



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau



Foto: INL

24.02.2023

Nadine Tauchnitz

Stickstoff- und Humusmonitoring in mit Nitrat belasteten Grundwasserkörpern



▶ **Hintergrund**

▶ **Bundesweites Wirkungsmonitoring der Düngerverordnung (DüV)**

▶ **Modellregionen in Sachsen-Anhalt**

▶ **Ausgewählte Ergebnisse des Monitorings in den Modellregionen in Sachsen-Anhalt**

▶ **Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**



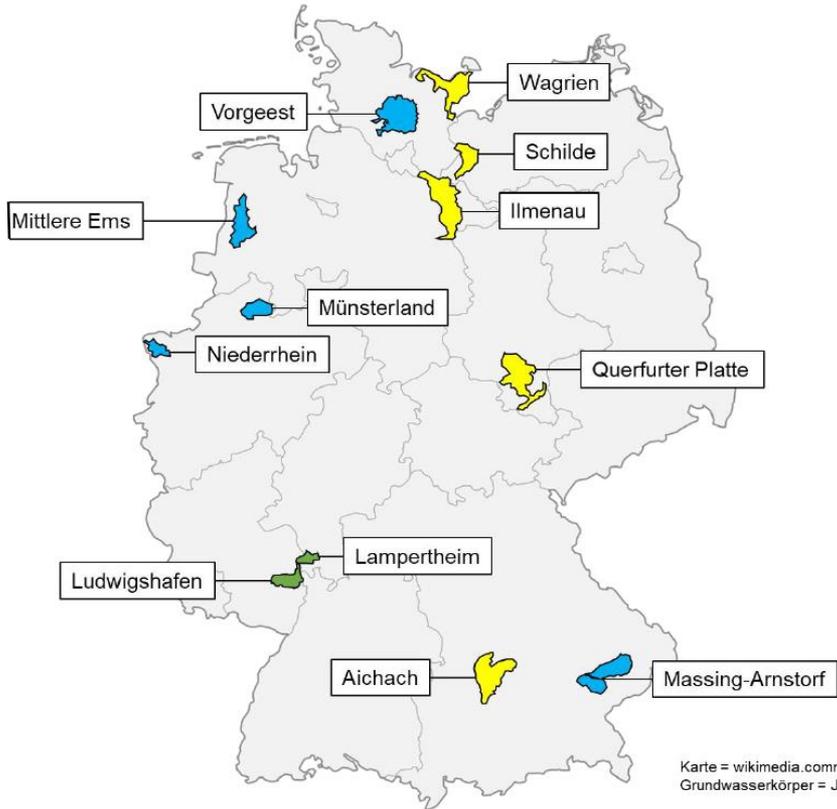
Hintergrund

- 2018 Vertragsverletzungsverfahren der EU gegen Deutschland wegen unzureichender Umsetzung der Nitratrichtlinie
- im Rahmen des Vertragsverletzungsverfahrens Vereinbarung zwischen EU-Kommission und Deutschland Einrichtung Monitoringsystem, um:
 - ✓ Aussagen zur Wirksamkeit der Maßnahmen der DüV in kurzen Zeiträumen zu treffen
 - ✓ bei nach §13a ausgewiesenen nitratbelasteten und eutrophierten Gebieten schnell nachsteuern zu können
 - ✓ sicherzustellen, dass sich nicht ausgewiesene Gebiete nach §13a nicht negativ entwickeln



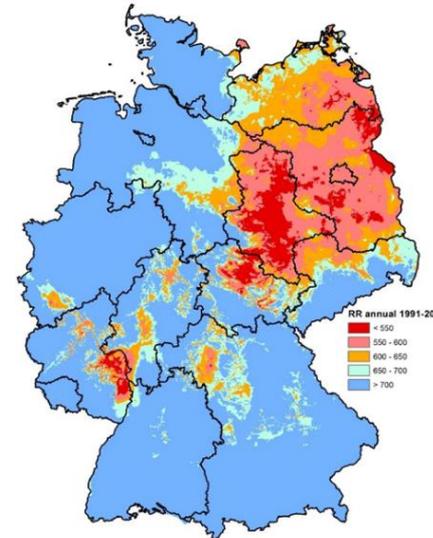


Wirkungsmonitoring der DüV -Modellregionen

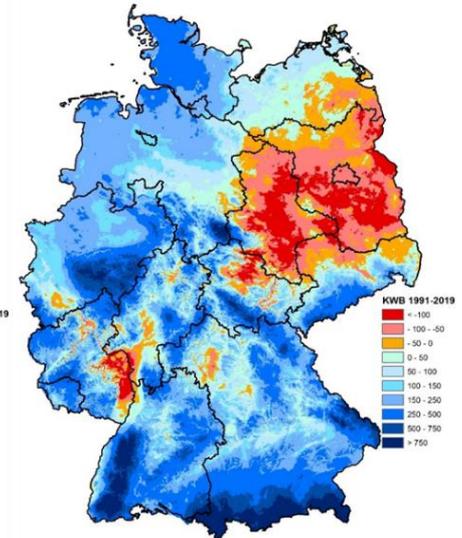


Demonstrationsvorhaben „Multiparametrisches
Monitoring von Nitratfrachten in der Landwirtschaft“

mittlerer
Jahresniederschlag
1991 -2019



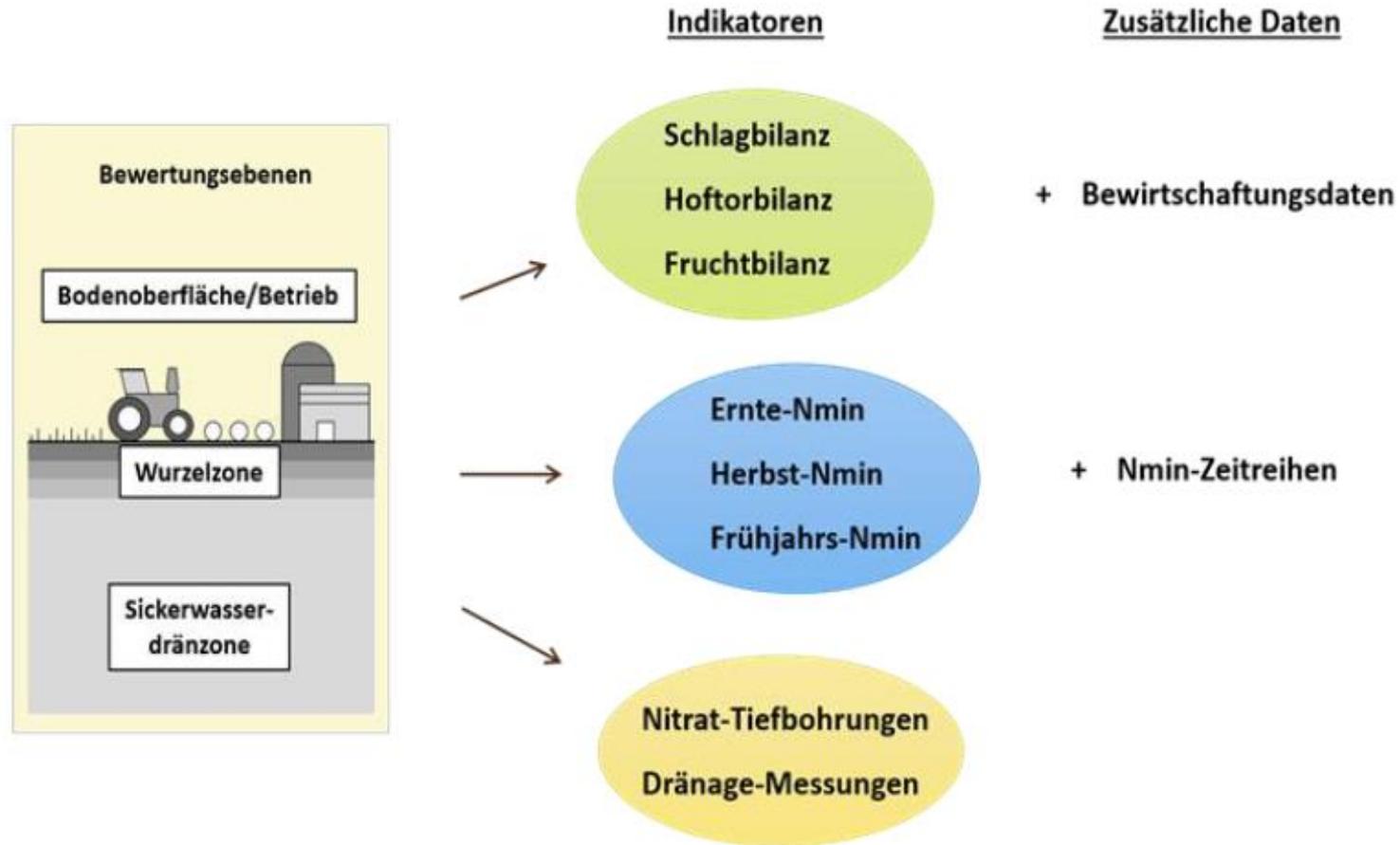
mittlere klimatische
Wasserbilanz
1991 -2019



- **überwiegend Abbildung humide
Verhältnisse**
- **Trockengebiete mit besonderer
Problematik kaum berücksichtigt**



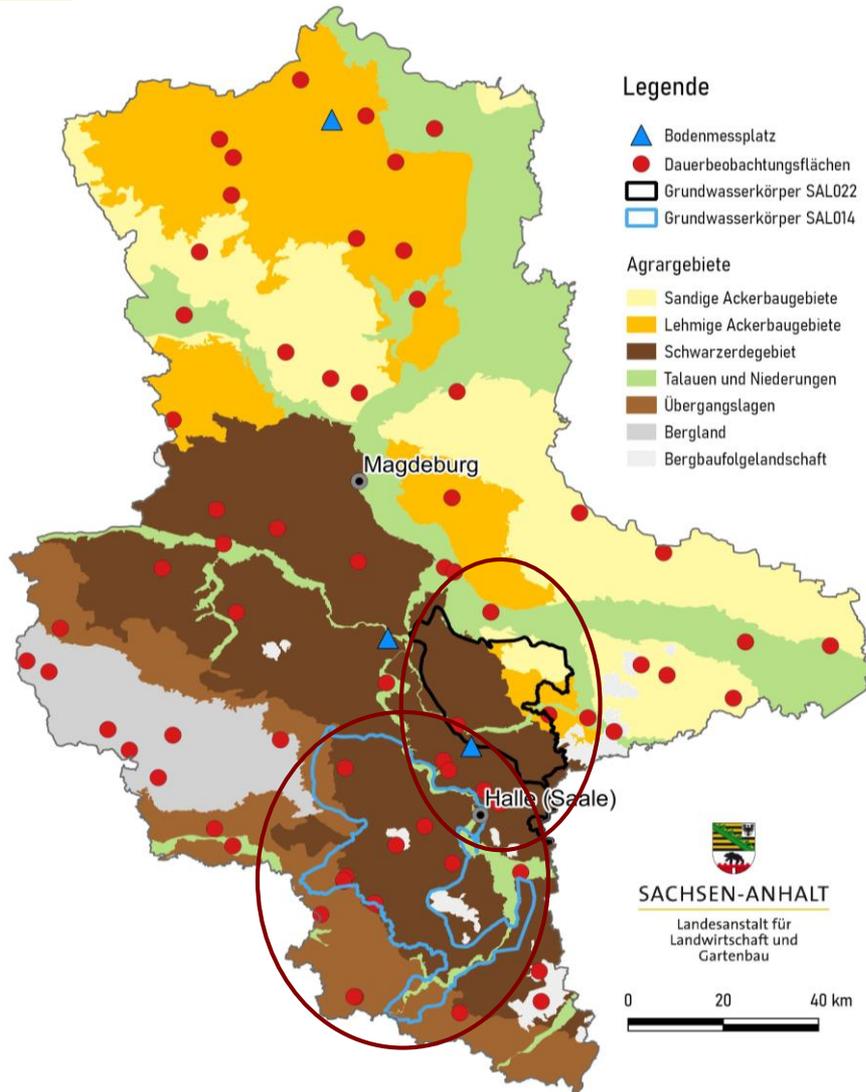
Wirkungsmonitoring der DüV -Messprogramm in den Modellregionen



Quelle: Erster Monitoringbericht DüV



Modellregionen in Sachsen-Anhalt



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



Modellregionen in Sachsen-Anhalt -Zielstellungen

- ✓ Wirkungszusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Nitrataustragsgefährdung besser zu verstehen
- ✓ Maßnahmen für eine Verbesserung der Grundwasserqualität umzusetzen und deren Wirksamkeit abzuschätzen
- ✓ das durch die EU geforderte Wirkungsmonitoring der DüV unter besonderen Bedingungen des mitteldeutschen Trockengebietes zu prüfen
- ✓ Berücksichtigung Stickstoff (N)- und Humusbilanzen (bzw. Humusversorgung), da enge Kopplung zwischen N- und Kohlenstoff-Haushalt



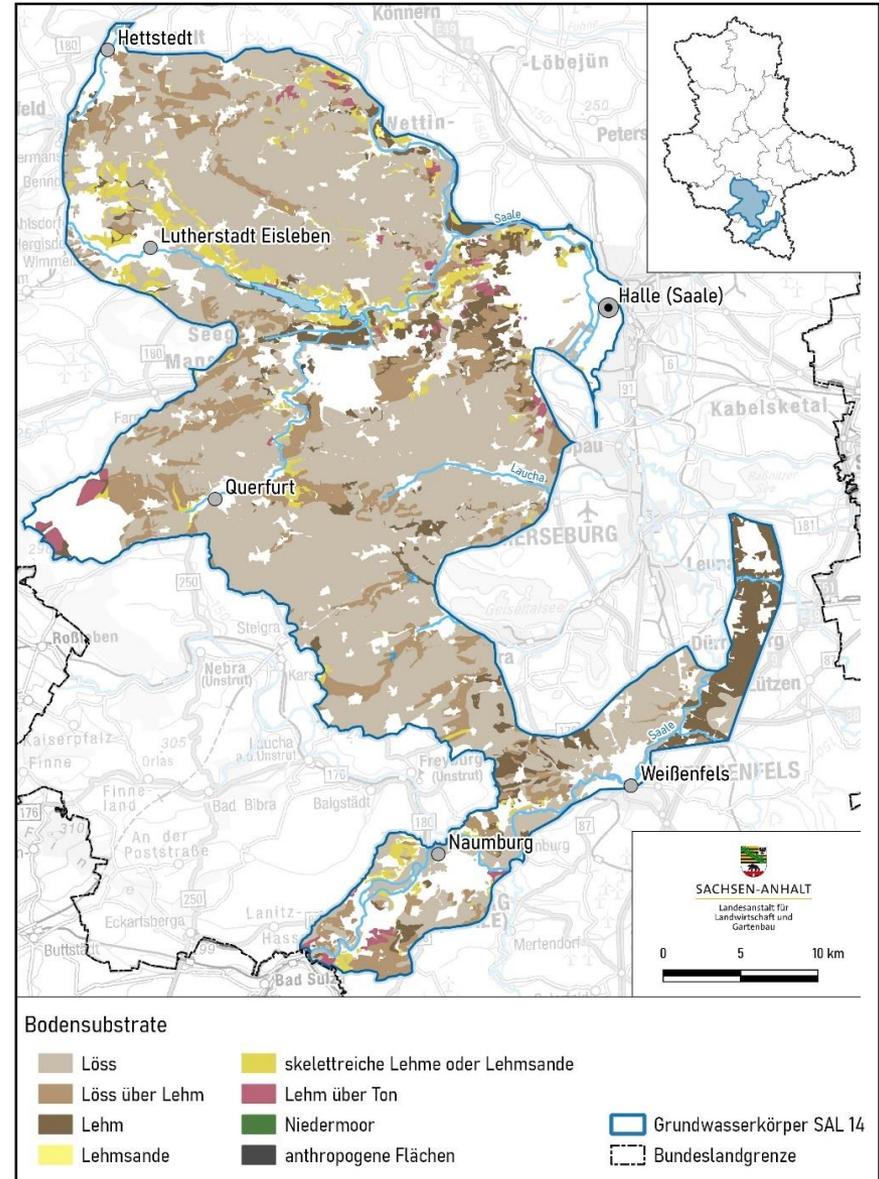


Modellregionen in Sachsen-Anhalt

-Querfurter Platte

- überwiegend sehr fruchtbare Lößböden
 - sehr geringe Niederschläge (langjährig¹: 532 mm/Jahr)
 - negative klimatische Wasserbilanz (langjährig¹: -144 mm/Jahr)
- ➔ hohe Wasserspeicherkapazität
- ➔ geringe Sickerwasserrate, d.h. lange Fließzeiten des Sickerwassers bis zum Erreichen des Grundwassers

¹: 1991-2020

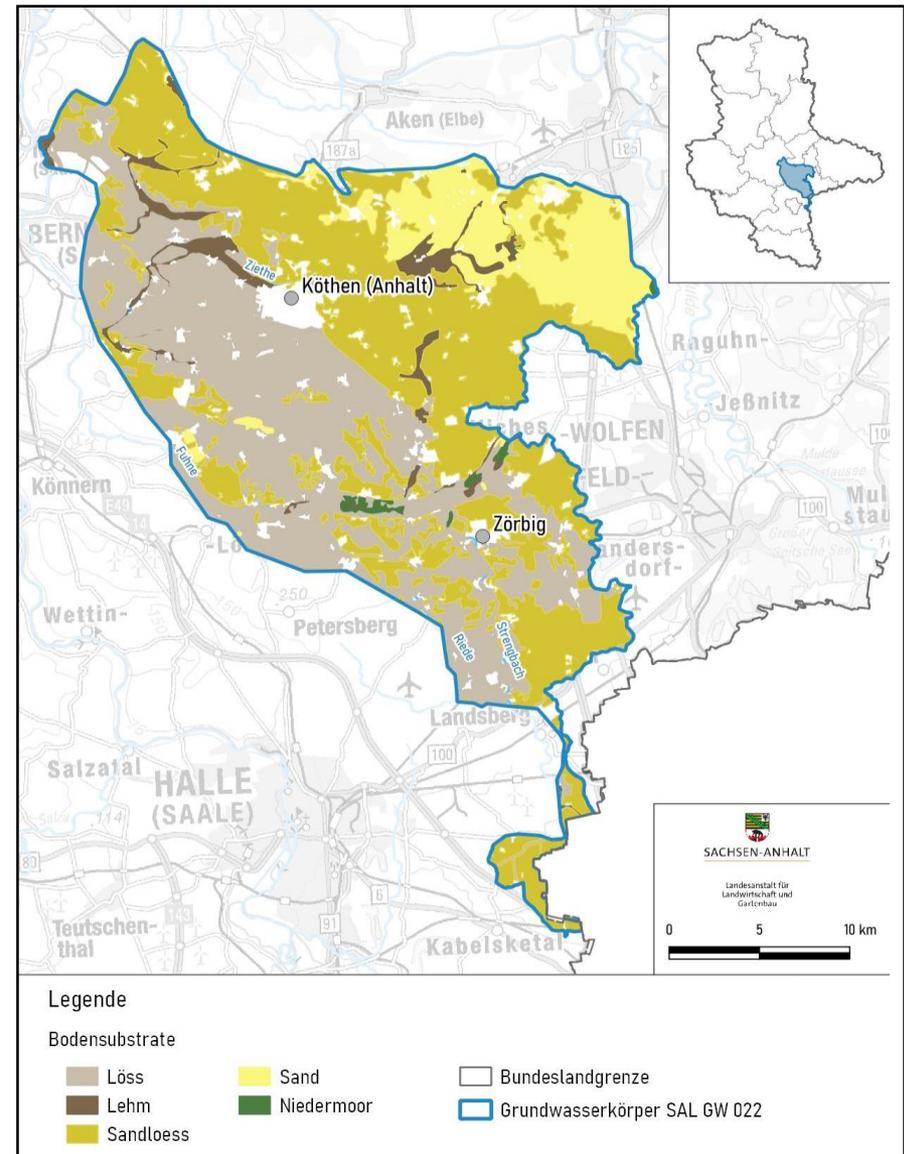




Modellregionen in Sachsen-Anhalt -Köthener Ackerland

- differenzierte Bodenverhältnisse
- Hauptbodensubstrate:
 - Sand, Lehm, Löß, Sandlöß
- sehr geringe Niederschläge (langjährig¹: 537 mm/Jahr)
- negative klimatische Wasserbilanz (langjährig¹: -129 mm/Jahr)

1: 1991-2020





Modellregionen in Sachsen-Anhalt

- Kooperationspartner und Laufzeit

▪ Querfurter Platte

- Laufzeit: 2016 bis 2019
- Kooperationspartner:
 - Privates Institut für Nachhaltige Landwirtschaftung GmbH (INL)
 - Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz (MISB)
 - Maschinenring Dienstleistungs GmbH Sachsen-Anhalt Süd
 - 12 Testbetriebe (12 Schläge/Betrieb)
- Kleineinzugsgebiet Bad Lauchstädt (ab 2021):
 - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ
 - GUBB Unternehmensberatung GmbH Halle

▪ Köthener Ackerland

- Laufzeit: ab Oktober 2021
- Kooperationspartner:
 - INL
 - MISB
 - Gesellschaft für Umweltsanierungstechnologien mbH (G.U.T.)
 - Landwirtschaftlicher Beratungsring Roßlau e.V.
 - Maschinenring Dienstleistungs GmbH Sachsen-Anhalt Süd
 - 12 Testbetriebe (12 Schläge/Betrieb)



Modellregionen in Sachsen-Anhalt -Untersuchungsprogramm

- **Bewirtschaftung**
(mind. 4 Jahre rückwirkend)
 - ✓ Fruchtarten, Düngung
 - ✓ N-Bilanzen (schlagbezogen)
 - ✓ N- und Humusbilanzen (REPRO)



- **Bodenuntersuchungen**
 - ✓ N_{\min} -Gehalte
 - ✓ Humusgehalte
 - ✓ leicht umsetzbare organische Bodensubstanz (N_{hwl} , C_{hwl})
 - ✓ Mineralisationspotential
 - ✓ Tiefenprofile (Nitratabbau)





Modellregionen in Sachsen-Anhalt -REPRO

- entwickelt von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Hülsbergen, 2003)
- dynamischer Ansatz, auch Berücksichtigung der Änderungen im Boden-N-Vorrat (Nettomineralisation bzw. Immobilisation)

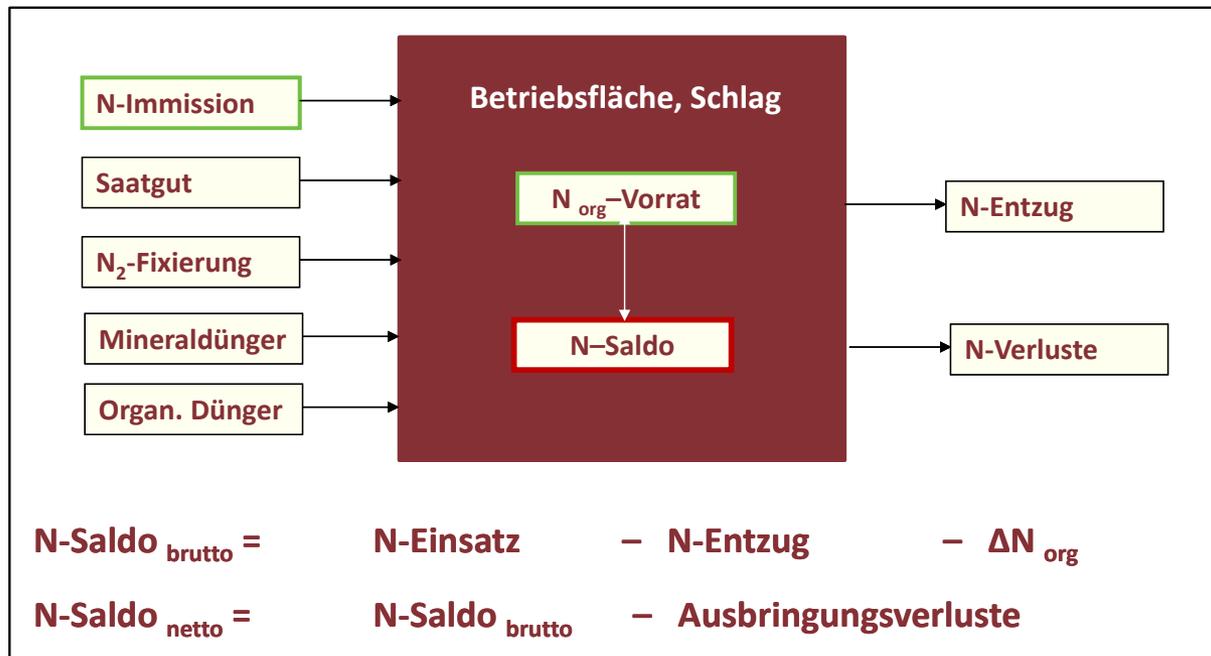


Abbildung: Schematische Darstellung der in die Stickstoffbilanzierung eingehenden Bilanzglieder nach REPRO



Modellregionen in Sachsen-Anhalt -REPRO

- entwickelt von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Hülsbergen, 2003)
- dynamischer Ansatz, auch Berücksichtigung der Änderungen im Boden-N-Vorrat (Nettomineralisation bzw. Immobilisation)

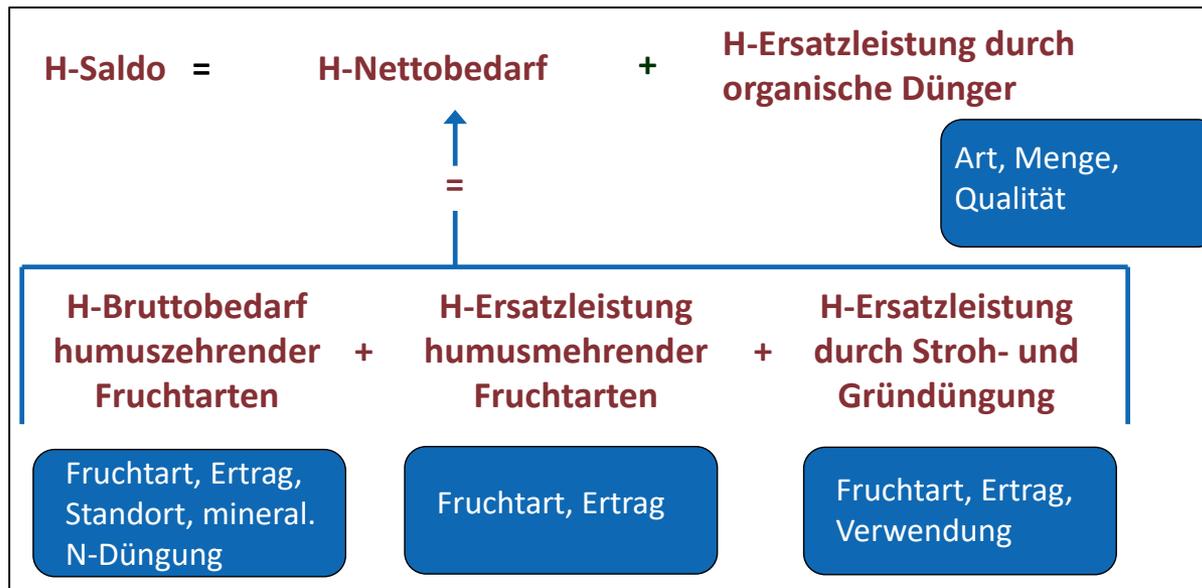


Abbildung: Schematische Darstellung der Bilanzglieder für die Humusbilanzierung nach REPRO



Ergebnisse des Monitorings

- Witterungsbedingungen

Tabelle: Niederschlag (N), Temperatur (T) und Klimatische Wasserbilanz (KWB) im Untersuchungszeitraum und im Vergleich zum Langjährigen Mittel (LJM) (1991-2020) an den Stationen Querfurt-Lodersleben und Köthen (Daten des DWD)

DWD Station Lodersleben						
Jahr	N (mm)	Differenz N zum LJM	KWB (mm)	Differenz KWB zum LJM (mm)	T (°C)	Differenz T zum LJM (°C)
2013	585,0	52,7	-18,9	69,6	8,4	-0,9
2014	541,2	8,9	-91,2	-2,7	10,1	0,8
2015	478,5	-53,8	-213,2	-124,7	9,9	0,6
2016	441,2	-91,1	-222,7	-134,2	9,7	0,4
2017	488,5	-43,8	-161,8	-73,3	9,6	0,3
2018	322,8	-209,5	-465,5	-377,0	10,4	1,1
2019	416,4	-115,9	-322,7	-234,2	10,4	1,1
2020	425,9	-106,4	-306,0	-217,5	10,5	1,2

DWD Station Köthen						
Jahr	N (mm)	Differenz N zum LJM (mm)	KWB (mm)	Differenz KWB zum LJM (mm)	T (°C)	Differenz T zum LJM (°C)
2021	588,3	51,3	-122,6	5,9	10,0	-0,1
2022	408,1	-128,9	-484,7	-356,2	11,3	1,1



Ergebnisse des Monitorings

- Erträge und N-Salden Querfurter Platte

Fruchtarten	Erträge 2013-2015	Erträge 2016-2018	N-Zufuhren 2013-2015	N-Zufuhren 2016-2018	N-Salden 2013-2015	N-Salden 2016-2018
Winterweizen	86,7	77,4	218,6	216,3	21,0	26,2
Wintergerste	81,4	81,7	203,9	198,5	43,6	38,7
Winterraps	43,5	35,5	262,0	242,4	61,7	87,1
Silomais	428,3	363,5	177,5	200,7	-4,2	51,4
Körnermais	118,7	84,2	251,1	275,4	22,8	82,8
Zuckerrüben	761,2	683,7	296,3	270,5	-30,0	-18,1
Kartoffeln	386,3	390,0	106,2	102,5	4,5	25,1
Sommergerste	58,2	60,2	95,7	90,8	-4,1	-13,1
Sommerweizen	62,0	54,5	188,5	196,5	65,2	57,2
Ackerbohnen	43,8	26,6	267,4	147,0	49,9	25,5
Erbsen	37,5	37,6	116,3	188,5	42,2	25,5
Luzerne	116,0	135,8	274,9	324,3	23,7	77,8
					<u>24,7</u>	<u>38,8</u>

Mittelwert N-Salden: 2013-2018: 32 kg N/ha

→ tolerierbarer Zielwert Gewässerschutz: 40 kg N/ha



Ergebnisse des Monitorings

- N-Salden Köthener Ackerland (144 Testschläge)

	N-Zufuhr ¹	N-Entzug	N-Saldo	NUE (%)
2018	158	91	67	62
2019	141	108	33	79
2020	155	126	29	82
2021	168	156	12	94
2022	86	129	-43	162
<u>Mittel 2018-2022</u>	<u>142</u>	<u>122</u>	<u>19</u>	<u>96</u>

¹Zufuhr über Dünger und legume N-Fixierung (Richtwerte LLG)

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



optimal:

- nicht unter 75 %
- nicht über 90 %



Ergebnisse des Monitorings

- Stickstoff-Bilanzglieder nach REPRO (2013-2018)

Querfurter Platte

	Testbetriebe (TB)								
	TB 1	TB 2	TB 3	TB 4	TB 5	TB 6	TB 7	TB 8	TB 9
N-Entzug (Gesamt)	215,1	188,1	189,0	179,9	186,6	187,0	213,4	188,1	178,6
Hauptprodukt	165,1	153,3	145,3	146,5	145,8	148,0	160,3	150,0	146,2
Nebenprodukt	50,0	34,8	43,7	33,4	40,8	39,1	53,1	38,1	32,4
N-Abfuhr (Ernteertrag)	162,7	153,5	149,6	142,0	137,6	142,8	157,2	144,3	140,1
N-Zufuhr	260,5	237,0	253,6	230,8	241,5	238,8	228,8	226,5	246,6
Immission	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Saatgut	2,6	2,3	2,2	3,0	2,0	2,4	2,7	2,4	1,8
Symbiotische N-Fix.	2,3	15,2	2,0	18,2	3,6	6,0	0,0	8,0	2,0
Mineraldünger	189,6	122,8	113,6	102,5	122,4	132,6	140,0	127,1	112,5
Organischer Dünger	55,0	85,6	124,9	96,1	102,5	86,8	75,1	78,0	119,4
Strohdüngung	36,8	23,4	20,0	12,6	27,5	24,9	28,2	25,2	26,0
Gründüngung	15,6	11,1	19,4	25,3	21,5	19,3	28,1	18,5	12,5
Stallmist	1,9	0,0	31,9	8,5	0,0	11,8	0,0	10,5	0,0
Gülle, Jauche	0,0	42,3	48,1	49,6	41,4	28,6	18,4	23,7	9,4
Sonst. Org. Dünger	0,7	8,8	5,5	0,1	12,1	2,2	0,5	0,0	71,4
Δ N Bodenvorrat	-9,3	-8,0	-6,5	-9,2	-9,3	-12,4	-24,3	-15,6	-2,5
N-Saldo (brutto)	54,8	57,0	71,1	60,1	64,2	64,1	39,7	54,1	70,5
NH ₃ -Verluste	10,4	7,4	16,9	8,3	8,1	8,5	8,1	11,7	10,5
N-Saldo (netto)	44,4	49,6	54,2	51,8	56,1	55,6	31,6	42,4	60,0



Ergebnisse des Monitorings

- Humus-Bilanzglieder nach REPRO (2013-2018) Querfurter Platte

	Testbetriebe (TB)								
	TB 1	TB 2	TB 3	TB 4	TB 5	TB 6	TB 7	TB 8	TB 9
Humusbedarf	-622	-572	-624	-589	-661	-592	-736	-661	-623
Humusmehrerleistung	5	31	5	66	14	16	12	21	7
Zufuhr org. Dünger	518	457	550	426	548	446	468	476	589
Strohdüngung	476	293	219	193	348	297	368	341	331
Gründüngung	32	26	46	61	53	45	67	40	31
Stallmist	9	0	172	46	0	64	0	57	0
Gülle	0	76	80	126	51	34	28	38	13
Sonstige org. Dünger	2	61	32	1	97	5	4	0	213
Humusersatzleistung	524	487	555	492	562	461	480	497	596
Humussaldo	-98	-85	-69	-97	-98	-130	-256	-164	-27

Humusreproduktionsleistung

Gründüngung < Stroh < Schweinegülle < Rindergülle < Frischmist < Gärprodukte
< Rottemist < Kompost

(Kolbe und Zimmer, 2015)



Ergebnisse des Monitorings

- Herbst-Nmin-Gehalte 2022 in Modellregionen

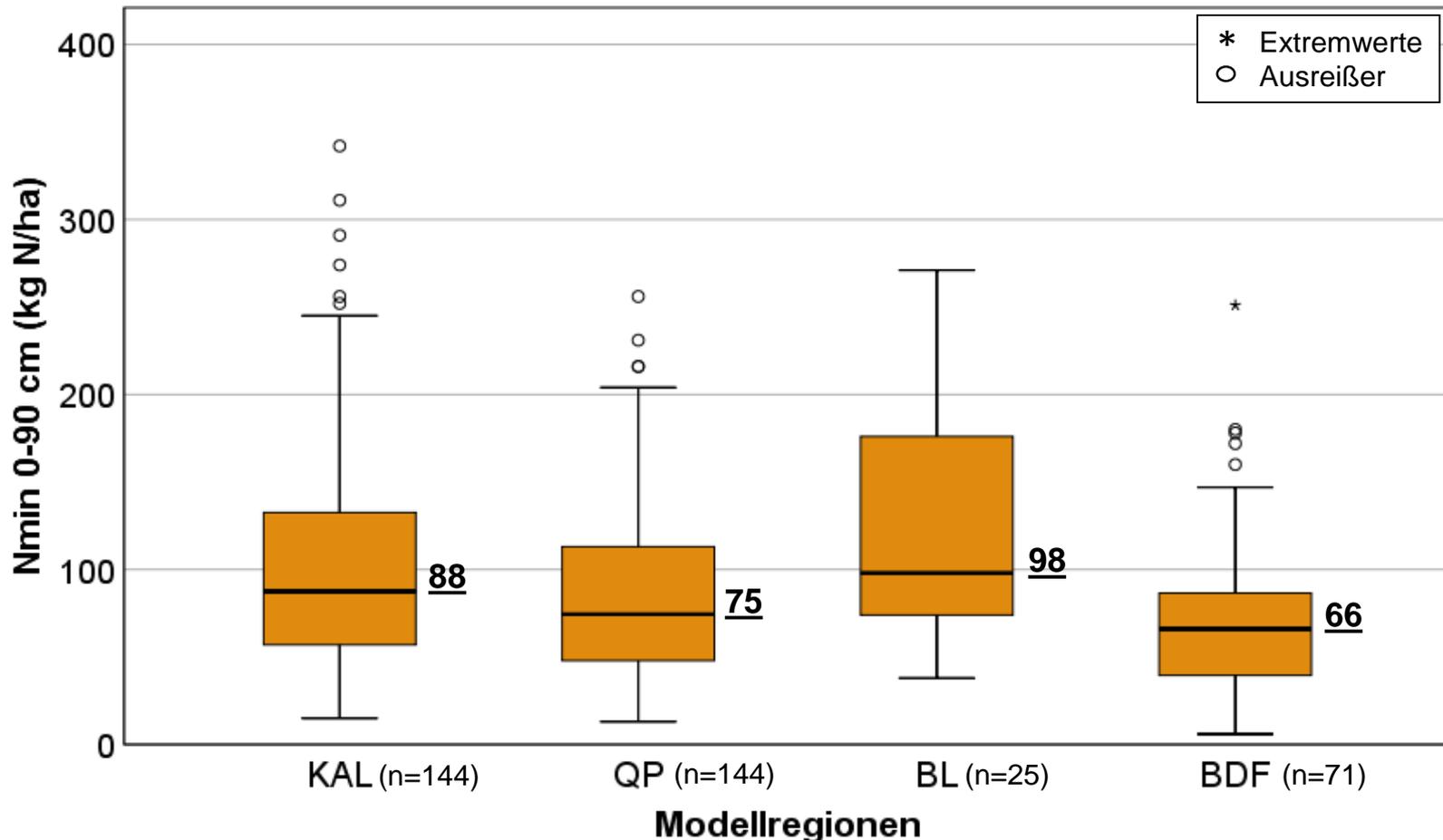


Abb.: Box-Plot-Darstellung mit Median, 25, 75 %-Quartil, Min, Max, Ausreißer und Extremwerte

KAL: Köthener Ackerland, QP: Querfurter Platte, BL: Kleineinzugsgebiet Bad Lauchstädt, BDF: Bodendauerbeobachtungsflächen ST



Ergebnisse des Monitorings

- Dynamik der N_{min}-Gehalte Querfurter Platte

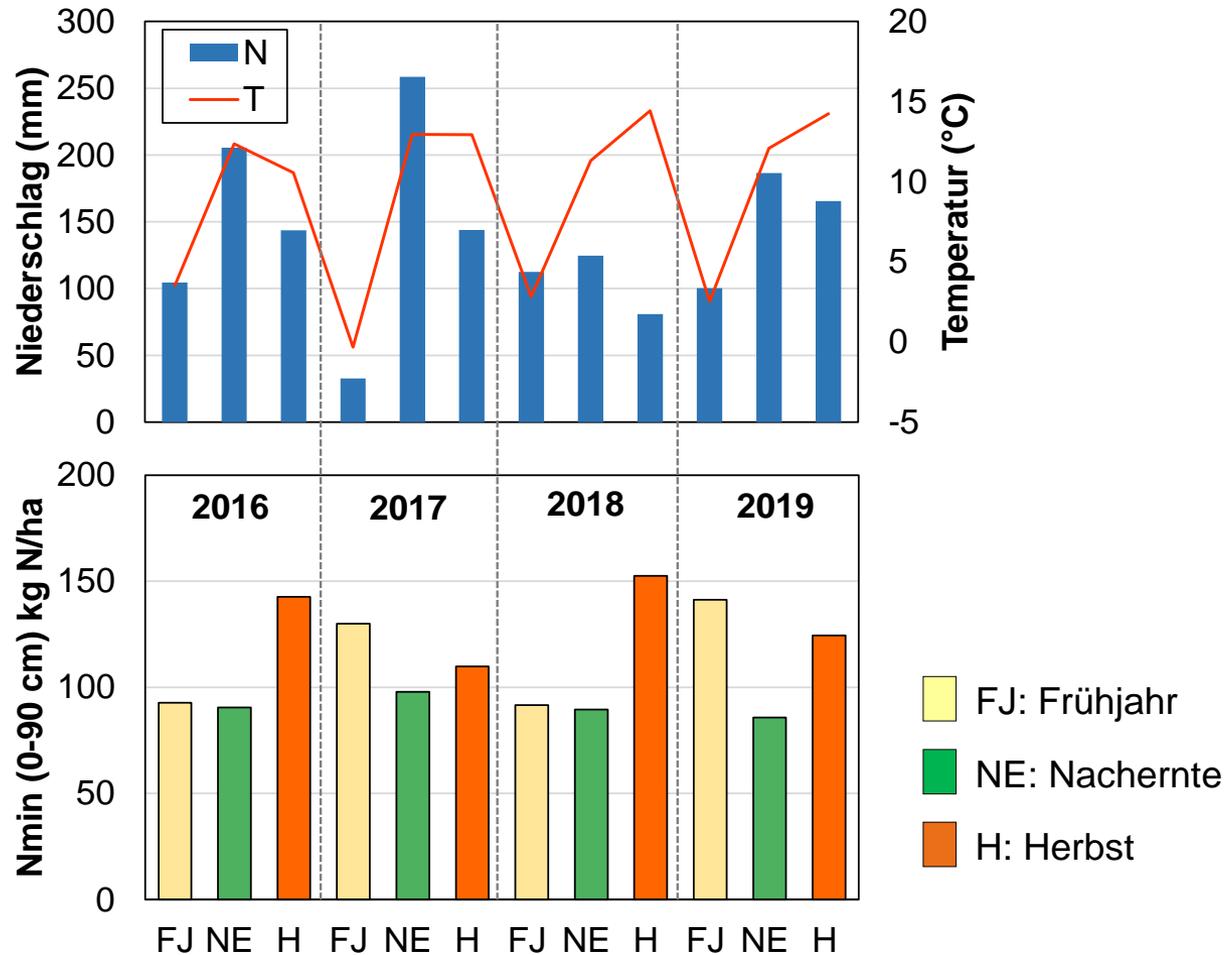


Abb.: Niederschlagssummen (N) und Durchschnittstemperaturen (T) zwischen den N_{min}-Probenahmeterminen sowie Mittelwerte der Frühjahrs(FJ)-, Nachernte(NE)- und Herbst(H)-N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Tiefe.



Ergebnisse des Monitorings

- Einflussfaktoren auf die Herbst-N_{min}-Gehalte Querfurter Platte

Tab.: Korrelationsfaktoren zwischen Bewirtschaftungsfaktoren und Bodeneigenschaften. Signifikante Korrelationen ($p < 0,001$) mit (**) gekennzeichnet.

Faktoren	Boden					
	Herbst-N _{min} (2016-2018)	OC	TOC _{hwI} (2018)	N _{hwI} (2018)	C/N	
Herbst-N _{min} (2016-2018)		,582(**)	,565(**)	,675(**)	-0,133	
Bewirtschaftung/Düngung	N-Saldo (2016-2018)	0,118	0,091	,254(**)	,254(**)	0,034
	N-Saldo (2013-2018)	0,094	0,079	0,174	,207(*)	-0,005
	Anteil organische Düngung (2016-2018)	,247(**)	0,068	0,112	,233(**)	-,398(**)
	Anteil organische Düngung (2013-2018)	0,105	0,043	0,139	,237(**)	-,319(**)
	organische N-Zufuhr (2016-2018)	0,101	-0,048	-0,065	0,026	-,308(**)
	organische N-Zufuhr (2013-2018)	-0,032	-0,136	0,006	0,096	-,352(**)
	Humus-Saldo (2013-2018)	,359(**)	,421 (**)	,278(**)	,415(**)	-0,111

OC: Organischer Kohlenstoff, TOC_{hwI}: heißwasserlöslicher organischer Kohlenstoff, N_{hwI}: heißwasserlöslicher Stickstoff



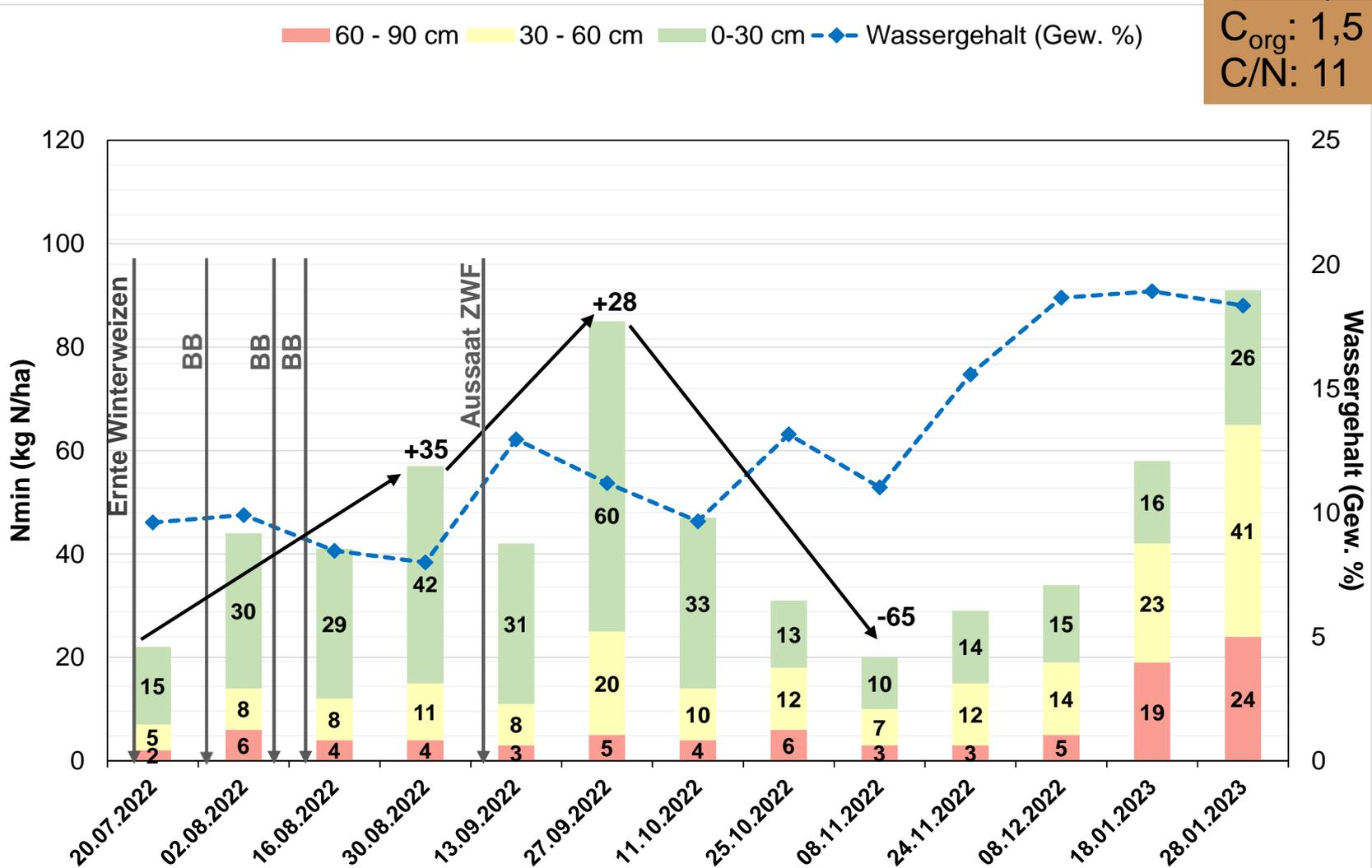
Ergebnisse des Monitorings

- Nmin-Intensivmessreihe Köthener Ackerland

Löß (L1Loe)

C_{org} : 1,5 %

C/N: 11





Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- hohes Niveau der Herbst- N_{\min} -Gehalte in Modellregionen nicht auf zu hohe N-Überschüsse aus der Düngung zurückzuführen sondern auf die standorttypische hohe N-Nachlieferung
- Einfluss mineralisationsrelevante Bodeneigenschaften, Bewirtschaftung (v.a. Nacherntemanagement)
- überwiegend Zufuhr organischer Dünger mit hohem N-Verlustpotential und geringem Beitrag zum Humusaufbau (Gülle, Gärreste)
- Maßnahmen zur Reduzierung der Nitrataustragsgefährdung:
 - ✓ Gestaltung Nacherntemanagement (Erntetermin, Bodenbearbeitung, Aussattermin, etc.)
 - ✓ N-Freisetzung in Zeiträumen ohne Pflanzenbewuchs so gering wie möglich halten
 - ✓ Zufuhr organische Dünger mit weitem C/N (z.B. Stroh) und einer höheren Humuswirkung (z.B. Stallmist, Kompost)
 - ✓ reduzierte Bodenbearbeitung
 - ✓ Vermeidung von Brachen (Zwischenfrüchte, Fruchtfolge, etc.)



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !**