

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

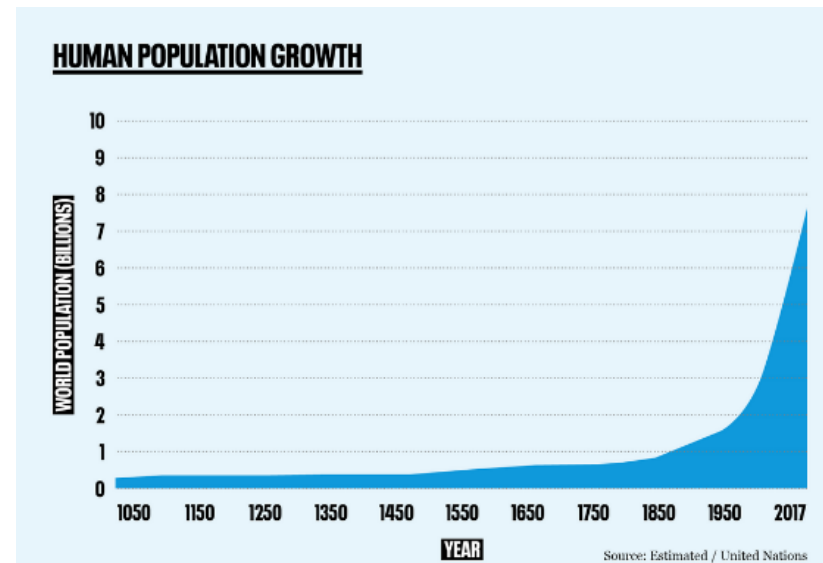
**Ferdinand Hartmann**

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

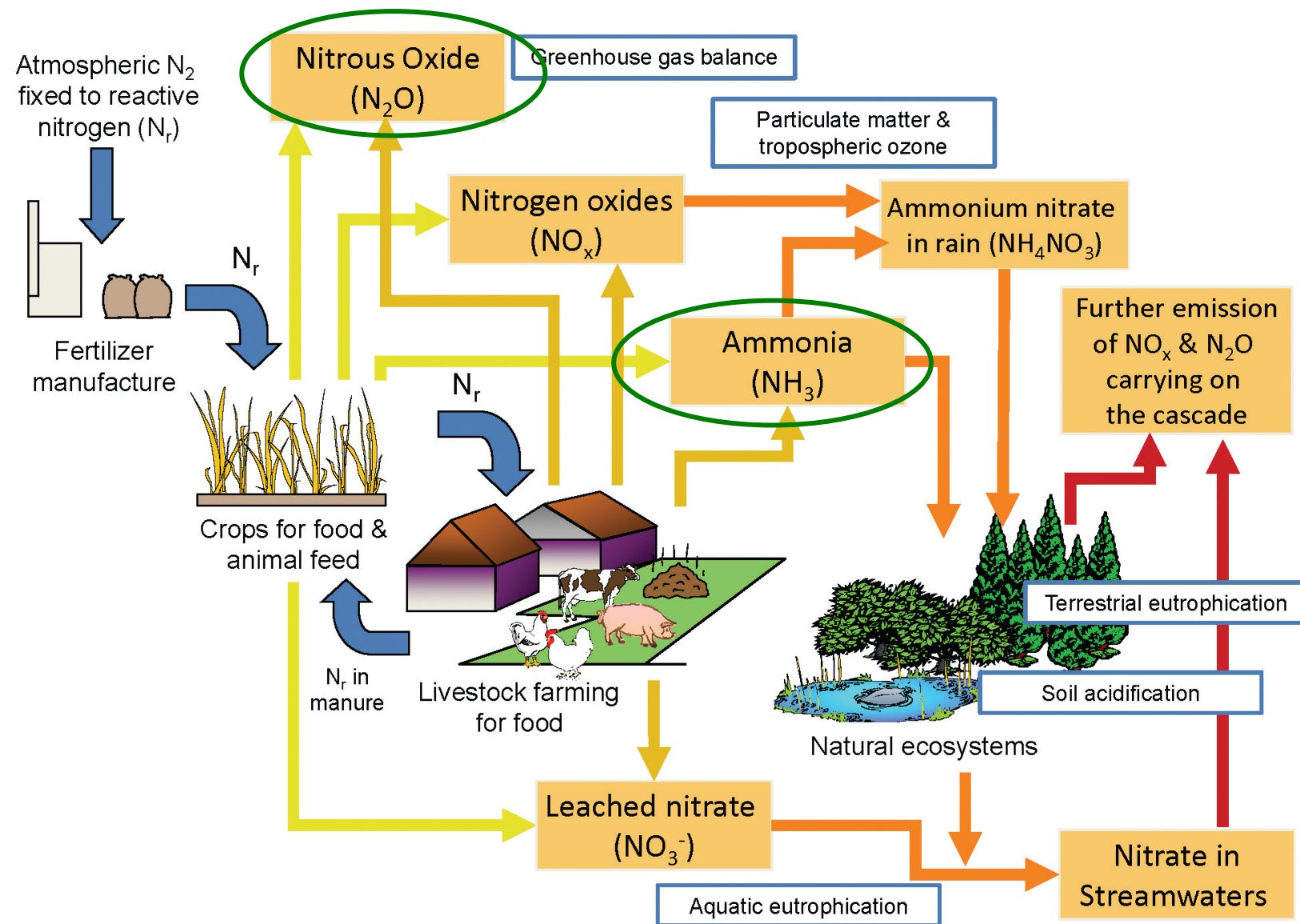
## Reduktion von landwirtschaftlichen Flächen

- 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<sub>2</sub>O)
- Zerstörung der Ozon-Schicht
- Feinstaub [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]
- Eutrophierung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen
- Bodenversauerung



# Feld-Experiment in Grabenegg (AGES-Versuchsstation)

2022



Silomais (*Zea mays*)

2023



Sommerweizen (*Triticum aestivum*)

2024

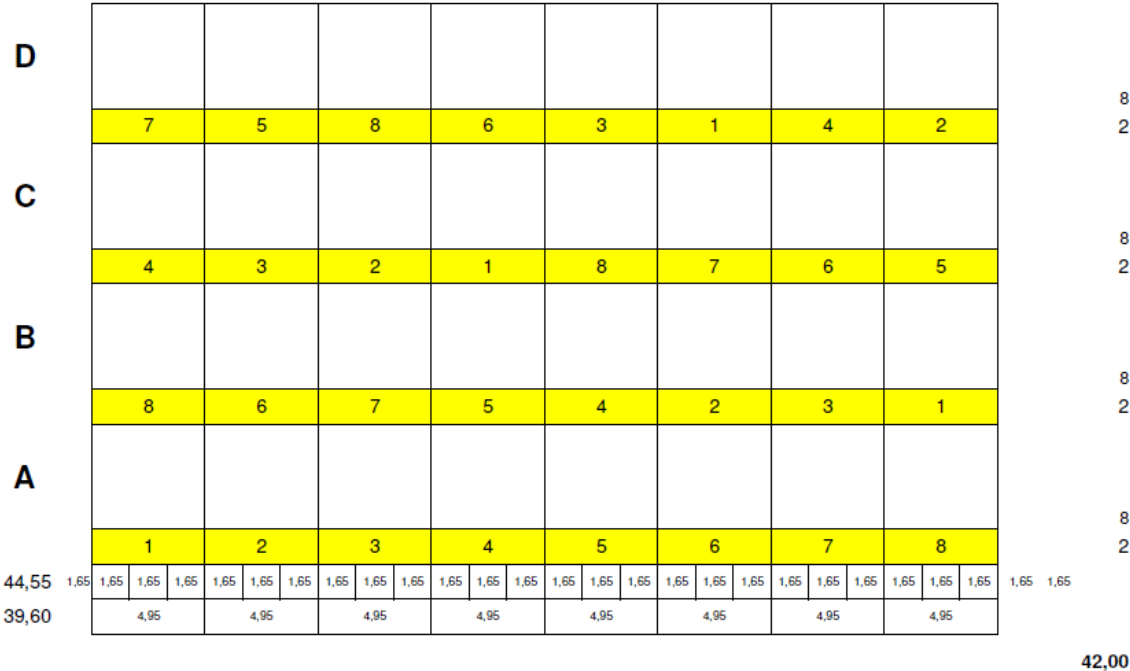


Silomais (*Zea mays*)



# Experimentelles Setup

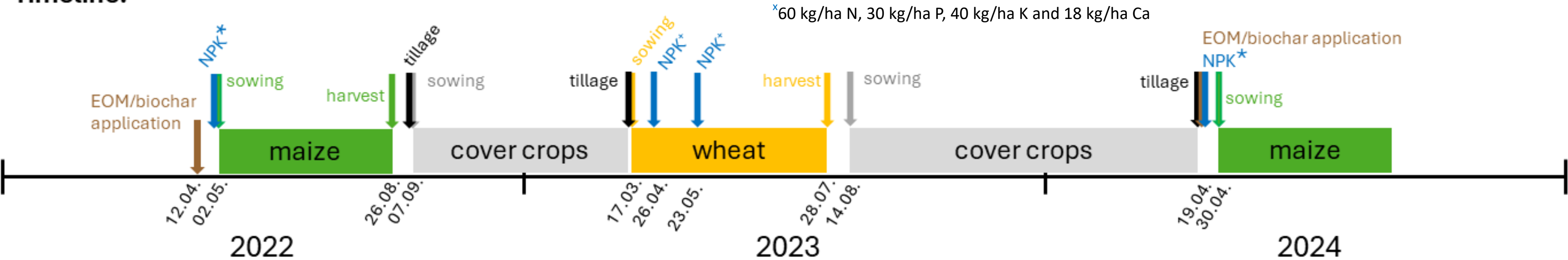
## Randomised plot design (5 x 8 m):



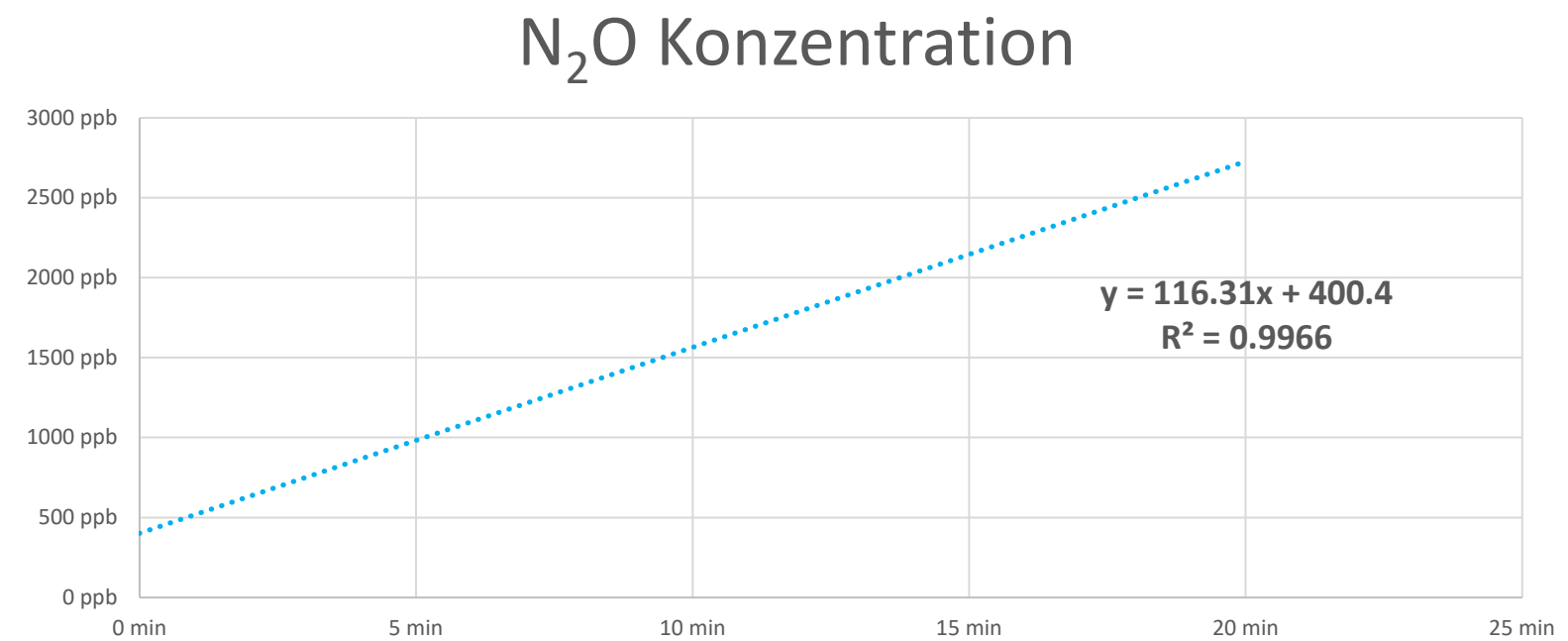
## Treatments:

1. Kontrolle (keine Düngung)
2. NPK\* (175 kg N, 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 225 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>)
3. Kompost (t ha<sup>-1</sup>, 350 kg total-N)
4. NPK\* + Biokohle (NPK as 2. + 7 t ha<sup>-1</sup> Biokohle aus Hartholz)
5. Kompost + Biokohle (gleiche Konzentrationen wie für 3. & 4.)
6. Biogasgülle (66 t ha<sup>-1</sup>, 350 kg total-N)
7. NPK\* mit Zwischenfrüchten (3 Arten)
8. NPK\* mit Zwischenfrüchten (11 Arten)

## Timeline:



# Messmethodik (N<sub>2</sub>O)



- 20 min Inkubation
- Lineare Erhöhung der N<sub>2</sub>O-Konzentration in der Kammer
- Entnahme einer Gas-Probe von 200 mL und Messung der N<sub>2</sub>O-Konzentration mit einem N<sub>2</sub>O Gas Analysator



