

Nitrat im Trinkwasser

Wieviel darf es denn sein?

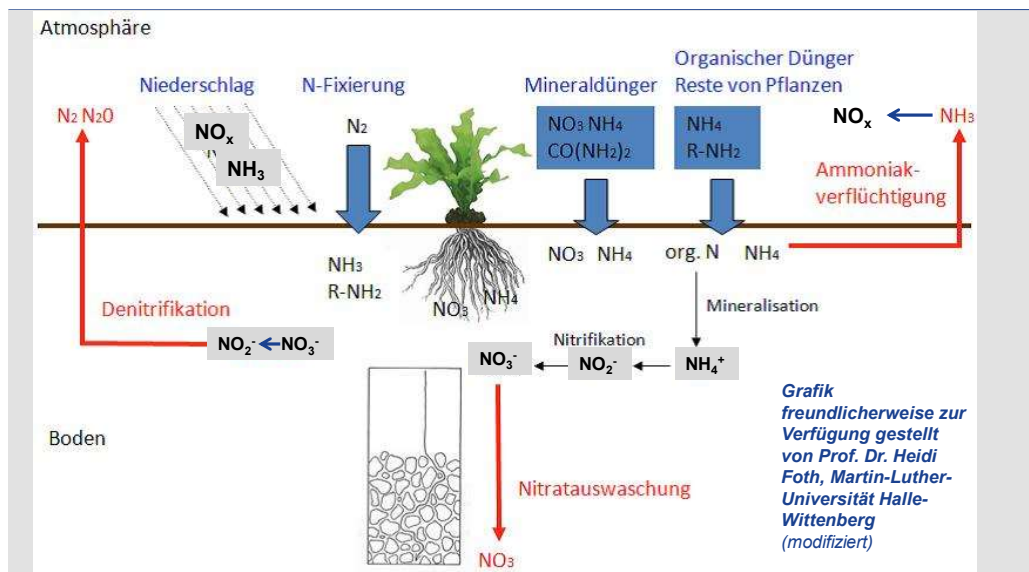
Prof. Dr. Thomas Schupp
Chemieingenieurwesen – Stegerwaldstraße 39
thomas.schupp@fh-muenster.de



Inhalt

- › Der Stickstoffkreislauf.
- › Toxische Wirkung des Nitrats.
- › Quellen für Nitrat
- › Quellen für reaktiven Stickstoff.
- › Umweltaspekte.

Stickstoffkreislauf in der Biosphäre



Landwirtschaftliche Stickstoffeinträge; N-Einträge sind blau, N-Austräge rot dargestellt
(nach Forster 1985; Deutsch 2005; Schipper & Sparling 2010)

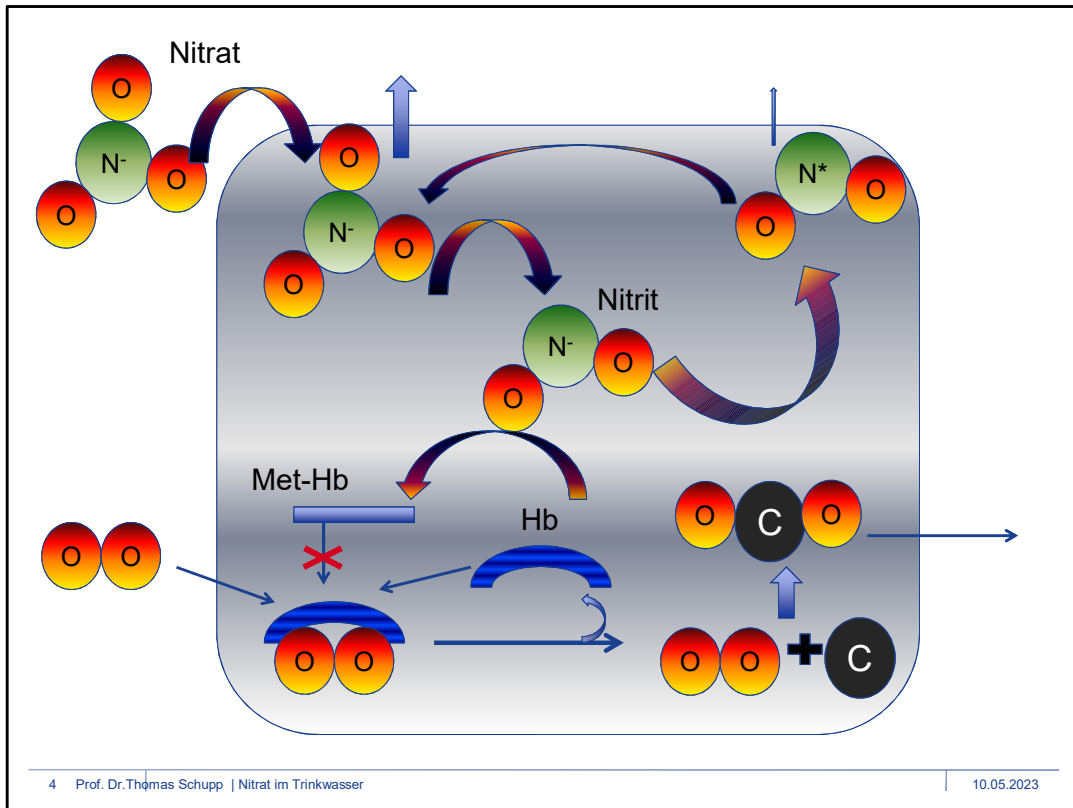
3 Prof. Dr. Thomas Schupp | Nitrat im Trinkwasser

10.05.2023

NO : Met-Hb; Vasodilatation; NO_2 : Reizgas; Schädigung von Elastin und Kollagen -> Einschränkung der Lungenfunktion; durch Reizung erleichterte Infektion; Fibrose.

Photosmog.

NH_3 : Geruch; starke Reizwirkung (bleibende Augenschäden bei akuter Vergiftung);



Nitrat wird im Körper zu Nitrit reduziert. Dieses reagiert dann mit dem Oxyhämoglobin (Blutfarbstoff, der mit Sauerstoff beladen ist) zu Nitrat und Methämoglobin (Blutfarbstoff, der kein Sauerstoff mehr transportieren kann). Das Methämoglobin kann wieder regeneriert werden; diese Fähigkeit ist bei Säuglingen aber noch nicht voll ausgeprägt.

Met-Hämoglobin: Symptome in Abhängigkeit vom Anteil

- › Bis 1 % ohne Wirkung.
- › Ab 10 % Müdigkeit,...
- › Ab 20 % Kopfschmerz, Bewusstseinstörung, Sauerstoffmangel im Gehirn.
- › Spätestens ab 70 % Lebensgefahr.
- › Besonders gefährdet: Kinder unter 6 Monaten.
- › Ab 1951 bekannt: Trinkwasser sollte nicht mehr als 50 mg/L Nitrat enthalten.
 - › Ab 100 mg/L klar erhöhte Met-Hb-Werte bei Kindern.
 - › Nitrit ist wirksamer als Nitrat; Trinkwasser-Grenzwert für Nitrit: 0,5 mg/L.

Nitrat: weitere Wirkungen (1)

- › Störung des Schilddrüsenhormonhaushaltes.
 - › Ratte, 5 Monate: 14, 50, 100, 250 oder 500 mg/L Trinkwasser.
 - › ab 250 mg/L Körpergewicht reduziert, Schilddrüsenfunktion eingeschränkt.
 - › Störung der Iodaufnahme.
 - › 15 mg/kg/d über 28 d stören nicht (Versuch mit je 10 Freiwilligen).
 - › Vergrößerte Schilddrüsen bei Kindern, die gegenüber 50...274 mg/L Nitrat exponiert waren im Vergleich zur Kontrollgruppe (< 2 mg/L).
 - › 78 mg/L statt 8 mg/L: erhöhte Häufigkeit von Kropfbildung...
 - › ...trotz ausreichender Iodversorgung.

Prüfungen auf Schäden an der Erbsubstanz fielen unterschiedlich aus:

Nitrat täglich über 14 d bei Ratte: Test auf Chromosomenschäden im Knochenmark positiv, Studie aber mit Mängeln bzgl. Kontrolle, Auswertung etc.; bei einmaliger, hoher Dosierung war der Test negativ. Mikrokerntest bei Mäusen in vivo positiv, nicht aber bei den höchsten Konzentrationen! UDS - Test in vivo in der Leber negativ; Ames-Test und in-vitro Test auf Chromosomenschäden negativ.

Nitrit: Test auf Chromosomenschäden in trächtigen Mäusen sowie in Hamstern negativ; Ames-Tests unterschiedlich; Chromosomenschäden und Punktmutation an Säugerzellen vitro positiv. In vivo Mikrokerntest negativ.

Nitrat: weitere Wirkungen (2)

- › Mutagenität / Gentoxizität negativ.
- › Krebs?
 - › Im Tierversuch: nein.
 - › Bevölkerungsstudien: fraglich.
 - › U. a. fragliche Hinweise auf Dickdarm-, Harnblasen und Ovarialkrebs;
 - › Störfaktoren?
 - Gepökeltes Fleisch bzw. reichlicher Fleischkonsum als zusätzlicher Faktor.
 - Nitrit + bestimmte Lebensmittel.
 - Wenig Vitamin C als Zusatzfaktor.
- › Beeinträchtigung der Fortpflanzung
 - › Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit in Mäusen?

Prüfung auf krebserzeugende Wirkung: Fütterungsstudien an Ratten und Mäusen mit Nitrit und Nitrat ohne Wirkung.

Mäuse, über Trinkwasser exponiert: Spermienzahl verringert, Morphologie der Spermien verändert, aber in einer Screeningstudie war die Fruchtbarkeit von Ratten nicht beeinträchtigt.

Zusammenfassung Toxikologie / Grenzwert

- › Methämoglobin ist wahrscheinlich der empfindlichste Effekt.
 - › 50 mg/L sollten nicht überschritten werden.
- › Schilddrüseneffekte?
 - › Ratte: Grenzwert 100 mg/L.
 - › Ratte -> Mensch: 1/10; Mensch -> empfindlicher Mensch: 1/10 -> 1 mg/L.
 - › EFSA: unter 50 mg/L beim Menschen keine Störung.
- › Krebs?
 - › Langzeit-Tierstudien: nicht krebserzeugend.
 - › Studien an Bevölkerung: schwache Hinweise.
 - › Zusätzlicher Grund, Grenzwerte einzuhalten.

Quellen für die Nitrataufnahme

Womit nehme ich Nitrat auf?

› 15 – 20 % Trinkwasser, 60 – 80 % Gemüse*.

*: Je stärker gedüngt, desto mehr!

Probenart	Mittelwert [mg/kg]	Minimale Konzentration [mg/kg]	Maximale Konzentration [mg/kg]
Brokkoli	472	< 35	979
Grüne Bohnen	378	291	475
Grünkohl, frisch	319	240	397
Grünkohl, tiefgefroren	508	85	1963
Möhren	54	< 27,6	154
Spinat, frisch	1563	239	3657,75
Kopfsalat	1652	292	2955

https://www.laves.niedersachsen.de/lebensmittel/rueckstaende_verunreinigungen/nitrat-in-lebensmitteln-147641.html

Nitrat im Gemüse

- › Blattgemüse haben vergleichsweise hohe Nitratgehalte.
- › Durch Kochen geht viel Nitrat verloren.
- › Salat im Winter enthält mehr als Salat im Sommer.
 - › Weniger Licht -> mehr Nitrat.
 - › Saisongemüse verwenden.
- › Viel Nitrat im Boden -> viel Nitrat in Pflanzen (Blattgemüse).
 - › Bei Knollengemüse nicht so ausgeprägt.
 - › Bei Fruchtgemüse (außer Tomaten), Blumenkohl, Broccoli sogar leicht gegenläufig.
- › EFSA: Täglich tolerierbare Menge:
 - › bis 3,7 mg pro kg Körpergewicht
 - › wird durch Gemüseverzehr nicht überschritten (2013).

Quellen für reaktiven Stickstoff

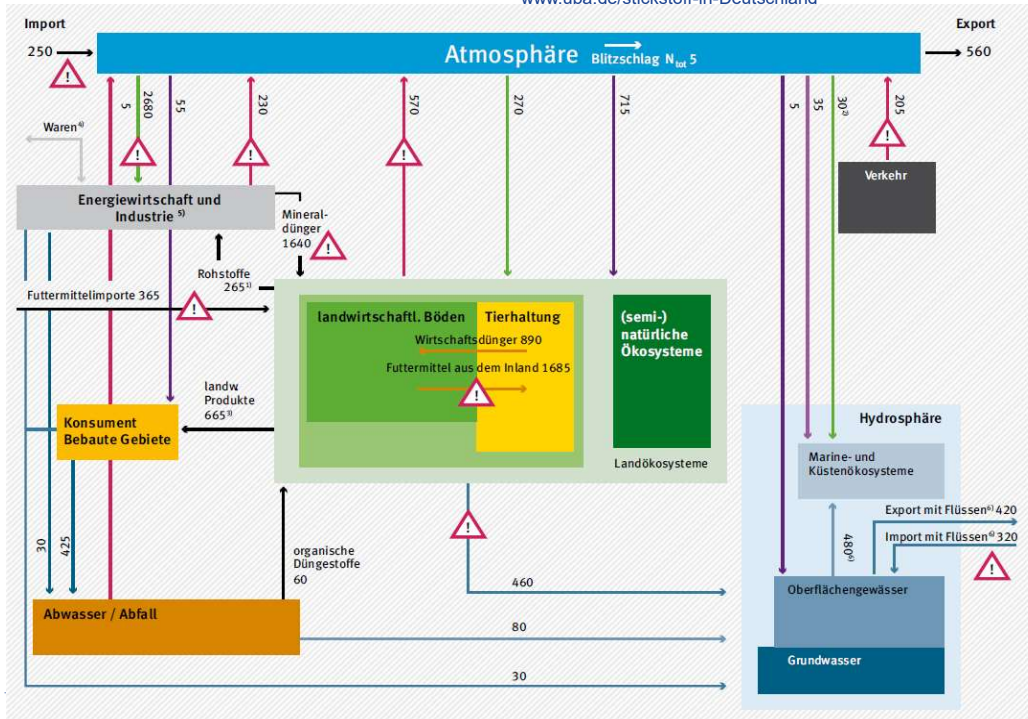
Beiträge zum reaktiven Stickstoff

	Luft			Wasser	Summe [kto/a]	Gesamt
	NO _x	NH ₃	N ₂ O	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺		%
Landw.	33	435	88	424	980	63
Verkehr	192	13	2	---	207	13
Industrie, Energie	166	15	27	10	218	14
über Haushalte	21	1	6	135	163	10
Summe [kto/a]	412	464	123	569	1568	100
%	26	30	8	36	100	

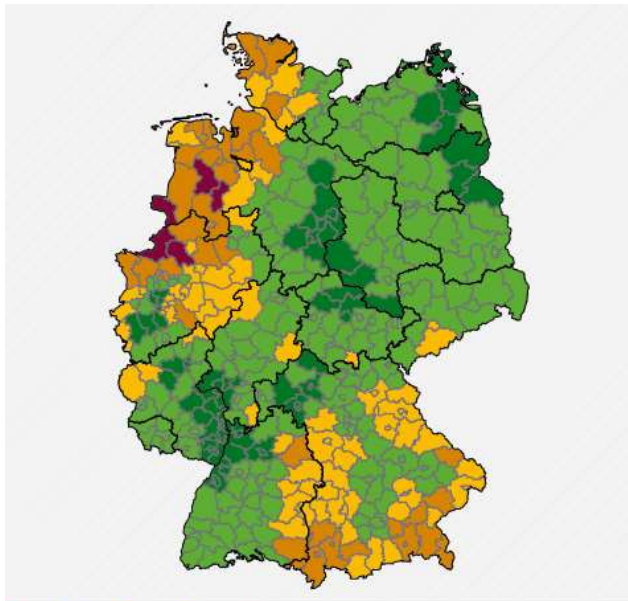
Umweltbundesamt 2015: Reaktiver Stickstoff in Deutschland – Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen.
www.uba.de/stickstoff-in-Deutschland

Stickstoffstrom, kto /a.

Umweltbundesamt 2015: Reaktiver Stickstoff in Deutschland – Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen.
www.uba.de/stickstoff-in-Deutschland

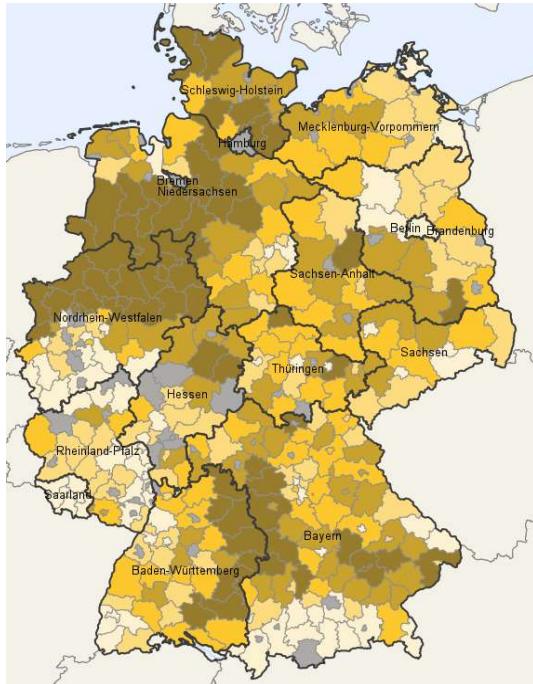


Stickstoffüberschuss kg/ha/a 2009-2011



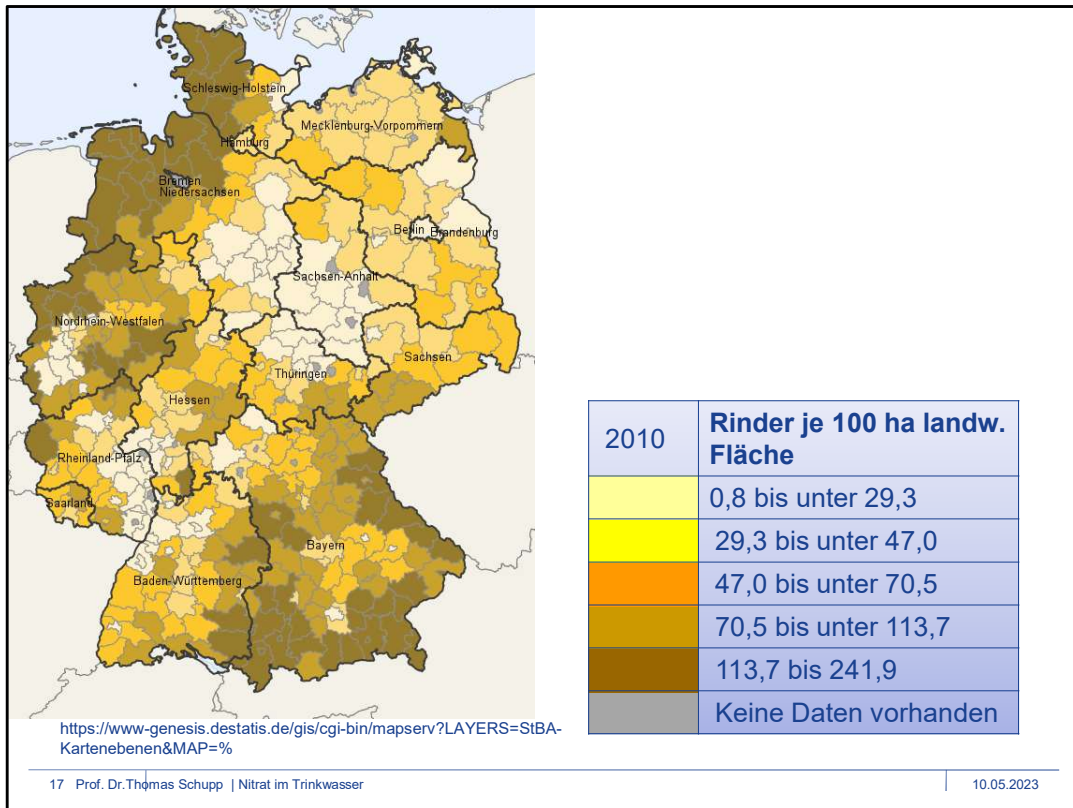
■ bis 50 ■ 51-70 ■ 71-90 ■ 91-110 ■ 110-151

Umweltbundesamt 2015: Reaktiver
Stickstoff in Deutschland – Ursachen,
Wirkungen, Maßnahmen.
www.uba.de/stickstoff-in-Deutschland



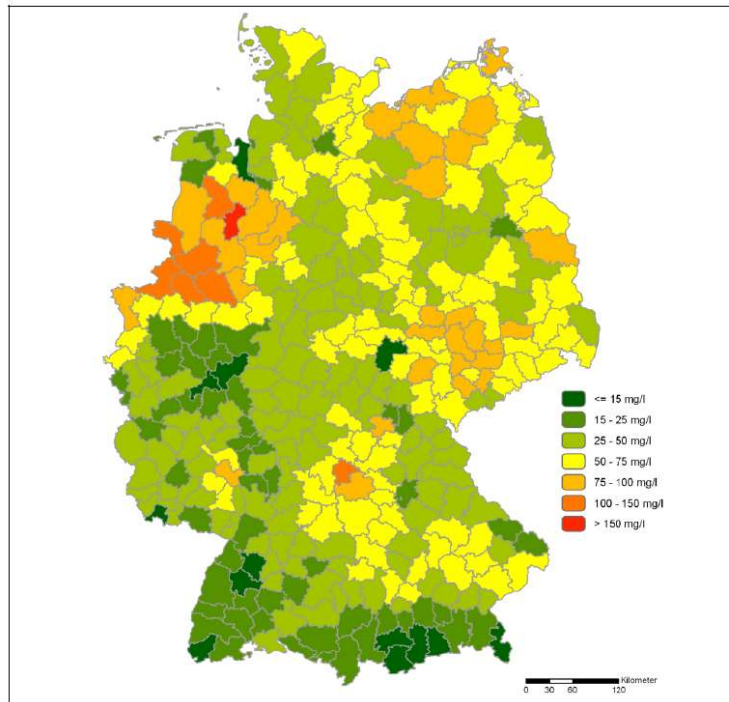
2010	Schweine je 100 ha landw. Fläche
	0,1 bis unter 21,0
	21,0 bis unter 52,5
	52,5 bis unter 88,6
	88,6 bis unter 170,2
	170,2 bis 1.673,6
	Keine Daten vorhanden

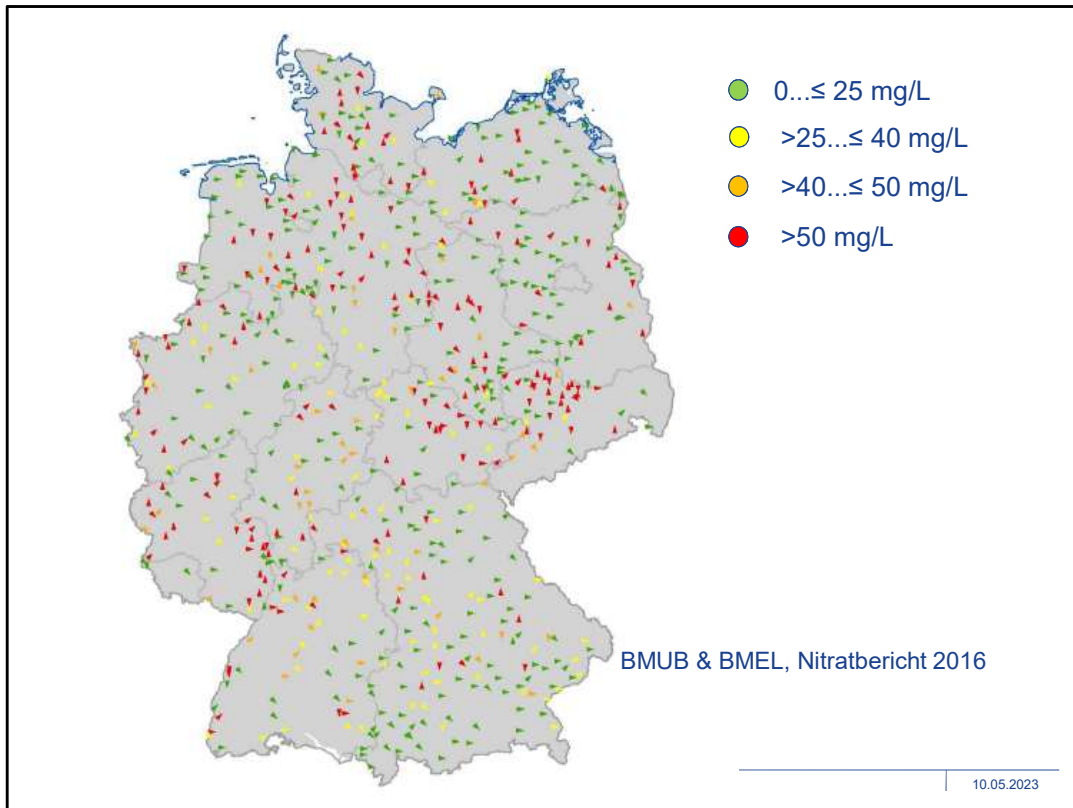
<https://www-genesis.destatis.de/gis/cgi-bin/mapserv?LAYERS=StBA-Kartenebenen&MAP=%>

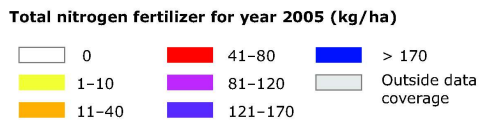
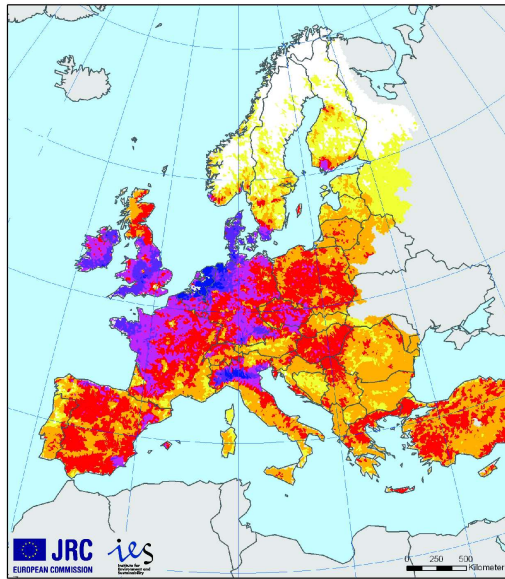


Nitrat im Sickerwasser Berechnung

Sachverständigenrat für Umweltfragen:
Stickstoff –
Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem.
Sondergutachten; Hausdruck 2015.







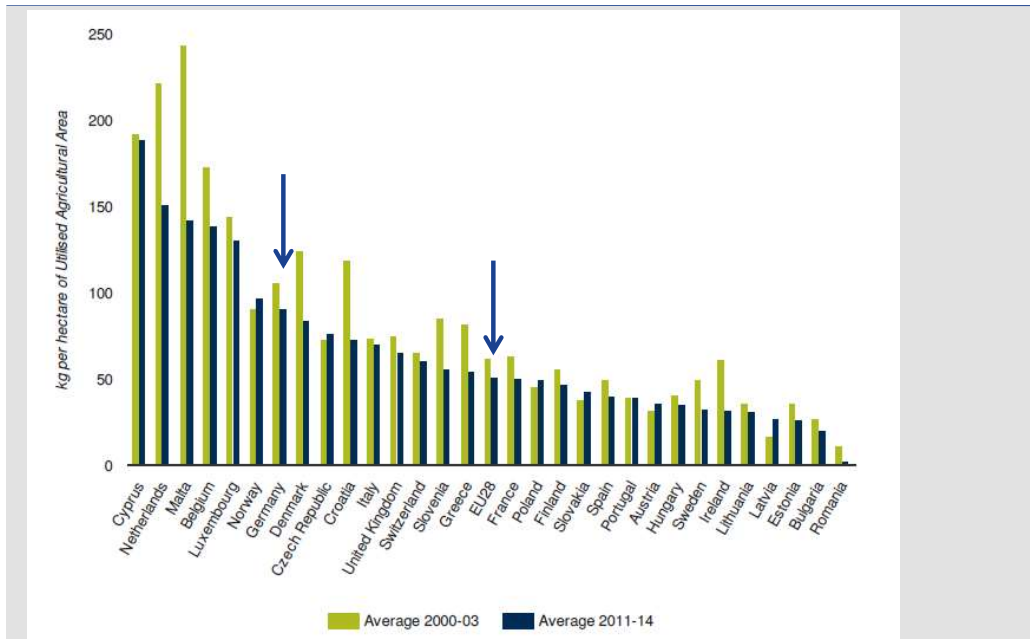
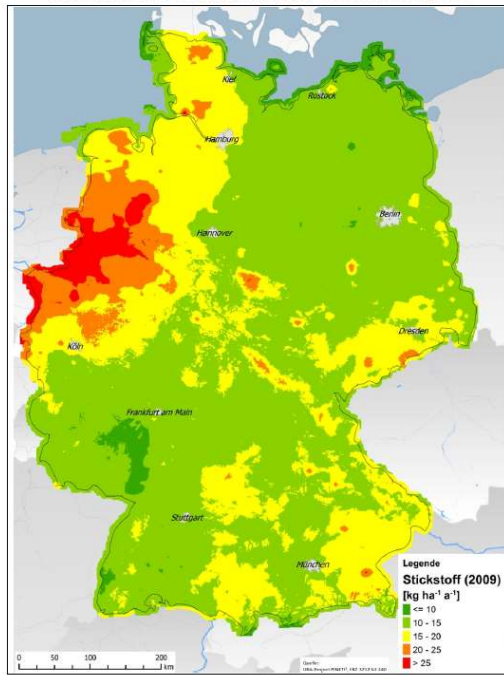


Abbildung 3-5

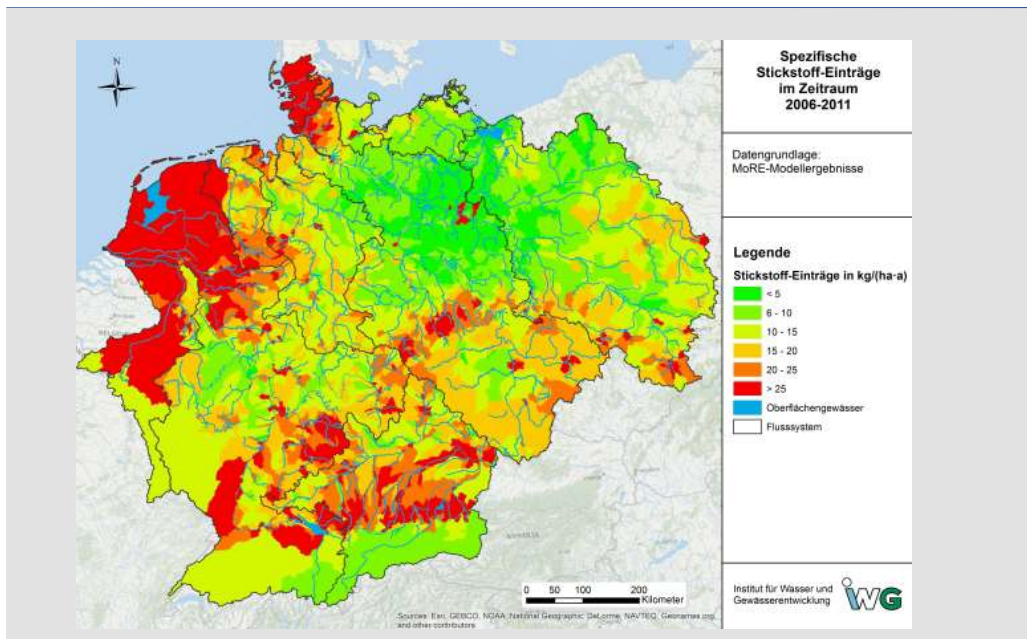
Atmosphärische Gesamtdeposition von Gesamtstickstoff 2009



Quelle: SCHAAP et al. 2014

Sachverständigenrat für
Umweltfragen: Stickstoff –
Lösungsstrategien für ein
drängendes
Umweltproblem.
Sondergutachten;
Hausdruck 2015.

Stickstoffeinträge in Oberflächengewässer



› 1 kg Schwein	› 1 kg Milch	› 1 kg Kartoffel	› 1 kg Brot
› Emission	› Emission	› Emission	› Emission
› 5,4 kg Gülle	› 1,7 kg Gülle	› ---	› ---
› 4,6 kg CO ₂ Äquivalente	› 2,0 kg CO ₂ Äquivalente	› 0,02 kg CO ₂ Äquivalente	› 0,7 kg CO ₂ Äquivalente
› Verbrauch	› Verbrauch	› Verbrauch	› Verbrauch
› 4 kg Wasser	› 3 kg Wasser	› 0,3 kg Wasser	› 1,4 kg Wasser
› 7,6 kg Biomasse	› 10 kg Biomasse	› 0,05 kg Mineralien.	› 0,9 kg Biomasse.

Was kann ich tun?

- › „Fairer Handel“ für diverse Lebensmittelprodukte.
 - › Milch, ...
 - › Bestimmter Teil des Budgets für Produkte aus Ökolandbau.
- › Ernährungsgewohnheiten hinterfragen.
- › Gemüse gemäß Saison.
 - › Nitratgehalt;
 - › lange Transporte -> mehr NO_x
- ›

Fazit

- › Der Trinkwassergrenzwert von 50 mg/L ist nicht zu niedrig.
- › Es gibt ein Problem mit dem Überschuss an „reaktivem Stickstoff“.
 - › Belastet insbesondere auch Ökosysteme.
 - › Schade, denn für 1 kg Ammoniumnitrat werden
 - › 3 MJ ~ 1 kWh Energie, 0,2 kg Erdgas und 99 kg Wasser verbraucht.
- › Viehdichte und Stickstoffüberschuss hängen zusammen.
- › Viehdichte, Bodenart und Nitrat im Grundwasser hängen zusammen.
 - › Industrie, Verkehr und Haushalte leisten auch ihren Beitrag.
- › Meinung des Vortragenden:
 - › Das Spielchen „Schwarzer Peter“ hilft nicht (wirklich).
 - › ...wenn man nämlich danach gemäß dem Motto „Geiz ist geil“ lebt.
 - › Gesamtgesellschaftliche Lösung tut not.

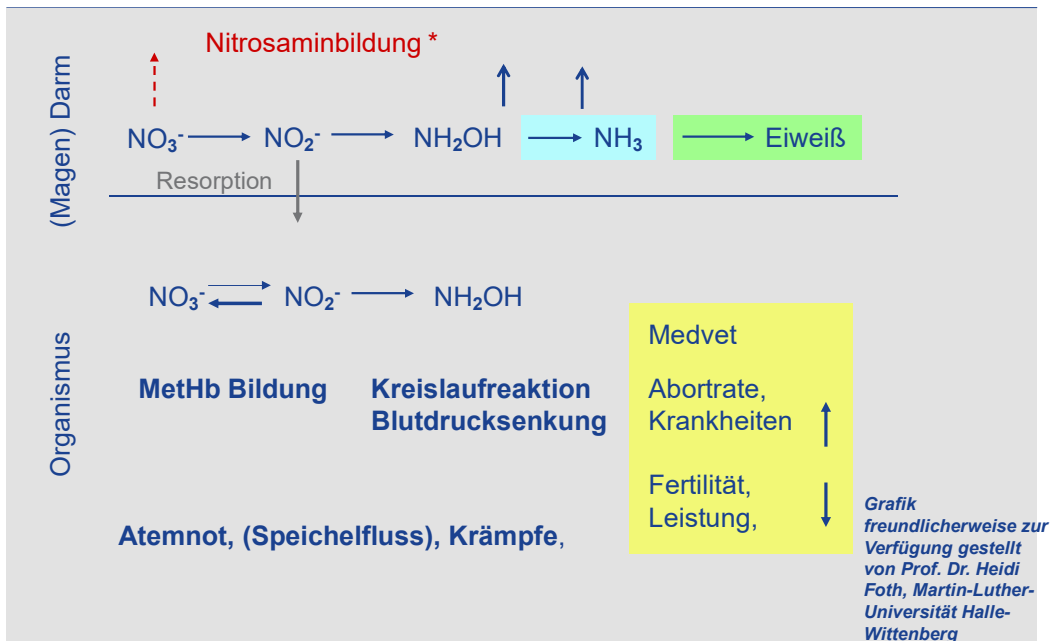
**Stickstoff:
Lösungsstrategien
für ein drängendes
Umweltproblem**

Sondergutachten

Hausdruck

Januar 2015

Nitrit aus Pökelsalz, Nitrat aus Wasser, Gemüse

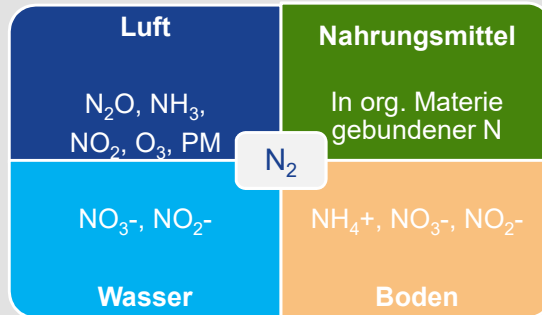


Stickstoff und seine reaktiven Spezies

Atemwegserkrankungen ?

Klimawandel ?

Überdüngung
Sensitiver
Ökosysteme ?



Met-Hb Bildung
Schilddrüsenfunktion?
Nitrosamin Bildung ?

Nahrung
Futter

Bodenversauerung?

*Grafik
freundlicherweise zur
Verfügung gestellt
von Prof. Dr. Heidi
Foth, Martin-Luther-
Universität Halle-
Wittenberg*

Nitrat: Wirkung auf das Blut (1)

- › Nitrat wird im Körper zu Nitrit umgewandelt.
 - › bei Kleinkindern wirkungsvoller als bei Erwachsenen.
- › Nitrit wandelt den Blutfarbstoff Hämoglobin (Hb) zu Met-Hämoglobin um (Met-Hb).
 - › Met-Hb kann keinen Sauerstoff transportieren.
- › Reaktivierung des Met-Hb zu Hb bei Neugeborenen schwächer als bei Erwachsenen.
 - › Ratten und Mäuse sind weniger empfindlich als der Mensch.