



# Nährstoffüberschüsse - Gülle

## Wissenschaftliche Hintergrundinformationen zu Wirkungspfaden, Biodiversität und Handlungsoptionen

### Kurzfassung

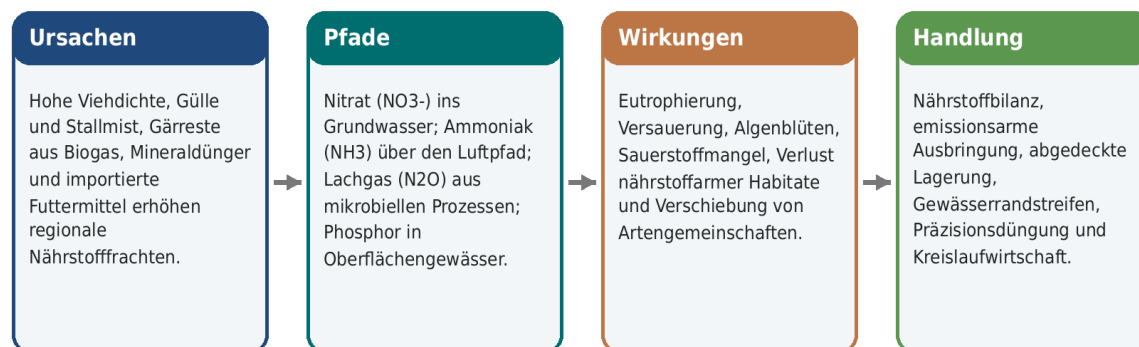
Nährstoffüberschüsse entstehen, wenn Nährstoffzufuhren in die Landwirtschaft die Abfuhr über Ernte- und Tierprodukte überschreiten. Gülle, Stallmist, Jauche und Gärreste sind in diesem Zusammenhang keine Abfallstoffe, sondern zentrale Träger von Stickstoff (N), Phosphor (P) und organischem Kohlenstoff. Die ökologische Belastung entsteht, wenn diese Stoffströme regional konzentriert auftreten, zeitlich nicht zur Pflanzenaufnahme passen oder als Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) in Wasser, Luft und Atmosphäre verlagert werden. Der Faktencheck Artenvielfalt von Wirth, Bruelheide, Farwig, Marx und Settele ordnet Düngemittelüberschüsse als direkten Treiber der Biodiversitätsveränderung in Agrar- und Offenland ein [1]. Die Nutzer-Karte „Gülle/Nährstoffüberschüsse“ fasst denselben Sachverhalt praxisnah unter dem Leitsatz „Klima stärken. Gewässer schützen“ zusammen [2].

### Einordnung der Nutzer-Karte

Die Karte benennt drei Ebenen: Ursachen, Ökosystemwirkungen und Handeln. Wissenschaftlich entspricht dies einer Wirkungskette: Tierhaltung, Futterimporte, Wirtschaftsdünger und Mineraldünger erhöhen regionale Nährstofffrachten; daraus folgen Nitratbelastung des Grundwassers, Ammoniakdeposition, Eutrophierung und Lachgasemissionen; wirksame Gegenmaßnahmen müssen daher Stoffströme, technische Verluste und Konsummuster zugleich adressieren [2]-[5].

## Wirkungskarte: Gülle / Nährstoffüberschüsse

**Klima stärken. Gewässer schützen.**



Interpretation nach der Nutzer-Karte „Gülle/Nährstoffüberschüsse“ und den Befunden aus Wirth et al. sowie Umweltbundesamt: Nährstoffüberschüsse sind kein Einzelstoffproblem, sondern eine Wirkungskette aus Stoffflüssen, Emissionen, Deposition und Habitatqualität.

Abbildung 1. Wirkungskarte „Gülle/Nährstoffüberschüsse“; eigene Visualisierung nach der bereitgestellten Nutzer-Karte [2].



# 1. Quellen und Stoffpfade

## 1.1 Nährstoffüberschuss und Wirtschaftsdünger

Der Stickstoffüberschuss ist die Differenz zwischen Stickstoffzufuhr und Stickstoffabfuhr der landwirtschaftlichen Gesamtbilanz. Nach dem Umweltbundesamt (UBA) lag der deutsche Fünfjahresmittelwert 2019 bis 2023 bei 69,8 kg N je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF). Das ist als Bundesmittel ein Fortschritt, verdeckt aber regionale Belastungsschwerpunkte mit hoher Viehdichte und hohem Anfall von Wirtschaftsdünger [3]. Der Faktencheck Artenvielfalt beschreibt den erhöhten Düngemiteleinsatz, insbesondere durch die Konzentration der Tierbestände und den Anfall von Wirtschaftsdünger, als Ursache von Überschüssen und Einträgen von Stickstoffverbindungen in Ökosysteme [1].

## 1.2 Drei zentrale Verluste: Nitrat, Ammoniak, Lachgas

Erstens wird Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) im Boden mikrobiell zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oxidiert. Nitrat ist sehr mobil und kann mit dem Sickerwasser in Grundwasser sowie mit Oberflächenabfluss in Fließ- und Stillgewässer verlagert werden [3].

Zweitens entweicht Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) vor allem bei Stallhaltung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Das UBA nennt die Landwirtschaft als Hauptemittentin von Ammoniak in Deutschland; Hauptquellen sind Stallmist, Gülle, Jauche und Gärreste [4]. Drittens entsteht Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) durch Nitrifikation und Denitrifikation in Böden. Es ist ein klimarelevantes Gas und entsteht vor allem dort, wo viel verfügbarer Stickstoff, organische Substanz, wechselnde Sauerstoffverfügbarkeit und Bodenfeuchte zusammentreffen [5], [10].

## 1.3 Warum Gülle räumlich zum Problem wird

Die Nährstoffkonzentration ist der kritische Punkt. In viehstarken Regionen fallen Nährstoffe häufig dort an, wo die Pflanzenaufnahme, die verfügbare Fläche oder die Ausbringfenster begrenzt sind. Der stoffliche Überschuss wird dann nicht vollständig in Biomasse überführt. Der UBA-Hinweis, dass der bundesweite Bilanzwert regionale Unterschiede nicht abbildet, ist daher entscheidend: Eine formal sinkende Bundesbilanz kann neben lokalen Hotspots bestehen [3]. Für eine belastbare lokale Bewertung braucht es deshalb Flächenbilanz, Tierbesatz, Lager- und Ausbringtechnik, Bodentyp, Niederschlag und Gewässernähe.

## Begriffliche Abgrenzung

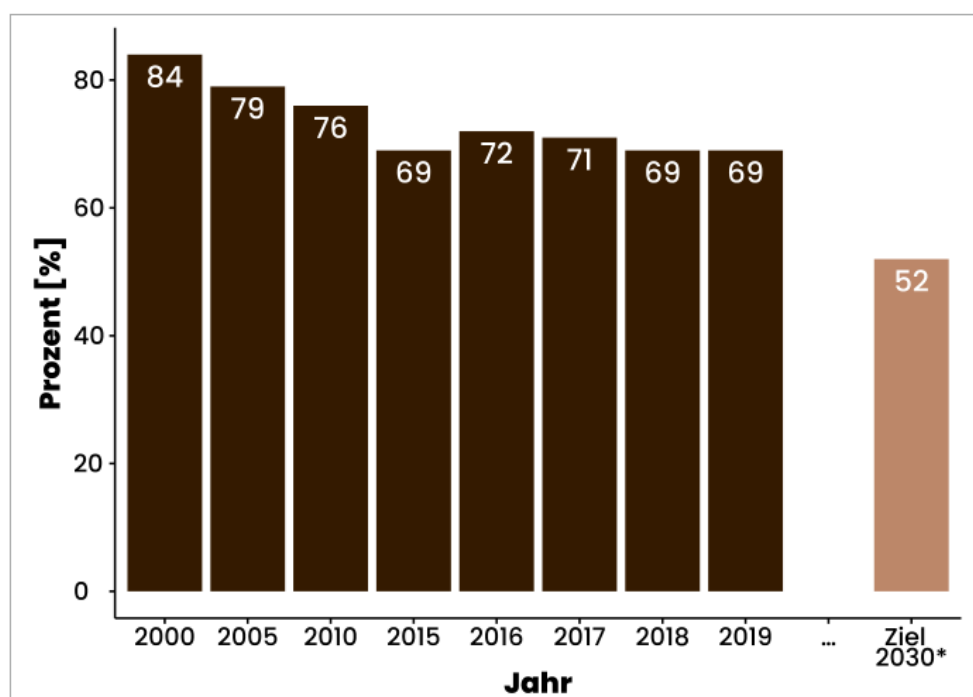
Begriff	Definition	Umweltrelevanz
Gülle	Flüssiger Wirtschaftsdünger aus Kot, Harn, Wasser und Futterresten.	Quelle von N, P, organischem Kohlenstoff, $\text{NH}_3$ und bei Lagerung auch Methan.
Nährstoffüberschuss	Zufuhr minus Abfuhr in einer Bilanz.	Hinweis auf potenzielle Verluste in Wasser, Luft und Atmosphäre.
Eutrophierung	Nährstoffanreicherung in Ökosystemen.	Fördert nährstoffliebende Arten, Algenblüten und Sauerstoffmangel.



## 2. Wirkungen auf Biodiversität und Ökosystemleistungen

Wirth et al. zeigen, dass Düngemittelüberschüsse in Agrar- und Offenland monotone, nährstoffreiche Habitate schaffen. Dadurch profitieren wenige nitrophile Arten, während konkurrenzschwache Arten nährstoffarmer Standorte verdrängt werden. Besonders relevant ist die im Faktencheck wiedergegebene Einordnung, dass über 70 Prozent der in Deutschland heimischen Pflanzenarten nur auf stickstoffarmen Standorten vorkommen [1]. Dieser Befund erklärt, warum Stickstoffüberschüsse nicht nur Wasser- und Klimathemen sind, sondern direkt die Artenzusammensetzung von Wiesen, Weiden, Säumen, Magerrasen, Mooren und Waldböden verändern.

Die im Faktencheck genannte Abbildung zu Belastungsgrenzen ist für die wissenschaftliche Argumentation zentral: Trotz rückläufiger Stickstoffeinträge überschritten im Jahr 2019 noch 69 Prozent der Fläche empfindlicher Landökosysteme die Belastungsgrenzen für Eutrophierung. Der Zielwert der Nachhaltigkeitsstrategie liegt deutlich darunter [1].



**Abbildung 3.21:** Flächenanteil empfindlicher Landökosysteme mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Eutrophierung von 2000 bis 2019. Trotz rückläufiger Stickstoffeinträge wurden die Belastungsgrenzen für die Einträge von Stickstoff im Jahr 2019 immer noch auf 69 % der Fläche empfindlicher Ökosysteme überschritten. Modifiziert nach Daten aus Kranenburg et al. (2024) in Vorbereitung PINETI-4, Abschlussbericht. Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge.

\* Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung: Der Anteil der Flächen, die von zu hohen Stickstoffeinträgen betroffen sind, soll zwischen 2005 und 2030 um 35 % sinken. Bei einem Wert von 79 % im Jahr 2005 ergibt sich für 2030 ein Zielwert von 52 %.

Abbildung 2. Flächenanteil empfindlicher Landökosysteme mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Eutrophierung; übernommen aus Wirth et al. [1], dort Abbildung 3.21.

### 2.1 Wasserpfad: Nitrat, Phosphor und Sauerstoffmangel

In Binnengewässern und Auen verstärken Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Flächen die Primärproduktion. Der Faktencheck beschreibt für kleine Stillgewässer eine typische Sequenz: erhöhte Algen- und Makrophytenproduktion, anschließender Sauerstoffmangel und interne Phosphorfreisetzung im Sediment [1]. Die Studie von Onandia, Maassen, Musseau, Berger, Olmo, Jeschke und Lischeid zu Kleingewässern in Agrarlandschaften belegt, dass Primärproduktion und Salzeinträge mit Veränderungen der Rädertiergemeinschaften verbunden sind [9].



### 3. Klima- und Bodenpfad

Der Klimapfad ist doppelt relevant. Einerseits entstehen aus Wirtschaftsdünger und Gärresten Methan und Lachgas. Andererseits können Stickstoffverluste über Deposition und Auswaschung indirekte Lachgasemissionen auslösen. Das UBA führt aus, dass Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden durch mikrobielle Umsetzungen von Stickstoffverbindungen entstehen und vornehmlich aus der Umsetzung von mineralischen Düngern sowie organischen Materialien wie Wirtschaftsdünger, Gärresten und Ernterückständen hervorgehen [5]. Mathivanan, Eysholdt, Zinnbauer, Rösemann und Fuß haben für Deutschland neue Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O aus Ernterückständen und Düngereingaben in landwirtschaftliche Böden publiziert [10].

Die Bodenbiodiversität ist kein Nebenaspekt. Wirth et al. beschreiben Bodenorganismen als Motor der terrestrischen Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufe. Zugleich bleibt die quantitative Beziehung zwischen Bodenbiodiversität und Treibhausgasfunktionen noch unzureichend verstanden [1]. Für die Praxis folgt daraus: Eine rein chemische Bilanzierung reicht nicht. Entscheidend sind auch Bodenstruktur, Humus, Wasserhaushalt, mikrobielle Prozesse und die Stabilität der Bodennahrungsnetze.

### 4. Handlungsoptionen

- Bedarfsgerechte Düngung: Nährstoffgaben müssen an Pflanzenbedarf, Bodenvorrat, Witterung, Ertragserwartung und Sperrzeiten gekoppelt werden. Präzisionsdüngung ist nur dann wirksam, wenn sie Bilanzüberschüsse tatsächlich reduziert [3].
- Emissionsarme Güllelogistik: Abgedeckte Lagerung, kurze Expositionszeiten, bodennahe Ausbringung, Einarbeitung und angepasste Technik reduzieren NH<sub>3</sub>-Verluste [4].
- Gewässer- und Biotopschutz: Gewässerrandstreifen, Pufferflächen, extensive Säume, Zwischenfrüchte und Erosionsschutz senken Stoffeinträge in Oberflächengewässer und stabilisieren Lebensräume [1], [9].
- Kreislaufwirtschaft: Gülle-Aufbereitung, Nährstoffrückgewinnung, Phosphorrückgewinnung und regionale Verwertung können Hotspots entschärfen, wenn sie stofflich bilanziert und nicht nur energetisch begründet werden [2], [5].
- Gesellschaftliche Ebene: Die Nutzer-Karte nennt weniger tierische Produkte sowie regionale und ökologische Beschaffung als Ansatz. Wissenschaftlich ist daran relevant, dass Nachfrage und Tierdichte über Futtermittel-, Flächen- und Nährstoffströme gekoppelt sind [2], [7].

### 5. Bewertung

Die stärkste fachliche Schlussfolgerung aus Faktencheck und UBA-Daten ist: Nährstoffüberschüsse sind ein Systemproblem. Die Reduktion von Nährstoffeinträgen, vor allem von Stickstoffverbindungen und Phosphat, wird im Faktencheck als zentrale Maßnahme zur Förderung biologischer Vielfalt über Lebensräume hinweg eingeordnet [1]. Güllemanagement kann deshalb nicht auf eine einzelne technische Lösung reduziert werden. Wirksam wird es erst, wenn Tierhaltung, Stoffkreisläufe, Ausbringtechnik, Gewässerschutz, Luftreinhaltung, Klimaschutz und Biodiversitätsmonitoring gemeinsam betrachtet werden.



## Abkürzungen

Abkürzung	Definition
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung.
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid.
CO <sub>2</sub> -Äq.	Kohlendioxid-Äquivalent; Maß zur Vergleichbarkeit von Treibhausgasen.
et al.	und weitere Autorinnen und Autoren.
EU	Europäische Union.
FEdA	BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt.
ha	Hektar.
kg	Kilogramm.
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche.
N	Stickstoff.
NH <sub>3</sub>	Ammoniak.
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat.
N <sub>2</sub> O	Lachgas oder Distickstoffoxid.
P	Phosphor.
UBA	Umweltbundesamt.

## Literatur im IEEE-2006-Stil

- [1] C. Wirth, H. Bruehlheide, N. Farwig, J. M. Marx und J. Settele, Hrsg., Faktencheck Artenvielfalt: Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. München: oekom, 2024, doi: 10.14512/9783987263361.
- [2] Umweltprobleme Voralpenland, „2. Karte-Gülle“, interne Konzeptkarte „Gülle / Nährstoffüberschüsse: Klima stärken. Gewässer schützen“, 2026.
- [3] Umweltbundesamt, „Stickstoff“, Umweltbelastungen der Landwirtschaft, 2025. Zugriff: 28. April 2026. [Online]. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/stickstoff>
- [4] Umweltbundesamt, „Ammoniak“, Luftschadstoffe im Überblick, 2025. Zugriff: 28. April 2026. [Online]. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/ammoniak>
- [5] Umweltbundesamt, „Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen“, 2025. Zugriff: 28. April 2026. [Online]. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>
- [6] Umweltbundesamt, „Indikator: Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft“, 2024. Zugriff: 28. April 2026. [Online]. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-stickstoffueberschuss-der-landwirtschaft>
- [7] Leopoldina - Nationale Akademie der Wissenschaften, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Akademieunion, Biodiversität und Management von Agrarlandschaften: Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig. Halle (Saale): Leopoldina, 2020.
- [8] C. Leuschner, B. Krause, S. Meyer und M. Bartels, „Strukturwandel im Acker- und Grünland Niedersachsens und Schleswig-Holsteins seit 1950“, Natur und Landschaft, Bd. 89, Heft 9/10, S. 386-391, 2014.
- [9] G. Onandia, S. Maassen, C. L. Musseau, S. A. Berger, C. Olmo, J. M. Jeschke und G. Lischeid, „Key drivers structuring rotifer communities in ponds: insights into an agricultural landscape“, Journal of Plankton Research, Bd. 43, Nr. 3, S. 396-412, 2021, doi: 10.1093/plankt/ffab033.
- [10] G. P. Mathivanan, M. Eysholdt, M. Zinnbauer, C. Rösemann und R. Fuß, „New N<sub>2</sub>O emission factors for crop residues and fertiliser inputs to agricultural soils in Germany“, Agriculture, Ecosystems & Environment, Bd. 322, Art. 107640, 2021, doi: 10.1016/j.agee.2021.107640.
- [11] Q. Chen, C. Long, J. Chen und X. Cheng, „Differential response of soil CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O emissions to edaphic properties and microbial attributes following afforestation in central China“, Global Change Biology, Bd. 27, Nr. 21, S. 5657-5669, 2021, doi: 10.1111/gcb.15826.
- [12] J. G. Canadell et al., „Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks“, in Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.