saldo im ökologischen Betrieb beruht auf der Ausbringung von Gülle und Stallmist mit sehr hohen P-Gehalten, die noch aus der Zeit vor der Betriebsübernahme stammten. Dieser Saldo beeinflusst auch die Gesamtbilanz; bei Ausschluss dieses Wertes würde der Saldo im Ökobetrieb mit

ca.  $-5 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  leicht negativ ausfallen.

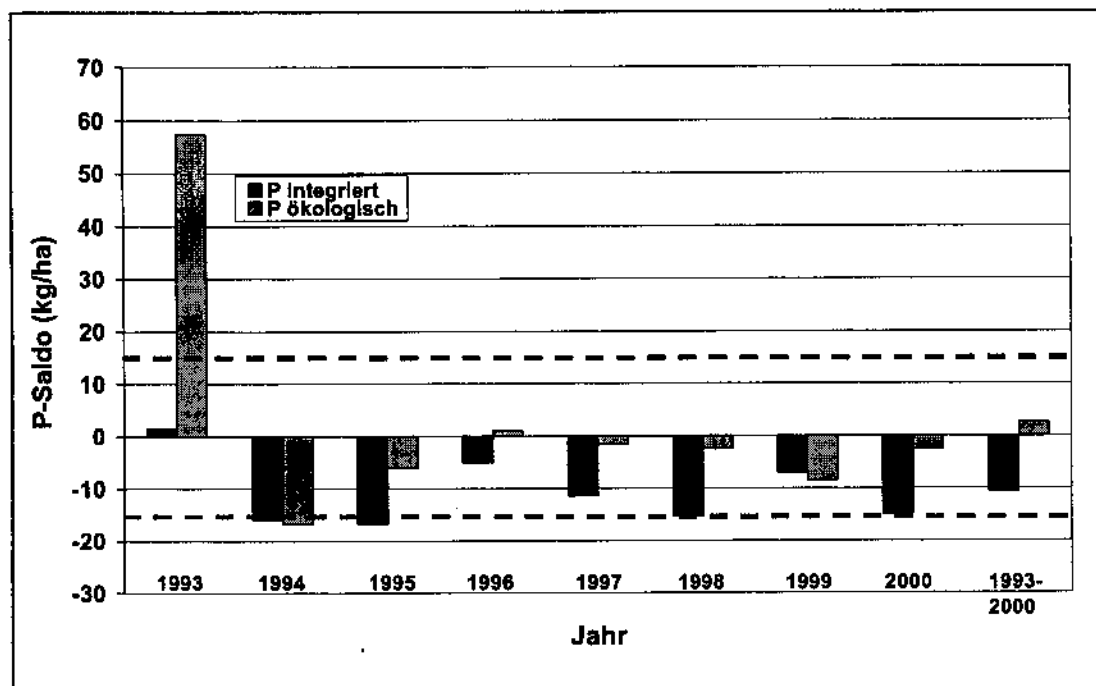


Abbildung 3: P-Salden im integrierten und ökologischen Betrieb sowie der Toleranzbereich ( $-15$  bis  $+15 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) nach KUL (gestrichelt)

Die obere Toleranzschwelle wird 1993 deutlich überschritten; damit ist der ökologische Betrieb für dieses Jahr per Definition nicht nachhaltig. Allerdings besteht bei P nur eine geringe Verlagerungsgefahr, so dass eine einmalige hohe Belastung nicht zu negativen Auswirkungen auf Nachbarökosysteme führt. Die negativen P-Salden wurden bewußt angestrebt, da die Böden zum Zeitpunkt der Übernahme der Versuchsstation sehr gut mit P versorgt waren und zur Verringerung des vorhandenen Eutrophierungspotenzials (Auerswald u. Weigand, 1999) abgereichert werden sollten.

In beiden Betrieben zeigen die K-Salden deutliche Schwankungen zwischen  $-70 \text{ kg}$  und  $+50 \text{ kg K ha}^{-1}$  (Abb. 4). Die Ursachen für diese Schwankungen sind in erster Linie unterschiedlich hohe Ausbringungsmengen an organischem Dünger und zusätzlich unterschiedlich hohe Anteile an Feldfrüchten mit hohem K-Entzug in der Fruchtfolge. Es wird auf eine mineralische Düngung verzichtet, da die Böden mit diesem Nährstoff sehr gut versorgt sind. Beide Betriebe liegen im Mittel innerhalb des Toleranzbereichs, auch wenn es in einzelnen Jahren zu Unter- bzw. Überschreitungen kommt.

