

Reihenabstand 90 cm im Kartoffelbau

Feldversuche über vier Jahre: Reduzierter Arbeitsaufwand, weniger Grünknollen, Ertragsvorteile nur bei optimaler Wasserversorgung

Ernst Spiess und Jakob Heusser, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: ernst.spiess@fat.admin.ch,
Theodor Ballmer, Franz Gut, Caroline Scherrer, Roger Wüthrich und Thomas Hebeisen, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich

Die Hauptvorteile von 90 cm Reihenabstand (RA) sind in den Möglichkeiten für eine leistungsfähigere Mechanisierung und in der Sicherung der Knollenqualität zu sehen. Interessante Perspektiven ergeben sich ausserdem für die Bodenseparierung und die Unterblatt-Fungizidapplikation. Nur bei einer ausreichenden, ausgeglichenen Wasserversorgung (2001) resultierten bei 90 cm RA im Vergleich zu 75 cm RA über alle Sorten statistisch gesicherte Mehrerträge (Mittel +7,8%). Unter diesen Bedingungen wirkte sich bei beiden RA eine Reihen-Unterfussdüngung beim Legen ertragssteigernd aus. Die Knollengrößenverteilung lässt gewisse Tendenzen jedoch keine deutlichen Unterschiede erkennen. In Jahren, in denen das Pflanzenwachstum durch starken Hagelschlag

(2002) oder extreme Trockenheit (2003) eingeschränkt wurde, fielen die Erträge bei 90 cm RA gleich oder leicht geringer aus als bei 75 cm RA. Auch 2004 (zeitweise Wassermangel) zeigten sich ertragsmässig die gleichen Tendenzen. Verschiedene Kartoffelsorten reagierten weitgehend gleich auf die Vergrößerung des RA. In allen Versuchen fielen jedoch der Grünknollenanteil und der Anteil beschädigter Knollen bei sortenbedingten Unterschieden deutlich geringer aus. Bei der Ernte konnten trotz des grösseren Dammquerschnitts bis zu 8 AKh/ha bzw. 18% an Arbeitsaufwand eingespart werden. Insgesamt resultierten im Mittel aller Versuche, bei einer vierreihigen Lege- und Pflorgetechnik Arbeitseinsparungen in der Grössenordnung von 5 AKh/ha (5,3%).

75 cm RA: Standard in Mitteleuropa und Skandinavien, 90 cm in GB, Nordamerika und Australien

Ab etwa 1970 fanden ein RA von 75 cm und eine Spurweite von 150 cm zunehmend Verbreitung in ganz Mitteleuropa und Skandinavien. In Grossbritannien und Nordamerika ging man jedoch schon früher zu 90 cm RA über. Heute werden Kartoffeln vereinzelt auch in Skandinavien, den Niederlanden, in Frankreich und in den deutschsprachigen Ländern mit 90 cm RA kultiviert. Die Gründe hierfür sind vielschichtig und liegen einerseits bei neueren ertragreichen Sorten und dem damit verbundenen höheren Platzbedarf des Knollennestes bzw. der vermehrten Tendenz zur Grünknollenbildung. Andererseits stossen die stets zunehmenden Trak-



Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Erkenntnisse aus dem Ausland	2
Feldversuche	3
Ergebnisse	5
Technik muss angepasst werden	10
Schlussfolgerungen	11
Literatur	12

Problemstellung

Als Kartoffeln noch ausschliesslich durch den menschlichen Arbeitseinsatz angebaut wurden, konnte jeder Pflanzknolle ein in Längs- und Querrichtung ausgeglichener Standraum zugeteilt werden. Beim späteren Legen in die Pflugfurche ergaben sich zwangsläufig bereits mehr oder weniger geregelte Reihenabstände um die 50 cm. Erst die Einführung des tierischen Zuges im 19. Jahrhundert für die Pflege und Ernte erforderte eine geordnete Reihenkultur (Abb. 2). Der RA richtete sich somit am Anfang nach dem Platzbedarf eines Pferdes bzw. Rindes und in der Weiterentwicklung nach der Gepansbreite. Diese lag in Mitteleuropa bei 124 cm bzw. 62 cm RA. Die ersten im Kartoffelbau eingesetzten, leichten Hacktraktoren mussten folglich auch mit einer Spurweite von 124 cm ausgelegt werden, da noch über lange Zeit die tierische und die motorische Zugkraft nebeneinander genutzt wurden. Die grösser und schwerer werdenden Traktoren und Maschinen erforderten später eine stufenweise Vergrösserung des RA. In Abbildung 3 sind die Entwicklung und Grössenordnung der Mechanisierung im schweizerischen Kartoffelbau schematisch dargestellt. Heute stellt sich mehr denn je die Frage, ob der RA ohne pflanzenbauliche und ökologische Nachteile noch weiter vergrössert werden kann.

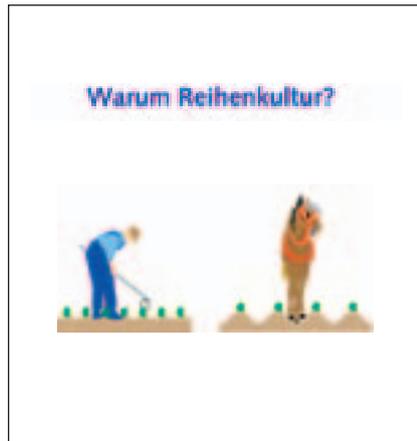


Abb. 2: Nicht die Erfordernisse der Pflanze, sondern die Anbautechnik führten im Kartoffelbau zur Reihenkultur.

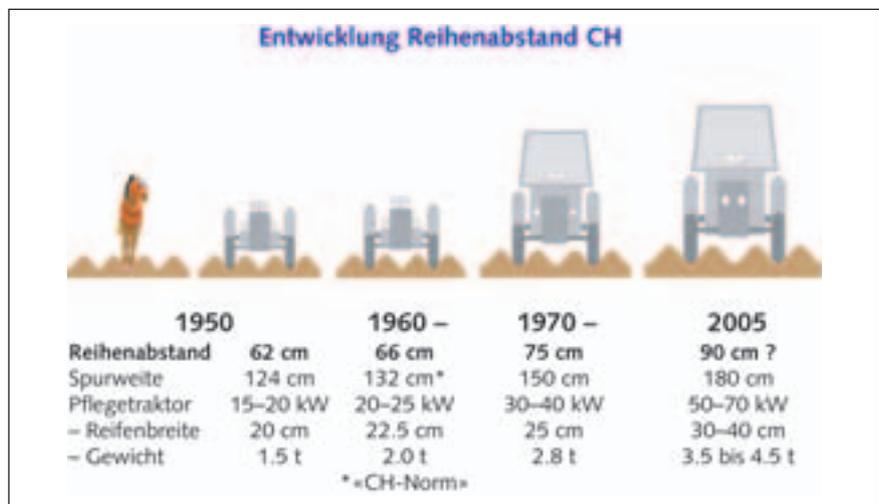


Abb. 3: Die Weiterentwicklung der Mechanisierung erforderte eine stufenweise Vergrösserung des Reihenabstandes (massstabgetreue Darstellung).

tor- und Maschinengewichte an Grenzen bei den Reihenkulturen. Im Hinblick auf die Beschädigung der Dammflanken gilt für 75 cm RA eine Reifenbreite von zirka 25 cm (10") als optimal. Um nicht zu hohe Bodendrücke bzw. tiefe Spuren zu verursachen, liegt die obere Grenze für das Traktorgewicht bei zirka 2,8 t, was einer Traktorreistung im Bereich von 30 bis 40 kW (40 bis 55 PS) entspricht. Heute besteht jedoch oft die Forderung, auch Traktoren in der Leistungsklasse von 50 bis 70 kW (68 bis 95 PS) mit Gewichten um 3,5 bis 4,5 t im Kartoffelbau einsetzen zu können. Die Pflegereifen müssten hier eine Breite von 35 bis 40 cm (14") aufweisen, um etwa den gleichen Kontaktflächendruck beizubehalten, was aber nur bei einem RA von 90 cm möglich ist (Berechnungsgrundlage: PC-Anwendung TASC, FAT). Ähnlich ist die Situation auch bei grossen gezogenen Feldspritzen und Düngerstreu-

ern. Als weniger problematisch erweisen sich heute hinsichtlich des RA die Erntemaschinen mit seitlichen Rodegruppen oder auch selbstfahrende 4-reihige Vollernter. Ausser beim Anroden eines Feldes laufen die Reifen/Raupen bei solchen Maschinen im gerodeten Feld, ohne dass die Dämme angefahren und zugesperrt werden.

Erkenntnisse aus dem Ausland teils widersprüchlich

Bei der Umstellung auf einen grösseren RA stellte sich die Frage nach den anbautechnischen und pflanzenbaulichen Auswirkungen. In verschiedenen Ländern wurden hierzu teils umfangreiche Versuche (s. Literaturverzeichnis am Schluss) durchgeführt, die ein Spektrum von 60 cm bis zu

137 cm RA abdecken. Die Erkenntnisse betreffend der **Pflanzenentwicklung** und **dem Ertragsverhalten** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Reihenabstand hatte praktisch keinen Einfluss auf den Zeitpunkt des Auflaufens der Pflanzen. Von Bedeutung ist hier nur die Erdbedeckung der Pflanzknolle. Dabei führte eine um 2 cm stärkere Erdbedeckung zu einem Tag Auflaufverzögerung. Mittlere Dammquerschnitte (nicht zu hoch) brachten auch bei verschiedenen RA immer die günstigste Ertragsentwicklung.
- Zunehmende Reihenweite bewirkte bei gleicher Pflanzdichte eine Verlängerung der Stängel und eine Verminderung der Stängelpflanze.

