



Demonstration von Nährstoffbilanzen ab Hof und Feld- Nährstoffbilanzen

- **AUTOREN:** Laura Zavattaro, René Schils, Paul Newell-Price, Stanislav Hejduk.
- **BESCHREIBUNG:** Hof- und Feldbilanzen sind Berechnungen, die auf der Grundlage von Betriebsdaten durchgeführt werden und Nachweise für die Nährstoffflüsse innerhalb eines Betriebs oder eines Feldes liefern. Gemeinsam ist ihnen der Ansatz, der auf einer Massenbilanz zwischen Inputs und Outputs in und aus einem System basiert, und die Möglichkeit, Bereiche für die Verbesserung der landwirtschaftlichen Praktiken und die Verringerung ihrer potenziellen Umweltauswirkungen aufzuzeigen, die Effizienz der Ressourcennutzung zu steigern und die Nachhaltigkeit des Betriebs zu verbessern.
- Eine Betriebsbilanz (FGB) ist die Berechnung einer Input-Output-Bilanz von Nährstoffen (N, P und K) unter Berücksichtigung aller Inputs in den Betrieb (Saatgut, Düngemittel & Dünger, Futtermittel, Einstreu, lebende Tiere, symbiotische N-Fixierung, Deposition...) und aller Outputs, die den Betrieb verlassen (verkaufte pflanzliche Produkte einschließlich Heu und Silage, tierische Produkte, lebende oder tote Tiere, organischer Dünger...). Da sie keine internen N-Flüsse innerhalb der Systemgrenzen berücksichtigt, ist diese Bilanz für stationäre Bodenbedingungen geeignet, kann aber auch verwendet werden, um Ungleichgewichte aufzuzeigen, die den Bodenzustand mittel- oder langfristig teilweise verändern oder zu Verlusten neigen und daher die Umweltqualität gefährden.
- Eine Feldbilanz ist die Berechnung einer Input-Output-Bilanz von Nährstoffen (N, P und K) unter Berücksichtigung aller Inputs in ein Feld (Saatgut, Düngemittel, ausgebrachte Düngemittel, direkte Ablagerungen von Weidetieren, symbiotische N-Fixierung, ...) und aller Outputs von einem Feld (Ernteertrag und entfernte Rückstände, einschließlich abgeweidetes Futter) und ohne Berücksichtigung von Veränderungen der Bodenvorräte. Daher kann die Feldbilanz auch einen möglichen Nährstoffüberschuss oder -mangel anzeigen, der sich auf die Boden-, Wasser- und Luftqualität auswirkt, und zwar in ähnlicher Weise wie die FGB.
- Beide Bilanzen werden anhand von Informationen berechnet, die auf dem Betrieb durch Befragung und Zugriff auf das landwirtschaftliche Buchführungssystem verfügbar sind, obwohl einige Einträge nur anhand von regionalen oder bibliografischen Daten (z. B. atmosphärische Deposition) oder lokalen Messungen in Verbindung mit Standardtabellen (z. B. N-Fixierung, Weidefutter) geschätzt werden können. Die beiden Bilanzen unterscheiden sich durch ihre Systemgrenzen und die räumliche Detailliertheit der Informationen, die abgeleitet werden können. Beide sind Standardindikatoren, die für den zeitlichen oder räumlichen Vergleich landwirtschaftlicher Systeme und als politische Instrumente verwendet werden.
- Einige Länder haben diese beiden Bilanzen weitgehend übernommen, um die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe zu bewerten und die Landwirte auf höhere Umweltziele auszurichten, wie z. B. in den Niederlanden. In den Niederlanden wird die Aufnahme von Weidefutter mit einer Energiebilanz berechnet (Energiebedarf der Herde auf der Grundlage der Milch-/Fleischproduktion abzüglich der Energie in zugekauftem Futter und der Energie in geerntetem Silo/Heu). Andere Länder (z. B. Italien) berechnen eine Feldbilanz, um die Einhaltung der Nitratrichtlinie zu überprüfen, verwenden sie aber nicht als politisches Instrument. Eine modifizierte Version der Hofbilanz, bei der der Überschuss auf Null oder einen vorher festgelegten akzeptablen niedrigen Wert gesetzt wird, wird auch häufig zur Berechnung des Düngebedarfs als Entscheidungshilfe für die Planung des Nährstoffmanagements verwendet.



Demonstration von Nährstoffbilanzen ab Hof und **Feld-** Nährstoffbilanzen

- BEGRÜNDUNG:**

Der Vorteil der Verwendung von Nährstoffbilanzen besteht darin, dass sie einfache Schätzungen der Nährstoffverluste - die sich nur schwer messen oder schätzen lassen - anhand von Bilanzeinträgen liefern, die relativ leicht zu quantifizieren sind. Sowohl **Feld-** als auch **Hof-**Bilanzen werden im Allgemeinen als gute Indikatoren für die ökologische Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe angesehen. Massenbilanzen gehören zur Kategorie der Belastungsindikatoren in dem Sinne, dass sie direkte und wirksame Methoden sind, um die potenzielle Umweltbelastung durch eine landwirtschaftliche Tätigkeit aufzuzeigen. Der Massenbilanzansatz, der den beiden Berechnungen zugrunde liegt, ist auf verschiedenen räumlichen Ebenen weit verbreitet, unter anderem auf regionaler, nationaler und kontinentaler Ebene.

Die Bilanz zwischen Inputs und Outputs kann sowohl auf **Feld-** als auch auf **Hof-**Ebene positiv oder negativ sein. Ein positiver Saldo deutet auf i) eine Anhäufung von Nährstoffreserven im Betrieb, im Allgemeinen in den Böden des Betriebs, und/oder ii) einen Verlust von Nährstoffen aus dem Betrieb hin. Überschüsse können über verschiedene Wege zu Nährstoffverlusten führen: Gasförmige N-Emissionen (NH₃, N₂, N₂O und NO), löslicher N im Grund- und Oberflächenwasser (NO₃⁻, NH₄⁺ und gelöster organischer N), P- und K-Abfluss und Auswaschung sowie NPK-Akkumulation oder Immobilisierung im Boden. Die Bilanz kann auch negativ sein, was auf eine Erschöpfung der internen Reserven hindeutet, d. h. im Allgemeinen auf einen Verlust der Bodenfruchtbarkeit.

Die **Hofbilanz** ist ein guter Indikator für Umweltverluste, wenn Nährstoffüberschüsse gleichmäßig auf die Felder innerhalb eines Betriebs verteilt sind und alle Nährstoffverluste linear mit dem Nährstoffüberschuss verbunden sind. Die Analyse des gesamten Betriebs ergibt ein Bild der Umweltbelastung auf Flächenbasis, ermöglicht aber kein detailliertes Verständnis der internen Auswirkungen. Dies kann durch die Beschreibung der Komponenten des Betriebs und insbesondere der einzelnen Komponenten des Anbausystems (pro Flächeneinheit) erreicht werden. Auch in diesem Fall wird der Nährstoffgehalt des Bodens nicht berücksichtigt, so dass eine positive Bilanz auf eine Zunahme der Bodenreserven - und nicht nur auf Verluste an die Umwelt - und eine negative Bilanz auf eine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit hinweisen kann. In einem landwirtschaftlichen Betrieb können mehrere **Feldbilanzen** pro Feld oder Anbausystem berechnet werden. Anschließend können die **Feldbilanzen** aller Felder oder Anbausysteme gemittelt werden (pro rata), um einen Überblick über den gesamten Betrieb zu erhalten. Dieser Indikator für den gesamten Betrieb unterscheidet sich jedoch konzeptionell von **der Hofbilanz**.



Fig.1: Die Ausbringung von Gülle und Kunstdünger sind die wichtigsten Nährstoffeinträge für die meisten Grünlandflächen, während zugekaufte Futtermittel einer der wichtigsten Nährstoffeinträge auf Betriebsebene sein können.
photos: Stanislav Hejduk



Demonstration von Nährstoffbilanzen ab Hof und **Feld-** Nährstoffbilanzen

- **WIRKUNGSMECHANISMUS:**

Die Standardgleichungen zur Berechnung der beiden Bilanzen lauten:

Hoftorbilanz= (NPK in zugekauften Düngemitteln, Kraftfutter, Futtermitteln, lebenden Tieren, Dung, Einstreu, Saatgut; N-Fixierung; atmosphärische Deposition)- (NPK in verkauften Produkten: lebende Tiere, tierische Erzeugnisse, Dung, Feldfrüchte, Ernterückstände, Futtermittel)

Feldbilanz= (NPK in Mineraldünger, Gülleausbringung, Mist und Urin von Weidetieren, atmosphärische Deposition, Saatgut, N-Fixierung)- (NPK in entnommen: Ernte und Ernterückstände; geerntetes und geweidetes Grünfutter)

Trotz mehrerer Versuche, die Gleichung zu vereinheitlichen, werden jedoch manchmal einige Elemente nicht berücksichtigt, um die Berechnungen zu vereinfachen. So wird beispielsweise die atmosphärische Deposition auf der Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs häufig nicht berücksichtigt. Einige Daten sowohl auf Feld- als auch auf Betriebsebene sind durch nationale oder regionale Buchführungssysteme verfügbar, aber wenn dies nicht möglich ist, ist ein Interview erforderlich, um sowohl **Hoftor-** als auch **Feldbilanzen** zu berechnen. Je nach Komplexität der Daten reichen in der Regel ein paar Stunden aus, um die erforderlichen Betriebsdaten zu sammeln. Eine spezielle Software oder Tabellenkalkulation ist ebenfalls hilfreich, um Berechnungen und aus der Literatur abgeleitete Referenzdaten zu standardisieren.



