



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für  
Landwirtschaft und  
Gartenbau



# **Einflussfaktoren auf die Nitratauswaschungsgefährdung im Trockengebiet**

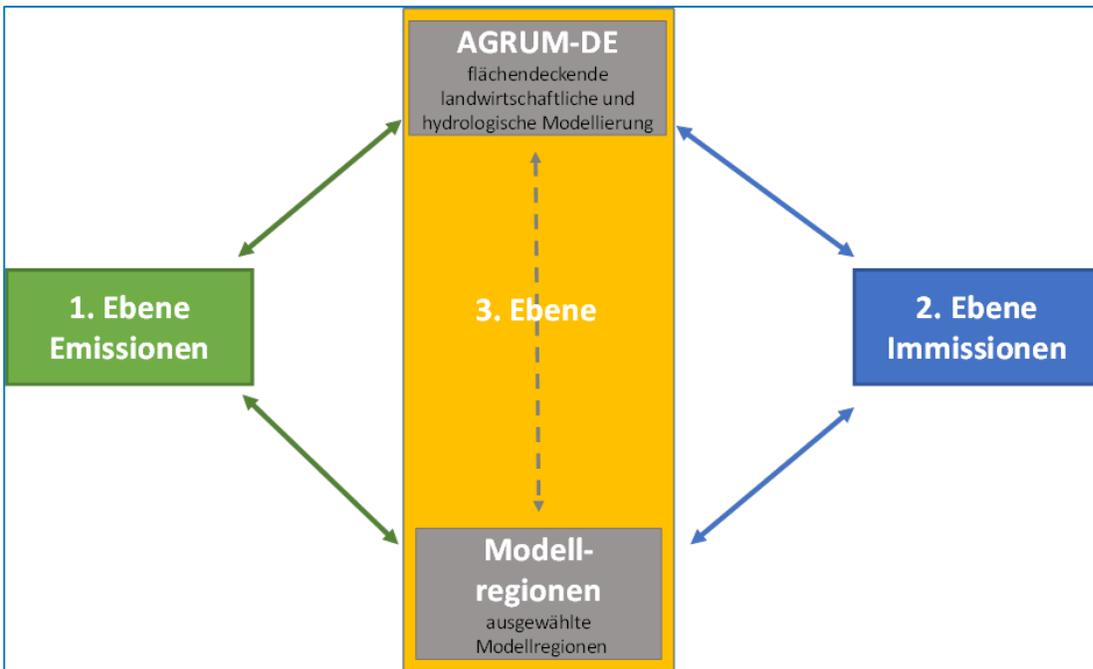
07.03.2024

---

Nadine Tauchnitz  
Matthias Schrödter



# Wirkungsmonitoring DüV



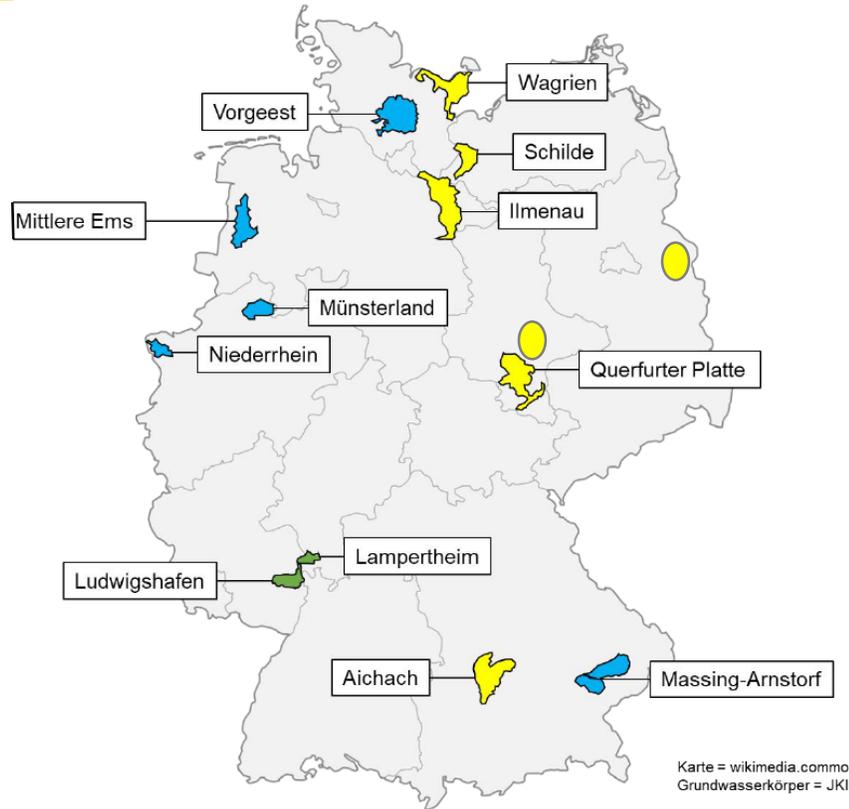
- kurzfristige Aussagen zur Effektivität der Minderungsmaßnahmen
  - Änderungen im Einsatz organischer und mineralischer Düngemittel
  - Änderungen im Tierbestand
  - Entwicklung der Nährstoffbilanzen
- Wirkungen im Grund- und Oberflächenwasser mittel- bis langfristig in Abhängigkeit von boden-klimatischen Verhältnissen
  - Messwerte
- Bindeglied zwischen 1. und 2. Ebene → flächendeckende Modellergebnisse Modellregionen dienen auch der Plausibilitätsüberprüfung und Weiterentwicklung von AGRUM-DE
  - Transportprozesse
  - Umsatzprozesse
  - Abbauprozesse

→ Evaluierung der Gebietsausweisung und Massnahmeprogramme

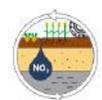


# Wirkungsmonitoring DüV

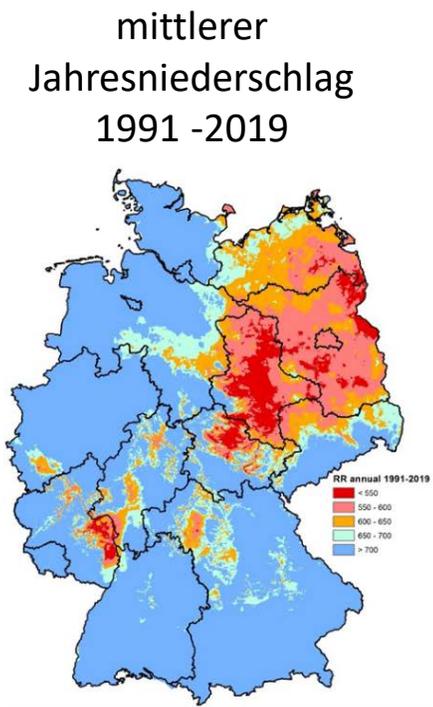
## Regionalisierung und Boden-klimatische Repräsentanz



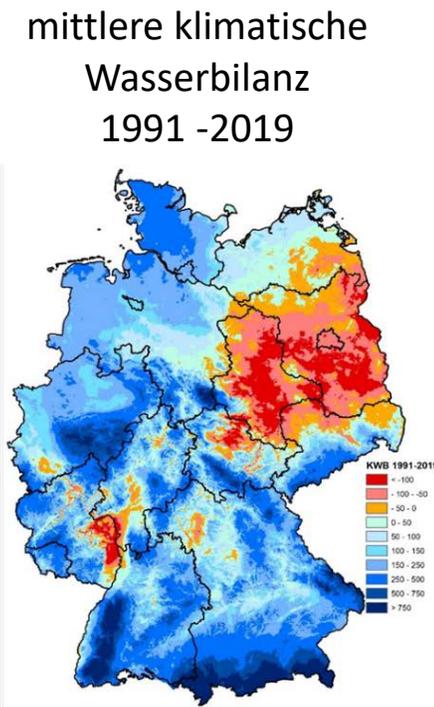
Karte = wikimedia.commo  
Grundwasserkörper = JKI



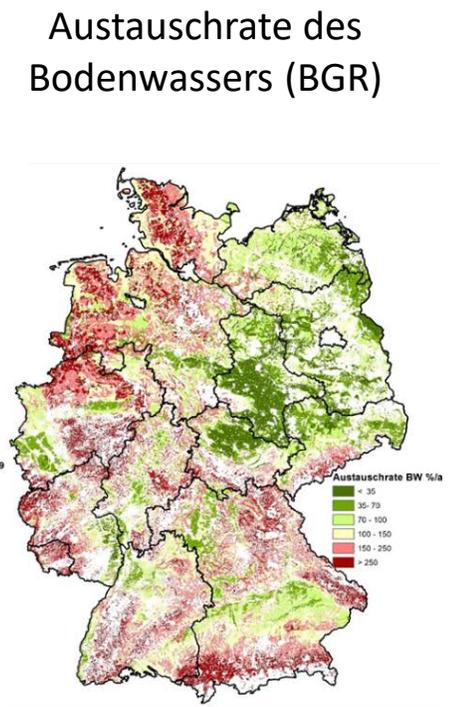
Demonstrationsvorhaben „Multiparametrisches Monitoring von Nitratfrachten in der Landwirtschaft“



mittlerer Jahresniederschlag 1991 -2019



mittlere klimatische Wasserbilanz 1991 -2019



Austauschrate des Bodenwassers (BGR)

Standörtliche Nitrat austragsgefährdung

Modelle und Bewertungsansätze des Wirkungsmonitoring sind vorrangig auf humide Verhältnisse ausgerichtet. Es besteht Anpassungsbedarf für das kontinental geprägte Binnenlandklima unter Einbeziehung der leichten Standorte.

