

Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna



Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik

ARBEITSGÄNGE ZUM KARTOFFELLEGEN

Eine Annäherung an die Bewertung von getrennter und kombinierter Arbeitserledigung

Diplomarbeit

an der Universität für Bodenkultur

vorgelegt von
Leopold Ripfl

betreut und begutachtet von
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Herbert Weingartmann

Wien, Februar 2012



Vorwort

Zu Beginn möchte ich mich für alle unterstützenden, inspirierenden und kritischen Anregungen bedanken, die über den Zeitraum ihres Entstehens diese Arbeit bereichert haben.

Herrn Prof. Weingartmann danke ich für das spannende Näher bringen seines Fachbereichs während des Studiums und die kompetente, geduldige und herzliche Begleitung meiner Diplomarbeit.

Für ihre Mithilfe bei der Durchführung der Versuche möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken.

Eine Grundvoraussetzung für diese Arbeit war mit der Bereitstellung des Geräts durch Herrn Andreas Samm und die Firma Lely Österreich geschaffen.

Mit der Bonitur der Musterparzellen durch die Firma Frisch & Frost konnte ein Vergleich von Qualitätsparametern auf breiter Basis angestellt werden.

Herr Martin Grimling von der Landwirtschaftlichen Fachschule Obersiebenbrunn und Herr Leopold Gassner vom Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt des Bundesamts für Wasserwirtschaft in Petzenkirchen ermöglichten mir den Zugang zu Wetterdaten der Messstation Obersiebenbrunn. So konnte der Niederschlags- und Temperaturverlauf des Versuchsjahres in den langjährigen Kontext eingebettet werden.

Bei Frau Rita Renz bedanke ich mich für die Unterstützung beim einscannen des Bildmaterials.

Meiner Tochter Hanna gewidmet

Arbeitsgänge zum Kartoffellegen

Eine Annäherung an die Bewertung von getrennter und kombinierter Arbeitserledigung

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Landtechnische und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen für diese Arbeit	1
1.2	Pflanzenbauliche Voraussetzungen beim Kartoffelanbau.....	5
2	PROBLEMSTELLUNG	9
2.1	Die betriebliche Ausgangssituation.....	9
2.2	Die technische und wirtschaftliche Ausgangssituation	11
3	VERSUCHSANLAGE, DURCHFÜHRUNG	15
3.1	Die untersuchten Verfahren	15
3.1.1	Das betriebsübliche Verfahren	15
3.1.2	Das kombinierte Verfahren: Dual-Plus System (Fa. Lely).....	17
3.2	Die Zeitmessungen	19
3.2.1	Die Teilzeitmethode	19
3.2.2	Der Standort „Obere Hofstetten“	20
3.2.3	Die Versuchsanlage	21
3.2.3.1	Die Zeitmessungen beim kombinierten Verfahren.....	21
3.2.3.2	Die Zeitmessungen beim betriebsüblichen Verfahren.....	23
3.2.3.3	Die Flächenermittlung	25
3.3	Der Treibstoffverbrauch.....	25
3.4	Die Kosten der Mechanisierung	25
3.5	Qualitäts- und Ertragserhebungen	26
3.5.1	Der Standort „Oberm Pfaffensteig“	26
3.5.2	Die Versuchsanlage	29
3.5.2.1	Das kombinierte Verfahren	29
3.5.2.2	Das betriebsübliche Verfahren	30
3.5.2.3	Die Musterparzellen	30

3.5.3	Die weitere Bestandesführung.....	32
3.5.4	Die Ernte.....	33
3.5.4.1	Die Bestimmung der Knollenlage	33
3.5.4.2	Die Ernte der Musterparzellen.....	33
3.5.4.3	Die Ernte des Praxisschlages.....	37
4	ERGEBNISSE	38
4.1	Der Arbeitszeitbedarf beim Kartoffellegen mit dem betriebsüblichen Verfahren	38
4.1.1	Die Pflanzbettbereitung mit der Fräse	39
4.1.2	Das Kartoffellegen.....	39
4.1.3	Der Gesamtarbeitszeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren.....	40
4.2	Der Arbeitszeitbedarf beim kombinierten Verfahren	41
4.2.1	Die gemessenen Teilzeiten beim kombinierten Verfahren.....	41
4.2.2	Der Gesamtarbeitszeitbedarf beim kombinierten Verfahren.....	43
4.2.3	Der Einfluss der Reduktion der Arbeitstiefe	44
4.3	Der Treibstoffverbrauch.....	45
4.3.1	Der Treibstoffverbrauch beim betriebsüblichen Verfahren.....	45
4.3.2	Der Treibstoffverbrauch beim kombinierten Verfahren.....	45
4.4	Die Teilflächen am Standort „Obere Hofstetten“ im Überblick.....	46
4.5	Die Berechnung der Maschinenkosten	48
4.5.1	Die Maschinenkosten beim betriebsüblichen Verfahren.....	49
4.5.2	Die Maschinenkosten beim kombinierten Verfahren.....	50
4.5.3	Die Maschinenkosten der Verfahren im Vergleich	50
4.6	Pflanzenbauliche Ergebnisse	51
4.6.1	Die Knollenlage.....	51
4.6.1.1	Die Knollenlage beim betriebsüblichen Verfahren	51
4.6.1.2	Die Knollenlage beim kombinierten Verfahren	53
4.6.2	Die Beerntung der Musterparzellen.....	55
4.6.2.1	Die Musterparzellenergebnisse beim betriebsüblichen Verfahren.....	55
4.6.2.2	Die Bonitierungsergebnisse beim kombinierten Verfahren	57
4.6.3	Die Erträge.....	58
4.6.3.1	Der Ertrag beim betriebsüblichen Verfahren.....	58
4.6.3.2	Der Ertrag beim kombinierten Verfahren.....	59
5	DISKUSSION	60
5.1	Die Arbeitszeit.....	60
5.1.1	Der Arbeitszeitbedarf bei standardisierter Feldform	60
5.1.2	Die Veränderung des Zeitbedarfs bei Variation der Feldform	66
5.1.3	Möglichkeiten zur Steigerung der Legeleistung.....	75
5.1.4	Die berechneten Varianten im Überblick	85
5.2	Der Treibstoffverbrauch.....	87

5.3	Die Maschinenkosten.....	89
5.3.1	Die Maschinenkosten bei hoher Auslastung	90
5.3.2	Die Maschinenkosten bei geringer jährlicher Auslastung	91
5.3.3	Die Kostenentwicklung bei geringer Auslastung von Spezialmaschinen und hoher Auslastung von Schlüsselmaschinen.....	93
5.3.4	Die Maschinenkosten am Beispiel eines Praxisbetriebs.....	94
5.3.5	Gegenüberstellung der berechneten Varianten.....	96
5.3.6	Weitere Aspekte zur Entwicklung der Maschinenkosten bei den verglichenen Verfahren.....	98
5.4	Diskussion pflanzenbaulicher Ergebnisse	99
5.4.1	Die Knollenlage.....	99
5.4.2	Qualitätsparameter.....	104
5.4.2.1	Qualitätsparameter der Musterparzellen.....	104
5.4.2.2	Gegenüberstellung der Qualitätsparameter von Musterparzellen und Praxislieferungen.....	112
5.4.3	Die Erträge.....	117
5.4.4	Der Rohertrag	118
5.4.5	Allgemeine pflanzenbauliche Beobachtungen während des Versuchsjahres.....	121
6	ZUSAMMENFASSUNG	124
7	LITERATURVERZEICHNIS	127

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Gezogene Legekombination mit 3,5 t Bunker.....	3
Abbildung 2: "All-In-One"-Legekombination	3
Abbildung 3: Wurzelprofil der Sorte Agria nach Herbstumbruch am 18.6.1996 (56 Tage nach Pflanzung, EC 62: Blühbeginn, ein Punkt symbolisiert eine Wurzellänge von 5 mm), SCHMIDTKE et al., (1999).....	6
Abbildung 4: Wurzelprofil der Sorte Agria nach Herbstumbruch am 28.7.1996 (96 Tage nach Pflanzung, EC 69: Blühende, ein Punkt symbolisiert eine Wurzellänge von 5 mm), SCHMIDTKE et al., (1999).....	7
Abbildung 5: Pflanzbettbereitung mit Hakenfräse beim betriebsüblichen Verfahren	16
Abbildung 6: Die Arbeitstiefe beim Fräsen.....	16
Abbildung 7: Das Kartoffellegen beim betriebsüblichen Verfahren.....	17
Abbildung 8: Schematische Darstellung Dual-Plus System (Verändert nach Firmenmitteilung Fa. Lely).....	18
Abbildung 9: Das kombinierte Verfahren im Feldeinsatz.....	19
Abbildung 10: Stoppuhr und Diktiergerät für Zeitmessungen	20
Abbildung 11: Anordnung der Verfahren für Zeit- u. Treibstoffverbrauchsmessung am Standort "Obere Hofstetten"	24
Abbildung 12: Monatliche Niederschläge der Wetterstation Obersiebenbrunn von Oktober 98 bis September 99 im Vergleich zum Mittel der Jahre 1978-2008 (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009).....	27
Abbildung 13: Monatliche Durchschnittstemperatur der Wetterstation Obersiebenbrunn Okt.1998 bis Sept.1999 im Vergleich zum Mittel der Jahre 1978 bis 2008 (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009).....	28
Abbildung 14: Versuchsanlage zur Bestimmung pflanzenbaulicher Parameter am Standort "Oberm Pfaffensteig" (B1-B5, D1-D5 = Musterparzellen).....	31
Abbildung 15: Die Teilzeiten je ha beim betriebsüblichen Verfahren in %. (WendenF = Wenden beim Fräsen ; WendenL = Wenden beim Legen; Rüstz = Rüstzeit)	41
Abbildung 16: Die Anteile der Teilzeiten je ha beim kombinierten Verfahren.....	43
Abbildung 17: Einfluss einer reduzierten Arbeitstiefe der Kreiselegge auf die Fahrgeschwindigkeit.....	44
Abbildung 18: Der Treibstoffverbrauch beim betriebsüblichen Verfahren	45
Abbildung 19: Der Treibstoffverbrauch beim kombinierten Verfahren	46
Abbildung 20: Die Teilflächen am Standort "Obere Hofstetten" für die Ermittlung von Arbeitszeit und Treibstoffverbrauch.....	47
Abbildung 21: Die Maschinenkosten beim betriebsüblichen und kombinierten Verfahren...	51
Abbildung 22: Die Knollenlage beim betriebsüblichen Verfahren	53
Abbildung 23: Die Knollenlage beim kombinierten Verfahren	55
Abbildung 24: Gemessener und berechneter Gesamtarbeitszeitbedarf je ha (Ber417= Beispielfeld mit 417m Länge)	63
Abbildung 25: AKh-Bedarf für das Beispielfeld Ber417	64
Abbildung 26: Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten Teilzeiten (Ber417=Beispielfeld mit 417 m Feldlänge; betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)	65
Abbildung 27: Der Arbeitszeitbedarf der einzelnen Arbeitsgänge auf dem Beispielfeld Ber417	66

Abbildung 28: Der Gesamtarbeitszeitbedarf bei 417m und 700 m Feldlänge im Vergleich (Ber417= Ausgangsvariante; Ber700Opt= Opt. Feldlänge für Bunkerkapazität)	67
Abbildung 29: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität (Ber700Opt) mit Hin- und Rückfahrt im Vergleich	68
Abbildung 30: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität (Ber700Opt) mit Hin- und Rückfahrt im Vergleich (betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)	69
Abbildung 31: Der Gesamtarbeitszeitbedarf bei 417m und 1400m Feldlänge (Ber417= Ausgangsvariante; Ber1400Opt= optimale Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang)	70
Abbildung 32: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang (Ber1400Opt) im Vergleich	70
Abbildung 33: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang (Ber1400Opt) im Vergleich (betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)	71
Abbildung 34: Die Gesamtarbeitszeit von Ausgangsvariante (Ber417) und kurzer, breiter Feldform im Vergleich	72
Abbildung 35: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und bei kurzer, breiter Feldform (BerKu) im Vergleich	73
Abbildung 36: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und bei kurzer, breiter Feldform (BerKu) im Vergleich	73
Abbildung 37: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit Ber417vH im Vergleich	76
Abbildung 38: Der AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit Ber417vH im Vergleich	77
Abbildung 39: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und gesteigerter Fahrgeschwindigkeit beim Legen (Ber417vH) im Vergleich	77
Abbildung 40: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und optimiertem Füllvorgang Ber417FüOpt im Vergleich	79
Abbildung 41: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und optimiertem Füllvorgang Ber417FüOpt im Vergleich	80
Abbildung 42: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimiertem Füllvorgang (Ber417FüOpt) im Vergleich	80
Abbildung 43: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und bei Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker im Vergleich	82
Abbildung 44: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und bei Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker im Vergleich	83
Abbildung 45: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und 1,4t Bunkerkapazität der Legemaschine (Ber417L1,4t) im Vergleich	83
Abbildung 46: Der Gesamtarbeitszeitbedarf der berechneten Varianten im Überblick	85
Abbildung 47: Der AKh-Bedarf der berechneten Varianten im Überblick	86
Abbildung 48: Der Zeitbedarf der einzelnen Arbeitsgänge zum Kartoffellegen bei den berechneten Varianten im Überblick	86
Abbildung 49: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten bei hoher Auslastung im Vergleich zur Berechnung nach ÖKL-Richtsätzen	91
Abbildung 50: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten mit geringer Auslastung im Vergleich zur Berechnung nach ÖKL-Richtwerten	92
Abbildung 51: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten bei geringer Auslastung von Spezialmaschinen und hoher Auslastung von Traktoren, gebrauchte Legemaschine	93

Abbildung 52: Tabellarische und graphische Darstellung der Kostensituation unter den Gegebenheiten eines Praxisbetriebs	95
Abbildung 53: Tabellarische und graphische Gegenüberstellung der berechneten Varianten: ÖKL=mittlere Auslastung lt. ÖKL-Richtwerten; ÖKL+50 = hohe Auslastung ÖKL+50%; ÖKL-50 = geringe Auslastung ÖKL-50%; ÖKL-50Th=Auslastung ÖKL-50% + Traktor hohe Auslastung + einfache Legemaschine; Praxis= Berechnung am Beispiel eines Praxisbetriebs	96
Abbildung 54: Lage von tiefster Knolle zu Mutterknolle beim betriebsüblichen Verfahren	100
Abbildung 55: Lage von tiefster Knolle zu Mutterknolle beim kombinierten Verfahren.....	101
Abbildung 56: Relative Lage von Tiefstknolle zu Mutterknolle beim betriebsüblichen Verfahren	102
Abbildung 57: Relative Lage von Mutterknolle zu Tiefstknolle beim kombinierten Verfahren	102
Abbildung 58: Anteil an Untergrößen in den einzelnen Parzellen.....	105
Abbildung 59: Der Anteil von Mängelkategorie 1 in den Musterparzellen	105
Abbildung 60: Die Anteile Mängelkategorie 2 in den Musterparzellen	106
Abbildung 61: Die Anteile von Mängelkategorie 3 in den Musterparzellen	107
Abbildung 62: Die Anteile der Mängelkategorie 4 in den Musterparzellen	108
Abbildung 63: Die Anteile von Mängelkategorie 5 in den Musterparzellen	109
Abbildung 64: Zusammenstellung aller Abzüge aus den Musterparzellen.....	109
Abbildung 65: Anteil an Kontraktware in den Musterparzellen	110
Abbildung 66: Anteil großfallender Ware in den Musterparzellen.....	111
Abbildung 67: Anteil von Untergrößen bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	112
Abbildung 68: Anteil von Mängelkategorie 1 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	113
Abbildung 69: Anteil von Mängelkategorie 2 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	113
Abbildung 70: Anteil von Mängelkategorie 3 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	114
Abbildung 71: Anteil von Mängelkategorie 4 in Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	115
Abbildung 72: Anteil von Mängelkategorie 5 in Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	116
Abbildung 73: Anteil von Kontraktware bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	116
Abbildung 74: Anteil von Kontraktware großfallend bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich	117
Abbildung 75: Die Erträge der Verfahren im Vergleich	118

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Das Kulturartenverhältnis 1999.....	9
Tabelle 2: Bodenuntersuchungsergebnis "Oberm Pfaffensteig", 1999 (BUNDESAMT UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT)	29
Tabelle 3: Bodenbearbeitung, Pflege und Pflanzenschutzmaßnahmen Oberm Pfaffensteig ...	32
Tabelle 4: Sortierfraktionen (F&F 1999).....	34
Tabelle 5: Gesamt-Totalabfallgrenzen f. Russet Burbank bei F&F Bonusstufen (F&F 1999)	35
Tabelle 6: Boniturschema F&F für Russet Burbank 1999	36
Tabelle 7: Die Teilzeiten je ha beim betriebsüblichen Verfahren	40
Tabelle 8: Die Teilzeiten je ha beim kombinierten Verfahren	43
Tabelle 9: Berechnung der Maschinenkosten für das Kartoffellegen nach ÖKL-Richtwerten 2009	49
Tabelle 10: Maschinenkosten nach ÖKL-Richtwerten beim betriebsüblichen Verfahren	49
Tabelle 11: Maschinenkosten nach ÖKL-Richtwerten beim kombinierten Verfahren	50
Tabelle 12: Tiefe in cm von Mutterknolle (MK) und tiefster Knolle (TK) beim betriebsüblichen Verfahren. B1-B5=Parzellenbezeichnung, B11-B54=Reihenangabe ...	52
Tabelle 13: Tiefe in cm von Mutterknolle (MK) und tiefster Knolle (TK) beim kombinierten Verfahren (Dual-Plus-Verfahren). D1-D5=Parzellenbezeichnung, D11-D54=Reihenangabe	54
Tabelle 14: Musterparzellenbonitierung beim betriebsüblichen Verfahren	56
Tabelle 15: Musterparzellenbonitierung beim kombinierten Verfahren (Dual-Plus System) D11 bis 14 bzw. D21 bis 24 = Summe der Gewichte der Reihen 1 bis 4 je Parzelle.....	58
Tabelle 16: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für das Beispielfeld.....	62
Tabelle 17: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs bei 700 m Feldlänge und bestmöglicher Nutzung der Bunkerkapazität	67
Tabelle 18: Der Arbeitszeitbedarf bei 1400 m Feldlänge.....	69
Tabelle 19: Der Arbeitszeitbedarf bei kurzer und breiter Feldform	71
Tabelle 20: Der Arbeitszeitbedarf bei gesteigerter Fahrgeschwindigkeit	76
Tabelle 21: Der Arbeitszeitbedarf bei optimierter Füllzeit	79
Tabelle 22: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs unter Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker	82
Tabelle 23: Preise für Kontraktware exkl. MwSt. (Frisch und Frost 1999).....	119
Tabelle 24: Berechnung des Rohertrages beim betriebsüblichen Verfahren	119
Tabelle 25: Berechnung des Rohertrages beim kombinierten Verfahren.....	120

Kurzfassung

Landtechnische Verfahren werden durch die Kombination ursprünglich getrennt verrichteter Arbeitsgänge effizienter gestaltet. Beim Legen von Kartoffeln begann sich diese Entwicklung erst ab Mitte der 1990er-Jahre durchzusetzen.

In einem 1-jährigen Versuch wurde die aufeinander folgende Erledigung von Pflanzbettbereitung und Kartoffellegen einem kombinierten Verfahren gegenübergestellt. Bei beiden Verfahren wurden Arbeitszeiterhebungen nach der Teilzeitmethode durchgeführt. Zusätzlich wurden der Treibstoffverbrauch erhoben und die Maschinenkosten berechnet. Ergänzend waren Musterparzellen zur Bestimmung qualitativer und pflanzenbaulicher Parameter angelegt.

Beim Arbeitszeitbedarf konnte ein beträchtliches Einsparpotential ermittelt und die Kombination von Arbeitsgängen als effiziente Maßnahme zur Steigerung der Arbeitsproduktivität beim Anbau von Kartoffeln bestätigt werden.

Steht die Schlagkraft im Vordergrund, so ergeben sich für die separate Durchführung der Arbeitsgänge leichte Vorteile.

In Modellberechnungen wurde der Einfluss der Feldform auf den Arbeitszeitbedarf aufgezeigt sowie weitere Ansätze zur Reduktion des Arbeitszeiteinsatzes und deren Effekte in den einzelnen Zeitabschnitten überprüft.

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass Einsparungen sowohl beim Treibstoffverbrauch als auch bei den Maschinenkosten über die Kombination von Arbeitsgängen realisierbar sind. Keine eindeutigen Vorteile für ein bestimmtes Verfahren waren aus den betrachteten qualitativen und pflanzenbaulichen Parametern ableitbar.

Abstract

Agricultural engineering processes become more efficient through the combination of operations carried out originally separated. In planting potatoes this development started since the mid-1990s.

In this one-year research the separate performing of soil preparation and planting the potatoes is compared to a combined system. In both cases the labour requirement studies are made on the basis of the partial time method.

The fuel consumption was measured in field trials and the costs of machinery were calculated. Additional there were test areas designed to examine several parameters of tuber quality and plant production.

In the case of labour requirements a considerable reduction potential was identified and confirmed the combination of working operations as an efficient measure to increase labour productivity in planting potatoes.

If the focus is on powerful field task the system of successive performing has little advantages.

In model calculations the influence of the fieldform to labour requirements was elaborated and further possibilities to reduce working time and their effects on the particular time periods were examined.

From this study follows moreover, that on the way of combining processes savings can be realised in fuel consumption as well as in the cost of machinery.

No clear advantage to one of the processes is provided by the observed parameters of tuber quality and plant production.

1 Einleitung

1.1 Landtechnische und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen für diese Arbeit

Der Wunsch, Arbeitsgänge zu kombinieren, stellt schon seit vielen Jahrzehnten ein wichtiges Anliegen der landtechnischen Entwicklung dar. Erste große Schritte wurden bei Erntearbeiten unternommen. So konnte etwa bei der Getreideernte im „Mäh-Drescher“ das Mähen und Ausdreschen des Korns kombiniert werden. Die ersten Modelle waren gezogene Ausführungen die von Traktoren angetrieben wurden. Aus diesen entwickelte sich bald der erste Selbstfahrende Mähdrescher heraus. Dieses Konzept erwies sich als sehr erfolgreich, wurde immer weiterentwickelt, so dass heute Maschinen mit mehr als 11 m Schnittbreite und über 400 kW Antriebsleistung bei der Getreideernte im Einsatz sind.

Auch bei der Zuckerrübenernte gab es vergleichbare Entwicklungen. So wurden im „Köpf-Rode-Bunker“ die, ursprünglich in getrennten Überfahrten ausgeführten, Arbeitsschritte „Köpfen“, „Roden“ und „Bunkern“ von einer Maschine während einer Überfahrt erledigt. Die ersten Maschinen waren ebenfalls gezogen und ernteten 1 Rübenreihe. Über 2- und 3-reihige Zwischenstufen von gezogenen und schließlich auch Selbstfahrenden Rübenerntemaschinen entwickelte sich als heutiger Standard bei der Rübenernte der 6-reihige „Köpf-Rode-Bunker“ heraus.

Bei der Ernte von Kartoffeln ist die Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten. Hier herrschen in der Praxis derzeit noch 1- und 2-reihige gezogene Vollernter vor, erste 4-reihige Vollernter sind aber bereits entwickelt und laufen im Praxiseinsatz.

Allen diesen gemein ist, dass es sich dabei um sehr leistungsfähige und hochkomplexe Spezialmaschinen handelt bei denen die Arbeitsproduktivität im Vergleich zu den Ausgangsverfahren um ein vielfaches gesteigert werden konnte. Den unbestreitbaren Vorteilen stehen aber auch hohe Gesamtgewichte und Radlasten samt der damit verbundenen Gefahr von Bodenschäden gegenüber (EHLERS, 1983)

Im Vergleich zur Mechanisierung der Erntearbeiten haben kombinierte Verfahren im Bereich der Sätechnik um einiges später an Bedeutung gewonnen. Erste Anfänge fanden sich im Zusammenfassen von Saatbettbereitung und Saat beim Anbau von Getreide in den 1980er-

Jahren. So wurden mit Kreiselegge und Sämaschine zwei Maschinen kombiniert gefahren, deren getrennter Einsatz auch weiterhin möglich war.

In ihrer höchsten Ausbaustufe führte diese Entwicklung schließlich zur Pflug-Saat (z. B. Packomat-Seeder von Firma Kverneland) wo Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat während einer Überfahrt durchgeführt werden.

Durch die zunehmende Etablierung der Mulchsaat in der Praxis begann die Verbreitung so genannter „Universalsämaschinen“. Mit diesen ist es möglich sowohl nach Pflug, Grubber und, unter gewissen Voraussetzungen, auch ohne vorhergehende Bodenbearbeitung zu säen. Bei den meist gezogenen Ausführungen ist eine Sämaschine mit vorlaufenden Bodenbearbeitungswerkzeugen zu einer vielseitigen Einheit zusammengefasst. Ein großer Saatgutvorratsbehälter in Verbindung mit hohen Arbeitsgeschwindigkeiten erlaubt hohe Schlagkraft. Im Extremfall braucht das Feld nur ein einziges Mal Überfahren werden um alle Arbeitsgänge für eine erfolgreiche Bestandesgründung zu erledigen.

Beim Anbau von Kartoffeln hielten kombinierte Verfahren ab Mitte der 1990er-Jahre verstärkt Einzug. Erst durch den vermehrten Einsatz von Pflgetraktoren mit Fronthydraulik, Frontzapfwelle und Allradantrieb gab es einen nachhaltigen Entwicklungsschub. Kombinationen die an der Heckhydraulik angebaut waren, solche wo Front- und Heckanbauräum genutzt wurden, sowohl mit aktiver als auch mit passiver Bodenbearbeitung fanden zunehmend Verwendung. Steigende Motorleistungen in diesem Traktorenssegment erlaubten die Beibehaltung der bisherigen Fahrgeschwindigkeiten.

Die Konkurrenz um die verschiedenen An- und Aufbauräume, verbunden mit einer weiteren Steigerung der Motorleistung und der angestrebten Leistungssteigerung über einen größeren Pflanzgutvorrat in der Legemaschine, führte zu einer verstärkten Verbreitung angehängter Modelle.

Zusätzlich wurde an technischen Lösungen zur Kombination des Legens mit der Enddammformung gearbeitet (PETERS, 2009; WULF et al., 2001). Handelt es sich dabei um Kombinationen von Legen mit der Enddammformung, so ist das meist über Anbaulösungen realisierbar. Soll zusätzlich noch die Bodenbearbeitung eingebunden und mehr Pflanzgut mitgenommen werden, dann wird häufig einer gezogenen Variante der Vorzug gegeben. Als Beispiel sei hier die in Abbildung 1 dargestellte Integration eines Kopplungsrahmens für Bodenbearbeitungsgeräte in die Anhängedeichsel einer gezogenen vierreihigen Legemaschine inklusive Enddammformung mit 3-t-Kippbunker genannt.



Abbildung 1: Gezogene Legekombination mit 3,5 t Bunker

Auch das so genannte „All-In-One“-System ist hier anzuführen (Abbildung 2). Dabei sind vier großvolumige Tragräder vor der Bestellkombination angeordnet und verteilen das Gewicht über die gesamte Arbeitsbreite. Der von der Kreiselegge gelockerte Boden wird beim Legen und Dammaufbau nicht mehr befahren (SCHMID, 2009).



Abbildung 2: "All-In-One"-Legekombination

Derartige Verfahren, bei denen alle Arbeitsschritte von Pflanzbettbereitung bis Enddammformung in einer Überfahrt ausgeführt werden können, zeigen ihre Vorteile unter optimalen Bedingungen in Versuchen und in der Praxis, aus der heraus sie teilweise auch entwickelt wurden. Unter schwierigen Bedingungen sind die Ergebnisse oft nicht zufriedenstellend (PETERS, 2009). Die aus den beträchtlichen Investitionskosten resultierenden notwendigen hohen Auslastungen stehen in Konkurrenz zu den Anforderungen dieser Verfahren bezüglich des Bodenzustands.

Auch werden die hohen Gesamtgewichte und Radlasten, verbunden mit den erforderlichen hohen Antriebsleistungen, unter den speziellen Bedingungen des Kartoffelbaus von verschiedensten Autoren kritisch betrachtet. (PETERS et al., 2008; WULF, 2003)

Eine interessante Lösung stellte die Firma Lely auf der Agritechnika 1995 unter der Bezeichnung „Dual-Plus-Verfahren“ vor. Mit einer Kreiselegge im Traktorfrontanbau und Legemaschine im Heck werden Pflanzbettbereitung und Legen kombiniert. Dabei wird der zum Aufbau der Dämme benötigte Bodenvorrat aus dem Bereich der Traktorspuren heraus zu Vordämmen aufgehäufelt. Von dem mit Pflegebereifung ausgerüsteten Traktor wird nur noch der Zwischendammbereich befahren. Dadurch können von Verdichtungen verursachte Wachstumsstörungen oder mögliche Schrollenbildungen bei ungünstigen Bodenverhältnissen vermieden werden (WULF, 1995). Die an der Traktorheckhydraulik angebaute Legemaschine legt die Kartoffeln dann in die vorgezogenen Dämme ab. Dieses System verspricht eventuell am Betrieb vorhandene Geräte durch geringfügige Anpassungen weitzunutzen zu können und keine teuren Spezialmaschinen anschaffen zu müssen. Trotzdem sollte ein schlagkräftiges Einmann-Bestellverfahren für den Regelspurbetrieb zur Verfügung stehen (GERIGHAUSEN, 1997). Die erforderliche Antriebsleistung sollte dabei nicht höher sein als jene, die für die Pflanzbettbereitung im Solobetrieb beim absetzigen Verfahren benötigt wird.

Falls gewünscht, wäre auch eine gleichzeitige Enddammformung beim Legen über eine Zusatzausstattung möglich. Damit sollte es möglich sein, sehr gut auf die jeweiligen Bedingungen während der Legearbeit zu reagieren.

Dieser allgemeine Trend zu kombinierten Verfahren hat seine Ursache in arbeits- und betriebswirtschaftlichen Gründen. Steigende Betriebsflächen, zunehmende Spezialisierung auf bestimmte Betriebszweige, die Knappheit bei Arbeitskräften und die Eingrenzung von Terminrisiken lassen Betriebsleiter immer mehr nach effizienteren Verfahren Ausschau halten.

In dieser Form stellte sich auch die Situation am Betrieb meiner Eltern gegen Ende der 1990er-Jahre dar. Kartoffeln wurden im absetzigen Verfahren mit zwei getrennten Überfahrten gelegt. Von Jahr zu Jahr hat sich die Arbeitssituation immer mehr angespannt. Durch das Verbinden mehrerer Arbeitsgängen könnte hier wieder Freiraum geschaffen werden.

Die oben angeführten Beispiele zeigen, dass es mittlerweile ein weites Spektrum an Möglichkeiten zur Kombination von Arbeitsgängen gibt. Für die Situation am Betrieb stellt sich die Frage, mit welcher Variante die betrieblichen Anforderungen und Entwicklungswünsche am besten realisiert werden können.

1.2 Pflanzenbauliche Voraussetzungen beim Kartoffelanbau

Die Kartoffel hat ein relativ schwach ausgeprägtes Wurzelsystem. Im Vergleich mit anderen Kulturpflanzen wurzeln Kartoffeln sehr flach, so dass für die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen nur ein verhältnismäßig geringes Bodenvolumen zur Verfügung steht (GEISLER, 1983).

SCHMIDTKE et al. (1999) ermittelten eine maximale Wurzellänge von 1314 m je m². Die bei anderen landwirtschaftlich genutzten Pflanzen beobachteten Werte liegen weit höher. So fand man etwa bei Hafer Gesamtwurzellängen von 10000 bis 15000 m je Quadratmeter Bodenoberfläche, bei Deutschem Weidelgras wurden sogar Werte von 55700 m/ m² festgestellt. Mit den oben angeführten vergleichsweise geringen Gesamtwurzellängen konnten Knollenerträge von bis zu 338 dt Frischmasse erreicht werden.

Die Wurzel trockenmasse zum Zeitpunkt der Blüte entsprach lediglich 4,1 % der zum Zeitpunkt der Ernte ermittelten Knollentrockenmasse. Das zeigt, dass die Kartoffel über ein sehr leistungsfähiges und effizientes Wurzelsystem verfügt und nur sehr wenige Assimilate zum Aufbau des Wurzelsystems verbraucht werden.

SCHMIDTKE et al. (1999) haben in ihrer Arbeit auch die Wurzelverteilung beobachtet. Dabei wurden jeweils zu Blühbeginn und Blühende Wurzelprofile ermittelt. Für diese Untersuchung wurde in einem 90-Grad-Winkel zu den Kartoffelreihen mittig durch zwei Kartoffelstauden eine geglättete Profilwand angelegt. Diese reichte über zwei Reihen und bis zur maximalen Durchwurzelungstiefe der Kartoffeln. Von der geglätteten Profilloberfläche wurde mit einer

Druckluftspritze eine Bodenschicht von 5 mm Dicke abgespült und so die Wurzel freigelegt. In der Profilaufnahme wurden jeweils 5 mm sichtbare Wurzellänge mit einem Punkt dargestellt und so das Wurzelprofil aufgezeichnet.

Die Termine waren so gewählt, dass die Zeitspanne des voll entwickelten Wurzelsystems und des höchsten Knollenzuwachses erfasst wurde (GEISLER, 1983; SCHICK & KLINKOWSKI, 1962).

Abbildung 3 zeigt die Wurzelverteilung zu Blühbeginn. Bei dieser ersten Aufnahme war fast ausschließlich der Bereich unterhalb des Kartoffeldammes durchwurzelt, nur 0,8 % der Gesamtwurzellänge fand sich unterhalb der Dammsohle.

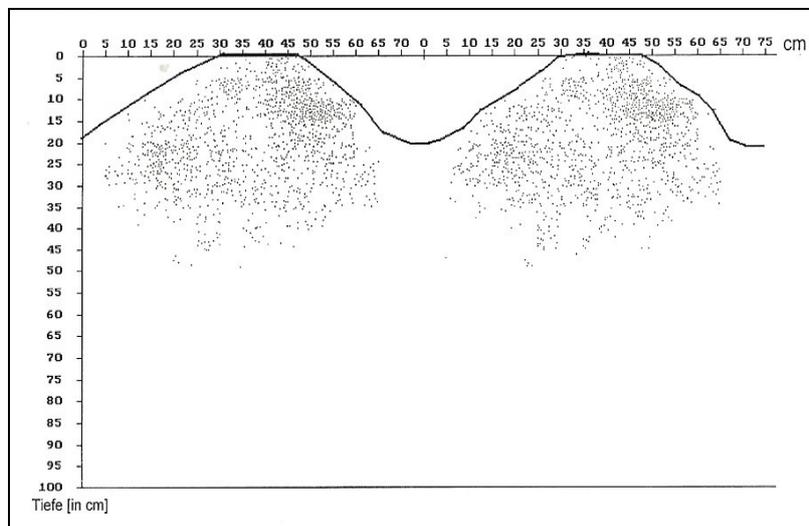


Abbildung 3: Wurzelprofil der Sorte Agria nach Herbstumbruch am 18.6.1996 (56 Tage nach Pflanzung, EC 62: Blühbeginn, ein Punkt symbolisiert eine Wurzellänge von 5 mm), SCHMIDTKE et al., (1999)

Bis zum Ende der Blüte hat die Durchwurzelung unterhalb der Dammsohle deutlich zugenommen, doch fanden sich auch zu diesem Zeitpunkt im Mittel nur 2,8 % der Gesamtwurzellänge in diesem Bereich (Abbildung 4).

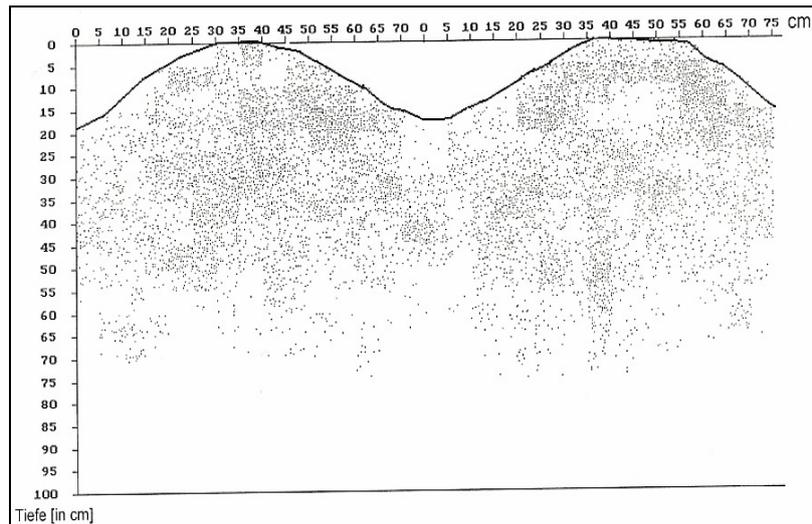


Abbildung 4: Wurzelprofil der Sorte Agria nach Herbstumbruch am 28.7.1996 (96 Tage nach Pflanzung, EC 69: Blühende, ein Punkt symbolisiert eine Wurzellänge von 5 mm), SCHMIDTKE et al., (1999)

Das zeigt die Bedeutung einer ungestörten Entwicklung des Wurzelsystems unterhalb des Dammbereichs auf.

Beeinträchtigungen können von Verdichtungen durch Traktorspuren ausgehen. Diese können bei durchgeführten Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen vor dem Legen oder durch die Bereifung des Traktors beim Legen selbst entstanden sein.

Die Wirkung von Bodenverdichtungen im Wuchsbereich der Kartoffeln hervorgerufen durch das Befahren mit Breitreifen haben SCHRÖDER et al. (2001) untersucht. Dabei stieg der Anteil deformierter Knollen in den vor dem Legen überfahrenen Dammbereichen im Vergleich zu jenen Reihen, bei denen mit Pflegebereifung nur der Zwischendammbereich befahren wurde. Obwohl der Rohwareertrag durch die Reifenbreiten nicht beeinflusst wurde, sank dadurch der Anteil vermarktbarer Ware. Weiters wurde ein erhöhter Schrollenanteil im Erntegut festgestellt, womit mehr Verleseaufwand bei der Ernte verbunden war.

WULF (2003) ermittelte in den Folgejahren dieses Versuchs nach feuchten Bodenbedingungen beim Legen einen verzögerten Feldaufgang und mehr Fehlstellen in den überfahrenen Reihen. Unter diesen ungünstigen Voraussetzungen war auch der Rohwareertrag der befahrenen Reihen um 10 % reduziert. Auch der Einsatz eines kompakt bauenden Kurzgrubbers vor der Legemaschine konnte den erhöhten Anteil von Schrollen und deformierter Knollen im Erntegut nicht vollständig reduzieren.

Um möglichst gute Wachstumsbedingungen für die Kartoffel zu schaffen sollte der Boden bei der Pflanzbettbereitung soviel wie nötig aber so wenig wie möglich bearbeitet werden. Auf

zur Schrollenbildung neigenden Böden ist es sinnvoll, die Grundbodenbearbeitung möglichst im Herbst durchzuführen, um bis zum Frühjahr die Frostgare zur Lockerung des Bodens nutzen zu können. Nach der Grundbodenbearbeitung soll der Acker durch das Bearbeiten im Regelspursystem nur noch spurgerecht befahren werden. Die Fahrspuren verlaufen dann nur mehr im Bereich der späteren Furchen und nicht „ungeordnet“ teilweise im zukünftigen Wuchsbereich der Pflanzen. Der Acker soll möglichst wenig befahren werden. Das bedeutet, dass die Arbeitsgänge auf ein notwendiges Minimum beschränkt werden. Kombinationen von Pflanzbettvorbereitung und Pflanzung sind in diesem Zusammenhang sehr sinnvoll (NEUBAUER, 1997).

In dieser Arbeit soll das bisher angewandte betriebsübliche Verfahren mit dem Dual-Plus-System verglichen werden hinsichtlich Arbeitszeit und betriebswirtschaftlicher Aspekte. Ein Vergleich von Ertrag und Qualität soll angestellt werden.

Dabei sollen auch folgende grundsätzliche Fragen beantwortet werden:

- ? Wie hoch ist der tatsächliche Arbeitszeitbedarf beim Kartoffellegen?
- ? Welchen Zeitanteil beanspruchen die einzelnen Arbeitsabschnitte?
- ? Wie hoch sind die Maschinenkosten?
- ? Wie hoch ist der Energieeinsatz?
- ? Bringt ein kombiniertes Verfahren Verbesserungsmöglichkeiten?
- ? Wenn ja, dann wo?
- ? Wo können weitere Verbesserungen realisiert werden?

2 Problemstellung

2.1 Die betriebliche Ausgangssituation

Die Idee zu dieser Arbeit entstand aus der im Laufe der Jahre sich immer mehr zuspitzenden Arbeitssituation auf dem Betrieb meiner Eltern während der Frühjahrsbestellung. Der Betrieb liegt im östlichen Niederösterreich im Marchfeld. Seit Ende der 1980er Jahre wird viehlos gewirtschaftet, die bewirtschaftete Fläche umfasst etwa 95 ha. Diese finden sich auf 21 Schlägen mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 4,59 ha. Die Arbeiten wurden ausschließlich von Familienmitgliedern durchgeführt. Die Hauptarbeit verrichteten mein Vater und meine Mutter, während der Arbeitsspitzen wurden sie von meinem Bruder und mir unterstützt.

Das Kulturartenverhältnis im Jahr 1999 ist in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Das Kulturartenverhältnis 1999

Kultur	ha
Winterweizen	23,85
Winterroggen	5,45
Sommergerste	9,62
Zuckerrübe	14,24
Kartoffel	25,59
Sommerzwiebel	3,75
Gemüseerbse	10,60
Grünbrache	3,30
Gesamtfläche	96,40

Der Kartoffelanbau bildet mit einem Umfang von etwa 25 ha einen Schwerpunkt und wurde im Zuge der Jahre kontinuierlich ausgeweitet. Schlechte Marktbedingungen bei Getreide und gute Produktions- und Absatzbedingungen bei Kartoffeln waren die Gründe für diese Entscheidung. Ein Teil der Fläche wird mit Speisekartoffeln für den freien Markt bebaut, auf etwa der Hälfte der Kartoffelfläche wird Vertragsanbau von Speiseindustriekartoffeln für die Firma Frisch & Frost in Hollabrunn betrieben.

Für den Kartoffelanbau ist eine vollständige Mechanisierungskette vorhanden. Anbau, Pflege und Erntearbeiten werden mit Eigenmechanisierung erledigt.

Der Frühjahrsanbau bildete, wie in den meisten landwirtschaftlichen Betrieben, eine Arbeitsspitze. Durch die Ausweitung des Kartoffelanbaus kam es vor allem nach länger andauernden Regenperioden im Frühjahr immer wieder zu Engpässen bei Arbeitskräften und den vorhandenen Traktoren.

Oft erforderte es die Wettersituation mehrere Arbeiten parallel durchzuführen.

Nach intensiven Frühjahrsniederschlägen kann es vorkommen, dass die Felder ein bis zwei Wochen unbefahrbar sind. Die verbleibenden Feldarbeitstage müssen möglichst effizient genutzt werden um den Anbau zeitgerecht erledigen zu können.

In Jahren mit geringen oder gar keinen Niederschlägen, muss der Anbau abgeschlossen sein, bevor die Böden im Saathorizont ausgetrocknet sind.

Insbesondere das Legen der Kartoffeln stellt eine Herausforderung dar. Jede Arbeitskraft und alle Traktoren sind eingebunden. Eine Besonderheit dieser Kultur ist die große Masse an Pflanzgut je Hektar die zu manipulieren ist. Mit Ausweitung der Anbaufläche beanspruchte das Kartoffellegen mit dem betriebsüblichen Verfahren zwei Arbeitswochen.

Unterbrechungen während dieser Zeit, um andere Arbeiten zu erledigen, führten dazu, dass sich das Kartoffellegen über eine noch größere Zeitspanne ausdehnte.

Der betriebsübliche Arbeitsablauf beim Kartoffellegen soll nun kurz beschrieben werden:

In der Fruchtfolge wird Kartoffel am Betrieb in der Regel nach Zuckerrübe gebaut. Die Grundbodenbearbeitung zu Kartoffel erfolgt mit dem Pflug im Herbst des Vorjahres nach der Rübenernte. Die Arbeitstiefe beträgt 25 bis 30 cm. Nach dem Abtrocknen im Frühjahr wird zunächst eine NPK-Grunddüngung durchgeführt, danach die dabei entstandenen Spuren mit Spurlockern aufgebrochen. Um das Feld einzuebnen folgt ein Arbeitsgang mit einer Ackerschlepe. So bleiben die Felder dann liegen bis zum Kartoffelanbau.

Dieser wird bei dem am Betrieb angewandten Verfahren mit zwei Überfahrten durchgeführt. Eine Arbeitskraft erledigt mit dem Bodenbearbeitungstraktor und einer Hakenfräse die Pflanzbettbereitung. In einer zweiten Überfahrt erfolgt dann das Legen der Kartoffeln mit

Kulturtraktor und Legemaschine, wobei eine Person Traktor und Legemaschine bedient, eine Zweite den Nachfluss der Pflanzknollen überwacht. Dadurch wird Störungen bei der Legearbeit und Fehlstellen im zu etablierenden Bestand vorgebeugt.

Je Hektar werden, je nach Sortierung der Knollen und Legeabstand, 1500 bis 2500 kg Pflanzgut benötigt. In Ausnahmefällen kann dieser Wert auch noch höher liegen. Dieses wird auf Anhängern zum Feldrand gebracht und in die Legemaschine gefüllt. Je nach Fortschritt der Legearbeit ist es mitunter mehrmals am Tag erforderlich Pflanzgut vom Hof nachzuholen. Zumeist werden 2 Anhänger bei Beginn der Legearbeit in der Früh mit aufs Feld genommen. Am Vormittag entleerte Anhänger dann über Mittag am Betrieb neu beladen um für den Rest des Tages ausreichend Pflanzgut am Feld zu haben. Für einen ungestörten Ablauf der Legearbeit wäre es von Vorteil, wenn die Pflanzgutlogistik von einer eigenen Arbeitskraft mit Traktor erfüllt werden könnte.

Diese beschriebenen Engpässe zeigten in den vorangegangenen Jahren die Notwendigkeit auf, den Ablauf der Frühjahrsarbeit effizienter zu gestalten.

2.2 Die technische und wirtschaftliche Ausgangssituation

Bodenbearbeitung, Anbau- und Erntetechnik müssen heute auch im Kartoffelbau als integriertes System betrachtet werden, da bereits mit der Bodenbearbeitung zum Anbau Auswirkung auf die Ernte verbunden sein können. Bei der Ernte werden vom Sammelroder 600 bis 700 m³ / ha Boden aufgenommen. Jeder Zentimeter mehr an Rodetiefe bedeutet etwa 70 m³/ha mehr an Boden der abgesiebt werden muss (SCHOLZ, 1984). Daher sollten beim Pflanzen die Bedingungen so gestaltet werden, dass einerseits den Ansprüchen der Kartoffeln entsprochen, andererseits auch die Basis für einen möglichst ungestörten Ernteablauf geschaffen wird. Dazu zählt etwa, dass sich die tiefsten Knollen der einzelnen Stauden bei der Ernte in gleicher Tiefe befinden sollen damit das Rodeschar möglichst flach geführt werden kann. Andererseits sollen sich die Kartoffeln im Damm aber auch ausreichend tief ausbreiten, um einem erhöhten Anteil ergrünter Knollen im Erntegut vorzubeugen.

Um den Verleseaufwand möglichst gering zu halten, sollte die Erde in dem vom Sammelroder aufgenommenen Damm möglichst siebfähig sein. Die Bodenbearbeitung zum Legen soll dahingehend ausgerichtet sein, den Schrollenanteil bei der Ernte so weit wie möglich zu reduzieren.

Das Einhalten einer exakten Legetiefe ist auch Voraussetzung für eine gleichmäßige Entwicklung des Bestandes.

Für die Bedingungen im Kartoffelanbau ist es nicht nur notwendig, die Kosten für das Legen gering zu halten. Vielmehr verlangt die enge Verschränkung von Anbau- und Erntemaßnahmen, die gesamten Verfahrenskosten einzubeziehen und die Differenz zwischen den erzielbaren Erlösen und anfallenden Kosten zu optimieren.

Beim Anbau von Kartoffeln können folgende Arbeitsschritte unterschieden werden:

- Grundbodenbearbeitung
- Grunddüngung
- Pflanzbettbereitung
- Beizung
- Kartoffellegen
- N-Düngung
- Enddammformung

Mit den in Abschnitt 1.1 beschriebenen Gerätekombinationen ist es möglich, bis auf die Grundbodenbearbeitung alle Arbeitsgänge während einer Überfahrt zu erledigen. Vor allem Kombinationen mit gleichzeitiger Enddammformung sind in den letzten Jahren verstärkt eingesetzt worden. Diese teilweise sehr komplexen Maschinen stellen hohe Anforderungen an Pflanzgut, Bodenzustand und Witterung. Wird unter ungünstigen Bedingungen gelegt, so kann die gesteigerte Arbeitsproduktivität bei der Legearbeit mit Beeinträchtigungen beim Pflanzenwachstum und erhöhtem Aufwand beim Roden der Kartoffeln erkauft werden. Es ist daher immer wieder eine kritische standort- und partienspezifische Entscheidung über das gleichzeitige Enddammhäufeln notwendig (PETERS, 2009).

Das bei ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen notwendige Zuwarten ist beim Anbau von Spätsorten unproblematisch. Werden am Betrieb auf einem gewissen Teil der Fläche auch Fröhsorten gepflanzt, scheidet ein Verfahren mit gleichzeitiger Enddammformung aus.

Die Entscheidung für ein bestimmtes Verfahren ist gleichzeitig immer auch eine Entscheidung für ein bestimmtes Witterungs- bzw. Terminrisiko. Dieses leitet sich aus den erforderlichen Auslastungen ab, die ein wirtschaftlicher Einsatz mit sich bringt. Dabei stellt

sich die Frage, wie hoch der Grad an Kombination sein soll bzw. sein kann, um eine angestrebte Steigerung bei der Produktivität mit möglichst geringem Risiko zu realisieren. Weiters ist mit jedem Verfahren auch ein entsprechendes pflanzenbauliches Potential verbunden, dessen monetäre Effekte die zusätzlich anfallenden Kosten bei weitem kompensieren können. Auf diese Weise kann es trotz einer Kostensteigerung zu einer Verbesserung des Betriebsergebnisses führen.

SCHINDLER (2009) berechnete für 6 verschiedene Mechanisierungsvarianten im Kartoffelbau die Maschinenkosten. Beim Anbau war die Ausgangsvariante das absetzige Verfahren, bei dem alle Arbeitsschritte von Pflanzbettbereitung, Legen, Düngen und Häufeln in einer separaten Überfahrt erledigt werden. Schritt für Schritt wurden Arbeitsgänge zusammengefasst und die Anzahl der erforderlichen Fahrten über das Feld reduziert. Schließlich konnten während einer einzigen Überfahrt alle notwendigen Arbeiten durchgeführt werden.

Für jede dieser Varianten wurden die Kosten berechnet. Die Summe für die Arbeitsschritte von Pflanzbettbereitung bis Enddammformung bewegt sich im Bereich von 238 €/ha bis 297 €/ha. Die Differenz, bei den unterstellten Auslastungen, zwischen dem kostengünstigsten und dem teuersten Anbauverfahren beträgt also 59 €/ha. Neben der Art der Mechanisierung ist es vor allem bei der kostenintensiven Kartoffeltechnik wichtig, die eingesetzte Technik möglichst gut auszulasten. Schindler kam zu dem Schluss, dass das Potential zur Kostenreduktion durch gute Auslastung höher einzustufen ist als jene Unterschiede, die sich zwischen den jeweiligen Anbauverfahren ergeben.

BUSCHE (2006) verglich die Kosten von 5 Kombinationsvarianten für den Kartoffelanbau. Dabei stellte er den Kosten zusätzlich die jeweiligen Marktleistungen gegenüber. Auch er kam zu dem Ergebnis, dass die Unterschiede auf Kostenseite sehr gering sind. Bei der Marktleistung kam er jedoch zwischen den einzelnen Varianten auf Differenzen von bis zu 600 €/ha! Dabei geht ein Anteil von 20 % auf eine Steigerung der Qualität zurück, 80 % der Differenz beruhen auf dem erhöhten Ertrag.

Für die Entscheidungsfindung kann man daraus ableiten dass, sofern gewisse wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt sind, die Entscheidung für eine bestimmte Mechanisierungsform auf Basis pflanzenbaulicher Kriterien getroffen werden kann ohne dabei Nachteile auf der Kostenseite in Kauf nehmen zu müssen.

Für die Situation am Betrieb ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz eines neuen Anbauverfahrens einerseits zur Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen Situation führen, andererseits damit auch eine Senkung der Maschinenkosten unter Beibehaltung bzw. Verbesserung pflanzenbaulicher Parameter einhergehen soll. Gleichzeitig soll die Mechanisierung flexibel bleiben, um etwaige weitere Kostensenkungspotentiale realisieren sowie auf neue Produktionsrichtungen reagieren zu können.

Unter dem Aspekt des Bodenschutzes sollten die Achslasten nicht steigen.

Unter diesen Prämissen sollten vorhandene Maschinen möglichst weiterverwendet und auch kein leistungsstärkerer Traktor angeschafft werden müssen.

Betriebsstundenaufzeichnungen aus den der Arbeit vorausgegangenen Jahre haben gezeigt, dass der Traktor für die Bodenbearbeitung etwa 650-700 Betriebsstunden pro Jahr eingesetzt wurde, während der Kulturtraktor mit 950-1000 Einsatzstunden/Jahr um fast 50 Prozent mehr ausgelastet war. Zusätzlich ging aus diesen Erhebungen auch hervor, dass der Bodenbearbeitungstraktor nach Abschluss der Frühjahrbestellung von etwa Mitte April bis Mitte Juli kaum verwendet wurde (EIGENE AUFZEICHNUNGEN, 1993 - 1995). Durch Übertragung einiger Arbeiten vom Kulturtraktor zum Bodenbearbeitungstraktor könnten die Auslastungen angeglichen werden.

Am Betrieb werden folgende Maschinen im Kartoffelbau eingesetzt:

- Bodenbearbeitungstraktor Fendt 510 C, 77 kW
- Kulturtraktor Fendt 308 LSA, 60 kW
- Kartoffellegger mit Doppelbechergurt Underhaug 1400, 4-reihig
- Hakenfräse Baselier 3,2 m mit Saatbett- und Häufelausrüstung 4-reihig
- Kartoffelvollernter, 1-reihig
- Feldspritze, Düngerstreuer, Anhänger, Bewässerungsanlage

Eine Möglichkeit, das in der Praxis umzusetzen, stellt die Gerätekombination der Firma Lely mit der Bezeichnung „Lely Dual-Plus“ dar. In dieser Arbeit soll das bisher am Betrieb angewandte absetzige Anbauverfahren mit dem System der Firma Lely hinsichtlich Arbeitszeitbedarf, Maschinenkosten, Treibstoffverbrauch, Ertrag und Qualität verglichen werden.

3 Versuchsanlage, Durchführung

Die Daten für diese Arbeit wurden in der Anbausaison 1999 im Rahmen des betrieblichen Kartoffelanbaus erhoben.

Auf einem Feld wurde der Arbeitszeitbedarf für Pflanzbettbereitung und Legearbeit bestimmt. Dabei wurde für beide Verfahren auch der Treibstoffverbrauch gemessen

Die Betriebsstunden der eingesetzten Traktoren und Maschinen wurden festgehalten und mit den ermittelten Daten die Mechanisierungskosten auf Grundlage der ÖKL-Richtsätze 2009 berechnet.

Auf einem zweiten Feld wurden Versuche über Qualitätsparameter und Ertrag angelegt. Beide Felder wurden bis Versuchsbeginn betriebsüblich bearbeitet.

Der Anbau der Kartoffeln erfolgt in Dammkultur mit 75 cm Reihenabstand, 4-reihiger Legemaschine und 3 m Arbeitsbreite. Die beim Legen gezogenen Dämme werden kurz vor dem Auflaufen der Kartoffelpflanzen nach erfolgter Stickstoffdüngung mit einer ebenfalls 4-reihigen Dammfräse auf ihre endgültige Form hochgezogen.

Die weitere Bestandesführung geschah dann nach betriebsüblichem Muster.

3.1 Die untersuchten Verfahren

3.1.1 Das betriebsübliche Verfahren

Bei dem bisher am Betrieb verwendeten absetzigen Verfahren erfolgen Pflanzbettbereitung und Kartoffellegen in getrennten Arbeitsgängen während zweier Überfahrten.

- Die Pflanzbettbereitung

Das Pflanzbett für die Kartoffeln wird mit der Hakenfräse in Saatbettausstattung und dem 77 kW-Traktor hergerichtet (Abbildung 5). Um den Bodendruck und die Spurtiefe möglichst gering zu halten ist die Hinterachse des Traktors mit Doppelbereifung, bestehend aus 11,2 R 48 und 18,4 R 38, ausgerüstet. Abbildung 6 zeigt den Bearbeitungshorizont von etwa 15 cm. Dieser wird bei Fahrgeschwindigkeiten um 3 km/h bearbeitet. Die gewünschte Arbeitstiefe

kann über eine Stabwalze im Heck und Stützräder an der Vorderseite der Fräse mittels Handspindeln eingestellt werden.



Abbildung 5: Pflanzbettbereitung mit Hakenfräse beim betriebsüblichen Verfahren



Abbildung 6: Die Arbeitstiefe beim Fräsen

- Das Kartoffellegen

Dieses erfolgt mit dem 60 kW Kulturtraktor, ausgerüstet mit 9,5 Zoll Pflegebereifung, und angebauter 4-reihiger Legemaschine. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 5–6 km/h. Die Legeeinrichtung wird mechanisch über das Fahrwerk angetrieben. Dieses läuft schlupfarm in der Traktorspur wodurch die gewünschten Legeabstände exakter eingehalten werden. Der Abstand der Knollen in der Reihe kann durch Verschieben der Ritzelwelle des Antriebs und Umlegen der Antriebskette auf verschiedene Kettenkränze variiert werden. Die Pflanzknollen werden so tief platziert, dass sich die Oberkante der abgelegten Knollen 5 cm unter der ursprünglichen Ackeroberfläche befindet.



Abbildung 7: Das Kartoffellegen beim betriebsüblichen Verfahren

3.1.2 Das kombinierte Verfahren: Dual-Plus System (Fa. Lely)

Bei diesem Verfahren wird Pflanzbettbereitung und Legen der Kartoffel während einer Überfahrt ausgeführt. Abbildung 8 zeigt den Aufbau der Gerätekombination mit einer 3 m Kreiselegge, Stabwalze und Dammformblechen im Frontanbau. Die Variation der Kreiseldrehzahl erfolgt durch Austausch von Zahnradpaaren im Getriebe. Mit der eingebauten Kombination von 16 und 19 Zähnen ergibt sich bei 1000 u/min der Frontzapfwelle eine Kreiseldrehzahl von 437 u/min. Direkt hinter den Kreiseln der Egge sind die Dammformbleche angebracht. Ihre Aufgabe ist es den gelockerten Boden aus dem

Spurbereich des Traktors zu befördern und mit ihm einen Damm zu Formen. Kreiselegge und Dammformer werden über die vorlaufende Stabwalze (33 cm Durchmesser) und 4 Stützräder, die im Furchenbereich zwischen den vorgeformten Dämmen laufen, in der Tiefe geführt. Dahinter folgt der mit Pflegebereifung (11,2 R 32 an Vorderachse und 11,2 R 48 an Hinterachse) ausgerüstete 77 kW Traktor. Die Spurweite beträgt mit 150 cm den doppelten Reihenabstand der Kartoffeln.

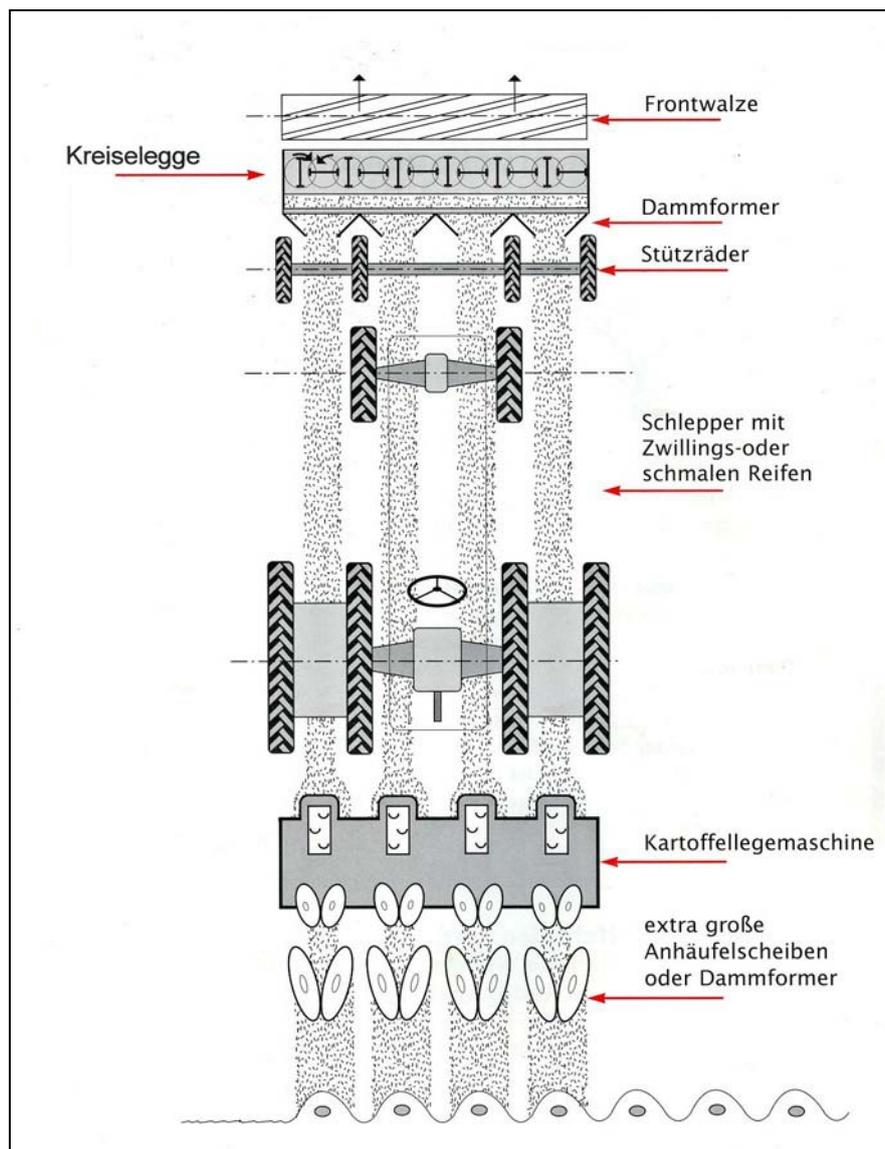


Abbildung 8: Schematische Darstellung Dual-Plus System (Verändert nach Firmenmitteilung Fa. Lely)

Die Kreiselegge wird über die 1000er Frontzapfwelle angetrieben. Am Heckhubwerk ist dieselbe 4-reihige Legemaschine angebaut wie bei der betriebsüblichen Variante. Von dieser

werden zunächst die vorgeformten Dämme wieder geöffnet und die Pflanzknollen in die geöffneten Furchen abgelegt. Die Ablagetiefe wurde wie beim betriebsüblichen Verfahren so gewählt, dass sich die Oberkante der gelegten Knollen 5 cm unter der ursprünglichen Ackeroberfläche befindet. Zum Abschluss formen Häufelscheiben den Legedamm aus der vorher zur Seite geräumten Erde. Auf Abbildung 9 ist das kombinierte Verfahren im praktischen Einsatz zu sehen.



Abbildung 9: Das kombinierte Verfahren im Feldeinsatz

3.2 Die Zeitmessungen

3.2.1 Die Teilzeitmethode

Bei der Ermittlung des Zeitaufwands wurde nach der Teilzeitmethode vorgegangen. Dabei werden die Arbeitsabläufe soweit in Teilzeiten zerlegt, wie diese Zeitabschnitte als eigenständig, wesentlich und in sich abgeschlossen betrachtet werden können (JÄGER, 1991).

Die Zeitmessungen erfolgten mit einer Stoppuhr während der Legearbeit, die abgelesenen Werte wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet (Abbildung 10). Jedes Absenken, Anheben, Befüllen etc. wurde erfasst und so die Grenzen der einzelnen Arbeitsabschnitte festgehalten. Die Werte wurden in Tabellenform übertragen und daraus die Dauer der einzelnen Arbeitsabschnitte berechnet. Das erfolgte sowohl beim betriebsüblichen als auch



Abbildung 10: Stoppuhr und Diktiergerät für Zeitmessungen

beim Dual plus Verfahren. Durch Aufsummieren der einzelnen Teilzeiten ergab sich der Gesamtarbeitszeitbedarf der untersuchten Verfahren.

Erhoben wurden nur die Zeiten am Feld. Rüstzeiten am Betrieb sowie Wegzeiten zum und vom Feld wurden nicht erfasst. Auch nicht der Zeitbedarf für die Pflanzgutlogistik. Während des Legens wurde Pflanzgut nach jeder Hin- und Rückfahrt nachgefüllt um möglichst einheitliche Bedingungen zu schaffen.

3.2.2 Der Standort „Obere Hofstetten“

Das Feld auf dem die Zeitmessungen durchgeführt wurden liegt in der Katastralgemeinde Markgrafneusiedl und trägt die Bezeichnung „Obere Hofstetten“. Es ist an zwei Seiten von Wald eingesäumt und hat ein Flächenausmaß von 10,97 ha. Die Österreichische Bodenkarte weist 3 Bodentypen aus: Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten über Schotter oder Sand (Bodenform 15), Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten (Bodenform 20) und Tschernosem aus kalkhaltigem Flugsand (Bodenform 33) aus. Von der Bodenschwere ist dieser Boden als leicht bis mittel einzustufen, er ist tiefgründig bei einer Krumentiefe von mehr als 40 cm. Das Feld ist eben und die Wasserverhältnisse werden als trocken eingestuft.

Es ist mittel- bis hochwertiges Ackerland, in manchen Bereichen besteht Erosionsgefahr durch Wind.

Von der Bodenart findet sich auf etwa der Hälfte der Fläche stark sandiger Lehm (SL) auf Sand und Schotter, auf dem übrigen Teil liegt lehmiger Sand (IS) oder sandiger Lehm (sL) auf Sand bzw. Schotter vor. Die Ackerzahlen bewegen sich zwischen 24 und 57. (BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN, 2009)

3.2.3 Die Versuchsanlage

Begonnen wurde am 23.3.1999 mit dem Dual-Plus System der Firma Lely zunächst ohne Zeitmessungen. Um das Gerät auf die Feldbedingungen anzupassen und es im praktischen Einsatz kennen zu lernen wurde der Ersteinsatz gemeinsam mit einem Mitarbeiter der Firma Lely, Herrn Samm, vorgenommen. Der Boden war vom Abschleifen oberflächlich locker und gut abgetrocknet. Unter dieser Schicht war die Winterfeuchte noch gut gespeichert. Über Veränderungen an den einzelnen Spindeln und Lochrastern wurde schließlich eine gute Einstellung für die Legearbeit unter den vorliegenden Praxisbedingungen gefunden.

Am Feldrand wurden Anhänger mit Pflanzgut bereitgestellt von wo aus nach jeder Hin- und Rückfahrt Pflanzgut in die Legemaschine nachgefüllt wurde. Das Pflanzgut war in 50 kg Säcken auf Europaletten zu je 1000 kg geschichtet. Nachdem die Verschlussnaht der Jutesäcke aufgetrennt war, konnte das Pflanzgut in die Legemaschine gefüllt werden. Etwa 1000 kg fanden im Vorratsbehälter platz, bei Bedarf konnten weitere Säcke auf einer Ablageschiene zugeladen werden. Auf diese Weise war es möglich, bis zu 1300 kg Gesamtvorrat mitzuführen. Von diesen können etwa 1100 kg ausgelegt werden, etwa 200 kg sollten als Restmenge in den Legeeinrichtungen verbleiben, um nach dem Nachfüllen Fehlstellen zu vermeiden.

3.2.3.1 Die Zeitmessungen beim kombinierten Verfahren

Mit den Zeitmessungen wurde am 24.3.1999 begonnen. Bei einer eingestellten Arbeitstiefe der Kreiselegge von 11 cm konnte eine Arbeitsgeschwindigkeit 4,3 km/h gefahren werden. Die Abstufung des Getriebes erlaubte nicht, in den nächst höheren Gang zu wechseln. Die Drehzahl der Frontzapfwelle wurde mit 1000 u/min konstant gehalten, was einer Kreiseldrehzahl 437 u/min entsprach.

Am 25.3. wurde die Arbeitstiefe auf 10 cm reduziert. Mit dieser Einstellung konnte die Fahrgeschwindigkeit auf 5,3 km/h erhöht werden.

Mit der gewählten Legetiefe (Oberkante der Pflanzknolle 5 cm unter ursprünglicher Ackeroberfläche) konnten die Knollen auf dem unbearbeiteten Untergrund platziert werden und hatten somit direkten Kontakt zur wasserführenden Schicht des Bodens.

Gelegt wurde die Sorten Fambo mit 37 cm Abstand in der Reihe. Daraus ergibt sich eine theoretische Pflanzdichte von 36 000 Knollen/ha. Der Pflanzgutbedarf belief sich auf 2400 kg je ha, die Knollen waren auf 35 bis 50 mm sortiert.

Für einen ungestörten Arbeitsablauf waren 2 Arbeitskräfte am Feld erforderlich.

Folgende Teilzeiten wurden erhoben:

- Das Legen: Dieser Zeitabschnitt stellt die eigentliche Legearbeit dar und umfasst die kombinierten Arbeitsgänge von Bodenbearbeitung und Legen. Er beginnt mit dem Senken des Fronthubwerks und endet mit dem Ausheben des Heckhubwerks am anderen Feldende.
- Das Wenden: Hier sind die Wendevorgänge zwischen Hin- und Rückfahrt, beginnend mit dem Ausheben des Heckhubwerks am Ende der Legespur bis zum Absenken des Fronthubwerks in der nächsten Legespur enthalten. Gewendet wurde mit Zurücksetzen.
- Unter „Fahrten“ sind die Zeiten für die Fahrten zum Pflanzgutnachfüllen und wieder zurück zur Legespur zusammengefasst. Die Fahrt zum Anhänger beginnt mit dem Ausheben der Legemaschine am Feldrand und endet nach dem Absenken des Hubwerks mit dem Abstellen des Traktors. Die Fahrt vom Füllen beginnt mit dem Traktorstart nach dem Füllen und endet mit dem Absenken des Fronthubwerks beim Beginn des Legens.
- Das Füllen stellt die Zeit für das Befüllen der Legemaschine mit Pflanzgut für eine Hin- und Rückfahrt auf dem Feld dar. Es beginnt mit dem Abstellen des Traktors und endet mit dem erneuten Motorstart.
- Rüstzeiten am Feld sind zum Beispiel ein Pflanzgutwechsel auf andere Sorten

3.2.3.2 Die Zeitmessungen beim betriebsüblichen Verfahren

Mit den Zeitmessungen für das betriebsübliche Verfahren wurde am 30.3.1999 begonnen. Da Pflanzbettbereitung und Legen in getrennten Überfahrten erfolgen, ist es erforderlich mit der Bodenbearbeitung etwas früher zu beginnen um sich bei der Arbeit nicht zu behindern. In der Zeit zwischen beiden Arbeitsgängen hat der Boden auch Zeit oberflächlich etwas abzutrocknen, was einer störungsfreien Legearbeit zugute kommt.

Der Traktor für die Bodenbearbeitung wurde eine Doppelbereifung an der Hinterachse montiert um den Bodendruck möglichst gering zu halten. Die Arbeitstiefe der Hakenfräse betrug 13 – 15 cm, was eine Arbeitsgeschwindigkeit von 2,9 bis 3,5 km/h erlaubte.

Mit etwas Verzögerung begann dann die Legearbeit. Dabei wurde eine Geschwindigkeit von 5,3 bis 5,6 km/h gefahren. Gelegt wurde zuerst die Sorte Ukama mit 37 cm Abstand in der Reihe und einem Pflanzgutaufwand von 2000 kg/ha. Danach wurde auf die Sorte Ditta gewechselt. Diese war mit 30/47 mm enger sortiert als die anderen Sorten. Mit 33 cm Legeabstand wurden 40 400 Knollen/ha abgelegt, das entsprach 2500 kg/ha.

Bei diesem Verfahren waren 3 Arbeitskräfte am Feld erforderlich. Eine für die Pflanzbettbereitung und 2 Personen für die Legearbeit.

Folgende Teilzeiten wurden dabei erhoben:

Bei der Pflanzbettbereitung:

- Das Fräsen: Dieses umfasst die Zeit vom Absenken des Hubwerks am Beginn des Feldes, das Einschalten der Zapfwelle, das Fräsen, Ausschalten der Zapfwelle bis zur Betätigung des Hubwerks am Ende des Feldes.
- Wendezeit bei der Fräsarbeit (WendenF): Der Wendevorgang beginnt mit dem Ausheben des Heckhubwerks am Feldende und endet nach dem Wendevorgang mit dem Absenken des Hubwerks. Das Wenden erfolgte mit einmaligem Zurücksetzen.

Beim nachfolgenden Legen:

- Das Legen: Beginnend mit dem Absenken des Kartoffellegers bis zu dessen Ausheben am anderen Feldende.

- Wendezeit beim Legen (WendenL): Ein Wendevorgang dauert vom Ausheben des Hubwerks am Feldende bis zum Absenken in der nächsten Legespur. Gewendet wurde mit Zurücksetzen.
- Die Fahrten zum Füllen und danach wieder zurück bis zum Beginn der Legearbeit. Beginn und Ende dieses Abschnitts sind gleich wie oben beim kombinierten Verfahren.
- Füllzeit: Das Füllen beginnt mit dem Abstellen des Motors beim Pflanzgutanhänger und endet mit dessen Neustart.
- Rüstzeiten: z.B. Pflanzgutwechsel

Abbildung 11 zeigt die Anordnung der beiden Verfahren am Feld „Obere Hofstetten“.

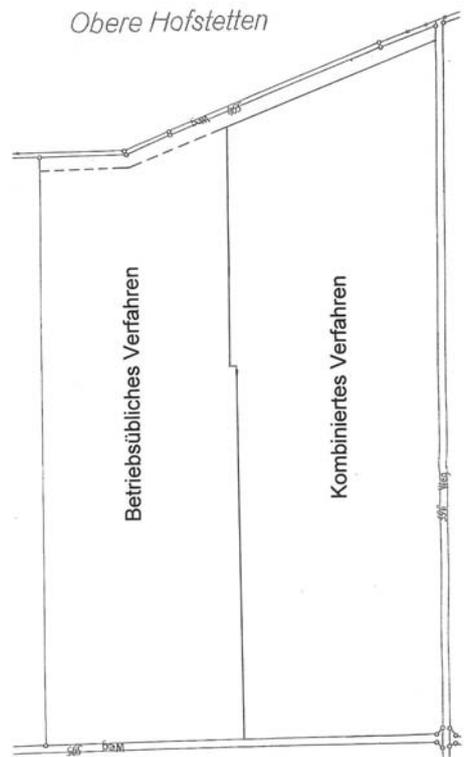


Abbildung 11: Anordnung der Verfahren für Zeit- u. Treibstoffverbrauchsmessung am Standort "Obere Hofstetten"

3.2.3.3 Die Flächenermittlung

Die tatsächliche Gesamtfläche des Feldes „Obere Hofstetten“ beträgt laut Grundstücksverzeichnis am Vermessungsamt Gänserndorf 10,9710 ha.

Die Längen und Breiten der einzelnen Teilflächen wurden nach Versuchsanlage händisch vermessen und deren Flächen zur „Berechneten Gesamtfläche“ aufsummiert. Diese errechnete Gesamtfläche wurde zur tatsächlichen Gesamtfläche in Relation gesetzt und so ein Korrekturfaktor bestimmt. Mit diesem Wert wurde dann das tatsächliche Ausmaß der einzelnen Teilflächen ermittelt.

3.3 Der Treibstoffverbrauch

Bei beiden Verfahren wurde neben den Zeitmessungen auch der Treibstoffverbrauch erhoben. Dafür wurde zu Arbeitsbeginn der Traktor an der Hoftankstelle voll getankt nach Beendigung der Arbeit der verbrauchte Treibstoff wieder aufgefüllt. In den Daten ist also auch der Verbrauch vom Hof zum Feld und am Arbeitsende wieder retour enthalten. Während des Füllens war der Motor immer abgestellt.

Aus verbrauchtem Diesel und der bestellten Fläche wurde der Treibstoffverbrauch je ha errechnet.

Die Hoftankstelle ist zwar mit keinem geeichten Zählwerk ausgestattet, da aber beide Verfahren gleich betankt wurden ist eine Aussage über deren Relation zueinander möglich. Eine Überprüfung der Genauigkeit mit einem Gefäß genormten Inhalts ergab, dass das Zählwerk 10 Prozent mehr anzeigt, von den ermittelten Werten also 10 Prozent in Abzug gebracht werden müssen.

3.4 Die Kosten der Mechanisierung

Über Ablesen der Traktormeterstunden wurde für diese Arbeit auch die Einsatzzeit der Traktoren und Maschinen erhoben und die Maschinenkosten der beiden Verfahren ermittelt. Die Berechnungen erfolgten auf Basis der ÖKL-Richtwerte 2009. Diese stellen die reinen Selbstkosten dar, es wird also kein Gewinn, keine Umsatzsteuer und kein Entgelt für die Arbeitszeit eingerechnet (ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR LANDTECHNIK UND LANDENTWICKLUNG, 2009).

Ausgehend von Standardauslastungen werden Varianten mit abgewandelten Auslastungen, auch einzelner Schlüsselmaschinen, gerechnet und die Auswirkung auf die Gesamtkosten der Mechanisierung verglichen.

3.5 Qualitäts- und Ertragserhebungen

3.5.1 Der Standort „Oberm Pfaffensteig“

Die Qualitäts- und Ertragserhebungen wurden auf dem Feld „Oberm Pfaffensteig“ in der Katastralgemeinde Obersiebenbrunn durchgeführt. Die Gesamtfläche beträgt 8 ha.

Laut Österreichischer Bodenkarte dominiert als Bodentyp Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten über Schotter oder Sand (Bodenform 15) und Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten (Bodenform 19). Bezüglich der Bodenschwere wird Bodenform 15 als leicht bis mittel eingestuft, Bodenform 19 als mittel bis schwer. Die Böden sind tiefgründig (> 70 cm) und tiefkrumig (> 40 cm) bei mäßig trockenen Wasserverhältnissen. Die ebene Fläche ist als hochwertiges Ackerland ausgewiesen.

Auf einem geringen Teil findet sich Tschernosem aus kalkhaltigen Feinsedimenten z. T. aus Schwemmaterial und kleinere Flächen über Schotter (Bodenform 17). Dieser Bereich ist ebenfalls tiefgründig, tiefkrumig und eben, wird aber hinsichtlich der Bodenschwere als leicht eingestuft. Die Wasserverhältnisse sind trocken, in diesem Bereich liegt mittelwertiges Ackerland vor. Auch besteht Erosionsgefahr durch Wind.

Bei der Bodenart herrscht sandiger Lehm (sL) auf lehmigem Sand und Schotter bzw. auf anlehmigem Sand und Schotter vor. Auf etwa einem Viertel der Fläche ist stark sandiger Lehm (SL) über anlehmigem Sand und Sand. Die Ackerzahlen bewegen sich zwischen 36 und 57 (BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN, 2009).

Die Klimadaten Niederschlags- und Temperaturdaten stammen von der Messstation des Bundesamts für Wasserwirtschaft bei der Landwirtschaftlichen Fachschule Obersiebenbrunn, welche sich in etwa 2 km Entfernung vom Versuchsfeld befindet (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009). Auf dem Standort lagen die Gesamtniederschläge im Mittel der Jahre 1978 bis 2008 bei 547 mm pro Jahr. Während des Versuchsjahres zeigt sich mit 656 mm ein Mehrniederschlag von 109 mm gegenüber dem langjährigen Durchschnitt.

Die monatlichen Niederschläge des Versuchsjahres von Oktober 1998 bis September 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel sind in Abbildung 12 dargestellt. Mit 88 mm regnete es im Oktober 1998 mehr als doppelt so viel wie in einem normalen Jahr. Feuchte

Bodenverhältnisse bei der Zuckerrübenenernte und der späteren Pflugfurche waren die Folge.

Ausreichende Niederschläge im April und Mai sorgten für eine gute Wasserversorgung während der Jugendentwicklung.

Auch die Hauptwachstumszeit der Kartoffeln hindurch lagen die Niederschläge über dem langjährigen Mittel. Bei vollem Wachstum verbraucht ein Kartoffelbestand täglich 50000 bis 60000 Liter Wasser je ha (NITSCH, 2003). Das entspricht 5-6 mm pro Tag und erklärt, warum es auch nach ergiebigen Niederschlägen zwischenzeitlich immer wieder zu Phasen kommt, wo Wassermangel auftritt. Dieser wurde durch 4 Gaben mit der fix installierten Netzbergung ausgeglichen. Zeitpunkt und Höhe der verabreichten Gaben sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

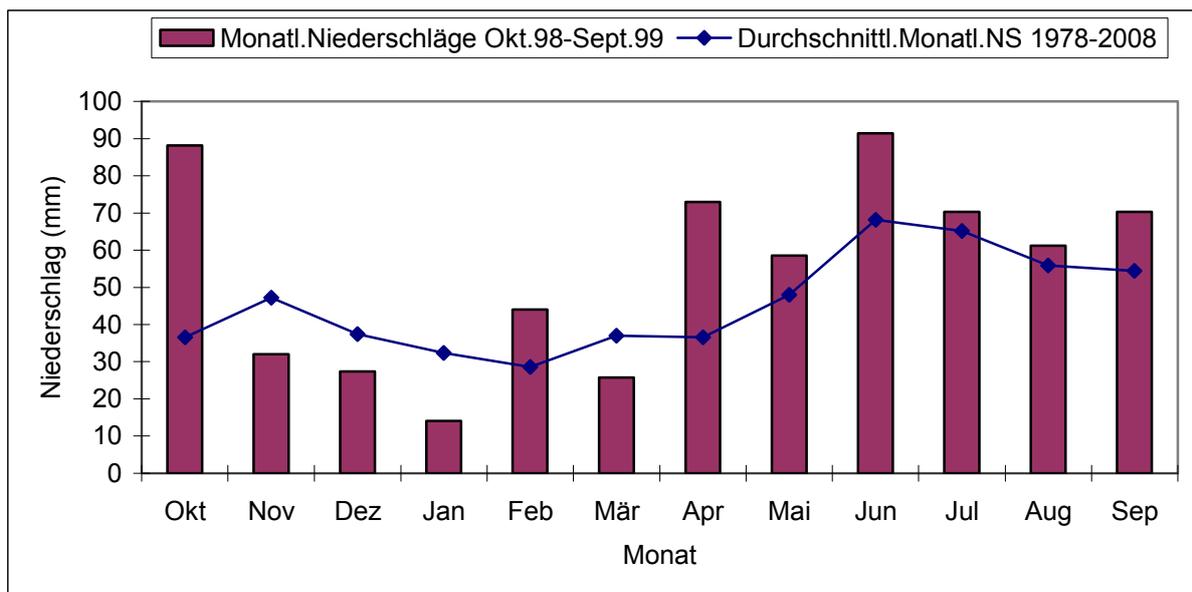


Abbildung 12: Monatliche Niederschläge der Wetterstation Obersiebenbrunn von Oktober 98 bis September 99 im Vergleich zum Mittel der Jahre 1978-2008 (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009)

Die langjährige Durchschnittstemperatur am Standort in Obersiebenbrunn beträgt 9,7 Grad Celsius. Im Versuchszeitraum von Oktober 1998 bis September 1999 lag das Jahresmittel mit 9,8 °C etwas über dem langjährigen Mittelwert. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen von Oktober 1998 bis September 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 1978 bis 2008 sind in Abbildung 13 dargestellt.

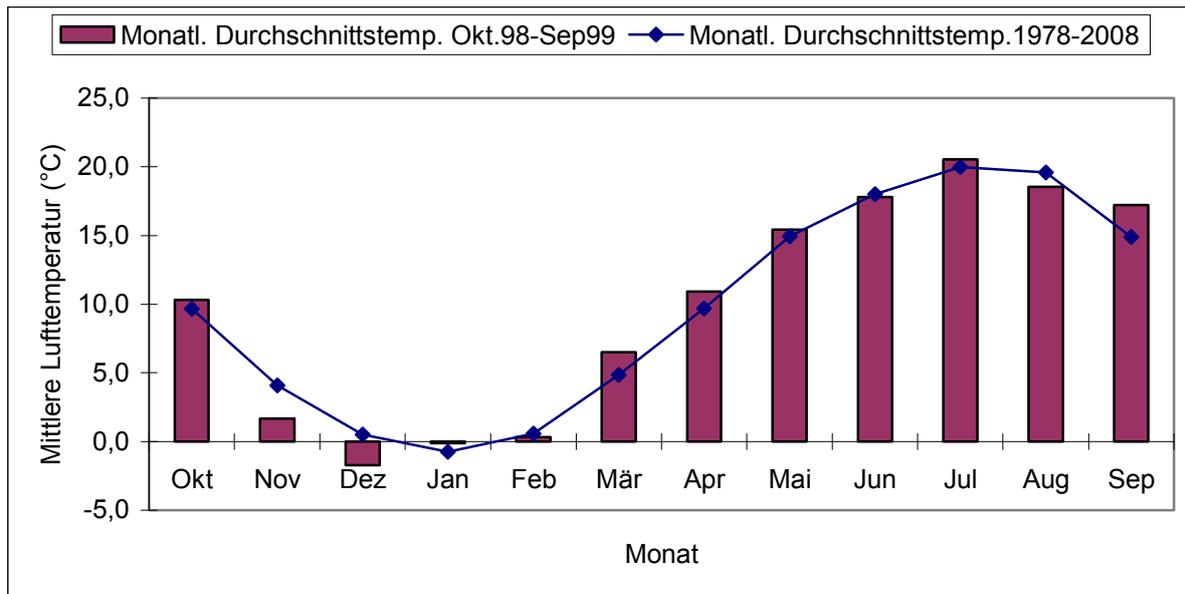


Abbildung 13: Monatliche Durchschnittstemperatur der Wetterstation Obersiebenbrunn Okt. 1998 bis Sept. 1999 im Vergleich zum Mittel der Jahre 1978 bis 2008 (BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2009)

Die Temperaturen bewegten sich weitgehend entlang des langjährigen Mittels. Vor allem im Dezember verliefen die Temperaturen im negativen Bereich. So lag der Monatsdurchschnitt der täglichen Mindesttemperaturen mit $-4,2\text{ °C}$ um $2,3\text{ °C}$ unter dem langjährigen Mittel der Tiefstwerte in diesem Monat von $-1,9\text{ °C}$. Aber auch im Jänner und Februar 1999 sanken die Temperaturen auf -10 °C und tiefer und es herrschte über längere Perioden Dauerfrost. Das ermöglichte eine ausreichende Frostgare nach dem feuchten Herbst und gute Bearbeitbarkeit im Frühjahr.

Weiters sind noch die sehr milden Temperaturen im März und April hervorzuheben. Diese waren verantwortlich für ein rasches Abtrocknen und gute Befahrbarkeit der Felder während der Frühjahrsbestellung. So lagen etwa die täglichen Höchstwerte Ende März und Anfang April über einen Zeitraum von fast 2 Wochen um 20 °C .

Auch im September herrschten sehr milde Temperaturen die für ein rasches Abtrocknen nach Niederschlägen während der Kartoffelernte sorgten.

Die Nährstoffversorgung des Feldes mit Phosphor, Kalium und Magnesium sowie der pH-Wert wurden im Frühjahr 1999 beim Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft anhand einer Mischprobe ermittelt. Die Probe wurde am 10. März 1999 gezogen, Entnahmetiefe war 0-25 cm. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Bodenuntersuchungsergebnis "Oberm Pfaffensteig", 1999 (BUNDESAMT UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT)

Nährstoff	P_2O_5	K_2O	Mg	pH
Methode	CAL/DL	CAL	CaCl ₂	CaCl ₂
Gehalt	mg/100g Boden 18	mg/100g Boden 23	mg/100g Boden 10	7,6
Versorgungsstufe	C	C	C	

Die Werte liegen bei allen untersuchten Nährstoffen in Versorgungsstufe C (=ausreichend versorgt). Das bedeutet, dass nur jene Nährstoffmenge zugefügt werden muss, welche durch die Ernte tatsächlich entzogen wird (Düngung auf Entzug). Der pH-Wert liegt mit 7,6 im alkalischen Bereich.

3.5.2 Die Versuchsanlage

Auf dem Feld wurden 1 ha Stärkekartoffeln und 7 ha Russet Burbank gepflanzt. Diese Sorte wird im Rahmen eines Vertragsanbaus für die Firma Frisch & Frost in Hollabrunn angebaut. Aufgrund des Anbauumfangs dieser Speiseindustriesorte war es möglich auf zwei etwa 2,5 ha großen Teilflächen des Praxisschlags die Versuche mit den beiden Varianten anzulegen.

3.5.2.1 Das kombinierte Verfahren

Begonnen wurde auch hier mit der Anlage des Kombinierten Verfahrens weil das Vorführgerät nur begrenzte Zeit zur Verfügung stand. Nachdem die Zeitmessungen auf dem ersten Feld mit diesem Verfahren abgeschlossen waren, wurde sofort mit der Anlage des Versuchs über Ertrags- und Qualitätsparameter fortgefahren. Das Pflanzgut von Russet Burbank war mit 35/50 mm gleich sortiert wie die Sorte Fambo. Aufgrund der größeren Feldlänge war es hier allerdings erforderlich, zu beiden Seiten des Feldes Pflanzgut nachzufüllen. Der Abstand von 37 cm in der Reihe und die Legetiefe wurden beibehalten. Der Pflanzgutverbrauch betrug ebenfalls um 2400 kg je ha. Mit dem Dual-Plus System wurden am 25.3.1999 48 Reihen (12 Fahrten mit je 4 Reihen) gelegt, was einer Fläche von 26048 m² entsprach.

3.5.2.2 Das betriebsübliche Verfahren

Mit der Pflanzbettbereitung für das betriebsübliche Verfahren wurde am 27.3.1999 begonnen. Die Einstellung der Fräse wurde gegenüber dem ersten Feld nicht verändert, dadurch konnte auch mit gleicher Arbeitsgeschwindigkeit gefahren werden.

Nach Abschluss der Fräsarbeit wurde sofort mit dem Legen begonnen. Infolge eines technischen Gebrechens konnte diese Tätigkeit erst am 29.3.1999 abgeschlossen werden. Mit dem betriebsüblichen Verfahren wurden ebenfalls 48 Reihen (12 Fahrten mit je 4 Reihen) bestellt, was eine Fläche von 26270 m² ergab.

3.5.2.3 Die Musterparzellen

Bei jedem Verfahren wurden 5 Musterparzellen zu je 6 m² (3 m breit, 2 m lang) angelegt um Unterschiede bei der Pflanzenentwicklung feststellen zu können. Die Parzellen wurden im Abstand von 125 m gleichmäßig über die Feldlänge aufgeteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Parzellen sich in einem Bereich befinden, wo sie von den erforderlichen Pflegemaßnahmen (Düngerausbringung, Pflanzenschutz, Bewässerung) nicht einseitig beeinflusst sind. Abbildung 14 zeigt, wie die Musterparzellen zur Bestimmung der pflanzenbaulichen Parameter am Standort „Oberm Pfaffensteig“ angeordnet sind.

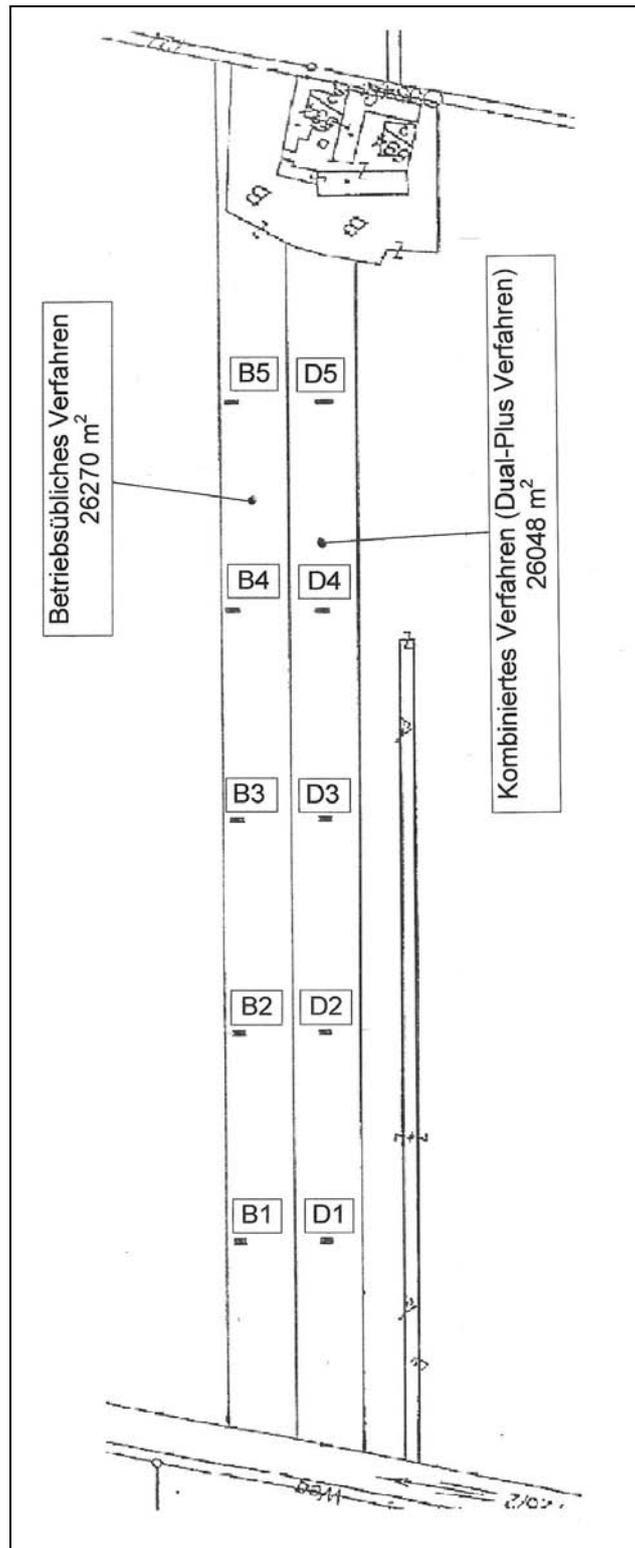


Abbildung 14: Versuchsanlage zur Bestimmung pflanzenbaulicher Parameter am Standort "Oberm Pfaffensteig" (B1-B5, D1-D5 = Musterparzellen)

3.5.3 Die weitere Bestandesführung

Alle weiteren Arbeiten auf der Fläche wurden nach betriebsüblichem Muster gleich ausgeführt. Tabelle 3 bietet einen Überblick über alle auf dem Feld durchgeführten Maßnahmen.

Tabelle 3: Bodenbearbeitung, Pflege und Pflanzenschutzmaßnahmen Oberm Pfaffensteig

Datum	Maßnahme	Aufwandmenge je ha
Herbst 98	Pflügen, 27 cm Arbeitstiefe	
22.03.99	Grunddüngung	500 kg VK Rot (12:12:17)
	Düngerspuren lockern	(60kgN; 60kg P ₂ O ₅ ; 85kg K ₂ O)
	Abschleppen	
25.03.99	Legen Dual-plus System	
27.3.+29.3	Legen Betriebsübliches Verfahren	
14.04.99	Stickstoffdüngung	250 kg Nac (27 % N) = 67,5kgN
28.04.99	Dämme auffräsen	
05.05.99	Unkrautbekämpfung	4 lt. Boxer + 0,5 kg Sencor WG
01.06.99	Phytophthora infestans	0,4 lt. Winner
ab 1.6.99	Bewässern	30 mm
09.06.99	Phytophthora infestans	2,5 kg Ridomil MZ 72 WP
	Kartoffelkäferlarven	0,2 lt. Karate
24.06.99	Phytophthora infestans	4 lt. Tattoo
	Kartoffelkäferlarven	0,2 lt. Karate
ab 30.6.99	Bewässern	30 mm
03.07.99	Phytophthora infestans	2,5 kg Acrobat MZ
15.07.99	Phytophthora infestans	0,4 lt. Winner
20.07.99	Phytophthora infestans	2 kg Ciluan
ab 21.7.99	Bewässern	30 mm
30.07.99	Phytophthora infestans	0,4 lt. Winner
ab 31.7.99	Bewässern	30 mm
08.08.99	Phytophthora infestans	500 g Brestan 60
17.08.99	Phytophthora infestans	0,4 lt. Winner
25.08.99	Phytophthora infestans	0,4 lt. Winner

3.5.4 Die Ernte

3.5.4.1 Die Bestimmung der Knollenlage

Für einen verlust- und beschädigungsarmen Ernteablauf wird eine ausreichend tiefe und gleichmäßige Knollenlage angestrebt. Um ergrüntem Kartoffeln vorzubeugen ist eine genügende Erdbedeckung erforderlich. Damit bei der Ernte nicht zu viel Boden abgesiebt werden muss, sollten die Knollen aber auch nicht zu weit in den Damm hineinwachsen und die tiefsten Knollen der einzelnen Stauden sich in möglichst gleicher Tiefe befinden.

Die Lage der tiefsten Knolle wurde am 18. 9. 1999 jeweils an Stauden bestimmt, welche direkt an die Musterparzelle anschlossen. Dazu wurde die Tiefe in cm von der Dammkrone bis zur Unterkante der entsprechenden Knolle gemessen.

Um das Knollenwachstum in den Damm hinein beurteilen zu können wurde zusätzlich ermittelt, in welcher Tiefe sich die jeweiligen Mutterknollen befunden haben. Manchmal waren diese nicht mehr vorzufinden. In diesen Fällen konnte die Messung anhand des Freiraums, welchen diese im Damm hinterlassen haben, durchgeführt werden.

Über den Vergleich von Mutterknolle und zugehöriger Tiefstknolle kann festgestellt werden, wie weit sich die Tochterknollen von der Mutterknolle ausgehend in die Tiefe entwickeln. Für die Beurteilung der beiden Verfahren ist auch von Bedeutung, wie weit Unterschiede in der Tiefenausbreitung bestehen.

3.5.4.2 Die Ernte der Musterparzellen

Die Ernte der in jedem Verfahren angelegten Musterparzellen erfolgte im Zuge der Beerntung des Praxisschlages am 25. September mit dem am Betrieb eingesetzten Kartoffelvollernter. Dabei wurde darauf geachtet, dass immer nur ganze Einzelpflanzen aufgenommen wurden. Vor den Musterparzellen wurde angehalten und so lange gewartet, bis die Erntemaschine vollständig leer gelaufen war. Erst dann wurde die jeweilige Reihe der Parzelle aufgenommen.

Anders als auf dem Praxisschlag kam es hier zu keiner Vorsortierung über die Trenneinrichtung des Vollernters und das Verlesepersonal.

Um den Einfluss der Erntemaschine möglichst gering zu halten, wurde der Rüttler der Siebkette auf die geringste Stufe gestellt und vom Verleseband nichts entfernt. Auch jene Anteile des Erntegutes, welche über die Trenneinrichtung der Erntemaschine Richtung Beimengungenband abgetrennt wurden, kamen auf das Verleseband zurück und finden sich somit in den Musterkisten.

Arbeitstiefe, Geschwindigkeit der einzelnen Bänder, Fahrgeschwindigkeit und alle sonstigen Einstellungen wurden wie bei der Ernte der Praxisfläche beibehalten. Die jeweils 2 m langen Reihen der Musterparzellen wurden gerodet und an deren Ende wieder angehalten bis die Maschine leer gelaufen war. Mit kleinen Holzkisten wurden die Kartoffeln am Ende des Verlesebandes aufgefangen. Danach wurde mit der Ernte auf dem Praxisschlag fortgefahren. Die geernteten Musterkisten wurden zunächst am Hof zwischengelagert und im November 1999 in Hollabrunn bei der Firma Frisch & Frost ausgewertet.

Die Bonitur erfolgte nach denselben Kriterien der Proben die von den angelieferten Partien der Vertragslandwirte gezogen wurden.

Das Boniturschema der Firma Frisch&Frost für die Sorte Russet Burbank im Jahr 1999 soll nun kurz erläutert werden:

Die entnommene Probe bildet das Brutto-Mustergewicht. Über eine Sortiermaschine werden alle Knollen mit einem Durchmesser unter 40 mm abgetrennt. Diese Fraktion bildet die Untergrößen und wird nicht in der Pommes frites Produktion verarbeitet. Alles über 40 mm stellt das Netto-Mustergewicht dar.

Mit diesem als Basis wird als Erstes die Bestimmung der Größensortierung vorgenommen. Dabei wird der Anteil von 40-50 mm als Mittelfallende, alles über 50 mm als Großfallende Ware eingestuft. Die einzelnen Fraktionen sind in Tabelle 4 noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 4: Sortierfraktionen (F&F 1999)

Fraktion	Sortierung (mm)
Untergrößen	< 40
Mittelfallende Ware	40 - 50
Großfallende Ware	>50

Die beiden Fraktionen werden wieder zusammengemischt. Erneut vom Netto-Mustergewicht ausgehend, werden alle Kartoffeln aussortiert, die nicht den Übernahmekriterien entsprechen. Dabei wird auf folgende Mängel geachtet:

- 1) Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3mm
- 2) Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm
- 3) Stark ergrünte, missgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel
- 4) Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel
- 5) Nassfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände

Die Summe aus Mängeln und Untergrößen ergibt den Gesamt-Totalabfall, dessen Höhe die Basis für das Bonusstufensystem bildet. Die Grenzen der Bonusstufen sind in Tabelle 5 ausgewiesen:

Tabelle 5: Gesamt-Totalabfallgrenzen f. Russet Burbank bei F&F Bonusstufen (F&F 1999)

Gesamt-Totalabfall %	Bonusstufe
bis 10	A
10 - 12,5	B
12,5 - 15	C
>15	Kein Bonus

Da bei Verarbeitung dieser Kartoffeln in der Pommes frites Produktion ein hoher Anteil großfallender Kartoffeln erwünscht ist, wird der Vertragslandwirt über einen entsprechend höheren Preis auch angehalten, seine Produktionsmaßnahmen auf diese Fraktion abzustimmen. Zusätzlich gibt es für die großfallende Ware noch Zuschläge entsprechend der erreichten Bonusstufe. Je großfallender und je qualitativ hochwertiger die angelieferten Mengen sind, umso höher wird der Auszahlungspreis.

Bei Ernte der Vertragsmengen wird von jeder angelieferten Partie eine Musterprobe gezogen. Diese wird dann nach den oben angeführten Kriterien ausgewertet und bildet die Basis für die Verrechnung.

Die Proben von den 10 Musterparzellen kamen nach einer kurzen Zwischenlagerung am Betrieb direkt zur Auswertung bei der Firma Frisch&Frost.

Ein Beispiel für die Bonitierung einer angelieferten Probe ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Boniturschema F&F für Russet Burbank 1999

		Muster	
		kg	%
Brutto-Mustergewicht		26,36	
- Untergrößen		0,74	2,8
Netto-Mustergewicht (zur Feststlg. Größensortierung)		25,62	
Mängeltabelle lt. Frisch & Frost - Norm A R T der M Ä N G E L			
1)	Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3 mm	0,74	2,9
2)	Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm	0,00	0,0
3)	Stark ergrünte, mißgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel	0,62	2,4
4)	Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel	0,68	2,7
	Gesamtängel :	2,04	8,0
	+ Untergrößen:	0,74	2,8
	GESAMT-FUTTERWARE:	2,78	10,8
5)	Naßfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände	0,26	1,0
	GESAMT-TOTALABFALL:	0,26	1,0
BONITIERUNGSERGEBNIS			
1)	Kontraktware		88,2
	davon Sortierung großfallend	21,88	85,4
	mittelfallend	3,74	14,6
		25,62	100,0
2)	Futterware		10,8
3)	Totalabfall		1,0
	ZUSCHLAG		B
	STÄRKE		13,4

3.5.4.3 Die Ernte des Praxischlages

Die Rodung der Flächen erfolgte vom 23. September bis zum 1. Oktober 1999. Dabei wurden die angelegten Verfahren mit dem am Betrieb vorhanden Kartoffelvollernter (Grimme SE 75 – 40) getrennt geerntet und abgeliefert. Über die verwogenen Mengen konnten die Erträge der beiden Verfahren unter praxisüblichen Bedingungen verglichen werden. Das bedeutet, dass bereits eine Vorsortierung durch das Verlesepersonal durchgeführt wurde und, soweit möglich, unerwünschte Beimengungen aussortiert wurden.

Übernahmestelle war das Raiffeisen Lagerhaus Deutsch Wagram. Die Anlieferung erfolgt in etwa 900 kg fassenden Holzkisten. Alle Kisten werden mit Angaben zu Sorte, Produzent, Datum und Lieferschein gekennzeichnet. Bei jeder Anlieferung wird eine Probe von einer zufällig ausgewählten Kiste gezogen. Anhand dieser ermittelt dann die Firma Frisch&Frost Qualitätsparameter für Verarbeitung und Abrechnung mit dem Landwirt.

4 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt wird zunächst auf die erhobenen Daten des bisher am Betrieb angewandten Verfahrens eingegangen. Im Anschluss werden die Ergebnisse vom kombinierten Verfahren erörtert. Die bei den Zeitmessungen im Text ausgewiesenen Zeiten sind dezimal angegeben, in Klammer finden sich die Werte im Uhrzeitformat (hh:mm:ss). Falls nicht anders angemerkt, beziehen sich die Werte auf einen Hektar (ha). Bei kleinen Zeitangaben unter einer Minute oder wenn Unterschiede aus der dezimalen Angabe nicht genau ersichtlich, dann sind die Zeiten in Sekunden bzw. Minuten und Sekunden angegeben.

Die ermittelten Rüstzeiten sind von den jeweiligen Verfahren unabhängig. Für einen Vergleich der Verfahren sind die entsprechenden Zeitannteile herauszurechnen.

Verfahrensunabhängig sind auch die Füllzeiten. Deren Dauer ist abhängig vom Pflanzgutgebinde, der technischen Ausstattung am Feld (z.B. Gabelstapler) und der Größe der Legemaschine. Die Form der Pflanzgutbereitstellung beeinflusst die Gesamtarbeitszeit. Da sie aber bei beiden Verfahren in derselben Form erfolgt, sind eventuell auftretende Unterschiede nicht durch das jeweilige Verfahren bedingt.

4.1 Der Arbeitszeitbedarf beim Kartoffellegen mit dem betriebsüblichen Verfahren

Für einen reibungslosen Ablauf des Kartoffellegens mit dem bisher am Betrieb eingesetzten Verfahren sind 3 Arbeitskräfte am Feld erforderlich. Eine Arbeitskraft führt mit der Fräse die Pflanzbettbereitung durch, 2 Arbeitskräfte sind mit der Legearbeit beschäftigt. Auf dem Versuchsfeld für die Zeitmessungen wurde mit dem betriebsüblichen Verfahren eine Fläche von 5,26 ha bepflanzt.

4.1.1 Die Pflanzbettbereitung mit der Fräse

Im Zuge der Messungen wurden die Daten der Bearbeitung von den gesamten 5,26 ha aufgezeichnet. Dafür waren 41 Fahrten durch das Feld erforderlich, das Vorgewende wurde jeweils mit einer Hin- und einer Rückfahrt bearbeitet.

Aufgrund der nicht ganz rechteckigen Form des Versuchsfeldes reduzierte sich die gefräste Feldlänge von knapp 412 m auf 379 m um dann noch geringfügig auf 381 m anzusteigen. Die Breite betrug 130 m. Somit wurden von den 3,2 m theoretisch möglicher Arbeitsbreite 3,17 m ausgenutzt. Die erreichten Arbeitsgeschwindigkeiten bewegten sich zwischen 1,47 km/h und 3,63 km/h, wobei die geringsten Geschwindigkeiten bei der Bearbeitung des Vorgewendes gefahren werden konnten.

Für das Fräsen wurde eine Gesamtarbeitszeit von 1,18 Stunden je ha (01:10:48 Stunden) ermittelt. Diese setzt sich zusammen aus 1,05 Stunden (01:02:58) für die Fräsarbeit und 0,13 Stunden (00:07:50) für Wendemanöver am Vorgewende.

4.1.2 Das Kartoffellegen

Bei 30 Fahrten durch das Feld wurden die Zeiten auf 3,57 ha aufgezeichnet. Die eigentliche Legearbeit war mit 0,7 Stunden (00:41:43 Stunden) der Arbeitsschritt mit dem größten Zeitbedarf. Die ermittelte Fahrgeschwindigkeit betrug im Durchschnitt 4,8 km/h. Die schnellste Fahrt wurde mit 5,22 km/h zurückgelegt, die langsamste mit 4,25 km/h.

Das Nachfüllen des Pflanzgutes hatte mit 0,55 Stunden (00:33:04) den zweithöchsten Zeitbedarf je ha. Im Vorratsbehälter konnte Pflanzgut für eine Hin- und Rückfahrt mitgeführt werden. Bei 15 Füllvorgängen gesamt ergeben sich 4,2 Füllvorgänge je ha. Durchschnittlich dauerte es 0,13 Stunden (00:07:52) um das nötige Pflanzgut für eine Hin- und Rückfahrt nachzufüllen. Die Füllzeiten bewegten sich zwischen 0,1 Stunden (00:05:58) und 0,22 Stunden (00:13:21). Die Unterschiede ergaben sich hauptsächlich daraus, wie schnell sich die Verschlussnähte der Jutesäcke auftrennen ließen. Jedes Mal wurden 9 bis 10 Säcke nachgefüllt was einer Füllmenge von 450 bis 500 kg entsprach.

Die Fahrten zum Anhänger um Pflanzgut nachzuholen und wieder zur Legespur zurück erforderten 0,16 Stunden je ha (00:09:49). Die Werte schwankten zwischen 45 Sekunden und 2 Minuten 15 Sekunden. Die Differenzen kamen durch unterschiedliche Entfernungen, die

von der Legespur bis zum Anhänger mit dem Kartoffelpflanzgut zurückzulegen waren, zustande.

Die Wendevorgänge am Feldrand benötigten 0,05 Stunden (00:02:56) je ha. Dabei dauerte ein Wendevorgang zwischen 32 Sekunden und 55 Sekunden.

Rüstzeiten wie das Wechseln auf andere Sorten, Umstellen des Legeabstands in der Reihe, die Kontrolle der Legetiefe und das Rangieren mit Anhängern machten je ha in Summe 0,15 Stunden aus (00:08:53).

Aus den gemessenen Teilzeiten ergibt sich eine Gesamtzeit für die Legearbeit von 1,61 Stunden je ha (1:35:25 Stunden).

4.1.3 Der Gesamtarbeitszeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren

Somit beträgt der Gesamtarbeitszeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren 2,79 Stunden (02:47:12) je ha. Die beschriebenen Teilzeiten sind in Tabelle 7 zusammengefasst und in Abbildung 15 graphisch dargestellt.

Tabelle 7: Die Teilzeiten je ha beim betriebsüblichen Verfahren

Arbeit	Zeit/ha hh:mm:ss	h/ha dezimal	Anteil %
Fräsen	01:02:58	1,05	38
WendenF	00:07:50	0,13	5
Legen	00:41:43	0,70	25
Füllen	00:33:04	0,55	20
WendenL	00:02:56	0,05	2
Fahrten	00:09:49	0,16	6
Rüstz	00:08:53	0,15	5
Betr.übl Ges.	02:47:12	2,79	100

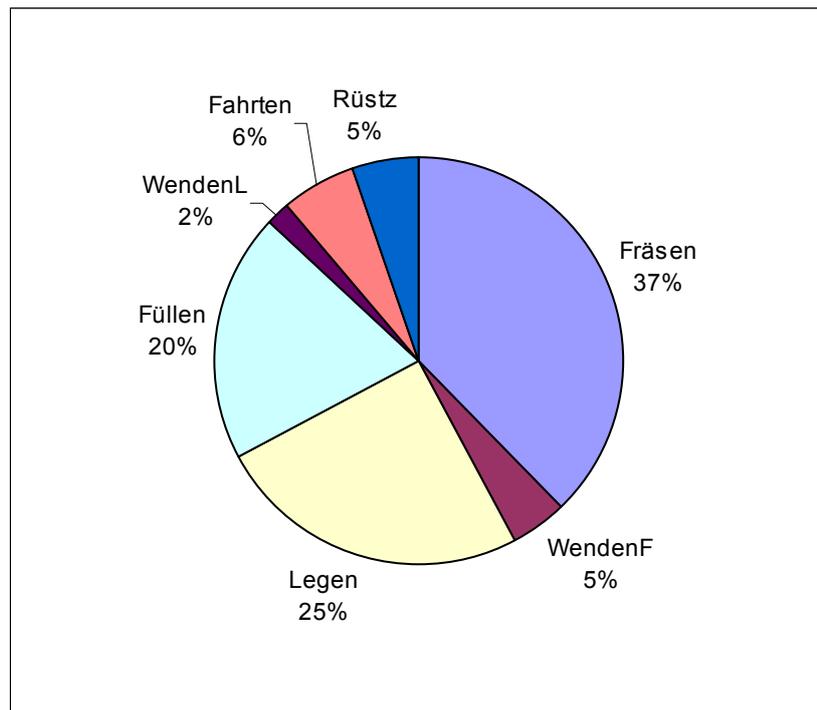


Abbildung 15: Die Teilzeiten je ha beim betriebsüblichen Verfahren in %.
(WendenF = Wenden beim Fräsen ; WendenL = Wenden beim Legen; Rüstz = Rüstzeit)

4.2 Der Arbeitszeitbedarf beim kombinierten Verfahren

4.2.1 Die gemessenen Teilzeiten beim kombinierten Verfahren

Wie schon bei der Beschreibung der untersuchten Anbausysteme dargestellt, werden bei diesem Verfahren Pflanzbettbereitung und Kartoffellegen zusammenfasst. Alle Geräte sind an einem Traktor angebaut und die notwendigen Arbeiten auf dem Feld werden von 2 Arbeitskräften erledigt.

Die Zeitmessungen wurden auf insgesamt 4,9 ha durchgeführt. Da für die letzten Fahrten die Arbeitstiefe der Kreiselegge von 11 auf 10 cm reduziert wurde, werden für den Vergleich die Aufzeichnungen von 4,48 ha herangezogen.

Um diese Fläche zu bestellen waren 34 Fahrten durch das Feld erforderlich. Dabei betrug die Feldlänge zu Beginn der Messungen 459 m und nahm gleichmäßig bis zum Ende der Aufzeichnungen auf 420 m ab.

Bei der Feldarbeit war durch die Orientierung am Frontgerät ein sehr exaktes Anschlußfahren möglich. So konnte die theoretische Arbeitsbreite von 3 m auch im praktischen Einsatz genau eingehalten werden. Auf 102 m Feldbreite wurden 136 Reihen gelegt.

Die gefahrenen Arbeitsgeschwindigkeiten bewegten sich dabei je nach Bodenverhältnissen zwischen 3,34 km/h und 4,44 km/h. Im Mittel lag die Geschwindigkeit bei 3,84 km/h.

Die eigentliche Legetätigkeit nahm dabei 0,87 Stunden je ha (00:52:20 Stunden) ein und stellte den größten Zeitanteil dar.

Die Wendevorgänge zwischen Hin- und Rückfahrt nahmen 0,06 Stunden (00:03:41 Stunden) je ha in Anspruch. Durchschnittlich dauerte ein Wendevorgang 58 Sekunden. Der Schnellste dauerte nur 34 Sekunden, der Langsamste nahm 1 Minute und 23 Sekunden in Anspruch. Je ha musste 3,8 Mal gewendet werden.

Die Fahrten zum Anhänger mit dem Pflanzgut und wieder zur Legespur zurück dauerten 0,19 Stunden je ha (00:11:06 Stunden). Die schnellste Fahrt dauerte nur 31 Sekunden, die Langsamste nahm 2 Minuten und 49 Sekunden in Anspruch. Die Unterschiede entstanden durch verschiedene Entfernungen von Legespur und Pflanzgutanhänger. Auch musste mit gefüllter Legemaschine langsamer gefahren werden als mit geleerter.

Das Füllen nach jeder Hin- und Rückfahrt im Feld dauerte 0,56 Stunden je ha (00:33:43 Stunden) und war nach dem Legen der zweitgrößte Zeitfaktor bei diesem Verfahren. Um die Kartoffeln für die 4,48 ha in die Legemaschine zu Füllen wurde 17 Mal nachgefüllt. Das entspricht 3,8 Füllvorgängen je ha. Im Mittel dauerte ein Füllvorgang 0,15 Stunden (00:08:53 Stunden). Das kürzeste Nachfüllen benötigte hier 0,05 Stunden (00:03:15 Stunden), am Längsten dauerte es mit 0,28 Stunden (00:16:31 Stunden). Da hier die Feldlängen größer waren als beim betriebsüblichen Verfahren wurden für eine Hin- und Rückfahrt jeweils 13 bis 14 Säcke nachgefüllt, was 650 bis 700 kg Kartoffeln entsprach.

Trotz des höheren Bedarfs an Pflanzgut waren hier teilweise sehr schnelle Füllvorgänge möglich. Das wurde durch die kurzzeitige Anwesenheit einer dritten Arbeitskraft am Feld ermöglicht. Diese trennte, während die anderen zwei Personen mit der Legearbeit beschäftigt waren, die Verschlussnähte der Pflanzgutsäcke auf. Diese Vorarbeit erlaubte dann ein sehr rasches Beschicken der Legemaschine mit Pflanzgut und kurze Füllzeiten. Der Durchschnitt der 3 schnellsten Füllvorgänge lag bei 0,07 Stunden (00:04:00 Stunden).

Da bei diesem Verfahren nur eine Sorte gelegt wurde, alle Einstellungen schon vorgenommen waren und es während der Legearbeit zu keinen Störfällen kam, sind hier keine Rüstzeiten aufgetreten.

4.2.2 Der Gesamtarbeitszeitbedarf beim kombinierten Verfahren

Somit ergibt sich ein Gesamtarbeitszeitbedarf von 1,68 Stunden je ha (01:40:50 Stunden). Mehr als die Hälfte der Zeit ist für das Legen erforderlich, an zweiter Stelle folgt das Pflanzgutnachfüllen.

In Tabelle 8 sind die Teilzeiten des kombinierten Verfahrens zusammengefasst. Die relativen Anteile der einzelnen Zeiten sind aus Abbildung 16 ersichtlich.

Tabelle 8: Die Teilzeiten je ha beim kombinierten Verfahren

Arbeit	Zeit/ha hh:mm:ss	h/ha dezimal	Anteil %
Legen	00:52:20	0,87	52
Füllen	00:33:43	0,56	33
Wenden	00:03:41	0,06	4
Fahrten	00:11:06	0,19	11
Gesamt	01:40:50	1,68	100

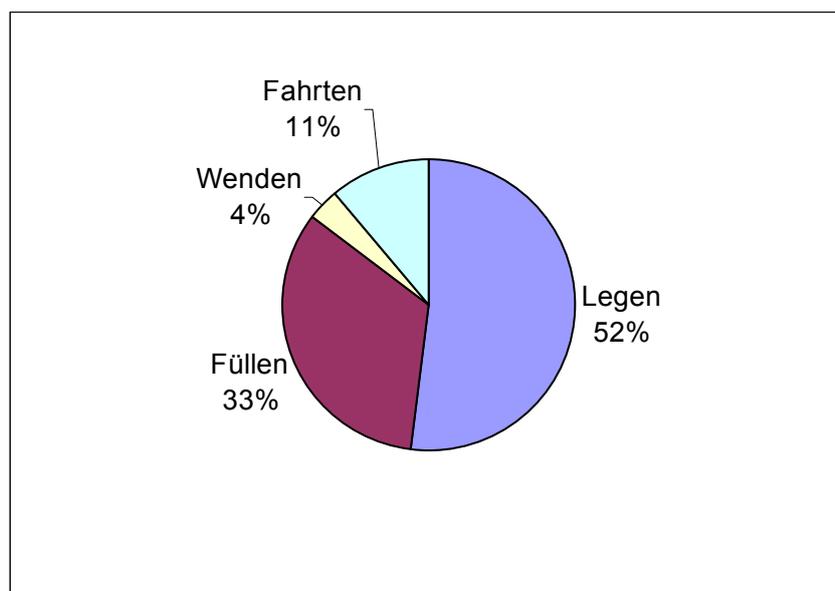


Abbildung 16: Die Anteile der Teilzeiten je ha beim kombinierten Verfahren

4.2.3 Der Einfluss der Reduktion der Arbeitstiefe

Zum Abschluss der Zeitmessungen wurde noch die Auswirkung einer reduzierten Bearbeitungstiefe bei der Bodenbearbeitung auf Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsqualität untersucht. Dazu wurde die Arbeitstiefe der Kreiselegge von 11 cm auf 10 cm verringert und die Zeiten der letzten 4 Fahrten mit der Legemaschine durch das Feld nach demselben Muster wie vor der Umstellung erhoben.

Zum Ende der Messungen wurden die Restmengen der Sorte „Fambo“ verbraucht. Für eine gleichmäßige Beschickung aller 4 Reihen mit dem zur Neige gehenden Pflanzgutvorrat war es erforderlich, bei der vierten und letzten Fahrt langsamer zu fahren. Deshalb sind die dort gemessenen Zeiten nicht repräsentativ und werden in den Vergleich nicht einbezogen.

Berücksichtigt man die ersten 3 Fahrten, so war mit dieser Einstellung eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 4,77 km/h möglich. Ausgehend von der ursprünglichen Geschwindigkeit von 3,84 km/h entspricht das einer Steigerung um 0,93 km/h bzw. 24,34 Prozent. Alle anderen Teilzeiten bleiben durch die Umstellung unverändert.

Die vorher eingestellte Legetiefe konnte beibehalten und keine Veränderung der Arbeitsqualität beobachtet werden.

In Abbildung 17 ist der Einfluss einer veränderten Arbeitstiefe auf die Fahrgeschwindigkeit graphisch dargestellt.

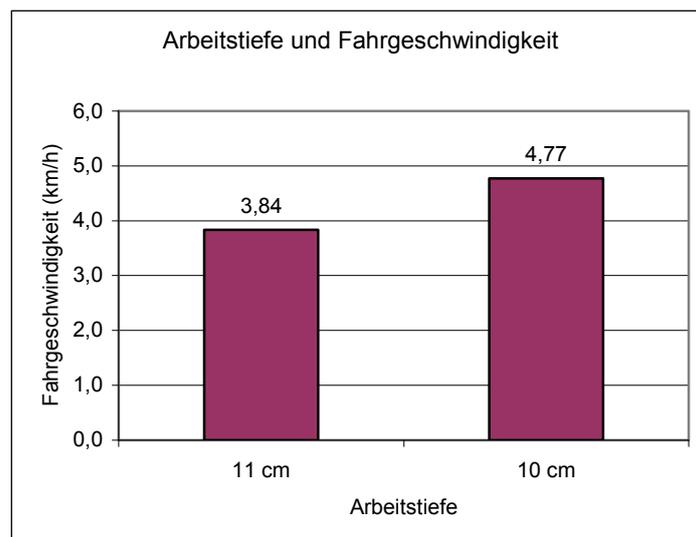


Abbildung 17: Einfluss einer reduzierten Arbeitstiefe der Kreiselegge auf die Fahrgeschwindigkeit

4.3 Der Treibstoffverbrauch

4.3.1 Der Treibstoffverbrauch beim betriebsüblichen Verfahren

Der Treibstoffverbrauch für das Fräsen wurde am 30.3.1999 erhoben. Bei der Pflanzbettbereitung von 5,26 ha wurden 132,5 Liter Diesel getankt. Das entspricht einem Verbrauch von 25,17 Liter je ha.

Der Treibstoffverbrauch beim Legen wurde ebenfalls am 30.3.1999 gemessen. An diesem Tag wurde eine Fläche von 3,76 ha bepflanzt und dabei 24 Liter Diesel verbraucht. Daraus ergibt sich für diese Arbeit ein Verbrauch von 6,38 Liter je ha.

In Summe wurden beim betriebsüblichen Verfahren 31,55 Liter Diesel je ha eingesetzt. Wie Abbildung 18 zeigt, entfällt davon der weitaus größte Teil des Treibstoffs auf die Bodenbearbeitung und nur etwa 1/5 auf die Legearbeit.

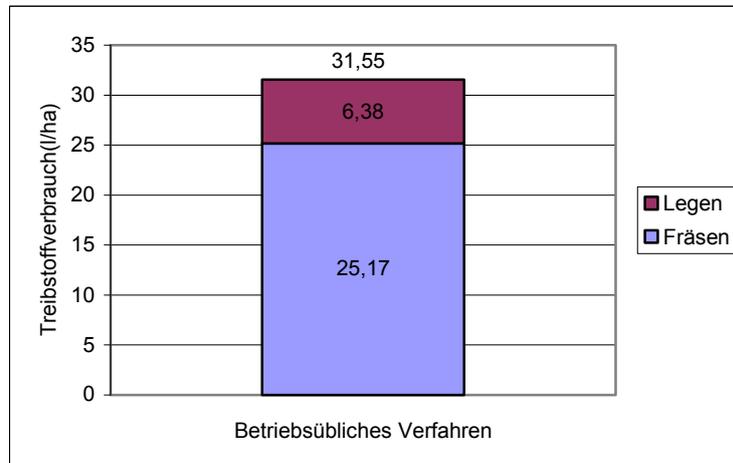


Abbildung 18: Der Treibstoffverbrauch beim betriebsüblichen Verfahren

4.3.2 Der Treibstoffverbrauch beim kombinierten Verfahren

Die Daten für dieses Verfahren wurden am 24.3.1999 erhoben. Die eingestellte Arbeitstiefe der Kreiselegge betrug dabei 11 cm. Den Messungen liegt eine bearbeitete Fläche von 4,48 ha

zugrunde auf denen 89 Liter Diesel verbraucht wurden. Je ha ergeben sich somit für die Kombination von Bodenbearbeitung und Legen 19,87 Liter (Abbildung 19).

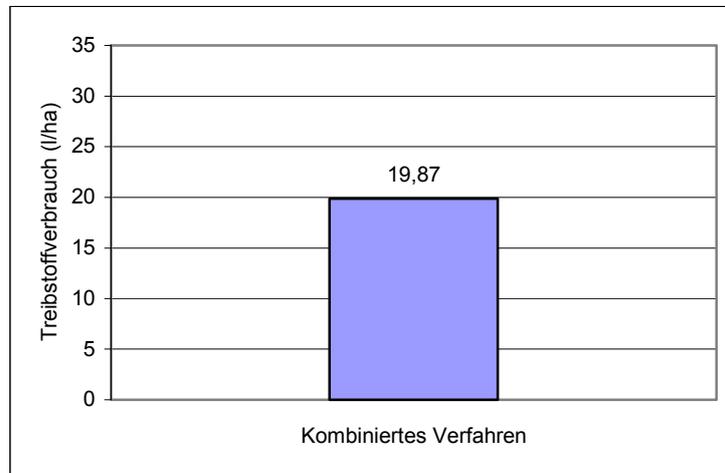


Abbildung 19: Der Treibstoffverbrauch beim kombinierten Verfahren

4.4 Die Teilflächen am Standort „Obere Hofstetten“ im Überblick

Die den vorangegangenen Kapiteln zugrunde liegenden Flächen sind in Abbildung 20 noch einmal zusammengefasst. Auf den beim betriebsüblichen Verfahren angeführten Flächen wurden sowohl Arbeitszeit als auch Treibstoffverbrauch bestimmt.

Gleiches wurde auch auf dem größten Teil der Fläche beim kombinierten Verfahren erhoben, nach Reduktion der Kreiseleggenarbeitstiefe jedoch nur noch Arbeitszeitmessungen durchgeführt. Auf 0,81 ha wurden die Gerätegrundeinstellung nach Anlieferung des Gerätes und die Veränderung der Arbeitstiefe vorgenommen.

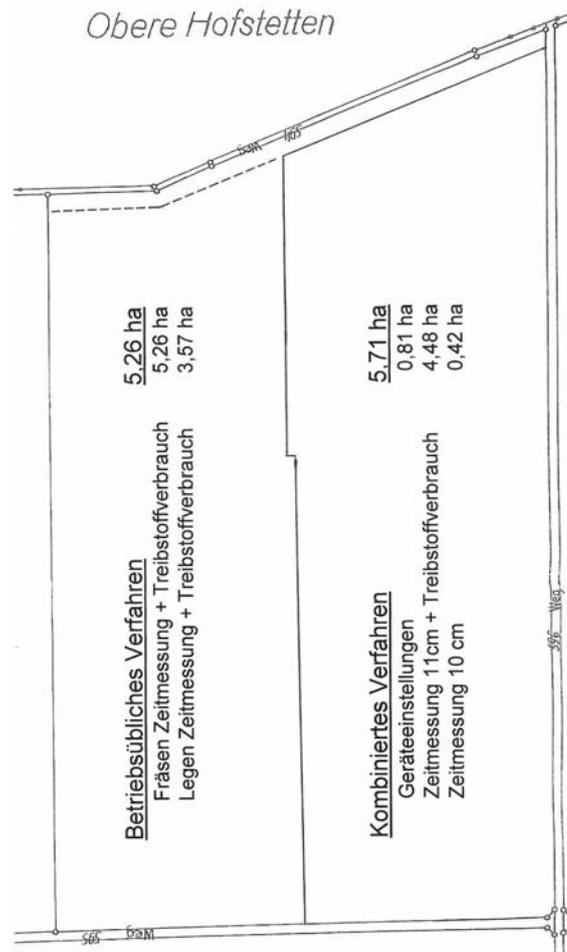


Abbildung 20: Die Teilflächen am Standort "Obere Hofstetten" für die Ermittlung von Arbeitszeit und Treibstoffverbrauch

4.5 Die Berechnung der Maschinenkosten

Während der Zeitmessungen wurden, über die Traktormeteranzeigen der eingesetzten Traktoren, auch deren Betriebsstundeneinsatz erhoben. Auf Grundlage dieser Werte wurden die Maschinenkosten nach den ÖKL-Richtwerten für das Jahr 2009 berechnet.

Das Ablesen der Traktormeterstunden erfolgte jeweils beim Betanken des Traktors an der Hoftankstelle. In den ausgewiesenen Stundenzahlen sind deshalb auch die gefahrenen Wegstrecken enthalten.

Eine Stunde am Traktormeter entspricht nicht ganz einer Uhrzeitstunde weshalb die jeweiligen Werte nicht direkt mit den Ergebnissen der Zeitmessungen am Feld vergleichbar sind.

Alle eingesetzten Maschinen wurden ebenfalls auf Basis der Traktorbetriebsstunden berechnet.

Für aufgetretene Stehzeiten mit abgestelltem Traktor, etwa bei der Legemaschine während des Pflanzgutnachfüllens, wurden keine Zuschläge aufgerechnet. Durch die Kalkulation nach Traktorbetriebstunden werden Wegzeiten zum Feld und am Feld sowie Wendezeiten als Einsatzzeit gewertet und sind auf diese Weise kostenwirksam. Auch fallen die Stehzeiten bei beiden Verfahren gleichermaßen an, sind also für etwaige Unterschiede ohne Relevanz.

Weiters blieb, wie bei der Gegenüberstellung der Arbeitszeiten, die Logistik des Pflanzgutes auch bei den Kostenberechnungen ausgeklammert. Die anfallenden Kosten würden bei beiden Verfahren in derselben Weise zur Wirkung kommen.

Soweit vorhanden, wurden die Zahlen aus den Richtwerten übernommen.

Da für den 77 kW Traktor keine Werte ausgewiesen sind, wurden seine Kosten aus den Werten der benachbarten Leistungsklassen interpoliert.

Das Dammformblech hinter der Kreiselegge beim kombinierten Verfahren findet sich ebenfalls nicht in den Tabellen. Anstelle dessen wurden dafür aus der Kategorie „Kartoffellegemaschine – Zuschläge“ die Häufelkörper für 4 Reihen eingesetzt.

Tabelle 9 zeigt die Kostenkalkulationen der beim Kartoffellegen eingesetzten Maschinen:

Tabelle 9: Berechnung der Maschinenkosten für das Kartoffellegen nach ÖKL-Richtwerten 2009

Kostenberechnung:	NW €	Std./a	FK %	FK €/a	FK €/h	RK %/100h	RK €/h	Diesel €/h	GK €/h
Traktor 77 kW	58400	450	11	6424	14,28	0,8	4,67	12,15	31,10
Traktor 60 kW	42000	450	11	4620	10,27	0,8	3,36	9,46	23,09
Bodenfräse extra schwer	15000	100	14	2100	21,00	8	12,00		33,00
Kreiselegge schwer m. Stabwalze	13000	100	14	1820	18,20	8	10,40		28,60
Dammformer (v.Zuschlägen Leger)	2800	50	15	420	8,40	3	0,84		9,24
Kartoffelleger 4-reihig	19000	75	15	2850	38,00	3	5,70		43,70

In der Tabelle bedeutet: NW=Neuwert in Euro; Std/a= jährliche Auslastung in Stunden; FK% = jährliche Fixkosten in Prozent vom Neuwert; FK €/a = jährliche Fixkosten in Euro; FK €/h = Fixkosten in Euro je Stunde; RK %/100h = Reparaturkosten in Prozent vom Neuwert je 100 Stunden; RK €/h = Reparaturkosten in Euro je Stunde; Diesel €/h = Treibstoffkosten in Euro je Stunde; GK €/h = Gesamtkosten in Euro je Stunde

Im Folgenden werden nun auf Basis dieser Daten die Kosten der Mechanisierung der verglichenen Verfahren berechnet.

4.5.1 Die Maschinenkosten beim betriebsüblichen Verfahren

Bei der Pflanzbettbereitung waren der 77 kW Traktor und die Hakenfräse 1,6 Betriebsstunden je ha im Einsatz. Multipliziert mit den jeweiligen ÖKL-Stundensätzen ergeben sich Kosten in der Höhe von 102,56 €/ha.

Beim Legen waren Kulturtraktor und Kartoffelleger 1,3 Betriebsstunden je ha im Einsatz. Für diese errechnen sich Kosten von 86,82 €/ha.

Somit betragen die Gesamtkosten beim betriebsüblichen Verfahren 189,38 €/ha. In Tabelle 10 ist die Berechnung für das betriebsübliche Verfahren zusammengefasst.

Tabelle 10: Maschinenkosten nach ÖKL-Richtwerten beim betriebsüblichen Verfahren

Arbeit	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Pflanzbettfräsen	Traktor 77 kW	31,10	1,60	49,76
	Hakenfräse	33,00	1,60	52,80
Σ Fräsen				102,56
Legen	Traktor 60 kW	23,09	1,30	30,01
	Kartoffelleger 4-reihig	43,70	1,30	56,81
Σ Legen				86,82
Σ Anbau/ha				189,38

4.5.2 Die Maschinenkosten beim kombinierten Verfahren

Der 77 kW Traktor und die Gerätekombination benötigten 1,32 Betriebsstunden für Bodenbearbeitung und Legen von 1 ha. Gesamt ergibt sich hier eine Summe von 148,68 € je ha. Die Kostenberechnung für den Traktor und die eingesetzten Geräte ist in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Maschinenkosten nach ÖKL-Richtwerten beim kombinierten Verfahren

Arbeit	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Anbau	Traktor 77 kW	31,10	1,32	41,05
	Kreiselegge m.			
	Walze+Dammformer	37,84	1,32	49,95
	Kartoffelleger 4-reihig	43,70	1,32	57,68
Σ Anbau/ha				148,68

4.5.3 Die Maschinenkosten der Verfahren im Vergleich

Aus den durchgeführten Berechnungen ergibt sich für das kombinierte Verfahren ein Kostenvorteil von 40,7 € je ha. Das entspricht einer Reduktion von 21,49 Prozent je ha gegenüber dem bisher am Betrieb eingesetzten Verfahren. In Abbildung 21 sind die errechneten Maschinenkosten auf Basis der ÖKL-Richtwerte 2009 graphisch gegenübergestellt.

Die Kostenreduktion geht vor allem auf geänderte Einsatzzeiten der Traktoren zurück. Zum Einen wird der 60 kW Traktor beim kombinierten Verfahren nicht mehr eingesetzt, zum Anderen verringern sich die Einsatzstunden des 77 kW Traktors von 1,6 auf 1,32 Betriebsstunden je ha. Dadurch sinken die Traktorkosten um 38,72 €/ha.

Legemaschine und Bodenbearbeitungsgeräte verursachen annähernd gleiche Kosten bei beiden Verfahren.

Der größte Kostenanteil entsteht in beiden Verfahren durch die Legemaschine, da die teureren Maschinen können nur in einem begrenzten Zeitfenster eingesetzt werden können.

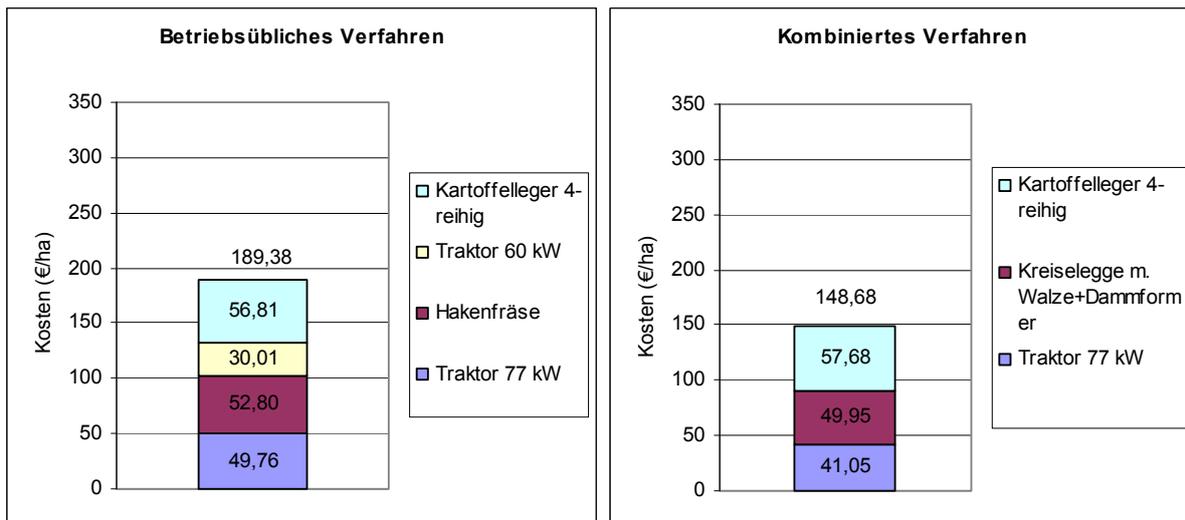


Abbildung 21: Die Maschinenkosten beim betriebsüblichen und kombinierten Verfahren

4.6 Pflanzenbauliche Ergebnisse

4.6.1 Die Knollenlage

Wie in Abschnitt 3.5.4.1 beschrieben, wurde zur Bestimmung der Knollenlage die Tiefe von Mutterknolle und tiefster Tochterknolle eines Stockes in cm von der Dammkrone bis zur Knollenunterkante gemessen.

