

# Hoftorbilanzen als Instrument zur Beurteilung einer grundwasserschonenden Landwirtschaft

Für viele Wasserversorgungsunternehmen stellt die Beeinträchtigung der Rohwasserbeschaffenheit durch die Nitratbelastung aus der Landwirtschaft noch immer eines der wichtigsten Themen des vorbeugenden Gewässerschutzes dar. Die Stickstoffbilanzierung auf der Grundlage von Hoftorbilanzen ermöglicht den Einsatz eines einfachen Bewertungssystems zur Beurteilung einer grundwasserschonenden Landwirtschaft.

**T**rotz großer Anstrengungen ist es in vielen Gebieten noch immer nicht gelungen, die Nitratbelastung der Grundwasservorkommen merklich zu verbessern. Auf Grund der hydrogeologischen Randbedingungen ist eine schnelle und direkte Erfolgskontrolle von Maßnahmen der Landwirtschaft im Grundwasser häufig nicht möglich. Eine emissionsorientierte Beurteilung der Landwirtschaft wird bisher häufig über den  $N_{min}$ -Wert im Boden vorgenommen. Die Höhe der  $N_{min}$ -Werte ist jedoch von vielen Faktoren abhängig (z. B. Klima, Bewirtschaftung, Boden), sodass eine einmalige  $N_{min}$ -Kontrolle, z. B. vor Beginn der Auswaschungsperiode, in der Regel nur eine momentane Zustandsbewertung und das Erkennen von Risikoflä-

chen erlaubt. Aussagen über die Ursachen hoher  $N_{min}$ -Werte oder gar zur gesamtbetrieblichen Stickstoffemission sind nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Hier setzt das Forschungsvorhaben an: Die Ziele des DVGW-F&E-Projekts „Vergleichende Untersuchung von Hoftorbilanzen und  $N_{min}$ -Werten zur Verbesserung der Nitrat-Emissionskontrolle in Wasserschutzgebieten“ waren:

- Entwickeln eines überschaubaren, auf einzelbetrieblich leicht erfassbaren Daten basierenden Bewertungssystems zum Nachweis einer gewässerverträglichen Landwirtschaft,
- Abgleich der  $N_{min}$ -Methode mit der Hoftorbilanzierung,

- Festlegung von grundwasserverträglichen Nährstoffbilanzen in Abhängigkeit von Betriebstyp, Viehbesatz und Bodenverhältnissen,
- Erarbeiten einer betriebs- und standortbezogenen Lösung für die N-Emissionskontrolle landwirtschaftlicher Betriebe in Wasserschutzgebieten.

In zwei Projektgebieten auf der Schwäbischen Alb (Zweckverband Landeswasserversorgung) und im südlichen Oberrhein (badenova AG) wurden über drei Jahre hinweg bei 26 landwirtschaftlichen Betrieben unterschiedlicher Produktionsverfahren Daten als Grundlage zur Bewertung der verschiedenen Methoden der Emissionskontrolle erhoben.

