



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Fakultät für Agrarwissenschaften
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
-Abteilung Agrartechnik-

Identifizierung von Problemen im Ananasanbau Costa Ricas und Lösungsansätze für Verbesserungen entlang der Produktionskette

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Fakultät für Agrarwissenschaften

der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

Leon Schäkel

geboren in Minden (Westfalen)

Göttingen, im Juni 2022

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Beneke

Zweitprüfer: Prof. Dr. Oliver Hensel

Drittprüferin: Prof. Dr. Anne-Katrin Mahlein

Tag der Abgabe: 23.06.2022

Tag der mündlichen Prüfung: 19.09.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung.....	1
2 Ananasanbau in Costa Rica	3
2.1 Struktur des Ananasanbaus in Costa Rica.....	3
2.2 Botanik der Ananas	9
2.3 Charakteristika des Produktionssystems (IST-Stand).....	12
2.4 Verfahrenstechnik des Ananasanbaus.....	13
2.4.1 Produktionsgrundlage	13
2.4.2 Beschreibung der typischen Bodenvorbereitung und Bodenbearbeitung.....	15
2.4.3 Beschreibung der typischen Anpflanzung	21
2.4.4 Beschreibung des typischen Anbauprogrammes im Anbausegment Pflege und Wachstum	22
2.4.4.1 Düngung.....	23
2.4.4.2 Pflanzenschutzanwendungen	24
2.4.4.3 Blüteninduktion und Madurierung.....	25
2.4.4.4 Manuelle Arbeiten	27
2.4.5 Beschreibung des etablierten Erntesystems.....	28
2.4.6 Beschreibung der typischen Weiterverarbeitung.....	32
2.4.7 Export-, lokale- und internationale Produktsicherheit.....	35
3 Identifizierung eines Versuchsbetriebes und Basisdatenerhebung zum Anbausystem ...	37
3.1 Untersuchungsziel.....	37
3.2 Methodik der Datenerhebung.....	37
3.3 Durchführung der Expertenbefragung	38
3.4 Ergebnisse	38
3.5 Produktionskennzahlen des Versuchsbetriebes.....	39
4 Identifizierung von Problemstellungen entlang der Produktionskette	45
5 Lösungsansätzen für Probleme entlang der Produktionskette.....	51
6 Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze.....	55

6.1	Methodik	55
6.1.1	On-Farm Research	56
6.1.2	Systematische Produktentwicklung	57
6.2	Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen für festgestellte Probleme in der Bodenbearbeitung	60
6.2.1	Erläuterung von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten	60
6.2.2	Versuchsbeschreibung	61
6.2.3	Versuchsdurchführung.....	63
6.2.4	Ergebnisse.....	64
6.3	Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen im Bereich Pflege und Wachstum.....	68
6.3.1	Düngemittelapplikationen.....	68
6.3.1.1	Versuchsbeschreibung	68
6.3.1.2	Versuchsdurchführung.....	70
6.3.1.3	Ergebnisse	71
6.3.2	Kombination von Düngemitteln mit Herbiziden und / oder Insektiziden	74
6.3.2.1	Versuchsbeschreibung	75
6.3.2.2	Versuchsdurchführung.....	76
6.3.2.3	Ergebnisse	78
6.3.3	Fahrgassensystem	83
6.3.3.1	Versuchsbeschreibung	84
6.3.3.2	Versuchsdurchführung.....	87
6.3.3.3	Ergebnisse	88
6.3.4	Veränderte Pflanzdichte.....	90
6.3.4.1	Versuchsbeschreibung	90
6.3.4.2	Versuchsdurchführung.....	91
6.3.4.3	Ergebnisse	91
6.3.5	Pflanzung unter Kunststoffolie.....	94
6.3.5.1	Versuchsbeschreibung	94
6.3.5.2	Versuchsdurchführung.....	95
6.3.5.3	Ergebnisse	96

6.4	Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen.....	99
6.4.1	Vorhandene Erntesysteme in Costa Rica.....	99
6.4.2	Analyse des etablierten Erntesystems.....	100
6.4.3	Anforderungen und Restriktionen des Erntesystems.....	104
6.4.4	Marktanalyse der vorhandenen Erntegeräte	112
6.4.5	Systematisches Entwickeln und Konstruieren eines Erntemaschinenprototypen für die Ananasernte.....	115
6.4.6	Technische Überprüfung des Erntemaschinenprototypen	131
6.4.7	On-Farm Erprobung des neuen Erntesystems und Vergleich der Erntesysteme.....	131
6.4.7.1	Versuchsbeschreibung	132
6.4.7.2	Versuchsdurchführung.....	133
6.4.7.3	Ergebnisse	133
7	Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung.....	137
7.1	Untersuchungsziel.....	137
7.2	Methodik der Datenerhebung.....	137
7.3	Durchführung der Befragung	140
7.4	Auswertung und Ergebnisse.....	140
7.5	Interpretation der Ergebnisse zur Findung eines geeigneten Versuchsbetriebes.....	149
8	Diskussion	151
8.1	Diskussion der Ergebnisse	151
8.2	Vergleich mit anderen Ländern.....	156
8.3	Diskussion der Vorgehensweise	157
8.4	Prüfung der Hypothesen / Soll-Ist Vergleich.....	159
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	165
	Literaturverzeichnis.....	167
	Eidesstattliche Erklärung.....	173
	Danksagung.....	174
	Anlage 1: Fragebogen auf Deutsch	175
	Anlage 2: Fragebogen auf Spanisch.....	181
	Anlage 3: Nährstoffaufnahmen der Ananas	187

Anlage 4: Ergebnisse aus der Befragung (PSPP Ausgabe).....	188
Anlage 5: Anonymisierter Testreport exportierter Ananasfrucht	195
Anlage 6: Versuchsprotokoll Bodenbearbeitung	203
Anlage 7: Zeitbedarf für die Bodenbearbeitung in Wochen	204
Anlage 8: Übersichtskarte Leona Farms Finca Amparo	205
Anlage 9: Produktkosten Anbauprogramm - Tabellen.....	206
Anlage 10: Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (bis Induktion)	210
Anlage 11: Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (Induktion bis Ernte)	211
Anlage 12: Ergebnisse des Fahrgassenversuchs	212
Anlage 13: Erlössituation des Fahrgassenversuchs pro ha nach Größenklassen	214
Anlage 14: Detailzeichnungen Ernteband.....	215
Anlage 15: Materialliste	218

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit und Schwerpunkte der einzelnen Kapitel	2
Abbildung 2: Geografische Lage von Costa Rica in der Welt (Benkert, 2012).....	3
Abbildung 3: Jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge in Costa Rica 1961-1980 (Instituto Meteorologico Nacional de Costa Rica, 1985)	4
Abbildung 4: Verteilung der Anbauregionen für Ananas in Costa Rica (CANAPEP, 2021)....	5
Abbildung 5: Exportierte Ananasfrucht Costa Ricas in t zwischen 1961 - 2013 (FAO, 2018) .	6
Abbildung 6: Erzeugerpreise für Ananasfrucht der vier bedeutendsten Produktionsländer in USD/t (FAO, 2018)	6
Abbildung 7: Aufteilung der Exportmärkte von Frischfrucht aus Costa Rica - übersetzt nach CANAPEP, 2021	7
Abbildung 8: Ananasblüte.....	9
Abbildung 9: Ananasfrucht	9
Abbildung 10: Ananassteckling	9
Abbildung 11: Prozessschaubild des typischen Ananasanbausystems	13
Abbildung 12: Tiefgründiger Ackerboden in Pavon de Los Chiles - Seitenansicht	14
Abbildung 13: Tiefgründiger Ackerboden in Pavon de Los Chiles - Frontansicht.....	14
Abbildung 14: Zeitbedarf vor Beginn der Bodenbearbeitung unter Einsatz eines Totalherbizides	16
Abbildung 15: Zeitbedarf vor Beginn der Bodenbearbeitung unter Einsatz eines biologischen Präparates	17
Abbildung 16: Schematischer Ablauf der typischen Bodenbearbeitung	17
Abbildung 17: Rompeadora Detailansicht	18
Abbildung 18: Rompeadora im Einsatz	18
Abbildung 19: Tiefenmeißel	18
Abbildung 20: Tiefenmeißel bei der Bodenbearbeitung	18
Abbildung 21: Affinadora Detailansicht	19
Abbildung 22: Affinadora im Einsatz	19
Abbildung 23: Hauptdrainagen	19
Abbildung 24: Dammformer	19
Abbildung 25: Drainagefräse	20
Abbildung 26: Drainagesystem eines Ananasfeldes nach EARTH, 2009	20
Abbildung 27: Wegehobel	20
Abbildung 28: Verbindung des Drainagesystems mit Betonrohren (Beton Tille, 2022).....	20
Abbildung 29: Verladung geernteter Stecklinge	21
Abbildung 30: Entladung und Verteilung der Stecklinge in der Neuanpflanzung	21
Abbildung 31: Pflanzvorgang	22
Abbildung 32: Gepflanzte Doppelreihe	22

Abbildung 33: Fruchtentwicklung von der Blüteninduktion bis zur Madurierung (Pimentel, 2015)	26
Abbildung 34: Sonnenschutz durch Papierumwicklung	27
Abbildung 35: Sonnenschutz durch Applikation von Kaolinit	27
Abbildung 36: Skala zur Beurteilung der Lichtdurchlässigkeit (Transluzides) des Fruchtfleisches von Ananasfrüchten (Importacol & Castro Valenzuela, 2022)	28
Abbildung 37: Skala zur Beurteilung der Fruchtfärbung zur Reifegradbestimmung (Importacol & Castro Valenzuela, 2022).....	29
Abbildung 38: Ablaufschema der Ananasernte	30
Abbildung 39: Großkistenerntemaschine – Ausleger	30
Abbildung 40: Großkistenerntemaschine – Zuggerät	30
Abbildung 41: Kleinerntekisten	31
Abbildung 42: Erntemaschine klein – Ausleger	31
Abbildung 43: Erntemaschine klein – Kistenverpackung.....	31
Abbildung 44: Annahmebecken der Packstation	33
Abbildung 45: visuelle Qualitätskontrolle und Vorbehandlung	33
Abbildung 46: Packstation mit visueller Fruchtsortierung	34
Abbildung 47: Packstation mit "Sizer"	34
Abbildung 48: Etikettierung und Kommissionierung	34
Abbildung 49: "Precooling" Kühlkammer	34
Abbildung 50: Kosten pro ha pro Anbasegment.....	45
Abbildung 51: Auswirkung der klimatischen Bedingungen auf den Produktionsbetrieb.....	49
Abbildung 52: Wechselwirkungen der Bodenbearbeitung	54
Abbildung 53: Wechselwirkungen der Erntemaschine	54
Abbildung 54: Vorgehensschritte der Systemtechnik nach Pahl et al., 2004	58
Abbildung 55: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI, 1993	59
Abbildung 56: Arbeitsprinzip einer Kreiselegge (Schön et al., 1998)	61
Abbildung 57: Rabe Kreiselegge	61
Abbildung 58: Arbeitsprinzip einer Bodenfräse (Schön et al., 1998).....	61
Abbildung 59: Gruse Dammfräse	61
Abbildung 60: Bodenbearbeitung – Vergleich Standardsystem und Veränderung Variante 1	62
Abbildung 61: Bodenbearbeitung – Vergleich Standardsystem und Veränderung Variante 2	63
Abbildung 62: Lage Feld 16 (Leona Farms S.A., 2018).....	63
Abbildung 63: Lage Feld 4 (Leona Farms S.A., 2018).....	69
Abbildung 64: Versuchsplan zur Gewichtsbestimmung der Pflanzenmasse	70
Abbildung 65: Darstellung der Entwicklung von Pflanzengewichten im Versuchsverlauf.....	71
Abbildung 66: Lage Felder 3 und 6 (Leona Farms S.A., 2018).....	75
Abbildung 67: Ananasfeld mit Wegenetz	83
Abbildung 68: Fotomontage - Fahrgassensystem im Ananasanbau	83
Abbildung 69: Darstellung des Fahrgassenanbausystems	84

Abbildung 70: Selbstfahrsspritze	85
Abbildung 71: Landini Powerfarm HC (Landini, 2012)	85
Abbildung 72: Lage Feld 17 (Leona Farms S.A., 2018)	87
Abbildung 73: Ernteergebnisse des Versuchsteils „A“	89
Abbildung 74: Ernteergebnisse des Versuchsteils „B“	89
Abbildung 75: Ernteergebnisse des Versuchsteils „C“	89
Abbildung 76: Lage Feld 9 (Leona Farms S.A., 2018)	90
Abbildung 77: Lage Feld 11 (Leona Farms S.A., 2018)	94
Abbildung 78: Anlage eines Feldes unter Kunststofffolie – Gesamtansicht	95
Abbildung 79: Anlage eines Feldes unter Kunststofffolie – Detailansicht	95
Abbildung 80: Rein manuelles Erntesystem	100
Abbildung 81: teilmechanisiertes Erntesystem	100
Abbildung 82: Etabliertes Erntesystem	100
Abbildung 83: Abfolgezyklus bei dem etablierten Erntesystem	101
Abbildung 84: Schema etabliertes Erntesystem	102
Abbildung 85: Ansatzbereiche für Veränderungen im Ernteprozess	105
Abbildung 86: Detaillierte Prozessschritte bei der Ananasernte im etablierten Erntesystem Rot: Ansatzpunkte für Veränderungen	107
Abbildung 87: Konzeptskizze des Erntemaschinenprototypen	111
Abbildung 88: Schematischer Ablauf des modifizierten Erntesystems	112
Abbildung 89: ZEMA Ernteband (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)	113
Abbildung 90: ZEMA Erntebalken (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2022)	113
Abbildung 91: ZEMA Rotation (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)	114
Abbildung 92: ZEMA Power (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)	114
Abbildung 93: ZEMA Packfix (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)	114
Abbildung 94: Gurkenflieger (Hans Steiger Maschinenbau, 2022)	114
Abbildung 95: Selbstfahrsspritze Matrot im Feldeinsatz (Matrot, 2005)	123
Abbildung 96: Abmessungen der Matrot Selbstfahrsspritze (Matrot, 2005)	124
Abbildung 97: Innenraum der Kabine - Matrot Selbstfahrsspritze (Matrot, 2005)	124
Abbildung 98: Schematische Zeichnung der Bandsteigung	127
Abbildung 99: Konzeptzeichnung	128
Abbildung 100: CAD Zeichnung des Erntebandes	128
Abbildung 101: Erntemaschinenprototyp - Bau Förderbandrahmen	130
Abbildung 102: Erntemaschinenprototyp - Förderbandrahmen – Draufsicht	130
Abbildung 103: Erntemaschinenprototyp - Antrieb und Drehwelle	130
Abbildung 104: Erntemaschinenprototyp – Gurteinbau	130
Abbildung 105: Erntemaschinenprototyp – Steigungsbereich des Förderbandes	130
Abbildung 106: Erntemaschinenprototyp - aufgezogenes Ernteband	130
Abbildung 107: Erntemaschinenprototyp - Testlauf gerade	130
Abbildung 108: Erntemaschinenprototyp - Testlauf der Schräge	130

Abbildung 109: Einsatzbereiter Erntemaschinenprototyp in Costa Rica.....	131
Abbildung 110: Erntemaschinenprototyp mit ausgeklapptem Ernteband.....	131
Abbildung 111: Einsatz des Erntemaschinenprototypen im Feld in Costa Rica.....	131
Abbildung 112: Erntemaschinenprototyp bei der Übergabe geernteter Frucht auf einen Transportanhänger.....	131
Abbildung 113: Lage Felder 13 -15 (Leona Farms S.A., 2018)	133
Abbildung 114: Region des Betriebes.....	141
Abbildung 115: Produktionsumfang in ha	141
Abbildung 116: Anzahl Mitarbeiter	141
Abbildung 117: Anpflanzung in ha pro Woche	141
Abbildung 118: Zielgröße erreicht	142
Abbildung 119: Nationale Zukunftsaussichten	142
Abbildung 120: Regionale Zukunftsaussichten	142
Abbildung 121: Exportmärkte.....	143
Abbildung 122: Eigenes Packhaus	143
Abbildung 123: Erntefläche pro Woche.....	143
Abbildung 124: Pflanzen pro ha.....	144
Abbildung 125: Verwendung eines Fahrgassensystems	144
Abbildung 126: Pflanzung auf Kunststofffolie	144
Abbildung 127: Anbau unter Bio Standard.....	144
Abbildung 128: Betriebe mit Global GAP Zertifizierung.....	145
Abbildung 129: Betriebe mit Rainforest Alliance Zertifizierung	145
Abbildung 130: Einsatz eines Totalherbizides	145
Abbildung 131: Kontrolliertes Abbrennen der Felder	145
Abbildung 132: Einsatz einer Fräse im Anbausystem	146
Abbildung 133: Kombination von Bodenbearbeitungsgeräten	146
Abbildung 134: Verwendung eines Drainagenetzes	146
Abbildung 135: Verwendetes Arbeitsgerät für die Anlage des Drainagenetzes	146
Abbildung 136: Art der Ernte.....	147
Abbildung 137: Art der Erntemaschine	147
Abbildung 138: Erntemenge in Tonnen exportfähiger Frischfrucht pro ha.....	148
Abbildung 139: Erntemenge in Tonnen Saftfrucht pro ha	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: monetäres Exportvolumen in USD zwischen 2012 und 2019 nach CANAPEP, 2021.....	7
Tabelle 2: Nährstoffabsorption der Ananas in Abhängigkeit des pH-Wertes des Bodens nach Pimentel, 2015.....	11
Tabelle 3: Anbauzyklen der Ananasproduktion nach Solis, 2011	14
Tabelle 4: übliche Nährstoffaufwendungen der Ananaspflanze in kg/ha nach MAG, 2019 ...	24
Tabelle 5 Anforderungen der Hauptexportmärkte an die Ananasfrucht	29
Tabelle 6: Internationale Fruchtgrößenklassen nach Gomez, 2020	33
Tabelle 7: Probleme, Engpässe und Schwierigkeiten	38
Tabelle 8: Arbeitskosten pro Mitarbeiter nach Leona Farms S.A., 2018.....	40
Tabelle 9: Kalkulation der Maschinen- und Arbeitsgerätekosten in der Bodenbearbeitung nach Leona Farms S.A., 2018.....	42
Tabelle 10: Kennzahlen des Applikationsprogramms nach Leona Farms S.A., 2018.....	43
Tabelle 11: Produktionskosten pro ha des Versuchsbetriebes im Jahresverlauf.....	45
Tabelle 12: Betriebskostenstruktur des Versuchsbetriebes pro Anbausegment (Stand 2018). 45	
Tabelle 13: Probleme, Engpässe und Schwierigkeiten in der Ananasproduktion Costa Ricas - Einschätzung im Rahmen einer Praxisbefragung	46
Tabelle 14: Lösungsansätze für Verbesserungen in den Anbausegmenten	51
Tabelle 15: Versuchsauswertung Bodenbearbeitungsvarianten.....	65
Tabelle 16: Kalkulation der Arbeitsgerätekosten einer Kreiselegge und einer Dammfräse nach Leona Farms S.A., 2018.....	66
Tabelle 17: Kostenvergleich von Veränderungen im Bodenbearbeitungssystem nach Leona Farms S.A., 2018.....	67
Tabelle 18: Versuchsvarianten Wassermengen in der Düngemittelapplikation	69
Tabelle 19: Versuchsdurchführung der Düngemittelgaben.....	71
Tabelle 20: Versuchsauswertung - benötigte Zeit bis zur Induktionsreife bei reduzierter Wassermenge bei der Düngemittelapplikation	72
Tabelle 21: Versuchsauswertung - Einfluss der Wassermenge bei der Düngemittelapplikation auf die Fruchtgröße.....	73
Tabelle 22: Versuchsergebnisse - ökonomische Auswirkungen der Wassermengenreduktion bei Düngemittelapplikationen.....	74
Tabelle 23: Standard Applikationsschema von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion	74
Tabelle 24: Versuchsvariante 1 von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion	76
Tabelle 25: Versuchsvariante 2 von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion	76
Tabelle 26: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha – Basisszenario (bis Induktion)	77
Tabelle 27: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 1 (bis Induktion)	77

Tabelle 28: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 2 (bis Induktion)	78
Tabelle 29: Versuch zur Kombination von Applikationen - Ergebnisse der Gewichtsermittlung (bis Induktion).....	79
Tabelle 30: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha – Basisszenario (Induktion bis zur Ernte).....	79
Tabelle 31: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 1 (Induktion bis zur Ernte).....	80
Tabelle 32: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 2 (Induktion bis zur Ernte).....	80
Tabelle 33: Details zur Kombination von Anwendungen	81
Tabelle 34: Zusammenfassung der Zeit- und Kosteneinsparung aus der Kombination von Applikationen	81
Tabelle 35: Versuch zur Kombination von Applikationen - Ergebnisse der Gewichtsermittlung (Induktion bis zur Ernte).....	81
Tabelle 36: Versuchsergebnisse - Einfluss von Applikationskombinationen auf die Fruchtgröße.....	82
Tabelle 37: Versuchsergebnisse - ökonomische Auswirkungen der Wassermengenreduktion bei Applikationskombinationen.....	82
Tabelle 38: Pflanzdaten zu dem bestehenden Pflanzsystem	85
Tabelle 39: Pflanzdaten zum modifizierten Pflanzsystem	86
Tabelle 40: Anbausteigerung durch Fahrgassensystem	86
Tabelle 41: erwarteter ökonomischer Nutzen des Fahrgassensystems	87
Tabelle 42: Erntesegmente im Fahrgassensystem.....	88
Tabelle 43: Darstellung der Pflanzengewichte in den Versuchsgruppen.....	92
Tabelle 44: Ernteergebnisse der drei Versuchsgruppen bei veränderter Pflanzdichte.....	92
Tabelle 45: prozentuale Verteilung nach Größenklasse.....	93
Tabelle 46: Erlös der Versuchsgruppen / ha in USD	93
Tabelle 47: Gewichtsentwicklung eines Ananasbestandes in Anpflanzung auf Dämmen und auf Dämmen mit Folie, (K) = Kontrolle.....	96
Tabelle 48: Erntezeitpunkte und –ergebnisse in den Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle.....	97
Tabelle 49: Hektarerlöse der Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle	97
Tabelle 50: Anzahl der Applikationen in den Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle	98
Tabelle 51: Vorhandenes Erntesystem im Versuchsbetrieb.....	103
Tabelle 52: Die Einzelkomponenten der Erntearbeiten und deren Arbeitserledigung.....	105
Tabelle 53: Grundlegende Anforderungen an die Erntetechnik.....	106
Tabelle 54: Einflussfaktoren auf das Anforderungsprofil.....	106
Tabelle 55: Anforderungsliste Ananas-Erntemaschine (Prototyp)	110
Tabelle 56: Anforderungsprofil und Ansatzpunkte zur dessen Erfüllung.....	111
Tabelle 57: Identifizierte Erntesysteme mit jeweiligem Aufbau.....	113

Tabelle 58: Identifizierte Erntesysteme mit Produktbeispiel	113
Tabelle 59: Hauptfunktionen nach VDI, 1997	116
Tabelle 60: Morphologischer Kasten	118
Tabelle 61: Morphologischer Kasten mit Lösungsansätzen.....	120
Tabelle 62: Lösungsvarianten des Morphologischen Kastens	121
Tabelle 63: Morphologischer Kasten mit Lösungsvariante "B"	122
Tabelle 64: Eigenschaften von Selbstfahrerspritzen	123
Tabelle 65: Vergleichsangebote verschiedener Trägergeräte	125
Tabelle 66: Umbaukostenfreies Budget - Prototypenbau Ananaserntemaschine	126
Tabelle 67: Budget nach Umbauvorbereitung - Prototypenbau Ananaserntemaschine.....	127
Tabelle 68: Endbudget des Prototypenbaus	129
Tabelle 69: Erntezeiterfassung des modifizierten Erntesystems	134
Tabelle 70: modifiziertes Erntesystem	135
Tabelle 71: Vergleich Erntesystem Vorher/Nachher	136
Tabelle 72: Produktionskosten verschiedener Betriebe in Costa Rica für Ananas (pro ha) ..	148
Tabelle 73: Tabellarische Zusammenstellung der durchgeführten Untersuchungen	156
Tabelle 74: Zeit- und Kosten der Bodenbearbeitungsversuche.....	159
Tabelle 75: Soll- Ist Vergleich der Ernteergebnisse unter Reduktion der Wassermenge	160
Tabelle 76: Zeit- und Kosten der Applikationsversuche.....	161
Tabelle 77: Soll- Ist Vergleich Veränderung der Pflanzdichte	162
Tabelle 78: Soll- Ist Vergleich Einsatz Kunststoffolie	162
Tabelle 79: Soll- Ist Vergleich Erntesystem	163
Tabelle 80: tabellarische Zusammenfassung der Zielerreichung	163

Abkürzungsverzeichnis

CAD	<i>computer <u>a</u>ided <u>d</u>esign - rechnergestütztes Konstruieren</i>
CANAPEP	<i>Camera Nacional de Productores y Exportadores de Piña</i>
EU	<i>Europäische Union</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration - US Bundesbehörde</i>
INCAE	<i>Central American Institute of Business Administration</i>
NGO	<i>Non Governmental Organisation - Nichtregierungsorganisation</i>
SETENA	<i>Secretaría Técnica Nacional Ambiental - costaricanische Behörde</i>
USA	<i>United States of America - Vereinigte Staaten von Amerika</i>

1 Einleitung

In den 1980er Jahren stieg die globale Nachfrage nach Frischananas stetig an. Die hohe Nachfrage führte zu einem exponentiellen Wachstum des Ananassektors in Costa Rica (Maglianesi-Sandoz, 2014). Bereits im Jahr 2010 hatte die Ananas neben Kaffee und Bananen die größte Bedeutung für die landesweite Landwirtschaft und war in den Jahren 2013 - 2018 bezogen auf finanzielle und arbeitsmarktrelevante Parameter das bedeutsamste landwirtschaftliche Segment (CANAPEP, 2012).

Diese Anbauexpansion war möglich, da Ananas in Monokulturen angebaut wird und internationale Fruchtfirmen wie PINDECO, Del Monte oder Dole nach Costa Rica kamen, dort Land kauften und eine großflächige Ananasproduktion starteten (Brown, et al., 2020). Die Regierung Costa Ricas unterstützte diesen Ausbau, um mehr Arbeitsplätze zu schaffen und dem Staat Mehreinnahmen aus Steuern zu beschaffen (Rodriguez, et al., 2018). In Costa Rica wurde im Jahr 2020 auf rd. 40.000 ha Ananas angebaut. Der Exportumsatz im selben Kalenderjahr betrug rd. 889 Mio. USD (CANAPEP, 2021).

Der Ananasanbau erfordert viel Handarbeit, laufende mechanische Arbeiten und tägliche Präsenz im Feld zur Überwachung der Bestände. Herausfordernd wird dieser Anbau zusätzlich durch das subtropische/tropische Klima. Sengende Sonne wechselt sich oft stündlich oder täglich mit ergiebigen Regenschauern ab (Herrera, 2016). Die jährlichen Niederschlagsmengen betragen in der Hauptanbauregion (Zona Huertar Norte) über 3.500 l/m² (Instituto Meteorologico Nacional de Costa Rica, 1985).

Die beschriebenen klimatischen Bedingungen erschweren grundsätzlich alle Arbeitsschritte des Anbaus und häufig die Ernte am Ende der Produktionskette. Da die Ananas reif geerntet wird, hat der Produzent für die Ernte nur ein geringes Zeitfenster von 2 bis 3 Tagen. Wird die Frucht von der restlichen Pflanze getrennt, beginnen bereits 3 Stunden danach enzymatische Umsetzungen. Kühlung auf 7 Grad Celsius Innentemperatur stoppt diesen Verderb. Die Frucht muss nach der Ernte schnellst möglich verpackt und in die Kühlung gebracht werden. Bleibt die Ananas in der Kühlkette, ist sie über 4 Wochen verzehrfähig (Joy & Rashida Rajuva, 2016).

Die Anbau- Produktionskette wird gegliedert in die Segmente Bodenbearbeitung, Anpflanzung, Pflege und Wachstum, sowie Ernte. Die bedeutendsten Einflussfaktoren sind das Klima, die Zeitdauer der Arbeitsschritte, Produktionskosten und die Arbeitsqualität. Die Produktionskosten sind seit 2007 jährlich gestiegen, die Frischfruchtpreise dagegen eher konstant geblieben. So ist es für die Produktionsbetriebe von großer Bedeutung, auf ihren Betrieben Potentiale für Optimierungen der Arbeiten in den Anbausegmenten zu identifizieren und diese zu heben. Das Investment in die Ananasproduktion unterliegt während des 15-monatigen Produktionszeitraumes Risiken durch Klima, Insekten, Pilzkrankheiten und der Qualität der manuellen Arbeiten. Aus einer jahrzehntelangen Beobachtung des Marktes ergibt

sich, dass nur solche Betriebe erfolgreich sind, die ihr Anbausystem von der Bodenbearbeitung bis zur Fruchtvermarktung überwachen und im Detail kontrollieren (Rostren, 2018).

In dieser Arbeit werden wiederkehrende Probleme entlang der Produktionskette identifiziert und für ausgewählte Aspekte Lösungen erarbeitet, in denen Potential zur Verbesserung der Produktionsbedingungen besteht. Diese Potentiale wissenschaftlich zu erforschen und Lösungsansätze zu schaffen, ist Ziel dieser Arbeit.

Nachstehende Abbildung 1 bietet dem Leser eine Übersicht zum besseren Verständnis des Aufbaus dieser Arbeit.



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit und Schwerpunkte der einzelnen Kapitel

2 Ananasanbau in Costa Rica

Die folgenden Kapitel vermitteln einen grundlegenden Überblick über den Ananasanbau in Costa Rica. Des Weiteren werden der vorherrschende Stand der Technik des Anbausystems im Rahmen mittels Expertenbefragungen erfasst und derzeit vorherrschende Probleme für den Ananasproduzenten identifiziert. Auf dieser Grundlage wird ein geeigneter Betrieb für die Durchführung von On-Farm Versuchen ermittelt. Die auf diesem Betrieb durchgeführten Untersuchungen werden in Kapitel 6 beschrieben.

2.1 Struktur des Ananasanbaus in Costa Rica

Costa Rica liegt in Zentralamerika zwischen Panama und Nicaragua. Im Westen befindet sich der pazifische Ozean und im Osten das karibische Meer (siehe Abbildung 2).

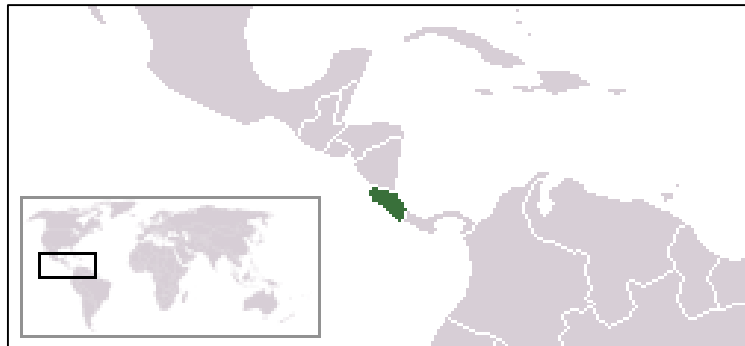


Abbildung 2: Geografische Lage von Costa Rica in der Welt (Benkert, 2012)

Die Größe des Landes beträgt rd. 51.000 km², dies entspricht etwa der Größe des deutschen Bundeslandes Niedersachsen (Kosmos, 2021). Die Gebirgskette Talamanca zieht sich durch das Land von Nordwesten nach Südosten und wirkt als Klimascheide zwischen der feuchten Atlantikseite und der wechselfeuchten Pazifikseite (Köhler, 2002). Durch die Nähe zum Äquator unterscheiden sich die Jahreszeiten Costa Ricas von denen in Mitteleuropa. Es wird zwischen der Trockenzeit „Verano“ von Dezember bis Mai und der Regenzeit „Invierno“ von Juni bis November unterschieden. Die Regenfälle im „Invierno“ können sich als ausgiebig und tagfüllend oder als mehrstündige Schauer in den frühen Abendstunden darstellen (Rottler, 2005). Die durchschnittlichen Jahresniederschläge werden in Abbildung 3 in einer Übersichtskarte dargestellt. Sie bewegen sich zwischen 1.500 l/m² (gelbe Färbung), 3.500 l/m² (grüne Färbung) und über 6.500 l/m² (dunkelblaue Färbung) pro Jahr (Instituto Meteorologico Nacional de Costa Rica, 1985). Dabei sind die zwei Klimazonen erkennbar.

2. Ananasanbau in Costa Rica

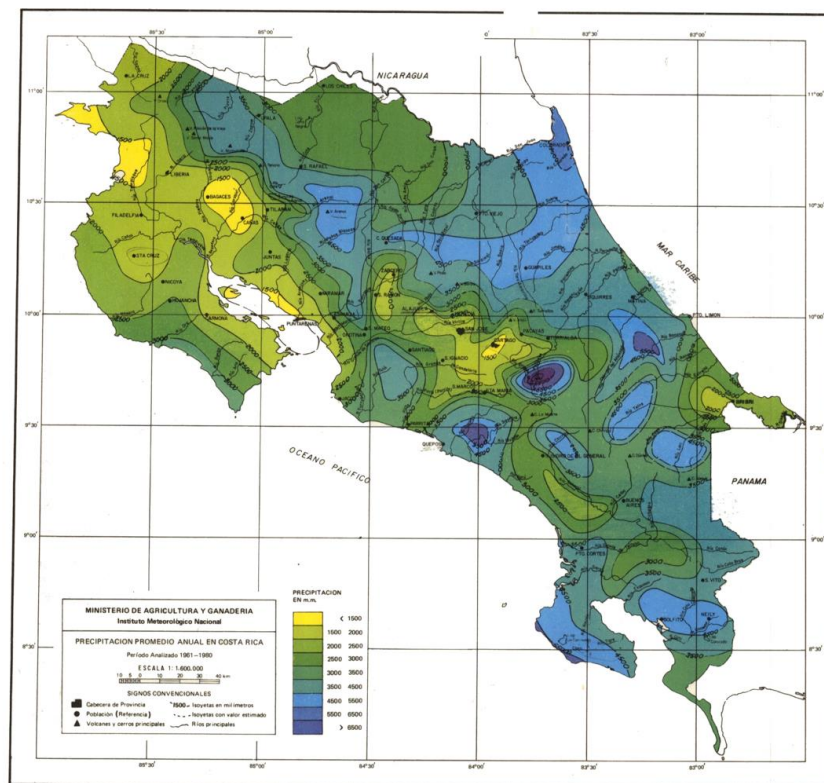


Abbildung 3: Jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge in Costa Rica 1961-1980 (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 1985)

Ebenso wie die jährlichen Niederschläge unterscheiden sich innerhalb des Landes auch die durchschnittlichen Jahresmitteltemperaturen. In den flacheren Regionen westlich und östlich der Gebirgskette liegen die Temperaturen zwischen 25 ± 1 Grad Celsius im Jahresverlauf und westlich bei über 29 ± 1 Grad Celsius. Die Temperaturen verändern sich über den gesamten Jahresverlauf nur sehr geringfügig um diesen Wert. In höher gelegenen Gebirgsregionen oder Hochplateaus kann die jährliche Durchschnittstemperatur bei 7,5 Grad Celsius liegen (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 1985).

Die Organisation “Canapep” zeigt die nachstehende Darstellung zur Ananasproduktion in Costa Rica für das Jahr 2020. CANAPEP steht für Camera Nacional de Productores y Exportadores de Piña. CANAPEP ist eine Interessensvertretung für Produzenten und Exporteure des Sektors Ananasproduktion. Sie wurde bereits 2003 gegründet.

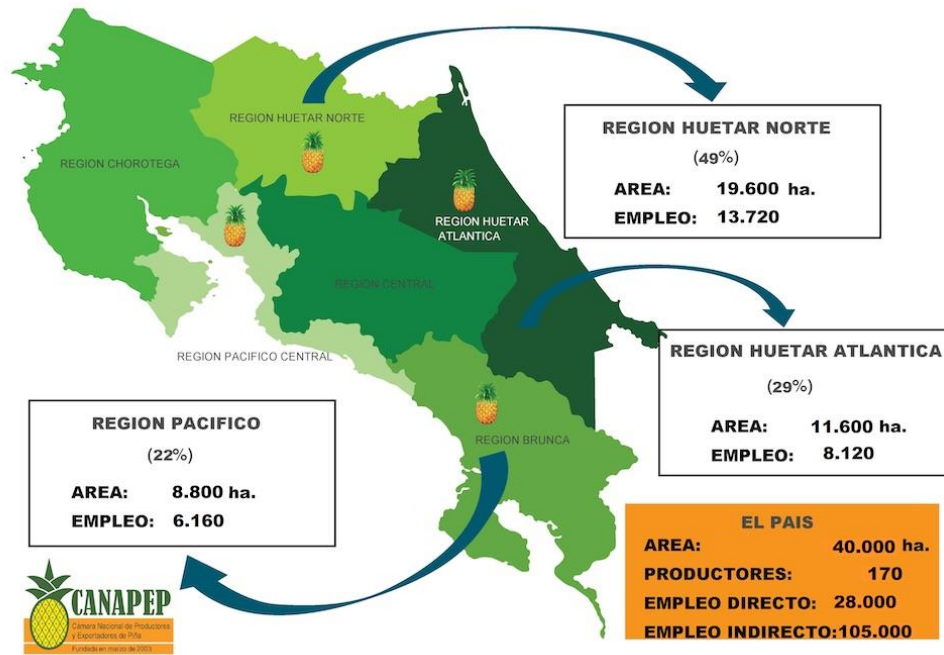


Abbildung 4: Verteilung der Anbauregionen für Ananas in Costa Rica (CANAPEP, 2021)

In Abbildung 4 kann die Verteilung der Ananasproduzenten auf die einzelnen Produktionsregionen eingesehen werden. So befindet sich in der Hauptanbauregion „Huertar Norte“ mit rd. 19.600 ha und rd. 13.720 Beschäftigten ein Anteil von 49 % des Ananasanbaus. Die östlich gelegene Region „Huertar Atlantica“ verfügt mit rd. 11.600 ha und rd. 8.120 Beschäftigten über einen Anteil von 29 % des Ananasanbaus gefolgt von der Region „Pacífico“ mit einer Fläche von rd. 8.800 ha, rd. 6.160 und einem Anteil von 22 %. Die weiteren Regionen „Chorotega“, „Central“ und „Pacífico Central“ verfügen über nur sehr geringe Anteile der Ananasproduktion des Landes (CANAPEP, 2021). Es ist zu erkennen, dass sich der Ananasanbau in Costa Rica hauptsächlich in der östlichen, feuchteren Region befindet. Die Ananasanbauer beschäftigen rd. 28.000 direkte und 105.000 indirekte Beschäftigte (CANAPEP, 2021). Dabei gibt es im gesamten Land insgesamt etwa 2,4 Mio. Beschäftigte in verschiedenen Berufen (Stand 2022, (MTSS, 2022)).

In der folgenden Abbildung 5 ist die Entwicklung der exportierten Ananasfrucht Costa Ricas zwischen 1961 und 2013 dargestellt. Es ist ein langsamer und stetiger Anstieg der exportierten Ananasfrucht aus Costa Rica in den Jahren 1985 bis 1997 zu erkennen. Ab dem Jahr 1997 ist eine deutliche Erhöhung des Anstiegs zu erkennen.

2. Ananasanbau in Costa Rica

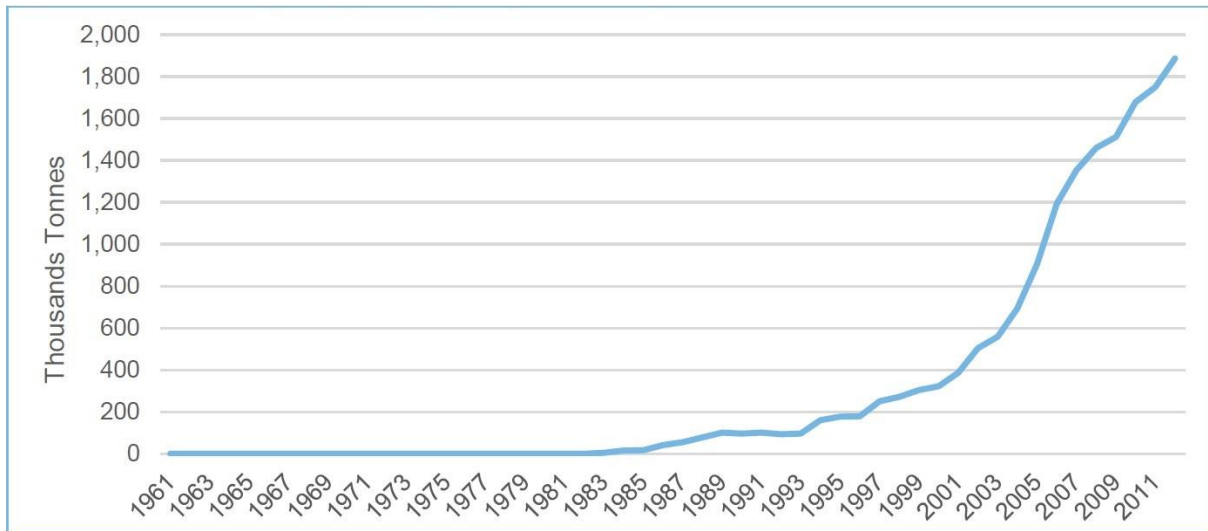


Abbildung 5: Exportierte Ananasfrucht Costa Ricas in t zwischen 1961 - 2013 (FAO, 2018)

Ein Auslöser für die Zunahme der exportierten Fruchtmenge sowie der Anbaufläche ist in einer sprunghaften Erhöhung der Erzeugerpreise zu erklären. Dies kann in der Abbildung 6 anhand des Verlaufs der dunkelblauen Kurve für Costa Rica eingesehen werden. Der Preis stieg innerhalb von drei Jahren von rd. 100 USD/t auf über 500 USD/t Ananasfrucht an.

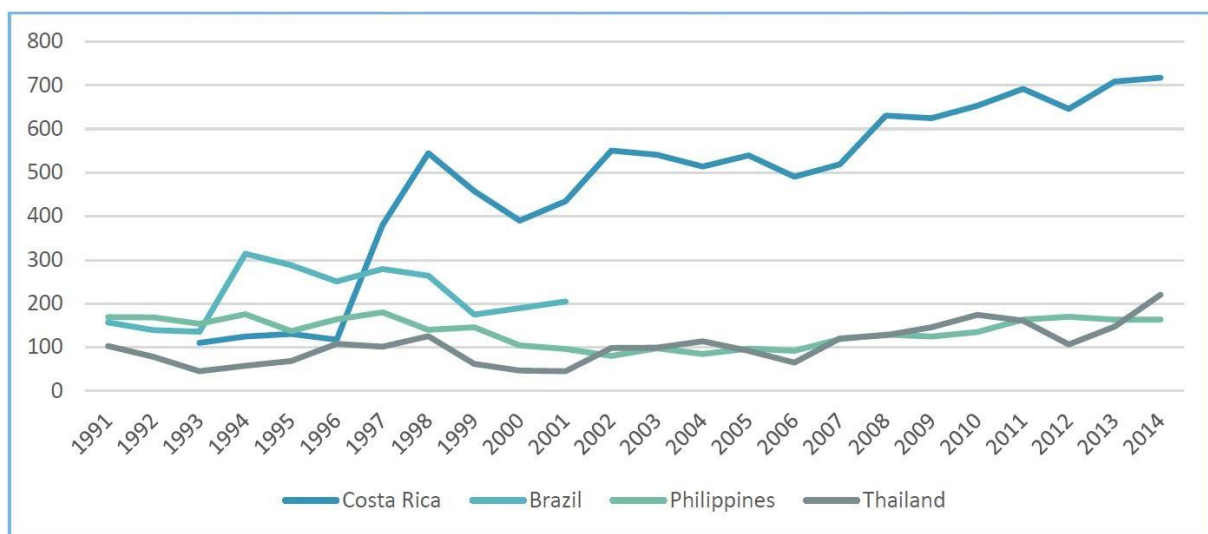


Abbildung 6: Erzeugerpreise für Ananasfrucht der vier bedeutendsten Produktionsländer in USD/t (FAO, 2018)

Das Central American Institute of Business Administration (INCAE) hat 2017 die Studie “Economic, Social and Environmental Impact of Pineapple in Costa Rica” durchgeführt. Darin beschreibt das Institut die Bedeutung des Ananasanbaus für die Volkswirtschaft Costa Ricas. Als Fazit wird festgehalten, dass der Ananassektor gerade in den wirtschaftlich schwachen und volkswirtschaftlich schwierigen ländlichen Gebieten ein wichtiger Faktor für Arbeit und Einkommen ist und damit einen hohen Beitrag zur Volkswirtschaft leistet. In der Studie wird ein Exportumsatz von 1,08 Mrd. USD angegeben (Guevara, 2017), welcher etwa 10 % des Landesexportgeschäftes ausmacht (The CR Star, 2017).

Das monetäre Exportvolumen des Ananassektors wird in Tabelle 1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Exportumsatz seit dem Jahr 2012 von 772,64 Mio. USD auf 989,56 Mio. USD im Jahr 2018 anstieg. Dann erfolgte ein leichter Rückgang auf 930,49 Mio. USD in 2019 (CANAPEP, 2021).

Tabelle 1: monetäres Exportvolumen in USD zwischen 2012 und 2019 nach CANAPEP, 2021

Jahr	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
USD in Mio.	930,49	989,56	941,95	873,11	806,68	865,11	816,11	772,64

Abbildung 7 stellt die Aufteilung der exportierten Ananasfrucht in die unterschiedlichen Regionen im Jahre 2019 dar. So wurde mit rd. 53 % der Hauptteil der Ananasfrischfrucht in die USA exportiert. Auf die EU entfiel ein Anteil von rd. 44 %. Auf den nicht zur EU gehörenden Teil Europas entfielen rd. 2 % und auf weitere, nicht genannte Staaten rd. 1 % des Gesamtanteils (CANAPEP, 2021).

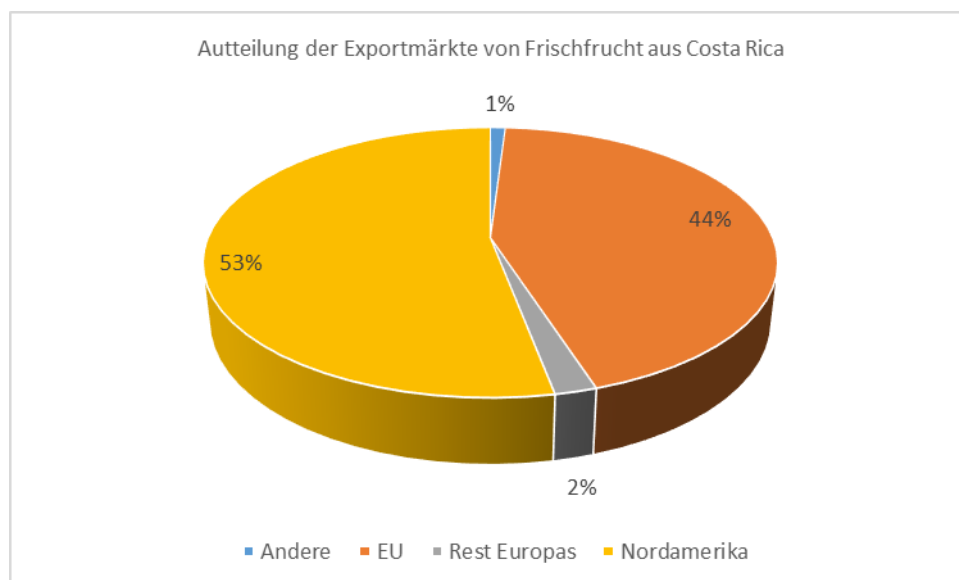


Abbildung 7: Aufteilung der Exportmärkte von Frischfrucht aus Costa Rica - übersetzt nach CANAPEP, 2021

Bereits in der Einleitung wurde auf den erforderlichen hohen Umfang an manueller Arbeit im Ananasanbau hingewiesen. Die Arbeit muss bei jedem Wetter, auch bei heftigem Regen und bei sengender Hitze, erledigt werden. Dessen ist sich auch der Staat Costa Rica bewusst. Er hat zum Schutz der Arbeiter im letzten Jahrzehnt jährlich strengere Auflagen und Vorschriften zu Arbeitssicherheit und Umweltschutz erlassen. Geregelt wurden Arbeitszeiten, Ruhezeiten, Arbeitsschutzmaßnahmen, Mindestlohn, jährliche Lohnsteigerungen, Sozialabgaben und eine Krankenversicherung (Sáenz, et al., 2011). Die Einhaltung dieser Vorschriften wird streng überwacht. Jeder Produzent bekommt monatlich unangemeldeten Besuch von einer der vielen Überwachungsbehörden. Obige Arbeitsbedingungen und die Schwächen des Sozialsystems werden von Nichtregierungsorganisationen (NGOs) wie z.B. dem Oxford Committee for Famine Relief (OXFAM) regelmäßig in der Presse kritisiert. Es muss festgehalten werden, dass diese Darstellungen stets einseitig sind und dass oft Extremfälle herausgegriffen werden, die zwar in der Darstellung stimmen, aber nicht dem Landesbild entsprechen.

Bezüglich des Umweltschutzes hat sich im selben Zeitraum eine ähnliche Entwicklung vollzogen. Jeder einzelne Produzent benötigt eine Anbauerlaubnis. Diese ist mit vielen, strengen Umweltauflagen verbunden, deren Sinn und Zweck es ist, Missbrauch zu verhindern. Dabei sollen Gewässer, Grundwasservorkommen, Flora und Fauna geschützt werden. Eine Ausweitung des Ananasanbaus auf Flächen, die bisher noch nicht entsprechend genutzt wurden, bedarf einer separaten Genehmigung und einer vorherigen Umweltprüfung (MAG, 2019).

Diese Entwicklung war notwendig, denn der Ananasanbau richtete in der Vergangenheit mit Gewässer- und Grundwasserkontaminationen in einigen Gebieten Costa Ricas große Umwelt- und Personenschäden an. Im Jahr 2019 veröffentlichte das Interamerican Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) in Zusammenarbeit mit den Fachministerien des Landes, als auch einigen einflussreichen Produktionsbetrieben, eine Anleitung zur nachhaltigen Produktion von Ananas, das „Manual de buenas practicas agricolas para la produccion sostenible del cultivo de la Pina“ (IICA, 2019). Es handelt sich um eine Anleitung zur Produktion nach der guten fachlichen Praxis. Dieses soll vor allem kleinere Produzenten schulen, möglichst umwelt- und personalschonend zu produzieren.

Die Ananasproduktion wurde um 1961 zunächst in nur einigen Betrieben gestartet. Dabei handelte es sich um Firmen, die international operierten und sich über den Einstieg in die Ananasproduktion ihren eigenen Rohstoff sichern wollten. Beispiele sind Dole und Fyffes. Diese Firmen bauten Ananas initial auf rd. 50 bis 100 ha an. Die Anbauflächen wurden schnell auf über 500 ha ausgeweitet. Schnell stieg auch die Zahl weiterer Anbauer. Bereits in dieser ersten Welle der Produktionsausweitung waren lokale Pioniere dabei, wie die Firmen La Lydia, Agromonte oder Nortenas. Hier stiegen die Anbauflächen auf etwa 300 ha pro Betrieb an. In der Folge erhöhte sich die Zahl der Produzenten rasch, auch durch den Einstieg lokaler Bauern. Der Anbau von Ananas erfolgte bei ihnen zunächst auf Flächen zwischen 10 und 50 ha, welche dann im Folgenden stetig ausgebaut wurden. So entwickelte sich über das gesamte Land eine Struktur von 150 bis 250 Ananasproduzenten, mit Betriebsgrößen von 10 bis zu rd. 2.000 ha (Rodriguez, 2016).

2.2 Botanik der Ananas

Die Ananas gehört botanisch zu den Bromeliengewächsen, den sog. Bromeliacea. Ihre lateinische Bezeichnung ist *Ananas Comosus* (Bartholomew, et al., 2003). Diese Namensgebung kombiniert die ursprüngliche indigene Bezeichnung „nana“ = „Frucht“ mit dem lateinischen Ausdruck für „schopfig“ = „comosus“ (Genaut, 1996).

Der Grund dafür liegt wohl in der Ausformung des Blattstandes, der einem Schopf oder einer Krone ähnelt. Letzteres führte vermutlich zu der im Fruchthandel gängigen Bezeichnung der Ananas als Königin der Früchte. Der Aufbau einer Ananaspflanze ist in der Literatur vielfach beschrieben (z.B. (Franke, 1994). Während der Durchführung der Forschungen zu dieser Arbeit ist jedoch wiederholt aufgefallen, dass viele Verbraucher in Europa kaum eine Vorstellung davon haben, wie die Ananas wächst. In Gesprächen mit Verbrauchern aus europäischen Ländern wurde öfters vermutet, dass Ananas an Bäumen oder an Sträuchern wachsen. Die Ananaspflanze wächst bodenständig. Sie verankert sich mit 60 cm bis 100 cm langen Fadenwurzeln im Boden. Diese erstrecken sich in einem dichten Geflecht seitlich bis zu zwei Metern (Bartholomew et al., 2003). Ananasvermehrung erfolgt mittels Stecklingen. Diese entwickeln sich nach der Ernte an den vorhandenen Altpflanzen. Sie werden für Neuanpflanzungen genutzt (Lobo & Paull, 2016). Die weiteren Produktionsmittel werden von den Betrieben zugekauft. Es werden auch in Europa bekannte Handelsdünger sowie Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

Ein großer Teil der für das Wachstum benötigten Nährstoffe wird über die Blätter aufgenommen. Diese bis zu 80 Blätter pro Pflanze sind spiralförmig angeordnet und haben eine in einer Spitze endende längliche Form. Die Blätter werden von außen nach innen jünger. Im Zentrum der Pflanze bildet sich zwischen den Blättern ein Blütenstandsschaft an dem eine Vielzahl von Blüten spiralförmig angeordnet sind (siehe Abbildung 8). Die Blüten sind rötlich gefärbt und bilden mit zunehmender Reife den Fruchtkörper, welcher geerntet wird und die im Einzelhandel bekannte Frucht darstellt (siehe Abbildung 9). Die Frucht selbst besitzt eine harte, faserige Zentralachse und um diese herum befindet sich das Fruchtfleisch. Es handelt sich um eine Sammelbeerenfrucht (Bartholomew et al., 2003).



Abbildung 8: Ananasblüte



Abbildung 9: Ananasfrucht



Abbildung 10: Ananassteckling

Die Blüte der Ananaspflanze erfolgt von unten nach oben und dauert in Summe drei bis vier Wochen. Die Fruchtbildung kann ohne Befruchtung oder Bestäubung der Blüten erfolgen. Dieser Mechanismus wird als Parthenokarpie (Bartholomew et al., 2003) bezeichnet und ist der Grund, warum es möglich wurde, die Ananas großflächig in Feldkulturen anzubauen. Die Vermehrung der Ananas geschieht durch nach der Fruchternte austreibende Seitentriebe, die als Klonpflanzen geerntet werden (siehe Abbildung 10). Die in Costa Rica am meisten verbreitete Sorte der Ananas ist die „MD2 Extrasweet“ (MAG, 2007). Sie wurde im Jahre 1997 vom Institut für Ananasforschung der Universität von Hawaii zum ersten Mal gezüchtet und macht den hauptsächlichen Anteil der vermarkteten Ananas aus. Im Vergleich zu anderen Sorten zeichnet sich die MD2 durch ihr gelbliches Fruchtfleisch und den süßen Geschmack aus (Jacob, 2006).

Die Ananaspflanze hat hohe Anforderungen an ihre Umgebung. Die Lufttemperatur der Umgebung muss zwischen 23 und 30 Grad Celsius betragen. Niedrigere Temperaturen bewirken eine natürliche Blüteninduktion (Lobo & Paull, 2016). Ungeplante Blüteninduktion bewirkt ungleichmäßig abreifende Früchte. Die Ernte ist in diesem Fall nicht planbar und erhöht die Erntekosten pro Hektar (Villacres Nieto, 2016).

Die Pflanze benötigt hohe Niederschlagsmengen von etwa 1.000 bis 3.500 l/m² pro Jahr in einer gleichmäßigen Verteilung. Fehlende Niederschläge, speziell nach der Pflanzung, bewirken ein verzögertes Wachstum und kleinere Früchte. Durch hohe Niederschlagsmengen und Starkregenereignisse ist ein offenes Drainagesystem im Anbau nötig, um anfallende Wassermengen aus dem Bestand zu leiten, da die Fadenwurzeln der Ananaspflanze negativ auf stauende Nässe reagieren (Saljqum, 2005). Die Pflanze benötigt mindestens rd. 1.200 Sonnenstunden pro Jahr, wobei 1.500 Sonnenstunden pro Jahr als optimal eingestuft werden. Längere Strahlungsintervalle können für Verbrennungen an der Fruchtoberfläche verantwortlich sein. Geringere Strahlungsdauern können einen geringeren Zuckergehalt in der Frucht bewirken (MD2 Optimal: 15 -17 Brix) (Saljqum, 2005).

Ananas kann auf tiefgründigen, fruchtbaren und gut drainierten Böden angebaut werden. Der optimale pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 6,2 (Saljqum, 2005). Die zuvor genannten Ansprüche der Frucht an ihre Umgebung lassen erkennen, dass sie lediglich in einem eingeschränkten Bereich der Erde angebaut werden kann. Die Anbaugebiete sind auf tropische und subtropische Gebiete nördlich und südlich des Äquators eingegrenzt. In Costa Rica werden die Regionen „Huertar Norte“, „Huertar Atlantica“ und „Pacífico“ als für Ananas klimatisch günstige Wuchsregionen eingestuft. Über den 13- bis 14-monatigen Entwicklungs- und Reifezyklus werden erhebliche Mengen an Dünger aufgewendet. Als Kennzahlen gelten 350 bis 500 kg N/ha, 150 bis 300 kg P₂O₅/ha und 500 bis 650 kg K₂O/ha (Rodriguez, 2016). Die Aufnahme von Nährstoffen ist auch vom pH-Wert des Bodens abhängig. Dies kann in der folgenden Tabelle 2 verdeutlicht werden:

Tabelle 2: Nährstoffabsorption der Ananas in Abhängigkeit des pH-Wertes des Bodens nach Pimentel, 2015

Nährstoffaufnahme in %	pH-Wert des Bodens					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stickstoff	20	50	75	100	100	100
Phosphor	30	32	40	50	100	100
Kalium	30	35	70	90	100	100
Schwefel	40	80	100	100	100	100
Calcium	20	40	50	50	83	100
Magnesium	20	40	50	50	80	100

Es ist zu erkennen, dass die Nährstoffabsorption der Ananaspflanze für die verschiedenen Nährstoffe unterschiedlich ausgeprägt ist. So wird bei dem Element Schwefel bereits ab einem pH-Wert von 5,5 der Nährstoff gänzlich absorbiert. Bei Phosphor und Kalium liegt die Absorptionsrate jedoch bei solch einem pH-Wert des Bodens bei 40 bzw. 70 %. Für Stickstoff liegt die komplette Absorption bei einem pH-Wert von 6,0. Die Raten für Phosphor und Kalium betragen hierbei bereits 50 bzw. 90 %. In der Literatur wird ein optimaler pH-Wert des Bodens zwischen 5,5 und 6,2 (Saljuim, 2005) angegeben. In der vorliegenden Untersuchung zu den Absorptionsraten erscheint ein höherer pH-Wert im Boden jedoch als zuträglich für einen effizienten Ananasanbau.

Die Ananasfrucht wird in Deutschland als vitamin- und mineralstoffreich eingestuft (Rostren, 2018). Es sind unter anderem die Vitamine C, B1, B6, B9, B3 und B2 enthalten. Der durchschnittliche tägliche Bedarf an Vitamin C wird zu 53 % durch eine 100 g Portion Ananas gedeckt. Als hauptsächlich enthaltene Mineralien gelten Kalium und Eisen mit 4 bzw. 2 % des durchschnittlichen täglichen Bedarfs (USDA, 2020). Trotz des Zuckergehaltes von rd. 10 % wird die Ananas durch den geringen Anteil von rd. 50 kcal pro 100 g Portion als kalorienarm und durch das enthaltene entzündungshemmende Enzym Bromelain als gesundheitsfördernd angesehen (Rostren, 2018).

2.3 Charakteristika des Produktionssystems (IST-Stand)

Als der Ananasanbau in Costa Rica entstand, gab es kein landestypisches Anbausystem. Die Ananaserzeuger leiteten ihre Anbautechnik aus den Methoden bekannter Kulturen ab. So entstand ein Anbausystem, welches Elemente des Yuccaanbaus und der Zuckerrohrproduktion beinhaltet (Rodriguez, 2016). Die Basis der Produktion ist die Kontrolle des Niederschlagswassers, denn die Ananas ist sehr empfindlich gegen stauende Nässe. Daher wurden Dammsysteme implementiert, auf denen seitdem angepflanzt wird. Dabei haben sich Reihenabstände von 1,10 m von Dammkrone zu Dammkrone landesweit durchgesetzt sowie Dammhöhen von etwa 40 cm. Es besteht ein offenes Drainagesystem, welches in regelmäßigen Abständen die Dammanlagen durchschneidet (Pimentel, 2015).

Das Ministerium für Landwirtschaft Costa Ricas hat das „Manual de buenas practicas agricolas para la produccion sostenible del cultivo de la Pina“ (IICA, 2019) veröffentlicht. Der dort beschriebene Ablauf der Arbeiten wird auch in weiteren Veröffentlichungen z.B. Pimentel, 2015 dargestellt. In diesen Publikationen wird beschrieben, wie der Ananasanbau grundsätzlich erfolgen kann. Unterstützend wurden Experteninterviews mit Ananasanbauern durchgeführt. Das resultierende Produktionssystem wird in den Kapiteln 2.4 beschrieben.

Kennzeichnend ist u.a., dass Ananasanbau einen hohen Einsatz manueller Arbeit erforderlich macht. Wesentliche manuelle Arbeiten sind unter anderem notwendig bei der Anlage der Drainagesysteme, der Anpflanzung und der Ernte. Landesweit sind die Betriebsgrößen gestiegen. Die Anschaffungskosten für Maschinen jeder Art sind in Costa Rica höher als in den USA oder Europa. Das limitiert den Mechanisierungsgrad bei vielen kleinen und mittleren Betrieben. Die Infrastruktur zur Beschaffung von Ersatzteilen und für Maschinenreparaturen verbesserte sich langsam und stetig. Jedoch ist diese trotzdem nur für wenige Betriebe ausreichend, so dass eigene Mechaniker oder eigene Werkstätten zur selbstständigen Reparatur der eingesetzten Maschinen unabdingbar sind. Auch hier ergibt sich ein Nachteil für kleinere und mittlere Betriebe, deren Struktur und Größe diese zusätzlichen Festkosten nicht hergeben. Die eingesetzten Maschinen werden intensiv genutzt. Traktoren leisten oft zwischen 2.500 und 3.000 Stunden pro Jahr (Villacres Nieto, 2012).

In der vorhandenen Literatur wird zwar das Anbausystem beschrieben, aber es fehlt Wissen darüber, mit welchen Problemen sich die Betriebe in den einzelnen Produktionssegmenten auseinandersetzen müssen. Folglich besteht hier Untersuchungsbedarf. Dieses Wissen soll mittels mehrerer Experteninterviews (siehe Kapitel 3) geschaffen werden. Auch fehlt Wissen über Kennzahlen zu Zeit- und Arbeitskraftbedarf sowie Produktionskosten in allen Anbausegmenten. Informationen darüber sollen gewonnen werden, indem ein Versuchsbetrieb in der Hauptanbauregion der Ananasproduktion identifiziert wird, der seine Produktionszahlen zur Verfügung stellt und die Basis für Versuche der eigenen Untersuchungen dieser Arbeit bietet. Zur Überprüfung der Vorgehensweise und eines möglichen Praxistransfers wird abschließend eine Betriebsbefragung (siehe Kapitel 7) durchgeführt.

2.4 Verfahrenstechnik des Ananasanbaus

In diesem Kapitel wird die Verfahrenstechnik des aus der Literaturrecherche ermittelten Produktionssystems erläutert.

Dieses wird in Abbildung 11 in einem Prozessschaubild schematisch dargestellt. In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Elemente erläutert.

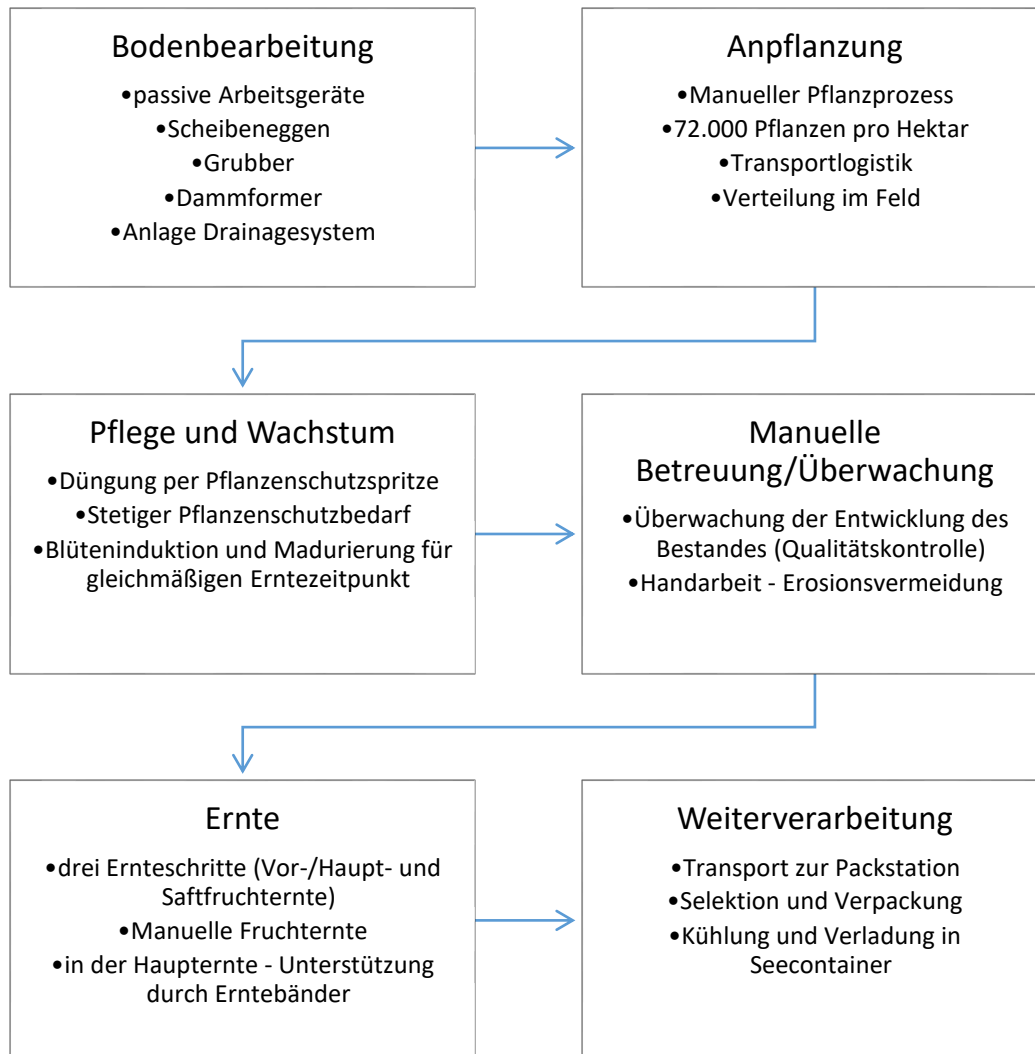


Abbildung 11: Prozessschaubild des typischen Ananasanbausystems

2.4.1 Produktionsgrundlage

Die Grundlage der Produktion sind die vorhandenen Bodentypen und Flächenstrukturen in den Ananasanbaugebieten Costa Ricas. Die Böden in Costa Rica variieren genau wie die Agroökosysteme von Region zu Region stark (Alvarado & Mata, 2016). Das vorliegende Forschungsvorhaben wird in dem Ackerbauggebiet im Nordosten des Landes (Zona Huertar Norte) durchgeführt. Dieses ist eine Tiefebene, in der die Böden als tiefgründige, tonhaltige, tropische Verwitterungsböden, mit pH-Werten im Bereich von 4,7 bis 5,5 auftreten (Rodriguez, 2016). In dieser Ackerbauregion im Nordosten des Landes haben die Böden mächtige Bodenschichten. In vielen Gegenden ist es ohne weiteres möglich, 5 bis 8 m der Oberfläche

2. Ananasanbau in Costa Rica

abzutragen und dann auf der neuen Bodensole ohne Einschränkungen weiter Ackerbau betreiben zu können (siehe Abbildungen 12 und 13).



Abbildung 12: Tiefgründiger Ackerboden in Pavon de Los Chiles - Seitenansicht



Abbildung 13: Tiefgründiger Ackerboden in Pavon de Los Chiles - Frontansicht

Die Bodenstrukturen sind sehr dicht gelagert. Die Wasseraufnahme- und Haltekapazität ist aufgrund fehlender Aggregatstrukturen begrenzt. Nach den typischen tropischen Starkniederschlägen von teilweise mehr als 50 bis 100 mm/m² innerhalb einer Stunde gleichen die Oberflächen der Böden einem vollgesogenen Schwamm, um bereits am nächsten Tag wieder vollständig ausgetrocknet zu sein. Dieser Zustand ähnelt den Eigenschaften eines in Deutschland bekannten Pelosolbodens aus tonreichen Ausgangsgesteinen, welcher auch als „Minutenboden“ bekannt ist (Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2007). Diese Eigenschaften erschweren die zeitgerechte Bearbeitung und bedingt ein enges Zeitfenster speziell in der Regenzeit „invierno“ zwischen Juni und November (siehe auch Kapitel 2.1). Die Ananas ist eine mehrjährige Pflanze und durch die nahezu gleichbleibenden Temperaturen der Zona Norte in Costa Rica kann die Ananas über das gesamte Jahr hinweg angebaut werden. Ein stetiges Anbauzyklensystem ist etabliert (Solis, 2011).

Tabelle 3: Anbauzyklen der Ananasproduktion nach Solis, 2011

Jahr / Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Anflanzung		1. Zyklus									
2		1. Ernte	2. Zyklus									2. Ernte
3	Jungpflanzenvermehrung											Umbruch

Die drei Anbauzyklen der Ananasproduktion werden in Tabelle 3 dargestellt. Diese dauern insgesamt 36 Monate. Den Beginn des ersten Zyklus einer Ananasanpflanzung bildet die Bodenbearbeitung (beschrieben in Kapitel 2.4.2). Darauf folgt die manuelle Pflanzung (beschrieben in Kapitel 2.4.3), welche den Beginn eines umfangreichen Dünge- und Pflanzenschutzprogramms bildet (beschrieben in dem Kapitel 2.4.4). Abschließend erfolgen sowohl die Saft- als auch die Frischfruchternte (beschrieben in Kapitel 2.4.5). Die geernteten Früchte werden daraufhin je nach Art der Ernte zur Weiterverarbeitung transportiert (beschrieben in Kapitel 2.4.6).

Die Höhe der Ananaspflanze und die Dämme erfordern eine Durchfahrhöhe von über einem Meter. Dies kann mit der Standardtechnik Costa Ricas derzeit nicht geleistet werden. Die Pflanzung erfolgt zu jeder Zeit des Jahres. Dadurch sind die verschiedenen Felder des Betriebes zu einem beliebigen Zeitpunkt in unterschiedlichen Wachstumsstadien. Den Abschluss des ersten Anbauzyklus bildet die Ernte zwischen dem 13. und dem 14. Wachstumsmonat. Darauf folgt der zweite Anbauzyklus, welcher etwas geringere Pflanzenschutz- und Düngemittelaufwendungen durch die bereits im Feld etablierte Pflanze ermöglicht. Der Fruchtertrag kann jedoch üblicherweise auch um rd. 40 % geringer ausfallen als der Ertrag der Ernte des ersten Zyklus. Die Ursachen dieser Mindererträge liegen zum einen darin, dass während der ersten Ernte Pflanzen zerstört werden und zum anderen daran, dass die Früchte im zweiten Erntezyklus kleiner sind. Der Zeitraum zwischen der ersten und der zweiten Ernte ist mit rd. 10 Monaten deutlich geringer als von der Pflanzung bis zur ersten Ernte (13 - 14 Monate) (Solis, 2011). Im Anschluss an die zweite Ernte werden die Pflanzen von Feldarbeitern mit Macheten stark eingekürzt. Daraufhin bildet die Pflanze mehrfach zwischen drei und fünf Seitentriebe. Diese sind Vermehrungskclone der Mutterpflanze und können nach der manuellen Aberntung und Behandlung mit einer Fungizidlösung in ein zur Pflanzung vorbereitetes Feld verbracht werden, um dort als Neuanpflanzung manuell in den Boden gesteckt zu werden (MAG, 2019) und (Solis, 2011).

