

Nährstoffbilanzierung im Grünland

Methoden und deren praktische Umsetzung in Österreich

Mag. Thomas Guggenberger

Die geographische Lage Österreichs an der tektonischen Verwerfungszone der afrikanischen mit der eurasischen Platte, schlägt sich in der intensiven Faltung der geologischen Schichten nieder. Deren primäres Produkt die Alpen, dominieren $\frac{3}{4}$ des Bundesgebietes. Bedingt durch die erhöhten Lagen, der reduzierten Möglichkeit der Bodenbildung, sowie durch mikro- und makroklimatische Einflüsse, wird diese Region vor allem durch Grünland- und Forstwirtschaft dominiert. Nördlich der Alpen liegt die böhmische Masse, ein abgetragenes Mittelgebirge, das eine ähnliche Nutzung aufweist.

Insgesamt finden sich in Österreich derzeit 60.000 reine Grünlandbetriebe, die mehr als 40 % der landwirtschaftlichen Fläche bewirtschaften (Grüner Bericht 2006). Zusätzlich ergibt sich noch eine hohe Anzahl von Mischbetrieben mit Grünlandbewirtschaftung und Ackerbau. Insgesamt halten diese Betriebe im Jahr 2006 rund 804.000 Milchkühe und deren Nachzucht (insgesamt rund 2 Millionen Rinder). Die Kombination aus Rinderhaltung und Grünlandwirtschaft ist dabei typisch für die gesamte Landwirtschaft im erweiterten Umfeld der Alpen (Abbildung 1).

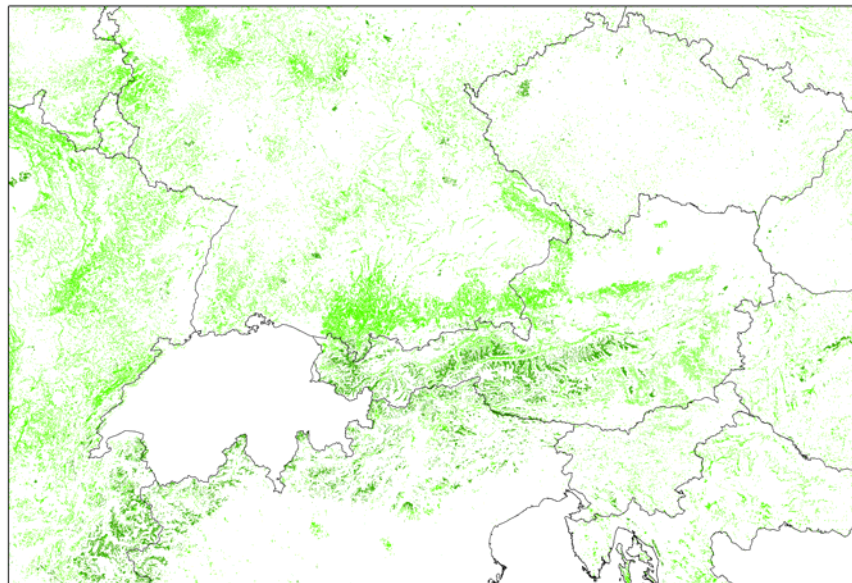


Abbildung 1: Grünland im Alpenraum (Datenquelle: "CLL, ©EEA, Copenhagen, 2005)

Aus der Interaktion der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung mit der Bevölkerung in den Regionen lässt sich eine Reihe von gesellschaftlichen Bedürfnissen ableiten. Das wichtigste seitens der Gesellschaft ist die Produktion von Milch und Fleisch, als Nahrungsgrundlage. Damit wird auch das Einkommen der Landwirtschaft erzielt. Andere Aspekte sind die Erholungswirkung der Grünlandregionen, die Biodiversität von Fauna und Flora, das Potential an erneuerbaren Energien, aber auch der Schutz des Wassers und des Bodens, sowie dessen Reinheit und Gesundheit.

Autor: Mag. Thomas Guggenberger, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein,
Institut für artgerechte Tierhaltung und Tiergesundheit, Abteilung für Innenwirtschaft und Ökolometrie,
A – 8952 Irnding, Österreich.

Tel.: ++433682-22451-376 Emai: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Kreislaufwirtschaft als Produktionsphilosophie

Grund und Boden sind die wichtigsten Produktionsmittel des Landwirts. Der Grund im Sinne des Besitzes regelt den Umfang der Produktion, der Boden stellt die Grundlage für das Pflanzenwachstum dar. Die richtige Bewirtschaftung der Grundstücke führt zu guten Bodenstrukturen und ausreichenden Nährstoffverfügbarkeiten für hohe pflanzenbauliche Erträge. Aus dem Wunsch, diese auch langfristig zu erzielen, wird das Gedankengut der Nachhaltigkeit geboren und in der landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft ausgedrückt. Dieses Konzept fordert eine standortangepasste Produktion, in der keine Nährstoffe verloren gehen (Hess, 1997). Diese Aussage deckt sich mit dem Wunsch der Gesellschaft sowohl eine Verschmutzung des Grundwassers, als auch der Luft zu verhindern.

Nun ist die Kreislaufwirtschaft nicht eine Erkenntnis unserer Zeit, sondern die Basisform der landwirtschaftlichen Produktion überhaupt. Erst durch die Produktion von synthetischen Düngern und die (scheinbar) kostengünstige Mobilität von Futtermitteln, konnte die Kreislaufwirtschaft in Richtung der Ertragssteigerung durchbrochen werden. Die Landwirte folgten nach und nach den Gesetzmäßigkeiten der Marktwirtschaft, die bei höheren Stückmengen eine Reduktion der Fixkosten und damit einen gestiegenen finanziellen Ertrag versprachen (Mankiw, 2001). Dies ist auch das Hauptargument der intensiven Landwirtschaft.