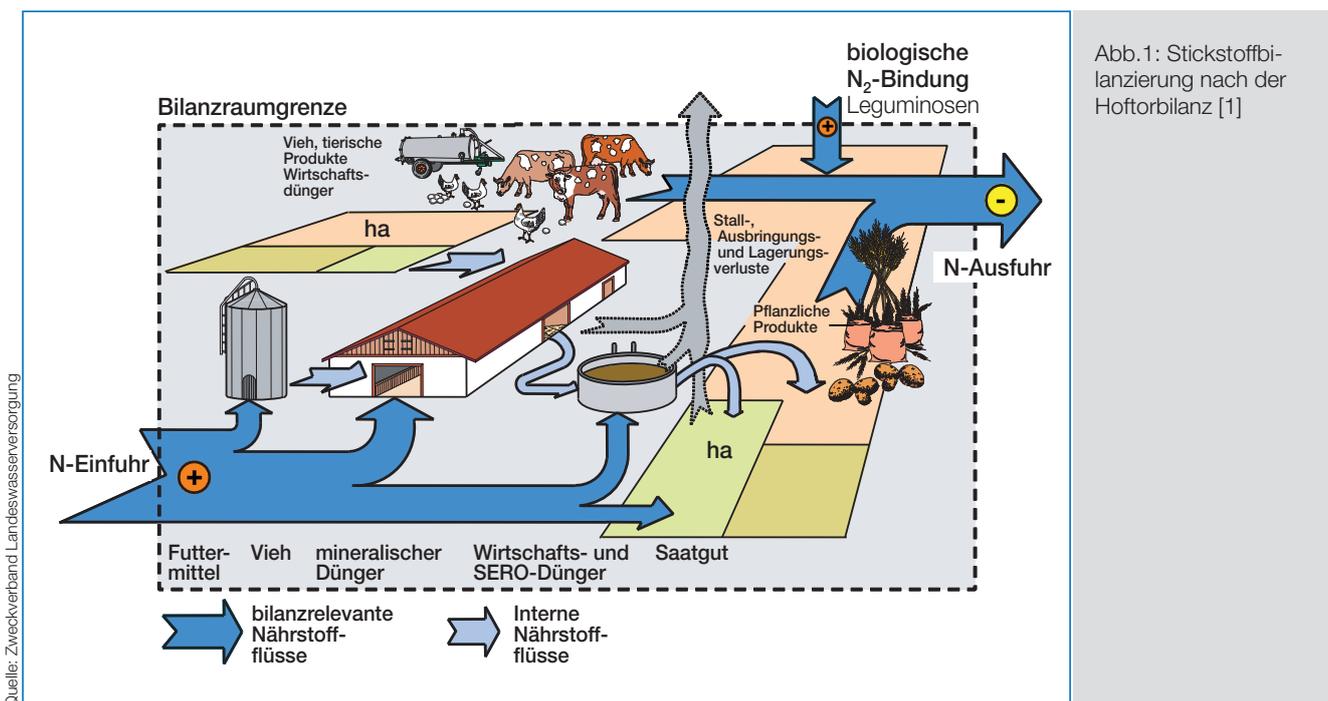


Abb. 1: Stickstoffbilanzierung nach der Hoftorbilanz [1]

Quelle: Zweckverband Landeswasserversorgung

Auf den Betriebsflächen von sechs so genannten „Intensivbetrieben“ wurden darüber hinaus umfangreiche  $N_{\min}$ -Untersuchungen und detaillierte Ertragserhebungen durchgeführt. Mit Hilfe dieser Messergebnisse und den von den Landwirten bereitgestellten Schlagkarteien konnte eine N-Bilanzierung der Einzelflächen vorgenommen werden.

### Stickstoffbilanzierung

In der Hoftorbilanz werden die Nährstoffzufuhr aus Zukauf von Düngern, Futtermitteln und Vieh sowie die Nährstoffabfuhr, die mit den landwirtschaftlichen Erzeugnissen den Hof verlässt, betrachtet (Abb. 1). Innerbetriebliche Nährstoffflüsse werden nicht erfasst. Der jährliche Nährstoffsaldo wird auf die bewirtschaftete landwirtschaftliche Fläche, abzüglich der Stilllegungsflächen, umgerechnet. Die jährlichen N-Salden der Hoftorbilanz lagen bei den 26 Projektbetrieben zwischen -76 und 136 kg N/ha. Bei den aussagekräftigeren Mittelwerten über drei Jahre lag die Bandbreite zwischen -57 und 107 kg N/ha.

Durch die Novellierung der Düngeverordnung im Jahr 2006 wurde innerhalb der Projektlaufzeit die „Feld-Stall-Bilanz“ bzw. Flächenbilanz als Nährstoffbilanzierungsmethode festgelegt. Diese Methode betrachtet die jährliche Nährstoffzufuhr über Mineral- und Wirtschaftsdünger und die Nährstoffabfuhr über Ernteprodukte von der gesamten Düngefläche des Betriebs unter Berücksichtigung der Aufnahme oder Abgabe organischer Dünger. Die Nährstoffmengen aus dem angefallenen Wirtschaftsdünger werden mit Hilfe von Faustzahlen berechnet. Diese Änderung der Gesetzeslage führte dazu, dass derzeit die Hoftorbilanz politisch weitgehend ins Abseits gestellt wurde. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der Nährstoffvergleich mittels Hoftorbilanz jedoch die wesentlich bessere und aussagekräftigere Methode zur Bewertung und Optimierung eines landwirtschaftlichen Betriebes, da die Daten für die Hoftorbilanz überwiegend aus der Buchführung des Betriebes übernommen werden können. Sie stellt zumindest für viehhaltende Betriebe die eindeutig genauere Bilanzierungsmethode dar.

Um dies zu belegen, wurden für die einzelnen Bilanzglieder der Hoftor- und Feld-Stall-Bilanz die Unsicherheiten bei der Ermittlung der einzelnen Bilanzgröße durch eine prozentuale Abweichung, bezogen auf die einzelne Bilanzgröße, festgelegt.

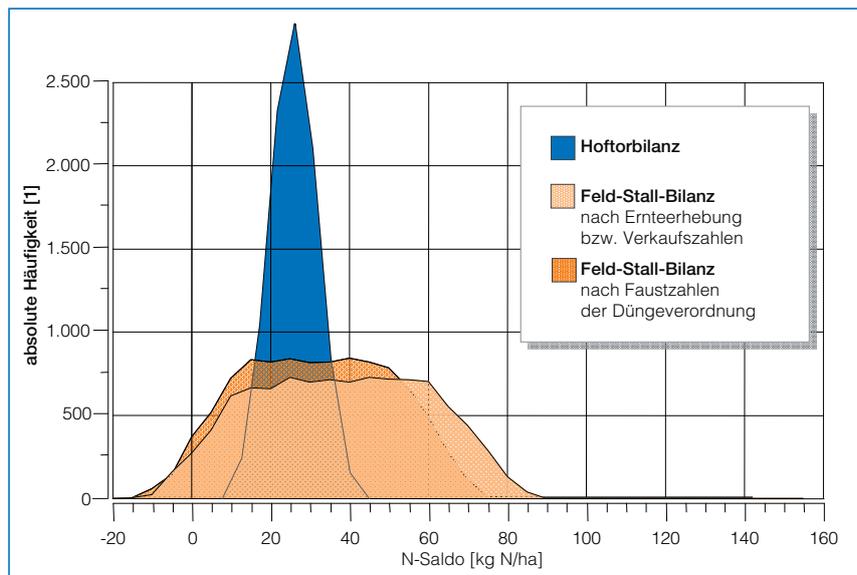


Abb. 2: Vergleich der Häufigkeitsverteilung verschiedener Nährstoffbilanzierungsmethoden für einen Futterbaubetrieb im Jahr 2006

Quelle: Zweckverband Landeswasserversorgung

Um für die Abweichungen realistische Schwankungsbereiche zu erhalten, wurde der „Monte-Carlo-Ansatz“ gewählt. Hierzu wurde die Fehlergröße der einzelnen Bilanzglieder mit einer normalverteilten Zufallszahl zwischen -1 und 1 multipliziert und diese Berechnung für unterschiedliche Bilanzen jeweils 10.000 Mal durchgeführt. Hieraus ergibt sich eine Häufigkeitsverteilung zum ermittelten Ausgangswert gemäß Düngeverordnung (Tab. 1).

Die Berechnungen belegen, dass die Aussagekraft der Nährstoffbilanzen über die Feld-Stall-Bilanz selbst bei gewissenhafter Erstellung für viehhaltende Betriebe sehr begrenzt ist. Belastbare Aussagen über das Nährstoffmanagement eines landwirtschaftlichen Betriebes und dessen Optimierungspotenzial sind nur über eine Hoftorbilanz zu erhalten.

Die Schlagbilanz betrachtet auf der Importseite die Nährstoffzufuhr über Handelsdünger, Wirtschaftsdünger, Leguminosen und Deposition auf eine einzelne Betriebsfläche. Auf der Exportseite wird die Nährstoffabfuhr der Anbaukulturen und Marktfrüchte berücksichtigt. Sie weist den größten Detaillierungsgrad auf und ermöglicht einzeiflächenspezifische Aussagen, z. B. zur Düngeplanung. Allerdings gelten auch hier die bei der Feld-Stall-Bilanz genannten Unsicherheiten (Abb. 2).

Um einen Zusammenhang zwischen Schlagbilanzen und  $N_{\min}$ -Werten zu untersuchen, wurden auf repräsentativ ausgewählten Flächen der „Intensivbetriebe“ um-

fangreiche  $N_{\min}$ -Untersuchungen und detaillierte Ernteerhebungen durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen und den berechneten täglichen Sickerwassermengen wurde die Nitratauswaschung über die einzelnen Herbst-Winter-Zeiträume für insgesamt 95 Flächenkollektive beim Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe mit Hilfe des numerischen Mischzellenmodells INVAM simuliert [2]. Aus den Angaben der Schlagkarteien, den Ergebnissen der Ertragserhebungen und den ermittelten INVAM-Ergebnissen wurde eine Flächenbilanz für die einzelnen Kollektive erstellt. Als Ausgangswert der Flächenbilanz wur-

