

Umweltrelevante Anbausysteme für Kartoffeln

Aktuelle Erkenntnisse, gerätetechnische Lösungen, ökologische und wirtschaftliche Aspekte beim Mulch- und Direktmulchlegen im pfluglosen Anbau

Ernst Spiess, Helmut Ammann und Jakob Heusser, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Christian Bohren, David Dubois und Urs Zihlmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), CH-8046 Zürich-Reckenholz

In ackerbaulich intensiv genutzten Regionen des schweizerischen Mittel-landes können Probleme mit der Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser entstehen. Im Vordergrund steht dabei die Nitratbelastung in Gebieten mit starker Präsenz des Kartoffelbaus. Vor allem mit dem Direktmulchlegen lassen sich die Nitratauswaschung, Bodenerosion und Bodenbeanspruchung wirkungsvoll reduzieren. Diese arbeitssparende Methode verursacht kaum höhere Kosten, eignet sich jedoch nur für bestimmte Böden und Anbaustandorte. Das Anbaurisiko ist höher einzuschätzen. Vorschläge für die erforderliche spezielle Geräteauslegung liegen vor. Diese Technik steht allerdings noch nicht «ab Stange» zur Verfügung.

20 Feldversuche in acht Jahren

Werden zur Beurteilung des Anbauerfolges **Knollen-ertrag und -qualität** als wichtigste Kriterien in Betracht gezogen, so ist die Aussage von rund 20 verschiedenen Parzellenversuchen über acht Jahre an verschiedenen Standorten in der Schweiz und Süddeutschland nicht einheitlich (Tab.1, Abb.1). Das ML unterscheidet sich bezüglich der Ertragssicherheit wenig vom herkömmlichen Anbau. Vor

allem in Verbindung mit Pflugfurche vor der Winterbegrünung resultierten durchwegs höhere Erträge als im herkömmlichen Anbau nach Winterfurche. Beim DML waren die Erträge zu etwa je einem Drittel vorteilhafter, gleich oder geringer. Die diesbezüglichen Einflussfaktoren sind sehr vielfältig. Trotzdem lassen sich gewisse Schlussfolgerungen ziehen: Bezüglich Gewässer- und Bodenschutz schneidet das DML besser als das ML oder der konventionelle Anbau ab.

Bei Standorten mit **leichteren, schnell erwärmenden Böden und geringen bis mittleren Jahresniederschlägen** kann das Ertragspotential auch beim DML durchaus positiv bewertet werden. Hier ist zu berücksichtigen, dass mehrere der Versuche in Grenzlagen für den Kartoffelbau durchgeführt wurden.

Die **Ertragsschwankungen** sind auch an den geeigneten, günstigen Standorten beim DML grundsätzlich höher einzuschätzen. Als wichtigste negative Einflussfaktoren fallen **langanhaltende**



Nitratauswaschung



CO₂ Produktion?



Bodenbeanspruchung



Dammerosion



Flächenerosion



Arbeitsaufwand/
Kosten



Abb. 1: Im Laufe der vergangenen Jahre wurden zahlreiche Parzellenversuche zur Frage der Mulchverfahren und Untersaaten in der Schweiz und Süddeutschland angelegt.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
20 Feldversuche in acht Jahren	1
Gerätetechnik	4
Arbeitszeitbedarf	8
Kostenstruktur	9
Schlussfolgerungen	10
Literatur	12

Problemstellung

Ausgehend von der Mulch- und Direktsaat bei Getreide, Mais und Zuckerrüben wurden ab 1990 Versuche aufgenommen, um auch für Kartoffeln geeignete Mulchverfahren mit der erforderlichen Technik zu entwickeln und zu erproben. Grundsätzlich wird zwischen dem Mulchlegen (ML) und dem Direktmulchlegen (DML) unterschieden. Bei beiden Verfahren wird vor allem die Einordnung in ein pflugloses Anbausystem angestrebt, um bereits bei der Grundbodenbearbeitung eine möglichst geringe Intensität zu erreichen. Die Begrü-

nung erfolgt meist nach einer Stoppelbearbeitung und Auskeimung der Unkrautsamen bzw. Ausfallgetreidesamen entweder mit einer frostresistenten oder abfrierenden Pflanze, beim DML mit einem Spezialgerät in Kombination mit dem Vorziehen der Dämme. Im Frühjahr bei genügend abgetrocknetem Boden wird beim ML die Begrünungspflanze bzw. der aufliegende Mulch mit einem geeigneten Gerät (vorzugsweise Spatenrollegge oder Zinkenrotor) eingearbeitet. Das Kartoffellegen geschieht hier in herkömmlicher Weise. Beim DML erfolgt die Ablage der Knollen direkt in die unbearbeiteten Dämme. Hierfür sind spezielle Anpassun-

gen/Zusatzaggregate an der Legemaschine erforderlich. Beim ML können die Pflegearbeiten gleich wie beim herkömmlichen Anbau erfolgen, wogegen sich beim DML bei der mechanischen Unkrautregulierung nicht alle Hacksysteme eignen (FAT Bericht Nr. 495). In den vergangenen Jahren wurden auch in anderen Landesteilen und in Süddeutschland weitere Versuchserfahrungen vor allem mit dem DML im pfluglosen Anbau gesammelt und gleichzeitig die Verfahrenstechnik weiterentwickelt. Vor allem infolge der noch fehlenden Gerätetechnik konnte sich das DML im praktischen Anbau dagegen noch nicht durchsetzen.

Niederschlagsperioden im Herbst und entsprechend ungünstige Entwicklung der Begrünungspflanzen in Betracht. Ungenügende Durchwurzelung bzw. ungünstige Bodenstruktur und erhöhter Unkrautdruck sind die Folge. **Anhaltend tiefe Temperaturen im Frühjahr** (Beispiel Frühjahr 1998) können die Bestandesentwicklung viel stärker beeinträchtigen als bei herkömmlicher Frühjahrsbestellung. Bei lockeren, dunklen (humushaltigen) Böden sind die Unterschiede viel weniger von Bedeutung. Einer optimalen **Unkrautregulierung** ist grosse Bedeutung beizumessen. Je nach Situation ist Flexibilität gefragt. Insbesondere beim DML ist auf eine rechtzeitige Regulierung frostresistenter Dammbegrünung bzw. der überwinternden Unkräuter zu achten (Ertragseinbussen). Das **Mäuse- und Schneckenrisiko** ist beim DML grösser. Bei frühzeitigen, gezielten Gegenmassnahmen lassen sich Ertrags- und Qualitätseinbussen aber weitgehend ausschliessen. Betreffend der **qualitativen Aspekte** sind sichere Zusammenhänge bisher nur bei einer geringeren Rizoctoniainfektion beim DML erkennbar.

Nitrat auswaschung bei frostresistenter Begrünung am geringsten

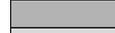
Die Stickstoffdynamik konnte mittels der Sauglysimetermethode und der Bestimmung des volumetrischen Wassergehaltes (TDR-Technik) beim herkömmlichen Anbau und dem DML 1995/96 und 1996/97 an der FAL-Reckenholz eingehend untersucht werden (Abb.2). Die Ergebnisse verdeutlichen, den Einfluss von

Tab. 1: Erträge bei Kartoffel-Mulchverfahren in der Schweiz und in Süddeutschland: Tendenzen im Vergleich zum herkömmlichen Anbau nach Winterpflugfurche und Frühjahrsbestellung.

Jahr	Institution	Bodenart	Niedersch. mm/Jahr	Begrünung	Mulchlegen nach Pflügen		Grubbern		Direktmulchlegen nach Pflügen		Grubbern*	
					Tot.	M	Tot.	M	Tot.	M	Tot.	M
1990	FAT	sL	1222	Ph								
1992	FAT	sL	1153	Ph, S								
1993	FAT	sl	1169	Ph, S								
1994	FAT	sL	1275	S								
1995	AUL	sL	1258	Ch								
	FAL	sh L	1242	S, Ch								
	FAT	sL	1428	S, Ch								
1996	AUL	sL	881	Ch								
	FAL	sh L	932	S, Ch								
	FAT	sL	1076	S, Ch								
	VKS	L	711	S								
				Ch								
				W								
1997	AUL	sL	840	Ch								
	FAL	sh, tr L	876	S								
				Ch								
	FAT	sL	1005	S, Ch								
1998	VKS	L	684	S								
				Ch								
				W								
1998	AUL	sL	851	Ch								
	FAL	sh L	1006	S								
				Ch								
	VKS	L	935 (722 Okt.-Sept.)	S								
				Ch								
				W								

AUL = Abteilung Umwelt und Landwirtschaft (Bodenschutz) des Kantons Bern & Informa, CH-Rütti-Zollikofen
 FAL = Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-Zürich-Reckenholz
 FAT = Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-Tänikon b. Aadorf
 VKS = Versuchsstation Klostergut Scheyern, D-Scheyern
 sL = sandiger Lehm, L = Lehm, sh = schwach humoser ..., tr = tonreicher
 Ph = Phacelia, S = Gelbsenf, Ch = Chinakohlrübe, W = Winterwicke

Erträge: Tot. = Gesamterträge, M = Marktware

	deutlich höher
	leicht höher
	praktisch kein Unterschied
	leicht geringer
	deutlich geringer
	keine Versuche

Bemerkungen zu Versuch

FAL:
 FAT 1990, 1994: Spatenmaschine statt Grubber
 Günstige Entwicklung der Begrünungspflanze, starke Winterfrosteinwirkung.
 AUL 1995: Ausserordentlich hohe Niederschläge, Technik beim DML noch nicht befriedigend.
 FAT 1995: Infolge hoher Bodenfeuchtigkeit verspätete Durchführung der Winterpflugfurche beim herkömmlichen Anbau.
 FAL 1996: Im herkömmlichen Anbau evtl. zu tief gepflanzt.
 AUL 1997, 1998: Ungünstige Herbstentwicklung der Rübe, Unkrautdruck relativ hoch, Bekämpfung ausschliesslich mechanisch.

Art und Zeitpunkt der Bodenbearbeitung sowie einer Begrünung auf den Nitratgehalt im Boden. Wurde beim herkömmlichen Anbau im Herbst 1995 relativ früh – gegen Mitte Oktober – gepflügt, so musste im Herbst 1996 die Pflugarbeit infolge hoher Niederschläge auf Ende Januar 1997 verschoben werden. Während beiden Versuchsjahren konnte der Nitratgehalt im Boden und die Nitratauswaschung mit dem DML signifikant reduziert werden; dies vor allem auch während der kritischen Perioden (milde, feuchte Winterwitterung 1995, Frühjahrsbestellung). Besonders tiefe Nitratwerte im Frühjahr resultierten dabei bei der überwinternden Chinakohlrübe, welche in diesem Zeitraum eine grosse Biomasseproduktion aufweist.

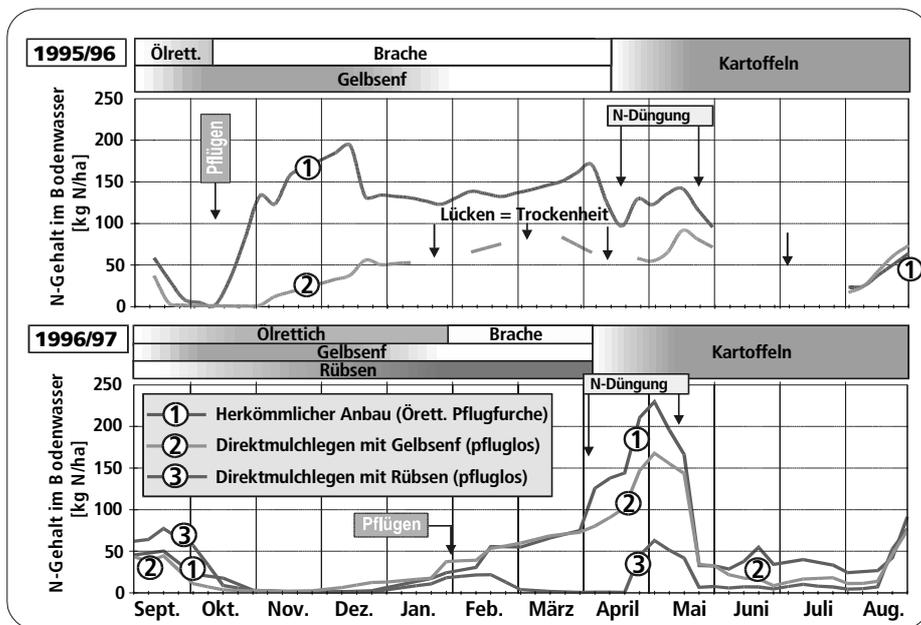


Abb. 2: Nitratgehalt im Bodenwasser bis 1 m Bodentiefe (nach U. Zihlmann, FAL).

Begrünungspflanze und Unkrautregulierung beim DML optimal abstimmen

Spätsaatverträglichkeit, Pflanzenentwicklung, Bodenbedeckung (Abb. 3) und Frostresistenz sind die wichtigsten Kriterien bei der Beurteilung der Begrünungspflanzen. **Gelbsenf** als abfrierende Pflanze zeigt ein rasches Auflaufen und günstige Herbstentwicklung, Bodenbedeckung, Durchwurzelung und Unkrautunterdrückung. Beim Einsatz von Sternhackgeräten ist auch beim DML unter

günstigen Bedingungen eine ausschliesslich mechanische Unkrautregulierung (Bioanbau) möglich. Die frostresistenten **Chinakohlrüben** entziehen im Herbst weniger Nitrat und erreichen im Frühjahr ihre Hauptentwicklung. Eine erfolgreiche Handhabung ohne Herbizideinsatz war

bisher nur unter günstigen Voraussetzungen (Witterung) möglich: Die Bestände werden im Blütenstadium, (Wiederaustrieb!), das im Ackerbauregionen in der Regel kurz nach dem Legen erreicht wird, abgeschlegelt (Kartoffelkrautschläger) und nach dem Vertrocknen der Pflanzen-

Abb. 3b: Volle Grünbedeckung bzw. Untersaat hat im herkömmlichen Anbau Minderertrag zur Folge.



Abb. 3a: Eine Erdkleeuntersaat (links) beim Kartoffellegen führt zu einer vollständigen Bedeckung des Dammes mit bestmöglichem Erosionsschutz (herkömmlicher Anbau rechts). Ab dem Reihenschliessen beeinträchtigte die Untersaat jedoch die Entwicklung der Kartoffelstauden sichtbar.

