

Mulch- und Direktsaaten

Ursachen reduzierter Feldaufgänge

Thomas Anken und Jakob Heusser, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen
Peter Weisskopf und Jan Rek, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholz, CH-8046 Zürich
Mirjam Boller und Peter Stamp, Institut für Pflanzenwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, CH-8092 Zürich

In den vergangenen Jahren wurden bei der pfluglosen Bodenbearbeitung in der schweizerischen Praxis grosse Fortschritte erzielt. Mulch- und Direktsaatsysteme besitzen hohe Schlagkraft, senken Kosten, schonen Bodenleben und -struktur und vermindern

die Bodenerosion. Die Verfahren sind den Kinderschuhen längst entwachsen und erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Dennoch werden in der Praxis teilweise tiefere Bestandesdichten und verzögerte Jugendentwicklung der Pflanzen als Nachteile genannt.

Vorliegende Untersuchungen ergaben, dass für die Qualität der Saatguteinbettung im Säschlitz Bodenstruktur und Bodenfeuchte eine prägende Rolle spielen. Der Wasser-Luft-Haushalt des den Samen umgebenden Bodens wirkt sich stark auf das Auflaufen und die Jugendentwicklung der Pflanzen aus. Bei feuchten Bodenbedingungen und kompakter Bodenstruktur kann der Sauerstoffgehalt der Bodenluft stark absinken; dies hemmt unter Umständen das Auflaufen der Keimlinge und die Pflanzenentwicklung stark.



Abb. 1: Gelungene Mulch- und Direktsaaten laufen regelmässig und unverzögert auf (oben). Besonders wenn Nässephasen mit kompakten Bodenstrukturen zusammentreffen, können jedoch vereinzelt Probleme auftreten (unten).

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Ursachen verminderter Feldaufgänge	2
Exaktversuch in Tänikon	3
Resultate des Exaktversuches	3
Bodenschluss ohne Verdichtung	6
Schlussfolgerungen	7
Literatur	7



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-
departement EVD

Forschungsanstalt
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Problemstellung

Gelungene Mulch- und Direktsaaten zeichnen sich durch einen fast lückenlosen Feldaufgang und eine ungestörte, verzögerungsfreie Pflanzenentwicklung aus. Bei guter Saattechnik und günstigen Saatbedingungen treten kaum Probleme auf. Fördernd wirken auch warme Bodentemperaturen, ein weder zu feuchter noch zu trockener Boden, keine grossen Massen an Stroh oder Ernterückständen sowie eine lockere Bodenstruktur. In der Praxis trifft man aber immer wieder mangelhafte Feldaufgänge an, die zu geringen Bestandesdichten und folglich zu Ertragsausfällen führen können. Bei reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren gelten die Keimung und das Auflaufen zu den heikelsten Entwicklungsphasen. Welche Faktoren tiefere Bestandesdichten verursachen, ist erst ansatzweise geklärt. Im vorliegenden Bericht werden, neben langjährigen Erfahrungen, neue Arbeiten über den Einfluss des Sauerstoffgehalts der Bodenluft auf die Jugendentwicklung von Maispflanzen präsentiert. Auf die Darstellung weiterer Einflussfaktoren wie Krankheiten, Schädlinge und Fruchtfolge wird in diesem Bericht verzichtet.

Ursachen verminderter Feldaufgänge

Kein Stroh zwischen Samen und Boden

Viel und vor allem schlecht verteiltes Stroh sowie Ernte- und Gründüngungsrückstände können den Feldaufgang bei der Minimalbodenbearbeitung beeinträchtigen. Samen, die im Säschlitz in Kontakt mit Stroh zu liegen kommen, keimen in der Regel schlecht. Einerseits hemmt Stroh die Wasserübertragung vom Boden auf den Samen, andererseits können auch Abbauprodukte der Strohverrottung wachstumshemmend wirken (Allelopathie). Nach Labreuche J. (2007) sind Probleme mit Stroh die häufigste Ursache für verminderte Feldaufgänge und Erträge bei Minimalbestellverfahren.

