

5. Bodenbearbeitung im Ackerbau

Inhalte:

Der Zustand des Bodens.....2
Über das Pflügen.....3

Vorbereitung des Bodens11
Anbausysteme während der
Vegetationsperiode20



Einführung

Die Bodenbearbeitung ist historisch mit der landwirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen in der Landschaft verbunden und ist Teil eines langfristigen Prozesses zur Erhöhung der künstlichen Bodenfruchtbarkeit, um die Nahrungsmittelproduktion zu sichern. Die Bodenbearbeitung ist eine der grundlegenden agrartechnischen Maßnahmen, die eine gezielte Beeinflussung der räumlichen Verteilung der Bodenmasse im Ackerprofil und ggf. im Unterboden ermöglicht. Durch die Veränderung der Raum- und Größenverteilung der Bodenmasse wird der gewünschte Wasser- und Lufthaushalt sichergestellt. Neben den agronomischen Erfordernissen müssen jedoch alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen die Beeinträchtigung des Bodens und anderer natürlicher Ressourcen erheblich und dauerhaft begrenzen.

Dieses Heft enthält in- und ausländische Erkenntnisse zu den oben genannten Themen, darunter auch Originalergebnisse einzelner Mitglieder des Autorenteam. Das Autorenkollektiv befasst sich seit mehr als zwanzig Jahren mit diesem Thema und ist nicht nur in der Forschung und Beratung tätig, sondern vor allem in der Modifizierung und Entwicklung von Bodenbearbeitungsmaschinen und Anbautechnologien im Zusammenhang mit deren Veränderungen im Hinblick auf die langfristige Entwicklung und neue Entwicklungen in der ökologischen in der Pflanzenproduktion.

Kapitel 1.

Der Zustand des Bodens

Es handelt sich um eine flache Oberbodenbearbeitung, die hauptsächlich nach der Ernte von Getreide, zuvor geernteten Ölsaaten, Hülsenfrüchten, einigen Hackfrüchten und aromatischen Pflanzen sowie im Sommer geernteten Futterpflanzen erfolgt. Nach der Ernte dieser Kulturen befindet sich der Boden in einem

nackten Zustand, da er durch den Einsatz von Maschinen auf natürliche Weise gelockert und verdichtet wird. Der Grad der natürlichen Bodenverdichtung wird vor allem durch die Dauer des Anbaus der Kulturen und die Intensität der Durchwurzelung des Oberbodens beeinflusst. Auf den Stoppeln befinden sich unterschiedliche Mengen an Nachernterückständen, die hauptsächlich von der Gesamtstrohproduktion der Kultur, der Höhe der Stoppeln und der Technik der Strohverwendung im Betrieb abhängen.

Um die geforderten agrotechnischen Kriterien für den Tieflockerer zu erreichen, muss die Rechtzeitigkeit dieses Arbeitsgangs beachtet werden. Eine gute und rechtzeitige Bodenbearbeitung erfüllt die folgenden Funktionen:

- Sie verringert den Verlust von Bodenfeuchtigkeit durch die Bildung von Oberboden, der den Kapillarfluss zur Bodenoberfläche unterbricht und die unproduktive Verdunstung erheblich reduziert. Bei warmem Wetter ohne Niederschlag verdunstet von einem Hektar nicht umschlossener Stoppeln bis zu 30 m³ Wasser pro Tag. Um den Verlust von Bodenfeuchtigkeit zu minimieren, sollte die Stoppelbearbeitung nach der Ernte so früh wie möglich erfolgen. Vorzugsweise unmittelbar nach der Ernte. Wenn Stroh geerntet wird, ist der Zeitpunkt der Strohernte der begrenzende Faktor für eine rechtzeitige Bewässerung. Als Folge der Strohbearbeitung wird jedoch die oberste bearbeitete Bodenschicht durch einen Anstieg der Schüttgutfeuchte und das Aufbrechen von Kapillarporen zu stark ausgetrocknet. Die Lockerung des Oberbodens wirkt sich auch auf den Wärmehaushalt des Bodens aus. Ein gelockertes und gut durchlüfteter Oberboden erwärmt sich schneller und intensiver.
- Sie vernichtet Unkraut, das sich nach der Ernte auf dem Boden befindet. Bekämpft

einjährige Unkrautarten durch Unterschneiden und Abschlagen und verhindert gleichzeitig ihre Regeneration, wenn die Samen an den Unkrautpflanzen reifen (vor allem bei höheren Stoppeln). Der Zustand trägt zur teilweisen Unterdrückung von mehrjährigen bis mehrjährigen Unkräutern bei, indem er die vegetativen Vermehrungsorgane im Boden beschädigt und ihre Assimilationsfläche beschädigt. Die so geschwächten mehrjährigen Unkräuter werden anschließend durch andere Grundbodenbearbeitungen, insbesondere das Pflügen, besser bekämpft.



Abb.: Bewuchs einer Parzelle nach der Winterweizenernte (Foto Brant).

Die Unkrautbekämpfung besteht auch darin, dass die Diasporen der Unkräuter oberflächlich in den Boden eingearbeitet werden, wodurch die Voraussetzungen für die Keimung und das Auflaufen geschaffen werden. Aus den neu gebildeten Samen keimen jedoch nur Samen, die nicht in der Ruhephase sind. Gleichzeitig können auch Samen keimen, die infolge der Oberflächenlockerung aus den unteren Bodenschichten aufgetaucht sind. Die Intensität der Samenkeimung und des Auftretens von Unkraut wird auch durch die Qualität des Unterbodens selbst beeinflusst. Wenn bei der Unterbodenbearbeitung eine große Anzahl großer

oder sehr großer Klumpen entsteht, insbesondere wenn der Boden unter trockenen Bedingungen bearbeitet wird, ist kein ausreichender Kontakt zwischen Saatgut und Boden gewährleistet. Das Auflaufen von Unkraut wird auch durch die Arbeitsorgane des Schar selbst beeinflusst. Ein Schar mit minimaler Drehwirkung sorgt dafür, dass die Samen hauptsächlich in den oberen Bodenschichten abgelagert werden. Für die Schaffung geeigneter Bedingungen für die Keimung von Unkrautsamen ist die Behandlung des Unterbodens, d. h. die Einebnung und teilweise Rückverfestigung der Bodenoberfläche, sehr wichtig. Mechanische Mittel zur Durchführung der Bodenbearbeitung werden heutzutage durch verschiedene Arten von Walzen oder Bodenstampfern ergänzt, die die erforderliche Bodenbearbeitung sicherstellen. Nachfolgende Arbeitsgänge zerstören dann die keimenden Samen und die daraus entstehenden Pflanzen. Eine wichtige Voraussetzung ist jedoch, dass zwischen der Tiefenlockerung und dem folgenden Arbeitsgang ein ausreichend langer Zeitraum liegt, damit das Unkraut aufkeimen kann. Der begrenzende Faktor für die Keimung der Samen und das Auflaufen der Unkräuter ist eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit, die von der Niederschlagsmenge abhängt. Die Bedeutung der Bodentauung darf nicht übersehen werden, wenn es darum geht, den meist ungünstigen Wasserhaushalt zu beseitigen.

In ähnlicher Weise trägt der Unterboden dazu bei, den Bewuchs der Folgekulturen durch Bewuchs zu begrenzen. Die Einarbeitung des Saatguts in den Boden fördert die Keimung und den Aufgang der Pflanzen. Die aufgetauchten Pflanzen werden durch die nachfolgenden Arbeiten zerstört.

Nach der Ernte anfallende Rückstände werden als Bedingung in den Boden eingearbeitet. Dabei handelt es sich um die übrig gebliebenen Pflanzenteile, die die Stoppeln bilden, und auch Stroh kann in den Boden eingearbeitet

werden, wenn es nicht geerntet wird. Voraussetzung für eine gute Einarbeitung von Nachernterrückständen in den Boden ist eine geringe Stoppelhöhe. Beim Unterpflügen des Strohs ist es wichtig, dass das Stroh gut zerkleinert und gleichmäßig auf der Parzelle verteilt wird, was auch bei geringerer Strohhöhe eine gute Einarbeitung gewährleistet. Die optimale Länge der Strohspäne sollte nicht länger als 50 mm sein. Probleme mit der gleichmäßigen Verteilung des Strohs beim Pflügen treten vor allem beim Einsatz von Strohhäckslern mit einer Breite von mehr als 5,5 m auf. Wenn der Mähbalken mehr als 6 m breit ist, sollten die Mähdrescher mit leistungsfähigeren Strohbrechern ausgerüstet werden. Seitenwinde spielen eine wichtige Rolle für die Gleichmäßigkeit der Strohverteilung. Für das gute Funktionieren der Strohpressen an den Erntemaschinen ist eine ausreichende Motorleistungsreserve erforderlich. Beim Einsatz eines Traktorstrohquetschers ist die Verarbeitung von nassem Stroh zu vermeiden, da beim Quetschen von Stroh mit höherem Feuchtigkeitsgehalt das zerkleinerte Stroh in Streifen liegen bleibt. Die geringe Arbeitsbreite von Mulchern verhindert eine gleichmäßige Verteilung des Strohs auf den Stoppeln. Eine gute Verteilung des Strohs auf der Bodenoberfläche kann durch den Einsatz von Mulcheggen vor der Strohbearbeitung gewährleistet werden. Die erforderliche Qualität der Mulcheggen wird bei Arbeitsgeschwindigkeiten von 14 km/h und mehr erreicht. Eine gleichmäßige Verteilung des Strohs auf der Fläche und seine anschließende gute Durchmischung mit dem Boden ist insbesondere bei hoher Stroherzeugung, kurzen Zeiträumen zwischen der Ernte der Vorfrucht und der Aussaat der Folgefrucht sowie ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen erforderlich. Der Einsatz von Spreuverteilern sollte auch im Hinblick auf die Entwicklung von Unkräutern in der Vor- und Nachfrucht nicht vernachlässigt werden.



Abb.: Die gleichmäßige Verteilung des Strohs auf der Parzelle ist wichtig für eine perfekte Einarbeitung in den Boden (Foto Brant).

Eine frühzeitige Einarbeitung von Nachernterrückständen und Stroh in den Boden beschleunigt den Mineralisierungsprozess. 10 kg Um die Zersetzung des Strohs zu fördern und Stickstoffdepressionen zu vermeiden, ist es ratsam, bei organischem Material mit einem großen Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältnis, insbesondere bei Getreidestroh, vor der Einarbeitung Stickstoff pro Tonne Stroh zuzusetzen. Gleichzeitig werden Krankheits- und Schädlingserreger, die auf den Stoppelresten überleben, in den Boden eingearbeitet, wodurch die Gefahr der Übertragung auf andere Wirte verringert wird. Zusammen mit der Verringerung der Unkrautsamenbank im Boden und dem Abbau von Zwischenprodukten der Zersetzung organischer Stoffe trägt die Stoppelbearbeitung zum Prozess der Selbstreinigung des Bodens bei. Bei hohen Stoppeln und schlecht zerkleinertem Stroh werden die Nachernteste nicht abgedeckt, ragen an die Bodenoberfläche und erhöhen die Möglichkeit der Verbreitung von Krankheitserregern. Die Abdeckung der Nachernteste im Boden mit einem Bodenverbesserer führt zu einer Verringerung der Entwicklung von Krautfäule, Strohbohrer, Halmchwärze, Grasrost usw. Die Stoppelbearbeitung ist auch eine der grundlegenden Maßnahmen zur Verringerung des Auftretens bestimmter Schadinsekten und der Feldmaus.

Der Unterboden trägt wesentlich zur Erleichterung der nachfolgenden Grundbodenbearbeitung bei, indem er die physikalische Beschaffenheit des Bodens verbessert. Auf die Unterbodenbearbeitung folgt aus agronomischer

Sicht das Pflügen oder eine flache oder tiefere Bodenbearbeitung ohne Wenden des Bodens. Der Zweck dieser Arbeitsgänge ist, anders als bei der Bodenbearbeitung, die Schaffung optimaler Bodenbedingungen für die Etablierung der Kulturen und das anschließende Wachstum und die Entwicklung der Kulturpflanzen. Das Pflügen oder die tiefere Bodenbearbeitung von unbearbeitetem Land, insbesondere bei trockenem Wetter, ist mit einer höheren Energieintensität des Pflügens, einer Verringerung der Oberflächenkapazität des Pfluges und einem höheren Verschleiß der Arbeitskörper verbunden. Außerdem besteht bei der Bodenbearbeitung die Gefahr, dass große Klumpen entstehen, die die anschließende Saatvorbereitung und Aussaat erschweren.

Nicht zuletzt bereitet der Bodenaufbereiter den Boden für die Anlage von Stoppelzwischenfrüchten vor. Für die schnelle Etablierung von Zwischenfrüchten können die Grubber durch Drillmaschinen oder Universalstreuer ergänzt werden.

Grundlegende Anforderungen an die Gestaltung der Untermauerung

Die rechtzeitige Unterbodenbearbeitung ist eine Grundvoraussetzung für die Begrenzung des Feuchtigkeitsverlustes im Boden und die direkte und indirekte Unkrautbekämpfung, aber auch für andere Funktionen des Bodens. Eine Verzögerung von 10 Tagen kann zu einem Wasserverlust von 20-30 mm führen. Die rechtzeitige Anlage von Zwischenfrüchten bedeutet nicht nur, dass ausreichend Wasser für die ausgesäten Pflanzen zur Verfügung steht, sondern trägt auch dazu bei, ihre Wachstumszeit auf der Parzelle zu verlängern und damit ihre positiven Auswirkungen auf den Boden zu verstärken, mehr Biomasse zu erzeugen, die Bestände voll auszulasten usw.

Die Tiefe des Unterbodens wird durch die physikalischen Eigenschaften des Bodens, die Witterungsbedingungen, den Zustand der

Bodenoberfläche nach der Ernte, die Menge der Nachernterückstände, die nachfolgende Bearbeitung, das Vorhandensein von mehrjährigen Unkräutern oder die Notwendigkeit einer Düngung bestimmt.

Hinsichtlich der Tiefe des Untergrunds kann er in folgende Kategorien unterteilt werden:

- flacher Grundwasserspiegel bis zu 80 mm,
- ein mäßig tiefer Grundwasserspiegel von 80 bis 120 mm,
- ein tiefer Grundwasserspiegel von 120 bis 150 mm.

Im Allgemeinen wird **in wärmeren und trockeneren Gebieten**, in denen eine ausreichend dicke Isolierschicht erforderlich ist, tiefer gegraben. Gleichzeitig wird eine tiefere Bodenbearbeitung auch auf schwereren Böden empfohlen. In diesem Fall ist es jedoch notwendig, den geeigneten Grubbertyp zu wählen, um die Bildung von Klumpen zu vermeiden, die die nachfolgenden Arbeitsgänge erschweren. Insbesondere der Einsatz von Grubbern mit einem großen Erhebungswinkel führt bei geringer Bodenfeuchtigkeit zur Bildung großer Klumpen. Auf schwereren Böden in trockeneren Gebieten ist es ratsam, die Bodenbearbeitung mit Unterpflügen in Kombination mit Bodenstampfern durchzuführen. Sind tiefe Spurrillen auf dem Boden vorhanden, muss auch die Tiefe der Unterbodenbearbeitung erhöht werden. Das Vorhandensein von **mehrjährigen Unkräutern** (insbesondere Torfmoos) erfordert eine tiefere oder doppelte Bodenbearbeitung. Ebenso werden höhere Stoppelhöhen, eine schlechte Strohernte und eine hohe Strohproduktion für das Pflügen die Folge sein.

Für die Bodenbearbeitung **unter feuchteren und kühleren Bedingungen** und für die Vernässung **leichterer Böden** ist eine flachere Vernässung ausreichend. Mit einem flachen

Tiefenlockerer werden Unkraut und Unkrautsamen nicht tief im Boden vergraben, was eine bessere Keimung und ein späteres Auflaufen der wichtigsten Pflanzen gewährleistet.

Die Tiefe der Staunässe ist jedoch nicht der einzige Faktor, der das Aufkommen von einjährigen Unkräutern beeinflusst. Weitere Faktoren sind die Keimfähigkeit von Samen aus verschiedenen Bodentiefen, die Positivität und die Keimfähigkeit von Samen unter bestimmten Bodenfeuchtigkeitsbedingungen. Wichtig ist jedoch das eigentliche Prinzip der Bodenbearbeitung durch die einzelnen Maschinentypen und die einzelnen Arbeitsorgane. Eine tiefere Bodenbearbeitung mit intensiver Umwälzung und Durchmischung des Bodens fördert die Keimung der Samen aus dem an die Oberfläche gebrachten Bodenmaterial. Eine flache oder tiefere Bodenbearbeitung, die in erster Linie der Auflockerung der Bodenoberfläche dient, ohne den Boden intensiv zu mischen und zu wenden, fördert die Keimung vor allem von neu gebildeten und nicht normalen Samen.

gleichmäßige Tiefe auf der gesamten Parzelle, eine perfekte Nivellierung der Bodenoberfläche, die Bildung einer geringen Anzahl von Klumpen, die Einarbeitung von Nachernterrückständen und das Abschneiden von Unkraut sicherzustellen. In einigen Fällen, insbesondere bei der Verwendung von Scheibengrubbern, muss der Arbeitsgang wiederholt werden, um eine gute Unterbodenbearbeitung zu erreichen.

Besondere technische Lösungen

Im Bereich der Bodenbearbeitungsmaschinen, insbesondere für den Einsatz im ökologischen Landbau, sind innovative Konstruktionslösungen auf dem Markt erhältlich. Diese Maschinen zielen in erster Linie auf eine Bodenbearbeitung ab, bei der der Schwerpunkt auf dem Zurückschneiden von ein- und mehrjährigem Unkraut liegt. Ein gemeinsames Merkmal dieser Konstruktionen ist die fehlende Bodenverdichtung, um Unkräuter effektiv auszutrocknen. Einige Systeme sind mit Fingerzinken hinter dem Lockerungsteil ausgestattet, um Unkraut aus dem gelockerten Boden zu ziehen. Das Unkraut wird dann durch die Schwerkraft auf der Bodenoberfläche abgelagert. Spezifische Konstruktionen spiegeln sich auch in den Pflügen wider, bei denen durch die Verringerung der Wendewirkung des Pfluges die Einarbeitung von mehrjährigen Unkräutern in den Boden verringert wird (z. B. bei den als Stoppelhobel bekannten Pflügen).

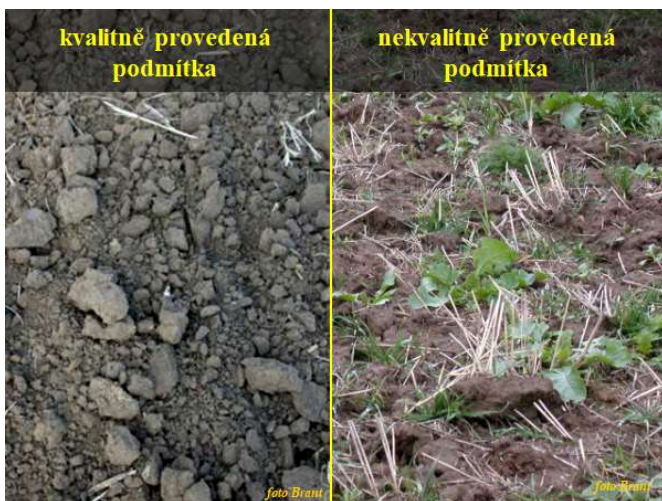


Abb.: Die Grundvoraussetzung für ein Substrat ist seine Qualität, links ein Substrat guter Qualität und rechts ein Substrat schlechter Qualität (Foto Brant).

Um eine gute Qualität des Unterbodens zu gewährleisten, ist es notwendig, seine





Abb.: Auf dem Markt sind innovative Konstruktionslösungen für die Umsetzung der Unterbodenbearbeitung im ökologischen Landbau erhältlich (Foto Brant).



Abb.: Die Verringerung des Wendeeffekts des Vertikutierers verbessert die Bekämpfung mehrjähriger Unkräuter, insbesondere im ökologischen Landbau (Quelle: <https://zobel-stahlbau.de>).

Kapitel 2. Das Pflügen

Pflügen ist eine der Grundoperationen der Bodenbearbeitung. Beim Pflügen **wird** der Boden **geloockert**, wodurch sich die Porosität des Bodenprofils erhöht, insbesondere der Anteil der unregelmäßig geformten, nicht kapillaren Poren. Das Pflügen bei optimaler Bodenfeuchtigkeit trägt dazu bei, den Boden in kleinere Bodenaggregate aufzubrechen und die Aggregatstruktur des Bodens zu beeinflussen. Infolge des Pflügens wird der Boden auch **umgewälzt**. Der Oberboden, der durch die Verwitterung und das Befahren mit

Maschinen bei agrotechnischen Arbeiten beschädigt wurde, **lagert sich am Boden der Furche ab** und der Unterboden **wird an die Oberfläche gebracht**. Ausgewaschene Nährstoffe und feine kolloidale Partikel werden an die Oberfläche befördert. Durch das Wenden des Schars werden Nachernterückstände, Stroh, Phytomasse für die Gründüngung und organische oder mineralische Düngemittel in den Boden eingearbeitet. Das Abdecken von Unkrautpflanzen in den unteren Bodenschichten sorgt nicht nur für die Vernichtung von ein- und mehrjährigen Unkräutern, sondern trägt auch zur Schwächung von mehrjährigen Unkrautarten bei. Zugleich trägt das Pflügen zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen bei. Das gepflügte Material wird gleichzeitig **mit dem Boden vermischt**.

Zeit des Pflügens

Das Sommerpflügen (Stoppelpflügen) wird in der Regel nach frühen Erntefrüchten (Winterzwischenfrüchte und einjährige Winterfutterpflanzen, Frühkartoffeln, früh geerntetes Gemüse usw.) durchgeführt, um den Boden für die Aussaat von Zwischenfrüchten oder einer zweiten Hauptkultur vorzubereiten. Die Pflugtiefe beträgt im Allgemeinen bis zu **0,18 m**. Eine flache Bodenbearbeitung verringert das Risiko einer Übertrocknung des bearbeiteten Oberbodens. Eine wichtige Voraussetzung für eine spätere gute Bodenvorbereitung vor der Aussaat ist die sofortige Bearbeitung der Oberbodenoberfläche. Dies kann direkt während des Pflügens mit Hilfe der im Pflugsatz enthaltenen Packerwalzen erfolgen. Bei tiefenvariablen Pflügen sollte der Pflugkörper so klein wie möglich eingestellt werden. Die höhere Fahrgeschwindigkeit des Geräts sorgt für eine **geringe Dammbildung**. Das Sommerpflügen kann auch gut mit Tiefpflügen durchgeführt werden.

Die **Aussaat** dient der Vorbereitung des Bodens für die Winterkulturen (Wintergetreide, Winterraps, Winterleguminosen usw.). Sie erfolgt bis zu einer Tiefe von maximal 0,25 m, je nach Witterung und Bodenverhältnissen. Das wichtigste Kriterium für die Aussaat ist ein ausreichender zeitlicher Abstand zwischen der Aussaat und dem Aussaattermin. Zwischen dem Pflügen und der Aussaat muss **der Boden gelockert** werden, was für einen guten Aufgang, die Durchwurzelung und die spätere Entwicklung der Pflanze wichtig ist. Die optimale Länge dieses Zeitraums beträgt **4 bis 5 Wochen**. Durch den Einsatz von Packern am Pflug oder von Frontpackern am Traktor während der Aussaat sowie durch die Bodenverdichtung mit Packern, die in die Säkombination integriert sind, kann dieser Zeitraum auf 2 bis 3 Wochen verkürzt werden. Die Saatkombinationen sorgen auch dafür, dass die Kultur in einer frischen Furche, d. h. unmittelbar nach dem Pflügen, angelegt werden kann.

Eine weitere Anforderung beim Säen ist die Minimierung **der** Bodenerhebung, um die **Bildung von Klumpen** und das **Austrocknen der Pflugoberfläche** zu vermeiden. Die Verringerung der Dammschüttung wird durch eine geringere Eindringtiefe der Zinken und eine Erhöhung der Pfluggeschwindigkeit erreicht. Die Pflugoberfläche kann direkt während des Pflügens mit Bodenstampfern bearbeitet werden. Natürlich können auch verschiedene Ausführungen von Planierplatten, Schneidmessern, Zinkenplatten und -walzen, Packerrädern usw. verwendet werden. Von der Bauart her handelt es sich um Bodenstampfer oder Nivelliersysteme, die **Bestandteil von Pflügen sind und auch an Drehpflügen eingesetzt werden können**. Die zweite Gruppe besteht aus selbstfahrenden Bodenstampfern, die sich durch ein höheres Gewicht und einen

größeren Durchmesser der Brech- und Verdichtungsringe auszeichnen. Diese Packer werden während der Arbeitsfahrt **hinter dem Pflug hergezogen und beim Wenden am Vorgewende** aus dem Fangmechanismus des Pfluges **herausgeschleudert** und nach dem Wenden von demselben Mechanismus wieder aufgefangen. Bei der Aussaat auf frisch gepflügtem Land können die Frontpacker in Kombination mit den hinten angebrachten Bodenbearbeitungs- und Säwerkzeugen zur Rückverfestigung des Bodens eingesetzt werden. Derzeit werden auch Pflüge mit einem kleineren Pflugkörper für das Drillpflügen eingesetzt.



Abb.: Die Bearbeitung der Oberfläche des Pflugbodens kann mit Bodenstampfern direkt beim Pflügen erfolgen (Foto Brant).



Abb.: Die Bearbeitung der Oberfläche des Pflugbodens kann mit Bodenstampfern direkt beim Pflügen erfolgen (Foto Brant).

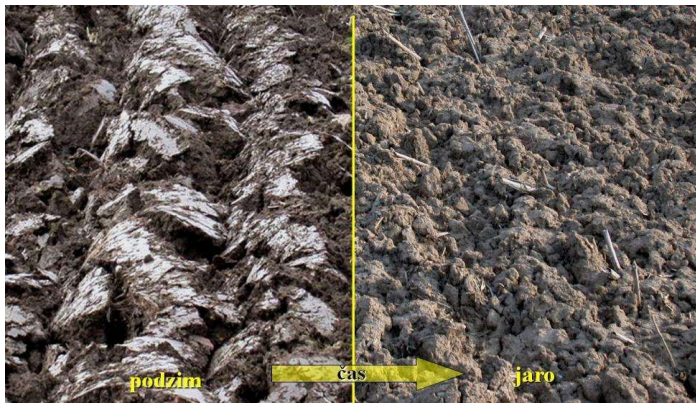


Abb.: Im Winter bewegen und zerkleinern Wasser und Frost den Boden. Links Herbst, rechts Frühjahr. (Quelle: Brant)

Tiefe des Pflügens

Die Pflugtiefe richtet sich vor allem nach den Erfordernissen der **Folgekultur** in Abhängigkeit vom **Zeitpunkt des Pflügens**, den **Bodenverhältnissen** und der Notwendigkeit, **organische** oder mineralische Düngemittel in den Boden einzuarbeiten.

In Bezug auf die Tiefe unterscheiden wir zwischen dem Pflügen in:

Auf flachen oder steinigen Böden, die in der Regel für höher gelegene Gebiete typisch sind, wird aufgrund der Bodenverhältnisse **ein flaches Pflügen bis zu 0,18 m** durchgeführt. Sie ist für die Anlage von Sommerzwischenfrüchten völlig ausreichend.

Eine mittlere Bodenbearbeitung von 0,18 bis 0,25 m gewährleistet optimale Bodeneigenschaften für den Anbau von Gewürzpflanzen, hauptsächlich in der Ackerschicht, die keine tiefere Auflockerung des Ackerprofils erfordern. Das Pflügen mit mittlerer Tiefe erfolgt bei der **Aussaat** von Winterkulturen (Wintergetreide und Winterraps) und beim Pflügen im Herbst auf Flächen, auf denen Frühjahrsgetreide, Leguminosen, Senf, Mohn usw. angebaut werden sollen. Organische Düngemittel werden durch das Pflügen in den Boden eingearbeitet. Daher wird er im

Kartoffelanbau bei gleichzeitigem Unterpflügen von Dung eingesetzt.

Ein tiefes Pflügen von 0,25 bis 0,30 m ermöglicht die Belüftung und Durchlüftung des größten Teils des gesamten Pflugprofils. Gleichzeitig schafft es durch die Belüftung des gesamten Oberbodenprofils die Voraussetzungen für eine optimale Wurzelentwicklung. Es begrenzt die Entwicklung von mehrjährigen und ausdauernden Unkräutern. Es wird bei Hülsenfrüchten (Zuckerrüben, Wurzelgemüse usw.) angewendet oder

Das sehr tiefe Pflügen über 0,30 m wird zur Vertiefung des Oberbodens auf tiefen Böden eingesetzt. Auf humosen Böden kann es für Zuckerrüben eingesetzt werden, wo es sich positiv auf den Ertrag und den Zuckergehalt auswirkt.

Beim tiefen und sehr tiefen Pflügen muss die Tiefe des Oberbodens beachtet werden, damit nicht biologisch inaktiver "toter" Boden aus dem Unterboden aufgewirbelt wird und die Skelettierung des Oberbodens zunimmt.

Bei der Anlage von Dauerkulturen wie Hopfengärten, Intensivobstanlagen oder Weinbergen **wird ein Rigolen** durchgeführt. Je nach Bodenprofil und Tiefe des Oberbodens liegt sie zwischen 0,4 und 0,7 m. Ziel des Pflügens ist es, die Bodeneigenschaften für den späteren Anbau mehrjähriger Kulturen über mehrere Jahre anzupassen.

Grundlegende Qualitätsanforderungen beim Pflügen

Eine der wichtigsten Aufgaben des Pflügens besteht darin, **die organische Substanz** perfekt **in den** Boden einzuarbeiten. Die vorherige Durchführung der Bodenbearbeitung leistet einen wichtigen Beitrag zur Erfüllung dieser Anforderung. Vor allem wenn zur Saatvorbereitung passiv oder aktiv betriebene Maschinen mit geringer

Belüftung eingesetzt werden und anschließend mit einer Schar-Sämaschine gesät wird, ist eine gute Einarbeitung der organischen Substanz unbedingt erforderlich. Beim Pflügen mit einem gut eingestellten Pflug verbleiben weniger als 10 % der Nachernterrückstände oder des organischen Düngers auf der Bodenoberfläche.



Abb.: Schlechte Stroheinmischung beim Pflügen aufgrund schlechter Strohaufnahme (links) und ungestützter hoher Stoppeln (rechts) - Foto von Brant.

Ein gutes Pflügen sorgt dafür, dass **Unkräuter** perfekt **geschnitten** und **abgedeckt** werden, wodurch insbesondere die Entwicklung von mehrjährigen und mehrjährigen Unkrautarten eingeschränkt wird.

Eine Voraussetzung für die Qualität des Pflügens und die Minimierung seiner wirtschaftlichen Intensität ist, dass es unter optimalen Bodenbedingungen durchgeführt wird. Das Pflügen von nassen Böden führt zur Bildung von **kompakten Hängen**, die schwer zu bearbeiten sind. Die Bildung von kompakten Scharen sollte insbesondere beim Drill- und Frühjahrspflügen vermieden werden. Das Pflügen von zu trockenem Boden führt zur Bildung großer und harter Klumpen. Solche Klumpen mindern die Qualität der Saatvorbereitung nach der Aussaat und erhöhen den wirtschaftlichen und zeitlichen Aufwand für die Saatvorbereitung.

Für das Pflügen von mehrjährigen Futterpflanzen ist es ratsam, die Pflüge mit **einem Vorgewende** auszurüsten. Das Vorgewende schneidet aus dem am stärksten durchwurzelteten Profil einen kleineren Schwad, der etwa zwei Drittel der Schwadbreite und weniger als die Hälfte der Tiefe des vom Pflugkörper geschnittenen Schwads beträgt, vor den Hauptpflugkörper. Dieser fällt auf den Boden der Furche, wobei die meisten Pflanzenreste anschließend umgeworfen werden. Die Qualität der Ernterrückstände erleichtert die spätere Saatvorbereitung und Aussaat. Wenn es nicht möglich ist, mehrjährige Futterpflanzen mit einem Tiefenlockerer zu pflügen, ist es notwendig, die Stoppeln rechtzeitig (3 bis 4 Wochen vor dem Pflügen) mit Scharen oder Scheibengrubbern zu bearbeiten. Diese Technik verringert das Risiko einer Übertrocknung des Bodens für die Folgekultur.



Abb.: Position der Vorhand vor dem Reitstock, im unteren Teil des Bildes ist der Scheibenschneider zu sehen (Foto Brant).

Vertikutierer können zur Verflüssigung des verdichteten Untergrunds eingesetzt werden. Die Vertikutierer werden hinter jedem Pflugkörper oder nacheinander eingebaut, um den Pflugwiderstand zu verringern. Alternativ kann der Vertikutierer auch nur vor dem ersten Pflugkörper angebracht werden. Durch die Anordnung des Vertikutierers nur vor dem

ersten Pflugkörper werden die mit dem Vertikutieren verbundenen, in der Regel hohen wirtschaftlichen Kosten des Pflügens reduziert und der Untergrund dort gelockert, wo das Traktorrad in der Furche vorbeifährt. Heutzutage werden Vertikutierer auch im Rahmen der so genannten zweischichtigen Bodenbearbeitung eingesetzt. Dabei wird der obere Teil des Oberbodens mit Pflugkörpern bearbeitet und der untere Teil mit Vertikutierern kultiviert.



Abb.: Position des Abstreifers am Pflugkörper (Foto Brant).

Kapitel 3. Vorbereitung des Bodens für die Aussaat

Die Technologien zur Vorbereitung der Aussaat beruhen auf allgemeinen Grundsätzen, die eine gute Keimung des Saatguts und einen hohen Pflanzenaufgang gewährleisten, werden jedoch durch die

grundlegenden Bodenbearbeitungsmethoden selbst modifiziert. Der Übergang von Bodenbearbeitungssystemen mit **Wenden zu Lockerungstechniken ohne Wenden des Oberbodens** hängt mit dem Vorhandensein von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche zusammen. Die großen Veränderungen bei den Systemen vor der Aussaat stehen im Zusammenhang mit der Entwicklung breiterer Reihenanbausysteme, die anschließend während der Vegetationsperiode mechanisch bearbeitet werden.

Ziele der Bodenvorbereitung vor der Aussaat

Ziel der im Rahmen der Aussaatvorbereitung und der Vorbereitung des Bodens für die Aussaat durchgeführten Arbeiten ist es, optimale Bedingungen für die **rechtzeitige und qualitativ hochwertige Etablierung der Kulturen** im Hinblick auf ihre spätere Entwicklung zu schaffen und die erforderlichen Bedingungen für die Arbeit der Sämaschinen zu gewährleisten. Die Etablierung von Kulturen durch die Aussaat von Saatgut beinhaltet eine gezielte Veränderung der räumlichen Anordnung der Bodenmasse in der obersten Schicht, um geeignete Bedingungen für die Prozesse der **Samenkeimung und des Aufgehens der Keimlinge** zu gewährleisten. Bei der Bodenbearbeitung für die Anpflanzung von vegetativen Vermehrungsorganen oder Sämlingen muss die Bodenbearbeitung geeignete Bedingungen für die Keimung von Knollen oder die rasche Etablierung von Sämlingen und das anschließende Wachstum schaffen. Unabhängig von den unterschiedlichen Bodenverhältnissen des Standorts, von einfachen Bodenbearbeitungsverfahren und komplexen Bodenbearbeitungssystemen sollte die Bodenvorbereitung vor der Aussaat die folgenden Anforderungen erfüllen:

- die Landoberfläche zu nivellieren und die Landfläche auf dem Grundstück zu verringern,
- eine isolierende Schicht aus lockerer Erde auf der Bodenoberfläche zu schaffen, um Wasserverluste zu verhindern
- die Bodentemperatur zu erhöhen, um die Keimung der Samen und den Pflanzenaufgang zu fördern,
- die für die Wasserbewegung und den Luftaustausch erforderliche Anordnung der Bodenaggregate im Oberboden herzustellen,
- die Risiken der Verschlechterung des Oberbodens durch abiotische Faktoren zu verringern,
- die Voraussetzungen für die Schaffung eines guten Saatbetts mit der Sämaschine zu schaffen,
- die richtigen Voraussetzungen für die Qualitätsarbeit der Sämaschine zu schaffen,
- zur mechanischen Unkrautbekämpfung beitragen und die weitere Entwicklung von Unkrautgemeinschaften kontrollieren,
- zusammen mit der Aussaat geeignete Bedingungen für die Anwendung mechanischer Unkrautbekämpfungsmethoden (Fläche, Reihe und Zwischenreihe) während der Wachstumsperiode vorzubereiten,
- in Verbindung mit der Aussaat, um geeignete Bedingungen für die Ernte vorzubereiten, insbesondere bei Getreide, das eine niedrige Aussaatstärke erfordert,
- Sorgen Sie für eine geeignete Methode zum Ausbringen der Ernterückstände der Vorkultur oder des lebenden oder toten Mulchs der Zwischenfrucht.

Bei der Vollsaat ist die Trennung von Vorfrucht und Aussaat immer noch vorherrschend, aber mit dem Aufkommen von **Drillmaschinen, die mit verschiedenen Arbeitswerkzeugen zur Lockerung und Einebnung des Bodens ausgestattet sind** (Scheibensektionen,

Meißelsektionen usw.), werden Vorfrucht und Aussaat gleichzeitig durchgeführt

Setzung der Bodenoberfläche und Verringerung der Verdichtung

Die Regulierung der Bodenoberfläche erfolgt in der Regel nach vorherigem Pflügen, flacher und tiefer Bodenbearbeitung ohne Wenden des Oberbodens. Vor allem nach dem Pflügen, wenn das Land in einer groben Furche belassen wird, ist die Landoberfläche gegrubbert; beim Furchenpflügen ist eine zusätzliche Einebnung der Schüttungen und Furchen erforderlich. Die Einebnung der Bodenoberfläche führt zu einer Verringerung der Oberfläche, d. h. zu einer Verringerung der Verdunstungsfläche. Gleichzeitig trägt sie dazu bei, die Qualität der Sämaschinen zu gewährleisten, die für die Aussaat in behandelten oder teilweise behandelten Böden verwendet werden. Eine eingeebnete Parzelle und die Bildung eines gleichmäßig gelockerten Oberbodens in der erforderlichen Tiefe ist eine Garantie dafür, dass die erforderliche Aussaat- oder Pflanztiefe in Bezug auf die Gleichmäßigkeit der Ablage von Saatgut und Setzlingen in Längs- und Querrichtung eingehalten wird. Um negative Bodenverdichtungen zu verringern und die Bildung von Spurrillen bei der Vorbereitung der Aussaat zu vermeiden, sind die Traktoren mit Doppelrädern oder Breitreifen ausgestattet, deren Konstruktion eine Reduzierung des Reifendrucks auf unter 1 bar ermöglicht. Ein häufiger Fehler in der landwirtschaftlichen Praxis besteht darin, nur die Hinterachse des Zugfahrzeugs mit einer Doppelachse auszurüsten, was nicht verhindert, dass die Vorderräder tiefere Spuren und Bodendruck bilden. Ein weiteres großes Problem ist die Gefahr der Bodenverdichtung durch die Arbeitswerkzeuge der Grubber, die einen Teil des Gewichts der Maschine auf den Boden unter dem Arbeitswerkzeug übertragen. Dies

kann zur Bildung einer verdichteten Bodenschicht unterhalb der Bearbeitungstiefe führen, aber auch zur Verhinderung der Wasserinfiltration bei stärkeren Niederschlägen, einschließlich der Einschränkung des Wurzelwachstums der Pflanzen. Bei schmalreihigen Kulturen kommt es darauf an, die Aussaatvorbereitung unter geeigneten Bedingungen durchzuführen und das Betreten der Parzelle zu beschränken, wenn unter der gepflügten Schicht eine hohe Bodenfeuchtigkeit herrscht. Hülsenfrüchte sind besonders anfällig für Bodenverdichtungen, die aus der Vorbereitung vor der Aussaat resultieren, wobei die Beschränkung des Wurzelwachstums zu Beginn der Pflanzenentwicklung den Samenertrag beeinträchtigen kann.

Die Begrenzung der Bodenverdichtung während der Aussaat, insbesondere bei Frühjahrskulturen, ist von wesentlicher Bedeutung, um die Gefahr von Erosionsprozessen zu verringern, aber auch um Wasserstress zu vermeiden, der durch das langsame Eindringen der Wurzeln in die unteren Schichten und die Stauung des infiltrierten Wassers nach Regenfällen im Oberboden entsteht, das durch Verdunstung schnell verloren geht.

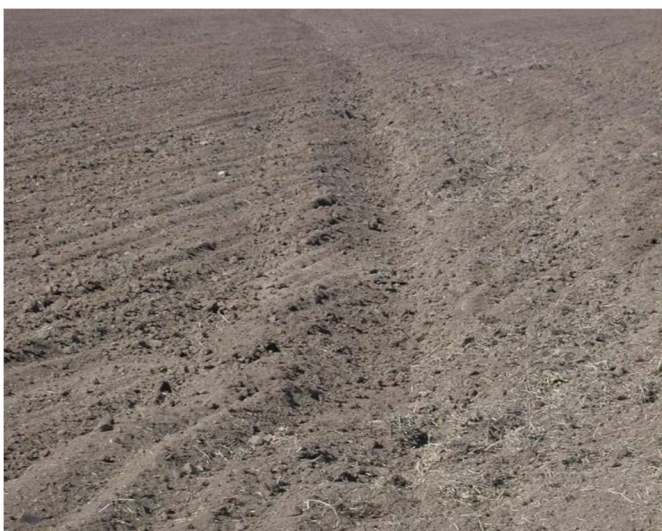


Abb.: Die Bodenbearbeitung im Garten trägt durch die fehlende Einarbeitung der Reihen zu größeren Bodenunebenheiten bei (Foto von Brant).

Begrenzung des Wasserverlustes aus dem Boden

Die Vermeidung **unproduktiver** Verdunstung und die Rückhaltung von Wasser im Boden ist eine der wichtigsten Funktionen der Saatvorbereitung. In Bodenbearbeitungssystemen erfolgt die perfekte Einarbeitung von Nachernterückständen. Im Rahmen der anschließenden Vorbereitung vor der Aussaat ist es notwendig, einen lockeren Oberboden auf der Bodenoberfläche zu schaffen, der dazu beiträgt, den Kapillaraufstieg zu brechen.

Das Vorhandensein von **Pflanzenresten** auf der Bodenoberfläche oder von **größeren Bodenteilchen**, die bei der Aggregatanordnung während der Vorbereitung der Aussaat auf der Bodenoberfläche abgelagert werden, trägt zur Verringerung der den Oberboden schädigenden Degradationsprozesse bei, die durch direkte Einwirkung meteorologischer Elemente (Sonneneinstrahlung, Niederschlag, Luftströmung usw.) verursacht werden, und verringert auch die Gefahr von Wasser- und Winderosion. Zu den **agrarischen Erosionsschutzmaßnahmen** gehören insbesondere die Einsaat in unbestellte Böden, Mulch und grobe Furchen.

Differenzierung der Verteilung der Bodenaggregate

Ein wichtiges Ziel der Bodenvorbereitung vor der Aussaat und dem Pflanzen ist es, sicherzustellen, dass die Bodenaggregate die erforderliche Größe haben und optimal in der Bodenschicht angeordnet sind, in die das Saatgut oder die Setzlinge eingebracht werden sollen. In der Tiefe des Bodens, in den das Saatgut eingebracht wird, müssen feine

Bodenpartikel vorhanden sein, um einen ausreichenden **Kontakt zwischen** dem Saatgut und dem Boden und damit den **Primärwurzeln** zu gewährleisten. Dadurch wird eine gute Wasserversorgung der Samen und später der keimenden Pflanzen gewährleistet. Pflanzensamen können aufgrund des geringen Wasserpotenzials an ihrer Oberfläche sehr gut Wasser aus dem Boden, aber auch aus der Bodenluft aufnehmen. Unter dem Gesichtspunkt der Verzögerung des Ausgleichs der Wasserpotenziale zwischen dem Saatgut und der umgebenden Bodenumgebung ist die Aufnahme von Wasser im flüssigen Zustand im Boden vorzuziehen.

Die Optimierung der Aggregatverteilung im Saatbeet ist daher auch ein weiterer Faktor, der dafür sorgt, dass ausreichend Wasser für die biologischen Prozesse im Saatgut (**Quellung** und anschließende **Keimung**) und natürlich für das Auftreten der Keimwurzel in den Sprossen und den daraus entstehenden Pflanzen zur Verfügung steht. Bei ausreichender Wasseraufnahme, vor allem in den Embryo, beginnen im Samen Oxidationsreaktionen. Diese führen zur Zersetzung chemisch komplexerer Speicherstoffe in einfachere, die zur Bildung neu entstehender Organe verwendet werden. All dies ist abhängig von ausreichend Sauerstoff und Temperatur. Mit dem Entstehen der embryonalen Wurzel und der anschließenden Bildung des oberirdischen Teils der Pflanze wird die keimende oder entstehende Pflanze in Bezug auf die Verfügbarkeit von Wasser im Boden sehr empfindlich.

Bei der Vorbereitung vor der Aussaat in konventionellen Bodenbearbeitungssystemen werden **die Auswirkungen der Temperaturschwankungen auf den Boden während des Winters** genutzt, um die gewünschte Bodenstruktur bei der Vorbereitung vor der Aussaat im Frühjahr zu

schaffen. Der Frost im Winter ist unter mitteleuropäischen Bedingungen ein wichtiger Faktor, der zur Bildung einer optimalen Bodenstruktur beiträgt, insbesondere der "Krumenstruktur", die mit Porositätswerten von 50 % verbunden ist. Bei der Etablierung von Kulturen im Herbst ist eine Grundbodenbearbeitung bei optimaler Bodenfeuchte erforderlich, um ein Austrocknen des Oberbodens und die Bildung von Klumpen zu verhindern.

Auch die Qualität der Saatbettbereitung nach der flachen Bodenbearbeitung hängt im Hinblick auf die gewünschte Aggregatanordnung hauptsächlich von der Durchführung der Grundbodenbearbeitung unter optimalen Bodenbedingungen ab. Obwohl es heute möglich ist, mit Maschinen mit aktiv angetriebenen Arbeitsorganen auch dann ein qualitativ gutes Saatbett vorzubereiten, wenn die Grundbodenbearbeitung aus verschiedenen Gründen nicht die gewünschte Bodenstruktur hervorgebracht hat, darf der Prozess der natürlichen Bodenstrukturbildung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung nicht unterschätzt werden.

Die Verteilung der Aggregate über den Boden der Saatfurche erfordert daher, dass sich die feinsten Partikel am Boden der Saatfurche befinden und ihre Größe zur Oberfläche hin zunimmt. Größere Aggregate, bis zu 40 mm groß, sind dann an der Bodenoberfläche erwünscht, um die Bodenoberfläche vor **Wind- und Wassererosion** zu schützen. Im Falle der Winderosion verlangsamen sie die laminare Luftströmung über der Bodenoberfläche, die bei Kontakt mit der groben Oberfläche turbulent wird, wodurch die Fähigkeit des Windes, zu blasen, verringert und die Bildung von **Luft- und Bodenschwebstoffen** begrenzt wird und die **Umkippvorgänge** verlangsamt werden. Größere Bodenaggregate, die über einen

längeren Zeitraum auf der Bodenoberfläche verbleiben, widerstehen der kinetischen Energie der Regentropfen und schützen die darunter liegende Bodenstruktur. Bei der Aussaat von schmalreihigen Kulturen müssen die größeren Bodenaggregate durch den Drillschuh zurückgedrängt werden, können aber von der Sämaschine über der gesäten Reihe wieder in Position gebracht werden. Daher ist es besser, die Bildung von Aggregaten bei der Vorbereitung des Bodens für schmalreihige Kulturen zu begrenzen; kleinere Aggregate sind nicht einschränkend. Bei breitreihigen Kulturen, die in Direktsaat ohne Mulch gesät werden, **ist eine größere Bodenoberfläche wünschenswert**, da der Abstand zwischen den Reihen größer ist und die **Bodenfläche, die nicht von Vegetation bedeckt ist, größer ist**. Die Entfernung größerer Bodenaggregate von der Bodenoberfläche kann mit Schollenentfernern an Drillmaschinen für die Aussaat in breiteren Reihen erreicht werden

Luftaustausch und Lichtverhältnisse

Auch die Auflockerung der Bodenschicht über dem Saatbettboden beeinflusst das Verhältnis zwischen Sauerstoff und Kohlendioxid. Es ist zu bedenken, dass die Spaltreaktionen der Speicherstoffe für die Keimung **eine ausreichende Sauerstoffzufuhr** erfordern. Im Allgemeinen nimmt der Sauerstoffgehalt der Bodenluft mit der Bodentiefe ab und der Kohlendioxidgehalt zu. Natürlich wird die Verfügbarkeit von Sauerstoff auch durch den Wassergehalt des Bodens bestimmt. Die Diffusion von Sauerstoff in die Bodenluft **ist um ein Vielfaches höher als die** Diffusion in das Bodenwasser. Die Staunässe im Saatbett geht häufig mit einer Verdichtung des Bodens und der Wände der Saatfurche einher, was wiederum das Wurzelwachstum in den unteren Bodenschichten einschränkt. Der Anstieg des Kohlendioxidgehalts des Bodens im Saatbett, insbesondere wenn der Boden

um das Saatgut herum verdichtet wird, **verringert die Keimung der Samen**. Die Auflockerung des Bodens über dem Saatbett und die Verringerung der Bodenverkrustung sind



Abb.: Die Kombination aus Bodenverdichtung, höherer Bodenfeuchte und erhöhtem Druck auf den Drillschuh erhöht das Risiko der Verdichtung des Saatfurchenbodens auch in gepflügten Flächen, was die Wurzelentwicklung in die unteren Bodenschichten einschränkt (Foto Brant).

wichtig für die Verfügbarkeit von Sauerstoff für die Samen und anschließend für das Wurzelsystem der Sämlinge, einschließlich des Abtransports des Kohlendioxids aus den Samen.

Licht ist natürlich einer der Faktoren, die die Keimung beeinflussen. Es spielt eine entscheidende Rolle bei der Keimung von Samen sogenannter **photo-positiver** Arten, die zur Keimung Licht benötigen. Dies ist insbesondere bei Grassamen der Fall. Bei den meisten Samen von Feldfrüchten ist das Vorhandensein oder Fehlen von Licht kein wichtiger Faktor für die Keimung. Bei sehr geringer Aussattiefe ist es jedoch auch wichtig, dass das Saatgut auf verdichtetem Boden abgelegt wird, um die Verfügbarkeit von Wasser für die Keimung und die anschließende Entwicklung des Wurzelsystems der Sämlinge zu gewährleisten.

Temperatur als Beschleuniger von biochemischen Prozessen

Die Bodentemperatur als wichtigster Einflussfaktor für die Keimung und den Aufgang ist der begrenzende Faktor, insbesondere bei Frühjahrskulturen. Die Temperatur des Bodens, d. h. seine Erwärmung auf die **für die Keimung optimale Temperatur**, hängt vom Energieeintrag durch die Sonneneinstrahlung und von den Bodeneigenschaften selbst ab, insbesondere vom Wasser-Luft-Verhältnis. Ein weiterer Faktor ist, wie die Wärme in die tieferen Bodenschichten weitergeleitet wird. Hier spielt die Luft eine entscheidende Rolle, da sie im Vergleich zu Wasser und der festen Phase des Bodens die geringsten **Wärmeleitfähigkeitswerte** aufweist, d. h. die Wärmeübertragung von der Oberfläche in die unteren Schichten ist in feuchtem Boden leichter.

Die Auflockerung des Oberbodens, die sich in einem höheren Anteil der gasförmigen Phase äußert, trägt zu einer stärkeren Erwärmung des Bodens am Tag bei, führt aber auch zu einer schnelleren Abkühlung des Bodens in der Nacht. Temperaturänderungen, die mit einem Absinken der Bodentemperatur unter den Taupunkt verbunden sind, können zu Bodenbetauung führen. Die Befeuchtung des Bodens **durch Kondensation von Wasser aus der Bodenluft** kann ein wichtiger Faktor für die Bereitstellung von ausreichend Wasser für Samen oder aufkommende Pflanzen sein. Dieses Wasser wird in der Regel von den Bodenpartikeln absorbiert. Vor allem auf Böden mit einem höheren Gehalt an Staub- und Tonpartikeln wird das **Wasser** jedoch, wenn sie sich in einem trockenen Zustand befinden, **durch die Bodenmasse stark matrixgebunden** und steht dann möglicherweise nicht für Keimungs- und Auflaufprozesse zur Verfügung.

Das Vorhandensein von Nachernterrückständen auf der Bodenoberfläche trägt ebenfalls zu einer langsameren Erwärmung des Bodens bei. Das Problem der Ernterrückstände beeinflusst die Keimung und den Aufgang der Pflanzen unter zwei Aspekten. Zum einen wird die Bodentemperatur durch die **Reflexion der kurzwelligen Strahlung** gesenkt, die in erster Linie zur Erwärmung der Bodenoberfläche beiträgt. Die Wärme von der Bodenoberfläche breitet sich dann in die unteren Bodenschichten aus. Ein weiterer Faktor, der zu einer Verringerung der Bodentemperatur durch die Bedeckung mit Pflanzenresten führt, ist die **isolierende Luftschicht** zwischen dem Boden und dem Pflanzenmaterial. Der zweite Aspekt ist die Wirkung von Pflanzenrückständen auf die chemische Zusammensetzung des Bodens, d. h. die Wirkung von Zwischenprodukten der Zersetzung organischer Stoffe, die sich negativ oder positiv auf die Keimung von Samen und die Entwicklung von Keimlingen auswirken können.

Siebbett

Die Bildung von Bodenaggregaten in der erforderlichen Größe und deren Schichtung im oberen Teil des Bodens ist eine Voraussetzung für die Bildung des **Saatbetts**. Das Prinzip des Saatbettes besteht darin, eine untere, lockere oder verdichtete Bodenschicht zu schaffen, auf der das Saatgut abgelegt wird. Durch die Verdichtung des Bodens **wird der kapillare Aufstieg des Wassers** zum Saatgut und zu den keimenden Pflanzen gefördert. Gleichzeitig wird eine Schädigung der Wurzeln der wichtigsten Pflanzen durch eine zusätzliche vermieden.

Andererseits gewährleistet der oberste, gelockerte Teil des Bodens über der verdichteten Schicht einen ausreichenden **Luftzugang** zum keimenden Saatgut und ein **Durchdringen des oberirdischen Teils der keimenden Pflanzen** durch die Oberflächenschicht des Bodens während der Keimung. Aufgrund der spezifischen Wärmekapazität der Luft trägt die lockere Schicht auch **zur Erwärmung des Bodens über dem gelagerten Saatgut** bei.

Unkrautbekämpfung bei der Vorbereitung der Aussaat

In der Vergangenheit war die Bodenvorbereitung vor der Aussaat ein wichtiger Faktor bei der Unkrautbekämpfung im Oberboden, insbesondere bei Frühjahrskulturen. Das Prinzip der Unkrautbekämpfung bestand darin, die Bodenoberfläche zu Beginn des Frühjahrs zu besiedeln, um das Aufkommen von Unkräutern zu fördern, die dann durch die Bodenbearbeitung vor der Aussaat mechanisch unterdrückt wurden. Es ist immer noch notwendig, mit der Tatsache zu arbeiten, dass die meisten Unkrautsamen aus einer Bodentiefe von bis zu 50 mm auftauchen. Die Bedeutung der Vorbereitung vor der Aussaat liegt jedoch auch darin, ein schnelles und gleichmäßiges Auflaufen der Unkräuter zu fördern. Die Sicherstellung eines schnellen Aufgehens der meisten Unkrautsamen im Oberboden ermöglicht eine wirksame mechanische Bekämpfung, einschließlich der Begrenzung der Anzahl der Wiederholungen.

Sämaschinen für die Aussaat von schmalreihigen Kulturen

Die Aussaat in den gesamten Boden kann mit fast allen Sämaschinen durchgeführt werden. Weit verbreitet sind Sämaschinen, **die nicht mit Arbeitsteilen zur Bodenbearbeitung ausgestattet sind**. Bei diesen Maschinen wird in den meisten Fällen eine **Bodenvorbereitung**

vor der Aussaat durchgeführt. Es handelt sich entweder um Sämaschinen mit Schwerkrafttransport des Saatguts von den Säwalzen zu den Säscheren oder um Maschinen mit pneumatischem Saatguttransport. Sämaschinen können mit konventionellen Scharscharen, Einscheibenscharen oder Doppelscheibenscharen ausgestattet sein.

Sämaschinen **mit Bodenbearbeitungssystemen mit passiven Arbeitswerkzeugen** sind weit verbreitet. Die Sämaschinen sind serienmäßig mit Doppelscheiben-Säsektionen ausgestattet. Die Arbeitssektionen sind in der Regel mit schrägen, konvexen Scheiben, geraden, gewellten Scheiben, verschiedenen Meißeln für eine flachere Bearbeitung oder flachen Bearbeitungsscharen vor den Säscheren ausgestattet. Selbstverständlich kann die Bodenbearbeitung während der Aussaat durch die Vorbereitungsscharen entfallen, indem diese angehoben werden. Die Rückverfestigung am **Boden des Saatbettes nach der Lockerung mit den Vorbereitungsschritten** wird durch verschiedene Packerwalzensysteme gewährleistet. Die Sämaschinen können für die Aussaat in die Grobfurche, in den Unterboden und in flachere und tiefere Lockerungssysteme mit weniger intensiver Bodenkrümelung eingesetzt werden. Sie können auch für die Aussaat in die Vorfruchtstoppeln auf regelmäßig bearbeiteten leichteren Böden und auf schwereren Böden nur unter geeigneten Bodenbedingungen und ohne das Vorhandensein einer großen Anzahl oder tiefer Spuren verwendet werden. Die Bearbeitungsabschnitte der Sämaschinen für die Bodenvorbereitung sorgen für die **Einebnung der Bodenoberfläche**, die Bildung des **Saatbettes** und die entsprechende räumliche Anordnung der Bodenaggregate

über dem Saatbett sowie die weitere Zerkleinerung größerer Bodenaggregate.



Abb.: Sämaschinen ohne Bodenvorbereitungsabschnitte erfordern in der Regel eine gute Bodenvorbereitung vor der Aussaat (Foto Brant).



Abb.: Die Arbeitsabschnitte der Sämaschinen für die Bodenvorbereitung sorgen für die Einebnung der Bodenoberfläche, die Bildung des Saatbetts und die geeignete räumliche Anordnung des Bodens über dem Saatbett (Foto Brant).



Abb.: Maschinen mit einem Bodenbearbeitungssystem für die Aussaat mit passiven Arbeitsgeräten (Foto Brant).



Sämaschinen für die Aussaat in aufbereiteten Böden ohne oder nach einer Vorbereitung vor der Aussaat können auch für die Aussaat in teilweise oder nicht aufbereiteten Böden verwendet werden. Der Einsatz dieser Maschinen in lockeren Böden ist begrenzt, da das Gewicht der Maschine und die verwendete Zugkraft **zu tiefen Spurrillen führen** kann, in denen die Pflanzen nur schwer wachsen können. Die Aussaat in Böden mit höherem Feuchtigkeitsgehalt ist ebenfalls sehr problematisch, da die Bodenverdichtung in der Spur sehr intensiv ist und der höhere Druck auf die Säscheue zur **Verdichtung des Bodens der Saatzfurche** beitragen kann.



Abb.: Einsatz von Sämaschinen für die Aussaat in unbehandelte Böden für die Aussaat in lockere und vollständig behandelte Böden, bei denen das Gewicht der Maschine und die verwendete Zugkraft das Risiko tiefer Spurrillen mit sich bringen kann, in denen die Pflanzen nur schwer wachsen können (Foto Kasl).

Eine zunehmend verbreitete Gruppe sind Sämaschinen, die mit Maschinen mit aktiv arbeitenden Werkzeugen kombiniert werden. Je nach Anwendung des Aggregat-Maschinenkonzepts (Bodenfräsen, Zinkeneggen, Kreiselgrubber, Kreiseleggen und Vibrationseggen) werden die Anforderungen an die Qualität der Grundbodenbearbeitung bzw. die Notwendigkeit der Saatvorbereitung bestimmt. Insbesondere Kreiseleggen und Vibrationseggen müssen eine gute Qualität der Bodenbearbeitung mit weniger Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche gewährleisten.



Abb.: Eine erweiterte Gruppe von Sämaschinen, die mit Maschinen mit aktiv arbeitenden Werkzeugen kombiniert sind (Foto Drapac und Brant).



Abb.: Sämaschinen für die Aussaat in unbestellten Böden mit Scheibensäscharen (Foto Brant).



Abb.: Sämaschinen für die Aussaat in aufbereiteten oder teilweise aufbereiteten Böden, die mit Säscharen mit Flügeln ausgestattet sind (Foto Brant).



Abb.: Sämaschinen für die Aussaat in bearbeiteten oder teilweise bearbeiteten Böden mit Meißeln (Foto Brant).

Sämaschinen für die Aussaat von breitblättrigen Kulturen

Für die Aussaat von breiten Reihenkulturen mit mechanischen Drillmaschinen, die für die Aussaat von Zuckerrüben, Winterraps und Gemüse verwendet werden können, wird eine

qualitativ hochwertige Saatvorbereitung empfohlen.



Abb.: Mechanische Drillmaschinen erfordern einen gut vorbereiteten Boden für die Aussaat (Foto Brant).

Die Anforderungen an die Maschinen für die Qualität der Bodenbearbeitung vor der Aussaat richten sich nach der Bauart des Säggregats und seiner Ausstattung mit anderen Geräten wie Klutenentferner, Ernterückstandsentferner usw. Die Sämaschinen können je nach Bauart für die Aussaat in einen vollständig bearbeiteten Boden mit Voll- oder Streifenvorbereitung, für die Aussaat in einen vollständig bearbeiteten Boden ohne Vorbereitung, für die Dammtechnik, für die Aussaat in eine Stoppelvorfrucht oder in einen Bestand aus gefrorener oder ungefrorener Vorfrucht eingesetzt werden. Der Teilungsabstand der Drillmaschinen liegt in der Regel zwischen 0,35 und 0,75 m.

Kapitel 4. Anbausysteme während der Vegetationsperiode

Die Möglichkeiten der Bodenbehandlung während der Vegetationsperiode hängen von der **angebauten Kultur**, ihrer Wachstumsphase, der verwendeten

Anbautechnik, der Bodenbeschaffenheit, den Witterungsbedingungen, der Intensität des Bewuchses und dem Entwicklungsstadium der Unkrautpflanzen ab. Bodenbearbeitungsmaßnahmen, die während der Vegetationsperiode durchgeführt werden, tragen nicht nur zur **Beeinflussung der Bodeneigenschaften** und zur **Kontrolle von Unkrautgemeinschaften** bei, sondern ermöglichen auch die **gleichzeitige gezielte Ausbringung von flüssigen und festen Stoffen** auf die Hauptkultur oder zur Reduzierung der Entwicklung von Unkrautpflanzen in der Zwischenreihe. Die Kultivierung von Beständen während der Vegetationsperiode dient dazu:

- Anpassung der Bodeneigenschaften an die Anforderungen der anzubauenden Kultur,
- Unkraut zu unterdrücken und die Kulturpflanzen nur minimal zu schädigen,
- eine gezielte Ausbringung von flüssigen oder festen Stoffen in der Reihe der Hauptkultur gewährleisten, um deren Entwicklung positiv zu beeinflussen, ohne Unkraut in der Zwischenreihe zu fördern,
- Reduzierung der pro Flächeneinheit ausgebrachten Flüssig- und Feststoffmengen durch gezielte zonale Ausbringung auf die Hauptkultur,
- Verringerung der Arbeits- und Kraftstoffkosten bei der Kombination von Arbeitsvorgängen wie der Unkrautbekämpfung
- Verringerung der negativen Auswirkungen von Treibhausgasemissionen, indem mehr Arbeitsgänge in einem Durchgang durchgeführt werden und der Verbrauch von Stoffen, die bei der Erzeugung und dem Transport von Treibhausgasen eingesetzt werden, verringert wird.

Neben der Begrenzung der negativen Auswirkungen von Unkräutern auf die Kulturpflanzen muss auch die

Bodenbearbeitung selbst in Verbindung mit der Förderung der Mineralisierung organischer Stoffe und der Verringerung der Verdunstung **als Intensivierungsfaktor** betrachtet werden.

Arbeitsgänge nach Ausführungszeitpunkt und Standaufbau

Im Hinblick auf die Bestandsentwicklung lassen sich die Arbeitsgänge in **präemergent** (von der Aussaat bis zum Auflaufen des Bestands) und **postemergent** (nach dem Auflaufen des Bestands) unterteilen. Die zweite Sichtweise basiert auf dem Eingriff in Bezug auf die Pflanzenverteilung.

Ganzpflanzige Eingriffe werden ohne gezielte Rücksichtnahme auf die Pflanzenverteilung durchgeführt und basieren auf der Annahme, dass der Eingriff nur minimale negative Auswirkungen auf die Entwicklung der Kulturpflanze hat. In erster Linie werden Walzen, der Einsatz von Stab- und Sterneggen und verschiedene Systeme von Stabrädern eingesetzt.

Mit der Entwicklung von Technologien für die Präzisionslandwirtschaft und der zunehmenden Praxis des Anbaus von schmalen Reihenkulturen in breiteren Reihen gewinnt die **Zwischenreihenbearbeitung** immer mehr an Bedeutung. Ziel des Eingriffs ist daher der **Raum zwischen den Reihen der Hauptkultur**, in dem die Unkrautbekämpfung, die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des Bodens oder die gleichzeitige flächige oder reihenweise Ausbringung von flüssigen und festen Stoffen erfolgt.

Die Reihenkultur, die typisch für breit angelegte Kulturen ist, ist auch eine Methode zur Beseitigung von Unkraut in der Reihenzone. Entscheidend ist eine klare Festlegung der Reihenzone, die nicht nur durch den Raum zwischen den Pflanzen in der

Reihe definiert ist, sondern auch den Seitenraum um die Reihe herum umfassen muss.

Die **gleichzeitige gezielte Zwischenreihen- und Reihenaufbereitung** ermöglicht eine wirksame Unkrautbekämpfung und Bodenverbesserung, einschließlich der zonalen Anwendung von flüssigen und festen Stoffen. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um eine systemische Kombination mehrerer Gestaltungslösungen, um die Ziele zu erreichen. In Bezug auf die Auswirkungen auf die Bodenoberfläche können die Technologien als auf die gesamte Landoberfläche wirkend betrachtet werden.

Gezielter **Zwischenreihenbau in Verbindung mit Unkrautbekämpfung** mit Beeinflussung der Bodeneigenschaften in der Reihe durch andere agrotechnische Verfahren.

Der gezielte **lokale Anbau** ist eindeutig mit Systemen autonomer Arbeitsgeräte oder autonomer Robotersysteme verbunden. Diese Systeme werden hauptsächlich zur Bekämpfung von Unkräutern eingesetzt, die auf der Grundlage ihrer Erkennung durch die Sensorsysteme der Arbeitsgeräte unterschritten, in den Boden gedrückt usw. werden.

Systeme für Interventionen in großem Maßstab



Abb.: Der Auflockerungs- und Entkrautungseffekt wird durch flexible Stäbe erzielt, die in mehreren Reihen am Maschinenrahmen angebracht sind (Foto Brant).



Abb.: Die Kreiseleggen können mit Saatgutschalen für die Aussaat von Zwischenfrüchten oder anderen Feststoffen ausgestattet werden (Foto Brant).

Um die gewünschte Bodenauflockerung und Unkrautbekämpfung zu erreichen, ist es wichtig, das Schleppen bei **optimaler Bodenfeuchtigkeit** und bei sonnigem Wetter durchzuführen. Bei hoher Bodenfeuchtigkeit wird der Boden nicht ausreichend gelockert und der Boden wird auf die Arbeitsorgane gepresst, was ihre Lockerungswirkung verringert. Auf schweren, zu trockenen Böden lassen sich die Arbeitsorgane nur schwer in den Boden einarbeiten, der Oberboden wird nicht gelockert und das Unkraut wird nicht vertrieben. Das Ziehen bei sonnigem Wetter sorgt für eine perfekte **Trocknung des gezogenen Unkrauts** und verringert das Risiko von Schäden an den Kulturpflanzen durch einen Turgorabfall und ein anschließendes

Welken der Pflanzen. Regen nach dem Ausreißen kann zur Regeneration von weniger geschädigtem Unkraut führen. Aufstrebende Kulturen sind sehr empfindlich gegenüber dem Schleppen. Die frühesten Termine für den Einsatz des Striegels nach dem Auflaufen der Pflanzen sind in der nachstehenden Tabelle dokumentiert. Für die Arbeitsgeschwindigkeit beim Striegeln von Kulturen während der Vegetationsperiode gilt der Grundsatz, dass mit zunehmender Geschwindigkeit die Intensität der Bodenlockerung und der Jätwirkung, aber auch die Schädigung der Kulturpflanzen zunimmt. Eine Arbeitsgeschwindigkeit zwischen **6 und 8 km/h** kann als optimal angesehen werden. Das Schleppen ermöglicht eine Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung sowohl zwischen den Reihen als auch in der Reihe der gesäten Pflanzen. Um eine zufriedenstellende Schleppwirkung in Bezug auf die Unkrautbekämpfung zu erzielen, wird der Arbeitsgang mehrmals wiederholt.

Tabelle 1: Frühester Begriff für das Abschleppen von Pflanzenbeständen durch Stangengatter (Kohout et al., 1993).

Ernte	Zeitpunkt zum Abschleppen
Getreide	aus 2 echten Blättern
Mais	aus 3 echten Blättern
Diabetes	aus 4 echten Blättern
Raps	aus 6 echten Blättern
Ackerbohnen	aus 2 echten Blättern
Erbsen	aus 2 echten Blättern
Soja	aus 4 echten Blättern
Sonnenblume	aus 4 echten Blättern
n	

Die Entwicklung von Konstruktionslösungen für Schranken ist mit Systemen verbunden, bei denen **der Druck auf die einzelnen Stäbe zentral von der Traktorkabine aus eingestellt wird**. Auch Systeme mit variablem Stabdruck für die Bodenanpassung (z. B. bei der Arbeit in Bergrücken) sowie Systeme mit individueller Stabauskupplung werden getestet. Die gezielte Stabausrückung kann zur **gezielten Zwischenreihenbearbeitung von Beständen** eingesetzt werden, wodurch auch in Beständen mit Pflanzen in späteren Wachstumsstadien gearbeitet werden kann.

Auf dem Markt gibt es auch Stabtor-Konstruktionen mit **abschnittsweiser Steuerung der einzelnen Arbeitsabschnitte**, die die Wiederbetätigung an keilförmigen Teilen des Grundstücks begrenzen, usw.



Abb.: Es gibt auch kommerziell erhältliche Stabtor-Konstruktionen mit abschnittsweiser Steuerung einzelner Arbeitsabschnitte, die den Wiederbetrieb an keilförmigen Teilen des Geländes usw. einschränken (Foto Brant).

Sterntore mit festen Zapfen

Sterntore zeichnen sich durch den Einbau von rotierenden **sternförmigen Rädern mit starren Stiften** aus. Bei den Maschinen und Arbeitsgeräten sind leicht unterschiedliche konstruktive Lösungen für die Biegung der Spikes und deren Abschluss anzutreffen. Bei der Montage von Sternrädern am Maschinenrahmen in Bezug auf die Fahrtrichtung ist die vorherrschende Anordnung diejenige, bei der sich die Räder in Richtung der Spikes drehen, während auch die umgekehrte Anordnung verwendet wird, bei der eine geringere Auswirkung des "Bodenwurfs" zu beobachten ist.



Abb.: Die Sternscheiben sorgen dafür, dass das Unkraut aus dem lockeren Boden herausgezogen wird, indem es untergraben und mit dem Arbeitsgerät weggeworfen wird (Foto Brant).

Die Arbeitsqualität von Sterntoren ist **im Vergleich zu Stabtoeren** weniger von der **Bodenfeuchtigkeit** abhängig. Die Maschinen lockern den Boden sehr gut auf und verursachen nur minimale Schäden an den Kulturpflanzen. Im Vergleich zu Stangeneggen ist das Risiko, dass **Erde und organische Stoffe an den Arbeitswerkzeugen haften bleiben**, aufgrund der Rotation des Sternrads geringer.

Die Durchführung der Lockerung zum Aufbrechen der Kruste auf der Bodenoberfläche und die anschließende Belüftung des Bodens ist **mit der Förderung von Mineralisierungsprozessen** verbunden, und die Maßnahme wird auch zur Auflockerung der Bodenoberfläche eingesetzt, was zum Aufbrechen der Kruste nach der Ausbringung von Gülle oder Gärresten führt. Die Arbeitsbreiten der Maschinen reichen von **6 bis 12 m**. Ein klarer Trend ist die Ausbringung von festen oder flüssigen Stoffen mit Sterncheneggen.

Radschleusen mit flexiblen Stangen

Radschleusen **mit flexiblen Stangen** funktionieren nach einem ähnlichen Prinzip wie Drehschleusen. Sie sind weniger aggressiv in Bezug auf das Eindringen in den Boden und die Wirkung der Bodenbedeckung wird durch die Schrägstellung der Räder in Fahrtrichtung verstärkt. Sie sind für die Unkrautbekämpfung in den frühen Wachstumsstadien konzipiert.

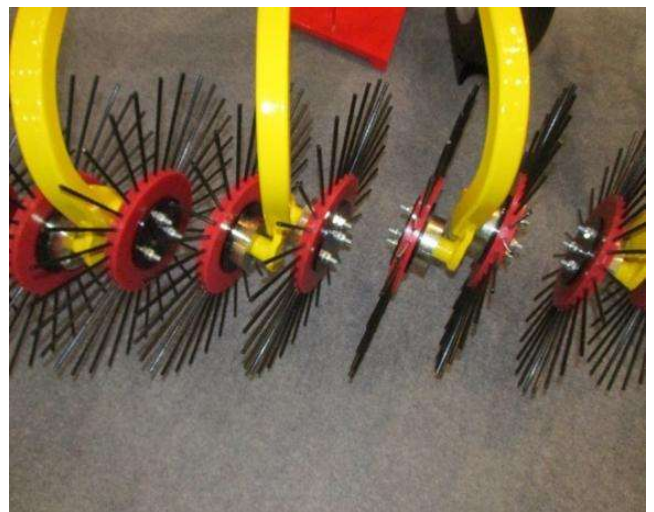


Abb.: Kreiselegen mit flexiblen Stäben sind weniger aggressiv in Bezug auf die Bodendurchdringung und die Wirkung der Bodenbedeckung wird durch die Schrägstellung der Räder in Fahrtrichtung erhöht (Foto Brant).

Zwischenreihenbausysteme mit Unkrautbekämpfung

Neben der Bekämpfung des Bewuchses trägt das **Jäten zur Auflockerung des verdichteten**

Oberbodens und zur Förderung von Mineralisierungsprozessen bei. Die Unkrautbekämpfung wird in der Regel zur Bodenlockerung und Unkrautbekämpfung im Reihenabstand von schmalreihigen Kulturen mit einem Reihenabstand von 125 mm oder mehr und mit dem Einsatz von Unterschneidescharen ab einem Reihenabstand von 250 mm eingesetzt. In Anbausystemen mit einem Reihenabstand von 0,3 bis 0,75 m ist die Zwischenreihenbearbeitung durchaus üblich. Das Jäten trägt wesentlich intensiver zur Bodenbearbeitung bei als das Schleppen mit verschiedenen Systemen von starren Zinken oder flexiblen Stangen. Die Bedeutung des Jätens im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung liegt in der Zerstörung des **Bodenschorfs, der Bildung von Infiltrationsfurchen, der Verringerung der Verdunstung, der Abtötung oder Auffüllung der zwischen den Reihen angebauten Hilfskulturen** usw. Die Bodenbearbeitung verringert den Wasserverlust des Bodens durch Verdunstung, trägt aber auch zur Erwärmung des Bodens bei.

Was die technischen Lösungen betrifft, so kann man in erster Linie zwischen Maschinen mit passiven Werkzeugen und solchen mit aktiven Werkzeugen unterscheiden. Zu den passiven Werkzeugen gehören einseitig unterschneidende Messerraspeln, pfeilförmige unterschneidende Raspeln, verschiedene Arten von Meißeln oder schräge Scheiben. Bei den Maschinen mit aktiven Arbeitswerkzeugen handelt es sich meist um Rotoren mit Messern, die in Bodenfräsen verwendet werden, aber auch um Systeme, bei denen das Unkraut mit einer Bogenbewegung geschnitten wird, oder um eine hin- und hergehende Schwenkbewegung der Messer. Die Bewegung der rotierenden Werkzeuge wird durch ein System von Getrieben, Hydraulik- oder Elektromotoren

gewährleistet. Bei schwingenden Werkzeugen wird die Bewegung durch Druckluft erzeugt, meist wegen der schnellen Reaktion des Werkzeugs.



Abb.: Für den Anbau von Kulturen, die in engen Reihen gesät werden, werden hauptsächlich Unkrautstecher mit unterschneidenden Pfeilscharen verwendet (Foto Brant).

Für den Anbau von Kulturen, die in engen Reihen gesät werden, werden hauptsächlich Unkrautstecher mit **Pfeilschneider** oder Meißel eingesetzt. Die Reichweite des Unkrautstechers beträgt bis zu 8 m und die gezielte Führung der Maschinen durch **optische Sensoren** (Kameras) ist für ihren Einsatz unerlässlich. Selbstverständlich verfügt die Maschine über einen Mechanismus zur **seitlichen Verschiebung des Rahmens mit Arbeitswerkzeugen**, um auf die Leitsensoren zu reagieren. Die Flächenleistung kann bei Maschinen mit einer Arbeitsbreite von 6 m oder mehr bis zu 30-40 ha pro Tag betragen. Alternativ können in Feldkulturen, die in engeren Reihen gesät werden, für die Arbeit in Gemüsekulturen andere Gerätesysteme eingesetzt werden. Die Arbeitswerkzeuge der Maschinen für den Gemüseanbau während der Vegetationsperiode sind jedoch für die Arbeit in lockerem Boden ausgelegt.

Bei der Unkrautbekämpfung in der Reihe der präzise gesäten Pflanzen dominieren **die Fingerunkräuter**. Es handelt sich um mechanische Unkrautbekämpfungssysteme, bei denen die Intensität des Durchgangs durch den Boden durch die Länge und Steifigkeit der Finger bestimmt wird. Es handelt sich um Fingerräder aus weichem oder hartem

Kunststoff oder aus Gummi, wobei die Steifigkeit der Finger durch das Anbringen von Metallverlängerungen weiter verändert wird. Die Unkrautbekämpfung erfolgt in den späteren Wachstumsstadien der Kultur, wenn **die Pflanzen fest verwurzelt sind und keine Gefahr besteht, dass sie bei der Bearbeitung entwurzelt werden.** Die Fingerräder sind an der Unterkante mit Lockerungsfingern ausgestattet, die den Boden auflockern und gleichzeitig durch den Kontakt mit dem Boden die Rotation der Arbeitswerkzeuge gewährleisten. Die Fingerräder werden selbstverständlich auf den Scharrahmen mit den Arbeitswerkzeugen für die Zwischenreihenbearbeitung kombiniert.



Abb.: Die Fingerräder sind natürlich auf den Rahmen des Unkrautstechers mit den Arbeitswerkzeugen für die Zwischenreihenbearbeitung kombiniert (Foto Brant).

Liste der verwendeten Literatur:

- Alvermann, G. 1997: Mehr Qualität durch weitere Reihe? Top agrar. 4: 120-124.
- Bischoff, J. 2012: Strip-Till-Verfahren bei Mais. Erosionsschutz verbessern und Stickstoffeffizienz steigern. Mais. 39: 162-165.
- Böhler, D., Dierauer, H. 2017: Messerwalze statt Glyphosat. LOP Landwirtschaft ohne Pflug. 5: 39-43.
- Dierauer, H.U., Zimmer, H. S. 1994: Unkrautregulierung ohne Chemie Taschenbuch. Ulmer, Stuttgart.
- Estler, M. C., Knittel, H. 1996: Praktische Bodenbearbeitung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- Hartge, K. H., Horn, R. 1999: Einführung in die Bodenphysik. F. Encke Verlag. Stuttgart.
- Kahnt, G. 1984: Biologischer Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Köller, K., Linke, C. 2001: Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- Marbot, B., Fischler, M., Küng, J. 2014. Bodenverdichtung vermeiden - so funktioniert's! AGRIDEA.
- Pekrun, C. 2003: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Überdauerung von Samen und andere pflanzenbauliche Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik von Ausfallraps. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi im Fach Pflanzenbau, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Rücknagel, J. 2014: Boden unter Druck. Dlg-Verlag GmbH. Frankfurt am Main.
- Schutz-Klinken, K.R. 1981: Haken, Pflug und Ackerbau. August Lax Verlagsbuchhandlung, Hildesheim.
- J. 2016: Unterbodenverdichtungen bei der Ernte von Zuckerrüben: Raupenlaufwerk oder Breitreifen? LOP Landwirtschaft ohne Pflug. 12: 14-19.
- Weninger, L. 2000: Mulchen statt Hacken mit selbst gebautem Zwischenreihenmulcher? LANDWIRT Bio. 6. Wyss, B. 2007: Streifenfrässaat Schweiz - Reihenfrässaat, SWC Technologie: Streifenfrässaat, Schweiz. WOCAT 2007, 1-4.

Impressum:

Autoren: Ing. Václav Brant, Ing. Milan Kroulík

Erscheinungsjahr: 2025

„Bio:dynamic Topics“ ist eine Reihe von Themenheften für die biodynamische Ausbildung. Sie ist entstanden in Zusammenarbeit zwischen vier Einrichtungen:



Netzwerk Biodynamische
Bildung, Deutschland
biodynamische-bildung.de



Stanisław Karłowski
Stiftung, Polen
www.juchowo.org



AMPI, Tschechien
<https://www.asociaceampi.cz>



Biodinamika LT,
Litauen
www.demeter.lt

Im Rahmen des von der EU geförderten Projektes **Nr. 2022-1-CZ01-KA220-000088767EDEN - Education on Environment in farming** wurden 16 Hefte zu den grundlegenden landwirtschaftlichen und gärtnerischen Themen und ergänzende Filmbeiträge erstellt. Die Materialien sollen einen Einstieg für interessierte, Auszubildende oder Umsteller:innen in biologisch-dynamischen Landbau ermöglichen. Sie entstanden in den unterschiedlichen Ländern und liegen in allen vier Sprachen vor.

Liste aller Ausgaben der Reihe:

I Einführung:

1. Hoforganismus

II Boden:

2. Bodenkunde
3. Kompostwirtschaft und Düngung

III Pflanzenbau:

4. Pflanzenkunde
5. Ackerbau und Bodenbearbeitung
6. Gemüsebau
7. Grünlandwirtschaft
8. Obstbau
9. Regenerative Landwirtschaft
10. Präparate

IV Tierhaltung:

11. Milchvieh- und Rinderhaltung
12. Schweinehaltung
13. Bienenhaltung

V Mensch:

14. Betriebswirtschaft
15. Agrarpolitik
16. Lebensmittelqualität

VI Anwendung:

17. Methoden–Leitfaden Seminargestaltung

Als Projektpartner sehen wir uns den UN-Nachhaltigkeitszielen verpflichtet. Deshalb entstand das 17. Heft zur Ausbildungs- und Seminargestaltung, angelehnt an die Grundsätze der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Alle Hefte und Videos in der deutschsprachigen Version sind veröffentlicht unter:

[https://biodynamische-ausbildung.de/
biodynamic-topics/](https://biodynamische-ausbildung.de/biodynamic-topics/)

Von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen des Autors bzw. der Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Europäischen Exekutivagentur für Bildung und Kultur (EACEA) wider. Weder die Europäische Union noch die EACEA können dafür verantwortlich gemacht werden.



Finanziert von der
Europäischen Union