

Systeme reduzierter Bodenbearbeitung im Trockengebiet Österreichs – Macht reduzierte Bodenbearbeitung den Boden klimafitter?



Praxis – Beratung – Forschung
Gemeinsam auf dem Weg zu einem klimafitten Boden

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



FiBL

INHALTSVERZEICHNIS



- 04** Macht reduzierte Bodenbearbeitung im Trockengebiet den Boden klimafitter?
- 07** Vom Pflug zu reduzierter Bodenbearbeitung
- 17** Versuche Bodenverdichtungen zu verringern
- 18** Zwischenfruchtbegrünungen abfrierend vs. winterhart vor Körnermais
- 22** Der Stoppelhobel im Einsatz
- 26** Begrünungen und eine zusätzliche Bodenlockerung gegen Verdichtungen
- 29** Noch einmal Lockerung
- 32** Dammkultursystem nach Turiel-Major
- 36** Direktsaat von Sojabohne
- 42** Abschluss

MACHT REDUZIERTE BODENBEARBEITUNG IM TROCKENGEBIET DEN BODEN KLIMAFITTER?

Die im niederschlagsarmen Osten Österreichs immer häufiger auftretenden Trockenperioden und die zu erwartende Temperaturerhöhung bedürfen einer Effizienzsteigerung der Wassernutzung in der Landwirtschaft. Einer der wichtigsten Stellschrauben dabei ist der Boden. Die Bodenstruktur, die sehr stark von der Bodenbiologie abhängt, ist zu verbessern und die Bodenbedeckung ist zu erhöhen, um sowohl die Verdunstung zu verringern als auch das Eindringen von Wasser zu verbessern. Dr. Gernot Bodner von der Universität für Bodenkultur stellte in seinen Versuchen gemeinsam mit den landwirtschaftlichen Fachschulen fest, dass reduzierte Bodenbearbeitung bei konventioneller Wirtschaftsweise ab einem Grenzwert von 500–600 mm Jahresniederschlag höhere Erträge liefert. Wichtig ist auch eine gute Durchwurzelung, die die Aufnahme der Pflanze an Wasser und Nährstoffen erhöht. Wurzeln gelangen zu 80–90 % durch Bioporen, also Poren die durch Pflanzenwurzeln oder tierische Aktivität wie z. B. Regenwurmtätigkeit entstanden sind, in den Unterboden. Demnach können unterschiedliche Wurzelsysteme, wie in vielfältigen Begrüpfungsmischungen gegeben, die Wurzelmassebildung der Nachfrucht unterstützen.

Die reduzierte Bodenbearbeitung in Kombination mit einer standortangepassten Humuswirtschaft mit Begrüpfungsmangement ist auf landwirtschaftlichen Betrieben eine wesentliche Grundlage zur nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherung.

Bodenfunktionen – ein Spannungsfeld?

Unsere Böden haben eine Produktionsfunktion für Nahrungs- und Futtermittel, aber auch eine Speicherfunktion für Kohlenstoff, womit Treibhausgase reduziert und der Klimawandel gebremst werden können. Beide Funktionen gleichzeitig zu erfüllen, ergibt ein Spannungsfeld für unsere Landwirte. Bodenbearbeitung bedeutet Sauerstoff in den Boden zu bringen und das Bodenleben anzuregen, was zu einer Mineralisierung der organischen Substanz und CO₂-Freisetzung führt. Je intensiver die Bodenbearbeitung durchgeführt wird, desto stärker kommt es zur Mineralisierung. Für die Produktionsfunktion ist dies wichtig, da Nährstoffe für das Wachstum der Pflanzen freigesetzt werden. Die Kohlenstoffspeicherfunktion des Bodens wird jedoch durch intensive Bodenbearbeitung herabgesetzt. Nebenbei stellen die zukünftig zu erwartende Verknappung fossiler Brennstoffe und die damit steigenden Energiepreise zusätzliche Herausforderungen dar.

Die reduzierte Bodenbearbeitung ist eine Möglichkeit, beide Bodenfunktionen zu erfüllen und einen energiesparenden und ressourcenschonenden Anbau zu betreiben. Zusätzlich wird durch die ausreichende Zufuhr organischer Substanz (Zwischenfruchtbegrünungen, Untersaaten) der Kohlenstoffkreislauf geschlossen und die Bodenfruchtbarkeit gesteigert.

Was ist ein „klimafitter“ Boden?

Böden, die das Potential haben Wasser rasch aufzunehmen und länger zu speichern, ein aktives Bodenleben und keine bis geringe Verdichtungen aufweisen, porös sind und eine gute Nährstoffverfügbarkeit haben, werden mit den Auswirkungen des Klimawandels besser zurecht kommen. Solche Böden weisen langfristig eine höhere Bodenfruchtbarkeit auf und erfüllen ihre Produktionsfunktion stabiler. Laut Herrn Haslinger vom ZAMG bewirkt der globale Klimawandel durch die höheren Temperaturen und längeren Vegetationsperioden eine steigende Verdunstung, und somit eine geringere Bodenfeuchte. Eine dauerhafte Bodenbedeckung ist wichtig, um einen Boden „klimafit“ zu machen, z. B. durch Begrünungen.

Was trägt die organische Substanz zu einem „klimafitten“ Boden bei?

Die Gesamtheit aller abgestorbenen organischen Stoffe aus pflanzlicher, tierischer und mikrobieller Herkunft, wird auch als Humus bezeichnet.

Dieser beeinflusst viele wichtige Bodeneigenschaften und -funktionen. Humus stellt eine langsam fließende Nährstoffquelle für Pflanzen, Bodenmikroorganismen und Bodentiere dar. Er wirkt gefügeschaffend und -stabilisierend, indem sich die Mineralteilchen mit der organischen Substanz zu Ton-Humuskomplexen verbinden, einem hohlraumreichen Bodenverband, der das Porensystem und den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens verbessert. Bodenverdichtungen und Erosion können durch optimale Humusgehalte vermindert werden. Humus kann Wasser speichern, eine Eigenschaft, die auch im Hinblick auf die Klimaerwärmung von Bedeutung ist. Und Humus stellt eine bedeutende Kohlenstoffsenke und somit eine wichtige Rolle für den Klima-

wandel dar. Global betrachtet speichert der Humus etwa 1600 Gt Kohlenstoff. Das ist etwa zwei- bis dreimal so viel Kohlenstoff wie in der Luft (760 Gt) bzw. in der Vegetation (600 Gt) vorhanden ist.

Wirkung von Humus auf physikalische

Bodenparameter:

- Erhöhung der Bodentemperatur durch die dunkle Farbe
- Verbesserung der Bodenstruktur und Aggregatstabilität durch Ton-Humus-Komplexe
- Verringerung der Lagerungsdichte durch eine bessere Bodenstruktur d. h. stabilere Aggregate und in Folge eine bessere Durchwurzelung
- Erhöhung der Infiltration und Wasserhaltekapazität durch ein höheres Porenvolumen
- Verbesserung der Durchlüftung durch ein höheres Porenvolumen
- Verbesserung der Durchwurzelung durch eine bessere Bodenstruktur
- Erhöhung der Filterkapazität, da die organische Substanz in den Bodenporen Stoffe aus dem Bodenwasser filtert

Wirkung von Humus auf bodenchemische

Bodenparameter:

- Verbesserung der Nährstoffspeicherung und Pufferfunktion durch eine Erhöhung der Austauschplätze für Kationen an seiner Oberfläche
- Lieferung von Nährstoffen, die im organischen Material enthalten sind
- Mobilisierung von Nährstoffen durch Säurebildung und mikrobielle Aktivität speziell im Wurzelraum
- Immobilisierung von toxischen Substanzen

Wirkung von Humus auf biochemische

Bodenparameter:

- Lebensraum für die Bodenlebewesen
- Nahrungsgrundlage für Bodenorganismen
- Förderung von Wirkstoffen wie Vitamine, Wachstumsstoffe

Was können wir zu einem „klimafitten“ Boden beitragen?

Die konservierende oder reduzierte Bodenbearbeitung in Verbindung mit einer Mulchsaat hat Einfluss auf den Wasserhaushalt und die Erosion. Der Oberflächenabfluss kann durch eine Mulchauflage ab einem Deckungsgrad von >30 % wirksam vermindert werden. An der Bodenoberfläche bietet sie Schutz gegen Erosion und Verdunstung. Besonders bei zunehmenden Temperaturen ist der Verdunstungsschutz wichtig und Bodenfeuchte erhaltend. Die Herausforderung dabei ist, über eine optimierte Mulchsaat einen hohen Deckungsgrad mit Pflanzenmaterial zu erreichen. Bei einem System mit geringer Bodenbearbeitungstiefe bleibt die organische Substanz nahe der Bodenoberfläche, der Humusgehalt im obersten Bodenhorizont wird erhöht, die



Mulchdecken verringern den Oberflächenabfluss und die unproduktive Verdunstung speziell im Frühjahr

Oberflächenstruktur des Bodens wird verbessert und die Verschlammungsneigung verringert, was eine höhere Regenverdaulichkeit zur Folge hat.

Was verstehen wir in diesem Projekt unter reduzierter Bodenbearbeitung?

Für eine Bodenbearbeitung ohne Pflug gibt es viele Definitionen – nicht wendende, pfluglose, konservierende oder reduzierte Bodenbearbeitung. In diesem Projekt verstehen wir unter reduzierter Bodenbearbeitung jene Methoden, die eine geringere Arbeitstiefe als die herkömmliche Praxis verwenden und/oder nicht-wendende Bodenbearbeitungsmethoden wie z. B. Grubbern. Es handelt sich um eine Reduzierung der üblichen Intensität der Bodenbearbeitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit mit dem Ziel, durch die längere Bodenruhe ein stabiles, tragfähiges Bodengefüge zum vorbeugenden Schutz gegen Verdichtungen durch nachfolgendes Befahren zu schaffen. Pflanzenrückstände der Vor- und/oder Zwischenfrucht werden auf der Bodenoberfläche belassen, mit dem Ziel einer möglichst ganzjährigen Bodenbedeckung und einem intakten Bodengefüge zum vorbeugenden Schutz vor Erosion und Verschlammung. Die reduzierteste Form stellt die Direktsaat dar, bei welcher die Kultur direkt in den seit der Ernte der Vorfrucht oder seit der Aussaat einer Zwischenfrucht nicht bearbeiteten Boden mit einer speziellen Sämaschine eingesät und sonst keine weitere Bodenbearbeitung durchgeführt wird.

Reduzierte Bodenbearbeitung – Vor- und Nachteile!

Durch den meist nicht wendenden Charakter der reduzierten Bodenbearbeitung werden organische Rückstände weniger vergraben bzw. verbleiben an der Oberfläche, wodurch der Boden besser vor Erosion geschützt wird und der Abbau der organischen Substanz weniger schnell vor sich geht. Die Humusbildung im Oberboden nimmt zu, das Bodenleben wird gefördert, insbesondere die Regenwurmtätigkeit, da die Tiere weniger gestört werden und die Aggregat- und Kapillarstruktur des Bodens besser erhalten bleiben. Durch die Verbesserung der Bodenstruktur werden der Wasser- und Lufthaushalt des Bodens erhöht. Zusätzlich können aufgrund eines geringeren Zugkraftbedarfs Treibstoff und Arbeitszeit gespart werden.

Als mögliche Nachteile der reduzierten Bodenbearbeitung gelten die verzögerte Erwärmung und Nährstofffreisetzung im Frühjahr, Bodenverdichtungen und ein erhöhter Beikrautdruck, sowie in weiterer Folge Ertragseinbußen. All diese Herausforderungen betreffen insbesondere die biologische Landwirtschaft, da hier nicht mit chemisch-synthetischen Herbiziden oder schnell verfügbarem Dünger gearbeitet wird.

Wie kann organische Substanz die möglichen Nachteile der reduzierten Bodenbearbeitung ausgleichen?

Der Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten hat vielfältigen Nutzen für das Anbausystem. Mit legumen Zwischenfrüchten wird Luftstickstoff gebunden, Nährstoffe werden in der Pflanzenmasse gespeichert und den Nachfrüchten bereitgestellt, Beikräuter werden unterdrückt und die Bodenstruktur wird verbessert. Außerdem können Begrünungen einen Beitrag zum Erosionsschutz und zur Humusversorgung der Böden liefern. Der gezielte Einsatz von Begrünungen kann daher Lösungsansätze für die Herausforderungen der reduzierten Bodenbearbeitung bieten. Bei Feldversuchen in der Schweiz wurden höhere Erträge bei biologisch angebautem Winterweizen und Körnermais mit reduzierter Bearbeitung in Verbindung mit dem Zwischenfruchtanbau (Gelbsenf und Sommerwicke vor Weizen, Winterwicke und ein Gemenge aus Winterwicke, Buchweizen, Phacelia und Leindotter vor Mais) aufgrund verbesserter Unkrautunterdrückung und erhöhtem Stickstoffangebot festgestellt.

In der Praxis werden unterschiedliche Begrünungssysteme (Zwischenfrüchte – winterhart bzw. abfrostend, Untersaaten) mit der reduzierten Bodenbearbeitung kombiniert und ausprobiert. Für den Biobauern ist es entscheidend, die für sein Anbausystem und seinen Standort geeignete Gründüngung zu finden, damit die folgenden Hauptfrüchte von den Zwischenfrüchten profitieren können. Die Auswahl geeigneter Arten/Sorten/Gemenge sowie Anbauermine spielen im Hinblick auf die Nährstoff-Mineralisierung, den Beikrautdruck, die Humusanreicherung und den Ertrag der Folgekultur für den jeweiligen Standort und Boden eine wichtige Rolle. Wichtig ist auch die Verwendung einer geeigneten Technik und der optimale Zeitpunkt bzw. die optimale Methode für die Einarbeitung der Begrünungen.

Organische Dünger, wie Kompost, Stallmist oder Gülle, tragen ebenfalls zum Bodenaufbau bei und können gezielt zur Bestandesführung eingesetzt werden. Ihre Wirkung auf Boden und Ertrag hängt von der Düngerart und -menge, der Qualität der Dünger sowie Zeitpunkt und Art der Ausbringung ab. Für Praktiker mit reduzierter Bodenbearbeitung stellt sich die Frage der Verbesserung der Stickstoffnachlieferung im Frühjahr mittels organischer Dünger über ihre direkte Düngerwirkung und der Anregung der Umsatzgeschwindigkeit im Boden.

VOM PFLUG ZU REDUZIERTER BODENBEARBEITUNG

Seit dem Jahr 2003 wird auf dem Praxis-Forschungsbetrieb Rutzendorf, einem Teilbetrieb der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH (BVW), untersucht, wie sich die Umstellung auf den biologischen Landbau auf Bodenfruchtbarkeit, Ertragsentwicklung und Artenvielfalt auswirkt.

Der Betrieb liegt im trockenen Osten Österreichs. Als Folge des Klimawandels treten längere und ausgeprägtere Trockenperioden auf, die Jahresdurchschnittstemperatur und die Verdunstungsraten nehmen zu. Auch der Bio-Landbau steht damit vor der Frage: „Wie können wir zukünftig die Erträge auch bei geänderten Klimabedingungen sichern?“

BETRIEBSDATEN

Praxis-Forschungsbetrieb Rutzendorf, Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften GmbH	
Lage:	Marchfeld, NÖ, 154 m Seehöhe
Wirtschaftsweise:	Marktfruchtbetrieb, viehlos Organisch-biologisch, Umstellung im Jahr 2002
Klima:	520 mm Jahresniederschlag, 10,8 °C Jahresdurchschnittstemperatur (2003–2018, agrarmeteorologische Messstation Rutzendorf, J. Eitzinger 2019)
Boden:	Bodentyp: meist Tschernoseme (Schwarzerden) aus kalkhaltigem Feinsediment Bodenart: vorwiegend lehmiger Schluff bis Lehm Ackerzahlen: von 30 bis über 80, mittel: 60 bis 70; pH-Wert: 7,6
Flächennutzung:	143 ha Ackerfläche (arrondiert), 6 km Hecken und Baumreihen, Nützlingsfördernde Blühstreifen auf 3,6 % der Ackerfläche

Mit den Daten der Langzeituntersuchung auf dem Betrieb können verschiedene Anpassungsstrategien an die Auswirkungen des Klimawandels in einem biologisch bewirtschafteten Ackerbausystem beschrieben und deren Auswirkungen auf Bodeneigenschaften und die Ertragsentwicklung aufgezeigt werden. Die Grundlage der Strategien ist eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung mit dem Ziel, die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen um damit Klimawandelbedingte Ertragseinbußen zu mindern. Die Strategien sind miteinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig.

Strategie „Fruchtfolge“: Am Betrieb wird eine 8-feldrige Fruchtfolge umgesetzt, welche die Basis für die Stickstoff- und Humusversorgung der Böden bieten soll und eine vorbeugende Regulierung von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen berücksichtigt. Grundgerüst der Fruchtfolge ist der Anbau von Leguminosen als Hauptfrüchte in drei der acht Jahre, ergänzt durch Zwischenfrüchte.

Strategie „Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf“: Verschiedene organische Düngungsvarianten bzw. -systeme mit und ohne Tierhaltung werden untersucht. Die Systeme unterscheiden sich hinsichtlich der Art, Menge und Verteilung der Zufuhr von organischer Substanz und der Einbringung von Nährstoffen in das Betriebssystem. Die Fruchtfolge inklusive der Zwischenfrüchte und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen sind gleich gestaltet.

BESCHREIBUNG DER DÜNGUNGSSYSTEME

Organische Düngungssysteme		
DV1:	Viehlos, Luzernemulch als Gründüngung	Kein Nährstoffimport
DV2:	Viehlos, Luzernemulch als Gründüngung + Zufuhr von Biotonnenkompost	Import von organischer Substanz und Nährstoffen von außen
DV3:	Tierhaltung, Simulation Mutterkuhhaltung ca. 0,5 GVE/ha, Luzerne- und Strohabfuhr (Getreidestroh), Rückfuhr von Stallmist äquivalent	Teilweise innerbetrieblicher Kreislauf von Nährstoffen und organischer Substanz

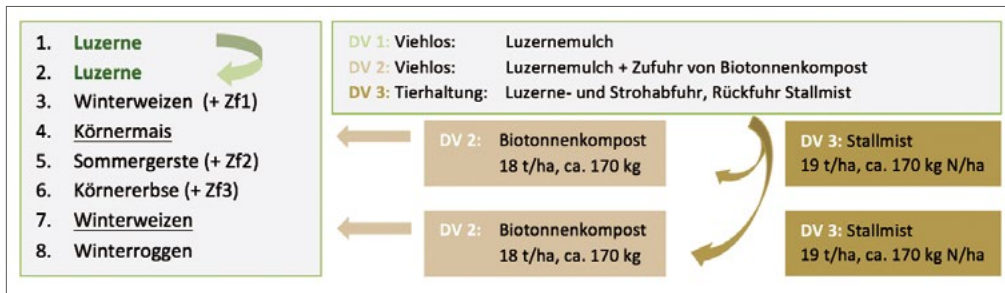


Biotonnenkompost



Stallmist

FRUCHTFOLGE UND DÜNGUNGSSYSTEME



Kultur unterstrichen:
 Düngung mit Biotonnenkompost
 bzw. Stallmist
 Zf1 und Zf3: Abfrierendes Gemenge
 aus Leguminosen und
 Nicht-Leguminosen
 Zf2: Abfrierendes Gemenge aus
 Nicht-Leguminosen

Die Düngung mit Biotonnenkompost und Rindermist erfolgt zweimal innerhalb einer Fruchtfolgerotation zu Körnermais und zu Winterweizen nach Körnererbse. Die Fruchtfolge und die Düngungssysteme werden am Gesamtbetrieb und in Kleinparzellenversuchen (auf allen acht Schlägen des Betriebes) geprüft.

Strategie „Bodenbearbeitung“: Seit dem Herbst 2015 ist die Intensität der Grundbodenbearbeitung am Betrieb durch den Umstieg von Pflug auf Flügelschar-Grubber und der Reduktion der Bodenbearbeitungstiefe verringert (Pflug: bis 25–30 cm Bodentiefe, wendend jährlich als Herbstfurche, mit Ausnahme vor dem Luzerneanbau, wo meist nur der Grubber eingesetzt wurde; Grubber: bis 10 bis max. 15 cm Bodentiefe, nicht wendend). Für den Vergleich der beiden Bodenbearbeitungsverfahren wurden Pflugstreifen in vier Schlägen belassen.



Bodenbearbeitung mit dem Pflug



Bodenbearbeitung mit dem Flügelschar-Grubber

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse aus der Langzeituntersuchung stammen aus dem Projekt MUBIL (Link: <http://mubil.boku.ac.at/>, Jahre 2003–2015) und dem EIP-Projekt BIOBO (Jahre 2016–2018).

Ausgesuchte Ergebnisse – Strategien „Fruchtfolge“ und „Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf“

ENTWICKLUNG VON BODENEIGENSCHAFTEN

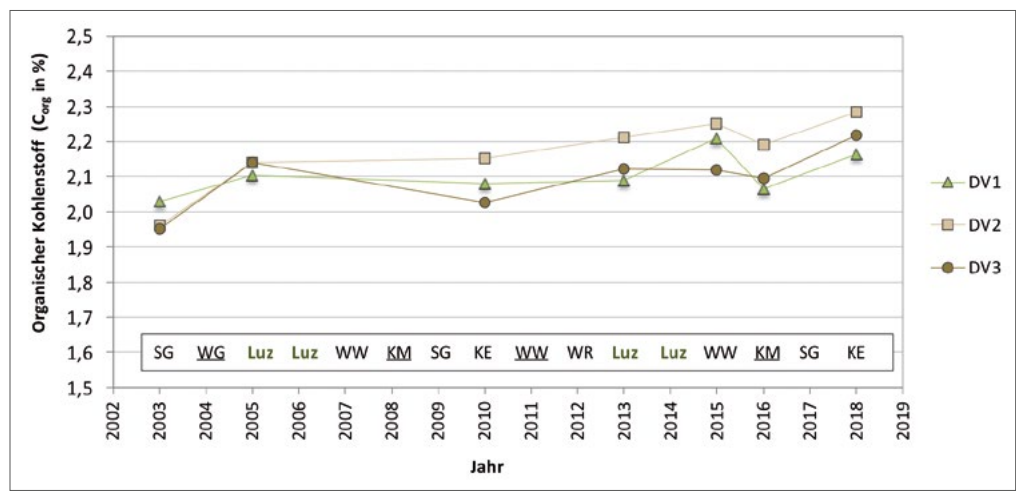
Wie sich verschiedene Bodeneigenschaften mit der längerfristigen biologischen Bewirtschaftung und in Abhängigkeit unterschiedlicher Düngungssysteme entwickeln, wurde am Betrieb seit dem Jahr 2003 in einem Kleinparzellenversuch auf einem Schlag untersucht. Die Bodenart im Bereich des Versuchs ist Lehm, der Boden ist damit als „schwer“ einzustufen. Die Ackerzahl ist mit ca. 77 hoch.

Der organische Kohlenstoff ist mit einem Anteil von durchschnittlich 58 % der Hauptbestandteil des Humus. Er wird im Labor durch trockene Verbrennung ermittelt und ist die Maßzahl für den Humusgehalt im Boden. Anzumerken ist, dass organischer Kohlenstoff mit dem Faktor von ca. 1,72 (abhängig von Standort und Bewirtschaftung und der Annahme eines Kohlenstoffanteils von 58 % an der organischen Bodensubstanz) auf Humus umgerechnet werden kann. Der Humus besteht neben dem Kohlenstoff hauptsächlich aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel.

Die Gehalte an organischen Kohlenstoff (Corg) im Boden in 0–30 cm Tiefe sind in allen Düngungsvarianten seit dem Jahr 2003 angestiegen. Am stärksten bei der DV 2 mit Biotonnenkompost, gefolgt von der DV 3 mit Stallmist und der reinen Gründüngungsvariante DV 1. Die über den Corg-Gehalt berechneten Humusgehalte lagen im Jahr 2018 in 0–30 cm Bodentiefe bei folgenden Werten: DV 1: 3,73 % / 10,7 (Humusgehalt / C/N-Verhältnis), DV 2: 3,94 % / 10,7; DV 3: 3,81 % / 10,9. Luzerne stand bisher zweimal in der Fruchtfolge, Biotonnenkompost und Stallmist wurden im Untersuchungszeitraum in vier der 16 Untersuchungsjahre ausgebracht.

Die Aggregatstabilität ist im Wesentlichen ein Maß für den Widerstand des Bodens gegen die Erosionskräfte Wind und Wasser. Böden mit stabilen Aggregaten sind wesentlich weniger erosionsgefährdet, weisen eine gute Struktur sowie einen günstigen Luft- und Wasserhaushalt auf, können

ENTWICKLUNG DES ORGANISCHEN KOHLENSTOFFS IN % IN 0-30 CM BODENTIEFE



Düngungsvarianten:
 DV1: nur Gründüngung (GD)
 DV2: GD + Biotonnenkompost
 DV3: Stallmist
Kultur unterstrichen:
 Düngung mit Biotonnenkompost
 oder Stallmist (DV2 und DV3)

SG ... Sommergerste
 WG ... Wintergerste
 Luz ... Luzerne
 WW ... Winterweizen
 KM ... Körnermais
 KE ... Körnererbse
 WR ... Winterroggen

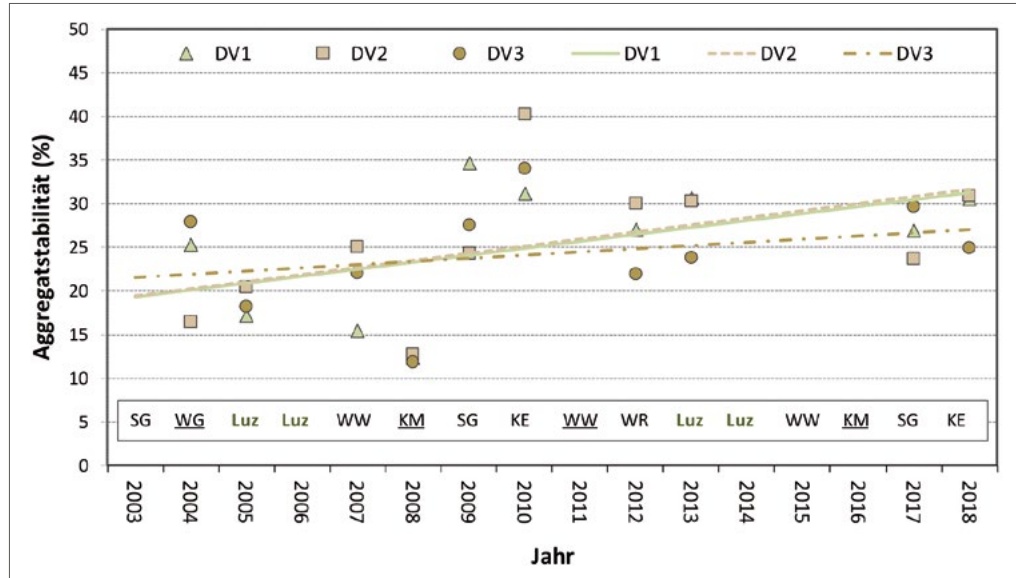
mehr Nährstoffe in organisch gebundener Form speichern und lassen sich auch leichter bearbeiten. Einfluss auf die Stabilität der Aggregate haben Humusgehalt, Korngrößenverteilung und biologische Aktivität eines Bodens, sowie die Art der Bodenbearbeitung, die Düngung und die angebaute Kulturart. Die Werte zur Aggregatstabilität sind daher nicht konstant, sondern unterliegen ständiger Schwankungen. Das war auch bei den Erhebungen im Versuch zu sehen, wobei die geringen Werte bei Körnermais auffällig waren. Hier bleibt der Boden länger offen und wird über die Beikrautregulierung auch intensiver bearbeitet. Mit der Bewirtschaftung und der Fruchtfolge am Betrieb konnte die Aggregatstabilität seit der Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung kontinuierlich gesteigert werden.

Bodenbonität liegt, wurde die DV 1 (nur Gründüngung) noch in einem Bereich des gleichen Schrages mit geringerer Bodenbonität untersucht (Bodenart: sandiger Lehm, mittelschwerer Boden, Ackerzahl 44, Jahr 2018: Humusgehalt und C/N-Verhältnis in 0-30 cm Bodentiefe: 3,55 % / 11,3). Bei der geringeren Bodenbonität werden in der DV 1 im Mittel über die Fruchtfolge um 9,5 % geringere Marktfruchterträge im Vergleich zur Fläche der DV 1 mit hoher Bonität erreicht.

In der Tabelle ist die Entwicklung der verschiedenen Bodenparameter seit dem Jahr 2003 zusammenfassend dargestellt. Neben dem Parzellenversuch mit den Düngungssystemen, der in einem Bereich des Schrages mit guter

Die Werte der Humusvorräte und der bodenphysikalischen Parameter, mit Ausnahme der Trockendichten, stiegen in allen Erhebungsflächen an. Mit den steigenden Humusgehalten und der verbesserten Bodenstruktur hat sich auch die Wasserdurchlässigkeit des Bodens erhöht. Dadurch kann das Regenwasser schneller in den Boden einsickern und der Oberflächenabfluss wird verringert, womit mehr Wasser am Feld bleibt und von den Pflanzen genutzt werden kann.

ENTWICKLUNG DER AGGREGATSTABILITÄT IN 0-10 CM BODENTIEFE



Düngungsvarianten:
 DV 1: nur Gründüngung (GD)
 DV 2: GD + Biotonnenkompost
 DV 3: Stallmist
Kultur unterstrichen: Düngung mit
 Biotonnenkompost oder Stallmist
 (DV 2 und DV 3)

SG ... Sommergerste
 WG ... Wintergerste
 Luz ... Luzerne
 WW ... Winterweizen
 KM ... Körnermais
 KE ... Körnererbse
 WR ... Winterroggen

Die Trockendichte ist ein Maß für den Verfestigungsgrad des Bodens. Über den Untersuchungszeitraum kam es in Abhängigkeit der angebauten Kultur zu gewissen Schwankungen bei der Trockendichte, die Werte blieben jedoch weitgehend konstant und in günstigen Bewertungsklassen. Veränderungen in der Trockendichte durch Bearbeitung wirken sich auf den Porenanteil und die Wasserdurchlässigkeit des Bodens aus. Sehr hohe Trockendichten können das Wachstum der Wurzeln und somit auch die Biomasseproduktion wesentlich einschränken.

Die direkt pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte blieben seit 2003 bei der hohen Bodenbonität relativ konstant und im Bereich der Gehaltsklasse C (ausreichende Nährstoffversorgung, BMLFUW 2017). Bei der DV 2 werden mit dem Biotonnenkompost Phosphor und Kalium von außen eingebracht (im Mittel 8 kg Phosphor und 30 kg Kalium je Hektar und Jahr), womit die Nährstoffabfuhr über die Marktfrüchte weitgehend ausgeglichen werden kann. Bei den weiteren Systemen erfolgt keine Nährstoffzufuhr von außen, die Nährstoffe werden aus den Bodenvorräten nachgeliefert. Bei der Fläche mit geringerer Bonität, wo der Boden auch einen geringeren Tongehalt aufweist, kam es zu einem Rückgang der Gehalte, was auf eine geringere Nährstoffnachlieferung aus den Bodenvorräten zurückgeführt wird. Die Werte verblieben jedoch ebenfalls noch in der Gehaltsklasse C.

ENTWICKLUNG VON VERSCHIEDENEN BODENPARAMETERN VON 2003 BIS 2018

Bodenparameter	Einheit	DV1 AZ: 77	DV2 AZ: 77	DV3 AZ: 77	DV1 AZ: 44
Org-Vorräte (Humus)	t/ha	↗	↗	↗	↗
Trockendichte	g/cm ³	→	→	→	→
Aggregatstabilität	%	↗	↗	↗	↗
Wasserdurchlässigkeit	m/d	↗	↗	↗	↗
Phosphor [CAL]	mg/kg	→	→	→	↘
Kalium [CAL]	mg/kg	→	→	→	↘

AZ ... Ackerzahl;

AZ 77 ... hohe Bodenbonität am Betrieb,

AZ 44 ... geringe Bodenbonität am Betrieb

↗ Wert ansteigend → Wert konstant ↘ Wert abfallend

Düngungsvarianten:

DV 1: nur Gründüngung (GD), DV 2: GD + Biotonnenkompost, DV3: Stallmist

ERTRÄGE LUZERNE

Die Luzerne wurde am Betrieb als Blanksaat meist im August bis spätestens Anfang September angesät und stand über zwei Hauptnutzungsjahre. Entsprechend der geprüften Düngungssysteme erfolgte ein Mulchen der Luzerne und Belassen des Aufwuchses als Gründüngung am Feld (DV 1 und DV 2) oder die Luzerne wurde geschnitten und vom Feld abgefahren (DV 3).

Die Auswertung über zehn Jahre (2008–2018) über beide Luzernejahre zeigte keine Unterschiede im Luzerne-Trockenmasseertrag zwischen Mulch- (DV 1 und DV 2) und Schnittnutzung der Luzerne (DV3). Auch die Stickstoffmengen im oberirdischen Aufwuchs waren annähernd gleich. Im Mittel lagen die Trockenmasseerträge der Luzerne bei 8.500 kg mit darin gespeicherten 238 kg Stickstoff je Hektar und Jahr. Die Luzerne wurde zwei- bis dreimal im Jahr geschnitten bzw. gemulcht. Die Erträge in den einzelnen Jahren waren sehr unterschiedlich (von 3.000 bis 14.000 kg/ha Trockenmasse), vor allem abhängig von der Witterung und der Wasserversorgung der Luzernebestände. In verschiedenen Jahren war auch die Etablierung des Luzernebestandes aufgrund eines schlechten Aufgangs oder eines hohen Beikrautdrucks schwierig, sodass ein früher Schröpfschnitt oder vereinzelt eine Neuansaat der Luzerne notwendig war, was die geringeren Erträge im ersten Hauptnutzungsjahr erklärt. Bei drei Schnitten im Jahr machte der erste Schnitt im Mittel 48% des Trockenmasseertrages und 44% des Stickstoffertrages des Gesamtjahres aus.

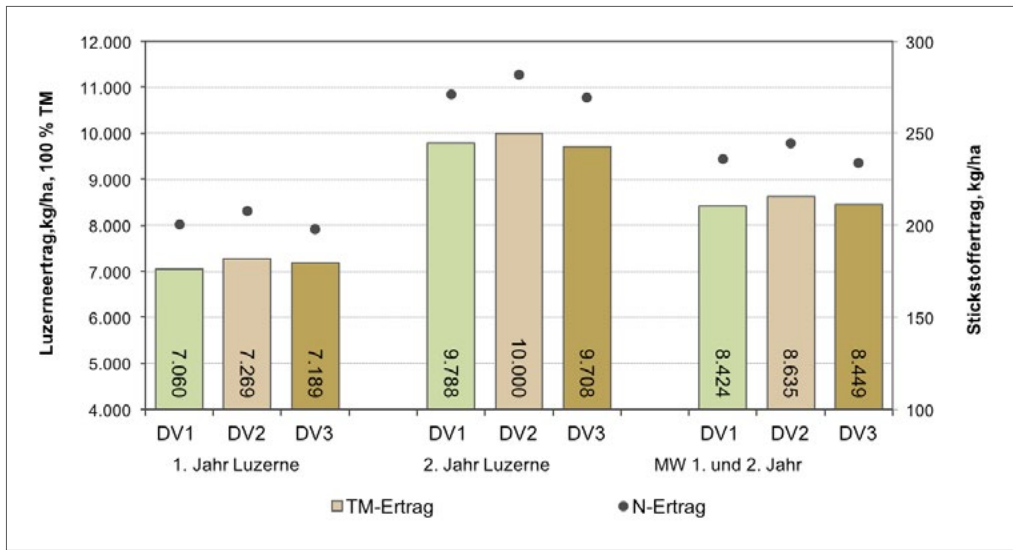
Wie viel Biomasse und Stickstoff bei Nutzung der Luzerne tatsächlich abgefahren werden, hängt von der Art der Werbung der Luzerne ab. Bei Abfuhr als Grünmasse treten die geringsten Trockenmasse bzw. Bröckelverluste auf (5–10%), bei Anwelksilage (15–30%) und vor allem bei Heu in Bodentrocknung (25–50%) sind die Verluste höher, dementsprechend mehr organische Substanz und Stickstoff bleiben dann auf der Fläche und können von der Nachfrucht genutzt werden. In der DV 3 in den Parzellenversuchen wurde die Luzerne als Grünfütter abgefahren.

Die Menge an fixiertem Luftstickstoff der Luzerne über ihre Symbiose mit Knöllchenbakterien kann in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren stark variieren. Die Stickstoffbindungsleistung der Luzerne liegt im Trockengebiet bei etwa 150–300 kg N/ha/Jahr (das entspricht ca. 6 kg gebundenen N pro t Luzerne Frischmasse). Einfluss auf die Fixierungsleistung kann auch die Nutzungsform (Mulch- oder Schnittnutzung) der Luzerne haben. Frühere Versuche im Marchfeld haben jedoch gezeigt, dass die Stickstoffbindungsleistung im Trockengebiet bei Mulchnutzung im Gegensatz zu Gebieten mit feuchten Klimabedingungen nicht oder kaum reduziert wird.



Luzerne zur Gründüngung

MITTLERE TROCKENMASSE- UND STICKSTOFFERTRÄGE DER LUZERNE



Große Bedeutung bei der Humusmehrung durch Futterleguminosen haben ihre Wurzelrückstände. Futterleguminosen wie die Luzerne weisen eine tiefe und intensive Durchwurzelung auf. Ihre Wurzelmasse ist wesentlich höher als bei den übrigen landwirtschaftlichen Kulturen. Mehrjähriger Anbau führt schon während der Vegetation zu einer Humusanreicherung durch die laufend absterbenden Wurzeln und Wurzelabscheidungen. Im Ackerbau hat daher der mehrjährige Futterleguminosenanbau das höchste Anreicherungspotential von Kohlenstoff bzw. Humus im Boden. Nach Literaturangaben und eigenen Berechnungen ist in Abhängigkeit von Ertrag, Nutzungsdauer und Bestandeszusammensetzung eine Kohlenstoffbindung im Boden von über einer 1 Tonne je Hektar und Jahr möglich.

Die Pfahlwurzeln der Luzerne hinterlassen nach ihrem Absterben tief in den Boden reichende vertikale Kanäle, sogenannte Bioporen. Diese verbessern die Wasserinfiltration und können von den Wurzeln der Nachfrüchte für ein rasches Wachstum in tiefere Bodenschichten genutzt werden.

ERTRÄGE MARKTFRÜCHTE

Im Mittel der Jahre kann das Ertragsniveau der Marktfrüchte am Betrieb als mittel bis hoch eingestuft werden (im Vergleich zu Erträgen repräsentativer biologischer Marktfruchtbetriebe, Ergebnisse Grüner Bericht). Winterweizen und Körnermais waren die ertragreichsten und auch ökonomisch wichtigsten Kulturen. Die Wirtschaftlichkeit bezogen auf die gesamte Fruchtfolge kann positiv beurteilt werden. Voraussetzung für das Ausschöpfen des Ertragspotentials in den einzelnen Jahren war jedoch eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturen. Erträge am Betrieb liegen von Kleinparzellenversuchen und von den Gesamtschlägen vor. Die hier dargestellten Erträge stammen von den Parzellenversuchen und sind höher als die Erträge der großflächigen Aufnahmen.

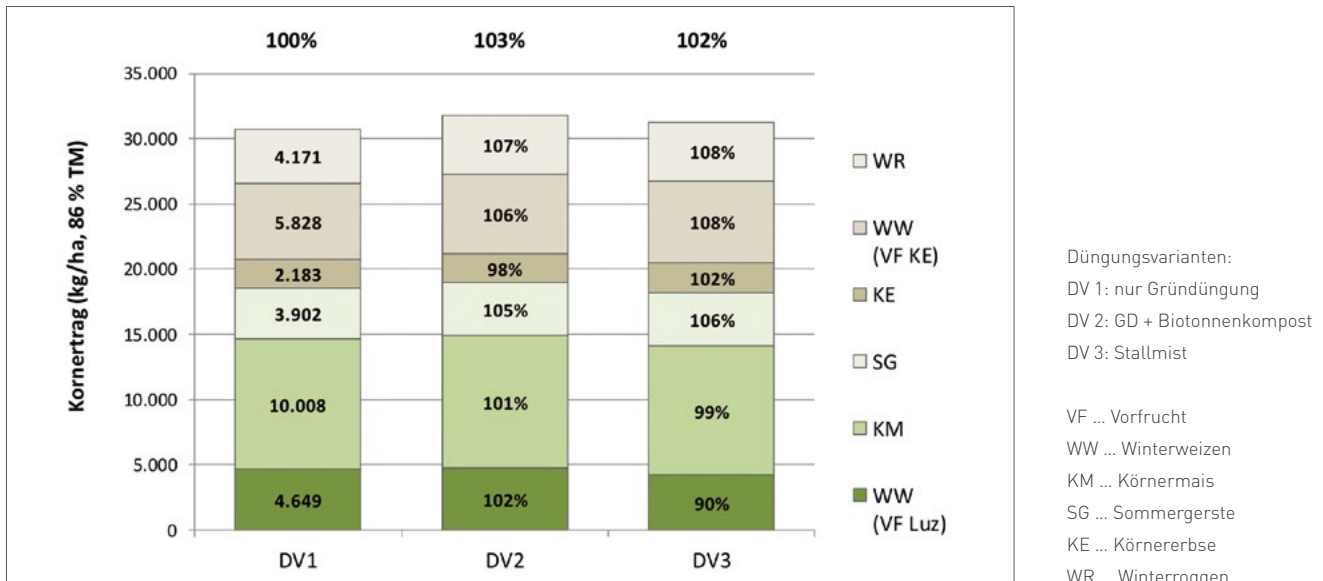
Bei den Düngungssystemen führte Schnitt und Abfuhr der Luzerne in der DV 3 zu einer mittleren Ertragsreduktion von

10–12 % (ca. 500 kg/ha) beim nachfolgenden Winterweizen im Vergleich zu den Varianten, wo die Luzerne gemulcht und als Gründünger am Feld belassen wurde (DV 1 und DV 2). Grund dafür ist, dass bei Abfuhr der Luzernebiomasse auch ein wesentlicher Teil an Stickstoff und organischer Substanz von der Fläche gebracht werden. Die Düngung mit Biotonnenkompost (DV 2) und Stallmist (DV 3) zum nachfolgenden Körnermais zeigte noch keine Ertragswirkung.

Signifikante Ertragssteigerungen zwischen 5 und 8 % in der DV 2 und der DV 3 im Vergleich zu DV 1 traten bei Sommergerste, Winterweizen und Winterroggen auf. Bei der DV 3 waren diese Steigerungen durch den Transfer von Nährstoffen mit der Stallmistdüngung innerhalb der Fruchtfolge bedingt. In DV 2 wurden mit dem Biotonnenkompost zusätzlich Stickstoff (im Mittel ca. 43 kg je Hektar und Jahr), organische Substanz (im Mittel ca. 1.100 kg je Hektar und Jahr) und weitere Nährstoffe auf die Flächen gebracht. Der Großteil des Düngerstickstoffs aus dem Biotonnenkompost wurde jedoch in den Humusvorrat des Bodens eingebunden und diente zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit. Bei der Körnererbse, die selbst Luftstickstoff bindet, wurden keine signifikanten Ertragsdifferenzen zwischen den Varianten festgestellt. Die Ertragswirkung der organischen Dünger wurde stärker, je weiter der zeitliche Abstand der Kulturen in der Fruchtfolge zur Luzerne war.

Insgesamt lagen die Gesamterträge der Marktfrüchte in DV 2 um 3 % und in DV 3 um 2 % über dem Ertrag der DV 1. Dass der Gesamtertrag der Marktfrüchte in DV 1 nur geringfügig niedriger war, wird generell auf die nachhaltige Fruchtfolge als Basis für alle Systeme mit entsprechendem Leguminosenanteil (25,0 % Luzerne, 12,5 % Körnererbse) und damit Stickstoffinput sowie die hohe Bodenbonität am Standort zurückgeführt. Einen wichtigen Beitrag liefert auch der Zwischenfruchtanbau mit seinen vielfältigen Funktionen für die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere wird mit den Begrünungen Stickstoff gespeichert und für die Folgekultur bereitgestellt, somit kann die im Biolandbau

MITTLERE KORNERTRÄGE DER MARKTFRÜCHTE (JAHRE 2009–2018)



knappe Ressource „Stickstoff“ im Betriebskreislauf gehalten werden. Bei Anbau der Zwischenfruchtgemenge Mitte August wurden im Mittel im Herbst Trockenmasseerträge von 2.000 kg/ha an oberirdischer Biomasse mit darin gespeicherten ca. 70 – 80 kg/ha Stickstoff erreicht (Mittelwerte der Zwischenfruchtgemenge Zf1 und Zf2 über 10 Jahre).

Winterweizen steht zweimal in der Fruchtfolge nach den unterschiedlichen Leguminosenvorfrüchten Luzerne und Körnererbse. Am Standort zeigt der Winterweizen nach Körnererbse im Mittel ein höheres Ertragspotential als nach Vorfrucht Luzerne, was hauptsächlich durch den hohen Wasserentzug durch die Luzerne mit negativem Ertragseffekt auf den nachfolgenden Winterweizen erklärt werden kann. Dieser Effekt tritt vor allem bei Herbsttrockenheit nach dem Luzerneumbruch und bei geringen Niederschlägen im darauffolgenden Frühjahr auf. Im Gegensatz zum Ertrag waren die mittleren Rohproteingehalte in allen drei Düngungsvarianten bei Winterweizen nach Luzerne höher als nach der Vorfrucht Körnererbse. Gründe dafür sind das geringere Ertragsniveau des Weizens nach Luzerne, das grundsätzlich höhere Stickstoffangebot nach zweijähriger Luzerne und die kontinuierliche Nachlieferung des Stickstoffs aus den Wurzel- und Ernterückständen der Luzerne vor allem in den späteren Entwicklungsphasen des Winterweizens. Mit beiden Vorfrüchten wurde über die Jahre bis auf wenige Ausnahmen immer der Mindestwert für Bioqualitätsweizen von 12 % erreicht.

Bei Winterweizen nach Luzerne zeigte sich bei den Proteingehalten wie beim Ertrag der Einfluss der Luzernenutzung. Der mittlere Proteingehalt der DV 3 mit Abfuhr der Luzerne war deutlich geringer als bei der DV 1 und der DV 2. Bei Winterweizen nach Erbse hatten die gedüngten Varianten tendenziell einen etwas höheren Proteingehalt. Betrachtet man beide Weizenjahre der Fruchtfolge gemeinsam, waren die DV 1 und die DV 3 im Ertrag etwa gleichwertig, der mittlere Weizen Ertrag der DV 2 lag geringfügig darüber.

ZUSAMMENFASSUNG

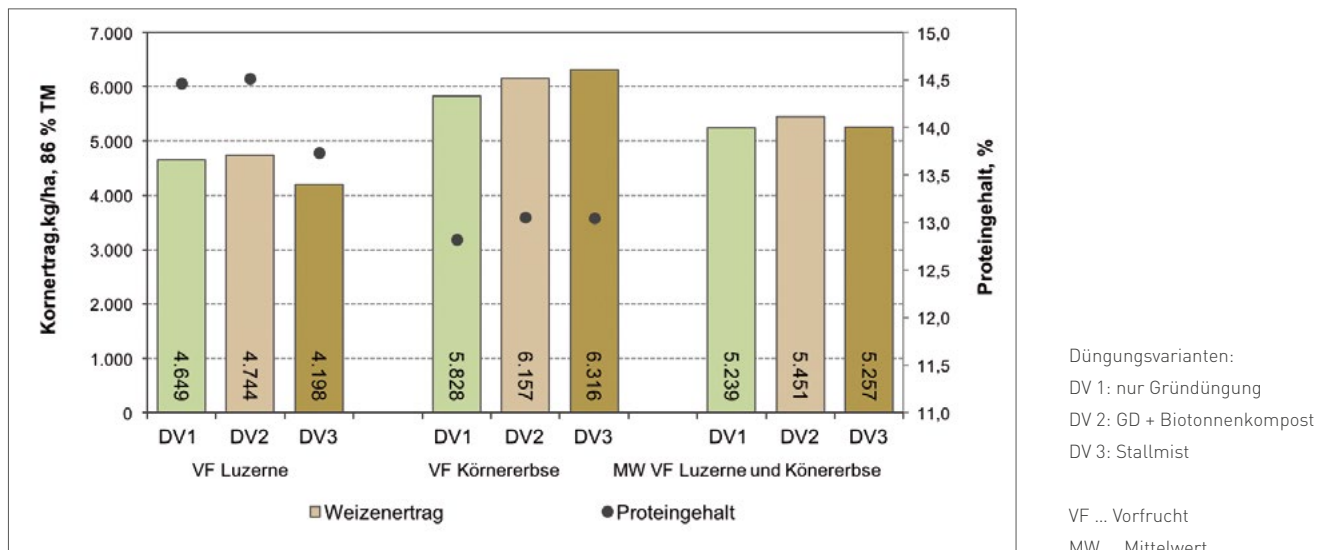
Am Betrieb wurden die Auswirkungen verschiedener organischer Düngungssysteme auf Basis einer Fruchtfolge auf Bodeneigenschaften und Erträge über 15 Jahre untersucht:

- Die Fruchtfolge hat eine Vielzahl von Funktionen zu erfüllen. Sie stellt den Motor für das gesamte System dar. Für die Humusversorgung und den Erhalt und den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit ist die zweijährige Futterleguminose Luzerne das zentrale Element der Fruchtfolge, da sie hohe Mengen an organischer Substanz und Luftstickstoff in den Boden bringt und Nahrung für die Bodenorganismen liefert. Ergänzend bilden die Körnerleguminose Körnererbse als weitere aufbauende Kultur und der Zwischenfruchtanbau mit seinen vielfältigen Wirkungen das Grundgerüst der Fruchtfolge.



Winterweizen als wichtige Marktfrucht

MITTLERE KORNERTRÄGE UND PROTEINGEHALTE VON WINTERWEIZEN (JAHRE 2009–2018)



- Auf Basis der Fruchtfolge kam es in allen Dünungssystemen mit zunehmender Dauer biologischer Bewirtschaftung zu einer positiven Entwicklung der Humusgehalte und von bodenphysikalischen Kennwerten, wodurch auch die Widerstandskraft der Böden gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels erhöht werden konnte.
- Bei den gegebenen Standortbedingungen und der Fruchtfolge mit ihrem hohen Kohlenstoff- und Stickstoffinput über die Leguminosen waren mit allen Dünungssystemen angemessene Erträge und Qualitäten möglich.
- Der höchste Anstieg der Humusgehalte war beim System mit der Biotonnenkompostdüngung (DV 2) zu verzeichnen, wo noch zusätzlich organische Substanz mit stabilen Humusverbindungen und Stickstoff von außen in den Boden eingebracht wurden. Eine ertragsfördernde Wirkung des Biotonnenkomposts war gegeben, aber noch gering. Mit wiederholten Düngergaben wird jedoch der Bodenstickstoffpool weiter aufgebaut und mit steigenden Humusmengen die Bodeneigenschaften verbessert, wodurch mit einem zunehmend positiven Einfluss auf Ertragshöhe und -stabilität zu rechnen ist. Auf Böden mit geringerer Stickstoffversorgung und Bodenbonität ist generell eine höhere Ertragswirkung mit der Kompostdüngung zu erwarten.
- Aufgrund des Materialtransfers (Nährstoffe und organische Substanz) innerhalb der Fruchtfolge hat die DV 3 (Luzerne- und Strohabfuhr, stattdessen Düngung mit Stallmist) den größten Einfluss auf die Erträge der einzelnen Marktfrüchte. Eine geringe Ertragssteigerungssteigerung im Mittel über alle Marktfrüchte im Vergleich zur DV 1 war möglich, was auf eine verbesserte Ausnutzung des Stickstoffs im System zurückgeführt werden kann.

EMPFEHLUNGEN

Aus den Ergebnissen am Betrieb zu Fruchtfolge und Dünungssystemen lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

- Als zentrales Element der Fruchtfolge sind auch in viehlosen Ackerbaubetrieben gewisse Anteile an Futterleguminosen, wie Luzerne oder Klee gras oder andere kleinsamige Leguminosen, unbedingt zu empfehlen.
- Für eine optimale Nutzung der Leistungen der Luzerne sind über einen sorgfältigen Anbau gute Voraussetzungen für eine rasche Etablierung der Luzerne mit dichten Beständen zu sorgen. Bei sehr lückigen Beständen ist eine Neuansaat der Luzerne zu empfehlen.
- Mit Biotonnenkompost kann Humus rasch aufgebaut werden und Humusmangel in der Fruchtfolge teilweise kompensiert werden.
- Die Düngung mit Biotonnenkompostdüngung kann viehlosen Biobetrieben mit intensiveren Fruchtfolgen (hohen Hackfrucht- und/oder Feldgemüseanteilen und abnehmenden Anteilen an (Futter-)Leguminosen) empfohlen werden, um eine negative Humusbilanz mittelfristig auszugleichen. Die Grundlage der Bewirtschaftung sollte jedoch aufgrund ihrer vielfältigen Wirkungen immer der Anbau von Futterleguminosen sein. Die Verfügbarkeit von Kompost ist zudem regional begrenzt und sein Zukauf auch ein Kostenfaktor.
- Die Versuchsergebnisse sprechen für eine teilweise Umverteilung der Gründüngung und damit von Nährstoffen und organischer Substanz aus der Luzerne zu Kulturen mit einer weniger bevorzugten Stellung in der Fruchtfolge.

- Da die Abfuhr von Nährstoffen mit der Luzerne jedoch bereits auf die ersten Folgefrüchte der Luzerne Einfluss hat, sollte diese Umverteilung behutsam, etwa mit einer Kombination aus Schnittnutzung mit Abfuhr der Luzerne im ersten Anbaujahr und Mulchnutzung im zweiten Jahr erfolgen. Möglichkeiten der Umverteilung der Futterleguminosen in viehlosen Betrieben sind die Kooperation mit einem viehhaltenden biologischen Betrieb über den Tausch von Luzerne gegen Stallmist, die direkt Einbringung der Grünmasse der Luzerne auf einem anderen Schlag (Transfermulchsystem) oder die Nutzung des Aufwuchses in einer Biogasanlage und Düngung mit Biogasgülle.

Ausgesuchte Ergebnisse – Strategie „Bodenbearbeitung“

Mit dem Herbstanbau 2015 wurde die Intensität der Grundbodenbearbeitung am Gesamtbetrieb reduziert und auf das Leitgerät Grubber umgestellt. In beiden Bodenbearbeitungsverfahren werden zusätzlich die Kurzscheibenegge und eine Eggenkombination eingesetzt. Die Saat von Getreide, Körnererbse und Luzerne erfolgt mit einer Mulchsämaschine.

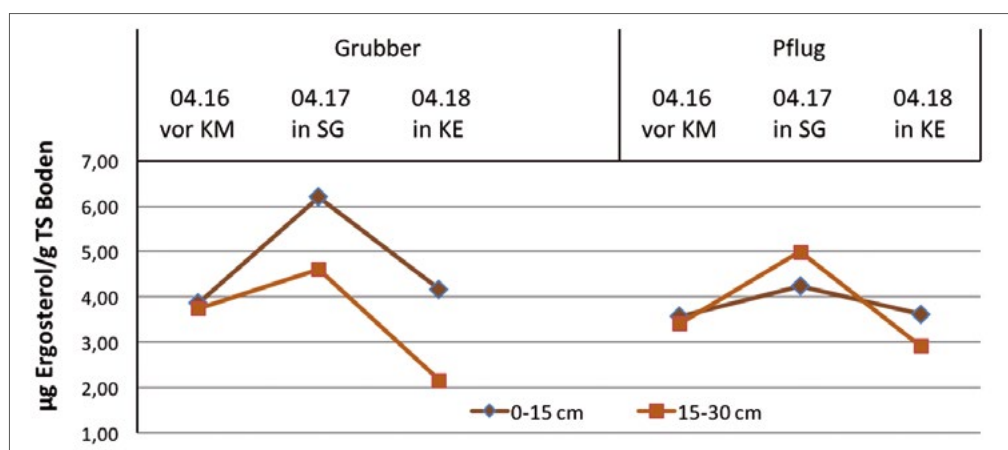
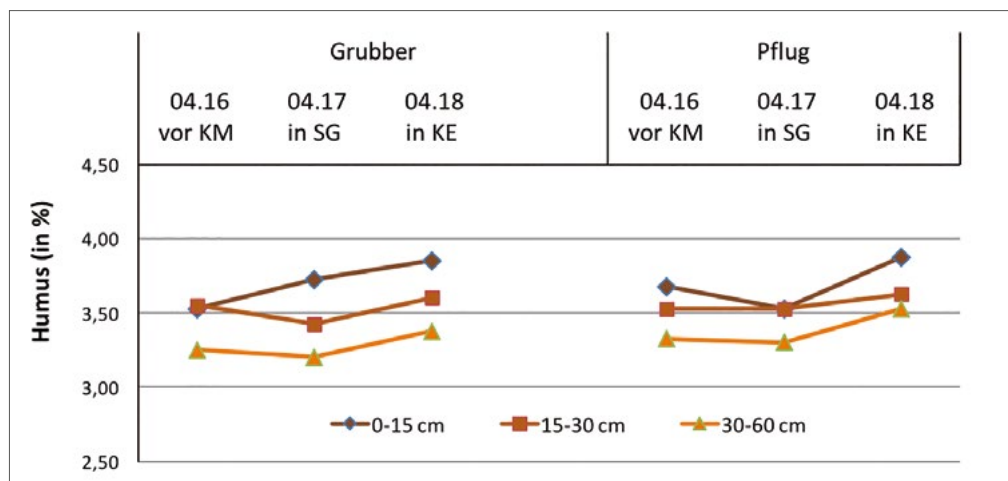
Ziel war es den Boden weniger tief und intensiv zu bearbeiten, damit die Bodenstruktur und das Bodenleben zu schonen und den Wasserhaushalt zu verbessern. Zum Vergleich der beiden Bodenbearbeitungsverfahren wurden in vier Schlägen Streifen mit Pflugbearbeitung am Betrieb beibehalten. Dadurch konnten die Auswirkungen der Umstellung der Bodenbearbeitung in den ersten drei Jahren auf verschiedene Bodeneigenschaften und die Entwicklung der Erträge vergleichend untersucht werden.

ENTWICKLUNG VON BODENEIGENSCHAFTEN

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Grundbodenbearbeitung auf verschiedene Bodeneigenschaften wurden in einem der vier Schläge genauer untersucht. Die Probenahme für die Analyse der Humusgehalte und der pilzlichen Biomasse erfolgte jährlich im April.

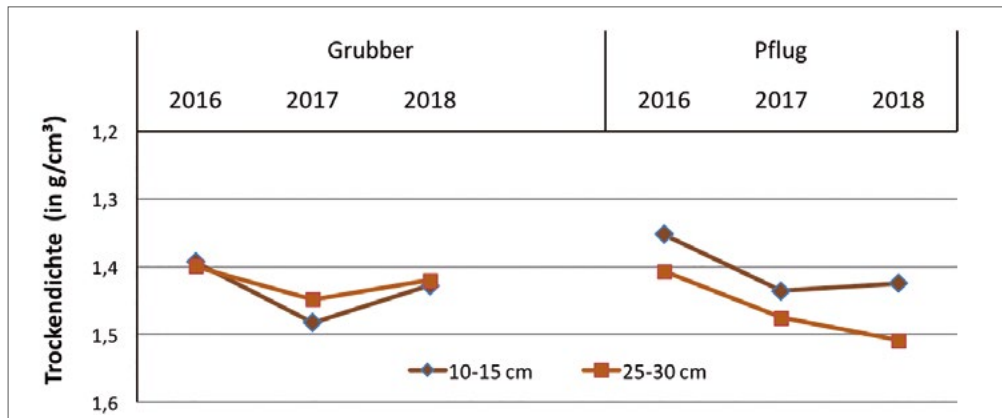
Die Humusgehalte in den beiden Bodenbearbeitungsvarianten Pflug und Grubber entwickelten sich über die drei Jahre grundsätzlich in die gleiche Richtung, unterschiedlich war die Verteilung in den obersten Bodenschichten, wo es bei der Grubberbearbeitung relativ rasch zu höheren Werten in der Bodentiefe von 0–15 cm kam. Im Jahr 2017 waren die Humuswerte in dieser Bodenschicht bei der Grubberbearbeitung auch signifikant höher als bei der Pflugbearbeitung. Ein ähnliches Bild zeigte der Ergosterol-

ENTWICKLUNG DER HUMUSGEHALTE UND DER PILZLICHEN BIOMASSE (ERGOSTEROL) BEI UNTERSCHIEDLICHER GRUNDBODENBEARBEITUNG



KM ... Körnermais
 SG ... Sommergerste
 KE ... Körnererbse

ENTWICKLUNG DER TROCKENDICHTE BEI UNTERSCHIEDLICHER GRUNDBODENBEARBEITUNG (PROFILDARSTELLUNG IN ZWEI TIEFENSTUFEN)



gehalt, der ein Biomarker der pilzlichen Biomasse des Bodens ist. Bodenpilze sind wichtig für den Nährstoffkreislauf im Boden und für die Stabilisierung der Bodenaggregate. Bei der reduzierten Bearbeitung bleibt aufgrund der geringeren Einarbeitungstiefe der Ernterückstände mehr organische Substanz an der Bodenoberfläche bzw. in der obersten Bodenschicht, was grundsätzlich die pilzliche Biomasse fördert und die Humusgehalte in dieser Schicht erhöht. Auch bei den Nährstoffen Phosphor und Kalium kam es in den ersten drei Jahren zu einer Anreicherung in der obersten Bodenschicht. Mit dem Pflug wurden die Pflanzenreste tiefer eingearbeitet und immer die ganze Bodenschicht bis max. 25–30 cm bearbeitet, dadurch kommt es zu einer stärkeren Verteilung der organischen Substanz über diesen gesamten tiefer bearbeiteten Bodenbereich. Die Differenzierung der Gehalte in den Bodenschichten tritt umso rascher und deutlicher auf, je mehr organische Substanz und Nährstoffe zugeführt werden, z.B. über hohe Mengen an Ernterückstände oder Stallmist und Kompost, und wenn diese nur flach eingearbeitet werden.

Bodenphysikalische Untersuchungen wurden sowohl direkt am Feld in einer Schürfgrube als auch nach Bodenprobenahme am Feld und Auswertung im Labor durchgeführt. Die Ergebnisse im Labor in den ersten drei Jahren zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Bearbeitungsverfahren Pflug und Grubber bei Trockendichte, Porenanteil, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität, beide Varianten wiesen hier gute Werte auf. Vereinzelt waren jedoch Trends zu erkennen. So wurde der Boden bei Pflugbearbeitung mit zunehmender Bodentiefe kompakter, vor allem im Bereich der Pflugsohle. Beim Grubber war diese Steigerung der Dichte nicht ausgeprägt. Bei der Grubbervariante trat in den Schürfgruben in 0–10 cm in allen drei Jahren eine krümelige Bodenstruktur auf, das Bodengefüge in dieser Schicht wurde im Vergleich zum Pflug als etwas günstiger bewertet.

ERTRÄGE MARKTFRÜCHTE

Die Abbildung zeigt die Erträge der Marktfrüchte in Bodenbearbeitungsstreifen von vier Schlägen bei unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung über drei Jahre, womit verschiedene Abschnitte der Fruchtfolge abgebildet

sind. Bei Schlag 4 wurde erstmals vor dem Winterweizen nach dem Luzerneumbruch im Jahr 2016 die differenzierte Bodenbearbeitung umgesetzt, daher liegen nur zwei Ertragsjahre vor.

Mit der reduzierten Bearbeitung traten sowohl Ertragssteigerungen als auch Ertragsminderungen im Vergleich zur Pflugbearbeitung auf. Im Mittel über alle Auswertungen lagen die Erträge in der Grubbervariante um 6,3 % unter der Variante mit Pflugeinsatz. Nach den ersten drei Jahren differenzierter Bodenbearbeitung zeigen die Ergebnisse eine Tendenz zu Ertragsvorteilen in Richtung der Pflugvariante. Ein wesentlicher Grund dafür sind die Erträge am Schlag 8. Hier kam es im Grubberstreifen, vor allem in den Jahren 2017 und 2018, zu einem starken Auftreten der Ackerkratzdistel, die im Pflugstreifen kaum vorkam, und durch ihre Konkurrenzkraft die Erträge minderte. Ohne diesen Schlag waren die Erträge in der Grubbervariante nur um 2,5 % reduziert.

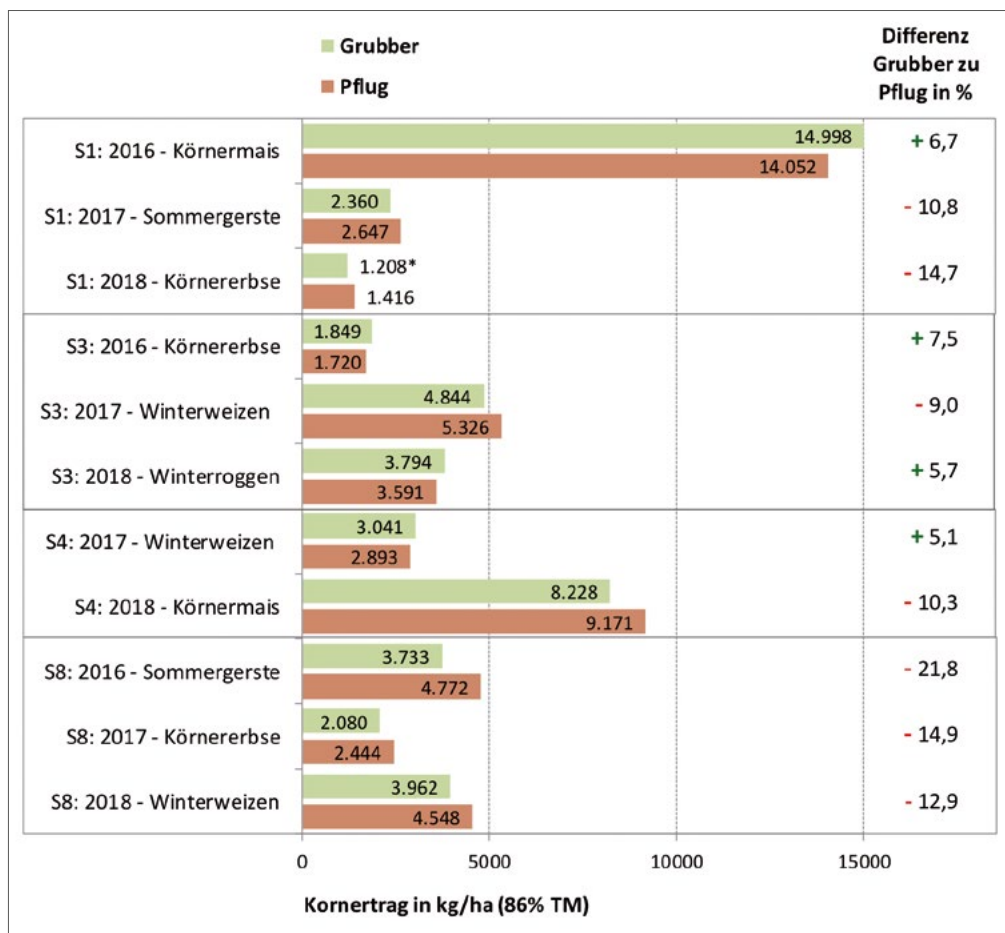
Bei Körnererbse im Schlag 1 im Jahr 2018 kam es bei der Grubberbearbeitung zu einem Aufgang des Buchweizens durch Ausfallsamen von der vorhergehenden Zwischenfrucht, bei der Pflugbearbeitung trat dieses Phänomen nicht auf. Der Ertrag bei der Grubbervariante besteht daher aus Körnererbse und Buchweizen, während bei der Pflugvariante nur Körnererbsen geerntet wurden.

ZUSAMMENFASSUNG

Am Betrieb wurde die Umstellung der Grundbodenbearbeitung von Pflug auf Flügelschar-Grubber in den ersten drei Jahren untersucht und Erfahrungen gesammelt:

- Bereits nach dreimaliger reduzierter Bearbeitung mit geringerer Einarbeitungstiefe von Pflanzenresten kam zu einer deutlichen Umlagerung von Humus, Nährstoffen und pilzlicher Biomasse mit höheren Werten in der obersten bearbeiteten Bodenschicht. Auch optisch waren diese Änderungen mit mehr Pflanzen- und Mulchmaterial nahe oder an der Bodenoberfläche im Vergleich zu Pflugbearbeitung deutlich zu sehen.

MARKTFRUCHTERTRÄGE BEI UNTERSCHIEDLICHER GRUNDBODENBEARBEITUNG



S1 ... Schlag 1
S3 ... Schlag 3
S4 ... Schlag 4
S8 ... Schlag 8

S1: 2018 – Körnererbse:
Variante Grubber: Ertrag Mischung
aus Körnererbse und Buchweizen

- Diese Umschichtung zeigt ein Ziel der reduzierten Bearbeitung auf: mit mehr organischer Substanz und einer höheren mikrobiellen Aktivität im Oberboden eine stabilere Oberflächenstruktur zu schaffen, um damit die Verschlammungsneigung zu reduzieren und die Wasserinfiltration zu erhöhen. Bei den Erhebungen am Feld war diese Entwicklung bereits mit teilweise günstigerer Bodenstruktur und höherer Wasserinfiltration im Vergleich zur Pflugbearbeitung erkennbar, für konkrete und stabile Unterschiede auch bei den Laboranalysen war die Zeitspanne der unterschiedlichen Bearbeitung noch zu gering.
- Nach den ersten drei Jahren differenzierter Bodenbearbeitung zeigen die Ergebnisse eine Tendenz zu Ertragsvorteilen in Richtung der Pflugvariante. Abzuwarten ist, ob sich die Veränderungen im Boden, vor allem in der obersten Bodenschicht, in den nächsten Jahren stabilisierend auf die Erträge bei der reduzierten Bearbeitung auswirken. Ein offensichtlicher Grund für geringere Erträge bei der reduzierten Bearbeitung war das starke Auftreten der Ackerkratzdistel in einem untersuchten Ackerschlag mit schon zeitlich längerem Abstand zum Luzerneanbau.

EMPFEHLUNGEN

Aus den Erfahrungen in den ersten Jahren mit reduzierter Bearbeitung am Betrieb und dem verstärkten Distelaufreten kann man folgende Empfehlungen ableiten:

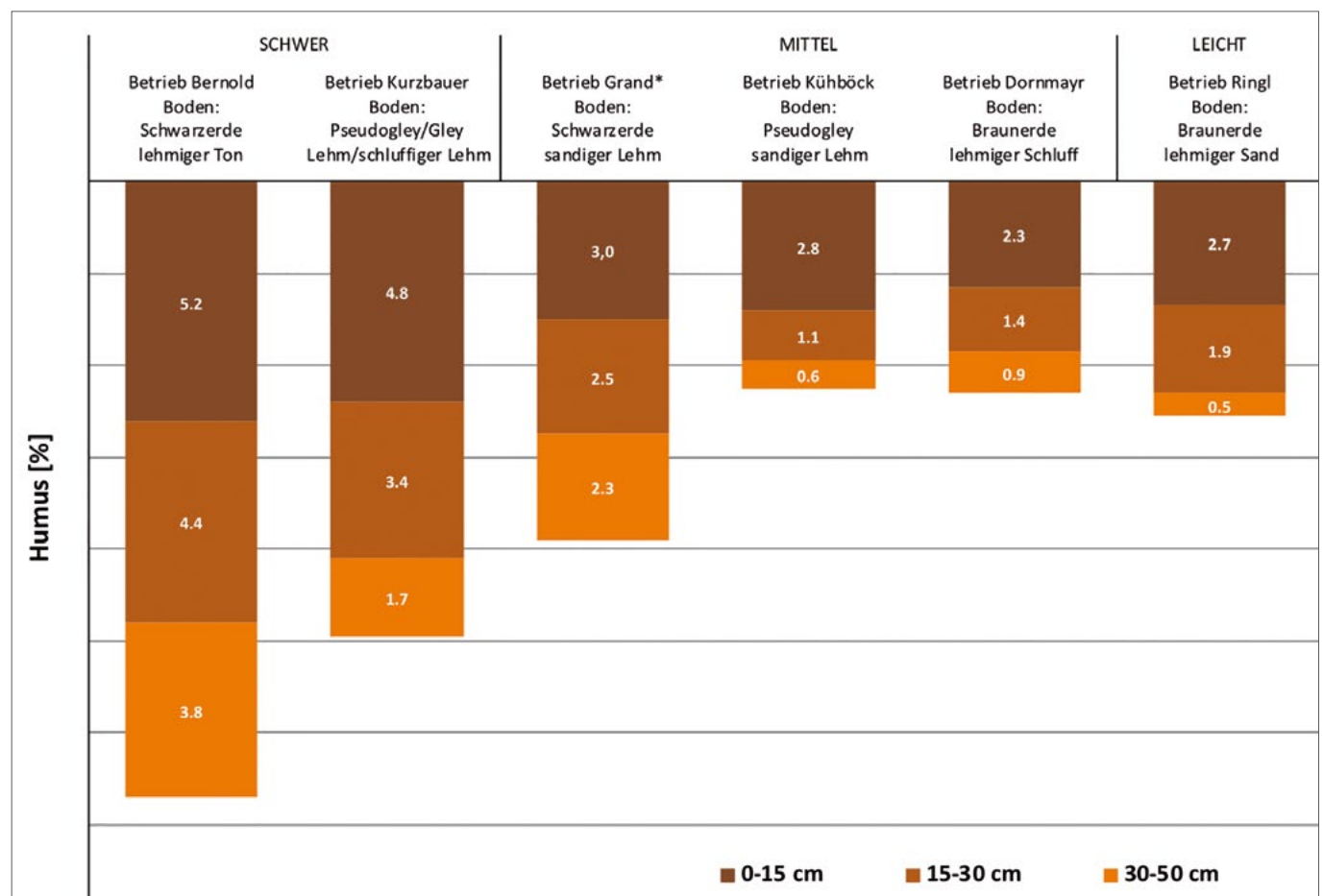
- Einbinden und Sicherstellen einer ganzflächigen und auch flachen Unterschneidung des Bodens, z. B. mit Gänsefußscharen bzw. einem Flachgrubber oder einem Flügelschar-Grubber. Arbeitsbild am Feld auf die gewünschten Effekte kontrollieren.
- Keine Bearbeitung des Bodens bei zu feuchten Bedingungen. Beobachtung des Unterbodens: bestehende Pflugsohlenverdichtungen auflösen und neue Verdichtungshorizonte vermeiden.
- Bei massivem Auftreten der Ackerkratzdistel schon zu Beginn der Umstellung auf die reduzierte Bearbeitung, eventuell nochmals den Pflug einsetzen und die Bearbeitungsumstellung „neu starten“.
- Im reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren sind mehr Beobachtung der Kulturen und des Bodens und auch eine vorbeugende und genauere Bearbeitung notwendig. Mögliche „Fehler“ können sich stärker auswirken und z. B. zu einem höheren Disteldruck oder zu einem Durchwuchs von Luzerne oder Zwischenfrüchten führen.
- Generell ist die flache, nicht wendende Bearbeitung zu empfehlen und so oft wie möglich einzusetzen, um die beschriebenen Vorteile der reduzierten Bearbeitung vor allem auf die oberste Bodenschicht zu nutzen.

VERSUCHE BODENVERDICHTUNGEN ZU VERRINGERN SECHS LANDWIRTE MACHEN SICH AUF DEN WEG

Das Projekt „Ertragsentwicklung und Humusaufbau über reduzierte Bodenbearbeitung und organische Düngungsmaßnahmen (Gründüngung und organische Dünger)“, kurz „BIOBO“ (biologischer Boden) begleitete Landwirtinnen und Landwirte von biologisch wirtschaftenden Betrieben, die schon seit geraumer Zeit die reduzierte Bodenbearbeitung anwenden, bei der Optimierung ihrer Bodenbearbeitungssysteme und Gründüngungsmaßnahmen. LandwirtInnen aus Niederösterreich, Berater von BIO AUSTRIA NÖ und Wien sowie WissenschaftlerInnen der Universität für

Bodenkultur in Wien und des FIBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) Österreich haben eine operationelle Gruppe für den Austausch von Erfahrungen zwischen Praxis, Beratung und Forschung gebildet. Dieses EIP-Projekt (Europäische Innovationspartnerschaft) wurde vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, den Bundesländern und der Europäischen Union gefördert. Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Projekt werden in dieser Broschüre dargestellt.

HUMUSGEHALTE IM BODENPROFIL VON BETRIEBEN MIT REDUZIERTER BODENBEARBEITUNG



*Betrieb Grand: Tiefenstufen 0–10 cm, 10–25 cm und 25–50 cm

Sechs langjährig biologisch wirtschaftende Landwirte in Niederösterreich, die bereits über mehrere Jahre (6–24 Jahre) reduzierte Bodenbearbeitung betreiben, testeten in 2-jährigen Praxisversuchen auf ihren Betrieben Maßnahmen, um ihren Boden „klimafit“ zu machen und Bodenverdichtungen zu verringern. Allen LandwirtInnen gemeinsam sind die große Wertschätzung gegenüber dem Boden und die geringen Niederschläge in ihrer Region. Ihre Wege, die klimatischen Gegebenheiten zu meistern und die Herausforderungen der reduzierten Bodenbearbeitung zu begegnen, sind jedoch gänzlich unterschiedlich. Die überprüften Maßnahmen reichen von natürlicher Bodenlockerung durch Begrünpflanzen zu mechanischer Bodenlockerung mittels Tiefenlockerung, von seicht wendender Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel, über Dammkultur und Häufelpflug, bis zu keiner Bodenbearbeitung im Direktsaatsystem. Ein Ziel ist allen gemeinsam: die Erhöhung der organischen Substanz im Boden, u.a. um die Wasseraufnahme und die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens zu erhöhen und Bodenverdichtungen zu beseitigen oder zu verringern. Die Probleme, Fragestellungen, Versuche und Ergebnisse der 2-jährigen Praxisversuche finden sich je Betrieb getrennt dargestellt.

Generell zeigt sich bei langjähriger, reduzierter Bodenbearbeitung eine höhere Anreicherung von Humus in der obersten Bodenschicht (0–10 cm bzw. 0–15 cm) im Vergleich zu wendender Bodenbearbeitung (siehe auch die Grafik im vorigen Kapitel: Entwicklung der Humusgehalte und der pilzlichen Biomasse (Ergosterol) bei unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung). Die Grafik auf Seite 17 zeigt die Verteilung der Humusgehalte in den obersten 50 cm. Die Bodenart oder Textur (Zusammensetzung von Sand, Schluff und Ton im Feinboden) hat einen großen Einfluss auf den Humusgehalt. Je schwerer der Boden, d. h. je mehr Tongehalt ein Boden aufweist, desto höher ist der Anteil organischer Substanz. Aus den Richtlinien der sachgerechten Düngung werden Empfehlungen zu Humusgehalten nach Bodenschwere gegeben. In leichten Böden ist der anzustrebende Humusgehalt >2% (Betrieb Ringl), in mittleren Böden >2,5% (Betriebe Dornmayr, Grand und Kühböck) und in schweren Böden > 3% (Betriebe Kurzbauer und Bernold). Diese Empfehlungen gelten für den Oberboden und sind bei allen Betrieben erfüllt. Trotzdem stellt der Humusaufbau ein wichtiges Ziel für die teilnehmende Landwirtin und die teilnehmenden Landwirte dar. Die BetriebsleiterInnen setzen dabei auf unterschiedliche Maßnahmen, Zwischenfrüchte spielen in nahezu allen Betrieben eine wichtige Rolle.

Zwischenfruchtbe- grünungen abfrierend vs. winterhart vor Körnermais

Betrieb Johann Kurzbauer

BETRIEBSDATEN

Marktfruchtbetrieb Kurzbauer

Wienerwald, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 2008

230 m Seehöhe, 629 mm Jahresniederschlag,
9,9 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Gley, Pseudogley

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: Lehm (L), schluffiger Lehm (uL)

Der Betriebsleiter Johann Kurzbauer setzt verstärkt auf Begrüpfungsmischungen. Diese werden als Zwischenfrüchte und Untersaaten eingesetzt um die Bodenstruktur, die speziell bei Mais und im Sojabohnenanbau durch die intensive mechanische Beikrautregulierung beeinträchtigt wird, positiv zu beeinflussen. Um das Erosionsrisiko, das der weite Reihenabstand beim Hackfruchtanbau mit sich bringt, zu minimieren, möchte Johann Kurzbauer verstärkt winterharte Zwischenfrüchte einsetzen.

Die Bodenbearbeitung erfolgt im Betrieb Kurzbauer entweder mit Bodenfräse, Flügelschargrubber oder Pflug auf maximal 15 cm Tiefe und wird relativ flexibel, je nach Bodenzustand und Verfügbarkeit, gehandhabt.

Im Praxisfeldversuch wurde der Einfluss einer winterharten Zwischenfrucht und deren Umbruch mit einer Fräse (Variante A) versus einer abfrierenden Zwischenfrucht und deren Umbruch mit dem Grubber (Variante B) auf die Folgefrucht Körnermais und ausgewählte Bodenparameter in zwei Jahren untersucht. In Variante A wurde zusätzlich eine Untersaat in Mais angesät mit dem Ziel, den Boden in Verbindung mit der winterharten Zwischenfrucht über einen langen Zeitraum aktiv zu bedecken.

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 7-jährig

Luzerne-Gras

Winterweizen/+ZF

Körnermais (mit US)

Ackerbohne-Hafer

Winterweizen/+ZF

Sojabohne

Getreide

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.

VOR- UND NACHTEILE DES BEGRÜNUNGSUMBRUCHS MIT FRÄSE ODER GRUBBER (VERÄNDERT NACH PESZT, 2017)

Umbruch mit Fräse	Umbruch mit Grubber
Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> Schichtenerhalt Seichte, ganzflächige Bearbeitung möglich Einarbeitung großer Massen an langstrohigem Material möglich fördert die Verrottung von organischer Masse Zerkleinert Brocken auf schwerem Boden 	Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> Schonung des Bodenlebens durch schichterhaltende Bearbeitung Ganzflächige Bearbeitung durch Flügel- oder Gänsefußschare möglich
Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> Gefahr von Schmiersohlen und Strukturschäden Zähe Pflanzen werden ev. durch die Fräse zu wenig zerkleinert (stören bei der Saat) 	Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> Verstopfungsgefahr bei großen Mengen an langstrohigem Material (stören bei der Saat) Verschmierungsgefahr bei sehr flach angestellten Scharen

VERSUCHSDATEN

Zeitraum	2016–2018	
Variante	A	B
Zwischenfrucht (ZF)	Winterharte Begrünung	Abfrierende Begrünung
Boden	2016/17 Schlag 1: Pseudogley/Gley, Lehm bis schluffiger Lehm 2017/18 Schlag 2: Pseudogley, schluffiger Lehm	
Bodenbearbeitung	Fräse flach	Leichtgrubber flach
Hauptfrucht	Körnermais (7,4 Körner/m ²)	
Untersaat	ja	nein
Mischungspartner der ZF-Begrünung	Winterwicke (82%) Italienisches Raygras (9%) Inkarnatklee (9%)	Peluschke (51%) Sommerwicke (21%) Platterbse (18%) Buchweizen (4%) Phacelia (3%) Ölrettich (3%)
Saatzeitpunkt ZF	Schlag 1: 9. August 2016 Schlag 2: 22. August 2017	9. August 2016 22. August 2017
Saatstärke ZF	125 kg/ha	279 kg/ha
Umbruch ZF	1x Fräse (April, 2–4 cm) 1x Leichtgrubber (Mai, 5–7 cm)	1x Leichtgrubber (April, 5–7 cm) 1x Leichtgrubber (Mai, 5–7 cm)

Ausgewählte Ergebnisse

BODEN

Charakterisierung Versuchsschlag 1: alkalisch, stark humos (0–15 cm) bis humos (15–30 cm), Phosphor-Gehalt ausreichend (Klasse C); Kalium-Gehalt niedrig (Klasse B); Versuchsschlag 2: neutral, humos, ausreichend mit Phosphor und Kalium versorgt (Gehaltsklasse C).

AUSGEWÄHLTE BODENPARAMETER NACH MAIS

Parameter	11/17 Schlag 1		10/18 Schlag 2	
	Winterhart (A)	Abfrierend (B)	Winterhart (A)	Abfrierend (B)
Trockendichte (TD) (g/cm³)				
0–15 cm	1,23	1,20	1,38	1,37
15–30 cm	1,29	1,27	1,45 a	1,50 b
30–50 cm	1,36 a	1,38 b	1,47	1,52
Humus (%)				
0–15 cm	5,1	4,9	4,2	3,9
15–30 cm	3,5	3,4	3,1	3,1
30–50 cm	1,6	1,7	2,2	2,2

a und b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an

Die Trockendichte (TD) ist ein Maß für die Verfestigung des Bodens. Sie war nach der Ernte der Hauptfrucht Mais auf Schlag 1 bis zu einer Tiefe von 30 cm etwas höher in der winterharten Zwischenfrucht-Variante A, auf Schlag 2 gab es keinen Unterschied zwischen den Varianten nach der Hauptfrucht in den ersten 15 cm, darunter war die Trockendichte in der winterharten Zwischenfrucht-Variante A geringer. Versuche in Polen und Dänemark zeigten, dass die Trockendichte durch den Anbau winterharter Zwischen-

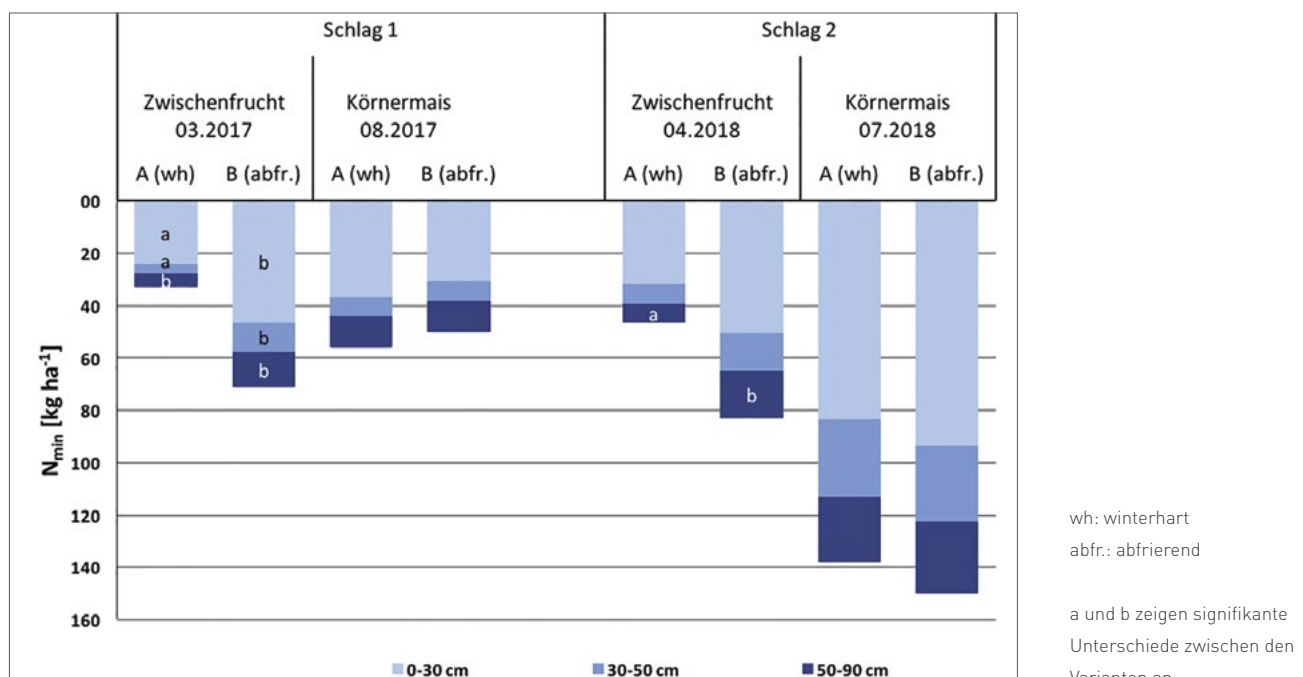
früchte (Weißklee oder Gras-Kleegemenge) im Oberboden um bis zu 6 % verringert wurde im Vergleich zu Anbausystemen ohne Zwischenfrüchte.

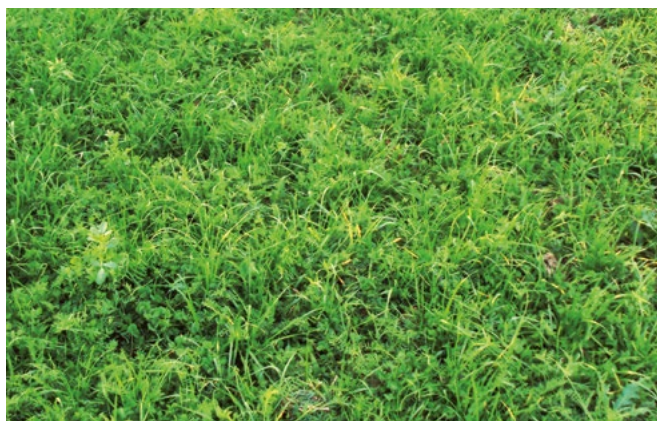
Bei den Humusgehalten zeigten sich in beiden Schlägen höhere Mengen in den obersten 15 cm bei der winterharten Zwischenfrucht-Variante A. In den tieferen Schichten traten in beiden Jahren kaum Unterschiede auf. Aufgrund des durchgehenden Pflanzenwachstums war im Boden unter der winterharten Zwischenfrucht in beiden Versuchsjahren im Frühjahr eine höhere Durchwurzelungsintensität festzustellen.

Die N_{min}-Ergebnisse zeigen deutlich, dass im Boden unter der winterharten Zwischenfrucht-Variante A im Frühling weniger N_{min} vorhanden ist und die Mineralisierung zu einem späteren Zeitpunkt einsetzt. Über die Vegetationsperiode wird das Stickstoffangebot in Variante A jedoch über die Nachlieferung ausgeglichen. Winterharte Zwischenfrüchte können also das Risiko der Stickstoffauswaschung über den Winter durch den permanenten Nährstoffzug der Pflanzen verringern, der Stickstoff bleibt länger in den Pflanzen gebunden. Es braucht jedoch eine passende Bodenbearbeitung im Frühling, damit die Nachfrucht durch den potentiellen Durchwuchs nicht zu stark konkurrenziert wird.

Bei der abfrierenden Zwischenfrucht wird der in der abgefrorenen Pflanze gespeicherte Stickstoff früher freigesetzt. Dafür stellen sie keine Konkurrenz für die Nachfrucht dar, was die Saat der Folgefrucht erleichtert. Ergebnisse aus Versuchen der Landwirtschaftskammer OÖ mit abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten zeigen bei winterharten Zwischenfrüchten bereits über den Zeitraum

GEHALT AN PFLANZENVERFÜGBAREM MINERALISCHEN STICKSTOFF IM BODEN (N_{min}) IN DREI TIEFENSTUFEN





Variante A (winterharte Begrünung), April 2018



Variante B (abfrierende Begrünung), Herbst 2017

Anfang Oktober-Ende November geringere N_{min}-Werte im Boden.

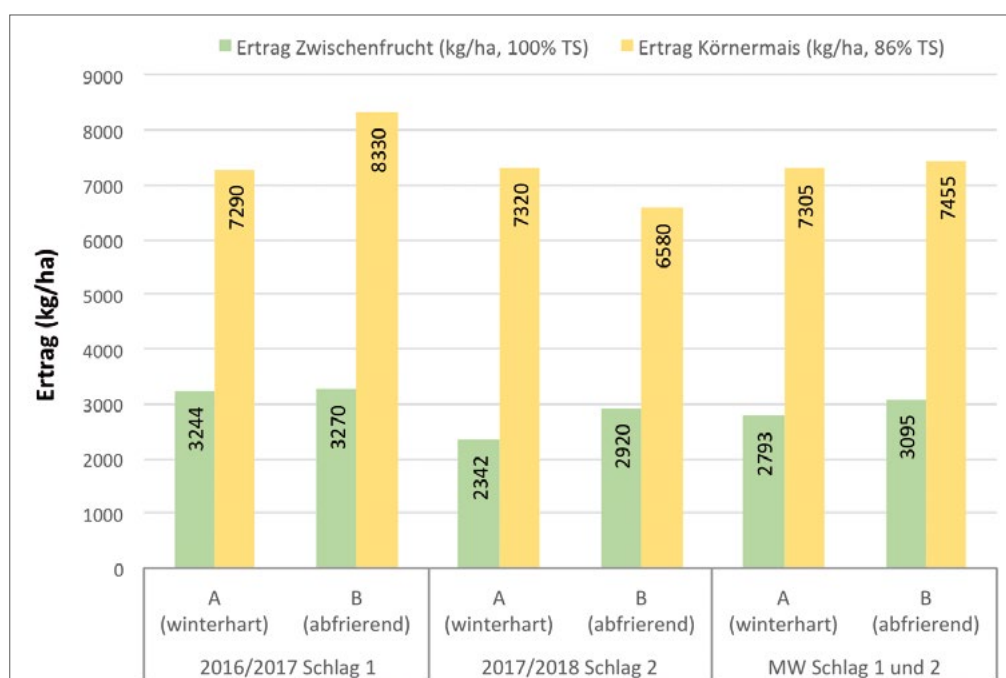
BIOMASSEERTRAG DER ZWISCHENFRÜCHTE UND MAISERTRAG

Beide Zwischenfruchtvarianten entwickelten durch die hohen Saatstärken, den frühen Anbautermin und eine ausreichende Wasserverfügbarkeit dichte Bestände und mittlere bis hohe Biomasseerträge. Auf Schlag 1 wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt, auf Schlag 2 war der Ertrag der abfrierenden Zwischenfruchtvariante B etwas höher. Die oberirdische Biomasse der Variante B war bereits über den Winter abgefroren und wurde gemulcht, während die winterharte Zwischenfrucht in der Variante A im Frühjahr mit der Bodenfräse flach eingearbeitet wurde. Die Fräse wurde gewählt, da ihre Messer auch stark durchwurzeltes Erdmaterial aus dem Boden schneiden können und der Boden sehr flach gelockert, gekrümelt und intensiv mit dem Pflanzenmaterial vermengt wird. Dadurch wird eine Flächenrotte angeregt und das organische

Material schneller umgesetzt. Das C/N Verhältnis der Zwischenfrüchte lag im ersten Jahr zwischen 12 und 13,5, im zweiten Jahr bei 10. Je niedriger das C/N Verhältnis ist, desto schneller wird die organische Substanz abgebaut, die dabei freiwerdenden Nährstoffe stehen der Nachfrucht früher zur Verfügung. Speziell bei geringen C/N Verhältnissen ist daher das Belassen der abfrierenden Zwischenfrüchte an der Oberfläche wichtig. Noch wichtiger ist dies bei der Nachfrucht Mais, da diese den Stickstoff erst zu einem späteren Zeitpunkt benötigt und es notwendig ist, die Mineralisation der abgefrorenen Biomasse hinauszuzögern.

Die beiden Zwischenfrucht-Varianten wirkten sich im Mittel über die beiden Jahre nicht unterschiedlich auf die Erträge der folgenden Hauptkultur Körnermais aus, dessen Korn-Ertrag als durchschnittlich für biologisch bewirtschaftete Flächen bezeichnet werden kann. Das Risiko der Ertragseinbußen für die Folgekultur kann für Sommerzwischenfrüchte auch unter semi-ariden Bedingungen nach langjährigen Versuchen als gering eingestuft werden. Ent-

ERTRÄGE DER ZWISCHENFRUCHT UND HAUPTKULTUR



scheidend haben sich dabei die Niederschläge im Frühjahr herausgestellt. Bei winterharten Zwischenfrüchten ist dieses Bild nicht so eindeutig, da im Frühjahr zusätzliches Wasser verbraucht wird.

Resümee des Betriebsleiters

„Für mich waren die 3 Versuchsjahre sehr spannend; die winterharte Zwischenfrucht vor Körnermais und Sojabohne werde ich weiterführen, mit dem Einsatz der Fräse bekomme ich den möglichen Durchwuchs der Zwischenfrucht bei Körnermais und Sojabohne in den Griff. Bei Gelingen der Untersaat im Körnermais wäre es vom Vorteil, im Herbst nach der Maisernte keine Bodenbearbeitung durchzuführen und erst im Frühjahr vor dem Anbau der Ackerbohne die Bodenbearbeitung für die Saat vorzunehmen.“

Kernbotschaften aus den drei Versuchsjahren

- Sowohl die Kombination von winterharten Zwischenfrüchten plus Begrünungsumbruch mit der Fräse als auch abfrierenden Zwischenfrüchten plus Begrünungsumbruch mit dem Leichtgrubber sind geeignete Kombinationen als Vorfrüchte für Mais.
- Winterharte Zwischenfrüchte verbessern ausgewählte Bodeneigenschaften und senken das Risiko der Stickstoffauswaschung über den Winter.
- Abfrierende Zwischenfrüchte plus Begrünungsumbruch mit dem Grubber zeigen ein höheres Risiko für Nitrat-Stickstoff-Auswaschung über den Winter, erleichtern jedoch die Saat der Folgefrucht, weil sie keine Konkurrenz darstellen.
- Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich der langfristigen Auswirkungen von winterharten versus abfrierende Zwischenfrüchten auf die Bodeneigenschaften und die Hauptkulturen in der Fruchtfolge.

Der Stoppelhobel im Einsatz

Betrieb Karl Ringl

BETRIEBSDATEN

Gemischtbetrieb mit Mutterkuhhaltung und Stiermast

Nördliches Waldviertel, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 2013

478 m Seehöhe, 617 mm Jahresniederschlag, 8,4 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Braunerde mit Podsolierungstendenzen und teilweiser Vergleyung im Unterboden

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: lehmiger Sand (IS)

Nach der Umstellung auf die reduzierte Bodenbearbeitung am Betrieb Karl Ringl wurde der Boden zuerst hauptsächlich mittels Grubber bearbeitet. Dieses System bewährte sich jedoch nicht, da der Umbruch von Feldfutter zu viele Überfahrten notwendig machte. Daher wurde der Stoppelhobel zusätzlich zum Grubber angeschafft und wird nun vorzugsweise eingesetzt. Der Stoppelhobel ist ein Schälplflug, der eine flache Bodenbearbeitung ermöglicht, üblicherweise mit einer Arbeitstiefe von 5–8 cm, versuchsweise bis zu 15 cm. „Der Stoppelhobel ist ein wertvolles Werkzeug für mich. Er schneidet alles ab, wie z. B. Luzerne, Ampfer, Disteln. Für den Anbau von Blattkräutern und anderen Sonderkulturen ist es wichtig, möglichst wenige Disteln und andere Kulturbegleitpflanzen am Feld zu haben“ erklärt Karl Ringl. Als organischer Dünger wird Stallmist ausgebracht, der zusätzlich mit Steinmehl versetzt wird. Bei den Begrünungen setzt Karl Ringl auf vielfältige Mischungen, die er selbst zusammenstellt.

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 7-jährig

Luzerne/Rotklee

Luzerne/Rotklee

Triticale

Dinkel/+ZF

Lupine/Leindotter/Öllein-Gemenge/+ZF

Winterweizen/+ZF

Sommergerste

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.

Weitere Kulturen am Betrieb: Linse, Mohn, Kümmel, Kichererbse, Petersilie, Nackthafer, Einkorn

Der Stoppelhobel

Der Stoppelhobel wird von der deutschen Firma Zobel hergestellt und ist eine Spezialform des Schälpluges. Die Streichbleche sind verkleinert und steil angestellt, wodurch eine sehr flache Schälfurche und eine intensive Durchmischung von Ernterückständen und Erde ermöglicht wird. Der Boden wird mit dem Stoppelhobel ganzflächig unterschritten. Durch das steil angestellte Schar wird der Boden eher abgerissen als geschnitten, was das Risiko Schmierschichten zu bilden reduziert und den Boden offenporig belässt. Für die seichte Bearbeitung und die exakte Tiefenführung hat das Gerät ein hohes Eigengewicht und wurde mit zwei Stützrädern ausgestattet.

Die Firma Zobel beschreibt die Wirkungsweise des Stoppelhobels wie folgt: „Ziel ist die vollkommene Umstimmung der Gare. An der Schar des Stoppelhobels kann der Boden immer ausweichen. Dies fördert eine Krümelung, welche sich durch die Eigentätigkeit des Bodens auch unter die Bearbeitungsgrenze fortsetzt.“ Die Hersteller sehen die Probleme der herkömmlichen Bodenbearbeitung in einer zu tiefen Einarbeitung der organischen Substanz und einer zu tiefen Bereitung des Saatbetts, wobei Teile der Krume zerquetscht und gedrückt werden und die Bodenatmung beeinträchtigt wird.

Vorteile beim Einsatz des Stoppelhobels (nach mehreren Autoren):

- Flache Arbeitsweise und ganzflächiges Unterschneiden des Bodens
- Bodenschonende Bearbeitung (Struktur, Lebewesen)
- Aerobe Umsetzung der organischen Substanz durch ihre Einmischung nur im obersten Bodenhorizont
- Regulierung mehrjähriger Beikräuter
- Gute Flächenleistung dank hoher Arbeitsgeschwindigkeit bei geringem Energieeinsatz

Herausforderungen beim Einsatz des Stoppelhobels (nach mehreren Autoren):

- Bearbeitung (Tiefenführung) von sehr schweren Böden, bei trockenen Bedingungen oder bei hohen Strohmenge
- Für Hanglagen ist der Stoppelhobel nicht geeignet
- Umsetzung der geforderten hohen Arbeitsgeschwindigkeiten



Stoppelhobel (beide Bilder)

Im Praxisfeldversuch wurde untersucht wie sich die beiden Varianten flache Bodenbearbeitung ausschließlich mit dem Stoppelhobel im Vergleich zur tieferen Bearbeitung mit dem Grubber plus Stoppelhobel hinsichtlich Beikrautdruck, Bodeneigenschaften und Ertrag auswirken.

Der Boden am Versuchsstandort neigt zur Verdichtung. Bei der flachen Bearbeitung könnte der Boden zu kompakt und die Nährstoffnachlieferung und die Durchwurzelung beeinträchtigt werden. Im Versuch wird daher eine tiefere mechanische Lockerung mittels Grubber mit dem Stoppelhobel verglichen, bei dem der Dichtlagerung unter der flachen Bearbeitungsgrenze mit einem natürlichen Gareaufbau entgegengewirkt werden soll.

VERSUCHSDATEN

Zeitraum	2016–2018	
Variante	A	B
	Stoppelhobel flach und wendend	Grubber und Stoppelhobel tief und nicht-wendend/wendend
Kultur 2017	Winterdinkel (170 kg/ha)	
Zwischenfrucht	Ölrettich, Senf, Erbse, Kichererbse, Buchweizen, Leindotter, Ackerbohne, Phacelia (52 kg/ha)	
Kultur 2018	Lupine/Leindotter/Öllein-Gemenge (148 kg/ha)	
Zwischenfrucht	Raps, Senf (15 kg/ha)	
Bodenbearbeitung		
Aug 16	Stoppelhobel 5 cm	Grubber 15 cm
Sept 16	Stoppelhobel 8–10 cm	Grubber 25 cm
Sept 16	Stoppelhobel 10–15 cm	Stoppelhobel 15–17 cm
Aug 17	Stoppelhobel 5 cm	Grubber 15 cm
Aug 17	Stoppelhobel 8–10 cm	Grubber 25 cm

Ausgewählte Ergebnisse

BODEN

Charakterisierung Versuchsschlag: neutral, humos (0–25 cm Bodentiefe) bis schwach humos (25–50 cm), Phosphor-Gehalt ausreichend (Klasse C), Kalium-Gehalt hoch (Klasse D). Das C/N-Verhältnis ist mit 10,5 typisch für einen produktiven Ackerboden (0–25 cm).

Bei der Trockendichte und beim N_{min}-Gehalt im Boden wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten in allen Tiefenstufen festgestellt.

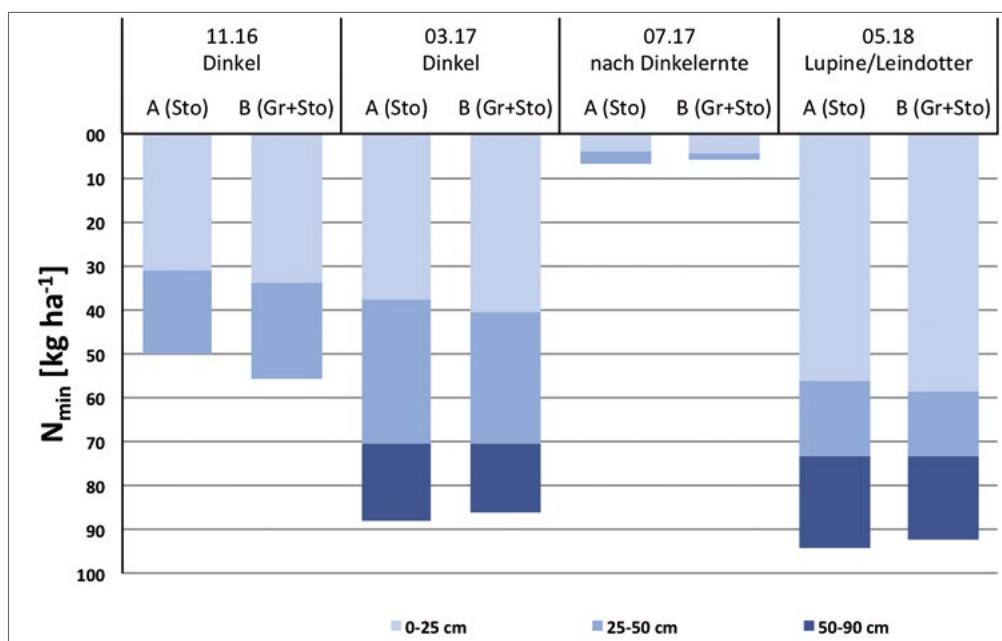
Beide Versuchsvarianten zeigten sehr ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Bodenstruktur und der Durchwurzelung. Der Grubber wies dagegen leichte Vorteile bei der Versickerung und dem Eindringwiderstand auf.

ERTRAG

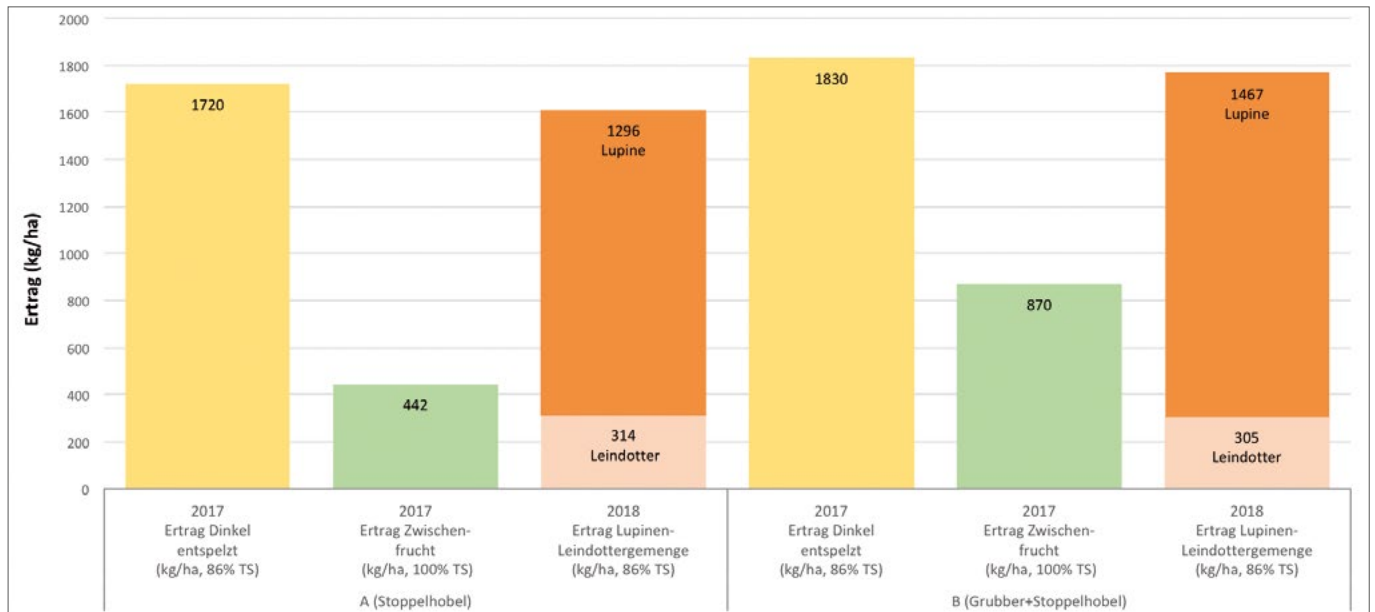
Die Dinkel-Erträge waren durchschnittlich, in der Variante B (Grubber plus Stoppelhobel) tendenziell höher, aber nicht statistisch nachweisbar unterschiedlich zur Stoppelhobelvariante A. Auch die Ergebnisse anderer Versuche zeigten beim Vergleich von flacher und tiefer Bodenlockerung zwischen Stoppelhobel und Pflug keine Ertragsunterschiede.

Beim Zwischenfruchtgemenge war der Ertrag in Variante B doppelt so hoch wie in Variante A. Die besten Bodendecker im Gemenge waren Senf, gefolgt von Leindotter und Phacelia. Der Grund für diesen deutlichen Mehrertrag war höchstwahrscheinlich die Bodenbearbeitung im Sommer. Der im Versuch verwendete Grubber hatte eine Nachlaufwalze, die den Boden gut rückverfestigte und deshalb für bessere Auflaufbedingungen der Begrünungspflanzen

GEHALT AN PFLANZENVERFÜGBAREM MINERALISCHEN STICKSTOFF IM BODEN (N_{min}) IN DREI TIEFENSTUFEN



ERTRÄGE DER HAUPTKULTUREN UND ZWISCHENFRUCHT



sorgte. Die Ernte des Lupine-Leindotter-Öllein Gemenges zeigte einen Ertragsvorteil in Variante B (Grubber plus Stoppelhobel) bei Lupine. Leindotter zeigte keine Unterschiede und der Öllein konnte sich im Gemenge in beiden Varianten nicht ausreichend entwickeln.

Sowohl im Dinkel- als auch im Lupine-Leindotter-Bestand wurden keine Unterschiede hinsichtlich der Beikrautentwicklung zwischen den Varianten festgestellt. In süddeutschen Versuchen wurden ebenfalls keine Unterschiede bei einjährigen Unkräutern und auch bei Wurzelunkräutern, im speziellen Ackerkratzdistel, zwischen Stoppelhobel und Grubber festgestellt.



Dinkel Versuchsfeld (19.4.2017)



Lupine-Leindotter-Öllein-Gemenge (Anfang Juli 2018)

Resümee des Betriebsleiters

Der Stoppelhobel schneidet und wendet flach und hat den Vorteil, wenig zu verschmieren. Sein einziger Nachteil ist die im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber geringere Schlagkraft und die spätere Bestellbarkeit staunasser Flächen im Frühjahr. Bisher sind Karl Ringl keine Unterschiede im Pflanzenbestand zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten aufgefallen. „Ich beabsichtige das noch einige Jahre zu beobachten. Der Versuchszeitraum war dafür noch zu kurz. Nach mehreren Jahren wird sich mehr zeigen.“

Kernbotschaften aus den zwei Versuchsjahren

- Die flache Bearbeitung mit dem Stoppelhobel führt zu ähnlichen Ergebnissen bei den Bodeneigenschaften wie die tiefe Lockerung mit dem Grubber.
- Die Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel zeigte nahezu keine Unterschiede im Vergleich mit dem Grubber auf die Erträge der Hauptkulturen Dinkel und Lupine-Leindotter.
- Ergebnisse verschiedener Versuche deuten darauf hin, dass die Beikrautregulierung einjähriger Unkräuter als auch von Wurzelunkräutern mit dem Stoppelhobel ebenso durchgeführt werden kann, wie mit Pflug oder Grubber.
- Mit dem Stoppelhobel kann mit weniger Energieaufwand die gleiche Wirkung erzielt werden wie mit dem Grubber.
- Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich der langfristigen Auswirkungen des Stoppelhobels auf die Bodeneigenschaften, die Beikrautentwicklung und die Hauptkulturen in der Fruchtfolge.

Begrünungen und eine zusätzliche Bodenlockerung gegen Verdichtungen

Betrieb: Helga Bernold

BETRIEBSDATEN

Gemischtbetrieb biologisch-dynamisch – Ackerbau und Fleischrinderzucht

Nördliches Weinviertel, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 2000

211 m Seehöhe, 539 mm Jahresniederschlag,
10 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Schwarzerde

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: lehmiger Ton (LT)

Die Betriebsleiterin Helga Bernold bewirtschaftet ihren biodynamisch geführten Gemischtbetrieb seit etwa 20 Jahren mit einem nicht-wendenden Bodenbearbeitungssystem (Gänsefußschargrubber, mittlere Bearbeitungstiefe 5–10 cm; Fräse 2–5 cm). Seit 2013 setzt die Betriebsleiterin verstärkt Gründüngungen ein. Meist werden Untersaaten eingesät und nach der Ernte der Hauptfrucht zusätzlich eine Zwischenfrucht mit einer Zinkensämaschine direkt in die bestehende Untersaat ohne vorhergehende Bodenbearbeitung gesät (doppelte Begrünung). Bei den Begrünungen wird viel ausprobiert, als Untersaaten kommen Gräser (Deutsches Weidelgras) im Gemenge mit Kreuzblütlern (Perko, Öllein und Leindotter) zum Einsatz, die danach direkt eingesäten Zwischenfrüchte sind vorzugsweise großkörnige Leguminosen (Bohne, Platterbse, Wicke). Laut Betriebsleiterin sind dadurch die Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung im darauffolgenden Frühjahr einfacher, als beim Bestehen lassen der Untersaat.

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 10-jährig

Luzerne

Luzerne

Winterweizen/+US+ZF

Ölkürbis

Winterweizen/+US+ZF

Ölkürbis

Dinkel/+ZF

Sonnenblume

Körnerhirse

Roggen

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.



Zinkensämaschine

Nach mehrjährigem Verzicht auf tieferes Lockern stellte die Betriebsleiterin eine Dichtlagerung des Bodens unter der Bearbeitungsschicht fest, was ihrer Meinung nach zu einer Luftarmut im Boden, einer langsameren Erwärmung, geringerer Durchwurzelbarkeit und verzögerter Stickstoffnachlieferung im Frühjahr führt. Um die Dichtlagerung zu reduzieren, werden seit 3 Jahren an der Sämaschine vor den Säscharen Lockerungszinken eingesetzt, welche den Boden tiefer lockern (bis maximal 20 cm unter dem Saathorizont des Bodens). Aufgrund dessen erfolgt die Lockerung zum Zeitpunkt der Saat. Die Zinken sind im Abstand von 60 cm montiert, haben eine Breite von ca. 3 cm und erzeugen durch ihre keilförmige Form einen Aufbruch im Boden. Durch diese Lockerung soll mehr Luft in den Boden kommen und die Wurzeln besser in den unterliegenden Horizont vordringen können. Im Versuch soll herausgefunden werden, ob den Nachteilen einer konservierenden Bodenbearbeitung mit einer zusätzlichen, schonenden Lockerung plus Anbau einer Untersaat zur Stabilisierung gegengewirkt werden kann und ob sich diese Maßnahmen positiv auf den Ertrag auswirken.



Einstellen der Lockerungszinken

Ausgewählte Ergebnisse

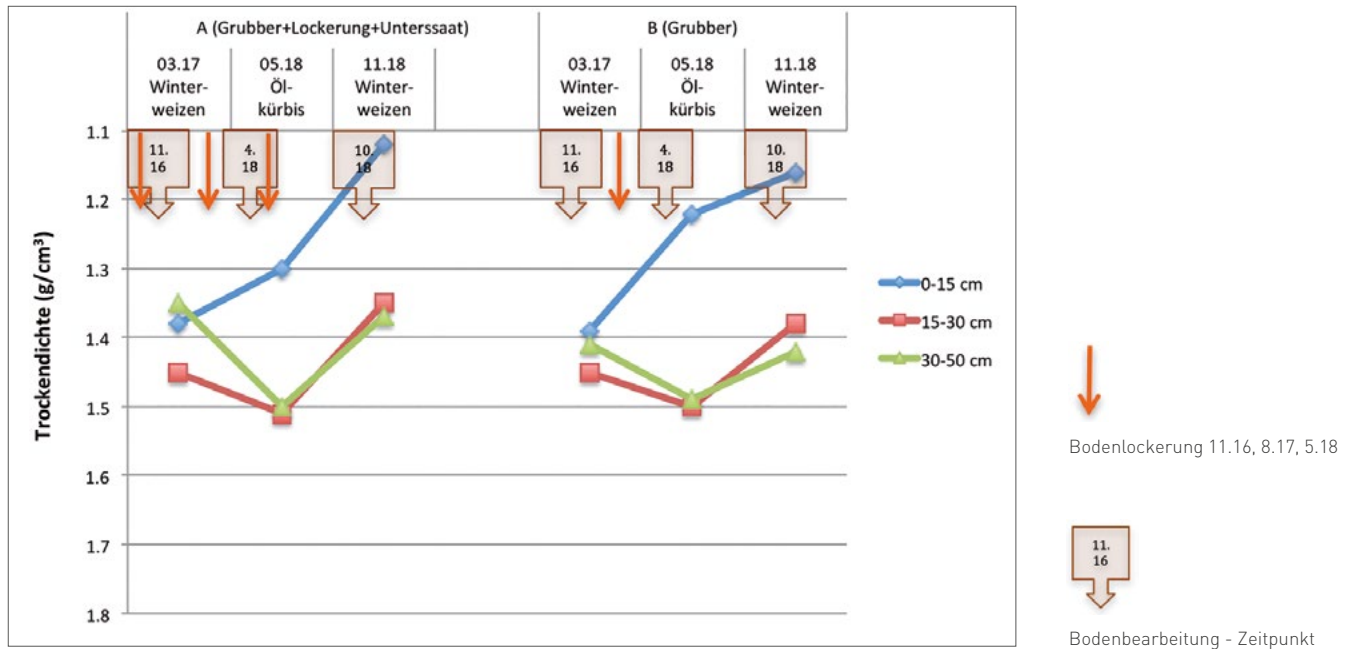
BODEN

Charakterisierung Versuchsschlag: neutral, stark humos (0–30 cm) bis mittel humos (30–50 cm), Phosphor-Gehalt ausreichend (Gehaltsklasse C), Kalium-Gehalt sehr hoch (Gehaltsklasse E; 0–15 cm).

VERSUCHSDATEN

Zeitraum	2016–2018	
Variante	A	B
	Grubber, Lockerung, Untersaat	Grubber
Kultur	Winterweizen (130 kg/ha) (2017) Ölkürbis (1,4 Pfl. /m ²) (2018)	
Untersaat	ja	nein
Mischungspartner Untersaat	M2 (5,4 kg Deutsches Weidelgras, 0,6 kg Weißklee)	
Saatstärke US	6 kg/ha	
Zwischenfrucht	ja	
Mischungspartner der ZF-Begrünung	TerraLife – AquaPro Rauhafer, Phacelia, Buchweizen, Öllein, Sonnenblume, Sorghum, Ramtilkraut, Saflor	
Saatzeitpunkt ZF	4. August 2017	
Saatstärke ZF	25–30 kg/ha	
Bodenbearbeitung		
Nov 16	Grubber 5–10 cm, Lockerung (15 cm)	Grubber 5–10 cm
Aug 17	Grubber 10–12 cm, Lockerung (15 cm)	Grubber 10–12 cm, Lockerung (15 cm)
April 18	Fräse (2–5 cm)	Fräse (2–5 cm)
Mai 18	Lockerung (20 cm)	

PROFILDARSTELLUNG DES VERLAUFS DER TROCKENDICHTE IN DREI TIEFENSTUFEN

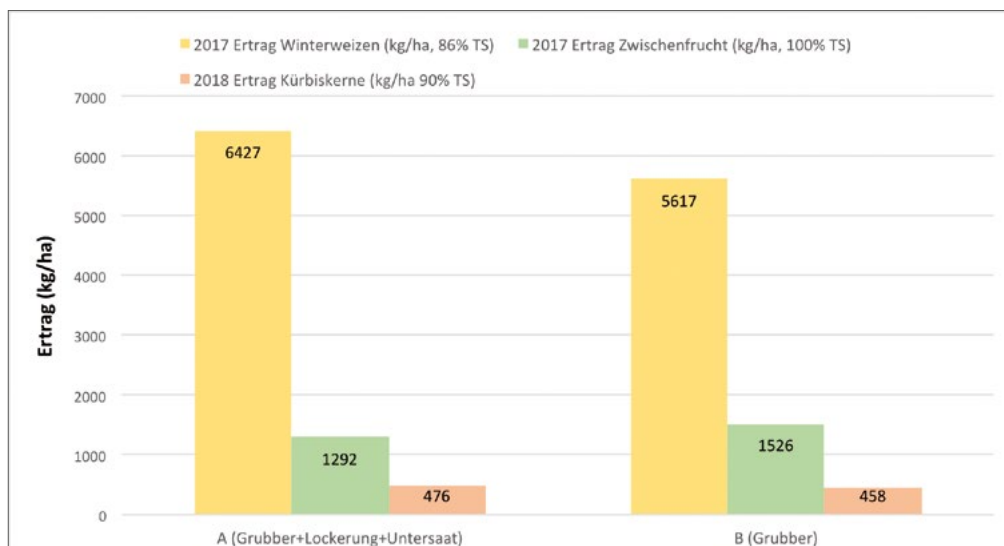


Die Trockendichte im Boden unter der gelockerten Variante A war zum ersten und zum letzten Termin in allen Tiefenstufen lediglich ein wenig geringer als in der Variante B, dies zeigt also nur eine Tendenz an. Durch eine Lockerungsmaßnahme im Boden kann die Trockendichte sinken und die Porosität des Bodens verbessert werden. Berücksichtigt man den Tongehalt im Boden, so kann aus der Trockendichte die effektive Lagerungsdichte ermittelt werden. Die dabei in einer Tiefe von 15–30 cm mit 1,83 g/cm³ (Mittelwert beider Varianten) ermittelte effektive Lagerungsdichte zu Versuchsbeginn ist als hoch einzustufen, und ist anscheinend aufgrund der reduzierten Bodenbearbeitung und des mehrjährigen Verzichts auf tiefes Lockern unter der Bearbeitungsschicht entstanden.

ERTRÄGE

Der Winterweizen-Ertrag im Jahr 2017 war in der Variante A mit Lockerung tendenziell etwas höher als in der nicht gelockerten Variante B, in beiden Varianten konnte ein für den biologischen Anbau vergleichsweise hoher Winterweizen-Ertrag erzielt werden. Die in Variante A angesäte Untersaat in den Winterweizenbestand bestand hauptsächlich aus Deutschem Weidelgras, der Weißklee konnte sich nicht entwickeln. Da auch in der Variante B das Deutsche Weidelgras die dominierende Pflanzenart im Zwischenfrucht-Gemenge nach Umbruch des Winterweizens war, ist anzunehmen, dass das Gras aus der Untersaat im Vorjahr entstammt. Insofern hatte die Untersaat in Winterweizen in der Variante A kaum Auswirkungen auf etwaige Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten.

ERTRÄGE DER HAUPTKULTUREN UND ZWISCHENFRUCHT



Noch einmal Lockerung

Betrieb Hans Dornmayr

BETRIEBSDATEN

Marktfruchtbetrieb plus Veredelung

Mostviertel, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 2008

272 m Seehöhe, 818 mm Jahresniederschlag,
10,3 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Braunerde

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: lehmiger Schluff (LU)

Als Fazit aus dem ersten Untersuchungsjahr ist anzumerken, dass die Lockerung tendenziell Vorteile hinsichtlich Bodeneigenschaften und Weizenertrag bewirkt hat. Um diesen Effekt länger aufrechterhalten zu können, wurde eine neuerliche Lockerung vor dem Anbau des Ölkürbis im Frühjahr 2018 durchgeführt, die jedoch keine positiven Effekte bewirkte. Anscheinend war die Lockerung nicht beständig und/oder intensiv genug, um eine ausreichende Wirkung auf die Bodeneigenschaften und den Kürbis-Ertrag zu haben.

Eine Bodenlockerung mit Lockerungszinken bricht den Boden zwar nur wenig auf, dennoch wird das Porenvolumen vergrößert, Verdichtungsschichten werden unterfahren und angehoben und eine verbesserte Wasserführung im Boden bewirkt. Dadurch entstehen auch in nicht bearbeiteten Bodenzonen zahlreiche Aufbrüche, die eine intensive Durchwurzelung des Bodens fördern. Insbesondere auf schweren Böden bewirken Lockerungsschlitz tiefe Schrumpfrisse, die in über 1 m Tiefe reichen können. Nachhaltig ist eine Lockerung nur dann, wenn bei ausreichend abgetrocknetem Boden gearbeitet wird und der gelockerte Boden rasch und dicht durchwurzelt wird.

Resümee der Betriebsleiterin

„Aufgrund der Trockenheit konnten leider keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Positiv aufgefallen ist, dass der Aufgang auch bei Trockenheit aufgrund des Lockerungszinken, der feuchte Erde nach oben bringt, vergleichbar besser ist. Der Versuchszeitraum war einfach zu kurz und der Witterungseinfluss der stärkste und am meisten begrenzende Faktor. Der Erfolg liegt im Detail, das es zu erkennen gilt.“

Kernbotschaften aus den zwei Versuchsjahren

- Die Lockerung des Bodens hat sich auf ausgewählte Bodeneigenschaften und tendenziell auch auf den Weizen-Kornertrag positiv ausgewirkt, war jedoch nach der Ernte der ersten folgenden Kultur Winterweizen nicht mehr beständig.
- Sowohl mit als auch ohne Lockerung konnte ein hoher Winterweizenertrag sowie ein durchschnittlicher Kürbisertrag erreicht werden.
- Eine weitere Lockerung in der Fruchtfolge war nicht beständig oder intensiv genug, sie zeigte keine Auswirkungen auf die folgende Hauptfrucht Kürbis und die Bodeneigenschaften.
- Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich verschiedener technischer Lockerungsmethoden sowie deren Stabilisierung durch intensiv wurzelnde Zwischenfrüchte.

Der Betrieb von Hans Dornmayr war einer der ersten Bioetriebe der Region, hat einen eigenen Hofladen und vermarktet unter anderem vielfach prämiertes Brot. Hans Dornmayr berichtet, dass er nach der Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise das Bodenbearbeitungssystem zuerst kaum geändert hat und in Abständen weiterhin der Pflug eingesetzt wurde. Seit 2008 kommt ein selbstgebaute Grubber mit wechselbaren Scharen zum Einsatz, welcher nach dem Vorbild des Bodenbearbeitungssystems EcoDyn der Firma Wenz konstruiert wurde. Bis 2013 erfolgte die Bodenbearbeitung sehr flach, es wurde lediglich auf Saattiefe gearbeitet, was jedoch zur Folge hatte, dass in den tieferen Bodenschichten Verdichtungen und weniger Bodenleben festzustellen war. Seither wird mit selbst konstruierten Schmalscharen mit einer Breite von 1 bis 5 cm nach Bedarf eine Lockerung in 15–18 cm Tiefe durchgeführt.

Hans Dornmayr setzt in seinem Marktfruchtbetrieb bereits seit den 1990er Jahren auf den Einsatz von artenreichen Zwischenfrüchten und Untersaaten, um Boden und Bodenleben zu verbessern und Humus aufzubauen.

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 5-jährig

Ackerbohne

Winterweizen/+ZF

Körnermais-(US)/+ZF

Leindotter

Dinkel/Roggen/Hanf

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.

Weitere Kulturen: Buchweizen, Sojabohne, Kartoffel, Gemüse (Kleinflächen)



Lockerungsschare am Grubber



Lockerungsschare (links: 5 cm breit, Lockerung April 2018, rechts: 2 cm breit, Lockerung Mai 2017)

Der Boden ist nach mehrjähriger Minimalbodenbearbeitung unter dem Bearbeitungshorizont dichtgelagert. Aus diesem Grund ist der Betrieb wieder dazu übergegangen, fruchtfolgespezifisch eine tiefere Lockerung durchzuführen. Die Frage ist, wie oft und zu welchem Zeitpunkt gelockert werden soll. Im Versuch möchte der Betriebsleiter die Auswirkungen einer bodenschonenden, tieferen Bodenlockerung auf die Bodeneigenschaften und die Kulturpflanzen überprüfen, um die Nährstoffverfügbarkeit zu erhöhen und das Wurzelwachstum der Kulturen zu verbessern.

Ausgewählte Ergebnisse

BODEN

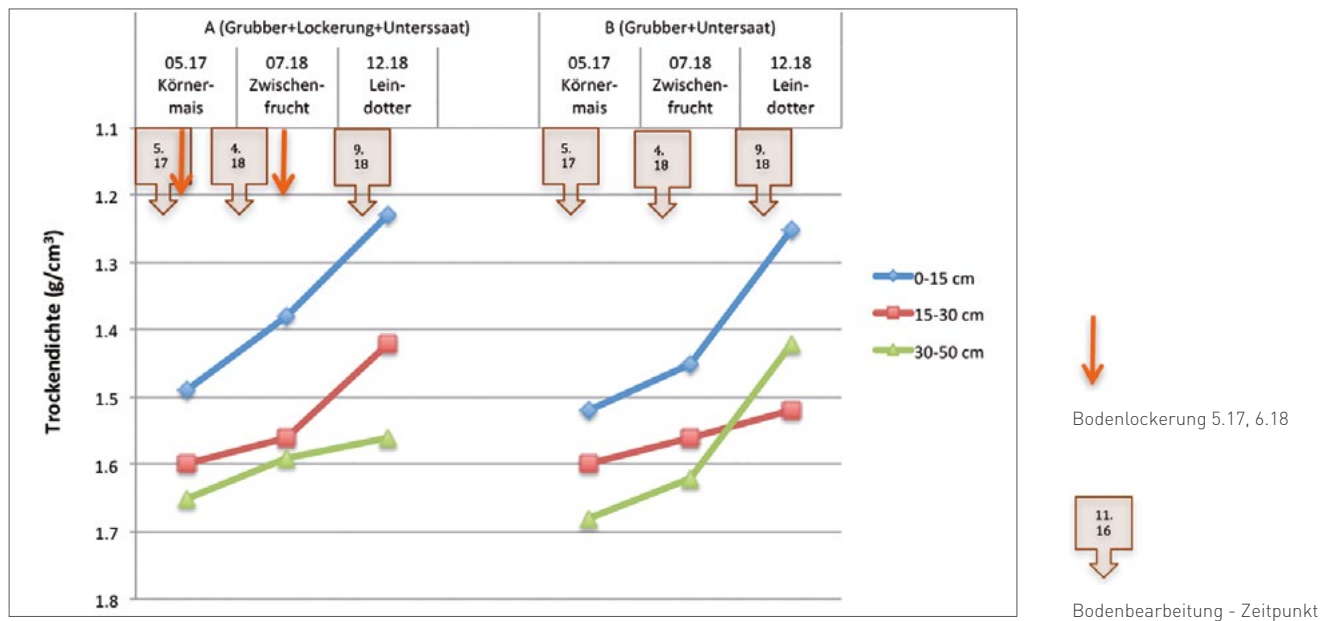
Charakterisierung Versuchsschlag: schwach sauer bis neutral, humos (0–15 cm) bis schwach humos (15–50 cm), Phosphor-Gehalt ausreichend (Gehaltsklasse C; 0–15 cm), Kalium-Gehalt ausreichend (Gehaltsklasse C; 0–15 cm).

Die Bodenerhebungen am Versuchsstandort zeigten ein unterschiedliches Bild: einerseits war die Bodenstruktur im gesamten Bodenprofil porös, locker und krümelig, andererseits war die Trockendichte bereits in 0–15 cm sehr hoch. In einer Tiefe von 15–30 und 30–50 cm wurde zu Versuchsbeginn eine effektive Lagerungsdichte von 1,80 g/cm³ bzw. 1,88 g/cm³ (Mittelwerte beider Varianten) berechnet,

VERSUCHSDATEN

Zeitraum	2017-2018	
Variante	A	B
	Grubber, Lockerung, Untersaat	Grubber, Untersaat
Kultur	Mais (9 Körner/m ²), 2017 Leindotter (10 kg/ha), 2018	
Untersaat	ja	
Mischungspartner Untersaat	Gelbklee 2 kg, Grünschnittroggen 50 kg, Hornklee 2 kg, Inkarnatklee 3 kg, Leindotter 0,4 kg, Phacelia 0,5 kg	
Saatstärke US	58 kg/ha	
Zwischenfrucht	ja	
Mischungspartner der ZF-Begrünung	Grünschnittroggen 27 kg, Winterwicke 11 kg, Winterrüben 8 kg, Inkarnatklee 2 kg	
Saatzeitpunkt ZF	14. Oktober 2017	
Saatstärke ZF	48 kg/ha	
Bodenbearbeitung		
Mai 17	Grubber (5 cm)	Grubber (5 cm)
Mai 17	Lockerung (15 cm tief, 2 cm breit)	
Mai 17	Federzinkenegge (6 cm)	Federzinkenegge (6 cm)
Mai 17	Kreiseln (7 cm)	Kreiseln (7 cm)
Juni 17	2 x Hacken	2 x Hacken
Okt 17	Grubber (9 cm)	Grubber (9 cm)
April 18	Flachgrubber (4–6 cm)	Flachgrubber (4–6 cm)
Juni 18	Lockerung (18 cm tief, 5 cm breit)	
Sept 18	Grubber (4 cm)	Grubber (4 cm)

PROFILDARSTELLUNG DES VERLAUFS DER TROCKENDICHTE IN DREI TIEFENSTUFEN



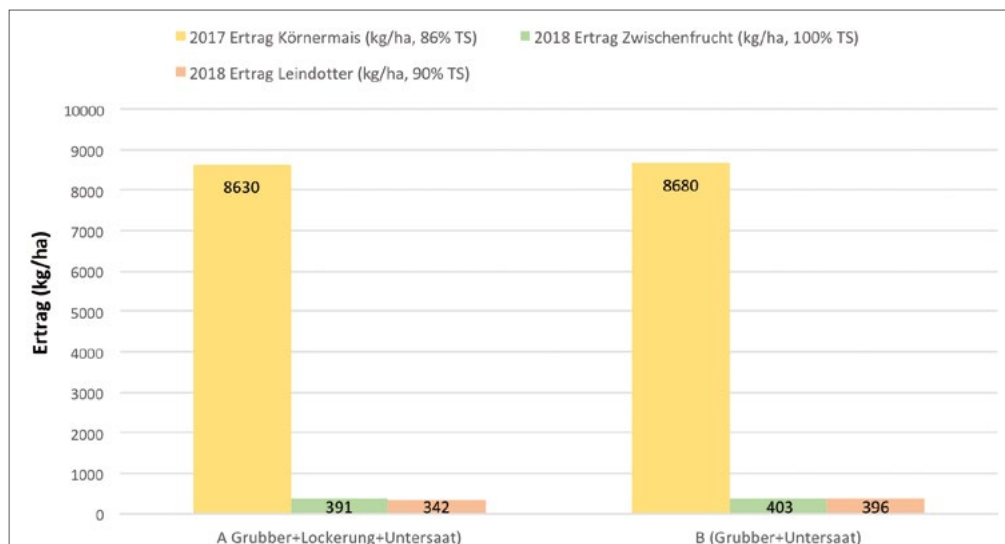
die als hoch einzustufen ist. Der Eindringwiderstand stieg mit zunehmender Bodentiefe deutlich an, die Durchwurzelung war in den ersten 10 cm stark und fiel dann abrupt auf eine schwache Durchwurzelung zurück. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Boden zu dicht gelagert ist und eine Lockerung sinnvoll wäre.

Die Lockerung wurde in der Variante A im Mai 2017 bis zu einer Tiefe von 15 cm, im Juni 2018 bis zu einer Tiefe von 18 cm durchgeführt. Die tiefere Bearbeitung wirkte sich aber nur sehr geringfügig aus, mit einer etwas geringeren Trockendichte und einem etwas geringeren Eindringwiderstand in der obersten Bodenschicht in der gelockerten Variante A im Vergleich zur Variante B.

ERTRÄGE

Die Erträge waren für alle Haupt- und Zwischenfrüchte sehr ähnlich und unterschieden sich nicht zwischen den Varianten. Der Körnermaisertrag war im mittleren bis guten Bereich, was dafür spricht, dass der Mais mit diesen Bodenbedingungen gut zurechtkommt und die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden ausreichend war. Eine tiefe Lockerung könnte für Kulturen, die im zeitigen Frühjahr schon mehr Stickstoff für ihre Entwicklung brauchen (vgl. Winterweizen, Praxisversuch Helga Bernold) bedeutender sein. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Lockerung für einen sichtbaren Einfluss auf die Bodeneigenschaften und den Pflanzenertrag intensiver und tiefer erfolgen müsste.

ERTRÄGE DER HAUPTKULTUREN UND ZWISCHENFRUCHT



RESÜMEE DES BETRIEBSLEITERS

Die Form der Lockerungsschare muss noch verbessert werden.

Kernbotschaften aus den zwei Versuchsjahren

- Die Lockerung im ersten Versuchsjahr wirkte sich nur geringfügig auf ausgewählte Bodeneigenschaften und überhaupt nicht auf den Mais-Ertrag aus, da sie anscheinend zu wenig intensiv und zu wenig tief erfolgte.
- Die Bodenbedingungen waren mit und ohne Lockerung für einen durchschnittlichen Mais-Ertrag ausreichend.
- Die adaptierte, intensivere und tiefergehende Lockerung im zweiten Versuchsjahr zeigte ebenfalls keinen ausreichenden Effekt auf die Bodeneigenschaften und den Ertrag der folgenden Hauptkultur Leindotter.
- Am Versuchsstandort wäre eine Tiefenlockerung bei trockenen Bedingungen sinnvoll, welche die dichte Schicht in einer Tiefe von 30 cm unterfährt, da bei 30 cm eine hohe Trockendichte festgestellt wurde. Gleichzeitig sollte eine tiefwurzelnde Zwischenfrucht oder Luzerne angebaut werden, um die Lockerung biologisch zu stabilisieren.
- Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich einer optimalen Lockerung und einer Stabilisierung dieser durch tiefwurzelnde Zwischenfrüchte.

Dammkultursystem nach Turiel-Major

Betrieb: Josef Kühböck

BETRIEBSDATEN

Gemischtbetrieb mit Mutterkuhhaltung

Waldviertel, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 2002

572 m Seehöhe, 699 mm Jahresniederschlag,
7,9 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Pseudogley

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: sandiger Lehm (sL)

Josef Kühböck begann im Jahr 2000 ausgewählte Flächen pfluglos zu bewirtschaften. Das Credo bei der Bodenbearbeitung lautet seitdem „seicht wendend, tief lockernd“. Bisher wurde am Betrieb eine Festbodenwirtschaft betrieben, die mit einem Flachgrubber (Eco-Dyn) und einer Fräse umgesetzt wurde. Ergänzt wurde die Bearbeitung durch eine regelmäßige möglichst schonende Tiefenlockerung bis 20 cm mit einem Grubber. Bis auf die Kartoffel wurden alle Kulturen auf einem flachen und festen Ackerboden kultiviert. Der Kartoffelanbau erfolgte in diesem System herkömmlich mit Dämmen. Die Bodenbearbeitung, die Dammformung und die Pflegemaßnahmen und die dafür eingesetzten Geräte unterscheiden sich jedoch grundsätzlich zum Dammkultursystem nach Turiel-Major.

Josef Kühböck verwendete in seinem Gemischtbetrieb mit Mutterkühen bis zur Umstellung auf das Dammkultursystem im Jahr 2016 Untersaaten, da der Zeitraum für eine Stoppelsaat von Zwischenfrüchten in seiner Region oft zu kurz ist. Seit 2015 setzt der Betriebsleiter auf ein niedrigwüchsiges Klee gras, sodass nach der Ernte jeder Kultur eine Wiese am Acker steht. Die Umstellung auf das Dammkultursystem hat auch eine Umstellung der Begrünungen nach sich gezogen. Anstelle der Untersaaten werden jetzt Zwischenfrüchte eingesetzt, die doppelt gesät werden. Die erste Saat erfolgt nach der Getreideernte, die zweite Saat bevor die Zwischenfrucht in die generative Phase kommt. Zudem achtet der Betriebsleiter darauf, dass die Zwischenfrüchte winterhart sind, denn ihm zufolge werden dadurch die Bodenorganismen besser mit Nährstoffen versorgt. Darüber hinaus beobachtete der Betriebsleiter eine stärkere Wirkung auf die Verbesserung der Bodenstruktur bei Klee gras als bei reinem Klee. Den Vorteil im doppelten Zwischenfruchtanbau sieht Josef Kühböck darin, dass sich die Bodenstruktur viel besser und schneller aufbaut, die Qualität und Erträge der Kulturpflanzen werden höher. Laut Josef Kühböck investiert die Pflanze in der vegetativen Phase in die Wurzeln und durch die Wurzelexsudate wird die Krümelstruktur im Boden verbessert. In der generativen Phase gehen diese Investitionen weg von der Wurzel in die generativen Teile.

Das vorrangige Ziel des Betriebsleiters ist es, das Bodenleben und die Bodenbiologie zu stärken. Die Bodenbearbeitung wird dementsprechend optimiert. Seit der Umstellung auf das Dammsystem gelten noch dieselben Prinzipien, jedoch die Technik hat sich geändert und ist präziser geworden, sodass nun auch schwerer zu betreuende Kulturen angebaut werden können, wie z. B. Mais oder Kümmel. Als Herausforderung bei der reduzierten Bodenbearbeitung sieht Josef Kühböck die Kunst einen Kulturwechsel ohne Unkräuter zu schaffen. Wobei die Frage, ob das Dammsystem nach Turiel-Major als reduziertes oder intensives Bodenbearbeitungsverfahren gilt, bisher nicht eindeutig geklärt werden konnte.

Der Mist aus der Rinderhaltung wird meist auf die Gründüngung relativ frisch, also wenig verrottet, ausgebracht und nicht eingearbeitet, sondern an der Bodenoberfläche belassen.

Dammkultursystem nach Turiel-Major Stoppelhobel

Das Dammkultursystem nach Turiel-Major ist ein traditionelles Verfahren der Bodenbearbeitung, das der Maschinenbauer Julian Turiel-Major in Spanien erlernt und an die mitteleuropäischen Bedingungen angepasst hat. Das System beruht auf einer tief lockernden und flach mischenden Bodenbearbeitung, in der alle Hauptkulturen und auch die Begrünungen auf Dämmen kultiviert werden. Die Breite der Dämme ist je nach Kultur unterschiedlich, am Betrieb Kühböck werden Dammbreiten von 50 cm für Getreide und 75 cm für Kartoffeln umgesetzt. Die Bearbeitung erfolgt von der Grundbodenbearbeitung bis zum Säen und der Pflege der Kulturen mit einem Gerät, welches aus einem Multifunktionsrahmen besteht, in den je nach Maßnahme unterschiedliche Werkzeuge eingehängt werden.

Beim Dammkultursystem nach Turiel-Major wird zu Beginn der Boden mit schmalen Scharen angehoben und tief gelockert ohne dabei die Schichten zu mischen. Danach werden lockere Dämme geformt. Die Bearbeitung erfolgt immer mit bodenschonenden Werkzeugen und lockerer Erde ohne Rückverfestigung des Bodens. Dabei sollen aerobe Prozesse erzeugt, die Bakterienentwicklung gefördert und dadurch eine natürliche Bodengare aufgebaut werden.

Das Häufelpflug-Dammkulturgerät besteht aus einem Dammkronenräumer, Säscharen, die das Saatgut genau in die Mitte des Damms ablegen und verschiedene Lockerungszinken mit Häufelkörpern, die nach der Saat wieder den Damm formen. Eine Kettenschleppung befördert grobe Brocken in die Dammsohle. Eine Besonderheit des Systems sind die runden Scharspitzen, die ein Abfließen des Bodens



Dammkulturengerät als Häufelpflug



Dammkulturengerät als Hakenpflug Betrieb Kühböck

ohne Verschmierungen ermöglichen (Landwirtschaftskammer Österreich).

Vorteile der Turiel-Dammkultursystems:

nach mehreren Autoren;

siehe auch <https://www.dammkultur.info/>

- Ausreichende Luft bei Nässe: bessere Bodenatmung (bessere Humifizierung), besserer Gasaustausch
- Höhere Wasserspeicherung – Wassersparen bei Trockenheit (unproduktive Verdunstung durch kapillaren Aufstieg wird verringert);
- tiefe Wurzelentwicklung der Kulturpflanzen
- Bessere Bodenstruktur – reduzierte Bodenerosion
- beschleunigte Nährstoffumsetzung (mehr UV-Strahlung, Gasaustausch, bessere hydrologische Prozesse im Damm)
- Schnellere Keimung bzw. frühere Pflanzung möglich (raschere Bodenerwärmung und Mineralisation im Frühjahr)
- Exakte Hackarbeit (Hackgeräte führen sich selbst durch die gelockerten Kanäle im Boden, die bei der vorangegangenen Bearbeitung mit den Schmalscharen gezogen wurden)

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 6-jährig

Rotklee gras

Roggen/Triticale/+ZF

Erbse/+ZF

Kartoffel

Dinkel/+ZF

Mais

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.

Weitere Fruchtfolgen und Kulturen: Klee gras - Klee gras - Dinkel + US - Hafer + US - Kartoffeln - Roggen, Mohn.

Der Betrieb Kühböck bewirtschaftet Böden mit hohem Feinerdeanteil, welche zu Staunässe und Verschlammung neigen. Durch den hohen Wassergehalt und die verschlammte Oberfläche verringert sich der Luftaustausch zwischen Boden und Atmosphäre und es entsteht ein Sauerstoffmangel im Boden. Bei feuchten Bedingungen und sensiblen Kulturen wie Mohn wird weiterhin auf den Pflug zurückgegriffen. Darüber hinaus können bei feuchten Bedingungen keine Untersaaten in Getreide erfolgreich etabliert werden. Im Versuch wird getestet, ob die Dammkultur nach Turiel eine sinnvolle Alternative für den Betrieb darstellt. Durch die Form der Dämme soll der Gasaustausch verbessert und die Bodenfruchtbarkeit aufgebaut werden. Darüber hinaus sollen durch die Dammkultur das Wasserspeichervermögen, die Wurzelleistung und der Erosionsschutz verbessert werden. Außerdem bieten die Dammsenken Platz für Untersaaten ohne Konkurrenz zu den Hauptkulturen. Für den Versuch wurde das Dammkultur-Häufelgerät für die Variante A als Hakenpflug bestückt und für die Grundbodenbearbeitung auch beim Flachenbau eingesetzt.

VERSUCHSDATEN

Zeitraum	2017-2018	
Variante	A	B
	Klassische Anbauweise (Kartoffel Damm 75 cm; gefräste, angedrückte Dämme, Dinkel Flachenbau)	Dammkultur nach Turiel (Kartoffel 75 cm, Dinkel 50 cm; geschüttete, nicht angedrückte Dämme)
Kultur	Kartoffel (4,5 Knollen/m ²), 2017 Dinkel (120 kg/ha), 2018	
Bodenbearbeitung		
Aug. 2016		Dammaufbau 75 cm plus Saat ZF 1
Sept. 2016		Versetzen Damm plus Saat ZF 2
April 2017		Damm versetzen
Mai 17		Saat Kartoffel
Mai-Juni 17	Dammaufbau plus Saat 75 cm	3 x Häufeln (Dammkulturgerät)
Sept 17	3 x Häufeln (Kartoffelvielfachgerät)	Bodenbearbeitung (20-25 cm)
Sept 17	Bodenbearbeitung (20-25 cm)	Saat (Dammkulturgerät)
April 18	Drillsaat (Ecodyn)	Hacken (Dammkulturgerät)

Ausgewählte Ergebnisse

BODEN

Charakterisierung Versuchsstandort: humos (0-15 cm) bis schwach humos (15-50 cm), Phosphor-Gehalt sehr niedrig (Gehaltsklasse A; 0-50 cm), Kalium-Gehalt niedrig (Gehaltsklasse B; 0-15 cm).

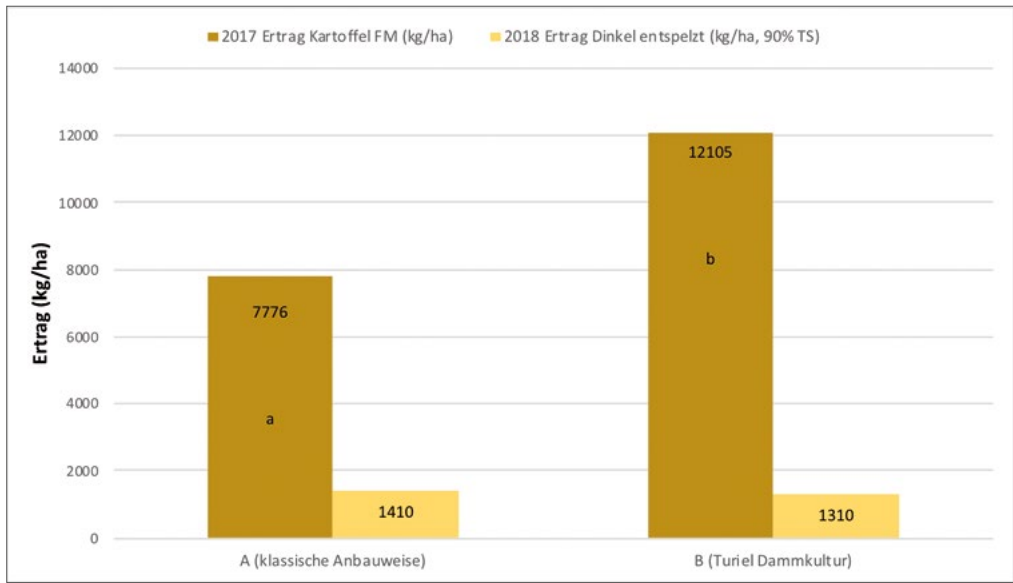
Die unter den Kartoffeln erhobenen Bodenparameter im Jahr 2017 zeigten keine Unterschiede zwischen den beiden Dammkultur-Varianten. Das kann darauf zurückgeführt werden, dass erst im Frühjahr 2017 mit der unterschiedlichen Bearbeitung der Parzellen begonnen wurde. Beim nachfolgenden Dinkel im Jahr 2018 wirkte sich die unterschiedliche Bearbeitung mit einer höheren Versickerungsrate und einem geringeren Eindringwiderstand bei der Dammkultur (Variante B) im Vergleich zum flachen Anbau (Variante A) aus, was auf ein lockeres Bodengefüge in den Dämmen hinweist. Die weiteren Ergebnisse aus dem Bodenprofil zur Bodenstruktur und Durchwurzelung zeigten keine Unterschiede zwischen den Varianten.

Versuche aus dem Jahr 2014 zeigten, dass der Häufelpflug keine höheren Nitratmengen freisetzt als normales Pflügen. In diesem Versuch war im Mai 2018 bei der Turiel-Dammkulturvariante das Nmin höher als in der klassischen Variante.

ERTRÄGE

Die Knollenerträge der Kartoffeln im Jahr 2017 waren in beiden Varianten, vor allem aufgrund der ungünstigen Witterung mit sehr trockenen Bedingungen im Mai und Juni nach dem Legen, gering. Schon in der ersten Vegetationsperiode und trotz der schwierigen Bedingungen waren Unterschiede im Ertrag zwischen den Varianten erkennbar.

ERTRÄGE DER HAUPTKULTUREN



a und b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an

Aufgrund des höheren Kartoffel-Knollenertrages sowie höheren Anteils an großen Knollen im System Dammkultur ist anzunehmen, dass das System Dammkultur die Bodenorganismen und Bodengare gefördert hat und das pflanzenverfügbare Stickstoffangebot höher war, wodurch wiederum das Wachstum und die Entwicklung der Kulturpflanze begünstigt wurde.

Das Dammkultursystem in Variante B wurde auch beim nachfolgenden Dinkelanbau beibehalten, während der Dinkel in Variante A herkömmlich mit flacher Bodenoberfläche angebaut wurde. Beim Dinkelertrag zeigte sich ein etwas geringerer Ertrag in der Dammkulturvariante.

Versuche mit Soja zeigten geringere Erträge im Dammkultursystem bei Dämmen mit 60 und 75 cm verglichen mit Flächenbau, sowohl in Einzelkorn- als auch in Drillsaat. Hingegen waren die Erträge in Dämmen mit 45 cm nur in einem Jahr geringer als die Erträge im Flächenbau. Die beiden anderen Versuchsjahre zeigten gleiche oder sogar etwas höhere Erträge im Dammkultursystem. Versuche mit Dinkel in Oberösterreich zeigten gleiche Erträge bei Dammkultur im Vergleich zu flachem Anbau mit einem Pflug- und einem Grubbersystem. Auch hier war die Dammbreite 45 cm. Was in diesem Versuch besonders hervorzuheben ist, dass trotz gleicher Saatstärke, die Pflanzenanzahl im Dammkultursystem zwar geringer war, jedoch durch eine höhere Ährenzahl pro Pflanze kompensiert wurde. Versuche in Deutschland 2006–2008 zeigten etwas geringere Erträge für Kartoffeln und Wintergerste im Turiel-System im Vergleich zu Pflug und Ecomat, die sich aber nicht signifikant unterschieden. Bei den Kulturen Ackerbohne und Sommerweizen waren die Erträge im Dammkultursystem erheblich und statistisch gesichert geringer.

Generell wird beim Turiel-Dammkultursystem der Boden stärker gelockert und durchlüftet als beim herkömmlichen Verfahren, wodurch die Nährstoffmineralisation und der Humusabbau wahrscheinlich höher sein dürfte. Anderer-

seits kann auch die Wurzelbildung und Wurzelmasse durch den lockeren Boden höher sein, was den höheren Humusabbau ausgleichen kann. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und der kurzen Versuchsdauer konnten diese Annahmen weder verworfen noch bestätigt werden.

Auch nach Dr. Strauß vom BAWW besteht für eine abgesicherte wissenschaftliche Bewertung des Turiel-Dammkultursystems noch Forschungsbedarf. Es zeigte sich bisher aber bereits deutlich, dass die Häufelpflug-Dammkultur keinesfalls mit anderen Dammkulturen zu vergleichen ist. Die geschütteten, lockeren Dämme der Häufelpflug-Dammkultur und die gelockerten Talsohlen bewirken eine gute Versickerung. Die groben Brocken und eventuell Begrünungsreste bewirken einen Rückhalt des abfließenden Wassers.

Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse stellt das Turiel-Dammkultursystem ein interessantes Bodenbearbeitungssystem für die biologische Landwirtschaft dar, es bleiben jedoch noch viele Fragen unbeantwortet.

Resümee des Betriebsleiters

„Die Annahme, dass Dammkulturen bei meinen Bodenbedingungen gewisse Vorteile bringen, hat sich bestätigt und wird auf meinem Betrieb weitergeführt und -entwickelt werden. Denn die Möglichkeiten, die sich daraus ergeben, sind noch lange nicht erschöpft.“

Kernbotschaften aus den zwei Versuchsjahren

- Die Kartoffel-Knollenerträge im ersten Versuchsjahr waren in beiden Varianten aufgrund der ungünstigen Witterungsbedingungen gering.
- Die Kartoffel-Knollenerträge waren im Turiel-Dammkultursystem höher als in der konventionellen Dammkultur, da anscheinend die Bodenfruchtbarkeit und die Stickstoffnachlieferung durch dieses System gefördert wurden.
- Im zweiten Versuchsjahr wirkte sich die Turiel-Dammkultur gegenüber dem Flächbau auf ausgewählte Bodeneigenschaften positiv aus, der Dinkelertrag beider Systeme war jedoch nicht unterschiedlich.
- Das Turiel-Dammkultursystem ist ein interessantes Bodenbearbeitungssystem für die biologische Landwirtschaft. Es besteht weiterhin Forschungsbedarf, vor allem hinsichtlich der Humus- und Nährstoffdynamik, des Luft- und Gasaustausches und deren Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und die Erträge der Kulturpflanzen.

Direktsaat von Sojabohne

Betrieb Alfred Grand

BETRIEBSDATEN

Marktfruchtbetrieb, Forschungs- und Demonstrationsbauernhof

Tullnerfeld, NÖ

Reduzierte Bodenbearbeitung seit 1995

182 m Seehöhe, 670 mm Jahresniederschlag,
10,4 °C Jahresdurchschnittstemperatur

Vorherrschender Bodentyp: Schwarzerde

Vorherrschende Bodenart in 0–30 cm: sandiger Lehm (sL)

Seit etwa 20 Jahren bewirtschaftet Alfred Grand seinen Betrieb im Tullnerfeld vief- und pfluglos, was auch nach der Umstellung auf die biologische Landwirtschaft im Jahr 2006 so beibehalten wurde. Die Betriebszweige umfassen einerseits den Ackerbau, andererseits die Erzeugung und den Verkauf von Wurmkompost und Pflanzsubstraten.

Alfred Grand ist aufgeschlossen, immer neugierig und probiert gerne aus. So ist sein Betrieb ein Forschungs- und Demonstrationsbauernhof und es bestehen Kooperationen mit in- und ausländischen Forschungsinstituten. Auch bei Alfreds Versuchen zur biologischen Direktsaat und zu Agroforstsystemen ist sein Ziel, Neues zu testen und nachhaltigere Bewirtschaftungsmethoden zu etablieren.

Gründüngungen mit artenreichen Zwischenfruchtmischungen waren immer wichtig in seinem Anbausystem, vor allem seit dem Umstieg auf die biologische Wirtschaftsweise. Als Folge davon konnte der Betriebsleiter eine Steigerung der Widerstandsfähigkeit des Bodens gegenüber biotischen und abiotischen Schadfaktoren beobachten.

Nach 15 Jahren reduzierter Bodenbearbeitung ausschließlich mit dem 2-balkigen Flügelscharrgrubber kam es zu Problemen mit Bodenverdichtungen, Ertragsschwankungen und Verunkrautung mit Distel. Daher setzt Alfred Grand seit 2014 bei der Bodenbearbeitung auf einen Präzisionsgrubber, welcher speziell für geringe Arbeitstiefen von 2–5 cm konstruiert wurde. Die Biomasse bleibt oberflächlich liegen und wirkt wie eine Mulchschicht. Durch Gänsefußschare wird ein ganzflächiger Schnitt gewährleistet. Meist werden mehrere Überfahrten benötigt, um beispielsweise Luzerne vollständig umzubereiten. Optional wird der Grubber auch mit Meißelscharen ausgerüstet, welche bei Bedarf für eine tiefere Lockerung auf 10–12 cm eingesetzt werden.

2016 startete Alfred Grand seine ersten Versuche zur Bearbeitung von Zwischenfrüchten mit der Messerwalze und zeitgleicher Direktsaat von Hauptkulturen, ohne jegliche weitere Bodenbearbeitung.

Direktsaat

Direktsaat beschreibt Verfahren, bei denen das Feld ohne vorhergehende Bodenbearbeitung bestellt wird. Die Anwendung der Direktsaat bedingt den Einsatz aufwändiger Saattechnik, welche den Boden für die Saatgutablage erst öffnen muss bzw. nach erfolgreicher Direktsaat die Saattrille verschließen soll, Beispiele dafür sind Scheibenschar- und Zinkensämaschinen. Dabei ist die Beikrautregulierung eine besondere Herausforderung. In der konventionellen Landwirtschaft bedeutet das oft den Einsatz von Totalherbiziden. In der biologischen Landwirtschaft in Europa wird die Direktsaat erst seit kurzem erprobt. Dabei wird die zuvor kultivierte Winterzwischenfrucht (beispielsweise Winterroggen oder Wintererbse) im Blühstadium mit einer Messerwalze niedergewalzt und in Abständen von etwa 15 cm geknickt. Die Winterzwischenfrucht stirbt ab und bildet eine dicke Mulchschicht, welche Beikräuter unterdrückt. Im Optimalfall läuft lediglich die mit entsprechender Saattechnik gesäte Kulturpflanze auf. Mit der Direktsaat wird ein höheres Ertragsrisiko verbunden.

Vorteile und Nachteile des Systems:

- + Erträge bei optimaler Saattechnik gleichwertig
- + Geringerer Treibstoffverbrauch
- + Verbesserung der Kapillaren im Boden
- Kontrolle der mehrjährigen Unkräuter
- Späte Aussaat, da die Zwischenfrucht erst nach der Blüte gewalzt werden darf

STANDARDFRUCHTFOLGE

Fruchtfolge 8-jährig

Luzerne

Luzerne

Winterweizen/+ZF

Körnermais

Hanf/+ZF

Sojabohne/+ZF

Sojabohne

Sommergerste

Der Untersuchungszeitraum ist fett dargestellt.

Die Fruchtfolge ist als Rahmenfruchtfolge zu sehen, sie wird je nach Beikrautdruck, insbesondere bei verstärktem Auftreten der Acker-Kratzdistel angepasst. Die Luzerne wird als Ausgangsmaterial für die Wurmkompostierung und für Pflanzsubstrate genutzt.

Sojabohnen erfordern in der biologischen Landwirtschaft eine intensive Regulierung von Beikräutern. Damit verbunden sind hohe Aufwände an Arbeitszeit und Kosten für die Pflegemaßnahmen. Der weite Reihenabstand und die mechanischen Pflegemaßnahmen bewirken eine lange, unge-



Messerwalze beim Walzen der Zwischenfrucht



Messerwalze und Direktsämaschine arbeiten gleichzeitig



Keimende Sojapflanzen in Variante A (9. Juni 2017)

schützt liegende Bodenoberfläche und somit eine Erhöhung der unproduktiven Verdunstung, sowie eine Verschlechterung der Bodenstruktur sowie möglicherweise Humusabbau durch die oftmalige Bearbeitung. Die Direktsaat von Sojabohne in eine dicke Mulchschicht könnte all diese Nachteile beseitigen, ist in Österreich jedoch wenig bekannt und es bleibt abzuwarten, wie stabil das System ist und welche Probleme möglicherweise dabei auftreten können (z. B. mehrjährige Beikräuter).

Der Versuch sollte zeigen, ob die Direktsaat im trockenen Tullnerfeld grundsätzlich in einem biologischen Anbausystem möglich ist und wie sie sich auf die Erträge und den Boden auswirkt.

VERSUCHSDATEN

Zeitraum		2016–2018	
Variante	A	B	
	Direktsaat, Messerwalze, keine Beikrautregulierung	klassische Aussaat, Grubber, mechanische Beikrautregulierung	
Kultur	Sojabohne (133 kg/ha) (2017) Sojabohne (102kg/ha) (2018)		
Zwischenfrucht	ja		
Mischungspartner der ZF-Begrünung	Pannonische Wicke 30 kg/ha, Winterroggen 60 kg/ha (2016) Pannonische Wicke 20 kg/ha, Winterroggen 180 kg/ha (2017)		
Saatzeitpunkt ZF	Mitte Oktober 2016/2017		
Bodenbearbeitung			
April 17	Messerwalze, Direktsaat	Grubber 4 cm	
Mai 17		Saat	
Mai 17		2 x Striegeln, Hacke	
Juni–Juli 17	Messerwalze, Direktsaat	Hacken	
April 18		Grubber 4 cm	
Mai 18		Saat	
Mai 18		2 x Striegeln	
Juni–Juli 18		Hacken	

Ausgewählte Ergebnisse

BODEN

Charakterisierung Versuchsschlag: alkalisch, humos (0–50 cm), Phosphor-Gehalt niedrige (Gehaltsklasse B), Kalium-Gehalt ausreichend (Gehaltsklasse C; 0–25 cm).

In der Tiefe 0–10 cm wurde eine höhere Trockendichte in der Grubber- im Vergleich zur Direktsaatvariante festgestellt. In der Grubbervariante führte die höhere Anzahl an Überfahrten mit landwirtschaftlichen Maschinen (Hacke, Striegel) zu einer stärkeren Dichtlagerung des Bodens.

Im Juni 2017 wurde ein signifikant höherer N_{min}-Gehalt in allen drei Tiefenstufen in der Grubbervariante festgestellt. Im August 2017 waren die N_{min}-Gehalte bei beiden Varianten in allen Tiefenstufen annähernd gleich. Im Juni 2018 traten wiederum höhere Gehalte in allen drei Tiefenstufen bei der Grubberbearbeitung im Vergleich zur Direktsaatvariante auf.

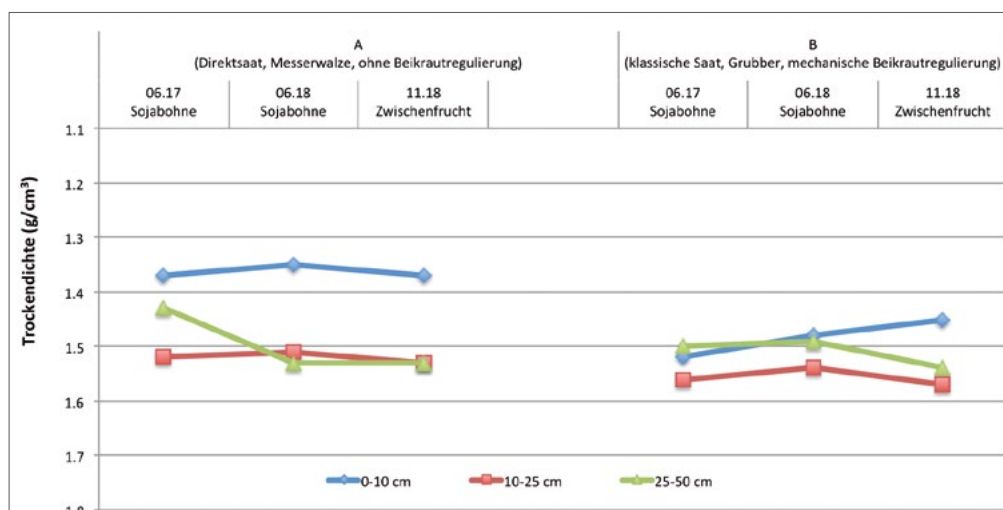
Durch die Bodenbearbeitung mit dem Grubber wurde die N-Mineralisation gefördert und der pflanzenverfügbare N-Gehalt im Boden im Vergleich zur Direktsaat-Variante wurde erhöht. In der Direktsaat-Variante war ein Teil des Stickstoffs in der Zwischenfrucht und späteren Mulchaufgabe gespeichert, der nur langsam freigegeben wird.

Im Juni 2017 und 2018 war die Stabilität der Aggregate bei der Direktsaatvariante statistisch absicherbar höher als bei der Grubbervariante.

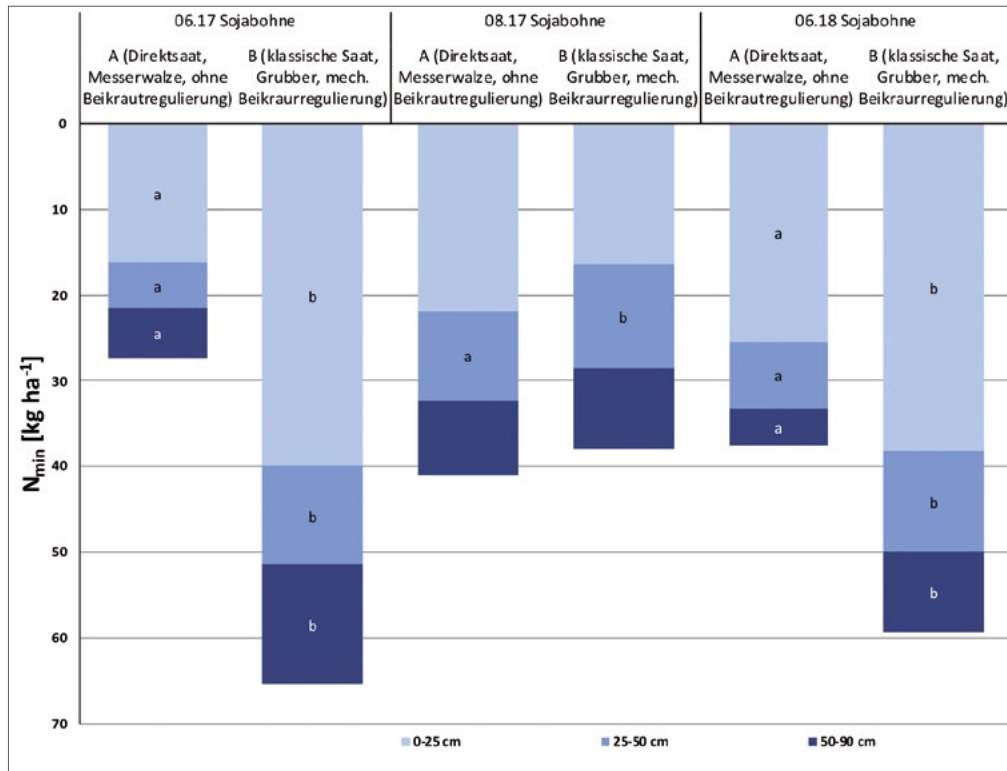
Da das Zwischenfruchtgemenge Wickroggen im Frühjahr 2017 und 2018 in der Direktsaatvariante A länger auf der Fläche verblieb, zeigte sich eine stärkere und tiefer reichende Durchwurzelung.

Im Frühjahr wurden dadurch aber auch niedrigere Boden-Wassergehalte in der Direktsaatvariante im Vergleich zur Grubbervariante festgestellt, da die Zwischenfrucht aufgrund ihrer längeren Wachstumszeit mehr Wasser be-

PROFILDARSTELLUNG DES VERLAUFS DER TROCKENDICHTE IN DREI TIEFENSTUFEN



GEHALT AN PFLANZENVERFÜGBAREN MINERALISCHEM STICKSTOFF IM BODEN (N_{min}) IN DREI TIEFENSTUFEN



a und b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an

nötigte. Dagegen war während des Sommers durchgehend bis zum Herbst der Boden-Wassergehalt in 0–5 cm Tiefe in beiden Jahren unter der feuchtigkeitspeichernden Mulchauflage in der Direktsaatvariante A höher als in der Grubbervariante.

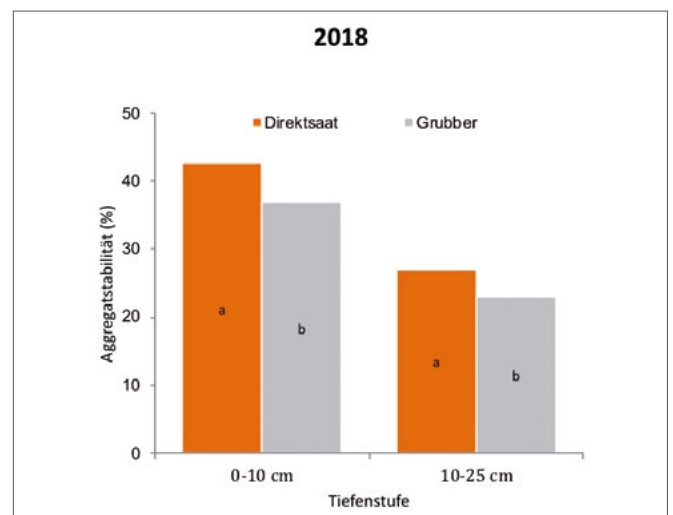
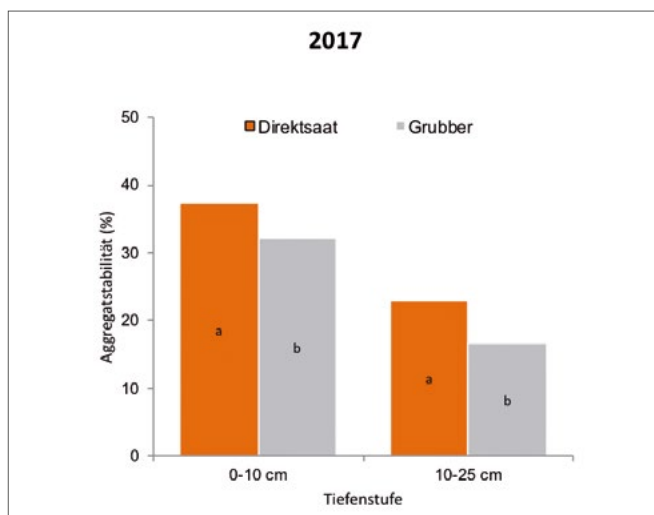
ERTRÄGE

Wichtig für das System Direktsaat ist eine ausreichende Biomasseentwicklung der Zwischenfrucht vor dem Walzen. Der Biomassertrag der Zwischenfrucht lag in beiden Jah-

ren bei ca. 5800 kg/ha Trockenmasse, was nach Erfahrungen aus den USA (5000–8000 kg/ha) als gut für die Bodenbedeckung bei der Direktsaat einzustufen ist. Eine doppelte Saatstärke des Wickroggens im Herbst 2017 bei ungefähr gleichem Anbauzeitpunkt in beiden Jahren brachte keinen höheren Biomassertrag der Zwischenfrucht.

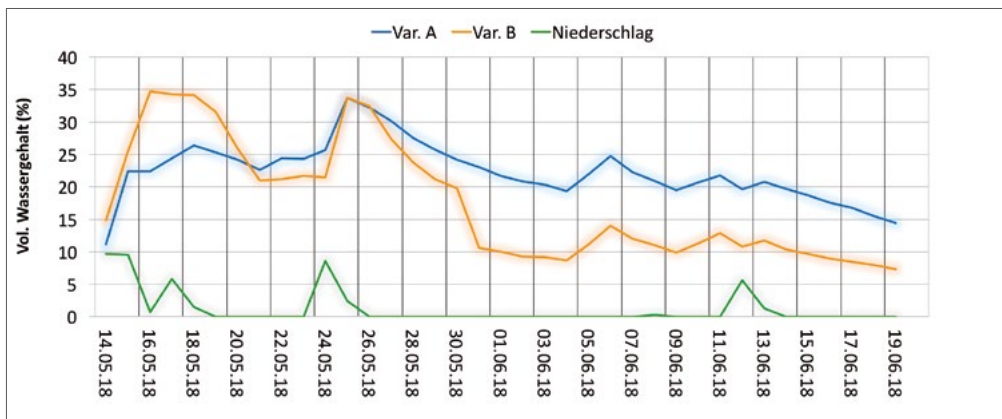
Wichtig ist auch ein früher Anbauzeitpunkt bei der Direktsaat. Der Wasserbedarf von Soja ist vor allem ab der Blüte bis zur Kornausbildung sehr hoch (Juli/August), eine

ANTEIL STABILER AGGREGATE IM BODEN (IN %), 2 TIEFENSTUFEN, JUNI 2017 (LINKS) – JUNI 2018 (RECHTS)



a und b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an

VOLUMETRISCHER BODEN-WASSERGEHALT (IN %) IN 0-5 CM TIEFE IM FRÜHLING 2018

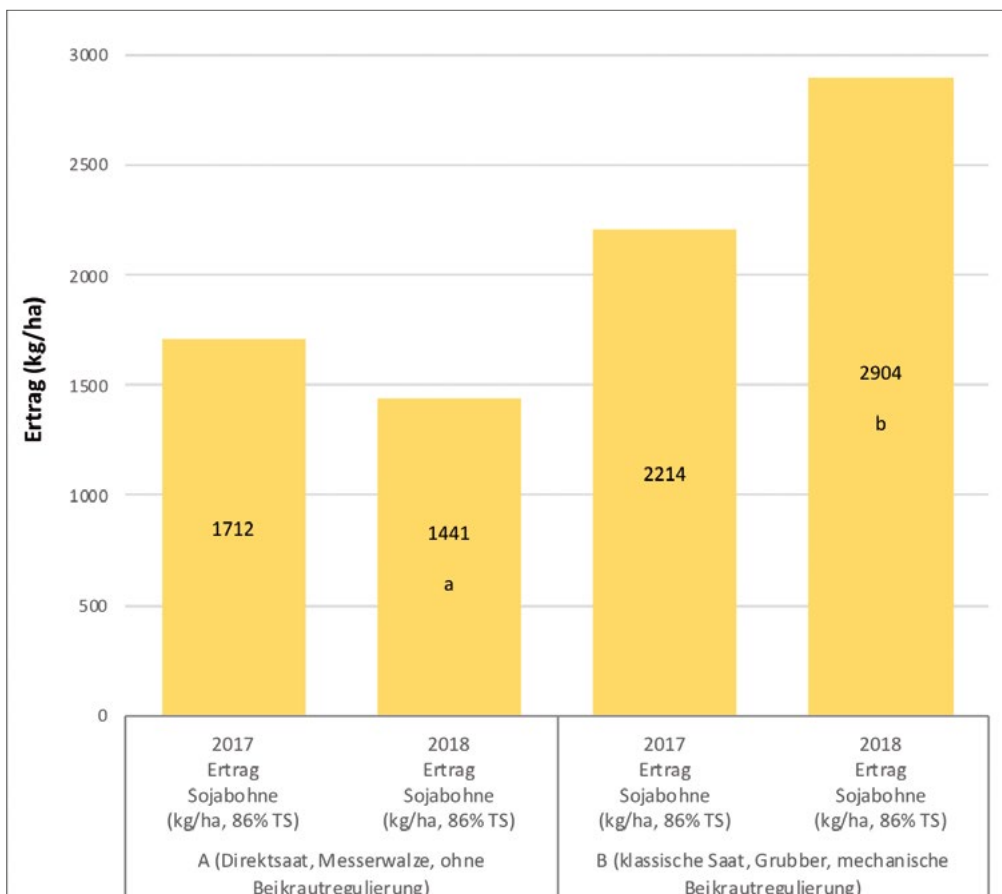


ausreichende und kontinuierliche Wasserverfügbarkeit ist in dieser Phase sehr wichtig. Möglich ist, dass die Witterungsbedingungen im Jahr 2017 mit längeren Phasen starker Trockenheit und höheren Temperaturen für die schon Anfang Mai angebaute Sojabohne in Variante B sowohl zum Wachstumsbeginn, als auch in der Phase Blüte bis Kornausbildung günstiger waren, als für die erst Ende Mai angebaute Sojabohne in Variante A. Deshalb war der Kornertrag der Sojabohne in der Grubbervariante B im Jahr 2017 um ca. 500 kg höher im Vergleich zur Direktsaatvariante A. Bei der Beurteilung der Ertragsunterschiede sind einerseits die schwierigen Witterungsbedingungen im

Jahr 2017 zu beachten, welchen Einfluss auf beide Varianten, jedoch vermutlich mehr auf die Direktsaatvariante gehabt haben. Andererseits konnte in der Direktsaat-Variante mit deutlich weniger Aufwand und einer günstigeren Beeinflussung der Bodeneigenschaften ein für die schwierigen Bedingungen akzeptabler Kornertrag erzielt werden.

Durch die längere Wachstumsphase der Zwischenfrucht vor Soja in Variante A war der Bodenwassergehalt im gesamten Bodenprofil (0–90 cm) im Frühling in der Direktsaatvariante A niedriger als in Variante B. Die Mulchaufgabe der Direktsaat-Variante reduzierte jedoch die

ERTRÄGE DER HAUPTKULTUREN OHNE ZWISCHENFRUCHT



a und b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten an

unproduktive Verdunstung ab Mitte Juni, wodurch einige Wochen nach dem Soja-Anbau der Bodenwassergehalt in den obersten Bodenzentimetern in der Direktsaat-Variante höher war, als in der Grubber-Variante. Generell weist ein Wickroggen-Gemenge einen relativ hohen Wasserbedarf auf. Auf dem eher trockenen Versuchsstandort kann es deshalb in Jahren mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen im Frühjahr zu einem unzureichenden Wasserangebot für die folgende Hauptfrucht Soja kommen.

2018 konnte die Sojabohne in der Direktsaatvariante A zwar etwas früher und mit geringerem Zeitabstand zu Variante B ausgesät werden, aufgrund der besseren Niederschlagsbedingungen zum Saatzeitpunkt der Variante B war der Aufgang der Sojapflanzen in dieser Variante höher, die Pflanzen konnten sich insgesamt besser entwickeln und der Kornertrag von Variante B war doppelt so hoch wie in der Direktsaatvariante A. Ein weiterer Grund für den geringeren Feldaufgang in der Variante A war höchstwahrscheinlich die noch nicht optimierte Saattechnik für das Direktsaatverfahren. Um den notwendigen Bodenkontakt für das ausgebrachte Saatgut sicherzustellen, muss das Saatkorn präzise durch die Mulchdecke in die Saattrille abgelegt werden. Diesbezüglich gibt es weiterhin Handlungs- bzw. Forschungsbedarf.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der zwei Vegetationsperioden, dass das Direktsaatverfahren einige Vorteile hinsichtlich Bodenfruchtbarkeit und Verdunstungsreduktion aufzuweisen hat und aufgrund des geringeren Maschineneinsatzes ökonomisch effizient ist, es jedoch weiterer Verbesserungen vor allem hinsichtlich Saatzeitpunkt und Saattechnik bedarf, um zufriedenstellende und stabile Erträge für die Hauptkulturen zu erreichen.

In der Literatur findet man zu den Erträgen in Direktsaat im Vergleich zu klassischen Systemen keine eindeutige Aussage.

Zum Teil zeigen Studien geringere Erträge für die Direktsaatvarianten mit Mulchauflage, zum Teil reichen die Erträge an die der klassischen Varianten heran. Einige Autoren nennen den Saatzeitpunkt und die Menge der Biomasseproduktion der Zwischenfrucht als entscheidende Faktoren. Der Reihenabstand der Sojabohne wird ebenso als wichtiger Einflussfaktor angeführt, denn durch sehr breite Abstände kann der Beikrautdruck steigen und somit der Ertrag negativ beeinflusst werden.

Resümee des Betriebsleiters

Ich halte das Konzept der operationellen Gruppen für äußerst gelungen. Endlich eine Möglichkeit, Wissenschaft und Praxis gemeinsam an einem Projekt arbeiten zu lassen. Mit den Versuchen und den Erfahrungen am Betrieb konnten wir das enorme Potential, aber auch die Herausforderungen an ein solches Pflanzenbausystem (Direktsaat mit Messerwalze) aufzeigen.

Das von mir ausgewählte Verfahren der Direktsaat von Soja in der Biolandwirtschaft hat sehr unterschiedliche Ergebnisse gebracht. Neben der Vielzahl an positiven Auswirkungen gab es auch einige Probleme. Dabei sind ein paar Faktoren als kritisch zu betrachten und sind dann jeweils ausschlaggebend für einen erfolgreichen Anbau:

- Anbauzeitpunkt der Begrünung und Saatmenge
- Entsprechend hohe Biomasse zum Zeitpunkt des Umwalzens
- Richtiger Zeitpunkt des Umwalzens
- Saattechnik
- Wilddruck (Tauben, Hasen)
- Ausreichende Niederschläge für die Hauptkultur

Als kritisch ist anzusehen, dass es meiner Meinung bereits genügt, wenn ein Faktor nicht im optimalen Bereich liegt, um den Erfolg des Verfahrens zu reduzieren. Als Nachteil des Verfahrens sehe ich die Tatsache, dass eine mehrjährige Direktsaat bei unseren Flächen bis dato wenig funktioniert hat. Es kommt zu Unkrautdruck durch mehrjährige Unkräuter (z. B. Quecke) und zu sinkenden Erträgen. Weiteren Forschungsbedarf sehe ich in der Diversifizierung der Kulturen, die im Direktsaatverfahren durchgeführt werden könnten, z. B.: Buchweizen, Kichererbsen, Mungbohnen, Linsen, etc.

Auch über den Einsatz von Mäh- oder Mulchtechnik in der Reihe sollte nachgedacht werden. Solche Maschinen gibt es bereits für z. B. Mais (75 cm Reihenbreite).

Kernbotschaften aus den drei Versuchsjahren

- Das herkömmliche Verfahren (Bodenbearbeitung flach mit Grubber und Drillsaat) wird etwa 2 Wochen früher als das Direktsaat-Verfahren angewandt, wodurch für die früher gesäte Sojabohne günstigere Wachstumsbedingungen zur Verfügung stehen und sie somit einen höheren Kornertrag ausbildet.
- Das Direktsaat-Verfahren zeigt aufgrund der geringen Zahl an maschinellen Überfahrten und der längeren Wachstumsphase der Zwischenfrucht gegenüber dem herkömmlichen Verfahren einige Vorteile hinsichtlich der Bodeneigenschaften.
- Durch die Mulchauflage wird die Bodenverdunstung im Direktsaat-Verfahren gegenüber dem herkömmlichen Verfahren reduziert.
- Trotz verringerter Bodenverdunstung kann der hohe Wasserverbrauch der überwinternden Zwischenfrucht im Direktsaatverfahren bei trockener Frühjahrswitterung den Ertrag der folgenden Hauptkultur limitieren. Dadurch ist das Direktsaatverfahren im Trockengebiet Ostösterreichs risikoreicher als das herkömmliche Verfahren.
- Das Direktsaat-Verfahren ist aufgrund der geringeren Zahl an Überfahrten ökonomisch effizient (geringerer Maschineneinsatz, Arbeitskosten, Treibstoffverbrauch).
- Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich der optimierten Saattechnik und des idealen Saatzeitpunktes der Hauptkultur im Direktsaat-Verfahren.

ABSCHLUSS

Der Erhalt und die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit ist ein wesentlicher Punkt für eine Erhöhung der Aufnahme und der Wasserspeicherung im Boden sowie für die Verringerung des Oberflächenabflusses. Wichtige Faktoren zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit mit Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt sind der Humusgehalt, die Bodenstruktur und das Vermeiden von Verdichtungen.

Der Humusgehalt hat einen direkten und indirekten Einfluss auf die Speicherung und die Infiltration von Niederschlagswasser. Humus lockert den Boden und erhöht den Porenraum und damit die Wasserspeicherkapazität. Indirekt wird mit hohen Humusgehalten das Bodenleben gefördert und die Bodenstruktur verbessert. Stabile Bodenaggregate an der Bodenoberfläche verringern die Verschlämungsneigung und erhöhen die Infiltrationsrate. Eine gute Bodenstruktur und hohe Humusgehalte sichern einen lockeren und gut durchlüfteten Boden und erhöhen die Tiefe des Hauptwurzelraumes. Die stabilen Bodenkrümel entstehen in erster Linie durch die Aktivität von Mikroorganismen und Regenwürmern.

Für die Förderung des Humusaufbaus und die Fütterung des Bodenlebens ist eine ausreichende Zufuhr von organischer Substanz notwendig. Wichtige Maßnahmen dafür sind eine humuserhaltende Fruchtfolge mit Futterleguminosen und Zwischenfrüchten zur Gründüngung und der Einsatz von organischen Düngern.

Eine weitere entscheidende Maßnahme zur Optimierung des Wasserhaushaltes ist die Bodenbearbeitung. Hier sind Bodenverdichtungen, vor allem durch das Befahren des Bodens bei zu feuchten Bodenbedingungen, unbedingt zu vermeiden. Sie verringern das Porenvolumen, verschließen vertikale Bodenporen zum Wasserabfluss und können zu einem Stauhorizont führen. Die Folgen davon sind eine verringerte Wasseraufnahme, -speicherung und -bewegung und eine beeinträchtigte Wurzelentwicklung. Die konservierende oder reduzierte Bodenbearbeitung in Verbindung mit einer Mulchsaat hat Einfluss auf den Wasserhaushalt und die Erosion. Der Oberflächenabfluss und die unproduktive Verdunstung können durch eine Mulchauflage ab einem Deckungsgrad von >30% wirksam vermindert werden.

Mit den in der vorliegenden Broschüre zusammengefassten Ergebnissen wurden wichtige Stellschrauben zur Optimierung des Wasserhaushaltes für die notwendige Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels beschrieben. Ziel ist es, die Pufferfähigkeit des Bodens zu verbessern, um Trockenperioden besser überstehen zu können und die Pflanzen weniger zum Wassersparen zu zwingen. Eine höhere Ertragssicherheit ist der Lohn für den Aufwand!

Dass die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit Zeit braucht, aber erfolgreich sein kann, konnte mit den Ergebnissen des Langzeitversuches gezeigt werden. Die Praxis-

versuche ermöglichen einen Einblick in verschiedene Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung und deren Weiterentwicklung. Eindeutige Aussagen zum Einfluss auf Bodeneigenschaften und Erträge waren jedoch bei diesen Versuchen aufgrund der kurzen Versuchsdauer nicht immer möglich.

Generelle Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis

Wichtig ist es den aktuellen Zustand meiner Böden und die Auswirkung meiner Bewirtschaftung zu kennen und richtig einzuschätzen. Die Spatenprobe ist dabei ein einfaches und praktikables Werkzeug zur Bewertung der Bodenstruktur und der Durchwurzelung. Mit der Berechnung einer Humusbilanz lässt sich abschätzen, ob der Boden bzw. der Schlag ausreichend mit organischer Substanz (Humus) versorgt ist. Regelmäßige Untersuchungen der Humus- und Nährstoffgehalte im Boden geben Einblick in die aktuelle Versorgung und die weitere Entwicklung. Falls hier Mängel festgestellt werden, sind entsprechende acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zu setzen.

Bei der reduzierten Bodenbearbeitung ist es wichtig, ein auf meine Standortbedingungen und meine jeweilige Betriebssituation, insbesondere in Verbindung mit der Fruchtfolge sowie den Begrünungsmaßnahmen und der organischen Düngung, abgestimmtes Verfahren zu entwickeln.

Kurz zusammengefasst: Ausprobieren und eigene Erfahrungen machen sind die Gebote der Stunde. Seinen Boden kennen und einschätzen lernen. Neugierig sein und Zeichen erkennen. Sich auf den Weg machen.

Alle in dieser Broschüre präsentierten Versuche wurden entweder auf den jeweiligen Praxisbetrieben oder auf den Flächen der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH in Rutzendorf durchgeführt.

AUTOREN

Institut für Ökologischen Landbau (IFÖL)
Arbeitsgruppe Bodenfruchtbarkeit und Anbausysteme
Gabriele Gollner
Jürgen K. Friedel
Marie-Luise Wohlmuth
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Universität für Bodenkultur
Gregor-Mendel-Straße 33
gabriele.gollner@boku.ac.at
<http://www.nas.boku.ac.at/oekoland.html>

FIBL Österreich
Andreas Surböck
Doblhoffgasse 7/10
1010 Wien; Tel. 1-9076313-35
<http://www.fibl.org>

Das Quellenverzeichnis kann bei den Autoren nachgefragt werden.

Das Projekt BIOBO und die Versuche konnten nur durch das Engagement zahlreicher Landwirte und Landwirtinnen, BOKU-MitarbeiterInnen, InstitutsmitarbeiterInnen, MasterstudentInnen und studentische MitarbeiterInnen erfolgreich durchgeführt werden (Personen in alphabetischer Reihenfolge): Bernold Helga, Blankenhorn Benedikt, Dornmayr Johann, Fohrafellner Julia, Fritzsche Dana, Grand Alfred, Klik Andreas, Kühböck Josef, Kurzbauer Johann, Lang Erich, Leitner Jakob, Ringl Karl, Seiringer-Gaubinger Martin, Zeidler Sylvia.

Wir danken den MitarbeiterInnen der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf der Universität für Bodenkultur und der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH für ihre Unterstützung bei der Durchführung der Versuche. Die Autoren danken Dr. Robert Schneider und Herbert Breuer (BIO AUSTRIA NÖ und Wien) für die Beratung bei der Erstellung der Manuskripte und bei Benedikt Blankenhorn, Alfred Grand, Gabriele Gollner, Markus Heinzinger, Erich Lang und Andreas Surböck für die Bereitstellung von Fotos.

IMPRESSUM

Herausgeber: BIO AUSTRIA Niederösterreich und Wien,
Matthias Corvinusstraße 8/UG, 3100 St. Pölten
www.bio-austria.at
Institut für Ökologischen Landbau,
Universität für Bodenkultur, Wien,
Gregor Mendel Straße 33, 1180 Wien
Grafik: Karina Winkelmann
Administration: Gabriele Gollner, Marie-Luise Wohlmuth
Produktion: gugler* GmbH, Melk

Alle in diesem Merkblatt enthaltenen Angaben wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und von ihnen sowie den beteiligtem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren oder des Verlages. Beide übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

AUF DIE MISCHUNG KOMMT ES AN