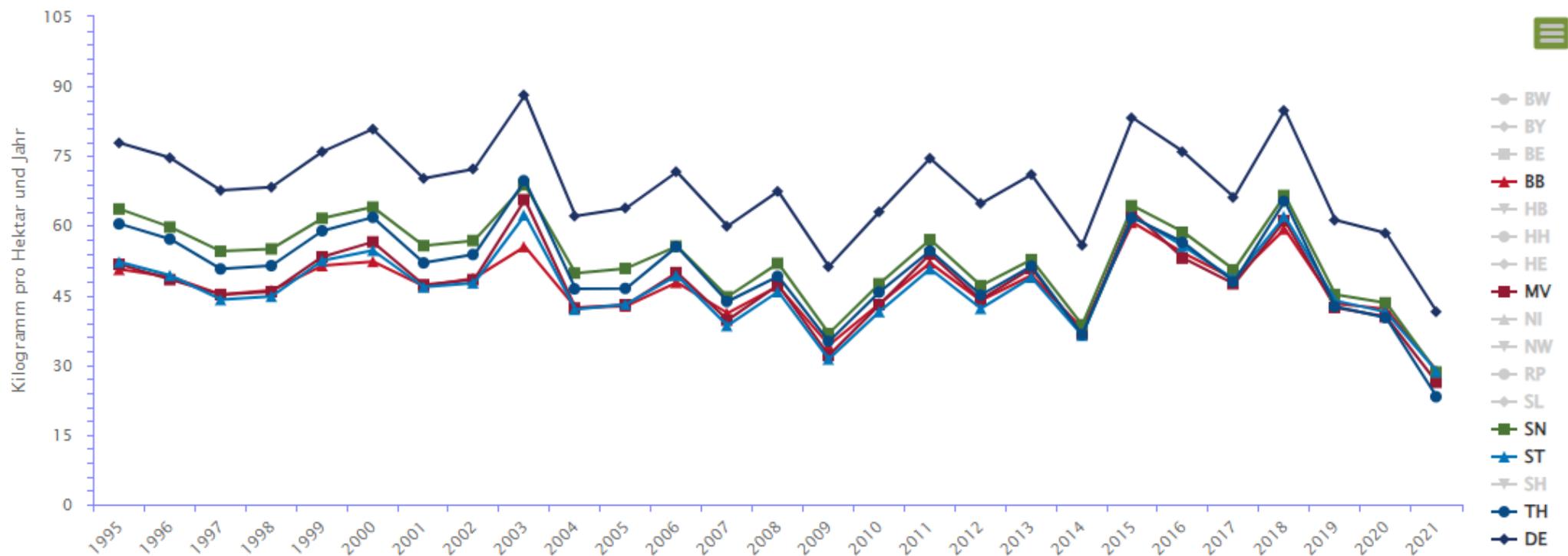


B6

## Stickstoffüberschuss

Stickstoffüberschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland (Flächenbilanz)

Stand: 24.08.2023



© Länderinitiative Kernindikatoren 2024



# Modellregionen in Sachsen-Anhalt

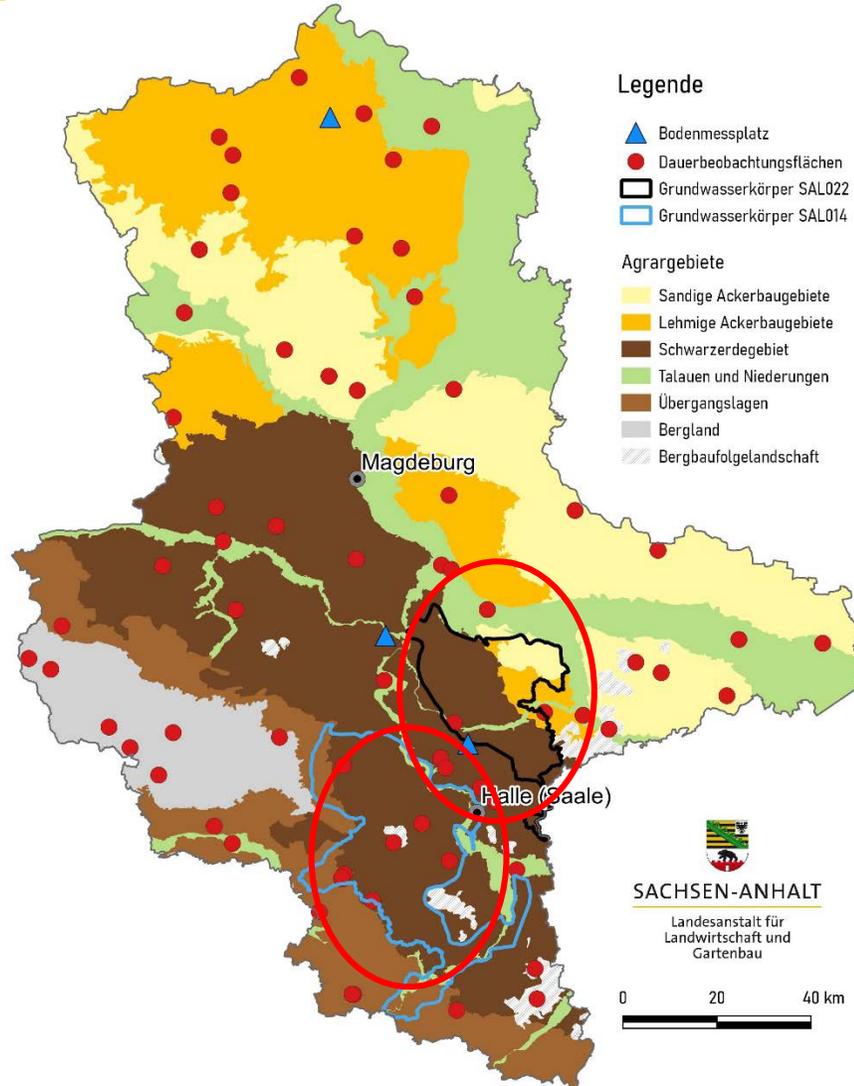
## Zielstellungen

- ✓ Wirkungszusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Nitrataustragsgefährdung besser verstehen
- ✓ Wirkung von Maßnahmen für eine Verbesserung der Grundwasserqualität abschätzen
- ✓ Berücksichtigung der engen Kopplung zwischen Stickstoff- und Kohlenstoffhaushalt
- ✓ Berücksichtigung der Trockengebietsbedingungen im von der EU geforderten Wirkungsmonitoring der DüV





# Modellregionen in Sachsen-Anhalt

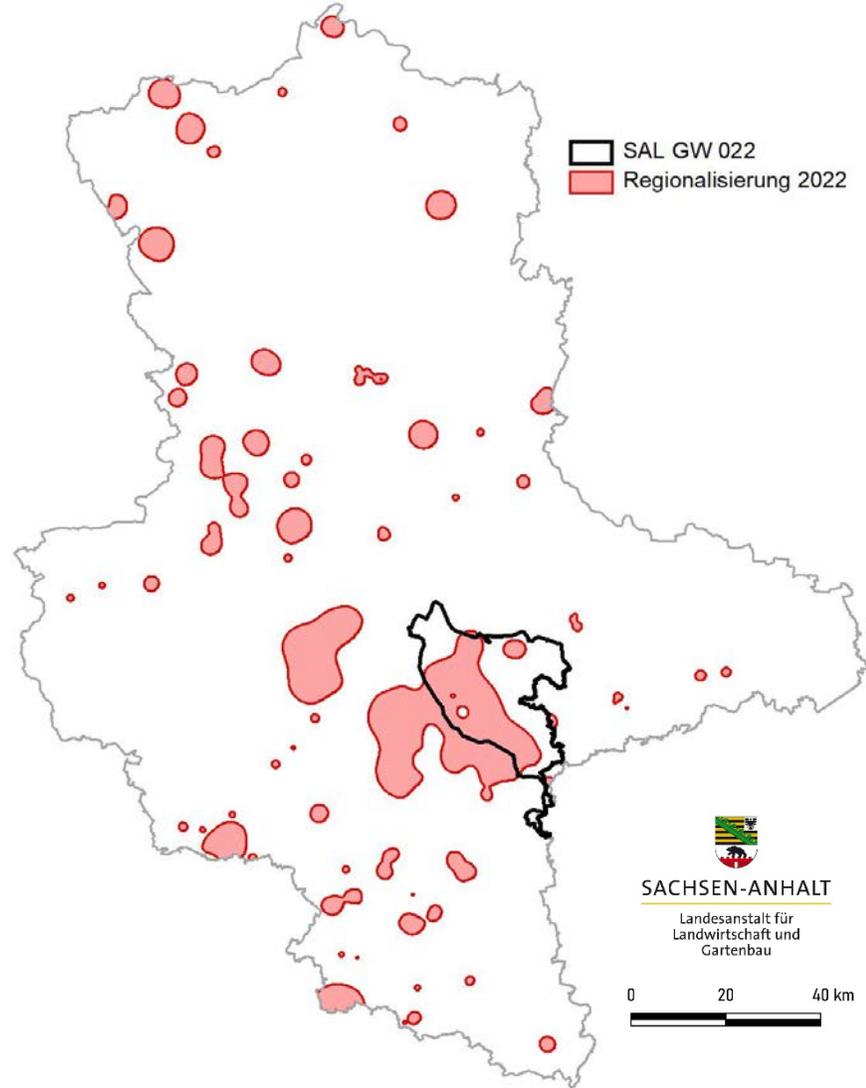


➤ **Modellregion Querfurter Platte**  
(GWK SAL GW 014)

➤ **Modellregion Köthener Ackerland**  
(GWK SAL GW 022)



# Modellregionen in Sachsen-Anhalt

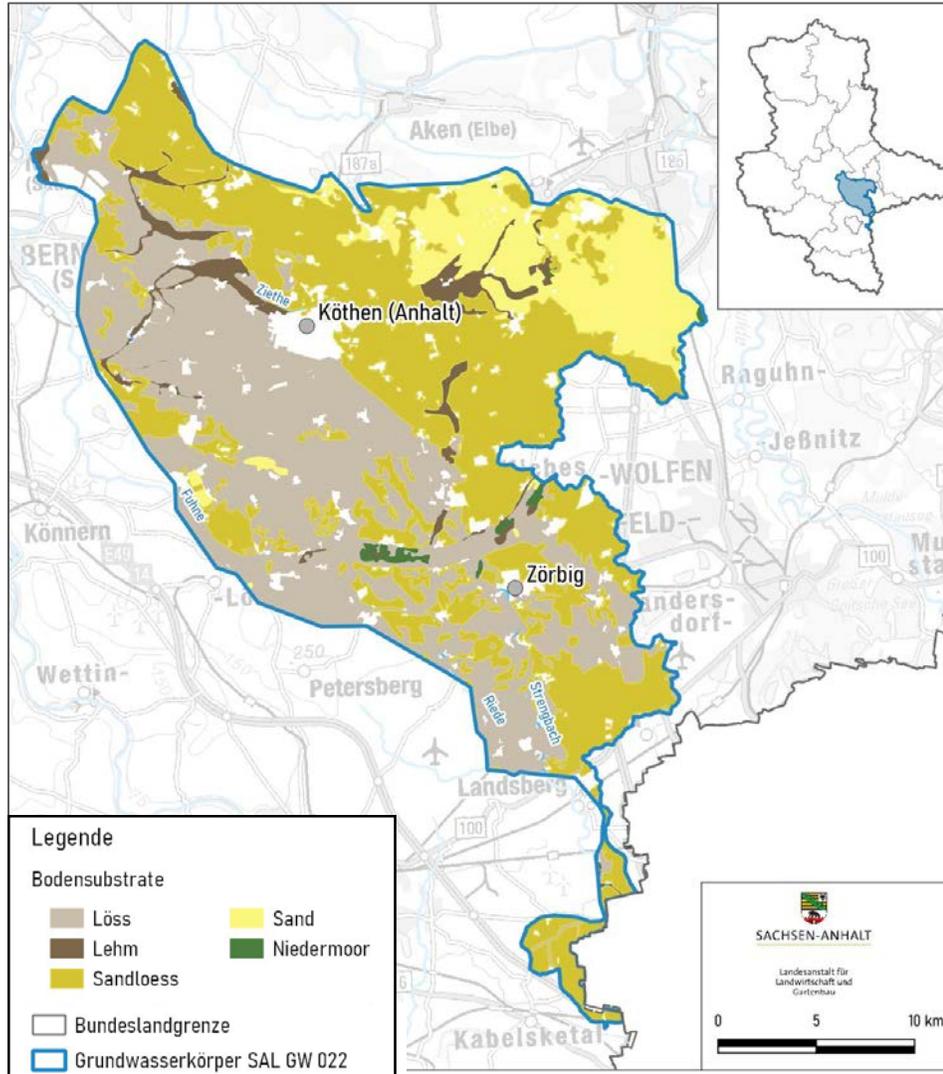


➤ **Modellregion Köthener Ackerland**  
(GWK SAL GW 022)



# Modellregion Köthener Ackerland

## Untersuchungsgebiet



### GWK SAL GW 022

Größe: 68.861 ha  
dav.: 54.604 ha LN  
52.213 ha AL  
2.390 ha GL

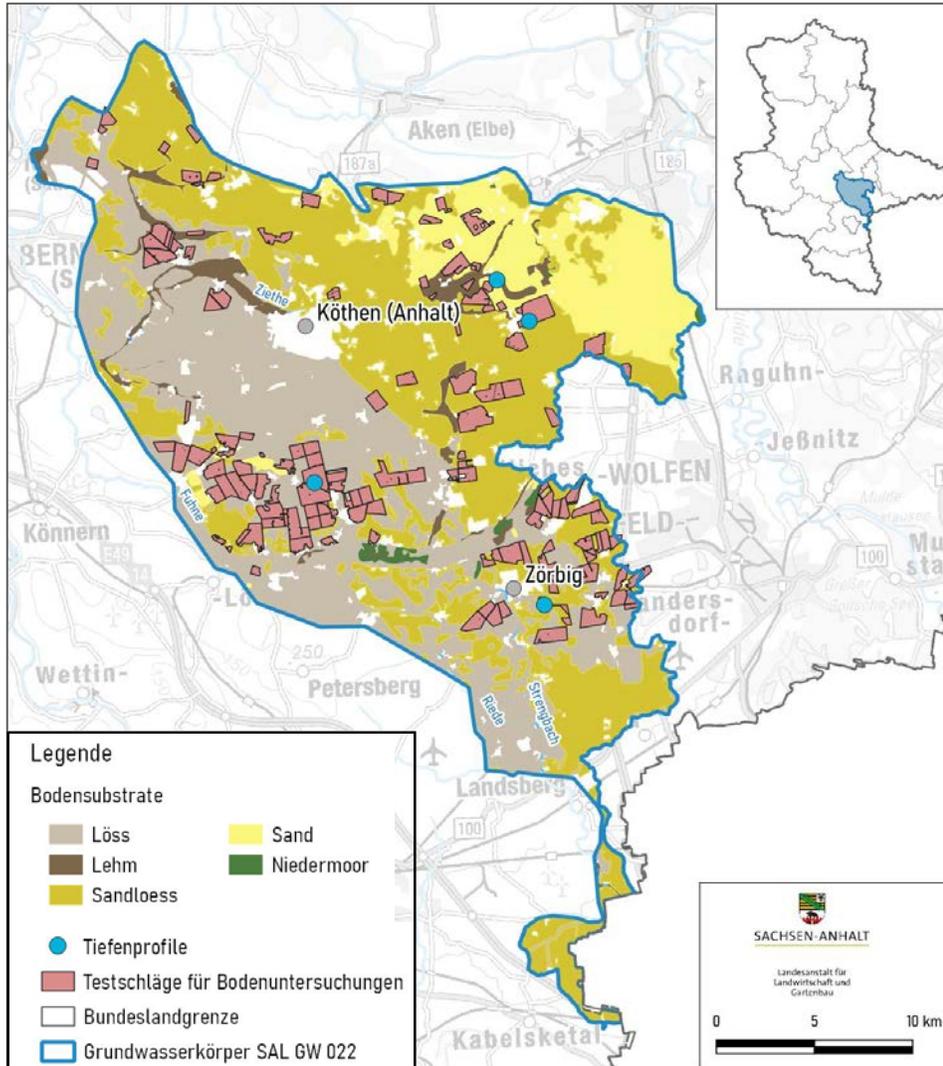
- differenzierte Bodenverhältnisse
- Hauptbodensubstrate:  
Löß, Sandlöß, Sand
- geringe Niederschläge  
langjährig<sup>1</sup>: 537 mm/Jahr
- langjährig<sup>1</sup> mittlere Temperatur: 10,1°C
- negative klimatische Wasserbilanz langjährig<sup>1</sup>:  
-129 mm/Jahr  
Vegetationsperiode<sup>1</sup>: -238 mm

<sup>1</sup>: 1991-2020



# Modellregion Köthener Ackerland

## Untersuchungsprogramm



### Bodenuntersuchungen

#### 144 Testschläge:

- $N_{\min}$ -Gehalte (Frühjahr, Nachernte, Herbst)
- Humusgehalte und leicht umsetzbare organische Bodensubstanz

#### 8 Intensiv- $N_{\min}$ -Flächen

- N-Mineralisation, N-Auswaschung

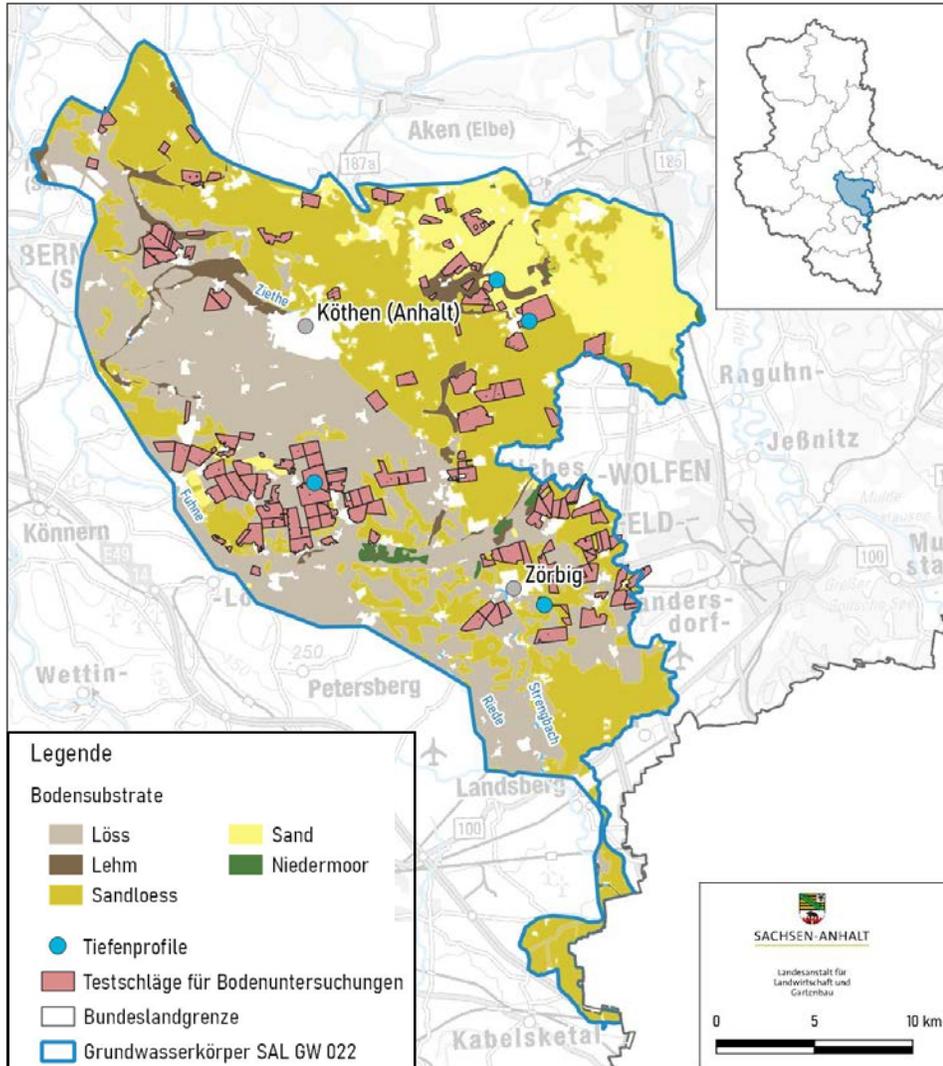
#### 4 Tiefenprofile

- Nitratverlagerung
- Nitratabbau ( $NO_3$ -N/Cl-Verhältnis)
- Nitratkonzentrationen im Sickerwasser
- Verweilzeiten Sickerwasser



# Modellregion Köthener Ackerland

## Untersuchungsprogramm



### Bewirtschaftung (4 Jahre rückwirkend)

- Fruchtarten, Düngung, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, etc.
- N-Bilanzen (schlagbezogen, betriebsbezogen, fruchtartenspezifisch, Stoffstrombilanzen)
- N- und Humusbilanzen (REPRO)
- statistische Auswertungen (Einfluss Bewirtschaftung auf Nitratverlagerung-Korrelationen, Clusteranalyse, Regressionen, etc.)



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Witterungsbedingungen im Untersuchungszeitraum 2021 bis 2023

DWD Station Köthen <u>Jahreswerte</u>						
Jahr	Niederschlag (N)	Differenz N zum Langj. Mittel	Klimatische Wasserbilanz (KWB)	Differenz KWB zum Langj. Mittel	Temperatur (T)	Differenz T zum Langj. Mittel
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°C)	(°C)
2021	588,3	51,3	-82,0	46,5	10,0	-0,1
2022	408,1	-128,9	-410,0	-281,5	11,3	1,1
2023	605,4	68,4	-109,9	18,6	11,5	1,4

DWD Station Köthen <u>Vegetationsperiode</u> (April bis September)						
Jahr	Niederschlag (N)	Differenz N zum Langj. Mittel	Klimatische Wasserbilanz (KWB)	Differenz KWB zum Langj. Mittel	Temperatur (T)	Differenz T zum Langj. Mittel
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(°C)	(°C)
2021	376,2	64,6	-200,7	36,7	15,6	-0,3
2022	194,7	-116,9	-532,9	-295,5	16,7	0,8
2023	226,4	-85,2	-351,9	-114,5	16,6	0,7

Langj. Mittel (1991-2020)



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## N-Salden der Testschläge im Zeitraum 2018 bis 2023

Jahre	N-Zufuhr <sup>1</sup> kg N/ha	N-Entzug kg N/ha	N-Saldo kg N/ha	NUE %
2018	158	91	67	58
2019	141	108	33	77
2020	155	126	29	81
2021	168	156	12	93
2022	86	129	-43	150
2023*	83	128	-45	155
<b><u>Mittel 2018-2023</u></b>	<b><u>132</u></b>	<b><u>123</u></b>	<b><u>9</u></b>	<b><u>93</u></b>

<sup>1</sup>Zufuhr über Dünger und legume N-Fixierung (Richtwerte LLG)

\*2023 nicht vollständig (9 Betriebe)

$$\text{N-Nutzungseffizienz (NUE) \%} = \frac{\text{N-Entzug}}{\text{N-Zufuhr}} * 100$$

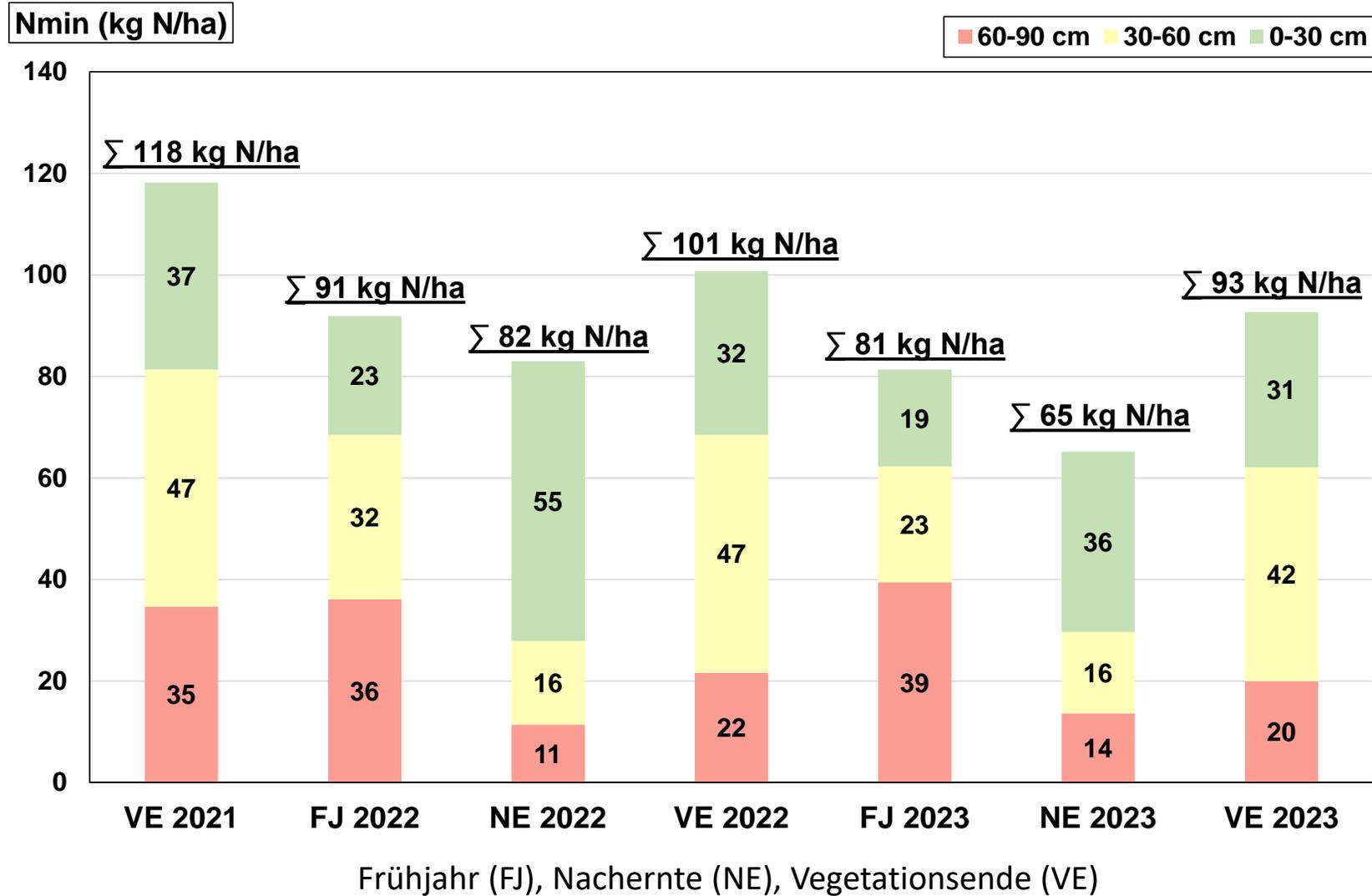
→ optimal:

- nicht < 75 %
- nicht > 90 %



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Nmin-Dynamik



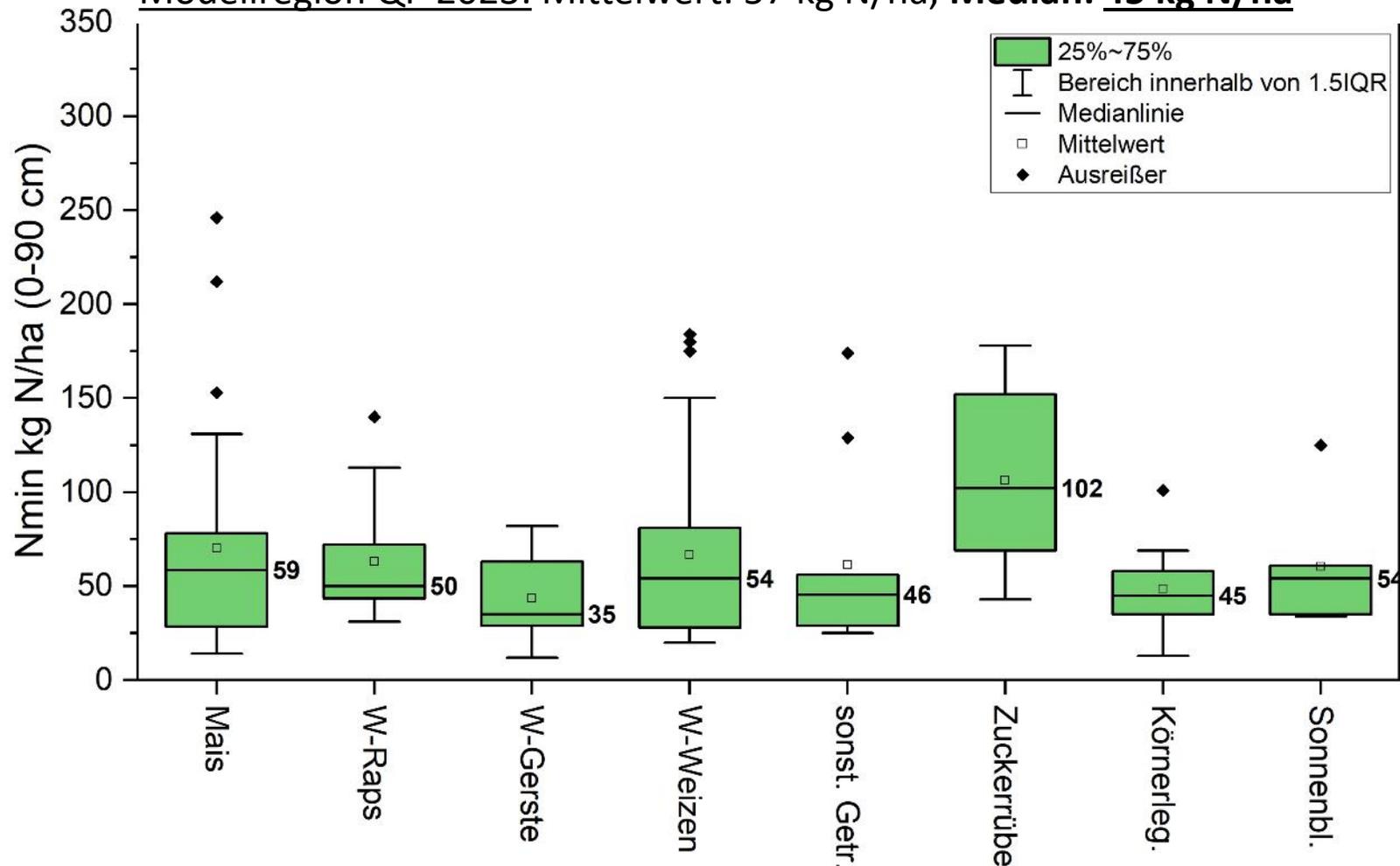


# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Nachernte Nmin 2023, Vergleich der Fruchtarten