- Betreffend Ertrag sind die Ergebnisse recht unterschiedlich. 90 cm RA brachte bei vergleichbarer Pflanzdichte im Vergleich zu 75 cm kaum gesicherte Mehrerträge, teilweise aber etwas höhere Ausbeuten im Speiseknollen-Grössenbereich. In mehreren Versuchen fielen die Gesamterträge leicht geringer aus. Trotzdem war das Gesamtergebnis infolge einer etwas besseren Knollenausbeute (weniger Grünknollen) gleich oder leicht günstiger. Noch grössere RA als 90 cm (z.B. 105 bis 137 cm) führten sowohl in GB als auch in den NL immer zu Mindererträgen. Mehrfach wurde festgestellt, dass das Ertragspotenzial für Speisekartoffeln bei 90cm RA bei optimaler Wasserversorgung, eher hohen N-Gaben und langer Vegetationszeit etwas vorteilhafter als bei RA 75 cm eingeschätzt werden kann.
- Verschiedentlich wurde bei RA grösser 75 cm statt einer linienorientierten

- Pflanzknollenablage auch eine solche im Zickzack-Verbund geprüft, dies vor allem mit dem Ziel, die Standraumverhältnisse der Einzelpflanze zu verbessern. Resultat: Eher Ertragsverschlechterung und höhere Grünknollenanteile.
- Für die Pflanzkartoffelproduktion werden RA kleiner als 90 cm vor allem bezüglich Ertrag generell etwas günstiger beurteilt, da der Standraum während der kürzeren Vegetationsperiode besser ausgenützt werden kann.
 - Hinsichtlich der Knollenqualität konnten zwischen 75 und 90 cm nur beim Grünknollenanteil zugunsten der grossen RA signifikante Unterschiede nachgewiesen werden, die je nach Bodenart, Bewässerung und Niederschlägen variierten. Keine Unterschiede zeigten sich im Stärkegehalt. In einem Versuch unter trockenen Bedingungen wiesen die grossen RA einen leicht höheren Trockensubstanzgehalt der Knollen auf.

Aus Sicht der **Anbautechnik** sprechen dagegen die meisten **praktischen Argumente und Erfahrungen** für einen Reihenabstand von 90 cm (vor allem die Berichte von Bouman, Peters und Scholz, s. Literaturverzeichnis am Schluss):

- Bessere Eignung für neue ertragsstarke Sorten mit grösserem Platzbedarf für den Knollenansatz.
- Geringerer Grünknollenanteil infolge wirkungsvollerer Erdbedeckung.
- Mehr Platz für breitere Reifen (Breite kann um 10 bis 15 cm vergrössert werden), Einsatz grösserer Traktoren und Maschinen möglich.
- Mehrkosten für Maschinen werden auf 10 % eingeschätzt, Mehrleistung soll dagegen 20 % erreichen.

- Spurweite 180 cm verbessert Fahrstabilität.
- Höhere Arbeitsleistungen infolge erhöhter Arbeitsbreite und um zirka 17 % geringere Fahrstrecken.
- Grösserer zeitlicher Spielraum für einen gezielten stufenweisen Dammaufbau.
- Hinsichtlich des Wasserhaushaltes sind die Beurteilungen widersprüchlich: Grösseres Wasserspeichungsvermögen (grosse Dämme) und daher bessere Düreresistenz; höhere Verdunstung infolge geringerer Bodenbedeckung.
- Weniger Knollenbeschädigungen und Klutenbildung (Erdschollen) infolge Damm-pressung bzw. angefahrener Dämme.
- Grösseres Dammvolumen hat bessere Erdpolsterung auf den Siebelementen der Erntemaschine und damit schonendere Absiebung bzw. weniger Knollenbeschädigungen zur Folge.
- Betreffend eines erhöhten Ausleseaufwandes bei der Ernte infolge des vergrösserten Dammvolumens gehen die Beurteilungen auseinander. Der arbeitswirtschaftliche Aspekt wird diesbezüglich sowohl vor- als auch nachteilig beurteilt.
- Das sogenannte Regelspurverfahren, bekannt aus der damaligen DDR, basierte auf einem speziellen sechsheiligen Lege-/Pflegetechnik und einem zweireihigen Erntesystem. In den Traktorspurreihen (Spurweite 180 cm) betrug der RA 105 cm und bei den übrigen vier Reihen 75 cm. Obwohl damit die wesentlichen Vorteile grösserer und kleinerer RA kombiniert werden konnten, hat dieses Anbausystem heute vor allem infolge Produktionseinstellung der hierfür erforderlichen Spezialgeräte kaum noch Bedeutung.

Feldversuche

Drei Standorte, fünf Sorten, neun Versuche über vier Jahre

Auch in der Schweiz wird eine Umstellung auf 90 cm RA vor allem im Übergang auf leistungsfähigere, überbetriebliche Mechanisierungslösungen in Betracht gezogen und in Einzelfällen auch schon umgesetzt. Im Hinblick auf die recht unterschiedlichen – nicht durchwegs überzeugenden – Resultate aus dem Ausland, den hohen Investitionen und Risiken, rechtfertigte sich eine eingehende Überprüfung unter unseren doch recht heterogenen Anbaubedingungen.

Ausgewählt wurden anfänglich (2001) zwei und ab 2003 drei **Versuchsstandorte** (Tab. 1) mit typischen sandigen Lehm-böden mit geringen (Reckenholz ZH, Trüllikon ZH) und mittleren (Tänikon TG) Beimengungsanteilen (Steine und Kluten) sowie fünf **Kartoffelsorten**, die in Bezug auf die Frage der optimalen Dammbreite ein möglichst breites Problemspektrum abdecken. Agria und Santana: sehr hoher Ertrag, grossfallende Knollen, grosse Verbreitung (Agria); Bintje: krautfäuleanfällig, grosse Verbreitung, hoher Knollenansatz; Charlotte: erhöhte Tendenz zur Grünknollenbildung; Sirtema: früher meistverbreitete Frühsorte.

Die **Versuchsanlage** wurde nach der Split-Plot-Methode (Tänikon und Trüllikon) sowie im Streifensystem mit randomisierten Verfahren (Reckenholz) konzipiert. Parzellengrösse 25,5 m² (1,5 m x 17 m) und 30,6 m² (1,8 m x 17 m), bei vier

Tab. 1: Versuche 2001 bis 2004

	Reckenholz 01	Tänikon 01	Reckenholz 02	Tänikon 02	Reckenholz 03	Tänikon 03	Trüllikon 03	Tänikon 04	Trüllikon 04
Bodenart	sandiger Lehmskelettarm	sandiger Lehmskelettreich	sandiger Lehmskelettarm	sandiger Lehmskelettreich	sandiger Lehmskelettarm	m. sandiger Lehmskelettarm	schwach humoser Lehm	s. sandiger Lehmskelettreich	schwach humoser Lehm
Jahresniederschlag mm	1422	1582	1231	1358	750	920	625	1052	814
Niederschlag mm April bis Aug.	704	720	558	570	342	358	282	501	375
Legezeitpunkt	30.4.	1./2. 5.	2.4.	3.4.	1.4.	16.4.	27.3	21.4.	13./14.4
Düngung N*/P/K/Mg kg/ha	138/90/300/30	120/92/324/35	135/90/120/30	110/30/60/0	130/90/120/30	110/130/297/24	126/69/90	127/80/210/11	108/69/233
Hacken/Häufeln	4 x	3 x	3 x	3 x	2 x	2 x	2 x	2 x	2 x
Herbizidspritz.	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5
Fungizidspritz.	10 x	5 x	8 x	5x(3x syst.)	4 x	7 x(2x syst.)	8 x	6 x(2x syst.)	7 x
Krautschlagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chem. Krautvernichtung	22.8.	6.8.	20.8.	14.8.	23.8.	20.8.	23.8	18.8	23.8
Erntezeitpunkt	13.9.	3./ 5. 10.	18.9.	17.9.	17.9.	12.9.	9.9.	13.9.	9.9.
Bunkervollerter**	Wisent RM	Wisent RM	Grimme LK 750	Wisent RM	Grimme LK 750	Wisent RM	Wisent RM	Samro Master	Samro Master
- R'geschw. m/h	785/765	514/514	1030/965	1100/1050	852/790	862/862	940/940	860/860	862/862
- Siebband m/s	1.0	1.0	1.2	0.8	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8

* davon 40 kg/ha N zur Saat ** 1-reihig, Rodetiefe cm 15 bis 17 / 16 bis 18 cm (75/90 cm RA)

Wiederholungen (Abb. 4). Das Jahr 2002 zeichnete sich an beiden Standorten durch günstige **Witterungsbedingungen** bzw. gleichmäßig verteilte hohe Niederschläge aus (Abb. 5). Im zweiten Versuchsjahr verursachte am 6. Juni 2002 ein während der vergangenen 30 Jahren in solcher Heftigkeit noch nie aufgetretener **Hagelschlag** im Versuch Tänikon gravierende Schäden (Abb. 6). Am 24. Juni 2002 wurde auch der Versuch Reckenholz durch Hagel stark geschädigt. 2003 bewirkte die **extreme Trockenheit** an allen Versuchsstandorten trotz teilweiser Beregnung ein stark eingeschränktes Pflanzenwachstum. Die beiden Extremjahre 2002/2003 gaben den Ausschlag, dass die Versuche an zwei Standorten auch noch im Jahr 2004 weitergeführt wurden. Doch auch in diesem Jahr hatten die Pflanzen während der Hauptvegetationszeit vor allem in Trüllikon zeitweise unter Wassermangel zu leiden.