4.6.1.1 Die Knollenlage beim betriebsüblichen Verfahren

Bei dem bisher am Betrieb eingesetzten Verfahren befanden sich die Mutterknollen durchschnittlich in einer Tiefe von 13,76 cm. Die Knollen waren dabei im Abstand von 12 cm bis 15 cm unterhalb der Dammkrone aufzufinden.

Bei einem Großteil der Pflanzen erfolgte die Knollenentwicklung im Bereich zwischen Mutterknolle und Dammkrone. Trotzdem lagen die tiefsten Tochterknollen mit einer durchschnittlichen Tiefe von 14,72 cm im Mittel 0,97 cm unter den Mutterknollen.

Verantwortlich für diese Tendenz ist, dass bei nahezu der Hälfte der Pflanzen ein Ausbreiten der Knollennester in den Bereich unterhalb der Mutterknolle zu beobachten ist. Bis zu 4 cm wuchsen sie weiter in den Damm hinein. In nur einem Fall kam es vor, dass die tiefste Tochterknolle um 1 cm flacher lag als die Mutterknolle.

Die Kartoffelstauden breiteten sich bis 17 cm unter Dammkronenniveau aus, es gab aber auch Pflanzen, die nur eine Tiefe von 12 cm erreichten.

Tabelle 12 zeigt die gemessenen Werte für Mutterknolle (MK) und tiefste Knollen (TK) der Musterparzellen B1 bis B5. In der Spalte MK-TK ist auch deren Tiefendifferenz angeführt. Ein negativer Wert drückt aus, dass sich die Tochterknolle unterhalb der Mutterknolle befindet.

Tabelle 12: Tiefe in cm von Mutterknolle (MK) und tiefster Knolle (TK) beim betriebsüblichen Verfahren. B1-B5=Parzellenbezeichnung, B11-B54=Reihenangabe

Betriebsübliches Verfahren				
Reihe	Parz.	Mutterknolle	Tiefste Knolle	M K - T K
B 1 1	B 1	15	17	-2
B 1 2		12	16	-4
B 1 3		15	15	0
B 1 4		14	17	-3
B 1 5		15	14	1
B 1 6		15	17	-2
B 2 1	B 2	15	15	0
B 2 2		14	16	-2
B 2 3		15	15	0
B 2 4		15	17	-2
B 2 5		15	15	0
B 2 6		14	16	-2
B 2 7		12	12	0
B 2 8		14	14	0
B 3 1	B 3	13	13	0
B 3 2		14	14	0
B 3 3		14	14	0
B 3 4		13	15	-2
B 3 5		13	15	-2
B 3 6		12	12	0
B 3 7		15	15	0
B 4 1	B 4	13	13	0
B 4 2		13	13	0
B 4 3		13	13	0
B 4 4		14	14	0
B 5 1	B 5	13	15	-2
B 5 2		13	15	-2
B 5 3		13	15	-2
B 5 4		13	15	-2
Ø B		13,76	14,72	-0,97

Die Tiefenausbreitung von Mutterknolle und Tochterknolle in den einzelnen Stöcken ist in Abbildung 22 graphisch dargestellt. Die Balkenlängen entsprechen den Tiefenangaben aus Tabelle 12.

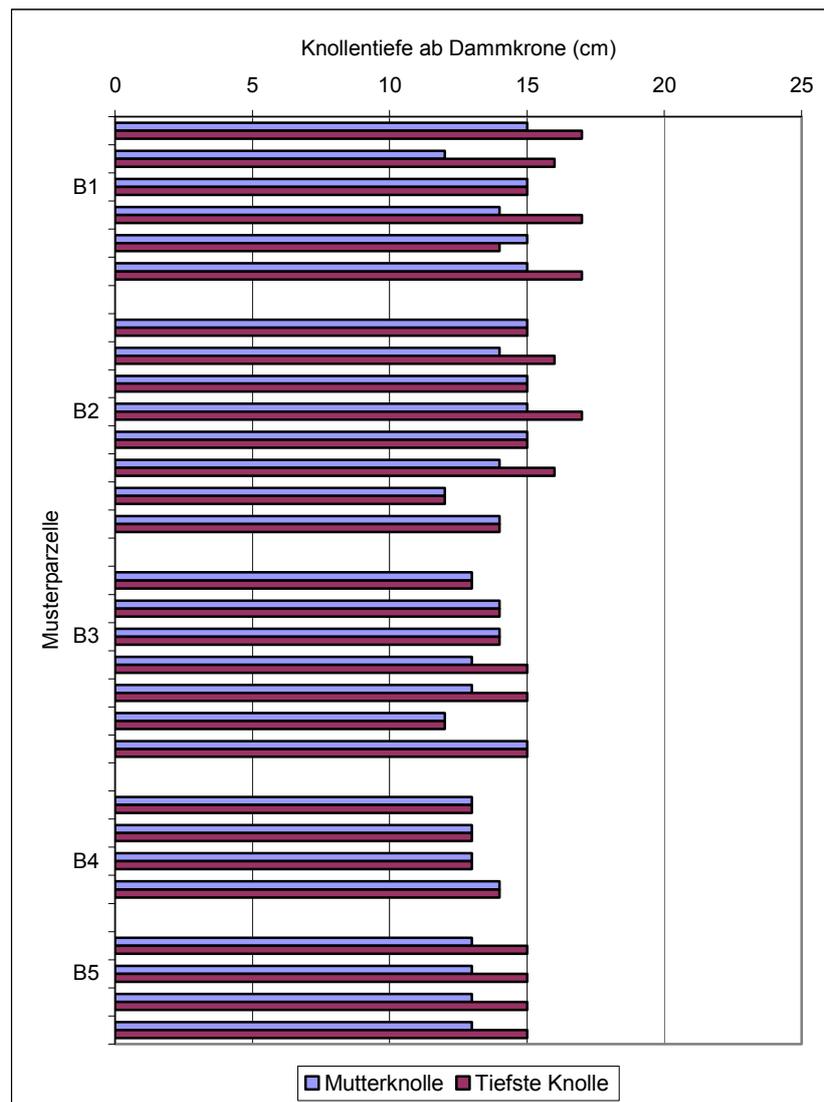


Abbildung 22: Die Knollenlage beim betriebsüblichen Verfahren

4.6.1.2 Die Knollenlage beim kombinierten Verfahren

Bei einer durchschnittlichen Tiefe von 17,77 cm liegen die Mutterknollen hier im Mittel 4 cm tiefer als beim betriebsüblichen Verfahren. Mit 15 cm befand sich die seichteste Mutterknolle in gleicher Tiefe wie die am tiefsten platzierte des betriebsüblichen Verfahrens. Die tiefste Mutterknolle beim kombinierten Verfahren lag 21 cm unterhalb der Dammkrone.

Obwohl sich auch hier in zahlreichen Fällen die Knollennester in den Damm unterhalb der Mutterknollen ausbreiteten, lagen mehr als 70 % der Beobachtungen auf gleicher Ebene mit den Mutterknollen oder seichter. Deshalb errechnete sich für die tiefsten Knollen der Pflanzen des Erntegutes auch ein Mittelwert von durchschnittlich 17,63 cm, der geringfügig über dem Niveau der Mutterknollen lag. Die Knollennester dehnten sich bei diesem Verfahren in einem

Fall sogar bis in eine Tiefe von 25 cm aus. Es gab aber auch Pflanzen die nur bis 13 cm wuchsen.

In Tabelle 13 sind die erhobenen Daten zusammengefasst. Der niedrigere Anteil negativer Werte in der Spalte MK-TK drückt die geringere Anzahl an Stauden mit Tiefstknollen unterhalb der Mutterknolle dar.

Tabelle 13: Tiefe in cm von Mutterknolle (MK) und tiefster Knolle (TK) beim kombinierten Verfahren (Dual-Plus-Verfahren). D1-D5=Parzellenbezeichnung, D11-D54=Reihenangabe

Dual-Plus Verfahren				
Reihe	Parz.	Mutterknolle	Tiefste Knolle	M K - T K
D 1 1	D 1	19	19	0
D 1 2		18	18	0
D 1 3		19	19	0
D 1 4		18	18	0
D 2 1	D 2	16	18	-2
		18	20	-2
D 2 2		18	19	-1
		19	17	2
D 2 3		21	19	2
		20	18	2
D 2 4	18	16	2	
	20	21	-1	
D 3 1	D 3	16	18	-2
		17	17	0
D 3 2		16	17	-1
		17	19	-2
D 3 3		19	16	3
D 3 4		19	18	1
	19	18	1	
D 4 1	D 4	17	25	-8
		17	16	1
D 4 2		16	16	0
		15	15	0
D 4 3		16	13	3
		17	17	0
D 4 4	19	17	2	
	17	16	1	
D 5 1	D 5	16	16	0
		19	16	3
D 5 2		19	19	0
		19	17	2
D 5 3		18	19	-1
		17	17	0
D 5 4	17	15	2	
	16	18	-2	
Ø D		17,77	17,63	0,14

In Abbildung 23 ist die Tiefenausbreitung von Mutterknollen und tiefsten Knollen graphisch dargestellt.

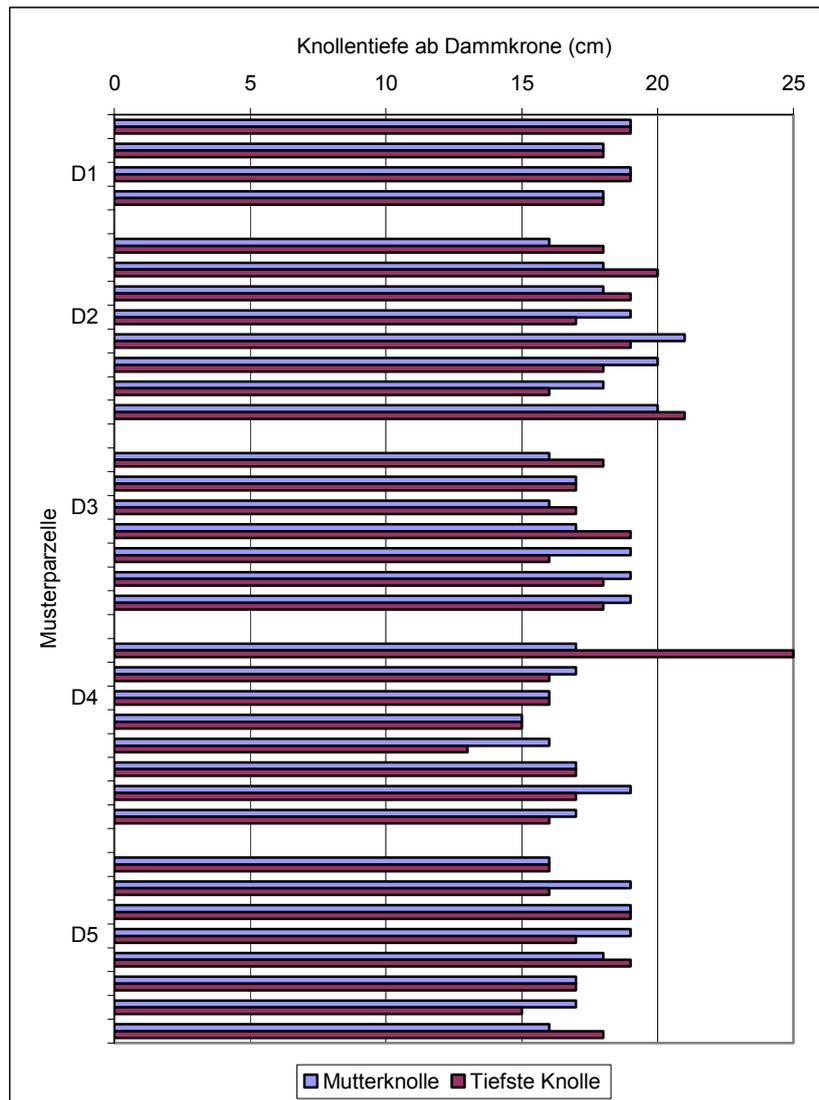


Abbildung 23: Die Knollenlage beim kombinierten Verfahren

4.6.2 Die Beerntung der Musterparzellen

Die 5 Musterparzellen je Verfahren wurden nur für Qualitätsuntersuchungen herangezogen, die auf den Parzellen geernteten Mengen sind deshalb nur von untergeordneter Bedeutung.

4.6.2.1 Die Musterparzellenergebnisse beim betriebsüblichen Verfahren

Vom Brutto-Mustergewicht wurden durchschnittlich 3,3 Prozent an Untergrößen abgezogen.

Die Abzüge bei den einzelnen Proben schwankten zwischen 2,5 und 4,4 Prozent.

Vom Nettomustergewicht werden, der Frisch & Frost-Norm folgend, die einzelnen Mängelkategorien abgetrennt.

Die festgestellten Gesamtmängel als Summe der Kategorien 1 bis 4 betragen durchschnittlich 7,2 Prozent, die Abzüge bewegten sich dabei von 5,7 % bis 8,1 Prozent. Gesamtmängel gemeinsam mit den Untergrößen ergeben die Gesamt-Futterware, im Mittel also 10,5 Prozent. Gänzlich unverwertbare Anteile landen in der Mängelkategorie 5. Diese trat nur bei der Probe B1 auf. Durchschnittlich betrug der Gesamt-Totalabfall 0,2 Prozent.

Über alle Proben war der Anteil der Kontraktware bei 89,3 Prozent. Die einzelnen Werte schwankten dabei gemäß den Anteilen in den Mängelkategorien und Untergrößen zwischen 87,5 Prozent und 91,7 Prozent. Entsprechend dem Frisch & Frost Bonusstufen-System waren zwei der Proben im Bereich der Bonusstufe A und 3 Proben in der Bonusstufe B.

Ebenfalls vom Netto-Mustergewicht wird die Größensortierung vorgenommen. Der Anteil Großfallender Ware lag zwischen 70 und 85,4 Prozent. Durchschnittlich waren 80,1 % größer 50 mm. Der Anteil Mittelfallender Ware betrug 19,9 Prozent, die Werte schwankten entsprechend dem Großfallenden Anteil.

Der Stärkegehalt lag im Mittel bei 13,1 % und schwankte von 12,6 % bis 13,5 Prozent.

Die detaillierten Bonitierungsergebnisse der einzelnen Proben sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Musterparzellenbonitierung beim betriebsüblichen Verfahren

Musterparzellennummer Betriebsübliches Verfahren	B1		B2		B3		B4		B5		B 1-5 % / 5
	kg	%									
Brutto-Mustergewicht	26,36		21,98		21,58		20,72		19,02		
- Untergrößen	0,74	2,8	0,58	2,6	0,88	4,1	0,92	4,4	0,48	2,5	3,3
Netto-Mustergewicht (zur Feststlg. Größensortierung)	25,62		21,40		20,70		19,80		18,54		
Mängeltabelle lt. Frisch & Frost - Norm ART der M Ä N G E L											
1) Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3 mm	0,74	2,9	0,62	2,9	0,80	3,9	0,86	4,4	0,40	2,2	3,3
2) Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,0
3) Stark ergrünte, mißgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel	0,62	2,4	0,60	2,8	0,32	1,5	0,50	2,5	0,56	3,0	2,4
4) Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel	0,68	2,7	0,00	0,0	0,44	2,1	0,24	1,2	0,28	1,5	1,5
Gesamtmängel :	2,04	8,0	1,22	5,7	1,56	7,5	1,60	8,1	1,24	6,7	7,2
+ Untergrößen:	0,74	2,8	0,58	2,6	0,88	4,1	0,92	4,4	0,48	2,5	3,3
GESAMT-FUTTERWARE:	2,78	10,8	1,80	8,3	2,44	11,6	2,52	12,5	1,72	9,2	10,5
5) Naßfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände	0,26	1,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,2
GESAMT-TOTALABFALL:	0,26	1,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,2
BONITIERUNGSERGEBNIS											
1) Kontraktware		88,2		91,7		88,4		87,5		90,8	89,3
davon Sortierung großfallend	21,88	85,4	14,98	70,0	17,18	83,0	15,86	80,1	15,16	81,8	80,1
mittelfallend	3,74	14,6	6,42	30,0	3,52	17,0	3,94	19,9	3,38	18,2	19,9
	25,62	100,0	21,40	100,0	20,70	100,0	19,80	100,0	18,54	100,0	100,0
2) Futterware		10,8		8,3		11,6		12,5		9,2	10,5
3) Totalabfall		1,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,2
ZUSCHLAG		B		A		B		B		A	B
STÄRKE		13,4		12,6		13,3		12,9		13,5	13,1

4.6.2.2 Die Bonitierungergebnisse beim kombinierten Verfahren

Der Anteil der Untergrößen, welche vom Brutto-Mustergewicht in Abzug gebracht werden, ist mit 2,8 % etwas geringer als beim betriebsüblichen Verfahren. Und das, obwohl sich in Parzelle D5 mit 5,9 % der höchste Wert aller 10 Musterparzellen findet. Bemerkenswert ist, dass die Anteile aller übrigen Parzellen unter dem niedrigsten Wert des betriebsüblichen Verfahrens liegen. Parzelle D4 weist mit 1,5 % den geringsten Untergrößenanteil aller 10 Musterparzellen auf.

Die Gesamtmängel als Summe der Kategorien 1 bis 4 sind mit 8,9 % um 1,7 % höher wie beim betriebsüblichen Verfahren. Verantwortlich dafür sind zum einen die in Kategorie 2 mit 0,6 % vermerkten Schäden durch Drahtwurm, wo beim betriebsüblichen Verfahren überhaupt kein Befall festgestellt wurde. Drahtwurmbefall gibt es nur in den Parzellen D1 mit 1,7 % und D2 mit 1,3%.

Zum anderen 4,4 % in Mängelkategorie 4, wo im Vergleich zu 1,5 % beim betriebsüblichen Verfahren ein fast 3 Mal so hoher Wert bestimmt wurde. Dieser resultiert vor allem aus Parzelle D2 mit 8,5 % und D3 mit 6,7 %.

Auch in Mängelkategorie 5 ist mit 0,8 % ebenfalls ein deutlich höherer Wert ausgewiesen. Somit liegen die Gesamtabzüge aus Futterware und Totalabfall im Durchschnitt mit 12,5 % um 1,7 % über jenen des betriebsüblichen Verfahrens.

Die festgestellten Mängel schlagen sich auch in den erreichten Bonusstufen nieder. D2 und D3 fallen aus dem Bonus heraus, D5 erreicht wegen des hohen Anteils an Untergrößen nur Bonusstufe C, D1 und D4 erreichen Bonusstufe A.

Das kombinierte Verfahren hat einen höheren Anteil großfallender Ware. 84,6 % fallen in die Kategorie über 50 mm. D2 hat sogar einen Anteil von 89,2 %. D5 weist neben dem höchsten Anteil an Untergrößen mit 76 % auch den geringsten Wert großfallender Ware beim kombinierten Verfahren aus.

Die Stärkebestimmung ergab 3 Mal 13,8 % und 2 Mal 12,5 %, als Durchschnittswert errechnen sich daraus 13,3 %.

Tabelle 15 zeigt die Bonitierungergebnisse des kombinierten Verfahrens im Detail.

Tabelle 15: Musterparzellenbonitierung beim kombinierten Verfahren (Dual-Plus System) D11 bis 14 bzw. D21 bis 24 = Summe der Gewichte der Reihen 1 bis 4 je Parzelle

Musterparzellennummer Dual-Plus System	D 11 bis 14		D 21 bis 24		D3		D4		D5		D 1-5 % / 5
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
Brutto-Mustergewicht	37,94		33,74		25,82		26,76		20,34		
- Untergrößen	0,78	2,1	0,82	2,4	0,60	2,3	0,40	1,5	1,20	5,9	2,8
Netto-Mustergewicht (zur Feststlg. Größensortierung)	37,16		32,92		25,22		26,36		19,14		
Mängeltabelle lt. Frisch & Frost - Norm ART der M Ä N G E L											
1) Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3 mm	0,24	0,6	0,54	1,7	0,48	1,8	0,56	2,1	0,72	3,7	2,0
2) Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm	0,62	1,7	0,42	1,3	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,6
3) Stark ergrünte, mißgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel	0,54	1,5	0,62	1,9	1,20	4,8	0,34	1,3	0,00	0,0	1,9
4) Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel	0,88	2,4	2,80	8,5	1,68	6,7	0,84	3,2	0,26	1,4	4,4
Gesamtängel :	2,28	6,1	4,38	13,3	3,36	13,3	1,74	6,6	0,98	5,1	8,9
+ Untergrößen:	0,78	2,1	0,82	2,4	0,60	2,3	0,40	1,5	1,20	5,9	2,8
GESAMT-FUTTERWARE:	3,06	8,2	5,20	15,7	3,96	15,6	2,14	8,1	2,18	11,0	11,7
5) Naßfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände	0,62	1,7	0,16	0,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,38	2,0	0,8
GESAMT-TOTALABFALL:	0,62	1,7	0,16	0,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,38	2,0	0,8
BONITIERUNGSERGEBNIS											
1) Kontraktware %		90,1		83,8		84,4		91,9		87,0	87,4
davon Sortierung großfallend	32,16	86,5	29,38	89,2	21,90	86,8	22,28	84,5	14,54	76,0	84,6
mittelfallend	5,00	13,5	3,54	10,8	3,32	13,2	4,08	15,5	4,60	24,0	15,4
GESAMT	37,16	100,0	32,92	100,0	25,22	100,0	26,36	100,0	19,14	100,0	100,0
2) Futterware		8,2		15,7		15,6		8,1		11,0	11,7
3) Totalabfall		1,7		0,5		0,0		0,0		2,0	0,8
ZUSCHLAG		A		Kein		Kein		A		C	C
STÄRKE		13,8		13,8		13,8		12,5		12,5	13,3

4.6.3 Die Erträge

4.6.3.1 Der Ertrag beim betriebsüblichen Verfahren

Die geernteten Kartoffeln des bisher am Betrieb angewandten Verfahrens wurden mit 11 Anlieferungen zur Übernahmestelle gebracht. Um den Ernteablauf zügig zu gestalten war es erforderlich, bei einer Anlieferung auch Kisten vom kombinierten Verfahren zuzuladen. Die Mengen des Lieferscheins wurden entsprechend der Kistenanzahl auf die Verfahren aufgeteilt.

Insgesamt wurde ein Nettogewicht von 100225 kg geerntet. Bei einer Fläche von 2,627 ha ergibt das 38152 kg je ha.

4.6.3.2 Der Ertrag beim kombinierten Verfahren

Die Erntemenge von den 2,6048 ha wurde mit 10 Lieferungen zur Übernahmestelle in Deutsch Wagram transportiert. Ein Lieferschein wurde wie beim betriebsüblichen Verfahren aufgeteilt. Es wurde eine Nettomenge von 104926 kg geerntet, was einem Ertrag von 40282 kg je ha entspricht. Das sind 2130 kg/ha Mehrertrag im Vergleich zum betriebsüblichen Verfahren.

5 Diskussion

5.1 Die Arbeitszeit

5.1.1 Der Arbeitszeitbedarf bei standardisierter Feldform

Die Arbeitszeitmessungen wurden auf dem Feld „Obere Hofstetten“ durchgeführt. Die in Abbildung 11 dargestellte Form dieses Feldes hat zur Folge, dass auf den Teilflächen wo die Messungen gemacht wurden, unterschiedliche Feldlängen auftreten. Für eine genaue Gegenüberstellung, ohne einseitige Beeinflussung von Teilzeiten durch die Feldlänge, sind jedoch gleiche Fahrstrecken erforderlich.

Des Weiteren müssen auch beim Füllen einheitliche Bedingungen wie gleicher Pflanzgutbedarf je ha und Sortierung gegeben sein.

Um diese Voraussetzungen zu schaffen, wurden die gemessenen und errechneten Werte der Zeiterhebungen herangezogen um eine Modellberechnung anhand eines Beispielfeldes mit rechteckiger Form und identischen Bedingungen bei der Pflanzgutbeschickung durchzuführen.

Die Feldlänge wurde als Mittelwert der gefahrenen Strecken beim kombinierten Verfahren und beim Legen des betriebsüblichen Verfahrens mit 417 m festgelegt, die Breite entsprechend 10 Hin- und Rückfahrten mit der Legemaschine mit 60 m gewählt. Mit diesen Seitenlängen ergibt sich eine Gesamtfläche des Beispielfeldes von 2,502 ha.

Die genutzte Arbeitsbreite der Fräse bei den Zeitmessungen beträgt 3,17 m, bei Legemaschine und Kreiselegge wurde mit 3m gerechnet. Über die Arbeitsbreiten wurde die erforderliche Anzahl von Fahrten durch das Feld ermittelt. Beim Fräsen kann das Feld mit 19 Fahrten bearbeitet werden, das Vorgewende mit einer Hin- und Rückfahrt. Bei den anderen Arbeitsgängen sind 20 Fahrten notwendig.

Der Zeitbedarf der Fahrten wird aus den mittleren Arbeitsgeschwindigkeiten berechnet. Beim Fräsen beträgt diese für die Bearbeitung des Hauptbeets 3,12 km/h, am Vorgewende ist sie mit 2,27 km/h etwas geringer. Das anschließende Legen der Kartoffel erfolgt bei 4,8 km/h im Mittel.

Für das kombinierten Verfahren liegt die durchschnittliche Arbeitsgeschwindigkeit bei 3,84 km/h.

Wendezeiten wurden jeweils mit der durchschnittlichen Wendezeit der entsprechenden Tätigkeit eingesetzt. Beim Fräsen folgt nach jeder Fahrt durch das Feld bzw. am Vorgewende ein Wendevorgang, bei den übrigen Arbeiten nur an einem Feldende, da am anderen Pflanzgut nachgefüllt wird.

Beim Zeitbedarf zum Füllen wurde für beide Verfahren die durchschnittliche Füllzeit des kombinierten Verfahrens zugrunde gelegt. Während der Messungen zu diesem Verfahren wurde nur eine Sorte gelegt und es kam zu keiner Beeinflussung der Füllzeit durch einen Pflanzgutwechsel. Nach jeder Hin- und Rückfahrt erfolgte ein Füllvorgang. Aus den erhobenen Zeiten und Füllmengen wurde die durchschnittliche Füllzeit in Minuten je Tonne Pflanzgut von 14,04 min/t errechnet. Mit diesem Wert und dem Pflanzgutbedarf von 2400kg/ha konnte für eine erforderliche Füllmenge von 650 kg je Hin- und Rückfahrt die Füllzeit ermittelt werden. Für beide Verfahren wurde dann die gleiche Füllzeit eingesetzt.

Für die Fahrten zum Anhänger auf dem das Pflanzgut bereitgestellt ist und danach zur Legespur zurück wurde wieder mit den Mittelwerten der jeweiligen Verfahren von den Zeitmessungen gerechnet.

Rüstzeiten sind während der Messungen nur beim betriebsüblichen Verfahren aufgetreten. Für den Vergleich der Verfahren wurden keine Rüstzeiten eingerechnet.

Durch Aufsummieren der berechneten Teilzeiten wird der Zeitbedarf je ha des Beispielfeldes errechnet. Tabelle 16 zeigt die Vorgangsweise bei der Vergleichsberechnung. Um die Zahlen mit anderen in dieser Arbeit angestellten Berechnungen vergleichen zu können sind die Zeiten je ha sowohl in min/ha als auch in h/ha ausgewiesen.

Zusätzlich zum Zeitbedarf werden die untersuchten Varianten in den folgenden Kalkulationen auch bezüglich ihres AKh-Bedarfs gegenübergestellt. Auf Grundlage der Versuchsanstellung wurde beim betriebsüblichen Verfahren mit 3, beim kombinierten Verfahren mit 2 Arbeitskräften gerechnet. In der Übersichtstabelle ist die entsprechende Anzahl für die jeweilige Arbeit gesondert angeführt. Wie schon bei der Vorstellung der Verfahren

dargestellt, waren an der Legetätigkeit jeweils 2 Personen beteiligt, wobei die Zweite die störungsfreie Funktion der Legemaschine überwachte.

Tabelle 16: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für das Beispielfeld

Beispielfeld: Länge (m) = 417 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 14,04		Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)					
		Fräsen			Legen			Fräsen			Legen		
		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit	
			min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		min/ha	h/ha
Arbeitskräfte (AK)		1			2			2			2		
Arbeitsbreite (m)		3,17			3,00			3,00			3,00		
Anzahl Fahrten durch Feld		19			20			20			20		
Bearbeiten Hauptbeet		3,12 km/h	63,37	1,06	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87	3,84 km/h	52,12	0,87
Bearbeiten Vorgewende		2,27 km/h			4,80 km/h			3,84 km/h					
Wendevorgang		0,88 min	7,77	0,13	0,75 min	3,00	0,05	0,97 min	3,86	0,06	0,97 min	3,86	0,06
Fahrten zum/vom Füllen					2,34 min	8,40	0,14	3,00 min	10,80	0,18	3,00 min	10,80	0,18
Ø Zeit/Füllvorgang (min/0,65t)					9,13 min	36,49	0,61	9,13 min	36,49	0,61	9,13 min	36,49	0,61
Ergebnis Beispielfeld:		Σ Fräsen:		71,14	1,19	Σ Legen:		89,56	1,49				
		Gesamtzeit		min/ha ges: 160,70		h/ha ges: 2,68		Zeit/ha ges: 103,27		h/ha ges: 1,72			
Arbeitskraftstunden(AKh)		Akh/haFräs:	1,19	Akh/ha Legen:	2,99	Akh ges:	4,17	Akh/ha ges:	3,44				

Die Berechnung zeigt, dass auch bei konstanter Feldlänge die Unterschiede zwischen den Verfahren bestehen bleiben und das kombinierte Verfahren einen deutlich geringeren Gesamtzeitbedarf hat.

Obwohl bis auf die Füllzeiten die einzelnen Teilzeiten nahezu unverändert bleiben, verringert sich beim betriebsüblichen Verfahren der Zeitbedarf von 2,79 h/ha auf 2,68 h/ha. Die Reduktion ergibt sich aus dem Wegfall der Rüstzeiten von 0,15 h/ha. Zum Teil wieder kompensiert wird diese durch die Erhöhung der Füllzeit von 0,55 h/ha auf 0,61 h/ha.

Beim kombinierten Verfahren steigt der Arbeitszeitbedarf von 1,68 h/ha auf 1,72 h/ha. Auch hier bleiben die Teilzeiten fast unverändert, nur die Füllzeit ist in den Berechnungen mit 0,61 h/ha um 0,05 h/ha höher wie bei den Messungen am Feld. Da beim Legen und beim berechneten Beispiel die gleiche Sorte und das gleich Pflanzgut zugrunde liegt, ist der höhere Zeitbedarf für das Füllen auf die geänderte Feldform und Länge zurückzuführen.

Die Modellberechnung ergibt für das kombinierte Verfahren einen Zeitvorteil von 0,96 h/ha. In Abbildung 24 sind der gemessene und der berechnete Gesamtarbeitszeitbedarf je ha nebeneinander dargestellt.

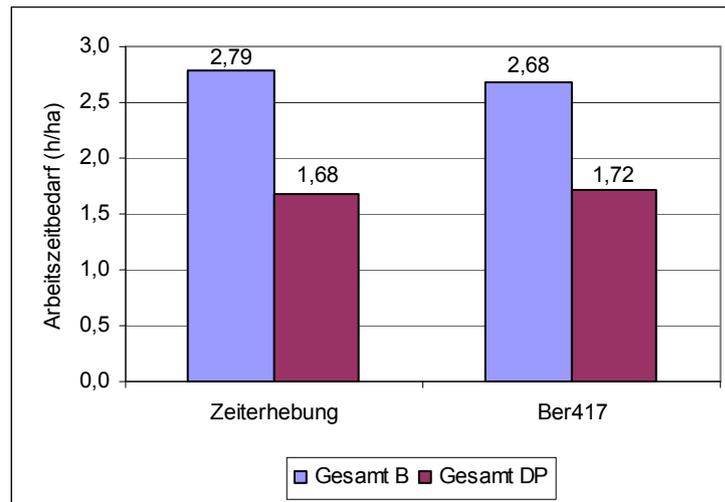


Abbildung 24: Gemessener und berechneter Gesamtarbeitszeitbedarf je ha (Ber417= Beispielfeld mit 417m Länge)

Der Arbeitszeitbedarf für das kombinierte Verfahren ist um 36 Prozent geringer und liegt auf vergleichbarem Niveau mit Ergebnissen aus dem Getreidebau, wo kombinierte Anbauverfahren schon seit längerer Zeit in der Praxis verbreitet sind. Aus den Untersuchungen von ZELTNER (1976) geht hervor, dass durch Einsatz einer Bestellkombination der Zeitbedarf für die Getreideaussaat um 33 Prozent sinkt. Die Ergebnisse beziehen sich auf einen rechteckigen, durch seine Größe von 2 ha den eigenen Berechnungen vergleichbaren Schlag mit 300 m Länge. Auch der eingesetzte Bodenbearbeitungstraktor entsprach mit 75 kW der Leistungsklasse des Traktors in den eigenen Versuchen. Das Saatbett beim getrennten Verfahren wurde durch zweimalige Überfahrt mit einer 5 m breiten Saatbettkombination hergerichtet, danach die Drillsaat bei 3 m Arbeitsbreite durchgeführt. Dem gegenübergestellt wurde eine Bestellkombination aus Kreiselegge und Drillsämaschine mit ebenfalls 3 m Arbeitsbreite.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen ESTLER et al. (1984) in ihren Berechnungen. Sie ermittelten eine Zeitersparnis von 31 Prozent für den kombinierten Getreideanbau. Eine Reduktion des Arbeitszeitbedarfs um 34 Prozent ergibt sich aus den Berechnungen der entsprechenden Arbeitsgänge auf Basis von Kalkulationsdaten des KTBL (KTBL, 2008). Dabei ist eine Schlaggröße von 20 ha zugrunde gelegt. Bei kleineren Schlägen steigt der Zeitvorteil des kombinierten Verfahrens. Unterstellt man eine Schlaggröße von 2 ha, so kann mit einem kombinierten Bestellverfahren der Arbeitszeitbedarf für die Getreideaussaat um bis zu 43 Prozent reduziert werden.

Die eingesetzten AKh aus Tabelle 16 sind in Abbildung 25 graphisch dargestellt. Darin sind sowohl beim betriebsüblichen als auch beim kombinierten Verfahren für das Legen jeweils 2 Arbeitskräfte berücksichtigt.

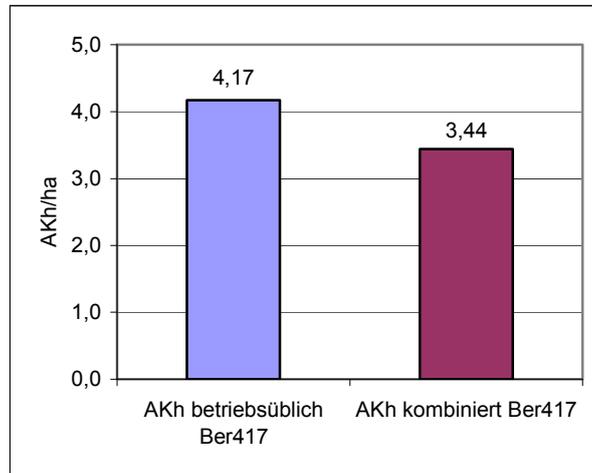


Abbildung 25: AKh-Bedarf für das Beispielfeld Ber417

Für das betriebsübliche Verfahren ergeben sich mit 3 eingesetzten Arbeitskräften 4,17 AKh/ha. Beim kombinierten Verfahren fällt der Bedarf mit 2 Arbeitskräften und 3,44 AKh/ha um 18 Prozent niedriger aus. Dieser Wert beträgt etwa die Hälfte der Differenz bei der Gesamtarbeitszeit.

Die Bildung einer rechteckigen Feldform führte im Vergleich zu den erhobenen Daten nur zu geringfügigen Veränderungen bei den Teilzeiten. Vor allem das Herausrechnen der Rüstzeiten beim betriebsüblichen Verfahren und die Gleichstellung bei den Zeiten für das Füllen waren für die Veränderungen bei der Gesamtzeit verantwortlich. In Abbildung 26 ist der Arbeitszeitbedarf gegliedert nach den einzelnen Teilzeiten am Beispielfeld für beide Verfahren graphisch gegenübergestellt. An der jeweiligen Balkenhöhe sind die Unterschiede zwischen Zeiterhebung und berechneter Situation erkennbar.

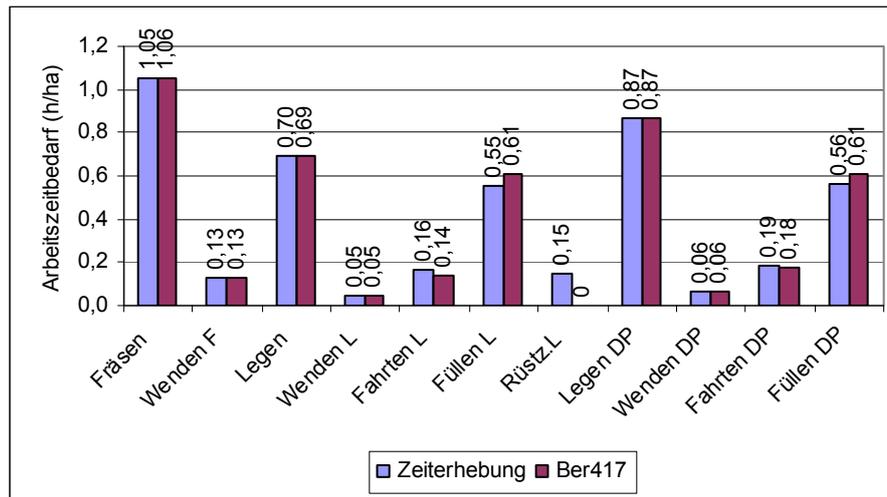


Abbildung 26: Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten Teilzeiten (Ber417=Beispielfeld mit 417 m Feldlänge; betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)

Geht es darum, das Feld möglichst rasch zu bepflanzen und spielen eingesetzte Arbeitskräfte und Maschinen eine untergeordnete Rolle, dann zeigt das betriebsübliche Verfahren Vorzüge. Hier können Fräsen und Legen parallel durchgeführt werden. Der Zeitbedarf für Fräsen und Wenden liegt bei 1,19 h/ha. Die Zeit aus Legen, Wenden, Fahrten und Füllen beträgt 1,49 h/ha und stellt somit die Arbeit mit dem höheren Zeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren. Vergleicht man diesen Wert mit den 1,72 h/ha beim kombinierten Verfahren, so zeigt sich eine Zeitersparnis von 0,23 h/ha um die man mit dem betriebsüblichen Verfahren früher fertig ist. Das entspricht einem Zeitvorteil von 13,3 Prozent, der bei großen Anbauflächen und einem sehr begrenzten Zeitfenster für das Kartoffellegen genutzt werden kann. Abbildung 27 zeigt den Arbeitszeitbedarf der einzelnen Arbeiten.

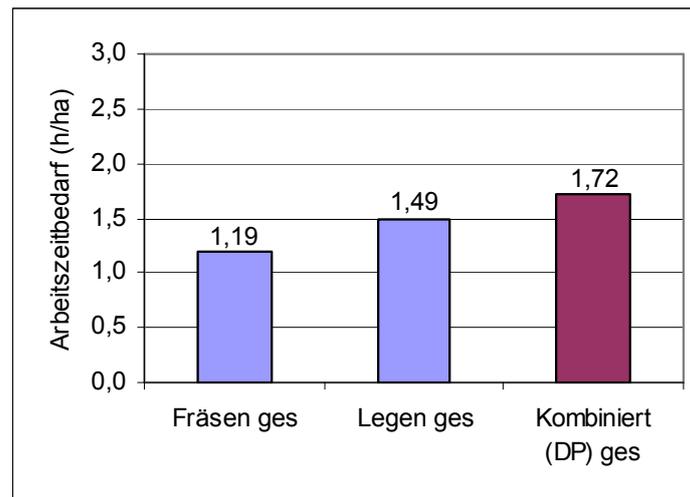


Abbildung 27: Der Arbeitszeitbedarf der einzelnen Arbeitsgänge auf dem Beispielfeld Ber417

Auch hier folgen die Ergebnisse den Tendenzen, wie sie aus dem Getreideanbau bekannt sind. Da Saatbettbereitung und Drillsaat nebeneinander durchgeführt werden können, ist bei getrennter Arbeiterledigung die Aussaat schlagkräftiger möglich. Bei ZELTNER (1976) erfolgt die Saatbettbereitung in zwei Überfahrten mit je 0,31 Stunden/ha, die Drillsaat benötigt 0,49 Stunden/ha. Für das kombinierte Verfahren sind 0,75 Stunden/ha erforderlich, was um 50 Prozent über dem Wert für die Drillsaat mit mehreren Arbeitsgängen liegt.

5.1.2 Die Veränderung des Zeitbedarfs bei Variation der Feldform

Ausgehend von den Berechnungen des Beispielfeldes soll nun untersucht werden, welchen Einfluss auf Gesamtzeit und Teilzeiten eine Variation bei den Längen und Breiten des Beispielfeldes hat. Dabei werden die neu berechneten Varianten immer auf die Ausgangsvariante mit 417 m Feldlänge und 60 m Feldbreite bezogen und die Veränderung diskutiert.

Als Erstes soll eine Situation betrachtet werden, bei der die Feldlänge jener Strecke entspricht, welche mit voll gefülltem Vorratsbunker bei einer Hin- und Rückfahrt zurückgelegt werden kann. Unter den vorliegenden Bedingungen kann eine Distanz von 1400 m mit einer Bunkerfüllung gepflanzt werden um die Legemaschinenkapazität bestmöglich zu nutzen. Die Feldlänge beträgt somit 700 m, die Feldbreite wird mit 60 m beibehalten. Gefüllt

wird auch hier an einem Feldrand nach jeder Hin- und Rückfahrt. Tabelle 17 zeigt die Berechnung für diese Feldform.

Tabelle 17: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs bei 700 m Feldlänge und bestmöglicher Nutzung der Bunkerkapazität

Beispielfeld: Länge (m) = 700 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 14,04	Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
	Fräsen			Legen					
	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha
Arbeitskräfte (AK)	1			2			2		
Arbeitsbreite (m)	3,17			3			3		
Anzahl Fahrten durch Feld	19			20			20		
Bearbeiten Hauptbeet	3,12 km/h	} 62,34	1,04	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87
Bearbeiten Vorgewende	2,27 km/h								
Wendevorgang	0,88 min	4,63	0,08	0,75 min	1,79	0,03	0,97 min	2,30	0,04
Fahrten zum/vom Füllen				2,34 min	5,00	0,08	3,00 min	6,43	0,11
Ø Zeit/Füllvorgang (min/1,05t)				14,75 min	35,11	0,59	14,75 min	35,11	0,59
Ergebnis	Gesamtzeit	Σ Fräsen: 66,97	1,12	Σ Legen: 83,58	1,39				
		min/ha ges: 150,55		h/ha ges: 2,51			Zeit/ha ges: 95,97	1,60	
Beispielfeld:	Arbeitskraftstunden(AKh)	AKh/haFräs: 1,12	AKh/ha Legen: 2,79	AKh ges: 3,90			AKh/ha ges:	3,20	

Die Berechnung zeigt, dass sich der Arbeitszeitbedarf gegenüber der Ausgangsvariante bei beiden Verfahren verringert. Beim betriebsüblichen Verfahren geht der Zeitbedarf um 6,3 Prozent zurück und es sind je ha 2,51 Stunden notwendig. Beim kombinierten Verfahren reduziert sich der Zeitbedarf um 7 Prozent auf 1,60 h/ha. Dieser Wert entspricht 64 Prozent der Zeit des betriebsüblichen Verfahrens. Die Veränderung des Gesamtarbeitszeitbedarfs zeigt Abbildung 28.

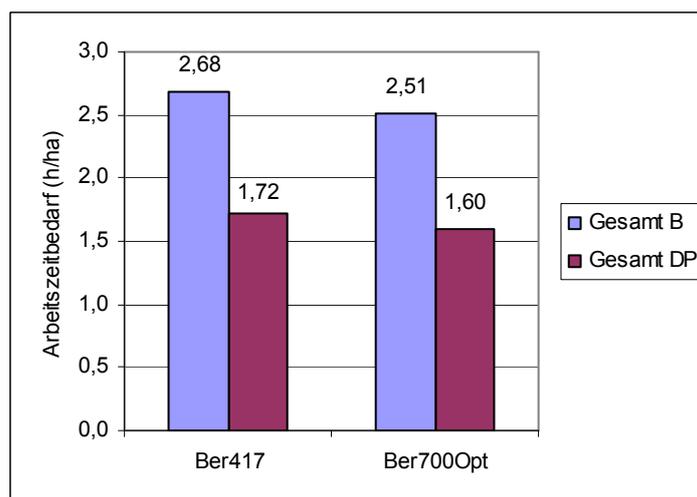


Abbildung 28: Der Gesamtarbeitszeitbedarf bei 417m und 700 m Feldlänge im Vergleich (Ber417= Ausgangsvariante; Ber700Opt= Opt. Feldlänge für Bunkerkapazität)

Die Entwicklung des AKh-Bedarf bei Steigerung der Feldlänge auf 700 m im Vergleich zur Ausgangsvariante Ber417 zeigt Abbildung 29. Für beide Verfahren ergibt sich ein Rückgang

von 6 bis 7 Prozent. Dieser liegt auf etwa gleicher Höhe wie die Auswirkungen auf den Gesamtarbeitszeitbedarf. Mit dem betriebsüblichen Verfahren sind 3,9 AKh/ha erforderlich. Erfolgt der Kartoffelanbau während einer Überfahrt, dann sind es mit 3,2 AKh/ha um 18 Prozent weniger.

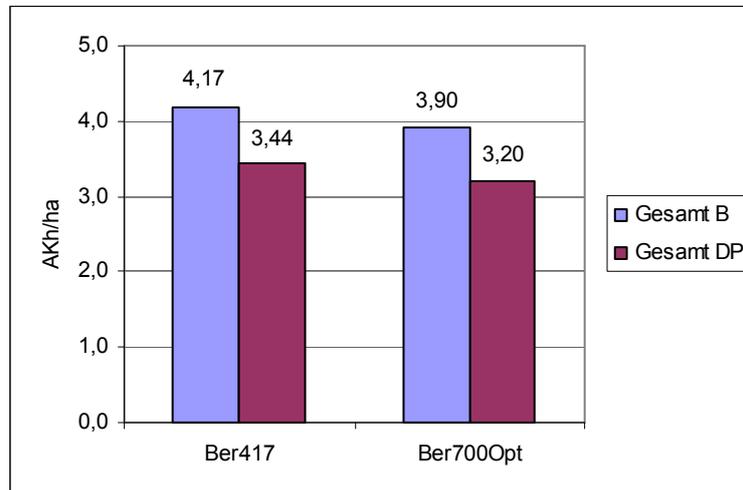


Abbildung 29: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität (Ber700Opt) mit Hin- und Rückfahrt im Vergleich

Beim Fräsen verringert sich der Zeitbedarf für das Wenden um 3,14 min je ha.

Bei beiden Verfahren kommt es zu einem geringeren Zeitaufwand für die Fahrten zum Füllen und nach dem Füllen wieder zur Anschlussspur zurück. Hier sinkt der Zeitbedarf je Hektar um 3,40 bzw. 4,37 Minuten. Die bessere Nutzung des Bunkervolumens bedingt eine geringere Anzahl an Füllvorgängen und damit auch weniger Zu- und Abfahrtszeiten zum Pflanzgutanhänger.

Wendezeiten und Füllzeiten je Hektar nehmen ebenso geringfügig um 1,2 bis 1,5 Minuten ab.

Abbildung 30 zeigt die Veränderung der Teilzeiten gegenüber der Ausgangsvariante Ber417.

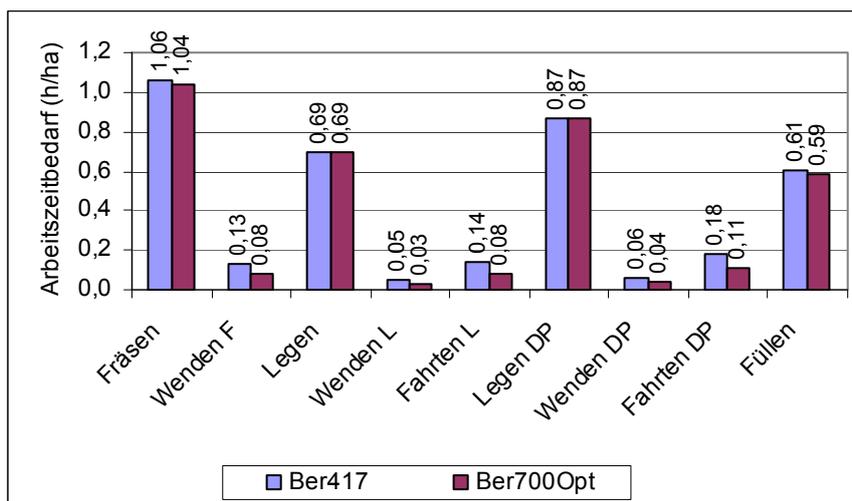


Abbildung 30: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität (Ber700Opt) mit Hin- und Rückfahrt im Vergleich (betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)

Die Auswirkung einer weiteren Steigerung der Feldlänge auf 1400 m hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfs soll mit der nächsten Berechnung geprüft werden. Diese Länge entspricht jener Strecke, die mit dem Pflanzgutvorrat der Legemaschine gelegt werden kann. Daher ist es erforderlich, an jedem Feldrand Pflanzgut nachzufüllen. Die Feldbreite bleibt mit 60 m unverändert. Tabelle 18 zeigt die Berechnung für diese Feldform.

Tabelle 18: Der Arbeitszeitbedarf bei 1400 m Feldlänge

Beispielfeld: Länge (m) = 1400 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 14,04		Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
		Fräsen			Legen					
		Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	h/ha
Arbeitskräfte (AK)	1			2			2			
Arbeitsbreite (m)	3,17			3			3			
Anzahl Fahrten durch Feld	19			20			20			
Bearbeiten Hauptbeet	3,12 km/h	} 61,59	1,03	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87	
Bearbeiten Vorgewende	2,27 km/h									
Wendevorgang	0,88 min	2,31	0,04							
Fahrten zum/vom Füllen				2,34 min	5,28	0,09	3,00 min	6,79	0,11	
Ø Zeit/Füllvorgang (min/1,05t)				14,75 min	35,11	0,59	14,75 min	35,11	0,59	
	Σ Fräsen:	63,90	1,07	Σ Legen:	82,07	1,37				
Ergebnis Beispielfeld:	Gesamtzeit	min/ha ges: 145,97		h/ha ges: 2,43		Zeit/ha ges: 94,02		1,57		
	Arbeitskraftstunden(AKh)	AKh/haFräs: 1,07	AKh/ha Legen: 2,74	AKh ges: 3,80	AKh/ha ges: 3,13					

Der Gesamtarbeitszeitbedarf verringert sich beim betriebsüblichen Verfahren um 9,2 % auf 2,43 h/ha. Beim kombinierten Verfahren bewegt sich die Reduktion mit 9 % auf 1,57 h/ha auf gleichem Niveau. Durch das Verbinden von Arbeitsgängen ist eine Zeitersparnis von 36 Prozent erreichbar. Abbildung 31 zeigt die Veränderungen beim Zeitbedarf gegenüber der Ausgangsvariante Ber417.

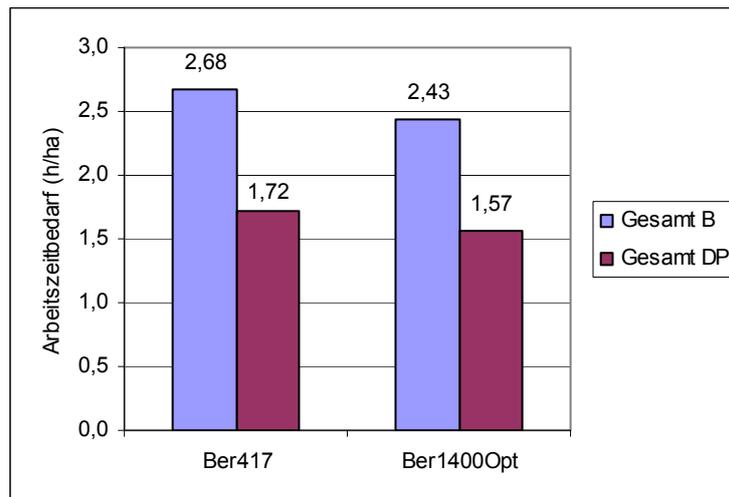


Abbildung 31: Der Gesamtarbeitszeitbedarf bei 417m und 1400m Feldlänge (Ber417= Ausgangsvariante; Ber1400Opt= optimale Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang)

Die weitere Steigerung der Feldlänge auf 1400 m führt auch zu einem weiteren Rückgang im AKh-Bedarf. Dieser liegt mit etwa 9 Prozent im Vergleich zur Ausgangsvariante Ber417 wieder ähnlich den Entwicklungen beim Gesamtarbeitszeitbedarf. Abbildung 32 zeigt die beiden Verfahren gegenübergestellt. Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren bleibt mit etwa 18 Prozent auf dem Niveau der Ausgangsvariante.

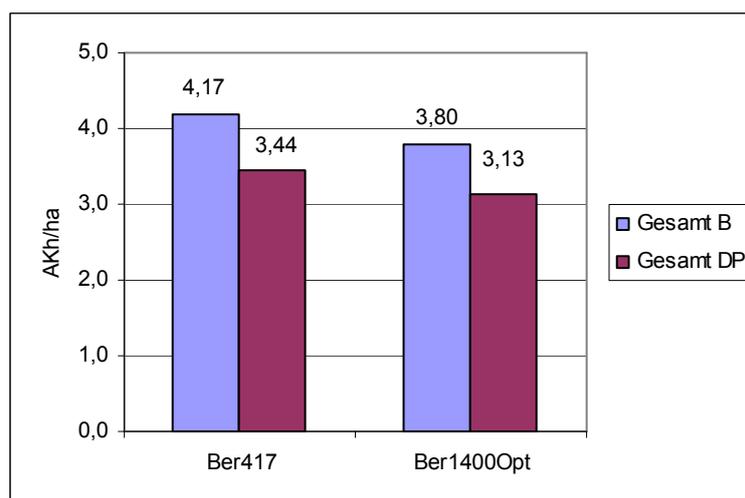


Abbildung 32: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang (Ber1400Opt) im Vergleich

Durch das beidseitige Nachfüllen treten hier keine Wendevorgänge beim Legen und beim kombinierten Verfahren auf. Die Feldlänge führt dazu, dass sich auch bei der Fräsarbeit der Zeitbedarf für die Wendevorgänge gegenüber der Ausgangsvariante stark reduziert. In Abbildung 33 sind die Teilzeiten ersichtlich.

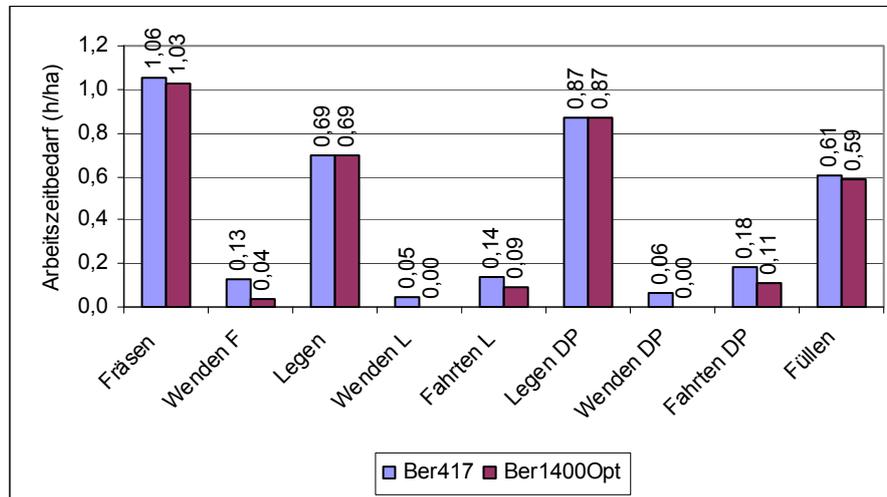


Abbildung 33: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimaler Feldlänge für Bunkerkapazität ohne Wendevorgang (Ber1400Opt) im Vergleich (betriebsüblich: F=Fräsen; L=Legen; kombiniert: DP=Dual Plus)

In einem weiteren Beispiel soll untersucht werden, welchen Einfluss ein ungünstiges Verhältnis von Länge und Breite auf den Arbeitszeitbedarf hat. Die Feldlänge wird auf 200 m etwa halbiert, die Feldbreite gegenüber der Ausgangsvariante auf 120 m dafür verdoppelt. Nachgefüllt wird insgesamt 6 Mal nach jeweils nach 3 Hin- und Rückfahrten. Die Füllmenge beträgt jeweils 900 kg Kartoffeln. Die Berechnung für diese Feldform zeigt Tabelle 19.

Tabelle 19: Der Arbeitszeitbedarf bei kurzer und breiter Feldform

Beispielfeld: Länge (m) = 200 Breite (m) = 120 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 14,04		Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
		Fräsen			Legen			Ø-Werte für		Zeit
		Ø-Werte für	Zeit		Ø-Werte für	Zeit		Ø-Werte für	Zeit	
		Berechnung	min/ha	h/ha	Berechnung	min/ha	h/ha	Berechnung	min/ha	h/ha
Arbeitskräfte (AK)		1			2			2		
Arbeitsbreite (m)		3,17			3			3		
Anzahl Fahrten durch Feld		38			40			40		
Bearbeiten Hauptbeet		3,12 km/h	} 66,12	1,10	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87
Bearbeiten Vorgewende		2,27 km/h								
Wendevorgang		0,88 min	15,09	0,25	0,75 min	10,31	0,17	0,97 min	13,29	0,22
Fahrten zum/vom Füllen					2,34 min	5,84	0,10	3,00 min	7,50	0,13
Ø Zeit/Füllvorgang (min/0,9t)					12,64 min	35,11	0,59	12,64 min	35,11	0,59
Ergebnis Beispielfeld:	Gesamtzeit	Σ Fräsen: 81,21		1,35	Σ Legen: 92,94		1,55			
		min/ha ges: 174,15		h/ha ges: 2,90		Zeit/ha ges: 108,03		1,80		
Arbeitskraftstunden(AKh)		AKh/haFräs: 1,35	AKh/ha Legen: 3,10	AKh ges: 4,45	AKh/ha ges: 3,60					

Bei beiden Verfahren führt diese Feldform zu einem Anstieg des Arbeitszeitbedarfs. Beim betriebsüblichen Verfahren steigt die Arbeitszeit um 8,4 Prozent auf 2,9 Stunden je ha gegenüber der Ausgangsvariante. Der Anstieg des kombinierten Verfahrens ist mit 4,6 Prozent auf 1,8 Stunden je ha deutlich geringer und der Kartoffelanbau kann mit einer Zeitersparnis von 38 Prozent erledigt werden. Abbildung 34 zeigt diese Entwicklungen in graphischer Form.

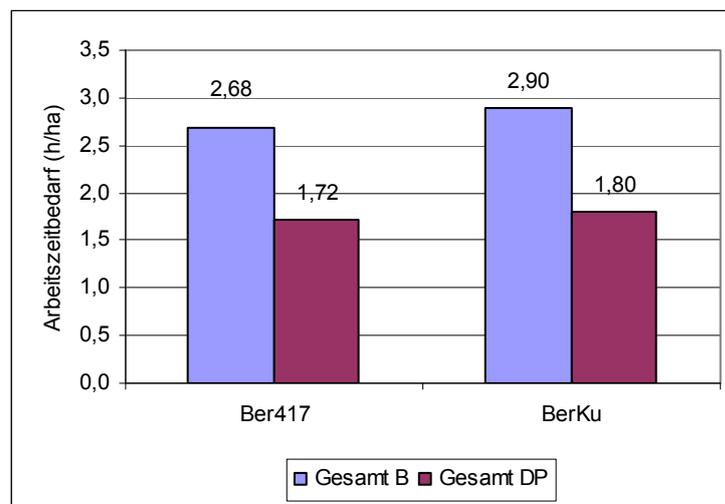


Abbildung 34: Die Gesamtarbeitszeit von Ausgangsvariante (Ber417) und kurzer, breiter Feldform im Vergleich

Die Auswirkungen eines kurzen Feldes auf den AKh-Einsatz zeigt Abbildung 35. Beim betriebsüblichen Verfahren steigt der AKh-Bedarf um 6,7 Prozent, zur Bearbeitung mit dem kombinierten Verfahren sind um 4,7 Prozent mehr AKh gegenüber der Ausgangsvariante Ber417 erforderlich. Zwischen den Verfahren bedeutet der Unterschied von 0,85 AKh/ha die absolut größte Differenz zwischen beiden Anbausystemen von allen berechneten Varianten.

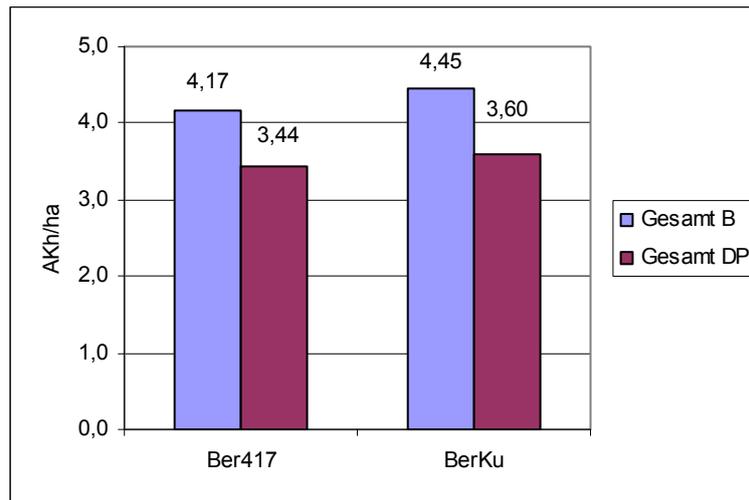


Abbildung 35: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante (Ber417) und bei kurzer, breiter Feldform (BerKu) im Vergleich

Betrachtet man die einzelnen Teilzeiten so zeigt sich, dass der Anstieg des Zeitbedarfs hauptsächlich auf eine Erhöhung bei den Wendezeiten zurückzuführen ist. In Abbildung 36 sind die Teilzeiten der Ausgangsvariante Ber417 und einem Feld mit kurzer, breiter Form BerKu gegenübergestellt.

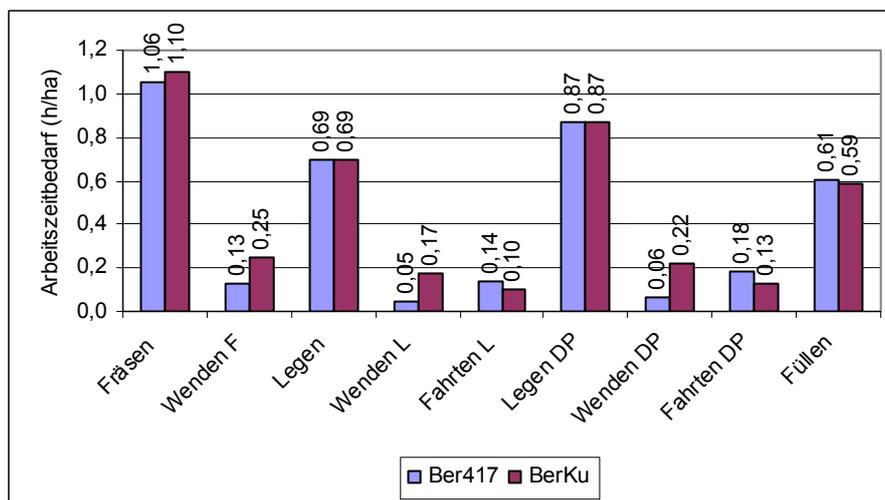


Abbildung 36: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und bei kurzer, breiter Feldform (BerKu) im Vergleich

Die Zunahme fällt beim betriebsüblichen Verfahren deshalb so hoch aus, da sich Wendezeiten sowohl beim Fräsen als auch beim Legen erhöhen. Beim Fräsen kommt es beinahe zu einer Verdoppelung des Zeitbedarfs für das Wenden von 0,13 h/ha auf 0,25 h/ha. Bei der Legearbeit steigt die Wendezeit sogar über das Dreifache der Ausgangsvariante von 0,05 h/ha

auf 0,17 h/ha. In beiden Fällen kommt es zu einer Erhöhung um 0,12 h/ha wodurch die Zunahme bei der Wendezeit insgesamt 0,24 h/ha beträgt. Der Rückgang bei den Fahrten zum Pflanzgutanhänger und wieder in die Legespur zurück um 0,04 h/ha kann diesen Anstieg nur geringfügig ausgleichen.

Der Anstieg beim Fräsen um 0,04 h/ha ergibt sich aus dem erhöhten Zeitbedarf für das Bearbeiten des Vorgewendes aufgrund der verdoppelten Feldbreite.

Wie die Berechnungen zeigen, kommt es bei einer Steigerung der Feldlänge von 400 m über 700 m auf 1400 m nur zu relativ geringen Veränderungen beim Gesamtarbeitszeitbedarf. Dieser reduziert sich um etwa 9 Prozent im Vergleich zur Ausgangsvariante. Diese Ergebnisse stimmen mit jenen von ZELTNER (1976) überein. Er vergleicht den Arbeitszeitbedarf einer 6 m Saatbettkombination, einer 3 m Drillsämaschine und einer Bestellkombination mit ebenfalls 3 m Arbeitsbreite bei unterschiedlichen Schlaglängen. Bei einer Zunahme der Schlaglänge von 300 m auf 600 m geht der Arbeitszeitbedarf um etwa 7 bis 9 Prozent zurück.

Im Gegensatz dazu bedingt bei kleineren Feldlängen eine Steigerung von 100 m auf 300 m eine Zeitersparnis von etwa 20 Prozent. Hier unterscheiden sich die Resultate der Geräte für den Getreideanbau deutlich von den eigenen Untersuchungen zum Kartoffellegen. In diesen ergeben sich auch bei Variation der Schlaglänge von 200 m auf 400 m Effekte auf einem mit dem der größeren Schlaglängen vergleichbaren Niveau. Wie oben beschrieben, verändert sich dabei der Arbeitszeitbedarf um 8,4 Prozent beim betriebsüblichen und um 4,6 Prozent beim kombinierten Verfahren.

Die eigenen Berechnungen ergeben einen vergleichsweise geringen Einfluss der Feldlänge auf den Arbeitszeitbedarf des Kartoffellegens. Erklärbar ist das mit dem hohen Anteil der Füllzeiten, bedingt durch die hohen zu manipulierenden Massen, und dem geringen Anteil der Wendezeiten an der Gesamtarbeitszeit.

Dennoch beeinflusst die Feldlänge die erforderliche Zeit für die Bearbeitung. So ergibt sich beim betriebsüblichen Verfahren zwischen der günstigsten (Ber1400Opt) und der ungünstigsten Feldform (BerKu) ein Unterschied im Arbeitszeitbedarf von 19 Prozent, beim kombinierten Verfahren liegt dieser bei 15 Prozent.

5.1.3 Möglichkeiten zur Steigerung der Legeleistung

Da jedoch in den meisten Fällen die Form des Feldes vorgegeben ist, sollen nun Wege untersucht werden, mit denen auf die Legeleistung Einfluss genommen werden kann. Dabei wird die Vorgangsweise aus dem vorigen Kapitel beibehalten und die neu berechnete Variante mit der Ausgangsvariante Ber417 verglichen.

Ein erster Ansatz ist die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit. Dabei ist zu beachten, dass diese nicht beliebig variierbar ist, sondern gewisse Vorgaben hinsichtlich Arbeitsqualität und technischer Rahmenbedingungen zu beachten sind. Innerhalb dieser Grenzen kann die Geschwindigkeit aber nach Bedarf gewählt werden und bis zu 6 km/h gefahren werden. Wird schneller gefahren, reduziert sich die Ablagegenauigkeit. Zum einen neigen die Pflanzknollen dann verstärkt zum Verrollen in der Legerille was uneinheitliche Abstände in der Reihe zur Folge hat. Zum anderen bewirken zunehmende Vibrationen, dass Knollen von den Pflanzbechern fallen und es zu Fehlstellen kommt.

Beim kombinierten Verfahren wurde im Zuge der Zeitmessungen festgestellt, dass sich durch eine Reduktion der Kreiseleggenarbeitstiefe von 11 cm auf 10 cm die Fahrgeschwindigkeit von 3,87 km/h auf 4,77 km/h erhöhte. Dabei war keine Verschlechterung der Arbeitsqualität zu beobachten.

Beim betriebsüblichen Verfahren ist das Legen technisch bis zu einer Geschwindigkeit von 6 km/h ohne Einbußen bei der Genauigkeit der Knollenablage möglich. Nimmt man hier für die Beispielsrechnung eine vergleichbare Steigerung Legegeschwindigkeit von 24,34 % wie beim kombinierten Verfahren an, so ergibt sich für das Legen beim betriebsüblichen Verfahren eine Arbeitsgeschwindigkeit von 5,97 km/h. In der Praxis wird diese Geschwindigkeit allerdings nicht exakt gefahren werden können, weil die Abstufung des Schaltgetriebes hier berücksichtigt werden muss. Beim Fräsen ist der eingesetzte Traktor mit der eingestellten Arbeitstiefe der Fräse voll ausgelastet. Eine Steigerung der Fahrgeschwindigkeit ist deshalb nicht mehr möglich und wäre auch im Hinblick auf ein zufrieden stellendes Arbeitsergebnis nicht anzustreben. Die Berechnung für diese Möglichkeit zur Steigerung der Legeleistung ist in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Der Arbeitszeitbedarf bei gesteigerter Fahrgeschwindigkeit

Beispielfeld: Länge (m) = 417 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 14,04		Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
		Fräsen			Legen					
		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit	
	min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		
Arbeitskräfte (AK)	1			2			2			
Arbeitsbreite (m)	3,17			3			3			
Anzahl Fahrten durch Feld	19			20			20			
Bearbeiten Hauptbeet	3,12 km/h	63,37	1,06	5,97 km/h	33,52	0,56	4,77 km/h	41,92	0,70	
Bearbeiten Vorgewende	2,27 km/h									
Wendevorgang	0,88 min	7,77	0,13	0,75 min	3,00	0,05	0,97 min	3,86	0,06	
Fahrten zum/vom Füllen				2,34 min	8,40	0,14	3,00 min	10,80	0,18	
Ø Zeit/Füllvorgang (min/0,65t)				9,13 min	36,49	0,61	9,13 min	36,49	0,61	
Ergebnis		Σ Fräsen: 71,14		Σ Legen: 81,40						
Gesamtzeit		1,19		1,36						
Beispielfeld:		min/ha ges: 152,54		h/ha ges: 2,54		Zeit/ha ges: 93,07		h/ha ges: 1,55		
Arbeitskraftstunden(AKh)		AKh/haFräs: 1,19		AKh/ha Legen: 2,71		AKh ges: 3,90		AKh/ha ges: 3,10		

Durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit kommt es bei beiden Verfahren zu einer Reduktion des Arbeitszeitbedarfs. Beim betriebsüblichen Verfahren sinkt der Zeitbedarf um 0,14 h/ha, was einem Rückgang von 5 Prozent entspricht. Einen stärkeren Effekt hat die gesteigerte Geschwindigkeit beim kombinierten Verfahren, wo es zu einer Verringerung von 0,17 h/ha kommt. Aufgrund des niedrigeren Ausgangsniveaus kommt die Differenz mit etwa 1 h/ha einer Zeitersparnis von 10 Prozent gegenüber der Ausgangsvariante Ber417 gleich. Abbildung 37 zeigt die Ergebnisse in graphischer Form.

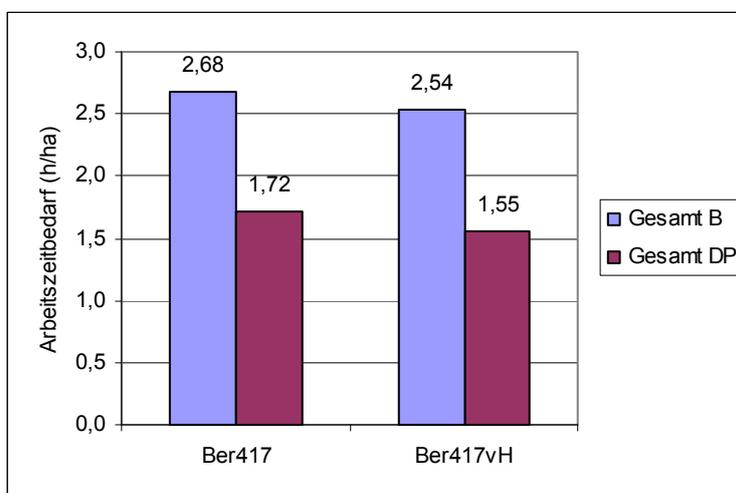


Abbildung 37: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit Ber417vH im Vergleich

Der AKh-Bedarf geht beim betriebsüblichen Verfahren um 6,5 Prozent zurück, bei kombiniertem Anbau um 10 Prozent. Mit gesteigerter Fahrgeschwindigkeit ergibt sich durch das Zusammenfassen von Arbeitsgängen zwischen den Verfahren ein Unterschied von 0,8

AKh/ha, was eine Einsparung von 20 Prozent bedeutet. Abbildung 38 zeigt die Auswirkungen.

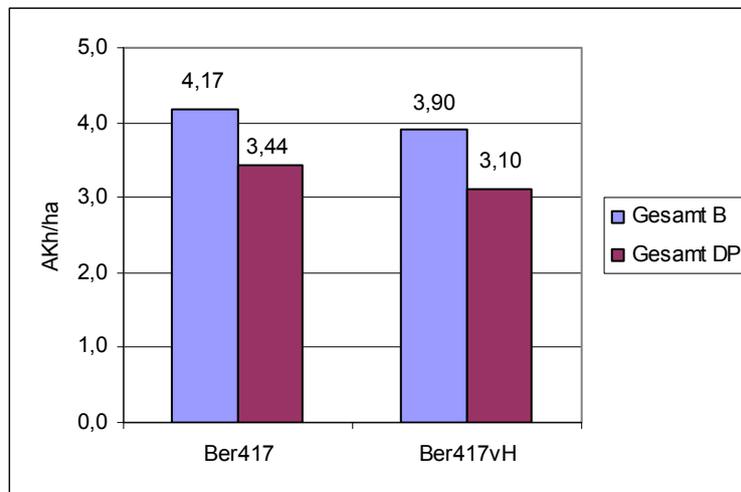


Abbildung 38: Der AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit Ber417vH im Vergleich

Die erzielbare Steigerung der Legeleistung fällt beim betriebsüblichen Verfahren geringer aus, da es nur beim Legen zu einer Zeitersparnis kommt und beim Fräsen die ursprüngliche Arbeitsgeschwindigkeit beibehalten wird. Die Effekte bei den einzelnen Teilzeiten sind Abbildung 39 zu entnehmen.

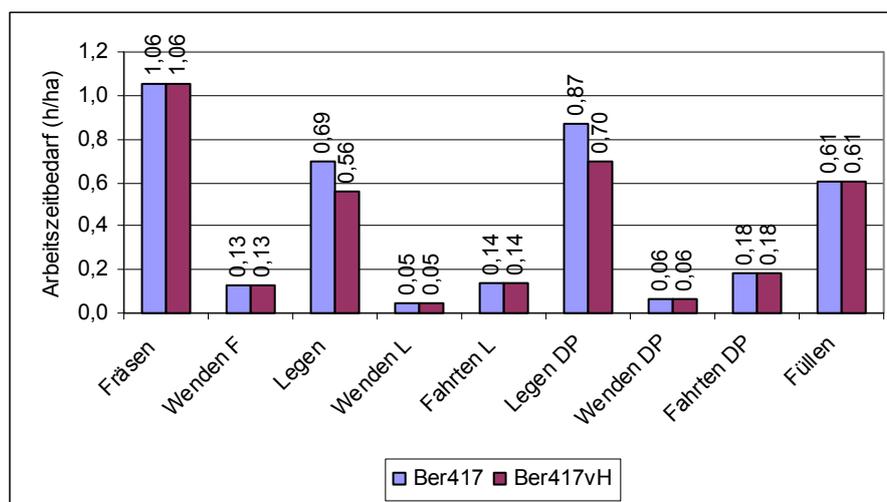


Abbildung 39: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und gesteigerter Fahrgeschwindigkeit beim Legen (Ber417vH) im Vergleich

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Reduktion der Arbeitszeit je ha durch den Rückgang des Zeitbedarfs für das Legen entsteht und alle anderen Zeiten gegenüber der Ausgangsvariante Ber417 unverändert bleiben.

Die Möglichkeit, durch Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit bei gezogenen Geräten für die Saatbettbereitung alle Reserven zur Leistungssteigerung auszuschöpfen, wird als sehr zielführend erachtet (ZELTNER, 1976). Im Gegensatz dazu kommt es bei zapfwellengetriebenen Geräten mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit zu einer überproportionalen Steigerung des Leistungsbedarfs. Im Hinblick auf die erforderliche Traktorleistung und den Energieeinsatz ist somit die Verbreiterung des Gerätes günstiger zu beurteilen als eine Erhöhung der Geschwindigkeit.

Gemeinsam mit dem schon beschriebenen Sachverhalt, dass auch für die Genauigkeit der Knollenablage eine Steigerung der Legegeschwindigkeit nur in gewissen Grenzen zulässig ist, bietet sich die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit nur sehr beschränkt an, um bei sonst unveränderter Eingriffsintensität den Arbeitszeitbedarf für das Kartoffellegen zu verringern.

Als nächste Einflussgröße zur Steigerung der Legeleistung sollen nun mögliche Verbesserungen bei den Befüllvorgängen geprüft werden. In der bei den Zeitmessungen durchgeführten Form der Legemaschinenbeschickung mit 50 kg Säcken ist das Füllen beim betriebsüblichen Verfahren mit 20 Prozent hinter dem Fräsen und dem Legen jene Teilzeit mit dem dritthöchsten Zeitbedarf (Abbildung 15). Beim kombinierten Verfahren liegt es mit 33 Prozent sogar an zweiter Stelle (Abbildung 16).

In den Berechnungen wurde von der durchschnittlichen Füllzeit von 14,04 min/t ausgegangen. Um das Potential durch Verbesserungen bei den Füllvorgängen darzustellen, wurde die durchschnittliche Füllzeit/t der schnellsten 3 Füllvorgänge herangezogen. Diese beträgt 6,10 min/t und stellt die bestmögliche Füllzeit dar, welche mit dieser Art der Pflanzgutbereitstellung erzielbar ist. Die Zeitkalkulation mit dieser Füllzeit ist in Tabelle 21 ausgeführt.

Tabelle 21: Der Arbeitszeitbedarf bei optimierter Füllzeit

Beispielfeld: Länge (m) = 417 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t) = 6,10		Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
		Fräsen			Legen					
		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit		Ø-Werte für Berechnung	Zeit	
	min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		min/ha	h/ha		
Arbeitskräfte (AK)	1			2			2			
Arbeitsbreite (m)	3,17			3			3			
Anzahl Fahrten durch Feld	19			20			20			
Bearbeiten Hauptbeet	3,12 km/h	} 63,37	1,06	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87	
Bearbeiten Vorgewende	2,27 km/h									
Wendevorgang	0,88 min	7,77	0,13	0,75 min	3,00	0,05	0,97 min	3,86	0,06	
Fahrten zum/vom Füllen				2,34 min	8,40	0,14	3,00 min	10,80	0,18	
Ø Zeit/Füllvorgang (min/0,65t)				3,97 min	15,86	0,26	3,97 min	15,86	0,26	
Ergebnis		Σ Fräsen: 71,14		Σ Legen: 68,93						
Gesamtzeit		min/ha ges: 140,07		h/ha ges: 2,33		Zeit/ha ges: 82,64		1,38		
Beispielfeld: Arbeitskraftstunden(AKh)		AKh/haFräs: 1,19		AKh/ha Legen: 2,30		AKh ges: 3,48		AKh/ha ges: 2,75		

Die Berechnung ergibt für das betriebsübliche Verfahren einen Rückgang des Gesamtarbeitszeitbedarfs von 12,8 % gegenüber der Ausgangsvariante auf 2,33 Stunden je Hektar. Beim kombinierten Verfahren ist durch diese Optimierung sogar eine Verbesserung um 20 % auf 1,38 Stunden je ha erreichbar. Das ist von allen berechneten Varianten der geringste Wert. Abbildung 40 zeigt diese Entwicklungen.

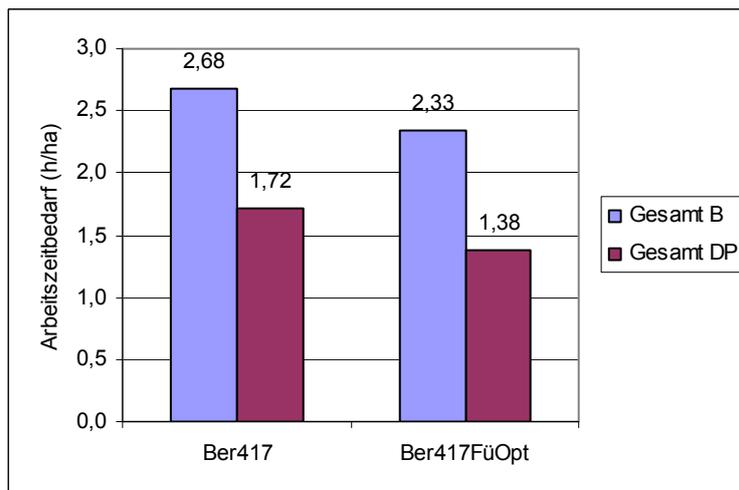


Abbildung 40: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und optimiertem Füllvorgang Ber417FüOpt im Vergleich

Bei den erforderlichen AKh/ha führen die Verbesserten Füllvorgänge beim betriebsüblichen Verfahren zu einer Reduktion von 17 Prozent, beim kombinierten Verfahren beträgt der Rückgang sogar 20 Prozent. Abbildung 41 zeigt die Effekte. Das kombinierte Verfahren hat mit 2,75 gegenüber 3,48 einen um 21 Prozent geringeren AKh-Bedarf und es ergibt sich relativ der größte Abstand zwischen den Verfahren bei allen Berechnungen. Das Optimieren der Füllvorgänge führt zum geringsten AKh-Bedarf bei beiden Verfahren.

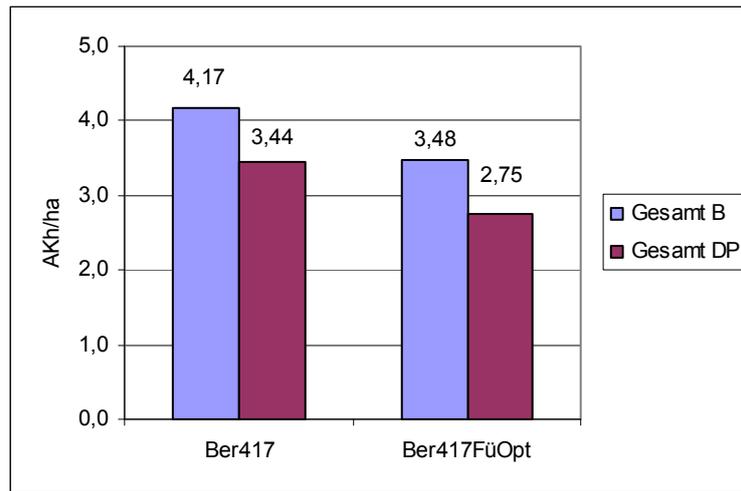


Abbildung 41: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und optimiertem Füllvorgang Ber417FuOpt im Vergleich

Dadurch, dass es nur beim Füllvorgang zu Veränderungen kommt, bleiben auch hier alle anderen Teilzeiten gegenüber der Ausgangsvariante unverändert. Mit der Optimierung des Füllens verringert sich die Füllzeit von 0,61 h/ha auf 0,26 h/ha. Das bedeutet einen Rückgang des Zeitbedarfs bei dieser Teilzeit um 56,5 Prozent. Eine Übersicht über die einzelnen Teilzeiten bietet Abbildung 42.

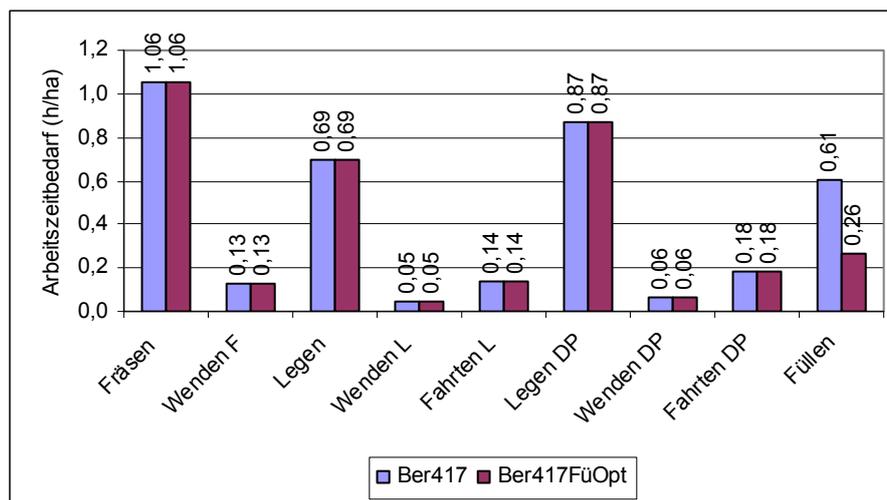


Abbildung 42: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und optimiertem Füllvorgang (Ber417FuOpt) im Vergleich

Mit der hier gewählten Vorgangsweise, die schnellsten drei Füllvorgänge einzubeziehen, ist in der berechneten Variante das Optimum des Füllens mit 50 kg Säcken erreicht. Anzumerken ist, dass derart kurze Füllzeiten nur möglich sind, wenn die Pflanzgutsäcke bereits geöffnet

bereitgestellt sind und nur noch in die Legemaschine entleert werden müssen. Dies wiederum erfordert die Anwesenheit einer dritten Arbeitskraft am Feld, die während des Legens am Pflanzgutanhänger verbleibt und die Verschlussnähte der Säcke auftrennt.

Die Berechnung zeigt, dass in Verbesserungen der Pflanzgutbeschickung großes Potential liegt. Einen nächsten Schritt könnte die mechanisierte Befüllung über Großbinde mittels Frontlader oder Gabelstapler darstellen. Bei Sorten mit größerem Anbauumfang würde sich auch die Beschickung mit Losesaatgut direkt über Heckkipper oder mit Förderband anbieten.

WULF et al. (2006) untersuchten die Auswirkung unterschiedlicher Befüllverfahren auf den Zeitbedarf beim Kartoffellegen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei einer Schlaggröße von 2 ha die verschiedenen Verfahren der Pflanzgutbeschickung auf einem Niveau liegen. Dabei ist unterstellt, dass der Fahrer der Legemaschine auch die Pflanzgutmanipulation übernimmt. Mit zunehmender Schlaggröße führt die direkte Befüllung über einen Heckkipper zum geringsten Arbeitszeitbedarf je ha. Bei Füllvorgängen mit Großkisten oder Frontladerschaufel wurde die Entleerung ganzer Einheiten unterstellt. Das führte im Vergleich zum Einsatz eines Förderbandes zu etwas höherem Arbeitszeitbedarf, da die Bunkerkapazität der Legemaschine nicht voll genutzt wurde.

Durch den Einsatz einer zusätzlichen Arbeitskraft, die mit gefüllter Frontladerschaufel oder Großkiste am Befüllort wartet und diese nach dem Halt der Legemaschine ohne Zeitverlust entleert, kann die Flächenleistung um bis zu 23 Prozent erhöht werden.

Diese Varianten erfordern zwar einen höheren technischen Aufwand, bieten aber auch großes Potential im Hinblick auf weitere Einsparmöglichkeiten hinsichtlich Arbeitszeit. Ausgehend von den im eigenen Beispiel verwendeten optimierten Füllvorgängen ist eine deutliche Reduktion der Befüllzeiten zu erwarten.

Anzumerken ist, dass die im eigenen Versuch eingesetzte Legemaschine keinen Kippbunker besitzt und die so vorgegebene Überladehöhe eine Direktbefüllung nur aus einem Heckkipper mit Hochkippeinrichtung zulässt.

Ergänzend zu den schon genannten Möglichkeiten ist außerdem das Befüllen über Big-Bags anzuführen, welche mittels Gabelstapler oder Frontlader in die Legemaschine entleert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Arbeitsproduktivität ist der Einsatz einer Legemaschine mit größerem Bunkervolumen. Mit einer Steigerung des nutzbaren

Pflanzgutvorrats von 1,1 t auf 1,4 t um 27 Prozent erhöht sich die Strecke, welche mit einer Füllung zurückgelegt werden kann. Dadurch sinkt die Anzahl der Füllvorgänge und auch der Fahrten zum Pflanzgut nachholen. Die Berechnung für diese Variante zeigt Tabelle 22:

Tabelle 22: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs unter Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker

Beispielfeld: Länge (m) = 417 Breite (m) = 60 Kartoffel (kg/ha) = 2400 Ø Füllzeit (min/t)= 14,04	Betriebsübliches Verfahren						Kombiniertes Verfahren (Dual-Plus)		
	Fräsen			Legen					
	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	Zeit h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	Zeit h/ha	Ø-Werte für Berechnung	Zeit min/ha	Zeit h/ha
Arbeitskräfte (AK)	1			2			2		
Arbeitsbreite (m)	3,17			3			3		
Anzahl Fahrten durch Feld	19			20			20		
Bearbeiten Hauptbeet	3,12 km/h	} 63,37	1,06	4,80 km/h	41,68	0,69	3,84 km/h	52,12	0,87
Bearbeiten Vorgewende	2,27 km/h			0,75 min	4,50	0,07	0,97 min	5,80	0,10
Wendevorgang	0,88 min	7,77	0,13	2,34 min	3,73	0,06	3,00 min	4,80	0,08
Fahrten zum/vom Füllen				17,56 min	35,08	0,58	17,56 min	35,08	0,58
Ø Zeit/Füllvorgang (min/1,25t)									
Ergebnis Beispielfeld:	Gesamtzeit	Σ Fräsen: 71,14 1,19		Σ Legen: 84,99 1,42					
		min/ha ges: 156,13		h/ha ges: 2,60		Zeit/ha ges: 97,80		1,63	
Arbeitskraftstunden(AKh)	AKh/haFräs: 1,19	AKh/ha Legen: 2,83	AKh ges: 4,02	AKh/ha ges: 3,26					

Durch den Einsatz der größeren Legemaschine sinkt der Arbeitszeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren um 2,8 Prozent auf 2,6 h/ha. Beim kombinierten Verfahren sind höhere Einsparungen möglich, hier beträgt der Rückgang 5,3 Prozent auf 1,63 h/ha. Die Veränderungen beim Gesamtarbeitszeitbedarf im Vergleich zur Ausgangsvariante Ber417 sind in Abbildung 43 dargestellt.

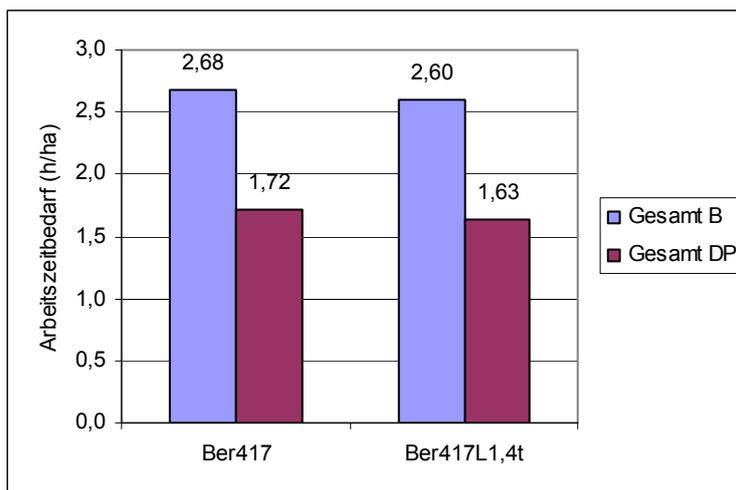


Abbildung 43: Der Gesamtarbeitszeitbedarf von Ausgangsvariante Ber417 und bei Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker im Vergleich.

Der AKh-Bedarf geht beim betriebsüblichen Verfahren auf 4,02 AKh/ha zurück. Das ist um 3,7 Prozent niedriger wie in der Ausgangsvariante Ber417. Beim kombinierten Verfahren

liegt der Rückgang mit 5,3 Prozent auf dem Niveau der Veränderungen bei der Arbeitszeit. Mit dem Durchführen aller Arbeitsgänge während einer Überfahrt lassen sich 19 Prozent der benötigten AKh/ha einsparen.