Die dabei entstehende Umweltverschmutzung wird von der Volkswirtschaftslehre als „externer Effekt“ bezeichnet, zu deren Behebung die Einführung einer Steuer empfohlen wird (Pigou-Steuer). Das derartige Steuern aber nie eingeführt wurden, liegt an der weltweiten politischen Macht von Großbetrieben und Konzernen. Eine völlig neue Generation von Landwirten durchbricht inzwischen aber den wirtschaftlichen Zwang nach Ertragsmaximierung. Sie wird dabei von der Politik in Form von Ausgleichszahlungen und höheren Produktpreisen unterstützt. Diese Betriebe handeln in Österreich auf der Grundlage der biologischen Landwirtschaft oder nehmen am Umweltprogramm ÖPUL des Landwirtschaftsministeriums teil. Insgesamt 20.000 Betriebe haben in Österreich inzwischen auf biologische Produktion umgestellt und nahezu alle Grünlandbetriebe nehmen in unterschiedlichem Ausmaß am Umweltprogramm teil (Grüner Bericht 2006).

Rechtslage der EU zum Problemfeld Nitrat

Ein in der Tierhaltung besonders wichtiger Nährstoff ist der Stickstoff (N), der zur Bildung von Eiweiß und Aminosäuren benötigt wird. Diese überlebensnotwendigen Stoffe werden vom Tier aber nur zu rund 20-30 % verwertet, der Rest findet sich in den Ausscheidungen wieder und wird in der Kreislaufwirtschaft als Dünger verwendet. Werden pro Flächeneinheit zu hohe N-Mengen eingesetzt, kann dies zu einer Auswaschung des N in das Grundwasser führen. In der chemischen Form des Nitrats kontaminiert der N somit die allgemeinen Grundwasserreserven.

Im Grünland liegen die Gründe für zu hohe N-Konzentrationen/Flächeneinheit in einer nicht an den Standort angepassten Intensivierung der Rinderhaltung. Weitere Fehler werden in der Düngerlagerung bzw. -ausbringung gemacht. Zur Bekämpfung dieser Problematik wurde durch die Europäische Union (EU) die Richtlinie 91/676/EWG (Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen) erlassen.

Folgender Auszug ist dabei von Bedeutung: „ Die Mitgliedstaaten erarbeiten Aktionsprogramme für gefährdete Gebiete und wenden sie an. Dazu gehören zwingend Maßnahmen, die in den Regeln für eine gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft enthalten sind, sowie Maßnahmen mit folgendem Ziel: Begrenzung des Einsatzes von Stickstoffdünger; Festlegen von Grenzwerten für das Ausbringen von tierischem Dünger. Die Richtlinie erlaubt es den

Mitgliedstaaten, die Aktionsprogramme zu ergänzen oder zu erweitern, um die Ziele der Richtlinie zu erreichen. „(91/676/EWG/A)

Im Rahmen des Aktionsprogramms Nitrat 2003 (aktuell ist die konsolidierte Fassung vom März 2006), wurde in Österreich die EU-Richtlinie umgesetzt. Dabei werden die Grenzwerte für die Ausbringung von tierischen Düngern mit 170 kg N/ha festgelegt. Dieser Wert darf unter Einhaltung gewisser Maßnahmen aber auf 230 kg erhöht werden. Um eine Verbesserung in der Bewirtschaftung von tierischen Düngern zu bewirken, wurde zusätzlich eine Mindestlagerkapazität festgelegt (Aktionsprogramm Nitrat, 2006). Die Grundlage für die Berechnung der N-Düngermenge/ha stellt dabei die Tierliste der Betriebe dar. Jede vorkommende Tierkategorie ist mit der in Tabelle 1 dargestellten Anfallsmenge zu multiplizieren. Die Gesamtsumme wird durch die Betriebsfläche dividiert und ergibt somit die Dünger-N-Menge/ha. Die angegebenen Grenzwerte sind zusätzlich Teil des Konzeptes der Cross-Compliance (CC) und somit förderungsrelevant.

Tabelle 1: Stickstoffanfall nach Abzug der Stall- und Lagerverluste für Rinder

Tierart	N-Anfall je Platz in kg pro Jahr			
	Gülle	Mist Anteil	Jauche Anteil	Tiefstallmist
Jungrinder				
Kälber und Jungrinder unter 1/2 Jahr	12,7	5,2	5,2	10,4
Jungvieh 1/2 bis 1 Jahr	34,4	14,2	14,2	28,4
Jungvieh 1 bis 2 Jahre	45,6	18,8	18,7	37,5
Rinder ab 2 Jahre				
Ochsen, Stiere	54,7	22,6	22,5	45,1
Kalbinnen	58,9	24,3	24,2	48,5
Kühe ohne Nachzucht				
Milch- bzw. Mutterkühe (3 000 kg Milch)	59,1	32,5	16,2	48,7
Milch- bzw. Mutterkühe (4 000 kg Milch)	66,7	36,6	18,4	55,0
Milchkühe (5 000 kg Milch)	74,4	40,9	20,4	61,3
Milchkühe (6 000 kg Milch)	82,0	45,1	22,5	67,6
Milchkühe (7 000 kg Milch)	89,7	49,3	24,6	73,9
Milchkühe (8 000 kg Milch)	97,3	53,5	26,7	80,2
Milchkühe (9 000 kg Milch)	105,0	57,7	28,8	86,5
Milchkühe (> 10 000 kg Milch)	112,6	61,9	30,9	92,8

Methoden der Nährstoffbilanzierung

Die Schätzung von Ausscheidungsmengen aus der Tierhaltung und deren räumliche Durchschnittsverteilung im Wert der N-Ausscheidungen/ha ist keine vollständige Abbildung der Nährstoffbilanz eines landwirtschaftlichen Betriebes. Die Methode ist eher eine starke Vereinfachung seitens der Nährstoffzufuhr, da zu deren Berechnung nur die Tierliste und die Flächensumme benötigt werden. Wie Guggenberger 2006 A, B bewiesen hat, ist eine komplexere Berechnung unter Einbeziehung von Leistungsparameter, Futtermittelkonzentrationen und pflanzenbaulichen Erträgen aber technisch möglich und sollte zukünftig angedacht werden.

Die Nährstoffbilanzen landwirtschaftlicher Betriebe können grundsätzlich auf der Feld/Stall-Basis oder der Hoforbasis berechnet werden (Hege 1995, Hess 1997, Pötsch 1998, Gutser 2006). Erstere untersucht die Bilanzierungszusammenhänge auf Basis der landwirtschaftlichen Fläche mit den Entzugsparametern (Ertrag und Nährstoffgehalt, Auswaschung) und den Parametern der Zufuhr (Mineraldünger, wirtschaftseigener Dünger, symbiotische N-Bindung, Mobilisation, Deposition). Im exaktesten Fall dieser Bilanzierung wird der einzelne Bewirtschaftungsschlag im Rahmen einer Düngeplanung zum Zielgebiet der Bilanzierung. Fallweise werden aber auch gleichartige Schläge gemeinsam untersucht. Wird eine Hoforbilanz erstellt, ist immer der landwirtschaftliche Betrieb als gesamte Einheit

von Interesse. Da weder die betriebseigenen Futtermittel noch der Wirtschaftsdünger bekannt sein muss, stellt diese Form eine „Black-Box“ dar, welche internen Zusammenhänge des Betriebes kapselt. Der Vorteil dieser Bilanzierungsart, liegt in der leichteren Erhebung der betrieblichen Entzugsmengen über landwirtschaftliche Produkte, sowie der zugeführten Mengen an Futter- und Düngemitteln. Die Grenzen dieser Methode liegen aber dort, wo spezielle betriebsinterne Kenntnisse benötigt werden.

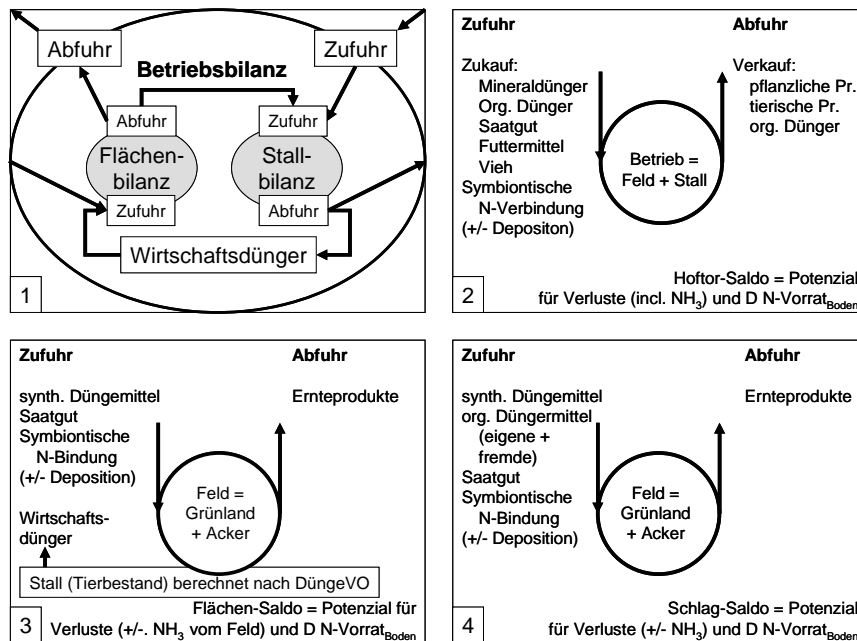


Abbildung 2: Bilanzierungsarten nach Gutser 2006

Gutser (2006) zeigt eine besonders übersichtliche Darstellung der Bilanzierungsvarianten in Abbildung 2. In vier Detailabbildungen werden dabei die allgemeinen Nährstoffflüsse im landwirtschaftlichen Betrieb (1), die Betriebsbilanz nach der Hoftor-Bilanz (2), die Flächenbilanz nach der Feld/Stall-Methode (3) und die Schlagbilanz (4) dargestellt. Die wichtigsten belegbaren Nährstoffströme sind der Zukauf von Futtermitteln, Dünger, Saatgut und Vieh, sowie der Verkauf von Produkten. Der Anfall der Düngermengen kann nach Tabelle 1 zumindest geschätzt werden. Problematisch erweist sich die Schätzung der Ernteprodukte, die als Entzugsfaktor vor allem die Flächen- und Schlagbilanz erheblich beeinflusst. Erst durch deren Integration in die Bilanzierung kann tatsächlich die Anpasstheit der Produktion an den Standort dokumentiert werden.

Ein geographisches Informationssystem (GIS) zur Nährstoffbilanzierung

Wie aus dem Modell ersichtlich wird, werden zumindest zwei Arten von Informationen zur Nährstoffbilanzierung benötigt. Zum einen sind Aussagen über die tatsächliche Bewirtschaftung des Betriebes in der Form von Tierlisten, Leistungsaufzeichnungen (Milchleistung, Zuwachs von Mastrindern, ...) Flächennutzung, sowie zu- und verkauften Stoffen notwendig. Andererseits, muss der räumliche Aspekt der Grundstücke mit integriert werden. Die Verknüpfung von fachlichen mit räumlichen Aspekten ermöglicht uns, für viele Fragestellungen eine Ergänzung der Daten über regionalen Beziehungen, die aus anderen Untersuchungen gewonnen werden. So kann beispielsweise aus einer betriebsunabhängigen Studie über die Grundfutterqualität (Guggenberger & Wiedner 2006 unveröffentlicht) ein realistischer Wert für den Einzelbetrieb geschätzt werden. Ähnliches gilt für die bilanzierbaren Erträge im Grünland.