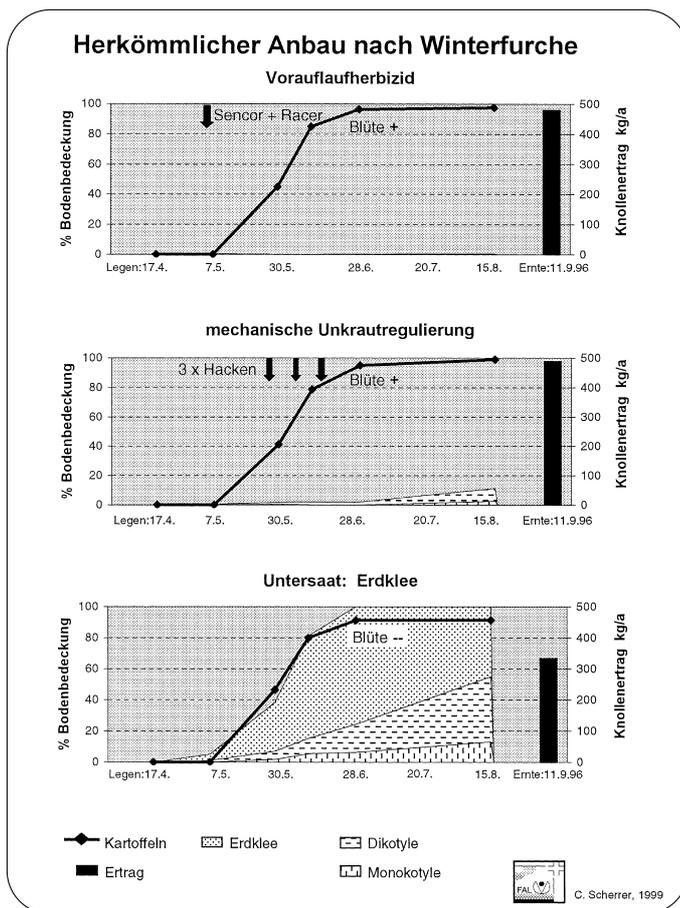
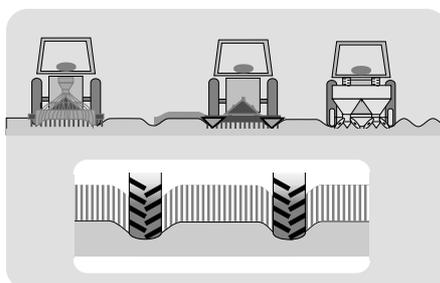




Abb. 4: Mittels Häufelkörper werden beim Bearbeiten und Begrünen Fahrspuren angelegt (a). Bei den nachfolgenden Arbeitsgängen – Beispiele: Schlegeln (b) und Mulchlegen (c) – muss der für den Dammaufbau benötigte Boden nicht mehr befahren werden.

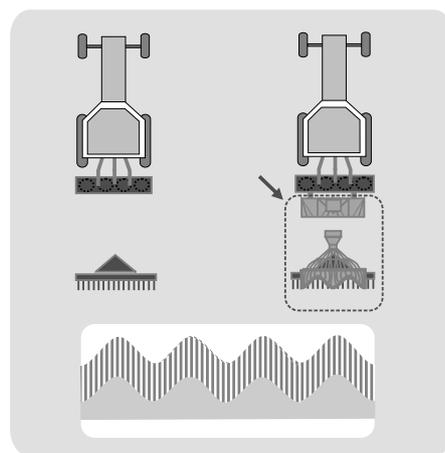
rückstände mit einem Sternhackgerät bearbeitet. Häufelkörper oder Scheiben können allenfalls erforderlich werden, wenn Wurzelballen durch die Hackwerkzeuge freigelegt werden. Höchstmöglicher Erosionsschutz kann mit Chinakohlrübsen bei ausschliesslichem Herbizideinsatz erzielt werden. Eine Glyphosate-Anwendung (um 2 l/ha) kurz vor oder nach dem Legen statt einer späteren Applikation eines selektiven Herbizides hat sich am besten bewährt. Bei geringen mechanischen Pflegemassnahmen geben sowohl Gelbsenf als auch Rübsen vom Frühjahr bis zur Ernte eine erosionshemmende Dammbedeckung. Durchwegs günstige Ergebnisse brachte in Süddeutschland auf eher trockeneren Standorten (Gerl 1998) auch die **Winterwicke** (*Vicia villosa*). In dreijährigen Versuchen resultierten beim DML damit durchwegs beträchtliche Mehrerträge im Vergleich zum herkömmlichen Anbau. Bedingt durch die stärkere Mineralisierung bzw. N-Nachlieferung war dies allerdings mit einem vermehrten Auftreten von Hohlherzigkeit (Sorte Agria) verbunden.



den unter der Bedeckung in der Regel wesentlich langsamer abtrocknet als im herkömmlichen Anbau, ist selbst beim Einsatz von Doppel- oder Breitbereifung die Gefahr der Bodenbeanspruchung bzw. Schollenbildung je nach Bodenart gross. Bewährt hat sich diesbezüglich die Anlage von Fahrspuren im Vorjahr in Kombination mit dem Begrünen. An das Bodenbearbeitungsgerät (Zinkenrotor/Scheibenegge) mit Sävorrichtung werden für diesen Zweck Spurreisser und Beetformer oder Spurschare (Häufelkörper) angebracht (Abb. 4). Die Spuren für alle nachfolgenden Arbeitsgänge (allenfalls Schlegeln, Düngen, Mulch einarbeiten und Legen) werden somit schon beim

Begrünen vorgegeben. Beim Dammaufbau wird damit vermieden, dass befahrender, vorverdichteter, scholliger Boden aufgehäufelt wird.

Bodenbearbeitung, Dammbformen/-begrünen in einem Arbeitsgang (DML)



Eine bedeutende Forderung beim DML besteht darin, die Sommer-/Herbstbegrünung (in der Regel nach Getreide) in ei-

Spezielle Gerätetechnik noch nicht im Angebot

Mulchlegen: Spursystem vermindert Bodenbeanspruchung

Beim ML wird die Mulch- bzw. Grünpflanzenaufgabe im Frühjahr vor dem Kartoffellegen eingearbeitet. Da der Bo-

Die unterschiedlichen **Dammformwerkzeuge** können bezüglich dieser speziellen Anwendung wie folgt beurteilt werden:

Werkzeugart	Verstopfungsanfälligkeit (pflugloser Anbau)	Dammstruktur	Dammvolumen
Häufelkörper	mittel	dicht	mittel
Dammblech	sehr hoch	sehr dicht	sehr gross
Grosse Scheibe	gering	locker	mittel



Abb. 4c



Abb. 6: Vergleichsversuche mit Mehrfach-Dammdruckrollen (links) und Einzelprofilwalze (rechts).

nem Arbeitsgang rationell durchführen zu können. Allfällige Ernterückstände (Stoppeln, Häckselstroh und allenfalls Mist) sind gleichmässig einzumischen. Der Boden ist nur so stark zu bearbeiten, dass sich grossvolumige, lockere Dämme formen lassen und die Begrünungspflanzen sicher und gleichmässig auflaufen können. Wenn von den erwähnten Begrünungen ausgegangen wird, dürfte der günstigste Zeitpunkt im Mittelland zwischen anfangs und Mitte August liegen. Zugunsten einer sicheren Herbstentwicklung ist je nach Vorfrucht auf eine Stoppelbearbeitung zu verzichten. In diesem Falle ist im pfluglosen Anbau eine Bodenlockerung bzw. ein Grubbereinsatz angezeigt. Die **ideale Gerätekombination** dürfte somit aus folgenden Komponenten bestehen: Grubberzinken, Zinkenrotor und Dammformgerät mit Begrünungseinrichtung.

Versuche mit einer umgebauten **Dammfräse** (durchgehende Fräswerkzeuge), pneumatischer Samenförderung und Drillscharen im Dammformbereich konnten infolge des relativ hohen Leistungsbedarfes der Fräse, der meistens zu feiner Bearbeitung und der hohen Verstopfungsanfälligkeit nicht vollends befriedigen. Ein für die meisten Böden vorteilhaftes System wurde in der Kombination **von grossen Häufelscheiben, pneumatischer Saatgutzuführung und Andruckrollen** gefunden (Abb. 5a und 5b). Das durch den Schüttwinkel begrenzte Dammvolumen beim Scheibensystem kann durch die Wirkung der Druckrollen vergrössert werden, indem die Bodenteile vor dem Abrutschen zusammen mit den Samen unmittelbar nach den Scheiben angedrückt werden. Im Gegensatz zu einer entsprechend ausgelegten **Einzelprofilwalze** kann die

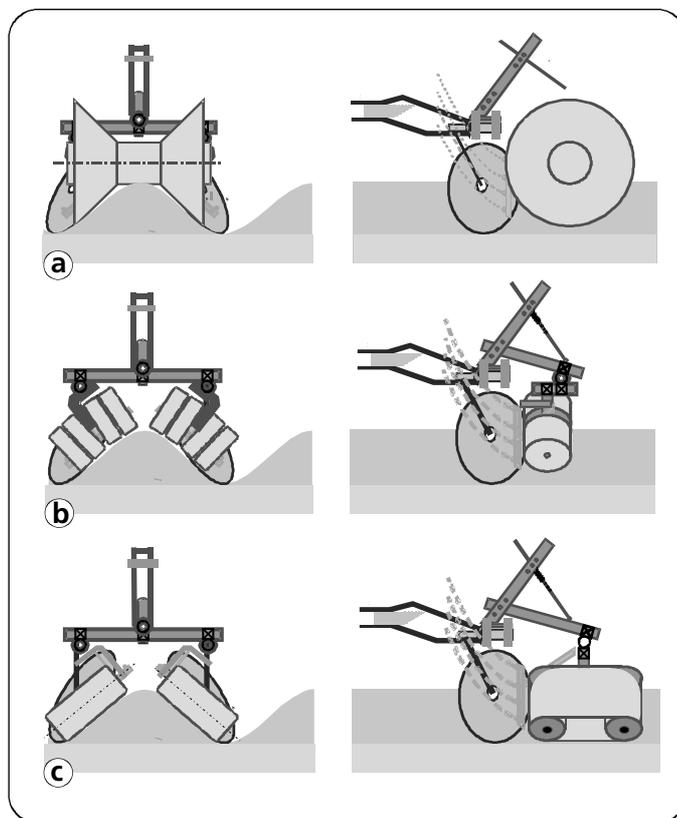


Abb. 5: Druckrollen oder -bänder nach den Scheiben und der Samenablage befestigen die Dammflanken, bevor Boden und Samen wieder abrutschen können (Eigenentwicklung der FAT).

Dammform bei verstellbaren **Mehrfachrollen** verteilt über die ganze Dammflanke je nach Bodenart und Anforderungen leicht variiert werden (Abb. 6). Der Rollendurchmesser sollte bei mindestens 20 cm liegen und der Auflagedruck im Bereiche von 50 bis 90 kg pro Reihe variiert werden können. Lassen sich die Rollen einer Reihe gemeinsam führen, so ist jedoch eine reihenunabhängige Aufhängung der Rollen für eine ausgeglichene Arbeitsweise erforderlich (Abb. 7). Bei sehr lockeren Humusböden (Moorböden) konnten die Dammflanken mit diesem System nicht ausreichend verfestigt werden. Durch das Abrieseln von Erdkrümel und Samen liess sich das angestrebte Dammvolumen mit gleichmässiger Pflanzenbedeckung nicht befriedigend erreichen. Bessere Ergebnisse dürften bei solchen Verhältnissen bedeutend grössere Rollen, Dammformbleche oder eventuell **Andruckbänder** (Abb. 5c) bringen.

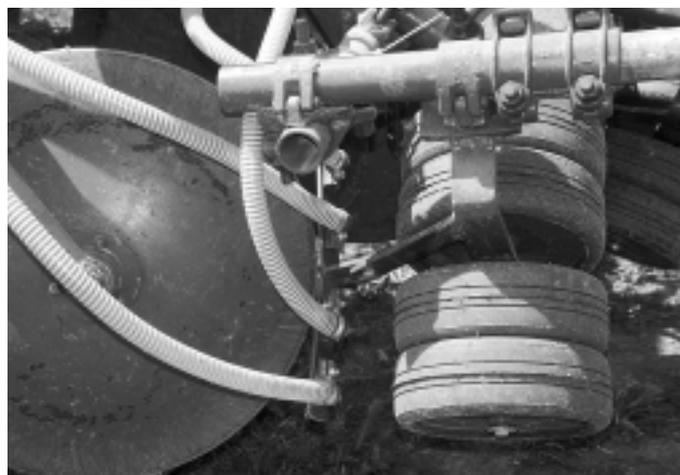
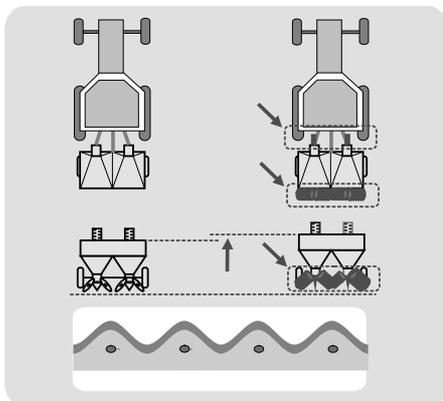


Abb. 7: Dammform-/Begrünungsgerät mit Scheiben, pneumatischer Samenablage und Einzelprofilwalzen.

Legemaschinen: Furchenzieher mit Scheiben und Druckrollen erforderlich (DML)



Legemaschinen können in der Regel für das DML angepasst werden. Halbautomatische Legegeräte weisen hingegen meistens zu wenig Durchgang für diese Einsätze auf. Grundsätzlich eignen sich – in Abstimmung zur Reihenzahl beim

Dammformen/-begrünen – sowohl zwei- als auch vierreihige Maschinen, mit der Einschränkung, dass in Kombination mit der Bodenseparierung, bei vierreihigen Legeautomaten die Stützräder (Spurweite 1,5 m) in den Traktorspuren angeordnet sein müssen.

Zunächst erfordern die vorgeformten Dämme mit Mulchauflage oder Grünpflanzenbesatz bei den meisten Geräten eine **Vergrößerung des Durchganges** im Schar- und unteren Legeschachtbereich. Dies kann zum Beispiel durch grössere Stützräder oder Versetzen der Stützradachse erreicht werden. Bei starker Mulchauflage oder hohen Pflanzenbeständen (Chinakohlrübsen) ist zudem die Montage einer Kettenschutzvorrichtung angezeigt.

Herkömmliche **Legeschare** sind infolge zu grosser Breite (um 20 cm, Damm wird zu stark auseinandergedrückt) und hoher Verstopfungsanfälligkeit ungeeignet. Zwei unterschiedliche Legescharten ha-

ben sich sowohl bei Mulchauflage als auch Grünbedeckung bewährt. Abbildung 8a zeigt links einen herkömmlichen und rechts einen für das DML konstruierten Legescharkörper ohne individuelle Tiefenführung. Die seitenbewegliche Sechsscheibe (30 cm) wird durch Federdruck in der Tiefe geführt, wobei seitliche Ringe eine konstante Schnitttiefe gewährleisten. Besonders bei Grünbedeckung und feuchtem Boden sind beidseitige Abstreifer und ein Mindestabstand zum Schar von 7 cm zur Vermeidung von Verstopfungen unerlässlich. Der Scharkörper wurde von 20 cm auf 10 cm verschmälert. Bei dieser Mindestbreite kann auch grosssortiertes Saatgut (50-60 mm) noch gelegt werden. Eine Ausführung als Doppelscheibenlegeschar (Abb. 8b, Breite ebenfalls 10 cm) ermöglicht eine kompakte Auslegung und hohe Funktionssicherheit. Der Scheibendurchmesser muss hier 30 cm (mittlere Dämme) bis 35 cm (hohe Dämme) betragen.

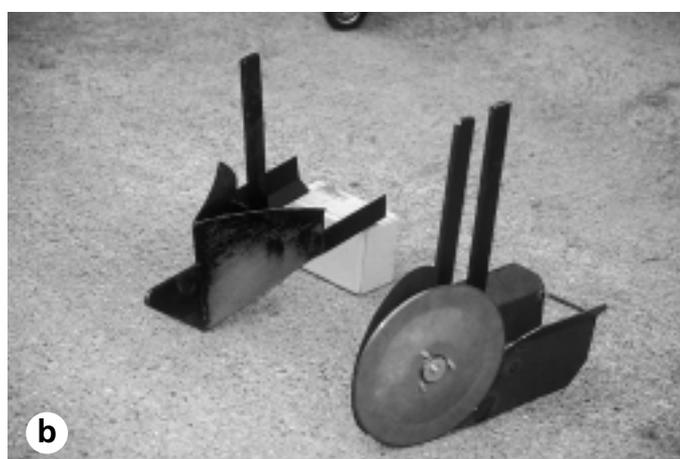


Abb. 8: Legeschare mit einfacher Sechsscheibe (a) und Doppelscheibe (b) für das Direktmulchlegen (Eigenentwicklung der FAT) im Vergleich zum Standardlegeschar.

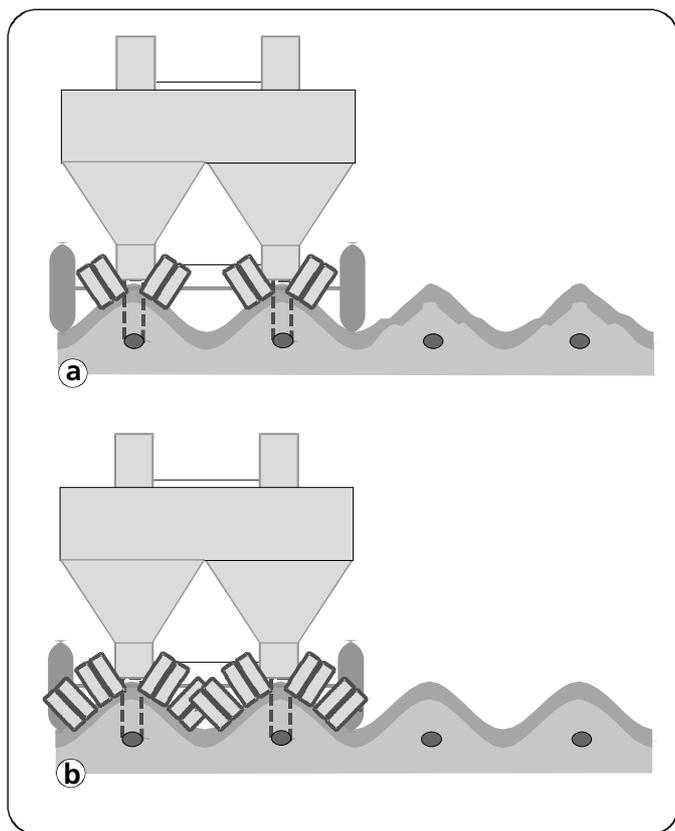


Abb. 9: Druckrollenanordnung an der Legemaschine für das Direktmulchlegen. Bei lockeren Böden muss zum Erreichen einer günstigen Dammform die ganze Dammflanke abgerollt werden (b).

Um Austrocknung, Grünknollenbildung und Herbizidschäden zu vermeiden, müssen die aufgeschnittenen Dämme wieder vollkommen verschlossen werden, ohne dabei die Mulchauflage oder die Begrünung stark zu beschädigen. Mit den **herkömmlichen Zudeckscheiben** kann dies – auch wenn die Hohlseite nach außen gedreht wird – nicht immer befriedigend erreicht werden. Analog zum Dammformen haben sich auch hier verstellbare **Mehrfachdruckrollen** gut bewährt (Abb. 9). Ist die Einwirkung der Rollen nur im oberen Bereich der Dammflanken bei festerem Boden und starker Durchwurzelung für das Schliessen des Dammes durchaus ausreichend, so wird bei sehr lockerem Boden die Dammform ungünstig verändert (Abb. 9a). Mit beispielsweise acht Rollen/Reihe zu je 8 cm Breite kann die ganze Flankenoberfläche erfasst und die ursprüngliche Dammform beim Schliessen wiederhergestellt werden (Abb. 9b). Rollendurchmesser um 20 cm erwiesen sich bei Mulchauflage als ausreichend. Etwas grössere Durchmesser (25 bis 30 cm) könnten bei starkem Bewuchs mit Chinakohlrüben zweckdienlich sein, da infolge der geringen

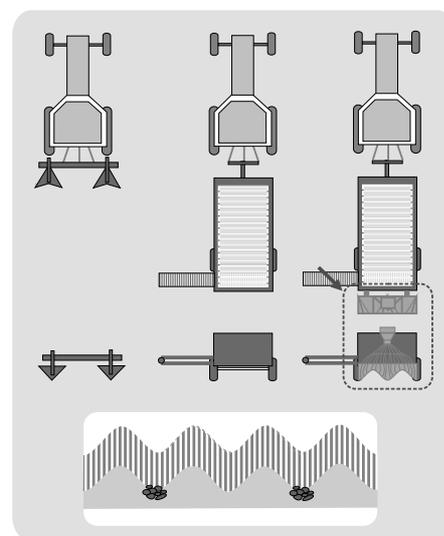
Auflagefläche gelegentlich einzelne Wurzelballen herausgedrückt werden (Abb. 10). Pro Reihe kann je nach Bodenart und -zustand ein Auflagedruck der Rollen bis zu zirka 120 kg/Damm für ein sattes Schliessen erforderlich werden. Ein gewisses seitliches Spiel der Rollengruppe pro Reihe und allenfalls eine unabhängige Vertikalführung je Damm oder sogar Dammflanke können die Ergebnisse bei ungleichmäßigem Dammaufbau und -verlauf entscheidend verbessern.

Bodenseparieren und Direktmulchlegen stellen hohe Anforderungen

Die Kombination dieser beiden Methoden verspricht verschiedene bestechende Vorteile, stellt aber **hohe Anforderungen** vor allem bezüglich Planung, Handhabung und Abstimmung der Anbautechnik. Eine Realisierung sollte nur unter günstigen Bodenverhältnissen und in einer Probephase anfänglich nur kleinflächig in der Ebene erfolgen, da auch aus unseren Versuchen damit nur wenige Erfahrungen vorliegen. Die Vorverlegung der Arbeitsgänge Beetformen, Separie-



Abb. 10: Mit einer voll umgerüsteten Legemaschine kann auch in hohen Rübsenbeständen beim Direktmulchlegen befriedigend gearbeitet werden.



ren/Dammformen/ Begrünen auf den Sommer des Vorjahres bedeutet, dass allfällige Fehler zum Beispiel in der Feldeinteilung und beim Anschlussfahren auf die Kartoffelkultur im Frühjahr übertragen werden.

Fertige **technische Lösungen** werden auch in diesem Bereich bisher nicht angeboten. Bei den Reekie-Separatoren mit Beetformer (Ausführung für Hangeinsätze) kann die bereits vorhandene Aufhängung mit selbsttätiger Aushebehydraulik für die Anbringung des Dammform-/Begrünungsgerätes genutzt werden (Abb. 11a). Bei anderen Fabrikanten wären allenfalls entsprechende Spezialkonstruktionen erforderlich. Da der gesiebte Boden praktisch keine gröberen Strohrückstände enthält, dürfte das Begrünungssystem mit Dammformblech,

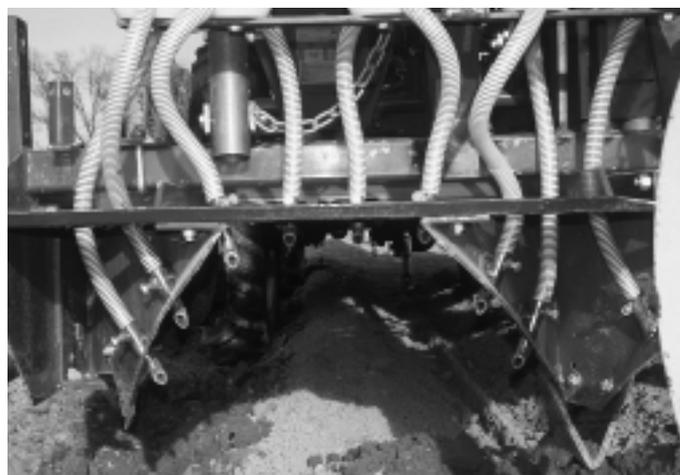


Abb. 11: Für das Dammformen/-begrünen in Kombination mit der Bodenseparierung wurden Formbleche mit integrierten Drillscharen angefertigt. Eine verstopfungsfreie Arbeit mit diesem System bedingt gut abgetrockneten Boden.

integrierten Drillscharen und pneumatischer Saatgutzuführung die beste Eignung ausweisen (Abb. 11b).

Arbeitszeitbedarf bei den Mulchverfahren etwas kleiner

Abbildung 12 erleichtert die **Übersicht** und den Vergleich zwischen dem herkömmlichen Anbau und den Mulchverfahren mit (A) und ohne (B) Bodenseparierung: Mit den Mulchverfahren sind je nach Variante Arbeitszeiteinsparungen von 12,2 bis 4,8 Akh/ha möglich. Durch die Bodenseparierung wird der Arbeitszeitbedarf bei allen Verfahren jedoch um rund 60% vermindert. Dabei umfasst der Vergleich die folgenden Arbeitsbereiche: Saat der Begrünungen, Abspritzung und Einarbeitung der Begrünungen, Bodenbearbeitung, Kartoffeln legen, zusätzlicher Düngedurchgang, Abspritzen Begrünung und Kartoffeln ernten (Tab. 2).

Bei der Kalkulation wurde vorausgesetzt, dass bei bestimmten Verfahren **spezielle Ausrüstungen** benötigt werden. Beim ML, (Verfahren A2 und B2) sind es die Spurschare und Spurreisser zum Zinkenrotor, beim DML, (A3b und B3) sind es die Umrüstung des Bodenseparators mit Dammform-/Begrünungsgerät und die zum Legeautomat gehörenden speziellen Scharen und Druckrollen.

Arbeitswirtschaftlich bedeutend sind die in Gerätekombinationen eingesetzten Beetformbleche, Dammformer, Dammformbleche und pneumatischen Sägerä-

Tab. 2: Ausgewählte Verfahren, zugeteilte Maschinen und Arbeitszeitbedarf je Hektare

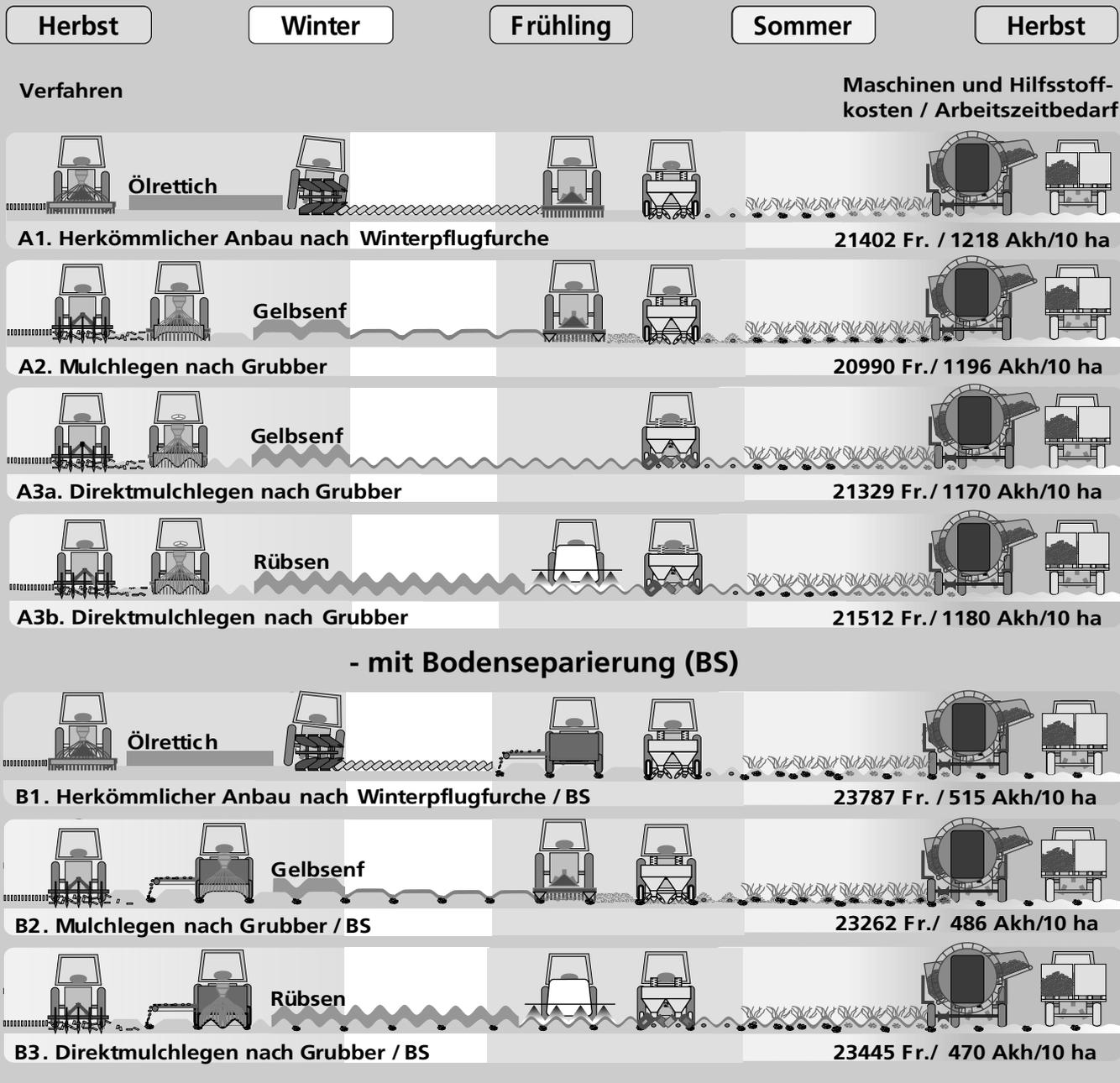
Verfahrensguppe	Einzelne Verfahren	Arbeitsverfahren						
		Herkömmlicher Anbau		Mulchlegen		Direktmulchlegen		
Verwendete Begrünungen		A1	B1	A2	B2	A3a	A3b	B3
		Oelrettich	Oelrettich	Gelbsenf	Gelbsenf	Gelbsenf	Rübsen	Rübsen
Arbeitsbereiche und zugeteilte Maschinen								
	Besitz-/Einsatzart							
Traktor, 4-Radantrieb, 41 kW (56 PS)	Eigentum	var.	var.	var.	var.	var.	var.	var.
Traktor, 4-Radantrieb, 60 kW (82 PS)	Eigentum	var.	var.	var.	var.	var.	var.	var.
Bodenbearbeitung								
Grubber mit Nachläufer, 2,2 m	Eigentum			var.	var.	var.	var.	var.
Pflug, 3-scharig	Eigentum	var.	var.					
Federzinkenegge, 3,0 m mit Krümmler	Eigentum		var.					
Zinkenrotor, 3,0 m	Eigentum	var.	var.	var.	var.	var.	var.	
Spurschare zu Zinkenrotor	Eigentum			fix + var.	fix + var.			
Spurreisser zu Zinkenrotor	Eigentum			fix + var.				
Beetformer, 4-reihig	Anteil 50 %		fix + var.		fix + var.			fix + var.
Separator, 2-reihig	Anteil 50 %		fix + var.					
Separator mit Beetformblech, 2-reihig	Anteil 50 %				fix + var.			
Dammformer, angebaut an Zinkenrotor	Anteil 50 %					fix + var.	fix + var.	
Separator mit Dammformblech	Anteil 50 %							fix + var.
Saat und Legen								
Sägerät pneumatisch, mit Walze	Miete	Miete	Miete					
Sägerät pneumatisch, für Aufbau	Miete			Miete	Miete	Miete	Miete	Miete
Kartoffellegemaschine, automatisch, 2-reihig	Eigentum	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.
Spezialausrüstung zu Legemaschine: Schar und Druckrollen	Eigentum					fix + var.	fix + var.	fix + var.
Pflege								
Scharhackgerät, 3,0 m	Eigentum	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.			
Sternhackgerät, 3,0 m	Eigentum					fix + var.	fix + var.	fix + var.
Reihendüngerstreuer zu Legeautomat, 2-reihig	Eigentum					fix + var.	fix + var.	fix + var.
Anbaufeldspritze, 12 m Balken	Eigentum						var.	var.
Ernte								
Kartoffelvollernter mit Vorsortierung, Rollböden u. Zusatzbunker	Eigentum	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.	fix + var.
Anzahl Arbeitsgänge für erfasste Arbeiten								
		9	11	8	9	7	8	9
Arbeitszeitbedarf für erfasste Arbeiten								
Bodenbearbeitung, Saaten, Legen und Pflege	AKh/ha	21.8	26.5	19.6	23.6	17.0	18.0	22.0
Ernte	AKh/ha	100.0	25.0	100.0	25.0	100.0	100.0	25.0
Total	AKh/ha	121.8	51.5	119.6	48.6	117.0	118.0	47.0
Differenz zu Verfahren A1	AKh/ha		-70.3	-2.2	-73.2	-4.8	-3.8	-74.8

zu berücksichtigende Kosten:
 var. variable Kosten
 fix + var. fixe und variable Kosten
 Miete Mietensatz

te. Für die beurteilten Arbeiten fallen **zwischen sieben und elf Arbeitsgänge** an. Der Arbeitszeitbedarf für die Bodenbearbeitung, das Säen der Begrünungen, das Legen der Kartoffeln und deren spezielle Düngung und Spritzung bewegt

sich im Bereich zwischen 17,0 und 26,5 Arbeitsstunden je Hektare. Das Verfahren A3a ohne Bodenseparierung und direktem ML mit Gelbsenf nach Grubber benötigt am wenigsten Arbeitszeit. Das Verfahren B1 mit einzelnen Arbeitsgän-

Abb. 12: Herkömmlicher Anbau und pfluglose Mulchverfahren



gen für das Eggen mit Federzinkenegge, der Beetformung und Separierung ist am aufwendigsten (Tab. 2).

Wesentlich grösser sind die Unterschiede bei der **Ernte der Kartoffeln**. Bei den Verfahren mit separierten Böden sind unter guten Voraussetzungen je Hektare noch 25 Arbeitsstunden nötig. Den vierfachen Bedarf benötigen die nicht separierten Böden. Unter guten Bedingungen zeigt sich eine bedeutende Einsparungsmöglichkeit, die allerdings nicht im direkten Zusammenhang mit dem Mulchlegen steht. Die wesentlich verbesserte Schlagkraft ermöglicht die Einsparung von 75

Arbeitsstunden und der entsprechenden Arbeitskosten. Ein Faktor, der besonders bei der Anstellung von fremden Arbeitskräften stark ins Gewicht fällt.

Kostenstruktur: Keine wesentlichen Unterschiede

Die **Voraussetzungen für den Maschineneinsatz** sind von Betrieb zu Betrieb verschieden. Je nach Kartoffelfläche, der Anzahl benötigter Arbeitsgänge und der

verfügbaren Arbeitstage ist es wirtschaftlich sinnvoll, Maschinen zu mieten, im Lohn einzusetzen, gemeinsam oder einzeln anzuschaffen.

Die Vorzüglichkeit der einzelnen Verfahren ergibt sich durch die Berücksichtigung der zuteilbaren Kosten für die Maschinen und Hilfsstoffe und den Konsequenzen, die aus dem unterschiedlichen Arbeitszeitbedarf resultieren. Bei den **betriebszweigübergreifend einsetzbaren Maschinen** wie Traktoren und Bodenbearbeitungsgeräten sind hier nur die variablen Kosten als entscheidungswirksam berücksichtigt. Bei den

nur im Kartoffelbau eingesetzten Maschinen, wie Separator, Legeautomat und Kartoffelvollernter, sind die vollen fixen und variablen Kosten in die Kalkulation einbezogen. Beim Miteigentum sind es nur die sich daraus abzuleitenden anteiligen Kosten. Beim Einsatz von gemieteten Maschinen oder im Lohn werden die verwendeten Kostenansätze durch die Marktsituation vorgegeben.

Bei einer **Kartoffelfläche von zehn Hektaren** weist das Verfahren A2, Bodenbearbeitung mit Grubber, ML von Gelbsenf mit Zinkenrotor mit 20 990 Franken die kleinsten Kosten aus (Tab. 3, Abb. 13). Für den herkömmlichen Anbau (B1) mit Zinkenrotor, Begrünung mit Ölrettich, Pflügen, Eggen mit Federzinkenegge, spezielle Beetformung und Separierung ergeben sich mit 23 787 Franken die höchsten Kosten. Im Quervergleich haben die Verfahren mit Bodenseparierung, (B1, B2 und B3) die höchsten Kosten. Dafür sind die anteiligen fixen Kosten des Separators von 3100 Franken je Jahr verantwortlich. Umgekehrt haben diese drei Verfahren die geringsten variablen Kosten, insbesondere wegen der höheren Ernteleistung und den damit verbundenen tieferen Traktorstunden.

Die Verfahren ohne Separierung, (A1, A2, A3a und A3b) ergeben untereinander keine grossen Abweichungen, auf 10 Hektaren sind es zwischen 73 und 522 Franken. Bei den Separierungs-Verfahren (B1, B2, und B3) liegen die Differenzen zwischen 183 und 525 Franken. Besonders zu beachten ist der Unterschied beim Arbeitszeitbedarf. Die Separierungs-Verfahren benötigen wegen der wesentlich höheren Ernteleistung zirka 700 Stunden weniger Arbeitszeit. Je nach den betrieblichen Verhältnissen werden dadurch keine oder weniger Ernte-Tagelöhner benötigt oder vorhandene Arbeitskräfte sind anderweitig einsetzbar. Bei einem Kostenansatz oder einer Wertschöpfung von 15 Franken je Arbeitsstunde werden somit 10 500 Franken eingespart oder anderweitig erwirtschaftet. Unter solchen Voraussetzungen sind die Separierungs-Verfahren wirtschaftlich wesentlich interessanter, schliessen sie doch bei der Bewertung der nicht benötigten Arbeitszeit um 7400 bis 8300 Franken günstiger ab. Bei den zuteilbaren Kosten von Maschinen und Hilfsstoffen stellen wir zwischen den Verfahren (B1 und A2) Abweichungen von bis zu 2797 Franken fest. Um ein Mehrfaches grösser sind die Unterschiede jedoch, wenn die Differenzen in den Arbeitszeiten frankenmässig umgesetzt

Tab. 3: Zuteilbare Verfahrenskosten und Arbeitszeitbedarf für 10 ha

Verfahrensgroupe Einzelne Verfahren Verwendete Begründungen	Herkömmlicher Anbau		Arbeitsverfahren Mulchlegen		Direktmulchlegen			
	A1	B1 Separier. Ölrettich	A2	B2 mit Separier. Gelbsenf	A3a	A3b	B3 mit Separier. Rübsen	
	Ölrettich		Gelbsenf		Gelbsenf	Rübsen		
Maschinenkosten								
Fixe Kosten je Jahr	Fr.	11'315	14'793	11'499	15'059	12'100	12'100	15'578
Variable Kosten	Fr.	8'907	7'814	8'116	6'828	7'854	7'973	6'428
Total	Fr.	20'222	22'607	19'615	21'887	19'954	20'073	22'006
Saatgut für Mulchkulturen und Glyphosate								
Saatgut Mulchkulturen	Fr.	1'180	1'180	1'375	1'375	1'375	1'140	1'140
Pflanzenschutzmittel	Fr.						299	299
Total	Fr.	1'180	1'180	1'375	1'375	1'375	1'439	1'439
Maschinen- und Hilfsstoffkosten								
Total	Fr.	21'402	23'787	20'990	23'262	21'329	21'512	23'445
Differenz zu Verfahren A1	Fr.		2'385	-412	1'860	-73	110	2'043
Arbeitszeitbedarf								
Total für verglichenen Bereich	AKh	1'218	515	1'196	486	1'170	1'180	470
Differenz zu Verfahren A1	AKh		-703	-22	-732	-48	-38	-748

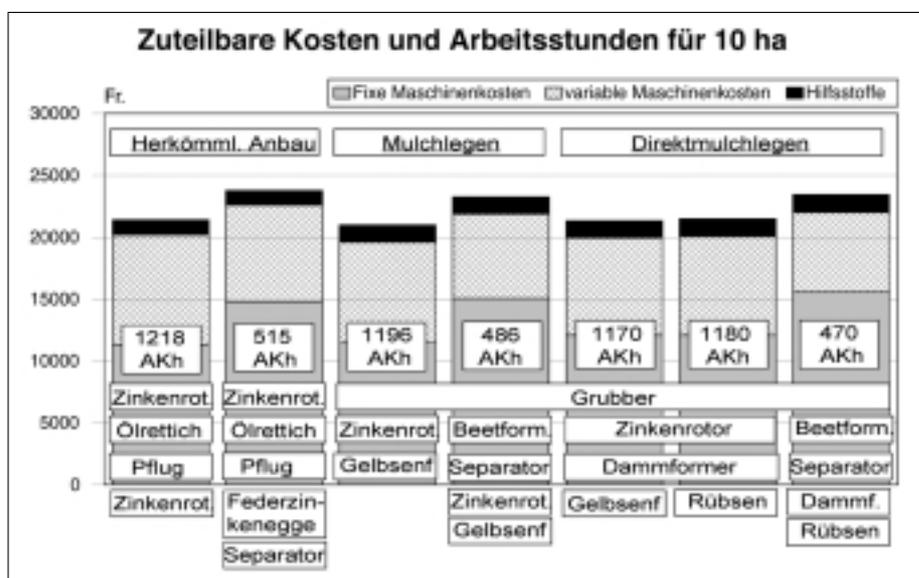


Abb. 13

werden. Dem Einfluss der Arbeitskräfte und Arbeitskosten ist unbedingt besondere Beachtung zu schenken. Ohne deren Bewertung halten sich die Unterschiede zwischen den Verfahren in Grenzen.

Schlussfolgerungen

Das **Mulchlegen** stellt kaum besondere Anforderungen an die Bodenarten und erfordert wenig technische Anpassungen. Während der Wintermonate ist der Erosionsschutz auch bei hohen Niederschlägen gewährleistet, die Nitratauswaschung wird wirkungsvoll eingedämmt. Im Frühjahr ist ein starker Nitrifikations-

schub mit entsprechendem Grundwasserbelastungsrisiko je nach den vorherrschenden Bedingungen nicht zu vermeiden. Der Erosionsschutz der Dämme ist zwar höher als beim herkömmlichen Anbau, aber nicht so intensiv wie bei einem Wurzelnetz mit Mulchauflage. Betreffend Arbeitsaufwand und Kosten sind nur geringfügige Unterschiede zu verzeichnen. Mit Ausnahme von sehr bindigen Böden kann das ML in pfluglosen Anbausystemen als realistische Alternative für die meisten Kartoffelstandorte empfohlen werden.

Das **Direktmulchlegen** ermöglicht nach einer dichten Begrünung der im Vorjahr geformten Dämme den höchstmöglichen Nitrat- und Erosionsschutz vom Herbst bis in die Sommermonate. Im Vergleich zum herkömmlichen Anbau kann der Arbeits-

aufwand bei praktisch gleichen Kosten leicht reduziert werden. Das Anbaurisiko ist grundsätzlich höher einzustufen. Bei ungeeigneten Standorten sowie Witterungsextremen können empfindliche Mindererträge und auch Ernteerschwerisse resultieren. Die Anwendung sollte sich auf günstige Ackerbaulagen mit leichteren, schnell erwärmenden Böden beschränken, wo im Mittel mehrerer Jahre mindestens mit gleichen Erträgen gerechnet werden kann. Die Handhabung ist vor allem am Anfang anspruchsvoll und erfordert Flexibilität. Zum Einstieg wird für die Dammbegrünung der abfrierende Gelbsenf empfohlen. Obwohl von Geräteherstellern bereits in Betracht gezogen, sind die erforderlichen Zusatzausrüstungen und Spezialgeräte noch nicht im Angebot. Dies dürfte der Hauptgrund sein, dass sich die Methode bisher noch nicht in der Praxis verbreiten konnte. Gegenwärtig wird das Direktmulchlegen in Trinkwassereinzugsgebieten der Kantone Bern und Aargau mit Beiträgen unterstützt. Eine vermehrte öffentliche Förderung scheint vor allem im Hinblick auf die Verbesserung der stickstoffdynamischen Aspekte und die Abdeckung des erhöhten Anbaurisikos gerechtfertigt bzw. angemessen.

Literatur

Bohren C., Dubois D., Zihlmann U., Weisskopf P. und Spiess E., 1998. Erfahrungen mit Direktmulchlegen von Kartoffeln. *Agrarforschung* 5(4): 173–176.

Bohren C., Dubois D., Zihlmann U. und Weisskopf P., 1998. Direktmulchlegen von Kartoffeln – herbologische und stickstoffdynamische Aspekte. *Zeitschrift für Pflanzen-Krankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVI*: 697–704.

Gerl G. und Kainz M., 1998. Kartoffeln in Sommerdämme pflanzen? *TopAgrar* 98 (12): 54–57.

Spiess E., Heusser J., Ammon HU. und Scherrer C., 1997. Mulchverfahren und -technik im Kartoffelbau. *FAT-Berichte* Nr. 495: 20 S.