

Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umweltleistungen: Stoffstrombilanzen (SSB)

Nicolas Lampkin

Schlussbericht Teil II.14

Verbundprojekt “Entwicklung eines leistungsdifferenzierten Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt“

Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umwelleistungen: Stoffstrombilanzen (SSB)

Der ökologische Landbau steht für ein ganzheitliches Konzept der Landnutzung mit dem Anspruch, in besonderer Weise die Belastungsgrenzen der Natur zu berücksichtigen. Für die erbrachten Umwelleistungen erhalten Ökobetriebe eine flächenbezogene Prämie. Die Höhe dieser Umweltprämie wird bisher auf der Basis regionaler durchschnittlicher Zusatzkosten und Erlöseinbußen der ökologischen Produktion im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise kalkuliert. Dieses Vorgehen hat zwei Nachteile. Zum einen steht die Prämienhöhe in keinem Zusammenhang zum Wert der erbrachten öffentlichen Leistung. Und zum zweiten bietet die Prämie keine finanziellen Anreize, Bewirtschaftungspraktiken umzusetzen, die über die gesetzlichen Öko-Mindestbedingungen hinausgehen. Vor diesem Hintergrund war das Ziel des UGÖ-Forschungsprojektes „Entwicklung eines leistungsdifferenzierten Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt“, die Wirkungszusammenhänge zwischen verschiedenen ökologischen Landbaupraktiken und der Erbringung von Umwelleistungen zu quantifizieren und eine Grundlage für die Entwicklung eines Konzepts zur Honorierung von Umwelleistungen unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Landbaus zu schaffen.

Der vorliegende UGÖ-Schlussbericht Teil II.14 beschreibt die methodische Vorgehensweise und Datenquellen und bewertet die Qualität des Indikators ‚Stoffstrombilanzen (SSB)‘, der eventuell als Teil des Honorierungssystems dienen könnte.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Förderkennzeichen: 2818OE110

Die Durchführung des Projektes erfolgte in einem engen Austausch mit der BÖL-Geschäftsstelle und dem BMEL. Für die inhaltlichen Impulse und die administrative Unterstützung möchten wir insbesondere Frau Doris Pick, Dorothee Hahn, Viola Molkenthin und Karl Kempkens danken. Zudem möchten wir Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft; Philipp Löw, Thünen-Institut Stabsstelle Klima und Boden; und Maximilian Zinnbauer, Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, für ihre Hilfe bei der Vorbereitung dieses Indikatorberichts unseren Dank aussprechen.

Nicolas Lampkin
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: bw@thuenen.de

Braunschweig, Juli 2023

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Politische Relevanz und Vorschriften	1
1.2	Beitrag des ökologischen Landbaus	2
2	Methodik	4
2.1	Zusammenfassung	4
2.2	Detaillierte Methodenbeschreibung	4
2.3	Notwendige Inputdaten	8
2.4	Leistungsbestimmung (Schwellenwerte)	9
3	Indikatorqualitätsbewertung	12
3.1	Aussagekraft	12
3.2	Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit	13
3.3	Datenverfügbarkeit und -qualität	14
3.4	Transaktionskosten	15
3.5	Kommunizierbarkeit	16
3.6	UGÖ-Modul-A-Ergebnisse: Ausschnitt aus dem Schlussbericht Teil 1 (2023)	17
4	Schlussfolgerung	21
5	Literaturverzeichnis	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Politische Ziele und Indikatoren sowie Leistungen der Landwirtschaft zum Thema Stoffstrombilanzen	1
Tabelle 1-2:	N-Salden im Pflanzenbau (Mittelwert, Median, Minimum und Maximum) aus Experimentalstudien und Pilotbetrieben (kg/ha und Jahr)	3
Tabelle 2-1:	Komponenten unterschiedlicher regulatorischer Ansätze in Deutschland	5
Tabelle 2-2:	Jährliche betriebliche Stoffstrombilanz für Stickstoff (N) oder Phosphor (P)/Phosphat (P ₂ O ₅) nach StoffBilV	7
Tabelle 2-3:	Zusammenfassung der notwendigen Inputdaten und mögliche Datenquellen	9
Tabelle 2-4:	Vorschläge für SSB-Indikator-Schwellenwerte	10
Tabelle 2-5:	Ergebnisse der Erhebungen auf Ökobetrieben im Betriebsdurchschnitt und entsprechend der Spezialisierung auf Futterbau, Feldgemüse und Marktfruchtbau (gewogene Mittelwerte inklusive Standard-abweichung)	10
Tabelle 2-6:	P-Gehaltsklassen und Richtwerte für pflanzenverfügbaren Phosphor im Boden (n. VDLUFA, 2018) sowie P-Düngung und zulässige Salden für Phosphor in der StoffBilV gestuft nach P-Gehaltsklassen	11
Tabelle 3-1:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Aussagekraftkriterien	12
Tabelle 3-2:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitskriterien	14
Tabelle 3-3:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Datenverfügbarkeits- und -qualitätskriterien	15
Tabelle 3-4:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Transaktionskostenkriterien	16
Tabelle 3-5:	Kommunizierbarkeit des SSB-Indikators nach Zielgruppen	16
Tabelle 3-6:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Kommunizierbarkeitskriterien	17
Tabelle 3-7:	Modell für den Indikator N-Saldo der Fruchtfolge und die ANOVA der Bewirtschaftungspraktiken und Einflussfaktoren	17
Tabelle 4-1:	Gesamtbewertung des SSB-Indikators	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich des N-Saldos	3
Abbildung 3-1:	Auswirkung (a) des N-Inputs, (b) der Rotationsdauer, (c) des N-Outputs und (d) des Leguminosenanteils in der Fruchtfolge auf den N-Saldo	18
Abbildung 3-2:	N-Saldo und kategorische Einflussgrößen der (a) Bodenbearbeitung, (b) Zwischenfrüchte und (c) Düngerart	19

1 Einleitung

Nährstoffe sind für die Pflanzen- und Tierproduktion wichtig, deswegen werden Düngemittel häufig auf landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt. Die Tierhaltung braucht oft auch zugekaufte Futtermittel. Nährstoffüberschüsse aus Dünge- und Futtermitteln können aber eine schwere Umweltbelastung darstellen. Stickstoffüberschüsse können zu Nitratauswaschung, Lachgas- und Ammoniakemissionen führen, die schädlich für aquatische Ökosysteme, Klima und Luftqualität sind. Die Stickstoffdüngung bedeutet auch, dass sensiblere Pflanzenarten unter Konkurrenz von Kulturpflanzen leiden, und beeinflusst auch die Zusammensetzung von Organismen in Bodenökosysteme, zum Schaden von Biodiversität. Auch Phosphorüberschüsse sind als problematisch einzustufen. Phosphor in mineralischen Düngemitteln und Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung bindet sich zu Bodenpartikeln, die durch Erosion in Gewässer gelangen und dadurch Schaden für aquatische Ökosysteme (Eutrophierung) verursachen können. Die Stoffstrombilanzierung ist ein Versuch, die Nährstoffüberschüsse wahrzunehmen und die landwirtschaftliche Praxis zu ändern.

1.1 Politische Relevanz und Vorschriften

Die Vermeidung von Nährstoffbelastungen aus der Landwirtschaft ist in mehreren Gesetzen und Strategien geregelt, einschließlich im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), Klimaschutzgesetz (KSG), in der Grundwasserverordnung (GrwV), sowie in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS), der Nationalen Strategie für biologische Vielfalt (NSBV) und in der Ackerbaustrategie (AS) (Tabelle 1-1). Diese Problematik hat auch zu besonderen Regeln geführt: der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV) und der Düngeverordnung (DüV) (vgl. Abschnitt 2.2).

Tabelle 1-1: Politische Ziele und Indikatoren sowie Leistungen der Landwirtschaft zum Thema Stoffstrombilanzen

Oberziel	Qualitative Zielsetzung	Zielindikator	Leistungsformulierung*
Den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C u. möglichst auf 1,5 °C ggü. dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen (KSG)	Die Treibhausgasemissionen werden im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise gemindert (KSG, DNS).	Jahres-THG-Emissionen der Landwirtschaft einschließlich des landwirtschaftlichen Energieverbrauchs (1.A.4)	Verminderung der direkten und indirekten THG-Emissionen
Ökosysteme schützen, Ökosystemleistungen erhalten und Lebensräume bewahren	Verringerung der Eutrophierung der Ökosysteme durch atmosphärische Stickstoffeinträge (DNS)	Anteil der bewerteten Fläche empfindlicher Ökosysteme	Verminderung der Ammoniak (NH ₃)- und NH ₄ ⁺ -Emissionen
Minderung der stofflichen Belastung von Gewässern	Das Grundwasser ist vor Verunreinigungen oder sonstigen nachteiligen Veränderungen seiner Eigenschaften zu schützen und in seiner natürlichen Beschaffenheit zu erhalten (GrwV, DNS).	Anteil der Messstellen mit einer Nitratkonzentration von <50 mg/l oder an denen der Orientierungswert des guten ökologischen Zustands für Gesamtstickstoff eingehalten wird.	Verminderung der Nitrat- und Stickstoffbelastung im Grundwasser und in Oberflächengewässern
		Anteil der Messstellen mit einer Phosphatkonzentration <0,5 mg/l oder an denen der Orientierungswert des guten ökologischen Zustands für Gesamt-Phosphor eingehalten wird.	Verminderung der Phosphatbelastung im Grundwasser und in Oberflächengewässern

Oberziel	Qualitative Zielsetzung	Zielindikator	Leistungsformulierung*
Minderung der stofflichen Belastung von Gewässern	Stickstoffüberschüsse der Gesamtbilanz für Deutschland sollen auf 70 kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche verringert werden (DNS, NSBV).	Stickstoffüberschuss landwirtschaftlich genutzter Flächen	Verminderung der Stickstoffüberschüsse je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche
... dass die biologische Vielfalt; die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter ... auf Dauer gesichert sind (BNatSchG)	Bis zum Jahr 2030 soll der Flächenanteil mit erhöhtem Stickstoffeintrag um 35 % ggü. 2005 reduziert werden. Dies entspricht einer Senkung auf 50 % der bewerteten Fläche empfindlicher Ökosysteme (DNS, NSBV).	Anteil der Ökosysteme mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Eutrophierung durch atmosphärische Stickstoffeinträge	Verminderung der Stickstoffinputs und Ammoniakemissionen

* Die zu honorierende Umweltleistung besteht in der ...

Quelle: UGÖ-Schlussbericht Teil II.1.

Die Grundsätze der guten fachlichen Praxis und die Cross-Compliance-Bestimmungen bzw. die Konditionalitäten der GAP (GAPKondV¹) spezifizieren Maßnahmen zum Erhalt des guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands (GLÖZ). Obwohl keine davon direkt auf Stoffstrombilanzen fokussiert sind, sind einige indirekt relevant – wie GLÖZ 1: Erhaltung von Dauergrünland; GLÖZ 6: Mindestbodenbedeckung, um vegetationslose Böden in den sensibelsten Zeiten zu vermeiden; GLÖZ 7: Fruchtwechsel auf dem Ackerland; und GLÖZ 8: Mindestanteil der landwirtschaftlichen Fläche für nichtproduktive Flächen oder Landschaftselemente.

Einige Bundesländer bieten Agrarumweltmaßnahmen an, die auch zur Reduktion von Nährstoffüberschüssen beitragen können, zum Beispiel Anbau von Zwischenfrüchten zur Bodenbedeckung (Winterbegrünung) und Maßnahmen zur Förderung vom Anbau von mehrj. Klee-/Luzernegras sind besonders relevant (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.12). Die neue Öko-Regelungen (ÖR) bieten auch Möglichkeiten, um Produktionsintensität und Nährstoffüberschüsse zu reduzieren, zum Beispiel ÖR 4: Extensivierung des gesamten Dauergrünlands des Betriebes.

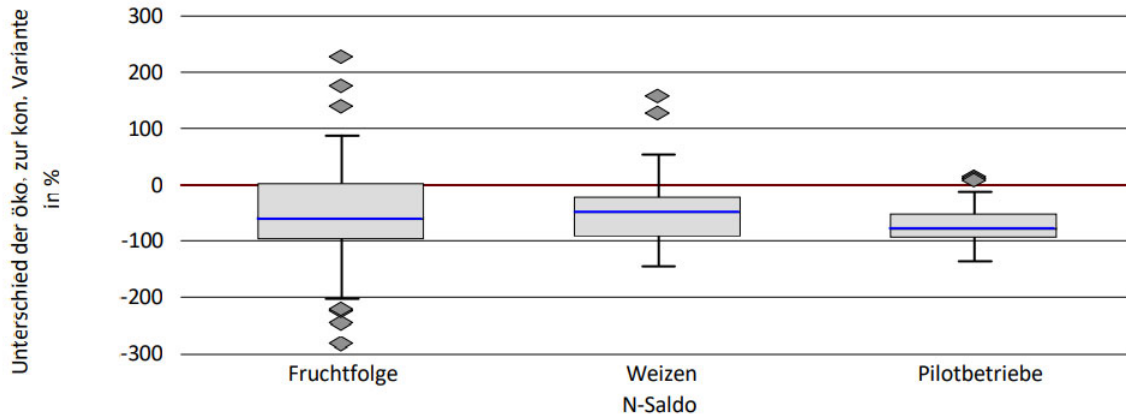
1.2 Beitrag des ökologischen Landbaus

Die Richtlinien und Verordnungen des Ökolandbaus enthalten viele Bedingungen, die zu einer Reduktion der N- und P-Salden führen sollen: Verzicht auf synthetischen N-Dünger, begrenzter Einsatz von mineralischen Düngemitteln, landgebundene Tierhaltung mit Obergrenzen für Tierbesatzdichte und Nutzung von organischen Düngemitteln. Im Kontext der EU-Öko-Verordnung haben einzelne Betriebe viel Spielraum, um über ihre Zukäufe von Futter- und Düngemitteln and Abgabe von Produkten zu entscheiden und dadurch die Stoffstrombilanzen zu beeinflussen. Es gibt auch Risiken, zum Beispiel beim Anbau von Leguminosen, um biologischen Stickstoff zu fixieren, und bei der Ausbringung von organischen Düngemitteln, die zu unnötigen Stickstoffverlusten führen könnten. Deswegen ist es wichtig, Praxismaßnahmen auch im Öko-Landbau einzusetzen, die Überschüsse und Umweltfolgen reduzieren.

¹ Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik geltenden Konditionalität (GAP-Konditionalitäten-Verordnung - GAPKondV) <https://www.gesetze-im-internet.de/gapkondv/BJNR224400022.html>, abgerufen am 28.06.2023.

Mehrere Studien deuten darauf hin, dass die eingeschränkte Verwendung von N- und P-Dünger im ökologischen Landbau zu niedrigeren Salden und Umweltfolgen führen als im konventionellen Landbau (Sanders und Heß, 2019) (Abbildung 1-1, Tabelle 1-2).

Abbildung 1-1: Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich des N-Saldos



Datengrundlage: Daten aus Studien auf der Ebene von Fruchtfolgen (FF) (n = 63), Daten aus Studien auf der Ebene der Fruchtart Weizen (W) (n = 20), Daten aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe (PB) auf Ebene des Betriebes (Ackerbau und Grünland) (n = 31). Konv = 0%; Extremwerte FF: 327 %, -412 %; W: 300 %, -245 %, -577 %; PB: 112 %, 736 %, -1307 % (o.Darst.)

Quelle: Chmelikova und Hülsbergen (2019) in Sanders und Heß (2019).

Tabelle 1-2: N-Salden im Pflanzenbau (Mittelwert, Median, Minimum und Maximum) aus Experimentalstudien und Pilotbetrieben (kg/ha und Jahr)

	Fruchtfolge		Weizen		Pilotbetriebe	
	öko	kon	öko	kon	öko	kon
Mittelwert	33,0	47,0	13,0	39,7	14,8	58,0
Median	23,7	43,1	-4,1	31,0	13,4	60,9
Min-Wert	-58,8	-57,0	-74,0	-60,0	-41,0	-37,0
Max-Wert	178,0	217,0	160,0	204,5	72,4	123,6

Quelle: Chmelikova und Hülsbergen (2019) in Sanders und Heß (2019).

2 Methodik

2.1 Zusammenfassung

Stoffstrombilanzen sollen dazu dienen, umweltschädliche Überschüsse von Stickstoff und Phosphor aus der Landwirtschaft möglichst gering zu halten. Im Prinzip werden Zufuhr und Abgabe von Futter- und Düngemitteln, pflanzlichen und tierischen Produkten und sonstiger Biomasse zum und vom Betrieb verglichen. Vollständige Stickstoffbilanzen sind, im Vergleich zu Phosphorbilanzen, etwas komplexer, weil zum einen Stickstoffverluste wie Nitratauswaschung, gasförmige Austräge von N (Stickstoffgas, Ammoniak und Lachgas) und Austräge über Erosion sowie zum anderen Stickstoffquellen wie symbiotische N-Fixierung, Ammoniak und andere Depositionen von der Atmosphäre mitzurechnen wären. Diese sind aber kleinräumig bzw. auf betrieblicher Ebene schwer oder meist nur durch Pauschalwerte zu quantifizieren. Bei Brutto-Stoffstrombilanzen für N werden diese potentiellen Verluste und Quellen nicht berücksichtigt, was die Bilanzerstellung vereinfacht und Ergebnisse zwischen Betrieben besser vergleichbar macht. Ziel der Bilanzierung ist es deswegen, nicht die unerwünschten Verluste direkt zu quantifizieren, sondern durch die Salden die Mengen nicht genutzter Nährstoffe zu zeigen, die verlustgefährdet sind oder zu Bodennährstoffgehaltsänderungen beitragen. Nährstoffbilanzen können unterschiedlich (nach Systemgrenzen und Zweck) berechnet werden – z. B. auf regionaler Ebene, als (betriebliche) Hoftor-(Stoffstrom-)Bilanz oder auch auf Flächen- bzw. Schlagbasis. Für das Honorierungssystem, um unterschiedliche Leistungen auf Betriebsebene vergleichbar zu quantifizieren und zu honorieren, sind Hoftor-Bilanzen im Sinne der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV) am besten geeignet.

2.2 Detaillierte Methodenbeschreibung

Die Methodik der Nährstoffbilanzierung ist aus vielen Quellen zu entnehmen, oft mit unterschiedlichen Ansätzen und Annahmen (Stein-Bachinger et al., 2004; Watson et al., 2002). VDLUFA (2007) hat verschiedene Methoden zusammengefasst und unterscheidet zwischen betrieblicher Hoftorbilanz, Flächen-/Feld- und Schlagbilanzen. Im Gegensatz zu manchen regionalen Bilanzen werden auf betrieblicher Ebene N-Depositionen und Denitrifikation nicht berücksichtigt, weil sie nicht von Landwirten beeinflussbar sind. Um die Vergleichbarkeit mit regionalen Salden zu sichern, kann der standortübliche Pauschalwert² für die Deposition zum Saldo addiert werden (VDLUFA, 2007). **Hoftor- oder gesamtbetriebliche Bilanzen** enthalten Schätzwerte für die symbiotische N-Bindung sowie für Zukäufe und Verkäufe von Futter, Mineraldünger, organische Düngestoffe, Saatgut, Stroh, Zucht- und Nutzvieh, Biogas-Gärreste und -Substrate sowie für Verkäufe pflanzlicher und tierischer Marktprodukte. Um gesamtbetriebliche N-Salden für vergleichende Betrachtungen aussagefähig zu machen, sollten die N-Bilanzen in die Bereiche Tierhaltung (**Stallbilanzen**) sowie Pflanzenbau (**Flächenbilanzen**) untergliedert werden. Stallbilanzen enthalten relevante Zukäufe und Verkäufe, aber auch eigene Produktion von Futtermitteln (abzüglich Konservierungsverlusten) und Stroh. Der Stallsaldo entspricht den Nährstoffausscheidungen einschl. NH₃-Verlusten, die auch mit Normdaten^{3,4} für Tierart, Stall, Lagerungen und Ausbringung zu ermitteln sind. Hoftorsaldo minus Stallbilanzsaldo ergibt die Hoftor-(Gesamt-)Flächenbilanz. Dieser gesamtbetriebliche Flächensaldo ermöglicht eine bodenorientierte Einschätzung der Effizienz der eingesetzten Düngernährstoffe, einschließlich hofeigener Wirtschaftsdünger, und der potenziellen Gefährdung von Umwelt und Bodenfruchtbarkeit. Diese Kombination von Stall- und Flächenbilanzen entspricht auch der empfohlenen Methodik für **regionale Bruttobilanzen** (OECD und Eurostat, 2007).

² Umweltbundesamt Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff: <http://gis.uba.de/website/depo1/>, abgerufen am 21.07.2023.

³ Düngeverordnung (DüV). Originale Version 2017: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27bgbl117s1305.pdf%27\]#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s1305.pdf%27%5D_1644231422865](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*[%40attr_id%3D%27bgbl117s1305.pdf%27]#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s1305.pdf%27%5D_1644231422865), abgerufen am 21.07.2023.

⁴ Geänderte Version (2020 u. zuletzt durch Art. 97 G v. 10.8.2021 | 3436): https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf, abgerufen am 21.07.2023. In dieser Version sind die Nährstoffvergleichsbestimmungen (§ 8 u. 9) aufgehoben.

Feld- und Schlagbilanzen beziehen sich nur auf das, was auf der Bodenoberfläche (Acker und Grünland) passiert – die Tierhaltung wird nicht direkt mitgerechnet, obwohl die hofeigenen Wirtschaftsdünger (auf Basis von N-Ausscheidung minus NH₃-Verlusten (Stall, Lagerung und Ausbringung) abzüglich N-Abgabe über Wirtschaftsdünger) mitgerechnet werden. Die geernteten Futter- und Grünlandmengen (durch Mähen und Weiden) werden grundsätzlich mitgerechnet. Für tierhaltende Betriebe sind Hoftorbilanzen, wegen fehlender Datenzuverlässigkeit bei Feldebilanzen, für die Bewertung der N-Effizienz zu bevorzugen (VDLUFÄ; 2007). Aber Flächenbilanzen verfolgen das Gefährdungspotential Grundwasser und sind dafür ein geeigneteres Instrument für alle Betriebe (Zinnbauer, 2021, pers. Mitteilung).

Die Methodik und einzelne Koeffizienten für die Berechnung von Nährstoffbilanzen sind mittlerweile in deutschen Verordnungen festgelegt worden, einschließlich der Düngerverordnungen (DüV) unterschiedlicher Jahrgänge und der StoffBiV⁵ von 2017. In der DüV wurde bis 2020 der sog. Nährstoffvergleich nach der Methode einer aggregierten Flächenbilanz geregelt, während in der StoffBiV seit 2017 die Vorgehensweise zur Erstellung einer Brutto-Hoftorbilanz geregelt ist. Infolge einer Klage der EU-Kommission gegen Deutschland wurde der Nährstoffvergleich in der DüV 2020 außer Kraft gesetzt und die Methodik zur Ermittlung des Düngebedarfs präzisiert, als Basis zur Begründung der eingesetzten Düngemengen. Diese drei regulatorischen Ansätze – Hoftorbilanz, Flächenbilanz und Düngebedarfsermittlung – wurden von (Löw et al., 2021b) u. a. hinsichtlich des Aufbaus und der Verlässlichkeit der benötigten Daten verglichen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 2-1: Komponenten unterschiedlicher regulatorischer Ansätze in Deutschland⁶

	Hoftor- bilanz (§6 StoffBiV)	Flächen- bilanz (§8 DüV 2017)	Dünge- bedarfs- planung (§4 DüV 2020)	Daten- quelle ^b	Daten- qualität ^c
<i>Zufuhr/Zukäufe</i>					
Düngemittel	X	X	X	B, K	1
Importierte Wirtschaftsdünger, Biogas-Gärreste und -substrate	X	X	X	B, K?	0
Importierter Kompost, Klärschlamm und sonst. organische Dünger importiert	X	X	X	B, K?	1
Betriebseigene Wirtschaftsdünger, Biogas-Gärreste und -Substrate und Komposte	-	X	X	B	-1
Sonstige Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Pflanzenhilfsmittel	X	X	X	B, K?	1
Futtermittel, zugekauft	X	-	-	B, K?	1
Tiere, nach Art, Alter differenziert, zugekauft	X	-	-	B, K?	0
Biologische N-Fixierung (Fixierungskoeffizienten mal ha Klee gras, Körner- und sonstige Leguminosen (ZF, GD usw.), Dauergrünland m. Leguminosen)	X	X	X	(kgN/ha Daten: B,K,V,F)	-1
Saatgut, Pflanzen	X	-	-	B, K	1
Stickstoffdeposition ^d	X	-	-	UBA	0
<i>Abgabe/Abfuhr/Verkäufe</i>					
Erträge vermarktete Kulturen	X	X	X	B	1

⁵ Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung - StoffBiV) von 14.12.2017 <https://www.gesetze-im-internet.de/stoffbilv/index.html#BJNR394210017BJNE000100000>, abgerufen am 21.07.2023.

⁶ Alle Einheiten t/Betrieb, in kg N oder P / Betrieb mit vorgegebenen Koeffizienten umgerechnet, dann durch ges. ha LF geteilt, um Ø Werte/ha zu erreichen.

	Hoftor- bilanz (§6 StoffBiV)	Flächen- bilanz (§8 DüV 2017)	Dünge- bedarfs- planung (§4 DüV 2020)	Daten- quelle ^b	Daten- qualität ^c
Erträge Futterpflanzen für betriebseigene Nutzung	-	X	X (erwartet)	B	-1
Verkaufte Tiere, nach Art, Alter differenziert	X	-	-	B	1
Tierische Produkte	X	-	-	B	1
Wirtschaftsdünger, exportiert	X	X	X	B	0
Biogas-Gärreste und -Substrate	X	X	X	B	0
Saatgut, Pflanzen	X	-	-	B	1
Stickstoffverluste ^e (Ammoniak, Lachgas) im Stall und bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern in tierhaltenden Betrieben	X	X	-	B	0
bei der Lagerung von Gärsubstraten pflanzlicher Herkunft und Gärückständen in Biogasbetrieben	X	X	-	B	0
bei der Aufbringung von betriebseigenen und aufgenommenen organischen Düngemitteln	X	X	X	B	0
bei der Lagerung von Grobfutter	X	X	-	B	0
bei der Weidehaltung (Anzahl Weidetage)	X	X	-	B	-1
<i>Kontextindikatoren</i>					
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	X	X	X	B, K, V	1
Viehbesatz (GVE) und -dichte (GVE/ha oder DE/ha) nach Tierart	X	-	-	B, K?, V	1
Kultur-/ertragsspezifischer N-Bedarf (kg/t) – vermarktete Kulturen und Futterpflanzen	-	-	X	S	0
N-Lieferung (kg/ha) von Wirtschaftsdüngern im Vorjahr	-	-	X	S	0
Bodenverfügbares N (N _{min})/ha	-	-	X	P	1
Vorkulturen, Zwischenfrüchte (ha)	-	-	X	B, K, V	1
Pflanzenreste (t/ha)	-	X	X	B	-1
Anteil Dauergrünland (%)	X	-	-	B, K, V	1
Betriebstyp	X	-	-	B, S	1
Bodentyp?	X	X	X	B	1
Region?	X	X	X	V	1
Niederschlag?	X	X	X	S	1

a Die Koeffizienten sind im Anhang zur StoffBiV 2017 und DüV 2020 festgesetzt, wobei StoffBiV Nährstoffentzugs- und DüV Nährstoffbedarfswerte für unterschiedliche Kulturarten beinhalten.

b Datenquellen: B: Betrieb, K: Kontrolle, V: Verwaltung, S: Statistik, F: Fernerkundung, T: Technologien, P: Proben

c Datenqualität: hoch, z. B. belegbasiert = 1; mittel = 0; niedrig, z. B. von Betriebsleitern geschätzt; schwierig zu bestätigen = -1.

d Die Stickstoffdeposition ist auf der Grundlage des letzten gültigen „Hintergrundbelastungsdatensatzes Stickstoffdeposition“ des Umweltbundesamtes am Betriebsitz zu ermitteln.

e Gasförmige Verluste durch N-Emissionen von Verflüchtigung in der Tierhaltung und Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung und Gesamt-N-Emissionen von tierischen Ausscheidungen auf Grünland.

Quelle: Löw et al. (2021b), geändert.

Nach der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBiV) 2017 müssen Stoffstrombilanzen jährlich berechnet werden wie in Tabelle 2.2 beschrieben, um daraus dreijährige gleitende Mittelwerte der betrieblichen Stoffstrombilanz für Stickstoff und Phosphor abzuleiten. Die Verordnung gilt ab 1. Januar 2018 für

- Betriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten je Betrieb oder mit mehr als 30 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche bei einer Tierbesatzdichte von jeweils mehr als 2,5 Großvieheinheiten je Hektar,
- viehhaltende Betriebe, die die in Nummer 1 festgesetzten Schwellenwerte unterschreiten, wenn dem Betrieb im jeweiligen Bezugsjahr außerhalb des Betriebs anfallender Wirtschaftsdünger zugeführt wird, und
- Betriebe, die eine Biogasanlage unterhalten und mit einem viehhaltenden Betrieb nach Nummer 1 oder Nummer 2 in einem funktionalen Zusammenhang stehen, wenn dem Betrieb im jeweiligen Bezugsjahr Wirtschaftsdünger aus diesem Betrieb oder sonst außerhalb des Betriebs anfallender Wirtschaftsdünger zugeführt wird.

Tabelle 2-2: Jährliche betriebliche Stoffstrombilanz für Stickstoff (N) oder Phosphor (P)/Phosphat (P₂O₅) nach StoffBilV

Zufuhr	Nährstoff in kg	Abgabe	Nährstoff in kg
Düngemittel insgesamt, davon:		Pflanzliche Erzeugnisse	
Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft		Tierische Erzeugnisse	
sonstige organische Düngemittel		Düngemittel insgesamt, davon:	
Bodenhilfsstoffe		Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft	
Kultursubstrate		sonstige organische Düngemittel	
Pflanzenhilfsmittel		Bodenhilfsstoffe	
Futtermittel		Kultursubstrate	
Saatgut einschl. Pflanzgut u. Vermehrungsmaterial		Saatgut einschl. Pflanzgut u. Vermehrungsmaterial	
Landwirtschaftliche Nutztiere		Futtermittel	
Stickstoffzufuhr durch Leguminosen		Pflanzenhilfsmittel	
Sonstige Stoffe		Landwirtschaftliche Nutztiere	
		Sonstige Stoffe	
Summe der Nährstoffzufuhr je Betrieb in kg Nährstoff		Summe der Nährstoffabgabe je Betrieb in kg Nährstoff	
Summe der Nährstoffzufuhr je Betrieb in kg Nährstoff je Hektar		Summe der Nährstoffabgabe je Betrieb in kg Nährstoff je Hektar	
Differenz zwischen Nährstoffzufuhr und Nährstoffabgabe in kg Nährstoff/Betrieb			
Differenz zwischen Nährstoffzufuhr und Nährstoffabgabe in kg Nährstoff je Hektar			
Stickstoffdeposition im Betrieb über den Luftpfad in kg N je Hektar			

a Die Stickstoffdeposition ist auf der Grundlage des letzten gültigen Hintergrundbelastungsdatensatzes Stickstoffdeposition des Umweltbundesamtes (<http://gis.uba.de/website/depo1/>, abgerufen am 21.07.2023) am Betriebssitz zu ermitteln.

Quelle: StoffBilV 2017.

Ab dem 1. Januar 2023 gilt die Verordnung auch für:

- Betriebe mit mehr als 20 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche oder mehr als 50 Großvieheinheiten je Betrieb,
- Betriebe, die die in Nummer 1 genannten Schwellenwerte unterschreiten, wenn dem Betrieb im jeweiligen Bezugsjahr außerhalb des Betriebs anfallender Wirtschaftsdünger zugeführt wird und
- Betriebe, die eine Biogasanlage unterhalten und mit einem Betrieb nach Nummer 1 oder Nummer 2 in einem funktionalen Zusammenhang stehen, wenn dem Betrieb im jeweiligen Bezugsjahr Wirtschaftsdünger aus diesem Betrieb oder sonst außerhalb des Betriebs anfallender Wirtschaftsdünger zugeführt wird.

Nach einer Evaluierung der StoffBiV in 2021 (Lów et al., 2021a) soll eine neue Fassung der Verordnung ab 01.01.2023 gelten, aber Mitte 2023 war noch kein Entwurf veröffentlicht worden. Möglich ist, nach der Evaluierung, dass:

- einige Aspekte der Berechnung vereinfacht werden, zum Beispiel Saatgut,
- die besonderen Schwierigkeiten mit Ertragsschätzungen im Bereich Gartenbau adressiert werden,
- mehr (alle) Betriebe miteinbezogen werden sollen.

Die Komplexitäten der Stoffstrombilanzierung haben dazu geführt, dass viele Betriebe Berater*innen für die Berechnungen verwenden. Die Entwicklung von besser standardisierten Datensätzen (vgl. Abschnitt 2.3), und Berechnungswerkzeuge wie das „Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung“ (BESyD)⁷, welches von Sachsen und anderen Bundesländern zur Stoffstrombilanzierung empfohlen wird, zu besser belegten und verlässlicheren Ergebnissen führen können.

2.3 Notwendige Inputdaten

Die Hauptdatenkategorien sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgelistet und mit Datenquellen in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengefasst. Bei den meisten Parametern handelt es sich um Mengen von Zu- und Verkäufen, die überwiegend aus betriebswirtschaftlichen Quellen (Lieferscheinen, Belegen usw.) verfügbar sein werden. Vor allem im Bereich Gemüsebau sind Ertragsschätzungen schwierig, da die Vermarktung stück- oder kistenweise erfolgt und Feldverluste durch z. B. nicht vermarktbar Ware auftreten. Werte für symbiotische N-Fixierung, Deposition, N-Verluste in der Tierhaltung und Lagerung bzw. Ausbringung biogener Ressourcen müssen anhand von Flächen und Tierzahldaten unterschiedlicher Arten berechnet werden.

Die Umrechnungsfaktoren sind auch notwendige Daten und zum Teil in der StoffBiV festgelegt. Einige Daten sind auch in der DüV enthalten, obwohl es bei der Stoffstrombilanzierung nicht darum geht, Düngerbedarf zu berechnen. Nicht alle Kulturarten sind in den Verordnungen repräsentiert, und die Ertragsannahmen können sich regional unterscheiden. N-Gehalte variieren auch nach Eiweißgehalt, und diese Werte sind von der Düngung und vom Anbausystem (z. B. ökol. Landbau) abhängig. Einige Bundesländer, zum Beispiel Sachsen-Anhalt⁸ und Bayern⁹, haben detailliertere Datensätze zusammengestellt, die mehr Kulturen sowie Ertrags- und Eiweißannahmen beinhalten. Diese Quellen enthalten auch mehr Umrechnungsfaktoren für den Ökolandbau. Dies gilt auch für die Datensätze im Berechnungswerkzeug BESyD⁷.

⁷ <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengebedarfsermittlung-besy-d-20619.html>, abgerufen am 19.07.2023.

⁸ https://ilg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/Richtwerte/2019_rw_gesamt_duengerecht.pdf, abgerufen am 19.07.2023.

⁹ https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/basisdaten21_tabellen_1-9_20210309.pdf, abgerufen am 19.07.2023.

Tabelle 2-3: Zusammenfassung der notwendigen Inputdaten und mögliche Datenquellen

Quelle	InVekoS	LPIS	GLÖZ	Kontrolle	Betriebs- unterlagen	Proben	Drohnen	Fern- erkundung	Statistik/ Stand.daten
<i>Zukäufe/Zufuhr</i>									
Düngemittel				X	X				
Org. Dünger				X	X				
Biol. Fixierung/Deposition	X								X
Futtermittel				X	X				
Tiere				X	X				
Pflanzen/Saatgut					X				X
<i>Verkäufe/Abfuhr</i>									
Pfl. Erträge/tier. Produkte					X				X
Tiere					X				X
Pflanzen/Saatgut					X				X
Org. Dünger					X				X
Ammoniak/Lachgas									X
<i>Sonstige*</i>									
Fläche	X				X				
Landnutzung	X				X				
Tierbesatz	X				X				
N _{min} -Werte						X			
Betriebstyp					X				
Bodentyp (Textur)					X				
Humusgehalt (C _{org})					X				

* Siehe auch Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Quelle: Eigene Darstellung.

2.4 Leistungsbestimmung (Schwellenwerte)

In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wurde ein durchschnittlicher N-Saldo auf Bundesebene von 70 kg N/ha als Zielwert festgesetzt. In der StoffBilV (2017) beträgt der maximal zulässige Hoftorbilanzwert für Stickstoff 175 kg N/ha (gemittelt über drei Jahre). Die maximale N_{org}-Zufuhr in nitratgefährdeten Zonen (= ganz Deutschland) ist nur 170 kg N/ha und Jahr. Aktuell wird im Zuge der Evaluierung der StoffBilV unter Federführung des BMEL ein neues Bewertungssystem entwickelt, weg von einem pauschalen zulässigen Bilanzwert und hin zu einem differenzierten zulässigen Bilanzwert in Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebseigenschaften (Löw, 2021, pers. Mitteilung). In der DüV ist ein Netto-Flächenbilanz-Saldo von 50 kg N/ha für Ackerbau ohne Einsatz organischer N-Dünger vorgesehen. Taube et al. (2020) schlagen vor, dass die Zielwerte für N-Bilanzen an die Mengen an organischem Wirtschaftsdünger angepasst werden sollen, um die Rolle der Tierhaltung zu erkennen. Sie schlagen vor, einen zulässigen betrieblichen N-Überschuss (kg N/ha LF) mit der Formel $= 50 + 0,58 \times \text{kg N organische Dünger/ha LF}$ zu kalkulieren, mit einer Obergrenze bei 120 kg N/ha für tierbetonte Betriebe und 50 kg N/ha für viehlose Ackerbaubetriebe. Langfristig ist es möglich, dass 35 kg N der neue StoffBilV-Höchstwert für N-Salden werden könnte. Dann werden nur zwei förderbare Stufen im Honorierungssystem übrigbleiben: <20 und 20–35 kg N/ha.

Tabelle 2-4: Vorschläge für SSB-Indikator-Schwellenwerte

Indikator	Einheit	Gruppierung	Sehr gut (Stufe 3)	Gut (Stufe 2)	Mäßig (Stufe 1)	Basis (Stufe 0)	Anmerkung/Quelle
Stoffstrombilanzen (SSB)	kg N/ha LF	Viehlose Acker-, Gemüse-, Obst- und Weinbaubetriebe	<20	20-35	35-50	>50	Stufe 0 mindestens DüV- und StoffBilV-kompatibel
Stickstoffsaldo		Grünland- und sonstige tierhaltende Betriebe	<20 bis <40	20-35 bis 40-70	35-50 bis 70-100	>50 bis >100	Nach Taube et al. (2020) (s. oben) mit org. Düngung bis zu etwa 170 kg N nach EU-Öko-V
Phosphorsaldo	kg P/ha LF	Gehaltsklasse: A/B C/D/E		> 5 <-5	0 bis 5 -5 bis 0	< 0 > 0	Siehe unten

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Schlag-Saldo-Ergebnisse von Kolbe und Meyer (2021) (Tabelle 2-5) deuten an, dass Öko-Betriebe mit überdurchschnittlich niedrigen N-Salden Stufe 2 bis 3 erreichen könnten und die mit überdurchschnittlich hohen N-Salden Stufe I oder 0. Die Ergebnisse für Öko-Futterbau-Betriebe sind nicht sehr abweichend von den anderen, so dass evtl. alle Öko-Betriebe mit den gleichen Richtwerten bewertet werden können. Dies gilt auch für die Metaanalyse von Chmelikova und Hülsbergen (2019), mit einem Fruchtfolge-Saldo-Mittelwert von 33 kg N/ha (Tabelle 1-2). In deren Analyse von Pilot-Betrieben in Deutschland haben Hülsbergen et al. (2022) Hoftor-N-Salden für Öko-Marktfrochtbetriebe von 33 kg N/ha (konv. Betriebe: 50) und für Öko-Milchviehbetriebe von 44 kg N/ha (konv.: 124) berechnet. Diese Werte belegen auch die Vorschläge in Tabelle 2-4.

