



Der IOSDV-Versuch der LUFA Speyer mit Wintergerste am 18. April 2018. Im Vordergrund Parzellen ohne mineralische Stickstoffdüngung. Foto: Armbruster

Ernterückstände nicht unterschätzen

Versuche zu Bodenbearbeitung und organischer Düngung

Im Ackerbau werden aktuell unterschiedliche pfluglose Anbausysteme in der Praxis umgesetzt. Dabei kann zwischen der „konservierenden Bodenbearbeitung“, bei der nichtwendende Bodenbearbeitungsgeräte (zum Beispiel Grubber, Scheibeneggen) zum Einsatz kommen, und der „Direktsaat“ ohne jegliche Bodenbearbeitung unterschieden werden. Ziel dieser pfluglosen Anbausysteme ist es, die Wirtschaftlichkeit der Produktion zu verbessern, die Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht zu gewährleisten und Umweltbelastungen zu vermindern.

Durch den mehrjährigen Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug wird die Eingriffsintensität in das Bodengefüge vermindert und es verbleiben deutlich mehr Ernterück-

stände an der Oberfläche oder werden nur sehr flach in den Boden eingearbeitet. Die verminderten Eingriffsintensitäten wirken sich direkt auf bodenphysikalische Eigenschaften wie Trockenrohdichte und Porenraumverteilung im Boden aus. Dies kann zu einer Beeinflussung des Wurzelwachstums und des Lufthaushaltes führen. Im Vergleich zum Pflugeinsatz wird bei verminderter Bodenbearbeitung vor allem die Wasserinfiltration verbessert und der Erosionsschutz erhöht.

Prinzipien konservierender Bodenbearbeitung beachten

Ökonomische Vorteile einer konservierenden Bodenbearbeitung ergeben sich vor allem durch die Verkürzung der Arbeits- und Maschinenzeiten bei der Bodenbearbeitung. Im Vergleich zum Pflugeinsatz kann eine reduzierte Bodenbearbeitung allerdings auch zu einem erhöhten Herbizideinsatz, und bei nicht geeigneter Fruchtfolge, zu häufi-

gerem Auftreten von Fußkrankheiten und Fusarien führen. Weiterhin kann es gerade bei schweren Böden bei fehlender Pflugfurche zu einer langsameren Erwärmung im Frühjahr kommen.

Hinsichtlich der Erträge wird bei verminderter Bodenbearbeitung mittel- bis langfristig mit einem ähnlichen Ertragsniveau wie beim Pflugeinsatz gerechnet. Längerfristig funktionieren solche Anbausysteme allerdings nur dann, wenn auch die Prinzipien einer konservierenden Bodenbewirtschaftung befolgt werden. Neben dem Verzicht auf den Pflug müssen auch Ernterückstände auf den Feldern belassen und von Jahr zu Jahr ein Fruchtwechsel durchgeführt werden.

Der Bearbeitungs-Versuch läuft seit dem Jahr 2004

An der LUFA Speyer wird auf der Versuchsstation Rinkenbergerhof seit dem Jahr 2004 ein Versuch durchgeführt, bei dem der Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme bei unterschiedlicher organischer Düngung untersucht wird. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von zwölf Untersuchungsjahren aus diesem Dauerversuch vorgestellt.

Der Versuchsstandort Rinkenbergerhof liegt im Oberrheingraben nördlich von Speyer auf 99 m über NN. Bei dem Boden handelt es sich um eine Braunerde bis Pseudogley-Braunerde aus Terrassensanden des Rheins mit einer Ackerzahl im Bereich von 25 bis 35. Die nutzbare Feldkapazität beträgt etwa 10 Prozent. Im langjährigen Mittel fallen knapp 600 mm Jahresniederschlag, die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 10 °C. Aufgrund der geringen Wasserkapazität der Böden und des relativ niedrigen Grundwasserstandes von etwa 3 m wird der Versuch zur Vermeidung von extremen Trockenschäden im Bedarfsfall beregnet.

Auf der Versuchsfläche werden seit dem Jahr 1984 im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV-Versuch) die Auswirkungen einer Kombination von organischer und mineralischer Düngung in der Fruchtfolge Zuckerrübe – Winterweizen – Wintergerste untersucht. Die mineralische Düngung mit Grundnährstoffen erfolgt in allen Varianten einheitlich mit durchschnittlich (1984 bis 2017) 30 kg P, 118 kg K und 32 kg mg pro Hektar und Jahr.

Versuche zur Düngung laufen seit 1984

Die organische Düngung wird ebenfalls seit dem Jahr 1984 dreifach variiert

Tabelle 1: Düngungsvarianten seit 1984 und zusätzliche Bodenbearbeitungsvarianten seit 2004

3 Varianten organischer Düngung (seit 1984)			
1	ohne, Erntereste (Stroh, Zuckerrübenblatt) werden abgefahren		
2	Stallmist 300 dt FM/ha zu Rüben, Erntereste werden abgefahren		
3	Ernterückstände (Stroh; Rübenblatt) und Zwischenfrucht nach Wintergerste (50 kg N zu Ölrettich)		
5 Varianten mineralische N-Düngung (kg N/ha u. Jahr) seit 1984			
	Zuckerrüben	Winterweizen	Wintergerste
N0	0	0	0
N1	60	60	50
N2	120	120	100
N3	180	180	150
N4	240	240	200
3 Varianten zur Bodenbearbeitung (seit 2004)			
1	„Minimal“: Fräse oder Kreiselegge vor Einsaat		
2	„Reduziert“: reduzierte, nicht wendende Bodenbearbeitung (Grubber und Scheibenegge)		
3	„Pflug“: jährliches Pflügen (30 cm)		

(Tabelle 1). Variante 1 erhält keine organische Düngung und auch die Erntereste (Stroh, Zuckerrübenblatt) werden abgefahren. In Variante 2 werden im Herbst jeweils vor Zuckerrüben 300 dt/ha Stallmist ausgebracht, die Erntereste werden abgefahren. In der Variante 3 verbleiben die Erntereste auf dem Feld (durchschnittlich 36 dt TM/ha Zuckerrübenblatt; bis 2010 jeweils 50 dt TM/ha Weizen- oder Gerstenstroh; danach der jeweils jährliche Strohertrag; Mittelwert 2011 bis 2017: 12 dt TM/ha Gerstenstroh und 32 dt TM/ha Gerstenstroh). Zusätzlich erfolgt nach Wintergerste ein Zwischenfruchtanbau (Ölrettich). Zur Zwischenfruchtansaat wurden 50 kg/ha Stickstoff mineralisch gedüngt.

Die mineralische Stickstoffdüngung wird in allen Varianten ebenfalls seit 1984 in fünf Stufen gesteigert. Dabei wurde die höchste N-Stufe so gewählt, dass das Ertragsoptimum am Standort überschritten werden sollte.

Bis zum Jahr 2004 wurden die drei Kulturen (Zuckerrübe, Winterweizen, Wintergerste) in je-

dem Jahr parallel angebaut. Seit der Herbstaussaat im Jahr 2004 (Winterweizen) wird der gesamte Versuch einheitlich mit einer Kultur bestellt. Im Versuch wird nun die Intensität der Bodenbearbeitung variiert (Tabelle 1). In der Variante 1 der Bodenbearbeitung erfolgt nur eine flache, minimale Bodenbearbeitung mit einer Fräse oder Kreiselegge (Bearbeitungstiefe ca. 5 cm), um die Aussaat mit einem konventionellen Sägerät zu ermöglichen. In der Variante 2 wird der Boden dagegen ein bis zwei Mal pro Jahr mit einem Grubber und einer Scheibenege nicht wendend bearbeitet (Bearbeitungstiefe ca. 10 cm). Die Variante 3 wird konventionell jährlich gepflügt (Bearbeitungstiefe 30 cm).

Die Varianten mit „minimaler“ oder „reduzierter“ Bodenbearbeitung werden vor der Aussaat von Zuckerrübe bei Bedarf (hoher Unkrautbesatz) mit Glyphosat behandelt. In der Variante „Minimal“ entwickelte sich ohne bzw. bei geringer Stickstoff-Düngung ein erhöhter Besatz mit Ackerschachtelhalm gegen den ein Herbizid eingesetzt wurde.

Alle weiteren Pflanzschutzmaßnahmen erfolgten einheitlich.

Wie wirkte die Bearbeitung auf die Erträge?

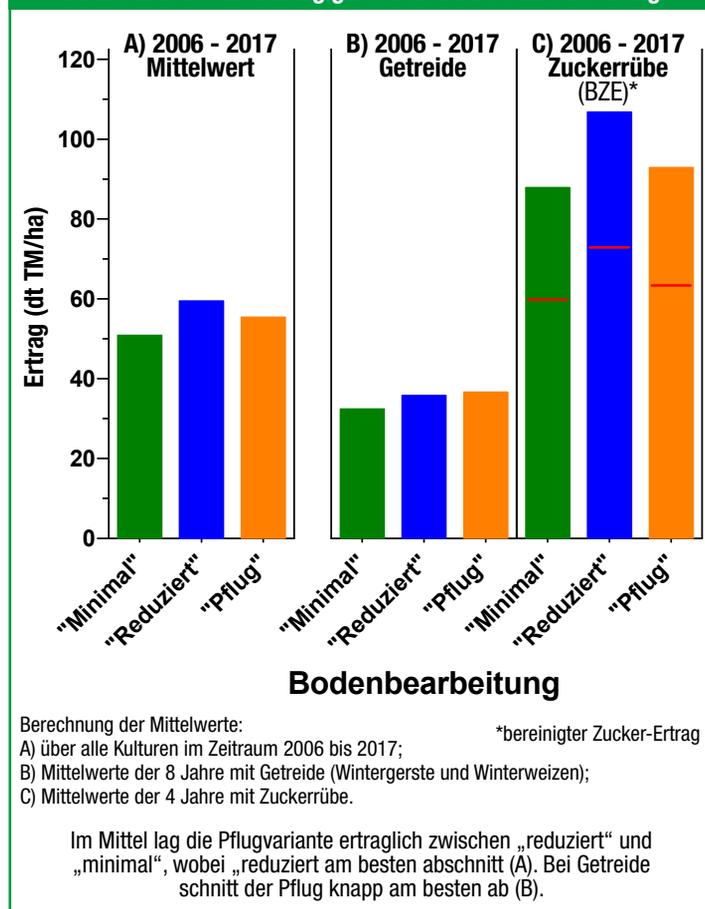
Eine Auswertung der Erträge nach Umstellung auf differenzierte Bodenbearbeitung erfolgte für die zwölf Versuchsjahre 2006 bis 2017. Dabei wurden im Mittel der betrachteten Jahre und vier Fruchtfolgerotationen (Wintergerste, Zuckerrübe, Winterweizen) die höchsten Erträge in der Variante „Reduziert“ und die niedrigsten in der Variante „Minimal“ ermittelt. Eine Mittelstellung nahm die Variante „Pflug“ ein. (Grafik 1A).

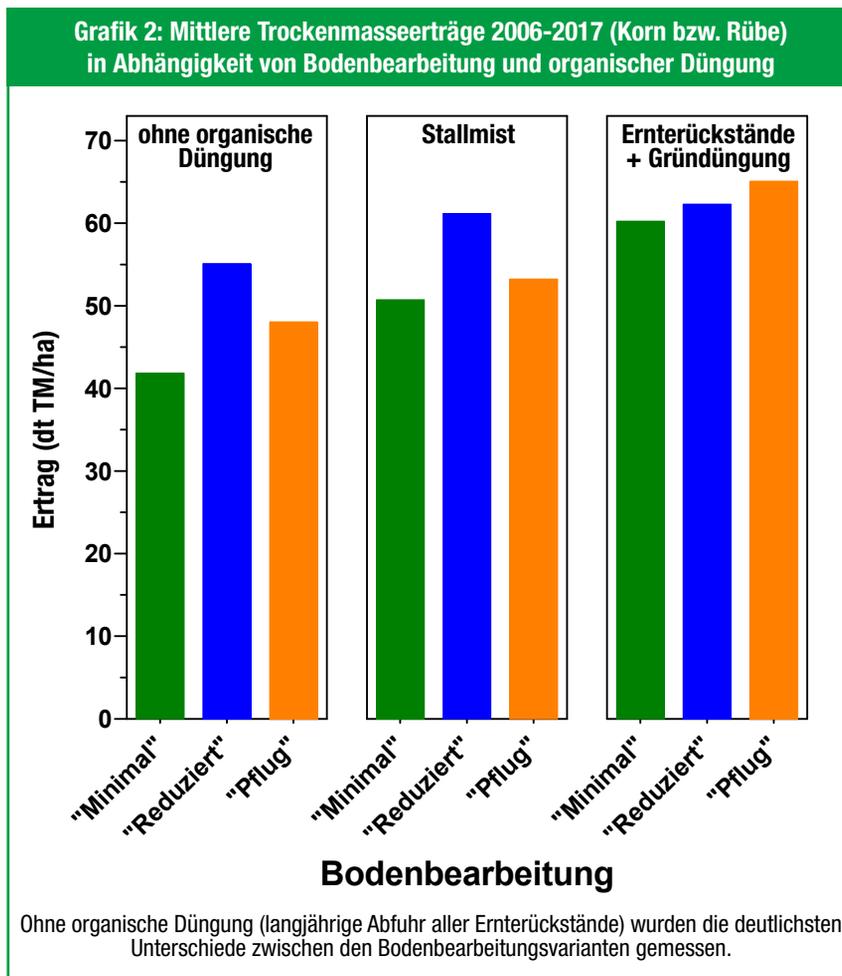
Allerdings ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den angebauten Kulturen (Grafik 1B

und 1C). Bei Getreide waren die Erträge in den Varianten „Pflug“ und „Reduziert“ relativ ähnlich, während die Minimalbodenbearbeitung deutlich niedrigere Erträge aufwies. Zuckerrübe erbrachte demgegenüber bei reduzierter Bodenbearbeitung die höchsten Erträge.

Dies ist vor allem auf Wechselwirkungen mit dem Wasserhaushalt zurückzuführen. Bei relativ trockener Witterung zum Zeitpunkt der Aussaat führte der Pflugeinsatz zu einem Austrocknen des Saatbeetes, was sich in einem deutlich schwächeren und verzögerten Aufgang der Zuckerrübe auswirkte. Die niedrigsten Erträge wurden auch bei Zuckerrübe in der Variante mit Minimalbodenbearbeitung ermittelt. →

Grafik 1: Mittlere Trockenmasse-Erträge (Korn, Rübe) sowie BZE* für Zuckerrübe in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung





Übergangszeitraum von fünf bis sieben Jahren ausgegangen, bis ein System der konservierenden Bodenbearbeitung seine volle Leistungsfähigkeit erreicht hat. In Tabelle 2 wurden daher die zur Pflügenwendung relativen Erträge (Pflug=100 Prozent Ertrag) in zwei Zeitabschnitten betrachtet. Neben dem Gesamtzeitraum von zwölf Jahren wurden die ersten und die letzten beiden Fruchtfolgerotationen (jeweils sechs Jahre) getrennt dargestellt.

Bei Betrachtung aller angebauten Kulturen lagen die Erträge bei reduzierter Bodenbearbeitung im Mittel für den Gesamtzeitraum um 7 Prozent höher, bei minimaler Bodenbearbeitung dagegen um 8 Prozent niedriger als mit Pflügeinsatz. Bei reduzierter Bodenbearbeitung war der Ertragsvorteil gegenüber dem Pflug für alle betrachteten Zeiträume identisch. Bei minimaler Bodenbearbeitung lagen dagegen die Erträge in den ersten sechs Jahren 5 Prozent unter denen mit Pflügeinsatz, in den letzten beiden Fruchtfolgerotationen waren sie weiter auf 89 Prozent zurückgegangen.

Deutliche Unterschiede zwischen den Kulturen

Bei differenzierter Betrachtung von Getreide und Zuckerrübe zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen diesen Kulturen. Die Getreideerträge wiesen für beide betrachteten konservierenden Bodenbearbeitungen im letzten Zeitabschnitt höhere relative Erträge als im Vorzeitraum auf. Bei reduzierter Boden-

Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und Düngung

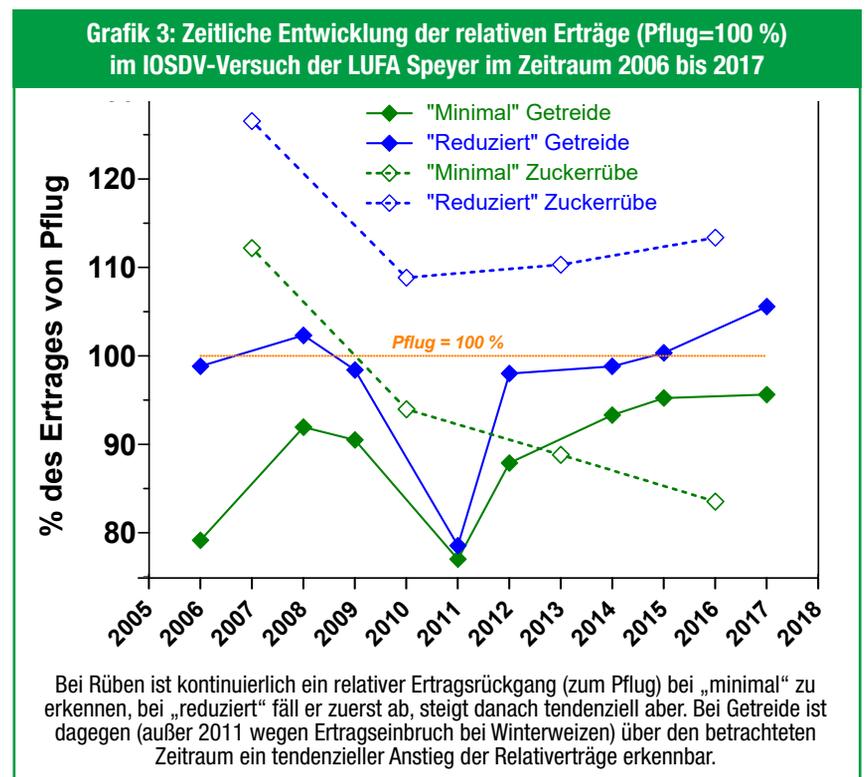
In Grafik 2 sind die Wechselwirkungen zwischen Bodenbearbeitung und langjährig differenzierter organischer Düngung dargestellt. Ohne organische Düngung, das heißt bei langjähriger Abfuhr aller Ernterückstände, wurden die deutlichsten Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten gemessen. Die Variante „Minimal“ zeigte hier eindeutig die niedrigsten Erträge.

Die organische Düngung mit Stallmist führte erwartungsgemäß zu höheren Erträgen bei allen Varianten der Bodenbearbeitung. Die höchsten Erträge wurden wiederum bei der Variante „Reduziert“ erzielt. Die Erträge der Minimalbodenvariante und der Pflugvariante waren weniger unterschiedlich als ohne organische Düngung.

Bei Verbleib der Ernterückstände auf dem Feld und Anbau von Ölrettich zur Gründüngung vor Zuckerrübe waren dagegen deutlich geringe Ertragsunterschiede bei differenzierter Bodenbearbeitung zu erkennen. Offenbar werden durch den Zwischenfruchtanbau und den Verbleib der Ernterückstände auf dem Feld ertragsmindernde Effekte der Variante „Minimal“ wie etwa der Unkrautbesatz deutlich abgemildert.

Zeitliche Entwicklung der Erträge

Bei der Betrachtung der Ertragsauswirkungen wird in der Regel von einem



bearbeitung wurden dadurch im Mittel der letzten sechs Jahre dem Pflug vergleichbare Erträge erzielt, während mit minimaler Bodenbearbeitung der Ertrag 7 Prozent darunter lag.

Bei Zuckerrüben waren die mittleren Erträge im Zeitraum 2006 bis 2011 dem Pflug vergleichbar (Variante „Minimal“: 103 Prozent) oder lagen deutlich darüber (Variante „Reduziert“: 118 Prozent). Bei minimaler Bodenbearbeitung zeigte sich im Mittel über den Zeitraum 2012 bis 2017 ein deutlicher Ertragsabfall auf 86 Prozent des Ertrages mit Pflug. Tendenziell war ein Rückgang der Relativerträge zum Pflug auch bei reduzierter Bodenbearbeitung erkennbar. Allerdings lag der Ertrag bei Zuckerrübe im Mittel der letzten sechs Jahre mit 112 Prozent noch deutlich über der Pflugvariante.

Zusätzlich zu den mehrjährigen Mitteln ist in Grafik 3 auch der jährliche zeitliche Verlauf der relativen Erträge zum Pflug dargestellt. Besonders deutlich ist dadurch bei Zuckerrübe der kontinuierliche relative Ertragsrückgang bei minimaler Bodenbear-

beitung zu erkennen, während dieser bei reduzierter Bodenbearbeitung zuerst abfiel und danach tendenziell ansteigend war. Bei Getreide ist dagegen mit Ausnahme des Jahres 2011 (sehr niedriges Ertragsniveau bei Winterweizen) über den betrachteten Zeitraum ein tendenzieller Anstieg der Relativerträge erkennbar.

Fazit: reduziert heißt maximiert

Auf dem leichten Sandboden der Versuchstation wurden im Mittel der angebauten Kulturen die höchsten Erträge in der Bodenbearbeitungsvariante „Reduziert“ erzielt. Die Erträge in der Variante „Minimal“ waren am Niedrigsten, die Variante „Pflug“ nahm eine Mittelstellung ein.

Dabei bestanden allerdings deutliche Unterschiede zwischen den angebauten Kulturen. Die größten Vorteile der Variante „Reduziert“ wurden bei Zuckerrübe ermittelt. Der Vorteil dieser Variante gegenüber dem Pflugeinsatz war überwiegend

Tab. 2: Relativ-Erträge in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflugeinsatz (Pflug = 100 %)

Kultur	2006 - 2017		2006 - 2011		2012 - 2017	
	minimal	reduziert	minimal	reduziert	minimal	reduziert
alle Kulturen	92	107	95	107	89	107
Getreide	89	98	85	95	93	101
Zuckerrübe	95	115	103	118	86	112

der Wechselwirkung mit dem Wasserhaushalt nach der Aussaat der Zuckerrübe zuzuschreiben. Bei Getreide wies die Variante „Minimal“ immer die niedrigsten Erträge auf, während sich die Varianten „Reduziert“ und „Pflug“ nur wenig unterschieden.

Eine Erklärung für Mindererträge bei Minimalbodenbearbeitung ist in einem höheren Unkrautbesatz dieser Variante zu sehen. Zusätzlich könnte sich eine Stickstoff-Immobilisierung ertragsbeeinträchtigend ausgewirkt haben.

Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Ertrag war auch abhängig von der organischen Düngung. Nur geringe Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten bestanden beim Verbleib der Ernterückstände auf dem Feld und dem Anbau einer Zwischenfrucht, also bei den höchsten Humus- und Stickstoffgehalten im Boden.

Die Abfuhr der Ernterückstände bewirkte dagegen starke Ertragsrückgänge in den Varianten „Minimal“ sowie „Pflug“. Hier sind wiederum der Unkrautbesatz, der bei Zwischenfruchtanbau und Verbleib der Ernterückstände geringer war, sowie

Wechselwirkungen mit dem Wasserhaushalt als Gründe anzuführen.

In der Regel ist ein Übergangszeitraum von fünf bis sieben Jahren notwendig, bis ein System der konservierenden Bodenbearbeitung seine volle Leistungsfähigkeit erreicht. Die Ergebnisse bestätigen, dass aus den ersten zwei Fruchtfolgerotationen noch keine abschließende Bewertung von konservierenden Bodenbearbeitungssystemen erfolgen kann.

Außerdem zeigte sich deutlich, dass der Verbleib der Ernterückstände ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche Etablierung solcher Bodenbearbeitungssysteme ist. Auf dem leichten Sandboden ist offensichtlich die beobachtete Verdichtung bei minimaler Bodenbearbeitung ein Hauptgrund für Ertragsrückgänge bei Zuckerrübe und die Etablierung von verdichtungsanzeigenden Unkräutern wie Ackerschachtelhalm. Aus diesem Grund soll in Zukunft in der Fruchtfolge die Zuckerrübe durch Körnermais ersetzt werden und über eine Auflockerung der dreigliedrigen Fruchtfolge entschieden werden.

*Dr. Martin Armbruster, Prof.
Dr. Franz Wiesler, LUFA Speyer*