

LfULG Fachtagung ,60 Jahre Dauerversuch L28'
Klipphausen OT Groitzsch, 09. Juli 2026

Teil I

Agronomische Stickstoffeffizienz von Silomais: Ergebnisse aus dem DFV M4 Groß Kreutz (2001-2023)

Jörg Zimmer & Thomas Grimm



Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und
Flurneuordnung Brandenburg



Evaluierung der Düngeverordnung - Erkenntnisse zu Maßnahmenwirkungen und Handlungsempfehlungen für mögliche Verbesserungen

Gemeinsamer Bericht des Julius Kühn-Instituts sowie des Johann Heinrich von Thünen-Instituts im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft.

Burkhard Steyer-Schoo, Mona Dieser, Annett Gummert, Henrike Mielenz, Steffen Zieseniß
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, 38116 Braunschweig

Philipp Löw, Maximilian Zinnbauer, Christine Krämer
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen, 38116 Braunschweig

Braunschweig, Dezember 2024

S. 3:

„Empfehlungen im Bereich Düngebedarfsermittlung:

- Flächendeckende Einführung einer verpflichtenden Nmin-Beprobung für jeden Schlag oder jede Bewirtschaftungseinheit zur gezielten Ermittlung des Düngebedarfs im Frühjahr sowie nach der Ernte zu Herbstdüngungsmaßnahmen,
- Prüfung und ggf. Anpassung der N-Bedarfswerte unter Veröffentlichung des dabei angewendeten Vorgehens und der entsprechenden Datenquellen,
- Prüfung und ggf. Anpassung der Annahmen zur N-Nachlieferung aus Vorfrucht und Zwischenfrüchten unter Veröffentlichung des dabei angewendeten Vorgehens und der entsprechenden Datenquellen,
- Prüfung und ggf. Anpassung der Annahmen zur N-Nachlieferung aus dem Boden,
- Prüfung der Anrechnungsfaktoren aus Wirtschaftsdüngern.„

Agronomische Stickstoffeffizienz von Silomais im DFV M4, Groß Kreutz

$${}_a\text{N}_{\text{Eff}} \text{ Silomais} = \frac{(\text{N}_{\text{Ab}} - \text{N}_{\text{ZusQ}} \pm \text{N}_{\text{BoÄ}})}{(\text{N}_{\text{ZuMD}} + \text{N}_{\text{ZuOD}})} * 100$$

Symbol	Einheit	Bezeichnung
${}_a\text{N}_{\text{Eff}}$	%	Agronomische N-Effizienz (von Silomais)
N_{Ab}	$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$	N-Abfuhr mit Silomais-Ganzpflanze
N_{ZusQ}	$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$	N-Zufuhr aus sonstigen Quellen (Ohne Düngung/Nullvariante: N-Abfuhr $\pm$ Änderungen im N-Bodenvorrat ¹)
$\text{N}_{\text{BoÄ}}$	$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$	Änderungen im N-Bodenvorrat ¹
N_{ZuMD}	$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$	N-Zufuhr mit Mineraldüngung zu Silomais lt. Versuchsdesign
N_{ZuOD}	$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$	N-Zufuhr mit Rinderdung zu Silomais lt. Versuchsdesign, korrigiert entsprechend der Ertragswirkung bei Silomais und der Folgefrucht Winterroggen

¹ 0-30 cm

${}_a\text{N}_{\text{Eff}} \text{ SM \%}$ = Anteil der Stickstoffdüngung zu Silomais, der sich im System Silomais-Boden wiederfindet

Vortragsgliederung

- **Einleitung**



- **DFV M4 Groß Kreutz**

- **Standort**
- **Versuchsdesign**

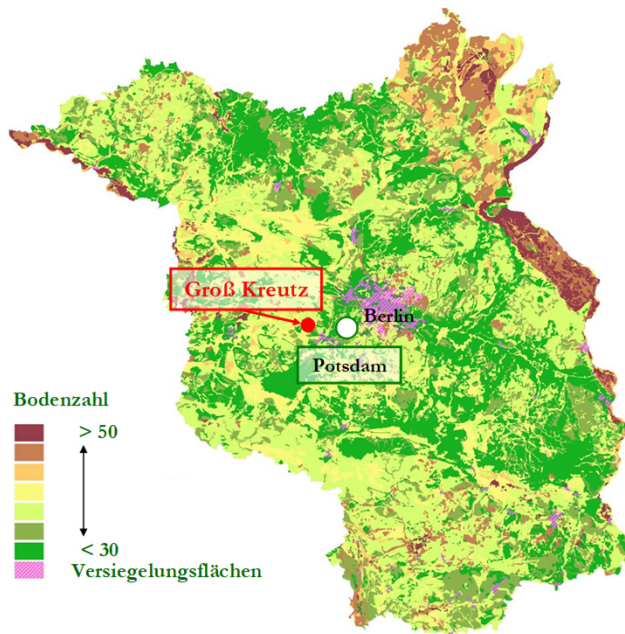
- **Methodisches Vorgehen**

- **Ergebnisse**

- **Ertrag, N-Abfuhr, N-Zufuhr aus sonstigen Quellen**
- **Korrektur der N-Zufuhr mit Stalldung**
- **Änderung im N-Vorrat des Oberbodens (0-30 cm)**
- = Agronomische N-Effizienz (2001-2023)**

- **Fazit**

DFV M4 Groß Kreutz – Standort



Kühn & Bauriegel: Standorteignung der Böden im Land Brandenburg (LGBR, 2007)



Bildquelle: Zimmer (2004)

Geologie (Kühn & Bauriegel 2009):

Nördlicher Teil des Glindower Plateaus im Landschaftsraum der Mittelbrandenburgischen Plateaus und Niederungen / Typisch sind Decksande über Geschiebemergel

Höhenlage: 42 m NN Grundwasserstand: > 20 m

Klima (Chmielewski 2008):

Feucht-temperiertes westeuropäisches Klima mit ostwärts zunehmend kontinentaler Ausprägung

Boden-Klima-Raum (Roßberg et al. 2007):

Trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes

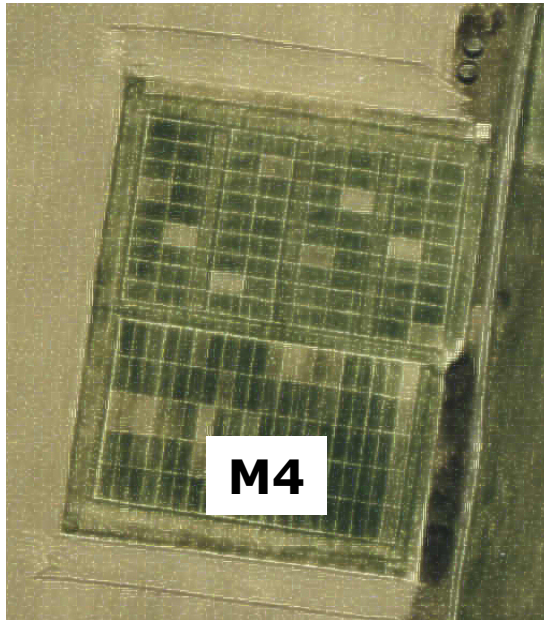
Bodeneigenschaften (Kühn & Hannemann 2005):

Fahlerde aus Sand (Geschiebedecksand) über Lehm (Geschiebemergel)

BAU: Su4, BG: 2 (I'S) / 6 % Ton, 44 % Schluff, 50 % Sand

Standortrepräsentanz Brandenburg:

~ 300.000 ha



Bildquelle: LELF (2004) - Luftbild F. Nr.: C20-02, Bild Nr.: 1666 des LGB Brandenburg

Wiederholung																								
A					B					C					D									
a _{5,1}	a _{5,2}	a _{5,3}	a _{5,4}	a _{5,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{3,1}	a _{3,2}	a _{3,3}	a _{3,4}	a _{3,5}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{2,1}	a _{2,2}	a _{2,3}	a _{2,4}	a _{2,5}
Block 5					Block 10					Block 3					Block 8									
a _{4,1}	a _{4,2}	a _{4,3}	a _{4,4}	a _{4,5}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{4,2}	a _{4,2}	a _{4,2}	a _{4,2}	a _{4,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}	a _{2,2}
Block 4					Block 9					Block 2					Block 7									
a _{3,1}	a _{3,2}	a _{3,3}	a _{3,4}	a _{3,5}	a _{2,3}	a _{2,3}	a _{2,3}	a _{2,3}	a _{2,3}	a _{1,5}	a _{1,5}	a _{1,5}	a _{1,5}	a _{1,5}	a _{5,1}	a _{5,1}	a _{5,1}	a _{5,1}	a _{5,1}	a _{2,1}	a _{2,1}	a _{2,1}	a _{2,1}	a _{2,1}
Block 3					Block 8					Block 1					Block 6									
a _{2,1}	a _{2,2}	a _{2,3}	a _{2,4}	a _{2,5}	a _{1,2}	a _{1,2}	a _{1,2}	a _{1,2}	a _{1,2}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{4,3}	a _{5,5}	a _{5,5}	a _{5,5}	a _{5,5}	a _{5,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}	a _{4,5}
Block 2					Block 7					Block 4					Block 10									
a _{1,1}	a _{1,2}	a _{1,3}	a _{1,4}	a _{1,5}	a _{3,1}	a _{3,1}	a _{3,1}	a _{3,1}	a _{3,1}	a _{5,3}	a _{5,3}	a _{5,3}	a _{5,3}	a _{5,3}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{2,4}	a _{4,4}	a _{4,4}	a _{4,4}	a _{4,4}	a _{4,4}
Block 1					Block 6					Block 5					Block 9									

Versuchsbeginn: 1967

Fruchtfolge: Silomais (bis 1993 Kartoffeln)
Winterroggen (bis 2000 Winterweizen)
Silomais (bis 1991 Zuckerrüben)
Winterroggen (bis 1998 Sommergerste)

Versuchsanlage: Zweisatzgitter mit doppelter Anlage des Strukturplans und vier Wiederholungen

Prüffaktor A: Rinderdung-N (0-200 kg ha⁻¹a⁻¹ N)
100 % zu Silomais

Prüffaktor B: Mineral-N (KAS, 0-200 kg ha⁻¹a⁻¹ N)
60 % zu Silomais, 40 % zu WiRoggen

Prüfglieder: 25

Prüfmerkmale¹:

- Ertrag (HP, NP), Nährstoffabfuhr (N, P, K)
- Boden (C_t, N_t, P_{DL}, K_{DL}, pH-Wert)

Bewirtschaftung:

- ortsüblich, Bodenbearbeitung mit Pflug
- 27.08.1979: Ackerkrumenvertiefung (von 25 auf 30 cm)

¹ bis 1990 jeweiliger DDR-Methodenstandard (Institut für Düngungsforschung der AdL Potsdam), ab 1995 VDLUFA-Methodenstandard

1. Ermittlung von N-Ertragswirkung und -Abfuhr mit Silomais (2001-2023)

a) Auswertung Gesamtversuch ($n_{AJ} = 12$, $N = 1.200$)

Varianzanalyse

- Versuchsanlage: Zweisatzgitter (**kleinräumige Bodenunterschiede werden ,herausgerechnet‘**)
- Fixe Effekte: Rinderdung-N, Mineral-N
- Zufälliger Effekt: Jahre (**Jahreseffekte werden ,herausgerechnet‘**)

b) Auswertung mit steigender alleiniger mineralischer und steigender alleiniger organischer N-Düngung mit Rinderdung

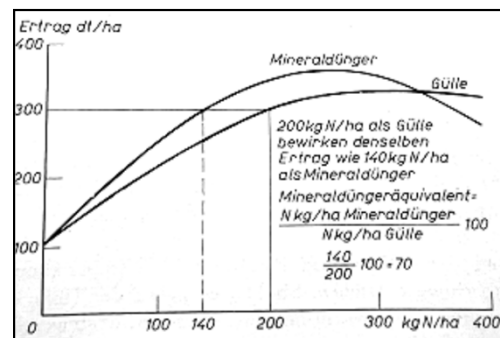
Regressionsanalyse (jeweils $n_{AJ} = 12$, $n_{MWadj} = 5$, $N = 60$)

- **Kandidatenliste: 15 Regressionsfunktionen** (best fit anhand AIC)

2. Ableitung des N-Mineraldüngeräquivalents (N-MDÄ) von Rinderdung zur Korrektur der N-Zufuhr mit Rinderdung



Koriath et al. (1975)



Das Stickstoff-Mineraldüngeräquivalent gibt an, mit welcher Stickstoffmenge eines ausgebrachten Mineraldüngers der gleiche Pflanzenertrag wie mit einem eingesetzten organischen Dünger erzielt wird (Beer et al. 1990) und wurde erstmals von Koriath et al. (1975) für Rindergülle publiziert.

