

Landwirtschaftliche Nutzpflanzenkunde

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

15.12.2025

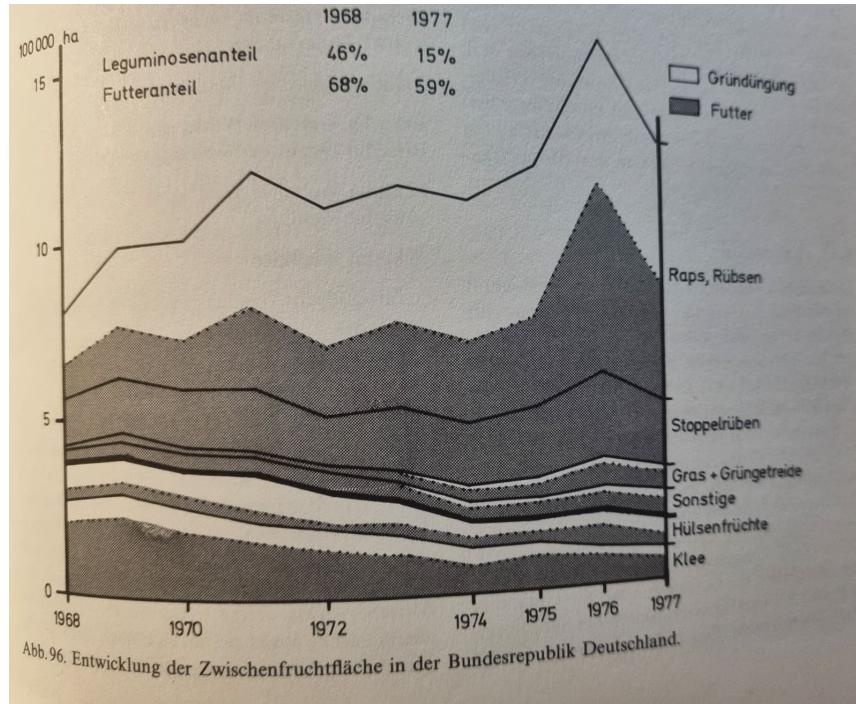
Definition Zwischenfrucht

- Als Zwischenfrucht bezeichnet man in der Landwirtschaft eine Feldfrucht, die nach oder vor anderen, zur Hauptnutzung dienenden Feldfrüchten als Gründüngung oder zur Nutzung als Tierfutter angebaut wird.

Warum Zwischenfrüchte?

- Erosionsschutz
- Steigerung der org. Substanz
- Bodenstruktur, Tiefenlockerung
- Stickstoff fixieren, Nährstoffe mobilisieren
- Gülle verwerten
- Bienenweide, Biodiversität, „Optik“
- Schaderreger unterdrücken
- Subventionen?

Bedeutung in Deutschland



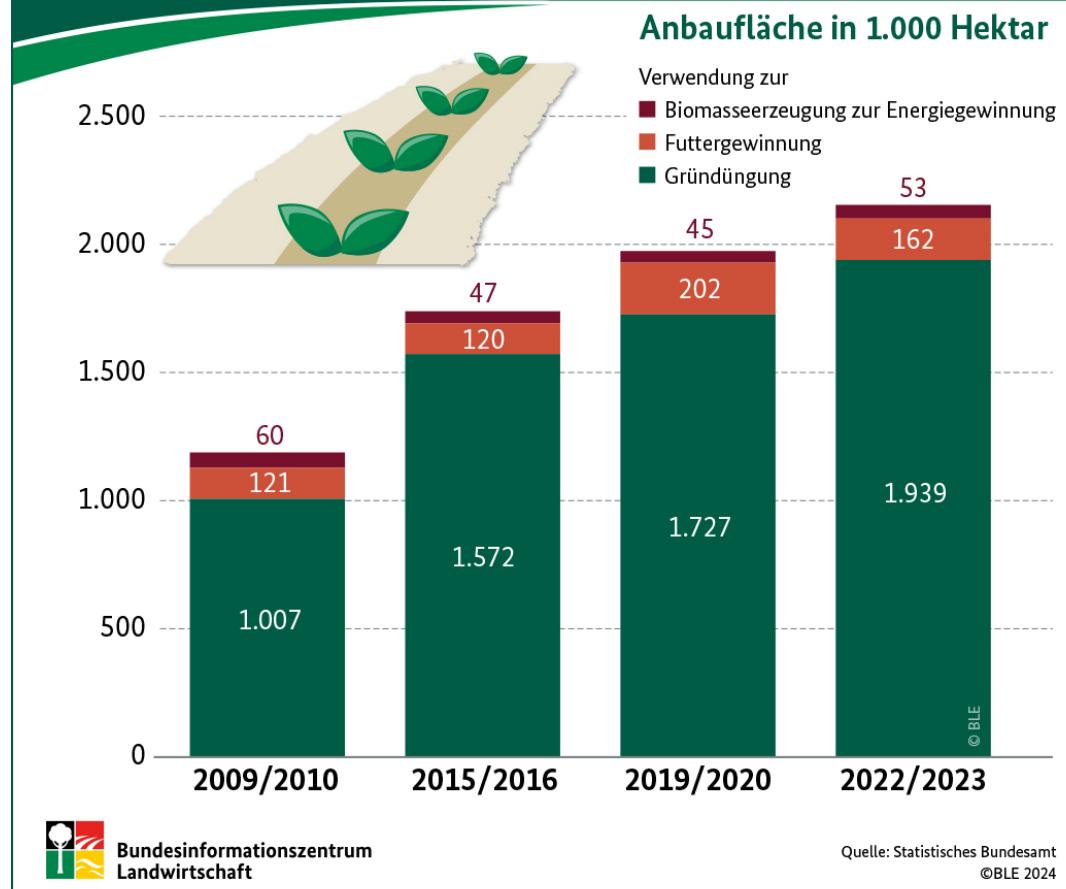
steigender Flächenanteil durch
Grünlandumwandlung, vermehrter
Anbau von Sommerungen (Mais)