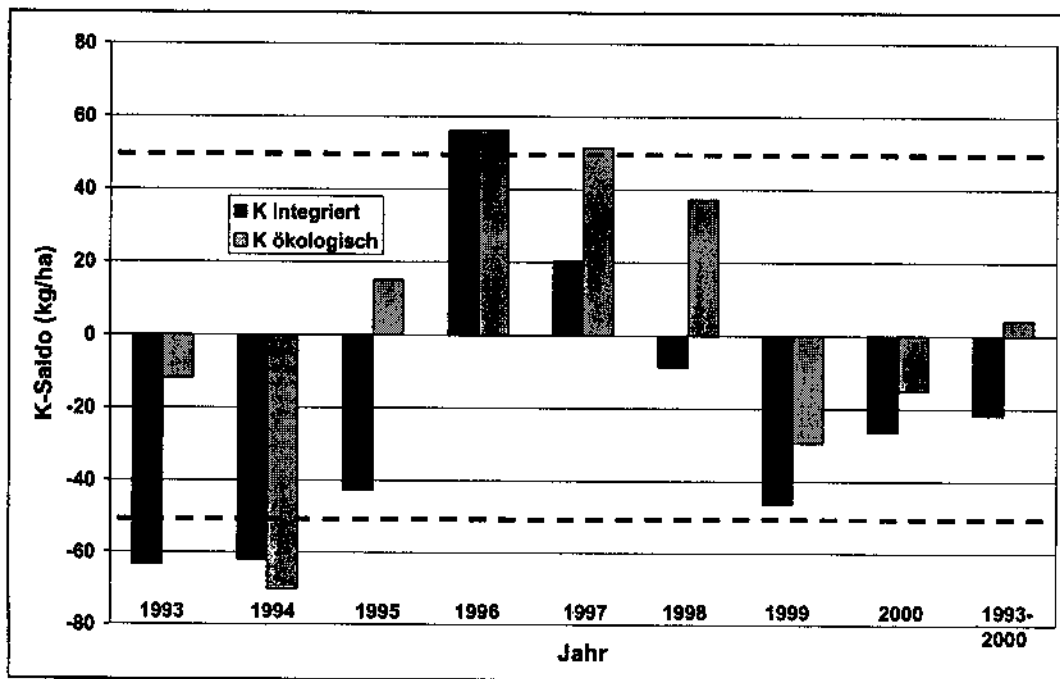


Abbildung 4: K-Salden im integrierten und ökologischen Betrieb sowie der Toleranzbereich ( $-50$  bis  $+50$  kg K  $\text{ha}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$ ) nach KUL (gestrichelt)

Die bisher vorgestellten Salden wurden auf Basis gemessener Nährstoffabfuhr und -zufuhr ermittelt. Da diese in Betrieben selten und auch nicht lückenlos zugänglich sind, wurde eine zweite Bilanzierung auf Basis von Standardwerten mittels REPRO durchgeführt (Abb. 5).