Tabelle 2-5: Ergebnisse der Erhebungen auf Ökobetrieben im Betriebsdurchschnitt und entsprechend der Spezialisierung auf Futterbau, Feldgemüse und Marktfrochtbau (gewogene Mittelwerte inklusive Standardabweichung)

Stoff	Gesamtheit	Futterbau	Feldgemüse	Marktfrocht
Anzahl Betriebe	32	10	7	9
Stickstoff				
Zufuhr org. Dünger	21 ± 18	34 ± 19	23 ± 22	9 ± 7
Saldo	32 ± 28	35 ± 23	44 ± 27	25 ± 36
Phosphor				
Zufuhr org. Dünger	6 ± 5	9 ± 5	6 ± 6	3 ± 3
Saldo	-10 ± 5	-7 ± 6	-6 ± 6	-9 ± 4

Quelle: Kolbe und Meyer (2021).

Für Phosphor haben Taube et al. (2020) eine komplexe Lösung vorgeschlagen (Tabelle 2-6), die nicht besonders gut zu der Situation im ökologischen Landbau passt, weil P-Zufuhr normalerweise sehr niedrig ist und P-Salden eher negativ oder gleich null sind (Kolbe und Meyer, 2021) (Tabelle 2-5). Watson et al. (2002) stellten fest, dass P-Salden etwas höher (Mittelwert 3 kg P/ha) auf Milchvieh und Gemischtbetrieben sein könnten. Taube et al. (2020) meinen auch, dass es längerfristig das Ziel sein muss, in den Betrieben mit Böden in den Gehaltsklassen D und E negative P-Salden zu erreichen und die P-Gehalte in diesen Böden abzureichern (und ein positiver Saldo ist eher gewünscht, wenn die Boden-Phosphor-Indizien niedrig sind). Deswegen wird in Tabelle 2-3 vorgeschlagen, dass Böden mit Gehaltsklassen C/D/E und A/B zusammen gruppiert werden können.

Tabelle 2-6: P-Gehaltsklassen und Richtwerte für pflanzenverfügbaren Phosphor im Boden (n. VDLUFA, 2018) sowie P-Düngung und zulässige Salden für Phosphor in der StoffBiIV gestuft nach P-Gehaltsklassen

P-Gehalts- klasse Boden	Richtwert ^a (mg CAL-P pro 100 g Boden)	Empfohlene P-Düngung ^b (kg P/ha LF)	Zulässiger betrieblicher P-Saldo ^b (kg P/ha LF)
A	< 1,5	2,0 × Abfuhr	1,0 × Abfuhr
B	1,5 - 3,0	1,5 × Abfuhr	0,5 × Abfuhr bis 1,0 × Abfuhr
C	3,1 - 6,0	1,0 × Abfuhr	0 bis 0,5 × Abfuhr
D	6,1 - 12,0	0,5 × Abfuhr	-0,5 × Abfuhr ^c bis 0
E	> 12,0	i.d.R. keine	-1,0 × Abfuhr ^c bis -0,5 × Abfuhr ^c

- a Die Richtwerte gelten für Standorte mit einer Niederschlagsmenge von mehr als ~550 mm/a, für Trockengebiete gelten erhöhte Richtwerte (s. VDLUFA 2018, Tab. 2).
- b Die P-Düngung und der zulässige betriebliche P-Saldo werden als flächengewichteter Mittelwert über die Acker- und Grünlandflächen eines Betriebes in den verschiedenen P-Gehaltsklassen als mehrjähriger Durchschnittswert ermittelt.
- c Negativer P-Saldo: Die P-Abfuhr aus dem Betrieb muss um den aufgeführten Faktor höher sein als die P-Zufuhr.

Quelle: Taube et al. (2020).

3 Indikatorqualitätsbewertung

Die Methodik der Bewertung wurde in UGÖ-Schlussbericht Teil II.4 vorgestellt. Hier werden nur einzelne Aspekte wiederholt als Verständnishilfe für die Detailergebnisse des Indikators.

3.1 Aussagekraft

Bei der Aussagekraft eines Indikators handelt es sich um die Fähigkeit des Indikators, das erwünschte Zielniveau oder die Leistungserbringung möglichst genau darzustellen. Die politischen Ziele, im Kontext vom Leitbild der nachhaltigen Entwicklung und Umweltgerechtigkeit, und dafür relevante Leistungen sind im Abschnitt 1.1 dargestellt.

Unter Aussagekraft sind folgende Aspekte wichtig:

- **Relevanz:** Der Indikator hat Bezug oder Nähe (theoretisch und zeitlich) zum Problem, zum Ziel oder zur erwünschten Leistung. Im Prinzip haben ergebnisorientierte Indikatoren einen engeren Bezug zum Problem als handlungsorientierte. Allerdings können methodische oder andere Überlegungen dazu führen, dass handlungsorientierte Indikatoren als besser geeignet bewertet werden. Relevanz heißt auch, dass Handlungsebenen direkt beeinflusst werden können und Handlungsbereiche für die Agierenden (Politik, Verwaltung, Unternehmen, Verbände ...) handhabbar sind.
- **Repräsentativität und Sensibilität:** Die tatsächliche Situation und Änderungen in der beobachteten Situation können gut abgebildet werden.
- **Vergleichbarkeit:** Inwieweit und unter welchen Umständen sind Kontextfaktoren, zum Beispiel ähnliche Standorte (Boden, Klima, Hangneigung) oder Produktionssystem/Betriebstypen (Ackerbau-, Gemüsebau-, Milch-, sonstige Grünlandbetriebe usw.), für die Interpretation der Indikatoren von Bedeutung.
- **Komplementarität und Duplikation unter den Indikatoren,** bezogen auf das Logikmodell (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.5): Ist ein Indikator auch für andere Schutzgüter bzw. Ziele relevant oder sind die gleichen Daten für mehrere Indikatoren relevant, können unnötige Überlappungen mit anderen Indikatoren oder wiederholte Datenerhebung vermieden werden.

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.

Tabelle 3-1: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Aussagekraftkriterien

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Relevanz (theoretisch, zeitlich, politisch, Umwelt, Praxis)		Stoffstrombilanzen und die daraus resultierenden N- und P-Salden sind für mehrere Umweltprobleme und landwirtschaftliche Leistungen relevant, einschließlich der Minderung von Wasserbelastung und THG-Emissionen, aber auch zum Schutz vom Boden und der Biodiversität. Diese Folgen sind auch durch die Stoffstrombilanzverordnung anerkannt.
Leistung 1: Minderung der stofflichen Belastung von Gewässern	+	Die SSB-Salden werden jährlich nach der StoffBiLV berechnet, aber im Dreijahresdurchschnitt beurteilt.
Leistung 2: Minderung der THG-Emissionen	+	Die SSB werden auf Betriebsebene (HofTOR) berechnet und sind deswegen eher ergebnisorientiert. Unterschiedliche Praxismaßnahmen tragen dazu bei: zum Beispiel Düngung, Tierhaltungsintensität, organische Dünger- und Futterzukaufe und Bodenbearbeitung.
Repräsentativität	+	Die Repräsentativität hängt von der Intensität der Tierhaltung ab, deswegen ist es notwendig, zwischen vieharmen/viehlosen und tierbetonten Betrieben zu unterscheiden sowie auch zwischen Stallhaltungssystemen für Schweine und Geflügel und grünlandbasierten Systemen für Wiederkäuer. Im ökologischen Landbau sind die Unterschiede nicht so groß wie in manchen konv. Systemen.

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Sensibilität	+	Die SSB-Werte sind teilweise mit InVeKoS-Landnutzungs- und Tierhaltungs-Daten zu berechnen. Daten zu Zukäufen und Abgaben müssen anders erhoben werden und könnten von der Vorgehensweise beeinflusst werden. Die Umrechnungsfaktoren (z. B. Erträge und Nährstoffgehalte einzelner Kulturarten) müssen auch zwischen unterschiedlichen Systemen differenzieren können, wie ökol. und konv. Betrieben.
Vergleichbarkeit	+	Hofter-Stoffstrombilanzen je ha LF sind auf Betriebsebene gut vergleichbar. Laut Taube et al. (2020) sind unterschiedliche Ergebnisse zwischen vieharmen Ackerbau- und tierhaltenden Betrieben mit organischer Düngung zu erwarten, aber die Unterschiede im ökologischen Landbau scheinen nicht so groß zu sein. Trotzdem ist es möglich, viehlose/viehharme Betriebe mit anderen Richtwerten zu beurteilen (vgl. Abschnitt 2.4).
Komplementarität	+	Es könnte Überschneidungen mit Humusbilanzen, THG-Emissionen und TBD-Indikatoren geben.
Gesamtbewertung Aussagekraft	+	Hoch

Quelle: Eigene Darstellung.

3.2 Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit

Vor allem, weil es sich um öffentliche Mittel handelt, muss mit den Indikatoren eine hohe Justiziabilität gewährleistet werden können. Auf der einen Seite müssen die Betrugsmöglichkeiten möglichst geringgehalten werden. Auf der anderen Seite muss es möglich sein, dass, wenn einzelne Betriebe unterschiedliche Bewertungen bekommen, diese Bewertungen eine gerichtliche Überprüfung bestehen können. Wichtige Kriterien dafür sind:

- rechtliche Grundlage (klare Definition einschließlich Methodenbeschreibung und technischer Koeffizienten/Umrechnungsfaktoren)
- Messbarkeit/Quantifizierbarkeit (Präzision/Genauigkeit)
- Evidenzbasiertheit (betriebliche Belege, Forschung oder statistische Gesicherheit)
- Replizierbarkeit/Verlässlichkeit (zwischen Betrieben, unter Datensammlern, über Zeit)
- Betrugsanfälligkeit (Möglichkeiten, Daten anzupassen, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen)

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.

Tabelle 3-2: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitskriterien

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Rechtliche Grundlage	++	Der SSB-Indikator ist per Stoffstrombilanzverordnung (StoffBiIV) sehr gut definiert. Änderungen zu der Gesetzgebung sind in 2023 zu erwarten.
Messbarkeit/ Quantifizierbarkeit	+	SSB ist gut quantifizierbar, falls die Umrechnungsfaktoren unterschiedliche Produktionsintensitäten und Anbausysteme gut repräsentieren. Die in der StoffBiIV vorgeschriebenen Faktoren werden in manchen Bundesländern erweitert ¹⁰ . SSB wird noch besser, wenn Lösungen für Zukäufe und Abgaben von Betriebsmitteln und Produkten sowie für die Ertragsdaten im Gemüsebau gefunden werden können. Die gut etablierte Methodik (siehe Evaluierung der StoffBiIV), die Entwicklung von Berechnungswerkzeugen wie BESyD und die meist gute Datengrundlage ermöglichen eine hohe Genauigkeit.
Evidenzbasiertheit	+	Mehrere wissenschaftliche Veröffentlichungen über die Umweltvorteile reduzierter Stoffstrombilanzen liegen vor. Viele Aspekte sind statisch gut gesichert, aber es ist noch nicht möglich, Zukäufe und Abgaben (auch Erträge) im ökologischen Landbau anhand statistischer Daten zu schätzen.
Replizierbarkeit/ Verlässlichkeit	+	Die meist gute Datengrundlage (ohne zu viele geschätzte Zahlen) und geregelte Berechnungsmethodik trägt zur Replizierbarkeit und Verlässlichkeit bei. Die SSB-Werte können direkt auf Betriebsebene berechnet werden. Der Zeitpunkt der Datensammlung ist von der InVeKoSV und StoffBiIV festgelegt. Es ist unklar, inwieweit gut informierte Berater*innen oder Betriebsleiter*innen die Ergebnisse selber beeinflussen können.
Betrugsanfälligkeit	-	Hinsichtlich der Betrugsanfälligkeit ist dieser Indikator als schlecht zu bewerten, weil die Werte für Erträge und organische Düngemittel (Mengen und Nährstoffgehalte) in der Stoffstrombilanzberechnung oft nicht genau festzulegen oder zu belegen sind.
Gesamtbewertung Justiziabilität	0	Mäßig bis hoch, falls die identifizierten Schwächen gelöst werden können.

Quelle: Eigene Darstellung.

3.3 Datenverfügbarkeit und -qualität

Im Prinzip sollen Indikatoren auf der Grundlage (dauerhaft) verfügbarer oder leicht zu erhebender Daten einfach zu messen und zuverlässig/belastbar sein. Die Daten sollen praktikabel zu erheben und nicht zu sehr expertenabhängig sein. Möglicher Datenbedarf sowie mögliche Datenquellen und deren Verfügbarkeit sind schon in Abschnitt 2.3 und UGÖ-Schlussbericht Teil II.3 erfasst worden.

Um die Datenverfügbarkeit zu bewerten, müssen zudem die Qualität der Daten und die Verlässlichkeit der Datenquelle bzw. Erhebungsmethode berücksichtigt werden. Die Erhebungskosten müssen auch akzeptabel sein (siehe ebenfalls den Abschnitt zu Transaktionskosten). Wo möglich sollte eine mehrfache Lieferung ähnlicher Daten, zum Beispiel Landnutzungsdaten an InVeKoS und Kontrollstellen, vermieden werden. Für die Bewertung sind folgende Kriterien verwendet worden: Verlässlichkeit der Datenquelle; Datenqualität; Verlässlichkeit der Erhebungsmethode; und Vermeidung mehrfacher Datenerhebung.

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.

¹⁰ https://ilg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/Richtwerte/2019_rw_gesamt_duengerecht.pdf, abgerufen am 19.07.2023.

Tabelle 3-3: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Datenverfügbarkeits- und -qualitätskriterien

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Verlässlichkeit der Datenquelle	+	Die wichtigsten Umrechnungsfaktoren sind in der StoffBiV-Verordnung festgelegt, aber einige Kulturen fehlen und regionale Unterschiede oder unterschiedliche Anbausysteme sind nicht ausreichend repräsentiert. Einige Bundesländer veröffentlichen zusätzlichen Daten dazu. InVeKoS ist für Landnutzungsdaten sehr gut etabliert und verlässlich.
Datenqualität	+	Die Datenqualität ist meist hoch und wird regelmäßig kontrolliert und verbessert. Die Qualität betrieblicher Daten zu Zukäufen und Abgaben ist noch nicht ausreichend.
Verlässlichkeit der Erhebungsmethode	+	Die Verlässlichkeit der Erhebungsmethodik, geregelt über StoffBiV und InVeKoSV, ist meist hoch, vor allem wo standardisierte Daten vorhanden sind, aber mit einigen Schwachstellen.
Vermeidung mehrfacher Erhebungen	0	Eine geregelte Lösung für Zukäufe und Abgaben würde eine doppelte Datenerhebung vermeiden.
Gesamtbewertung Daten	+	Mäßig bis hoch, mit Verbesserungsmöglichkeiten

Quelle: Eigene Darstellung.

Laut Garming (2021, pers. Mitteilung) sind die DüV-Standardertragswerte für Gemüsearten für die Düngedarfsermittlung gedacht, wurden aber bisher auch oft für die Schätzung der SSB-Erträge verwendet, obwohl das sicher problematisch ist. Es wird oft sehr viel weniger Gemüse verkauft, als in den Standarderträgen angegeben steht. Es gibt sehr unterschiedliche Standpunkte zum Thema Ertragsschätzungen für den Gemüsebau. Einerseits ist es extrem schwierig, für viele Gemüsearten und für diversifizierte Betriebe alle Erträge zu erheben. Andererseits werden mit zu hohen Schätzwerten die Nährstoff-Abfuhrsystematisch überschätzt. Das bedeutet, dass die Nährstoffbilanz-Salden sicher deutlich höher sind, als es bisher dokumentiert wurde. Für einige Gemüsekulturen in ackerbaulichen Fruchtfolgen wäre es sicher nicht schwer, die tatsächlichen Erträge zu ermitteln und mit Lieferscheinen zu belegen. Dazu gehören Möhren, Trockenzwiebeln, Kohl für die Verarbeitungsindustrie oder auch andere Gemüse für die Verarbeitungsindustrie (Spinat, Erbsen, grüne Bohnen...) und Spargel. Damit wären schon mehr als 50 % der Gemüsebaufläche in Deutschland abgedeckt.

Die Arbeit, die Ertragsschätzung verursacht, könnte aber auch langfristig einen Vorteil bringen, wenn über die Zeit eine Datenbank mit Ertragsdaten für den ökologischen Landbau aufgebaut werden kann. Dies wäre sehr hilfreich, um eine kritische Informationslücke zu füllen.

3.4 Transaktionskosten

Die Transaktionskosten, die mit der Datenerhebung und -prüfung verbunden sind (Zeitaufwand, Ausgaben), müssen möglichst geringgehalten werden, so dass möglichst viele Fördermittel zielgemäß verwendet werden können. Transaktionskosten können auf der Seite der Geldgeber oder auf der Seite der Empfänger*in vorkommen. Beispiele sind die Entwicklung von Verwaltungssoftware, Berechnung und Kontrolle von Ergebnissen sowie der Arbeitszeitbedarf für Betriebsleiter*innen, um Anträge zu stellen, Daten und Unterlagen zu liefern und so weiter. Auch relevant können besondere Kosten für die Probenahme und Analyse von Bodenproben oder direkte Biodiversitätserhebungen sein. Um die Transaktionskosten zu bewerten, werden die verschiedenen Kostenarten qualitativ aufgelistet und, wenn möglich, tatsächliche Kosten spezifiziert oder geschätzt.

Die meisten Daten, die für eine Hoftorbilanz notwendig sind, kommen entweder von Lieferscheinen und Belegen oder von betrieblichen Strukturdaten, die auch für die Buchhaltung, die Ökokontrolle und die Stoffstrombilanzverordnung notwendig sind. Im Prinzip gibt es daher keine großen zusätzlichen Kosten, es sei denn eine doppelte Arbeit bei der Eingabe, um diese Daten zu erheben und zu berechnen. Ein geregeltes Verfahren mit den Kontrollstellen mit einer einheitliche Softwareschnittstelle könnte dabei helfen. Zumindest in der Einführungsphase für die StoffBiIV haben viele Betriebe mit Berater*innen gearbeitet, um ihre Bilanzen zu berechnen. Diese Kosten könnten bei etwa 500 bis 1.000 € pro Betrieb und Bilanz liegen. Die Evaluierung der StoffBiIV (Löw et al., 2021a) hat festgestellt, dass diese Kosten bis zu 2.500 € sein können (typische Werte sind zehn Arbeits- und zwei Beratungsstunden). Um die Folgen für Verwaltungen und Betriebe zusammenzufassen, wurde eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) verwendet.

Tabelle 3-4: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Transaktionskostenkriterien

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Verwaltungskosten	+	Die Transaktionskosten auf Verwaltungsebene könnten niedrig sein, falls verlässliche, geregelte Berechnungsmethoden für Stoffstrombilanzen vorliegen. IT-Anpassungskosten könnten relevant sein, sind aber dem Gesamthonorierungssystem zuzurechnen.
Betriebskosten	-	Die Betriebskosten für die Berechnung von Stoffstrombilanzen können hoch sein, auch wenn ein Teil der Arbeit von Betriebsarbeitskräften gemacht wird.
Gesamtbewertung Transaktionskosten	0	Mäßig bis schlecht

Quelle: Eigene Darstellung.

3.5 Kommunizierbarkeit

Um tatsächliche Verhaltensänderungen mit dem Honorierungssystem zu erreichen, vor allem bei Landwirt*innen, aber auch bei Verbraucher*innen, Behörden und Politiker*innen, sollten die Indikatoren für eine breite Öffentlichkeit verständlich und einfach in relevanten Kontexten zu interpretieren sein. Dies würde helfen, Zielsetzungen zu vermitteln, Interesse zu wecken und Innovationen zu inspirieren. Es könnte auch helfen, Fehlentscheidungen auf der Basis einer zu begrenzten Auswahl an Indikatoren zu vermeiden. Eine jährliche Indikatoren-Berichterstellung könnte der Kommunikation des Programms dienen.

Um die Kommunizierbarkeit zu bewerten, wäre es notwendig, die einzelnen Indikatoren unterschiedlichen Zielgruppen vorzustellen. Das ist in diesem Projekt nicht vorgesehen. Eine einfache, qualitative Bewertung der Kommunizierbarkeit wird trotzdem versucht, in Hinsicht auf folgende Kriterien (Tabelle 3-5): Durchschaubarkeit der Methodik; Komplexität der Umsetzung; Interpretierbarkeit der Ergebnisse; Änderungsmotivation.

Tabelle 3-5: Kommunizierbarkeit des SSB-Indikators nach Zielgruppen

	Landwirt*innen	Behörden	Politiker*innen	Verbraucher*innen
Durchschaubarkeit der Methodik	Mäßig	Hoch	Mäßig	Niedrig
Komplexität der Umsetzung	Mäßig bis schwierig	Einfach (mit Programmierung)	Nichtzutreffend	Nichtzutreffend
Interpretierbarkeit der Ergebnisse	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch, je nach Engagement	Mäßig
Änderungsmotivation	Mäßig bis hoch	Mäßig	Mäßig	Niedrig
Gesamt	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch	Mäßig	Mäßig

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Gesamtbewertung der Kommunizierbarkeit wurde eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten (Tabelle 3-6).

Tabelle 3-6: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Kommunizierbarkeitskriterien

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Durchschaubarkeit der Methodik	0	Die Durchschaubarkeit ist ausreichend für Menschen, die regelmäßig mit der StoffBilV arbeiten.
Komplexität der Umsetzung	+	Die Berechnung von Stoffstrombilanzen kann kompliziert sein. Hilfe von Berater*innen ist evtl. notwendig. Die Entwicklung und Verbreitung von Berechnungstools wie BESyD könnte dabei helfen.
Interpretierbarkeit der Ergebnisse	+	Die Interpretierbarkeit von N- und P-Salden, ausgedrückt in kg Nährstoff pro ha sollte gut möglich sein, zumindest für Landwirt*innen und Behörden, weil die Ergebnisse auch für die Praxis eine Bedeutung haben.
Änderungsmotivation	+	Die Änderungsmotivation für Betriebsleiter*innen könnte hoch sein, falls sie merken, wie viele kg/ha jährlich verloren gehen und wie hoch die zugekauften Düngemengen sind, die gespart werden könnten.
Gesamtbewertung Kommunizierbarkeit	+	Mäßig bis hoch

Quelle: Eigene Darstellung.

3.6 UGÖ-Modul-A-Ergebnisse: Ausschnitt aus dem Schlussbericht Teil 1 (2023)

Bei 115 Beobachtungen im Modell ergab sich, dass mit acht erklärenden Variablen 83 % der Variabilität im N-Saldo erklärt werden können ($R^2 = 0,83$; adj. $R^2 = 0,75$; $F(39; 75) = 9,7$; $p < 0,001$). Dabei hatten folgende Einflussgrößen den größten Einfluss auf den N-Saldo: N-Input, Rotationsdauer, N-Output, Zwischenfrüchte, Bodenbearbeitung, Leguminosenanteil in der Fruchtfolge und Düngerart (Tabelle 3-7).

Tabelle 3-7: Modell für den Indikator N-Saldo der Fruchtfolge und die ANOVA der Bewirtschaftungspraktiken und Einflussfaktoren

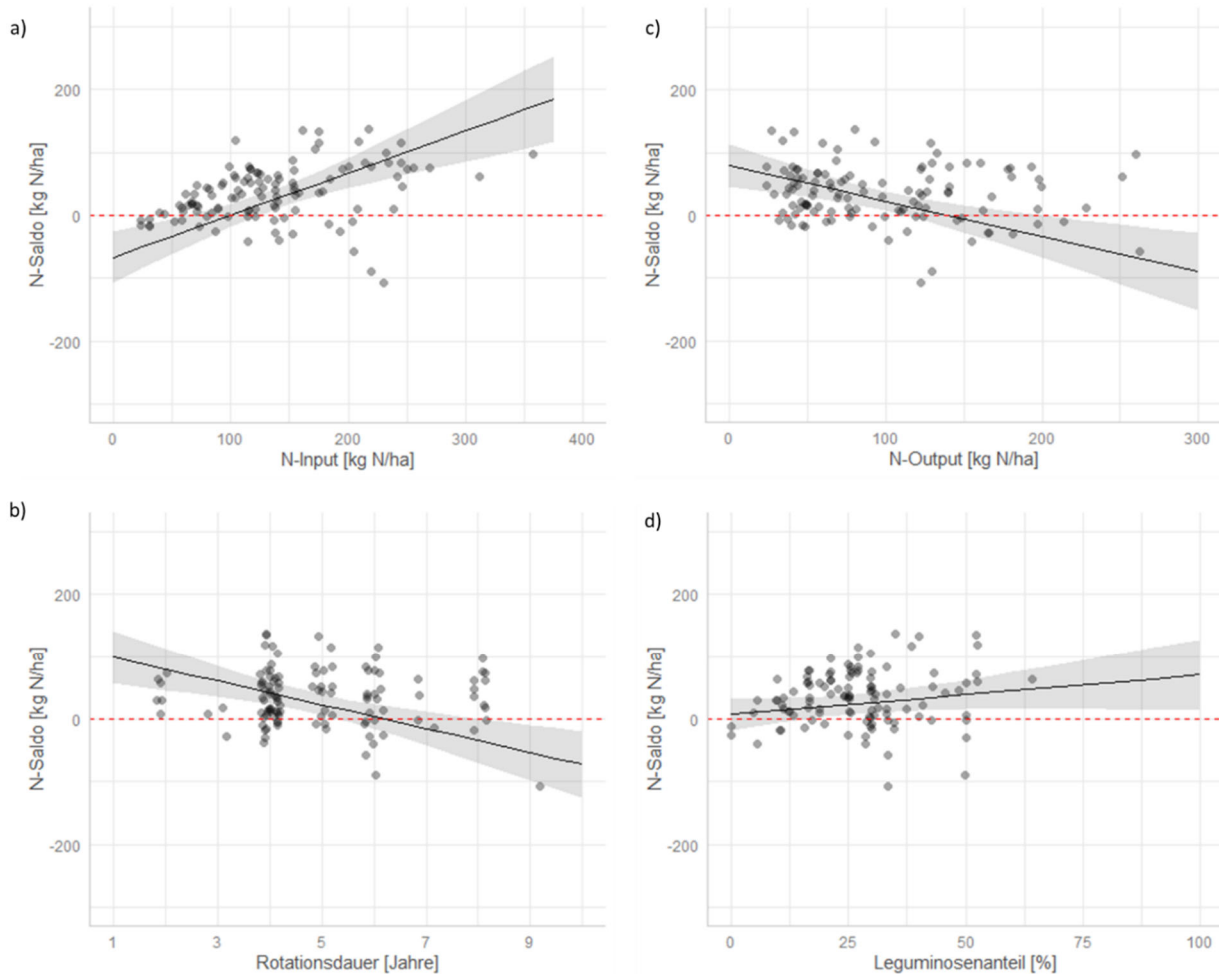
Modell: Im (N-Saldo) ~ ID + N-Input + N-Output + Rotationsdauer + Bodenbearbeitung + Zwischenfrüchte + Leguminosenanteil MB + Düngerart						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	P	ges
ID	31	45684,20	1473,68	2,95	< 0,001	0,550
N-Input	1	27296,93	27296,93	54,69	< 0,001	0,422
N-Output	1	15827,33	15827,33	31,71	< 0,001	0,297
Rotationsdauer	1	17625,86	17625,86	35,31	< 0,001	0,320
Bodenbearbeitung	1	3708,30	3708,30	7,43	0,008	0,090
Zwischenfrüchte	1	4150,43	4150,43	8,32	0,005	0,100
Leguminosenanteil MB	1	3044,08	3044,08	6,10	0,016	0,075
Düngerart	2	3025,09	1512,55	3,03	0,054	0,075
Residuen	75	37437,50	499,17			

ID = Beobachtung, Leguminosenanteil MB = Anteil berechnet mit der Methode B, Df = Freiheitsgrade, Sum Sq = Summenquadrate, Mean Sq = mittlere Abweichungsquadrate, Pr (>F) = p-Wert der F-Statistik ges = Effektstärke

Quelle: UGÖ Schlussbericht Teil 1.

N-Input (Abbildung 3-1a), Rotationsdauer (Abbildung 3-1b), N-Output (Abbildung 3-1c) und Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (Abbildung 3-1d) wurden als signifikante kontinuierliche Einflussgrößen ausgewertet. Eine Veränderung des N-Inputs um 1 kg/ha bewirkt somit eine 0,7 % Steigerung des N-Saldos und eine entsprechende Veränderung des N-Outputs eine Reduktion des N-Saldos um 0,6 %. Eine Erhöhung der Rotationsdauer um ein Jahr bewirkt eine Verringerung des N-Saldos um 19,0 %. Eine Erhöhung des Leguminosenanteils um 1 % führt ebenfalls zu einer Zunahme des N-Saldos um 0,6 %. Die folgenden vier Grafiken zeigen diese Zusammenhänge.

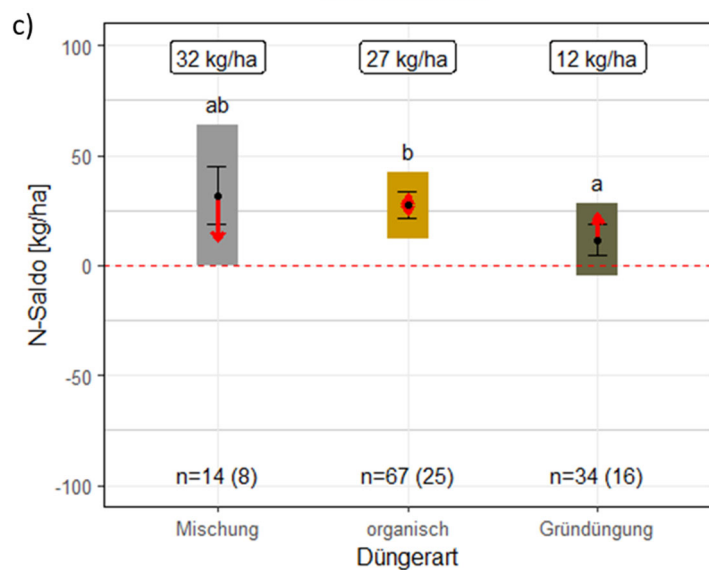
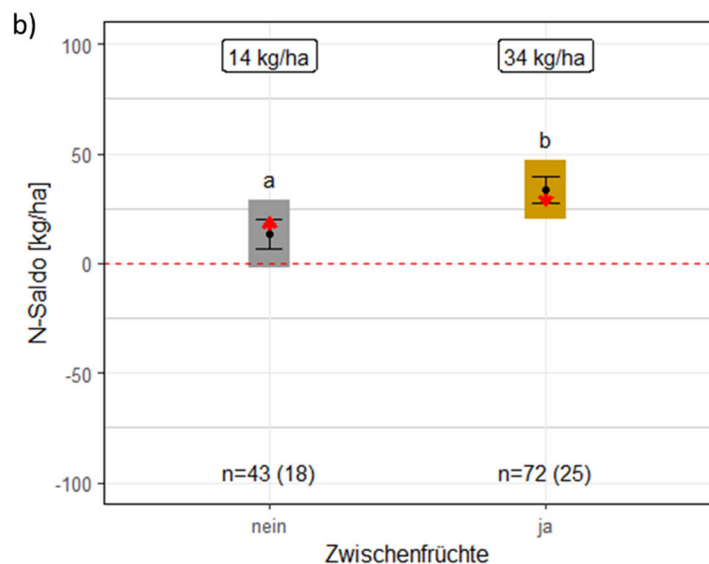
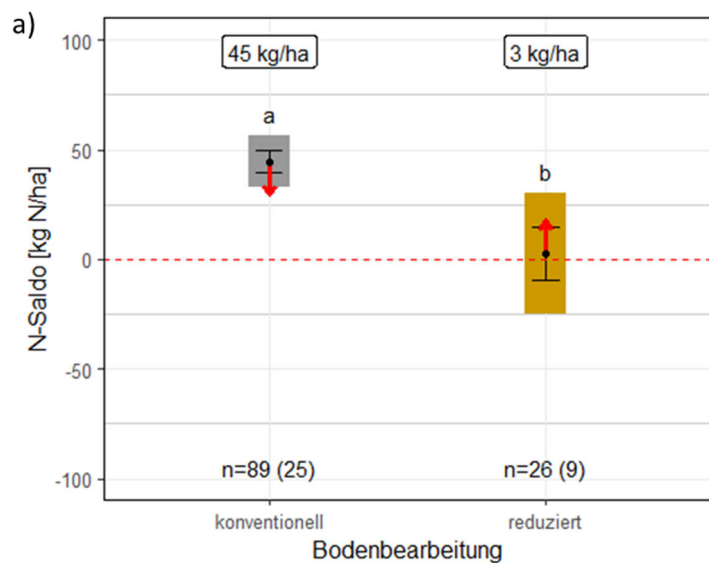
Abbildung 3-1: Auswirkung (a) des N-Inputs, (b) der Rotationsdauer, (c) des N-Outputs und (d) des Leguminosenanteils in der Fruchtfolge auf den N-Saldo



Quelle: UGÖ Schlussbericht Teil 1.

Für den N-Saldo wurden in das Modell Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchte und Düngerart als kategorische Einflussgröße aufgenommen. Ein signifikant höherer N-Saldo wurde in den Fruchtfolgen mit der konventionellen Bodenbearbeitung (45 kg/ha) gefunden. In Fruchtfolgen mit reduzierter Bodenbearbeitung betrug der N-Saldo 3 kg/ha (Abbildung 3-2a). Zwischenfrüchte hatten einen signifikanten Einfluss auf den N-Saldo. In Fruchtfolgen mit Zwischenfrüchten (Abbildung 3-2b) war der N-Saldo höher (34 kg/ha) als in der Fruchtfolge ohne Zwischenfrüchte (14 kg/ha). Gründüngung hat einen signifikant niedrigeren N-Saldo (12 kg/ha) im Vergleich zur organisch-mineralischen (32 kg/ha) und organischen Düngung (27 kg/ha) verursacht (Abbildung 3-2c).

Abbildung 3-2: N-Saldo und kategorische Einflussgrößen der (a) Bodenbearbeitung, (b) Zwischenfrüchte und (c) Düngerart



Quelle: UGÖ Schlussbericht Teil 1.

Die angegebenen Zahlen sowie die Punkte mit Fehlerbalken repräsentieren die geschätzten, marginalen Mittelwerte \pm Standardfehler. Die Balken zeigen die 95 % Konfidenzintervalle korrigiert mit der Sidak Methode für multiple Mittelwerte. Unterschiedliche Buchstaben und nicht überlappende Signifikanzpfeile zeigen Unterschiede gemäß Tukey Test mit $p \leq 5 \%$. Die Tests erfolgten auf der logarithmischen Skala. Die Ergebnisse wurden anschließend zurücktransformiert. Angegeben ist jeweils auch die Anzahl der Datenpunkte im Modell sowie die Anzahl der damit berücksichtigten Studien.

Die Modul-A-Ergebnisse unterstützen die Schlussfolgerungen zu Schwellenwerten für N-Salden in Absatz 2.4. P-Salden wurden nicht in Modul A analysiert.

4 Schlussfolgerung

SSB eignet sich gut als Indikator für Nährstoffüberschüsse, die schwierige Umweltfolgen haben können. Die Methodik ist kompliziert, aber gut geregelt, und es ist möglich, mit einigen Entwicklungen, mit geringen Kosten eine Berechnung durchzuführen. Kleinere Betriebe sind zurzeit aus der StoffBilV ausgenommen. Die Aussagekraft wird auch von der Genauigkeit der Ertragschätzung beeinflusst. Nur für wenige ökologische Kulturarten gibt es verlässliche Ertragsdaten (mit Ausnahme KTBL¹¹). Die Ertragswerte sollen dann durch Verkäufe (Lieferscheine oder Rechnungen) belegt werden. Dies könnte eine erhebliche Zusatzarbeit bedeuten, vor allem im Gemüsebau, wo Produkte oft nach Stück oder Bund statt nach Gewicht verkauft werden.

Falls Stoffstrombilanzen auf den Betrieben sowieso berechnet werden müssen, sind die zusätzlichen Transaktionskosten eher gering. Die Schwierigkeiten der Ertragschätzungen und Ertragsnachweise und die Vermeidung von doppelten Berechnungsarbeiten sollten weiter berücksichtigt werden.

Tabelle 4-1: Gesamtbewertung des SSB-Indikators

Kriterien	Bewertung
Aussagekraft	+
Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit	0
Datenverfügbarkeit und -qualität	+
Transaktionskosten	0
Kommunizierbarkeit	+
Gesamtbewertung	+

Quelle: Eigene Darstellung.

Trotz Schwächen in der Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitsbewertung gibt es keine guten alternativen Indikatoren, um die Aussagekraft der Stoffstrombilanzen zu ersetzen. Die zu erwartenden Änderungen der Gesetzgebung für Stoffstrombilanzierung und verbesserte Datensätze und Berechnungsmethoden dürften dazu beitragen, dass die Bewertung der Justiziabilität in Zukunft besser ausfallen kann. Der SSB-Indikator ist deswegen für das Honorierungssystem zu empfehlen.

¹¹ https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Artikel/Oekolandbau/Kontrolle_Oekolandbau/Oeko_Kennzahlen.pdf, abgerufen am 24.07.2023.

5 Literaturverzeichnis

- Chmelikova L, Hülsbergen K-J (2019) Ressourceneffizienz. In: Sanders J, Heß J (eds) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Thünen Report 65. Braunschweig: Thünen-Institut: pp 191-220
- Hülsbergen K-J, Schmid H, Paulsen HM (eds) (2022) Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten: Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report 92. Braunschweig: Thünen Institut
- Kolbe H, Meyer D (2021) Schlaggenaue Analyse von 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen: Nährstoff- und Humusmanagement. Berichte über Landwirtschaft 99(2):1-38. doi: 10.12767/buel.v99i2.315
- Löw P, Osterburg B, Garming H, Neuenfeldt S (2021a) Evaluierung der Stoffstrombilanzverordnung. Drucksache 20/411. Berlin: Deutscher Bundestag (20. Wahlperiode)
- Löw P, Osterburg B, Klages S (2021b) Comparison of regulatory approaches for determining application limits for nitrogen fertilizer use in Germany. Environmental Research Letters 16(5). doi: 10.1088/1748-9326/abf3de
- OECD, Eurostat (2007) Gross Nitrogen Balances. Handbook. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Thünen Report 65. Braunschweig: Thünen-Institut
- Stein-Bachinger K, Bachinger J, Schmitt L (2004) Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau: Ein Handbuch für Beratung und Praxis. Schrift 423. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
- Taube F, Bach M, Breuer L, Ewert F, Fohrer N, Leinweber P, Müller T, Wiggering H, P. (2020) Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung: Stickstoff und Phosphor-Überschüsse nachhaltig begrenzen. Fachliche Stellungnahme zur Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Texte 200
- VDLUFA (2007) Nährstoffbilanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb. Standpunkt. Speyer: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, zu finden in <<https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/10-Naehrstoffbilanzierung.pdf>> [zitiert am 03.11.21]
- Watson CA, Bengtsson H, Ebbesvik M, Løes A-K, Myrbeck A, Salomon E, Schroder J, Stockdale EA (2002) A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. Soil Use Manage 18:264-273. doi: 10.1111/j.1475-2743.2002.tb00268.x



THÜNEN

UGÖ-Schlussbericht Teil II.14

**Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umweltleistungen:
Stoffstrombilanzen (SSB)**

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63
DE-38116 Braunschweig