## DALMINEX

### EINBAUGARNITUREN

**Produzent von Einbaugarnituren**

- ◆ starr oder verstellbar
- ◆ als Teleskop-System
- ◆ für Kugelhähne, Absperrklappen, Schieber- und Hausanschlussarmaturen

**Auszug aus unserem Zubehörprogramm**

- ◆ Handräder
- ◆ Bedienungsanschlüsse nach DIN
- ◆ Hydrantenschlüssel und Schachthaken
- ◆ Mechanische Räderzeigerwerke
- ◆ Markierungsscheiben für Teleskop-EBG
- ◆ Dreikantschoner und Muffen
- ◆ Dreikant-Bedienungsschlüssel
- ◆ Bedienungsschlüssel-Adapter

WASSERDICHT EINBAUGARNITUR

**Dalminex GmbH**  
 Helleforthstraße 87 • D-33758 Schloß Holte-Stukenbrock  
 Telefon +49. (0)52 07. 91 37 - 12 • info@dalminex.de • www.dalminex.de

Tabelle 1: Hoftorbilanz und Feld-Stall-Bilanz nach den Faustzahlen der Düngeverordnung sowie den Daten der Ernteerhebung und Verkaufszahlen eines Projektbetriebes				
Bilanzglieder	Mittelwerte Betrieb L1 Veredlung	angesetzte Abweichung in %	Ansatz max. N-Saldo in kg N/ha	Ansatz für min. N-Saldo in kg N/ha
<b>Einfuhr:</b>				
Mineraldünger	94	3	97	91
Aufnahme org. Dünger	0	20	0	0
Futtermittel und Saatgut	137	10	151	123
Einkauf Vieh	10	7	11	9
Biologische N-Bindung	1	50	2	1
<b>Ausfuhr:</b>				
Tiere und tierische Produkte einschl. Tierverluste	129	7	120	138
Pflanzliche Produkte	21	10	19	23
Ausfuhr org. Dünger	0	20	0	0
N-Verluste aus Wirtschaftsdünger (40 %)	77	20	62	92
<b>N-Saldo:</b>	<b>15</b>		<b>59</b>	<b>-29</b>
<b>Bilanzglieder der Feld-Stall-Bilanz nach Faustzahlen Düngeverordnung</b>				
Bilanzglieder	Mittelwerte Betrieb L1 Veredlung	angesetzte Abweichung in %	Ansatz max. N-Saldo in kg N/ha	Ansatz für min. N-Saldo in kg N/ha
<b>Zufuhr:</b>				
Mineraldünger	94	3	97	91
Wirtschaftsdünger	192	15	221	163
Aufnahme org. Dünger	0	20	0	0
Biologische N-Bindung	1	50	2	1
<b>Abfuhr:</b>				
Pflanzliche Produkte	143	20	114	172
Ausfuhr org. Dünger	0	20	0	0
N-Verluste aus Wirtschaftsdünger (40 %)	77	20	62	92
<b>N-Saldo:</b>	<b>67</b>		<b>143</b>	<b>-9</b>
<b>Bilanzglieder der Feld-Stall-Bilanz nach Ernteerhebung bzw. Verkaufszahlen</b>				
Bilanzglieder	Mittelwerte Betrieb L1 Veredlung	angesetzte Abweichung in %	Ansatz max. N-Saldo in kg N/ha	Ansatz für min. N-Saldo in kg N/ha
<b>Zufuhr:</b>				
Mineraldünger	94	3	97	91
Wirtschaftsdünger	192	15	221	163
Aufnahme org. Dünger	0	20	0	0
Biologische N-Bindung	1	50	2	1
<b>Abfuhr:</b>				
Pflanzliche Produkte	167	20	134	200
Ausfuhr org. Dünger	0	20	0	0
N-Verluste aus Wirtschaftsdünger (40 %)	77	20	62	92
<b>N-Saldo:</b>	<b>43</b>		<b>124</b>	<b>-38</b>

de der  $N_{min}$ -Startwert der INVAM-Berechnung gewählt. Aus den einzelnen Bilanzgliedern wurde ein „theoretischer  $N_{min}$ -Wert“ nach der nächsten Ernte als Bilanzergebnis ermittelt und dem gemessenen  $N_{min}$ -Wert nach der Ernte gegenübergestellt. Es wurde festgestellt, dass die gemessenen  $N_{min}$ -Werte auf Grund der Ungenauigkeiten der verschiedenen Bilanzglieder und der nicht erfassbaren Einflussfaktoren und deren Streubreite während der Vegetationsperiode (Abb. 3) nach der Ernte in beiden Projektgebieten im Allgemeinen nicht über eine Flächenbilanzierung berechnet werden können.