# Methods (NH<sub>3</sub>)



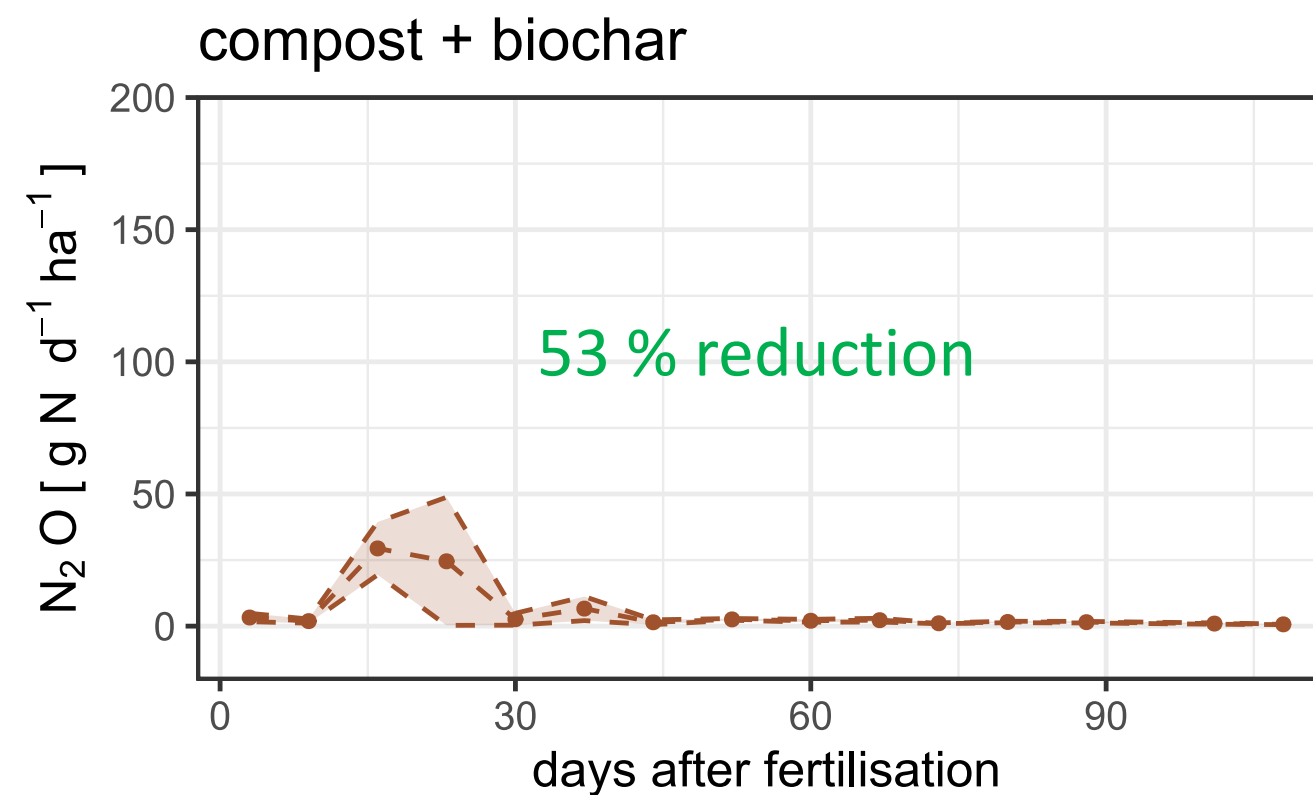
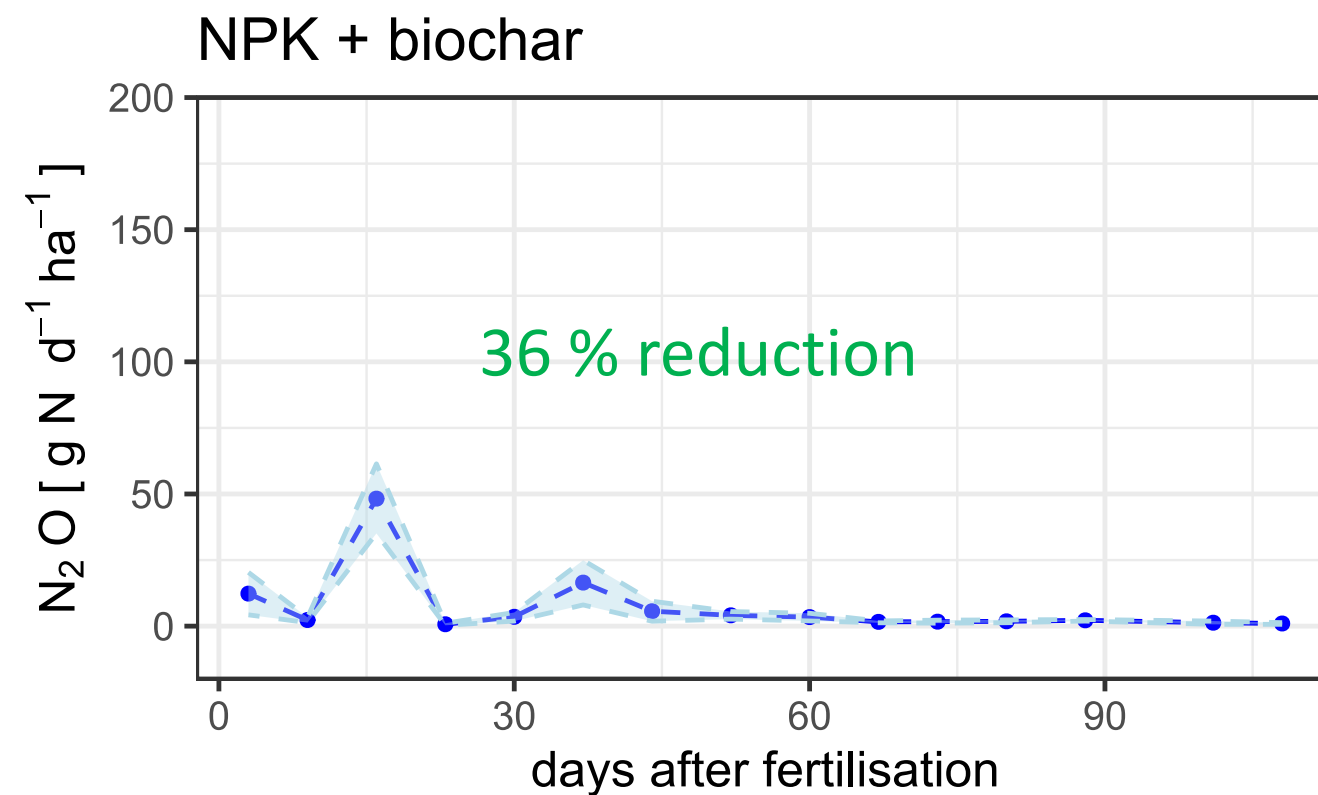
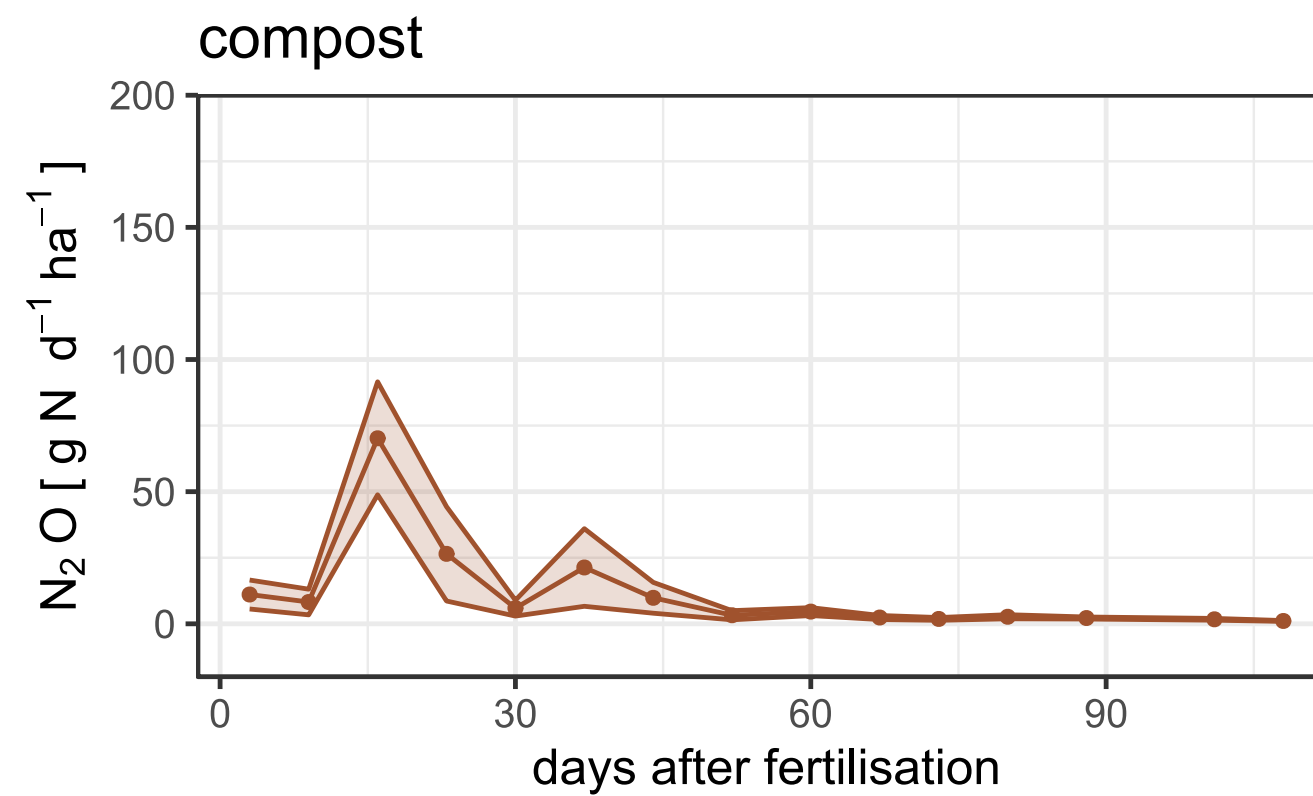
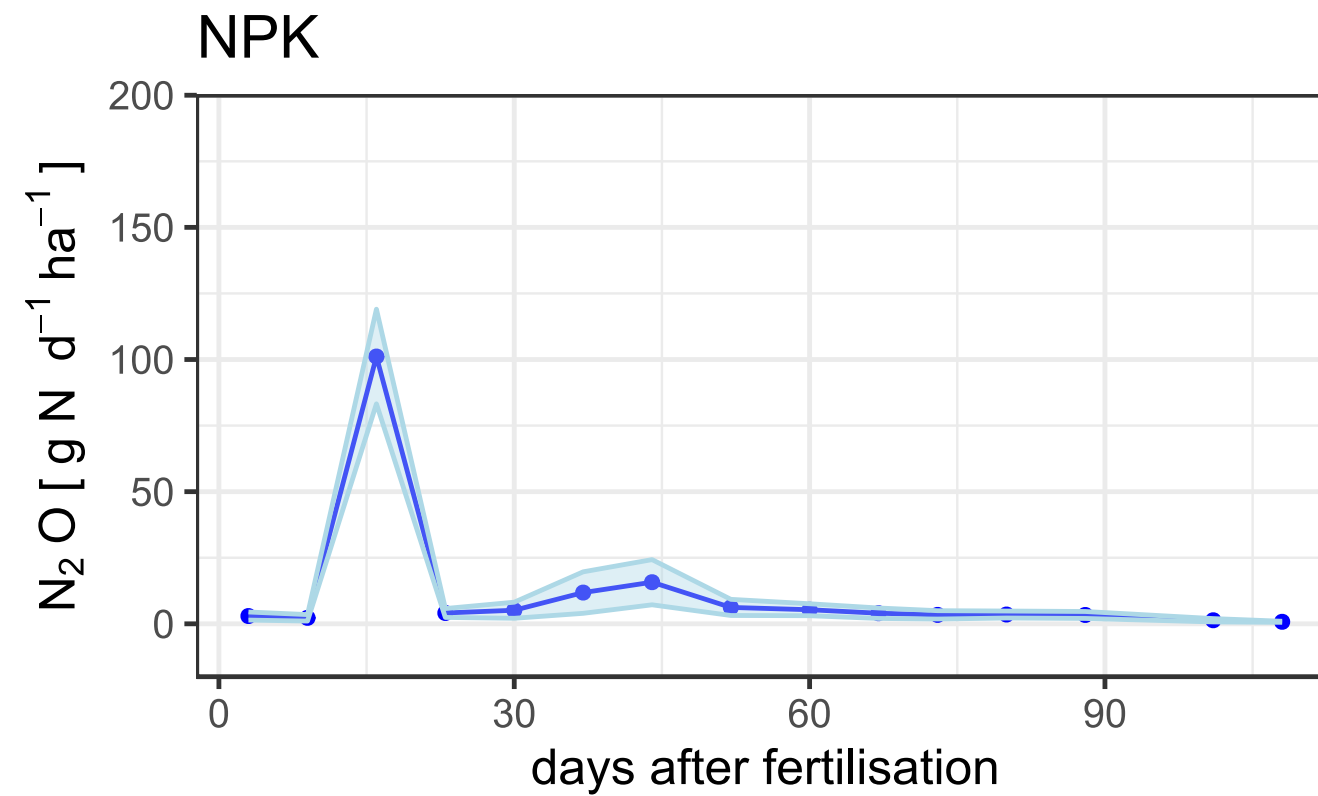
0.5 L-PET Flasche

Filterpapier Streifen eingehüllt in Teflon

20 mL Fläschchen gefüllt mit 5  
mL 2.5M Kalium-Bisulfat  
(KHSO<sub>4</sub>)

- Vom Boden freigesetztes Ammoniak reagiert mit der Säure und löst sich in Form von Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).
- Kolorimetrische Bestimmung der NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Konzentration

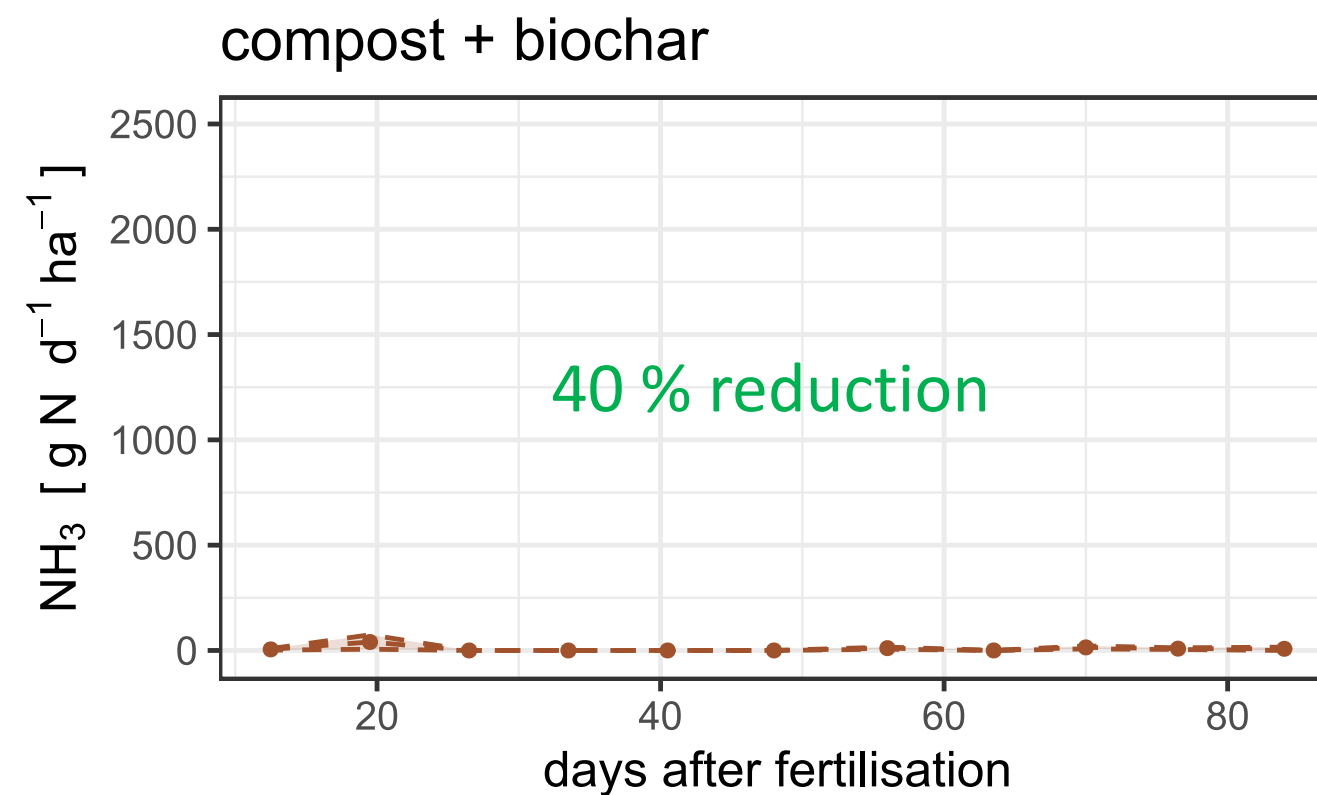
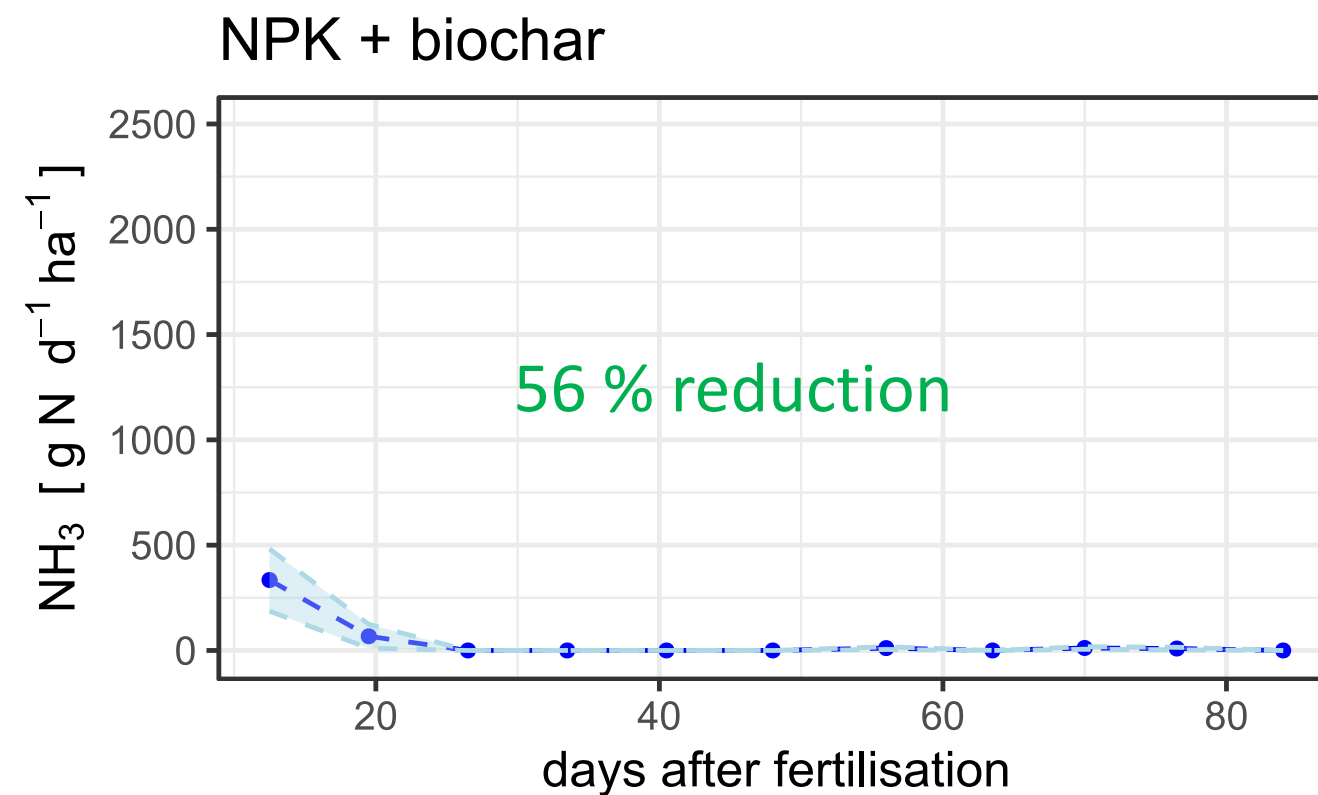
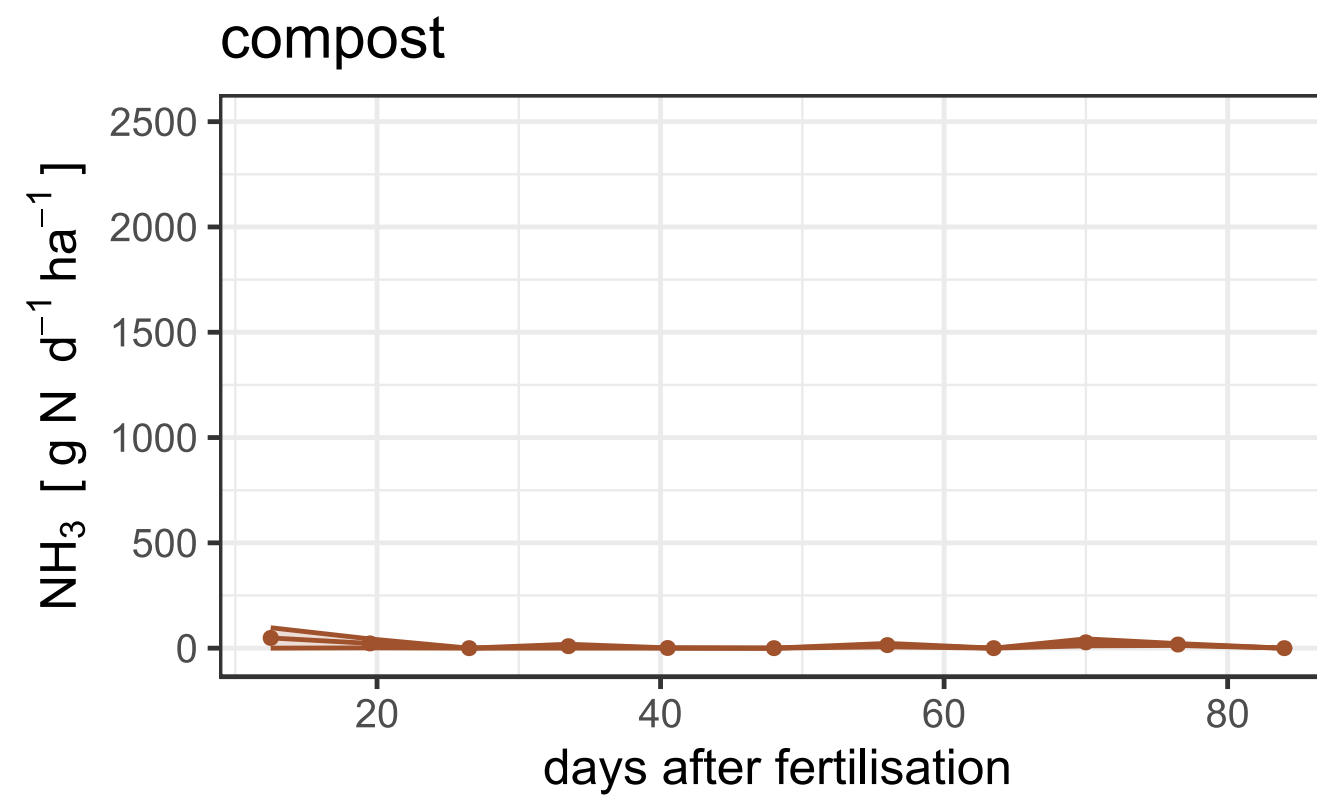
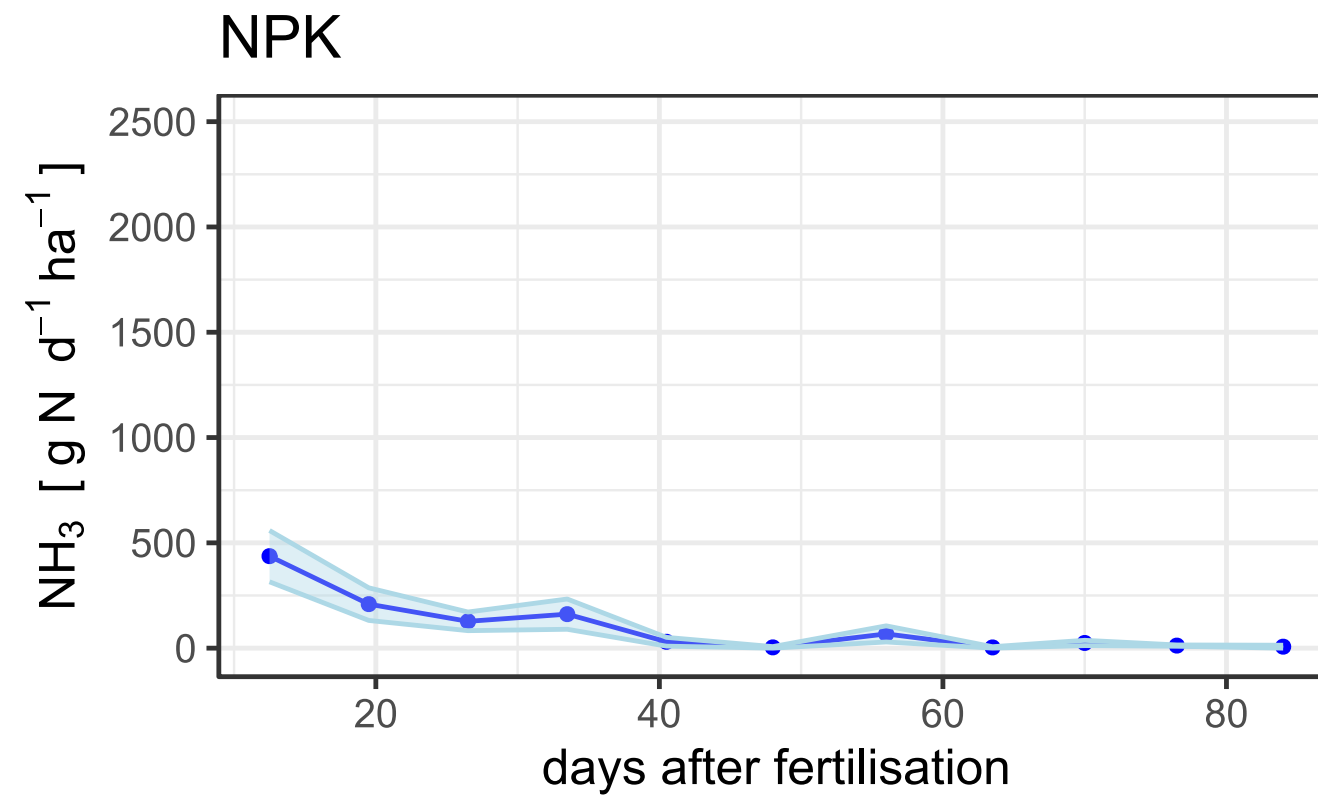
# Ergebnisse: N<sub>2</sub>O Emissionen (2022)



Data shown as means with SEM



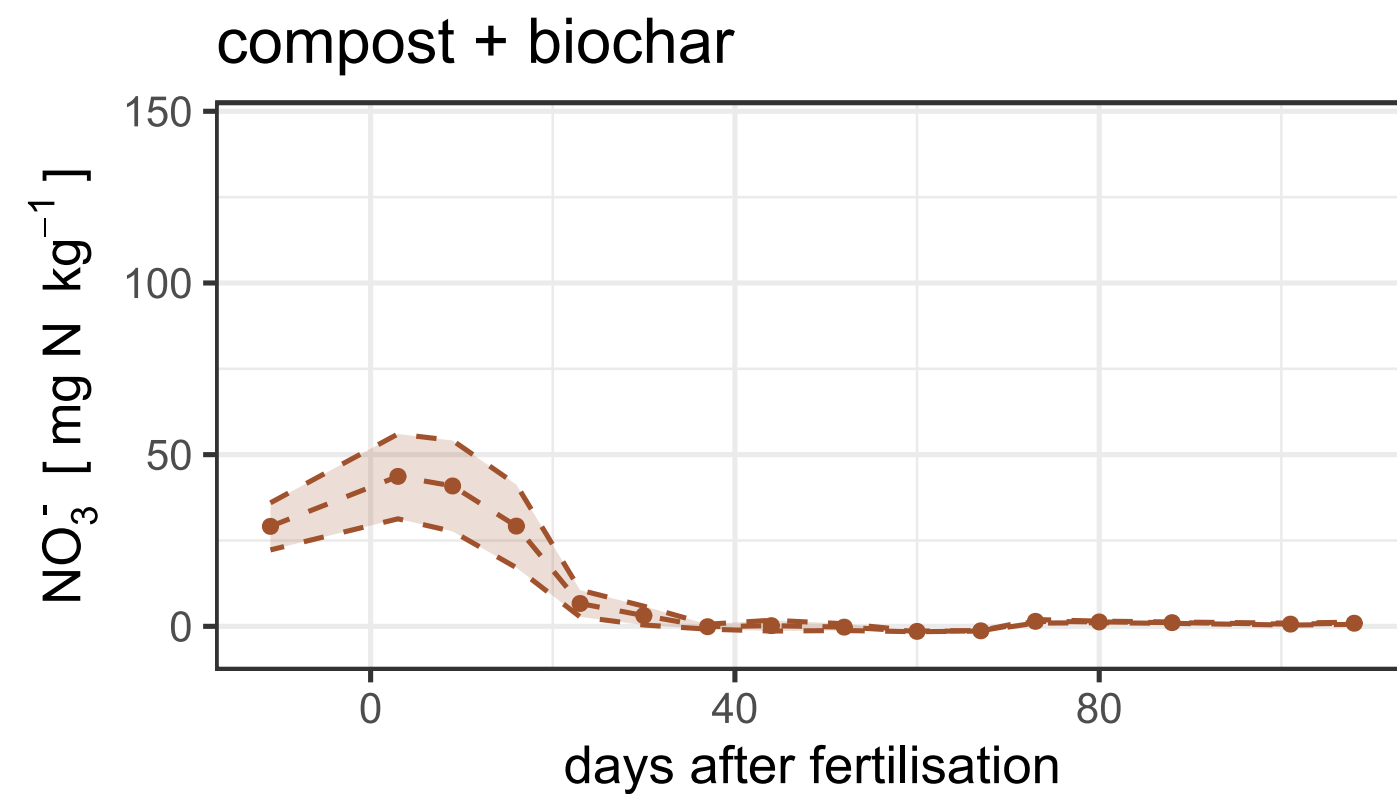
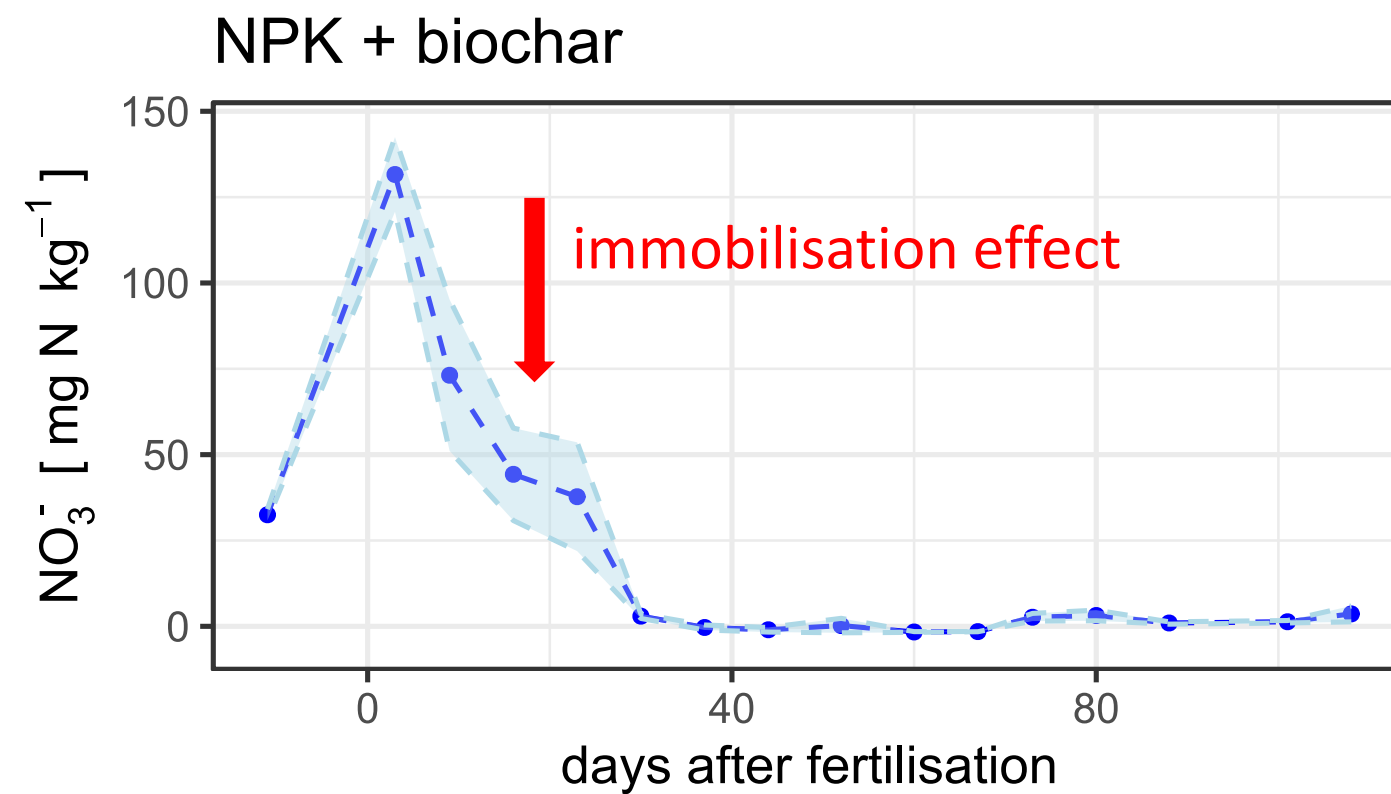
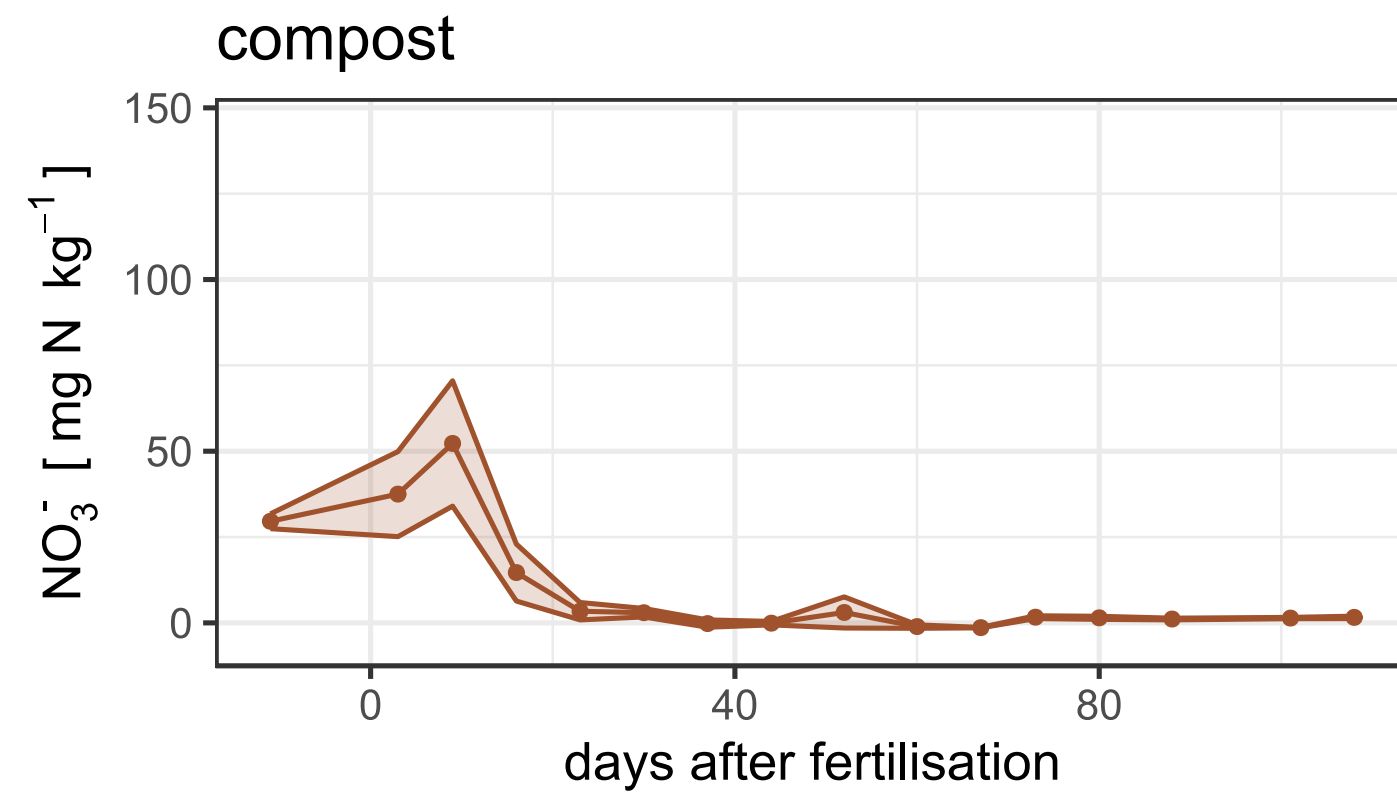
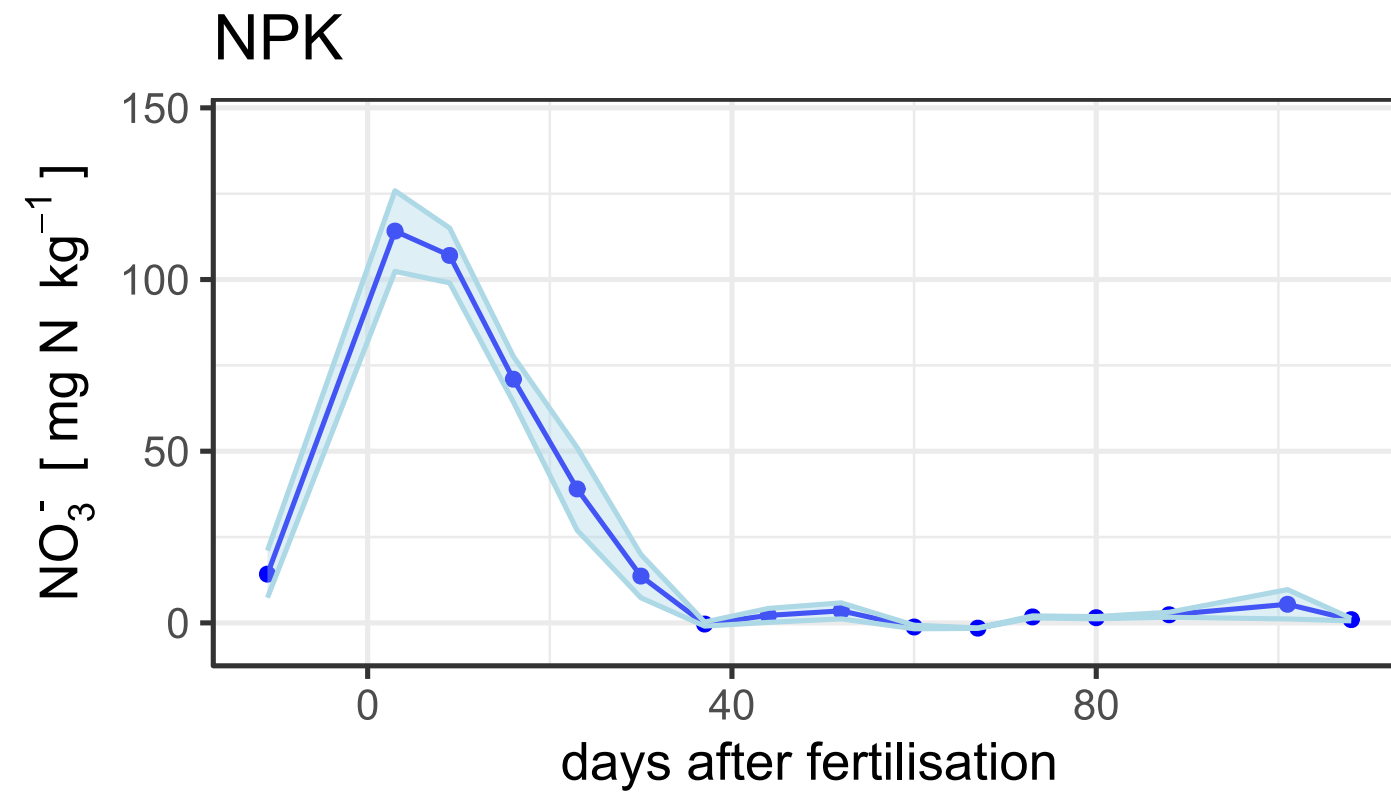
# Ergebnisse: NH<sub>3</sub> Emissionen (2022)



Data shown as means with SEM



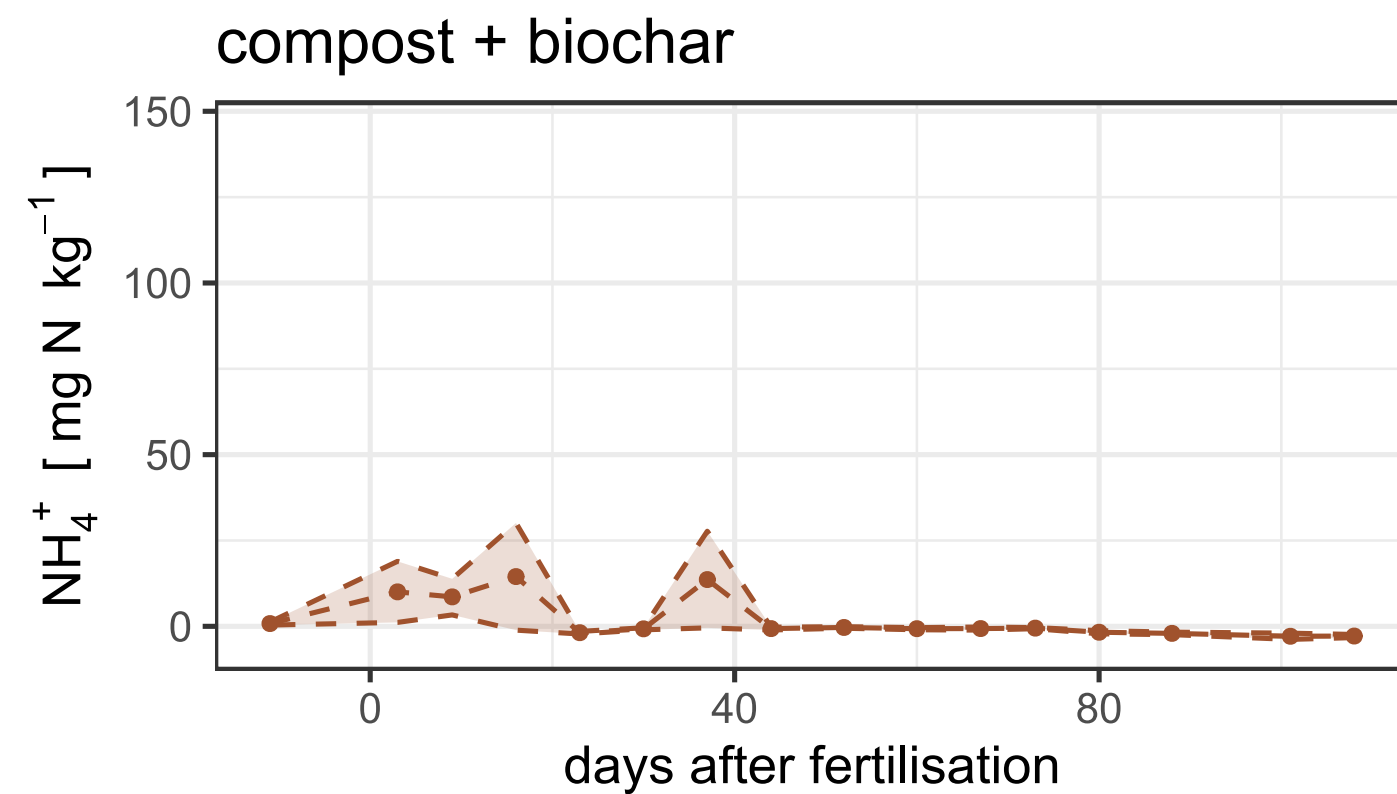
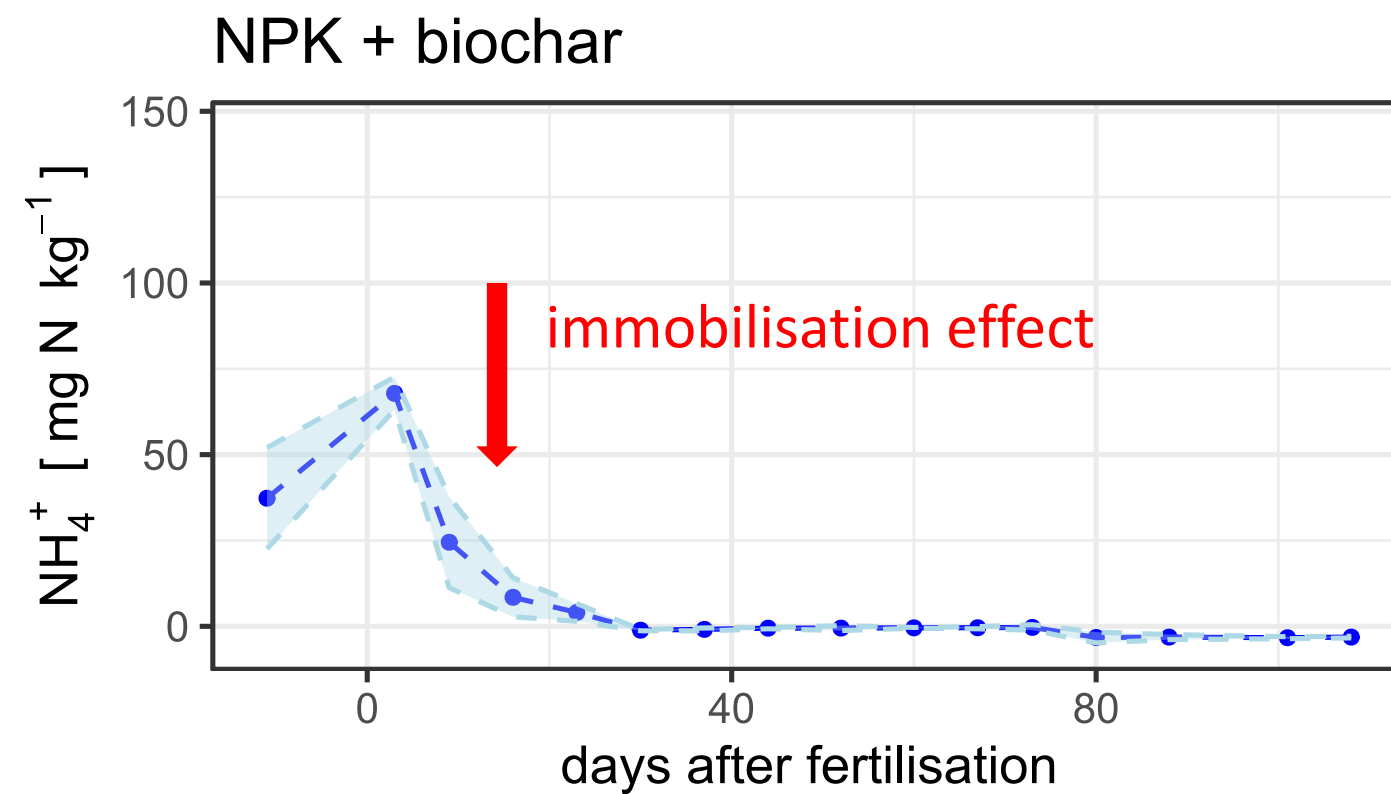
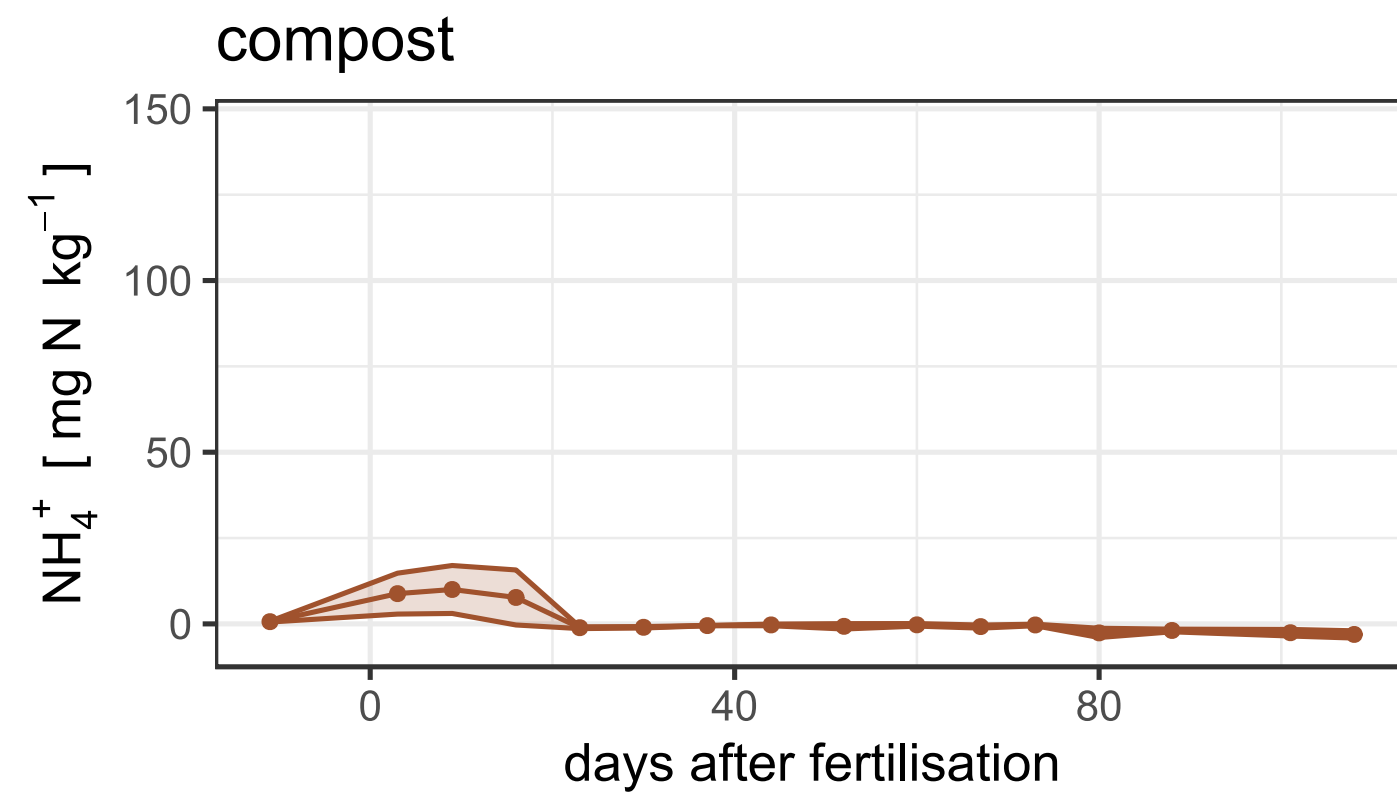
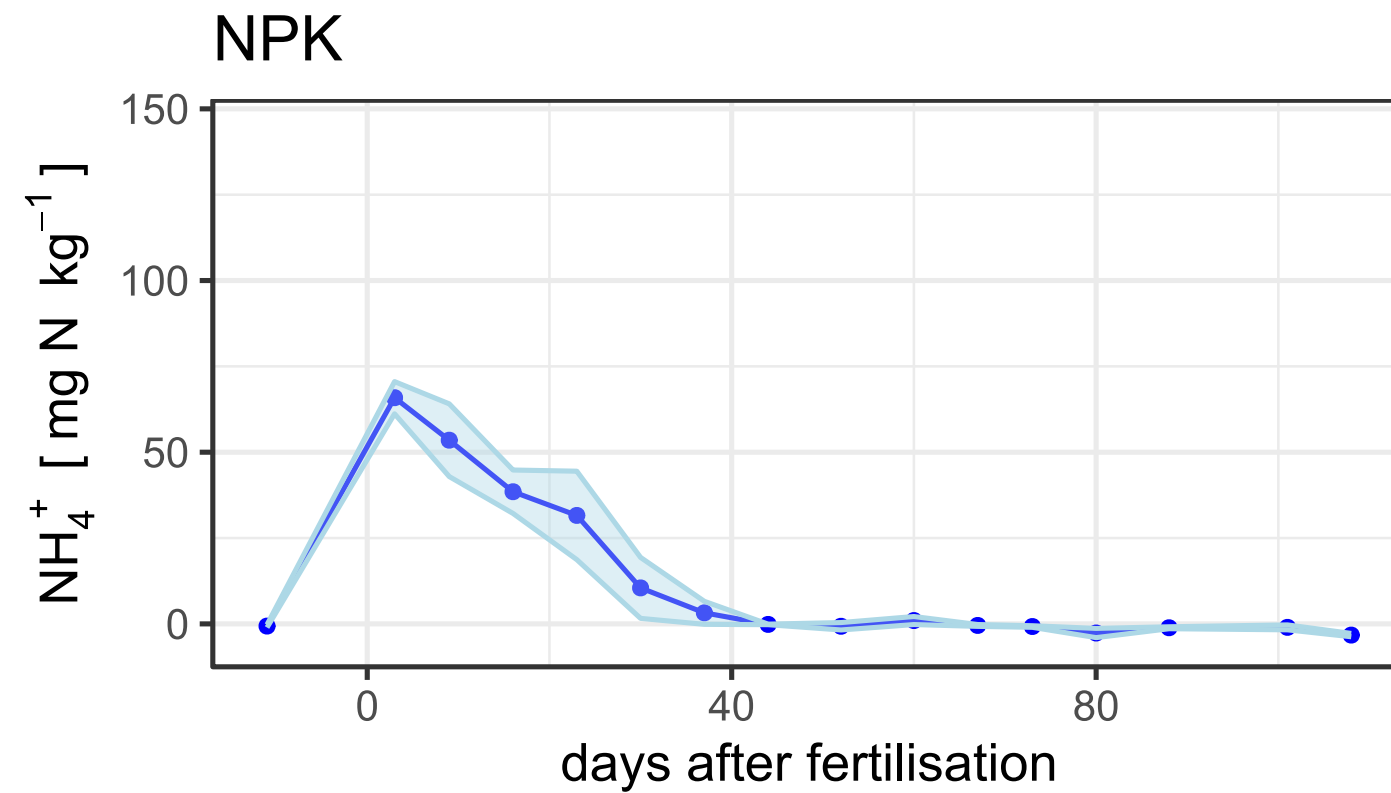
# Ergebnisse: Boden-Nitrat $\text{NO}_3^-$ (2022)



Data shown as means with SEM



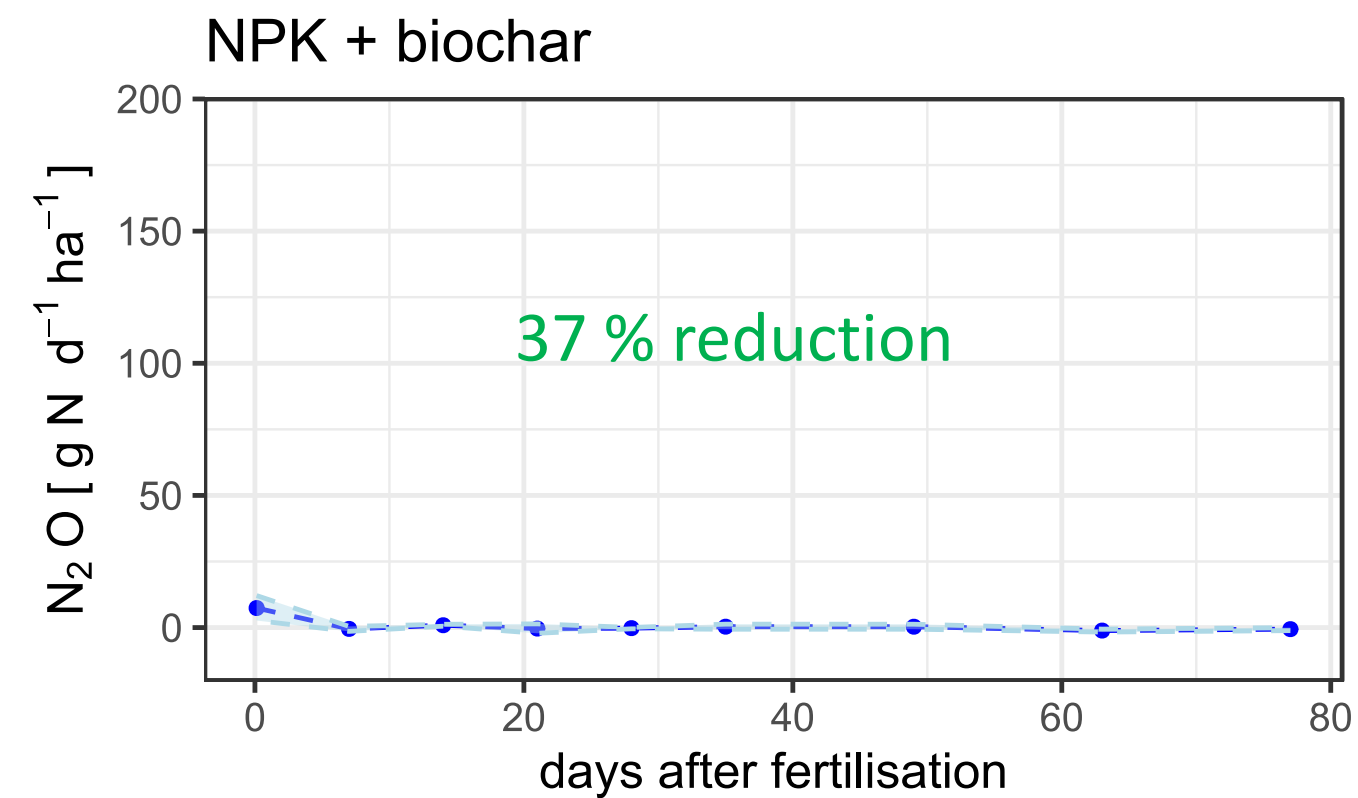
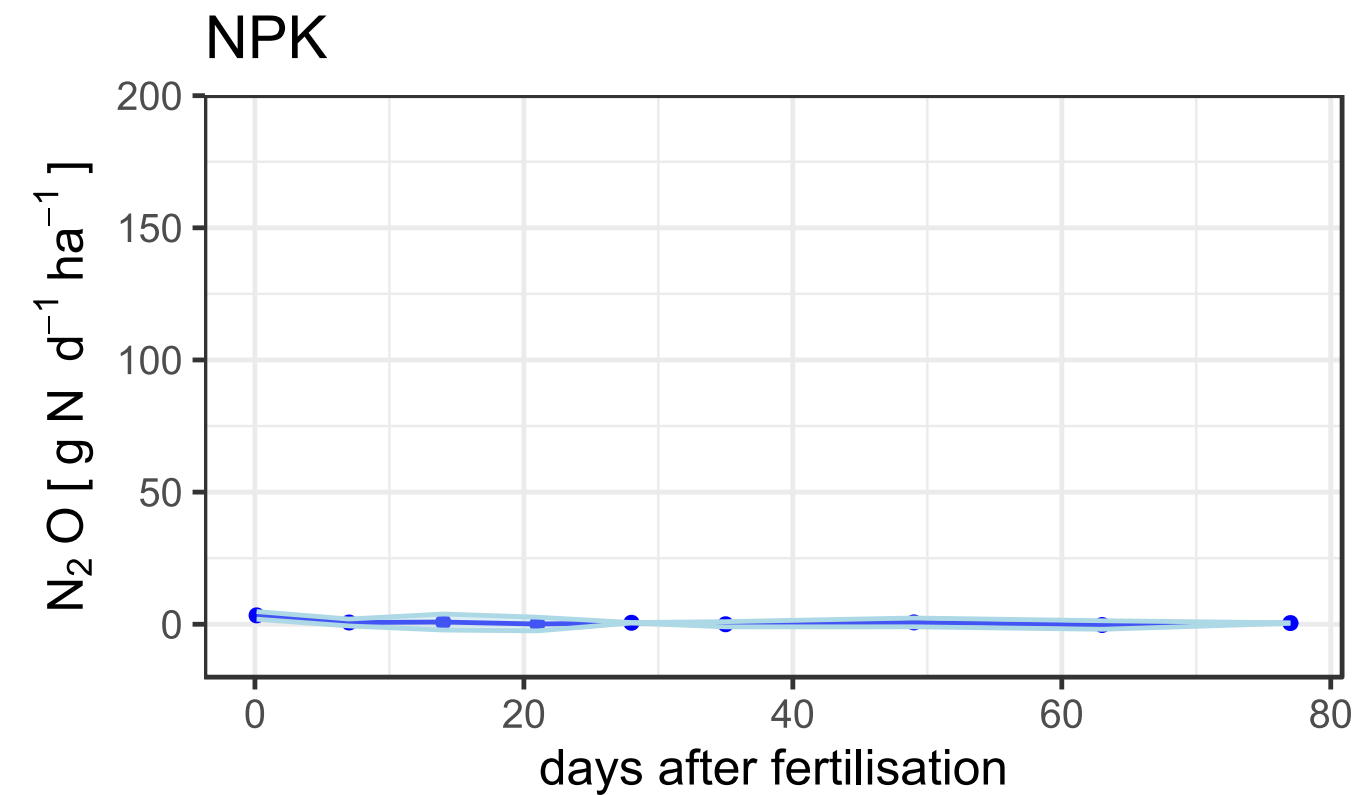
# Ergebnisse: Boden-Ammonium $\text{NH}_4^+$ (2022)



Data shown as means with SEM

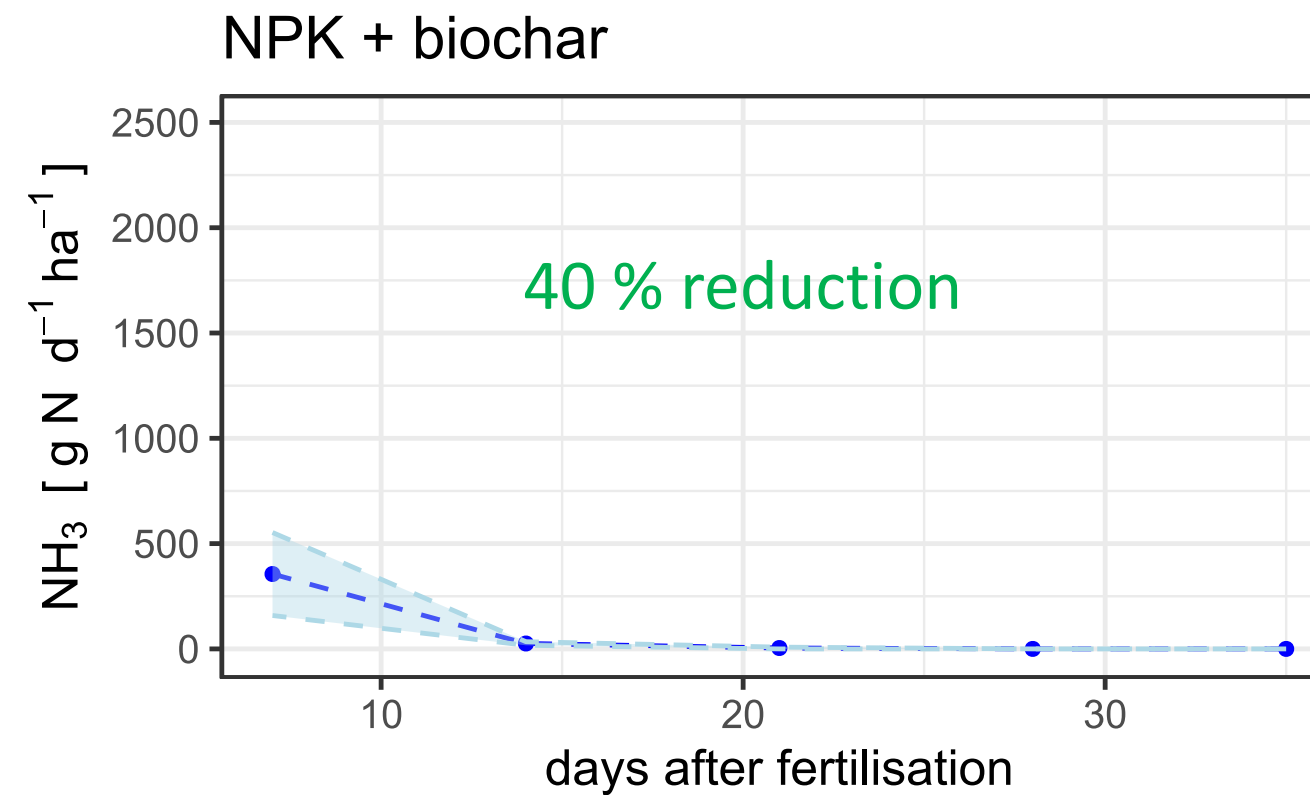
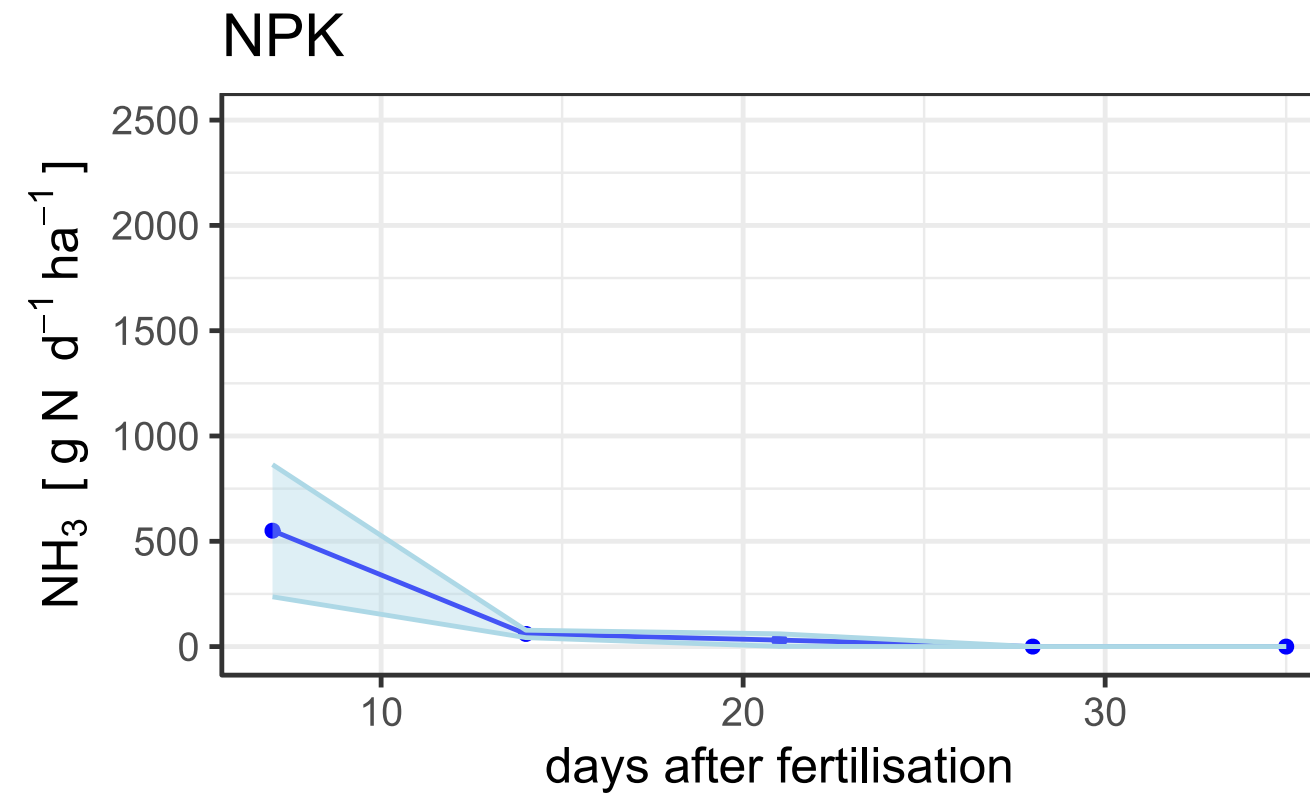


# Ergebnisse: N<sub>2</sub>O Emissionen (2023)



Data shown as  
means with SEM

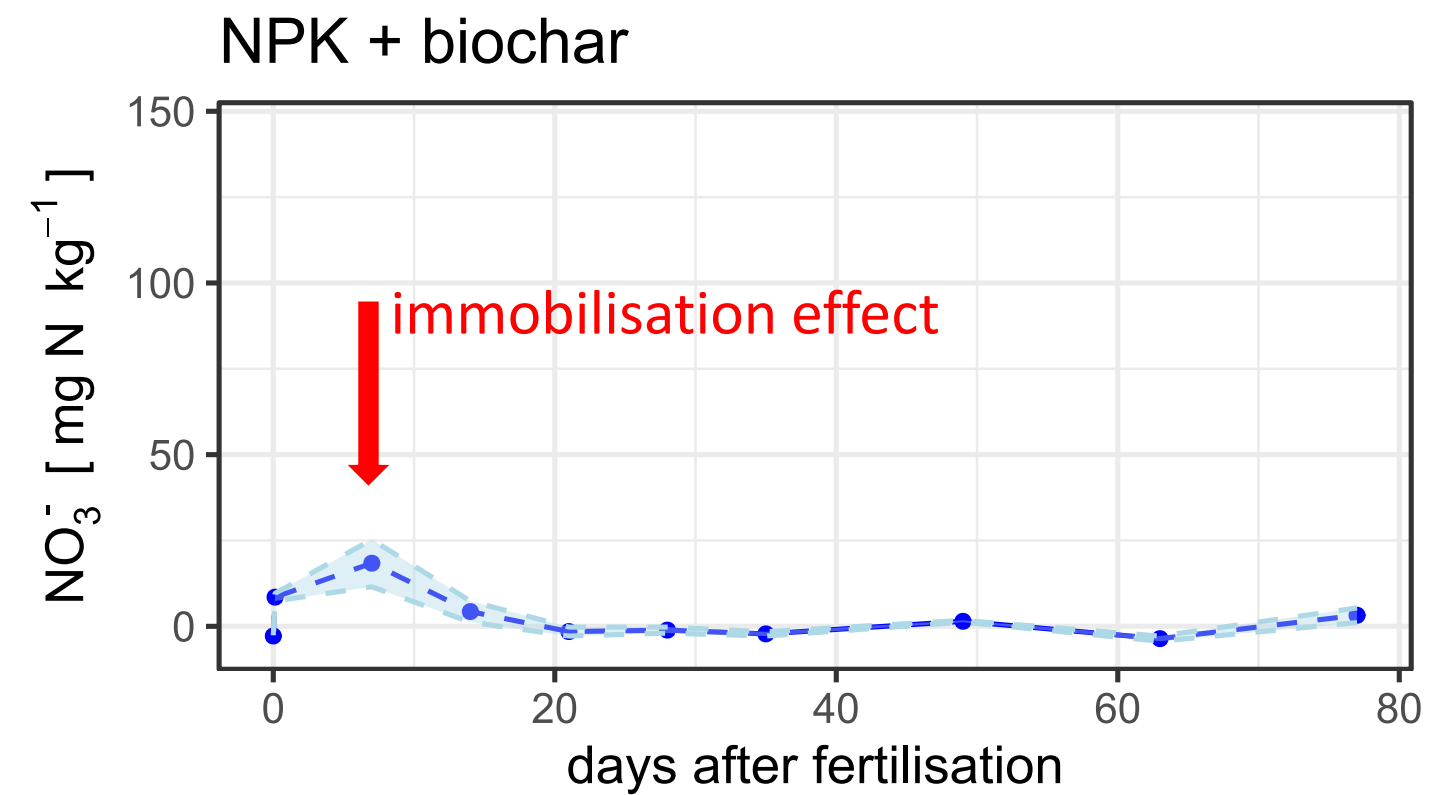
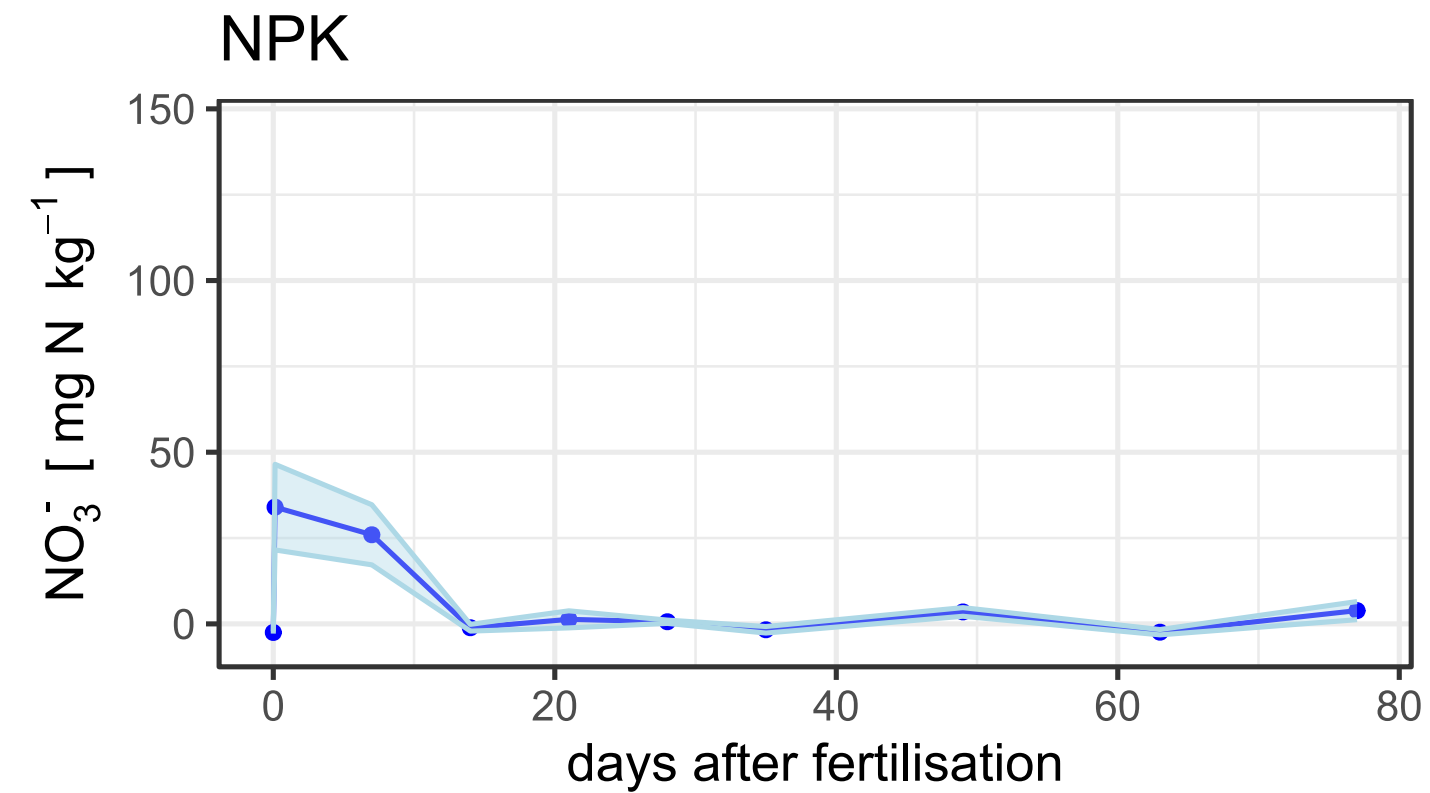
# Ergebnisse: NH<sub>3</sub> Emissionen (2023)



Data shown as  
means with SEM

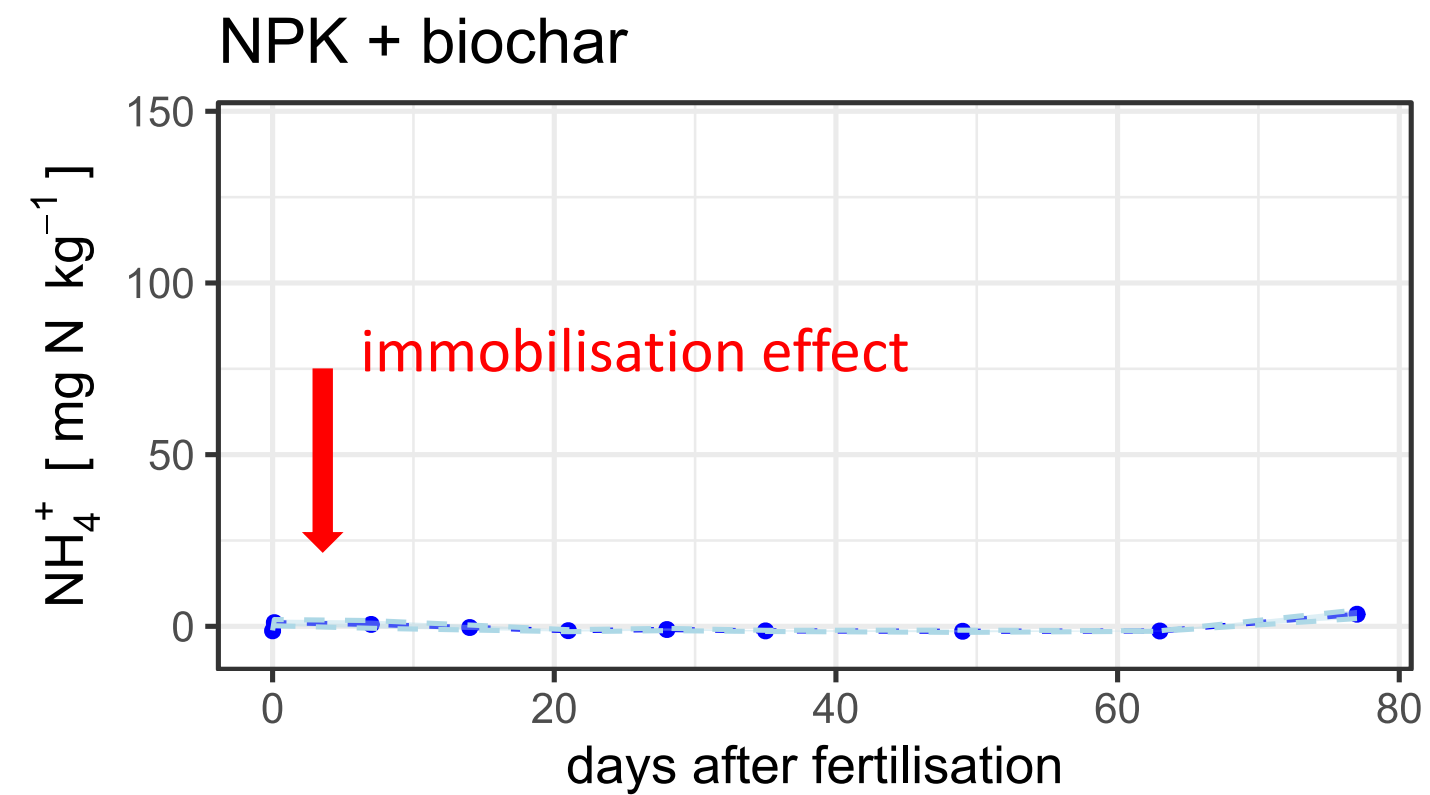
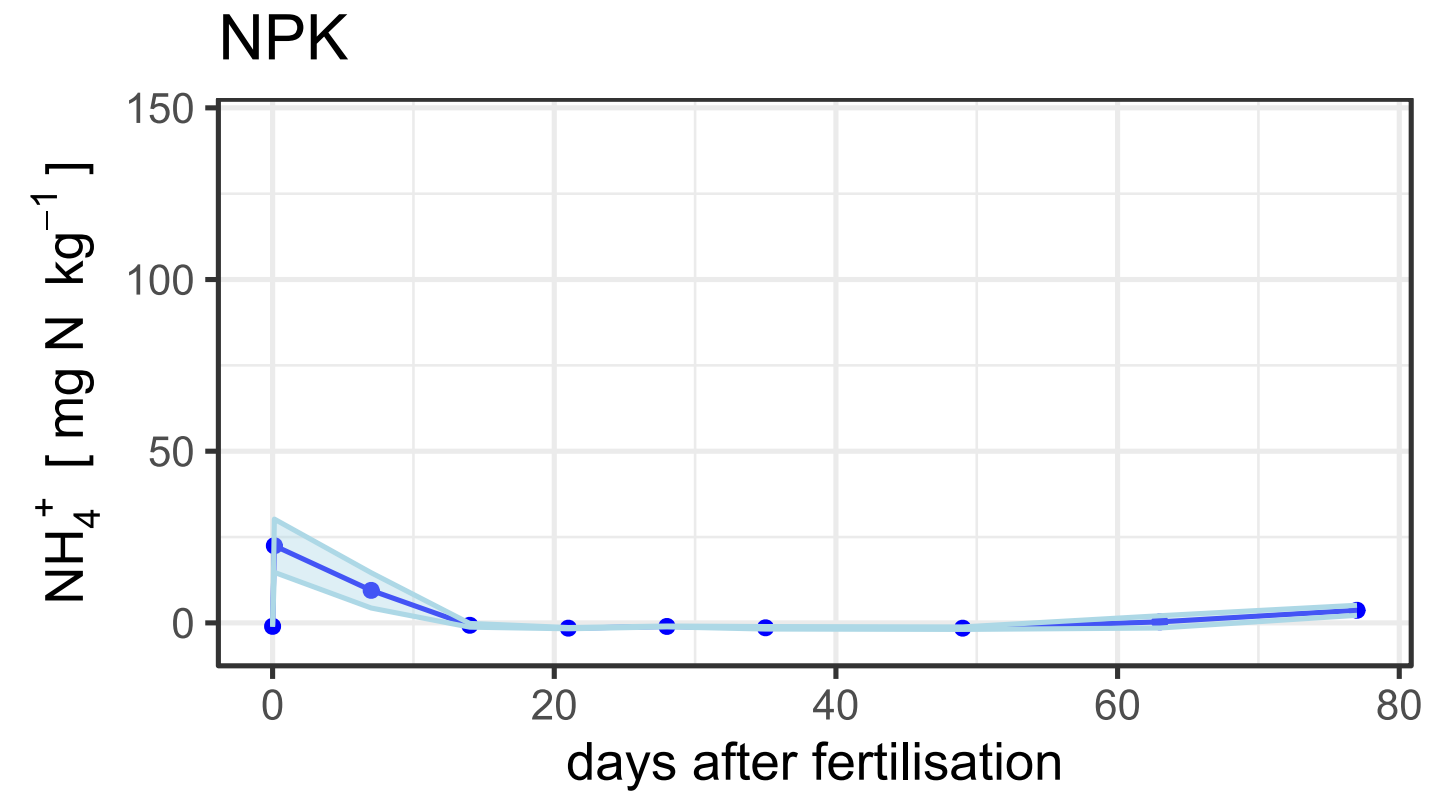


# Ergebnisse: Boden-Nitrat $\text{NO}_3^-$ (2023)



Data shown as  
means with SEM

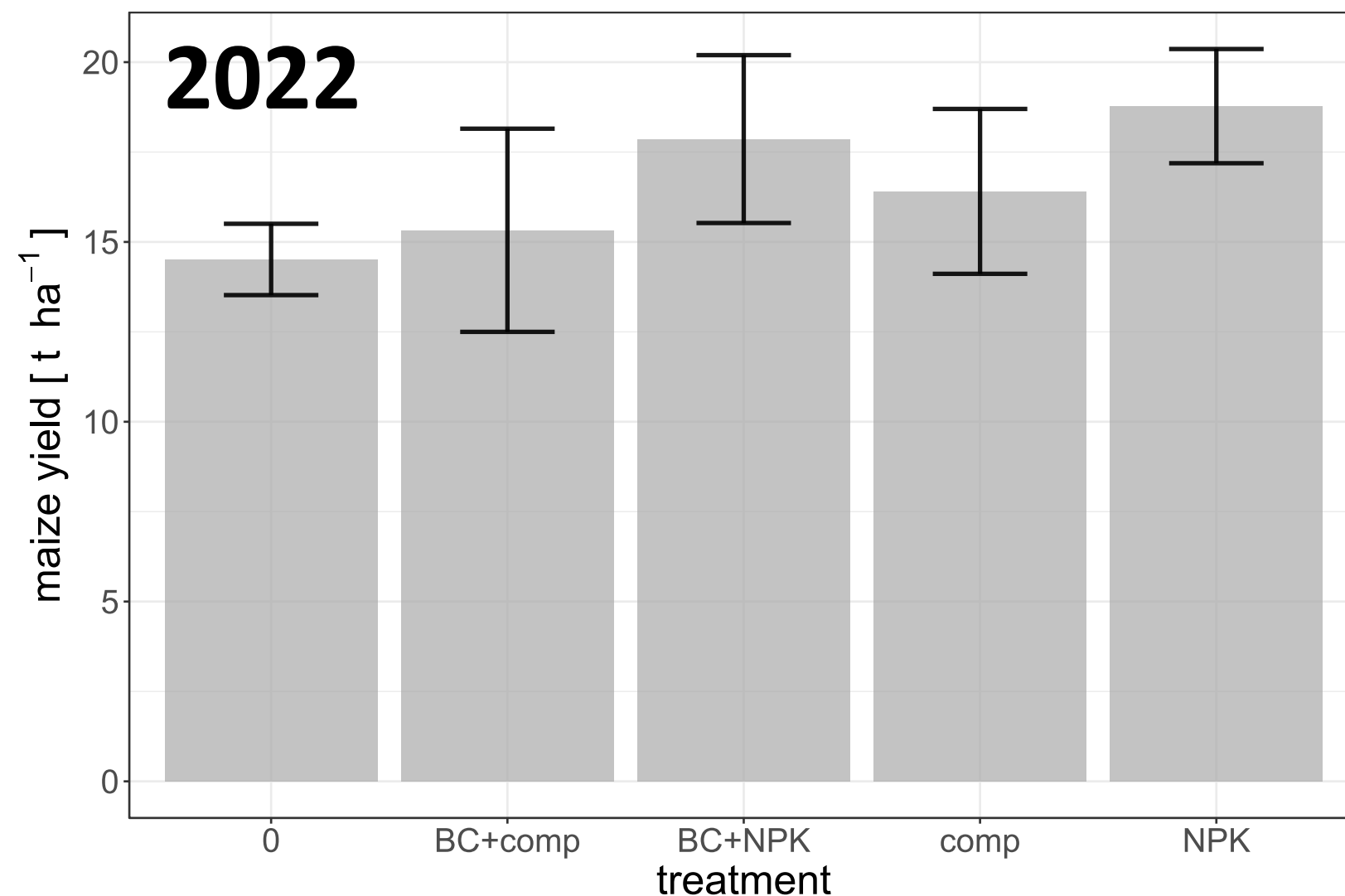
# Ergebnisse: Boden-Ammonium $\text{NH}_4^+$ (2023)



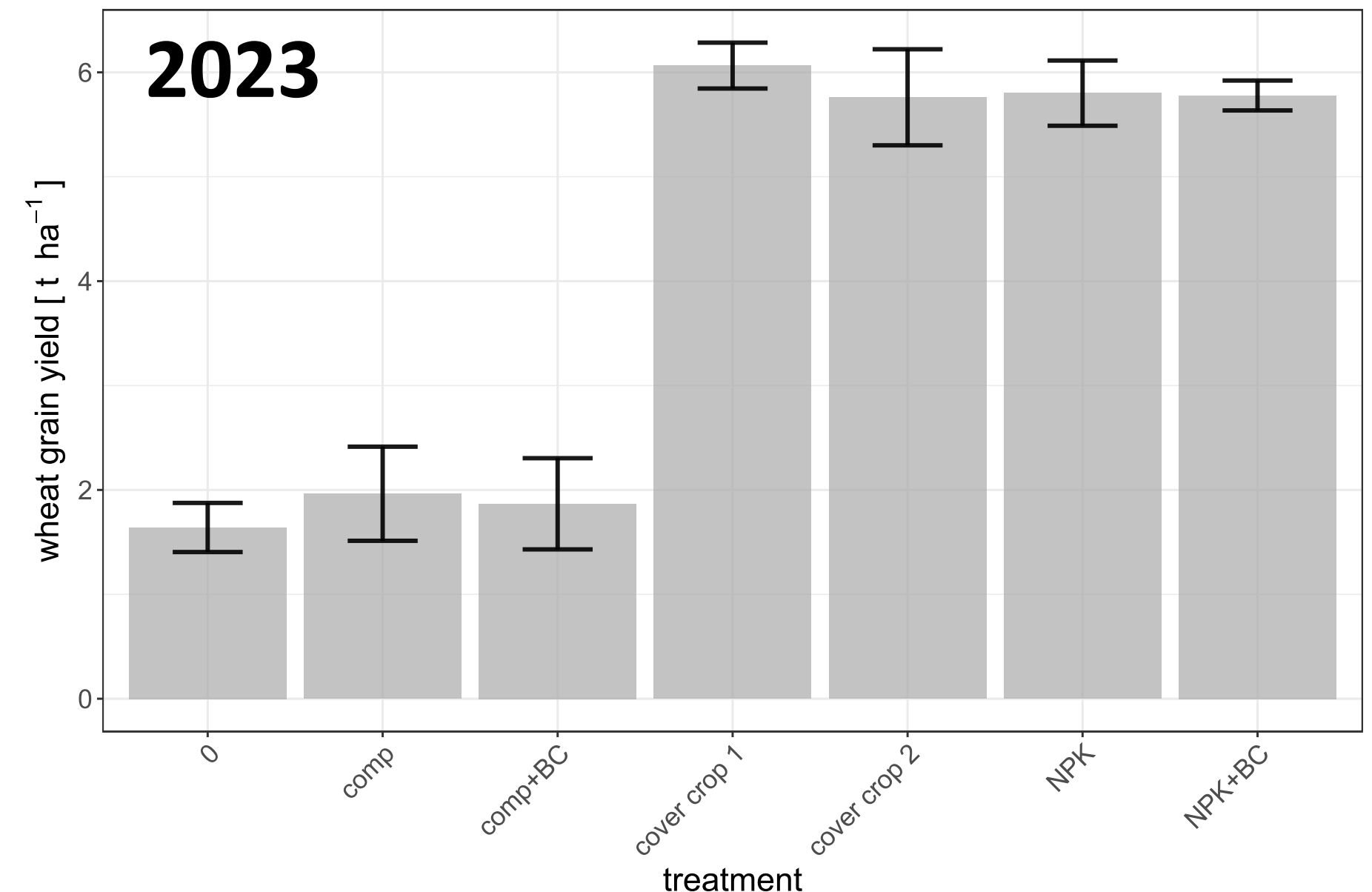
Data shown as means with SEM



# Ergebnisse: Ernteerträge von 2022 und 2023

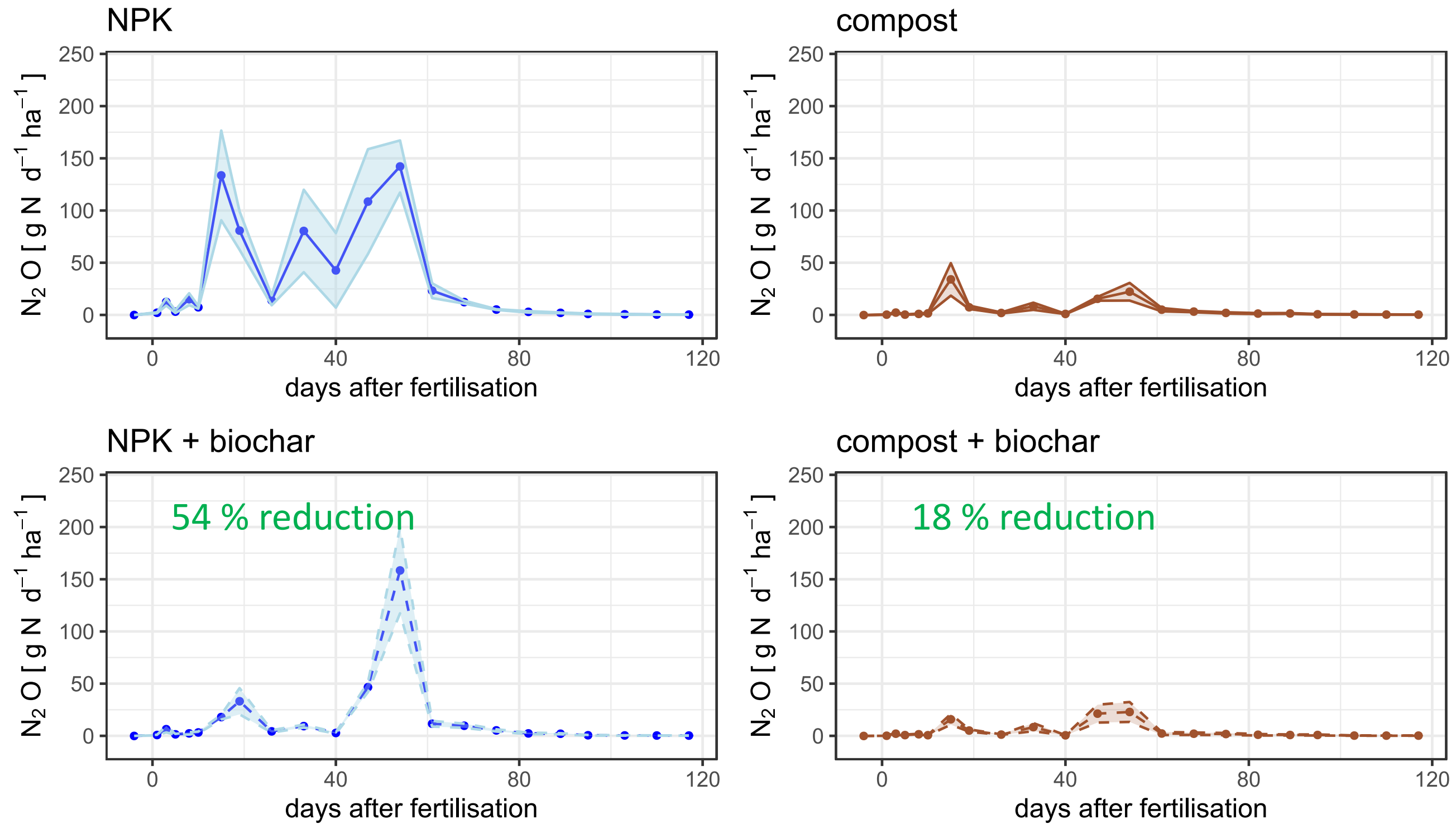


Data shown as means with SD intervals



- 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

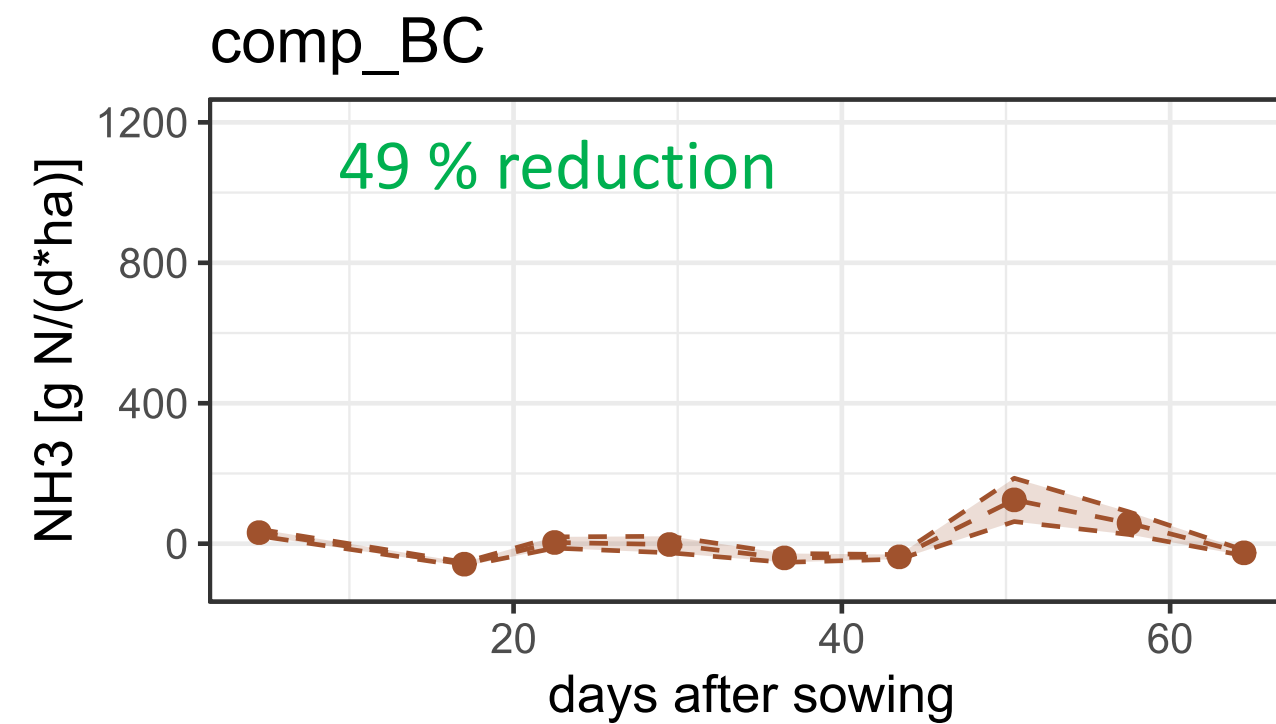
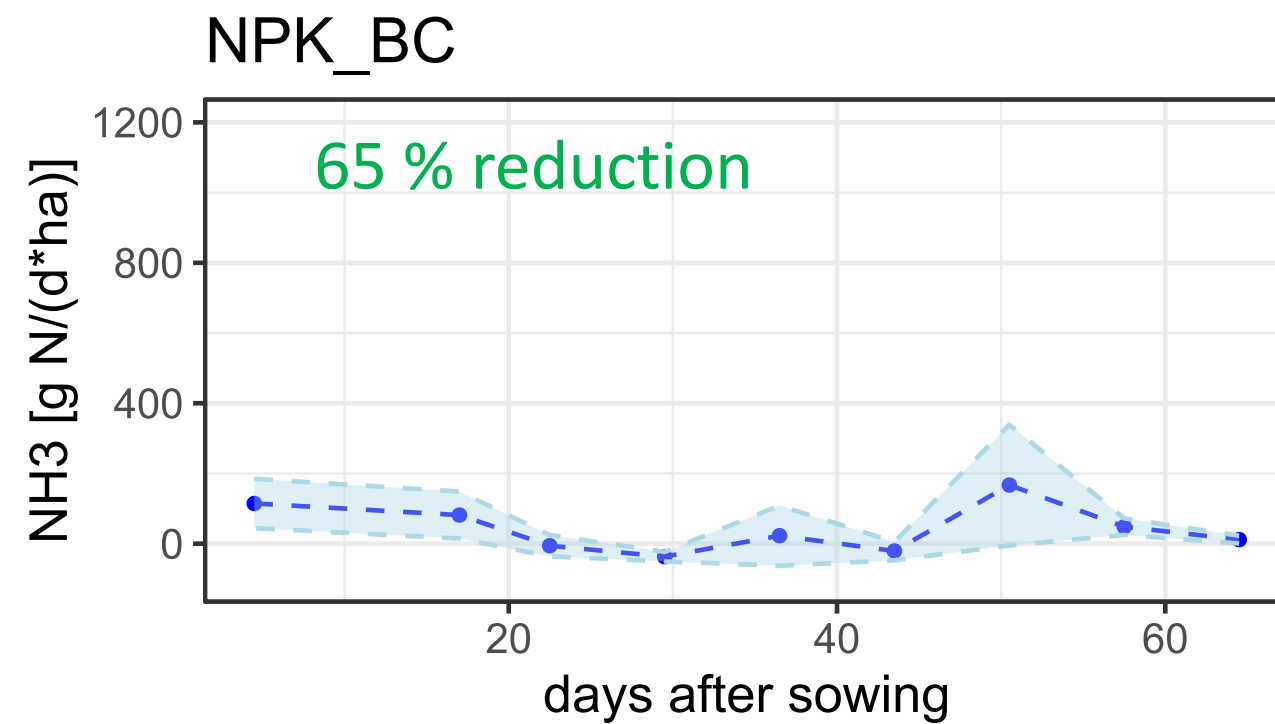
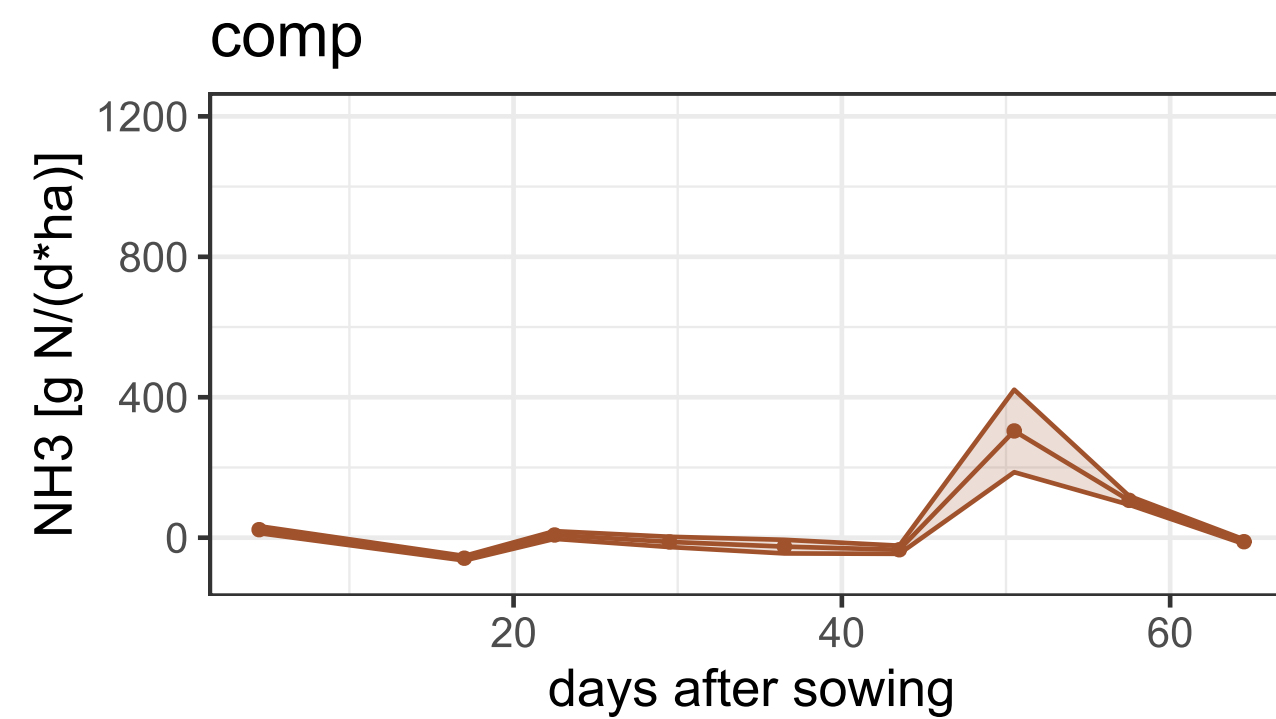
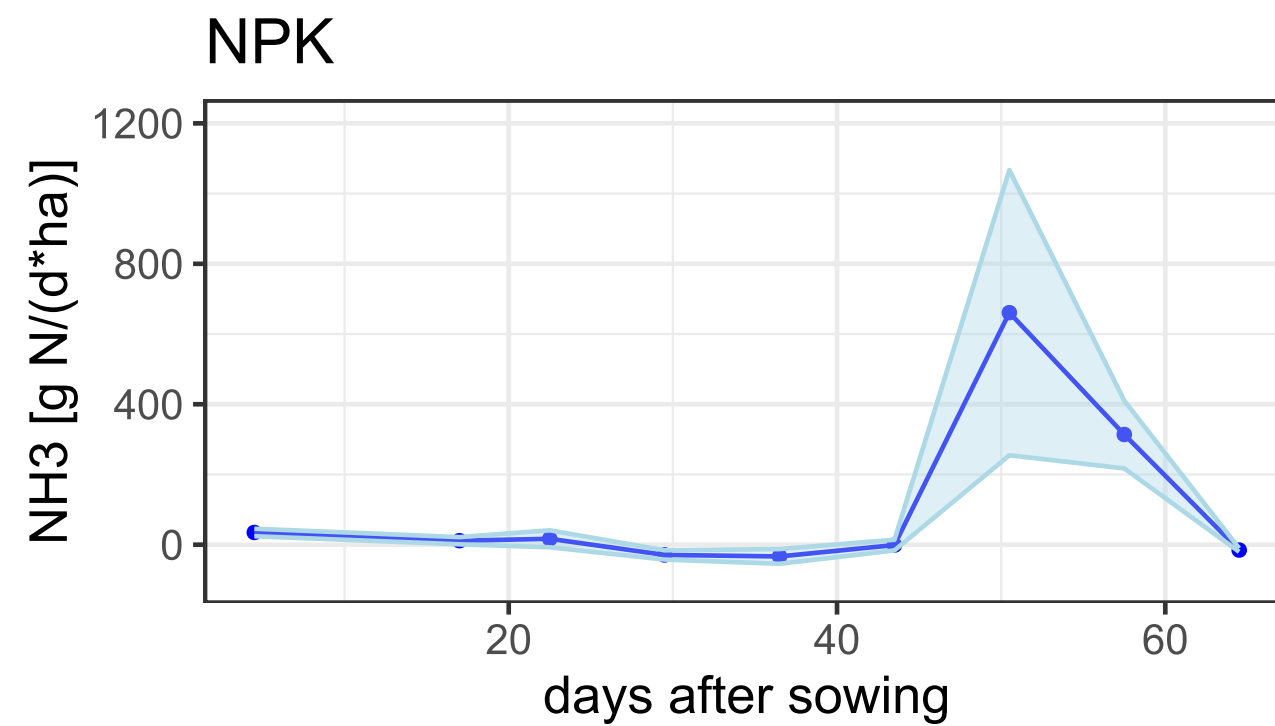
# Ergebnisse: N<sub>2</sub>O Emissionen (2024)



Data shown as means with SEM

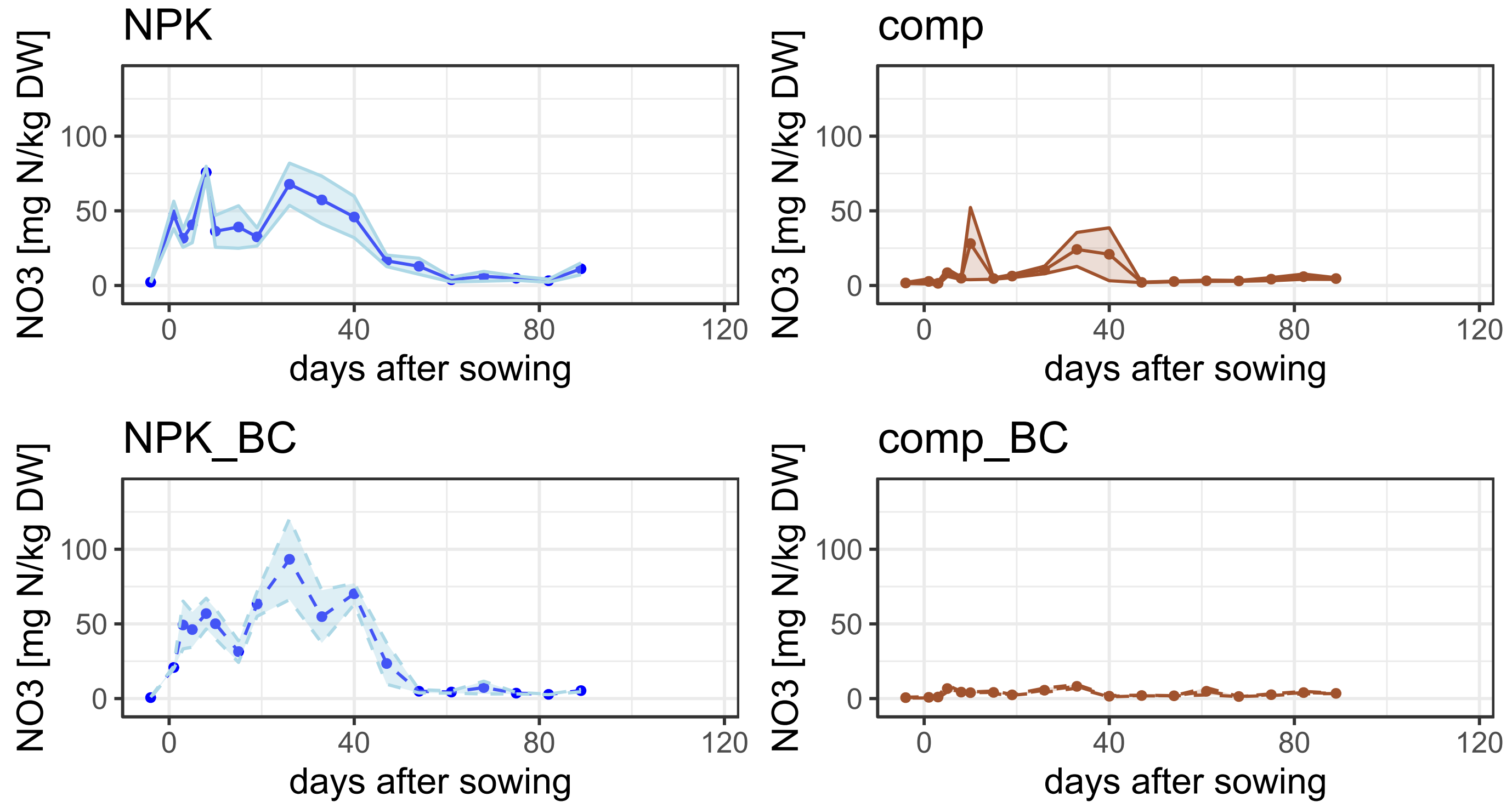


# Ergebnisse: NH<sub>3</sub> Emission (2024)



Data shown as means with SEM

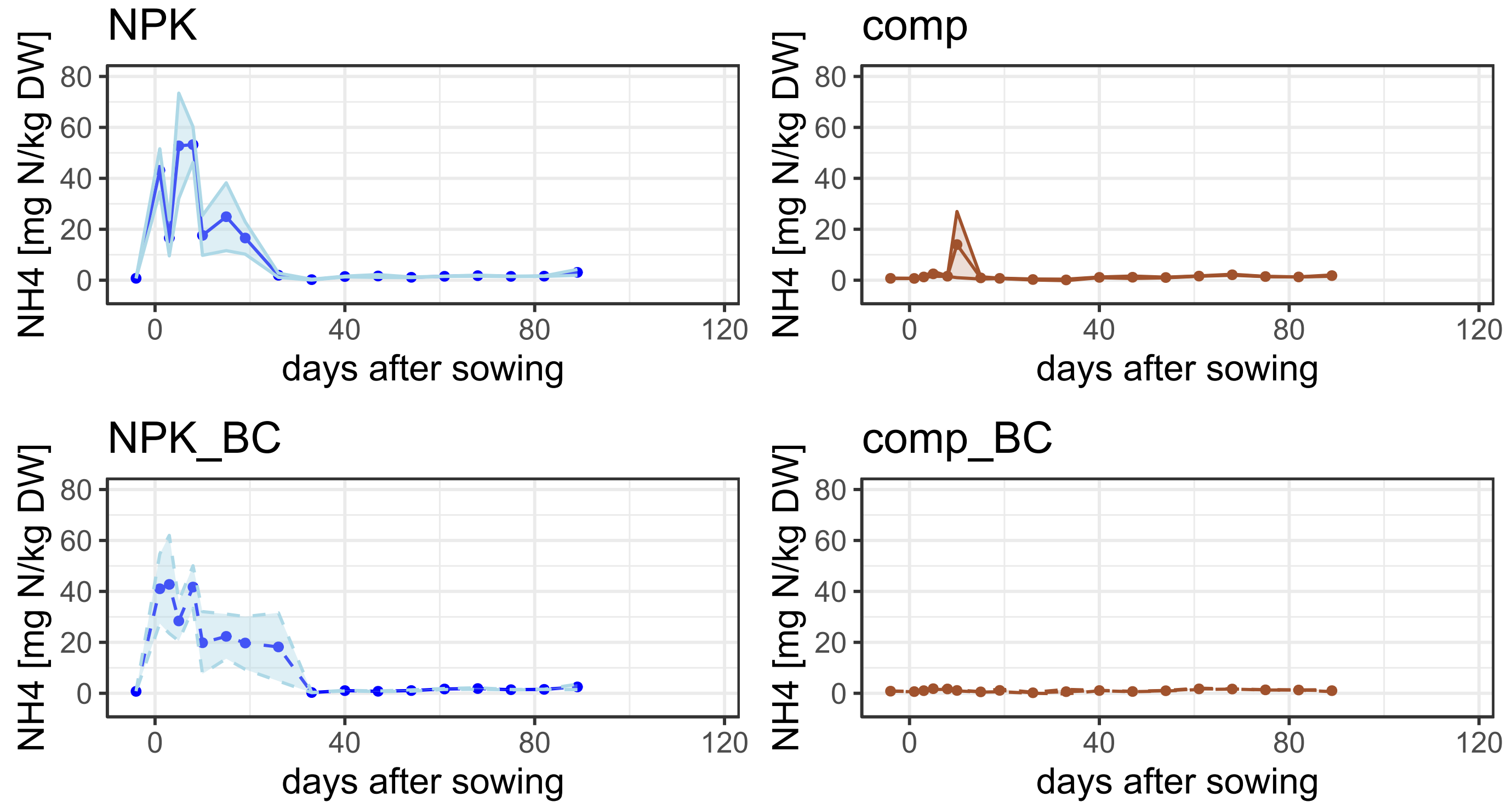
# Ergebnisse: Boden-Nitrat $\text{NO}_3^-$ (2024)



Data shown as means with SEM



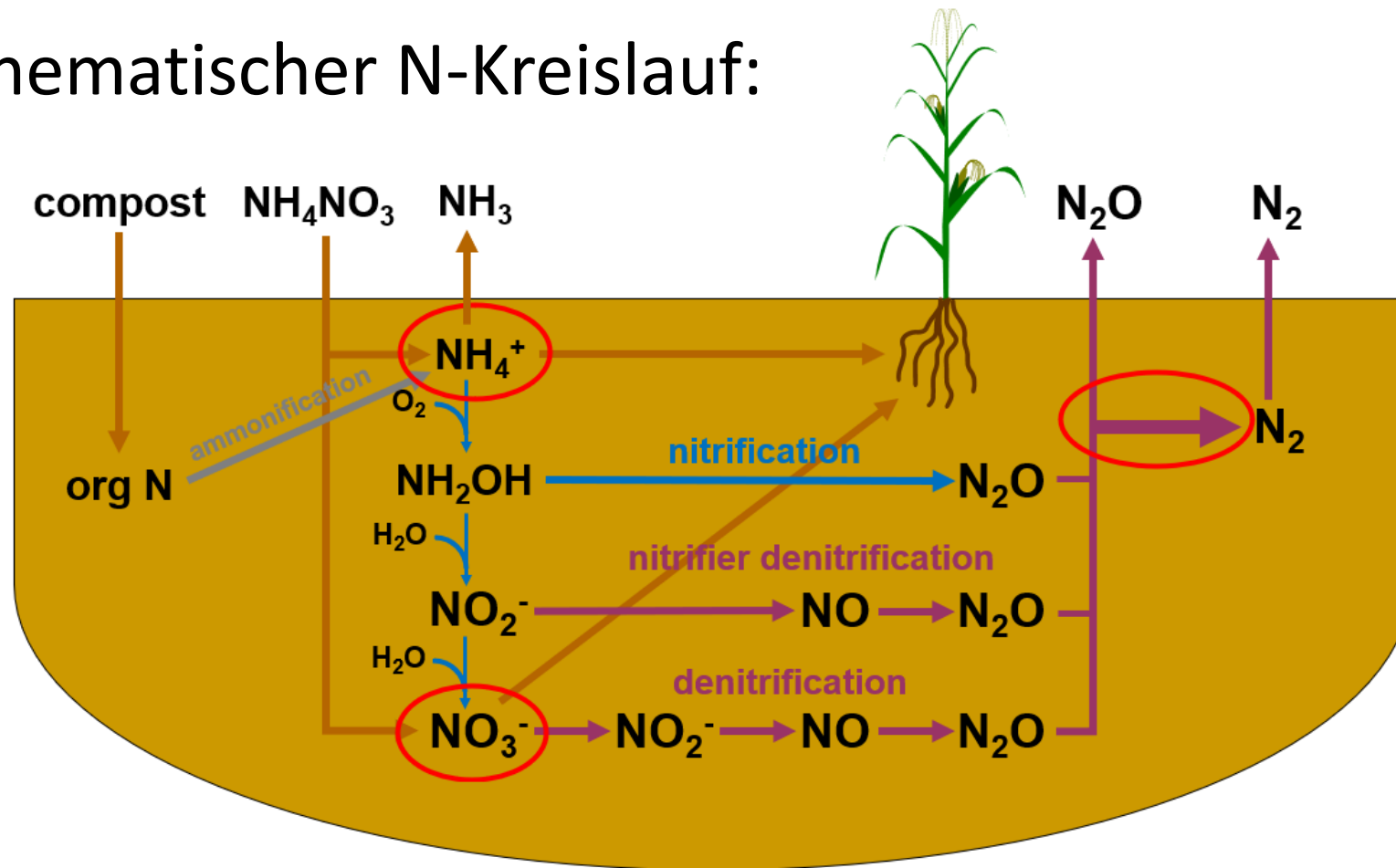
# Ergebnisse: Boden-Ammonium $\text{NH}_4^+$ (2023)



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  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  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  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  reduziert Nitrifikations- und Denitrifikationsrate ( $\text{N}_2\text{O}$ ) als auch die Freisetzung von  $\text{NH}_3$
- 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  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NH}_3$  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  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NH}_3$  Emissionen

**[Merci BOKU]**



## Authors/Affiliations

**Ferdinand Hartmann<sup>1</sup>**

Heide Spiegel<sup>2</sup>

Barbara Kitzler<sup>3</sup>

Eugenio Díaz-Pinés<sup>1</sup>

Rebecca Hood-Nowotny<sup>1</sup>

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).