



Praxiserprobung vierreihiger Kartoffelvollernter

Endbericht
für

das Bayerische Staatsministerium
für Landwirtschaft und Forsten

Juli 2004



Landtechnischer Verein in Bayern e.V.

Endbericht zum
Forschungsvorhaben

Praxiserprobung vierreihiger Kartoffelvollernter

Förderung durch das Bayerische Staatsministerium
für Landwirtschaft und Forsten
Az. A2 – 7209 – 546 (v. 18.09.2001)

Landtechnischer Verein in Bayern e.V.
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Projektleiter:
LD Dr. G. Wendl

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. agr. (FH) Rupert Geischeder
Dipl.-Ing. agr. (FH) Johann Kirchmeier

Inhaltsverzeichnis

1	Eileitung.....	10
1.1	Bedeutung des Kartoffelanbaus in Bayern	10
1.2	Problemstellung.....	12
1.3	Zielsetzung.....	13
2	Vorstellen der Rodegemeinschaft Donautal	31
3	Überblick der vorhandenen Selbstfahrertechnik.....	14
3.1	Zweireihige Systeme	14
3.2	4-reihige Systeme	20
4	Vorstellung des untersuchten vierreihigen Systems	24
4.1	Vorgenommene Veränderungen am Roder 2003.....	28
5	Ergebnisse des vierreihigen Verfahrens.....	33
5.1	Ernteergebnisse bei der Rodegemeinschaft „Donautal“ 2002 und 2003	33
5.1.1	Methodik der Felderhebung	34
5.1.2	Ergebnisse zur Flächenleistung und Arbeitszeitaufwand	38
5.1.3	Ergebnisse bei der Abfuhr- und Einlagerungslogistik.....	44
5.1.4	Diskussion der Ergebnisse zur Rodeleistung	45
5.2	Anforderungen an die Abfuhr- und die Einlagerungslogistik.....	49
5.3	Anforderungen und Voraussetzungen an die Flächenstruktur eines Rodegebietes.....	52
5.4	Auswirkungen des Selbstfahrers auf Bodenverdichtungen	53
5.4.1	Methodik der Stechzylindermessung	54
5.4.2	Stechzylinder Messergebnisse.....	57
5.5	Ermittlung von Knollenbeschädigungen	62
5.5.1	Bauarten der auf dem Markt befindlichen elektronischen Knollen.....	63
5.5.2	Eingesetzte Technik.....	68
5.5.3	Untersuchungen mit der eingesetzten elektronischen Knolle.....	69
5.5.3.1	Messungen im Labor	70
5.5.3.2	Diskussion der Ergebnisse	71
5.5.4	Praxiseinsatz der elektronischen Knolle.....	72
5.5.5	Versuchsmessungen bei Kartoffelrodern	73
5.5.6	Messung eines gezogenen einreihigen Bunkerrodern	73
5.5.6.1	Material und Methode	74
5.5.6.2	Ergebnisse und Diskussion	75
5.5.7	Messung eines gezogenen zweireihigen Bunkerrodern	77
5.5.7.1	Material und Methode.....	78
5.5.7.2	Ergebnisse und Diskussion	78
5.5.8	Messung eines selbstfahrenden zweireihigen Bunker-rodern	80
5.5.8.1	Material und Methode.....	81
5.5.8.2	Ergebnisse und Diskussion	81
5.5.9	Messung eines selbstfahrenden vierreihigen Bunkerrodern.....	83

5.5.9.1	Material und Methode	84
5.5.9.2	Ergebnisse und Diskussion	86
6	Wirtschaftlichkeit des Verfahrens	96
6.1	Rentabilität und Kostenstruktur des Kartoffelanbaus.....	96
6.2	Methodik der Kostenberechnung.....	99
6.3	Kostenberechnung	102
6.3.1	Kostenberechnung einreihiger Vollernter	103
6.3.1.1	Kostenberechnung in Abhängigkeit von der jährliche Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau	103
6.3.2	Kostenberechnung zweireihiger gezogener Vollernter.....	105
6.3.2.1	Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau gezogener Maschinen	105
6.3.3	Kostenberechnung selbstfahrender zweireihiger Vollernter	107
6.3.3.1	Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau	108
6.3.4	Kostenberechnung vierreihiger selbstfahrender Bunkerroder	109
6.3.4.1	Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche ..	110
6.4	Zusammenfassung Kostenberechnung bei ein- und mehrreihigen Kartoffelbunkerroder	112
6.5	Vergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz	115
6.5.1	Vergleich Eigenmechanisierung mit überbetrieblichen Maschi- neneinsatz einreihige Vollernter	115
6.5.2	Vergleich Eigenmechanisierung mit überbetrieblichen Maschi- neneinsatz zweireihig gezogene Vollernter	117
6.5.3	Vergleich Eigenmechanisierung und Abrechnungssatz der RG „Karo“ bei zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern	120
6.5.4	Vergleich Eigenmechanisierung und Abrechnungssatz der RG „Donautal“ bei vierreihigen selbstfahrenden Vollerntern.....	122
6.6	Diskussion der Ergebnisse.....	124
7	Auswertung der Umfrage bei den Mitgliedern der Rodegemeinschaft.....	128
7.1	Auswertung der allgemeinen Betriebsangaben	128
7.2	Flächenausstattung der Betriebe.....	129
7.3	Mechanisierung der Abfuhr und Einlagerung	132
7.4	Beurteilung des Kartoffelroders durch die Mitglieder.....	137
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	138
9	Literaturverzeichnis	140
10	Danksagung.....	142

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwerpunkte des Kartoffelanbaus in Bayern [3]	11
Abbildung 2: Einsatzgebiet des Kartoffelrodgers	31
Abbildung 3: 2-r SF 1700 GBS von Grimme (Damme)	14
Abbildung 4: 2-r SF 150 – 60 Bunkerroder von Grimme	15
Abbildung 5: DeWulf: 2-r SF Bunkerroder R 3000 Mega	16
Abbildung 6: DeWulf: 2-r SF Überlader R 4000 Mega	17
Abbildung 7: De Wulf: 2-r SF Bunkerroder R 5000 Mega	17
Abbildung 8: 2-r SF Mistral Bunkerroder der Firma Netagco	18
Abbildung 9: 2-reihiger SF Rodelader UN 6000 der Firma Dunor Underhaug.....	19
Abbildung 10: 2-reihiger SF Bunkerroder der Firma Dunor Underhaug.....	20
Abbildung 11: 4-reihiger Grimme Rodelader SF 3000 bei der Kartoffelernte.....	21
Abbildung 12: 4-reihiger SF Überlader/Bunkerroder (Solanum) mit Zwischenbunker (3,5 t) von Netagco AVR	22
Abbildung 13: Der „Terra Melix“ von der Firma Holmer mit 16 t Bunkervolumen.....	23
Abbildung 14: Der 4-r SF „Tectron“ Bunkerroder der Firma Grimme mit 15 t	23
Abbildung 15: Der modifizierte „Terra Melix“ der Firma Holmer 2003.....	24
Abbildung 16: Lenksystem des 4reihigen selbstfahrenden Bunkerrodgers	25
Abbildung 17: Zeigt den Längswalzenreiniger =. „Cleaner“	25
Abbildung 18: Verlauf des Gutstromes im Reinigungssystem des Kartoffelrodgers ..	26
Abbildung 19: Roden aus der Gare	27
Abbildung 20: Verlauf des Gutstromes im Reinigungssystem des Kartoffelro	29
Abbildung 21: Hier der Kartoffelverlauf über den Cleaner (bei „höherem	30
Abbildung 22: Kartoffelverlauf bei Überfahren des Cleaners zur schonenden.....	30
Abbildung 23: Mobile Achslastwaage mit Überfahrrampe.	35
Abbildung 24: Achslastwaage während der Überfahrt. Durch das dynamische.....	36
Abbildung 25: Aufteilung der Feldarbeitszeiten und Rodezeiten in [%] bei Betrieb I	38
Abbildung 26: Die durchschnittliche Rodeleistung auf Betrieb I.....	39
Abbildung 27: Aufteilung der Feldarbeitszeiten in [%] bei Betrieb II	42
Abbildung 28: Flächenleistung in [ha/h] auf die abgefahrenen Anhänger bezogen..	41
Abbildung 29: Abbunkern während des Rodens	44
Abbildung 30: Gegenüberstellung der Rodeleistung mit und ohne Überladen	45
Abbildung 31: Rodeleistung des 2-reihigen Selbstfahrers bei der Rodegemein	46

Abbildung 32: Rodeleistung des 4-reihigen Selbstfahrers bei der Rodegemein	46
Abbildung 33: Vergleich der aus den Datenerhebungstagen erlangten Rode-	47
Abbildung 34: Muldenkipper mit einer Nutzlast von 16 t beim Rückwärtskippen	49
Abbildung 35: 2-Achskipper mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 16 t	50
Abbildung 36: Sturzbunker zur Einlagerung von Kartoffeln (Leistung: 60 t/h).....	50
Abbildung 37: Links Sturzbunker mit Sortier- und Reinigungseinheit. Rechts	51
Abbildung 38: Löcher zwischen den Kartoffeldämmen zur Stechzylindermessung ..	55
Abbildung 39: Einschlagen der Stechzylinder.....	55
Abbildung 40: Schema der Probepunkte vor und nach der Befahrung durch den	55
Abbildung 41: Bereifung es Roders bei der Überfahrt der Messparzelle	57
Abbildung 42: Ergebnisse vor und nach der Überfahrt des Roders auf.....	59
Abbildung 43: Ergebnisse vor und nach der Überfahrt des Roders auf Rotlehm.....	59
Abbildung 44: Ergebnisse vor/nach der Überfahrt des Roders auf lehmigen Sand ..	60
Abbildung 45: Die von ATB Bornim entwickelte PMS-60 entwickelte Knolle	64
Abbildung 46: Knolle IS 100, wie sie von der KTBL Versuchsstation Dethlingen	65
Abbildung 47: Die Firma Grimme setzt die IRD 400 ein	66
Abbildung 48: Der „Smart Spud Pro“ mit dem Palm als Handheld Computer.....	67
Abbildung 49: Drei elektronische Knollen zum Vergleich. Links: IS 100	68
Abbildung 50: Equipment der elektronischen Knolle „PTR 200“	69
Abbildung 51: Die elektronische Knolle im Kar-.....	69
Abbildung 52: Laborsimulation verschiedener Fallhöhen 50 – 150 mm auf.....	70
Abbildung 53: Grimme SE 75 – 20 gezogener Einreihler auf der Versuchspar-.....	73
Abbildung 54: Die elektronische Knolle nach der Dammaufnahme im Gutstrom	75
Abbildung 55: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 10).....	76
Abbildung 56: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen	77
Abbildung 57: Zweireihiger gezogener Bunkeroder SE 150 – 60 UB (Grimme)	77
Abbildung 58: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 5).....	79
Abbildung 59: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen	79
Abbildung 60: Zweireihiger Selbstfahrer mit 6 t Bunkerfassungsvermögen.....	80
Abbildung 61: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 10).....	82
Abbildung 62: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen	83
Abbildung 63: Beide Roder hintereinander im Einsatz	84
Abbildung 64: Vergleich der beiden Systeme 2002 (Donautalroder) und 2003	87
Abbildung 65: Vergleich der beiden Systeme 2002 und 2003 hinsichtlich.....	87

Abbildung 66: Vergleich des Systems 2002 bei gleichen Bedingungen mit und.....	88
Abbildung 67: Vergleich des Systems 2002 hinsichtlich Verteilung der Belas-.....	89
Abbildung 68: Einfluss des Steinbesatzes hinsichtlich Knollenbelastung	90
Abbildung 69: Verteilung der Stoßbelastung in Belastungsklassen bei der.....	91
Abbildung 70: Gegenüberstellung der Systeme 2002 und 2003 ohne Cleaner	92
Abbildung 71: Vergleich der Verteilhäufigkeit der Belastungsklassen beider	93
Abbildung 72: Vergleich beider Systeme mit und ohne Cleaner.....	94
Abbildung 73: Boniturergebnisse der Firma AVIKO aus der Untersuchung der	95
Abbildung 74: Relative Verteilung der Produktionskosten von Speisekartoffel	97
Abbildung 75: Relative Verteilung der Produktionskosten von Stärkekartoffel	97
Abbildung 76: Ermittlung der Zinskosten bei einer linearen Abschreibung [25].....	100
Abbildung 77: Arbeitserledigungskosten in €/ha einreihiger Vollernter.....	104
Abbildung 78: Arbeitserledigungskosten in €/ha zweireihiger gezogener.....	106
Abbildung 79: Darstellung Arbeitserledigungskosten in €/ha.....	109
Abbildung 80: Arbeitserledigungskosten in €/ha vierreihige Vollernter	111
Abbildung 81: Zusammenfassung Arbeitserledigungskosten in €/ha bei.....	113
Abbildung 82: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und.....	117
Abbildung 83: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbe-.....	119
Abbildung 84: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbe-.....	121
Abbildung 85: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbe-.....	122
Abbildung 86: Aufteilung der Mitgliederbetriebe nach Betriebsformen	128
Abbildung 87: Arbeitsanfall und –erledigung auf den Betrieben der RG.....	131
Abbildung 88: Aufteilung der Gesamtfläche pro Betrieb und deren Schlaggrößen.	129
Abbildung 89: Feld-Hof-Entfernungen der einzelnen Flurstücke	130
Abbildung 90: Vorhandene Mechanisierung für den Abtransport der Kartoffeln	132
Abbildung 91: Aufteilung nach Einlagerungsarten	133
Abbildung 92: Lagerkapazität und tatsächlich eingelagerte Menge an Kartoffeln...	134
Abbildung 93: Vergleich der Schmutzprozente aller Lieferungen	135
Abbildung 94: Aufteilung des Arbeitskräfteeinsatzes für Einlagerung und Transport	136
Abbildung 95: Arbeitszeiteinsparung je Betrieb sowie deren Verwendung	136

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten verschiedener Grimme Roder	15
Tabelle 2: Technische Daten verschiedener De Wulf Selbstfahrer.....	16
Tabelle 3: Technische Daten verschiedener Netagco Selbstfahrer	18
Tabelle 4: Technische Daten verschiedener Underhaug Selbstfahrer.....	19
Tabelle 5: Technische Daten auf dem Markt befindlicher 4r SF Rodelader.....	21
Tabelle 6: Technische Daten auf dem Markt befindlicher 4r SF Bunkerroder.....	22
Tabelle 7: Auflistung der verschiedenen Untersuchungen 2002 und 2003.....	34
Tabelle 8: Rodebedingungen am 29.09.2003 bei Betrieb I.....	37
Tabelle 9: Rodebedingungen bei Betrieb II am 02.10.2003.....	37
Tabelle 10: Vorgenommene Zeitmessungen bei Betrieb I (n = 9).....	38
Tabelle 11: Erfasste Ernteleistung für die gerodete Fläche von 2,4 ha von Betrieb I	39
Tabelle 12: Vorgenommene Zeitmessung bei Betrieb II (n = 21)	40
Tabelle 13: Erfasste Ernteleistung für die gerodete Fläche von Betrieb II	43
Tabelle 14: Erhebungstrage zur Bodendruckuntersuchung 2002 und 2003	54
Tabelle 15: Ergebnisse aus der Bodendruckuntersuchung mit Stechzylinder 2003 ..	58
Tabelle 16: Ergebnisse aus der Bodendruckuntersuchung mit Stechzylinder 2002 ..	58
Tabelle 17: Übersicht zu den Messterminen mit der elektronischen Knolle.....	72
Tabelle 18: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	76
Tabelle 19: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	80
Tabelle 20: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	83
Tabelle 21: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	88
Tabelle 22: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	89
Tabelle 23: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	91
Tabelle 24: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind	93
Tabelle 25: Kostenelemente von Kartoffelbunkerroder [23].....	99
Tabelle 26: Datengrundlage für die Kostenberechnung einreihiger Vollernter.....	103
Tabelle 27: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der jährl. Einsatzfläche	104
Tabelle 28: Datengrundlage für die Kostenberechnung zweireihiger gezogener....	105
Tabelle 29: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der Einsatzfläche	106
Tabelle 30: Datengrundlage für die Kostenberechnung selbstfahrender 2-reihiger	107
Tabelle 31: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der Einsatzfläche	108
Tabelle 32: Datengrundlage für die Kostenberechnung vierreihiger Bunkerroder ..	109

Tabelle 33: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der Einsatzfläche	111
Tabelle 34: Zusammenfassung Arbeitserledigungskosten	113
Tabelle 35: Datengrundlage und Berechnung der Kosten zur ÜME	116
Tabelle 36: Vergleich Eigenmechanisierung und ÜME.....	116
Tabelle 37: Datengrundlage und Berechnung der Kosten des überbetrieblichen...	118
Tabelle 38: Vergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschinenein-	118
Tabelle 39: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und ÜME	120
Tabelle 40: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und ÜME	122

1 Einleitung

Im Zuge des Strukturwandels in der Landwirtschaft werden gerade im Marktfruchtbau immer mehr Arbeiten überbetrieblich erledigt. Einen Schwerpunkt bilden hierbei die Erntearbeiten.

Auch im Kartoffelerntesektor gibt es schon seit längerem Bestrebungen, die Ernte und die Abfuhr überbetrieblich zu organisieren. Damit verbunden waren Forderungen nach einer Selbstfahrertechnik für die Kartoffelernte. In Bereichen, wie der Getreide- und Zuckerrübenernte sind selbstfahrende Erntemaschinen zum Standardverfahren geworden und nicht mehr wegzudenken.

Die Firmen Holmer und Grimme bieten seit kurzer Zeit vierreihige selbstfahrende Bunkerroder an, welche mittlerweile auch in der Praxis eingesetzt werden. Die Firma Holmer, die das System Rainer übernommen hatte, führte bereits 2001 Ihren ersten Roder vor. In Bayern wurde 2002 und 2003 von der Rodegemeinschaft „Donautal“ bei Regensburg die Holmer Maschine erstmals in größerem Umfang eingesetzt. Da es über dieses vierreihige Ernteverfahren bislang noch keine verlässliche Daten gibt, wurden in den vergangenen beiden Ernteperioden bei der Rodegemeinschaft Donautal Einsatzdaten in Form einer praxisbegleitenden Untersuchung erhoben und analysiert.

1.1 Bedeutung des Kartoffelanbaus in Bayern

In Bayern werden derzeit etwa 50.000 ha Kartoffeln angebaut. Mit einem Produktionswert von rund 200 Millionen € pro Jahr liegt der Kartoffelanbau bei den pflanzlichen Erzeugnissen an dritter Stelle und somit noch vor dem Zuckerrübenanbau. Lediglich Futterpflanzen und Getreide haben einen noch höheren Produktionswert. Besonders in den Hauptanbaugebieten (siehe Abbildung 1) tragen sie wesentlich zum Einkommen der Landwirtschaft bei. Die Schwerpunkte des Anbaues sind die mittlere und südliche Oberpfalz, der Straubinger Gäuboden in Niederbayern, das Donau- moos um Schrobenhausen und Aichach, der Raum München und das nördliche Schwaben von Nördlingen bis Augsburg.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Kartoffeln liegt in Deutschland bei ca. 70 Kilogramm und Jahr. Rund 50 % davon sind Veredelungsprodukte wie Pommes Frites, Klöße und Chips mit steigender Tendenz [1, 2]. Die Kartoffelverarbeitung in großen Unternehmen wie AVIKO oder 11er wird in Zukunft noch mehr an Bedeutung gewinnen, wodurch vor allem der Qualitätsaspekt mehr und mehr in den Vordergrund rückt. Dies hat steigende Qualitätsanforderungen zur Folge, deren Erfüllung entscheidend für den Betriebserfolg sein werden.

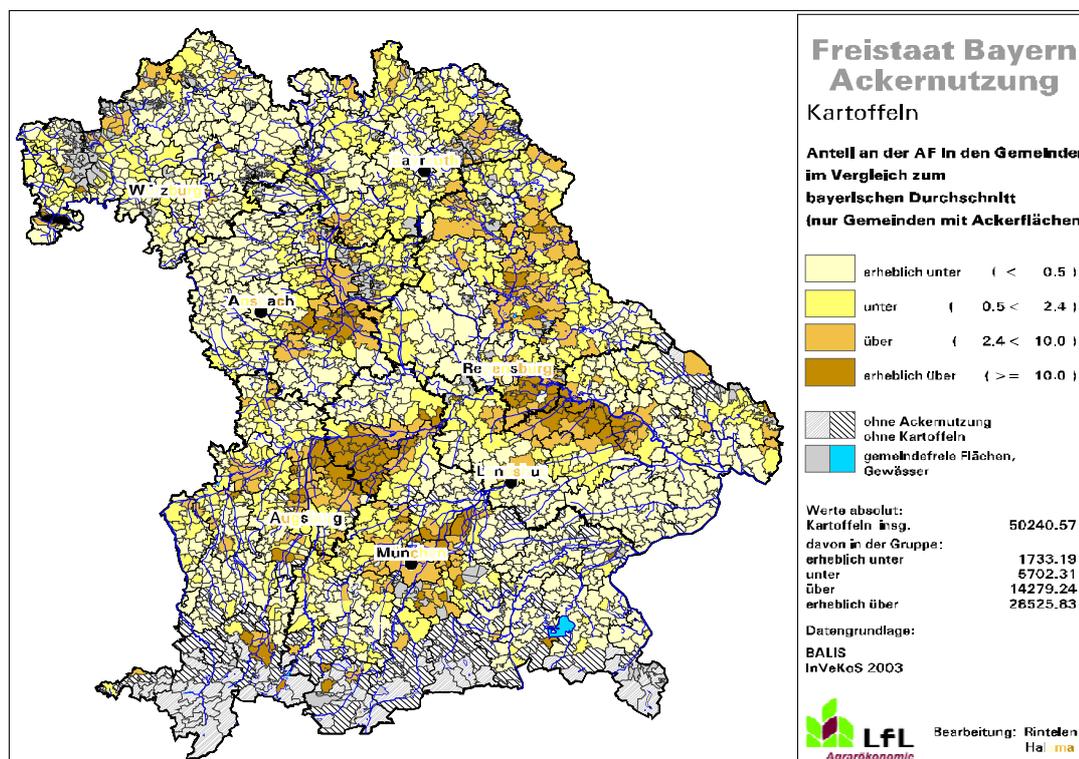


Abbildung 1: Schwerpunkte des Kartoffelanbaus in Bayern [3]

1.2 Problemstellung

Im Zuge des Strukturwandels in der Landwirtschaft werden gerade im Marktfruchtbau immer mehr Arbeiten überbetrieblich erledigt. Einen Schwerpunkt bilden hierbei die Erntearbeiten. Dies liegt zum einen daran, dass die Flächenausstattung der Betriebe zunimmt, nicht aber der Arbeitskräftebesatz. Immer mehr Betriebe in Bayern werden im Zu- oder Nebenerwerb bewirtschaftet, da sich viele Familienbetriebe ein zweites außerlandwirtschaftliches Standbein suchen. Wenn überhaupt steht meist nur noch der Betriebsleiter als volle Arbeitskraft zur Verfügung.

Die Mehrarbeit kann nur durch bessere bzw. steigende Mechanisierung, über die Auslagerung von Arbeiten bzw. Produktionszweigen oder über Fremdmechanisierung (Maschinenring, Lohnunternehmer, Maschinengemeinschaft) aufgefangen werden. Hinzu kommt, dass eine Ersatzbeschaffung der Eigenmechanisierung häufig zu teuer ist. Zusammenfassend kann festgehalten werden.

- Große Arbeitsbelastung und –spitze im Herbst durch die Ernte
- Hoher Fremdarbeitskraftbedarf und daraus resultierende hohe Kosten
- Bei einer Neuanschaffung ist die Eigenmechanisierung oft zu teuer
- Es wird immer schwerer, geeignetes Personal für diese Arbeit zu finden
- Die Ernte ist sehr witterungsabhängig (begrenzte Feldarbeitsstage), was eine schlagkräftige Erntetechnik voraussetzt.

Diese Gründe sprechen dafür - ähnlich wie vor 20 Jahren bei der Zuckerrübenernte, auch bei der Kartoffelernte Gemeinschaften zu bilden oder die Kartoffelernte durch überbetrieblich eingesetzte Selbstfahrer zu erledigen. Dies kann durch Lohnunternehmer, Maschinenringe oder Maschinengemeinschaften erfolgen. Diese Bestrebungen fanden im Kartoffelerntesektor bereits seit längerem statt.

1.3 Zielsetzung

Im Rahmen des Projektes wird das neuartige Ernteverfahren hinsichtlich Ernteleistung, Arbeitsqualität, Beschädigung der Knollen und Bodendruck untersucht, wobei vor allem auch Erkenntnisse zur Ernte- und Abfuhrlogistik gewonnen werden sollen. Neben der rein technischen Bewertung des Verfahrens soll auch die Wirtschaftlichkeit speziell unter bayerischen Anbauverhältnissen überprüft werden.

Um einen Überblick über die vorhandene Rodetechnik zu erlangen, ist zunächst eine Marktübersicht über die angebotenen Selbstfahrer zu erstellen. Dabei werden die technischen Aspekte und die Besonderheiten der einzelnen Maschinen herausgearbeitet.

Durch eine Praxisbefragung bei Lohnunternehmern, Maschinenringen und Praxisbetrieben soll der Einsatzumfang und das Einsatzprofil (Einsatzflächen, Einsatzbedingungen, usw.) der Selbstfahrer erfasst werden.

Während der Ernte sollen neben den Ernteleistungen die Arbeitszeiten erfasst und mit Literaturangaben für konventionelle Verfahren verglichen werden.

Ebenfalls im Vergleich zu ein- und zweireihigen Ernteverfahren sollen Bodendruckuntersuchungen zur Ermittlung der Bodenverdichtung durchgeführt werden.

Während der Ernte bzw. bei der Auswertung der Ernteergebnisse sollen die unterschiedlichen Fahrstrategien und die damit verbundenen Überladekonzepte (z. B. Zwischenlagerung auf dem Feld) analysiert und bewertet werden sowie bei festgestellten Unzulänglichkeiten Verbesserungsvorschläge zur Abfuhrlogistik und Einsatzstrategie entworfen werden.

Während der Ernte soll die Erntequalität auch unter Einbeziehung der unterschiedlichen Abfuhrketten (Überladen, Zwischenlagerung auf dem Feld) ermittelt werden. Die geerntete Ware soll auch während der Einlagerungszeit auf Lagerstabilität beobachtet werden, um Rückschlüsse auf mögliche Ursachen unterschiedlicher Lagerfähigkeit zu gewinnen.

Die gewonnenen Ergebnisse fließen vergleichend zum bisherigen Standardernteverfahren (gezogener einreihiger Roder) in eine abschließende Bewertung dieses Ernteverfahrens ein und sollen als Beratungshilfe dienen.

2 Überblick der vorhandenen selbstfahrenden Kartoffelroder

Selbstfahrende Kartoffelroder werden als zwei- oder vierreihige Maschinen zum direkten Überladen oder mit Bunker gebaut.

2.1 Zweireihige Systeme

Erste Ansätze bei Selbstfahrern für die Kartoffelernte gab es ähnlich wie bei den Zuckerrübenrodern bereits in den 70er Jahren. Im Jahr 1979 wurden von Grimme bereits 110 Selbstfahrer in England abgesetzt. Ebenfalls zu dieser Zeit existierten bereits zu Selbstfahrern umgebaute 2-reihige Überladeroder. Trotzdem konnten sich die Selbstfahrer bis heute nicht durchsetzen. Marktbeherrschend sind nach wie vor die gezogenen Systeme. Die Firma Grimme hat z. B. vom Selbstfahrer Typ SF 150-60 seit der Markteinführung 1997 bis Ende 2003 rund 90 Stück verkauft. Davon läuft eine Maschine in Bayern. Vom Rodelader SF 1700 wurden ca. 110 Stück weltweit verkauft (hauptsächlich England). Die technischen Daten des Marktangebots zweireihiger Maschinen sind in den Tabellen 1 – 4 und den Abbildungen 3 - 9 dargestellt.



Abbildung 2: 2-r SF 1700 GBS von Grimme (Damme)

Tabelle 1: Technische Daten zweireihiger selbstfahrender Kartoffelroder der Firma Grimme (Stand 1/2004)

Merkmal	Grimme (Damme)		
	2-r SF Bunkerroder	2-r SF Überladeroder	2-r SF Überladeroder
Roder	2-r SF Bunkerroder	2-r SF Überladeroder	2-r SF Überladeroder
Typ	SF 150-60	SF 1700 DLS	SF 1700 GBS
Leergewicht	18.600 kg	14.700 kg	18.000 kg
Bunker	6.000 kg	-	-
Achslast vorne	7.300 kg	4.500 kg	3.800 kg
Achslast hinten	11.300 kg	10.200 kg	14.200 kg
max. Auslaufh.	4,25 m		
Länge	11,09 m	11,40 m	12,00 m
Breite	3,30 m	3,30 m	3,30 m
Wendekr. (innen)	1,50 m	2,00 m	2,00 m
1. Siebband	1,65 x 2,75 = 4,53 m ²	1,66 x 1,38 = 2,30 m ²	1,66 x 1,38 = 2,30 m ²
2. Siebband	1,65 x 3,90 = 6,43 m ²	1,66 x 3,01 = 5,00 m ²	1,66 x 3,01 = 5,00 m ²
3. Siebband	gibt's nicht	1,66 x 0,75 = 1,25 m ²	1,66 x 0,75 = 1,25 m ²
Siebfläche	10,96 m ²	8,55 m ²	8,55 m ²
1. Trenngerät	Igelband	MS oder RS	MS oder RS
2. Trenngerät	Igelband	-	MS
3. Trenngerät	Igelband	-	-
Bereifung v.	620/75 R 30	300/95 R 42	300/95 R 42
Bereifung h.l	800/55 - 30,5	800/45 - 26,5	Band: 63,5 x 2,97m
Bereifung h.r	800/55 - 30,5	460/85 R 42/800/65 R32	460/85 R 42/800/65 R32
Listenpreis oh. MWSt	223.180 €	190.725 €	244.230 €

Länge und Gewicht jeweils ohne Krautschläger

MS Multisep

RS Rollenseparator



Abbildung 3: 2-r SF 150 – 60 Bunkerroder von Grimme

Die belgische Firma De Wulf bietet neben gezogenen Maschinen auch drei verschiedene Selbstfahrertypen an (siehe Tabelle 2 sowie Abbildungen 4 - 6). In Bayern wird bislang nur der 2-reihiger R 3000 Mega eingesetzt. Diese Maschine ist bei der Rodegemeinschaft Karo im Landkreis Neuburg an der Donau im Einsatz (siehe Abbildung 4).

Tabelle 2: Technische Daten zweireihiger selbstfahrender Kartoffelroder der Firma DeWulf (Stand 1/2004)

Merkmal	De Wulf		
Roder	2-r SF Bunkerroder	2-r SF Überladeroder	2-r SF Bunkerroder
Typ	R 3000 Mega	R 4000 Mega	R 5000 Mega
Leergewicht	17060 kg	14.400 kg	24.000 kg
Bunker	6.000 kg	-	12.000 kg
Achslast vorne	5000 kg	4140 kg	6.000 kg
Achslast mitte	-	-	15.000 kg
Achslast hinten	12060 kg	10260 kg	15.000 kg
max. Auslaufh.	-	-	4,2
Länge	11,50 m	11,00 m	15,00 m
Breite	3,55 m	3,5 m	3,75 m
Wendekr. (innen)	-	-	-
1. Siebband	1,7 x 3,7 = 6,29 m ²	1,7 x 3,65 = 6,20 m ²	1,7 x 4,2 = 7,14 m ²
2. Siebband	1,7 x 1,9 = 3,23 m ²	1,7 x 1,86 = 3,16 m ²	1,7 x 1,6 = 2,72 m ²
3. Siebband	1,7 x 1,1 = 1,87 m ²	1,7 x 1,48 = 2,51 m ²	1,7 x 1,8 = 3,06 m ²
4. Siebband	-	-	1,7 x 1,6 = 2,72 m ²
Siebfläche	11,39 m ²	11,87 m ²	15,64 m ²
1. Trenngerät	Igelband oder Axialrollen	Igelband oder Axialrollen	Igelband und Axialrollen
2. Trenngerät	Igelband oder Axialrollen	-	Igelband und Axialrollen
Bereifung v.	800/65 - 32	800/50 - 30,5	800/50 - 30,5
Bereifung m.l	-	-	66x49.00 - 25
Bereifung m.r	-	-	800/50 - 30,5
Bereifung h.l	66x43.00 - 25	66x43.00 - 25	73x44.00 - 30
Bereifung h.r	800/65 - 32	800/50 - 30,5	800/65 - 32
Listenpreis oh. MWSt	220.000 €	185.000 €	310.000 €



Abbildung 4: DeWulf: 2-r SF Bunkerroder R 3000 Mega



Abbildung 5: DeWulf: 2-r SF Überlader R 4000 Mega



Abbildung 6: De Wulf: 2-r SF Bunkerroder R 5000 Mega

Der niederländische Kartoffeltechnikkonzern Netagco hatte ebenfalls zweireihige Selbstfahrer im Marktangebot. Hierzu zählte eine Bunkermaschine sowie ein Überlader (siehe Tabelle 3 und Abbildung 7). Da der Konzern Anfang 2003 Konkurs anmeldete konnten keine Daten über die Verkaufszahlen in Erfahrung gebracht werden. Es ist jedoch bekannt, dass in Bayern von diesen Maschinen noch keine im Einsatz ist.

Tabelle 3: Technische Daten selbstfahrender zweireihiger Kartoffelroder der Firma Netagco (Stand 1/2004)

Merkmal	Netagco	
	2-r SF Bunkerroder	2-r SF Überladeroder
Roder	Mistral	Quadra
Typ	Mistral	Quadra
Leergewicht	17.420 kg	13.290 kg
Bunker	6 to	-
Achslast vorne	4.730 kg	3.730 kg
Achslast hinten	12.690 kg	9.590 kg
max. Auslaufh.	4,20 m	3,60 m
Länge	12,70 m	12,25 m
Breite	3,35 m	3,25 m
Wendekr. (aussen)	17,80 m	17,60 m
1. Siebband	1650 mm breit	1650 mm breit
2. Siebband	1650 mm breit	1650 mm breit
3. Siebband	1650 mm breit	1650 mm breit
Siebfläche	11,53 m ²	11,80 m ²
1. Trenngerät	Igelband	Igelband
2. Trenngerät	Igelband - Fläche	-
3. Trenngerät	-	-
Bereifung v.	270/95 R 48	270/95 R 36
Bereifung h.l	900/55 R 32	800/55 R 30.5
Bereifung h.r	800/65 R 32	18.4 R 42
Listenpreis oh. MWSt	229.000 €	187.000 €



Abbildung 7: 2-r SF Mistral Bunkerroder der Firma Netagco

Die Firma Dunor Underhaug gehört zu dem Landmaschinenkonzern Kverneland und bietet neben gezogenen Maschinen auch zwei Selbstfahrertypen an (siehe Tabelle 4 und Abbildung 8 und Abbildung 9). Auch von diesen Maschinen sind derzeit noch keine in Bayern im Einsatz.

Tabelle 4: Technische Daten selbstfahrender zweireihiger Kartoffelroder der Firma Dunor (Stand 1/2004)

Merkmal	Dunor	
	2-r SF Bunkerroder	2-r SF Überladeroder
Roder		
Typ	UN 6200	UN 6000
Leergewicht	18.500 kg	9.500 kg
Bunker	6.000 kg	-
Achslast vorne	-	-
Achslast hinten	-	-
max. Auslaufh.	4,36 m	4,36 m
Länge	13,4 m	10,55 m
Breite	3,48 m	3,34 m
Wendekr. (innen)	-	-
1. Siebband	-	-
2. Siebband	-	-
3. Siebband	-	-
Siebfläche	-	-
1. Trenngerät	Igelband	Igelband
2. Trenngerät	Axialwalzen	Axialwalzen
3. Trenngerät	-	-
Bereifung v.	11,2-48	270/95-36
Bereifung h.l	1000/50-25	800/45-30,5
Bereifung h.r	800/65-32	600/45-30,5
Listenpreis oh. MWSt	236.000 €	194.000 €



Abbildung 8: 2-reihiger SF Rodelader UN 6000 der Firma Dunor



Abbildung 9: 2-reihiger SF Bunkerroder der Firma Dunor

2.2 4-reihige Systeme

Überladeroder als selbstfahrende Kartoffelroder werden bereits seit einigen Jahren angeboten (siehe Abbildung 10 und Tabelle 5). Die Firma Netagco hat seit der Markteinführung ihres 4-reihigen Selbstfahrüberladers (mit 3,5 to Zwischenbunker) im Jahr 1998 5 Maschinen (siehe Abbildung 11) verkauft, die in Belgien und Holland im Einsatz sind. Neu auf diesem Sektor sind die Bunkermaschinen, die bisher nur von den Firmen Grimme und Holmer angeboten werden. Von der Firma Holmer ist bekannt, dass in der Saison 2002 zwei Maschinen gebaut und verkauft wurden (siehe Abbildung 12). Eine Maschine ging an die Rodegemeinschaft „Donautal“ im Raum Regensburg, bei der die praktischen Untersuchungen durchgeführt wurden. Die zweite wurde nach Niederösterreich zu einem großen Kartoffelerzeuger geliefert. Von der Firma Grimme wurden bisher 10 Bunkerroder (siehe Abbildung 13) (Frankreich, Holland, Deutschland), vom vierreihigen Überlader ca. 30 Maschinen verkauft (Holland, England u. Deutschland).

Die wichtigsten technischen Daten sind in den Tabellen 5 – 6 zusammengefasst.

Tabelle 5: Technische Daten selbstfahrender vierreihiger Rodelader (Stand 1/2004)

Merkmal	Dunor	Grimme	Netagco
Roder	4-r SF Rodelader	4-r SF Rodelader	4-r SF Rodelader mit Zwischenbunker
Typ	UN 6400	SF 3000	Solanum
Leergewicht	16.500 kg	21.500 kg	20.500 kg
Bunker	-	-	3,5 to (nur Zwischenbunker)
Achslast vorne	-	3.500 kg	5.110 kg
Achslast hinten	-	18.000 kg	15.390 kg
max. Auslaufh.	3,9 m	4,00 m	4,00 m
Länge	12,87 m	12,00 m	13,60 m
Breite	3,5 m	3,00 m	3,50 m
Wendekr. (innen)	-	9,50 m	19,20 m
1. Siebband	-	2 x 1,46 x 1,38 = 4,03 m ²	1450 mm breit
2. Siebband	-	2 x 1,46 x 3,01 = 8,79 m ²	1450 mm breit
3. Siebband	-	2 x 1,30 x 1,09 = 2,83 m ²	1100 mm breit
Siebfläche	-	15,65 m ²	15,55 m ²
1. Trenngerät	Igelband	MS oder RS	Igelband
2. Trenngerät	Axialwalzen	-	Axialwalzen
3. Trenngerät	-	-	-
Bereifung v.	11,2-48	270/95 R 48	270/95 R 48
Bereifung h.l	1000/50-25	Band: 63,5 x 2,970	710/70 R 38
Bereifung h.r	800/65-32	Band: 63,5 x 2,970	710/70 R 38
Listenpreis oh. MwSt	-	325.160 €	325.000 €

**Abbildung 10:** 4-reihiger Rodelader SF 3000 der Firma Grimme



Abbildung 11: 4-reihiger SF Überlader/Bunkerroder (Solanum) mit Zwischenbunker (3,5 t) von Netagco AVR

Tabelle 6: Technische Daten selbstfahrender vierreihiger Bunkerroder (Stand 1/2004)

Merkmal	Grimme	Holmer
Roder	4-r Selbst. Bunker	4-r Selbst. Bunker
Typ	SF 300-15	Terra Melix
Leergewicht	27.000 kg	31.000 kg
Bunker	15.000 kg	16.000 kg
Achslast vorne	20.000 kg	15.700 kg
Achslast hinten	7.000 kg	15.300 kg
max. Auslaufh.	4,25 m	4 m
Länge	12,00 m	14,88 m
Breite	3,30 m	3,28 m
Wendekr. (innen)	1,20 m	9,80 m
1. Siebband	2,97 x 1,63 = 4,85 m ²	0,95 x 3 = 2,85 m ²
2. Siebband	2,79 x 2,42 = 6,75 m ²	4,28 x 2,8 = 12 m ²
3. Siebband	2,80 x 1,46 = 4,08 m ²	1 x 2,5 = 2,5 m ²
Siebfläche	15,68 m ²	insg. 22,5 m ²
1. Trenngerät	MS oder RS	Zupfwalzeneinheit 1
2. Trenngerät	MS	2 Sternwalzen
3. Trenngerät	-	Zupfwalzeneinheit 2
4. Trenngerät	-	2 Sternwalzen
5. Trenngerät	-	Längswalzenreiniger
6. Trenngerät	-	Igelband
Bereifung v.	Band: 89,0 x 2,970	1050/50 R 32
Bereifung M l. und r.	-	1000/50 R 25
Bereifung h.l	620/75 R 26	1000/50 R 25
Bereifung h.r	620/75 R 26	1000/50 R 25
Listenpreis oh. MWSt	400.000 €	395.000 €

Länge und Gewicht jeweils ohne Krautschläger

MS Multisep

RS Rollseparator



Abbildung 12: Der „Terra Melix“ von der Firma Holmer mit 16 t Bunkervolumen



Abbildung 13: Der 4-r SF „Tectron“ Bunkerroder der Firma Grimme mit 15 t Bunkervolumen

3 Vorstellung des untersuchten vierreihigen Systems

Die Rodegemeinschaft „Donautal“ setzte in Bayern den ersten 4-reihigen selbstfahrenden Bunkerroder der Firma Holmer ein. In den Rodesaisons 2002 und 2003 diente diese Technik als Grundlage für die ersten Felderhebungen. Im Folgenden wird die untersuchte Technik vorgestellt und mit ihren Besonderheiten beschrieben.

Der „Terra Melix“ basiert auf einem dreiachsigen Fahrgestell mit Terrabereifung (Abbildung 14). Die Maschine ist mit einem Lenksystem (siehe Abbildung 15) ausgestattet, welches das spurversetzte Fahren, bekannt aus der Rübenernte, ermöglicht.



Abbildung 14: Der modifizierte „Terra Melix“ der Firma Holmer 2003

Durch den sog. „Hundegang“, wie das spurversetzte Fahren auch bezeichnet wird, kann die gesamte Rodebreite überfahren werden. Somit wird das hohe Gewicht gleichmäßiger über den Ackerboden verteilt, wodurch eine möglichst bodenschonende und verdichtungsfreie Überrollung gewährleistet werden soll.

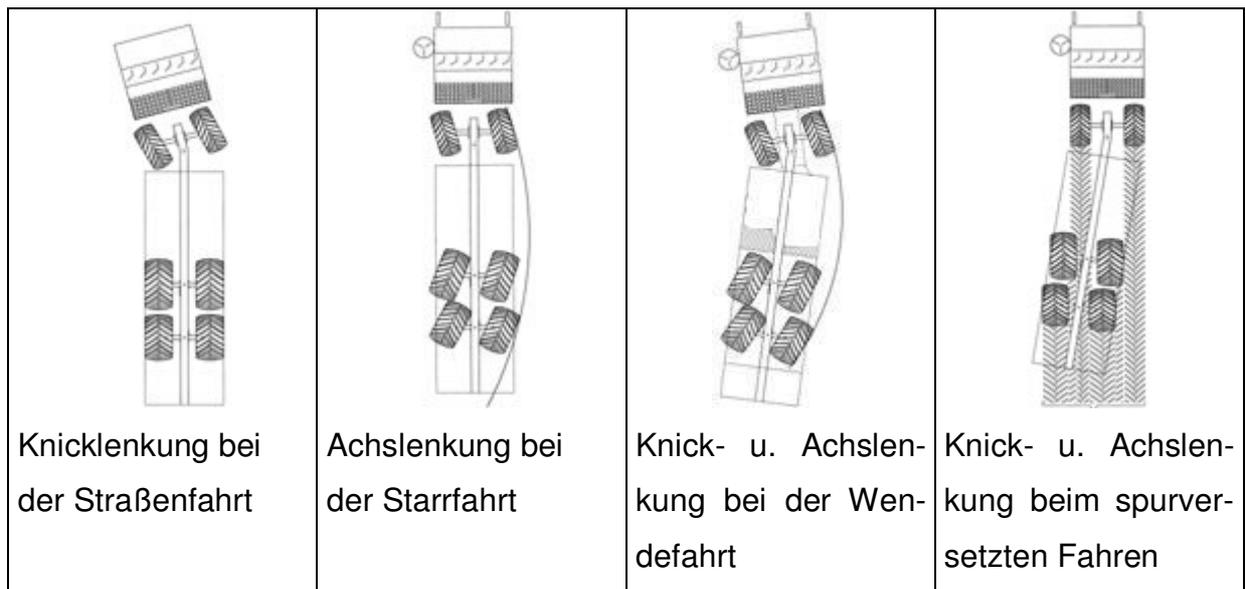


Abbildung 15: Lenksystem des 4reihigen selbstfahrenden Bunkerroders „Terra Melix“ [4]

Angetrieben wird der Roder von einem 460 PS starken Motor über ein hydrostatisches Getriebe, welches eine stufenlose Einstellung der Geschwindigkeit von 0 – 30 km/h ermöglicht. Der Bunker fasst ca. 16 t und wird über einen Ringelevator und ein automatisches längs- sowie höhengeführtes Bunkerfüllband befüllt. Die Entleerung erfolgt über ein Schwanenhalsband, welches ein schonendes Laden von Anhängern ermöglicht. Die Reinigung erfolgt durch ein Cleanersystem (=Axialwalzenreinigungseinheit)

(Abbildung 16), welches auswechselbar ist und mit einem integrierten Überfahrband umgangen werden kann.



Abbildung 16: Zeigt den Längswalzenreiniger = „Cleaner“

Je nach Schmutzanteil kann der Cleaner aggressiver oder schonender eingestellt werden, d. h. bei hohem Klutenanteil wird der Walzenreiniger waagerechter gestellt, damit der Gutstrom längere Zeit auf den Walzen verbleibt. Insgesamt steht eine Reinigungsfläche von ca. 22,5 m² zur Verfügung.

Da der Roder aber nicht nur Stärkekartoffeln ernten soll, bei denen es vor allem auf Sauberkeit und weniger auf die Schonung des Erntegutes ankommt, sondern auch Speisekartoffeln, die diesbezüglich viel sensibler zu behandeln sind, kann der Cleaner übergangen werden. Die schonende Einstellung (Speisekartoffeln) soll durch den grünen Gutstrompfeil symbolisiert werden.