*Abb.2: Überdüngung führt zur Eutrophierung von Wiesen und Oberflächengewässern
Fotos: Stanislav Hejduk*

Demonstration von Nährstoffbilanzen ab Hof und Bodenoberflächen-Nährstoffbilanzen



Möglichkeiten für die Anwendung der Managementoption

Es gibt mehrere Instrumente, die Landwirten bei der Berechnung einer **Hoftorbilanz** oder **Feldbilanz** helfen können. Einige davon sind kommerziell, andere sind kostenlos und werden von den lokalen Beratungsdiensten oder öffentlichen Behörden zur Verfügung gestellt, die umweltfreundliche landwirtschaftliche Praktiken unterstützen. Da die meisten Einträge auch mit dem Betriebsbuch übereinstimmen, kann eine Software zur Erfassung der wirtschaftlichen und technischen Aspekte des Betriebs die Grundlage für die Berechnung solcher Bilanzen bilden. In der Regel benötigt der Landwirt eine gewisse Unterstützung durch einen Beratungsdienst, um die Berechnungsergebnisse richtig zu interpretieren und die wichtigsten verbesserungsbedürftigen Bereiche - einzelne Felder oder ganz allgemein landwirtschaftliche Praktiken - herauszustellen, in denen ein Eingreifen erforderlich ist.

Die Landwirte sollten alle Daten über ihre Betriebe erhalten, mit allen Details, die sie benötigen, um Bewirtschaftungsoptionen zu identifizieren, die eingeführt oder verbessert werden könnten. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Betriebsbilanz mit anonymen Daten anderer ähnlicher Betriebe zu vergleichen, so dass jeder Landwirt auch den Rang seines Betriebs im Kontext ähnlicher Betriebe in der Region sehen kann (d. h. Benchmarking).



Praktische Überlegungen

In Grünlandbetrieben sind zwei Einträge schwer zu quantifizieren, was zu besonderen Problemen führt.

Der eine ist die NPK-Ausscheidung durch Weidetiere. Leider mangelt es an Daten über die Ausscheidung von Dung und Urin, da sie je nach Tierart, Rasse, Alter, Gewicht, Status, Ernährung und Weidemanagement stark variiert. Für N liegen einige Referenzdaten vor, während P und K im Allgemeinen unberücksichtigt bleiben. Folglich wird ein wichtiger Nährstoffeintrag für die **Feldbilanz** im Allgemeinen nicht mit ausreichender Genauigkeit quantifiziert.

Ein weiterer wichtiger Input, der sowohl für das **Hoftorbilanz** als auch für das **Feldbilanz** gilt, ist die biologische N-Fixierung. Der aktuellen Literatur zufolge kann sie den Boden mit 10-300 kg N versorgen, je nach Leguminosenart, Anteil an der Grasnarbe, Bodenart und Wetterbedingungen. In einer Gras-Leguminosen-Mischung sollte der Anteil der Leguminosen bewertet werden. Außerdem kann der Anteil der Leguminosen an einer Grasnarbe von Jahr zu Jahr und im selben Jahr je nach Jahreszeit erheblich schwanken.

Daher sollte jede Messung häufig wiederholt werden. Bei einem hohen Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden sind die Pflanzen auf diese Stickstoffquelle angewiesen, und die N-Fixierung ist in der Regel reduziert, da die symbiotische Fixierung ein Prozess ist, der viel Energie verbraucht. Daher kann der genaue Beitrag der N-Fixierung zur Ernährung des Grünlands nur geschätzt werden.

Trotz der Schwierigkeiten bei der Schätzung dieser beiden wichtigen Einträge kann die Methode unter Verwendung von Standardwerten angewandt werden, obwohl der Anwender sich der möglichen Ungenauigkeiten in der resultierenden Nährstoffbilanz bewusst sein sollte.



Unterstützung

Für die genaue Dateneingabe sowie für die Analyse und Interpretation der Ergebnisse ist häufig externe Unterstützung erforderlich. Daher wäre ein lokaler Beratungsdienst, ob öffentlich oder privat, eine große Hilfe bei der Übernahme dieser guten Praxis.



Demonstration von Nährstoffbilanzen ab Hof und Bodenoberflächen-Nährstoffbilanzen



Beispiel für bewährte Verfahren

Ein Buchhaltungssystem (Annual Nutrient Cycle Assessment - ANCA), das **Hofter- und Feldbilanzen** berechnet, ist für fast alle Milchviehhalter in den Niederlanden, die Milch an ein milchverarbeitendes Unternehmen liefern, obligatorisch. Dies hat vielen Landwirten geholfen, den Einsatz von Mineraldünger zu reduzieren, den **organischen Dünger** besser über die landwirtschaftliche Fläche zu verteilen, eine Karte der möglichen Standorte zu erstellen, an die überschüssiger **organischen Dünger** verlagert werden könnte, und Ziele für Verbesserungen in der Betriebsführung festzulegen. Dieses System wurde zunächst für N-Bilanzen verwendet, wurde dann auf P ausgeweitet und umfasst jetzt auch Treibhausgasemissionen.

Im Rahmen des Monitor-Forschungsprojekts im Piemont (Nordwest-Italien) wurde auf Pilotbetrieben erfolgreich eine **Feld-**Tabellenkalkulation im Feldmaßstab eingeführt. Die **Feldbilanz** umfasste N, P und K, und das Hauptziel des Projekts bestand darin, das Bewusstsein der Landwirte für Fragen des Nährstoffmanagements zu schärfen. Eine neue kostenlose Webversion wird derzeit für eine breitere Anwendung entwickelt.