2.4.2 Beschreibung der typischen Bodenvorbereitung und Bodenbearbeitung

In diesem Kapitel wird ein in Costa Rica etabliertes Bodenbearbeitungssystem beschrieben. Da die Böden in dem Anbauggebiet Costa Ricas als eher sauer gelten und die Ananaspflanze auch zur probaten Nährstoffaufnahme ein etwas basischeres Milieu benötigt (siehe Kapitel 2.2), wird im Rahmen der Bodenbearbeitung Kalk auf den Boden gestreut. Dieser liegt in Costa Rica in Form von gemahlenem Gestein vor. Es werden üblicherweise drei bis fünf Tonnen pro Hektar mit einem Tellerstreuer ausgebracht. Das Ende eines Produktionszyklus läutet den Anfang des nächsten Produktionszyklus ein. Dieser umfasst die folgenden Schritte: Zerstören der bestehenden Altanpflanzung, Vorbereiten des neuen Saatbeetes und das Einbringen des Drainagesystems.

Nach der Ernte verbleiben ca. 150 bis 170 Tonnen ungenutzter Blattbiomasse im Feld (Schäkel, 2012). In einer anderen Quelle werden noch höhere Mengen genannt (Hernández-Chaverri & Prado Barragán, 2018). Es handelt sich hierbei um das Blattwerk des Pflanzenbestandes. Die Blattmasse muss zerkleinert und in die Erde eingearbeitet werden.

In einem ersten Schritt kürzen Feldarbeiter das Blattwerk manuell mit Macheten ein. Das führt zu einer erheblichen Biomassereduktion. Die tropischen Wetterbedingungen führen zu einem schnellen Abbau der abgeschlagenen Blätter. Innerhalb von 2 Wochen nach diesem ersten Arbeitsschritt sind die Blätter abgebaut. Im nächsten Schritt wird entweder ein Totalherbizid oder ein biologisches Hilfsmittel auf die Residualbiomasse ausgebracht. Als Totalherbizid wurde in der Vergangenheit häufig das Produkt „Paraquat“ angewandt. Es trocknet die Pflanzen

innerhalb von Tagen aus. Nach drei Wochen sind die Pflanzen so trocken, dass der Bestand abgebrannt werden kann (Fernandez & Meza, 2014). Im nachfolgenden Schaubild (Abbildung 14) wird das zuvor beschriebene Verfahren schematisch dargestellt.

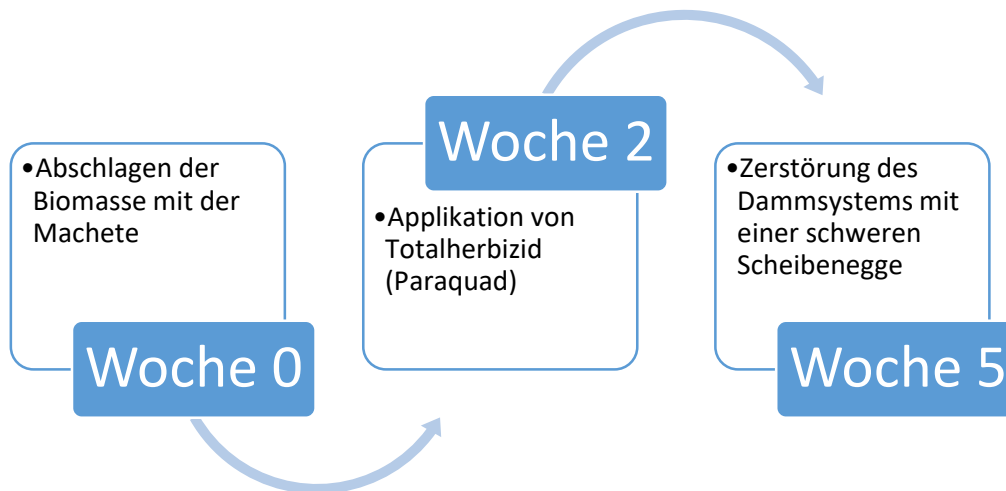


Abbildung 14: Zeitbedarf vor Beginn der Bodenbearbeitung unter Einsatz eines Totalherbizids

Limitierend für den Einsatz eines Totalherbizids sind die für den Export benötigten Zertifizierungen nach Rainforest Alliance oder Tesco, welche den Einsatz dieses Produktes nicht erlauben. Das führte zu weitgehendem Verzicht auf die Verwendung von Totalherbiziden und zur Suche nach Ersatzprodukten bzw. Maßnahmen (Gomez, 2020).

Die Zerstörung und schnelle Einarbeitung der Blattmasse hat eine sanitäre Bedeutung, da sie Fliegenlarven tötet. Hier ist die „Stomoxis Calcitrans“ von besonderer Bedeutung. Diese Fliege legt nach der Ernte bevorzugt Eier an die Bruchstellen der Ananaspflanzen. Dadurch kommt es zu einer Vielzahl von schnellen Vermehrungszyklen (Solóranzo, 2014). Nach dem Schlüpfen bevölkern die Fliegen umliegende Weiden und führen zu Problemen und hohen Schäden bei Rinderbeständen. Diese Probleme sind derart verbreitet, dass das Landwirtschaftsministerium den Ananasanbauern strikte Kontrollprogramme vorschreibt. Diese umfassen den Zwang zur schnellen Einarbeitung von Pflanzenrückständen als auch den großflächigen Einsatz von Insektiziden oder Klebefallen (Solóranzo, 2014). Nach dem Abbrennen des Bestandes ist die Biomasse eliminiert. Daraufhin wird eine schwere Scheibenegge (Rompeadora) zum Zerstören des Dammsystems des vorherigen Produktionszyklus eingesetzt (Solis, 2011).

Eine weitere Methode ist der Einsatz eines biologischen Präparates (siehe Abbildung 15). Es handelt sich um „Bazillus Subtilis“ Kulturen, die mit der Pflanzenschutzspritze in den Bestand ausgebracht werden und die ebenfalls zu einer Degradation des Bestandes führen. Allerdings dauert die Umwandlung länger. Bei dieser Methodik wird die Anpflanzung nach der Einwirkungszeit nicht abgebrannt. Infolgedessen haben solche Plantagen oft die zuvor beschriebenen Probleme mit Fliegenzyklen und müssen folglich Insektizide einsetzen (Solóranzo, 2014). Auch diese Methode hat als letzten Schritt die Zerstörung des Dammsystems mit einer schweren Scheibenegge.

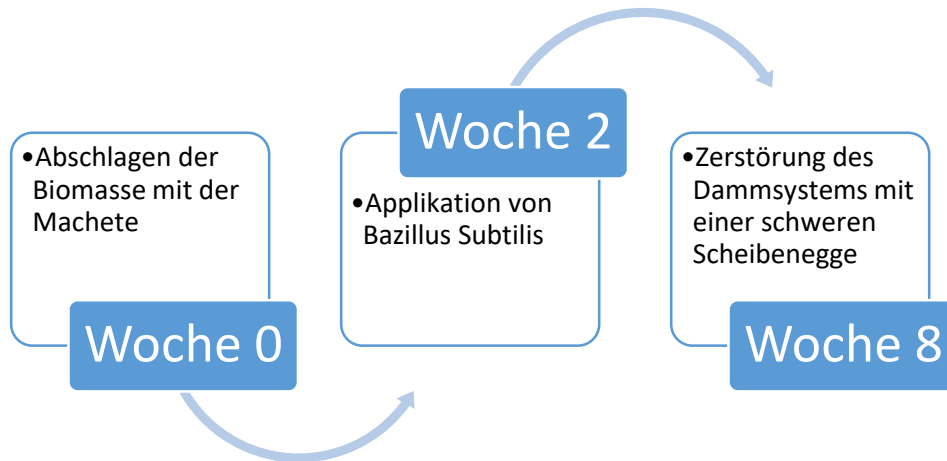


Abbildung 15: Zeitbedarf vor Beginn der Bodenbearbeitung unter Einsatz eines biologischen Präparates

Der typische Arbeitsablauf zur Erstellung eines Ananasfeldes ist schematisch in Abbildung 16 dargestellt. Begonnen wird mit der Applikation eines Totalherbizides oder eines biologischen Präparates. Nach dem Absterben des Aufwuchses wird mit dem gezielten Legen von Feuer in dem jeweiligen Feld der Aufwuchs verbrannt. Danach werden mit einem Bagger die einrahmenden, wasserabführenden Hauptdrainagen angelegt. Dann schließen sich zwei Bearbeitungsgänge mit einer Scheibenegge an, gefolgt von einer Kalkung der Flächen. Anschließend wird in einem weiteren Schritt mit der Scheibenegge der Kalk eingearbeitet. Daraufhin wird das Feld mit einem Tiefenmeißel in einer Richtung bearbeitet und danach im Winkel von annähernd 90 Grad zum ersten Arbeitsgang ein zweites Mal. Zum Erreichen eines feinen Saatbettes folgen zwei weitere Scheibeneggengänge, gefolgt von einem Arbeitsgang mit dem Dammformer zur Anlage der Pflanzdämme.

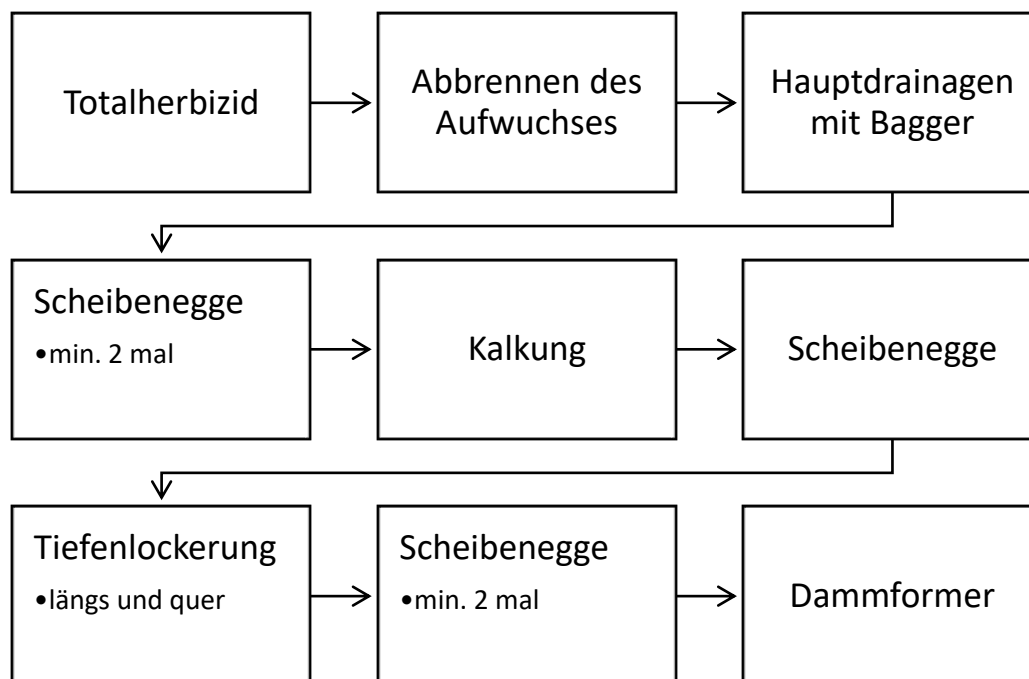


Abbildung 16: Schematischer Ablauf der typischen Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung erfolgt hauptsächlich mit Scheibeneggen. Zur Zerstörung des vorhandenen Aufwuchses sowie grober Kluten wird mit einer Scheibenegge mit gezackten Scheiben, einer sogenannten Rompeadora, gearbeitet (siehe Abbildungen 17 und 18). Die üblichen Arbeitsbreiten liegen je nach Traktorausstattung zwischen zwei und vier Metern (Solis, 2011).



Abbildung 17: Rompeadora Detailansicht



Abbildung 18: Rompeadora im Einsatz

Hiernach wird der Boden mit einem Tiefenlockerer (siehe Abbildungen 19 und 20) bis in eine Tiefe von einem Meter gelockert. Dies soll die kompakte Struktur des Bodens lockern und Luft in den Boden bringen. Die Bearbeitung erfolgt im Kreuzverband (jeweils in einer Längs- und Querrichtung). Dabei haben die Zinken üblicherweise einen Abstand von rd. einem Meter. Es werden je nach Traktorausstattung und Arbeitstiefe Geräte mit drei bis sieben Zinken eingesetzt (Rodriguez, 2016).



Abbildung 19: Tiefenmeißel



Abbildung 20: Tiefenmeißel bei der Bodenbearbeitung

In weiteren Arbeitsgängen wird mit einer weiteren Scheibenegge, der Affinadora (kleinere Scheiben als bei der zuvor beschriebenen Rompeadora) (siehe Abbildungen 21 und 22), gearbeitet. Die Affinadora soll mit fortschreitender Bearbeitung in jedem Gang die Kluten zerkleinern und ein feinstrukturiertes Bodengefüge bilden. Die üblichen Arbeitsbreiten liegen je nach Traktorausstattung zwischen drei und sechs Meter (Rodriguez, 2016).



Abbildung 21: Affinadora Detailansicht



Abbildung 22: Affinadora im Einsatz

Je nach Bodenbeschaffenheit erfolgen somit ein oder zwei Arbeitsgänge mit der Rompeadora, gefolgt von den zwei Arbeitsgängen mit dem Tiefenmeißel und zwei bis vier Arbeitsgängen mit der Affinadora. Zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig, die Topographie der Ländereien genau einzuschätzen und zu erkennen, wie die anfallenden Niederschläge ablaufen werden. Daraus ergibt sich das Konzept zur Anlage des Drainagesystems. Dieses ist in seiner Ausrichtung zwar betriebsindividuell gestaltet, teilt sich jedoch in eine Haupt-, mehrere Sekundär- und weitere Tertiärdrainagen auf (Solis, 2011).

Zunächst werden mit einem Bagger bis zu zwei Meter tiefe Hauptdrainagen angelegt, mit dem Ziel, die aus den später entstehenden Felldrainagen einfließenden Wassermassen zu kanalisieren und zu steuern (siehe Abbildung 23).



Abbildung 23: Hauptdrainagen



Abbildung 24: Dammformer

Nunmehr ist das Muster von Pflanzfeldern, Hauptfahrwegen, Versorgungswegen zu bestimmen. Danach werden die Pflanzfelder erstellt. Zum Einsatz gelangen speziell für den Ananasanbau konzipierte Dammformer (Encamadoras). Die Dämme haben üblicherweise landesweit einen Abstand von 1,10 m Mittelreihenabstand und sind an der Dammkrone 50 bis 65 cm hoch (siehe Abbildung 24) (Solis, 2011).



Abbildung 25: Drainagefräse



Abbildung 26: Drainagesystem eines Ananasfeldes nach EARTH, 2009

Nach Anlage der Pflanzfelder werden mit einer Grabenfräse (siehe Abbildung 25) oder mit Hilfe von Minibaggern weitere Drainagen an der Außenseite des Pflanzfeldes als Verbindung zu den Hauptdrainagen eingebracht (Sekundärdrainagen). Weitere quer zur Pflanzrichtung eingebrachte, flachere Drainagen werden, abhängig vom Bodengefälle, in Abständen von 10 bis 15 m im Fischgrätenmuster eingebracht (Tertiärdrainagen). Daraus ergibt sich das Wasser abführende Entwässerungssystem einer Ananasplantage (siehe Abbildung 26). Wie bereits in Kapitel 2.4 beschrieben, wird in Costa Rica derzeit kein Fahrgassensystem eingesetzt. Limitierend für die Implementierung eines Fahrgassensystems sind sowohl die Ernte- als auch die Pflanzenschutztechnik, welche die maximale Breite eines Feldes vorgeben. Üblich sind 26 Dämme innerhalb eines „Lots“ (Teilfläche) zwischen zwei Fahrwegen. Auf den Fahrwegen werden die gehäufelten Dämme mittels eines angehängten Planierhobels (siehe Abbildung 27) oder einer Raupe wieder eingeebnet. Da das Wegesystem von dem Drainagesystem an einigen Stellen durchschnitten wird, müssen die Verbindungsstellen der Drainagen an den Wegen mit befahrbaren Betonrohren überdeckt werden (siehe Abbildung 28) (Rodriguez, 2016).



Abbildung 27: Wegehobel



Abbildung 28: Verbindung des Drainagesystems mit Betonrohren (Beton Tille, 2022)

Der Einsatz von zapfwellengetriebenen Arbeitsgeräten hat sich in der üblichen Bodenbearbeitung im Ananasanbau nicht gänzlich durchgesetzt (siehe auch Kapitel 2.4.1).

2.4.3 Beschreibung der typischen Anpflanzung

Ananasanpflanzungen werden mit Stecklingen erstellt. Nach der Frischfruchternte des zweiten Produktionszyklus (siehe Kapitel 2.4.1) werden die im Feld stehenden Ananaspflanzen per Hand (oftmals mit einer Machete) eingekürzt. Die Pflanzen bilden daraufhin Seitentriebe („hijos“) in Form eines Basaltriebes und zwei bis vier Seitentrieben. Sie werden lokal „basal“ und „guia“ genannt. Diese werden über einen Zeitraum von rd. einem Jahr stetig von der Fläche geerntet (Fernandez & Meza, 2014).

Der erste Teil der Jungpflanzenernte erfolgt manuell (oft auch in Akkordlohn), indem die Beschäftigten durch die Ananasreihen laufen und die Seitentriebe von der Pflanze abdrehen und mit der Pflanzenbasis nach oben gedreht in dem Bestand ablegen. Nach Abschluss einer Teilfläche wird mittels einer Pflanzenschutzspritze eine betriebsindividuelle Fungizidlösung auf die Stecklinge gespritzt. Diese soll den Steckling vor und nach der Pflanzung gegen Pilzkrankungen schützen. Nach der produktspezifischen Wartezeit können die Beschäftigten das Feld wieder betreten. Die abgelegten Stecklinge werden dann manuell zu dem nächsten Fahrweg geworfen und auf einen Transportanhänger verladen (siehe Abbildung 29). Dieser wird mittels eines Ackerschleppers zu der zur Pflanzung vorgesehenen Fläche gefahren, um die Stecklinge dort abzuladen (siehe Abbildung 30) (Solis, 2011).



Abbildung 29: Verladung geernteter Stecklinge



Abbildung 30: Entladung und Verteilung der Stecklinge in der Neuanpflanzung

Die Stecklinge können in „Basal“ und „Guia“ Stecklinge unterschieden werden. Die Basaltriebe sind direkt aus dem Fruchtstiel hervorgehend und schnell wachsend. Sie weisen jedoch im unteren Bereich eine leichte Krümmung auf, die eine punktgenaue Pflanzung erschweren, da der Steckling tiefer in den Boden eingesetzt werden muss. Die Guatriebe entstammen dem mittleren Teil der Pflanze. Diese Stecklinge wachsen größtenteils gerade und haben eine starke Stammentwicklung (Garcia Muñoz, 2008).

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Ananaskronen zu pflanzen. Bei diesen handelt es sich um die Ausstülpungen des Stiels mit Blättern am oberen Ende der Ananasfrucht (Garcia Muñoz, 2008). Je nach Absatzmarkt und Kronenbeschaffenheit ist es möglich, dass die Frucht ohne Krone exportiert oder zu Saft verarbeitet wird. Dann werden die Kronen manuell von der Frucht

abgedreht, verbleiben in dem Produktionsbetrieb und können zur Pflanzung eingesetzt werden. Die Krone hat das gleichmäßigste vegetative Wachstum, aber sie gilt als minderwertig, da speziell in der Regenzeit eine höhere Sterblichkeit nach der Pflanzung auftritt (Garcia Muñoz, 2008).

Auf die im Kapitel 2.4.2 beschriebenen Dämme werden üblicherweise 72.000 Pflanzen pro Hektar (siehe auch Kapitel 3 und 7) manuell in Doppelreihen gesteckt. Der Abstand von einer Pflanze zu der nächsten beträgt rd. 40 cm und der Abstand von einer Reihe zur nächsten rd. 25 cm (Solis, 2011). Die Pflanzung erfolgt üblicherweise in Akkordlohn von auf die Pflanzung spezialisierten Beschäftigten (siehe Abbildung 31). Diese pflanzen auf den vorgeformten Dämmen (siehe Abbildung 32) pro Person und Tag zwischen 5.000 und 7.000 Stecklinge (Villacres Nieto, 2016).



Abbildung 31: Pflanzvorgang



Abbildung 32: Gepflanzte Doppelreihe

Nach der Bodenbearbeitung und der Pflanzung wird mit dem Anbauprogramm der Ananasproduktion begonnen.

2.4.4 Beschreibung des typischen Anbauprogrammes im Anbausegment Pflege und Wachstum

Aufbauend auf der Beschreibung der zur Anpflanzung notwendigen Arbeitsgänge, wird in diesem Kapitel ausgeführt, welche Schritte notwendig sind, um aus einer angepflanzten Ackerfläche eine Ananasplantage zu machen.

Arbeiten zur Bestimmung des Nährstoffbedarfes der Ananaspflanze sind in der Literatur seit den 1990er Jahren erfolgt. Wie in allen landwirtschaftlichen Kulturen sind die Elemente N, P, K ertragsbestimmend (Morales Granados & López González, 2002). Das massive Blattwerk der Ananaspflanze verbraucht dabei anteilig die größten Nährstoffmengen (Peña Arderi et al., 1996). Auch wurde erarbeitet, dass die Nährstoffabsorption überwiegend über das Blattwerk erfolgt (Bartholomew et al., 2003). Als weitere Einflusskomponente wurde der pH-Wert des Bodens erkannt. Grundsätzlich gilt, dass mit steigender Azidität die notwendige Menge an Nährstoffen steigt (Pimentel, 2015). Des Weiteren besteht eine Korrelation zwischen der Aufwandmenge/ha und kg Fruchtertrag/ha (Betancourt et al., 2005).

In diesem Kapitel wird analysiert, welche Applikationen für Dünger und Pflanzenschutz in der Ananasproduktion angewandt werden. Fachgerechte Applikationsdurchführung mit für die Umwelt und die Bediener sicherer Applikationstechnik sowie zeitgerechte Applikationen sind die Basis für eine ertragreiche Produktion. Dazu sind während eines Produktionszyklus viele Überfahrten notwendig: 16 Überfahrten zur Applikation der Düngemittel, acht bis zwölf Überfahrten zur Applikation von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden sowie drei Überfahrten zur Applikation von Produkten zur Blüteninduktion und Abreifeverbesserung. Dabei wird üblicherweise für Düngemittelapplikationen eine Tankmischung mit 2.500 l Wasser pro ha ausgebracht. Daraus resultiert eine Leistung von 0,5 – 1,0 ha/h. Herbizide, Fungizide und Insektizide werden mit 1.000 bis 1.500 l Wasser / ha ausgebracht, was einer Leistung von 1,5 – 2,0 ha /h entspricht. Die Blüteninduktion sowie eine Abreifebehandlung werden mit 2.500 l Wasser/ha ausgebracht, woraus eine Leistung von ca. 0,5 – 1,0 ha/h resultiert (Rodriguez, 2016). Im Vergleich zum Anbau weltweit verbreiteter Getreidekulturen ist ein hoher Aufwand für Zeit sowie für Maschinen- und Kapitaleinsatz erkennbar. Erschwert wird die Produktion zusätzlich durch die engen Zeitfenster in der Regenzeit. Die Produzenten müssen geeignete Methoden finden und wählen, um die Applikationen in den oftmals sehr kurzen Anwendungsfenstern auszubringen.

2.4.4.1 Düngung

Nach der Pflanzung wird die erste Düngergabe manuell appliziert. Zunächst legen Feldarbeiter einen N P K Mischdünger per Hand seitlich neben jeder Pflanze ab. Danach folgen Applikationen mit der Pflanzenschutzspritze mit Mischungen aus Düngemitteln, Herbiziden, Fungiziden oder Insektiziden. Eine Besonderheit im Ananasanbau sind die Applikationen zur Induktion der Blüte, zur Einleitung der Abreife der Frucht (Madurierung) und zum Schutz vor Sonnenbrand. Die Anwendungsprogramme sind in den Betrieben ähnlich, denn sie folgen den gleichen Grundvoraussetzungen. Ziel ist es, die Bestände ausreichend zu ernähren und die Gesundheit der Pflanzen oder Früchte zu erhalten. Der Zeitraum von der Anpflanzung bis zur Ernte beträgt 13 bis 14 Monate. Je nach Betriebssituation und Wetterbedingungen werden während dieser Entwicklungsphase Grundnährstoffe mit der Feldspritze gedüngt. Die Nährstoffaufwandmengen zur Erzeugung von Ananasfrüchten sind in Tabelle 4 erkennbar. Für die Chemischen Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Zink, Kupfer und Bor sind die Werte in Gramm pro Pflanze angegeben (siehe Tabelle 4 (MAG, 2019)).

Tabelle 4: übliche Nährstoffaufwendungen der Ananaspflanze in kg/ha nach MAG, 2019

Element	Gabe in kg / ha (1. Zyklus)	Gabe in kg / ha (2. Zyklus)
Stickstoff	648 – 720	410 - 480
Phosphor	174 – 180	0
Kalium	468 – 514	302 - 360
Calcium	41 – 61	514 - 770
Magnesium	41 - 61	514 - 770
Eisen	7,2 – 10,8	5,2 - 720
Zink	5,1 – 7,9	4,3 – 5,0
Kupfer	5,1 – 7,9	4,3 – 5,0
Bor	2,6	2,16

Die Betrachtung der Werte zeigt auch die Unterschiede im Nährstoffaufwand zwischen dem ersten und dem zweiten Anbauzyklus auf. Die Grundwerte entsprechen dem in Kapitel 2.2 dargestellten Nährstoffbedarf. Aufgrund des vorhandenen Wurzelsystems ist während des zweiten Zyklus keine ergänzende Phosphorgabe nötig. Es sind hohe Gaben an Calcium und an Magnesium erforderlich. Speziell beim Element Eisen (Fe) zeigen die Daten eine erhebliche Variabilität zwischen den Anbauzyklen (MAG, 2019). Die applizierten Düngemittel liegen größtenteils in granulierter bzw. fester Form vor. Diese werden im Laufe der Bestandsentwicklung in Teilmengen ausgebracht. Allein eine initiale Applikation direkt nach der Pflanzung wird manuell und granular appliziert. Alle weiteren Applikationen erfolgen mechanisch in wassergelöster Form mit einer Pflanzenschutzspritze. Dabei werden die Düngemittel in 16 Applikationen mit einer Anwendungsmenge von jeweils 2.500 Liter Wasser pro ha ausgebracht. Die hohen Wassermengen werden eingesetzt, um die hohe Blattmasse gleichmäßig zu benetzen (Villacres Nieto, 2016). Die Nährstoffaufnahme erfolgt überwiegend über das Blatt (Bertsch Hernandez, 2009).

2.4.4.2 Pflanzenschutzanwendungen

Die Applikation von Pflanzenschutzmitteln hat die Gesunderhaltung der Pflanzen und später auch der Fruchtbestände zum Ziel. Herbizidapplikationen werden im Zeitraum von der Anpflanzung (Woche 1) bis zur Induktion der Blüte (Woche 33) durchgeführt. Üblich ist es, eine Herbizidkombination in der Woche nach der Pflanzung sowie nach 13 und 28 Wochen auszubringen. Dies hält den Ananasbestand in der Regel frei von Unkraut. Auch die Fungizide werden während des o.a. Zeitraumes bis zur Induktion der Blüte ausgebracht. Unbedingt notwendig sind hier mehrere Fungizidapplikationen nach der Pflanzung. Viele Stecklinge werden mit leichten bzw. latenten Pilzinfektionen gepflanzt. Das Klima ist ständig schwül und warm, sodass sich Pilze schnell vermehren. Die Setzlinge wiederum benötigen einige Wochen, um ausreichend Wurzelmasse zu bilden. In dieser Zeit sind Fungizidbehandlungen zum Schutz der Bestände notwendig. Üblich sind diese in den Wochen 2, 4, 6 und 8 nach der Anpflanzung und dann noch einmal nach 23 bis 25 Wochen. Auch die Insektenentwicklung wird durch das subtropische/tropische Klima gefördert. Dazu kommt der Umstand, dass auf den

Ananasplantagen in jeder Jahreswoche gepflanzt und geerntet wird. Dabei fallen auf abgeernteten Feldern in hohen Mengen Ernterückstände an. Es handelt sich dabei um Pflanzenteile, aber auch Früchte, die für die Weiterverarbeitung nicht geeignet sind. Somit herrschen ideale Bedingungen für die Entwicklung von Insekten und Ektoparasiten vor. Diese beinhalten Fliegen, Läuse und Milben, die potentielle Schädlinge für Blatt-, Blüten- und Fruchtentwicklung sind. Infolgedessen ist das Pflanzenschutzprogramm gegen Schadinsekten komplex. Es erfolgt üblicherweise ohne Beachtung jedweder Schadschwellen präventiv und zusätzlich nach festgestelltem Schädlingsbefall. Bis zur Woche 25 werden Insektizide eingesetzt, die Langzeitwirkungen und somit definierte Rückstandswartezeiten haben. Mit Beginn der Blüte und bis zur Ernte werden nicht systemische Insektizide und Akarizide eingesetzt, die keine oder kurze zeitliche Ernterestriktionen aufweisen. Standardmäßig werden Insektizide fünf- bis sechsmal im Zeitraum von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion appliziert und acht- bis zehnmals im Zeitraum der Blütenentwicklung über die Fruchtentwicklung bis hin zur Ernte (Rodriguez, 2016).

2.4.4.3 Blüteninduktion und Madurierung

Eine Besonderheit der Ananasproduktion ist die Möglichkeit, die Blüte durch Einsatz chemischer Mittel zu induzieren. Diese Möglichkeit war ein Argument für die Ausweitung der großflächigen und ganzjährigen Ananasproduktion ab 1997. Mittels der Blüteninduktion (Woche 33 nach Anpflanzung) wird der grobe Erntezeitpunkt festgesetzt. Die Zeit von der Induktion bis zur Ernte beträgt 21 bis 25 Wochen. Durch dieses Vorgehen können Produzenten den Zeitpunkt der Ernte ausgehend vom Zeitpunkt der Induktion gut bestimmen und steuern. Im Ananasanbau wird für die Induktion die Kohlenwasserstoffverbindung Ethylen, entweder als Gas oder als chemisches Präparat (bspw. Ethepon, das sich in Ethylen umsetzt), eingesetzt. Die Anwendung beeinflusst den Pflanzenhormonhaushalt und löst die Blüte aus. Appliziert wird das Ethylen entweder manuell als Gas oder als Ethepon mit der Pflanzenschutzspritze. Die Applikation erfolgt an zwei aufeinander folgenden Tagen, sobald die Blattmasse das Zielgewicht erreicht hat. Angestrebt wird eine Induktion bei 2,5 bis 3 kg Pflanzengewicht. Das Pflanzengewicht hat einen Einfluss auf die Größe der ausgebildeten Frucht. Ein höheres Pflanzengewicht bei der Induktion bedingt größere Früchte. In Abhängigkeit von der Sonnenintensität werden erntereife Früchte fünf bis zehn Tage vor der Ernte mit Ethepon auch maduriert. Das Ausbringverfahren entspricht dem der Induktion. Die Madurierung beschleunigt die Abreife der Früchte, die dann bei der Ernte einen angestrebten gleichmäßigen Reifegrad haben (Rodriguez, 2016) und (Pimentel, 2015).

Abbildung 33 verdeutlicht die zeitliche Abfolge der Fruchtentwicklung von der Induktion (Woche 0) bis hin zur Madurierung (Woche 21) in Wochen (Pimentel, 2015).

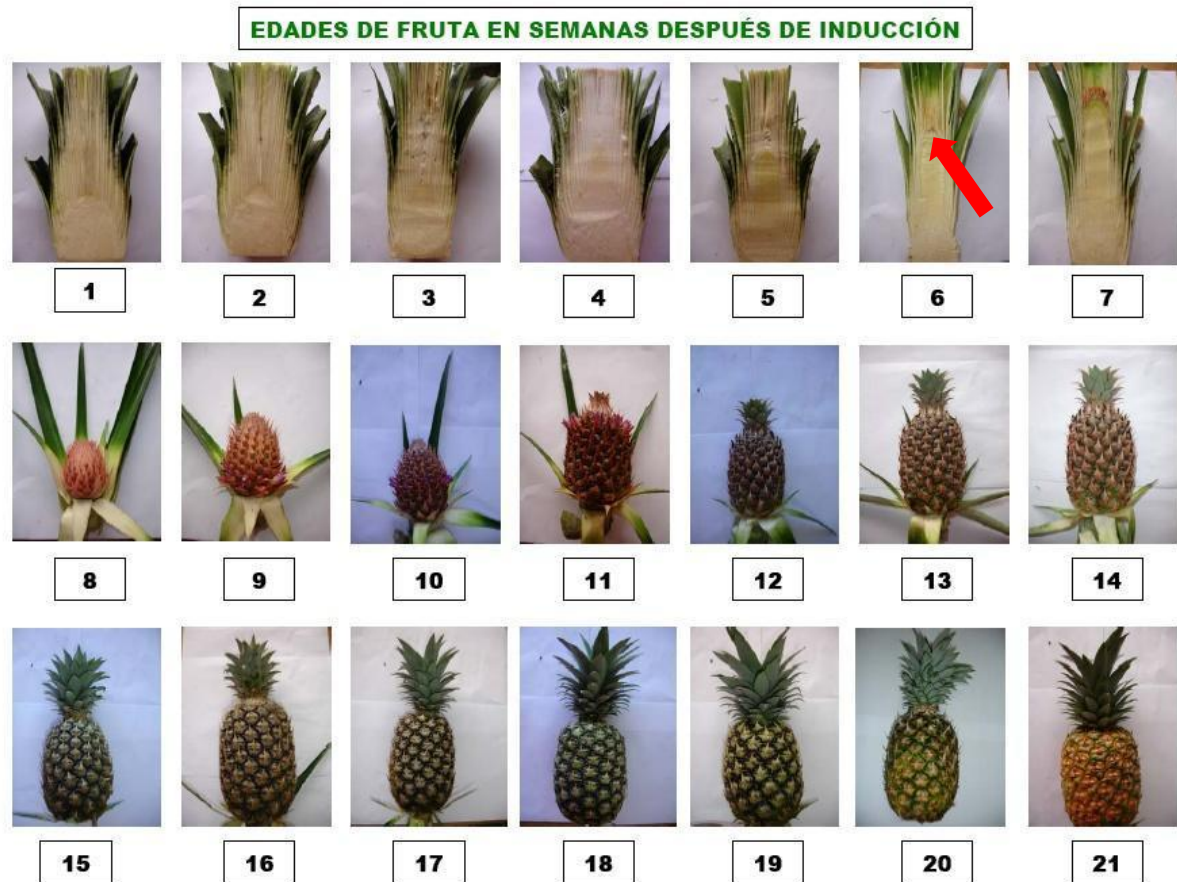


Abbildung 33: Fruchtentwicklung von der Blüteninduktion bis zur Madurierung (Pimentel, 2015)

Woche 0: Blüteninduktion
Woche 6: Blütenanlage sichtbar (siehe Pfeil)
Woche 21: Madurierung

In der sechsten Woche nach der Induktion ist die Blütenanlage sichtbar. Die Wochen sieben bis elf zeigen die Stadien der Blüte und in den Wochen 12 bis 21 werden die Fruchtentwicklungsstadien gezeigt.

In den Monaten mit sehr hoher Sonneneinstrahlung werden Früchte, die der Sonne zu stark ausgesetzt sind, durch die Sonnenstrahlung geschädigt (Sonnenbrand). Besonders betroffen sind die Früchte in den ersten beiden Reihen jeder Sektion, also in den Randreihen. Hier sind die Früchte weniger durch die Blattmasse anderer Pflanzen in der Anpflanzung geschützt. Daher wird entweder manuell oder in Form von Pflanzenschutzmaßnahmen ein Sonnenschutz durchgeführt. Früchte in den Randreihen werden in Handarbeit mit Zeitungspapier umwickelt oder es werden spezielle Papiertüten darübergestülpt (siehe Abbildung 34). Alternativ wird mittels der Pflanzenschutzspritze ein Naturprodukt aufgesprüht, um die Sonnenstrahlen zu reflektieren. Angewandt wird überwiegend ein Kaolinit Tonmineral. Es bedingt auf den Pflanzen und Früchten einen weißlichen Belag (siehe Abbildung 35), der Schutz vor

Sonneneinstrahlung bedingt. Diese Beläge waschen sich schnell ab, sodass sie mit Blick auf die Erntefrüchte unproblematisch sind (Rodriguez, 2016).



Abbildung 34: Sonnenschutz durch Papierumwicklung



Abbildung 35: Sonnenschutz durch Applikation von Kaolinit

2.4.4.4 Manuelle Arbeiten

In ständiger Begleitung der Wachstums- und Entwicklungsperiode bis hin zur fertigen Frucht werden die Bestände von Anbauspezialisten des jeweiligen Betriebes überwacht. Etwa alle 4 Wochen werden Pflanzen aus den Beständen gezogen und auf Entwicklung, Zustand und Beschädigungen untersucht. Kriterien sind unter anderem Pflanzengesundheit, Gewicht und Beschädigungen. Daraus resultiert eine ständige Anwesenheit von Personal zur Überwachung und Kontrolle der Bestände. Je größer die Plantage, desto höher der Personalbedarf (Villacres Nieto, 2016).

Eine jährliche Niederschlagsmenge von über 3.500 mm/m² in der Ananasproduktionsregion „Zona Norte“ führt auf nicht bewachsenen Flächen zu starker Erosion. Diese bedingt als Folge Verschlammung, Auswaschungen und Bodenverlust. Ananas wird auf Dämmen angepflanzt. Sie entwickelt sich in den ersten Monaten nach Anpflanzung langsam und bildet im Laufe der Zeit keine große Wurzelmasse aus. Die Dämme, wie auch die Bereiche zwischen den Dämmen, sind somit verstärkt erosionsgefährdet. Die Abschwemmung von Boden wird durch ein den Standortgegebenheiten angepasstes, offenes Drainagesystem verhindert. Die Wassermassen werden in den Drainagen kanalisiert und durch in regelmäßigen Abständen eingebrachte Strömungsschwellen oder Hindernisse (oft aus Bambusabschnitten oder mit Erde gefüllten Säcken) gebremst. Diese Drainagen werden manuell gepflegt, d.h. regelmäßig kontrolliert und bei Bedarf werden die aufgeschwemmten Erdmassen entfernt. Pflanzen und Früchte in den Randreihen jeder Sektion haben keine Stützhilfe von lateralen Nachbarpflanzen. Somit lehnen sich die Pflanzen der Randreihen während der Entwicklung nach außen. Verstärkt wird dieses, sobald die Fruchtentwicklung beginnt. Die wachsenden Früchte kippen nach außen, die Kronen der Früchte folgen dem Antrieb senkrecht zu wachsen. Daraus ergeben sich in diesen Randreihen Früchte mit schiefen Kronen, die entsprechend nicht als Frischfrucht geeignet sind. Um diese Verluste zu verhindern, werden die Randreihen mit Bindegarn rundherum manuell

verschnürt. Dadurch wird das Fallen nach außen verhindert und Früchte und Kronen wachsen senkrecht nach oben (Rodriguez, 2016).

2.4.5 Beschreibung des etablierten Erntesystems

Ananasfrucht muss direkt bei Erreichen der Reife geerntet werden. Bleibt sie wetterbedingt eine Woche zu lange im Feld, ist sie nicht mehr oder nur noch eingeschränkt als exportfähige Frucht zu verkaufen. Sie ist dann zu gelb, zu reif, hat geplatze Zellen oder hat Sonnenschäden. Der optimale Erntezeitpunkt ist der, an dem die Frucht genau den Zustand hat, den der Kunde in seinem Exportmarkt fordert (siehe Tabelle 5). Die Ananas muss zum Erntezeitpunkt einige Parameter erfüllen, um sich als Exportfrucht zu qualifizieren. Dabei werden hauptsächlich die Lichtdurchlässigkeit (Transluzides), der Brix-Gehalt sowie die Farbe analysiert. Diese Parameter werden dadurch ermittelt und verglichen, indem Früchte vor der Ernte aufgeschnitten und das Fruchtfleisch bzw. der Saft optisch beurteilt werden (Gomez, 2020).

Die Lichtdurchlässigkeit wird anhand einer Skala zwischen null und sechs gemessen (siehe Abbildung 36). Dabei ist es wichtig, dass die Zellstruktur nicht glasig oder wässrig erscheint. Bei einer Lichtdurchlässigkeit von „0“ ist Frucht noch unreif, bei einer Lichtdurchlässigkeit von „6“ sehr reif. Je höher der Grad der Lichtdurchlässigkeit, desto reifer ist die Frucht.



Abbildung 36: Skala zur Beurteilung der Lichtdurchlässigkeit (Transluzides) des Fruchtfleisches von Ananasfrüchten (Importacol & Castro Valenzuela, 2022)

Der Zuckergehalt wird mittels eines Refraktometers gemessen. Der Gehalt wird in Grad – Brix (einem Maß der gesamtlöslichen Feststoffe) angegeben (Ortuoste et al., 2014). Je höher der Brix-Gehalt ist, desto mehr Zucker ist in der Frucht enthalten und desto reifer ist die Frucht.

Ein weiterer Qualitätsparameter ist die Schalenfarbe. Je gelber die Farbe ist, desto reifer ist die Frucht. Die Schalenfarbe wird ebenfalls anhand einer Skala bestimmt (siehe Abbildung 37). Bei einer Färbung von „0“ ist Frucht noch grün und unreif und bei einer Färbung von „6“ gleichmäßig gelb und sehr reif (Importacol & Castro Valenzuela, 2022).



Abbildung 37: Skala zur Beurteilung der Fruchtfärbung zur Reifegradbestimmung (Importacol & Castro Valenzuela, 2022)

Anhand der in den Abbildungen 36 und 37 dargestellten Skalen werden die anzustrebenden Erntegrade in Abhängigkeit des jeweiligen Absatzmarktes dargestellt (diese beziehen sich auf die Vermarktung über die Packstation der Fertinyc S.A. Costa Rica, Stand Oktober 2020).

In der Tabelle 5 werden die Anforderungen der Hauptexportmärkte an die Ananasfrucht dargestellt. Bei für die USA bestimmten Erntemengen liegen die Zielgehalte bei einer Lichtdurchlässigkeit von 0,25 bis 0,50, einem Gehalt von 14 Grad Brix sowie einer Farbe von rd. 2. Die für Deutschland bestimmten Erntemengen sollen eine Lichtdurchlässigkeit von 0,25, einen Gehalt von 12 Grad Brix sowie eine Farbe von maximal 1 aufweisen. In den Märkten Italien und Frankreich werden hauptsächlich 14 Grad Brix sowie eine Farbe von 1,5 gefordert (Gomez, 2020). Unterschiedliche Absatzmärkte stellen verschiedene Ansprüche an den Erntezeitpunkt der Frucht und somit hohe Ansprüche an die Vorerntekontrolle und Ernteüberwachung des Betriebes.

Tabelle 5 Anforderungen der Hauptexportmärkte an die Ananasfrucht

	Lichtdurchlässigkeit	Grad Brix	Farbe
USA	0,25 - 0,50	14	2
Deutschland	0,25	12	bis 1
Frankreich	0,25	14	1,5
Italien	0,25	14	1,5

Abbildung 38 zeigt das Ablaufschema der Ananasernte, die sich in drei Phasen unterteilen lässt: Vorernte, Haupternte und Nachernte. Bei der Vorernte werden die Früchte in den Randreihen mehrere Tage vor der Haupternte geerntet. Diese bekommen mehr Licht und erreichen den optimalen Erntezeitpunkt schneller als die Früchte tiefer in der Plantage. Diese Ernte erfolgt üblicherweise per Hand und die Früchte werden in den Randreihen gelagert, von dort durch Beschäftigte in Kisten gepackt und dann auf einen Ernteanhänger geladen. Ein voller Ernteanhänger wird zu einem Sammelplatz transportiert und dort auf einen Lkw überladen. Sobald dieser dann gefüllt ist, erfolgt der Abtransport zur Packstation. Die Haupternte erfolgt üblicherweise rd. vier Tage nach der Vorernte. Dabei wird die Ananas ebenfalls per Hand an der Krone gefasst und dann mit einer Drehbewegung vom Ananasstiel getrennt. Dann wird sie auf ein Ernteband gelegt. Vom Ernteband wird die Frucht zu einem Ernteanhänger transportiert und dort in Erntekisten eingepackt (Rodriguez, 2016).

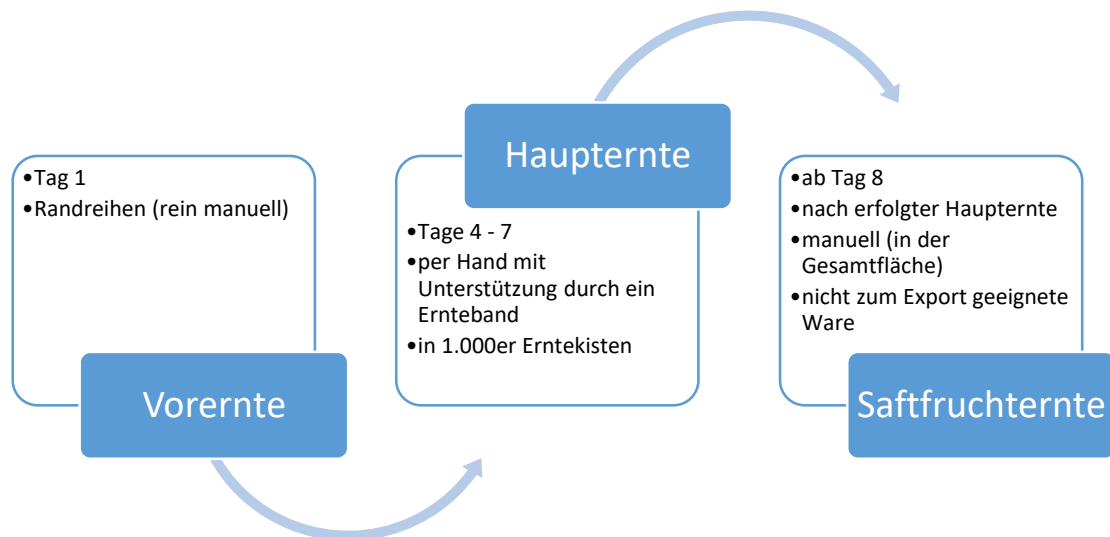


Abbildung 38: Ablaufschema der Ananasernte

Der überwiegende Anteil der Ananasplantagen erntet heute manuell und mit Hilfe eines über dem Bestand geführten Förderbandes, auf welchem die Frucht abgelegt, und zum Fahrweg transportiert wird. Dieses wird als Ernteband bezeichnet (siehe Abbildung 39). Das vorherrschende System der Großkistenerntemaschine wurde in Costa Rica speziell für Ananasplantagen entwickelt. Als Basis dient ein Stahlrahmen mit vier hydraulisch vertikal beweglichen Stützen und einem zu einer Seite ausklappbaren Förderband mit einem Gegengewicht.



Abbildung 39: Großkistenerntemaschine – Ausleger

Abbildung 40: Großkistenerntemaschine – Zugerät

Das Gestell wird auf spezielle Erntewagen aufgesattelt und mittels eines Ackerschleppers vorwärtsbewegt (siehe Abbildung 40). Die manuell geernteten Früchte werden mit dem Band zum Wagen transportiert und dort händisch in die Großkisten (für rd. 600 bis 1.000 Früchte) verpackt. Sobald die Erntekisten (bins) gefüllt sind, wird das Gestell abgesattelt und entkoppelt. Das Erntegespann (Traktor mit Anhänger) fährt davon und ein folgendes Fahrzeug samt Anhänger nimmt den Platz ein. Die Erntemaschine wird hydraulisch mit dem Ackerschlepper verbunden und auf das Anhängergestell aufgesattelt (Rodriguez, 2016).

Bei einer weiteren Methode, die üblicherweise in kleineren Plantagen zum Einsatz kommt, wird die Ananas in kleine Erntekisten (für rd. 10 Früchte pro Kiste) gepackt (siehe Abbildung 41) und darin auch an den Ort der Verpackung für den Export, genannt Packstation, transportiert. Dazu wird eine spezielle Erntemaschine eingesetzt, die einen Vorrat an Erntekisten an Bord hat, die gefüllt auf den Ernteanhänger überladen werden (siehe Abbildung 42 und Abbildung 43).



Abbildung 41: Kleinerntekisten



Abbildung 42: Erntemaschine klein – Ausleger



Abbildung 43: Erntemaschine klein – Kistenverpackung

Die Großkisten (bins) der häufigsten vertretenen Erntemethode haben die Standardmaße 220 cm (Breite) x 240 cm (Länge) x 90 cm (Höhe) und fassen zwischen 650 und 1.000 Ananas. Sie müssen mit Gabelstaplern vom Erntewagen auf den Lkw überladen werden. Die kleinen Plastikerntekisten werden mit jeweils rd. 10 Ananas befüllt, per Hand gestapelt und auch manuell auf den Lkw überladen. Während der Saftfruchternte kommt ebenfalls die Methode einer vollständigen Handernte zum Einsatz. Dabei gehen die Beschäftigten durch die Ananasreihen und reichen die geernteten Früchte in einer Kette von Person zu Person bis zum Feldrand. Dort werden sie abgelegt und dann von einem weiteren Ernteteam in Kisten überladen.

Wie in Kapitel 2.4.1 ausgeführt, hat die Ananas einen doppelten Erntezyklus. Die erste Ananasfrucht ist nach rd. 14 Monaten erntereif. Sie erbringt üblicherweise einen Ertrag von etwa 100 t/ha Ananasfrucht. Davon können rd. 80 t/ha als exportfähige Ware vermarktet werden. Rund 20 Tonnen sind nicht als Exportware geeignet, da die Früchte in ihren Eigenschaften nicht den Anforderungen des Endkunden entsprechen. Sie können unter anderem zu klein, zu gelb oder deformiert sein, können Fraßschäden oder Kronendefekte aufweisen. Etwa 10 bis 11 Monate nach der ersten Ernte hat sich aus einem Seitentrieb eine weitere erntereife Frucht entwickelt. Der zweite Zyklus ermöglicht eine Erntemenge von rd. 60 % der Mengen aus dem ersten Erntezyklus (Rodriguez, 2016).

Die Ananas hat die Eigenschaft, anders als viele andere Früchte, nach der Ernte nicht nachzureifen. Sie wird reif geerntet und nach der Ernte beginnt im Inneren der Frucht ein enzymatischer Umsetzungsprozess. Dieser wird bei einer Kerntemperatur von 7 Grad Celsius nahezu gestoppt. Somit muss die Ananas, um möglichst lange lagerfähig zu bleiben, nach der Ernte schnellstmöglich auf diese Innentemperatur herunter gekühlt werden (Gomez, 2020).

2.4.6 Beschreibung der typischen Weiterverarbeitung

Die Packstation ist das wesentliche Element der Produktionskette (siehe Abbildung 11 in Kapitel 2.4). Hier wird entschieden, welche Ware exportfähig ist. Die Qualität und die Sorgfalt der Verpackungsschritte entscheidet neben den Eingangsparametern über die Qualität der Ananas im Ankaufsland (Rostren, 2018).

Im vorangegangenen Kapitel wurde ausgeführt, wie wichtig es ist, die Ananas nach der Ernte möglichst schnell auf 7 Grad Celsius Kerntemperatur abzukühlen. Von der Ernte, über den Transport bis zum Eintreffen des Ernteguts im Packhaus der Fertinyc S.A. vergehen in dem Betrieb der Leona Farms S.A. in El Amparo de Los Chiles im günstigsten Fall drei bis vier Stunden. In häufigeren Fällen vergehen auch sechs bis acht Stunden, in Einzelfällen bis zu zwölf Stunden. Je nach Auslastung der Packstation kommen die Früchte entweder sofort in die Verpackung oder sie stehen für Stunden auf dem Lkw, teilweise auch über eine Nacht. Dieses verdeutlicht ein Kernproblem der Produktionslogistik: Eine „Just in time“ Ernte wird angestrebt, um den bestmöglichen Erntezeitpunkt zu treffen. Es kann jedoch durch die verzögerte Verpackung nur selten der gleiche Standard bei Verpackung und Versand verwirklicht werden. Dies hat direkte Auswirkungen auf die Fruchtqualität im Empfängerland (Rostren, 2018).

Nach der Ankunft im Packhaus und dem Erreichen des jeweiligen Packfensters werden die Ananaskisten (sowohl Groß- als auch Kleinkisten) in chloriertes Wasser mit 75 bis 100 ppm Chlor pro Liter Wasser getaucht (Aguilar Merlo, 2011). Der hohe Zuckergehalt der Früchte bewirkt, dass sie an der Wasseroberfläche schwimmen und die Erntegroßkisten entleert werden. Von der Eintauchstelle werden sie mittels eines Wasserstrahls zum Annahmeband geleitet. Dieses transportiert die Früchte bis zur Verpackung. Auf dem Weg dahin passieren sie eine visuelle Qualitätskontrolle (nicht der Qualität entsprechende Früchte werden aussortiert), ein Luftgebläse (um das anhaftende Wasser zu entfernen), eine Heißwaxsdusche (zur Versiegelung der Frucht), eine Sprühbehandlung der Pedunkel (Anschnittstelle) sowie ein weiteres zur Trocknung bestimmtes Luftgebläse. Sämtliche dieser Prozessschritte finden im Außenbereich vor dem Eintritt in die Packstation statt (siehe Abbildungen 44 und 45) (Gomez, 2020).



Abbildung 44: Annahmebecken der Packstation



Abbildung 45: visuelle Qualitätskontrolle und Vorbehandlung

Im Innenbereich passieren die Früchte dann verschiedene Packplätze. Die Verpackung der Früchte erfolgt nach den internationalen Fruchtgrößenklassen. Details zu den Größenklassen enthält Tabelle 6. So entspricht eine Frucht der Klasse „5“ beispielsweise einer Frucht innerhalb eines Gewichtsbereiches zwischen 2,2 bis 2,6 kg von der genau fünf Früchte in eine Kiste mit einem Gewicht von 12 kg hineinpassen. Der gleichbleibende Faktor ist eine 12 kg fassende Kiste, welche die Früchte entsprechender Größenkategorie fasst. Die Früchte werden an den Packplätzen vom Band genommen und in Kisten verpackt. Die Erkennung, welcher Klasse eine Frucht angehört, erfolgt visuell (siehe Abbildung 46) oder per Wägung (siehe Abbildung 47). Die dazu gehörige Technik wird Sizer genannt. Der Sizer verwiegt die Früchte und sortiert sie nach definierten Größenklassen.

Tabelle 6: Internationale Fruchtgrößenklassen nach Gomez, 2020

	Internationale Fruchtgrößenklasse					
Klasse	5	6	7	8	9	10
Früchte pro Kiste	5	6	7	8	9	10
Gewicht pro Kiste in kg	12	12	12	12	12	12
Mittleres Gewicht pro Frucht in kg	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2
Gewichtsbereich in kg	2,2 bis 2,6	1,8 bis 2,2	1,5 bis 1,9	1,3 bis 1,7	1,2 bis 1,5	1,0 bis 1,3

Üblicherweise beginnen neu in Betrieb genommene Packstationen mit einer visuellen Klassifikation und investieren dann ein paar Jahre nach Beginn der Tätigkeit in einen „Sizer“, denn die Genauigkeit der Klassifizierung steigt üblicherweise mit Einsatz des Gerätes deutlich an. Für den Erzeuger bedeutet dies höhere Erlöse, da die Auspackrate (verpackte Fruchtmenge im Verhältnis zu der angelieferten Fruchtmenge) ansteigt. Der Produzent erhält mehr verpackte Kisten pro Lieferung, da die Maschine das Gewicht der Früchte genauer einschätzen kann als das visuell einschätzende Personal (Gomez, 2020).



Abbildung 46: Packstation mit visueller Fruchtsortierung



Abbildung 47: Packstation mit "Sizer"

Die Kisten werden etikettiert und auf Einwegpaletten gestapelt (siehe Abbildung 48). Die Sortierung ist größenrein, also nur ein Fruchtkaliber pro Palette. Diese größenreine Palettierung zieht den nächsten Zeitverzug nach sich. Eine Palette muss mit 75 oder 80 Kisten bestückt sein, um versandfertig gemacht werden zu können. Besonders bei den Randgrößen (5, 9 oder 10) dauert es länger als bei den übrigen Größen, bis eine Palette voll ist. Jede Kiste wird mit dem Code des Erzeugers, der Packstation und des Verpackungsdatums gekennzeichnet. Darüber hinaus erhält jede Frucht innerhalb einer Kiste auch noch Herkunfts- und Größenangaben. Jede Palette bekommt einen individuellen Einmalzahlencode, plus Herkunfts- und Größenangaben. Danach werden die fertig gepackten Paletten in die Kühlung gefahren. Das Vorkühlsystem („precooling“, siehe Abbildung 49) liegt in mehreren kleineren Kammern vor. In diesen kompakten Kühlkammern können rd. zwölf Paletten mittels eines Hochleistungslüfters innerhalb von vier Stunden auf eine Kerntemperatur von 7 Grad Celsius durch eine hohe Luftdurchströmungsleistung abgekühlt wird. Dadurch kann die Kerntemperatur zur Verbesserung der Haltbarkeit möglichst schnell reduziert werden. Das System ist jedoch energieaufwändig. Der Energieverbrauch für einen Satz von zwölf Paletten liegt zwischen 300 bis 500 kWh (Gomez, 2020).



Abbildung 48: Etikettierung und Kommissionierung

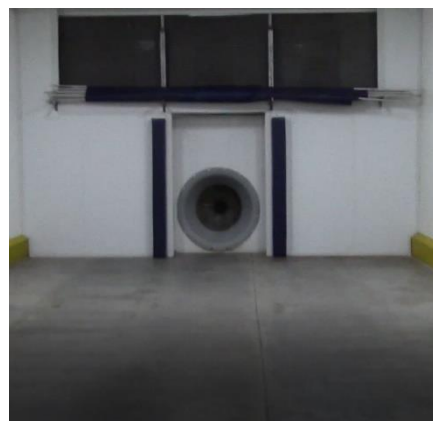


Abbildung 49: "Precooling" Kühlkammer

Danach wird die Ware in das Langzeitkühlager verbracht. In diesem werden die Paletten großflächig bis zur Abholung durch Lkw mit Kühlcontainern bei einer konstanten Temperatur von 7 Grad Celsius und einer geringen Luftdurchströmung gelagert. Die Kühlkette wird dann

auch während der Verladung in Kühlcontainer für den Seetransport nicht unterbrochen (Gomez, 2020).

2.4.7 Export-, lokale- und internationale Produktsicherheit

Im Laufe der Jahre sind landesweit eine Vielzahl an Maßnahmen zur Produktionskontrolle und zwecks Produktionssicherheit eingeführt worden.

Ein Produzent kann auf seinem Land nicht nach eigenem Belieben eine Ananasproduktion beginnen. Er benötigt dazu verschiedene Erlaubnisse (Permisos) von lokalen oder staatlichen Stellen sowie von Behörden. Von der lokalen Behörde muss zunächst eine grundsätzliche Erlaubnis erwirkt werden auf speziell definierten Flächen Ananas anzubauen. Des Weiteren wird eine Erlaubnis der Umweltbehörde „SETENA“ benötigt. Dieser Prozess ist langwierig, voller Hürden und Auflagen und dient dem Umweltschutz. Er dauert mindestens ein Jahr, in der Regel jedoch rd. drei Jahre. Ein Baustein dieses Behördenprozesses ist die Registrierung und Legalisierung des zur Wasserversorgung dienenden Brunnens. Er muss vor jeder möglichen Kontamination geschützt sein und mindestens 30 m von jeglicher Anbaufläche entfernt sein. Das Brunnenwasser wird jährlich auf Kontamination durch organische oder chemische Elemente untersucht. So gut wie jeder Ananasbetrieb verfügt durch die in die Natur integrierte Lage über natürliche Wasserläufe. Jährlich werden Wasserproben am Zulauf und Ablauf gezogen und durch externe Firmen analysiert. Sollten durch den Betrieb verursachte Kontaminationen des Wassers vorliegen, so zieht dies unmittelbare Produktionsverbote nach sich. Jede Erlaubnis wird nur mit der Auflage jährlicher Kontrollen erteilt. Sind die Erlaubnisse erteilt, so kann mit der Produktion auf dem jeweiligen Feld begonnen werden. Voraussetzung zur Produktion von Ananas ist das Führen von Produktionsbüchern, die jährlich von den Behörden kontrolliert werden. In der Regel einmal monatlich findet von einer der aufsichtführenden Behörden eine Feldkontrolle statt. Heute erfolgt die Datenerfassung elektronisch, analog zu den in Deutschland gebräuchlichen Ackerschlagkarteien. Das Programm erzeugt einen Auftrag, dieser wird gedruckt und an den Feldsupervisor gegeben. Dieser beauftragt seine Mitarbeiter mit der Durchführung. Die Arbeitserledigung wird von allen Beteiligten quittiert und letztendlich im Büro in die Farmsoftware übertragen (Rodriguez, 2016).

Die erntereife Ananasfrucht kann, wie beschrieben, entweder als Saft- oder als Frischfrucht verkauft werden. Für den Exportmarkt kann sie jedoch nur unter der Einhaltung weiterer Voraussetzungen abgesetzt werden. Mindestanforderung für den Export in den europäischen Markt ist beispielsweise der Kontrollstandard „Global Gap“. Je nach Zielmarkt kommen weitere Zertifizierungen wie „Rainforest Alliance“, „Tesco“ oder „Ifa“ dazu. Die Zertifikate der Zertifizierungsstellen sind üblicherweise jeweils für zwölf Monate gültig. Es ist eine jährliche Rezertifizierung mit einem Audit eines unabhängigen Auditors der Zertifizierungsstelle an der Produktionsstelle nötig. Die Plantage erhält eine betriebsspezifische Nummer. Diese wird von den Zertifizierungsfirmen in eine Datenbank eingegeben und kann

durch den Verbraucher durch Eingabe des auf dem Endprodukt vermerkten Produktcodes eingesehen werden. In Costa Rica stehen weltweit sehr kontrovers diskutierte und oft bereits verbotene Produkte wie Paraquat und Glyphosat ebenfalls unter kritischer Beobachtung. Zertifizierungen nach Rainforest Alliance und Tesco erlauben den Einsatz dieser Produkte nicht. Zur Kontrolle der Produktsicherheit werden in regelmäßigen Abständen Früchte auf Restbestände von Pflanzenschutzmitteln untersucht (Gomez, 2020). Ein anonymisierter Analysebericht eines unabhängigen und zertifizierten Labors aus Deutschland ist in Anlage 5 enthalten.

3 Identifizierung eines Versuchsbetriebes und Basisdatenerhebung zum Anbausystem

In der vorhandenen Literatur wird zwar das Anbausystem beschrieben (Kapitel 2.4), aber es wird nicht thematisiert, mit welchen Problemen sich die Betriebe in den einzelnen Produktionssegmenten auseinandersetzen müssen. Daraus resultierte ein Untersuchungsbedarf. Dieser sollte in mehreren Experteninterviews erfasst werden. Dazu wurden zu Beginn der Forschungen dieser Arbeit im Jahre 2012 die Betriebsleiter von Mitgliedsbetrieben aus der Interessensvertretung der Ananasanbauer „Canapep“ identifiziert und gebeten, an einem Experteninterview teilzunehmen

3.1 Untersuchungsziel

Das Ziel der Experteninterviews war es, neben der Erfassung des Standes der Technik, festzustellen, welche besonderen Schwierigkeiten und Engpässe bei der Ananasproduktion ständig auftreten und zu beachten sind. Ausgehend davon sollten Lösungsansätze für die identifizierten Probleme untersucht werden. Des Weiteren sollte in den Gesprächen ein Versuchsbetrieb identifiziert werden, der sich für die Durchführung von Versuchen im Rahmen des Forschungsvorhabens zur Verfügung stellen würde.

3.2 Methodik der Datenerhebung

Als Experten gelten einer Vielzahl an Veröffentlichungen zufolge, z.B. Schütz, 1972, sachkundige Personen, die durch ihre Handlungen und Erfahrungen über ein überdurchschnittliches Wissen innerhalb eines Themenkomplexes verfügen. Für die Befragung waren somit Betriebe bzw. Betriebsleiter relevant, die Ananas professionell und unter Einhaltung der im Empfängerland der Frucht geltenden Produktionsrichtlinien erzeugen und die Früchte in die Exportmärkte USA und EU versenden. Die Auswahlkriterien zum Einschluss in die Expertenbefragung wurden wie nachfolgend beschrieben definiert: 1. Ananasproduktionserlaubnis der MAG vorhanden, 2. Mitglied im Anbauverband „Canapep“ und 3. Exportbetrieb. Die Befragung sollte vor Ort in Costa Rica auf dem jeweiligen Betrieb eigenständig erfolgen. Im Gespräch achtete der Fragensteller darauf, in eigener Einschätzung die vorbereitete Fragenmatrix (siehe Tabelle 7) beantwortet zu bekommen. Hierbei sollte die Bedeutung von Problemen, Engpässen und Schwierigkeiten durch die Betriebsleiter eingeschätzt und messbar gemacht werden.

3. Identifizierung eines Versuchsbetriebes und Basisdatenerhebung zum Anbausystem

Tabelle 7: Probleme, Engpässe und Schwierigkeiten

Probleme, Engpässe, Schwierigkeiten

	X = geringgradig	XX = mittelgradig	XXX=hochgradig			
	Wetter	Maschinen	Zeit	Kosten	Mitarbeiter	Material
Landvorbereitung	?	?	?	?	?	?
Anpflanzung	?	?	?	?	?	?
Pflege & Wachstum	?	?	?	?	?	?
Ernte	?	?	?	?	?	?
Vermarktung	?	?	?	?	?	?
Effekte aus der Landesverwaltung	?	?	?	?	?	?

3.3 Durchführung der Expertenbefragung

Zunächst wurde den Befragten gegenüber erläutert, dass die Befragung anonym sei und kein anderer Produktionsbetrieb in Costa Rica einen Zugang zu den gegebenen Antworten erhalten würde. Dies sollte zu einer möglichst unbeeinflussten Beantwortung der Fragen führen. Als Grund für die Befragung wurde die Analyse des Produktionssystems des Ananasanbaus genannt, um Verbesserungspotenziale bei der Mechanisierung aufzudecken. Als Zeitbedarf wurden rd. 20 Minuten veranschlagt. Aus den Mitgliedsbetrieben der Anbauorganisation Canapep erklärten sich 8 Betriebe dazu bereit, an den Experteninterviews teilzunehmen. Die Befragung erfolgte im Februar 2012. Abschließend erfolgte eine Auswertung der Ergebnisse.

3.4 Ergebnisse

Aus den Ergebnissen der Befragung lassen sich folgende Merkmale eines typischen Betriebs ableiten:

- Betriebsstruktur
 - Lage hauptsächlich in der Region Huertar Norte
 - Hauptexportmärkte: Europa und USA
- Zertifizierung
 - Global GAP zertifiziert
- Bodenbearbeitung
 - Überwiegender Einsatz eines Totalherbizides vor der Bodenbearbeitung.
 - Die Drainagen werden überwiegend mit einem Bagger oder einer Wurfschauelfräse angelegt.
- Anpflanzung
 - Pflanzdichte pro Hektar: 72.000
 - Kein Bioanbau
- Ernte
 - Die Ernte erfolgt in Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung.

Diese oben genannten Ergebnisse der Experteninterviews definieren Kernelemente des Anbausystems. Aus dem Kreis der Betriebe, die nach diesem Schema arbeiten, wurde ein

Betrieb ausgewählt, der zu den Versuchsdurchführungen geeignet ist und die Bereitschaft erklärte, seine Produktionsdaten offenzulegen und analysieren zu lassen. Der Betrieb Leona Farms S.A. in El Amparo de Los Chiles erfüllte die zuvor genannten Kriterien und erklärte die Bereitschaft, für die Untersuchungen die notwendigen Ressourcen (Land, Personal, Maschinen, Betriebsmittel und Daten) zur Verfügung zu stellen. Daher wurden die Versuche in den eigenen Untersuchungen dieser Arbeit (siehe Kapitel 6) in diesem Versuchsbetrieb durchgeführt.

Die aus den Experteninterviews erfassten Probleme in der Ananasproduktion werden in Kapitel 4 detailliert analysiert.

3.5 Produktionskennzahlen des Versuchsbetriebes

Zur Schaffung der Datenbasis für die Untersuchungen stellte der Versuchsbetrieb seine Produktionsdaten zur Verfügung. Dabei wurden Daten entlang der gesamten Produktionskette eingesehen und ausgewertet. Die vorhandenen Daten wurden mittels der Software „Farm Soft“ der Firma Tenacious Systems (Tenacious Systems, 2012) verarbeitet und in einem MS Excel Format zur weiteren Verarbeitung ausgegeben. Die Datenbasis wurde mit Stand November 2018 erhoben und reflektiert langjährig erfasste und stetig aktualisierte Daten. Analysiert wurden Zeitbedarf, Maschinen- und Personalkosten sowie Betriebsmittelausgaben für die einzelnen Segmente der Produktionskette (siehe Kapitel 2.4). Das Ziel dieser Datenauswertung war die Schaffung von Grundlagen zur vergleichenden Bewertung von Versuchsergebnissen.

Um eine internationale Vergleichbarkeit der Datenbasis zu ermöglichen, wurden die Kalkulationen in US-Dollar durchgeführt. Dazu mussten die vorhandenen Daten aus der Landeswährung Costa Ricas (Colon) in US-Dollar umgerechnet werden. Der Wechselkurs für die Kalkulationen des Forschungsvorhabens betrug 600 Colones für einen USD (Stand 02.11.2018) und die Standardarbeitsstunden betragen 200 Arbeitsstunden pro Monat. Gearbeitet wird an sechs Tagen pro Woche. Tabelle 8 zeigt die aufzuwendenden Kosten für einen Arbeitnehmer in den Kategorien „Aufsichtspersonal“, „Fahrer“ und „Feldarbeiter“. Es ist zu erkennen, dass eine Aufsichtsperson pro Arbeitsstunde 6,70 USD (1.333 USD/Monat), ein Fahrer 5,30 USD pro Arbeitsstunde (1.067 USD/Monat) und ein Feldarbeiter 4,00 USD pro Arbeitsstunde (800 USD/Monat) für den Betrieb kostet. Dies beinhaltet die zuvor genannten Lohnnebenkosten in Höhe von rd. 32 % des Nettolohns (Stand 2018).

3. Identifizierung eines Versuchsbetriebes und Basisdatenerhebung zum Anbausystem

Tabelle 8: Arbeitskosten pro Mitarbeiter nach Leona Farms S.A., 2018

Arbeitskosten pro Mitarbeiter	Colones/Monat	LohnNK 60%	Summe in Colones/Monat	Stundenlohn in Colones	Summe in USD/Monat	Stundenlohn in USD /Stunde
Aufsicht	500.000	300.000	800.000	4.000	1.333	6,70
Fahrer	400.000	240.000	640.000	3.200	1.067	5,30
Feldarbeiter	300.000	180.000	480.000	2.400	800	4,00
Annahmen	US-Dollar	Colones				
Wechselkurs	1	600				
Standardarbeitsstunden pro Monat Feldarbeit	200					

Auch die Realkosten für die eingesetzten Arbeitsgeräte wie Ackerschlepper und Bodenbearbeitungsgeräte des Betriebes wurden mittels der o.g. Software langjährig erfasst und zur Verfügung gestellt. Diese ergeben sich aus einer Zeiterfassung der Mitarbeiter, Maschinen und Geräte für die einzelnen Schritte innerhalb des Produktionssystems sowie den eingesetzten Betriebsmitteln. Die im Lande eingesetzten Bodenbearbeitungsgeräte (siehe Kapitel 2.4.2) erfordern Traktoren im Bereich von 120 bis 200 PS. In Tabelle 9 werden die kalkulatorischen Kosten des eingesetzten Ackerschleppers sowie der betrachteten Bodenbearbeitungsgeräte aufgeführt. Die Anschaffungskosten differieren in ihrer Höhe und werden in USD angegeben. Zur Verzinsung wird ein in Costa Rica (Stand 2018) marktüblicher Zins in Höhe von 4 % (Sandoval Salas, 2018) pro Jahr berücksichtigt.

Die Nutzungsdauer für den Ackerschlepper wird durch die Arbeitsstunden beschränkt. Der Betrieb nutzt seine Traktoren über einen Zeitraum von drei Jahren mit insgesamt 8.250 Betriebsstunden. Dies ergibt eine Jahreslaufleistung von 2.750 Stunden. Die Traktoren werden täglich operativ zur Arbeitserledigung gebraucht. Somit werden die Maschinen üblicherweise ersetzt, bevor größere Schäden auftreten. Das ist bei Traktoren mit dieser Jahreslaufleistung und unter der damit verbundenen Beanspruchung oft nach 3 Jahren der Fall (Villacres Nieto, 2016). Bei den Arbeitsgeräten wird die Nutzung pro Hektar errechnet. Die Nutzungsdauer einer Scheibenegge (3 Meter) beträgt 2.500 Hektar in fünf Jahren, bei einem Tiefenmeißel (fünf Zinken) und einer Grabenfräse 2.000 ha in 10 Jahren sowie bei einem Dammformer (zwei Dämme) 1.000 ha in 10 Jahren. Durch das Alter des Ackerschleppers und der Arbeitsgeräte sowie ihrer jeweiligen Laufleistung wurde der Restwert aus bekannten vorherigen Transaktionen des Betriebes in der Vorkalkulation festgelegt. Um diesen Restwert wird die jeweilige Maschinenkalkulation bereinigt. Berücksichtigung finden ebenfalls Wartungs- und Reparaturkosten. Durch den langjährigen Einsatz der betrachteten Arbeitsgeräte und den daraus resultierenden bekannten Kosten wurde der Aufwand für den Ackerschlepper mit 18.000 USD über den Nutzungszeitraum, 7.500 USD für die Scheibenegge, 4.000 USD für den Tiefenmeißel, 6.000 USD für den Dammformer und mit 30.000 USD für die Drainagefräse beziffert. Für den Ackerschlepper kann über diese Positionen bereits ein Kostenansatz in Höhe von 11,79 USD/Stunde (ohne Diesel und ohne Fahrer) ermittelt werden. Für die Anbaugeräte

endet die Kalkulation hier noch nicht, denn die betrachteten Arbeitsgeräte können lediglich in Verbindung mit einem Ackerschlepper sowie einem Fahrer und unter Verwendung von Diesel eingesetzt werden.

Die Leistungserfassung für das jeweilige Arbeitsgerät erfolgte ebenfalls anhand langjährig erfasster Daten aus dem Produktionsbetrieb und beträgt bei der Scheibenegge, dem Tiefenmeißel und der Drainagefräse jeweils 0,50 ha/h und bei dem Dammformer 0,35 ha/h. Bei dieser Arbeitsleistung werden jeweils 17 Liter pro Stunde für den Bearbeitungsgang mit der Scheibenegge und jeweils 22 Liter pro Stunde für die Arbeiten mit dem Tiefenmeißel und der Drainagefräse verbraucht. Bei einem Dieselpreis von 0,98 USD/L (Stand: November 2018) und Personalkosten von 5,30 USD/h (siehe Tabelle 8) ergeben sich somit Kosten in Höhe von 73,31 USD/ha pro Arbeitsgang für die Scheibenegge, 85,80 USD/ha für den Tiefenmeißel, 101,83 USD/ha für den Dammformer und 102,80 USD/ha für die Drainagefräse.

3. Identifizierung eines Versuchsbetriebes und Basisdatenerhebung zum Anbausystem

Tabelle 9: Kalkulation der Maschinen- und Arbeitsgerätekosten in der Bodenbearbeitung nach Leona Farms S.A., 2018

	Traktor 160 PS	Scheibenegge – Rastra (3)	Tiefenmeißel –Subsolar (5)	Dammformer – Encamadora (2)	Grabenfräse - Sanjeadora	Sprayboom
Kaufpreis in USD	\$ -130.000,00	\$ -20.000,00	\$ -15.000,00	\$ -12.000,00	\$ -30.000,00	\$ -50.000
Nutzungsdauer in Jahren	3,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Zinssatz in % pro Jahr	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Zins über Nutzung in USD	\$ -7.800,00	\$ -2.000,00	\$ -3.000,00	\$ -2.400,00	\$ -6.000,00	\$ -10.000,00
Restwert	\$ 58.500,00	\$ 15.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
Kosten über Nutzung in USD	\$ -79.296,96	\$ -6.994,96	\$ -12.989,96	\$ -9.389,96	\$ -20.989,96	\$ -44.990,00
Kosten pro Jahr über Nutzung in USD	\$ -26.432,32	\$ -1.398,99	\$ -1.299,00	\$ -939,00	\$ -2.099,00	\$ -4.499,00
Reparatur, Instandhaltung / Jahr in USD	\$ -2.000,00	\$ -1.000,00	\$ -300,00	\$ -500,00	\$ -2.000,00	\$ -2.000,00
Wartung / Jahr in USD	\$ -4.000,00	\$ -500,00	\$ -100,00	\$ -100,00	\$ -1.000,00	\$ -1.000,00
Rep, Inst., Wartung über Nutzung in USD	\$ -18.000,00	\$ -7.500,00	\$ -4.000,00	\$ -6.000,00	\$ -30.000,00	\$ -30.000,00
Kosten Total über Nutzung in USD	\$ -97.296,96	\$ -14.494,96	\$ -16.989,96	\$ -15.389,96	\$ -50.989,96	\$ -74.990,00
Nutzung / Jahr in oder ha	2.750 h	500 ha	200 ha	100 ha	200 ha	1.500 ha
Gesamtnutzung	8.250 h	2.500 ha	2.000 ha	1.000 ha	2.000 ha	15.000 ha
Kosten / h oder ha über Nutzung	\$ -11,79 / h	\$ -5,80 / ha	\$ -8,49 / ha	\$ -15,39 / ha	\$ -25,49 / ha	\$ -5,00 / ha
(nur bei Anhängegerät) – ha / h		0,50	0,50	0,35	0,50	0,50
Verbrauch in Liter Diesel / h		17,00	22,00	17,00	22,00	7,00
Kosten / h bei 0,98 USD / Liter Diesel		\$ -16,66	\$ -21,56	\$ -16,66	\$ -21,56	\$ -6,86
Kosten Maschinen + Diesel/ ha		\$ -39,12	\$ -51,61	\$ -62,99	\$ -68,61	\$ -18,72
Traktorkosten / ha pro Arbeitsgang		\$ -23,59	\$ -23,59	\$ -33,70	\$ -23,59	\$ -23,59
Personalkosten / ha bei 5,30 USD / h		\$ -10,60	\$ -10,60	\$ -15,14	\$ -10,60	\$ -10,60
Gesamtkosten / ha		\$ -73,31	\$ -85,80	\$ -111,83	\$ -102,80	\$ -52,91

Für das Anbausegment Pflege und Wachstum wurden in der obigen Tabelle 9 Kosten für Traktor, Diesel, Fahrer in Höhe von 24 USD pro Stunde, sowie zusätzlichen 10 USD pro Stunde für die Pflanzenschutzspritze ermittelt.

In Tabelle 10 wird aufgezeigt, welcher Aufwand in Zeit und Geld benötigt wird, um die notwendigen Applikationen für die Produktion eines ha Ananas durchzuführen. In Summe errechnet sich ein Aufwand von 60 Zeitstunden und 3.400 USD. Hierbei handelt es sich um die reinen Arbeitserledigungskosten für Maschinen, Geräte, Personal und Diesel. Die Produktkosten für Dünger- und Pflanzenschutzmittel sind darin nicht enthalten.

Tabelle 10: Kennzahlen des Applikationsprogramms nach Leona Farms S.A., 2018

Applikationen	Anzahl	Wassermenge pro ha	Leistung in ha/h	h / ha	Zeitaufwand total / ha	Kosten in USD / ha
Dünger	16	2.500	0,5	2	32	1.088
Herbizide	3	1.500	1	1	3	102
Fungizide	5	1.500	1	1	5	170
Insektizide	12	1.500	1	1	12	408
Induktion	2	2.500	0,5	2	4	136
Maduration	2	2.500	0,5	2	4	136
Summe	40				60	3.400

Es wurde durch die Erfassung und Auswertung der Kennzahlen des Versuchsbetriebes Wissen generiert, welches in den folgenden Kapiteln als Grundlage für die Analyse des Anbausystems und für damit verbundene Berechnungen genutzt wird.

4 Identifizierung von Problemstellungen entlang der Produktionskette

Im Versuchsbetrieb Leona Farms S.A. nahmen die Produktionskosten in den Jahren 2014 – 2019 von 15.000 USD/ha auf 19.000 USD/ha zu (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Produktionskosten pro ha des Versuchsbetriebes im Jahresverlauf

Versuchsbetrieb						
Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019
in T USD	15	13	17	15	18	19

Die Produktionskosten der einzelnen Segmente des Anbausystems (siehe Tabelle 12) betragen im Versuchsbetrieb 1.091 USD/ha in der Bodenbearbeitung, 3.784 USD/ha in der Anpflanzung, 6.975 USD/ha im Bereich Wachstum und Pflege, 5.104 USD/ha in der Ernte und Logistik sowie 2.813 USD/ha in der Administration.

Tabelle 12: Betriebskostenstruktur des Versuchsbetriebes pro Anbausegment (Stand 2018)

Anbausegment	Kosten pro ha
Landvorbereitung	1.091 USD
Anpflanzung	3.784 USD
Wachstum und Pflege	6.975 USD
Ernte und Logistik	5.104 USD
Administration	2.813 USD
	19.767 USD

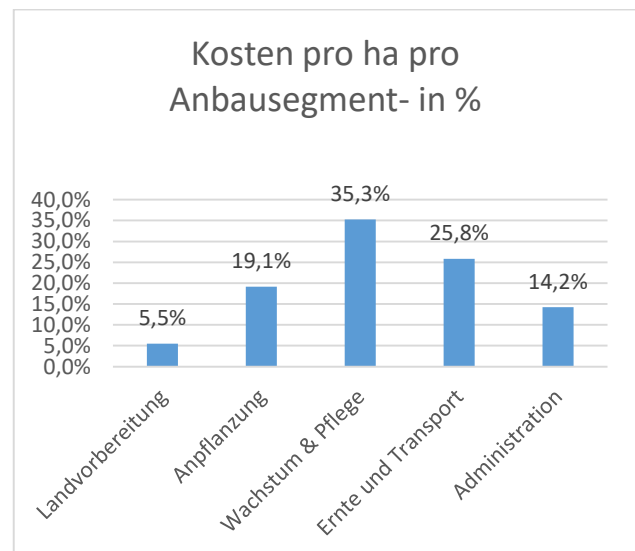


Abbildung 50: Kosten pro ha pro Anbausegment

Die Betrachtung der Kosten in den Anbausegmenten in der Abbildung 50 zeigt, dass 60 % aller Kosten auf die Anbausegmente Wachstum und Pflege sowie Ernte und Logistik entfallen. Diese beiden Blöcke sind aus Kostensicht die bedeutsamsten Bausteine des Gesamtprogramms. Es ergibt daher Sinn, den Fokus der Untersuchungen auf diese beiden Segmente zu legen, weil bereits kleine Änderungen einen deutlichen Unterschied ausmachen können.

Grundlage für Rationalisierungen und Kostensenkungen ist eine genaue Kenntnis der Einzelschritte. Diese wurden in der Arbeit untersucht, ihre Bedeutung für den Produktionserfolg ermittelt und auf Optimierungspotentiale analysiert (siehe Kapitel 2.4 und 5). Die tropischen Witterungsbedingungen bedingen kurze Zeitfenster zur notwendigen Arbeitserledigung. Ziel der Untersuchungen ist es, Lösungsansätze zu identifizieren, mit denen

4. Identifizierung von Problemstellungen entlang der Produktionskette

die zur Verfügung stehenden Zeitfenster besser genutzt werden können. Dies bedeutet, es wird angestrebt, in gleicher Zeiteinheit mehr Leistung zu erbringen.

Das systematische Vorgehen in dieser Arbeit erfolgt entlang aller Anbausegmente. Dazu wurde in den Expertengesprächen herausgearbeitet, welche Faktoren die Segmente beeinflussen. An dieser Stelle wird auf die Tabelle 7 in Kapitel 3.2 verwiesen, in der die Matrix gezeigt wird, mit der die Betriebsleiter auf den Effekt verschiedener Einflussparameter auf die Produktion befragt wurden. Die Praxisbefragung ergab folgendes, verdichtetes Bild zu Problemen, Engpässen, Schwierigkeiten (siehe Tabelle 13):

Tabelle 13: Probleme, Engpässe und Schwierigkeiten in der Ananasproduktion Costa Ricas - Einschätzung im Rahmen einer Praxisbefragung

Probleme, Engpässe, Schwierigkeiten

	X = geringgradig	XX = mittelgradig	XXX=hochgradig			
	Wetter	Maschinen	Zeit	Kosten	Mitarbeiter	Material
Landvorbereitung	XXX	XX	XXX			
Anpflanzung						XXX
Pflege & Wachstum	XXX	XXX	XXX	XXX		
Ernte	XXX		XXX	XXX	XXX	
Vermarktung				XXX		
Effekte aus der Landesverwaltung		XXX		XXX	XXX	

Aus der Auswertung der Interviews ergeben sich für die einzelnen Bereiche der Ananasproduktion eine Reihe von Problemstellungen. Diese werden in den folgenden Abschnitten im Detail für die einzelnen Anbausegmente beschrieben.

Landvorbereitung

Eine gute Landvorbereitung ist nur in den Monaten Februar – April möglich, da tropischer Regen die Bodenverhältnisse in allen anderen Monaten schwierig gestaltet. In drei Monaten muss die Bodenbearbeitung für bestenfalls das gesamte restliche Anbaujahr erledigt werden. Limitierend dabei ist die Verfügbarkeit der Fläche und der Maschinen sowie der Zeitbedarf für das Erstellen eines fertigen Pflanzbeetes. Die Bodenbearbeitung für alle Anpflanzungen des laufenden Jahres allein in diesen Monaten zu erledigen, ist unmöglich, sodass sie teilweise unter schwierigen Witterungsbedingungen erfolgen muss. Dieses, sowie das angestrebte Betriebswachstum und die knappen Effektivzeiten erfordern laufende Investitionen in immer größere Maschinen.

Hauptprobleme: Schwierige Witterungsbedingungen bedingen enge Zeitfenster für Arbeitsgänge und erfordern hohe Schlagkraft.

Anpflanzung

Die befragten Betriebe streben ein Bepflanzungsprogramm an, in dem in jeder Jahreswoche die gleiche Menge gepflanzt wird. Ein bedeutender Engpass ist die ständige und gleichmäßige Verfügbarkeit von Setzlingen. Da die Arbeiten hauptsächlich an externe und spezialisierte

Pflanzteams vergeben wird und die Bezahlung auf Basis angepflanzter Setzlinge erfolgt, wurden weitere Probleme nur marginal erwähnt.

Hauptprobleme: Gleichmäßige Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigem Pflanzmaterial.

Pflege und Wachstum

Als Hauptproblem des Anbaus wurde in den Expertenbefragungen das Wetter genannt. Zeitweise regnet es tagelang und notwendige Applikationen können nicht ausgebracht werden. Die Betriebsleiter wissen, dass viele Applikationen unter suboptimalen Wetterverhältnissen erfolgen, sodass sowohl Pflanzenschutzmittel als auch Düngemittel nach der Applikation durch Regenfälle ausgewaschen werden. Die Produkte werden mit hohen Wassermengen pro Hektar ausgebracht. Üblich sind 1.500 bis 2.500 l Wasser pro ha. Außerdem sind Zubringerfahrzeuge und Hilfspersonal erforderlich. In Summe ergeben sich daraus geringe Leistungen pro Hektar, ein hoher Zeitbedarf sowie eine erhebliche Kapital- und Personalbindung.

Hauptprobleme: Schwierige Witterungsbedingungen bedingen enge Zeitfenster für Arbeitsgänge und erfordern hohe Schlagkraft.

Ernte

Das Wetter kurz vor der Ernte nimmt Einfluss auf die Fruchtqualität. Hitze und viel Sonnenschein, Dauerregen und bewölktetes Wetter beeinträchtigen die Abreife und auch die internen Fruchteigenschaften. Regen bei der Ernte beeinträchtigt die Erntegeschwindigkeit durch schwierige Bodenverhältnisse (siehe auch Kapitel 2.4.5). Bei regnerischem Wetter dauert die Ernte so lange, dass am Ende die Fruchtqualität vermindert wird. Die Erntedauer und das erforderliche Personal sowie die erheblichen Transportkosten zur Packstation belasten die Wirtschaftlichkeit. Es fehlt gut ausgebildetes Personal. Die Erntearbeiter können bei unsachgemäßer Ernte die Fruchtqualität negativ beeinflussen. Daher müssen Aufseher eingesetzt werden, die ständig darauf achten, dass die Früchte vorsichtig gehandhabt werden. Der professionelle Ananasanbau in Costa Rica erfolgt mit dem Ziel, die Ernteware als Frischfrüchte in die internationalen Exportmärkte der USA und der EU zu versenden. Die Kunden der Produzenten befinden sich überwiegend im Großhandel, der dann im Zielland die Früchte empfängt und an den Einzelhandel verteilt. Um sich als Produzent für diese Exportmärkte zu qualifizieren, müssen die Anbauer die Produktions- und Qualitätsstandards der Exportländer erfüllen und deren Erfüllung regelmäßig nachweisen. Eine Ananaspflanze produziert nach 13 Monaten Entwicklungszeit eine Frucht. Am Ende des Zyklus steht die Ernte. Arbeit und Investition dieses Zeitraumes können bei der Ernte durch unsachgemäßes Handeln vernichtet werden. Die Ananas wird ganzjährig angebaut, ganzjährig gepflanzt und in jeder Kalenderwoche des Jahres geerntet. Sobald die Ananas Erntereife erreicht hat, muss sie geerntet werden. Das Zeitfenster dazu beträgt nicht mehr als drei bis vier Tage. Wird es verpasst, entspricht die Ananas nicht mehr den Exportanforderungen und muss als Billigware lokal verkauft werden. Durch tropische Witterungsbedingungen ist es eine ständige Herausforderung, die Ananas zum optimalen Zeitpunkt zu ernten. Die Ernte erfolgt manuell mit vielen

Erntehelfern und in mehreren händischen Schritten. Die unsachgemäße manuelle Handhabung der Früchte birgt die Gefahr Druckstellen im Fruchtfleisch zu bewirken. Diese führen zu einer Verminderung der Fruchtqualität.

Hauptprobleme: Die Produktqualität entlang der gesamten Erntekette sicherzustellen, was durch schlecht ausgebildetes Personal, schwierige Witterungsbedingungen und enge Zeitfenster zur Ernte erschwert wird.

Vermarktung

Die Produzenten streben Anbau- und Abnahmeverträge mit Packstationen und Exportkunden an. Zuvor beschriebene Einflüsse erschweren oft die Vertragserfüllung. Hinzu kommen Marktschwankungen in den Exportmärkten, woraus sich ständig schwankende Preisniveaus und Abnahmemengen ergeben.

Hauptprobleme: Produktionsseitig schwankende Qualitäten und Erntemengen, abnehmerseitig schwankende Abnahmemengen und Preise.

Effekte aus der Landesverwaltung

Insgesamt wird beklagt, dass der Staat jährlich zunehmend mehr Betriebskontrollen durchführt. Kontrolliert wird von landwirtschaftlichen, Umwelt- und Sozialbehörden. Zudem steigen die Kosten für Sozialabgaben und der Aufwand für Maßnahmen, die von den Behörden angeordnet werden. Es wird die mangelhafte Infrastruktur des Landes beklagt und besonders das fehlende Einschreiten der Ordnungsbehörden bei Diebstählen, Delikten und Körperverletzungen, die durch die Mitarbeiter auf den Betrieben vorkommen. Das Land erhebt einen Importzoll von >50 % auf Maschinen und Geräte, die ins Land verbracht werden. Folglich sind Landmaschinen im Vergleich zu EU-Ländern und den USA teurer und schwerer zu beschaffen.

Hauptprobleme: Zunehmende staatlich verordnete Auflagen bedingen Kostensteigerungen und Produktionseinschränkungen.

Zusammenfassung

In Tabelle 13 werden die identifizierten Hauptprobleme aus der Expertenbefragung für die Segmente der Produktionskette gezeigt. In den Segmenten Landvorbereitung, Pflege und Wachstum sowie Ernte limitieren die klimatischen Rahmenbedingungen die verfügbaren Effektivzeiten und machen einen hohen Maschineneinsatz notwendig.

In Abbildung 51 ist in drei verschiedenen Schaubildern dargestellt, wie klimatische Bedingungen kurze Effektivzeiten bedingen, denen mit hohem Maschinenbestand begegnet wird, wodurch der Kapitaleinsatz erhöht wird und die Produktionskosten steigen. Zudem bewirken klimatische Bedingungen suboptimale Applikationen, die mit erhöhten Applikationsmengen aufgefangen werden sollen und dadurch die Produktionskosten erhöhen. Des Weiteren ergeben sich aus den durch die klimatischen Bedingungen suboptimalen Applikationen weitere Folgen in Form von Erntemengenreduktionen und einer verminderten

Wirtschaftlichkeit. Auch verringern die klimatischen Bedingungen die Erntefenster, verlängern die Ernte und vermindern die Fruchtqualität. Die Fruchtqualität wird außerdem beeinflusst durch die Qualität der manuellen Erntearbeiten.

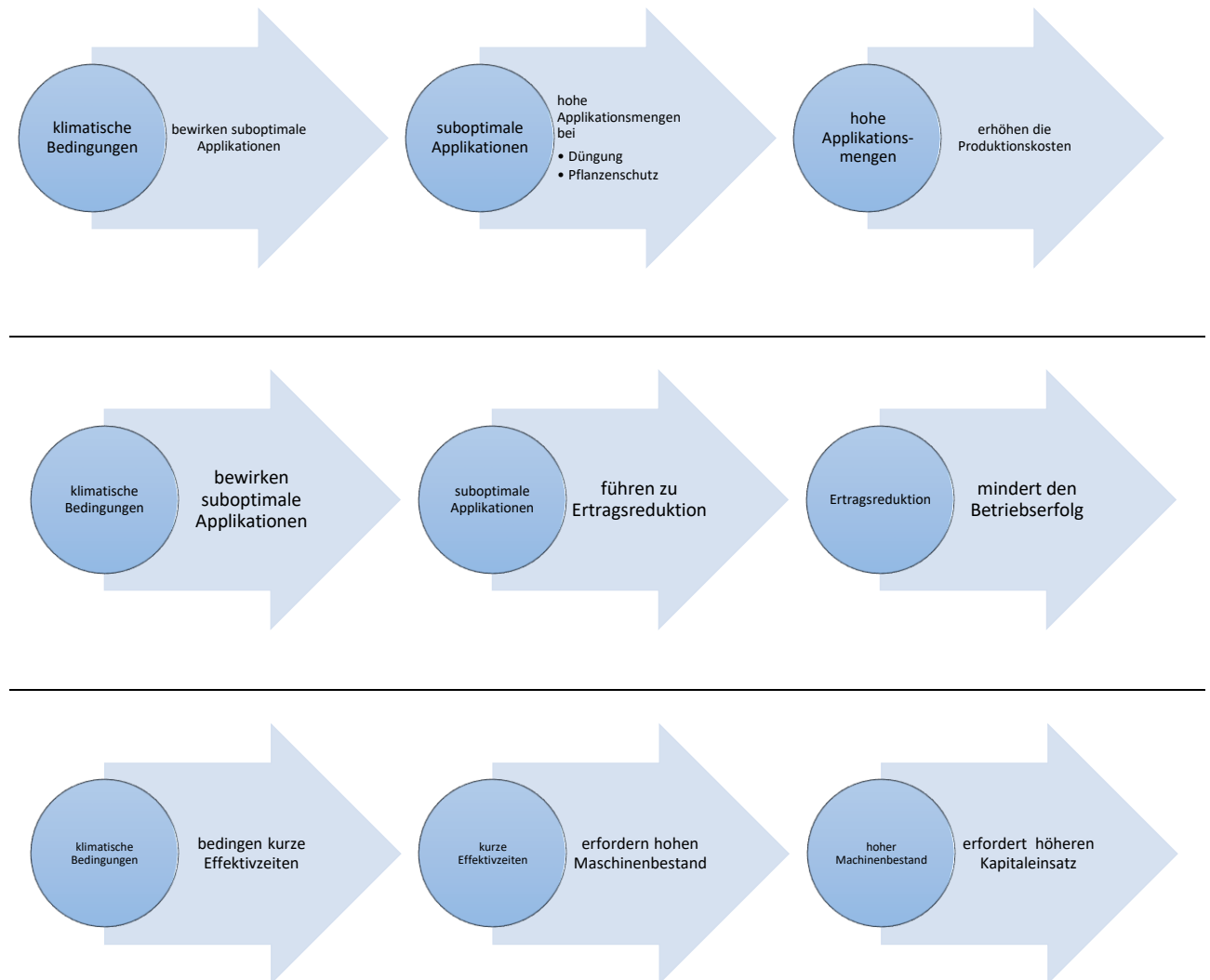


Abbildung 51: Auswirkung der klimatischen Bedingungen auf den Produktionsbetrieb

Die oben genannten Feststellungen beeinflussen den Betriebserfolg, der sich aus den Produktionskosten, der Erntemenge, der Fruchtqualität und den Vermarktungskonditionen ergibt.

Aus diesen Feststellungen lassen sich die Kernprobleme mit Gültigkeit für den gesamten Produktionsprozess identifizieren. Diese sind:

- Witterungsbedingungen
- Geringe Arbeitsleistungen / ha oder pro h
- Stetige Kostensteigerungen
- Wenig qualifiziertes Personal

4. Identifizierung von Problemstellungen entlang der Produktionskette

Aus der Identifizierung der Kernprobleme wird deutlich, dass ein Wissensdefizit in dem Produktionssystem des Ananasanbaus vorherrscht, welches Raum für die wissenschaftliche Aufarbeitung in Verbindung mit der Erarbeitung von Lösungsansätzen bietet.

Für das Anbausegment „Bodenbearbeitung“ wird die folgende Hypothese aufgestellt:

- In der Grundbodenbearbeitung können durch den Einsatz zapfwellengetriebener Arbeitsgeräte die Produktionskosten pro Hektar- und der Zeitaufwand für die Fertigstellung eines Feldes gesenkt werden.

Für das Anbausegment „Pflege und Wachstum“ gelten die Hypothesen:

- Eine Verminderung von Wasseraufwandmengen pro Hektar bei der Düngemittelapplikation reduziert den Zeitbedarf und hat keine negativen Auswirkungen auf das Ernteergebnis.
- Eine Kombination von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Applikationen ist möglich und reduziert somit die Summe der Überfahrten.
- Die Eliminierung von Fahrwegen und Anlage eines Fahrgassensystems ist durchführbar, ermöglicht eine höhere nutzbare Anbaufläche und einen höheren Frischfruchtertrag pro Hektar.
- Die Pflanzung einer veränderten Menge von Pflanzen pro Hektar ermöglicht einen höheren Frischfruchtertrag sowie einen höheren Ernteerlös pro Hektar.
- Der Anbau von Ananaspflanzen auf bodenbedeckender Kunststofffolie bedingt eine raschere Entwicklung der Frucht, ermöglicht einen kürzeren Zyklus und vermindert den Pflanzenschutzaufwand pro Hektar.

Für das Anbausegment „Ernte“ lautet die Hypothese:

- Der Einsatz einer Erntemaschine, die durch den Ananasbestand fährt und die Fahrwege frei lässt, beschleunigt den Ernteprozess, erhöht die Tagesleistung und ermöglicht die Reduktion der Erntekosten.

Für die Überprüfung der Hypothesen wurden Versuchsanstellungen erarbeitet und durchgeführt, deren Details in den Kapiteln 6.2 – 6.4 gezeigt werden. In dem Kapitel 7 wird ein möglicher Praxistransfer und die Übertragbarkeit auf weitere Produktionsbetriebe mittels einer detaillierten Betriebsbefragung überprüft. Daran anschließend werden die aufgestellten Hypothesen in Kapitel 8.4 auf ihre Zielerreichung überprüft.

5 Lösungsansätzen für Probleme entlang der Produktionskette

Aus den in Kapitel 4 benannten Thesen lassen sich Lösungsansätze für die identifizierten Probleme in den Anbausegmenten erarbeiten. Die Witterungsbedingungen können nicht beeinflusst werden, aber deren Folgen durchaus, indem die Arbeitsleistungen in der Bodenbearbeitung, im Segment Pflege und Wachstum und in der Ernte deutlich erhöht werden.

Entlang der Produktionskette werden in Tabelle 14 potenzielle Lösungsansätze für die identifizierten Problemfaktoren aufgezeigt. In der ersten Spalte werden die Haupteinflussfaktoren für Segmente der Produktionskette gezeigt. In den nachstehenden Spalten werden potenzielle Lösungsansätze für die aus den Faktoren resultierenden Produktionsprobleme beschrieben.

Tabelle 14: Lösungsansätze für Verbesserungen in den Anbausegmenten

Landvorbereitung	Lösungen		
Wetter	Arbeit in Trockenzeit	Leistung / h erhöhen	Contourfarming
Maschinen	mehr	größere	Kombinationen
Zeit	Mehrschicht		Leistung/h erhöhen

Anpflanzung	Lösungen	
Material	Planung	Überbevorratung

Pflege & Wachstum	Lösungen		
Wetter	Leistung / h erhöhen	größere Maschinen	Wassermenge reduzieren
Maschinen	mehr	größere	Kombinationen
Zeit	Mehrschicht		Leistung/h erhöhen
Kosten	Mechanisierung	Ausnutzen Trockenzeiten	Schlagkraft erhöhen

Ernte	Lösungen		
Wetter	Leistung / h erhöhen	größere Maschinen	geeigneter Maschinen
Zeit	Leistung / h erhöhen	größere Maschinen	geeigneter Maschinen
Kosten	Leistung / h erhöhen	größere Maschinen	geeigneter Maschinen
Mitarbeiter	Training		Bindungsmassnahmen

Landvorbereitung

Die Einflussfaktoren im Anbausegment „Landvorbereitung“ sind Wetter, Maschinen und Zeit. Auf das Wetter kann mit der Verschiebung der Arbeit in die Trockenzeit, einer höheren Leistung pro Stunde oder mittels Conturfarming reagiert werden. Bei letzterer Methode orientiert sich der Ackerbau an den topographischen Gegebenheiten (Shaahvarooghi Farahani et al., 2016). Dadurch ergeben sich gleichmäßige Wasserabläufe, Erosion wird vermindert und die Notwendigkeit zur Anlage von Drainagesystemen minimiert. Der Faktor „Maschinen“ kann durch eine Erhöhung des Maschinenbesatzes, größere Maschinen sowie eine Kombination aus Arbeitsgeräten verbessert werden.

Anpflanzung

Im Anbausegment Anpflanzung ist der Haupteinflussfaktor das Pflanzgut. Auf dieses kann mit einer verbesserten Planung und einer Erhöhung des Vorrates reagiert werden. Eine Bevorratung kann nicht durch Einlagerung des Pflanzgutes erfolgen. Die Jungpflanzen müssen geerntet und innerhalb weniger Tage danach wieder ausgepflanzt werden. Dieses kann erreicht werden, indem die Jungpflanzenproduktionsfläche so ausgelegt wird, dass unter allen Wetterbedingungen ausreichend Jungpflanzen produziert werden.

Pflege und Wachstum

In dem Anbausegment Pflege und Wachstum sind die größten Faktoren das Wetter, die Maschinen, die Zeit sowie die Kosten. Auf das Wetter kann wie bereits erwähnt mit einer Erhöhung der Leistung pro Stunde, größeren Maschinen sowie einer reduzierten Wassermenge reagiert werden. Bei den Faktoren Maschinen und Zeit handelt es sich um die gleichen Lösungsansätze wie in dem Bereich Landvorbereitung. Der Faktor Kosten kann durch eine verbesserte Mechanisierung, die Ausnutzung von Trockenzeiten sowie eine erhöhte Schlagkraft beeinflusst werden.

Ernte

Im Anbausegment der Ernte können die Faktoren Wetter, Zeit und Kosten durch eine Erhöhung der Leistung pro Stunde, größere- oder geeignetere Maschinen beeinflusst werden. Die Qualität des Erntegutes ist ein wirtschaftlich wichtiges Kriterium, welches durch manuelle Handlungen beeinflusst wird. Somit ist ein gutes Training des Erntepersonals ein wichtiges Mittel zur Absicherung der Produktqualität. Nach Betrachtung der Lösungsansätze in den einzelnen Anbausegmenten werden nachstehend die Ursachen der Kernprobleme beleuchtet und es werden Möglichkeiten aufgezeigt, deren Einfluss zu minimieren.

Witterungsbedingungen

- Die Arbeitsleistung erhöhen, um mehr Fläche in Gutwetterperioden zu erledigen

Geringe Arbeitsleistungen / ha oder pro Stunde

- Schlagkräftigere Maschinen einsetzen
- Arbeitsgänge kombinieren
- Maschinen einsetzen, die auch unter nassen Bodenverhältnissen Arbeit ermöglichen

Stetige Kostensteigerungen

- Arbeitsleistung erhöhen
- Arbeiten mechanisieren
- Qualitäten und Ertrag steigern

Wenig qualifiziertes Personal

- Klare Arbeitsplatzbeschreibungen
- Gleichbleibende Arbeiten
- Training der Arbeiter
- Feste Teams bilden

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens liegt der Fokus auf den Anbausegmenten Pflege und Wachstum und Ernte, weil diese Segmente zusammengenommen die größte Bedeutung in der Produktionskette haben und kleine Verbesserungen große Effekte haben können. Zusätzlich wird das Segment Bodenbearbeitung betrachtet, weil diese bisher überwiegend in kleinen Zeitfenstern erfolgt, und sich aus den Befragungen ergab, dass die Betriebe Bedarf an Methoden zur Erhöhung der Schlagkraft haben. In allen Bereichen werden die Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Arbeitsleistung zu erhöhen. Dies wird durch die in den Kapiteln 6.2 – 6.4 durchgeführten eigenen Untersuchungen wissenschaftlich aufgearbeitet. Es werden folgende Themenbereiche bearbeitet:

1. Versuche zur Kombination von Arbeitsgängen auf dem Acker zur Landvorbereitung unter Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten.
→ Verminderung des Bearbeitungszeitbedarfs zur Vorbereitung eines Anbaufeldes (On-Farm Versuche).

Eine aktive Bodenbearbeitung ist kein Teil der typischen Bodenvorbereitung und Bodenbearbeitung und somit auch nicht in Kapitel 2.4 beschrieben. Die notwendige Erklärung darüber, mit welchen Geräten eine aktive Bodenbearbeitung erfolgt und welche Wirkung sie entfaltet, wird in Kapitel 6.2.1 beschrieben.

2. Versuche zur Kombination von Applikationen (Dünger und Pflanzenschutztankmischungen)
3. Versuche zur Reduktion von Wasseraufwandmengen / ha
→ Erhöhung der Leistung pro Stunde bzw. Verringerung der Einsatzzeiten der Pflanzenschutzspritzen innerhalb des Anbauzyklus (On-Farm Versuche).
4. Entwicklung und Testeinsatz eines Erntemaschinenprototypen, mit dem gesteigerte Tagesernteleistungen erbracht werden können (On-Farm Versuche)
→ Prototypenbau und prototypische Erprobung mit On-Farm Versuchen, bei denen die Leistung des Erntesystems pro Stunde erhöht und somit die benötigte Einsatzzeit vermindert werden soll.

Als weiteres Ziel sollen weitere Kostensteigerungen aufgefangen bzw. gemildert werden. Der Erntemaschinenprototyp ist so zu konzipieren, dass der Einfluss von Handarbeiten auf die Fruchtqualität minimiert wird, um die Anzahl exportfähiger Früchte zu erhöhen.

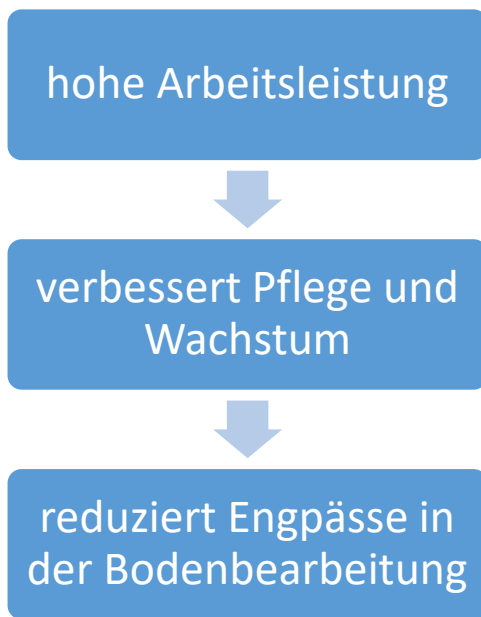


Abbildung 52: Wechselwirkungen der Bodenbearbeitung

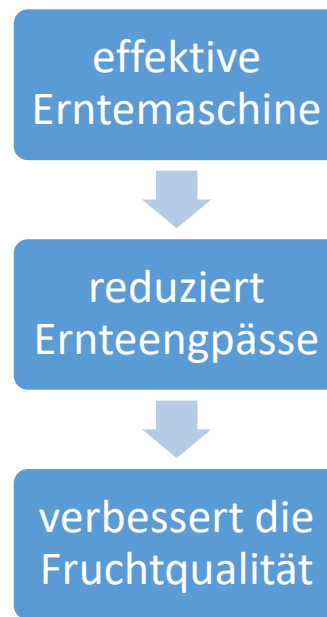


Abbildung 53: Wechselwirkungen der Erntemaschine

Eine hohe Arbeitsleistung soll eine Verbesserung in den Segmenten Pflege und Wachstum sowie eine Reduktion der Engpässe in der Bodenbearbeitung bewirken (siehe Abbildung 52). Eine effektive Erntemaschine soll Ernteengpässe vermindern und eine verbesserte Fruchtqualität mit sich bringen (siehe Abbildung 53).

6 Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 4 benannten Probleme und die in Kapitel 5 identifizierten Lösungsansätze in Versuchsanstellungen umgesetzt. Dabei werden folgende Problembereiche behandelt:

1. Verbesserung der Techniken zur Landvorbereitung mit dem Ziel, pflanzfertige Felder schneller vorzubereiten.
→ Durchführung von Versuchen mit aktiven Bodenbearbeitungsgeräten statt passiven Bodenbearbeitungsgeräten sowie einer Kombination von Anbaugeräten.
2. Optimierung des Anbaus, speziell von Applikationen mit dem Ziel, Pflanzenschutz und Dünger punktgenau und bedarfsgerecht einzusetzen sowie das Anbausystem durch eine verbesserte Raumausnutzung der Felder zu optimieren.
→ Durchführung von Versuchen zur Reduktion von Wasseraufwandmengen sowie Kombination von Produkten. Anlage eines Versuchsfelds mit Kunststofffolienauflage zur Unkrautunterdrückung. Erprobung der Anlage eines Fahrgassensystems in einem Feldversuch.
3. Verbesserung der Erntetechnik mit dem Ziel einer schnelleren und qualitativ hochwertigeren Ernte.
→ Entwicklung und Erprobung eines Erntemaschinenprototypen. Dieser soll durch seine Bauweise eine schnellere und zugleich schonendere Ernte ermöglichen.

6.1 Methodik

Für die wissenschaftlichen Untersuchungen wurden folgende Methoden ausgewählt:

- Experteninterviews (siehe Kapitel 3) zur Identifizierung eines Versuchsbetriebes sowie von Problemstellungen in der Ananasproduktion.
- On-Farm Research im Feld eines Versuchsbetriebes für die Bearbeitung von Versuchen zu Lösungsansätzen für zuvor identifizierte Probleme.
- Systematische Produktentwicklung für die Erarbeitung eines Lösungsansatzes für die im Anbausegment Ernte identifizierten Probleme in Form eines Erntemaschinenprototypen.
- Betriebsbefragungen (siehe Kapitel 7) zur Überprüfung der Aktualität des Standes der Technik und eines möglichen Praxistransfers der durchgeführten Untersuchungen dieser Arbeit.

6.1.1 On-Farm Research

In Kapitel 3.4 wurden auf Basis der Expertenbefragung die Charakteristika eines Versuchsbetriebs für praxisnahe Untersuchungen hergeleitet. Für die Versuche wurde der landwirtschaftliche Betrieb „Leona Farms S.A.“ ausgewählt. Auf diesem wurden zu den in Kapitel 5 herausgearbeiteten Lösungsansätzen mehrere Versuche durchgeführt. Da die Untersuchungen im laufenden Betrieb geschehen, wird ein On-Farm Research Ansatz gewählt.

Bei On-Farm Research werden Untersuchungen im laufenden Prozess eines landwirtschaftlichen Betriebes durchgeführt. Dabei beeinflussen alle unkontrollierbaren Faktoren wie Wetter und Standort, die in der Praxis auftreten, den Verlauf (Gandorfer et al., 2004). On-Farm Versuche werden bei Fragestellungen durchgeführt, die sich mit der Einführung neuer technologischer Verfahren befassen, die die Praxis unmittelbar betreffen. Dabei ist vorgesehen, dass praktizierende Landwirte an der Versuchsplanung und -durchführung beteiligt sind (Griffin, 2006). Es gibt dabei unterschiedliche, geeignete Versuchsdesigns von Block- über Streifendesign (Gandorfer et al., 2004). Bei einem Blockversuch werden die Versuchspartellen in Blöcke aufgeteilt. Üblicherweise werden diese randomisiert, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch systematische Störfaktoren zu eliminieren. Im On-Farm Research werden diese im rechten Winkel zu Wegen oder Fahrgassen angelegt und dann in unterschiedlichen Varianten behandelt oder bearbeitet (Böttger, 1990). Streifenversuche sind von der Streifenanlage aus klassischen Parzellenversuchen abzugrenzen. Sie werden in Langparzellen in Anlehnung an ein definiertes Fahrgassensystem in einen Schlag hineingelegt (Thöle, 2010). Es werden konventionelle Maschinen mit georeferenzierten Erfassungsmöglichkeiten der zu prüfenden Parametern eingesetzt. Dies ermöglicht häufig die Erstellung und Auswertung einer georeferenzierten Übersichtskarte, welche dann statistisch ausgewertet werden kann. Dabei können die Grenzen zwischen der herkömmlichen Bewirtschaftung des Betriebes und Versuchsdurchführungen verschwimmen.

Exaktversuche hingegen sind die hauptsächlich angewandte Versuchsform im landwirtschaftlichen Versuchswesen. Sie werden in Block-, Spalt- oder Streifenanlagen durchgeführt. Dabei soll in kleinräumigem Maßstab unter dem Einsatz von kosten- und personalintensiven Spezialmaschinen mit einer hohen Präzision eine Varianz eines betrachteten Merkmals erfasst werden. Der Kostenrahmen von On-Farmversuchen ist als wesentlich geringer im Vergleich zu der Durchführung von Exaktversuchen einzuschätzen (Gandorfer et al., 2004). Somit wird der Ansatz des On-Farm Research vor allem für den Einsatz in Entwicklungsländern unter aktiver Beteiligung von Landwirten zur Adaption neuer Technologien als vorteilhaft angesehen (Thöle, 2010). Der Ansatz wird vor allem zur Beantwortung von Versuchsfragen genutzt, die in Parzellenversuchen technologisch nur schwer umsetzbar sind (Thomas, 2006). Nachteile des On-Farm Research liegen in einem höheren Flächenbedarf für die Durchführung der Versuche sowie einem höheren Zeitaufwand für die Kontrolle der größeren Felder.

Ein On-Farm Ansatz darf nicht nur ein kostengünstiger Ersatz von Exaktversuchen sein, sondern soll als Ergänzung zu grundlegenden Forschungen unter Beachtung wissenschaftlicher Anforderungen bei dem Versuchsaufbau, der Versuchsdurchführung und der Datenerhebung gelten (Chaney, 2017). Die in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen wurden in einem laufenden landwirtschaftlichen Betrieb mit einem begrenzten Budget im Freifeldanbau durchgeführt. Die Ausführung der Untersuchungen war unter den herrschenden Rahmenbedingungen nur im On-Farm Research möglich. Dabei muss gewährleistet bleiben, dass die Untersuchungsfelder klar von anderen Produktionsparzellen abgegrenzt sind und es muss sichergestellt werden, dass nur die vorgesehenen Maßnahmen durchgeführt werden. Dafür waren eine klare Versuchsplanung, laufende Dokumentation und kontinuierliche Überwachung nötig.

6.1.2 Systematische Produktentwicklung

Für die Erprobung der Auswirkungen einer stärker mechanisierten Ananasernte (vgl. Kapitel 6.4) ist die Konzeption und prototypische Umsetzung einer Erntemaschine sinnvoll. Der Erntemaschinenprototyp ist die noch zu schaffende Grundlage für die Beurteilung der Verbesserungsansätze in der Ernte.

Die Entwicklung dieser Maschine bedingt eine methodisch-systematische Vorgehensweise. Diese wird in der Konstruktionsmethodik in Form von konkreten Handlungsanweisungen zum Entwickeln und Konstruieren dargelegt. Dazu gehören Vorgehenspläne zur Verknüpfung von Arbeitsschritten und Konstruktionsphasen, die an die jeweilige Aufgabenstellung angepasst werden können. Dabei ist die Festlegung einer generellen Zielsetzung unter Beachtung von Regeln notwendig. Bei Neuentwicklungen entstehen unter Anwendung des methodischen Konstruierens in geordneter und schrittweiser Vorgehensweise auf abstrakter Ebene wiederverwendbare Lösungen. Die schrittweise Konkretisierung von Lösungsansätzen ermöglicht eine Auswahl und Optimierung mit geringem Aufwand (Pahl et al., 2004).

Die Methoden der Produktentwicklung basieren auf der Systemtechnik, der Wertanalyse und den Konstruktionsmethoden. Die Systemtechnik ist Grundlage des methodischen Vorgehens und bietet als interdisziplinäre Wissenschaft die Möglichkeit, komplexe technische Gebilde (technische Systeme) in geordnete Elemente zu zerlegen, um den Zusammenhang zwischen den Elementen herzustellen sowie eine Systemgrenze festzulegen.

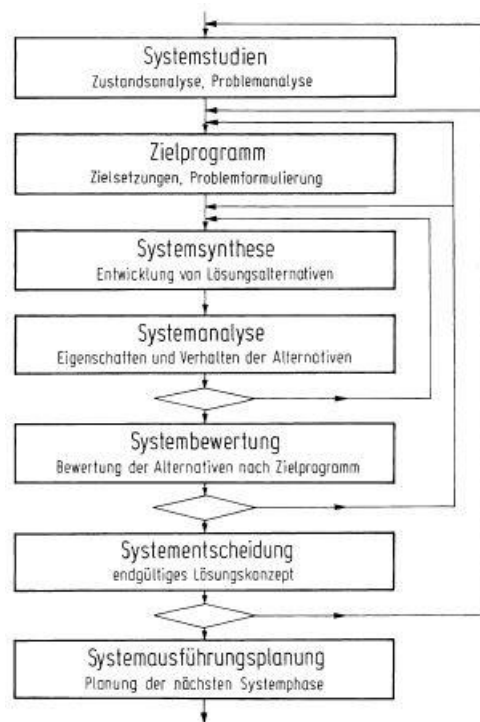


Abbildung 54: Vorgehensschritte der Systemtechnik nach Pahl et al., 2004

In der Abbildung 54 werden die allgemeinen Vorgehensschritte der Systemtechnik dargestellt. Diese beginnen mit der Systemstudie. Sie beinhaltet eine Zustandsanalyse und Problemanalyse. In den frühen Schritten einer Entwicklung ist eine Marktanalyse sowie eine Sondierung verfügbarer vergleichbarer Systeme vorzunehmen.

Auf der Systemstudie aufbauend werden Ziele für die zu lösenden Probleme formuliert. Diese sind die Basis für die Erarbeitung und spätere Bewertung von Lösungsvarianten im Rahmen des Findungsprozesses für eine passende Lösung. Die Systemsynthese enthält die Entwicklung von Lösungsvarianten auf Basis der Informationen aus den ersten beiden Schritten. Die Varianten werden dann wiederkehrend mit dem formulierten Ziel verglichen. Die dem Ziel am ehesten entsprechende Lösungsvariante mündet in einer Systemausführungsplanung (Pahl et al., 2004). Eine stärker auf die Entwicklung technischer Systeme angepasste Vorgehensweise mit einzelnen Arbeitsschritten und Zwischenergebnissen ist in den VDI Richtlinien 2222 und 2221 dargestellt. In der Richtlinie 2222 wird ein Vorgehensplan zur Entwicklung neuer Produkte beschrieben. Die Richtlinie 2221 beschreibt eine generelle Vorgehensweise zur Entwicklung von technischen Produkten für eine breite Anwendung im Maschinenbau und bei der Planung von technischen Anlagen. Dabei sieht der branchenübergreifende Vorgehensplan sieben Arbeitsschritte vor. Diese werden in der Abbildung 55 dargestellt. Sie ist als Leitlinie ohne starre Vorgaben zu sehen, die auch das Überspringen einzelner Prozessschritte zulässt und für ein breites Spektrum von Produktvarianten Anwendung finden kann.

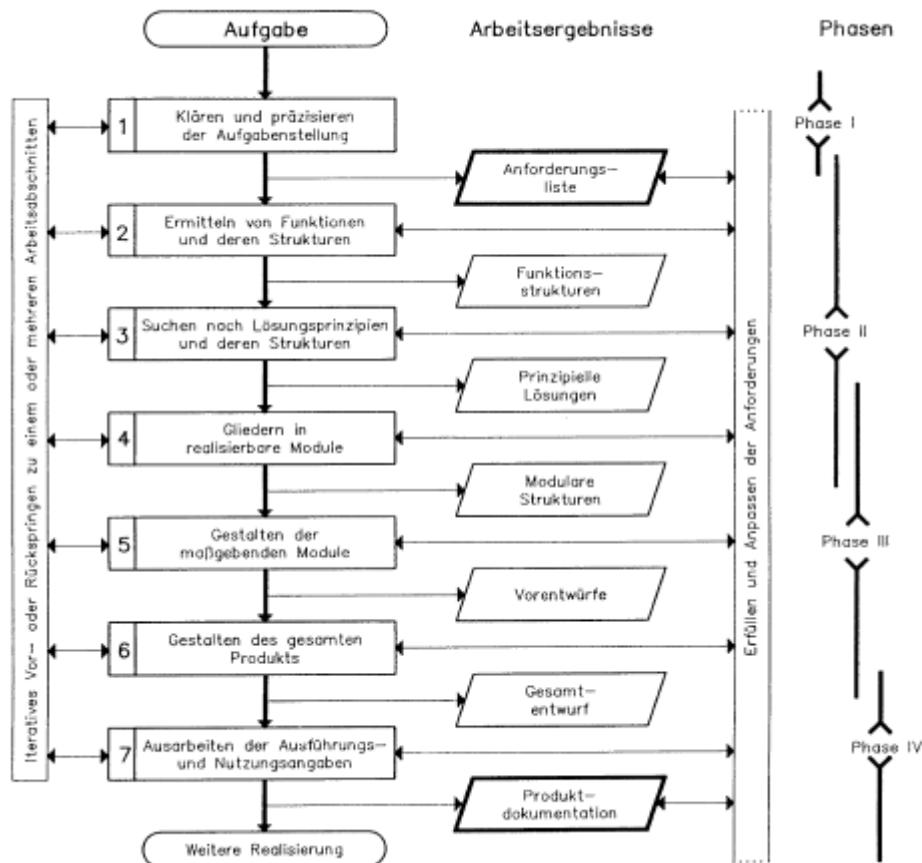


Abbildung 55: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI, 1993

Zunächst wird die Aufgabenstellung formuliert und eine Anforderungsliste erstellt. Dann werden Funktionen und deren Strukturen erfasst. Diese beinhalten nach der VDI Richtlinie 2222, Blatt 1 (VDI, 1997) die drei allgemeinen Größen „Stoff“, „Energie“ und „Information“ sowie fünf grundlegende Zustandsänderungen „Speichern“, „Leiten“, „Umformen“, „Wandeln“ und „Verknüpfen“. Im nächsten Schritt werden prinzipielle Lösungen und deren Strukturen gesucht. Diese ergeben dann die allgemeinen Funktionen (VDI, 1997). Bei der Suche nach Lösungsansätzen werden zunächst prinzipielle Lösungen aufgezeigt und dann in realisierbare Module gegliedert. Anschließend werden die maßgebenden Module in Form von Vorentwürfen gestaltet. Danach erfolgt die Erstellung eines Gesamtentwurfes und die Ausarbeitung der Ausführungs- und Nutzungsangaben. Die einzelnen Prozessschritte erfordern stetige Überprüfung und Anpassung gemäß den formulierten Anforderungen.

Diese Methodik wurde gewählt, um eine objektive und persönlich unbeeinflusste Lösungsvariante für die Entwicklung, den Bau und die Erprobung eines Erntemaschinenprototypen zu generieren. Eine realisierbare identifizierte Variante wird in Kapitel 6.4 mittels dieser Methodik entwickelt und im Feld des Versuchsbetriebes im On-Farm Research erprobt.

6.2 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen für festgestellte Probleme in der Bodenbearbeitung

In der Bodenbearbeitung wurden in Kapitel 4 als Hauptprobleme schwierige Witterungsbedingungen benannt, aus denen sich enge Zeitfenster zur Arbeitserledigung ergeben. Mittels Versuchen zur Kombination von Arbeitsgängen auf dem Acker unter Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten soll der Bearbeitungszeitbedarf zur Vorbereitung eines Anbaufeldes reduziert werden.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- In der Grundbodenbearbeitung können durch den Einsatz zapfwellengetriebener Arbeitsgeräte die Produktionskosten pro Hektar- und der Zeitaufwand für die Fertigstellung eines Feldes gesenkt werden.

Sowohl im Versuchsbetrieb sowie in den anderen befragten Betrieben wurden passive Bodenbearbeitungsgeräte eingesetzt (siehe Kapitel 2.4.2 und 3), die nicht geeignet sind, Anbaufelder mit wenigen Arbeitsgängen fertigzustellen. Daraus ergibt sich der zuvor genannte hohe Bearbeitungszeitbedarf. Es soll eine aktive Bodenbearbeitungsweise erprobt werden. Verändert wird in den anzulegenden Versuchen das Element „angebaute Arbeitsgeräte“. Es soll als Abweichung 1 des Standards eine Kreiselegge statt einer Scheibenegge werden. Als Abweichung 2 soll der Dammformer einen Teil der Scheibeneggenbodenbearbeitung ersetzen und dabei die Pflanzdämme ziehen. Insgesamt kann durch die Erfassung der Zustände vor und nach der Bearbeitung, sowie des benötigten Zeitfaktors eine Veränderung der Produktionskosten errechnet werden.

Auf dem Versuchsbetrieb „Leona Farms S.A.“ wurde zunächst der IST-Zustand der Versuchsfelder erfasst und dokumentiert. Dies geschieht zur Vermeidung einer Verfälschung der Ergebnisse durch unsachgemäße Versuchsanlage auf nicht geeigneten Feldern. Dabei wird zunächst der Zustand und die Art des Bodens erfasst, dann die Leistung des Traktors, das angehängte Arbeitsgerät, die Anzahl der Wiederholungen sowie der Zustand des Bodens nach der Bearbeitung.

6.2.1 Erläuterung von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten

Die in Kapitel 2.4.2 beschriebene typische Bodenbearbeitung wird mit passiven Bodenbearbeitungsgeräten durchgeführt. Nachstehend wird beschrieben, was unter einer aktiven Bodenbearbeitung zu verstehen ist. Zu den aktiven Geräten zählt eine Kreiselegge. Diese ist ein zapfwellengetriebenes Bodenbearbeitungsgerät mit mehreren vertikal rotierenden Kreiseln und in den Boden greifenden Zinken (siehe Abbildungen 56 und 57). Sie bewirken je nach Drehzahl, Bodenart und -zustand eine feinere Bodenstruktur und somit feinstrukturiertes Saatbett (Schön et al., 1998) (Köller & Hensel, 2019).

Zur Rückverfestigung und zur weiteren Krümelung des Oberbodens können verschiedene, auf die Bodenart abgestimmte Walzen direkt hinter der Kreiselschiene angebaut werden.

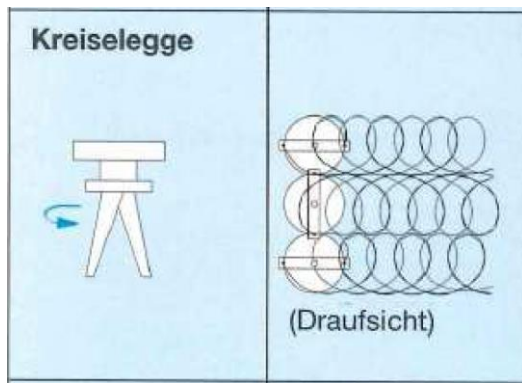


Abbildung 56: Arbeitsprinzip einer Kreiselegge (Schön et al., 1998)



Abbildung 57: Rabe Kreiselegge

Bei einer Dammfräse handelt es sich um ein Gerät, welches nach dem Prinzip der Rotoregge arbeitet (siehe Abbildungen 58 und 59). Diese verfügt über eine horizontal angeordnete Welle mit im Schlagprinzip arbeitenden Messerwerkzeugen, die einen Zerkleinerungseffekt auf das Bodengefüge bewirken (Schön et al., 1998).

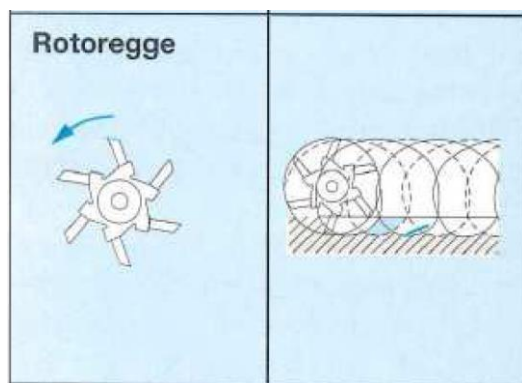


Abbildung 58: Arbeitsprinzip einer Bodenfräse (Schön et al., 1998)



Abbildung 59: Gruse Dammfräse

Direkt hinter dem Rotor sind bei einer Dammfräse Leitbleche für die Formung des Bodens zu Dämmen angebracht. Üblicherweise werden Dammfräsen im Kartoffelanbau eingesetzt, sodass die übliche Dammgröße mit 75 cm. bzw. 90 cm Mittenbreite nicht der des Ananasanbaus entspricht (Block, 2021).

6.2.2 Versuchsbeschreibung

Das landesweit vorherrschende Bodenbearbeitungssystem wurde in Abbildung 16 in Kapitel 2.4.2 dargestellt und wird in den folgenden Ausführungen als Grundlage für den Systemvergleich übernommen. Die Bodenbearbeitung beginnt nach der Zerstörung der alten Anpflanzung zunächst mit dem Baggern der Hauptdrainagen. Darauf folgen zwei brechende Arbeitsgänge mit der groben Scheibenegge „Rompeadora“ und der Kalkung. Daran schließt sich ein Arbeitsgang mit der Scheibenegge „Afinadora“ an. Zur Lockerung tieferer Bodenschichten folgen zwei Passagen mit dem Tiefenmeißel „Subsolador“ in Nord-Süd und

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

in Ost-West Richtung. Zwei weitere Arbeitsgänge mit der Scheibenegge „Afinadora“ bereiten ein feineres Bett für den abschließenden Einsatz des Dammformers, mit dem die Pflanzenbetten gezogen werden.

In der Abbildung 60 wird im oberen Teil das landesweit vorherrschende Bodenbearbeitungssystem gezeigt und darunter, wie der Einsatz einer Kreiselegge in das Bearbeitungssystem eingepasst wird und welche Folgen dies auf das konventionelle System hat. In dem konventionellen System erfolgen insgesamt fünf Passagen mit der Scheibenegge. In der Versuchsvariante 1 erfolgen drei Passagen mit der Scheibenegge und ein Durchgang mit der Kreiselegge.

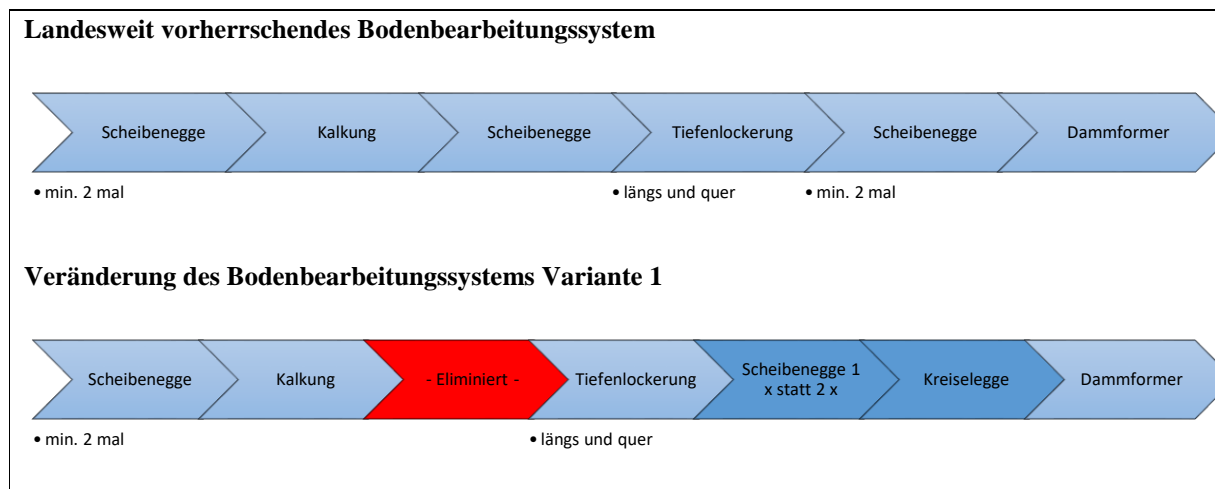


Abbildung 60: Bodenbearbeitung – Vergleich Standardsystem und Veränderung Variante 1

Als weitere Versuchsvariante soll der Einsatz einer Dammfräse statt eines Dammformers mehrere Arbeitsgänge mit der Scheibenegge ersetzen. Im Rahmen der vorliegenden Versuche wird eine im Kartoffelanbau eingesetzte Vollfelddammfräse auf die Reihenbreite und Dammgröße für das Ananasanbausystem umgebaut.

In der Abbildung 61 wird im oberen Teil wiederum das landesweit etablierte System gezeigt und darunter, wie der Einsatz von Kreiselegge und Dammfräse in das Bearbeitungssystem eingepasst wird und welche Veränderungen sich daraus für das Anbausystem ergeben. Im konventionellen System erfolgen insgesamt fünf Passagen mit der Scheibenegge. In der Versuchsvariante 2 erfolgen zwei Passagen mit der Scheibenegge und jeweils ein Durchgang mit der Kreiselegge und dem Dammformer. Der Einsatz des Dammformers aus dem konventionellen System entfällt.

Wegen der Feldgröße (Länge 380 Meter und Breite rd. 210 Meter), der zwei Prüfelemente (Kreiselegge und Dammfräse mit Arbeitsbreiten von jeweils drei Metern) sowie der beabsichtigten vier Wiederholungen erfolgte eine Aufteilung in 0,75 ha Plots. Diese wurden zum Ausgleich möglicher kleiner Bodenunterschiede innerhalb des Feldes randomisiert. Es erfolgte eine Aufteilung in die Blocks „A“ und „B“ mit jeweils vier Plots (genaue Aufteilung siehe Anlage 6: Versuchsprotokoll Bodenbearbeitung). Die Plots wurden mittels eines Laufrades vermessen (Breite rd. 42 m und Länge rd. 180 m) und die Eckpunkte wurden mit Stangen markiert. Als Material wurde ein Traktor der Marke Landini Baureihe Landpower mit 160 PS sowie das jeweilige Arbeitsgerät genutzt. Die Zeit für die Bearbeitung eines jeden Plots wurde mittels einer Stoppuhr in Minuten gemessen und in dem Versuchsprotokoll dokumentiert. Die Drehzahl der Zapfwelle wurde für beide Geräte auf 1.000 min^{-1} eingestellt. Die niedrige Geschwindigkeit von 1,25 bis rd. 1,75 km/h orientierte sich an den Arbeitsbedingungen der eingesetzten Geräte in Verbindung mit den vorherrschenden typischen Bodenbedingungen. Die Plots 1, 4, 5 und 8 wurden nach der Versuchsvariante 1 (siehe Abbildung 60) bearbeitet. Die Plots 2, 3, 6 und 7 wurden entsprechend der Vorgaben des Versuchsaufbaus der Variante 2 (siehe Abbildung 61) geackert. Zu Beginn der jeweiligen Arbeit war der Dieseltank des Ackerschleppers komplett mit Diesel gefüllt und wurde nach Abschluss wieder befüllt. So konnte neben der Leistung in ha/h auch der Verbrauch pro Hektar ermittelt werden.

6.2.4 Ergebnisse

Der Zeitbedarf für die Fertigstellung des jeweiligen Plots ist in Tabelle 15 enthalten. Er wurde errechnet nach der Formel: Größe des Versuchsplots in ha dividiert durch die aufgewandte Arbeitszeit in Stunden. Alle Plots hatten die Größe von 0,75 ha. Der Zeitaufwand für die Arbeit mit der Kreiselegge lag zwischen 91 und 96 Minuten und für die Dammfräse zwischen 98 und 103 Minuten. Die resultierenden durchschnittlichen Hektarleistungen wurden mit 0,48 ha/h für die Kreiselegge und 0,45 ha/h für die Dammfräse berechnet (Anlage 6: Versuchsprotokoll Bodenbearbeitung). Der Dieselverbrauch betrug bei der Kreiselegge rd. 22 l/ha und bei der Dammfräse rd. 25 l/ha.

6.2 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen für festgestellte Probleme in der Bodenbearbeitung

Tabelle 15: Versuchsauswertung Bodenbearbeitungsvarianten

		Aufgenommen	Berechnet	Berechnet	Berechnet
Lage	Typ	Minuten	Arbeitsstunden	Anzahl Maschinenstunden/ha	ha/h
Plot 1	2	101	1,68	2,24	0,45
Plot 2	1	91	1,52	2,02	0,49
Plot 3	1	92	1,53	2,04	0,49
Plot 4	2	103	1,72	2,29	0,44
Plot 5	2	98	1,63	2,18	0,46
Plot 6	1	96	1,60	2,13	0,47
Plot 7	1	93	1,55	2,07	0,48
Plot 8	2	99	1,65	2,20	0,45

Die ermittelten Leistungskennzahlen gehen in die Kalkulation der Arbeitsgerätekosten für die Kreiselegge und die Dammfräse ein (siehe Tabelle 15 und 16). Die Nutzungsdauer für die Kreiselegge und die Dammfräse wird auf jeweils 500 ha in fünf Jahren, also 100 ha pro Jahr angesetzt. Die Kosten für Wartung und Reparaturen werden mit 7.500 USD über die Nutzungsdauer berücksichtigt. Die Kosten beinhalten einen jährlichen Wechsel der Arbeitswerkzeuge, die Kosten für Öl- und Schmierstoffe sowie Arbeitszeit und die Kosten für verwendetes Verbrauchsmaterial. Damit ergeben sich für die Kreiselegge Gesamtkosten in Höhe von 129,52 USD/ha pro Arbeitsgang und für die Dammfräse in Höhe von 152,42 USD/ha pro Arbeitsgang.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 16: Kalkulation der Arbeitsgerätekosten einer Kreiselegge und einer Dammfräse nach Leona Farms S.A., 2018

	Kreiselegge Rotovitor	Dammfräse
Kaufpreis in USD	\$-20.000,00	\$-25.000,00
Nutzungsdauer in Jahren	5,00	5,00
Zinssatz in % pro Jahr	4,00	4,00
Zins über Nutzung in USD	\$-2.000,00	\$-2.500,00
Restwert	\$5.000,00	\$5.000,00
Kosten über Nutzung in USD	\$-16.994,96	\$-22.494,96
Kosten pro Jahr über Nutzung in USD	\$-3.398,99	\$-4.498,99
Reparatur, Instandhaltung / Jahr in USD	\$-1.000,00	\$-1.000,00
Wartung / Jahr in USD	\$-500,00	\$-500,00
Rep, Inst., Wartung über Nutzung in USD	\$-7.500,00	\$-7.500,00
Kosten Total über Nutzung in USD	\$-24.494,96	\$-29.994,96
Nutzung / Jahr in ha	100	100
Gesamtnutzung	500	500
Kosten / h über Nutzung	\$-48,99	\$-59,99
(nur bei Anhängegerät) – ha / h	0,48	0,45
Verbrauch in Liter Diesel / h	22,00	25,00
Kosten / h bei 0,98 USD / Liter Diesel	\$-21,56	\$-24,50
Kosten Maschinen + Diesel/ ha	\$-93,91	\$-114,43
Traktorkosten / ha pro Arbeitsgang	\$-24,57	\$-26,21
Personalkosten / ha bei 5,30 USD / h	\$-11,04	\$-11,78
Gesamtkosten / ha	\$-129,52	\$-152,42

Unter Berücksichtigung der berechneten Arbeitskosten ergibt sich dadurch eine kalkulatorische Einsparung von 17,09 USD/ha (siehe Tabelle 17). Dies entspricht einer Verminderung der Kosten um rd. 2,5 %. Bei der Variante 2 wurden im Vergleich zu dem Basisszenario (siehe Tabelle 17) sämtliche Bearbeitungsgänge mit der Scheibenegge „Afinadora“ eliminiert. Dafür wurde der Arbeitsgang mit der Kreiselegge vor die abschließende Bearbeitung mit der Dammfräse gesetzt. Hierdurch ergaben sich kalkulatorische Einsparungen von 49,81 USD/ha im Vergleich zu dem Basisszenario (siehe Tabelle 17). Dies entspricht einer Verminderung der Kosten um rd. 7,4 %.

6.2 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen für festgestellte Probleme in der Bodenbearbeitung

Tabelle 17: Kostenvergleich von Veränderungen im Bodenbearbeitungssystem nach Leona Farms S.A., 2018

Basisszenario	Kosten in USD/ha	Variante 1	Kosten in USD/ha	Variante 2	Kosten in USD/ha
Hauptdrainagen mit Bagger	\$ 3,87	Hauptdrainagen mit Bagger	\$ 3,87	Hauptdrainagen mit Bagger	\$ 3,87
Scheibenegge "Rompeadora"	\$ 73,31	Scheibenegge "Rompeadora"	\$ 73,31	Scheibenegge brechend	\$ 73,31
Scheibenegge "Rompeadora"	\$ 73,31	Scheibenegge "Rompeadora"	\$ 73,31	Scheibenegge brechend	\$ 73,31
Kalkung	\$ 25,00	Kalkung	\$ 25,00	Kalkung	\$ 25,00
Scheibenegge "Afinadora"	\$ 73,31	-	\$ -	-	\$ -
Tiefenlockerung längs	\$ 85,80	Tiefenlockerung längs	\$ 85,80	Tiefenlockerung längs	\$ 85,80
Tiefenlockerung quer	\$ 85,80	Tiefenlockerung quer	\$ 85,80	Tiefenlockerung quer	\$ 85,80
Scheibenegge "Afinadora"	\$ 73,31	Scheibenegge "Afinadora"	\$ 73,31	-	\$ -
Scheibenegge "Afinadora"	\$ 73,31	Kreiselegge	\$ 129,52	Kreiselegge	\$ 129,52
Dämme ziehen mit Dammformer	\$ 111,83	Dämme ziehen	\$ 111,83	Dammfräse	\$ 152,42
Summe	\$ 678,83	Summe	\$ 661,74	Summe	\$ 629,03
		Differenz zu Basis	\$ 17,09	Differenz zu Basis	\$ 49,81

Neben der monetären Bewertung über die Vorzüglichkeit des Bearbeitungssystems kann sich aus der Einsparung von Bearbeitungsgängen auch eine Reduktion des für die Bearbeitung benötigten Zeitfensters ergeben, denn um den gewünschten Bearbeitungseffekt zu erzielen, wird der Boden in Costa Rica nicht in stetiger Folge bearbeitet, sondern es erfolgen Pausen zwischen den einzelnen Arbeitsschritten, in denen das Land der Witterung ausgesetzt ist. Die Veränderungen des gesamten Zeitbedarfs zur Fertigstellung eines Hektars können der Anlage 7 (Zeitbedarf für die Bodenbearbeitung in Wochen) entnommen werden. Dabei ergibt sich im Basisszenario ein Gesamtbedarf von sieben Wochen, in der Variante 1 in Höhe von 6 Wochen und in der Variante 2 in Höhe von 5 Wochen.

Durch den Einsatz der zapfwellenbetriebenen Kreiselegge und der Dammfräse konnten die Arbeitserledigungskosten im Vergleich zu dem ursprünglichen Bodenbearbeitungssystem um bis zu 49,81 USD/ha, mithin rd. 7,4 % reduziert werden. Im konventionellen Bodenbearbeitungssystem Costa Ricas werden 13 Wochen (siehe Anlage 7 und Kapitel 2.4.2) benötigt, um ein abgeerntetes Feld in ein frisches saarfertiges Feld zu transformieren. Bei der Versuchsvariante 1 konnte dies nach 12 Wochen und bei der Versuchsvariante 2 nach

11 Wochen erreicht werden, sodass die Zeitfenster in der Trockenzeit (Februar - April) besser genutzt werden können.

6.3 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen im Bereich Pflege und Wachstum

In dem Anbausegment Pflege und Wachstum wurden in Kapitel 4 als Hauptprobleme schwierige Witterungsbedingungen benannt, aus denen sich enge Zeitfenster zur Arbeitserledigung ergeben. Mittels mehrerer Versuchsanstellungen zu Düngemittelapplikationen, der Kombination von Düngemitteln mit Herbiziden und / oder Insektiziden sowie Veränderungen des Anbausystems durch die Anlage eines Fahrgassensystems, Veränderungen bei der Pflanzdichte sowie einer Anpflanzung unter Kunststofffolie wurden die in dem Kapitel 5 ermittelten Lösungsansätze in den folgenden Unterkapiteln abgeprüft.

6.3.1 Düngemittelapplikationen

In diesem Kapitel wird ein Versuch zur Reduktion der Wasseraufwandmenge pro Hektar bei der Düngemittelapplikation dargestellt. Das Ziel dabei entspricht einer Erhöhung der Leistung pro Stunde bzw. einer Verringerung der Einsatzzeiten der Pflanzenschutzspritzen innerhalb des Anbauzyklus.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Eine Verminderung von Wasseraufwandmengen pro Hektar bei der Düngemittelapplikation reduziert den Zeitbedarf und hat keine negativen Auswirkungen auf das Ernteergebnis.