alle Testschläge 2023: Mittelwert: 65 kg N/ha, **Median: 54 kg N/ha**

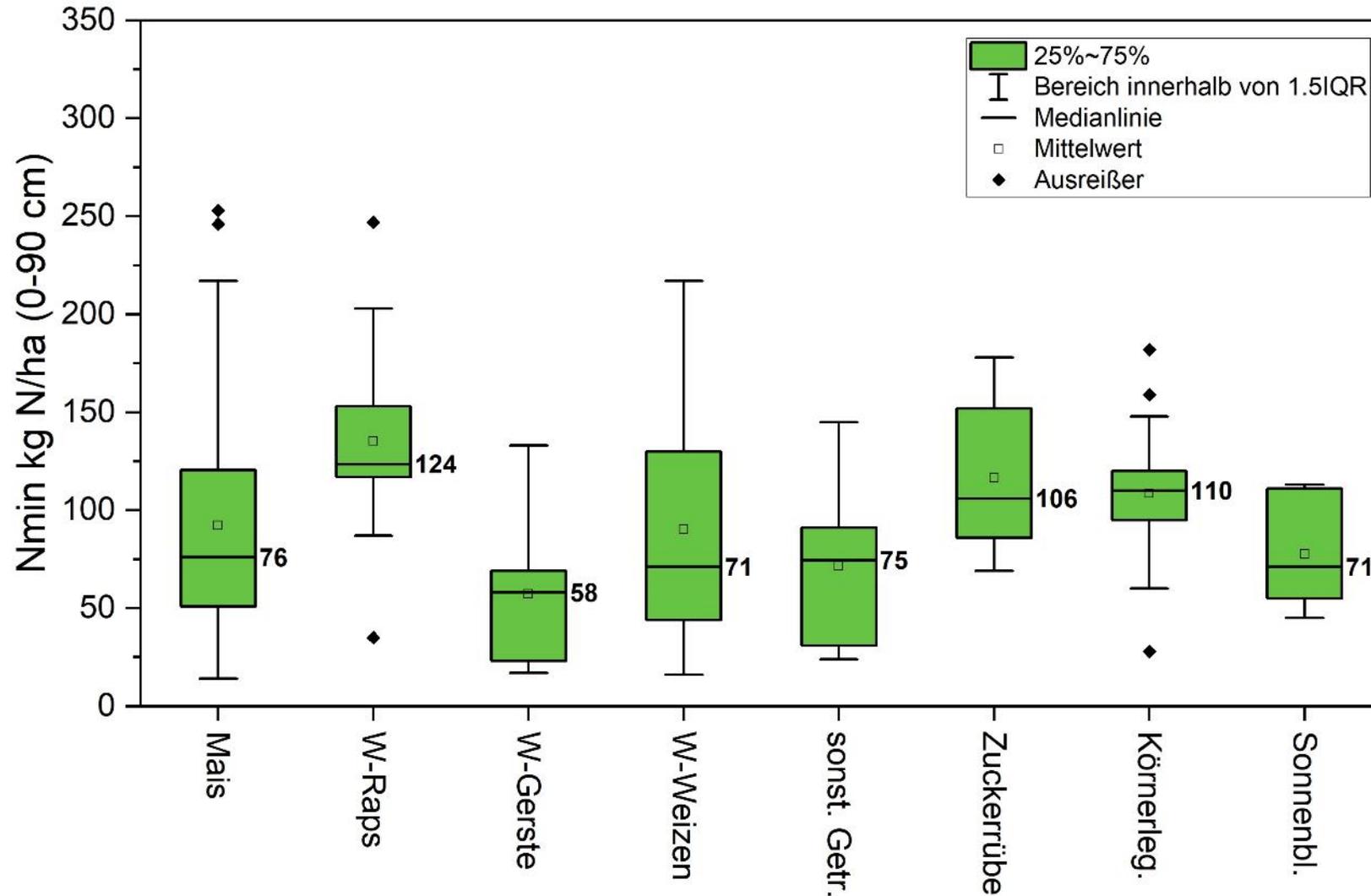
Modellregion QP 2023: Mittelwert: 57 kg N/ha, **Median: 45 kg N/ha**





# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

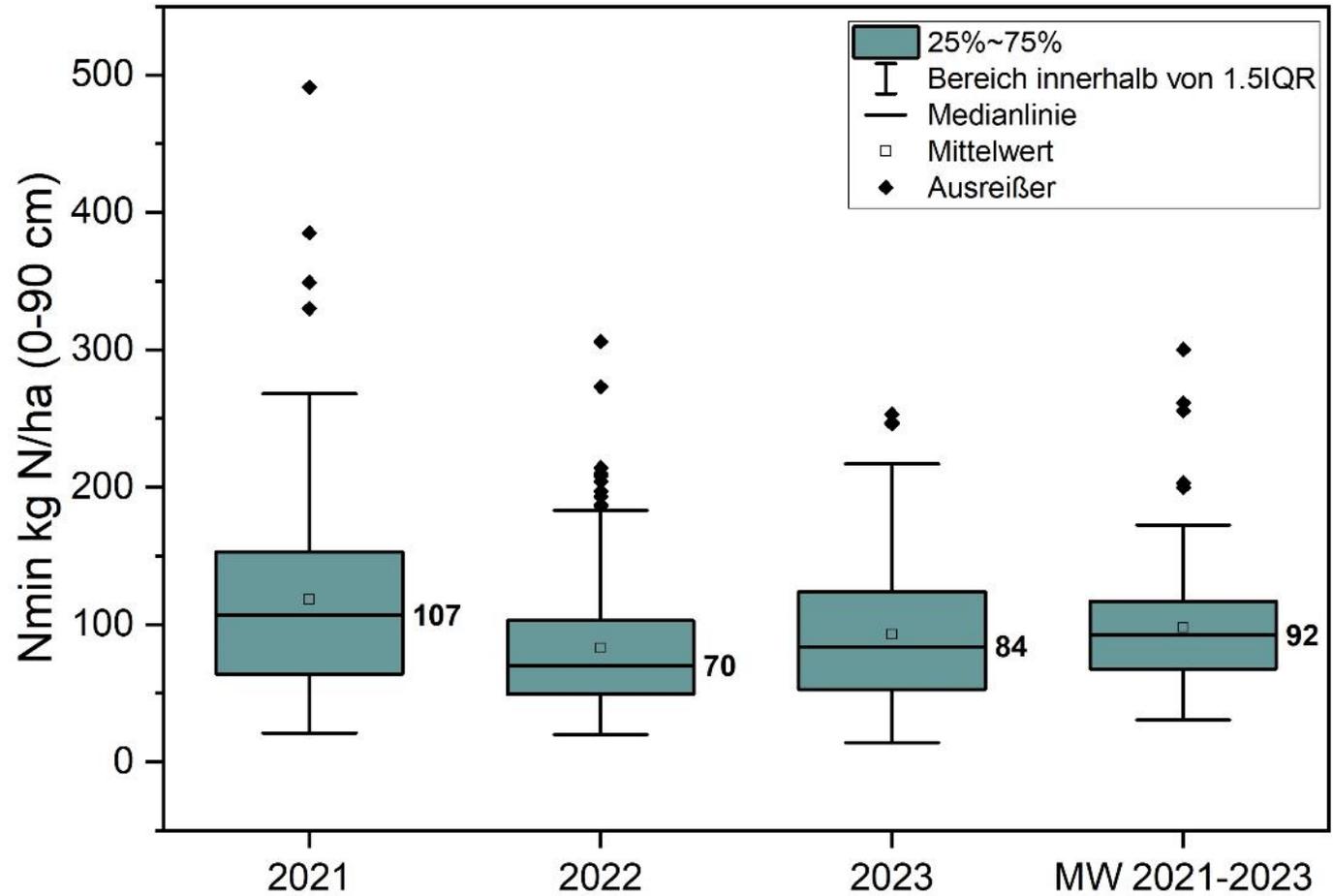
## Herbst (VE)- Nmin 2023, Vergleich der Fruchtarten





# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Herbst (VE)- Nmin 2023, Vergleich der Jahre



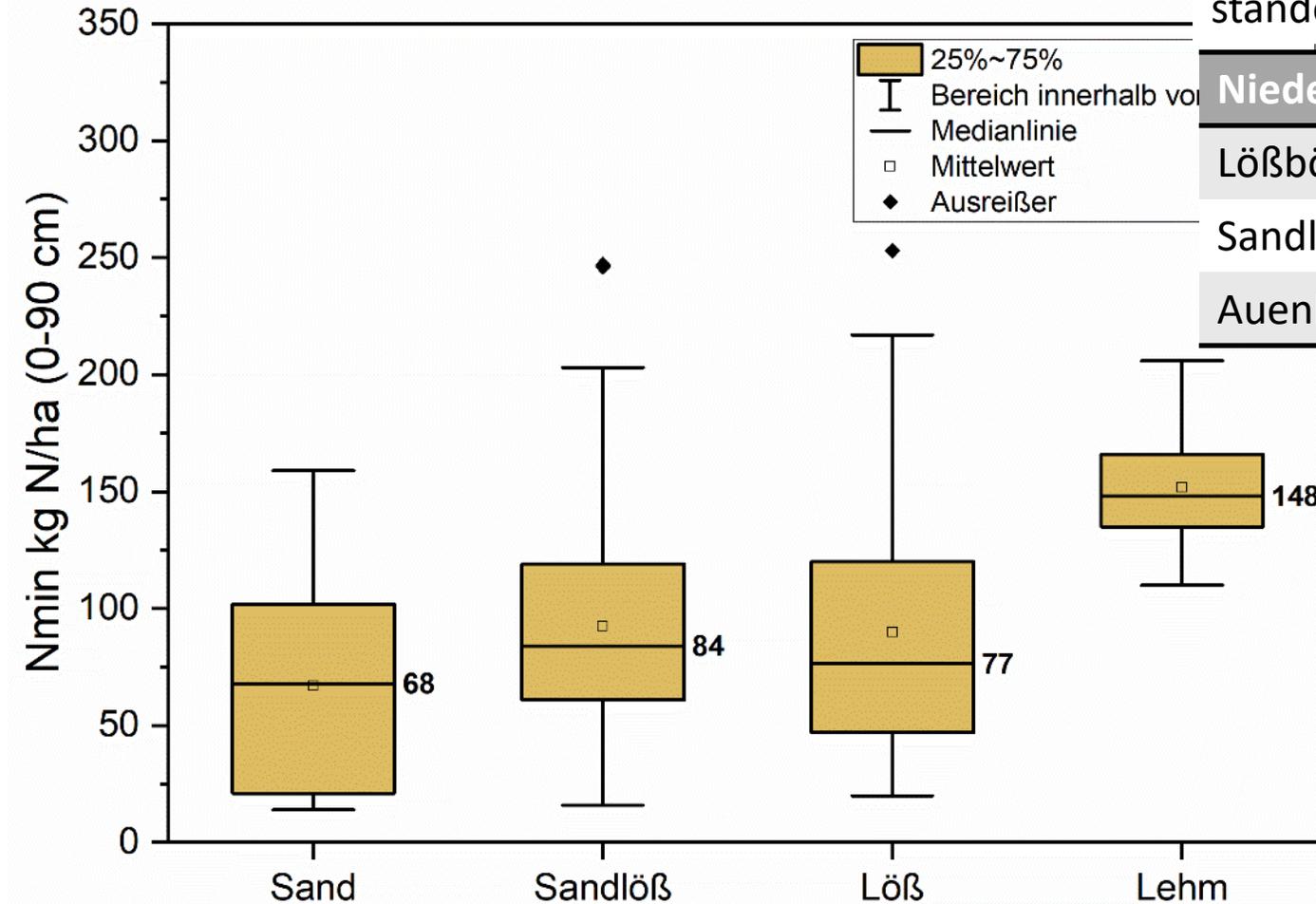


# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Herbst (VE)- Nmin 2023, Vergleich der Bodensubstrate

standortspezifisch tolerierbar (FRANKO et al., 1997):

Niederschlag	< 500mm	500...550mm	>550mm
Lößböden	85...140	65...100	50...85
Sandlehmböden	45...65	40...60	35...50
Auenlehmböden	55...80	50...70	45...65



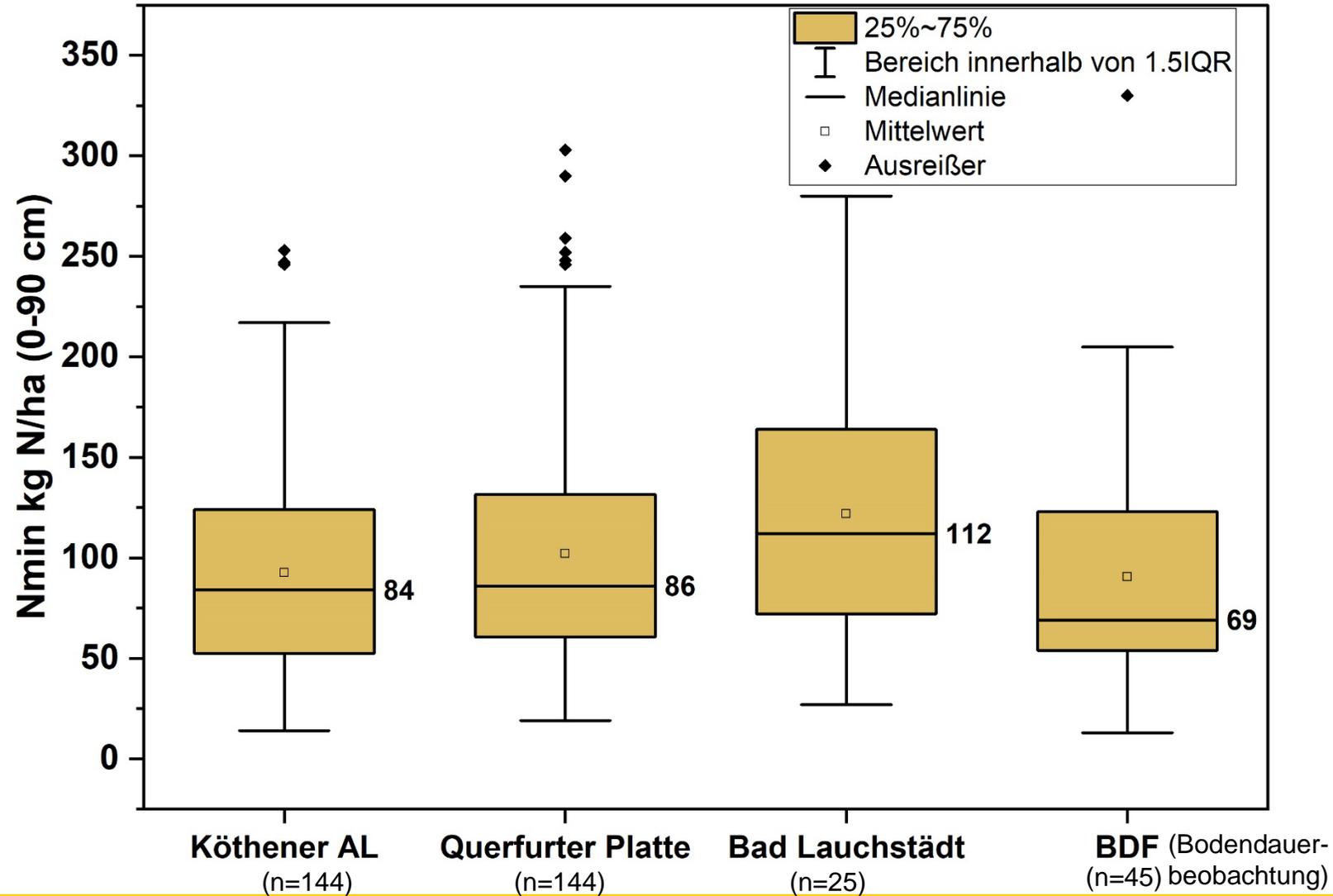
in Abhängigkeit von

- Umsetzbarer Kohlenstoff
  - Nmin am 1.11.
  - Mittlere GWB
- $R^2 = 0,78$



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

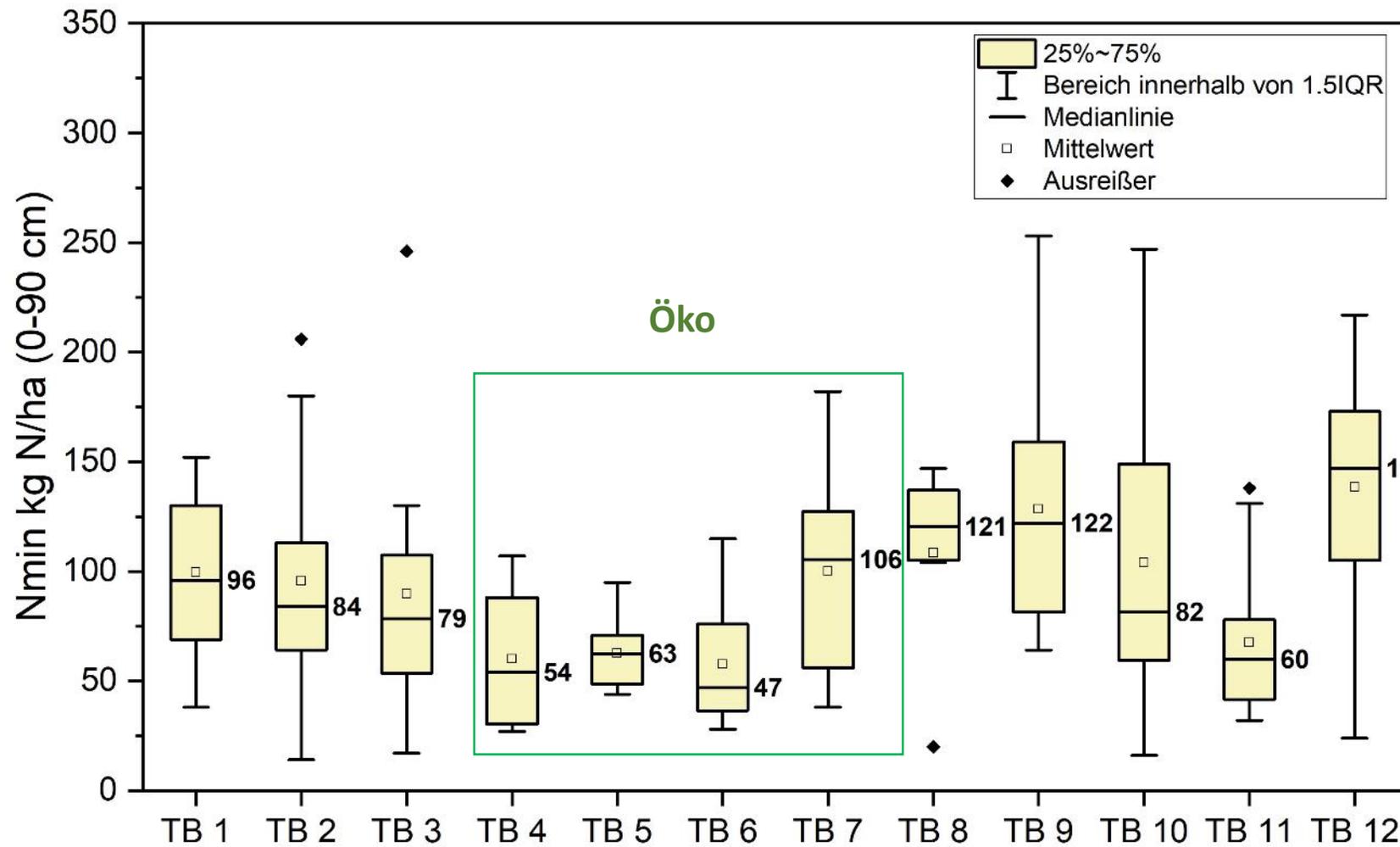
## Herbst (VE)- Nmin 2023, Vergleich der Modellregionen





# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

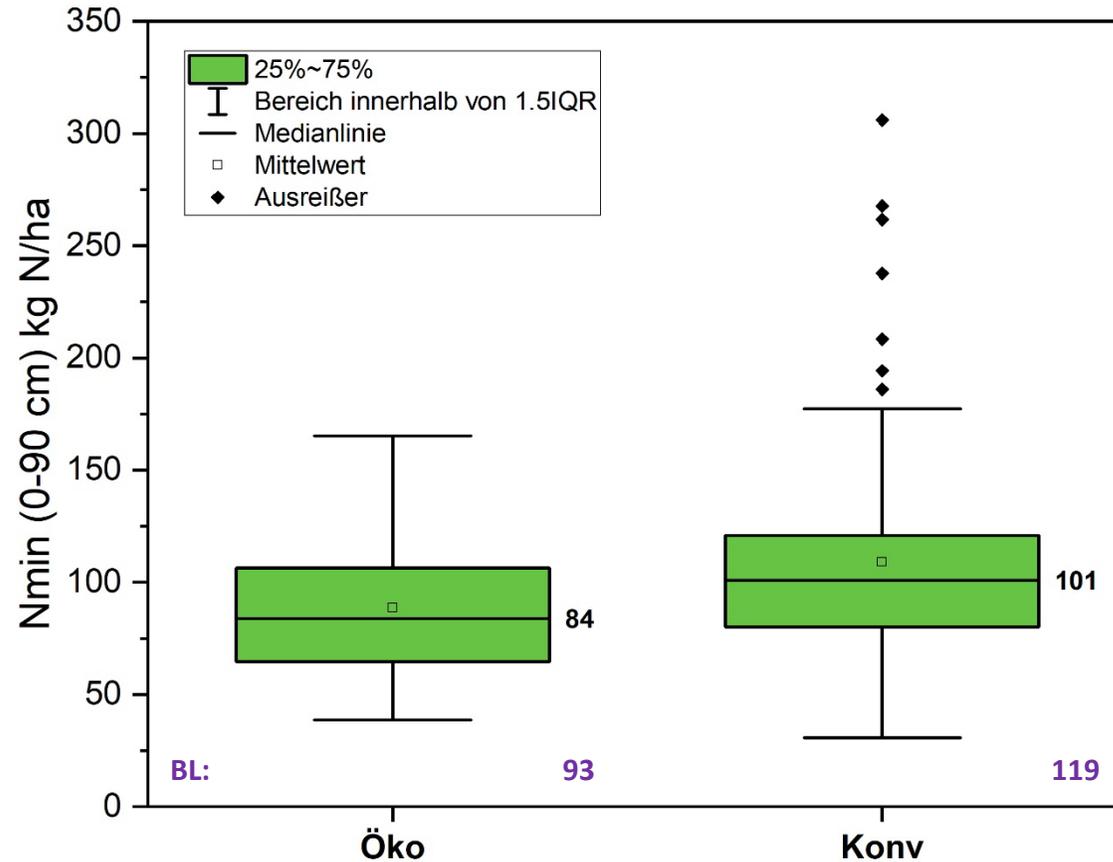
Herbst (VE)- Nmin 2023, Vergleich der Testbetriebe (TB)





# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Herbst-Nmin-Gehalte (2021- 2023), Vergleich Bewirtschaftungsform



Box-Plot-Darstellung mit Median, 25, 75 %-Quartil, Min, Max und Ausreißer



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## Änderung der Nmin-Gehalte zwischen Nachernte und Vegetationsende

	Mittlere Änderung der Nmin-Gehalte 0-90 cm Tiefe (kg N/ha)	
	2022	2023
alle Testschläge	+18	+27
Testschläge mit VF Mais	+18	+22
Testschläge mit VF W-Raps	+46	+72
Testschläge mit VF W-Gerste	+10	+14
Testschläge mit VF W-Weizen	+2	+24
Testschläge mit VF sonst. Getr.	+19	+10
Testschläge mit VF Zuckerrübe	+18	+10
Testschläge mit VF Körnerleg.	+49	+60

VF: Vorfrucht, W: Winter, sonst. Getr.: sonstiges Getreide, Körnerleg.: Körnerleguminosen



# Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

## N-Nachlieferung im Zeitraum NE bis Vegetationsende

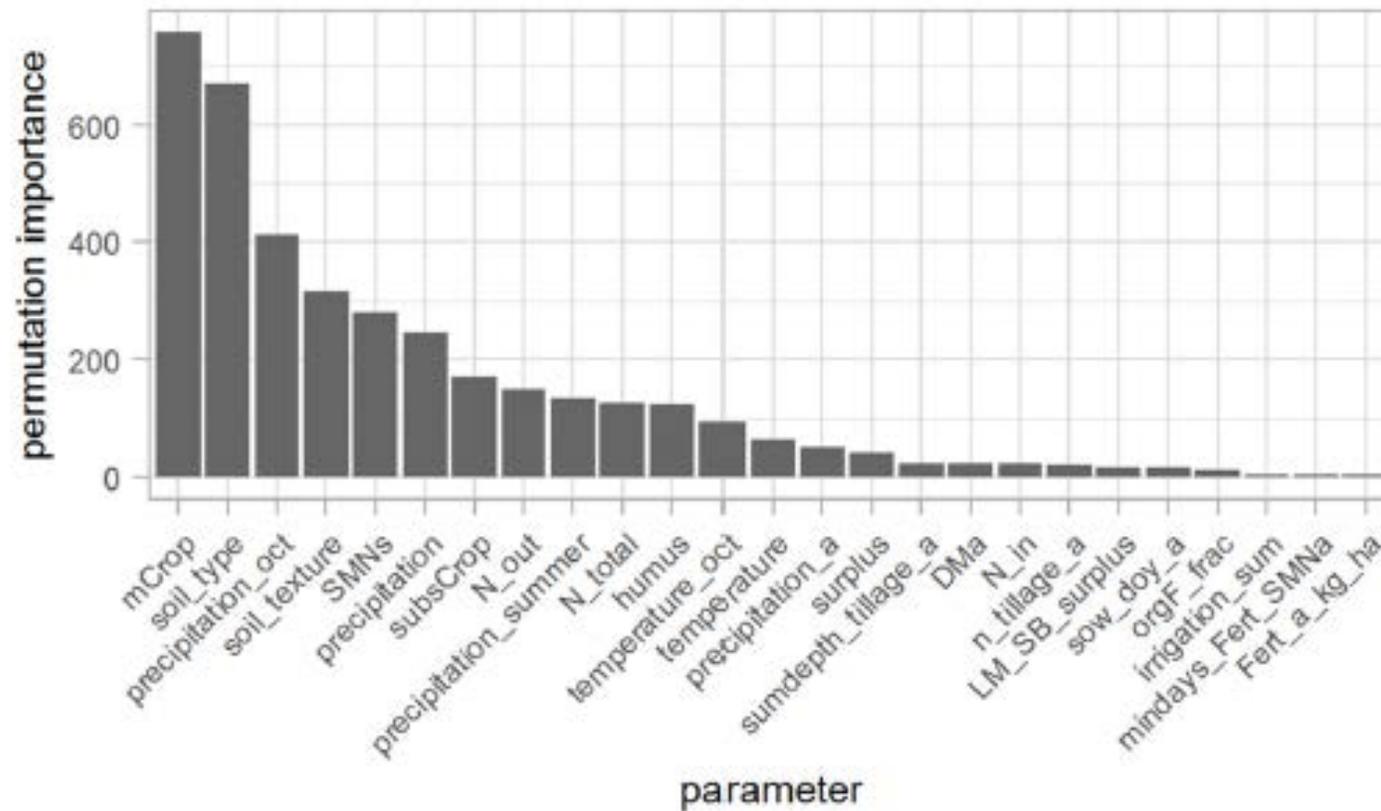
Intensivmessfläche	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodensubstrat	Sand	Lehm	Sandlöß	Löß	Löß	Löß	Löß	Löß
Bodenart	IS2D	SL3D	SL4LoeD	L2Loe	L1Loe	L1Loe	L2Loe	sL2Al
C <sub>org</sub> (%)	1,0	0,9	1,3	1,7	1,5	1,5	1,7	3,0
C/N	11,0	11,0	11,0	11,0	12,0	10,5	10,7	9,5
C <sub>hwI</sub> (mg/100 g)	40,8	41,2	45,5	55,8	57,4	50,0	50,1	109,1
Fruchtart 2022	Mais	W-Gerste	W-Raps	W-Weizen	W-Gerste	W-Weizen (Lup)	Körnermais	W-Weizen
Fruchtart 2023	W-Weizen	Silomais	W-Weizen	W-Gerste	W-Weizen	Kartoffeln	S-Gerste	Silomais
Org. Düng. 2022	fl. Gärreste	Rindergülle	keine	keine	keine	Gärreste	keine	Klärschlamm-KP
Org. Düng. 2023	Gärreste	Gärreste	keine	Kompost	k. Daten	keine	keine	Klärschlamm-KP
N-Saldo 2018-2023	-0,3	38,5	-29,2	-0,2	k. Daten	29,4	-14,6	-9,4
Bodenbearbeitung 2022	keine	1x	1 x	3 x	3 x	2 x	1x	2x
Bodenbearbeitung 2023	keine	keine	1x	3 x	k. Daten	2 x	2 x	2x

	Mittelwert	Min	Max	Literatur für Lößböden	Quelle
TC (%)	1,8	1,1	2,9	1,3 - 2,1	Körschens und Mahn, 1995
OC (%)	1,5	1,1	2,0	1,5 (ohne Düngung) 2,3 (Stallmist + NPK)	Klimanek, 2001
Humus (%)	2,6	1,8	3,5	Sollwerte Untergrenze: 2,5 - 2,7 Sollwerte Obergrenze: 3,3 - 3,5	Körschens und Schulz, 1999 Körschens und Schulz, 1999
C/N	10,0	4,0	12,0	11,1 - 13,0	Körschens und Mahn, 1995
TOC <sub>hwI</sub> (mg/100 g)	67,0	36,4	104,5	>40 Gehaltsklasse E: sehr hoch	Körschens und Schulz, 1999



# Nitratauswaschungspotenzial aus Ackerflächen in Deutschland: Identifizierung der wichtigsten Faktoren mit Random-Forest (Dieser et al., 2023)

