

Lachgas- und Ammoniak- Emissionen nach wiederholter Biokohle Aufbringung unter Silomais und Weizen-Anbau

Ferdinand Hartmann
H. Spiegel, B. Kitzler, E. Díaz-Pinés, R. Hood-
Nowotny



Herausforderungen der Landwirtschaft im 21. Jahrhundert



Erhöhter Bedarf an Lebensmitteln:

- Wachsende Weltbevölkerung
- Erhöhter Konsum Ressourcenintensiver Lebensmittel (v.a. Fleisch)
- Kalorienaufnahme pro Kopf steigt global

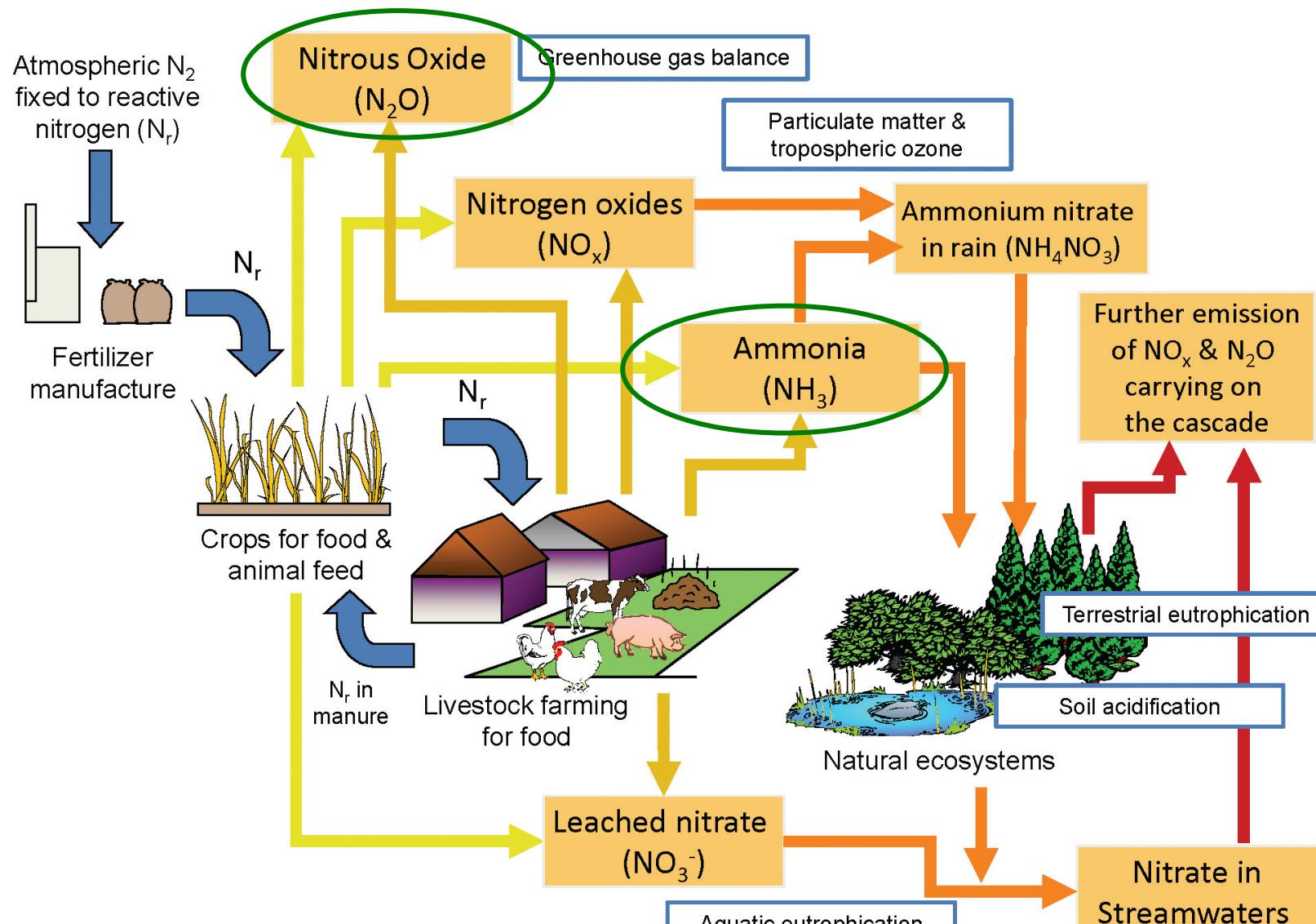
Reduktion von landwirtschaftlichen Flächen

- Bodendegradation
- Bodenversiegelung

Erhöhte Ernteverluste:

- Trockenheit
- Pflanzenkrankheiten
- Verlust an Bodenfruchtbarkeit/Erosion
- Geopolitisches Geschehen (Corona, Ukraine, etc.)

Der Stickstoff-Kreislauf in Agroökosystemen



The European Nitrogen Assessment, 2011

- (Synthetische) Stickstoff-Düngung und damit verbundene Verluste durch Auswaschung und Emission können negative Auswirkungen auf das regionale und globale Ökosystem haben

• Negative Effekte

- Treibhausgaseffekt (N_2O)
- Zerstörung der Ozon-Schicht
- Feinstaub $[(NH_4)_2SO_4]$
- Eutrophierung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen
- Bodenversauerung

Feld-Experiment in Grabenegg (AGES-Versuchsstation)

2022



Silomais(*Zea mays*)

2023



Sommerweizen (*Triticum aestivum*)

2024



Silomais (*Zea mays*)

Experimentelles Setup

Randomised plot design (5 x 8 m):

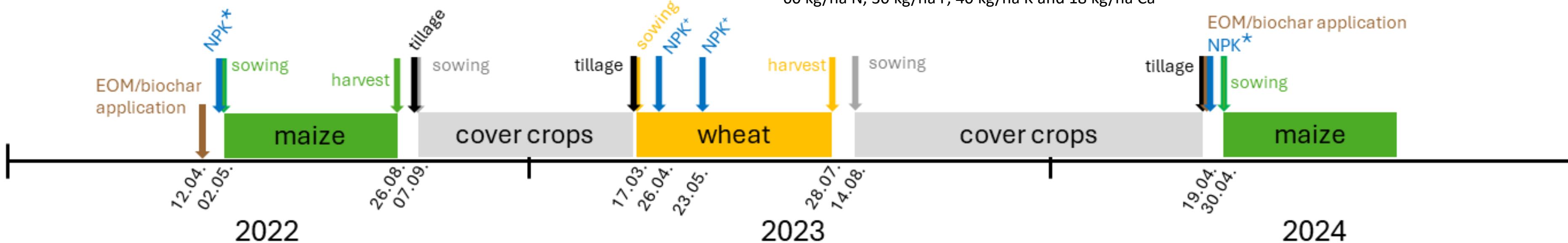
D									
	7	5	8	6	3	1	4	2	
c									
	4	3	2	1	8	7	6	5	
B									
	8	6	7	5	4	2	3	1	
A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
44,55	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
39,60	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95

8
2
8
2
8
2
8
2
42,00

Treatments:

1. Kontrolle (keine Düngung)
2. NPK* (175 kg N, 90 kg P₂O₅, 225 kg K₂O ha⁻¹)
3. Kompost (t ha⁻¹, 350 kg total-N)
4. NPK* + Biokohle (NPK as 2. + 7 t ha⁻¹ Biokohle aus Hartholz)
5. Kompost + Biokohle (gleiche Konzentrationen wie für 3. & 4.)
6. Biogasgülle (66 t ha⁻¹, 350 kg total-N)
7. NPK* mit Zwischenfrüchten (3 Arten)
8. NPK* mit Zwischenfrüchten (11 Arten)

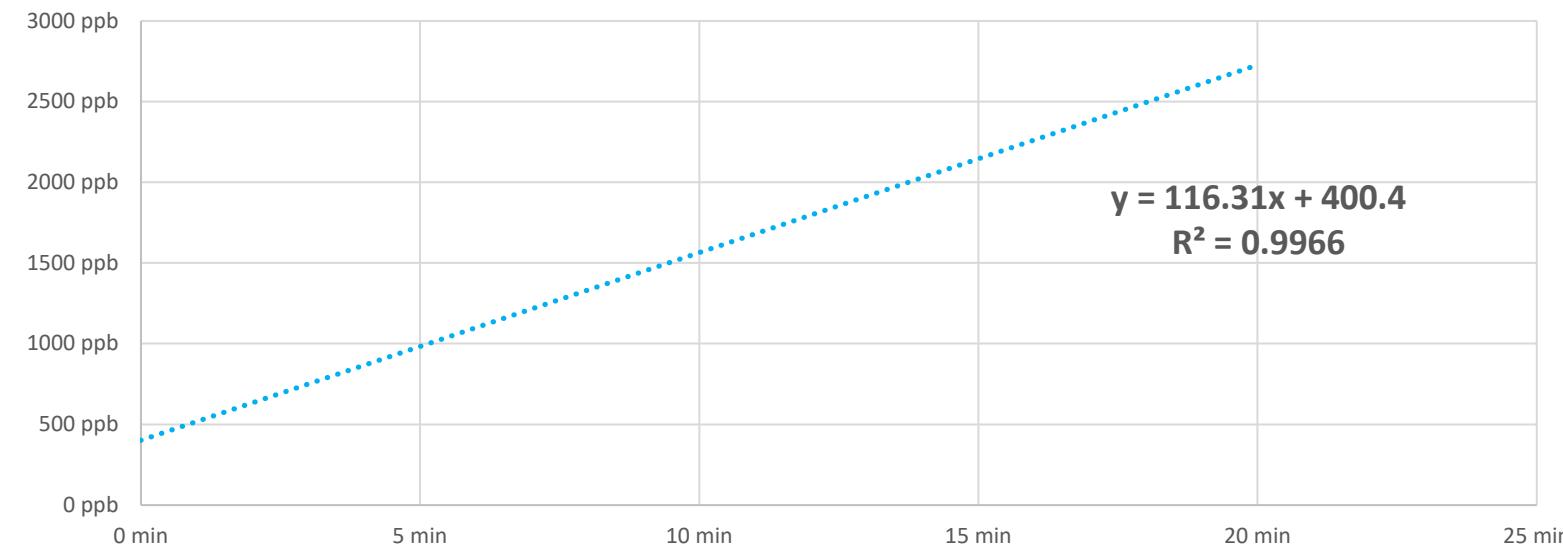
Timeline:



Messmethodik (N_2O)



N_2O Konzentration



- 20 min Inkubation
- Lineare Erhöhung der N_2O -Konzentration in der Kammer
- Entnahme einer Gas-Probe von 200 mL und Messung der N_2O -Konzentration mit einem N_2O Gas Analysator

Methods (NH_3)



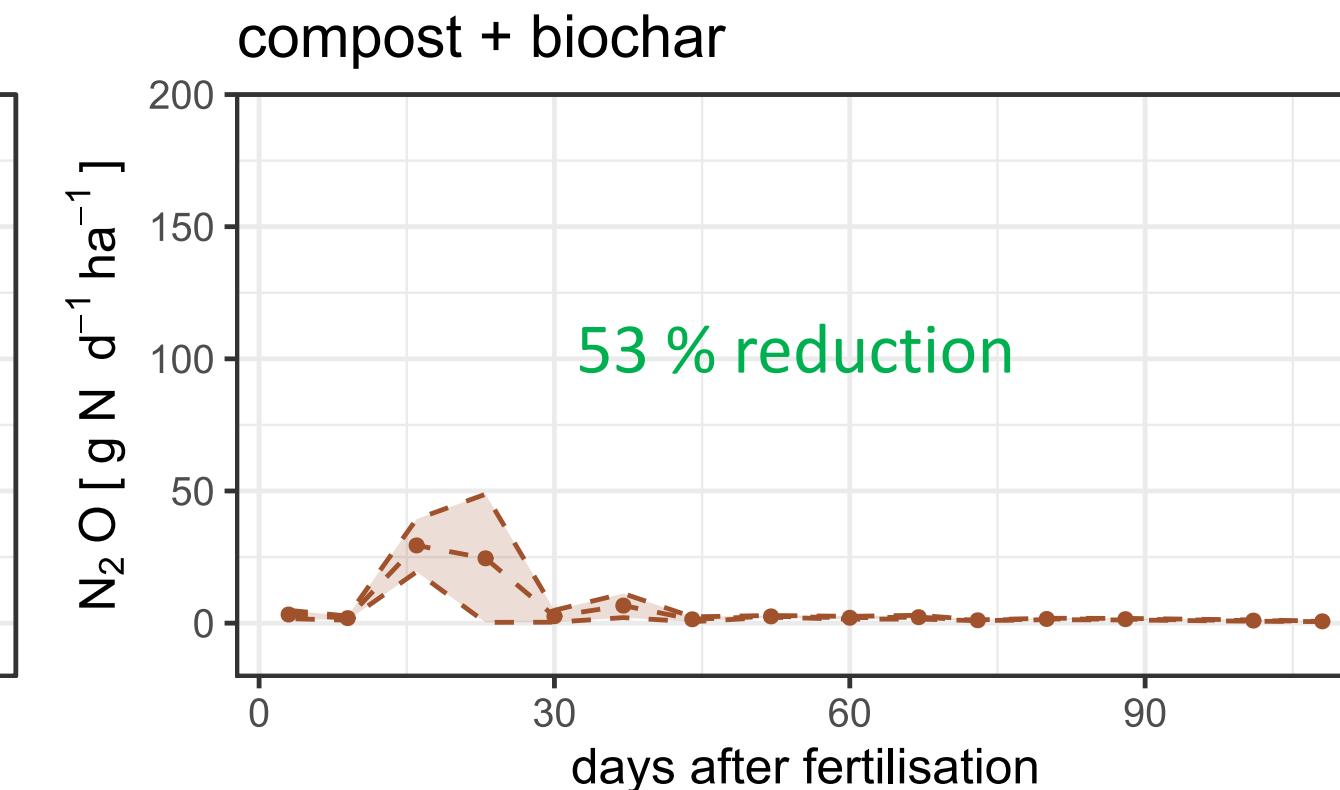
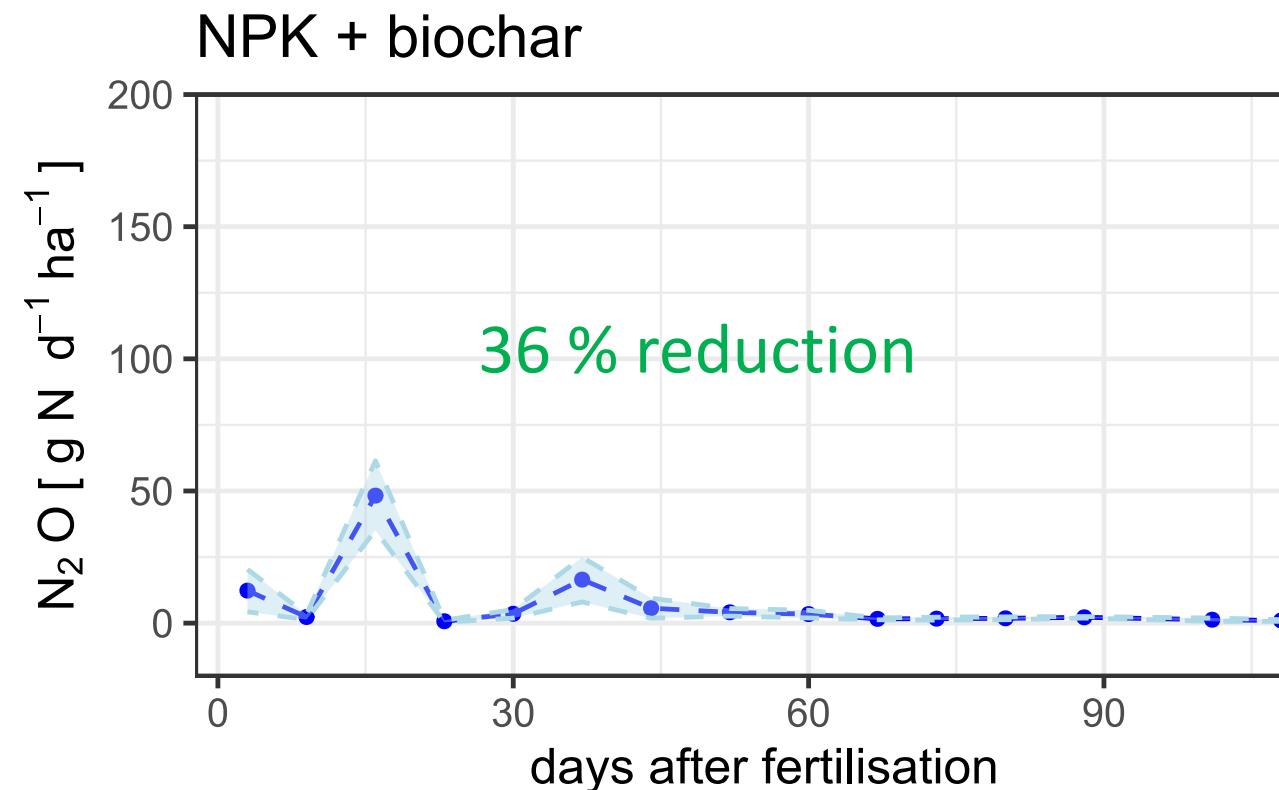
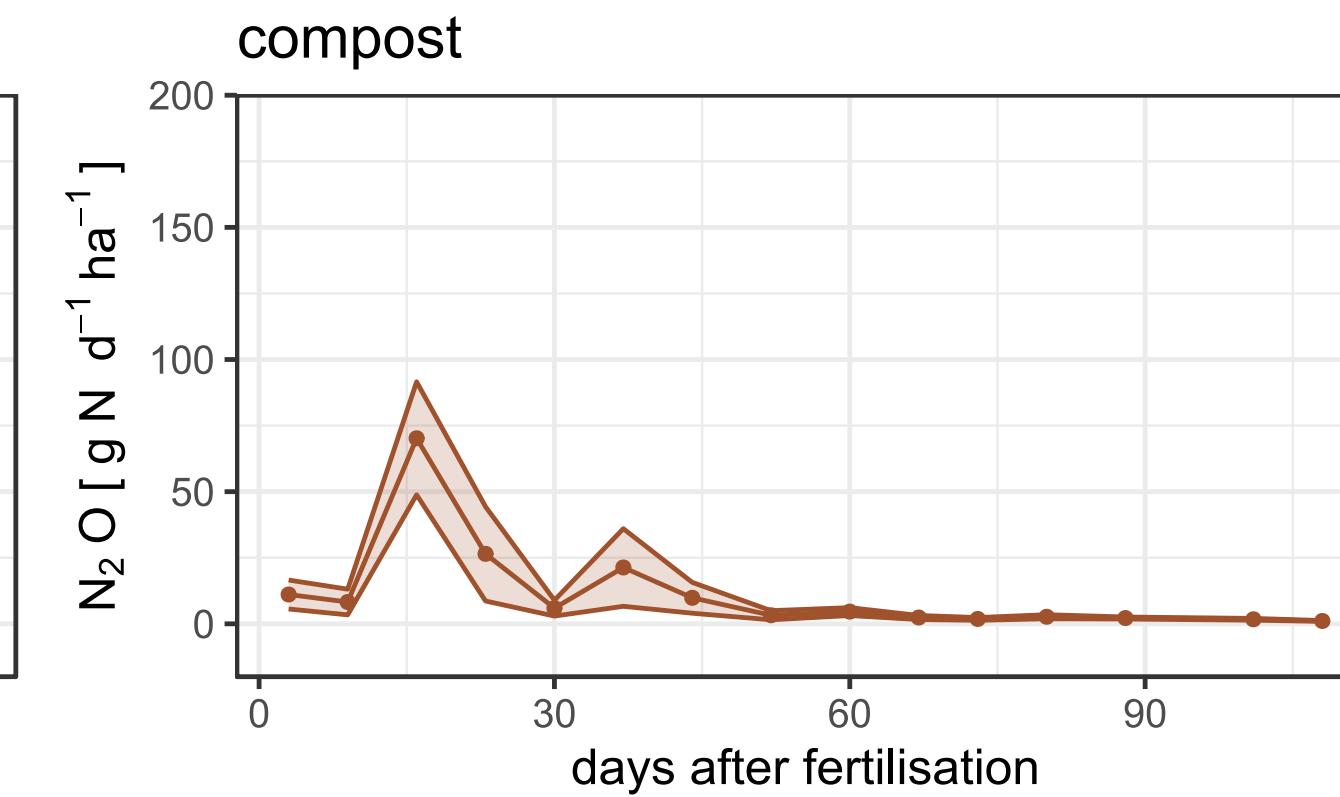
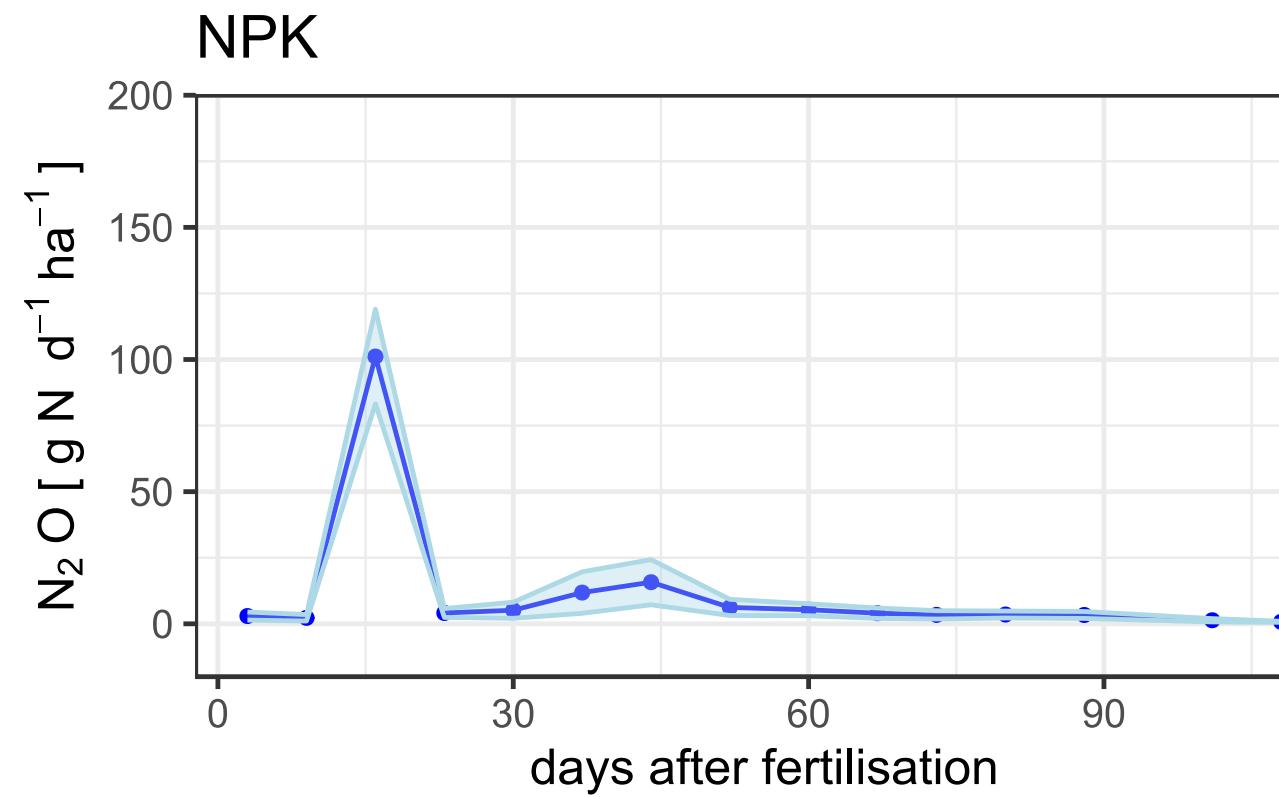
0.5 L-PET Flasche

Filterpapier Streifen eingehüllt in Teflon

20 mL Fläschchen gefüllt mit 5
mL 2.5M Kalium-Bisulfat
(KHSO_4)

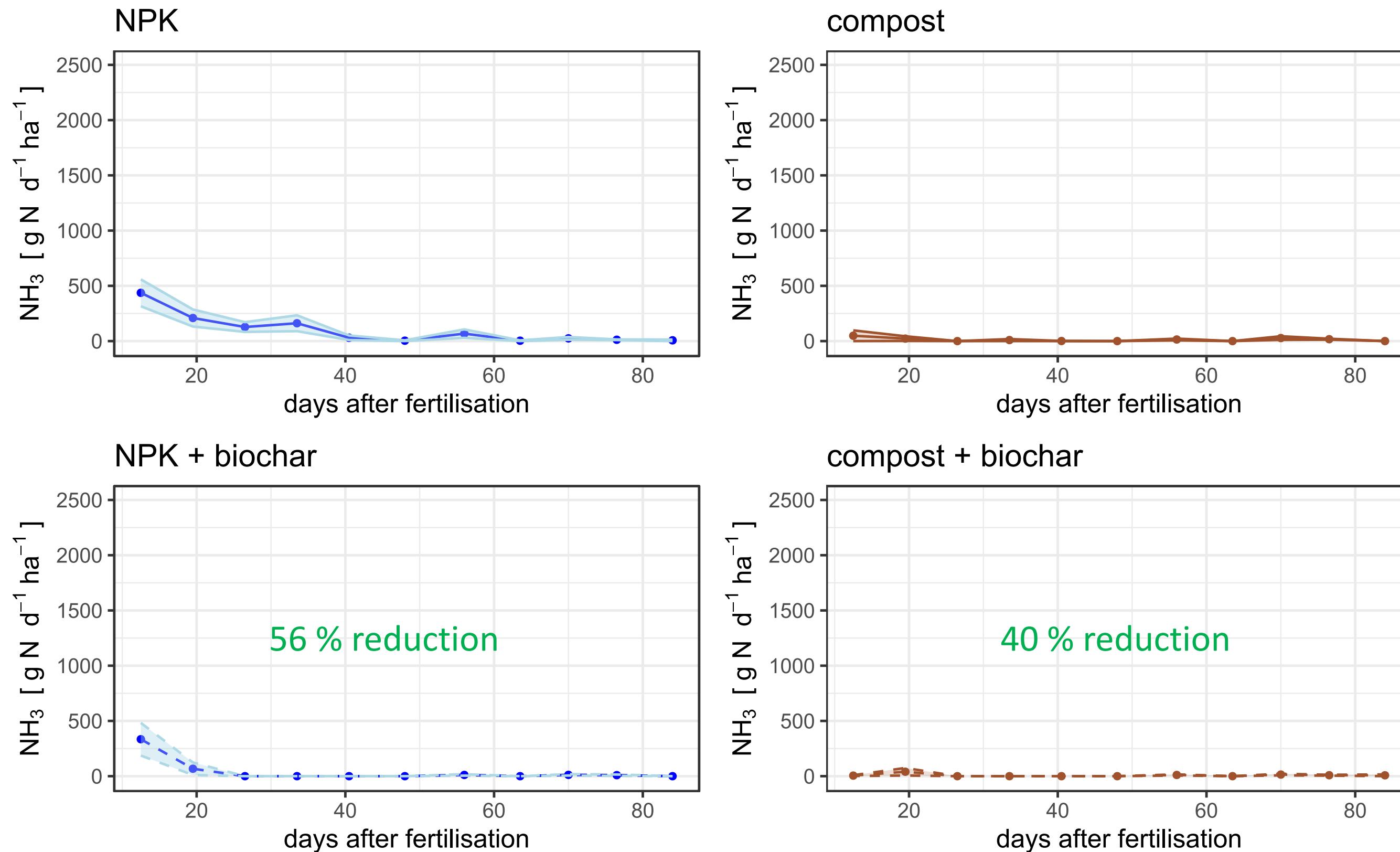
- Vom Boden freigesetztes Ammoniak reagiert mit der Säure und löst sich in Form von Ammonium (NH_4^+).
- Kolorimetrische Bestimmung der NH_4^+ Konzentration

Ergebnisse: N_2O Emissionen (2022)

