

# Fruchtfolgen Altes Konzept, mit immer neuen Chancen und Herausforderungen

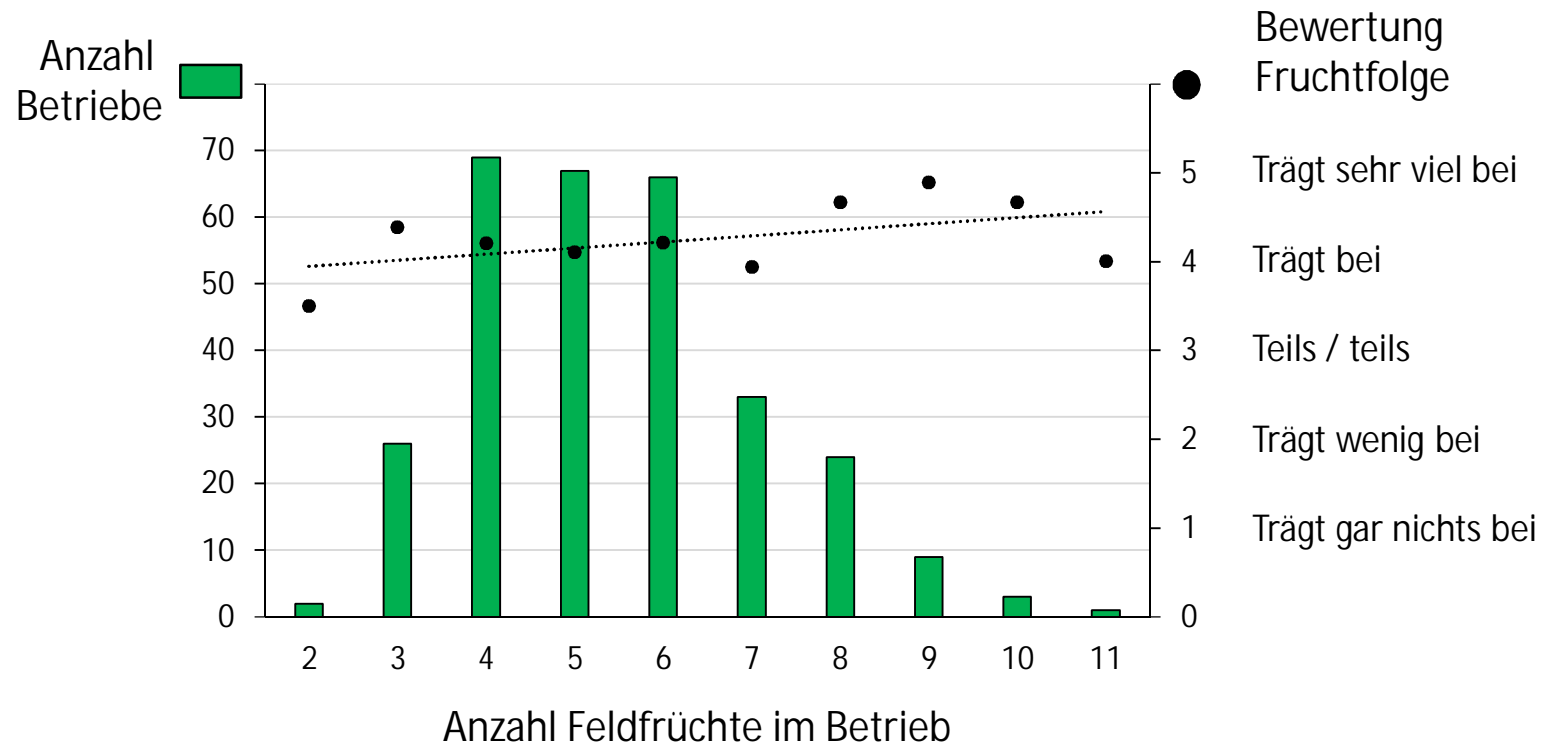
Horst-Henning Steinmann

Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Uni Göttingen



# Einschätzung: Beitrag der Fruchtfolge zur Reduktion des PS-Aufwandes

Befragung von 300 konventionellen Anbauern von Raps und Weizen, deutschlandweit, 2020. (Eigene Daten, unveröff.)



# Fruchtfolge: Ein altes Konzept

Dieses Heft für etwaige Reparaturen gut aufheben.

Jelkornweg - Kreuz							Kampy * Westwiesweg								
Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht	Frucht
1917	Rüben						1919	Kartoffeln							
1920	Kartoffeln						1920	Roggen							
1921	Roggen						1921	Roggen							
1922	Roggen						1922	Rüben							
1923	Gras						1923	Kartoffeln							
1924	Rüben						1924	Roggen							
1925	Kartoffeln						1925	Roggen							
1926	Roggen						1926	Roggen							
1927	Rüben						1927	Rüben							
1928	Roggen						1928	Gras							
1929	Rüben						1929	Kartoffeln							
1930	Kartoffeln						1930	Roggen							
1931	Roggen						1931	W. Gerste							
1932	Kartoffeln						1932	Rüben							
1933	Roggen						1933	Kartoffeln							
1934	Rüben						1934	Roggen							

Bild: H. H. Steinmann

# Fruchtfolge oder Rotationsschema?

1919	Rüben	Blattfrucht	Rüben
1920	Kafer	Halmfrucht	Kafer
1921	Kartoffeln	Blattfrucht	Getreide etc.
1922	Roggen	Halmfrucht	H. Gerste
1923	Gerste	Halmfrucht	Roggen

Steinmann, Fruchtfolgen, Burg Warberg, Feb. 2024, 4

Bild: H.H. Steinmann

4  
Kronhamp - Jelpkerweg

Jahr	Fruchtart	Ertrag auf 1 A	Mist	Stroh	Superphosphat	Kali	Kalk	sonstige Frucht
1919	Rüben							
1920	Kafer							
1921	Kartoffeln		Mist					
1922	Roggen		1 1/2 A Kalkphosphat 20 1/2 A			1 1/2 A 40 1/2 A		
1923	Gerste	2.4 90 1/2 A 23.9.33			9x9 1.50 A			
1924	Rüben	3.3 14 1/2 A 6.5.24	Mist		1.60 A Kalkphosphat	2.50 A 18 1/2 A	0.80 A 40 1/2 A	
1925	Kafer	2.5 0.65 A 6.4.25			-90 A Kalkphosphat			
1926	Getreide etc.	2.5 -90 A				Thomas- mehl	in Kali	
1927	H. Gerste	2.2 -60 A 24.9.26			9x9 1.10 A			
1928	Roggen	1.5 -65 A 4.10.28			1.10 A Kalkphosphat			
1929	Rüben		Mist		16.5 A Superphosphat II. 1.60 A	16.5 A 20 1/2 A	Kalk- sengel	
1930	Kafer	2.6 -70 A 21.3.30			Superphosphat I 1.05 A			
1931	Roggen	1.6 -65 A 3.10.30			Superphosphat I. 2.2 1.15 A			
1932	Kartoffeln		Mist					
1933	Getreide Weizen	2.2 1.1 A 8.4.32				Superphosphat II. 2.2 1.50 A		
1934	Rüben		Mist					
1935	H. Gerste	2.9 0.75 A			Superphosphat 2.2 1.10 A			

# Fruchtfolge oder Rotationsschema?

1929.	Rüben	Blattfrucht
1930	Kafer	Halmfrucht
1931.	Roggen	Halmfrucht
1932	Kartoffeln	Blattfrucht
1933	Wassermelone Weizen	Halmfrucht

4  
Kronkamp - Jelpkerweg

Jahr	Fruchtart	Ertrag auf 1 ha	Mist	Stickstoff	Superphosphat	Kali	Kalk	sonstige Futtermittel
1919	Rüben							
1920	Kafer							
1921	Kartoffeln		Mist					
1922	Roggen		1 1/2 t Kalkphosphat 20%			1 t 70%		
1923	Gerste	2.4 90 Pf 23.9.33			9x9 1.50 t			
1924	Rüben	3.3 14 Pf 6.5.24	Mist		1.60 t Kalkphosphat	2.50 t 18%	0.80 t 70%	
1925	Kafer	2.5 0.65 t 6.4.25			-90 t Kalkphosphat			
1926	Getreide	2.5 -90 t				Thomas- mehl	in Kali	
1927	W. Gerste	2.2 -60 t 24.9.26			9x9 1.10 t			
1928	Roggen	1.5 -65 t 4.10.28			1.10 t Kalkphosphat			
1929	Rüben		Mist		16.5 t Mikrophosphat II. 1.60 t	16.5 t 20%	Kalk- mehl	
1930	Kafer	2.6 -70 t 21.8.30			Mikrophosphat I 1.05 t			
1931	Roggen	1.6 -65 t 3.10.30			Mikrophosphat I. 2.2 1.15 t			
1932	Kartoffeln		Mist					
1933	Wassermelone Weizen	2.2 1. t 8.4.32				Mikrophosphat II. 2.2 1.50 t		
1934	Rüben		Mist					
1935	W. Gerste	2.9 0.75 t			Mikrophosphat 2.2 1. t			

Bild: H.H. Steinmann

# Strukturelle und funktionale Merkmale (7-jährige Muster)

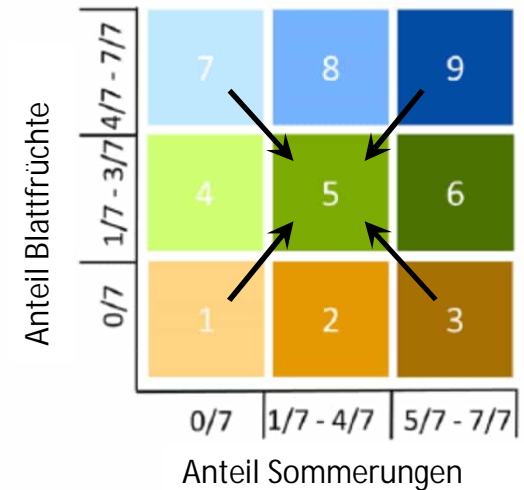
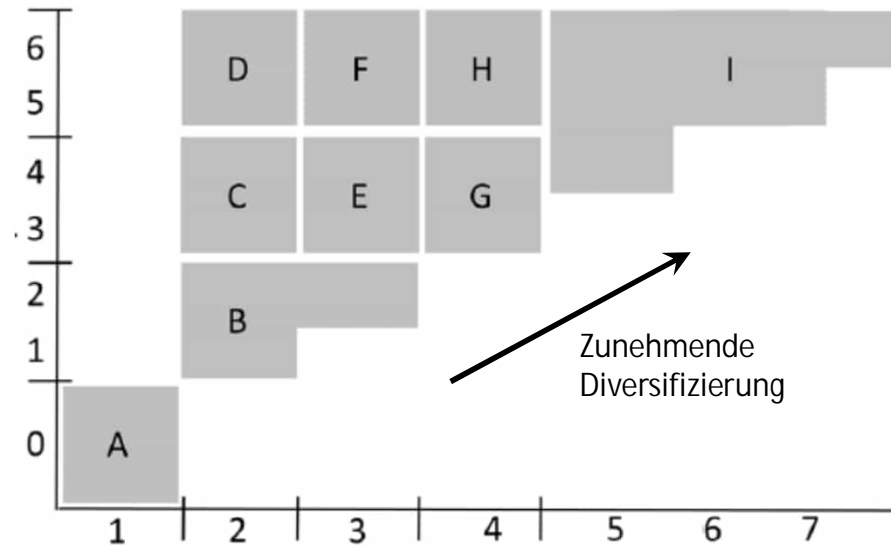
(Stein & Steinmann, 2018)

FLIKC.16	JAHN.N.4	KC.N.9.0	SHAPE_Lang.N.19.11	SHAPE_Area.N.19.11
DENIL0404650032	2012	411	439.20475897300	11860.84494300000
DENIL1040280112	2012	591	899.72930650500	24819.87746760000
DENIL0414780098	2012	452	578.46701356300	15703.42739544000
DENIL1022670011	2012	910	122.05799663600	245.19708353600
DENIL0402630014	2012	115	440.05788623000	10663.83128320000
DENIL09192750076	2012	131	252.77889437500	3678.626252117000
DENIL0829740002	2012	452	227.85069259100	2413.42126223000
DENIL0421810188	2012	452	276.39767876900	3043.12898177000
DENIL1009330016	2012	452	287.93191531900	5259.06863074000
DENIL0727630007	2012	452	665.00728797100	23717.803309540000
DENIL0921190029	2012	411	1082.99591649000	21294.48949320000
DENIL0324780147	2012	452	1930.53130183000	75694.27429510000
DENIL0411220402	2012	452	568.170421154400	16151.93504830000
DENIL0504080041	2012	452	1044.17620449000	18819.45376980000
DENIL0525110003	2012	116	912.30966260900	49825.12941500000
DENIL0306190023	2012	132	852.59287411700	26287.02259090000
DENIL0318410746	2012	131	833.21414580000	29765.26858850000
DENIL0409020121	2012	452	632.21163845800	19345.46457900000
DENIL0411190038	2012	411	490.44209870800	8033.95577091000
DENIL0334170183	2012	411	787.75896274200	24229.12029140000
DENIL0338301002	2012	121	926.46121214000	28471.73938600000
DENIL0810790009	2012	894	109.09102649100	171.13922719400
DENIL0719180004	2012	452	429.74039021000	7181.98854424000
DENIL0568450007	2012	311	665.77408273400	20195.39315088000
DENIL0414150186	2012	452	742.79402702300	31195.39925444000
DENIL0219270684	2012	411	417.96080981100	10899.3092640000
DENIL0410020095	2012	411	248.32032308000	7222.11716480000
DENIL02148540034	2012	424	575.50102042000	14075.12577800000
DENIL1012320010	2012	941	262.85210424800	6999.20077796000
DENIL0945180028	2012	411	600.93468873200	17579.28384420000
DENIL0420290066	2012	451	270.27695273000	1094.53605676000
DENIL0412210044	2012	115	829.84481761000	33260.75478010000
DENIL0324660070	2012	411	457.43274098400	16480.80811590000
DENIL0403040101	2012	452	456.66956298000	6182.94473262000
DENIL0324160952	2012	424	597.06609481900	16387.45019990000
DENIL0837750015	2012	195	1247.41594544000	83858.85937530000
DENIL0521020138	2012	618	926.41622289000	30808.28419780000
DENIL0518150099	2012	452	295.24715963000	6216.82234923000
DENIL0509390432	2012	452	287.21258828900	8620.50783479000
DENIL0518270001	2012	132	1145.75100149000	30079.95284490000
DENIL05232630030	2012	452	184.64082600000	1813.67356314000
DENIL0949620008	2012	311	1002.99699210000	80144.10869950000
DENIL1144280003	2012	115	598.83289845000	20424.79434800000
DENIL0727480002	2012	131	386.21989537800	5572.17285994000
DENIL0528130040	2012	411	1548.63442398000	77252.96141180000
DENIL0409081387	2012	411	405.11828915100	8882.03915915000
DENIL0409230402	2012	452	881.23626976800	20896.91731190000
DENIL0736190002	2012	452	450.21781128700	8793.01289639000
DENIL0422700113	2012	131	636.89337825000	24928.89951610000
DENIL076810004	2012	111	764.40021210500	23671.29789960000
DENIL0461250099	2012	111	705.27340995000	21709.83330860000
DENIL05611850023	2012	121	422.60927221500	8341.65011447000
DENIL1161950020	2012	211	416.54834095500	11041.58122280000
DENIL1141180004	2012	452	1015.49548730000	49310.34932030000
DENIL05052500001	2012	452	631.99254747700	10489.91306020000
DENIL0509410038	2012	452	421.23402181900	8514.95096744000
DENIL0420040533	2012	452	1052.51860769000	40237.86994280000

Anzahl Fruchtwechsel

Strukturtypen

Funktionale Typen

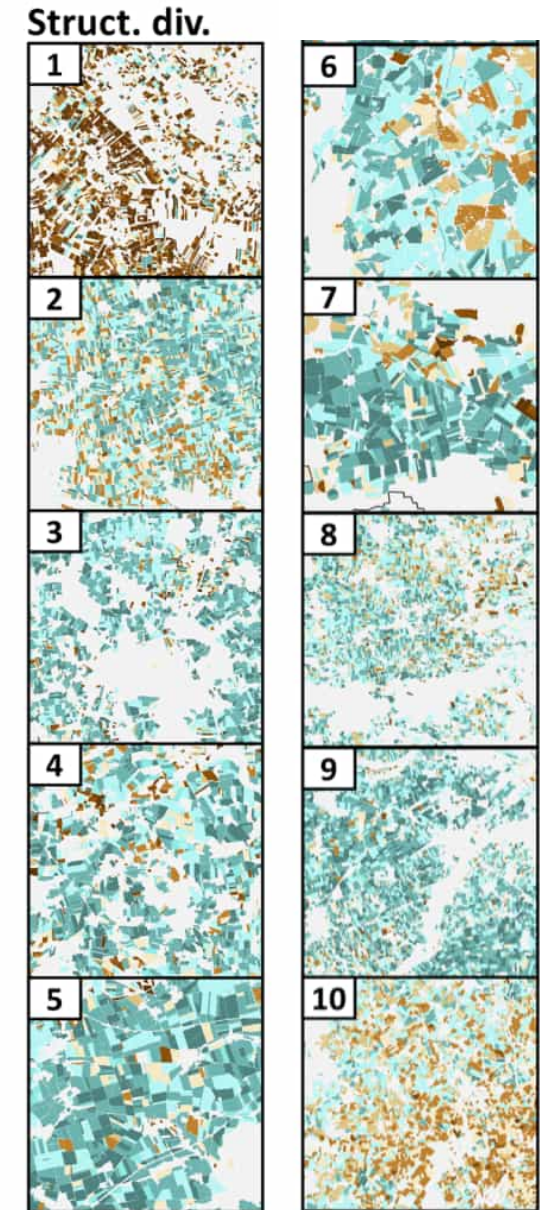
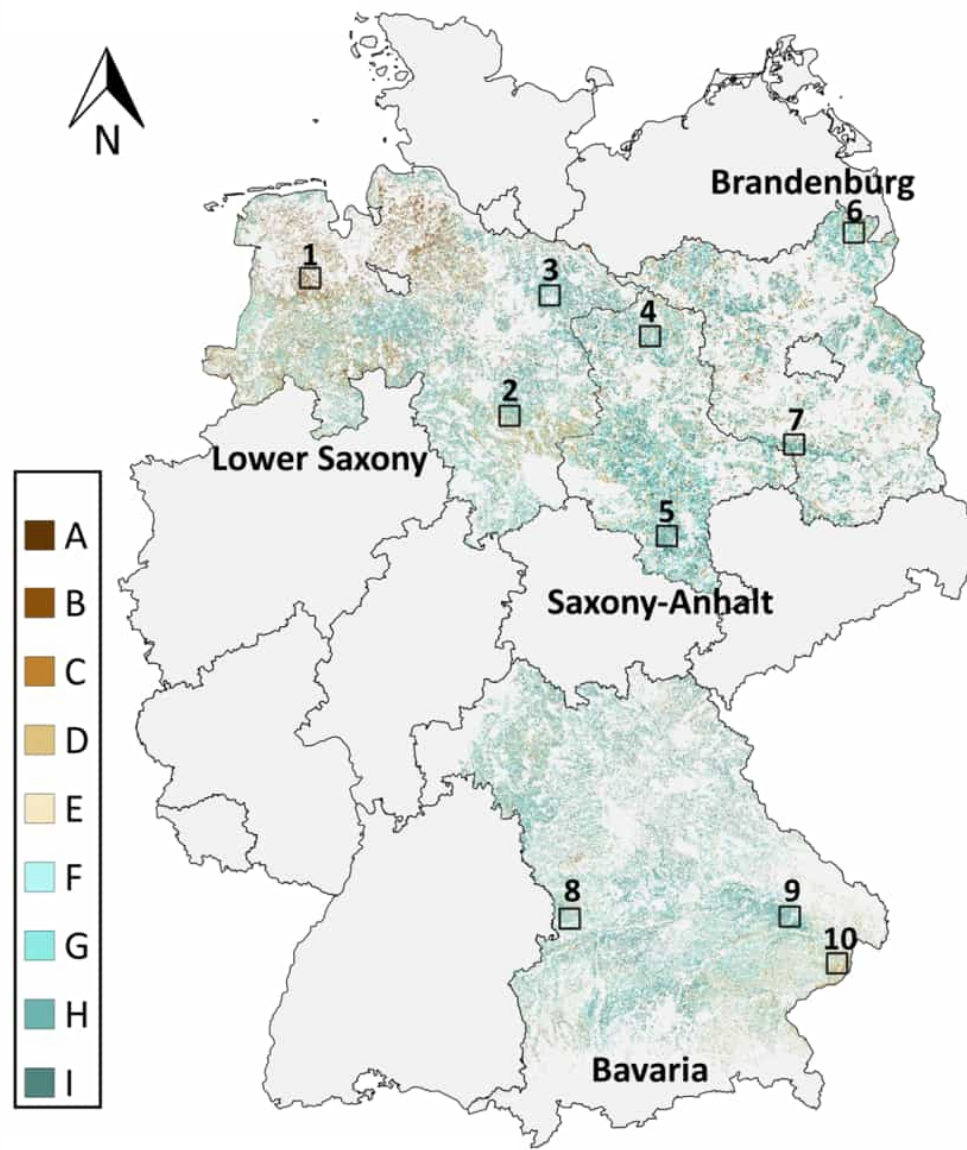
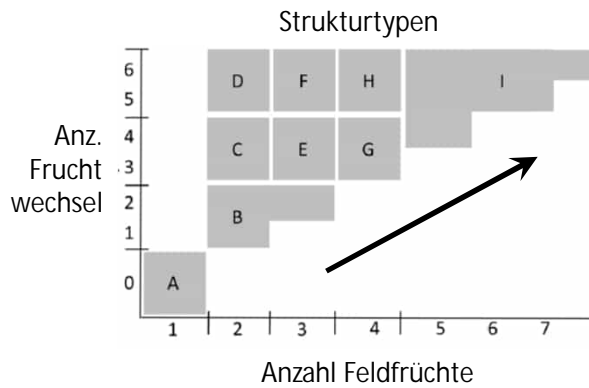


Auswertungen von InVeKoS-  
Flächendaten (2005-2011; 2012-2018)  
Niedersachsen: ca. 900.000 „Felder“  
(Bayern: ca. 2.000.000)  
12, bzw. 15 Fruchtartengruppen

Anzahl Feldfrüchte

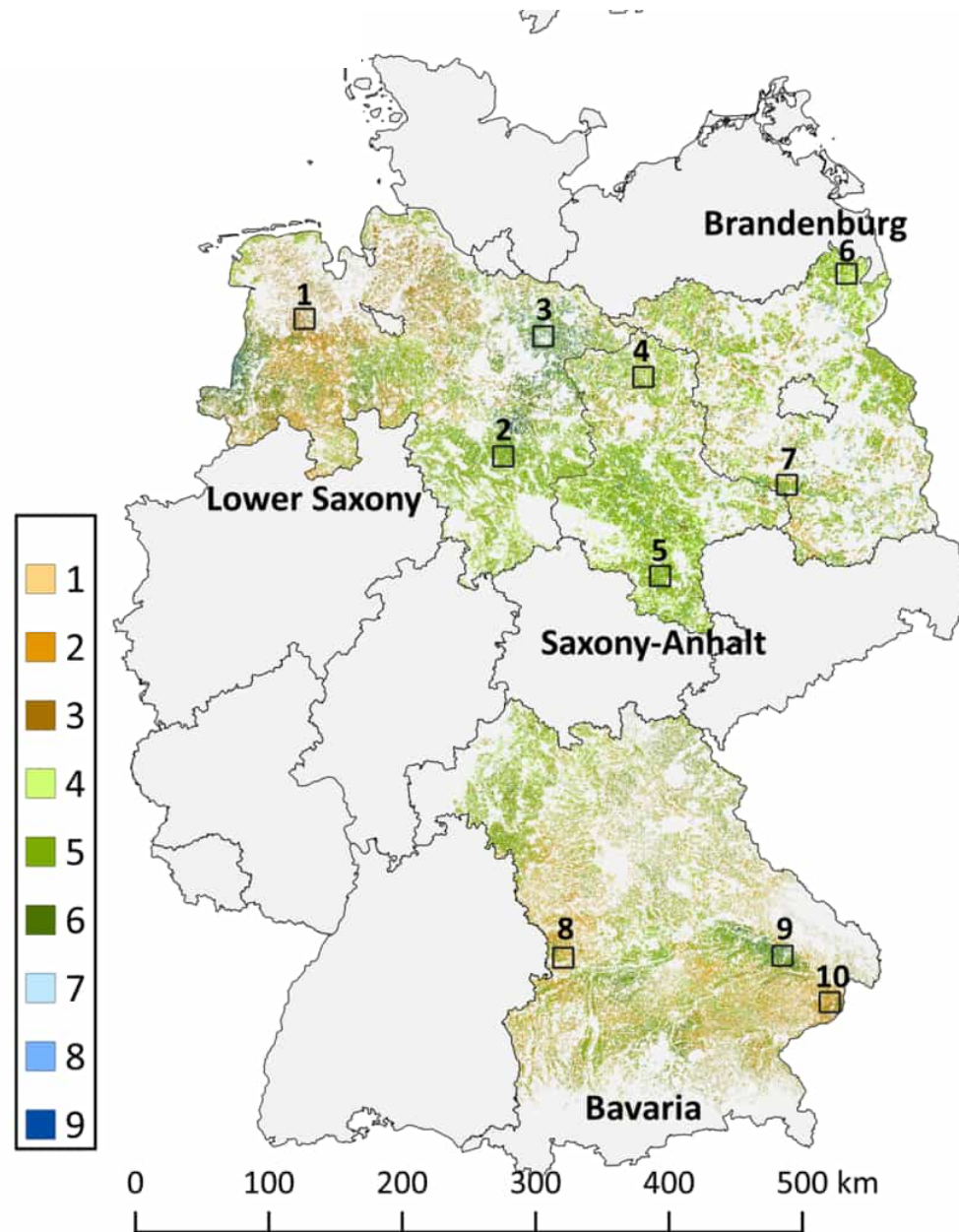
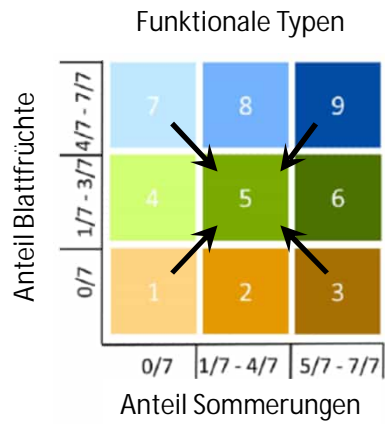
# Fruchtfolgetypen

Strukturelle Vielfalt  
(2012-2018)  
(Jänicke et al. 2022)

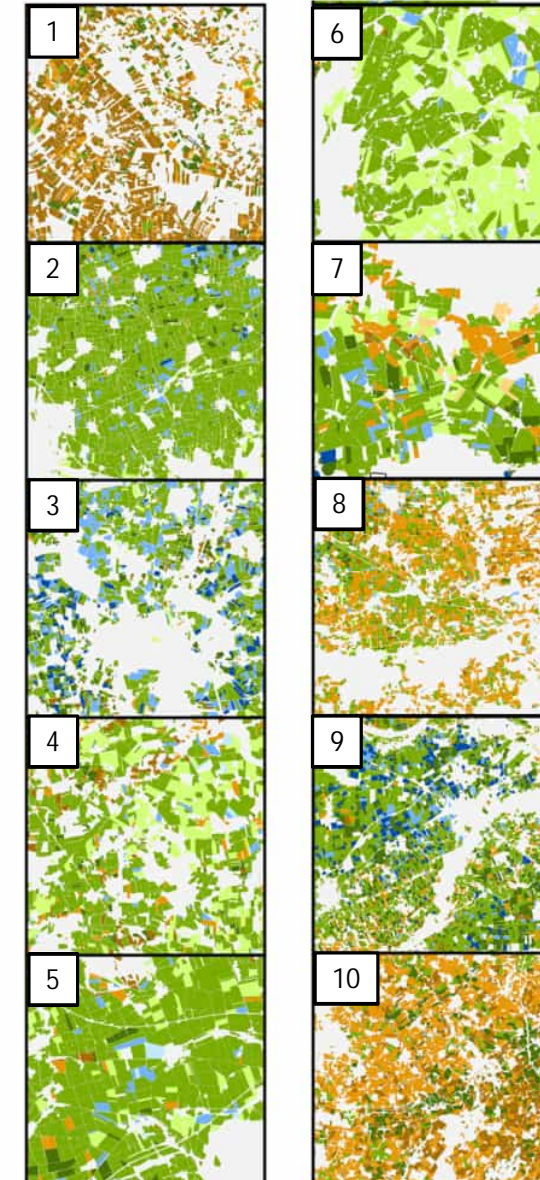


# Fruchtfolgetypen

Funktionale Vielfalt  
(2012-2018)  
(Jänicke et al. 2022)



Funct. div.





# Literaturübersichten zu Unkraut und Fruchtfolgen



Studie zu Samenvorrat nach 35 Jahren (USA, Cardina et al. 2002):

*Einfluss Fruchtfolge größer als Bodenbearbeitung, aber Interaktionen*

„Filtereffekt“



Studie zu Vegetation / Unkrautdichten nach 30 Jahren (SWE, Andersson & Milberg 1998):

*Einfluss der Frucht größer als der Fruchtfolge*

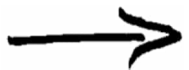
Zunahme von „Generalisten“



Studie zur Predation (Fraß durch Tiere) von Unkrautsamen (USA, Westerman et al. 2005):

*Bessere Ökosystemleistungen in weiteren Fruchtfolgen*

„Many little Hammers“



Metastudie zum Vergleich Rotation / Monokultur (Weltweit, Liebmann & Dyk, 1993):

Unkrautdichte: ↓ 21 Studien; = 5 Studien; ↑ 1 Studie

Samenvorrat: ↓ 9 Studien; = 3 Studien; ↑ 0 Studien

Schaffen von „diversen Mustern!“

# Literaturübersichten zu Unkraut und Fruchtfolgen



Metastudie zum Vergleich simpler / diverser Rotationen in 54 Studien (Welt, Weisberger et al. 2019):

- *Diverse Fruchtfolgen haben niedrigere Unkrautdichten als simple Fruchtfolgen*
- *Unkrautunterdrückung diverser Fruchtfolgen ist wirksamer bei No-Till als bei regulärer Bodenbearbeitung*
- *Variation der Aussattermine ist wirksamer als Diversifizierung der Fruchtarten allein*

„Viele Wechselwirkungen“



Übersichtskapitel zu „Cover Crops in Anbausystemen“ (Welt, Teasdale et al. 2007):

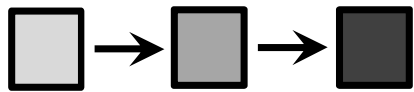
- *Lebende Deckfrüchte sehr effektiv zur Unkrautunterdrückung*
- *Nutzen kann auch in Nachteile umkippen*
- *Hohe Anforderungen an Management*

„Trade-offs“

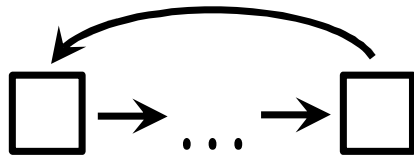
# Gestaltungs- bzw. Wirkungsprinzipien von Fruchtfolgen



„Klassisches“ Prinzip (exakte Fruchtwahl)



Vorfruchtprinzip



Abstandsprinzip (Anbaupause)



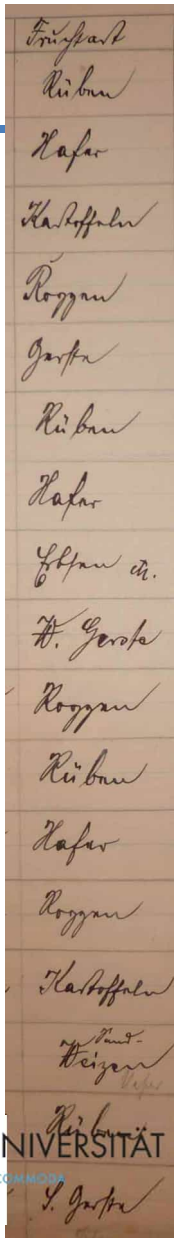
„Break-Crop“ Prinzip



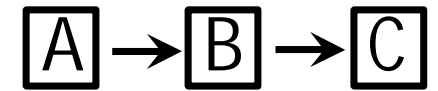
Diversitätsprinzip



Phasenprinzip

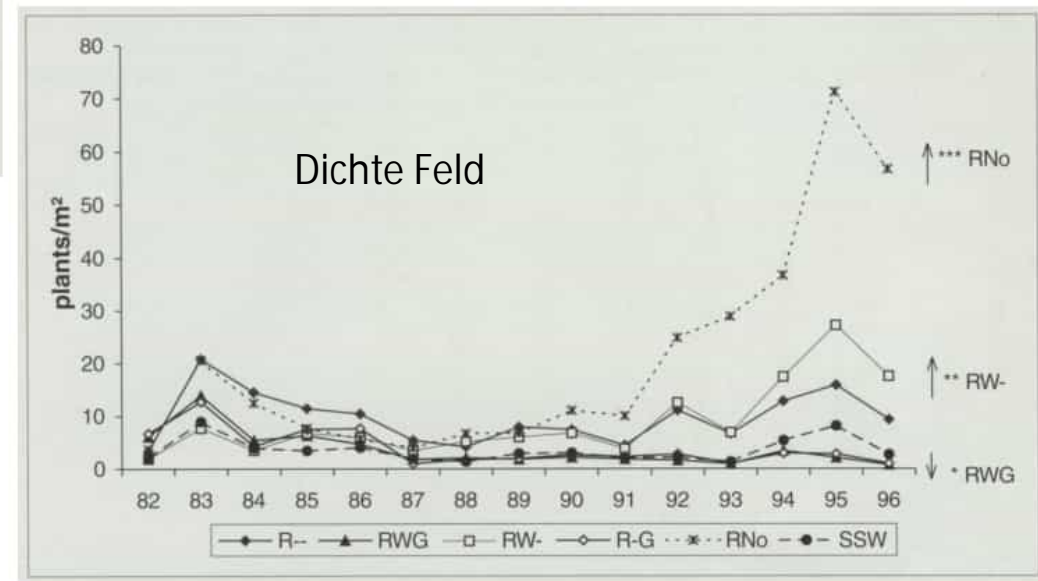
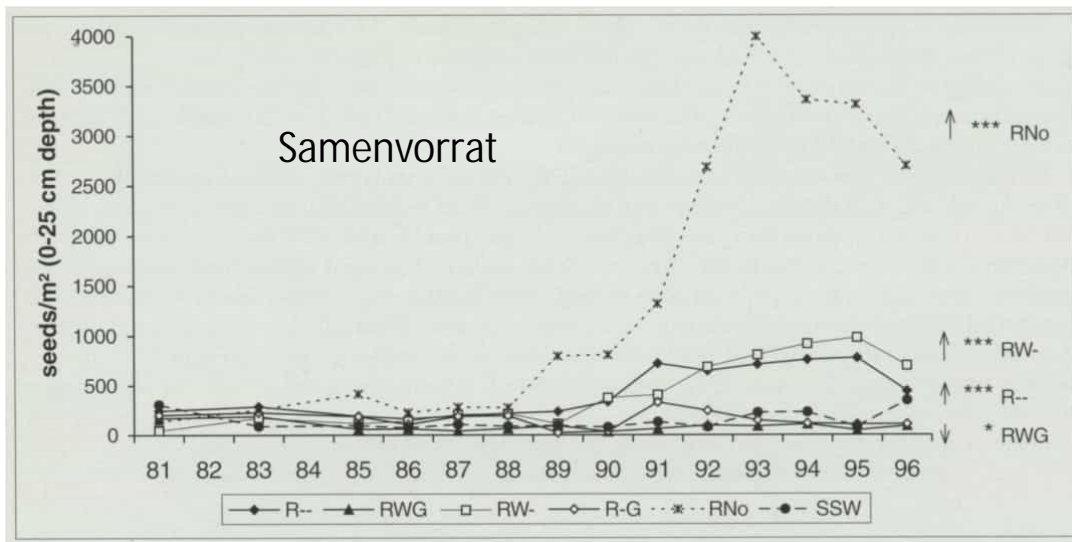


# Populationsdynamik im Dauerversuch (Rüben-Weizen-Gerste)

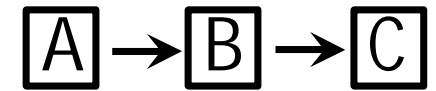


Dichte von Ackerstiefmütterchen im Samenvorrat und im Feldbestand

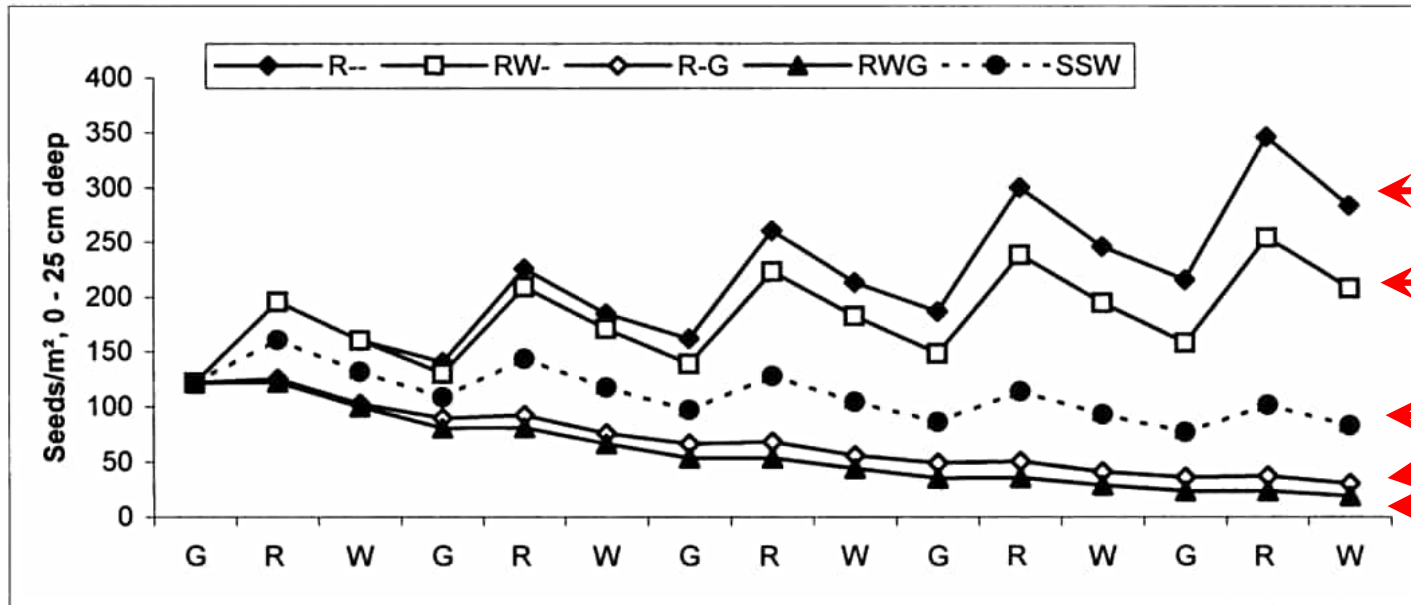
(Gerowitt & Bodendörfer 1998, 2001)



# Populationsdynamik im Dauerversuch (Rüben-Weizen-Gerste)



(Gerowitt & Bodendörfer 1998, 2001)



Bekämpfung:

Nur in Rüben

Nicht in Gerste

Nach Schadensschwelle

Nicht in Weizen

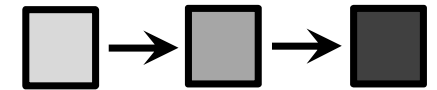
In allen Früchten

Samenvorrat von Ackerstiefmütterchen, modelliert

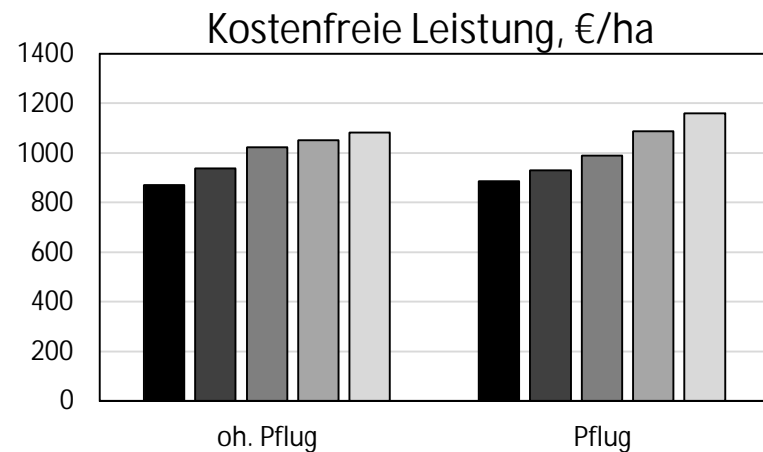
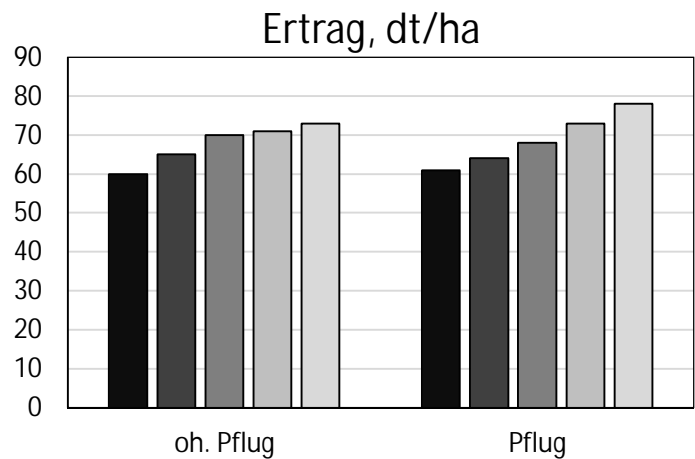
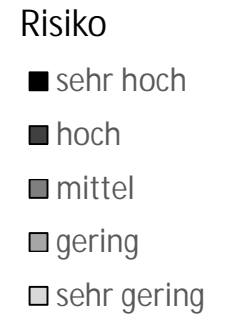
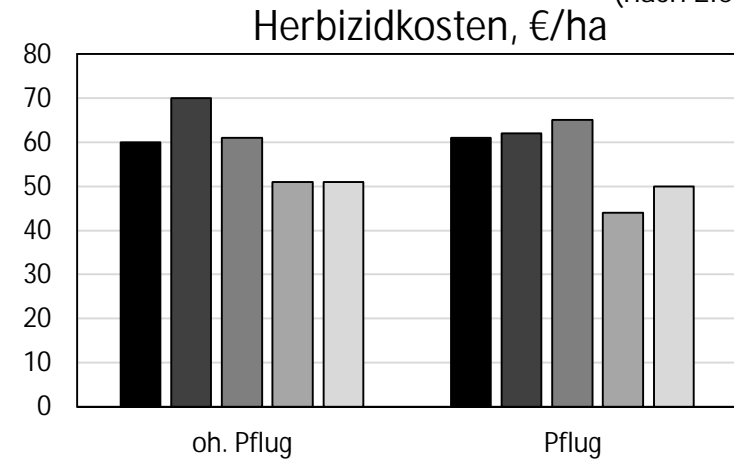
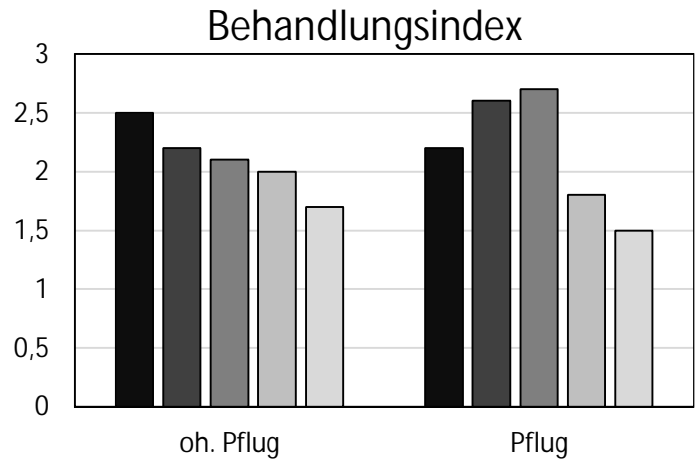
Abb. 4. Simulation der Entwicklung des Samenvorrates von *V. arvensis* im Boden in den Versuchsgliedern des Feldversuchs mit Standardparametern (Start-SB = 122 Samen/m<sup>2</sup>, Wintergerste im Startjahr der Simulation, Simulationszeit = 15 Jahre, Bekämpfungserfolge gemäß Tab. 4 in GEROWITT and BODENDÖRFER 1998, G = Wintergerste, W = Winterweizen, R = Rüben).



# Kennziffern von Winterweizen in Fruchtfolgen-Risikoklassen



(nach Ziesemer & Andert 2020)



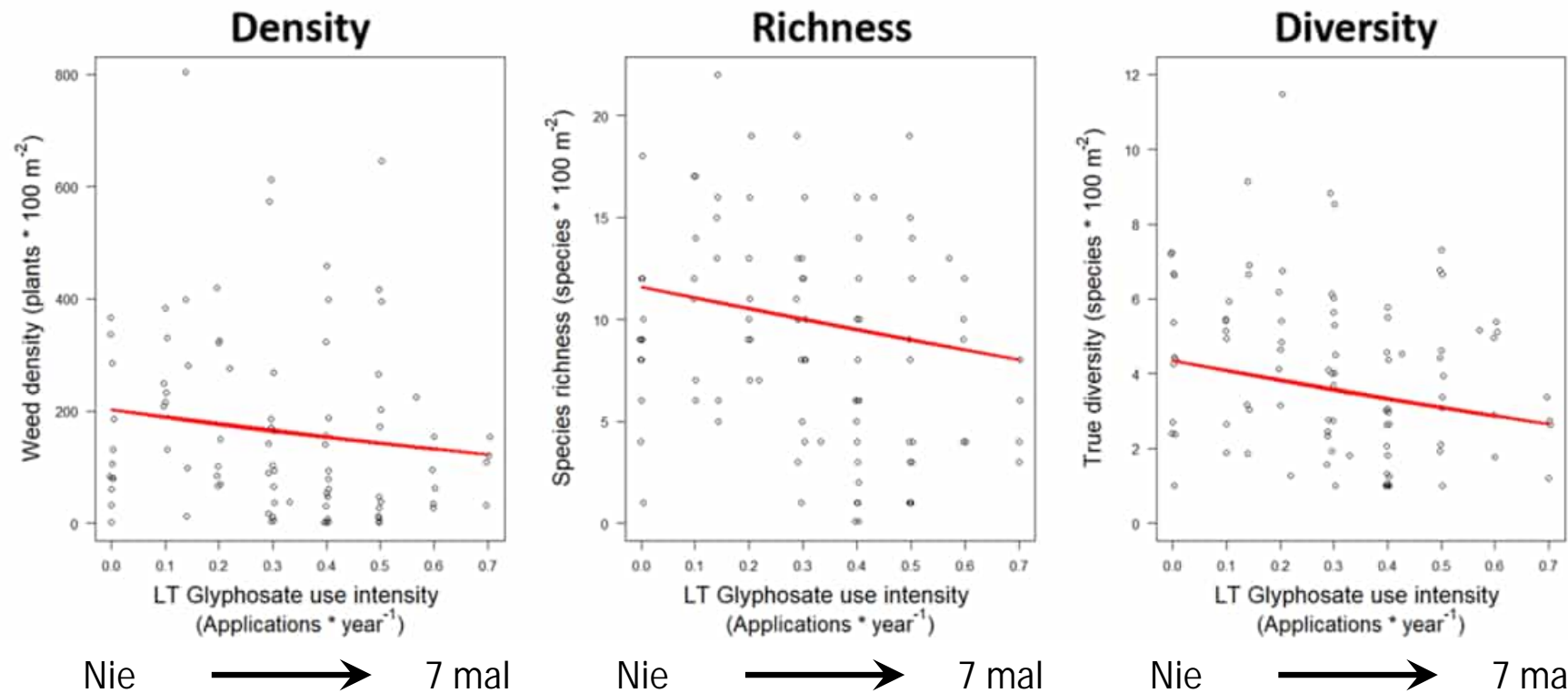
Auswertungen von Schlagkarteiaufzeichnungen aus Mecklenburg-Vorpommern, Referenzbetriebe des LALF, 2010-2018  
n = 2258 Sequenzen

# Anbauintensität, bzw. -diversität am Bsp. Glyphosat



(Andert et al. 2022)

Auswirkungen der Glyphosatanwendung der letzten 10 Jahre auf Monitoringflächen (Mecklenb.-Vorpommern)



# Glyphosat – Anwendercluster (n=1.700, Stand 2014)



(Wiese et al. 2016)

„Kleine Betriebe“

„Pfluglastige Betriebe mit diversen Fruchtfolgen“

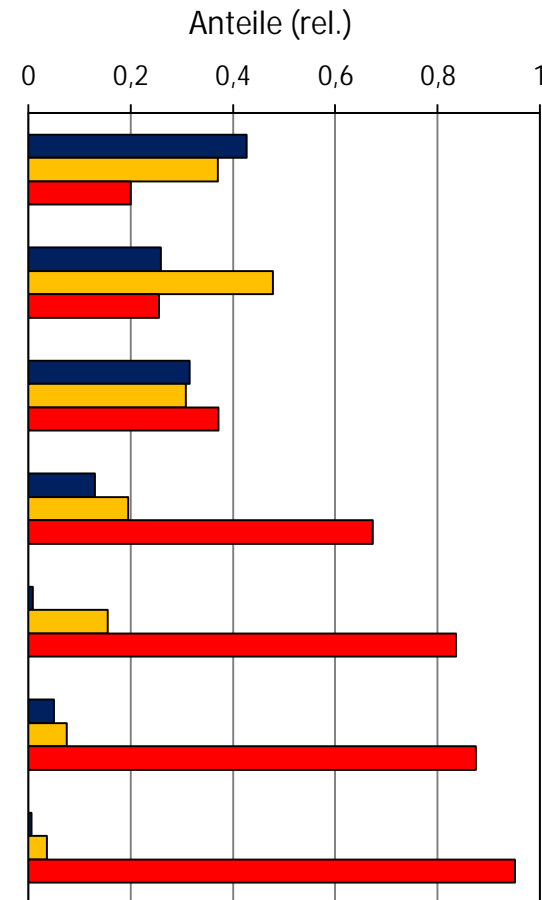
„Pfluglastige Betriebe mit einseitigen Fruchtfolgen“

„Muchsaatbetriebe auf Gunststandorten“

„Großbetriebe“

„Betriebe mit sommerungslastigen Fruchtfolgen“

„Rationalisierte Betriebe“



Anwendertypen

- Nicht (Kein Einsatz in akt. Saison)
- Wenig (Weniger Einsatzfläche als Median)
- Viel (Mehr Einsatzfläche als Median)



# Glyphosat – Anwendercluster (n=1.700, Stand 2014)



- Diversität
- Fruchtwechsel

„Kleine Betriebe“

„Pfluglastige Betriebe mit diversen Fruchtfolgen“

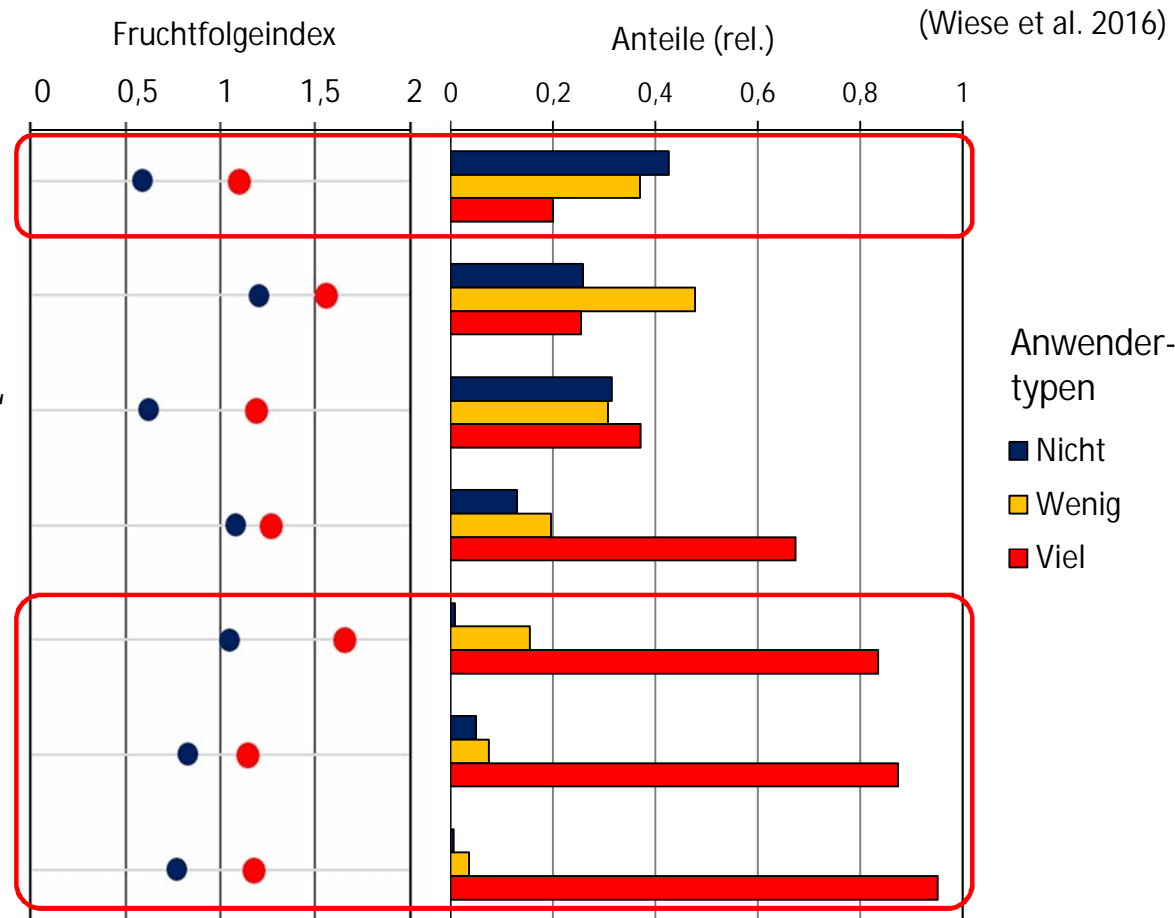
„Pfluglastige Betriebe mit einseitigen Fruchtfolgen“

„Muchsaatbetriebe auf Gunststandorten“

„Großbetriebe“

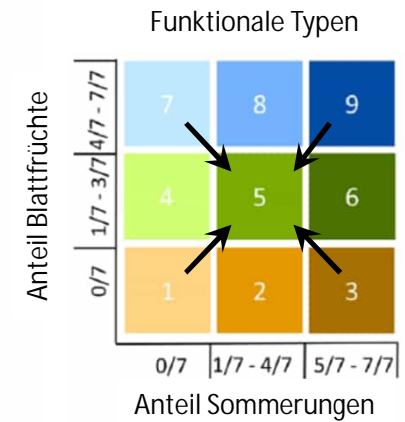
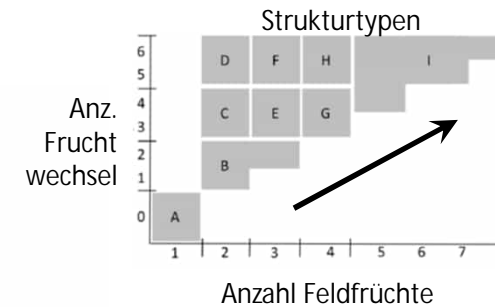
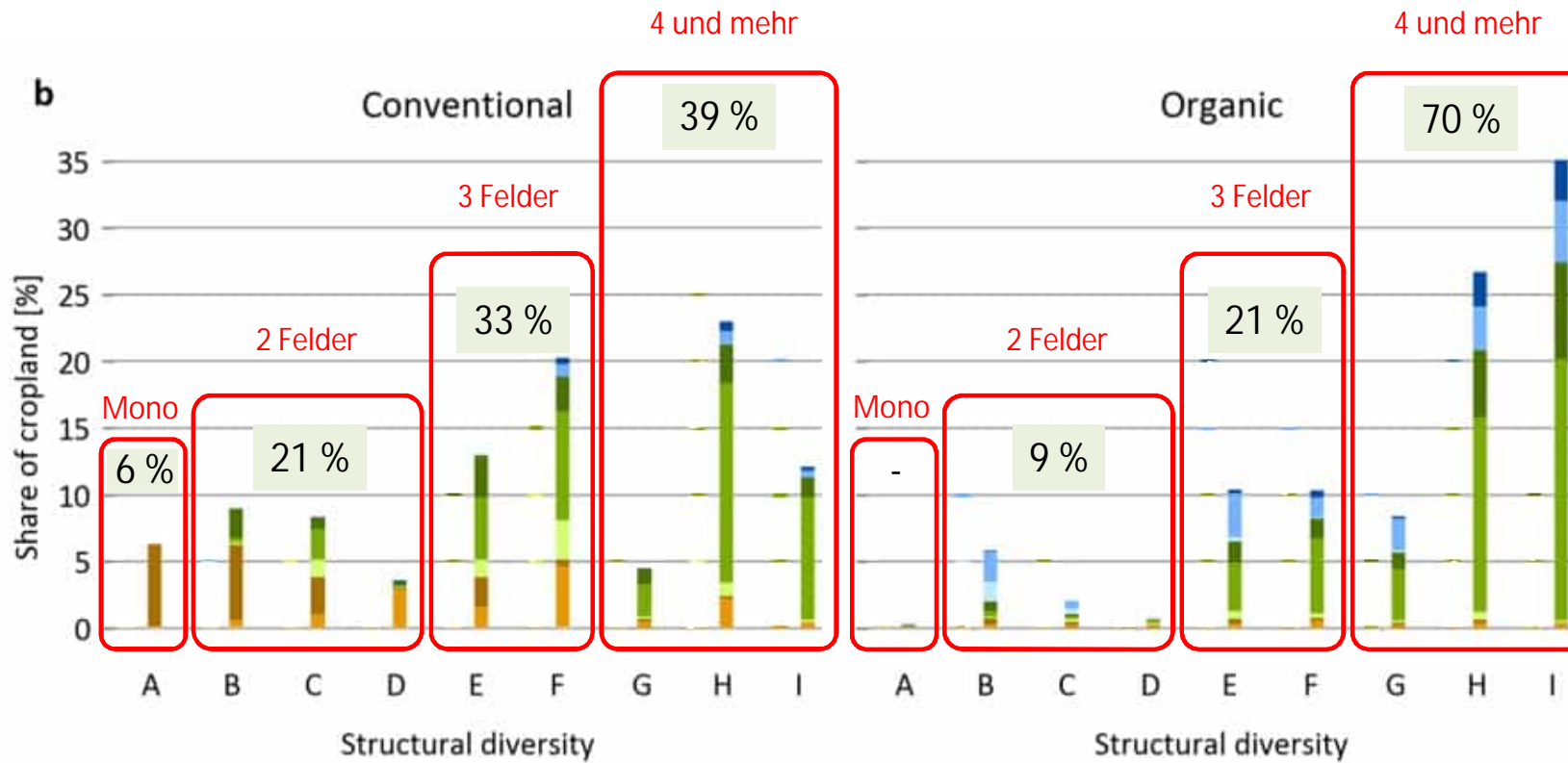
„Betriebe mit sommerungslastigen Fruchtfolgen“

„Rationalisierte Betriebe“



# Fruchtfolgen Konventionell und Öko (Niedersachsen 2012-2018)

(Jänicke et al. 2022)



Hinweis: Aus der Originalgrafik wurde zur besseren Lesbarkeit die Säulengruppe „Brandenburg“ entfernt. Summenzahlen sind gerundet.

Steinmann, Fruchtfolgen, Burg Warberg, Feb. 2024, 18

# Herausforderungen

---

- Es gibt nicht „die Fruchtfolge“, sondern > 20.000 Kombinationen (in 7 Jahren)
- Wir haben immer noch zu enge Anbaufolgen (Daueranbau, 2-Felderfolgen)
- Viel Aufmerksamkeit für wirksame aber kurzfristige Lösungen (Herbizide)
- Fruchtfolgewirkungen nicht exakt vorhersagbar; Potenziale evtl. nicht genutzt
- Bewirtschaftung, Aussaatfenster und Phänologie ändern sich, dadurch veränderte Effekte
- Wenig Ressourcen für Dauerversuche
- Kreative Ideen sind gefragt (für Fruchtfolgen wie auch für Forschung zu Fruchtfolgen)
- Digitalisierung/Datensammeln auch für strukturierte Erkenntnisse über Fruchtfolgen nutzen

# „Many little Hammers“ – Welcher Hammer ist die Fruchtfolge?



Bild: H.H. Steinmann

Steinmann, Fruchtfolgen, Burg Warberg, Feb. 2024, 20

# Fruchtfolge ist nicht alles; aber ohne Fruchtfolge ist alles nichts

Dank für Daten:



**Niedersachsen**



Alle Fotos: H.H. Steinmann

*Steinmann, Fruchtfolgen, Burg Warberg, Feb. 2024, 21*