



Aktuelle Ergebnisse Wirkungsmonitoring DüV aus der Modellregion Köthener Ackerland

LAD Düngefachtagung 2024

Nadine Tauchnitz
Victoria Maaß
Frank Reinicke
Michael Steininger
Franz Schild von Spannenberg
Eyk Hasselwander
Matthias Schrödter



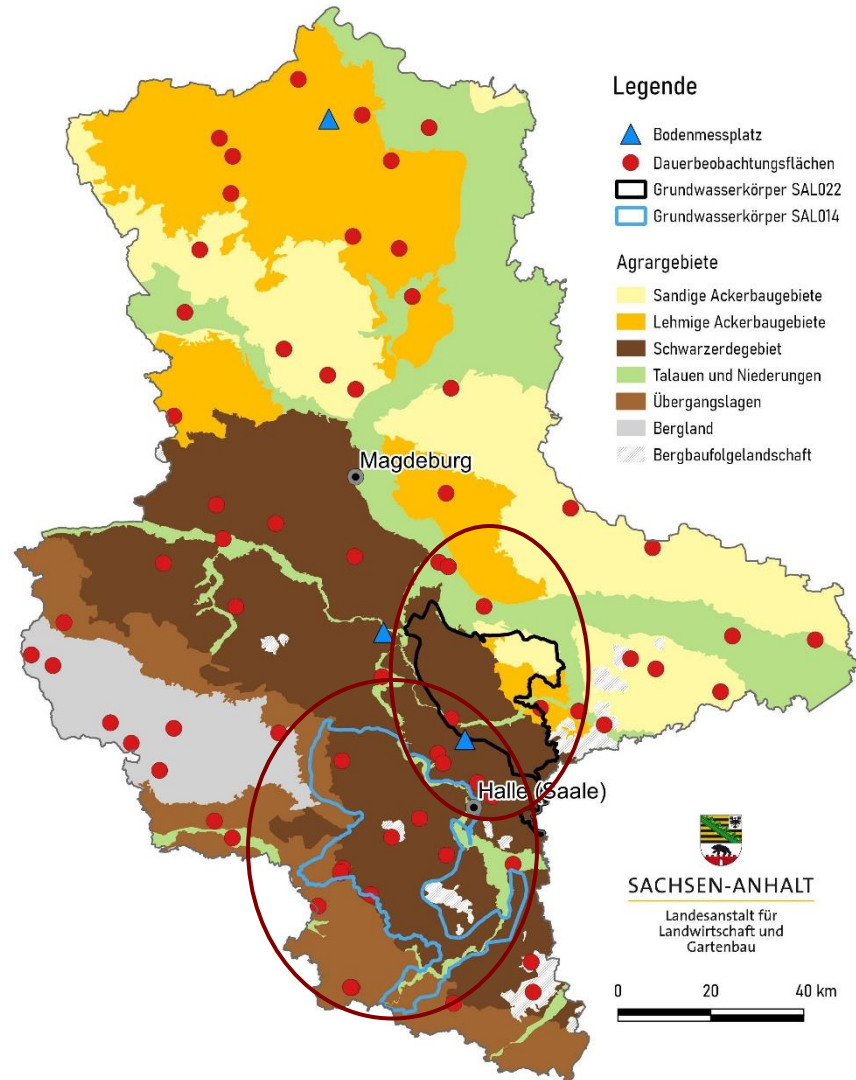
Hintergrund und Zielstellungen

- Aufbau bundesweites Wirkungsmonitoring der Düngeverordnung (DüV), Modellregionen = Bestandteil des Wirkungsmonitorings (Projekt MoNi2, JKI, 12 Modellregionen)
- Einrichtung von Modellregionen in Sachsen-Anhalt:
 - ✓ Wirkungszusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Nitrataustragsgefährdung
 - ✓ Bewertung der Wirkung von Maßnahmen für eine Verbesserung der Grundwasserqualität
 - ✓ Einbeziehung des N-Nachlieferungsvermögens der Böden sowie des Nitratabbaupotentials unterhalb des Wurzelraumes
 - ✓ Berücksichtigung der Trockengebietsbedingungen im Wirkungsmonitoring der DüV





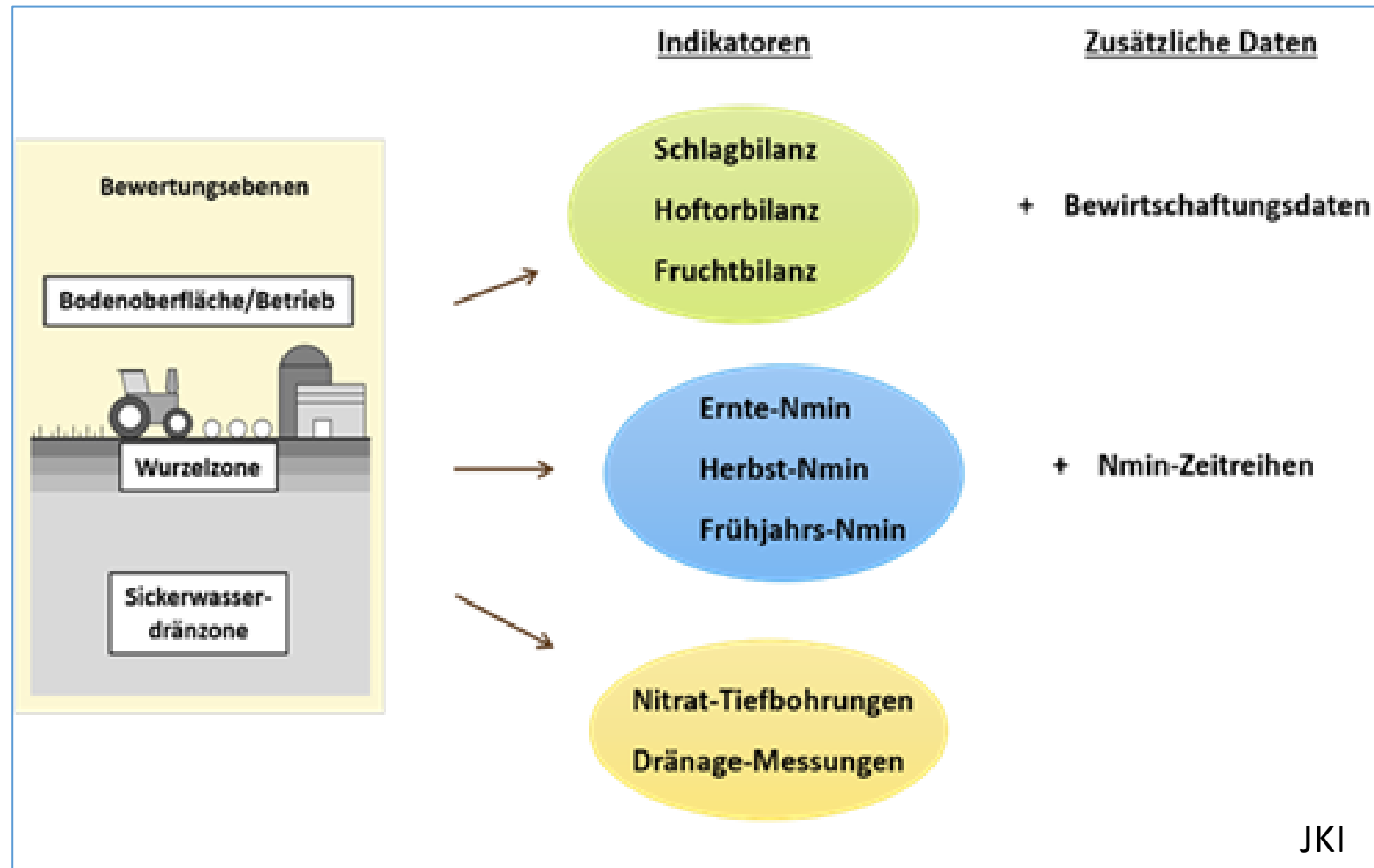
Modellregionen in Sachsen-Anhalt



- ✓ **Modellregion Querfurter Platte**
(GWK SAL GW 014)
- **Kleineinzugsgebiet Bad Lauchstädt**
- ✓ **Modellregion Köthener Ackerland**
(GWK SAL GW 022)