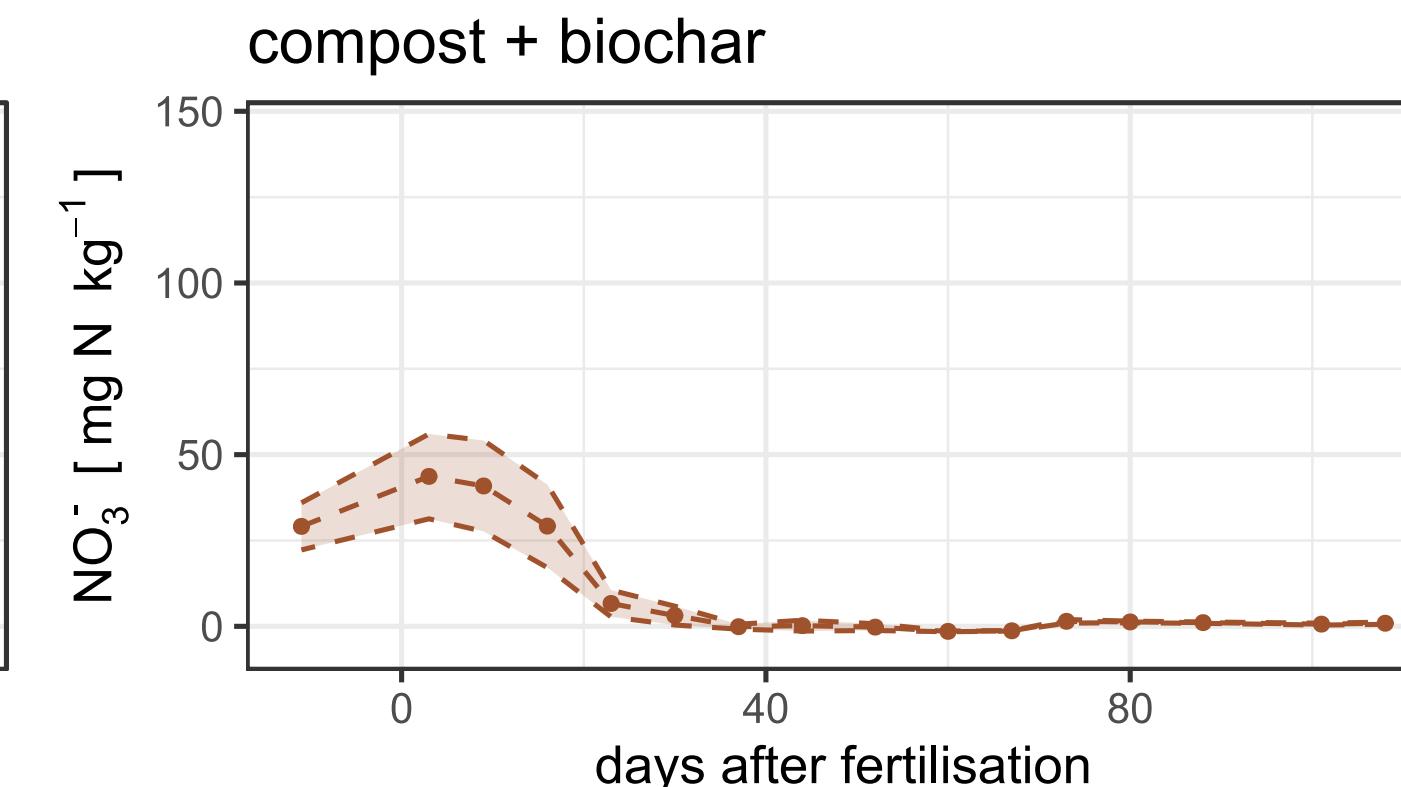
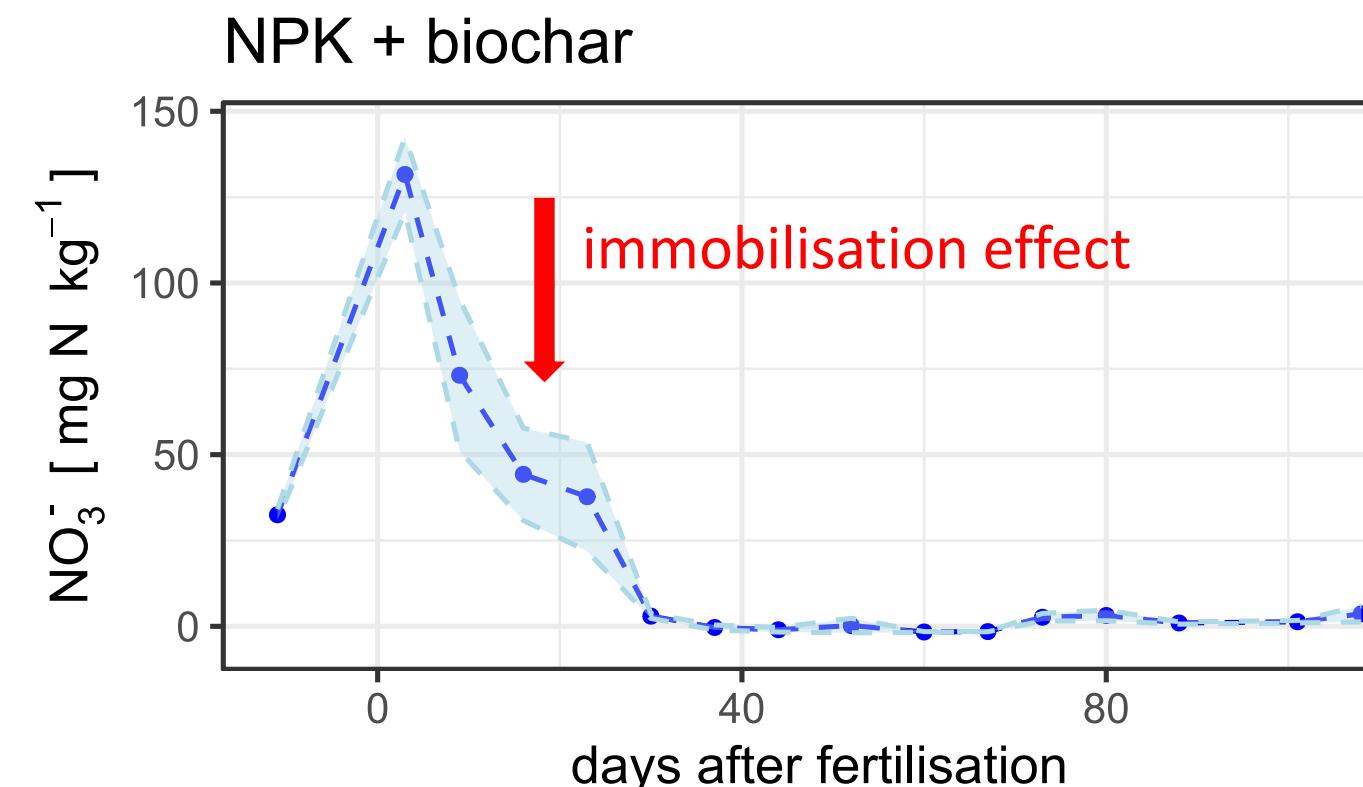
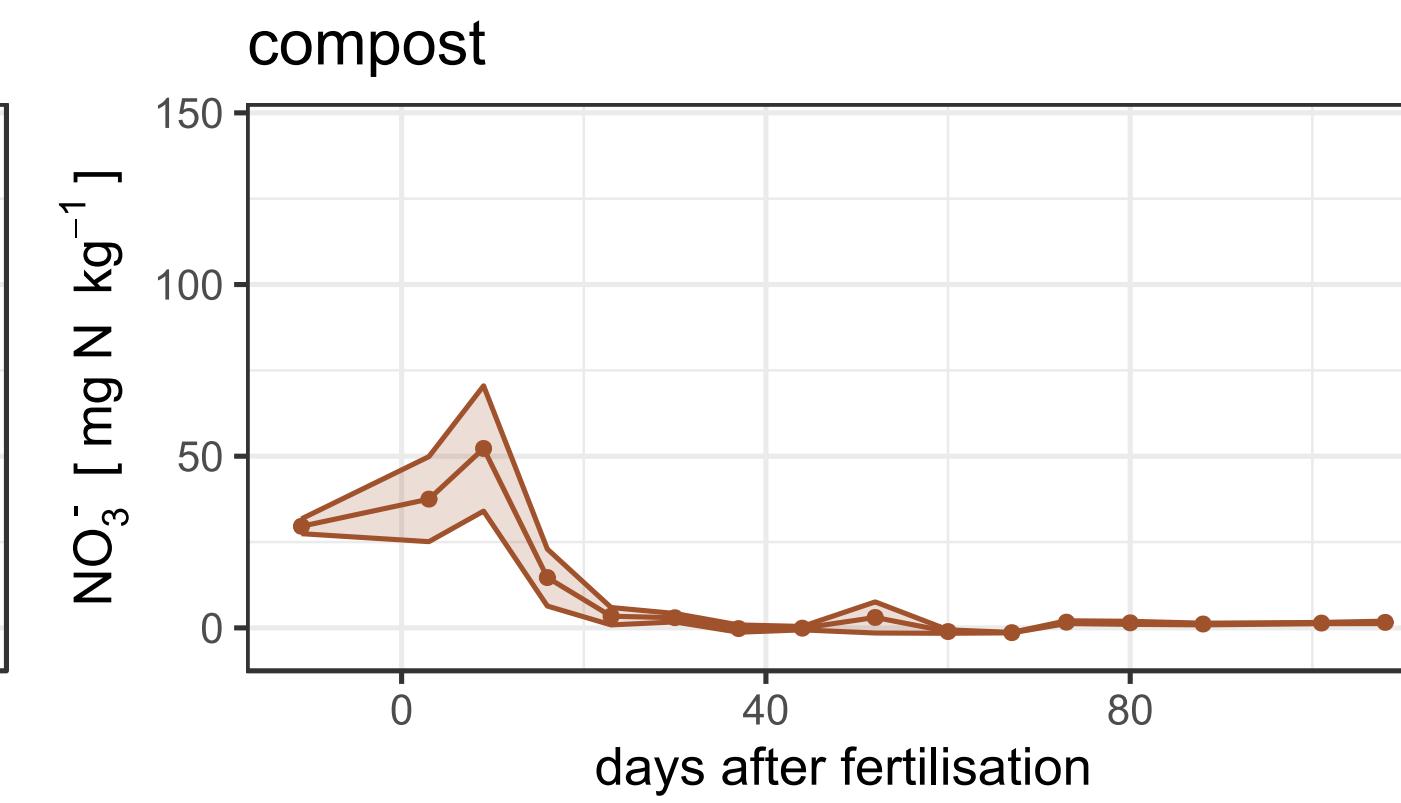
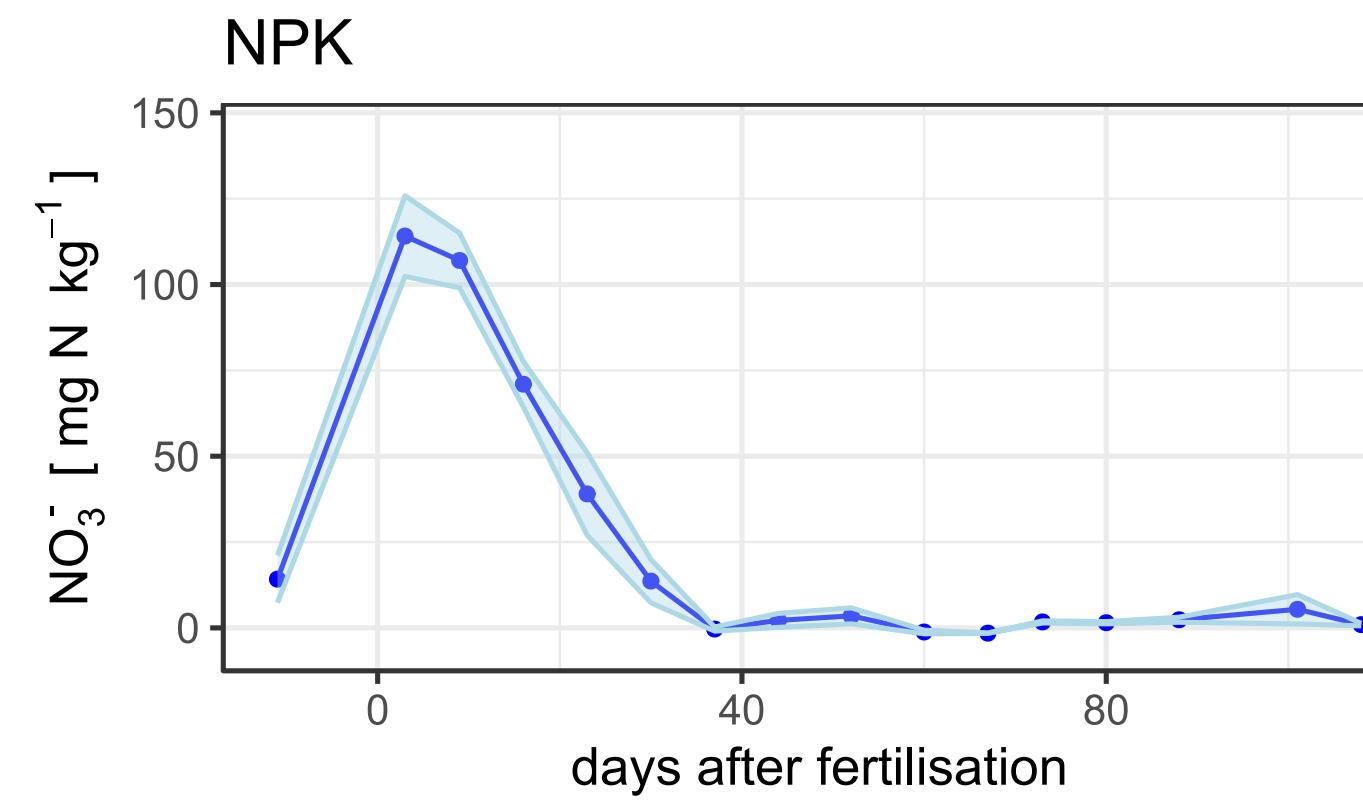


Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: NH_3 Emissionen (2022)