abnahme Leguminosen
anhahme Futternutzung

- bis 1991 konstant → mit EU-Agrarreform auf 250.000 gesunken

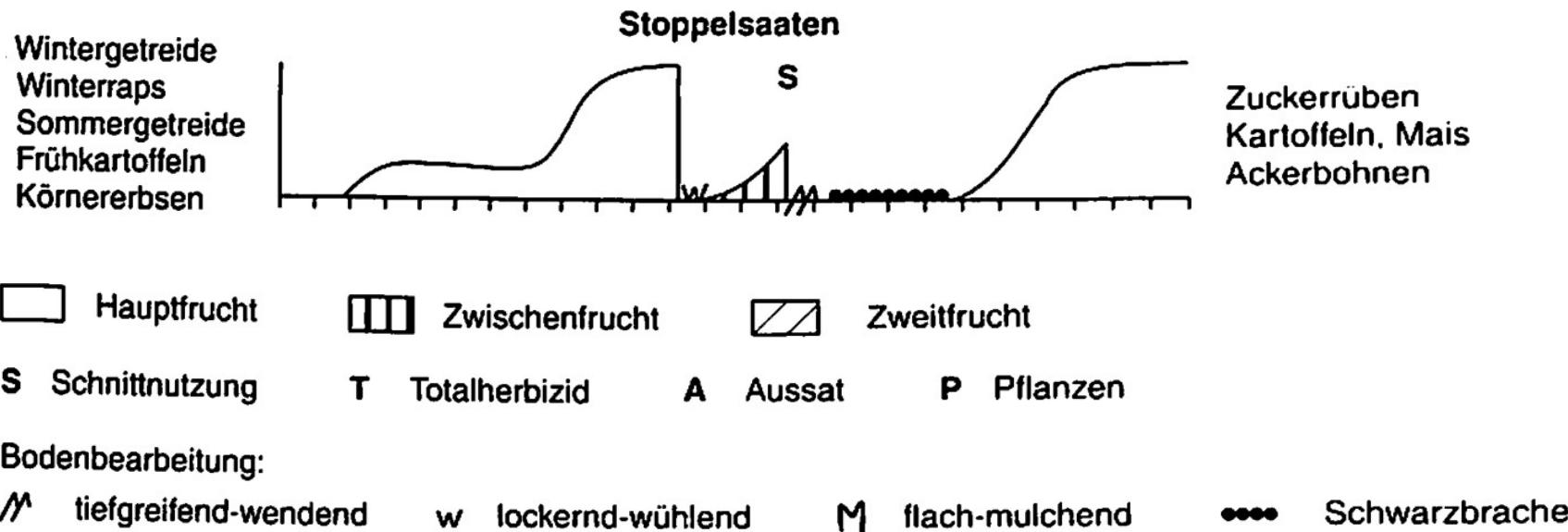
- erneuter Anstieg durch EU Agrarreform

Zwischenfruchtanbau in der Landwirtschaft



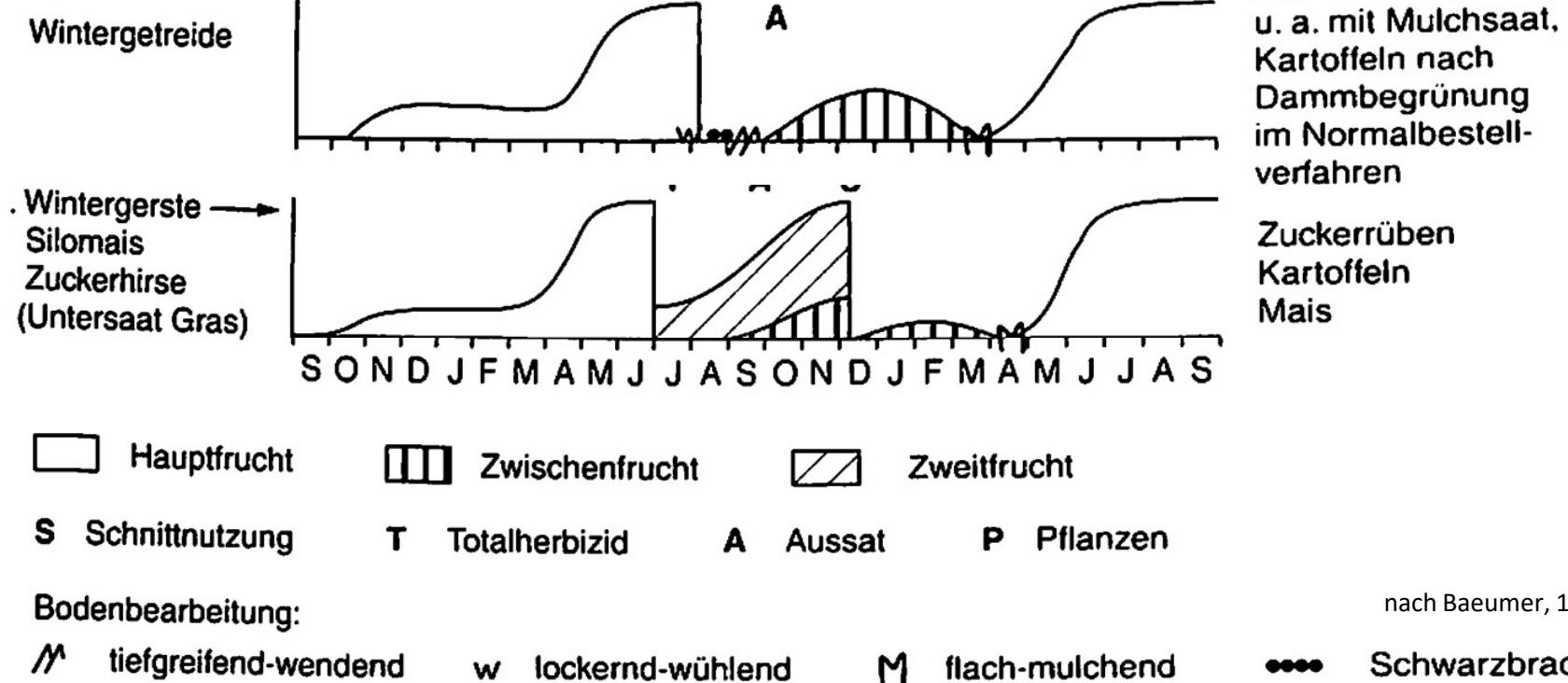
Einbau von Zwischenfrüchten in Fruchtfolgen -

Herbstbegrünung



nach Baeumer, 1992

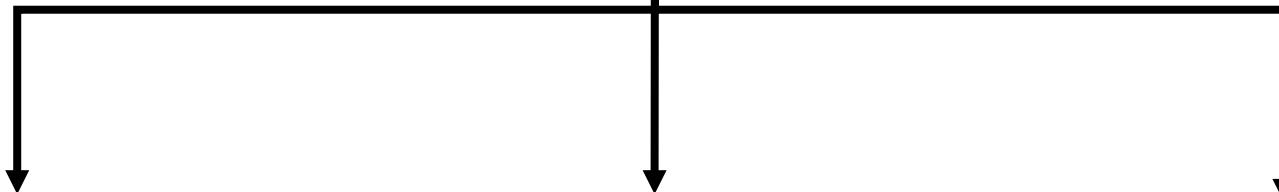
Einbau von Zwischenfrüchten in Fruchtfolgen - Winterbegrünung



Anbau von Zwischenfrüchten im Herbst

- nach der Ernte der Vorfrucht
 - intensive bis extensive Bodenbearbeitung
 - Aussaat mit unterschiedlicher Genauigkeit - Drillmaschine bis Drohne
- Aussaatzeitpunkt
 - Juli bis August bei großkörnigen Leguminosen (-Mischungen)
 - August bis Mitte September bei Sommerklee-Arten
 - Mitte August bis September bei nicht-Leguminosen-Arten (in Zukunft Problem der N-Versorgung -> spätere Saatzeit)
- bei Herbstzwischenfrüchten erfolgt das Mulchen oder Einarbeiten vor Winter -> Wintergare auf Böden mit > 15 % Ton
- bei der Nutzung als Winterzwischenfrucht (Greening) erfolgt die Einarbeitung nach Winter ab dem 16.02.

Ansaatverfahren



Untersaaten

Stoppelsaaten

Blanksaaten

**mit der Deckfrucht
in die Deckfrucht**

**Keine oder
reduzierte
Bodenbearbeitung**

**Pflug
(+ Saatbettbereitung)**









Drohnensaat

Die erwarteten Vorteile der Drohnensaat

- Arbeitsspitzen brechen: Zeit, Kraftstoff und Kosten werden eingespart, da weniger Überfahrten nötig sind.
- Bessere Etablierung der Zwischenfrucht: Die Samen können im Schatten des Getreides keimen und die Restfeuchte besser ausnutzen.
- Bodenschonung: Vermeidung von Überfahrten auf feuchten Flächen, was besonders in diesem nassen Jahr vorteilhaft ist.
- Schnelle Bodenbedeckung nach der Ernte: Dies fördert das Bodenleben, schützt vor Austrocknung und starker Erhitzung der Böden.

Herausforderungen und mögliche Nachteile

- Unkrautdruck: Keine mechanische Unkrautregulierung nach der Ernte möglich.
- Feldaufgang: Möglicherweise schlechterer Aufgang aufgrund schlechteren Bodenschlusses.

of

Ho

15

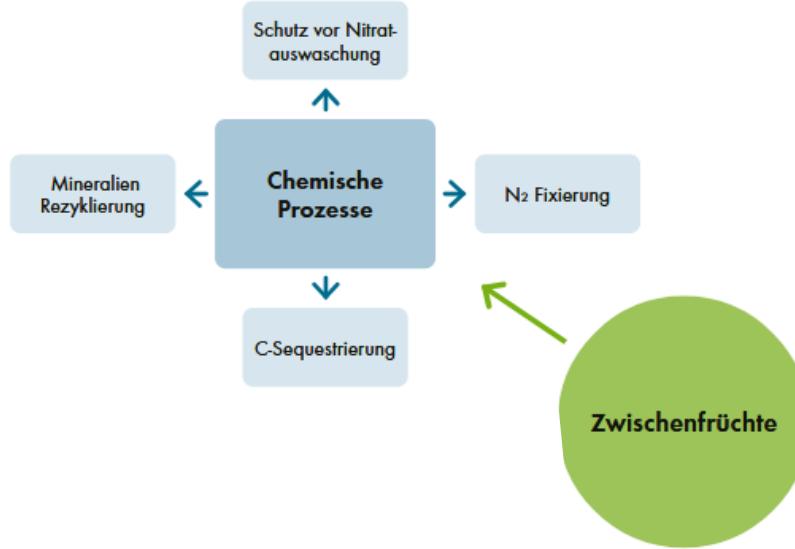






Wirkungen von Zwischenfrüchten

Abbildung 1: Einfluss von Zwischenfrüchten auf verschiedene Prozesse und das Anbausystem



Bedeutung der Wurzeln bzw. der Rhizosphäre

- Je mehr Wurzelmasse und organische Substanz im Boden angelegt werden, umso höher kann die Leistung sein, die das System Boden erbringt.
- In der Rhizosphäre ist die höchste mikrobielle Aktivität gegeben.
- Als Energie- und Stickstoffträger ist über die Wurzelmasse eingebrachte organische Substanz Grundlage der Bodenfruchtbarkeit.
- Die Intensität und Tiefe der Durchwurzelung haben aber auch Einfluss auf die Menge und Verfügbarkeit mineralischer und nichtmineralischer Nähr- und Spurenstoffe.
- Ein tiefreichendes Wurzelsystem hilft, Nährstoffverluste durch Verlagerung und Auswaschung zu vermeiden und betriebseigene Düngemittel weitgehend verlustfrei einzusetzen.
- Leguminosenwurzeln bringen zusätzlichen unverzichtbaren Stickstoff ins Anbausystem.

Rückstände der Wurzeltrockenmasse in dt/ha Feldfutterbau

	Hauptfrucht	Winterzwischen -frucht	Sommerzwischenfrucht	
			Untersaat	Stoppelsaat
Gräser	25 - 50	20 - 30	15 - 40	15 - 25
Kleearten*	20 - 30		10 - 15	5 - 10
Cruziferen, Landsberger Gemenge		15 - 25		
Kleegras			20 - 30	10 - 20
Grobleguminosen				10 - 20

* Rotklee ca. 10 dt mehr

(Lütke Entrup 2000)

Fruchtartspezifische Veränderung der Humusvorräte des Bodens

Feldfutter¹ (Leguminosen, Ackergras, Gemenge)

Brache (gezielte Begrünung)

Untersaat¹

Körnerleguminosen

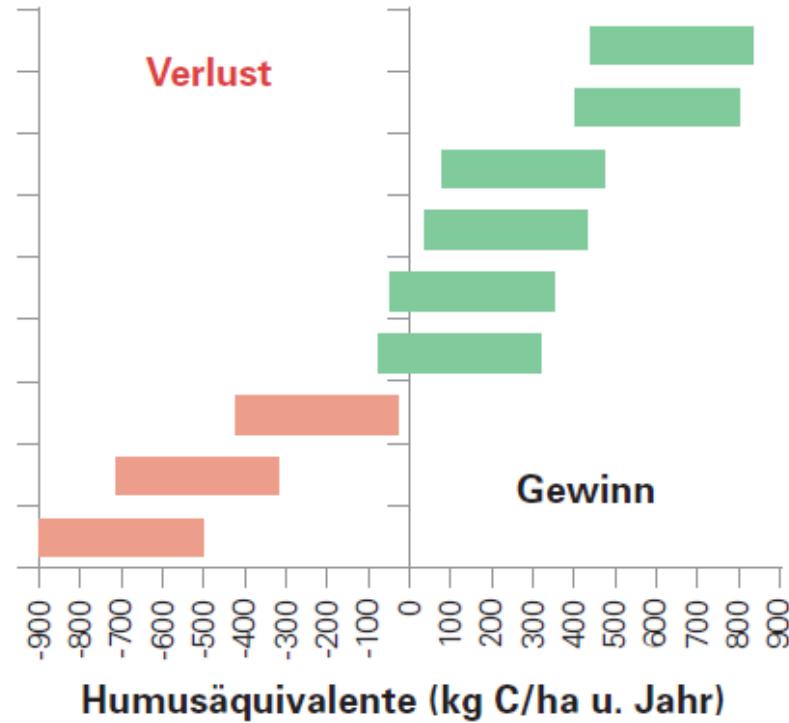
Winterzwischenfrüchte¹

Stoppelfrüchte¹

Getreide¹, Ölpflanzen¹

Mais (Silo-, Körnermais¹)

Hackfrüchte (Kartoffeln, Rüben¹)



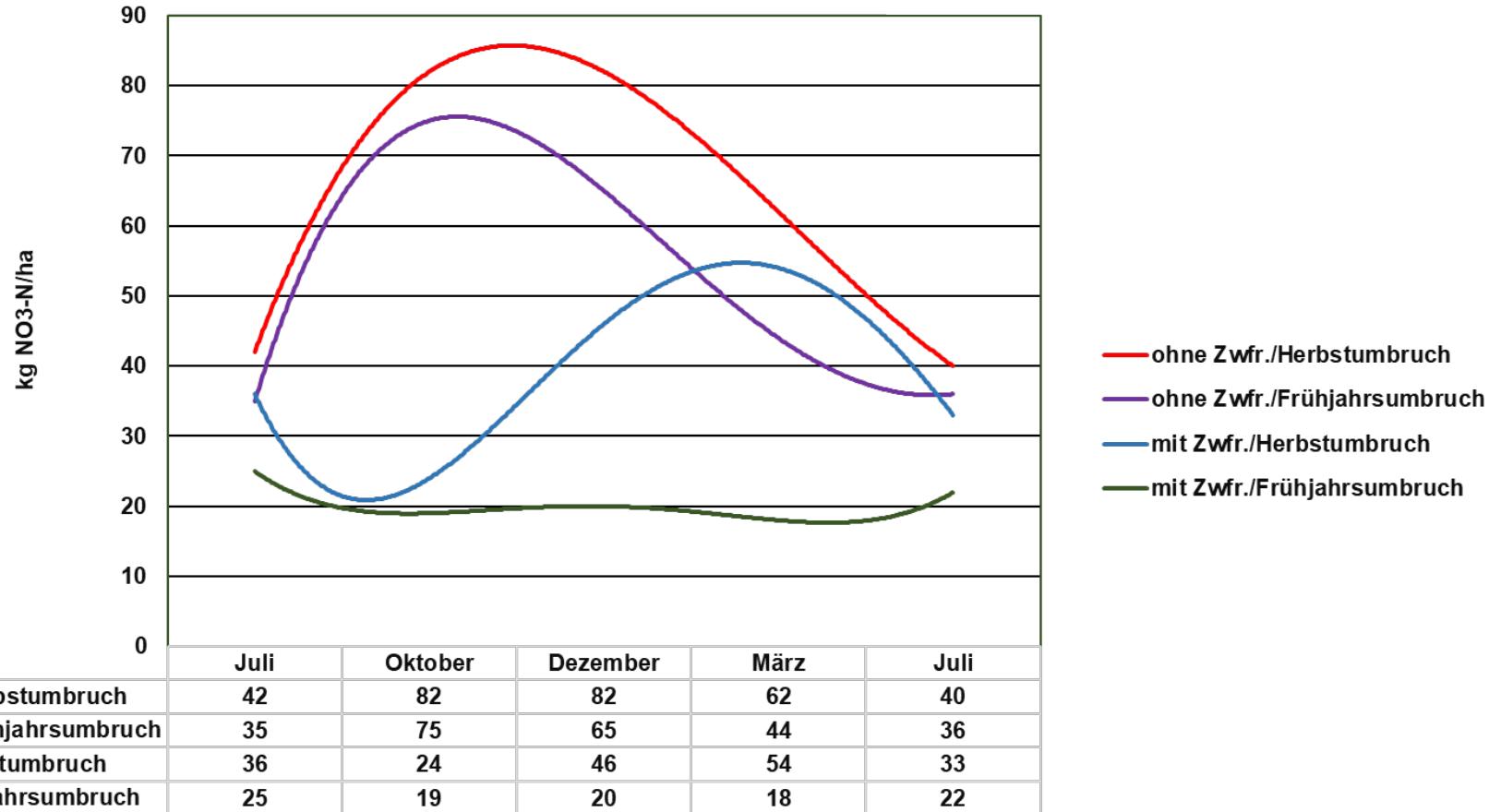
¹ Koppelprodukt bzw. Aufwuchs abgefahren

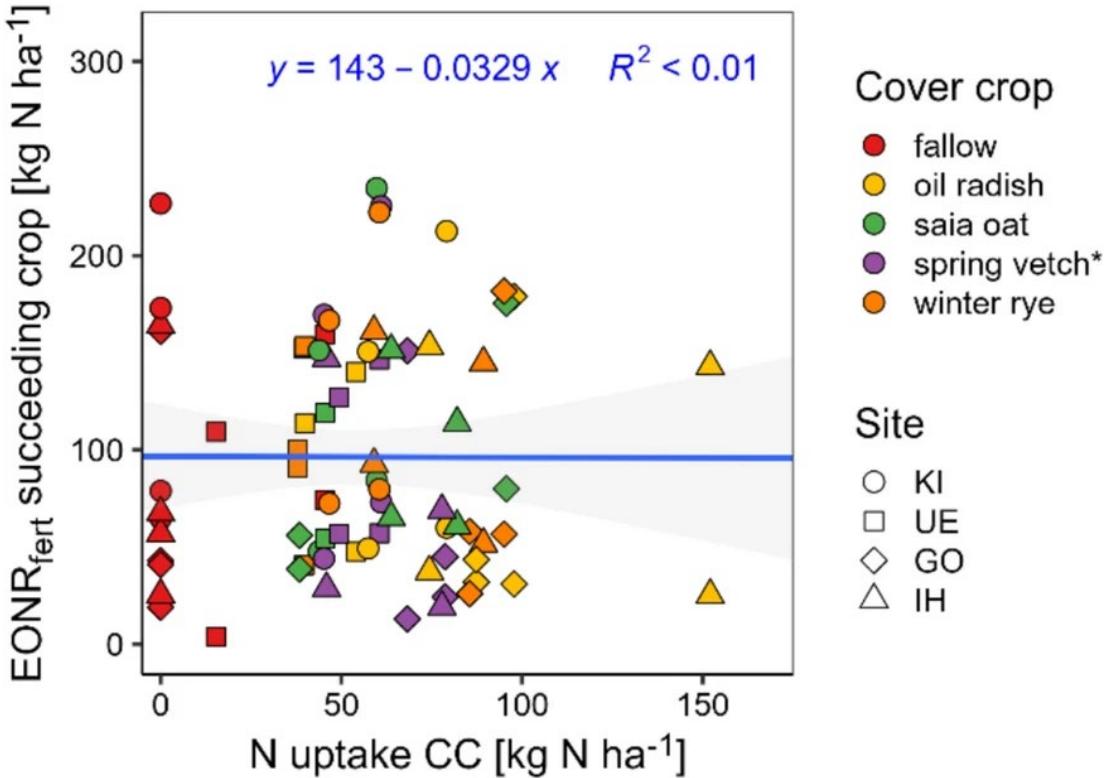
Humusäquivalente (kg C/ha u. Jahr)

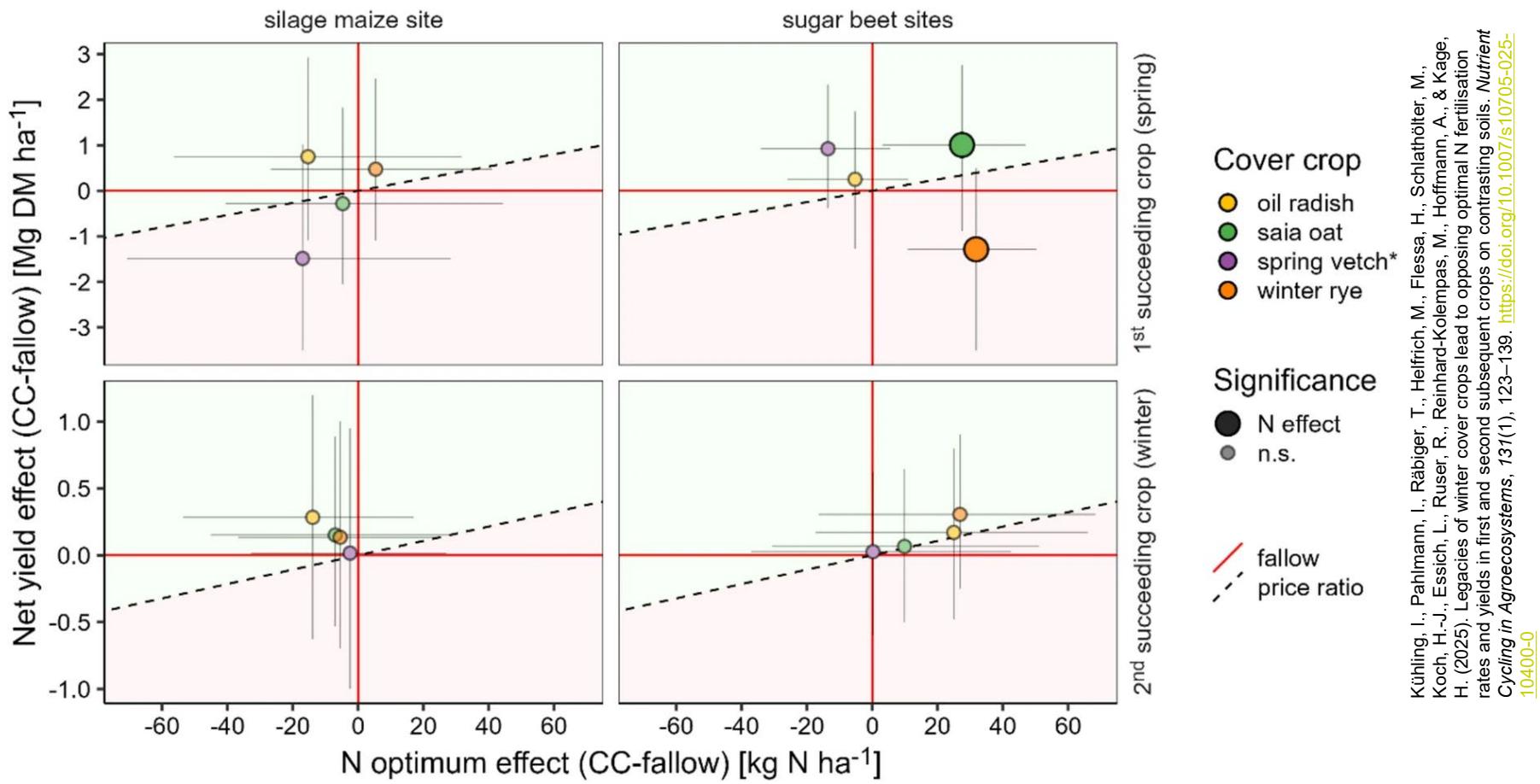
Nährstoffanreicherung in Sprossen und Wurzeln [kg ha ⁻¹]										
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Kalzium	Magnesium	Schwefel	Eisen	Mangan	Zink	Bor
Senf	51.3	8.1	68.2	44.2	5.0	11.7	0.6	0.09	0.13	0.04
	21.4	9.2	57.6	10.9	3.8	7.3	-	-	0.07	0.03
Klee	44.3	5.5	51.1	22.8	3.6	3.9	1.3	0.11	0.08	0.04
	22.5	3.4	21.8	3.4	2.4	1.9	-	-	0.05	0.02
Hafer	49.7	9.9	78.9	14.1	3.8	5.7	1.2	0.22	0.07	0.01
	17.6	7.0	45.8	12.7	5.8	4.2	-	-	0.22	0.02
Phacelia	47.2	11.2	91.3	74.9	5.3	5.9	0.7	0.13	0.03	0.05
	21.9	14.2	97.0	20.7	4.0	4.7	-	-	0.06	0.04
Mix4	55.8	11.4	90.0	55.0	5.3	9.0	0.9	0.13	0.11	0.05
	40.8	17.8	110.4	22.6	7.3	8.8	-	-	0.15	0.09
Mix12	51.0	8.7	73.2	43.3	4.0	8.5	1.0	0.10	0.06	0.04
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Reinhold-Hurek, B., Hurek, T., Heijermann, D., von Wieren, N., Gentsch, N., Guggenberger, G., Schön, J., Breunig, P., Kümmner, R., Breische, S., Feuerstein, U., Schwenecker, D., Schulz, J.-H., Westerschulte, M., & Oskiera, M. (2025). Zwischenfrüchte im Ackerbau—Auswirkungen auf Bodenstruktur, Nährstoff- und Wasserhaushalt, Mikrobiom, Erträge und Rentabilität (Version 2.0).
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.1759327>

Nitrat im Boden







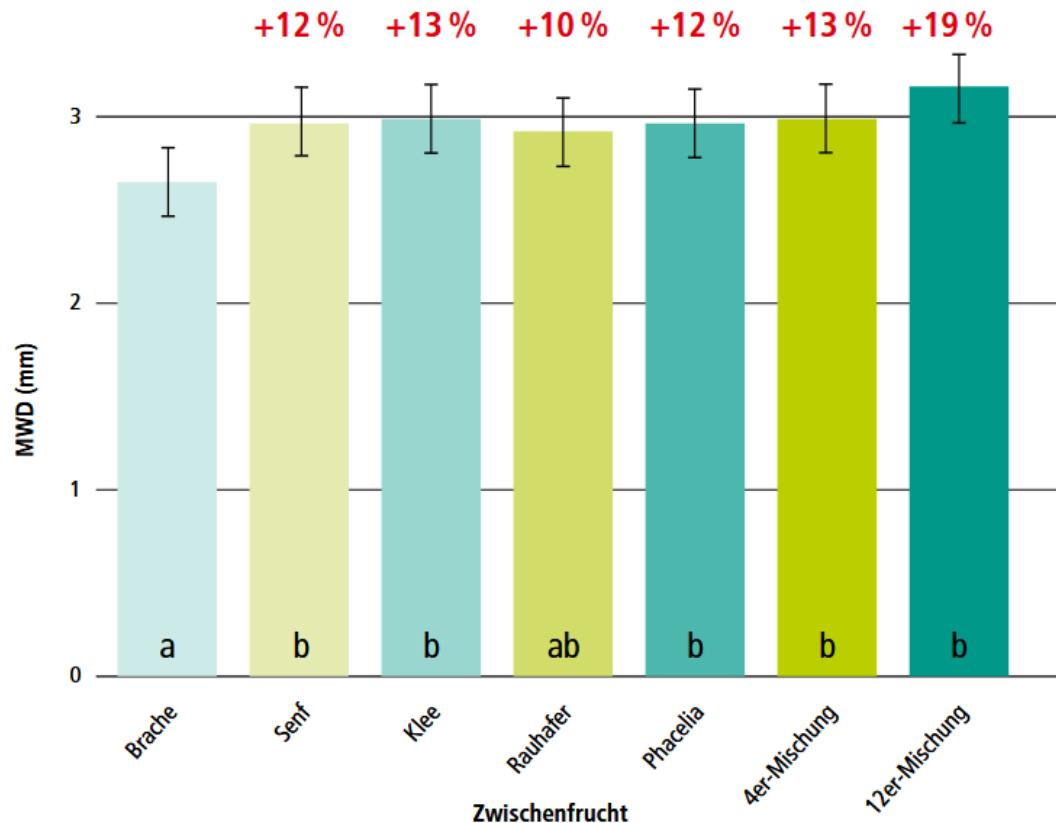
Effect sizes (mean differences) of cover crops (CC) compared to fallow for combined evaluation of economic optimal N fertiliser rates (N optimum effect) and corresponding crop yields at high price levels. Fallow treatment as red reference lines, price ratios of N costs to product prices as dashed reference line to distinguish between beneficial (greenish shading) and unfavourable (reddish shading) combinations; 95% confidence intervals as error bars. *spring vetch was a mixture with volunteer oilseed rape at the silage maize site

Kühlung, I., Pahlmann, I., Räbiger, T., Heßlrich, M., Flessa, H., Schlaithäder, M., Koch, H.-J., Essich, L., Russer, R., Reinhard-Kolempas, M., Hoffmann, A., & Kage, H. (2025). Legacies of winter cover crops lead to opposing optimal N fertilisation rates and yields in first and second subsequent crops on contrasting soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 131(1), 123–139. <https://doi.org/10.1007/s10705-025-10400-0>

Abbildung 1: Einfluss von Zwischenfrüchten auf verschiedene Prozesse und das Anbausystem



ABB. 2: EINFLUSS VON ZWISCHENFRÜCHTEN AUF DEN MITTLEREN DURCHMESSER WASSERSTABILER AGGREGATE (MWD) IM BODEN. DIE 12ER MISCHUNG ZEIGT MIT 19 % EINEN HÖHEREN MWD ALS EINE BRACHE.



- soil bulk density (BD), reducing BD by 3–5%.
- wet aggregate stability (WAS), 9–80%
- available water capacity (AWC), 10–11%

Zwischenfrüchte und Wasserhaushalt

- Sorge, dass der Zwischenfruchtanbau gerade in Trockengebieten aufgrund der Konkurrenz um begrenzte Bodenwasservorräte für die Hauptfrüchte von Nachteil sein könnte
- Langjährige Untersuchungen des DWD zeigen auf Böden mit unterschiedlicher Wasserhaltekapazität im Osten Deutschlands, dass die **Wassergehalte des Bodens im Spätsommer/Herbst** unter unterschiedlichen Zwischenfruchtarten im Mittel zwar **geringer waren** als unter unbewachsenen Brachflächen, dass diese Unterschiede aber bis **zum Start der Vegetationsperiode im Folgejahr stets wieder ausgeglichen waren**. Aus agrarmeteorologischer Sicht wird der Anbau von Zwischenfrüchten daher uneingeschränkt empfohlen

Abbildung 1: Einfluss von Zwischenfrüchten auf verschiedene Prozesse und das Anbausystem



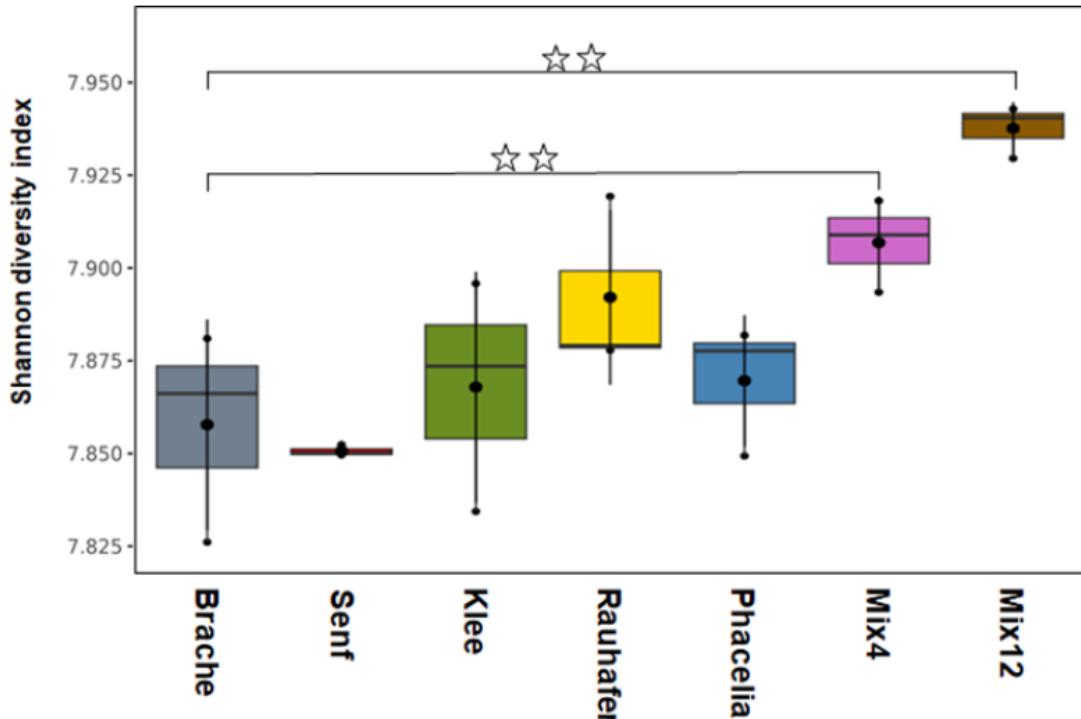


Abb. 5-2: Vielfalt der Bakterien im Boden nach Zwischenfruchtanbau am Standort Triesdorf. Gezeigt ist die Diversität der Bakterien im Boden während der Standzeit der Folgefrucht Mais nach Anbau von verschiedenen einzelnen Zwischenfruchtreinsaaten, Mischungen oder der Brache. Diversitätsindex: Shannon. Sterne geben signifikante Unterschiede an.

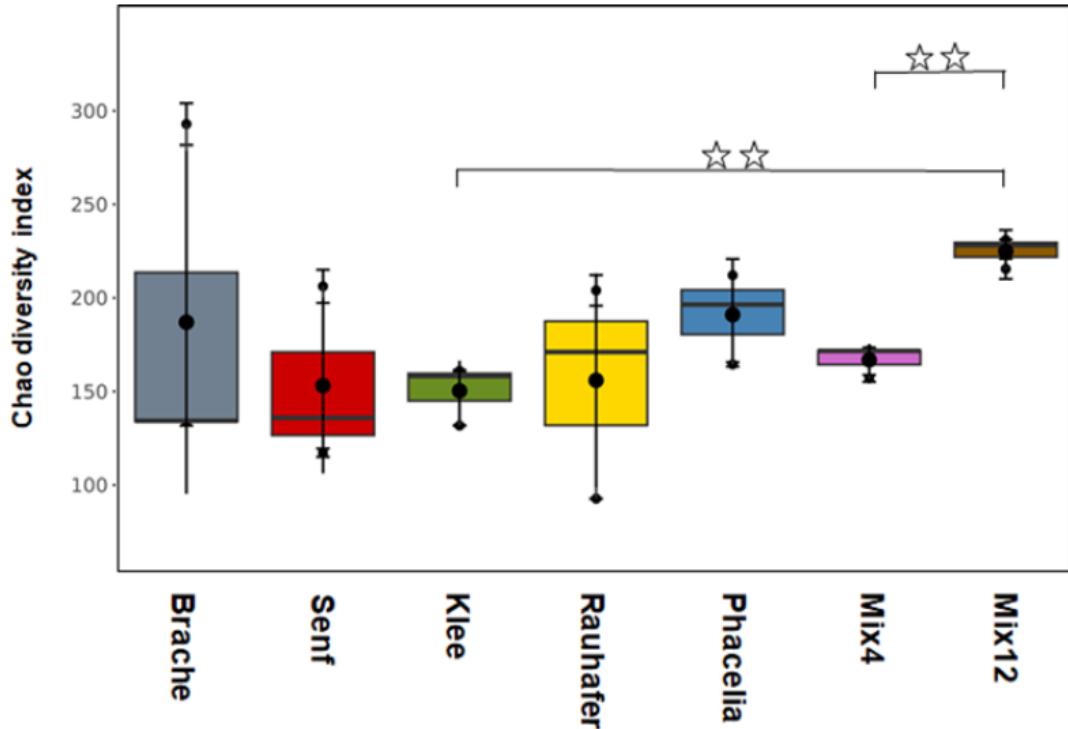
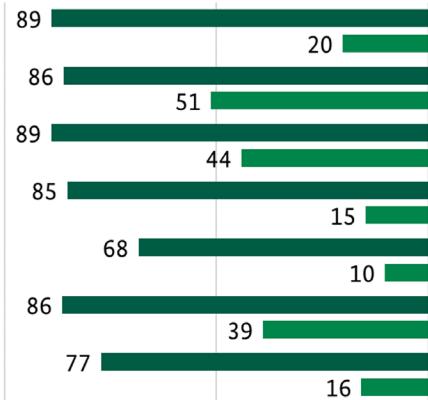


Abb. 5-3: Vielfalt der Pilze in und auf Wurzeln von Mais nach Zwischenfruchtanbau am Standort Asendorf. Gezeigt ist die Diversität der wurzelassoziierten Pilze während der Standzeit der Folgefрут Mais nach Anbau von verschiedenen einzelnen Zwischenfruchtreinsaaten, Mischungen oder der Brache. Diversitätsindex: Chao. Sterne geben signifikante Unterschiede an.

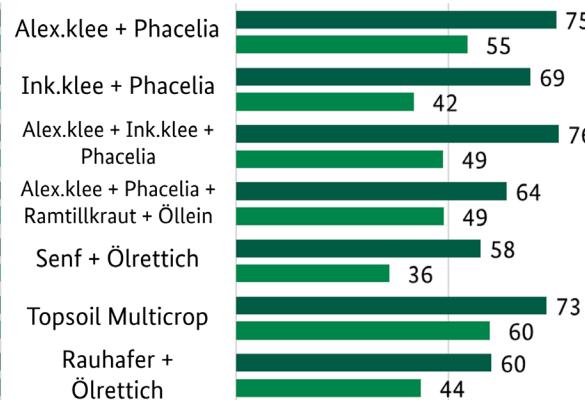
Mittelwerte eines dreijährigen Versuches an zwei Standorten

Lipp Federolf

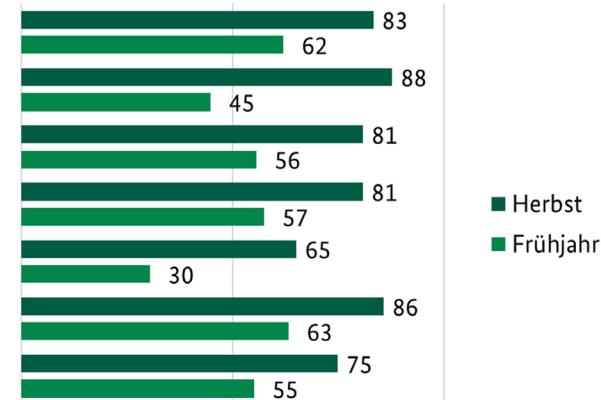
Deckungsgrad der Zwischenfrucht (%)



Reduktion Ausfallgetreide (%)

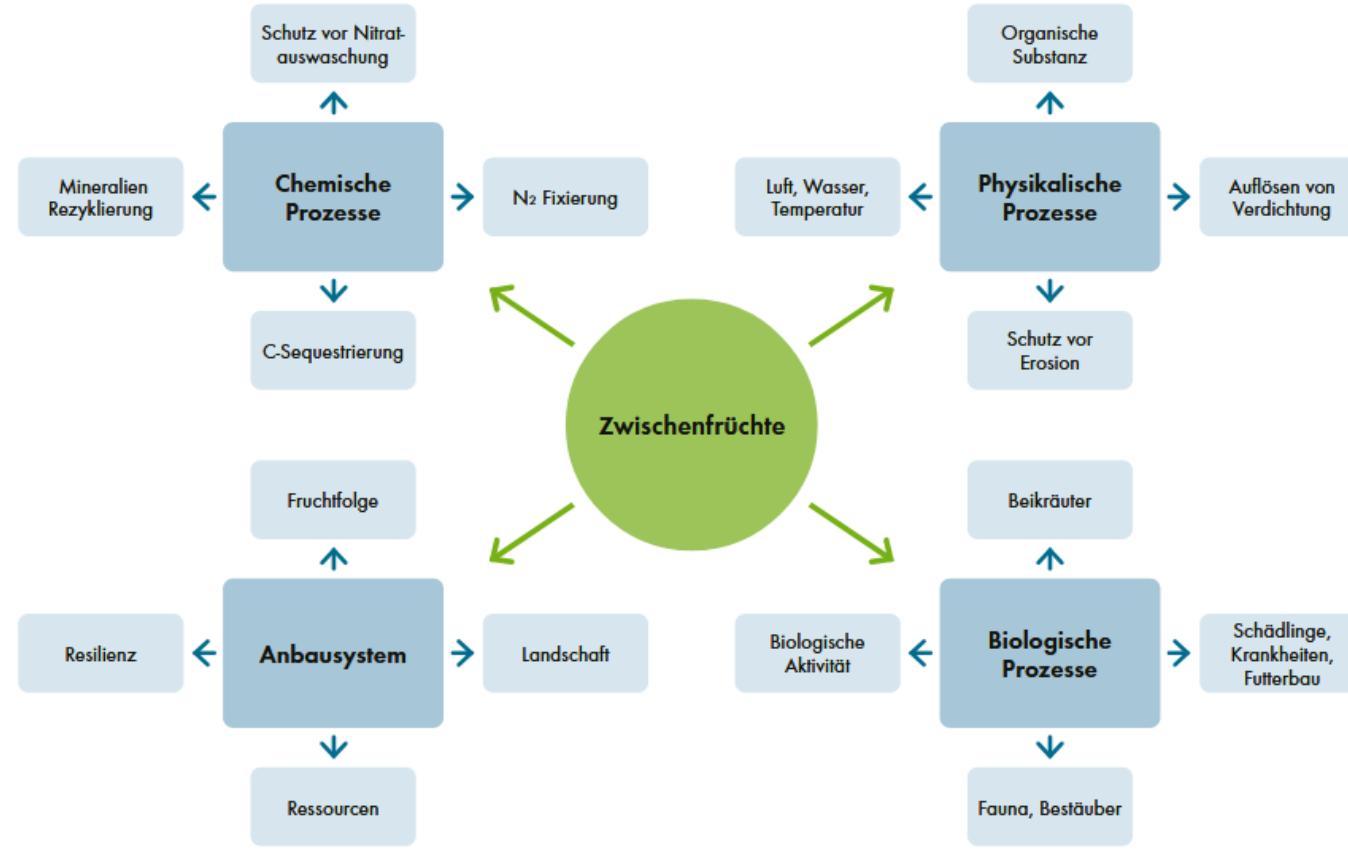


Reduktion Unkräuter (%)



Hochschule \

Abbildung 1: Einfluss von Zwischenfrüchten auf verschiedene Prozesse und das Anbausystem



Was kommt als Zwischenfrucht in Betracht

Brassica-Arten	Hülsenfrüchte	andere Leguminosen	andere Dikotyle	Gräser
Senf	Ackerbohnen	Alexandriner	Buchweizen	Glatthafer
Ölrettich	Erbsen	Perserklee	Phacelia	Grünroggen
Bierrettich	Lupinen	Inkarnatklee	Ramtillkraut	Saathafer
Kresse	Soja	Rotklee	Ringelblume	Rauhafer
	Wicken	Luzerne	Sonnenblume	Welsches WGr
	Zottelwicke	Esparsette	Kulturmalve	Wiesenrispe
		Seradella	Öllein	
		Weißklee		

Eigenschaften von Zwischenfrüchten - Kreuzblütler Brassica-Arten

Eigenschaft	Gelbsenf	Ölrettich	Gartenkresse
Wurzelaufbau	Pfahlwurzel	Pfahlwurzel	Pfahlwurzel
Wurzeltiefe	60 bis 120 cm	150 bis 200 cm	30 bis 60 cm (Herbst)
Hauptwurzelmasse	5 bis 20 cm	5 bis 40 cm	10 bis 30 cm
Entwicklung	sehr zügig	sehr zügig	zügig
Konkurrenzkraft	sehr gut	sehr gut	gut
Massenbildung im Herbst	25 bis 50 dt/ha TM	35 bis 60 dt/ha TM	5 bis 30 dt/ha TM
Frosttolleranz	bis -8 °C	bis -10 °C	bis -7 °C
50 % Bodendeckung	360 °C-Tage	400 °C-Tage	420 °C-Tage

Eigenschaften von Zwischenfrüchten - Körnerleguminosen

Eigenschaft	Ackerbohne	Lupine	Sommerwicke
Wurzelaufbau	tiefe Pfahlwurzel (Aussaat bis Anf. Aug.)	tiefe Pfahlwurzel	schwache Pfahlwurzel mit Seitenwurzeln
Wurzeltiefe	80 bis 180 cm	bis 150 cm	bis 120 cm
Hauptwurzelmasse	bis 20 cm	bis 20 cm	bis 25 cm
Entwicklung	zügig	langsam	langsam
Konkurrenzkraft	ab generative Phase: sehr stark	gering	anfangs schwach später gut
Massenbildung im Herbst	hochwachsend 15 bis 25 dt/ha TM	hochwachsend 15 bis 30 dt/ha TM	fällt leicht um 40 bis 60 dt/ha TM
Frosttolleranz	friert sicher ab, (-8 °C)	friert sicher ab, (-6 °C)	gering, (-6 °C)
50 % Bodendeckung	540 °C-Tage	600 °C-Tage	420 °C-Tage

Eigenschaften von Zwischenfrüchten - Kleearten

Eigenschaft	Alexandrinerklee	Perserklee	Sparriger Klee
Wurzelaufbau	Pfahlwurzel, feinverästelte Seitenwurzel	kurze Pfahlwurzel, stark verästelt	Pfahlwurzel, stark verästelt
Wurzeltiefe	bis 60 cm	bis 30 cm	bis 40 cm
Hauptwurzelmasse	oberer Krümenbereich	oberer Krümenbereich	oberer Krümenbereich
Entwicklung	Frühsaat: zügig	langsam	langsam
Konkurrenzkraft	Frühsaat: gut, sonst eher schwach	anfangs gering später stärker	anfangs gering später stärker
Massenbildung im Herbst	hochwachsend 15 bis 25 dt/ha	bildet Seitentriebe 15 bis 30 dt/ha	Seitentriebe 10 - 20 dt/ha
Frosttolleranz	gering, -4 °C	gering, -5 °C	bis -7 °C
50 % Bodendeckung	470 °C-Tage	430 °C-Tage	500 °C-Tage

Eigenschaften von Zwischenfrüchten – Sonstige Dikotyle

Eigenschaft	Buchweizen	Phacelia	Ramtilkraut
Wurzelaufbau	kleine Pfahlwurzel	Büschenwurzler	kleine Pfahlwurzel
Wurzeltiefe	80 cm	bis 80 cm	20 bis 50 cm
Hauptwurzelmasse	bis 30 cm	Bearbeitungshorizont	oberer Krümenbereich
Entwicklung	zügig	zügig bei früher Aussaat	langsam
Konkurrenzkraft	mäßig	gut Frühsaat	schwach
Massenbildung im Herbst	10 bis 30 dt/ha TM	30 bis 60 dt/ha TM	25 bis 40 dt/ha TM
Frosttolleranz	friert sicher ab, -0 °C	friert gut ab, -6 °C	stirbt bei +2 °C ab
50 % Bodendeckung	540 °C-Tage	480 °C-Tage	600 °C-Tage

Zwischenfrüchte: Einfluss auf den Wasserhaushalt

- Zwischenfrüchte benötigen Wasser
 - Je 10 cm Aufwuchs ca. 12l Wasser

30 cm. 36 l Wasser

1,2 t/ha Mais



Transpirationskoeffizient

Klee >700

Raps, Ölrettich, Senf 600 bis 700

100 cm. 120 l Wasser

4,8 t/ha Mais



Zwischenfrüchte: Einfluss auf den Wasserhaushalt

- Zwischenfrüchte benötigen Wasser
 - Je 10 cm Aufwuchs ca. 12l Wasser
- Zwischenfrüchte können in Verbindung mit der Bodenbearbeitung Volumen für Wasser schaffen und für die Wurzel zugängig halten
- Zwischenfrüchte können im Winter Tau sammeln

Zwischenfrüchte als Unkräuter

- Wann werden Zwischenfrüchte selber zu Unkräutern?
 - bei fehlender Bekämpfungsmöglichkeit in einem Fruchfolgeglied

Zwischenfrüchte als Unkräuter

- Echter Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*)
- Tartarischer Buchweizen (*Fagopyrum tataricum*)
- Familie: Knöterichgewächse
- Bekämpfung in Zuckerrüben problematisch



Zwischenfrüchte als Unkräuter

- Wann werden Zwischenfrüchte selber zu Unkräutern?
 - bei fehlender Bekämpfungsmöglichkeit in einem Fruchfolgeglied
 - bei hoher Persistenz der Samen im Boden

Zwischenfrüchte als Unkräuter

- Ölhaltige Samen sind besonders langlebig.
- Folgende Zwischenfrüchte dürfen unabhängig von der Fruchfolge **nicht** zur Samenreife gelangen:
 - Gelbsenf, (*Sinapis alba*)
 - Kresse, (*Lepidium sativum*)
 - Ölrettich, (*Raphanus sativus*)
 - Sonnenblume, (*Helianthus annuus*)

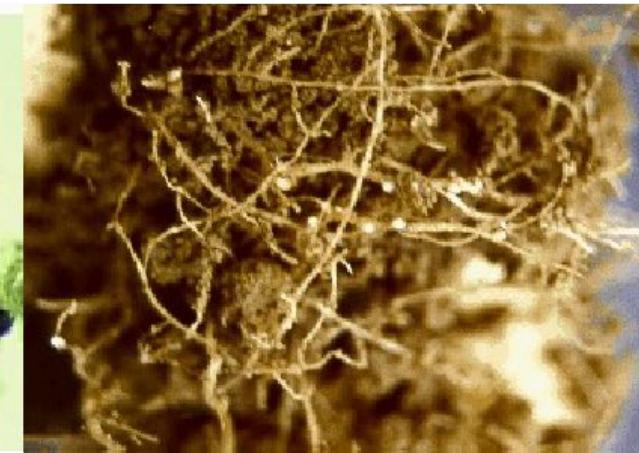


Zwischenfrüchte als Unkräuter

- Wann werden Zwischenfrüchte selber zu Unkräutern?
 - bei fehlender Bekämpfungsmöglichkeit in einem Fruchfolgeglied
 - bei hoher Persistenz der Samen im Boden
 - bei hohem Samenpotential, wenn Samenreife nicht verhindert wird
 - ...insbesondere: Brassica Arten, Buchweizen

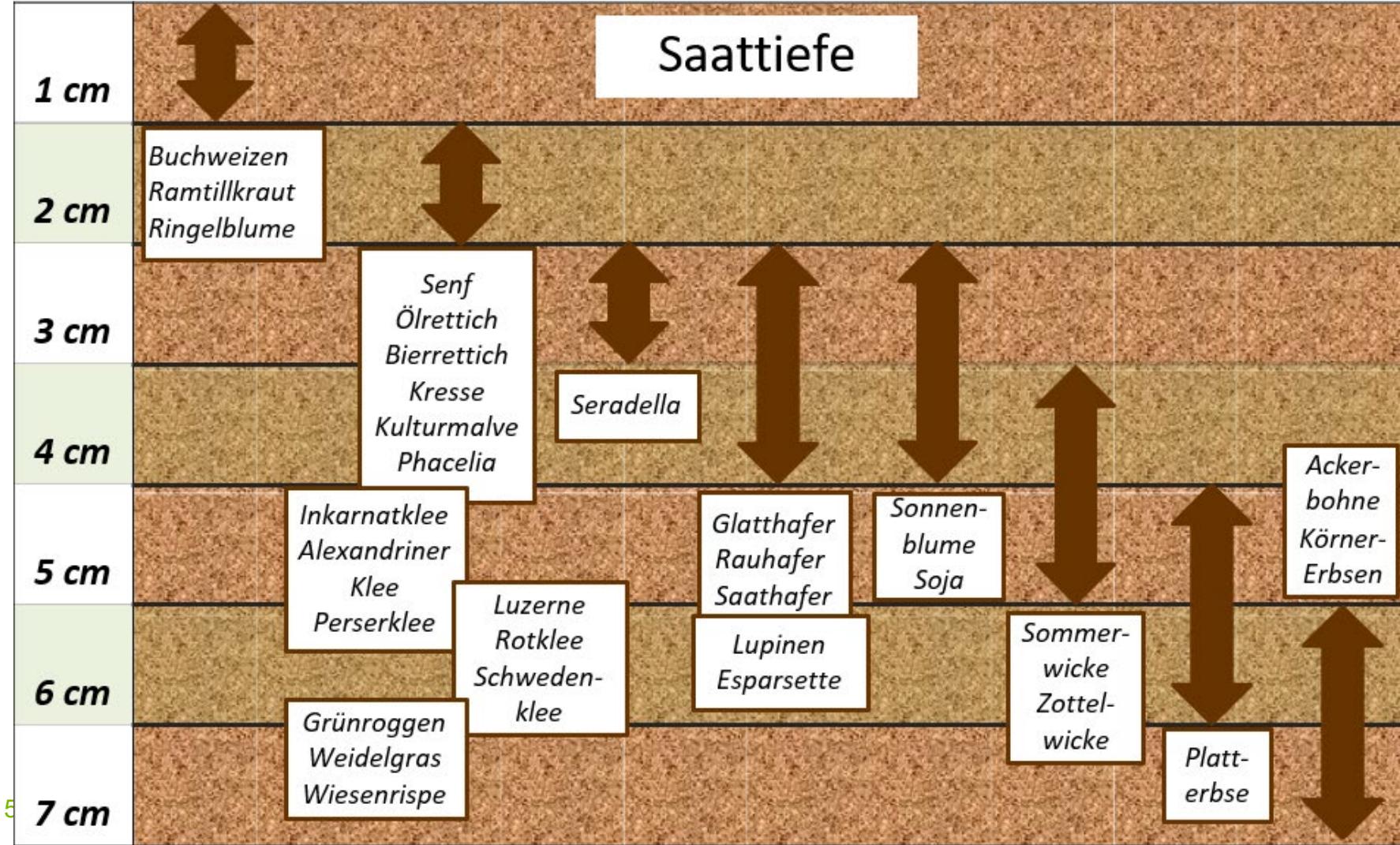
Phytosanitäre Effekte

- Nematodenbekämpfung:
 - Anbau von nematodenresisten ZF, ZF-Sorten, Rechtzeitige Aussaat (vor 12.08)
 - Mindestens 60% Anteil nematodenresistenter Sorten (aber nicht weniger als 150 Pfl/m²)



Biofumigation

- (gegen Nematoden, Rhizoctonia, Sclerotina usw):
- Vorwiegend mit Ölrettich, Senf
 - frühe Aussaat bis spätestens Anfang August
 - Zur Blüte höchste Glucosinolatgehalte
 - Bodentemperaturen >15 Grad Celsius
 - je wärmer, desto besser
 - Zerkleinern – einarbeiten – anwalzen evtl. beregnen



bodenbürtige (Fruchtfolge) Krankheiten	Getreide	Winter- gerste	Hafer	Mais	Raps	Sonnen- blume	Soja	Acker- bohne	Körner Erbse	Zucker- rüben	Kartof- fel
BMV		xxxxxx									
WMV	xxxxx										
G. graminis	xxx	xxx	+++	??							
Cephalosporium	xxx	xx									
Rhizoctonia	xx	xx		xx							
M. nivale	xx	xxx									
F. culmorum	x	x									
F. graminis	xxx	x		xxx							
F. oxysporum				x	x	xx	xx	xx	xx	x	x
Rhizoctonia sol				xxx		xx	x	x	xx	xxx	xxxx
Verticillium dahlia						xxxxx	xx	x	x	xx	xxx
Verticillium ion					xxxx	xxx	?	x	x	x	x
Sklerotinia					xxxx	xxxx	xxx	xx	xxxx		x
Kohlherne					xxxxx						
Phoma medicag									xx		

bodenbürtige (Fruchtfolge) Krankheiten	Quecke	Weidel -gras	Flughafner	Hirszen	Ackersenf	Ölrettich	Hirten- täschel	Luzerne	Wicken	Melden	Nacht- schatten
BMV											
WMV											
G. graminis	xxxxxx	xx	+	??							
Cephalosporium	xxx	xx									
Rhizoctonia	xx	xx		x							
M.nivale	xx	xxxx									
F.culmorum	x	xx									
F.graminis		x		xxx							
Erreger											
F.oxysporum				x	x	x	x	xx	xx	x	x
Rhizoctonia sol				xxx	x	x	x	x	xx	xxx	xx
Verticillium dahl								xx	x	xx	xxx
Verticillium lon					x	x	xxx	?	x	x	xxx
Sklerotinia					xx	x	x	xxx	xxxx		x
Kohlhernie					xxxxx	xx	xxxxx				
Phoma medicag								xxx	xx		

Was möchten Sie erreichen?

- Zwischenfrüchte und – mischungen können vielfältige Leistungen bringen
- Schreiben Sie Ihre Ziele auf und priorisieren Sie – so werden Sie die richtige finden!

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit