

Ansätze zur Erhöhung der N-Inputs über biologische N₂-Fixierung in gärtnerischen Systemen

Ergebnisse aus dem Projekt Nutri@ÖkoGemüse

Kai-Uwe Katroschan, Felix Besand

Fachtag ökologischer Gemüsebau und Treffen des AK Öko-Gemüsebau | 07.12.2022

Nutri@ÖkoGemüse AP 4: Beteiligte Institutionen



UHOH (Kleinhohenheim)



LTZ (Emmendingen)



LWK NRW (Köln-Auweiler)



LWG (Bamberg)



Landesforschungsanstalt für
Landwirtschaft und Fischerei

LFA (Gülzow-Prüzen)

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Nutri@ÖkoGemüse AP 4: Ansätze zur Erhöhung des N-Inputs

Reduzierung der Abhängigkeit von organischen Handelsdüngern im ökol. Gemüsebau



Erhöhung des N-Inputs durch Steigerung der symbiontischen N₂-Fixierung auf unterschiedlichen Skalenebenen (Kultur, Kulturfolge, Fruchtfolge)



Effiziente Verfügbarmachung des fixierten N für gemüsebauliche Kultur

„in situ approaches“

Untersaaten in Reihenkulturen
(„Living Mulches“)



Legume Winterzwischenfrüchte vor
einer gemüsebaulichen Kultur



teilweiser N-Transfer

Futterleguminosen (Kleegras) in
gemüsebaulichen Fruchtfolgen



Living Mulches: Versuchsausbau und -varianten



Sophie Stein 2020

Living Mulches: Versuchsausbau und -varianten

11m	4,50m											
	B-keine, U-MikroKlee	E-Umbruch, U-Weissklee	B-Mulchen, U-Keine	B-Umbruch, U-MikroKlee	B-keine, U-Weissklee	B-Mulchen, U-Keine	B-Umbruch, U-MikroKlee	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weissklee	B-Umbruch, U-MikroKlee	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weissklee
	E-keine, U-Weissklee	B-Umbruch, U-MikroKlee	B-Mulchen, U-Weissklee	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Weidel	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-MikroKlee	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel
	B-keine, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-MikroKlee	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-MikroKlee	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel
B-keine, U-Keine	B-Umbruch, U-Weidel	B-Mulchen, U-MikroKlee	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Weidel	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-MikroKlee	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel	
3-keine, U-Keine	3-Umbruch, U-Weidel	B-Mulchen, U-MikroKlee	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Weidel	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-MikroKlee	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel	
3-keine, U-Keine	3-Umbruch, U-Weidel	B-Mulchen, U-MikroKlee	B-Umbruch, U-Weidel	B-keine, U-Weidel	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-MikroKlee	B-Mulchen, U-Weidel	B-Umbruch, U-Keine	B-keine, U-Keine	B-Mulchen, U-Weidel	
KEINE	UMBRUCH	MULCHEN	UMBRUCH	KEINE	MULCHEN	UMBRUCH	KEINE	MULCHEN	KEINE	MULCHEN	UMBRUCH	
1. Wiederholung			2. Wiederholung			3. Wiederholung			4. Wiederholung			

Varianten:

Faktor A): Bearbeitung

- Vollständiger Umbruch nach Etablierung der Living Mulches (LM)
- Keine Regulierung der LM
- Regulierung der LM

Faktor B): LM-Arten

- Keine Untersaat
- Weidelgras ‚Premium‘
- Weißklee (Futter-Sorte) ‚Rivendel‘
- Weißklee (Mikro-Sorte) ‚Pipolina‘

Fruchtfolge:

- LM
- Weißkohl (spät) – ‚Rivera‘
 - 6 Reihen je Parzelle (netto= 38,25m²)
 - Reihenabstand: 75 cm
 - Abstand i.d. Reihe: 31,25 cm
- Winterweizen (B-Weizen) – ‚KWS Livius‘
 - Saatstärke: 400 Kö./m²
 - Reihenabstand: 20 cm

Sophie Stein 2020

Living Mulches: Versuchsergebnisse Kohlerträge

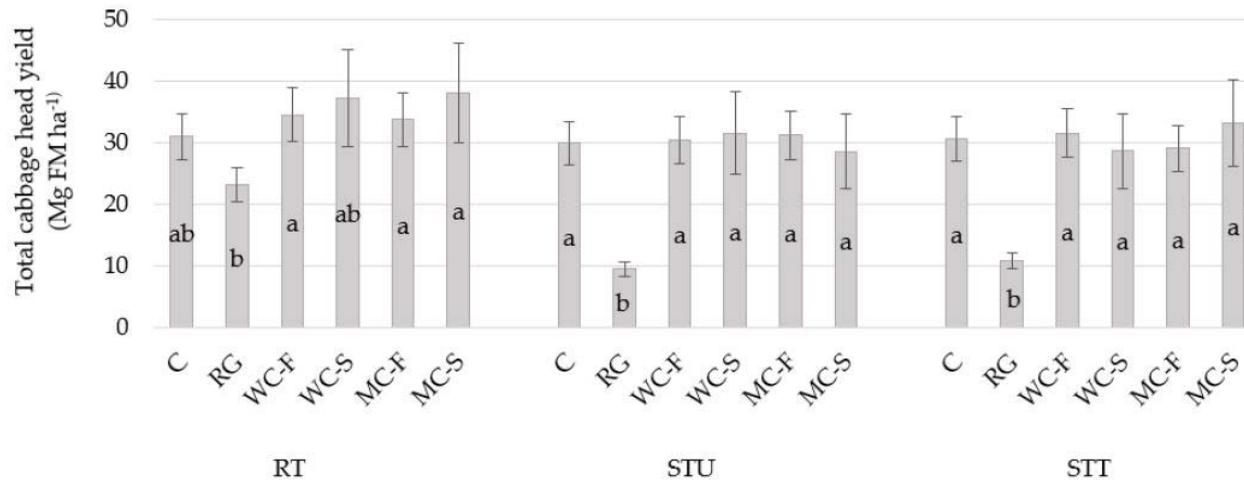


Figure 4. Influence of living mulches on cabbage total head fresh matter yield on both locations. Values with at least one identical letter indicate non-significant differences among LM treatments at $\alpha = 0.05$. C = control, RG = perennial ryegrass, WC-F = white clover—fall seeded, WC-S = white clover—spring seeded, MC-F = micro clover—fall seeded, MC-S = micro clover—spring seeded; RT = rototilling, STU = strip till + untreated, STT = strip till + treated.

- ”
- Mulchen führt nicht zu geringerer Konkurrenz
 - Keine signifikanten Unterschiede zwischen Umbruch und Strip-till
 - Nur Weidelgras führt zu Ertragsverlusten
- ”

Sophie Stein et al. 2022a

Living Mulches: Literaturstudie



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM

Meta-analysis on the effects of living mulches in organic and conventional vegetable production: Influence on crop yield and weed density

Sophie Stein¹, Malena Mehring¹, Kurt Möller², Jens Hartung³, Sabine Zikeli¹

¹Center for Organic Farming, ²Institute for Crop Science, Department of Fertilization and Soil Matter Dynamics, ³Institute for Crop Science, Department of Biostatistics, all University of Hohenheim, Stuttgart

Contact: sophie.stein@uni-hohenheim.de

Conclusions and perspectives

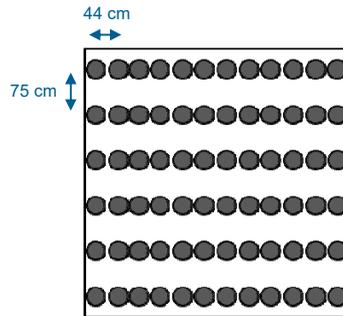
The LM system influences the cash crop yield negatively, most likely due to competition for resources. Furthermore, no-till lead to reduced yields. Since the weed density is slightly reduced for the LM system without tillage compared to the control without tillage, there is potential for the weed suppression effects of LM systems. In order to further explore these effects, more data must be collected and evaluated, especially for the use in horticultural production. This is particularly relevant in organic vegetable production where no synthetic chemical herbicides are allowed, however, the LM system must be optimized to avoid yield reductions.

The selection of papers shows that there is still a need for further research on the topic of living mulch in vegetable production, as a clearly larger proportion of the papers focused on corn.

- Negativer Ertragseffekt durch Living Mulches aufgrund von Konkurrenzwirkung
- Leicht geringerer Unkrautdruck durch Living Mulches bei reduzierter Bodenbearbeitung

Sophie Stein et al. 2022b

Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse



Reinkultur Rosenkohl
Brassica oleracea var. gemmifera



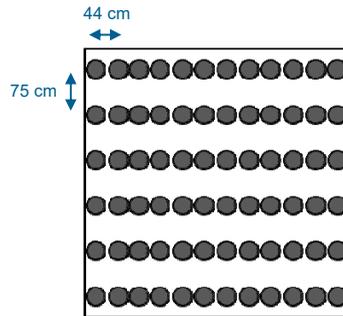
Living mulch
Trifolium subterraneum



Living mulch
Medicago sativa



Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse



Unterschneiden

KleeU0	ohne
KleeU0+D	ohne + N* (nur 2016)
KleeU1	1 x
KleeU2	2 x
KleeU2+D	2 x + N*

* zusätzlich 4 x 20 kg N ha⁻¹ (OPF)

Aufwuchsregulierung

LuzH1	niedrig: 5 cm
LuzH2	mittel: ½ Bestandeshöhe Roko
LuzH3	hoch: Bestandeshöhe Roko

Reinkultur Rosenkohl

Brassica oleracea var. *gemmifera*



Living mulch

Trifolium subterraneum



Living mulch

Medicago sativa



Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse



Begrenzung der Wuchshöhe der Luzerne



Oberirdische
Regulierung der
Luzerne zu
Minimierung von
Konkurrenz- und
negativen
Ertragseffekten

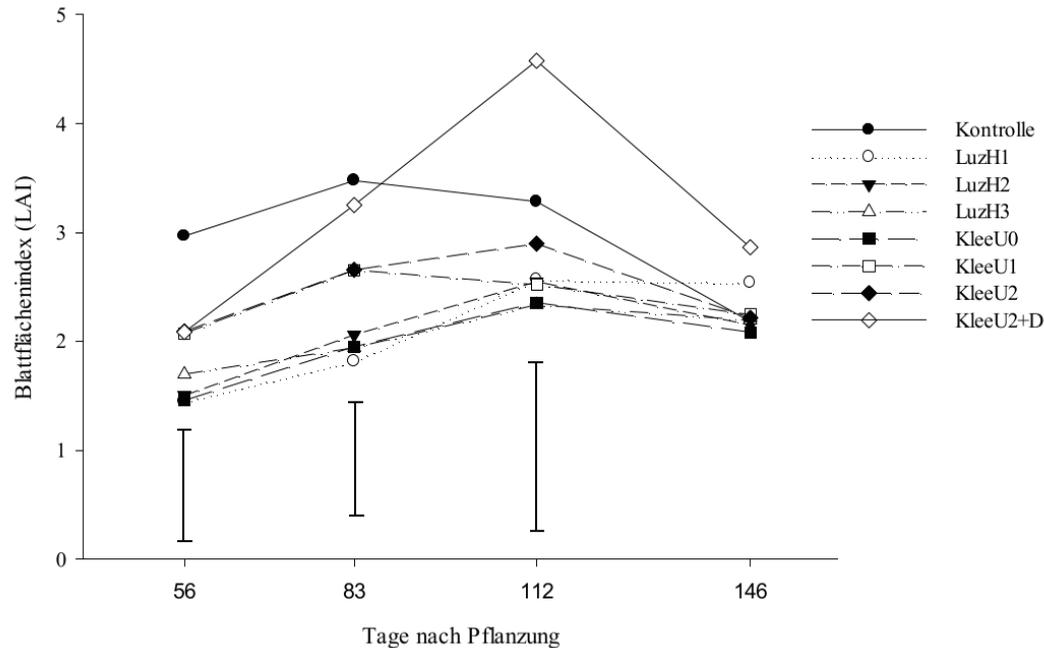
Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse



„Root pruning“ des Erdkleees mit Winkelmessern

Unterirdische
Regulierung des
Erdkleees zu
Minimierung von
Konkurrenz- und
negativen
Ertragseffekten

Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse

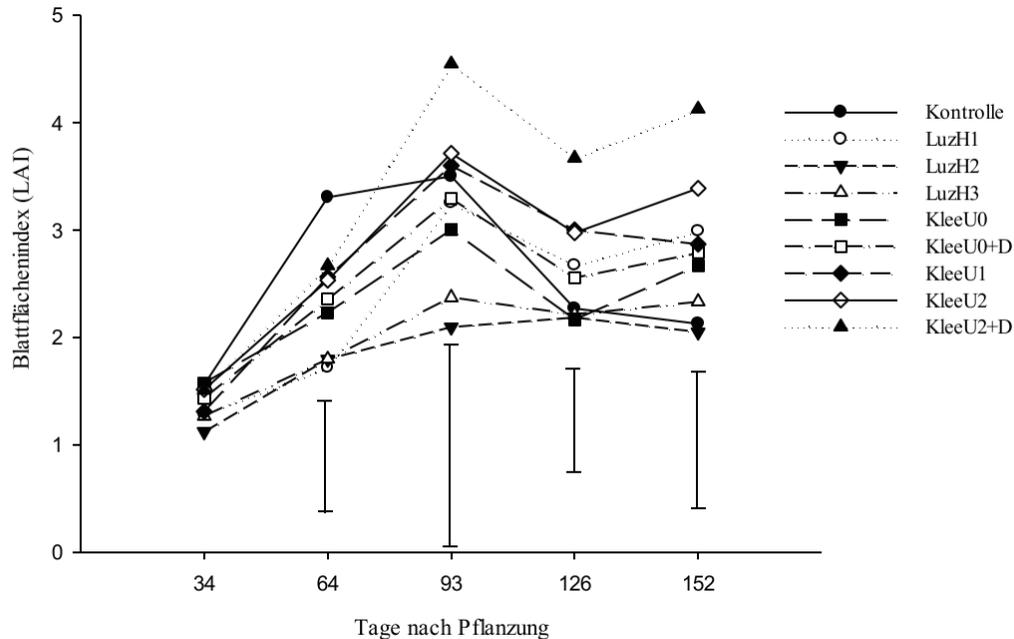


zum Vergleich:
LAI bei konv. Rosenkohl

80-100 DAP: 5-6, danach 1-2,5
(Dixon, 2006)

Leaf Area Index (LAI) im Kulturverlauf von Rosenkohl in Abhängigkeit von Leguminosenart und Management des Living Mulches, 2015 (Fehlerbalken: Tukey-HSD, $p \leq 0,05$)

Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse



zum Vergleich:
LAI bei konv. Rosenkohl

80-100 DAP: 5-6, danach 1-2,5
(Dixon, 2006)

Leaf Area Index (LAI) im Kulturverlauf von Rosenkohl in Abhängigkeit von Leguminosenart und Management des Living Mulches, 2016 (Fehlerbalken: Tukey-HSD, $p \leq 0,05$)

Living Mulches: Eigene, ältere Versuchsergebnisse

	¹⁾ Gesamt- ertrag (dt/ha)	²⁾ Gesamt- ertrag abzgl. Ab- fall (dt/ha)	Aufwuchs- TM (dt/ha)	TM-Har- vest-Index (%)
2015				
Kontrolle	250,0 ab	174,8 a	94,4 ab	42,2 a
LuzH1	157,1 de	122,9 ab	80,4 abc	35,4 ab
LuzH2	191,0 cd	148,2 ab	71,8 c	35,7 ab
LuzH3	131,7 e	110,9 b	62,6 c	34,5 b
KleeU0	188,6 cde	132,1 ab	75,2 bc	40,4 ab
KleeU1	196,1 bcd	135,9 ab	80,2 abc	39,2 ab
KleeU2	217,7 bc	156,9 ab	81,4 abc	41,8 a
KleeU2+D	283,5 a	165,2 ab	96,9 a	37,8 ab
2016				
Kontrolle	247,6 a	194,3	100,5 a	38,7 a
LuzH1	162,1 bc	144,4	88,4 ab	28,9 bc
LuzH2	119,1 cd	106,3	75,3 ab	23,7 bc
LuzH3	78,6 d	74,2	56,8 b	21,7 c
KleeU0	153,5 bcd	131,0	93,4 ab	26,4 bc
KleeU0+D	200,0 abc	170,2	105,4 a	31,3 ab
KleeU1	217,7 ab	156,9	107,5 a	29,7 b
KleeU2	199,1 abc	168,4	107,4 a	29,7 b
KleeU2+D	220,9 ab	189,8	119,8 a	28,8 bc

¹⁾ Frischmasse ²⁾ Abfall = nicht marktfähige Röschen Klasse 3
Tukey's post-hoc Test, $p \leq 0,05$



Legume Winterzwischenfrüchte: Standorte und Arten/Mischungen

		Winterzwischenfrucht	Standort / Einrichtung				
			LTZ	UHOH	LFA MV	LWG	LWK NRW
1	Kontrolle und nicht-legume	ohne (Winterbrache)	x	x	x	x	x
2	Referenz	Grünroggen	x	x	x	x	x
3	Körner-leguminosen	Wintererbse	x	x	x	x	x
4		Winterackerbohne		x			x
5		Winterwicke	x		x	x	x
6	Gemenge mit Nicht-Leguminosen	Landsberger Gemenge (Inkarnatkle, Winterwicke, Welches Weidelgras)			x		x
7		Wickroggen	x	x	x	x	

- Fruchtfolge:
- 1) Winterzwischenfrucht [jeweils ein Aussaat- und ein Umbruchtermin; Aufwuchserfassung (TM, N, C:N) an insgesamt 4-5 Terminen (Umbruch am letzten Termin)]
 - 2) Weißkohl [+150 kg N/ha als Horngrieß; Verbleib der Ernterückstände]
 - 3) Winterweizen [ungedüngt]

Legume Winterzwischenfrüchte: Standorte und Arten/Mischungen

Grünroggen DSV ‚Bonfire‘



Wintererbse Camena ‚Arkta‘



Wickroggen DSV ‚GPS Öko‘



Camena ‚Zottelwicke‘



Camena ‚Landsberger Gemenge‘

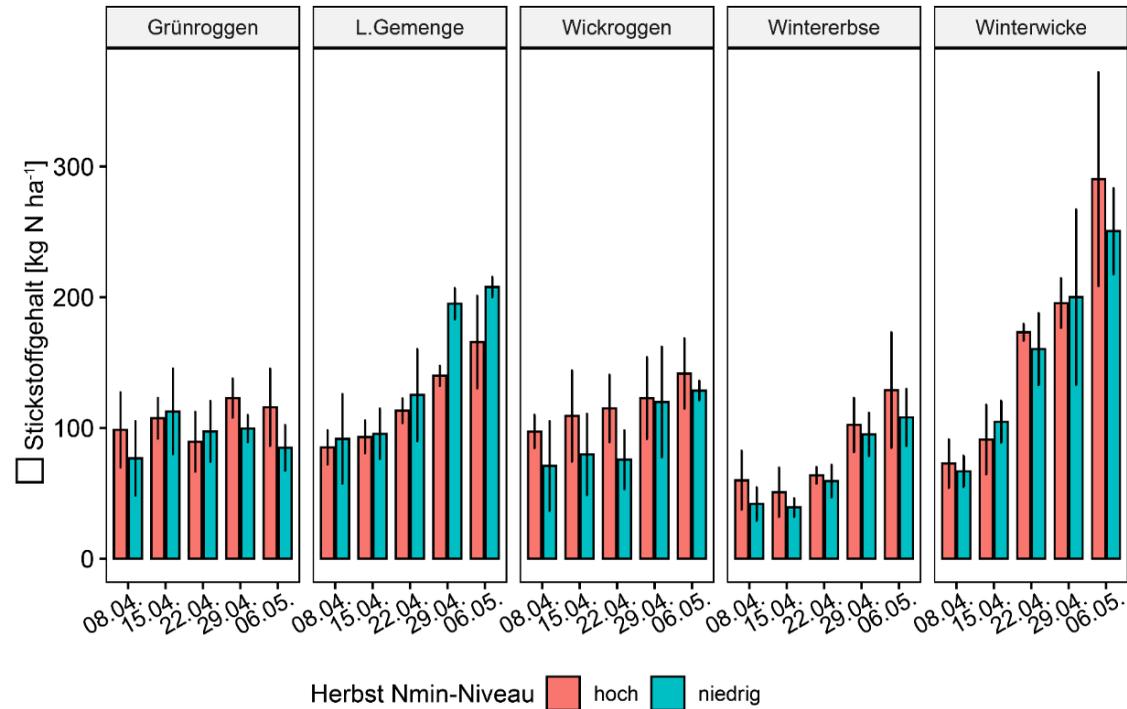


Standort Gülzow (LFA)

Aussaat: 16.09.2019

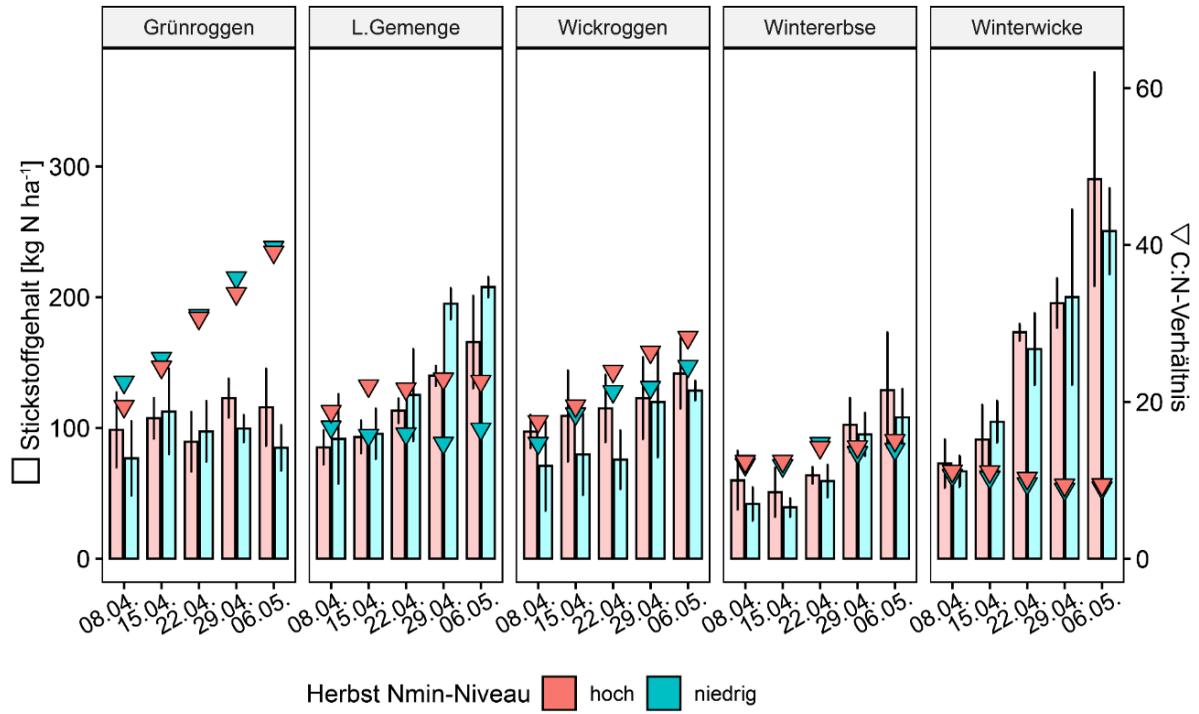
Fotos: 06.11.2019

Grundsätzliche Effekte an einem Beispiel



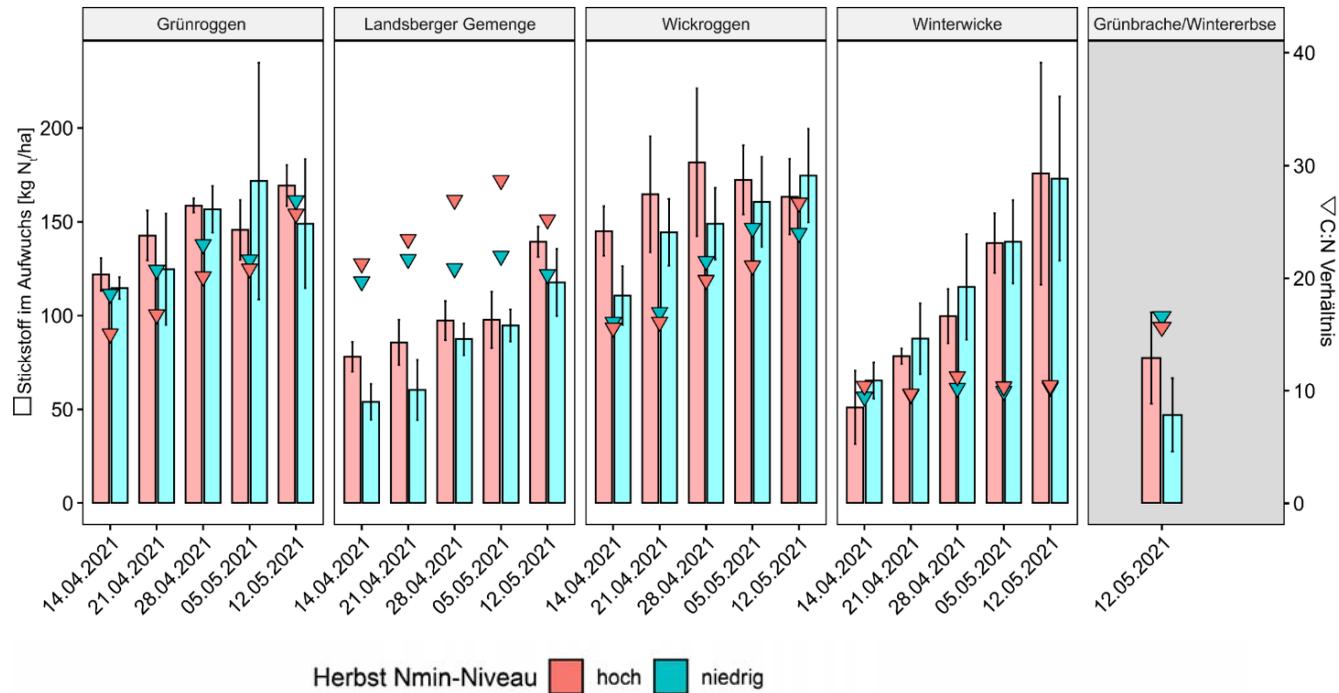
Standort Gülzow (LFA); **2019/20**; Ausgangs-N_{min} 47 kg N/ha; „Herbst N_{min} hoch“: +100 kg N/ha (KAS); „Herbst N_{min} niedrig“: ohne N-Gabe

Grundsätzliche Effekte an einem Beispiel



Standort Gülzow (LFA); **2019/20**; Ausgangs-N_{min} 47 kg N/ha; „Herbst N_{min} hoch“: +100 kg N/ha (KAS); „Herbst N_{min} niedrig“: ohne N-Gabe

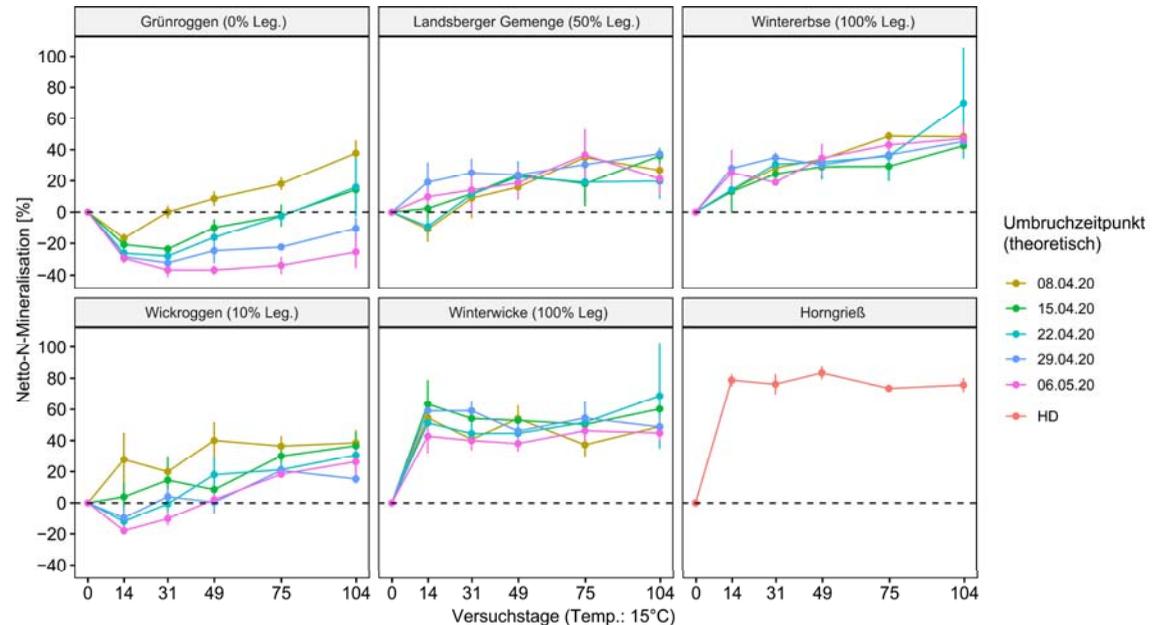
Erwartungsgemäß starke Standort- und Jahreseffekte



Standort Gülzow (LFA); **2020/21**; Ausgangs-N_{min} 133 kg N/ha; „Herbst N_{min} hoch“: +100 kg N/ha (KAS); „Herbst N_{min} niedrig“: ohne N-Gabe

N-Freisetzung aus dem Zwischenfruchtaufwuchs im Brutversuch

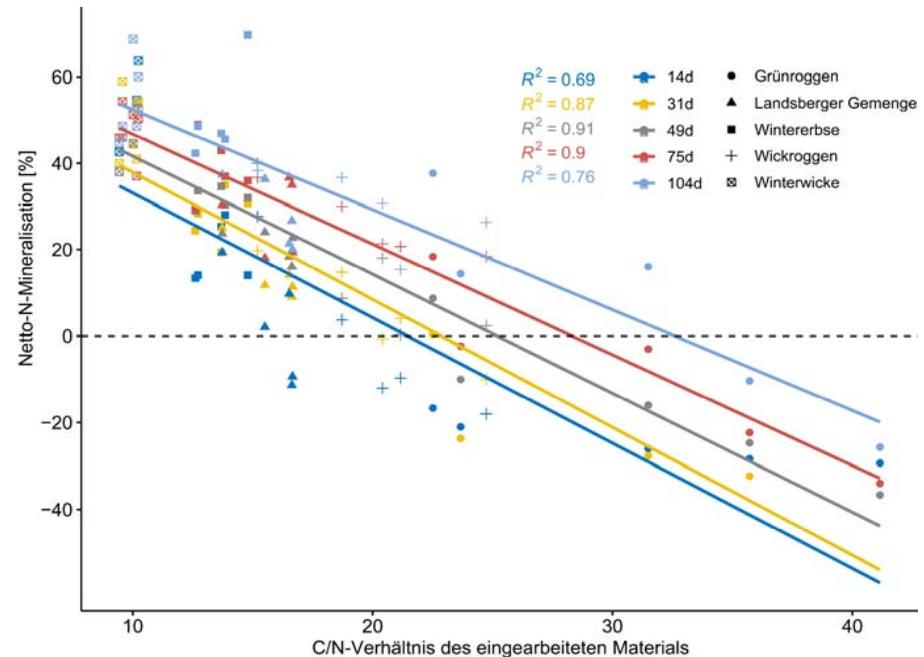
- Theoretische Umbruchtermine X Winterzwischenfruchtart
- Aufwuchsbiomasse getrocknet und gehäckselt (identische N-Menge je Tray $\approx 100 \text{ kg N ha}^{-1}$)
- Einmischung in SI2 Oberboden
- Inkubation in Foodtrays (500 ml) 104 Tage bei 15°C
- Ziel-Bodenwassergehalt: 70% FK (58% nFK)



Netto-N-Mineralisation unterschiedlicher Winterzwischenfruchtarten und -stadien im zeitlichen Verlauf

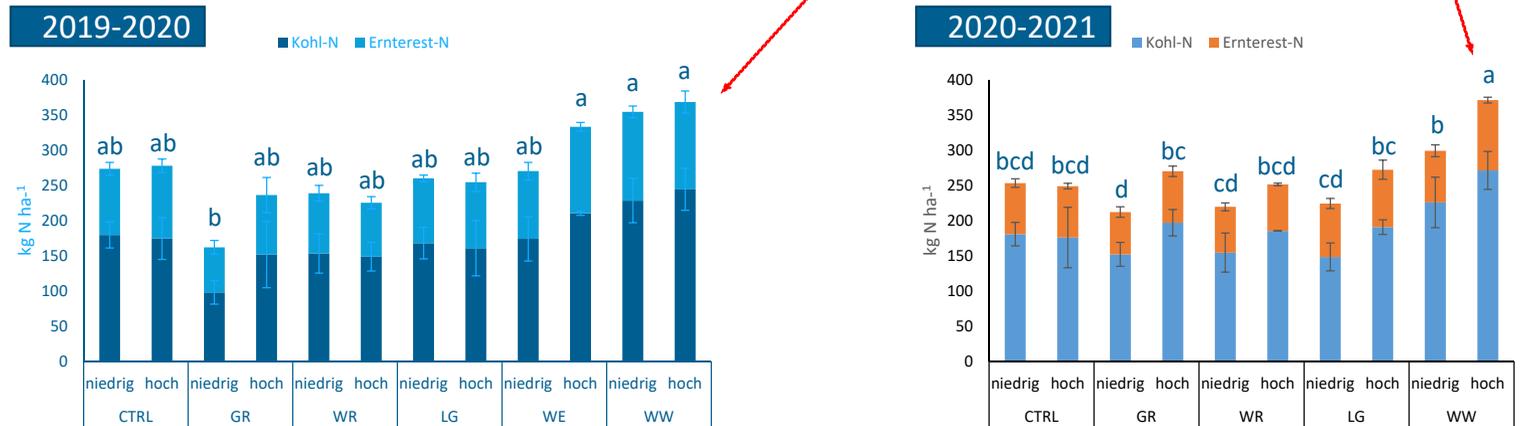
N-Freisetzung aus dem Zwischenfruchtaufwuchs im Brutversuch

- Theoretische Umbruchtermine X Winterzwischenfruchtart
- Aufwuchsbiomasse getrocknet und gehäckselt (identische N-Menge je Tray $\approx 100 \text{ kg N ha}^{-1}$)
- Einmischung in SI2 Oberboden
- Inkubation in Foodtrays (500 ml)
104 Tage bei 15°C
- Ziel-Bodenwassergehalt:
70% FK (58% nFK)



Netto-N-Mineralisation unterschiedlicher Winterzwischenfruchtarten und -stadien in Abhängigkeit des C/N-Verhältnisses bei differenzierter Inkubationsdauer

Ertrags- und N-Effekte auf Weißkohl



N-Aufnahme von Weißkohl unterteilt in Ertragsorgan und Ernterückstand in Gülzow (LFA). Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD-Test, $\alpha=0.05$)

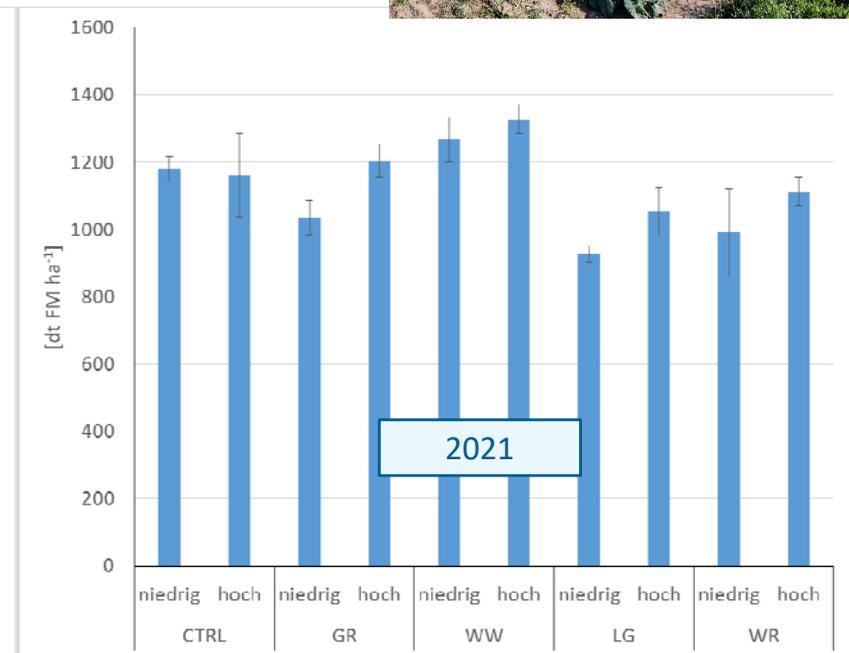
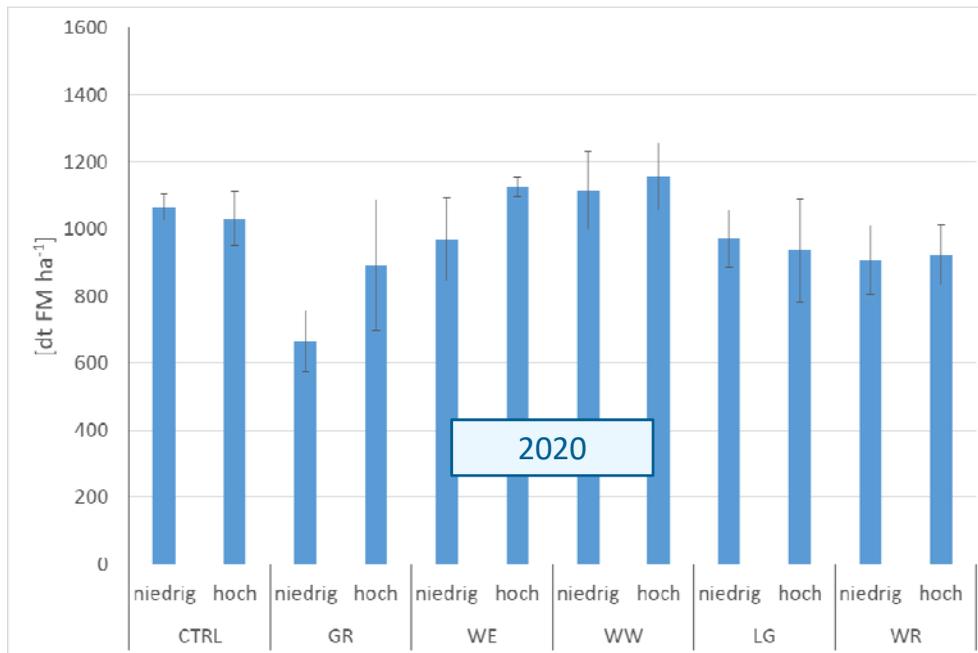
Ertrags- und N-Effekte auf Weißkohl

„N-Dünge-Effekt“: Δ -N-Aufnahme Weißkohl [Differenz zur Kontrollvariante (Brache)]

WZF	Aussaat- N _{min} -Niveau	2020		2021	
Grünroggen	niedrig	-112	± 26,7 e	-37	± 22,2 D
	hoch	-37	± 72,2 de	21	± 14,9 BC
Wickroggen	niedrig	-35	± 37,8 bcd	-29	± 33,2 CD
	hoch	-48	± 32,8 abc	2	± 1,4 BCD
Landsberger Gemenge	niedrig	-13	± 26,7 cd	-25	± 25,4 CD
	hoch	-19	± 52,3 cd	23	± 9,8 BC
Winterwicke	niedrig	81	± 39,2 ab	50	± 44,2 B
	hoch	95	± 45,5 a	122	± 24,9 A
Wintererbse	niedrig	-3	± 44 bcd		
	hoch	60	± 9,1 abc		

Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD Post-hoc-Test, $\alpha = 0.05$)

Ertrags- und N-Effekte auf Weißkohl: Roherträge Weißkohl



Ertrags- und N-Effekte auf Weißkohl: Mittelwerte der Standorte UHOH, LTZ, LWK NRW (je 2 Versuche)

Table 5: Influence of winter cover crops on cabbage head fresh matter yield (Mg ha^{-1}), indicated as marketable yield (heads > 1.0 kg) and non-marketable yield (heads < 1.0 kg) as well as DM biomass of cabbage residues on all three locations. Values with at least one identical letter indicate non-significant differences among winter cover crop treatments at $\alpha = 0.05$.

Cover crop	Marketable heads (> 1.0 kg)	Non-marketable heads (< 1.0 kg)
Control	21.6 ± 3.58	15.8 ± 3.45
Rye	11.5 ± 3.58	19.7 ± 3.45
Rye + vetch	14.4 ± 3.92	19.2 ± 4.47
Vetch	25.5 ± 4.29	14.0 ± 5.44
Pea	25.9 ± 3.64	14.1 ± 3.52
Faba bean	28.1 ± 4.77	13.6 ± 3.38

Sophie Stein et al. [Publikation in Vorbereitung]

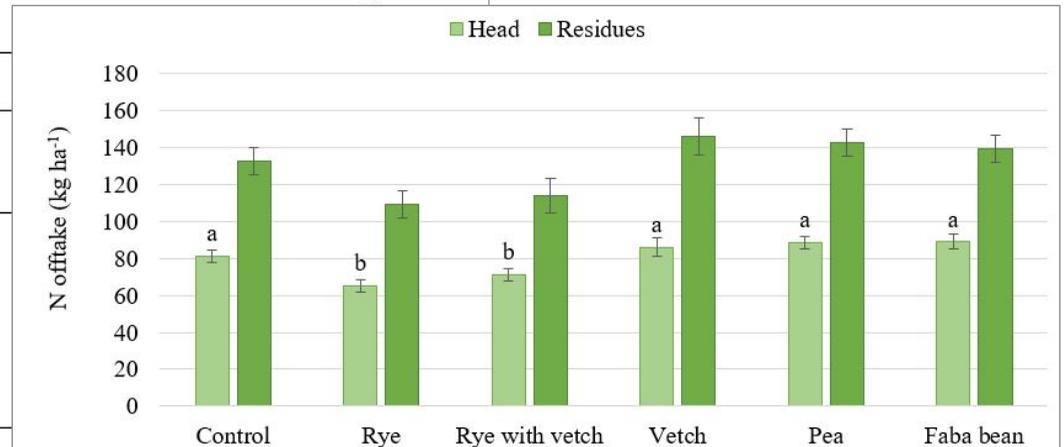
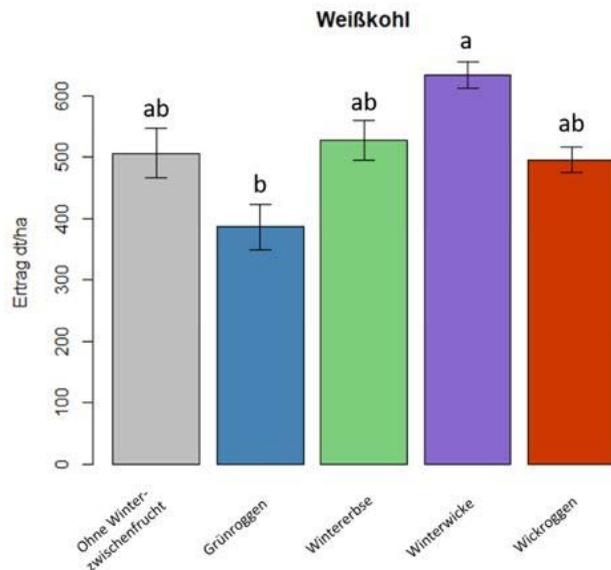
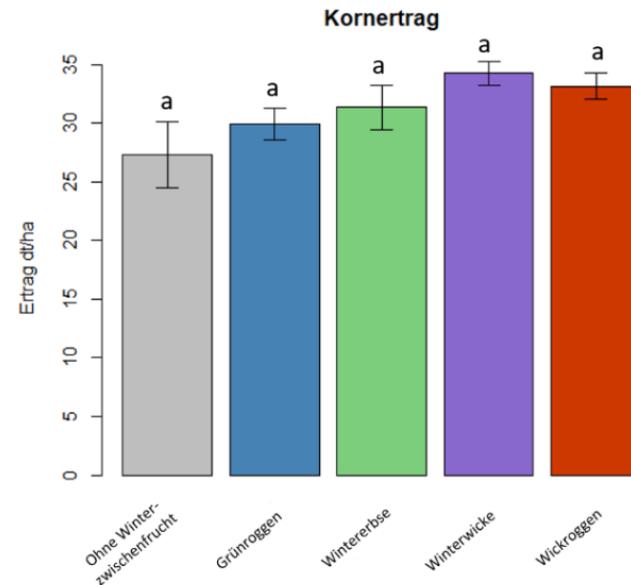


Figure 4: Influence of winter cover crop on N offtake by harvested cabbage heads and remaining residues after harvest at all locations. Results are the means of four replicates and bars show the standard error. Values with at least one identical letter indicate non-significant differences among the treatments at $\alpha = 0.05$.

Ertragseffekte auf Weißkohl und nachfolgenden Weizen: LWG Bamberg



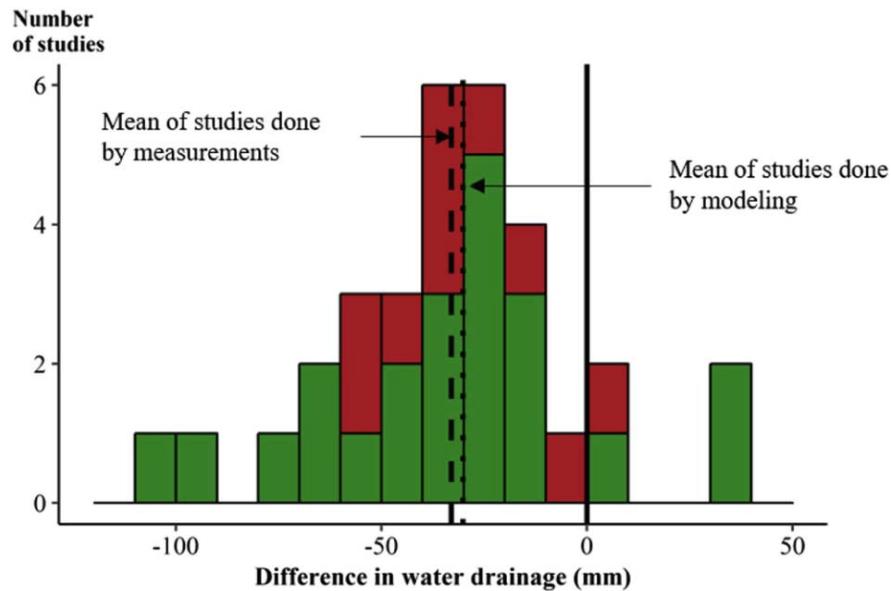
Weißkohlertrag in Abhängigkeit von der vorangegangenen Winterzwischenfrucht



Winterweizenertrag in Abhängigkeit von der Winterzwischenfrucht vor Weißkohl bei Verbleib der Ernterückstände

von anderen Versuchen abweichendes Wickroggen-Mischungsverhältnis (40:60 statt 20:80)
[<https://www.hortigate.de/publikation/90453/Winterzwischenfr%C3%BCchte-2019-bis-2021>]

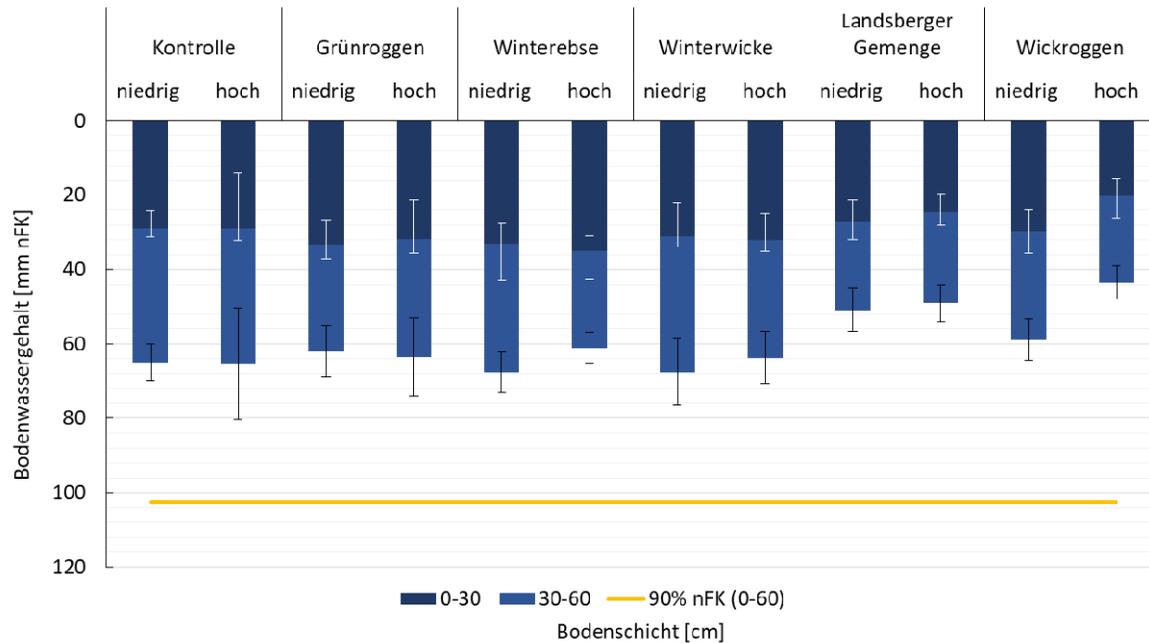
Blick über den „Stickstoff-Tellerrand“



Häufigkeitsverteilung der Differenz der Sickerwassermenge zwischen 'cover crop' und 'bare soil'; 32 Studien (Meyer et al., 2019); grün = Feldversuch, rot = Modellierung

**Zwischenfrüchte
reduzieren in der Regel
Bodenwassergehalt und
Sickerwassermenge
aufgrund erhöhter
Evapotranspiration.**

Blick über den „Stickstoff-Tellerrand“



← Δ_{\max} zur Kontrolle = 22mm

Bodenwassergehalte zum Umbruchtermin in 0-60 cm am 06.05.2020; Standort Gülzow (LFA)

Umrechnung der gravimetrisch bestimmten Boden-TS [%] in [mm nFK]:
 Bodenart: Si2 (Körnungsanalyse), FK(pt3) = 25+3; nFK(pt3) = 18+2 (Zuschlag org. Substanz h2 Si2 bei 0-30 cm)
 (Bodenkundliche Kartieranleitung, 2005)

Vielen Dank!

Dr. Kai-Uwe Katroschan
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
Gartenbaukompetenzzentrum
Dorfplatz 1/OT Gülzow | 18276 Gülzow-Prüzen
Telefon +49 385 588-60500
k.katroschan@lfa.mvnet.de
www.lfamv.de

