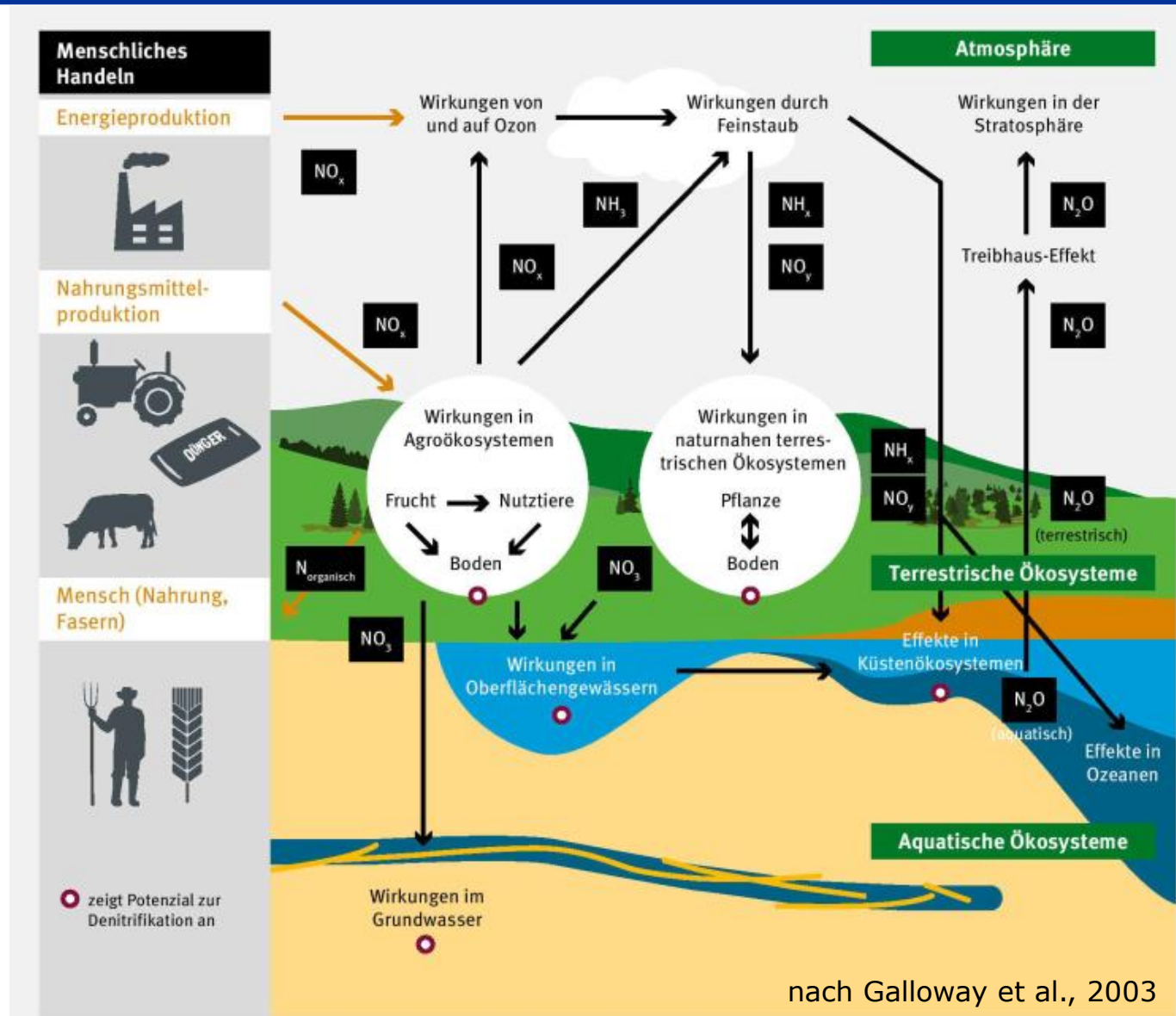


# Stickstoffdeposition

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Stefan Nesper  
Diana Andrade  
Susanne Höcherl  
Karin Pöhlmann

# Stickstoffkaskade



# Gliederung

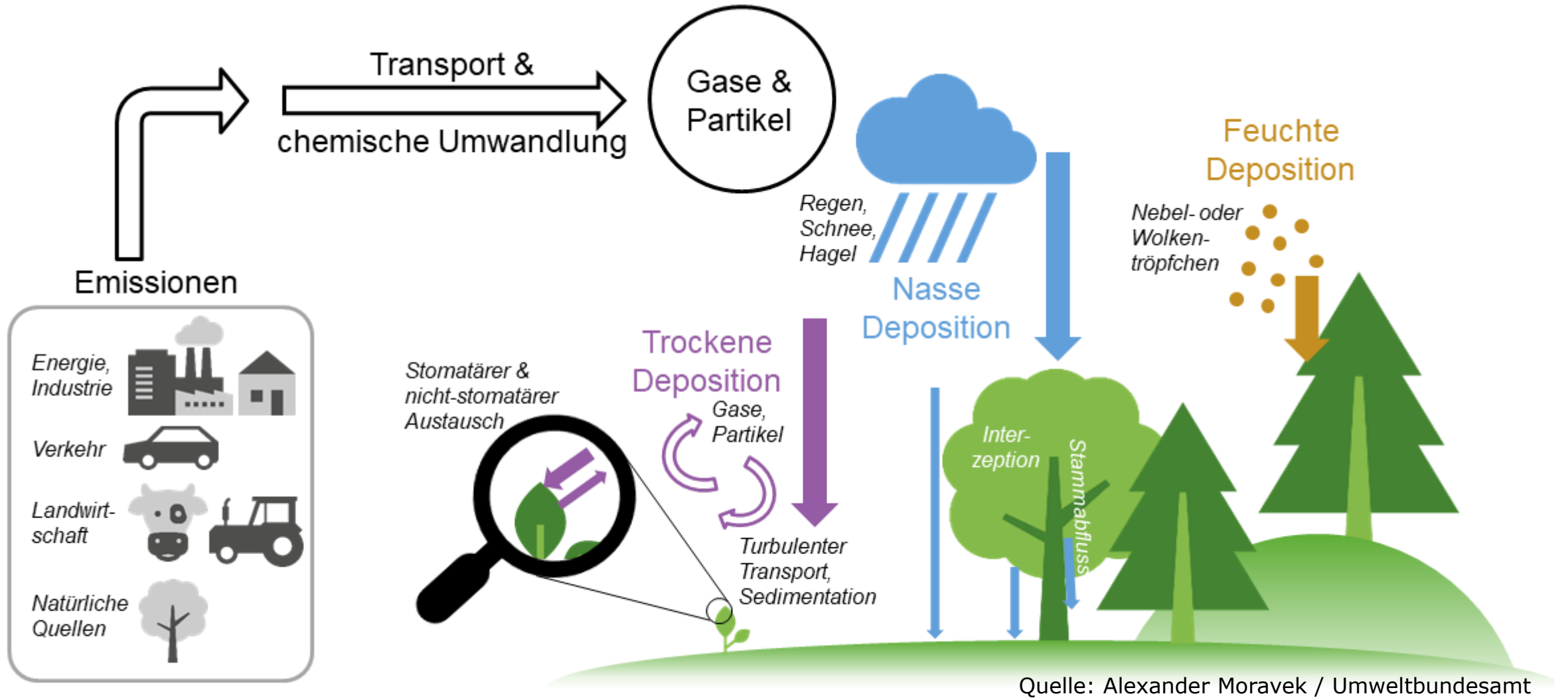
---

- Einleitung
- Wie werden N-Depositionen definiert?
- Wie werden N-Depositionen erfasst?
- Wie werden N-Depositionen bewertet?  
(Critical Load – Critical Level)
- Wie werden N-Depositionen im einzelbetrieblichen Genehmigungsverfahren berücksichtigt?
- Fazit

---

Wie werden N-Depositionen definiert?

# Wie werden die Depositionen definiert?



---

Wie werden N-Depositionen erfasst?

# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## Passivsammler

Bei der passiven Probenahme diffundiert ein Analyt aufgrund der Differenz chemischer Potentiale aus dem beprobten Medium in die Sammelphase des Passivsammlers. Der Stoffübergang folgt dem Diffusionsgradienten bis das thermodynamische Gleichgewicht zwischen beiden Phasen erreicht ist (Gleichgewichtssammler) oder der Passivsammler aus dem Medium entfernt wird (kinetischer oder integrativer Sammler) (Harman et al. 2012).

Die Sammelphasen können aus einem Lösungsmittel, einem nicht-porösen oder einem porösen Polymer bestehen. Häufig eingesetzte Polymere sind beispielsweise Polyethylen niedriger Dichte (lowdensity polyethylene, LDPE), Polyoxymethylen (POM), Silikone (Rusina et al. 2007) und Polydimethylsiloxan (PDMS) (Gilbert et al. 2016).



# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## Bulk-Sammler



Ein einfacher gebautes System zur Niederschlagssammlung ist der sog. Bulk-Sammler. Nasse und trockene Niederschläge (Staub) werden hier über einen Trichter in eine Sammelflasche geleitet, die sich in einem doppelwandigen wassergefüllten Rohr (Selbstkühlung) befindet. Um vor zu starker Erwärmung zu schützen, ist alles mit Alufolie verhüllt.

Proben werden genommen, vor Ort die Regenmenge, die Temperatur und der Säuregehalt bestimmt. Im Labor folgt eine chemische Analyse der Probe.



# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## Eigenbrodt Probenahmesystem



Eigenbrodt-Probenahmesysteme (Typ Trichter-Flasche-Sammler) sind elektrisch und temperiert betriebene Bulk-Sammler, welche über die gesamte Sammelperiode offen sind. Ein Bulk-Sammler ist ein Sammelgerät zur näherungsweise Erfassung der Deposition sedimentierender trockener und nasser Partikel (Bulk-Deposition) aus der Atmosphäre.

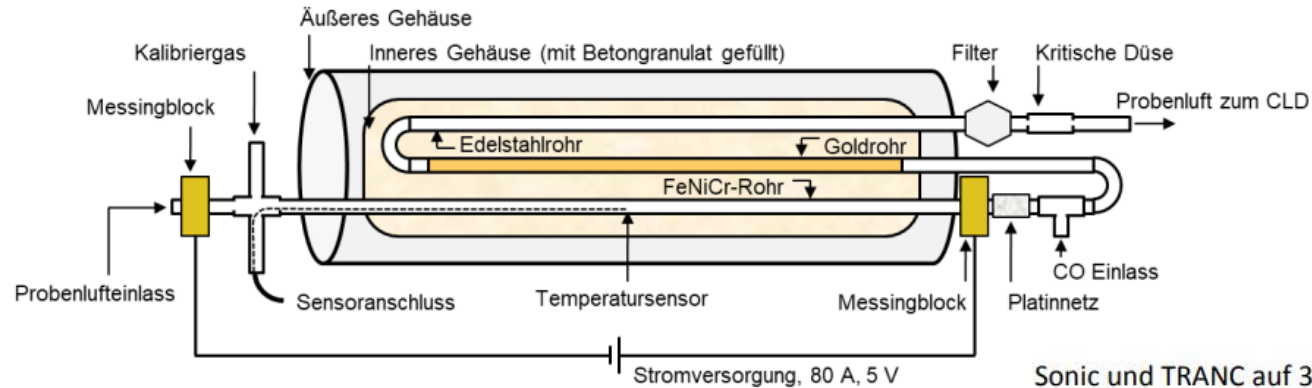
# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## Immissionsökologische Dauerbeobachtungsstation



# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## Konverter für reaktiven Gesamtstickstoff – TRANC und CLD



Quelle: Eigene Darstellung, Thünen-Institut.

Sonic und TRANC auf 30 m Höhe (links), geöffneter TRANC ohne Granulat (Mitte oben, Fotos von Jeremy Rüffer), Frontansicht des CLD (Mitte unten, Foto von Christian Brümmer) und geöffnete, klimatisierte Kiste des CLDs (rechts, Foto von Jeremy Rüffer).



Quelle: Eigene Darstellung, Thünen-Institut.

# Wie werden N-Depositionen erfasst?

## DELTA-Denuder



Quelle: Eigene Darstellung,  
Thünen-Institut.

DELTA steht für DENuder for Long-Term Atmospheric sampling. Die Denuder saugen aktiv mit einer kleinen Pumpe Luft durch ein System aus verschiedenen beschichteten Röhrchen und Filtern. Anhand der nach Ablauf der Expositionsdauer gemessenen Konzentrationen in den Beschichtungen und Filtern sowie dem Durchfluss, gemessen von einem Gasflussmesser, können dann die Luftkonzentrationen für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  sowie verschiedene andere Säuren und Ionen im Labor bestimmt werden.

# Messergebnisse

Als Beispiel  
Bayern

## Gebietstypische Ammoniak-Konzentrationen

Tabelle 2: Jahresmittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen an den verschiedenen Messstellen - im Messzeitraum 2006 bis 2019

Zuordnung der Standorte nach Gebietsprägung	Spanne der Jahresmittelwerte: Minimum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Spanne der Jahresmittelwerte: Maximum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Mittelwert über alle Standorte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
stallnah	3,5	18,1	8,8 (N=21)
feldnah	2,0	9,4	4,4 (N=39)
ländlich	1,0	3,7	2,0 (N=66)
naturnah	0,3	2,9	1,5 (N=58)
verkehrsnahe	3,6	10,9	6,3 (N=31)
Innenstadt	1,5	4,9	3,0 (N=20)
Stadt- bzw. Ortsrand	2,0	4,6	2,8 (N=18)

Quelle:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Dr. J. Köhler (2021): Stickstoff-Deposition aus dem Niederschlag zur Anwendung in Genehmigungsverfahren

[https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe\\_luft/eutrophierung\\_versauerung/n\\_deposition/doc/uba\\_daten\\_im\\_vergleich.pdf](https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/n_deposition/doc/uba_daten_im_vergleich.pdf), Abruf: 10.10.23:

Neser ILT

13

# Messergebnisse

## Als Beispiel Bayern

Tabelle 3: Trockene Deposition von Stickstoff aus Ammoniak. (Mittelwerte und Spannen siehe Tabelle 2)

Zuordnung verschiedener Standorte nach Gebietsprägung	Ammoniak-Konzentration, Mittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Trockene Deposition seminatürliches Grünland ( $v= 1 \text{ cm/s}$ ) [ $\text{kg N}/\text{ha}^*\text{a}$ ]	Trockene Deposition Wald ( $v= 1,7 \text{ cm/s}$ ) [ $\text{kg N}/\text{ha}^*\text{a}$ ]
stallnah	8,8	23	39
feldnah, auch Gülleausbringung	4,4	11	19
ländlich	2,0	5	9
naturnah	1,5	4	7
Stadt- bzw. Ortsrand	2,8	7	12

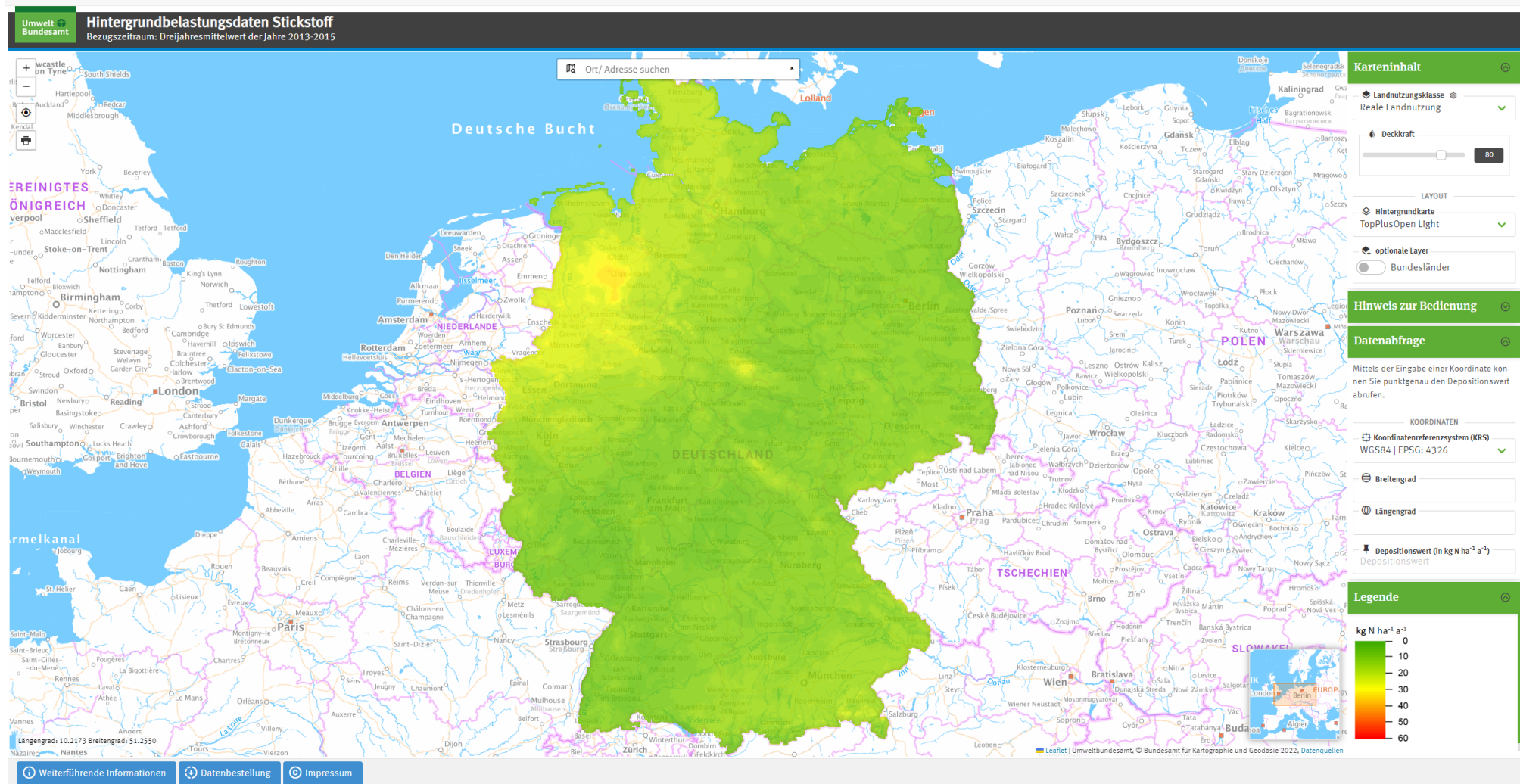
Quelle:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Dr. J. Köhler (2021): Stickstoff-Deposition aus dem Niederschlag zur Anwendung in Genehmigungsverfahren

[https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe\\_luft/eutrophierung\\_versauerung/n\\_deposition/doc/uba\\_daten\\_im\\_vergleich.pdf](https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/n_deposition/doc/uba_daten_im_vergleich.pdf), Abruf: 10.10.23:

# Wie werden N-Depositionen erfasst?

Modellierung,  
Darstellung  
aus  
<http://gis.uba.de/website/dep01/de/index.html>



# Ermittlung der Depositionskarten (Daten von 2000 bis 2015)

---

1. Berechnung der Depositions- und Konzentrationsfelder auf Basis von Emissions- und Meteorologiedaten mit einem Chemie-Transport-Modell (Ergebnis: trockene Deposition für N und S).
2. Berechnung der nassen Depositionsfelder auf Basis von Messdaten. (Ergebnis: nasse Deposition).
3. Verwendung eines heuristischen Ansatzes zur Abschätzung der Nebeldeposition. (Ergebnis: feuchte Deposition).
4. Verwendung eines scavenging ratio Ansatzes zur Berechnung der trockenen Deposition für die basischen Kationen. (Ergebnis: trockene Deposition für BC)
5. Transformation der Ergebnisse der trockenen und feuchten Deposition auf das feiner aufgelöste 1\*1km<sup>2</sup>-Raster und Addition aller Teilflüsse zur Gesamtdosition mit einer räumlichen Auflösung von 1\*1 km<sup>2</sup> (Ergebnis: Gesamtdosition)



# Aktualisierung der Depositionskarten (Daten von 2015 bis 2018)

---

PINETI-IV – „Verbesserung des Instrumentariums zur Modellierung der deutschlandweiten Deposition von Luftschadstoffen und Fortschreibung von Zeitreihen,,

Das Modell LOTOS-EUROS wird unter Berücksichtigung der natürlichen und strukturellen Standortverhältnisse in Deutschland weiterentwickelt. Unter anderem wird die Modellauflösung für Deutschland von 7 x 7 km<sup>2</sup> auf 2 x 2 km<sup>2</sup> erhöht, und für Europa von 25 x 25 km<sup>2</sup> auf 13 x 13 km<sup>2</sup>. Die Ergebnisse mit der neuen Auflösung werden mit dem vergangenen Projekt PINETI-III und dem EMEP Model in Bezug auf das Jahr 2015 evaluiert, um den Effekt der Auflösungserhöhung auf die Ergebnisse bewerten zu können.

# Messergebnisse

## Als Beispiel Bayern

Tabelle 1: Stickstoff-Hintergrundbelastung aus dem Kartendienst des UBA (PINETI-3 (Mittelwert 2013-2015) an den Messstellen des LfU und die dort tatsächlich gemessenen Stickstoffeinträge mit Bulk- und Wet only-Niederschlagssammler in kg N/ ha\*a

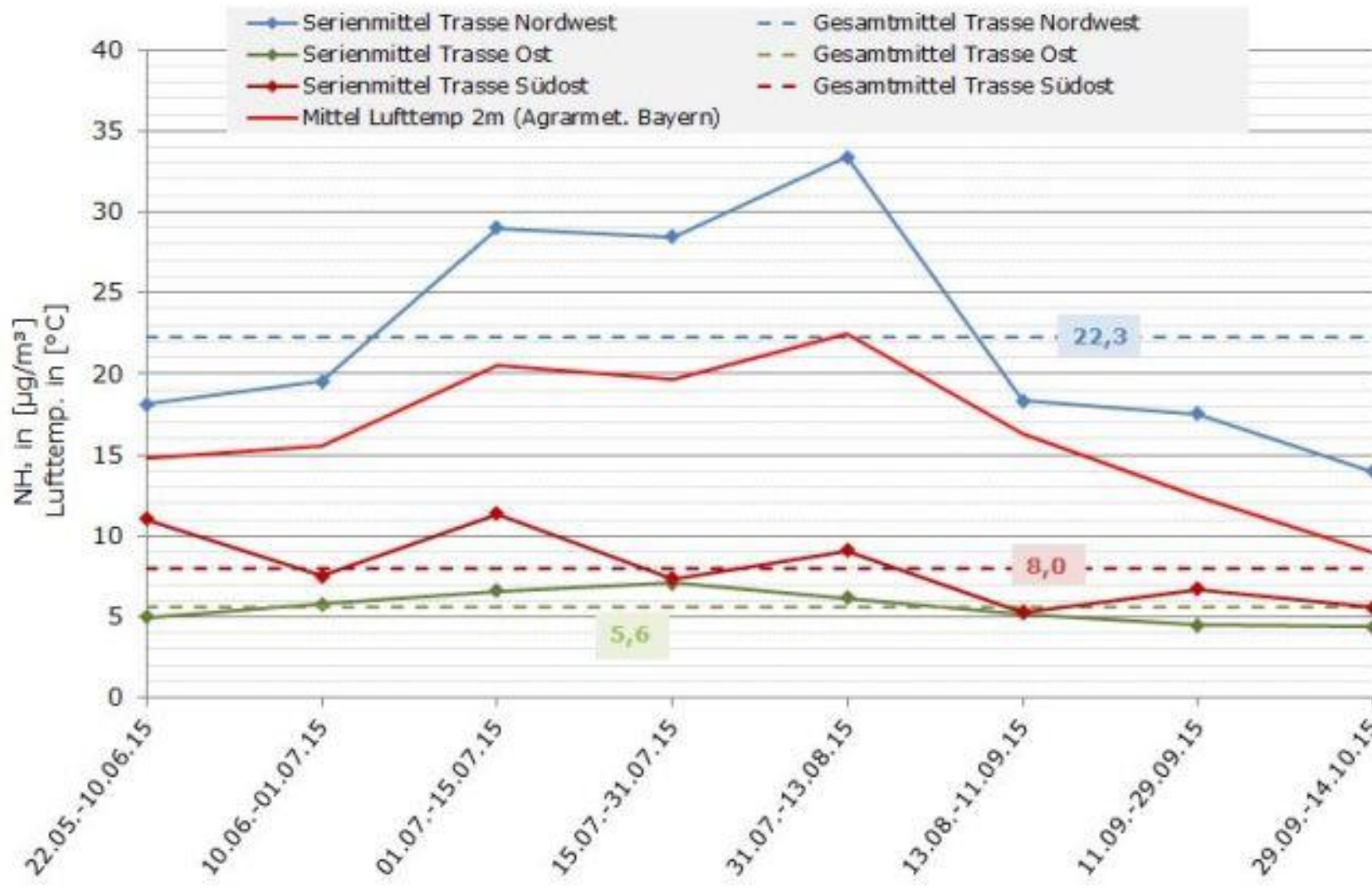
Messstelle LfU	Landnutzung	UBA-Karten- dienst, Mittelwert 2013 bis 2015	Gemessene Bulk- Deposition, Mittel- wert 2013 bis 2015	Gemessene Wet only-Deposition, Mittelwert 2013 bis 2015
Feilitzsch	Ackerflächen	11	9	
Kaisheim	Ackerflächen	12	7	
Neusling	Ackerflächen	13	9	
Prittriching	Sonstige	12	11	
Aschheim	Ackerflächen	14	10	
Sylvenstein	naturnahe Flächen	10	22	
Eining	Ackerflächen	10	8	5
Grassau	naturnahe Flächen	18	13	13
Weiberbrunn	naturnahe Flächen	10	8	6
Augsburg	städtisch	18	7	6
Bidingen	Wiesen und Weiden	14	13	9
Kulmbach	naturnahe Flächen	10	7	5
Möhrendorf	naturnahe Flächen	10	7	5

Quelle:  
Bayerisches Landesamt für  
Umwelt (LfU), Dr. J. Köhler  
(2021): Stickstoff-Deposition  
aus dem Niederschlag zur  
Anwendung in  
Genehmigungsverfahren

[https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe\\_luft/eutrophierung\\_verseuerung/n\\_deposition/doc/uba\\_daten\\_im\\_vergleich.pdf](https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_verseuerung/n_deposition/doc/uba_daten_im_vergleich.pdf),  
Abruf: 10.10.23:

# Messergebnisse, BSP 1 „Nordbayern, stallnah“

Als Beispiel  
Bayern



Quelle: LfL, <https://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/emissionen/116342/index.php>

---

Wie werden N-Depositionen bewertet?  
Critical Load – Critical Level

# Critical Load – Critical Level

Bezeichnung	Einheit	Bedeutung	Bewertungsraum
Critical Level	$[\mu\text{g m}^{-3}] / [\text{mg l}^{-1}]$	Kritische N-Konzentrationen in der Umwelt	flächendeckend
Critical Load	$[\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}]$	Kritische N-Deposition in Ökosysteme	Waldflächen, naturnahes Offenland (Feldflur) und Gewässer
Critical Surplus	$[\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}]$	Kritischer N-Überschuss der Agrarfläche	Agrarflächen

Quelle: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019):  
Ermittlung der Critical Levels und Critical Loads für Stickstoff Methodik für die Neufassung der Belastungsgrenzen für in  
Deutschland vorkommende Vegetationseinheiten (CL Bericht 2019), <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/69710>

# Ökologische Belastungsgrenzen oder Critical Loads

---

Die Empfindlichkeit der Ökosysteme gegenüber den versauernden und eutrophierenden Stoffeinträgen des Niederschlags wird in ökologischen Wirkungsschwellen, den Critical Loads benannt. Dabei dürfen die langfristigen Stoffeinträge gerade noch so hoch sein, dass die ausgleichenden Eigenschaften des Ökosystems negative Wirkungen der Stoffeinträge verhindern können.

Nach heutigem Stand des Wissens ist bei deren Einhaltung nicht mit schädlichen Wirkungen auf Struktur und Funktion eines Ökosystems zu rechnen.

# Ökologischen Belastungsgrenzen für Eutrophierung

---

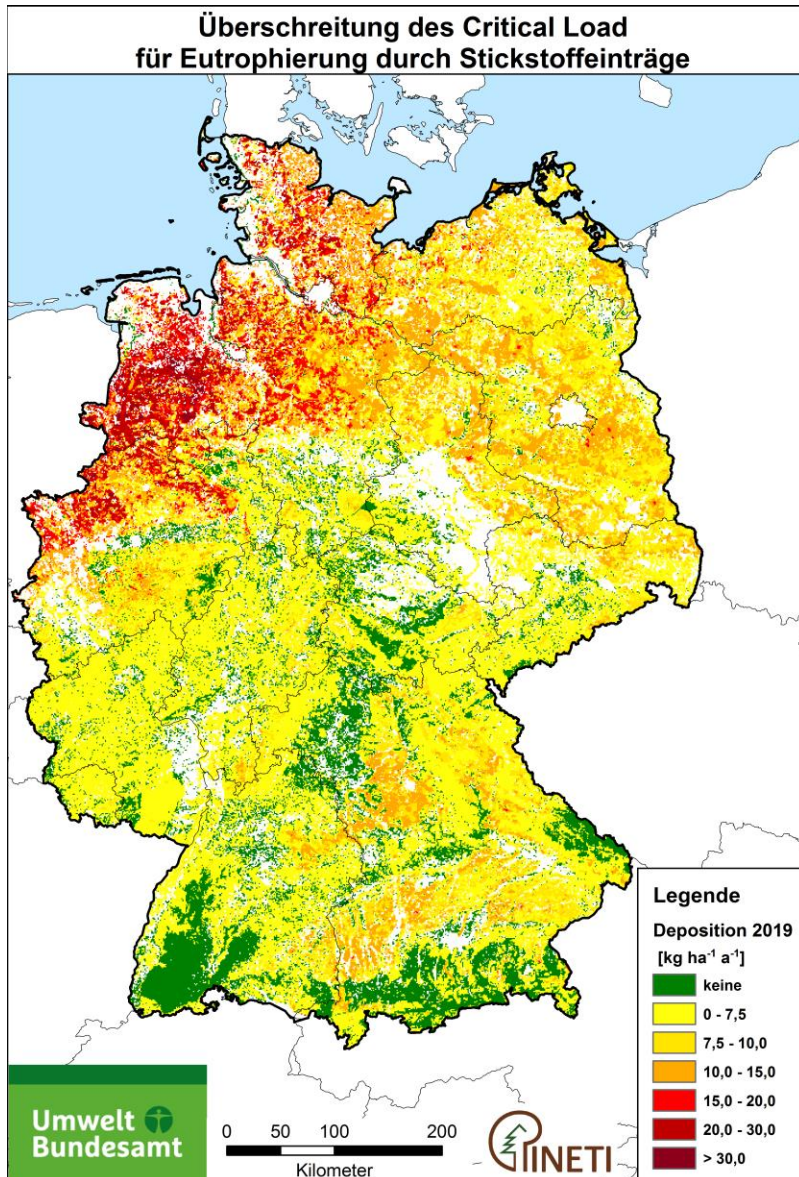
Ein langfristiges Ziel der EU und der Genfer Luftreinhaltekonvention ist die **dauerhafte** und **vollständige Unterschreitung der ökologischen Belastungsgrenzen für Eutrophierung**.

International wurden deshalb in der sog. neuen NEC-Richtlinie (Richtlinie (EU) 2016/2284 vom 14.12.2016) für alle Mitgliedstaaten weitere Minderungen der Emission von reaktiven Stickstoffverbindungen (NH<sub>x</sub>, Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)) vereinbart, die bis 2030 erreicht werden müssen.

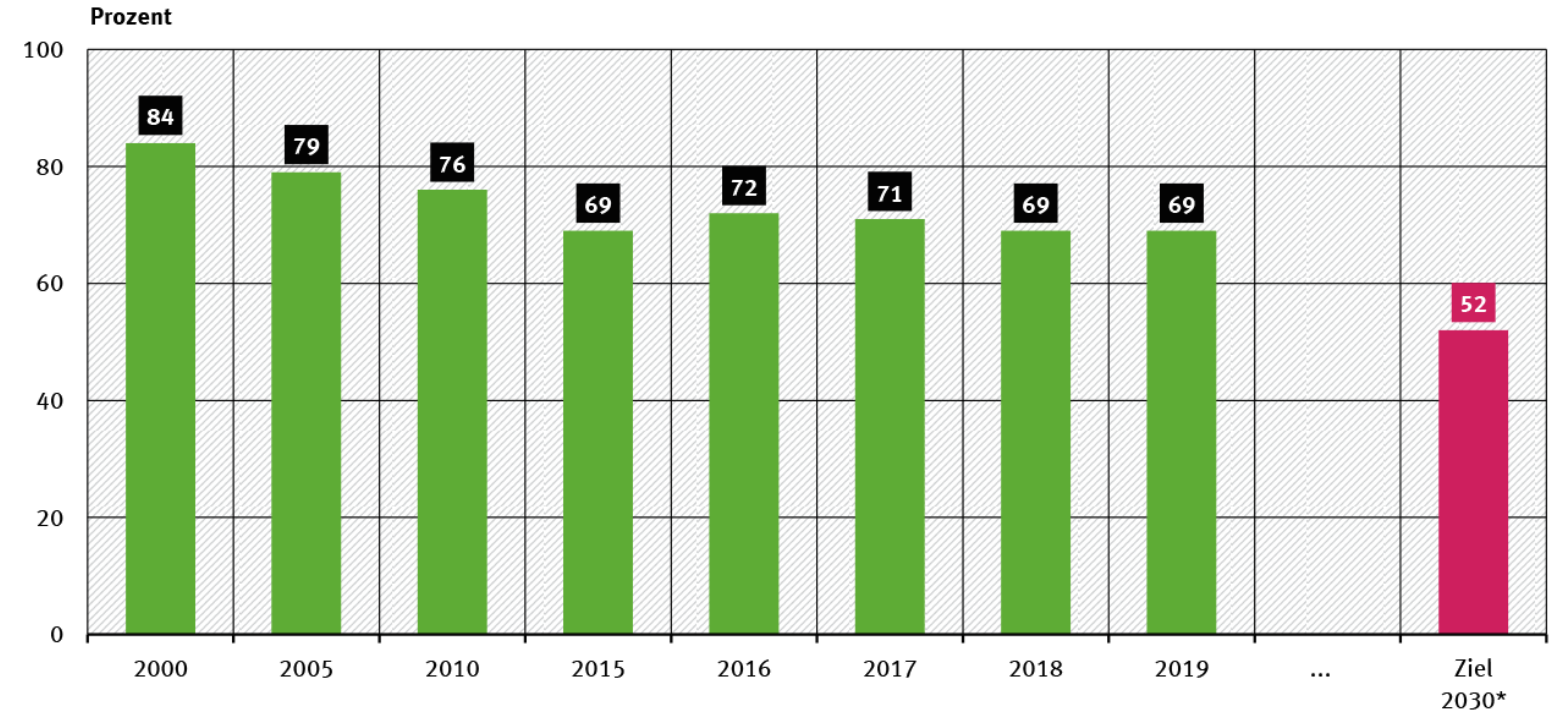
Für Deutschland ergeben sich folgende nationale Emissionsminderungsverpflichtungen für Stickstoff für das Jahr 2030 und darüber hinaus im Vergleich zum Basisjahr 2005:

- Ammoniak (NH<sub>3</sub>): minus 29 %
- Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>): minus 65 %

# Ökologischen Belastungsgrenzen für Eutrophierung in DE



**Flächenanteil empfindlicher Land-Ökosysteme mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Eutrophierung**



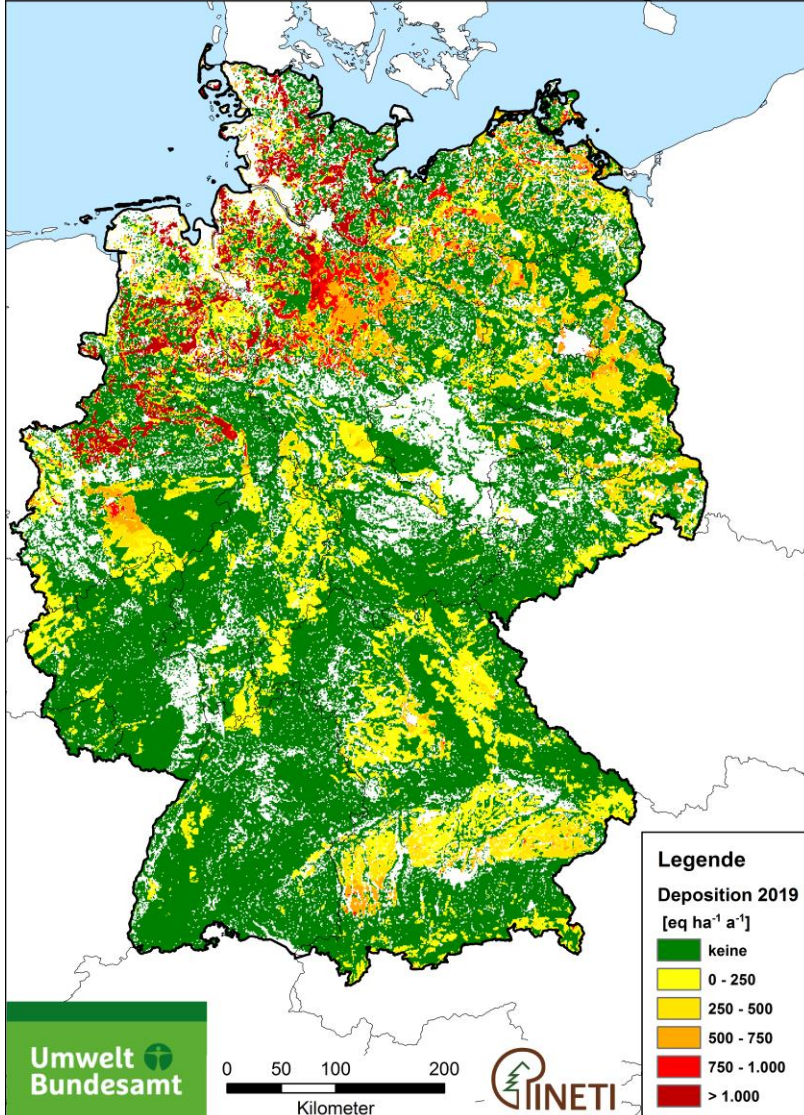
\* Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung: Der Anteil der Flächen, die von zu hohen Stickstoffeinträgen betroffen sind, soll zwischen 2005 und 2030 um 35 % sinken. Bei einem Wert von 79 % im Jahr 2005 ergibt sich für 2030 ein Zielwert von 52 %.

Quelle: Schaap et al. 2023. in Vorbereitung PINETI-4, Abschlussbericht

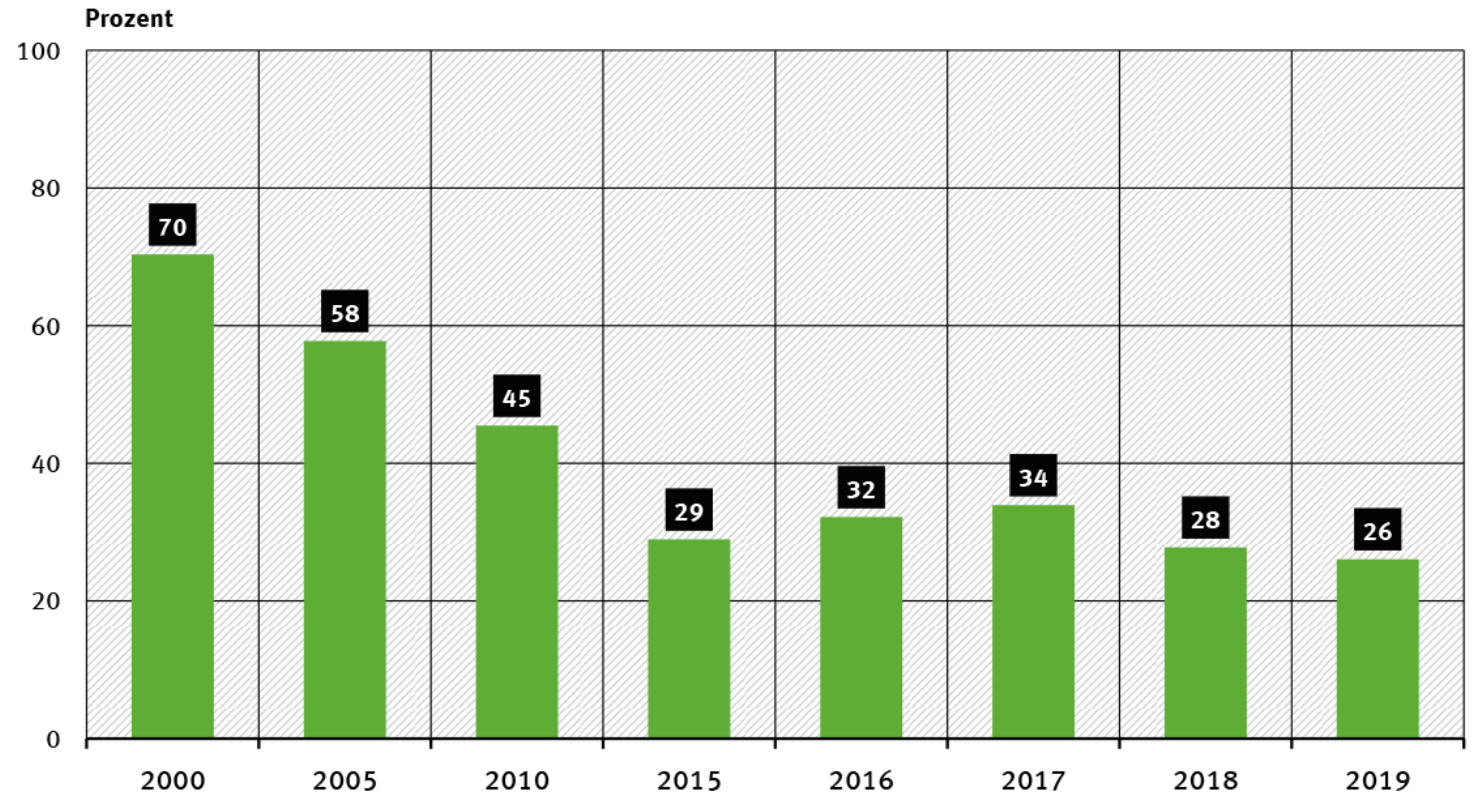


# Ökologische Belastungsgrenzen für Versauerung in DE

Überschreitung des Critical Load für Versauerung durch Schwefel- und Stickstoffeinträge



Flächenanteile mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Versauerung



Quelle: Schaap et al. 2022. PINETI-4, Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge

---

Wie werden N-Depositionen im einzelbetrieblichen  
Genehmigungsverfahren berücksichtigt?

# Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

---

## TA Luft, Nr. 4: Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen

Immissionsschutz ist grundsätzlich standort- und anlagenbezogen im Rahmen von Genehmigungs- oder Änderungsverfahren größenunabhängig (d.h. bei BImSchG und Baurecht) zu prüfen.

### **Vegetation, empf. Pflanzen und Ökosysteme:**

- ⇒ Schutz vor erheblichen Nachteilen durch die Einwirkung von **Ammoniak**
- ⇒ **Stickstoffdeposition** (bes. auch in Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung = FFH-Gebiete)

## Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

**Abschnitt 4.5** Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen

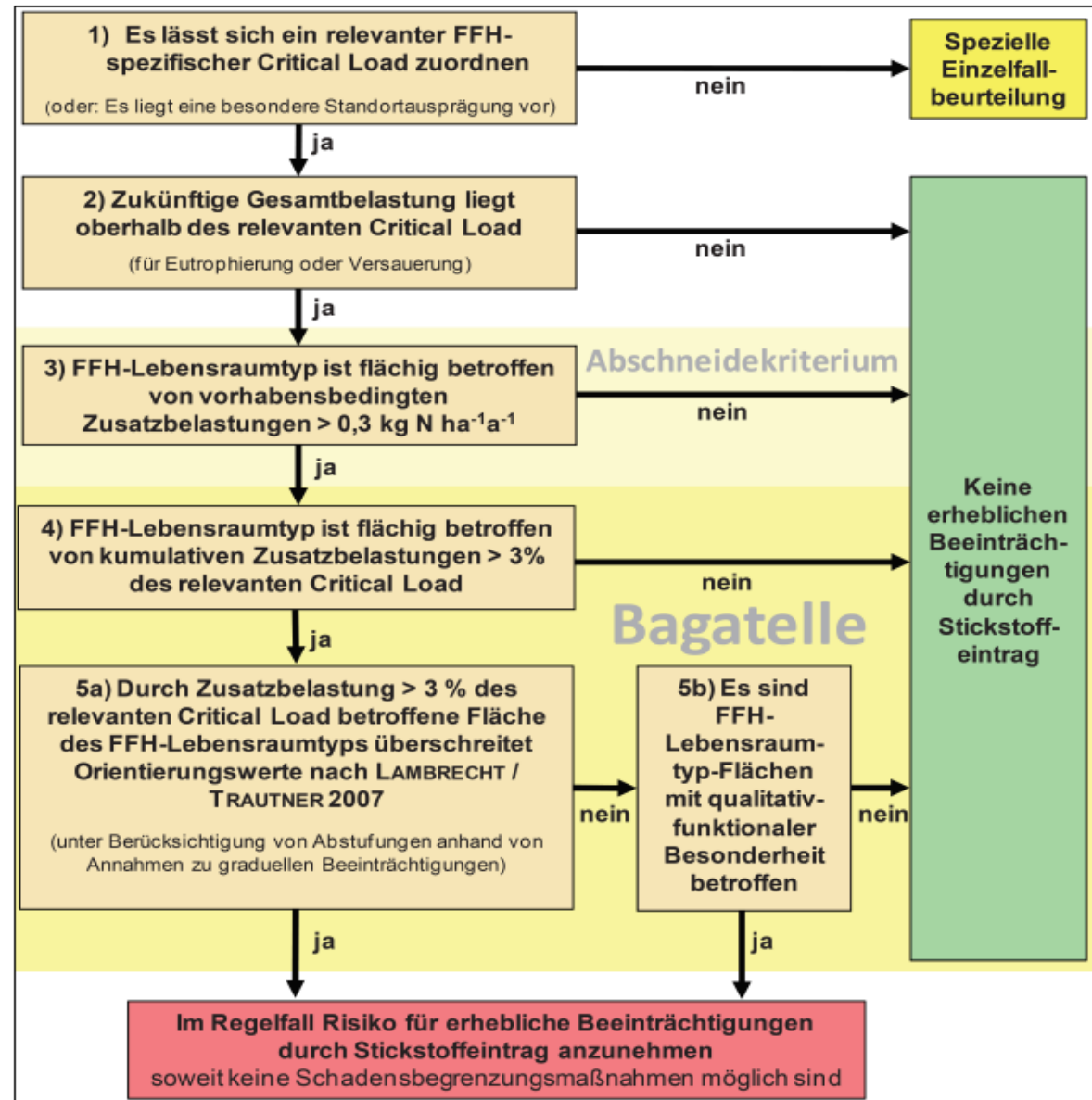
**Anhang 8** Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung

**Anhang 9** Stickstoffdeposition

**Tabelle 12** Depositionsgeschwindigkeiten für Gase

# Genehmigungsverfahren – TA Luft

Übersicht der Erheblichkeitsbeurteilung bei Stickstoffeinträgen *Hinweis: FFH-Lebensraumtyp ist nicht gleich FFH-Gebiet,*  
 Quelle: [Stickstoffleitfaden-BImSchG-Anlagen](#)  
 19.02.2019, S. 5



# Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

## Prüfung der Verträglichkeit von Stickstoff- und Säureeinträgen für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung

*Ist eine erhebliche Beeinträchtigung eines Gebietes von gemeinschaftlicher Bedeutung durch Stickstoffdeposition ausgeschlossen, so sind für dieses Gebiet in der Regel auch keine erheblichen Nachteile durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition nach § 5 BImSchG zu besorgen. Außerhalb von Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung ist für die Prüfung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition gewährleistet ist, Anhang 9 heranzuziehen. Hierbei sind die Auswirkungen auf einzelne Hofgehölze nicht zu betrachten.*

### Nr. 4 in Verbindung mit Anhang 8

- **Jahresmittelwert der N-Zusatzbelastung** im Einwirkungsbereich  
⇒ Prüfkriterium, ob erhebliche Beeinträchtigung eines Gebietes von gemeinschaftlicher Bedeutung nicht auszuschließen ist
- **Erheblichkeitsschwelle** für die N-Zusatzbelastung von **0,3 kg N/(ha\*a)**  
⇒ bei Überschreiten des Schwellenwertes im Einwirkungsbereich muss Prüfung gemäß §34 BNatSchG erfolgen

# Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

---

## Ammoniak / N-Deposition

**Bagatellmassenstrom für  $\text{NH}_3$ -Emissionen** (unabhängig von den Ableitbedingungen) von **0,1 kg  $\text{NH}_3$  / h** (etwa 240 - 300 MS oder 60 Milchkühe ohne Nachzucht)

**Bei Mastschweinen:** Absenkung des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Außenklimaställe mit Tiefstreu im Vergleich zur TA Luft 2002 von 4,86 auf 4,2 kg/(TP\*a)  
**bei Ferkelaufzucht:** differenzierte Emissionsfaktoren für Ferkel / Zuchtsauen

# Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

---

## Stickstoffdeposition

Analog zur Nummer 4.6.2.5 der TA Luft ist das Beurteilungsgebiet die Fläche, die sich vollständig innerhalb eines Kreises um den Emissionsschwerpunkt mit einem Radius befindet, der dem **50-fachen der tatsächlichen Schornsteinhöhe** entspricht und in der die **Gesamtzusatzbelastung der Anlage im Aufpunkt mehr als 5 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr beträgt**. Bei einer **Austrittshöhe der Emissionen** von weniger als 20m über Flur soll der **Radius mindestens ein km** betragen.

Beträgt die Kenngröße der **Gesamtzusatzbelastung** durch die Emission der Anlage an einem Beurteilungspunkt **weniger als 30 Prozent** des anzuwendenden Immissionswertes, so ist in der Regel davon auszugehen, dass die Anlage **nicht in relevantem Maße zur Stickstoffdeposition** beiträgt. Die Prüfung des Einzelfalles kann dann unterbleiben.



# Fazit

---

1. Es stehen verschiedene Verfahren zur **Bestimmung der N-Deposition** zur Verfügung.
2. **Messungen/Erhebungen** sind mit **hohem** zeitlichen, personellem und finanziellem **Aufwand** verbunden.
3. Die **Ergebnisse differieren** deutlich (räumlich, zeitlich etc.)
4. Im Genehmigungsverfahren ist seit der Neufassung der TA Luft (2021) die N-Deposition unter Ziffer 4 „**Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen**“ aufgeführt.
5. **Messungen** zur N-Deposition sind im einzelbetrieblichen Genehmigungsverfahren i. d. R. **nicht verhältnismäßig**.
6. **Veränderungen** in der Emissionssituation (Viehbestände, emissionsmindernde Verfahren etc.) müssen zeitnah in die Hintergrundbelastungsdaten einfließen.
7. **Wunsch** aus der Praxis: **Vereinfachtes Vorgehen** bei „kleineren Anlagen“

---

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