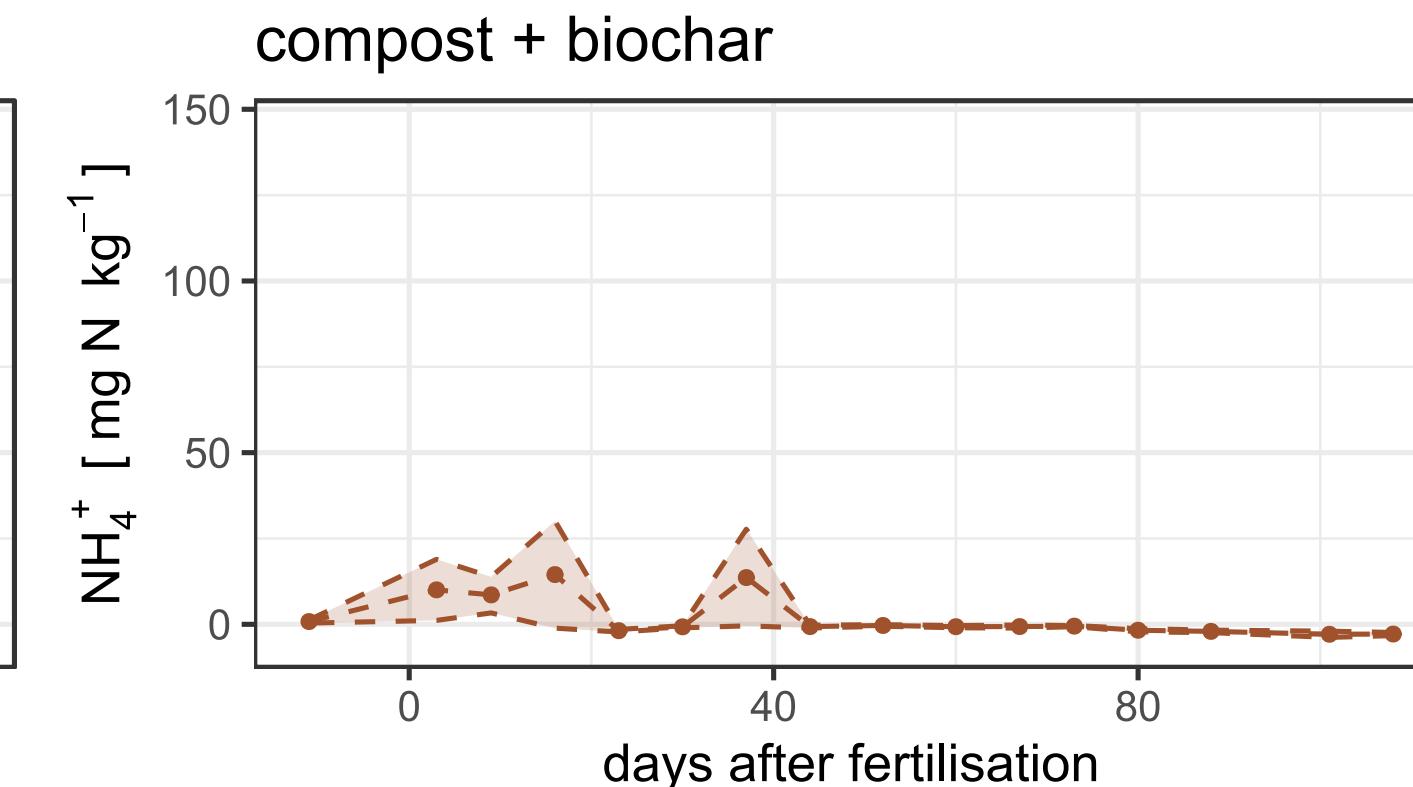
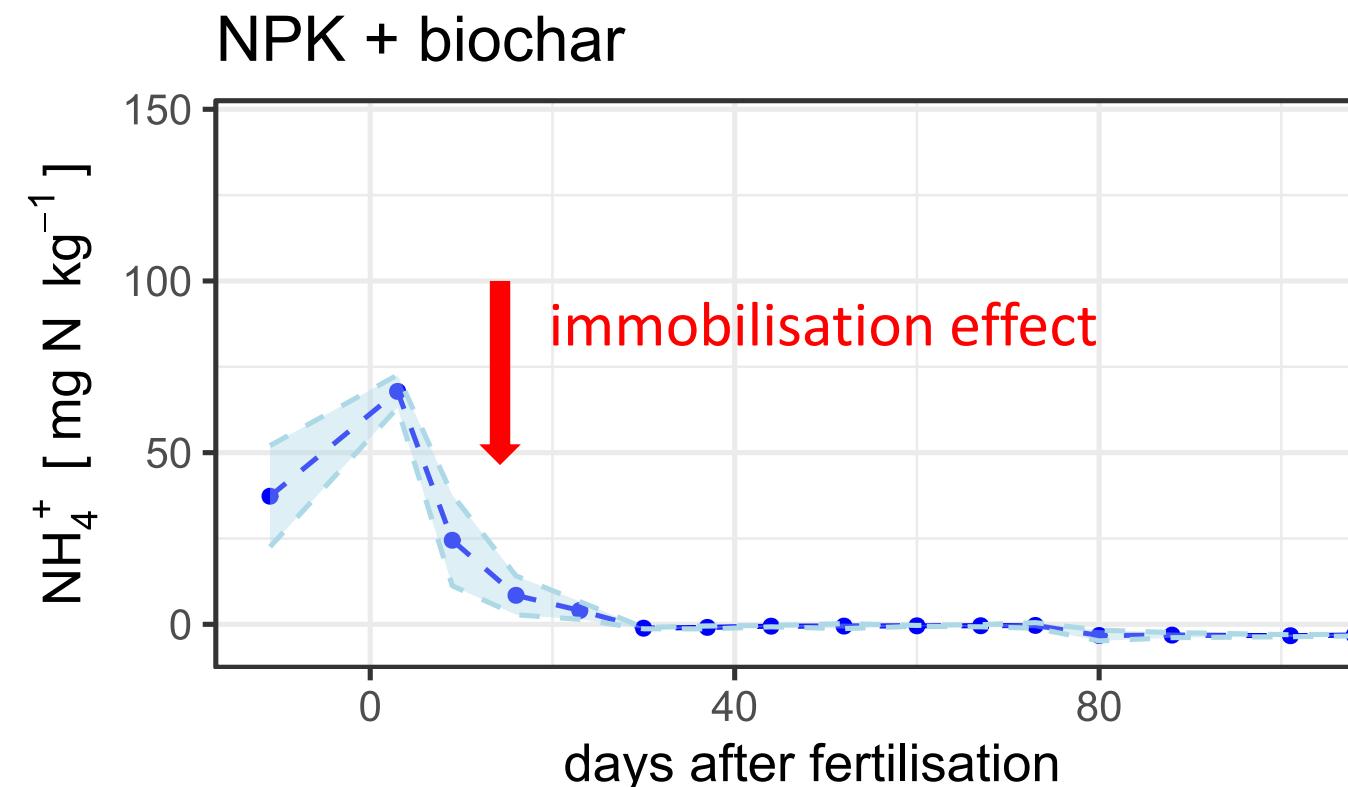
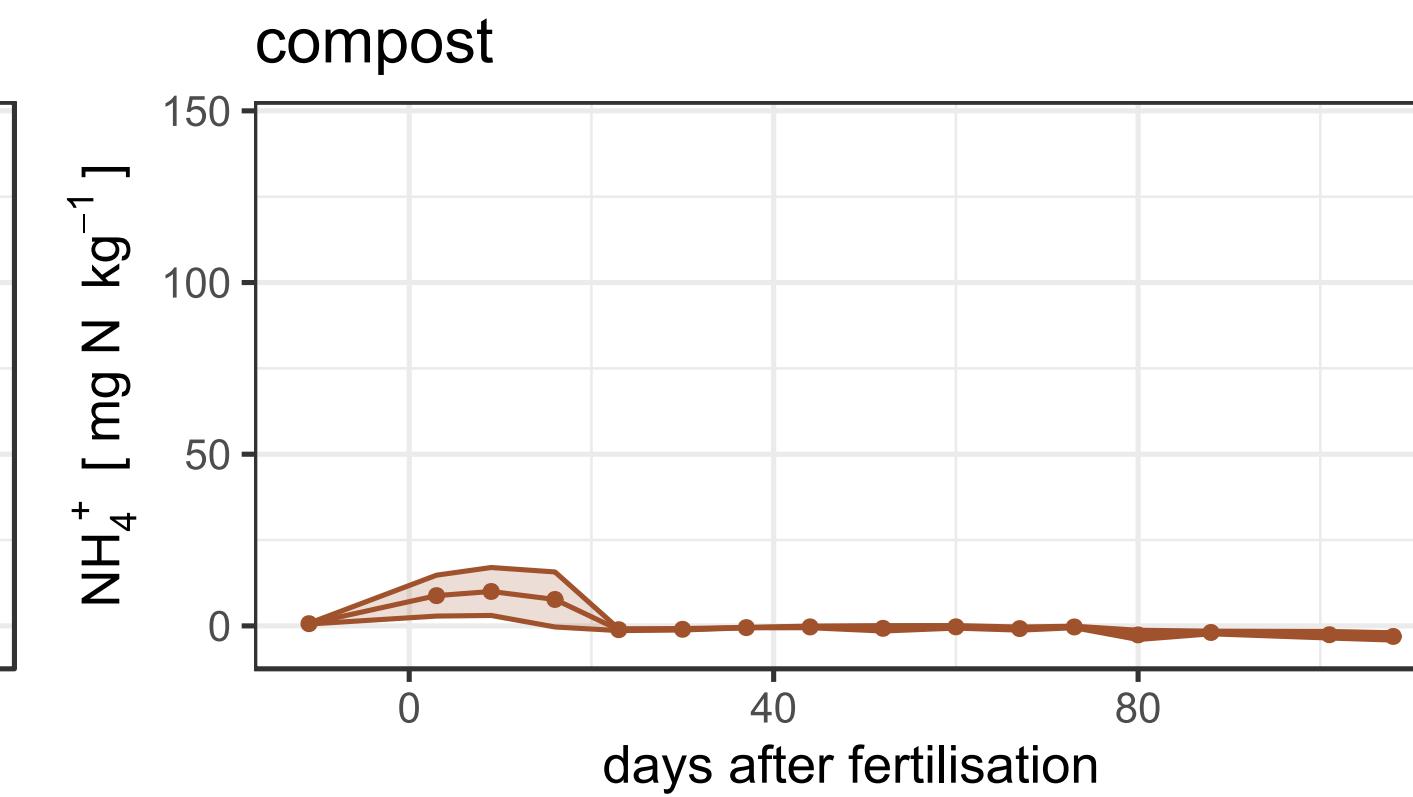
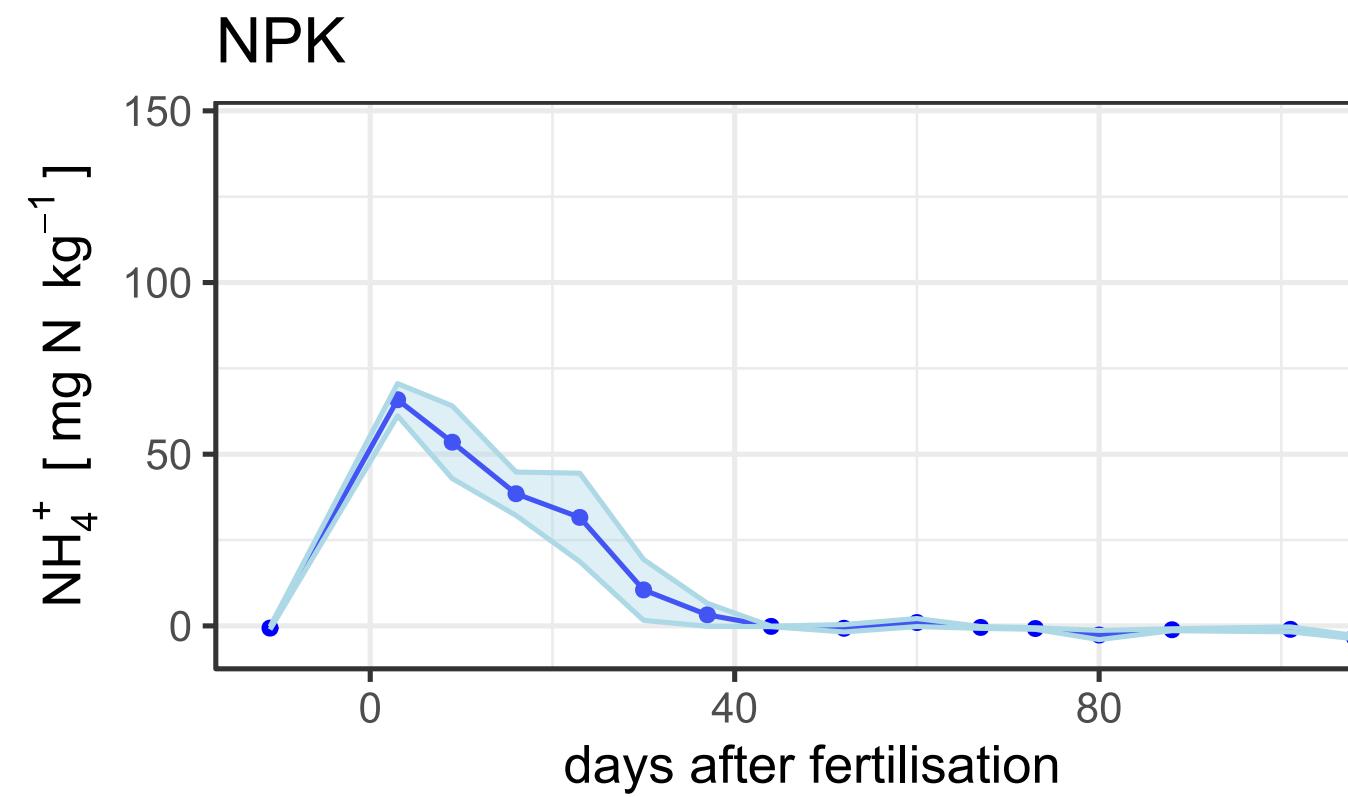


Ergebnisse: Boden-Nitrat NO_3^- (2022)



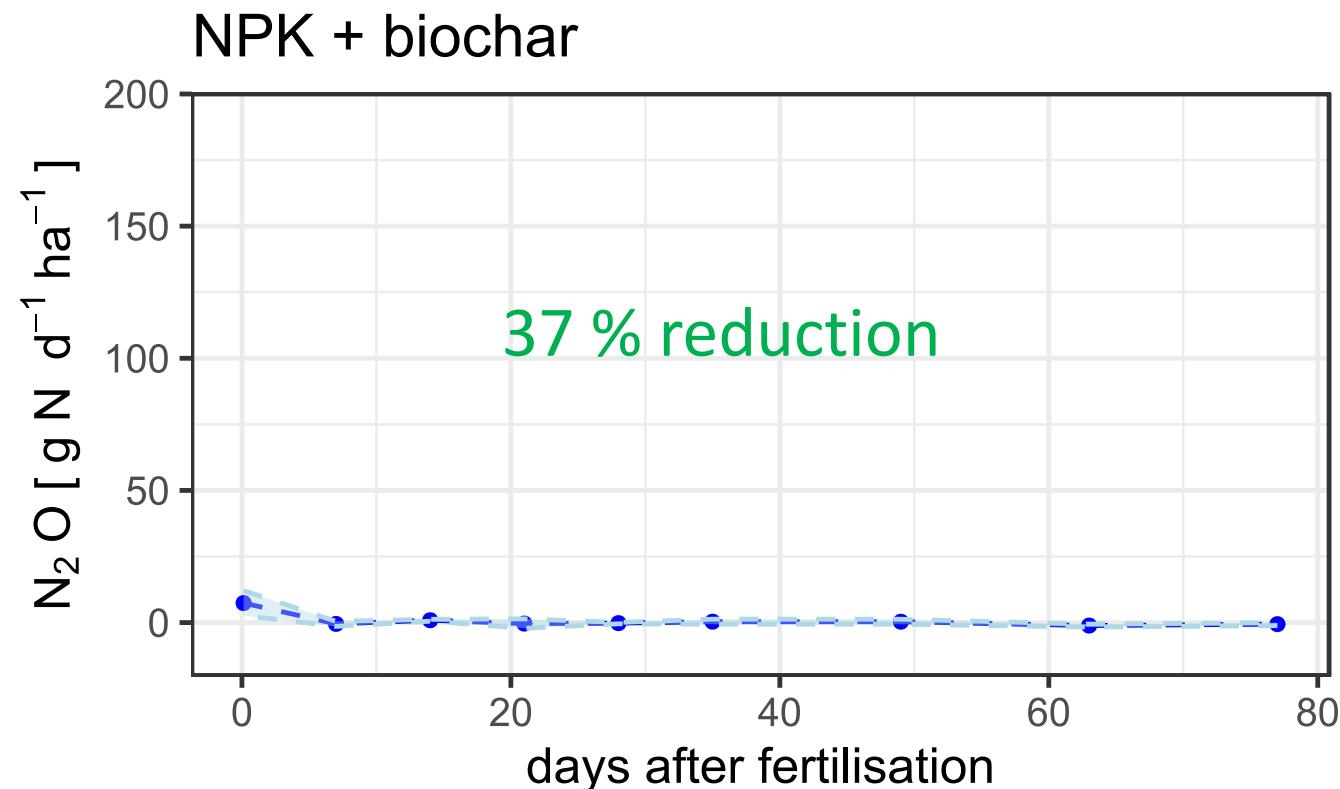
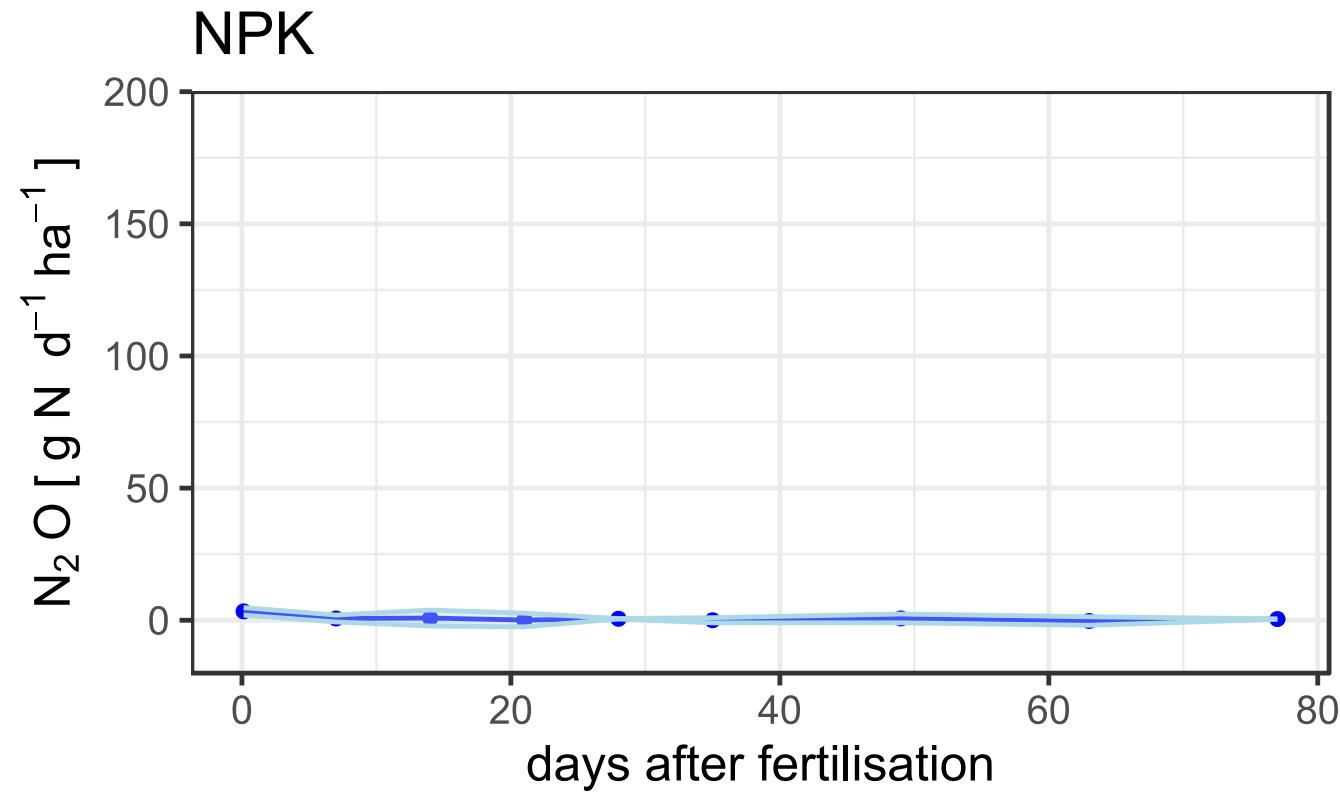
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: Boden-Ammonium NH_4^+ (2022)