Messprogramm im bundesweiten Wirkungsmonitoring





Modellregion Köthener Ackerland

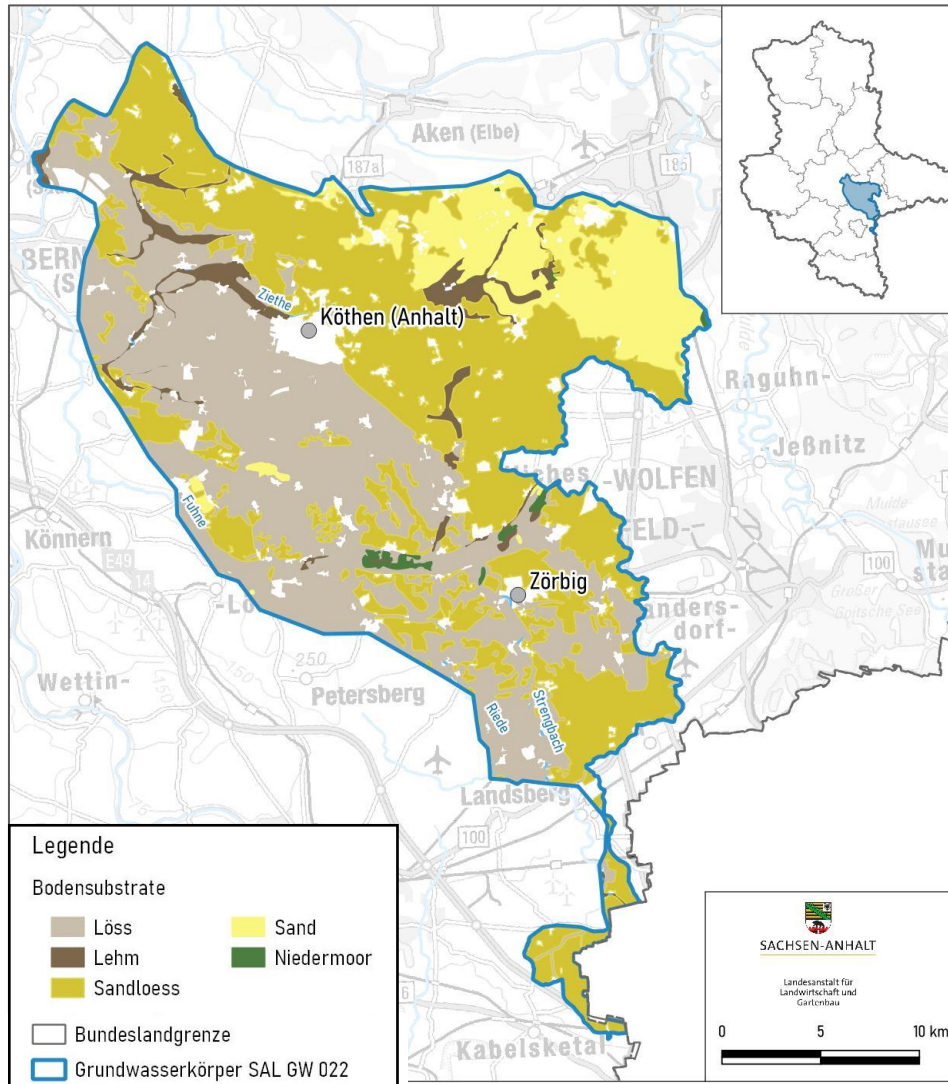
- Laufzeit: ab Oktober 2021
- Kooperationspartner:
 - 12 Testbetriebe (12 Schläge/Betrieb)
3 Ökobetriebe, 9 konventionelle Betriebe
 - Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH (INL)
 - Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz (MISB)
 - Gesellschaft für Umweltsanierungstechnologien mbH (G.U.T.)
 - Landwirtschaftlicher Beratungsring Roßlau e.V.
 - Maschinenring Dienstleistungs GmbH Sachsen-Anhalt Süd





Modellregion Köthener Ackerland

Untersuchungsgebiet



GWK SAL GW 022

Größe: 68.861 ha
davon: 54.604 ha LN
52.213 ha AL
2.390 ha GL

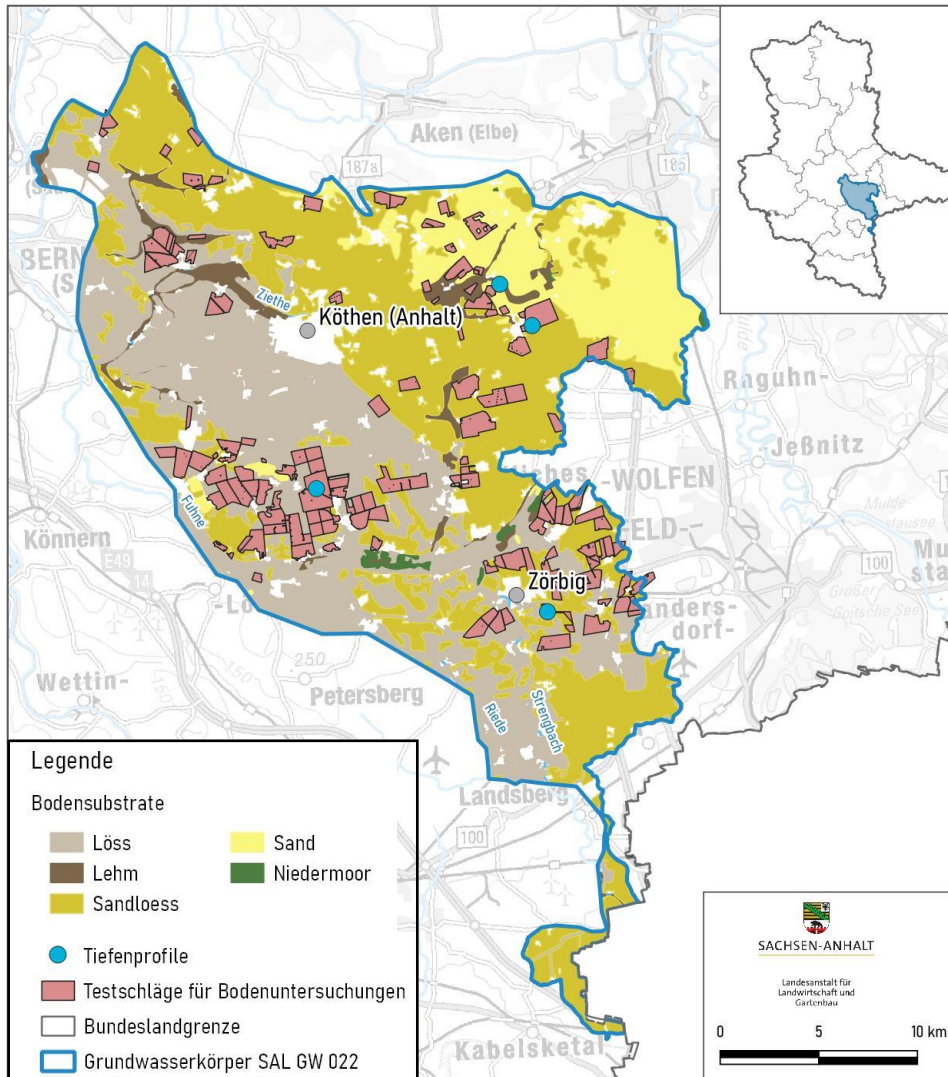
- differenzierte Bodenverhältnisse
- Hauptbodensubstrate:
Löss, Sandlöss, Sand, Lehm
- geringe Niederschläge
langjährig¹: 537 mm/Jahr
- langjährig¹ mittlere Temperatur: 10,1°C
- negative klimatische Wasserbilanz
langjährig¹: -129 mm/Jahr
Vegetationsperiode¹: -238 mm

¹: 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

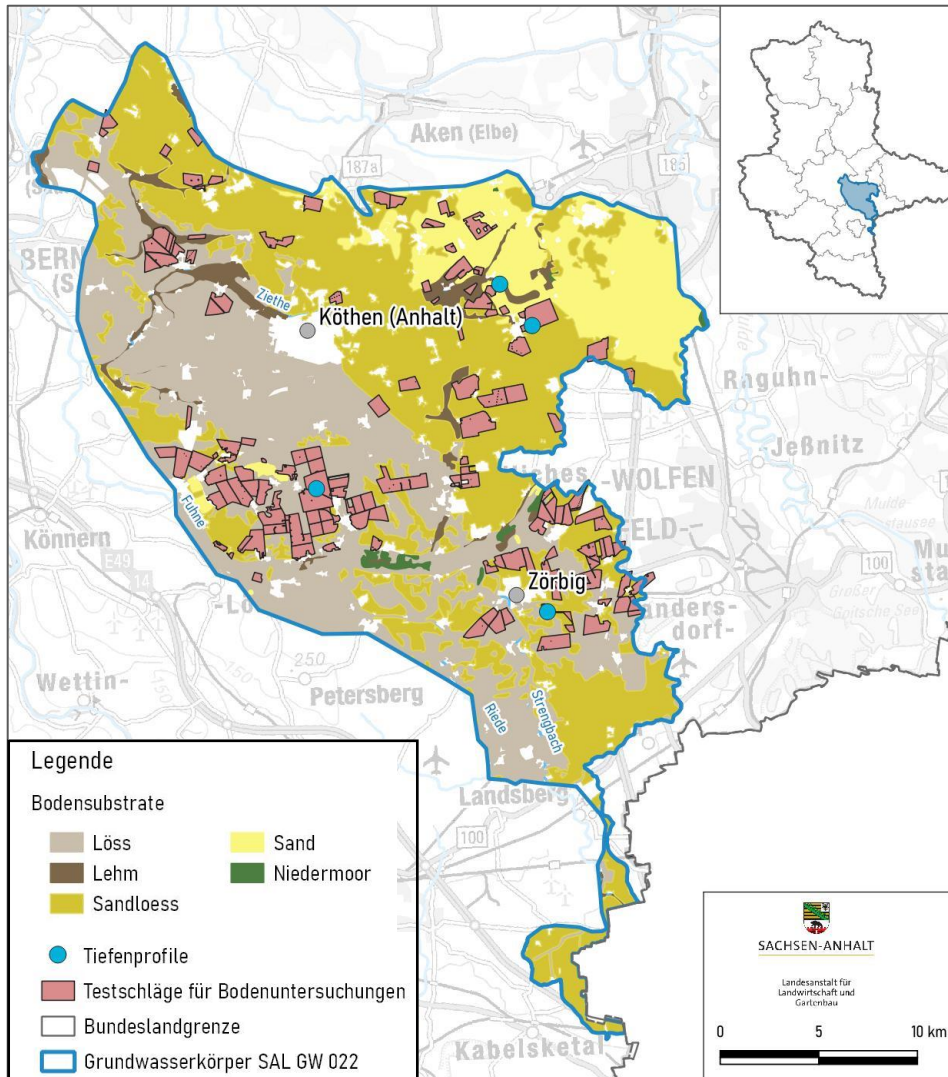
4 Tiefenprofile

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



Modellregion Köthener Ackerland

Untersuchungsprogramm



Bewirtschaftung (rückwirkend ab 2018)

- 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.)



Modellregion Köthener Ackerland

Methodik Tiefenprofiluntersuchungen: Ermittlung des Nitratabbaus

- mit Hilfe der Bilanzierung von NO_3^- und Cl^- -Gehalten in ihrer Tiefenverteilung an wiederholt beprobten Ackerstandorten nach Funk et al. (1996)
- Verlagerung von NO_3^- und Cl^- im Boden erfolgt nach gleichartigen Gesetzmäßigkeiten:
beide Stoffe unterliegen der hydrodynamischen Dispersion
aber im Unterschied zu NO_3^- wird Cl^- nicht mikrobiell abgebaut
- anhand der Abnahme des NO_3^- -Gehaltes gegenüber dem Cl^- -Gehalt kann der Umfang des NO_3^- -Abbaus zwischen zwei Probenahmeterminen ermittelt werden
- bei einem NO_3^- -Abbau nimmt das NO_3^- -N:Cl-Verhältnis ab
- bisher zwei Probenahmekampagnen
(Herbst 2022/Frühjahr 2023, Herbst 2023/Frühjahr 2024)





Modellregion Köthener Ackerland

Witterungsbedingungen im Untersuchungszeitraum 2021 bis 2024

Klimatische Wasserbilanz (KWB)= Niederschlag – potentielle Evapotranspiration

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
2024 ⁽¹⁾	532,7	80,7	-166,4	23,0	13,4	2,0

¹: Jan-Okt

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
2024	359,4	47,8	-224,3	13,1	17,5	1,6



Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

N-Salden der Testschläge

N-Zufuhr, N-Entzug, N-Saldo und N-Nutzungseffizienz (NUE) der 144 Testschläge

Jahre	N-Zufuhr ¹ 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
<u>Mittel 2018-2023</u>	<u>132</u>	<u>123</u>	<u>9</u>	<u>93</u>

¹Zufuhr 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 unter 75 %
- nicht über 90 %



Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

N-Salden der Testbetriebe nach REPRO

N-Bilanzglieder und N-Salden nach REPRO der 12 Testbetriebe (TB) im Mittel der Jahre 2018-2022

(kg N ha ⁻¹ a ⁻¹) 2018-2022	TB 1 konv	TB 2 konv	TB 3* konv	TB 4 konv	TB 5* konv	TB 6 konv	TB 7 öko	TB 8 öko	TB 9 öko	TB 10 konv	TB 11* konv	TB 12 konv
N-Entzug (Gesamt)	124	124	118	102	130	152	102	105	106	115	130	130
Hauptprodukt	89	103	86	81	92	116	86	91	89	88	85	106
Nebenprodukt	35	21	32	21	38	36	16	14	16	27	45	24
N-Abfuhr (Ernteertrag)	84	93	84	78	93	103	79	78	82	87	85	99
N-Zufuhr	169	149	186	135	172	208	150	128	125	167	181	156
Immission	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Saatgut	1	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2
Symbiontische N-Fix.	1	6	0	1	0	3	37	28	34	5	0	3
Mineraldünger	84	61	106	59	100	132	4	4	3	69	113	71
Organischer Dünger	72	70	68	63	59	60	96	83	73	80	55	69
Strohdüngung	15	13	20	15	18	17	11	11	12	19	21	16
Gründüngung	26	18	13	9	19	31	12	17	11	9	24	16
Stallmist	0	17	5	0	6	0	36	12	10	5	0	0
Gülle, Jauche	26	20	26	15	14	4	20	31	21	44	7	29
Sonst. Org. Dünger	5	2	4	24	1	7	17	13	18	3	4	8
Δ N Bodenvorrat	-20	-12	-12	-20	-16	-10	7	-6	-12	-13	-20	-10
N-Saldo (brutto)	65	38	81	54	58	66	40	29	31	65	71	37