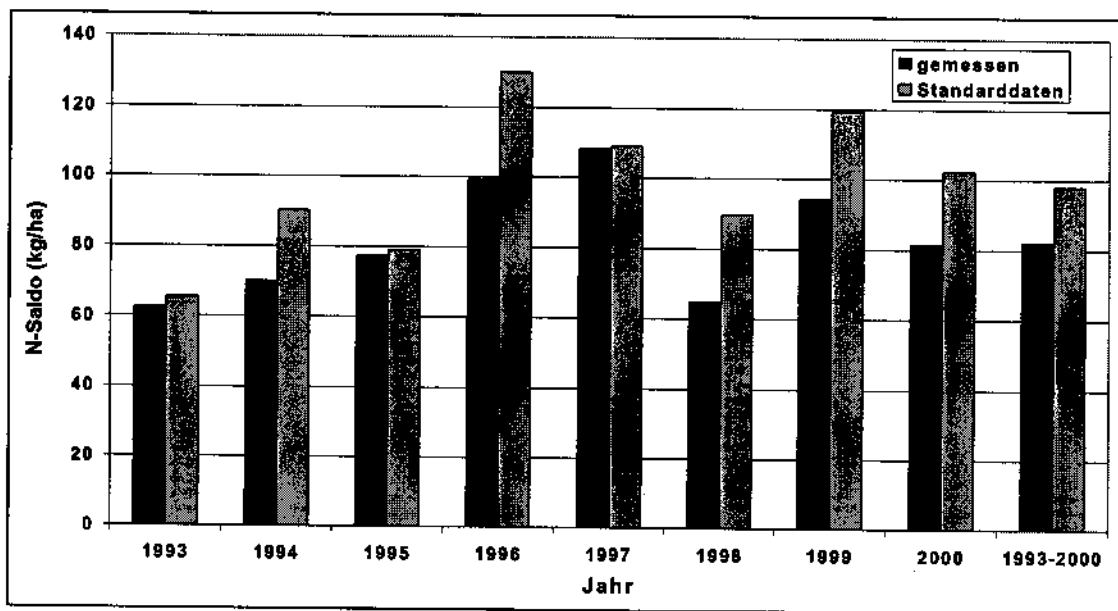


Abbildung 5: N-Salden im integrierten Betrieb aus gemessenen Daten bzw. aus REPRO-Stammdatenbank

In einigen Jahren stimmen die auf diese Weise ermittelten N-Salden nahezu überein, in anderen Jahren gibt es jedoch Abweichungen von bis zu  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Ebenfalls fällt auf, dass die Abweichungen gerichtet sind. Die Salden mit Standarddaten sind immer größer als die Salden mit gemessenen Werten. Als wesentliche Ursache für diese Abweichung werden die Unterschiede zwischen gemessenen und als Standardwerte angegebenen N-Gehalten der Gülle erkannt (Abb. 6).

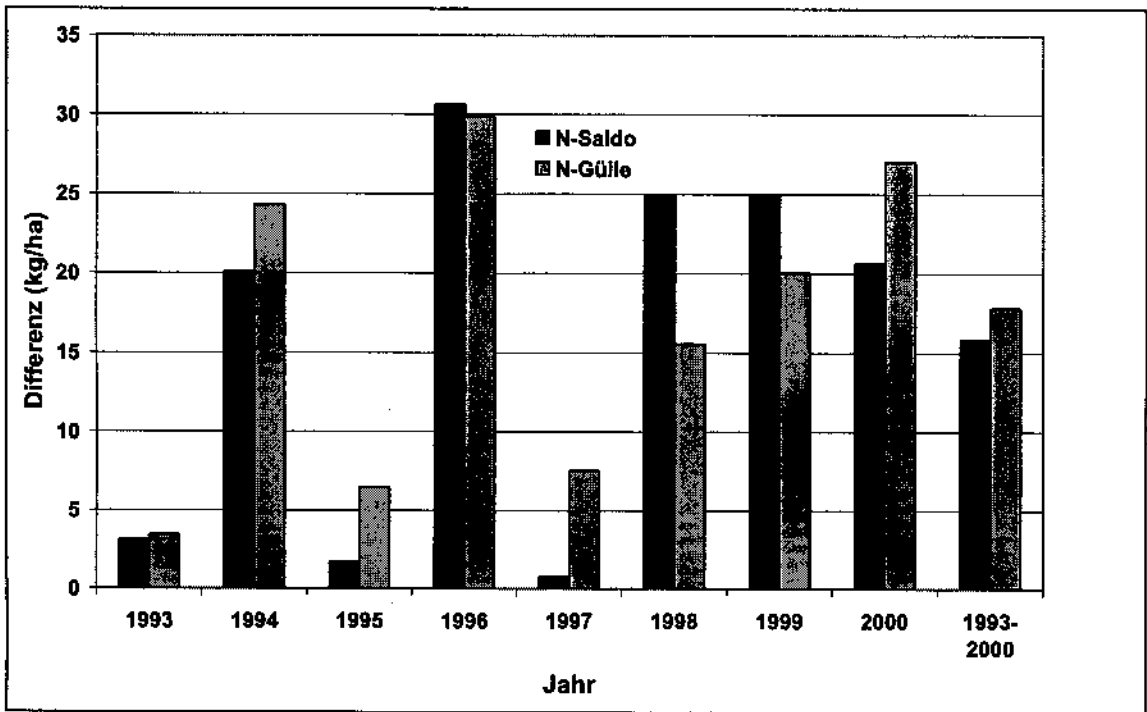


Abbildung 6: Differenz für N-Saldo und Gülle-N aus gemessenen Daten und aus der REPRO-Stammdatenbank

So lässt sich die Differenz von  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  im Saldo 1996 voll durch die Differenz in der N-Zufuhr durch Gülle erklären. Auch im Mittel der Jahre 1993–2000 erklären die Unterschiede in der N-Zufuhr über Gülle die Differenzen des Saldos. Das zeigt letztlich, dass der größte Fehlerfaktor für die Bilanzierung in der Festlegung der N-Zufuhr über Gülle liegt. Vorausgesetzt einer repräsentativen Probenahme (hoher Anspruch an eine repräsentative Beprobung!), könnten Nährstoffanalysen der ausgebrachten organischen Dünger wie Gülle oder Stallmist eine realistischere Erfassung der N-Salden ermöglichen.

Auch im ökologischen Betrieb erhält man ein ähnliches Ergebnis, und dieses nicht nur für N-, sondern auch für P- und K-Salden.

In einer weiteren Arbeit (Matthes, 2001, dieser Band) wird versucht, die Auswirkung dieser langjährigen positiven N-Überschusssalden ( $82 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) des integrierten Betriebes auf die Höhe der N-Verluste in die Atmosphäre und Hydrosphäre zu ermitteln. Insbesondere die quantitative Abschätzung einzelner Verlustpfade ist hierbei von Interesse, ebenso wie eine ökologische Bewertung der in diesem Betrieb praktizierten Düngungsstrategie.

#### 4. Zusammenfassung

Die N-Salden beider Betriebe unterscheiden sich deutlich. Im integrierten Betrieb betragen sie mit  $82 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  mehr als das dreifache des ökologischen



Betriebes. Der N-Saldo im integrierten Betrieb beansprucht die Obergrenze des Toleranzbereiches von KUL (modifiziert), der je nach Tierhaltung zwischen 40 und 90 kg N ha<sup>-1</sup> (incl. NH<sub>3</sub>-Verluste) liegt, so dass zumindest nach diesem Bewertungsmaßstab noch von einer nachhaltigen Bewirtschaftung auszugehen ist. Die P- und K-Salden beider Betriebe sind nahezu ausgeglichen oder leicht negativ; sie liegen innerhalb der Toleranzbereiche und können mithin als nachhaltig gelten.

Der Vergleich der Saldierung aus gemessenen Werten mit Standardwerten zeigt teilweise erhebliche Unterschiede, die auf eine unterschiedliche Bewertung der Nährstoffzufuhr über Wirtschaftsdünger zurückgehen.

## 5. Literatur

Auerswald, K. u. S. Weigand (1999): Eintrag und Freisetzung von P durch Erosionsmaterial in Oberflächengewässern. VDLUFA-Schriftenreihe 50: 37-54.

Eckert, H., Breitschuh, G., Sauerbeck, D. (1999): Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) - ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. *Agribiological Research* 52: 57-76.

Frede, H.-G. und Dabbert, S. (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed. Landsberg/Lech, 451 S.

Hülsbergen, K.-J. u. Diepenbrock, W. (1997): Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. In: *Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Osnabrück 1997*: 159-183.

Matthes, U. et al. (2001): Stickstoffverluste durch ressourcenschonende Bewirtschaftung – dargestellt am Beispiel des Versuchsgutes Scheyern. VDLUFA-Schriftenreihe 57 - dieser Band.

## Dank

Für die finanzielle Förderung der Forschung (BMBF-Förderkennzeichen 0339370) sei dem Bundesministerium für Bildung und Forschung gedankt.