

Etablierung von Zwischenfrüchten in Trockengebieten und deren Einfluss auf den Bodenwasservorrat und die N-Verlagerung

Pflanzenbauliche Probleme

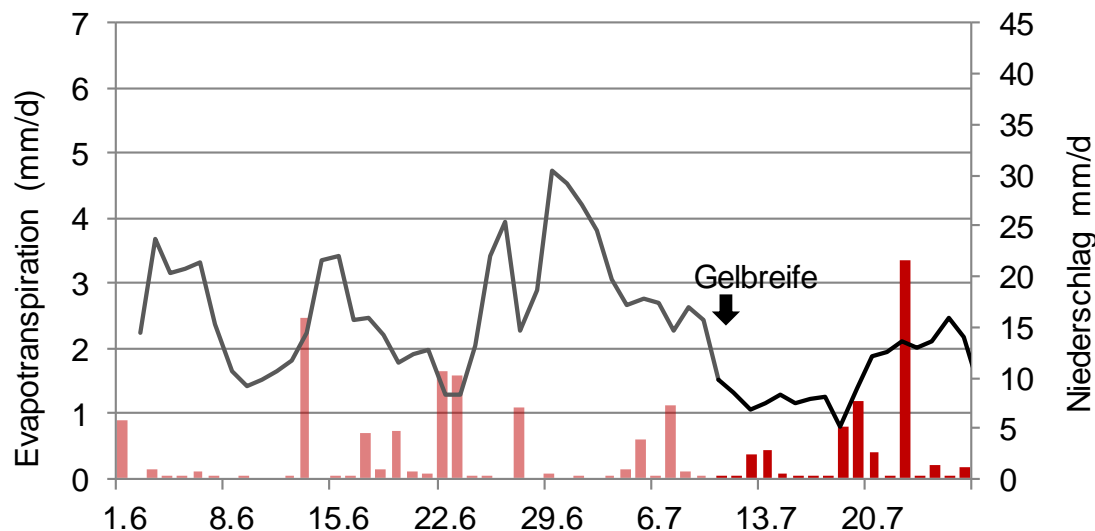
- Etablierung der ZF erschwert aufgrund geringen Niederschlagsaufkommens
- Wasserverbrauch der ZF kann Ertrag der Folgekultur mindern
- Wirkung des ZF-Anbaus auf nachfolgende Hauptkultur (allelopathische Effekte, Fruchtfolge)

Ökologische und ackerbauliche Leistungen der ZF

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

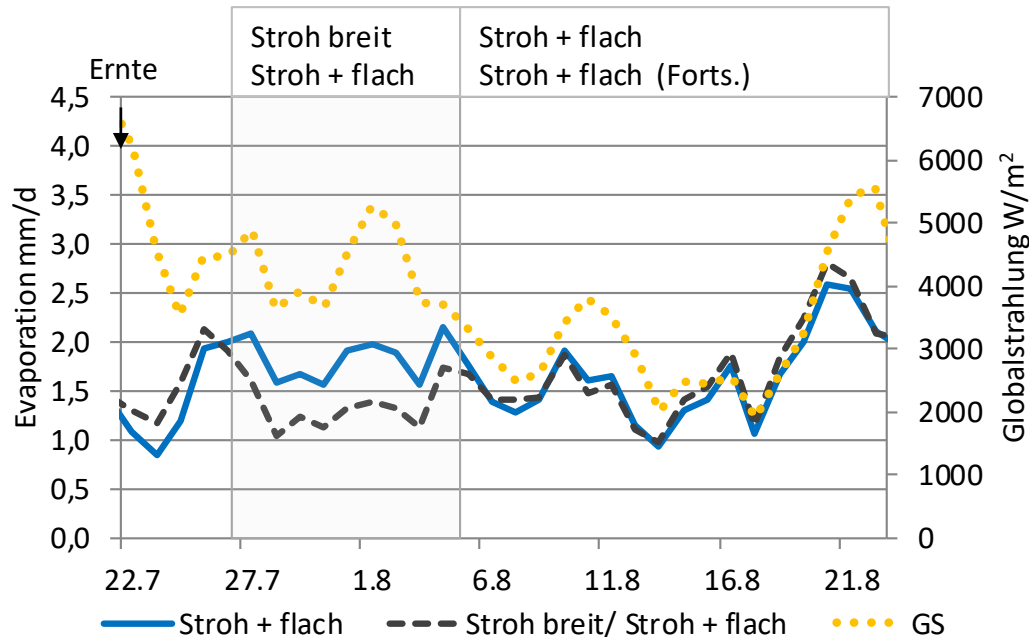
Aufbau des Bodenwasservorrates vor Ernte des Getreides

Winterweizen, 2015



Jahr	Zeitraum Gelbreife bis Ernte WiWeizen	Anzahl d	ET		Niederschlag		Wasserbilanz/ Änderung Bodenwasser- vorrat
			mm	mm/d	mm	mm/d	
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

Evaporation von Stroh breit im Vergleich zu flachem Stoppelsturz mit Stroh



Die Evaporation eines unbearbeiteten mit Stroh bedeckten Bodens lag um -0,5 mm/d niedriger im Vergleich zu Stroh breit und flachem Stoppelsturz.

- Wie gelingt es Zwischenfrüchte unter der Bedingung eines Trockengebietes zu etablieren?
- Wie beeinflusst der ZF-Anbau den Bodenwasservorrat für die nachfolgende Hauptkultur ?
- Unterscheiden sich ZF-Arten in der Bodenwasseraneignung und Wassernutzungseffizienz ?
- Welchen Beitrag leisten ZF für die Minderung der N-Auswaschung und gibt es Unterschiede in der N-Auswaschung zwischen ZF-Arten?



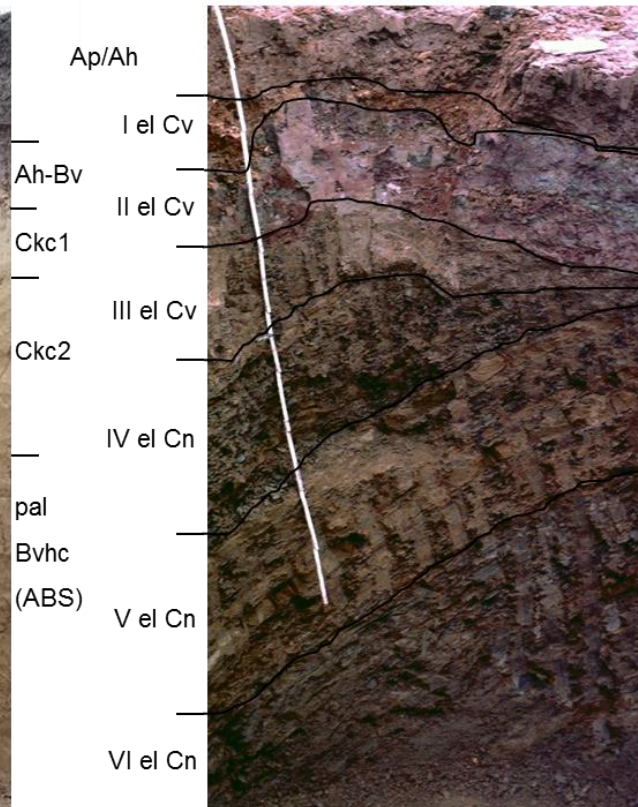
Material und Methoden

Versuchsböden und Klima

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

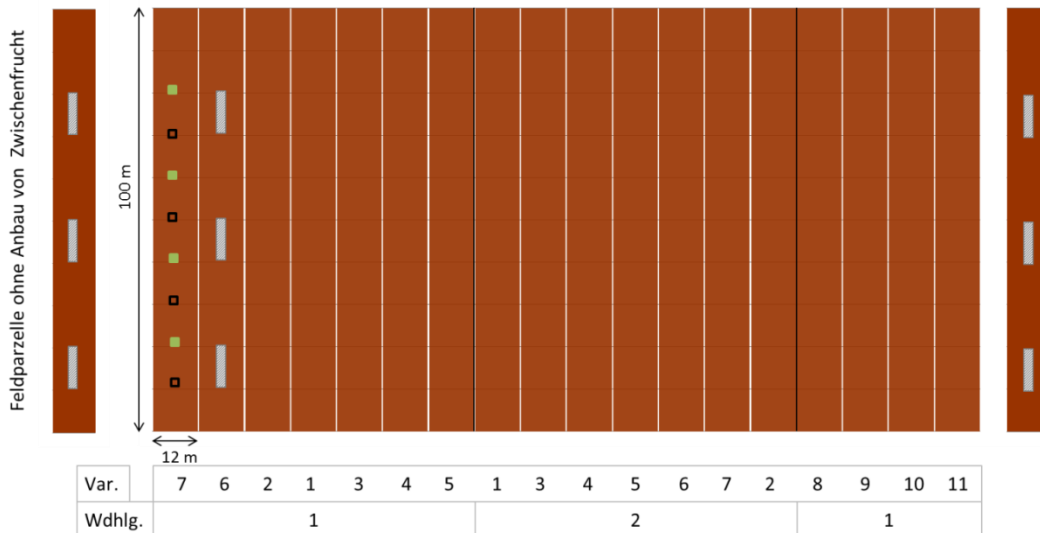
vertreten 66% der Böden im Thüringer Becken

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

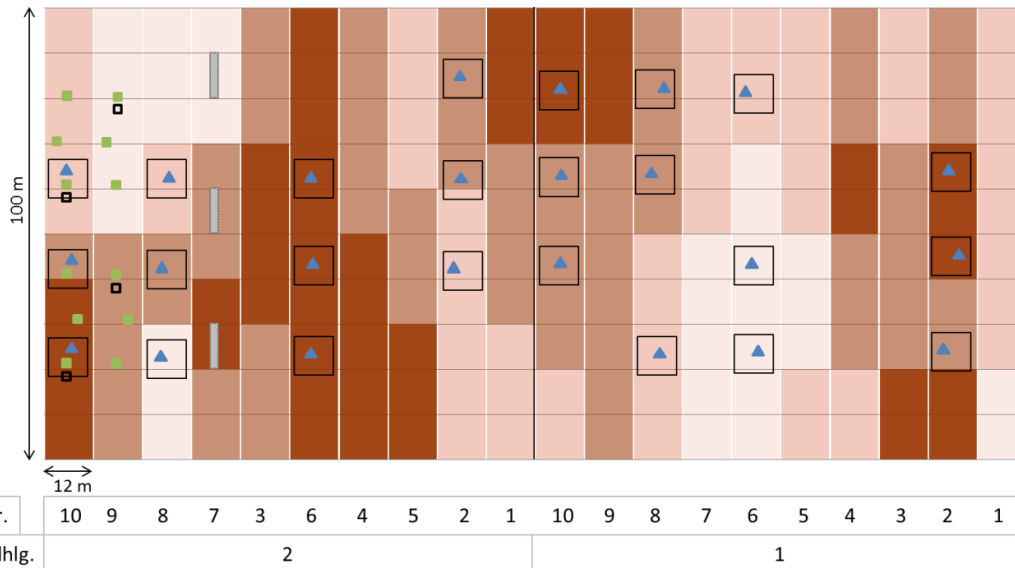


Feldversuche und Varianten (mit dem TLPVG Butteltstedt)

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							



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

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



Lysimeteranlage Buttelstedt



16 Feldlysimeter
2 Lysimeterkeller

Varianten

- mineralisch,
- mineralisch-organisch
- 60 bis 80 % nFK zur 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

Kleinlysimeteranlage

Varianten

4 verschiedene
Arten bzw.
Mischungen je
Jahr im Vergl.
zu ohne ZF

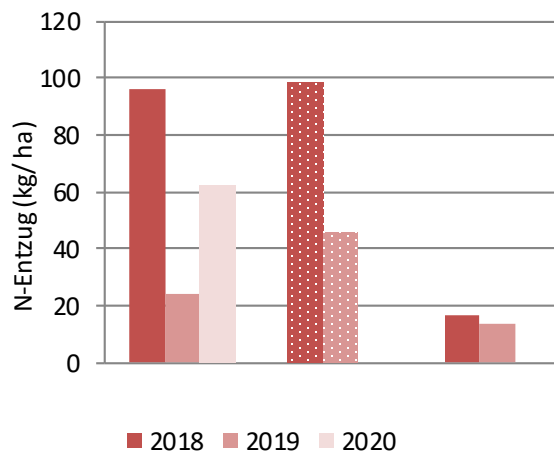
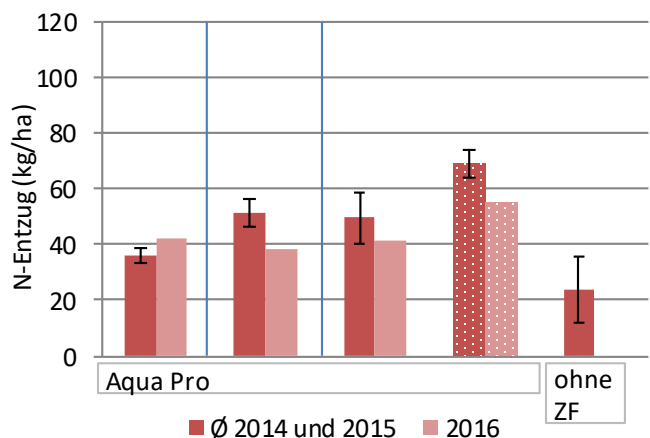
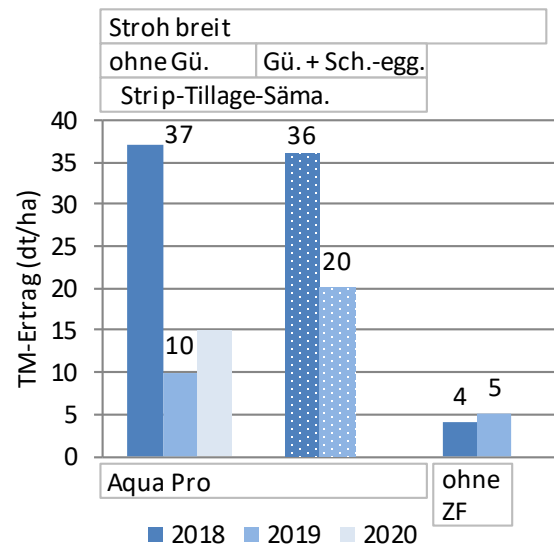
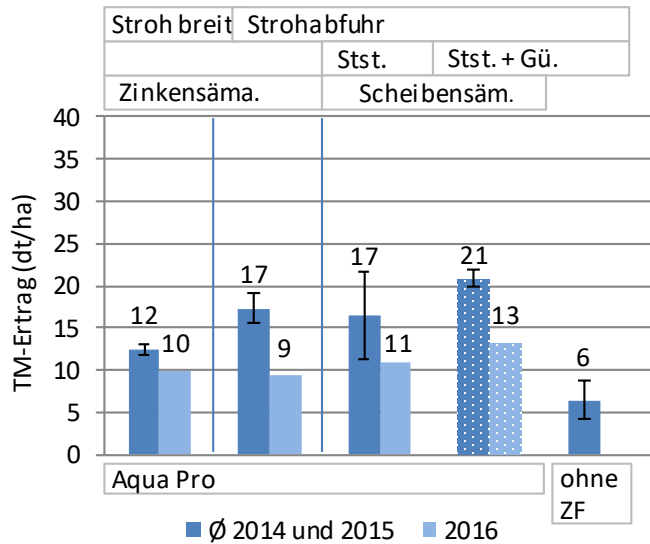


- monolithisch befüllt
- Durchmesser = 40 cm, $A = 0,126 \text{ m}^2$
- Tiefe = 135 cm
- Sickerwasserentnahme mittels Unterdruck über keramische Saugkerzen, ereignisbez. bis wöchentl. Probenahme
- Messung der Bodenfeuchte mit einer Am/Be-Neutronensonde in 20 cm –Tiefenstufen bis in 120 cm Tiefe



Ergebnisse

Erträge und N-Entzüge der ZF



- Im Mittel der Jahre 2014/2015 erhöhte Strohabfuhr im Vergleich zu Stroh breit den Ertrag um 5 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.

Innerhalb der Direktsaatverfahren mit Stroh erwies sich das Strip-Tillage-Verfahren erfolgreicher als das Zinkensäverfahren mit durchschnittlich + 7 dt TM/ha mehr.



a) Zinkensämaschine, 23.9.2015

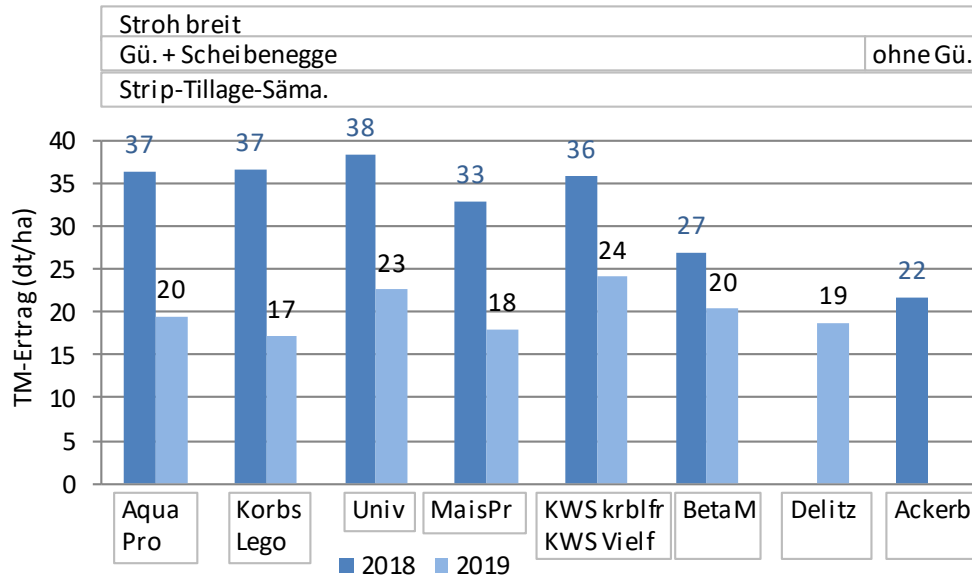
b) Strip-Tillage-Sämaschine, 26.9.2018

Entwicklung des Pflanzenbestandes der ZF-Mischung BetaMaxx nach Aussaat mit Zinken-Sämaschine (Ertrag 20 dt TM/ha) und Strip-Tillage-Sämaschine (Ertrag 30 dt TM/ha) nach Stroh-breit-Verteilung



Entwicklung der Wurzeln der ZF BetaMaxx mit Gülle am 16.1.2020 in der Variante Stroh breit + Aussaat mit Strip-Tillage-Sämaschine im Versuchsjahr 2019

Erträge und N-Entzüge der ZF



Aqua Pro, Korbs
Lego, Univ

leg.- u. kruz.frei
< 30 % Leg.
> 30 % Leg. + tw. Kruziferen

- 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.

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

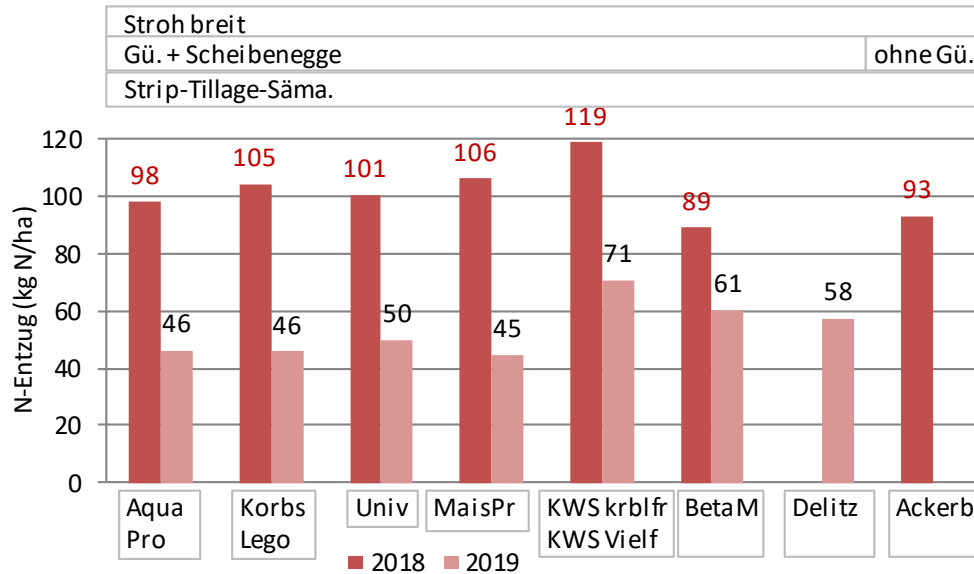
Univ.:
49 Phac,
27 Rauh,
18 Alexkl

KWS Vielfalt:
62 SoWick,
8 Phac, 7 Ölrett,
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

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 Ölrett,
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 Vgl. zu Aqua Pro waren im Jahr 2018 den Erträgen entspr. vergleichbare N-Entzüge zu verzeichnen, wobei dieser bei der Mischg. BetaMaxx etwas geringer ausfiel.
- Die positive Abhängigkeit Ertrag und N-Entzug bestätigt sich im Jahr 2019 mit ungünst. Wachstumsbed.

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)



Senf, Rettich,
Kohl
tolerieren Bo-
verd. besser



Phacelia reagiert
empfindlich auf
Bodenverd.



BetaMaxx: 20 dt TM/ha

KWS Ackerfit Vielfalt o BuWz: 24 dt TM/ha

Vit. Universal: 23 dt TM/ha



lückig, Rauhaf. +
Öllein zeigen sich
bestandsbildend



Delitzsch. Mischung: 19 dt TM/ha

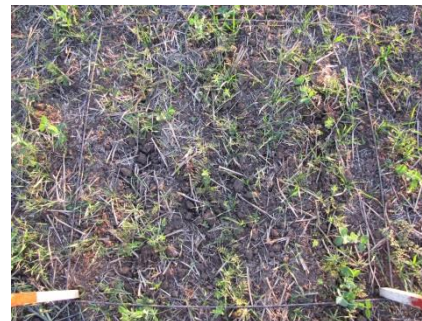


bei Bo.-verd.
dominiert
Öllein

MaisPro TR: 18 dt TM/ha

Aqua Pro: 20 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.

SoWicke
braucht
Stützkultur

Ramtillkr. blieb
bestandsbildend,
sonst nur eine
Kultur

artenreich mit
sich ergänzender
Blattstruktur

Anforderungen an Zwischenfruchtmischungen

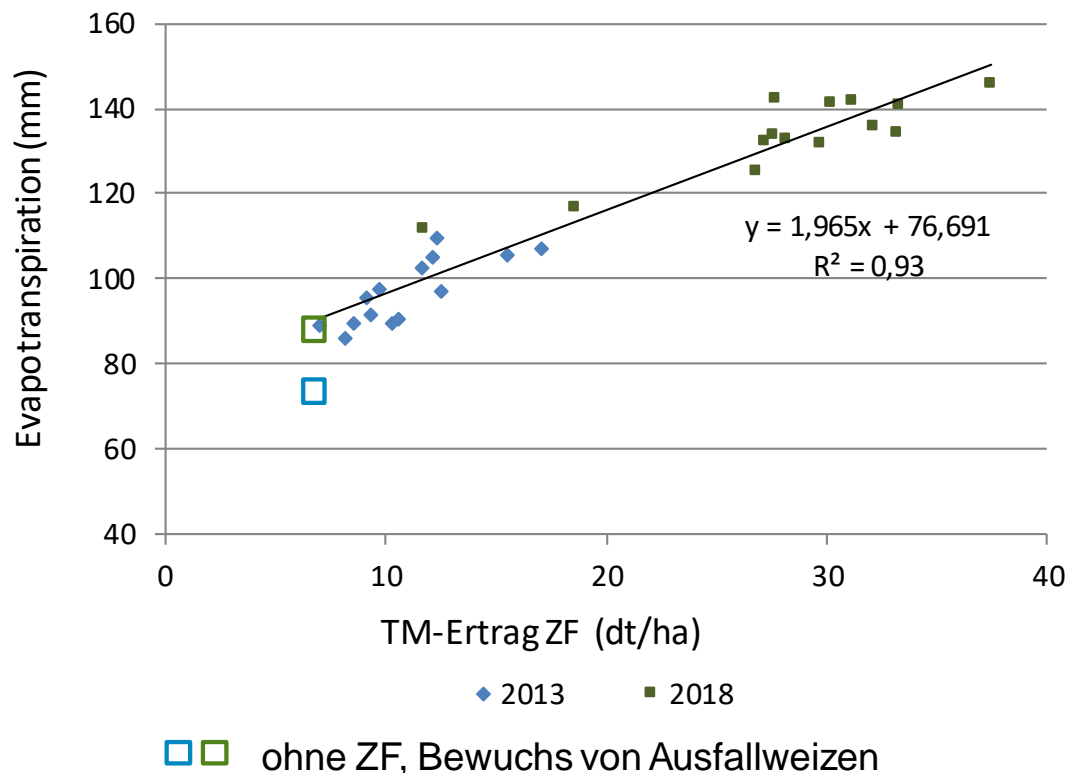
- Artenreiche Mischungen, um auch bei ungünstigen Wachstumsbedingungen einen geschlossenen Pflanzenbestand mit ansprechender oberirdischer Biomasse und Wurzelbiomasse zu erzielen

- 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 30 cm-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 hingegen bei Direktsaat mit einer Grubberdrillmaschine aufgrund der N-Konkurrenz zu einer Minderung des Ertrages der Zwischenfrucht.
- Jede tiefere Stoppelbearbeitung ist in Trockengebieten zu vermeiden, um einer Austrocknung der oberen Saatzone entgegenzuwirken.
- Bodenverdichtungen und Problemunkräutern sollten nach Möglichkeit nicht vorhanden sein.
- Bei Boden-N_{min}-Gehalten von 40 bis 50 kg N_{min}/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.

Zusammenhang zwischen dem TM-Ertrag der rauhafer- und phaceliabetonten ZF-Mischung AquaPro und dem Wasserverbrauch von Aussaat bis Mulchen

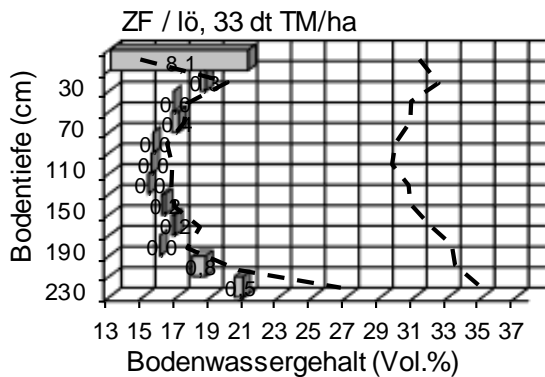


- Es zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen TM-Ertrag und Wasserverbrauch der ZF.
- Der Wasserverbrauch der ZF-Mischung Aqua Pro lag im Vergleich zu barem Boden mit auflaufendem Ausfall-Getreide um 18 bis 60 mm höher. Die damit erzielten Erträge schwankten zwischen 9 und 33 dt TM/ha.

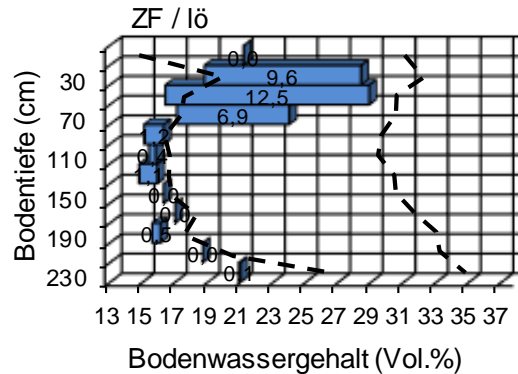
Veränderung des Bodenwasservorrates durch mit und ohne ZF-Anbau (2018/2019)

bei Anbau von ZF

BOF-Entzug durch ZF vom 19.7. bis 5.12.2018

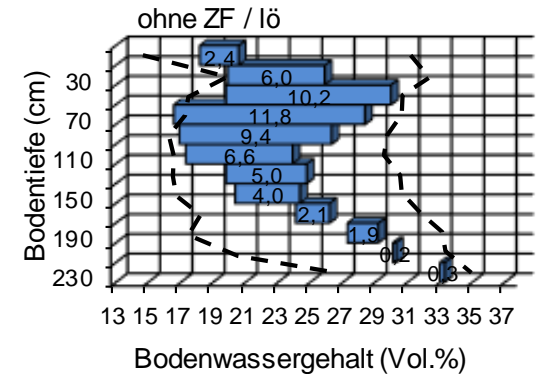


BOF-Auffüllung nach ZF-Anbau vom 19.7.2018 bis 7.4.2019



ohne Anbau von ZF

BOF-Auffüllung ohne ZF-Anbau vom 19.7.2018 bis 7.4.2019



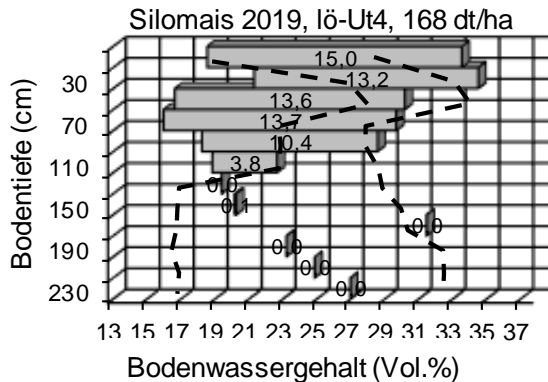
Die Bodenwasserauffüllung vollzog sich nach ohne ZF-Anbau im Winterhalbjahr 2018/19 bis in etwa 160 cm Tiefe mit einem Betrag von 120 mm. Bei Anbau von ZF war eine Wiederbefeuchtung bis in 80 cm Tiefe zu verzeichnen mit einem Betrag von 61 mm.

Bodenfeuchteentzug durch Silomais (2019)

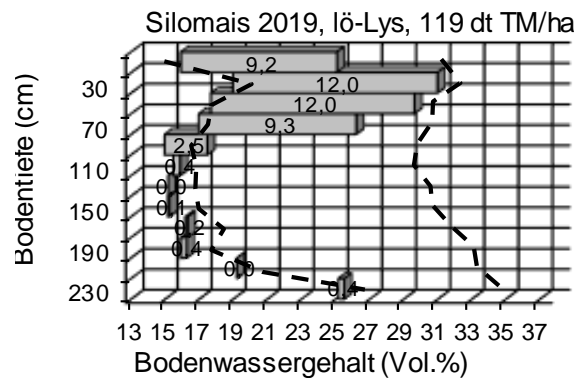
nach Anbau von ZF

ohne Anbau von ZF

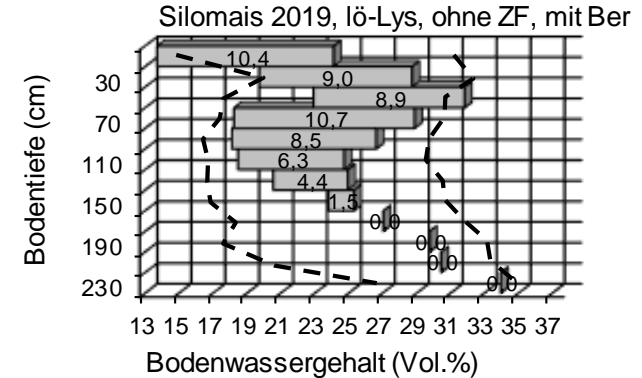
BOF-Entzug durch Silomais vom 23.5. bis 15.9.2019



Bodenfeuchteentzug bis in etwa 120 cm Tiefe



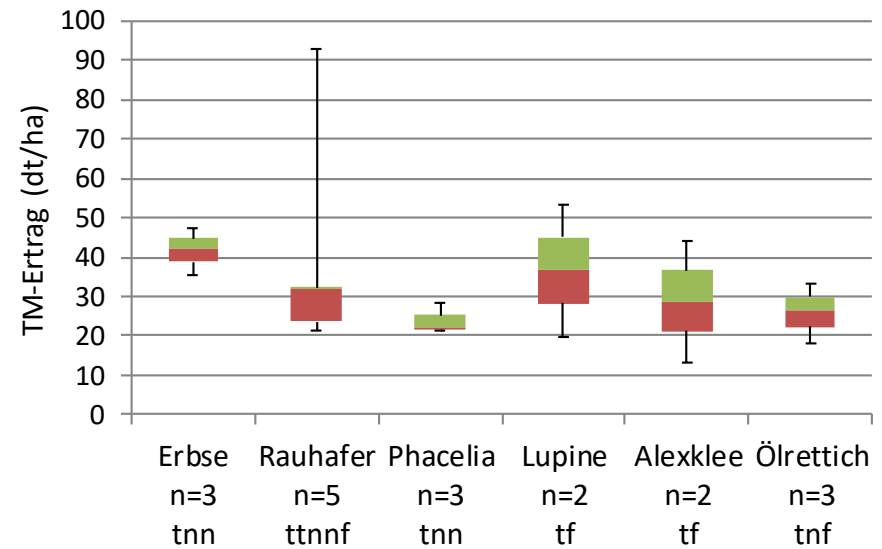
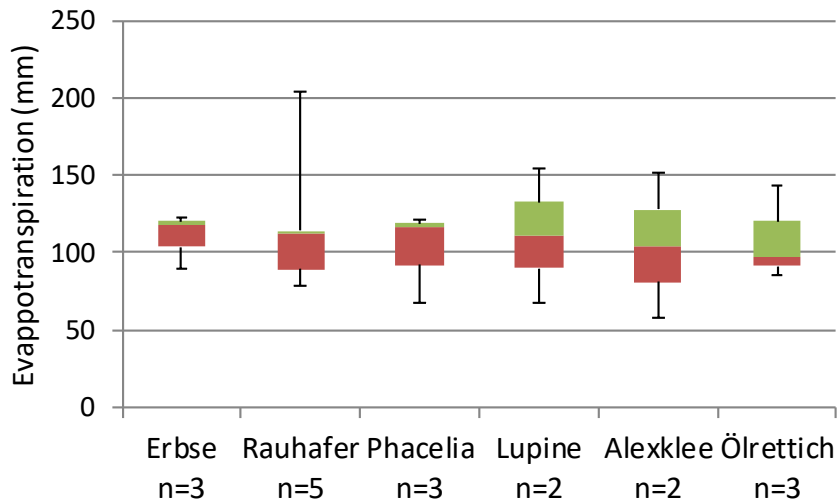
Bodenfeuchteentzug bis in etwa 100 cm Tiefe



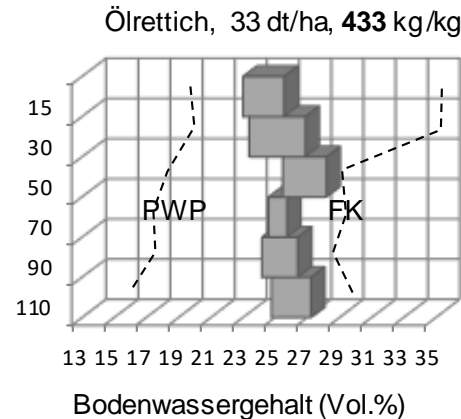
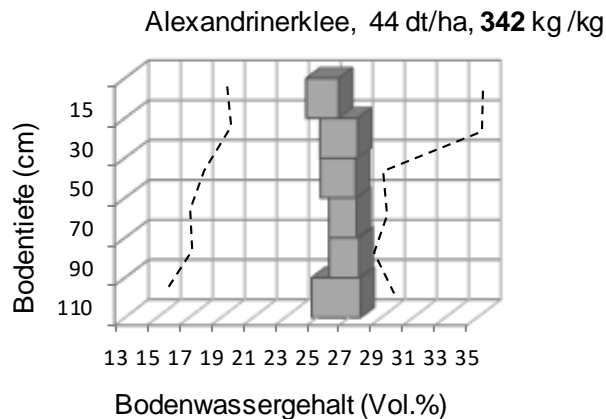
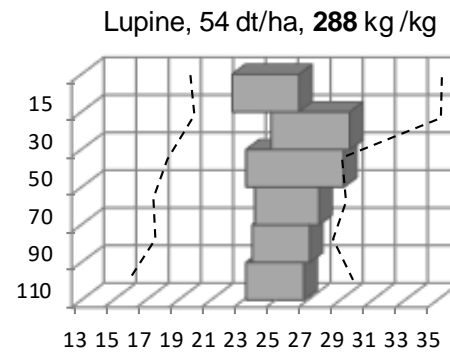
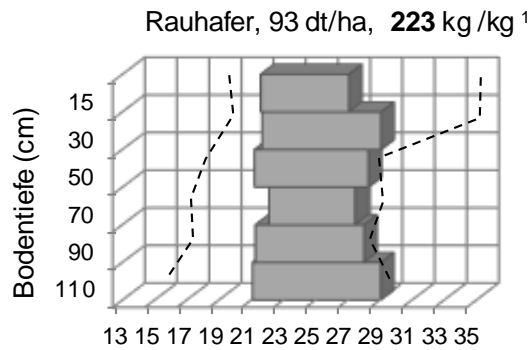
Bodenfeuchteentzug bis in etwa 160 cm Tiefe

Ein bis in 120 cm Tiefe höheres Bodenwasserangebot führte im sehr trockenen Jahr 2019 zu einem höheren Ertrag des Silomais. In den drei Feldversuchen 2018/19, 2019/20 und 2020/21 ging hingegen vom Wasserverbrauch der ZF kein Einfluss auf den Silomaisertrag aus.

Wasserverbrauch und Wassernutzungseffizienz von ZF-Arten



Bodenwasserentzug und Wassernutzungseffizienz von ZF-Arten im Jahr 2017

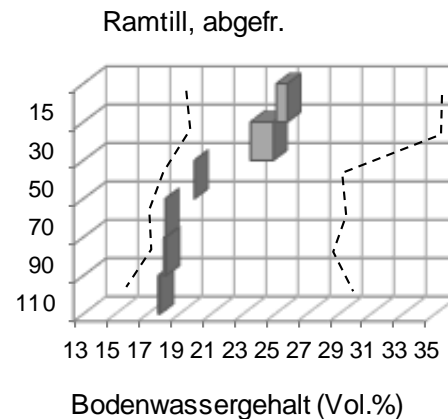
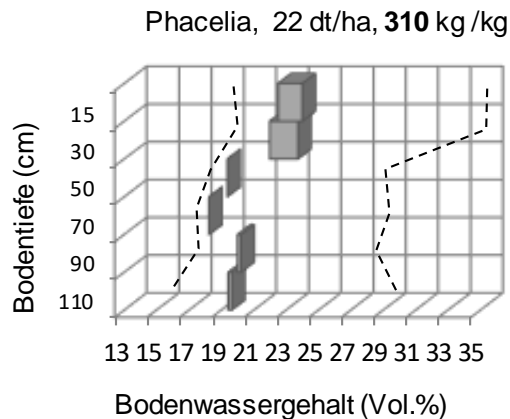
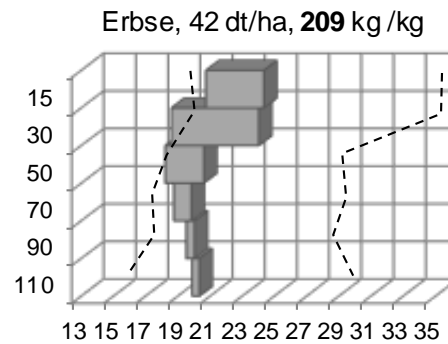
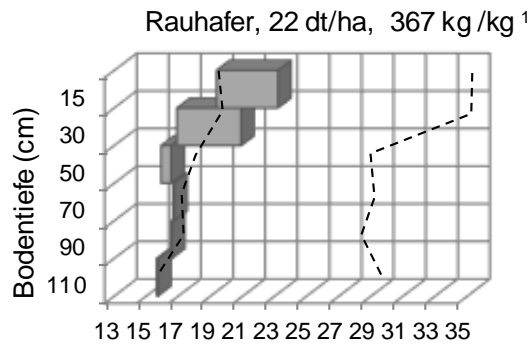


Unter feuchten Bedingungen der Bodenwasserbereitstellung schöpfte Rauhafer bis in 120 cm Tiefe signifikant mehr Bodenwasser aus und setzte dieses mit hoher WNE um. Der Wasserverbrauch ist aber zu hoch und nicht akzeptabel.

Lupine, Alexandrinerklee und Ölrettich kamen auf die gleiche Entzugstiefen, schonten den Bodenwasservorrat aber mehr.

¹ ZF, Ertrag: dt TM/ha, Transpirationskoeffizient: kg H₂O /kg TM

Bodenwasserentzug und Wassernutzungseffizienz von ZF-Arten im Jahr 2015



Erbse erwies sich unter trockenen Bedingungen der Bodenwasserbereitstellung als eine Art, die am tiefsten und intensivsten Bodenwasser aufnahm und im Vergleich zu den anderen Arten mit nur geringfügig höherem Wasserverbrauch einen signifikant 1,6-fach höheren Ertrag generierte, was einer hohen WNE entsprach.

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

Boden: Braunerde aus Bändersand/ Düben-Dahlener Heide

Zeitraum	Var.	N- Dünggs.- Abfuhr- Saldo	N-Düngg. zur ZF/ Stroh- rotte	N-Entzug ZF		N- Aus- trag	SiWa- Menge	NO ₃ - Konz. d. SiWa
				Nichtleg	Leg			
		kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha	mm/a	mg/l
2015...2021 ¹	mit ZF	-27	24	94 (45 – 194)		2,6	37	32
2017...2021 ¹	mit ZF	-26	31	100		3,1	36	39
2017...2021 ¹	ohne ZF	-6	31	0		33	110	131

¹ ohne 2021, in dem keine ZF zum Anbau kam

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

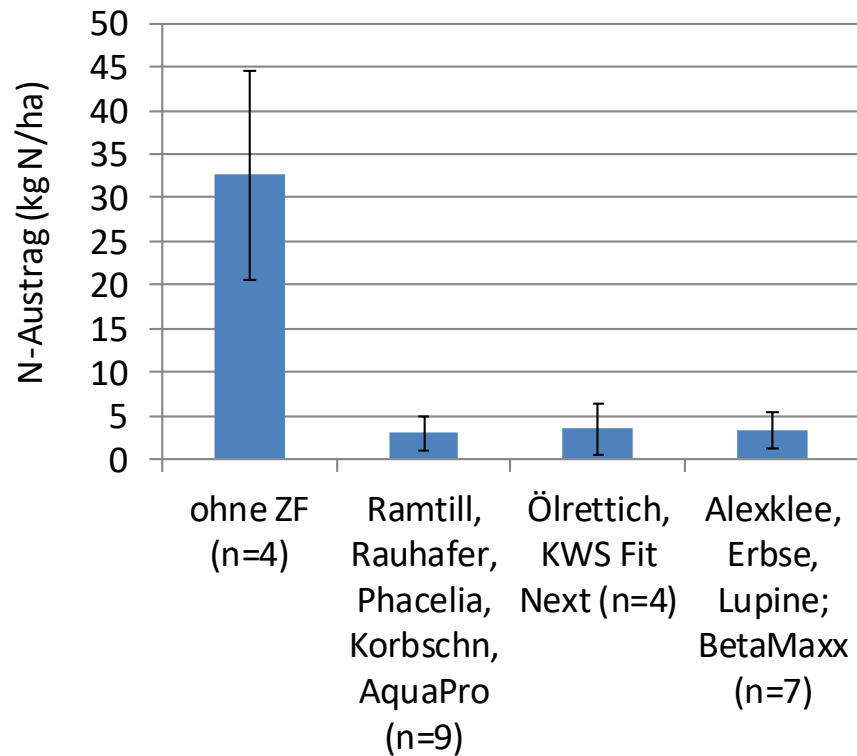
Boden: Braunerde-Tschernosem aus Löß/ Thüringer Becken

Zeitraum	Var.	N- Dünggs.- Abfuhr- Saldo	N-Düngg. zur ZF/ Stroh- rotte	N-Entzug ZF		N- Aus- trag	SiWa- Menge	NO ₃ - Konz. d. SiWa
				Nichtleg	Leg			
		kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha	mm/a	mg/l
2015...2021 ¹	mit ZF	-25	24	77 (46 – 127)		0,2	12	8
2017...2021 ¹	mit ZF	-25	31	81		0,2	14	5
2017...2021 ¹	ohne ZF	-36	31	0		1,4	12	49

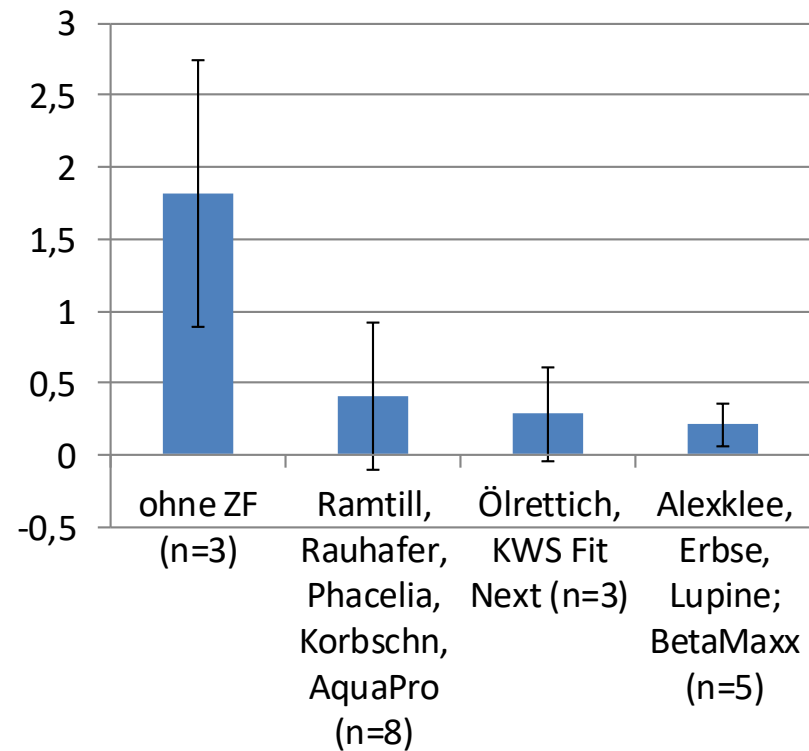
¹ ohne 2020/2021, in dem keine ZF zum Anbau kam

N-Austrag in Abhängigkeit von ZF-Arten

Braunerde aus Bändersand/ IS

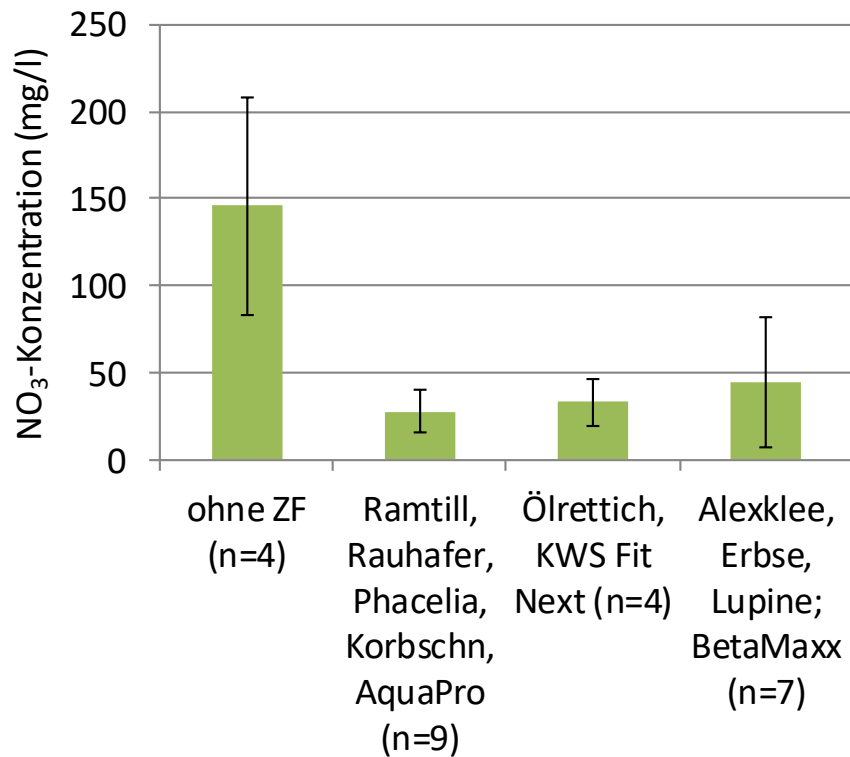


Braunerde-Tschernosem aus Löß/ Lu

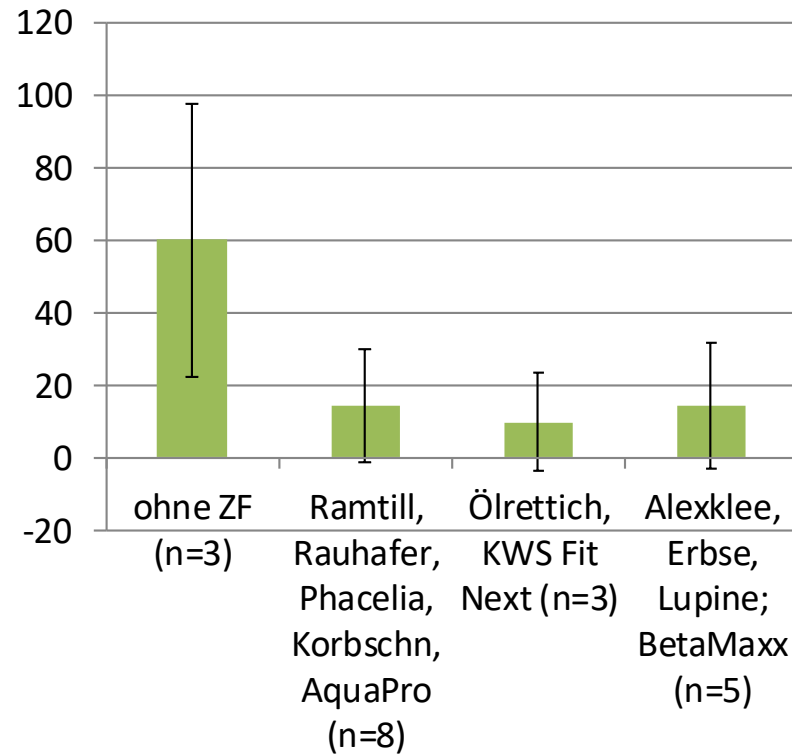


NO₃-Konz. des Sickerwassers in Abhängigkeit von ZF-Arten

Braunerde aus Bändersand/ IS



Braunerde-Tschernosem aus Löß/ Lu



- Ziel des ZF-Anbaus muss es sein, einen Pflanzenbestand mit einem mehrfach den Boden bedeckenden Blattapparat und einer intensiven Durchwurzelung bis in etwa 15 cm Tiefe zu etablieren → um Ausfallgetreide maximal zurückzudrängen, die bodenbiologische Aktivität zu erhöhen und ein lockeres Bodengefüge für die nachfolgende Hauptkultur herzurichten.
- In Trockengebieten darf der Ertrag der ZF nicht zu hoch sein, um den Bodenwasservorrat der nachfolgenden Hauptkultur zu schmälern.
- Die Direktsaat mittels Strip-Tillage-Sämaschine erwies sich als geeignetes Verfahren, das den Bodenwasservorrat optimal zur Nutzung brachte und die N-Konkurrenz durch Stroh minderte.
- ZF-Mischungen müssen Arten enthalten, die sich in ihrem Habitus, ihrem Durchwurzelungsvermögen, ihrer Toleranz gegenüber Bodenverdichtungen etc. gegenseitig ergänzen.
- Erbse erwies ist eine Art, die stark gebundenes Bodenwasser am besten aufnahm und damit einen im Vergleich zu den anderen Arten signifikant höheren Ertrag generierte. Die Wassernutzungseffizienz ging in folgender Reihe zurück ab Erbse > Rauhafer, Lupine, Phacelia > Alexandrinerklee, Ölrettich.
- ZF-Anbau senkte die N-Auswaschung im Vergleich zu ohne ZF-Anbau signifikant. Legume Zwischenfrüchte führten nicht zu einer höheren N-Auswaschung.