*Mittelwerte 2018-2021



Zielbereich zwischen 0 und 50 kg N/ha



Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Humusbilanzen der Testbetriebe nach REPRO

Humusbilanzglieder 12 Testbetriebe nach REPRO im Mittel der Jahre 2018-2022

Ackerland (kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹) 2018-2022	Testbetriebe (TB)											
	TB 1 konv	TB 2 konv	TB 3* konv	TB 4 konv	TB 5* konv	TB 6 konv	TB 7 öko	TB 8 öko	TB 9 öko	TB 10 konv	TB 11* konv	TB 12 konv
Humusbedarf	-576	-541	-506	-575	-495	-483	-587	-581	-583	-533	-538	-496
Humusmehrerleistung	14	28	3	6	0	19	114	94	81	4	0	16
Zufuhr org. Dünger	340	374	372	352	326	362	551	406	377	393	327	366
Strohdüngung	197	174	244	190	212	237	163	158	156	219	240	217
Gründüngung	59	38	26	20	44	65	29	44	29	20	47	36
Stallmist	0	98	24	0	31	0	241	88	73	28	2	1
Gülle	40	46	51	17	37	12	48	82	63	106	11	55
Sonstige org. Dünger	44	17	26	126	3	48	69	34	56	20	27	58
Humusersatzleistung	353	402	375	358	326	381	665	500	458	397	327	382
Humussaldo	-222	-139	-131	-217	-169	-102	77	-81	-125	-136	-212	-115

*Mittelwerte 2018-2021

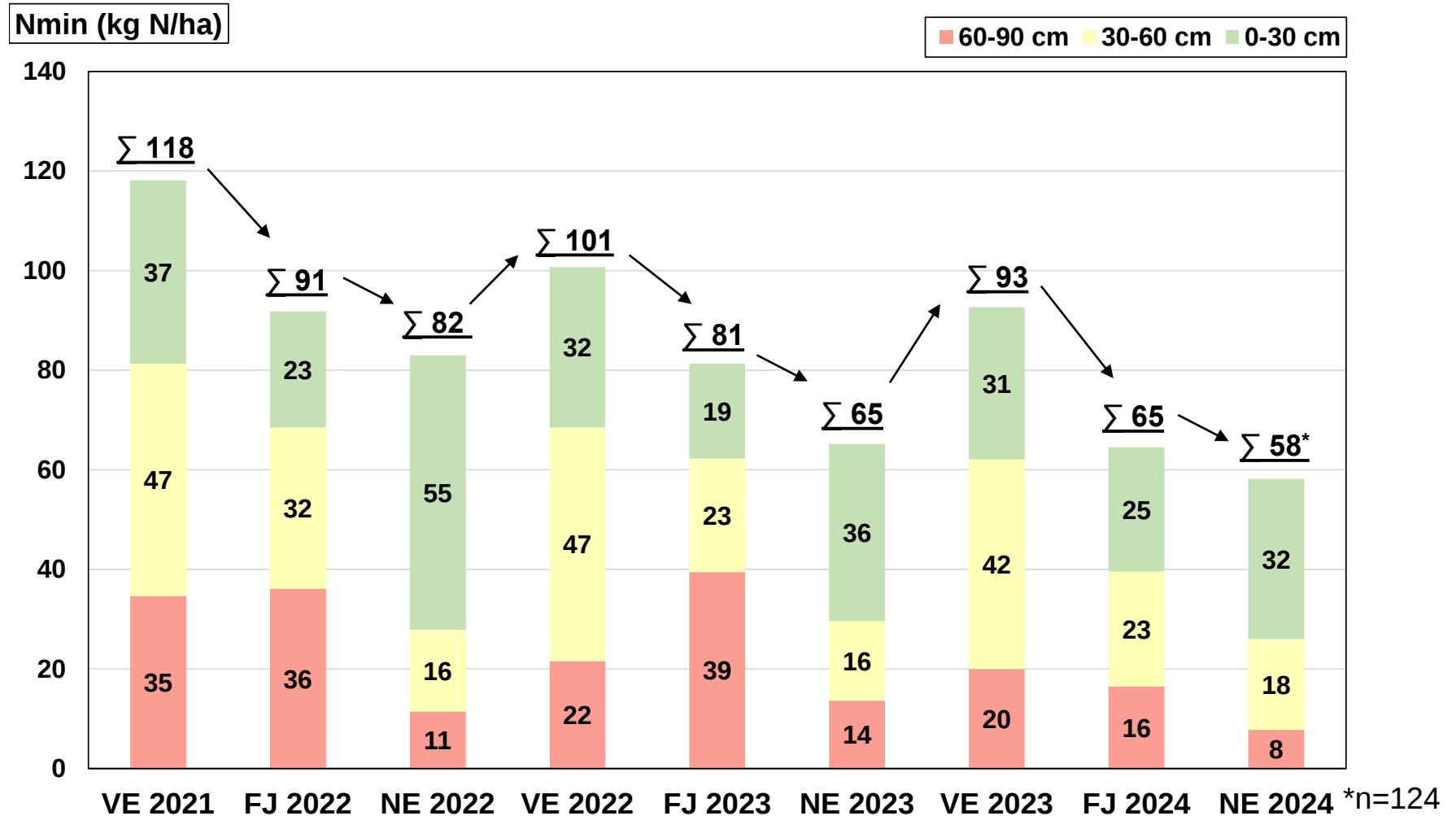


Zielbereich zwischen -75 kg C/ ha und 100 kg C/ha



Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Nmin-Dynamik 2021 bis 2024

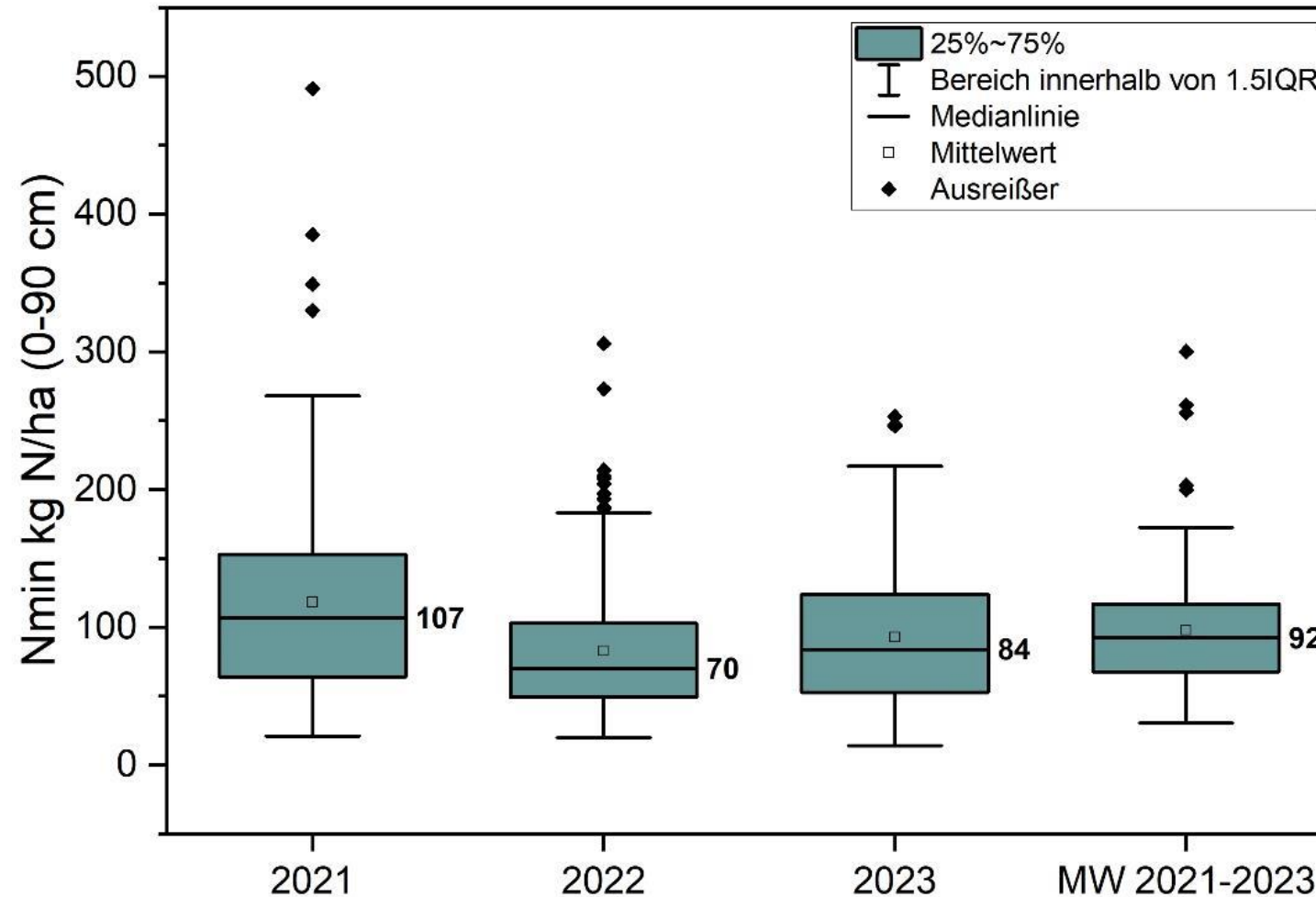


Mittlere Nmin-Gehalte aller Testflächen zu den Probenahmeterminen FJ (Frühjahr), Nachernte (NE) und Vegetationsende (VE)



Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

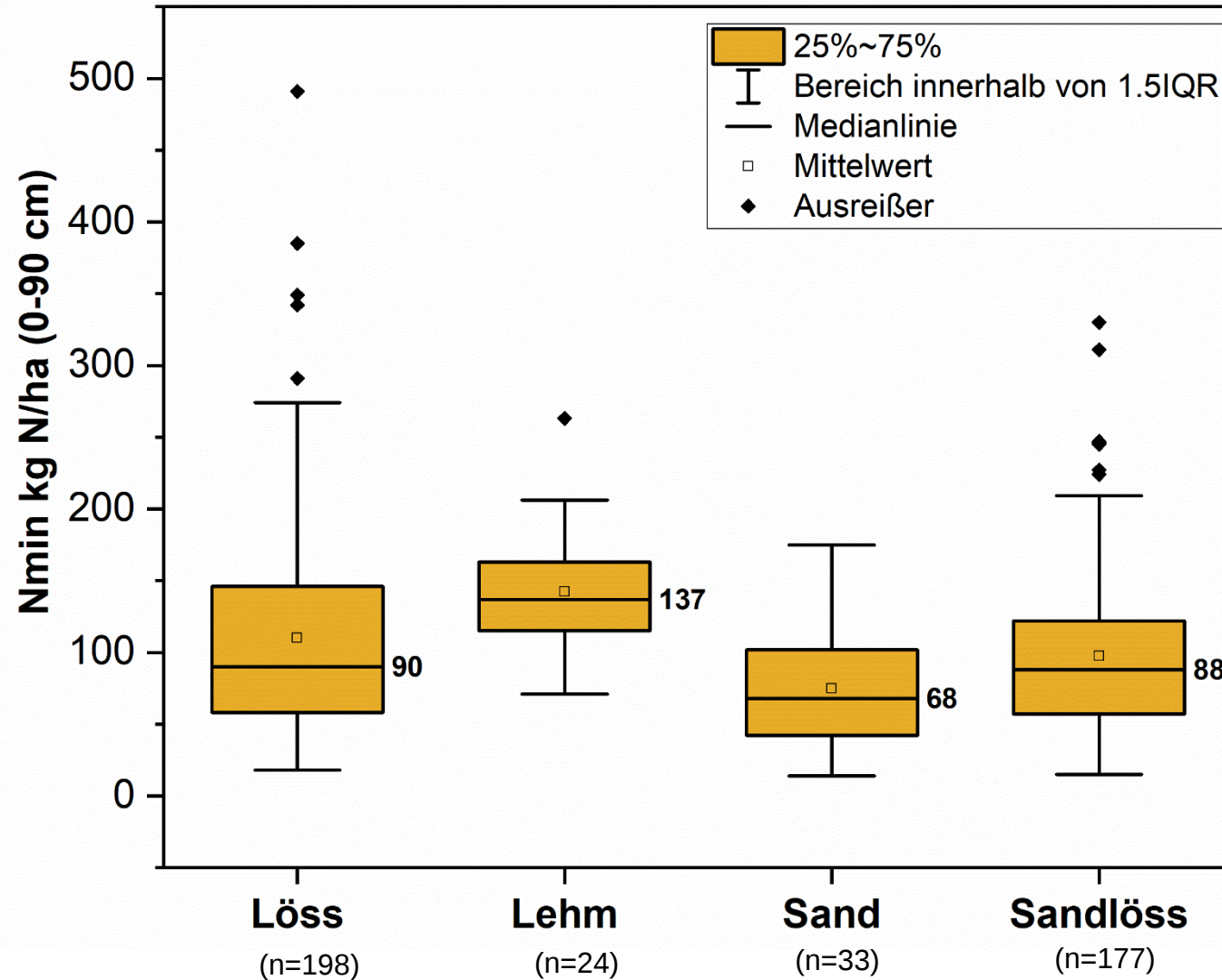
Herbst(VE)-Nmin - Vergleich der Jahre





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

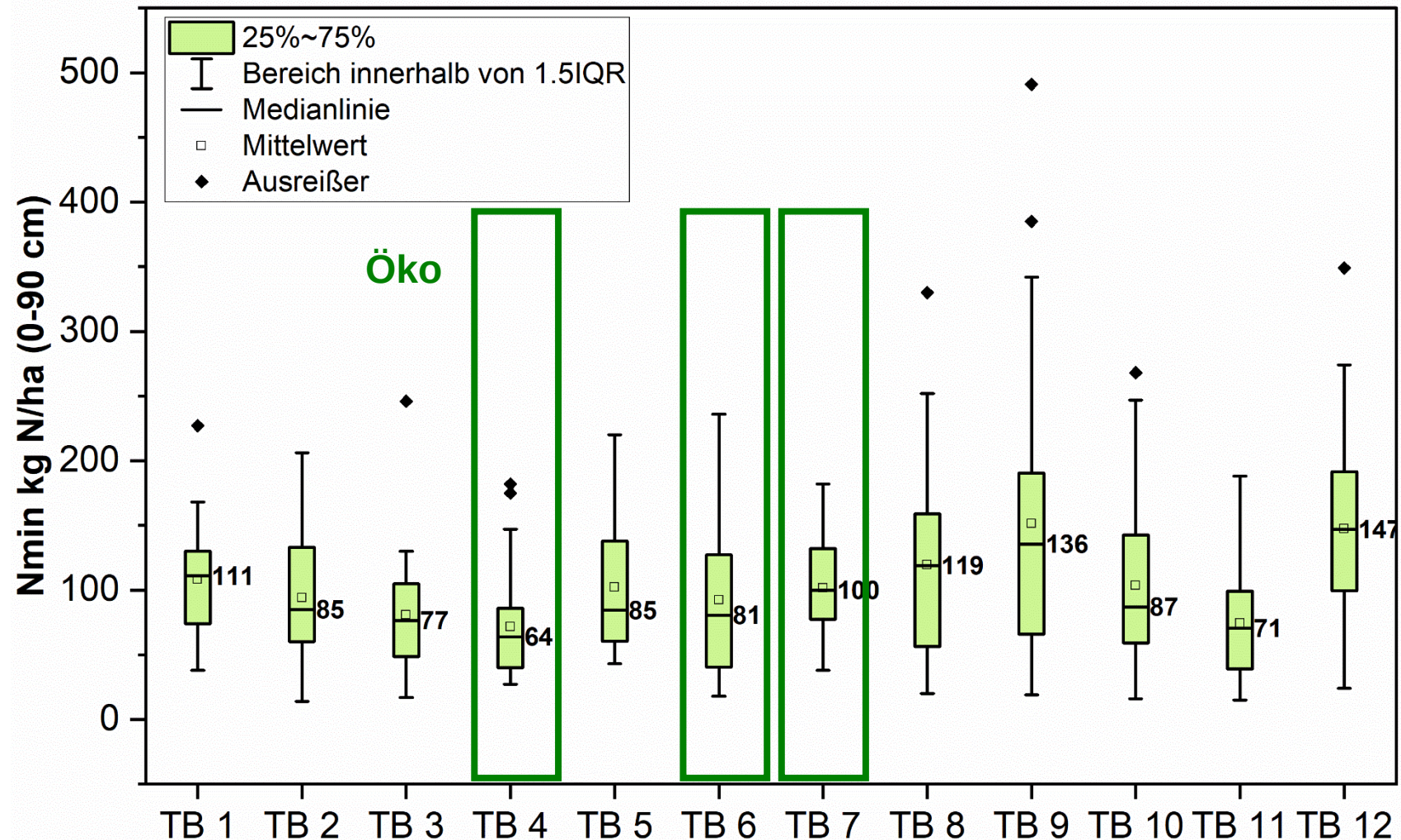
Herbst(VE)-Nmin (2021-2023) - Vergleich der Bodensubstrate





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

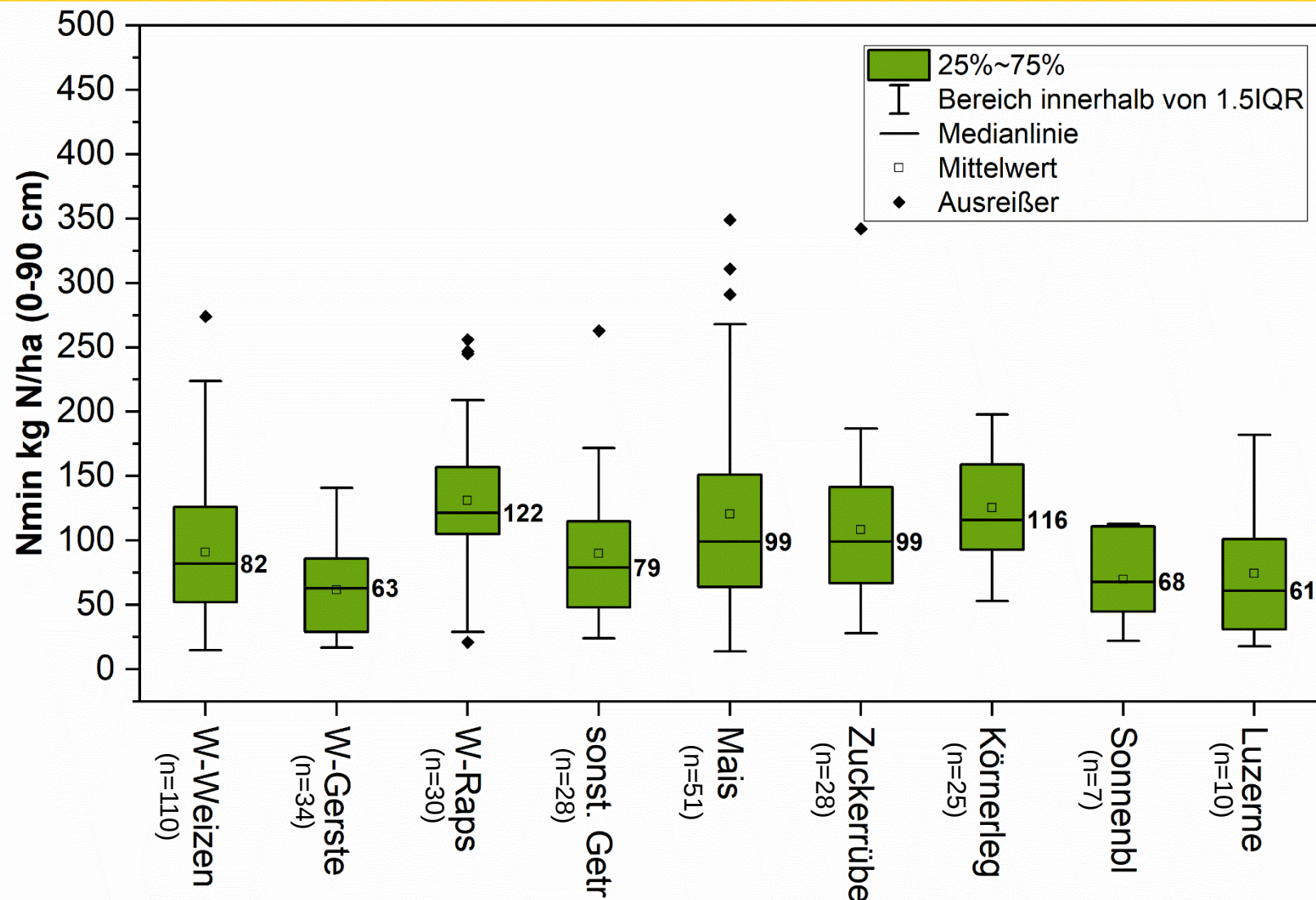
Herbst(VE)-Nmin (2021-2023) - Vergleich der Testbetriebe (TB)





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Herbst(VE)-Nmin (2021-2023) - Vergleich der Fruchtarten





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Änderung der Nmin-Gehalte zwischen Nachernte (NE) und Vegetationsende (VE)

	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

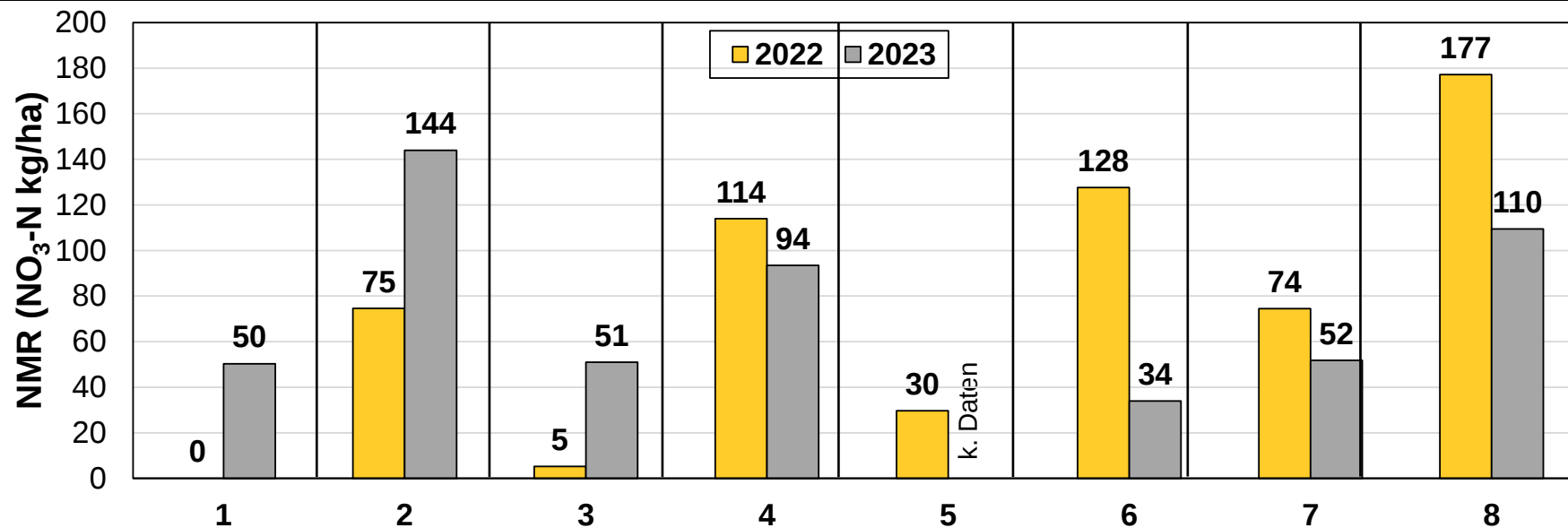
VF: Vorfrucht, W: Winter, sonst. Getr.: sonstiges Getreide, Körnerleg.: Körnerleguminosen



Netto-Mineralisation (NMR) nach der Ernte (NE)

N-Nachlieferung im Zeitraum NE bis Vegetationsende

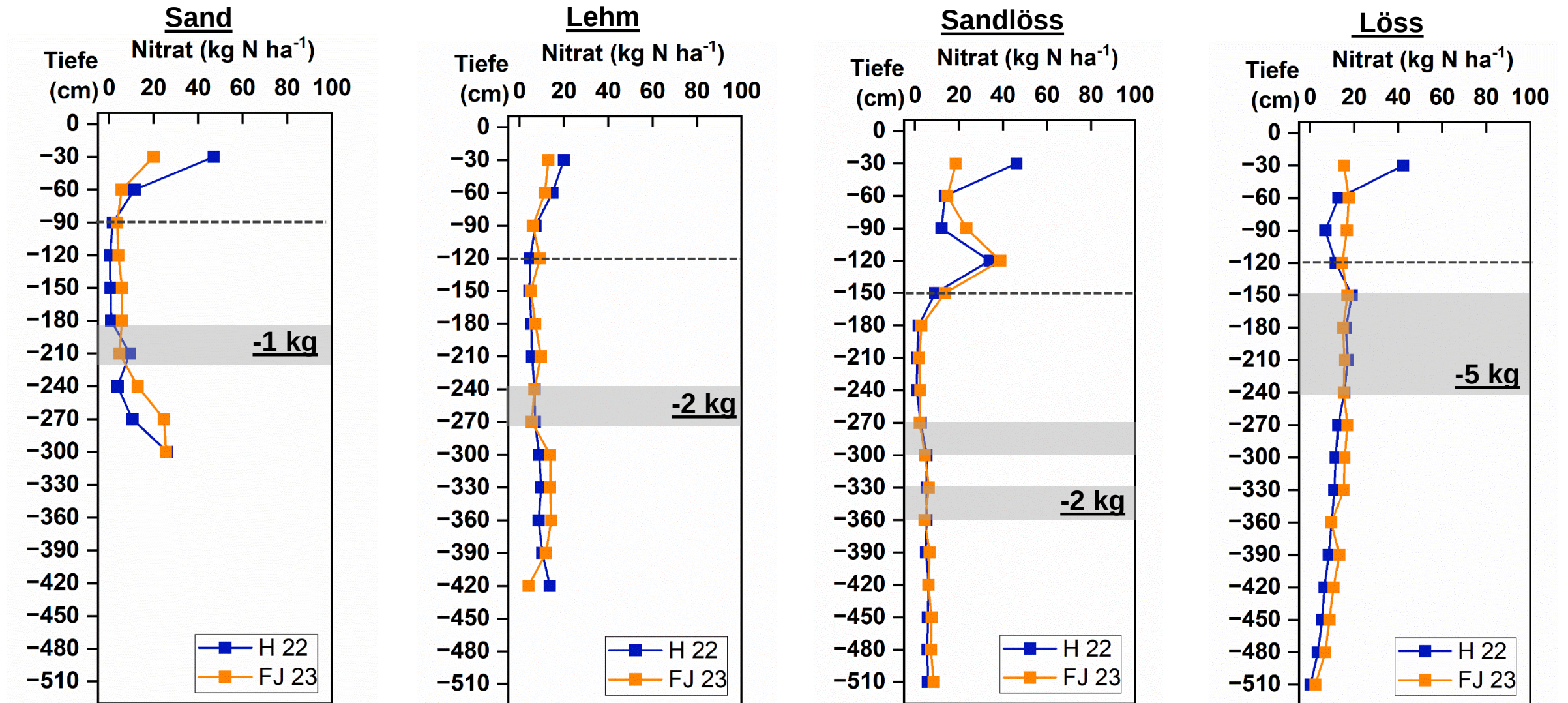
Intensivmessfläche	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodensubstrat	Sand	Lehm	Sandlöss	Löss	Löss	Löss	Löss	Löss
C _{org} (%)	1,0	0,9	1,3	1,7	1,5	1,5	1,7	3,0
C/N	11,0	11,0	11,0	11,0	12,0	10,5	10,7	9,5
C _{hwl} (mg/100 g)	40,8	41,2	45,5	55,8	57,4	50,0	50,1	109,1
Fruchtart 2022	Mais	W-Gerste	W-Raps	W-Weizen	W-Gerste	W-Weizen (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
BB 2022	keine	1x	1 x	3 x	3 x	2 x	1x	2x
BB 2023	keine	keine	1x	3 x	k. Daten	2 x	2 x	2x





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

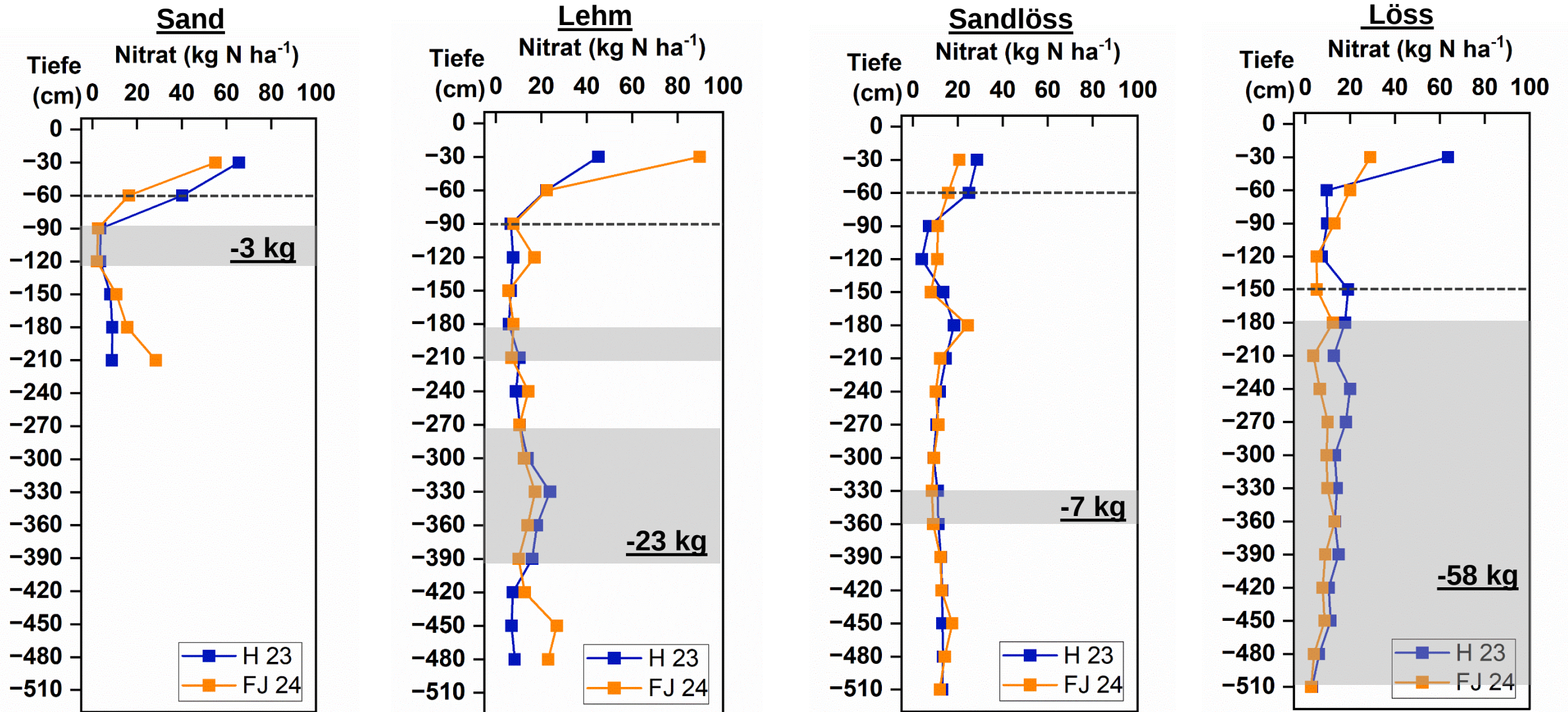
Tiefenprofiluntersuchungen –Kampagne 2022/2023





Ergebnisse Modellregion Köthener Ackerland

Tiefenprofiluntersuchungen –Kampagne 2023/2024





Zusammenfassung

- einfache schlagbezogene N-Salden langjährig (2018-2023) auf geringem Niveau, abnehmender Trend der N-Zufuhr → negative N-Salden, sehr hohe N-Nutzungseffizienz
- REPRO-N-Bilanzen deutlich höheres Niveau, Freisetzung N aus Mineralisation
- Humusbilanzen in den meisten Testbetrieben zu niedrig
- hohes Niveau der $N_{\min}$ -Gehalte zum Vegetationsende, leicht abnehmender Trend seit 2021: Einfluss Bodeneigenschaften (C_{org} , C_{hwl}) und Vorfrucht, kaum Unterschiede zwischen Bewirtschaftungsform (öko, konv)
- Nachweis hoher Mineralisationsraten nach der Ernte bis zum Vegetationsende
- Tiefenprofiluntersuchungen: geringe Nitratverlagerung aus der durchwurzelten Bodenzone, zum Teil hohe Nitratabbauraten in der Dränzone bei günstigen Denitrifikationsbedingungen (hohe Bodenwassergehalte, Verfügbarkeit mikrobiell umsetzbarer Kohlenstoff)



Ausblick

Fortsetzung der Untersuchungen

- ✓ Fortsetzung Monitoring
- ✓ Anlage Zwischenfruchtversuch nach Ernte 2024 auf einem Testschlag
- ✓ Erweiterung Zwischenfruchtversuche auf anderen Standorten ?
- ✓ laufende Auswertungen Bodenuntersuchungen, Zwischenfruchtversuch und Bewirtschaftungsdaten
- ✓ statistische Auswertungen (Haupteinflussfaktoren Nitratverlagerung), Veröffentlichungen
- ✓ Ableitung Bewirtschaftungsstrategien und Beratung der Testbetriebe



Ausblick

Zwischenfruchtversuch

▪ Anlage Zwischenfruchtversuch nach Ernte 2024

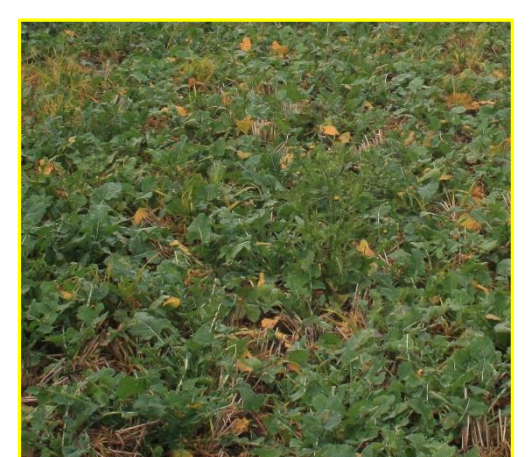
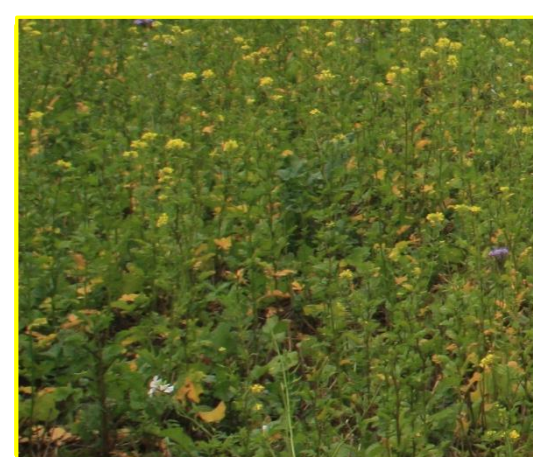
- ✓ Bodensubstrat Löss, Vorfrucht Winterweizen
- ✓ Einfluss Zwischenfrucht (ZWF)-Anbau auf $N_{\min}$ -Dynamik (Nachernte bis Vegetationsbeginn) und Wasserverfügbarkeit der Folgefrucht
- ✓ Einfluss Mulchauflage auf Infiltrationsfähigkeit und Mineralisationsgeschehen des Bodens
- ✓ Versuchsvarianten:

1) ohne ZWF, mit Mulch

2) mit ZWF, mit Mulch

3) mit ZWF, ohne Mulch

4) ohne ZWF, ohne Mulch



22.10.2024



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !