



Zwischenfruchtanbau im Thüringer Becken – Etablierung und Auswirkungen

Pflanzenbauliche Probleme

- Etablierung der ZF erschwert aufgrund geringen Niederschlagsaufkommens
- Wasserverbrauch der ZF kann Ertrag der Folgekultur mindern
- Wirkung des ZF-Anbaus auf nachfolgende Hauptkultur

Ökologische und ackerbauliche Leistungen der ZF

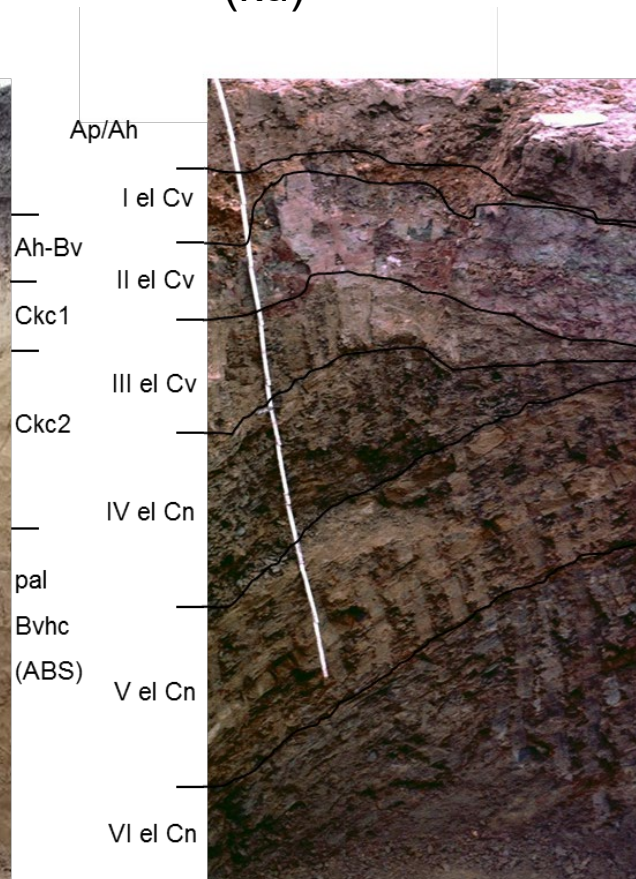
- Minderung der N-Auswaschung
- Minderung der Bodenerosion (Wasser, Wind)
- Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (Humus, biologische Aktivität)

Material und Methoden

Braunerde-
Tschernosem (lö)



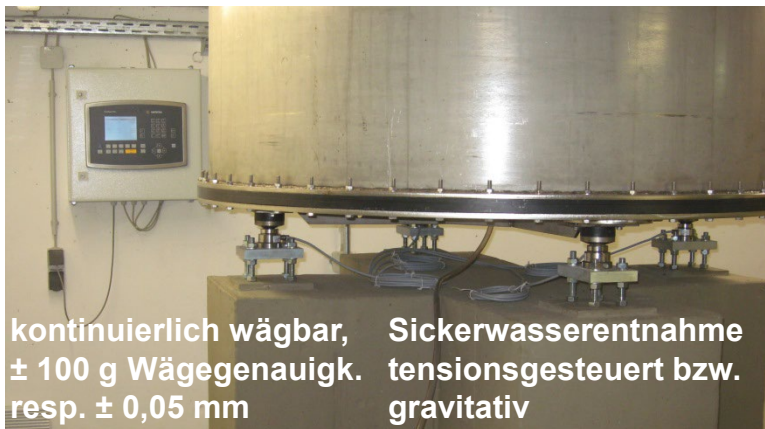
Para-Rendzina
(ku)



	lö	ku
Bodenart	Lu	Lt3/ Ls2/ Lt2
Tongehalt im Ap	26,6	39,0
nFKwe	227 mm	145 mm

vielj. Niederschlag	vielj. Temperatur
544 mm	8,3 °C

vertreten 66% der Böden im Thüringer Becken



Wasserverbrauch und Einfluss der ZF auf Bodenwasservorrat

16 Feldlysimeter
2 Lysimeterkeller

Varianten

- mineralisch,
- mineralisch-organisch
- 60 bis 80 % nFK für Aufrechterhaltg. potentieller Verdunstungsbedingungen

Stroh bleibt auf dem Feld



Messung der Bodenfeuchte mit einer Am/Be-Neutronensonde, in 20 cm –Tiefenstufen bis in 240 cm Tiefe, ein Messrohr in zwei Lysimeter einer Variante

In den Versuchsjahren 2013 und 2018

nach Ernte von Sommergerste (2013) bzw. Winterweizen (2018)

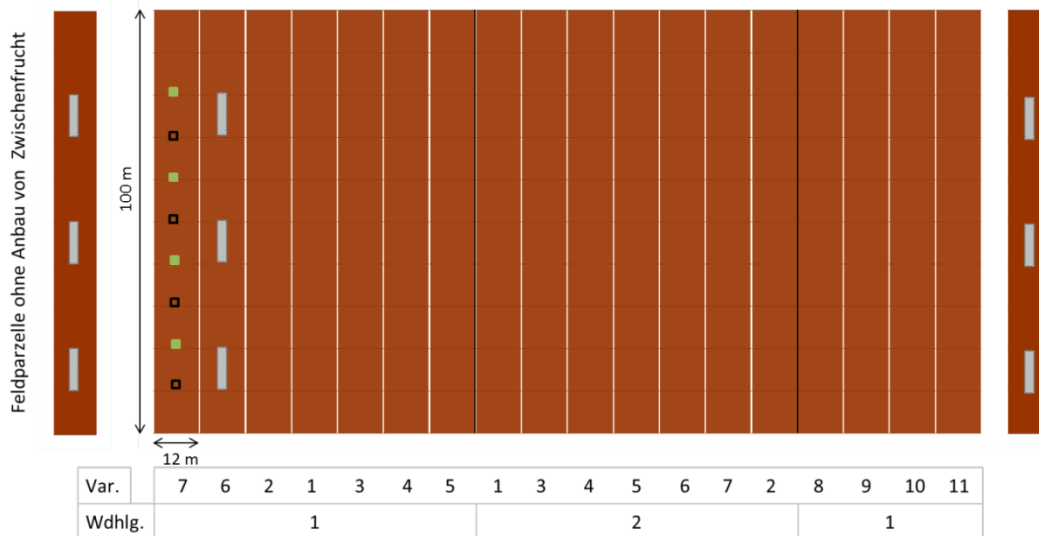
- Anbau einer Sommer-Zwischenfrucht-Mischung (Aqua Pro/ DSV)
Saatpartner und Anteile (%):
im Jahr 2013: Rauhafer 46, Phacelia 16, Buchweizen 16, Öllein 16,
Ramtillkraut 5,5 und Färberdistel 0,5
im Jahr 2018: Rauhafer 35, Phacelia 10, Öllein 12, Ramtillkraut 11,
Sudangras 20, Sonnenblume 7, Färberdistel 4
- Brache mit Aufwuchs von Ausfallgetreide

Feldversuche und Varianten

(mit dem TLPVG Butteltstedt)

2014 bis 2016

Stroh breit			Strohabfuhr		
				Stoppel- sturz	Stoppelsturz + Gü.
Zinkensämaschine				Scheibensäma.	
Phac.	Univ. ¹	Aqua Pro			ohne
nachfolgende Hauptkultur Sommer-Braugerste					



¹ und weitere ZF-Mischungen: Bio-Maxx, N-Fixx, Beta-Maxx (DSV), Pratoleg (Saatenunion), Ackerfit krzblfrei (KWS)

Stroh breit + Aussaat mit Zinkensämaschine
Köckerling Ultima CS



Strohabfuhr + Stoppelsturz + Aussaat mit
Scheibensämaschine Lemken



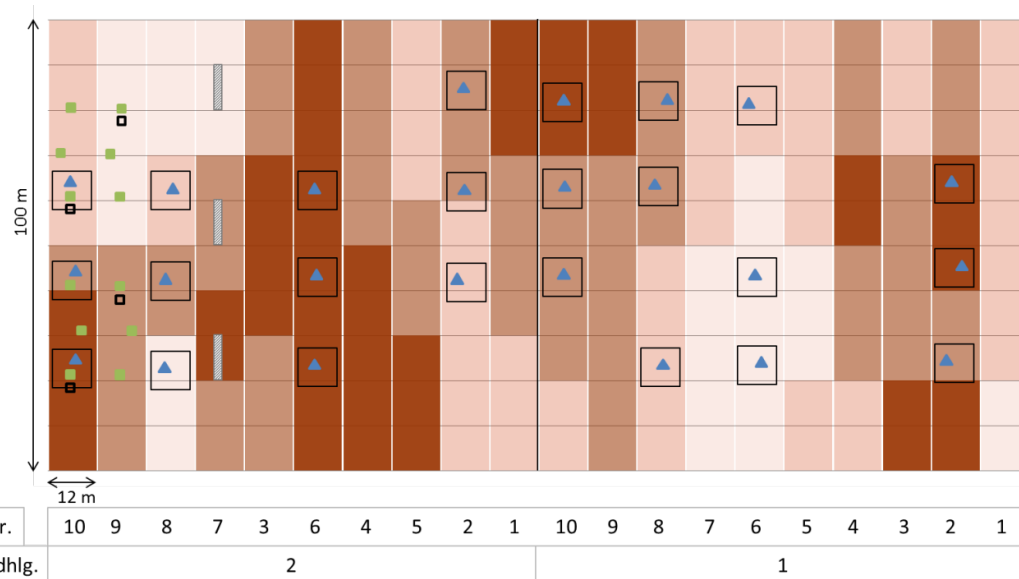
Feldversuche und Varianten

(mit dem TLPVG Butteltstedt)

2018 und 2019, 2020 alle Var. ohne Gülle

Stroh breit

ohne Gülle			Gülle-Kurzscheibenegge				
Strip-Tillage-Sämaschine							
ohne ZF	Aqua Pro	Beta Maxx	Univ. ¹	Mais Pro	Viel-falt	Korbs/ Lego	Acker-b.
nachfolgende Hauptkultur Silomais							



Stroh breit + Aussaat mit Strip-Tillage-Sämaschine Claydon Hybrid-T



¹ und weitere ZF-Mischungen: Delitzscher Mischg. (Roth)

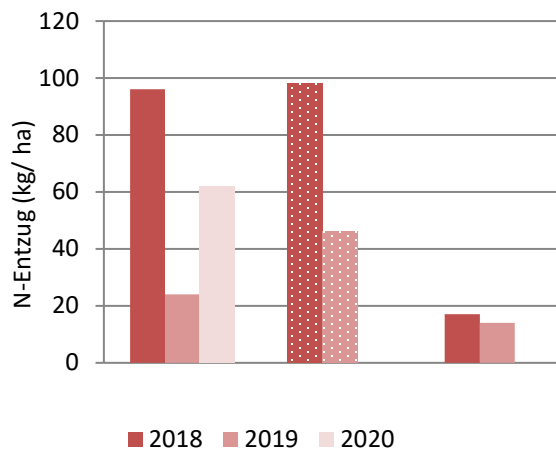
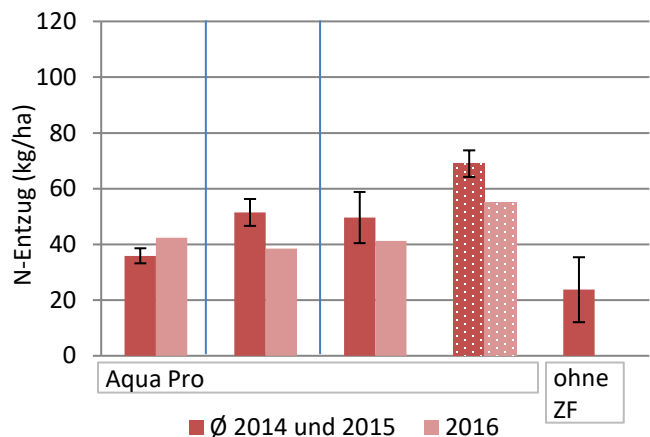
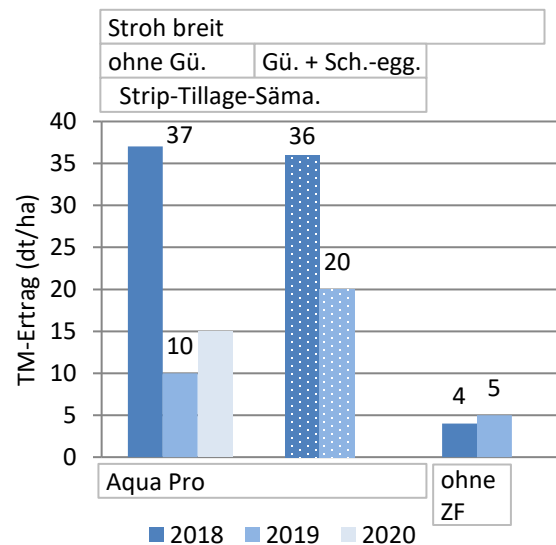
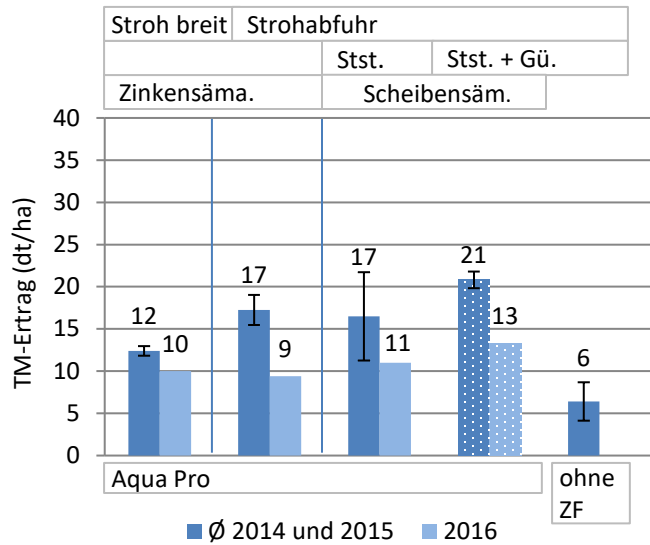
N-Auswaschung
und
Bodenfeuchte-
entzug bei
versch. ZF-Arten
i. Vgl. zu ohne
ZF



- monolithisch befüllt
- Durchmesser = 40 cm, $A = 0,126 \text{ m}^2$
- Tiefe = 135 cm
- Sickerwasserentnahme mittels Unterdruck über keramische Saugkerzen, ereignisbez. bis wöchentl. Probenahme
- Bodenfeuchtemessung mit Neutronensonde

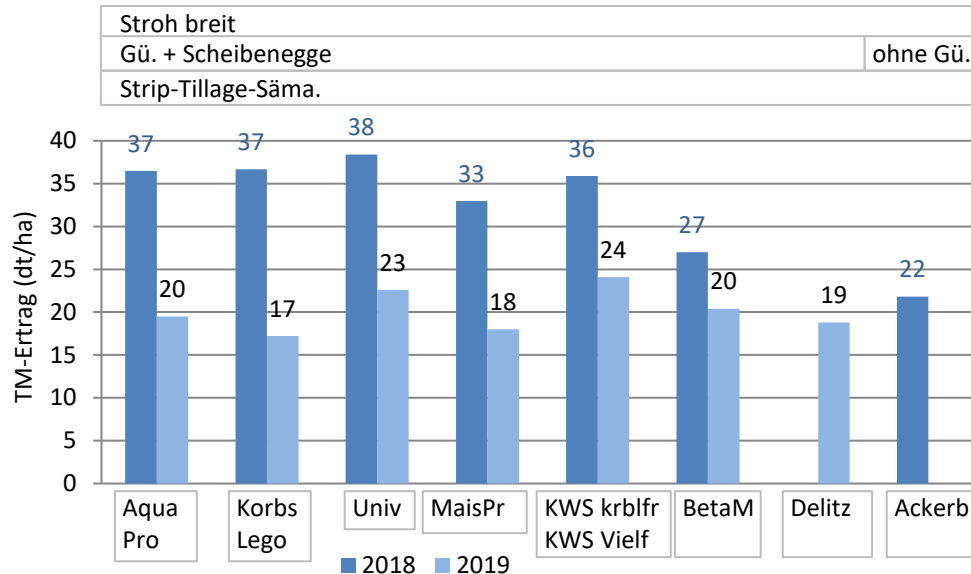
Ergebnisse

Erträge und N-Entzüge der ZF



- Im Mittel der Jahre 2014/2015 erhöhte Strohabfuhr im Vergleich zu Stroh breit den Ertrag um 4 dt TM/ha und Zufuhr von 36 kg Gülle-N/ha um 9 dt TM/ha.
- Im Jahr 2018 war bei einem hohen Boden-Nmin-Gehalt von 86 kg Nmin/ha kein Einfluss der Gülle-Appl. auf den Ertrag erkennbar.
- Im Jahr 2019 nahm der Ertrag nach Verabreichung von 117 kg Gülle-N/ha um 10 dt TM/ha zu.

Erträge und N-Entzüge der ZF



Aqua Pro,
Korbs

Lego,
Univ

leg.- u.
kruz.frei

< 30 %
Leg.

> 30 % Leg. + tw. Kruziferen

Aqua Pro:
35 Rauh, 11 Ramt,
12 Öllein, 10 Phac,
20 Sudgr 7 Sobl

Univ.:
49 Phac,
27 Rauh,
18 Alexkl

KWS Vielfalt:
62 SoWick,
8 Phac, 7 Ölrrett,
6 Senf, 8 Sobl,
2 Leindotter

BetaMaxx:
30 Lup, 21 SoWick,
20 Felderbs, 5 Alexkl,
12 Rauhaf, 4 Ramtill,
4 Öllein, 2 Phac

Delitzscher M.:
45 Ramtill,
40 Alexklee,
15 Phac

- Im Vergl. zu Aqua Pro lag im Jahr 2018 nur der Ertrag der leg. reichen Mischg. BetaMaxx und der Reinsaat Ackerbohne niedriger.
- Im Jahr 2019 mit ungünstigen Wachstumsbed. (Trockenheit, Bod-Verdichtg.) erwiesen sich artenreiche Mischg. incl. Phac. + Rauhafer + Kruzif./ Leg. als ertragreicher.

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2019 am 8.11.2019 (1m²-Boniturparzelle)



ZF-Mischung	KWS Ackerfit Vielfalt o BuWz	Vit. Universal	BetaMaxx	Aqua Pro
Ertrag	24 dt TM/ha	23 dt TM/ha	20 dt TM/ha	20 dt TM/ha
Mischungs-partner %	62 % Sommerwicke 8 % Phacelia, 8 % Soblume, 7 % Ölrettich, 6 % Senf 2 % Leindotter	49 % Phacelia 27 % Rauhafer 18 % Alexandrinerklee	30 % Bitterlupine, 21% SoWicke 20 % Erbse, 5 % Alexklee 12 % Rauhafer, 4 % Ramtill 4 % Öllein, 3 % Phacelia	35 % Rauhafer, 20 % Sudangras 12 % Öllein, 11 % Ramtill 10 % Phacelia, 7 % Soblume 4 % Saflor



Delitzscher Mischung	MaisPro TR	Lego 20
19 dt TM/ha	18 dt TM/ha	17 dt TM/ha
45 % Ramtillkraut 40 % Alexandrinerklee 15 % Phacelia	16 % Erbse, 16,5 % Saatwicke 17 % Öllein, 18 % Sudangras 8 % Soblume, 5 % Ramtill, 4 % T-Rettich, 4 % Phacelia, u.	31 % Phacelia, 30 % Rauhafer 18 % Alexklee, 16 % Ramtill, 5 % Wicke

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2019 am 8.11.2019 (Parzellenfläche)



KWS Ackerfit Vielfalt o BuWz: 24 dt TM/ha

Vit. Universal: 23 dt TM/ha

BetaMaxx: 20 dt TM/ha



Aqua Pro: 20 dt TM/ha

Delitzsch. Mischung: 19 dt TM/ha

MaisPro TR: 18 dt TM/ha

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2019 am 12.9.2019 (1m²-Boniturparzelle)



ZF-Mischung	KWS Ackerfit Vielfalt o BuWz	Vit. Universal	BetaMaxx	Aqua Pro
Ertrag	24 dt TM/ha	23 dt TM/ha	20 dt TM/ha	20 dt TM/ha
Mischungs-partner %	62 % Sommerwicke 8 % Phacelia, 8 % Soblume, 7 % Ölrettich, 6 % Senf 2 % Leindotter	49 % Phacelia 27 % Rauhafer 18 % Alexandrinerklee	30 % Bitterlupine, 21% SoWicke 20 % Erbse, 5 % Alexklee 12 % Rauhafer, 4 % Ramtill 4 % Öllein, 3 % Phacelia	35 % Rauhafer, 20 % Sudangras 12 % Öllein, 11 % Ramtill 10 % Phacelia, 7 % Soblume 4 % Saflor



Delitzscher Mischung	MaisPro TR	Lego 20
19 dt TM/ha	18 dt TM/ha	17 dt TM/ha
45 % Ramtillkraut 40 % Alexandrinerklee 15 % Phacelia	16 % Erbse, 16,5 % Saatwicke 17 % Öllein, 18 % Sudangras 8 % Soblume, 5 % Ramtill, 4 % T-Rettich, 4 % Phacelia, u.	31 % Phacelia, 30 % Rauhafer 18 % Alexklee, 16 % Ramtill, 5 % Wicke

Kruziferen, Soblume,
Erbse sorgen für
schnelle
Bodenbedeckung

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2018 am 9.11.2018

Stroh breit + Gülle-Scheibenegge + Strip-Tillage-Sämaschine		
Aqua Pro	Universal	MaisPro
35 Rauhaf, 12 Öllein, 11 Ramtill, 10 Phac, 20 Sudangr, 7 SoBl, 4 Saflor	46 Phac, 29 Alexklee, 25 Rauhaf	16 Felderbse, 18 Sudangr, 17 Öllein, 14 SoWicke, 8 Sobl, 5 Ramtill, 4 T-Rettich, 4 Phac, 1 Ab. Kohl u.



Gleichmäßige Entwicklung der Pflanzenbestände bei allen Mischungen

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2019 am 9.11.2018

Stroh breit + Gülle-Scheibenegge + Strip-Tillage-Sämaschine

Aqua Pro

Universal

MaisPro

35 Rauhaf, 12 Öllein, 11 Ramtill, 10 Phac,
20 Sudangr, 7 SoBl, 4 Saflor

46 Phac, 29 Alexklee, 25 Rauhaf

16 Felderbse, 18 Sudangr, 17 Öllein, 14 SoWicke,
8 Sobl, 5 Ramtill, 4 T-Rettich, 4 Phac, 1 Ab. Kohl u.



Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2018 am 9.11.2018

Stroh breit + Gülle-Scheibenegge + Strip-Tillage-Sämaschine		
KWS kreuzblfrei	Korbschnäppchen	BetaMaxx
58 SoWicke, 36 Buchweizen, 4 Phac	51 Phac, 49 Ramtillkr.	25 SoWicke, 24 Felderbse, 18 Bitterlupine, 10 Alexklee, 13 Rauhaf, 6 Phac, 4 Ramtillkr.



Gleichmäßige Entwicklung der Pflanzenbestände bei allen Mischungen

Entwicklungsstand der ZF-Mischungen im Jahr 2018 am 9.11.2018

Stroh breit + Gülle-Scheibenegge + Strip-Tillage-Sämaschine		
KWS kreuzblfrei	Korbschnäppchen	BetaMaxx
58 SoWicke, 36 Buchweizen, 4 Phac	51 Phac, 49 Ramtillkr.	25 SoWicke, 24 Felderbse, 18 Bitterlupine, 10 Alexklee, 13 Rauhaf, 6 Phac, 4 Ramtillkr.



Anforderungen an Zwischenfruchtmischungen

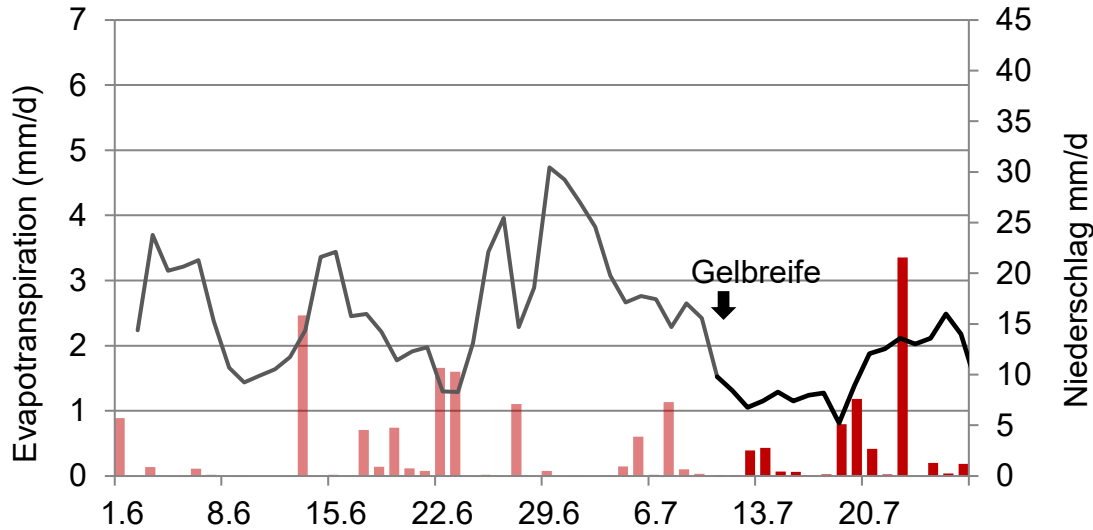
- Artenreiche Mischungen, um auch bei ungünstigen Wachstumsbedingungen einen geschlossen Pflanzenbestand mit ansprechender oberirdischer Biomasse und Wurzelbiomasse zu erzielen
- Zusammensetzung der Mischung
 - Arten mit schneller Jugendentwicklung, die eine rasche Blattbedeckung des Bodens hervorbringen, um aufwachsendes Ausfallgetreide im Wuchs zurückzudrängen
 - Arten mit Unterschieden in der Blattstellung und den Blattformen: breitblättrig z. B. Soblume, Rettich, Erbse; vielblättrig z. B. Rauhafer, Phacelia, Lupine; verzweigend, z.B. Phacelia; rankend oder aufsteigend z.B. Erbse, Wicke für eine vollständige Bedeckung des Bodens, das Ausfüllen von Bestandeslücken und einen mehrfachen Blattflächenindex
 - Arten mit unterschiedlichem Wurzelsystem für die Lockerung des Oberbodens, z.B. Phacelia fein verzweigtes Wurzelsystem und für das Durchdringen verfestigter Bodenbereiche, z.B. Lupine, Alexandrinerklee, Öllein feines Pfahlwurzelsystem und T-Rettich
 - Arten mit symbiontischer N-Bindung für eine zeitige Bereitstellung von mineralischen N im Frühjahr zur Begünstigung der mikrobiellen Umsetzung der organischen Substanz der ZF
 - Arten mit unterschiedlichem C/N-Verhältnis für eine gleichmäßige N-Freisetzung im Folgejahr

Anforderungen an die Etablierung eines ZF-Bestandes

- Den Bodenwasservorrat der oberen 30cm-Bodenzone, der sich i.d.R. vor der Ernte aufbaut, schonen für die Aussaat der Zwischenfrucht.
- Das gelingt am besten mit einem Direktsaatverfahren
- Im Versuch hat sich dafür das Strip-Tillage-Verfahren als besonders vorteilhaft erwiesen.
- Stroh-breit-Verteilung führte bei Direktsaat mit einer Grubberdrillmaschine aufgrund der N-Konkurrenz zu einer Minderung des Ertrages der Zwischenfrucht.
- In diesem Fall kann mit einer flachen Stoppelbearbeitung durch Ingangsetzen der Strohrotte die N-Konkurrenz gesenkt werden.
- Jede tiefere Stoppelbearbeitung ist in Trockengebieten zu vermeiden, um einer Austrocknung der oberen Saatzone entgegenzuwirken.
- Bodenverdichtungen und Problemunkräuter sollten nach Möglichkeit nicht vorhanden sein.
- Beim Mähdrusch ist auf eine weitgehend mögliche Minderung von Kornverlusten zu achten.
- Bei Boden-Nmin-Gehalten von 40 bis 50 kg Nmin/ha in 0...60 cm Tiefe, die nach fachgerechter N-Düngung in fünf von sechs Jahren vorkamen, ist die Zufuhr von Gülle-N insbes. in Trockengebieten eine die Entwicklung des ZF-Bestandes vorantreibende Maßnahme.

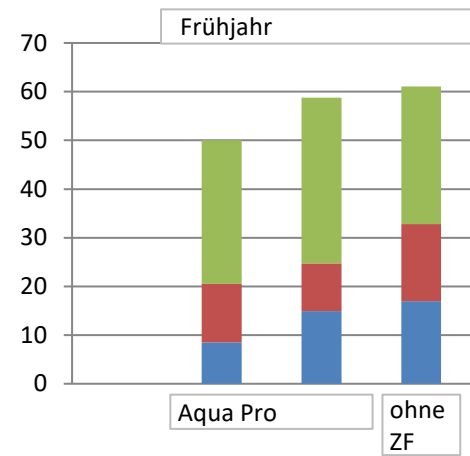
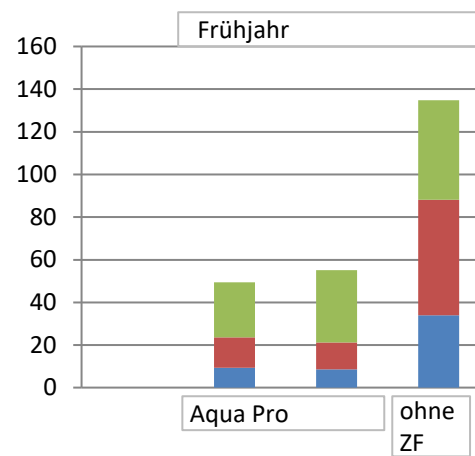
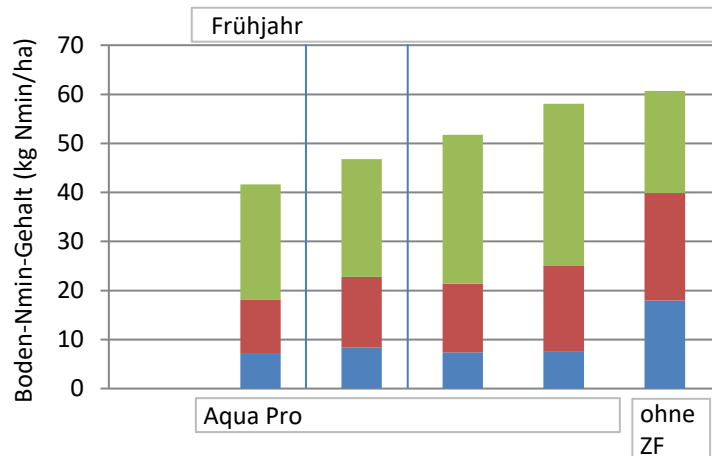
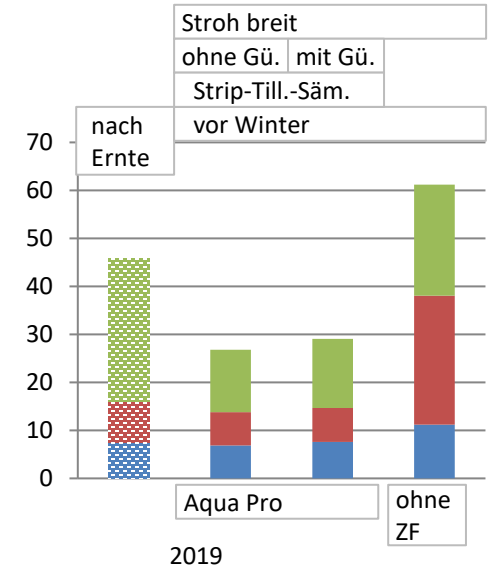
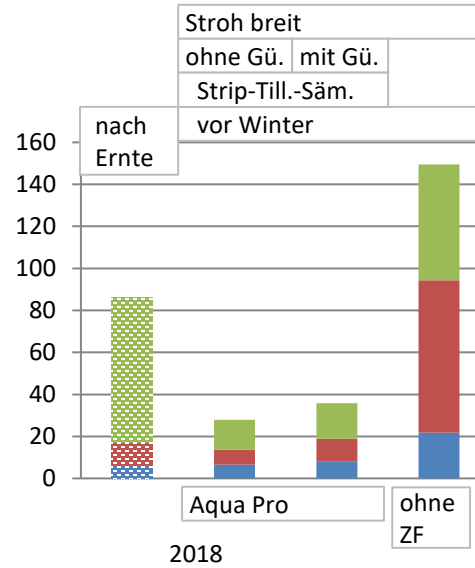
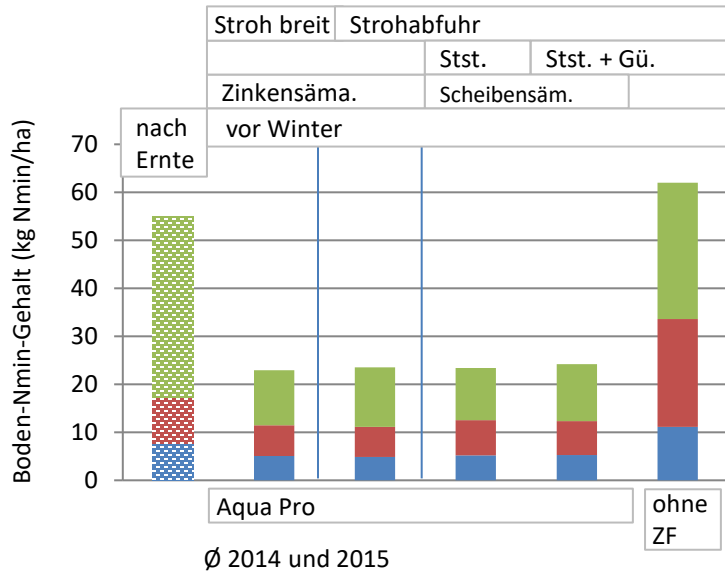
Aufbau des Bodenwasservorrates vor Ernte des Getreides

Winterweizen, 2015



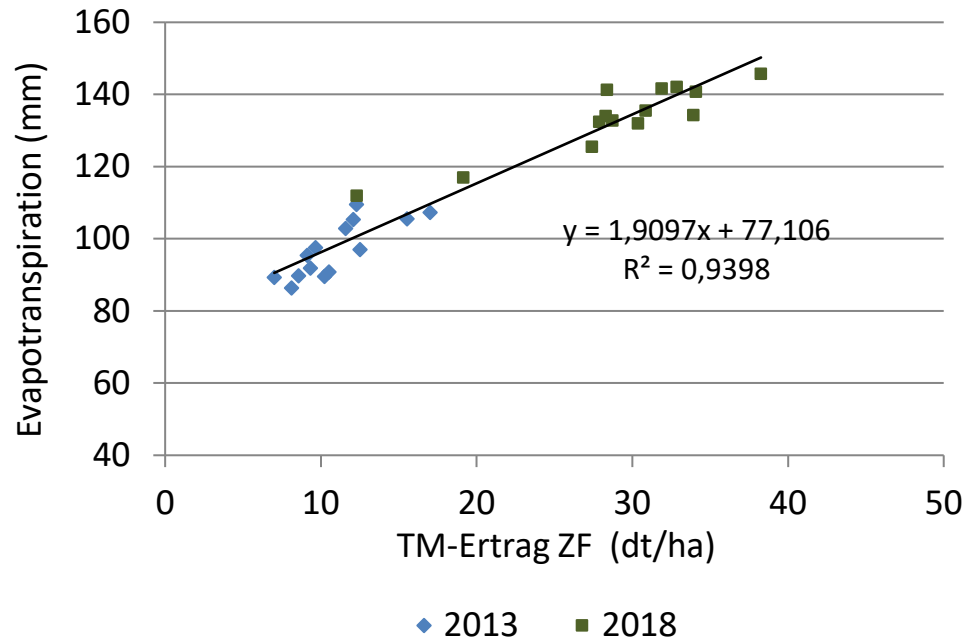
Jahr	Zeitraum Gelbreife bis Ernte WiWeizen	Anzahl d	ET		Niederschlag		Wasserbilanz/ Änderung Bodenwasser- vorrat
			mm	mm/d	mm	mm/d	mm
2008	16.7.-31.7.	16	23	1,4	28	1,8	+5
2015	9.7.-26.7.	18	28	1,6	46	2,6	+18
2018	22.6.-16.7.	25	32	1,3	61	2,4	+29

Entwicklung der Nmin-Gehalte



- Zwischenfruchtanbau führte bis vor Winter zu einer Minderung des Boden-Nmin-Gehaltes auf 20 bis 30 kg Nmin/ha weitgehend unabhängig davon, ob Gülle appliziert wurde.
- Bei Gülle-Zufuhr (36 kg Gülle-N/ha) und ohne ZF-Anbau lag der Boden-Nmin-Gehalt vor Winter im Mittel der Jahre 2014 und 2015 um 38 kg Nmin/ha höher.
- Bei ohne ZF-Anbau zeigte sich vor Winter in den Jahren 2018 und 2019 im Vergleich zum Anbau von ZF ein Unterschied von 118 und 34 kg Nmin/ha.
- Bis zum Frühjahr stellte sich bei den Varianten mit ZF-Anbau im Mittel der Jahre ein Anstieg des Boden-Nmin-Gehaltes auf 52 kg Nmin/ha ein, wobei der größere Teil in 0...30 cm Tiefe zu finden war.
- Bei ohne ZF-Anbau zeigte sich eine stärkere Tendenz der N-Verlagerung anhand der Zunahme der Nmin-Gehalte in tieferen Bodenschichten.

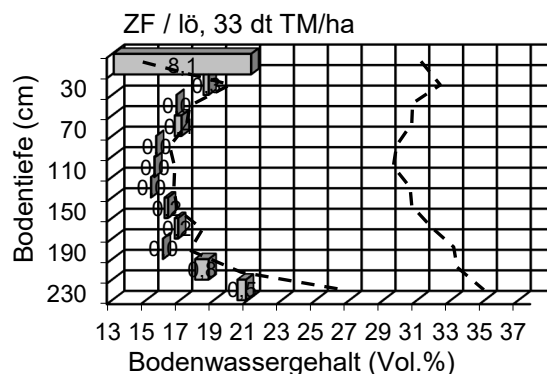
Zusammenhang zwischen Evapotranspiration und TM-Ertrag des Zwischenfruchtbestandes (Aqua Pro)



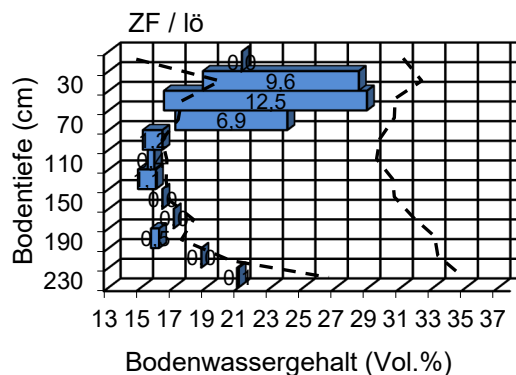
Veränderung Bodenwasservorrat mit und ohne ZF-Anbau (2018)

bei Anbau von ZF

BOF-Entzug durch ZF
vom 19.7. bis 5.12.2018

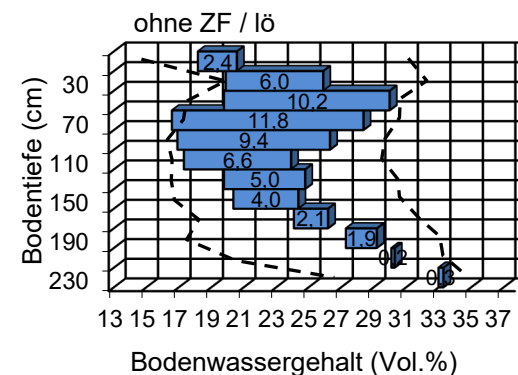


BOF-Auffüllung bei ZF-Anbau
vom 19.7.2018 bis 7.4.2019



ohne Anbau von ZF

BOF-Auffüllung ohne ZF-Anbau
vom 19.7.2018 bis 7.4.2019

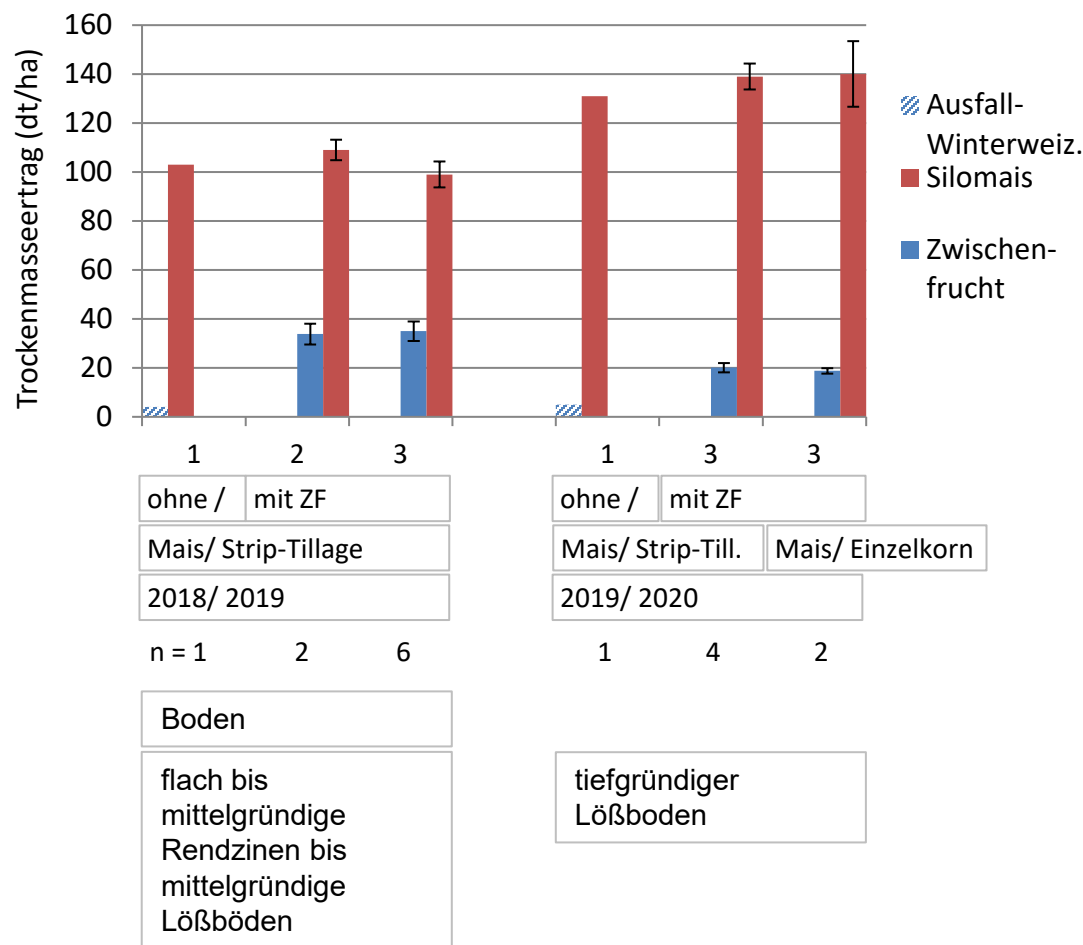


Variante	ZF / lö	ZF / lö	ohne ZF / lö ¹	Differenz
	19.7. - 5.12.2018	19.7.2018 - 7.4.2019		
Änderung BOF	mm - 17	+ 61	+ 120	+ 59

¹ außerhalb des Versuches mit ZF Variante mit Zusatzwasserversorgung

- Der Wasserverbrauch der leguminosen- und kruziferenfreien ZF-Mischung Aqua Pro lag im Vergleich zu barem Boden mit auflaufendem Ausfall-Getreide um 18 bis 60 mm höher. Die damit erzielten Erträge schwankten zwischen 9 und 33 dt TM/ha.
- Es zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen TM-Ertrag und Wasserverbrauch der ZF.
- Die Bodenwasserauffüllung vollzog sich bei ohne Anbau von ZF im Winterhalbjahr 2018/19 bis in etwa 160 cm Tiefe mit einem Betrag von 120 mm. Bei Anbau von ZF geschah dies bis in 80 cm Tiefe mit einem Betrag von 61 mm.

Auswirkung von ZF-Anbau auf den Ertrag der nachfolgenden Hauptkultur Silomais



Var.	Gülle vor Aussaat der ZF	ZF	Sommer-Zwischenfrucht-Mischung
1	ohne	ohne	-
2	ohne	mit	BetaMaxx, AquaPro
3	mit	mit	BetaMaxx, AquaPro, vit. Universal, MaisProTR 30, KWS kreuzblütlerfrei ¹ / Vielfalt ohne Buchweizen ² , Korbschnäppchen ¹ / Lego ²

Witterung Juni bis September

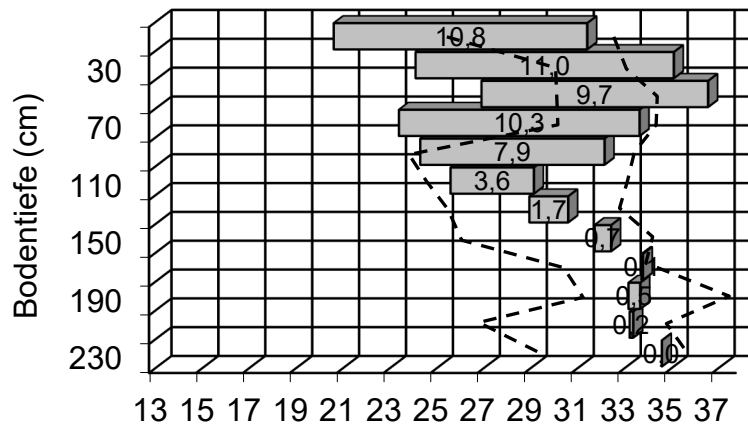
2019	zu trocken und zu warm
2020	zu feucht und zu warm

Bodenwassergehalt vor Winter und im Frühjahr mit und ohne ZF-Anbau vor der Hauptkultur Silomais in 2018/19 und 2019/20

Tiefe (cm)	Bodenwassergehalt					
	vor Winter 27.11.2018		Frühjahr 18.03.2019		vor Winter 03.12.2019	
	Frühjahr 01.04.2020					
	% nFK	mm nFK	% nFK	mm nFK	% nFK	mm nFK
ohne ZF-Anbau						
0–30	75	84	35	90	67	28
30–60	105	111	44	74	86	35
60–90	60	14	3	22	84	32
mit ZF-Anbau						
0–30	17*	82	34	85	66	28
30–60	13*	102	41	11*	91	38
60–90	0	64	14	-21*	75	28
Differenz des Bodenwasservorrates zwischen mit und ohne ZF-Anbau						
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0–30	-24	-1	-2	0	+3	-4
30–60	-37	-3	-26	-16	-45	-1
60–90	-14	+11	-16	-45	-1	-1
0–90	-75	+7	-45	-1	-1	-1

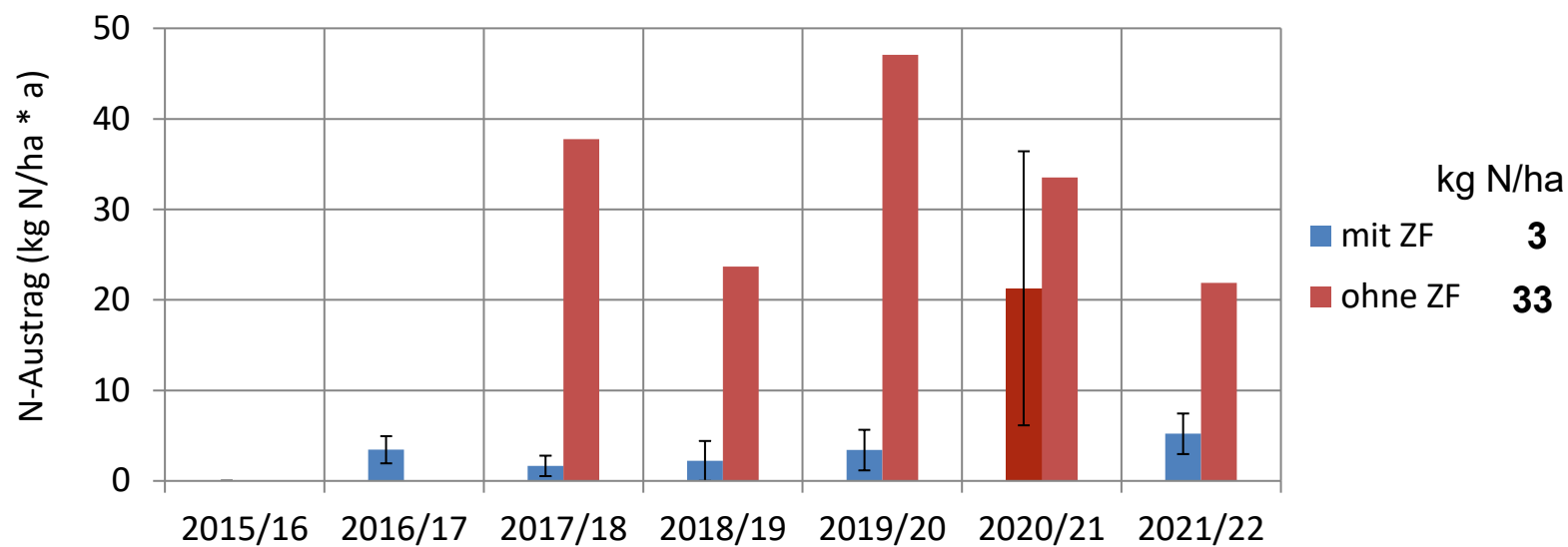
Bodenwasserentzug durch Silomais auf einem tiefgründigen Lößboden (Lt3) im Jahr 2019

Silomais 2019, lö-Lt3, 143 dt TM/ha



N-Austrag unter dem Einfluss von mit und ohne ZF-Anbau

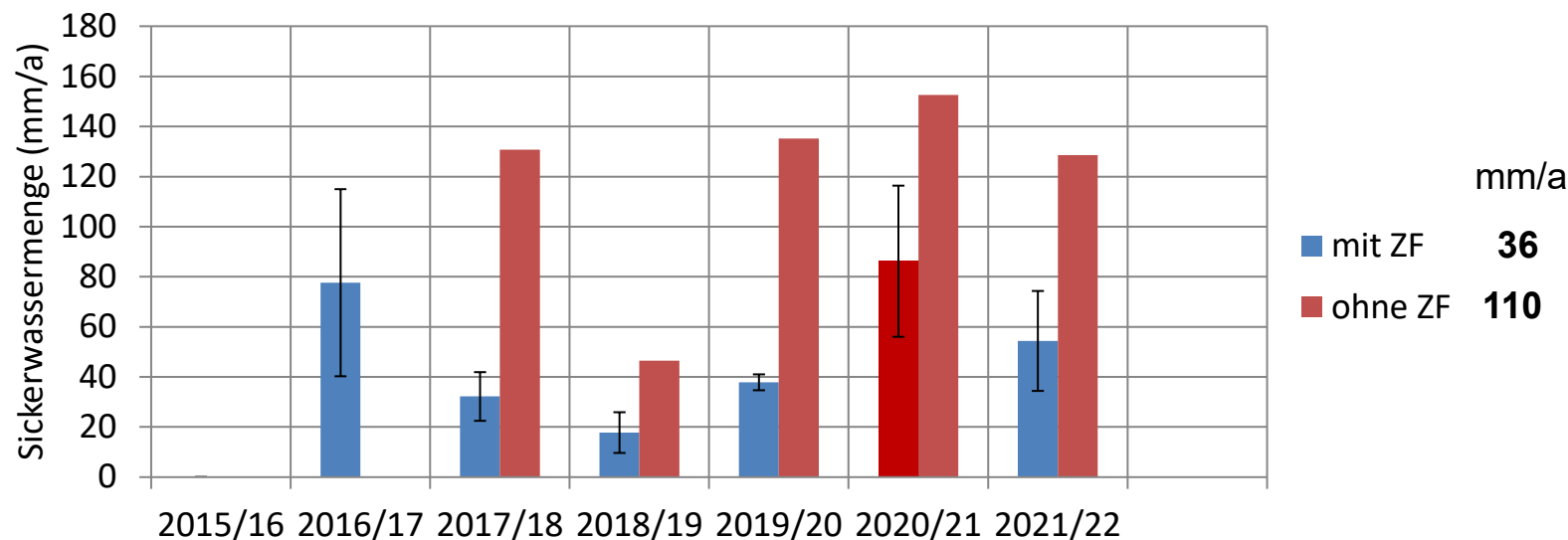
Boden: Braunerde aus Bändersand



Jahr		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N-Entz.-Saldo	kg N/ha	-45	-38	-15	-44/-27	-23/-13	-39/+17	-40/-8
Strohzufuhr	dt/ha	23	42		36/32	46/46		50/37
N-Düngg. mit/ohne ZF	kg N/ha	0	20	50	20	30		24

Sickerwassermenge unter dem Einfluss von mit und ohne ZF-Anbau

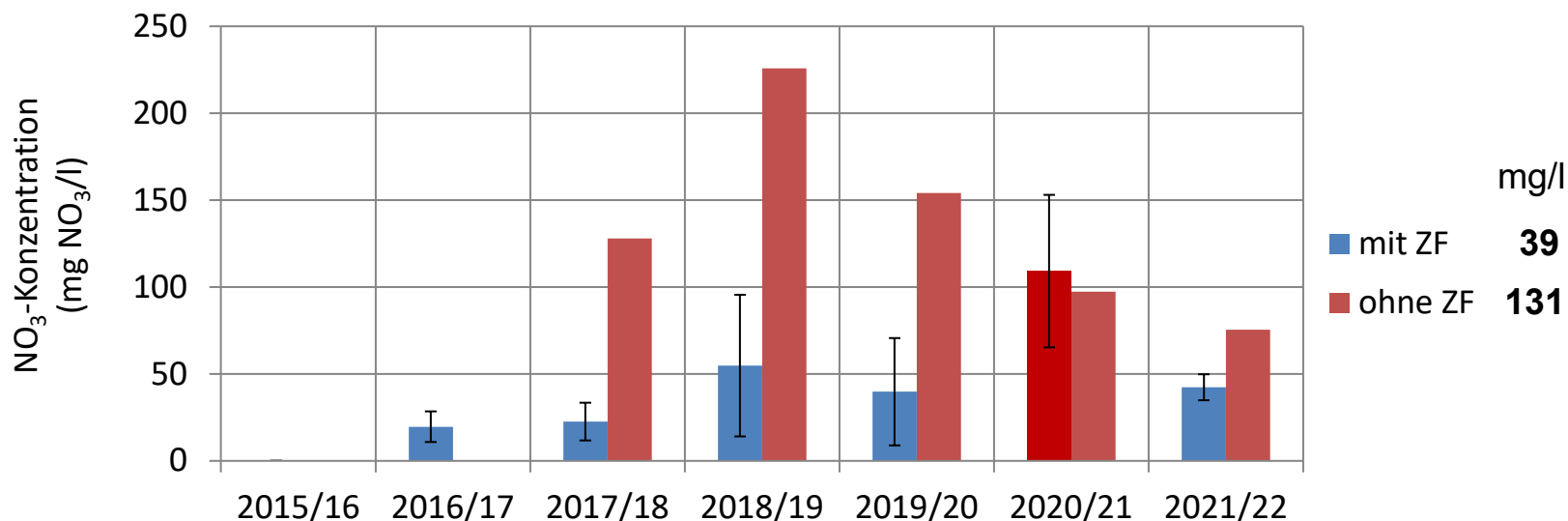
Boden: Braunerde aus Bändersand



Jahr		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N-Entz.-Saldo	kg N/ha	-45	-38	-15	-44/-27	-23/-13	-39/+17	-40/-8
Strohzufuhr	dt/ha	23	42		36/32	46/46		50/37
N-Düngg. mit/ohne ZF	kg N/ha	0	20	50	20	30		24

NO₃-Konzentration des Sickerwassers bei mit und ohne ZF-Anbau

Boden: Braunerde aus Bändersand



Jahr		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N-Entz.-Saldo	kg N/ha	-45	-38	-15	-44/-27	-23/-13	-39/+17	-40/-8
Strohzufuhr	dt/ha	23	42		36/32	46/46		50/37
N-Düngg. mit/ohne ZF	kg N/ha	0	20	50	20	30		24

Zusammenfassung

- Unter der Bedingung des Trockengebietes ist das Direktsaatverfahren besonders geeignet zur Etablierung eines ZF-Bestandes, weil dadurch der Bodenwasservorrat für die ZF-Saat geschont wird.
- Bei der Auswahl der ZF-Mischung ist auf eine artenreiche Zusammensetzung zu achten mit dem Ziel einer rasche Blattbedeckung des Bodens, eines mehrfachen Blattflächenindex, einer ansprechenden oberirdischen Biomasse und Wurzelbiomasse.
- Bei fachgerechter Düngung kann die Zufuhr von Gülle geeignet sein, die Entwicklung des ZF-Bestandes voranzutreiben, insbesondere bei ungünstigen Wachstumsbedingungen.
- Der Anbau von ZF senkte den Boden-Nmin-Gehalt auf 20 bis 30 kg Nmin/ha, unabhängig davon ob Gülle appliziert wurde. Bis zum Frühjahr stellte sich ein Anstieg auf durchschnittlich 50 kg Nmin/ha ein.
- ZF-Anbau reduziert den N-Austrag und die NO_3 -Konzentration des Sickerwassers deutlich, im Fall eines Sandbodens von 33 auf 3 kg N/ha.
- In Trockengebieten darf der Ertrag nicht zu hoch ausfallen, sonst besteht die Gefahr der Ertragsminderung der Hauptfrucht. Gleichzeitig stellt ein durch ZF-Anbau gelockertes Bodengefüge eine wichtige Vor. dar für das in Trockengebieten zur Schonung des Bodenwasservorrates zu empfehl. Direktsaatverfahren.



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!

Zusammenhang zwischen Evapotranspiration und TM-Ertrag des Ausfall-Winterweizens bei abgestorbenem Zwischenfruchtbestand (Aqua Pro)
(20.3. bis 9.4.2019)