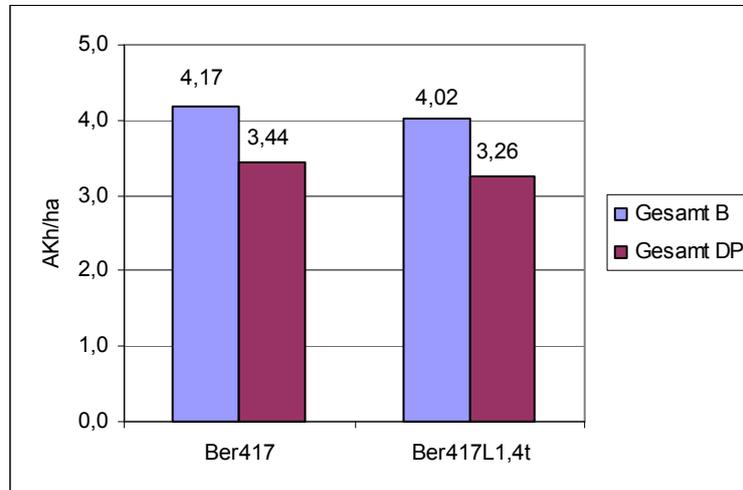


Abbildung 44: AKh-Bedarf von Ausgangsvariante Ber417 und bei Einsatz einer Legemaschine mit 1,4t Bunker im Vergleich.

Wie sich unter diesen Bedingungen die einzelnen Teilzeiten gestalten, zeigt Abbildung 45.

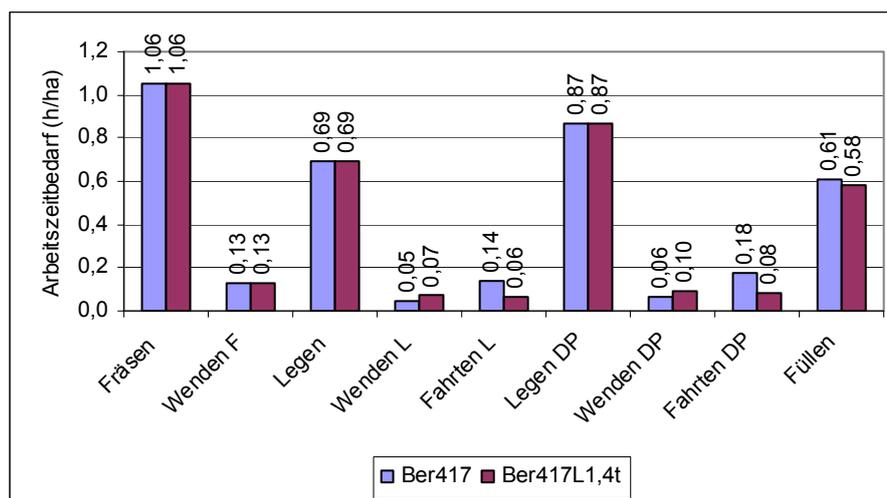


Abbildung 45: Die Teilzeiten von Ausgangsvariante (Ber417) und 1,4t Bunkerkapazität der Legemaschine (Ber417L1,4t) im Vergleich

Durch die Möglichkeit, eine größere Menge an Kartoffeln mitzuführen, geht für beide Verfahren der Zeitbedarf für Fahrten zum Pflanzgutnachholen zurück. Auch die Füllzeiten je

ha verringern sich. Im Gegenzug nehmen die Wendezeiten etwas zu, da mehr Fahrten durch das Feld mit einer Bunkerfüllung möglich sind bevor wieder Pflanzgut nachgefüllt werden muss.

Auch bei WULF et al. (2006) kam in den Messungen eine Legemaschine mit höherer Bunkerkapazität zum Einsatz. Im Vergleich zur angebauten Variante mit 1,7 t Bunker war es in der gezogenen Ausführung möglich, mit insgesamt 2,5 t um annähernd 50 Prozent mehr Pflanzgutvorrat mitzuführen.

Dieser konnte allerdings nur bei Direktbeschickung von einem Heckkipper und der Befüllung über Förderband tatsächlich genutzt werden. Aufgrund der größeren Füllmengen waren hier weniger Befüllvorgänge notwendig und der Arbeitszeitbedarf reduzierte sich trotz zusätzlichem Rangieraufwand je nach Schlaggröße um bis zu 10 Prozent.

Bei Bereitstellung der Kartoffeln mit Frontladerschaufel oder in Großkisten, wo aus Zeitgründen nur die Entleerung ganzer Einheiten unterstellt war, kam es im Vergleich zur angebauten Maschine aufgrund der identischen Füllmengen zu keinen Veränderungen. Eine Steigerung um 19 Prozent konnte durch den Einsatz einer zweiten Arbeitskraft erreicht werden. Diese Verbesserung liegt nur geringfügig über dem Niveau der direkten Befüllung bzw. des Förderbandeinsatzes.

Es zeigt sich, dass unter diesen Voraussetzungen die zusätzliche Arbeitskraft hier weit weniger zur Erhöhung der Schlagkraft beitragen kann wie bei der Maschine mit kleinerem Vorratsbunker. Es muss allerdings angemerkt werden, dass durch Abänderungen der Vorgaben für die Großkistenbefüllung durchaus Verbesserungen realisierbar scheinen. Würden durch die zweite Arbeitskraft mehrere Gebinde am Befüllort bereitgestellt und bei Eintreffen der Legemaschine der Vorratsbunker komplett gefüllt, so wäre trotz Manipulation mit mehren Kisten ein zeitsparender Füllvorgang umsetzbar und im Vergleich zur Befüllung mit Frontladerschaufel weiteres Potential nutzbar.

Zu beachten ist, dass beim betriebsüblichen Verfahren im eigenen Versuch der Einsatz einer größeren Legemaschine im 3-Punkt-Anbau, wie er für die Berechnungen angenommen wurde, nur mit einem größeren Traktor in der Leistungsklasse des Bodenbearbeitungstraktors möglich ist. Dabei steht nicht die Motorleistung im Vordergrund, sondern dessen Hubkraft und Gewicht um mit der schwereren Legemaschine sicher rangieren zu können.

Beim kombinierten Verfahren bildet die Frontkreiselegge ein Gegengewicht zur Legemaschine. Das führt zu einer günstigeren Gewichtsverteilung und gewährleistet eine

sichere Lenkbarkeit des Traktors auch bei gefüllter Legemaschine. Auf diese Weise wäre der Einsatz einer größeren Legemaschine ohne leistungsstärkeren Traktor und damit auch ohne zusätzlichen Kostensprung bei den Traktorkosten möglich.

5.1.4 Die berechneten Varianten im Überblick

Alle Berechnungen ergeben hinsichtlich der Gesamtarbeitszeit einen deutlichen Vorteil zugunsten des kombinierten Verfahrens. Feldlängen bei denen die Pflanzgutkapazität der Legemaschine gut genutzt werden kann, lassen den Arbeitszeitbedarf im Vergleich zur Ausgangsvariante (Ber417) abnehmen. Ungünstig wirkt sich eine kurze, breite Feldform (BerKu) aus, diese bedingt den höchsten Zeitbedarf der betrachteten Beispiele. Eine Zunahme um bis zu 8 Prozent gegenüber der Ausgangsvariante kommt durch eine derartige Feldform zustande.

Das Optimieren der Füllvorgänge (Ber417FüOpt) führt bei beiden Verfahren zum geringsten Zeitbedarf je Hektar. Im günstigsten Fall ist eine Verbesserung um bis zu 20 Prozent gegenüber der Ausgangsvariante möglich. In Abbildung 46 sind die Ergebnisse der Modellberechnungen zusammengefasst.

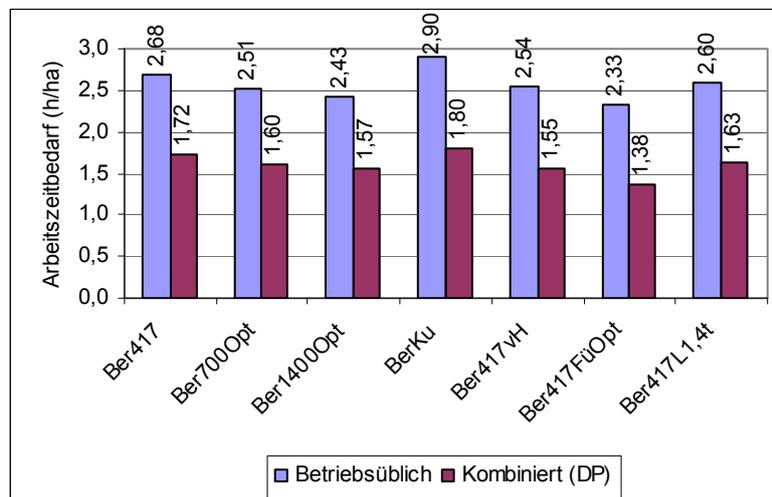


Abbildung 46: Der Gesamtarbeitszeitbedarf der berechneten Varianten im Überblick

Die gleiche Reihenfolge der berechneten Varianten ergibt sich bei den erforderlichen AKh. Auch hier zeigt das Optimieren der Füllvorgänge den größten Effekt. Das kombinierte

Verfahren führt je nach Variante zu einem um 17 bis 21 Prozent geringeren AKh-Bedarf. In Abbildung 47 sind die Varianten nebeneinander dargestellt.

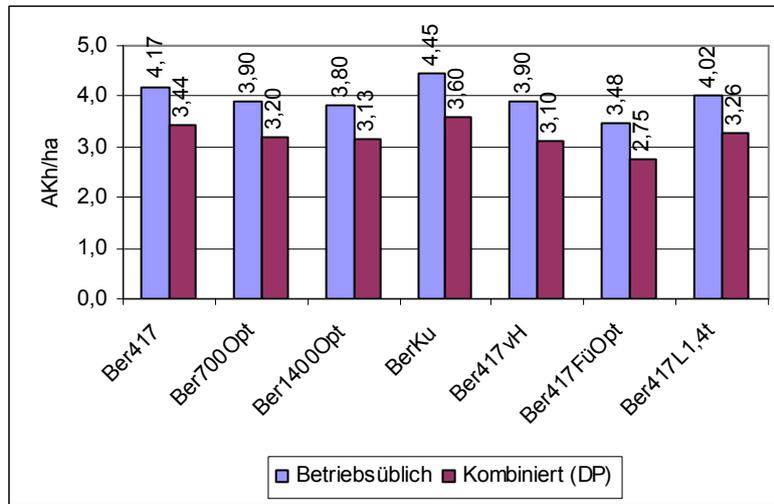


Abbildung 47: Der AKh-Bedarf der berechneten Varianten im Überblick

Gliedert man die Gesamtzeit beim betriebsüblichen Verfahren in die Arbeitsgänge Fräsen und Legen dann ist, bis auf einen der untersuchten Fälle, das Fräsen jene Arbeit mit dem geringsten Zeitbedarf. Den höchsten Zeitbedarf hat das kombinierte Dual-Plus Verfahren, dazwischen liegt normalerweise das Legen. Nur bei der Variante wo das Füllen optimiert wurde (Ber417FüOpt) verändert sich diese Reihenfolge. Hier ist das Legen jene Arbeit die am wenigsten Zeit benötigt. Abbildung 48 zeigt einen Überblick des Zeitbedarfs der einzelnen Arbeitsgänge bei den berechneten Varianten.

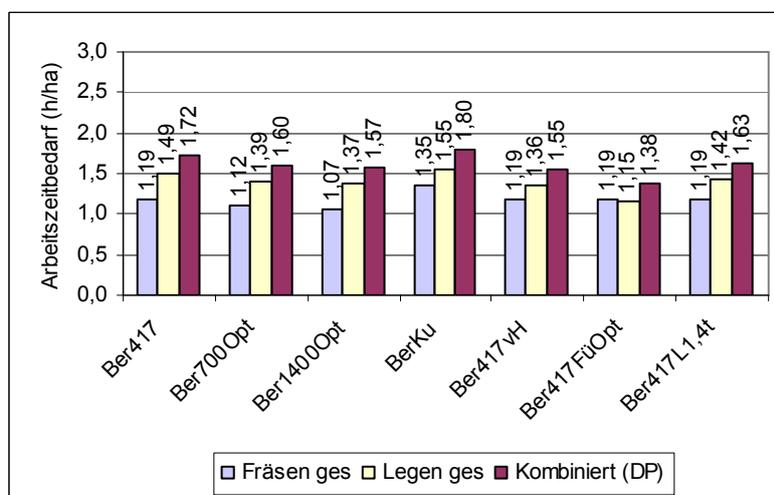


Abbildung 48: Der Zeitbedarf der einzelnen Arbeitsgänge zum Kartoffellegen bei den berechneten Varianten im Überblick

Der Zeitbedarf für das Legen kann im Vergleich zur Ausgangsvariante Ber417 durch Optimierung des Füllvorgangs um bis zu 23 Prozent reduziert werden.

Auch wenn der Gesamtarbeitszeitbedarf deutlich höher liegt, so kann in allen Varianten mit dem betriebsüblichen Verfahren das Feld schneller mit Kartoffeln bepflanzt werden wie mit dem kombinierten Verfahren. Für das Legen benötigt man zwischen 13 und 14 Prozent weniger Zeit je ha wie mit dem Dual-Plus Verfahren. Durch optimieren der Füllzeit ist der Zeitbedarf sogar um 17 Prozent geringer.

Zu berücksichtigen ist auch, dass mit dem kombinierten Verfahren ein Traktor und eine Arbeitskraft frei werden. Dadurch wird es am Betrieb in den etwa 2 Wochen des Kartoffellegens möglich andere Arbeiten, wie etwa den Rübenanbau, zeitgleich mit dem Kartoffellegen durchzuführen.

5.2 Der Treibstoffverbrauch

Der Treibstoffverbrauch beim betriebsüblichen Verfahren beträgt 31,55 Liter/ha, für das kombinierte Verfahren liegt dieser Wert bei 19,87 l/ha, was einer Differenz von 37 Prozent entspricht. Das ist deutlich höher, als aus Untersuchungen im Getreideanbau zum Kraftstoffverbrauch bei getrennten und kombinierten Verfahren abzuleiten wäre. ESTLER et al. (1984) kamen für getrennte Arbeitsgänge von 2-maliger Saatbettbereitung und folgender Aussaat mit 3 m Drillmaschine auf 15 l/ha. Bei kombinierter Überfahrt mit 3 m Kreiselegge und Sämaschine wurden 12 l/ha verbraucht, was einer Einsparung von 20 Prozent gleichkommt.

In der Datensammlung des KTBL (KTBL, 2008) ist für zwei Überfahrten mit einer 5m Saatbettkombination und einen separaten Arbeitsgang mit 3 m Drillsämaschine ein Gesamtverbrauch von 16,2 l/ha angeführt. Kommt eine 3 m Bestellkombination zum Einsatz, so wird bei der Getreideaussaat mit 12,3 l/ha um 25 Prozent weniger Diesel benötigt.

Der, im eigenen Versuch festgestellte deutlich höhere Wert für den Kartoffelanbau, steht mit der viel stärkeren Eingriffsintensität in Zusammenhang. Beim kombinierten Verfahren wird der Boden mit der Kreiselegge 11 cm tief bearbeitet, während die Arbeitstiefe der Fräse auf

15 cm eingestellt war. Es muss weniger Boden bewegt werden, womit auch ein Rückgang beim Treibstoffverbrauch einhergeht.

Der Treibstoffverbrauch beim kombinierten Verfahren von 19,87 l/ha wurde mit der ursprünglich eingestellten Arbeitstiefe der Kreiselegge von 11 cm ermittelt. Wie in Abschnitt 4.2.3 beschrieben, konnte durch Reduktion der Arbeitstiefe von 11 cm auf 10 cm die Fahrgeschwindigkeit von 3,84 km/h auf 4,77 km/h angehoben werden. In den Modellberechnungen über Möglichkeiten zur Steigerung der Legeleistung führte die höhere Arbeitsgeschwindigkeit beim kombinierten Verfahren unter Berücksichtigung aller Teilzeiten mit Traktorbetrieb (also ausgenommen der Füllvorgänge) zu einem Rückgang um 15 Prozent von 1,11 Std./ha auf 0,94 Std./ha (Abbildung 39).

Eine verminderte Bearbeitungstiefe lässt auch eine Senkung des Treibstoffverbrauchs erwarten. Dabei ist $Legen_{DP}$ jene Teilzeit, auf welche der größte Teil des Treibstoffverbrauchs des kombinierten Verfahrens entfällt. Nimmt man, ausgehend von den Veränderungen bei der Arbeitszeit, eine mögliche Senkung des Kraftstoffverbrauchs von 15 Prozent an, so könnte unter den vorliegenden Bedingungen mit dem kombinierten Verfahren der Kartoffelanbau mit etwa 17 l/ha erfolgen. Dieser Verbrauch entspricht etwas mehr als der Hälfte des betriebsüblichen Verfahrens.

Eine ähnliche Tendenz im Verlauf von Arbeitszeitbedarf und Treibstoffverbrauch lässt sich auch aus den Versuchen von SCHREIBERHUBER (1985) ableiten. Er bestimmte Arbeitszeitbedarf und Kraftstoffverbrauch beim Pflügen und Grubbern in 3 Tiefenstufen. Dabei verringerte sich beim Pflügen der Zeitbedarf ausgehend von 30 cm Bearbeitungstiefe über 24 cm auf 17 cm um 52 Prozent, der Treibstoffverbrauch ging um 54 Prozent zurück. Beim Grubbern reduzierte sich der Arbeitszeitbedarf über dieselben Tiefenstufen um 56 Prozent, während der Treibstoffverbrauch sogar um 66 Prozent abnahm. Für die untersuchten Bodenbearbeitungsgeräte geht bei abnehmender Arbeitstiefe der Treibstoffverbrauch zumindest im selben Ausmaß zurück, wie sich auch der Arbeitszeitbedarf reduziert. Zur genauen Feststellung, in welchem Ausmaß eine Verringerung der Arbeitstiefe beim kombinierten Verfahren auch zu einer Treibstoffersparnis führt, wären weiterführende Messungen erforderlich.

Beim betriebsüblichen Verfahren erscheint eine Reduktion der Arbeitstiefe bei der Bodenbearbeitung nicht zielführend, da mit den Arbeitswerkzeugen einerseits Traktorspuren vorangegangener Überfahrten gelockert werden müssen, andererseits die Fräse eine gewisse Arbeitstiefe benötigt um eine ebene Bodenoberfläche zu hinterlassen. Somit dürften dort auch keine Verbesserungen beim Treibstoffverbrauch realisierbar sein.

5.3 Die Maschinenkosten

Durch die Gestaltung der jährlichen Einsatzzeit hat der Landwirt die Möglichkeit, Fixkosten auf eine entsprechende Zahl von Einsatzstunden aufzuteilen und so die Kosten je Betriebsstunde zu beeinflussen.

Maschinen mit geringer Auslastung verursachen hohe Kosten und können dazu führen, dass ein Produktionszweig oder der ganze Betrieb unrentabel werden.

Bei Maschinen mit hoher Auslastung und niedrigen Maschinenkosten steigt das Risiko, sensible Arbeiten nicht mehr zum entsprechenden Zeitpunkt durchführen zu können. Dadurch können Folgekosten entstehen, welche die realisierten Einsparungen übersteigen. Werden Kartoffeln etwa unter ungünstigen Bodenbedingungen gelegt, so können Ertragsverlust und die Steigerung der Erntekosten ein Mehrfaches dessen betragen, was auf Kostenseite eingespart wurde.

Die jeweilige Mechanisierungsvariante bewegt sich somit immer in einem Spannungsfeld zwischen Kostensenkung und Terminrisiko.

Ausgehend von den Berechnungen für das betriebsübliche und das kombinierte Verfahren in Kapitel 4.4 mit mittleren jährlichen Einsatzzeiten nach den ÖKL-Richtwerten 2009 werden im folgenden Abschnitt die Kosteneffekte verschiedener Auslastungsvarianten betrachtet.

Dabei werden die verglichenen Verfahren nach folgenden Varianten berechnet:

- mit hoher Auslastung,
- mit geringer Auslastung
- mit geringer Auslastung der Spezialmaschinen für den Kartoffelanbau unter Verwendung einer einfachen oder gebrauchten Legemaschine und hoher Auslastung der universell einsetzbaren Traktoren
- nach den Bedingungen auf einem Praxisbetrieb am Beispiel des Versuchsbetriebes

5.3.1 Die Maschinenkosten bei hoher Auslastung

Ausgehend von der Auslastung in den Richtwerten soll untersucht werden, welchen Effekt eine Erhöhung der jährlichen Einsatzzeit um 50 Prozent hat (ÖKL+50). Diese Variante versucht den Kartoffelanbau mit möglichst geringem Aufwand bei den Maschinenkosten zu realisieren. Durch die hohe Auslastung steigt allerdings auch das Risiko, Kartoffeln unter ungeeigneten Bodenbedingungen legen zu müssen.

Beim betriebsüblichen Verfahren sinken dadurch die Maschinenkosten um 20 Prozent von 189,38 €/ha auf 149,65 €/ha. Beim kombinierten Verfahren ergibt sich eine Kostenreduktion von 148,68 €/ha auf 113,98 €/ha was einem Rückgang von 23 Prozent entspricht. Abbildung 49 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen (ÖKL+50) im Vergleich zur Ausgangsvariante (ÖKL).

Kostenberechnung:	NW	Std./a	FK %	FK €/a	FK €/h	RK %/100h	RK €/h	Diesel €/h	GK €/h
Traktor 77 kW	58400	675	11	6424	9,52	0,8	4,67	12,15	26,34
Traktor 60 kW	42000	675	11	4620	6,84	0,8	3,36	9,46	19,66
Bodenfräse extra schwer	15000	150	14	2100	14,00	8	12,00		26,00
Kreiselegge schwer m. Stabwalze	13000	150	14	1820	12,13	8	10,40		22,53
Dammformer (v.Zuschlägen Leger)	2800	75	15	420	5,60	3	0,84		6,44
Kartoffelleger 4-reihig	19000	112,5	15	2850	25,33	3	5,70		31,03

Betriebsübliches Verfahren:	Maschine	€/h	Std./ha	€/ha
Pflanzbettfräsen	Traktor 77 kW	26,34	1,60	42,14
	Hakenfräse	26,00	1,60	41,60
Σ Fräsen				83,74
Legen	Traktor 60 kW	19,66	1,30	25,56
	Kartoffelleger 4-reihig	31,03	1,30	40,34
Σ Legen				65,91
Σ Anbau/ha				149,65

Komb. Verfahren (Dual-Plus):	Maschine	€/h	Std./ha	€/ha
Anbau	Traktor 77 kW	26,34	1,32	34,77
	Kreiselegge m. Walze+Dammformer	28,97	1,32	38,24
	Kartoffelleger 4-reihig	31,03	1,32	40,96
Σ Anbau/ha				113,98

Die Verfahren im Vergleich:

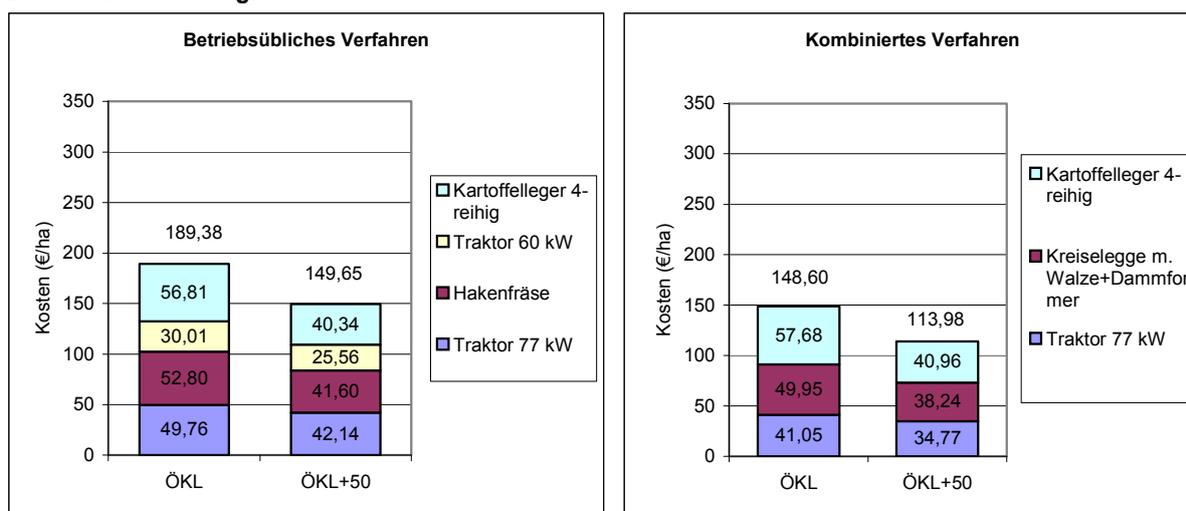


Abbildung 49: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten bei hoher Auslastung im Vergleich zur Berechnung nach ÖKL-Richtsätzen

5.3.2 Die Maschinenkosten bei geringer jährlicher Auslastung

Der entgegengesetzte Effekt wird in der nächsten Variante untersucht. Wie sich die Kostensituation bei geringem jährlichem Einsatzumfang entwickelt, soll anhand einer Berechnung mit gegenüber den ÖKL-Richtwerten um 50 Prozent reduzierter jährlicher Auslastung (ÖKL-50) betrachtet werden.

Kostenberechnung:	NW	Std./a	FK %	FK €/a	FK €/h	RK %/100h	RK €/h	Diesel €/h	GK €/h
Traktor 77 kW	58400	225	11	6424	28,55	0,8	4,67	12,15	45,37
Traktor 60 kW	42000	225	11	4620	20,53	0,8	3,36	9,46	33,35
Bodenfräse extra schwer	15000	50	14	2100	42,00	8	12,00		54,00
Kreiselegge schwer m. Stabwalze	13000	50	14	1820	36,40	8	10,40		46,80
Dammformer (v.Zuschlägen Leger)	2800	25	15	420	16,80	3	0,84		17,64
Kartoffelleger 4-reihig	19000	37,5	15	2850	76,00	3	5,70		81,70

Betriebsübliches Verfahren:	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Pflanzbettfräsen	Traktor 77 kW	45,37	1,60	72,60
	Hakenfräse	54,00	1,60	86,40
Σ Fräsen				159,00
Legen	Traktor 60 kW	33,35	1,30	43,36
	Kartoffelleger 4-reihig	81,70	1,30	106,21
Σ Legen				149,57
Σ Anbau/ha				308,57

Komb. Verfahren (Dual-Plus):	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Anbau	Traktor 77 kW	45,37	1,32	59,89
	Kreiselegge m. Walze+Dammformer	64,44	1,32	85,06
	Kartoffelleger 4-reihig	81,70	1,32	107,84
Σ Anbau/ha				252,80

Die Verfahren im Vergleich:

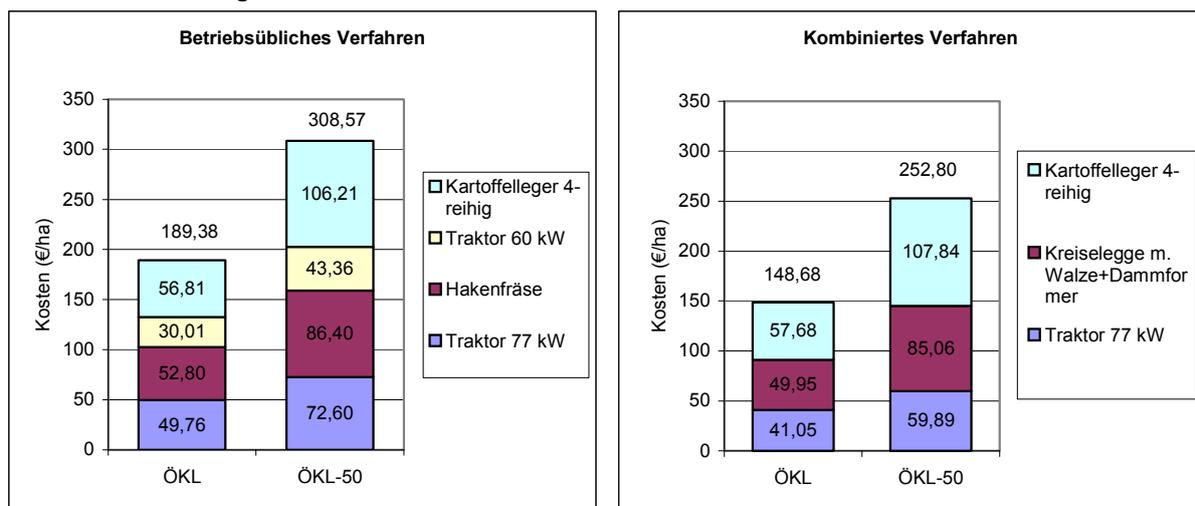


Abbildung 50: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten mit geringer Auslastung im Vergleich zur Berechnung nach ÖKL-Richtwerten

Diese Variante bildet jene Situation ab, in der für die anfallenden Arbeiten große Schlagkraft bereitgestellt wird. Wie Abbildung 50 zeigt, geht diese Reduktion des Terminrisikos mit einer deutlichen Zunahme der Maschinenkosten einher. Gleichzeitig drückt diese Erhöhung auch den Preis der gewonnenen Schlagkraft aus.

Für das betriebsüblichen Verfahren bedeutet das einen Kostenanstieg um fast 120 €/ha auf 308,57 €/ha. Das entspricht einer Zunahme von über 60 Prozent.

Beim kombinierten Verfahren führt die hohen Schlagkraft zu einer Kostensteigerung von 70 Prozent auf 252,8 €/ha.

5.3.3 Die Kostenentwicklung bei geringer Auslastung von Spezialmaschinen und hoher Auslastung von Schlüsselmaschinen

Mit dieser Variante soll untersucht werden, ob trotz Einsatz schlagkräftiger Technik für den Kartoffelanbau eine kostengünstige Mechanisierung realisiert werden kann. Dabei werden Spezialmaschinen für den Kartoffelanbau mit geringer jährlicher Auslastung in Kombination mit einfacher oder gebrauchter Legetechnik und Traktoren mit hohen Einsatzstunden pro Jahr eingesetzt (ÖKL-50Th).

Kostenberechnung:	NW	Std./a	FK %	FK €/a	FK €/h	RK %/100h	RK €/h	Diesel €/h	GK €/h
Traktor 77 kW	58400	800	11	6424	8,03	0,8	4,67	12,15	24,85
Traktor 60 kW	42000	800	11	4620	5,78	0,8	3,36	9,46	18,60
Bodenfräse extra schwer	15000	50	14	2100	42,00	8	12,00		54,00
Kreiselegge schwer m. Stabwalze	13000	50	14	1820	36,40	8	10,40		46,80
Dammformer (v.Zuschlägen Leger)	2800	25	15	420	16,80	3	0,84		17,64
Kartoffelleger 4-reihig	7000	37,5	15	1050	28,00	3	2,10		30,10

Betriebsübliches Verfahren:	Maschine	€/h	Std./ha	€/ha
Pflanzbettfräsen	Traktor 77 kW	24,85	1,60	39,76
	Hakenfräse	54,00	1,60	86,40
Σ Fräsen				126,16
Legen	Traktor 60 kW	18,60	1,30	24,17
	Kartoffelleger 4-reihig	30,10	1,30	39,13
Σ Legen				63,30
Σ Anbau/ha				189,47

Komb. Verfahren (Dual-Plus):	Maschine	€/h	Std./ha	€/ha
Anbau	Traktor 77 kW	24,85	1,32	32,80
	Kreiselegge m. Walze+Dammformer	64,44	1,32	85,06
	Kartoffelleger 4-reihig	30,10	1,32	39,73
Σ Anbau/ha				157,60

Die Verfahren im Vergleich:

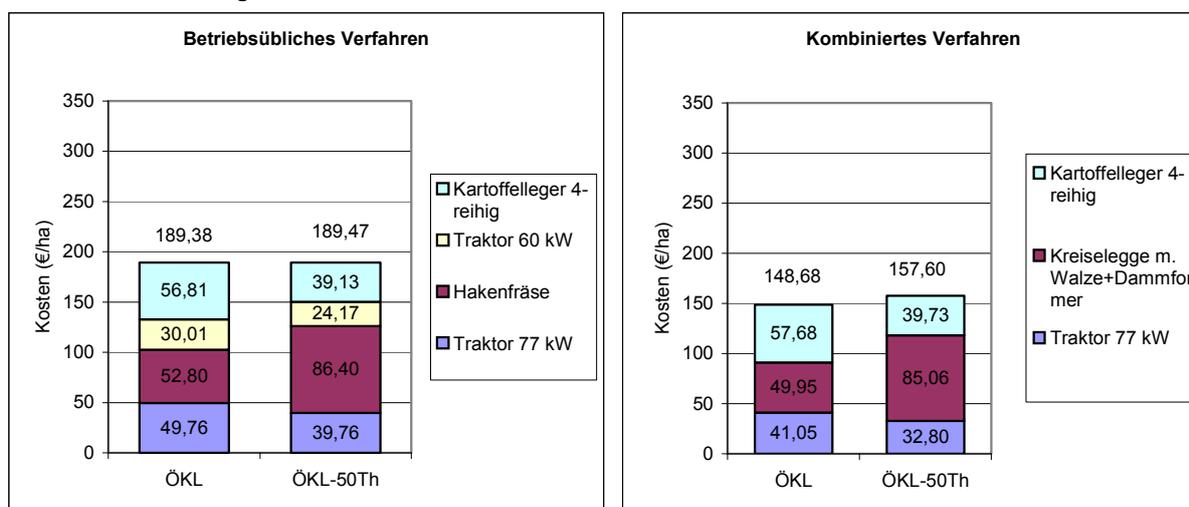


Abbildung 51: Tabellarische und graphische Darstellung der Maschinenkosten bei geringer Auslastung von Spezialmaschinen und hoher Auslastung von Traktoren, gebrauchte Legemaschine

Die Geräte zur Bodenbearbeitung werden in dieser Variante mit einer geringen Auslastung angenommen, wodurch eine hohe Schlagkraft gewährleistet bleiben soll. Auch für den Kartoffellegger ist ein niedriger jährlicher Einsatzumfang vorgegeben. Aus diesem Grund kann auch unter Verwendung einer einfachen oder gebrauchten Maschine ohne Einschränkung bei der Schlagkraft kalkuliert werden.

Dem gegenüber sind Traktoren mit 800 Std./Jahr sehr gut genutzt

Die Berechnung zeigt, dass die hohen Kosten der Bodenbearbeitungsgeräte durch eine gute Kostenstruktur bei den anderen eingesetzten Maschinen annähernd kompensiert werden. Dadurch ergeben sich für beide Verfahren Kosten auf dem Niveau der Berechnung nach ÖKL-Richtwerten.

Die mit dieser Variante ausgearbeitete Mischung von Maschinen unterschiedlicher Auslastung bei gleichzeitiger Sicherstellung einer hohen Schlagkraft führt zu durchschnittlichen Kosten und stellt eine Möglichkeit dar, die Vorteile der vorhergehenden Varianten aus den Kapiteln 5.3.1 und 5.3.2 zu vereinen.

5.3.4 Die Maschinenkosten am Beispiel eines Praxisbetriebs

Als letzte Variante soll eine Situation mit den Auslastungen eines Praxisbetriebes betrachtet werden. Abbildung 52 zeigt die Berechnungen, welche anhand der realen Einsatzzeiten und Flächen am Versuchsbetrieb angestellt wurden (Praxis).

In dieser Variante sind die Traktoren wie am Betrieb im Versuchsjahr mit 1000 bzw. 800 Stunden im Jahr sehr gut ausgelastet. Die Bodenfräse wird sowohl zur Pflanzbettbereitung als auch zur Enddammformung verwendet und kommt somit auf 75 Einsatzstunden pro Jahr. Kreiselegge, Dammformer und Legemaschine werden nur beim Kartoffellegen eingesetzt und erreichen auf diese Weise 35 Stunden im Jahr. Als Legemaschine wird die am Betrieb vorhandene und auch bei der Versuchsanlage eingesetzte kalkuliert.

Kostenberechnung:	NW	Std./a	FK %	FK €/a	FK €/h	RK %/100h	RK €/h	Diesel €/h	GK €/h
Traktor 77 kW	66700	1000	11	7337	7,34	0,8	5,34	12,15	24,82
Traktor 60 kW	42000	800	11	4620	5,78	0,8	3,36	9,46	18,60
Bodenfräse extra schwer	15000	75	14	2100	28,00	8	12,00		40,00
Kreiselegge schwer m. Stabwalze	13000	35	14	1820	52,00	8	10,40		62,40
Dammformer (v.Zuschlägen Leger)	1500	35	15	225	6,43	3	0,45		6,88
Kartoffelleger 4-reihig	6500	35	15	975	27,86	3	1,95		29,81

Betriebsübliches Verfahren:	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Pflanzbettfräsen	Traktor 77 kW	24,82	1,60	39,72
	Hakenfräse	40,00	1,60	64,00
Σ Fräsen				103,72
Legen	Traktor 60 kW	18,60	1,30	24,17
	Kartoffelleger 4-reihig	29,81	1,30	38,75
Σ Legen				62,92
Σ Anbau/ha				166,64

Komb. Verfahren (Dual-Plus):	Maschine	€/h	Std/ha	€/ha
Anbau	Traktor 77 kW	24,82	1,32	32,77
	Kreiselegge m. Walze+Dammformer	69,28	1,32	91,45
	Kartoffelleger 4-reihig	29,81	1,32	39,35
Σ Anbau/ha				163,56

Die Verfahren im Vergleich:

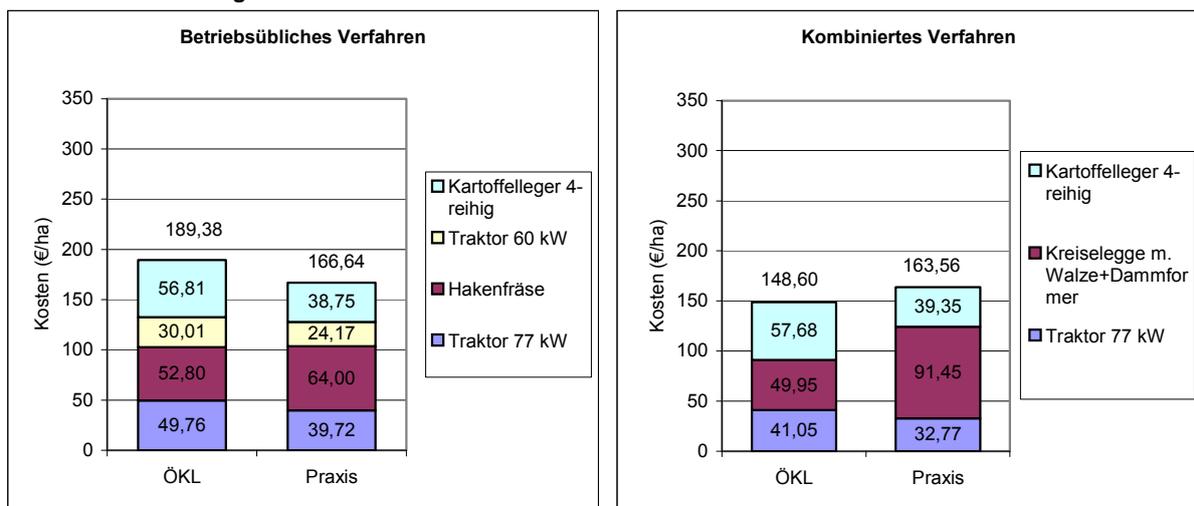


Abbildung 52: Tabellarische und graphische Darstellung der Kostensituation unter den Gegebenheiten eines Praxisbetriebs

Der um etwa 8000 € höhere Neuwert des 77 kW-Traktors und die damit verbundenen höheren Kosten je Stunde werden durch die höhere jährliche Einsatzzeit von 1000 Stunden im Jahr wieder ausgeglichen und es ergeben sich für diesen Traktor ähnliche Kosten wie im vorangegangenen Beispiel.

Auch die Kosten der Legemaschine sind aufgrund des geringeren Neuwerts der einfacheren Legemaschine auf ähnlicher Höhe wie bei der vorangegangenen Variante.

Auf dem Versuchsbetrieb ergeben sich für das Kartoffellegen Kosten auf dem Niveau der Berechnungen nach ÖKL-Richtwerten. Die Kosten der beiden Verfahren nähern sich in dieser Variante an.

5.3.5 Gegenüberstellung der berechneten Varianten

Die Berechnungen der einzelnen Varianten sind in Abbildung 53 zusammengefasst und graphisch dargestellt.

Kostenkalkulation:

	ÖKL	ÖKL+50	ÖKL-50	ÖKL-50Th	Praxis
Betriebsübliches Verfahren:					
Σ Fräsen	102,56	83,74	159,00	126,16	103,72
Σ Legen	86,82	65,91	149,57	63,30	62,92
Σ Anbau/ha	189,38	149,65	308,57	189,47	166,64
Kombinierts Verfahren:					
Σ Anbau/ha	148,68	113,98	252,80	157,60	163,56

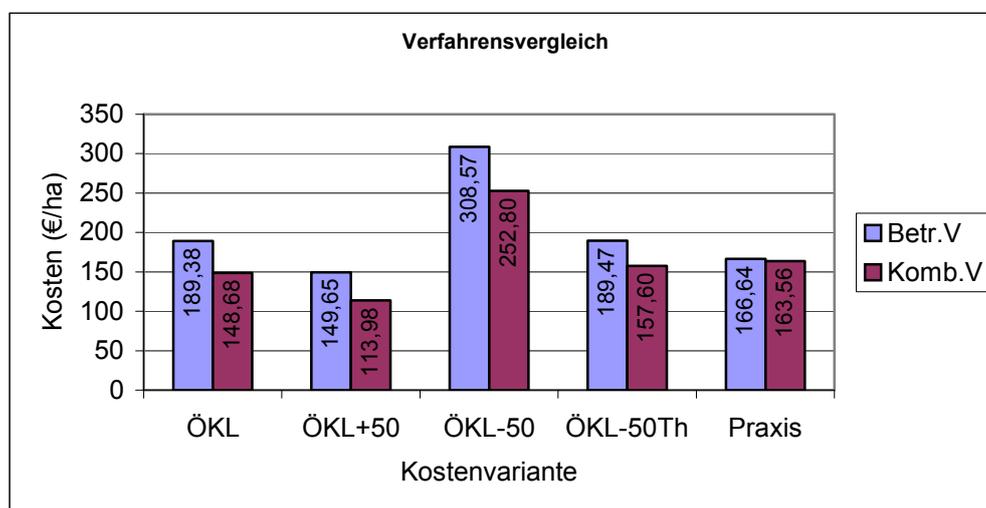


Abbildung 53: Tabellarische und graphische Gegenüberstellung der berechneten Varianten: ÖKL=mittlere Auslastung lt. ÖKL-Richtwerten; ÖKL+50 = hohe Auslastung ÖKL+50%; ÖKL-50 = geringe Auslastung ÖKL-50%; ÖKL-50Th=Auslastung ÖKL-50% + Traktor hohe Auslastung + einfache Legemaschine; Praxis= Berechnung am Beispiel eines Praxisbetriebs

Die Gegenüberstellung zeigt, dass in allen Varianten das kombinierte Verfahren geringere Kosten verursacht wie das betriebsübliche Verfahren. Die Unterschiede bewegen sich

zwischen 30 €/ha und 55 €/ha. Nur in der Variante Praxisbetrieb gleichen sich die beiden Verfahren beinahe an. Hier beträgt die Differenz nur noch 3 €/ha.

Zwischen den berechneten Varianten zeigen sich beträchtliche Unterschiede. Die Variante mit hoher Auslastung verursacht erwartungsgemäß die geringsten, jene mit der niedrigsten Auslastung die höchsten Kosten. Die schlechte Auslastung bewirkt, dass die Maschinenkosten mehr als doppelt so hoch sind wie in der kostengünstigsten Variante.

Die Differenz beträgt bei beiden Verfahren etwa 150 €/ha die in der Produktion nicht mehr verdient werden müssen und vor allem in Jahren mit angespannter Marktsituation die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Möglichkeiten, wie trotz Spezialmaschinen mit geringer Auslastung eine gute Kostenstruktur geschaffen werden kann, zeigen die letzten beiden Varianten auf. Durch eine hohe jährliche Einsatzdauer der Traktoren und einfachere bzw. gebrauchte Legetechnik kann die ungünstige Kostenstruktur der Spezialmaschinen ausgeglichen werden. Die Mechanisierungskosten können in einen Bereich gesenkt werden, wo sie nur mehr etwa 40 €/ha über der Variante mit hoher Auslastung liegen.

Diese Varianten stellen einen Kompromiss dar, wo mit schlagkräftigen Spezialmaschinen eine gute Kostensituation realisiert werden kann. Auch zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den Verfahren geringer werden.

Unter den speziellen Bedingungen des Kartoffelbaus besteht eine enge Verschränkung zwischen den Bodenbedingungen die nach dem Legen zurückgelassen werden und den Wachstums und Erntebedingungen der Kartoffeln.

Zwischen der kostengünstigsten Variante (ÖKL+50) und der Mischvariante ÖKL-50Th liegen 40 €/ha bzw. 44 €/ha. Steigt durch Legen unter ungünstigen Bodenbedingungen der Zeitaufwand für die Ernte um 1 Stunde/ha an, so entstehen Kosten für Traktor, Personal und Erntemaschine die den Kostenunterschied mehr als kompensieren können.

Bezieht man noch Auswirkungen auf Ertrag, Qualität und Pflanzenschutz in die Betrachtungen ein, so wird auch eine Verdoppelung der Anbaukosten durch schlechte Auslastung gegenüber der kostengünstigsten Mechanisierungsvariante relativiert. Unter diesen Voraussetzungen erscheint es im Kartoffelanbau eher sinnvoll, das Augenmerk auf das Gesamtsystem zu richten und nicht alle Möglichkeiten zur Kostensenkung vollkommen auszureizen.

5.3.6 Weitere Aspekte zur Entwicklung der Maschinenkosten bei den verglichenen Verfahren

Um bei der Versuchsanlage gleiche Bedingungen zu schaffen, wurden die Flächen für beide Verfahren gleich vorbereitet. Deshalb wurde auch auf beiden Flächen im Frühjahr bei der ersten Überfahrt mit einer Ackerschleppe eingeebnet. Dieser Arbeitsgang ist beim betriebsüblichen Verfahren, wo die Pflanzbettbereitung mit der Fräse durchgeführt wird, unbedingt erforderlich, da die Fräse gegenüber Unebenheiten der Bodenoberfläche empfindlich ist.

Die Kreiselegge im kombinierten Verfahren ist auf keinen ebenen Boden angewiesen, die Überfahrt mit der Ackerschleppe kann entfallen und es können Arbeitszeit und Maschinenkosten reduziert werden.

Beim kombinierten Verfahren wird für den Traktor Pflegebereifung benötigt um zwischen den vorgeformten Dämmen fahren zu können. Da diese Bereifung aber ohnehin am Betrieb benötigt wird, fallen dafür keine zusätzlichen Kosten an bzw. es entsteht kein Einsparungspotential für das betriebsübliche Verfahren.

Beim betriebsüblichen Verfahren ist der Einsatz einer größeren Legemaschine zur Steigerung der Flächenleistung nur mit einem größeren Traktor möglich. Dabei steht nicht die Motorleistung im Vordergrund, sondern dessen Hubkraft und Gewicht um die schwerere Legemaschine zu transportieren.

Beim kombinierten Verfahren bildet die Frontkreiselegge ein Gegengewicht zur Legemaschine. Das führt zu einer günstigeren Gewichtsverteilung und gewährleistet eine sichere Lenkbarkeit des Traktors.

Damit wäre der Einsatz einer größeren Legemaschine ohne leistungsstärkeren Traktor und auch ohne zusätzliche Steigerung der Maschinenkosten möglich.

5.4 Diskussion pflanzenbaulicher Ergebnisse

5.4.1 Die Knollenlage

Wie bereits in Abschnitt 4.6.1 dargestellt, unterscheiden sich die untersuchten Verfahren sehr deutlich hinsichtlich der Knollenlage.

Die tiefsten Knollen beim kombinierten Verfahren finden sich durchschnittlich 3 cm tiefer als beim betriebsüblichen Verfahren. Lagen die Tiefstknollen beim betriebsüblichen Verfahren durchschnittlich 14,77 cm unterhalb der Dammkrone, so waren es beim kombinierten Verfahren 17,63 cm. Damit entsprechen die Differenzen der Tiefstknollen fast den Abweichungen bei der Tiefenlage der Mutterknollen. Beim betriebsüblichen Verfahren liegen die Mutterknollen im Mittel 13,76 cm unterhalb der Dammkrone, beim kombinierten Verfahren mit 17,77 cm etwa 4 cm tiefer. Die unterschiedliche Ausbreitung der Knollennester in den Damm ist also eine Folge der abweichenden Tiefenlage der Mutterknollen.

Eine Prüfung mittels t-Test bestätigt, dass sich die entsprechenden Mittelwerte der Tiefenlage von Tochterknollen und Mutterknollen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent voneinander unterscheiden.

Die Mutterknollen befinden sich in unterschiedlicher Tiefe, obwohl die Legetiefe bei beiden Verfahren gleich eingestellt war. Da die Bezugsbasis zur Bestimmung der Legetiefe die ursprüngliche Ackeroberfläche war, bei der Tiefenmessung zur Ernte aber von der Oberkante des Damms aus gemessen wurde, liegt die Ursache für diese Abweichungen in der unterschiedlichen Dammhöhe.

Bei der Enddammformung wurden die Dämme bei beiden Verfahren mit der Dammfräse in derselben Weise gezogen. Beim betriebsüblichen Verfahren war der zur Pflanzbettbereitung bereits einmal gefräste Boden sehr ausgetrocknet. Der nach einer Überfahrt mit der Dammfräse sehr lockere Boden rieselte vom fertig geformten Damm wieder ab und führte so zu einer geringeren Erdbedeckung.

Beim kombinierten Verfahren war der Boden nur auf Legetiefe mit der Kreiselegge bearbeitet und es stand ausreichend feuchte Erde zur Formung eines stabilen Damms zur Verfügung. Damit war auch eine höhere Erdbedeckung des Pflanzgutes sichergestellt.

Teilt man die Tiefstknollen in solche, die sich auf gleichem Niveau mit der Mutterknolle befinden, jene die flacher liegen und in eine dritte Gruppe, wo sich die Knollennester unter die Mutterknolle ausbreiten, so befinden sich beim betriebsüblichen Verfahren in mehr als der Hälfte der Fälle die Tiefstknollen in gleicher Tiefe wie die Mutterknolle (Abbildung 54). Bei fast genauso vielen reichen die Knollennester unter die Mutterknolle hinab, nur ganz selten liegen die Tiefstknollen flacher.

Auch beim kombinierten Verfahren befindet sich mit 31 Prozent ein hoher Anteil der tiefsten Knollen in gleicher Tiefe mit den entsprechenden Mutterknollen und mit 29 Prozent reicht ein fast genauso hoher Teil tiefer hinab. Anders wie beim betriebsüblichen Verfahren liegen hier aber 40 Prozent der Knollen flacher als die Mutterknolle (Abbildung 55).

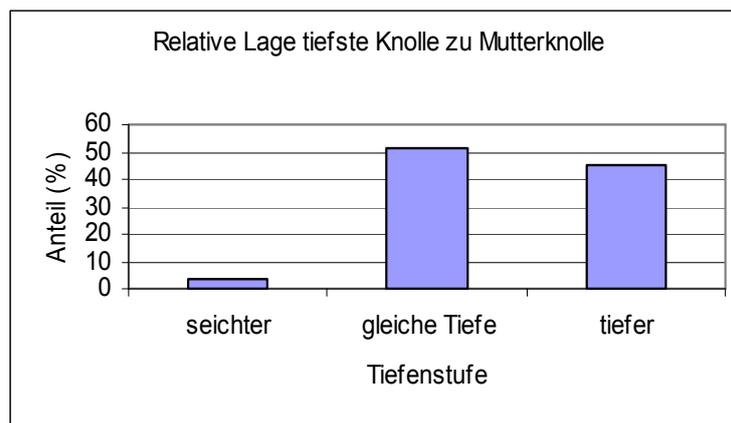


Abbildung 54: Lage von tiefster Knolle zu Mutterknolle beim betriebsüblichen Verfahren

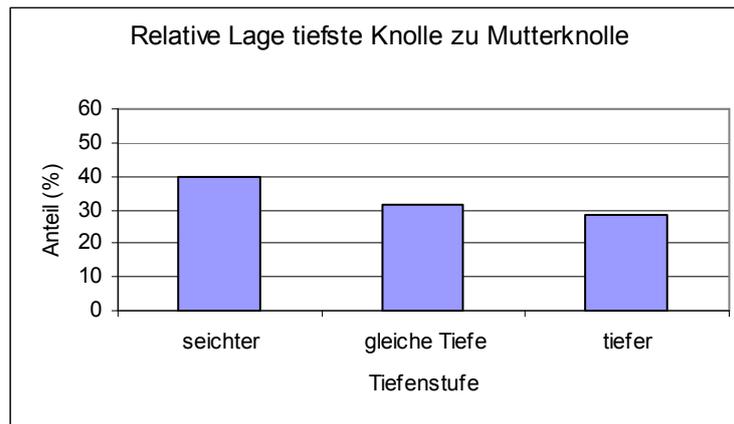


Abbildung 55: Lage von tiefster Knolle zu Mutterknolle beim kombinierten Verfahren

Aus dieser Gegenüberstellung ist erkennbar, dass die Knollennester beim betriebsüblichen Verfahren eine stärkere Tendenz besitzen sich in die Tiefe zu entwickeln. 97 Prozent der Tiefstknollen befinden sich in gleicher Tiefe oder tiefer wie die jeweiligen Mutterknollen. Beim kombinierten Verfahren beträgt dieser Anteil nur 60 Prozent und die Beobachtungen verteilen sich gleichmäßig auf die drei Kategorien.

Werden die Abstände der Tiefstknollen zur Mutterknolle in 1 cm Schritten dargestellt, so befinden sich beim betriebsüblichen Verfahren neben den 52 Prozent der Messungen, die in gleicher Tiefe mit der Mutterknolle liegen, weitere 38 Prozent der tiefsten Knollen im Bereich von 2 cm unterhalb der Mutterknolle. Es sind also 90 Prozent der gemessenen Werte in diesen beiden Tiefenstufen enthalten (Abbildung 56).

Beim kombinierten Verfahren zeigen die in 1 cm Schritten abgestuften Werte einen fast symmetrischen Verlauf. Mit 31 Prozent befinden sich die meisten Tiefstknollen auf gleicher Tiefe mit den Mutterknollen. 2 cm über und unterhalb der Mutterknolle sind die mit 20 bzw. 14 Prozent am nächst häufigen Kategorien. Von den verbleibenden enthalten die Tiefenstufen +1, -1, und flacher wie 2 cm über der Mutterknolle jeweils etwa 10 Prozent der Wert, tiefer wie 2 cm unterhalb der Mutterknolle liegen nur 3 Prozent der Knollen (Abbildung 57).

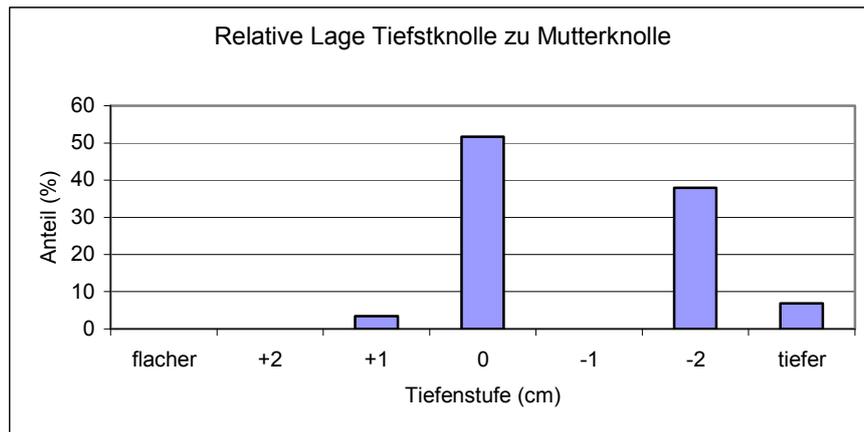


Abbildung 56: Relative Lage von Tiefstknolle zu Mutterknolle beim betriebsüblichen Verfahren

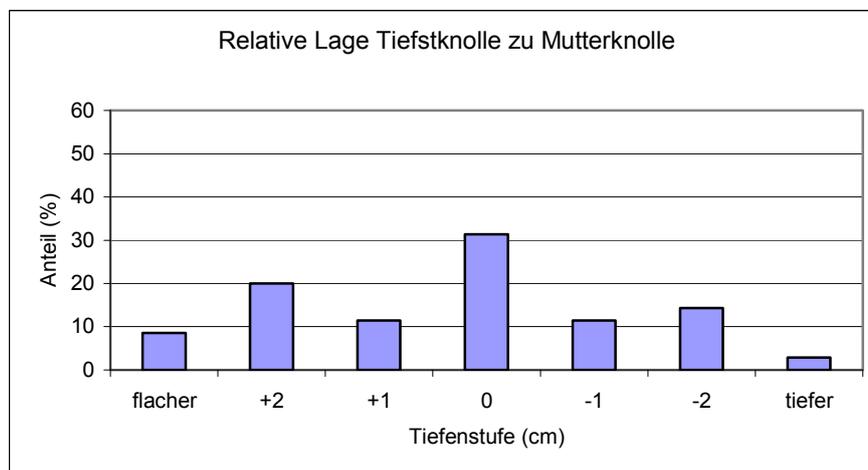


Abbildung 57: Relative Lage von Mutterknolle zu Tiefstknolle beim kombinierten Verfahren

Mit einer Verfeinerung der Skalierung zeigen sich die Unterschiede bei beiden Verfahren deutlicher. Beim betriebsüblichen Verfahren wachsen Knollennester in der Regel im Bereich um und unterhalb der Mutterknolle. Die meisten befinden sich bis 2 cm unterhalb der Mutterknolle, tiefer sind 7 Prozent der tiefsten Knollen gewachsen.

Beim kombinierten Verfahren gibt es eine gleichmäßigere Verteilung über Tiefenstufen des Dammes. Die Mehrzahl der Tiefstknollen liegt in gleicher Tiefe mit der Mutterknolle oder darüber.

Beiden Verfahren gemeinsam ist, dass sich die meisten Tiefstknollen in gleicher Tiefe mit der Mutterknolle befinden und dass es bei einem Abstand von 2 cm um die Mutterknolle zu einer Häufung von Messwerten kommt.

Dass die Tochterknollen ungefähr in der Höhe der Mutterknolle oder nur wenig darunter ausgebildet werden, beschreibt auch NEYE (1961). Dort wird auch auf die Ergebnisse von MELNIKOW (1958) hingewiesen, der bei einer Pflanztiefe von 16 cm eine durchschnittliche Tiefenlage der Tochterknollen von 17,3 cm ermittelte und bei einer Pflanztiefe von 8 cm die Tochterknollen in einer Tiefe von 12 cm fand.

Eine Korrelation zwischen der Lage der Mutterknollen und der Tiefstknollen mit dem Koeffizienten 0,89 ermittelte THAER (1967). In den einjährigen Untersuchungen über die Beziehung zwischen Mutter- und Tiefstknollen lagen die tiefsten Knollen im Mittel 10,9 cm bis 14,5 cm unterhalb der Dammkrone. In etwa der Hälfte der Fälle lagen die tiefsten Knollen sehr nahe bei den Mutterknollen, bei den übrigen Feldern befanden sie sich gut 1,5 cm darunter. Tiefer gelegte Mutterknollen führten zu tiefer liegenden tiefsten Knollen, allerdings lagen diese tiefsten Knollen relativ zu ihren Mutterknollen höher als die von den flach gelegten Mutterknollen stammenden.

Auch BAILEY (1957) fand die Tiefstknollen bei vier von sechs Versuchssorten im Durchschnitt sehr nahe bei den Mutterknollen, bei einer Sorte lagen sie 1,5 cm tiefer, bei der ungleichmäßig gewachsenen Sorte Majestic 1,8 cm höher. Die Ertragsunterschiede waren nicht groß.

In den eigenen Versuchen lagen die Tiefstknollen beim betriebsüblichen Verfahren bei durchschnittlich 14,72 cm unterhalb der Dammkrone und damit etwas tiefer wie jene bei THAER (1967). Beim kombinierten Verfahren befanden sich die tiefsten Knollen mit einer durchschnittlichen Tiefe von 17,63 cm etwa gleich tief wie in den Untersuchungen von BAILEY (1957). Wie bei diesen beiden Autoren war auch in den eigenen Versuchen festzustellen, dass bei flacher gelegten Mutterknollen die Tochterknollen sich unterhalb der Mutterknollen ausbreiten. Dagegen besteht bei größerer Pflanztiefe eine geringere Tendenz zur Ausdehnung des Knollennestes unterhalb der Mutterknolle.

Gleiches geht auch aus den Ergebnissen von FISCHNICH et. al. (1958) hervor, wo der Zusammenhang zwischen Pflanztiefe und Rodetiefe untersucht wurde. Die Pflanztiefe wird hier von der ursprünglichen Ackeroberfläche bis zur Unterkante der gelegten Pflanzknolle gemessen, die Rodetiefe von der Dammkuppe bis zur Scharspitze des Roders. Bei 5 cm

Pflanztiefe war eine Rodetiefe von 12 cm erforderlich, bei 10 cm Pflanztiefe eine Rodetiefe von 15 cm und bei 15 cm Pflanztiefe eine Rodetiefe von 18 cm.

THAER (1967) fand einen Zusammenhang des Abstands von Mutterknolle und Tiefstknolle vom Ertrag. Bei einem höheren Ertrag benötigen die Knollennester mehr Platz und dehnen sich eher in den Bereich unterhalb der Mutterknollen aus.

Eine solche Beziehung tritt bei BAILEY (1957) nicht in Erscheinung. Die Knollen waren mit hohem Dämmen bedeckt. Im Durchschnitt waren sie über den Tiefstknollen 17 cm hoch, gegenüber 13 cm in den Versuchen von THAER (1967). Daraus könnte die geringe Neigung der Pflanzen resultieren, Tochterknollen unterhalb der Mutterknolle anzusetzen, und auch die Tatsache, dass kein Ertragseinfluss feststellbar war.

Die durch unterschiedliche Dammhöhe entstandene unterschiedliche Tiefenlage der Mutterknollen lässt keine zuverlässige Aussage darüber zu, ob ein Einfluss der Verfahren auf die Tendenz zur Tiefenausbreitung der Knollennester besteht.

Im Versuch hat sich aber gezeigt, dass beim kombinierten Verfahren durch die Pflanzbettbereitung nur auf Legetiefe mehr feuchte Erde zur Dammformung zur Verfügung steht und sich so auch unter sehr trockenen Verhältnissen, wie sie im Versuchsjahr herrschten, zuverlässiger stabile Enddämme geformt werden können. Die höhere Erdbedeckung der Knollen lässt weniger ergrünte Knollen und tendenziell höhere Erträge erwarten.

5.4.2 Qualitätsparameter

5.4.2.1 Qualitätsparameter der Musterparzellen

Betrachtet man die in Kapitel 4.6.2 dargestellten Boniturergebnisse im Detail, so zeigt sich für die beiden Verfahren ein sehr unterschiedliches Bild. Es gibt unterschiedliche Tendenzen in den ausgewerteten Kategorien, aber auch einzelne Parzellen welche sich gegensätzlich zum allgemeinen Trend eines Verfahrens verhalten. Im folgenden Kapitel soll auf diese Besonderheiten näher eingegangen und mögliche Erklärungen dafür gesucht werden.

Bei Untergrößen und in Mängelkategorie 1, in der schwere mechanische als auch tierische Beschädigungen außer Drahtwurmfraß, mit einer Tiefe von mehr als 3 mm zusammengefasst sind, weist das betriebsübliche Verfahren einen höheren Anteil auf. Wie aus Abbildung 58 hervorgeht, liegt der Anteil der Untergrößen mit durchschnittlich 3,3 Prozent um 0,5 Prozent über den 2,8 Prozent beim kombinierten Verfahren. Das betriebsübliche Verfahren weist in den Parzellen 1 bis 4 die höheren Werte auf, nur in Parzelle 5 liegt das kombinierte Verfahren höher. Dieser höhere Anteil von Knollen mit einer Sortierung unter 40 mm in Parzelle D5 rührt von einem frühzeitigen Auftreten von *Alternaria* in dieser Parzelle her. Das führte zu vorzeitigem Beendigung des Wachstums und in weiterer Folge zu einem höheren Anteil an Untergrößen.

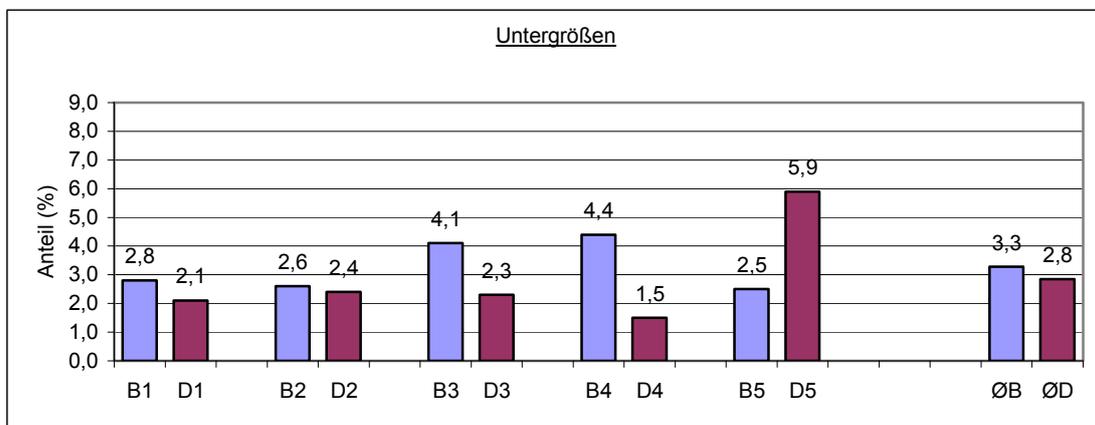


Abbildung 58: Anteil an Untergrößen in den einzelnen Parzellen

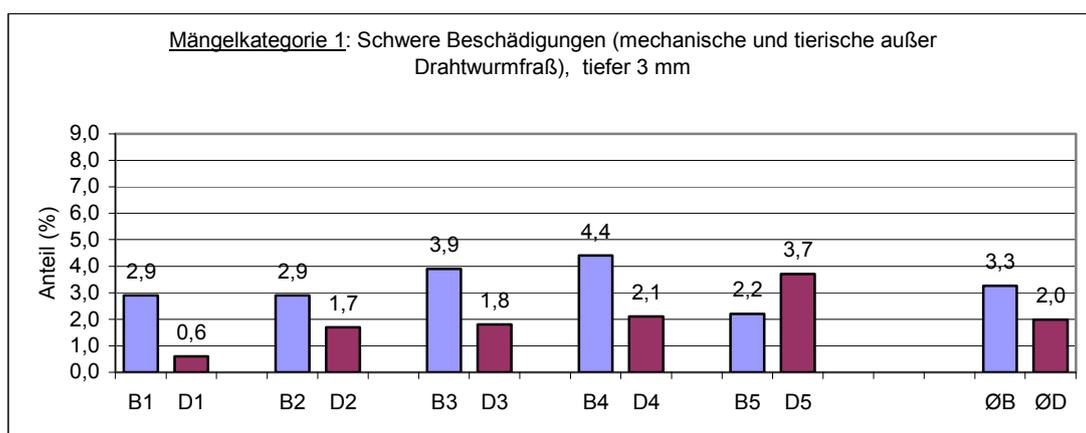


Abbildung 59: Der Anteil von Mängelkategorie 1 in den Musterparzellen

Gleiche Tendenz wie bei den Untergrößen zeigt Abbildung 59 für Mängelkategorie 1. Auch hier ist in den Parzellen 1 bis 4 der Wert des betriebsüblichen Verfahrens höher, in Parzelle 5 hat das kombinierte Verfahren mehr Abzüge.

Auffällig ist hier das sehr hohe Niveau der Beschädigungen beim betriebsüblichen Verfahren. Bis auf Parzelle 5 sind sie fast doppelt so hoch sind wie beim kombinierten Verfahren.

Mechanische Schäden durch die Erntemaschine sind durch schonende Einstellung weitgehend auszuschließen. Sollten sie dennoch auftreten, dann müssten sie bei beiden Verfahren gleichermaßen zu finden sein. Die höheren Mängel müssen also durch Tiere wie Hasen oder Mäuse verursacht sein. Eine Erklärung könnte die geringere Erdbedeckung bei diesem Verfahren sein, auf deren Ursachen bereits im Abschnitt 5.4.1 näher eingegangen wurde.

Dadurch sind die Knollen näher an der Oberfläche und einfacher für Tiere erreichbar.

Ähnlich könnte auch der Alternariabefall in Parzelle D5 gewirkt haben. Durch den frühzeitigen Krautverlust waren die Knollen im Damm leichter für Tiere von der Oberfläche erreichbar und so entstand der höhere Schaden.

Drahtwurmschäden traten nur beim kombinierten Verfahren in den Parzellen D1 und D2 auf (Abbildung 60). Durch das lokal begrenzte Auftreten von Drahtwurmnestern im Feld sind diese Parzellen zufällig von diesem Kartoffelschädling betroffen und der höhere Anteil nicht durch das Verfahren selbst bedingt.

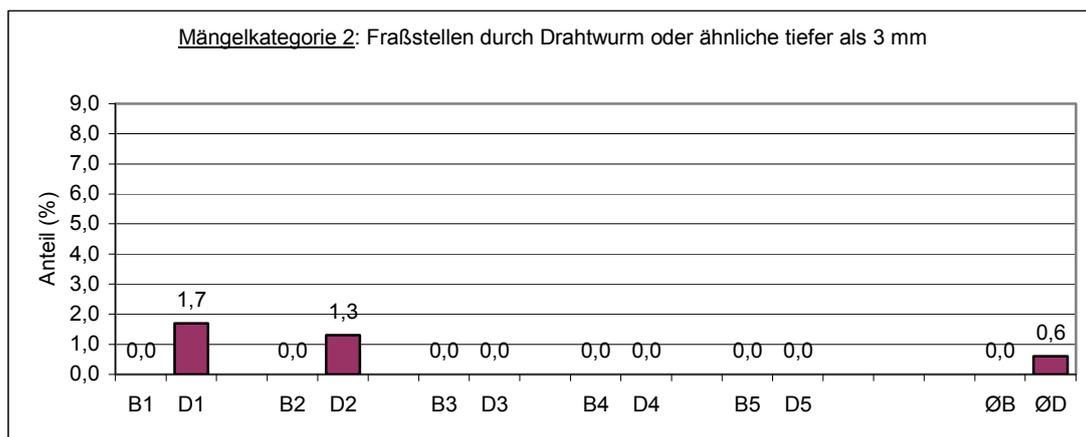


Abbildung 60: Die Anteile Mängelkategorie 2 in den Musterparzellen

In Mängelkategorie 3 sind äußere Mängel zusammengefasst. Hier sind vor allem ergrünte und missgestaltete Knollen von Bedeutung, Schorf war in den Mustern nicht festzustellen. Wieder wurden beim betriebsüblichen Verfahren in 4 der 5 Musterparzellen mehr Mängel festgestellt. Nur in Parzelle 3 weist das kombinierte Verfahren mit 4,8 Prozent gegenüber 1,5 Prozent

einen deutlich höheren Wert aus. In Abbildung 61 sind die Ergebnisse dieser Auswertung dargestellt.

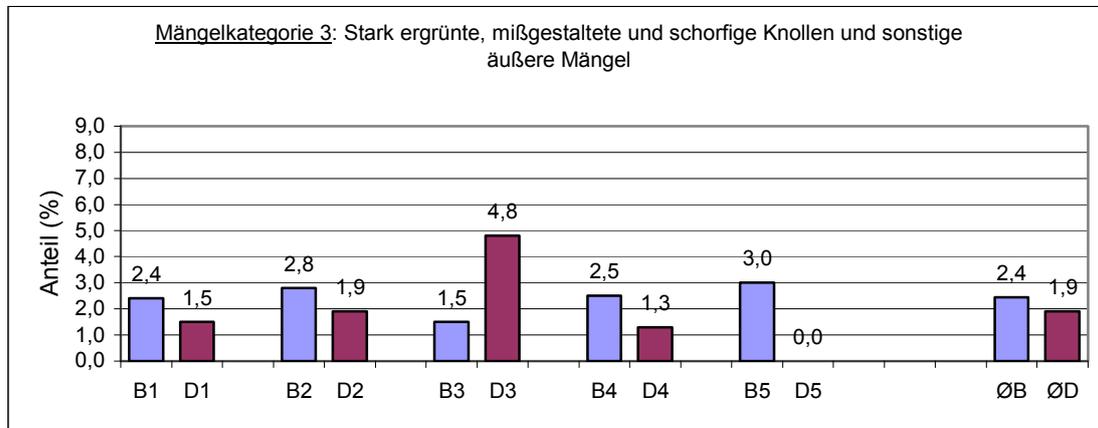


Abbildung 61: Die Anteile von Mängelkategorie 3 in den Musterparzellen

Der höhere Anteil an Mängeln beim betriebsüblichen Verfahren ist vor allem auf viele ergrünte Knollen zurückzuführen. Wie bereits bei der Knollenlage im Kapitel 5.4.1 diskutiert, resultieren diese aus der geringeren Erdbedeckung bei diesem Verfahren. Die Knollen befinden sich mit zunehmendem Wachstum und Ausnutzung des Dammvolumens näher an der Dammoberfläche wodurch sich die Wahrscheinlichkeit zu ergrünen erhöht.

Dass eine seichtere Knollenlage mehr ergrünte Knollen zur Folge hat, zeigen auch die Ergebnisse von NITSCH (2003) und FISCHNICH et al. (1962).

Auffallend ist auch das Fehlen von Knollen in Mängelkategorie 3 der Parzelle D5. Diese Tatsache kann als Folge des hohen Anteils an Untergrößen gesehen werden der, wie schon erwähnt, mit dem aufgetretenen Alternariabefall in Zusammenhang steht. Die kleineren Knollen wachsen nicht so nahe an die Bodenoberfläche und sind damit weniger gefährdet zu ergrünen.

Zusätzlich können die Ergebnisse dieser Mängelkategorie durch Fahrspuren von der dem Legen vorangegangenen Pflanzbettbereitung beeinflusst sein. Verdichtete Bereiche unterhalb des von der Fräse gelockerten Bearbeitungshorizonts könnten zum einen die Tiefenausbreitung der Knollen beeinträchtigt und so zu einem höheren Anteil grüner Knollen geführt haben. Zum anderen könnte das Knollenwachstum gestört und dadurch die Zahl missgebildeter Knollen gesteigert worden sein.

Ein eindeutiges Bild zeigt sich in Mängelkategorie 4, wo innere Mängel des Erntegutes erfasst sind. Mit durchschnittlich 4,4 Prozent ist hier der Anteil beim kombinierten Verfahren fast dreimal so hoch wie beim Betriebsüblichen. Für dieses sind, wie in Abbildung 62 ersichtlich, in den Parzellen 1 und 5 zwar geringfügig höhere Anteile ausgewiesen. In den Parzellen 2 bis 4 wurden beim kombinierten Verfahren aber deutlich höhere Abzüge ermittelt. Vor allem in den Parzellen D2 mit 8,5 Prozent und in D3 mit 6,7 Prozent sind sehr hohe Werte festgestellt worden.

Eine Erklärung ist in der Eigenschaft der Sorte Russet Burbank begründet, bei sehr großgewachsenen Knollen zur Hohlherzigkeit zu neigen. Wie später in Abbildung 66 gezeigt wird, ist D2 jene Parzelle mit dem höchsten Anteil großfallender Ware, gefolgt von D3 mit dem zweithöchsten Anteil. Zusätzlich hat sich in dieser Kategorie auch die Neigung der Sorte zur Glasigkeit niedergeschlagen.

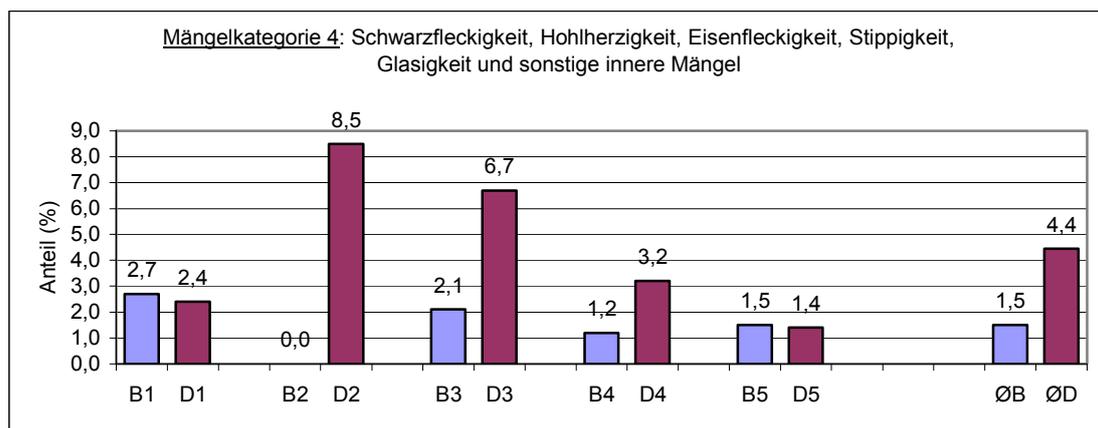


Abbildung 62: Die Anteile der Mängelkategorie 4 in den Musterparzellen

Die Sortierung des Erntegutes beeinflusst das Ergebnis hier auch noch auf andere Weise. Wird bei einer großen Knolle ein Mangel festgestellt, so hat dieser auf das Ergebnis einen weit stärkeren Einfluss wie wenn dieser auf einer kleinen Knolle gefunden wird.

Die hohen Anteile in dieser Kategorie haben sich somit aus einem Zusammenspiel von Sorteneigenschaften und guten Voraussetzungen des kombinierten Verfahrens zur Förderung dieser Sorteneigenschaften ergeben.

Auch in Mängelkategorie 5 wurden beim kombinierten Verfahren höhere Werte ermittelt. Mit durchschnittlich 0,8 liegen die hier zusammengefassten Abzüge im Vergleich mit den anderen Kategorien aber auf niedrigem Niveau. Wie Abbildung 63 zeigt, wurden hier in einigen Parzellen überhaupt keine Mängel gefunden.

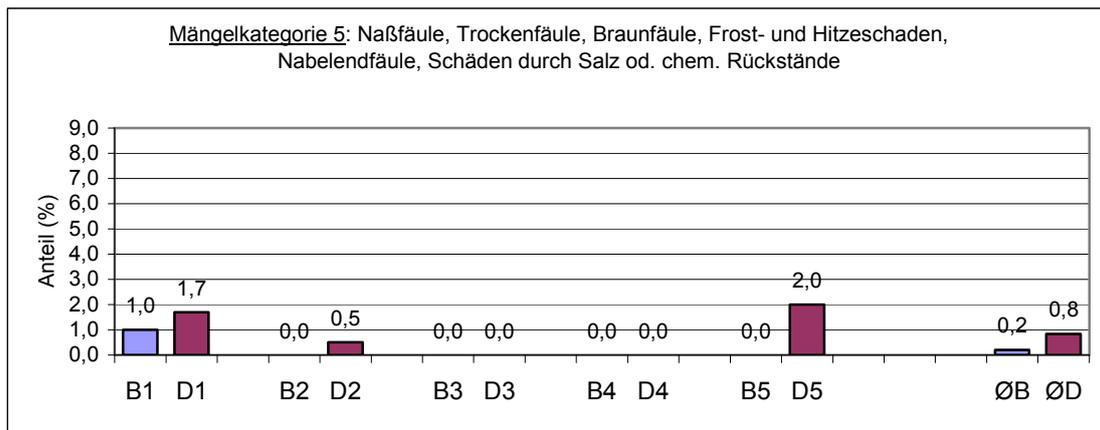


Abbildung 63: Die Anteile von Mängelkategorie 5 in den Musterparzellen

Der höchste Anteil wurde mit 2 Prozent in Parzelle 5 gefunden. Hier ist, wie schon oben erwähnt, durch das Auftreten von *Alternaria* ein frühzeitiger Krautverlust eingetreten. Für den Rest der Wachstumsperiode war der Damm unbedeckt. Durch die direkte Sonneneinstrahlung kam es zu sehr hohen Temperaturen vor allem an der Dammoberfläche und in weitere Folge zu Hitzeschäden an den Knollen.

Die Summe aus Untergrößen und den 5 Mängelkategorien ergibt die Gesamtabzüge. Diese sind beim kombinierten Verfahren mit durchschnittlich 12,6 Prozent um 1,9 Prozent höher als beim betriebsüblichen Verfahren. Bei diesem ergibt die Summe aller Abzüge 10,7 Prozent. Wie Abbildung 64 zeigt, sind sowohl die Muster mit den niedrigsten Abzügen als auch jene mit den höchsten auf den Parzellen des kombinierten Verfahrens geerntet worden.

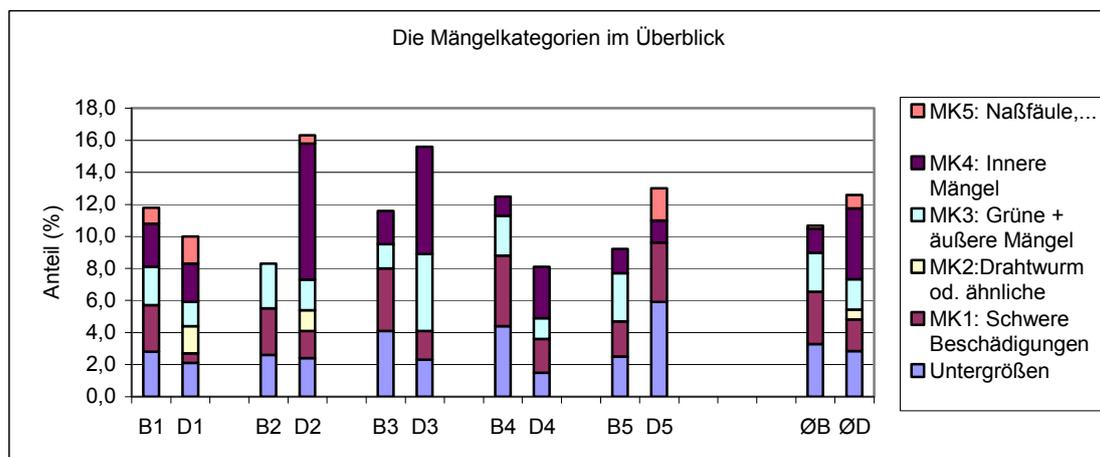


Abbildung 64: Zusammenstellung aller Abzüge aus den Musterparzellen

Die geringsten Abzüge wurden in D4 mit 8,1 Prozent gefunden. Die meisten in D2, wo mit 16,2 Prozent ein doppelt so hoher Wert festgestellt wurde. Auch D3 liegt mit 15,6 Prozent nur geringfügig darunter.

Hauptverantwortlich dafür sind die hohen Anteile in Mängelkategorie 4. Auf sie entfallen in D2 mit 8,5 Prozent mehr als die Hälfte aller Abzüge und in D3 mit 6,7 Prozent etwas weniger wie die Hälfte. Diese hohen Abzüge finden auch im Mittelwert des kombinierten Verfahrens ihren Niederschlag, wo Kategorie 4 mit 4,4 Prozent mehr als ein Drittel aller Abfälle darstellt.

Einen ebenfalls erheblichen Anteil an den Gesamtabzügen in einer Musterparzelle bilden die Untergrößen in Parzelle D5. Mit 5,9 Prozent bildet diese Gruppe fast die Hälfte der 13 Prozent aller Abzüge in diesem Muster.

Mit 13 Prozent finden sich in D5 die dritthöchsten Abzüge aller Parzellen. Hier zeigt sich, dass die Beeinträchtigung oder vorzeitige Beendigung des Wachstums mit Folgewirkungen verbunden sein kann, wie etwa erhöhtes Risiko von tierischen Schäden oder Hitzeschäden als Folge des vorzeitigen Krautverlustes.

Der erwünschte Teil der Erntemenge ist in der Kontraktware ausgedrückt. Je geringer die Abzüge, desto höher ist der Anteil an Kontraktware. Folgedessen stellt Parzelle D4, wo die geringsten Mängel ermittelt wurden, jene Parzelle mit dem höchsten Anteil an Kontraktware dar. Wie Abbildung 65 zeigt, liegt der Anteil hier bei 91,9 Prozent. Ebenfalls sehr hohe Anteile sind in Parzelle B2 mit 91,7 Prozent, B5 mit 90,8 sowie D1 mit 90,1 Prozent.

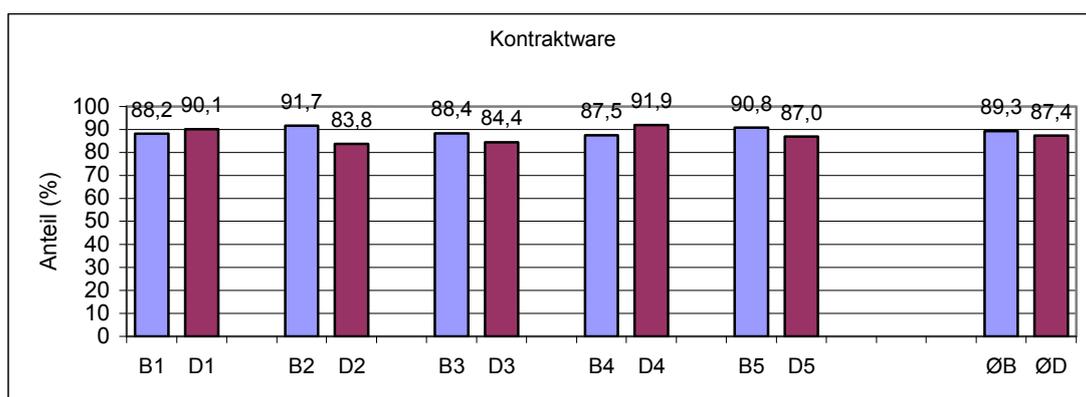


Abbildung 65: Anteil an Kontraktware in den Musterparzellen

Die geringsten Kontraktwareanteile finden sich in den Parzellen mit den höchsten Abzügen. So liegt der Anteil in Parzelle D2 bei 83,8 Prozent und in D3 bei 84,4 Prozent.

Im Mittel aller Musterparzellen liegt der Anteil der Kontraktware beim betriebsüblichen Verfahren mit 89,3 Prozent um 1,9 Prozent höher wie beim kombinierten Verfahren, wo 87,4 Prozent ermittelt wurden. Dieser Unterschied könnte sich, wenn keine außerordentlichen Ereignisse wie Drahtwurmbefall oder einseitiger Krankheitsbefall auftreten, verringern oder die beiden Verfahren sich angleichen.

Beim Anteil großfallender Ware zeigt sich wieder eine eindeutige Tendenz. Wie aus Abbildung 66 ersichtlich ist bis auf Parzelle 5, wo Alternariabefall auftrat, in allen anderen Parzellen der Anteil großfallender Ware beim kombinierten Verfahren höher.

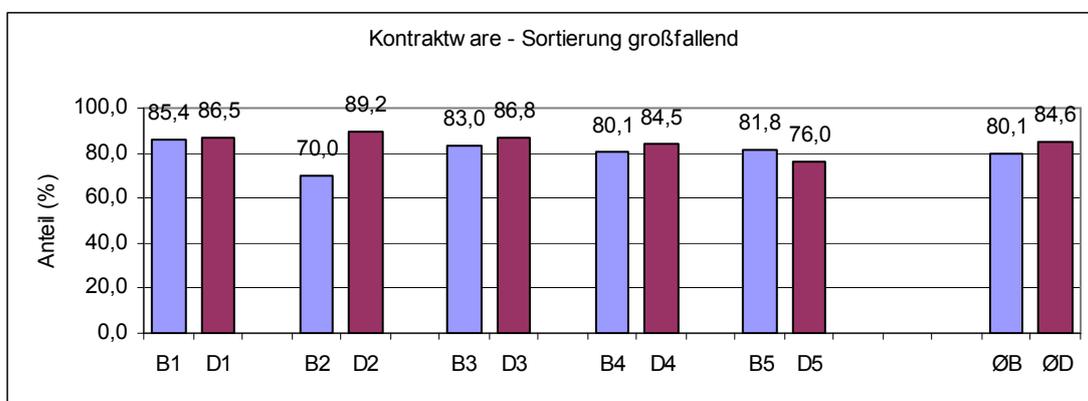


Abbildung 66: Anteil großfallender Ware in den Musterparzellen

Im Mittel aller Parzellen liegt der Anteil großfallender Knollen der Kontraktware des kombinierten Verfahrens bei 84,6 Prozent. Damit ist der Anteil um 4,5 Prozent höher wie beim betriebsüblichen Verfahren. Dort waren 80,1 Prozent der Kontraktware größer 50 mm sortiert.

Eine Analyse der Grenzdifferenzen mit dem t-Test ergab für keine der untersuchten Kategorien einen signifikanten Unterschied der entsprechenden Mittelwerte zwischen den Verfahren.

5.4.2.2 Gegenüberstellung der Qualitätsparameter von Musterparzellen und Praxislieferungen

In diesem Abschnitt soll beobachtet werden, wie weit sich die auf den Musterparzellen ermittelten Ergebnisse in den Auswertungen der abgelieferten Mengen widerspiegeln. Die Musterparzellen wurden für beide Verfahren unter einheitlichen Bedingungen angelegt. Bei der Bodenbearbeitung wurden die Parzellen immer mittig befahren, Bestandesführung und Pflegemaßnahmen so gestaltet, dass einseitige Beeinflussung vermieden wurde. Bei der Beerntung nahm das Verlesepersonal keine Vorsortierung vor um das gesamte Erntegut einer Bewertung unterziehen zu können.

Bei den abgelieferten Partien erfolgte die Probennahme durch das Übernahmepersonal zufällig und stammt von einer beliebigen Stelle des Feldes. Die geernteten Mengen wurden durch entsprechende Einstellung der Erntemaschine und das Verlesepersonal bereits einer Vorsortierung unterzogen und mangelhafte Anteile beseitigt.

Bei den Untergrößen wurde im Erntegut der Musterparzellen ein Unterschied von 0,5 Prozent ermittelt, mit höheren Abzügen beim betriebsüblichen Verfahren. Wie Abbildung 67 zeigt, beträgt der Untergrößenanteil des betriebsüblichen Verfahrens auch bei den abgelieferten Mengen 3,3 Prozent.

Das kombinierte Verfahren weist einen Anteil von 3,2 Prozent an Knollen unter 40 mm auf, wodurch sich der Unterschied auf 0,1 Prozent verringert. In diesem Wert findet auch der bereits erwähnte Alternariabefall seinen Niederschlag, der ebenso für den hohen Anteil an Untergrößen in der Musterparzelle D5 verantwortlich zeichnet.

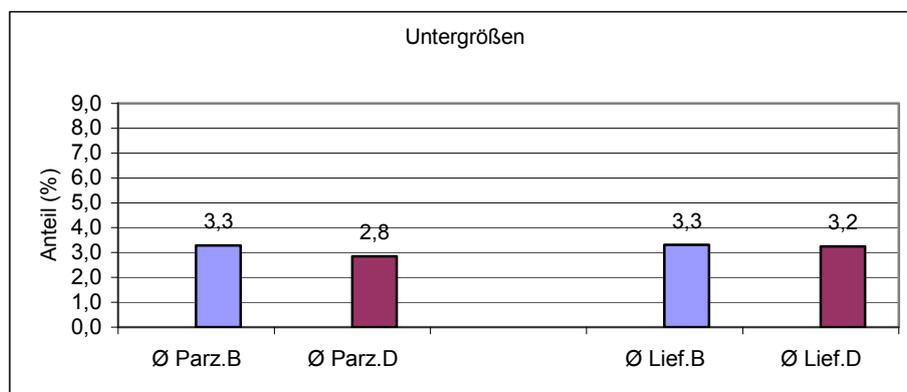


Abbildung 67: Anteil von Untergrößen bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Für schwere Beschädigungen der Mängelkategorie 1 ist in Abbildung 68 zu erkennen, dass die Abzüge des betriebsüblichen Verfahrens bei den gelieferten Mengen im Vergleich zu den Musterparzellen geringer sind, während sie beim kombinierten Verfahren ansteigen. Im Mittel der Lieferungen weist das kombinierte Verfahren 0,1 Prozent mehr Mängel auf.

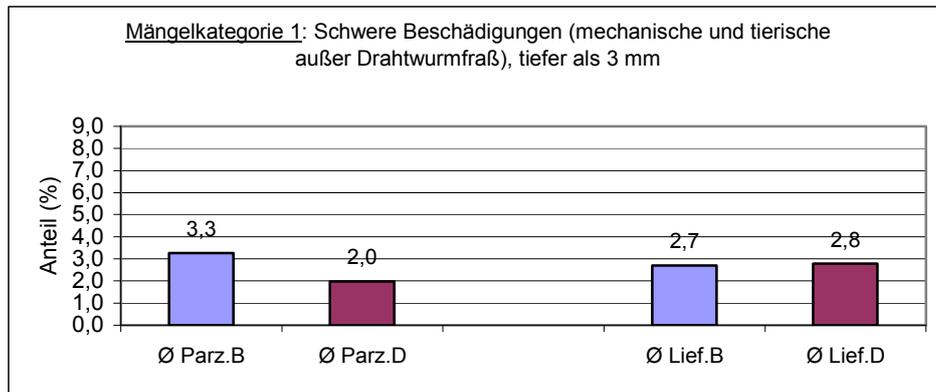


Abbildung 68: Anteil von Mängelkategorie 1 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Drahtwurmschäden gab es in den Musterparzellen nur beim kombinierten Verfahren. Aus Abbildung 69 ist zu erkennen, dass auch auf der Fläche des betriebsüblichen Verfahrens Drahtwurm aufgetreten ist, der mit 0,1 Prozent in den Proben der angelieferten Mengen festgestellt wurde. Die Auswertung der Lieferungen des Praxisschlages unterstreicht die Vermutung, dass das kombinierte Verfahren einseitig von Drahtwurmbefall betroffen ist. Durch die Arbeit des Verlesepersonals konnte der Anteil drahtwurmgeschädigter Knollen beim kombinierten Verfahren von 0,6 Prozent auf 0,4 Prozent um ein Drittel reduziert werden.

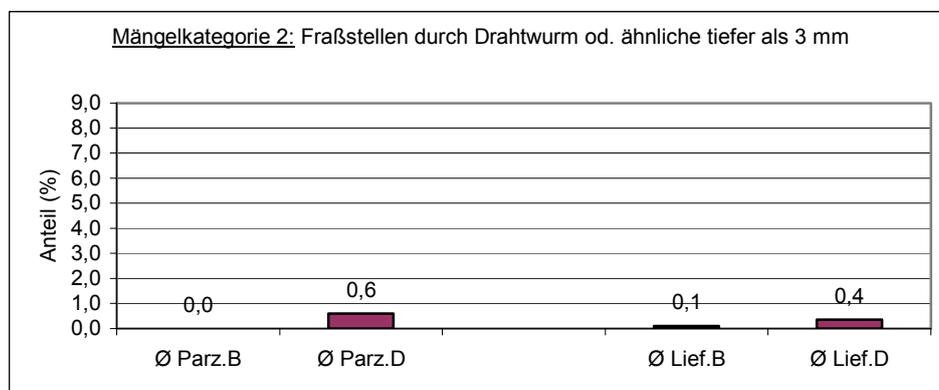


Abbildung 69: Anteil von Mängelkategorie 2 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

In Mängelkategorie 3, in welche grüne und missgestaltete Knollen fallen, wurde in den Musterparzellen ein um 0,5 Prozent höherer Wert für das betriebsübliche Verfahren ermittelt. Abbildung 70 zeigt, dass diese Tendenz auch bei den abgelieferten Mengen ihren Niederschlag findet. Die Mängel liegen bei beiden Verfahren über jenen der Musterparzellen, da jedoch das betriebsübliche Verfahren einen etwas höheren Zuwachs zu verzeichnen hat, beträgt die Differenz zwischen den Verfahren 0,7 Prozent. Der Vermutung, dass geringere Erdbedeckung und Verdichtungen von Fahrspuren einen Einfluss auf die Abzüge in dieser Kategorie haben, wird durch die Auswertung der Praxislieferungen gefestigt. Die Zunahme grüner Knollen wurde bereits bei den Musterparzellen diskutiert und deren Ursache trifft auch auf den Praxisflächen zu. Zusätzlich könnten hier auch noch verdichtete Bereiche ungeordneter Fahrspuren unterhalb der Kartoffelreihen die Ergebnisse mitbestimmt haben. Anders wie in den Musterparzellen sind am Praxisschlag die Fahrspuren der vorausgehenden Bodenbearbeitung nicht mit jenen des Legens abgestimmt. So können Kartoffelreihen, mehr noch wie in den Musterparzellen, genau oberhalb der von Fahrspuren verdichteten Bereiche zu liegen kommen. Diese können zu Behinderungen des Knollenwachstums und in weiterer Folge zu missgestalteten Knollen führen.

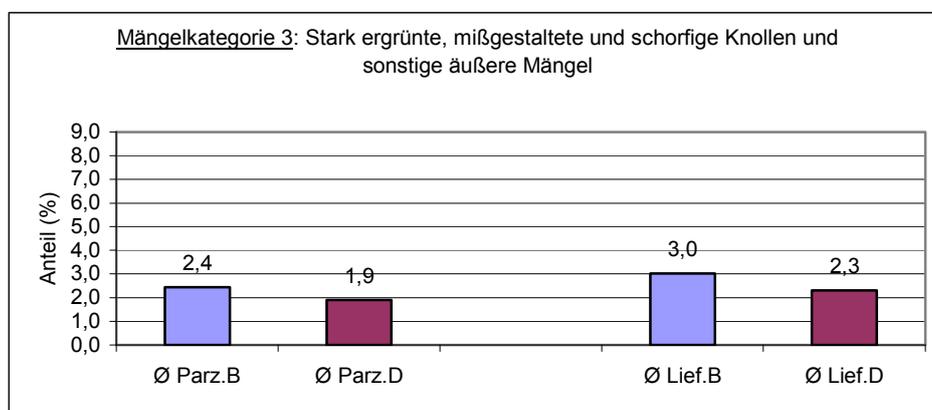


Abbildung 70: Anteil von Mängelkategorie 3 bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Bei Mängelkategorie 4 wurde in den Musterparzellen ein sehr hoher Wert für das kombinierte Verfahren festgestellt. Auch bei den abgelieferten Mengen fallen die Abzüge beim kombinierten Verfahren stärker aus, sie liegen hier jedoch mit 3,8 Prozent unter jenen der Musterparzellen. Beim betriebsüblichen Verfahren steigen sie hingegen von 1,5 auf 3 Prozent, wodurch sich der Unterschied zwischen beiden Verfahren von 2,9 auf 0,8 Prozent verringert (Abbildung 71).

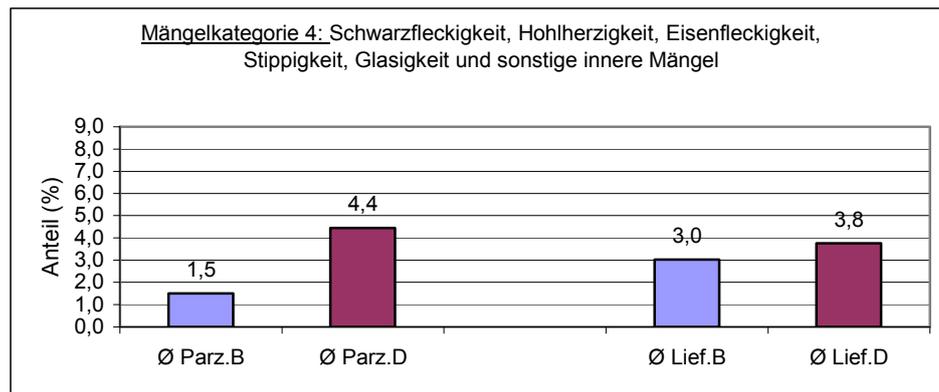


Abbildung 71: Anteil von Mängelkategorie 4 in Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Da innere Mängel kaum vom Verlesepersonal erkannt und aussortiert werden können, ist der Rückgang bei den Abzügen des kombinierten Verfahrens in einer Verringerung der Gewichtung jener Bereiche des Feldes zu suchen, welche für die hohen Werte bei den Musterparzellen verantwortlich zeichnen. In zwei der 10 Proben der gelieferten Mengen wurden mit 9,5 und 15,9 Prozent zwar auch sehr hohe Werte festgestellt, geringe Abzüge in den anderen Partien ergeben den niedrigeren Durchschnittswert von 3,8 Prozent.

Die Ursache für den Anstieg beim betriebsüblichen Verfahren ist durch zwei Lieferungen bedingt, von denen bei einer in dieser Kategorie 12,1 Prozent und bei der anderen 6,4 Prozent an Abzügen ermittelt wurden. Bei den 9 restlichen Proben bewegen sich die Werte zwischen 0 und 3,8 Prozent.

In Mängelkategorie 5 wurde in den Musterparzellen ein Anteil von 0,2 Prozent ermittelt. In den abgelieferten Mengen wiesen 0,9 Prozent diese Mängel auf. Abbildung 72 zeigt, dass beim kombinierten Verfahren der Anteil dieser Kategorie mit 0,8 Prozent gleich blieb und die Abzüge bei beiden Verfahren auf ähnlichem Niveau liegen.

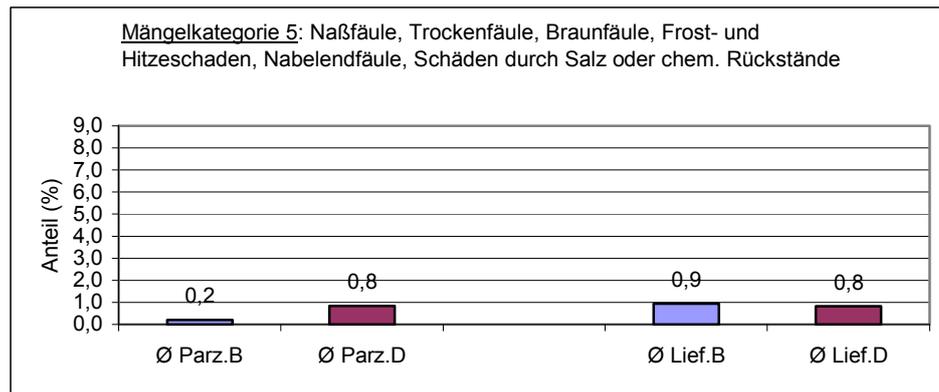


Abbildung 72: Anteil von Mängelkategorie 5 in Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Der Anteil an Kontraktware ist bei beiden Verfahren in den Musterparzellen höher wie bei den abgelieferten Mengen. Das ist insofern interessant, weil das Erntegut der Musterparzellen keiner Vorsortierung unterzogen und „feldfallend“ bonitiert wurde. Bei den gelieferten Mengen des Praxisschlages hat das Verlesepersonal bereits unerwünschte Anteile des Erntegutes ausgeschieden, trotzdem konnte nicht das hohe Niveau der Musterparzellen erreicht werden. Hier dürften vor allem die besser gestalteten Rahmenbedingungen auf den Musterparzellen ihren Niederschlag finden. Unter diesen optimalen Voraussetzungen wäre es auch möglich, hohe Anteile an Kontraktware ohne Verlesepersonal zu erreichen.

In allen betrachteten Kategorien zeigte sich eine Annäherung beider Verfahren bei den Abzügen in den Lieferungen. Das ist auch beim Anteil an Kontraktware der Fall. Wie in Abbildung 73 dargestellt, weisen beide Verfahren im Mittel der abgelieferten Mengen fast die gleichen Anteile an Kontraktware auf. Mit 86,9 Prozent bzw. 86,7 Prozent ist das Niveau allerdings geringer wie in den Musterparzellen.

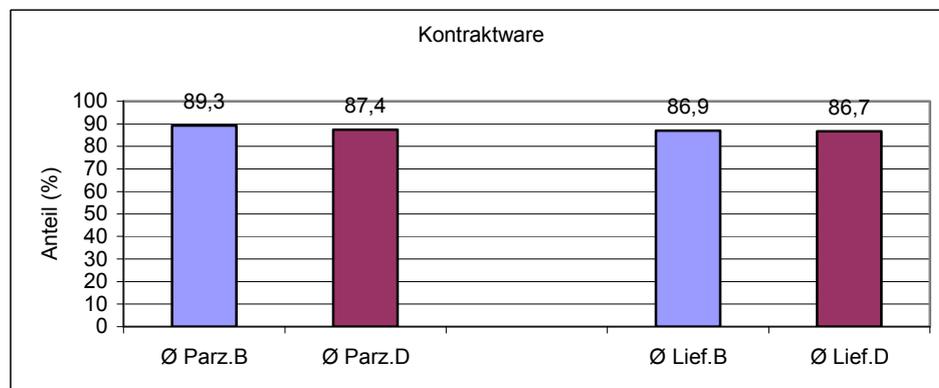


Abbildung 73: Anteil von Kontraktware bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

Auch bei großfallender Ware verringert sich der Abstand zwischen beiden Verfahren von 4,5 auf 1,5 Prozent. Das kombinierte Verfahren hat aber auch bei den gelieferten Mengen mit 84,1 Prozent einen höheren Anteil (Abbildung 74)

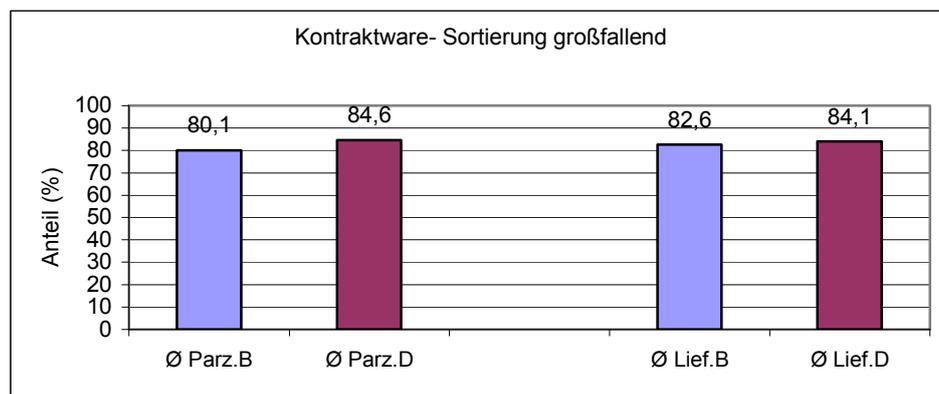


Abbildung 74: Anteil von Kontraktware großfallend bei Musterparzellen und Lieferungen im Vergleich

5.4.3 Die Erträge

Der Ertragsvergleich erfolgte anhand der zur Übernahmestelle gelieferten Erntemengen der Praxisparzellen. Die hier gewogene Menge ist bereits vom Verlesepersonal sortiert und stellt nicht den gesamten Aufwuchs wie bei den Musterparzellen dar.

Wie in Abschnitt 4.5.3 beschrieben, wurden beim betriebsüblichen Verfahren 38152 kg/ha geerntet, beim kombinierten Verfahren eine Menge von 40282 kg/ha, was einen Mehrertrag von 2130 kg/ha bedeutet. Beim kombinierten Verfahren ist der Ertrag somit 5,5 Prozent höher wie beim betriebsüblichen Verfahren. Die Erträge sind in Abbildung 75 gegenübergestellt.

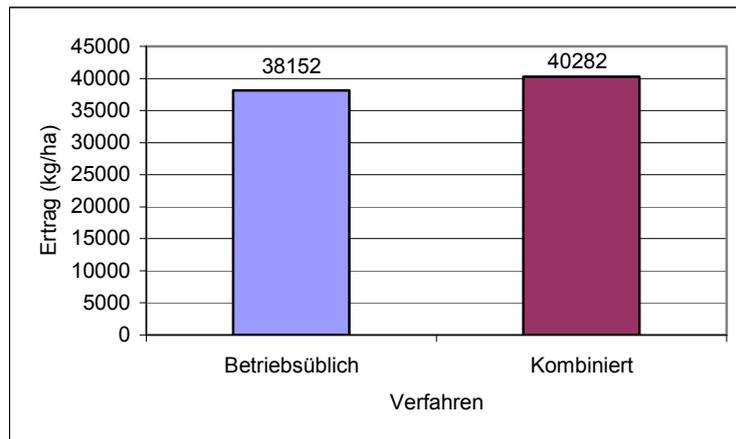


Abbildung 75: Die Erträge der Verfahren im Vergleich

Da, wie in Abschnitt 4.5.1 beschrieben, die Ablagetiefe bei den Verfahren nicht einheitlich war, könnten Ertragsunterschiede auch mit der unterschiedlichen Legetiefe in Zusammenhang stehen.

FISCHNICH et al. (1962) fanden jedoch keinen Einfluss der Pflanztiefe auf den Ertrag. In ihren Versuchen variierte die Ablagetiefe der Knollen von 4 bis 12 cm.

NITSCH (2003) stellte einen Ertragsrückgang bei zu tief abgelegten Knollen fest. Der Ertrag nahm ab einer Pflanztiefe von 10 cm kontinuierlich ab.

Im eigenen Versuch wäre damit für das kombinierte Verfahren, bei dem die Pflanzknollen tiefer abgelegt waren, ein geringerer Ertrag zu erwarten. Tatsächlich wurde aber auf dieser Fläche, wo die Knollen in einer durchschnittlichen Tiefe von 17,77 cm gelegt waren, ein höherer Ertrag erzielt. Dass dieser Mehrertrag aus der unterschiedlichen Legetiefe resultiert kann, nach den Ergebnissen von NITSCH (2003), ausgeschlossen werden.

5.4.4 Der Rohertrag

Um die Auswirkung der besprochenen Kriterien auf die Abrechnung beim Landwirt festzustellen, wurden die ermittelten Qualitätsauswertungen der Musterparzellen mit den Erträgen der Praxisfläche zusammengeführt und über die Auszahlungspreise der Firma Frisch&Frost des Jahres 1999 ein Vergleich beider Verfahren angestellt.

Dazu wurde beim jeweiligen Verfahren der ha-Ertrag des Praxisschlages in 5 gleiche Teilmengen aufgeteilt. Jeder dieser Teilmengen wurde, entsprechend einer Anlieferung, das Boniturergebnis einer Musterparzelle zugeordnet und über das Preisschema der Rohertrag je ha ermittelt. Die Preise und Aufschläge sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23: Preise für Kontraktware exkl. MwSt. (Frisch und Frost 1999)

		Preis €/dt
Bonusstufen	A	10,17
	B	9,81
	C	9,45
Basis Groß	Kein	8,72
BasisMittel		6,54

Beim betriebsüblichen Verfahren teilen sich 38152 kg/ha auf 5 Partien mit je 7630 kg. Für die entsprechenden Fraktionen wird der Basispreis Mittel bzw. Basispreis großfallend verrechnet. Im Fall einer Bonusstufe gibt es für den großfallenden Anteil die jeweiligen Aufschläge. In Tabelle 24 ist die Berechnung für das betriebsübliche Verfahren dargestellt.

Tabelle 24: Berechnung des Rohertrages beim betriebsüblichen Verfahren

Musterparzellenummer Betriebsübliches Verfahren	B1		B2		B3		B4		B5		Ø B1-5								
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%							
Brutto-Mustergewicht	26,36		21,98		21,58		20,72		19,02										
- Untergrößen	0,74	2,8	0,58	2,6	0,88	4,1	0,92	4,4	0,48	2,5									
Netto-Mustergewicht (zur Feststlg. Größensortierung)	25,62		21,40		20,70		19,80		18,54			3,3							
Mängeltabelle lt. Frisch & Frost - Norm ART der MÄNGEL																			
1) Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3 mm	0,74	2,9	0,62	2,9	0,80	3,9	0,86	4,4	0,40	2,2		3,3							
2) Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0		0,0							
3) Stark ergrünte, mißgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel	0,62	2,4	0,60	2,8	0,32	1,5	0,50	2,5	0,56	3,0		2,4							
4) Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel	0,68	2,7	0,00	0,0	0,44	2,1	0,24	1,2	0,28	1,5		1,5							
Gesamtängel :	2,04	8,0	1,22	5,7	1,56	7,5	1,60	8,1	1,24	6,7		7,2							
+ Untergrößen:	0,74	2,8	0,58	2,6	0,88	4,1	0,92	4,4	0,48	2,5		3,3							
GESAMT-FUTTERWARE:	2,78	10,8	1,80	8,3	2,44	11,6	2,52	12,5	1,72	9,2		10,5							
					0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0		0,0							
5) Naßfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände	0,26	1,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0		0,2							
GESAMT-TOTALABFALL:	0,26	1,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0		0,2							
BONITIERUNGSERGEBNIS																			
1) Kontraktware		88,2		91,7		88,4		87,5		90,8		89,3							
davon Sortierung großfallend	21,88	85,4	14,98	70,0	17,18	83,0	15,86	80,1	15,16	81,8		80,1							
mittelfallend	3,74	14,6	6,42	30,0	3,52	17,0	3,94	19,9	3,38	18,2		19,9							
	25,62	100,0	21,40	100,0	20,70	100,0	19,80	100,0	18,54	100,0		100,0							
2) Futterware		10,8		8,3		11,6		12,5		9,2		10,5							
3) Totalabfall		1,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,2							
ZUSCHLAG		B		A		B		B		A									
STÄRKE		13,4		12,6		13,3		12,9		13,5		13,1							
38152 kg/ha => 5 x 7630 kg																			
NETTOGEWICHT LIEFERUNG		7630		7630		7630		7630		7630		38152							
KontrW GROSSFALLEND €/100kg	8,72	75,3	501,05	4899	64,2	427,19	5601	73,4	488,41	5349	466,43	5669	74,3	494,34	27264	71,5	2377,42		
KontrW MITTELFALLEND €/100kg	6,54	984	12,9	64,35	2098	27,5	137,21	1145	15,0	74,88	1328	17,4	86,85	1259	16,5	82,34	6814	17,8	445,64
KontrW FUTTERWARE €/100kg	0	823	10,8	0,00	633	8,3	0,00	885	11,6	0,00	954	12,5	0,00	702	9,2	0,00	3997	10,5	0,00
KontrW TOTALABFALL €/100kg	0	76	1,0	0,00	0	0,0	0,00	0	0,0	0,00	0	0,0	0,00	0	0,0	0,00	76	0,2	0,00
			100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0
SUMME			565,40		564,40		563,29		553,28		576,68		576,68		576,68		2823,06		2823,06
BONITIERUNGSZUSCHLAG	B		62,63	A	71,04	B	61,05	B	58,30	A	82,20		82,20		82,20		335,22		335,22
SUMME 1			628,04		635,44		624,34		611,59		658,88		658,88		658,88		3158,28		3158,28
STÄRKEZUSCHLAG			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
SUMME 2			628,04		635,44		624,34		611,59		658,88		658,88		658,88		3158,28		3158,28
10 % Ust			62,80		63,54		62,43		61,16		65,89		65,89		65,89		315,83		315,83
GUTSCHRIFT			690,84		698,98		686,78		672,75		724,76		724,76		724,76		3474,11		3474,11

Zweimal wurde Bonusstufe A erreicht, dreimal ergab die Qualitätsauswertung Bonusstufe B. Die Aufschläge dafür betragen in Summe 445 €. Der Gesamterlös je ha ist in Tabelle 24 rechts unten dargestellt und beträgt 3474 € je ha.

Beim kombinierten Verfahren wurde auf dem Praxisschlag ein höherer Ertrag erzielt. Die 40282 kg/ha teilen sich in 5 Teilmengen zu je 8056 kg. In Tabelle 25 sind die Berechnungen zusammengefasst. Auch hier wurde zwei Mal Bonusstufe A erreicht. In den Parzellen 2 und 3 wurde aufgrund der schlechten Ergebnisse in Mängelkategorie 4 kein Bonus erreicht. In D5 war trotz des hohen Anteils an Untergrößen infolge Alternariabefalls noch Bonusstufe C möglich. Dadurch fielen die Aufschläge aus Bonusstufen mit 355 €/ha um 90 €/ha geringer aus wie beim kombinierten Verfahren. Der Rohertrag fällt mit 3490 €/ha nur geringfügig höher aus, beide Verfahren liegen auf fast gleichem Niveau. Der höhere Ertrag des kombinierten Verfahrens wurde durch das schlechtere Boniturergebnis wieder ausgeglichen.

Tabelle 25: Berechnung des Rohertrages beim kombinierten Verfahren

Musterparzellenummer Dual-Plus Verfahren	D1		D2		D3		D4		D5		Ø D1-5							
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%						
Brutto-Mustergewicht	37,94		33,74		25,82		26,76		20,34									
- Untergrößen	0,78	2,1	0,82	2,4	0,60	2,3	0,40	1,5	1,20	5,9								
Netto-Mustergewicht (zur Feststlg. Größensortierung)	37,16		32,92		25,22		26,36		19,14			2,8						
Mängeltabelle lt. Frisch & Frost - Norm ART der MÄNGEL																		
1) Schwere Beschädigungen (mechanische und tierische außer Drahtwurmfraß), tiefer als 3 mm	0,24	0,6	0,54	1,7	0,48	1,8	0,56	2,1	0,72	3,7		2,0						
2) Fraßstellen durch Drahtwurm oder ähnliche, tiefer als 3 mm	0,62	1,7	0,42	1,3	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0		0,6						
3) Stark ergrünte, mißgestaltete und schorfige Knollen und sonstige äußere Mängel	0,54	1,5	0,62	1,9	1,20	4,8	0,34	1,3	0,00	0,0		1,9						
4) Schwarzfleckigkeit, Hohlherzigkeit, Eisenfleckigkeit, Stippigkeit, Glasigkeit und sonstige innere Mängel	0,88	2,4	2,80	8,5	1,68	6,7	0,84	3,2	0,26	1,4		4,4						
Gesamt-mängel :	2,28	6,1	4,38	13,3	3,36	13,3	1,74	6,6	0,98	5,1		8,9						
+ Untergrößen:	0,78	2,1	0,82	2,4	0,60	2,3	0,40	1,5	1,20	5,9		2,8						
GESAMT-FUTTERWARE:	3,06	8,2	5,20	15,7	3,96	15,6	2,14	8,1	2,18	11,0		11,7						
5) Naßfäule, Trockenfäule, Braunfäule, Frost- und Hitzeschaden, Nabelendfäule, Schäden durch Salz oder chem. Rückstände	0,62	1,7	0,16	0,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,38	2,0		0,8						
GESAMT-TOTALABFALL:	0,62	1,7	0,16	0,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,38	2,0		0,8						
BONITIERUNGSERGEBNIS																		
1) Kontraktware		90,1		83,8		84,4		91,9		87,0		87,4						
davon Sortierung großfallend	32,16	86,5	29,38	89,2	21,90	86,8	22,28	84,5	14,54	76,0		84,6						
mittelfallend	5,00	13,5	3,54	10,8	3,32	13,2	4,08	15,5	4,60	24,0		15,4						
	37,16	100,0	32,92	100,0	25,22	100,0	26,36	100,0	19,14	100,0		100,0						
2) Futterware		8,2		15,7		15,6		8,1		11,0		11,7						
3) Totalabfall		1,7		0,5		0,0		0,0		2,0		0,8						
ZUSCHLAG		A		Kein		Kein		A		C								
STÄRKE		13,8		13,8		13,8		12,5		12,5		13,3						
40282 kg/ha => 5 x 8056 kg																		
NETTOGEWICHT LIEFERUNG		8056		8056		8056		8056		8056		40282						
Kontrw GROSSFALLEND €/100kg	8,72	77,9	547,27	6018	74,7	524,77	5905	73,3	514,92	6260	77,7	545,87	5325	66,1	464,34	29764	74,0	2597,16
Kontrw MITTELFALLEND €/100kg	6,54	12,2	64,29	733	9,1	47,94	894	11,1	58,47	1144	14,2	74,82	1684	20,9	110,19	5438	13,5	355,65
Kontrw FUTTERWARE €/100kg	0	8,2	0,00	1265	15,7	0,00	1257	15,6	0,00	653	8,1	0,00	886	11,0	0,00	4721	11,7	0,00
Kontrw TOTALABFALL €/100kg	0	1,7	0,00	40	0,5	0,00	0	0,0	0,00	161	2,0	0,00	338	0,8	0,00	338	0,8	0,00
SUMME			611,56		572,71		573,38		620,69		574,47		2952,81					
BONITIERUNGSZUSCHLAG	A		91,00	Kein	0,00	Kein	0,00	A	90,77	C	38,87		220,64					
SUMME 1			702,56		572,71		573,38		711,46		613,35		3173,45					
STÄRKEZUSCHLAG			0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00					
SUMME 2			702,56		572,71		573,38		711,46		613,35		3173,45					
10 % Ust			70,26		57,27		57,34		71,15		61,33		317,35					
GUTSCHRIFT			772,81		629,98		630,72		782,61		674,68		3490,80					

Das betriebsübliche Verfahren brachte unter Musterparzellenbedingungen das bessere Ergebnis bei den Qualitätsbonituren. Das liegt aber nicht an der Überlegenheit dieses Verfahrens, sondern vor allem am schlechten Ergebnis des kombinierten Verfahrens in Mängelkategorie 4 bei D2 und D3 sowie dem Alternariabefall in D5. Die Vorteile, die dieses Verfahren durch gute Wachstumsbedingungen bietet, zeigen sich auch im höheren Ertrag auf der Praxisfläche. Ein schlechteres Ergebnis bei den Qualitätsauswertungen hat diese Vorteile wieder aufgewogen und zu annähernd gleichem Rohertrag geführt.

Da sich, wie in Kapitel 5.4.2.2 dargestellt, die Boniturergebnisse unter Praxisbedingungen annähern, lässt das einen höheren Rohertrag für das kombinierte Verfahren vermuten.

5.4.5 Allgemeine pflanzenbauliche Beobachtungen während des Versuchsjahres

In diesem Abschnitt sollen verschiedene Beobachtungen während des Versuchsjahres beschrieben werden, wo Unterschiede zwischen den Verfahren bzw. deren Besonderheiten bemerkt wurden. Diese waren nicht Thema vorliegender Arbeit, weshalb dazu auch keine wissenschaftlichen Ergebnisse vorliegen.

Beim kombinierten Verfahren kann auf das Abschleifen des Feldes als erster Arbeitsgang im Frühjahr verzichtet werden. Die Bodenbearbeitung zur Pflanzbettbereitung erfolgt mit der Kreiselegge, welche im Gegensatz zur Fräse keinen eingeebneten Boden benötigt. Dadurch fällt eine weitere Überfahrt nach dem Winter weg und das Feld muss vor dem Kartoffellegen nicht mehr befahren werden. Im Dammbereich finden sich keine Fahrspuren mehr.

Die Antriebsräder des Kartoffellegers laufen in den gleichen Dammwischenräumen wie die Traktorräder. Durch diese Anordnung wechselt immer ein befahrener Dammwischenraum mit einem Unbefahrenen. Niederschlagswasser kann über den nicht befahrenen Bereich besser in den Untergrund Versickern und auch für die Wurzelentwicklung der Kartoffelpflanzen steht immer ein unverdichteter Dammwischenraum zur Verfügung.

Bedingt durch die Konstruktion der Legemaschine laufen die Antriebsräder immer auf der lockeren Erde, die von den Furchenziehern beim Öffnen des vorgeformten Dammes zur Seite geräumt wird. Diese Erde wird durch das Gewicht von Maschine und mitgeführtem Pflanzgut wieder verdichtet und es kann zu Behinderungen bei Wachstum und/oder Ernte kommen.

Ein weiterer Schritt zur Verbesserung des Verfahrens wäre der Einsatz einer Legemaschine mit weiter hinten angeordneten Antriebsrädern.

Die an der Kreiselegge zur Tiefenführung angebaute Stabwalze mit 33 cm Durchmesser sinkt bei lockerem Boden leicht ein und beginnt Erde vor sich aufzuschieben. Mit der ebenfalls erhältlichen Stabwalze mit 44 cm Durchmesser könnte dieser Effekt vermieden oder zumindest reduziert werden.

Beim kombinierten Verfahren war es für das Anschlußfahren nicht mehr erforderlich, die Folgespur mit dem Spuranzeiger vorzumarkieren. Der richtige Abstand konnte sehr gut mit der Aussenkante der Kreiselegge eingehalten werden und die Spuranzeiger eingeklappt bleiben.

Wenn es während der Legearbeit zu Regnen beginnt, dann gibt es beim kombinierten Verfahren keine Fläche auf der eine Pflanzbettbereitung durchgeführt wurde, ohne dass dort Kartoffeln gelegt wurden.

Beim betriebsüblichen Verfahren ist immer eine gewisse Vorarbeit durch die Fräse erforderlich. Nach Niederschlägen braucht ein gefräster Boden länger um wieder abzutrocknen. Wird unter zu feuchten Verhältnissen in eine solche Fläche gelegt, dann neigt die Erde zum verklumpen.

Beim betriebsüblichen Verfahren kommt es bei der Enddammformung immer wieder vor, dass die Dammfräse entweder auf die eine oder andere Seite driftet. Das kann im ungünstigsten Fall dazu führen, dass die Pflanzknollen freigelegt werden.

Dieser Seitenzug ist beim kombinierten Verfahren nicht aufgetreten und die Enddämme konnten mittig über den gelegten Kartoffeln geformt werden.

Erklärung für den Seitenzug konnte lange Zeit keine gefunden werden. Die positive Erfahrung mit dem kombinierten Verfahren lässt vermuten, dass Verdichtungen von Fahrspuren aus vorangegangenen Überfahrten die Ursache dafür sind. Bei der Enddammformung kommen die Fräszinken damit einseitig in Kontakt und die Fräse weicht nach einer Seite aus.

Beim kombinierten Verfahren erfolgte der Feldaufgang im Vergleich zum betriebsüblichen Verfahren gleichmäßiger und um einige Tage früher. Die Erklärung für das raschere

Auflaufen ist vermutlich in der direkten Ablage der Knollen auf die wasserführende Schicht des Bodens zu suchen. Dadurch hat die Pflanzkartoffel sofort Zugang zum kapillaren Aufstieg und ein früherer Wachstumsstart wird ermöglicht.

Der bessere kapillare Aufstieg beim kombinierten Verfahren wirkt sich auch auf die Ernteverhältnisse aus. Unter trockenen Bedingungen bleibt mehr Erdpolster auf der Siebkette was eine schonendere Ernte erlaubt.

6 Zusammenfassung

Das Kartoffellegen stellt eine arbeits- und kostenintensive Tätigkeit während der Frühjahrsbestellung am landwirtschaftlichen Betrieb dar. Die enge Verschränkung der Anbaubedingungen mit dem Entwicklungsverlauf und den Ernteverhältnissen erfordert ein ganzheitliches Betrachten des Produktionsverfahrens.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden auf einem landwirtschaftlichen Betrieb Zeiterhebungen während des Kartoffellegens durchgeführt. Dabei wurde der Arbeitszeitaufwand des bisher am Betrieb angewandten absetzigen Verfahrens mit einem kombinierten Verfahren verglichen.

Auf Basis der erhobenen Daten konnte der Arbeitszeitbedarf für eine standardisierte Feldform berechnet werden. In einem nächsten Schritt wurden Modellkalkulationen für verschiedene Feldformen angestellt und Möglichkeiten zur Steigerung der Legeleistung untersucht. Für beide Verfahren wurde während der Messungen im Feld der Treibstoffverbrauch erhoben. Ein Vergleich der Maschinenkosten fand auf Grundlage der ÖKL-Richtsätze statt.

Um auch die Auswirkungen auf Ernte, Ertrag und Qualität abzubilden wurden in den Praxisschlägen der beiden Verfahren ergänzend Musterparzellen angelegt, pflanzenbauliche Parameter erhoben und gegenübergestellt.

Der Arbeitszeitbedarf beim betriebsüblichen Verfahren liegt bei rund 2,7 h/ha. Mit dem kombinierten Verfahren benötigt man mit etwa 1,7 h/ha um 1 Stunde weniger. Das entspricht einer Einsparung von 36 Prozent der Zeit.

Der AKh-Bedarf lässt sich mit dem kombinierten Verfahren um etwa 18 Prozent reduzieren. Diese Tendenzen bleiben mit gewissen Abweichungen über alle berechneten Varianten bestehen

Die Auswahl von sehr langen Feldern für den Kartoffelanbau kann den Arbeitszeitbedarf um bis zu 9 Prozent verringern, während kurze Felder einen Anstieg von bis zu 8 Prozent bedingen können.

Auch der AKh-Bedarf sinkt mit zunehmender Feldlänge um bis zu 9 Prozent, auf kurzen Feldern kann ein Anstieg von 5 Prozent eintreten.

Zur Steigerung der Legeleistung wurden eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit, Verbesserungen bei den Befüllvorgängen und der Einsatz einer Legemaschine mit größerem Pflanzgutvorrat untersucht. Das größte Potential bietet die Optimierung des Füllens wo sich für beide Verfahren der geringste Bedarf an Arbeitszeit und AKh ergibt.

Der Treibstoffverbrauch fällt beim kombinierten Verfahren mit knapp unter 20 Liter/ha um etwa 1/3 geringer aus wie beim betriebsüblichen Verfahren wo 31,5 Liter/ha erforderlich sind.

Die Maschinenkostenberechnung beim betriebsüblichen Verfahren ergibt 190 €/ha. Die Kosten beim kombinierten Verfahren sind um etwa 20 Prozent geringer und belaufen sich auf etwa 150 €/ha. Durch schlechte Auslastung können sich die Kosten der Mechanisierung verdoppeln, womit allerdings auch ein Höchstmaß an Schlagkraft bereitgestellt wird und das Terminrisiko stark reduziert ist.

Einen guten Kompromiss stellt die Mischvariante von gut ausgelasteten Schlüsselmaschinen wie Traktoren und schlagkräftigen Spezialmaschinen für den Kartoffelbau dar, wo deren Kosten sich auf dem Niveau der Berechnung nach ÖKL-Richtsätzen bewegen.

Beim betriebsüblichen Verfahren finden sich die Tiefstknollen um 3 cm seichter wie jene des kombinierten Verfahrens. Sie folgen dabei der Tiefenlage der Mutterknollen. Diese lagen beim betriebsüblichen Verfahren in geringerer Tiefe, weil der bereits einmal gefräste Boden stärker ausgetrocknet war und bei der Enddammformung die Erde vom fertig gezogenen Damm wieder abrieselte.

Beim betriebsüblichen Verfahren breiteten sich die Tochterknollen weiter unter das Niveau der Mutterknolle aus. Es kann aber keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, ob diese Tendenz als Folge der geringeren Erdbedeckung auftrat oder vom Einfluss des Verfahrens herrührt.

Hinsichtlich der Mängelanteile weist das betriebsübliche Verfahren in den Kategorien Untergrößen, schwere Beschädigungen und stark ergrünte, missgestaltete und schorfige Knollen die höheren Abzüge auf.

Das kombinierte Verfahren kommt auf mehr Abschlüge beim Befall mit Drahtwurm, inneren Mängeln und der Mängelkategorie 5 wo Fäulen und Schäden durch Frost, Hitze, Salz und chemische Rückstände zusammengefasst sind. Die Höhe der Abzüge beträgt dabei häufig ein Mehrfaches von jenen des betriebsüblichen Verfahrens.

Es zeigt sich, dass beim betriebsüblichen Verfahren tendenziell die Mängel über die Parzellen ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Dem gegenüber finden sich beim kombinierten Verfahren punktuell in einzelnen Parzellen sehr hohe Werte.

Mit dem betriebsüblichen Verfahren konnte ein höherer Anteil an Kontraktware erreicht werden, während das kombinierte Verfahren mehr großfallend sortierte Kartoffeln und höhere Erträge lieferte. Die Effekte gleichen sich gegenseitig aus, sodass ein annähernd gleicher Rohertrag erzielt werden konnte.

Die Ergebnisse bestätigen, dass mit dem kombinierten Verfahren Einsparungen bei Arbeitszeit, Treibstoff und Maschinenkosten realisiert werden können ohne dabei eine Verschlechterung pflanzenbaulicher Parameter in Kauf nehmen zu müssen. Das Verbinden von Arbeitsgängen ist ohne leistungsstärkeren Traktor möglich.

Ein Schritt zur Weiterentwicklung des kombinierten Verfahrens würde das Weglassen jeder Bodenbearbeitung nach der Grundbodenbearbeitung darstellen. So wären sämtliche Spureinflüsse auf das Kartoffelwachstum auszuschließen.

Durch den Einsatz einer Legemaschine deren Fahrwerk nach den Werkzeugen zur Legedammformung angeordnet ist, könnten Verdichtungen der gelockerten Erde zur Dammformung weiter reduziert werden.

Mit dem Übergang zu einer Pflegespur von 3 m könnte der Anteil spurbeeinflusster Kartoffeldämme nochmals halbiert werden.

Im Zuge von begleitenden pflanzenbaulichen Untersuchungen sollte auch die Tendenz zu punktuellen Ausschlägen in den Qualitätsbonituren des kombinierten Verfahrens weiter beobachtet werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- BAILEY, P. H. (1957): An investigation into the distribution of potatoes in the ridge. *Journal of Agricultural Engineering Research*. (2) 1957, Seite 146-151
- BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (2009): Österreichische Bodenschätzungskarte. Stand: Februar 2009
- BUNDESAMT UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT (1999): Bodenuntersuchungsergebnis April 1999
- BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2009): Wetterdaten der Station Obersiebenbrunn. Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt Petzenkirchen, Bundesamt für Wasserwirtschaft 2009
- BUSCHE, S. (2006): Kombinierte Arbeitsgänge zum Kartoffellegen. *Kartoffelbau* 57. Jg. (5) 2006, Seite 224-227, Verlag Th. Mann
- EHLERS, W. (1983): Auswirkungen der Bodenbelastung mit schwerem Gerät und der Bodenbearbeitung auf des Bodengefüge und das Pflanzenwachstum. *Kali-Briefe (Büntehof)* 16, Seite 499-516
- EIGENE AUFZEICHNUNGEN (1993 - 1995): Betriebsstundenerhebung der Traktoren am Betrieb
- ESTLER, M., KNITTEL, H., ZELTNER, E. (1984): Bodenbearbeitung aktuell. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- FISCHNICH, O., HECHELMANN, H., LÜDECKE, H., SPECHT, A. (1958): in SCHICK, R. & KLINKOWSKI, M. (1962): *Die Kartoffel - Band I*. Seite 752, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- FISCHNICH, O., HEILINGER, F., KRUG, H., PÄTZOLD, CHR. (1962): Forschung am Pflanzgut der Kartoffel. *European Potato Journal*, Vol. 5 1962, No. 1 (March)
- GEISLER, G. (1983): *Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- GERIGHAUSEN, H.-G. (1997): Ohne Verdichtungen und Kluten. *Profi – Magazin für Agrartechnik* Heft (4) 1997, Seite 26 – 28, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup
- JÄGER, P. (1991): Zeitbedarf von Feldarbeiten. Daten zur Berechnung des Zeitbedarfs- Teil 1. *Landtechnik* 46. Jg. (1/2) 1991, Seite 69-71
- JÄGER, P. (1991): Zeitbedarf von Feldarbeiten. Berechnung der Teilzeiten für die Arbeit am Feld – Teil 2. *Landtechnik* 46. Jg. (3) 1991, Seite 123-128

- KTBL (2008): Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 21. Auflage. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
- MELNIKOW, W. A. (1958): Die Verringerung der Pflanztiefe von Kartoffeln zur Verbesserung der Bedingungen für die mechanische Ernte. In SCHICK, KLINKOWSKI (1961): Die Kartoffel - Band I. Seite 752, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- NEUBAUER, W. (1997): Bodenbearbeitung: Soviel wie nötig- so wenig wie möglich. Kartoffelbau 48. Jg. (1/2) 1997, Seite 14-17, Verlag Th. Mann
- NEYE, W. (1961): Vorbereitung des Pflanzgutes und Auspflanzen. In SCHICK, KLINKOWSKI (1961): Die Kartoffel - Band I. Seite 721-758, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- NITSCH, A. (2003): Kartoffelbau. Verlag Agrimedia 2003
- ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR LANDTECHNIK UND LANDENTWICKLUNG (2009): ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2009
- PETERS, R., WULF, B. (2008): Feldproduktion: Bestellung, Pflege, Ernte. Kartoffelbau 59. Jg. (1&2) 2008, Seite 4-11, Verlag Th. Mann
- PETERS, R. (2009): Kombination von Arbeitsgängen beim Kartoffellegen. Kartoffelbau 60. Jg. (1&2) 2009, Seite 4-9, Verlag Th. Mann
- SCHICK, R., KLINKOWSKI, M. (1962): Die Kartoffel - Band I. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- SCHMID, B. (2009): In einem Arbeitsgang. Kartoffelbau 60. Jg. (3) 2009, Seite 76-79, Verlag Th. Mann
- SCHMIDTKE, K., RAUBER, R., STUBBE, B., HOMBURG M., HECKEMEIER, K. (1999): Wurzelwachstum von Kartoffeln. Kartoffelbau 50. Jg. (1/2) 1999, Seite 13-15, Verlag Th. Mann
- SCHINDLER, M. (2009): Verfahrenskosten beeinflussen den Erfolg. Kartoffelbau 60. Jg. (1&2) 2009, Seite 38-41, Verlag Th. Mann
- SCHOLZ, B. (1984): Überlegungen zur Pflanzbettbereitung für Kartoffeln. Kartoffelbau 35. Jg. (2) 1984, Seite 56-59, Verlag Th. Mann
- SCHREIBERHUBER, A. (1985): Einfluss verschiedener Tiefen der Primärbearbeitung des Bodens bei einer 4-gliedrigen Fruchtfolge im semi-humiden Klimagebiet auf Ertrag und Kosten. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien
- SCHRÖDER, A., WULF, B., WEIßBACH, M. (2001): Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen von Breitreifen beim Legen von Kartoffeln. Kartoffelbau 52. Jg. (3) 2001, Seite 74-79, Verlag Th. Mann

- THAER, R. (1967): Tiefenlage der Kartoffeln im Damm und Tiefenführung des Rodeschars. Landtechnische Forschung 17. Jg. (1) 1967, Seite 1-11
- WULF, B. (1995): Geräte zur Bodenbearbeitung und Kartoffelpflege. Kartoffelbau 46. Jg. (12) 1995, Seite 472-475, Verlag Th. Mann
- WULF, B., GROCHOLL, J., SEIDEL, B. (2001): Zeitpunkt des Dammaufbaus. Kartoffelbau 52. Jg. (3) 2001, Seite 80-83, Verlag Th. Mann
- WULF, B. (2003): Breitreifen beim Legen von Kartoffeln. Kartoffelbau 54. Jg. (3) 2003, Seite 84-88, Verlag Th. Mann
- WULF, B., FRÖBA, N., KLINDTWORTH, K., KLINDTWORTH, M., BAUMEISTER, J. (2006): Legeverfahren im Kartoffelbau. Kartoffelbau 57. Jg. (3) 2006, Seite 72-77
- ZELTNER, E. (1976): Betriebstechnische und pflanzenbauliche Aspekte verschiedener Minimalbestellverfahren. KTBL-Schrift 204. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup