

Stickstoff-Dynamik in einem Feldversuch mit Biokohle und organischen/anorganischen Dünger-Kombinationen

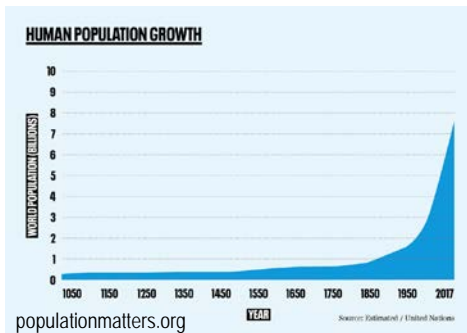
Ferdinand Hartmann, MSc.

Priv.-Doz. Rebecca Hood-Nowotny, MBA Ph.D.

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Soja, MSc.

Priv.-Doz. Dr. Heide Spiegel

Herausforderungen der Landwirtschaft im 21. Jhdt.

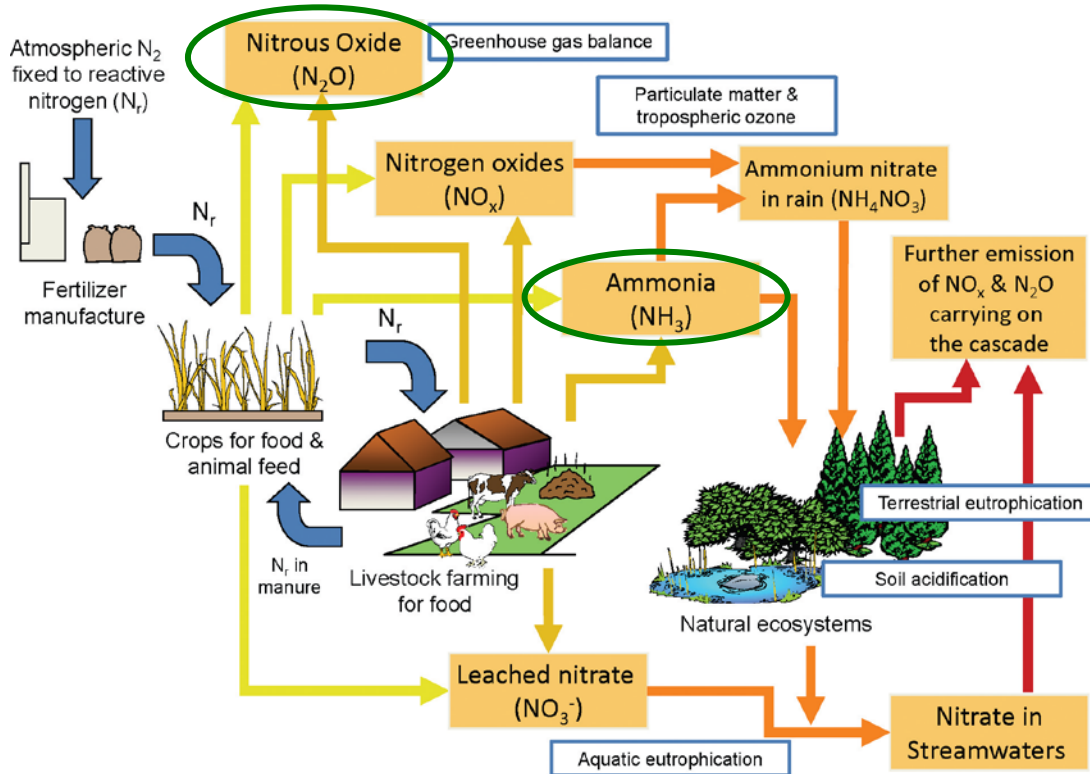


- **Wachsender Bedarf an Nahrungsmitteln:**
 - Wachsende Weltbevölkerung
 - Anstieg and Ressourcen-intensiven Lebensmitteln
 - Pro-Kopf Konsum an Kalorien steigt

- **Rückgang an landwirtschaftlich nutzbaren Flächen:**
 - Wüstenbildung
 - Bodenversiegelung

- **Erhöhte Ernteverluste:**
 - Trockenheit
 - Krankheiten
 - Verlust and Bodenfruchtbarkeit/Erosion

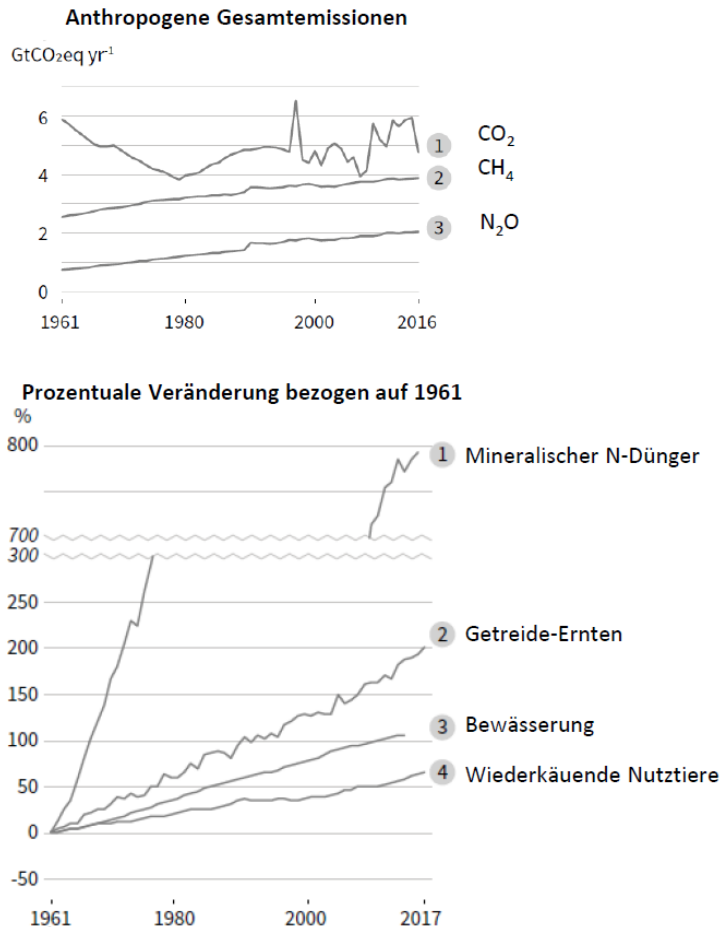
Der Stickstoffkreislauf in Agroökosystemen



The European Nitrogen Assessment, 2011

- N-Düngung in der Landwirtschaft kann große ökologische Auswirkungen auf lokaler und globaler Ebene mit sich bringen
- **Schadwirkungen:**
 - Treibhauseffekt (N₂O)
 - Eutrophierung
 - Bodenversauerung
 - Abbau von Ozon

Distickstoffmonoxid (N₂O, Lachgas)



IPCC, 2019 (modified)

- N₂O ist **265-Mal** so potent als CO₂ bezogen auf deren Treibhauseffekt
- Abbau von Ozon in der Stratosphäre
- Einsatz von mineralischem N-Dünger drastisch gestiegen
- Landwirtschaft für ca. **78%** der anthropogenen N₂O-Emissionen verantwortlich (entspricht **4-5%** des anthropogen verursachten Treibhauseffekts) (IPCC, 2019)

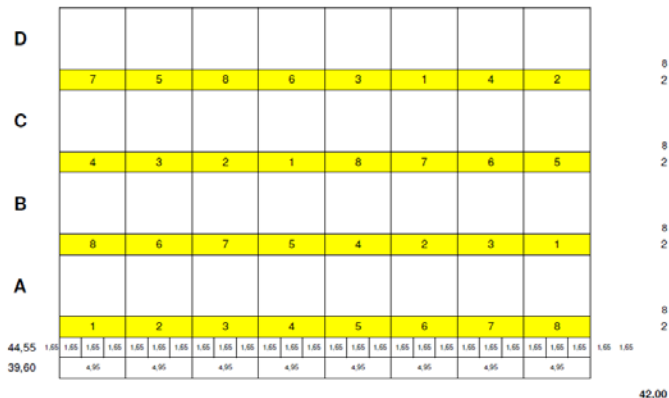
Ammoniak-Gas (NH_3) als Schadstoff

- Synthetische N-Dünger (insbesondere Harnstoff) haben großes Potential zur NH_3 -Emittierung
- NH_3 kein Treibhausgas, allerdings kann durch erneuten Kontakt mit Boden zu N_2O -Bildung, als Nebenprodukt von Nitrifikation und Denitrifikation, führen
- **Versauerung** und **Eutrophierung** von aquatischen und terrestrischen Ökosystemen
- NH_3 kann zu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ reagieren und zur **Feinstaubbelastung** ($< 2,5 \mu\text{m}$) beitragen (Anderson et al. 2003)

Feldversuch in Grabenegg (AGES-Versuchsstation)



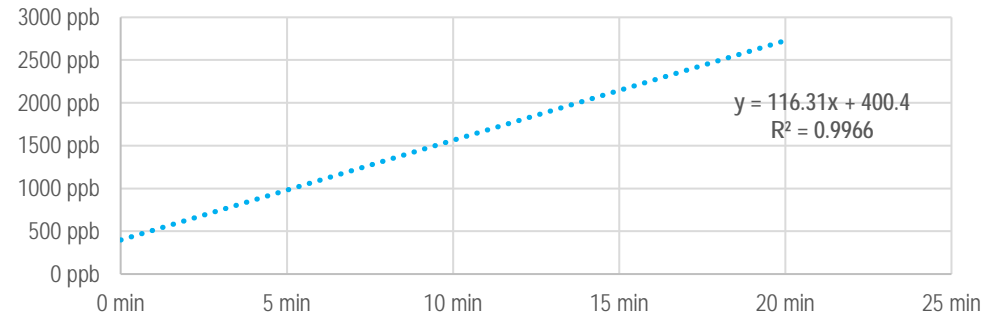
- Anbau von Silomais
- Randomisierte Parzellen (5x8m)
- Treatments:
 1. Nulldüngung
 2. NPK (175 kg N, 90 kg P₂O₅, 225 kg K₂O/ha)
 3. Kompost (35 t/ha entspricht ca. 350kg N/ha)
 4. NPK + Biokohle (NPK wie 2. + 7t/ha Biokohle aus Hartholz)
 5. Kompost + Biokohle (gleiche Mengen wie 3. & 4.)
 6. Biogasgülle (aus Abfallanlage)



Messmethoden - N₂O



N₂O-Konzentration



- 20 Minuten Inkubationszeit
- Annahme einer linearen Konzentrationserhöhung an N₂O in der Kammer
- Messung der N₂O-Konzentration mit dem N₂O-Isotopen Analyzer von Los Gatos Research (zur Verfügung gestellt von **IAEA [Internationale Atomenergie-Organisation]**)

Messmethoden - NH_3



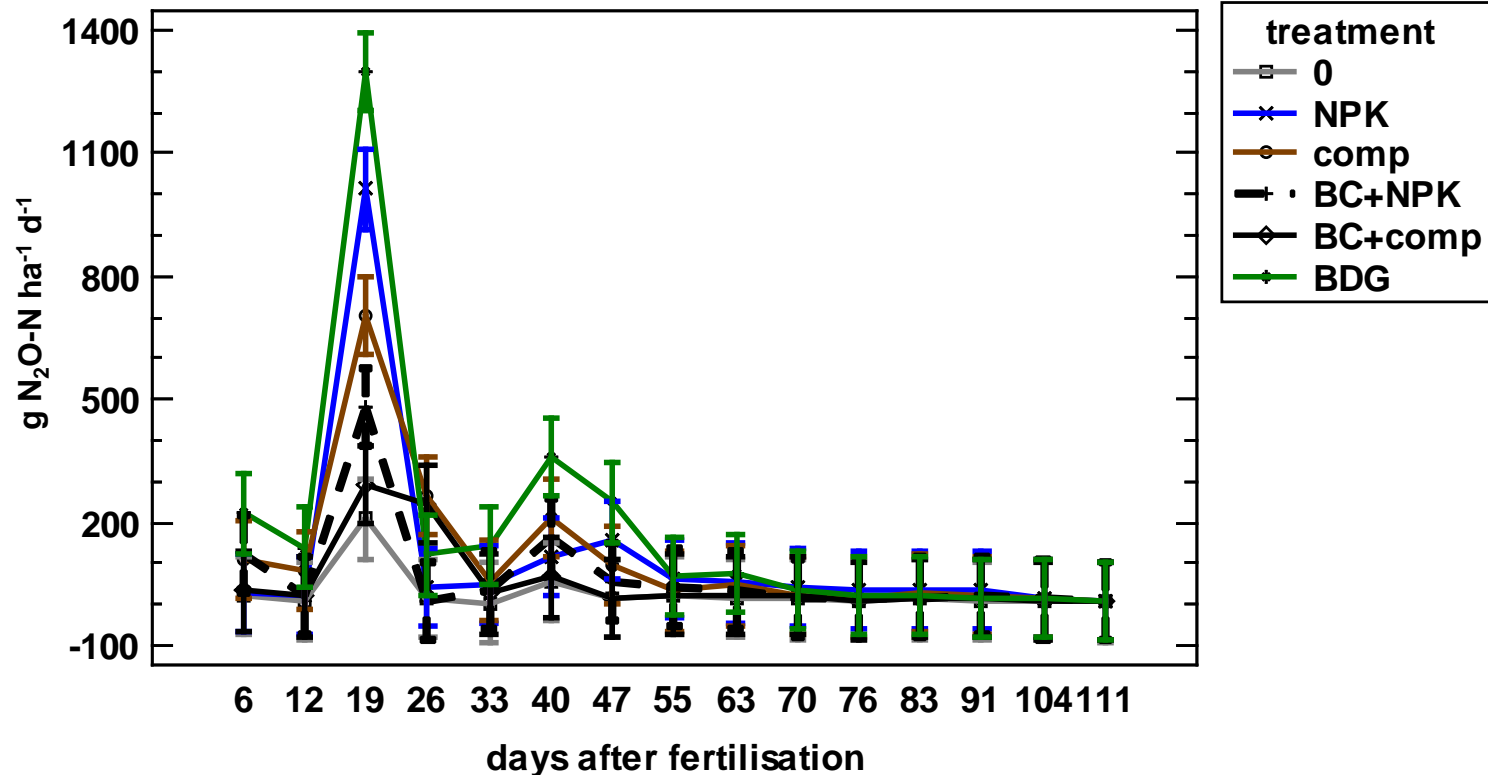
0,5 L-PET Flasche

Filterpapier-Streifen versiegelt in Teflon (PTFE)

20 mL-Fläschchen gefüllt mit 5 ml 2,5M
Kaliumbisulfat-Lösung (KHSO_4)

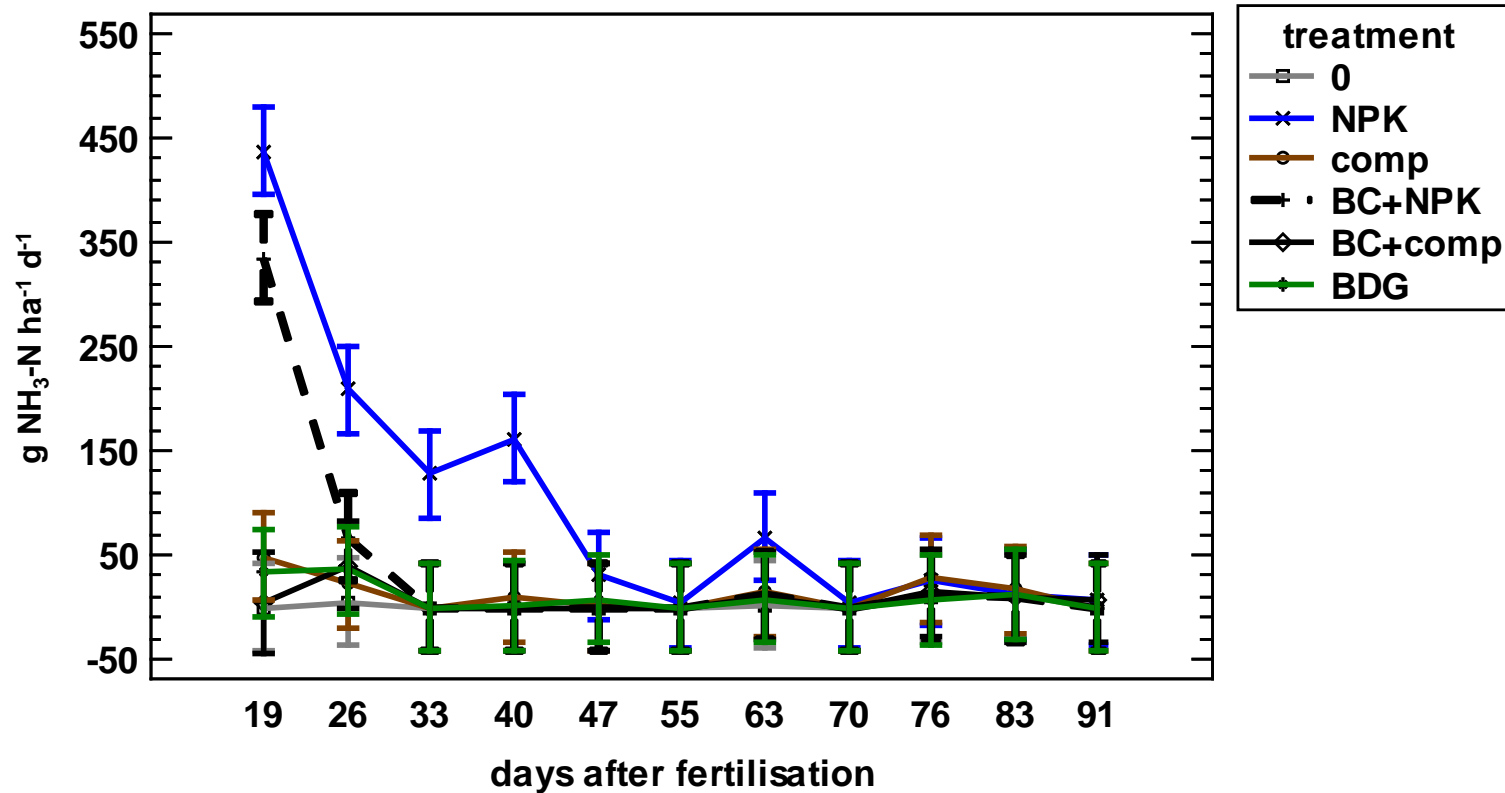
- Vom Boden freigesetztes NH_3 reagiert mit der Säure und löst sich in Form von Ammonium (NH_4)
- Messung der NH_4 -Konzentration in der Lösung

Ergebnisse: N₂O



- Hohe Emissionswerte etwas zeitverzögert zur Düngung aufgrund von Trockenheit
- Signifikante Reduktion durch Biokohle-Applikation in den ersten Wochen

Ergebnisse: NH₃



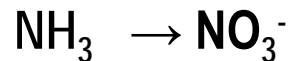
- Hohe Emissionswerte nach der Düngung für NPK Treatments
- Signifikante Reduktion durch Biokohle-Applikation in den ersten Wochen

Schlussfolgerungen

- N_2O -Emissionen in landwirtschaftlichen Systemen v.a. verursacht durch **Denitrifikation**:
(Baggs 2011)



- NH_3 -Emissionen v.a. verursacht durch **Nitrifikation**:



- Reduktion der $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ Emissionen durch:
 1. Verringerung der Gesamtmenge an N die nitrifiziert/denitrifiziert wird
 2. Erhöhung der Reaktion von N_2O zu N_2 (Distickstoffmonoxid-Reduktase)

Schlussfolgerungen

- **Effekte der Biokohle auf eine reduzierte N₂O-Emission können unterschiedliche Ursachen haben:**
 - **pH-Erhöhung:** pH-Optimum Denitrifikation pH 4-8; erhöhter pH fördert NH₃-Emission

$$\frac{N_2O}{NO_2 + NO_3^-} \qquad \frac{N_2O}{N_2 + N_2O}$$

- **Verfügbarkeit von NO₃⁻ und organischem C:** Boden in Grabenegg relativ arm an organischem Kohlenstoff
- **Physikalische Veränderungen:** Reduzierte Bodenverdichtung, Absorbierung von überschüssigem Wasser
- Einfluss auf die mikrobielle Aktivität im Boden

Schlussfolgerungen/Ausblick

- Nutzung von synthetischen N-Düngemitteln (150 Mio. t N p.a., USGS 2018) wird vermutlich hoch bleiben, bzw. weiter ansteigen
- Substitution durch organische Düngemittel sinnvoll, aber im großskalig schwer bzw. nur langsam umsetzbar
- Verbesserung der Nährstoffnutzungseffizienz bzw. Reduktion von Treibhausgasemissionen und Schadstoffen notwendig um schädliche Umweltauswirkungen zu vermeiden
 - Biokohle als möglicher Lösungsansatz
 - Weitere Forschung notwendig, für tiefgreifenderes Verständnis der Mechanismen um bessere Prognosen/Empfehlungen für unterschiedliche **Bodentypen** und **Landnutzungsformen**, v.a. in **Feldversuchen**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Referenzen

1. <https://populationmatters.org/population-numbers>
2. <https://www.diabetologie-online.de/a/uebergewicht-und-adipositas-neue-studien-belegen-gefahren-durch-uebergewicht-1829720>
3. <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/iq-wissenschaft-und-forschung/bodenversiegelung-ansaeetze-fuer-einen-geringeren-flaechenverbrauch-100.html>
4. <https://www.eagrovision.com/wp-content/uploads/2019/09/15632761188-1.png>
5. Sutton, Howard, C. M., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H., & Grizzetti, B. (2011). The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511976988>
6. IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
7. Anderson, N., R. Strader, and C. Davidson. 2003. Airbone reduced nitrogen: Ammonia emissions from agriculture and other source. Environ. Int. 29:277–286. doi:10.1016/S0160-4120(02)00186-1
8. Baggs, E. M. Soil microbial sources of nitrous oxide: Recent advances in knowledge, emerging challenges and future direction. Curr. Opin. Env. Sust. 3, 321–327 (2011).
9. United States Geological Survey (USGS). 2018. Nitrogen statistics and information. Available online at <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nitrogen> (verified on February 14, 2019).