Derartig verdichtete Daten können in einem komplexen Modell berechnet und auch räumlich in der Form von Karten dargestellt werden (Guggenberger & Bartelme, 2005; Guggenberger

2006 B). Der gesellschaftliche Beweis für das grundsätzlich ökologische Verhalten kann also auch visuell erbracht werden. So entstehen neue Medien, die das Vertrauen der Gesellschaft in die Landwirtschaft stärken.

Die Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung wurden mit einem speziell entwickelten System der Agricultural – GIS – Sphere (AGS) berechnet, deren wichtigste Module kurz dargestellt werden (Guggenberger, 2006 A).

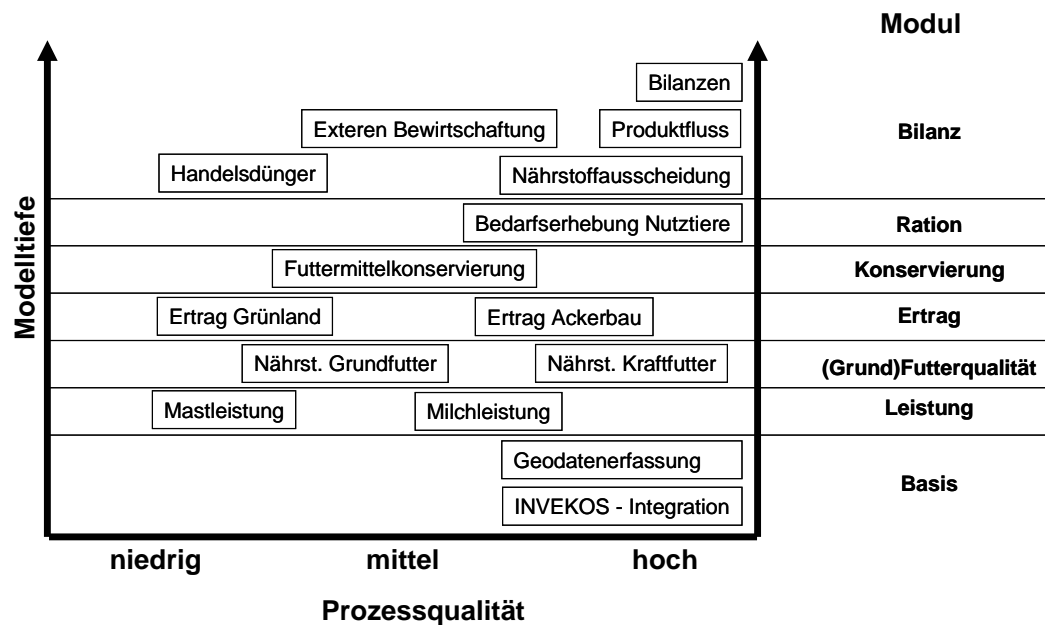


Abbildung 3: Berechnungsmodule

Im landwirtschaftlichen Modellbau der AGS werden 7 Module durchlaufen, die aufeinander aufbauend die gesamte Produktionskette abbilden. Einige Module bearbeiten dabei vorhandene Daten oder integrieren Ansätze, die als „Status Quo“ des landwirtschaftlichen Wissens angesehen werden können. Andere Module bilden kleine Detailmodelle ab, um gesuchte fehlende Daten aus bestehenden zu rekonstruieren. Regressionsmodelle führen dabei ebenso zu Unschärfen, wie die Verwendung räumlich generalisierter Aussagen.

Die einzelnen Module haben folgende Bedeutung: Im Basismodul werden die Beziehungen zwischen den landwirtschaftlichen Betrieben, deren Flächen als geometrische Objekte und dem Tierbestand hergestellt. Zusätzlich fließen Informationen über das Management des Betriebes ein. Im Modul Leistung wird für jeden Betrieb mit Milchtieren eine betriebsspezifische Milchleistung errechnet. Für Masttiere wird eine der Tierart angepasste österreichische Durchschnittsleistung eingesetzt. Der Nährstoffgehalt von Grund- und Kraftfutter wird im Modul Futterqualität definiert. Grundfutternährstoffe werden unter Verwendung betriebsspezifischer und räumlicher Informationen in einer multiplen Regression geschätzt. Für Produkte aus dem Ackerbau wurden tabellarische Werte eingesetzt (DLG Futterwerttabellen Wiederkäuer, Schwein, Pferd), die fallweise durch nationale Bestände ergänzt werden (Futtermittellabor Rosenau). Die Trockenmasseerträge pro Hektar aus dem Ackerbau und der Grünlandwirtschaft sind im Modul Ertrag festgelegt. Während zur Bewertung der Ackerbauerträge auf Daten der Statistik Austria zurückgegriffen wird, stammen die Grundlagen für die Ertragsbewertung des Grünlandes von Schaumberger, 2005. Der Ertrag der Ackerbaukulturen fließt im Modul Bilanz direkt als Ertrag in die Bewertung ein. Die Grünlanderträge werden zur Bilanzierung auf Basis des Grundfutterbedarfs der Tiere bewertet. Im Bereich der Grünlandwirtschaft müssen zuvor noch die Konservierungsanteile von Weide, Heu und Grassilage geklärt werden. Das Modul Konservierung berechnet diese aus der lokalen Lage, den Managementdaten und den Ergebnissen einer Befragung von

Geschäftsführern der österreichischen Maschinenringe (Guggenberger & Zainer, unveröffentlicht).

Können alle bisher genannten Module erfolgreich abgearbeitet werden, ist eine Berechnung des Futter- und damit des Nährstoffbedarfes möglich (Modul Ration). Die Bilanzierung aller betrieblichen Kennwerte erfolgt im Modul Bilanz. Hier werden noch weitere Datenbestände wie Düngung mit Handelsdünger und externe Bewirtschaftungsanteile (z.B. Alpung) berücksichtigt. Vor allem kann hier die für diese Arbeit so wichtige N-Ausscheidung im Wirtschaftsdünger berechnet werden.