**Vergleich von N-Salden und  $N_{min}$ -Werten**

Basierend auf den berechneten N-Salden der Hoftorbilanzen und den ermittelten flächengewichteten  $N_{min}$ -Werten der Betriebsflächen der sechs „Intensivbetriebe“ wurde überprüft, ob ein direkter Zusammenhang zwischen  $N_{min}$ -Werten und N-Salden hergestellt werden kann (Abb. 4). Hierbei zeigte sich, dass unabhängig vom Bilanzierungszeitraum oder den gewählten  $N_{min}$ -Probenahmezeitpunkten zwischen den N-Salden der Hoftorbilanz und den zugeordneten  $N_{min}$ -Mittelwerten der jeweiligen Betriebsflächen kein Zusammenhang herzustellen ist.

Eine der Ursachen liegt darin, dass zwei Bilanzierungssysteme mit verschiedenen Bilanzierungsräumen verglichen werden, die wiederum von unterschiedlichen Randbedingungen abhängen bzw. stark beeinflusst werden. Die Einflüsse der teilweise nur sehr schwer zu quantifizierenden Bilanzgrößen führen insbesondere bei den  $N_{min}$ -Werten zu einer großen Variabilität der Ergebnisse. Darüber hinaus muss festgestellt werden, dass bei der Korrelation zwischen N-Salden und  $N_{min}$ -Werten zwei Größen miteinander verglichen werden, die eine unterschiedliche Häufigkeitsverteilung aufweisen. Während die Häufigkeitsverteilung der  $N_{min}$ -Werte linksschief ist und mit einer Weibull-Verteilung beschrieben werden kann, unterliegen die N-Salden der Hoftorbilanzen einer Normalverteilung.

**Zusammenhang zwischen N-Saldo und verschiedenen Kennzahlen**

Die Nährstoffbilanzierung über das Verfahren der Hoftorbilanz liefert mit dem N-Saldo eine integrale Kenngröße des Nährstoffmanagements eines Betriebes. Um die N-Salden der einzelnen Betriebe besser interpretieren zu können, wurden die Mittelwerte über den Projektzeitraum von drei Jahren mit einzelnen Bilanzgliedern bzw.

Quelle: Zweckverband Landeswasserversorgung



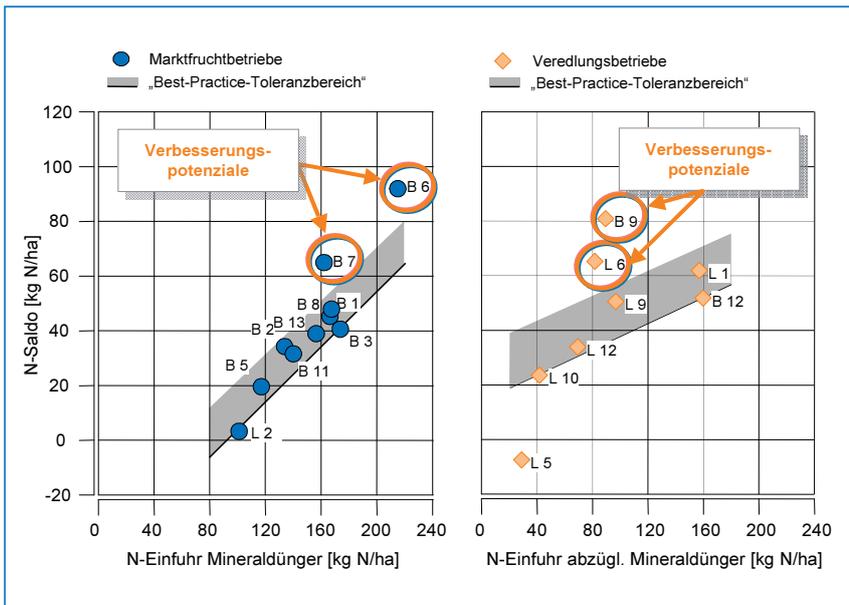


Abb. 5: Korrelation der N-Salden der Projektbetriebe mit den Kennwerten „N-Einfuhr Mineraldünger“ für Marktfuchtbetriebe und „N-Einfuhr abzüglich Mineraldünger“ für Veredlungsbetriebe und die jeweils festgelegten Toleranzbereiche

Quelle: Zweckverband Landeswasserversorgung

nung ist für viehhaltende Betriebe ungenau und die Aussagekraft sehr begrenzt.