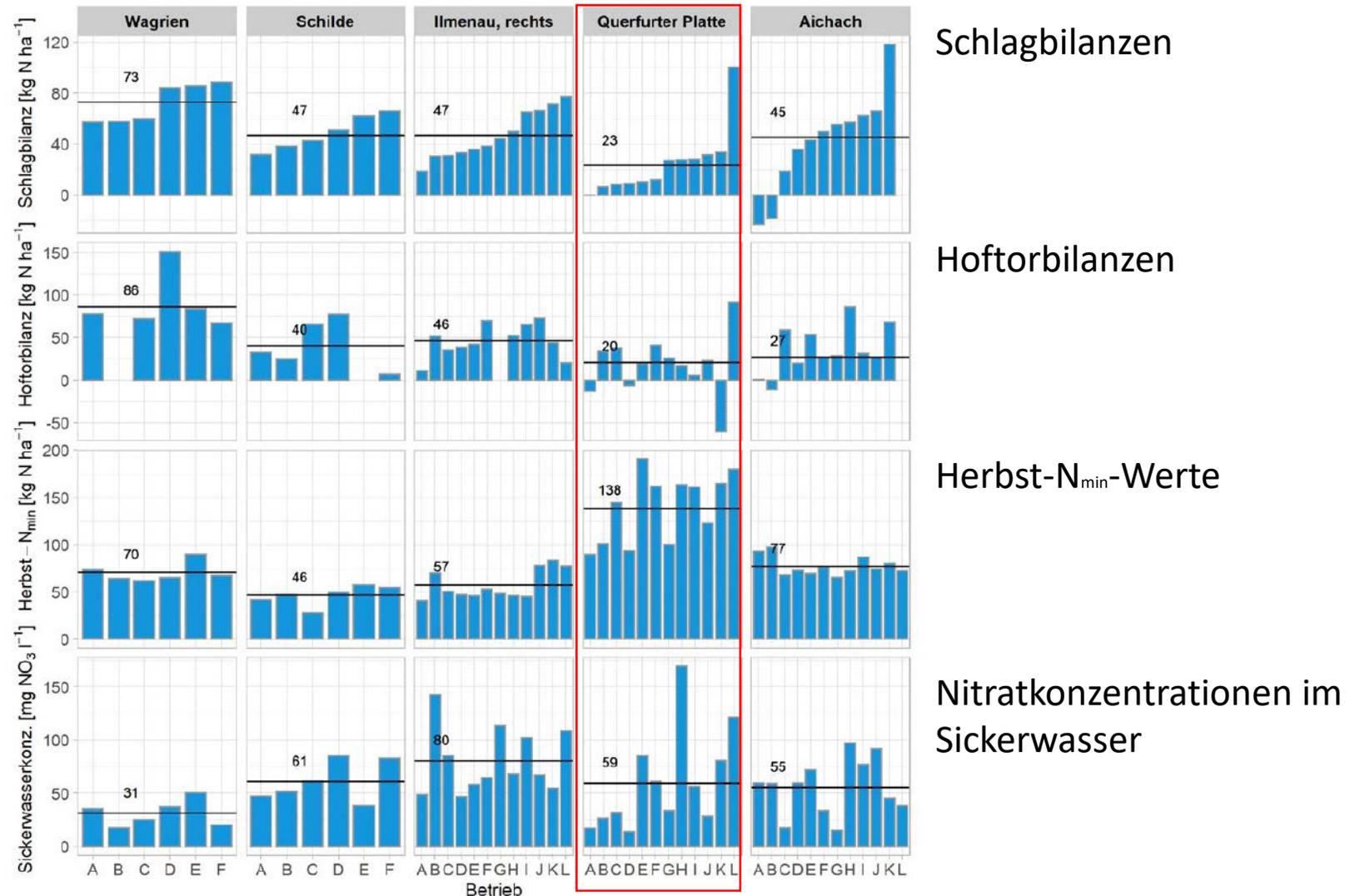
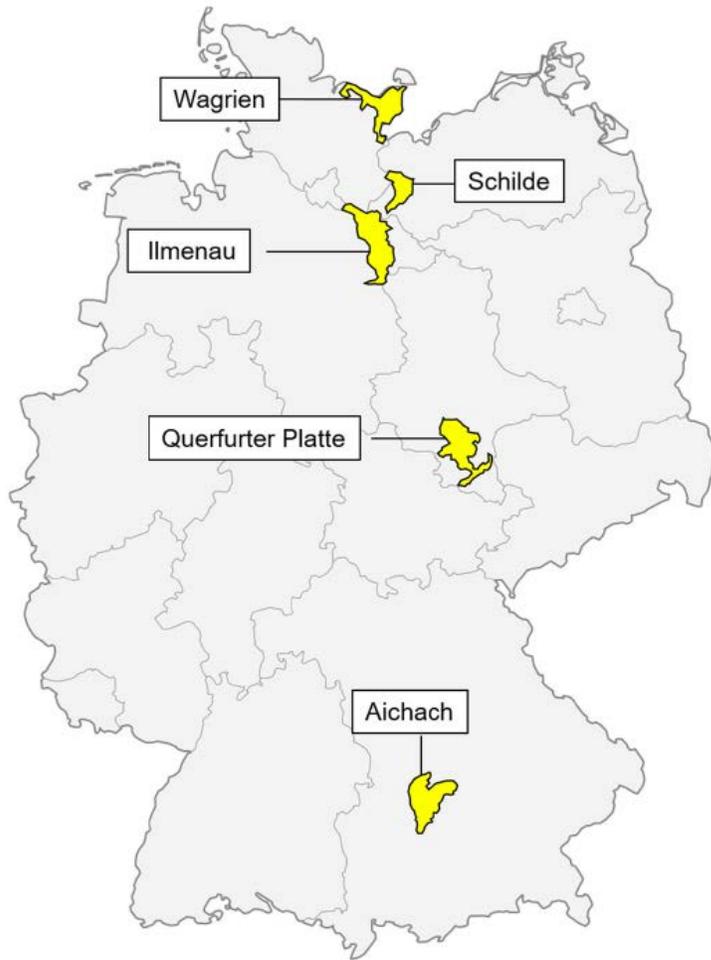
Die wichtigsten Faktoren für  $\text{Herbst}_{\text{Nmin}}$  über alle Modellregionen sind die **Hauptkultur** (mCrop), die **Bodeneigenschaften** (Bodentyp und -textur) und der **Niederschlag** (im Oktober, jährlich und im Sommer) und die **Folgekultur** (subsCrop).



Standortfaktoren überwiegen den Einfluss der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung (Bodenbearbeitung und Höhe der jährlichen Düngung) auf den  $\text{Herbst}_{\text{Nmin}}$  deutlich.



Mittelwerte der **Testgebiete** (schwarze Linie) und der einzelnen Betriebe (Balken), gemittelt über den jeweiligen Erhebungszeitraum, 2013 bis 2020 für Bilanzen, 2017 bis 2020 für Herbst-N<sub>min</sub>-Werte und Sickerwasserkonzentrationen (Mielenz et al. 2021)





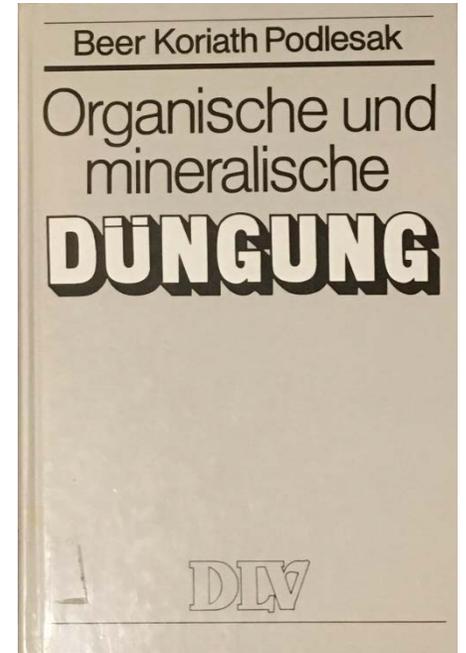
# Nitratauswaschungspotenzial

Einflussfaktoren auf die Auswaschungsverluste (Beer et al. 1990)

Rangfolge der Einflussfaktoren auf die Auswaschungsverluste:

1. Jahresgang der Niederschläge,
2. Temperatur, Verdunstung
- 3. Bewuchs (Art, Dauer)**
4. Durchlässigkeit des Bodens
5. Bodenvorrat (Humus)
6. biologische Aktivität
7. Düngung (Zeitpunkt, Höhe, Form)

Dieser untergeordnete Einfluss der Düngung wurde experimentell nachgewiesen.





# Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis zu Nitratdynamiken im Sickerwasser landwirtschaftlich genutzter Lysimeter

(S. Werisch, 2021)

STAATLICHE BETRIEBS-  
GESELLSCHAFT FÜR UMWELT  
UND LANDWIRTSCHAFT



- Nitratauswaschung ist kein simples Verlagerungsproblem
- N ist reaktiv unterliegt einer Vielzahl dynamischer Prozesse (Raum und Zeit)
- Dünger-N scheint vor allem im organischen N-Pool des Bodens eingelagert zu werden
- Nitrat im Sickerwasser kommt hauptsächlich aus organischem Pool (>99%)

*„... dass der applizierte Dünger unmittelbar nur einen unbedeutenden Beitrag zum Nitrat Leaching liefert. Die Hauptmenge des mit dem Perkolat ausgetragenen Nitrates entstammt der Mineralisierung der organischen Bodensubstanz ...“*

- **Problem:** Mineralisierung kann kaum beeinflusst werden → keine Steuerung möglich

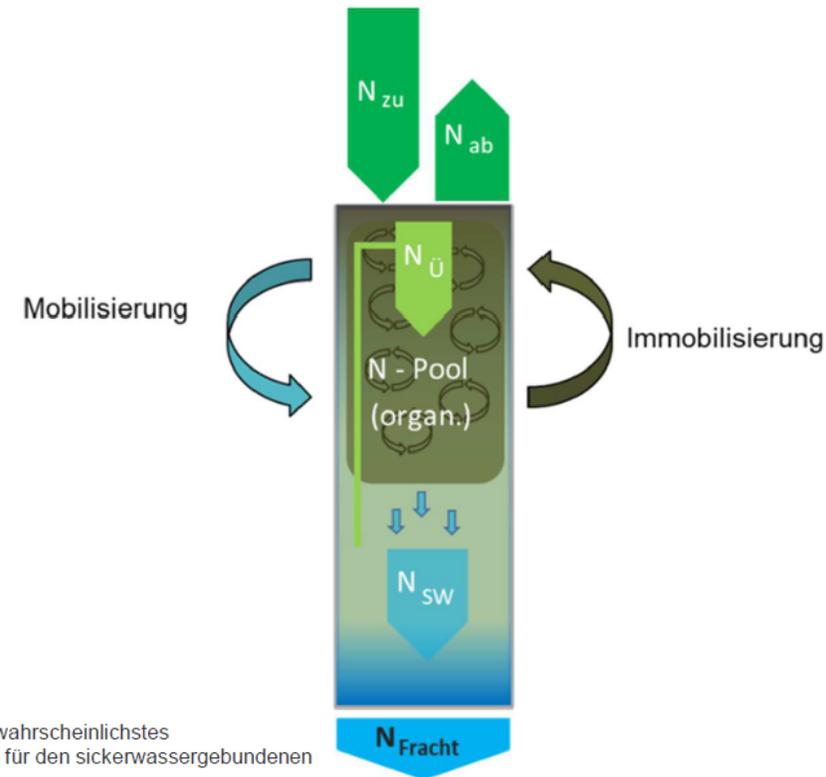


Abb. 16: Aktuell wahrscheinlichstes Erklärungsmodell für den sickerwassergebundenen Nitratverlust.



# Handlungsoptionen

---

- Gewässerschonende Landwirtschaft sollte deshalb alle Maßnahmen beinhalten, die zu hohen und stabilen Erträgen (N-Entzügen) führen. → **Dies lässt sich nicht im Detail regeln.**
- Einfluss mineralisationsrelevanter Bodeneigenschaften (leicht umsetzbare organische Bodensubstanz), Bewirtschaftung (Art und Höhe des zugeführten organischen Düngers), Nacherntemanagement → **Optimierungsbedarf**
- Stoffumsatz (Nachlieferungsvermögen) im Boden während der Ertragsbildung besser einbeziehen , aber wie?
- Mineralische „Ergänzungsdüngung“
- Obergrenzen für N-Salden aus Sicht der Gewässerqualität
- Untergrenzen zur Sicherung des Humuserhalts
- Möglichkeiten des Zwischenfruchtanbaus als catch crop und zur Erhöhung der Infiltration testen.

## **3 Testschläge (Schwarzerde, Sandlöss, Sand) mit Schlagteilung**

→ **mit/ohne Zwischenfruchtanbau**

→ **Nmin- und Bodenfeuchte-Messung in den Varianten, ggf. Ermittlung des Entzugs mit dem Aufwuchs**

→ **Wie wirkt sich das auf Nmin und Höhe der nFK zu Vegetationsbeginn aus?**



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**