3. Schätzung der N_t -Vorratsänderungen im Oberboden für den aktuellen Auswertungszeitraum 2001-2023

a) aus den Zeitreihen der N_t -Vorräte von 1967-2024 ($n_{BU} = 26$)

b) aus den Zeitreihen der N_t -Vorräte von 2002-2024 ($n_{BU} = 11$)

Jeweils separate Auswertung der Düngungsvarianten

- Bodenuntersuchung

- Mischprobenahme der Wiederholungen (1967-1994, 2002)
- Parzellenprobenahme (1998, 2004-2024)
- Berücksichtigung Ackerkrumenvertiefung 1979/80 (Zimmer et al. 2013)

- N -Vorrat = N_t -Gehalt * TRD

- $TRD = 1,1735 + 0,5093 * e^{(-0,3234 * C_t\text{-Gehalt})}$

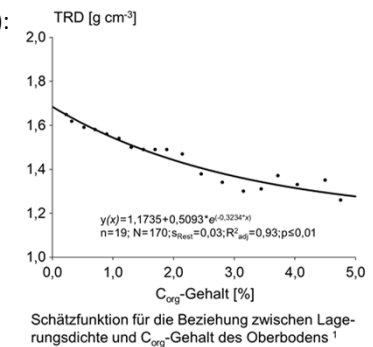
- Zeitreihenglättung (Ležovič 1998)

- Regressionsanalyse (siehe 1. b)

4. Software

- SAS 9.4 (© SAS Institute Inc., Cary, USA, 2016)
- Statistica 14.0.1.25 (© TIBCO Software Inc., 2020, <http://tibco.com>)

Zimmer J. & A. Bauriegel (2022):



Silomaisertrag im DFV M4 (2001-2023, MW_{adj} , dt ha⁻¹a⁻¹ TM, $n_{AJ}=12$, $N=1.200$)¹

N-Düngung zu Silomais					
Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]	Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]				
	0	60	120	180	240
0	73 ^a	114 ^{bc}	130 ^{dfgo}	126 ^{cfklm}	130 ^{dfp}
100	103 ^b	128 ^{dfno}	136 ^{dfop}	136 ^{dfop}	139 ^{fop}
200	121 ^{cde}	139 ^{gkpqr}	142 ^{ilnpst}	138 ^{hop}	145 ^{or}
300	126 ^{cfghij}	139 ^{gkpqr}	142 ^{lnpst}	138 ^{ehop}	143 ^{moqt}
400	134 ^{fop}	140 ^{gkpqr}	142 ^{ilnpst}	140 ^{hop}	143 ^{jmoqt}

¹ N-Düngungskombinationen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Tukey-Test nicht signifikant ($p \leq 0,05$); $GD_{5\%} = 5,7-17,0$ dt ha⁻¹ TM; $s_{Rest}\% = 5,9-18,9$;

Ertragsoptimum:

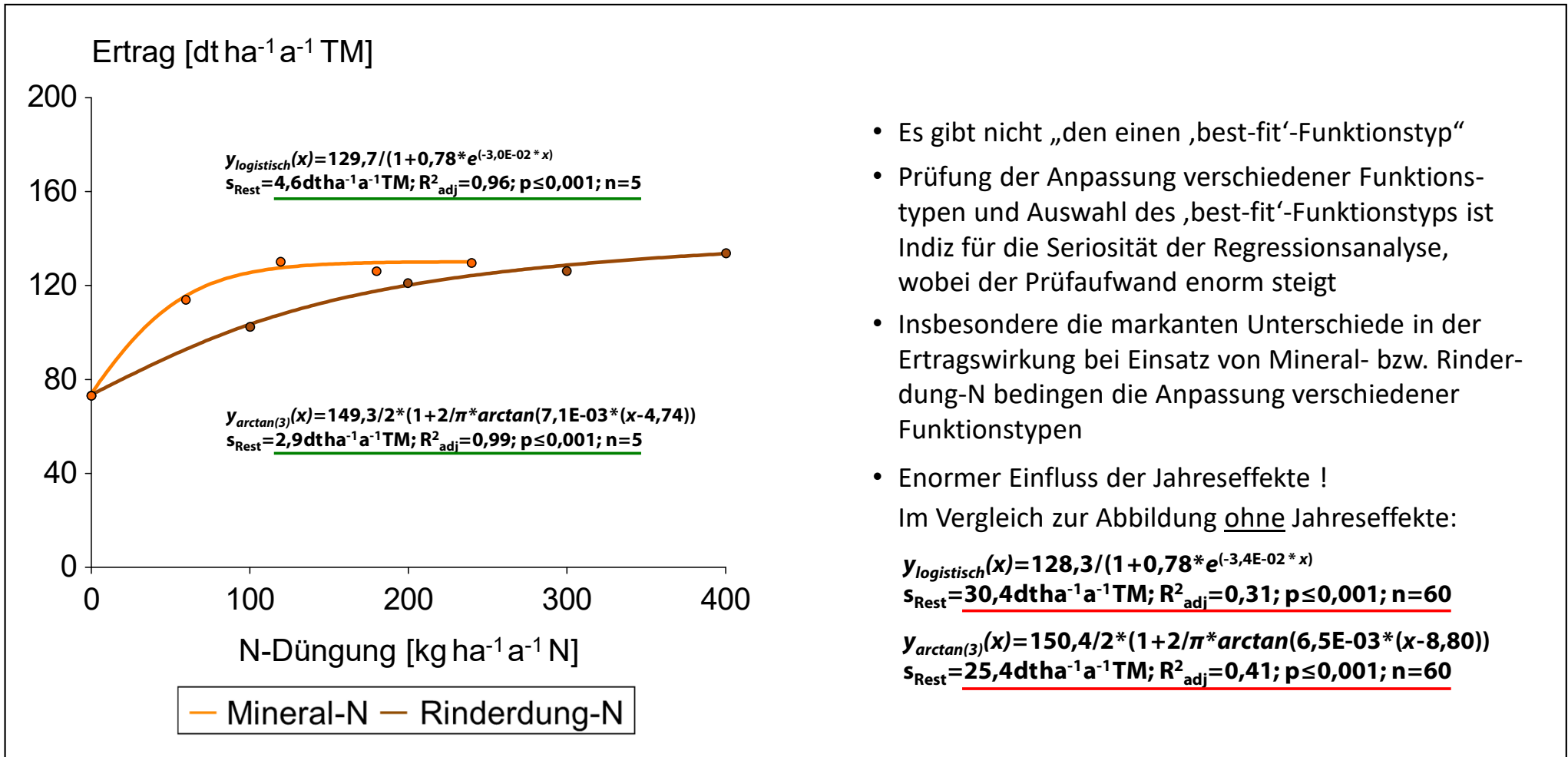
- bei 120 kg ha⁻¹a⁻¹ Mineral-N
- bei 400 kg ha⁻¹a⁻¹ Stalldung-N
- bei 60/120 kg ha⁻¹a⁻¹ Mineral-N + 100/200 kg ha⁻¹a⁻¹ Stalldung-N

Stalldung-MDÄ:

- ?

N-Bedarfswert DüV: 200 kg ha⁻¹a⁻¹ N ?

Langjährige Ertragswirkung von jeweils alleiniger mineralischer und organischer N-Düngung mit Rinderdung bei Silomais (DFV M4, 2001-2023, MW_{adj})



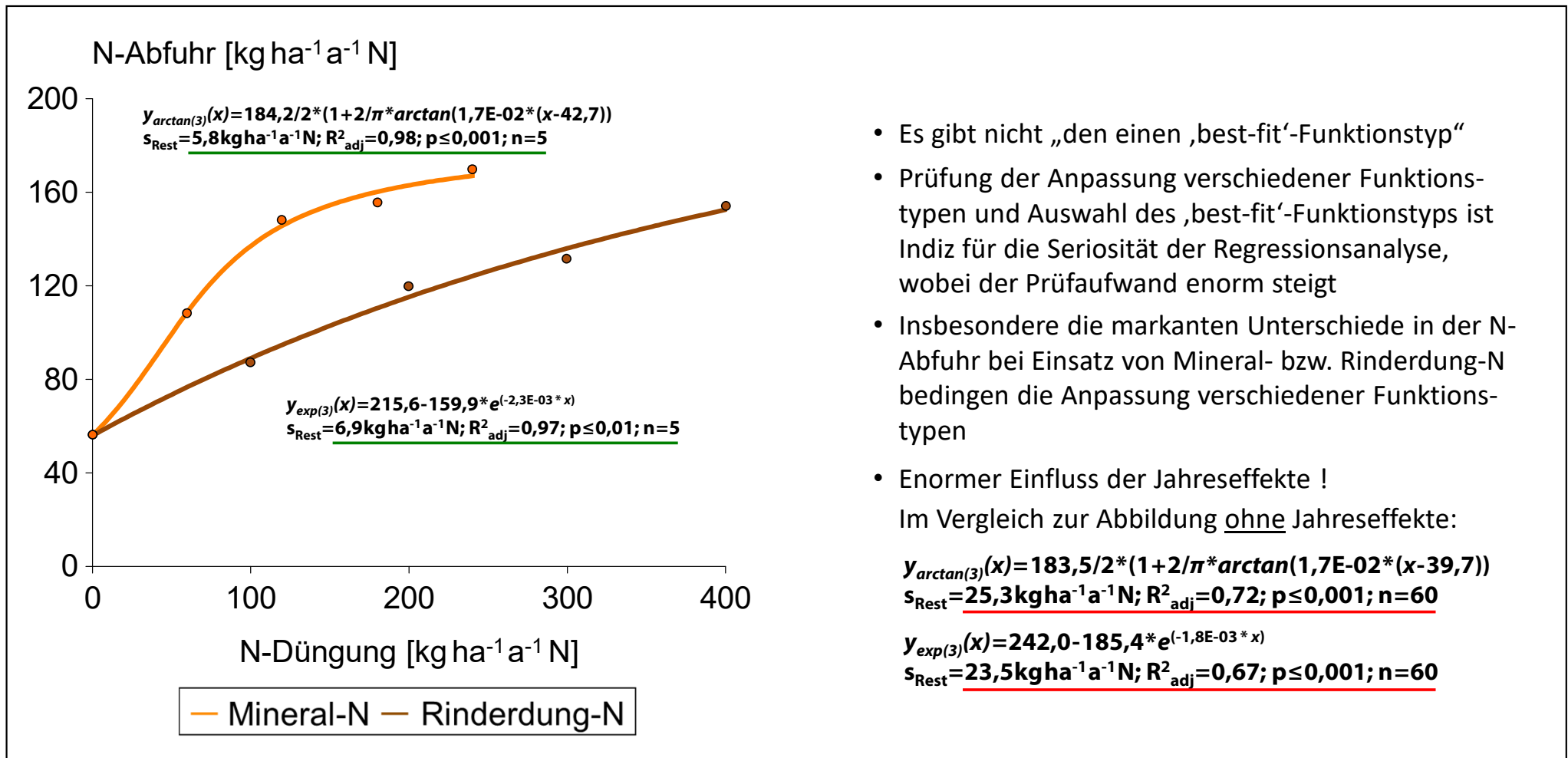
N-Abfuhr mit Silomais im DFV M4 (2001-2023, MW_{adj} , $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ N, $n_{AJ}=12$, $N=1.200$)¹

N-Düngung zu Silomais					
Stalldung-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ N]	Mineral-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ N]				
	0	60	120	180	240
0	56 ^a	108 ^{bc}	148 ^{eh}	156 ^{ghi}	170 ^{hm}
100	87 ^b	134 ^{deg}	161 ^{hij}	176 ^{jkmn}	188 ^{lno}
200	120 ^{cd}	155 ^{fhk}	180 ^{mo}	185 ^{mop}	198 ^{nop}
300	131 ^{cef}	167 ^{hlm}	183 ^{mop}	190 ^{mop}	201 ^{op}
400	154 ^{ghij}	173 ^{ilm}	190 ^{mop}	199 ^{op}	206 ^p

¹ N-Düngungskombinationen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Tukey-Test nicht signifikant ($p \leq 0,05$); $GD_{5\%}$: 16,0-24,1 $\text{kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$; $s_{Rest}\%$ = 5,4-17,0

- **N-Abfuhr ohne Düngung = 56 $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ N**
- **Steigende N-Düngung führt zu höheren N-Abfuhr auch oberhalb des Ertragsoptimums**

Langjährige N-Abfuhr mit Silomais bei jeweils alleiniger mineralischer und organischer N-Düngung mit Rinderdung (DFV M4, 2001-2023, MW_{adj})



N-Abfuhr und N-Gehalt mit/im Silomais (DFV M4, 2001-2023, MW_{adj} in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ bzw. MW in $\text{kg N dt-Silomais-FM}$ bei 28 % TS, $n_{AJ}=12$, $N=1.200$)¹

N-Düngung zu Silomais					
Stalldung-N [$\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$]	Mineral-N [$\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$]				
	0	60	120	180	240
0	56 ^a	108 ^{bc}	0,32 148 ^{eh}	156 ^{ghi}	0,37 170 ^{hm}
100	87 ^b	134 ^{deg}	0,33 161 ^{hij}	176 ^{jkmn}	188 ^{lno}
200	120 ^{cd}	0,31 155 ^{fhk}	180 ^{mo}	185 ^{mop}	198 ^{nop}
300	131 ^{cef}	167 ^{hlm}	183 ^{mop}	190 ^{mop}	201 ^{op}
400	0,32 154 ^{ghij}	173 ^{ilm}	190 ^{mop}	199 ^{op}	0,40 206 ^p

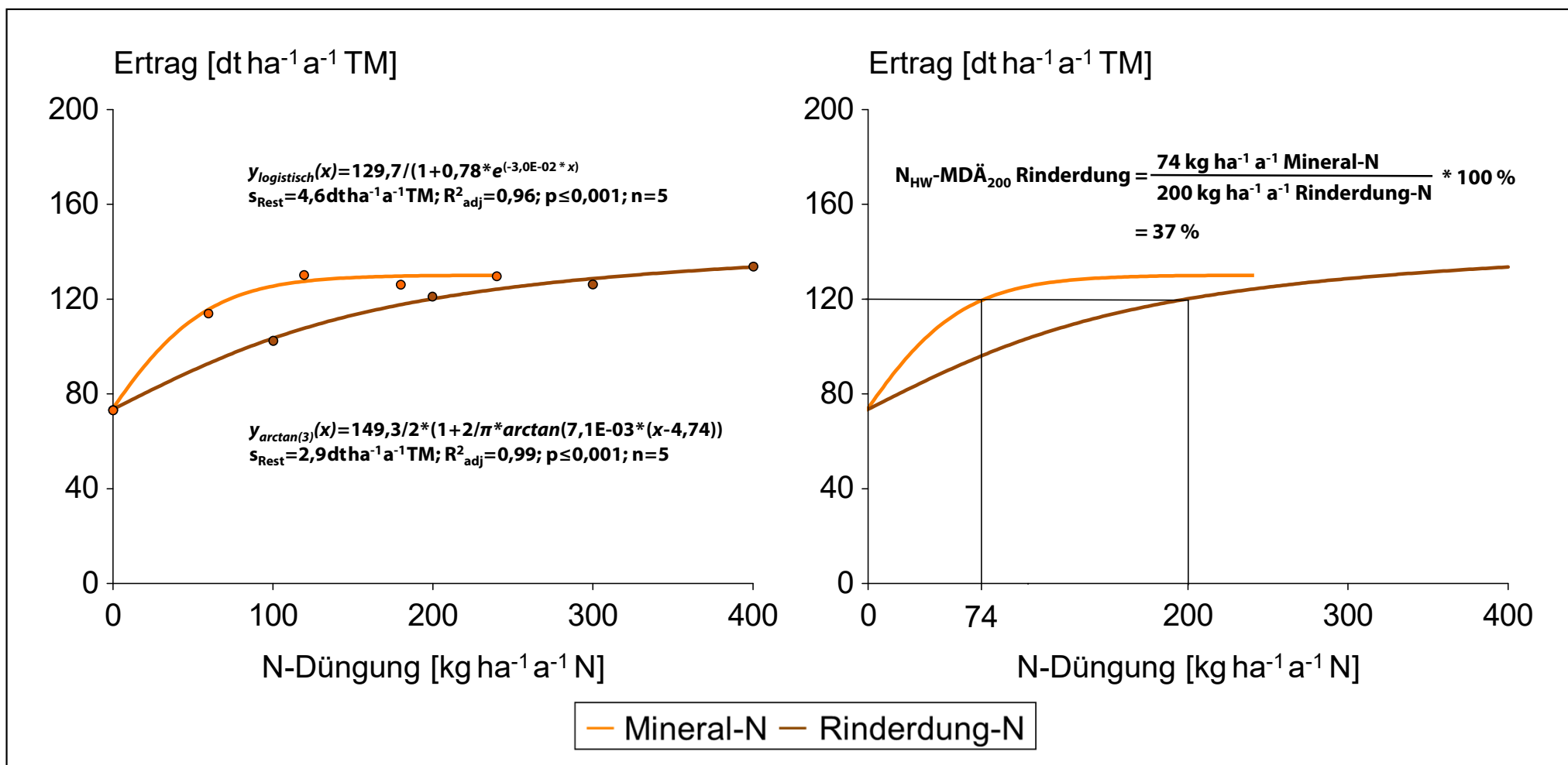
¹ N-Düngungskombinationen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Tukey-Test nicht signifikant ($p \leq 0,05$); $GD_{5\%}$: 16,0-24,1 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$; $s_{Rest}\%$ = 5,4-17,0

Mittlerer IST-N-Gehalt im Ertragsoptimum: 0,32 kg N je dt Silomais-FM (28 % TS)

Richtwert DüV: 0,38 kg N je dt Silomais-FM (28 % TS)

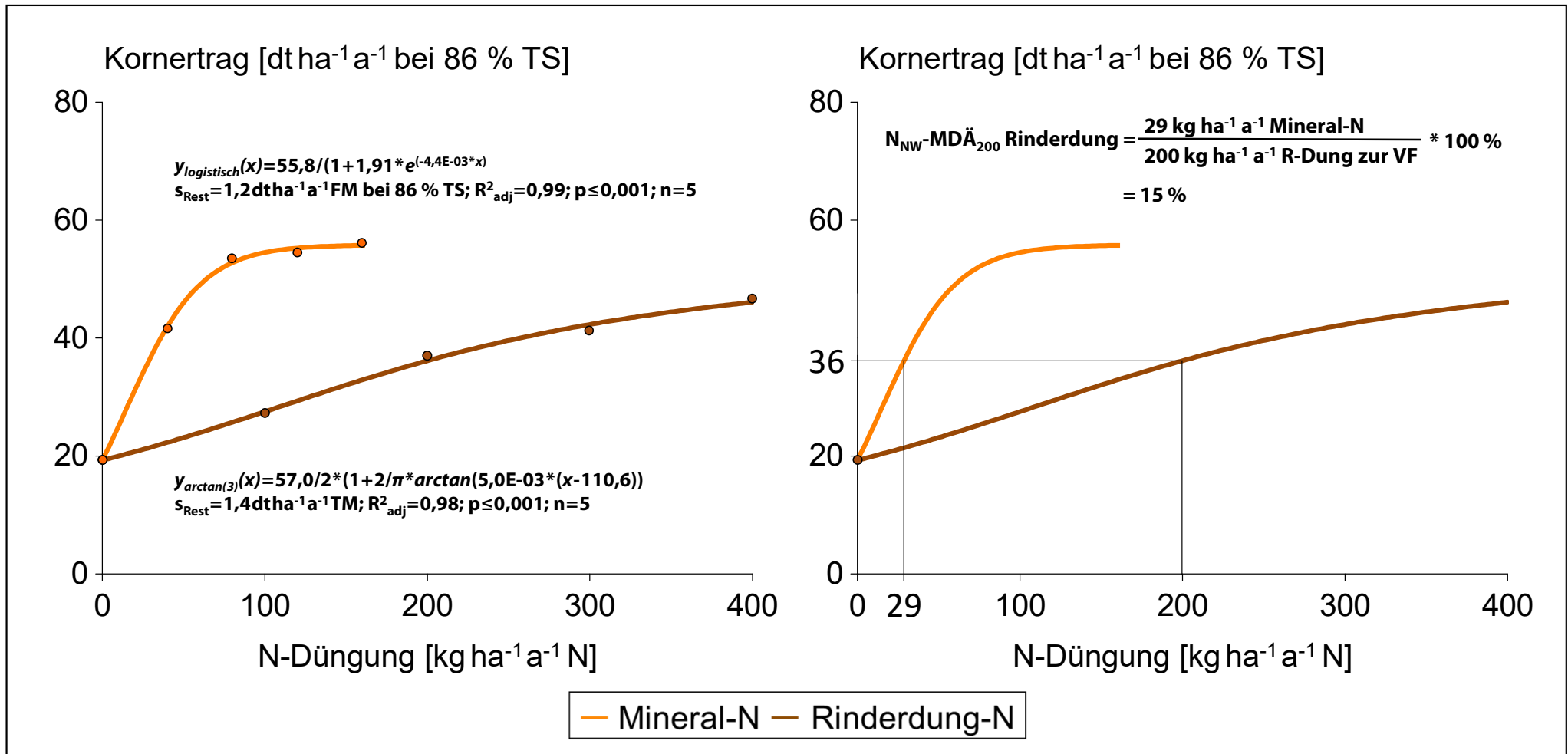
Fehlbetrag N-Abfuhr bei Richtwertgebrauch für 450 dt Silomais-FM (28 % TS): 27 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$

Ertragswirkung von jeweils steigender alleiniger mineralischer und organischer N-Düngung mit Rinderdung zu Silomais sowie Ableitung des N_{HW} -MDÄ₂₀₀ von Rinderdung (DFV M4, 2001-2023)¹



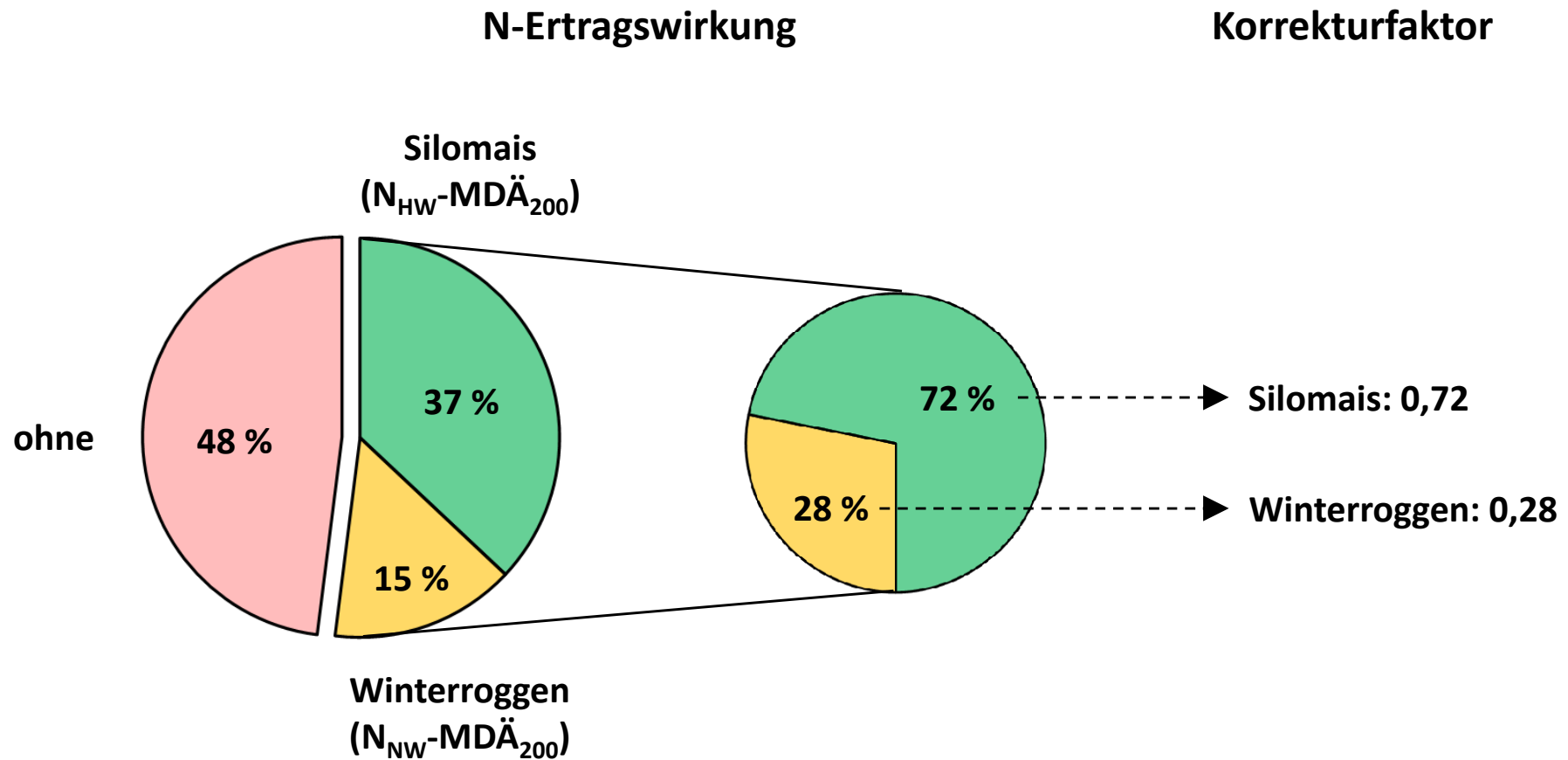
¹ Ausbringung von Rinderdung zu Silomais im Silomais-Winterroggen-Fruchtwechsel, Anbaujahre = 12, $n_{MW\text{adj}} = 5$, $N = 240$, Standard-N-MDÄ bei $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Rinderdung-N (nach Koriath, 1975)

Ertragswirkung von jeweils steigender alleiniger mineralischer N-Düngung zu Winterroggen und organischer N-Düngung mit Rinderdung zur Vorfrucht Silomais sowie Ableitung des N_{NW} -MDÄ₂₀₀ von Rinderdung (DFV M4, 2002-2024)¹

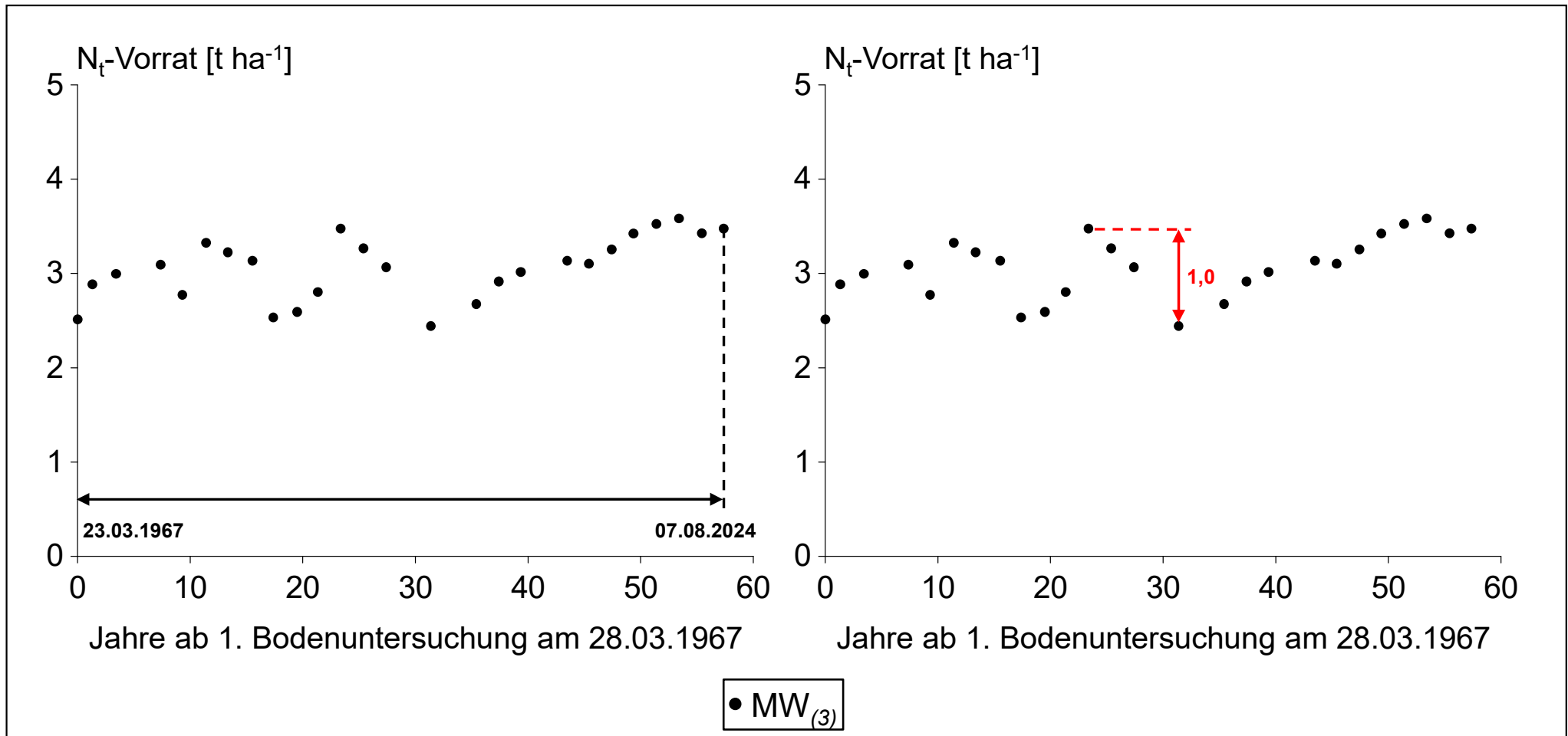


¹ Ausbringung von Rinderdung zu Silomais im Silomais-Winterroggen-Fruchtwechsel, Anbaujahre = 12, $n_{MW\text{adj}} = 5$, $N = 240$, Standard-N-MDÄ bei $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Rinderdung-N (nach Koriath, 1975)

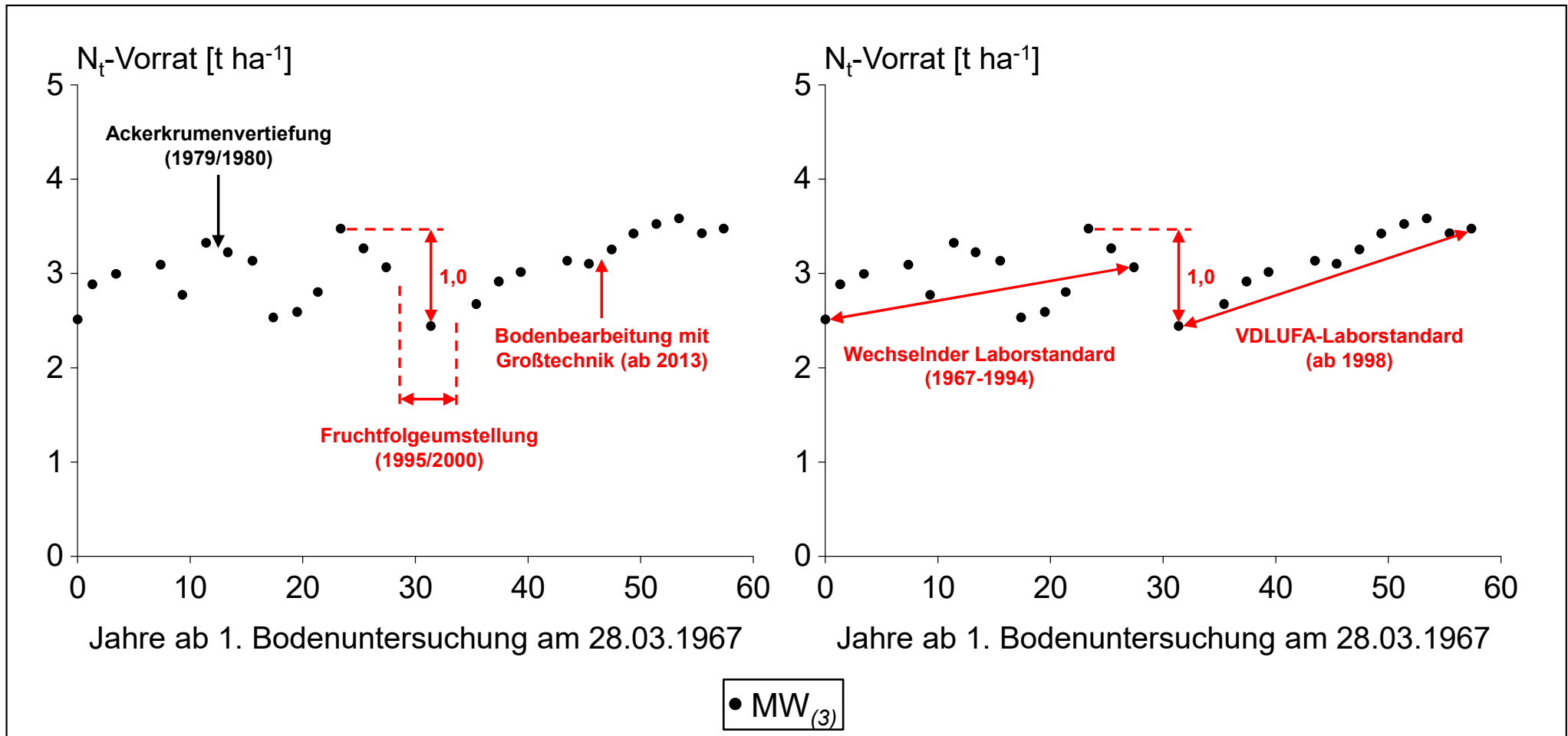
Ermittlung des Korrekturfaktors für die N-Zufuhr mit Rinderdung zu Silomais im DFV M4 (2001-2023)



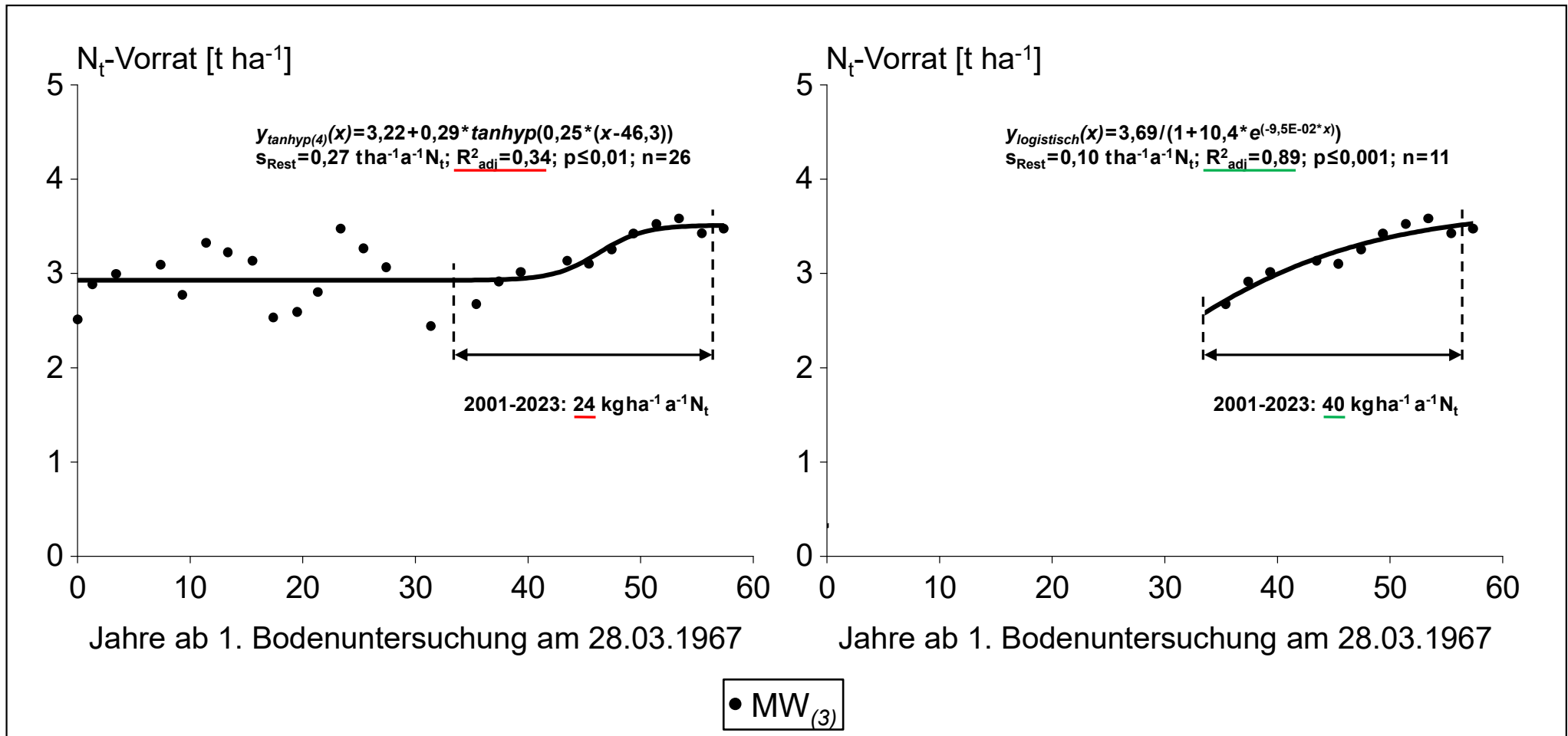
Ableitung der Änderungen im N_t -Bodenvorrat des Oberbodens (0-30 cm) für den Zeitraum 2001-2023 am Beispiel der Düngungsvariante 120 kg ha⁻¹ a⁻¹ Mineral-N + 50 kg ha⁻¹ a⁻¹ Rinderdung-N (DFV M4, 1967-2024)¹



Ableitung der Änderungen im N_t -Bodenvorrat des Oberbodens (0-30 cm) für den Zeitraum 2001-2023 am Beispiel der Düngungsvariante $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Mineral-N + $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Rinderdung-N (DFV M4, 1967-2024)¹



Ableitung der Änderungen im N_t -Bodenvorrat des Oberbodens (0-30 cm) für den Zeitraum 2001-2023 am Beispiel der Düngungsvariante 120 kg ha⁻¹ a⁻¹ Mineral-N + 50 kg ha⁻¹ a⁻¹ Rinderdung-N (DFV M4, 1967-2024)¹



Änderung im N_t -Vorrat des Oberbodens (0-30 cm) im Zeitraum 2001-2023 (DFV M4, $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$)¹

N-Düngung zu Silomais

Stalldung-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$]	Mineral-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$]				
	0	60	120	180	240
0	25	18	28	23	23
100	18	20	40	28	44
200	16	16	17	25 ²	28
300	25 ²	29 ²	22	35 ²	30
400	21 ²	14 ²	47	30	35 ²

¹ Ableitung aus Schätzung der N_t -Änderung im Zeitraum 2000-2024 ($n_{\text{BU}}=11$), ² Ableitung aus Schätzung der N_t -Änderung im Zeitraum 1967-2024 ($n_{\text{BU}}=26$)

- **Mittlere Erhöhung des N-Bodenvorrats im Zeitraum 2001-2023: $315 \text{ kg} / 0,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ N}_t$**
- **Mögliche Ursachen: Umstellung Fruchtfolge (1995-2000) und Änderung der Bodenbearbeitung (Praxisübliche Großtechnik ab 2013)**
- **BEACHTEN: Sehr hohe Streuungsmaße ($s_{\text{Rest}} = 48\text{-}296 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}_t$)**

Änderung im N_t -Vorrat des Oberbodens (0-30 cm) im Zeitraum 2001-2023 (DFV M4, $\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$)¹

N-Düngung zu Silomais

Stalldung-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$]	Mineral-N [$\text{kg ha}^{-1}\text{a}^{-1} \text{ N}$]				
	0	60	120	180	240
0	25	18	28	23	23
100	18	20	40	28	44
200	16	16	17	25 ²	28
300	25 ²	29 ²	22	35 ²	30
400	21 ²	14 ²	47	30	35 ²

¹ Ableitung aus Schätzung der N_t -Änderung im Zeitraum 2000-2024 ($n_{\text{BU}}=11$), ² Ableitung aus Schätzung der N_t -Änderung im Zeitraum 1967-2024 ($n_{\text{BU}}=26$)

N-Abfuhr ohne Düngung	56 $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
+/- Änderung im N-Bodenvorrat ohne Düngung	+ 25 $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
= <u>N-Zufuhr aus sonstigen N-Quellen</u>	= <u>81 $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$</u>

Agronomische N-Effizienz von Silomais im Zeitraum 2001-2023 (DFV M4, %, $n_{AI}=12$, $N=1.152$)

N-Düngung zu Silomais					
Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]	Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]				
	0	60	120	180	240
0	-	79 ⁱ	78 ⁱ	55 ^{fh}	47 ^{cefg}
100	35 ^{bc}	56 ^{gh}	63 ^h	50 ^{dfg}	49 ^{efg}
200	37 ^{bde}	44 ^{acef}	44 ^{bfg}	41 ^{bde}	38 ^{bde}
300	35 ^{bde}	42 ^{bf}	38 ^{bde}	37 ^{be}	34 ^{ab}
400	34 ^{bc}	31 ^b	39 ^{bde}	33 ^{ab}	31 ^{ab}

¹ N-Düngungskombinationen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich im Tukey-Test nicht signifikant ($p \leq 0,05$); $GD_{5\%}$: 11,1-13,3 %; s_{Rest} = 15,1 %

- Bei alleiniger N-Mineraldüngung mit 60-120 kg ha⁻¹a⁻¹ N verbleiben nahezu 80 % des Mineral-N im System Silomais-Boden
- Eine Erhöhung der Mineral-N-Zufuhr, wie auch generell Stalldungeinsatz und Düngungskombination führen zu einer deutlichen Abnahme der agronomischer N-Effizienz

N-Verluste bei der organisch-mineralischen N-Düngung zu Silomais im Zeitraum 2001-2023 (DFV M4, $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$, $n_{\text{AI}}=12$, $\text{N}=1.152$)

N-Düngung zu Silomais						C _t -Vorrat [t ha ⁻¹] ¹
Stalldung-N	Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]					
[kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]	0	60	120	180	240	
0	-	12	25	81	126	32
100	65	69	81	140	171	35
200	125	147	179	225	273	37
300	194	207	262	303	359	
400	264	319	317	390	444	51

OBS-Optimum !

¹ 0-30 cm

- Bei alleiniger N-Mineraldüngung mit 60-120 $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ verbleiben nahezu 80 % des Mineral-N im System Silomais-Boden
- Eine Erhöhung der Mineral-N-Zufuhr, wie auch generell Stalldungeinsatz und Düngungskombination führen zu einer deutlichen Abnahme der agronomischer N-Effizienz

Fazit

- **Beim Düngen von Silomais auf einen typischen grundwasserfernen Bodengruppe-2-Standort in Brandenburg werden die Vorgaben der DüV deutlich unterschritten – Was ist die gute fachliche Praxis beim Düngen?**
- **Eine standort- und anbauspezifische Ermittlung der N-Düngeeffizienz setzt voraus, dass neben der N-Zu- und -Abfuhr auch die Zufuhr aus sonstigen N-Quellen und die Änderung im N-Bodenvorrat einbezogen wird (Agronomische N-Effizienz). Andernfalls sind Fehlinterpretationen und -bewertungen unvermeidlich.**
- **Bei der Ermittlung von Ertrag und N-Abfuhr sind Jahreseffekte zu berücksichtigen, da diese mögliche N-Düngungseffekte vollständig überlagern können.**
- **Bei der Bewertung der agronomischen N-Effizienz sind die fachrechtlichen Vorgaben zur Erhaltung der standortspezifisch optimalen Humusversorgung zu berücksichtigen (BBodSchG, DüV). Die vorliegenden Auswertungen des DFV M4 Groß Kreutz zeigen, dass hierbei N-Verluste von bis zu $81 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auftreten.**
- **Eine Übernahme von Erkenntnissen zur N-Düngung aus begünstigten Regionen (Standort, Witterung, Humusversorgung etc.) sollte nur nach deren Evaluierung erfolgen.**

LfULG Fachtagung ,60 Jahre Dauerversuch L28'
Klipphausen OT Groitzsch, 09. Juli 2026

Teil II

Einfluss von Witterung auf mehrjährig periodische Schwankungen in den Kohlenstoffvorräten des Oberbodens

Jörg Zimmer¹, Falk Böttcher² & Thomas Grimm¹

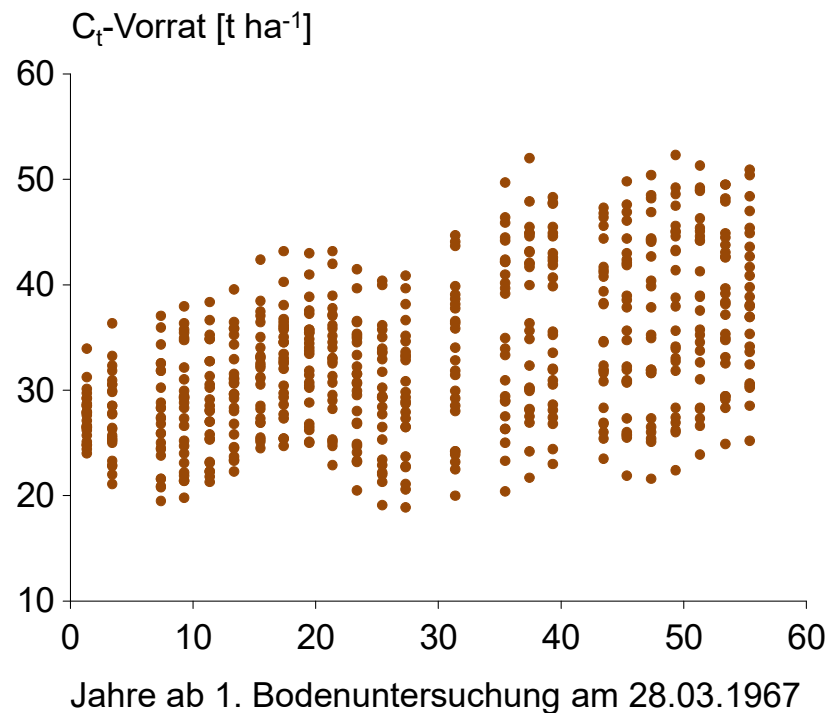


¹Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und
Flurneuordnung Brandenburg

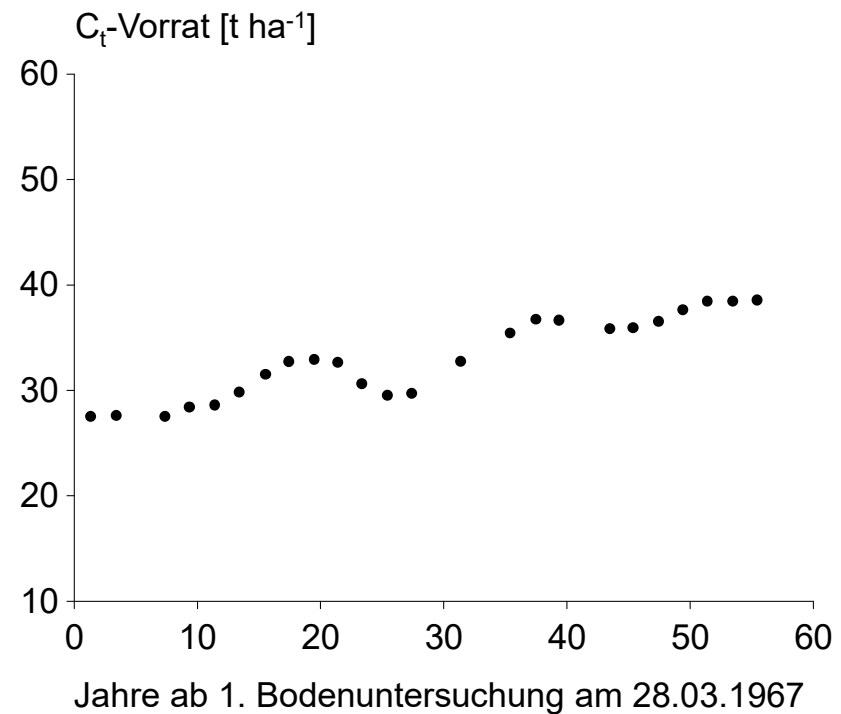
²Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische
Beratungsstelle Leipzig

Nachweis mehrjährig periodischer Schwankungen in den Kohlenstoffvorräten des Oberbodens im DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022, Zimmer & Grimm 2023)

Zeitreihen des C-Vorrats im Oberboden der 25 Düngungsstufen des DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022)



• MW₍₃₎

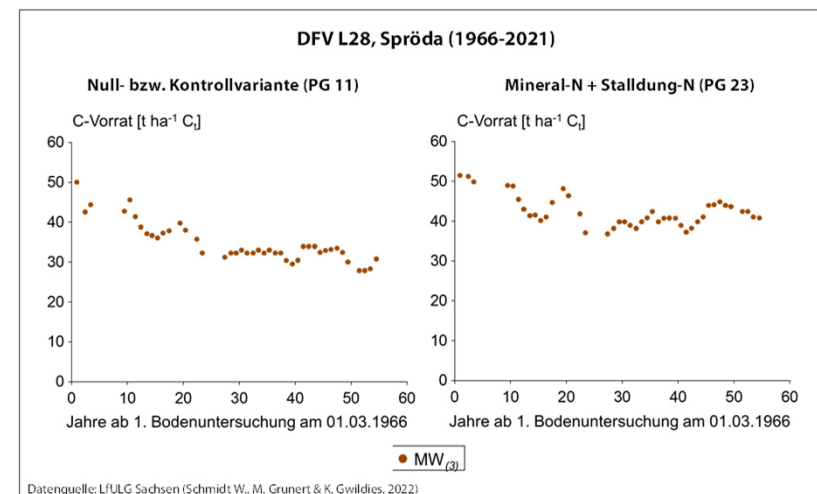
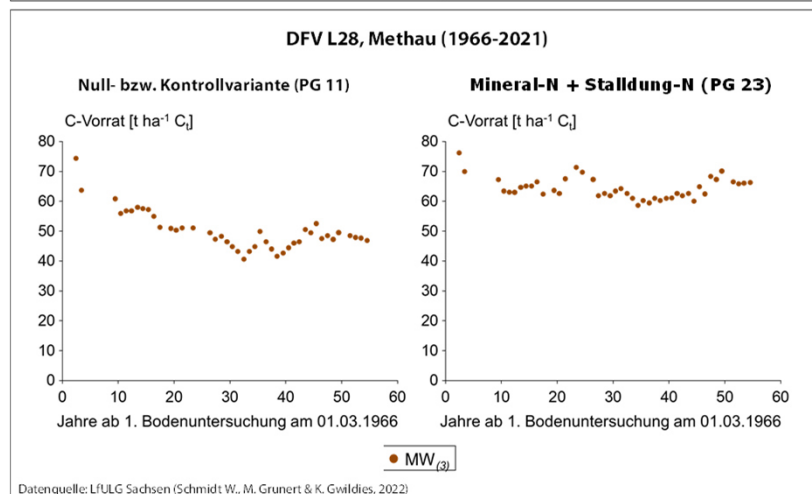
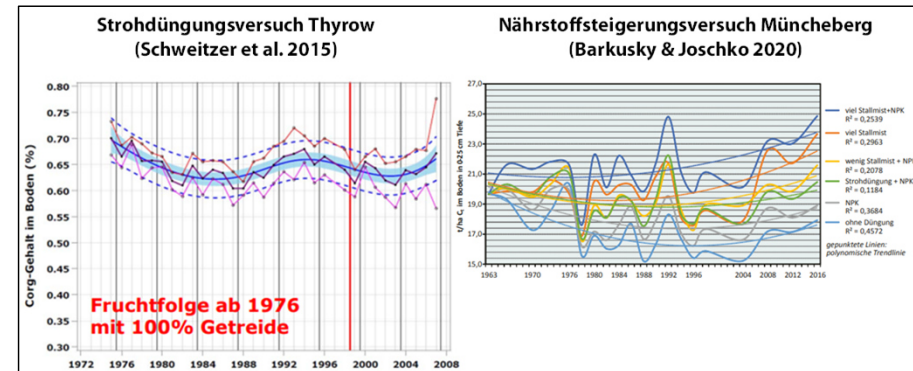
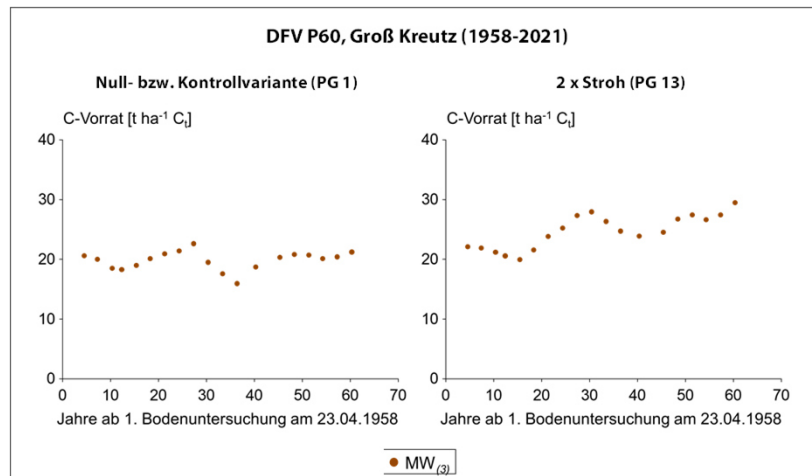


• Gesamt-MW₍₃₎

Ausgangspunkt

Nachweis mehrjährig periodischer Schwankungen in den Kohlenstoffvorräten des Oberbodens im DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022, Zimmer & Grimm 2023)

- in allen 25 Düngungsvarianten kombinierter organisch-mineralischer Düngung
- zudem



Ausgangspunkt

Nachweis mehrjährig periodischer Schwankungen in den Kohlenstoffvorräten des Oberbodens im DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022, Zimmer & Grimm 2023)

Auf Grund der langjährig einheitlichen Bewirtschaftung der Düngungsvarianten des DFV M4 Groß Kreutz ist davon auszugehen, dass diese Schwankungen nicht durch die Bewirtschaftung hervorgerufen werden.

Hypothese

Mehrjährig periodische Schwankungen in den Kohlenstoffgehalten des Oberbodens treten auch in DFV an anderen Standorten auf, weshalb davon ausgegangen wird, dass hierfür nicht standort- und bewirtschaftungsbedingte sondern vielmehr klimatische Einflüsse verantwortlich sind.

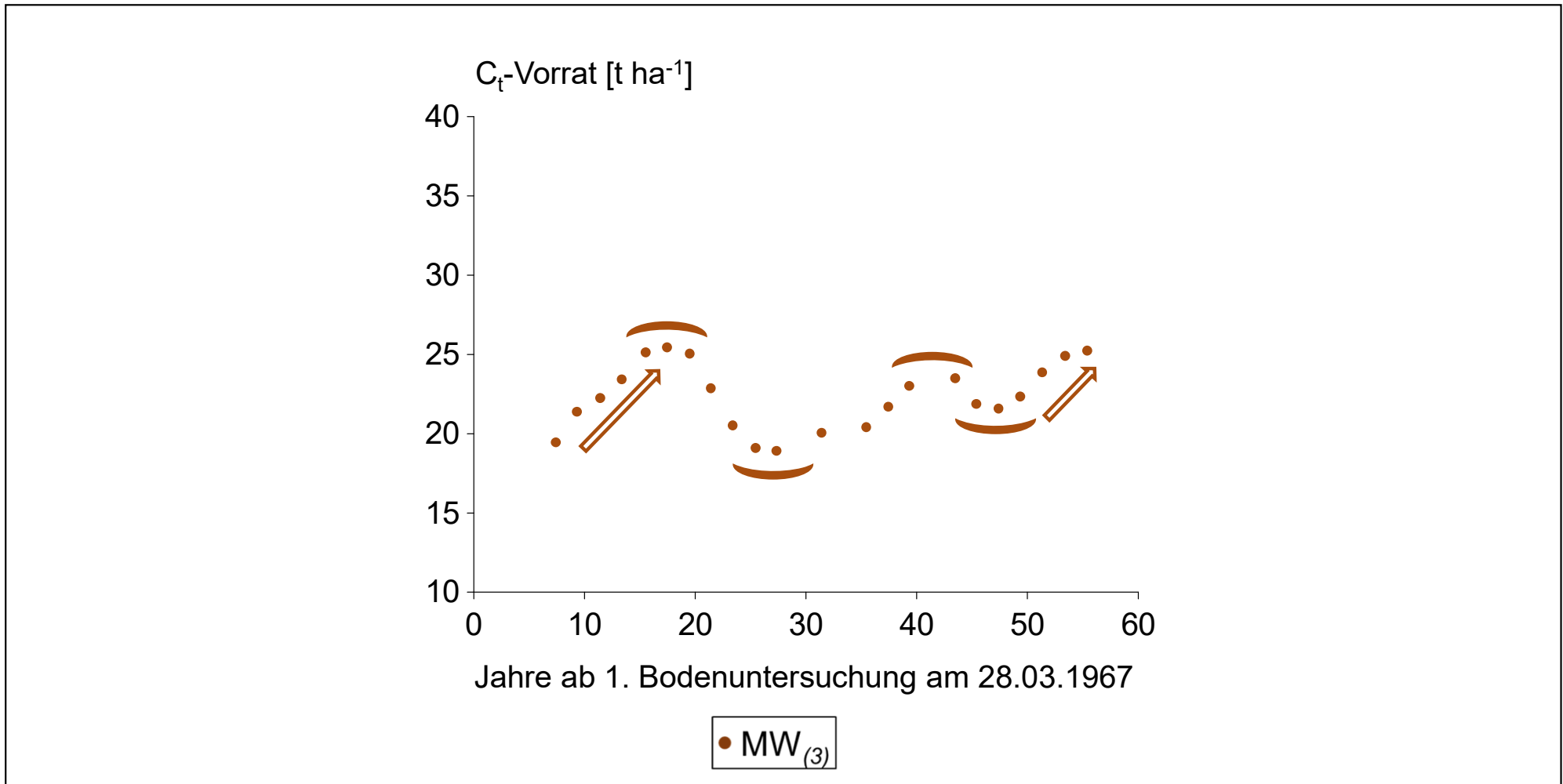
Zielstellung

Analyse standortbezogener DWD-Wetterdaten (Groß Kreutz) und Nachweis vergleichbarer mehrjährig periodischer Schwankungen (1967-2022).

Bezugsbasis

Zeitreihe der Entwicklung der Kohlenstoffvorräten im Oberboden (0-30 cm) der Null- bzw. Kontrollvariante des DFV M4 Groß Kreutz (1967-2022).

Mehrjährig periodische Schwankungen in der Zeitreihe des C-Vorrats im Oberboden (0-30 cm) der Null- bzw. Kontrollvariante des DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022)



Zielstellung

Analyse standortbezogener DWD-Wetterdaten (Groß Kreutz, 1967-2023)

- **Tageswerte Groß Kreutz (GK)/Potsdam (Pdm)**
 - Tagesmittel der Lufttemperatur (2 m Höhe) (GK, Pdm)
 - Tagesmittel der Bodentemperatur (20 cm Tiefe) (Pdm)
 - Tagessumme des Niederschlags (GK, Pdm)
 - Tagesmittel der Sonnenscheindauer (Pdm)
 - Tagesmittel der Globalstrahlung (Pdm)

sowie ableitend

- Jahressumme der Wirksamen Mineralisierungszeit nach Franko ¹ (GK)
- Tagesmittel der Bodenfeuchte ² (GK, Pdm)
- Tagesmittel der Sickerwassermenge ² (GK, Pdm)
- Tagessumme der potenziellen und aktuellen Evapotranspiration ² (GK, Pdm)
- Tagesmittel der klimatischen und agronomischen Wasserbilanz (GK, Pdm)

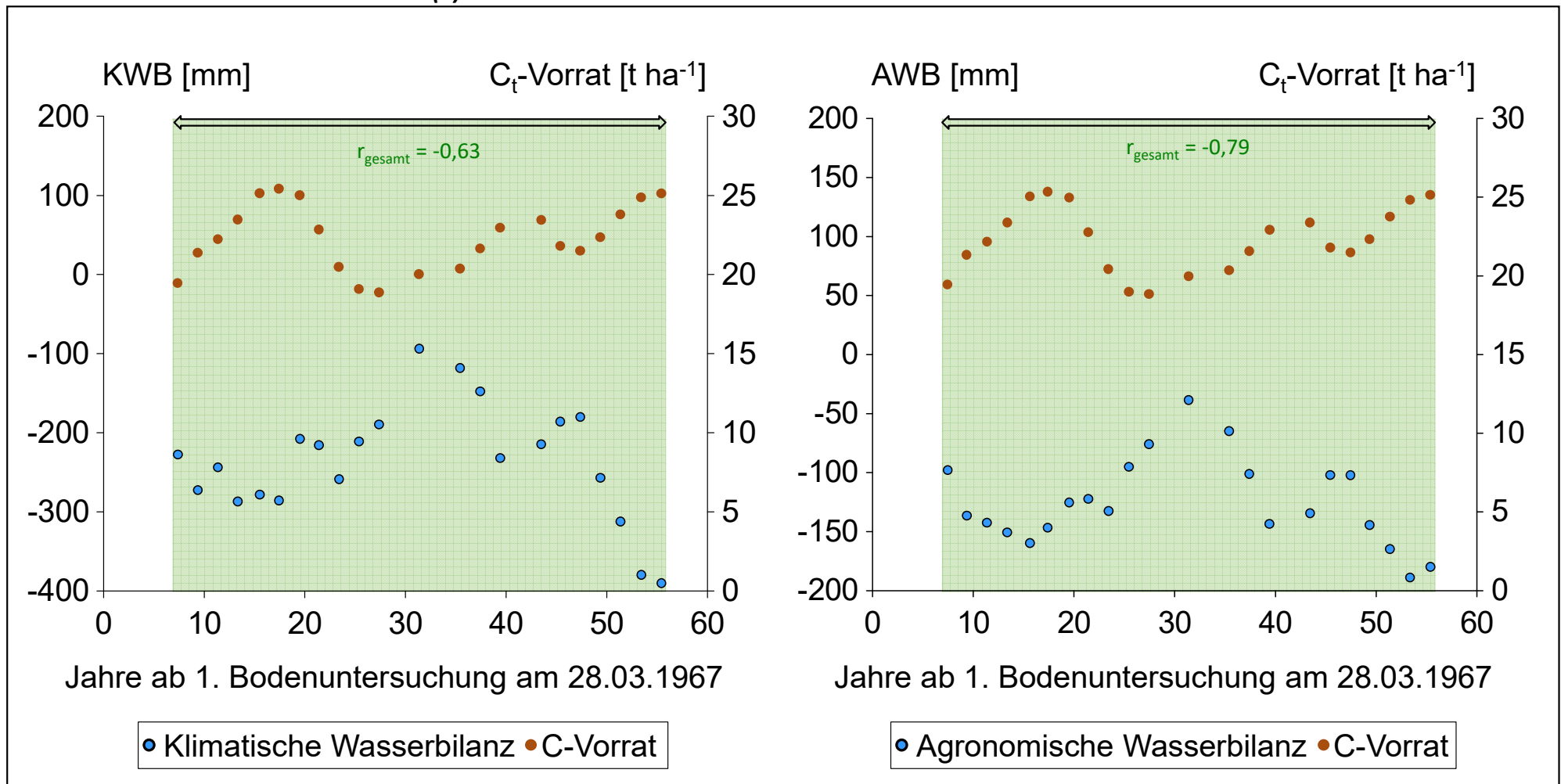
durch:

- Aufbereitung mit Zeitraumbezug (Jahres-, Perioden-, Mehrmonats- bzw. Monatsmittel/-summen vor der Bodenuntersuchung)
- Zeitreihenanalyse durch Beschreibung des Entwicklungstrends unter Verwendung von gleitenden Mittelwerten 3. Ordnung ($MW_{(3)}$)
- Vergleich zur Zeitreihe des C-Vorrats mittels Pearson-Korrelationskoeffizient

¹ nach Franko (1997), ² METVER-Modellierung DWD nach Müller & Müller (1988 a,b; 1989)

Klimatische und Agronomische Wasserbilanz vs C-Vorrat Nullvariante

Zeitreihen der klimatischen und agronomischen Wasserbilanz für den Standort Groß Kreutz im Zeitraum vom 01.01. bis zur BU und des C-Vorrats im Oberboden (0-30 cm) der Nullvariante des DFV M4 Groß Kreutz (MW₍₃₎, 1967-2022)



Korrelation zwischen den Zeitreihen der agronomischen Wasserbilanz für den Standort Groß Kreutz im Zeitraum vom 01.01. bis zur BU und des C-Vorrats in den Düngungsvarianten des DFV M4 Groß Kreutz (r , 1967-2022)¹

N-Düngung						
Stalldung-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]	Mineral-N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N]					
	0	50	100	150	200	
0	-0,79	-0,48	-0,59	-0,55	-0,56	0,3 - 0,7 % C _t
50	-0,39	-0,41	-0,45	-0,44	-0,57	0,4 - 0,8 % C _t
100	-0,30	-0,29	-0,26	-0,15	-0,34	0,5 - 1,0 % C _t
150	-0,10	<-0,1	-0,22	-0,16	-0,19	0,5 - 1,0 % C _t
200	-0,10	<-0,1	-0,25	-0,12	-0,17	0,6 - 1,2 % C _t

¹ Signifikante Korrelation ist rot ($p < 0,05$) bzw. kursiv rot ($p < 0,10$) markiert, N = 22

Grün markierter Bereich: Standorttypisch optimale Bewirtschaftung und Humusversorgung

Klimatologische Merkmale vs C-Vorrat bei hohen Stallungsgaben

Korrelation zwischen den Zeitreihen der klimatologischen Merkmale für den Standort Groß Kreutz nach und dem C-Vorrat in den hohen Stallungstufen des DFV M4 Groß Kreutz nach Zeitraumbezug (r , 1967-2022)¹

Klimatologisches Merkmal	Zeitraumbezug						
	BU bis BU	365 d bis BU	01.01. bis BU	120 d bis BU	90 d bis BU	60 d bis BU	30 d bis BU
Lufttemp. [°C]	0,82	0,75	0,58	0,68	0,74	0,65	0,51
Bodentemp. [°C]	0,81	0,79	0,67	0,67	0,80	0,79	0,69
Niederschlag [mm]	< -0,1	-0,33	< -0,1	0,13	0,17	0,27	0,25
Bodenfeuchte [%nFK)	-0,26	0,46	< -0,1	< -0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Globalstrahlung [Wm ²]	0,31	0,11	0,16	0,27	0,41	0,41	0,46
Sonnenscheindauer [h]	0,76	0,54	0,49	0,44	0,56	0,49	0,51
WMZ [d a ⁻¹]	0,72	0,57	-	-	-	-	-
Evapo _{potenziell} [mm]	0,57	0,38	< 0,1	0,44	0,51	0,48	0,49
Evapo _{aktuell} [mm]	< 0,1	0,38	0,12	0,51	0,45	0,39	0,48
KWB [mm]	< 0,1	< 0,1	< -0,1	-0,14	-0,17	< -0,1	-0,10
AWB [mm]	0,21	-0,11	-0,14	-0,29	-0,21	< 0,1	-0,12

¹ Signifikante Korrelation ist rot ($p < 0,05$) markiert, 328 dt ha⁻¹ a⁻¹ Stallung-FM bei 25 % TS, N = 88

$r = -0,91$; $r^2 = 0,83$

$r = -0,84$; $r^2 = 0,71$

Nachweis von vergleichbaren mehrjährig periodischen Schwankungen der C-Vorräte der Nullvariante in der Zeitreihe

- **der Klimatischen und Agronomischen Wasserbilanz**
- **Besonderheit bei Zeitraumbezug ab 01.01. bis BU !**
 - **Zeitreihen KWB/AWB und C-Vorräte der Nullvariante im gesamten Zeitverlauf negativ korreliert**
 - **$r_{AWB} = -0,79$ ($r^2_{AWB} = 0,62$) bzw. $r_{KWB} = -0,63$ ($r^2_{KWB} = 0,40$)**
 - **keine Korrelationsbrüche (negativ $\Leftrightarrow$ positiv)**
- **Jährliche Niederschlagsmengen und mittlere Jahresdurchschnittstemperaturen können die mehrjährig periodischen Schwankungen der C-Vorräte in der Nullvariante nicht erklären.**
- **Mit höherer Humusversorgung und intensiverer organischer Düngung überwiegt der Einfluss von Bodentemperatur und Evapotranspiration.**
- **Evaluierung der vorliegenden Ergebnisse => Auswertung eines geeigneten DFV mit deutlich differierenden Standort-/Klimabedingungen**

Quellenangaben I

- Archontoulis S. V. & E. Miguez (2015). Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107. 786-798
- Burnham K.P. & D.R. Anderson (2002): Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd edn. Springer, New York
- Chmielewski F.-H. (2008): Klimatologische Standortbeschreibung. IN: Dauerversuche in Brandenburg und Berlin Beiträge für eine nachhaltige landwirtschaftliche Bodennutzung. MLUV Brandenburg & LVLF Brandenburg (Hrsg.). S. 15-21
- Kühn D. & A. Bauriegel (2009): Brandenburg – Geologische und bodenkundliche Einordnung. IN: Dauerfeldversuche in Brandenburg - Grundlage für die nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung diluvialer Böden Nordostdeutschlands. Schriftenreihe des LVLF Brandenburg. Reihe Landwirtschaft, Band 10, Heft V. S. 5-20
- Kühn D. & Hannemann (2005): Soil profile in the long-term test area of Groß Kreutz near Potsdam (in Germn). *Arch Agron Soil Sci.* 51/2. S. 125-134
- Koriath H. & Kollektiv (1975): Güllewirtschaft, Gülledüngung. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin. 260 S.
- Ležovič P. (1998): Beitrag zur Methodik der Dauerversuche. Diss. Uni Halle. Utz Verlag. München. 100 S.
- Roßberg D., V. Michel, R. Graf & R. Neukampf (2007): Definition von Boden-Klimaräumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 59 (7), 155–161
- Stever-Schoo B., M. Dieser, A. Gummert, H. Mielenz, S. Ziesenieß, P. Löw, M. Zinnbauer & C. Krämer (2024): Evaluierung der Düngeverordnung – Erkenntnisse zu Maßnahmenwirkungen und Handlungsempfehlungen für mögliche Verbesserungen. Gemeinsamer Bericht des JKI und TI im Auftrag des BMEL. 102 S.
- Zimmer J., F. Ellmer & B. Kroschewski (2013): Humusreproduktionsleistung von Stalldung im Dauerfeldversuch M4 Groß Kreutz. VDLUFA-Kongressband 2013. VDLUFA-Schriftenreihe Band 69/2014. VDLUFA-Verlag. Darmstadt: S. 89-96
- Zimmer J. & A. Bauriegel (2022): Auswertung Fachinformationssystem Bodengeologie des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Material

Quellenangaben II

- Barkusky D. & M. Joschko (2020): C-Sequestrierung – Was kann die Landwirtschaft leisten? Dauerfeldversuche sind unverzichtbar. Landwirtschaft ohne Pflug. 06/2020: 14-22
- Franko U. (1997): Modellierung des Umsatzes der organischen Bodensubstanz. Arch. Acker-Pfl. Boden. 41: 527-547
- Ležovič P. (1998): Beitrag zur Methodik der Dauerversuche. Diss. Uni Halle. Utz Verlag. München. 100 S.
- Müller J. & G. Müller (1988a): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. 1. Mitt.: Beschreibung des zur Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration von Kulturpflanzen erarbeiteten Modells. - Z. Meteorol. 38: 332-337
- Müller J. & G. Müller (1988b): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. 2. Mitt.: Überprüfung des Modells von J. u. G. Müller am Beispiel Kartoffel auf lehmigem Sand. - Z. Meteorol. 38: 361-365
- Müller J. & G. Müller (1989): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. 3. Mitt.: Ermittlung gebietsbezogener Verdunstungswerte durch Anwendung des Modells von J. Müller und G. Müller. - Z. Meteorol. 39: 142-149
- Schweitzer K., T. Döring, M. Grüter, F. Ellmer & J. Zimmer (2015): Landwirtschaftliche Dauerversuche – Langfristige Bodenentwicklung auf Ackerstandorten. Böden – Archive der Natur-, Landschafts- und Kulturgeschichte. Fachtagung MLUL & LUGV Brandenburg zum Internationalen Jahr der Böden 2015
- Zimmer J. & A. Bauriegel (2022): Auswertung Fachinformationssystem Bodengeologie des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Material
- Zimmer J., F. Ellmer & B. Kroschewski (2013): Humusreproduktionsleistung von Stalldung im Dauerfeldversuch M4 Groß Kreutz. VDLUFA-Kongressband 2013. VDLUFA-Schriftenreihe Band 69/2014. VDLUFA-Verlag. Darmstadt: S. 89-96
- Zimmer J. & Th. Grimm (2023): Mehrjährig periodische Schwankungen in den Kohlenstoffvorräten des Oberbodens. Vortrag und Publikation im VDLUFA-Kongressband 2023. VDLUFA-Schriftenreihe 80/2023. VDLUFA-Verlag. Darmstadt. S. 100-107

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !



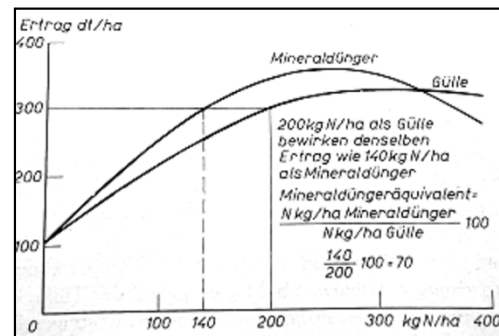
Zimmer J., I. Bull, H. Flaig, D. Krenzer, M. Schindewolf, M. Scholz, M. Sümmerner, N. Tauchnitz & M. Wiesmeier (2024): Grundsätze der Humuswirtschaft - Humus, Humusgehalt. 3. Auflage. LELF Brandenburg (Hrsg.). Frankfurt (O).

Wiesmeier M., I. Bull, H. Flaig, D. Koch, E. Ullmann, U. von Wulffen, D. Zederer & J. Zimmer (2021): Grundsätze der Humuswirtschaft - Humuszertifikate. 1. Auflage. LELF Brandenburg (Hrsg.). Frankfurt (O).

Flaig H., I. Bull, D. Koch, M. Schindewolf, N. Tauchnitz, M. Wiesmeier, D. Zederer & J. Zimmer (2023): Grundsätze der Humuswirtschaft – Humus im Klimawandel. 1. Auflage. LELF Brandenburg (Hrsg.). Frankfurt (O).

Zielstellung: 2. Ableitung des N-Mineraldüngeräquivalents (N-MDÄ) von Rinderdung zur Korrektur der N-Zufuhr mit Rinderdung

- Die Bewertung der Ertragswirkung der Nährstoffe organischer Dünger erfolgt durch das Mineraldüngeräquivalent
- Das Stickstoff-Mineraldüngeräquivalent (N-MDÄ) gibt an, mit welcher Stickstoffmenge eines ausgebrachten Mineraldüngers der gleiche Pflanzenertrag wie mit einem eingesetzten organischen Dünger (Stalldung, R-, S-Gülle, Jauche etc.) erzielt wird (Beer et al. 1990) und wurde erstmals von Koriath et al. (1975) für Rindergülle publiziert



Koriath et al. (1975)

Prozedere:

- Ableitung des N-MDÄ von Rinderdung nach Koriath et al. (1975) auf Grundlage der Auswertungen zu 1. b) sowohl für die Hauptfrucht Silomais (N-MDÄ_{HW}) als die Folgefrucht Winterroggen (N-MDÄ_{NW})
- Ermittlung des Anteils der N-Ertragswirkung mit Rinderdung zu Silomais an der Gesamt-N-Ertragswirkung ($\text{N-MDÄ}_{\text{HW}} + \text{N-MDÄ}_{\text{NW}}$)
- Korrektur der N-Zufuhr mit Rinderdung entsprechend N-MDÄ_{HW} und N-MDÄ_{NW}

Zeitreihe des C-Vorrats im Oberboden (0-30 cm) der Null- bzw. Kontrollvariante des DFV M4, Groß Kreutz (1967-2022)