- Die Hoftorbilanz liefert belastbare Aussagen zum Nährstoffmanagement eines landwirtschaftlichen Betriebes.
- Aus Sicht des Gewässer- und Grundwasserschutzes ist es daher unverständlich, dass durch die Novellierung der Düngeverordnung im Jahr 2006 die Nährstoffbilanzierung ausschließlich über den Ansatz der „Feld-Stall-Bilanz“ gesetzlich festgelegt wurde.
- Die Kenngrößen der Hoftorbilanz ermöglichen die Bewertung von Betrieben anhand eines gebietstypischen „Best-Practice-Niveaus“.
- Das Ziel der landwirtschaftlichen Fachberatung muss es zunächst sein, die „Spitzen zu brechen“ und die auffälligen Betriebe an das vorgefundene „Best-Practice-Niveau“ heranzuführen.
- In einem zweiten Schritt sollte dann die Optimierung, also die Reduzierung des vorgefundenen „Best-Practice-Niveaus“ angegangen werden.

Tabelle 2: Aussagekraft der Kenngrößen und Bilanzglieder der Hoftorbilanz für die einzelnen Betriebe

Kenngröße	Betriebstyp				betroffene Bilanzglieder oder Kennzahlen der Hoftorbilanz
	Marktfucht	Futterbau	Veredlung	Gemischt	
N-Einfuhr	+	○	○	zu geringe Datengrundlage	Mineraldünger, Futtermittel, Vieh, org. Dünger, Leguminosen
N-Einfuhr Mineraldünger	++	-	-		Mineraldünger
N-Einfuhr abzgl. Mineraldünger	-	-	+		Futtermittel, Vieh, org. Dünger, Leguminosen
Viehbesatz	-	+	++		GV/ha
N-Effizienz	++	○	+		N-Einfuhr und N-Ausfuhr über tierische und pflanzliche Produkte

Quelle: Zweckverband Landeswasserversorgung

Der Zweckverband Landeswasserversorgung und die badenova AG bedanken sich beim DVGW für die finanzielle Förderung des Forschungsprojekts und bei allen Projektbeteiligten für ihr Engagement und ihre Unterstützung.

Literatur:

- [1] Haakh (2008). Skript zur Vorlesung „Grundwassererschließung und Grundwasserschutz“ an der Universität Stuttgart, Eigenverlag 2008
- [2] Sturm, S., Kiefer, J. & Rödelsperger, M. (2004): Validierung und Weiterentwicklung eines standortunabhängigen Bodenkontrollverfahrens zur Ermittlung der Nitratauswaschung mit einfachen Nitratauswaschungsmodellrechnungen. Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser 26

Autoren:

Dipl.-Ing. Rainer Scheck  
 Zweckverband Landeswasserversorgung  
 Schützenstr. 4  
 70182 Stuttgart  
 Tel.: 0711 2175-1311  
 Fax: 0711 2175-1202  
 E-Mail: scheck.r@lw-online.de  
 Internet: www.lw-online.de

Dr.-Ing. Frieder Haakh  
 Zweckverband Landeswasserversorgung  
 Schützenstr. 4  
 70182 Stuttgart  
 Tel.: 0711 2175-1210  
 Fax: 0711 2175-1202  
 E-Mail: haakh.f@lw-online.de  
 Internet: www.lw-online.de

Für die einzelbetriebliche Beratung sind die einzelnen Kenngrößen der Hoftorbilanz den Vergleichswerten der „Best-Practice-Betriebe“ bzw. entsprechenden Betrieben im Toleranzbereich gegenüberzustellen. Hierdurch lassen sich die maßgebenden Faktoren für die „Auffälligkeiten“ ermitteln. Im Rahmen einer fachlichen Beratung muss dann nach Erklärungen bzw. Begründungen für diese Abweichungen gesucht werden. Das Ziel der Beratung muss es sein, die Betriebe zunächst an das gebietstypische „Best-Practice-Niveau“ heranzuführen (Abb. 5).

Fazit und Ausblick

Die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsprojekts lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Einmalige, stichtagsbezogene  $N_{min}$ -Werte besitzen als Kontrollinstrument einer grundwasserschonenden Landbewirtschaftung nur eine geringe Aussagekraft.
- Zwischen den N-Salden der Hoftorbilanz und den  $N_{min}$ -Werten ist keine Korrelation möglich.
- Die Bilanzierung nach der Feld-Stall-Bilanz entsprechend der Düngeverordnung