

# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

Dr. Holger N. Wurl



# “Too much of a good thing”



Eine kurze und treffende Beschreibung des Umgangs mit Stickstoffdüngern.

Einerseits:

- Der jährliche Eiweißbedarf von 7 Mrd. Menschen beinhaltet 25 Mill. t Stickstoff
- Durch Verluste vom Feld bis zum Verbraucher, Veredlung über Tiere und durch Essen über Bedarf müssen dafür in der gesamten Nahrungs- und Futtermittelmenge 60 Mio. t N/Jahr enthalten sein.
- Um die globale Eiweißzufuhr zu sichern, müssen auf der globalen Ackerfläche jedes Jahr 43 kg N ha/Jahr in pflanzlichen Nahrungs- und Futtermittel gebunden werden.

# “Too much of a good thing”

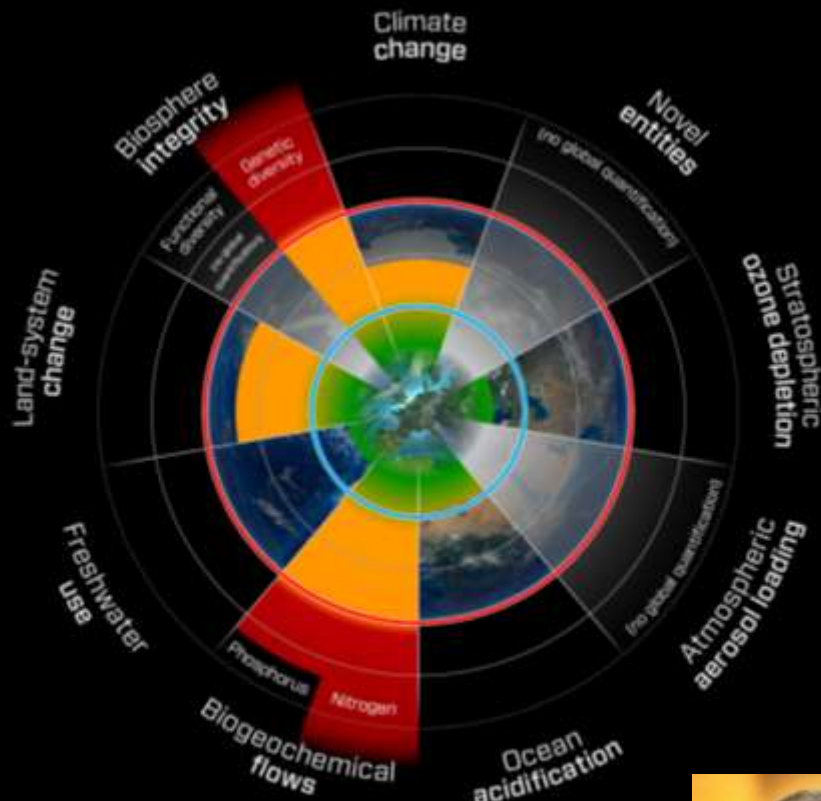


Andererseits:

- Weltweit gedüngt wurden im Jahr 2008 durchschnittlich 72 kg N/ha. Hinzu kommen noch die Stickstoffmengen aus der symbiontischen N-Fixierung.
- Weniger als 50 % der Düngermenge gelangt ins Erntegut.
- Ein größerer Teil unterliegt der Gefahr, in Form reaktiver Stickstoffverbindungen in die Umwelt zu gelangen.
- In den letzten 100 Jahren hat der Mensch den globalen Stickstoffhaushalt maßgeblich verändert. Er hat die Menge reaktiver Stickstoffverbindungen weltweit verdoppelt, in Europa mehr als verdreifacht.

# Anforderungen in der Zukunft

## Planetary Boundaries A safe operating space for humanity



■ Beyond zone of uncertainty (high risk)  
■ In zone of uncertainty (increasing risk)  
■ Below boundary (safe)  
■ Boundary not yet quantified

- **9 Planetare Grenzen** wurden als globale Prioritäten im Hinblick auf menschengemachte Umweltveränderungen identifiziert

- Vier von neun „planetaren Grenzen“ sind bereits überschritten → Dazu zählen auch der P- und N-Kreislauf

- **17 Nachhaltigkeitsziele** (SGD´s, Weltklimakonferenz, Paris 2015, New York)



**Prof. Johan Rockström,**  
**Umweltpreisträger 2015**

Steffen et al., *Science* (2015)

# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

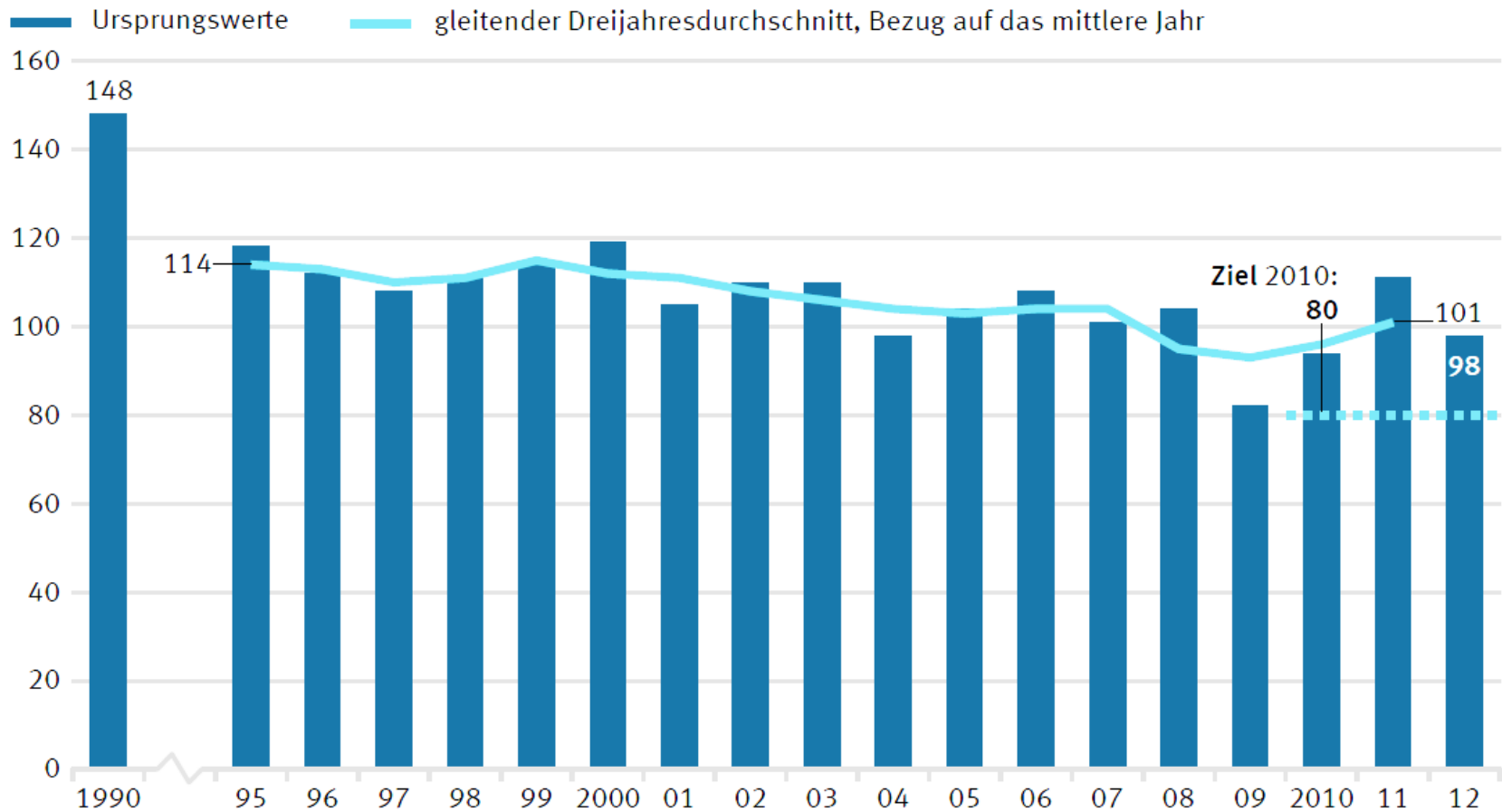
1. Stickstoffemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion
2. Emissionspfade und Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen
3. Lösungsansätze zur Verringerung des Stickstoffsaldos
4. Aktivitäten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

- 1. Stickstoffemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion**
2. Emissionspfade und Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen
3. Lösungsansätze zur Verringerung des Stickstoffsaldos
4. Aktivitäten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

# Nachhaltigkeitsindikator: Stickstoffüberschüsse der Gesamtbilanz Deutschland

(Hofter-Bilanz,  $\text{kg ha}^{-1}$  landwirtschaftlicher Nutzfläche)



# Flächen-, Stall- und Gesamtbilanz des Stickstoffs in Deutschland 2010 (kg N ha<sup>-1</sup> LF a<sup>-1</sup>)



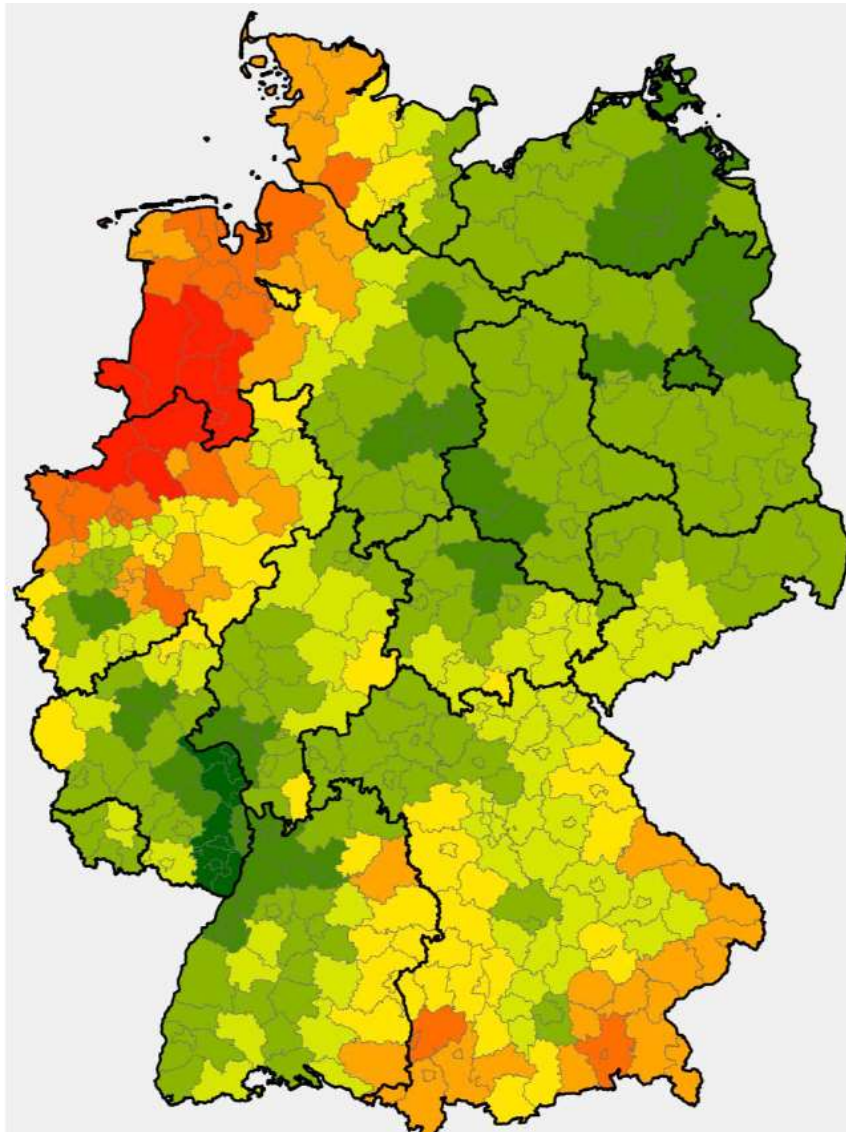
	Flächenbilanz	Stallbilanz	Gesamtbilanz
Summe Stickstoffzufuhren	189	120	186
Summe Stickstoffabfuhren	121	92	90
<b>Bilanzüberschuss</b>	<b>68</b>	<b>28</b>	<b>96</b>

# Flächenbilanz des Stickstoffs in Deutschland 2010 (kg N ha<sup>-1</sup> LF a<sup>-1</sup>)

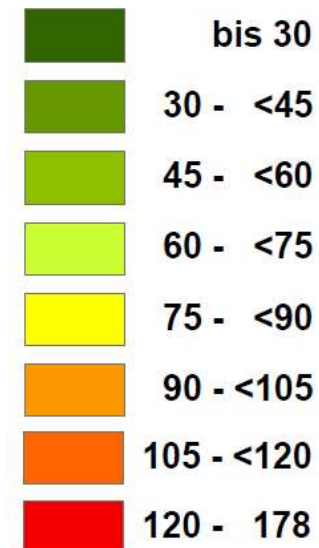


	Flächenbilanz
Mineraldünger	94
Sekundärrohstoffdünger	4
Wirtschaftsdünger	53
Saat, Pflanzgut	1
Biol. N-Fixierung	13
Atm. Deposition (NO <sub>x</sub> netto)	9
Atm. Deposition (NH <sub>3</sub> auf LF)	15
<b>Summe Zufuhr</b>	<b>189</b>
Pflanzliche Marktprodukte	67
Futterpflanzen	54
<b>Summe Abfahren</b>	<b>121</b>
<b>Bilanzüberschuss</b>	<b>68</b>

# Stickstoff-Flächenbilanz-Überschuss Mittel 2007-2010



N-Überschuss  
Flächenbilanz  
(kg N/ha LF)



# Grundwasserbelastung mit Nitrat



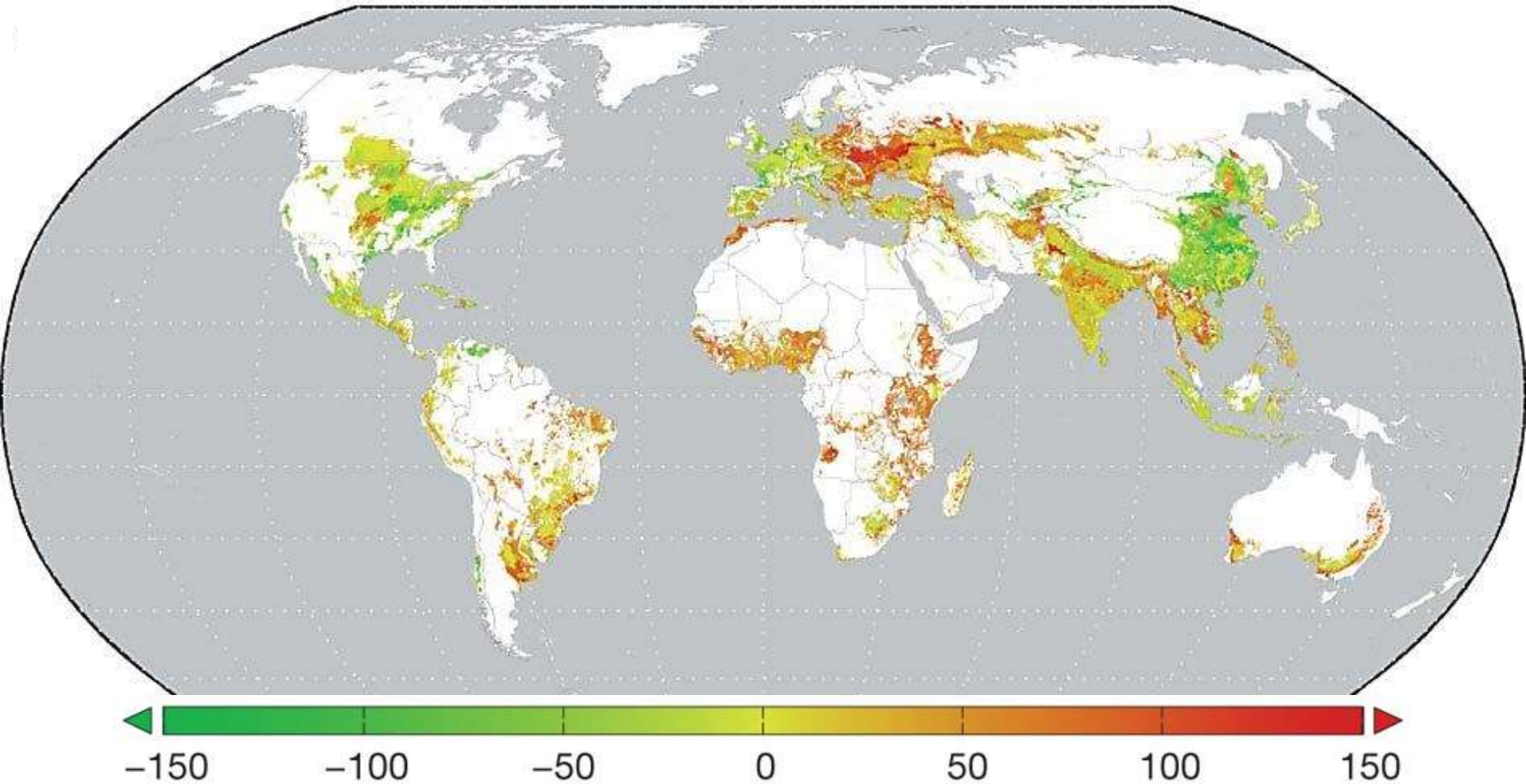
- Bilanzierter Stickstoffüberschuss in der Gesamtbilanz Deutschlands (96 kg N/ha, Pressemitteilung UBA 2015)
- Nitratbelastung des Grundwassers korreliert mit hoher Viehdichte in einzelnen Regionen Deutschlands.
- Regionale Nährstoffproblematik kann auch auf den Nährstoff Phosphor ausgeweitet werden.
- Folge:  
Eutrophierte Gewässer und Bildung anoxischer Zonen, die ein Leben für aquatische Lebewesen unmöglich machen.

Bild 6: Chemischer Zustand des Grundwassers in Deutschland aufgrund der Nitratbelastung.

Quelle: BfG (2010), Berichtsportal WasserBLiCK; Zugriff am 22.03.2010

- Grundwasserkörper im schlechten chemischen Zustand für Nitrat
- Grundwasserkörper im guten chemischen Zustand für Nitrat

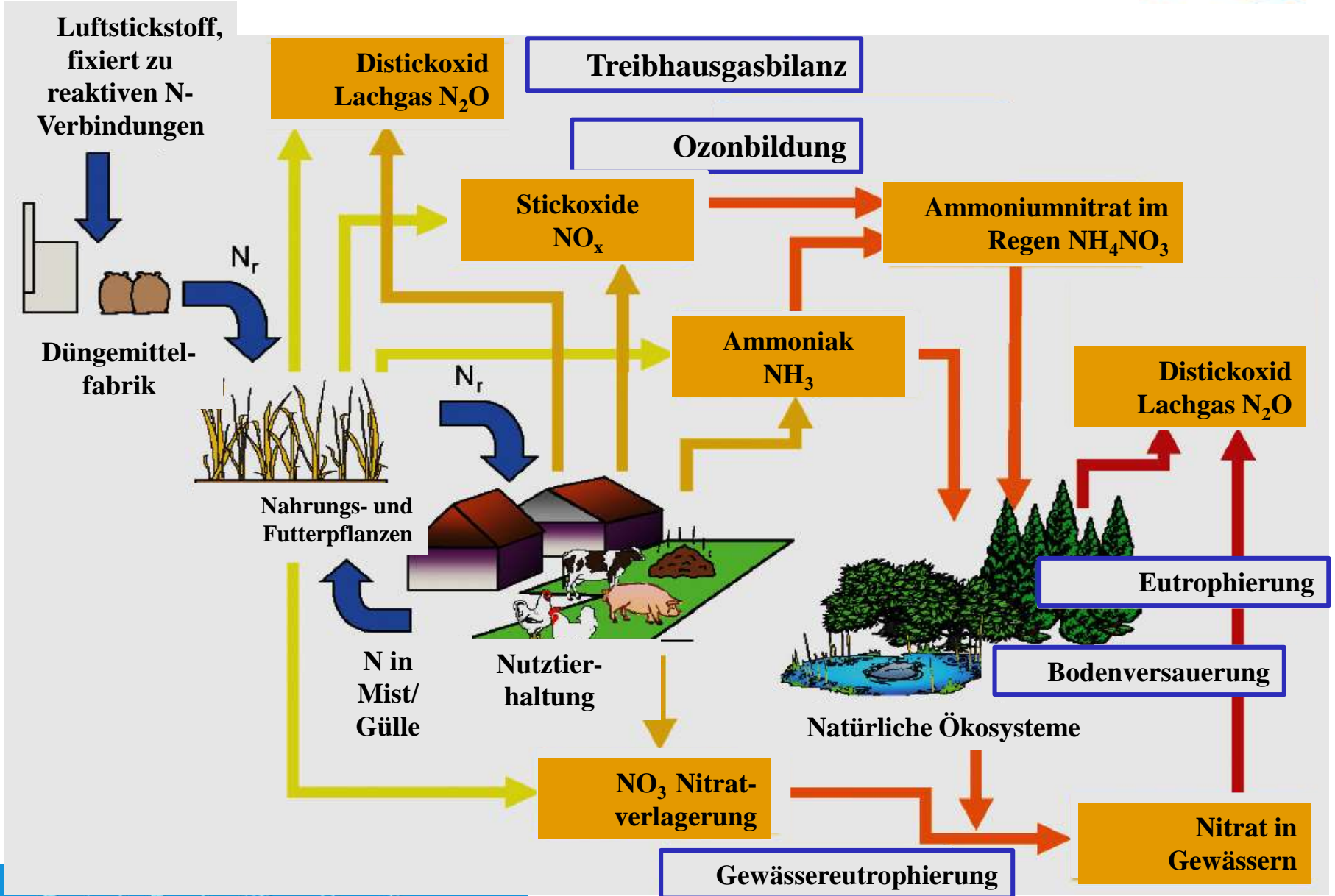
# Veränderung der N-Düngermenge, um Ertragsoptimum zu erreichen (kg N/ha)



# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

1. Stickstoffemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion
- 2. Emissionspfade und Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen**
3. Lösungsansätze zur Verringerung des Stickstoffsaldos
4. Aktivitäten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

# Kaskade der als Dünger eingesetzten reaktiven Stickstoffverbindungen



# Emissionspfade reaktiver Stickstoffverbindungen

- Auswaschung von Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) ins Grundwasser,
- Austrag von Nitrat durch Erosion und Auswaschung in Oberflächengewässer,
- Gasförmige Entbindung von
  - Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ),
  - Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und
  - Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ )in die Atmosphäre.

# Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen



Durch die übermäßige Freisetzung reaktiver Stickstoffverbindungen werden natürliche Stoffkreisläufe und Ökosystembeziehungen empfindlich gestört.

- Minderung der Qualität des Trinkwassers.
- Eutrophierung und Versauerung von Ökosystemen und damit einhergehend Verminderung der biologischen Vielfalt.
- Erhöhte Emissionen von Lachgas tragen zum Klimawandel bei.
- Gasförmige Stickstoffverbindungen sind Vorläuferstoffe von bodennahem Ozon und sekundären Feinstäuben und damit ein Risiko für die menschliche Gesundheit.
- Erhöhte Ammoniak- und Ozonkonzentrationen in der Atmosphäre führen zu Schädigungen empfindlicher Pflanzen.

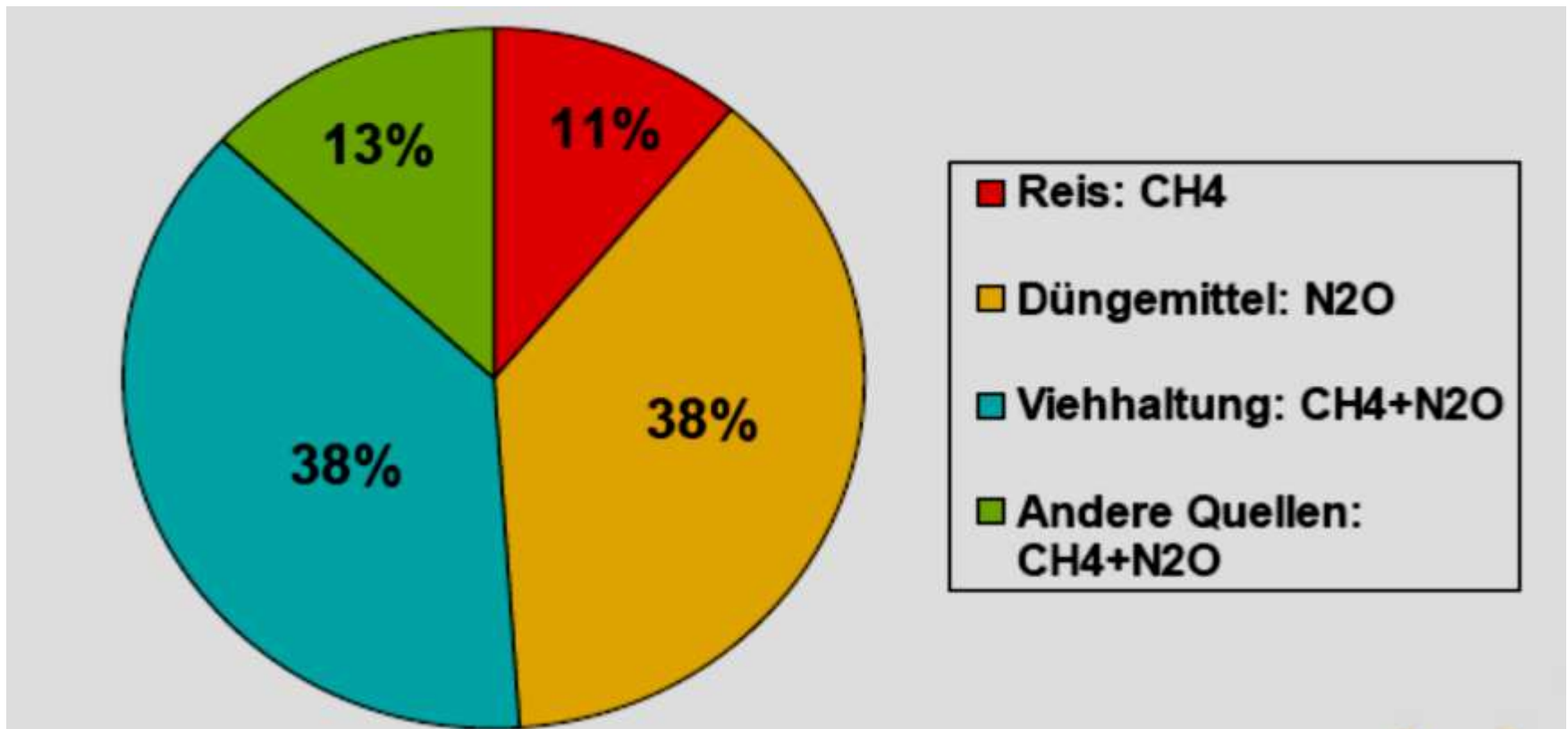
# Biotische Wirkungen von N-Einträgen auf Nachbarökosysteme



- In die Atmosphäre eingetragenes Ammoniak gelangt über nasse und trockene Deposition wieder in terrestrische oder aquatische Ökosysteme.
- Unabhängig vom Niveau der N-Zufuhr verändert sich die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften.
- Die an nährstoffarme Bedingungen angepassten Pflanzenarten werden von stickstoffliebenden (nitrophilen) Arten verdrängt.
- Damit verringert sich auch die Vielfalt der daran gebundenen Tierarten.

# Globale Quellen von Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor (2000)

Landwirtschaft verursacht 14% der globalen Treibhausgase



# Direkte Lachgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland 2004 (in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent)



aus der Anwendung von Mineraldünger	10,7
aus der Anwendung von organischen Düngern	6,0
aus bewirtschafteten organischen Böden	5,3
aus Leguminosenanbau	0,5
aus Ernterückständen	1,2
Tierexkremete Weidehaltung	1,3
Gesamt	25,0

IPCC-Berechnungsgrundlage für N<sub>2</sub>O-Emissionen: 1,25 %  
des zugeführten Dünger-N (mineralisch und organisch)  
Organische Böden: 8 kg N<sub>2</sub>O/ha und Jahr

# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

1. Stickstoffemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion
2. Emissionspfade und Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen
- 3. Lösungsansätze zur Verringerung des Stickstoffsaldos**
4. Aktivitäten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

# Lösungsansätze zur Verringerung des N-Saldos



Nachhaltig sind nur Lösungen, die ohne Minderung der Flächenerträge erreichbar sind, denn:

- zusätzlicher Flächenbedarf führt zu einem verstärkten Landnutzungswandel und damit zu anderen, vielschichtigen Umweltproblemen.
- Die überwiegend sektoralen Lösungsansätze bisheriger Umweltpolitik nach Umweltmedien, Schutzziel bzw. Stickstoffform sind nicht zielführend.
- Notwendig ist eine Gesamtbetrachtung der Stickstoffkaskaden.
- Lösung durch eine Vielzahl von Maßnahmen, welche bei möglichst optimaler Versorgung der Pflanze die unerwünschten N-Verluste verringern.

# Studie

## „The European Nitrogen Assessment“: Wichtigste Maßnahmen zur Verminderung von Stickstoffverlusten



- Stickstoffreduzierte Fütterungsstrategien in der Tierhaltung
- Entwicklung emissionsarmer Ställe
- Verlustarme Lagerung organischer Dünger
- Verlustarme Ausbringung organischer Dünger
- Verringerung von Ammoniakverlusten bei der Anwendung mineralischer N-Dünger

# Organische Düngung – Neues Denken ist gefragt!



- Hauptproblem sind die organischen Dünger.
- Es ist fraglich, ob sich die Verlustquellen im Stall, bei der Lagerung oder der Ausbringung zufriedenstellend beseitigen lassen.
- Hinzu kommt noch, dass die Nährstoffzusammensetzungen der Gülle nicht dem Pflanzenbedarf entsprechen.
- Die Flüssigmistkette insgesamt ist in Frage zu stellen.
- Neue Stallsysteme mit einer unmittelbaren Aufbereitung von Urin und Kot sind zu entwickeln, die heutige Gülleverfahren ersetzen.
- Sie führen im Idealfall zu transport- und handelsfähigen Düngern, die vergleichbar zu Mineraldüngern gezielt eingesetzt werden können.
- Auch über Festmistketten ist neu nachzudenken.

# Ansätze zur Minderung von N-Verlusten bei mineralischer Düngung

Gleichzeitig zwei Ziele: hohe Erträge bei geringstmöglicher Menge an reaktivem N im Boden zu Vegetationsende

- Pflanzenzüchtung: Höhere N-Aufnahme bei geringen N-Gehalten im Boden.
- Präzisionsdüngung (gezielte Platzierung, teilflächenspezifische Mengenbemessung)
- präzisere Prognose der N-Nachlieferung aus dem Boden und des Bedarfs des Pflanzenbestandes durch eine verbesserte Ertragsprognose
- Bereitstellung von Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung für die Praktiker (Plattform ISIP)

# Schlussfolgerungen



- Emissionen reaktiver N-Verbindungen sind ein globales Querschnittsproblem des Umweltschutzes.
- Trotz gesetzlicher Vorgaben und Regelungen zur N-Emissionsminderung wurden die gesetzten Ziele nicht erreicht. Das bisherige sektorale Stickstoff-Management hat sich als nicht ausreichend effektiv erwiesen.
- Zur Überwindung sektoraler Betrachtungen und für die Suche tragfähiger Lösungen bedarf es komplexer Bewertungen der Nachhaltigkeit von Nährstoffströmen und Düngestrategien.
- Ganzheitliche, disziplinübergreifende Lösungen sind erforderlich.

# Stickstoffeinträge in die Umwelt – Wie lösen wir das Problem?

1. Stickstoffemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion
2. Emissionspfade und Umweltwirkungen reaktiver Stickstoffverbindungen
3. Lösungsansätze zur Verringerung des Stickstoffsaldos
- 4. Aktivitäten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

# Was kann die DBU tun?

## **DBU als Förderer, Multiplikator, Initiator und Projektpartner**

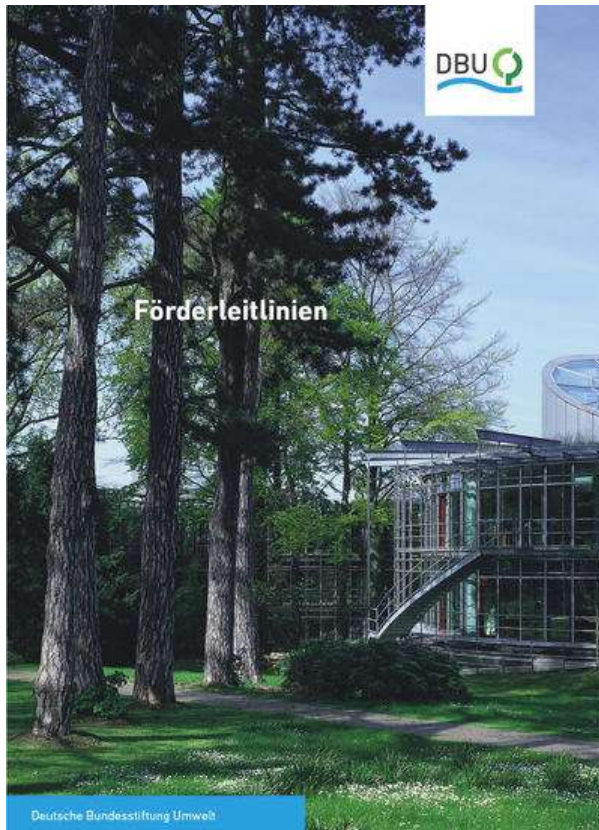
- Förderung praxisorientierter und innovativer Projekte aus den Bereichen Umwelttechnik, Umweltforschung und Naturschutz sowie Umweltkommunikation
- Unterstützung einer sachlichen Kommunikation und Meinungsbildung z.B. durch
  - Fachveranstaltungen,
  - öffentliche Vortragsveranstaltungen
  - ab Herbst 2016: Ausstellung „ÜberLebensmittel“ zum Thema nachhaltige Landwirtschaft und Ernährung mit monatlichen Informationsveranstaltungen für die Öffentlichkeit

# DBU-Projekte zur Verminderung von Stickstoffverlusten

- Emissionsminderung ( $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) durch Unterfußinjektion von Wirtschaftsdüngern (Universität Göttingen)
- Optimierung des Stickstoffmanagements und Erhöhung der Ökoeffizienz bei Raps (*Brassica napus* L.) durch sensor-gesteuerte teilflächenspezifische Stickstoffdüngung (TU München)
- Bundesweite Etablierung eines modellbasierten Stickstoffdüngungsberatungssystems für Winterweizen (Universität Kiel)
- **Optimierung der Stickstoff- und Phosphat-Effizienz aus flüssigen organischen Wirtschaftsdüngern durch Depot-Applikation zur Verminderung der Umweltbelastung (Hochschule Osnabrück)**



# Neue Förderleitlinien 2016



themengebundene Förderung (13)

- Thema 10:

## **Reduktion von Stickstoffemissionen in der Landwirtschaft**

## 10. Reduktion von Stickstoffemissionen in der Landwirtschaft

- Technologie- und Verfahrensentwicklungen zur Vermeidung von Stickstoffverlusten in Stallanlagen und bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern
- Verbesserung von Verfahren zur zeitlich und räumlich gezielten, vom Pflanzenbedarf abhängigen Düngerausbringung
- Maßnahmen zur effizienteren Ausnutzung der im Boden vorhandenen Stickstoffmengen
- Entwicklung von Informations- und Beratungsstrategien für relevante Akteursgruppen
- Zielgruppenspezifische Vermittlung neuer Erkenntnisse



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

# Kaskade der als Dünger eingesetzten reaktiven Stickstoffverbindungen