Düngemittel werden in Costa Rica mittels der Pflanzenschutzspritze ausgebracht. Der Dünger wird in Wasser gelöst und die Aufwandmenge beträgt 2.500 l/ha. Bei dieser Ausbringmenge sind Flächenleistungen von 0,5 ha/h möglich. Eine Reduktion der Aufwandmenge pro Hektar würde die Flächenleistung erhöhen. Dieser Lösungsansatz zur Erhöhung der Leistung wurde in Versuchen überprüft.

6.3.1.1 Versuchsbeschreibung

Für die Versuche standen drei Teilflächen mit einer Größe von jeweils rd. 1,3 Hektar auf dem Feld „4“ des Versuchsbetriebes zur Verfügung (siehe Abbildung 63).

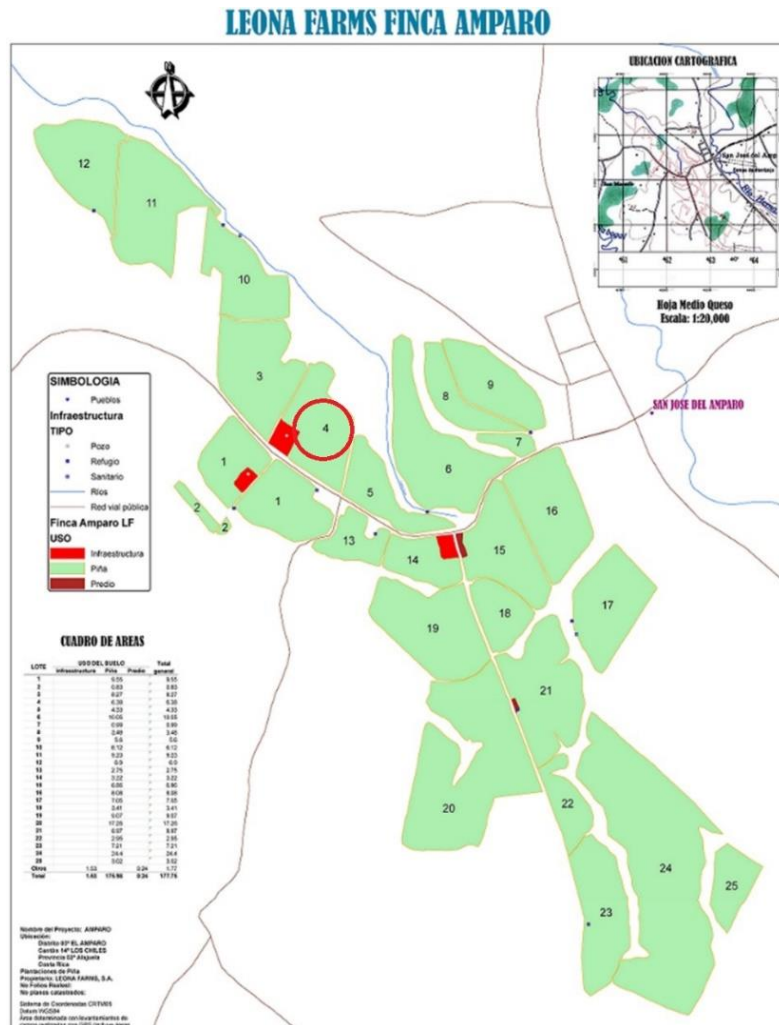


Abbildung 63: Lage Feld 4 (Leona Farms S.A., 2018)

Auf nebeneinanderliegenden Lots wurde Düngemittel mit 2.500 l/ha in der Kontrollvariante, 1.500 l/ha in der Änderungsvariante 1 und mit 1.000 l/ha in der Änderungsvariante 2 ausgebracht (siehe Tabelle 18). Ziel ist es, auf nebeneinanderliegenden Lots die Entwicklung der Pflanzen unter Einfluss der unterschiedlichen Wasseraufwandmengen bei gleichen Düngergaben auch visuell vergleichen zu können. Die Reduktion der Wasseraufwandmengen auf 1.500 l/ha wurde gewählt, da diese Aufwandmenge bei Fungizidapplikationen etabliert ist. Die Aufwandmenge von 1.000 l/ha wird im Betrieb bei der Applikation von Herbiziden in Jungpflanzenbeständen eingesetzt. Überprüft wird, ob diese Aufwandmengen auch in der Düngemittelapplikation Anwendung finden können.

Tabelle 18: Versuchsvarianten Wassermengen in der Düngemittelapplikation

Variante	Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
Wassermenge l/ha	2.500	1.500	1.000
Größe des Lots in ha	1,28	1,31	1,35
Pflanzen/ha	72.000	72.000	72.000

Die Anwendungen wurden über einen Zeitraum von 6 Monaten jeweils mit den gleichen Düngepaketen gefahren. Zur Applikation eingesetzt wurden ein Landini Landpower 160 PS (Baujahr 2016) und eine Pflanzenschutzspritze Modell Standard – Costa Rica, 4.000 Liter (Baujahr 2012).

Zu Beginn der Untersuchungen wurden 10 Pflanzen pro Lot gezogen und das Gewicht mit einer manuellen Zugwaage bestimmt. Die Entnahme erfolgte nach dem in Abbildung 64 gezeigten Schema und wurde an den in derselben Tabelle gezeigten Versuchstagen wiederholt.

Aus den Ergebnissen wurden die mittleren Pflanzengewichte errechnet. Die Wiegunen wurden im Abstand von jeweils 30 Tagen wiederholt, um das Wachstum bzw. die Entwicklung des Pflanzengewichtes auf die Pflanze zu erfassen. Nach der Anpflanzung benötigt ein Jungpflanzenbestand je nach Witterungsbedingungen zwischen 4 bis 6 Wochen, um das Wurzelwerk auszubilden. Dieser Zustand ist 40 Tage nach der Anpflanzung sicher erreicht. Somit wurde am Tag 40 nach der Anpflanzung damit begonnen, die Düngemittel auf den definierten Versuchsfeldern mit unterschiedlichen Wassermengen (2.500, 1.500 und 1.000 l/ha) auszubringen. Der Erntezeitpunkt und die Ernteergebnisse wurden anhand der Auswertung aus der Packstation erfasst und ausgewertet.

Entnahme der Pflanzen aus dem Bestand												Tage nach	Tag	Probenentnahme
im Z-Muster aus den Reihen der Anpflanzung												Anpflanzung	Versuch	je 10 Pflanzen
					X						X	40	1	X
						X						70	30	X
				X		X					X	100	60	X
			X				X				X	130	90	X
	X						X	X				180	120	X
		X						X				210	150	X
												240	180	X
												270	210	X

Abbildung 64: Versuchsplan zur Gewichtsbestimmung der Pflanzenmasse

6.3.1.2 Versuchsdurchführung

Beginn der Versuche war der 29.05.2018. Die Versuchsvarianten wurden nach dem zuvor beschriebenen Schema angelegt und durchgeführt. Die Entwicklung der Pflanzengewichte und die Ernteergebnisse wurden erfasst. In der Tabelle 19 wird gezeigt, wie der Versuch durchgeführt wurde. In neun unterschiedlichen Wochen nach der Anpflanzung wurde Dünger appliziert. Die dabei applizierte Düngermenge war in den 3 Gruppen gleich. Variiert wurde die Wassermenge, mit der der Dünger appliziert wurde.

Tabelle 19: Versuchsdurchführung der Düngemittelgaben

Anpflanzung	Woche nach Anpflanzung	Applikation von Dünger	Kontrolle in L/ha	Variante 1 in L/ha	Variante 2 in L/ha
	7	X	2.500	1.500	1.000
	10	X	2.500	1.500	1.000
	13	X	2.500	1.500	1.000
	16	X	2.500	1.500	1.000
	19	X	2.500	1.500	1.000
	22	X	2.500	1.500	1.000
	25	X	2.500	1.500	1.000
	28	X	2.500	1.500	1.000
	31	X	2.500	1.500	1.000

6.3.1.3 Ergebnisse

Das mittlere Pflanzengewicht in den drei Gruppen betrug jeweils 0,60 kg (siehe Abbildung 65). Zur Ermittlung des Gewichts wurde die gesamte Pflanze inklusive der Wurzelmasse aus dem Bestand entfernt, gereinigt und verwogen. Nach 30 Tagen wurden Gewichtsunterschiede zwischen den Gruppen ermittelt, die sich bis zum Ende der Untersuchungen nach 210 Tagen fortsetzten und verdeutlichten. Nach 60 Tagen betrug der Gewichtsunterschied rd. 0,50 kg zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe mit der Wasserapplikationsmenge von 1.000 l/ha.

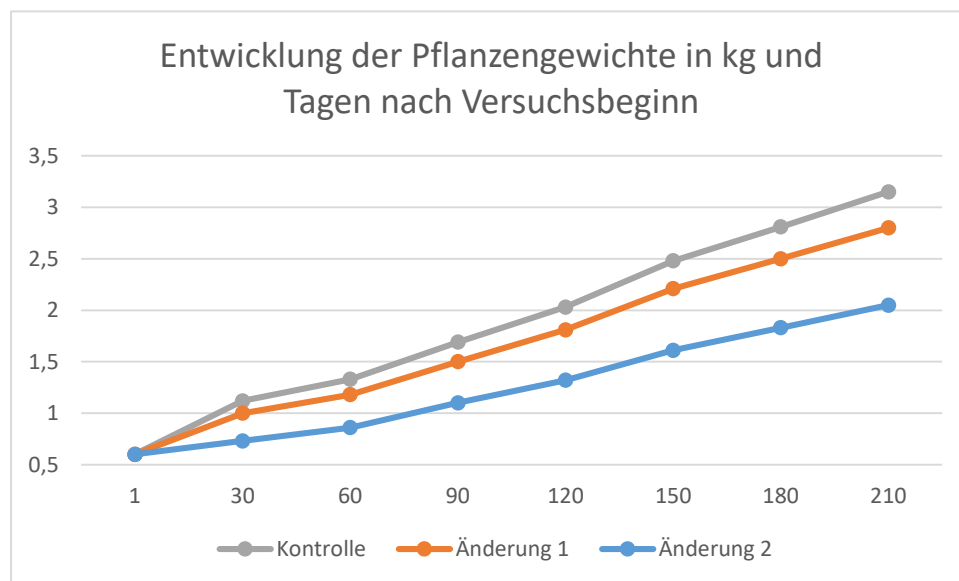


Abbildung 65: Darstellung der Entwicklung von Pflanzengewichten im Versuchsverlauf

Nach 210 Tagen betrug der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen bereits 1,10 kg. Die Betrachtung der Gewichtsentwicklung in den drei Gruppen zeigt eine Korrelation zwischen Wasseraufwandmenge und Pflanzenmassezuwachs. Die Pflanzenmasse ist das wesentliche Kriterium zur Induktion der Blüte. Die mittlere Pflanzenmasse soll zur Zeit der Induktion zwischen 2,50 und 3,00 kg liegen. Diese Zielgrößen resultieren schließlich in Fruchtgrößen, die im Markt als Frischfrucht besonders nachgefragt werden (siehe Kapitel 2.4.6).

Tabelle 20 zeigt die unterschiedliche Entwicklung der Pflanzenmasse unter dem Einfluss variiertes Wassermengen bei gleichbleibender Düngermenge. Ebenfalls zu sehen ist, wann die einzelnen Untersuchungsgruppen die zur Induktion notwendigen Zielgrößen (=2,8 kg Blattmasse) erreichten.

Tabelle 20: Versuchsauswertung - benötigte Zeit bis zur Induktionsreife bei reduzierter Wassermenge bei der Düngemittelapplikation

		Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
Pflanzenbestand pro ha		72.000	72.000	72.000
Größe des Lots in ha		1,28	1,31	1,35
Liter Wasser/ ha		2.500	1.500	1.000
Induktion	Tag	240	270	310
Erntereife	Tag	390	420	460

Die Kontrollgruppe erreichte das Zielgewicht nach 240 Tagen. Die Gruppe, in der Dünger mit einer Wassermenge von 1.500 l ausgebracht wurde, erreichte dieses Zielgewicht nach 270 Tagen und die Gruppe mit einer Wassermenge von 1.000 l Wasser erreichte das Zielgewicht nach 310 Tagen. Die Erntereife wurde in allen Gruppen 150 Tage nach der Induktion erreicht. Diese Tage müssen zu der Zeit bis zur Erreichung der Induktion addiert werden. Daraus errechnet sich die Gesamtzeit der Produktion von der Pflanzung bis zur Ernte. Die Kontrollgruppe war nach 390 Tagen erntereif, die beiden Untersuchungsgruppen nach 420 bzw. 460 Tagen. Das entspricht einem plus 30 bzw. plus 70 Tage zwischen der Kontrollgruppe und den beiden Versuchsgruppen.

In Kapitel 2.4 wurde beschrieben, dass die Pflanzenmasse einen Einfluss auf das Erntegewicht der Früchte hat. Im Kapitel 2.4.5 gezeigt, dass Ananasfrüchte in Gewichtsklassen unterteilt werden. Im Groß- und Einzelhandel werden Ananasfrüchte in den Originalverpackungen ausgelegt und angeboten. Diese Kisten haben ein Gewicht zwischen 11,5 bis 12,5 kg. Die Anzahl der Früchte in diesen Verpackungskisten weist auf das mittlere Gewicht der Früchte hin. Die Formel $12 \text{ kg} / \text{Anzahl der Früchte}$ ermittelt das mittlere Fruchtgewicht.

Die Abnehmer (Fruchtkäufer) fragen international besonders die Größenklassen 6 bis 8 nach. Die größte Nachfrage liegt dabei in der Größenklasse 8 (Rostren, 2018). Diese Nachfrage wiederum steht den Zielen des Produzenten entgegen, der möglichst viel Gewicht pro ha produzieren möchte, also höhere Gewichtsklassen (5 – 6). Daraus hat sich das Gleichgewicht

ergeben, als Ziel möglichst viele Ananas zu produzieren, die in die Größenklassen 6 bis 8 fallen (Rostren, 2018).

In Tabelle 21 wird gezeigt, welchen Einfluss die unterschiedlichen Applikationsregime auf die Fruchtgrößen hatten.

Tabelle 21: Versuchsauswertung - Einfluss der Wassermenge bei der Düngemittelapplikation auf die Fruchtgröße

		Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
Pflanzenbestand pro ha		72.000	72.000	72.000
Größe des Lots in ha		1,28	1,31	1,35
Liter Wasser/ ha		2.500	1.500	1.000
Erntemenge total in kg		107.115	98.160	84.567
Erntemenge (kg) total pro ha		83.684	74.931	66.068
Größe der Frucht		kg	kg	kg
Klasse	5	16.737	13.488	5.285
Klasse	6	20.921	17.234	11.892
Klasse	7	20.921	20.981	21.802
Klasse	8	16.737	15.736	16.517
Klasse	9 u 10	8.368	7.493	10.571
Summe in kg		83.684	74.931	66.068

Es sind die Erntemengen der jeweiligen Versuchsgruppen aufgeführt. Die jeweilige absolute Erntemenge wird auf die Erntemenge pro ha bereinigt. Dabei zeigen sich Unterschiede zwischen den Gruppen. In der Kontrollgruppe werden rd. 83,7 t pro ha geerntet, in den beiden Versuchsgruppen rd. 75 bzw. rd. 66 t Frischfrucht pro Hektar.

Die Zuordnung der Früchte in die spezifischen Ananasgrößenklassen wurden ebenfalls in der Packstation mittels der Auswertung eines „Sizers“ dokumentiert (siehe auch Kapitel 2.4.6). Die Betrachtung zeigt, dass in der Kontrollgruppe die meisten Früchte in den Klassen 6 und 7 auftreten, in der ersten Änderungsgruppe in der Klasse 7 und in der zweiten Änderungsgruppe in Klasse 8. Die Unterschiede zwischen den Gruppen werden nachstehend in prozentualer Betrachtung gezeigt. Die Gesamtmenge pro Gruppe beträgt jeweils 100 % und die Zeilen in den Klassengrößen zeigen die prozentuale Verteilung der Früchte. In der Kontrollgruppe fallen 50 % aller Früchte in die Größenklassen 6 und 7 und 70 % in die Größenklassen 6 bis 8. In der ersten Änderungsgruppe befinden sich 51 % in den Größenklassen 5 und 6 und 72 % in den Größenklassen 6 bis 8. Die zweite Änderungsgruppe zeigt ebenfalls 51 % in den Größenklassen 5 und 6. In den Größenklassen 6 und 8 sind 76 % der Erntefrüchte vertreten.

Tabelle 22 beschreibt die ökonomischen Effekte der Untersuchungsergebnisse. Bei Exportfruchtpreisen (Stand: April 2019) in Höhe von 0,28 USD/kg für die Fruchtkategorien 5 und 7, 0,30 USD/kg für die Fruchtkategorie 6, 0,20 USD/kg für die Fruchtkategorie 8 und 0,15 USD/kg für die Fruchtkategorien 9 und 10 ergibt sich ein Erlös von insgesamt 21.423 USD

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

für die Kontrollgruppe, 19.092 USD für die Änderungsgruppe 1 und ein Erlös von 16.041 USD für die Änderungsgruppe 2.

Tabelle 22: Versuchsergebnisse - ökonomische Auswirkungen der Wassermengenreduktion bei Düngemittelapplikationen

Klasse	USD / kg	Erlöse in USD / ha		
		Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
5	\$0,28	\$4.686	\$3.777	\$1.480
6	\$0,30	\$6.276	\$5.170	\$3.568
7	\$0,28	\$5.858	\$5.875	\$6.105
8	\$0,20	\$3.347	\$3.147	\$3.303
9 u 10	\$0,15	\$1.255	\$1.124	\$1.586
	Summe	\$21.423	\$19.092	\$16.041

6.3.2 Kombination von Düngemitteln mit Herbiziden und / oder Insektiziden

In diesem Kapitel wird ein Versuch zur Kombination von Düngemitteln mit Herbiziden und / oder Insektiziden erläutert. Das Ziel dabei entspricht einer Erhöhung der Leistung pro Stunde bzw. einer Verringerung der Einsatzzeiten der Pflanzenschutzspritzen innerhalb des Anbauzyklus.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Eine Kombination von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Applikationen ist möglich und reduziert somit die Summe der Überfahrten.

In dem standardmäßigen Produktionssystem werden Düngemittel separat ausgebracht und nicht mit Pflanzenschutzmitteln kombiniert. Üblich ist eine Kombination von Fungiziden mit Insektiziden. Herbizide werden getrennt ausgebracht. Eine Ausnahme bildet der Zeitpunkt zwei Wochen nach Anpflanzung. Dann werden Herbizide, Fungizide und Insektizide in einer Tankmischung ausgebracht. In der nachstehenden Tabelle 23 wird das Applikationsschema gezeigt. Es umfasst insgesamt 18 Überfahrten.

Tabelle 23: Standard Applikationsschema von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion

Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Düngemittel	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Herbizide		X											X													X							
Fungizide		X			X			X			X															X							
Insektizide		X									X															X							

Ziel der Untersuchung war es, zu überprüfen, ob gemeinsame Applikationen von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln möglich sind und ob dieses keinen nachteiligen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung und Ernteergebnisse ausbildet.

6.3.2.1 Versuchsbeschreibung

Der On-Farm Versuch für die Untersuchungen von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion wurde auf drei Teilflächen der Firma Leona Farms S.A. mit einer Größe von jeweils rd. 1,4 Hektar auf dem Feld „3“ und die Untersuchungen für den Zeitraum von der Induktion bis zur Ernte auf drei Teilflächen mit einer Größe von jeweils rd. 1,25 Hektar auf dem Feld „6“ durchgeführt (siehe Abbildung 66).

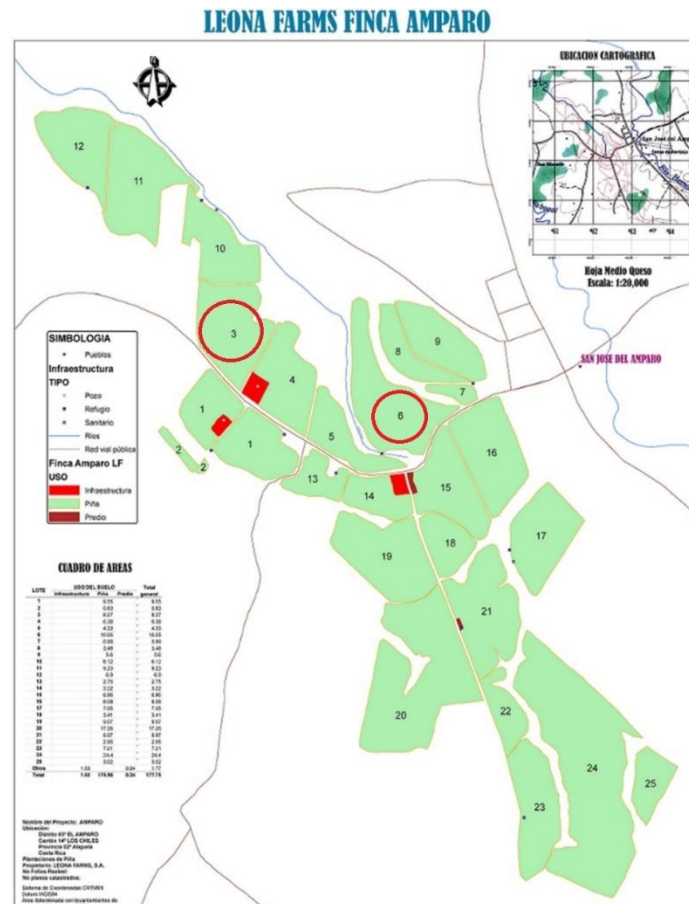


Abbildung 66: Lage Felder 3 und 6 (Leona Farms S.A., 2018)

Auf nebeneinanderliegenden Lots wurden Düngemittel und Insektizide entweder nach dem Standardprogramm ausgebracht (siehe Tabelle 23) oder in Kombination (siehe Anlagen 10, 11 und nachstehende Tabellen 24 und 25).

Zur Applikation eingesetzt wurden ein Landini Landpower 160 PS und eine Pflanzenschutzspritze Modell Standard – Costa Rica, 4.000 Liter. Der Untersuchungszeitraum (32 Wochen) erstreckte sich von der Anpflanzung bis zur Induktion (ausschließlich). In der ersten Gruppe wurde der Bestand im Standardverfahren behandelt. In der zweiten und dritten Gruppe wurden definierte Applikationen (siehe Tabellenanhang, Anlagen 10 und 11) in Tankmischungen zusammen ausgebracht. Untersuchungsparameter sind Pflanzengewicht, Schädlingsbefall und Verunkrautung. Die Parameter wurden in allen Gruppen in den Wochen 11, 22 und 33 erhoben. Dieses geschah in der Absicht, die Intervalle gleich groß zu gestalten. Wie im Kapitel 2.4 beschrieben, wurde in der Woche 33 die Blüte induziert.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Der Anlage 10 (Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmitteln) können die Details zur Versuchsanordnung und der Einzelapplikationen in den 33 Wochen des Untersuchungszeitraums entnommen werden. In der Kontrollgruppe wurden Dünge- und Pflanzenschutzmittel in 18 Überfahrten ausgebracht, in der Versuchsgruppe 1 in 13 Überfahrten (siehe Tabelle 24) und in der Versuchsgruppe 2 in 10 Überfahrten (siehe Tabelle 25).

Tabelle 24: Versuchsvariante 1 von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion

Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Düngemittel	X				X			X			X		X			X			X			X			X			X			X		
Herbizide		X											X														X						
Fungizide		X			X			X			X															X							
Insektizide		X									X																X						

Tabelle 25: Versuchsvariante 2 von der Anpflanzung bis zur Blüteninduktion

Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Düngemittel	X				X			X			X			X			X			X			X			X			X				
Herbizide		X											X													X							
Fungizide		X			X			X			X															X							
Insektizide		X									X															X							

Im Vergleich zur Kontrollgruppe sollte durch eine Vermischung oder Kombination von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln die Reduktion der Überfahrten in der Versuchsgruppe 1 erzielt werden. In der Versuchsgruppe 2 sollte darüber hinaus die Düngergabe von 11 Applikationen auf 4 Applikationen reduziert werden. Die insgesamt verabreichte Nährstoffmenge wurde nicht verändert.

6.3.2.2 Versuchsdurchführung

Die Kosten für Traktor, Pflanzenschutzspritze, Diesel, Fahrer waren konstant mit 34 USD pro Stunde angesetzt. Durch die Versuchsmodifikationen ändern sich die aufgewandten Zeiten pro ha. Das Standardprogramm umfasste von der Pflanzung bis zur Induktion 18 Überfahrten (siehe Tabelle 26). Düngemittel wurden zehnmal als Einzelapplikation ausgebracht, Herbizide und Fungizide in dieser Form jeweils zweimal. Die drei Kombinationsapplikationen beinhalteten Tankmischungen zwischen Dünger und Herbiziden (einmal) sowie Fungiziden und Insektiziden (zweimal). Dieses Standardprogramm kostete 1.088 USD für die eingesetzten Maschinen, Diesel und Lohnkosten. Der Zeitaufwand betrug 32 Stunden pro Hektar.

6.3 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen im Bereich Pflege und Wachstum

Tabelle 26: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha – Basisszenario (bis Induktion)

	BASIS	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
Applikationen	Anzahl	l / ha	ha / h	h / ha	total / ha	p ha
Dünger	11	2.500	0,5	2	22	\$748
Herbizide	2	1.500	1	1	2	\$68
Fungizide	2	1.500	1	1	2	\$68
Insektizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Kombination	3	2.500	0,5	2	6	\$204
	18			Total	32	\$1.088

Die Tabelle 27 zeigt die ökonomischen Daten für den ersten Variationsversuch. In Versuch 1 wurden die Betriebsmittel Dünger und Pflanzenschutz in 13 Applikationen ausgebracht. Dünger wurde sechsmal als Einzelapplikation gegeben und fünfmal wurden Kombinationen mit Herbiziden und/oder Fungiziden plus Insektiziden appliziert. Die Kosten für das Ausbringungspaket saldieren sich zu 850 USD/ha und der Zeitaufwand betrug 25 h/ha.

Tabelle 27: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 1 (bis Induktion)

	Versuch 1	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
Applikationen	Anzahl	l / ha	ha / h	h / ha	total p ha	p ha
Dünger	6	2.500	0,5	2	12	\$408
Herbizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Fungizide	1	1.500	1	1	1	\$34
Insektizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Kombination	6	2.500	0,5	2	12	\$408
	13			Total	25	\$850

In Tabelle 28 sind die Auswirkungen weiterer Applikationskombinationen angegeben. In dieser Variation 2 wurde Dünger viermal als Einzelapplikation verabreicht und sechsmal in Kombination mit Herbiziden und/oder Fungiziden. Im Vergleich zur Kontrollgruppe und der ersten Versuchsgruppe wurde eine Düngerapplikation eingespart. Dieses wurde durch Modifikation der Applikationsintervalle erreicht. Die insgesamt applizierte Düngermenge entspricht derjenigen der Vorgruppen. Die Kosten für dieses Anwendungsprogramm belaufen sich auf 680 USD/ha bei einem Zeitaufwand in Höhe von 20 Stunden pro Hektar.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 28: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 2 (bis Induktion)

	Versuch 2	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
Applikationen	Anzahl	p ha	ha / h	h / ha	total p ha	p ha
Dünger	4	2.500	0,5	2	8	\$272
Herbizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Fungizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Insektizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Kombination	6	2.500	0,5	2	12	\$408
	10			Total	20	\$680

Im Verlauf der Untersuchungen wurden die Bestände überwacht. Der Versuchsansteller und/oder ein zusätzlicher Agraringenieur waren bei allen Applikationen zugegen. Jede Applikation wurde erst nach Freigabe durch diese Person(en) ausgebracht, um sicherzustellen, dass die definierten Parameter erfüllt waren.

Die Erstapplikationen der drei Gruppen erfolgten am selben Tag. Auch in den einzelnen Versuchswochen wurden die Applikationen in den Gruppen an den jeweils selben Tagen durchgeführt, sofern der Versuchsplan (siehe Anlage 10) solche in derselben Woche vorsah. Zu Beginn der Untersuchungen wurde in jeder Gruppe das mittlere Gewicht der Pflanzen pro Fläche ermittelt. Während des Versuchszeitraumes erfolgten weitere Biomasseernten und Wägungen in den Wochen 11, 22 und 33 nach Versuchsbeginn (siehe auch 6.3.1.2).

Zur Gewichtskontrolle wurden nach dem in Kapitel 6.3.2.1 beschriebenen Schema jeweils zehn Pflanzen aus jeder Versuchsgruppe entnommen, gereinigt und dann verwogen. Dieser Vorgang wurde jeweils dreimal wiederholt.

6.3.2.3 Ergebnisse

Tabelle 29 zeigt die Gewichtsentwicklung der Pflanzenmasse über den Untersuchungszeitraum. Zu Beginn lagen die Gewichte in den einzelnen Gruppen bei 0,52 kg in der Kontroll- und der Versuchsgruppe 1, bei 0,53 kg in der Versuchsgruppe 2. Die drei Gruppen zeigen über die gesamte Versuchsdauer eine ähnliche Pflanzenmasseentwicklung. Am Ende der Untersuchungen hatten die drei Gruppen jeweils das notwendige Gewicht erreicht, um induziert werden zu können.

6.3 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen im Bereich Pflege und Wachstum

Tabelle 29: Versuch zur Kombination von Applikationen - Ergebnisse der Gewichtsermittlung (bis Induktion)

		Kontrolle	Gruppe 1	Gruppe 2
Pflanzenbestand pro ha		72.000	72.000	72.000
Größe des Lots in ha		1,31	1,48	1,39
Wochen	Tag	mittlere Gewichte der Pflanzenmasse		
nach Pflanzen	Versuch	kg	kg	kg
1	1	0,52	0,52	0,53
11	77	1,46	1,43	1,49
22	154	2,53	2,56	2,53
33	231	2,93	2,91	2,96

In drei weiteren Gruppen wurde in nachstehend beschriebenen Untersuchungen festgestellt, welche Auswirkungen Modifikationen der Applikationen während des Zeitraums von der Induktion bis zur Ernte hatten (siehe Anlage 11: Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (Induktion bis Ernte)). In der Basis / Kontrollgruppe wurden insgesamt 16 Überfahrten angewandt, in der Versuchsgruppe 1 in Summe 13 und in der Versuchsgruppe 2 in Summe 12. In beiden Versuchsgruppen wurden Dünger- und Insektizid-Applikationen kombiniert ausgebracht. In Tabelle 30 (Basisszenario) ist zu sehen, dass 16 Überfahrten durchgeführt wurden, um den Pflanzenbestand weiterzuentwickeln und die Fruchtentwicklung schädlingsfrei zu halten. Dafür wurden pro ha 23 Stunden und ein Betrag von 850 USD eingesetzt.

Tabelle 30: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha – Basisszenario (Induktion bis zur Ernte)

Applikationen	BASIS	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
	Anzahl	p ha	in ha / h	h / ha	total / ha	pro ha
Induktion	1	2.500	0,5	2	2	\$68
Dünger	4	2.500	0,5	2	8	\$272
Herbizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Fungizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Insektizide	7	1.500	1	1	7	\$238
Kombination	2	2.500	0,5	2	4	\$136
Madurierung	2	2.500	0,5	2	4	\$136
	16			Total	23	\$850

Tabelle 31 (Versuchsgruppe 1) zeigt, dass Dünge- und Pflanzenschutzmittel in 13 Überfahrten ausgebracht wurden, um den Pflanzenbestand weiterzuentwickeln und die Fruchtentwicklung schädlingsfrei zu halten. Dafür wurden pro ha 20 Stunde und ein Betrag von 748 USD eingesetzt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 31: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 1 (Induktion bis zur Ernte)

Applikationen	Versuch 1	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
	Anzahl	pro ha	in ha / h	h / ha	total / ha	pro ha
Induktion	1	2.500	0,5	2	2	\$68
Dünger	1	2.500	0,5	2	2	\$68
Herbizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Fungizide	0	1.500	1	1	0	\$0
Insektizide	4	1.500	1	1	4	\$136
Kombination	5	2.500	0,5	2	10	\$340
Madurierung	2	2.500	0,5	2	4	\$136
	13			Total	20	\$748

Zum Realisieren weiterer Optimierungsmaßnahmen wurden in der zweiten Versuchsgruppe weitere Anwendungen in Kombination ausgebracht. In dieser Untersuchungsgruppe (siehe Tabelle 32) wurden die Dünge- und Pflanzenschutzmittel in 12 Überfahrten ausgebracht. Dafür wurden pro ha 19 Stunden und ein Betrag von 646 USD eingesetzt. In dieser Untersuchung wurden alle 5 Düngergaben in Kombination mit Insektiziden ausgebracht.

Tabelle 32: Versuch zur Kombination von Applikationen - Zeitbedarf und Kosten / ha - Variation 2 (Induktion bis zur Ernte)

Applikationen	Versuch 2	Wassermenge	Leistung	Zeitaufwand		Kosten
	Anzahl	p ha	in ha / h	h / ha	total p ha	p ha
Induktion	1	2.500	0,5	2	2	68
Dünger	0	2.500	0,5	2	0	0
Herbizide	0	1.500	1	1	0	0
Fungizide	0	1.500	1	1	0	0
Insektizide	3	1.500	1	1	3	102
Kombination	6	2.500	0,5	2	12	408
Maduration	2	2.500	0,5	2	4	136
	12			Total	19	646

In den Untersuchungen wurde die Anzahl der individuellen Anwendung einer Produktgruppe unverändert gelassen. Tabelle 33 verdeutlicht, in welcher Form die Rationalisierungsmaßnahmen umgesetzt wurden. In Versuchsgruppe 1 werden 4 Düngergaben in Kombination mit Insektiziden appliziert, in Versuchsgruppe 2 alle 5 Düngergaben.

Tabelle 33: Details zur Kombination von Anwendungen

Anwendungen in Kombinationen	Kontrolle	Versuch 1	Versuch 2
Induktion + Dünger	1	1	1
Dünger + Insektizid	1	4	5

Tabelle 34 fasst die Ergebnisse der Rationalisierungen zusammen. So sinkt der Zeitbedarf für Applikationen in der Kontrollgruppe von 23 h/ha auf 20 h/ha in der Versuchsgruppe 1 und auf 19 h in der Versuchsgruppe 2. Die Verminderung des Zeitaufwandes reduziert in gleichem Maß die Kosten. In der Kontrollgruppe wird als Aufwand die Summe von 850 USD/ha errechnet. Dieser sinkt in der Versuchsgruppe 1 auf 748 USD/ha und in Versuchsgruppe 2 auf 646 USD/ha.

Tabelle 34: Zusammenfassung der Zeit- und Kosteneinsparung aus der Kombination von Applikationen

Aufwand	Kontrolle	Versuch 1	Versuch 2
Zeit in h	23	20	19
Kosten in USD	850	748	646

Die Betrachtung von Zeit und Kosten allein ist nicht ausreichend. Es ist wichtig einzubeziehen, ob diese Veränderungen der Applikationen einen Einfluss auf Pflanzen- und Fruchtgesundheit sowie die Ernteergebnisse haben. Dazu wurden auch hier Wiegeungen der Pflanzenmasse durchgeführt. Zur Gewichtskontrolle wurden im Zufallsprinzip jeweils 10 Pflanzen aus jeder Versuchsgruppe entnommen, gereinigt und dann verwogen. Dieser Vorgang wurde jeweils dreimal wiederholt.

Tabelle 35: Versuch zur Kombination von Applikationen - Ergebnisse der Gewichtsermittlung (Induktion bis zur Ernte)

		Kontrolle	Gruppe 1	Gruppe 2
Pflanzenbestand pro ha		72.000	72.000	72.000
Größe des Lots in ha		1,27	1,16	1,21
Wochen	Tag	mittlere Gewichte der Pflanzenmasse		
nach Pflanzen	Versuch	kg	kg	kg
33	231	2,93	2,91	2,96
44	308	4,30	4,80	4,40
55	385	5,70	6,20	5,60

In Tabelle 35 werden die mittleren Pflanzengewichte in den drei Gruppen zu Versuchsbeginn, nach 11 Wochen und nach 22 Wochen gezeigt. Das Ende der Untersuchungen ist gleichzeitig der Beginn der Fruchternte. In nachstehender Tabelle 36 werden die Ernteergebnisse wiedergegeben. Die Ernteergebnisse der Kontrollgruppe weisen eine Menge von rd. 82,4 t Frischfrucht pro ha aus. In den beiden Versuchsgruppen wurden rd. 84,5 (Gruppe 1) und rd.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

81,5 (Gruppe 2) t / ha geerntet. In allen drei Gruppen entfallen die meisten Früchte auf die Größenklasse 7 und die wenigsten Früchte fallen in die Klasse 9 und 10.

Tabelle 36: Versuchsergebnisse - Einfluss von Applikationskombinationen auf die Fruchtgröße

		Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
Pflanzenbestand pro ha		72.000	72.000	72.000
Größe des Lots in ha		1,27	1,16	1,21
Erntemenge total in kg		104.591	97.982	98.627
Erntemenge (kg) total pro ha		82.355	84.467	81.510
Größe der Frucht		kg	kg	kg
Klasse	5	13.177	14.359	13.042
Klasse	6	18.942	19.427	17.117
Klasse	7	23.060	22.806	22.823
Klasse	8	18.118	18.583	18.747
Klasse	9 u 10	9.059	9.291	9.781

In Tabelle 37 werden die Ernteerlöse der Versuchsvarianten dargestellt. Dabei erzielte die Fruchternte der Kontrollgruppe einen Erlös von 20.811 USD/ha. Die Versuchsgruppe 1 erreichte einen leicht höheren Verkaufserlös von 21.345 USD/ha und die Gruppe 2 lag mit einem Erlös von 20.394 USD/ha unter den Erlösen der beiden anderen Gruppen.

Tabelle 37: Versuchsergebnisse - ökonomische Auswirkungen der Wassermengenreduktion bei Applikationskombinationen

		Erlöse in USD p ha		
Klasse	USD / kg	Kontrolle	Änderung 1	Änderung 2
5	\$0,28	\$3.690	\$4.021	\$3.652
6	\$0,30	\$5.683	\$5.828	\$5.135
7	\$0,28	\$6.457	\$6.386	\$6.390
8	\$0,20	\$3.624	\$3.717	\$3.749
9 u 10	\$0,15	\$1.359	\$1.394	\$1.467
	Summe	\$20.811	\$21.345	\$20.394

6.3.3 Fahrgassensystem

Im europäischen Pflanzenbau ist ein Fahrgassensystem etabliert. Dieses ist im Ananasanbau nicht der Fall, wie in den Expertenbefragungen von Ananasanbaubetrieben in Costa Rica (siehe Kapitel 3) deutlich wurde. Ananas wird auf Dämmen gepflanzt. Die Dämme lassen eine Durchfahrt lediglich für Maschinen mit schmalen Reifen und einer Bodenfreiheit von über einem Meter zu. Daher wird üblicherweise alle 26 Dämme ein Fahrweg, der auch mit normalen Ackerschleppern befahren werden kann, angelegt. Ein typisches Ananasfeld verfügt somit über ein unbepflanztes Wegenetz (siehe Abbildung 67), welches nicht für den Anbau der Frucht genutzt werden kann. Im Rahmen der Expertenbefragung in Kapitel 3 wurde erfasst, dass ein Expansionswille zur Ausweitung der Produktionsfläche seitens der Produzenten nur eingeschränkt vorhanden ist. Daher wird die Ausnutzung eines möglichst hohen Anteils der bestehenden Felder für den Fruchtanbau angestrebt. Eine Möglichkeit, dieses zu realisieren, besteht darin, die Fahrwege besser auszunutzen, indem sie auch bepflanzt werden und lediglich die Reifenspurbreiten unbepflanzt bleiben (siehe Abbildung 68). Daraus ergibt sich ein Anbausystem vergleichbar zum europäischen Fahrgassensystem.



Abbildung 67: Ananasfeld mit Wegenetz



Abbildung 68: Fotomontage - Fahrgassensystem im Ananasanbau

Untersucht werden die Auswirkungen auf die Flächenausnutzung im Vergleich zum bisher etablierten Anbausystem durch die Anlage eines Fahrgassensystems in einem Feldversuch.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Die Eliminierung von Fahrwegen und Anlage eines Fahrgassensystems ist durchführbar, ermöglicht eine höhere nutzbare Anbaufläche und einen höheren Frischfruchtertrag pro Hektar.

Hierzu wird ein Versuchsfeld mit Fahrgassen auf dem Versuchsbetrieb angelegt.

6.3.3.1 Versuchsbeschreibung

In Kapitel 2.4.3 wurde detailliert der Aufbau eines Ananasfeldes erläutert. Einige Eckdaten werden nachstehend noch einmal dargelegt: Der Abstand von Dammkrone zu Dammkrone beträgt 110 cm bei einer Dammbreite von 70 cm. Das Pflanzsystem ist angepasst auf die Applikations- und Erntetechnik und besteht aus 26 Dämmen sowie einem mittigen Fahrweg. 13 Dämme haben somit eine Breite von 14,0 Metern, gefolgt von einem Fahrweg mit einer Breite von 4,4 Metern (zwei Spuren mit dem Dammformgerät, die planiert werden) und weiteren 13 Dämmen zur zweiten Seite. Die Arbeitsbreite der Pflanzenschutzspritze muss somit 33 m betragen. Die Abbildung 69 verdeutlicht diese Ausführungen visuell.

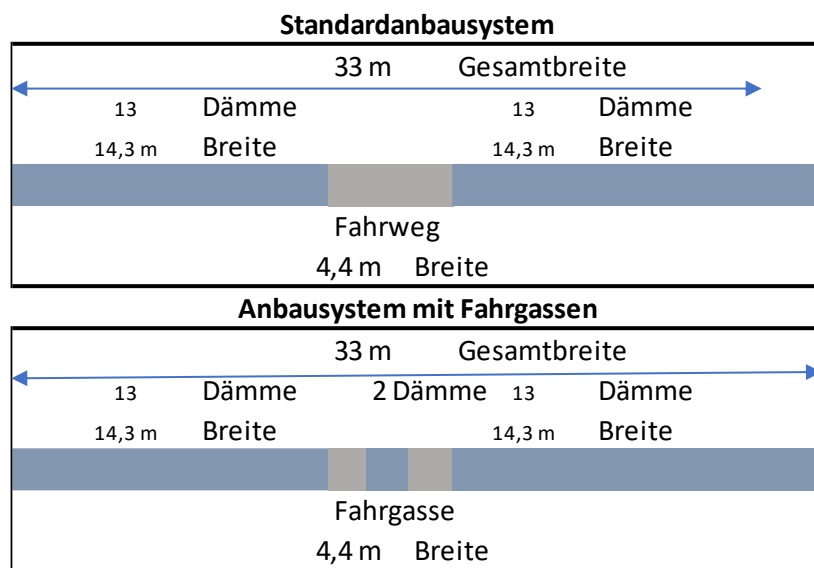


Abbildung 69: Darstellung des Fahrgassenanbausystems

Im On-Farm Versuch bleibt das vorhandene Pflanzsystem erhalten und die Fahrwege werden durch ein Fahrgassensystem ersetzt. Mit dieser Methode kann die vorhandene Pflanztechnik beibehalten werden. Die Dammssole ist der für die Reifen der Arbeitsmaschinen nutzbare Bereich. Wie in den vorherigen Kapiteln dargestellt wurde, bedingt der Ananasanbau eine Vielzahl an Applikationen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Auch müssen die Bestände in regelmäßigen Abständen zur Flächenkontrolle abgefahren werden. Dazu werden derzeit die unbepflanzten Wege genutzt. Bei einem Fahrgassensystem sollen diese Wege nun teilweise bepflanzt werden. Bei üblichen Ackerschleppern ist dieses bis zu einer Pflanzenhöhe von bis zu 40 cm möglich. Die Anpflanzungen erreichen diese Größe nach 3 Monaten. Zum erfolgreichen Etablieren eines Fahrgassensystems ist daher der Einsatz von Maschinen mit einer hohen Bodenfreiheit notwendig. Bei der weiteren Entwicklung erreichen die Pflanzen eine Höhe von einem Meter. Daraus ergibt sich der Einsatz von Maschinen mit hoher Bodenfreiheit. Selbstfahrerspritzen oder Ackerschlepper, die im Reisanbau eingesetzt werden, erfüllen diese Kriterien. Somit wurde für die anfallenden Düngungen in dem Versuchsbetrieb eine Selbstfahrerspritze der Marke „Matrot“ mit einer Arbeitsbreite von 33 Metern und einer Behältergröße von 4.000 Liter Fassungsvermögen genutzt (siehe Abbildung 70). Zusätzlich

wurde ein Ackerschlepper der Marke Landini mit der Bezeichnung „Power Farm HC“ mit 100 PS eingesetzt. Dieser verfügt über vier gleich große, höhere Räder und eine Bodenfreiheit von rd. 70 cm (Landini, 2012) (siehe Abbildung 71). Er wurde in dem Zeitfenster von der Pflanzung bis zur Blüteninduktion (Woche 33) im Fahrgassensystem eingesetzt.



Abbildung 70: Selbstfahrspritze



Abbildung 71: Landini Powerfarm HC (Landini, 2012)

In Tabelle 38 wird die notwendige Arbeitsbreite gezeigt, um das benutzte Anpflanzsystem in ein System mit Fahrgassen umzuformen. Diese beträgt 33 Meter, die sich in 28,6 Meter Pflanzfläche und 4,4 Meter Fahrweg aufteilen. Mit dieser Arbeitsbreite von 33 Metern sind 303 Meter Länge erforderlich, um 1 ha Ackerfläche zu erreichen. Auf dieser Fläche werden im konventionellen System 62.400 Pflanzen angebaut.

Tabelle 38: Pflanzdaten zu dem bestehenden Pflanzsystem

Bestehendes System	Reihen	Fahrweg	Reihen	Summe
Dämme (in Stk.)	13	0	13	26
Abstand (in m) Dammkrone zu Dammkrone	1,1		1,1	
Breite Fahrweg (in m)		4,4		
Basis Arbeitsbreite (in m)	14,3	4,4	14,3	33
Pflanzen / m ² Pflanzfläche				7,2
Pflanzen (in Stk.) pro lfd. m über die Arbeitsbreite	102,96		102,96	205,92
lfd. m Fahrweg für 1 ha Gesamtfläche	303		303	606
Pflanzen (in Stk.) pro ha Gesamtfläche	31.200		31.200	62.400

Wie im konventionellen System werden rechts und links vom Fahrweg jeweils 13 Dämme gezogen und bepflanzt. In dieser Modifizierung werden mittig auf dem Fahrweg zwei Dämme gezogen und bepflanzt. Dadurch wird das herkömmliche System in ein Fahrgassensystem umgewandelt (siehe Tabelle 39).

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Auch hier beträgt die Gesamtarbeitsbreite 33 Meter und es sind 303 Meter Fahrweg erforderlich, um einen Hektar Ackerfläche zu erlangen. In diesem System werden pro ha in Summe 67.200 Pflanzen angebaut.

Tabelle 39: Pflanzdaten zum modifizierten Pflanzsystem

Fahrgassensystem	Reihen	Fahrweg	Reihen	Summe
Dämme (in Stk.)	13	2	13	28
Abstand (in m) Damm zu Damm	1,1		1,1	
Breite Fahrweg (in m)		4,4		
Basis Arbeitsbreite (in m)	14,3	4,4	14,3	33
Pflanzen / m² Pflanzfläche				7,2
Pflanzen (in Stk.) pro lfd. m über die Arbeitsbreite	102,96	15,84	102,96	221,76
lfd. m Fahrweg für 1 ha Gesamtfläche	303			
Pflanzen (in Stk.) pro ha Gesamtfläche	31.200	4.800	31.200	67.200

Tabelle 40 zeigt den Vergleich des bestehenden Systems mit dem Fahrgassensystem. Pro laufendem Meter Fahrweg werden 16 zusätzliche Pflanzen gesetzt. Pro ha Arbeitsfläche summiert sich dies auf 4.800 Pflanzen. Dies erhöht die Nutzbarkeit eines Hektars Anbaufläche. Es wird für die ökonomischen Überlegungen unterstellt, dass 80 % dieser Pflanzen erntereife Früchte tragen werden.

Tabelle 40: Anbausteigerung durch Fahrgassensystem

Systemvergleich	Bestehendes System	Fahrgassen System	Steigerung
Arbeitsbreite (in Meter)	33	33	
Dämme in Stk über die Arbeitsbreite	26	28	
Pflanzen in Stk pro lfd. Meter über die Arbeitsbreite	206	221,7	16
Pflanzen in Stk. pro ha Gesamtfläche	62.400	67.200	4.800

In Tabelle 41 wird die Kalkulation gezeigt, die Basis der Überlegungen zum Einführen des Fahrgassensystems ist. Aus der Zusatzmenge von 6.144 kg Frischfrucht, wird ein Mehrertrag von 1.536 USD/ha Ackerfläche erwartet. Das Fahrgassensystem verspricht diesen Mehrertrag im ersten Anbauzyklus. Auf dem Versuchsbetrieb werden jährlich 75 ha Erstzyklus geerntet. Daraus lässt sich ein potenzieller Mehrertrag von 115.000 USD ableiten.

Tabelle 41: erwarteter ökonomischer Nutzen des Fahrgassensystems

	Bestehendes System	Fahrgassen System	Steigerung
Erntereife 80 %	49.920	53.760	3.840
mittlere Größe pro Frucht = 1,7 kg			
Erntemenge in kg	84.864	91.392	6.144
mittlerer Erlös / kg = 0,25 USD (Stand 2018)			
Ernteerlöse in USD	21.216	22.848	1.536

Um die Machbarkeit der Anlage eines Fahrgassensystems zu überprüfen, wurde das Feld „17“ (siehe Abbildung 72) mit einer Größe von insgesamt 7,05 ha (Bruttofläche) im zuvor beschriebenen Fahrgassensystem angelegt. Die Versuchsfelder wurden in die Versuchsteile „A“ (1,27 ha), „B“ (2,43 ha) und „C“ (2,62 ha) aufgeteilt. Die Versuchsteile wurden separat erfasst und ausgewertet.

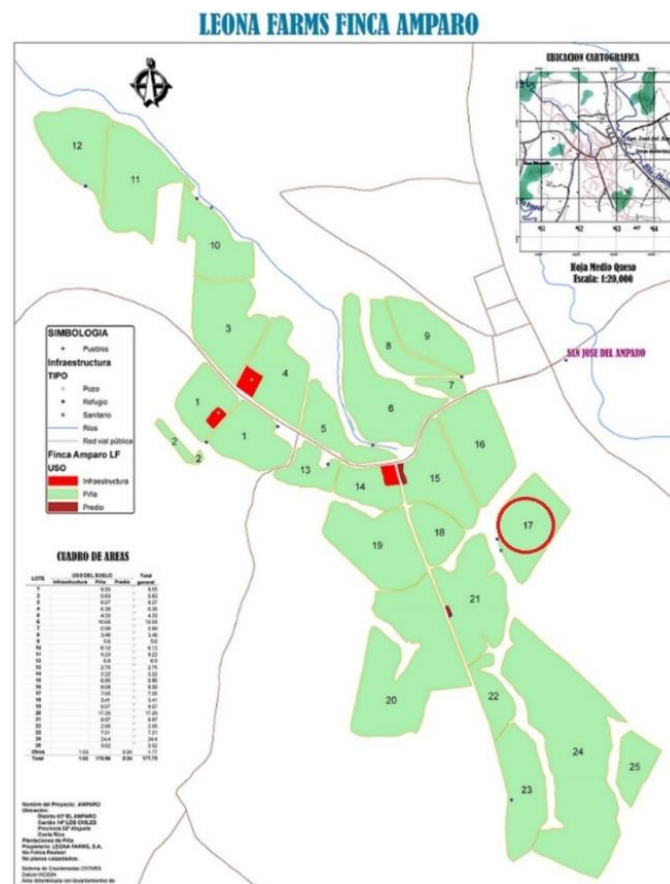


Abbildung 72: Lage Feld 17 (Leona Farms S.A., 2018)

6.3.3.2 Versuchsdurchführung

Die Anpflanzung erfolgte ab dem 20.10.2016. Die Bepflanzung erfolgte manuell entsprechend den Ausführungen in dem Kapitel 2.4.3. Zur Pflanzung des Feldes wurden die Stecklinge mit

dem „high clearance“ Ackerschlepper der Marke Landini und einem Anhänger mit einer Bodenfreiheit von 50 cm in das Feld verbracht. Die Pflanzung erfolgte manuell. Nach Abschluss der Pflanzung wurde mit dem Dünge- und Pflanzenschutzprogramm mittels der Selbstfahrspritze (siehe auch Anlage 9) begonnen.

Zur Ernte wurden die drei Segmente (links, Mitte und rechts) einer Parzelle getrennt geerntet (siehe Tabelle 42). Die Anbauflächen wurden stets in gleicher Richtungsfolge befahren. Die Bezeichnung der Reihen (links, Mitte und rechts) bezieht sich auf die Fahrtrichtung, wobei „Mitte“ die Zusatzanpflanzung definiert.

Tabelle 42: Erntesegmente im Fahrgassensystem

Fahrgassensystem	Reihen (Links)	Fahrgasse (Mitte)	Reihen (Rechts)
Dämme	13	2	13

Begonnen wurde mit dem Segment in der Mitte, dieses wurde zunächst per Hand geerntet, wobei der zuvor genannten „high clearance“ Ackerschlepper mit einer Ladeplattform im Dreipunktanbauraum als Transportfahrzeug für das Erntegut diente. Die abgeernteten Pflanzen und die Dämme wurden folgend zerstört, sodass ein Passieren mit dem herkömmlichen Erntegerät sowie den herkömmlichen Ackerschleppern auf dem Fahrweg möglich war. Dann wurden die Reihen des Segments „links“ und abschließend die Reihen des Segments „rechts“ geerntet.

6.3.3.3 Ergebnisse

Die Früchte wurden in der Packstation entsprechend den Segmenten verarbeitet. Die Ergebnisse für die drei Teilsektionen können im Detail aus den Tabellen der Anlage 12 entnommen werden. Zusammenfassend ergibt sich in dem Versuchsteil „A“ (1,27 ha) eine Erntemenge von 42.970 kg/ha in dem linken Segment, 6.447 kg/ha in dem mittleren Segment und 43.546 kg/ha in dem rechten Segment (siehe Abbildung 73). Summiert ergibt sich ein Ertrag in Höhe von 92.962 kg/ha. In dem Versuchsteil „B“ (2,43 ha) wurde eine Erntemenge von 41.109 kg/ha in dem linken Segment, 6.168 kg/ha in dem mittleren Segment und 41.660 kg/ha in dem rechten Segment erfasst (siehe Abbildung 74). Insgesamt ergibt sich ein Ertrag in Höhe von 88.937 kg/ha. Der Versuchsteil „C“ (2,62 ha) ergab Erntemengen in Höhe von 42.342 kg/ha in dem linken Segment, 6.353 kg/ha in dem mittleren Segment und 42.910 kg/ha in dem rechten Segment (siehe Abbildung 75). Folglich ergibt sich ein Gesamtertrag in Höhe von 91.605 kg/ha.

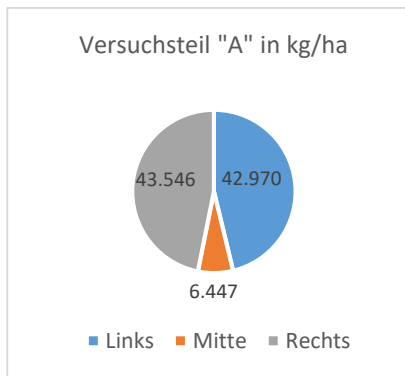


Abbildung 73: Ernteergebnisse des Versuchsteils „A“

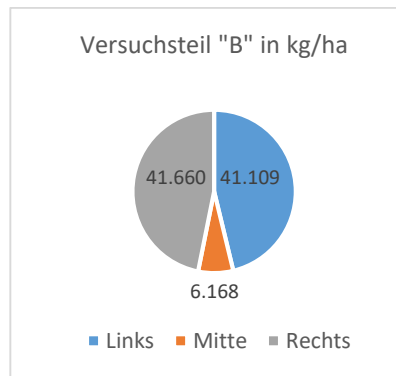


Abbildung 74: Ernteergebnisse des Versuchsteils „B“

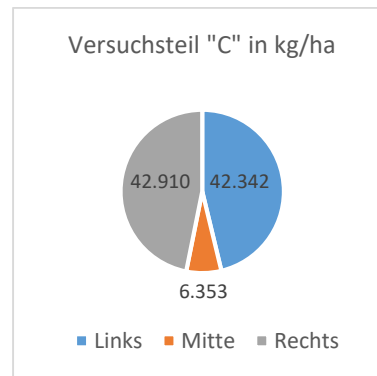


Abbildung 75: Ernteergebnisse des Versuchsteils „C“

Um die Erlössituation vergleichen zu können, wird die Aufteilung der Ernteergebnisse für die drei Sektionen im Anhang aufgeteilt nach den Größenklassen geernteter Früchte in den Tabellen der Anlage 13 dargestellt. Im Versuchsteil „A“ wurde ein Erlös von 10.890 USD/ha in dem linken Segment, 1.559 USD/ha in dem mittleren Segment und in Höhe von 10.995 USD/ha in dem rechten Segment erzielt. Dieser belief sich auf eine Summe von 23.445 USD/ha. Im Versuchsteil „B“ konnten in dem linken Segment 10.388 USD/ha, in dem mittleren Segment von 1.519 USD/ha und in dem rechten Segment in Höhe von 10.423 USD/ha Erlöst werden. Die Summe der Segmente betrug 22.331 USD/ha. Der Versuchsteil „C“ ergab einen Erlös von 10.719 USD/ha in dem linken Segment, 1.555 USD/ha in dem mittleren Segment und 10.620 USD/ha in dem rechten Segment. In Summe belief sich der Erlös auf 22.894 USD/ha.

Der durchschnittliche finanzielle Erlös betrug über die drei Versuchsvarianten hinweg durchschnittlich 22.890 USD/ha. Der durchgeführte Fahrgassenversuch bestätigt die in der Tabelle 41 getroffenen Annahmen in ihrer Dimension. Der Anbau in dem Fahrgassensystem bedingt jedoch auch Erschwernisse in Form der limitierten Befahrbarkeit des Feldes, die Maschinen mit hoher Bodenfreiheit erfordert, um mit Ihnen durch den Bestand zu fahren und den Aufwuchs zu kontrollieren sowie die manuelle Ernte des mittleren Fahrgassensegments. Auch ist das System nur für den ersten Pflanzzyklus anwendbar und die Kosten für die manuelle Ernte sowie die Eliminierung der Pflanzen vor der Ernte der Segmente „links“ und „rechts“ sind von dem Mehrerlös zu mindern. Diese Kosten wurden jedoch nicht erfasst, sodass ein Mehrertrag sowie ein Mehrerlös zwar ermittelt werden konnte, dies jedoch nicht zwangsläufig als Mehrgewinn gewertet werden kann. Dies ist in weitergehenden Forschungen zu prüfen.

6.3.4 Veränderte Pflanzdichte

Die in Kapitel 4 beschriebenen Hauptfaktoren Wetter und Zeit beeinflussen das Anbausystem. Im Norden Costa Ricas hat sich unter diesen Faktoren ein Anbausystem mit einer Anpflanzung von 72.000 Setzlingen pro ha Ackerfläche durchgesetzt (siehe auch Kapitel 2.4). Die Ergebnisse der Befragung (Kapitel 3) bestätigen dieses. Einige Produzenten jedoch setzen andere Pflanzdichten ein. Daraus ergibt sich die Frage des Einflusses der Standraumausnutzung auf das Erntergebnis.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Die Pflanzung einer veränderten Menge von Pflanzen pro Hektar ermöglicht einen höheren Frischfruchtertrag sowie einen höheren Ernteerlös pro Hektar.

Zur Überprüfung der Auswirkungen einer veränderten Pflanzdichte wurden Versuche angelegt und auf dem Versuchsbetrieb durchgeführt.

6.3.4.1 Versuchsbeschreibung

In den On-Farm Versuchen dieses Kapitels wurde die Pflanzdichte von Stecklingen pro Hektar verändert. Die Auswirkungen auf den Ertrag sowie die ökonomischen Kennzahlen wurden dabei erfasst und ausgewertet. Die Versuchsfelder wurden für die Untersuchungen wie in Kapitel 6.2 erläutert zur Pflanzung vorbereitet. Im nächsten Schritt wurden die Felder in Sektionen aufgeteilt.

Bei der Anlage dieser Felder wurden Sektionsgrößen von rd. 1,2 ha in dem Feld „9“ des Betriebes (siehe Abbildung 76) gewählt.

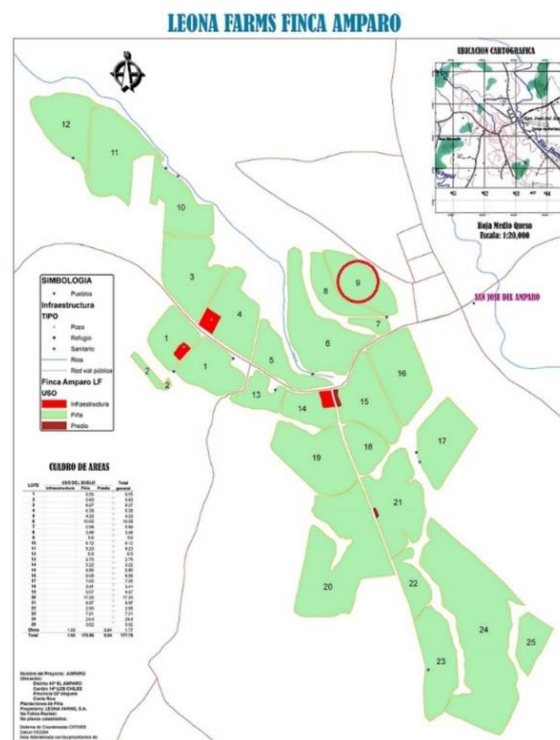


Abbildung 76: Lage Feld 9 (Leona Farms S.A., 2018)

Die Pflanzung erfolgte analog zu den Angaben in Kapitel 2.4.3 Es wurden drei Gruppen gebildet: 1. Gruppe mit 62.000 Setzlingen/ha, 2. Gruppe mit 72.000 Setzlingen/ha (Kontrollgruppe) und die 3. Gruppe mit 82.000 Setzlingen/ha. Die Felder wurden innerhalb von zwei aufeinanderfolgenden Wochen bepflanzt. Sämtliche Teilflächen erhielten das gleiche Applikationsprogramm aus Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Von der Pflanzung bis zur Induktion wurde Dünger in 11 Teilmengen appliziert. Die Gabe der Hauptnährstoffe betrug 480 kg N/ha, 170 kg P₂O₅/ha und 390 kg K₂O/ha. Das Pflanzenschutzprogramm umfasste drei Herbizid-, fünf Fungizid- und vier Insektizidbehandlungen. Von der Blüteninduktion bis zur Ernte wurde Dünger in sechs Teilmengen appliziert. Die Gabe der Hauptnährstoffe betrug in dieser Phase 100 kg N/ha, 170 kg P₂O₅/ha und 120 kg K₂O/ha. Das Pflanzenschutzprogramm umfasste acht Insektizidapplikationen. Die Gewichtsermittlung erfolgte bei der Pflanzung und zum Zeitpunkt der Blüteninduktion.

6.3.4.2 Versuchsdurchführung

Es wurden drei Versuchsgruppen gebildet. Die Grundflächen betragen für die erste Gruppe 1,24 ha, für die zweite Gruppe 1,17 ha und für die dritte Gruppe 1,26 ha. Die Anpflanzung wurde wie zuvor beschrieben angelegt und die Versuche wurden durchgeführt. Die Messungen der Pflanzengewichte erfolgten analog zu der in dem Kapitel 6.3.1.1 dargestellten Vorgehensweise. Die Ernte der Früchte erfolgte in den drei Teilflächen in den gleichen Kalenderwochen. Für die Ernte waren zwei aufeinanderfolgende Wochen erforderlich. Die Früchte wurden jeweils in separaten Boxen geerntet und in getrennten Fahrten zur Packstation gebracht. Diese Methode wurde gewählt, um in der Packstation sicherzustellen, dass die Verpackung und Klassifizierung pro Gruppe separat erfolgte. Eine Vermengung der Früchte und somit eine Verfälschung der Ergebnisse wurde dadurch ausgeschlossen. Die Ernteergebnisse wurden in der Packstation ermittelt.

6.3.4.3 Ergebnisse

Tabelle 43 zeigt die erfassten mittleren Gewichte der Setzlinge zur Zeit der Pflanzung und das mittlere Gewicht der Einzelpflanzen zum Zeitpunkt der Induktion, die in allen Gruppen in der Zielwoche 33 (siehe auch Kapitel 6.3.1.1) erfolgte. Die Setzlinge der Gruppen eins und drei hatten ein mittleres Gewicht von jeweils 0,53 kg. Die Setzlinge in der Gruppe zwei ein mittleres Gewicht in Höhe von 0,56 kg. Zur Zeit der Induktion ist ein Abfall der Gewichte von Gruppe eins zu Gruppe zwei sowie zu Gruppe drei erkennbar.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 43: Darstellung der Pflanzengewichte in den Versuchsgruppen

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Sektion Größe in ha	1,24	1,17	1,26
Pflanzen total	76.880	84.240	103.320
Pflanzen / ha	62.000	72.000	82.000
Gewicht bei Pflanzung in kg	0,53	0,56	0,53
Gewicht bei Induktion in kg	3,26	3,05	2,65

In Gruppe eins betragen die mittleren Pflanzengewichte 3,26 kg, in Gruppe zwei waren es 3,05 kg und in Gruppe drei 2,65 kg. Sämtliche Gruppen hatten in der Woche 33 das zur Blüteninduktion benötigte Gewicht erreicht.

Tabelle 44 zeigt eine Gesamterntemenge von rd. 75,66 t/ha in Gruppe eins, rd. 83,7 t/ha in Gruppe zwei und 88,45 t/ha in Gruppe drei. Die Betrachtung der Verteilung auf die für die Vermarktung wichtigen Größenklassen zeigt in Gruppe eins die größte Menge in den Klassen 6 und 7. In Gruppe zwei entfällt die größte Masse in die Klasse 7 und in Gruppe drei auf die Klassen 9 und 10.

Tabelle 44: Ernteergebnisse der drei Versuchsgruppen bei veränderter Pflanzdichte

Ernte	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Pflanzdichte	62.000	72.000	82.000
Größenklassenanteil in kg			
5	15.888	14.226	10.614
6	17.401	20.084	15.037
7	17.401	20.084	19.459
8	13.618	18.410	21.229
9 u 10	11.348	10.879	22.113
Summe in kg / ha	75.656	83.684	88.452

Mit der Bepflanzungsdichte von 82.000 Pflanzen pro ha wurde die größte absolute Fruchtmenge erreicht. Die Vermarktung der Früchte erfolgte verpackt in Kisten, klassifiziert nach Größenklassen (siehe Kapitel 2.4.6).

Auf den internationalen Märkten wurden bevorzugt Ananas in den Größenklassen 6 - 8 nachgefragt. In den vergangenen Jahren ist die Größe 6 weniger nachgefragt worden, sodass die Kategorien 7 und 8 als die gefragtesten Sorten gelten. Die Größenklassen 9 und 10 sind oftmals Posten, die als „Sonderangebote“ oder „Lockangebote“ preisgünstig an die Verbrauchermärkte abgegeben werden (Rostren, 2018).

Tabelle 45 zeigt die prozentuale Verteilung der Früchte auf die einzelnen Größenklassen. In Gruppe eins sind jeweils 23 % der Früchte in den Größenklassen 6 und 7 vertreten. Auf die Größenklassen 9 und 10 entfallen mit 15 % die wenigsten Früchte. In der Gruppe zwei ist die größte Fruchtmenge mit 24 % in der Größenklasse 7 vertreten. Auch hier ist die geringste Menge mit 16 % in der Größenklasse 9 und 10 zu finden. In der Gruppe drei ist die größte Menge in der Klasse 9 und 10 zu finden und die geringste Menge entfällt auf die Größenklasse 5.

Tabelle 45: prozentuale Verteilung nach Größenklasse

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Größenklassen	Verteilung der Früchte in %		
5	21	17	12
6	23	21	17
7	23	24	22
8	18	22	24
9 u 10	15	16	25

In Tabelle 46 kann der Mehrerlös pro Hektar in den Gruppen eins bis drei eingesehen werden. Bei der Gruppe eins mit der verminderten Pflanzdichte ergab sich mit 18.967 USD/ha der niedrigste Erlös pro Hektar. Die Versuchsgruppe 2 (Kontrollgruppe) verfügte mit 20.946 USD/ha über den höchsten Erlös, gefolgt von der Versuchsgruppe drei mit einem Erlös von 20.494 USD/ha.

Tabelle 46: Erlös der Versuchsgruppen / ha in USD

Klasse	USD / kg	Erlöse in USD / ha		
		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
5	\$0,28	\$4.449	\$3.983	\$2.972
6	\$0,30	\$5.220	\$6.025	\$4.511
7	\$0,28	\$4.872	\$5.624	\$5.449
8	\$0,20	\$2.724	\$3.682	\$4.246
9 u 10	\$0,15	\$1.702	\$1.632	\$3.317
	Summe	\$18.967	\$20.946	\$20.494

6.3.5 Pflanzung unter Kunststoffolie

Ein weiterer Ansatz zur Optimierung des Produktionssystems wurde im Anbau unter bodenbedeckender Kunststoffolie überprüft.

Überprüft wird die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Der Anbau von Ananaspflanzen auf bodenbedeckender Kunststoffolie bedingt eine raschere Entwicklung der Frucht, ermöglicht einen kürzeren Zyklus und vermindert den Pflanzenschutz Aufwand pro Hektar.

Zur Überprüfung der Auswirkungen eines Anbaus unter bodenbedeckender Kunststoffolie wurden On-Farm Versuche angelegt. Diese wurden in dem Versuchsbetrieb durchgeführt.

6.3.5.1 Versuchsbeschreibung

Eine Teilfläche (rd. 7 ha) des Feldes „11“ wurde in 6 Sektionen zwischen 0,85 und 1,26 ha eingeteilt (siehe Abbildung 77).

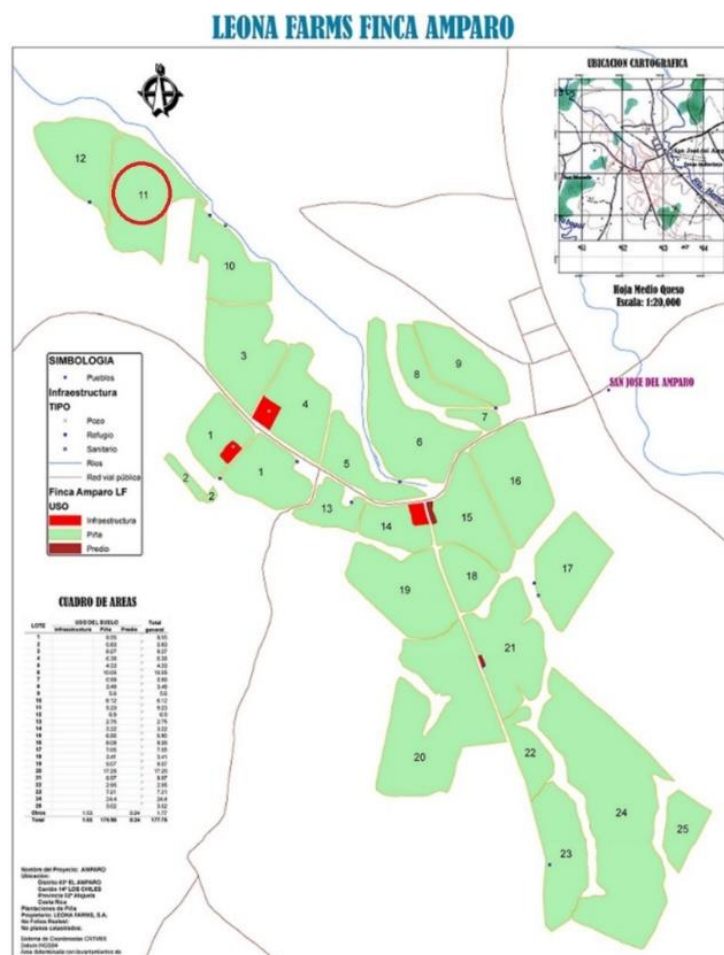


Abbildung 77: Lage Feld 11 (Leona Farms S.A., 2018)

Davon wurden jeweils drei Sektionen nach dem herkömmlichen Prinzip gepflanzt und bei drei weiteren Sektionen erfolgte eine Anpflanzung unter bodenbedeckender Kunststoffolie.

Als Kontrollvariante wurde ein Feld nach dem üblichen Produktionsverfahren ohne Kunststofffolie angelegt und in direkter räumlicher Nähe dazu eine Anpflanzung auf Kunststofffolie (siehe Abbildungen 78 und 79). Die Bepflanzung erfolgte in beiden Gruppen in derselben Woche. Untersucht wurde die Entwicklung und das Gewicht des Ananassetzlings, der Pflanzenschutzmittelbedarf, der Düngebedarf, die Fruchtentwicklung, der Erntezeitpunkt sowie die Erntemenge pro ha. Diese Faktoren wurden abschließend verglichen.



Abbildung 78: Anlage eines Feldes unter Kunststofffolie – Gesamtansicht



Abbildung 79: Anlage eines Feldes unter Kunststofffolie – Detailansicht

Bei der Kunststofffolie handelte es sich um Kunststoffbahnen, die in Deutschland z.B. bei der Futter-Silageabdeckung benutzt werden. Die Folie wurde großflächig manuell in der zu bepflanzenden Sektion ausgelegt. Dabei bedeckte die Folie Dämme und auch die Bereiche zwischen den Dämmen. Nach der Platzierung war die Sektion gänzlich von Kunststofffolie bedeckt. Die Folie wurde am Boden innerhalb der Drainagegräben mit Erde befestigt. Ein mit Folie bedeckter Bereich war im Weiteren nicht mehr mit Maschinen befahrbar, da dies zu einer Zerstörung des Kunststoffs geführt hätte.

Die Vorarbeiten zur Pflanzung wurden wie im Kapitel 2.4 beschrieben durchgeführt. Dabei erfolgte der Transport der Stecklinge zu zentralen Punkten und die Verteilung der Pflanzen innerhalb der Sektion mittels Handarbeit. Des Weiteren war es wichtig, die Arbeiten sehr exakt zu planen, um das Hin- und Herlaufen der pflanzenden Mitarbeiter auf der Folie zu minimieren. Die Gefahr, durch diese mechanischen Einwirkungen die Folie zu perforieren, war hoch und grundsätzlich nicht vermeidbar. Es galt, die Anzahl der Perforationen zu reduzieren. Sobald die Felder bepflanzt waren, konnten die durch die Folie gesteckten Setzlinge die Folie am Boden halten. Sie sorgten für einen Verankerungseffekt am Boden (Fernandez & Meza, 2014).

6.3.5.2 Versuchsdurchführung

Auf den Versuchsfeldern wurden jeweils 72.000 Stecklinge/ha gepflanzt. Die Bepflanzung auf Feldern ohne Folie und jenen mit Folie erfolgte parallel. Angepflanzt wurden sechs Sektionen. Die Sektionen eins, drei und fünf wurden nach dem herkömmlichen Verfahren angepflanzt, die Sektionen zwei, vier und sechs unter bodenbedeckender Folie. Die Sektionen eins und zwei wurden in derselben Woche und mit demselben Jungpflanzenmaterial angepflanzt. Zwei

Wochen danach wurden die Sektionen drei und vier angepflanzt. Nach zwei weiteren Wochen folgten die Sektionen fünf und sechs. Die für die Sektionen eins und zwei aufgestellten Bedingungen wurden in den weiteren Pflanzungen eingehalten. Das durchschnittliche Pflanzengewicht wurde entlang der Vegetationsperiode zu vier Zeitpunkten gemessen: Zur Pflanzung, in der Woche 11 nach der Pflanzung, der Woche 22 und der Woche 33 (siehe auch Kapitel 6.3.1.1).

6.3.5.3 Ergebnisse

In Tabelle 47 werden die Untersuchungsdetails angegeben. Die Gruppen mit ungeraden Zahlen sind die Kontrollgruppen, die Gruppen mit geraden Zahlen sind die Gruppen, in denen Ananas auf Folie gepflanzt wurde. Die Ausgangsgewichte der Setzlinge sind in allen Gruppen ähnlich und innerhalb einer Pflanzwoche fast gleich. Die Gewichtsentwicklungen sind grundsätzlich auch ähnlich, jedoch in allen drei Gruppen mit einer Pflanzung auf bodenbedeckender Kunststoffolie höher als in der zugehörigen Vergleichsgruppe. Die Gruppe vier ist der Vergleichsgruppe drei um 0,38 kg überlegen, die Gruppe sechs der Gruppe fünf um 0,34 kg.

Tabelle 47: Gewichtsentwicklung eines Ananasbestandes in Anpflanzung auf Dämmen und auf Dämmen mit Folie, (K) = Kontrolle

	Gruppe 1 (K)	Gruppe 2	Gruppe 3 (K)	Gruppe 4	Gruppe 5 (K)	Gruppe 6
Sektion Größe in ha	0,85	0,94	1,2	1,13	1,23	1,26
Pflanzen total	61.200	67.680	86.400	81.360	88.560	90.720
Pflanzen / ha	72.000	72.000	72.000	72.000	72.000	72.000
Gewicht / Pfl. in kg						
Bei Pflanzung	0,62	0,61	0,56	0,56	0,64	0,65
in Woche 11	1,53	1,64	1,61	1,65	1,66	1,72
in Woche 22	2,48	2,9	2,37	2,74	2,68	2,81
in Woche 33	3,15	3,3	3,27	3,65	3,39	3,73

Bei sämtlichen Gruppen wurde in der Woche 33 die Blüte induziert. Die Erntezeitpunkte richteten sich nach dem Reifegrad der Frucht. Diese war in den Gruppen 1, 2, 3, 5 nach 22 Wochen erreicht, in der Gruppe vier nach 21 Wochen und in Gruppe sechs nach 20 Wochen.

In Tabelle 48 werden die Erntezeitpunkte der Versuchsgruppen gezeigt. Die Erntereife der Pflanzen wurde in den Gruppen 1, 2, 3, 5 in 22 Wochen nach Induktion erreicht. In Gruppe 4 konnte nach 21 Wochen und in Gruppe 6 nach 20 Wochen geerntet werden. In Gruppe 6 wurde mit rd. 86,9 t/ha die höchste Erntemenge erzielt. In Gruppe 1 trat mit rd. 83,8 t/ha die geringste Erntemenge auf. Die Gruppen 1, 3, 4 und 5 hatten die größte Fruchtmasse in der Größenklasse 7. In Gruppe 6 war die größte Fruchtmasse in den Größenklassen 9 und 10 vertreten.

6.3 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen im Bereich Pflege und Wachstum

Tabelle 48: Erntezeitpunkte und –ergebnisse in den Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle

Ernte	Gruppe 1 (K)	Gruppe 2	Gruppe 3 (K)	Gruppe 4	Gruppe 5 (K)	Gruppe 6
Ernte in Wochen nach Induktion	22	22	22	21	22	20
Größenklassen						
5	17.592	17.967	15.178	16.462	15.149	18.253
6	18.430	20.534	19.394	18.194	19.357	16.515
7	19.268	19.678	21.924	19.927	20.199	17.384
8	15.917	14.545	13.491	18.194	15.149	15.645
9 u 10	12.566	12.834	14.335	13.862	14.308	19.122
Früchte in kg / ha	83.772	85.558	84.322	86.640	84.162	86.919

In Tabelle 49 werden die Hektarerlöse der Versuchsgruppen gezeigt. Bei den Kontrollgruppen (1, 3 und 5) konnten Erlöse von durchschnittlich 20.951 USD/ha erzielt werden. Die Gruppen des veränderten Systems (2, 4 und 6) erlösten dagegen durchschnittlich rd. 21.277 USD/ha. Dies entspricht einem durchschnittlichen Mehrerlös in Höhe von 326 USD/ha.

Tabelle 49: Hektarerlöse der Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle

Hektarerlöse der Versuchsgruppen		Erlöse in USD / ha					
Klasse	USD / kg	Gruppe 1 (K)	Gruppe 2	Gruppe 3 (K)	Gruppe 4	Gruppe 5 (K)	Gruppe 6
5	\$0,28	\$4.926	\$5.031	\$4.250	\$4.609	\$4.242	\$5.111
6	\$0,30	\$5.529	\$6.160	\$5.818	\$5.458	\$5.807	\$4.954
7	\$0,28	\$5.395	\$5.510	\$6.139	\$5.580	\$5.656	\$4.867
8	\$0,20	\$3.183	\$2.909	\$2.698	\$3.639	\$3.030	\$3.129
9 u 10	\$0,15	\$1.885	\$1.925	\$2.150	\$2.079	\$2.146	\$2.868
	Summe	\$20.918	\$21.535	\$21.055	\$21.365	\$20.881	\$20.930

In der Tabelle 50 wird der Vergleich der Applikationen in den einzelnen Gruppen dargestellt. Bei den drei Gruppen „Anbau ohne Folie“ wurde das allgemeine Applikationsschema eingehalten. Danach wurde in der Gesamtperiode siebzehnmals Dünger appliziert. Pflanzenschutzmaßnahmen umfassten fünf Fungizid-, 12 Insektizid- und drei Herbizidapplikationen sowie die Madurierungs-Applikation vor der Ernte. In den Gruppe 2, 4 und 6 (Anbau unter Kunststoffolie) wurden zwei Herbizidbehandlungen, eine Fungizidbehandlung sowie eine Düngergabe eingespart. Da die Pflanzen sich schneller entwickelten, war die Einsparung der Düngergabe vor der Induktion möglich. Es handelt sich

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

daher um eine echte Düngemittelreduktion. Es wurden somit vier Applikationen in drei Überfahrten eingespart, denn das Herbizid wäre nach dem herkömmlichen Behandlungsplan zusammen mit einem Düngemittel kombiniert worden. Es wurde jedoch nur eine Düngung rationalisiert. In den Kontrollgruppen erfolgten insgesamt 41 Anwendungen, in den Versuchsgruppen 38.

Tabelle 50: Anzahl der Applikationen in den Versuchsgruppen, (K) = Kontrolle

	Gruppe 1 (K)	Gruppe 2	Gruppe 3 (K)	Gruppe 4	Gruppe 5 (K)	Gruppe 6
Pflanzung bis Induktion						
Düngungen	11	10	11	10	11	10
Herbizide	3	1	3	1	3	1
Fungizide	5	4	5	4	5	4
Insektizide	4	4	4	4	4	4
Von der Induktion bis Ernte						
Induktion	2	2	2	2	2	2
Düngungen	6	6	6	6	6	6
Insektizide	8	8	8	8	8	8
Madurierung	2	2	2	2	2	2
Summe	41	38	41	38	41	38

Die Kosten für die eingesparten Betriebsmittel können in der Anlage 9 eingesehen werden. Sie betragen im vorliegenden Fall für die Düngemittelapplikation 64 USD/ha, für die Herbizidapplikationen 240 USD/ha und für die Fungizidapplikation 260 USD/ha zuzüglich der Arbeiterledigungskosten in Höhe von 96 USD/ha für die zwei Überfahrten. Dies ergibt eine Aufwandsverminderung von insgesamt 660 USD/ha.

Resultierend können 326 USD/ha aus dem Mehrerlös der Ernte generiert und 660 USD/ha durch verminderte Produkt- und Arbeiterledigungskosten eingespart werden. Der wirtschaftliche Vorteil beläuft sich somit auf 986 USD/ha.

Dem gegenüber stehen Mehrkosten in Höhe von durchschnittlich 1.700 USD/ha für die Folie sowie deren Aufbringung auf die Ackerfläche (Rodriguez, 2016). Daraus ist ersichtlich, dass sich durch den Anbau unter bodenbedeckender Folie zwar der Ernteerlös erhöht und Pflanzenschutzapplikationen eingespart werden können, aber ein negativer Saldo von rd. 700 USD/ha anfällt. Dazu kommt die noch ungeklärte Frage der Entfernung des Kunststoffes nach dem Ablauf des Produktionszyklus sowie seiner Entsorgung.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

In der Ernte wurden in Kapitel 4 als Hauptprobleme die Sicherstellung der Produktqualität entlang der gesamten Erntekette, schlecht ausgebildetes Personal, schwierige Witterungsbedingungen und enge Zeitfenster erfasst. Die Produktqualität wird durch den Erntezeitpunkt und die mechanischen und manuellen Einflüsse während und nach der Ernte beeinflusst. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Prototyp einer Maschine entwickelt, die es ermöglicht, auch bei schwierigen Bodenverhältnissen zu ernten und deren Fruchttransportwege so ausgelegt sind, dass die Frucht nach manueller Ernte direkt auf ein Transportband abgelegt werden kann und die ruhende Frucht aktiv vom Feld zum Erntewagen transportiert wird. Dadurch werden manuelle Beschädigungen der Frucht minimiert.

Eine weitere Anforderung an den Erntemaschinenprototypen ist es, die Tagesernteleistungen im Vergleich zum Standard zu erhöhen.

Aus diesen Anforderungen entwickelte sich die Hypothese (siehe auch Kapitel 4):

- Der Einsatz einer Erntemaschine, die durch den Ananasbestand fährt und die Fahrwege frei lässt, beschleunigt den Ernteprozess, erhöht die Tagesleistung und ermöglicht die Reduktion der Erntekosten.

In Zusammenarbeit mit dem Versuchsbetrieb wurde mittels einer systematischen Produktentwicklung (siehe Kapitel 6.1.2) ein Erntemaschinenprototyp erarbeitet, der die Anforderungen an das vorherrschende Produktionssystem erfüllte und dann im Einsatz im Feld im Vergleich zu etablierten Erntesystemen eingesetzt wurde.

6.4.1 Vorhandene Erntesysteme in Costa Rica

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde untersucht, mit welcher Mechanisierung die Ernte auch bei Regen und nassem Untergrund durchgeführt und die Anzahl manueller Arbeiten reduziert werden kann.

In der Analyse der Ist-Situation werden im Folgenden zunächst die verschiedenen bestehenden Erntesysteme betrachtet.

Das vollständig manuelle System (siehe Abbildung 80) beginnt mit der manuellen Fruchternte innerhalb der Plantage. Dabei wird die Frucht von Person zu Person bis an den Rand des Erntefeldes weitergegeben. Die Lagerung erfolgt übergangsweise auf dem Boden. Danach werden die Früchte aufgesammelt und in kleine Kunststofftransportkisten gepackt. Diese fassen rd. 10 Ananas pro Kiste. Anschließend werden die Transportkisten eingesammelt und auf Traktoranhänger aufgeladen. Diese transportieren die Kisten dann zur Sammelstation, wo ein Überladevorgang auf Lkw erfolgt. Diese transportieren die Kisten zu einer Packstation. Dort werden die Kisten manuell entladen und in einem Wasserbad vor dem Eingang in die Packstation entleert.



Abbildung 80: Rein manuelles Erntesystem

Das teilmechanisierte Erntesystem (siehe Abbildung 81) setzt sich zusammen aus den Komponenten Traktor, Ernteband und Ernteanhänger. Dabei ist das Ernteband auf dem Ernteanhänger verbaut. Der Ernteanhänger wird von dem Traktor gezogen. Die Früchte werden per Hand geerntet und auf einem vor den Personen geführten Ernteband abgelegt. Dieses transportiert die geerntete Frucht zum Ernteanhänger. Auf diesem wird die Frucht in kleine Kunststoffkisten verpackt. Die Kisten werden dann zu einem Überladeplatz transportiert, von wo aus die Kisten wie in dem zuvor beschriebenen rein manuellen Ernteprozess zur Packstation verbracht werden.

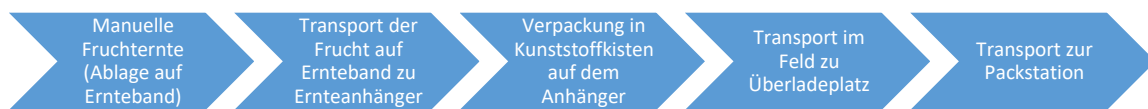


Abbildung 81: teilmechanisiertes Erntesystem

Das als etabliertes System bezeichnete Verfahren (siehe auch Kapitel 2.4.5 und 3.5) wird in der Abbildung 82 schematisch dargestellt. Es besteht aus den Komponenten Traktor, Erntemaschine mit Ernteband und Ernteanhänger. Die Ernte beginnt, wie in den zuvor beschriebenen Systemen, mit der Ernte der Frucht per Hand. Die Frucht wird auf einem Ernteband abgelegt und mittels eines Erntebandes zu einem Ernteanhänger transportiert. Dort wird die Frucht in zwischen 800 und 1.000 Früchte fassende Transportkisten gepackt. Diese werden anschließend zur Überladestation transportiert und von Gabel- oder Teleskopstaplern auf Lkw überladen. Diese transportieren die Kisten zur Packstation. Dort werden die Kisten entladen und vor Eingang in die Packstation in ein Wasserbad eingelassen.

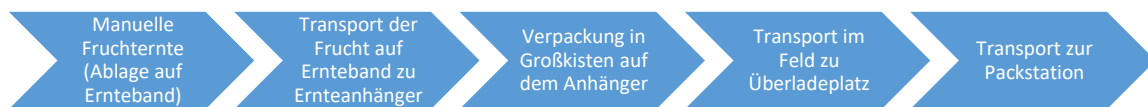


Abbildung 82: Etabliertes Erntesystem

6.4.2 Analyse des etablierten Erntesystems

Um die Auswirkungen und die Unterschiede zwischen dem etablierten Erntesystem und dem durch den Prototypeneinsatz veränderten System zu überprüfen, muss zunächst die Ausgangssituation des bestehenden Erntesystems dargestellt werden.

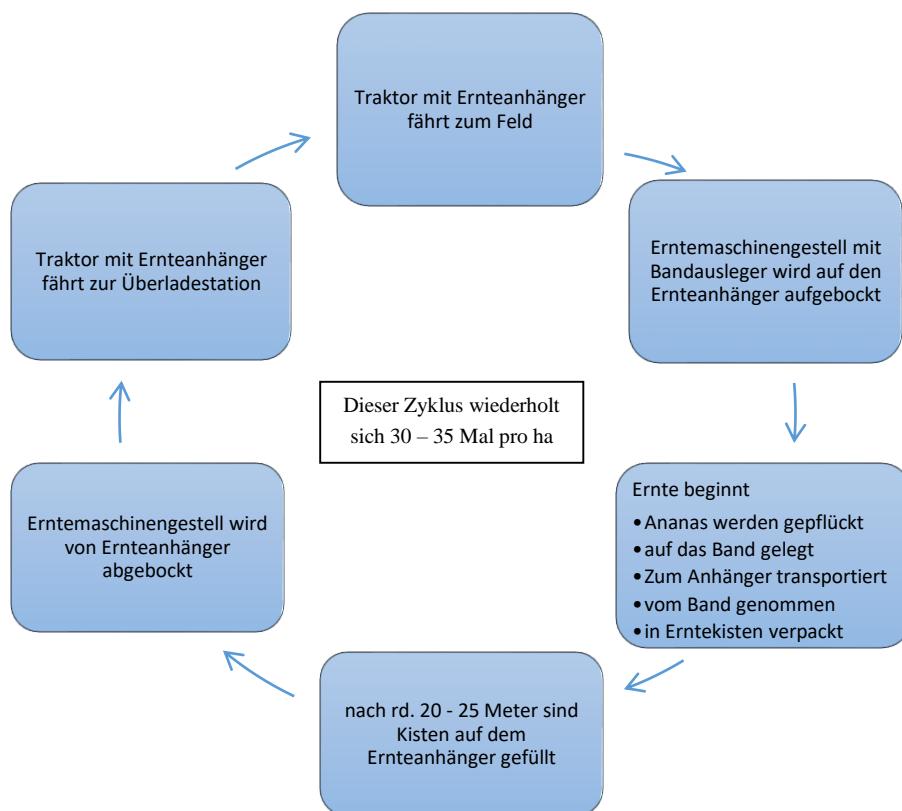


Abbildung 83: Abfolgezyklus bei dem etablierten Erntesystem

Das etablierte Erntesystem des Versuchsbetriebes entsprach dem auch in der Expertenbefragung in Kapitel 3 als mehrheitlich vertretenen System „Kistenerntemaschine für Kisten mit rd. 600 bis 1.000 Früchten pro Kiste auf dem Fahrweg“. Der Abfolgezyklus wird in Abbildung 83 schematisch dargestellt. Der Traktor fährt mit Anhänger auf dem zuvor beschriebenen Fahrweg innerhalb des Ananasfeldes. Die Erntemaschine wurde in Abbildung 39 dargestellt. Aufbau und Funktionsweise werden in Kapitel 2.4.5 erläutert. Das Erntemaschinengestell wird nach Eintreffen des Traktor-/Ernteanhänger-Gespanses mit dem Hydrauliksystem des Traktors verbunden und auf den Ernteanhänger abgesenkt. Der Ackerschlepper treibt die hydraulischen Funktionen der Erntemaschine an und bewegt sich mit einer Geschwindigkeit zwischen rd. 0,10 bis 0,30 km/h auf dem Fahrweg fort. Dabei gehen die Feldarbeiter durch den Ananaspflanzenbestand und pflücken die exportfähigen Früchte. Diese werden dann auf das Ernteband gelegt, welches die Früchte zum Ernteanhänger fördert. Dort werden die Früchte vom Ernteband genommen und von Feldarbeitern in zwei auf dem Ernteanhänger gelagerte Großkisten gepackt. Nachstehend werden diese Erklärungen in Abbildung 84 gezeigt.

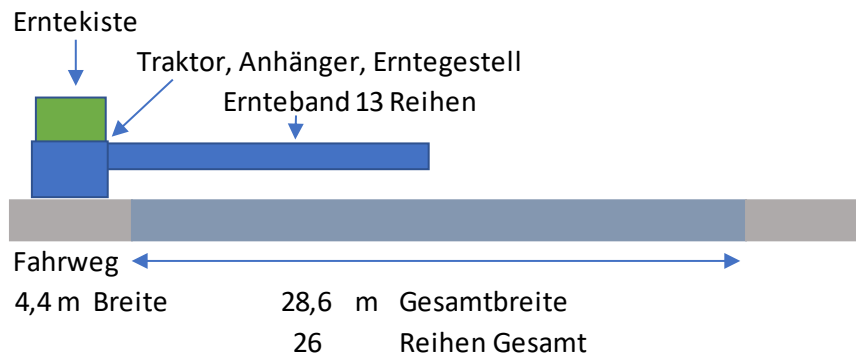


Abbildung 84: Schema etabliertes Erntesystem

Bei dem in Costa Rica vorherrschenden Ertragsniveau (rd. 90 to Frischfrucht / ha) sind die Großkisten nach ca. 20 – 25 Metern Fahrweg gefüllt. Dann wird die Maschine vom Ernteanhänger abgebockt und das Hydrauliksystem vom Traktor getrennt. Danach fährt der Ackerschlepper samt gefülltem Ernteanhänger zur Überladestation, wo die Erntekisten umgeladen werden. Der Ernteanhänger wird mit zwei leeren Erntekisten bestückt und beginnt mit einem neuen Zyklus. An dem Ernteprozess nehmen zwei bis drei Traktoren mit Ernteanhänger teil, die im umlaufenden System arbeiten. Für die Aberntung eines Hektars werden 30 bis 35 der oben beschriebenen Zyklen aus Abbildung 83 durchlaufen.

Die Erntemaschine des etablierten Systems wurde seit 2008 im Versuchsbetrieb eingesetzt. Seitdem wurden im Rahmen des Controllings und der betriebswirtschaftlichen Auswertung stetig anfallende Kosten für Personen, Arbeitsgeräte und Betriebsmittel erfasst (Tabelle 51). Die erfassten Basisdaten des Betriebes werden als Grundlage für den Vergleich des vorhandenen Erntesystems mit dem neuen System auf Basis des Erntemaschinenprototypen genutzt.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 51: Vorhandenes Erntesystem im Versuchsbetrieb

Basis Erntesystem							
Ernte eines ha Ananas					Kosten:		5.104
	Früchte pro ha:	65.000	USD / h	4,00			
	Anzahl	Ernte	Ernte	h/Tag	\$/Tag	\$/ ha	
Manuelle Erntearbeiten	Personen/Stk	Tage	in Stk				
Vorernte							578,0
Randreihen	6		1	4.000	8	192	
Traktor/Fahrer	1		1		8	386	
Haupternte			3,25	61.000			3.335
Ernteteam	13				10	520	1.690
Aufseher	1				10	67	217
Mechanische Elemente der Ernte				\$/h	h/Tag	\$/Tag	\$/ha
Traktor/Fahrer/2 Anhänger	3			24,1	10	241,3	784
Fahrer Erntegestell	1			5,3	10	55,3	173
Radlader/Fahrer	1			24,1	6	144,8	470
Transport zur Packstation			Früchte	Früchte	Kisten	\$/ Kiste	Summe / Kosten
				pro Kiste			pro ha
			65.000	900	72,2	16,5	1.192

Zu einem Ernteteam gehören im Basisszenario insgesamt 19 Personen in der Haupternte. Für die Arbeitsstunde eines Feldarbeiters in der Ernte werden 4,00 USD pro Stunde, für den Traktor samt Fahrer 24,10 USD pro Stunde, für die Erntemaschine samt Fahrer 29,90 USD pro Stunde und für das Verladefahrzeug ebenfalls 24,10 USD pro Stunde berücksichtigt (aktueller gemittelter Stundenlohn gemäß der Arbeitskostenerfassung der Firma Leona Farms S.A., Stand 2018). Vom Erntepersonal werden zunächst acht Personen in der manuellen Vorernte benötigt. Sechs dieser Personen ernten die zwei zu dem Fahrweg nächstgelegenen Reihen ab. Die Früchte innerhalb dieser Reihen reifen durch den erhöhten Licht- und Witterungseinfluss schneller ab als der Rest des zu erntenden Feldes. Die Früchte werden auf mit Erntekisten bestückten Anhängern von drei Traktorgespannen samt Fahrer abtransportiert. Im Durchschnitt werden

dabei in 8 Arbeitsstunden und einer Ernteleistung rd. 4.000 Früchten rd. 6 % des Gesamtbestandes pro Hektar geerntet. Die Kosten dafür betragen 578 USD.

Die Haupternte erfolgt rd. drei Tage nach der Vorernte. Dabei werden neun Personen benötigt, welche von einem Aufseher begleitet werden. Die Arbeitskräfte laufen größtenteils durch den Bestand, ernten die Frucht und legen diese auf das über dem Bestand geführte Ernteband. Vier Personen befinden sich auf dem zum Abtransport bereitgestellten Anhänger, auf dem die Erntemaschine angebaut wurde und packen die Frucht in die rd. 600 – 1.000 Früchte fassenden Erntekisten. Des Weiteren werden drei Traktor-/Anhängergespanne samt Fahrer sowie das Erntegestell mit Förderband mit einer bedienenden Person sowie einen Radlader samt Fahrer zur Verladung der gefüllten Erntekisten auf die Transport-Lkw benötigt.

Für die Haupternte eines Hektars werden mit Ausnahme des verladenden Radladers (sechs Stunden) jeweils zehn Zeitstunden an 3,25 Kalendertagen (insgesamt 32,5 Zeitstunden) benötigt. Die Kosten betragen summiert 3.335 USD. Der Transport der gefüllten Kisten erfolgt durch externe Transportunternehmer, welche die Erntekisten ungekühlt auf Sattelaufliegern zur jeweiligen Packstation transportieren. In dem vorliegenden Fall handelt es sich um einen Transport von El Amparo de Los Chiles nach Pital (San Carlos) mit einer Entfernung von rd. 90 Kilometern. Der Transport erfolgt zu einem Festpreis von 16,5 USD pro transportierter gefüllter Erntekiste. Bei einer Erntemenge von 65.000 Früchten pro Hektar betragen die Kosten 1.192 USD pro Hektar. Die Gesamtkosten für die Ernte eines Hektars Ananasfrucht im derzeitigen Erntesystem betragen insgesamt 5.104 USD. Dies entspricht Kosten in Höhe von 7,85 Cent pro geernteter Frischfrucht.

Der zuvor beschriebene Ernteprozess ist zeitintensiv. Die erforderlichen 3,25 Tage pro Hektar beschreiben die Ernte unter durchschnittlichen Witterungsbedingungen. Speziell in der Regenzeit führen die feuchten Bodenverhältnisse beim Umbocken des Erntegestelles zu deutlichen Verzögerungen. Daraus resultiert der Wunsch, die Erntezeit mittels verbesserter Erntetechnik zu beschleunigen und darüber hinaus zu jeder Jahreszeit komplikationslos zu gestalten.

6.4.3 Anforderungen und Restriktionen des Erntesystems

In Tabelle 52 werden die Möglichkeiten zur Erledigung der Ernteschritte aufgezeigt. Im unteren Teil der Tabelle wird die vorzuziehende Vorgehensweise für die einzelnen Arbeitsschritte beschrieben und tabellarisch aufgezeigt. Arbeiten können manuell oder mechanisch erledigt werden. Bei manuellen Arbeiten passiert die Frucht die Hände mehrerer Einzelpersonen. Die Früchte werden von Hand zu Hand gereicht oder auch geworfen. Beim Festhalten oder Fangen üben die Finger Druck auf die Frucht aus. Daraus resultieren leicht Druckstellen im Inneren der Frucht. Um den Transport und die Übergabe der Frucht schonender zu fördern, könnten Arbeiten mechanisch ausgeführt werden um diese Einflüsse eliminiert. Mechanische Arbeiten sind den manuellen Arbeiten bei der Fruchternte im Hinblick auf die Fruchtqualität überlegen, da die Früchte nicht mehr geworfen und gefangen werden müssen.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Die direkte Verpackung in Großkisten wird durch die befragten Experten (siehe Kapitel 3) als vorteilhafter eingestuft als die Umverpackung in kleine Plastikkisten. Zudem ist die Dauer der Ernte ein wichtiger Einflussfaktor für die Fruchtqualität. Die Ananas wird geerntet, sobald sie die Qualität der Marktvorgaben erfüllt. Dieses ist nur an wenigen Tagen nach Reife der Fall. Wenn die Ernte nicht zeitnah erfolgen kann, verliert die Frucht die notwendigen Qualitätsparameter. Je länger die Ernte dauert, desto höher ist das Risiko für eine verminderte Produktqualität.

Tabelle 52: Die Einzelkomponenten der Erntearbeiten und deren Arbeitserledigung

Ernteschritte	Alternative 1	Alternative 2
Ernte der Einzelfrüchte	Manuell	Mechanisch
Beförderung der Einzelfrüchte zum Feldrand	Manuell	Mechanisch
Verpackung in Transporteinheit	Absetzig	Direkt
Transportverpackung	Plastikkiste mit 10 Früchten	Großkiste mit 800 bis 1000 Früchten
Überladen der Transporteinheiten	Manuell	Mechanisch
Benötigte Zeit zur Ernte	Hoch	Niedrig
Entladen in der Packstation	Manuell	Mechanisch

Negative Einflussfaktoren auf die Fruchtqualität bei der Ernte - Vergleich der Alternativen		
Ernte der Einzelfrüchte	Manuell > mechanisch	
Beförderung der Einzelfrüchte zum Feldrand	Manuell > mechanisch	
Verpackung in Transporteinheit	Absetzig > Direkt	
Transportverpackung	Plastikkiste mit 10 Früchten >	Großkiste mit 800 bis 1000 Früchten
Überladen der Transporteinheiten	Manuell = mechanisch	
Benötigte Zeit zur Ernte	Hoch > Niedrig	
Entladen in der Packstation	Manuell > mechanisch	

In Abbildung 85 wird der Prozess der Ernte vom Feld bis zu der Packstation dargestellt. Die rot markierten Ernteprozessschritte werden in diesem Kapitel weitergehend untersucht. Es handelt sich um die manuelle Fruchternte sowie den Transport der Frucht auf dem Ernteband zu einem Ernteanhänger.

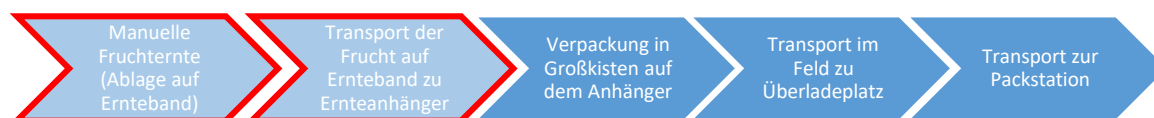


Abbildung 85: Ansatzbereiche für Veränderungen im Ernteprozess

Aus der Analyse der Systeme und deren Folgen wurde das Anforderungsprofil für eine verbesserte Mechanisierung der Erntearbeiten erarbeitet. Im ersten Teil dieses Kapitels wird beschrieben, dass die Frucht bei Erreichen der Erntereife zeitnah geerntet werden muss, um die Qualitätsparameter der Märkte zu behalten. Regenwetter bedingt schwere Bodenverhältnisse und erschwert die Erntebedingungen. Mit der etablierten Erntetechnik ist während solcher Wetterbedingungen die Erntegeschwindigkeit erheblich reduziert und teilweise gar keine Ernte möglich. Daraus ergeben sich der erste und der zweite Punkt des Anforderungsprofils. Eine Maschine, welche die Ernte auch unter zuvor beschriebenen Wetterbedingungen kontinuierlich ermöglicht, gleichbleibende Fruchtqualitäten, die der Markt nachfragt. Darüber hinaus kann

eine Maschine, die speziell für die Ernte hergerichtet wird, mit Schutzvorrichtungen gegen Regen und Sonne ausgerüstet werden, sodass das Erntepersonal besser geschützt wird. Auf die Notwendigkeit, den Einfluss manueller Arbeiten auf die Frucht zu minimieren, wurde bereits in diesem Kapitel eingegangen. Die Anforderungen sind zusammenfassend in Tabelle 53 dargestellt: A) die Möglichkeit der Ernte bei jedem Wetter, B) hohe Erntegeschwindigkeiten, C) eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen sowie D) die Minimierung manueller Arbeiten. Darüber hinaus beeinflussen die Faktoren „Regen“, „Sonne“ und „Bodenverhältnisse“ das Anforderungsprofil.

Tabelle 53: Grundlegende Anforderungen an die Erntetechnik

Anforderungsprofil
A) Ernte bei jedem Wetter möglich
B) hohe Erntegeschwindigkeit
C) Verbesserung der Arbeitsbedingungen
D) Minimieren manueller Arbeiten

Die Faktoren Sonne, Regen und Bodenverhältnisse beeinflussen den Ablauf der Erntearbeiten. Übermäßiger Sonnenschein verringert das Erntefenster, weil die Frucht sich sehr schnell weiterentwickelt. Dauerregen verringert ebenfalls das Erntefenster, weil die Frucht das im Überschuss vorhandene Wasser aufnimmt und dieses im Inneren der Frucht zum Platzen der Zellkörper führt. Regen bedingt schwierige Bodenverhältnisse und reduziert in Folge die Erntegeschwindigkeit. Mangelnder Sonnenschein verhindert die äußere Entwicklung der Fruchtfarbe. Für die Erntearbeiter bedingt die körperliche Erntearbeit bei hoher Sonneneinstrahlung oder Dauerregen ein unangenehmes Arbeitsumfeld.

Die Bedeutung der Einflussfaktoren für die Parameter des Anforderungsprofils wird in Tabelle 54 gezeigt. Dabei wird die Kombination aus Parameter und Einflussfaktor nach eigenen Erfahrungen bewertet. Kombinationen, die die Erntegeschwindigkeit erheblich reduzieren und somit die Fruchtqualität gefährden, werden als hoch (XXX) gewichtet. Entsprechend geringere Auswirkungen der Kombinationen werden als mittel (XX) oder gering (X) bewertet.

Tabelle 54: Einflussfaktoren auf das Anforderungsprofil

Gewichtung der Einflussfaktoren	Einflussfaktoren		
	gering X	mittel XX	hoch XXX
A) Ernte bei jedem Wetter möglich	XXX	XXX	XXX
B) hohe Erntegeschwindigkeit	X	XXX	XXX
C) Verbesserung der Arbeitsbedingungen	XXX	XXX	X
D) Minimieren manueller Arbeiten			XXX

Die Einflussfaktoren „Regen“ und „Bodenverhältnisse“ weisen die höchste Bedeutung auf.

Da die Ananaspflanze über eine Aufwuchshöhe von rd. einem Meter verfügt und im Bestand kein Fahrgassensystem etabliert ist, liegen im Abstand von rd. 30 Metern Fahrwege, die

komplett unbepflanzte sind. Bei herkömmlichen Erntesystemen befindet sich die Erntemaschine auf diesem Fahrweg und schwenkt ein Ernteband mit einer Auslage in den Wuchsbereich der Pflanzen hinein. Das Ernteprodukt wird zu der Maschine hin, auf einen Anhänger transportiert. Die Maschine wird nach dem Füllen des Anhängers an den nächsten Anhänger angebaut. Es wird laut der Aussagen von Betriebsleiterin in den Experteninterviews (siehe Kapitel 3) teilweise bis zu 30 Minuten Zeit für diesen Umbau benötigt, unter nassen Bedingungen in der Regenzeit auch länger.

Aus diesen Anforderungen und Restriktionen, die das Anbausystem bietet, wurde ein Lösungsansatz erarbeitet, bei dem eine Selbstfahrerntemaschine durch den Bestand fährt, die Früchte mit den Fördereinrichtungen zu den Fahrwegen transportiert, wo diese direkt in die Großkisten verpackt werden. All dies verfolgt das Ziel ein kontinuierliches Erntesystem zu entwickeln und die in dem etablierten System üblichen Wartezeiten zu eliminieren. Daraus wurde die in Kapitel 4 genannte Hypothese definiert.

Die in der Abbildung 85 dargestellten und komprimierten Prozessschritte werden in Abbildung 86 erneut aufgegliedert, um die einzelnen Arbeitsschritte genauer analysieren zu können: Das Erntegut befindet sich innerhalb eines dichten Blattwerkes im gepflanzten Ananasfeld. Dort muss die Frucht zunächst aufgefunden werden. Danach soll die vermarktungsfähige Frucht identifiziert und in einem nächsten Schritt von der Pflanze getrennt werden. Anschließend muss die Frucht abgelegt werden, um dann zum Fahrweg gefördert zu werden, auf dem ein Transportanhänger fährt. In die auf dem Anhänger gelagerten Transportkisten muss die Frucht anschließend übergeben werden. In den rot markierten Arbeitsschritten der zuvor genannten Abbildung wird gemäß den hergeleiteten Einflussfaktoren, den Rahmenbedingungen des Ananasanbaus sowie des Anforderungsprofils Potenzial für die Entwicklung von Alternativen bei der Erntetechnik gesehen.

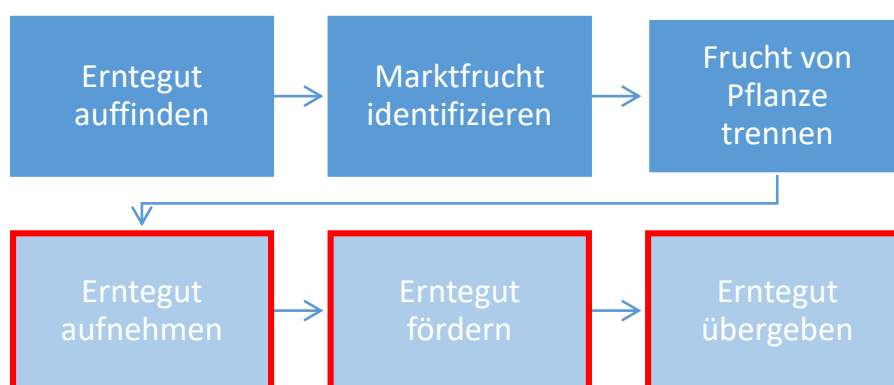


Abbildung 86: Detaillierte Prozessschritte bei der Ananasernte im etablierten Erntesystem Rot: Ansatzpunkte für Veränderungen

In Tabelle 55 werden die Anforderungen an den Erntemaschinenprototypen als Anforderungsliste nach Ehrenspiel, 1995 aufgeführt. Die Einzelparameter werden nachstehend hergeleitet und erläutert. Die Maschine soll durch den Bestand fahren können, um den Fahrweg für die Abfahrfahrzeuge freizuhalten, die sich dabei parallel zu der Erntemaschine bewegen,

und einen schnelleren Ernteprozess ermöglichen. Des Weiteren können für die Erntearbeiter zum Schutz gegen die verhältnismäßig hohen Sonnen- und Regeneinflüsse dauerhafte Schutzeinrichtungen an die Maschine angebaut werden, um die Arbeitsbedingungen im Feld zu verbessern.

Im Bereich der Geometrie muss eine Spurbreite von 2,20 m eingehalten werden, weil das Anbausystem (siehe Kapitel 2.4.3) diese vorgibt. Die Bodenfreiheit von mindestens 1,00 m Höhe ergibt sich aus der Höhe des Fruchtstandes über dem Boden (siehe Kapitel 2.4.2). Da sich die Maschine innerhalb des Bestandes bewegen soll, kann die Aufstandsweite des Reifens maximal 500 cm betragen. Ebenfalls sollte die Maschine über eine Allradlenkung verfügen und über eine dem Anbausystem entsprechende Baugröße verfügen (maximal 9 Meter Länge), um Schäden beim Ein- und Ausfahren in den Bestand zu minimieren. Die klimatischen Bedingungen in der Hauptanbauregion der Ananas in Costa Ricas erfordern die Beständigkeit gegenüber Hitze mit einer Maximaltemperatur von 50 Grad Celsius, einer Luftfeuchtigkeit von bis zu 100 % sowie der Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung (Sonne), Regen und Staub. Diese externen Einflüsse bedingen auch den Wunsch nach dem Einsatz möglichst einfacher Technik ohne wesentliche Elektronelemente. Dies soll die Störanfälligkeit des Systems vermindern.

Das Gerät bewegt sich in einem Umweltsystem mit zur Lebensmittelgewinnung dienenden Früchten. Daraus wird der Wunsch abgeleitet, biologisch abbaubare Öle und Schmierstoffe einzusetzen. Da die Ernte auch bei feuchten Bedingungen geschieht, sollte das Gerät über einen Allradantrieb und eine ausreichende Motorleistung von rd. 75 kW verfügen. Durch die genannte Motorleistung kann das Trägergerät mit einem Grundgewicht von bis zu 8 t bei den vorherrschenden Bedingungen durch den Bestand bewegt werden. Die Infrastruktur in den ländlichen Bereichen Costa Ricas erfordert den Einsatz eines Verbrennungsmotors (Dieselmotor). Dieser sollte wegen der anfallenden Hitze über eine Wasserkühlung verfügen. Die Fruchttransportwege müssen im Frontanbaubereich angebracht sein, um dem Fahrer eine gute Überwachung der Ernte zu ermöglichen. Der Fruchttransportweg muss so aufgebaut werden, dass die geerntete Ananas aktiv zur Wagenverladung transportiert und die Frucht dort einfach abgenommen werden kann. Dieser Übergabepunkt sollte aufgrund der anfallenden Erntemenge derart dimensioniert sein, dass zwei bis drei Personen die Früchte gleichzeitig abnehmen können. Der Fruchttransportweg muss hydraulisch zu heben und zu senken sein, um den Bodenverhältnissen zu entsprechen und einen Wechsel der Ananastransportanhänger störungsfrei zu ermöglichen. Für den Straßentransport ist eine Klappung auf maximal 4,00 m vorgegeben. Das aufnehmende Element muss über eine lebensmittelechte Oberfläche verfügen, um Kontaminationen der geernteten Frucht auszuschließen.

Die Erntemengen und die Notwendigkeit der erntenden Mitarbeiter sich innerhalb des Ananasbestandes zu bewegen, geben eine Arbeitsgeschwindigkeit von 0,10 bis 0,30 km/h vor. Diese ergibt sich aus den Erntegeschwindigkeiten des derzeit etablierten Erntesystems. Sowohl das Maximal- als auch das Minimalgewicht ergeben sich aus dem Aufbau des Erntesystems.

Ein zu hohes Gewicht könnte zu Problemen mit der Fortbewegung bei feuchten Bedingungen führen. Ein zu niedriges Gewicht würde unter Umständen zu Problemen mit der Stabilität und einer Erhöhung der Kippanfälligkeit führen. Um dem Kostenrahmen (hier 70.000 USD als verfügbares Budget) zu entsprechen, soll es sich um ein im Markt vorhandenes, etabliertes und geeignetes Trägergerät handeln, welches an die geplante Nutzung adaptiert werden kann. Der Zeitrahmen für die Entwicklung und Erprobung wird mit einem Jahr vorgegeben. Die Maschine soll über eine möglichst simple Technik bzw. wenig Elektronik verfügen, da eine Reparatur in Costa Rica komplexer ist und bei modernen Arbeitsgeräten oft Wochen und Monate dauert. Um lange Ausfallzeiten zu verhindern, sollte die Maschine durch den Schlosser oder Mechaniker des jeweiligen Betriebes zu reparieren sein. Zur einfachen Reparaturmöglichkeit soll der Fruchtransportweg in austauschbarer Segmentstruktur ausgeführt werden. Da im Ernteprozess eine Vielzahl von Personen im Feld die Ananaspflanzen ernten, ist ein hohes Maß an Überwachung für einen geordneten und sicheren Ernteprozess nötig. Diese wird am ehesten gewährleistet, wenn der Aufseher des Ernteprozesses auch die Geschwindigkeit der Arbeit aller Beteiligten vorgibt und jeden Beteiligten einsehen kann. Somit erscheint ein Ernteband im vorderen Bereich der Maschine als zielführend, da der Fahrer der Maschine sowohl die Geschwindigkeit des Fahrzeuges als auch des Erntebandes steuern kann und er mit seiner Position auf dem Fahrzeug einen Überblick über sämtliche Beteiligte des Ernteprozesses hat und somit jederzeit reagieren kann. Da der Ananasernteprozess für herkömmliche Maschinen vergleichsweise langsam stattfindet, ist ein Geschwindigkeitsbereich von rd. 0,1 – 0,3 km/h einzuhalten.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 55: Anforderungsliste Ananas-Erntemaschine (Prototyp)

Anforderungsliste Prototypenbau

Ananaserntemaschine	F = Fest
	M = Mindestanforderung
	W = Wünsche

Lfd. Nr.	Anforderung	Wert	Art
	Geometrie		
1	Spurbreite	2,20 m	F
2	Länge	9,00 m	W
3	Höhe Bodenfreiheit	1,00 m	M
4	Frontanbauraum	Ja	F
5	Reifenbreite	500 cm	F
	Gewicht		
5	Maximalgewicht	8,00 to	W
6	Minimalgewicht	5,00 to	W
	Kinematik		
7	Selbstfahrend	Ja	F
8 a	Arbeitsgeschwindigkeit	0,10 - 0,30 km/h	F
8 b	Geschwindigkeitsregulierung	Stufenlos	W
9	Allradlenkung	Ja	W
10	Allradantrieb	Ja	
	Beanspruchung		
11	maximal Temperatur (Umgebung)	50 Grad Celsius	F
12	Luftfeuchte	100%	F
13	Staubanfall	Ja	F
14	Sonne	kein	F
15	Regen	kein	F
16	Hydraulikfluide	Biologisch abbaubar	W
	Kräfte		
17	Stöße	kein	F
	Energie		
18	Motor	kein	F
19	Leistung	75 kW	W
20	Abschätzung Hydraulikleistung	l/min	
21	Kühlung	Ja	W
	Fruchttransportweg		
22	klappbar	4,00 m	F
23	Segmentierbar	kein	F
24	lebensmittelechte Oberfläche	kein	F
	technische Ausstattung		
25	möglichst wenig Elektronik	kein	W
	Ergonomie		
26	Bedienung aus der Kabine	kein	F
27	Überwachung aus der Kabine		
28	Wetterschutz für Feldarbeiter	kein	F
	Kosten		
29	Maximalbudget	70.000 USD	F
	Zeitraumen		
30	Entwicklungs- und Erprobungszeit	1 Jahr	W

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

In Tabelle 56 werden ausgewählte Ansatzpunkte zur Erfüllung des Anforderungsprofils dargestellt.

Tabelle 56: Anforderungsprofil und Ansatzpunkte zur dessen Erfüllung

Anforderungsprofil	Erfüllung des Anforderungsprofils
A) Ernte bei jedem Wetter möglich	- Erntefahrzeug mit Allrad, Erntebändern und Überladevorrichtung
B) hohe Erntegeschwindigkeit	- kontinuierliches Erntesystem, Vermeidung von Rüstzeiten
C) Verbesserung der Arbeitsbedingungen	- Wetterschutz, Mitführen von Trinkwasser und Duschwasser
D) Minimieren manueller Arbeiten	- Transport der Ananas mittels Förderbänder, Verwendung von Großgebinden

Als Grundkonzept kann auf einem Erntefahrzeug mit Allradantrieb, Erntebändern und einer Überladevorrichtung aufgebaut werden. Ziel ist es, dass das Fahrzeug bei jedem Wetter durch den Bestand fahren und eine kontinuierliche Ernte gewährleisten kann, da die Fahrwege freigehalten werden. Ein mit Bändern realisierter Förderweg minimiert die manuelle Beeinflussung der Frucht, da diese aktiv maschinell bis zur Großkistenverpackung transportiert wird. Ein separates Trägerfahrzeug ermöglicht es, die Arbeitsbereiche und Förderwege zu beschatten und Trinkwasser für die Erntearbeiter ständig mitzuführen und so die Arbeitsbedingungen zu verbessern.

Nachstehend wird in Abbildung 87 die Konzeptskizze zum Erntemaschinenprototypen gezeigt.

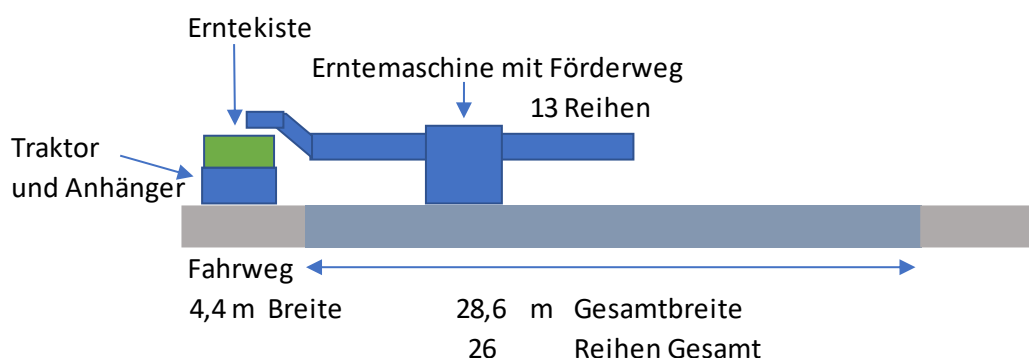


Abbildung 87: Konzeptskizze des Erntemaschinenprototypen

In Abbildung 88 wird der schematische Ablauf der Ernte mit dem in der Konzeptskizze gezeigten System aufgezeigt. Die Erntemaschine fährt durch den Bestand und die Fahrwege sind für Traktor und Ernteanhänger frei passierbar. Das Gespann fährt parallel zu der Erntemaschine. Die Früchte werden gepflückt, auf das Ernteband gelegt, zum Anhänger transportiert, dort vom Band genommen und in Großkisten verpackt. Sobald die Kisten gefüllt sind, wird das Band angehoben, der Traktor mit dem Ernteanhänger fährt zur Überladestation, das Folgegespann fährt unter das Band, dieses wird gesenkt und die Ernte wird fortgesetzt.

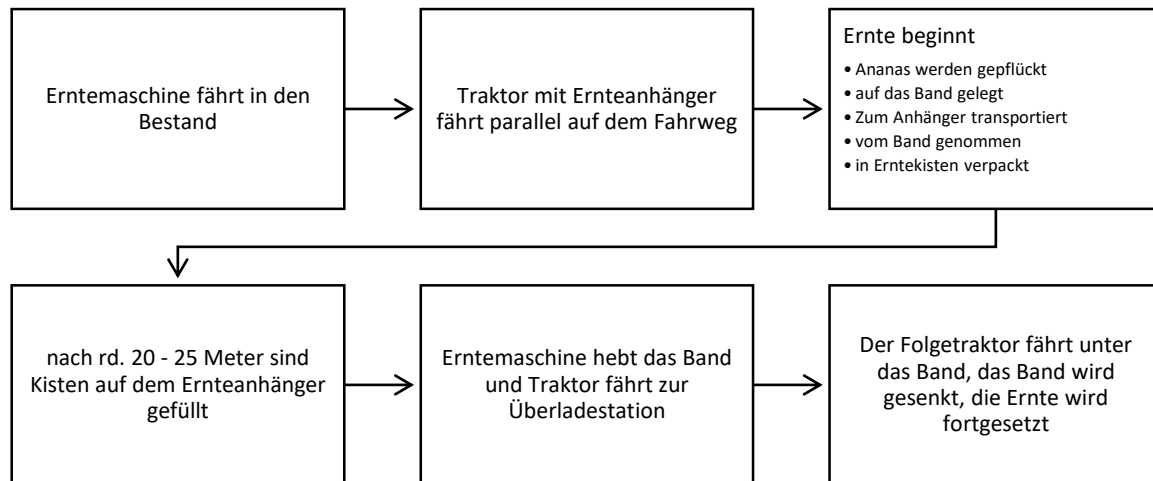


Abbildung 88: Schematischer Ablauf des modifizierten Erntesystems

Der nächste Schritt der systematischen Vorgehensweise war, zu eruieren, welche Systeme im Markt verfügbar waren und für das Vorgehen brauchbar erschienen.

6.4.4 Marktanalyse der vorhandenen Erntegeräte

Die in Kapitel 6.4.3 dargestellten Anforderungen treffen teilweise auch auf andere Ernteaufgaben zu, so dass im nächsten Schritt bereits am Markt verfügbare Erntesysteme auf die Erfüllung des Anforderungsprofils untersucht werden. Dazu wurde eine Marktrecherche in Form einer Internetrecherche und auf Basis von Hinweisen von Betriebsleitern im Obst- und Gemüsebau durchgeführt. In Costa Rica ist kein Selbstfahrssystem etabliert, das beschriebene etablierte Erntesystem reflektiert den modernsten Stand der Technik. Infolgedessen wurden Erntesysteme analysiert, die auf den europäischen Märkten im Obst- und Gemüsebau eingesetzt werden. Hier wurde eine Palette an Erntesystemen gefunden, die sich in Anbaumaschinen und Selbstfahrer aufgliedern. Unter Berücksichtigung der aufgestellten Anforderungsliste (siehe Tabelle 55) kommen Anbaumaschinen nicht in Frage, da mit ihnen nicht durch den Bestand gefahren werden kann. Nachstehend werden die gefundenen Erntesysteme vorgestellt und danach mit dem Anforderungsprofil verglichen. Diese werden in Tabelle 57 zusammenfassend gezeigt und im Folgenden erläutert. Den Markt dominieren Systeme mit Erntebändern oder Erntebalken, die auf verschiedene Arten mit Traktoren oder Trägerfahrzeugen oder Selbstfahrern verbunden sind. In der nächsten Ausbaustufe wird das Erntegut auf den Trägerfahrzeugen verpackt. Hier gibt es sowohl eine Transportverpackung als auch die Endverpackung. Bei dem sogenannten Gurkenflieger liegen die Erntearbeiter auf Gestellen über dem Erntegut und dem Ernteband. Das Produkt wird gepflückt, auf das Ernteband platziert und über Steigförderer in einen Vorratsbunker überladen. Einen Sonderfall stellt das Kistenrotationsband dar. Hier rotiert ein Band, auf dem die Kisten im Kreis an den Feldarbeitern vorbeigeführt werden. Jeder Erntearbeiter legt während der Passage der Kisten eine Frucht/Pflanze in die Kisten ein.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 57: Identifizierte Erntesysteme mit jeweiligem Aufbau

Identifizierte Erntesysteme	Aufbau
1) Costa Rica Standard	Traktor, Anhänger, aufgesatteltes Erntegestell
Erntesysteme Gemüseernte (internationaler Standard)	
2) Ernteband	Traktor oder Selbstfahrer, Band im Dreipunktanbau, Ernteanhänger angekoppelt
3) Erntebalken	Traktor oder Selbstfahrer, Band im Dreipunktanbau, Ernteanhänger angekoppelt
4) Kistenrotationsband	Selbstfahrer mit angebautem Rollenband, Erntegut in Kisten abgelegt
5) Ernte mit Feldverpackung	Selbstfahrer mit angebautem Ernteband, Erntegut marktfertig verpackt
6) Typ "Gurkenflieger"	Traktor oder Selbstfahrer, Band im Dreipunktanbau, Ernteanhänger angekoppelt

Die gefundenen Erntesysteme der ermittelten Hersteller sind einander sehr ähnlich. Exemplarisch für die Erntesysteme wurden Produktbeispiele identifiziert. Die Firma Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH deckt mit ihrer Produktpalette einen großen Teil der auf dem Markt vorhandenen Systeme ab. In der Tabelle 58 werden die Produktbeispiele gezeigt.

Tabelle 58: Identifizierte Erntesysteme mit Produktbeispiel

Identifizierte Erntesysteme	Produktbeispiel
Erntesysteme Gemüseernte (internationaler Standard)	
2) Ernteband	ZEMA Ernteband
3) Erntebalken	ZEMA Erntebalken
4) Kistenrotationsband	ZEMA Rotation
5) Ernte mit Feldverpackung	ZEMA Packfix und ZEMA Power
6) Typ "Gurkenflieger"	Gurkenflieger - Hans Steiger Maschinenbau

Diese werden in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt und erklärt. Das ZEMA Ernteband in Abbildung 89 benötigt einen Traktor als Trägerfahrzeug und wird im Dreipunktanbau gefahren. Ein einseitig ausgelegtes Förderband mit maximal sechs Meter Förderbreite transportiert das geerntete Produkt auf einen angehängten Drehschemelanhänger. Der ZEMA Erntebalken (siehe Abbildung 90) ist ein starres System, welches zentral hinter ein Trägerfahrzeug angebaut wird. Die Funktion entspricht im Wesentlichen der des Erntebandes.



Abbildung 89: ZEMA Ernteband (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)



Abbildung 90: ZEMA Erntebalken (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2022)

Das ZEMA Rotation Erntesystem in Abbildung 91 besteht aus einem Trägerfahrzeug und einem umlaufenden und einseitig ausgelegten Förderband. Darauf werden Kisten transportiert. Das Erntepersonal legt das Erntegut darin ab. Die gefüllten Kisten werden auf dem

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Transportfahrzeug gestapelt. Das ZEMA Power Erntesystem in Abbildung 92 und der ZEMA Packfix Abbildung 93 sind Systeme für die Feldverpackung. Daran angehängt wird ein Ernteband (siehe Abbildung 89).

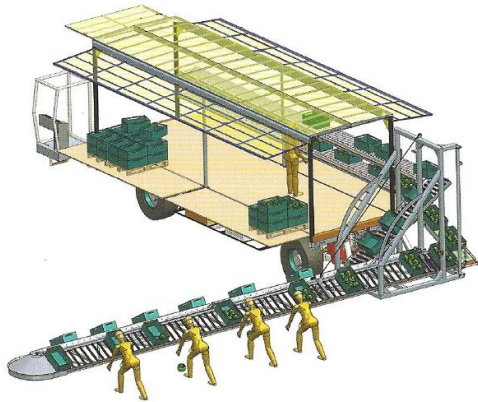


Abbildung 91: ZEMA Rotation (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)



Abbildung 92: ZEMA Power (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)

Bei dem in Abbildung 94 gezeigten Gurkenflieger liegen die Erntehelfer auf einem Gestell über dem Ernteprodukt und platzieren das Erntegut auf ein unter ihnen geführtes Ernteband.

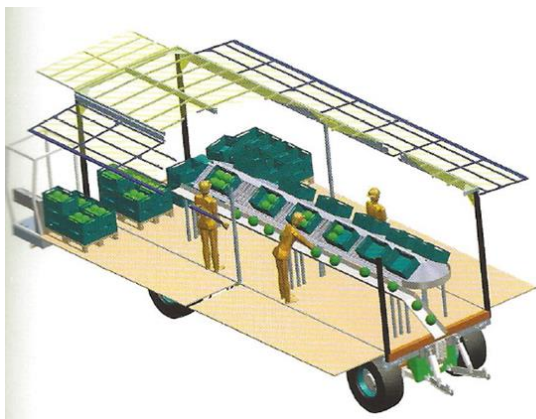


Abbildung 93: ZEMA Packfix (Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011)



Abbildung 94: Gurkenflieger (Hans Steiger Maschinenbau, 2022)

Ein großer Vorteil der vorhandenen Systeme ist, dass keine Entwicklungsarbeit nötig wäre, sofern sie in der bestehenden Form eingesetzt werden könnten. Das trifft auf kein System zu. Weder die Traktoren noch die Selbstfahrer sind so aufgebaut, dass sie durch den Ananasbestand fahren können. Das Kistenrotationsband ist ein interessantes Funktionsprinzip, welches der in Costa Rica bekannten Kleinkistenverpackung (siehe Abbildungen 41 – 43 in Kapitel 2.4.5) entspricht. Allerdings kann es nicht übernommen werden, weil es nicht durch den Bestand fahren kann und die Ananasvolumenströme mit dieser Maschine nicht zu bewältigen sind. Jede Form einer Ananasfeldverpackung scheidet aufgrund der internationalen Hygienevorschriften und der Notwendigkeit, die Kerntemperatur der Früchte so schnell wie möglich nach der Ernte auf 7 Grad Celsius herabzusetzen (siehe Kapitel 2.4.6), aus. Das Ananasblattwerk hat dornenähnliche Spitzen, die bei den Arbeitern zu Stichverletzungen sorgen können, sodass

Erntemaschinen nach dem Prinzip Gurkenflieger aufgrund mangelnder Arbeitssicherheit ausscheiden.

Wie in dem vorherigen Absatz beschrieben, war keines der Systeme geeignet, die Anforderungen, wie in Tabelle 55 und Tabelle 56 definiert, zu erfüllen. Speziell die lfd. Nrn. 3 (Höhe der Bodenfreiheit) und 29 (Maximalbudget) der Anforderungsliste in Tabelle 55 konnten von den vorhandenen Systemen nicht erfüllt werden. Aus diesem Grund wurde der Ansatz weiterverfolgt, den Prototypen einer Erntemaschine selbst zu entwickeln. Dabei sollten Bauteile und/oder Baugruppen aus vorhandener Technik übernommen werden und zur Zielerfüllung um die fehlenden Komponenten ergänzt werden. Die wichtigste fehlende Komponente ist ein geeignetes Trägerfahrzeug, also ein Selbstfahrer, der die Anforderungen aus der Anforderungsliste der Tabelle 55 erfüllt. Mittels einer in dem folgenden Kapitel durchgeführten systematischen Produktentwicklung wurden Lösungsvarianten erarbeitet, analysiert und bewertet.

6.4.5 Systematisches Entwickeln und Konstruieren eines Erntemaschinenprototypen für die Ananasernte

Zur Entwicklung eines Erntemaschinenprototypen wurde die Methodik des systematischen Entwickelns und Konstruierens angewandt. Diese ist in Kapitel 6.1.2 bereits erläutert worden. Die Anforderungen an das Erntegerät werden bereits in Tabelle 55 in Kapitel 6.4.3 dargestellt und erläutert. Aus der Anforderungsliste nach Ehrenspiel, 1995 ergeben sich die in Tabelle 59 zusammengefassten Hauptfunktionen nach VDI, 1997. Die Hauptfunktionentabelle soll aus der komplexen Aufgabenstellung, die der Ananasernteprozess bildet, durch die Aufgliederung der allgemeinen Größen „Stoff“, „Energie“ und „Information“ sowie fünf grundlegende Zustandsänderungen „Speichern“, „Leiten“, „Umformen“, „Wandeln“ und „Verknüpfen“ die Grundlage für die weitere Bearbeitung darstellen.

Zunächst muss das Erntegut durch eine Arbeitskraft aufgefunden werden. Die Frucht wird vom Arbeiter als Marktfrucht und damit als erntefähig identifiziert und muss anschließend von der Pflanze getrennt werden. Ab diesem Zeitpunkt beginnen nun die Hauptfunktionen der Erntemaschine (wie in der Hauptfunktionentabelle 59 zu erkennen). Das Erntegut wird zunächst auf einem Transportweg abgelegt. Dabei wird ein Stoff (Ananasfrucht) aufgenommen. Das Produkt wird nun auf einem Transportweg zum Feltrand gefördert. Dabei wird ein Stoff geleitet. Dabei kann es sich um einen oder mehrere Transportwege handeln. Das geerntete Produkt wird dann übergeben. Dazu wird ein Stoff geleitet. Das Erntegerät, welches die zuvor genannten Funktionen ausführt, muss über einen Frontanbauraum verfügen, in dem eine höhenverstellbare und klappbare Transporteinrichtung (entweder ein- oder mehrfach) angebracht wird. Der Antrieb der Transporteinrichtung sowie die Verstellung bedingen die Bereitstellung und Umformung von Energie. Auch für das Fahren muss Energie bereitgestellt werden. Als Nebenbedingungen werden Anforderungen an den Arbeits- und Wetterschutz für die Erntearbeiter sowie den Fahrerarbeitsplatz und die Steuerung gestellt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 59: Hauptfunktionen nach VDI, 1997

Funktionsstrukturen Ananaserntemaschine					
	Speichern	Leiten	Umformen	Wandeln	Verknüpfen
Stoff	Erntegut aufnehmen	Erntegut fördern (Elemente 1 fach) (Elemente x fach) Erntegut übergeben			
Energie	Energie bereitstellen		Frontanbauraum heben/senken Klappung (Element 1 fach) (Element x fach)	Fahren (Fahrwerk) (Antrieb)	
Information					

Nebenbedingungen	
Sonstige	Arbeitsschutz / Wetterschutz Fahrerarbeitsplatz Steuerung

Die aus der Anforderungsliste nach Ehrensphil, 1995 und der Haupt- und Teilfunktionentabelle nach VDI, 1997 gewonnenen Erkenntnisse wurden zur Entwicklung möglicher Lösungsansätze in einem morphologischen Kasten nach Zwicky, der unter anderem in Pahl et al., 2004 beschrieben wird, erstellt. Der morphologische Kasten kann in Tabelle 60 eingesehen werden. Die zu erfüllenden Teilfunktionen sind in der vertikal angeordneten Spalte aufgeführt. Die nebenstehenden horizontal angeordneten Zeilen beschreiben einzelne Lösungsmöglichkeiten zur Erfüllung der Teilfunktion. Es wurden 11 Teilfunktionen identifiziert. Innerhalb der Teilfunktionen wurden bis zu sechs Lösungsansätze zusammengetragen. Innerhalb der Teilfunktion eins (Erntegut auffinden und identifizieren), zwei (Erntegut abschneiden/trennen) und drei (Erntegut übergeben) wurden mit den Optionen „manuell“, „teil“- und „vollautomatisiert“ jeweils drei Lösungsansätze identifiziert. In der Teilfunktion vier (Erntegut aufnehmen) ergaben sich sechs Lösungsmöglichkeiten. Diese umfassen einen manuellen Ansatz, die Aufnahme durch eine Kette, ein Band, einen Becher, eine Kiste sowie einen Haken. Die Teilfunktion fünf (Erntegut fördern) könnte durch einen von fünf Ansätzen gelöst werden. Diese beinhalten die Förderung mittels einer Kette, eines Bandes (eines oder mehrere), im Wasserstrom, per Luftstrom (Prinzip „Rohrpost“) sowie über eine Kiste auf einem Band. Die Teilfunktion sechs (Erntegut übergeben an Transportmöglichkeit) kann entweder manuell, teil- oder vollautomatisiert ausgeführt werden. Im Bereich des Fahrens inkl. des Fahrwerks (Teilfunktion sieben) wurden vier Lösungsmöglichkeiten aufgetragen. Diese umfassen drei, vier, mehr als vier Räder oder ein Ketten-/ Raupenlaufwerk. In der Teilfunktion acht (Hauptantrieb) kommen mit einem Verbrennungsmotor (Diesel), einem Elektromotor und einer Brennstoffzelle drei Ansätze in Frage. Im Bereich der weiteren Funktionen befinden sich die Teilfunktionen neun bis elf. Der Arbeits- und Wetterschutz (Funktion neun) beinhaltet die vier Ansätze Sonnenschirme, eine Plane, ein Netz sowie feste Dachplatten. Der Fahrerarbeitsplatz

(Funktion zehn) kann sich hinter, vor, am oder über dem Förderraum befinden. Die Teilfunktion elf (Steuerung) weist die drei Lösungsvarianten „manuell“, „teil“- und „vollautomatisiert“ auf.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 60: Morphologischer Kasten

Morphologischer Kasten

Aufgabenstellung: Prototypenbau einer Ananasentemmaschine

	Teilaufgaben		Lösungsverfahren										
	Nr.		1	2	3	4	5	6					
Stoff	Erntegut auffinden und identifizieren	1.1	Manuell	1.2	teilautomatisiert	1.3	vollautomatisiert	1.4		1.5		1.6	
		1	x		x		x						
	Erntegut abschneiden / Trennen	2.1	Manuell	2.2	teilautomatisiert	2.3	vollautomatisiert	2.4		2.5		2.6	
		2	x		x		x						
	Erntegut übergeben	3.1	Manuell	3.2	teilautomatisiert	3.3	vollautomatisiert	3.4		3.5		3.6	
		3	x		x		x						
Erntegut aufnehmen	4.1	Manuell	4.2	Kette	4.3	Band	4.4	Becher	4.5	Kiste	4.6	Haken	
	4	x		x		x		x		x		x	
Erntegut fördern	5.1	Kette	5.2	Band	5.3	Wasserstrom	5.4	Luftstrom ("Rohrpost")	5.5	Kiste auf Band	5.6		
	5	x		x		x		x		x		x	
Erntegut übergeben an Transportmöglichkeit	6.1	manuell	6.2	teilautomatisiert	6.3	vollautomatisiert	6.4		6.5		6.6		
	6	x		x		x							
Energie inkl. Antriebe	Fahren (Fahrwerk)	7.1	3-Rad	7.2	4-Rad	7.3	>4 Rad	7.4	Raupe/Kette	7.5		7.6	
		7	x		x		x		x				
Antrieben (Hauptantrieb)	8.1	Verbrennungsmotor Diesel	8.2	Elektromotor	8.3	Brennstoffzelle Wasserstoff	8.4		8.5		8.6		
	8	x		x		x							
Weitere	Arbeits-/Wetterschutz	9.1	Sonnenschirme	9.2	Plane	9.3	Netz	9.4	 feste Dachplatten	9.5		9.6	
		9	x		x		x		x				
	Fahrerarbeitsplatz	10.1	Vor dem Förderraum	10.2	Am Förderraum	10.3	Hinter dem Förderraum	10.4	Über dem Förderraum	10.5		10.6	
10		x		x		x		x					
Steuerung	11.1	manuell	11.2	teilautomatisiert	11.3	vollautomatisiert	11.4		11.5		11.6		
	11	x		x		x							

Die Teilfunktionen eins bis drei „Erntegut auffinden und identifizieren“, „Erntegut abschneiden und trennen“ und „Erntegut übergeben“ sind grundsätzlich auch teilautomatisierbar. Um das zu realisieren, müsste entsprechende Steuerungs- und Automatisierungstechnik eingesetzt werden. Die zur Verfügung stehenden Rahmenbedingungen ermöglichen eine solche Entwicklung nicht. Daher wurde ein manueller Ansatz gewählt. Die Erntegutaufnahme könnte durch die Ablage auf einem Band, in einem Becher, in einer Kiste sowie das Anhängen an einen Haken erfolgen. Die Teilfunktionen „manuell“ und „Kette“ werden in den Lösungsansätzen nicht berücksichtigt, da ihr Einsatz zu bereits dargestellten Qualitätseinbußen der Frucht durch Druckstellen führen würde. Das Erntegut könnte über eine Kette, ein Band (dieses einfach oder mehrfach) sowie eine Kiste auf einem Band gefördert werden. Die Lösungsansätze im Wasser- oder Luftstrom wurden durch das vorhandene Budget (siehe Tabelle 55) sowie den Einsatz im Feld in Verbindung dem zu erwartenden Gewicht der Systeme als nicht realisierbar eingestuft. Die geerntete Frucht kann in den Varianten entweder manuell oder vollautomatisiert an das Transportfahrzeug übergeben werden. Das Fahrwerk ist in sämtlichen Varianten vierrädrig. Der Antrieb erfolgt über einen Dieselmotor. Der Arbeitsschutz kann lediglich durch ein Netz gewährleistet werden. Der Fahrer befindet sich hinter dem Förderraum und die Steuerung erfolgt manuell. In der Tabelle 61 werden insgesamt sechs Lösungsvarianten graphisch dargestellt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 61: Morphologischer Kasten mit Lösungsansätzen

Morphologischer Kasten

Aufgabenstellung: Prototypenbau einer Ananasmemaschine

	Teilaufgaben	Lösungsverfahren					
		Nr.	1	2	3	4	5
Stoff	Erntegut auffinden und identifizieren	1.1 Manuell x	1.2 teilautomatisiert x	1.3 vollautomatisiert x	1.4	1.5	1.6
	Erntegut abschneiden / Trennen	2.1 Manuell x	2.2 teilautomatisiert x	2.3 vollautomatisiert x	2.4	2.5	2.6
	Erntegut übergeben	3.1 Manuell x	3.2 teilautomatisiert x	3.3 vollautomatisiert x	3.4	3.5	3.6
	Erntegut aufnehmen	4.1 Manuell x	4.2 Kette x	4.3 Band x	4.4 Becher x	4.5 Kiste x	4.6 Haken x
	Erntegut fördern	5.1 Kette x	5.2 Band x ein x mehrere x	5.3 Wasserstrom x	5.4 Luftstrom ("Rohrpost") x	5.5 Kiste auf Band x	5.6
	Erntegut übergeben an Transportmöglichkeit	6.1 manuell x	6.2 teilautomatisiert x	6.3 vollautomatisiert x	6.4	6.5	6.6
Energie inkl. Antriebe	Fahren (Fahrwerk)	7.1 3-Rad x	7.2 4-Rad x	7.3 >4 Rad x	7.4 Raupe/Kette x	7.5	7.6
	Antreiben (Hauptantrieb)	8.1 Verbrennungsmotor Diesel x	8.2 Elektromotor x	8.3 Brennstoffzelle Wasserstoff x	8.4	8.5	8.6
Weitere	Arbeits-/Wetterschutz	9.1 Sonnenschirme x	9.2 Plane x	9.3 Netz x	9.4 feste Dachplatten x	9.5	9.6
	Fahrerarbeitsplatz	10.1 Vor dem Förderraum x	10.2 Am Förderraum x	10.3 Hinter dem Förderraum x	10.4 Über dem Förderraum x	10.5	10.6
	Steuerung	11.1 manuell x	11.2 teilautomatisiert x	11.3 vollautomatisiert x	11.4	11.5	11.6

In Tabelle 62 werden die verschiedenen Lösungsvarianten tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 62: Lösungsvarianten des Morphologischen Kastens

Variante/Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	1.1	2.1	3.1	4.3	5.2 (eins)	6.1	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1
B	1.1	2.1	3.1	4.3	5.2 (mehrere)	6.1	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1
C	1.1	2.1	3.1	4.4	5.1	6.1	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1
D	1.1	2.1	3.1	4.5	5.5	6.1	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1
E	1.1	2.1	3.1	4.5	5.5	6.3	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1
F	1.1	2.1	3.1	4.6	5.1	6.1	7.2	8.1	9.3	10.3	11.1

Die Lösungsvarianten C, D, E und F erfüllen die in der Tabelle 55 dargestellten Anforderungen mit den lfd. Nrn. 5 (Maximalgewicht), 23 (Segmentierbar) und 29 (Maximalbudget) nicht und scheidet somit für die weitere Betrachtung aus. Nach dem zuvor erarbeiteten Erntekonzept scheidet die Varianten A, B und D nicht bereits anhand des Abgleichs mit der Anforderungsliste (Tabelle 55) aus. Sie wurden somit im Folgenden als mögliche Lösungsansätze analysiert.