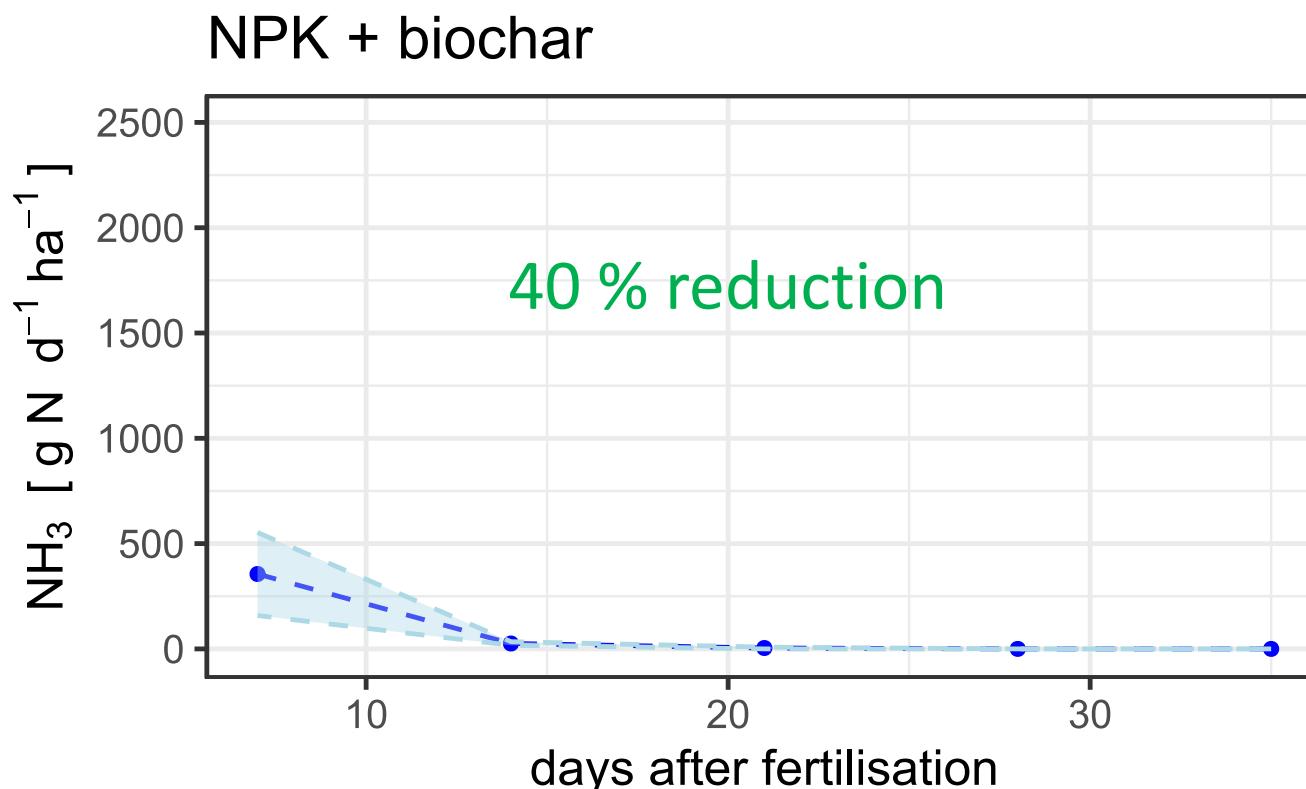
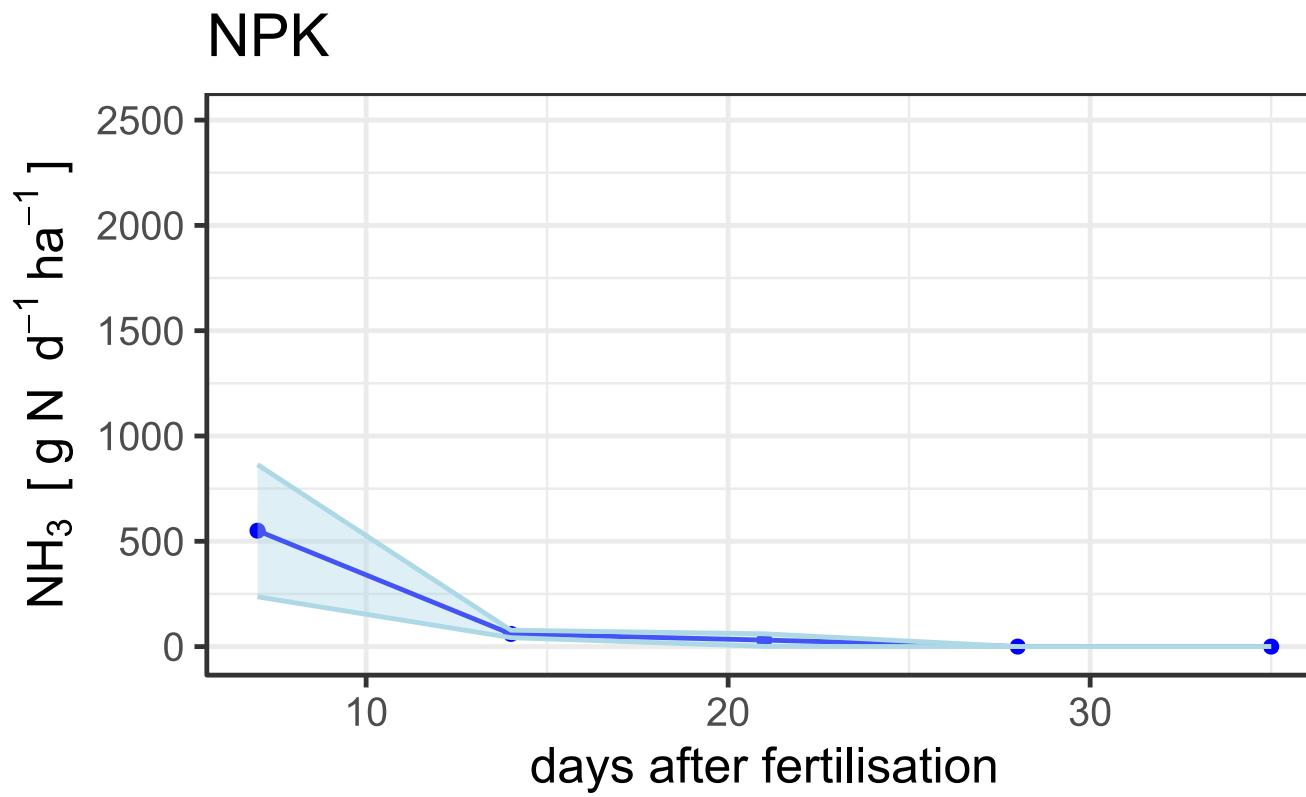
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: N₂O Emissionen (2023)



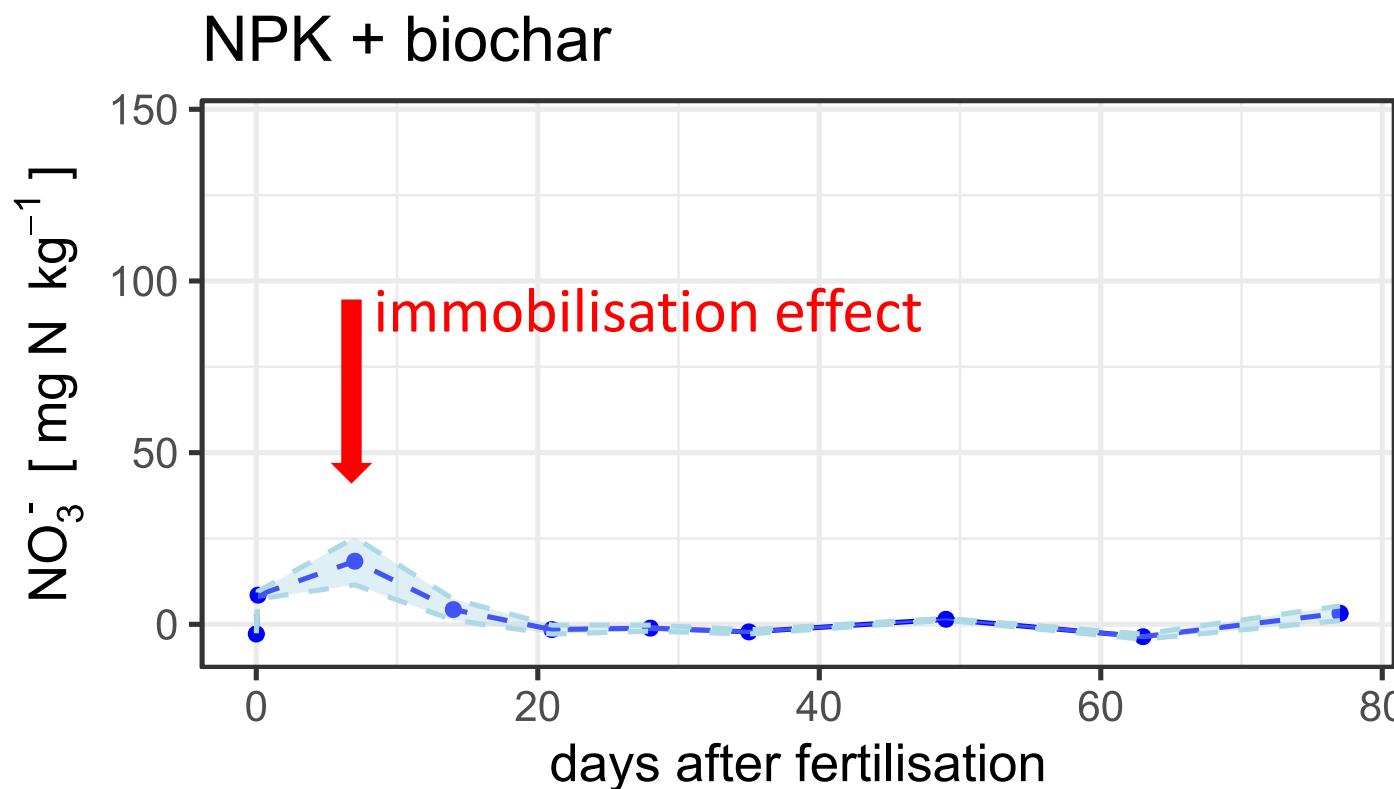
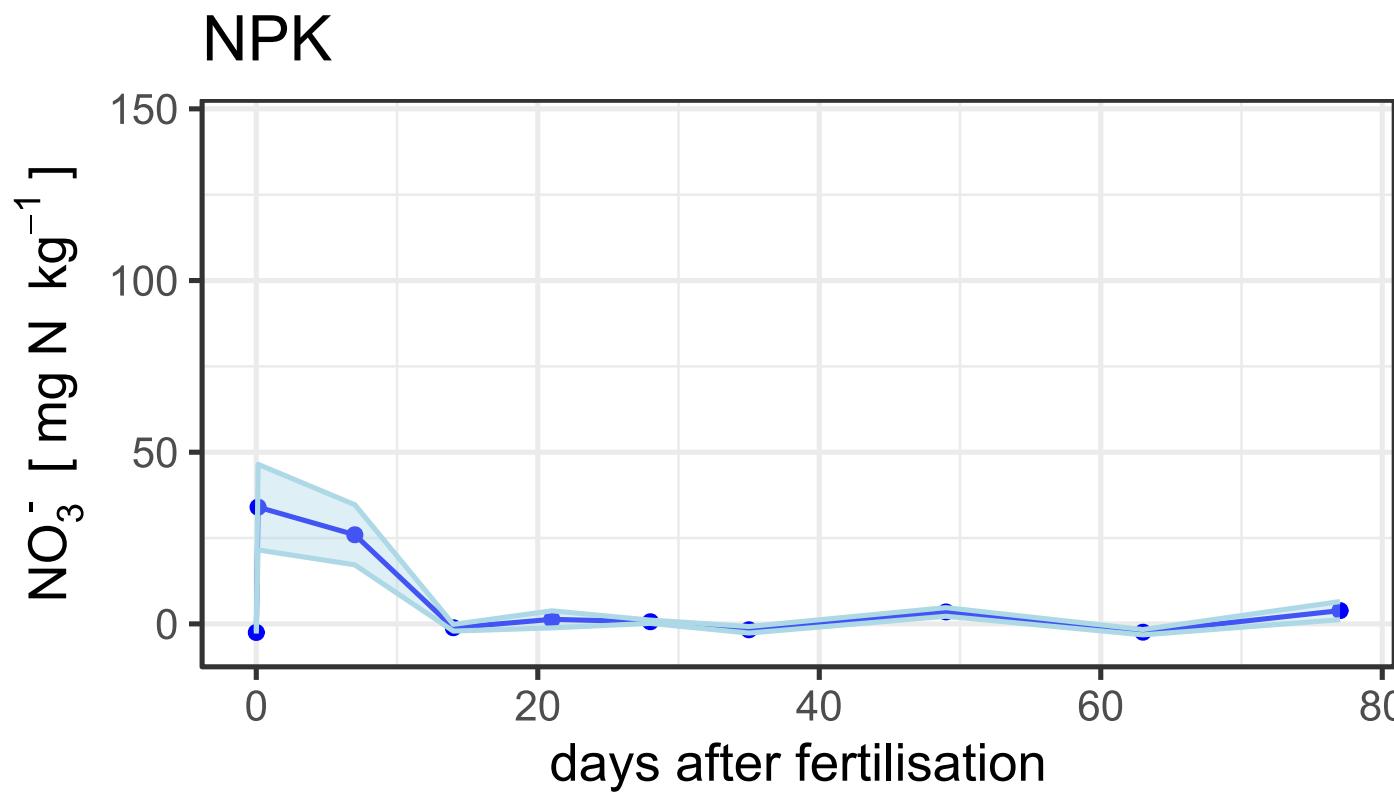
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: NH₃ Emissionen (2023)



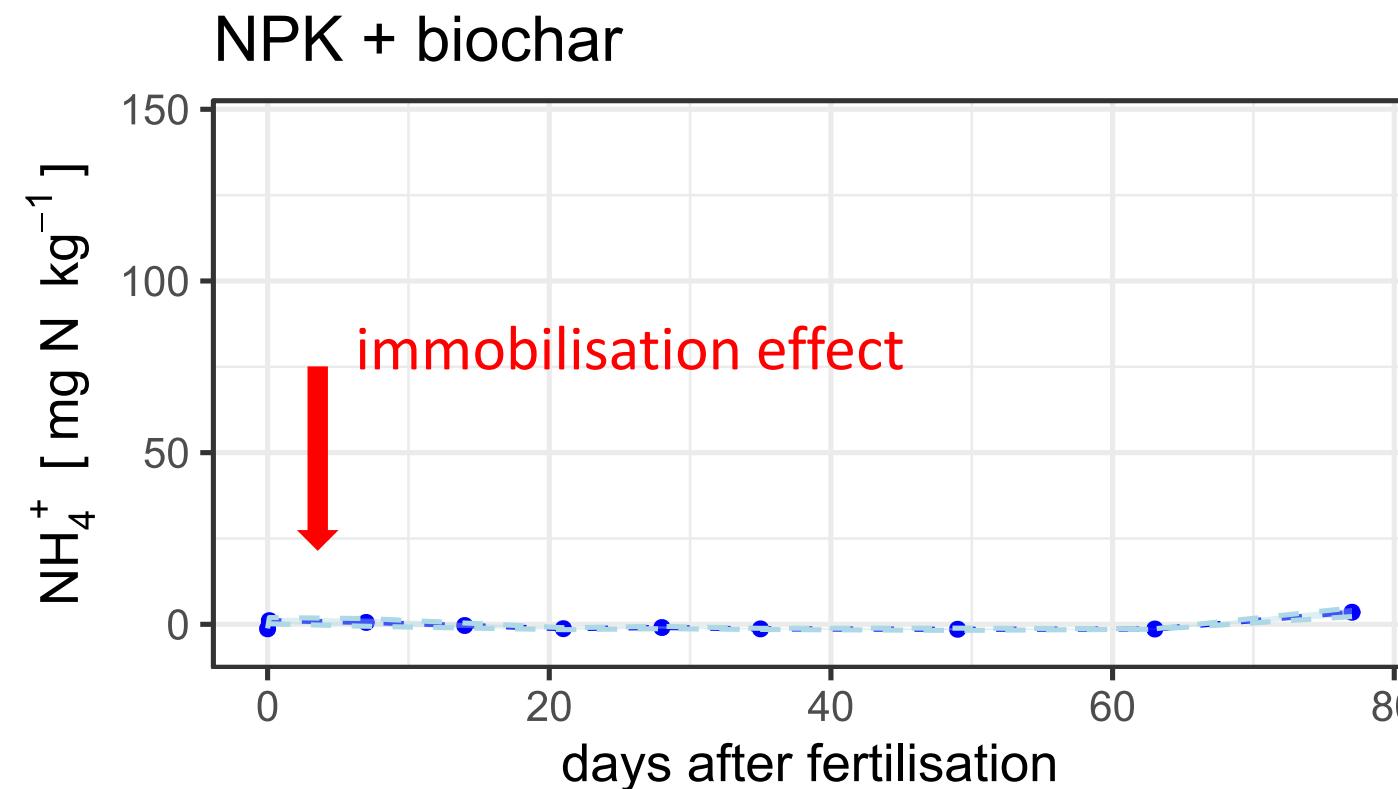
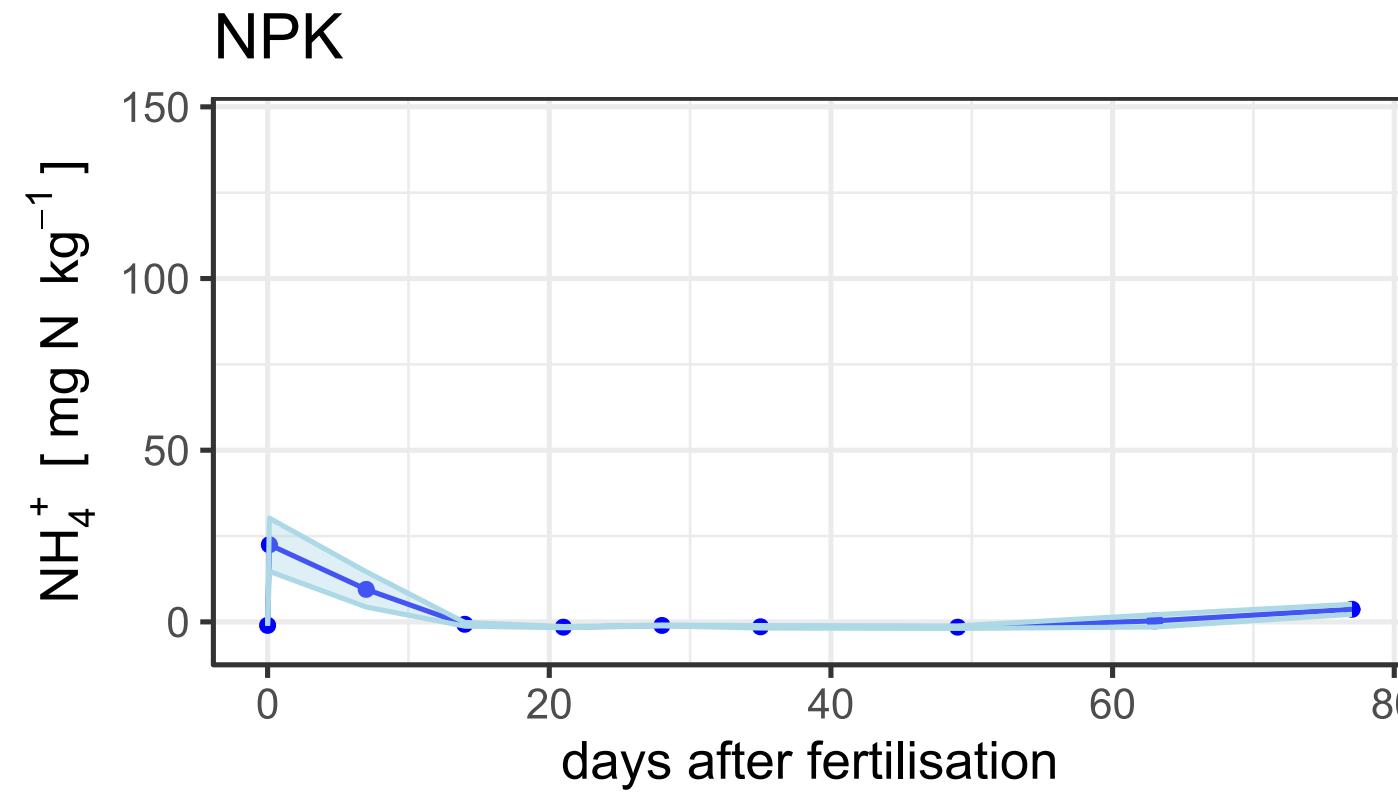
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: Boden-Nitrat NO_3^- (2023)



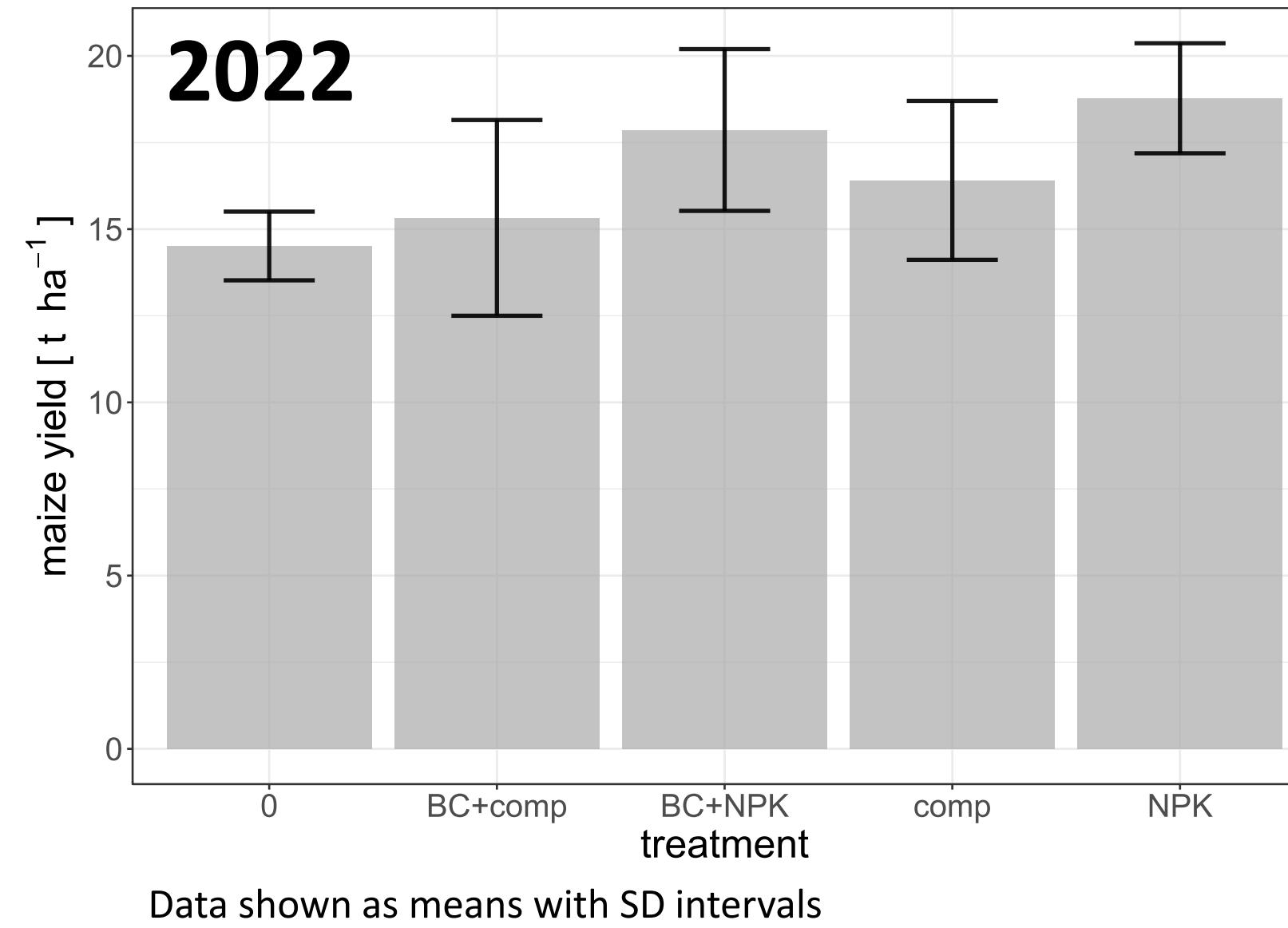
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: Boden-Ammonium NH_4^+ (2023)

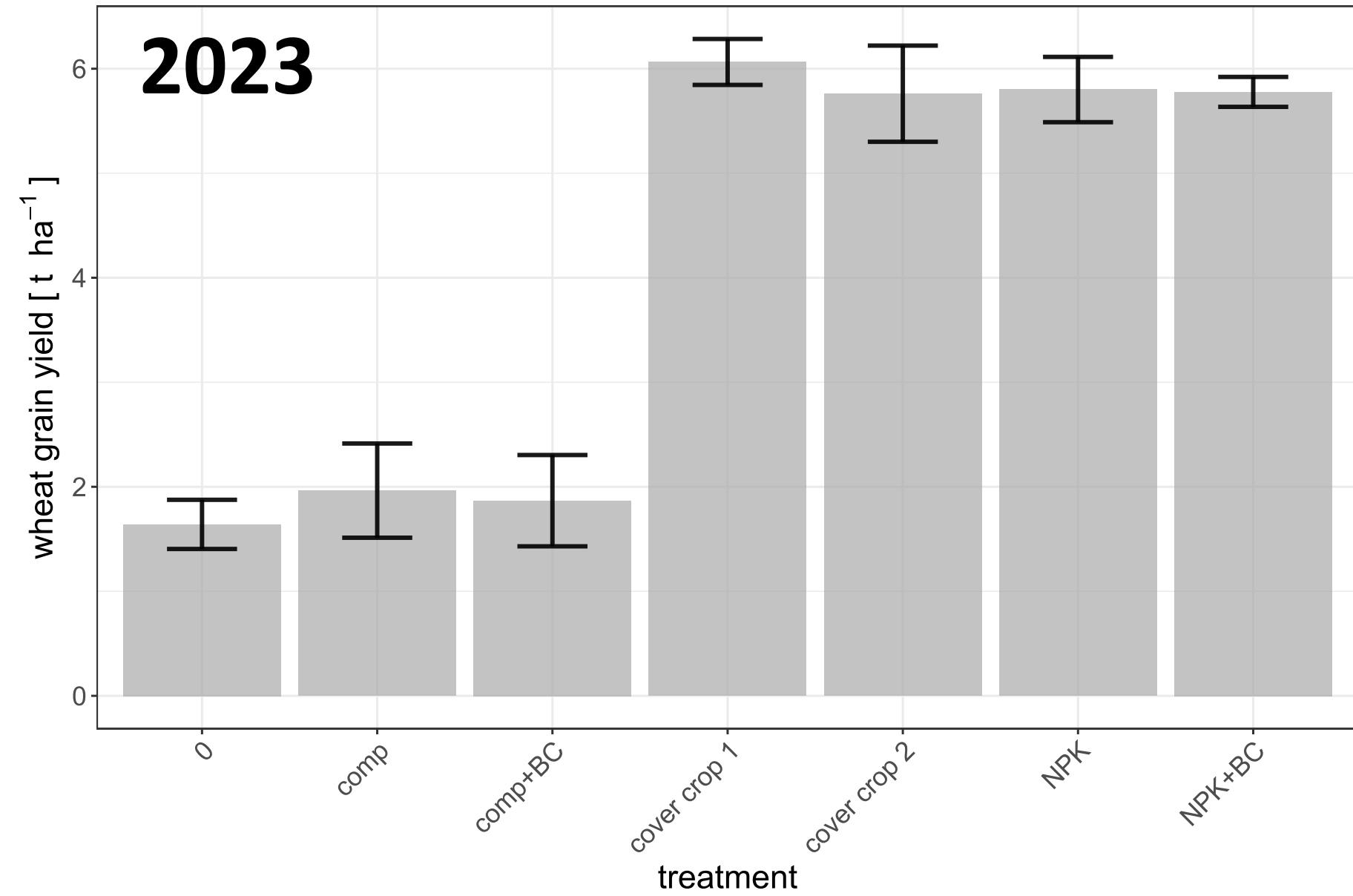


Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: Ernteerträge von 2022 und 2023

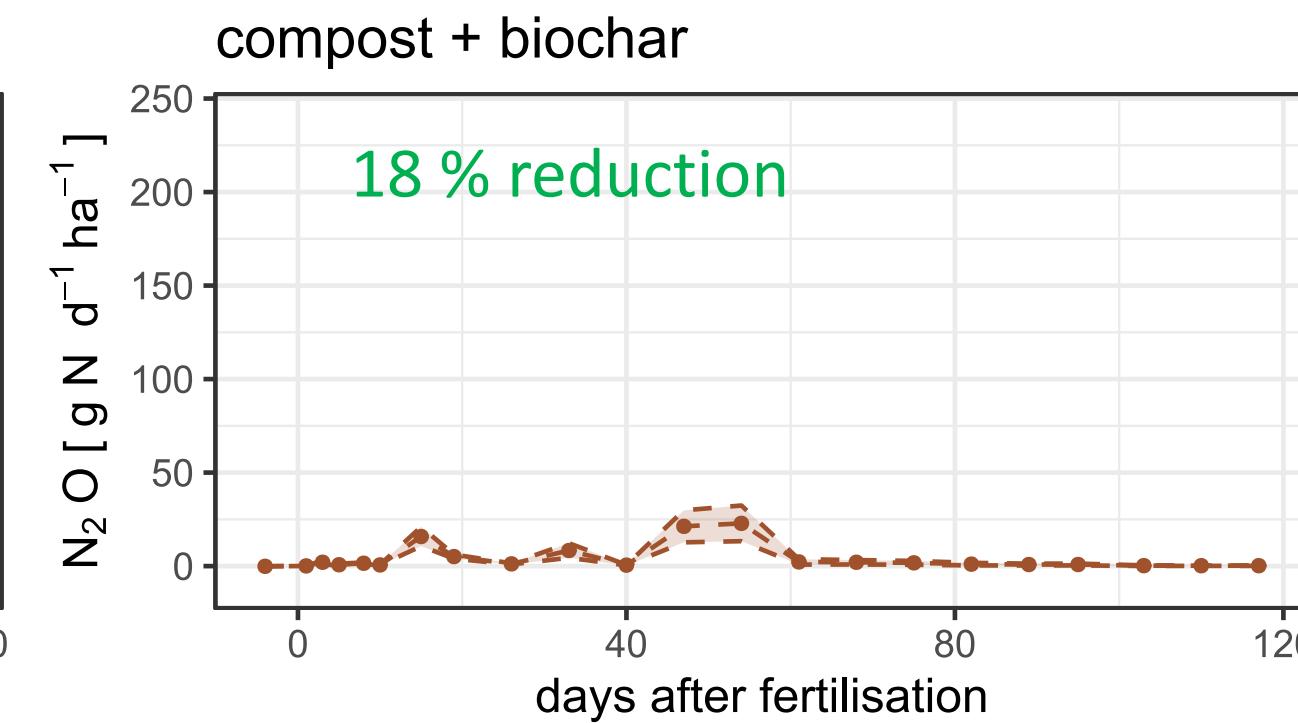
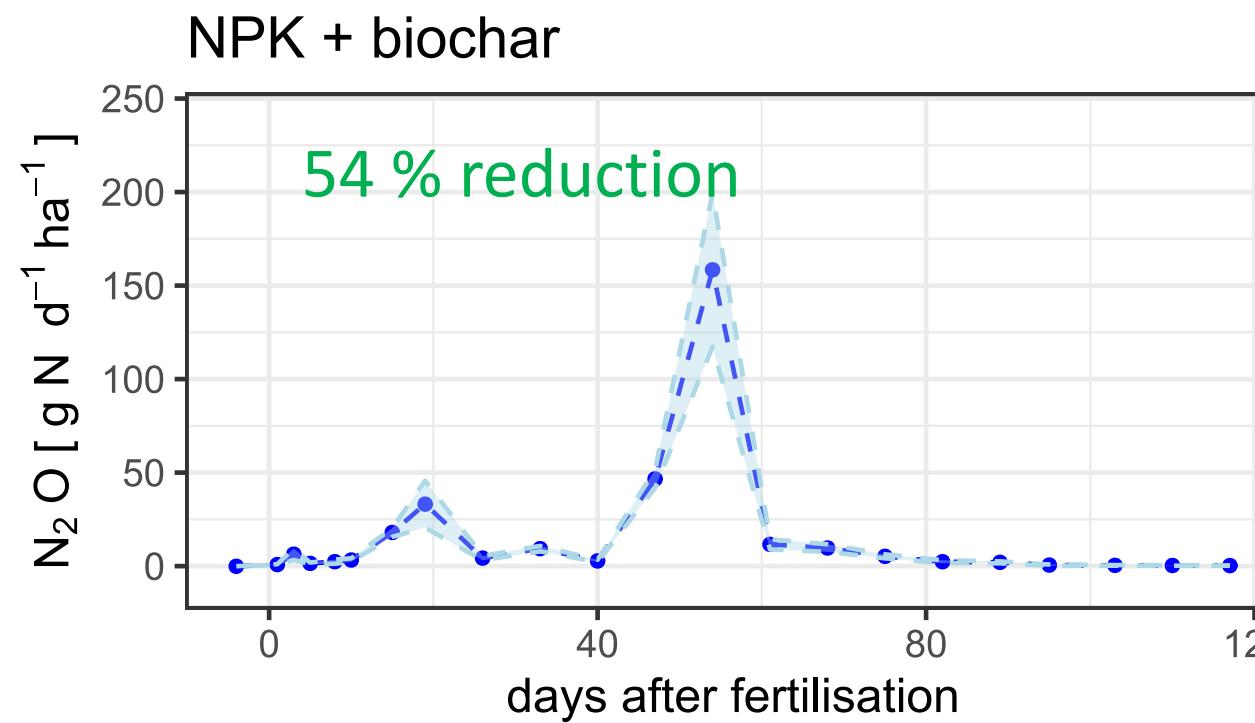
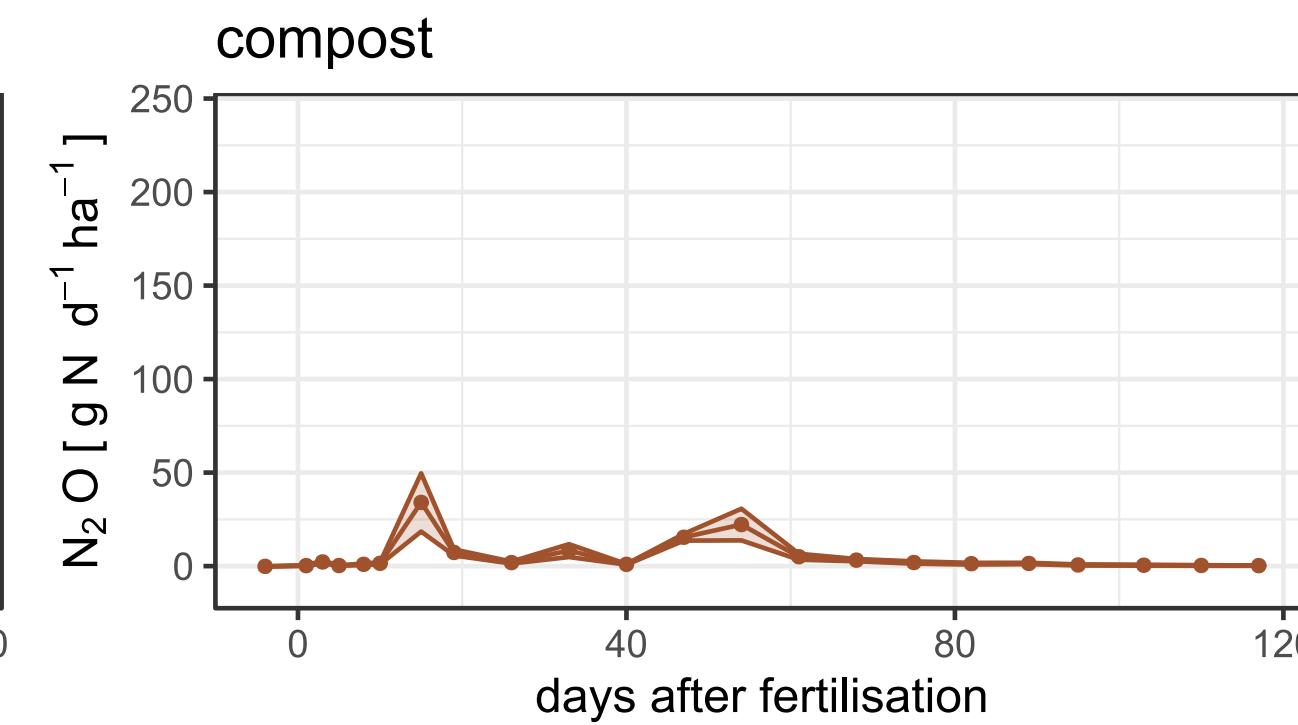
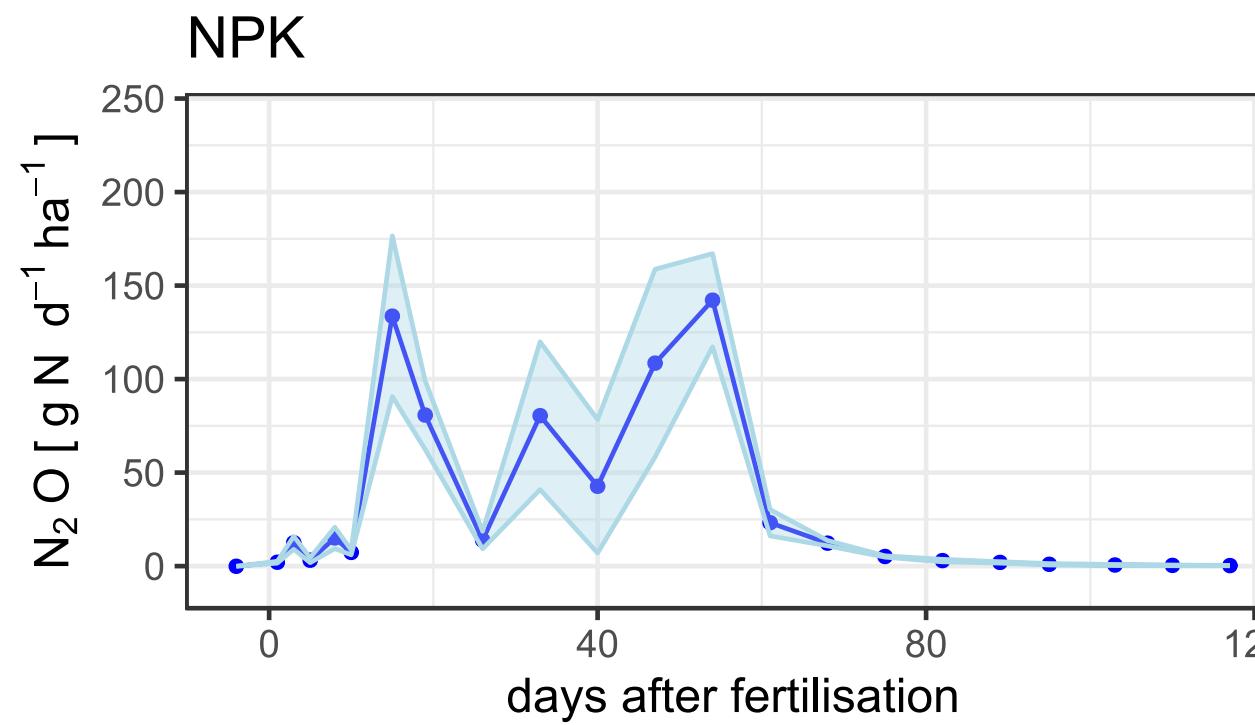


- Kompost könnte erfolgreich NPK substituieren (nur geringfügig niedrigere Erträge)
- Biokohle hatte keinen signifikanten Effekt auf den Ertrag



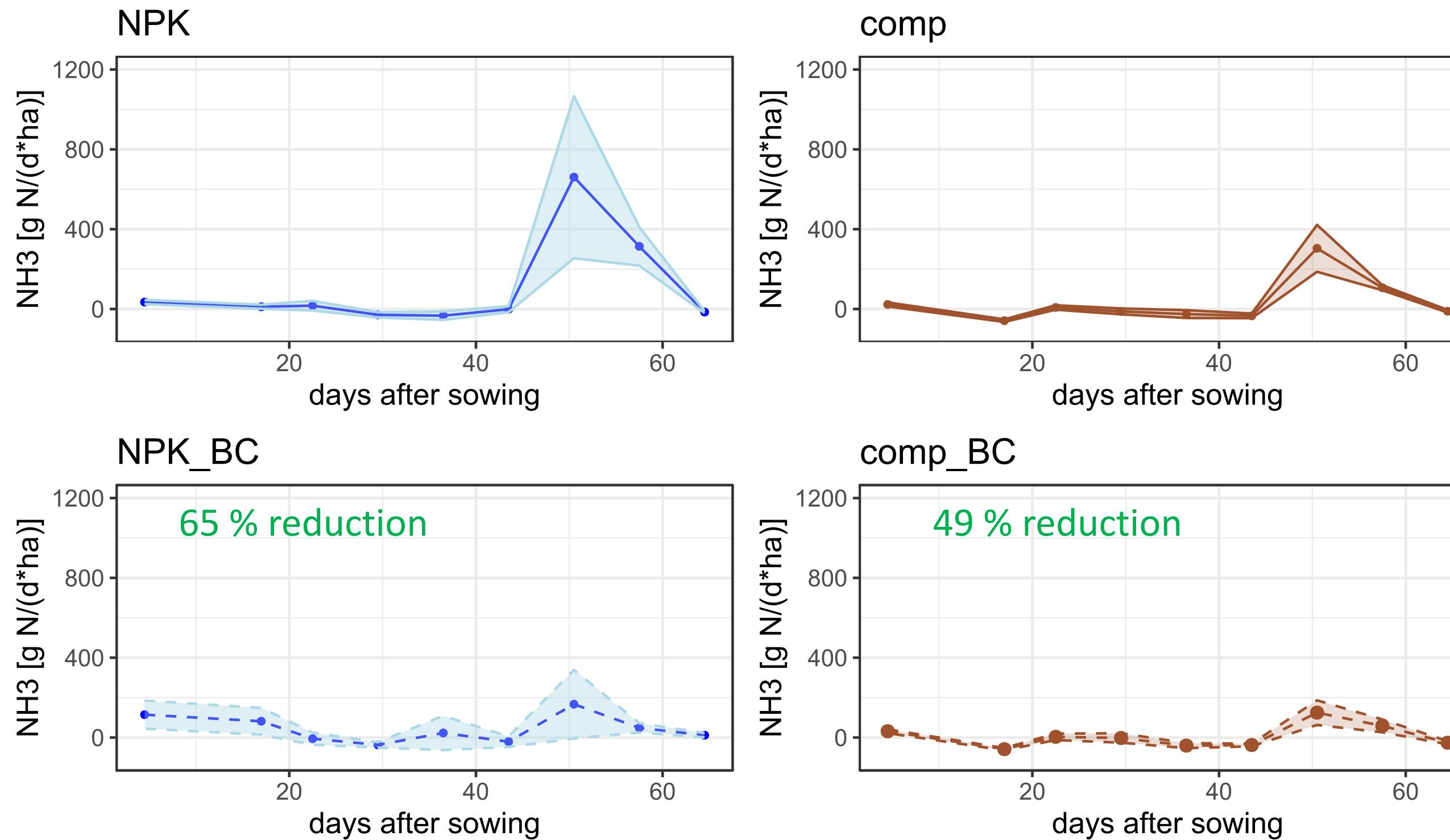
- Düngung auf Vorrat mit organischem Dünger funktioniert nur sehr begrenzt.
- Ohne Wiederaufbringung von Kompost deutlich niedrigere Ernteerträge für Weizen im zweiten Jahr

Ergebnisse: N_2O Emissionen (2024)



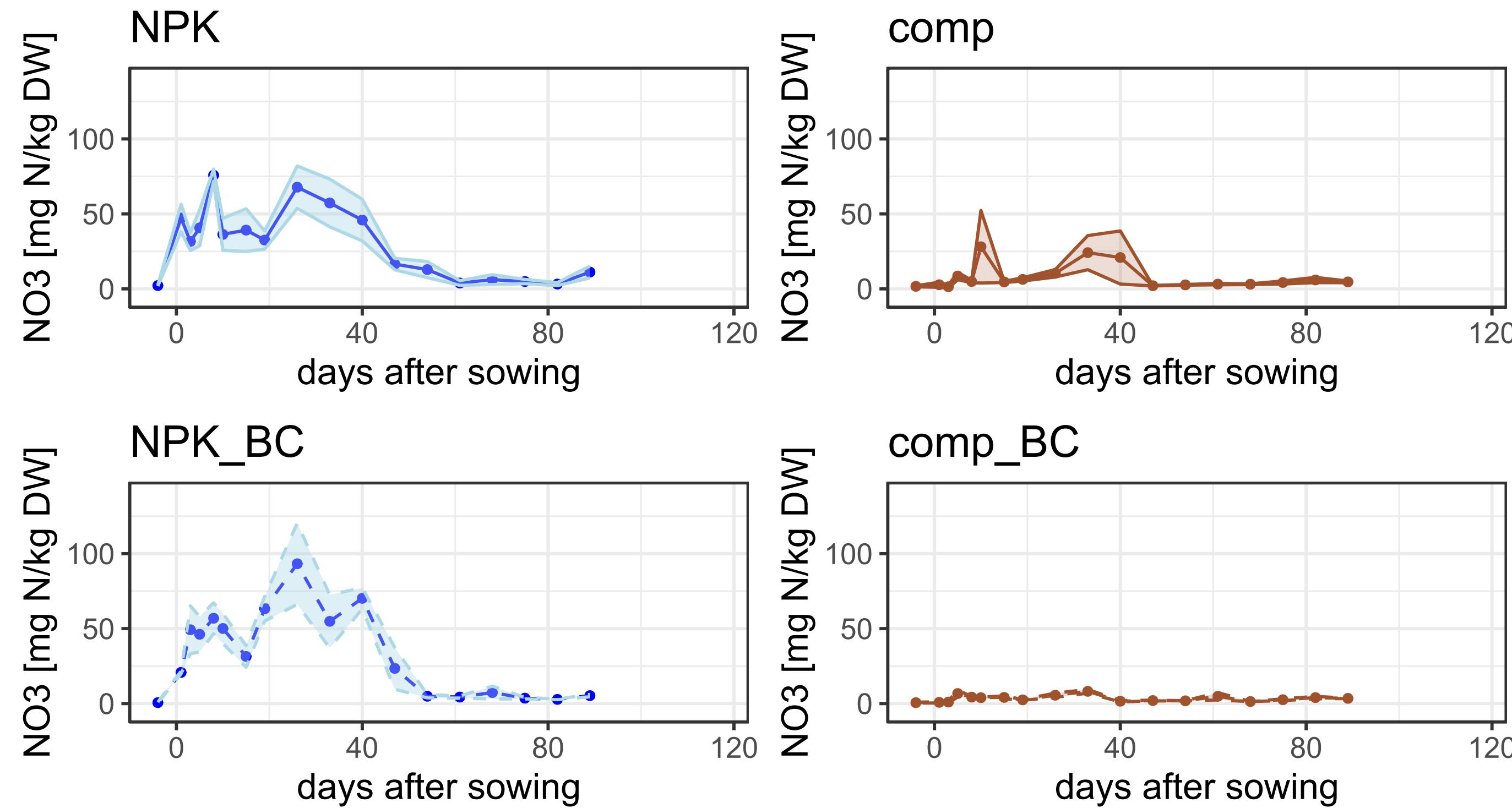
Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: NH_3 Emission (2024)

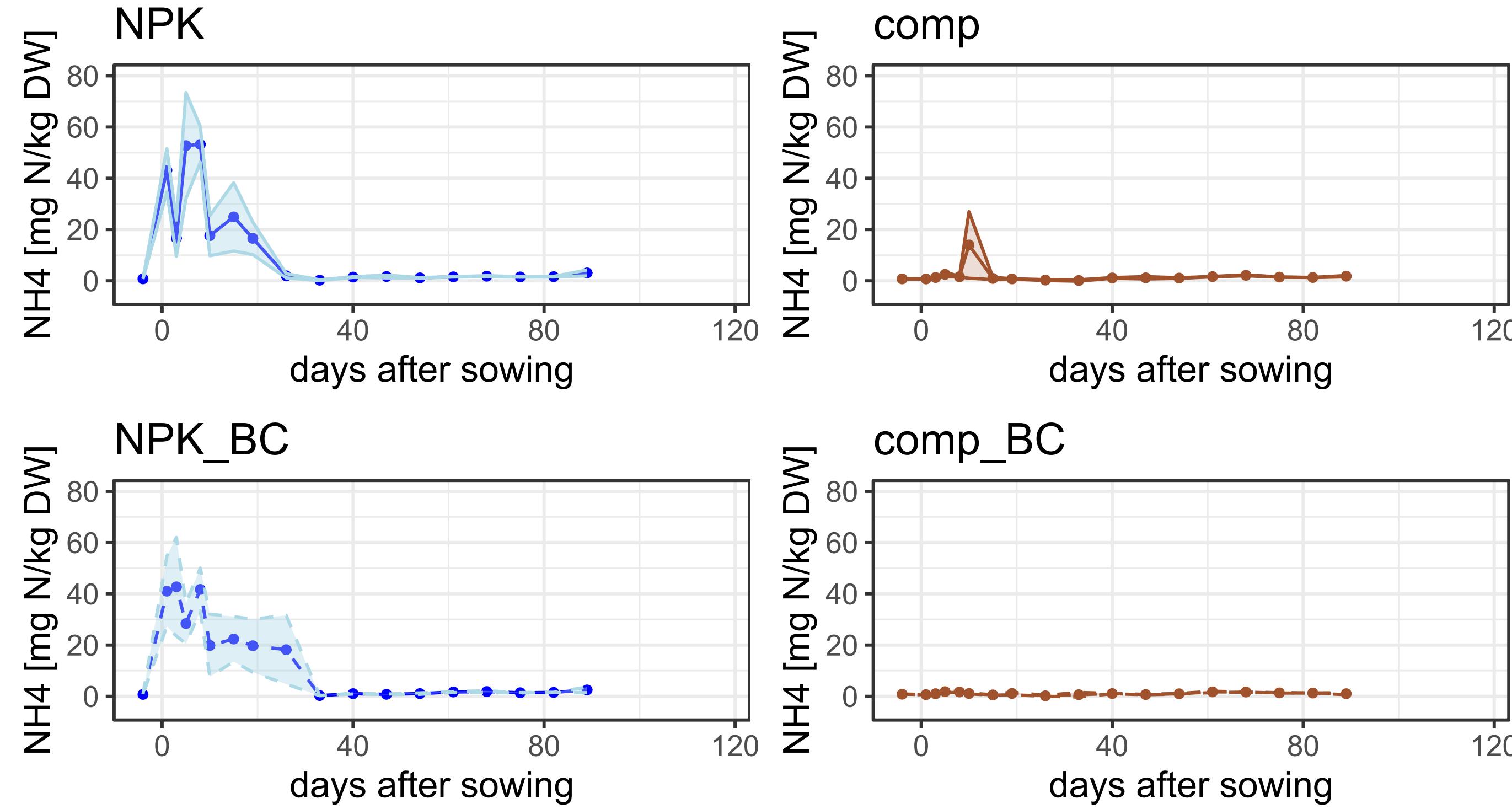


Data shown as
means with SEM

Ergebnisse: Boden-Nitrat NO_3^- (2024)



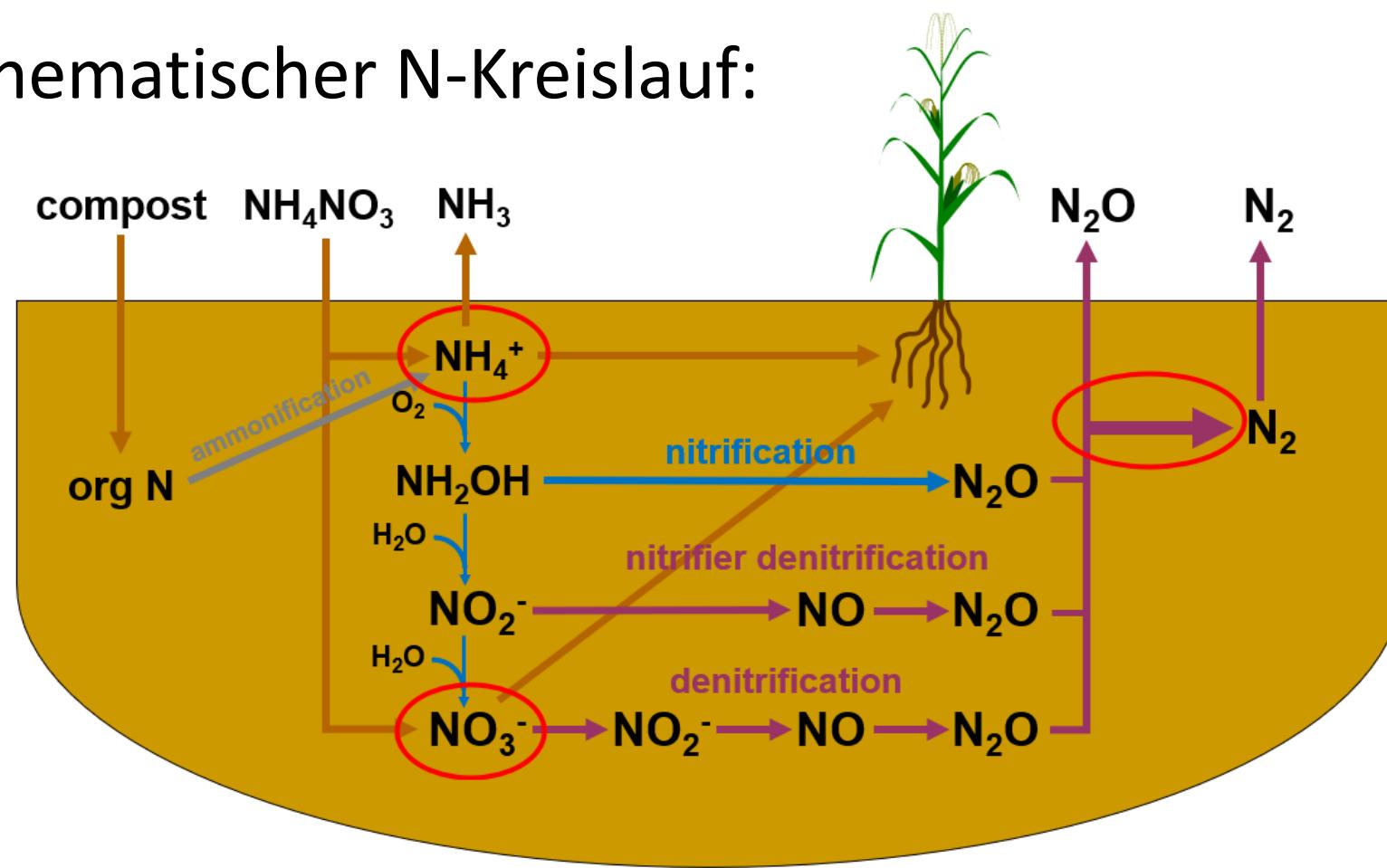
Ergebnisse: Boden-Ammonium NH_4^+ (2023)



Data shown as
means with SEM

Diskussion/Schlussfolgerung

Schematischer N-Kreislauf:



Viele Erklärungsansätze diskutiert in wissenschaftlicher Literatur:

- Chemodenitrifikation (Biokohle als Redox-Katalysator)
- pH-Erhöhung
- Bodendurchlüftung
- Organischer Kohlenstoffgehalt
- Einfluss auf die Verfügbarkeit von NO_3^- und NH_4^+ im Boden
- Einfluss auf das stöchiometrische Verhältnis von $\text{N}_2\text{O}/(\text{N}_2\text{O} + \text{N}_2)$ für die Denitrifikation

Schlussfolgerung/Hypothesen für die Reduktion von $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ -Emissionen durch Biokohle:

- Chemisch/physikalische Bindung von NO_3^- und NH_4^+ reduziert Nitrifikations- und Denitrifikationsrate (N_2O) als auch die Freisetzung von NH_3
- Erhöhte Aktivität der Distickstoffmonoxid Reduktase (verantwortlich für die Umwandlung von $\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$); durch pH-Erhöhung und mögliche andere Effekte

Zusammenfassung

- Kompost zur Substituierung von synthetischem N-Dünger
 - Erfolgreich im ersten Jahr
 - Düngung auf Vorrat nur schwer möglich bei Kulturpflanzen mit hohem N-Bedarf, d.h. jährliche Neudüngung erforderlich
- Potential von Biokohle zur Reduktion von N_2O und NH_3 Emissionen:
 - Substantielle Reduzierung im ersten Jahr
 - Beobachtete Effekte halten sich im zweiten Jahr aufrecht
 - Effekt scheint stärker zu sein bei hohen Emissions-Raten bzw. großen Mengen an verfügbarem Stickstoff im Boden
 - Neu-Aufbringung im dritten Jahr führte zu einem noch stärkeren Effekt auf die N_2O und NH_3 Emissionen

[Merci BOKU]

Authors/Affiliations

Ferdinand Hartmann¹

Heide Spiegel²

Barbara Kitzler³

Eugenio Díaz-Pinés¹

Rebecca Hood-Nowotny¹

1. Institute of Soil Research, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

2. Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES)

3. Federal Research Centre for Forests, Vienna, Austria

References

1. 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>
2. 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.
3. 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
4. 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).
5. 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).