



Erfahrungen mit Direktmulchlegen von Kartoffeln

Christian BOHREN, David DUBOIS, Urs ZIHLMANN und Peter WEISSKOPF, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich
Ernst SPIESS, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

In dreijährigen Versuchen verglichen wir die Möglichkeiten von Dammbegrünungen im Direktmulchlege(DML)-Verfahren mit betriebsüblichem Kartoffelbau. Die Dämm-Vorformung nach der Getreideernte im Vorjahr sowie die Begrünung über den Winter beeinflussen die Unkrautbestandesbildung und den Kartoffelertrag erheblich. Erosionsschutz ist über die ganze Vegetationsperiode gewährleistet. Das erhöhte N-Auswaschungsrisiko, welches im betriebsüblichen Kartoffelbau entsteht, kann mit dem DML-Verfahren vermindert werden.

Bei der Technik des Direktmulchlegens werden die Dämme bereits im August des Vorjahres nach der Getreideernte vorgeformt und begrünt. Die Kartoffeln werden dann im Frühjahr ohne Bodenbearbeitung in die Dämme gelegt. In drei Versuchen in Zürich-Reckenholz 1995 bis 1997 verglichen wir die Auswirkungen von winterharten und frostempfindlichen Zwischenkulturen mit dem betriebsüblichen Anbau. Kartoffelanbau mit Direktmulchlegen hat zum Ziel, die Bodenstruktur zu schonen, die Erosion einzudämmen, die Arbeitsspitzen im Frühjahr zu brechen und nicht zuletzt die Nitratauswaschung zu vermindern. Besonders wenn lange vor dem Pflanzen der Kartoffeln gepflügt und dabei noch Ernterückstände oder organische Dünger eingemischt werden, entsteht ein grosses Nitratauswaschungsrisiko. Zudem wird als Folge der intensiven Pflanz-

bettbereitung Stickstoff mineralisiert, der bis zur Aufnahme durch die Kartoffeln auswaschungsgefährdet ist.

Zwischenfrüchte hemmen die Erosion

Auf den frisch geformten Dämmen lief Chinakohlrübe *Brassica rapa* rasch auf und bedeckte den Boden bis zum Ende der Vegetationszeit zu 100 %. Im Herbst ist ein möglichst hoher Bodenbedeckungsgrad durch die Rübe zu erreichen, um neukeimende Unkräuter zu unterdrücken. Um nach dem Pflanzen der Kartoffeln einen Wiederaustrieb der Chinakohlrübe zu verhindern, muss sie vor der chemischen Abtötung oder vor dem Schlegeln voll blühen. Zu früh regulierte Chinakohlrübe treibt in den Kartoffeln wieder aus und führt zu einem Unkrautproblem. Zur

Versuchsdurchführung

Vergleichsversuche zwischen dem betriebsüblichen Kartoffelanbau und dem Direktmulchlege(DML)-Verfahren wurden an der FAL Reckenholz in den Jahren 1995 bis 1997 durchgeführt. Der Standort befindet sich 440 m ü.M. mit mehrheitlich tiefgründiger, schwach pseudogleyiger, lehmiger Braunerde aus Kolluvium und hat etwa 1100 mm Jahresniederschläge.

Nach der Getreideernte und einer Mistgabe von 300 bis 400 dt/ha wurde der Boden mit Spatenmaschine und Kreiselegge bearbeitet. Die Dämme wurden mit einer Dammfräse vom Typ Gruse vorgeformt. Mittels aufgesattelter Sämaschine konnten Chinakohlrübe, Gelbsenf und Erdklee zur Dammbegrünung eingearbeitet werden. Als Vergleich erfolgte der betriebsübliche Anbau von Kartoffeln mit Winterbrache von Oktober bis April (1995 und 1996) sowie mit Winterbrache ab Februar (1997).