Für die **Bestellung** kam in den Versuchen Tänikon und Trüllikon ein zweireihiger Legeautomat zum Einsatz. Diese Maschine wurde an der FAT mit einem Reihendüngerstreuer und für den wahlweisen Einsatz für 75 oder 90 cm RA ausgerüstet (Abb. 7). Hierzu musste im Wesentlichen die Achse verbreitert und verschiedene Rahmenverstärkungen konstruiert werden. Die Umstellung des RA kann von zwei Personen in zirka 45 min. vorgenommen werden. Die Legetiefe (= Knollendurchmesser + 1 bis 2 cm) wurde ebenso wie die Pflanzdichte bei beiden RA gleich gehalten (Agria und Charlotte um 590 und Bintje, Santana und Sirtema um 470 (Reckenholz 500) Knollen/a). Die **N-Düngung** (Nitrat) wurde in eine Startergabe zum Legen von 40 kg/ha N und eine Kopfdüngergabe bei zirka



Abb. 6: Trotz starker Schädigung der Bestände anfangs und Ende Juni 2002 durch Hagelschlag konnten sich die Pflanzen wieder regenerieren und doch noch relativ gute Knollenerträge hervorbringen. Ein Bestandesschluss wurde jedoch nicht mehr erreicht. Zwischen den Pflanzenreihen blieb bis zur Krautvernichtung ein Freiraum bestehen.

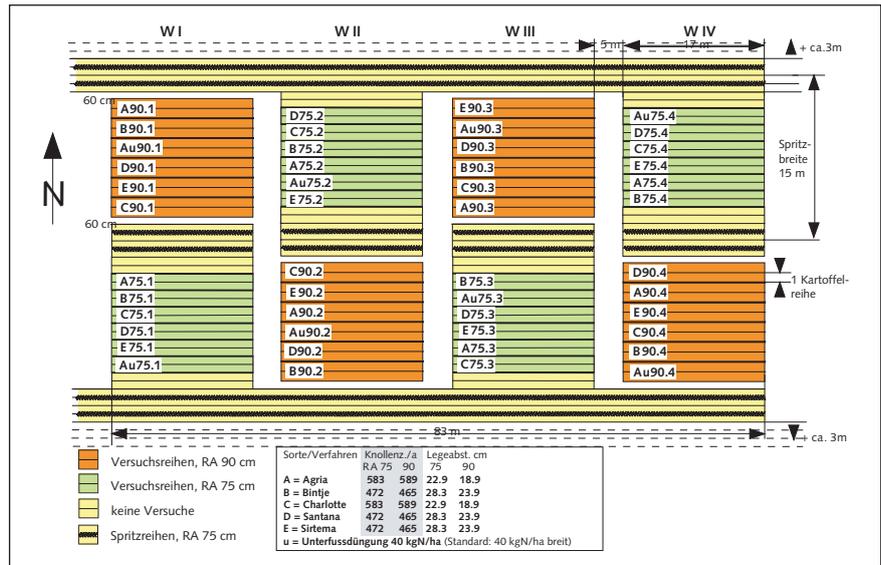


Abb. 4: Mit dieser Versuchsanordnung kann sichergestellt werden, dass Unterschiede im Boden sich nicht auf einzelne Versuchsverfahren (Sorten, Reihenabstände) auswirken.

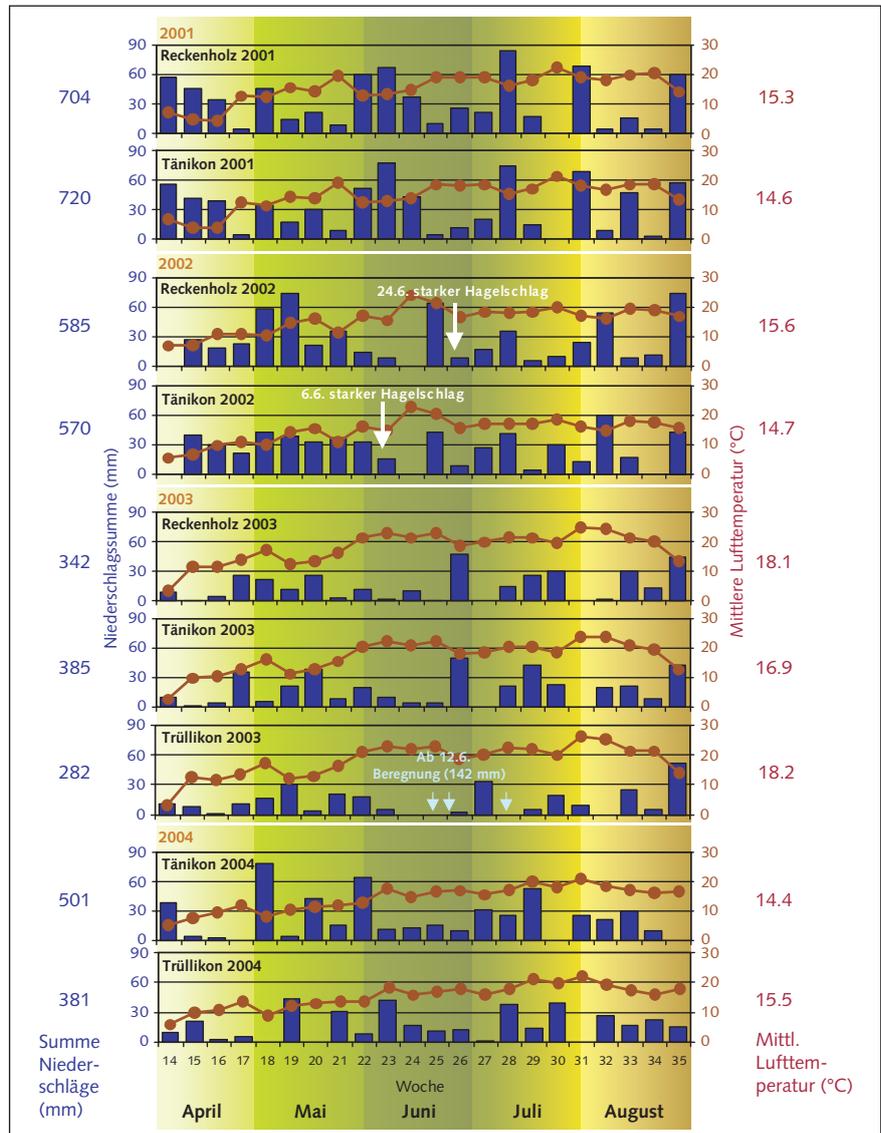


Abb. 5: Witterungsverlauf der drei Versuchsstandorte während der Vegetationsmonate.



Abb. 7: Der Umbau dieses älteren Legeautomaten für einen wechselnden Einsatz bei 75 cm und 90 cm RA war relativ arbeitsaufwändig. Die Maschine war ursprünglich nur für eine Anpassung von 62 cm bis 75 cm RA vorgesehen. Bei vierreihigen Altmaschinen dürfte ein Umbau kaum in Frage kommen.

20 cm Pflanzenhöhe von 78 bis 98 kg/ha N aufgeteilt. Um vor allem im Hinblick auf den grösseren Reihenabstand abzuklären, wie sich die N-Startergabe statt vor dem Legen breitgestreut als **Reihen-Unterfussdüngung** auswirkt, wurde bei der Sorte Agria in den Versuchen Tänikon und Trüllikon die erste Düngergabe als zusätzliche Variante auch unter die Pflanzknolle abgelegt.

Alle **Anbaumassnahmen** erfolgten mit vorgekeimtem Pflanzgut und mechanischer sowie einmal teils chemischer Unkrautregulierung. Für das zwei- bis dreimalige Hacken/Häufeln kam bei den beiden RA das gleiche entsprechend umgestellte Geräte zum Einsatz. Eine Anpassung der Häufelwerkzeuge auf 90 cm RA erreichte man durch Auseinanderstellen der Werkzeugpaare; der Dammflankenwinkel blieb dabei trotz höherer Dämme bei 90 cm RA unverändert. Beim letzten Hackdurchgang wurden die grossen Häufelscheiben durch relativ grosse Dammformbleche ersetzt, die auch bei 90 cm eine korrekte Ausformung der Dämme ermöglichten.

Kurz vor jedem Hackdurchgang wurde die **Pflanzen- und Unkrautentwicklung** beurteilt. Die **Ernte** erfolgte mit einreihigen Bunkervollerternern. Bei 90 cm RA arbeiteten wir sowohl mit herkömmlichem als auch erhöhtem Sechsscheibenabstand (bzw. Scharbreite). Bei einem Sechsscheibenabstand und entsprechender Rodescharbreite von weniger als 55 cm wurden bei 90 cm RA im Vergleich zu 75 cm deut-

lich mehr Knollen angeschnitten, was uns veranlasste, den Scheibenabstand auf mindestens 55 cm zu erhöhen. Die **Rodetiefe** wurde bei beiden RA solange optimiert, bis nur noch selten vereinzelt Knollen von den Scharblättern angehackt wurden. Zur Erfassung des **Arbeitsbedarfes** haben wir bei konstanten Arbeitsgeschwindigkeiten innerhalb eines Versuchs und RA, über die ganze Parzellenlänge alle auszulesenden Erntegutteile (zum Beispiel falsch geleitete Kartoffeln, Steine, Kluten und Krautteile) zahlenmässig erfasst. Die Knollenmuster

wurden später für die Ertragsbestimmung sortiert sowie auch auf äussere und innere Mängel untersucht (je Verfahren zweimal 200 Knollen).

Ergebnisse

Pflanzenentwicklung und Pflege

Das Auflaufen der Pflanzen erfolgte bei beiden Reihenabständen (gleich starke Erdbedeckung) praktisch immer zeitgleich. Am Anfang der Vegetationszeit (Mai) war die Bodenbedeckung bei 90 cm RA in der Regel etwas geringer als bei 75 cm RA, gegen Ende der Vegetation waren die Unterschiede nicht mehr zu erkennen (Abb. 8). Eine etwas geringere Restverunkrautung bei 90 cm RA und mechanischer Unkrautregulierung dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass die unbearbeitete Dammkrone flächenmässig kleiner (geringere Damm länge) und die Unterdrückung durch die Kartoffelpflanzen intensiver ist (engerer Pflanzabstand, grössere Stängellänge). Bei ausreichender Wasserversorgung (01 und 02) erreichten die Pflanzenbestände bei 90 cm Reihenabstände eine um 5 bis 7 cm grössere Höhe (Abb. 9, 10 und 11). Erwies sich der eingesetzte Traktor mit Hackgerät für 75 cm RA als weitgehend ideal, so konnten bei 90 cm RA vermehrt leicht beschädigte Pflanzen infolge ungenügender Bodenfreiheit festgestellt werden

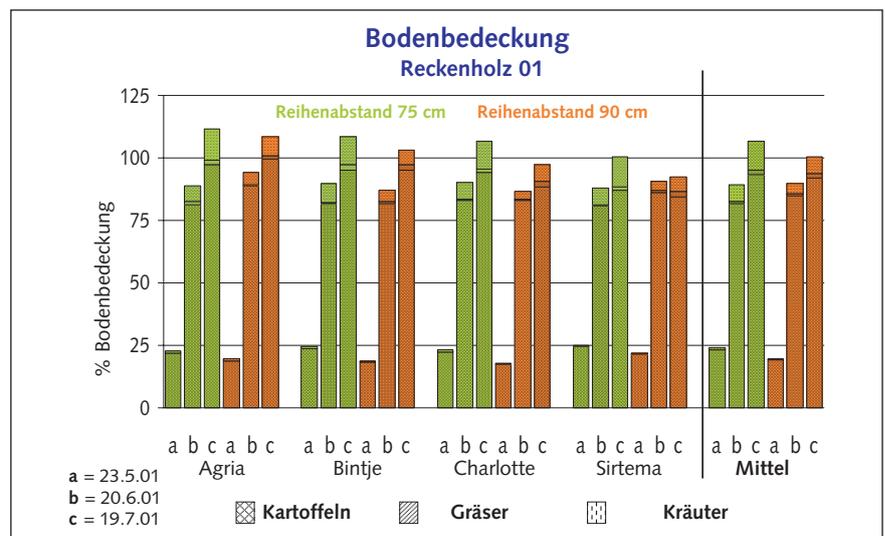


Abb. 8: Bodenbedeckung im Laufe der Vegetation durch die Kartoffelpflanzen und Unkräuter (Gräser, Kräuter). Gegen Ende der Vegetation zeigt 90 cm RA eine etwas geringere Verunkrautung.

(Abb. 12). 90 cm RA erfordert rund 10 bis 12 cm mehr Bodenfreiheit. Der Zugkraftbedarf war bei 90 cm RA spürbar höher; die verlangte Mehrleistung kann etwa mit 20 % – was der grösseren Arbeitsbreite entspricht – veranschlagt werden.

Dammquerschnitt bei 90 cm RA grösser, gleiche oder leicht erhöhte Rodetiefe erforderlich

Die angestrebten einheitlichen Legetiefen und Dammflankenwinkel hatten zur Folge, dass die Erntedämme bei 90 cm RA zwar breiter und höher ausfielen, die Erdbedeckung der Pflanzknollen bei beiden RA jedoch eine ähnliche Höhe aufwiesen (Abb.13). Dies bedingt, dass bei 90 cm RA beim Hacken die Häufelkörper etwas tiefer zu führen sind als bei 75 cm RA, um auch hier eine vollständige Ausformung der Dämme zu erreichen. Das bei der Ernte aufzunehmende Bodenvolumen erhöht sich bei 90 cm RA nicht im gleichen Verhältnis wie die grössere Dammbreite. Statt 20 % wurde die erfasste Querschnittfläche von 75 cm RA zu 90 cm RA nur um 7 % erhöht. Als Folge waren bei der Ernte der 90 cm-Dämme pro Flächeneinheit mehrheitlich etwas weniger Beimengungsteile auszulesen. Die Rodetiefe (Abstand Dammkrone zu tiefstem Punkt der Scharschnittlinie) musste bei 90 cm RA meistens um 1 bis 2 cm erhöht werden.

Vollernte: Ausleseaufwand und Verfahrenszeit geringer

Die Abbildungen 14 und 15 zeigen am Beispiel des ersten Versuchs die Anteile der falsch geleiteten Erntegutteile und der entsprechende Arbeitsaufwand bei der Vollernte. In Tabelle 2 sind die Mittelwerte dieser Kenngrössen für alle Versuchsstandorte und Sorten dargestellt. Die Anteile an falsch geleiteten Erntegutteilen und der entsprechende Ausleseaufwand fielen – mit Ausnahme von Tänikon 01, wo die Rodetiefe bei 90 cm RA möglicherweise etwas zu tief eingestellt war – beim grösseren RA immer leicht und in einem Fall bedeutend (signifikant) geringer aus. Infolge kürzerer Arbeitsstrecken und weniger Wendevorgänge sind die Einsparungen bei der Erntezeit insgesamt noch grösser. Die Analyse des Ausleseaufwandes bezogen auf die einzelnen Sorten lässt erkennen, dass ertragsstarke, grossfallende Sorten (Agria, Santana) einen geringeren Ernteaufwand erfordern als Sorten, bei denen relativ viele falsch geleitete Kleinkartoffeln ausgelesen

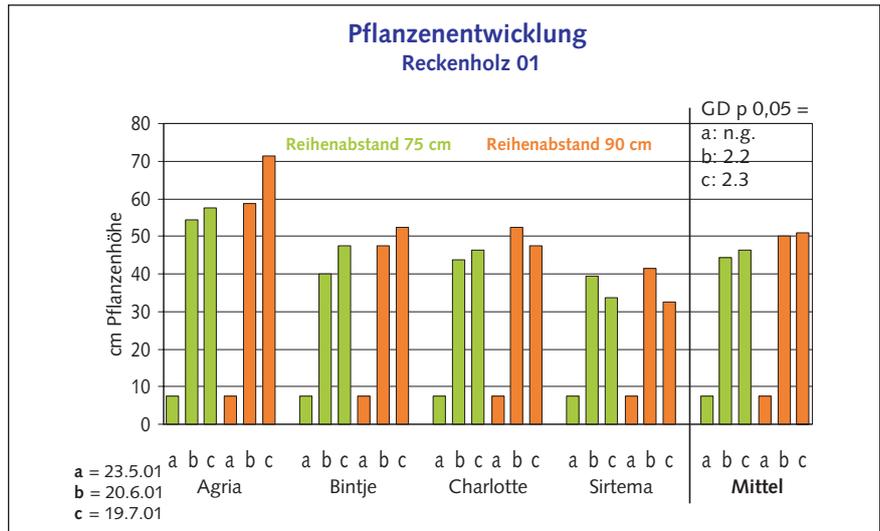


Abb. 9: Bei 90 cm RA erreichten die Pflanzen eine um zirka 5 bis 10 cm grössere Höhe.

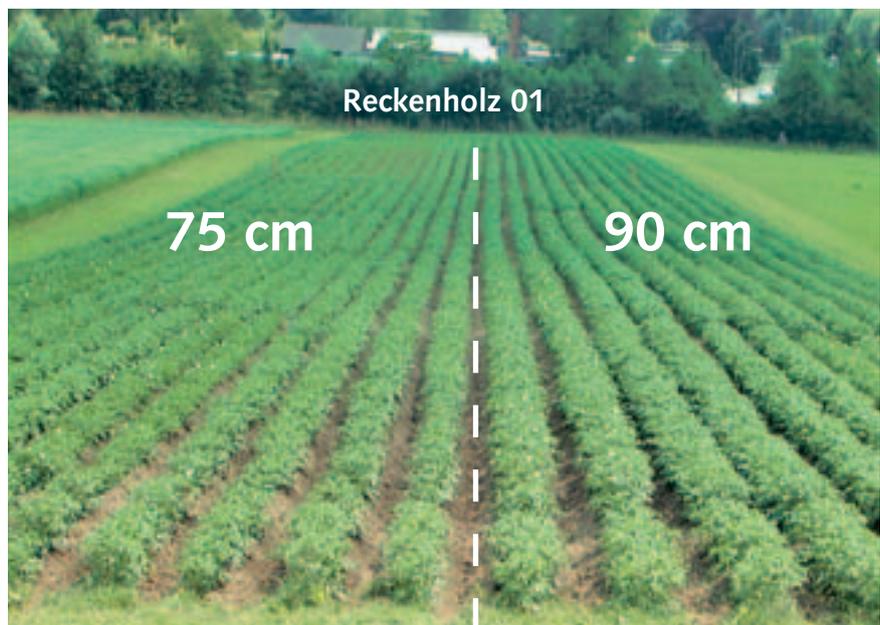


Abb. 10: Auch in kurzen Parzellen ist die etwas stärkere Pflanzenentwicklung bei 90 cm RA über die verschiedenen Sorten ersichtlich. In den trockenen Jahren waren hingegen die Unterschiede nicht so deutlich.

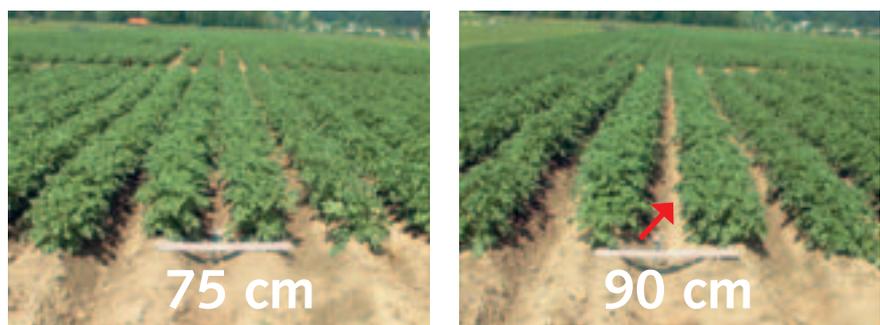


Abb. 11: Der Reihenschluss fand bei 75 cm RA (links) immer bedeutend früher als bei 90 cm RA (rechts) statt. Beim grösseren RA ist die stärkere Abtrocknung der linken Dammflanke klar zu erkennen (Pfeil).



Abb. 12: Hacken/Anhäufeln beim letzten Pflegedurchgang mit grossen Dammformblechen bei 90 cm RA. Durch die höheren Dämme und Pflanzen entstanden in diesem Falle mehr Berührungen (= kleine Pflanzenverletzungen; Pfeile) zwischen Maschinenteilen und Kartoffelstauden.



Abb. 14: Der Ernteaufwand wird vor allem durch die pro Flächeneinheit auszulesenden Rodegutteile (Steine, Kluten, Krautteile und Kleinkartoffeln) bestimmt. 90 cm RA bedingt in der Regel eine Anpassung der Rodeaggregate.



Abb. 13a: Dammprofile wurden während der Vegetation und kurz vor der Ernte aufgenommen.

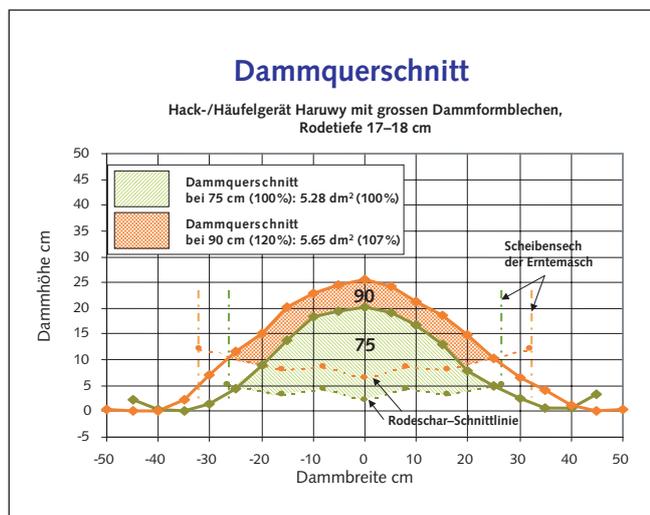
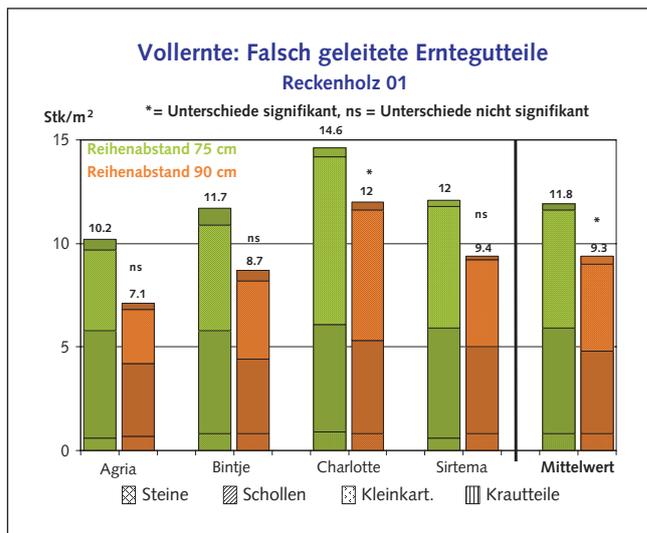


Abb. 13b: Die schraffierten Flächen entsprechen den Dammquerschnitten, die von der Erntemaschine aufzunehmen sind.

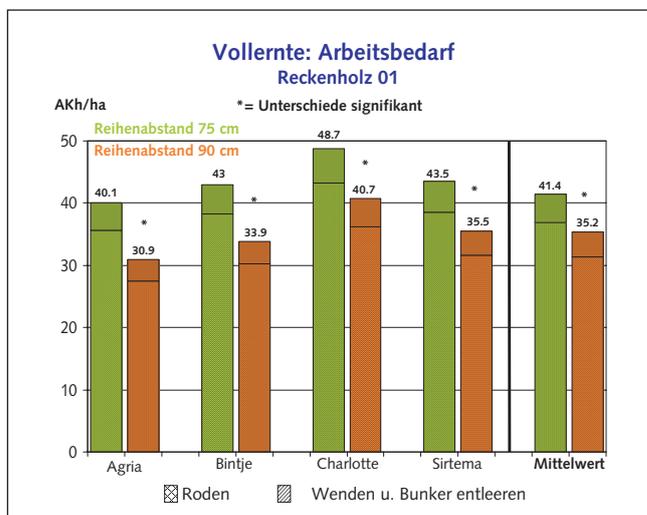


Abb. 15a und b: Anzahl falsch geleitete Erntegutteile und Arbeitsbedarf bei der Vollernte am Beispiel des ersten Versuches.

werden müssen. Bei gleicher oder leicht höherer Rodeltiefe waren die Steinanteile im Erntegut pro Flächeneinheit bei beiden RA praktisch identisch, die auszulesenden Kluten- und Kleinkartoffelanteile bei 90 cm RA aber deutlich kleiner. Entsprechend geringer fiel bei 90 cm RA der Ausleseaufwand (rund 20 %) bzw. der gesamte Arbeitsbedarf für die Vollernte (AKh/ha; rund 15 %) aus.

Arbeitsaufwand auch insgesamt geringer

Bedingt durch die geringeren Fahrstrecken pro Flächeneinheit resultieren bei allen Arbeitsgängen bis zur Ernte bei 90 cm RA eine Verminderung der Arbeitszeit, beim 4-reihigen Legen von 7 % sowie beim Hacken und Krautschlagen von 13 bzw. 14 % (Tab. 3). Wird eine 4-reihige Bestellung und Pflege und dreimaliges Hacken/Häufeln vorausgesetzt, so liegen die Einsparungen an Arbeitszeit für diese Arbeitsgänge bei rund 1,1 AKh/ha bzw. Traktoren-/Gerätstunden. Wird die Ernte unter Einbezug der ermittelten Werte aus den acht Versuchen hinzugerechnet, so beträgt die gesamte Arbeitsverminderung nach dieser Modellrechnung für die Kartoffelproduktion 5,1 AKh/ha und 3,6 Traktoren-/Gerätstunden oder rund 5 % bzw. 7 % (Speisekartoffelproduktion). Bei einer niedrigeren Mechanisierungsstufe (2-reihiges Legen und Pflegen) sind die Arbeitseinsparungen durch die Reihenvergrößerung noch bedeutend höher.

Erträge nur 2001 höher, Knollenausbeute immer positiv, Stärkegehalt zeigt keine bedeutende Unterschiede

In Abbildung 16 sind die **Knollenerträge** vom Versuch Reckenholz 01 als Beispiel

Tab. 2: Erntetechnik - Arbeitszeitbedarf, Bunkervollernter einreihig

*Unterschied signifikant (p 0,05), ns = Unterschied nicht signifikant

Einfluss		Falschgeleitete Erntegutteile ¹		Auslesezeitbed. ² ohne Nebenzeit		Erntezeit insgesamt ³			
		RA 75 Stk/m ²	RA 90 in % zu RA 75	RA 75 AKh/ha	RA 90 in % zu RA 75	Arbeitsstunden		Verfahrenszeit	
						RA 75 AKh/ha	RA 90 in % zu RA 75	RA 75 h/ha	RA 90 in % zu RA 75
Versuchsstandort	Reckenholz 01	12,1	77 *	21,9	77 *	43,8	82 *	19,1	85 *
	Tänikon 01	22,0	110 ns	36,6	110 ns	70,9	100 ns	28,1	83 *
	Reckenholz 02	11,3	94 ns	20,6	93 ns	39,9	91 *	15,1	88 *
	Reckenholz 03	13,6	99 ns	30,5	99 ns	52,5	95 ns	17,8	89 *
	Tänikon 03	17,2	99 ns	31,4	99 ns	53,4	94 ns	17,6	84 *
	Trüllikon 03	15,1	92 ns	27,6	92 ns	48,1	89 *	16,4	83 *
	Tänikon 04	17,8	98 ns	32,3	98 ns	54,4	93 ns	17,6	84 *
Sorte	Trüllikon 04	14,5	90 ns	26,5	98 ns	47,3	88 *	17,6	88 *
	Agria	13,0	97 ns	23,5	97 ns	45,3	92 *	18,6	85 *
	Agria U ⁴	14,9	88 ns	27,1	98 ns	50,0	92 ns	19,5	83 *
	Binjtje	18,7	95 ns	33,8	95 ns	56,9	91 ns	18,6	85 *
	Charlotte	19,4	95 ns	35,1	95 ns	58,4	91 ns	18,6	85 *
	Santana	15,5	92 ns	28,3	92 ns	51,3	89 ns	19,5	83 *
	Sirtema	14,6	101 ns	26,4	101 ns	48,6	95 ns	18,7	85 *
Gesamtmittel	15,8	109 ns	28,7	109 ns	51,1	100 ns	18,7	85 *	
		16,2	97 ns	29,4	97 ns	52,1	92,3 *	18,8	84,6 *

¹ Steine, Kluten Erdschollen, Kleinkartoffeln, Krautteile

² 90 Stk/min/AK, Kleinkart. 95 Stk/min/AK (zugrunde gelegte Ausleseleistung nach MTM-Studien (Methods Time Measurement))

³ 200 m Furchenlänge, auf 400 m einmal wenden 1,3 min und einmal Bunkerentleeren mit Fahrt zum Wagen und zurück, Fahrt zum Wagen 0,95 min, Bunker entleeren 1,05 min, Fahrt zum Feld 0,84 min = 3,87 min/400 m Rodelstrecke

⁴ Startergabe 40 kg/ha N als Unterfussdüngung statt breitgestreut

⁵ Frühernte nach 80 Tagen

Tänikon 02 keine Erhebung (starker Hagelschaden)

graphisch dargestellt. Tabelle 4 zeigt die Relationen von 75 cm RA zu 90 cm RA für den Knollenertrag, die Knollenausbeute und den Stärkegehalt als Mittel aller Versuchsstandorte der verschiedenen Sorten. Nur 2001 mit gutverteilten reichlichen Niederschlägen brachte 90 cm RA im Versuch Reckenholz über alle Sorten einen bedeutenden Mehrertrag. Signifikante Mindererträge resultierten hingegen im Hageljahr im Versuch Reckenholz 02 und bei Trockenheit in Trüllikon 04. Keine Sorte zeigte im Mittel der Versuche signifikante Ertragsunterschiede durch die Vergrößerung des RA. Wider Erwarten reagierte auch die Frühsorte Sirtema keineswegs negativ auf den grösseren Reihenabstand.

Bei der **Knollenausbeute** (Knollengrößenanteil 42,5 bis 70 mm) hatte 90 cm RA sowohl über die Versuchsstandorte als auch bei den verschiedenen Sorten immer einen leicht positiven Einfluss allerdings nur mit gesicherten Unterschieden im Versuch Tänikon 2004. Keine Signifikanz und auch kein Trend waren beim **Stärkegehalt** zu erkennen. Hinsichtlich der Knollenqualität resultierten nur beim **Grünknollenanteil** bedeutende Unterschiede. Alle Sorten wiesen bei 90 cm RA wesentlich geringere Anteile an ergrüntem Knollen und tendenziell auch weniger Knollen mit **Grauflecken** (Tab. 5). Am höchsten ausgefallen sind die Grünknollenanteile bei den Sorten Charlotte, Santana und Sirtema.

Tab. 3: Verfahrenszeitbedarf Speisekartoffelproduktion ohne Vorkeimung und Aufbereitung

Modellrechnung, Zeitbedarf für die Ernte entspricht dem Mittelwert der vorliegenden Versuche.

Parzellengröße: 2 ha

(nach Matthias Schick, Agroscope FAT Tänikon)

Arbeitsverfahren	Verfahrensbeschreibung	Arbeitsgänge	Zeitbedarf/Durchgang [AKh]		Zeitbedarf/ha [AKh]			Verfahrenszeit/ha [h]		
			75	90	75	90	% zu 75	75	90	% zu 75
Reihenabstand cm			75	90	75	90	% zu 75	75	90	% zu 75
Pflügen	Dreischarppflug	1	2,66	2,66	2,66	2,66	100	2,66	2,66	100
Eggen	Kreislege 3 m	2	1,15	1,15	2,3	2,3	100	2,3	2,3	100
Grunddüngung	Schleuderstreuer 18 m	1	1,18	1,18	1,18	1,18	100	1,18	1,18	100
Kartoffeln legen	Legeautomat 4 Reihen	1	2,22	2,07	2,22	2,07	93	2,22	2,07	93
Kopfdüngung	Schleuderstreuer 18 m	2	1,18	1,18	2,36	2,36	100	2,36	2,36	100
Pflanzenschutz	Pflanzenschutzspritze 18 m	7	0,66	0,66	4,62	4,62	100	4,62	4,62	100
Hacken/Häufeln	Vielfachgerät 4 Reihen	3	2,02	1,76	6,06	5,28	87	3,03	2,64	87
Krautschlagen	Krautschläger 4 Reihen	1	1,19	1,02	1,19	1,02	86	1,19	1,02	86
Anroden	Handarbeit	1	1,0	1,0	10	10	100	1	1	100
Ernten	Vollernter, Bunker 1-reihig	1	52,1	48,1	52,1	48,1	92	18,8	15,9	85
Transport	Zum Hof, lose	1	12	12	12	12	100	12	12	100
Total			96,7	91,6	94,7		51,4	47,8	93	

Der Grund für die geringeren Anteile an Knollen mit Grauflecken dürfte bei 90 RA in der stärkeren Erdpolsterung auf dem Siebband begründet sein. Wir haben die Siebband- und Arbeitsgeschwindigkeiten wegen der Reproduzierbarkeit weitgehend konstant gehalten und nicht wie in der Praxis üblich an die momentanen Erntebedingungen angepasst. Der Reihenabstand weist nach unserer Einschätzung bei einer optimierten Einstellung/Arbeitsweise der Erntemaschine keinen direkten Bezug auf die mechanische Beanspruchung bzw. **Beschädigung der Knollen** auf. Als wesentliche Einflussgrößen können hier die Knollentemperatur, die Siebbandgeschwindigkeit und die Erdpolsterung auf den Siebelementen genannt werden. Ausser der Knollentemperatur hängen diese Einflüsse von der Arbeitsgeschwindigkeit, den Einstell- und Maschinenparametern ab. Grosse Dämme zeigen zwar während der Erwärmungsphase (Vormittag) etwas tiefere und während der Abkühlungsphase etwas höhere Knollentemperaturen. Um diesen Einfluss auszugleichen, sollte der Erntebeginn am Vormittag besonders bei 90 cm RA nicht zu früh erfolgen. 90 cm RA zeigte bei den Sorten Agria und Bintje tendenzmässig etwas mehr **Flach-/Netzschorf** als bei 75 cm RA. Dies unterstreicht die Aussage, dass beim höheren Reihenabstand nicht von einer günstigeren Wasserversorgung ausgegangen werden kann.

Mögliche Ursachen für unterschiedliche Erträge

Die vorliegenden Versuche zeigen deutlich, dass ein Vegetationsverlauf mit reichlicher und ausgeglichener Wasserversorgung hinsichtlich der Ertragserwartungen für, und ein solcher mit Wassermangel eher gegen 90 cm RA sprechen. Auch im Hinblick auf die Widersprüche aus der Literatur (betr. Wasserspeichervermögen, Verdunstung, Bodenbedeckung, Standraumverteilung) lassen sich die Ursachen hierfür nicht eindeutig eruieren. Nach unserem Ermessen könnten hier folgende Aspekte von entscheidender Bedeutung sein (Abb. 17): Eine ausgeglichene Wasserversorgung führt zu einer schnellen Pflanzenentwicklung, entsprechend früh setzt auch die gegenseitige Beschattung der Pflanzenreihen ein. Durch den Umstand, dass die direkte Lichteinstrahlung praktisch zu keinem Zeitpunkt direkt von oben erfolgt, sondern immer mehr oder weniger seitlich einwirkt, ist im fortgeschrittenen Wachstumsstadium bei grossen Reihenabständen ein grosserer

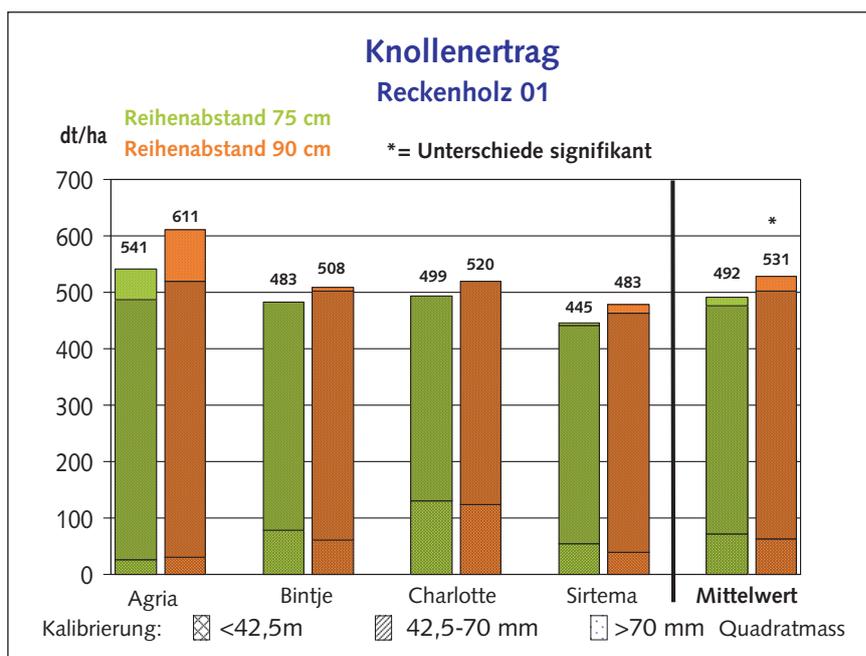


Abb. 16: Knollenertrag und -größenverteilung am Beispiel des ersten Versuches.

Tab. 4: Ertrag, Ausbeute, Stärkegehalt

* = Unterschied signifikant (p 0,05), ns = Unterschied nicht signifikant

Einfluss	Knollenrohertrag		Ausbeute % ¹		Stärkegehalt %		
	RA 75 kg/a	RA 90 in % zu RA 75	RA 75	RA 90 Abw. zu RA 75	RA 75	RA 90 Abw. zu RA 75	
Versuchsstandort	Reckenholz 01	492	108 *	82,4	+ 0,4 ns	13,9	0
	Tänikon 01	422	105 ns	69,3	+ 0,1 ns	-	0
	Reckenholz 02	535	93 *	75,9	+ 0,5 ns	12,8	+ 0,2 ns
	Tänikon 02	448	100	62,4	+ 0,7 ns	14,6	- 0,3 ns
	Reckenholz 03	415	101 ns	63,0	+ 2,7 ns	11,5	- 05 ns
	Tänikon 03	397	100	55,7	+ 0,4 ns	12,2	+ 0,2 ns
	Trüllikon 03	369	88 ns	60,4	+ 0,2 ns	13,4	+ 0,2 ns
	Tänikon 04	505	94 ns	63,7	+ 3,1 *	15,2	- 0,3 ns
Sorte	Trüllikon 04	525	95 *	77,2	+ 1,5 ns	14,7	+ 0,1 ns
	Agria	547	100	82,3	+ 0,5 ns	13,8	- 0,1 ns
	Agria U ²	570	95 ns	82,2	+ 1,0 ns	13,8	- 0,2 ns
	Bintje	470	97 ns	66,4	+ 1,5 ns	13,7	+ 0,3 ns
	Charlotte	401	99 ns	42,4	+ 2,1 ns	12,8	- 0,1 ns
	Santana	441	94 ns	69,3	+ 1,9 ns	15,3	0
	Sirtema	405	99 ns	77,6	0	11,6	+ 0,4 ns
Gesamtmittel	455	98 ns	67,3	+ 1,1 ns	13,5	0	

1 Speiseknollenanteil, 42,5 bis 70 mm
 2 Startergabe 40 kg/ha als Unterfussdüngung statt breitgestreut
 3 Frühernte nach 80 Tagen

Teil der Pflanzenmasse der Lichtstrahlung ausgesetzt. Dies dürfte sich entsprechend vorteilhaft auf die Assimilation auswirken. Im Gegensatz zum engeren RA zeigten die Pflanzen bei 90 cm RA bei den Sorten mit starkem Krautwachstum zum Zeitpunkt des Reihenschliessens eine weniger starke Verschlingung der Pflanzen. Meistens war der Verlauf der Reihen hier noch sichtbar und damit der Lichteinfall auch in diesem Stadium begünstigt. Vermutlich wird der Nachteil einer ungünstigeren Pflanzen-

verteilung unter solchen Witterungsbedingungen mehr als nur kompensiert. Bei anhaltender Trockenheit kann dieser Vorteil nicht zum Tragen kommen. Durch die intensivere Einstrahlung auf Pflanze und Boden (geringere Beschattung) entsteht eine höhere Verdunstung (Beispiel siehe Abb. 11); die höheren Wasservorräte im Damm werden schnell abgebaut, folglich sind die Pflanzen in grossen RA einem grösseren Trockenstress ausgesetzt.

Reihen-Unterfussdüngung positiv

Die Reihen-Unterfussdüngung (nur Startergabe von 40 kg/ha N als Ammonsalpeper) führte 2001/2002 bei den reichlichen Niederschlägen (NS 720 mm und 585 mm) während der ersten Vegetationsmonate teils zu signifikanten Mehrerträgen (Tab. 6). Keine so deutlichen Unterschiede resultierten dagegen in den Trockenjahren 2003 (NS 385 mm und 282 mm) und 2004 (NS 501 mm und 381 mm). Bei Trockenheit scheint der Einfluss der Unterfussdüngung auf die Knollenausbeute eher negativ zu sein. Der Stärkegehalt wurde in fast allen Versuchen leicht negativ (nicht signifikant) beeinflusst. Wider erwarten, war die Unterfussdüngung bei 90 cm RA tendenziell weniger ertragswirksam als beim RA 75 cm. Die teils positiven Auswirkungen auf den Ertrag lassen sich dadurch erklären, dass bei der breitflächigen Starterdüngung und vielen Niederschlägen beim noch wenig durchwurzelten Boden mehr Nitrat ausgewaschen wird und dadurch weniger Nährstoff pflanzenverfügbar als bei der Reihen-Unterfussdüngung ist.



Abb. 17: Pflanzenverteilung und Lichteinfall bei idealer bzw. ausgeglichener Pflanzenverteilung, 75 cm und 90 cm RA. Ausgeglichene Wasserversorgung spricht eher für grosse Reihenabstände mit günstiger Lichteinwirkung (hohe Assimilationsraten), Trockenheit jedoch für engere Reihenweiten mit früherem Pflanzenschluss und entsprechender Beschattung (geringere Verdunstungsraten).

Tab. 5: Knollenqualität

* = Unterschied signifikant (p 0,05), ns = Unterschied nicht signifikant

Einfluss		Grünknollen [%]		Graufleckigkeit [%]		Flach/Netzschorf [%]	
		RA 75	RA 90 Abw. zu RA 75	RA 75	RA 90 Abw. zu RA 75	RA 75	RA 90 Abw. zu RA 75
Versuchsstandort	Reckenholz 01	2.3	-1.7 *	6.4	-3.9 ns	2.9	+4.8 *
	Tänikon 01	0.8	-0.7 ns	4.3	-0.8 ns	1.8	-0.1 ns
	Reckenholz 02	1.5	-1.2 ns	2.5	+0.1 ns	7.5	+7.6 ns
	Tänikon 02	1.6	-0.5 ns	4.8	-1.4 ns	6.0	+0.7 ns
	Reckenholz 03	1.3	-0.7 ns	0	0	11.6	+0.7 ns
	Tänikon 03	1.2	-1.0 ns	1.9	-1.2 *	5.7	0
	Trüllikon 03	0.2	+0.1 ns	9.1	-0.1 ns	3.9	-1.0 ns
	Tänikon 04	1.7	-1.1 ns	3.5	-1.1 ns	0.1	+0.1 ns
Sorte	Trüllikon 04	2.0	-0.5 ns	7.0	+0.6 ns	1.6	+1.9 *
	Agria	0.7	-0.2 ns	0.9	+0.9 ns	3.5	+1.9 ns
	Bintje	0.4	+0.1 ns	2.5	-0.2 ns	19	+3.0 ns
	Charlotte	1.9	-1.3 *	3.8	-1.1 ns	1.4	-0.6 ns
	Santana	2.8	-1.0 ns	13.2	-0.6 ns	0.3	-0.1 ns
	Sirtema	0.8	-0.6 ns	3.6	-0.9 ns	0.5	-0.2 ns
Gesamtmittel		1.3	-0.6 *	4.8	-0.3 ns	4.9	+0.8 ns

Technik muss angepasst werden

Die Umstellung auf 90 cm RA bedingen beträchtliche Investitionen in die Mechanisierung, Traktoren und Spritzen: **180 cm Spurweite**, evtl. grössere Bereifungen für erhöhte Bodenfreiheit. Bei älteren Traktoren ist abzuklären, ob die Hersteller für die höheren Belastungen im Bereiche der Fahrwerke Gewähr bieten können. Bei optimaler Anbautechnik können **Reifenbreiten** bis zu zirka 35 cm (14") für die Pflege und das Düngen und Spritzen in Betracht gezogen werden.

In der Regel lassen sich nur **Legemaschinen** der neuen Generation ohne aufwendige technische Änderungen auf 90 cm umrüsten. Vierreihige Maschinen mit 90 cm RA müssen im Hinblick auf die höchstzulässige Strassen-Transportbreite von 3,5 m in Längsrichtung transportiert werden. Für die Betriebs- und Feldstrukturen hierzulande in Verbindung mit dem überbetrieblichen Maschineneinsatz scheint diese Lösung wenig befriedigend. Diesbezüglich schlagen wir den Herstellern vor, für den Strassentransport eine hydraulische Verschiebbarkeit der äusseren Legeaggregate in Betracht zu ziehen.

Tab. 6: Auswirkung der N-Startergabe (Ammonsalpeper 40 kg/ha N) breitgestreut oder als Reihen-Unterfussdüngung, Sorte Agria

* Unterschied signifikant (p 0.05), ns = Unterschied nicht signifikant

Versuchsstandort	RA cm	Knollenrohertrag		Ausbeute % ¹		Stärkegehalt	
		breitgestr. kg/a	Unterfussd. ² in % zu breitg.	breitgestr.	Unterfussd. ² Diff. zu breitg.	breitgestr.	Unterfussd. Diff. zu breitg.
Tänikon 01	75	431	135	81	+ 2	11,5	- 0,3
	90	469	126	82	0	11,2	- 0,4
Tänikon 02	75	526	108	80	+ 1	14,6	0
	90	538	99	80	0,9	14,2	+ 0,4
Tänikon 03	75	547	94	82	- 6	12,2	- 0,5
	90	522	101	79	- 3,6	12,1	0
Trüllikon 03	75	455	104	81	- 0,1	14,3	- 0,5
	90	451	92	83	+ 1,6	14,7	- 1,3
Tänikon 04	7	615	100	86	+ 0,2	15,8	+ 0,6
	90	595	98	87	+ 0,9	15,6	- 0,3
Trüllikon 04	75	628	106	87	- 4,1	15,4	- 0,3
	90	598	104	90	- 1,8	15,3	- 0,4
2001-2004	75	534	107	82,9	- 0,9	13,9	- 0,1
	90	529	103	83,6	- 0,4	13,9	- 0,3

¹ Speiseknollenanteil, 42,5 bis 70 mm ² Startergabe 40 kg/ha als Unterfussdüngung statt breitgestreut

Bei etwa identischen Flankenwinkeln fallen die **Dammhöhe** und die **Pflanzhöhe** bei 90 cm RA um je zirka 5 cm höher als bei 75 cm RA aus. Dies bedingt einen höheren Mindestfreiraum bei den Traktoren und Pflegegeräten von rund 10 cm bis 12 cm. Bei 90 cm RA und mechanischer Unkrautregulierung kann ferner mit einer etwas geringeren **Restverunkrautung** gerechnet werden.

Bei bestehenden **Pflegegeräten** ist eine Vergrößerung des Reihenabstandes meistens durch eine Verbreiterung und allenfalls eine Verstärkung der Geräteschiene möglich. Eine Klappeinrichtung für den Strassentransport wird bei vier Hack-/Häufleinheiten erforderlich. Bestimmte Häufelkörper und Dammformbleche können in der Regel durch Anschweissen von Blechen und Verlängerung der Halter auf die grössere Dammhöhe/-breite angepasst werden. Hackwerkzeuge sind entweder in der Anzahl zu erhöhen oder allenfalls durch solche mit grösserer Arbeitsbreite zu ersetzen.

Spritzgeräte lassen sich in der Regel durch eine Verbreiterung bzw. Änderung der Düsenzahl und allenfalls der Spurweite anpassen. **18 m Spritz- bzw. Streubreite** passt sowohl für 75 cm RA (6 x 4 Reihen) und 90 cm RA (5 x 4 Reihen). Bei 90 cm erübrigt sich bei Reifenbreiten grösser 11 Zoll die Anlage von Fahrgassen bzw. «Blindreihen» (Abb. 18). Für das Spritzen und Düngen können bis zu max. zirka 35 cm (14") breite Reifen eingesetzt werden. Gerade breitere Reifen erfordern auch bei 90 cm RA vor den Rädern **Krautweiler**, die auch die vorderen Seitenflanken der Reifen abdecken. Dies betrifft ebenso das Hacken/Häufeln vor dem Reihenschluss. Auch dichtwachsende Bestände (Eba, Agria) lassen sich bei 90 cm RA und späten Fungizidapplikationen in der Regel noch im **Unterblattspritzverfahren** [Irla] behandeln, da sich die Stauden infolge des grösseren Abstandes zwischen den Reihen weniger verschlingen (Abb. 19). Bei der **herkömmlichen Spritztechnik** kann aus den gleichen Gründen der Spritznebel die Unterseite der Blätter bei weiterem RA leichter erreichen und damit die Schutzwirkung verbessern. Die Anpassung eines einreihigen **Vollneters** hängt weitgehend von der Siebbandbreite ab. Die Erfahrung zeigt, dass der Sechsscheibenabstand bei 90 cm RA auf mindestens 55 cm, besser 60 cm eingestellt werden sollte. Bei Siebbandbreiten ab 70 cm lässt sich dies in der Regel durch die Montage von entsprechend schmalen Krauteinzugsrollen und breiteren Blatt-



Abb. 18: Fahrgassen (75 cm RA) für das Spritzen und Düngen sind bei 90 cm RA nicht erforderlich, da die breiteren Furchen Reifenbreiten bis zu 35 cm (14") zulassen.



Abb. 19: Fungizidapplikationen im Unterblattspritzverfahren sind bei grossen RA auch bei krautreichen Pflanzenbeständen noch möglich.

scharen bewerkstelligen. Bei kurvigem Verlauf der Dämme oder ungenauer Platzierung der Pflanzknollen muss bei knappem Scheibenabstand mit einem erhöhten Anteil angeschnittener Knollen gerechnet werden.

Schlussfolgerungen

In allen Fällen ermöglicht die Vergrößerung des RA auf 90 cm spürbare Einsparungen an Maschinen- und Arbeitskraftstunden sowie Leistungssteigerungen, beim Legen, bei der Pflege, beim Krautvernichten und bei der Ernte.

90 cm RA ermöglichen auch bei der Bodenseparierung entsprechende Leistungssteigerungen. Die Bodenaufnahme kann bei älteren Maschinen teilweise für die grössere Arbeitsbreite umgebaut werden. Der vergrösserte RA kann nur in Gebieten mit hoher Niederschlagsicherheit eine

Steigerung des Knollen-Gesamtertrages bewirken oder auch auf Betrieben, in denen Wasserdefizite immer rechtzeitig durch Beregnung kompensiert werden können. Unter diesen Bedingungen wird sich sowohl bei 75 cm als auch 90 cm RA eine Reihen-Unterfussdüngung beim Legen positiv auswirken. Die deutliche Verminderung des Grünknollenanteils bei 90 cm Reihenabstand kann bei leichten sand- und humusreichen Böden (z.B. Seelandregionen) beträchtliche wirtschaftliche Vorteile bringen und allenfalls auch geringe Mindererträge mehr als nur kompensieren. Für ausgesprochen trockene Standorte ohne Beregnungsmöglichkeit ist 90 cm RA dagegen nicht zu empfehlen. Im Pflanzkartoffelbau sehen wir ausser der Arbeitseinsparung bisher keine Vorteile bei 90 cm RA. Das Ertragspotential im unteren Knollengrössenbereich ist eher geringer einzustufen. Bei gleicher Pflanzknollenzahl sind die Legeabstände zu verkleinern, was die Säuberung von viruskranken Pflanzen etwas erschweren dürfte.

Eine allfällige Umstellung auf 90 cm RA sollte auch auf überbetrieblicher Ebene eingehend erörtert und allenfalls einheitlich koordiniert durchgeführt werden, um die Vorteile eines rationellen überbetrieblichen Maschineneinsatzes nicht einzuschränken. In diesem Sinne ist auch von «Kompromisslösungen» bzw. von RA zwischen 75 cm und 90 cm auf jeden Fall abzuraten.

Verdankung

Insbesondere danken wir der Familie Andreas Maurer für die uns so freundlich gewährte Unterstützung bei den Feldversuchen in Trüllikon.

Literatur

- Allen E.J., 1972. The effect of row width on the yield of three potato varieties. *J. Agric. Sci., Cambridge* **79**, 315–321.
- Bouman A., 1998. Reihenabstand 75 oder 90 cm? *Der Kartoffelbau* **49** (4), 130–133.
- Čepl J. and Vokál B., 1995. The effect of various spacings of planting on the yield and size of potato tubers. *Rostlinná Vyroba* **41** (4), 149–155.
- Dekker J., 1984. Grotere ruggen bij consumptie-aardappelen? *Landbouwmecanisaatie* **35** (9), 895–897.
- Ifenkwe O.P. and Allen E.J., 1978. Effects of row width and planting density on growth and yield of two maincrop potato varieties. 1. Plant morphology and dry-matter accumulation. *J. agric. Sci., Cambridge* **91**, 265–278.
- Ifenkwe O.P. and Allen E.J., 1978. Effects of row width and planting density on growth and yield of two maincrop potato varieties. 2. Number of tubers, total and graded yields and their relationships with above-ground stem densities. *J. agric. Sci., Cambridge* **91**, 279–289.
- Ivanovs S., 1999. Soil tillage for potato growing with the use the ridge technology. *Fol. Univ. Agric. Stetin* **195** (74), 223–226.
- Irla I., 2001. Optimierung der Spritztechnik in Biokartoffeln. *FAT-Bericht Nr. 561*
- Irla I., 2002. Verbesserung der Spritztechnik in Buschbohnen. *FAT-Bericht Nr. 583*
- Kouwenhoven J.K. and van Ouwerkerk C., 1978. Optimum row spacing for potatoes. *Potato Res.* **21**, 195–215.
- Khan J., 1993. Effect of row-width and plant density within-rows on the growth and tuber yield of potato crop. *Sarhad J. of Agri.* **9** (6), 551–556.
- Opoku-Ameyaw K. and Harris P.M., 2001. Intercropping potatoes in early spring in a temperate climate. 3. The influence of planting date, row width and temperature change on the potential for intercropping. *Potato Research* **44**, 75–85.
- Van Ouwerkerk C., Kouwenhoven J.K. and Kooy K., 1973. Grotere rijenafstanden voor aardappelen II., p. 337–344.
- Panigrahi B., Panda S.N. and Raghuvanshi N.S., 2001. Potato water use and yield under furrow irrigation. *Irrig. Sci.* **20**, 155–163.
- Peters Rolf, 1994. Reihenweite und Produktionstechnik müssen aufeinander abgestimmt sein. *Der Kartoffelbau* **45** (3), 112–115.
- Phene C.J. and Sanders D.C., 1976. High-frequency trickle irrigation and row spacing. Effect on yield and quality of potatoes. *Agronomy Journal* **68** (7-8), 602–607.
- Scholz B., 1990. Anbau von Kartoffeln in Dämmen oder Beeten? *Der Kartoffelbau* **41** (3), 80–83.
- Spiess E. und Heusser J., 1994. Beetanbau: Eine Alternative im Kartoffelbau? Eher Ertragsnachteile, aber qualitative und ökologische Vorteile. *FAT-Bericht Nr. 444*, 12 S.
- TASC. 2005. Eine PC-Anwendung zur Prävention von Schadverdichtungen in der Praxis.
- Tian Y., Su D., Li F. and Li X., 2003. Effect of rainwater harvesting with ridge and furrow on yield of potato in semiarid areas. *Field Crops Research* **84**, 385–391.
- Vokál B. and Radil B., 1996. Effects of row spacing on tuber yield, dry matter content and starch in potatoes. *Rostlinná Vyroba* **42** (1), 5–9.
- Wulf B., 2002. Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen von Breitreifen beim Legen von Kartoffeln. *Landtechnik* **1**.

Impressum

Herausgeber: Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Ettenhausen

Die FAT-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: Agroscope FAT Tänikon, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich.
ISSN 1018-502X.