N-Ausscheidungen rinderhaltender Betriebe (Basisjahr 2003)

Die betriebliche Entscheidung für eine Sparte der Tierhaltung wird in Österreich meist eindeutig getroffen. Von den 114.400 tierhaltenden Betrieben entfallen 78,9 % auf die Rinderhaltung, 12,8 % auf die Schweinehaltung und nur 4,3 % auf eine Mischform aus Rinder- und Schweinehaltung. Der Rest ist der Geflügelhaltung zuzuordnen. Für die einzelnen Tierarten gelten unterschiedliche Ausscheidungskonzepte, im Zusammenhang mit der Grünlandwirtschaft werden hier nur die Rinder besprochen.

Für deren N-Ausscheidungen wird von der leistungsorientierten N-Aufnahme aus dem Futter der Ansatz in Form von Milch und Fleisch abgezogen. Der Rest wird in der Form von Kot und Harn ausgeschieden. Für die Ausbringungsmenge ab dem Düngerlager sind aber noch Stall und Lagerverluste zu berücksichtigen (EK 1999). Die Gesamtverteilung aller Rinder zeigt uns, dass von 100 % N-Aufnahme rund 20 % in die Produkte und 70 % in die Wirtschaftsdünger wandern. 10 % des N gehen als gasförmige Stoffe in Stall und Lager verloren. Durch das Einbeziehen des individuellen Leistungsniveaus, kann aus dieser statischen Betrachtung ein dynamischer Zusammenhang erkannt werden. Mastrinder mit höheren Zuwächsen oder Milchkühe mit höheren Milchleistungen können den Erhaltungsbedarf besser auf die Leistung verteilen. Sie produzieren deshalb effizienter.

Mit der Leistungssteigerung ist aber auch immer ein Anstieg der notwendigen Proteinkonzentrationen im Futter verbunden. Diese muss in der Praxis durch höhere Mengen an Soja, Raps, Ackerbohne und dgl. kompensiert werden. Gerade diese Futtermittel sind aber auf Grünlandbetrieben nicht verfügbar und müssen zugekauft werden. Meistens sind sie nicht einmal in der Region verfügbar und müssen oft importiert werden.

Tabelle 2: Fraktionen der N-Ausscheidung in der Milchproduktion

Milchleistungsintervall		Nährstoffkonzentration		Berechnungskomponenten nach Livestock Manures				
		Gesamtfutter		Futter	Produkte	Verluste	Gülle	
Start	Ende	Energie MJ Nel	Protein %	N kg	N kg	N Kg	N kg	% kg
3500	4500	5,6	12,7	107	23	8	76	71
4500	5500	5,8	13,0	118	27	9	81	69
5500	6500	6,0	13,5	131	32	10	89	68
6500	7500	6,2	14,0	146	38	11	97	67
7500	8500	6,3	14,6	162	43	12	107	66
8500	9500	6,4	15,1	178	48	13	117	66
9500	10500	6,5	15,5	192	52	14	126	66

Die steigende Rohproteinkonzentration im Gesamtfutter reduziert den positiven Effekt der effizienteren Leistungsausnutzung auf 5 %. Dabei ist eine Reduktion bis zur Leistung von rund 7000 kg Milch/Jahr bemerkbar. Bei höheren Leistungen stagniert die Effizienzsteigerung. Durch den Futtermittelzukauf dreht sich der Effekt in eine negative Richtung und führt bei sehr hohen Milchleistungen zum Überschreiten der gesetzlichen Ausscheidungsgrenzen pro Flächeneinheit. Hier könnten die Düngermengen nur dann

konstant gehalten werden, wenn parallel zur Leistungssteigerung eine Vergrößerung der Düngefläche durchgeführt werden könnte.

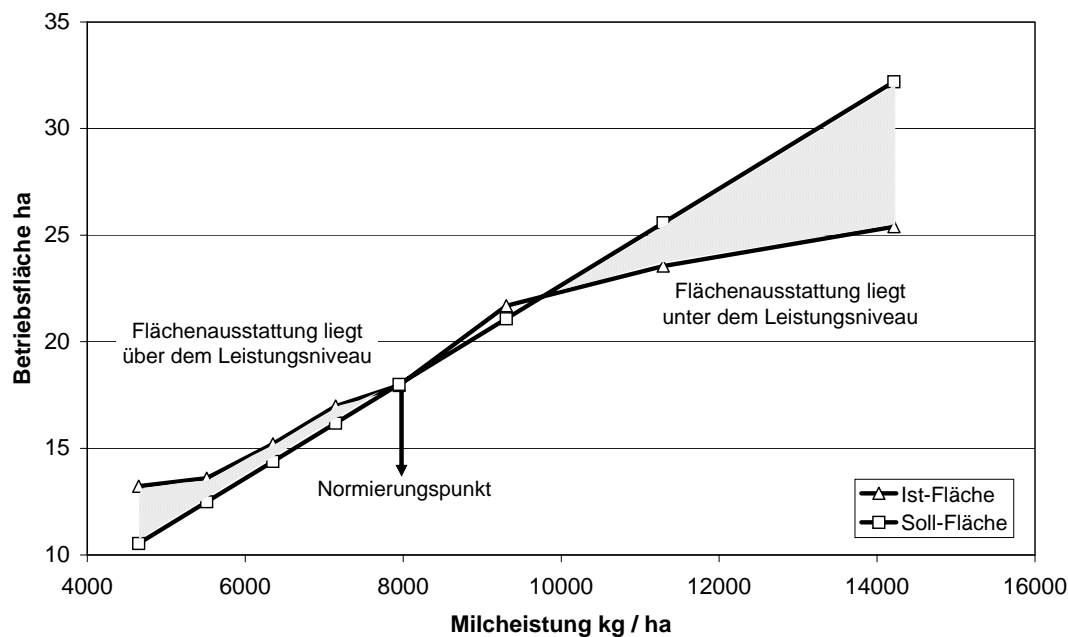


Abbildung 4: Notwendige Flächenausstattung für konstante Ausscheidungen (Basis mittlere Milchleistung)

Wie in Abbildung 4 dargestellt, betreiben landwirtschaftliche Betriebe mit niedrigem Tierbesatz einen Luxuskonsum ihrer Flächen. Diese Betriebe könnten im Verhältnis zu einem Betrieb mit mittlerer Milchleistung (5500 kg / Kuh / Jahr) noch mehr Tier halten. Betriebe mit sehr hoher Milchleistung (in Kombination mit zusätzlich höherem GVE-Besatz) haben dagegen eine zu geringe Flächenausstattung. Bei Leistungen über 8000 kg fehlen im Vergleich zum Durchschnittsbetrieb 27% der Flächen. Diese Betriebe stehen in Zukunft vor der Entscheidung entweder Tiere abzustocken, die Leistung zu reduzieren oder zusätzliche Flächen zu bewirtschaften.

Tabelle 3: Flächenausstattung und GVE-Besatz in den Milchleistungsklassen

Milchleistung	Fläche	GVE/ha	Gülle-N	Milchleistung	Normierung	
kg	ha	N	/ ha	kg	Flächen	Differenz
					ha	%
3383	13	1,4	91	4651	10,5	-20
4051	14	1,4	93	5513	12,5	-8
4544	15	1,4	97	6349	14,4	-5
5040	17	1,4	100	7144	16,2	-5
5551	18	1,4	101	7948	18,0	0
6205	22	1,5	111	9306	21,1	-3
7092	24	1,6	124	11293	25,6	9
8363	25	1,7	136	14214	32,2	27

Anstelle eines mit der Milchleistung sinkenden GVE-Besatzes, steigt in Tabelle 3 der Besatz im Durchschnitt von 1,4 auf 1,7 GVE/ha an. Hochleistende Betriebe kompensieren ihr Flächendefizit durch Kraftfutterzukauf und verteilen das eigenen Futter an eine höhere Anzahl von Tieren.

Feld/Stall-Bilanzierung auf Grünlandbetrieben

Die N-Ausscheidungen im Wirtschaftsdünger beschreiben den wichtigsten Bereich der Zufuhr der Feld/Stall-Bilanzierung (Abbildung 2/3). Neben diesem spielen aber noch mögliche synthetische Handelsdünger, Saatgut usw. eine Rolle. Aus allen Grünlandbetrieben mit mehr als 75 % Grünlandanteil, wurden für die Bilanzierung ausschließlich jene Betriebe ausgewählt, die Biobetriebe sind oder bei nahezu allen Flächen auf die Düngung mit Handelsdüngern verzichten. Insgesamt konnten so 58.000 Betriebe in ganz Österreich selektiert werden, die gemeinsam eine Fläche von 738.000 ha bewirtschaften (Guggenberger 2006 C).

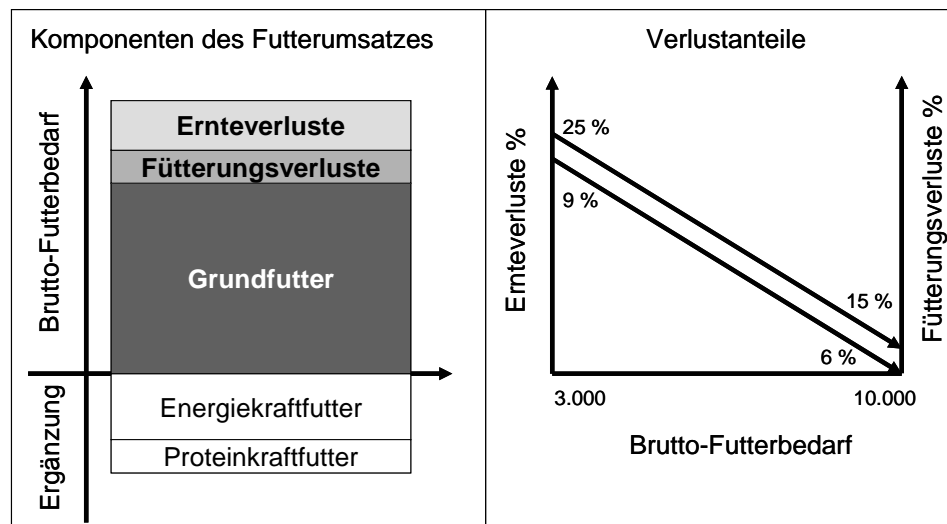


Abbildung 5: Schätzung des Brutto-Futterbedarfes

Für die Entzugsseite der Bilanzierung ist es notwendig, den Ertrag im Grünland abzuschätzen. Ausgehend vom tatsächlichen Bruttoertrag (Schaumberger 2005) kann für die Bilanzierung aber nur jener Anteil des Ertrags berücksichtigt werden, der auch bilanzierungsfähig wird. Das ist jene Menge des Brutto-Ertrages, die auch geerntet wurde. Die methodische Frage lautet hier: Wie kann man feststellen wie hoch der tatsächlich geerntete Anteil ist? Durch die bottom-up-Berechnung des Brutto-Futterbedarfes kann hier eine Annäherung erreicht werden. Für den bilanzierungsfähigen Ertrag wird dem Grundfutterverbrauch der Tiere ein variabler Anteil an Fütterungs- und Ernteverlusten hinzugefügt (Abbildung 5).

Die Angaben der Bilanzierungskomponenten dieses Abschnitts erfolgt in kg N/ha/Jahr. Für die N-Bilanzierung wird der angefallene Wirtschaftsdünger (75 kg), ein konstanter Faktor für Mobilisation und Deposition (70 kg), sowie eine dynamische symbiontische N-Bindung (31 kg) zur Gesamtzufuhr addiert. Demgegenüber steht ein Entzug von 159 kg über das Erntegut und 10 kg über eine N-Auswaschung. Insgesamt entsteht mit 8,5 kg eine leicht positive N-Gesamtbilanz. Dies trifft insgesamt für rund 87,9 % der Betriebe im Toleranzbereich zwischen -50 und + 50 kg N zu (Eckert 2000).

Tabelle 4: Feld/Stall-Bilanz im österreichischen Grünland

Zufuhr		Abfuhr	
kg N/ha/Jahr			
Wirtschaftsdünger	74,6	Ernte	159,4
Handelsdünger	2,4	Auswaschung	10,0
Mobilisation	60,0		
Symbiontische N	30,9		
Deposition	10,0		
Summe	177,9	Summe	169,4
Bilanz	8,5		

Die Rahmenbedingungen der in Tabelle 4 berücksichtigten Betriebe sind mit einer Milchleistung von 4.361 kg Milch/Kuh/Jahr, einem Kraftfutteranteil von 16,6 % und einem Tierbesatz von 1,31 GVE/ha definiert. Der Durchschnitt aller Grünlandbetriebe in Österreich verfügt über eine hervorragende N-Bilanz. Die errechneten Überschüsse von + 8,5 kg N sind ein - im Vergleich zur Streubreite der Bilanzierungskomponenten - geringer Wert.

Über dem Toleranzbereich von + 50 kg N liegen 9,1 % der Betriebe mit einer Milchleistung von 4.559 kg Milch/Kuh/Jahr, einem Kraftfutteranteil von 23,6 %, aber vor allem einem Tierbesatz von 1,61 GVE/ha und Jahr. Diesen Betrieben ist in der Bilanz zusätzlich ein geringerer Entzug (Brutto-Futterbedarf 4.971 kg T/ha) zuzuordnen. Insgesamt erreichen diese Betriebe eine Bilanz von + 62 kg N/ha/Jahr. Extremwerte liegen dabei kaum über 100 kg N/ha/Jahr. In den intensivsten Produktionsgebiete der USA oder den Niederlanden werden Maximalwerte von 400-500 kg N/ha/Jahr erreicht.

Reproduzierbarkeit des Aktionsprogramms Nitrat in der Gesamtbilanz

Die Ausscheidungswerte der Tierkategorien im Aktionsprogramm Nitrat wurden unter Berücksichtigung der Leistungsniveaus berechnet. Diese Werte stellen aber nur eine Seite der Feld/Stall-Bilanzierung dar. Bei durchschnittlichen Grünlanderträgen kann der Grenzwert der Ausscheidung (170 kg N) stellvertretend für die Gesamtbilanz angesehen werden. Bei einer Anpassung an lokale Grünlanderträge werden die Schwächen dieses Systems sichtbar.

Zur Überprüfung der Sensitivität und Spezifität des Systems werden als Goldstandard die Ergebnisse der vollständigen Bilanzierung herangezogen. Als Grenzwert für die Unterscheidung positiver und negativer Betriebe im Goldstandard wird der Grenzwert von Eckert (2000) (N-Bilanz + 50 kg N/ha/Jahr) anerkannt. Die Klassifizierung des Vergleichssystems erfolgt nach dem Grenzwert der N-Ausscheidungen (Aktionsprogramm Nitrat). Eine Überschreitung der Grenzwerte wird als positives, eine Unterschreitung als negatives Ereignis bewertet.

Zur Berechnung der Trefferquote (Sensitivität) wird nach nebenstehender Formel die Anzahl der im Vergleichssystem nicht erkannten positiven Ereignisse berechnet. Ausgehend von 53.954 Betrieben (Mindesttierbesatz > 0,7 GVE/ha) werden nach der Feld/Stall-Bilanz 5.162 Betriebe als richtig Positive definiert. Davon werden allerdings im Aktionsprogramm Nitrat nach den Ausscheidungsgrenzwerten nur 943 erkannt. Die Differenz, das sind 4.219 Betriebe gehen als falsch Negative in die Berechnung ein. Mit den Grenzwerten des Aktionsprogramms Nitrat wird eine Trefferquote von 55 % erzielt.

$$P(\text{positiv}_\text{erkannt} | \text{tatsächlich}_\text{positiv}) = \frac{\text{Anzahl}_\text{der}_\text{richtig}_\text{Positiven}}{\text{Anzahl}_\text{der}_\text{richtig}_\text{Positiven} + \text{Anzahl}_\text{der}_\text{falsch}_\text{Negativen}}$$

$$P(\text{positiv}_\text{erkannt} | \text{tatsächlich}_\text{positiv}) = \frac{5.162}{5.162 + 4.219} = 0.55$$

Als Gegenstück zur Sensitivität berechnet die Spezifität die Wahrscheinlichkeit einen negativen Betrieb auch als solchen zu erkennen. Es hat sich gezeigt, dass sich im Aktionsprogramm Nitrat zu den richtig Negativen von 48.792 noch 966 falsch Positive addieren. So wird eine Sensitivität von 98 % erreicht.

$$P(\text{positiv}_\text{erkannt} | \text{tatsächlich}_\text{negativ}) = \frac{\text{Anzahl}_\text{der}_\text{richtig}_\text{Negativen}}{\text{Anzahl}_\text{der}_\text{richtig}_\text{Negativen} + \text{Anzahl}_\text{der}_\text{falsch}_\text{Postiven}}$$

$$P(\text{positiv}_\text{erkannt} | \text{tatsächlich}_\text{negativ}) = \frac{48.792}{48.792 + 966} = 0.98$$

Die Berechnung von Sensitivität und Spezifität des Aktionsprogramms Nitrat am Beispiel der Gesamtbilanz zeigt deutliche Systemunterschiede auf. Einerseits werden nur 55 % der tatsächlich positiven Betriebe erkannt andererseits wird eine große Anzahl irrtümlich als Problembetrieb erkannt. Der Grund dieses Unterschiedes ist der Einfluss der Grünlanderträge auf der Entzugsseite der Feld/Stall-Bilanz. Die hier integrierte Methode des Brutto-Futterbedarfs mag Schwächen aufweisen, liegt aber deutlich näher an einer standortspezifischen Bilanzierung als das Aktionsprogramm Nitrat.

Zusammenfassung

Die Haltung von Rindern ist eng mit der Grünlandwirtschaft verbunden. Der wirtschaftliche Druck zu hohen Milchleistungen und/oder hohen Tierbesätzen bringt immer mehr Stickstoff in die langsam zu klein werdenden Düngerlager vieler Betriebe. Eine zusätzliche Erweiterung der Flächen findet wie in Abbildung 4 dargestellt nicht statt. Um eine Verschmutzung des Grundwassers mit Nitrat zu vermeiden, wurde von der EU und in Folge auch von der nationalen Legislative das Aktionsprogramm Nitrat erarbeitet. Dieses schreibt Grenzwerte für Ausbringung von Stickstoff in Wirtschaftsdüngern vor. Diese Grenzwerte limitieren die Zufuhr von Dünger auf die Flächen. Eine Erweiterung der Berechnung auf eine Feld/Stall-Bilanz zeigt deutliche Unterschiede zum eingeschlagenen Weg. Eine Empfehlung für eine methodische Erweiterung (lokale Anpassung an das Ertragsniveau des Grünlands) des Aktionsprogramms Nitrat wäre nach diesen Erkenntnissen sinnvoll. Insgesamt zeichnet sich die Grünlandwirtschaft in Österreich durch ein hohes Bewusstsein für ökologische Zusammenhänge aus. Dies wird im extrem hohen Anteil von optimal bilanzierenden Betrieben, bzw. in der geringen Anzahl von Grenzwertüberschreitungen nach dem Aktionsprogramm Nitrat deutlich.

- AKTIONSPROGRAMM NITRAT (2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2003 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Abgerufen am 27.10.2006 unter <http://www.lebensministerium.at/article/articleview/19683/1/5630>
- EK (1999): Europäische Kommission, Livestock Manures – Nitrogen Equivalents. Establishment of Criteria for the Assessment of Nitrogen Content in Animal Manures, Final Report 1999.
- ECKERT, H., G. BREITSCHUH und R. SAUERBECK (2000): Criteria and standards for sustainable agriculture. Journal Plant Nutrition and Soil Science, Band 163, Wiley-Vch Verlag Weinheim, 337-351.
- HEGE, U. (1995): Nährstoffbilanzierung als Kontrollinstrument ordnungsgemäßer Landwirtschaft (Feld, - Stall-, Hoftorbilanz). Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. und des Bundesarbeitskreises Düngung, Würzburg, 129-137.
- HESS, J. (1997): Biologischer Landbau: Systemimmanenter Zwang zu möglichst geschlossenen Nährstoffkreisläufen. Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft – Ein Instrument für den Umweltschutz?, Umweltbundesamt (Hrsg.), Tagungsbericht Band 20, 71-76.
- GRÜNER BERICHT 2006: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, www.gruener-bericht.at.
- GUGGENBERGER, T., N. BARTELME (2005): GIS gestützte Modellierung der Nährstoffbilanzen Österreichischer Grünlandbetriebe. Teil I: Erstellung eines geographischen Informationssystems zur Beurteilung ökologischer Zusammenhänge. Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Heft 43, 60 Seiten.
- GUGGENBERGER, T., (2006 A): Nährstoffbilanzierung in den österreichischen Grünlandbetrieben. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Alpenländisches Expertenforum 2006, 43-50.
- GUGGENBERGER, T., (2006 B): Low-Cost Modell zur Integration von Geodatenbeständen in objektorientierte Fachinformationssysteme. Angewandte Geoinformatik 2006, Beiträge zum 18. AGIT-Symposium, Wichmann Verlag Heidelberg, 195-200.
- GUGGENBERGER, T., (2006 C): Befund zur österreichischen Grünlandwirtschaft. Landkalender 2007, Landwirt Agrarmedien, Graz, 97-102.
- GUGGENBERGER, T. und I. ZAINER (2006): Räumliche Analyse der Grundfutterkonservierung unter Einbeziehung der Erfahrungen der österreichischen Maschinenringe. Unveröffentlicht.
- GUGGENBERGER, T. und G. WIEDNER (2006): Ist eine lokale Schätzung der Grundfutterqualität möglich? Vortrag bei der Österreichische Fütterungsreferenttagung, 19. September 2006, Vorarlberg
- GUTSER, R. (2006): Bilanzierung von Stickstoffflüssen im landwirtschaftlichen Betrieb zur Bewertung und Optimierung der Düngestrategie. Acta agriculturae Slovenica, 87 – 1, 129-141.
- MANKIW, N. G., 2001: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, Kapitel 14, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart.
- PÖTSCH, E. M., 1998: Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. Die Bodenkultur, 49, 19-27.

SCHAUMBERGER A., 2005: Ertragsanalyse im Österreichischen Grünland mittel GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Heft 42, 66 Seiten.

91/676/EWG: Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat. Abgerufen am 27.10.2006 unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0676:DE:HTML>.

91/676/EWG/A: Nitratverschmutzung durch die Landwirtschaft, 2006. Abgerufen am 27.10.2006 unter <http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l28013.htm>.