In der Lösungsvariante „A“ wird mit drei manuellen Arbeitsschritten in der direkten Fruchternte begonnen, gefolgt von der Ablage auf einem Förderband. Dieses ist „einfach“ ausgeführt, besteht mithin also aus einem Band. Die Übergabe auf die Transportmöglichkeit erfolgt manuell. Das Fahrzeug verfügt über vier Räder und einen Dieselmotor. Der Arbeits-/Wetterschutz ist durch Netze gewährleistet. Der Fahrerarbeitsplatz befindet sich hinter dem Förderraum und die Steuerung erfolgt manuell. Die Variante „B“ unterscheidet sich von der Variante „A“ lediglich in der Ausführung des Förderbandes. Dieses ist vorliegend geteilt und besteht aus mehreren Bändern. In der Variante „D“ wird ebenfalls mit den manuellen Ernteschritten begonnen. Die Früchte werden hierbei jedoch in eine Kiste abgelegt. Diese befindet sich auf einem Kistenband, welches die gefüllten Kisten zu einem Transportgerät fördert. Diese könnten vollautomatisiert auf einem Anhänger abgelegt werden. Das Fahrzeug verfügt neben vier Rädern über einen Dieselmotor. Die Lösungsansätze zu den „weiteren“ Teilfunktionen entsprechen denen der Varianten „A“ und „B“.

Unter Berücksichtigung der Anforderungsliste (siehe Tabelle 55) sowie der Feldbedingungen scheidet die Variante „A“ in dem vorliegenden Fall aus, da ein einfaches Band den Parameter Transportbreite durch die fehlende Klappmöglichkeit nicht erfüllt. Die Variante „D“ ähnelt der bereits im Gemüsebau etablierten Maschine „ZEMA Rotation“ (siehe Kapitel 6.4.4 und Abbildung 91). Der veranschlagte Kostenrahmen für solch eine Maschine übertrifft das vorgegebene Budget und scheidet somit ebenfalls aus. Resultierend ergibt sich die Variante „B“ als zu bearbeitender Lösungsansatz. Dieser wird zur Verdeutlichung und besseren Übersicht in der Tabelle 63 als morphologischer Kasten dargestellt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 63: Morphologischer Kasten mit Lösungsvariante "B"

Morphologischer Kasten

Aufgabenstellung: Prototypenbau einer Ananasmemaschine

	Teilaufgaben	Lösungsverfahren					
		Nr.	1	2	3	4	5
Stoff	Erntegut auffinden und identifizieren	1.1 Manuell x	1.2 teilautomatisiert x	1.3 vollautomatisiert x	1.4	1.5	1.6
	Erntegut abschneiden / Trennen	2.1 Manuell x	2.2 teilautomatisiert x	2.3 vollautomatisiert x	2.4	2.5	2.6
	Erntegut übergeben	3.1 Manuell x	3.2 teilautomatisiert x	3.3 vollautomatisiert x	3.4	3.5	3.6
	Erntegut aufnehmen	4.1 Manuell x	4.2 Kette x	4.3 Band x	4.4 Becher x	4.5 Kiste x	4.6 Haken x
	Erntegut fördern	5.1 Kette x	5.2 Band ein x mehrere x	5.3 Wasserstrom x	5.4 Luftstrom ("Rohrpost") x	5.5 Kiste auf Band x	5.6 x
	Erntegut übergeben an Transportmöglichkeit	6.1 manuell x	6.2 teilautomatisiert x	6.3 vollautomatisiert x	6.4	6.5	6.6
Energie inkl. Antriebe	Fahren (Fahrwerk)	7.1 3-Rad x	7.2 4-Rad x	7.3 >4 Rad x	7.4 Raupe/Kette x	7.5	7.6
	Antreiben (Hauptantrieb)	8.1 Verbrennungsmotor Diesel x	8.2 Elektromotor x	8.3 Brennstoffzelle Wasserstoff x	8.4	8.5	8.6
	Weitere	Arbeits-/Wetterschutz	9.1 Sonnenschirme x	9.2 Plane x	9.3 Netz x	9.4 feste Dachplatten x	9.5
Fahrer Arbeitsplatz		10.1 Vor dem Förderraum x	10.2 Am Förderraum x	10.3 Hinter dem Förderraum x	10.4 Über dem Förderraum x	10.5	10.6
Steuerung		11.1 manuell x	11.2 teilautomatisiert x	11.3 vollautomatisiert x	11.4	11.5	11.6

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Es soll ein Erntemaschinenprototyp auf Basis eines noch auszuwählenden Fahrgestells gebaut und erprobt werden. Hierbei sind die Anforderungen nach Tabelle 55 zu erfüllen. Ein wesentliches Kennzeichen des Erntemaschinenprototypen ist ein vor der Kabine im Frontanbauraum anzubringendes Förderorgan, wie in Abbildung 95 skizziert. Marktübliche Selbstfahrerspritzen schienen die Anforderungen für das gesuchte Trägerfahrzeug zu erfüllen. Der Markt für Selbstfahrerspritzen wurde mittels einer Internetrecherche (u.a. www.agriaffaires.de) analysiert. Die gefundenen Fabrikate und Typen wurden in Tabelle 64 aufgeführt und mit den wichtigsten zu erfüllenden Anforderungen verglichen. Sämtliche Fabrikate erfüllen die Anforderungen für Bodenfreiheit, Allradantrieb und die Allradlenkung. Bei den Herstellern Agrifac, Amazone, Challenger, Dammann, Hardi, Horsch und John Deere ist der Anbauraum an der Hinterseite der Maschine angebracht. Bei den Firmen Duissard und Matrot wurden Maschinen mit Frontanbauraum gefunden.

Tabelle 64: Eigenschaften von Selbstfahrerspritzen

Marke	Typ	Bodenfreiheit > 1 m	Allradantrieb	Allradlenkung	Frontanbauraum
Agrifac	Condor	Ja	Ja	Ja	Nein
Amazone	Pantera	Ja	Ja	Ja	Nein
Challenger	Rogator	Ja	Ja	Ja	Nein
Dammann	DTP 5024	Ja	Ja	Ja	Nein
Duissard	DM1800	Ja	Ja	Ja	Ja
Hardi	Alpha plus 4100	Ja	Ja	Ja	Nein
Horsch	LEEB PT230	Ja	Ja	Ja	Nein
John Deere	5430i	Ja	Ja	Ja	Nein
Matrot	M44D	Ja	Ja	Ja	Ja

Nach Gespräche mit den Anbietern der Selbstfahrerspritzen von Duissard und Matrot, war das Produkt der Marke Matrot am geeignetsten, denn der Typ M44D ist im Markt (vor allem in Frankreich) weit verbreitet und dadurch ist die Ersatzteilversorgung problemlos möglich. Nur eine gesicherte Ersatzteilversorgung ermöglicht einen gesicherten Produktionsablauf. Das Gerät wird in der Abbildung 95 gezeigt.



Abbildung 95: Selbstfahrerspritze Matrot im Feldeinsatz (Matrot, 2005)

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Die technischen Daten (Radstand, Länge und Spurbreite) des verwendeten Maschinentyps sind in Abbildung 96 dargestellt. Das Gerät verfügt durch das hydrostatische Getriebe über eine variable Geschwindigkeit von 0 – 20 km/h.

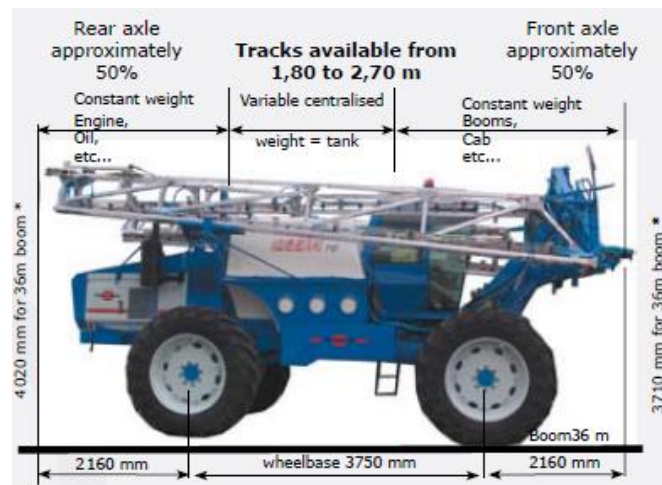


Abbildung 96: Abmessungen der Matrot Selbstfahrerspritze (Matrot, 2005)

Die Steuerung des Fahrbetriebes und der hydraulischen Funktionen erfolgt aus der Kabine heraus mittels eines Joysticks. Die Wendigkeit der Maschine kann durch den Einsatz einer Allradlenkung (siehe Abbildung 97) maßgeblich erhöht werden.



Abbildung 97: Innenraum der Kabine - Matrot Selbstfahrerspritze (Matrot, 2005)

Auf einer Internethandelsplattform des Landes (www.agriaffaires.de) wurden am 21.03.2012 sechs dieser Maschinen angeboten. Der durchschnittliche Anschaffungspreis entsprach zum Zeitpunkt der Planung (März 2012) durchschnittlich 30.000 USD (siehe Tabelle 65).

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 65: Vergleichsangebote verschiedener Trägergeräte

Lfd. Nr.	Name	Baujahr	Modell	Betriebsstunden (gerundet auf 100)	Erfüllt die Voraussetzungen	Preis in USD (gerundet auf 1.000)
1	Matrot	2001	M44D	6.200	Ja	\$ 24.000,00
2	Matrot	2004	M44D	4.200	Ja	\$ 34.000,00
3	Matrot	2002	M44D	5.400	Ja	\$ 33.000,00
4	Matrot	2004	M44D	3.700	Ja	\$ 35.000,00
5	Matrot	1998	M44D	6.500	Ja	\$ 18.000,00
6	Matrot	2003	M44D	4.800	Ja	\$ 37.000,00
Durchschnittlicher Anschaffungspreis in USD (gerundet auf 1.000)						\$ 30.000,00

Durch die durchschnittlichen Anschaffungskosten der Maschine in Höhe von 30.000 USD verbleiben in dem Budget für das Erntegerät bis zu 40.000 USD für alle weiteren Kosten einschließlich des Umbaus und der Erprobung.

Um das mögliche Umbaubudget definieren zu können, muss eine Rückkalkulation weiterer umbaufremder Kosten durchgeführt werden. Diese beinhalten unter anderem die Überführung der Maschine an den Standort in Petershagen (Umbauwerkstatt) sowie die Kosten der Überführung des Gerätes zu dem Betriebsstandort des Betriebes in Costa Rica. In Tabelle 66 sind die Kosten mit weiteren Einzelpositionen aufgeschlüsselt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 66: Umbaukostenfreies Budget - Prototypenbau Ananaserntemaschine

		SOLL
Pos.	Art	Kosten netto in USD
1	Selbstfahrspritze Matrot	\$ 30.000,00
2	Transport von F nach D	\$ 2.000,00
3	Abbau und Verladung	\$ 3.000,00
4	Exportverzollung	\$ 3.000,00
5	Hafentransport	\$ 1.500,00
6	Verschiffung	\$ 5.000,00
7	Importverzollung	\$ 2.500,00
8	Inlandstransport CR	\$ 1.500,00
9	Anbau des Erntebandes	\$ 1.500,00
10	Ersteinsatz	\$ 1.000,00
Summe umbaufreie Kosten		\$ 51.000,00
	Budget	\$ 70.000,00
	Saldo	\$ 19.000,00

Aus dem resultierenden Budget in Höhe von 19.000 USD kann nun der Umbaurahmen definiert werden. Der Umbau erfolgt auf dem Werkstattgelände eines landwirtschaftlichen Betriebes in Petershagen (Deutschland). Zunächst mussten die nicht mehr benötigten Teile der Maschine abgebaut werden. Dies führte zu Kosten in Höhe von 1.500 USD Arbeitslohn sowie 500 USD Entsorgungskosten. Verwertbare Teile (z.B. Spritzgestänge aus Aluminium) konnten für 2.000 USD verkauft werden. In Tabelle 67 werden die zum Abbau benötigten Kosten zusammengefasst. Das Restbudget betrug rd. 16.000 USD.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 67: Budget nach Umbauvorbereitung - Prototypenbau Ananaserntemaschine

		SOLL
Pos.	Art	Kosten netto in USD
1	Saldo umbaufreie Kosten	\$ 51.000,00
2	Abbau nicht benötigter Anbauteile	\$ 1.500,00
3	Entsorgung nicht benötigter Anbauteile	\$ 1.500,00
Kosten nach Umbauvorbereitung		\$ 54.000,00
	Budget	\$ 70.000,00
	Saldo	\$ 16.000,00

Da das Ernteband in der Arbeitsbreite 18 Meter betragen soll und das Band in dem vorderen Anbauraum der Maschine installiert wird, muss das Ernteband für den Straßentransport geteilt und somit klappbar sein. Der von dem Spritzgestänge benötigte Klappmechanismus kann für das Ernteband genutzt werden, sodass die einzelnen Förderbänder entlang der Maschine eingeklappt werden.

Um eine möglichst hohe Stabilität der Förderbänder im Feldeinsatz zu gewährleisten, wurden der Förderbandrahmen als gekantetes Stahlblech mit innen liegenden Profilstangen gewählt (siehe Abbildung 100). Um das Erntegut auf einen abtransportierenden Anhänger zu befördern, muss von der Feldebene in eine rd. 1 Meter höhere Entladeebene überladen werden. Dazu ist im Bereich vor dem Fahrweg eine Steigung des Bandes von rd. 33 % (3 Meter Länge und 1 Meter Höhe) zu bewältigen. Der Rahmen des Bandes ist entsprechend im Winkel anzuordnen. Nach Erreichen der Entnahmehöhe muss das Band auf einer Länge von rd. 2 Metern wieder in einer horizontalen Ebene weiterfördern (siehe Abbildung 98).

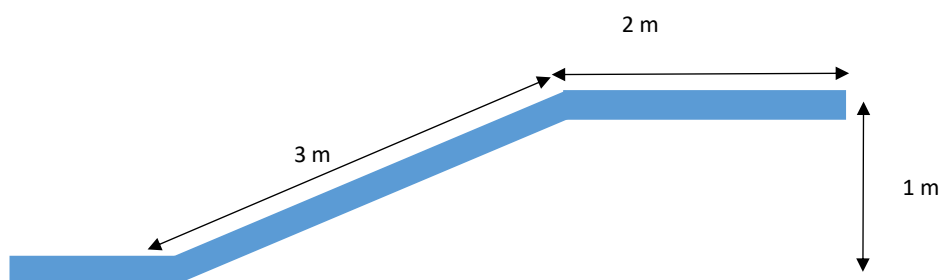


Abbildung 98: Schematische Zeichnung der Bandsteigung

Aus diesem geraden Bereich entnehmen die Packarbeiter dann die geerntete Ananasfrucht und stellen sie in den großen Erntekisten ab. Nachdem zwei dieser Erntekisten (jeweils rd. 850 Früchte pro Kiste) gefüllt sind, kann der Selbstfahrer durch den Hubrahmen im Frontanbau das Ernteband anheben, um das sich parallel bewegende Fahrzeug zum Abtransport abzufahren

lassen. Ein weiteres folgendes Fahrzeug kann sich dann in Position bringen. Nach Senkung des Hubrahmens kann die Ernte fortgeführt werden. Dieser Prozess vermindert lange Wartezeiten durch einen Umbau des Erntegerätes von dem Transportanhänger auf einen folgenden Transportanhänger. Die Ernte kann nahezu kontinuierlich weitergeführt werden.

Bei der Bandauflage soll ein Radiusband von der Firma „ScanBelt A/S“ aus Dänemark mit der Bezeichnung „J.101“ in lebensmittelechter Qualität mit FDA Zulassung gemäß den Anforderungen aus der in Kapitel 6.4.3 erarbeiteten Tabelle eingesetzt werden (siehe auch Anlage 6, Auszug aus den technischen Daten des Radiusbandes). Speziell dieses Band soll eingesetzt werden, da die einzelnen Elemente des Bandes bei einem Defekt auch direkt im Feld durch den Austausch mehrerer Segmente erfolgen kann. Zur Konstruktion der Maschine wurde das CAD Programm „Creo Elements/Direct Modeling Express 4.0“ (Version: 14.0.0.162) genutzt.

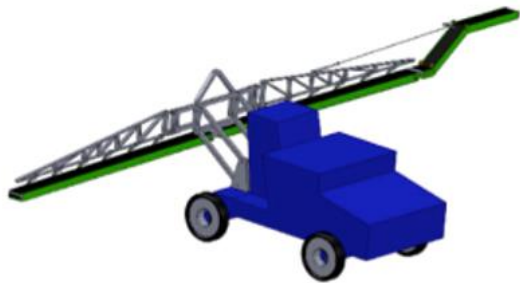


Abbildung 99: Konzeptzeichnung

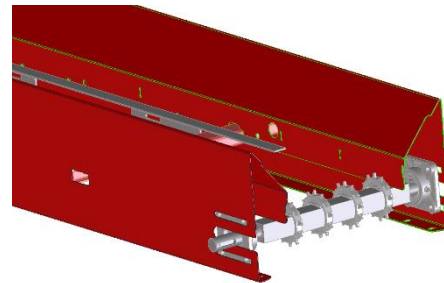


Abbildung 100: CAD Zeichnung des Erntebandes

Die Entwürfe wurden als CAD-Modell sowohl für das Trägergerät (Abbildung 99) als auch für das Ernteband samt Kantung und Antriebswelle erstellt (siehe Abbildung 100). Weitere Detailzeichnungen können der Anlage 14 (Detailzeichnungen Ernteband) entnommen werden. Auf Basis des CAD-Modells wurde eine Stückliste abgeleitet, mit der eine Materialbedarfsplanung durchgeführt werden konnte.

Auf Grundlage der Stückliste wurde eine Kostenabschätzung für Kaufteile und anzufertigende Teile vorgenommen. Angaben von Preisen für Kaufteile basieren auf den Angaben von drei überregional tätigen Großhandelshäusern (Materialliste und Teilepreise siehe Anlage 15 Materialliste). Auf dieser Basis wurde der Kostenrahmen auf 7.000 USD festgelegt. Bei den anzufertigenden Teilen (v.a. Kantung der Förderbandteile) wurde ein Angebot einer lokalen Stahlbaufirma eingeholt. Es waren für diese Teile Kosten in Höhe von 1.000 USD vorzusehen. Neben den Materialkosten waren noch die anfallenden Arbeitskosten zu ermitteln. Nach Tabelle 68 ergeben sich für den Bau und die Installation des Förderbandes Arbeitskosten in Höhe von 6.000 USD (siehe Position 6).

Zusammengefasst ergaben sich Plankosten in Höhe von insgesamt 70.000 USD für den Umbau der Maschine (siehe Tabelle 68).

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 68: Endbudget des Prototypenbaus

Budget - Prototypenbau Ananaserntemaschine						
		SOLL		IST		SOLL/IST
Pos.	Art	Kosten netto in USD		Kosten netto in USD		Kosten netto in USD
1	Selbstfahrtspritze Matrot	\$ 30.000,00		\$ 18.000,00		\$ 12.000,00
2	Transport von F nach D	\$ 2.000,00		\$ 2.000,00		\$ -
3	Abbau nicht benötigter Anbauteile	\$ 1.500,00		\$ 2.000,00		\$ -500,00
4	Entsorgung nicht benötigter Anbauteile	\$ 1.500,00		\$ 1.000,00		\$ 500,00
5	Materialkosten Förderband inkl. Gurt	\$ 7.000,00		\$ 8.000,00		\$ -1.000,00
6	Kanten Förderbandbleche	\$ 1.000,00		\$ 1.500,00		\$ -500,00
7	Montage Förderband	\$ 6.000,00		\$ 6.500,00		\$ -500,00
8	Testlauf und Modifikationen	\$ 2.000,00		\$ 2.500,00		\$ -500,00
9	Abbau und Verladung	\$ 3.000,00		\$ 3.500,00		\$ -500,00
10	Exportverzollung	\$ 3.000,00		\$ 3.500,00		\$ -500,00
11	Hafentransport	\$ 1.500,00		\$ 1.500,00		\$ -
12	Verschiffung	\$ 5.000,00		\$ 5.000,00		\$ -
13	Importverzollung	\$ 2.500,00		\$ 3.000,00		\$ -500,00
14	Inlandstransport CR	\$ 1.500,00		\$ 1.750,00		\$ -250,00
15	Anbau des Erntebandes	\$ 1.500,00		\$ 2.000,00		\$ -500,00
16	Ersteinsatz	\$ 1.000,00		\$ 1.500,00		\$ -500,00
Salden		\$ 70.000,00		\$ 63.250,00		\$ 6.750,00

Die Ist Kosten nach dem Umbau sind ebenfalls Tabelle 68 zu entnehmen. Diese betragen insgesamt 63.250 USD. Somit wurde das Gesamtbudget eingehalten und um 6.750 USD unterschritten.

Nach Planung und Entscheidung zur Durchführung des Prototypenbauprojektes wurde der Umbau in der Zeit von April bis Juli 2012 durchgeführt. Auf Basis der vorhandenen Vergleichsangebote aus den Budgetplanungen wurden mehrere Verkäufer kontaktiert. Die Lfd. Nrn. 1 und 5 der Tabelle 65 wurden besichtigt. Die Selbstfahrtspritze Nr. 5 der Tabelle der Marke „Matrot“ aus dem Jahre 1998 entsprach den Anforderungen an das Gerät vollumfänglich und wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens als mögliches Trägergerät zu einem Preis von 18.000 USD berücksichtigt.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Das Förderband wurde gebaut und an die Maschine angepasst. Da es in seiner Auslage und das Gewicht keine Eigenstabilität aufweist, wurden im oberen Bereich des Anbaubocks Stahlseile installiert, welche das Gestänge in seiner Auslage halten. Nach mehreren Testläufen im stationären Betrieb konnte der Umbau der Erntemaschine abgeschlossen werden.

Die Abbildungen 101 bis 108 zeigen einige Schritte des Prototypenbaus.



Abbildung 101:
Erntemaschinenprototyp - Bau
Förderbandrahmen



Abbildung 102:
Erntemaschinenprototyp -
Förderbandrahmen –
Draufsicht



Abbildung 103:
Erntemaschinenprototyp - Antrieb
und Drehwelle



Abbildung 104:
Erntemaschinenprototyp –
Gurteinbau



Abbildung 105:
Erntemaschinenprototyp –
Steigungsbereich des
Förderbandes



Abbildung 106:
Erntemaschinenprototyp -
aufgezogenes Ernteband



Abbildung 107:
Erntemaschinenprototyp - Testlauf
gerade

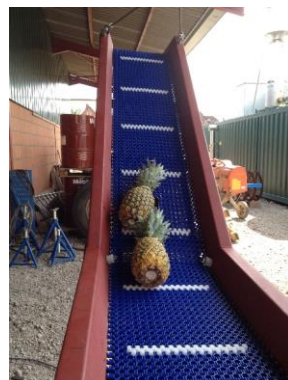


Abbildung 108:
Erntemaschinenprototyp -
Testlauf der Schräge

6.4.6 Technische Überprüfung des Erntemaschinenprototypen

Der Ersteinsatz der Maschine erfolgte am 02.11.2012 in El Amparo de Los Chiles in Costa Rica mit dem Ziel die Funktionalität der Maschine im Feld auszutesten. Es ergab sich in dem Ersteinsatz das Problem, dass das Steigband zu steil war, denn die Ananasfrüchte rollten abwärts. Daher wurde das Band verändert und der Winkel wurde auf rd. 25 % vermindert. Nach der Anpassung der Steigung des Förderbandes erfolgte ein weiterer Probelauf im Feld des Versuchsbetriebes. Nachdem die vorgenommenen Veränderungen einen problemlosen Probetrieb ermöglichten und keine neuen Probleme auftraten, konnte die Maschine in den regulären Einsatz gebracht werden (siehe Abbildungen 109 - 112).



Abbildung 109: Einsatzbereiter Erntemaschinenprototyp in Costa Rica



Abbildung 110: Erntemaschinenprototyp mit ausgeklapptem Ernteband



Abbildung 111: Einsatz des Erntemaschinenprototypen im Feld in Costa Rica



Abbildung 112: Erntemaschinenprototyp bei der Übergabe geernteter Frucht auf einen Transportanhänger

6.4.7 On-Farm Erprobung des neuen Erntesystems und Vergleich der Erntesysteme

Im folgenden Kapitel wird die Erprobung des eigens entwickelten Erntemaschinenprototypen im Feldeinsatz beleuchtet. Im Rahmen von On-Farm Versuchen wurde das Erntesystem unter realen Erntebedingungen getestet und es wurden die benötigten Arbeitszeiten und -kosten erfasst. Abschließend wurden die in dem modifizierten Erntesystem erzielten Ergebnisse mit denen des etablierten Erntesystems (Kapitel 6.4.2) verglichen.

6.4.7.1 Versuchsbeschreibung

Das modifizierte Erntesystem umfasst mehrere Veränderungen zu dem im vorherigen Kapitel 6.4.2 analysierten etablierten Erntesystem (siehe Abbildung 84). Zunächst müssen die Randreihen vor der eigentlichen Haupternte abgeerntet werden. Dazu fährt die Erntemaschine durch den Bestand und das Erntegespann (Traktor und Anhänger) auf dem Fahrweg. Zwei Personen ernten die Randreihen ab und positionieren diese auf dem Ernteband. Zwei weitere Personen packen die vorgeernteten Früchte in die auf dem Anhängergestell positionierten Großkisten (insgesamt vier statt sechs Personen). Statt zwei Traktor-/Anhängergespanssen wird hier lediglich eines eingesetzt.

Die Haupternte erfolgte weiterhin rd. 3 Tage nach der Vorernte. Dazu wurden, wie im etablierten Erntesystem, 13 Personen zur Ernte und Verpackung eingesetzt. Auf einen Aufseher wurde verzichtet, da der Fahrer der durch den Bestand fahrenden Erntemaschine diese Aufgabe übernahm und Aufsicht führte. Dessen Kommunikation mit dem Ernteteam erfolgte per Lautsprecher und durch die Steuerung der Erntegeschwindigkeit aus der Maschine heraus. Die Erntemaschine fuhr durch den Bestand und das Erntepersonal legte die geerntete Frucht auf das Förderband. Dieses förderte das Erntegut zum Fahrweg. Dort wurden nun zwei Traktor-/Anhängergespansse (drei im etablierten System) zum Abtransport eingesetzt. Am Verladensystem samt Radlader ergab sich keine Änderung. Die Versuche wurden auf Teilstücken (Sektionen) der Feldern 13, 14 und 15 des Betriebes mit lagetypischer Topographie und Zuschnitt durchgeführt (siehe Abbildung 113). Es wurden die benötigten Arbeitsstunden zur Aberntung der für den Tag zur Ernte anstehenden Parzelle erfasst. Die Erntefläche wurde aus der Anbaudokumentation des Versuchsbetriebes entnommen. Neben dem Zeitbedarf wurden zudem die geernteten Erntefrüchte erfasst. Es erfolgte eine Zählung der Einzelfrüchte vor Beladung der Großkisten.

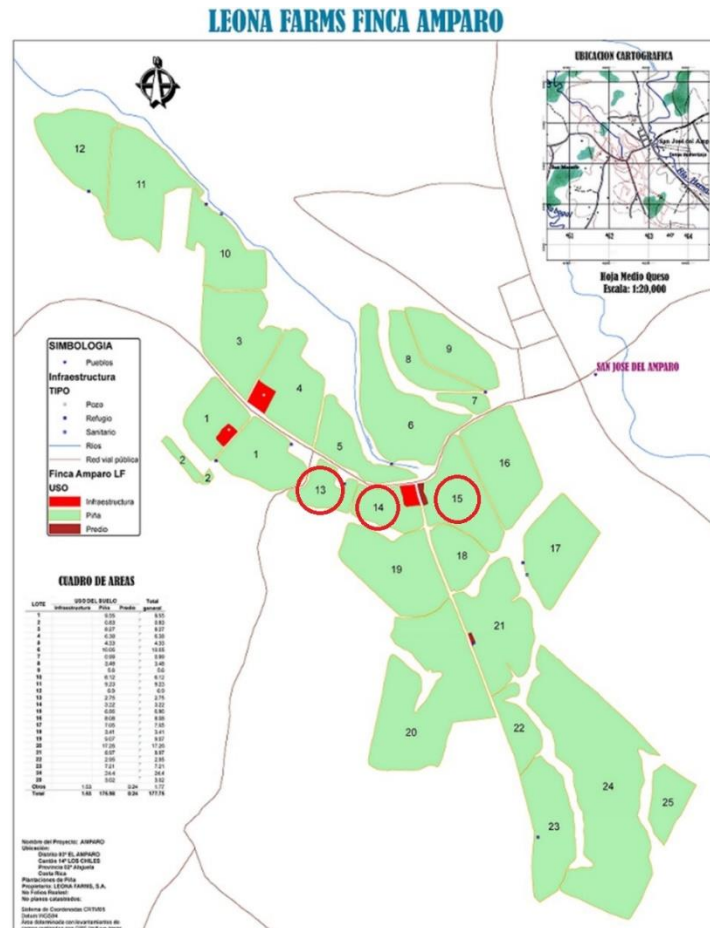


Abbildung 113: Lage Felder 13 -15 (Leona Farms S.A., 2018)

6.4.7.2 Versuchsdurchführung

Das modifizierte Erntesystem wurde zwischen dem 11.03.2013 und dem 19.04.2013 analysiert. Die Ernte erfolgte auf den zuvor beschriebenen Feldern 13 – 15 des Versuchsbetriebes an insgesamt 14 Arbeitstagen. Die Erfassung des Zeitbedarfs erfolgte per Stoppuhr durch den Versuchsansteller. Die geernteten Früchte wurde parallel erfasst und dokumentiert.

6.4.7.3 Ergebnisse

In Tabelle 69 sind die Ergebnisse der Erntezeiterfassung zu sehen. Es wurde eine Fläche von rd. 6,20 ha geerntet. Die pro Tag geernteten Früchte bewegten sich zwischen 20.667 und 32.374 Früchte pro Tag bei einer Summe von rd. 390.000 Früchten. Die Erntefläche variierte zwischen 0,32 und 0,52 ha pro Tag. Die Unterschiede der täglichen Erntefläche waren durch die leicht abweichenden Sektionsgrößen, die sich aus dem Anbausystem ergeben, zu erklären. Die Dauer der Ernte pro Arbeitstag lag zwischen 7,25 und 10,50 h/Tag. Resultierend konnte die Leistung des modifizierten Erntesystems pro Tag nach der folgenden Formel errechnet werden: Erfasste Arbeitsstunden dividiert durch die Erntefläche in ha dividiert durch 10 Arbeitsstunden pro Arbeitstag. Der Erntezeitbedarf variierte zwischen 1,83 und 2,17 Tage pro Hektar. Im Durchschnitt konnte ein Zeitbedarf für die Ernte eines Hektars von durchschnittlich 1,98 Tagen

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

ermittelt werden. Dieser Wert wurde als Kennzahl in den Berechnungen auf 2,00 Tage / ha aufgerundet (siehe Tabelle 70).

Tabelle 69: Erntezeiterfassung des modifizierten Erntesystems

Datum	Erntefläche in ha	Erfasste Arbeitsstunden	geerntete Früchte	Berechnet Tage pro ha
11.03.2013	0,35	7,25	21.613	2,07
13.03.2013	0,40	7,75	25.480	1,94
14.03.2013	0,38	8,25	24.453	2,17
25.03.2013	0,50	10,00	31.525	2,00
26.03.2013	0,51	10,50	31.990	2,06
27.03.2013	0,41	7,50	25.984	1,83
28.03.2013	0,33	7,25	20.667	2,20
02.04.2013	0,47	8,75	30.168	1,86
03.04.2013	0,42	8,50	26.041	2,02
05.04.2013	0,48	8,75	28.735	1,82
09.04.2013	0,52	10,25	32.374	1,97
11.04.2013	0,49	9,75	29.780	1,99
17.04.2013	0,48	9,75	31.512	2,03
19.04.2013	0,46	8,75	29.302	1,90
Summe	6,20	123,00	389.622	x
Durchschnitt				1,98

In Tabelle 70 wurden, analog zu der Vorgehensweise der Analyse des etablierten Erntesystems in Kapitel 6.4.2 (Tabelle 51), die in dem modifizierten Erntesystem anfallenden Kosten zur Ernte eines Hektar Ananas dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in der Vorernte des modifizierten Systems der Arbeitsumfang sechs Stunden an einem Erntetag betrug. Die Gesamtkosten für die Vorernte lagen somit bei 468 USD pro Hektar.

Die Haupternte konnte durch die Modifizierungen des Erntesystems auf zwei Kalendertage (20 Zeitstunden) für einen Hektar reduziert werden. Dies entspricht einer prozentualen Verringerung des Zeitaufwandes um rd. 38 %. Die Kosten der Haupternte betragen insgesamt 2.410 USD pro Hektar. Der Transport der gefüllten Erntekisten erfolgte weiterhin mittels externer Transportunternehmer nach dem im etablierten Erntesystem beschriebenen Modell. Die Kosten betragen mithin unverändert 1.192 USD pro Hektar.

Die Gesamtkosten für die Ernte eines Hektars Ananasfrucht in dem derzeitigen Erntesystem betragen summiert 4.070 USD. Dies entspricht Kosten in Höhe von 6,26 Cent pro geernteter Frischfrucht.

6.4 Erarbeitung und Überprüfung von Lösungsansätzen in der Ernte mittels eines Erntemaschinenprototypen

Tabelle 70: modifiziertes Erntesystem

modifiziertes Erntesystem	Änderung						
Ernte eines ha Ananas					Kosten:		4.070
	Früchte pro ha:		65.000	USD / h	4,00		
	Anzahl		Ernte	Ernte	h/Tag	\$/Tag	\$/ ha
Manuelle Erntearbeiten	Personen/Stk		Tage	in Stk			
Vorernte							468
Randreihen	4		1	4.000	6	96	
Traktor/Fahrer	1		1		6	193	
Erntemaschine/Fahrer	1		1		6	179	
Haupternte			2,00	61.000			2.410
Ernteteam	13				10	520	1.040
Aufseher	1				10	0	0
Mechanische Elemente der Ernte				\$/h	h/Tag	\$/Tag	\$/ha
Traktor/Fahrer/2 Anhänger	2			24,1	10	241,3	483
Erntemaschine/Fahrer	1			29,9	10	299,0	598
Radlader/Fahrer	1			24,1	6	144,8	290
Transport zur Packstation			Früchte	Früchte	Kisten	\$/ Kiste	Summe / Kosten
				pro Kiste			pro ha
			65.000	900	72,2	16,5	1.192

Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 71 werden die Ergebnisse aus den Untersuchungen der vorstehenden Kapitel vergleichend dargestellt. Es ergab sich eine Reduzierung des Zeitbedarfs von durchschnittlich 3,25 Kalendertagen auf 2,00 Kalendertage. Des Weiteren wurden vier Mitarbeiter samt eines Traktor-/Anhängergespannes eingespart. Dies führte zu reduzierten Kosten in Höhe von 1.034 USD/ha beziehungsweise 1,59 Cent pro geernteter Frischfrucht. Die Reduzierung der Produktionskosten bei verändertem Erntesystem betragen rd. 20 %.

6. Eigene Untersuchungen zur Erprobung der identifizierten Lösungsansätze

Tabelle 71: Vergleich Erntesystem Vorher/Nachher

	Vorher	Nachher	Differenz
Erntedauer in Tagen	3,25	2,00	-1,25
Anzahl Personal	27	23	-4
Kosten in USD	5.104	4.070	-1.034

Neben der Kosteneinsparung wurde der Erntezeitraum von 3,25 auf 2,00 Tage verkürzt. Das kurze Erntefenster erfordert grundsätzlich eine zeitnahe Ernte. Durch die im modifizierten System erreichten Leistungssteigerungen können Ernteziele auch bei wechselhaftem Wetter erreicht werden. Der Bau des Erntemaschinenprototyps wurde durch den Betrieb als Erfolg gewertet. Die Maschine wurde in den Dauereinsatz überführt.

Die Entwicklungskosten für den Prototypen amortisierten sich nach der Aberntung von rd. 61,2 ha (63.250 USD / 1.034 USD/ha). Bei der durchschnittlichen Erntefläche des Versuchsbetriebes von 1,5 ha pro Woche ist die Amortisation nach rd. 41 Wochen erreicht. Ein Return on Investment (ROI) innerhalb eines Jahres ist vorzüglich.

7 Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung

In Kapitel 3 dieser Arbeit wurden zu Beginn des Forschungsvorhabens im Jahr 2012 mehrere Experteninterviews durchgeführt. In den Interviews konnten Probleme innerhalb der Produktionskette des Ananasanbaus identifiziert werden (siehe Kapitel 4). Zur Lösung der zuvor identifizierten Probleme wurden Lösungsansätze erarbeitet (siehe Kapitel 5). Die Lösungsansätze wurden in mehreren Versuchsanstellungen auf einem Versuchsbetrieb untersucht. Um den Praxisbezug zu herzustellen und um die Übertragbarkeit auf andere Ananasproduktionsbetriebe zu prüfen, sollte die Wissenslücke mittels der Ergebnisse einer Betriebsbefragung geschlossen werden. Für die Datenerhebung zur Analyse des aktuellen Standes der Technik des Anbausystems wurde ein Fragebogen entwickelt, der im Rahmen einer Betriebsbefragung beantwortet wurde. Die Betriebe wurden aus den Mitgliedern der Interessensvertretungen der Ananasanbauer (siehe auch Kapitel 3.2) ausgewählt.

7.1 Untersuchungsziel

Das Ziel der Befragung war es, den aktuellen Standes der Technik zu erfassen und zu ermitteln, ob der Versuchsbetrieb als repräsentativer Anbaubetrieb dient. Des Weiteren galt es zu überprüfen, ob die aus den initialen Experteninterviews identifizierten Probleme und daraus resultierende Lösungsansätze auch auf weitere Betriebe übertragbar sind und ein Praxistransfer somit möglich ist.

7.2 Methodik der Datenerhebung

Für die Befragung sind, wie bei den Experteninterviews (siehe Kapitel 3), Betriebe relevant, die Ananas professionell und unter Einhaltung der im Empfängerland der Frucht geltenden Produktionsrichtlinien erzeugen und die Früchte in die Exportmärkte USA und EU versenden. Die Auswahlkriterien zur Teilnahme an der Befragung wurden analog zu den in Kapitel 3 gewählten Kriterien festgelegt. Abweichend wurden zusätzlich zu den Mitgliedern des Anbauverbandes „Canapep“ auch Mitglieder eines weiteren Ananasanbauverbandes, der „Camera de Pinos Unidos“, eingeschlossen. In Summe haben beide Verbände rd. 50 aktive Mitglieder, die insgesamt ca. 20.000 ha bewirtschaften. Über diese Interessensvertretungen wurden die Betriebe für die Umfrage kontaktiert. Die Präsidenten der beiden Verbände sprachen ihre Mitgliedsbetriebe an, erklärten den Hintergrund der Befragung und baten um Teilnahme.

Für die Befragungen wurde auf Basis der Literaturlauswertung ein Fragebogen entwickelt, in dem geschlossene Fragen vorformuliert wurden. Dieser Ansatz wurde gewählt, um bei der begrenzten Stichprobengröße über statistisch auswertbare Ergebnisse verfügen zu können. In den geschlossenen Fragen wurden Bereiche, die den Zustand des derzeitigen

Produktionssystems beschreiben, abgefragt. Die Sprache für die Befragung war Spanisch, um sprachliche Unschärfe oder Missverständnisse zu minimieren.

Die insgesamt 29 Fragen wurden in vier Hauptkategorien eingeteilt:

- Allgemeine Produktionsdaten, weiter unterteilt in die Unterkategorien Anbausystem, Bodenvorbereitung, Bodenbearbeitungssystem, Wassermanagement sowie Erntesystem
- Expansion/Vermarktung und
- Produktion.

Die Fragebögen können in der Anlage 1 (Fragebogen auf Deutsch) sowie in der Anlage 2 (Fragebogen auf Spanisch) eingesehen werden.

Der Fragebogen geht zunächst in drei generellen Fragen auf die allgemeinen Produktionsdaten ein. Diese umfassen die Region innerhalb Costa Ricas, in welcher der Produktionsbetrieb liegt. Es kann zwischen den Regionen „Chorotega“, „Pacífico Central“, „Brunca“, „Huertar Atlantica“ sowie „Huertar Norte“ gewählt werden. Folgend wird die Größe des Betriebes abgefragt. Dabei erfolgt eine Anordnung in vier Kategorien von einem bis über 300 Hektar. Um den Umfang der in dem Betrieb tätigen Menschen einschätzen zu können, wird die Anzahl der Angestellten im Produktionsbetrieb abgefragt. Die Antwortmöglichkeiten umfassen vier Kategorien von 0 bis über 100.

Im zweiten Teil der Befragung werden sieben Fragen zum Expansionswillen und zur Vermarktung gestellt. Der Abschnitt beginnt mit der Abfrage nach neu angepflanzten Flächen (ha pro Woche) (vier Kategorien von 0 bis über 5) und der Einschätzung, ob der Produktionsbetrieb bereits seine Zielgröße erreicht hat (Auswahl zwischen Ja oder Nein). Darauf folgen zwei Fragen zur Einschätzung der Zukunftsperspektive der Ananasproduktion in Costa Rica bzw. der eigenen Produktionsregion (fünf Kategorien von sehr gut bis sehr schlecht). Diese Fragen sollen Rückschlüsse auf den Expansionswillen der Betriebe ermöglichen.

Zur Vermarktungssituation wird abgefragt, in welche Region die Ananasfrucht derzeit hauptsächlich vermarktet wird. Es kann zwischen Europa, den USA, Süd-/Mittelamerika, Russland und „Anderen“ gewählt werden. Anschließend wird erhoben, ob der Betrieb über ein eigenes Packhaus verfügt (Auswahl zwischen Ja und Nein). Abschließend wird die geerntete Fläche des Betriebes pro Woche erfragt. Die Antwortmöglichkeiten umfassen vier Kategorien (von 0 bis über 5 ha).

Im dritten Teil der Befragung wird die Produktion analysiert. Er umfasst die fünf Unterkategorien Anbausystem, Bodenvorbereitung, Bodenbearbeitungssystem, Wassermanagement und Erntesystem. Zum Anbausystem wird zunächst ermittelt, wie viele Pflanzen pro Hektar durch den Betrieb gesteckt werden. Dabei kann zwischen 62.000, 65.000, 72.000, 75.000 und „Anderen“ gewählt werden. Anschließend wird nach der Verwendung eines

Fahrgassensystems gefragt (Auswahl zwischen Ja und Nein), gefolgt von der Frage, ob die Pflanzung auf einer bodenbedeckenden Kunststoffauflage erfolgt (Auswahl zwischen Ja und Nein).

Mit den drei folgenden Fragen werden Informationen über die Produktionsausrichtung erlangt. Zunächst wird abgefragt, ob der Betrieb unter Einhaltung eines „Bio“-Standards produziert (Auswahl zwischen Ja und Nein). Es folgen Fragen zu Zertifizierungen nach Global GAP und/oder nach Rainforest Alliance (jeweils mit der Auswahl zwischen Ja und Nein).

Die zwei Fragen zur Bodenvorbereitung gehen auf die Räumung des Feldes vor Beginn der eigentlichen Bodenbearbeitung ein. Zunächst wird erfragt, ob ein Totalherbizid vor der Neuanpflanzung des Feldes angewendet wird (Auswahl zwischen Ja und Nein). Darauf folgt die Frage, ob die verbleibenden Pflanzenreste vor der Bodenbearbeitung durch kontrolliertes Abbrennen entfernt werden (Auswahl zwischen Ja und Nein).

Zur Erfassung des Standes der Technik des derzeitigen Bodenbearbeitungssystems sind vier Fragen formuliert, deren Beantwortung Aufschluss über den Einsatz der Arbeitsgeräte „Scheibenegge“, „Tiefenmeißel“, „Fräse“ und „Dammformer“ geben (jeweils mit der Auswahl zwischen Ja und Nein). Bei der anschließenden Frage wird auf die Kombination mehrerer der zuvor genannten Arbeitsgeräte eingegangen (sechs verschiedene Kombinationsmöglichkeiten der zuvor genannten Geräte).

Zum Wassermanagement des jeweiligen Betriebes wird gefragt, ob Drainagen eingesetzt werden. Dabei kann zwischen drei Drainagesystemen gewählt werden. Auf die Frage nach der Anlage eines Drainagesystems kann zwischen „keine Drainagen“, „der Anlage mittels eines Baggers“ und „der Anlagen mittels einer Wurfschaufelfräse“ gewählt werden.

Um das Erntesystem sowie seinen Stand der Technik zu analysieren, wurden vier Fragen gestellt. Dabei wird zunächst ermittelt, ob die Ernte ohne mechanische Unterstützung, mit teilmechanischer Unterstützung oder vollautomatisiert erfolgt. Anschließend wird abgefragt, um welches Gerät es sich bei Einsatz einer teilmechanisierten Ernteunterstützung handelt. Dabei kann zwischen einer Kistenerntemaschine (rd. 10 Früchte pro Kiste) auf dem Fahrweg, einer Kistenerntemaschine (rd. 600 – 1.000 Früchte pro Kiste) auf dem Fahrweg und einer Selbstfahrerntemaschine (Fahrt durch den Bestand) gewählt werden.

Abschließend wird die Tonnage exportfähiger Frischfrucht pro Hektar mit sechs wählbaren Antwortmöglichkeiten zwischen unter 50 bis über 90 Tonnen sowie die Tonnage geernteter Saftfrucht pro Hektar mit fünf wählbaren Antwortmöglichkeiten von unter 10 bis über 25 Tonnen abgefragt.

Die Ergebnisse der Fragebögen wurden in Tabellen verdichtet und diese dann mit dem Programm „PSPP“ (Version: GNU pspp 1.5.3-g8d023f, Auswertung vom 07.01.2022), einem vergleichbaren Produkt zum Statistikprogramm „SPSS“, quantitativ ausgewertet. Nach der Beantwortung der Fragen des Fragebogens folgte ein Gespräch des Fragestellers mit den

Befragten zu generellen Problemen in deren Produktionsbetrieb, analog zu der Vorgehensweise in den Experteninterviews (siehe Kapitel 3). Dabei achtete der Fragensteller auch hier darauf, in eigener Einschätzung die vorbereitete Fragenmatrix (siehe Tabelle 7 in Kapitel 3.2) beantwortet zu bekommen. Es sollte dabei die Bedeutung von Problemen, Engpässen und Schwierigkeiten durch die Betriebsleiter eingeschätzt und messbar gemacht werden. Dies bildet die Grundlage für die Verifizierung der in den Experteninterviews identifizierten Probleme.

7.3 Durchführung der Befragung

Zunächst wurde den Befragten in einem Anschreiben erläutert, dass die Befragung anonym sei und kein anderer Produktionsbetrieb in Costa Rica einen Zugang zu den gegebenen Antworten erhalten würde (analog zu den Experteninterviews in Kapitel 3). Dies sollte wiederum zu einer möglichst unbeeinflussten Beantwortung der Fragen führen. Als Grund für die Befragung wurde die Analyse des Produktionssystems des Ananasanbaus genannt, welche das Ziel verfolgt, Verbesserungspotenziale bei der Mechanisierung aufzudecken. Als Zeitbedarf wurden rd. 10 Minuten Zeit veranschlagt.

Die Befragung wurde anonym in Anwesenheit einer mit dem Thema der Befragung kundigen Person in Costa Rica zwischen dem 06.11.2020 und dem 17.11.2020 durchgeführt. Somit konnte bei Unklarheiten oder Rückfragen eine Hilfestellung gegeben werden. Dadurch konnte das Maß an ungültigen oder nicht eindeutigen Antworten minimiert werden. Die Fragebögen wurden gesammelt und anonymisiert abgelegt. Abschließend erfolgte eine deskriptive Auswertung der gesammelten Datensätze, um den Stand der Technik zu erfassen.

7.4 Auswertung und Ergebnisse

Aus den Mitgliedsbetrieben der Anbauverbände erklärten sich 22 Betriebe bereit, an der Befragung teilzunehmen. Die 29 Fragen wurden deskriptiv ausgewertet und in Tabellenform ausgegeben. Diese Tabellen sind in Anlage 4 (Ergebnisse der Befragung) enthalten und werden nachstehend erläutert.

Allgemeine Produktionsdaten

Mit 86,4 % der Stichprobe befindet sich der hauptsächliche Anteil der Betriebe in der Region „Huertar Norte“ (siehe Abbildung 114). Die Regionen „Huertar Atlantica“ (9,1 %) und „Brunca“ (4,5 %) sind in den Ergebnissen nur nachrangig vertreten. Aus den weiteren Regionen „Chorotega“ sowie „Pacífico Central“ konnten keine Betriebe befragt werden. Der Ananasanbau hat in diesen beiden Regionen nur eine nachrangige Bedeutung (CANAPEP, 2021).

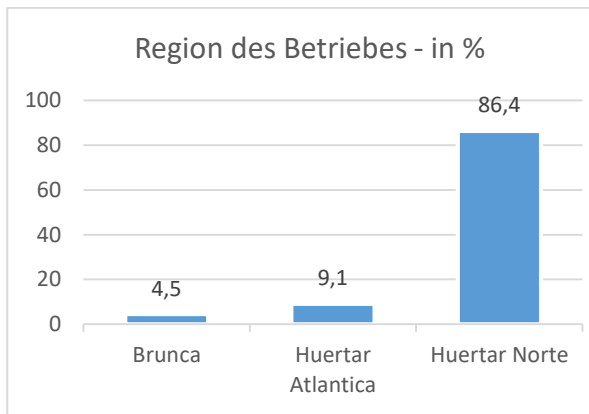


Abbildung 114: Region des Betriebes

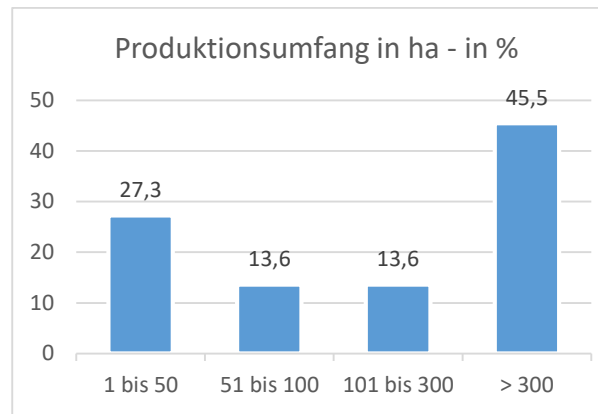


Abbildung 115: Produktionsumfang in ha

Die befragten Betriebe verfügen zu 45,5 % über 300 Hektar Anbaufläche (siehe Abbildung 115). Die weiteren 54,5 % teilen sich auf in die Kategorien 1 bis 50 Hektar (27,3 %), 51 bis 100 Hektar (13,6 %) und 101 bis 300 Hektar (13,6 %). Daraus ist ersichtlich, dass es sich bei einem Großteil der Befragten um Großbetriebe (oberhalb 300 ha) handelt. Kleine Produktionsbetriebe bis 50 Hektar sind häufiger vertreten als mittelgroße Betriebe zwischen 51 bis 300 Hektar.

Bei der Frage nach der Anzahl der Angestellten in dem Gesamtbetrieb (von Administration bis zur Feldarbeit) ergibt sich, dass 50 % der Befragten über 100 Mitarbeiter verfügen, die restlichen 50 % teilen sich in die Kategorien 0 bis 5 (13,6 %), 6 bis 30 (27,3 %) und 31 bis 100 (9,1 %) auf (siehe Abbildung 116). Auf die Frage, wie viele Hektar Ananas pro Woche angepflanzt werden, antworteten jeweils 36,4 % der Betriebe mit „>5“ bzw. „0 bis 0,5“. Die Kategorien 0,51 bis 1 sowie 1,01 bis 5 Hektar haben mit jeweils 13,6 % der Befragten einen nachrangigen Anteil (siehe Abbildung 117).

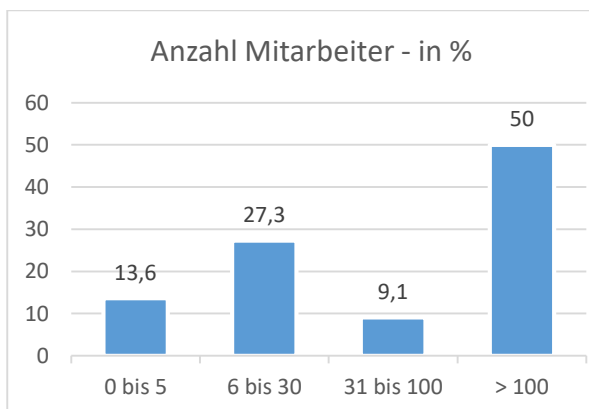


Abbildung 116: Anzahl Mitarbeiter

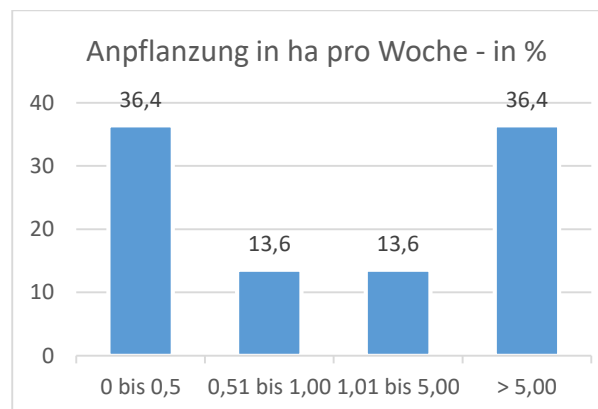


Abbildung 117: Anpflanzung in ha pro Woche

Die Frage, ob der Produktionsbetrieb seine Zielgröße (maximale Produktionsfläche) erreicht habe, beantworteten 59,1 % der Befragten mit „Ja“. Folglich antworteten 40,9 % mit „Nein“. Daraus ist zu erkennen, dass eine Mehrzahl der Betriebe keine weitere Expansion plant und maximal auf der derzeitigen Produktionsgröße weiter wirtschaften wird (siehe Abbildung 118).

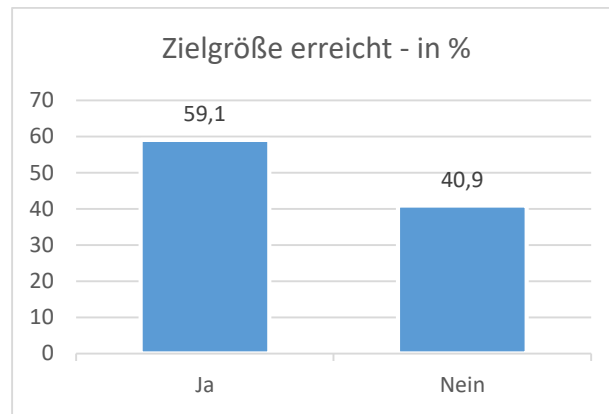


Abbildung 118: Zielgröße erreicht

Expansion und Vermarktung

In der folgenden Frage wird die Einschätzung über die Zukunft des Ananasanbaus in Costa Rica beleuchtet. Dabei antworteten mit 59,1 % die Mehrzahl der Befragten mit „mittel“, 36,4 % mit „schlecht“ und 4,5 % mit „sehr schlecht“. Es entfielen keine Antworten auf die Antwortmöglichkeiten „gut“ und „sehr gut“. Die Zukunft wurde somit als eher negativ als positiv eingestuft (siehe Abbildung 119). Die Zukunft des Ananasanbaus in der jeweiligen Produktionsregion schätzten 54,5 % als „mittel“, 40,9 % der Befragten als „schlecht“ ein. Entgegen der Einschätzungen im nationalen Umfeld sahen 4,5 % der Befragten die Zukunft als „gut“ an (siehe Abbildung 120). Somit wurde die Zukunft des Ananasanbaus regional positiver eingeschätzt als innerhalb des gesamten nationalen Produktionsgebietes.

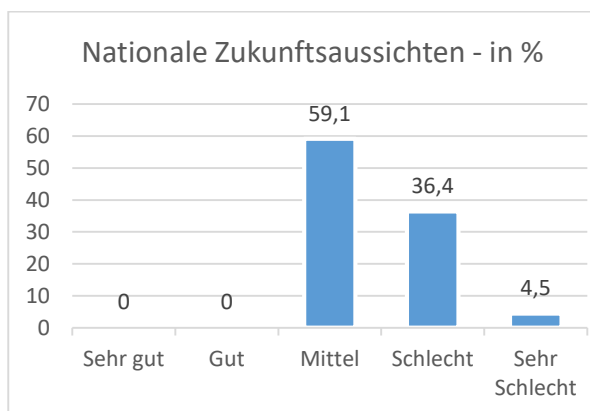


Abbildung 119: Nationale Zukunftsaussichten

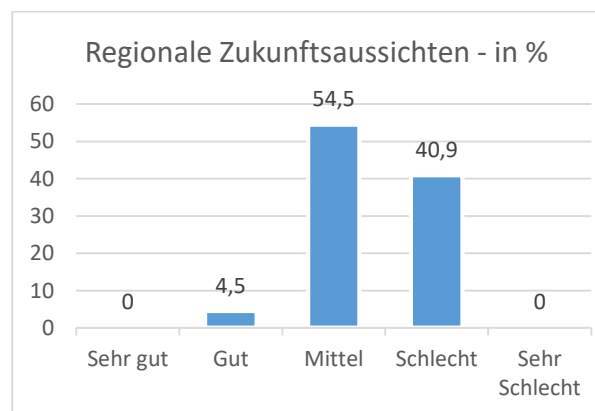


Abbildung 120: Regionale Zukunftsaussichten

Zur Vermarktung der Ananasfrucht wurden die Absatzmärkte abgefragt. Bei 45,5 % der Befragten erfolgt ein hauptsächlicher Export nach Europa, gefolgt von den USA mit einem Anteil von 40,9 %. Der räumlich näher gelegene Absatzmarkt Süd-/Mittelamerika (Lateinamerika LA) folgt mit 13,6 % an dritter Stelle. Der weitere Absatzmarkt „Russland“ sowie „Andere“ Exportmärkte wurden in der Stichprobe nicht als hauptsächliche Absatzmärkte genannt (siehe Abbildung 121). Die vermarktete Frucht wird bei 59,1 % der befragten Betriebe in fremden Packhäusern verpackt. Insgesamt 40,9 % der Betriebe verfügen über ein eigenes Packhaus (siehe Abbildung 122).

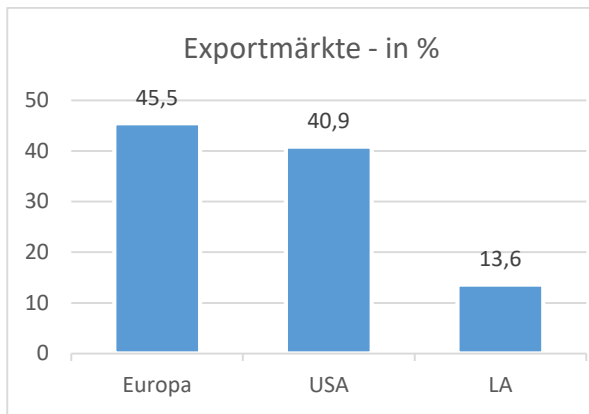


Abbildung 121: Exportmärkte

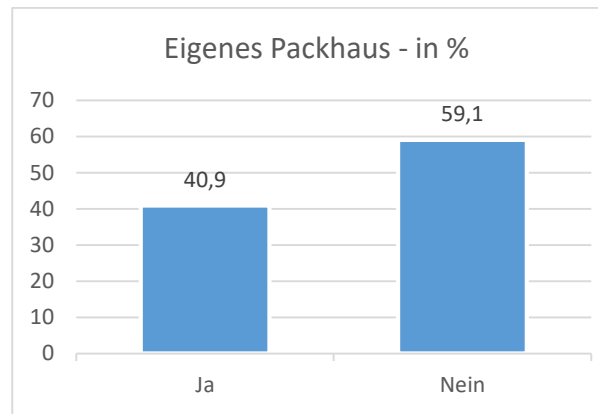


Abbildung 122: Eigenes Packhaus

Bei der Frage nach den zu erntenden Ananasflächen pro Woche (um die anfallende Erntemenge des Betriebes in pro Woche einschätzen zu können) antworteten jeweils 36,4 % der Betriebe mit „>5“ bzw. „0 bis 0,5“. Die Kategorien 0,51 bis 1,00 sowie 1,01 bis 5 Hektar haben mit jeweils 13,6 % der Befragten einen nachrangigen Anteil (siehe Abbildung 123).

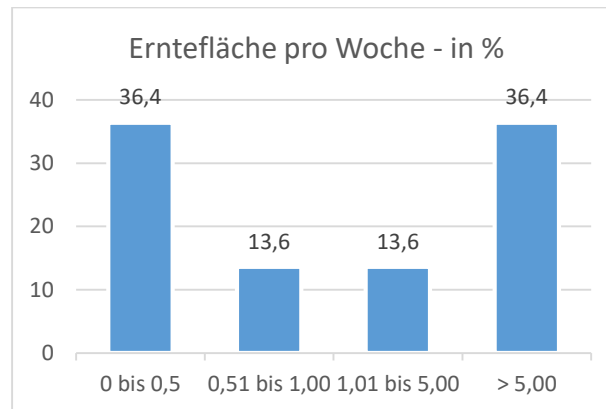


Abbildung 123: Erntefläche pro Woche

Anbausystem

Bei der Abfrage der Anzahl von gesetzten Pflanzen pro Hektar ergibt sich ein Anteil in Höhe von 72.000 mit 54,5 %, gefolgt von 65.000 Pflanzen pro Hektar mit einer Häufigkeit von 36,4 %. Die Antwortmöglichkeiten „Andere“ und „keine Angabe“ wurden zu jeweils 4,5 % gewählt (siehe Abbildung 124).

Auf die Frage nach der Nutzung eines Fahrgassensystems antworteten 72,7 % der Befragten mit „Nein“. 27,3 % wählten „keine Angabe“. Daraus ist ersichtlich, dass innerhalb der Stichprobe bisher kein Fahrgassensystem Anwendung findet (siehe Abbildung 125).

7. Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung

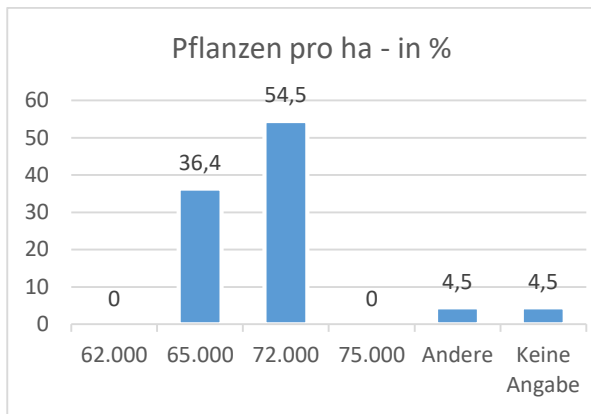


Abbildung 124: Pflanzen pro ha

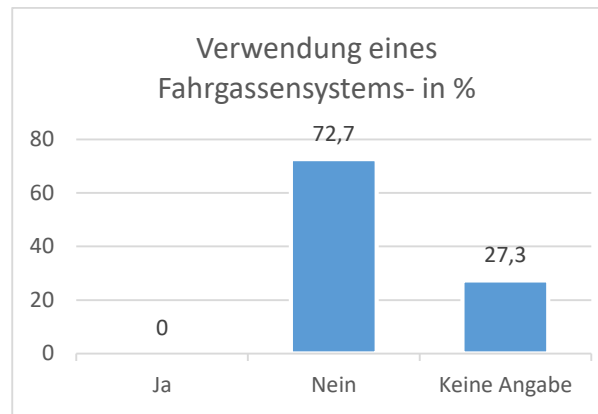


Abbildung 125: Verwendung eines Fahrgassensystems

Im Rahmen der Befragung wurde ebenfalls abgefragt, ob die Betriebe auf einer bodenbedeckenden Plastikauflage pflanzen. Darauf antworteten 13,6 % mit „Ja“ und 86,4 % mit „Nein“ (siehe Abbildung 126). Somit produziert der überwiegende Anteil der Betriebe ohne Plastikfolie. Anschließend wurde nach der Produktion unter einem „Bio“-Standard neben der konventionellen Produktion gefragt. 100 % der Betriebe der Stichprobe gaben an, nicht biologisch zu wirtschaften (siehe Abbildung 127).

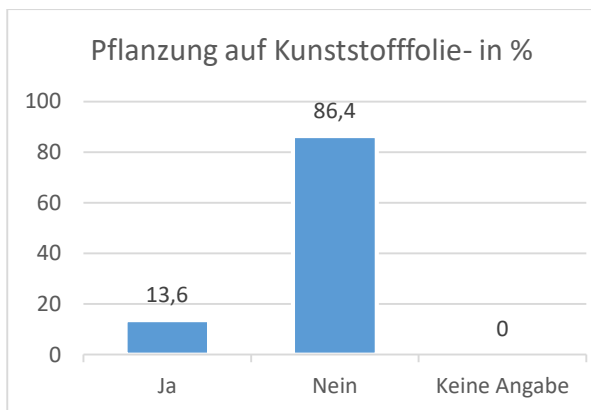


Abbildung 126: Pflanzung auf Kunststoffolie

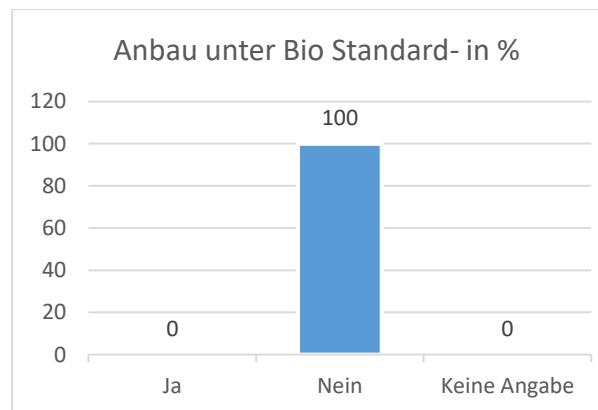


Abbildung 127: Anbau unter Bio Standard

Um eine Einordnung der vornehmlich vertretenen Zertifizierungssysteme zu erhalten, wurde erfragt, ob die Betriebe über eine Global GAP bzw. über eine Rainforest Alliance Zertifizierung verfügen. 81,8 % der Betriebe gaben an, eine Global GAP Zertifizierung zu besitzen (18,2 % nicht) (siehe Abbildung 128). 45,5 % der Betriebe verfügen über eine Rainforest Alliance Zertifizierung (54,5 % nicht) (siehe Abbildung 129). Es ist zu sehen, dass eine große Mehrheit der befragten Betriebe nach den Vorgaben von Global GAP zertifiziert ist. Die Zertifizierung nach den Vorgaben von Rainforest Alliance ist bisher nicht mehrheitlich vertreten.

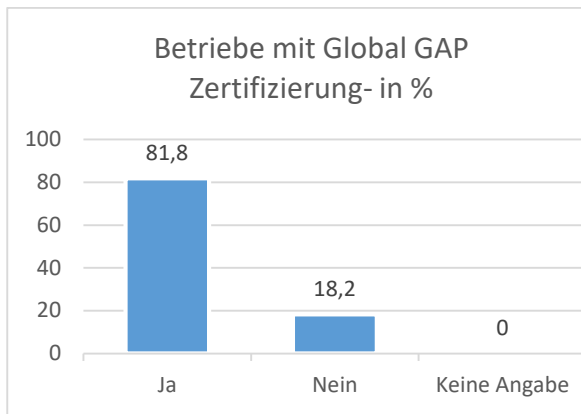


Abbildung 128: Betriebe mit Global GAP Zertifizierung

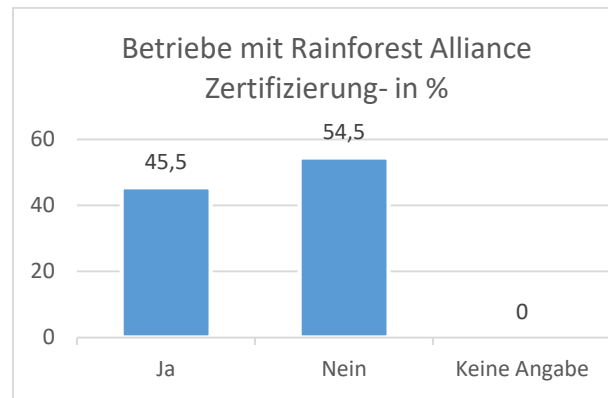


Abbildung 129: Betriebe mit Rainforest Alliance Zertifizierung

Bodenvorbereitung

Zur Bodenvorbereitung wurde abgefragt, ob vor Beginn der Bodenbearbeitungsmaßnahmen ein Totalherbizid eingesetzt wird. Darauf antworteten die Befragten mit 54,5 % mehrheitlich mit „Ja“ (45,5 % mit „Nein“) (siehe Abbildung 130). Das kontrollierte Abbrennen von auf dem Feld verbleibenden Pflanzenresten wurde bei 36,4 % mit „Ja“ beantwortet. Jeweils 31,8 % der Befragten antworteten mit „Nein“ bzw. mit „keine Angabe“ (siehe Abbildung 131).

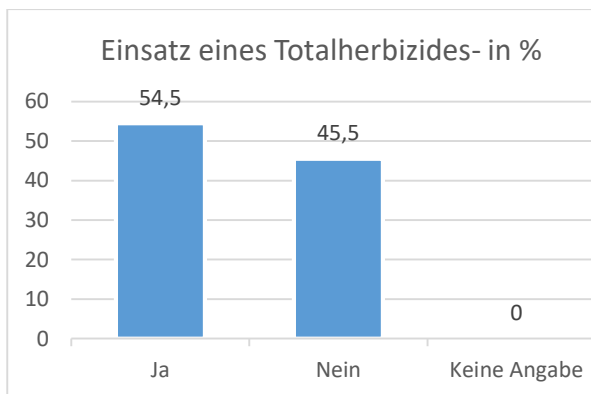


Abbildung 130: Einsatz eines Totalherbizides

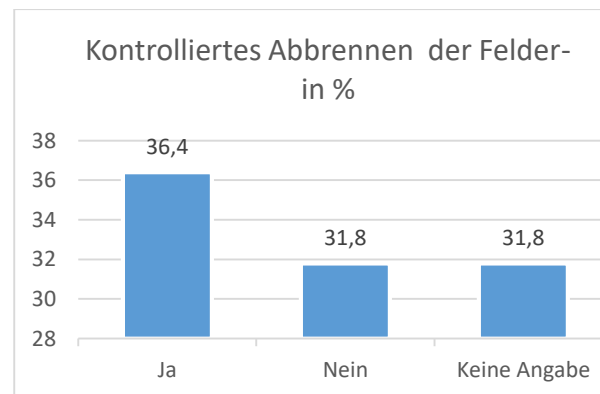


Abbildung 131: Kontrolliertes Abbrennen der Felder

Bodenbearbeitungssystem

Zur Erfassung des Standes der Technik wurde der Einsatz verschiedener Anbaugeräte zur Bodenbearbeitung erfragt. Hierbei wurden die Scheibenegge, der Tiefenmeißel und der Dammformer jeweils zu 100 % von den befragten Betrieben genannt.

Die Fräse wird lediglich in 27,3 % der Betriebe eingesetzt. In 68,2 % der Betriebe wird sie nicht eingesetzt. 4,5 % der Betriebe antworteten mit „keine Angabe“ (siehe Abbildung 132). Zur Abfrage der Kombination aus den zuvor genannten Arbeitsgeräten antworteten 86,4 % mit „Nein“. Lediglich 9,1 % der Betriebe kombinieren eine Fräse mit einem Dammformer. Insgesamt 4,5 % der Befragten antworteten mit „keine Angabe“ (siehe Abbildung 133).

7. Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung

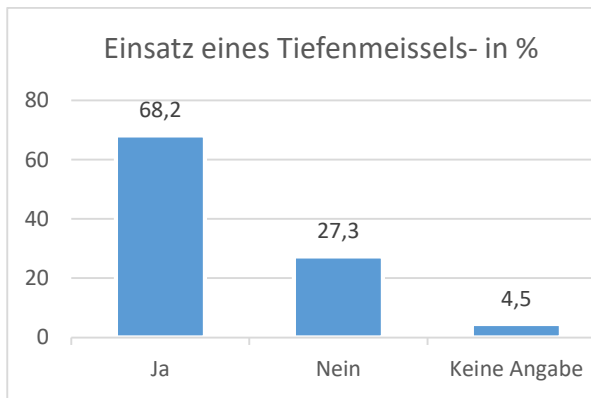


Abbildung 132: Einsatz einer Fräse im Anbausystem

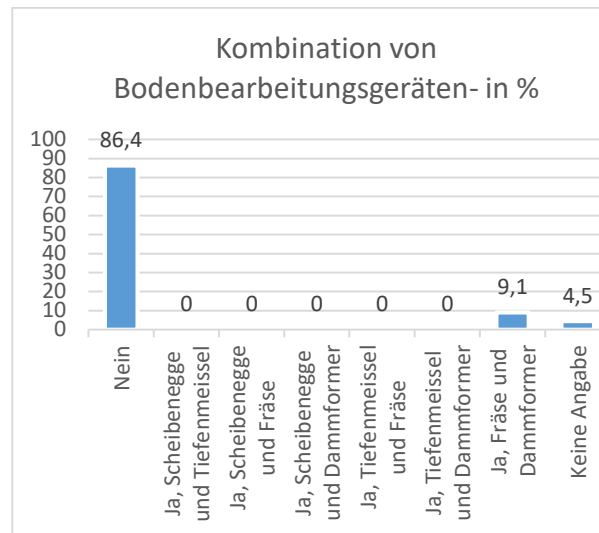


Abbildung 133: Kombination von Bodenbearbeitungsgeräten

Wassermanagement

Zur Analyse des Wassermanagements wurde nach der Art des Drainagenetzes gefragt. Dabei machten 4,5 % der Betriebe „keine Angabe“. 95,5 % verfügen über ein Drainagenetz. Der überwiegende Anteil mit 86,4 % verfügt über ein „komplettes“ Drainagenetzsystem aus Primär-, Sekundär- und Tertiärdrainagen. 9,1 % der Stichprobe nutzt ein Drainagenetz aus Primär- und Sekundärdrainagen ohne Tertiärdrainagen (siehe Abbildung 134). Die Drainagenetze werden innerhalb der Stichprobe zu 45,5 % von Baggern angelegt. 40,9 % der Betriebe verfügen über eine Wurf-schaufelfräse. 13,6 % der Befragten antworten mit „keine Angabe“ (siehe Abbildung 135).

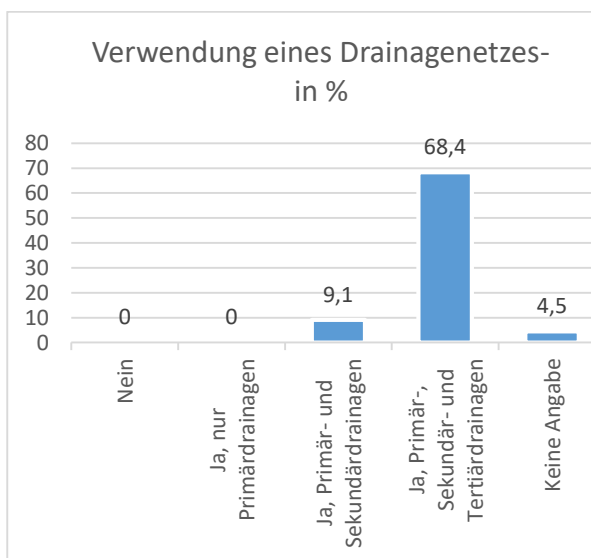


Abbildung 134: Verwendung eines Drainagenetzes

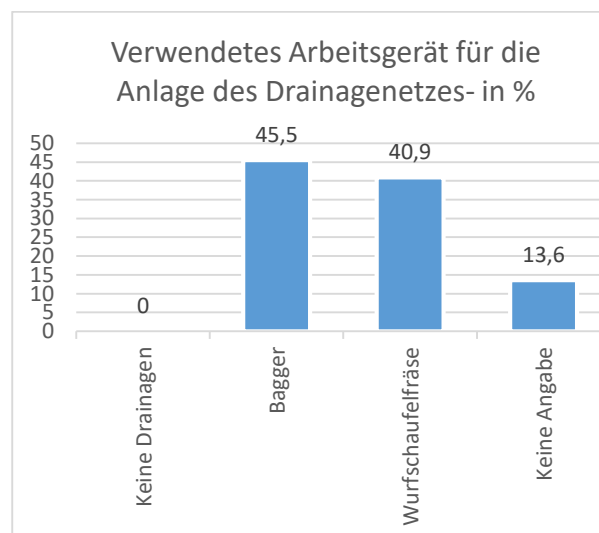


Abbildung 135: Verwendetes Arbeitsgerät für die Anlage des Drainagenetzes

Erntesystem

Zur Analyse des Erntesystems wurden vier Fragen gestellt. Diese umfassen zunächst die Art der Ernte. Dabei gaben 86,4 % der Befragten an, in Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung (Ernteband mit folgenden Personen) zu ernten. 13,6 % der Betriebe ernten in Handarbeit ohne mechanische Unterstützung. Über ein vollautomatisiertes Erntesystem verfügt keiner der Produktionsbetriebe (siehe Abbildung 136). Bei Einsatz einer teilmechanischen Unterstützung der Ernte wird bei 81,8 % der Befragten eine Kistenerntemaschine mit einer Ernteleistung von rd. 600 bis 1.000 Früchten pro Kiste auf dem Fahrweg eingesetzt. Lediglich ein Betrieb verfügt über eine durch den Bestand fahrende Selbstfahrerntemaschine (es handelte sich dabei um den Versuchsbetrieb dieses Forschungsvorhabens). 13,6 % antworteten mit „keine Angabe“. Die Kistenerntemaschine für rd. 10 Früchte pro Kiste wurde nicht genannt (siehe Abbildung 137).

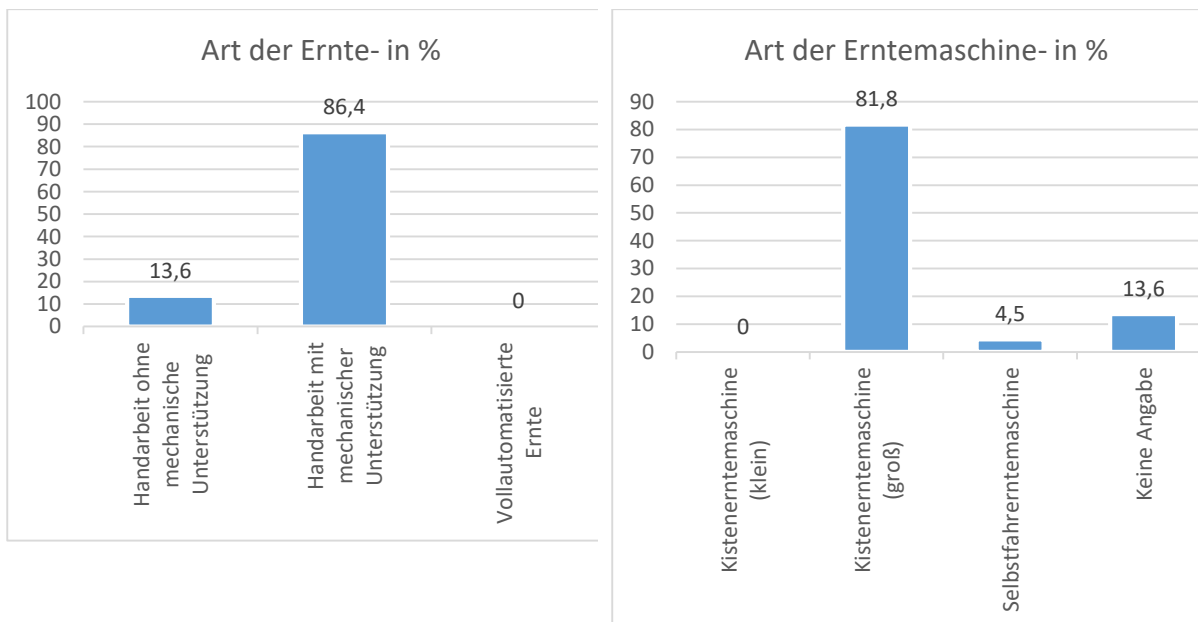


Abbildung 136: Art der Ernte

Abbildung 137: Art der Erntemaschine

Zu den Erntemengen ergibt sich in der vorliegenden Stichprobe ein Anteil von 45,5 % mit einer Erntemenge von 81 bis 90 Tonnen exportfähiger Frischfrucht pro Hektar. Die Kategorie 71 – 80 Tonnen wurde in 27,3 % der Fälle und die Kategorie 61 – 70 Tonnen in 22,7 % der Fälle genannt. Lediglich 4,5 % der Betriebe gaben an, >90 Tonnen zu ernten. Die Kategorien <50 und 51 – 60 Tonnen erhielten keine Nennung (siehe Abbildung 138). Bei der Saftfruchternte gab mit 59,1 % ein mehrheitlicher Anteil der Befragten an, zwischen 16 – 20 Tonnen Saftfrucht pro Hektar zu ernten. 36,4 % der Befragten ernten zwischen 21 und 25 Tonnen pro Hektar und 4,5 % der Befragten zwischen 11 und 15 Tonnen. Die Kategorien <10 und >25 erfuhren keine Nennung (siehe Abbildung 139).

7. Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung

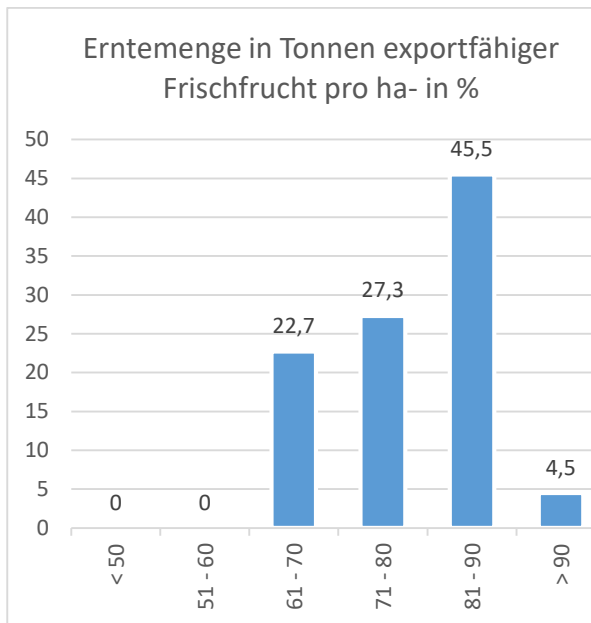


Abbildung 138: Erntemenge in Tonnen exportfähiger Frischfrucht pro ha

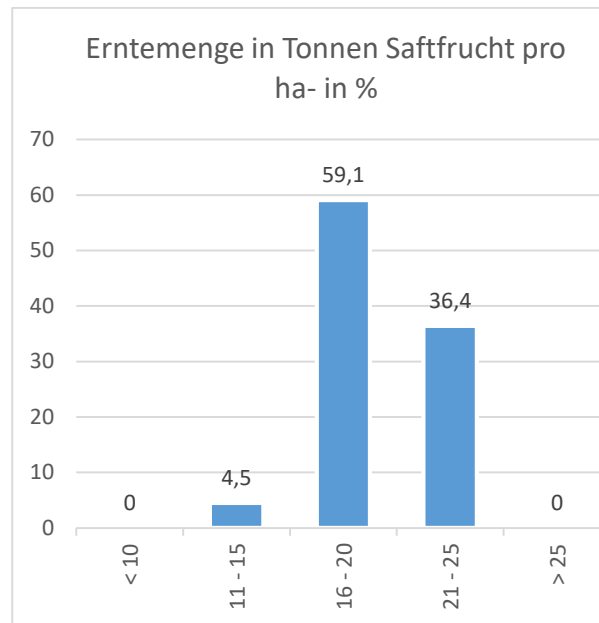


Abbildung 139: Erntemenge in Tonnen Saftfrucht pro ha

Aus den Fragestellungen zu Problemen, Engpässen und Schwierigkeiten im Ananasanbau konnten die im Rahmen der Experteninterviews aus 2012 identifizierten Kernprobleme bestätigt werden. Diese sind (analog zu den Kernproblemen in Kapitel 3):

- Witterungsbedingungen
- Geringe Arbeitsleistungen / ha oder pro h
- Stetige Kostensteigerungen
- Wenig qualifiziertes Personal

In den Gesprächen mit den Betriebsleitern der 22 befragten Betriebe machten 8 Betriebsleiter Angaben zu den Produktionskosten pro ha Ananas und bezifferten diese zwischen 15.000 und 23.000 USD/ha (siehe Tabelle 72).

Tabelle 72: Produktionskosten verschiedener Betriebe in Costa Rica für Ananas (pro ha)

Angaben von Betriebsleitern zu:			
Produktionskosten pro ha			
in T USD	15 - 17	18 - 20	21 - 23
Anzahl Angaben	3	3	2

7.5 Interpretation der Ergebnisse zur Findung eines geeigneten Versuchsbetriebes

Aus den Ergebnissen der Befragung lassen sich folgende Merkmale eines typischen Betriebs ableiten:

- Betriebsstruktur
 - Lage hauptsächlich in der Region Huertar Norte
 - Hauptsächlich > über 300 ha Produktionsfläche
 - Hauptsächlich > 100 Mitarbeiter
 - Zielgröße hauptsächlich erreicht (wenig Expansionswille)
 - Tendenziell mittlere bis schlechte Einschätzung der Zukunftsaussichten des Ananasanbaus
 - Hauptexportmärkte: Europa und USA
- Zertifizierung
 - Überwiegend Global GAP zertifiziert
 - Rainforest Alliance Zertifizierung bisher nicht überwiegend vertreten
- Bodenbearbeitung
 - Überwiegender Einsatz eines Totalherbizides vor der Bodenbearbeitung.
 - Das Abbrennen der Erntereste vor der Bodenbearbeitung erfolgt, sofern erforderlich
 - Sämtliche befragten Betriebe setzen einer Scheibenegge, einen Tiefenmeißel und einen Dammformer ein.
 - Eine Fräse wird mehrheitlich nicht eingesetzt.
 - Eine Kombination aus mehreren Bodenbearbeitungsgeräten ist nur sehr begrenzt verbreitet.
 - Das Drainagenetz umfasst überwiegend Primär-, Sekundär- und Tertiärdrainagen.
 - Die Drainagen werden überwiegend mit einem Bagger oder einer Wurfschaufelfräse angelegt.
- Anpflanzung
 - Überwiegende Pflanzdichte pro Hektar: 72.000
 - Gänzlich ohne Fahrgassensystem
 - Hauptsächlich mit Pflanzung ohne bodenbedeckender Plastikauflage
 - Kein Bioanbau
- Ernte
 - Die Ernte erfolgt überwiegend in Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung.
 - Die Kistenerntemaschine mit einem Fassungsvermögen von rd. 600 bis 1.000 Früchte pro Kiste, welche sich auf dem Fahrweg bewegt, wird überwiegend eingesetzt.

7. Prüfung von möglichem Praxistransfer mittels einer Betriebsbefragung

- Erntemengen bewegen sich zwischen 61 und >90 t exportfähiger Frischfrucht pro Hektar, überwiegend im Bereich von 81 – 90 t.
- Safffrucht wird überwiegend mit 16 – 20 t pro Hektar geerntet.

Diese oben genannten Ergebnisse der Befragung definieren den aktualisierten Stand der Technik in der Ananasproduktion. Die in den Experteninterviews aus Kapitel 3 identifizierten Probleme im Anbausystem sind deckungsgleich mit den aus der Betriebsbefragung ermittelten Problemen. Die in der Betriebsbefragung ermittelten Produktionskosten liegen in der Dimension der Produktionskosten des Versuchsbetriebes (siehe Kapitel 4). Die Lage, Größe und der Aufbau des Anbausystems des Versuchsbetriebes entsprechen den Merkmalen des zuvor als typisch identifizierten Anbaubetriebes. Somit ist der Versuchsbetrieb als vergleichbar einzustufen. Die in Kapitel 4 identifizierten Problemstellungen, die in Kapitel 5 erarbeiteten Lösungsansätze sowie die in Kapitel 6 durchgeführten Untersuchungen zur Erprobung der Lösungsansätze sind somit auf weitere Anbaubetriebe übertragbar.

8 Diskussion

Das Thema des Forschungsvorhabens lautet „Identifizierung von Problemen im Ananasanbau Costa Ricas und Lösungsansätze für Verbesserungen entlang der Produktionskette“.

Es gibt derzeit keine bekannte andere wissenschaftliche Arbeit, die unter den tatsächlichen Verhältnissen einer Ananasplantage entlang der gesamten Produktionskette Untersuchungen und Vergleiche der Effekte einer Mechanisierung von Arbeitsgängen durchführte.

8.1 Diskussion der Ergebnisse

Im ersten Schritt dieser Arbeit wurden Daten über die landesweiten Produktionsverhältnisse im Ananasanbau Costa Ricas beschrieben. Daraus wurde deutlich, dass im letzten Jahrzehnt die Anzahl der Produzenten gesunken und die Betriebsgröße im gleichen Zeitraum gestiegen ist. Die Gründe dafür sind vielfältig, einige Gründe werden nachfolgend genannt. Die Fachbehörden legen die Produktionsschwellen durch stetig steigende Umweltauflagen, Anforderungen an Arbeitsbedingungen und strengere Sozialgesetzgebungen jährlich höher. Dazu kommen angestiegene Qualitätsanforderungen seitens der Großhändler und Exporteure, die sich in Notwendigkeiten von verschiedenen Betriebszertifizierungen manifestieren.

Im Jahr 2010 konnte ein ha Ananas in Vollkostenbetrachtung für rd. 12.000 USD/ha produziert werden, aktuell sind dies 18.000 bis 22.000 USD/ha (siehe Kapitel 7.4, Tabelle 72). Ein erfolgreicher Betrieb heute unterscheidet sich wesentlich von einem erfolgreichen Betrieb des Jahres 2010. Jeder Betrieb ist bemüht, seine Betriebskosten zu optimieren. In dieser Arbeit wurden auf den einzelnen Stufen der Produktion Untersuchungen beschrieben, die potenzielle wirtschaftliche Verbesserungen in Aussicht stellen und deren Umsetzbarkeit überprüft.

Bodenbearbeitung vor der Pflanzung

Im Kapitel 3.5 dieses Forschungsvorhabens wurden die Bodenbearbeitungskosten eines typischen Ananasanbaubetriebes beschrieben. Die landesweit übliche, herkömmliche Art und Weise führt zu Arbeitskosten, die hier mit rd. 679 USD/ha errechnet werden. Mittels zapfwellenbetriebener Bodenbearbeitungsgeräte können Arbeitsgänge eingespart werden. Dieses resultiert in Kostenreduktionen von 17 USD/ha beim Einsatz einer Kreiselegge sowie um 50 USD/ha beim zusätzlichen Einsatz einer Dammfräse. Diese eher geringen Einsparungen erklären sich durch die im Vergleich zu starren Bodenbearbeitungsgeräten höheren Betriebskosten in USD/ha der zapfwellengetriebenen Geräte. Ein wesentlicher Vorteil ist jedoch die schnellere Arbeitserledigung vom ersten Arbeitsgang bis zum Eintreten der Pflanzfähigkeit. Es werden mehrere Arbeitsgänge eingespart, was eine schnellere Pflanzbettfertigstellung erlaubt. Die über lange Perioden des Jahres vorkommenden täglichen Regenfälle erschweren alle Acker- und Erntearbeiten. Sie verringern die zur Grundbodenbearbeitung verfügbaren Nutzungszeiten. Somit ist Zeitgewinn für jeden Produzenten ein angestrebtes Gut.

In diesem Forschungsvorhaben wurde gezeigt, dass der Einsatz von Kreiselegge und Dammfräse den Zeitraum von der ersten Bodenbearbeitung bis zum fertigen Pflanzbeet um zwei Wochen verkürzt.

Applikationen mit unterschiedlichen Wassermengen

Der zeitaufwendigste Teil der gesamten Produktionskette ist die Summe der zahlreichen Applikationen von Dünger und Pflanzenschutzmitteln in Verbindung mit hohen Wassermengen pro Hektar, die zu jeder Applikation eingesetzt werden. Die Folge sind geringe Leistungen pro Stunde sowie ein hoher Transportaufwand von den Wasserbrunnen in die zu behandelnden Felder.

Eine Pflanzenschutzspritze mit einem Tankvolumen von 4.000 Litern kann mit einer Tankfüllung bei der Düngemittelausbringung lediglich 1,60 ha und bei der Pflanzenschutzmittelausbringung 2,60 ha applizieren. Die bei feuchten Witterungsbedingungen schmierigen und teilweise geringfügig tragfähigen Böden (schwierige Bodenverhältnisse) lassen bei leicht kupiertem Gelände keine deutlich größeren Tankvolumina zu. Die Möglichkeiten zur Rationalisierung der Applikationen sind auf zwei Dinge beschränkt: Zum einen die Summe der Überfahrten zu minimieren und zum anderen durch geringere Wasseraufwandmengen pro Hektar die Leistung pro Stunde zu verbessern.

In diesem Forschungsvorhaben wurden beide Möglichkeiten untersucht. Dabei wurde deutlich, dass die Reduktion der applizierten Wassermenge bei der Düngung aus den durchgeführten On-Farm Versuchen negative Auswirkungen auf den Ertrag haben. Im Vergleich zur Basisanwendung mit einer Aufwandmenge von 2.500 l Wasser pro ha war die Massenzunahme der Pflanzenbestände in der Untersuchungsgruppe 1 (1.500 L Wasser/ha) deutlich geringer und in der Untersuchungsgruppe 2 (1.000) L Wasser/ha) am geringsten. Die Effekte dieser Entwicklungsverzögerung setzten sich bis zu den Ernteergebnissen fort. So erreichten beide Versuchsgruppen die Induktionsreife und dann die Erntereife 30 bzw. 40 Tage später als die Kontrollgruppe. Ein wesentliches Untersuchungsergebnis ist auch, dass diese verzögerte Pflanzenentwicklung sich negativ auf die Ernteergebnisse auswirkt. Die Versuchsgruppe 1 zeigte im Vergleich zur Kontrolle einen Minderertrag von rd. 8,7 t Frischfrucht/ha und die Versuchsgruppe 2 sogar in Höhe von rd. 17,6 t/ha. Das entspricht einer Erlösminderung von 2.331 USD/ha (Gruppe 1) und 5.382 USD/ha (Gruppe 2). Diese negativen Effekte überkompensieren die Kostenersparniseffekte durch reduzierte Einsatzzeiten. Die in der Praxis verwendete Wassermenge in Höhe von 2.500 l/ha bei der Applikation von Düngemitteln sichert Entwicklungszeiten und Erntemengen ab. Eine Reduzierung auf eine geringere Wassermenge ergibt somit auf Basis der durchgeführten Untersuchungen keinen Sinn.

Die zweite Rationalisierungsmöglichkeit, eine Kombination verschiedener Applikationen in einer Tankmischung, wurde parallel getestet. Von der Pflanzung bis zu der Ernte wurden die Düngemittel und Pflanzenschutzpräparate in der Kontrollgruppe in 18 Überfahrten ausgebracht. In der Versuchsgruppe 1 erfolgte die Ausbringung in 13 Überfahrten und in

Versuchsgruppe 2 in 10 Überfahrten. Wichtig ist dabei, dass die gleiche Menge der Produkte eingesetzt wurde, diese wurden jedoch in Tankmischungen kombiniert ausgebracht. Die Kosten reduzierten sich von 1.088 USD/ha (Kontrolle) auf 850 USD/ha (Gruppe 1) und 680 USD/ha (Gruppe 2). Nach der Applikation wurde ermittelt, ob die Kombinationen wie im obigen Versuch negative Entwicklungseffekte bedingten. Das war weder bei der Pflanzenmasseentwicklung der Fall noch bei den Ernteergebnissen. In dieser Untersuchung hatte die Versuchsgruppe 1 sogar das beste Ernteergebnis. Dieses ist ein für die Praxis wichtiges Ergebnis: Düngemittel und geeignete Pflanzenschutzpräparate können in Tankmischungen zusammen ausgebracht werden. Aus den Erkenntnissen der ersten Versuchsanstellung zu der Reduktion von Wassermengen lässt sich ableiten, dass die angewandte Wassermenge 2.500 l/ha dabei nicht unterschritten werden sollte.

Die in den On-Farm Versuchen erarbeiteten Erkenntnisse bieten eine Basis für weitergehende Forschungen unter Ausschluss der Grenzen, die ein On-Farm Versuchswesen mit sich bringt.

Fahrgassensystem

Die Überlegung, ein Fahrgassensystem einzusetzen, entstammte aus den Erfahrungen der europäischen Landwirtschaft, in der ein solches System im Ackerbau weit verbreitet ist. Die theoretischen Überlegungen, dieses auf den Ananasanbau zu übertragen und dadurch pro Ackerfläche den Anteil der bepflanzten Fläche zu steigern, wurden in dieser Arbeit geprüft. Die Menge von Setzlingen pro ha bestellter Fläche erhöhte sich um rd. 7 % und die Erntemenge um rd. 5,5 Tonnen, entsprechend etwa 1.500 USD/ha gesteigerter Ernteerlös. Den Ananasreihen in den Fahrgassen fehlte bei der Pflanzen- und Fruchtentwicklung die laterale Stützfunktion der Nebenreihen, weil diese nicht vorhanden waren. Das führte zu Problemen bei der Fruchtentwicklung mit einem steigenden Anteil deformierter Kronen und Früchten mit Sonnenbrand (siehe Kapitel 2.4.4). Darüber hinaus entwickelten sich in den Fahrgassenreihen verstärkt kleinere Früchte. Dieses System hatte einen positiven Zusatznutzen im ersten Fruchtzyklus, da sowohl die Erntemenge, als auch die Ernteerlöse anstiegen. Die Fahrgassenreihen müssen jedoch bei der Ernte des Gesamtbestandes als Fahrwege dienen. Infolgedessen ist bei einer Nutzung des Fahrgassensystems im zweiten Zyklus notwendig, zusätzlich zu dem Einsatz von Selbstfahrerspritzen in der Bestandsführung mit weiteren Spezialgeräten, in Form von Erntemaschinen und Transportgeräten, die ebenfalls über eine hohe Bodenfreiheit verfügen, um den Pflanzenbestand nicht zu beschädigen zu arbeiten.

Bestandsdichte

Die lokalen Klima- und Bodenbedingungen beeinflussen die Auswahl des Pflanzsystems (z.B. durch eine Pflanzung auf Dämmen wegen des regional hohen Niederschlags). Aus jedem gesetzten Ananassteckling entwickelt sich maximal eine Frucht. Die Anzahl der gepflanzten Stecklinge reduziert sich während der Entwicklungsphase durch ein bis zwei Prozent Mortalität (Villacres Nieto, 2016). Nicht alle Pflanzen entwickeln Früchte und nicht alle Früchte haben Marktqualität. Ein guter Produzent entwickelt aus der initialen Pflanzmenge 75 bis 80 % verkaufsfähiger Früchte im ersten Anbauzyklus. Aus 72.000 Stecklingen entwickeln sich somit 54.000 bis 57.600 Früchte. Diese Anzahl kann allein durch mehr Stecklinge pro Hektar gesteigert werden. Eine Veränderung der Pflanzmengen wurde in Kapitel 6.3.4 untersucht. Dabei sollte herausgearbeitet werden, ab welcher Bestandsdichte dieses „mehr an Früchten“ pro ha einen negativen Einfluss auf die mittlere Fruchtgröße hat. In Kapitel 6.3.4 wurde die Wirtschaftlichkeit der Untersuchungen gemessen. Parameter sind die geernteten Fruchtmengen und die Fruchtgrößen. Im Kapitel 2.4.6 wurde die ananasspezifische Vermarktung der Früchte nach Größenklassen beschrieben. Im Supermarkt kauft der Kunde die Ananas nicht nach Gewicht, sondern nach Größenklasse.

Auf den internationalen Märkten werden grundsätzlich alle Größenklassen nachgefragt, allerdings nicht alle Klassen in der gleichen Quantität. Am meisten nachgefragt und somit am besten zu verkaufen sind die Früchte der Klassen 6 bis 8. Die Klasse 5 ist lediglich in Kanada und Teilen der USA gut zu vermarkten, die Klassen 9 und 10 in letztgenannten Märkten tendenziell nicht und in Europa fast nur in Lock- und Sonderangeboten (Rostren, 2018). Würde eine Reduktion der Bestandsdichte (von 72.000 auf 62.000) zu einer überproportionalen Menge an Früchten der Klasse 5 führen, wäre das vermarktungsschädlich. Andererseits könnte eine Erhöhung der Bestandsdichte (von 72.000 auf 82.000) zu einer Reduktion der Fruchtgrößen führen. Infolgedessen würden überproportional Früchte der Klassen 9 und 10 geerntet, welches negative Folgen für die Rentabilität haben würde, da diese Klassen die geringsten Erlöse erzielen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die zur Induktion gemessene Pflanzenmasse bei der Gruppe mit der geringsten Bestandsdichte am höchsten und die mit der höchsten Bestandsdichte am geringsten war. In der Gruppe 1 (62.000) wurden an Früchten 75.656 kg/ha geerntet, in der Gruppe 2 (72.000) 83.684 kg/ha und in der Gruppe 3 (82.000) 88.452 kg/ha. Die Überlegungen, dass ein „Mehr“ an Ausgangspflanzen zur Erntemengensteigerung führt, wurden bestätigt.

Die ökonomischen Resultate diese Untersuchungen wiesen bei der Gruppe 2 mit 20.946 USD/ha die besten Verkaufserlöse aus. Im Vergleich erzielte die Gruppe 3 einen Mindererlös von 452 USD/ha und die Gruppe 1 einen Mindererlös von 1.979 USD/ha.

Die in der Ananasanbauregion dominierende Pflanzdichte von 72.000 Pflanzen/ha liegt somit unter Berücksichtigung der berücksichtigten Rahmenbedingungen der durchgeführten Untersuchungen im Bereich des Optimums.

Anbau unter Kunststoffolie

Es wird in der Praxis berichtet, dass die Abdeckung der Felder mit Kunststofffolien und einem Ananasanbau darüber Vorteile für den Produzenten bringt (Fernandez & Meza, 2014). Vermutet werden eine schnellere Jugendentwicklung, ein geringeres Vorkommen von Nematoden, eine frühere Fruchternte, der Wegfall von Herbizidapplikationen sowie die Reduktion von Erosion.

In diesem Forschungsvorhaben konnten diese Vermutungen und Berichte durch den Versuch teilweise verifiziert werden. Es erfolgte lediglich eine Herbizidanwendung vor dem Auslegen der Folie. Die Eliminierung von Herbizidapplikationen nach der Pflanzung hat neben dem ökonomischen Effekt einen positiven Umwelteinfluss. In den meisten Monaten des Jahres regnet es häufig; dadurch werden Pflanzenschutzmittel einfach und oft ausgewaschen. Bei der obligatorischen Beprobung von Wasserläufen und von Brunnen werden Belastungen mit Herbiziden und Pestiziden festgestellt (Quiros, 2013). Auch erscheint das Anbausystem mit Folie den Befallsdruck durch Schadpilze zu reduzieren, denn auch hier konnte eine Anwendung innerhalb des Anbauzyklus eingespart werden. Visuell war eine schnellere Jugendentwicklung der Pflanzen nicht erkennbar. Allerdings waren die Gewichte der Pflanzenmasse bei der Induktion in den drei Versuchsgruppen jeweils höher als in den Kontrollgruppen, obwohl eine Düngung mit 32 kg N/ha eingespart wurde. Bei den Betriebsmittel- und Arbeitserledigungskosten werden 64 USD/ha (Dünger) + 260 USD/ha (Fungizid) + 240 USD/ha (Herbizid) + 96 USD/ha (Arbeit) eingespart. Ernteseitig konnten leicht positive Erlösunterschiede bei den Varianten unter Kunststoff festgestellt werden.

Der Kostenreduktion von durchschnittlich 986 USD/ha stehen Kosten für die Kunststoffolie in Höhe von rd. 1.700 USD/ha gegenüber. Problematisch ist das Entfernen der Plastikfolie nach der Ernte. Es ist sehr handarbeitsintensiv und bedingt ein hohes zusätzliches Maß an manueller Arbeit. Der initial positive Effekt auf die Umwelt wird dadurch mindestens aufgehoben.

Erntemaschine

Die etablierte Ernte eines Hektar Ananas wird in den Kapiteln 2.4.5 und 6.4 im Detail beschrieben. Das Ernteteam benötigt im herkömmlichen System 3,25 Tage um einen Hektar Ananas als Frischfrucht zu ernten. Dazu ist ein Ernteteam von 19 Personen erforderlich, die an Erntetagen täglich rd. 10 Stunden unter tropischen Witterungsbedingungen Ananas pflücken, in Großkisten verpacken und transportieren. Dabei werden drei Traktoren, drei Ernteanhänger, ein Erntegestell und ein Radlader eingesetzt. Das zwischen Sonne und ergiebigen, oft tagelangen Regenfällen wechselnde Wetter erschwert die Arbeitsbedingungen für Mensch und Maschine und führt durch schwierige Bodenverhältnisse bedingt zu Ablaufverzögerungen.

Eine Erntemaschine, mit der trotz der klimatischen- und Bodenbedingungen eine kontinuierliche Ernte möglich ist, wurde als hilfreich identifiziert. Mittels des systematischen

Entwickeln und Konstruieren wurde ein Erntemaschinenprototyp entwickelt, der die zuvor identifizierten Probleme minimiert.

Mit diesem Erntemaschinenprototypen (siehe Kapitel 6.4) wurde die Erntearbeit für einen Hektar in zwei Tagen statt in 3,25 Tagen erledigt. Die Erntemaschine fährt dabei durch den Ananasbestand und lässt die Fahrwege für die Traktoren und die Ernteanhängergespanne frei passierbar. Die Technik ist den herkömmlichen Systemen durch die schnellere Arbeitsweise deutlich überlegen. Einer der großen Vorteile ist, dass der Ernteprozess kontinuierlich erfolgen kann, da die Umbauphasen des etablierten Systems entfallen. Die Arbeitsbedingungen für die Erntearbeiter sind verbessert, weil das Ernteband mit einem Sonnen- bzw. Regenschutz ausgestattet ist, der die Erntearbeiter schützt.

Durch den schnelleren Ernteprozess werden die kurzen Erntefenster besser ausgenutzt und die Früchte vermehrt zum optimalen Qualitätszeitpunkt geerntet. Dies führt zu einer Zeitersparnis von 38 % und einer Kostenreduktion von 20 % (1.034 USD/ha) im Vergleich zum etablierten Erntesystem. Darüber hinaus ergibt sich ein Zusatznutzen bei der Vermarktung der Früchte.

In der Tabelle 73 werden die in den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen zusammenfassend gezeigt.

Tabelle 73: Tabellarische Zusammenstellung der durchgeführten Untersuchungen

Kapitel	Untersuchungen zu	Hauptziele
6.2	Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten	Zeit- und Kostenersparnis
6.3.1	Reduktion von Wasseraufwand in der Düngemittelapplikation	Zeit- und Kostenersparnis
6.3.2	Applikation von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln in Tankmischungen	Zeitersparnis bei gleichem Ernteerlös
6.3.3	Höherer Flächenausnutzung durch Anpflanzung im Fahrgassensystem	Höherer Ernteertrag und -Erlös
6.3.4	Optimierter Pflanzdichte	Höherer Ernteertrag und -Erlös
6.3.5	Pflanzung unter Kunststofffolie	Verkürzung des Anbauzyklus bei geringerem PSM Aufwand
6.4	Modifizierung des Erntesystems durch Einsatz eines Erntemaschinenprototypen	Erhöhte Ernteleistung und Reduktion der Erntekosten

Im Kapitel 8.4 erfolgt eine abschließende Prüfung der den Untersuchungen zugrundeliegenden Hypothesen und es wird ein Soll-Ist-Vergleich zu allen Untersuchungen durchgeführt. Vorher wird im Kapitel 8.2 die Ananasproduktion Costa Ricas mit dem Anbau in anderen Ländern verglichen. In Kapitel 8.3 wird die in dieser Arbeit gewählte Vorgehensweise diskutiert.

8.2 Vergleich mit anderen Ländern

Im Kapitel 2.2 wurden die speziellen Anforderungen der Ananaspflanze an ihr Habitat dargestellt. Durch die notwendigen klimatischen Bedingungen ist der Feldanbau lediglich in einem eingeschränkten geographischen Bereich der Erde möglich. Diese umfassen Regionen in der Nähe des Äquators von Mittel- und Südamerika, Asien und Afrika. Historisch entwickelte sich der kommerzielle Ananasanbau Ende des 19. Jahrhunderts in Hawaii (USA) zur Produktion von Konservenfrüchten. Dieser wurde darauffolgend auf die Regionen Südostasien (Malaysia, Taiwan und die Philippinen), Australien, Südafrika, Martinique, Cuba, Puerto Rico und Kenia ausgeweitet. Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges wurde durch die Möglichkeit des Kühltransportes über den Seeweg die Möglichkeit geschaffen, die Ananas als Frischfrucht nach Europa, Japan und Nordamerika zu exportieren. Der wachsende Markt führte

zu verstärkter Produktion von Frischfrucht und einer Marktausweitung (Bartholomew et al., 2003). Mit Einführung der Sorte Ananassorte „MD-2“ im Jahre 2007 in Hawaii wurde der Anbau der Frischfruchtananas noch stärker ausgedehnt (Jacob, 2006).

Costa Rica hat einen mit 45 % (Stand 2021) sehr hohen Anteil am gesamten Frischfruchtweltmarkt (Biosweet, 2022). Weitere bedeutende Ananasproduzenten sind Brasilien, die Philippinen, Thailand, Indonesien, Indien, China, Nigeria, Mexico und Kolumbien (Bartholomew et al., 2003). Die zuvor beschriebenen Länder haben unterschiedliche Produktionsfokusse. In den asiatischen Ländern dominiert der Anbau von Früchten zur Konservenproduktion. Die Produktion von Indien und China ist überwiegend für den Binnenmarkt bestimmt und erfolgt in höherem Umfang in Kleinbetrieben. Die lateinamerikanischen Länder versuchen seit längerer Zeit ihre Marktanteile im Frischfruchtmarkt zu erhöhen, scheitern jedoch an schwankenden Fruchtqualitäten. Ein Spezialfall ist Nigeria mit einer Anbaufläche von >180.000 ha, aber einem durchschnittlichen Ernteertrag von lediglich rd. 8 t pro Hektar (Rostren, 2018).

Gemessen am Anbau anderer Intensivkulturen (wie Spargel oder der Erdbeere), findet der Ananasanbau regional begrenzt an wenigen geeigneten tropischen Standorten statt. Costa Rica hat von diesen Standorten weltweit die größte Bedeutung für die Erzeugung von Frischfrucht. Der Anbauumfang und die Anzahl der Produzenten sind so gering, dass ein Umsatzpotenzial für den Absatz von Spezialgerät in der Ananasbranche für namhafte Landmaschinenhersteller als nicht relevant eingeschätzt wird. Infolgedessen müssen Spezialmaschinen weiterhin von Produzenten oder Kleinunternehmen selbst entwickelt werden. Der in dieser Arbeit beschriebene Erntemaschinenprototyp ist solch ein Vorhaben. Er beschleunigt die Ananasernte und senkt die Erntekosten. Er verkürzt die Erntezeiten und ermöglicht eine Frischfruchternte auch bei schwierigen Bodenverhältnissen.

8.3 Diskussion der Vorgehensweise

In diesem Forschungsvorhaben wurde zunächst der Stand der Technik erfasst, um einen Überblick über die Ananasproduktion zu erlangen. Dies erfolgte in Form einer Literaturrecherche und mehrerer Experteninterviews (2012). Die Auswertung gab Aufschluss über das in Costa Rica vorherrschende Ananasproduktionssystem. Resultierend konnte ein Versuchsbetrieb identifiziert werden, der für die Durchführung von Versuchen geeignet erschien. Aus der Expertenbefragung wurden die in den Anbausegmenten auftretenden Kernprobleme deutlich. Darauf aufbauend wurden Arbeitshypothesen aufgestellt (siehe Kapitel 4), deren Ziel es war, Lösungen für Probleme entlang der Produktionskette darzustellen. Die Überprüfung der Hypothesen erfolgte im Rahmen von On-Farm Research (2012 – 2020). Anschließend wurde eine Betriebsbefragung durchgeführt, die den aktuellen Stand der Technik (2020) erfasste. Daraus konnte der Versuchsbetrieb als geeignet für die Durchführung von Untersuchungen eingestuft werden. Des Weiteren wurden die in den Experteninterviews identifizierten Kernprobleme überprüft und bestätigt. Somit ist die Übertragbarkeit der

Ergebnisse aus den eigenen Untersuchungen auf weitere Ananasanbaubetriebe in Costa Rica gegeben. Die gewählte Vorgehensweise wird bei Betrachtung des Gesamtvorhabens als geeignet und angemessen erkannt. Im Nachhinein wäre jedoch eine möglichst breit angelegte Betriebsbefragung, unter Einbeziehung einer noch höheren Teilnehmeranzahl, direkt zu Beginn des Forschungsvorhabens sinnvoller gewesen.

Die Erfassung des Standes der Technik war aus der aktuellen Literaturlage zwar möglich, konnte aber kein eindeutiges Bild über die Aktualität der Angaben bieten. Folglich galt es, eine aktuelle und objektive Wissensbasis zu schaffen. Ein Mittel dazu ist eine direkte Befragung von Betriebsleitern und Experten, die in das aktuelle Tagesgeschehen involviert sind. Dies ist in der vorliegenden Arbeit erfolgt. Prinzipiell wären mehrere der untersuchten Betriebe für die Versuchsdurchführungen geeignet gewesen, allerdings war lediglich ein Betrieb dazu bereit, die notwendigen Rahmenbedingungen für dieses Forschungsvorhaben zu schaffen.

Die Untersuchungen wurden im laufenden Betrieb durchgeführt. Mit den für die Untersuchungen benötigten Maschinen, Geräte und Personal wurde auch das Tagesgeschäft erledigt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, war es für die Untersuchungen, vor allem bei der Ernte, notwendig, trainiertes und eingespieltes Personal einzusetzen. Exaktversuche mit Wiederholungen über mehrere Jahre hätten möglicherweise zu noch aussagekräftigeren Ergebnissen geführt. Dies hätte einen erhöhten und in diesem Forschungsvorhaben nicht darstellbaren Kostenrahmen bedingt. Die Durchführung der Versuche im On-Farm Research war bei entsprechender Überwachung und Dokumentation angemessen.

Der Erntemaschinenprototyp wurde mittels des systematischen Entwickelns und Konstruierens nach den Vorgaben der VDI Normen 2221 und 2222 sowie anerkannter Fachliteratur durchgeführt. Es wurden messbare Anforderungen an die Maschine unter Beachtung der aus dem Ananasanbausystem resultierenden Restriktionen und des zuvor ermittelten Standes der Technik sowie der daraus abgeleiteten Probleme erarbeitet. Es wurde eine Marktanalyse über vorhandene Erntesysteme durchgeführt. Da kein geeignetes Produkt für die Erfüllung der Anforderungen identifiziert werden konnte, wurde mittels mehrerer morphologischer Kästen eine theoretische Lösungsvariante erarbeitet. Diese wurde im Forschungsvorhaben gebaut und im Rahmen des On-Farm Research eingesetzt. Die Maschine wurde mittels einer anerkannten wissenschaftlichen Vorgehensweise entwickelt. Wäre das Zeit- und Geldbudget für die Entwicklung- und die Erprobung des Erntemaschinenprototypen wesentlich höher gewesen, so wäre möglicherweise eine Maschine mit einem höheren Automatisierungs- und Innovationsgrad entwickelbar gewesen.

8.4 Prüfung der Hypothesen / Soll-Ist Vergleich

An dieser Stelle soll erneut darauf hingewiesen werden, dass diese Untersuchungen punktuell an definierten Stellen der Produktionskette unter Beachtung wissenschaftlicher Kriterien in On-Farm Versuchsanstellungen erfolgten. Das eingesetzte Überwachungspersonal der täglichen Arbeiten hatte den Grad eines Agrar-Ingenieurs mit Abschluss an einer Universität Deutschlands oder Costa Ricas mit Erfahrung in Versuchsanstellungen.

Die Untersuchungen zeigen, dass der Zeitaufwand in den Produktionsabschnitten Bodenbearbeitung, Wachstum und Pflege sowie der Ernte durch den Einsatz verbesserter Technik verringert werden kann.

Der Einsatz verbesserter Technik bedingt weiterhin geringere Produktionskosten in allen untersuchten Segmenten der Produktionskette. Durch Mechanisierung von Bodenbearbeitung und Ernte sowie Optimierungen bei Applikationen können die Produktionskosten eines Produktionszyklus zwischen 1.500 bis 3.000 USD/ha gesenkt werden.

Bodenbearbeitung

Überprüfung der Hypothese:

- In der Grundbodenbearbeitung können durch den Einsatz zapfwellengetriebener Arbeitsgeräte die Produktionskosten pro Hektar- und der Zeitaufwand für die Fertigstellung eines Feldes gesenkt werden.

Ziel der Untersuchungen:

1. Reduktion des Zeitaufwandes = Verkürzung des Zeitbedarfs von Beginn der Bodenbearbeitung bis Fertigstellen des Pflanzbeetes
2. Kostenreduktion: Senken der Kosten für die Erstellung des Pflanzbeetes

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in Tabelle 74 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 74: Zeit- und Kosten der Bodenbearbeitungsversuche

	Basis	Variante 1	Variante 2
	Reduktion Zeitaufwand		
Wochen	7	6	5
	Kostenreduktion		
Kosten in USD	679	662	629

Das „Soll“ war eine Reduktion des Zeitaufwandes und eine Kostensenkung. Die „Ist“ Betrachtung zeigt eine Zielerreichung. Der Haupteffekt von Mechanisierungsschritten im Ackerbau liegt in der schnelleren und sicheren Herstellung des Pflanzbeetes, weniger in Kostenreduktionen.

Der Einsatz von zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erfolgte zu einer Zeit, in der diese in Costa Rica noch nicht etabliert

waren. Mittlerweile werden diese immer häufiger auch von anderen Produktionsbetrieben genutzt, sodass sich der Einsatz dieser Geräte zu bewähren scheint.

Wachstum und Pflege – Reduktion der Wasseraufwandmenge

Überprüfung der Hypothese

- Eine Verminderung von Wasseraufwandmengen pro Hektar bei der Düngemittelapplikation reduziert den Zeitbedarf und hat keine negativen Auswirkungen auf das Erntergebnis.

Ziel der Untersuchungen

1. Machbarkeitsstudie zur Reduktion der Wassermenge bei Düngergaben

Umsetzung: Senken der Wasserausbringungsmengen bei Düngemittelapplikationen von 2.500 l/ha auf 1.500 l/ha bzw. 1.000 l/ha.

Die Ergebnisse werden in Tabelle 75 dargestellt.

Tabelle 75: Soll- Ist Vergleich der Ernteergebnisse unter Reduktion der Wassermenge

	Basis	Variante 1	Variante 2
	Wassermenge		
Liter /ha	2.500	1.500	1.000
	Erntemenge		
In kg / ha	83.684	74.931	66.068
	Ernteerlöse		
In USD / ha	21.423	19.092	16.041

Das „Soll“ war eine Reduktion der Wassermenge bei gleichbleibendem Erntergebnis. Die „Ist“ Betrachtung zeigt, dass die Ernteerlöse deutlich gesunken sind. Das Ziel wurde nicht erreicht.

Wachstum und Pflege – Kombination von Pflanzenschutz- und Düngemitteln in Tankmischungen

Überprüfung der Hypothese

- Eine Kombination von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Applikationen ist möglich und reduziert somit die Summe der Überfahrten.

Ziel der Untersuchungen

1. Reduktion des Zeitaufwandes = Verminderung des Gesamtzeitaufwandes für die Summe aller Applikationen
2. Kostenreduktion: Kostenersparnis durch Verminderung des Zeitaufwands

Umsetzung: Einsparung von Arbeitsgängen durch Kombination von Dünger und PFS in Tankmischungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen können in Tabelle 76 eingesehen werden.

Tabelle 76: Zeit- und Kosten der Applikationsversuche

	Basis	Variante 1	Variante 2
	Reduktion Zeitaufwand		
Std	32	25	20
	Kostenreduktion		
Kosten in USD	1.088	850	680

Das „Soll“ war eine Reduktion des Zeitaufwandes und eine Kostensenkung. Die „Ist“ Betrachtung zeigt eine Zielerreichung.

Wachstum und Pflege – Fahrgassensystem

Überprüfung der Hypothese

- Die Eliminierung von Fahrwegen und Anlage eines Fahrgassensystems ist durchführbar, ermöglicht eine höhere nutzbare Anbaufläche und einen höheren Frischfruchtertrag pro Hektar.

Ziel der Untersuchungen

1. Höhere nutzbare Anbaufläche
2. Erhöhung der Frischfruchterntemenge

Umsetzung: Teilbepflanzung von Fahrwegen und Einsatz einer Selbstfahrerspritze.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen eine Erhöhung der Pflanzmenge um 7 % gegenüber dem Standard und eine Steigerung von Erntemenge und -erlös. Die Maßnahme ist dennoch nicht praxisreif, weil durch die Teilbepflanzung der Fahrwege erhebliche Logistikprobleme in den Arbeitsabläufen auftraten. Der Grad der Zielerreichung kann nicht bestimmt werden.

Wachstum und Pflege – Veränderte Pflanzdichte

Überprüfung der Hypothese

- Die Pflanzung einer veränderten Menge von Pflanzen pro Hektar ermöglicht einen höheren Frischfruchtertrag sowie einen höheren Ernteerlös pro Hektar.

Ziel der Untersuchungen

1. Optimierung der Pflanzdichte pro ha
2. Erhöhung des Frischfruchtertrages pro Hektar
3. Erhöhung des Ernteerlöses pro Hektar

Umsetzung: Veränderung der Pflanzdichte von 72.000 Pflanzen / ha auf 62.000 Pflanzen / ha bzw. 82.000 Pflanzen / ha.

Die Ergebnisse werden in Tabelle 77 dargestellt.

Tabelle 77: Soll- Ist Vergleich Veränderung der Pflanzdichte

		Variante 1	Variante 2
Ernte	Basis	62.000	82.000
Erhöhung des Frischfruchtertrages / ha			
Früchte in kg / ha	83.684	75.656	88.452
Erhöhung des Ernteerlöses / ha			
Erlös in USD / ha	20.946	18.967	20.494

Das „Soll“ war eine Optimierung der Pflanzdichte pro Hektar sowie die Erhöhung des Frischfruchtertrages und -Erlöses. Die „Ist“ Betrachtung zeigt, dass der Frischfruchtertrag bei erhöhter Pflanzdichte zwar erhöht werden konnte, der Ernteerlös jedoch unterhalb der des etablierten Systems lag. Das Ziel wurde nicht erreicht.

Anpflanzung unter Kunststoffolie

Überprüfung der Hypothese

- Der Anbau von Ananaspflanzen auf bodenbedeckender Kunststoffolie bedingt eine raschere Entwicklung der Frucht, ermöglicht einen kürzeren Zyklus und vermindert den Pflanzenschutz Aufwand pro Hektar.

Ziel der Untersuchungen:

1. Erreichen einer schnelleren Pflanzenentwicklung und Reduktion des Pflanzenschutz Aufwandes bei gleichbleibender Marktleistung

Die Ergebnisse werden in Tabelle 78 dargestellt.

Tabelle 78: Soll- Ist Vergleich Einsatz Kunststoffolie

Mittleres Pflanzengewicht in kg bei Pflanzung (Woche 1) je 3 Gruppen		Mittleres Pflanzengewicht in kg bei Induktion (Woche 33)	
Herkömmlich	Unter Folie	Herkömmlich	Unter Folie
0,61	0,61	3,27	3,56

Mittleres Erntemenge in kg		Mittlere Markterlöse in USD	
Herkömmlich	Unter Folie	Herkömmlich	Unter Folie
84.085	86.372	20.951	21.276

Es ergab sich eine Einsparung von vier Applikationen. Das „Soll“ war mehr Pflanzenmasse mit geringerem Aufwand. In der „Ist“ Betrachtung wird das Untersuchungsziel erreicht.

Erntesystem

Überprüfung der Hypothese

- Der Einsatz einer Erntemaschine, die durch den Ananasbestand fährt und die Fahrwege frei lässt, beschleunigt den Ernteprozess, erhöht die Tagesleistung und ermöglicht die Reduktion der Erntekosten.

Ziel der Untersuchungen

1. Reduktion des Zeitaufwandes = Verminderung des Gesamtaufwandes für die Ernte jedes ha Ananas
2. Kostenreduktion: Kostenersparnis durch Verminderung des Zeitaufwands

Dies wurde durch den Bau und die Erprobung eines Erntemaschinenprototypen umgesetzt. Die Ergebnisse werden in Tabelle 79 aufgeführt.

Tabelle 79: Soll- Ist Vergleich Erntesystem

	Konventionelles System	Prototyp
Zeitbedarf in Tagen	3,25	2,00
Erntekosten pro ha in USD	5.104	4.070

Das Soll war die Reduktion des Zeit- und Kostenaufwandes. Die „Ist“ Betrachtung zeigt eine Zielerreichung.

Zusammenfassung

In Tabelle 80 wird die in diesem Kapitel durchgeführte Überprüfung der Hypothesen und der Soll-/Ist Vergleichs tabellarisch zusammengefasst. Sie zeigt eine Zielerreichung bei dem Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten, Applikationen von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln in Tankmischungen, einer Pflanzung unter Kunststoffolie sowie einer Modifizierung des Erntesystems durch den Einsatz eines Erntemaschinenprototypen.

Tabelle 80: tabellarische Zusammenfassung der Zielerreichung

Kapitel	Untersuchungen zu	Zielerreichung
6.2	Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten	Ja
6.3.1	Reduktion von Wasseraufwand in der Düngemittelapplikation	Nein
6.3.2	Applikation von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln in Tankmischungen	Ja
6.3.3	Höherer Flächenausnutzung durch Anpflanzung im Fahrgassensystem	Nicht bestimmbar
6.3.4	Optimierter Pflanzdichte	Nein
6.3.5	Pflanzung unter Kunststoffolie	Ja
6.4	Modifizierung des Erntesystems durch Einsatz eines Erntemaschinenprototypen	Ja

Die Vorgehensweise, die gewählte Methodik und die Abfolge der Untersuchungen zu den Kapiteln mit positiver Zielerreichung war zielführend.

Nach Beenden der Untersuchungen wurden die aktive Bodenbearbeitung sowie die Applikation von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln in Tankmischungen dauerhaft in das Anbauprogramm

des Versuchsbetriebes integriert. Der Erntemaschinenprototyp ist ein fester Bestandteil des Erntesystems geworden. Die Übertragbarkeit auf weitere Produktionsbetriebe ist gegeben. Der Anbau unter Kunststofffolie ermöglicht eine Reduktion des Herbizideinsatzes und eine schnellere Fruchtentwicklung, führt auf der anderen Seite jedoch zu erhöhtem Aufwand und Umweltbelastungen durch anfallenden Entsorgungsaufwand. Die Kostenersparnis wird aufgewogen durch die Materialkosten. Sie ist eine Alternative für Ananas, die im biologischen Anbau produziert werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen zum Ananasanbau in Costa Rica durchgeführt. Es wurde mittels einer Befragung von Produzenten in allen Anbauzonen des Landes der Stand der Technik durch die Erhebung von Basisdaten erfasst. Costa Rica hat (Stand 2020) etwa 170 Ananasproduzenten, die auf ca. 40.000 ha Früchte erzeugen und damit 105.000 Menschen direkt oder indirekt Arbeit geben. Die Wirtschaftlichkeit der Produktion unterliegt starkem Druck, resultierend aus der Preispolitik der großen internationalen Handelsketten und dem stetigen Anstieg der direkten und indirekten Produktionskosten. Aus den Ergebnissen der Befragung ergeben sich die Kernprobleme der Produktion. Diese sind die klimatischen Rahmenbedingungen, Zeit- und Kostendruck sowie die Notwendigkeit die Frischfrucht vor manuellen Beschädigungen zu schützen. Die Identifizierung von Verbesserungspotenzialen und deren Analyse sind Bestandteil dieser Arbeit. Die dabei aufgeworfenen Fragestellungen und die potenziellen Problemlösungen werden wissenschaftlich bearbeitet. In den Untersuchungen werden Versuchsanstellungen (On-Farm Research) in den Produktionssegmenten der Bodenbearbeitung, dem Zeitraum des Wachstums und der Pflege sowie der Ernte durchgeführt. Ziel dabei ist die Erfassung des Zeitbedarfs, der Kosten und der erzielten Ernteergebnisse sowie Verkaufserlöse in Kontroll- und Versuchsgruppen.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der Bodenbearbeitung durch den Einsatz von aktiven Bodenbearbeitungsgeräten sowohl eine Zeit- als auch eine Kostenreduktion erreicht wird. Im Segment Pflege und Wachstum kommt es zu zweierlei Erkenntnissen. Beim Einsatz von für Tankmischungen geeigneten Dünger und Pflanzenschutzmitteln kann durch die kombinierte Ausbringung eine Zeitersparnis realisiert werden. Die Verkaufserlöse bleiben konstant. Dagegen werden reduzierte Marktleistungen in Versuchsgruppen gefunden, in denen die eingesetzten Wassermengen pro ha herabgesetzt wurden. Weitere Versuche zu einer veränderten Pflanzdichte, dem Anbau unter Kunststoffolie sowie der Anlage eines Fahrgassensystems wurden ebenfalls in On-Farm Versuchen bearbeitet.

Zur Lösung der zuvor identifizierten Probleme in der Erntekette wurde mittels einer systematischen Produktentwicklung unter anderem nach den Vorgaben der VDI Normen 2221 und 2222 ein Erntemaschinenprototyp entwickelt und erprobt, welcher die Ernteleistung erhöht und die Erntekosten senkt. Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zu Verbesserungen in den Anbausegmenten Bodenbearbeitung, Pflege und Wachstum sowie der Ernte und bietet Grundlagen für weiterführende Forschungen in diesen Bereichen und auch in den nicht untersuchten Anbausegmenten.

Ausblick

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit gezeigten wissenschaftlichen Untersuchungen bieten eine Basis für weitere Studien zur Mechanisierung von Arbeitsschritten in der Ananasproduktion. Aufgrund der Effizienzvorteile werden sich in der Bodenbearbeitung voraussichtlich aktive Ackergeräte durchsetzen. Hier können weitere Studien helfen, Erkenntnisse aus der Bodenbearbeitung anderer Intensivkulturen in das Produktionssystem des Ananasanbaus zu integrieren. Die im Segment Pflege und Wachstum gezeigten Ergebnisse bieten eine Reihe von Ansätzen, die Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln unter den oft schwierigen Witterungsbedingungen weiter zu optimieren. Studien zum Einsatz von luftunterstützten Pflanzenschutzgeräten könnten der nächste Schritt weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen sein. In der Erntekette hat sich der entwickelte Prototyp bewährt. Um diese Technik in der Ananasproduktion breit zu etablieren, muss diese neue Technik weiter verbessert und der technische Ansatz verbreitet werden. Das Produktionssegment „Anpflanzung“ wurde in diesem Forschungsvorhaben nicht bearbeitet. Da es sich dabei um einen vollständig manuellen Pflanzprozess handelt, bietet dies einen Ansatz für Untersuchungen zur Mechanisierung mit dem Ziel, die Arbeitsbedingungen zu verbessern.

Literaturverzeichnis

- Aguilar Merlo, R. R., 2011. *Evaluación financiera y diseño de plantas de empaqueo y de procesamiento de piña en finca El Progreso, Francisco Morazán, Honduras, Zamorano*, Honduras: s.n.
- Alpha Agro Productos S.A., 2013. *Anonymisierter Testreport exportierter Ananasfrucht*. El Amparo de Los Chiles, Costa Rica: s.n.
- Alvarado, A. & Mata, R., 2016. Soils of Costa Rica: An Agroecological Approach. In: *Costa Rican Ecosystems*. Chicago: s.n.
- Bartholomew, D., Paull, R. & Rohrbach, K., 2003. *The Pineapple; Botany, Production and Uses*. University of Hawaii, Honolulu, USA: CABI Publishing, London, Vereinigtes Königreich.
- Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2007. Der Pelosol, ein Schwergewicht. In: *Böden in Bayern UmweltBasis*. Augsburg: s.n.
- Benkert, D., 2012. *Geografische Lage von Costa Rica in der Welt*. [Online]
Available at: http://www.mygeo.info/landkarten/costa_rica/costa_rica_in_der_welt.png
[Zugriff am 17 Januar 2022].
- Bertsch Hernandez, F., 2009. *Absorción de nutrimentos por los cultivos*, San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del.
- Betancourt, Y. P., Montilla, I., Hernandez, C. & Gallardo, E., 2005. *Fertilización nitrogenada en el cultivo de piña (Ananas comosus L. Merr) at Paramo Negro community*, s.l.: Rev Fac Agron.
- Beton Tille, 2022. *Beton Tille*. [Online]
Available at: <https://www.beton-tille.de/wp-content/uploads/fbsrohre.jpg>
[Zugriff am 25 Januar 2022].
- Biosweet, 2022. *Fresh Plaza*. [Online]
Available at: <https://www.freshplaza.com/article/9416156/in-2021-only-1-5-of-the-fresh-pineapples-shipped-from-our-country-were-organic/>
[Zugriff am 13 06 2022].
- Block, E., 2021. *Dammfräsen der Firma Grimme* [Interview] (08 Februar 2021).
- Böttger, W., 1990. *Die systematische Kontrollparzelle unverzichtbar zur gezielten - KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0241*, Darmstadt: KTBL.
- Brown, J., Flint, T. & LaMay, J., 2020. *The Politics of Pineapple: Examining the Inequitable Impacts of Southern Costa Rica's Pineapple Industry*. [Online]
Available at: <https://jpia.princeton.edu/news/politics-pineapple-examining-inequitable->

[impacts-southern-costa-ricas-pineapple-industry](#)

[Zugriff am 10 05 2022].

CANAPEP, 2012. *Estadísticas de exportación*. [Online]

Available at: <https://canapep.com/estadisticas/>

[Zugriff am 20].

CANAPEP, 2021. *Estadísticas de exportación*. [Online]

Available at: <https://canapep.com/estadisticas/>

[Zugriff am 17 01 2022].

Chaney, D., 2017. How to Conduct Research on Your Farm or Ranch. In: S. A. R. a. E. Program, Hrsg. *SARE Technical Bulletin*. s.l.:SARE Outreach No. 2014-38640-22173.

EARTH, 2009. *Preparación de Terrenos*, Guapiles, Costa Rica: s.n.

Ehrenspiel, K., 1995. Arbeitsblätter und Checklisten zum methodischen Konstruieren. In: *Integrierte Produktentwicklung - Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. München, Wien: Carl Hanser, pp. 12 - 15.

FAO, 2018. *The successes and shortcoming of Costa Rica exports diversification policies*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fernandez, D. C. & Meza, V. S., 2014. *Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de pina*. 2 Hrsg. San José: MAG/Inta.

Franke, G., 1994. *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen*. Band 2, Spezieller Pflanzenbau Hrsg. Stuttgart: UTB.

Gandorfer, M. et al., 2004. Ökonomische Analyse von Precision Farming Technologien. In: G. W. P. M. M. & R. U. Schiefer, Hrsg. *Integration und Datensicherheit – Anforderungen, Konflikte und Perspektiven, Referate der 25. GIL Jahrestagung*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., pp. 225-228.

Garcia Muñoz, A., 2008. *Tendencia de producción de hijos en el cultivo de piña*. San Carlos: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Genaust, H., 1996. *Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen*. Basel/Boston/Berlin: s.n.

Gomez, W., 2020. *Verpackung- und Vermarktung von frischer Ananasfrucht* [Interview] (05 Oktober 2020).

Griffin, T., 2006. *Decision-making from on-farm experiments: spatial analysis of precision agricultural data*. West Lafayette, Indiana, USA: Purdue University.

Gro Int, 2020. *Platform Across Agriculture, Ecology, and the Economy*. [Online]

Available at: <https://gro-intelligence.com/>

[Zugriff am 10 September 2020].

Guevara, A. R. A. a. P. G., 2017. *Economic, Social and Environmental Impact of Pineapple in Costa Rica*, s.l.: INCEA.

Hans Steiger Maschinenbau, 2022. *Gurkenflieger bei der Tomatenernte*. [Online]
Available at: <https://www.gurkenflieger.de/index.html?2#steiger>
[Zugriff am 15 05 2022].

Hernández-Chaverri, R. A. & Prado Barragán, L. A., 2018. *Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (Ananas comosus) en Costa Rica*, Costa Rica: Scientific Electronic Library Online.

Herrera, W., 2016. Climate of Costa Rica. In: T. U. o. Chicago, Hrsg. *Costa Rican Ecosystems*. Chicago, London: s.n., pp. 19 - 29.

IICA, 2019. *Manual de buenas practicas agricolas para la produccion sostenible del cultivo de la Piña*. San Jose, Costa Rica: s.n.

Importacol & Castro Valenzuela, J. M., 2022. *Importaciones y eportaciones (Ananas comosus)*. [Online]
Available at: www.importacol.com
[Zugriff am 19 Januar 2022].

Instituto Meteorologico Nacional de Costa Rica, ., 1985. *Atlas Climatologico*, San Jose, Costa Rica: s.n.

Jacob, C. S. M., 2006. *Pineapples*. Nungambakkam, Indien: Institute for Financial Management and Research.

Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH , 2022. *ZEMA Agrarsysteme - Erntebalken*. [Online]
Available at: <https://www.zema-agrarsysteme.de/index.php/erntebalken.html>
[Zugriff am 13 Juni 2022].

Josef Zeyer Stahlbau Agrarsysteme GmbH, 2011. *ZEMA Argarsysteme, Produktvorstellung*. Neresheim: s.n.

Joy, P. P. & Rashida Rajuva, T. A., 2016. *Harvesting and post-harvest handling of pineapple*, Muvattupuzha, Ernakulam, Kerala: Pineapple Research Station (Kerala Agricultural University).

Köhler, L., 2002. *Die Bedeutung der Epiphyten im ökosystemaren Wasser- und Nährstoffumsatz verschiedener Altersstadien eines Bergregenwaldes in Costa Rica*. Göttingen: s.n.

Köller, K. & Hensel, O., 2019. *Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion*. 1. Auflage Hrsg. Stuttgart: UTB.

Kosmos, 2021. *Welt-Almanach*. s.l.:Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.

- Landini, 2012. *Powerfarm 90 - 100 - 110 HC Synchro Shuttle*. Fabbrico, Italia: Argo Tractors S.p.A..
- Leona Farms S.A., 2018. *langjährige Personal- und Maschinen- und Betriebsmittelkosten in der Ananasproduktion in Costa Rica*, El Amparo de los Chiles, Costa Rica: s.n.
- Lobo, M. G. & Paull, R. E., 2016. *Handbook of Pineapple Technology - Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition*. Sussex: Wiley Blackwell.
- MAG, 2007. *Cadena Agroalimentaria del cultivo de pina*. La Gloria, Chires Puriscal: s.n.
- MAG, 2019. *Manual de buenas practicas agricolas para la produccion del cultivo de la piña (Ananas comosus)*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganaderia.
- Maglianesi-Sandoz, M. A., 2014. Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos. *Biocenosis. Revista ambiental* 27 (1-2), 25 08.
- Matrot, 2005. *Motorize your future, M 44D 140*, Noyers-Saint-Martin, France: s.n.
- Morales Granados, J. & López González, J., 2002. *El cultivo de la piña Perola*. s.l.:CORPOICA, PRONATTA.
- MTSS, 2022. *Empleo en Costa Rica, Fuerza de Trabajo*. [Online] Available at: <https://barometrolaboralcr.com/fuerza-de-trabajo> [Zugriff am 25 Januar 2022].
- Ortuoste, J. D., Buot, I. E. & Angeles, D. E., 2014. *The influence of paclobutrazol application on the fruit quality of pineapple*, s.l.: s.n.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K., 2004. *Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung - Methoden und Anwendung*. 6. Auflage Hrsg. Darmstadt, Aachen, Magdeburg: Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Peña Arderi, H., Martínez Rodríguez, T. & Díaz Alvarez, J. A., 1996. *Fruticultura tropical*. Santafé de Bogotá: Icfes.
- Pimentel, I., 2015. *Manejo de Suelos, seleccion de semilla y nutricion del cultivo de pina MD-2 en Panama*, s.l.: s.n.
- Quiros, E., 2013. *El cultivo de pina: fenomenos ambientales, sociales y economicos*, San José: MAG.
- Rodriguez, J., 2016. *Grundlagen des Ananasanbaus in Costa Rica* [Interview] (01 Dezember 2016).
- Rodriguez, T., Obando, A. & A. y Acuna, 2018. Entender el extractivismo en regiones fronterizas. *Monocultivos y despojo en las fronteras de Costa Rica - Sociedad y ambiente*, pp. 165-200.

- Rostren, N., 2018. *Weltmarktentwicklung bei der Ananas aus Costa Rica (Aktualisierung)* [Interview] (14 Dezember 2018).
- Rottler, A.-M., 2005. *Grundlagen des Erdklimas und Klima in Costa Rica*. Ulm: s.n.
- Sáenz, M. R., Acosta, M., Muiser, J. & Bermúdez, J. L., 2011. Sistema de salud de Costa Rica. In: *Salud publica de Mexico*. San Rafael de Heredia, Costa Rica: s.n., pp. 156-167.
- Saljqum, P., 2005. *Experiencias en el cultivo de piña con el híbrido MD2 en la finca La Plata, Quatepeque, Quetzaltenango, Guatemala*: Universidad de San Carlos.
- Sandoval Salas, E., 2018. *Kapital- und Zinssituation in Costa Rica aus Sicht der Banco de Costa Rica* [Interview] (26 Mai 2018).
- Schäkel, L., 2012. *Möglichkeiten und Potentiale der Biogaserzeugung und Nutzung aus Nebenprodukten der Ananaserzeugung in Costa Rica*. Universität Göttingen: s.n.
- Schön, H. et al., 1998. *Die Landwirtschaft - Landtechnik/Bauwesen - Verfahrenstechnik - Arbeit - Gebäude - Umwelt*. München, Wien, Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Schütz, A., 1972. *Der gut informierte Bürger*. Band 2 Hrsg. Den Haag: Nijhoff: A.Schütz.
- Shaahvarooghi Farahani, S., Soheili Fard, F. & Amin Asodar, M., 2016. Effects of contour farming on runoff and soil erosion reduction: A review study. *Elixir Agriculture*, Band 101, pp. 44089 - 44093.
- Solis, J. D., 2011. *Produktionsgrundlagen der Ananaserzeugung in Costa Rica* [Interview] (15 November 2011).
- Solóranzo, J. A., 2014. Manejo integrado de la Mosca del Establo *Stomoxys calcitrans* en Costa Rica. *Premio Innovagro 2014 - El fruto del ingenio*.
- Tenacious Systems, 2012. *Pineapple farming software*. [Online]
Available at: <https://www.farmsoft.com/traceability/pineapple-farming-software>
[Zugriff am 12 November 2018].
- The CR Star, 2017. *The Costa Rica Star*. [Online]
Available at: <https://news.co.cr/pineapple-production-in-costa-rica-provides-over-30000-jobs/61384/>
[Zugriff am 29 Mai 2017].
- Thöle, H., 2010. *Ansätze zur statistischen Auswertung von On-Farm-Experimenten*. Berlin: s.n.
- Thomas, E., 2006. *Feldversuchswesen*. Stuttgart: Ulmer.
- USDA, 2020. *Food and Nutrient Database for Dietary Studies 2017 - 2018*. [Online]
Available at: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1102688/nutrients>
[Zugriff am 22 November 2021].

VDI, 1993. *VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. s.l.:s.n.

VDI, 1997. *VDI 2222, Blatt 1, Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*. Berlin: Beuth Verlag.

Villacres Nieto, G., 2012. *Wirtschaftlichkeit der Ananaserzeugung in Costa Rica* [Interview] (12 Juni 2012).

Villacres Nieto, G., 2016. *Wirtschaftlichkeit der Ananaserzeugung in Costa Rica (Wiederholungsgespräch)* [Interview] (04 Dezember 2016).

Wilbois, K.-P. et al., 2010. *Leitfaden für Praxisversuche - Eine Anleitung zur Planung, Durchführung und Auswertung von Praxisversuchen*, Frankfurt: FiBL Deutschland e.V., Forschungsinstitut für biologischen Landbau.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass:

- diese Arbeit weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits anderen Prüfungsbehörden vorgelegen hat.
- ich mich an keiner anderen Hochschule um einen Doktorgrad beworben habe.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass diese Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Beneke. Durch seine außerordentlich gute Betreuung mit einer Vielzahl hilfreicher Ratschläge sowie seiner positiven Sicht der Dinge wurde mir der Abschluss des Promotionsvorhabens ermöglicht. Vielen Dank für die Mühe und die Zeit.

Ich danke Prof. Dr. Hensel für die Betreuung mit wichtigen Hinweisen innerhalb der entscheidenden Phase der Ausarbeitung der Dissertationsschrift, die mir sehr geholfen haben in die richtige Richtung weiter zu arbeiten.

Zudem danke ich Frau Prof. Mahlein für gute und motivierende Ratschläge bei den Gesprächen im Rahmen der Betreuung.

Den Kolleginnen und Kollegen aus der Abt. Agrartechnik in Göttingen gilt ebenfalls mein Dank für die netten Gespräche und die angenehme Arbeitsatmosphäre in den Zeiten die ich vor Ort verbringen durfte. Speziell auch Frau Weitemeyer, die in der Zeit des Forschungsvorhabens stets Kontakt gehalten hat.

Der Firma Leona Farms S.A. danke ich für die Bereitstellung von Feldern und Ressourcen für die wissenschaftlichen Versuche des Vorhabens.

Ferner danke meiner Familie für die stetige und jahrelange Unterstützung. Ohne sie wäre die Durchführung und der erfolgreiche Abschluss des Vorhabens nicht möglich gewesen wäre.

Anlage 1: Fragebogen auf Deutsch

Umfrage

Mechanisierung des Ananasanbaus in Costa Rica

Anweisungen

Sehr geehrte Damen und Herren,

in dieser Umfrage der Abteilung Agrartechnik der Georg-August-Universität Göttingen soll im Rahmen eines Forschungsprojektes der derzeitige Entwicklungsstand der Mechanisierung in der Ananaserzeugung Costa Ricas analysiert werden. Um vor dem Hintergrund zukünftig eintretender wirtschaftlich schwieriger Situationen die Produktionskosten senken zu können, sollen Verbesserungspotentiale aufgedeckt und mögliche Ansätze für eine stärkere Mechanisierung erforscht werden.

Hierfür ersuchen wir Ihre Hilfe! Bitte nehmen Sie sich 10 Minuten Zeit und füllen Sie diese Umfrage spezifisch für Ihren Produktionsbetrieb aus.

Sämtliche Daten werden **ANONYM** erfasst und keinem andere Produktionsbetrieb Costa Ricas zur Verfügung gestellt. Durch die Analyse der Produktionsstrukturen erhoffen wir uns Ansätze zu einer nachhaltigen Verbesserung der Mechanisierung der Ananasproduktion in Costa Rica, die auch Ihrem Betrieb Verbesserungen bieten könnte.

Teil I: Allgemeine Produktionsdaten

1) **In welcher Region Costa Ricas befindet sich Ihr Produktionsbetrieb?**

<input type="checkbox"/>	Region Chorotega
<input type="checkbox"/>	Region Pacifico Central
<input type="checkbox"/>	Region Brunca
<input type="checkbox"/>	Region Huertar Atlantica
<input type="checkbox"/>	Region Huertar Norte
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

2) **Wie viele Hektar umfasst ihre Ananasproduktion?**

<input type="checkbox"/>	1 bis 50
<input type="checkbox"/>	51 bis 100
<input type="checkbox"/>	101 bis 300
<input type="checkbox"/>	> 300

3) **Wie viele Angestellte beschäftigen Sie in Ihrem Produktionsbetrieb (Feld)?**

<input type="checkbox"/>	0 bis 5
<input type="checkbox"/>	6 bis 30

<input type="checkbox"/>	31 bis 100
<input type="checkbox"/>	> 100

Teil II: Expansion/Vermarktung

4) **Wie viel Hektar Ananas pflanzen Sie pro Woche neu an?**

<input type="checkbox"/>	0 bis 0,50
<input type="checkbox"/>	0,51 bis 1,00
<input type="checkbox"/>	1,01 bis 5,00
<input type="checkbox"/>	> 5,00

5) **Hat ihr Produktionsbetrieb bereits seine Zielgröße erreicht?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

6) **Wie sehen Sie die Zukunft des Ananasanbaus in Costa Rica?**

Sehr gut	Gut	Mittel	schlecht	sehr schlecht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7) **Wie sehen Sie die Zukunft des Ananasanbaus in Ihrer Produktionsregion?**

Sehr gut	Gut	Mittel	schlecht	sehr schlecht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8) **Wohin wird Ihre Ananasware hauptsächlich exportiert?**

<input type="checkbox"/>	Europa
<input type="checkbox"/>	USA
<input type="checkbox"/>	Süd-/Mittelamerika
<input type="checkbox"/>	Russland
<input type="checkbox"/>	Andere

9) **Wird Ihre Ananasware in Ihrem eigenen Packhaus verpackt?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

10) **Wie viel Hektar Ananasfrucht ernten Sie pro Woche?**

<input type="checkbox"/>	0 bis 0,50
<input type="checkbox"/>	0,51 bis 1,00

<input type="checkbox"/>	1,01 bis 5,00
<input type="checkbox"/>	> 5,00

Teil III: Produktion

Anbausystem:

11) **Wie viele Pflanzen setzen sie pro Hektar Anbaufläche?**

<input type="checkbox"/>	62.000
<input type="checkbox"/>	65.000
<input type="checkbox"/>	72.000
<input type="checkbox"/>	75.000
<input type="checkbox"/>	Andere
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

12) **Verwenden Sie ein Fahrgassensystem?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

13) **Pflanzen Sie auf einer bodenbedeckenden Plastikauflage?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

14) **Bauen Sie ihre Ananas unter einem „Bio“-Standard an?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

15) **Ist ihr Betrieb „Global GAP“ zertifiziert?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

16) **Ist ihr Betrieb „Rainforest Alliance“ zertifiziert?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

Bodenvorbereitung:

17) **Wenden Sie vor der Neuanpflanzung der Ananas ein Totalherbizid an?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

18) **Werden auf dem Feld verbleibende Pflanzenreste vor der Bodenbearbeitung durch kontrolliertes Abbrennen entfernt?**

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

Bodenbearbeitungssystem:

19) **Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung eine SCHEIBENEGGE ein?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja

20) **Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung einen TIEFENMEISSEL ein?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja

21) **Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung eine FRÄSE ein?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja

22) **Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung einen DAMMFORMER ein?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja

23) **Kombinieren Sie einige der in den Fragen 19 – 22 genannten Arbeitsgeräte?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja, Scheibenegge und Tiefenmeissel.
<input type="checkbox"/>	Ja, Scheibenegge und Fräse.
<input type="checkbox"/>	Ja, Scheibenegge und Dammformer.
<input type="checkbox"/>	Ja, Tiefenmeissel und Fräse.
<input type="checkbox"/>	Ja, Tiefenmeissel und Dammformer.
<input type="checkbox"/>	Ja, Fräse und Dammformer.
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe.

Wassermanagement:

24) **Verwenden Sie ein Drainagenetz zur Entwässerung ihrer Ananasfelder?**

<input type="checkbox"/>	Nein
<input type="checkbox"/>	Ja, nur Primärdrainagen
<input type="checkbox"/>	Ja, Primär- und Sekundärdrainagen
<input type="checkbox"/>	Ja, Primär-, Sekundär- und Tertiärdrainagen
<input type="checkbox"/>	Keine Angabe

25) **Mit welchem Arbeitsgerät legen Sie ihre Drainagen an?**

- Ich nutze keine Drainagen
- Mittels eines Baggers
- Durch eine Wurfschaufelfräse
- Keine Angabe

Erntesystem:

26) **Wie ernten Sie ihre Ananasfrucht?**

- Handarbeit ohne mechanische Unterstützung
- Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung
- Vollautomatisierte Ernte

27) **Wenn Sie in Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung ernten, welches Erntesystem setzen Sie ein?**

- Kistenerntemaschine (rd. 10 Früchte pro Kiste) auf dem Fahrweg
- Kistenerntemaschine (rd. 600 – 1.000 Früchte pro Kiste) auf dem Fahrweg
- Selbstfahrerntemaschine (Fahrt durch den Bestand)
- Keine Angabe

28) **Wie viele Tonnen exportfähiger Frischfrucht ernten Sie pro Hektar?**

< 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	81 – 90	> 90

29) **Wie viele Tonnen Saffrucht ernten Sie pro Hektar?**

< 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	> 25

Wir bedanken uns recht herzlich für Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen und Ihrem Betrieb viel Erfolg für die Zukunft.

Anlage 2: Fragebogen auf Spanisch

Encuesta

Mecanización del cultivo de piña en Costa Rica

Instrucciones

Estimados señores y señoras,

En esta encuesta realizada por el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad „Georg-August-Universität Göttingen“ en Alemania, el estado actual de la mecanización en la producción de piña en Costa Rica se analizará como parte de un proyecto de investigación.

Evaluamos opciones por reducir costos de la producción. Conocer la realidad de la producción es la base por cualquier cambio.

¡Te pedimos tu ayuda para esto! Tómese 10 minutos para completar esta encuesta específicamente para su instalación de producción.

Todos los datos se recopilan **ANÓNIMAMENTE** y no se ponen a disposición de ninguna otra productora en Costa Rica. Al analizar las estructuras de producción, esperamos encontrar enfoques para una mejora sostenible en la mecanización de la producción de piña en Costa Rica, que también podría ofrecer mejoras a su empresa.

Parte I: Datos generales de producción

1) **¿En qué región de Costa Rica se encuentra su finca de producción?**

<input type="checkbox"/>	Región Chorotega
<input type="checkbox"/>	Región Pacifico Central
<input type="checkbox"/>	Región Brunca
<input type="checkbox"/>	Región Huertar Atlantica
<input type="checkbox"/>	Región Huertar Norte
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

2) **¿Cuántas hectáreas cubre su producción de piña?**

<input type="checkbox"/>	1 hasta 50
<input type="checkbox"/>	51 hasta 100
<input type="checkbox"/>	101 hasta 300
<input type="checkbox"/>	> 300

3) **¿Cuántos empleados emplea en su finca de producción (campo)?**

<input type="checkbox"/>	0 hasta 5
<input type="checkbox"/>	6 hasta 30
<input type="checkbox"/>	31 hasta 100
<input type="checkbox"/>	> 100

Parte II: Expansión / Ventas

4) **¿Cuántas hectáreas de piña siembras a la semana?**

<input type="checkbox"/>	0 hasta 0,50
<input type="checkbox"/>	0,51 hasta 1,00
<input type="checkbox"/>	1,01 hasta 5,00
<input type="checkbox"/>	> 5,00

5) **¿Ha alcanzado ya su planta de producción el tamaño deseado?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

6) **¿Cómo ve el futuro del cultivo de piña en Costa Rica?**

muy bien	bien	medio	mal	muy mal
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7) **Cómo ve el futuro del cultivo de piña en su región?**

muy bien	bien	medio	mal	muy mal
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8) **¿A dónde se exportan principalmente sus piñas? (sólo una opción)**

<input type="checkbox"/>	Europa
<input type="checkbox"/>	Estados Unidos
<input type="checkbox"/>	América del Sur / Central
<input type="checkbox"/>	Rusia
<input type="checkbox"/>	otros

9) **¿Están sus productos de piña empaquetados en su propia casa de empaque?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Sin informacion

10) **¿Cuánta piña cosechas por semana?**

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | 0 hasta 0,50 |
| <input type="checkbox"/> | 0,51 hasta 1,00 |
| <input type="checkbox"/> | 1,01 hasta 5,00 |
| <input type="checkbox"/> | > 5,00 |

Parte III: Producción

Parte III a: Sistema de cultivo:

11) **¿Cuántas plantas planta por hectárea de área de cultivo?**

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | 62.000 |
| <input type="checkbox"/> | 65.000 |
| <input type="checkbox"/> | 72.000 |
| <input type="checkbox"/> | 75.000 |
| <input type="checkbox"/> | otras: |
| <input type="checkbox"/> | Sin informacion |

12) **¿Utiliza un sistema de tranvía en el cultivo?**

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | Si |
| <input type="checkbox"/> | No |
| <input type="checkbox"/> | Sin informacion |

13) **¿Está plantando sobre plástico?**

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | Si |
| <input type="checkbox"/> | No |
| <input type="checkbox"/> | Sin informacion |

14) **¿Cultivas tus piñas bajo un estándar "orgánico"?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

15) **¿Tiene su empresa la certificación "Global GAP"?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

16) **¿Su empresa está certificada "Rainforest Alliance"?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

Parte III b: Preparación del suelo:

17) **¿Utiliza un herbicida total antes de replantar la piña?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

18) **¿Se eliminan los residuos vegetales que quedan en el campo mediante quema controlada antes de la labranza?**

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

Parte III c: Sistema de labranza:

19) **¿Utiliza una RASTRA en su mecanizado?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si

20) **¿Utiliza un SUBSOLADOR en su mecanizado?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si

21) **¿Utiliza una TRITURADORA en su mecanizado?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si

22) **¿Utiliza una ENCAMADORA en su mecanizado?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si

23) **¿Combina algunas de las herramientas mencionadas en las preguntas 19 a 22?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si, Rastra con Subsolador.
<input type="checkbox"/>	Si, Rastra con Trituradora.
<input type="checkbox"/>	Si, Rastra con Encamadora.
<input type="checkbox"/>	Si, Subsolador con Trituradora.
<input type="checkbox"/>	Si, Subsolador con Encamadora.
<input type="checkbox"/>	Si, Trituradora con Encamadora.
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

Parte III d: Sistema de drenajes:

24) **¿Está utilizando una red de drenaje para drenar sus campos de piña?**

<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Si, solo drenaje primario
<input type="checkbox"/>	Si, drenaje primario y secundario
<input type="checkbox"/>	Si, drenaje primario, secundario y terciario
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

25) **Con que implemento estan preparando los drenajes?**

<input type="checkbox"/>	No uso drenaje
<input type="checkbox"/>	Con una excavadora
<input type="checkbox"/>	Con una sanjeadora
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

Parte III d: Sistema de cosecha:

26) **¿Cómo cosechas tu piña?**

<input type="checkbox"/>	Trabajo manual sin soporte mecánico
<input type="checkbox"/>	Trabajo manual con soporte mecánico parcial
<input type="checkbox"/>	Cosecha totalmente automatizada

27) **Si cosechas a mano con apoyo mecánico parcial, ¿qué sistema de cosecha utilizas?**

<input type="checkbox"/>	Cosechadora de cajas (alrededor de 10 frutas por caja) en el camino
<input type="checkbox"/>	Cosechadora de bines (alrededor de 600 – 1.000 frutas por bin) en el camino
<input type="checkbox"/>	Cosechadora autopropulsada (conducción a través de la plantacion)
<input type="checkbox"/>	Sin informacion

28) **¿Cuántas toneladas de fruta fresca exportable cosechas por hectárea?**

< 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	81 – 90	> 90
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

29) **¿Cuántas toneladas de jugo de fruta cosechas por hectárea?**

< 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	> 25
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muchas gracias por su cooperación y le deseamos a usted y a su empresa mucho éxito en el futuro.

Anlage 3: Nährstoffaufnahmen der Ananas

Element Name	Dosis in Gramm /Pflanze (erster Zyklus)	Dosis in Gramm/Pflanze (zweiter Zyklus)
Stickstoff	9,0 – 10	5,7 – 6,68
Phosphor	2,42 – 2,5	0
Kalium	6,5 – 7,14	4,2 – 5,0
Calcium	0,57 – 0,85	7,15 – 10,7
Magnesium	0,57 – 0,85	7,15 – 10,7
Eisen	0,10 – 0,14	0,072 - 10
Zink	0,071 – 0,11	0,06 – 0,07
Kupfer	0,071 – 0,11	0,06 – 0,07
Bor	0,036	0,03

nach MAG, 2019

Anlage 4: Ergebnisse aus der Befragung (PSPP Ausgabe)

Frage 1:

In welcher Region Costa Ricas befindet sich Ihr Produktionsbetrieb?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Region Brunca	1	4,5%	4,5%	4,5%
Region Huertar Atlantica	2	9,1%	9,1%	13,6%
Region Huertar Norte	19	86,4%	86,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 2:

Wie viele Hektar umfasst ihre Ananasproduktion?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 1 bis 50	6	27,3%	27,3%	27,3%
51 bis 100	3	13,6%	13,6%	40,9%
101 bis 300	3	13,6%	13,6%	54,5%
> 300	10	45,5%	45,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 3:

Wie viele Angestellte beschäftigen Sie in Ihrem Produktionsbetrieb (Feld)?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 0 bis 5	3	13,6%	13,6%	13,6%
6 bis 30	6	27,3%	27,3%	40,9%
31 bis 100	2	9,1%	9,1%	50,0%
> 100	11	50,0%	50,0%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 4:

Wie viel Hektar Ananas pflanzen Sie pro Woche neu an?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 0 bis 0,5	8	36,4%	36,4%	36,4%
0,51 bis 1	3	13,6%	13,6%	50,0%
1,01 bis 5	3	13,6%	13,6%	63,6%
> 5	8	36,4%	36,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 5:

Hat ihr Produktionsbetrieb bereits seine Zielgröße erreicht?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	13	59,1%	59,1%	59,1%
	Nein	9	40,9%	40,9%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 6:

Wie sehen Sie die Zukunft des Ananasbaus in Costa Rica?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Mittel	13	59,1%	59,1%	59,1%
	schlecht	8	36,4%	36,4%	95,5%
	sehr schlecht	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 7:

Wie sehen Sie die Zukunft des Ananasbaus in Ihrer Produktionsregion?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Gut	1	4,5%	4,5%	4,5%
	Mittel	12	54,5%	54,5%	59,1%
	schlecht	9	40,9%	40,9%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 8:

Wohin wird Ihre Ananasware hauptsächlich exportiert?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Europa	10	45,5%	45,5%	45,5%
	USA	9	40,9%	40,9%	86,4%
	Süd-/Mittelamerika	3	13,6%	13,6%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 9:

Wird Ihre Ananasware in Ihrem eigenen Packhaus verpackt?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	9	40,9%	40,9%	40,9%
	Nein	13	59,1%	59,1%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 10:

Wie viel Hektar Ananasfrucht ernten Sie pro Woche?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 0 bis 0,5	8	36,4%	36,4%	36,4%
0,51 bis 1,00	3	13,6%	13,6%	50,0%
1,01 bis 5,00	3	13,6%	13,6%	63,6%
> 5,00	8	36,4%	36,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 11:

Wie viele Pflanzen setzen sie pro Hektar Anbaufläche?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 65.000	8	36,4%	36,4%	36,4%
72.000	12	54,5%	54,5%	90,9%
Andere	1	4,5%	4,5%	95,5%
Keine Angabe	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 12:

Verwenden Sie ein Fahrgassensystem?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Nein	16	72,7%	72,7%	72,7%
Keine Angabe	6	27,3%	27,3%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 13:

Pflanzen Sie auf einer bodenbedeckenden Plastikauflage?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	3	13,6%	13,6%	13,6%
Nein	19	86,4%	86,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 14:

Bauen Sie ihre Ananas unter einem „Bio“-Standard an?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	9	40,9%	40,9%	40,9%
	Nein	13	59,1%	59,1%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 15:

Ist ihr Betrieb „Global GAP“ zertifiziert?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	15	68,2%	68,2%	68,2%
	Nein	7	31,8%	31,8%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 16:

Ist ihr Betrieb „Rainforest Alliance“ zertifiziert?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	10	45,5%	45,5%	45,5%
	Nein	12	54,5%	54,5%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 17:

Wenden Sie vor der Neuanpflanzung der Ananas ein Totalherbizid an?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	12	54,5%	54,5%	54,5%
	Nein	10	45,5%	45,5%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 18:

Werden auf dem Feld verbleibende Pflanzenreste vor der Bodenbearbeitung durch kontrolliertes Abbrennen entfernt?

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	8	36,4%	36,4%	36,4%
	Nein	7	31,8%	31,8%	68,2%
	Keine Angabe	7	31,8%	31,8%	100,0%
Gesamt		22	100,0%		

Frage 19:

Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung eine SCHEIBENEGGE ein?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	22	100,0%	100,0%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 20:

Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung einen TIEFENMEISSEL ein?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	22	100,0%	100,0%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 21:

Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung eine FRÄSE ein?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Nein	15	68,2%	68,2%	68,2%
Ja	6	27,3%	27,3%	95,5%
Keine Angabe	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 22:

Setzen Sie in Ihrer Bearbeitung einen DAMMFORMER ein?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	22	100,0%	100,0%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 23:

Kombinieren Sie einige der in den Fragen 19 – 22 genannten Arbeitsgeräte?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Nein	19	86,4%	86,4%	86,4%
Ja, Fräse und Dammformer.	2	9,1%	9,1%	95,5%
Keine Angabe.	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 24:

Verwenden Sie ein Drainagenetz zur Entwässerung ihrer Ananasfelder?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja, Primär- und Sekundärdrainagen	2	9,1%	9,1%	9,1%
Ja, Primär-, Sekundär- und Tertiärdrainagen	19	86,4%	86,4%	95,5%
Keine Angabe	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 25:

Mit welchem Arbeitsgerät legen Sie ihre Drainagen an?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Mittels eines Baggers	10	45,5%	45,5%	45,5%
Durch eine Wurfschaufelfräse	9	40,9%	40,9%	86,4%
Keine Angabe	3	13,6%	13,6%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 26:

Wie ernten Sie ihre Ananasfrucht?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Handarbeit ohne mechanische Unterstützung	3	13,6%	13,6%	13,6%
Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung	19	86,4%	86,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 27:

Wenn Sie in Handarbeit mit teilmechanischer Unterstützung ernten, welches Erntesystem setzen Sie ein?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Kistenerntemaschine (rd. 600 – 1.000 Früchte pro Kiste) auf dem Fahrweg	18	81,8%	81,8%	81,8%
Selbstfahrentemaschine (Fahrt durch den Bestand)	1	4,5%	4,5%	86,4%
Keine Angabe	3	13,6%	13,6%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 28:

Wie viele Tonnen exportfähiger Frischfrucht ernten Sie pro Hektar?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 61 - 70	5	22,7%	22,7%	22,7%
71 - 80	6	27,3%	27,3%	50,0%
81 - 90	10	45,5%	45,5%	95,5%
> 90	1	4,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Frage 29:

Wie viele Tonnen Saftfrucht ernten Sie pro Hektar?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig 11 - 15	1	4,5%	4,5%	4,5%
16 - 20	13	59,1%	59,1%	63,6%
21 - 25	8	36,4%	36,4%	100,0%
Gesamt	22	100,0%		

Anlage 5: Anonymisierter Testreport exportierter Ananasfrucht



Dr. Specht Laboratorien

Eurofins Dr. Specht Laboratorien GmbH
Grossmoorbogen 25
D 21079 Hamburg

Tel: +49 40 88 14 48 0
Fax: +49 40 88 14 48 101

specht@eurofins.de
www.eurofins.de

EUROFINS DR. SPECHT LABORATORIEN GMBH · POSTFACH 90 02 64 · D-21042 HAMBURG

TEST REPORT: 13-03511

22.01.2013 - KSe

Page 1 of 8

YOUR ORDER: written order dated 16.01.2013

SAMPLE RECEIPT: 16.01.2013

PACKAGING: Plastic sachet

COUNT: 1

MARKING: Sample Date: 12/01/13, Costumer: , Description: Fruta
Fresca Pina, Productor: , Fecha de Corta
08/01/13, Fecha de Empaque 08/01/13, Trazabilidad Lote 11704 Seccion
21, Marchamo TSI 0001004
Sample No.: 5384-1
Sample Descr.: Pineapple
Origin: Costa Rica

LABORATORY SAMPLE: Pineapple

Description: about 5 kg green pineapple

Analysis: Start: 17.01.2013

End: 18.01.2013

APPLIED METHODS

P-14.141 Multi method for the determination of pesticide residues in plant foods -
QuEChERS-method - according to DIN EN 15662:2009

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand und den Umfang der durchgeführten Untersuchungen. Eine - auch auszugsweise - Veröffentlichung des Berichtes bedarf einer schriftlichen Genehmigung.
Eurofins Dr. Specht Laboratorien GmbH, Großmoorbogen 25, 21079 Hamburg
Geschäftsführer: Dr. Thomas Anspach, Dr. Manfred Linkerhäger, Dr. Matthias Sauer
HRB 91731 AG Hamburg, Ust.-ID-Nr.: DE 238496739
Nord/LB 135024461 (BLZ 250 500 00) IBAN DE82 2505 0000 0135 0244 61, BIC-/SWIFT-Code NOLADE2HXXX



Durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
akkreditiertes Prüflaboratorium nach

DIN EN ISO/IEC 17025:2005

SCOPE OF ANALYSIS:	Method	Analytical Unit
QuITD-00-01-OUG (QuPAP)	P-14.141	GC-ITD

TEST RESULTS:

Pesticide / Parameter	Dimension	Result

From the following groups no pesticides/parameters were detectable:

QuPAP

The sampling work was done by TSI in accordance with the requirements of regulation Sanco Directive 2002-63 in its currently valid version.

CONCLUSION:

The results of the above mentioned analyses are in accordance with the requirements of regulation (EC) 396/2005 (regulation on maximum residue levels in food and feed) in its currently valid version.

This electronically generated test report has been checked and approved. It meets the requirements of the DIN EN ISO/IEC 17025:2005 on simplified test reports and is valid without signature.

Pesticide / Parameter	Dimension	Limit of Quantification
Pyridaphenthion	mg/kg	0.01
Pyrifenox	mg/kg	0.01
Pyrimethanil	mg/kg	0.01
Pyrimidifen	mg/kg	0.01
Pyriproxyfen	mg/kg	0.01
Quinalphos	mg/kg	0.01
Quinoxifen	mg/kg	0.01
Quintozene	mg/kg	0.01
Quintozen (Sum)	mg/kg	
Quizalofop-ethyl	mg/kg	0.01
S 421 (Octachlordipropylether)	mg/kg	0.01
Secbumeton	mg/kg	0.01
Sebuthylazine	mg/kg	0.01
Silaneophan	mg/kg	0.01
Silthiofam	mg/kg	0.01
Simazine	mg/kg	0.01
Simetryn	mg/kg	0.01
Spiromesifen	mg/kg	0.01
Sulfotep	mg/kg	0.01
tau-Fluvalinate	mg/kg	0.01
Tebuconazole	mg/kg	0.01
Tebufenpyrad	mg/kg	0.01
Tecnazene	mg/kg	0.01
Tefluthrin	mg/kg	0.01
Terbacil	mg/kg	0.01
Terbufos	mg/kg	0.01
Terbumeton	mg/kg	0.05
Terbuthylazine	mg/kg	0.01
Terbutryn	mg/kg	0.01
Tetrachlorvinphos	mg/kg	0.01
Tetraconazole	mg/kg	0.01
Tetradifon	mg/kg	0.01
Tetramethrin	mg/kg	0.01
Tetrasul	mg/kg	0.01
Thiabendazole	mg/kg	0.05
Thiobencarb	mg/kg	0.01
Tolclofosmethyl	mg/kg	0.01
Tolyfluanid	mg/kg	0.01
Transfluthrin	mg/kg	0.01
Triadimefon	mg/kg	0.01
Triadimenol	mg/kg	0.01
Triadimenol/Triadimefon (sum)	mg/kg	
Triallate	mg/kg	0.01
Triazamat	mg/kg	0.01
Triazophos	mg/kg	0.01
Trichloronat	mg/kg	0.01
Trifloxystrobin	mg/kg	0.01
Triflumizole	mg/kg	0.01
Trifluralin	mg/kg	0.01
Trinexapac-ethyl	mg/kg	0.05
Triticonazol	mg/kg	0.01
Uniconazole	mg/kg	0.01
Vinclozolin	mg/kg	0.01

Pesticide / Parameter	Dimension	Limit of Quantification
Metolachlor	mg/kg	0.01
Metrafenon	mg/kg	0.01
Metribuzin	mg/kg	0.01
Mevinphos	mg/kg	0.01
Mirex	mg/kg	0.01
Monalide	mg/kg	0.01
Monocrotophos	mg/kg	0.01
Myclobutanil	mg/kg	0.01
Napropamide	mg/kg	0.01
Nitralin	mg/kg	0.01
Nitrapyrin	mg/kg	0.01
Nitrofen	mg/kg	0.01
Nitrothal-isopropyl	mg/kg	0.01
Norflurazon	mg/kg	0.01
Nuarimol	mg/kg	0.01
o,p-DDD	mg/kg	0.01
o,p-DDE	mg/kg	0.01
o,p-DDT	mg/kg	0.01
o,p-Dicofol	mg/kg	0.01
Ofurace	mg/kg	0.01
Omethoate	mg/kg	0.01
Oxadiazon	mg/kg	0.01
Oxadixyl	mg/kg	0.01
Oxyfluorfen	mg/kg	0.01
p,p'-DDD	mg/kg	0.01
p,p'-DDE	mg/kg	0.01
p,p'-DDT	mg/kg	0.01
Paclbutrazol	mg/kg	0.01
Paraoxon	mg/kg	0.01
Paraoxon-, Parathion-methyl (Sum)	mg/kg	0.01
Paraoxon-methyl	mg/kg	0.01
Parathion	mg/kg	0.01
Parathion-methyl	mg/kg	0.01
Pebulate	mg/kg	0.01
Penconazole	mg/kg	0.01
Pendimethalin	mg/kg	0.01
Pentachloranilin	mg/kg	0.01
Pentachloranisol	mg/kg	0.01
Permethrin	mg/kg	0.01
Perthan	mg/kg	0.01
Phenkapton	mg/kg	0.01
Phenthoate	mg/kg	0.01
Phosalone	mg/kg	0.01
Phosmet	mg/kg	0.01
Phosphamidon	mg/kg	0.01
Picolinafen	mg/kg	0.01
Picoxystrobin	mg/kg	0.01
Piperonyl butoxide	mg/kg	0.01
Pirimicarb	mg/kg	0.01
Pirimiphos-ethyl	mg/kg	0.01
Pirimiphos-methyl	mg/kg	0.01
Prochloraz	mg/kg	0.05
Procymidone	mg/kg	0.01
Profenofos	mg/kg	0.01
Profluralin	mg/kg	0.01
Promecarb	mg/kg	0.01
Prometon	mg/kg	0.01
Prometryn	mg/kg	0.01
Propachlor	mg/kg	0.01
Propanil	mg/kg	0.01
Propargite	mg/kg	0.01
Propazine	mg/kg	0.01
Propetamphos	mg/kg	0.01
Propham	mg/kg	0.01
Propiconazole	mg/kg	0.01
Propoxur	mg/kg	0.01
Propyzamide	mg/kg	0.01
Prosulfocarb	mg/kg	0.01
Prothiofos	mg/kg	0.01
Pyraflufen-ethyl	mg/kg	0.01
Pyrazophos	mg/kg	0.01
Pyridaben	mg/kg	0.01
Pyridalyl	mg/kg	0.01

Pesticide / Parameter	Dimension	Limit of Quantification
Fenthion	mg/kg	0.05
Fenvalerate (RR/SS)	mg/kg	0.01
Fenvalerate (RS/SR)	mg/kg	0.01
Fipronil	mg/kg	0.005
Fipronil sulfon	mg/kg	0.005
Fipronil (Summe)	mg/kg	
Flamprop-methyl	mg/kg	0.01
Fluazifop-P-butyl	mg/kg	0.01
Fluazolat	mg/kg	0.01
Fluchloralin	mg/kg	0.01
Flucythrinate	mg/kg	0.01
Fludioxonil	mg/kg	0.01
Flumioxazin	mg/kg	0.01
Flurenol-butyl	mg/kg	0.01
Fluotrimazole	mg/kg	0.01
Fluquinconazole	mg/kg	0.01
Flusilazole	mg/kg	0.01
Flutolanil	mg/kg	0.01
Flutriafol	mg/kg	0.01
Folpet	mg/kg	0.05
Fonofos	mg/kg	0.01
Formothion	mg/kg	0.05
Furalaxyl	mg/kg	0.01
gamma-Chlordan	mg/kg	0.01
Halfenprox	mg/kg	0.01
Haloxifop-2-ethoxyethyl	mg/kg	0.01
Haloxifop-methylester	mg/kg	0.01
Haloxifop-Ester (Summe)	mg/kg	
HCH (Sum a, b + d)	mg/kg	
Heptachlor	mg/kg	0.01
Heptachlorepoxid-cis	mg/kg	0.01
Heptachlorepoxid-trans	mg/kg	0.01
Heptachlor + Heptachlor-epoxid (Sum)	mg/kg	
Heptenophos	mg/kg	0.01
Hexachlorbenzol	mg/kg	0.01
Hexaconazole	mg/kg	0.01
Hexazione	mg/kg	0.05
Imazalil	mg/kg	0.05
Iprobenfos	mg/kg	0.01
Iprodion	mg/kg	0.01
Iprovalicarb	mg/kg	0.01
Isazofos	mg/kg	0.01
Isocarbamid	mg/kg	0.01
Isocarbophos	mg/kg	0.01
Isodrin	mg/kg	0.01
Isofenphos	mg/kg	0.01
Isofenphos-methyl	mg/kg	0.01
Isoprocarb	mg/kg	0.01
Isoprothiolan	mg/kg	0.01
Isxadifen-ethyl	mg/kg	0.01
Isoxathion	mg/kg	0.05
Jodfenphos	mg/kg	0.01
Kresoxim-methyl	mg/kg	0.01
Landrin (Trimethyl-N-methylcarbammat)	mg/kg	0.01
Lenacil	mg/kg	0.01
Leptophos	mg/kg	0.01
Lindane	mg/kg	0.01
Malathion	mg/kg	0.01
Mecarbam	mg/kg	0.01
Mefenpyr-diethyl	mg/kg	0.01
Mepanipyrim	mg/kg	0.01
Mepronil	mg/kg	0.01
Metalaxyl	mg/kg	0.01
Cis-Metconazole	mg/kg	0.01
Trans-Metconazole	mg/kg	0.01
Metconazol (Summe)	mg/kg	
Metazachlor	mg/kg	0.01
Methacrifos	mg/kg	0.01
Methamidophos	mg/kg	0.05
Methidathion	mg/kg	0.05
Methiocarb (Mercaptodimethur)	mg/kg	0.01
Methoprotryne	mg/kg	0.01
Methoxychlor	mg/kg	0.01

Pesticide / Parameter	Dimension	Limit of Quantification
Cyanophos	mg/kg	0.01
Cycloate	mg/kg	0.01
Cyflufenamid	mg/kg	0.01
Cyfluthrin	mg/kg	0.01
Cyhalofop-butyl	mg/kg	0.01
lambda-Cyhalothrin	mg/kg	0.01
Cypermethrin	mg/kg	0.01
Cyphenothrin	mg/kg	0.05
Cyproconazole	mg/kg	0.01
Cyprodinil	mg/kg	0.01
DDT total	mg/kg	
delta-HCH	mg/kg	0.01
Deltamethrin	mg/kg	0.05
Desethylatrazin	mg/kg	0.01
Desethylterbuthylazin	mg/kg	0.01
Desisopropylatrazin	mg/kg	0.01
Desmetryn	mg/kg	0.01
Diazinon	mg/kg	0.01
Dichlobenil	mg/kg	0.05
Dichlofenthion	mg/kg	0.01
Dichlofluanid	mg/kg	0.01
Dichlorvos	mg/kg	0.01
Diclobutrazol	mg/kg	0.01
Dicloran	mg/kg	0.01
p,p-Dicofol	mg/kg	0.01
Dicofol (Sum)	mg/kg	
Dicrotophos	mg/kg	0.01
Dieldrin	mg/kg	0.01
Diethofencarb	mg/kg	0.01
Diethyltoluamid	mg/kg	0.01
Difenoconazole	mg/kg	0.01
Diflufenican	mg/kg	0.01
Dimepiperat	mg/kg	0.01
Dimethachlor	mg/kg	0.01
Dimethenamid	mg/kg	0.01
Dimethoate	mg/kg	0.01
Dimethoat/Omethoat (Summe)	mg/kg	
Dimethomorph	mg/kg	0.01
Dimoxystrobin	mg/kg	0.01
Diniconazole	mg/kg	0.01
Biphenyl	mg/kg	0.01
Diphenylamine	mg/kg	0.01
Dipropetryn	mg/kg	0.01
Endosulfan (Sum)	mg/kg	
Endosulfansulfate	mg/kg	0.01
Endrin	mg/kg	0.01
EPN	mg/kg	0.01
Epoxiconazole	mg/kg	0.01
epsilon-HCH	mg/kg	0.01
EPTC	mg/kg	0.05
Etaconazole	mg/kg	0.01
Ethion	mg/kg	0.01
Ethofenprox	mg/kg	0.01
Ethoprophos	mg/kg	0.01
Etoxazole	mg/kg	0.01
Etridiazole	mg/kg	0.01
Famophos (Famphur)	mg/kg	0.01
Famoxadon	mg/kg	0.01
Fenamidon	mg/kg	0.01
Fenamiphos	mg/kg	0.01
Fenarimol	mg/kg	0.01
Fenazaquin	mg/kg	0.01
Fenbuconazole	mg/kg	0.01
Fenchlorphos	mg/kg	0.01
Fenfluthrin	mg/kg	0.01
Fenitrothion	mg/kg	0.01
Fenobucarb	mg/kg	0.01
Fenoxycarb	mg/kg	0.01
Fenpiclonil	mg/kg	0.01
Fenpropathrin	mg/kg	0.01
Fenpropimorph	mg/kg	0.05
Fenson	mg/kg	0.01
Fensulfothion	mg/kg	0.01

DETAILED SCOPE OF ANALYSIS

Pesticide / Parameter	Dimension	Limit of Quantification
QuiTD-00-01-OUG		
1-Naphthyllessigsäureamid	mg/kg	0.02
2-Phenylphenol	mg/kg	0.01
Acephate	mg/kg	0.05
Acetochlor	mg/kg	0.01
Aclonifen	mg/kg	0.01
Acrinathrin	mg/kg	0.01
Alachlor	mg/kg	0.01
alpha-Chlordan	mg/kg	0.01
Aldrin	mg/kg	0.01
Aldrin + Dieldrin (Sum)	mg/kg	
alpha-Endosulfan	mg/kg	0.01
alpha-HCH	mg/kg	0.01
Ametryn	mg/kg	0.01
Aminocarb	mg/kg	0.01
Atrazine	mg/kg	0.01
Azaconazol	mg/kg	0.01
Azinphos-ethyl	mg/kg	0.01
Azinphos-methyl	mg/kg	0.01
Azoxystrobin	mg/kg	0.01
Benalaxyl	mg/kg	0.01
Bendiocarb	mg/kg	0.01
Benfluralin	mg/kg	0.01
Benoxacor	mg/kg	0.01
beta-Endosulfan	mg/kg	0.01
beta-HCH	mg/kg	0.01
Bifenox	mg/kg	0.01
Bifenthrin	mg/kg	0.01
Bitertanol	mg/kg	0.01
Boscalid	mg/kg	0.01
Bromacil	mg/kg	0.01
Bromocyclen	mg/kg	0.01
Bromophos (-methyl)	mg/kg	0.01
Bromophos-ethyl	mg/kg	0.01
Brompropylat	mg/kg	0.01
Bromuconazol (Sum)	mg/kg	
Bromuconazole (cis-isomer)	mg/kg	0.01
Bromuconazole (trans-isomer)	mg/kg	0.01
Bupirimate	mg/kg	0.01
Buprofezin	mg/kg	0.01
Butafenacil	mg/kg	0.01
Cadusafos	mg/kg	0.01
Captan	mg/kg	0.05
Captan/Folpet (Sum)	mg/kg	
Carbaryl	mg/kg	0.01
Carbophenothion (-ethyl)	mg/kg	0.01
Carbophenothion-methyl	mg/kg	0.01
Chlorbenzilat	mg/kg	0.01
Chlordan (Sum)	mg/kg	
Chlorfenapyr	mg/kg	0.01
Chlorfenson	mg/kg	0.01
Chlorfenvinphos	mg/kg	0.01
Chloridazon (Pyrazon)	mg/kg	0.05
Chloroneb	mg/kg	0.01
Chlorpropham	mg/kg	0.01
Chlorpropylat	mg/kg	0.01
Chlorpyrifos (-ethyl)	mg/kg	0.005
Chlorpyrifos-methyl	mg/kg	0.01
Chlorthal-dimethyl	mg/kg	0.01
Chlorothalonil	mg/kg	0.05
Chlorthion	mg/kg	0.01
Chlozolinat	mg/kg	0.01
Climbazole	mg/kg	0.01
Clodinafop-propargyl	mg/kg	0.01
Clomazone	mg/kg	0.01
Cloquintotec-mexyl	mg/kg	0.01
Coumaphos	mg/kg	0.01
Crimidine	mg/kg	0.01
Cyanazine	mg/kg	0.01
Cyanofenphos	mg/kg	0.01



(Alpha Agro Productos S.A., 2013)

Anlage 6: Versuchsprotokoll Bodenbearbeitung

Art des Versuches	Erfassung der Arbeitsleistung von Kreiselegge und Dammiräse
Lfd. Versuchsnummer	1
Versuchsdatum	13.02.2017
Versuchsverantwortlicher	Schäkel, L.
Betrieb	Leona Farms S.A.
Feldname	"16"
Geokoordinate	10,848599, -84,672042
Feldgröße	8,00 ha
Größe Versuchseinheit	0,75 ha
1 Kreiselegge	1 Überfahrt
2 Dammiräse	1 Überfahrt
Anzahl Wiederholungen	4
Versuchsanlage	Block A
	Block B
	1
	2
	1
	2
	1

Ergebnisse:	Typ	Aufgenommen Minuten	Berechnet Arbeitsstunden	Anzahl Maschinenstunden/ha	Berechnet ha/Std
Plot 1	2	101	1,68	2,24	0,45
Plot 2	1	91	1,52	2,02	0,49
Plot 3	1	92	1,53	2,04	0,49
Plot 4	2	103	1,72	2,29	0,44
Plot 5	2	98	1,63	2,18	0,46
Plot 6	1	96	1,60	2,13	0,47
Plot 7	1	93	1,55	2,07	0,48
Plot 8	2	99	1,65	2,20	0,45

Ergebnisse	Berechnet
Typ	Durchschn. ha/Std
	0,48
Typ	
	0,45

```

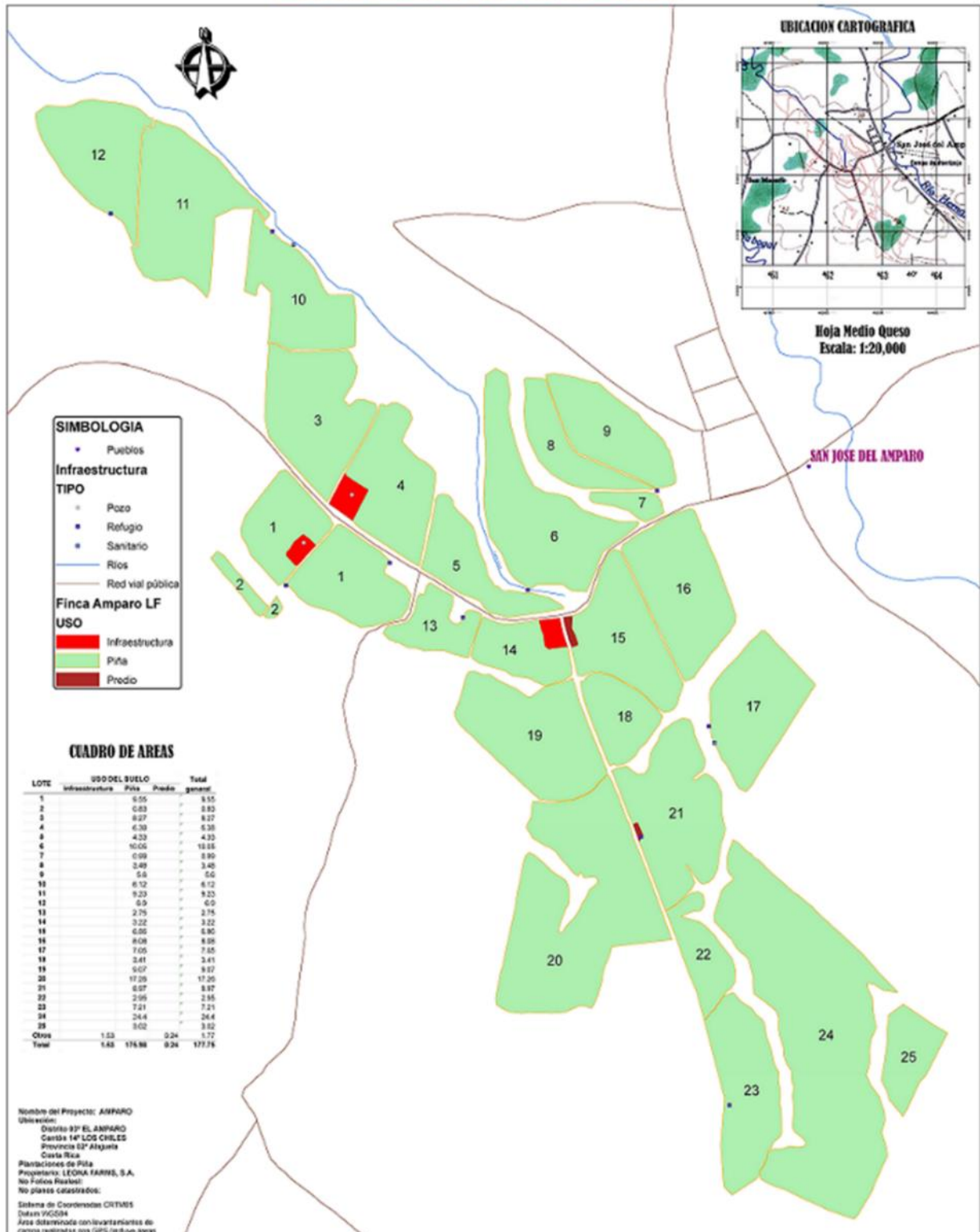
> library(blocksdesign)
> require(blocksdesign)
> blocks(treatments=c(2),replicates=c(4))
$treatments freq
1 4
2 4
$blocks_model
Level blocks D-Efficiency A-Efficiency A-Bound
1 Level_0 4 1 1 1
$design
Level_0 plots treatments
1 blocks_1 1 2
2 blocks_1 2 1
3 blocks_2 3 1
4 blocks_2 4 2
5 blocks_3 5 2
6 blocks_3 6 1
7 blocks_4 7 1
8 blocks_4 8 2
$plan
Level_0 blocks_plots: 1 2
1 blocks_1 2 1
2 blocks_2 1 2
3 blocks_3 2 1
4 blocks_4 1 2
    
```

Anlage 7: Zeitbedarf für die Bodenbearbeitung in Wochen

Basisszenario	Zeit in Wo Gesamt	Variante 1	Zeit in Wo Gesamt	Variante 2	Zeit in Wo Gesamt
Hauptdrainagen mit Bagger	1	Hauptdrainagen mit Bagger	1	Hauptdrainagen mit Bagger	1
Scheibenegge "Rompeadora"	2	Scheibenegge "Rompeadora"	2	Scheibenegge brechend	2
Scheibenegge "Rompeadora"	3	Scheibenegge "Rompeadora"	3	Scheibenegge brechend	3
Kalkung	4	Kalkung	4	Kalkung	4
Scheibenegge "Afinadora"	4	-		-	
Tiefenlockerung längs	5	Tiefenlockerung längs	4	Tiefenlockerung längs	4
Tiefenlockerung quer	5	Tiefenlockerung quer	4	Tiefenlockerung quer	4
Scheibenegge "Afinadora"	5	Scheibenegge "Afinadora"	5	-	
Scheibenegge "Afinadora"	6	Kreiselegge	6	Kreiselegge	5
Dämme ziehen mit Dammformer	7	Kammern ziehen	6	Dammfräse	5

Anlage 8: Übersichtskarte Leona Farms Finca Amparo

LEONA FARMS FINCA AMPARO



(Leona Farms S.A., 2018)

Anlage 9: Produktkosten Anbauprogramm - Tabellen

300	PLANTING	month	USD / ha
301	Cura 1	1	210
302	Cura 2	2	210
	Fertilization		USD / ha
101	F 1	0	72
102	F 2	1	95
103	F 3	2	61
104	F 4	2	90
105	F 5	3	75
106	F 6	4	91
107	F 7	4	78
108	F 8	5	73
109	F 9	6	78
110	F 10	7	64
111	F 11	7	68
501	FORZA 1	8	55
112	F 11	8	64
113	F 12	9	37
114	F 13	10	37
115	F 14	11	23
116	F 15	12	86
601	Harvest 1	13	
	PLANT HEALTH		USD / ha
150	Fungus 1	1	260
151	Weed & Insects 1	1	186
152	Nematodes 1	1	201
153	Fungus 2	3	260
154	Weed & Insects 2	3	186
155	Nematodes 2	6	324
156	Weed & Insects 3	7	161
157	Fungus 23	7	242
	Pest Control	wdS	USD / ha
180	Ratas 1	37	15
181	Caterpillar 1	39	34
182	Caterpillar 2	40	34
183	Control de Hormigas 1	41	27
184	Caterpillar 3	42	13
185	Caterpillar 4	44	13
186	Control de Cochinilla 1	46	61
187	Control de Hormigas 2	47	27
188	Ratas 2	47	15
189	Cochinilla 2	48	61
190	Cochinilla 3	50	61
191	Cochinilla 4	52	61

(Leona Farms S.A., 2018)

Applic. Code	Description	Group	Name	UNIT	Dosis/ ha
300	PLANTING				
101	F 1	Enmienda	Enmienda Fosoforica (Cao 20%-Mgo 18%-P2O5 9%-S 3%-SiO2 3%- Inertes 47)	kg	200
101	F 1	Fertilizante	N-P-K-5 - 40 - 5	kg	100
120	RG 1	Fertilizante	AGRIFUL PICH. 20 LTS(G) -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	4
102	F 2	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	60
102	F 2	Fertilizante	COLONO FERTIL MAP SOLUBLE 12-61-0 -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	30
102	F 2	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	32
102	F 2	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	8
102	F 2	Fertilizante	COLONO FERTIL ACIDO BORICO -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
102	F 3	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	55
102	F 3	Fertilizante	COLONO FERTIL MAP SOLUBLE 12-61-0 -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	30
102	F 3	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	32
102	F 3	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	8
102	F 3	Fertilizante	COLONO FERTIL ACIDO BORICO -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
103	F 4	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	55
103	F 4	Fertilizante	COLONO FERTIL MAP SOLUBLE 12-61-0 -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	30
103	F 4	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	32
103	F 4	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	8
103	F 4	Fertilizante	COLONO FERTIL ACIDO BORICO -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
103	F 4	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	10
120	RG 2	Fertilizante	AGRIFUL PICH. 20 LTS(G) -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	4
104	F 5	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	55
104	F 5	Fertilizante	COLONO FERTIL MAP SOLUBLE 12-61-0 -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	30
104	F 5	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	32
104	F 5	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	8
104	F 5	Fertilizante	COLONO FERTIL ACIDO BORICO -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
103	F 6	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	55
103	F 6	Fertilizante	COLONO FERTIL MAP SOLUBLE 12-61-0 -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	30
103	F 6	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	32
103	F 6	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	8
103	F 6	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	10
120	RG 3	Fertilizante	AGRIFUL PICH. 20 LTS(G) -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	4
105	F 7	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 7	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 7	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	5
105	F 7	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 7	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
105	F 8	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 8	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 8	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 8	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	5
105	F 8	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
105	F 9	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 9	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 8	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	5
105	F 9	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 9	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
105	F 10	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 10	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 10	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 10	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	5
105	F 10	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
151	W + I 3	Fertilizante	AGRIFUL PICH. 20 LTS(G) -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	4
105	F 11	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 11	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 8	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	5
105	F 11	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 11	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
501	FORZA 1	Forza	Agromart Etefon 48 SL (2-chloroethylphosphonic ac)	l	3,5
501	FORZA 1	Forza	Solubor (boratio de sodio) (Na2B2O13H2O)	l	3
501	FORZA 1	Forza	Urea Prilada 46% (N 46% - Inertes 54%)	kg	24

(Leona Farms S.A., 2018)

105	F 12	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	90
105	F 12	Fertilizante	COLONO FERTIL KCL SOL BLANCO -- SACO 25KG ESP -- GENERAL	kg	48
105	F 12	Fertilizante	MagTrac (50% MgO2)	kg	12
105	F 12	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO HIERRO 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	10
105	F 12	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
106	F 13	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	80
106	F 13	Fertilizante	K2SO4	kg	100
106	F 13	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
107	F 14	Fertilizante	K2SO4	kg	100
107	F 14	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
108	F 15	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	50
108	F 15	Fertilizante	K2SO4	kg	100
108	F 15	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
108	F 15	Fertilizante	COLONO FERTIL UREA PRILADA 45KG -- SACO 45KG ESP -- GENERAL	kg	50
108	F 15	Fertilizante	K2SO4	kg	100
108	F 15	Fertilizante	CaB 24% Ca; 6% B; 3% Zn	kg	25
601	Harvest 1				
		PLANT HEALTH			
150	Fungus 1	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
150	Fungus 1	Fungicida	CONTROLPHYT CU 20LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
150	Fungus 1	Fungicida	RIDOMIL GOLD 68 WP 40X500GRS -- TANQ. 20 KG -- GENERAL	lts	6
155	Ins-1	Insecticida	ENGEO 24.7 SC LITRO -- LITRO -- GENERAL	lts	1,5
151	W 1	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
151	W 1	Herbicida	AGROMART HYMART 80 WP 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
151	W 1	Herbicida	FUSILADE 12.5 EC PICH. 25 LTS -- PCH 25LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 1	Herbicida	GESAPAX 50S.C. PICH. 20 LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 1	Herbicida	Diuron 80 SC (3-(3,4-dichloropheny)-1,1-dimethylurea 80% - Inertes 2	lts	3
152	Arthropoda 1	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
152	Arthropoda 1	Nematizida	MOCAP 72 EC 9.46 LTS (RT) -- PCH 9.46 LTS -- GENERAL	lts	6
153	Fungus 2		Cu Sulfat		
150	Fungus 3	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
150	Fungus 3	Fungicida	CONTROLPHYT CU 20LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
150	Fungus 3	Fungicida	RIDOMIL GOLD 68 WP 40X500GRS -- TANQ. 20 KG -- GENERAL	lts	6
155	Ins-2	Insecticida	ENGEO 24.7 SC LITRO -- LITRO -- GENERAL	lts	1,5
153	Fungus 4		Cu Sulfat		
151	W 2	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
151	W 2	Herbicida	AGROMART HYMART 80 WP 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
151	W 2	Herbicida	FUSILADE 12.5 EC PICH. 25 LTS -- PCH 25LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 2	Herbicida	GESAPAX 50S.C. PICH. 20 LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 2	Herbicida	Diuron 80 SC (3-(3,4-dichloropheny)-1,1-dimethylurea 80% - Inertes 2	lts	3
152	Arthropoda	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
152	Arthropoda	Nematizida	MOCAP 72 EC 9.46 LTS (RT) -- PCH 9.46 LTS -- GENERAL	lts	6
154	Fungus 5	Fungicida	RIDOMIL GOLD 68 WP 40X500GRS -- TANQ. 20 KG -- GENERAL	lts	6
154	Fungus 5	Fertilizante	COLONO FERTIL SULFATO ZINC SOLUBLE -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	10
151	W 3	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
151	W 3	Herbicida	AGROMART HYMART 80 WP 25KG -- SACO 25KG -- GENERAL	kg	3
151	W 3	Herbicida	FUSILADE 12.5 EC PICH. 25 LTS -- PCH 25LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 3	Herbicida	GESAPAX 50S.C. PICH. 20 LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
151	W 3	Herbicida	Diuron 80 SC (3-(3,4-dichloropheny)-1,1-dimethylurea 80% - Inertes 2	lts	3
150	Fungus 6	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
150	Fungus 6	Fungicida	CONTROLPHYT CU 20LTS -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	3
150	Fungus 6	Fungicida	RIDOMIL GOLD 68 WP 40X500GRS -- TANQ. 20 KG -- GENERAL	lts	6
155	Ins-3	Insecticida	ENGEO 24.7 SC LITRO -- LITRO -- GENERAL	lts	1,5

(Leona Farms S.A., 2018)

Pest Control					
180	Ratas 1	Raticida	BRODITOP BLOCK BB 20 KG -- CUBETA 20KG -- GENERAL	kg	2
181	Caterpillar 1	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
181	Caterpillar 1	Insecticida	Karate Zeon 2.5 CS (Piretroide - Lambda- Cyhalothrin 2,5 % - Inertes	lts	1,5
182	Caterpillar 2	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
182	Caterpillar 2	Insecticida	Karate Zeon 2.5 CS (Piretroide - Lambda- Cyhalothrin 2,5 % - Inertes	lts	1,5
183	Hormigas 1	Insecticida	OMITOX FUEGO (SO) 10KG -- CUBETA 10KG -- GENERAL	kg	2
184	Caterpillar 3	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
184	Caterpillar 3	Insecticida	Karate Zeon 2.5 CS (Piretroide - Lambda- Cyhalothrin 2,5 % - Inertes	lts	1,5
185	Caterpillar 4	Coadyudante	KAYTAR ACT. 26 SL 20 LT -- PCH 20 LTS -- GENERAL	lts	1,5
185	Caterpillar 4	Insecticida	Karate Zeon 2.5 CS (Piretroide - Lambda- Cyhalothrin 2,5 % - Inertes	lts	1,5
186	Cochinilla 1	Insecticida	AGROMART DIAZINON 60 EC 200LT -- TAMB. 200 LTS -- GENERAL	lts	3
186	Cochinilla 1	Protector Solar	ECOFRUT PIÑA PRE-COSECHA 12-DC -- PCH 30LTS -- GENERAL	lts	12
187	Hormigas 2	Insecticida	OMITOX FUEGO (SO) 10KG -- CUBETA 10KG -- GENERAL	kg	2
188	Ratas 2	Raticida	BRODITOP BLOCK BB 20 KG -- CUBETA 20KG -- GENERAL	kg	2
189	Cochinilla 2	Insecticida	AGROMART DIAZINON 60 EC 200LT -- TAMB. 200 LTS -- GENERAL	lts	3
189	Cochinilla 2	Protector Solar	ECOFRUT PIÑA PRE-COSECHA 12-DC -- PCH 30LTS -- GENERAL	lts	12
190	Cochinilla 3	Insecticida	AGROMART DIAZINON 60 EC 200LT -- TAMB. 200 LTS -- GENERAL	lts	3
190	Cochinilla 3	Protector Solar	ECOFRUT PIÑA PRE-COSECHA 12-DC -- PCH 30LTS -- GENERAL	lts	12
191	Cochinilla 4	Insecticida	AGROMART DIAZINON 60 EC 200LT -- TAMB. 200 LTS -- GENERAL	lts	3
191	Cochinilla 4	Protector Solar	ECOFRUT PIÑA PRE-COSECHA 12-DC -- PCH 30LTS -- GENERAL	lts	12

(Leona Farms S.A., 2018)

Anlage 10: Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (bis Induktion)

Woche	Düngung	Herbizide	Fungizide	Insektizide	Woche	Düngung	Herbizide	Fungizide	Insektizide	Woche	Düngung	Herbizide	Fungizide	Insektizide
1	X				1					1				
2		X	X	X	2	X	X	X	X	2	X	X	X	X
3					3					3				
4	X				4					4				
5			X		5	X		X		5	X		X	
6					6					6				
7	X				7					7				
8			X		8	X		X		8	X		X	
9					9					9				
10	X				10					10				
11			X	X	11	X		X	X	11	X		X	X
12					12					12				
13	X				13	X	X			13				
14		X			14					14	X	X		
15					15					15				
16	X				16	X				16				
17					17					17	X			
18					18					18				
19	X				19	X				19				
20					20					20	X			
21					21					21				
22	X				22	X				22				
23					23					23	X			
24					24					24				
25	X				25	X				25				
26			X	X	26			X		26	X	X	X	X
27		X			27		X		X	27				
28	X				28	X				28				
29					29					29	X			
30					30					30				
31	X				31	X				31				
32					32					32				
33					33					33				
				18					13					10

Anlage 11: Versuchsaufbau zur Kombination von Pflanzenschutzmittelmaßnahmen (Induktion bis Ernte)

Wochen	Induktion/Madurierung	Dünger	Herbizide	Insektizide	Fungizide	Wochen	Induktion/Madurierung	Dünger	Herbizide	Insektizide	Fungizide	Wochen	Induktion/Madurierung	Dünger	Herbizide	Insektizide	Fungizide
33	X/ X	X				33	XX	X				33	XX	X			
34						34						34					
35						35						35					
36		X				36		X		X		36		X		X	
37						37						37					
38				X		38						38					
39		X				39		X		X		39		X		X	
40				X		40						40					
41						41						41					
42		X		X		42		X		X		42		X		X	
43						43						43					
44				X		44				X		44				X	
45				X		45				X		45					
46		X				46		X		X		46		X		X	
47				X		47						47					
48						48						48				X	
49				X		49				X		49					
50		X				50		X				50		X		X	
51						51						51					
52				X		52				X		52				X	
53						53						53					
54						54						54					
55						55						55					
56	X/ X					56	XX					56	XX				
					16						13						12

Anlage 12: Ergebnisse des Fahrgassenversuchs

Teil A		Links	Mitte	Rechts
Größe der Sektion in ha	1,27			
Pflanzenbestand pro Sektion (Stk)		39.624	6.096	39.624
Erntemenge (in kg) Total/ Sektion		54.572	8.187	55.303
Größe der Frucht		kg	kg	kg
Klasse	5	7.004	774	7.403
Klasse	6	9.754	1.289	9.580
Klasse	7	12.461	1.676	12.193
Klasse	8	9.024	1.612	9.580
Klasse	9 u 10	4.727	1.096	4.790
Summe in kg / ha		42.970	6.447	43.546

Teil B		Links	Mitte	Rechts
Größe der Sektion in ha	2,43			
Pflanzenbestand pro Sektion (Stk)		75.816	11.664	75.816
Erntemenge (in kg) Total/ Sektion		99.895	14.987	101.234
Größe der Frucht		kg	kg	kg
Klasse	5	6.577	802	6.666
Klasse	6	9.455	1.295	8.749
Klasse	7	11.511	1.727	11.665
Klasse	8	9.044	1.419	9.582
Klasse	9 u 10	4.522	925	4.999
Summe in kg / ha		41.109	6.168	41.660

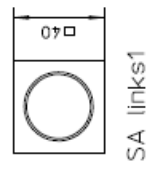
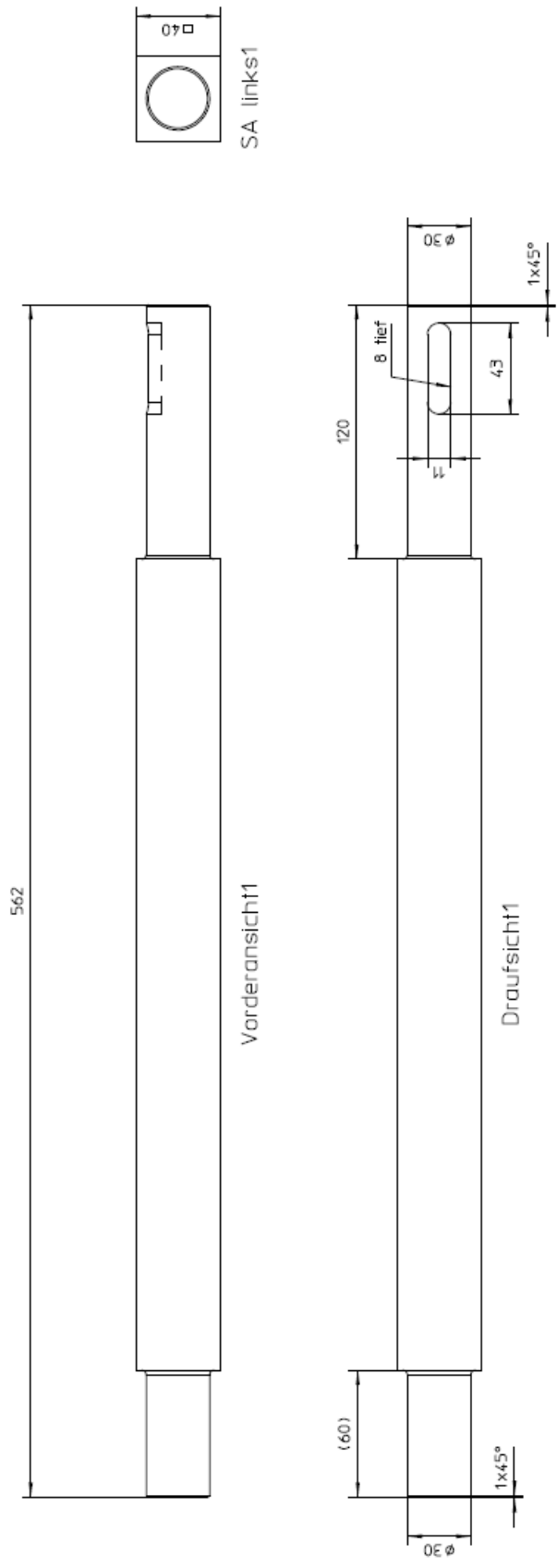
Teil C		Links	Mitte	Rechts
Größe der Sektion in ha	2,62			
Pflanzenbestand pro Sektion (Stk)		81.744	12.576	81.744
Erntemenge (in kg) Total/ Sektion		110.937	16.644	112.424
Größe der Frucht		kg	kg	kg
Klasse	5	5.928	762	6.222
Klasse	6	10.162	1.271	8.582
Klasse	7	12.279	1.842	12.015
Klasse	8	9.527	1.461	10.513
Klasse	9 u 10	4.446	1.016	5.578
Summe in kg / ha		42.342	6.353	42.910

Anlage 13: Erlössituation des Fahrgassenversuchs pro ha nach Größenklassen

Teil A		Links	Mitte	rechts
Größe der Sektion in ha	1,27	Erlöse in USD / ha		
Klasse	USD / kg			
5	\$0,28	\$1.961	\$217	\$2.073
6	\$0,30	\$2.926	\$387	\$2.874
7	\$0,28	\$3.489	\$469	\$3.414
8	\$0,20	\$1.805	\$322	\$1.916
9 u 10	\$0,15	\$709	\$164	\$719
	Summe	\$10.890	\$1.559	\$10.995

Teil B		Links	Mitte	rechts
Größe der Sektion in ha	2,43	Erlöse in USD / ha		
Klasse	USD / kg			
5	\$0,28	\$1.842	\$224	\$1.866
6	\$0,30	\$2.837	\$389	\$2.625
7	\$0,28	\$3.223	\$484	\$3.266
8	\$0,20	\$1.809	\$284	\$1.916
9 u 10	\$0,15	\$678	\$139	\$750
	Summe	\$10.388	\$1.519	\$10.423

Teil C		Links	Mitte	rechts
Größe der Sektion in ha	2,62	Erlöse in USD / ha		
Klasse	USD / kg			
5	\$0,28	\$1.660	\$213	\$1.742
6	\$0,30	\$3.049	\$381	\$2.575
7	\$0,28	\$3.438	\$516	\$3.364
8	\$0,20	\$1.905	\$292	\$2.103
9 u 10	\$0,15	\$667	\$152	\$837
	Summe	\$10.719	\$1.555	\$10.620



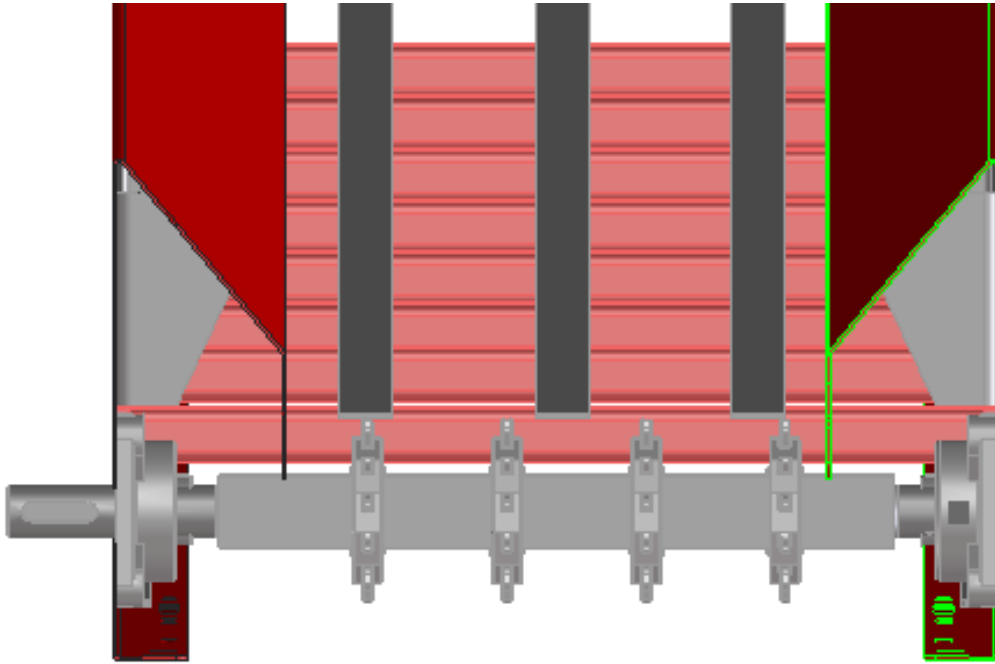
SA links1

Vorderansicht1

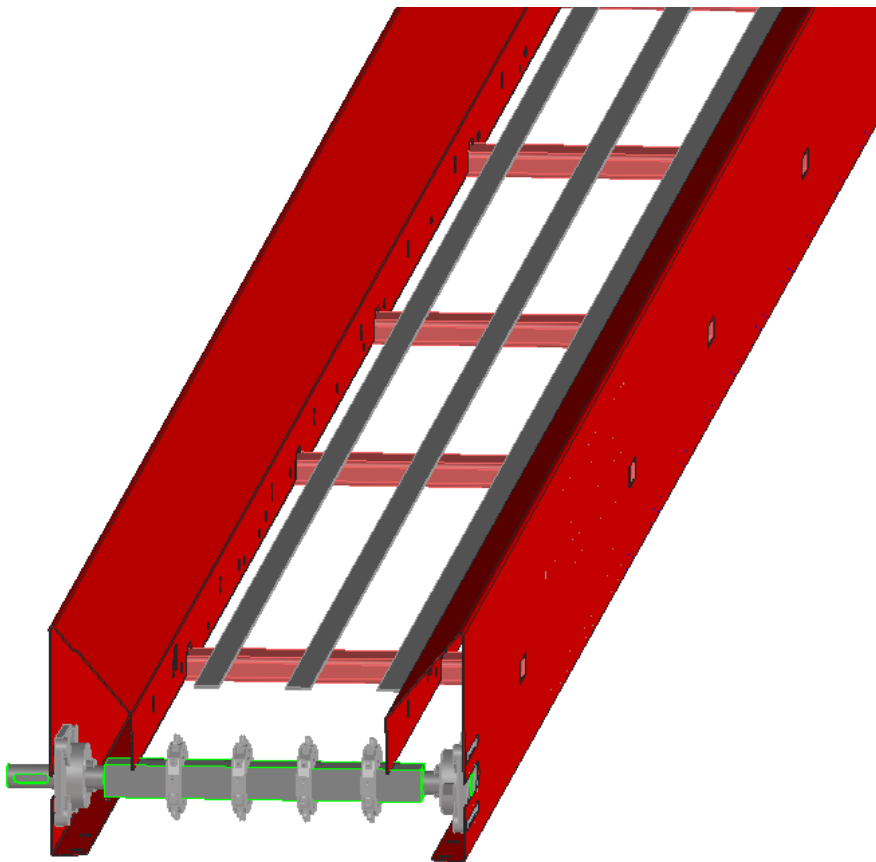
Draufsicht1

Allgemeinbezeichnung SO 2766		Material 1.2		Blatt Anz. Nr. 1 1	
Nennung		Gewicht			
AZ	Abteilung	Datum	Name	Dokumenten-Nr.	
Beitrag					
Konstr.					
Technol.					
Ers. für					Ers. durch

Detailzeichnung 2: Eigene Darstellung



Detailzeichnung 3: Eigene Darstellung



Detailzeichnung 4: Eigene Darstellung

Anlage 15: Materialliste

Position	Menge	Einheit	Artikelname	Herstellkosten
10	1,00	Stck	BANDRAHMEN LINKS	1.100,00
20	1,00	Stck	BANDRAHMEN RECHTS	1.500,00
30	2,00	Stck	ANTRIEBSWELLE	130,00
40	4,00	Stck	UMLENKWELLE	155,00
50	12,00	Stck	FLANSCHLAGER SKF	125,00
60	2,00	Stck	MOTORHALTER	40,00
70	4,00	Stck	ZAHNRÄDER ANTRIEB	65,00
80	1,00	Stck	KURVENBAND LINKS	950,00
90	1,00	Stck	KURVENBAND RECHTS	1.100,00
100	24,00	Stck	ZAHNRÄDER KURVENBAND	230,00
110	2,00	Stck	KETTE ANTRIEB	15,00
120	10,00	L	FARBE	40,00
130	10,00	Stck	FÖRDERROLLEN	140,00
140	2,00	Stck	NIEDERHALTERROLLEN	35,00
210	40,00	Stck	FRD-SCHR M12X40 603-8-8-VERZ	25,00
220	40,00	Stck	SKT-MUTTER DIN985-M12-8-VERZ	20,00
230	4,00	Stck	SICHERUNGSRING A 102X4 DIN471	10,00
240	40,00	Stck	U-SCHEIBE 13X28X3-VERZ	10,00
250	32,00	Stck	CONTACT-SCHEIBE FORM M 8-VERZ	10,00
260	2,00	Stck	HYDRAULIKMOTOR	330,00
270	8,00	Stck	HYDRAULIKSCHLÄUCHE	160,00
280	32,00	Stck	CONTACT-SCHEIBE FORM M 8-VERZ	10,00
290	1,00	Stck	KURVENBAND - SCANBELT	800,00
Summe				7.000,00