Die Zwischenkulturen wurden über jeweils vier Dämme auf Parzellen von 78 m² viermal wiederholt angesät. Nach dem Pflanzen der Kartoffeln (Abb. 1) wurden die Parzellen unterteilt (3 x 26 m²) und die Grünbedeckung mit verschiedenen Verfahren reguliert. Alle Anbauverfahren wurden auf ein ähnliches Düngungsniveau aufgedüngt: 30 - 40 kg N/ha zum Pflanzen und 80 - 105 kg N/ha Ende Mai in Form von Ammonsalpeter. In diesen Kleinparzellen erfolgte die Ernte mit einer handelsüblichen Maschine, wobei der Ertrag aus den mittleren zwei Dämmen erhoben wurde. Die Kalibrierung entsprach den Marktnormen.

Mit Saugkerzen in 12, 32, 62 und 97 cm Tiefe unter dem Kartoffeldamm (gemessen ab Dammoberkante) wurde 1995/96 und 1996/97 alle 7 bis 14 Tage Bodenwasser entnommen und bezüglich Nitrat- und Ammonium-N-Konzentration analysiert. Gleichzeitig erfolgte in denselben Tiefen eine Bestimmung des volumetrischen Wassergehaltes mittels TDR-Technik (Time Domain Reflectometry). Mittels Interpolation konnte dann die Verteilung des mineralischen Stickstoffs im Bodenprofil im zeitlichen Ablauf dargestellt werden. Die Messungen wurden 1996 in den Versuchsteilen «betriebsüblich» und «Gelbsenf» im Verfahren 2 und 1997 in «betriebsüblich», «Gelbsenf» und «Rübe» im Verfahren 6 durchgeführt (Abb. 2).



Abb. 1. Pflanzung der Kartoffeln in vorgeformte, mit Chinakohlrübe begrünte Dämme (Foto: Gabriela Brändle, FAT).

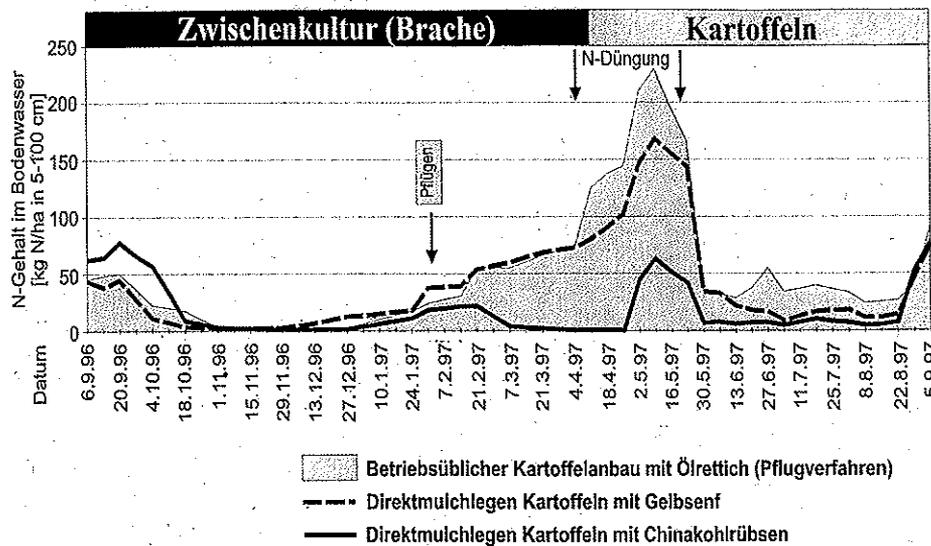


Abb. 2. Beispiel eines Verlaufs des N-Gehaltes im Bodenwasser beim betriebsüblichen Kartoffelanbau und bei Direktmulchlege-Verfahren; Standort Reckenholz; Periode 1996/97.

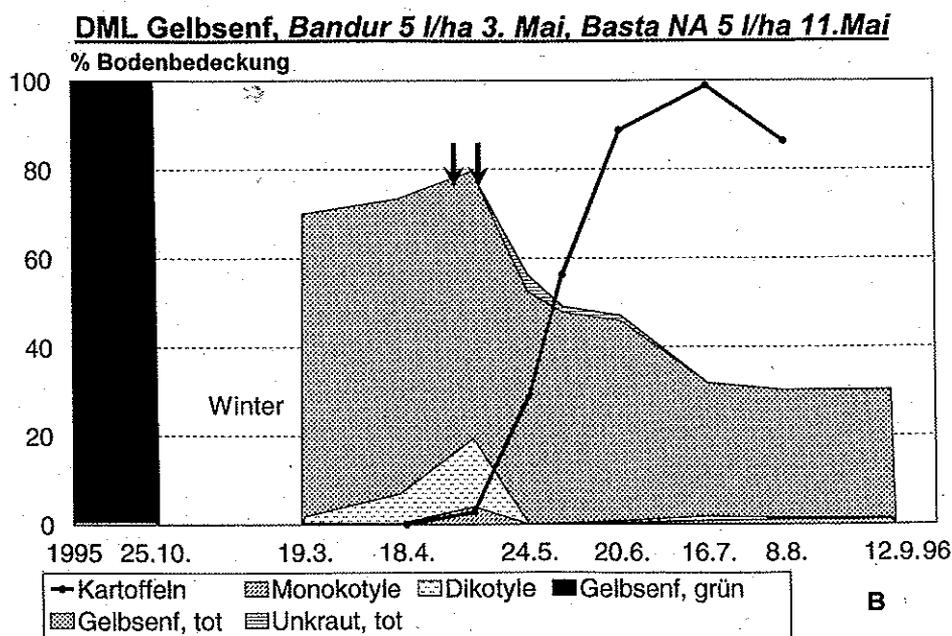
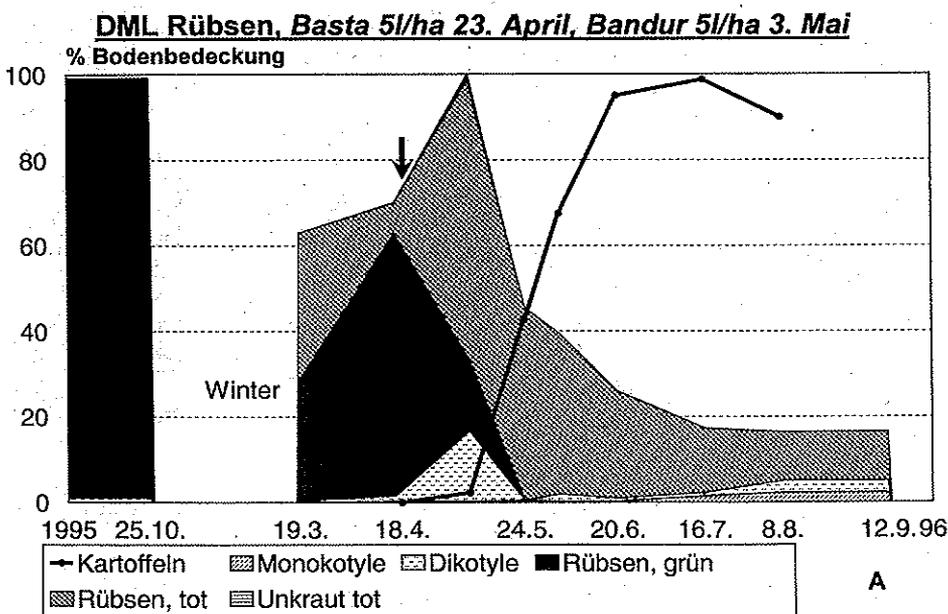


Abb. 3A + B. Bedeckungsgrade 1996 nach Chinakohlrübe und Gelbsenf; Pfeil = Zeitpunkt der Behandlung.

optimalen Entwicklung erhielt die Chinakohlrübe eine N-Gabe zur Saat von 30 kg N/ha (Ammonsalpeter). Die Begrünung der Dammlanken erweist sich je nach Bodenart und -feuchte als schwierig, wenn nicht spezielle Sämaschinen verwendet werden können (Häge 1996). Der frühe Herbizideinsatz mit Basta (Glufosinate), um Chinakohlrübe und die Winterkeimer zu regulieren, sowie Bandur (Aclonifen) gegen die Frühjahrskeimer (Abb. 3A) hat sich im Vergleich zu Verfahren mit späterem Herbizideinsatz positiv auf den Ertrag ausgewirkt. Die Bodenbedeckung mit Pflanzenmaterial ergab während der ganzen Vegetationsperiode einen guten Erosionsschutz (Weil 1980). Gelbsenf *Sinapis alba* (Abb. 3B) lief rascher auf als die Chinakohlrübe und entwickelte sich ohne N-Gabe noch im Herbst bis zur Vollblüte. Mit den ersten Frösten stirbt der Gelbsenf ab. Die unkrautunterdrückende Wirkung von Gelbsenf ist im Herbst wirkungsvoller als diejenige der Chinakohlrübe. Sie kann aber bis im Frühjahr gänzlich nachlassen, wenn infolge zu lockerem Gelbsenfbestandes die Bodenbedeckung durch abgestorbene Pflanzen ungenügend ist. Um das Erosionsrisiko tief zu halten, ist ein dichter Gelbsenfbestand anzustreben. Mit dem Einsatz von Basta/Bandur im Frühjahr gelang eine gute Unkrautregulierung und es wurde ein befriedigender Ertrag erzielt. Im betriebsüblichen Verfahren wurde mit Bandur eine gute Wirkung gegen die Verunkrautung erzielt (Abb. 3C). In Abbildung 3D wird das Verunkrautungspotential mit einjährigen Ungräsern und -kräutern deutlich (Bohren *et al.* 1998). Die Risiken der Abschwemmung infolge Erosion sind aus den geringen Bodenbedeckungswerten nach dem Pflügen ersichtlich. Betriebsüblich wurde die Gründüngung (Ölettrich) im Herbst (1995 und 1996) sowie im Februar 1997 untergepflügt und der Boden blieb bis zur Bestandsbildung der Kartoffeln unbedeckt.

Dammbegrünung beeinflusst den Ertrag

Das Ertragsniveau der einzelnen Begrünungsvarianten geht aus Tabelle 1 hervor. Im betriebsüblichen Anbau erzielten wir am Standort Reckenholz 1995 und 1996 signifikant höhere Erträge als im DMI-Verfahren. Im Jahr 1996 war dies umgekehrt, wozu wahrscheinlich ein zu tiefer Pflanzungsstand der Kartoffeln im betriebsüblichen Verfahren beigetragen hat.

Tab. 1. Kartoffelerträge in drei Anbauverfahren im Durchschnitt aller Regulierungs-Verfahren in kg/a, Sorte Agria 1995 und 1997, Eba 1996 am Standort Reckenholz

Jahr	betriebsüblicher Anbau	DML in Gelbsenf	DML in Chinakohlrübe
1995	457 a	396 b	393 b
1996	389* b	435 a	445 a
1997	459 a	432 b	383 c

DML: Direktmulchlegen
 Duncan P = 5 %; Vergleich innerhalb der Jahre; a = signifikant* = Die Ertragsdepression ist wahrscheinlich auf zu tiefes Pflanzen der Kartoffeln im betriebsüblichen Anbau zurückzuführen.

In sechsjährigen Versuchen mit Direktmulchlegen nach Sommerfurche stellte Spiess *et al.* (1997) folgende Resultate fest:

in vier Jahren leicht bis deutlich höhere und in zwei Jahren leicht geringere Erträge an marktfähigen Kartoffeln als beim betriebsüblichen Anbau. Ungünstige Bodenstruktur infolge ausbleibender Frosteinwirkung wirkten sich bei betriebsüblichem Anbau zum Teil nachteilig aus.

Der Vergleich verschiedener Dammbegrünungen beim DML am Standort Reckenholz zeigte einen deutlichen Jahreseinfluss bezüglich der Ertragsbildung. In den ersten zwei Jahren mit ausreichendem Wasser- und Stickstoffangebot im Frühjahr unterschieden sich die Kartoffelerträge zwischen Rübsen- oder Senfbegrünung kaum. 1997 hingegen, in welchem nach dem Pflanzen eine kühle Trockenperiode folgte, führte die Dammbegrünung mit der

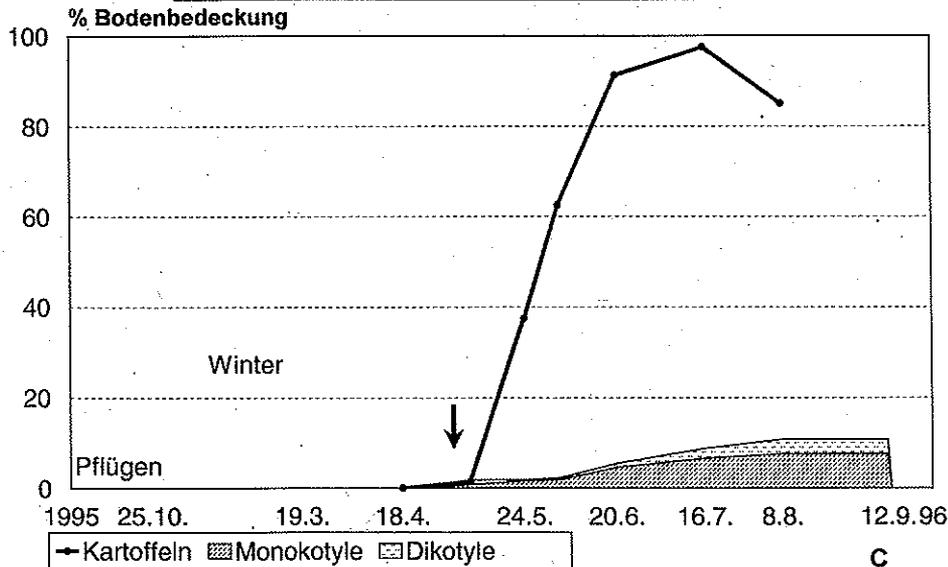
überwinternden Chinakohlrübe zu vergleichsweise geringeren Erträgen. Im Verfahren mit Chinakohlrübe erzielten wir gute Kartoffelerträge, wenn die Rübe gleich nach dem Pflanzen der Knollen reguliert wurde. 1997 waren die Erträge im selben Verfahren schlecht, weil nicht genügend Niederschläge und Wärme vorhanden waren. Im Gelbsenf konnten mit dem Einsatz von Totalherbiziden (teilweise ersetzt durch Hacken) und teilweiser Ergänzung mit Sulfonylharnstoff die höchsten Erträge erzielt werden. Im betriebsüblichen Anbau wurde mit dem Einsatz von Bodenherbiziden oder mit Basta im Nachauflauf die besten Erträge erzielt.

In ähnlichen Versuchen werden für 1995 höhere Erträge beim DML-Verfahren belegt als beim betriebsüblichen Anbau. Dies sei auf zu spätes Pflügen im Februar (Boden im Herbst zu feucht) und die ausbleibende Frostgare zurückzuführen (Spiess *et al.* 1997).

Stickstoffdynamik unterschiedlich

In Abbildung 2 werden die Unterschiede im Verlauf des Stickstoff-Gehaltes ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) der Bodenlösung zwischen betriebsüblichem Anbau mit Ölrettich als Vorbegrünung und den DML-Verfahren mit frostempfindlichem Gelbsenf beziehungsweise mit winterharter Chinakohlrübe dargestellt. Zu Beginn (September 1996) sind die Gehalte auf ähnlichem Niveau und nehmen infolge Entzugs durch die Begrünungspflanzen bis Mitte Oktober gegen Null ab. Während der (kalten) Wintermonate ohne Pflanzenwachstum kommt es bei allen Verfahren zu einem leichten Anstieg der Werte. Im DML-Verfahren mit frostempfindlichem Gelbsenf läuft die N-Anreicherung ähnlich weiter wie im betriebsüblichen Verfahren. Demgegenüber wird der Anstieg im DML-Verfahren mit winterharter Chinakohlrübe durch das im Frühjahr wieder einsetzende Pflanzenwachstum gestoppt. Dadurch wird eine N-Anreicherung im Bodenprofil bis zum Abtöten der Rübe verhindert. Nach der im betriebsüblichen Verfahren Anfang Februar 1997 durchgeführten Pflugarbeit nahm der N-Gehalt wegen der begünstigten Mineralisierung von 30 auf 60 kg N/ha zu. Ein weitaus stärkerer Mineralisierungsschub wurde aber durch die intensive Pflanzbettbereitung anfangs April 1997 ausgelöst, so dass sich der Gehalt von 70 auf 140 kg N/ha erhöhte. Der weitere Anstieg auf über 200 kg N/ha im betriebsüblichen Verfahren ist

betriebsüblicher Anbau, Bandur 5 l/ha 3. Mai



betriebsüblicher Anbau, unbehandelt

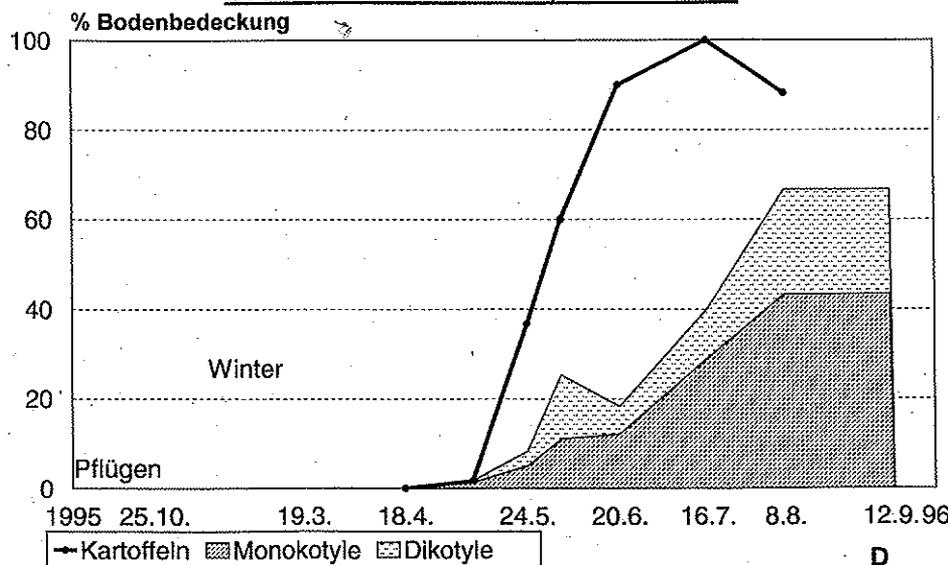


Abb. 3C + D. Bedeckungsgrade 1996 bei betriebsüblichem Anbau im Direktmulchlege-Verfahren; Pfeil = Zeitpunkt der Behandlung.

zum Teil auch der N-Düngung zuzuschreiben. In den mit Gelbsenfmulch bedeckten Kartoffeldämmen werden ebenfalls grosse N-Mengen freigesetzt, wobei das Maximum bereits bei etwa 170 kg N/ha erreicht wird. Im DML-Verfahren mit Chinakohlrübe waren in diesem Jahr nur etwa 65 kg N/ha zu verzeichnen. Dies zeigt den unterschiedlichen Einfluss von frostempfindlichen und winterharten Begrünungen auf die N-Dynamik im Boden. Während des Hauptwachstums der Kartoffeln kommt es bei allen Verfahren infolge N-Entzugs durch die Pflanzen zu einer sehr starken Abnahme der Werte. Nach dem nahezu vollständigen N-Entzug aus den oberen Bodenschichten vereinheitlichte sich die N-Dynamik gegen Ende der Vegetationsperiode wieder: Alle drei Verfahren zeigten einen für die Kartoffelkultur typischen Anstieg des Gehaltes auf ein Niveau von rund 75 kg N/ha unmittelbar vor der Ernte.

Gegenwärtiger Erfahrungsstand

Winterharte Begrünungen behindern das Setzen der Knollen im DML-Verfahren nicht und können im Voraufbau reguliert werden (Bohren *et al.* 1997). Eine mechanische Regulationsmassnahme erwies sich mit unseren Geräten als technisch schwierig durchführbar. Diese für den Ökolandbau wichtige Massnahme muss verfeinert und angepasst werden. Die Bewurzelung und die Bodenbedeckung verhindern eine saubere Hackarbeit und können bei Trockenheit das Abdecken der Knollen und damit Ertragseinbussen verursachen (Korr *et al.* 1996). Frostempfindliche Begrünungen hingegen erlauben mechanisches Hacken im Nachaufbau, wenn nötig mit einer chemischen Ergänzung. Das DML-Verfahren eignet sich, um das Erosionsrisiko zu vermindern, welches beim betriebsüblichen Anbau nach der Pflanzung bis zu Bestandesschluss am grössten ist.

Ein feines Saatbett nach der Getreideernte zur Damm-Vorformung und -Begrünung und damit im Herbst gut entwickelte Zwischenkulturen fördern die Bodenstruktur (Hofmann 1991) im Frühjahr und damit den Ertrag an Kartoffeln. Nach Spiess *et al.* (1997) kann pfluglose Bodenbearbeitung vor der Damm-Vorformung bei mittelschweren Böden und schlecht bedeckender Begrünung zu Minderertrag an Kartoffeln führen.

Die Bewirtschaftungsmassnahmen wirken sich stark auf die Stickstoffdynamik im Boden aus: Die beim betriebsüblichen

Kartoffelanbau durch die Grundbodenbearbeitung ausgelöste N-Mineralisierung war besonders gross, wenn Gründüngungspflanzen bereits im Herbst bei noch milden Temperaturen untergepflügt wurden und eine lange Bracheperiode folgte (Weisskopf *et al.* 1997). Das dabei freigesetzte Nitrat unterlag einem sehr hohen Verlagerungsrisiko und wurde bei starken Niederschlägen zum Teil ausgewaschen. Auch beim zweiten, durch die Pflanzbettbereitung verursachten Mineralisierungsschub besteht ein beträchtliches Verlustrisiko. Besonders der unter den Wurzelraum der Kartoffeln (ab ca. 60 cm Bodentiefe) verlagerte Stickstoff kann nicht mehr genutzt werden und wird je nach Sickerwasseranfall als Nitrat ausgewaschen.

Im DML-Verfahren wirkt sich vor allem die unterschiedliche Frostresistenz der Begrünungspflanzen auf die Stickstoffdynamik im Boden aus. Gelbsenf stirbt bei Frost ab und nimmt dann keinen Stickstoff mehr auf. Als Folge davon nimmt der N-Gehalt im Boden durch Mineralisierung kontinuierlich zu. Das Risiko der Verlagerung und Auswaschung von Nitrat ist dabei umso höher, je früher im Verlaufe des Winters die Pflanzen absterben. Demgegenüber bieten die frostresistenten Chinakohlrüben den besten Schutz vor Nitrat auswaschung. Praktisch aller im Boden vorhandene mineralische Stickstoff wird laufend aufgenommen. Werden die Chinakohlrüben erst spät abgetötet, können sie die Kartoffeln sowohl in der Wasser- als auch in der Stickstoffaufnahme konkurrenzieren. Diese Konkurrenzsituation ist 1997 wegen der trockenen Kälte im Frühjahr nach dem Pflanzen deutlich aufgetreten und hat sich bei gleicher N-Düngung aller Verfahren ungünstig auf den Kartoffelertrag (Tab. 1) ausgewirkt. Vor allem wenn die Rüben nur mechanisch reguliert werden können - wie beispielsweise im Ökolandbau - ist diesem Aspekt besondere Beachtung zu schenken.

LITERATUR

Bohren Chr., Dubois D., Zihlmann U. und Weisskopf P., 1998. Direktmulchlegen von Kartoffeln - herbologische und stickstoffdynamische Aspekte. *Z.PflKrankh. PflSchutz*, Sonderh. XVI, - in Vorber.

Bohren Chr., Serafin F., Dubois D. und Spiess E., 1997. Directly planted potatoes - a new cultivation system. - 10th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, Poznan Poland (proc.).

Häge H., 1996. Pflugloser Kartoffelanbau auf schweren Böden - Weiterentwicklung der vorgezogenen Dämme. *Kartoffelbau* 47 (8), 280 - 283.

Hofmann B., 1991. Strukturschonender Kartoffelanbau durch Begrünung von Sommerdämmen. *Kartoffelbau* 42 (8), 319-322.

Korr V. und Maidl F.X., 1996. Integrierte Unkrautregulierung. *Kartoffelbau* 47 (4), 120 - 122.

Spiess E., Ammon H.U. und Scherrer C., 1997. Mulchverfahren und -technik im Kartoffelanbau. - FAT Bericht Nr. 495.

Weisskopf P., Zihlmann U., Dubois D., Bohren Chr. und Spiess E., 1997. Verlauf des Stickstoffgehaltes im Boden beim herkömmlichen Kartoffelanbau und beim Direktmulchlege-Verfahren. - BGS (Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz) - Bulletin Nr. 21, 29-32.

Well R.R., 1980. Agr. Abstracts 72 Meeting American Society for Agronomy.

RÉSUMÉ

Plantation directe de pommes de terre dans un mulch

Pendant trois ans, nous avons comparé la culture traditionnelle de pommes de terre avec la plantation directe dans des mulchs provenant de couvertures végétales hivernantes ou non-hivernantes. La pré-formation des buttes après la récolte des céréales en fin d'été et le type de couverture végétale choisi influencent nettement l'apparition de mauvaises herbes et le rendement. Un effet positif sur le rendement a pu être enregistré avec l'application d'herbicides non-sélectifs pour contrôler la couverture végétale hivernante au printemps et l'emploi d'herbicides de pré- et de post-levée si nécessaire. En plantation directe dans le mulch, la protection contre l'érosion du sol est bonne pendant toute la période de végétation. De plus, en comparaison avec la culture traditionnelle, le risque de perte en azote par percolation est réduit.

SUMMARY

Direct-mulch-planting of potatoes

The possibilities of dead and living mulch were checked in three years trials comparing direct-mulch-planting and the traditional cropping system of potatoes. It is the aim to develop herbological methods in the new cropping system and to minimize N-leaching. The pre-forming of ridges after cereal harvest in the late summer and the type of green cover during winter do influence the weed infestation in the potato crop and their yield. Herbological methods have to be determined by the type of intercropping and the actual weed infestation. Efficient and secure weed control can be reached by pre-planting use of a non-selective herbicide to control living mulch and winter weeds and the use of a pre-emergence soil applied herbicide to control annual weeds. Protection against soil erosion is given.

KEY WORDS: potato, cropping system, groundcover, inter-cropping, suction cups, N-mineralisation