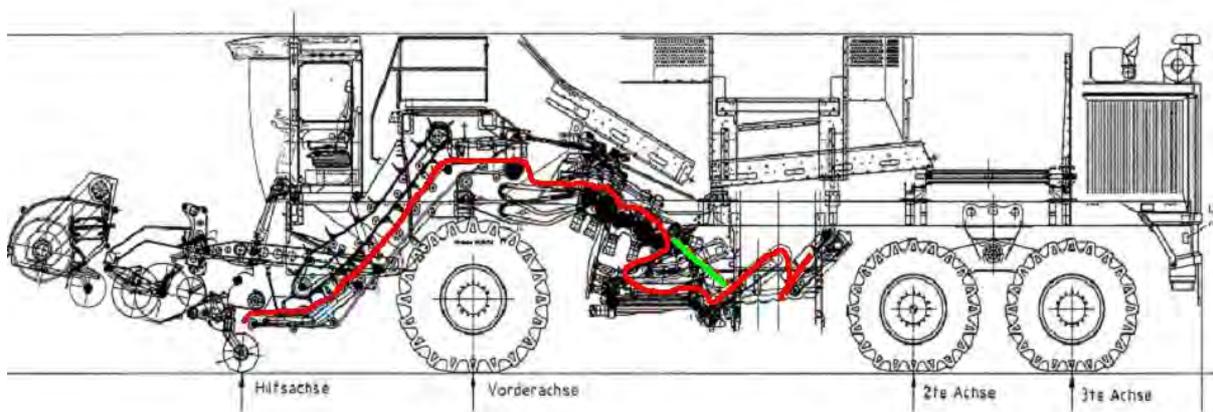


Abbildung 17: Verlauf des Gutstromes im Reinigungssystem des Kartoffelrodgers [4]

Die Konzeption des Kartoffelrodgers in Anlehnung an die Technik der Zuckerrübenerntete ermöglicht das Roden aus der Gare (Abbildung 18). Das vor der Vorderachse angebaute Rodeaggregat ist mit einem „Konturkrautschläger“ ausgestattet, welcher das Kartoffelkraut abschlegt und zur Seite auswirft. Die Dammdruckwalzen sind mit einer Lenkhilfe kombiniert, welche den Roder an den Dämmen entlang führt. Dies ist vor allem bei großen Schlaglängen von Vorteil, da sich der Fahrer nicht ständig auf das Lenken konzentrieren muss und dadurch mehr Aufmerksamkeit dem eigentlichen Roden widmen kann.



Abbildung 18: Roden aus der Gare

Durch die Modulbauweise des Roder, d. h. die Maschine ist in verschiedene Module unterteilt, können die einzelnen Baugruppen problemlos ausgetauscht werden, ohne das gesamte Trägerfahrzeug ersetzen oder in größerem Umfang umbauen zu müssen. Hierdurch soll die Wirtschaftlichkeit der Maschine verbessert werden.

Der Roder ist mit einem Bordcomputer ausgerüstet, der dem Fahrer alle wichtigen Funktionen anzeigt und teilweise automatisch überwacht. Das System verfügt über zehn verschiedene Menüpunkte, welche für die jeweiligen Rodebedingungen ausgewählt werden können.

Zur Überwachung des Gutflusses sowie wichtiger Aggregate stehen fünf Kameras zur Verfügung. Diese zeigen abwechselnd über zwei Monitore die verschiedenen Einstellungen.

3.1 Im Jahr 2003 vorgenommene Veränderungen am Roder

Zum Roden von nur zwei Dämmen (z. B. bei angelegten Fahrgassen) wurde die Möglichkeit zur Scharteilung geschaffen.

Wenn z. B. am Ende des Rodens eines Feldes zwei Dämme übrig bleiben, hat der Fahrer die Möglichkeit, die beiden linken Schare hoch zu schwenken, während die beiden rechten weiter roden. Dadurch wird vermieden, dass zwei Schare in der bereits gerodeten Fläche arbeiten und dadurch zusätzliche Erde, Kluten bzw. Steine aufnehmen, was den Reinigungsprozess unnötig belastet.

An Stelle des hydro-mechanischen Verteilergetriebes für den Fahrtrieb, treiben jetzt Ölmotoren die Achsen direkt an. Dadurch konnte zwischen den Achsen mehr Platz geschaffen werden, der für das neue Reinigungssystem genutzt wurde.

In Abbildung 19 ist der Gutstromverlauf des Systems 2002 dargestellt. In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind die vorgenommenen Veränderungen an den Reinigungseinheiten mit und ohne Cleaner zu erkennen. An Hand der drei Grafiken können die Systeme untereinander verglichen werden. Zur Erhöhung der Krauttrennleistung wurden statt der großen Zupfeinheit nach dem dritten Siebband, zwei kleinere Einheiten hintereinanderliegend angeordnet. Sie sind durch zwei Sternwalzen voneinander getrennt, wobei die zweite Zupfeinheit tiefer angeordnet ist. Dadurch wurden die Fallstufen für die Kartoffeln kontinuierlich verringert und die Krautabtrennung verbessert. Die jeweils größere Zupfwalze ist mit einem griffigen Gummi umgeben, welcher walkfähig und dadurch selbstreinigend ist. Die jeweils dazugehörige kleinere Gegenlaufwalze ist glatt gummiert. Zur Elevatorbefüllung wurde ein schräg nach oben ansteigendes Zuführband integriert, das die Kartoffeln schonend auf das rücklaufende Igelband übergibt. Das früher waagrechte, geteilte Igelband mit Abräumerwalzen konnte durch den freiwerdenden Platz des neuen Antriebes schräggestellt werden, womit eine schonendere und bessere Reinigungswirkung erzielt werden soll. Des Weiteren wurde zur Halbierung der Fallstufe zwischen dem zweiten und dem dritten Siebband eine Gummirolle integriert. An dieser Stelle befindet sich der Lenkknick, wodurch eine höhere Fallhöhe nötig ist, um den Hangausgleich von 8° einzuhalten.

Die Gummierung des dritten Siebbandes wurde auf 2 cm verstärkt und bis an die Enden der Siebstäbe verlängert. Um einen störungsfreien und stufenlosen Antrieb aller Walzen und Siebbänder zu gewährleisten, wurden alle Kettenantriebe entfernt und durch Hydromotoren ersetzt. Vor allem die Schonung der Kartoffelknollen stand bei den Umbaumaßnahmen im Vordergrund, welche sich in der besseren Gummierung sowie Reduzierung der kritischen Fallhöhen widerspiegelte.

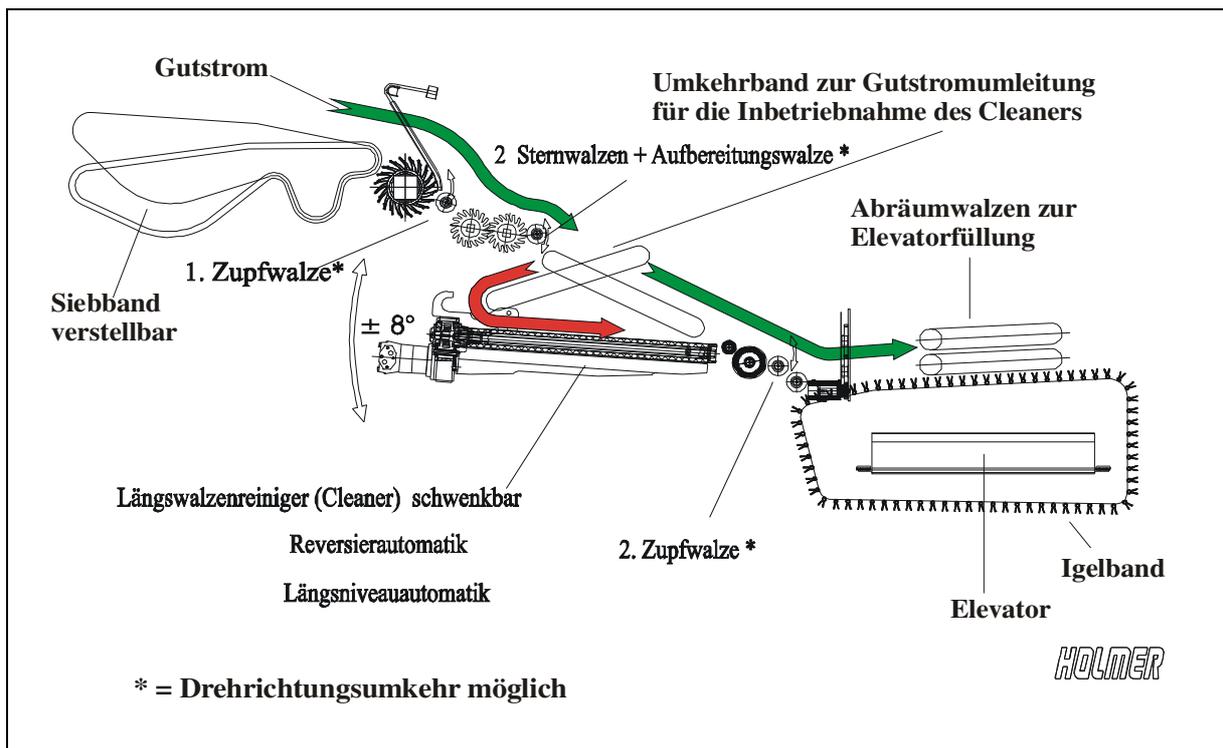


Abbildung 19: Verlauf des Gutstromes im Reinigungssystem des „Terra Melix“ [4] - System 2002

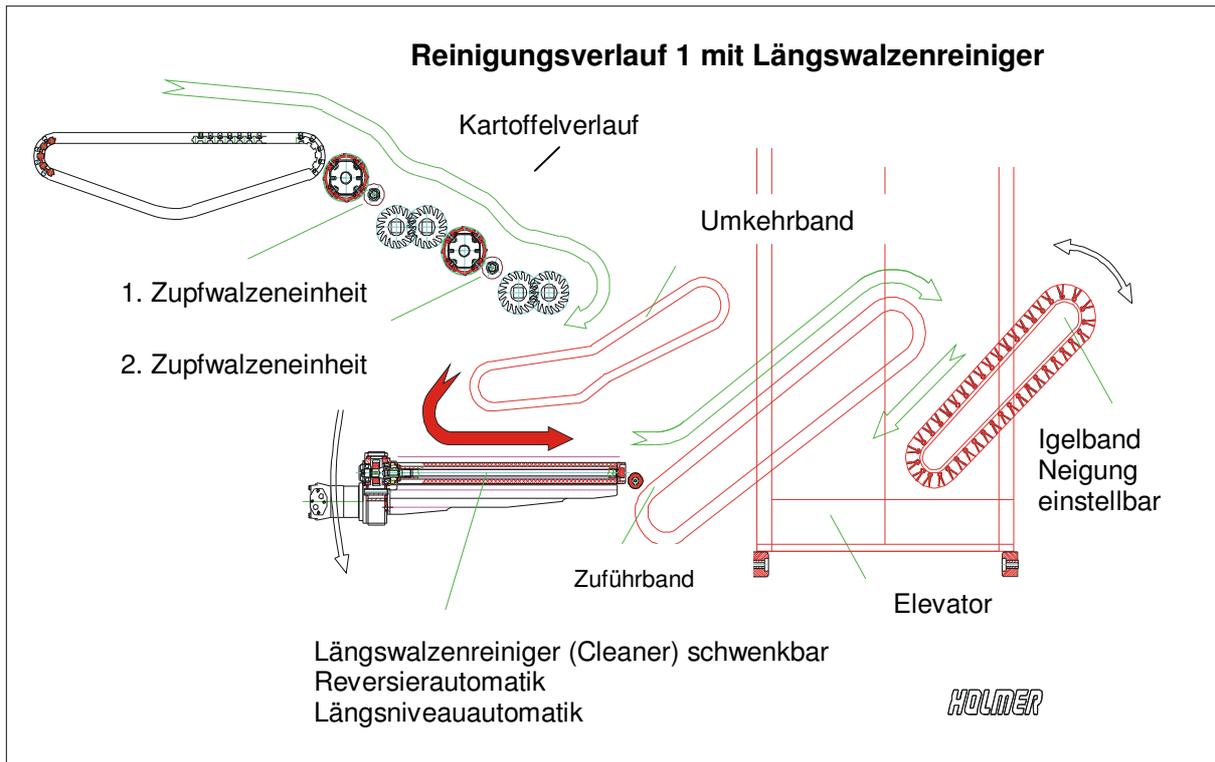


Abbildung 20: Verlauf des Gutstromes über den Cleaner (bei „höherem Reinigungsbedarf“) [4] – System 2003

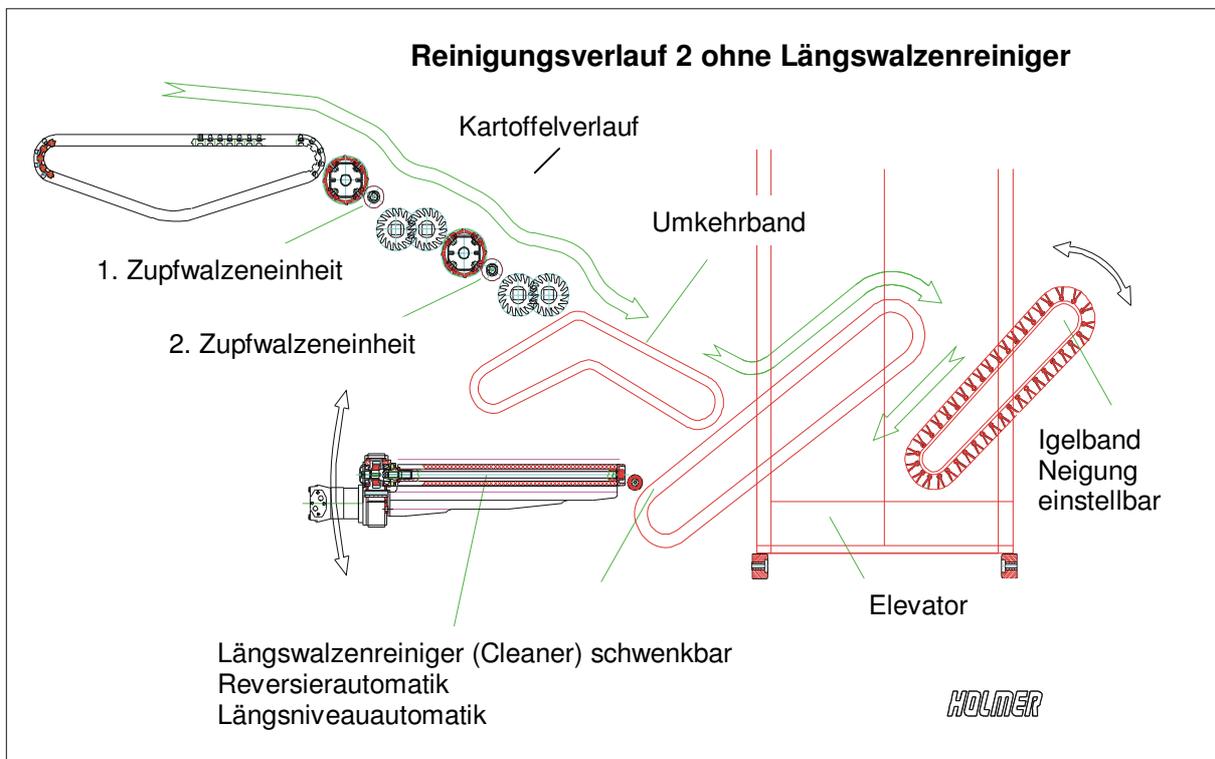


Abbildung 21: Verlauf des Gutstromes bei Überfahren des Cleaners zur schonenden Rodung [3] - System 2003

4 Vorstellen der Rodegemeinschaft Donautal

Die Untersuchungen am selbstfahrenden Kartoffelroder von Holmer wurden beim Einsatz in der Rodegemeinschaft Donautal vorgenommen. Die 2002 Kartoffelrodegemeinschaft besteht aus 12 Mitgliedern, von denen der Großteil bereits auch Mitglieder in der bestehenden Zuckerrübenrodegemeinschaft sind. Die Zeichnungsfläche reicht von 10 – 60 ha je Betrieb.

Insgesamt sind 250 Hektar Kartoffeln zu Roden, die sich in 140 ha Stärkekartoffeln (Stärkefabrik Sünching), 80 ha Brennereikartoffeln, sowie 10 ha Speisekartoffeln und 20 ha Pflanzgut aufteilen.



Abbildung 22: Einsatzgebiet des Kartoffelroders

Das Hauptrodegebiet (siehe Abbildung 22) erstreckt sich entlang der B 8 von Regensburg bis Schönach. Die Ost-West-Entfernung beträgt ca. 25 km sowie in Nord-Süd-Richtung 15 km.

Die Maschinengemeinschaft ist als GbR, organisiert. Der Selbstfahrereinsatz wird durch einen Einsatzleiter, der selbst Mitglied der GbR ist, organisiert. Als Erntemaschine wird die 4-reihige selbstfahrende Bunkermaschine der Firma Holmer eingesetzt.

Von August bis Oktober müssen ca. 10.000 t Kartoffeln geerntet, abgefahren und eingelagert werden. Für diese Menge an Kartoffeln stehen in der Rodegemeinschaft 25 Zweiachsanhänger mit je 16 t Gesamtgewicht sowie zehn LKW-Anhänger mit einem Gesamtgewicht von 22 t zur Verfügung.

Die Erntesaison lässt sich in zwei Abschnitte unterteilen, in die Frühlieferung, die ca. zwei Wochen dauert und Mitte August beginnt, und in die Hauptkampagne.

Die Ernte und Abfuhr ist so angelegt, dass während der Frühlieferung durchschnittlich ca. 2 ha/Tag geerntet werden müssen. Hierbei werden alle zu rodenden Flächen angerodet bzw. die Vorbeete der Felder geerntet, damit während der Hauptkampagne ohne große Verzögerungen mit dem Roden begonnen werden kann. Zur Hauptkampagne müssen ca. 9 ha/Tag geerntet werden. Neben der durchschnittlich erforderlichen Einlagerungskapazität von 30 t/h in diesem Zeitraum wurde eine zusätzliche Direktabfuhrleistung (zur Stärkefabrik Sünching) von 85 t täglich eingeplant. Für größere Abfuhr- und Einlagerungsengpässe wurde außerdem noch das Anlegen von Kartoffelfeldmieten angedacht.

5 Untersuchungen und Bewertung der Kartoffelernte mit einem selbstfahrenden vierreihigen Bunkerroder „Terra Melix“

Die Firma Holmer produzierte 2002/03 keine neuen Kartoffelroder, um die 2002 aufgetretenen Probleme beseitigen zu können. Viele Neuerungen, die durch die Erfahrungen der Rodesaison 2002 gewonnen wurden, flossen in die Modifikationen der Roder ein.. Durch die lang anhaltende Trockenheit im Sommer und Herbst 2003 traten bei der Ernte unerwartete Probleme auf. Trotz regelmäßiger Beregnung der Kartoffelflächen und durch die mit der Ernte verbundene Krautabtötung erreichten die Kartoffeln ihr physiologisches Reifestadium bis zur Ernte nicht. Dies äußerte sich vor allem dadurch, dass sich die Knollen nur sehr schwer vom Kraut lösten. Durch die trockene Witterung traten kaum Ernteunterbrechungen auf, wodurch sich die Erntesaison verkürzte. Die technischen Probleme beschränkten sich hauptsächlich auf den Axialwalzenreiniger, der auf sehr steinigem Flächen Probleme verursachte. Durch das Quetschen und Brechen der Steine ermüdeten die Wellen sowie die Lagerungen der Axialwalzen übermäßig schnell. Laut Firmenangaben wurden 90 % der Reparaturen dadurch verursacht.

2003 wurden wiederum Messergebnisse aus einer Bodendruckuntersuchung gewonnen.

Einen weiteren Untersuchungsschwerpunkt stellte der Einsatz der elektronischen Knolle dar. Zusätzlich zu den weiteren Labortests konnten neben Sortieranlagen auch verschiedene Kartoffelrodesysteme untersucht werden. Um die Ergebnisse hinsichtlich der Ernteleistung von 2002 zu ergänzen und zu überprüfen, wurden auch 2003 wieder Felderhebungen und Messungen nach dem Schema vom Vorjahres durchgeführt.

5.1 Ergebnisse und Kennzahlen des Einsatzes bei der Rodegemeinschaft „Donautal“ 2002 und 2003

Die gesamten Datenerhebungen fanden bei der Rodegemeinschaft Donautal statt.

5.1.1 Methodik der Felderhebung

Zur Erhebung der Daten wurde 2003 wie bereits in den Vorjahren an mehreren Einsatzterminen die Erntearbeit begleitet. Auch in dieser Erntesaison traten vereinzelt maschinenbedingte Störungen während der Erhebungstermine auf. In den störungsfreien Perioden konnten jedoch Daten gewonnen werden, die die theoretisch möglichen Leistungen veranschaulichen. Trotz einiger Störungen musste jedoch dieses Jahr die Vorführmaschine der Firma Holmer nie aushelfen (Tab. 7).

Tabelle 7: Chronologie der Untersuchungen 2002 und 2003

	2001	2002	2003
	Termine	Termine	Termine
Aufzeichnung von Erntedaten	09.10. Erntedatenerhebung bei: Ziegler in Heinrichsheim (ND) (3, 4 ha; 162 t)	19.09. Erntedatenerhebung bei: Bauer in Mintraching (R) (4 ha)	29.09. Erntedatenerhebung bei: Lederer in Illkofen (R) (2,4 ha)
	11.10. Erntedatenerhebung bei: Kübler in Brautlach (ND) (3,5 ha)	21.09. Erntedatenerhebung bei: Beutl in Kiefenholz (R) (1,5 ha)	Kramer in Kiefenholz (R) (3 ha)
	15.10. Erntedatenerhebung bei: Kübler in Brautlach (ND) (0,9 ha)	Kramer in Kiefenholz (R) (1 ha)	30.09. Erntedatenerhebung bei: Kramer in Kiefenholz (R) (3 ha)
	16.10. Erntedatenerhebung bei: Schlachtbauer in Westenhäusen (ND) (1,4 ha)	30.09. Erntedatenerhebung bei: Haslbeck in Irl (R) (3,7 ha)	Beutl in Kiefenholz (R) (4 ha)
		01.10. Erntedatenerhebung bei: Haslbeck in Irl (R) (5,4 ha)	01.10. Erntedatenerhebung bei: Puchhof in Aholting (SR) (3 ha; 101 t)
		Böhm in Barbing (R) (0,2 ha)	02.10. Erntedatenerhebung bei: Puchhof in Aholting (SR) (7,5 ha; 223 t)

Durch den zusätzlichen Einsatz einer mobilen Achslastwaage konnte außerdem an zwei Terminen auch eine genaue Aufzeichnung der Erntemengenleistung durchgeführt werden.

Die eingesetzte mobile Achslastwaage wurde im dynamischen Wiegemodus betrieben, d. h. die Schlepper-Anhänger-Gespanne konnten gewogen werden, ohne dass angehalten werden musste (Abbildung 23 und 24).



Abbildung 23: Mobile Achslastwaage mit Überfahrrampe.

Die Überfahrt wurde mit 1 km/h durchgeführt. Dabei wurde jedes Gespann achsweise verwogen, jedoch ohne die eingestellten „Null-Achsen“ des Schleppers (Achse 1 und 2). Die gewerteten Messungen wurden anschließend automatisch zusammengezählt und angezeigt. Vor dem Wiegen der befüllten Anhänger wurden die zwei eingesetzten Gespanne mehrmals leer gewogen, um ein möglichst genaues Tara zu erlangen. Dieses ermittelte Tara-Gewicht wurde am Ende vom jeweiligen Gesamtgewicht des dazugehörigen Zuges abgezogen.

Von den vier Datenerhebungsterminen 2003 wurden zwei ausgewählt, welche unterschiedliche Schlagstruktur sowie unterschiedliche Verfahrensweisen hinsichtlich der Ernte- und Einlagerungslogistik aufwiesen. Auf dem Betrieb I wurden die Kartoffeln vom Feld mittels zweier Gespanne bestehend aus je einem Traktor mit 160 bzw. 180 PS und einem Muldenkipper mit 10 t Nutzlast abgefahren. Die Kartoffeln wurden zur Zwischenlagerung in ein ausgedientes Flachsilo auf der Hofstelle gekippt. Die Feld-Hof-Entfernung betrug 1,5 km. Als Puffer standen an einem Feldende zwei 2-Achs-Kipper mit je 16 t Gesamtgewicht und am anderen ein 3-Achs-LKW-Pritschenanhänger mit 22 t Nutzlast zur Verfügung.



Abbildung 24: Achslastwaage während der Überfahrt. Durch das dynamische Wiegen entstand kaum Zeitverlust.

Durch dieses Verfahren entstand bei der Abfuhr kein Engpass. Wie aus Tabelle 8 ersichtlich, waren die äußeren Rodebedingungen sehr günstig. Die Vorbeete sowie ein weiterer Teil des Schlages (insg. 2,3 ha) wurden bereits früher gerodet. Generell wurden ab Mitte August fast alle Vorbeete für die Frühlieferung gerodet, da zu dieser Zeit noch kein Zeitdruck herrschte.

Die Ergebnisse sind Durchschnittswerte von 9 bzw. 21 Messungen ($n = 9; 21$), welche mit einer Stoppuhr aufgenommen wurden. Die Entfernungen zwischen Hof und Feld wurden mit dem Auto abgefahren und mittels Tachometerstand ermittelt. Vorbeet- und Dammlänge wurden mit Hilfe eines Messrades erfasst. Die Hektarleistung und Fahrgeschwindigkeit konnten vom Bordcomputer des Roders abgelesen werden.

Auf dem Betrieb II erfolgte die Datenerhebung, wie sie bereits bei Betrieb I beschrieben wurde. Hier wurde außerdem das Gewicht mit Hilfe der mobilen Achslastwaage ermittelt. Der Kartoffelroder rodete bereits am Vortag auf einem Nachbarschlag, so dass die Maschine über Nacht nur auf die Hofstelle umgesetzt wurde (10 min. Fahrzeit). Nachdem die täglichen Wartungsarbeiten durchgeführt waren (55 min.), wurde der Roder auf den zu rodenden Schlag gefahren und rodebereit gemacht (2 min.). Auch auf dem Betrieb II wurden die Kartoffeln mit zwei Traktoren (130 und 150 PS) sowie mit zwei Kippern (18 t Nutzlast) abgefahren. Etwa bei der Hälfte der Anhänger wurde sogar während des Rodens auf den nebenherfahrenden Anhänger überladen. Durch die geringe Feld-Hof-Entfernung von 100 m reichte auch hier ein Fahrer für beide Gespanne aus. In Tabelle 9 sind die Rodebedingungen vom 2.10.2003 aufgeführt.

Tabelle 8: Rodebedingungen am 29.09.2003 bei Betrieb I

Wetter	Sonne-Wolken-Mix
Kartoffelsorte	Kuras
Bodenzustand	trocken
Bodenart	sandiger Lehm
Dammlänge	240 m/ 4,7 ha Schlag
Vorgewende	18 m mit je 24 Reihen
Feld-Hof-Entfernung	1,5 km

Tabelle 9: Rodebedingungen am 02.10.2003 bei Betrieb II

Wetter	bewölkt/regnerisch
Kartoffelsorte	Sibu
Bodenzustand	trocken
Bodenart	lehmiger Sand
Dammlänge	430 m/ 11 ha Schlag
Vorgewende	24 m mit je 32 Reihen
Feld-Hof-Entfernung	100 m

5.1.2 Ergebnisse zu Flächenleistung und Arbeitszeitaufwand

Betrieb I

Nach Beendigung des Rodens auf Betrieb I konnte mit der Anzahl der Hänger, der Bunkerinhalte sowie der erfassten Zeit, die Ernteleistung errechnet werden. In Tab. 10 sind die relevanten Zeitmessungen dargestellt.

Auf dem 4,7 Hektar großen Schlag waren nur noch 2,4 ha zu roden, da bereits an einem früheren Termin 2,3 ha gerodet wurden.

Tabelle 10: Vorgenommene Zeitmessungen bei Betrieb I (n = 9).

	Mittelwert	Minimum	Maximum
Zeit für eine Bunkerfüllung	27 min.	10 min.	47 min.
Entleeren + Wenden	4,6 min.	3 min.	7 min.
nur Wenden	37 sec.	27 sec.	53 sec.
Fahrgeschwindigkeit	3,4 km/h	3,1 km/h	3,8 km/h
1 Bunker = 2 Schlaglängen			

Die Aufteilung der gesamten Feldarbeitszeit sowie der Rodezeit wird in Abbildung 25 ersichtlich. Neben den einzelnen Rodetätigkeiten wie Rüstzeit, Umsetzfahrten usw. wurde auch die Gesamtrodezeit aufgeteilt. Die Gesamtrodezeit mit 63 % teilt sich in 2 % Wendezeit, 10 % Abbunkerzeit und 51 % reine Rodezeit auf. Dies verdeutlicht, dass zum Abbunkern ein nicht unerheblicher Anteil der Rodezeit verloren geht.

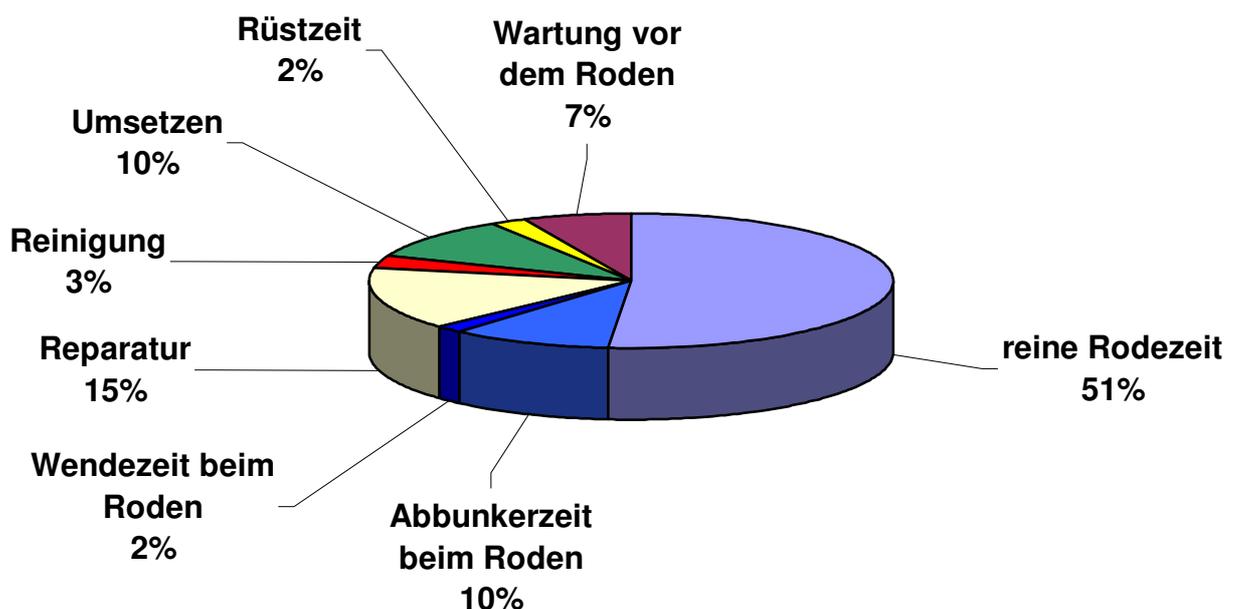


Abbildung 25: Aufteilung der Feldarbeitszeiten und Rodezeiten bei Betrieb I

Trotz der guten Rodebedingungen erreichte der Kartoffelroder auf diesem Schlag nur eine geringe Rodeleistung (Rodezeit incl. Standzeiten) von 0,46 ha/h (Tabelle 11).

Tabelle 11: Erfasste Ernteleistung für die gerodete Fläche von 2,4 ha von Betrieb I

	n. 1. Bunker	n. 9. Bunker
Rodezeit	15 min.	5 h 23 min.
Anzahl der Bunker	1	9
Hektarzähler Holmer	0,10 ha	2,42 ha
Hektarleistung/h	0,40 ha/h	0,45 ha/h

Dies lag vor allem daran, dass der angebaute Konturkrautschläger mit dem abgestorbenen Kraut der Sorte Kuras nicht gut zurecht kam. Auf Grund der letztjährigen Witterung war das Kartoffelkraut trotz chemischer Abschluss-spritzung sehr zäh. Seine Beschaffenheit ähnelte sehr stark der von Flachs. Es ließ sich kaum von den Scheibensechen durchschneiden. Bei Rodegeschwindigkeiten über 3,5 km/h traten im Bereich der Scheibenseche vermehrt Verstopfungen auf, die nur per Hand behoben werden konnten. Dies verursachte längere Standzeiten, die sich in der niedrigeren Flächenleistung bei den Anhängern 1, 3, 4 und 8 widerspiegelten (siehe Abbildung 26). Bei Anhänger 5 entstand außerdem eine längere Pause, da eine verbesserte Software von den Werksmonteuren installiert werden musste. Bei Anhänger 6 und 7 konnte durch Überladen während der Fahrt sowie durch verstopfungsfreies Roden die Leistung deutlich gesteigert werden.

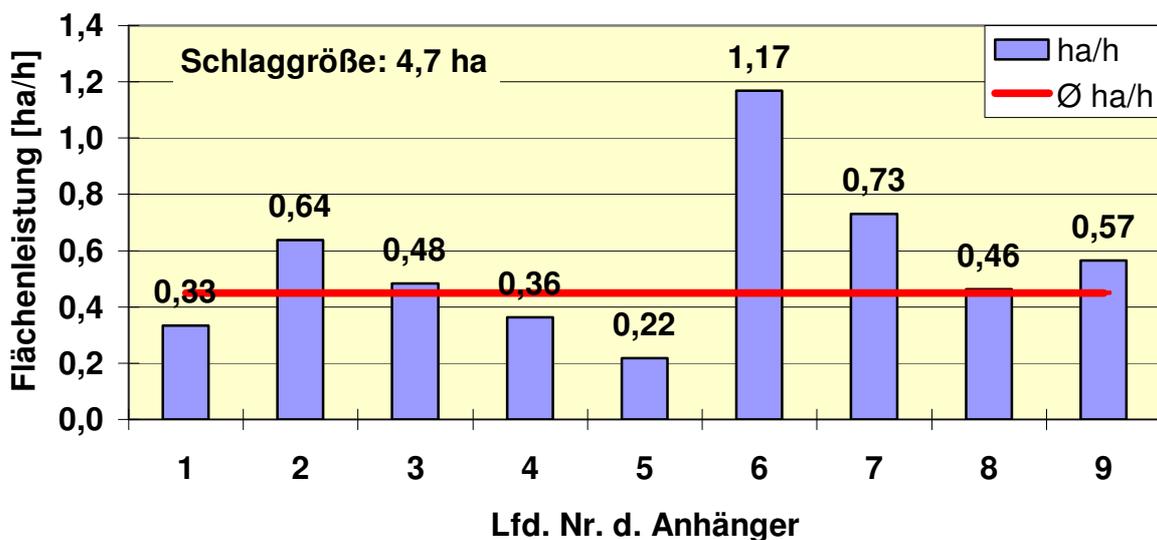


Abbildung 26: Die durchschnittliche Rodeleistung auf Betrieb I

Durch die gegebene Situation konnte keine höhere Leistung erzielt werden. Die Kartoffeln wurden sehr sauber gerodet, so dass das Erntegut fast frei von Beimengungen war. Die Kartoffeln konnte ohne Verzögerung durch einen Fahrer mit zwei Schlepper+Muldenkipper-Gespansen abgefahren werden. Zeitweise reichte sogar ein Gespann aus, die 1,5 km Feld-Hof-Entfernung zu überbrücken, da die Kartoffeln lediglich auf die Betonplatte des ausgedienten Fahrsilos gekippt wurden. Der Landwirt fuhr zwei mal neben dem Roder her, um während des Rodens überladen zu lassen. Durchschnittlich dauerte es fast 36 Minuten bis ein Anhänger gefüllt war. Die als Puffer bereitgestellten Anhänger mussten nicht genutzt werden, wurden jedoch trotzdem gefüllt, da die Kartoffeln auf Grund ihrer geringen Beimengungen direkt nach Sünching zur Stärkefabrik geliefert werden konnten.

Betrieb II

Auf Grund der idealen Rodebedingungen erreichte der Kartoffelroder eine durchschnittliche Ernteleistung von 1,2 ha/h (Tabelle 12).

Tabelle 12: Vorgenommene Zeitmessung bei Betrieb II (n = 21)

	Mittelwert	Minimum	Maximum
Zeit für eine Bunkerfüllung	17 min.	10 min.	37 min.
Entleeren + Wenden	4,5 min.	2 min.	5 min.
nur Wenden	28,5 sec.	24 sec.	43 sec.
Fahrgeschwindigkeit	5 km/h	4,6 km/h	5,2 km/h
1 Bunker = 2 Schlaglängen			

Die hohe Rodeleistung ist vor allem durch die Rodegeschwindigkeit von durchschnittlich 5 km/h erreicht worden. Im Rodezeitraum von 6,5 Stunden wurden 21 Anhänger à 18 t gefüllt und gewogen und die Daten von 7,4 ha gerodeter Fläche aufgezeichnet. Obwohl der Flächenertrag mit durchschnittlich 28 t/ha als gering eingestuft werden kann, wurden durchschnittlich 34 t/h geerntet. Diese Menge bereitete auf Grund der geringen Feld-Hof-Entfernung von 100 m mit den zwei Gespannen sowie nur einem Fahrer keine Probleme. Engpass war hier die Einlagerungstechnik.

Trotz einer leistungsfähigen Einlagerungsanlage, mit Sturzbunker (Leistungsbereich bis 60 t/h) sowie automatischem Teleskopband, konnten Erntemengen von bis zu 60 t/h nicht verarbeitet werden, so dass hier mehrmals Engpässe auftraten, wodurch der Kartoffelroder warten musste, bis er abbunkern konnte. Der starke Leistungseinbruch bei Anhänger 9 wurde durch einen Metallfremdkörper verursacht, der eine Antriebswalze blockierte. Das Entfernen dieses Fremdkörpers verursachte eine ca. 15minütige Rodepause.

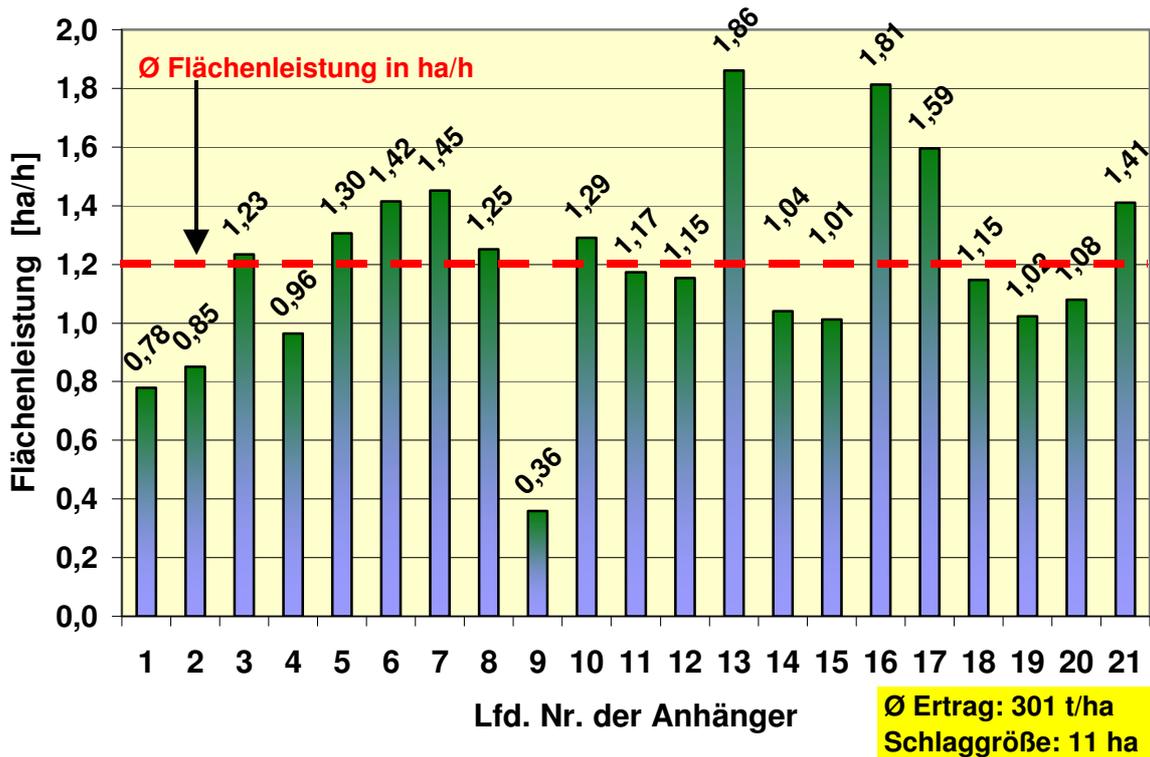


Abbildung 27: Flächenleistung auf die abgefahrenen Anhänger bezogen

Außerdem wurde festgestellt, dass sich die Rodeleistung durch Überladen der Kartoffeln auf ein nebenherfahrendes Traktor-Anhänger-Gespänn während des Rodens, deutlich verbessern lässt, da das An- und Abfahren zum Anhänger, sowie die Zeit zum Entleeren des Bunkers eingespart werden kann (insg. Ø 3,5 min.). In dieser Zeit konnte der Roder bei durchschnittlich 5 km/h ca. 250 m Dammlänge zurücklegen. Das Erntegut war fast frei von Beimengungen, da sich der Boden sehr gut absieben ließ und das Kartoffelkraut sich leicht von den Knollen löste.

Die Aufteilung der Feldarbeitszeiten stellte sich, in Abbildung 28 dargestellt, zu Gunsten der Rodezeit besser dar wie bei Betrieb I. Es gab vor allem eine deutliche Verschiebung der Umsetzzeit, da der Roder bereits in der Nähe des Feldes war. Auch die Reparaturzeit war mit nur 4 % Anteil gegenüber beim ersten Betrieb mit 15 % deutlich günstiger. Durch das achtmalige Abbunkern während der Fahrt, betrug der Abbunkeranteil nur noch 7 % der Gesamtfeldarbeitszeit. Die reine Rodezeit betrug hingegen 66 %.

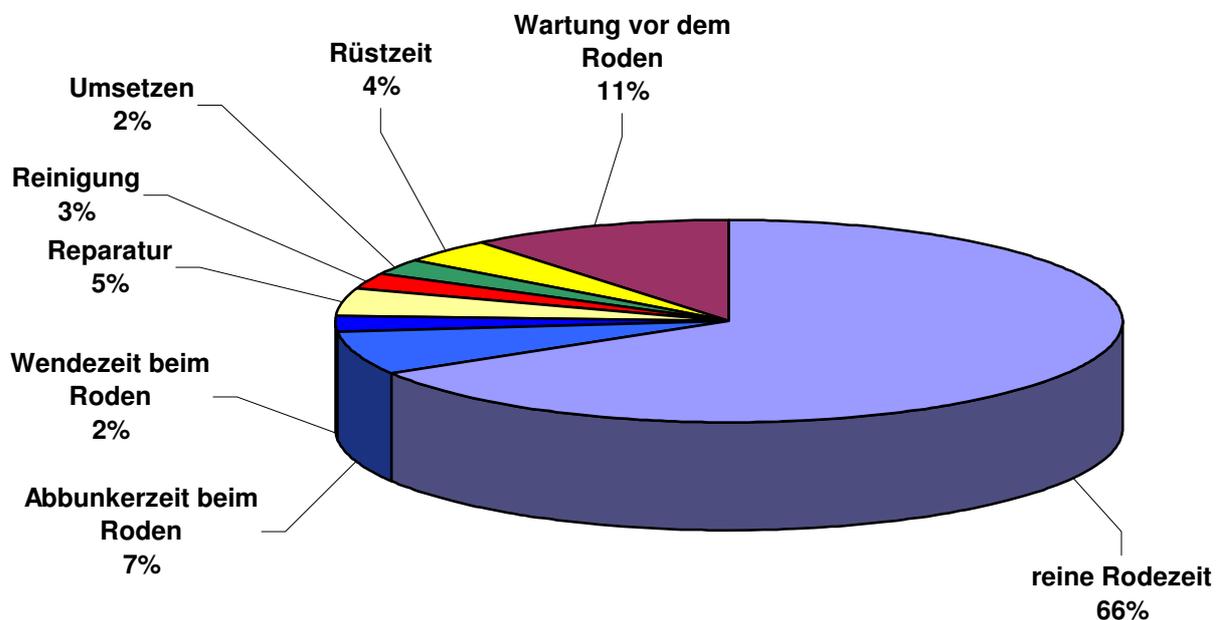


Abbildung 28: Aufteilung der Feldarbeitszeiten bei Betrieb II

Die Entwicklung der Ernteleistung von der ersten bis zur letzten Bunkerfüllung ist in Tab. 13 dargestellt. Es wurden die entsprechenden Daten nach dem ersten und dem letzten Bunker gegenübergestellt und hochgerechnet. Hierbei wurde festgestellt, dass sich die Durchsatzleistung von der ersten bis zur letzten Bunkerfüllung um kapp 50 % steigerte. Die Flächenleistung erhöhte sich sogar um 60 %.

Tabelle 13: Erfasste Ernteleistung für die gerodete Fläche von 7,4 ha von Betrieb II

	1. Bunker entleert	21. Bunker entleert
Rodezeit	24 min.	6 h 37 min.
Anzahl der Bunker	1	21
Hektarzähler Holmer	0,30 ha	7,50 ha
Menge an Kartoffeln	9,06 t	222,82 t
Rodeleistung in t/h	22,7 t/h	33,7 t/h
Hekarleistung/h	0,75 ha/h	1,20 ha/h

5.1.3 Ergebnisse bei der Abfuhr- und Einlagerungslogistik

In der Saison 2003 gab es beim Einsatz des selbstfahrenden vierreihigen Kartoffelrodgers Terra Melix bei der Rodegemeinschaft „Donautal“ Engpässe bei der Einlagerung der Kartoffeln. Nach Angaben des Einsatzleiters erreichte der Roder über die gesamte Erntesaison 2003 eine Leistung von durchschnittlich 0,75 ha/h. Sie konnte somit gegenüber 2002 (\varnothing 0,5 ha/h) deutlich gesteigert werden. Aus den in 5.1 erhaltenen Daten konnten für das vierreihige Verfahren die nachfolgenden Ergebnisse für die Abfuhr- und Einlagerungslogistik abgeleitet werden.



Abbildung 29: Abbunkern während des Rodens

In den meisten Fällen reichten bis zu drei Anhänger mit 16 t Nutzlast sowie ein vierter Anhänger als Puffer für die durchschnittliche Feld-Hof-Entfernung von 0,9 km aus. Ein Anhänger mit Schlepper stand beim Abladen im Hof, einer war zwischen Hof und Feld unterwegs und zwei standen am Feld, wobei einer als Puffer diente. Von Vorteil erwies sich der Einsatz von zwei ausreichend motorisierten Schleppern mit einem Fahrer, da dadurch nur am Feld und nicht auch am Hof umgehängt werden musste. In Abbildung 30 ist der Effekt des Überladens dargestellt. Bei den ersten zehn Anhängern wurde in einem Anhänger, der am Feldrand bereitgestellt wurde abgebunkert.

Bei den Anhängern 11 bis 31 wurde insgesamt acht mal während des Rodens überladen. Obwohl dies nur 40 % der abgefahrenen Anhänger entsprach, konnte die Rodeleistung um durchschnittlich 8 t/h gesteigert werden. Dies entsprach einer Durchsatzsteigerung von 30 %. Das Überladen während der Fahrt spiegelt sich in Spitzendurchsätzen von 40 – 60 t/h wider. Die sehr niedrige Ernteleistung bei Anhänger 20 ist durch eine 20minütige Standzeit des Roders zu erklären. Verursacht wurde diese durch die Aufnahme eines alten Siebstabes, der eine Antriebswalze blockierte und entfernt werden musste.

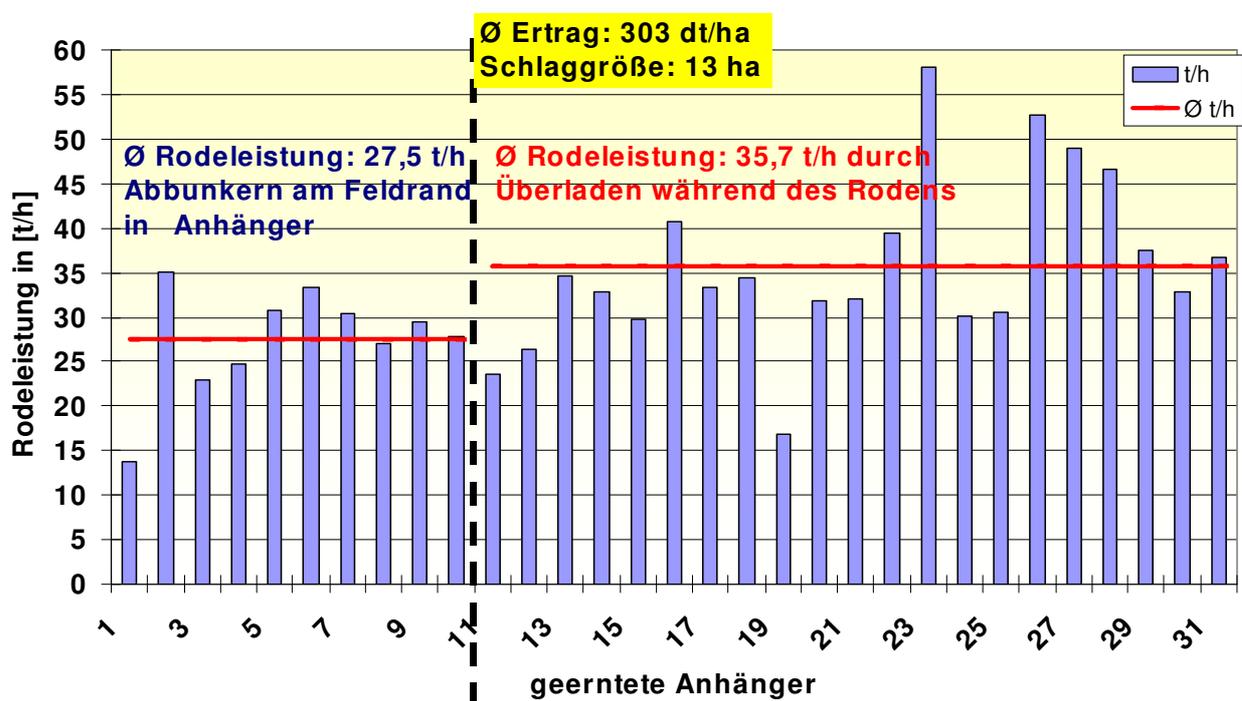


Abbildung 30: Gegenüberstellung der Rodeleistung mit und ohne Überladen während des Rodens

5.1.4 Diskussion der Ergebnisse zur Rodeleistung

Bereits 2001 konnte bei Messungen beim Einsatz eines selbstfahrenden zweireihigen Bunkerrodgers der Firma Grimme zur Flächenleistung auch die Durchsatzleistung in t/h gemessen werden. Hier wurde jeweils am Feldrand abgebunkert wodurch die Ergebnisse mit denen von 2003 verglichen werden können. In Tabelle 31 und 32 sind beide Ergebnisse dargestellt.

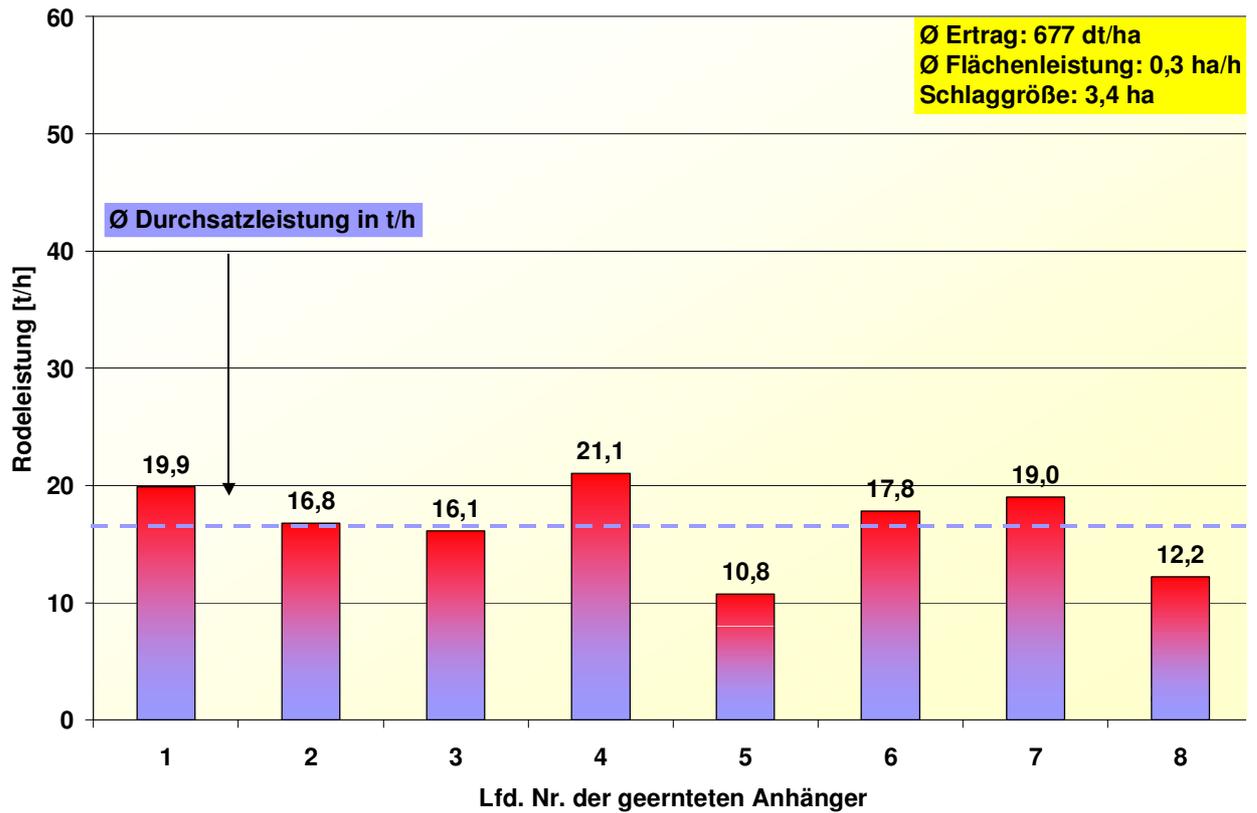


Abbildung 31: Durchschnittsleistung des 2-reihigen Selbstfahrers bei der Rodegemeinschaft „Karo“ in Neuburg an der Donau

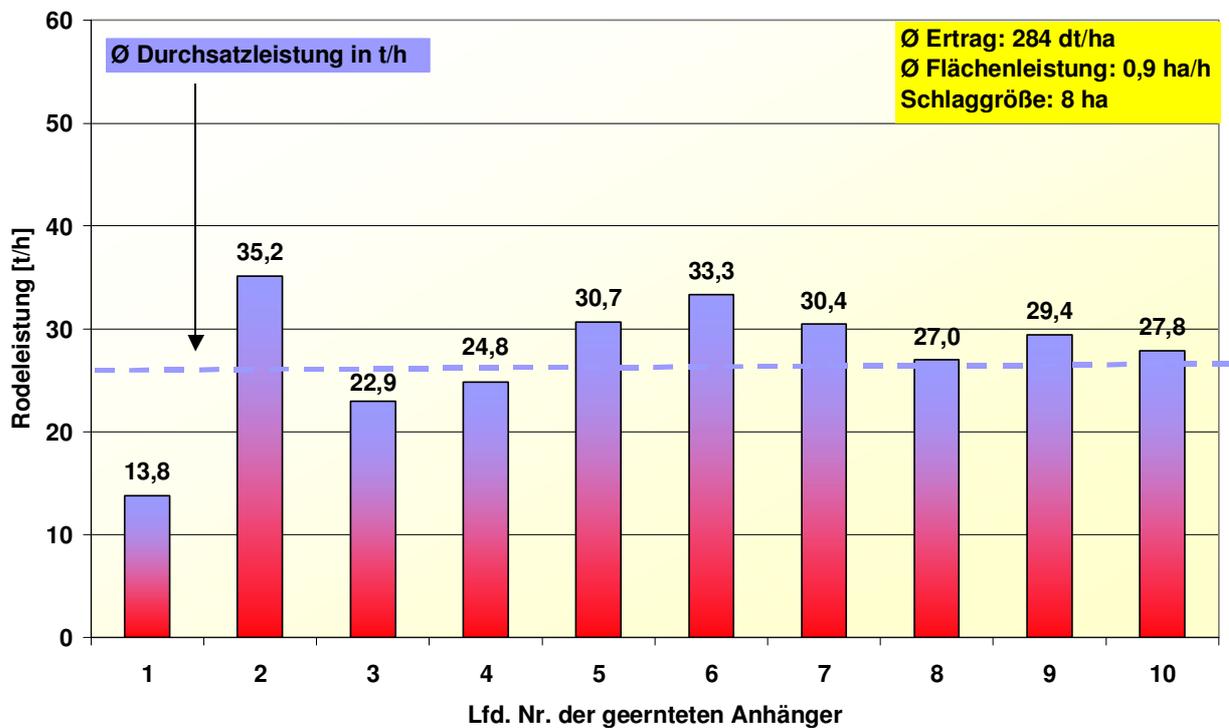


Abbildung 32: Durchschnittsleistung des 4-reihigen Selbstfahrers bei der Rodegemeinschaft „Donautal“ in der Nähe von Regensburg

Trotz der dreifach höheren Flächenleistung des vierreihigen Verfahrens gegenüber dem zweireihigen, beträgt der Unterschied bei der Durchsatzleistung nur 65 %. Dies liegt vor allem an dem wesentlich höheren Ertrag, auf der Neuburger Fläche. Der Ertrag lag hier um das 2,4fache über dem von der Regensburger Fläche.

Der Vergleich der Rodestruktur und der Ernteleistung aus den erfassten Daten von 2002 und 2003 der Regensburger Rodegemeinschaft ist in Abbildung 33 dargestellt. Dieser zeigt dass 2003 eine günstigere Rodestruktur erfasst wurde, die außerdem die Rodeleistung positiv beeinflusste. Hierfür waren vor allem die Vorgewendebreite und die Schlaggrößen ausschlaggebend. Weitere wichtige Aspekte sind die deutlich höhere Rodegeschwindigkeit sowie der niedrigere Zeitbedarf zum Abbunkern der Kartoffeln, da vereinzelt während des Rodens übergeladen wurde. Die verringerte Feld-Hof-Entfernung erhöhte die Abfuhrleistung der Betriebe, wodurch 2003 trotz der höheren Ernteleistung noch keine größeren Engpässe entstanden sind. Die durchschnittlichen Umsetzkilometer waren 2003 etwas höher, wodurch sich folglich auch die durchschnittliche Umsetzzeit erhöhte.

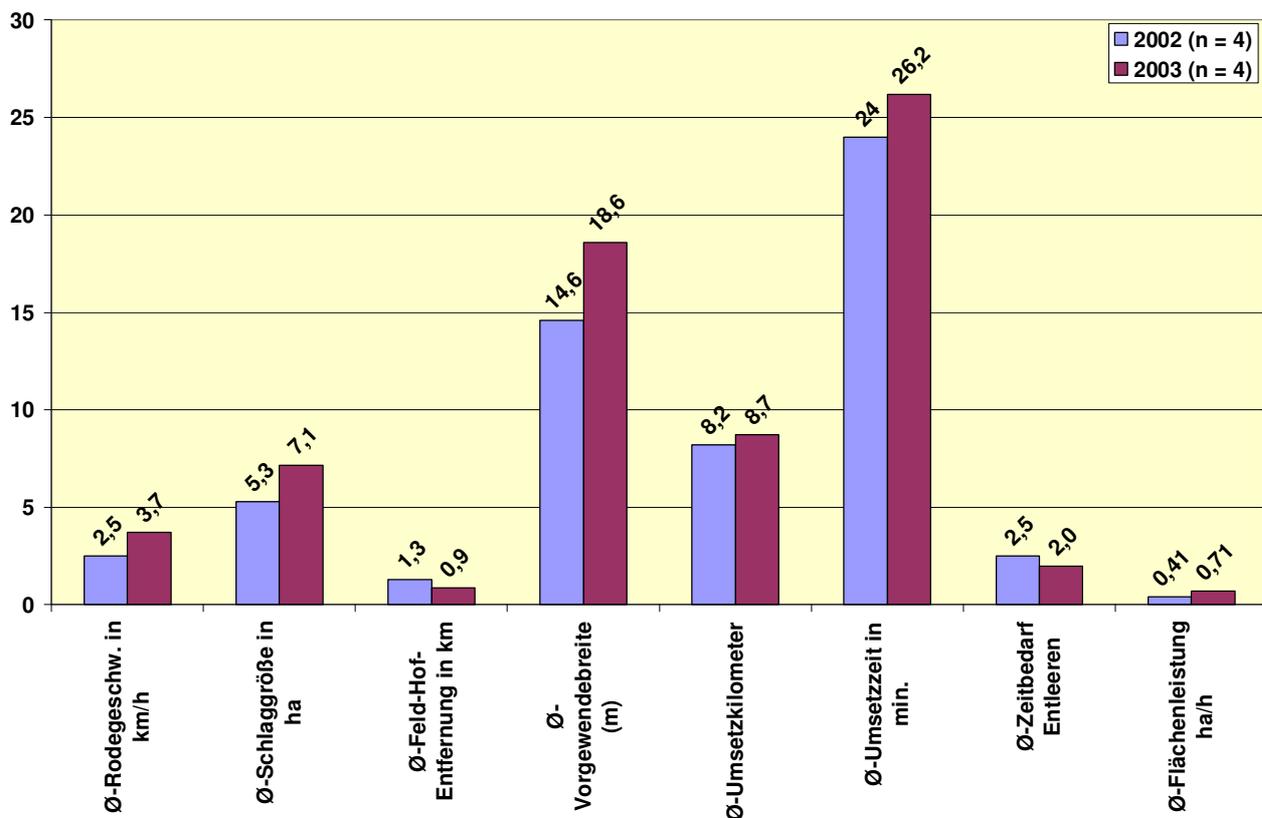


Abbildung 33: Vergleich der aus den Datenerhebungstagen erlangten Rodestrukturdaten in Hinblick auf Transport- und Einlagerungsleistung

Die in Abbildung 33 dargestellten Durchschnittswerte setzen sich aus den Aufzeichnungen der zufällig begleiteten Erhebungstage von 2002 und 2003 zusammen. Somit können diese Werte nicht als absolute Ergebnisse verwendet werden. Sie zeigen jedoch eine Tendenz in Richtung höheren Flächenleistung auf. Daraus folgt, dass auch die Transport- und Einlagerungstechnik angepasst werden muss.

Trotz der überbetrieblichen Ernte hat die Hälfte der Betriebe zusätzlich noch ihre alte Erntetechnik in Reserve. Nur bei den Mitgliedern, die keine Erntetechnik hatten bzw. die alte Technik ersetzt werden musste, sind keine eigenen Erntemaschinen vorhanden. Eine deutliche Verringerung von Erntetagen ist für viele Betriebe der größte Nutzen, da für wenige Erntetage leichter Fremdarbeitskräfte gefunden werden.

Festgestellt wurde, dass beim selbstfahrenden Kartoffelroder vor allem grünes Kartoffelkraut Probleme bereitet, da dieses nicht sauber abgetrennt werden kann und dadurch zu Verstopfungen der ersten Krautzupfwalze führt. Dieses Problem konnte noch nicht optimal gelöst werden. Bei abgestorbenem Kraut traten diesbezüglich keine Störungen auf. Des Weiteren konnten nicht immer die geplanten Direktabfahren vom Feld zur Stärkefabrik eingehalten werden. Dies lag an der noch nicht zufriedenstellend funktionierenden Steinabtrennung, was zu hohen Schmutzabzügen geführt hätte. Um keine zu hohen Abzüge bei der Stärkefabrik zu erhalten, wurde ein Großteil des Erntegutes zuvor noch über den Sturzbunker ein- und wieder ausgelagert.

5.2 Anforderungen an die Abfuhr- und die Einlagerungslogistik

Bei einer hohen Rodeleistung muss auch die Abfuhr- und Einlagerungslogistik darauf abgestimmt sein, da sonst Engpässe entstehen, die die Roderleistung schmälern.

Bei den beobachteten Abfuhrorganisationen bewährten sich vor allem bei sehr kurzen Feld-Hof-Entfernungen zwei Schlepper+Muldenkipper-Gespanne, die nicht getrennt werden müssen. Verfügt der Betrieb über große Kartoffelschläge (> 5 ha, > 250 m Dammlänge) sowie über eine leistungsfähige Einlagerungstechnik und Transportfahrzeuge, die zum Befahren des Ackers geeignet sind, spricht nichts gegen ein Überladen des Erntegutes während des Rodens. Hierfür eignen sich vor allem Muldenkipper mit einem Fassungsvermögen von 8 bis 10 Tonnen und großvolumiger Terrareifen bei niedrigem Reifeninnendruck (Abbildung 34). Diese sind auf Grund ihrer flachen Bauweise einfacher durch das „Schwanenhals-Entladeband“ zu befüllen. Durch die damit eingesparte An-, Abbunker- und Abfahrzeit lässt sich die Flächenleistung zusätzlich steigern.



Abbildung 34: Muldenkipper mit einer Nutzlast von 16 t beim Rückwärtskippen in einen Sturzbunker

Neben einem Fahrer müssen mindestens zwei weitere Arbeitskräfte das Abladen und das Einlagern unterstützen und kontrollieren. Stehen weitere Arbeitskräfte zur Verfügung, werden diese zum Aussortieren an den Förderbändern eingesetzt. Der Schwerpunkt der Erntearbeit verlagert sich von der Ernte auf den Transport und das Einlagern, wodurch auch dort ein größerer technischer Aufwand betrieben werden muss. Anhänger mit Gesamtgewichten von 16 bzw 18 t und Nutzlasten von 12 bzw. 14 Tonnen (Abbildung 35) sowie Sturzbunker (Abbildung 36 und 37) sind bei der Feldrandübergabe der Kartoffeln als Standard anzusehen. Auch die Hallengröße wird für ein reibungsloses Einlagern der Kartoffeln immer entscheidender. Je seltener die Förderbänder während eines Erntetages umgestellt werden müssen bzw. eine Position ausreicht, um für einen längeren Zeitraum die Halle mit automatischen Boxenfüllern (Abbildung 37) zu befüllen, desto geringer sind die Störungen und Unterbrechungen während eines Erntetages.



Abbildung 35: 2-Achsskipper mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 16 t



Abbildung 36: Sturzbunker zur Einlagerung von Kartoffeln (Leistung: 60 t/h)



Abbildung 37: Links Sturzbunker mit Sortier- und Reinigungseinheit. Rechts automatischer Boxenfüller in der Kartoffelhalle.

Betriebe, die nicht über eine ausreichende Einlagerungskapazität verfügen, behelfen sich mit kurzfristigem Zwischenlagern von Kartoffeln auf befestigten Flächen am Hof. Hierzu werden ausgediente Fahrsilos bzw. große Betonflächen genutzt, wo die Kartoffeln schnell abgeladen und relativ einfach und sauber wieder aufgenommen werden können. Die Menge an Kartoffeln, die die Einlagerungskapazität übersteigt wird bei trockener Witterung dort abgekippt und je nach Wetterlage und Lagerdauer mit Vlies abgedeckt. Arbeitet der Roder am nächsten Betrieb, kann der Landwirt die Kartoffeln sukzessiv einlagern. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, direkt am Feldrand eine Kartoffelmiete ähnlich wie bei der Zuckerrübenenernte, anzulegen. Diese wird mit Vlies zweifach abgedeckt und eignet sich sogar zur mittelfristigen Lagerung bis zu zwei Monaten selbst bei Nachtfrösten bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5]. Diese Notlösungen sind jedoch nur für Stärkekartoffeln anwendbar, da Speise- und Pflanzkartoffeln sensibler behandelt werden müssen.

5.3 Anforderungen und Voraussetzungen an die Flächenstruktur eines Rodegebietes

Die Kartoffelschläge sollten entsprechend den Erfahrungen des Einsatzleiters vom Kartoffelroder größer als 3 ha sein und eine rechteckige Form mit Dammlängen > 250 m haben. Ab dieser Größe wird ein schlagkräftiges Roden möglich, da die Anteile für Rüstzeiten und Umsetzzeiten zurückgehen. Aus dem gleichen Grund sollte die Anzahl der Teilflächen begrenzt sein. Bei einer Vorbeetbreite von je 20 Metern kann der Roder ohne rangieren in einem Zug wenden, wodurch sich die Wendezeiten auf das Nötigste beschränken. Des Weiteren sollte das Rodegebiet möglichst zusammenhängend sein und kurze Wegstrecken aufweisen, da der Roder nur eine maximale Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h erreicht und durch seine Abmessungen sich möglichst wenig auf den öffentlichen Straßen, mit den daraus resultierenden Problemen, bewegen soll. Durch das Anpflanzen von Kartoffelsorten mit verschiedenen Reifestadien können die Erntetermine entzerrt und flexibler gehalten werden.

Vor allem zu Beginn der Erntesaison (Ende August – Anfang September) stehen freie Kapazitäten zur Verfügung, die besser genutzt werden müssen. Durch Absprachen zwischen den Mitgliedern der Rodegemeinschaft könnte dieses Potenzial genutzt werden. Längere Umsetzfahrten müssen nach Möglichkeit auf die Nachtstunden gelegt werden, um den Tag zum Roden zu nutzen. Es ist von Vorteil, wenn das Rodepensum von 9 ha/Tag (< 3 Teilflächen) innerhalb einer Gemarkung erreicht werden kann.

5.4 Auswirkungen des Selbstfahrers auf Bodenverdichtungen

Diskussionen über schädigende Bodenverdichtungen haben Großmaschinen in die Kritik geraten lassen. Gerade Großmaschinen, die neu auf den Markt kommen, werden schnell verurteilt, da keine Daten, Erfahrungen und Messungen über Bodenschädigungen vorliegen. Grundsätzlich sind Verdichtungen im Bearbeitungsbereich, sprich in der Ackerkrume, als unbedenklich anzusehen, da diese im Zuge der Bodenbearbeitung wieder behoben werden können. Größere Gefahren bergen Verdichtungen im Unterboden, welche kaum bzw. nur sehr schwer zu beseitigen sind.

Einflussfaktoren auf die Bodenverdichtung [6] sind:

- Bodenfeuchte
- Bodenart: Steinanteil, Tongehalt usw.
- Lockerheit des Bodens zur Zeit des Befahrens
- Reifeninnendruck
- Reifenkontaktfläche
- Gesamtgewicht der Maschine
- Achslasten
- Anzahl der Überrollungen.
- Stabilität des Bodens.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz der Landesanstalt für Landwirtschaft wurden 2002 und 2003 Messungen hinsichtlich Unterbodenverdichtung beim Einsatz des Selbstfahrers durchgeführt, um erste Erkenntnisse über das Verdichtungsverhalten des Roders im Unterboden zu erhalten.

Als Messverfahren wurde die Stechzylindermethode gewählt, da diese Methode bereits bei Untersuchungen zur Belastung von Böden beim Überfahren mit schweren Zuckerrübenrodern und Güllefässern über einen längeren Zeitraum angewandt wurde. Hierdurch können eventuell Rückschlüsse auch auf die Ergebnisse der Kartoffelernte gezogen werden, da die beiden Roder in etwa vergleichbar sind.

5.4.1 Methodik der Stechzylindermessung

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich wurde am 13. Oktober 2003 nachmittags auf einem Kartoffelschlag eines Betriebes in Vierhöfen bei Wallersdorf ein Probenraster angelegt.

Tabelle 14: Erhebungstage zur Bodendruckuntersuchung 2002 und 2003

	2002	2003
Boden- druckmes- sungen	12.09. Stechzylinderprobennahme vor der Überfahrt bei Aholting (SR)	13.10. Stechzylinderprobennahme vor der Überfahrt Wallersdorf (DEG)
	16.09. Stechzylinderprobennahme nach der Überfahrt Aholting (SR)	14.10. Stechzylinderprobennahme nach der Überfahrt Wallersdorf (DEG)

Die Probenentnahme vor und nach dem Roden wurde zwischen den Dämmen (siehe Abbildung 38 und 40) vorgenommen. Dazu wurden mit Spaten und Schaufel Löcher von ca. 50 cm Tiefe gegraben. Im zweiten Arbeitsschritt wurde im Loch stehend im noch unberührten Boden von oben an der Kante des Loches solange vorsichtig mit einer Spachtel der Boden abgetragen, bis der gewünschte Horizont freigelegt war.

Wie Anfangs erwähnt wurde die Stechzylinderprobe (3 Stück je Loch) unterhalb der Pflugsohle genommen, also dort wo keine erneute mechanische Bodenlockerung mehr stattfinden kann.

Die Entnahmetiefe betrug 40 cm. Um bei der zweiten Probennahme (nach dem Roden) die gleiche Entnahmetiefe zu erzielen, musste vor der Überfahrt die Entnahmetiefe wegen der durch das Roden entstehenden Einebnung der Dämme verringert werden. Im Mittel konnten hier 2 cm Bodenaufschüttung durch das Roden (auf den Boden durch die beiden Siebketten abgesiebte Erde, die durch die beiden Hinterachsen wieder überfahren wird) gemessen werden. Somit wurden die Stechzylinder bei 38 cm mit dem Hammer eingeschlagen (Abbildung 39).



Abbildung 38: Löcher zwischen den Kartoffelfeldämmen zur Stechzylindermessung



Abbildung 39: Einschlagen der Stechzylinder

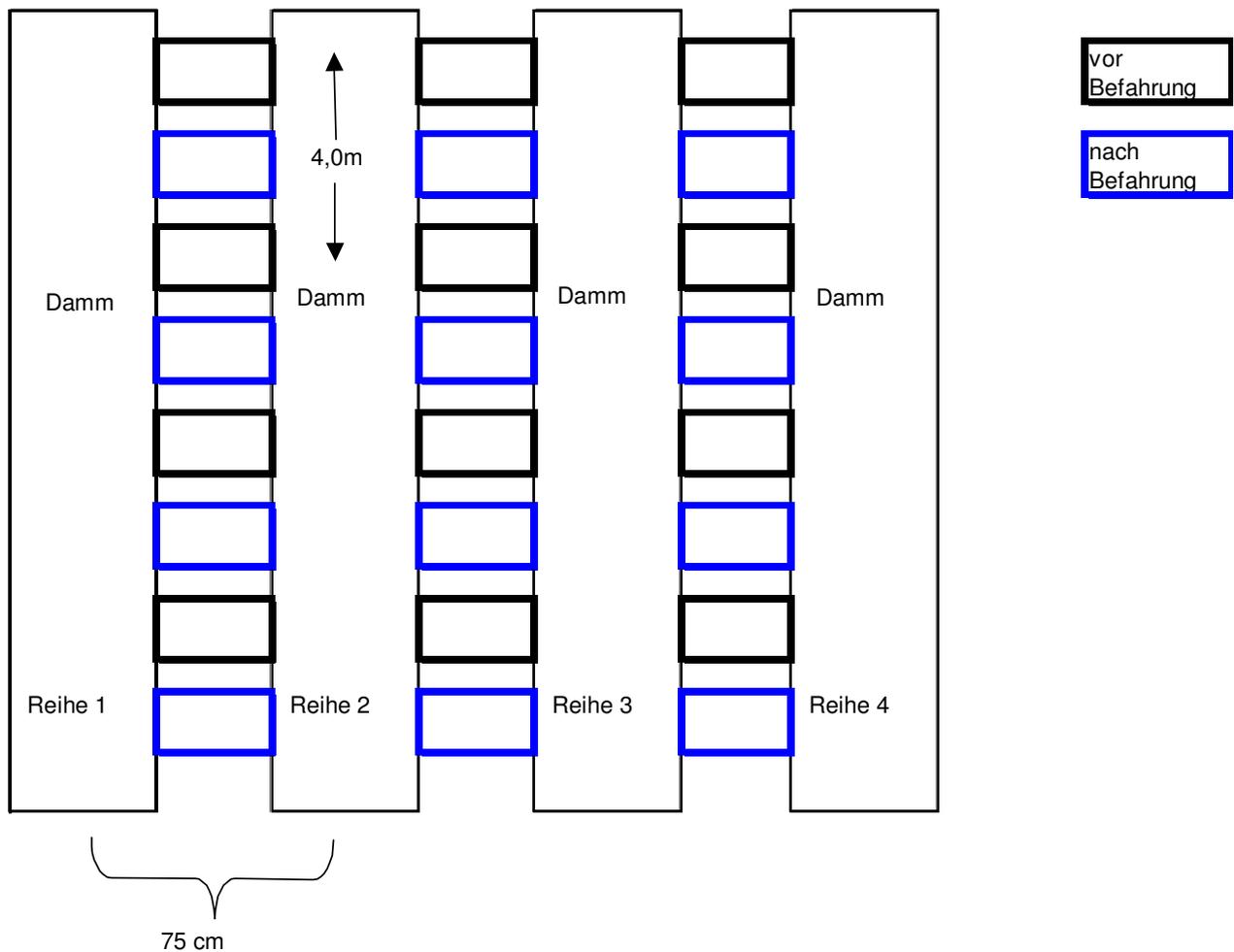


Abbildung 40: Schema der Probepunkte vor und nach der Befahrung durch den Roder

Zusätzlich wurden aus dieser Schicht Proben mit Material zur Texturbestimmung entnommen.

Im Labor wurden neben der Bodenart die für die Verdichtung bzw. für den Zustand des Bodens relevanten Kenngrößen ermittelt. Dazu zählen Porenvolumen, Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität usw. Im Anschluss wurden die 12 Löcher wieder verfüllt und zur Markierung mit Fluchtstäben außerhalb (des bereits Gerodeten) zum Einmessen markiert. Zusätzlich wurden zur Sicherheit im ersten und im letzten Loch Magnete eingegraben.

Die Überfahrt des Roders erfolgte am Abend desselben Tages. Zum Zeitpunkt des Befahrens war der Bunker etwa zu 3/4 (entspricht ca. 13 t) befüllt und der Roder fuhr zwischen 1,1 und 1,5 km/h. Die Reifeninnendrucke der einzelnen Roderreifen sind in der Abbildung 41 dargestellt. Hierbei konnten keine gravierenden Schwankungen der Reifendrucke innerhalb der Achsen festgestellt werden. Verständlicherweise sind die Reifeninnendrucke der Vorderachse wesentlich höher als die von den Hinterachsen. Dies liegt daran, dass die Vorderachse ein höheres Gewicht, verursacht durch das Rodeorgan, zu tragen hat.

Am Vormittag des nächsten Tages erfolgte die Probenahme nach der Überfahrt.

Die 12 Löcher für diese Probenahme wurden im selben Raster, allerdings um 2 m in der Fahrspur versetzt, gegraben (Abbildung 40). So wurde gewährleistet, dass nicht dieselben Stellen vor der Überfahrt beprobt wurden. Zur Sicherheit und Orientierung wurde zusätzlich der erste im Boden vergrabene Magnet im abgerodeten Feld gesucht. Die Probenahmetiefe wurde diesmal exakt auf 40 cm festgelegt.

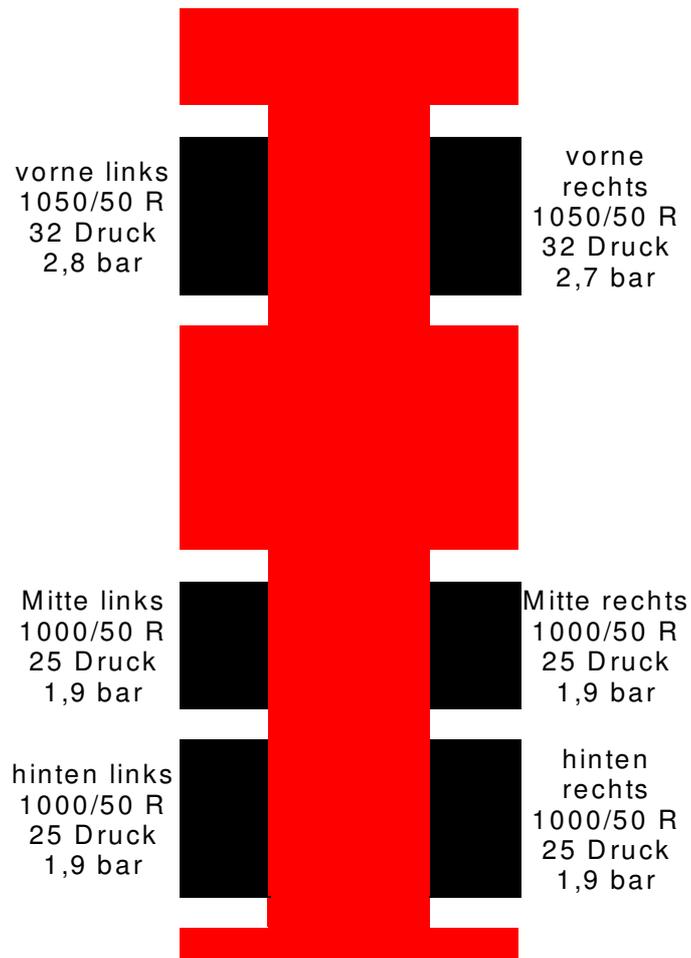


Abbildung 41: Bereifung und deren Innendrucke des Roders bei der Überfahrt der Messparzelle

5.4.2 Stechzylinder Messergebnisse

Nach Analyse und Auswertung der Bodenproben durch die Mitarbeiter des Institutes für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (IAB) 1b, wurden folgende Ergebnisse (Tabelle 15) ermittelt:

Die Werte sind arithmetische Mittelwerte aus 12 Stechringen (Ausnahme: die pneumatische Leitfähigkeit (PL-Wert) wurde hier als geometrisches Mittel angegeben).

Tabelle 15: Ergebnisse aus der Bodendruckuntersuchung mit Stechzylinder 2003

Probenahme	Tiefe	Bodenart	Ton Gew. %	Schluff Gew. %	Sand Gew. %	TRD g/cm ³	PV Vol. %	LK Vol. %	FK Vol. %	nFK Vol. %	TW Vol. %	PL cm/s
vorher 13.10.03 Weißlehm	40-45	Ut4	24,3	71,1	4,6	1,55	41	8	33	10	23	0,95
nachher 14.10.03 Weißlehm	40-45	Ut4	24,8	71	4,1	1,61	39	4	35	10	25	0,27
vorher 13.10.03 Rotlehm	40-45	Tu4	30	66,6	3,1	1,52	43	6	36	9	27	1,04
nachher 14.10.03 Rotlehm	40-45	Tu4	30,4	66	3,5	1,6	40	3	36	7	29	0,13

Bei der Bestimmung der Bodenart wurde festgestellt, dass die ersten sechs Proben aus Weißlehm und die anderen sechs aus Rotlehm genommen wurden. Aus diesem Grund wurde für beide Bodenarten eine separate Auswertung durchgeführt. In Abbildung 42 und 43 sind die Ergebnisse der Bodendruckuntersuchung vor und nach der Überfahrt als Balkendiagramm gegenübergestellt.

Tabelle 16: Ergebnisse aus der Bodendruckuntersuchung mit Stechzylinder 2002

Probenahme	Tiefe	Bodenart	Ton Gew. %	Schluff Gew. %	Sand Gew. %	TRD g/cm ³	PV Vol. %	LK Vol. %	nFK Vol. %	TW Vol. %	PL cm/s
vorher 12.9.02	40-45	Slu	10,1	49,2	40,7	1,68	37	16	11	10	3,86
nachher 16.9.02	40-45	Sl4	14,7	39,8	45,5	1,69	36	15	10	10	4,68

Standort Vierhöfen 2003 (Weißlehm: Ut4)

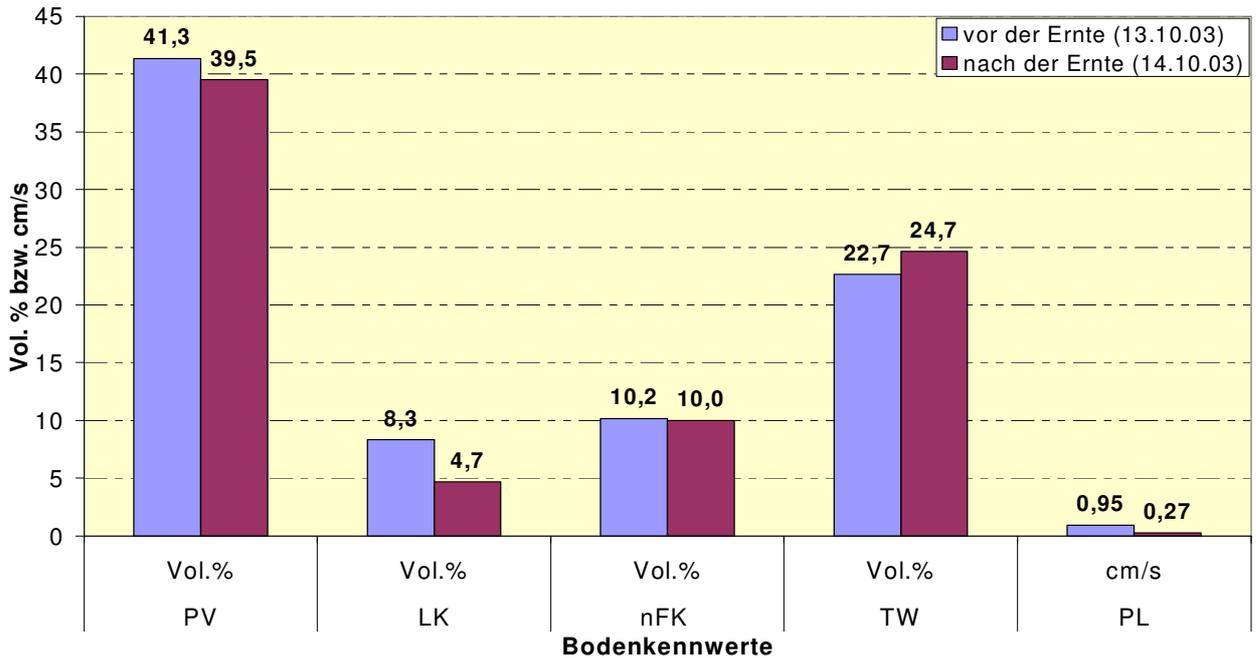


Abbildung 42: Ergebnisse vor und nach der Überfahrt des Roders auf Weißlehm (Abkürzungen siehe Abb. 44)

Standort Vierhöfen 2003 (Rotlehm: Tu3/4)

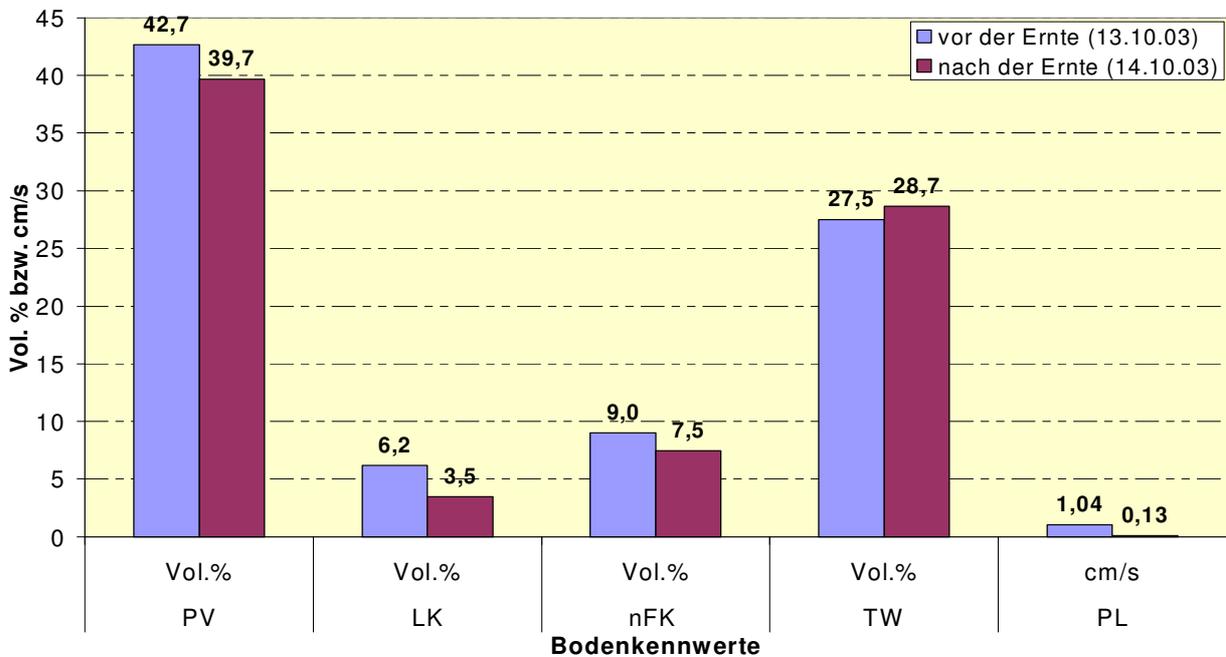


Abbildung 43: Ergebnisse vor und nach der Überfahrt des Roders auf Rotlehm (Abkürzungen siehe Abb. 44)

Zur Erntesaison 2002 wurde bereits die gleiche Messmethode auf einem anderen Standort angewandt. In Abbildung 44 sind die Ergebnisse zum Vergleich dargestellt.

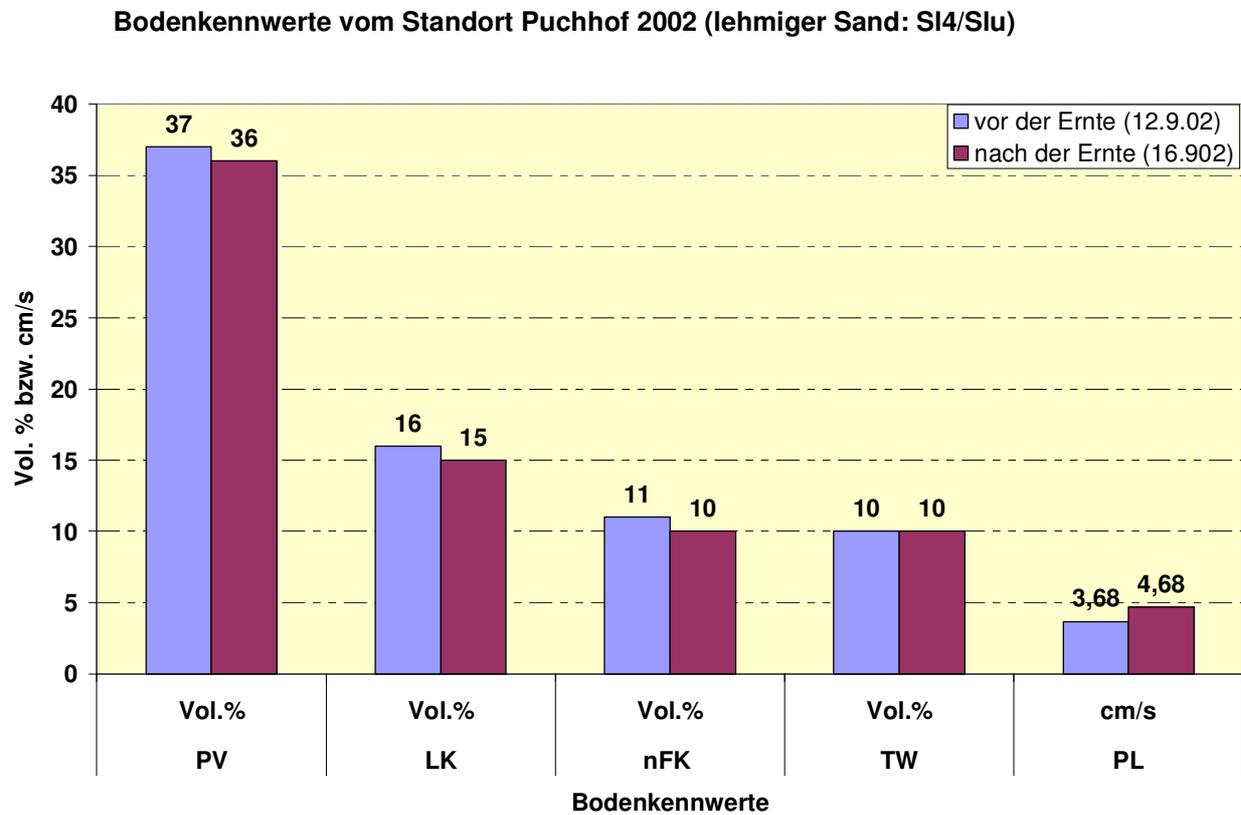


Abbildung 44: Ergebnisse vor/nach der Überfahrt des Roders auf lehmigem Sand

TRD Trockenrohdichte

nFK nutzbare Feldkapazität

PV Gesamtporenvolumen

TW Totwasser

LK Luftkapazität (pF 1,8)

PL Pneumatische Leitfähigkeit bei
pF 1,8 (Geo. Mittel)

Bei den für eine Veränderung des Unterbodengefüges verantwortlichen Einflussgrößen Gesamtporenvolumen, Luftkapazität und nutzbare Feldkapazität wurde eine leichte Abnahme dieser Werte festgestellt (siehe Abbildung 42, 43 und 44).

Der Totwasseranteil hingegen ist 2003 beide Male leicht gestiegen. 2002 hingegen gleich geblieben. Nach dem Merkblatt Böden und ihre Nutzung [7] wird die Luftkapazität im Bt-Horizont (30 – 60 cm) mit 6 % angegeben, wobei die Einstufung 3 – 7 % als gering angesehen wird. Auf dem Standort 2002 ist aufgrund der Bodenart lehmiger Sand mit einem höheren Skelettanteil auch eine höhere Luftkapazität verbunden (16 % vor der sowie 15 % nach der Überfahrt). Beide Werte liegen laut Merkblatt in dem für diese Bodenart typischen Bereich (hoch > 12 %). Somit lagen die Werte vor und nach der Überfahrt (siehe Abbildung 42, 43 und 44) im selben Bereich, obwohl eine Verringerung der Vol. % jedes Mal stattfand. Die nutzbare Feldkapazität wird für diesen Horizont mit 17 % bei Rot- und Weißlehm bzw. 12 % bei lehmigen Sand angegeben was eine mittlere Einstufung bedeutet. Hier liegen bei beiden Bodenarten jeweils die Werte vor und nach der Überfahrt deutlich darunter, so dass eine erhebliche Verschlechterung nicht festgestellt werden konnte. Die Verringerung der nutzbaren Feldkapazität von 11 auf 10 Vol. % beim sandigen Lehm, stellt ebenfalls keine relevante Verschlechterung dar. In beiden Fällen kann von keiner signifikanten Veränderung gesprochen werden [7].

Es muss jedoch festgestellt werden, dass beim Kartoffelroder noch zu wenig Messwerte zur Verfügung stehen, so dass dieses Ergebnis nur als Anhaltswert betrachtet werden kann. Für ein statistisch abgesichertes Ergebnis müssten diese Messungen über mehrere Jahre auf verschiedenen Standorten durchgeführt werden. Derzeit ist noch kein Vergleich mit den Ergebnissen aus der Zukerrübenroderuntersuchung möglich [8].

5.5 Ermittlung von Knollenbeschädigungen

Kartoffelknollen sind wegen ihres hohen Wassergehaltes von bis zu 75 % sehr empfindlich gegenüber mechanischer Belastung. Es treten sehr schnell Beschädigungen auf, die nicht zwingend äußerlich erkennbar sind (etwa durch Losschaligkeit oder Risse). Daneben gibt es auch innere Schäden, die erst etwa 24 Stunden nach der mechanischen Belastung durch Schälern sichtbar gemacht werden können. Die Schadbilder reichen von rötlichbraunen über blauschwarze bis hin zu grauweißen Verfärbungen des Knollengewebes [9]. Für dieses Schadbild wird häufig der Begriff „Schwarzfleckigkeit“ verwendet.

Bei der Bonitur von Kartoffeln werden nicht nur die äußeren, sondern vor allem auch die inneren Schäden bewertet. Schäden, die tiefer als 5 mm gehen, werden als „schwer“ beurteilt. Deshalb ist es besonders wichtig, dass Schwarzfleckigkeit und die damit verbundenen Folgen (Verkorkung) unbedingt verhindert wird.

Mit der Bonitur der Kartoffel können die Schäden exakt festgestellt und quantifiziert werden. Ein großer Nachteil besteht jedoch darin, dass etwaige innere Schäden, wie erwähnt, erst nach einiger Zeit auftreten. Eine fehlerhafte Maschineneinstellung beispielsweise kann somit erst nachträglich festgestellt werden [10]. Für die direkte Beurteilung der Arbeitsweise eines Kartoffelrodgers ist diese Methode nur bedingt geeignet, da die Schäden an der Knolle auch durch nachgelagerte Vorgänge (z. B. Einlagerung) entstanden sein können. Eine exakte und genau definierte Probennahme und Probenlagerung ist deshalb sehr wichtig.

Eine andere Methode zur Bestimmung der Arbeitsweise steht mit der sogenannten elektronischen Knolle zur Verfügung. Es handelt sich dabei um Gummikörper, in denen Sensoren eingebettet sind. Diese Sensoren messen die mechanische Belastung (Stöße), die auf den Gummikörper wirkt [11]. Es werden vor allem die maximale Beschleunigung bzw. Verzögerung erfasst. Da die Stöße nicht immer auf der gleichen Stelle und in einer Richtung auftreten, müssen die Messkörper mit einem triaxialen Sensor ausgestattet sein, der die Stöße in drei Raumebenen erfasst. Bei nicht runden Messkörperformen müssen die Messwerte zudem intern so umgerechnet werden, dass der gleiche Stoß auch an allen Stellen zu gleichen Messwerten führt.

Die unterschiedlichen Messkörper zeichnen die Messwerte nicht in gleichen Dimensionen auf, so dass die Absolutwerte nicht miteinander verglichen werden können. Durch das hochauflösende Messprinzip ist jedoch eine Klassifizierung der Stöße möglich. Die erfassten Werte werden gespeichert und können später statistisch verarbeitet werden. Es wird also nicht die Folge der mechanischen Belastung (Beschädigung), sondern die Stärke der mechanischen Belastung unmittelbar gemessen. Damit lassen sich unterschiedliche Roder bzw. Einstellungen der Roder direkt bewerten und erfassen [12; 13].

5.5.1 Bauarten der auf dem Markt befindlichen elektronischen Knollen

Bereits Ende der achtziger Jahre waren Serienprodukte von elektronischen Knollen auf dem Markt. Es handelt sich jedoch bis heute um spezielle Messtechnik, die auf Grund der Anwendung keine weite Verbreitung erlangt hat. Neben den Kartoffeln wird diese Technik auch für andere empfindliche Früchte (Zwiebeln, Tomaten und Äpfel) eingesetzt. Erste Ansätze zu dieser Technik gab es bereits in den siebziger Jahren [14; 15].

PMS 60 (Magnetech) von der Gesellschaft für Mess- und Steuerungstechnik GmbH in Berlin

Bei dem vom Institut für Agrartechnik Bornim ATP entwickelten Messkörper handelt es sich um einen Gummiball mit 62 mm Durchmesser (Abbildung 45). Im Inneren ist die eigentliche Sensorik (42 mm Durchmesser) in Silikon eingebettet. Das Gewicht des Körpers beträgt 180 Gramm. Der verwendete Drucksensor misst sowohl statische Belastungen (Deformationen) als auch Stürze von Fallstufen, die ebenfalls zu Deformationen führen [15;16].



Abbildung 45: „Elektronische Knolle“ PMS-60 entwickelte Knolle

IS 100 (Instrumental Sphere) der Firma Techmark INC. aus der USA Lansing

Dieser Messkörper wurde an der Michigan State University gemeinsam mit Partnerunternehmen entwickelt und zuerst in Apfelanlagen eingesetzt. Bei dieser Messknolle handelt es sich ebenfalls um einen Gummiball (Abbildung 46), aber mit 90 mm Durchmesser. Im Inneren eingebettet ist ebenfalls die eigentliche Sensorik. Das Gewicht des Körpers beträgt 320 Gramm. Die Sensoren messen hier nicht den entstehenden Druck, sondern die durch Bewegung (Stoß) entstehende Beschleunigung mittels dreidimensionaler Beschleunigungssensoren. Die Messwerte werden in Beschleunigungseinheiten „g“ abgespeichert ($1 \text{ „g“} = 9,81 \text{ m/s}^2$). Die Messwerte werden zusammen mit der Zeit bei einer Erfassungsrate von 1000 Hz abgespeichert und anschließend über eine Kabelverbindung an den PC weitergeleitet. Die obere Belastungsgrenze beträgt ca. 500 „g“ [17]. Die KTBL Versuchsstation Dethlingen, die mit diesem System arbeitet, hat die Anzahl der Stöße und die Stärke der Stöße zu einem Index verrechnet.

Dieser wird durch die Multiplikation der durchschnittlichen Anzahl der Stöße innerhalb einer Klasse mit der durchschnittlichen Stoßstärke dieser Klasse ermittelt. Durch aufaddieren dieser Indizes wird der Gesamtindex berechnet, für welchen eine Klassifizierung erstellt wurde [11; 12].



Abbildung 46: Knolle IS 100, wie sie von der KTBL Versuchsstation Dethlingen eingesetzt wird

IRD 400 (Impact Recording Device) von der Firma Techmark INC. aus der USA Lansing

Die IRD 400 ist eine Weiterentwicklung der IS 100. Sie unterscheidet sich von dem Vorgängermodell nur durch ihr Gewicht (290 g), einer neuen Software (Windows-Version) sowie ihre Form. Die Form wurde von einer Kugel in ein Rechteck (Abbildung 47) mit abgerundeten Kanten geändert. Der interne Speicher mit 32 kB kann je nach Stoßstärke und –dauer etwa 500 Stöße registrieren. Mit dem jeweiligen Stoß wird das Datum und die genaue Zeit abgespeichert. Damit ist eine spätere Zuordnung der Stöße zur Fallstufe möglich, allerdings muss gleichzeitig extern notiert werden, zu welcher Zeit die Knolle an welcher Fallstufe war.

Das Messintervall beträgt $2/10.000$ s oder 5 kHz, wodurch auch sehr schnelle Stöße nacheinander erfasst werden können. Der Sensor, der Datenspeicher und die Spannungsversorgung, die eine Einsatzzeit von bis zu 18 Stunden sicherstellen soll, sind in der Knolle wasserdicht vergossen [17; 18]. Das Messprinzip sowie die Übertragung und Auslesung der Daten sind gleich geblieben (**siehe Beschreibung IS 100**). Diese Knolle setzt derzeit die Firma Grimme ein.



Abbildung 47: Die Firma Grimme setzt die IRD 400 ein

PTR 200 (SCAN MICRO Engineering) aus Dänemark Nakskov

Es handelt sich wiederum um einen Gummiball in einer für Kartoffeln typischen ovalen Form. Die Länge beträgt 83,76 mm bei einem Durchmesser von 52,75 mm. Das Gewicht beträgt 168,78 g. Bei diesem System besteht die eigentliche Messtechnik ebenfalls aus einem dreidimensionalen Beschleunigungssensor. Der Messwert wird in Form eines Relativwertes vom maximalen Messwert (100 %) angezeigt.

Die Empfindlichkeit der Sensorik ist in 10 Stufen einstellbar, so dass die elektronische Knolle auf die spezifischen Bedürfnisse angepasst werden kann. Die bei einer Erfassungsrate von 6 Hz ermittelten Messwerte werden zusammen mit der Laufzeit an den Empfänger (Handgerät) in einem Aktionsradius von 25 m per Funk übertragen. Darüber hinaus kann an den Empfänger ein Kopfhörer angeschlossen werden, der die ermittelten Stöße je nach Stärke als unterschiedlich intensiven Pfeifton wiedergibt.

So können die kritischen Stellen, bei einem Roder z. B., durch gleichzeitiges Beobachten der Knolle relativ schnell gefunden bzw. eingegrenzt werden. Es können 30.000 Messwerte (Stöße) an das Handgerät übertragen werden, so dass mehrere Messungen hintereinander durchgeführt werden können. Erst dann muss der Empfänger an einen PC angeschlossen werden, um die Daten herunter zu laden und den Speicher wieder zu leeren. Die Daten können mittels eines Softwareprogramms bearbeitet oder mittels einer „txt“-Datei auch in Excel übertragen werden [19].

SMART SPUD PRO (PEI Innovation Inc.) aus Canada

Die „Smart Spud Pro“ ist eine wasserfeste eierförmige Gummikugel (Abbildung 48). Sie hält ständigen kabellosen Kontakt zu einem Handheld Computer. Die Form der „elektronischen Knolle“ kann variiert werden. Mit der dazugehörigen Software kann durch den Handheld Computer die Häufigkeit und die Stärke des Drucks, der auf die Knolle z. B. auf dem Weg durch einen Kartoffelroder einwirkt, aufgezeichnet werden. Der Computer kann so eingestellt werden, dass er ab einer bestimmten Beschädigungsschwelle eine Warnung abgibt. Die „elektronische Knolle“ hat einen Sendebereich von bis zu 16 Metern mit einer möglichen kontinuierlichen Nutzung von 50 Stunden, bevor sie wieder aufgeladen werden muss.



Abbildung 48: Der „Smart Spud Pro“ mit dem Palm als Handheld Computer

Es konnten keine genaueren Angaben bezüglich des Smart Spud eingeholt werden. Derzeit ist auch kein Anwender dieser Technik in €pa bekannt [20].

Abbildung 49 zeigt einen Vergleich von drei „elektronischen Knollen“. Dabei wird deutlich, dass die Knolle PTR 200 der natürlichen Knolle von ihrer Form und Größe am ähnlichsten ist.

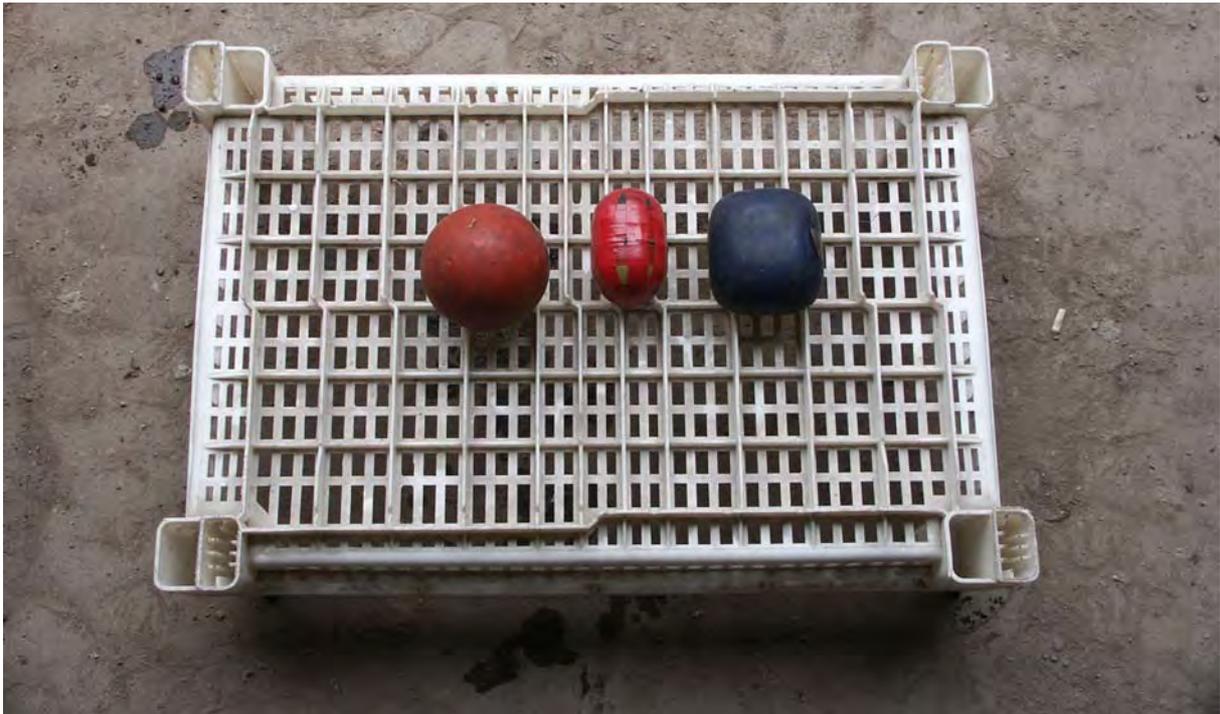


Abbildung 49: Drei elektronische Knollen zum Vergleich. Links: IS 100 (KTBL Dethlingen); Mitte: PTR 200 (LTV) und rechts die IRD 400 (Fa. Grimme)

5.5.2 Eingesetzte Technik

Im Rahmen des Projektes wurde die elektronische Knolle Typ PTR 200 (SCAN MICRO Engineering) aus Dänemark Nakskov eingesetzt (Abbildung 50 und 51).

Folgende Gründe waren ausschlaggebend:

1. Der Messkörper spiegelt durch seine äußere Form die typische Gestalt einer Kartoffel wider. Dadurch soll gewährleistet sein, dass sich die künstliche Knolle annähernd den echten Knollen im Gutfluss bewegt.

2. Die Übertragung der Messwerte vom Messkörper zur Speichereinheit erfolgt verbindungslos per Funk. Der Messkörper braucht keinen Steckanschluss für eine Kabelverbindung, d.h. die Oberfläche ist an keiner Stelle ungeschützt oder offen. Dadurch soll ein störungsfreier Ablauf gewährleistet sein.
3. Durch die online Übertragung können eventuelle Störungen oder Fehler sofort erkannt werden.
4. Der Ansprechpartner, d.h. der Vertrieb, für dieses Produkt sitzt vor Ort in Deutschland, so dass eine schneller und unkomplizierter Support stattfinden kann.



Abbildung 50: Equipment der elektronischen Knolle „PTR 200“

Abbildung 51: Die elektronische Knolle im Kartoffelnebst

5.5.3 Untersuchungen mit der eingesetzten elektronischen Knolle

Nach Lieferung der elektronischen Knolle im Frühjahr 2002, wurde sofort damit begonnen, praktische Erfahrungen zu sammeln. Da zu diesem Zeitpunkt kein Feldeinsatz durchgeführt werden konnte, wurden zuerst Messungen im Labor sowie bei kartoffelverarbeitenden Betrieben (Sortier- und Abpackanlagen) durchgeführt.

5.5.3.1 Messungen im Labor

Um den triaxialen Beschleunigungssensor auf seine Genauigkeit und Funktionsweise zu testen, wurde ein Falltest unter definierten Bedingungen durchgeführt. Hierzu musste gewährleistet werden, dass die ausgewählte Fallhöhe innerhalb einer Versuchsreihe konstant blieb, um Messschwankungen hinsichtlich unterschiedlicher Fallhöhen auszuschließen. Des Weiteren wurde anfangs eine Stahlplatte als Aufprallfläche gewählt, da diese sich nicht verformt. Der verzögerungsfreie Fall wurde mit der pneumatisch betriebenen Einspannvorrichtung gewährleistet.

Als Fallhöhen wurden praxisübliche Fallstufenunterschiede von 5 bis 30 cm gewählt. Das Messgerät wurde auf eine mittlere Empfindlichkeit eingestellt. Nach zahlreichen Fallversuchsserien auf die Eisenplatte wurde auch eine Veränderung der Aufprallfläche vorgenommen. Hierzu wurde ein Stück einer 2 cm dicken Liegeboxengummimatte verwendet. In der nachfolgenden (Abbildung 52) wurden vier Messungen mit verschiedenen Fallhöhen sowie der Gummimatte als weitere Aufprallfläche zusammengefasst.

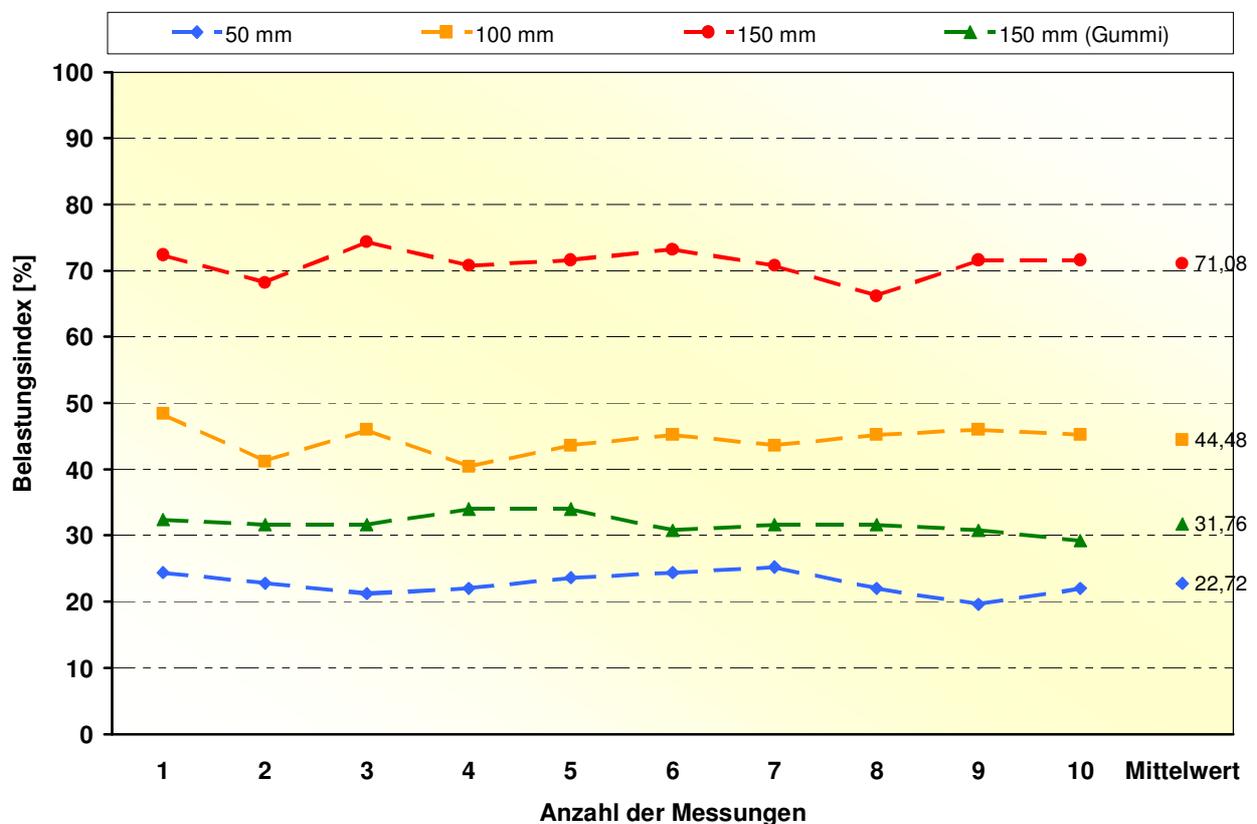


Abbildung 52: Laborsimulation verschiedener Fallhöhen 50 – 150 mm auf verschiedene Unterlagen

5.5.3.2 Diskussion der Ergebnisse

Da von Herstellerseite keine Angaben hinsichtlich der Korrelation zwischen den angezeigten Relativwerten und der Beschädigung einer Knolle gemacht werden konnten, wurden die in ausgewerteten Messreihen durchgeführt. Hierbei sollte kontrolliert werden:

- wie hoch bei gleichbleibenden Bedingungen die Schwankungen ausfallen
- wie stark sich geringe Höhenunterschiede voneinander unterscheiden
- wie deutlich sich unterschiedliche Unterlagen auf das Ergebnis auswirken.

Es wurde festgestellt, dass sich Höhenunterschiede von 5 cm bei den Messwerten deutlich voneinander unterscheiden. Es stellte sich heraus, dass bei der Messreihe mit der Gummimatte als Unterlage geringere Schwankungen innerhalb der Messreihe auftraten. Die Streuung bzw. Standardabweichung betrug hier nur 1,38. Außerdem konnte in diesem Fall eine Halbierung der Belastung gegenüber dem Fall aus gleicher Höhe auf eine Eisenplatte erreicht werden. Je höher der Belastungswert für die Knolle wurde, desto größer wurde auch die Streuung (Standardabweichung bei 50 mm 1,62 bei 100 u. 150 mm = 2,25, welche durch die größere Anzahl von Ausreißern nach oben und unten verursacht wurde).

Ab welchem Relativwert nun definitiv eine Beschädigung auftritt, kann derzeit noch nicht eindeutig definiert werden. Dazu müssten erst aufwendige Messreihen mit einer parallelen Handbonitur an verschiedenen Kartoffelsorten bei unterschiedlicher Trockensubstanz, unterschiedlicher Knollentemperatur und mit unterschiedlichen Stärkegehalten der Knollen durchgeführt werden. Derzeit kann jedoch gesagt werden, dass Relativwerte $> 50 \%$ mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Beschädigungen führen. Diese Werte werden sehr schnell durch den Fall auf sehr harte Unterlagen wie Beton oder Eisen erreicht. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Anzahl der Stöße. Die Fallhöhe allein ist somit nicht das alleinige Kriterium. Nach derzeitigem Wissensstand werden alle Werte $> 20 \%$ für den Beschädigungsindex, der sich aus der durchschnittlichen Stoßstärke mal der durchschnittlichen Stoßanzahl ergibt, herangezogen. Als Beschädigungsrelevante Einzelstöße werden die Stöße betrachtet, die $> 30 \%$ sind. Diese treten bereits bei Fallhöhen ab 100 mm in Kombination mit einem harten Untergrund auf.

5.5.4 Praxiseinsatz der elektronischen Knolle

Um praktische Erfahrungen bis zur jeweiligen Kartoffelernte 2002 und 2003 gewinnen zu können, wurden jeweils im Frühjahr auf Kartoffelsortierbetrieben Messungen mit der Knolle durchgeführt. So konnten erste Erkenntnisse mit dem Umgang der Technik gewonnen und die Technik auf Funktionssicherheit überprüft werden.

Zur jeweiligen Erntesaison in den Jahren 2002/2003 wurden die Messungen auf dem Feld an zwei- und vierreihigen Selbstfahrern, aber auch an gezogenen Maschinen durchgeführt (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Übersicht zu den Messterminen mit der elektronischen Knolle

	2002	2003
Messung mit der „elektronischen Knolle“	16.04. Laborversuche	11.04. Vorversuch in Kartoffelverarbeitungsbetrieb VSK Achering
	18.04. Vorversuch in Kartoffelverarbeitungsbetrieb Agropa (SR)	20.08. Laborversuche
	19.04. Laborversuche	22.08. Messung 4-reiher SF Holmer
	22.04. Laborversuche	29.08. Laborversuche
	24.04. Vorversuch in Kartoffelverarbeitungsbetrieb Agrodienst Tischer Hellkhofen	01.09. Messung 4-reiher SF Holmer
	26.04. Laborversuche	16.09. Messung 4-reiher SF Holmer
	29.04. Laborversuche	15.09. Messung 1-reihiger Kartoffelroder
	03.05. Laborversuche	19.09. Messung 4-reiher SF Holmer
	21.05. Laborversuche	25.09. Messung 2-reiher SF Grimme
	22.05. Laborversuche	
	31.07. Laborversuche	
	01.08. Laborversuche	
	07.08. Laborversuche	
	03.09. Vergleichsmessung mit Dr. Peters KTBL	
	06.09. Messung 1-reihiger Kartoffelroder	

5.5.5 Versuchsmessungen bei Kartoffelrodern

Aus den gewonnenen Erfahrungen von 2002 sowie dem Frühjahr 2003 konnte ein Excel-Programm entwickelt werden, mit dem eine bessere grafische Auswertung und Darstellung der Werte möglich ist, als mit der mitgelieferten Software. Im Jahr 2003 lag der Schwerpunkt unter anderem auf der Datenerfassung mit der elektronischen Knolle. Es wurden neben dem vierreihigen Selbstfahrer der Firma Holmer auch ein zweireihiger Selbstfahrer sowie eine gezogene Maschine gemessen.

5.5.6 Messung eines gezogenen einreihigen Bunkerrodgers

Am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) der Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising wurden Versuchspartellen mit einem gezogenen 1-reihigen Kartoffelbunkerroder geerntet (Abbildung 53). Dies ermöglichte das Messen der Maschine mit der elektronischen Knolle bei verschiedenen Maschineneinstellungen.



Abbildung 53: Grimme SE 75 – 20 gezogener Einreihiger auf der Versuchspartellenfläche des IPZ

5.5.6.1 Material und Methode

Am Rodetag war es sehr sonnig und warm. Die Kartoffeldämme waren äußerlich gut abgetrocknet, jedoch im Inneren noch feucht. Das Kartoffelkraut war komplett abgestorben und verdorrt. Der Boden war ein für das Tertiärhügelland typischer sandiger Schluff mit geringem Steinanteil. Auf Grund der Trockenheit im Sommer 2003 durchgezogen Schrumpfungsrisse die Kartoffeldämme, so dass mit einem erhöhten Klutenanteil gerechnet werden musste.

Gerodet wurde mit einer Grimme SE 75-20 Maschine. Anstelle der Krautzupfwalzen verfügte der Roder über ein weitmaschiges Krautband. Die Rodegeschwindigkeit betrug 1,2 – 1,4 km/h bei einer Zapfwellendrehzahl von 380 bis 400 Umdrehungen pro Minute. Die gemessene Siebbandgeschwindigkeit betrug bei beiden Einstellungen 0,8 m/s.

Es wurden zwei Maschineneinstellungen mit je fünf Wiederholungen durchgeführt (Rüttler weniger intensiv und intensiv). Die geernteten Kartoffeln aus den Parzellenversuchen wurden direkt in Kisten gefüllt. Aus diesem Grund konnte auf den Rüttler zur besseren Erdabtrennung auf dem Siebband nicht verzichtet werden. Bei der ersten Einstellung wurde der Rüttler auf die erste Stufe eingestellt, so dass die geringste Rüttelintensität erreicht wurde. Bei der zweiten Einstellung wurde die volle Rüttelintensität gewählt. Der Rüttler hat die Funktion das Siebband in eine Auf- und Abwärtsbewegung zu versetzen, damit der Siebeffekt erhöht wird und Erdkluten besser zerbrechen. Je nach Intensität des Rüttlers schwingt das Siebband schwächer oder stärker. Bei hoher Rüttelintensität verbleiben die Kartoffeln für längere Zeit auf dem Siebband.

Gemessen wurde mit der PTR 200. Die gespeicherten Daten wurden von der PTR 200 Software ausgelesen und in das Tabellenprogramm Excel übertragen. Dort wurden die Daten geordnet und aufbereitet. Im Anschluss wurden die gewonnenen Daten je Messeinheit ($n = 5$) zusammengefasst und in das entwickelte Excel-Auswertungsprogramm kopiert. Zunächst wurde mit der niedrigsten Rüttlereinstellung gerodet. Die elektronische Knolle wurde aktiviert und in den zu rodenden Damm eingelegt. Nach der Aufnahme des Kartoffeldamms durch das Rodeschar konnten durch den Kopfhörer die einzelnen Stöße verfolgt werden (Abbildung 54).



Abbildung 54: Die elektronische Knolle nach der Dammaufnahme im Gutstrom auf der Siebkette

Nachdem die elektronische Knolle die Trenneinrichtungen durchlaufen hatte, wurde sie am Verlesetisch entnommen und deaktiviert. Dieser Vorgang wurde zehnmal wiederholt, um zwei Messdurchläufe à 5 Wiederholungen auswerten zu können. Die selbe Vorgehensweise wurde auch bei der Messung der starken Rüttlerintensität eingehalten. Auch hierbei wurden zwei Messdurchläufe mit je 5 Wiederholungen durchgeführt.

5.5.6.2 Ergebnisse und Diskussion

Die 10 erhaltenen Ergebnisse sind in Abbildung 55 zusammengefasst. Es wurde auch die Dauer der Durchlaufzeit erfasst, um so Rückschlüsse auf die Messergebnisse ziehen zu können. Bei der stärksten Rüttlereinstellung konnte bereits bei der Messung festgestellt werden, dass die elektronische Knolle einige Male in Richtung Schar zurückgeschleudert wurde. Dies lag am steiler werdenden Siebband bedingt durch die stärkeren Siebbandschwingungen des Rüttlers. Dadurch verblieb der Knollendummy längere Zeit auf dem vorderen Drittel des Siebbandes (siehe Abbildung 54) bis er den Knick, unter dem sich der Rüttler befindet, überwinden konnte. Dies erklärt auch die um durchschnittlich 8 Sekunden längere Verweilzeit der elektronischen Knolle. Durch die längere Verweilzeit stieg vor allem die durchschnittliche Anzahl der Stöße, die auch den Gesamtbelastungsindex erhöhte. Dieser war bei intensiver Rüttlereinstellung viermal so hoch. Das durchschnittliche Maximum, das bei der ersten Einstellung mit 26 % deutlich unter dem der zweiten mit 44 % liegt, spiegelt vor allem die höhere Stoßintensität verursacht durch den intensiven Rüttler wider.

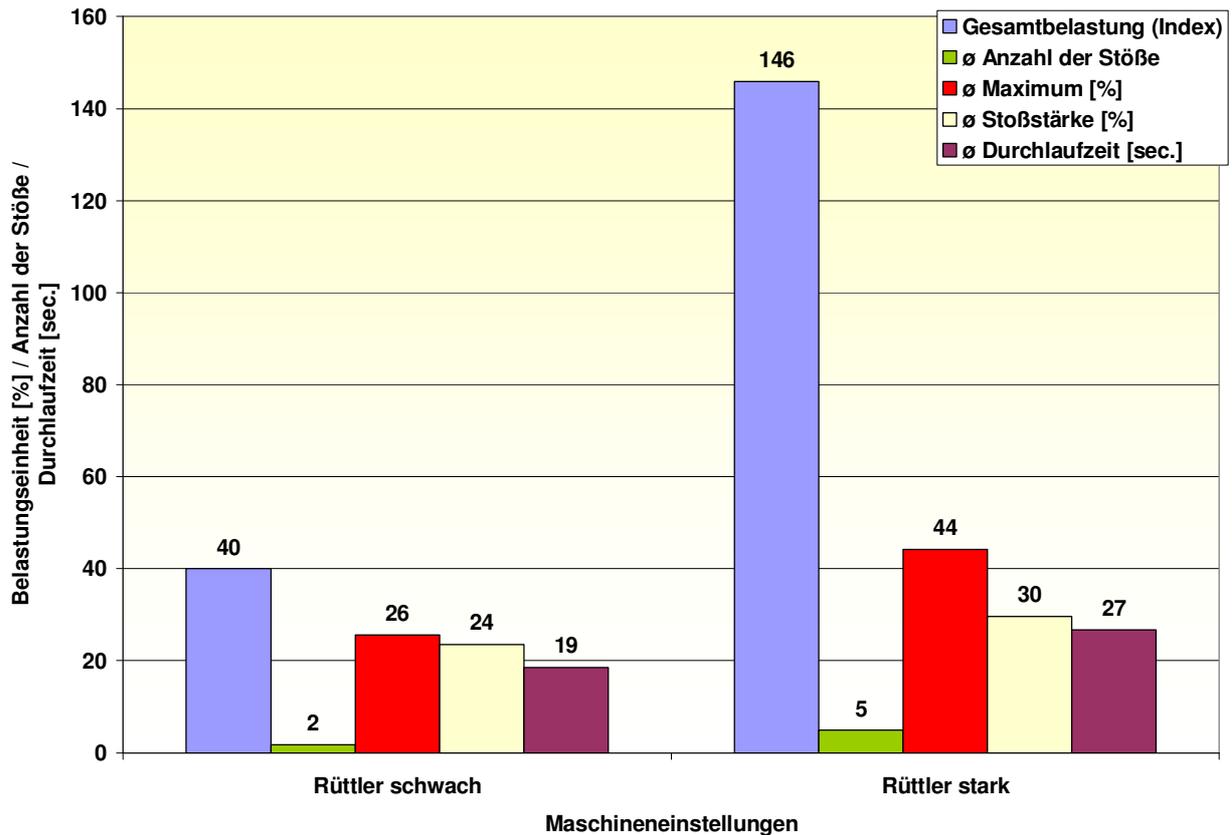


Abbildung 55: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 10)

Die Verteilung der Stoßbelastung in Belastungsklassen in Abbildung 56 und die Tabelle 18 zeigen, dass die Belastungsklassen ≥ 30 etwa fünfmal so häufig vorkommen.

Tabelle 18: Verteilhäufigkeit der Stöße, die $> 30\%$ sind

	Rüttler schwach	Rüttler stark
Belastungen $\geq 30\%$	6,3	32,2

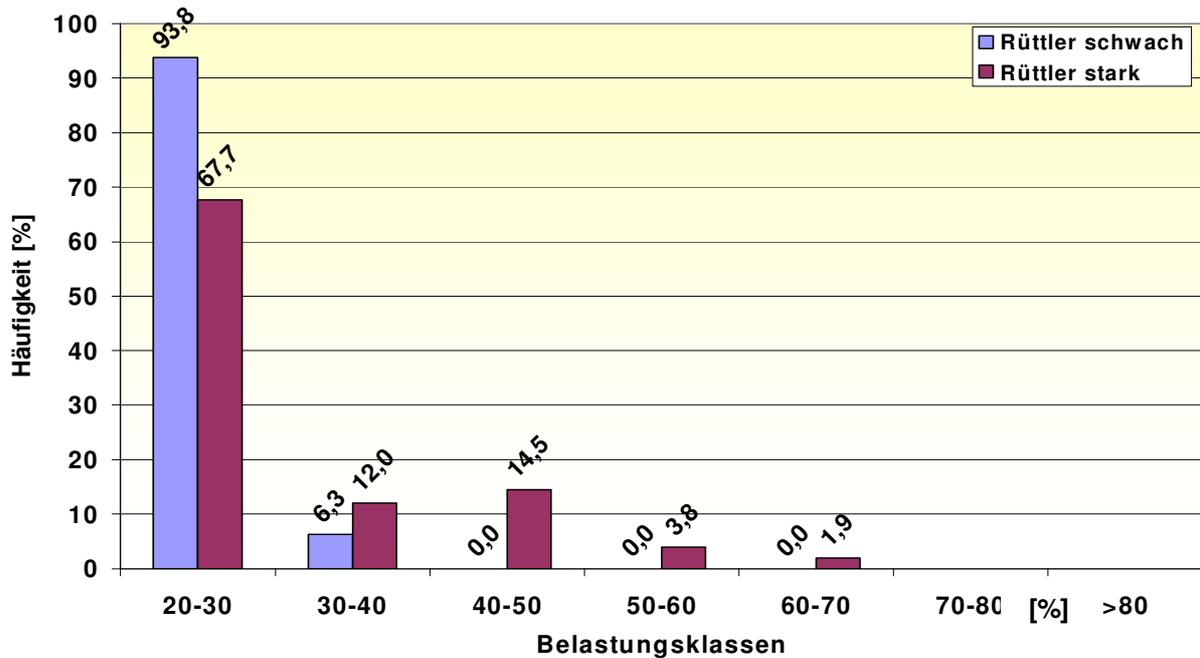


Abbildung 56: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen

5.5.7 Messung eines gezogenen zweireihigen Bunkerrodgers

Zu Beginn der Kartoffelerntesaison 2002 wurden erste Vergleichsmessungen an einem zweireihigen gezogenen Bunkerrodger durchgeführt. Hier sollten bei unterschiedlichen Rodereinstellungen, Erfahrungen mit dem Umgang der PTR, des Messprinzips sowie Messwerte von diesem Rodesystem gemacht werden, um Vergleichswerte zu erhalten, die mit anderen Techniken verglichen werden können.



Abbildung 57: Zweireihiger gezogener Bunkerrodger SE 150 – 60 UB (Grimme)

5.5.7.1 Material und Methode

Die Vergleichsmessungen wurden im Rahmen des Kartoffeltages im Landkreis Straubing durchgeführt. Gerodet wurde auf einem anmoorigen Standort. Der Boden war gut befahrbar und siebfähig. Für die beiden Messungen wurden nur zwei Roder-einstellungen gewählt („Rüttler“ ein und aus), um diese genauer zu untersuchen. Die restlichen Parameter wie Fahrgeschwindigkeit und Siebbandgeschwindigkeit wurden beibehalten. Die Rodegeschwindigkeit betrug 3,0 km/h bei einer Zapfwellendrehzahl von 1150 Umdrehungen pro Minute. Die gemessene Siebbandgeschwindigkeit betrug bei beiden Einstellungen 1,1 m/s. Nach einigen Probedurchläufen wurden pro Maschineneinstellung je fünf Wiederholungen durchgeführt. Nachdem die gewünschte Fahrgeschwindigkeit erreicht wurde, konnte die PTR 200 aktiviert werden und vor dem Roder in den Kartoffeldamm gelegt werden. Nach dem kontrolliert wurde, dass die Knolle vom Roder aufgenommen wurde und sich auf dem ersten Siebband befand, konnte am Verlesetisch gewartet werden bis der Knollendummy dort erschien. Nach der Entnahme vom Verlesetisch wurde die Knolle deaktiviert, um die Messung zu speichern. Danach wurde die Knolle wieder aktiviert und erneut in den Kartoffeldamm eingelegt. Nach der fünften Wiederholung wurde der „Rüttler“ zugeschaltet. Dieser wirkt auf das erste Siebband, um den Absiebeffekt bei schlechtsiebfähigen Böden zu erhöhen. Nach dem gleichen Schema wie zuvor wurden wiederum fünf Wiederholungen durchgeführt. Alle Messungen wurden anschließend auf den PC übertragen und mit dem Excel-Programm ausgewertet.

5.5.7.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungsergebnisse sind in Abbildung 58 dargestellt. Werden beide Einstellungen verglichen, so ist deutlich der Effekt des Rüttlers zu erkennen. Bis auf die durchschnittliche Durchlaufzeit sind alle Werte beim Roden mit Rüttler deutlich höher. Da die Siebbandgeschwindigkeit bei beiden Einstellungen mit 1,1 m/s sehr hoch war, machte sich keine deutlichere Verringerung bemerkbar. Abbildung 59 zeigt, dass deutlich mehr Werte in den Belastungsklassen $\geq 30\%$ liegen.

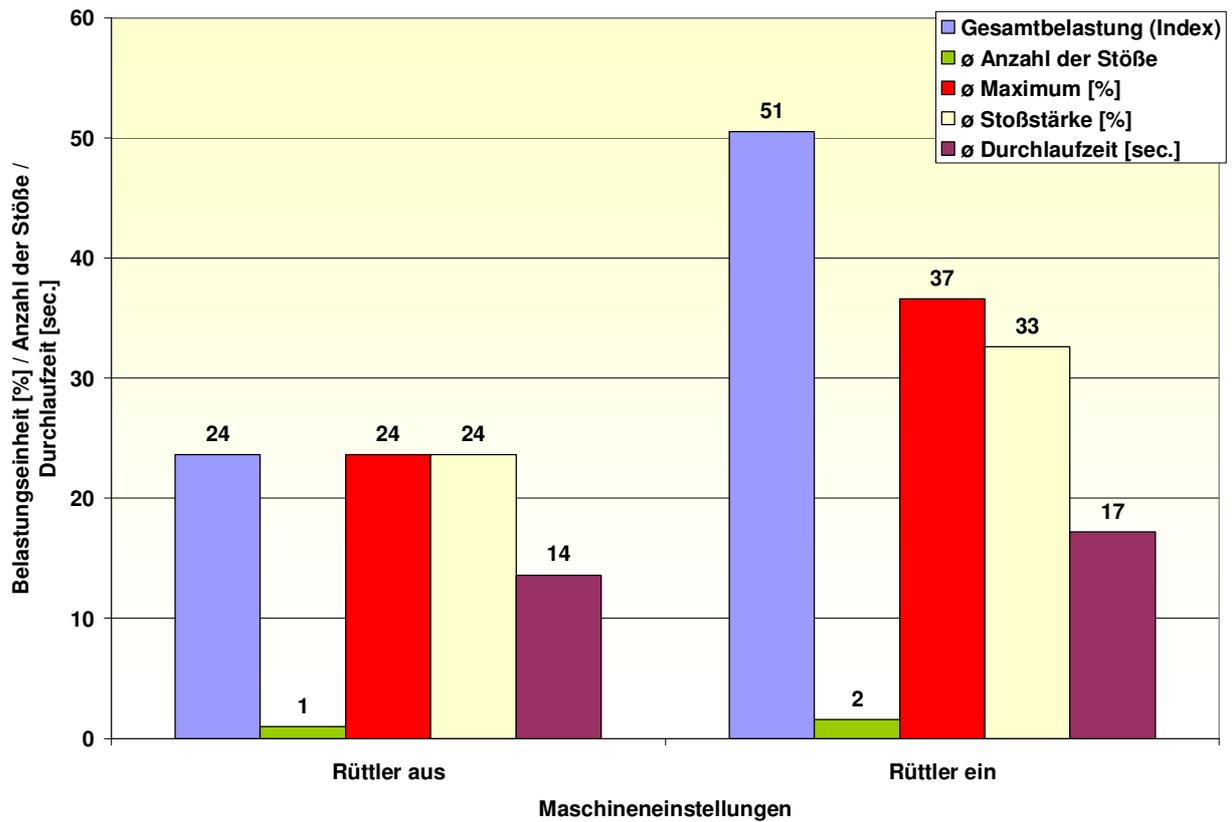


Abbildung 58: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 5)

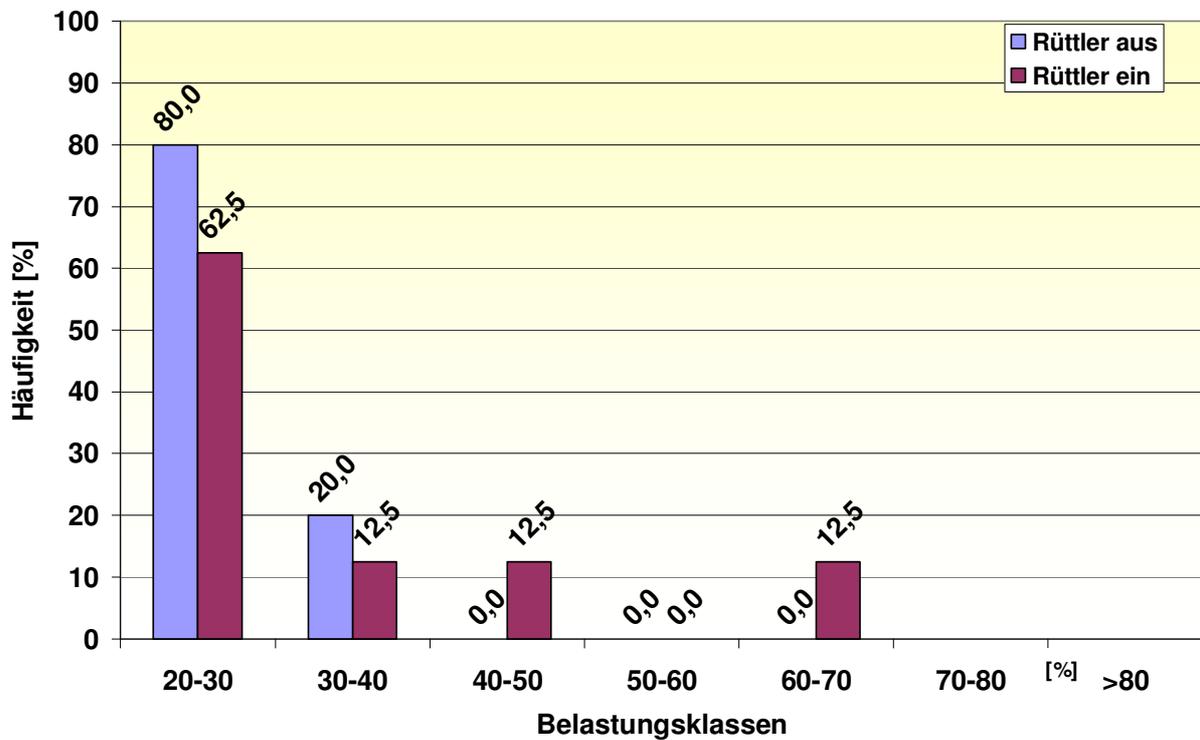


Abbildung 59: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen

In der Tabelle 19 sind die Stöße zusammengefasst, die $\geq 30\%$ sind. Bei der Einstellung ohne Rüttler entfallen hiervon alle Stöße auf die Klasse 30 – 40 %. Bei der Einstellung mit Rüttler sind dagegen noch 12,5 % der Stöße in der Klasse 60 – 70 % zu finden.

Tabelle 19: Verteilhäufigkeit der Stöße, die $> 30\%$ sind

	Rüttler aus	Rüttler ein
Belastungen $\geq 30\%$	20	37,5

5.5.8 Messung eines selbstfahrenden zweireihigen Bunkerrodgers

Der Maschinenring Neuburg setzt bereits seit 1997 selbstfahrende zweireihige Bunkerrodger ein. Derzeit verfügt der MR über zwei dieser Maschinen, eine Dewulf R 3000 Mega und eine Grimme SF 150-60 (Abbildung 60). Da mit dem MR Neuburg bereits im Herbst 2001 bzgl. Erntedatenerfassung zusammengearbeitet wurde (**vgl. Zwischenbericht 2002**) lag es nahe auch Knollenmessungen dort durchzuführen, da dadurch mehr Daten zur Bewertung des vierreihigen Verfahrens zur Verfügung standen.



Abbildung 60: Zweireihiger Selbstfahrer mit 6 t Bunkerfassungsvermögen (Grimme SF 150-60)

5.5.8.1 Material und Methode

Gerodet wurden Stärkekartoffeln der Sorte Sibü mit der Grimme-Maschine bei Oberstimm im Landkreis Neuburg-Donau. Das Kartoffelkraut war abgestorben, jedoch sehr zäh, so dass es bei den Scheibensechen immer wieder zu Verstopfungen kam. Die Witterung war gut, bei einer Außentemperatur von ca. 22 °C. Der Boden war sehr trocken und gut siebfähig. Die Bodenart war ein sandiger Lehm mit hohem Steinanteil. Die Messstrecke wurde wieder vom Damm bis zum Bunker der Maschine gewählt. Auch bei dieser Maschine wurden zwei Einstellungen gemessen, eine schonende und eine intensive Reinigungseinstellung. Die Rodegeschwindigkeit lag zwischen 3,7 und 4 km/h. Bei der schonenden Einstellung wurde der Rüttler ausgeschaltet und die Siebbandgeschwindigkeit auf die Einstellung 30 % vorgewählt. Bei der intensiveren Einstellung wurde der Rüttler eingeschaltet sowie 40 % der Siebbandgeschwindigkeit eingestellt. Die Messungen wurden, wie bereits unter **Punkt 5.5.6.1** beschrieben, mit 5 Wiederholungen durchgeführt. Insgesamt sind je Einstellung zwei komplette Messreihen aufgezeichnet worden.

5.5.8.2 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 61 sind die belastungsentscheidenden Parameter im direkten Vergleich der beiden Maschineneinstellungen aufgetragen. Die deutlichsten Unterschiede sind beim Gesamtbelastungsindex und bei der durchschnittlichen maximalen Stoßbelastung zu sehen. Vor allem zeigen die durchschnittlichen Maximalstöße die Auswirkungen des eingeschalteten Rüttlers auf. Sie liegen deutlich höher als bei der Einstellung ohne Rüttler. Es spiegelt sich hier auch der Effekt der höheren Siebbandgeschwindigkeit wider, da der Dummy bei Stößen mit einer höheren Geschwindigkeit auftrifft. Die durchschnittliche Stoßanzahl liegt bei der Einstellung mit Rüttler dreimal so hoch wie ohne Rüttler. Aufgrund der durchschnittlichen Durchlaufzeit lässt sich keine Aussage hinsichtlich eines Unterschiedes mit und ohne Rüttler machen. Die Erklärung hierfür könnte in der höheren Siebbandgeschwindigkeit liegen, die bei der Einstellung mit Rüttler um 10 Prozentpunkte höher lag als bei der Einstellung ohne Rüttler.

Die Kartoffeln wurden schneller weiterbefördert, wodurch der Dummy die kritische Stelle direkt über dem Rüttler leichter überwand und nicht wieder zurückrollte, wie dies bei der gezogenen Einreihemaschine der Fall war.

Dies gilt auch für die gleiche Anzahl an Stößen. Hier könnte jedoch auch der hohe Steinanteil des Bodens ausschlaggebend gewesen sein. Grundsätzlich werden bei hohen Steinanteilen auch bei schonender Einstellung mehr Stöße gemessen, da der Dummy beim Durchgang der Maschine an die im Gutstrom befindlichen Steine stößt.

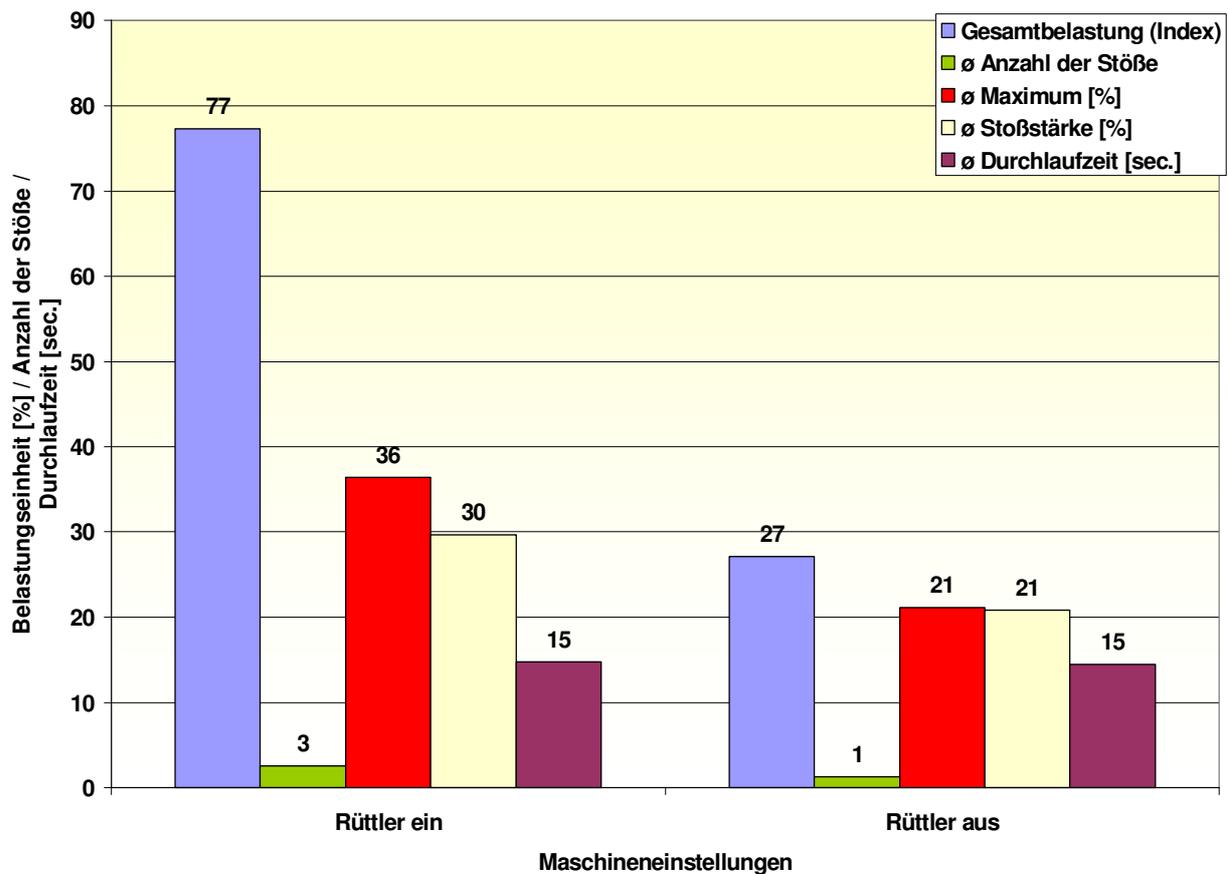


Abbildung 61: Gegenüberstellung der beiden Maschineneinstellungen (n = 10)

Beim Vergleich der Stoßverteilung nach Belastungsgruppen in Abhängigkeit der Stoßhäufigkeit, Abbildung 62 und Tabelle 20, konnte auch eine geringere Stoßbelastung bei der Einstellung ohne Rüttler festgestellt werden. Alle Stöße verteilten sich auf die erste Belastungsklasse von 20 - 30 %. Bei der Einstellung mit Rüttler hingegen sind etwa 40 % der Werte in den Klassen 30 – 60 %.

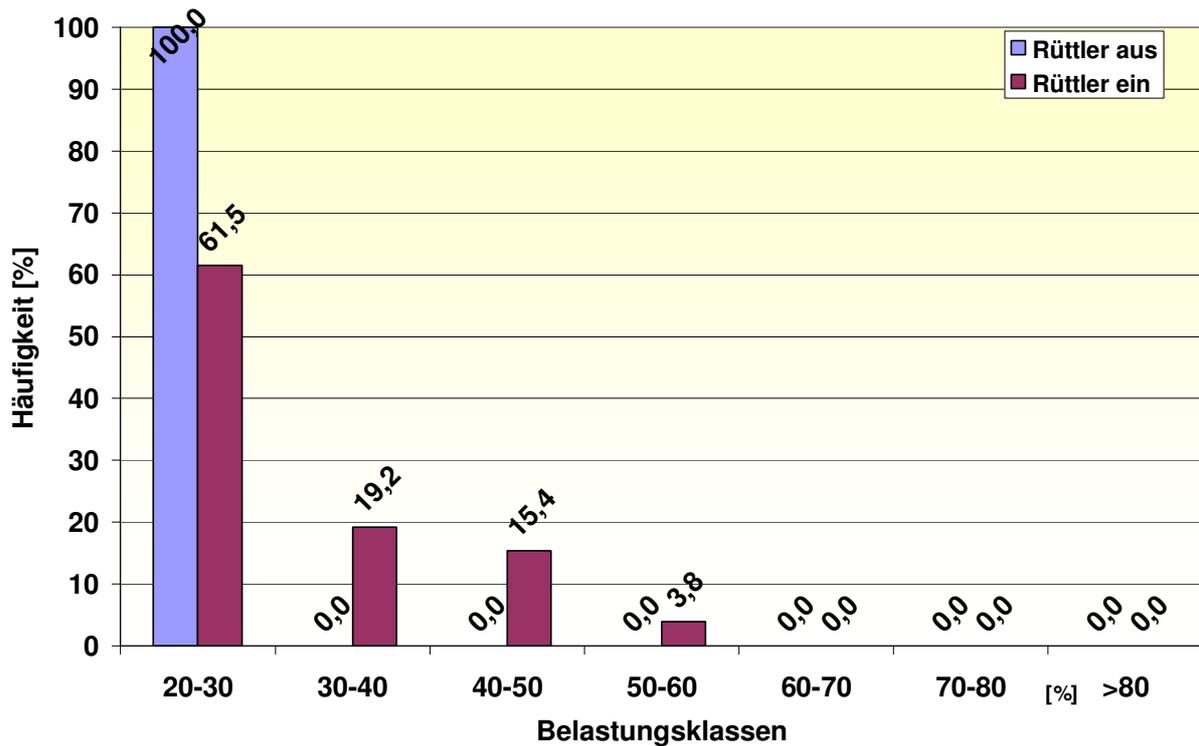


Abbildung 62: Gegenüberstellung der Verteilhäufigkeit in Belastungsklassen

Tabelle 20: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind

	Rüttler aus	Rüttler ein
Belastungen \geq 30 %	0	38,4

5.5.9 Messung eines selbstfahrenden vierreihigen Bunkerrodgers

Zur Rodesaison 2003 konnte schließlich auch der zu bewertende selbstfahrende 4reihige Bunkerrodger „Terra Melix“ der Firma Holmer im Feldeinsatz mit der elektrischen Knolle gemessen werden. Zu Beginn der Rodesaison 2003 konnten sogar unterschiedliche Trenneinrichtungen miteinander verglichen werden. Die beiden Maschinen der Rodegemeinschaft Donautal und die Vorführmaschine der Firma Holmer waren mit zwei unterschiedlichen Reinigungseinheiten nach dem Cleaner ausgerüstet worden (Abbildung 20 und 22).

Die Maschine der Rodegemeinschaft war noch mit dem System 2002 ausgerüstet, bei der Vorführmaschine wurde ein neues System getestet. Nachdem die ersten Tests und Erfahrungen unter Praxisbedingungen erfolgreich verliefen, wurde auch die Maschine der Rodegemeinschaft mit dieser technischen Weiterentwicklung ausgestattet.

5.5.9.1 Material und Methode

Bei dem ersten Praxiseinsatz beider Maschinen wurde zur Frühlieferung Ende August damit begonnen, auf einem Gutsbetrieb bei Straubing die Vorbeete von vier großen Kartoffelschlägen (12 – 15 ha Stärkekartoffel) mit beiden Maschinen zu roden. Die Firma Holmer wollte erste Erfahrungen im direkten Vergleich der unterschiedlich ausgestatteten Maschinen erlangen. Am Rodetag betrug die Außentemperatur ca. 33°C im Schatten. Auf Grund der anhaltenden Trockenheit war der Boden sehr trocken und hart, wodurch es beim Roden sehr stark staubte. Die Erde ließ sich jedoch sehr gut absieben. Der Steinanteil auf diesen Flächen war sehr hoch. Die Bodenart war auf allen Schlägen lehmiger Sand mit kiesigem Untergrund. Die zu rodenden Vorbeete waren z. T. sehr stark mit Stechapfel, Quecke und Hirse verunkrautet. Das Kartoffelkraut war noch überwiegend grün, begann jedoch schon abzusterben. Auf Grund des geringen Ertragsniveaus von ca. 250 dt/ha wurden insgesamt 6 ha Vorbeete gerodet, um die geforderten 150 t Kartoffeln zu erhalten.



Abbildung 63: Beide Roder hintereinander im Einsatz

Die beiden Maschinen wurden mit der selben Maschineneinstellung (**mit Cleaner und gleichen Siebbandgeschwindigkeiten**) sowie der gleichen Rodegeschwindigkeit von \varnothing 4 km/h gefahren, so dass sich die Ergebnisse der Knollenmessungen nur durch den verschiedenen Teil der Reinigungseinheit nach dem Cleaner unterscheiden konnten.

Die Messstrecke wurde wieder vom Damm bis zum Bunker gewählt. Hier bestand die Schwierigkeit, dass sich eine Person im Bunker des Roders aufhalten musste, um die Knolle rechtzeitig aus dem Kartoffelhaufen zu entnehmen, bevor diese verschüttet wurde. Nach dem Eintreffen der Knolle im Bunker wurde diese zu der Person, die am Feld stand zurück geworfen, um sie wieder in den Damm eingraben zu können. Der Dummy wurde jedes Mal in den zweiten Kartoffeldamm von links in Fahrtrichtung eingegraben. Je Messeinheit wurden fünf Durchläufe ($n = 5$) gemessen. Es erfolgten bei jeder Maschine mehrere Messeinheiten. Leider konnten auf Grund technischer Schwierigkeiten an der Knolle nicht alle Daten dieses Tages gesichert werden, so dass bei der Vorführmaschine nur eine Messeinheit (mit je 5 Wiederholungen) sicher erfasst und ausgewertet werden konnte sowie bei der Donautalmaschine zwei Messeinheiten mit insgesamt ($n = 10$) Wiederholungen.

Beim zweiten Messeinsatz wurde nur die Donautalmaschine mit dem Trennsystem 2002 gemessen. Es wurden zwei unterschiedliche Einstellungen überprüft. Bei der Einstellung 1 wurde mit Cleaner und bei der Einstellung 2 ohne Cleaner geerntet. Die anderen Einstellungen blieben gleich, damit nur der Belastungseffekt des Cleaners gemessen werden konnte.

Gerodet wurden die Stärkekartoffelsorte Calla, sowie Pflanzkartoffeln der Sorte Bonanza auf einem sandigen Lehm ohne Steine. Das Kartoffelkraut war z. T abgestorben. Die Kartoffeln lösten sich nur sehr schwer vom Kraut, so dass nur mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3 km/h gerodet werden konnte. An diesem Tag war es stark bewölkt, jedoch trocken. Die Erde war leicht feucht und gut siebfähig. Es wurden je Einstellung zwei Messeinheiten mit je fünf Wiederholungen durchgeführt. Die Messung erfolgte wie bereits oben beschrieben. Der Dummy wurde vor der Überfahrt des Roders in den Kartoffeldamm eingegraben und im Bunker entnommen.

Um das neue Reinigungssystem ohne Cleaner messen zu können, wurde beim dritten Messeinsatz der Roder beim Ernten von Pflanzkartoffeln untersucht.

Bei der Ernte von Pflanzkartoffeln musste besonderer Wert auf ein beschädigungsarmes Roden gelegt werden. Aus diesem Grund wurde der Axialwalzenreiniger („Cleaner“) überfahren und eine langsamere Siebbandgeschwindigkeit (1. Siebband 50 %; 2. Siebband 75 %) vorgewählt. Bei trockenen Witterungsverhältnissen (23°C Lufttemperatur) wurde auf einem Rotlehmstandort (72 Bodenpunkte) bei Wallersdorf im niederbayerischen Gäuboden mit durchschnittlich 4 km/h gerodet. Das Kartoffelkraut war vollständig abgestorben sowie frei von Unkraut. Der Schlag war bis auf den Randbereich (3 m) zur Straße frei von Steinen. Die Dämme waren äußerlich gut abgetrocknet, im Inneren jedoch immer noch leicht feucht, so dass sich die Erde auch ohne den Cleaner gut absieben ließ. Die Messung erfolgte wiederum vom Damm bis zum Bunker. Insgesamt wurden 50 Einzelmessungen durchgeführt.

5.5.9.2 Ergebnisse und Diskussion

Bei der ersten Vergleichsmessung zwischen den Reinigungssystemen von 2002 und 2003 bei hoher Reinigungsintensität (mit Cleaner) konnte bereits eine deutliche Verringerung der Belastungen festgestellt werden. Vor allem der Gesamtbelastungsindex verringerte sich deutlich. Dies lag vor allem an der geringeren „durchschnittlichen“ Anzahl von Stößen sowie dem geringeren durchschnittlichen Maximum, das sich um 10 Prozentpunkte minderte. Auch die durchschnittliche Stoßstärke verringerte sich um 5 Prozentpunkte (Abbildung 64). Die Durchlaufzeit des Dummies verringerte sich leicht, trotz des etwas längeren Reinigungsweges des neuen Systems. Statt dem liegenden Igelband (System 2002) muss der Dummy ein zusätzliches schräggestelltes Zuführband überqueren, um so auf das nun ebenfalls schräggestellte Igelband zu gelangen (Abbildung 20). Die Verteilung der Stöße in Belastungsklassen zeigt eine tendenzielle Verschiebung dieser beim System 2003 in Richtung geringerer Stoßbelastung auf (Abbildung 65 und Tabelle 21). Beim System 2002 traten in den Belastungsklassen 40 – 50 noch 7 % und in 50 – 60 sogar noch 9 % der Stöße auf. In diesen Klassen wurden beim System 2003 keine Stöße mehr gemessen.

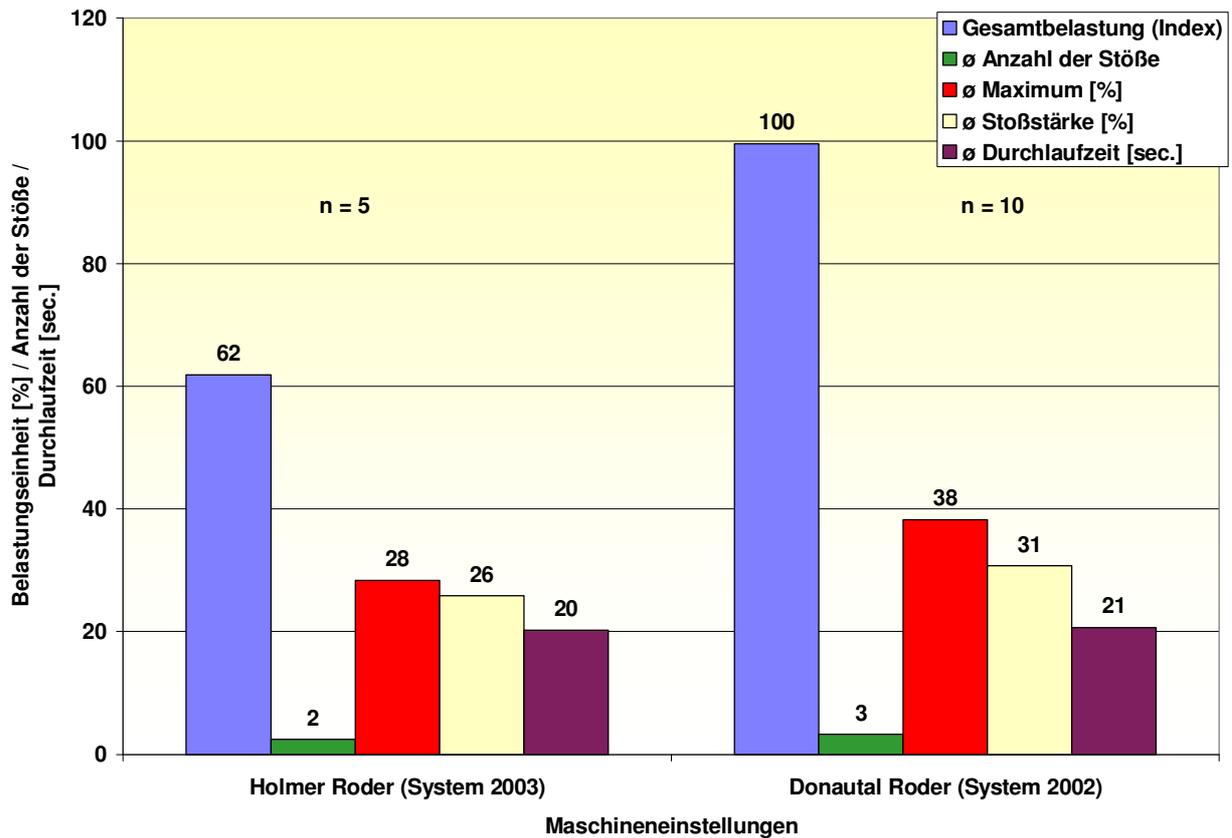


Abbildung 64: Vergleich der beiden Systeme 2002 (Donautalroder) und 2003 (Holmerroder) bei gleichen Bedingungen

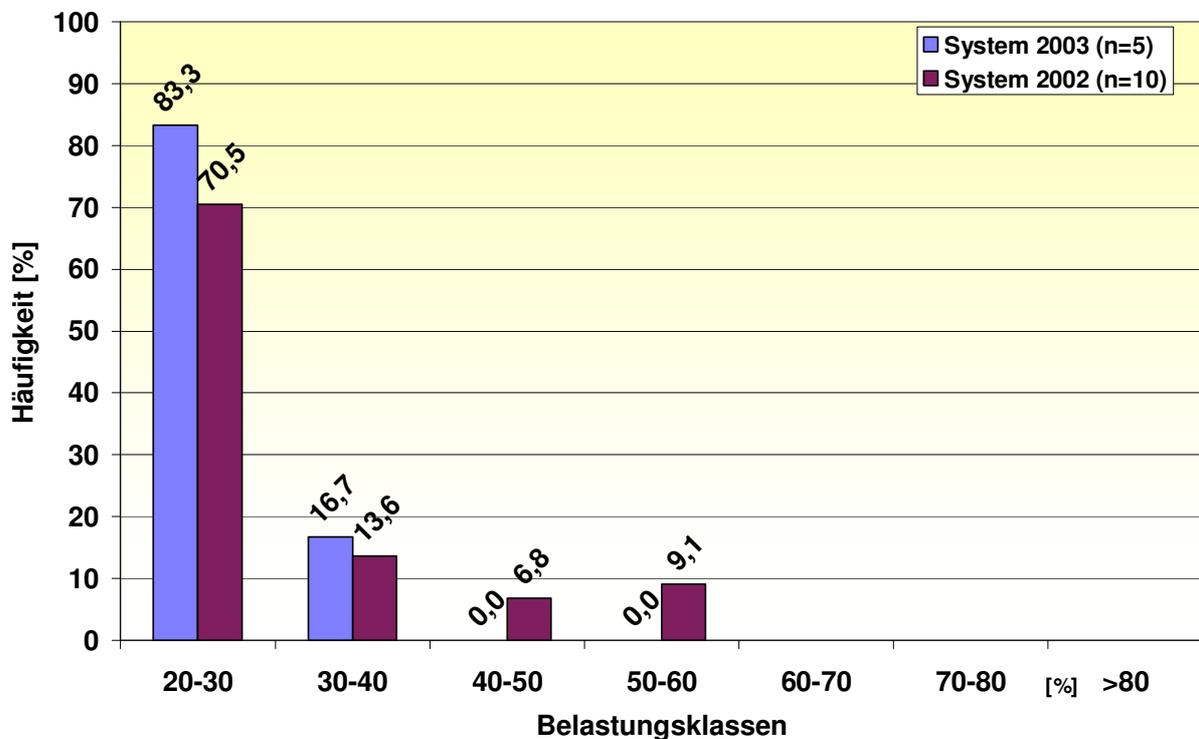


Abbildung 65: Vergleich der beiden Systeme 2002 und 2003 hinsichtlich Verteilung der Belastungsklassen bei gleichen Bedingungen

Tabelle 21: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind

	System 2003	System 2002
Belastungen \geq 30 %	16,7	29,5

Welche Belastung vom Cleaner beim System 2002 ausgeht, wurde im zweiten Durchgang untersucht. Hier wird der Unterschied zwischen den beiden Einstellungen beim System von 2002 gut erkennbar.

Durch die Verringerung der durchschnittlichen Stoßanzahl um zwei Drittel sowie die Abnahme des durchschnittlichen Maximums um 13 Prozentpunkte verringerte sich der Gesamtbelastungsindex um mehr als die Hälfte. Des Weiteren verringerte sich die durchschnittliche Durchlaufzeit um ein knappes Drittel (Abbildung 66).

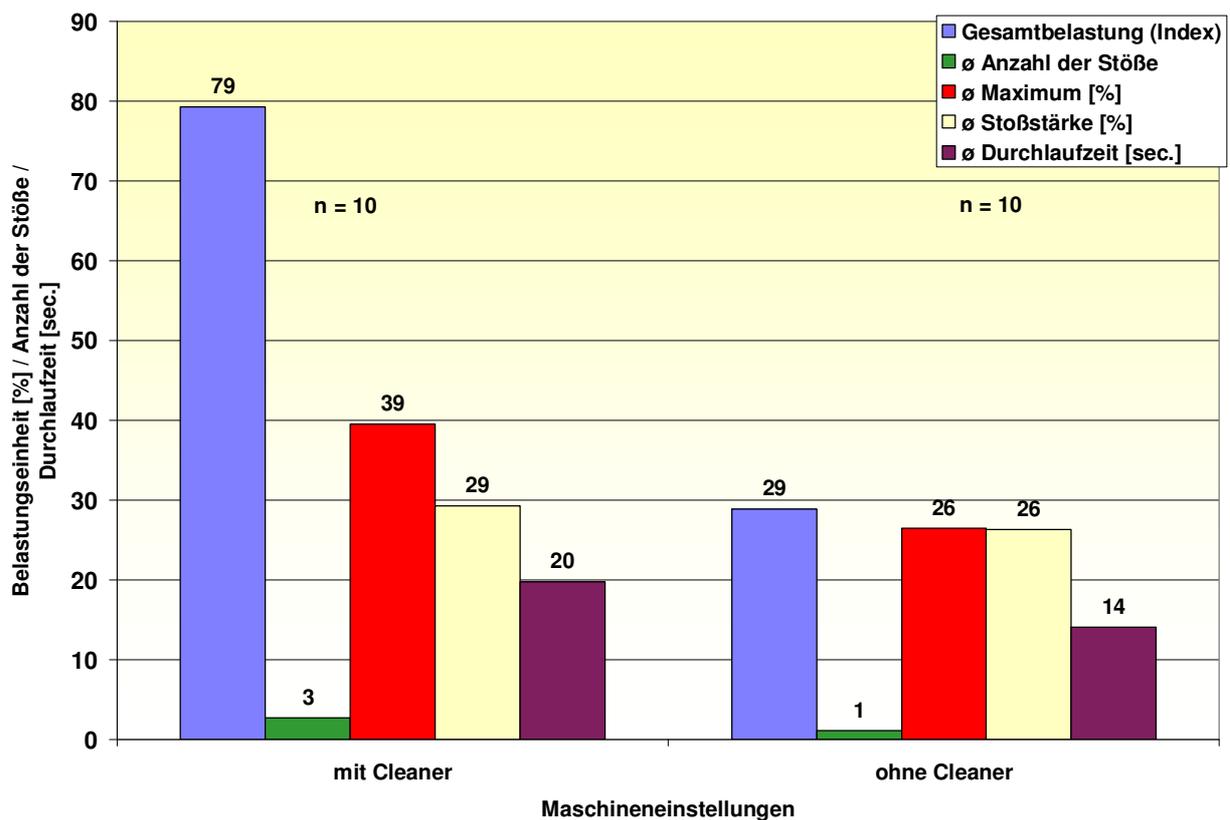


Abbildung 66: Vergleich des Systems 2002 bei gleichen Bedingungen mit und ohne Cleaner

Die Verteilung der Stöße zeigt eine Verschiebung in Richtung geringerer Belastungsklassen bei der Einstellung ohne Cleaner, obwohl in der Belastungsklasse 40 – 50 % über 18 % der Stöße lagen. Dies wurde durch einen Ausreißer von 41,3 % verursacht, der sich bei einer durchschnittlichen Stoßanzahl von eins sehr stark auswirkt. Mit Cleaner wurden sogar Werte > 80 % gemessen.

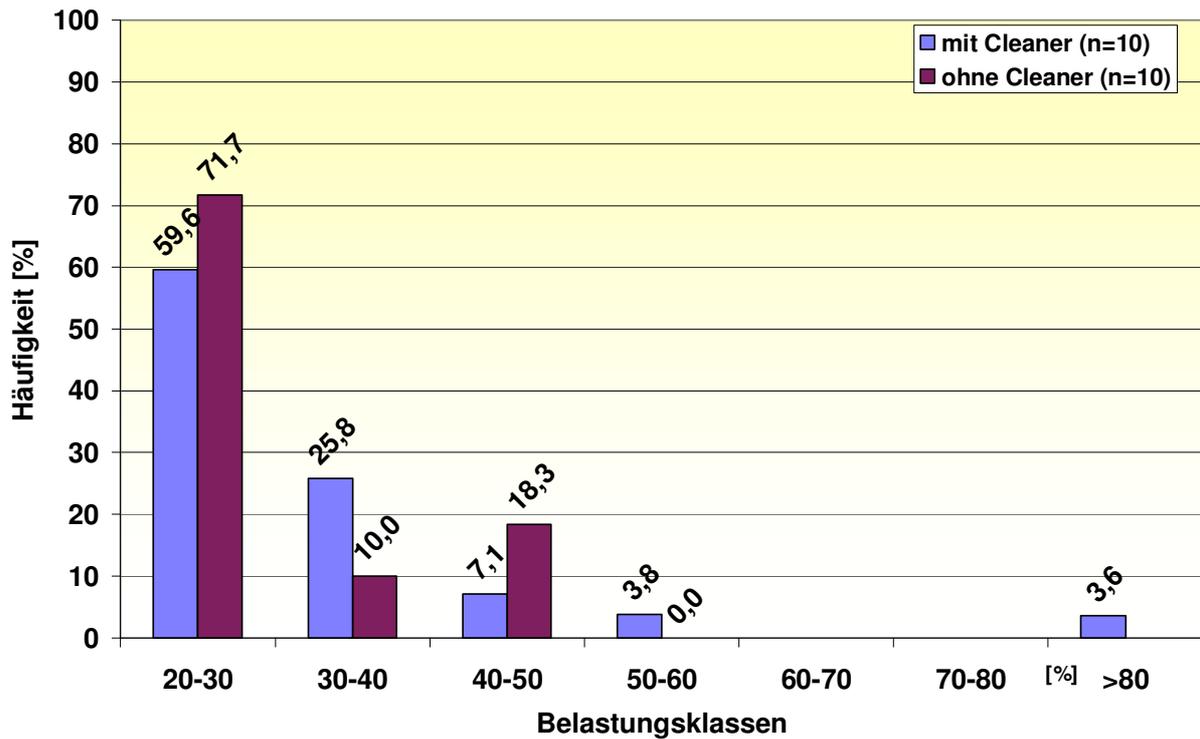


Abbildung 67: Vergleich des Systems 2002 hinsichtlich Verteilung der Belastungsklassen bei gleichen Bedingungen mit und ohne Cleaner

Tabelle 22: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind

	mit Cleaner	ohne Cleaner
Belastungen ≥ 30 %	40,1	28,3

Bei der dritten Messung des Kartoffelrodgers mit schonender Einstellung (ohne Cleaner) konnte der Einfluss des Bodens (hier mit Stein- und ohne Steinbesatz) festgestellt werden. Bei den vier Dämmen, die neben einer Teerstraße verliefen, wurde trotz der schonenden Einstellung, eine höhere Belastung der Kartoffeln gemessen. Dies ist eindeutig auf den Einfluss des Steinbesatzes zurückzuführen.

Vor allem macht dies das durchschnittliche Maximum deutlich, das um 5 Prozentpunkte höher lag. Aber auch am Gesamtbelastungsindex ist der Effekt des Steinbesatzes gut erkennbar, der sich mit Steinen durchschnittlich um 13 Prozentpunkte erhöht. Vor allem die Stoßintensität war bei den Messungen mit Steinbesatz sehr viel höher. Die durchschnittliche Stoßanzahl hingegen war identisch. Auch die durchschnittliche Durchlaufzeit zeigt eine tendenzielle Erhöhung beim Roden mit Steinbesatz auf (Abbildung 68).

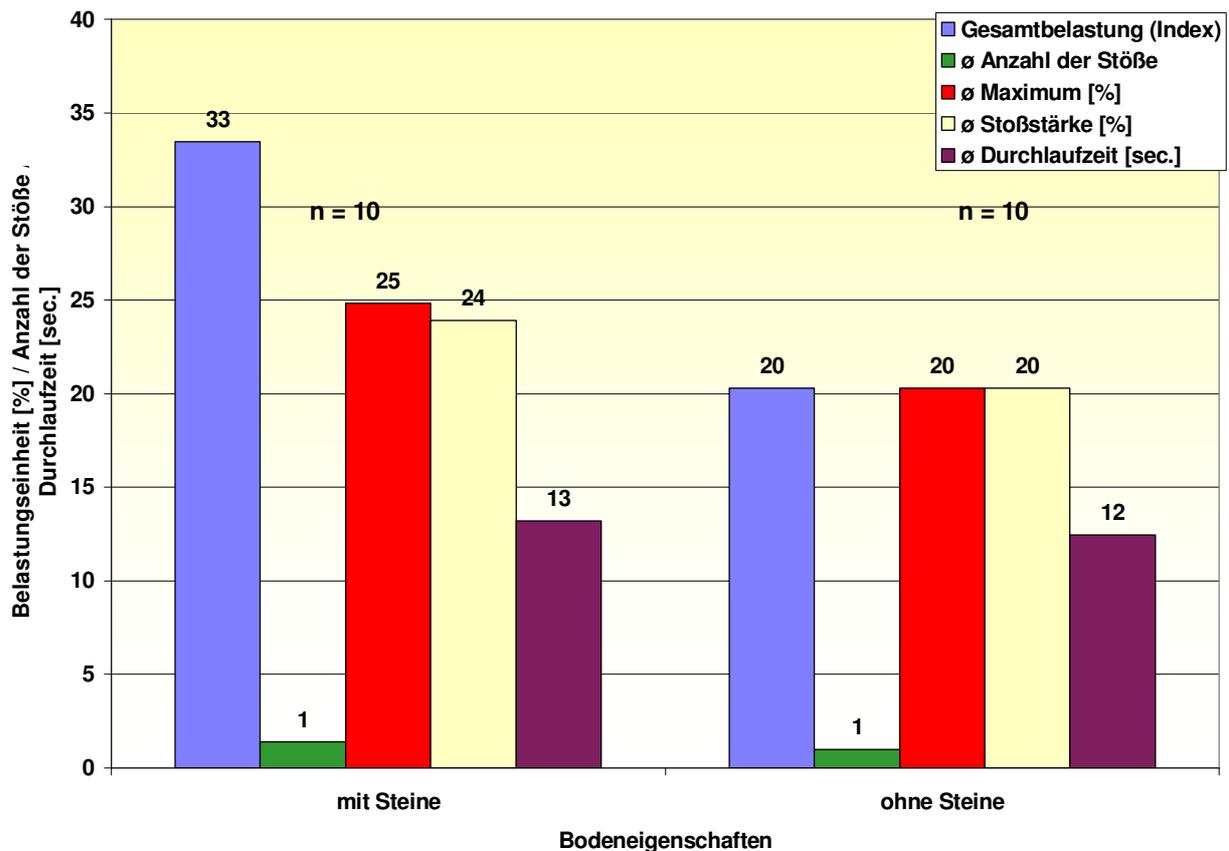


Abbildung 68: Einfluss des Steinbesatzes hinsichtlich Knollenbelastung auf

Bei der Auswertung der Stöße nach Belastungsklassen (Abbildung 69) sind deutliche Unterschiede zwischen den Messungen mit Steinbesatz und ohne Steinbesatz erkennbar. Bei der Rodung ohne Steine erfolgten im Bereich > 30 % keine Stoßbelastungen (siehe Tabelle 23). Bei den Messungen mit Steinbesatz hingegen wurden in der Belastungsklasse > 30 % gut 21 % der Stöße gemessen.

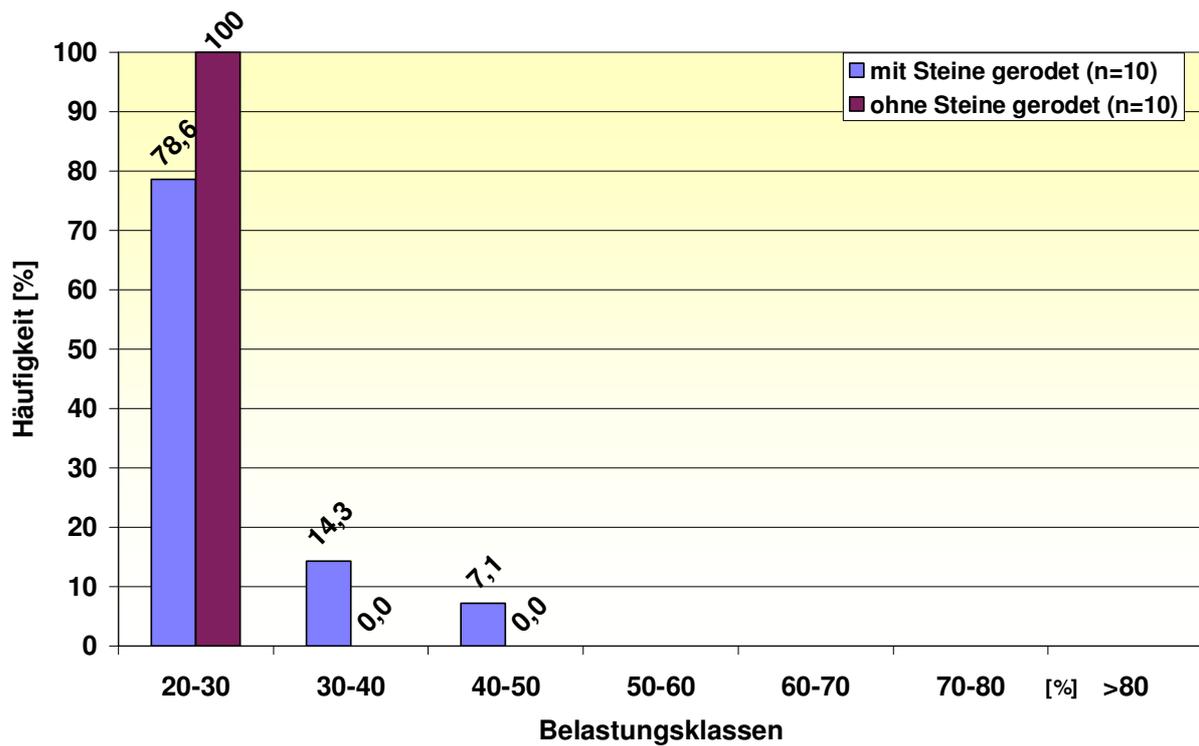


Abbildung 69: Verteilung der Stoßbelastung in Belastungsklassen bei der Rodung mit Stein- und ohne Steinbesatz

Tabelle 23: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind

	mit Steinen	ohne Steine
Belastungen \geq 30 %	21,4	0

Der Einfluss der Beimengen ist auf Grund dieser Ergebnisse nicht außer Acht zu lassen, da trotz schonender Einstellungen des Kartoffelrodgers unerwünschte Stoßbelastungen auftreten können, die vom Roderfahrer nicht beeinflusst werden können.

Abschließend sollen die Systeme 2002 und 2003 an Hand der Ergebnisse zusammenfassend verglichen werden. Es wurden nur die Ergebnisse gegenübergestellt, bei denen die Rodereinstellungen sowie die äußeren Bedingungen identisch waren. In Abbildung 70 ist der Unterschied zwischen den beiden Systemen mit der Einstellung ohne Cleaner ersichtlich. Die meisten Werte liegen bei dem neuen System unter denen des alten. Für den niedrigeren Gesamtbelastungsindex ist vor allem das niedrigere durchschnittliche Maximum ausschlaggebend gewesen, da die durchschnittliche Stoßanzahl gleich hoch war. Durchschnittlich durchlief der Dummy das neue System um 2 Sekunden schneller. Abbildung 71 und Tabelle 24 zeigen ebenfalls die Verbesserung des neuen Reinigungssystems.

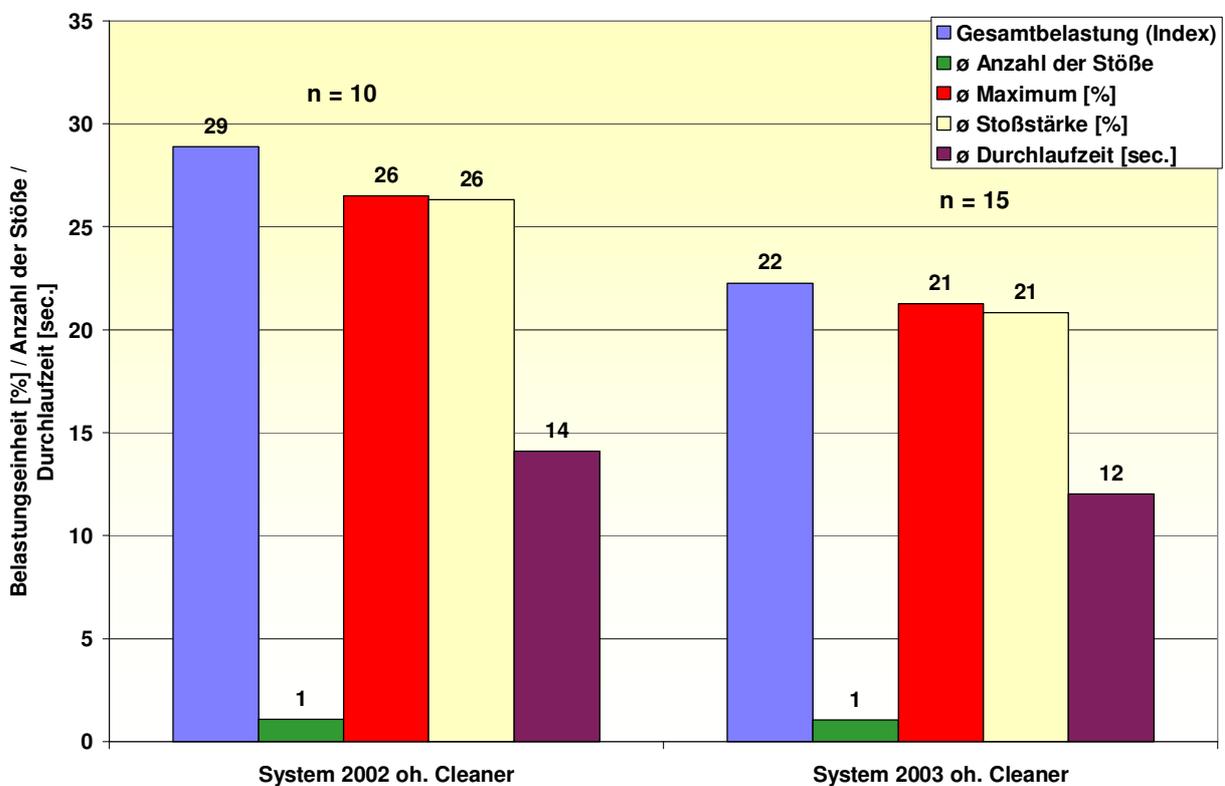


Abbildung 70: Gegenüberstellung der Systeme 2002 und 2003 ohne Cleaner an Hand der belastungsbestimmenden Parameter

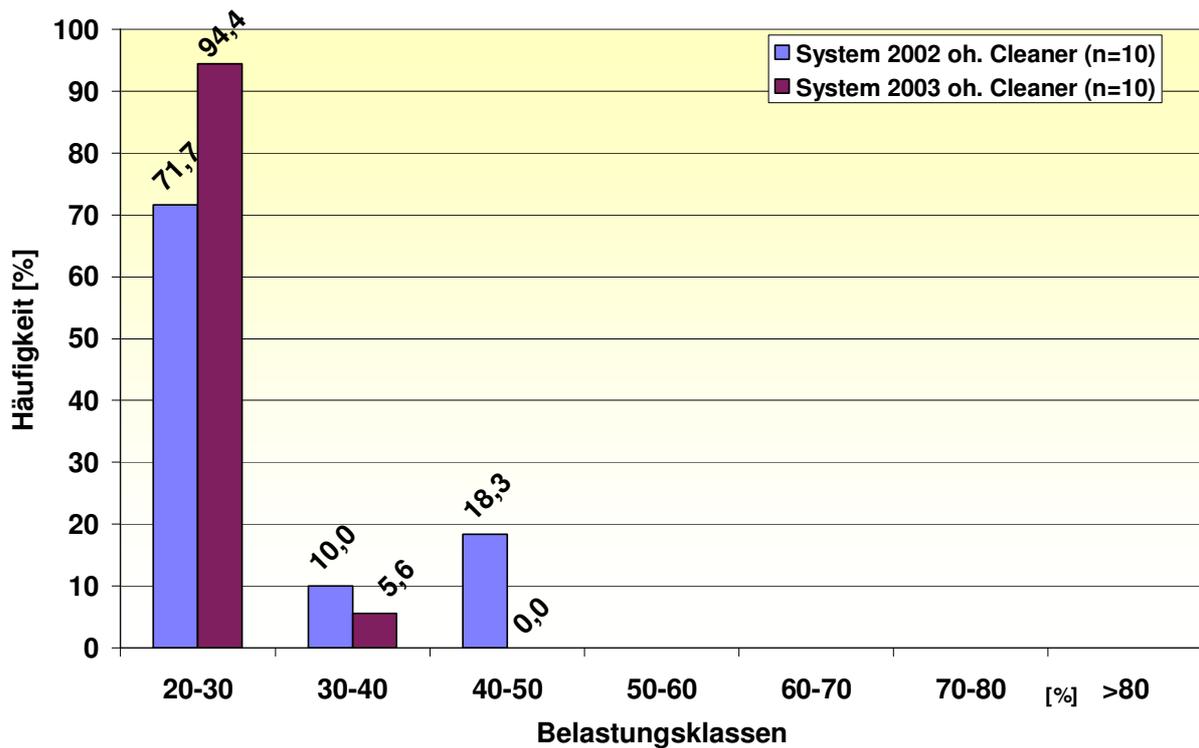


Abbildung 71: Vergleich der Verteilhäufigkeit der Belastungsklassen beider Systeme mit der Einstellung ohne Cleaner

Tabelle 24: Verteilhäufigkeit der Stöße, die > 30 % sind

	System 2002 ohne Cleaner	System 2003 ohne Cleaner
Belastungen \geq 30 %	28,3	5,6

Abbildung 72 vergleicht zusammenfassend die beiden Systeme mit den beiden Einstellungen Cleaner ein- und ausgeschaltet. Bei dieser Auswertung wurden nicht nur die Werte \geq 20 % berücksichtigt, sondern alle erfassten Stöße. Diese Darstellung zeigt den Verbesserungseffekt, der sowohl bei intensiver Reinigung als auch bei der schonenden Reinigung deutlich zum Vorschein kommt.

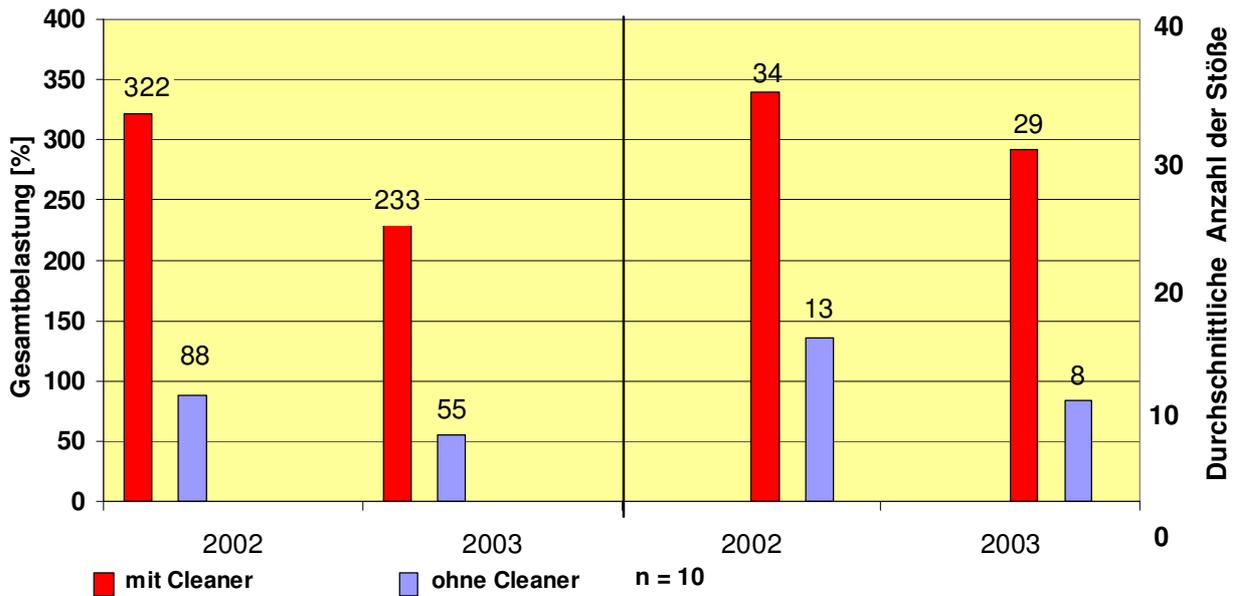


Abbildung 72: Vergleich beider Systeme mit und ohne Cleaner

Durch die Messungen mit der elektronischen Knolle konnten Schwachstellen sowie äußere Einflüsse erkannt und lokalisiert werden. Dadurch ist es möglich, verschiedene Einstellungen an Kartoffelrodern erfassen und bewerten zu können. Leider kann noch keine Aussage darüber getroffen werden, bei welchen gemessenen Werten definitiv eine Schädigung von Kartoffeln auftritt. Die bisherigen Erfahrungen lassen es jedoch zu, die erhaltenen Daten besser einschätzen zu können, um tendenzielle Empfehlungen zusammenzustellen. Knollenbeschädigungen sind neben den rein physikalischen Größen (Siebbandgeschwindigkeiten, Fallstufen, Art des Aufprallmaterials usw.) auch sehr stark von den physiologischen Eigenschaften (Sorte, Temperatur, TS-Gehalt, Stärkegehalt, Reifestadium, Bodenart usw.) abhängig. Aus diesem Grund ist es schwierig, eindeutig zutreffende Aussagen machen zu können.

Vergleichsbonituren der Firma AVIKO (Rain am Lech) von Kartoffelchargen der Sorte Agria, die mit dem Roder „Terra Melix“ von der Firma Holmer bei schonender Einstellung (Überfahren des Axialwalzenreinigers („Cleaner“) sowie vorwählen einer langsameren Siebbandgeschwindigkeit [1. Siebband 50 %; 2. Siebband 75 %]) gerodet wurden, ergaben sehr positive Ergebnisse. Die Proben wurden von neutraler Stelle gezogen und an die Firma AVIKO gesendet.

Die Firma AVIKO Rain am Lech legt sehr großen Wert auf Kartoffelqualität, die vor allem durch Beschädigungen beeinträchtigt wird. Aus diesem Grund wird jede Kartoffellieferung nach einem eigenen Boniturschema geprüft und eingestuft. Erreicht die untersuchte Stichprobe eine Punktezahl von > 50 werden stufenweise Preisabzüge vorgenommen, die sogar bis zur Verweigerung der Annahme reichen.

Im Bereich 30 – 50 Punkte werden die Lieferungen ohne Zu- und Abschläge angenommen. Liegt die Punktezahl unter 30 bekommt der Lieferant sogar Qualitätszuschläge. Alle fünf untersuchten Chargen lagen im Bereich von 20 – 50 Punkten, so dass keine Qualitätsabzüge erfolgten. Die dritte Probe fiel sogar in den Bereich eines Qualitätszuschlages.

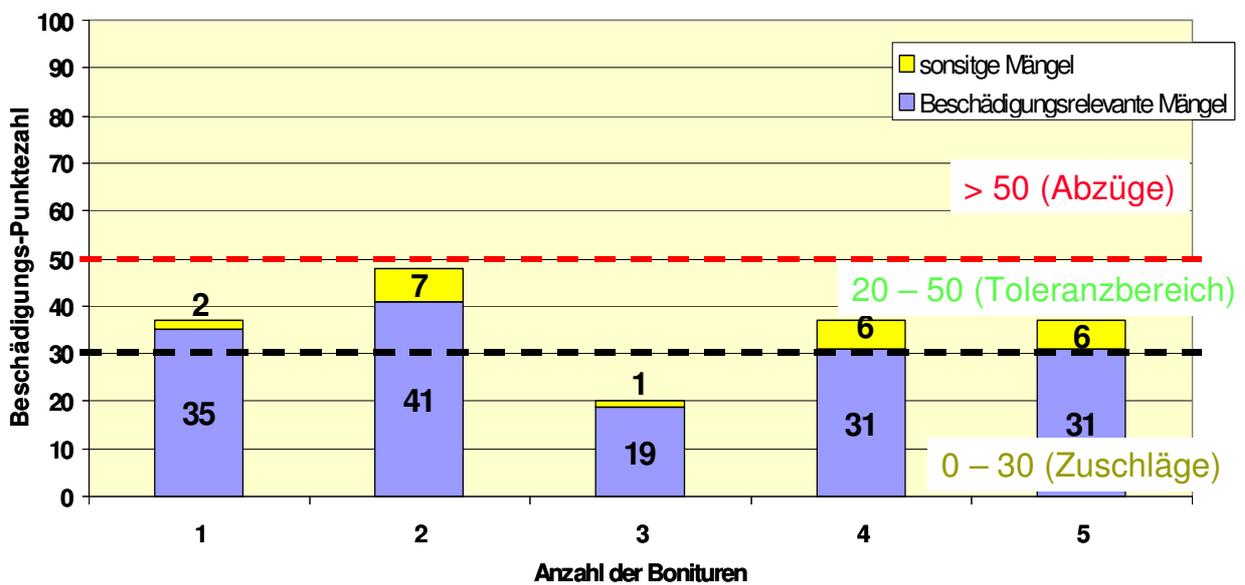


Abbildung 73: Boniturergebnisse der Firma AVIKO aus der Untersuchung der vom „Terra Melix“ gerodeten Kartoffeln (Sorte AGRIA)

Die Weiterentwicklung und Modifikation der Trenn- und Reinigungsorgane führte zu einer deutlichen Verbesserung der Rode- und Entequität hinsichtlich der Stoßbelastungen. Die weitere Verbesserung der Rodequalität ist auch für die Zukunft ein zentrales Thema und geht mit der Weiterentwicklung der Maschine einher. Nach derzeitigem Stand können mit dem vierreihigen Bunkerroder „Terra Melix“ nicht nur Stärkekartoffeln geerntet werden, sondern auch Speisekartoffeln mit der von der verarbeitenden Speisekartoffelindustrie geforderten Qualität.

6 Wirtschaftlichkeit alternativer Verfahren der Kartoffelernte

Dieser Punkt des Projektes wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von Herrn Thomas Bauer bearbeitet. Dabei werden die herkömmlichen ein- und zweireihigen gezogenen Bunkerroder mit selbstfahrenden Bunkerrodern verglichen. Die Ergebnisse und Ausführungen wurden aus der Arbeit übernommen.

6.1 Rentabilität und Kostenstruktur des Kartoffelanbaus

Eine Betrachtung der Jahresabschlussanalysen der letzten Jahre macht deutlich, dass im Kartoffelbau hohe Deckungsbeiträge erreicht werden können, aber unter Anrechnung der Festkosten nur niedrige Gewinne verbleiben [21].

Die Abbildung 74 und 75 zeigen die Produktionskosten von Speise- und Stärkekartoffeln und die relative Verteilung der einzelnen Kostenpunkte. Sowohl bei Speisekartoffeln als auch bei Stärkekartoffeln fallen zwei große Kostenpunkte ins Auge. Das sind zum einen die Kosten für Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutz, Beregnung und die variablen Lagerkosten, zusammengefasst auch **Direktkosten** mit einem Anteil von **35- 38 %** an den Gesamtkosten und zum anderen die Kosten für Fremdarbeitskräfte, Lohnarbeit, Maschinenunterhalt, Treibstoffe, Abschreibung, Maschinenvers. und Steuern, zusammengefasst auch **Arbeits erledigungskosten** genannt mit einem Anteil von **28- 33 %** an den Gesamtkosten. Die weiteren Kosten wie Lieferrechtskosten, Flächenkosten, Gebäudekosten und die Gemeinkosten bewegen sich sowohl für Speisekartoffeln als auch für Stärkekartoffeln in einem Bereich um die 17 % an den Gesamtkosten. Auf demselben Niveau pendeln sich die kalkulatorischen Kosten ein. Hierzu zählen die Kosten für die Entlohnung der Familienarbeitskräfte, die Kosten für das eingesetzte Eigenkapital und die Kosten für die Verzinsung der vorhandenen Eigentumsfläche.

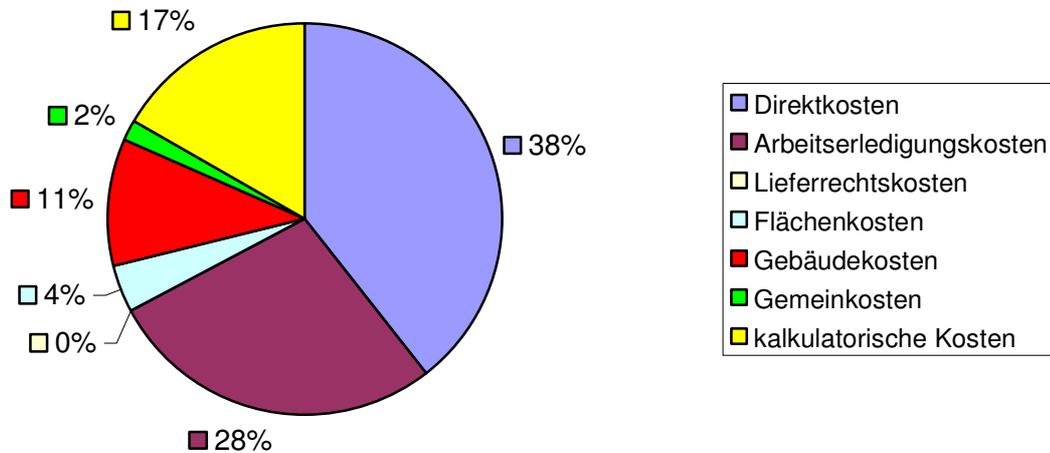


Abbildung 74: Relative Verteilung der Produktionskosten von Speisekartoffeln (10,22 €/dt) bei einem Ertragsniveau von 446 dt/ha Verkaufsware [22].

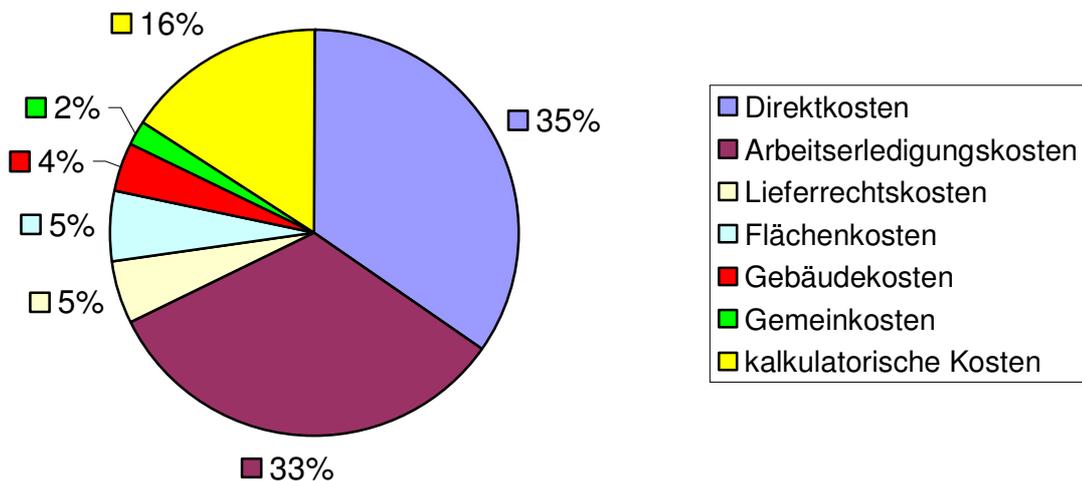


Abbildung 75: Relative Verteilung der Produktionskosten von Stärkekartoffeln (7,56 €/dt) bei einem Ertragsniveau von 463 dt/ha [22].

Unter Berücksichtigung aller Kostenanteile ergeben sich bei den Speisekartoffel bei einem Ertragsniveau von 446 dt/ha Produktionskosten von ca. 10,22 €/dt. Es wurde der Anbau von vorwiegend festkochenden Sorten für die Berechnungen herangezogen. Werden nur die Produktionskosten ohne kalkulatorische Kosten betrachtet (8,52 €/dt), so bedeutet dies, dass bei einem Erzeugerpreis von 8,52 €/dt eine Kostendeckung eintritt. Sollen allerdings auch die kalkulatorischen Kosten (Lohnansatz 12,50 €/h, Pachtansatz 330 €/ha, Eigenkapitalverzinsung 3,5%) berücksichtigt werden, so müsste der Erzeugerpreis 10,22 €/dt betragen. Ein Vergleich von der ZMP dargestellten Erzeugerpreise der letzten Jahre mit diesen Werten, verdeutlicht, dass nur in jedem dritten Jahr die Kosten gedeckt sind und die nötigen Gewinne erwirtschaftet werden [21].

Im Stärkekartoffelanbau sieht es ähnlich aus. Ohne Berücksichtigung der kalkulatorischen Kosten ergeben sich Produktionskosten von 6,36 €/dt bei einem Ertragsniveau von 463 dt/ha. Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Stärkegehaltes von 18,5 % bekommt ein Landwirt 6,99 €/dt. Der Landwirt kann also einen Gewinn von 0,63 €/dt verbuchen. Unter Einbeziehung der kalkulatorischen Kosten entsteht allerdings ein Verlust von 0,57 €/dt [21].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zur Realisierung der nötigen Gewinne im Speise- und im Stärkekartoffelbau Rationalisierungsreserven genützt werden müssen. Solche Rationalisierungsreserven liegen im Kartoffelbau in den Arbeits erledigungskosten, die zwischen 28 und 32 % der Gesamtkosten ausmachen. In den anderen Kostenbereichen wie zum Beispiel den Direktkosten ist der Spielraum für eine Kosteneinsparung gering. Innerhalb den Arbeitserledigungskosten hebt sich die Maschinenabschreibung als größte Kosteneinsparungsquelle hervor. Durch eine höhere Auslastung der Maschinen könnten viele Betriebe ihre Festkosten senken und somit höhere Gewinne erwirtschaften. Da aber die notwendige Fläche für eine entsprechende Auslastung der Maschinen in den meisten Fällen nicht vorhanden ist, müsste dieses Problem durch überbetriebliche Zusammenarbeit gelöst werden. Leider setzt dies voraus, dass die althergebrachten Traditionen einer neuen Denkweise weichen müssten [21].

6.2 Methodik der Kostenberechnung

Die Kostenberechnungen beruhen auf der Grundlage des KTBL- Taschenbuches (inklusive CD-ROM) 2002/2003. Diese Daten basieren auf Arbeitsvorhaben des von Bund und Ländern gemeinsam geförderten KTBL- Arbeitsprogramms, Kalkulationsunterlagen sowie auf Ergebnissen von ehrenamtlichen KTBL- Gremien und Mitarbeitern der KTBL- Geschäftsstelle. Weiter wurde die Anwendung „Makost für Windows Version 3.0“ zu Hilfe genommen, da diese neue Version die Funktion enthält, eine nutzungsspezifische Schätzung von Reparaturkosten und Restwerten durchzuführen.

In Tabelle 25 sind die Kostenelemente der Kartoffelernte mit ein- und mehrreihigen Kartoffelbunkerrotern dargestellt.

Tabelle 25: Kostenelemente von Kartoffelbunkerrotern [23].

Fixkosten des Roders	Variable Kosten des Rodens
<ul style="list-style-type: none"> • Abschreibung • Zinskosten • Unterbringung <p>Datengrundlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungspreis • Nutzungsdauer nach Zeit und Leistung • Einsatzfläche pro Jahr • Restwert • Zinsansatz 	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturkosten • Betriebsstoffkosten (Selbstfahrer) • Kosten für Zugschlepper • Lohnansatz Fahrer (ohne Verlesepersone) <p>Datengrundlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächenleistung • Auslastung (Betr.Stunden/Jahr) und Leistung (KW) des Zugschleppers • Lohnforderung Fahrer

Die Fixkosten sind weitgehend unabhängig vom Einsatzumfang. Sie entstehen mit dem Kauf eines Roders und werden angegeben in der Einheit „Fixkosten pro Jahr“ [23]. Um später die Gesamtkosten pro Hektar aus Fixkosten pro Hektar und variablen Kosten pro Hektar zu errechnen, müssen die Fixkosten pro Jahr unter Einbeziehung der Einsatzfläche pro Jahr in die Einheit Fixkosten pro Hektar umgerechnet werden.

- Die lineare *Abschreibung* umfasst die nutzungs- und altersbedingte Wertminderung, denn am Ende der wirtschaftlichen Nutzung soll das eingesetzte Kapital wieder zur Verfügung stehen. Sie wird berechnet, indem der Restwert vom Anschaffungswert abgezogen und dieser Betrag durch die Nutzungsdauer geteilt wird. Die Abschreibung gehört solange zu den fixen Kosten, solange die jährliche Auslastung unter der Abschreibungsschwelle liegt. Die Abschreibungsschwelle errechnet sich aus dem Quotient der Nutzungsdauer nach Arbeit und der Nutzungsdauer nach Zeit. Liegt die jährliche Auslastung über der Abschreibungsschwelle, so ist nach Arbeit abzuschreiben und somit gehört die Abschreibung zu den variablen Kosten.[23]

Formel: $(A_0 - \text{Restwert}) / \text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibung pro Jahr}$

- Die *Zinskosten* sind die Kosten der Kapitalbenutzung. [23] Bei dieser entstehen Kosten für die Benutzung des Eigenkapitals und Kosten für die Zinsleistung bei Fremdkapital. Das KTBL-Taschenbuch und das Programm Makost rechnen mit einem Zinssatz von 8%. Dies ist ein gewichteter Mischzins aus Fremdkapitalzins und Eigenkapitalverzinsung [24]. Die Ermittlung der Zinskosten und die daraus abzuleitende Formel ist in Abbildung 76 dargestellt. Die hier gezeigte Zinskostenermittlung gilt allerdings nur bei der linearen Abschreibung, bei der 50% der Anschaffungskosten durchschnittlich gebunden sind.

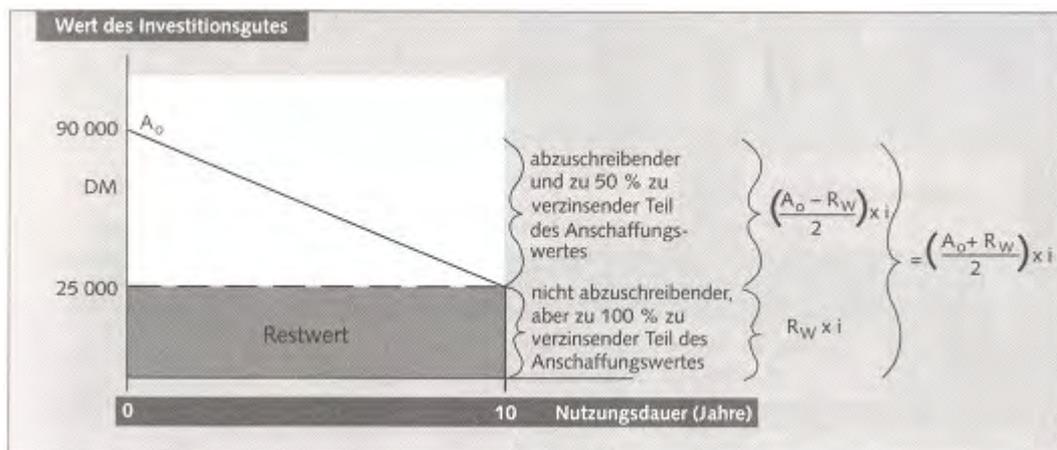


Abbildung 76: Ermittlung der Zinskosten bei einer linearen Abschreibung [25]

- Unter den *Unterbringungskosten* sind die Kosten der Kapitalsicherung zu verstehen. Sie werden berechnet indem 1% vom Anschaffungspreis für die Unterbringung angesetzt wird [23].

Formel: $A_0 \cdot 0,01 = \text{Kosten der Unterbringung pro Jahr}$

Die variablen Kosten dagegen sind abhängig vom Einsatzumfang der Maschine. Sie entstehen durch den Einsatz der Maschine und werden angegeben in der Einheit: „Variable Kosten/Hektar“ [23].

- Die Kalkulation der *Reparaturkosten* ist eines der größten Probleme bei der Kostenkalkulation von landwirtschaftlichen Maschinen. Es nehmen sehr viele Faktoren, wie Nutzung der Maschine, Pflege und vorbeugende Instandhaltung, Anteil an Verschleißteilen etc. Einfluss auf den Reparaturkostenverlauf. Als Datengrundlage dient dem KTBL die Auswertung von tatsächlich angefallenen Reparaturkosten von Betrieben. Diese Daten werden dem veränderten Kostenniveau entsprechend auf den aktuellen Preisstand hochgerechnet. Es folgt eine Analyse des Reparaturkostenverlaufes in Abhängigkeit von der geleisteten Arbeit aus vergleichbaren Maschinen und Geräten.
- Aus dieser Analyse werden die durchschnittlich zu erwartenden Reparaturkosten je Hektar abgeleitet, die für die gesamte Lebensdauer der Maschine von der ersten Inbetriebnahme bis zum voraussichtlichen Nutzungsende gelten. In der Programmversion 3 des Programms „Makost“ werden die Reparaturkosten nutzungsabhängig geschätzt. Es erfolgt hier also eine automatische Anpassung der Reparaturen in Anlehnung an die Nutzung nach der tatsächlich erbrachten Hektarleistung pro Jahr [26].
- Unter den *Betriebsstoffkosten* bei den Selbstfahrern werden die Kosten für den Verbrauch von Dieselkraftstoff und Öl verstanden. Die Verbrauchsmengen werden mit den jeweiligen Preisen hochgerechnet und in € pro Stunde angegeben.
- Handelt es sich um gezogene Kartoffelvollernter, so müssen für die Vergleichbarkeit mit Selbstfahrern auch die anteiligen *Kosten für den Zugschlepper* angesetzt werden. Hier dient als Kalkulationsgrundlage die Datensammlung des KTBL- Taschenbuches Landwirtschaft 2002/2003.

Die Fixkosten pro Jahr werden hier unter der Berücksichtigung einer mittleren Auslastung von 500 Stunden/Jahr in €/Stunde umgerechnet. Die Summe aus Fixkosten/Stunde und variable Kosten/Stunde ergeben die Kosten für den Zugschlepper pro Betriebsstunde.

- Der *Lohnansatz für den Fahrer* wird mit 13,50 €/Stunde bewertet. Dies entspricht dem normalen Maschinenringverrechnungssatz.

Alle variablen Kosten, die nicht in der Einheit € pro Hektar angegeben werden (Reparaturkosten Selbstfahrer, Betriebsstoffkosten, Kosten für Zugschlepper und Lohnansatz Fahrer) müssen unter Einbeziehung der Flächenleistung Hektar/Stunde in die Einheit €/Hektar umgewandelt werden.

6.3 Kostenberechnung

Die Kostenberechnung wird nach der in **6.2** beschriebenen Methodik durchgeführt. Aus Gründen der Unterscheidbarkeit zwischen Maschinenkosten und Lohnkosten wird der Lohnansatz für den Fahrer nicht bei den variablen Kosten des Rodens angegeben, sondern extra aufgelistet. Aufgrund der großen Schwankungsbreiten bei den Listenpreisen der Roder werden die Arbeitserledigungskosten gegliedert in drei Anschaffungspreisniveaus ermittelt.

Letztendlich aber können die Kostenberechnungen nur als Beispielskalkulation verstanden werden, denn die nach KTBL angenommenen Daten können sehr stark von den einzelbetrieblichen Gegebenheiten abweichen. Als Beispiel sind hier die Angaben über die Flächenleistung zu nennen. Je nach Bodenart, durchschnittliche Schlaggröße und Feuchtigkeitsverhältnissen schwanken die Hektarleistungen und damit auch die Arbeitserledigungskosten erheblich.

Auch die stark differierenden Listenpreise als Ausgangspunkt für die Unterscheidung in drei Preisniveaus sind im Hinblick auf die Praxistauglichkeit mit Vorsicht zu betrachten. Allerdings macht es die unterschiedliche Rabattgebung der Vertriebsfirmen nahezu unmöglich tatsächliche Kaufpreise ohne Beeinträchtigung der Vergleichbarkeit zu ermitteln. Aus diesem Grund wird mit Listenpreisen gearbeitet. Die in den Listenpreisen unberücksichtigte MWST in Höhe von 16 % kann als eine Art Rabatt gesehen werden, der den Preisen mehr Realitätsnähe verleiht. Für den Vergleich der Systeme miteinander werden die mittleren Preisniveaus herangezogen.

6.3.1 Kostenberechnung einreihiger Vollernter

Die Tabelle 26 zeigt die Datengrundlage für die Kostenberechnung beim einreihigen Vollernter, getrennt nach drei Preisniveaus. Hierbei muss beachtet werden, dass die Ausstattung der hinter den drei Anschaffungspreisniveaus steckenden Maschinen nicht identisch ist. Es ergeben sich somit für die drei Preisniveaus folgende Datenangaben (Tab. 26).

Tabelle 26: Datengrundlage für die Kostenberechnung einreihiger Vollernter

Anschaffungspreisniveau	Niedrig	Mittel	Hoch
Listenpreis ohne MWSt. in €	38.000	50.000	60.000
Nutzungsdauer nach Zeit	8	8	8
Nutzungsdauer nach Leistung in ha	300	350	400
Abschreibungsschwelle in ha/Jahr	37,5	43,7	50
Leistung ha/Stunde nach KTBL bei Schlaggröße 2 ha, Ertrag 350 dt/ha	0,11	0,12	0,14
Zugschlepper KW	49-59	49-59	60-74
Kosten Zugschlepper in €/h bei einer Auslastung von 500h/Jahr	16,96	16,96	20,2
Lohnansatz Fahrer in €/h	13,5	13,5	13,5

Die Nutzungsdauer nach Zeit und der Lohnansatz für den Fahrer sind bei allen drei Preisniveaus gleich. Bei der Nutzungsdauer nach Leistung sind gewisse Unterschiede zu verzeichnen, die sich unter Einbeziehung der Nutzungsdauer nach Zeit in drei verschiedenen Abschreibungsschwellen zeigen. Auch die Flächenleistung und die Kosten für den Zugschlepper variieren je nach Anschaffungspreisniveau.

6.3.1.1 Kostenberechnung in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau

Die Arbeiterledigungskosten des einreihigen Vollernters im mittleren Preisniveau sind in der Tabelle 27 und der dazugehörigen Abbildung 77 zu finden. Hier erreicht die Gesamtkostenbelastung bei einer Auslastung von 5 ha einen Wert von 1806 €/ha. Noch stärker zeigt sich die hohe Fixkostenbelastung/ha im mittleren Preisniveau bei einer niedrigen Einsatzfläche pro Jahr. Bei einer Einsatzfläche von 20 ha/Jahr betragen die Arbeiterledigungskosten 698 €/ha, bei 40 Hektar 506 €/ha. Bei Erreichung der Auslastungsschwelle (43,7 ha) sind sie mit 489 €/ha zu kalkulieren. (siehe Tabelle 27, Abb. 77)

Tabelle 27: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche einreihiger Vollernter Preisniveau Mittel

Einsatzfläche/Jahr in ha	5	10	15	20	25	30	40	43,7
Restwert in €	13235,0	13235,0	10227,0	6038,0	3441,0	1825,0	225,0	1,0
Fixkosten/Jahr								
Abschreibung nach Zeit	4595,6	4595,6	4971,6	5495,3	5819,9	6021,9	6221,9	6249,9
Zinsansatz	2529,4	2529,4	2409,1	2241,5	2137,6	2073,0	2009,0	2000,0
Unterbringung	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
Summe Fixkosten/Jahr	7625,0	7625,0	7880,7	8236,8	8457,5	8594,9	8730,9	8749,9
Summe Fixkosten/ha	1525,0	762,5	525,4	411,8	338,3	286,5	218,3	200,2
Variable Kosten/ha								
Reparaturkosten in €/ha	27,8	29,8	31,0	31,9	32,7	33,3	34,2	35,0
Betriebsstoffkosten(SF)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kosten Zugschlepper in €/ha	141,3	141,3	141,3	141,3	141,3	141,3	141,3	141,3
Summe Variable K./ha	169,1	171,1	172,4	173,3	174,0	174,6	175,6	176,3
Lohnkosten Fahrer in €/ha	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5
Einsatzfläche/Jahr in ha	5	10	15	20	25	30	40	43,7
Summe Fixkosten/ha	1525,0	762,5	525,4	411,8	338,3	286,5	218,3	200,2
AfA nach Leistung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe Variable Kosten/ha	169,1	171,1	172,4	173,3	174,0	174,6	175,6	176,3
Lohnkosten/ha	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5
Arbeitserledigungsk. in €/ha	1806,6	1046,1	810,2	697,6	624,8	573,6	506,3	489,1

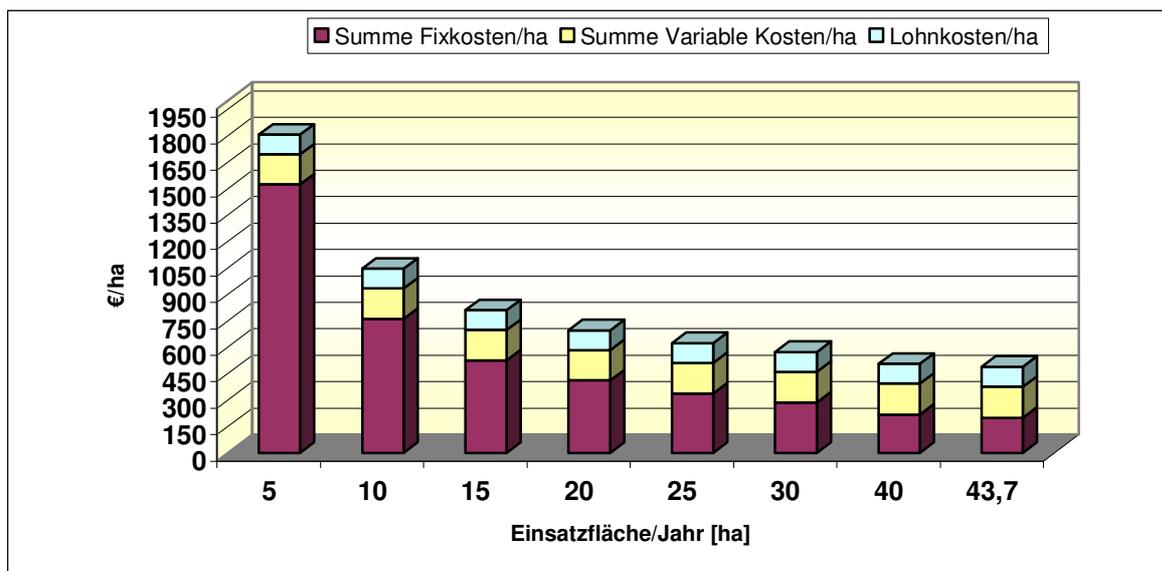


Abbildung 77: Arbeitserledigungskosten in €/ha einreihiger Vollernter Preisniveau Mittel

6.3.2 Kostenberechnung zweireihiger gezogener Vollernter

Beim zweireihigen gezogenen Vollernter wird mit der Datengrundlage von Tabelle 28 gearbeitet. Wie bei den einreihigen Maschinen wird auch hier mit drei Auslastungs- und damit Preisvarianten gerechnet. Keine Unterschiede zwischen den drei Leistungsniveaus ergeben sich bei der Nutzungsdauer nach Zeit und beim Lohnansatz für den Fahrer. Anders sieht es bei der Nutzungsdauer nach Leistung und somit auch bei den Abschreibungsschwellen, bei den Flächenleistungsangaben und bei den Kosten für den Zugschlepper aus. Der Grund für diese Unterschiede liegt wie bei den einreihigen Vollerntern in der unterschiedlichen Bauweise und der unterschiedlichen Ausstattung.

Tabelle 28: Datengrundlage für die Kostenberechnung zweireihiger gezogener Vollernter

Anschaffungspreisniveau	Niedrig	Mittel	Hoch
Listenpreis ohne MWSt. in €	80.000	90.000	100.000
Nutzungsdauer nach Zeit	8	8	8
Nutzungsdauer nach Leistung	700	800	900
Abschreibungsschwelle in ha/Jahr	87,5	100	112,5
Leistung ha/Stunde nach KTBL bei Schlaggröße 5 ha, Ertrag 350 dt/ha	0,27	0,3	0,33
Zugschlepper KW	75-92	112-129	112-129
Kosten Zugschlepper in €/h bei einer Auslastung von 500h/Jahr	25,74	33,98	33,98
Lohnansatz Fahrer in €/h	13,5	13,5	13,5

6.3.2.1 Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau gezogener Maschinen

Die Tabelle 29 zeigt in Verbindung mit Abbildung 78 die Arbeitserledigungskosten des zweireihigen gezogenen Vollernters im mittleren Preisniveau.

Tabelle 29: Arbeiterledigungskosten in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche zweireihiger gezogener Vollernter beim Preisniveau Mittel

Einsatzfläche/Jahr in ha	10	20	30	40	50	60	80	100
Restwert in €	23823,0	23823,0	22339,0	14184,0	8852,0	5332,0	1502,0	1,0
Fixkosten/Jahr								
Abschreibung nach Zeit	8272,1	8272,1	8457,6	9477,0	10143,5	10583,5	11062,3	11249,9
Zinsansatz	4552,9	4552,9	4493,6	4167,4	3954,1	3813,3	3660,1	3600,0
Unterbringung	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0
Summe Fixkosten/Jahr	13725,0	13725,0	13851,2	14544,4	14997,6	15296,8	15622,3	15749,9
Summe Fixkosten/ha	1372,5	686,3	461,7	363,6	300,0	254,9	195,3	157,5
Variable Kosten/ha								
Reparaturkosten in €/ha	27,8	29,8	31,0	31,9	32,7	33,3	34,2	35,0
Betriebsstoffkosten(SF)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kosten Zugschlepper in €/ha	113,3	113,3	113,3	113,3	113,3	113,3	113,3	113,3
Summe Variable K./ha	141,1	143,1	144,3	145,2	145,9	146,5	147,5	148,3
Lohnkosten Fahrer in €/ha	45,0							
Summary Table								
Einsatzfläche/Jahr in ha	10	20	30	40	50	60	80	100
Summe Fixkosten/ha	1372,5	686,3	461,7	363,6	300,0	254,9	195,3	157,5
Summe Variable Kosten/ha	141,1	143,1	144,3	145,2	145,9	146,5	147,5	148,3
Lohnkosten/ha	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Arbeiterledigungsk. in €/ha	1558,6	874,3	651,0	553,8	490,9	446,5	387,8	350,8

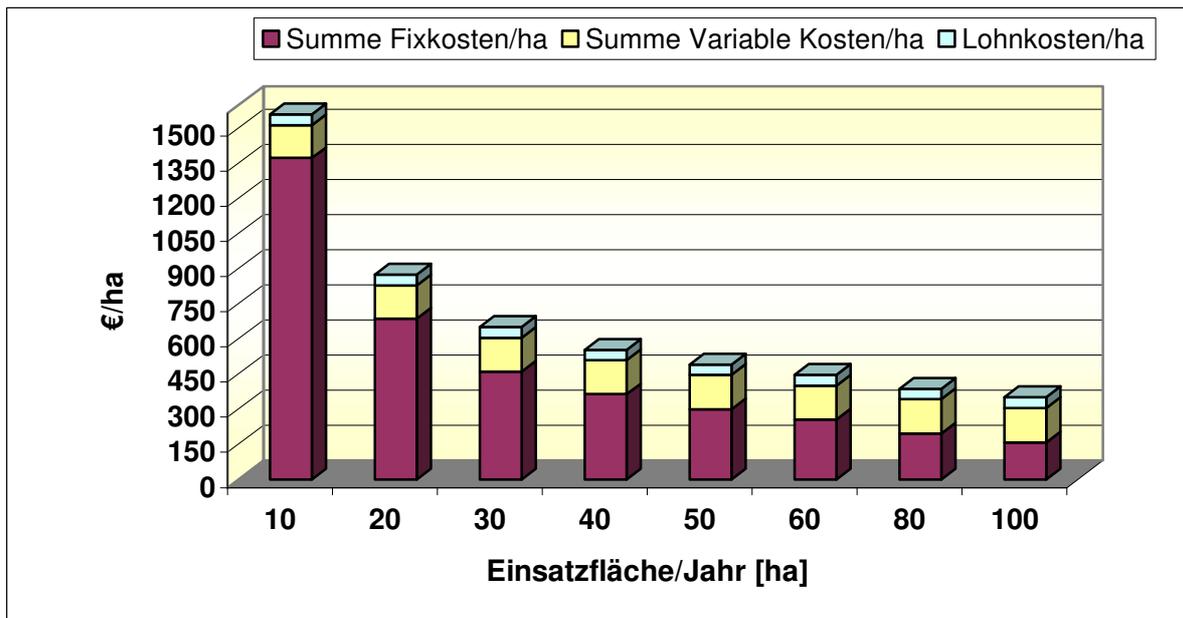


Abbildung 78: Arbeiterledigungskosten in €/ha zweireihiger gezogener Vollernter bei Preisniveau Mittel

Die Fixkosten/ha liegen bei einer niedrigeren Auslastung deutlich höher als beim niedrigeren Preisniveau. Somit ergeben sich hohe Arbeiterledigungskosten, die aber durch eine Steigerung der Einsatzfläche/Jahr erheblich gesenkt werden können. Bei einer Einsatzfläche von 10 ha liegen die Arbeiterledigungskosten bei 1558 €/ha, von 40 ha bei 553 €/ha und wird die Auslastungsschwelle von 100 ha erreicht, sinken die Kosten auf 351 €/ha (Tab. 29, Abb. 78).

6.3.3 Kostenberechnung selbstfahrender zweireihiger Vollernter

Für die Kostenberechnung bei den zweireihigen Selbstfahrern wurden die Daten von Tabelle 30 verwendet. Wie bei den anderen Vollerntern variieren die Datenangaben je nach Preisniveau aufgrund der unterschiedlichen Bauweise. Die Nutzungsdauer nach Zeit ist im niedrigen, mittleren und im hohen Bereich gleich. Bei der Nutzungsdauer nach Leistung und somit bei den Abschreibungsschwellen weichen die Angaben voneinander ab. Auch die durchschnittlichen Hektarleistungen sind in Folge der unterschiedlichen Bauweise nicht identisch. Lediglich beim Lohnansatz für den Fahrer gibt es keine Unterschiede (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Datengrundlage für die Kostenberechnung selbstfahrender zweireihiger Vollernter

Anschaffungspreisniveau	Niedrig	Mittel	Hoch
Listenpreis ohne MWSt. in €	200.000	250.000	300.000
Nutzungsdauer nach Zeit	8	8	8
Nutzungsdauer nach Leistung (Stunden)	2300	2400	2500
Abschreibungsschwelle in h/Jahr	287,5	300	312,5
Abschreibungsschwelle in ha/Jahr je nach Leistung	89,12	99	112,5
Leistung ha/h nach KTBL bei Schlaggröße 5 ha, Ertrag 350 dt/ha	0,31	0,33	0,36
Lohnansatz Fahrer in €/h	13,5	13,5	13,5

6.3.3.1 Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche und einem mittleren Preisniveau

Beim mittleren Preisniveau kommt die hohe Fixkostenbelastung deutlich zum Vorschein. Bei einer Auslastung von 30 ha entstehen Kosten der Arbeitserledigung von 1471 €/ha, bei 50 ha von 1024 €/ha und bei 70 ha wird ein Wert von 808 €/ha erreicht. Wird die Einsatzfläche/Jahr auf 99 ha erhöht, so sinken die Kosten auf 637 €/ha. (Tabelle 31, Abb.79)

Tabelle 31: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche zweireihiger selbstfahrender Vollernter beim Preisniveau Mittel

Einsatzfläche/Jahr in ha	20	30	40	50	60	70	89	99
Restwert in €	66176,0	61222,0	38682,0	23999,0	14344,0	8008,0	1534,0	1,0
Fixkosten/Jahr								
Abschreibung nach Zeit	22978,0	23597,3	26414,8	28250,1	29457,0	30249,0	31058,3	31249,9
Zinsansatz	12647,0	12448,9	11547,3	10960,0	10573,8	10320,3	10061,4	10000,0
Unterbringung	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0
Summe Fixkosten/Jahr	38125,0	38546,1	40462,0	41710,1	42530,8	43069,3	43619,6	43749,9
Summe Fixkosten/ha	1906,3	1284,9	1011,6	834,2	708,8	615,3	489,4	441,9
Variable Kosten/ha								
Reparaturkosten in €/h	21,7	22,6	23,3	23,8	24,2	24,6	25,2	25,5
Betriebsstoffkosten(SF) €/h	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
Summe variable K./h	47,1	48,0	48,7	49,2	49,7	50,0	50,6	50,9
AfA nach Leistung in €/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe variable K./ha	142,8	145,5	147,5	149,1	150,5	151,6	153,4	154,2
Lohnkosten Fahrer in €/ha	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9
Einsatzfläche/Jahr in ha	20	30	40	50	60	70	89	99
Summe Fixkosten/ha	1906,3	1284,9	1011,6	834,2	708,8	615,3	489,4	441,9
Summe Variable Kosten/ha	142,8	145,5	147,5	149,1	150,5	151,6	153,4	154,2
Lohnkosten/ha	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9
Arbeitserledigungsk. in €/ha	2090,0	1471,3	1200,0	1024,2	900,2	807,8	683,7	637,0

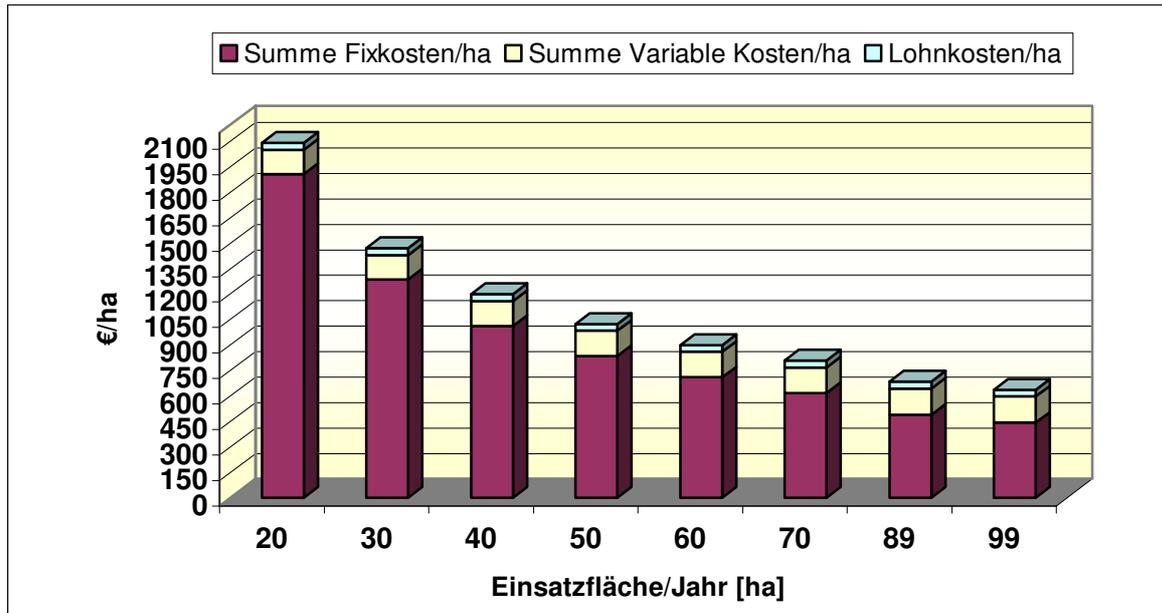


Abbildung 79: Arbeitserledigungskosten in €/ha zweireihiger selbstfahrender Vollernter beim Preisniveau Mittel

6.3.4 Kostenberechnung vierreihiger selbstfahrender Bunkerroder

Gerechnet wurde bei den vierreihigen Vollerntern mit den Angaben der Tabelle 32. Allerdings werden die Arbeitserledigungskosten nicht mehr in drei Bereiche aufgeteilt, da die Listenpreise der beiden angebotenen Maschinen Terra Melix (Holmer) und Tectron 415 (Grimme) nahezu identisch sind. Es ergeben sich also bei der Nutzungsdauer nach Zeit, der Nutzungsdauer nach Leistung, der Abschreibungsschwelle, den Leistungsangaben und dem Lohnansatz für den Fahrer aufgrund der fast identischen Ausstattung keine Unterschiede (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32: Datengrundlage für die Kostenberechnung vierreihiger Bunkerroder

Datengrundlage	
Listenpreis ohne MWSt. in €	400.000
Nutzungsdauer nach Zeit	10
Nutzungsdauer nach Leistung (Stunden)	3.000
Abschreibungsschwelle in h/Jahr	300
Abschreibungsschwelle in ha/Jahr bei einer Leistung von 0,75 ha/h	225
Leistung ha/h nach KTBL bei Schlaggröße 5 ha, Ertrag 350 dt/ha)	0,75
Lohnansatz Fahrer in €/h	13,5

6.3.4.1 Kostenberechnung in Abhängigkeit der jährlichen Einsatzfläche

Die Arbeiterledigungskosten der vierreihigen Vollernter sind in der Tabelle 33 und der Abbildung 80 dargestellt. Wird die Kostenentwicklung genau betrachtet, so zeigt sich, dass niedrige Kosten der Arbeiterledigung nur durch eine hohe Auslastung erreicht werden können. Rodet z.B. ein vierreihiger Vollernter eine jährliche Fläche von 100 ha, so kostet das Roden eines Hektars 672 €. Wird die jährliche Auslastung auf 225 ha erhöht, sinken die Arbeiterledigungskosten auf 372 €/ha. Bei 225 ha ist allerdings die Auslastungsschwelle erreicht, d.h. ab dieser Einsatzfläche sind große Kostendegressionseffekte nicht mehr zu erwarten, weil jetzt nach Arbeit abgeschrieben wird und somit die Abschreibung zu den variablen Kosten gehört. Zu erkennen ist dies bei einer Einsatzfläche von 300 ha.

Hier betragen die Kosten der Arbeiterledigung 350 €/ha. Obwohl im Vergleich zu einer Auslastung von 225 ha die Einsatzfläche um 75 ha gestiegen ist, sind die Kosten nur um 22 €/ha gesunken.

Zusammenfassend ist das vierreihige Verfahren im Hinblick auf die Kosten bei einer hohen Auslastung als sehr günstig zu bewerten.

Tabelle 33: Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzfläche vierreihige Vollernter

Einsatzfläche/Jahr in ha	50	100	150	175	200	225	250	300
Restwert in €	104761,0	50028,0	15384,0	7302,0	2491,0	1,0	1,0	1,0
Fixkosten/Jahr								
Abschreibung nach Zeit	29523,9	34997,2	38461,6	39269,8	39750,9	39999,9	0,0	0,0
Zinsansatz	20190,4	18001,1	16615,4	16292,1	16099,6	16000,0	16000,0	16000,0
Unterbringung	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0	4000,0
Summe Fixkosten/Jahr	53714,3	56998,3	59077,0	59561,9	59850,5	59999,9	20000,0	20000,0
Summe Fixkosten/ha	1074,3	570,0	393,8	340,4	299,3	266,7	80,0	66,7
Variable Kosten/ha								
Reparaturkosten in €/h	26,9	28,8	30,0	30,5	30,8	31,2	31,2	31,2
Betriebsstoffkosten(SF) €/h	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4
Summe Variable K./h	61,2	63,2	64,4	64,8	65,1	65,6	65,6	65,6
AfA nach Leistung in €/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,8	177,8
Summe Variable K./ha	81,7	84,2	85,8	86,4	86,9	87,5	265,2	265,2
Lohnkosten Fahrer in €/ha	18	18	18	18	18	18	18	18
Einsatzfläche/Jahr in ha	50	100	150	175	200	225	250	300
Summe Fixkosten/ha	1074,3	570,0	393,8	340,4	299,3	266,7	80,0	66,7
Summe Variable Kosten/ha	81,7	84,2	85,8	86,4	86,9	87,5	265,2	265,2
Lohnkosten/ha	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Arbeitserledigungsk. in €/ha	1173,9	672,2	497,7	444,8	404,1	372,1	363,2	349,9

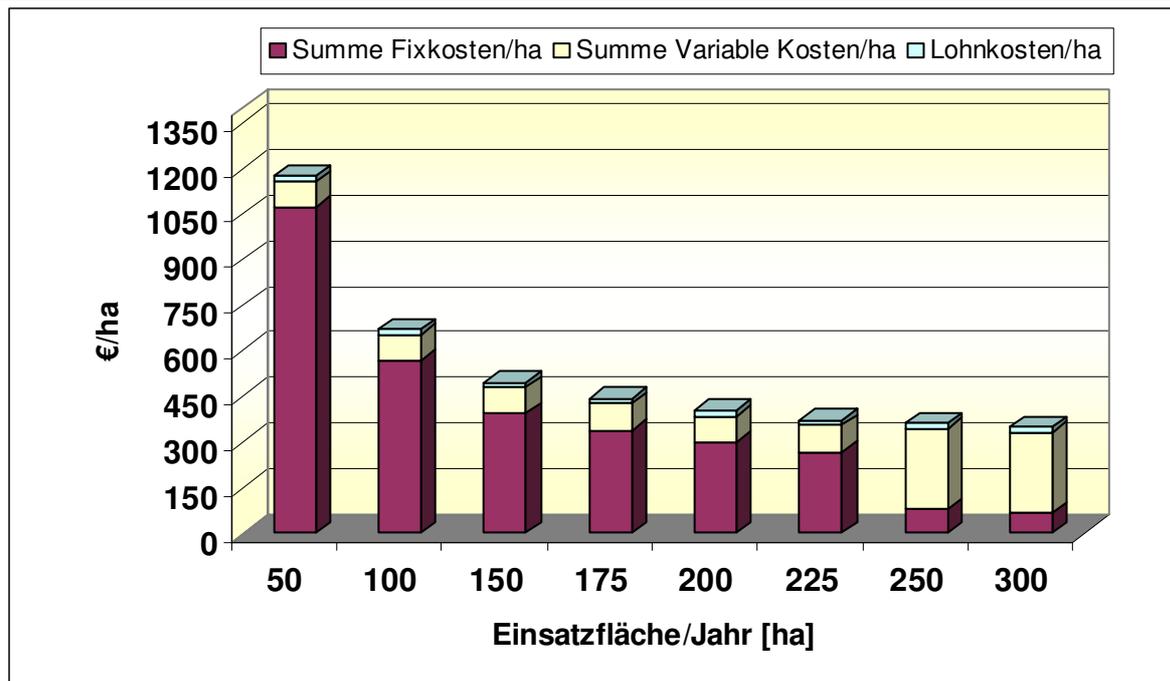


Abbildung 80: Arbeitserledigungskosten in €/ha vierreihige Vollernter

6.4 Zusammenfassung Kostenberechnung bei ein- und mehrreihigen Kartoffelbunkerrodern

In der Zusammenfassung der Rodekosten wurden jeweils die mittleren Leistungs-, Ausstattungs- und damit Preisniveaus herausgenommen und in Abbildung 81 gegenübergestellt. Allerdings sind die Kosten der Arbeitserledigung nicht für jede Einsatzfläche berechnet worden. Dieses Vorgehen leuchtet ein, da z. B. ein einreihiger Vollernter keine Fläche von 200 ha/Jahr bewältigen kann und auch zweireihige Roder bei einer höheren Auslastung an ihre Grenzen stoßen. Beim vierreihigen Vollernter wurde der Einsatzfläche von 10 ha aus Gründen der Plausibilität keine Beachtung geschenkt.

Tabelle 34: Zusammenfassung Arbeitserledigungskosten ein- und mehrreihige Kartoffelbunkerroder in €/ha

Einsatzfläche/Jahr in ha	10	20	40	60	80	100	150	200	250	300
Einreihige Vollernter	1046	698	506	473	463	-	-	-	-	-
Zweireihige Vollernter Gez.	1559	874	554	447	388	351	336	-	-	-
Zweireihige Vollernter SF	3992	2090	1200	900	736	636	594	-	-	-
Vierreihige Vollernter	-	2782	1442	996	794	672	498	404	363	350

Bis zu einer Einsatzfläche von ca. 50 ha ist der einreihige Vollernter günstiger als die mehrreihigen Vollernter. Die Kosten belaufen sich hier auf rund 482 €/ha. Dies ist allerdings in der Regel die maximale Einsatzfläche, die ein einreihiger Vollernter unter Berücksichtigung der niedrigen Flächenleistung bewältigen kann.

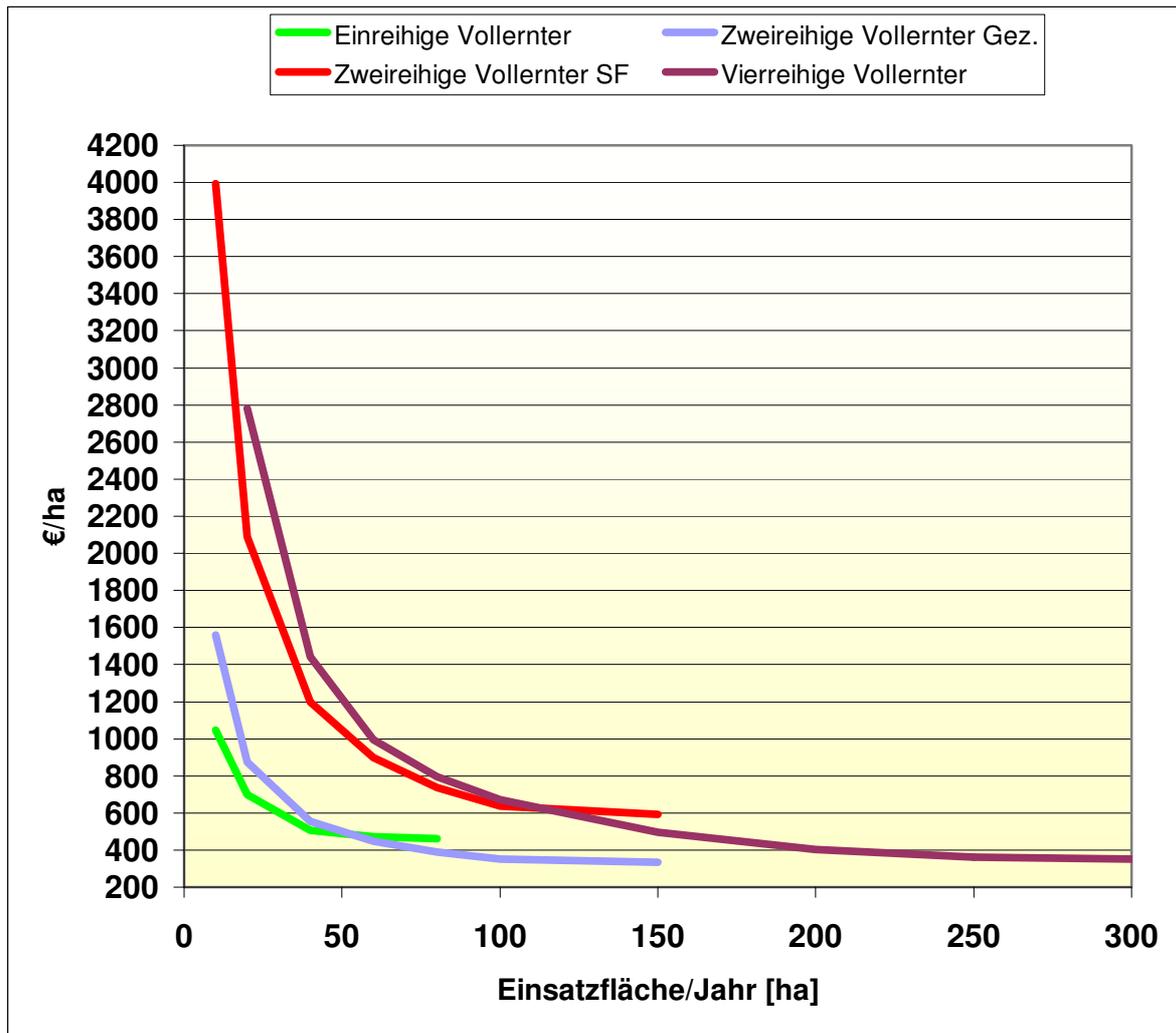


Abbildung 81: Zusammenfassung Arbeitserledigungskosten in €/ha bei ein- und mehrreihigen Kartoffelbunkerroden

Wie die Abbildung 81 zeigt, schneiden sich die Linien des einreihigen und des zweireihigen gezogenen Vollernters bei 50 ha jährlicher Auslastung, d. h. ab dieser Einsatzfläche ist das Roden eines Hektars mit einem zweireihigen gezogenen Vollernter günstiger als mit einem einreihigen Vollernter. Zu Erklären ist dies durch die höhere Flächenleistung, die zur Folge hat, dass die Schlepperkosten und die Lohnkosten pro ha beim zweireihigen gezogenen Vollernter niedriger sind. Je mehr nun die Auslastung erhöht wird, desto niedriger werden die Arbeitserledigungskosten/ha beim zweireihigen Verfahren. Aber auch hier ist zu erwähnen, dass bei Einsatzflächen zwischen 100 ha und 150 ha aus Gründen der Flächenleistung das Maximum an jährlicher Auslastung erreicht ist. Die Kosten bewegen sich in diesem Bereich zwischen 350 €/ha und 335 €/ha.

Von 50 ha bis zu 150 ha ist also der zweireihige gezogene Vollernter die kostengünstigste Lösung. Die Gründe für das schlechte Abschneiden des zweireihigen selbstfahrenden Vollernters liegen in den hohen Anschaffungskosten und der nicht wesentlich höheren Flächenleistung gegenüber den zweireihigen gezogenen Vollerntern. So ist auch bei den zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern bei einer Einsatzfläche von 100 bis 150 ha das Maximum an jährlicher Auslastung erreicht. Die Arbeitserledigungskosten bewegen sich zwischen 636 und 594 €/ha.

Ähnliche Arbeitserledigungskosten bei einer jährlichen Einsatzfläche von 100 ha bis 150 ha zeigen sich bei den vierreihigen Vollerntern. Ihr Anschaffungspreis ist zwar um einiges höher als bei den zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern, aber durch die doppelte Flächenleistung sind die Kosten fast identisch. Wird die Auslastung beim vierreihigen Vollernter weiter erhöht, sinken die Kosten der Arbeitserledigung bei 300 ha jährlicher Einsatzfläche auf 350 €/ha. Ob diese hohe Auslastung sicher erreicht werden kann, konnte bisher noch nicht belegt werden. Aber auch bei einer jährlichen Auslastung in Höhe der Abschreibungsschwelle, die bei den vierreihigen Vollerntern bei 225 ha liegt, wird mit 372 €/ha noch relativ günstig gerodet. Bei voller Ausschöpfung des Maschinenpotenzials zeichnen sich also die zweireihigen gezogenen Vollernter mit einer Auslastung von 100 ha bis 150 ha und die vierreihigen Vollernter mit einer Auslastung von 225 ha bis 300 ha dadurch aus, ein Hektar Kartoffeln mit beinahe identischen und im Vergleich zu den übrigen Vollerntern mit den geringsten Kosten zu roden (siehe Abbildung 81).

6.5 Vergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz

Bei dem Vergleich zwischen Eigenmechanisierung und überbetrieblichem Maschineneinsatz soll die Rentabilität der Eigenmechanisierung überprüft werden. Für die Eigenmechanisierung werden die Ergebnisse aus dem Kapitel 5 verwendet. Beim überbetrieblichen Maschineneinsatz liegt die Orientierungshilfe bei den einreihigen und den zweireihigen gezogenen Vollerntern an den Verrechnungssätzen der Maschinenringe. Da es sich leider bei diesen nur um die reinen Leihkosten für die Maschine handelt, müssen die Kosten für den Zugschlepper und die Lohnkosten für den Fahrer zu den Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes addiert werden. Nur so ist ein echter Vergleich möglich. Bei den selbstfahrenden zweireihigen und vierreihigen Vollerntern sind aufgrund der geringen Verbreitung keine Maschinenringsätze verfügbar. Hier werden als Vergleichsmaßstäbe die Verrechnungssätze der Rodegemeinschaften Karo in Neuburg-Schrobenhausen bei den zweireihigen Vollerntern und der Rodegemeinschaft Donautal in der Nähe von Regensburg bei den vierreihigen Vollerntern verwendet. Die Abrechnungen übernehmen bei diesen beiden Maschinengemeinschaften die örtlichen Maschinenringe.

Es muss allerdings bei dem Vergleich Eigenmechanisierung versus überbetrieblichen Maschineneinsatz darauf hingewiesen werden, dass der überbetriebliche Maschineneinsatz bis zu einer gewissen Fläche meist kostengünstiger, aber nicht immer möglich ist. Dafür gibt es zwei Gründe. Erstens ist die Lohnunternehmerdichte bei der Kartoffelernte nicht so hoch wie für die Getreide-, Mais- oder Zuckerrübenernte und zweitens ist die Bereitschaft, eine Maschine in der Haupterntezeit zu verleihen, nicht sehr groß.

6.5.1 Vergleich Eigenmechanisierung mit überbetrieblichem Maschineneinsatz einreihiger Vollernter

Wie bereits erwähnt, müssen die Abrechnungssätze der Maschinenringe ergänzt werden, um sie mit der Eigenmechanisierung vergleichen zu können. Es werden identische Datenangaben für Zugschlepper, Lohnansatz und Flächenleistung wie bei der Eigenmechanisierung verwendet.

Da aber die Angaben der Zugschlepperkosten und die Flächenleistungsangaben bei der Eigenmechanisierung je nach Preisniveau unterschiedlich sind, müssen auch die überbetrieblichen Rodekosten je nach Preisniveau der Eigenmechanisierung berechnet werden. Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes berechnen sich wie folgt (Tabelle 35).

Tabelle 35: Datengrundlage und Berechnung der Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes einreihige Vollernter

Überbetrieblicher Maschineneinsatz Berechnung einreihige Vollernter			
Preisniveau der Eigenmechanisierung	Niedrig	Mittel	Hoch
<u>Datengrundlage</u>			
Verrechnungssatz 1-reihiger Vollernter		30 €/h	
Lohnkosten		13,50 €/h	
Schlepperkosten in €/h	17,0	17,0	20,2
Flächenleistung ha/h	0,11	0,12	0,14
<u>Berechnung</u>			
Maschinenkosten in €/ha	272,7	250,0	214,3
Schlepperkosten in €/ha	154,2	141,3	144,3
Lohnkosten in €/ha	122,7	112,5	96,4
<u>Gesamtk. überbetrieblicher Maschineneinsatz in €/ha</u>	549,6	503,8	455,0

Der Schnittpunkt von Eigenmechanisierung und überbetrieblichem Maschineneinsatz liegt beim mittleren Leistungs-, Ausstattungs- und Preisniveau etwa bei 40 ha (Tabelle 36, Abbildung 82). Eine rentable Eigenmechanisierung ist erst ab dieser Einsatzfläche möglich. Bei niedriger Auslastung wäre die überbetriebliche Ernte günstiger.

Im hohen Preisniveau ist die Eigenmechanisierung erst ab einer Fläche, die die 50 ha Marke überschritten hat, rentabel.

Tabelle 36: Vergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Kosten in €/ha einreihige Vollernter

Einsatzfläche/Jahr in ha	5	10	15	20	25	30	40	50
Kosten Einreihig Preisniveau Mittel	1807	1046	810	698	625	574	506	482
ÜME Einreihig Preisniveau Mittel				504				

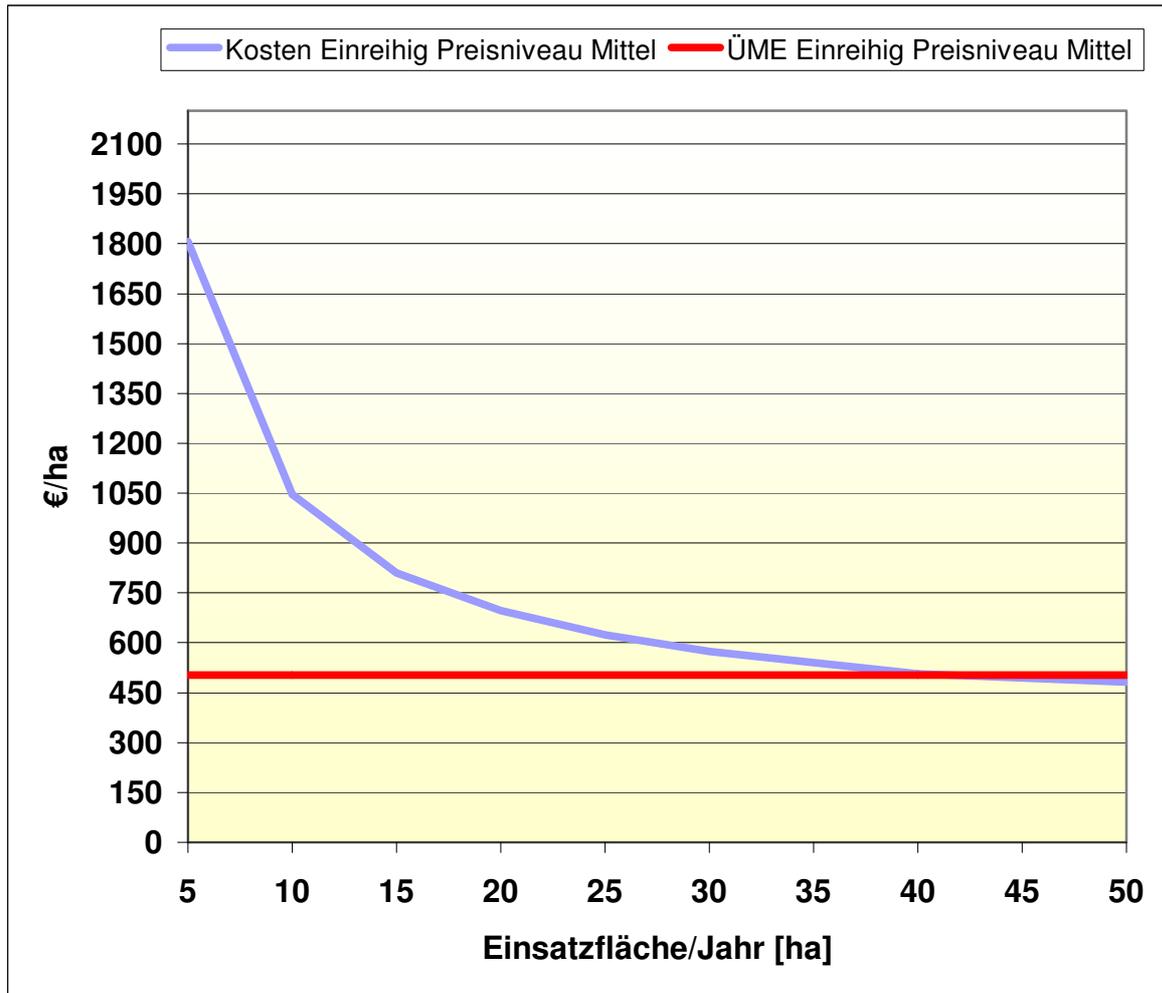


Abbildung 82: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz in €/ha einreihiger Vollernter

6.5.2 Vergleich Eigenmechanisierung mit überbetrieblichem Maschineneinsatz zweireihig gezogene Vollernter

Die Berechnung der Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes bei zweireihigen gezogenen Vollerntern ist in Tabelle 37 dargestellt. Bei den zweireihigen Vollerntern sind dieselben Angaben wie bei der Eigenmechanisierung verwendet worden. Es ergeben sich somit im niedrigen Preisniveau der Eigenmechanisierung Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes von 329 €/ha, im mittleren Preisniveau 325 €/ha und im hohen Leistungsniveau Kosten von 295 €/ha (Tabelle 37).

Tabelle 37: Datengrundlage und Berechnung der Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes zweireihig gezogene Vollernter

Überbetrieblicher Maschineneinsatz Berechnung zweireihig gezogene Vollernter			
Preisniveau der Eigenmechanisierung	Niedrig	Mittel	Hoch
<u>Datengrundlage</u>			
Verrechnungssatz 2-reihiger Vollernter		50 €/h	
Lohnkosten		13,50 €/h	
Schlepperkosten in €/h	25,5	34,0	34,0
Flächenleistung ha/h	0,27	0,30	0,33
<u>Berechnung</u>			
Maschinenkosten in €/ha	185,2	166,7	151,5
Schlepperkosten in €/ha	94,3	113,3	103,0
Lohnkosten in €/ha	50,0	45,0	40,9
<u>Gesamtk. Überbetrieblicher Maschineneinsatz</u>	329,5	324,9	295,4

Ein Vergleich bei den zweireihig gezogenen Vollerntern zwischen der Eigenmechanisierung und dem überbetrieblichen Maschineneinsatz im Hinblick auf die Erntekosten, wird die Rentabilität der Eigenmechanisierung in Frage gestellt (Tabelle 38, Abbildung 83)

Tabelle 38: Vergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Kosten in €/ha zweireihig gezogene Vollernter

Einsatzfläche/Jahr in ha	10	20	30	40	50	60	80	100	112,5
Kosten Zweireih. Gez. Preisniveau Mittel	1559	874	651	554	491	447	388	351	346
ÜME Einreihig Preisniveau Mittel	325								

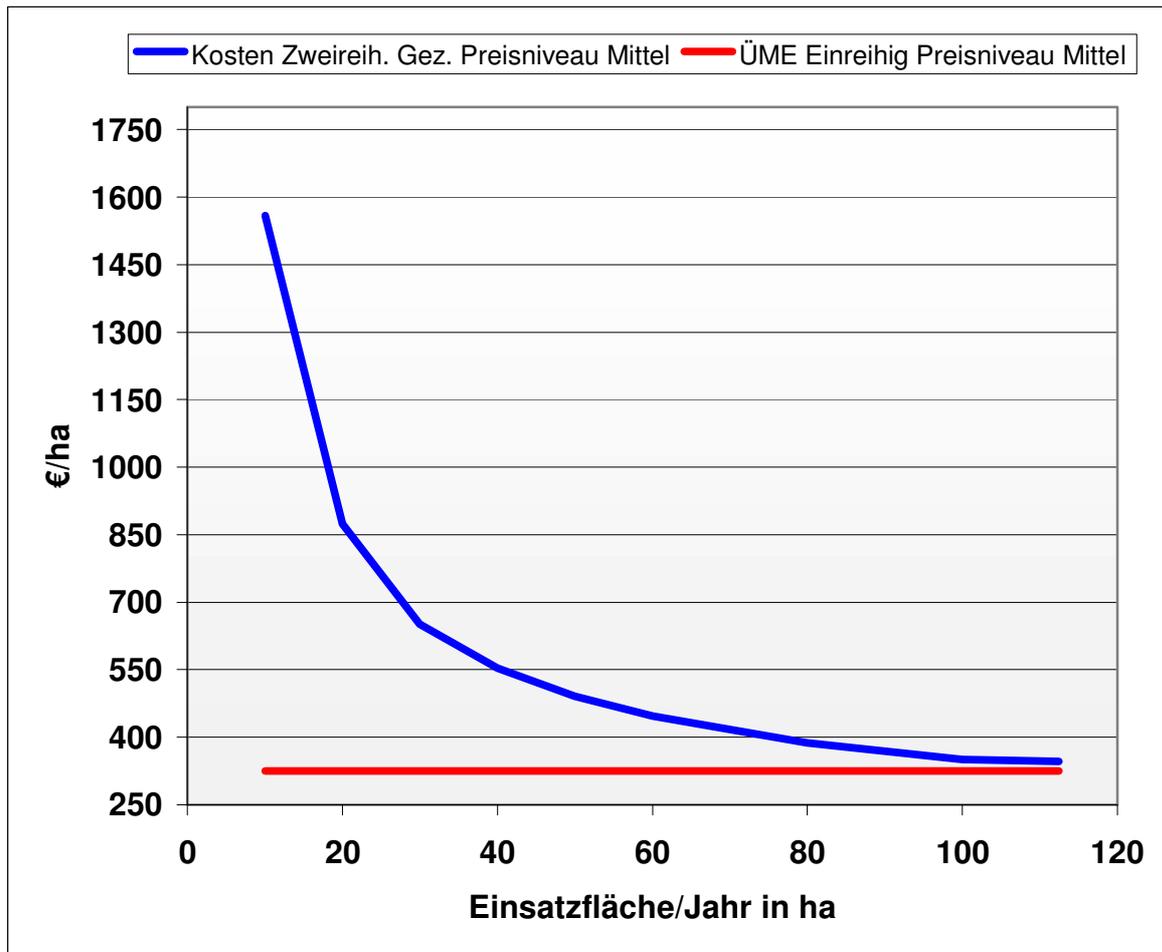


Abbildung 83: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz in €/ha 2-r gezogene Vollernter

Im niedrigen Eigenmechanisierungsleistungsniveau rechnet sich die Anschaffung eines eigenen Vollernters erst bei einer Auslastung von ca. 100 ha.

Die Kostenkurve des mittleren Eigenmechanisierungsleistungsniveaus und die Gerade des überbetrieblichen Maschineneinsatzes im mittleren Leistungsniveau nähern sich ab einer Einsatzfläche von 112,5 ha immer mehr an. Allerdings dürfte eine höhere Auslastung, wie die vorher genannten 112,5 ha, unter normalen Umständen nicht zu erreichen sein. Hier ergeben sich durch den überbetrieblichen Maschineneinsatz Kostenvorteile.

Noch deutlicher ausgeprägt sind die Kostenvorteile des überbetrieblichen Maschineneinsatzes im hohen Eigenmechanisierungsleistungsniveau. Die Kosten der Eigenmechanisierung betragen bei voller Auslastung der Maschine 334 €/ha. Der überbetriebliche Maschineneinsatz liegt mit seinen Kosten um 39,4 € niedriger, also bei 295,4 €/ha.

6.5.3 Vergleich Eigenmechanisierung und Abrechnungssatz der Rodegemeinschaft Karo bei zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern

Die Abrechnung und die Organisation der Rodegemeinschaft Karo wird vom Maschinenring Neuburg - Schrobenhausen durchgeführt. Durchschnittlich zahlen die Mitglieder für die Ernte eines Hektars 621 €. In diesem Wert liegt eine durchschnittliche Flächenleistung der Roder von 0,33 ha/h zugrunde. Eingesetzt werden zwei zweireihige selbstfahrende Vollernter auf einer Gesamterntefläche von 200 ha. Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes sind hier nicht je nach Preisniveau der Eigenmechanisierung angegeben, sondern als fixer Wert (Tabelle 39). Auf einem ähnlichen Niveau bewegen sich auch die Abrechnungssätze bei vergleichbaren Rodegemeinschaften mit zweireihigen selbstfahrenden Bunkerrodern.

Tabelle 39: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Rodegemeinschaft Karo in €/ha (2-r SF Bunkerroder)

Einsatzfläche/Jahr in ha	20	30	40	50	60	70	89,1	99	112,5
Kosten Zweir. SF Preisniv. Niedrig	1714	1240	1016	872	770	694	594	582	570
Kosten Zweir. SF Preisniv. Mittel	2090	1471	1200	1024	900	808	684	637	622
Kosten Zweir. SF Preisniv. Hoch	2460	1695	1362	1158	1014	907	762	707	646
ÜME Zweir. SF Rodegem. Karo	621								

Größere Kartoffelbetriebe, die gerade vor der Überlegung stehen, sich entweder eine neue Maschine anzuschaffen oder einer Rodegemeinschaft beizutreten, würden nach den Ergebnissen der Tabelle 39 und von Abbildung 84 zu folgenden Schlüssen kommen.

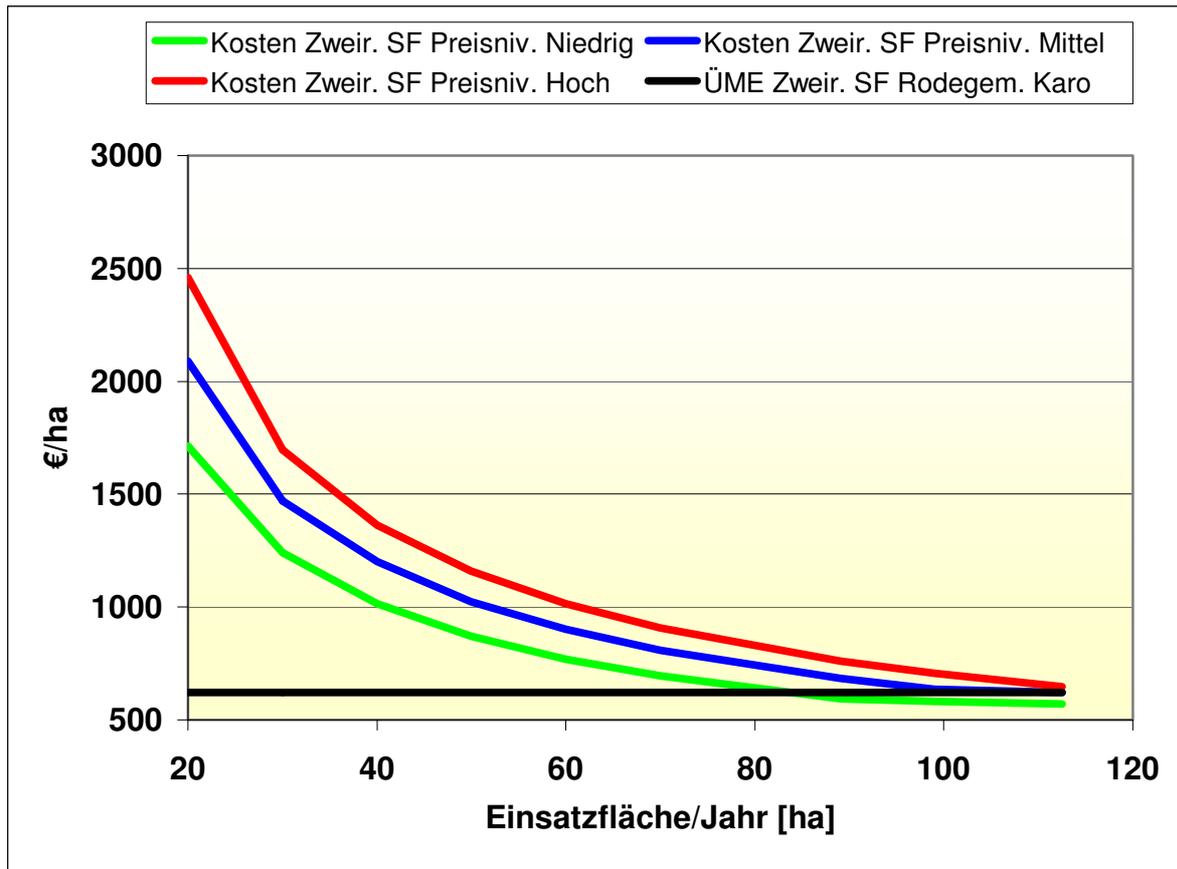


Abbildung 84: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Rodegemeinschaft Karo in €/ha zweireihige selbstfahrende Vollernter

Im niedrigen Preisniveau der Eigenmechanisierung ist die Anschaffung eines eigenen Roders ab einer jährlichen Einsatzfläche von ca. 80 ha wirtschaftlich. Muss mit einem mittleren Anschaffungspreis gerechnet werden, so tritt bei einer Auslastung von 112,5 ha Kostengleichheit ein. Da ein zweireihiger selbstfahrender Vollernter bei dieser Auslastungshöhe in den meisten Fällen seine maximale jährliche Rodeleistung erreicht hat, bleiben sich also die Rodegemeinschaft und die Eigenanschaffung im Hinblick auf die Kosten gleich. Überlegt sich aber der große Kartoffelbaubetrieb eine Maschine des hohen Leistungs- und Preisniveaus zu kaufen, so kommt ein Beitritt zu einer Rodegemeinschaft günstiger.

6.5.4 Vergleich Eigenmechanisierung und Abrechnungssatz der Rodegemeinschaft Donautal bei vierreihigen selbstfahrenden Vollerntern

Die Rodegemeinschaft Donautal wurde im Frühjahr 2002 von 15 Kartoffelanbauern mit einer Gesamtanbaufläche von ca. 250 ha in der Nähe von Regensburg gegründet. Eingesetzt wird der vierreihige Roder Terra Melix der Firma Holmer. Es ergibt sich bei dieser Rodegemeinschaft ein durchschnittlicher Abrechnungssatz (inklusive Fahrer und Diesel) von 330 €/ha (Tabelle 40).

Tabelle 40: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Rodegemeinschaft Donautal in €/ha 4-r SF Bunkerroder

Einsatzfläche/Jahr in ha	20	40	50	60	80	100	150	175	200	225	250	300
Arbeitserledigungsk.	2782	1442	1174	996	794	672	498	445	404	372	363	350
ÜME Rodegem. Donautal	330											

Bis jetzt sind die vierreihigen selbstfahrenden Vollernter in der Praxis nicht sehr weit verbreitet, was zur Folge hat, dass keine vergleichbaren Kennzahlen verfügbar sind. Gerade große Gutsbetriebe mit vielen Mitarbeitern stehen häufig vor der Frage, die Ernte von einem Lohnunternehmer durchführen zu lassen oder selbst eine Maschine anzuschaffen um die Mitarbeiter auslasten zu können. Nach den Ergebnissen von Tabelle 40 und **Abbildung 85** ist diese Frage wie folgt zu beantworten.

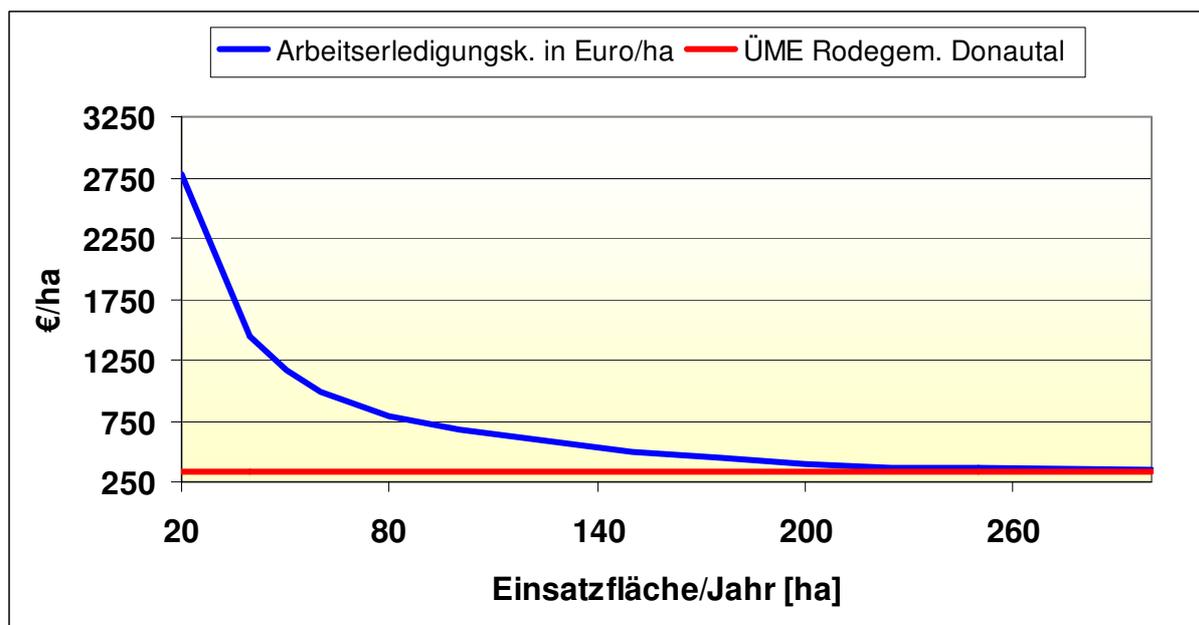


Abbildung 85: Kostenvergleich Eigenmechanisierung und überbetrieblicher Maschineneinsatz Rodegemeinschaft Donautal in €/Hektar vierreihige selbstfahrende Vollernter

Wird bei dieser Entscheidung auf die reinen Rodekosten geachtet, so ist der Abrechnungssatz des Lohnunternehmers bei einer vollen Auslastung der selbst angeschafften Maschine nur geringfügig günstiger. Es entstehen hier also keine gravierenden Kostennachteile durch die Eigenmechanisierung. Werden noch andere Überlegungen in die Entscheidung miteinbezogen, wie z. B. die bessere Auslastung der eigenen verfügbaren Mitarbeiter, so stellt die Eigenmechanisierung eine ernstzunehmende Alternative für den Gutsbetrieb dar.

6.6 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse aus Kapitel 6 zeigen sehr deutlich, dass die Arbeitserledigungskosten bei der Kartoffelernte sehr stark differieren können und somit in der Kartoffelernte hohe Kosteneinsparungspotenziale möglich sind.

Einreihige Vollernter zeichnen sich dadurch aus, schnell ihre Auslastungsgrenze zu erreichen und hohe Kosten zu verursachen. Bei voller Maschinenauslastung, z. B. 50 ha beim mittleren Leistungs- und Preisniveau, kostet die Ernte eines Hektars 482 €/ha. Allerdings wird hierbei bereits von einem sehr hohen jährlichen Einsatzflächeniveau ausgegangen. In vielen Betrieben liegt die jährliche Einsatzfläche lediglich zwischen 15 ha und 20 ha. Diese müssen mit erheblich höheren Arbeitserledigungskosten von 810 bzw. 698 €/ha rechnen. Für jene Betriebe mit einer niedrigen Einsatzfläche/Jahr und somit hohen Arbeitserledigungskosten gibt es zwei Möglichkeiten um Kosten einzusparen.

Zum Einen können sie Kooperationen mit Berufskollegen eingehen. Angenommen zwei Landwirte mit je 20 ha Kartoffelanbaufläche kaufen sich miteinander einen einreihigen Kartoffelbunkeroder, so haben sie zusammen eine Einsatzfläche von 40 ha, die problemlos mit einem einreihigen Vollernter geerntet werden kann. Hätte sich jeder selbst einen Vollernter gekauft, würde die Ernte eines Hektars jedem Landwirt etwa 700 € kosten, wenn es sich um Maschinen des mittleren Leistungsniveaus handelt. Die 40 ha Gesamtfläche mit einer Gemeinschaftsmaschine zu roden, kostet jedem Landwirt nur 506 €/ha. Von beiden Landwirten hat also jeder 194 €/ha an Maschinenkosten eingespart.

Zum Anderen können Betriebe mit einer kleineren Anbaufläche ihre Ernte überbetrieblich durch einen Lohnunternehmer erledigen lassen oder eine Maschine im Rahmen der Maschinenringhilfe von einem Berufskollegen ausleihen. Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes inklusive Zugschlepper und Fahrer liegen im mittleren Preisniveau der Eigenmechanisierung bei 504 €/ha für einen einreihigen Vollernter. Bis zu einer jährlichen Einsatzfläche von 40 ha ist es daher für einen Landwirt günstiger seine Kartoffelernte durch einen Lohnunternehmer erledigen zu lassen oder eine Maschine von einem Berufskollegen über die Maschinenringhilfe auszuleihen.

Ab einer jährlichen Einsatzfläche von 40 Hektar kann allerdings durch den Kauf eines eigenen einreihigen Vollernters im mittleren Leistungsniveau günstiger als durch den überbetrieblichen Maschineneinsatz gerodet werden.

Aus reiner Kostensicht ist der überbetriebliche Maschineneinsatz sehr interessant. Das Problem liegt darin, dass es in der Kartoffelernte nicht viele Lohnunternehmer gibt und die Bereitschaft eine Maschine in der Haupterntezeit auszuleihen nicht sehr groß ist. Deshalb ist der im Hinblick auf die Kosten sehr interessante überbetriebliche Maschineneinsatz in den meisten Fällen praktisch nicht durchzuführen.

Zweireihige gezogene Vollernter werden überwiegend ab einer jährlichen Einsatzfläche von 50 ha eingesetzt, da hier bei den einreihigen Vollerntern meist die maximale Auslastung erreicht ist. Im Hinblick auf die Erntekosten erreicht der zweireihige gezogene Vollernter im mittleren Leistungsniveau ab 50 ha jährlicher Auslastung niedrigere Arbeitserledigungskosten/ha als der einreihige Vollernter im mittleren Leistungsniveau. Zwar hat der zweireihige gezogene Vollernter höhere Anschaffungskosten, aber durch die beinahe doppelte Flächenleistung ergeben sich niedrigere Lohnkosten/ha und niedrigere Kosten für den Zugschlepper/ha. Somit können mit zweireihigen gezogenen Vollerntern im mittleren Preisniveau bei einer jährlichen Auslastung zwischen 80 ha und 100 ha Arbeitserledigungskosten zwischen 388 und 351 €/ha erreicht werden. Gerade für Betriebe, die z.B. 40 ha Kartoffeln anbauen, und einen einreihigen Vollernter besitzen, ist der zweireihige gezogene Vollernter sehr interessant. Bei dieser Auslastung kostet sie ein Hektar zu roden im mittleren Preisniveau mit dem einreihigen Vollernter 506 €/ha. Wollen diese Betriebe ihre Kartoffelernte günstiger durchführen, ist dies nur durch eine Kooperation zwischen zwei Betrieben möglich. Kaufen sich z.B. zwei Betriebe gemeinschaftlich einen zweireihigen gezogenen Vollernter, so haben sie einen Gesamtanbaufläche von 80 ha. Die Kosten der Arbeitserledigung betragen jetzt für jeden Betrieb nur noch 388 €/ha. Durch die Kooperation wurde also eine Kosteneinsparung von 118 €/ha für jeden Betrieb erreicht. Wird das Ziel verfolgt möglichst kostengünstig zu roden, dann ist auch bei den zweireihigen gezogenen Vollerntern der überbetriebliche Maschineneinsatz in Form eines Lohnunternehmers oder einer Maschinenleihe von einem Berufskollegen sehr interessant. Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes belaufen sich beim zweireihigen gezogenen Vollernter im mittleren Leistungsniveau auf 325 €/ha.

Diese Kosten können bei einer Eigenmechanisierung im mittleren Preisniveau nur mit einer Auslastung über 112,5 ha erreicht werden, was in den meisten Fällen mit einem zweireihigen gezogenen Vollernter nur schwer zu erreichen sein dürfte.

Allerdings tritt hier das gleiche Problem wie bei den einreihigen Vollerntern auf. Auf der einen Seite spricht natürlich im Hinblick auf die Kosten alles für den überbetrieblichen Maschineneinsatz, aber auf der anderen Seite gibt es nur wenige Lohnunternehmer und nur wenige Landwirte, die in der Haupterntezeit ihre Maschine verleihen wollen.

Die zweireihigen selbstfahrenden Vollernter zeichnen sich durch hohe Anschaffungskosten und eine nicht wesentlich höhere Flächenleistung gegenüber der gezogenen Technik aus. Somit ergeben sich sehr hohe Kosten der Arbeitserledigung, die an einer Etablierung der zweireihigen selbstfahrenden Roder in der Kartoffelerntetechnik zweifeln lassen. Bei 100 ha jährlicher Auslastung kostet die Ernte eines Hektars im mittleren Leistungsniveau inklusive Fahrer 636 €/ha. Wird mit 150 ha jährlicher Auslastung gerechnet, die ziemlich schwierig sein dürfte, dann kostet ein Hektar immer noch 594 €/ha. Im Vergleich dazu belaufen sich die Kosten des zweireihigen gezogenen Vollernters auf 351 €/ha bei 100 ha jährlicher Auslastung d. h. die gezogene Technik ist um 285 €/ha billiger. Inwieweit dieser Mehrpreis für einen Selbstfahrer gerechtfertigt ist, sei dahingestellt.

Rodegemeinschaften oder Lohnunternehmer sind bei den zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern eine echte Alternative. Wie in Kapitel 6 beschrieben, kostet der überbetriebliche Maschineneinsatz bei den zweireihigen selbstfahrenden Vollerntern 621 €/ha. Gerade bei jährlichen Einsatzflächen unter 100 ha können so durch den überbetrieblichen Maschineneinsatz Kostenvorteile gegenüber der Eigenmechanisierung erzielt werden.

Vierreihige Vollernter sind aufgrund ihrer hohen Flächenleistung sehr schlagkräftige Maschinen. Die Abfuhr- und Einlagerungslogistik muss jedoch dementsprechend angepasst und organisiert sein. Aus reiner Kostensicht sind die vierreihigen Vollernter als sehr günstig zu bewerten. Bei einer jährlichen Auslastung der Maschine von 225 ha kostet das Roden eines Hektars lediglich 372 €/ha. Für Rodegemeinschaften, mit einer jährlichen Einsatzfläche von 225 ha, die bis jetzt zwei zweireihige selbstfahrende Vollernter besitzen, wäre im Falle einer Neuanschaffung der Einsatz eines vierreihigen Vollernters zu überlegen.

Die Kosten der Arbeitserledigung könnten damit erheblich gesenkt werden. Allerdings ist die Flexibilität in der Einsatzplanung dann sehr eingeschränkt, weil nur eine Maschine vorhanden ist.

Für große Betriebe, die eine Eigenmechanisierung bevorzugen, ist der Lohnunternehmer oder die Rodegemeinschaft günstiger. Der überbetriebliche Maschineneinsatz bringt Rodekosten von 330 €/ha mit sich.

Diese Rodekosten durch eine Eigenmechanisierung zu unterbieten ist auch bei einer jährlichen Auslastung von 300 ha unmöglich zu schaffen. Allerdings sind bei einer Auslastung von 300 ha die Preisunterschiede zwischen Eigenmechanisierung und überbetrieblichem Maschineneinsatz nicht mehr sehr groß. Lediglich um 20 €/ha ist die Eigenmechanisierung teurer. Untere Einbeziehung anderer Gründe, wie Auslastung der eigenen Mitarbeiter, ist die Eigenmechanisierung bei solch hohen Einsatzflächen eventuell zu bevorzugen.

Insgesamt zeigt sich bei den Berechnungen, dass die Kartoffelernte mit zweireihigen gezogenen und mit vierreihigen Vollerntern bei einer entsprechenden Auslastung der Maschinen am kostengünstigsten durchgeführt werden kann.

7 Auswertung der Umfrage bei den Mitgliedern der Rodegemeinschaft

Um sich ein genaueres Bild über die Rodegemeinschaft Donautal machen zu können wurde im Winter 2002 ein Fragebogen zur Ermittlung der Betriebsstrukturen ausgearbeitet. Die Fragestellung umfasste neben den allgemeinen Betriebsdaten sowie den Daten zur Kartoffelernte auch eine Einschätzung und Bewertung des vierreihigen Verfahrens von Seiten der Mitglieder. Im Frühjahr 2003 wurde dieser verteilt und durch den Einsatzleiter des Kartoffelrodgers wieder eingesammelt. Leider konnten die beiden Fragebögen der ausgetretenen Mitglieder nicht in die Erhebung einfließen, da diese den Fragebogen nicht abgegeben hatten. In den nachfolgenden Grafiken sind die Daten für die Erntesaison 2002 dargestellt.

7.1 Auswertung der allgemeinen Betriebsangaben

Von den 12 Mitgliedern der Rodegemeinschaft Donautal sind 86 % der Betriebe Marktfruchtbaubetriebe, nur 14 % Gemischtbetriebe mit Ackerbau und Viehhaltung (Abbildung 86). Die Viehhaltung beschränkte sich auf Schweinezucht und –mast. Ein Viertel der Marktfruchtbaubetriebe wird im Zuerwerb geführt, für sie bedeutet die überbetriebliche Kartoffelernte eine deutliche Erleichterung.

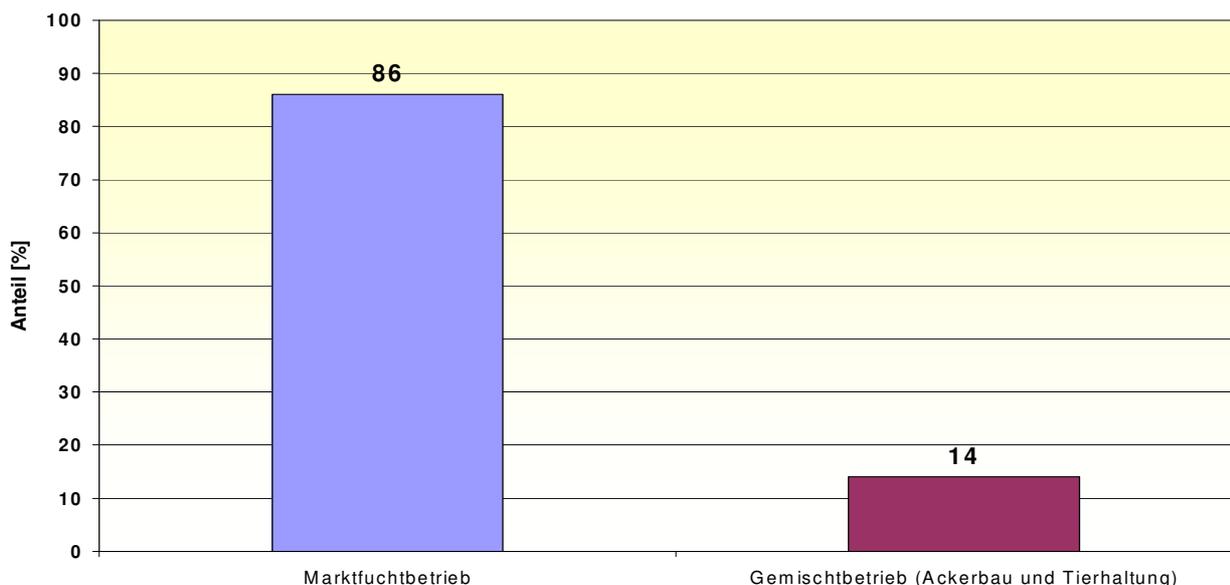


Abbildung 86: Aufteilung der Mitgliederbetriebe nach Betriebsformen

7.2 Flächenausstattung der Betriebe

Im Schnitt beträgt die landwirtschaftliche Nutzfläche je Betrieb 87,3 ha. Davon sind 51 ha im Eigentum der Landwirte und ca. 36 ha zugepachtet. Durchschnittlich werden rund 25 ha mit Kartoffeln bestellt, wobei ein Betrieb 60 ha Anbaufläche hat. Die durchschnittliche Schlaggröße betrug 6,4 ha. Leider gab es auch Schläge die deutlich unter der geforderten 3 ha Grenze lagen. Ähnlich sieht es bei der Anzahl der Kartoffelschläge aus. Die durchschnittliche Anzahl von vier Schlägen pro Betrieb wäre für jeden Betrieb erstrebenswert. Auch hier gibt es jedoch Betriebe mit deutlich mehr Teilschlägen, die dann meist auch eine geringere Schlaggröße als 3 ha aufwiesen (Abbildung 87).

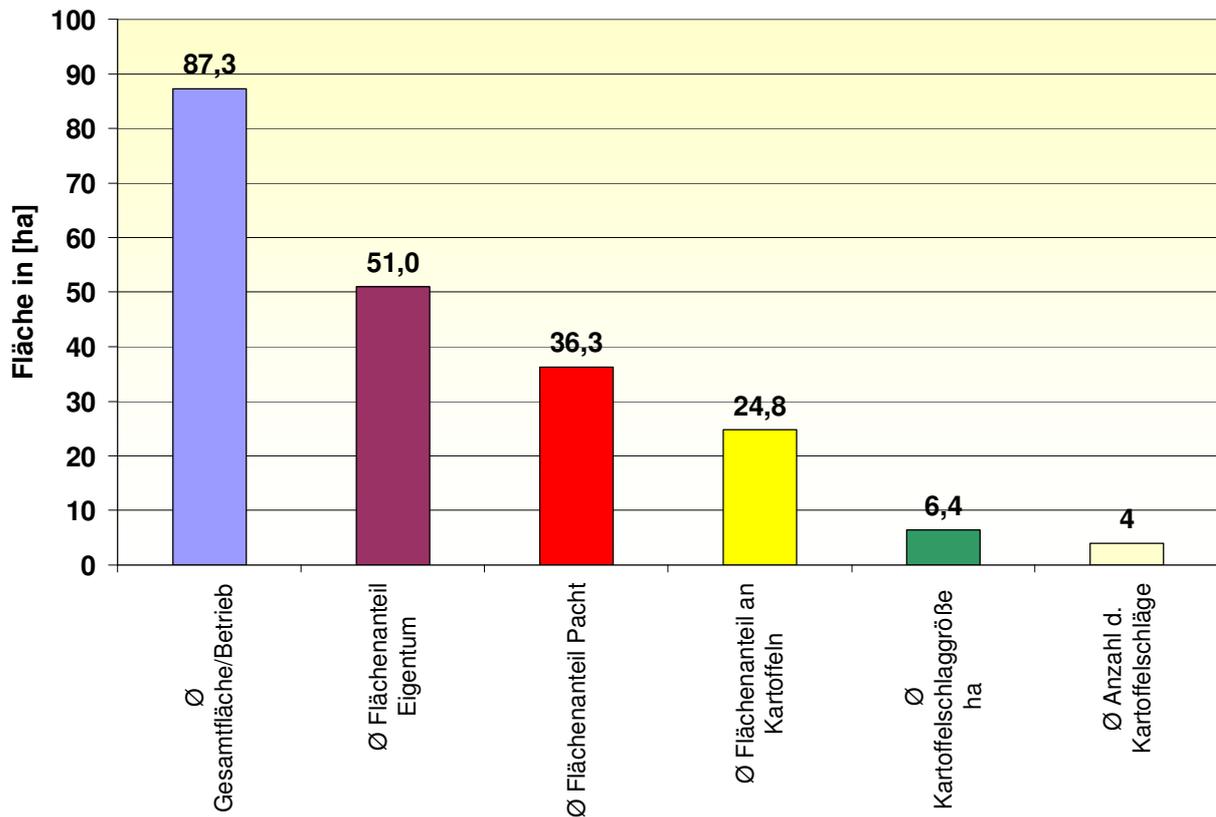


Abbildung 87: Aufteilung der Gesamtfläche pro Betrieb sowie durchschnittliche Anzahl der Schläge und Schlaggrößen

Für die Abfuhrlogistik ist vor allem die Feld-Hof-Entfernung entscheidend. Nach deren Größe richtet sich die bereitzustellende Transporttechnik. Je höher die Entfernung ist, desto mehr Traktoren und Anhänger bzw. desto größere Anhänger müssen eingeplant werden. Aus diesem Grund wurde gefragt, in welchen Entfernungen sich alle ackerbaulich genutzten Flurstücke befinden. Insgesamt liegen bei der Rodegemeinschaft 27 Flurstücke (18 %) im Bereich < 500 m. Durchschnittlich liegen je Betrieb drei Flurstücke in diesem Entfernungsbereich. Weitere 34 Teilflächen und somit 23 % entfallen auf den Bereich 500 – 1000 m dies sind durchschnittlich vier Flächen je Betrieb. Im Entfernungsbereich zwischen 1000 und 2000 m liegen 37 Teilflächen (25 %), das sind durchschnittlich fünf Teilflächen je Betrieb. Mit der Feld-Hof-Entfernung größer 2000 m liegen sogar 51 Flurstücke (34 %) das sind im Schnitt sechs Teilflächen pro Betrieb (Abbildung 88).

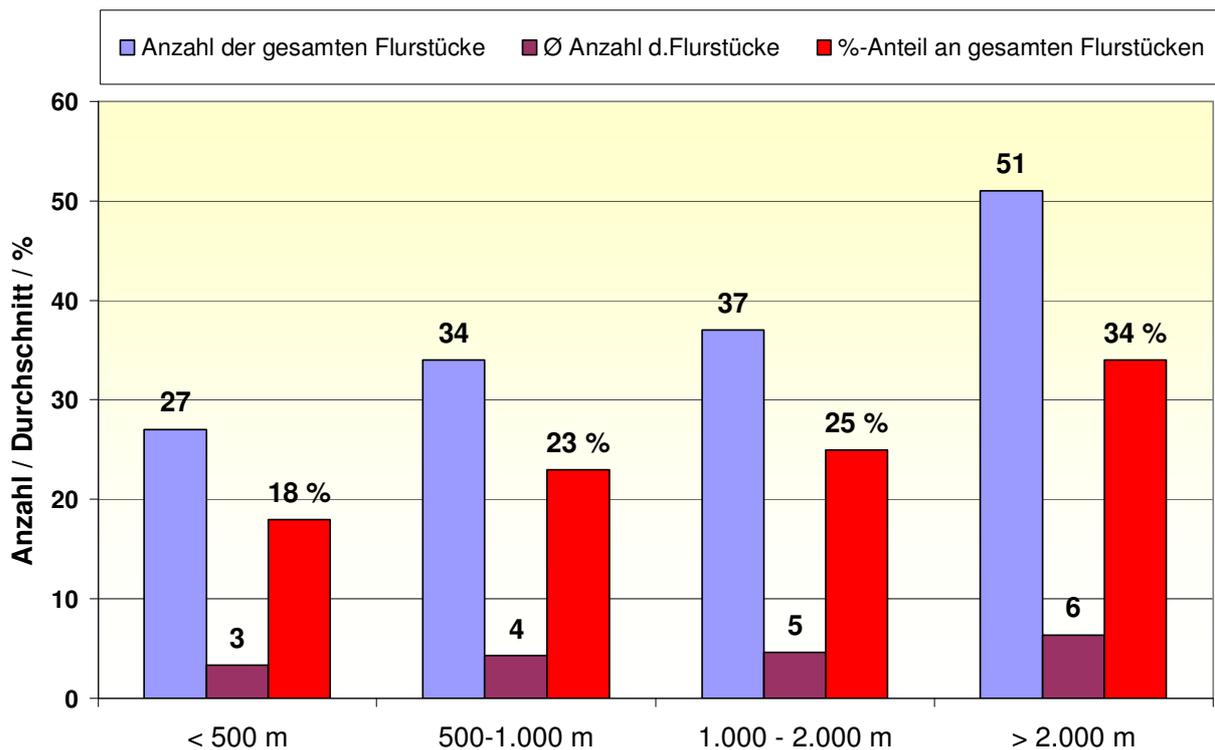


Abbildung 88: Feld-Hof-Entfernungen der einzelnen Flurstücke

7.3 Kartoffelernte

Bei durchschnittlich vier Rodeterminen wurden im Schnitt sechs Rodetage je Betrieb benötigt, um die Flächen zu ernten. Zur Ernte wurden je Betrieb im Durchschnitt vier Arbeitskräfte benötigt von denen die Hälfte Fremdarbeitskräfte waren (Abbildung 89).

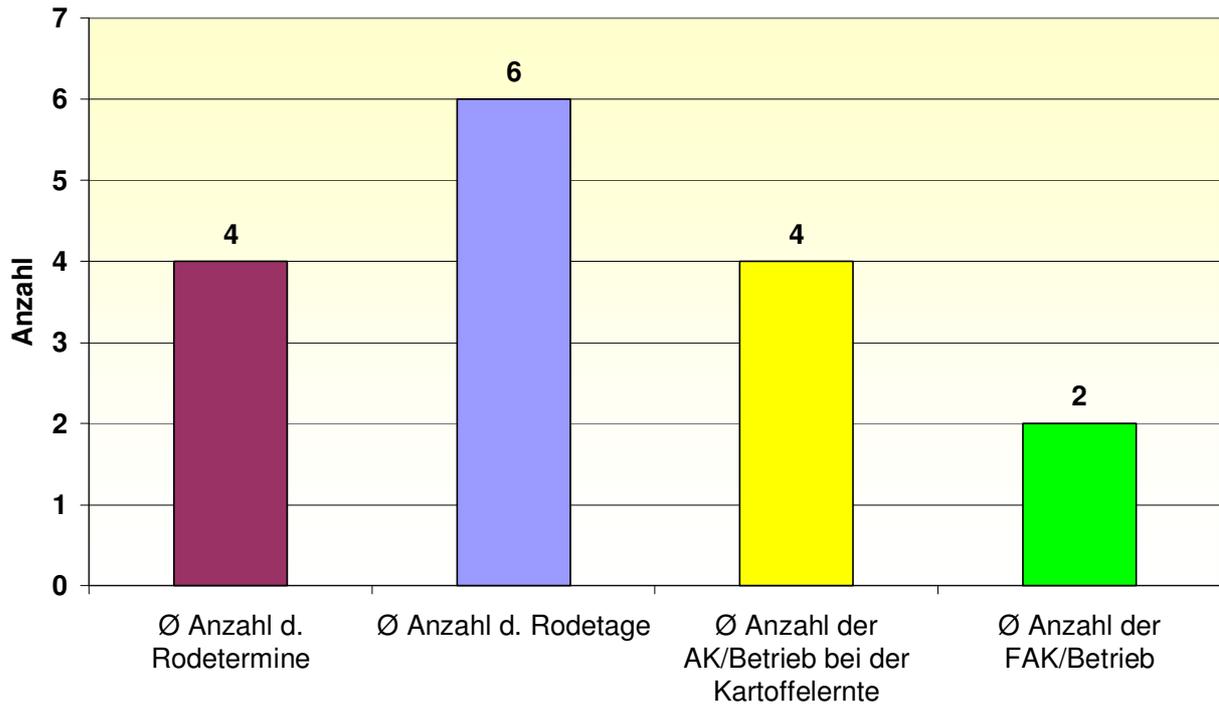


Abbildung 89: Arbeitsanfall und –erledigung auf den Betrieben der Rodegemeinschaft

7.4 Mechanisierung der Abfuhr und Einlagerung

Zur Abfuhr der Kartoffeln standen durchschnittlich zwei Traktoren sowie sechs Anhänger mit einem durchschnittlichen zulässigen Gesamtgewicht von 18 t zur Verfügung (Abbildung 90). Dieser Mechanisierungsstand war zur Ernte 2002 ausreichend und beinhaltete sogar eine Kapazitätsreserve von 30 %. Diese Reserve wurde jedoch im Jahre 2003 bei gleichbleibender Mechanisierung z. T. voll ausgeschöpft.

In (Abbildung 91) sind die verschiedenen Einlagerungs- und Zwischenlagerungslösungen dargestellt. 67 % der Betriebe lagerten die Kartoffeln mittels Sturzbunker ein. Der Leistungsbereich dieser Technik reichte von 25 – 60 t/h. Andere Systeme (z. B. „DDR-Annahmewanne“) wurden von 11 % eingesetzt. Keine spezielle Einlagerungstechnik war bei immerhin 22 % vorhanden. Diese Betriebe kippten die Kartoffeln mit Muldenkipper in einer Halle ab und schütteten diese mit dem Frontlader auf. Diese Betriebe verzeichneten auch einen um 20 % höheren Schmutzanteil bei den Stärkekartoffellieferungen nach Sünching. Bei 67 % der Betriebe reichte die vorhandene Einlagerungskapazität nicht aus, so dass die Kartoffeln kurzfristig zusätzlich auf Betonplatten gekippt werden mussten (56 %) und mittelfristig sogar eine Feldrandmiete angelegt wurde (11 %). Beide Notlösungen bewährten sich sehr gut.

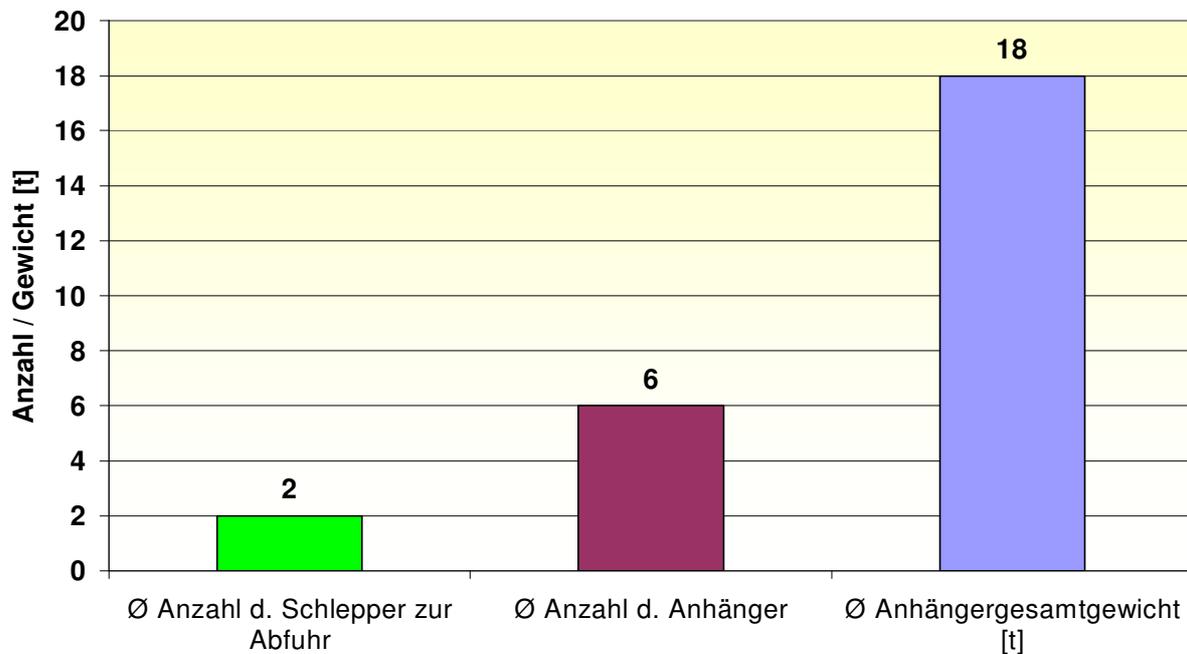


Abbildung 90: Vorhandene Mechanisierung für den Abtransport der Kartoffeln vom Feld

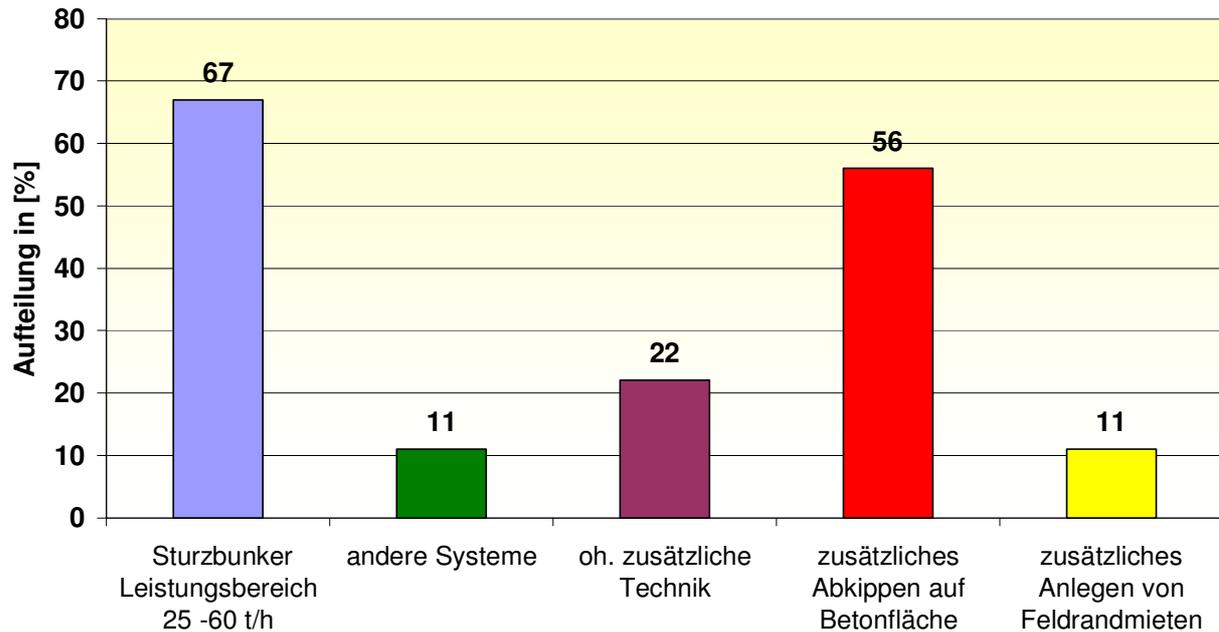


Abbildung 91: Aufteilung nach Einlagerungsarten

Die durchschnittliche Lagerkapazität betrug 2002 knapp 800 Tonnen je Betrieb. 631 Tonnen wurden im Schnitt je Betrieb eingelagert sowie 162 Tonnen direkt vom Feld zur Stärkefabrik abgefahren (Abbildung 92). Die Direktabfuhr war wesentlich höher eingeplant, auf Grund des z. T. hohen Schmutzanteils entschlossen sich viele Betriebsleiter die Kartoffeln erst einzulagern, um einen zusätzlichen Reinigungseffekt zu erreichen.

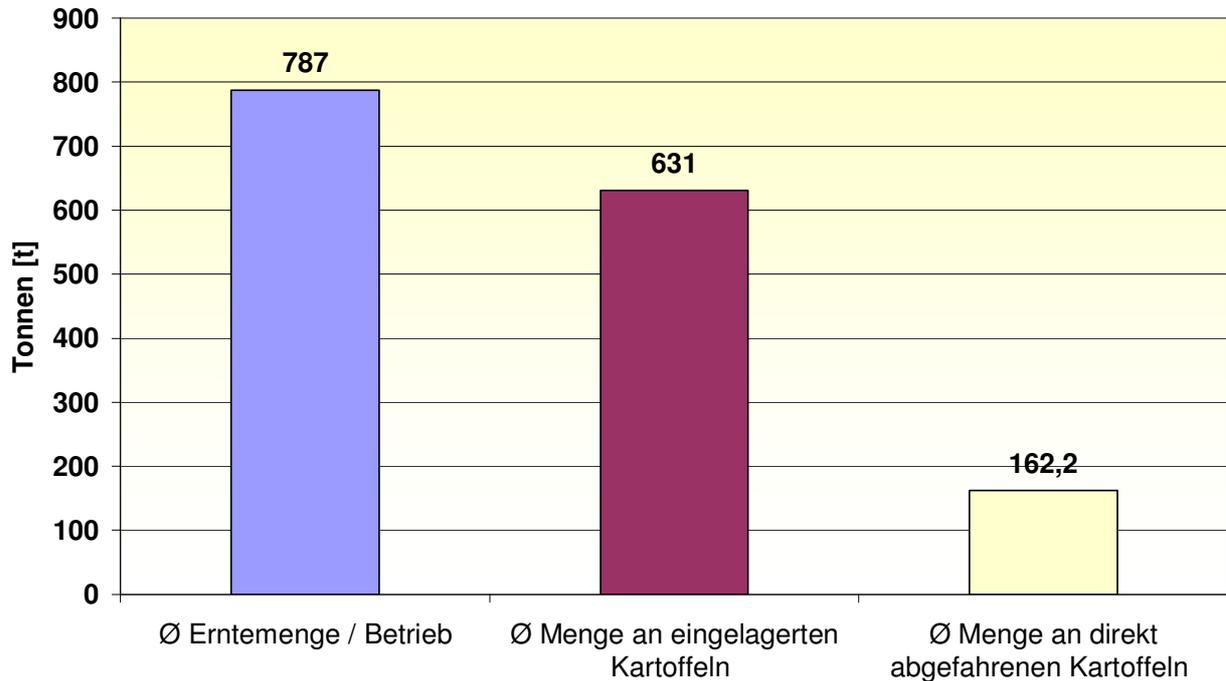


Abbildung 92: Lagerkapazität und tatsächlich eingelagerte Menge sowie direkt abgefahrene Menge an Kartoffeln

Direktabfahren wurden nur durchgeführt, wenn der Roder „saubere“ Ware ernten konnte. In diesen Fällen war der Unterschied zwischen der Ware aller Lieferungen und der direkt abgefahrenen Ware nur gering. Dies zeigt der Vergleich (Abbildung 93) zwischen den durchschnittlichen Schmutzanteilen bei direkt abgefahrenen Kartoffeln sowie aller Lieferungen. Der Unterschied ist mit 0,6 Schmutzprozenten nur unwesentlich höher.

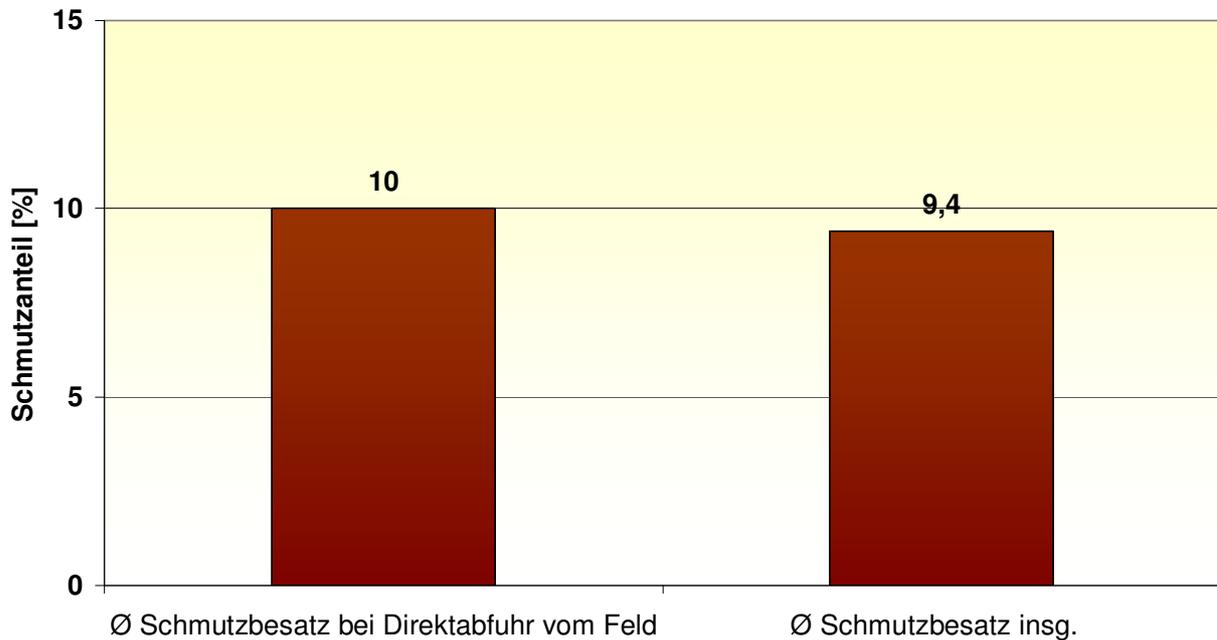


Abbildung 93: Vergleich der durchschnittlichen Schmutzprozente aller Lieferungen und der direkt abgefahrenen Züge.

Auf den Betrieben wurden durchschnittlich zwei Arbeitskräfte zur Einlagerung sowie zwei Arbeitskräfte zum Transport benötigt (Abbildung 94)

Im Schnitt konnten die Betriebe 26 % der Erntearbeitszeit einsparen. Dies entsprach einer durchschnittlichen Erntezeitersparnis von 3,5 Akh/ha Kartoffelfläche. Die freigewordene Zeit wurde bei 60 % der Betriebe innerbetrieblich, z. B. für die Ernte von Körnermais verwendet. 40 % der Betriebe investierten diese Zeit in den Zuerwerb z. B. Kartoffel- und Rübenroderfahren (Abbildung 95).

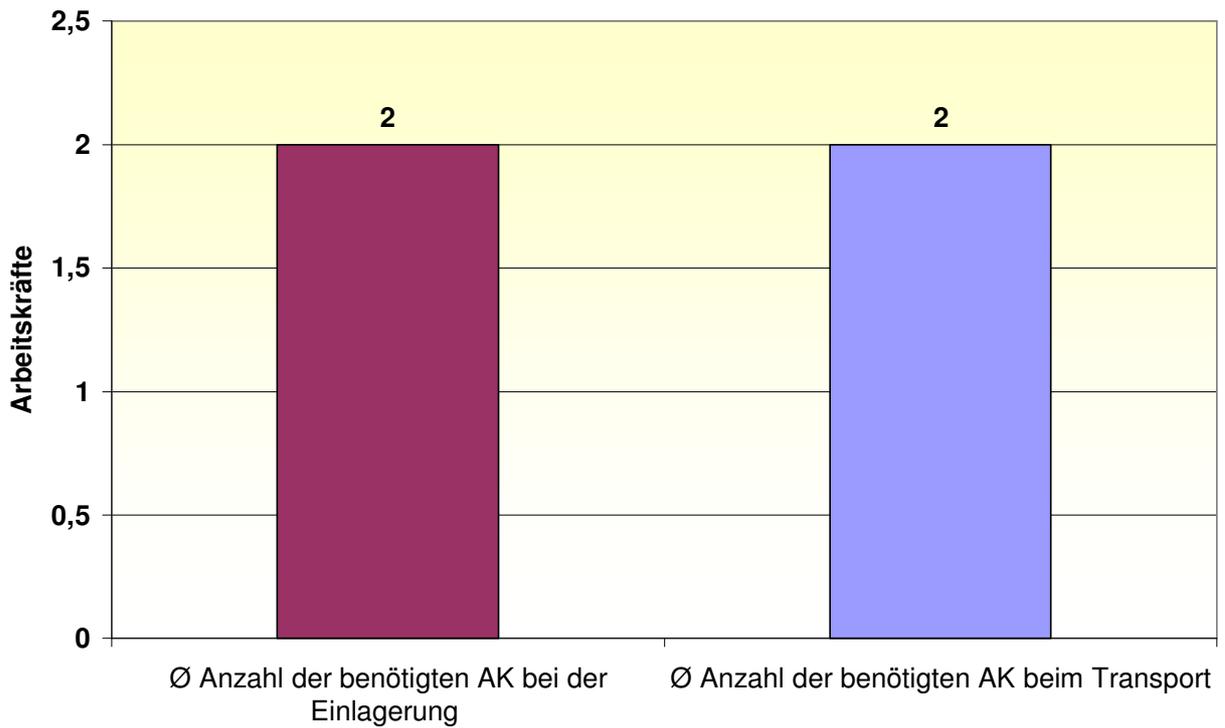


Abbildung 94: Aufteilung des Arbeitskrachteinsatzes für Einlagerung und Transport

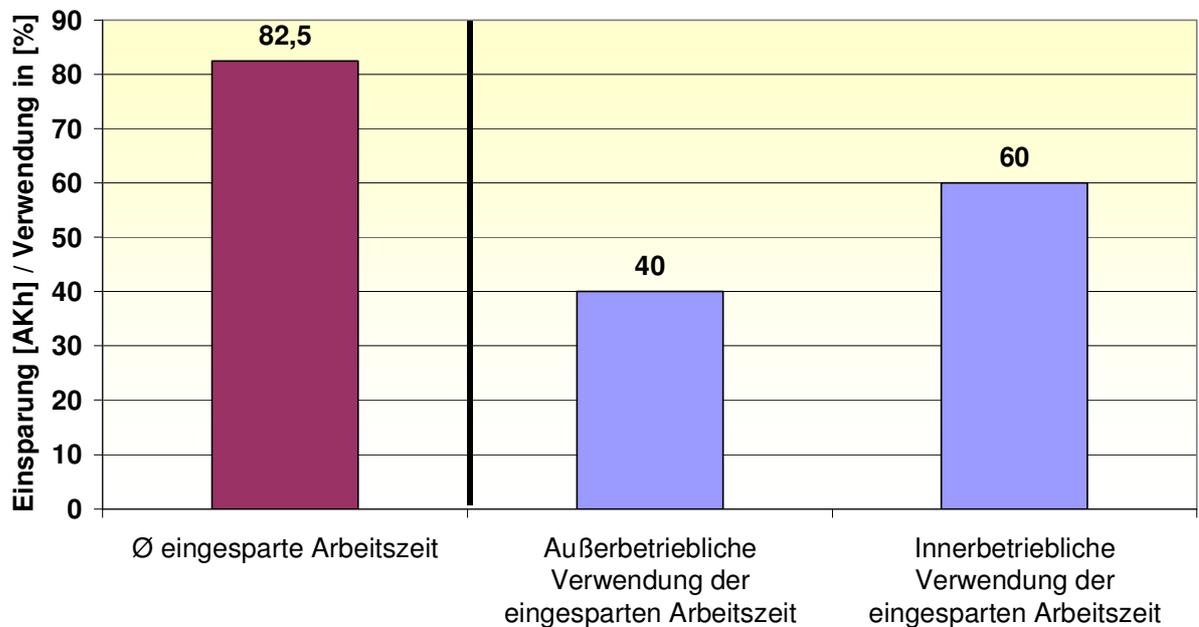


Abbildung 95: Arbeitszeiteinsparung je Betrieb sowie deren Verwendung

7.5 Beurteilung des Kartoffelrodgers durch die Mitglieder

Bei der Fragebogenumfrage wurde auch die Meinung der Mitglieder über Eignung und Bewertung des Verfahrens abgefragt. Trotz der Probleme, die während der Erntesaison 2002 aufgetreten sind wurde die Technik grundsätzlich für Stärkekartoffeln und Pflanzkartoffeln als geeignet angesehen. Es wurden keine Probleme hinsichtlich Lagerstabilität festgestellt. Im Jahr 2002 wurde vor allem die mangelnde Sauberkeit als kritischster Punkt angesehen. Hier war vor allem der hohe Stein- und Krautbesatz des Erntegutes ausschlaggebend. Durch die Verbesserung der Krautabtrennung beim System 2003 konnte dieses Problem beseitigt werden. Dieser Erfolg konnte jedoch noch nicht für die Steinabtrennung erreicht werden. Für die Ernte von Speisekartoffeln wurden für das Jahre 2002 erheblichere Bedenken geäußert, da auch hier das alte Reinigungssystem nicht schonend genug arbeitete. Aber auch hier konnte zur Ernte 2003 eine deutliche Verbesserung erreicht werden, die ein schonendes Roden möglich machte. Nach Angaben der Landwirte konnten die mit dem „Terra Melix“ gerodeten Flächen zur Herbstbestellung mit Winterweizen leichter bestellt werden. Die Vorgewende der Kartoffelfelder ließen sich jedoch durch das häufigere Überfahren schwerer bearbeiten. Grundsätzlich wurden bei den Mitgliedern folgende Erwartungen erfüllt: Rodegeschwindigkeit, Schlagkraft, Ernteerleichterung, Wendigkeit, Zeitersparnis und Roden bei Nässe. Nicht erfüllt hat der Roder die Erwartungen zur Ernte 2002 beim Krautabschlegeln, bei der Standfestigkeit, Krauttrennung, Steinabtrennung und Rodequalität. Aus diesen Gründen sah die Rodegemeinschaft für 2003 folgenden Handlungsbedarf bei der Technik: Verbesserte Abreinigung von Kraut und Steinen sowie verbesserte Standfestigkeit der Maschine. Handlungsbedarf sahen und sehen die Landwirte vor allem auch bei der eigenen Einlagerungstechnik sowie der Lagerung der Kartoffeln. Durch die weiter steigende Schlagkraft des Roders werden sich die Einlagerungsspitzen an den wenigen verbleibenden Erntetagen zusätzlich erhöhen. Hier müssen preiswerte Lagerungsalternativen wie z. B. die Feldmietenlagerung usw. angedacht und erprobt werden. Des Weiteren wurde angemerkt, dass die Flächen- und Feldstruktur soweit dies möglich ist, angepasst werden muss. Die Landwirte werden zukünftig breitere Vorgewende (> 15 m) anlegen sowie möglichst große Kartoffelschläge bestellen. Die letztere Maßnahme muss aber erst mit der bestehenden Fruchtfolge in Einklang gebracht werden, wodurch dieser Prozess nicht in einem Jahr durchgeführt werden kann.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Von den derzeit angebotenen 2- und 4-reihigen selbstfahrenden Kartoffelrodern sind bisher nur wenige in Bayern im Einsatz. Insgesamt stehen derzeit zwei 2-reihige und eine 4-reihige selbstfahrende Bunkermaschine bei der bayerischen Kartoffelernte im Einsatz. Bei den vierreihigen Bunkermaschinen gibt es nach wie vor nur die beiden Hersteller Holmer und Grimme, wobei bisher nur die Firma Grimme ihren Roder anbietet. Grimme verkaufte bisher insgesamt 10 Stück hauptsächlich nach Holland, Frankreich und Deutschland. Für das Jahr 2005 plant die Firma Holmer den Typ „Terra Melix“ in Serie zu produzieren und den Roder auf dem Markt anzubieten. Mit den bisher drei Maschinen wurden erste Erfahrungen gesammelt, die der Weiterentwicklung und Verbesserung der Technik zur Serienreife verhalfen.

Wie viele Roder zur Vorserie 2004 produziert werden, wurde noch nicht bekannt gegeben. Einige Maschinenringe und –gemeinschaften bekundeten bereits seit längerem ihr Interesse an dieser Technik. Der selbstfahrende vierreihige Bunkersammelroder wird sich vor allem dort durchsetzen, wo die Flächenausstattung sowie der Anbauumfang von Kartoffeln groß ist. Dies bedeutet, dass dieser Roder vorrangig in Gebieten mit zusammenhängenden Kartoffelflächen sowie mit günstigen Schlagstrukturen zum Einsatz kommt. Hierfür muss die Technik dann für alle Belange des Marktes (Stärke- und Speisekartoffeln) sowie mit den natürlichen Begebenheiten (hoher Steinbesatz, schwere Böden) der Einsatzgebiete geeignet sein. Der fortschreitende Strukturwandel, Arbeitskräftemangel sowie zu teure Eigenmechanisierung werden zukünftig den Trend zum vierreihigen Selbstfahrer in diesen Gebieten begünstigen.

Bisher konnte die durchschnittliche Flächenleistung von 1 ha/h während einer kompletten Saison noch nicht erreicht werden. Durch die technischen Verbesserungen von 2002 auf 2003 konnte diesem Ziel jedoch deutlich näher gekommen werden.

Jetzt schon sehen die Landwirte der Rodegemeinschaft „Donautal“ Arbeitszeiterparnis durch die Verringerung der Kartoffelernte auf wenige Tage als wichtigsten Vorteil des Verfahrens an.

Durch eine vorausschauende Planung bereits beim Pflanzen bis hin zur Ernte der Kartoffeln kann die Leistungsfähigkeit des vierreihigen Verfahrens voll ausgeschöpft werden, wodurch vor allem die Kosten gesenkt werden können. Mehr denn je wird zukünftig die Logistik bei Abfuhr und Einlagerung in den Vordergrund rücken.

Durch alternative Lösungen bei Transport und Einlagerung (Feldrandmieten bei Stärkekartoffeln) können Engpässe und teure Technik kurzfristig umgangen werden.

Durch den Einsatz der elektronischen Knolle konnten Schwachstellen wie z. B. zu hohe Fallstufen sowie „aggressive“ Reinigungseinheiten aufgezeigt werden, welche die Firma Holmer durch technische Lösungen für das Jahr 2003 beseitigte. Der Ver-

gleich der Messergebnisse beider Systeme zeigte eine deutlichere Verringerung der Stoßbelastung mit dem System 2003 auf. Vergleichsbonituren von Speisekartoffeln bestätigten, die Messergebnisse der elektronischen Knolle.

Für die Rodesaison 2004 wird an einer verbesserten Steintrennvorrichtung gearbeitet, um auf Flächen mit höherem Steinanteil (z. B. Münchner Schotterebene) eine möglichst steinfreie Ernteware erreichen zu können.

Aus den Bodendruckuntersuchungen lassen sich derzeit noch keine Aussagen bzgl. einer schadhafte Unterbodenverdichtung ableiten bzw. mit den Daten aus der Untersuchung von der Zuckerrübenernte vergleichen.

Für den überbetrieblichen Einsatz ist es sehr wichtig, dass keine ansteckenden Krankheiten durch den Wechsel von Feld zu Feld übertragen und verbreitet werden. Gerade Quarantänekrankheiten, wie z. B. die bakterielle Ringfäule stellen ein erhebliches Risiko für jeden Kartoffelanbauer dar, da bereits kontaminierte Erde, die am Kartoffelroder anhaftet durch Berühren gesunde Knollen anstecken kann [27]. Diesem Problem muss durch Waschen und Desinfektion des Roders begegnet werden, jedoch ist dies mit einem erheblichen Aufwand verbunden, der die Rodekosten erhöht und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit verschlechtert. In den jeweiligen Anbaugebieten muss stärker denn je auf diese Krankheiten geachtet werden, da nicht nur einzelne Betriebe betroffen sind, sondern sogar ganze Gebiete verseucht werden können.

Bei der Kartoffelernte reicht die Angebotspalette von einreihigen Bunkerroder über zweireihige gezogene Bunkerroder bis hin zu zweireihigen und vierreihigen selbstfahrenden Bunkerroder. Je nach Anforderung sind die Maschinen so auszurüsten, dass eine optimale Arbeitsqualität erreicht wird. Besonders interessant im Hinblick auf möglichst niedrige Arbeitserledigungskosten sind die vierreihigen selbstfahrenden Vollernter. Bei einer jährlichen Auslastung von 225 ha werden Arbeitserledigungskosten von 372 €/ha erreicht. In manchen Gebieten mit günstigen Strukturen könnte auch eine jährliche Einsatzfläche von 300 ha gerodet werden. Die Kosten der Arbeitserledigung würden dann auf 350 €/ha sinken. Solch große Anbauflächen sind meist nur durch Rodegemeinschaften zu erreichen, wie sie bereits bei der Zuckerrübenernte üblich sind. Werden die Flächenvoraussetzungen durch entsprechende Rodegemeinschaften geschaffen, ist das vierreihige Verfahren auch aus Sicht der Kosteneinsparung zu befürworten.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten – Pressemitteilungen 2001.
- [2] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten. – In: Bayerischer Agrarbericht (2002), S. 102.
- [3] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. – Im Intranet beim ILB/Karten zur Agrarstruktur/Kartoffeln (2003).
- [4] Zeichnungen der Firma Holmer Maschinenbau GmbH, 84069 Eggmühl.
- [5] Homann, J. Kartoffeln unter Vlies. – In: Kartoffelbau (2001) Nr. 9/10, S. 402 – 404.
- [6] Sommer, C.: Bodenbearbeitung und Bodenschutz. – In: KTBL Arbeitspapier 266, S. 25 – 26.
- [7] Diez, T., Weigelt, H., Böden und Ihre Nutzung. – In: Merkblätter für Bodenkultur, Blatt (2).
- [8] Brandhuber, R.: persönliche Mitteilung , Dezember 2003.
- [9] Peters, R.: Beschädigungsquellen bei Kartoffelerntemaschinen. - In: Kartoffelbau (2001) Nr. 7, S. 284 – 287.
- [10] Peters, R.: Beschädigungsquellen bei Kartoffelerntemaschinen. - In: Kartoffelbau (2001) Nr. 7, S. 284 – 287.
- [11] Peters, R.: Beschädigungen an Kartoffelknollen. – In: Kartoffelbau (1998) Nr. 8; S. 276 – 279.
- [12] Leppack, E. (1998): Elektronische Knolle. – In: Kartoffelbau, (1998) Nr. 49, S. 266 –267.
- [13] www.landwirt.com/article/articleprint/323/-1/91.
- [14] Peters, R., Specht, K.: Beschädigungen an der Kartoffel vermeiden. – In: AID Heft (1993) Nr. 1078, S. 5 – 9.
- [15] Herold, B., Truppel, I., Siering, G.; Geyer, M.: Beurteilung von Beschädigungsquellen bei der Ernte und Aufbereitung. – In: Kartoffelbau (1996) Nr. 7, S. 251 – 255).
- [16] www.atb-potsdam.de/hauptseite-deutsch/index2.htm.
- [17] Schorling, G., Peters, R.: Erfahrungen beim Einsatz elektronischer Messkörper. – In: Kartoffelbau (2004) Nr. 6, S. 210 – 213.
- [18] Fa. Techmark INC., 5801 West Mount Hope Highway.
- [19] SCAN MICRO Engineering, Roedbyvej 53, DK-4900 Nakskov.
- [20] PEI Innovation INC., Charlottetown, Canada

- [21] Pfaff, S., Kemenah, T.: Mit Kartoffeln noch Geld verdienen? - In: Land & Forst Ausgabe 155, Heft 12 / 2002, S. 7 – 9
- [22] Pfaff, S., Kemenah, T.: Mit Kartoffeln noch Geld verdienen? - In: Land & Forst Ausgabe 155, Heft 12 / 2002, S. 7, Diagramme verändert
- [23] Kraxner, H.: Vorlesungsskript Produktionsökonomie (LW), Fachhochschule Weihenstephan (2000), Kap. 3.1.3 – 3.1.4
- [24] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.: KTBL Taschenbuch Landwirtschaft 2002/2003, 21. Auflage, (2002), S. 7 – 276
- [25] Scheuerlein, A.: Finanzmanagement für Landwirte, BLV Verlagsgesellschaft GmbH München Wien Zürich (Hrsg.), München, 1997, S. 55
- [26] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.: Makost, Maschinenkostenkalkulation für Windows, Version 3.0., KTBL (Hrsg.), Darmstadt, 2002
- [27] Abdel-Kader, D.: Hoch ansteckend bei Berührung. – In: Bayer. Landw. Wochenblatt (2003) Nr. 7, S. 24 – 26

10 Danksagung

Ein besonderer Dank gilt der Rodegemeinschaft „Donautal“ stellvertretend Herrn Lederer (Einsatzleiter) und Herrn Mandlik (Vorstand), die uns die Erntearbeiten begleiten und unsere Versuche sowie Messungen durchführen ließen.

Unser Dank gilt nicht zuletzt der Firma Holmer Maschinenbau GmbH stellvertretend Herrn Holmer sen. und Herrn Stephan Rainer, die uns in unserem Vorhaben unterstützten und die Zusammenarbeit ermöglichten.

Die Bearbeiter möchten an dieser Stelle den Mitarbeitern des Institutes für Agrarökologie, ökologischen Landbau und Bodenschutz in Freising, Herrn Dr. Brandhuber und Herrn Dr. Capriel sowie deren Mitarbeiter für die konstruktive und unbürokratische Zusammenarbeit danken. Neben der Durchführung der Bodendruckuntersuchungen wurde vor allem Unterstützung hinsichtlich der Auswertungen der erlangten Ergebnisse gewährt.

Dank gebührt auch dem Ministerium für Landwirtschaft und Forsten, welches die Arbeiten durch die finanzielle Förderung möglich machte.