Maisstroh hat sich als weniger heikel erwiesen wie gehäckseltes Weizenstroh. In der

Regel gelingen Weizensaaten nach Körnermais gut, während Rapssaaten in gehäckseltes Weizenstroh nicht einfach zu beherrschen sind. Es wird vermutet, dass letzteres im Zusammenhang mit den genannten keimhemmenden Abbauprodukten des Weizenstrohs steht. Bei Mulchsaaten von Winterraps nach Getreide ist deshalb darauf zu achten, mit der Stoppelbearbeitung sofort nach dem Mähdrusch zu beginnen. Je eher die Verrottung durch Stoppelbearbeitung gefördert wird, desto besser ist der Auflauf des Winterraps. Dafür ist keine tiefe Stoppelbearbeitung notwendig; zirka 5–10 cm Tiefe genügen.

Tiefe Temperaturen verzögern Auflauf

Viel Ernterückstände oder Gründüngungen wirken wie eine Isoliermatte auf der Bodenoberfläche. Kromer und Thelen (1995) stellten fest, dass die Dicke der Strohauf-lage direkt mit ihrer temperatursenkenden Wirkung gekoppelt ist: Je dicker die Isolation, desto langsamer erfolgt die Bodenerwärmung im Frühjahr. Tiefe Bodentemperaturen können dann das Auflaufen von Mais und Zuckerrüben verzögern. Im Sommer, bei der Ansaat von Zwischenkul-



Abb. 2: Messung des Sauerstoffgehaltes in der Bodenluft mittels gasdurchlässiger «Gore-Tex»-Schläuche (unten) und mobilem Gasmessgerät (oben).

turen oder Kunstwiesen, kann die Situation hingegen gerade umgekehrt sein. Eine Isolationsschicht aus Mulchmaterial kann zu hohen Temperaturen verhelfen und die Keimlinge trocknen folglich weniger aus.

Nässe vermindert Sauerstoffverfügbarkeit

Direkt- und Mulchsaaten von Mais in feuchte, warme und lockere Böden gelingen in der Regel gut. Im Gegensatz dazu ist die Saatguteinbettung in nasse, plastische Böden sehr anspruchsvoll. Wird der Säschlitz verschmiert und durch hohe Scharldrücke verdichtet, kann dies die Samen am Auflaufen hindern und die Jugendentwicklung der Pflanzen beeinträchtigen. Gemäss Labreuche et al. (2007) hat die Drainage der Böden einen wichtigen Einfluss auf den Ertrag. Stauansätze wirken sich negativ aus. Dabei ist nur ansatzweise bekannt, ob der begrenzte Sauerstoffgehalt, zu hohe Durchdringungswiderstände für die Pflanzenwurzeln oder andere Gründe wachstumshemmend wirken.

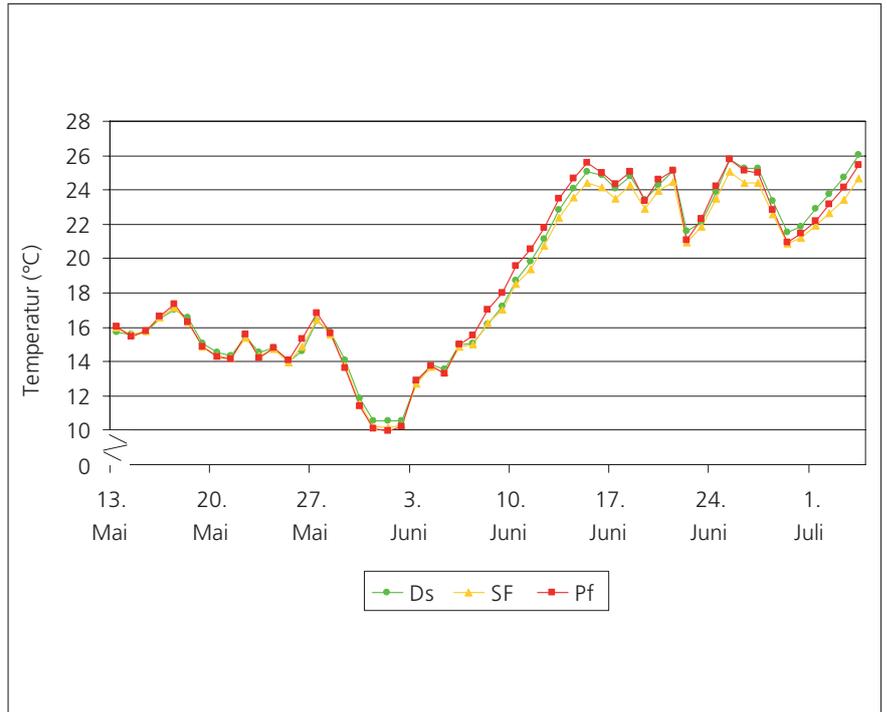


Abb. 3: Bodentemperaturen in 7 cm Tiefe von Pflug (PF), Streifenfrässaat (SF) und Direktsaat (DS) in einem Maisbestand in Tänikon im Jahr 2006 nach Kunstwiese. Ohne dichte Bodenbedeckung treten bei Direktsaat keine tieferen Bodentemperaturen auf.

Exaktversuch in Tänikon

Messungen von Wasser- und Lufthaushalt

Da vermutlich der Sauerstoffgehalt der Bodenluft eine wichtige Rolle beim Keimen und der Jugendentwicklung der Pflanzen spielt, wurde dieser in einem Exaktversuch auf dem Versuchsbetrieb in Tänikon näher untersucht. In diesem Versuch standen sich die Bodenbearbeitungsverfahren «Pflug», «Streifenfrässaat» und «Direktsaat» gegenüber. Vor der Maissaat bedeckte während zwei Jahren eine Kunstwiese den Boden. Beim Boden handelte es sich um einen Lehmboden mit kompakter Bodenstruktur.

Verfahren

Pflug (PF): Pflügen (25 cm tief) der Kunstwiese am 26.04.06, Kreiselegge 04.05.06, Saat mit pneumatischer Einzelkornsämaschine am 05.05.06

Streifenfrässaat (SF): Streifenfrässaat mit der Streifenfräse Oekosom (Althaus, Ersigen) am 05.05.06. Die Kunstwiese wurde am 21.04.06 abgespritzt. (3 l/ha Glyphosate und 0,6 l/ha Dicamba).

Direktsaat (DS): Direktsaat mit John Deere Max Emerge (Scheibenschar) und Accord Optima (Stiefelschar). Die Regulierung der Kunstwiese erfolgte gleich wie bei der Streifenfrässaat.

Düngung und Pflanzenschutz erfolgten betriebsüblich.

Gemessene Parameter

Bodenfeuchte: Tensiometer in 10 cm Tiefe bestimmten die Saugspannung des Bodens.

Gaskonzentrationen in Bodenluft: Mittels im Boden eingrabener «Gore-Tex»-Schläuche und mobiler Gasmessgeräte lassen sich die Konzentrationen von Sauerstoff (O₂) und Kohlendioxid (CO₂) in der Bodenluft bestimmen (Abb. 2).

Bodentemperatur: Mittels eingrabener Temperaturmessgeräte der Marke «Hobo» (Onset, Massachusetts, USA) wurde die Bodentemperatur in 7 cm Tiefe gemessen

Zu verschiedenen Zeitpunkten wurde das Auflaufen des Mais sowie dessen Trockensubstanzertrag bestimmt. Weitere Details zum Versuch und siehe Boller (2006).

Resultate des Exaktversuches

Keine tieferen Temperaturen bei Direktsaat

Abb. 3 zeigt, dass der Boden bei Direktsaat im Vergleich zum Pflug und zur Streifenfrässaat keine verminderten Temperaturen aufwies. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Grasstopeln der vorangegangenen Kunstwiese nur eine schwache Bodenbedeckung ergaben und deshalb kaum isolierend wirkten. Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten von Anken (2003), der ebenfalls in einer Kunstwiese keine Verminderung der Bodentemperaturen feststellen konnte. Direkt- und Mulchsaaten ohne dicke Mulchauflage unterscheiden sich bezüglich der Bodentemperatur nur unwesentlich von konventionellen Verfahren.

Nicht aufgelaufene Körner

Die nasse Witterung Anfang Mai 2006, in Kombination mit dem kompakten, schlecht durchlässigen Boden, führte bei der Direktsaat im Vergleich zu Pflug und Streifenfrässaat zu 20 Prozent weniger aufgelaufenen

Pflanzen. Nachgrabungen in Fehlstellen zeigten, dass in direkt gesätem Mais trotz günstiger Bodentemperatur und hoher Bodenfeuchte über 20 Prozent der in den Fehlstellen liegenden Körner zwar gekeimt waren, aber nicht aufliefen (Abb. 4). Die Ursachen dieses Verhaltens sind nicht schlüssig belegbar. Sie könnten in der hohen Bodenfeuchte (Stauässe) und der kompakten Bodenstruktur begründet sein. Einerseits kann eine kompakte Bodenstruktur die Durchwurzelung behindern, andererseits ist zu vermuten, dass die Nässe hohe Kohlendioxid- oder tiefe Sauerstoffwerte der Bodenluft bewirkte, die die Keimung der Pflanzen ungünstig beeinflussten. Zusätzlich zum verminderten Feldaufgang wiesen die Pflanzen von Direktsaat unregelmässige Einzelpflanzengewichte auf (Abb. 5). Die Unterschiede im Einzelpflanzengewicht (Variationskoeffizient) war bei der Direktsaat (0.75) fast doppelt so hoch wie bei der Streifenfrässaat (0.43) oder beim Pflug (0.45).

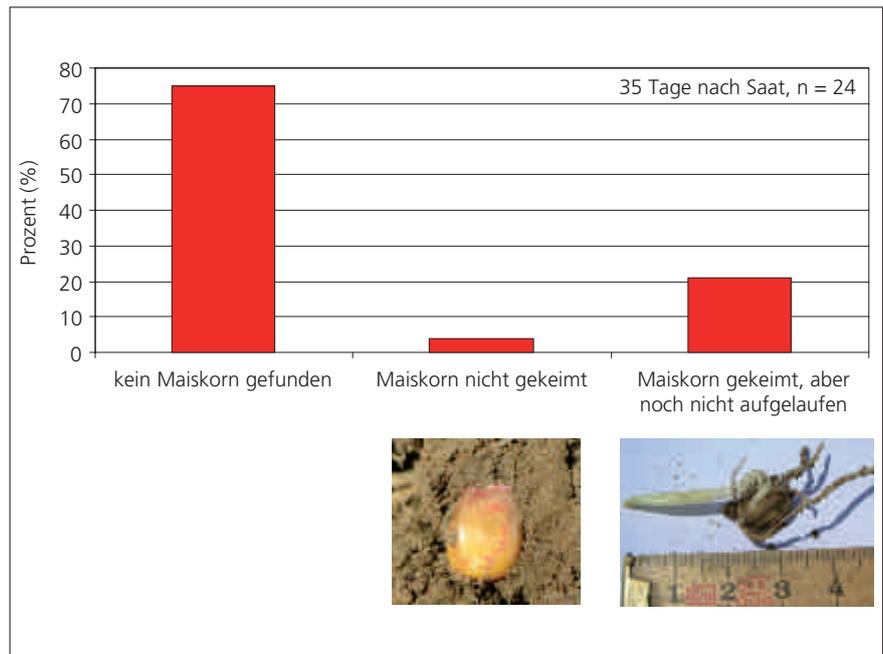


Abb. 4: Nachgrabungen in Fehlstellen von direkt gesätem Mais, 35 Tage nach der Saat. 20% der Körner waren gekeimt, aber auch nach 35 Tagen noch nicht aufgelaufen, 4% der Körner waren ungekeimt.



Abb. 5: Die Pflanzen wuchsen bei Direktsaat (im Bild 3-Blatt-Stadium) im Vergleich zur Streifenfrässaat oder der Saat mit dem Pflug weniger regelmässig, was sich in einer grösseren Streuung der Einzelpflanzengewichte widerspiegelte.

Nässe führt zu Mindererträgen

Dass sich zu hohe Bodenfeuchtigkeit in der Keim- und Jugendphase negativ auf den Ertrag auswirken kann, zeigt Abb. 6. Permanentes Feuchthalten des Bodens durch Bewässerung führte im Vergleich zu nicht bewässertem Mais zu niedrigeren Erträgen.

Tiefer Sauerstoffgehalt bei Nässe und Direktsaat

Abb. 7 zeigt, dass der Boden bis am 7. Juni 2006 infolge der häufigen Niederschläge sehr feucht war (Saugspannung < 60 mbar), was bei der Direktsaat zu einer Verminderung des Sauerstoffgehaltes (O₂-Gehalt) in der Bodenluft führte. Sobald der Boden abtrocknete, waren, wie bei den anderen Bestellverfahren, keine verminderten O₂-Gehalte in der Bodenluft mehr festzustellen. Bei der Betrachtung der Mittelwerte ist zu bedenken, dass etliche Einzelmessungen zum Teil unter 5 % O₂-Gehalt lagen. Einzelne Pflanzenwurzeln mussten also zeitweise in sehr sauerstoffarmem Milieu wachsen. Im Vergleich zu den anderen Bestellverfahren war die Streuung der Sauerstoffmesswerte in der Bodenluft bei Direktsaat am höchsten. Gleichzeitig wies die Direktsaat auch die grössten Unterschiede bei der Entwicklung der einzelnen Maispflanzen auf (Abb. 5). Bei diesen Resultaten gilt es zu bedenken, dass der lehmige Boden des Versuchsfelds eine kompakte Struktur und ein geringes Grobporenvolumen von zirka 6 % aufwies. In einem Boden mit lockerer Struktur und einem grösseren Grobporenvolumen ist zu erwarten, dass die oben festgestellten Einschränkungen im Gashaushalt nur abgeschwächt oder gar nicht auftreten. Für die teils in der Praxis beobachteten Probleme sind die Messungen jedoch typisch: Schlechtes Auflaufen und verzögerte Jugendentwicklungen stehen häufig im Zusammenhang mit kompakter Bodenstruktur, hoher Bodenfeuchtigkeit und schweren Böden.

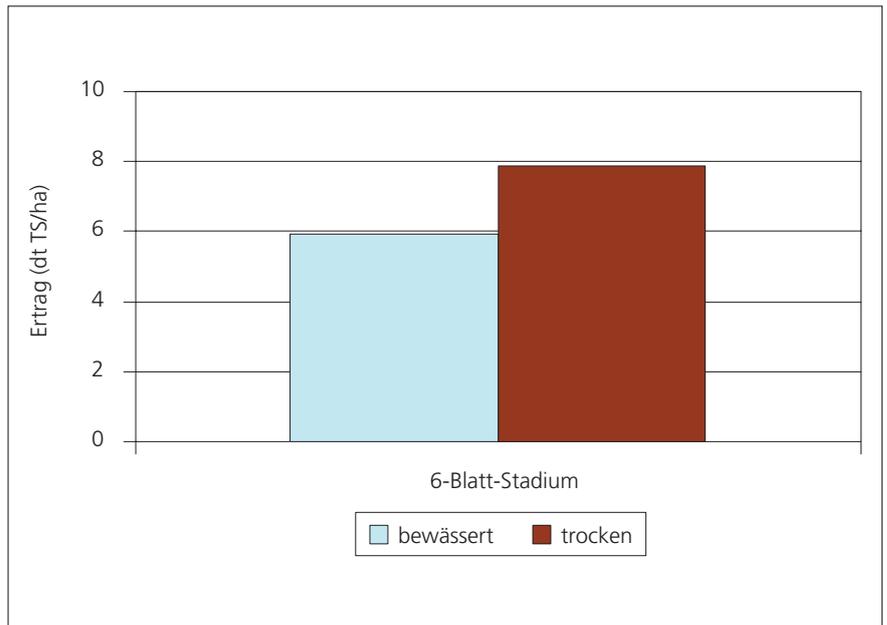


Abb. 6: Trockensubstanzertrag von direkt gesättem Mais im 6-Blatt-Stadium. Beim Verfahren «bewässert» wurde der Oberboden permanent sehr feucht bis nass gehalten (< 50 mbar Saugspannung), währenddem das Verfahren «trocken» nicht bewässert wurde und nur den natürlichen Niederschlägen ausgesetzt war.

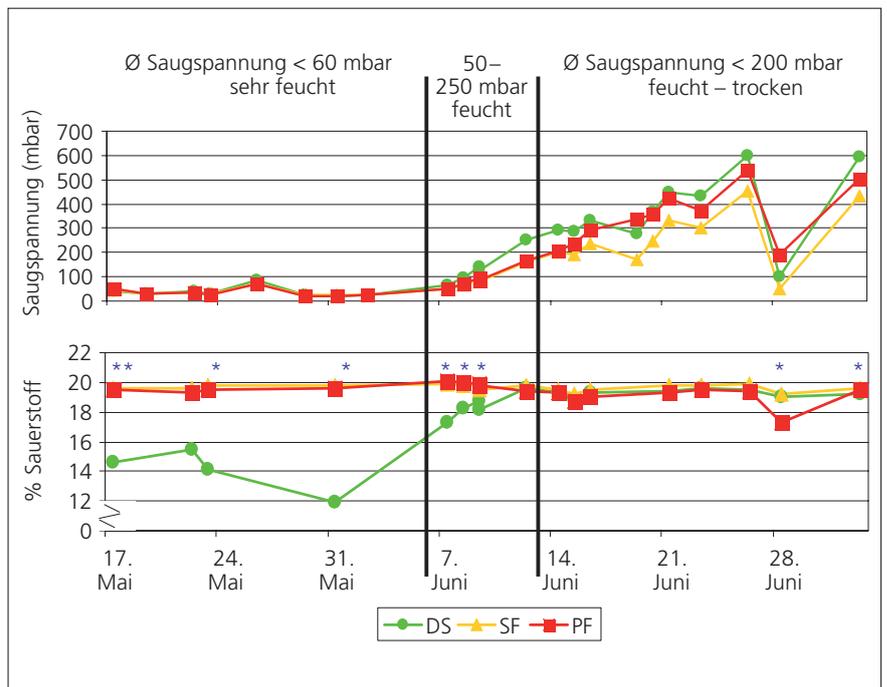


Abb. 7: Bodenfeuchtigkeit (Saugspannung, oben) und Sauerstoffgehalt in der Bodenluft (unten). Einzig bei der Direktsaat führten hohe Bodenfeuchtigkeiten zu tieferen Sauerstoffgehalten der Bodenluft. Sobald der Boden abtrocknete, waren auch bei Direktsaat keine reduzierten O₂-Werte mehr feststellbar.

Bodenschluss ohne Verdichtung

Lockere, aber geschlossene Säschlitz

Für eine ungestörte Jugendentwicklung kommt einer lockeren Bodenstruktur mit einem günstigen Luft-Wasser-Haushalt und einem geringen Durchwurzelungswiderstand eine zentrale Bedeutung zu. Während bei der konventionellen Bearbeitung die Saatbettbereitung ganzflächig erfolgt, konzentriert sich das Saatbett bei der Direktsaat auf den Säschlitz. Auf abgetrockneten, lockeren, leichten bis mittelschweren Böden lässt sich in der Regel ein unverdichteter, krümeliger Säschlitz herstellen. Wenn die Bodenverhältnisse sehr feucht und die Böden sehr kompakt sind, kann es vorkommen, dass das Samenkorn bei der Direktsaat in einen offenen Säschlitz abgelegt und nicht zugedeckt wird (Abb. 8). Neben der erhöhten Gefahr von Schädlingsfrass können diese Keimlinge austrocknen. Zudem kann es vorkommen, dass sich der Schlitz bei Nässe öffnet und bei Trockenheit wieder schliesst, was die kleinen Wurzeln mechanisch schädigt. Wird besonders bei

schweren Böden mit zu hohem Schardruck gesät, dann kann dies zu sehr kompakten, verdichteten Bodenverhältnissen rund um den Samen führen. Die Saatgutablage (Tiefe, Distanz) ist in diesen Fällen wohl korrekt und der Schlitz wurde perfekt geschlossen, doch behindert die unsichtbare Verdichtung des Säschlitzes die Keimung und Jugendentwicklung der Pflanzen durch zu hohe CO_2 - und zu tiefe O_2 -Gehalte im Bereich des Samens.

Säscharen und ihre Eigenschaften

Scheibenscharen besitzen den Vorteil, dass sie auch bei viel Ernterückständen nicht verstopfen (Abb. 9). Weil die Scheiben je nach Bodenfestigkeit mit einem Schardruck von bis zu 250 kg in den Boden gepresst werden müssen, besteht die Gefahr der Verdichtung und Verschmierung der Säschlitzes. Aus diesem Grund sollten die Säscharen immer mit möglichst wenig Druck eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu reißen selbsteinziehende Meisselscharen einen Säschlitz auf, ohne dass man sie mit viel Zusatzgewicht belasten muss. Damit ist die Gefahr der Verdichtung des Säschlitzes geringer. Sieht man von der Verstopfungs-

neigung der Meisselschar ab, die sich mit Strohräumern entschärfen ließe, wird ihr bei den Sämaschinenherstellern leider eine zu geringe Bedeutung beigemessen; dies gilt insbesondere für Einzelkornsämaschinen. In Australien ist dies anders, dort sind Meisselscharen weit verbreitet, weil sich damit eine bessere Struktur im Säschlitz erzielen lässt.

Die Firma Baker aus Neuseeland hat sich ebenfalls eingehend mit dieser Problematik befasst und das «Cross Slot» (Kreuzschlitz) genannte Verfahren entwickelt (www.cross-slot.com). Ziel dieses Verfahrens ist es, mit der Säscheibe verstopfungsfrei einen Schlitz zu ziehen und mittels kleinen, seitlich angebauten Flügeln das Saatgut bzw. den Dünger neben dem Säschlitz zu platzieren. Probleme mit Stroh im Bereich des Saatgutes oder mit Bodenverdichtungen, die durch die Scheibe verursacht werden, sollen so umgangen werden.

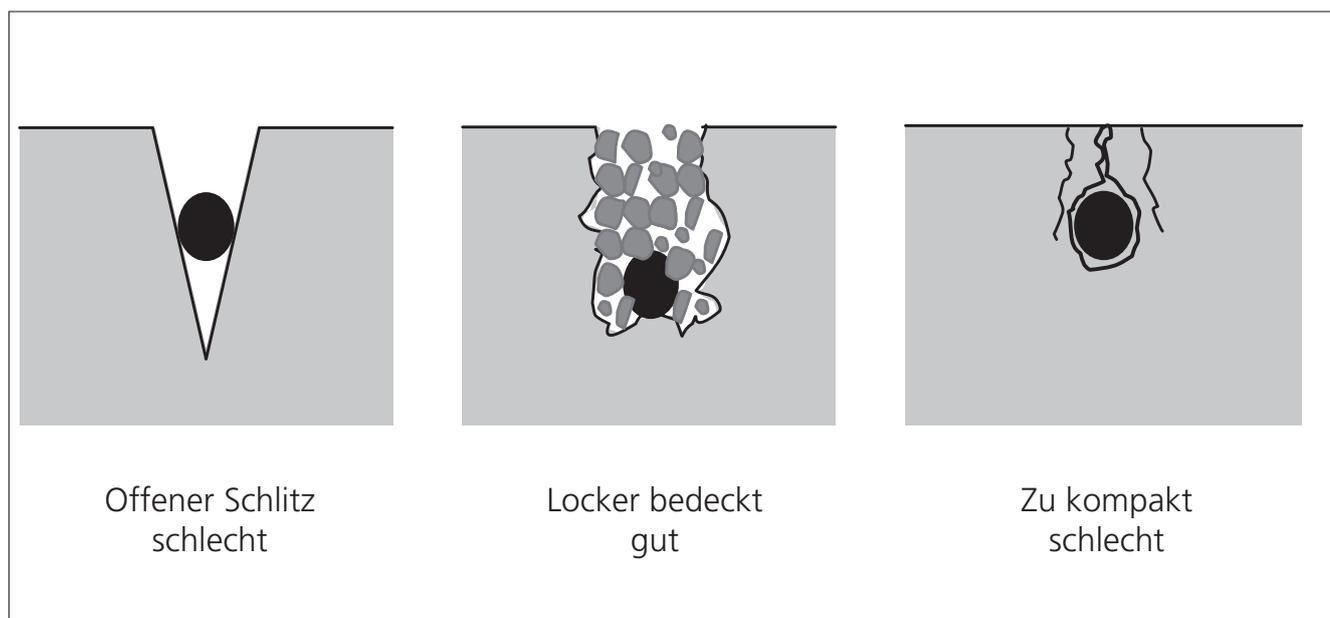


Abb. 8: Links: Schlechte Sameneinbettung: Der Säschlitz ist offen, der Samen unbedeckt, der Anschluss ans Bodenwasser ist nicht gewährleistet. Der Keimling ist austrocknungsgefährdet und kann durch das Öffnen und Schließen des Säschlitzes zerrissen werden.

Mitte: Gute Sameneinbettung: Der Säschlitz ist nicht verschmirt, der Samen auf dem Grund des Schlitzes abgelegt und durch lockere Erde zugedeckt.

Rechts: Verdichteter Säschlitz: Wird der Säschlitz besonders bei schweren, feuchten Böden zu stark zugesperrt, dann kann der Boden um den Säschlitz herum stark verdichtet werden. Keimung und Jugendentwicklung sind dadurch gehemmt (Abb. 4).



Schlussfolgerungen

Um das grosse Potenzial der Minimalbodenbearbeitungs- und Direktsaatverfahren auszuschöpfen, ist Erfahrung und Fingerspitzengefühl gefragt. Neben den gut bekannten Einflussfaktoren wie Strohbedeckung und Bodentemperatur zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass eine gute Bodenstruktur und damit ein günstiger Luft-Wasser-Haushalt für die ungestörte Pflanzenentwicklung wichtig ist. Bei Direktsaaten können sich in Verbindung mit hoher Bodenfeuchtigkeit Bodenverdichtungen im Bereich des Saatkorns ungünstig auf Keimung, Auflaufen und Jugendentwicklung der Pflanzen auswirken. Denn besonders Jungpflanzen reagieren empfindlich auf ein sauerstoffarmes Bodenmilieu. Unter feuchten Bedingungen ist deshalb bei Direktsaaten darauf zu achten, mit möglichst wenig Schardruck zu säen, damit der Säschlitz nicht verdichtet und verschmiert wird. Generell gilt es, eine lockere Oberbodenstruktur zu erhalten. Dies ist in vielen Fällen der entscheidende Faktor, damit der Feldaufgang verbessert und die Bearbeitungsintensität gesenkt werden kann. Damit lässt sich ein beträchtliches Kosteneinsparungspotenzial erschliessen. Für Mulch- und Direktsaaten gewinnt das Sprichwort «Gut gesät, ist halb geerntet» zusätzlich an Bedeutung.



Abb. 9: Scheibenscharen (oben) besitzen den Hauptvorteil, dass sie im Vergleich zu Meisselscharen (unten) nicht verstopfen. Wird jedoch zu hoher Anpressdruck auf die Scheiben angewendet, kann sich der Säschlitz stark verdichten. Vorteil der Meisselschar ist, dass sie den Schlitz aufreiss und ihn nicht mit hohem Gewicht wieder zugpresst.

Literatur

Anken T., 2003. Pflanzenentwicklung, Stickstoffdynamik und Nitratauswaschung gepflügter und direktgesäter Parzellen. Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Diss. Nr. 15393, 115 S.

Boller M., 2006. Jugendentwicklung und Bodensauerstoffgehalt bei Mais. Institut für Pflanzenwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, 66 S. (<http://www.art.admin.ch> – suchen nach BollerM2006.pdf)

Kromer K.H. und Thelen M., 1995. Mulchanbauverfahren bei Zuckerrüben. Landtechnik. 50 3, 150+159.

Labreuche J., 2007. 3 points-clés à surveiller. Perspectives agricoles. 332, 24–25.

Labreuche J., Couture D., Martin M., Duval R. et Quéré L., 2007. Jusqu'ou peut-on simplifier. Perspectives agricoles. 332, 26–34.

Impressum

Herausgeber: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Die ART-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: ART, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen. Telefon +41 (0)52 368 31 31, Fax +41 (0)52 365 11 90, doku@art.admin.ch, <http://www.art.admin.ch>

Die ART-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports ART» erhältlich. ISSN 1661-7568.

Die ART-Berichte sind im Volltext im Internet (www.art.admin.ch)