

# **FORSCHUNGSBERICHT AGRARTECHNIK**

des Fachausschusses Forschung und Lehre der  
Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) **629**

Justus Lattke

**Analyse der Maschinenkosten mittels automatisierter  
und manueller Maschinendokumentation im  
ackerbaulichen Produktionsprozess**

Fakultät Agrarwissenschaften

Institut für Agrartechnik

Universität Hohenheim

Grundlagen der Agrartechnik

Prof. Dr.-Ing. S. Böttinger

**Analyse der Maschinenkosten mittels  
automatisierter und manueller  
Maschinendokumentation im ackerbaulichen  
Produktionsprozess**

Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines Doktors der Agrarwissenschaften

vorgelegt der Fakultät Agrarwissenschaften

von Justus Lattke

aus Erfurt / Thüringen

2022

Datum der mündlichen Prüfung: 26.04.2022

Dekan Prof. Dr. Ralf Vögele

Betreuer Prof. Dr.-Ing. S. Böttinger

Mitberichter Prof. Dr.-Ing. P. Wagner

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des Autors urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2022.

Shaker Verlag  
Institut für Agrartechnik (440)  
Garbenstraße 9  
70599 Stuttgart

## **Vorwort**

Diese Untersuchung wurde in den Jahren 2016 – 2021 an dem Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim während meiner Zeit als externer Doktorand, parallel zu meiner Tätigkeit in der Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH angefertigt. Durchgeführt wurden erste Versuche auf dem Horsch-Betrieb Agrovation sowie die nachfolgende Datenerfassung in der Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH.

Herr Prof. Dr. Böttinger betreute diese Arbeit wissenschaftlich und gab hilfreiche Hinweise zum Verfahren. Für seine Unterstützung und Förderung der selbständigen wissenschaftlichen Arbeitsweise danke ich ihm herzlich. Ein besonderer Dank gilt Frau Elke Wörner für die geduldige Unterstützung während dieser Zeit.

Bei Herrn Prof. Dr. Wagner vom Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg möchte ich mich für die Durchsicht und die konstruktive Kritik meiner Arbeit ebenso bedanken wie für die Bereitschaft, den Mitbericht zu übernehmen.

Ein großer Dank gilt dem Team von 365FarmNet für die gute Zusammenarbeit und die zügige Umsetzung von Anregungen zur Etablierung der Datenerfassung. Herrn Michael Horsch danke ich für die Idee der Datenerfassung sowie den sehr motivierenden Erfahrungsaustausch.

Für die Freiheiten, eine wissenschaftliche Arbeit zu ermöglichen, möchte ich der Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH ebenso danken wie für die Bereitstellung der Großmaschinen sowie der notwendigen Hardware und Daten.

Ilmtal – Weinstraße im April 2022

ISSN 0931-6264

**INHALTSVERZEICHNIS**

1	EINLEITUNG .....	1
2	GRUNDLAGEN .....	4
2.1	Kostenmanagement im Ackerbaubetrieb .....	4
2.2	Smart Farming - Big Data - allgemeine Betrachtung .....	6
2.3	Digitalisierung der deutschen Landwirtschaft .....	8
2.4	Potenzial der Digitalisierung in der Landwirtschaft .....	9
2.5	Anforderungen an die Digitalisierung .....	11
2.6	Software zur Dokumentation der Nutzung von Landtechnik.....	13
3	MATERIAL UND METHODEN.....	20
3.1	Material .....	20
3.1.1	Hardware .....	20
3.1.2	Daten .....	20
3.2	Methoden .....	23
3.2.1	Versuchsaufbau .....	24
3.2.2	Manuelle Dokumentation .....	26
3.2.3	Automatische Dokumentation .....	28
3.2.4	Weiterverarbeitung der App Daten zur Kostenberechnung.....	31
3.2.5	Ermittlung der Kostenabweichungen – Plankostenrechnung .....	32
3.2.6	Ermittlung der Kostendeckung mittels Prozesskostenrechnung .....	33
4	ERGEBNISSE .....	37
4.1	Präzision der Datenerfassung .....	37
4.2	Maschinenlaufzeiten.....	42
4.2.1	Maschinenlaufzeiten von Traktoren .....	42
4.2.2	Maschinenlaufzeiten von selbstfahrenden Landmaschinen .....	45
4.2.3	Laufzeiten der Geräte .....	49
4.2.4	Einflüsse auf die Maschinenlaufzeiten .....	59
4.2.5	Einordnung der Laufzeiten von Maschinen und Geräten .....	62
4.3	Flexible Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis.....	64
4.4	Prozesskostenrechnung.....	70
4.4.1	Kumulierte Prozesskosten der Kulturarten.....	70
4.4.2	Prozesskostenrechnung je Kulturart .....	74
4.4.3	Weitere Anwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse .....	89
4.5	Fehlerbetrachtung .....	95
5	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK .....	97
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	99
7	SUMMARY .....	102

8	LITERATUR .....	105
9	ANHANG .....	111





**ABKÜRZUNGEN**

Abb	Abbildung
APP	Anwendung (application)
auto	automatische Methode
BA	Beschäftigungsabweichung in €
ca.	Circa
GA	Gesamtabweichung in €
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
ha	Hektar
HGB	Handelsgesetzbuch
hKTR	Hilfskostenträger
IK	Ist-Kosten in € (Prozesskostenrechnung)
IKauto	Ist-Kosten automatisierter Dokumentation in €
IKinvest	Ist-Kosten Investition
IKman	Ist-Kosten manueller Dokumentation in €
IKorgan	Ist-Kosten organische Düngung
k.a.	keine Angabe
$K_{fPlan}$	Fixe Plankosten (Plankostenrechnung) in €
$K_{ist}$	Ist-Kosten (Plankostenrechnung) in €
KJ	Kalenderjahr
$K_{Plan}$	Plankosten (Plankostenrechnung) in €
$k_{Plan}$	Plankostenverrechnungssatz €/h

---

K <sub>Soll</sub>	Sollkosten in €
KTR	Kostenträger
K <sub>verr</sub>	verrechnete Plankosten in €
K <sub>vPlan</sub>	Variable Plankosten (Plankostenrechnung) in €/h
LKR	Leistungs- und Kostenrechnung
IKTR	leistende Kostenträger
m	Monat
Mac Adresse	Media-Access-Control-Adresse
man	manuelle Methode
max	Maximum
min	Minimum
Mio	Millionen
MK	Maschinenkosten
MW	Mittelwert
NK	Normalkosten in €
NK <sub>auto</sub>	Normalkosten automatischer Dokumentation in €
NK <sub>man</sub>	Normalkosten manueller Dokumentation in €
PK	Plankosten (Prozesskostenrechnung) in €
R-GK	Restfertigungsgemeinkosten in €
SaaS	Software as a Service
T€	Tausend €
U	Anbauumfang
USB	Universal Serial Bus
VA	Verbrauchsabweichung in €

vKST	Vorkostenstelle
x	Gesamte Leistungsabgabe in h
x <sub>Plan</sub>	Geplante Leistungsabgabe in h
ZR	Zuckerrüben
€	Euro
%	Prozent

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abb. 2.1:</b>	Abbildung zum Angebot an Software zur Dokumentation der ..... 15 Nutzung von Landtechnik..... 15	15
<b>Abb. 2.2:</b>	Darstellung der Funktionsweise der 365FarmNet Anwendung [52] .	18
<b>Abb. 3.1:</b>	Darstellung der Maschinenkosten 2015 – 2017 in € .....	20
<b>Abb. 3.2:</b>	Darstellung der Maschinenkosten 2015 – 2017 für die Maschine Fendt 936 AP-C 439 mit dem hKTR 8262.....	21
<b>Abb. 3.3:</b>	Ermittlung des Plankostenverrechnungssatzes am Beispiel der Maschine Fendt 936 AP-C 439 mit dem hKTR 8262 .....	22
<b>Abb. 3.4:</b>	Durchschnittliche Maschinenkosten der Jahre 2015 – 2017 je Fruchtart.....	22
<b>Abb. 3.5:</b>	Schematische Darstellung der Gliederung der Maschinen Hilfskostenträger .....	24
<b>Abb. 3.6:</b>	Schematische Darstellung der Gliederung der Geräte Hilfskostenträger.....	25
<b>Abb. 3.7:</b>	Schematische Darstellung der Gliederung der Endkostenträger .....	25
<b>Abb. 3.8:</b>	Manuelle Dokumentation der Maschinennutzung mit Prüfung und Dateneingabe.....	27
<b>Abb. 3.9:</b>	Darstellung der automatischen Dokumentation .....	29
<b>Abb. 3.10:</b>	Darstellung des Versuchsaufbaus in der Agrargesellschaft Pffiffelbach mbH a) Hintergrundes eines Smartphones zur visuellen Maschinenidentifikation. ....	30
	b) Darstellung der Bluetooth Schlüsselfinder (rechts) und der Schutzgehäuse (links) .....	30
	c) Geräteidentifikation auf dem Smartphone durch Bezeichnung ....	30
	d) App Oberfläche nach Erkennung von Anbaugerät.....	30
	e) Montage des Smartphones in der Fahrerkabine .....	30
<b>Abb. 3.11:</b>	Formeln zur Ermittlung der Kostenabweichung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenebene [53].....	32
<b>Abb. 3.12:</b>	Kalkulationsschema der Prozesskostenrechnung zur Maschinenkostenverteilung.....	35

<b>Abb. 4.1:</b>	Anzahl der dokumentierten Stunden im Zeitraum vom 01.08.2017 – 31.12.2018.....	37
<b>Abb. 4.2:</b>	Betrag der monatlichen Abweichung und Mittelwerte der Stundenerfassung im Untersuchungszeitraum aller Maschinen .....	38
<b>Abb. 4.3:</b>	Betrag der prozentualen Abweichung der Stundenerfassung im Untersuchungszeitraum nach Maschinen.....	40
<b>Abb. 4.4:</b>	Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten verschiedener Schlepperklassen .....	43
<b>Abb. 4.5:</b>	Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit der Selbstfahrer-Pflanzenschutzspritze.....	46
<b>Abb. 4.6:</b>	Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit des Feldhäckslers.....	47
<b>Abb. 4.7:</b>	Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit der Gruppe Mähdrescher.....	48
<b>Abb. 4.8:</b>	Gerätenutzung verschiedener Tätigkeiten .....	50
<b>Abb. 4.9:</b>	Nutzung der Spezialgeräte im Kartoffelanbau .....	57
<b>Abb. 4.10:</b>	Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten in der Gruppe Traktoren > 290 kW .....	59
<b>Abb. 4.11:</b>	Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten in der Gruppe Traktoren 220 – 290 kW .....	60
<b>Abb. 4.12:</b>	Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten neu und alt, in der Gruppe Traktoren 220 – 290 kW.....	61
<b>Abb. 4.13:</b>	Anzahl der dokumentierten Stunden im Zeitraum vom 01.01.2018 – 31.12.2018.....	64
<b>Abb. 4.14:</b>	Darstellung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis	65
<b>Abb. 4.15:</b>	Kumulierte Darstellung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis je hKTR im KJ 2018.....	67
<b>Abb. 4.16:</b>	Darstellung der kumulierten Kostenabweichungen der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis je hKTR im Kalenderjahr 2018.....	68
<b>Abb. 4.17:</b>	Kumulierte Gesamtkosten der Prozesskostenrechnung von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten. ....	71
<b>Abb. 4.18:</b>	Kumulierte Maschinenkosten je ha der Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Hartweizen und Sommergerste von August 2017 bis	

---

	Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten. ....	77
<b>Abb. 4.19:</b>	Kumulierte Maschinenkosten je ha der Kulturarten Erbsen, Raps, Zuckerrüben und Zwischenfrucht von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten ..	82
<b>Abb. 4.20:</b>	Kumulierte Maschinenkosten je ha auf Grünland, bei den Kulturarten Silomais und Kartoffeln von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten ..	88
<b>Abb. 4.21:</b>	Leistungsabgabe der Maschinen je KTR im August 2018.....	90
<b>Abb. 4.22:</b>	Bewertung verfügbarer Anbauverfahren für Rüben und Mais .....	91
<b>Abb. 4.23:</b>	Verteilung der Maschinenkosten im Kalenderjahr 2018 .....	94



## 1 EINLEITUNG

Die Entwicklung der Landwirtschaft steht im engen Zusammenhang mit der Bevölkerungsentwicklung. Im Zeitalter der Jäger und Sammler lebten ca. 4 Mio. Menschen auf der Welt [1]. Die kontinuierliche Ausdehnung und Intensivierung der agrarischen Landnutzung machte eine Versorgung von zurzeit 8 Mrd. Menschen auf der Erde möglich. Zuerst fingen die Menschen an, Pflanzen und Tiere zu domestizieren. Nachfolgend wurden Tiere zur Arbeit auf den Äckern eingesetzt und Fruchtfolgeeffekte erkannt. Durch die zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft konnten größere Flächen bewirtschaftet werden. In den letzten 50 Jahren führte die Grüne Revolution zu einer 40 % höheren Getreideproduktion [2]. Diese konnte vor allem in Form höherer Hektarerträge durch bessere Dünge- und Pflanzenschutzmittel, verbunden mit neuen Anbaustrategien erzielt werden. Die Vereinten Nationen prognostizieren für 2050 einen 60 % höheren Nahrungsmittelbedarf in Bezug auf 2017 [3]. Jedoch sind die bisherigen Wachstumspotenziale nahezu erschöpft. Flächenmäßig lässt sich die Landwirtschaft nicht mehr ausdehnen. Auch die Intensivierung der Landnutzung ist begrenzt und wird im Zusammenhang mit dem Umweltschutz zunehmend kritischer betrachtet [4]. Dies erfordert neue Technologien, um die wachsende Bevölkerung auch künftig nachhaltig und sicher mit Lebensmitteln zu versorgen. Laut Walter et al., ist die weitere Entwicklung der Landwirtschaft durch eine exponentiell ansteigende Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie gekennzeichnet [5]. Auch S. Wolfert et al. prognostiziert eine zunehmend datengesteuerte landwirtschaftliche Leistungserstellung [6]. Die digitalisierte Erfassung einer Vielzahl von betrieblichen Prozessparametern und deren Verknüpfungen zur physischen Umwelt stellen die Grundlage des „Smart Farming“ oder auch der Landwirtschaft 4.0 dar. Weitere Studien [7,8] zeigen, dass Big-Data-Anwendungen eine entscheidende Rolle in der künftigen Effizienzsteigerung der primären Nahrungsmittelproduktion spielen. Besonders große Effizienzsteigerungen durch Digitalisierung werden im Ackerbau gesehen [8]. Hier handelt es sich um ein System, welches stark von den Umweltfaktoren gesteuert wird. Alle Prozesssteuerungen beim Anbau einer Kulturart werden vom Arbeitskomplex Mensch-Maschine vorgenommen [8]. Dies macht es erforderlich, die Prozesse stets optimal aufeinander abzustimmen. Dabei besteht die



Herausforderung darin, die Ist-Situation treffend zu beurteilen sowie die festen Einflussgrößen wie Standort, Fruchtfolge und Kulturart richtig zu bewerten und Zukunftseinflüsse risikogerecht einzuschätzen. Aus diesem Informationspool müssen dann Prozessstrategien hergeleitet werden. Jegliche Prozesssteuerungen werden durch die subjektive Sicht der handelnden Menschen ausgeführt. Das erfordert viel Erfahrung und standortbezogenes Wissen. Die Konfiguration des Arbeitskomplexes Mensch-Maschine benötigt ebenfalls ein komplexes Verständnis und fordert von den Maschinenführern ein hohes Maß an Eigenverantwortung. Weiterhin unterliegen betriebliche Prozesse einer Steuerung durch die handelnden Personen. Diese zu optimieren macht es notwendig, alle Tätigkeiten einheitlich zu dokumentieren. Homogene, präzise und vollständige Prozessdaten erfordern eine maschinen- und personenunabhängige Datenerfassung. In den letzten Jahren entwickelten sich hier verschiedene Lösungsansätze [8]. Diese versprechen dem Landwirt Entlastungen bei der Dokumentation sowie zielgenaue Analysen der Prozesse. Dabei sind Marktteilnehmer aus verschiedenen Sparten vertreten. Die Landtechnikhersteller bieten dem Landwirt beim Kauf von Maschinen Software zur Prozessüberwachung mit an. Auch branchenfremde Firmen sehen das Potenzial der Digitalisierung der Landwirtschaft. In Deutschland entwickelten sich verschiedene Anbieter. Die prominentesten sind Trekker.com und 365FarmNet. Tekker.com wurde 2012 als Startup von Studenten der Humboldt-Universität Berlin gegründet und war eigenfinanziert, bis Target Partners 2014 einstieg. 365FarmNet ist ein Startup des Landtechnikkonzerns Claas. Diese Plattform bietet auch eine Verknüpfung mit anderen landwirtschaftlichen Empfehlungen an. So können je nach Bedarf Düngempfehlungen, Sortenratgeber und Pflanzenschutzprognosen anderer Firmen mit eingebunden werden [9].

Der Landwirt steht vor der Herausforderung, sich mit den verschiedensten Anbietern auseinanderzusetzen und seinen Bedarf an digitaler Unterstützung festzulegen. Dabei sollte eine Abhängigkeit von einzelnen Anbietern ausgeschlossen sein und sichergestellt werden, dass die Datenhoheit ausschließlich beim Landwirt liegt. Auch Kosten- und Zeitaufwendungen sollten in einem vertretbaren Maß zum konkreten Nutzen stehen. Dieser muss dem Landwirt vor einer Bindung an ein solches System aufgezeigt werden können.

Landwirtschaftliche Betriebe sind weiterhin mit der Herausforderung steigender Maschinenkosten konfrontiert. Um die entstandenen Maschinenkosten vorteilhaft analysieren zu können und Kostensenkungspotenziale ableiten zu können ist eine detaillierte Erfassung des Maschineneinsatzes notwendig. In der Praxis werden durch Notizen der Mitarbeiter die Maschinenstunden dokumentiert. Dabei entstehen Abweichungen von der tatsächlichen Maschinennutzung. Im untersuchten Betrieb wichen die dokumentierten Maschinenstunden bis zu 20 % von den geleisteten Maschinenstunden ab [10]. Die Weiterverarbeitung der manuell dokumentierten Maschinendaten ist aufwendig, wodurch sich große zeitliche Abweichungen zwischen Entstehung und Analyse der Maschinenkosten ergeben.

Daraus leitet sich die Zielstellung der vorliegenden Arbeit ab. Es soll eine automatisierte Erfassung von Maschinenlaufzeiten in eine Kostenrechnung überführt werden, um die Effizienz des Maschineneinsatzes zu analysieren und gegebenenfalls Kostensenkungspotenziale herauszuarbeiten.

Im ersten Schritt wurde durch Zusammenarbeit mit Testbetrieben verfügbare Technik erprobt, um einen Überblick der angebotenen Anwendungen zu erhalten. Anschließend erfolgte der Einsatz der geeignetsten Anwendung im Untersuchungsbetrieb für einzelne Maschinen, wodurch Ergebnisse über einen längeren Zeitraum generiert und abgeglichen wurden. Daraufhin wurden notwendige Anforderungen an die Anwendungen festgelegt und durch die Hersteller nachgerüstet. Nachdem eine zuverlässige automatische Dokumentation gewährleistet werden konnte erfolgte die Ausrüstung des gesamten Maschinenparks, um den kompletten Maschineneinsatz automatisch dokumentieren zu können. Dies wurde für eine Anbausaison durchgeführt. Währenddessen wurden die erfassten Daten zu einer Plankosten- und Prozesskostenrechnung weiterverarbeitet und mit den Daten auf Grundlage der manuellen Dokumentation der Maschinenlaufzeiten verglichen.

## 2 GRUNDLAGEN

### 2.1 Kostenmanagement im Ackerbaubetrieb

Die erfolgreiche Leitung eines Betriebes drückt sich durch das Betriebsergebnis aus. Dieses wird durch die Gewinn- und Verlustrechnung ermittelt und sollte möglichst hoch sein. Einen maximalen Periodengewinn anzustreben ist ein quantitatives Ziel. Die Umsetzung in ein qualitatives Ziel erfordert ein Planen von Aufwendungen und Erträgen [11]. Jeder Unternehmer ist laut HGB verpflichtet, Bücher zu führen. Bestandteil einer Buchführung gemäß den Anforderungen des § 275 HGB im Rahmen des Jahresabschlusses ist eine Aufwandsgliederung. Die Aufwandsgliederung nach dem HGB ist räumlich und zeitlich hoch aggregiert. Somit liefert sie zu geringe Einzelinformationen zu den vielfältigen Produktionsfacetten eines landwirtschaftlichen Betriebs. Dadurch geht Zeit und Präzision für die Entscheidungsunterstützung verloren. Den zentralen Bestandteil der betrieblichen Kostensteuerung stellt die Leistungs-Kosten-Rechnung (LKR) dar. Diese stellt in monetären Maßeinheiten die Outputs den Inputs von klar abgegrenzten Kostenträgern (KTR) gegenüber. Somit können die Wirtschaftlichkeit des unternehmerischen Handelns beurteilt, Erfolgsstörungen aufgedeckt sowie Korrekturmaßnahmen und betriebliche Anpassungsentscheidungen unterstützt werden. Durch die Abbildung der unternehmerischen Entscheidungen auf die Leistungen und Kosten kommt es zu einer Operationalisierung des Grenzwertprinzips. Dies betrifft sowohl die Beurteilung der Vergangenheit (ex post-Betrachtung) sowie die Vorwegnahme (ex ante) des erwarteten Nutzens zukünftiger Entscheidungen [12a].

Grundlage der LKR stellt der Jahresabschluss des Betriebs dar. Die darin ausgewiesenen Aufwendungen und Erträge werden von rein rechtlichen Bewertungsvorschriften befreit und neu gegliedert. Dadurch entstehen Grundkosten, aufwandsverschiedene kalkulatorische Anderskosten und kalkulatorische Zusatzkosten. Um die Vielzahl der Betriebsabläufe darzustellen, werden die ermittelten Kosten zusätzlich in Kostenart, Kostenstelle und Kostenträger aufgegliedert. Jedes zu verkaufende Produkt stellt einen Kostenträger (KTR) dar. Dieser muss durch seine Leistungen die Kosten tragen können, welche durch seine Produktion entstanden sind und auf seine Herstellung verrechnet

wurden. Bei sehr maschinenintensiven Produktionszweigen wie dem Ackerbau werden für Maschinen Hilfskostenträger (hKTR) eingeführt. Diese nennt man alternativ auch leistende Kostenträger (IKTR). Bereiche im Unternehmen, welche nicht direkt an der Fertigung von zu verkaufenden Produkten beteiligt sind, können als Vorkostenstellen (vKST) behandelt werden. Diese haben meist die Aufgabe, die Betriebsbereitschaft zu sichern. Die Untergliederung in hKTR und vKST dient einer präziseren Kostenerfassung, wodurch eine detailliertere Erfolgsspaltung ermöglicht wird [12 b].

Die LKR unterliegt keinen gesetzlichen Vorschriften und kann je nach Informationsbedarf ausgestaltet sein. Jedoch wird zwischen Teil- und Vollkostenrechnung unterschieden. Die Teilkostenrechnung kann als einstufige Deckungsbeitragsrechnung oder mehrstufige Fixkostendeckungsrechnung erstellt werden. Dadurch ist es möglich, Bruttoerfolge von Produkten auf verschiedenen Entscheidungsebenen zu vergleichen. Im Gegensatz dazu verfolgt die Vollkostenrechnung den Ausweis der Stückkosten der Produkte. Entscheidende Faktoren bei der Erstellung der LKR sind die Kostenzurechnungsprinzipien. Dabei stellt das Verursachungsprinzip die reale Kostenentstehung dar; dieses Zurechnungsprinzip lässt sich jedoch nur bei Kosten anwenden, welche allein durch einen Kostenträger hervorgerufen werden. Solch eine Kostenzuordnung kann nur erfolgen, wenn eindeutig durch die Herstellung eines Produktes die Kosten entstanden sind. Beispielsweise sind die Saatkosten von Gerste eindeutig durch die Herstellung von Gerste bedingt. So muss für die Kosten, welche für mehrere Endprodukte anfallen, zwangsläufig auf das Einwirkungs-, Durchschnitts- oder Tragfähigkeitsprinzip zurückgegriffen werden. Dabei nimmt die Rechtfertigung in gleicher Reihenfolge ab. Bei der Anwendung des Einwirkprinzips werden die Kosten nach der Leistungsabgabe der Kostenverursacher verrechnet. Beispielsweise können Maschinenkosten je nach Stundenleistung auf einzelne Fruchtarten wie Weizen oder Gerste verrechnet werden. Dafür muss die Leistungsabgabe an die einzelnen Kostenträger erfasst werden. Dies ist aufwendig und kann zu ungenauen Ergebnissen führen. Dieses Problem versucht die Prozesskostenrechnung zu lösen, indem sie die Prozessinformationen detaillierter erfasst. Für alle entscheidenden Kostenverursacher (cost driver) muss die Leistungsabgabe auf die Kostenträger erfasst werden. Dadurch kann der Gemeinkostenanteil geringgehalten

werden. Je besser das gelingt, desto besser können von den Stückkosten die langfristigen Grenzkosten approximiert werden [12 b].

Da die LKR zielorientiert arbeiten muss und selbst nicht mehr Kosten verursachen darf als Nutzen zu erbringen, sind der Datenerfassung bei der Prozesskostenrechnung Grenzen gesetzt. Dieses Problem macht sich vor allem in der ackerbaulichen Landwirtschaft deutlich. Die komplette Feldarbeit wird vom Arbeitskomplex Mensch - Maschine - Arbeitsgerät erledigt. Dabei erfolgt die Leistungsabgabe zeitlich und räumlich stark differenziert. Der Produktionszeitraum beträgt ca. ein Jahr, in diesem die Zusammenstellung des Arbeitskomplexes stark variiert. Während eines Feldarbeitstages erfolgt die Leistungsabgabe an verschiedene Kostenträger (KTR), beispielsweise Weizen und Raps. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass erst während des Prozesses die genaue Abgrenzung zu den KTR erfolgen kann. Erst nach der Aussaat ist klar, wo die Grenze der Kulturarten auf dem Acker ist. Die Bodenbearbeitung erfolgt jedoch schlageinheitlich. Auch zeitlich sind die Abgrenzungen je nach Erntedatum verschieden. Das erfordert eine sehr detaillierte Datenerfassung und -auswertung. Alle diese Prozesse haben einen erheblichen Einfluss auf die Kostenstruktur. Bisher stellte die präzise Identifikation der Zusammensetzung des Arbeitskomplexes, verbunden mit der zeitlichen und räumlichen Erfassung, ein ungelöstes Problem in der LKR im Ackerbau dar. Durch die fortschreitende Digitalisierung sind verschiedenste Systeme erhältlich, die einige dieser Probleme zu lösen versprechen.

## **2.2 Smart Farming - Big Data - allgemeine Betrachtung**

Im landwirtschaftlichen Kontext treten zunehmend neue Begriffe wie Smart Farming, Big Data, Internet der Dinge (IoT) und Landwirtschaft 4.0 auf. Häufig ist es schwierig, diese Begrifflichkeiten voneinander abzugrenzen und richtig einzuordnen. Die Grundidee, eine effektivere Produktion durch die Nutzung intelligenter Systeme zu erzielen, ist nicht neu. Allgegenwärtig ist die Präzisionslandwirtschaft. Maschinen fahren GPS-gesteuert zentimetergenau über die Felder und bringen gezielt - je nach Umweltbedingungen Betriebsstoffe wie Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel aus. In einer lokal heterogenen Umwelt durch angepasste Inputabgabe die Effizienz der Leistungserstellung zu optimieren,

ist der zentrale Bestandteil der Präzisionslandwirtschaft. Smart Farming geht darüber hinaus. Die Entscheidungen werden nun nicht mehr rein lokal abhängig abgeleitet, sondern kontext- und situationsbezogen mit anderen Daten in Echtzeit verknüpft, sodass bessere Entscheidungen getroffen werden können. Damit gelangt eine Vielzahl an Inputvariablen in das Entscheidungsmodell, welche zeitgenau verarbeitet werden [6]. Dieses System ist somit auf den Eingang großer Datenmengen angewiesen, aus denen es selbst die situationsrelevanten herausfiltern kann. Diese Menge an Datensätzen, welche zu groß und zu komplex für die traditionelle Datenauswertung sind, wird unter dem Begriff Big Data verstanden [13]. Aufgrund der rasanten Entwicklungen in diesem Bereich ist es schwierig, eine einheitliche Definition von Big Data zu geben. Im Allgemeinen steht der Begriff Big Data für Rohvermögenswerte, die durch neue spezifische Technologien und Analysemethoden in Nutzen transformiert werden [14]. Big Data erfordert eine Reihe von Techniken und Technologien mit neuen Integrationsformen, um Erkenntnisse aus Datenmengen zu gewinnen, die vielfältig, komplex und von großem Umfang sind [14]. Big Data stellt die Informationsressourcen dar, die sich durch ein derart hohes Volumen, eine derart hohe Geschwindigkeit und Vielfalt auszeichnen, dass spezielle Technologien und Analysemethoden für ihre Umwandlung in Werte erforderlich sind [15]. Die Data FAIRport-Initiative betont die operativere Dimension von Big Data, indem sie das FAIR-Prinzip vorsieht, wonach Daten auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar sein sollten [16]. Solche Anwendungen können je nach Umfang durch Apps umgesetzt werden. Da die Entscheidungsfindung automatisiert ablaufen soll, muss die Anwendung alle gesammelte Prozessparameter mit Daten anderer Prozessteilnehmer verknüpfen und auf externe Datenbanken zugreifen. Die erfassten Daten führen zu riesigen heterogenen Datenmengen. Daher ist eine Verbindung zum Internet der Grundstein von Smart Farming. Maschinen und Geräte, welche die Prozessparameter steuern, wie Traktoren und Anbaugeräte, müssen auf alle prozessrelevanten Daten zugreifen und interagieren können. Das erfolgt durch eine lokale und globale drahtlose Netzwerk-Infrastruktur [17]. Diese Vernetzung der physischen Objekte mit Daten der virtuellen Welt wird als Internet der Dinge bezeichnet [18]. Die Entscheidungsfindung wird in Zukunft ein komplexer Mix von menschlichem Wissen und Urteilsvermögen sowie computergesteuerten Faktoren sein [19]. Landwirtschaft 4.0 setzt genau dort an; es beschreibt die

Entwicklung von Verfahren zur Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration, Selbstdiagnose und Kognition der Betriebsabläufe in Verbindung mit den Menschen [20].

### **2.3 Digitalisierung der deutschen Landwirtschaft**

Im letzten Jahrzehnt hat sich die Informations- und Kommunikationstechnologie im landwirtschaftlichen Sektor deutlich verstärkt [21]. In vielen Bereichen der Nahrungsmittelproduktion werden informationsbasierte Technologien genutzt [22]. Im Ackerbau fahren Traktoren selbstlenkend über die Felder, Drohnen und Roboter kommen zum Einsatz und Böden sowie Pflanzen werden mittels Sensoren von mobilen Geräten untersucht. Auch in der Tierhaltung sind moderne Technologien implementiert worden. So übernehmen Roboter beispielsweise das Melken der Kühe, Computer dokumentieren die einzeltierspezifische Leistungs- und Gesundheitsentwicklung oder helfen, den besten Besamungstermin zu finden [23]. Automatisierte Eierproduktion, individuelle Rationszuteilung in der Schweinehaltung sowie vollautomatische Stallklima- und Futtersteuerung sind bereits fest etabliert [24]. Gewächshäuser oder Aquakulturen werden von solchen Technologien gesteuert und virtuelle Zäune können beim Herdenmanagement der Weidehaltung helfen [25].

Die Digitalisierung beschränkt sich nicht nur auf die Produktionsprozesse, sondern ist in allen Unternehmensbereichen zu finden. Verwaltung und Buchführung der Unternehmen erfolgen digital über Computer. Bestände an Betriebsstoffen werden von Warenwirtschaftsprogrammen erfasst. Die Arbeitszeiten von Mitarbeitern können von Zeiterfassungsprogrammen automatisch zur Lohnabrechnung überführt werden. Auch die Vermarktung und Unternehmensdarstellung unterliegen der Digitalisierung. Unternehmen betreiben über eigene Webseiten Öffentlichkeitsarbeit. Sie werben um Identifikation, Akzeptanz und Arbeitskräfte. Durch Onlineshops versuchen sie, ihren Kundenkreis zu erweitern und die Wertschöpfungskette zu verlängern [23].

Die Ausgangslage der verschiedenen Bereiche der Landwirtschaft vereint, dass qualifizierte und motivierte Mitarbeiter essenziell für die Effizienz und Qualität der ausgeführten Prozesse sind [20]. Das ist einerseits in der heterogenen Umwelt sowie der Tätigkeit mit lebenden Organismen begründet, andererseits ist besonders

im Ackerbau ein hohes Maß an Flexibilität und Eigenverantwortlichkeit notwendig. Feldarbeiten können nicht ständig durch weitere Verantwortliche überwacht werden. Umweltschutzauflagen und Dokumentationspflichten erhöhen zudem fortlaufend die Anforderungen an Betriebe. Diese Anforderungen werden perspektivisch weiterwachsen, daher müssen intelligente Systeme noch umfangreicher in die betrieblichen Prozesse Einzug halten. Die größte Effizienzsteigerung lässt sich hier beim Maschineneinsatz erzielen. Er ist der Kostentreiber im Ackerbau. Der Großteil der Landtechnik in den landwirtschaftlichen Betrieben ist jedoch noch mit analogen Technologien ausgestattet und somit veraltet. Das stellt für die Effizienzsteigerung eine erhebliche Hürde dar.

#### **2.4 Potenzial der Digitalisierung in der Landwirtschaft**

Der Digitalisierung wird eine Schlüsselrolle in der Entwicklung zur nachhaltigen Landwirtschaft zugesprochen [5]. Durch ein Netzwerk an Sensoren können alle Betriebszustände dokumentiert werden. Diese Daten über den Zustand der Pflanzen, Tiere und Böden können mit den Wirkungsprognosen von Dünger, Saatgut, Pflanzenschutzmittel, Futter oder Medikamenten, mit den Vorhersagen der Umweltbedingungen wie Klima und den Entwicklungsphasen der Organismen gekoppelt und so die besten Strategien angewendet werden. Zentraler Bestandteil der zukünftigen Entwicklung der Landwirtschaft muss neben der Schonung der Ressourcen und weiterer Produktivitätssteigerung zwangsläufig die Erhöhung der Rentabilität sein. Durch Optimierung der Betriebsabläufe kann Geld gespart werden. Die über den komplexen Produktionsprozess gesammelten Daten ermöglichen außerdem neue Absicherungsmöglichkeiten [26] und eröffnen neue Geschäftsfelder entlang der kompletten Wertschöpfungskette [22].

Ein weiteres Potenzial von Smart Farming wird in der Akzeptanz der Verbraucher gesehen. Zum einen lassen sich Produkte besser vermarkten, wenn sie ressourcenschonend erzeugt wurden, andererseits kann optimiertes Produktionsmanagement zu einer besseren Qualität der Lebens- und Futtermittel führen. Diese Produkte sind nicht nur gesünder, sondern können auch zu einem höheren Preis vermarktet werden - eine Schlüsselstrategie zur effektiven Landnutzung [27]. Weiterhin nehmen die Transparenz und Rückverfolgbarkeit der



Produkte eine wachsende Bedeutung ein. Das soll durch zusätzliche Zertifizierungen erreicht werden und hilft dem Landwirt, am Markt zu bestehen [8]. Auch hier kann die Digitalisierung zu Interaktionen mit den Kunden und zu neuen Geschäftsfeldern führen. Digitale Lösungen ermöglichen potenziellen Kunden, sich über die Produkte zu informieren und dadurch Vertrauen aufzubauen, ohne einen Mehreinsatz an Arbeitskraft aufbringen zu müssen [8]. Studien weisen eine jährliche globale Steigerung des Wertschöpfungspotenzials durch die Digitalisierung in der Landwirtschaft ausgehend vom Jahr 2013 bis zum Jahr 2025 von 1,2 Prozent aus [7]. Das entspricht insgesamt ca. drei Milliarden Euro [7]. Diese Studien belegen auch, dass sich die Produktivitätssteigerung mit der Betriebsgröße erhöht. So verstärkt der Strukturwandel, hin zu immer größeren Betrieben, das Potenzial der Effizienzsteigerung.

In Großbetrieben stellt die Maschinenauslastung einen wichtigen Kostenfaktor dar. Einerseits sind moderne Landmaschinen teuer in der Anschaffung, sodass sie in dem meist kurzen Einsatzfenster optimal ausgelastet werden müssen. Andererseits stellt eine Vorhaltung von zusätzlicher Technik ein wichtiges Instrument der Risikoabsicherung des Landwirts dar. Um diese gegensätzlichen Zielstellungen bewerten zu können ist eine Kontrolle der Maschinenlaufzeiten und deren Auslastung notwendig. In der Literatur sind für Mähdrescher solche Werte verfügbar. Laut Häberle [28] beträgt der Fahrtanteil von Großmähdreschern in Deutschland, Mecklenburg-Vorpommern 86 %. Dies splittet sich in 78 % Fahrt auf dem Feld und 8 % Fahrt auf der Straße. Diese Studie weist eine Standzeit von 14 % auf. Für kleinere Mähdrescher, welche dementsprechend in kleineren Strukturen eingesetzt werden, war der Anteil der Fahrtzeit auf dem Acker nur noch bei 61 %. Anhand dieser Werte können die Maschinenlaufzeiten in dieser Untersuchung eingeordnet werden und Aussagen zur Maschineneffizienz getroffen werden. Diese Werte lassen auf die Auslastungen für andere Maschinen und Geräte schließen. Umso komplexer die Maschinen desto eine größere Standzeit lässt sich vermuten. So werden für einfache Arbeiten wie Bodenbearbeitung und Aussaat höhere Nutzungsanteile auf den Feldern erwartet. Hilfsarbeiten wie Transporte sind durch verfahrensbedingte Standzeiten gekennzeichnet und sollten daher einen höheren Zeitanteil an Stand sowie Fahrt außerhalb der Felder aufweisen. Durch die zunehmende Digitalisierung können hier Effizienzsteigerungen, durch detaillierte

Prozessinformationen erzielt werden wodurch eine günstigere Produktion möglich wird.

Neben den ökologischen und ökonomischen Aspekten führt die Digitalisierung auch zu einer Entlastung des Landwirtes. Um den rechtlichen Ansprüchen zu genügen, muss er einer Vielzahl von Dokumentationspflichten nachkommen. Düngung und Pflanzenschutz müssen beispielsweise schlagspezifisch erfolgen [29]. Um Fördermittel zu erhalten, sind detaillierte Anbaunachweise nötig, zusätzliche Zertifikate erfordern weitere Dokumentationspflichten. Durch digitale Unterstützung ist dabei eine erhebliche Zeitersparnis möglich [30]. Obwohl die Dokumentation bereits digital erfolgt - meist in Verbindung mit manueller Eingabe - können weitere Entlastungen durch automatisierte Datenerfassung realisiert werden [31]. Effekte der Digitalisierung werden sich auch auf die Arbeit in der Landwirtschaft direkt auswirken. Einerseits kann gering qualifiziertes Personal mittels intelligenter Systeme besser unterstützt werden, andererseits macht es den Arbeitsplatz für höher qualifiziertes Personal attraktiver, da die Mitarbeiter an der Effizienzsteigerung teilhaben können [5] und durch die Steuerung komplexer Systeme stärker gefordert werden. Durch die gesammelten Daten lassen sich auch leichter die best-practice-Strategien herausfiltern und Schwachstellen im Unternehmen werden sichtbar. Im Ranking können sich Unternehmen problemlos anhand von Kennzahlen vergleichen. Für Zulieferer lassen sich die gesammelten Daten zur Produktentwicklung nutzen, da ihnen auf diese Weise detaillierte Informationen zur Verfügung stehen. Smart Farming und Digitalisierung stellen so einen Weg zur nachhaltigen Entwicklung von Systemen im Agribusiness dar.

## **2.5 Anforderungen an die Digitalisierung**

Bis alle Vorteile der aufstrebenden Technologien genutzt werden können, sind noch viele Hürden zu nehmen. In der Literatur wird in technische und organisatorische Herausforderungen unterschieden [32, 33]. Die wichtigste organisatorische Herausforderung stellt die Frage nach der Datensicherheit und Datenhoheit dar [34]. In Deutschland sind personenbezogene Daten vergleichsweise gut durch das Bundesdatenschutzgesetz geschützt [35]. Jedoch handelt es sich in Bezug auf Smart Farming um betriebliche Daten. Über Art und Zweck dieser

Datenspeicherung gibt das Bundesdatenschutzgesetz keinerlei Auskünfte. Für einen Betrieb ist es essenziell, wichtige Betriebsabläufe vor Mitbewerbern und öffentlichem Interesse zu schützen, um sich so den Wettbewerbsvorteil ihrer Innovationen zu erhalten [36]. Daher sollten die Vertrauensbildung und der privilegierte Zugang zu den eigenen Daten der Ausgangspunkt für die Einführung der neuen Technologien sein [37].

In Ermangelung rechtlicher Grundlagen wurden in der Praxis umfangreiche Datenschutzverträge zwischen Landwirten und Technologieunternehmen erarbeitet [38]. Diese klären im Detail die Fragen nach dem Eigentum der Daten, deren Wert, dem Zugriff beteiligter Unternehmen sowie dem Umfang und Ort der Datenspeicherung. Landwirte sind jedoch keine Rechtsexperten und müssen zu Beginn Vertrauen aufbringen. Um die Gefahr auszuschließen, zu Franchise-Partnern der Technologieunternehmen zu werden, muss der Landwirt die Datenhoheit behalten. Daher ist zwingend ein bindender Rechtstext erforderlich. Eine Arbeitsgruppe in den USA hat diese Thematik schon aufgegriffen und ein Whitepaper als Orientierung zur Verfügung gestellt [39]. Weitere unbeantwortete Fragen sind die Haftungsverhältnisse von Fehlentscheidungen der intelligenten Systeme [40]. Ähnlich dem Dilemma der Abwägung vom geringeren Übel bei selbstfahrenden Autos müssen ethische Fragen durch potenziellen Datenmissbrauch oder Datenfehler beantwortet werden [41]. Wer ist verantwortlich, wenn Pflanzenschutzmittel (PSM) nicht sachgerecht angewendet werden? Der Landwirt, der Softwareanbieter oder der Sensorentwickler? Einen weiteren wichtigen Punkt stellt die mangelnde Medienkompetenz der potenziellen Anwender dar [42]. Der Alltag in der Landwirtschaft ist häufig durch digitale Medien und moderne Technologien gekennzeichnet [43]. Dennoch scheiterten auch digitale Anwendungen, da sie nicht dem Wissensstand oder den Bedürfnissen der Zielgruppe entsprachen [44]. Oft werden eine intuitive Handhabung sowie ein klar ersichtlicher Mehrwert der Anwendung vermutet. Es wird auch weiterhin Spezialanwendungen geben, welche neue Kompetenzen erfordern. Das macht fortlaufende Weiterbildungen und neue Ausbildungsschwerpunkte notwendig.

Die zweite Gruppe stellen technische Herausforderungen dar. Daten müssen anonymisiert werden [32] um sicherzustellen, dass sich keine negativen Auswirkungen durch Kontrollinstitutionen ergeben, Staaten nicht die

Betriebsabläufe überwachen oder steuern können. Eine weitere Herausforderung bilden inkonsistente Daten verschiedener Systeme. Beim Transferieren und Integrieren der Daten verschiedener Software müssen die Qualität und Konsistenz sichergestellt werden. Eine Entwicklung von Standards und Schnittstellen ist notwendig um Daten in multipler Form zur Optimierung von Prozessen zu nutzen [8]. In der Literatur wird dies als ABCDEF (Agricultural Business Collaboration and Data Exchange Facilities) bezeichnet [23]. Grundlage der Funktionsfähigkeit intelligenter Systeme sind eine Internetverbindung sowie eine gut ausgebaute Telekommunikations-Infrastruktur. Doch gerade im ländlichen Raum, dem Ort der Leistungserstellung in der Landwirtschaft, lassen sich digitale Systeme noch nicht vollumfänglich nutzen [45]. Weiterhin muss die Datenerfassung so konzipiert werden, dass dadurch faktisch keine Kosten entstehen [46]. Hohe Kosten stellen Hürden bei der Anwendung solcher Systeme dar [45, 46].

Um die Innovationen schnellstens zu nutzen, müssen sie möglichst viele Landwirte praktizieren. Nur wenn Bedarf besteht, erfolgt auch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Systeme. Auf diese Weise könnten die technischen Herausforderungen zügig gelöst werden [34]. Die ungeklärte Frage nach dem Datenschutz lähmt jedoch diese Entwicklung [47]. Wie bereits beschrieben, versprechen maschinenintensive Produktionsverfahren wie der Ackerbau die größte Effizienzsteigerung durch Implementierung intelligenter Systeme. Daher entwickeln sich in diesem Bereich besonders viele Anwendungen. Um Produktionsprozesse automatisiert analysieren zu können und optimierte Handlungsempfehlungen zu geben, müssen alle Prozessteilnehmer erfasst werden. Aufgrund des hohen Maschinenalters in deutschen Betrieben [48] existieren noch viele analoge, nicht vernetzungsfähige Landmaschinen und Anbaugeräte. Vor der Einführung intelligenter Systeme muss sich der Landwirt einen Überblick über die angebotene Software verschaffen und die aus seiner Sicht Beste auswählen.

## **2.6 Software zur Dokumentation der Nutzung von Landtechnik**

Die Vielfalt von Agrarmanagement-Software stellt den Landwirt vor die Herausforderung, diese Angebote zu bewerten und für sich festzulegen, welche Ergebnisse er sich durch deren Einsatz erhofft. Aus Sicht eines Ackerbaubetriebs wurden fünf Anbieter ausgewählt, um die Anwendungsfreundlichkeit beurteilen zu

können. Wie **Abb. 2.1** zeigt, wurden Trekker.com, 365FarmNet, JD link, farmlogs und Granular getestet, um sich über die Lösungen zu informieren. Bei diesen Anbietern werden die Daten in einer Cloud gespeichert; je nach Unternehmensstandort in verschiedenen Ländern. Durch Erstellung eines Accounts werden ein Benutzername und ein Passwort festgelegt. So erfolgt die Identifizierung und die Daten können eingesehen werden. Die Datenabfrage kann jederzeit von einem beliebigen Ort aus erfolgen, nur eine Internetverbindung ist notwendig. Dabei spricht man von Software as a Service (SaaS) Anwendungen [49]. Alle Anbieter haben eine App entwickelt, welche auf dem Smartphone des Fahrers installiert werden muss. Über diese App erfolgen die Dokumentation, die Ortung, die Zuordnung zu den Schlägen und die Datenübergabe an den zentralen Server. Die Schlaggrenzen und Stammdaten wie Maschinen, Betrieb und Mitarbeiter müssen vorher in dem Portal hochgeladen werden. Der App wird dann eine Berechtigung erteilt und mit dem Portal gekoppelt. Somit sind die Daten auf dem Smartphone verfügbar.

Zur Bewertung der Software wurden Kriterien festgelegt und nach der Erprobung aus Sicht des Projektes die treffendste ausgewählt. Die Ergebnisse dieser Erprobung sind in der **Abb. 2.1** dargestellt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu generieren ist es essentiell den kompletten Maschinenpark auszurüsten. Somit sind auch Geräte ohne Elektronik mit einzubeziehen. Eine automatisierte Dokumentation, auch der analogen Technik ist bisher nur über die Beacon-Technologie gelöst. Diese waren zu diesem Zeitpunkt nur von 365Farmnet und Granular im Angebot. Ein weiteres Kriterium stellt die Verfügbarkeit in Deutschland dar. Hier haben die Anbieter farmlogs und Granular Nachteile, diese sind nicht für den Europäischen Markt konzipiert. JD link hingegen ist auch in Deutschland verfügbar. Bei der Zielstellung einer automatischen Dokumentation ist es wichtig manipulationssicher Daten zu generieren. Jedoch bezogen zu dieser Zeit noch alle Systeme den Mitarbeiter ein. Dies war eine Schwachstelle. Aufgrund des automatisierten Ablaufs der 365FarmNet Anwendung wurden hier jedoch die größten Möglichkeiten gesehen, während des Projekts diesen Kritikpunkt zu beheben. Auch können hohe Kosten die Einführung einer solchen Technologie bremsen. Daher wurde dieses Kriterium mit bewertet. Hier waren jedoch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Anbietern zu ergründen. Die Abrechnung

kann nach Betriebsfläche, der Menge an Stammdaten oder der Nutzerzugänge erfolgen.

	Trekker.com	365 FarmNet	JDLink	farmlogs	Granular
<b>kompletter Maschinenpark ausrüstbar</b>	nein	ja	nein	nein	ja
<b>Verfügbarkeit</b>	ja	ja	ja	nein	nein
<b>manipulationssicher / mitarbeiterunabhängig</b>	nein	nein	nein	nein	nein
<b>automatisierte Dokumentation</b>	nein	ja	nein	nein	ja
<b>Kosten</b>	ja	ja	ja	ja	ja
<b>Datensicherheit</b>	ja	ja	ja	k.a	k.a
<b>individuelle Parametrisierung</b>	nein	ja	nein	nein	nein

**Abb. 2.1:** Abbildung zum Angebot an Software zur Dokumentation der Nutzung von Landtechnik

Ein weiteres Kriterium stellt die Datensicherheit dar. Die Etablierung von neuen Technologien ist immer mit Unsicherheiten aufgrund mangelnder Erfahrungen verbunden. Für dieses Projekt getestete Anbieter, welche auf dem deutschen Markt aktiv sind, speichern Daten auf zertifizierten Rechenzentren in der EU. Dies bedeutet das regelmäßig, umfangreiche Sicherheitstest, auch Penetrationstests genannt, stattfinden, wobei mit allen bekannten Werkzeugen absichtlich versucht wird in Systeme einzudringen, um Sicherheitslücken zu entdecken. So ist ein Mindestmaß an Datensicherheit gewährleistet. Verbunden mit der Möglichkeit der individuellen Parametrisierung und Verschlüsselung der Stammdaten mittels hKTR wird dem Risiko der unsachgemäßen Datenverwendung Rechnung getragen. Die Software von Trekker.com zielt darauf ab, jegliche Dokumentation und Kommunikation direkt vom Feld aus zu erledigen. Jeder Mitarbeiter hat ein Smartphone mit der Trecker.com App und muss jede Tätigkeit in der App

auswählen. Er kann aus allen angelegten Stammdaten seine Maschinen-Anbau-Kombination auswählen, dann werden die Zeiten und Fahrtrouten automatisch aufgezeichnet. Auch die Dokumentation der Betriebsstoffe erfolgt durch Auswahl der Mitarbeiter. Bei jeder Änderung der Tätigkeit muss eine neue Eingabe in die App erfolgen. Das enthält mögliche Fehlerquellen und kann zu ungenauen Ergebnissen führen.

365FarmNet hat ein Baukastensystem entwickelt. Hier hat der Landwirt die Wahl, wie viel er über seinen Account organisieren möchte. Grundlage ist die Installation der 365FarmNet App auf Smartphones der Mitarbeiter sowie die Ausrüstung des kompletten Maschinenparks mit Bluetooth Sendern, auch Beacons genannt. 365FarmNet vertreibt solche Sender unter dem Produktname 365ActiveBox. Die Dokumentation erfolgt dann vollautomatisch ohne die Eingabe von Daten durch Maschinenführer, wodurch sich die Genauigkeit der Datenerfassung erhöht. Der Landwirt hat die Wahl, ob er die App als Maschine, Mitarbeiter oder sonstige Eigenschaften koppeln möchte. Auch die Beacons können je nach Kundenbedarf gekoppelt sein. Das erhöht die individuelle Parametrisierung. Durch die automatische Dokumentation kann mit verschlüsselten Daten gearbeitet werden, um den Datenschutz zu erhöhen. Die Namen der Maschinen, Felder oder Mitarbeiter lassen sich durch Kostenträger und Personalnummern ersetzen. Da keine Auswahl durch die Mitarbeiter in der App erfolgen muss, können die Stammdaten verschlüsselt in das Portal eingegeben werden.

Ein weiteres Produkt ist JDLink. Die Lösung von John Deere ermöglicht es, Konfigurationen von Maschinen und Anbaugeräten zu dokumentieren. Hierbei werden auch die Arbeitseinstellungen und Betriebsstoffe miterfasst. Das kann genutzt werden, um die Verwaltung eines gesamten Betriebs in diesem Portal zu organisieren. JDLink funktioniert jedoch nur mit moderner Technik vom Hersteller John Deere. Alle analogen und Maschinen anderer Hersteller müssen vom Maschinenführer manuell in der App ausgewählt werden, wodurch sich die Präzision der Datenerfassung verringert. Die individuelle Parametrisierung ist somit stark eingeschränkt.

Farmlogs ist ein weit verbreiteter Anbieter in den USA [50]. Diese Anwendung zielt darauf ab, die komplette Verwaltung von Betrieben mit dieser Software

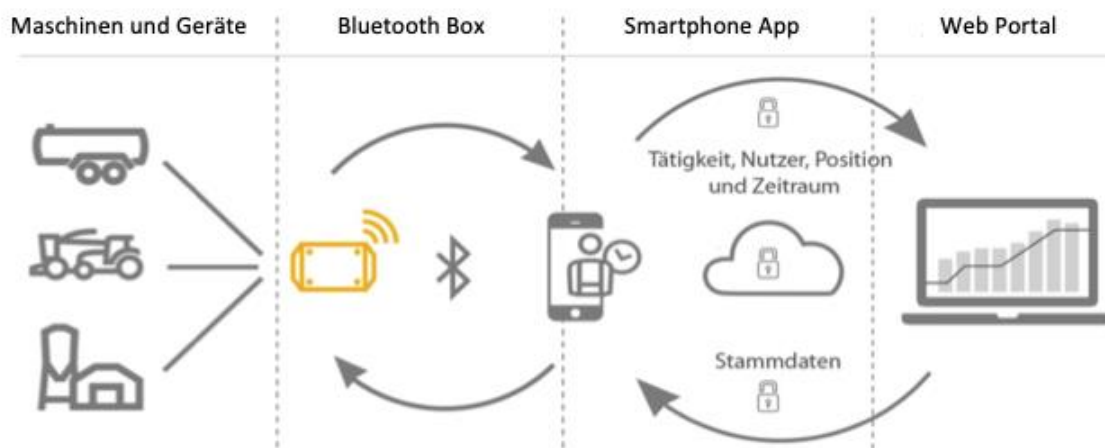
durchzuführen. Das ist für Betriebe in Deutschland mit verschiedenen Bereichen nicht vorstellbar. In einem Großbetrieb sind über 20 verschiedene Programme erforderlich um alle Produktionsprozesse ausreichend zu unterstützen und zu dokumentieren. Dies sind einerseits bereichsspezifische Programme wie Herdbuch, Sauenplaner, Ackerschlagkartei oder Düngebedarfsermittlung. Andererseits sind verwaltungstechnische Programme wie Waageprogramme, Lohnsoftware, Zeiterfassung und Finanzprogramme nötig. Zusätzlich erfordert der Gesetzgeber zur Steuerentrichtung und Gebührenberechnung weitere Programme. Diese können im europäischen Markt niemals von nur einem Programm ersetzt werden. Bei Farmlogs ist es allerdings möglich, nur die Dokumentation für die Technik zu nutzen. Dies stellt den Landwirt jedoch vor die Herausforderung, alle Tätigkeiten in einem Portal mit englischer Sprache zu organisieren. Die Grundeinstellungen sind auf das imperiale Maßsystem eingestellt, wodurch eine Anwendung in Europa nicht benutzerfreundlich ist. Das Orten der Maschinen erfolgt durch die Ortung der App des Mitarbeiters. Dieser muss vor Beginn seiner Tätigkeit die richtigen Maschinen auswählen. Das kann zu inkonsistenten Daten führen. Das Programm ermöglicht Farmern in den USA, ortsunabhängig ihre Betriebsdaten einzusehen und einen besseren Überblick zu bekommen. Es bietet dem Landwirt standortbezogene Wetterdaten und Preise von In- und Outputs.

Auch Granular ist eine sehr weit verbreitete Agrarsoftware im englischsprachigen Raum. Diese wird in den USA, Kanada, Brasilien und Australien vermarktet [51]. Für den europäischen Markt ist sie zurzeit nicht verfügbar. Granular zielt darauf ab, einen kompletten Betrieb zu organisieren. Die Software bietet für jeden Betriebsbereich eigene Lösungen an: die Organisation von Rechnungen und Zahlungsverkehr für die Finanzbuchhaltung, die Arbeitszeiterfassung und Lohnberechnung der Mitarbeiter sowie Wägung und Mengenzuordnungen zu verschiedensten Teilbereichen. Hauptbestandteil ist ein Controlling Instrument, welches jederzeit eine Kostenübersicht von ausgewählten Bereichen anbietet.

Ein großer Vorteil solcher Programme ist die übersichtliche Darstellung vielfältiger Informationen. Um eine Ablenkung durch die Programme auszuschließen, ist eine Parametrisierung der Anwendungen nach dem Wunsch des Landwirtes notwendig. Primärer Zweck ist es, den Farmern durch ständig angepasste Angebote und Beratungen eine optimale Gestaltung seiner Produktion zu ermöglichen. Durch



diese Anwendungen können Vegetationsstadien erkannt, Standorte charakterisiert, Wettervoraussagen analysiert und zu Anbau, Düngung, Pflanzenschutz oder Vermarktung beraten werden. Vor allem für Familienbetriebe stellt das eine Arbeitserleichterung dar. In großen landwirtschaftlichen Betrieben existieren hingegen schon zentrale Verarbeitungsstellen in Form von Finanz-, Material- und Lohnbuchhaltung. Diese werden bereits durch EDV-Programme komplett digital durch manuelle Eingaben gepflegt. Hier stellen die Programme für die einzelnen Bereiche stets nur Teillösungen dar, eine komplette Betriebsorganisation in einem Programm erscheint unmöglich. Daher muss vor einer Investition in solch eine Anwendung der erwartete Nutzen klar sein. Eine allumfassende Beratung für die einzelnen Unternehmensbereiche ist aus Sicht der Wahrung von Wettbewerbsvorteilen nicht ratsam.



**Abb. 2.2:** Darstellung der Funktionsweise der 365FarmNet Anwendung [52]

Für dieses Projekt kam die Software von 365FarmNet zur Anwendung, die Funktionsweise der Anwendung ist in **Abb. 2.2** schematisch dargestellt. Die vollautomatische Dokumentation verbunden mit der Möglichkeit zur Verschlüsselung der betrieblichen Daten sowie die flexible Parametrisierung und landtechnikunabhängige Datengenerierung waren dafür ausschlaggebend. Die Anwendung der 365ActiveBoxen ermöglicht es erstmals, die Erfassung der geleisteten Stunden der Geräte zu dokumentieren. Dadurch lassen sich einzelne Geräte besser vergleichen, was zu einer objektiveren Beurteilung führt. Der zeitliche Bedarf an Maschinen im Jahresverlauf kann genau analysiert werden. Auch das

Interesse von 365FarmNet an Ideen und Hinweisen zur Weiterentwicklung der Anwendung war ein entscheidender Faktor.

Durch die Ausrüstung aller selbstfahrenden Arbeitsmaschinen mit einem Smartphone auf dem die 365FarmNet Anwendung installiert ist, war es möglich Standort und Maschinenkonfiguration zu erfassen. Die Herausforderung ist, die Anbaugeräte eindeutig zu identifizieren und mit dem jeweiligen Zugfahrzeug für die Dauer des Einsatzes zu koppeln. Dabei können auf den Anbaugeräten keine Smartphones oder PCs zum Einsatz kommen, da hier Umwelteinflüsse direkt auf sie einwirken. Für diesen Einsatz sind Bluetooth Boxen geeignet. Das sind Sender, welche Bluetooth-Signale mittels eines energiesparenden Bluetooth-Protokolls abgeben. Die Reichweite der Boxen hängt stark von der Art dieser Signale und der Energieversorgung ab. Die Informationen via Bluetooth werden kontinuierlich in einem Umkreis von ca. 30 m gesendet. Sobald sich ein Smartphone mit einer kompatiblen App in diesem Bereich bewegt, kann sie das Gerät erkennen und sendet die Daten an einen zentralen Server. Wenn beispielsweise an einen Traktor ein Anbaugerät angehängt wird, erfolgt die Erkennung und Kopplung für die Dauer des Einsatzes der Maschine automatisch. Die Boxen müssen vor Einsatz auf dem Server vom Anwender der Maschine, auf der sie montiert sind, zugeordnet werden. So vermeidet man die willkürliche Kopplung mit anderen Bluetooth-Empfängern. Analoge Maschinenbestände werden so problemlos in die digitale Dokumentation einbezogen. Verbaut in Kunststoffboxen können diese Signale je nach Stromversorgung bis zu 4 Jahre gesendet werden. Die dokumentierten Zeiten der Maschinen und Geräte werden anschließend in Fahrt- und Stillstandszeiten sowie in Feldarbeit und Arbeit außerhalb von Feldern gegliedert. Registrierte Nutzer können sich einwählen und durch eine Exportfunktion die Daten weiterverarbeiten. Somit wird die Leistungsabgabe der selbstfahrenden Maschinen sowie der Anbaugeräte schlagindividuell dokumentiert.

### 3 MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Hardware

Folgende Materialien kamen zum Einsatz:

Smartphones	Alcatel Pixi 4 Zoll
	Alcatel Pixi 5 Zoll
Halterungen	Ram Mount X Grip mit Basisplatte und kurzem Arm
USB Ladegeräte	GOOBAY double USB Car charger 2,1 A
Boxen für Anbaugeräte	Euro-Gehäuse ABS 80 x 40 x 20 mm schwarz
Bluetooth Sender	MagiDeal Smart Bluetooth Tracker, Alarm Schlüsselfinder
Sim Karten	disco surf 3 GB Internetflat mit jeweils 2 Multikarten

##### 3.1.2 Daten

Grundlage dieser Untersuchung stellen die Maschinenkosten der Jahre 2015 – 2017 in der Agrargesellschaft Pfiffelbach dar. Die gesamten Maschinenkosten gliedern sich in die direkt zuzuordnenden Maschinenkosten sowie die Gemeinkosten. In dieser Untersuchung entspricht das Ergebnis der *vKST* Werkstatt den Gemeinkosten der Maschinenkosten. Die Aufgabe der Werkstatt ist es, die Maschinen und Geräte stets in einem einsatzfähigen Zustand zu halten. Der Restfertigungs-Gemeinkosten (*R-GK*) Zuschlagssatz wurde durch Division der *vKST* Werkstatt durch die Direktkosten ermittelt. Die **Abb. 3.1** zeigt die *R-GK* Zuschlagsätze.

2017	2016	2015	Ø 2015 – 2017	Jahr
1.838.838,18 €	1.824.635,03 €	1.766.533,74 €	1.812.597,84 €	Gesamte MK
1.647.932,12 €	1.624.165,21 €	1.606.064,05 €	1.626.053,79 €	Direktkosten
190.906,06 €	205.256,40 €	163.469,69 €	186.544,05 €	<i>vKST</i> Werkstatt
11,6%	12,7%	10,2%	11,5%	<i>R-GK</i> Zuschlag

**Abb. 3.1:** Darstellung der Maschinenkosten 2015 – 2017 in €

Im Durchschnitt der Jahre 2015 – 2017 beträgt der R-GK Zuschlagssatz 11,5 % der Direktkosten. Diese Größe wurde zur Kalkulation der Normalkostenstundensätze verwendet. Die Direktkosten stellen die Summe der Kosten aller hKTR dar. In **Abb. 3.2** sind exemplarisch für die Maschine mit dem hKTR 8262 die Direktkosten abgebildet. Der hKTR 8262 steht für die Maschine Fendt 936 mit dem Kennzeichen AP-C 439.

Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH

28.12.2018 11:35:19

Seite: 1

Kostenstellen- und Kostenträgerauswertung nach handelsrechtlicher Bewertung Wirtschaftsjahr 01.01.2018 - 31.12.2018 für die Monate Januar 2018 bis Dezember 2018 in EUR				
8262	Fendt 936 AP-C 439	2017	2016	2015
4880	Gasölbeihilfe	7.504,67	6.328,08	4.254,44
	Summe Erlöse	7.504,67	6.328,08	4.254,44
5476	Diesel	-32.572,05	-26.345,45	-23.863,57
5478	Schmierstoffe	-761,32	-1.147,27	-296,60
5479	AdBlue	-432,69	-380,38	-262,97
6010	Löhne	-317,68	-579,59	-278,88
6220	Afa auf Betriebsvor.,	-27.765,00	-27.765,00	-23.137,00
6402	Krafffahrzeugversicherung	-48,61	-150,18	-185,05
6449	Sonstige Abgaben		-12,61	-42,90
6462	Unterh.Maschinen u.Geräte	-3.157,97	-2.029,66	-3.282,19
	Summe Aufwendungen	-65.055,32	-58.410,14	-51.349,16
	Ergebnis Kostenträger	-57.550,65	-52.082,06	-47.094,72
	inkl R-GK 11,5 %	-58.250,36		

**Abb. 3.2:** Darstellung der Maschinenkosten 2015 – 2017 für die Maschine Fendt 936 AP-C 439 mit dem hKTR 8262

Die Maschinenkosten setzten sich aus den variablen Kosten wie Unterhaltungsaufwendungen, Treib- und Schmierstoffen sowie den Fixkosten wie beispielsweise der Absetzung für Abnutzung sowie den Versicherungen und Abgaben zusammen. Die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten der Maschine Fendt 936 AP-C 439 für die Jahre 2015 – 2017 betragen 58.250,36 €. Weiterhin wurde auf die manuell dokumentierten Stunden in diesem Zeitraum zurückgegriffen.

Aus **Abb. 3.3** geht eine durchschnittliche jährliche Maschinenlaufzeit des hKTR 8262 von 1.321,17 h/a für die Jahre 2015 – 2017 hervor. Durch Division der Maschinenkosten vom hKTR 8262 durch die Maschinenlaufzeit auf Basis der Durchschnittswerte wurde ein Plankostenverrechnungssatz von 44,09 €/h kalkuliert. Für jeden hKTR wurde ein Plankostenverrechnungssatz ermittelt.

2017	2016	2015	Ø 2015 – 2017	Jahr
1.263,25	1.505,50	1.194,75	1.321,17	Stunden

58.250,36	€	Ø Kosten
1.321,17	h	Ø Maschinenlaufzeit
44,09	€/h	Plankostenverrechnungssatz

**Abb. 3.3:** Ermittlung des Plankostenverrechnungssatzes am Beispiel der Maschine Fendt 936 AP-C 439 mit dem hKTR 8262

Weiterhin wurden, wie in **Abb. 3.4** dargestellt, die durchschnittlichen Maschinenkosten je ha für die verschiedenen Kulturarten als Kostenträger ermittelt und verwendet.

KTR Bezeichnung	EUR/ha
1101 Winterweizen	280,34
1103 Wintergerste	330,96
1111 Sommerweizen	205,75
1113 Sommergerste	320,43
1129 Erbsen	264,08
1131 Raps	276,99
1200 Kartoffeln	1.387,85
1211 Zuckerrüben	436,85
1340 Ackergras	486,43
1350 Silomais	604,84
1360 Zwischenfrucht	379,85

**Abb. 3.4:** Durchschnittliche Maschinenkosten der Jahre 2015 – 2017 je Fruchtart

### **3.2 Methoden**

Ausgangspunkt der Untersuchung war es, eine Analyse der Maschinenkosten im ackerbaulichen Produktionsprozess durchzuführen, sowie die Kalkulation zu beschleunigen und zu präzisieren. Somit ist eine Gliederung der Kosten notwendig. Da in dieser Untersuchung zwei Methoden der Kostenermittlung gegenübergestellt werden, erfordert dies eine identische Kostenverrechnung auf die Endkostenträger. Für jeden hKTR wurde die Dauer der Leistungsabgabe je KTR automatisiert und manuell über Zettel erfasst. Insgesamt wurden 11 verschiedene Kulturarten durch KTR dargestellt. Anhand dieser Werte wurden gemäß dem Einwirkprinzip die Schlüssel zur Kostenverteilung generiert. Für die automatische Dokumentation wurde die Farm Management Software 365Active von 365FarmNet gewählt. Die manuelle Dokumentation über Zettel stellte die bisherige Praxis im Unternehmen dar. Beide Verfahren wurden unabhängig voneinander für die Dauer einer kompletten Anbausaison angewendet. Diese Daten wurden parallel erhoben, um aufzuzeigen, wie die neue Technologie die betriebliche Leistungsverrechnung präzisieren und perspektivisch vereinfachen kann. Zur Qualifizierung der Unterschiede, wurden monatlich die Motorstunden aller Maschinen notiert. Für die Versuchsauswertung lagen die Daten für den Zeitraum vom 01. August 2017 bis zum 31. Dezember 2018 zugrunde. In dieser Zeit war der komplette Maschinenpark mit der notwendigen Technik ausgerüstet.

### 3.2.1 Versuchsaufbau

Um der Fragestellung, einer vergleichenden Kostenanalyse durch verschiedenen Dokumentationsformen gerecht zu werden, wurden anhand der Kostenstellenrechnung im Unternehmen hKTR eingeführt. Die nachfolgende Gliederung der Kostenverursacher spiegelt die Gliederung der Kostenerfassung im Unternehmen wieder. Für beide Dokumentationsarten wurden diese hKTR Gliederung synchron verwendet.

Maschinengruppe	27 Einzelmaschinen
Mähdrescher <b>8541</b>	Mähdrescher <b>1</b> Mähdrescher <b>2</b> Mähdrescher <b>3</b> Mähdrescher <b>4</b> Mähdrescher <b>5</b> Mähdrescher <b>6</b>
21 selbstfahrende Arbeitsmaschinen <b>XXXX</b>	Traktor <b>1 8264</b> : Traktor <b>21 8520</b>

**Abb. 3.5:** Schematische Darstellung der Gliederung der Maschinen Hilfskostenträger

Die **Abb. 3.5** zeigt die Gliederung der Maschinen in der Untersuchung. Insgesamt wurden 27 Einzelmaschinen eingesetzt. Jede Maschine stellt einen hKTR dar. Die hKTR der Mähdrescher wurden durch eine 5-stellige Zahl verschlüsselt. Die ersten 4 Ziffern, 8541 stehen für die Gruppe der Mähdrescher die letzte Ziffer identifiziert die Einzelmaschine, insgesamt kamen 6 Mähdrescher zum Einsatz. Die übrigen 21 Maschinen wurden durch 4-stellige hKTR charakterisiert und stellen 19 Traktoren, eine selbstfahrende Pflanzenschutzspritze sowie ein Feldhäcksler dar.

Die Erfassung der Einsatzzeiten der Geräte erfolgt aufgrund der Vielzahl der Einzelgeräte in Gruppen.

5 Tätigkeiten	19 Gerätegruppen	94 Einzelgeräte
Bodenbearbeitung	Pflüge <b>7100</b>	Pflug <b>01</b> Pflug <b>02</b> Pflug <b>03</b> Pflug <b>04</b> Pflug <b>05</b> Pflug <b>06</b> Pflug <b>07</b>
	Eggen <b>7200</b>	Egge <b>01</b> ⋮ Egge <b>17</b>
	Saatbett <b>7210</b>	Saatbett <b>01</b> ⋮ Saatbett <b>05</b>

**Abb. 3.6:** Schematische Darstellung der Gliederung der Geräte Hilfskostenträger

Die **Abb. 3.6** zeigt die hKTR der Geräte. Während des Projekts kamen 94 Einzelgeräte zum Einsatz. Jedes Gerät wurde durch einen 6-stelligen hKTR identifiziert. Die ersten 4 Stellen der hKTR charakterisieren die Gruppenzugehörigkeit des Gerätes. Die letzten 2 Stellen sind zur Identifikation des Einzelgerätes notwendig. Dadurch entstehen 19 Gerätegruppen. Die Anzahl der Geräte je Gruppe variierte zwischen 1 und 32. In der Gruppe Transport sind die meisten Einzelgeräten vertreten, die Gruppe „Kartoffelernte“ beinhaltet dagegen nur den Siebkettenroder. Die so erzeugten Gerätegruppen sind in die 5 Tätigkeiten Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflege, Sonstige und Kartoffelgeräte zusammengefasst.

283 Felder	Jahreszuordnung	11 Fruchtarten
Feld 1	Berichtsjahr 1 Folgejahr 2	Winterweizen <b>101</b>
⋮		Wintergerste <b>201</b>
Feld 283		⋮
		Fruchtart 11 <b>360</b>

**Abb. 3.7:** Schematische Darstellung der Gliederung der Endkostenträger



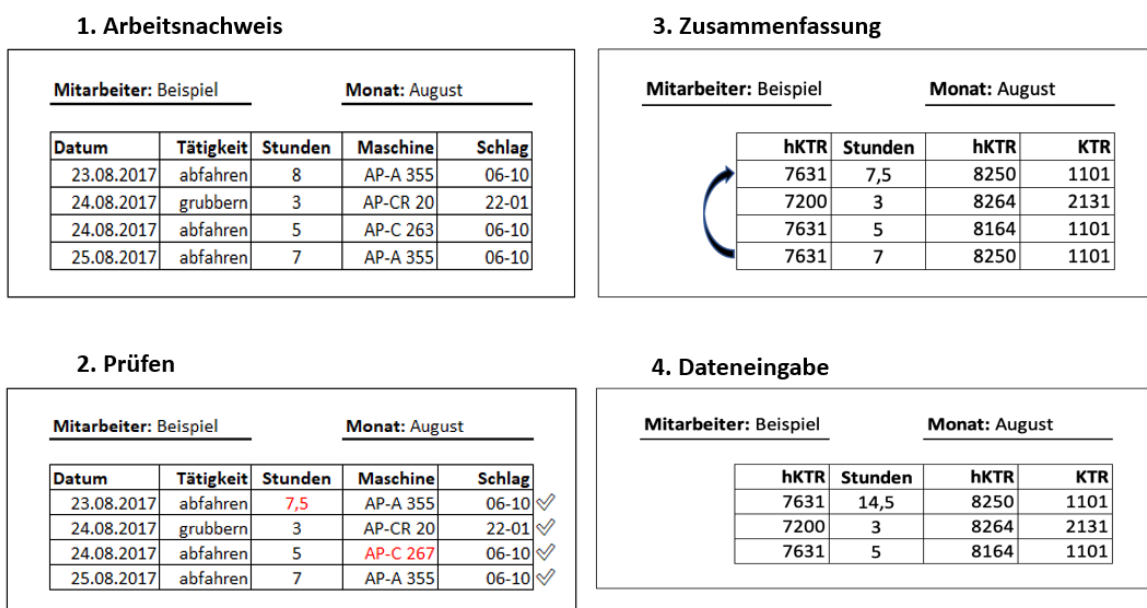
Anhand einer Gliederung der Kostenverursacher ist eine präzise Kostenermittlung möglich. Um die angefallenen Kosten auf die Endkostenträger umzulegen wird auch hierbei eine einheitliche Vorgehensweise umgesetzt. Die **Abb. 3.7** zeigt die verwendete Gliederung der Endkostenträger. In diesem Projekt wurden 11 Fruchtarten angebaut. Für jede Fruchtart wurde zur Identifikation ein 3-stelliger KTR verwendet. Ein Sonderfall im Ackerbau sind die unterschiedlichen Produktionszeiträume der Kostenträger sowie die zeitliche Abgrenzung der Produktionszyklen zur jährlichen Abgrenzung im Jahresabschluss. Um die Kosten möglichst präzise nach dem Einwirkprinzip verrechnen zu können, wurden alle Kostenträger nochmals untergliedert. Wenn sich die Kosten auf einen Kostenträger bezog, welcher in diesem Jahr fertiggestellt wurde (Ernte im Berichtsjahr), beginnt dieser mit einer 1. Dies ist beispielsweise bei den Erntekosten der Fall. Sind die Kosten eine Vorleistung und die Fertigstellung erfolgt im Folgejahr, dann beginnt der Kostenträger mit einer 2. Beispielsweise stellt die Aussaat des Winterweizen Kosten für das Produkt Winterweizen im Folgejahr, jedoch die Ernte Kosten im Berichtsjahr dar. Um die Kostenträger periodengerecht zu kalkulieren, erfolgt am Jahresende die Summierung der Kostenträger vom Vorjahr, welche mit 2 beginnen und der Kostenträger vom Berichtsjahr, welche mit einer 1 beginnen. Kostenträger vom Berichtsjahr beginnend mit der Ziffer 2 werden für das Folgejahr vorgetragen.

Die räumliche Abgrenzung der Fruchtarten erfolgt über die Zuordnung zu den Feldern. Insgesamt waren 283 Felder in der betrachteten Periode vorhanden. Sollten mehrere Früchte auf einem Feld angebaut werden, wird das Feld in Unterschlüge getrennt. Nach der Ernte erfolgt die zeitliche Abgrenzung der Fruchtarten. Dabei stellt die Grundbodenbearbeitung jeweils die ersten Kosten der folgenden Fruchtart dar.

### 3.2.2 Manuelle Dokumentation

Bisher wurden die Schlüssel zur Kostenverteilung aus den manuellen Arbeitsnachweisen der Mitarbeiter generiert. Dieses Verfahren ist in **Abb. 3.8** dargestellt und basiert auf der Aufzeichnung der Beschäftigten. Jeder Maschinenführer muss monatlich seinen Arbeitsnachweis erbringen. Das erfolgt in Form einer Tabelle. Dies ist in **Abb. 3.8 1.** Arbeitsnachweis dargestellt. Darin werden Datum, Tätigkeit, Dauer, verwendete Maschinen sowie Fruchtart bzw. der Schlag,

auf dem gearbeitet wurde, notiert. Diese Nachweise werden vom zuständigen Einsatzleiter auf fachliche Korrektheit geprüft und ggf. korrigiert. Beispielhaft ist dies in der Abb. 3.8 unter 2. Prüfen dargestellt. Falls eine falsche Angabe gemacht wurde wird diese korrigiert, siehe rote Schrift. Anschließend erfolgt die Plausibilitätsprüfung der täglichen Arbeitszeiten durch Abgleich in der Lohnbuchhaltung mit der digitalen Zeiterfassung. Auch hierbei wurden Abweichungen mit roter Schrift korrigiert.



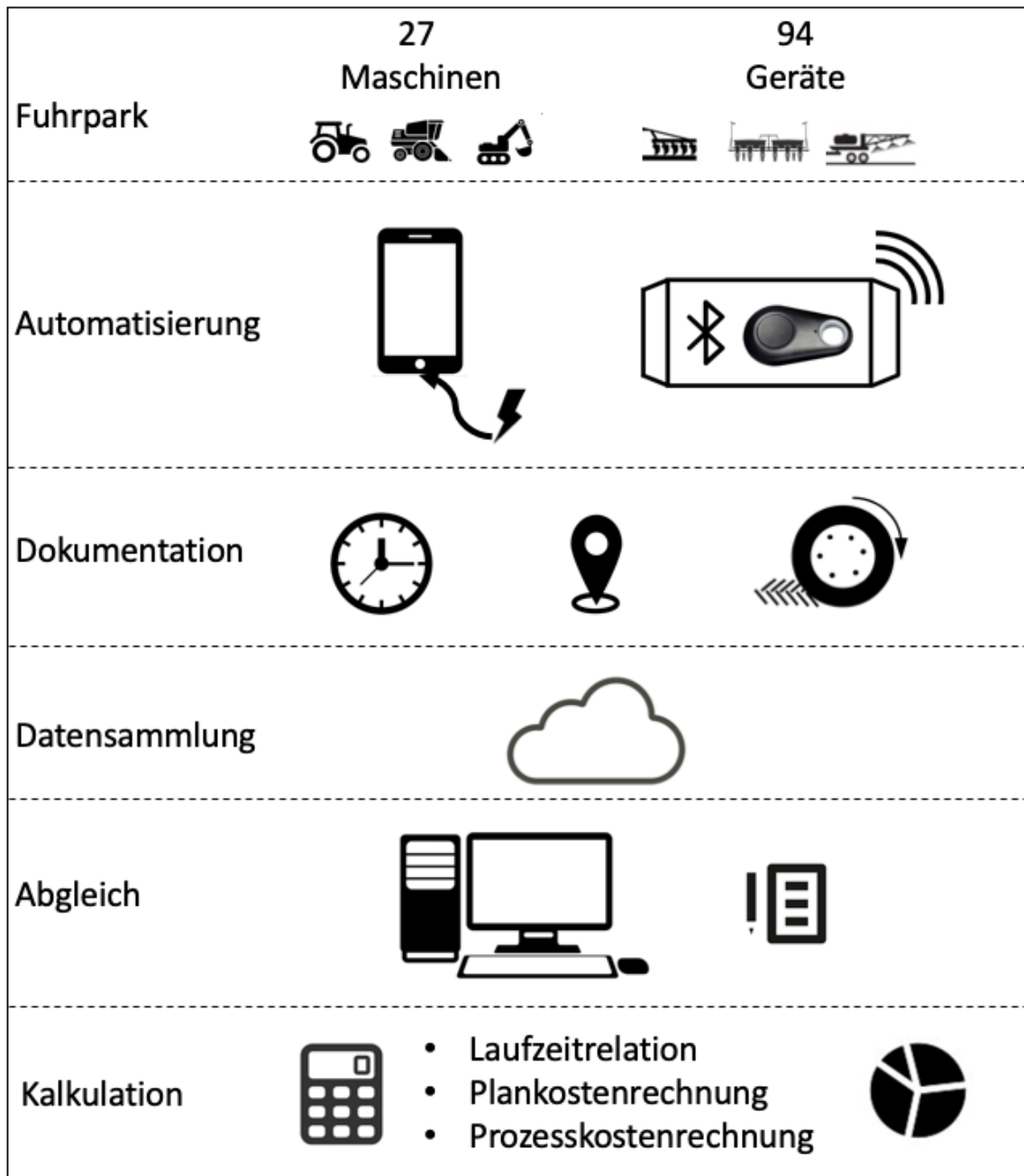
**Abb. 3.8:** Manuelle Dokumentation der Maschinennutzung mit Prüfung und Dateneingabe

Nachdem alle Angaben verifiziert wurden, erfolgt die Substitution der verwendeten Maschinen durch die hKTR. Beispielsweise wurde am 23.08.2017 die Maschine mit dem Kennzeichen AP-A 355 genutzt. Die Maschine wird durch den hKTR 8250 ersetzt. Anhand der aufgezeichneten Tätigkeiten wird die Arbeitsart abgeleitet. Diese kodieren jeweils eine Gruppe von Anbaugeräten. Das Abfahren steht beispielsweise für die Gruppe Anhänger und wird durch den hKTR 7631 abgebildet. Abschließend wird der KTR anhand des Anbauplans und Ort der Tätigkeit definiert, im Beispiel wurde auf dem Feld 06-10 gearbeitet. Laut Anbauplan wurde in dem Berichtsjahr dort Weizen angebaut. Dieser hat die KTR-Nummer 1101. Nachfolgend wurden die geleisteten Stunden, wie in Abb. 3.8 Punkt 3. Zusammenfassung dargestellt, bei identischer Struktur der hKTR und KTR addiert. Somit wird für jeden Mitarbeiter eine Tabelle mit den Spalten hKTR Geräte, Arbeitsstunden, hKTR

Maschinen und KTR erzeugt. Die KTR-Gliederung der Arbeitsnachweise erfolgt handschriftlich für jede Zeile der Arbeitsnachweise und wird anschließend in ein Datenbankprogramm eingegeben. Aus diesem Programm können dann die benötigten Listen kumuliert je hKTR exportiert werden. Auf diese Weise wird die Ist-Leistungsabgabe nach manueller Dokumentation ermittelt. Die Präzision dieser Daten richtet sich stets nach der Qualität der Aufzeichnungen. Auch die Umgliederung der Arbeitsnachweise unterliegt einer teils subjektiven Sicht des ausführenden Mitarbeiters.

### 3.2.3 Automatische Dokumentation

Um automatisch die Maschinen- sowie Gerätelaufzeiten räumlich und zeitlich zu dokumentieren muss der Fuhrpark mit entsprechender Technik ausgerüstet werden. Die **Abb. 3.9** zeigt den Aufbau der automatischen Dokumentation in der Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH. Der Fuhrpark besteht aus 27 Maschinen und 94 Geräten. In jeder Maschine wurde ein Smartphone mit Datensimkarte fest eingebaut und per USB Ladekabel permanent an das Bordnetz der Maschine angebunden. Durch Betätigung der Zündung wurde die Stromversorgung gestartet. Die Anwendung wurde so programmiert, dass bei Stromversorgung die Dokumentation aktiviert wird. Somit konnten die geleisteten Stunden dokumentiert werden. Jedes Anbaugerät erhielt eine Box mit einem Bluetooth Signalgeber, welcher von den Smartphones bei Annäherung erkannt wird. Wenn die Maschine im Einsatz war, wurde durch Starten der Zündung die Dokumentation in der App gestartet. Die App erkennt die Bluetooth Signale in der Umgebung. Somit kann das zugehörige Gerät identifiziert werden. Diese Daten werden in Echtzeit an einen Server gesandt. Dort werden die Zeiten in Stand- und Fahrtzeiten innerhalb und außerhalb der Felder für die Maschine sowie das gekoppelte Gerät untergliedert. Die Feldgrenzen wurden in Vorfeld auf den Server hochgeladen. Somit erfolgte die Zuordnung zu den Feldern. Damit ist es möglich die Maschinen und Geräte in Echtzeit auf einer Karte zu verfolgen. Am Monatsende erfolgte zur Präzisionskontrolle ein manueller Abgleich der mit dem Betriebsstundenzähler auf den Maschinen erfassten Motorstunden mit den automatisch dokumentierten Stunden der Maschinen.



**Abb. 3.9:** Darstellung der automatischen Dokumentation

Stichprobenartig erfolgte die Kontrolle, ob die detektierten Bluetooth Boxen auf den Geräten durch die APP den richtigen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen zugeordnet wurde. Im Ergebnis wurde eine Tabelle für jede Maschine mit Startzeit, Endzeit, Feld, Gerät, Fahrtzeit und Standzeit als Tabellenkopf ausgegeben. Bei jedem Start der Dokumentation, Wechsel des Feldes oder Detektion eines neuen Gerätes wurde eine neue Zeile in der Tabelle mit den jeweiligen Zeiten generiert.

Nach Abgleich und Plausibilitätsprüfung dieser Daten erfolgte die Weiterverarbeitung zu Laufzeitrelationen, welche die Nutzung der Maschinen in Stunden, nach Abhängigkeit des Ortes und der Bewegung charakterisieren. Anschließend wird eine Plan- und Prozesskostenrechnung generiert.

In diesem Projekt wurde in Zusammenarbeit mit 365FarmNet ein 365FarmNet Account erstellt. Alle Maschinen bekam ein fest verbautes Smartphone, worauf die 365FarmNet App installiert war. Jede Zugmaschine wurde per App mit dem Account verbunden. Zu ihrer Identifikation kamen 4-stellige Hilfskostenträger zur Anwendung. Die Identifikation der Mähdrescher wurde durch einen 5-stelligen hKTR gelöst. Um dem Maschinenführer eine visuelle Identifikation zu ermöglichen, wurde als Bildschirmhintergrund der Smartphones die Maschinenbezeichnung sowie das Kennzeichen eingefügt, wie beispielhaft in **Abb. 3.10 a)** dargestellt.



**Abb. 3.10:** Darstellung des Versuchsaufbaus in der Agrargesellschaft Piffelbach mbH

- a) Hintergrundes eines Smartphones zur visuellen Maschinenidentifikation.
- b) Darstellung der Bluetooth Schlüsselfinder (rechts) und der Schutzgehäuse (links)
- c) Geräteidentifikation auf dem Smartphone durch Bezeichnung
- d) App Oberfläche nach Erkennung von Anbaugerät
- e) Montage des Smartphones in der Fahrerkabine

Alle Anbaugeräte wurden mit einer selbst gebauten Bluetooth Box ausgerüstet. Durch die wasserdichte Verpackung von Bluetooth Schlüsselfindern in einem Plastikgehäuse konnten Kosten gesenkt und die Reichweite der Boxen eingeschränkt werden. Das verwendete Material ist in Abb. 3.10 b) zu erkennen.

Die einzelnen Bluetooth Boxen wurden anhand ihrer MAC Adresse identifiziert und auf dem Server, mittels Zugang über den Farmnet Account, dort mit dem jeweiligen Hilfskostenträger gekoppelt. Die Feldgrenzen wurden mittels Shape Dateien auf den Server hochgeladen. Die Maschinenführer mussten den App-Start überwachen und auf Fehler hinweisen. Um die Detektion der Active Boxen visuell zu kontrollieren, wurde für jedes Gerät ein Bild zur Identifikation, wie in Abb. 3.10 c) dargestellt, auf den 365Farmnet Server geladen. Abb. 3.10 d) zeigt die Darstellung des Bildes nach Bluetooth-Detektion durch die App. Der Maschinenführer erkennt die Position seiner Maschine auf der Karte sowie das gekoppelte Gerät unten im Display. Die Smartphones verblieben während der gesamten Zeit in den Fahrerkabinen und wie in Abb. 3.10 e) gezeigt, permanent mit einem USB Kabel verbunden. Mit Einschalten der Zündung wurde das Smartphone geladen, dadurch aktivierte sich die App selbständig und das Trecking begann. Falls keine Box gefunden wurde, erfolgte ein automatischer Bluetooth Neustart, um sicherzustellen, dass am Smartphone das Bluetooth aktiv ist.

#### 3.2.4 Weiterverarbeitung der App Daten zur Kostenberechnung

Wie bei der manuellen Datenerfassung wurde monatlich auch die automatische Dokumentation geprüft und Tabellen zur Techniknutzung erstellt. Ausgangspunkt zur Weiterverarbeitung der automatisierten Datenerfassung waren die Exporte aus dem Portal. Daraus erfolgte die Gliederung der dokumentierten Stunden je hKTR in Stand- und Fahrtzeiten innerhalb und außerhalb der Felder. Anhand dieser Daten konnten die Maschinenlaufzeiten dargestellt werden. Nachfolgend wurde der aktuelle Anbauplan mit diesen Daten verknüpft. Je Datensatz wurde jeweils eine Spalte für die Kulturart im Anbaujahr und im Folgejahr erzeugt. Dadurch wurden je Schlag 2 Kostenträger erzeugt. Anhand des Monats, Maschinentyps und Anbaugerätes wurde festgelegt, welcher dieser Kostenträger belastet wird. Dies erfolgte für jeden Datensatz eines Monats. Wenn kein Schlag dokumentiert wurde, erfolgte die Festlegung des zu belasteten Kostenträgers nach Anbaugerät, Zeitpunkt und Aufenthaltsort der Maschinen. Um diesen Prozess zu automatisieren erfolgte die Anlegung von Verkehrsflächen im Portal. Es wurden die Getreidelager, Futtersilos, Güllelager, Stallanlagen sowie Werkstatt- und Garagenbereiche hinzugefügt. Die Aggregation der hKTR zu Gruppen erfolgte durch die Verwendung der ersten 4 Ziffern. Somit wurden durch die automatisch generierte Dokumentation,

ebenfalls monatlich Tabellen mit dem Kopf hKTR Anbaugeräte, hKTR selbstfahrende Maschinen, Stunden und KTR analog der manuellen Dokumentation geschaffen.

### 3.2.5 Ermittlung der Kostenabweichungen – Plankostenrechnung

Im Rechnungswesen wird der Vergleich von geplanten und tatsächlich angefallenen Kosten durch die Anwendung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis gelöst. In der vorliegenden Arbeit erfolgte dies auf Ebene der Maschinenkosten in zwei Schritten. Im ersten Schritt erfolgte die Plankostenrechnung in Gesamtheit aller Maschinen. Diese Berechnung beruht auf einem Maschinenstundensatz, welcher den Durchschnitt aller Maschinen im Kalenderjahr 2018 ausdrückt. Um die Präzision zu erhöhen, erfolgte anschließend für jeden einzelnen hKTR für das Kalenderjahr 2018 eine Plankostenrechnung sowie die Aufsummierung dieser Ergebnisse. **Abb. 3.11** zeigt die Vorgehensweise zur Berechnung der Kostenabweichungen.

Plankosten	$K_{Plan} = K_{fPlan} + (k_{vPlan} * X_{Plan})$
Plankostenverrechnungssatz	$k_{Plan} = K_{Plan} : X_{Plan}$
Verrechnete Plankosten	$K_{verr} = k_{Plan} * X$
Sollkosten	$K_{Soll} = K_{fPlan} + (k_{vPlan} * X)$
Istkosten	$K_{ist}$

$$VA = K_{ist} - K_{Soll}$$

$$BA = K_{Soll} - K_{verr}$$

$$GA = VA + BA$$

**Abb. 3.11:** Formeln zur Ermittlung der Kostenabweichung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenebene [53]

Ausgangspunkt dieser Kalkulation sind die Plankosten  $K_{Plan}$ . Um durch eine Vorkalkulation  $K_{Plan}$  zu ermitteln ist es erforderlich, auf Werte aus der Vergangenheit zurückzugreifen. Die planmäßigen variablen Stückkosten  $k_{vPlan}$ , die planmäßige Leistungsabgabe  $x_{Plan}$ , sowie die planmäßigen fixen Kosten  $K_{fPlan}$  wurden in dieser Untersuchung aus dem Mittel der Jahre 2015 – 2017 gebildet. Somit konnten die  $K_{Plan}$  erzeugt werden. Diese stellen die methodisch im Voraus kalkulierten Selbstkosten bei planmäßiger Leistungsabgabe dar. Die Einheit der Leistungsabgabe in diesem Projekt sind die geleisteten Stunden. Durch Division der  $K_{Plan}$  durch die  $x_{Plan}$  wird der Plankostenverrechnungssatz  $k_{Plan}$  hergeleitet. Dieser drückt die Kosten je Stunde der hKTR aus, welche bei planmäßiger Leistungsabgabe anfallen. Wird der  $k_{Plan}$  mit der tatsächlichen Leistungsabgabe  $x$  dieser Periode multipliziert, ergeben sich die verrechneten Plankosten  $K_{verr}$ . Die  $K_{verr}$  repräsentieren die Kosten je hKTR bei der Leistungsabgabe  $x$ .

In einem weiteren Schritt werden Sollkosten  $K_{Soll}$  durch Addition der  $K_{fPlan}$  mit dem Produkt aus  $k_{vPlan}$  und  $x$  erzeugt. Dabei handelt es sich um die Sollkosten, die bei Leistungsabgabe üblicherweise anfallen sollten. Nach dem Ablauf der betrachteten Periode werden die tatsächlich angefallenen Kosten ermittelt. Diese stellen die Istkosten  $K_{Ist}$  dar und dienen zur Nachkalkulation sowie zur exakten Bestimmung des Betriebsergebnisses.

Weiterführend kennzeichnet sich die flexible Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis durch Subtraktion der  $K_{Soll}$  von den  $K_{Ist}$ , um die Verbrauchsabweichung VA zu bestimmen. Durch Subtraktion der  $K_{verr}$  von den  $K_{Soll}$  erhält man die Beschäftigungsabweichung BA. Die Summe aus VA und BA stellt die Gesamtabweichung GA dar. Die Ermittlung der GA hat für die Kostenstellenrechnung eine hohe Bedeutung, da sie die VA und BA wiedergibt.

Die variable Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis ermittelt die Kostenabweichungen der hKTR. Um die Maschinenkosten je Fruchtart (Endkostenträger) zu generieren, sind weitere Kalkulationen erforderlich.

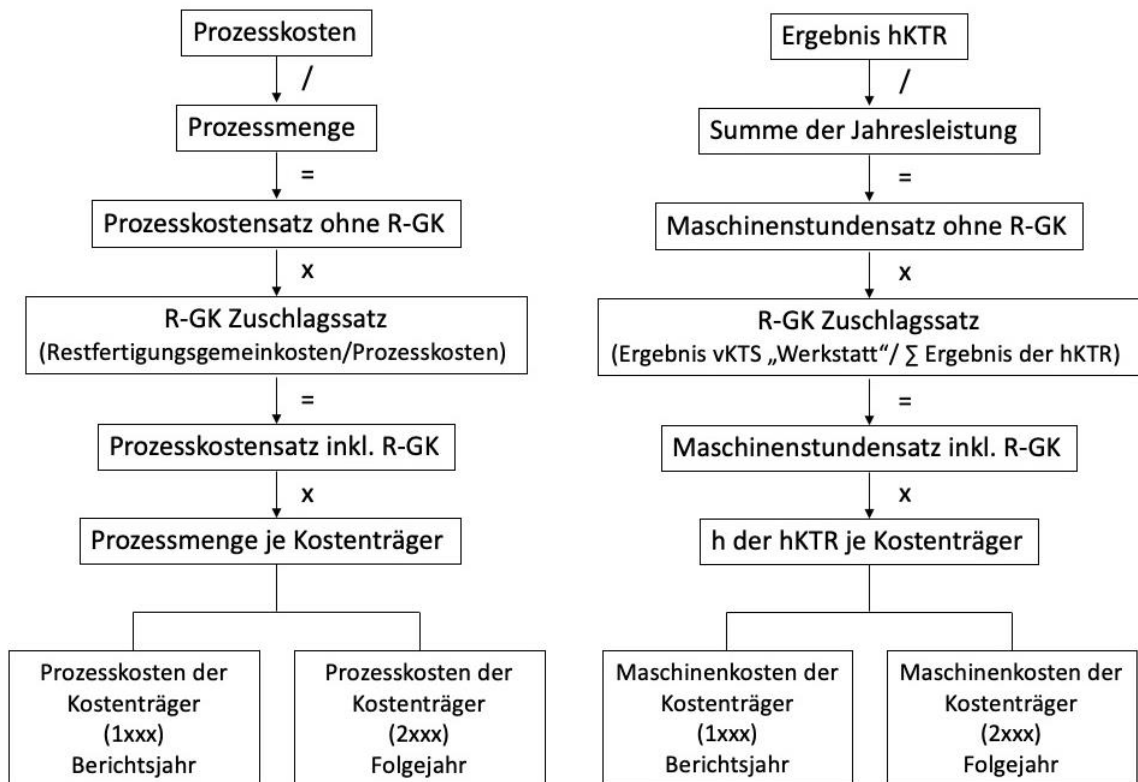
### 3.2.6 Ermittlung der Kostendeckung mittels Prozesskostenrechnung

Durch die Anwendung einer Prozesskostenrechnung in Form einer Zuschlagskalkulation mit Maschinenstundensätzen werden die Maschinenkosten je



KTR analysiert. Dazu ist eine dreistufige Kalkulation notwendig. Vor der Aussaat erfolgt eine Vorkalkulation zur Planung der Maschinenkosten je Fruchtart. Die Plankosten  $PK$  in €/ha je KTR wurden anhand des durchschnittlichen Wertes der Jahre 2015 – 2017 generiert. Die gesamten Plankosten je Fruchtart wurden dann durch Multiplikation der  $PK$  mit dem aktuellem Anbauumfang  $U$  erzeugt. Diese stellen die üblicherweise bei diesem Anbauumfang anfallenden Maschinenkosten dieses KTR dar.

Die Nachkalkulation erfolgte nach dem in **Abb. 3.12** dargestellten Schema. Links ist der allgemeine Aufbau der Prozesskostenrechnung zu sehen. Zu Beginn wurden die Prozesskosten durch die Prozessmenge dividiert. Daraus resultierte der Prozesskostensatz. Der Quotient aus den Restfertigungsgemeinkosten (R-GK) und den Prozesskosten ergibt den Restfertigungsgemeinkosten-Zuschlagssatz. Durch Multiplikation mit dem Prozesskostensatz wurde der Prozesskostensatz inkl. Restfertigungsgemeinkosten erzeugt. Anhand der Dokumentation der abgegebenen Prozessmengen je Kostenträger konnten durch deren Multiplikation mit dem Prozesskostensatz die Prozesskosten je KTR kalkuliert werden.



**Abb. 3.12:** Kalkulationsschema der Prozesskostenrechnung zur Maschinenkostenverteilung;  
links: Allgemeines Schema der Prozesskostenrechnung [53],  
rechts: Ablauf der Prozesskostenrechnung in der Agrargesellschaft Pfiffelbach mbH

In dieser Untersuchung wurde das Kalkulationsschema aus Abb. 3.12 rechts für alle hKTR einzeln durchgeführt. Im Kapitel 3.1.2 *Daten* ist dieses Kalkulationsschema für die Maschine Fendt 936 mit dem hKTR 8262 auf Basis der durchschnittlichen Kosten und Laufzeit exemplarisch gerechnet. Die Wahrung der Betriebsbereitschaft der Hilfskostenträger war die Aufgabe der Werkstatt. Diese Kosten wurden in einer Vorkostenstelle (vKST) gesammelt und stellen die Restfertigungsgemeinkosten dar. Mittels Division der R-GK durch die Summe der Ergebnisse der hKTR wurde ein einheitlicher R-GK Zuschlagssatz für die hKTR - Stundensätze generiert.

Im zweiten Schritt wurde eine Zwischenkalkulation durch eine Normal-Stundensatz Rechnung inkl. R-GK Zuschlagssatz anhand der Ist-Stunden für jeden Monat durchgeführt. Die Normalkosten drücken die Kosten aus, welche üblicherweise bei dieser Intensität der Maschinennutzung je KTR anfallen sollten. Die Normal-Stundensätze inkl. R-GK Zuschlagssatz wurden aus dem Durchschnitt der Ist-

Stundensätze der Jahre 2015 bis 2017 hergeleitet. Nach Erfassung der gesamten Jahresleistung erfolgte im 3. Schritt die Nachkalkulation durch eine Ist-Stundensatzrechnung inkl. R-GK Zuschlagssatz anhand der Ist-Stunden für jeden Monat. Abschließend wurden die Kosten der Herbstarbeiten, mit denen der Frühjahrsarbeiten jedes Kostenträgers addiert. Ergebnis dieser Vorgehensweise sind Plan-, Normal- und Ist-Kostenberechnungen jedes KTR. Daraus konnten die Kostenabweichungen abgeleitet werden [54]. Eine Kostenunterdeckung liegt vor, wenn die Normalkosten geringer als die Ist-Kosten sind. Dies bedeutet, es wurde schlechter gewirtschaftet als geplant. Liegen die Normal-Kosten über den Ist-Kosten, spricht man von Kostenüberdeckung, es wurde ökonomischer gewirtschaftet als geplant.

## 4 ERGEBNISSE

Die Datenerhebung für dieses Projekt erfolgte in dem Zeitraum vom 01.07.2017 – 31.12.2018. Es wurden für 27 Maschinen und 94 Geräte die Maschinenlaufzeiten dokumentiert. Es erfolgte eine manuelle und eine automatische Dokumentation. Wie in **Abb. 4.1** dargestellt, wurden durch die automatische Erfassung 53.073 h Einsatzstunden dokumentiert.

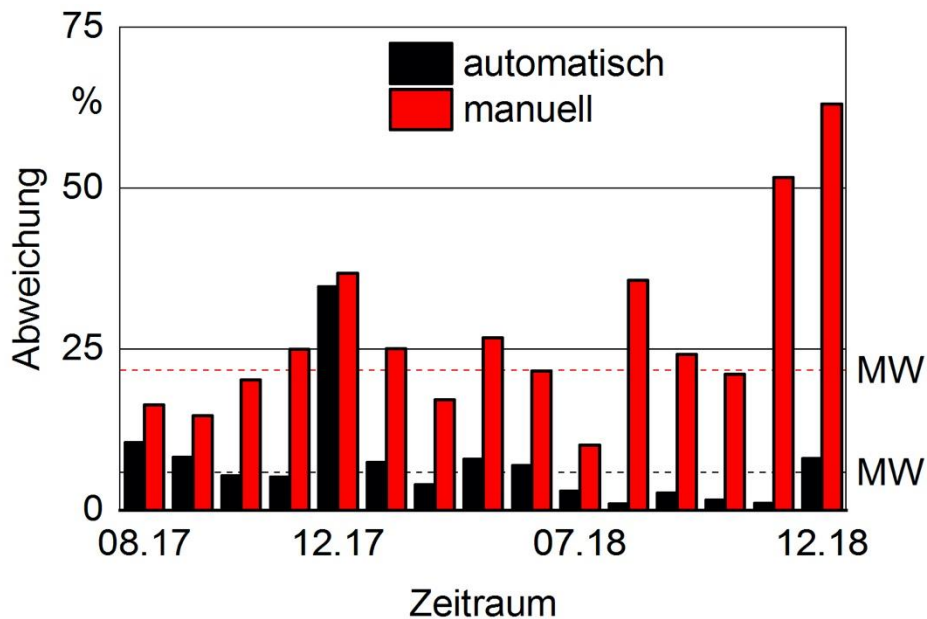
	automatische Dokumentation	manuelle Dokumentation	Motor h
Maschinen	29.195	30.478	30.591
Geräte	23.878	25.673	
Gesamt	<b>50.073</b>	<b>56.151</b>	

**Abb. 4.1:** Anzahl der dokumentierten Stunden im Zeitraum vom 01.08.2017 – 31.12.2018

Die manuelle Erfassung der Laufzeiten dokumentierte 56.151 Stunden. Da alle Maschinen mit einem Betriebsstundenzähler ausgestattet waren erfolgte die Dokumentation der Motorstunden als Vergleichswert.

### 4.1 Präzision der Datenerfassung

Zu Beginn der Untersuchungen erfolgte die Überprüfung der Dokumentationsarten. Je selbstfahrendem hKTR wurde monatlich der Abgleich der tatsächlich geleisteten Motorstunden mit den erfassten Stunden durchgeführt. **Abb. 4.2** zeigt die Abweichung der automatischen Dokumentation durch eine Anwendung auf den Smartphones sowie die Abweichung der manuellen Dokumentation. Die Abweichung kann durch geringere oder höhere Dokumentation der Stunden im Vergleich zu den geleisteten Stunden erfolgen. Zur Berücksichtigung von negativen Abweichungen, wurde immer mit dem Betrag der monatlichen Abweichungen gearbeitet.



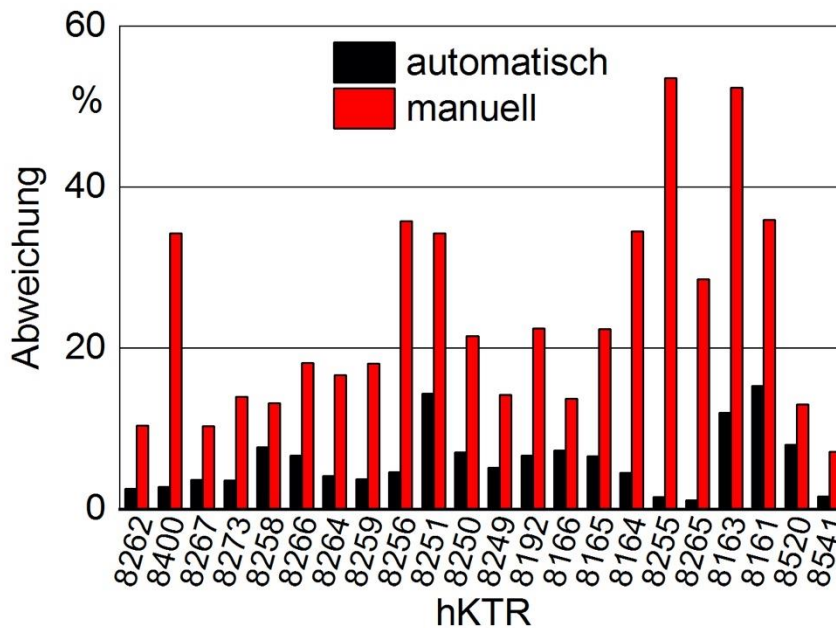
**Abb. 4.2:** Betrag der monatlichen Abweichung und Mittelwerte der Stundenerfassung im Untersuchungszeitraum aller Maschinen

Die gesamte Abweichung der Motorstundenerfassung durch die automatische Dokumentation liegt bei 6 %. Zu Beginn der Versuchsreihe zeigte sich eine deutlich schlechtere Datenerfassung durch die Automatisierung der Dokumentation, welche jedoch bis November 2017 stetig besser wurde. Der Dezember 2017 stellt den Monat mit der größten Abweichung dar. Hier sind 35 % der geleisteten Stunden nicht korrekt durch die Anwendung dokumentiert. Mit Beginn der Feldarbeiten im März erfolgte die Dokumentation bis Juni 2018 unter leichten Schwankungen mit 6 % Abweichung. Zwischen Juli 2018 und November 2018 konnten die besten Ergebnisse erzielt werden. Abweichungen von deutlich unter 6 % wurden hier erreicht. Im Dezember 2018 ist wieder eine erhöhte Abweichung von 10 % zu verzeichnen. Dagegen ist die Abweichung der Stundenerfassung nach der manuellen Methode um 16 % höher, sie liegt im Mittel bei 22 %. Auffällig sind große monatliche Unterschiede. Der geringste Wert von 10 % wird im Juli 2018 erzielt. Der schlechteste im Dezember 2018 mit 64 %. Mit Ausnahme des Monats August 2018, mit 36 % nicht korrekt erfasster Stunden, ist eine bessere Datenerfassung im Sommer als im Winter zu erkennen. In jedem Monat weist die automatische Dokumentation, bezogen auf die manuelle Erfassung der Motorstunden eine geringere Abweichung auf.

Die erhöhte Abweichung im August 2017 sowie die kontinuierliche Verbesserung bis November 2017 drückt den verbesserten Umgang der neu eingeführten Technik durch die Anwender aus. Die erhöhten Werte im Dezember 2017 und 2018 sind einerseits durch den nur kurzfristigen Gebrauch der Maschinen sowie der geringen Anzahl geleisteter Motorstunden begründet. Durch unregelmäßige Einsätze und die kalten Temperaturen im Winter war der Akku oftmals nicht ausreichend geladen, um nach Stromversorgung sofort zu starten oder nach Pausen die Dokumentation wiederaufzunehmen. Daraus resultierte eine zu geringe Dokumentation der geleisteten Arbeitsstunden. Der Zeitraum Januar 2018 bis Juni 2018 ist durch eine präzise Datenerfassung gekennzeichnet, die Technik war korrekt installiert und die Anwender haben Störungen zügig erkannt und behoben. Die sehr gute Maschinenstundenerfassung der automatischen Dokumentation vom Juli 2018 bis November 2018 spiegelt die bessere Funktion der APP Version 1.4.1 zur Version 1.13.17 wieder. Diese wurde am 30.06.2018 auf allen Smartphones installiert. Das Starten und Beenden des Treckings erfolgten nun zuverlässiger. In der App Version 1.13.17 wurde das Trecking bei Stromunterbrechung gelegentlich nicht beendet. Dies führte zur Dokumentation von Standzeiten obwohl die Maschinen aus waren. Weiterhin wurden alle Anwender vor der Erntesaison nochmal mit dem neuen System vertraut gemacht. Die leichte Erhöhung der Abweichung im Dezember 2018 stellt dennoch eine deutliche Verbesserung in Bezug auf den Vorjahreswert im Dezember 2017 dar. Die kalten Temperaturen sowie kurze und unregelmäßige Einsatzzeiten wirkten auch hier ungünstig auf die präzise Datenerfassung ein.

Die manuelle Dokumentation zeigt stark unterschiedlichen Abweichungen. Das drückt die schwankende Qualität der Arbeitsnachweise sowie der weiteren Datenverarbeitung aus. Im Gegensatz zur automatischen Maschinenstundendokumentation per App erfolgte meist eine höhere Erfassung der Einsatzzeiten durch manuelle Verarbeitung. Die präzisere Dokumentation in den Sommermonaten war durch eine höhere Anzahl an Mitarbeitern und eine intensivere Maschinennutzung begründet. Bei der Ableitung der Einsatzstunden je hKTR von den Arbeitsnachweisen konnte es zu Aufsummierungen von zu wenig und zu viel erfassten Stunden innerhalb eines Monats kommen. Leistete eine Maschine beispielweise an 2 Tagen jeweils 6 Stunden, kam es vor, dass an einem Tag nur 5 und am anderen Tag 7 Stunden manuell dokumentiert wurden. Am

Monatsende wurden somit 12 h erfasst. Jedoch war hierbei eine inkorrekte Zuordnung zu den KTR die Konsequenz. Dieser Fehler war bei der automatischen Dokumentation minimiert, da die Fahrt- und Stillstandszeit auch geografisch nachvollzogen werden konnte. Eine Quantifizierung der falschen KTR Zuordnung bei manueller Dokumentation konnte anhand des Versuchsaufbaus nicht ermittelt werden. Schätzungsweise liegt diese unkorrekte KTR Zuordnung durch die manuelle Dokumentation unter 5 %.



**Abb. 4.3:** Betrag der prozentualen Abweichung der Stundenerfassung im Untersuchungszeitraum nach Maschinen

Während Abb.4.2 die Abweichung aller hKTR für den Zeitraum der Analyse je Monat dargestellt, zeigt die **Abb. 4.3** die Präzision der Datenerfassung beider Methoden je hKTR für den gesamten Zeitraum der Analyse. Der hKTR 8541 stellt die Maschinengruppe der Mähdrescher dar und ist die Summe der 6 Einzelmaschinen. Die Präzision der Datenerfassung durch automatische Dokumentation umfasst eine Abweichung von 2 % bis 18 %. Dabei sind nur bei drei Maschinen Abweichungen von über 10 % zu erkennen. Bei 12 Hilfskostenträgern wurde eine Abweichung durch automatische Dokumentation von unter 5 % erreicht. Die Abweichung nach der manuellen Methode weist Werte von 8 % bis 54 % auf. Weiterhin sind für diese Methode 12 hKTR zu erkennen, welche unter 20 % Abweichung liegen. Für 7 dieser 12 hKTR sind auch die Werte der automatischen Datenerfassung in der Gruppe unter 5 % zu finden. Diese Maschinen zeichnen sich durch einen festen

Stammfahrer aus. Dies führt zu einer besseren Dokumentation der Maschinenstunden, da alle geleisteten Maschinenstunden auf einem Arbeitsnachweis gesichtet werden können. Die gleichzeitige präzise automatische Dokumentation ist darin begründet, dass bei festen Maschinen-Personalzuordnungen die Zuständigkeit für die Datenerfassung leichter nachvollziehbar ist und der Ort der Installation der Smartphones nach den Wünschen des Personals erfolgen konnte. Die drei hKTR, welche eine Abweichung nach automatischer Dokumentation von über 10 % aufweisen, stellten Maschinen ohne einen festen Stammfahrer dar. Hier kam es vor, dass täglich mehrere Personen die Maschine bedienten, was meist mit nur kurzfristigen Einsatzzeiten verbunden war. Dadurch konnte nicht immer eine ausreichende Akkuladung der Smartphones erreicht werden. Für diese 3 Maschinen waren auch erhöhte Abweichungen für die manuelle Dokumentation zu erkennen. Weiterhin sind zwei hKTR zu sehen, bei denen die Abweichung der automatischen Dokumentation sehr gering ist – nach manueller Dokumentation jedoch hoch. Hierbei handelt es sich um Mietmaschinen bzw. Ersatzmaschinen, welche nur temporär zum Einsatz kommen. Dafür wird meist ein Stammfahrer festgelegt; daraus resultieren die sehr guten Ergebnisse der Datenerfassung mittels automatischer Dokumentation. Da die Zuordnung zu den Kostenträgern zeitverzögert stattfindet, nämlich erst nachdem die Arbeitsnachweise ausgewertet werden, sind die Mietmaschinen meist schon nicht mehr im Einsatz. Das resultiert in einer unpräzisen manuellen Dokumentation. Eine weitere Fehlerquelle bei der Erfassung der Motorstunden nach der manuellen Methode ist der fehlende Nachweis von Motorstunden der hKTR, wenn statt Lohn-Gehaltsempfänger die Maschinen vertretungsweise fahren. Sie müssen keine Arbeitsnachweise in Form einer Auflistung der verwendeten Maschinen erbringen.

Aus beiden Darstellungen geht hervor, dass die automatische Dokumentation der Motorstunden im Vergleich mit der manuellen Dokumentation in jedem Monat sowie für jeden hKTR präziser erfolgte. Durchschnittlich 6 % Abweichung nach automatischer Dokumentation sind ein sehr präziser Wert, auf dessen Grundlage exakte Kalkulationen erstellt werden können. Der Mittelwert der manuellen Methode von 22 % entspricht dem Mittel der vergangenen Jahre. So kann davon ausgegangen werden, dass sich die beiden Methoden nicht gegenseitig beeinflusst haben. Vorbehalte der Mitarbeiter gegenüber der Anwendung der neuen



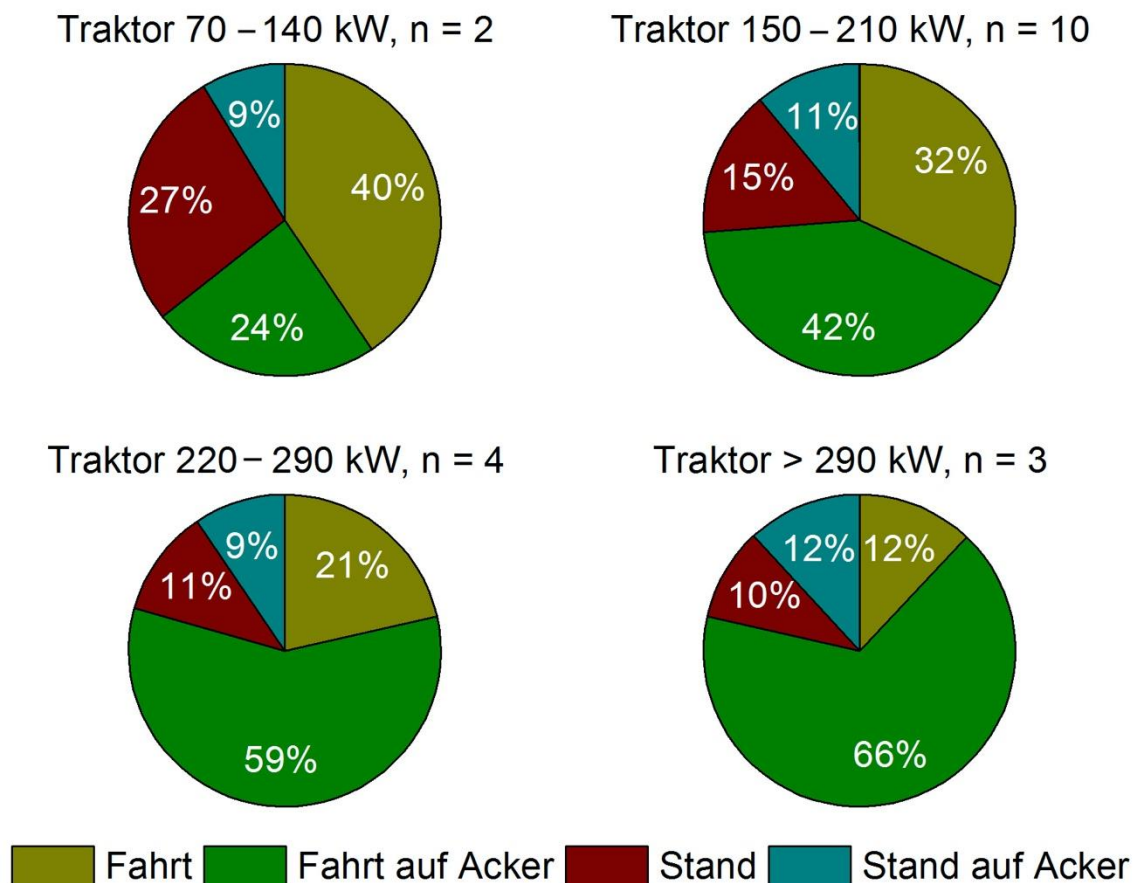
Technologie, verbunden mit dem ständigen Aufzeichnen der Maschinenposition, wurden in diesem Projekt nicht festgestellt. Dadurch konnten sehr präzise Daten erhoben werden.

Im Gegensatz zu überprüfbaren Abweichungen der Maschinen kann bei den Geräten bestenfalls eine ähnliche Abweichung unterstellt werden. Da die Geräte keinen Betriebsstundenzähler besaßen können keine Werte errechnet werden. Mögliche Fehler waren die falsche Kopplung der Bluetooth Boxen, keine Erkennung da die Batterien zu schwach sind, sowie eine zu späte Erkennung nach dem Anhängvorgang. Die Batterien wurden alle 6 Monate gewechselt um nicht funktionsfähigen Bluetooth Boxen auszuschließen. Bei stichprobenartigen Überprüfungen wurden stets zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Daher ist von einer maximal 5 % stärkeren Abweichung bei den Geräten auszugehen.

## **4.2 Maschinenlaufzeiten**

### **4.2.1 Maschinenlaufzeiten von Traktoren**

Anhand der automatisch erfassten Daten können die geleisteten Motorstunden in 4 Gruppen unterteilt werden. In Abhängigkeit der Bewegung erfolgt die Gliederung der Maschinenlaufzeiten in Fahrt- und Standzeit. Standzeit stellt die Zeit mit laufendem Motor und einer Fahrgeschwindigkeit von 0 km/h dar. Die Ortung der Maschinen auf einem Feld definierte dann die weitere Untergliederung. Für diese Untergliederung sind ausgewählte hKTR in Gruppen zusammengefasst. **Abb. 4.4** zeigt diese Zeiten für Leistungsgruppen von Schleppern. Die Darstellungen in diesem Abschnitt beziehen sich auf den Zeitraum von August 2017 bis Dezember 2018.



**Abb. 4.4:** Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten verschiedener Schlepperklassen  
 Durchschnittliche Motorstunden pro Jahr: Traktor 70 – 140 kW, 819 h/a. Traktor 150 – 210 kW 985 h/a. Traktor 220 – 290 kW 1.206 h/a. Traktor > 290 kW 969 h/a

Die Schlepperklasse von 70 bis 140 kW repräsentiert zwei Maschinen. Diese Klasse zeichnet ein hoher Anteil an Fahrzeit außerhalb des Ackers in Höhe von 40 % aus. Ein Viertel der geleisteten Stunden wird durch Fahrt auf einem Feld geleistet. Die verbleibenden Motorstunden sind Stillstandszeiten. Diese untergliedern sich in 9 % Standzeit auf dem Acker und 27 % außerhalb eines Ackers. Da diese Schlepperklasse die geringste Motorisierung aufweist, werden mit diesen Maschinen meist Hilfsarbeiten oder Transporte durchgeführt. Typische Tätigkeiten waren Anliefern von Saatgut und Wasser oder Pflegemaßnahmen wie Steine lesen oder Gehölzpflege. Weiterhin sind beide Maschinen mit einem Frontlader ausgerüstet und werden dadurch für vielfältige Arbeiten rund um den Technikstützpunkt eingesetzt. Durchschnittlich wurde in dieser Schlepperklasse 819 h/a je Maschine geleistet. Dies stellt einen geringen Wert dar. Diese

Schlepperklassen verrichten nur im geringen Umfang kontinuierliche Feldarbeit, sondern erledigen meist Hilfsarbeiten, somit laufen hier wenige Maschinenstunden auf.

In der Schlepperklasse von 150 – 210 kW sind insgesamt 10 Maschinen vertreten. Somit stellt diese Gruppe die Klasse mit den meisten Maschinen dar. Eine Fahrzeit außerhalb des Ackers von 32 % sowie eine Fahrzeit auf dem Acker von 42 % zeichnet diese Klasse aus. Die Standzeit außerhalb des Ackers beträgt 15 %, das sind 4 % mehr im Vergleich zu der Standzeit auf dem Acker. Die Maschinen dieser Gruppe wurden sehr variabel eingesetzt. Die hohe Flexibilität dieser Maschinen begründet die hohe Anzahl der Maschinen in dieser Klasse. Hauptsächlich erfolgen Transport- und Pflegearbeiten mit diesen Maschinen. Häufig kommen Maschinen dieser Gruppe auch für Hilfsarbeiten oder die Bodenbearbeitung zum Einsatz. Im Vergleich zu der Schlepperklasse 70 – 140 kW ist ein geringerer Anteil an Standzeit sowie ein fast doppelt so hoher Anteil an Fahrzeit auf dem Acker ersichtlich, was durch den höheren Anteil an Feldarbeit dieser Maschinen begründet ist. Für diese Schlepperklasse wurde eine jährliche Laufleistung von durchschnittlich 985 h ermittelt. Aufgrund der Vielzahl der Einzelmaschinen gibt es große Unterschiede in der Laufleistung. Die geringste Laufleistung betrug 546 h/a, die maximale 1.293 h/a. Diese Spanne weist auf ungenutzte Kapazitäten hin.

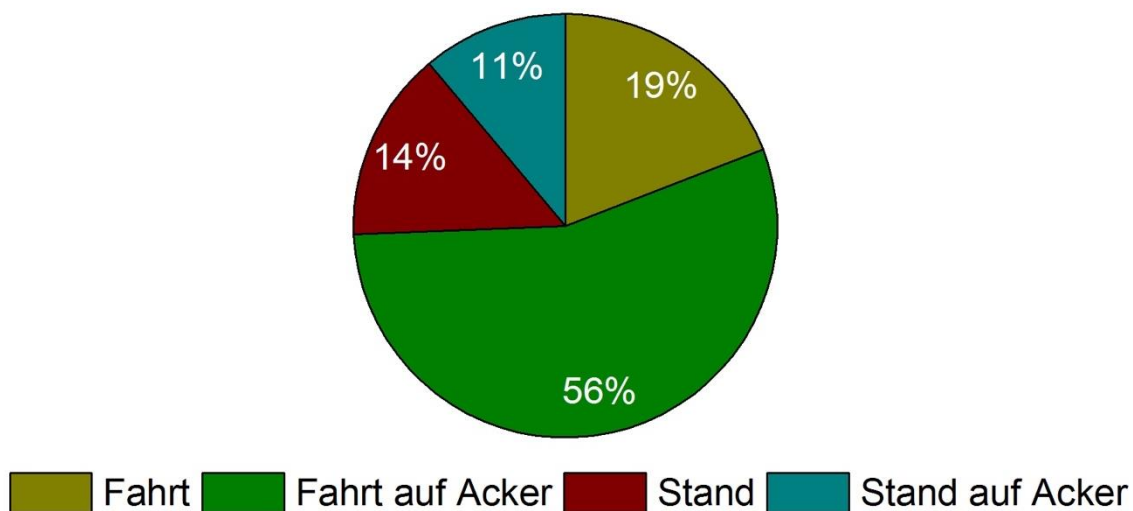
Die Schlepperklasse von 220 – 290 kW stellt vier Einzelmaschinen dar. Diese Gruppe erreicht eine Fahrzeit auf dem Acker von 59 %. Die Fahrzeit außerhalb des Ackers beträgt 21 %. Die Standzeit in Höhe von 20 % untergliedert sich in 11 % innerhalb und 9 % außerhalb eines Ackers. Der größere Anteil an Fahrzeit auf einem Acker in dieser Gruppe ist auf die Verwendung der Maschinen zur Aussaat und Bodenbearbeitung zurückzuführen. Diese Maschinen kommen auch für Transportarbeiten und Siloarbeiten zum Einsatz, wodurch die Fahrzeit von 21 % außerhalb eines Ackers begründet werden. Diese vier Traktoren weisen eine durchschnittliche Laufleistung von 1.206 h/a auf. Daraus kann auf eine gute Maschinenauslastung geschlossen werden. Mindestens wurden 1.120 h/a und maximal 1.335 h/a im Jahresdurchschnitt geleistet. Bei dieser geringen Abweichung verbunden mit einer hohen Laufleistung kann von einer optimierten Traktorenausstattung in der Schlepperklasse von 220 – 290 kW ausgegangen werden.

Insgesamt drei Maschinen mit über 290 kW repräsentierten die Werte der am stärksten motorisierten Schlepperklasse. In dieser Klasse waren zwei Maschinen über den gesamten Zeitraum im Einsatz. Ein weiterer Schlepper wurden zur Aussaat bzw. aufgrund von Ausfallzeiten hinzugemietet und kam nur kurzfristig zum Einsatz. Die Fahrtzeit auf dem Acker erreicht in dieser Klasse 66 %, das stellte den besten Wert in den vier Klassen dar. Die Standzeit auf dem Acker in Höhe von 12 % ist der höchste Wert aller Gruppen. Die Nutzungsdauer außerhalb eines Feldes gliedert sich in 12 % Fahrt- und 10 % Standzeit. Diese Maschinen kommen ausschließlich zur Bodenbearbeitung zum Einsatz und hatten ihren Einsatzort somit stets innerhalb der Feldgrenzen. Dies stellt der hohe Anteil der Nutzungsdauer auf dem Acker dar. Der höhere Anteil an Standzeit im Vergleich zu der Klasse von 220 – 290 kW wurde so nicht erwartet, da bei der Bodenbearbeitung im Gegensatz zur Aussaat keine verfahrensbedingten Standzeiten auftraten. Durchschnittlich wurden 969 h/a in dieser Maschinenklasse geleistet. Da eine Maschine nur kurzfristig zum Einsatz kam ist dieser Wert so niedrig. Hier sollten die Werte aus den Schlepperklassen bis 290 kW übertroffen werden da diese Maschinen sehr kostenintensiv sind. Die zwei Maschinen, welche permanent im Einsatz waren, weisen eine Laufzeit von 1.335 h/a bzw. 1.306 h/a auf. Diese liegen über dem Durchschnitt der Schlepperklasse bis 290 kW, könnten durch intensivere Maschinennutzung jedoch noch erhöht werden.

#### 4.2.2 Maschinenlaufzeiten von selbstfahrenden Landmaschinen

Nachfolgend wird die Auslastung der Spezialmaschinen Pflanzenschutzspritze, Feldhäcksler und den Mähdreschern analysiert. Die **Abb. 4.5** zeigt die Aufteilung der Motorstunden einer selbstfahrenden Pflanzenschutzspritze nach Stand- und Fahrtzeit auf dem Acker und außerhalb. Aus dieser Abbildung geht hervor, dass 75 % der Stunden Fahrtzeit sind, 56 % der gesamten Nutzungsdauer fährt diese Pflanzenschutzspritze auf dem Feld. Die Standzeit gliedert sich in 14 % außerhalb des Ackers und 11 % innerhalb des Ackers. Die Standzeit von insgesamt einem Viertel der Gesamtnutzungsdauer ist durch die verfahrensbedingte Standzeit während des Befüllens der Maschine zu erklären. Die 19 % Fahrtzeit außerhalb der Felder erscheinen sehr hoch. Hier wurde ein geringerer Wert analog der Schleppergruppe > 290 kW erwartet, da die Maschine ihre Arbeit nur auf einem Feld verrichten konnte. Der erhöhte Wert ist in der Verwendung der Maschinen

begründet. Im Unternehmen sind zwei Anhängespritzen und die hier analysierte selbstfahrende Spritze vorhanden. Während der Sommermonate wurden alle Pflanzenschutzarbeiten ausschließlich mit der selbstfahrenden Maschine durchgeführt. In diesem Zeitraum wurde bei den Kulturarten Silomais, Kartoffeln und Rüben stark standort- und sortenspezifisch nach Schadschwellenkonzept appliziert. Das resultiert in einem häufigen Wechsel zwischen den Feldern sowie einer meist nur kurzen Einsatzzeit in den frühen Morgenstunden, wegen der hohen Tagestemperaturen im Sommer.

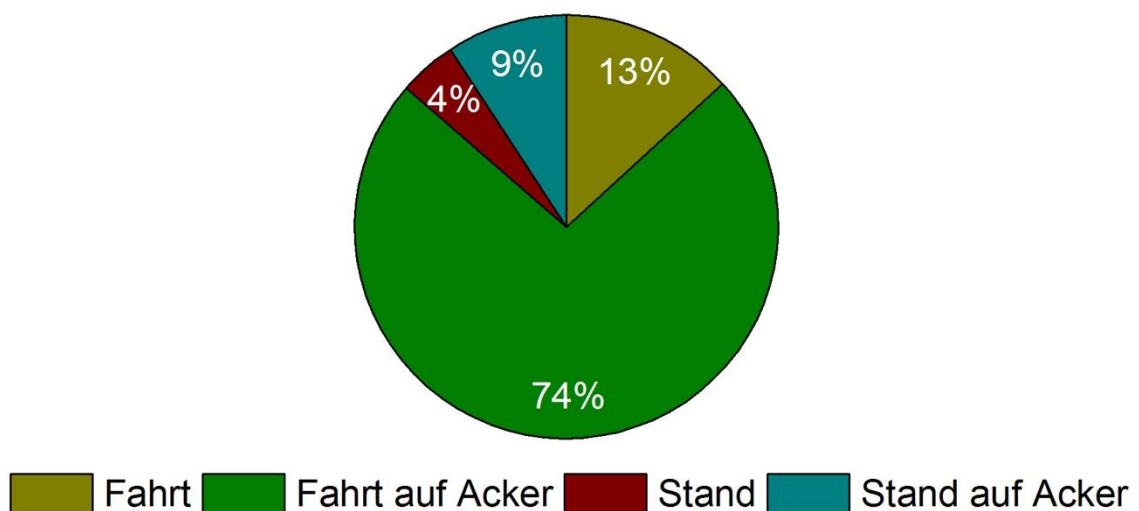


**Abb. 4.5:** Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit der Selbstfahrer Pflanzenschutzspritze  
Durchschnittliche Motorstunden pro Jahr: 593 h/a

Ebenso ist aufgrund von limitierten Schlepperkapazitäten in den Sommermonaten nicht immer eine verfahrensoptimierte Zulieferung von Wasser und Pflanzenschutzmitteln zu erreichen. Die durchschnittliche Laufleistung von 593 h/a stellt den Erwartungswert dar.

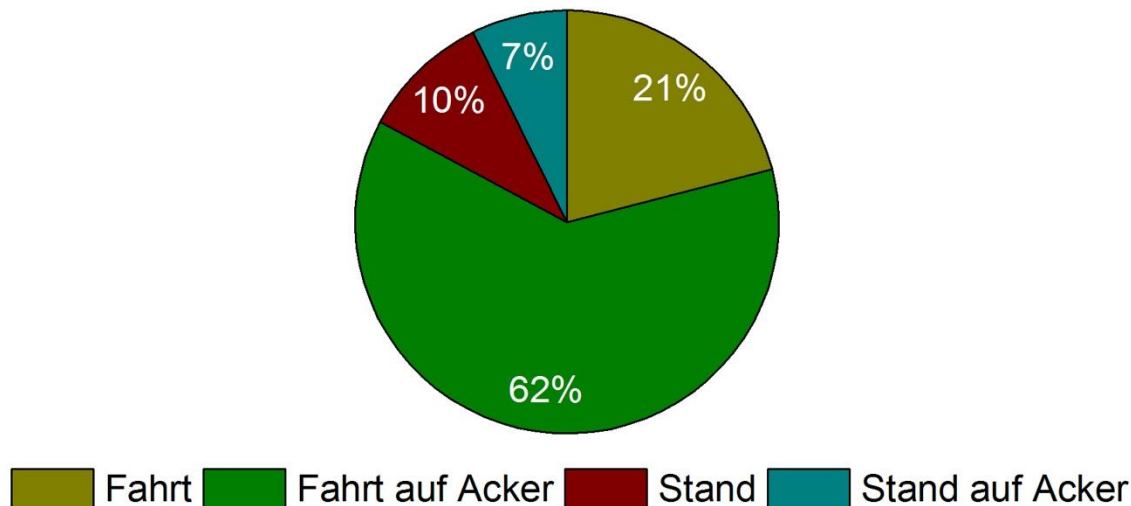
Eine weitere Spezialmaschine repräsentiert der Feldhäcksler im Unternehmen. Die **Abb. 4.6** zeigt die Zusammensetzung der geleisteten Motorstunden. Der Häcksler stellte mit 87 % Fahrtzeit, welche sich in 13 % außerhalb und 74 % innerhalb eines Feldes gliedert, den größten Anteil der Fahrtzeit an der gesamten Maschinenleistung dar. Die Standzeit außerhalb des Ackers von 4 % ist ebenfalls Bestwert aller Maschinen. Die verbleibenden 9 % sind Standzeit auf dem Acker.

Das ist darin begründet, dass der Feldhäcksler nach jeder Befüllung eines Anhängers kurz anhielt, damit ein neuer Abfahrer heranfahren konnte. Der Feldhäcksler war eine neue Maschine, die erst im Jahr 2018 angeschafft wurde. In Verbindung mit den geringen verfahrensbedingten Verlustzeiten beim Häckseln wurden die geringsten Standzeiten aller Maschinen dokumentiert. 199 Motorstunden pro Jahr sind für solch eine kostenintensive Spezialmaschine zu gering. Diese Maschine sollte mindestens 350 h pro Jahr verrichten. Die unzureichende Maschinenlaufzeit ist durch den fehlenden Anbau an Ackergras im betrachteten Jahr sowie dem unterdurchschnittlichen Maisertrag begründet.



**Abb. 4.6:** Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit des Feldhäckslers  
Durchschnittliche Motorstunden pro Jahr: 199 h/a

In der **Abb. 4.7** ist die Maschinenauslastung der Mähdrescher dargestellt. Diese Maschinengruppe beinhaltete 6 Mähdrescher. Davon waren 5 Maschinen mit einem 12 m Schneidwerk ausgerüstet und eine mit einem kleineren klappbaren Schneidwerk.



**Abb. 4.7:** Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit der Gruppe Mähdrescher  
n = 6 Maschinen  
Durchschnittliche Motorstunden im Jahr 2018: 210 h/a

Sie diente zum Probedrusch der Kulturarten, um die Logistik für den gesamten Erntekomplex planen zu können. Aus der Abb. 4.7 geht eine Fahrtzeit außerhalb des Ackers von 21 % hervor. Die Fahrtzeit auf dem Acker beträgt 62 %. Die Standzeiten auf dem Acker in Höhe von 7 % sowie die Standzeit außerhalb eines Ackers von 10 % sind den Werten der Schlepperklassen von 220 – 290 kW ähnlich. Der geringere Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker im Vergleich zum Feldhäcksler und der Schlepperklasse über 290 kW zeigen die stärkere Komplexität des Mähdruschs. Das resultiert in einer stärkeren Störanfälligkeit dieser Maschinen und wirkt sich negativ auf die Fahrtzeit auf dem Acker aus. Auch der Einsatzzeitraum der Mähdrescher ist von allen Maschinen am stärksten witterungs- und sortenabhängig. Der kleinere Spezialmähdrescher zeichnet sich ebenfalls durch höhere Stand- und Fahrtzeiten außerhalb eines Ackers aus, da er möglichst viele verschiedene Felder zu bestimmten Zeiten beproben musste. Diese Effekte zeigen sich in den geringeren Einsatzzeiten auf den Feldern der Maschinengruppe Mähdrescher. Die Zeitanteile der Mähdrescherlaufzeiten zeigen eine ähnliche Struktur wie die Kleinmähdrescher in Häberle [28]. Dies weist darauf hin, dass hier das Potenzial noch nicht vollständig ausgeschöpft ist. Auffällig ist der große Anteil der Fahrtzeit außerhalb der Felder. Dies lässt auf weite Strecken und häufiges Umsetzen zwischen den Feldern schließen. Da die Flächen jedoch groß strukturiert sind und

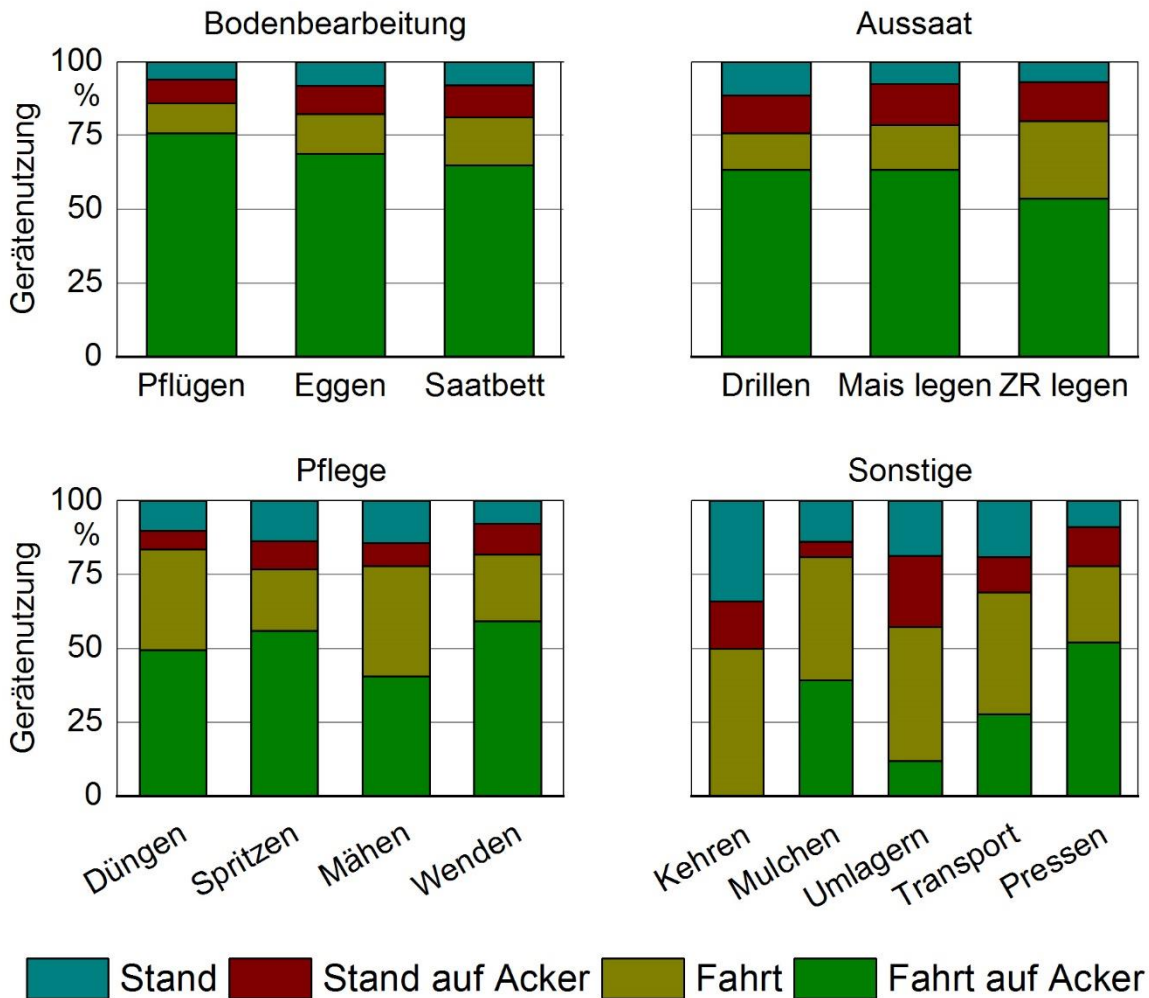
die Entfernung zum Hof 10 km nicht überschreiten kann der große Zeitanteil der Fahrt auch mit ausführlichen Vorbereitungsmaßnahmen erklärt werden. In dieser Maschinengruppe betrug die durchschnittliche Maschinenlaufzeit 210 h/a. Dies ist ein zufriedenstellender Wert. Jeder Großmähdrescher erntet ca. 700 ha Druschfrüchte, der Kleinmähdrescher ca. 300 ha. Dies entspricht einer Druschfläche von 3.800 ha. Bei dieser Anbaustruktur sind diese Zeiten plausibel.

#### 4.2.3 Laufzeiten der Geräte

Nachfolgend werden die Auslastungen für jede der 19 Gerätegruppen von den 94 Einzelmaschinen abgeleitet. Diese 19 Gerätegruppen sind nochmals in fünf Tätigkeiten zusammengefasst. Die Auslastungen der Gerätegruppen für vier dieser Tätigkeiten sind in **Abb.4.8** dargestellt. Die Tätigkeit Bodenbearbeitung beinhaltet die Gerätegruppen der Pflüge und Eggen sowie die Geräte zur Saatbettbereitung. Die Gruppe der Eggen umfasst auch Walzen sowie Scheiben- und Schareggen. Die Geräte der Klasse Saatbettbereitung enthalten alle Feingrubber zur flachen Bodenbearbeitung kurz vor der Aussaat.

Die Pflüge weisen einen Fahrtanteil auf dem Acker von 76 % ihrer Gesamtnutzungsdauer aus. Der Anteil von Fahrtzeit außerhalb eines Ackers beträgt 10 %. Die Standzeit gliederte sich in 8 % Stand auf dem Acker und 6 % außerhalb. Die Pflüge leisteten durchschnittlich 282 h/a, die Laufzeiten liegen zwischen 95 h/a und 471 h/a. Diese große Spanne weist auf Überkapazitäten in dieser Gerätegruppe hin. In der Gruppe der Eggen werden durchschnittlich 249 h/a geleistet davon werden 69 % der Nutzungsdauer auf dem Acker gefahren. 10 % der Einsatzzeit stellt Standzeit auf den Feldern dar. Die Dokumentation der Einsatzzeit ohne Detektion eines Feldes während der Fahrt beträgt 13 % und die Standzeit 8 % der Gesamtnutzungsdauer.





**Abb. 4.8:** Gerätenutzung verschiedener Tätigkeiten

Bodenbearbeitung: Pflügen n = 7; Eggen n = 17; Saatbett n = 5

Aussaat: Drillen n = 5; ZR legen n = 1; Mais legen n = 1

Pflege: Düngen n = 3; Spritzen n = 2; Mähen n = 2; Wenden n = 6

Sonstige: Kehren n = 1; Mulchen n = 3; Umlagern n = 3; Transport n = 32;

Pressen n = 1

Auch in dieser Gruppe sind enorme Unterschiede in den Laufzeiten der Einzelmaschinen zu beobachten. Mindestens wurden 77 h/a geleistet, die günstigste Geräteauslastung zeigt eine Laufleistung von 765 h/a. Somit sind auch in dieser Gerätefamilie noch Optimierungsmöglichkeiten gegeben. Die Saatbettbereitung weist ähnliche Werte wie die Gruppe der Eggen auf. Hier beträgt der Anteil an Fahrzeit innerhalb eines Ackers 65 % und außerhalb der Schlaggrenzen 16 %. Eine Standzeit von 11 % auf den Feldern sowie 8 % ohne Schlagdokumentation wurden für diese Geräte ermittelt. Für die Geräte der Saatbettbereitung konnten durchschnittlich 155 h/a dokumentiert werden. Hier

liegen die min. max. Werte mit 96 h/a bzw. 299 h/a in einem Bereich, der auf eine akzeptable Auslastung schließen lässt. Die Arbeitsart Bodenbearbeitung stellte die Gruppe mit den höchsten Werten an Fahrtzeit auf dem Acker dar. Das ist die Konsequenz der stark witterungsunabhängigen und passiven Arbeitsart, verbunden mit einer geringeren Komplexität der Anbaugeräte im Vergleich zu anderen Gruppen. Aus der Abbildung der Tätigkeiten geht hervor, dass das Pflügen einen größeren Anteil der Nutzungsdauer auf den Feldern sowie eine geringere Nutzungsdauer von Fahrt außerhalb der Felder gegenüber dem Eggen und der Saatbettbereitung aufweist. Dies ist in der geringeren Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit begründet, wodurch ein Wechsel des Ackers seltener nötig ist. In dieser Gruppe ist auch keine längere Zeit notwendig, um die Transportstellung dieser Geräte herzustellen. All diese Effekte wirkten sich positiv auf die Produktivzeit des Pflügens aus.

Eine weitere Tätigkeit ist die Aussaat. 5 Drillmaschinen repräsentieren die Gruppe Drillen. Durch die Gerätegruppen der Zuckerrüben- und Maislegegeräte wird die Arbeitsart Aussaat komplettiert. In diesen beiden Gruppen ist jeweils nur ein Gerät vertreten. In der Gruppe Drillen gliedert sich die Fahrtzeit in 63 % Fahrt auf dem Acker und 12 % Fahrt außerhalb. Die Standzeit auf den Feldern beträgt 13 %. Außerhalb der Felder wurden 11 % Standzeit dokumentiert. Eine mittlere Gerätelaufzeit von 172 h/a stellt einen geringen Wert dar. In dieser Gruppe waren zwei Geräte vorhanden welche über 350 h/a geleistet haben. Diese stellten die Hauptaussaat-Geräte dar. Weiterhin kamen zwei Geräte mit ca. 42 h/a sowie ein Kleindrillgerät mit 7 h/a zum Einsatz. Aus diesen Werten kann abgeleitet werden, dass die zwei Geräte mit einer Laufzeit von nur 42 h/a nicht ausreichend ausgelastet sind. Hier sollte überprüft werden, ob dies in der Witterung begründet liegt oder ob ggf. ein Gerät eingespart werden kann. Das Gerät zum Maislegen weist einen identischen Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker wie die Drillgeräte in Höhe von 63 % der Gesamtnutzungsdauer auf. Diese beträgt 100 h im Jahr 2018. Die verbleibende Fahrzeit beträgt 15 % der geleisteten Stunden. 21 % Standzeit konnten für dieses Gerät erfasst werden. Diese gliederten sich in 14 % Stand auf dem Acker und 7 % Standzeit ohne Ackerdetektion. Für das ZR-Legegerät untergliedert sich der Nutzungsanteil außerhalb des Ackers in 26 % Fahrt- und 7 % Standzeit. Auf dem Acker wurden 54 % Fahrtzeit sowie 13 % Standzeit dokumentiert. Dieses Gerät

leistet 107 h im Jahr 2018. Die erhöhten Standzeiten der Tätigkeit Aussaat im Vergleich zur Bodenbearbeitung ist in den verfahrensbedingten Verlustzeiten zur Befüllung der Geräte begründet. Standzeiten auf dem Acker liegen für alle drei Gerätegruppen identisch bei ca. 13 %. Somit konnte von einem festen Verhältnis zwischen Aussaat und Befüllzeit für alle Aussaatgeräten in dieser Untersuchung ausgegangen werden. Die Spezialgeräte zum Mais- und Rübenlegen weisen eine höhere Fahrtzeit außerhalb der Felder auf. Diese sehr kostenintensiven Spezialgeräte werden durch den eigenen Anbauumfang der Kulturarten nicht rentabel ausgelastet werden. Um die Gerätekosten je Stunde zu senken, werden diese Geräte auch zur Lohnarbeit eingesetzt. Dies bedeutet häufig eine längere Fahrt zu den Feldern der Kunden. Im Vergleich der Standzeit ohne Ackerdokumentation fällt auf, dass die Gerätegruppe der Drillgeräte einen um 4 % höheren Wert im Vergleich zu den Spezialgeräten aufweisen. Mögliche Ursachen könnten in der Gesamtnutzungsdauer der Geräte gelegen haben. Während die Spezialgeräte nur eine Kulturart aussäen und so zeitlich sehr begrenzt nur im Frühjahr eingesetzt werden, leisten die Drillgeräte deutlich mehr Stunden und Hektar. Demzufolge ist der Verschleiß an diesen Geräten deutlich höher. Vor allem, wenn sie im Frühjahr zur Frostbestellung eingesetzt werden, um den Kulturarten möglichst optimale Bodenfeuchtigkeit zum Keimen zu gewähren. Auch das Gerätealter kann hier mit herangezogen werden. Die Gruppe stellt fünf Einzelgeräte dar, dabei waren auch ältere Geräte mit vertreten; die Spezialgeräte hingegen zählen zu den neueren Geräten. Die 4 % Differenz der Standzeit außerhalb von Feldern kann durch Investitionen in neuere Drillgeräte oder optimierten Technikerservice perspektivisch verringert werden.

In der Abb. 4.8 sind unter der Tätigkeit Pflege die vier Gerätegruppen zum Düngen, Spritzen und Mähen sowie die Geräte zum Wenden und Schwaden dargestellt. Die Gerätegruppe Düngen beinhaltet ausschließlich Düngerstreuer zur Applikation mineralischer Düngemittel. Diese Klasse weist eine Fahrtzeit von 50 % und eine Standzeit in Höhe von 6 % auf dem Acker aus. Außerhalb des Ackers beträgt die Fahrtzeit 34 % sowie die Standzeit 10 % während der Laufleistung von durchschnittlich 175 h/a. In dieser Gruppe ist ein Erprobungsgerät vertreten, welche nur eine geringe Laufleistung aufweist. Die zwei Hauptgeräte dieser Gruppe wurden durchschnittlich über 300 h/a genutzt. Somit ist hier von einer optimalen

Geräteausstattung auszugehen. Die Gruppe Spritzen umfasst zwei Geräte. Diese weisen eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 307 h/a auf und zeichnen sich durch eine Fahrtzeit von 77 % aus, gegliedert in 56 % Fahrt auf dem Acker und 21 % außerhalb. Eine Standzeit in Höhe von 10 % auf dem Acker und 14 % ohne Detektion eines Feldes konnten für diese Gerätegruppen ermittelt werden. Eine weitere Gerätegruppe der Tätigkeit Pflege stellen die Mähgeräte dar. Innerhalb der Schlaggrenzen wurden für diese Gruppe 40 % der geleisteten Stunden als Fahrtzeit und 8 % als Standzeit dokumentiert. Ohne Erfassung eines Ackers konnten 37 % Fahrtzeit sowie 14 % Standzeit ermittelt werden. In dieser Gruppe sind nur 2 Geräte vertreten, welche eine Laufleistung von 28 h/a auswiesen. Solch eine geringe Auslastung sollte perspektivisch vermieden werden und ist in dem Aussetzten der Kulturart Ackergras während des Untersuchungszeitraums zu begründen. Diese Tätigkeit wurde von den Geräten zum Wenden vervollständigt. In dieser Gruppe sind 6 Geräte zum Wenden und Schwaden zusammengefasst. Hierbei konnte eine durchschnittliche Laufleistung von 21 h/a dokumentiert werden. Diese geringe Auslastung ist wie bei den Mähgeräten auf das Fehlen von Ackergras im Betrachtungszeitraum zu ergründen. Dennoch deuten 6 Einzelgeräte auf eine sehr komfortable Geräteausrüstung hin. Hier sollte geprüft werden, ob Kosten eingespart werden können. Ein Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker von 59 %, außerhalb der Felder von 23 %, verbunden mit einer Standzeit in Höhe von 11 % auf dem Acker sowie 8 % abseits war für diese Gruppe charakteristisch. Die Pflege weist einen geringeren Anteil an Fahrtzeit innerhalb der Felder in Bezug zu den Tätigkeiten der Bodenbearbeitung und Aussaat auf. In der Gruppe Düngerstreuer verringert sich dieser Anteil zugunsten der Fahrt außerhalb der Äcker. Ursächlich dafür ist, dass die Düngerstreuer häufig ohne Zulieferer ihre Arbeit verrichten. Dadurch ist es erforderlich, zum Befüllen erneut zum Hof zu fahren und anschließend wieder zum Feld zurückzukehren. Das erklärte auch den sehr geringen Anteil an Standzeit auf dem Acker. Die Standzeit abseits der Felder liegt deutlich unter denen der Pflanzenschutzspritzen, was in der zügigeren Befüllung der Düngerstreuer begründet ist. Durch einen Vergleich der Gruppe Spritzen mit der Maschinenauslastung der Selbstfahrer Pflanzenschutzspritze fällt die Übereinstimmung der Maschinennutzung auf. Die prozentuale Verteilung in den 4 Klassen weist nur eine Abweichung von 1 % auf. Daraus kann gefolgert werden, dass es keine Unterschiede in der Maschinenauslastung zwischen Selbstfahrer und

Anhängespritzen gibt. Da alle Pflanzenschutzgeräte in dieser Studie vom gleichen Hersteller sind, ist diese Beobachtung sehr plausibel. Jedoch wurden für die Anhängespritzen bessere Laufzeitrelationen vermutet da diese nur in der Hauptsaison genutzt wurden und somit weniger Splitterflächen zu applizieren hatten. Wahrscheinlich haben die kurzen Entfernungen zwischen den Feldern keine signifikanten Auswirkungen auf die Laufzeitrelationen der Pflanzenschutzspritzen. Die Gerätegruppe Mähen weist die geringste Fahrtzeit auf den Feldern sowie die größte Fahrtzeit außerhalb der Schlaggrenzen in der Arbeitsart Pflege auf. Im Untersuchungszeitraum fand das Mähen ausschließlich auf Wiesen und Weiden statt. Diese sind häufig kleinstrukturiert, weisen meist ein ungünstiges Relief sowie im Verhältnis zur Ackerfläche lange Schlaggrenzen auf. Das macht ein überdurchschnittlich häufiges Umsetzen der Maschinen erforderlich, wodurch lange Fahrzeiten abseits der Felder entstehen. Die Standzeiten sind im Vergleich mit den Gruppen dieser Tätigkeit identisch. Sie repräsentierten in der Gruppe Mähen jedoch die Zeit zum Herstellen der Transportsicherheit bzw. Arbeitsstellung. Das umfasst das Ein- und Ausklappen der Maschinen sowie die Reinigung vor einer Straßenfahrt und das Anbringen von Schutzblechen. Während dieser Studie wurde aufgrund eines ausreichenden Vorrats an Grassilage aus dem Jahr 2017 kein Ackergras angebaut. Das führt zu den ungünstigen Geräteauslastungen in der Gruppe der Mähgeräte mit unter 50 % Fahrtzeit auf den Feldern. So ist die Auslastung dieser Geräte nicht repräsentativ für die Folgejahre.

Entgegen der ungünstigen Auslastung der Mähgeräte zeigen die Geräte zum Wenden einen deutlich größeren Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker. Neben dem Wenden und Schwaden auf Wiesen und Weiden werden diese Geräte auch bei der Strohbergung eingesetzt und können so besser ausgelastet werden. Die Standzeiten auf dem Acker sind demzufolge im Vergleich mit denen der Mähgeräte höher, die gesamte Standzeit jedoch geringer. Das ist auf die vergleichsweise einfachere Bauart dieser Maschinen zurückzuführen. Auch bei diesen Geräten wird eine bessere Auslastung durch den Anbau von Ackergras in den Folgejahren erwartet.

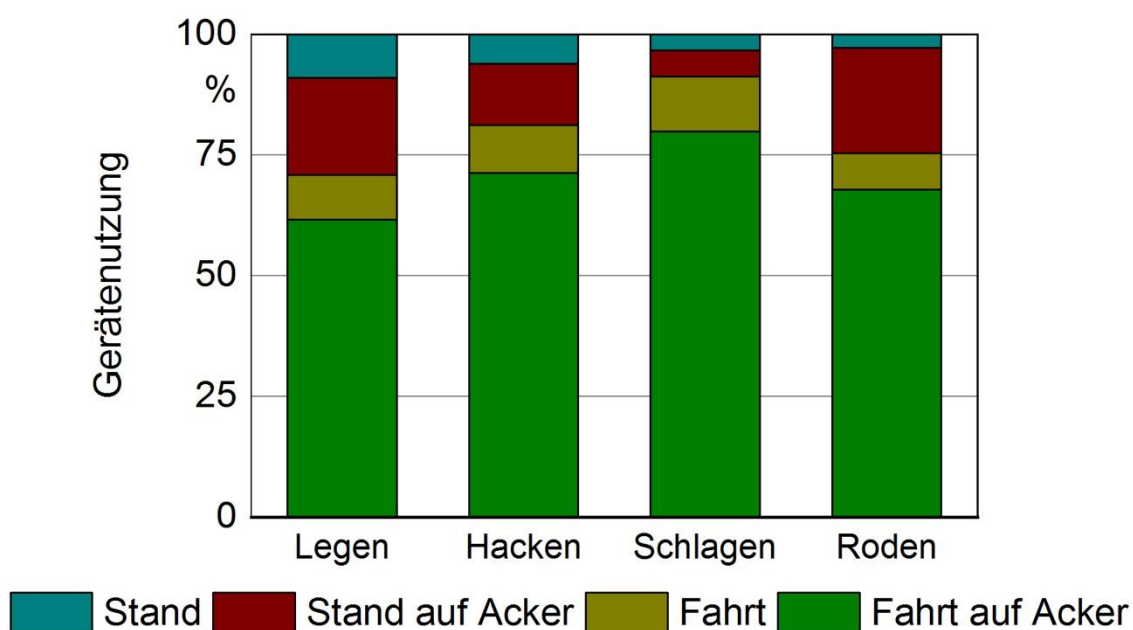
Im 4. Diagramm der Abb. 4.8 sind unter der Tätigkeit Sonstige die Auslastungen der Geräte zum Kehren, Mulchen, Umlagern, Transport und Pressen dargestellt. Das Kehren zeichnet sich dabei durch nur 3 Kategorien der Gesamtstunden aus. 50 %

der Gesamtzeit von 39 h/a ist dieses Gerät außerhalb der Felder in Bewegung. Die verbleibenden 50 % stellen Standzeit dar, wovon 16 % auf dem Acker und 34 % abseits der Äcker geleistet wurden. Eine Fahrtzeit innerhalb der Schlaggrenzen von 39 % ist für die Gruppe der Mulcher charakteristisch. Außerhalb des Ackers beträgt der Anteil der Gesamtzeit 42 % Fahrtzeit und 14 % Standzeit. Die Standzeit auf dem Acker liegt bei 5 %. Für die Mulcher konnte eine durchschnittliche Geräteleistung von 175 h/a für die 3 Geräte ermittelt werden. Da in dieser Gruppe meist keine sensiblen Arbeiten zu verrichten sind ist auch hier eine Rationalisierung auf zwei Geräte denkbar. In der Gruppe Umlagern sind 3 Anhänger zum Transport von organischen Düngemitteln vertreten. Das Umlagern umfasst sowohl den Transport der organischen Düngemittel von einem Lager in ein anderes, den Transport zum Feld, als auch die Ausbringung auf den Feldern. Für diese Gruppe konnten Fahrtzeiten von 12 % auf dem Acker und 45 % außerhalb aufgezeichnet werden. Die Standzeiten gliedern sich in 12 % Stand auf dem Acker und 19 % abseits der Felder. Diese Gruppe wurde erst in dem Jahr der Untersuchung durch 2 Geräte erweitert. Hier wurde eine durchschnittliche Laufleistung von 118 h/a dokumentiert. Dieser Wert scheint noch zu gering. Jedoch werden zukünftig im Rahmen der geänderten Düngegesetzgebung hier noch mehr Einsatzstunden erwartet. In der Gerätegruppe Transport sind die meisten Einzelmaschinen vertreten. Hier sind 32 Maschinen zusammengefasst. Diese kennzeichnete sich durch einen Standanteil auf den Feldern von 12 % sowie 19 % außerhalb der Schlaggrenzen. Der Anteil der Bewegung dieser Geräte innerhalb der Äcker liegt bei 28 %. Abseits der Felder konnten 41 % dokumentiert werden. Die Anhänger weisen eine durchschnittliche Laufleistung von 193 h/a auf. Die Schwankungen der Nutzungszeiten der Einzelgeräte liegt zwischen 30 h/a und 835 h/a. Demzufolge lassen sich auch hier Einsparpotenziale vermuten. Jedoch muss beachtet werden, dass die Auslastung der Anhänger einerseits stark durch die Erträge der Hackfrüchte und andererseits von der mittleren Entfernung zum Hof beeinträchtigt wird. Pressen stellt die letzte Gerätegruppe in der Abbildung 4.8 dar. Hier handelte es sich nur um 1 Geräte mit einer Laufzeit von durchschnittlich 45,41 h/a. Es konnte auf dem Acker eine Fahrtzeit von 52 % und eine Stillstandzeit von 13 % ermittelt werden. Außerhalb der Schlaggrenzen untergliedert sich die Gerätenutzung in 26 % Fahrtzeit und 9 % Standzeit. In dem Diagramm Sonstige sind sehr unterschiedliche Geräteauslastungen zu erkennen, ein großer Anteil an

Fahrtzeit außerhalb der Felder ist für diese Tätigkeit typisch. Das Fehlen der Fahrtzeit auf dem Acker für Kehren ist dem Einsatzort dieser Maschine geschuldet, denn nur versiegelte Flächen können gekehrt werden. Diese befinden sich jedoch nicht innerhalb der Schlaggrenzen. Die Hälfte der Nutzungsdauer dieser Maschine ist folglich Standzeit. Das ist in der Hauptanwendung dieser Maschine zur Mais- und Zuckerrübenenernte begründet. Es wird am Feldrand gewartet, bis ein eine Maschine vom Feld auf die Straße gefahren ist und diese verschmutzt hat. Dann kam jeweils unverzüglich die Kehrmaschine zum Einsatz. Auch das Mulchen weist einen sehr hohen Anteil Fahrtzeit außerhalb der Schläge auf. Das resultiert aus der intensiven Nutzung dieser Geräte für die Pflege der unbefestigten Wege. Nach der Ernte kommen die Mulcher auch auf den Feldern zum Einsatz, um die Feldränder in einem angemessenen Hygienezustand zu versetzen oder die Ernterückstände zu zerkleinern. Daraus resultieren die Nutzungszeiten auf dem Acker. Die Gruppe Umlagern stellt 3 Geräte dar. Davon wurden 2 nur zum Umlagern organischer Düngemittel verwendet, das 3. jedoch zusätzlich noch zum Ausbringen der Düngemittel. Somit war nur ein geringer Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker für diese Gruppe dokumentiert. Der Anteil an Fahrtzeit außerhalb der Felder ist durch die zurückzulegenden Transportwege der Düngemittel bedingt. Die Standzeiten stellen die Dauer der Be- und Entladung der Geräte dar. Diese wurden im Wesentlichen von den Kapazitäten der Pumpen an den Düngelager und auf den Geräten beeinflusst. Eine ähnliche Geräteauslastung ist bei den Transportgeräten dokumentiert. Der Anteil der Fahrtzeit auf den Äckern ist zu Lasten der Standzeit auf dem Acker erhöht. Auch hier ist die Distanz des Transports maßgebend für den Anteil an Fahrtzeit außerhalb der Schläge. Die Standzeit auf dem Acker der Transportgruppe ist im Vergleich zum Umlagern geringer, was auf die Verwendung von Umladewagen während der Ernte zurückzuführen ist. Da in dieser Gruppe 32 Einzelgeräte eingingen stellen diese Werte Durchschnittszahlen für den Transport von Getreide, Silomais, Kartoffeln, Wasser, Dünger und Saatgut dar. Für jedes zu transportierendem Gut ergeben sich spezifische Befüll-, Entlade- und Wartezeiten. Beispielsweise verläuft die Be- und Entladung beim Mähdrusch und der Maisernte sehr zügig, aber es kommt bei Ersterem zu einer längeren Wartezeit bis zur Befüllung. Die Beladung mit Wasser erfolgte im Stand, die Befüllung während der Mais- und Kartoffelernte hingegen während der Fahrt. Das Pressen ist eine Arbeitsart, deren Leistungsort nur auf dem Feld möglich ist. Somit war der größere

Anteil an Fahrtzeit erwartungsgemäß auf dem Acker. Der große Anteil an Fahrt außerhalb eines Ackers ist ähnlich den Spezialgeräten zur Aussaat, in der Erledigung von Lohnarbeit begründet. Im Vergleich zu den Pflügetätigkeiten ist ein größerer Anteil an Standzeit zu erkennen. Das überrascht, da beim Pressen im Gegensatz zu den Pflegearbeiten keine verfahrensbedingten Standzeiten auftraten. Auch hier ist der Effekt des Maschinenalters ausschlaggebend. Beide Maschinen dieser Gruppe waren bereits abgeschrieben, die Großballenpresse wird zeitnah ersetzt. Dann sollten sich die Standzeiten deutlich verringern. Die komplexe Funktionsweise einer Presse im Vergleich zu anderen Geräten spiegelt sich in den höheren Standanteilen auf dem Acker wider.

In der **Abb. 4.9** sind die Gerätenutzungen des Kartoffelanbaus dargestellt. Jede Gruppe repräsentiert ein Gerät. Diese Geräte zeichnet eine spezialisierte Tätigkeit in einem kurzen Einsatzzeitraum aus.



**Abb. 4.9:** Nutzung der Spezialgeräte im Kartoffelanbau im Jahr 2018  
Legen n = 1; Hacken n = 1; Schlagen n = 1; Roden n = 1

Der Kartoffelanbau beginnt mit dem Legen der Knollen. Insgesamt wurden 90 ha Kartoffeln angebaut. Die Legemaschine weist bei einer Laufleistung von 99 h im Jahr 2018 einen Anteil an Fahrtzeit von 62 % auf dem Acker und außerhalb von 9 % der gesamten Nutzungsdauer auf. Die Standzeit dieser Maschine gliedert sich in 20 % auf dem Acker sowie 9 % abseits der Felder. Nach dem Legen der Knollen

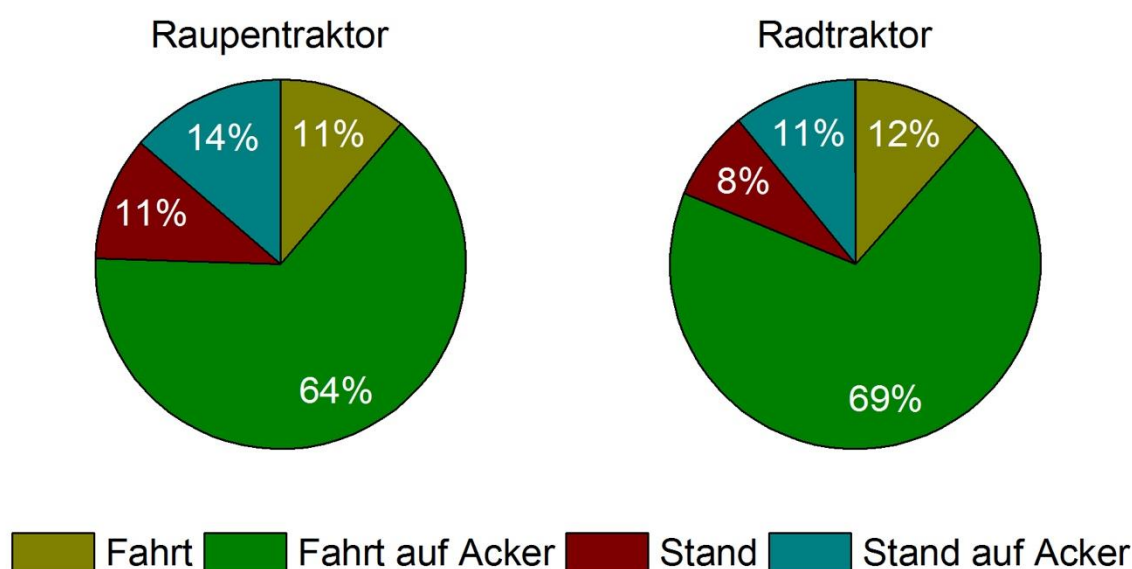


stellte das Hacken die nächste Gerätegruppe dar. Für dieses Gerät gliedert sich die Fahrtzeit in 71 % auf dem Acker und 13 % außerhalb der Schlaggrenzen. Eine Standzeit von 13 % innerhalb der Felder sowie 6 % abseits der Felder konnten ermittelt werden. Bei dieser Tätigkeit wurden 51 h/a dokumentiert. Vor dem Ernten der Kartoffeln wird das Kraut abgeschlagen. Mit dem Krautschläger konnte eine Fahrtzeit auf dem Acker von 80 % der Gesamtnutzungsdauer von 116 h/a erreicht werden. Die verbleibende Fahrtzeit nimmt einen Anteil von 11 % der geleisteten Stunden in Anspruch. Eine Stillstandzeit von 8 %, welche sich in 5 % Standzeit auf dem Acker und 3 % außerhalb der Felder aufgliedert, wurde für dieses Gerät dokumentiert. Das Roden stellt die abschließende Gerätegruppe dar. 68 % Fahrtzeit und 22 % Standzeit auf dem Acker wurden beim Kartoffelroden erfasst. Der Kartoffelroder leistete 337 h/a und stellt damit das Gerät mit dem meisten Einsatzstunden im Kartoffelanbau dar. Da der Ernteprozess der sensibelste Prozess ist sind diese Beobachtung plausibel. Die Nutzungszeit abseits der Felder enthält 7 % Fahrtanteil und 3 % Standanteil. Die Spezialgeräte im Kartoffelanbau weisen einen hohen Anteil an Fahrtzeit auf den Feldern auf. Das Kartoffellegen zeigt den größten Anteil an Standzeit aller Geräte im Kartoffelanbau. Das ist die Konsequenz der Befüllung des Legegeräts. Da die Kartoffeln im Vergleich zu anderen Kulturarten sehr groß sind, müssen beim Kartoffellegen in kurzen Abständen die Pflanzknollen nachgefüllt werden. Dazu muss das Gerät stets anhalten. Das Kartoffellegen weist somit als einzige Tätigkeit im Kartoffelanbau verfahrensbedingte Standzeiten auf. Die Kartoffelhacke hingegen wird ohne Unterbrechung eingesetzt. Das spiegelt sich in einer höheren Fahrtzeit auf dem Acker wieder. Hingegen erschien die Standzeit auf dem Acker im Vergleich zum Schlagen der Kartoffeln zu hoch. Möglicherweise ist das durch den Einsatz bei ungünstigen Witterungsverhältnissen geschuldet, wodurch ein manuelles Reinigen des Gerätes notwendig wird. Das Maschinenalter fällt hier vermutlich nicht so stark ins Gewicht, da es sich um eine einfache Gerätebauart handelt. Den höchsten Anteil der Nutzungsdauer auf dem Feld aller Geräte weist der Krautschläger auf, was in den minimalen Standzeiten des Geräts zu begründen ist. Das Krautschlagen kann mit dem Mulchen verglichen werden, denn die Stand- und Fahrtzeiten in diesen beiden Gruppen sind identisch. Diese Geräte kommen nicht mit Erde in Berührung und hatten auch keine verfahrensbedingten Standzeiten – optimale Voraussetzungen für günstige Laufzeitrelationen. Das abschließende Gerät des

Kartoffelanbaus ist der Roder. Für ihn wurde ein sehr geringer Anteil an Fahrtzeit außerhalb des Feldes dokumentiert. Das verwundert, da die Transportgeschwindigkeiten der Geräte ähnlich sind. Durch die Unterbringung des Gerätes in einer Halle nah am Kartoffelfeld wurde die Fahrtzeit dorthin reduziert.

#### 4.2.4 Einflüsse auf die Maschinenlaufzeiten

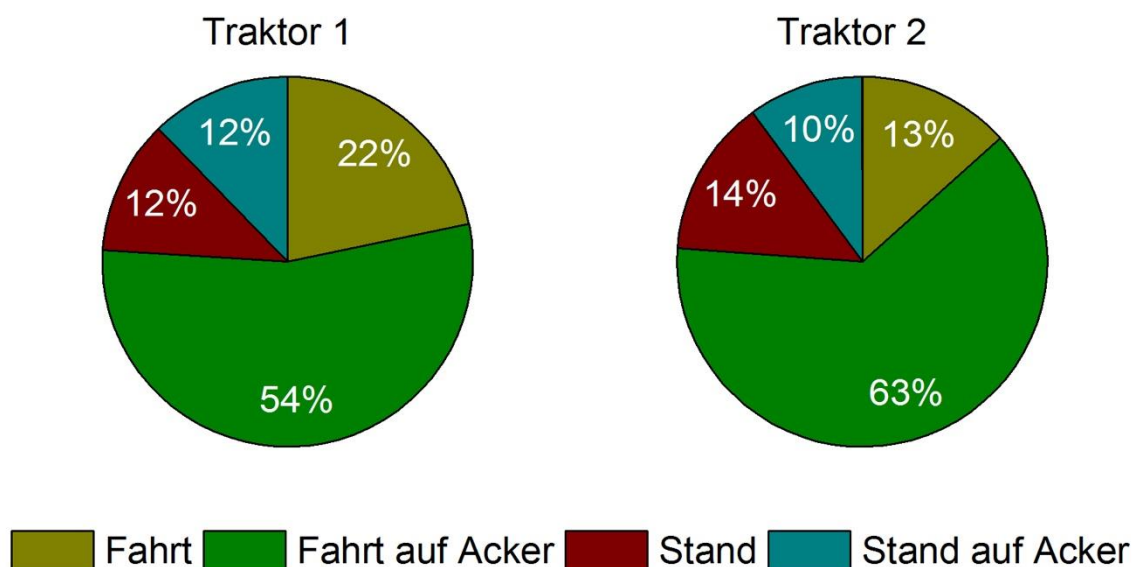
Nachfolgend werden einzelne Maschinen innerhalb einer Gruppe verglichen, um Unterschiede verschiedener Bauarten, Tätigkeiten, des Personals [20] oder des Maschinenalters festzustellen. Die **Abb. 4.10** zeigt links die Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten eines Raupenschleppers und rechts die eines Radschleppers. Beide Maschinen kommen ausschließlich in der Bodenbearbeitung zum Einsatz. Sie erledigten überwiegend die tiefere Grundbodenbearbeitung und den Großteil des Stoppelsturzes sowie der Saatbettbereitung. Neben dem Unterschied der Maschinen in Rädern und Raupenlaufwerk war auch das Maschinenalter nicht einheitlich. Der Raupenschlepper war schon mehrere Jahre in Gebrauch, der Radschlepper hingegen noch neu. Auch das steuernde Personal unterschied sich im Alter. Der Raupenschlepper wurde überwiegend von erfahrenem Personal bedient, während der Radschlepper von gut ausgebildeten Jungfacharbeitern gefahren wurde.



**Abb. 4.10:** Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten in der Gruppe Traktoren > 290 kW

Der Raupenschlepper zeichnet sich durch eine geringe Fahrtzeit von nur 11 % der Gesamtstunden aus. Die Fahrtzeit auf dem Acker beträgt 64 %. Die Standzeit gliedert sich in 11 % Stand außerhalb eines Ackers und 14 % auf den Feldern. Die Fahrtzeit außerhalb eines Schrages von 12 % des Radschleppers war den 11 % des Raupenschleppers ähnlich. Der Anteil an Fahrtzeit auf dem Acker von 69 % stellt den besten Wert aller Schlepper dar. Nur 19 % Gesamtstandzeit sind ebenfalls ein sehr guter Wert. Höhere Standzeiten in der Gruppe über 290 kW lassen sich somit vor allem auf den Raupenschlepper zurückführen. Dies ist vermutlich auf intensivere Wartungsarbeiten aufgrund des Maschinenalters zu ergründen.

Durch einen Vergleich baugleicher Maschinen sollten diese unterschiedlichen Zusammensetzungen der Maschinenlaufzeiten in Bezug auf die Unterschiede des Maschinenalters untersucht werden. Im ersten Schritt werden dafür wie in **Abb. 4.11** gezeigt, zwei baugleiche Maschinen mit ähnlichen Motorstunden verglichen. Beide Maschinen sind Radschlepper und führten hauptsächlich die Aussaat aus.

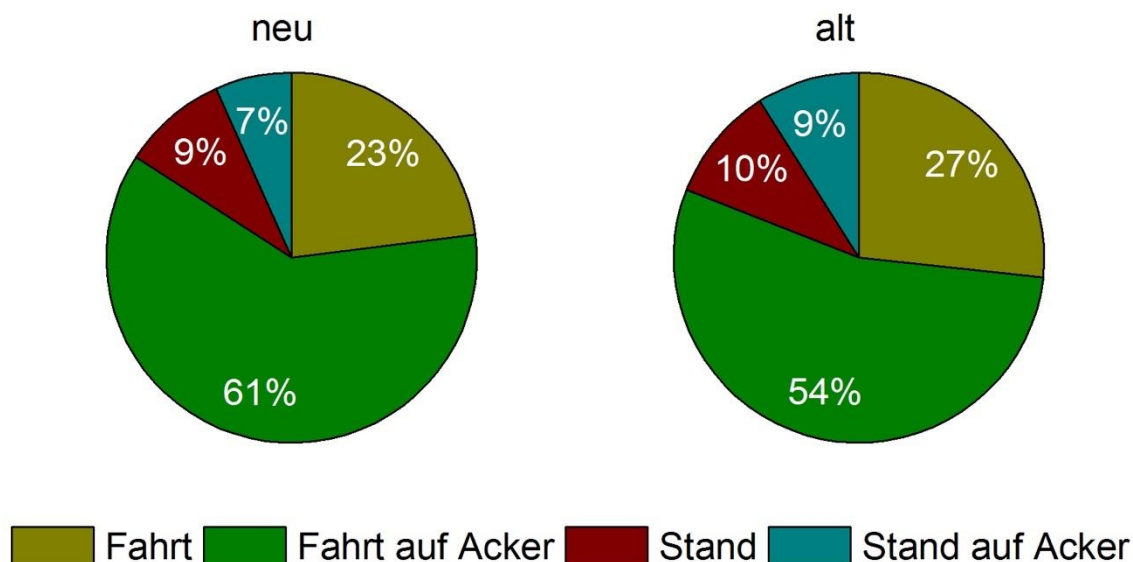


**Abb. 4.11:** Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten in der Gruppe Traktoren 220 – 290 kW

Beide Schlepper weisen eine Standzeit von 24 % der geleisteten Stunden auf. Bei Schlepper 2 gliederte sich die Standzeit in 10 % Stand auf dem Acker und 14 % Stand außerhalb auf. Schlepper 1 weist für beide Standzeiten 12 % aus. Die Fahrtzeit von Schlepper 1 auf dem Acker beträgt 54 % sowie 22 % für Fahrt

außerhalb der Schlaggrenzen. Für Schlepper 2 gliedert sich die Fahrtzeit in 63 % Fahrt auf dem Acker und 13 % Fahrt außerhalb der Felder. Hier fällt auf, dass Maschinen gleichen Alters identische Standzeiten aufwiesen. Das bekräftigt die Annahme, dass das Maschinenalter einen großen Einfluss auf die Laufzeitenrelation der Maschinen hat. Die stärkere Nutzungsdauer von 7 % auf dem Acker von Schlepper 2 ist in der Verwendung der Maschinen während der Ernte begründet. Während Schlepper 1 das Getreide vom Feld zum Hof fährt, besteht die Aufgabe von Schlepper 2 darin, das Getreide von den Mähreschern auf die Abfahrer umzuladen.

Im zweiten Schritt ist der Einfluss des Maschinenalters durch einen Vergleich zweier baugleicher Maschinen unterschiedlichen Alters erfolgt. In **Abb. 4.12** ist links die Zusammensetzung der Maschinenlaufzeit der neuen Maschine und rechts die der älteren zu sehen. Beide Maschinen wurden variabel zum Transport und zur Bodenbearbeitung eingesetzt. Während der Rauhfutterernte bestand die Aufgabe der Maschinen im Befüllen und Verdichten des Silos. Die neue Maschine wurde von einem erfahrenen Kollegen gesteuert, die alte dagegen von einem Jungfacharbeiter. Der neue Schlepper leistet 23 % der Motorstunden durch Fahrt außerhalb der Felder. Bei dem älteren Modell sind es 27 %.



**Abb. 4.12:** Vergleich der Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten neu und alt, in der Gruppe Traktoren 220 – 290 kW

Die Fahrtzeit auf dem Acker liegt für die neuere Maschine bei 61 %, während die alte Maschine 54 % aufweist. Die Standzeit des jüngeren Schleppers liegt um 3 % unter der des älteren, bei 16 %. Bei diesem Vergleich zeigt sich ein größerer Anteil Fahrtlaufzeit der neuen Maschine gegenüber der alten. Der Unterschied des Alters der Fahrer war in diesem Vergleich entgegengesetzt zum Vergleich Raupenschlepper und Radschlepper. Hier zeigte die Maschine des jüngeren Fahrers Nachteile im Anteil der Maschinenlaufzeit Fahrt. Daraus kann gefolgert werden, dass die Anteile der Maschinenlaufzeiten in dieser Untersuchung vermutlich nicht vom Alter des Fahrers abhängt. Das ist wahrscheinlich in der guten Ausbildung der Mitarbeiter in Deutschland begründet [20]. Es konnte gezeigt werden, dass ältere Maschinen tendenziell mehr Standzeiten aufweisen als neuere. Anhand des Verschleißes an älteren Modellen war diese Beobachtung gut zu erklären. Die Ausstattung der Maschinen mit Ketten oder Rädern als Einfluss auf die Zusammensetzung der Maschinenlaufzeiten war in dieser Versuchsreihe unwesentlich. Die Unterschiede im Vergleich der zwei Maschinen ist vor allem auf das Maschinenalter zurückzuführen.

#### 4.2.5 Einordnung der Laufzeiten von Maschinen und Geräten

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Auslastungen der Maschinen und Anbaugeräte dargestellt. Für jede Maschinen- und Gerätegruppe konnten so erstmals über den Zeitraum einer kompletten Anbausaison Laufzeiten generiert werden. Anhand dieser Werte konnten präzise Aussagen zum Zustand der Maschinen getroffen werden. Ältere, stark verschlissene Maschinen zeigen stets mehr unproduktive Zeit. Anhand der Daten können Richtwerte je Maschinen- und Gerätegruppe erstellt werden, welche die Produktivzeit definieren. Bei den Geräten zur Bodenbearbeitung stellt ausschließlich die Fahrtzeit auf dem Acker Produktivzeit dar. In dieser Gruppe ist mit Zunahme der Arbeitsbreite und Komplexität der Geräte eine Verringerung des Anteils der Produktivzeit zu erkennen. Die Aussaat stellt die homogenste Gruppe der Anbaugeräte dar. Hier sind ca. 25 % der geleisteten Maschinenstunden verfahrensbedingte Verlustzeiten. Durch größere Entfernung der Flächen vom Hof verringert sich die Produktivzeit dieser Geräte stark, was in der limitierten Transportgeschwindigkeit begründet ist.

Auch in der Pflege stellt ausschließlich die Fahrtzeit auf dem Acker Produktivzeit dar. Hier ist der Anteil dieser Zeiten jedoch enorm von der Organisation des Arbeitskomplexes abhängig. Die Tätigkeit Sonstige stellt mit der Ausnahme des Pressens die gesamte Fahrtzeit die Produktivzeit dar. Diese Geräte wurden nicht ausschließlich für den Gebrauch auf dem Acker konzipiert. Für die Geräte zum Kartoffelanbau gilt einzig die Fahrtzeit auf dem Acker als Produktivzeit. Für alle Prozesse gilt, dass je stärker ein Prozess durch Hilfsprozesse wie die Zulieferung an den Feldrand unterstützt wird, desto besser sind die Produktivzeiten der Geräte. Das führt natürlich zu höheren Kosten aufgrund der Einbindung weiterer Kapazitäten. Daraus resultiert eine Wichtung der einzelnen Prozesse nach ihrem ökonomischen Nutzen und der anschließenden Zuweisung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten. Dabei muss stets ein Kompromiss zwischen Kapazitätsvorhaltung, optimaler Witterung und rechtlichen Restriktionen gefunden werden. Da sich die Parameter oftmals im Laufe eines Tages ändern können, ist dies ein dynamischer Prozess, der im Vorfeld nur durch Annahmen geplant werden kann. Im Rahmen dieses Projekts wurde in einem weiteren Betrieb versucht, die Entlohnung der Mitarbeiter an die Produktivzeit der Maschinen zu koppeln. Je nach Ort, Geschwindigkeit und Kopplung mit einem Anbaugerät waren 3 verschiedene Stundenlöhne verfügbar. Das äußerte sich in der farblichen Anpassung des Hintergrundes der APP. Die Effektivität dieser Maßnahme war jedoch nicht zufriedenstellend. Wie bereits erläutert, variieren die maximal zu erreichenden Produktivzeiten innerhalb eines Tages. Weiterhin sind Produktivzeiten für Hilfsprozesse stets vom Hauptprozess abhängig. Ein Nachteil der Variation des Stundenlohnes stellt die Versuchung dar, den maximalen Stundenlohn zu Ungunsten der Arbeitsqualität auf dem Acker zu generieren. Die Qualität der Arbeitserledigung kann bisher noch nicht ausreichend automatisiert überprüft werden. Die Daten für diese Studie wurden ohne Anreize oder Konsequenzen für die Mitarbeiter erhoben, da ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Resultat erzielt werden sollte. Die Ergebnisse zeigen für gleiche Maschinen und Tätigkeiten identische Ergebnisse. Somit kann davon ausgegangen werden, dass es keine Unterschiede aufgrund der ausführenden Mitarbeiter gibt.

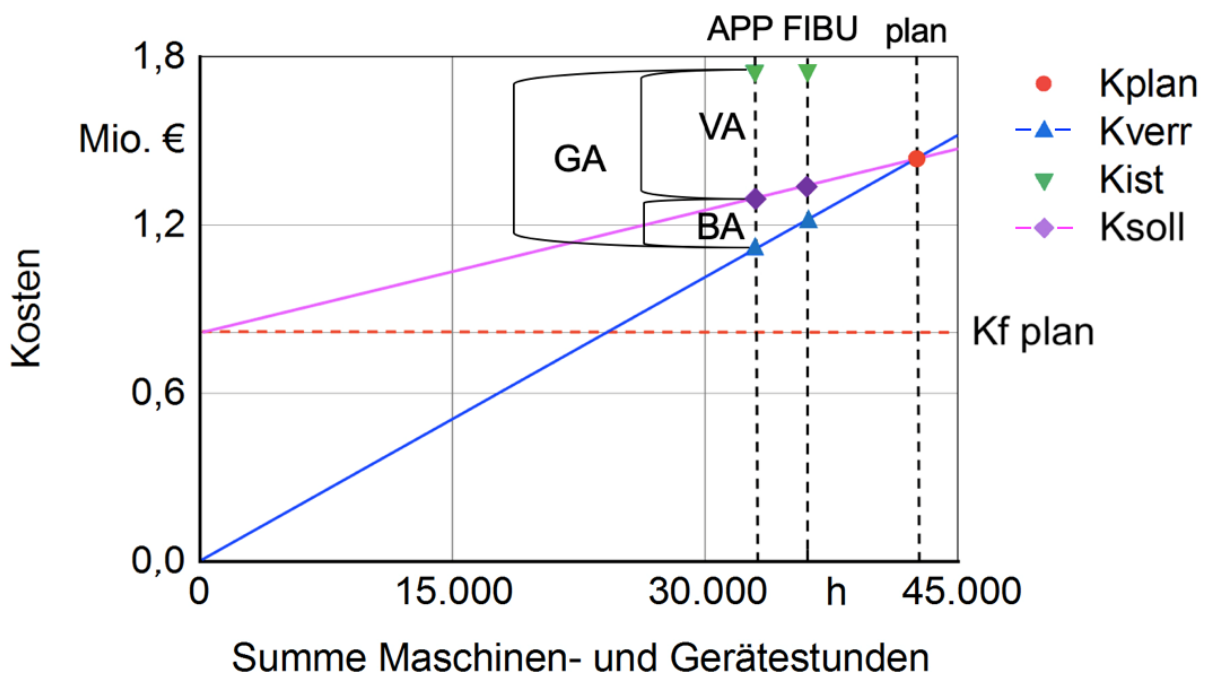
### 4.3 Flexible Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis

Um das quantitative Ziel eines möglichst hohen Betriebsergebnisses in ein qualitatives Ziel umzusetzen, ist eine Planung von Kosten und Erträgen nötig [11]. Da das Betriebsergebnis im Untersuchungsbetrieb je Kalenderjahr aufgestellt wird, wurden hierbei nur die dokumentierten Daten aus dem Jahr 2018 verwendet. **Abb. 4.13** zeigt die geleisteten und dokumentierten Stunden aus dem Jahr 2018. Es wurden 19.431 Motorstunden von den Maschinen geleistet. Insgesamt konnte die automatische Erfassung 32.872 Stunden dokumentieren und die manuelle 35.186 Stunden.

	automatische Dokumentation	manuelle Dokumentation	Motor h
Maschinen	18.880	18.612	19.431
Geräte	13.984	16.575	
Gesamt	<b>32.872</b>	<b>35.187</b>	

**Abb. 4.13:** Anzahl der dokumentierten Stunden im Zeitraum vom 01.01.2018 – 31.12.2018

Die Planung der Kosten stellt die Ermittlung der Plankosten ( $K_{\text{plan}}$ ) dar. In dieser Untersuchung wurden anhand der Dokumentationsart der geleisteten Maschinenstunden die Kostenabweichungen sowie deren Ursachen ermittelt. Die **Abb. 4.14** zeigt die Ergebnisse dieser Kostenabweichungen für das Kalenderjahr 2018 auf Grundlage der Gesamtkosten sowie der Summe aller geleisteten Maschinen- und Gerätestunden.



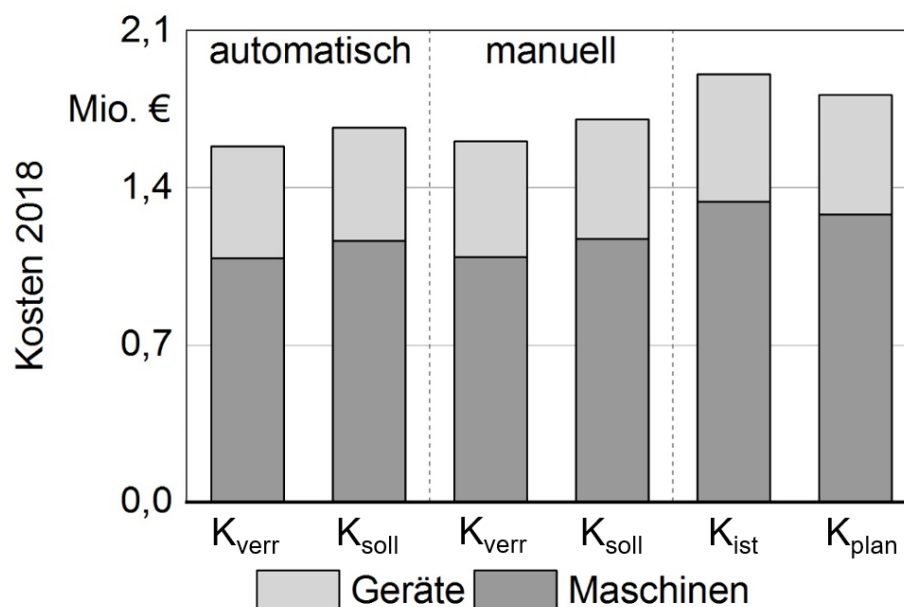
**Abb. 4.14:** Darstellung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis; Gesamtkosten und Stunden aller Maschinen und Geräte im KJ 2018

Die  $K_{\text{plan}}$  bilden die Durchschnittswerte der Jahre 2015 – 2017 ab. Eine durchschnittliche Maschinenbeschäftigung von 41.443 h ergibt  $K_{\text{plan}}$  in Höhe von 1,81 Mio. €. Das entspricht einem Plankostenverrechnungssatz von durchschnittlich 43,74 €/h. Die fixen Plankosten  $K_{\text{fplan}}$  betragen 801 T€. Die  $K_{\text{verr}}$  befinden sich auf einer Geraden zwischen dem Nullpunkt des Diagramms und den  $K_{\text{plan}}$ , abhängig von den geleisteten Ist-Stunden. Für die automatisierte Maschinenstundendokumentation konnten 32.872 geleistete Stunden ermittelt werden. Daraus ergeben sich  $K_{\text{verr}}$  in Höhe von 1,43 Mio €. Die manuelle Dokumentation der Maschinenstunden ergab Ist-Stunden in Höhe von 35.186 h. Daraus wurden  $K_{\text{verr}}$  von 1,54 Mio € kalkuliert. Durch die Verbindung der  $K_{\text{plan}}$  mit dem Punkt der  $K_{\text{fplan}}$  an der Kostenachse des Diagramms ergibt sich die Gerade der Sollkosten  $K_{\text{soll}}$ . Diese liegen für die automatisierte Stundenerfassung bei 1,60 Mio € sowie für die manuelle Dokumentation bei 1,66 Mio €. Die Differenz der  $K_{\text{soll}}$  von den  $K_{\text{verr}}$  stellt die Beschäftigungsabweichung BA dar. Diese beträgt für die Stundenerfassung nach automatischer Dokumentation 166 T€. Die manuelle Dokumentation weist eine geringere Abweichung von 121 T€ auf. Durch die Einzeichnung der Ist-Kosten ( $K_{\text{ist}}$ ) bei 1,91 Mio. € kann die Verbrauchsabweichung



VA ermittelt werden. Für die automatische Stundenerfassung beträgt diese 304 T€. Die Methode der manuellen Erfassung weist eine VA von 246 T€ auf. Wie aus der Abb. 4.14 hervorgeht, liegt für beide Dokumentationsarten eine positive VA und BA vor. Daraus ergibt sich eine positive Gesamtabweichung durch die automatisierte Datenerfassung in Höhe von 469 T€ sowie 368 T€ für die manuelle Dokumentation. Eine positive Abweichung stellt Kostenunterdeckung dar und drückt einen höheren Kostenanfall in dieser Periode im Vergleich zu den Plankosten aus.

Die Darstellung der Maschinenkosten bezieht sich auf den Durchschnittswert aller Maschinen und Geräte. So kommt es hier zum Ausgleich von Maschinen und Geräten mit hohen und niedrigen Stundensätzen. Das resultiert in unpräzisen Kostenberechnungen. Anhand dieser Darstellung können keine Auskünfte zur Herkunft der Abweichungen von einzelnen Maschinen oder Geräten getroffen werden. Um den Effekt des Ausgleichs der Maschinenstundensätze zu vermeiden, erfolgt diese Berechnung für jeden hKTR einzeln. Die so ermittelten Kosten werden anschließend kumuliert und können nach Geräten und Maschinen untergliedert werden. Die kumulierten Ergebnisse der individuellen Kostenberechnung je hKTR sind in **Abb. 4.15** visualisiert. Die  $K_{\text{Plan}}$  für das Jahr 2018 in Höhe von 1,81 Mio. € wurden so ermittelt. Sie gliedern sich in 1,28 Mio. € Maschinen- und 533 T€ Geräte-Plankosten. Anhand dieser Darstellung kann auch die Aufgliederung der  $K_{\text{ist}}$  abgelesen werden. 1,34 Mio. € wurden durch die Maschinen sowie 568 T€ von den Geräten verursacht. Die  $K_{\text{verr}}$  und  $K_{\text{soll}}$  liegen für beide Dokumentationsarten sehr nah beieinander, sie sind geringer als die  $K_{\text{plan}}$  und die  $K_{\text{ist}}$ .

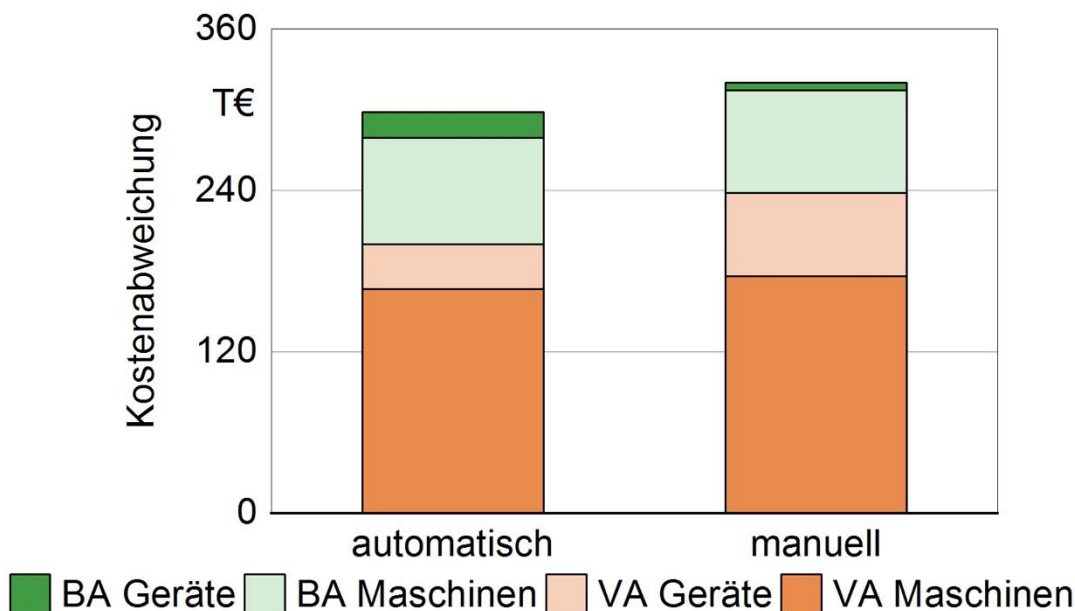


**Abb. 4.15:** Kumulierte Darstellung der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis je hKTR im KJ 2018

Anhand dieser Darstellung wird ersichtlich, dass ca. 66 % der Gesamtkosten von den selbstfahrenden Maschinen verursacht werden. Somit sind die Hauptkostenverursacher identifiziert.

Um die Kostenabweichungen detaillierter analysieren zu können, erfolgte in einem weiteren Schritt die Ermittlung der Abweichungen je Dokumentationsart. Abb. 4.15 zeigt die Ergebnisse. Anhand der manuellen Dokumentation konnte eine VA in Höhe von 176 T€ für die Maschinen und 62 T€ für die Geräte identifiziert werden. Die BA gliedert sich in 76 T€ für die Maschinen und 6 T€ für die Geräte. Insgesamt wurde eine Gesamtabweichung GA in Höhe von 320 T€ durch die manuelle Dokumentation berechnet. Die Methode der automatisierten Erfassung weist eine GA in Höhe von 298 T€ auf. Diese setzt sich aus einer VA von 200 T€ und einer BA in Höhe von 98 T€ zusammen. Die Maschinen weisen 167 T€ VA auf, die verbleibenden 33 T€ wurden von den Geräten verursacht. In der BA ergeben sich 79 T€ aus der Berechnung der Maschinen und 19 T€ aus der Kalkulation der Geräte. Die BA stellt die ungenutzten Fixkosten dar, die aus der geringeren Auslastung der hKTR im Vergleich zu dem Plan vor dieser Produktionsperiode resultieren. Dieser wurde anhand des 3-jährigen Durchschnitts der

Maschinenauslastung bestimmt. 2018 war ein niederschlagsarmes Jahr, in dem die Kulturarten weniger Erträge erzielten. Dadurch wurde eine zügige Ernte ohne Unterbrechungen möglich. Durch diese zwei Effekte verringerte sich die Einsatzzeit der hKTR. Wie die **Abb. 4.16** zeigt, ist die BA hauptsächlich auf die Maschinen zurückzuführen. Das ist hauptsächlich durch die höheren Maschinenstundensätze im Vergleich zu den Gerätestundensätzen begründet. Weiterhin erbringen die Geräte der Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflege ihre Leistung stärker flächenbezogen als ertragsbezogen, wie beispielsweise Erntemaschinen. Somit wird die Einsatzzeit der Maschinen durch die geringe und zügige Ernte stärker beeinflusst.



**Abb. 4.16:** Darstellung der kumulierten Kostenabweichungen der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis je hKTR im Kalenderjahr 2018

In der VA für die Geräte ist durch die automatisierte Datenerfassung eine geringere Abweichung zu erkennen. Das ist dadurch begründet, dass in diesem Zeitraum auch mehr Einsatzstunden ermittelt wurden. Die manuelle Dokumentation dagegen hat für diese Geräte andere Auslastungen erfasst. Für die Maschinen ist jedoch ein sehr ähnlicher Wert errechnet worden. Die positive VA der Geräte stellt die kostenintensiveren Instandhaltung in dieser Periode dar. Eine positive VA kann auf einen höheren Verbrauch während des Produktionsprozesses zurückgeführt

werden und setzt sich aus dem Produkt der eingesetzten Rohstoffe sowie deren Einstandspreisen zusammen. Hauptrohstoffe stellen bei den Maschinen die Treib- und Schmierstoffe sowie Reparaturen dar. Dabei ist der Kraftstoffverbrauch einer Maschine je Stunde durch deren Motorleistung begrenzt. Somit kann ein gestiegener Bezugspreis für Kraftstoff im Jahr 2018 vermutet werden. Die höhere VA der Maschinen bekräftigt diesen Punkt, da Geräte keinen Kraftstoffverbrauch aufweisen. Die errechneten Verbrauchsabweichungen deuten weiterhin auf gestiegene Unterhaltungsaufwendungen der Maschinen hin. Hier kann nicht zwischen der Preissteigerung und der Zunahme an Maschinenreparaturen unterschieden werden. Die Höhe dieses Effekts lässt sich in Bezug auf die VA durch automatisierte Dokumentation der Geräte abschätzen. Ausgehend von der Annahme eines vergleichbaren Durchschnittalters der Maschinen und Geräte sind ca. 60 T€ der VA der Maschinen auf höhere Unterhaltungskosten zurückzuführen. Weiterhin hat die Finanzierung der Maschinen einen Einfluss auf die Ausweisung der Kostenabweichungen. Wenn eine Maschine gemietet oder geleast wird, entstehen in diesem Zeitraum nur variable Kosten. Wird diese Maschine anschließend gekauft, erfolgt in dem Folgejahr keine Ausweisung der BA, da keine Leerkosten aufgrund des Fehlens von Fixkosten im Vorjahr entstehen. Dadurch kommt es zu einer sehr hohen VA. Dieser Effekt trifft in der vorliegenden Untersuchung auf zwei kostenintensive Maschinen zu. Daraus resultieren ca. 60 T€ der Verbrauchsabweichung der selbstfahrenden Geräte. So verbleiben 30 T€ der VA der selbstfahrenden Maschinen, welche auf die Preissteigerung des Kraftstoffes zurückzuführen sind. Die Verbrauchsabweichung beträgt 13 % der Gesamtkosten. Bereinigt um den Effekt der Finanzierung der Maschinen verbleiben 8 %, welche durch Preissteigerungen und Mehrverbrauch zu verantworten sind. Dieser Wert ist als zu hoch für die Produktion anzusehen und sollte durch den zuständigen Kostenstellenleiter in der Folgeperiode verringert werden. Aufgrund der stetigen Inflation ist hier immer mit einer positiven Abweichung zu rechnen, jedoch sollten 5 % nicht überschritten werden. Dafür sind zukünftig Absicherungen des Dieselpreises, eine versicherte Maschineninstandhaltung durch die Hersteller und Investitionen in neue Maschinen die effektivsten Methoden. Weiterhin geht aus diesen Darstellungen eine BA von 6,5 % hervor. Da gerade in der Landwirtschaft im Jahresverlauf je nach Witterung häufig schwankende Beschäftigungsverhältnisse zu beobachten sind, könnten durch Miete oder Leasing in den kostenintensiven

Maschinengruppen die BA effektiv gesenkt werden. Gerade die Vorhaltung von Maschinen stellt jedoch eine wichtige Absicherung der Prozesse dar. Hier sollte sehr sorgfältig abgewogen werden, wie zuverlässig und verfügbar Mietmaschinen in den sensiblen Zeiträumen sind. Auch die BA sollte nicht über 5 % der Maschinenkosten liegen, um durch eine Vorhaltung an Maschinen nicht mehr Geld zu verlieren als durch deren Einsatz im Bedarfsfall zu generieren.

Durch diese Darstellungen konnten die Kostenabweichungen im Berichtszeitraum eines Jahresabschlusses gezeigt werden. Es gelang auch, die Abweichungen nach Maschinengruppen aufzugliedern, die Ursachen zu erläutern sowie Lösungsstrategien anzubieten. Das stellt einen wichtigen Punkt in der Rechtfertigung der Abweichungen von Plan- und Ist-Kosten für die Erörterung des Periodenabschlusses dar.

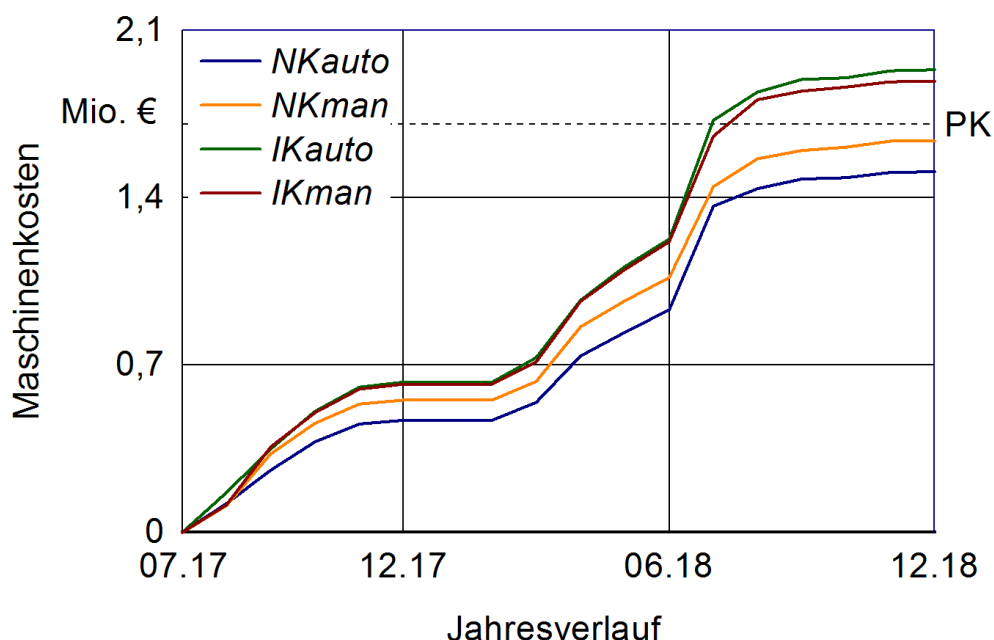
#### 4.4 Prozesskostenrechnung

Da die zeitliche Abgrenzung des Jahresabschlusses nicht mit dem Produktionszyklus der Nutzpflanzen übereinstimmt, sind weitere Kalkulationsschemata erforderlich. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Prozesskostenrechnung dargestellt. Grundlage dieser Kalkulation ist das Schema aus Abb. 3.11, worin die erfassten Daten von August 2017 bis Dezember 2018 eingehen.

##### 4.4.1 Kumulierte Prozesskosten der Kulturarten

In der **Abb. 4.17** sind die Ergebnisse der Vor-, Zwischen- und Nachkalkulation in Abhängigkeit der Datenerfassung zu sehen. Anhand der Vorkalkulation sind Plankosten *PK* in Höhe von 1,7 Mio. € errechnet worden. Durch eine Zwischenkalkulation aufgrund der monatlichen Dokumentation der Laufzeiten für beide Dokumentationsarten konnten die Normalkosten *NK* für automatisierte (auto) und manuelle (man) Dokumentation während des Prozesses ermittelt werden. Die *NK* zeichnen sich durch einen geringen Anstieg von August 2017 bis Dezember 2017 aus. Die *NK<sub>man</sub>* erreichen hier bis zum Bilanzstichtag am 31.12.2017 0,47 Mio. €, die *NK<sub>auto</sub>* steigen stärker an und weisen einen Wert von 0,55 Mio. € auf. Weitere Kosten fallen erst ab März 2018 mit Beginn der Frühjahrsarbeiten an. Anschließend ist bis Juli 2018 der stärkste Anstieg der Kosten zu erkennen. Eine

schwächer steigende Kostenkurve im April 2018 und Mai 2018 ist für beide Normalkostenkurven charakteristisch. Im Juni 2018 steigen die *NKauto* stärker als die *NKman*, wodurch es zu einer Annäherung beider Kurven kommt. Zum 30.7.2018 betragen die *NKauto* 1,37 Mio. € und die *NKman* 1,45 Mio. €. In den Herbstmonaten des Jahres 2018 weist die Kurve der *NKman* eine stärkere Steigung auf als die der *NKauto*. Daraus resultiert ein erneutes Auseinanderdriften der Normalkostenkurven. Zum Abschluss der Anbausaison am 31.12.2018 werden die *NKauto* in Höhe von 1,51 Mio. € ausgewiesen. Sie liegen unter dem Wert der *NKman*, welche mit 1,64 Mio. € am Jahresende abschließen. Beide Kurven erreichen nicht die PK.



**Abb. 4.17:** Kumulierte Gesamtkosten der Prozesskostenrechnung von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten

Der Verlauf der beiden Istkosten (IK) Kurven liegt sehr nahe beieinander. Die *IKauto* starten mit einem höheren Wert am 31.08.2017. Das wird durch einen stärkeren Anstieg der *IKman* Kurve im September 2017 jedoch wieder aufgeholt. Anschließend weisen beide Kurven bis zum Mai 2018 einen identischen Verlauf auf. Dieser ist durch eine abnehmende Steigung bis zum Dezember 2017 gekennzeichnet. Bis Ende Februar bleiben die Kosten konstant. Die Kurven liegen deutlich über den *NK* Kurven und weisen 0,63 Mio. € Maschinenkosten zum Bilanzstichtag auf. Ab März ist eine starke Kostenzunahme zu beobachten, welche

im April 2018 und Mai 2018 leicht abnimmt. Im Juni 2018 und Juli 2018 ist dann der stärkste Anstieg der *IK* zu verzeichnen. In diesem Zeitraum steigen die *IK* der automatischen Dokumentation in Bezug zu den *IK* der manuellen Dokumentation stärker. In den Herbstmonaten ist bei den *IKauto* ein stärkerer Abfall des Kostenanstiegs im Vergleich zu den *IKman* zu erkennen, wodurch sich beide Kurven bis zum 31.12.2018 wieder annähern. Die *IKauto* weisen mit 1,94 Mio. € die höchsten Kosten aus. Die *IKman* betragen am Ende der Produktionsperiode 1,89 Mio. €.

Anhand der Kurvenverläufe in Abb. 4.17 ist der Maschinengesamtkostenverlauf für die Fruchtarten im Erntejahr 2018 nachzuverfolgen. Alle vier Graphen lassen sich in fünf zeitliche Gruppen einteilen. Die Zeit von August 2017 bis November 2017 stellt die Herbstarbeiten der Kulturarten dar. Diese Kosten resultieren Großteils aus der Grundbodenbearbeitung. Je nach Kulturart fließen auch die Kosten für die Aussaat und erste Pflegemaßnahmen in diesen Zeitraum ein. Die hier anfallenden Maschinenkosten stellen ca. ein Viertel der Gesamtmaschinenkosten dar. Eine abnehmende Steigung der Kurven ist in dieser Phase charakteristisch. Das resultiert aus der Abnahme der zur Verfügung stehenden Feldarbeitstage sowie den Arbeitsspitzen um die Aussattermine der Winterungen im September und Oktober. Der Zeitraum Dezember 2017 bis Februar 2018 repräsentiert die Zeit der Vegetationsruhe, daher kommt es in dieser Phase zu keinem bzw. nur zu einem sehr geringen Anstieg der Kosten. Ein stärkerer Anstieg der Graphen ist von März 2018 bis Mai 2018 zu beobachten. Hier findet die Aussaat der Sommerungen statt und die Pflegearbeiten für alle Kulturarten starten. Bis Ende Mai 2018 sind ca. 40 % der Maschinenkosten angefallen. Die vierte Phase wird durch den stärksten Anstieg gekennzeichnet. Im Zeitraum von Juni 2018 bis August 2018 finden in den meisten Kulturarten die Erntearbeiten statt. Diese sind die kostenintensivsten Arbeiten und für ca. 45 % der Gesamtkosten verantwortlich. Die fünfte Phase der Maschinenkostenentwicklung ist durch eine sehr geringe und rückläufige Steigung der Graphen bis Dezember 2018 geprägt. Diese resultiert aus den verbleibenden Erntearbeiten der Hackfrüchte sowie der Stoppelbearbeitung nach der Getreideernte.

Der unterschiedliche Verlauf der *NK* Graphen von automatischer und manueller Dokumentation stellt die Unterschiede in den Datenerfassungen dar, da die *NK*

Kurven auf einheitlichen Normalstundensätzen basieren. Der höhere Kostenverlauf der *NKman* gegenüber der *NKauto* ist somit der höher dokumentierten Maschinenstunden durch die manuelle Methode geschuldet. Eine höhere Dokumentation nach der manuellen Methode konnte auch schon durch die Präzisionsüberprüfung in Kapitel 4.1 festgestellt werden. In der Abbildung 4.15 ist dieser Effekt jedoch durch die Berechnung der Kosten durch kostenintensive und kostengünstige hKTR beeinflusst. Daher stellt die Differenz der *NK* das Produkt der Abweichung der Dokumentationsarten und den Normalstundensätzen der hKTR dar.

Die Ist-Kosten werden durch zwei Faktoren beeinflusst. Für deren Berechnung kommen die geleisteten Stunden je Fruchtart analog der *NK* Berechnung zur Anwendung. Jedoch wurden diese nun mit den tatsächlichen Kostensätzen der leistenden Maschinen und Geräten in dieser Periode multipliziert. Um die Ist-Stundensätze herzuleiten, erfolgte die Division der Gesamtkosten dieser Periode durch die Gesamtzahl der geleisteten Stunden je nach Dokumentationsart. Daraus resultierten unterschiedliche Ist-Stundensätze für jede Dokumentationsart. Der ähnliche Verlauf der *IK* Kurven begründet sich in der Beeinflussung der Dokumentation auf die Ist-Stundensätze. Werden für eine Maschine zu viele Stunden dokumentiert, führt das zu einem Anstieg der Normalkosten. Die *IK* werden dadurch jedoch nicht beeinflusst, da eine höhere Stundendokumentation zu einem geringen *IK*-Stundensatz führt. Somit stellt die Abweichung der *IK* Graphen hauptsächlich die Unterschiede in der Dokumentation der KTR dar. Beide Kurven der Nachkalkulation liegen über den im Voraus berechneten *PK*. Die Lage der *IK* oberhalb der *PK* sowie der *NK* unterhalb der *PK* charakterisieren das Anbaujahr 2018. Aufgrund des Mangels an Niederschlag und der sehr beständigen Witterung sind in diesem Jahr unterdurchschnittliche Maschinenauslastungen aufgetreten. Daraus resultieren geringere *NK*, da die *NK*-Stundensätze aus den Mitteln der letzten 3 Jahre auf höheren Maschinenauslastungen beruhen. Durch die geringere Auslastung ist ein größerer Anteil Leerkosten für die *IK* charakteristisch. Das konnte im Kapitel 4.3 durch die Berechnung der *BA* gezeigt werden. Die gleichzeitig auftretende positive *VA* verstärkt diesen Effekt noch. Anhand dieser Darstellung ist es gelungen, die Kosteneffekte des Anbaujahres 2018 abzubilden und zu



analysieren. Die Kostendynamik im Verlauf einer Anbausaison konnte nachvollzogen und in fünf Gruppen untergliedert werden.

#### 4.4.2 Prozesskostenrechnung je Kulturart

Weiterführend werden die Gesamtkosten auf die einzelnen KTR aufgegliedert, um detailliertere Kostenverläufe zu erhalten. Da Unterschiede in der Dokumentation der KTR aus der Gesamtkostendarstellung nur in geringem Umfang zu erkennen und keine Rückschlüsse oder Vergleiche zwischen den Kulturarten möglich sind, wird nachfolgend für jede Kulturart die Prozesskostenrechnung der Maschinenkosten in Abhängigkeit der Dokumentationsarten dargestellt. Um die Maschinenkosten je Kulturart vergleichen zu können, wurden diese auf den Anbauumfang bezogen. Die **Abb. 4.18** zeigt die Graphen der Maschinenkosten von Winterweizen, Wintergerste, Hartweizen und Sommergerste in €/ha. Für die Fruchtart Winterweizen wurden *PK* in Höhe von 280 €/ha kalkuliert. Die *NK*-Graphen weisen für die Herbstarbeiten einen Anstieg auf 95 €/ha auf. Dieser Wert steigt von März 2018 bis Mai 2018 auf 135 €/ha an. Im Juni 2018 und Juli 2018 ist eine unterschiedlich starke Kostenzunahme für beide *NK* Graphen zu erkennen. Die *NKman* liegen mit 231 €/ha Ende Juli 2018 unter den *NKauto* in Höhe von 245 €/ha. Bis zum Ende der Anbauperiode legen die Werte nur noch geringfügig zu. Die *NKman* weisen 233 €/ha und die *NKauto* einen Wert von 248 €/ha aus. Deutliche Unterschiede sind in den Verläufen der *IK* Graphen zu sehen. Mit Beginn der Anbausaison liegen die *IK* Graphen über den *NK* Kurven, das ist für den gesamten Anbauzeitraum charakteristisch. Zum Bilanzstichtag 31.12.17 erreichen die *IKauto* 126 €/ha und die *IKman* 116 €/ha. Im Frühjahr steigen die *IKauto* schon im März 2018 an, die *IKman* hingegen erst im April 2018. Daraus resultiert eine stärkere Zunahme der *IKauto* im Vergleich zu den *IKman*. Dieser Effekt konnte auch in den Erntemonaten Juni 2018 und Juli 2018 beobachtet werden. Das führt zu deutlich höheren Maschinenkosten je Hektar der *IKauto* in Höhe von 319 € im Vergleich zu 274 € der *IKman*. Damit stellen nur die *IKauto* eine Übersteigerung der *PK* dar.

Auch beim Winterweizen sind die fünf Gruppen der Kostenverläufe zu erkennen. Die Anstiege im Herbst, welche ca. ein Drittel der Gesamtkosten darstellen, sind in der Bodenbearbeitung und Aussaat dieser Kulturart begründet. Die Stagnation der Kostenzunahme in den Wintermonaten ist auf die Vegetationspause in dieser

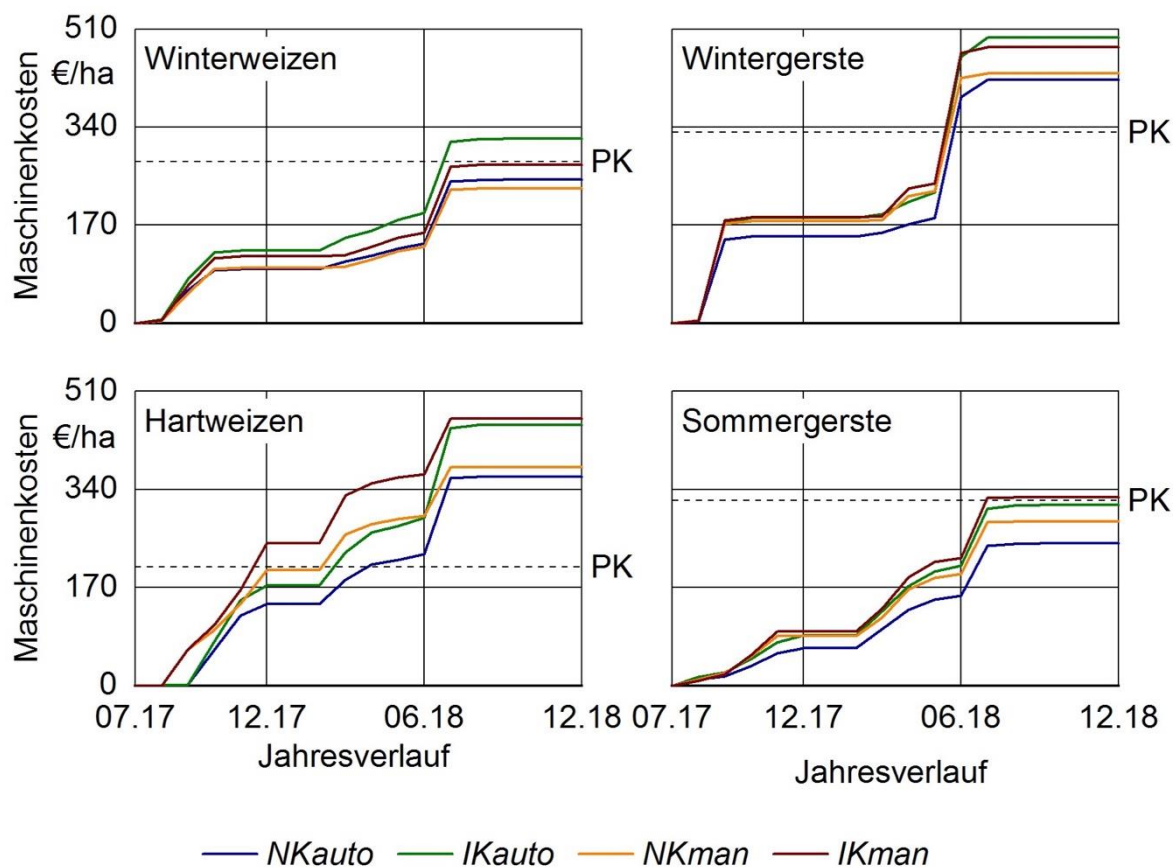
Jahreszeit zurückzuführen. Im Frühjahr sind die Pflegearbeiten Düngen und Spritzen für die moderate Zunahme der Kosten verantwortlich. Im Juni 2018 und Juli 2018 führen die kostenintensiven Erntearbeiten zu einem starken Anstieg. Anschließend werden nur noch Kosten durch Um- oder Auslagerung der Weizenbestände verursacht. Diese sind je ha gering, wodurch sich keine bedeutenden Steigungen mehr ergeben. Eine Kostenunterdeckung der *IKauto* in Höhe von 39 €/ha bilden die tatsächliche Kostenstruktur im Anbaujahr 2018 ab. Es wurde also, anders als durch die Zwischenkalkulation ermittelt, schlechter gewirtschaftet als geplant. Die Abweichung der *IK* drückt die Unterschiede in der Dokumentation der KTR je Motorstunden aus. Die manuelle Erfassung hat für Winterweizen tendenziell zu wenig Stunden der kostenintensiven hKTR erfasst, wodurch die *NKman* unterhalb der *NKauto* liegen. Die fehlerhafte manuelle Dokumentation resultiert in einer großen Differenz der *IK* sowie einer falschen Ausweisung der Kostenüberdeckung durch die *IKman*. Die Ursache der Kostenunterdeckung der *IKauto* ist auf die positive GA der hKTR zurückzuführen.

Wintergerste zeigt im August und September des Jahres 2017 eine starke Kostenzunahme aller Kostenkalkulationen. Von Oktober 2017 bis Februar 2018 ist keine weitere Steigung zu verzeichnen. Dabei weisen die *NKauto* eine geringere Steigung in Bezug zur verbleibenden Kostengeraden auf. Zum Jahresende 2017 werden 151 €/ha für die *NKauto* ausgewiesen. Die *NKman* liegen mit 177 €/ha sehr nahe an den *IKman* in Höhe von 183 €/ha. Im weiteren Verlauf der NK steigen die *NKman* im Frühjahr stärker an, wodurch sich der Unterschied zu den *NKauto* vergrößert. Die Sommermonate sind von einem stärkeren Anstieg der *NKauto* im Verhältnis zur *NKman* geprägt. Dadurch weisen sie ab dem Monat Juli 2018 ähnliche Wert auf. Diese bleiben dann bis zum Ende der Produktionsperiode konstant. Für die *NKauto* konnten 421 €/ha und für die *NKman* 433 €/ha ermittelt werden. Beide Werte liegen deutlich über den *PK* in Höhe von 331 €/ha.

Für die *IK* der Wintergerste sind die Frühjahrsarbeiten durch einen starken Anstieg der *IKman* gekennzeichnet. Diese werden durch einen stärkeren Anstieg der *IKauto* in den Sommermonaten wieder übertroffen. Somit stellen die *IKauto* mit 495 €/ha die höchsten Kosten dar. Die *IKman* schließen mit 478 €/ha in dieser Produktionsperiode der Wintergerste ab. Der starke Anstieg der Kostengraphen in der Wintergerste ist auf den Aussattermin vor dem Winterweizen zurückzuführen.

Die Kosten der Herbstarbeiten erreichen im Vergleich zum Winterweizen ein höheres Niveau, da bei dieser Kulturart im Herbst schon Pflegemaßnahmen notwendig sind. Entsprechend geringer sind solche Tätigkeiten im Frühjahr. Die Erntearbeiten führen zu einem starken Anstieg der Maschinenkosten. Hier ist ebenfalls ein sehr zeitiger Termin im Jahr 2018 zu erkennen. Eine Kostenunterdeckung der *NK* zeigt eine stärkere Laufzeit der Landtechnik für diese Fruchtart an. Aufgrund der erstmaligen Strohbergung von Wintergerste sind höhere Maschinenlaufzeiten für diese Fruchtart dokumentiert worden. Auch hier zeigt sich die GA der hKTR durch höhere *IK* im Vergleich zu den *NK*.

Bei Hartweizen, auch als Durum bezeichnet, sind starke Unterschiede der Kalkulationsformen ersichtlich. So weist die Vorkalkulation lediglich 205 €/ha Technikkosten aus. Die Ergebnisse der Zwischen- und Nachkalkulation hingegen offenbaren deutlich höhere Technikkosten. Im August 2017 sind Steigungen der Graphen der manuellen Dokumentation zu erkennen, die Graphen der automatischen Dokumentation zeigen jedoch erst ab September 2017 Kostenzunahmen an. Daraus resultieren zum Jahreswechsel 141 €/ha *NKauto* sowie 174 €/ha *IKauto*. Die Kosten der manuellen Dokumentation belaufen sich für die *NK* auf 200 €/ha und für die *IK* auf 246 €/ha. Ab März 2018 ist eine weitere Steigung der *NK* zu verzeichnen. In den Sommermonaten erhöhen sich die *NKauto* deutlich stärker im Vergleich zu den *NKman*. Dadurch nähern sich die 2 *NK* Graphen ab Juli 2018 an.



**Abb. 4.18:** Kumulierte Maschinenkosten je ha der Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Hartweizen und Sommergerste von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten

Bis zum Jahresende kommt es zu keiner weiteren relevanten Kostenzunahme beim Hartweizen. Für diese Fruchtart weisen die *NKauto* insgesamt 362 €/ha und die *NKman* 378 €/ha auf. Für die *IK* ist ein ähnlicher Kostenverlauf zu beobachten. Zum Ende der Frühjahrsarbeiten liegen die *IKauto* deutlich unter den *IKman*. Diese Differenz wird im Juni 2018 und Juli 2018 durch eine enorme Steigung des Wertes der *IKauto* minimiert und bleibt bis zum Ende der Produktionsperiode konstant. Zu diesem Zeitpunkt betragen die *IKauto* 451 €/ha und die *IKman* 463 €/ha.

In der Maschinenkostendarstellung des Hartweizens sind große Unterschiede zu erkennen. Die vergleichbare Kostenzunahme im Herbst und Frühjahr ist im Anbau von Sommer- und Wintersorten begründet. So kommt es sowohl im Herbst als auch im Frühjahr zu Aussaat- und Pflegekosten. Die Stellung der Wintersorten in der Fruchtfolge nach Zuckerrüben erklärt den kurzen Zeitraum der Steigungstagnation

in den Wintermonaten. Vielfältige Pflegemaßnahmen sowie eine starke Bindung der Erntemaschinenkapazitäten sind für die hohen Maschinenkosten verantwortlich. Weitere Unterschiede der Kostengraphen sind auf die Dokumentationsformen zurückzuführen. So ist für die manuelle Erfassung im August 2017 die erste Maschinenleistung für diese Fruchtart zu erkennen, für das automatische Verfahren jedoch erst im September 2017. Im Juli 2018 hingegen erfolgt durch die manuelle Methode eine zu geringe Dokumentation der Maschinenstunden für diese Fruchtart. Dies ist durch den stärkeren Anstieg des Graphen der automatischen Dokumentation im Vergleich zu den Graphen der manuellen Dokumentation sichtbar und wird durch den Schnittpunkt der *IKauto* mit den *NKman* deutlich. Eine Kostenunterdeckung von über 100 % der *PK* spiegelt eine zu große Abweichung wieder. Das ist einerseits auf unpräzise *PK* aufgrund mangelhafter Dokumentation in der Vergangenheit zurückzuführen. Dieser Effekt konnte für die manuelle Methode in diesem Anbaujahr ebenfalls nachgewiesen werden. Andererseits liegen die *IK* deutlich über denen der vergleichbaren Kulturen. Daher sollte die Wirtschaftlichkeit dieser Kulturart näher untersucht werden. Durch bessere Anbaustrategien oder die Substitution dieser Fruchtart können Kosten gesenkt werden.

In der Abb. 4.18 ist weiterhin die Kulturart Sommergerste dargestellt. Kennzeichnend für ihre Kostengraphen sind die geringen Maschinenkosten im Jahr 2017; hier stechen die *NKauto* durch einen niedrigen Wert am Abschlussstichtag 31.12.17 mit 65 €/ha hervor. Zu diesem Zeitpunkt wurden für die *NKman* 86 €/ha, die *IKauto* 87 €/ha und die *IKman* 94 €/ha kalkuliert. In den Monaten März, April sowie Juni und Juli des Jahres 2018 weisen die Zwischenkalkulationen für beide Datenerfassungen starke Kostenzunahmen aus. Die *NKman* liegen am Ende der Produktionsperiode mit 284 €/ha um 37 €/ha über den *NKauto*. Der Verlauf der *IK* ist ab März 2018 zunächst durch einen stärkeren Anstieg der *IKauto* gekennzeichnet. Dieser ist ab Juni bei den *IKman* zu beobachten, sodass sich die Graphen annähern. Anhand der Nachkalkulation wurden *IKauto* in Höhe von 313 €/ha sowie *IKman* in Höhe von 327 €/ha ermittelt. Damit liegen nur die *IKman* über dem Ergebnis der Vorkalkulation von 320 €/ha. Eine geringe Kostenzunahme, welche erst in den frühen Wintermonaten ansteigt, ist für die Herbstarbeiten einer Sommerung kennzeichnend. Diese Periode stellt nur die Grundbodenbearbeitung

dar, die erst nach der Aussaat und Erntearbeiten anderer Kulturarten vorgenommen wird, da hier witterungsunabhängiger gearbeitet werden kann. Die starke Kostenzunahme der Graphen im Frühjahr stellen die Saatbettbereitung, Aussaat und Pflegearbeiten dar. Mit Voranschreiten des Frühjahrs sind nur noch Pflegemaßnahmen erforderlich, wodurch sich die Anstiege verringern. Die Erntearbeiten resultieren anschließend in den steilen Anstiegen der Maschinenkosten. Für die Sommergerste wurde, in der manuellen Dokumentation eine zu große Stundenanzahl erfasst, daher liegen die *NKman* über den *NKauto*. Dieser Effekt ist auch bei den *IK* erkenntlich. Da die *PK* zwischen den *IK* Graphen liegen, verursacht die manuelle Dokumentation hier eine falsche Aussage zur Kostendeckung. Die *IKman* weisen eine Kostenunterdeckung auf, wodurch auf höhere Kosten im Vergleich zum Plan geschlossen wird. Jedoch konnte anhand der präziseren automatischen Dokumentation eine Kostenüberdeckung von 7 €/ha nachgewiesen werden. Eine Überdeckung der Maschinenkosten wurde in diesem Jahr aufgrund der positiven GA der hKTR nicht erwartet. Da jedoch eine geringere Strohbergung im betrachteten Anbaujahr von dieser Kulturart erfolgte, konnten mehr Maschinenkosten eingespart werden als GA durch die hKTR auf die Sommergerste verrechnet wurden.

In der **Abb 4.19** sind die Maschinenkosten für die Fruchtarten Erbsen, Raps und Zwischenfrüchte dargestellt. Die Übersicht der Ackererbsen weist für die *NK* einen geringen Anstieg der Maschinenkosten im Spätherbst sowie einen langen Zeitraum im Winter ohne Kostenzunahme aus. Die *IKauto* liegen zu diesem Zeitpunkt bei 34 €/ha über den *IKman*, welche ein ähnliches Niveau wie die *NK* in Höhe von 83 €/ha aufweisen. Der stärkste Anstieg der Maschinenkosten ist im März 2018 zu verzeichnen. Hier liegen die *NKauto* unter denen der *NKman*. Der Graph der *IKman* weist in diesem Monat die stärkste Steigung auf, liegt jedoch weiterhin unter den *IKauto*. Im April 2018 und Mai 2018 sind nur geringfügige Unterschiede der schwächer steigenden Kurven zu erkennen. Die *IKauto* erreichen hier bereits die *PK* in Höhe von 264 €/ha. Im Juni 2018 und Juli 2018 steigen die Kostengraphen stark. Von August bis Dezember sind im Jahr 2018 keine wesentlichen Änderungen der Maschinenkosten abgebildet. Zum Ende der Anbausaison erreichen die *IKauto* 401 €/ha und die *IKman* 354 €/ha. Die *NK* betragen für die Dokumentation per automatischer Dokumentation 322 €/ha sowie für die Ermittlung mittels manueller

Dokumentation 316 €/ha. Da Erbsen ebenfalls eine Sommerung darstellen, ist ein geringer Kostenanfall im Herbst zu erwarten. Dann beginnt die Phase der Grundbodenbearbeitung. Die deutlich größeren *IK* der automatischen Dokumentation, verbunden mit einem identischen *NK* Verlauf, lassen auf stark unterschiedliche *IK* Stundensätze der leistenden hKTR in dieser Periode schließen. Da dieser Effekt verstärkt während den Herbstarbeiten zu finden ist, könnte es sich hier um die Gruppe der Pflüge handeln. Der steilste Anstieg aller Graphen ist im Frühjahr zu verzeichnen. Das ist durch die Aussaat begründet und überrascht. Für Druschfrüchte sind die höchsten Maschinenkosten während der Ernte kennzeichnend. Dass hier bei beiden Dokumentationsarten schon enorme Maschinenkosten bei der Aussaat auftreten, ist durch die Zulieferung und Befüllung der Sämaschinen begründet. Es müssen Saatgutsäcke mit einer Masse von einer Tonne zur Nachfüllung der Sämaschinen verwendet werden, da die Keimfähigkeit der Erbsen bei der Befüllung mit einer Förderschnecke zu stark beeinträchtigt wird. Daraus resultiert ein aufwendiger Technikeinsatz zum Heben und Transportieren. In dieser Phase ist eine höhere Dokumentation nach der manuellen Methode anhand der höheren Steigung der *NKman* zu erkennen. Das begründet ebenfalls die Annäherung der *IK*. Im Sommer sind erneute starke Anstiege der Kurven auf Erntearbeiten zurückzuführen. Daraus ist eine geringere manuelle Dokumentation anhand einer Übersteigung der *NKman* durch die *NKauto* abzuleiten. Daher vergrößert sich die Differenz der *IK*. Alle Werte weisen eine Kostenunterdeckung auf, was auf eine Verrechnung von VA und BA der hKTR auf diese Kulturart schließen lässt. Eine Unterdeckung der *IKauto* in Höhe von 137 €/ha sollte verringert werden. Hier sind vor allem die Maschineneinsätze während der Aussaat zu optimieren. Die Investition in Förderbänder könnte hier ökonomische Vorteile bringen.

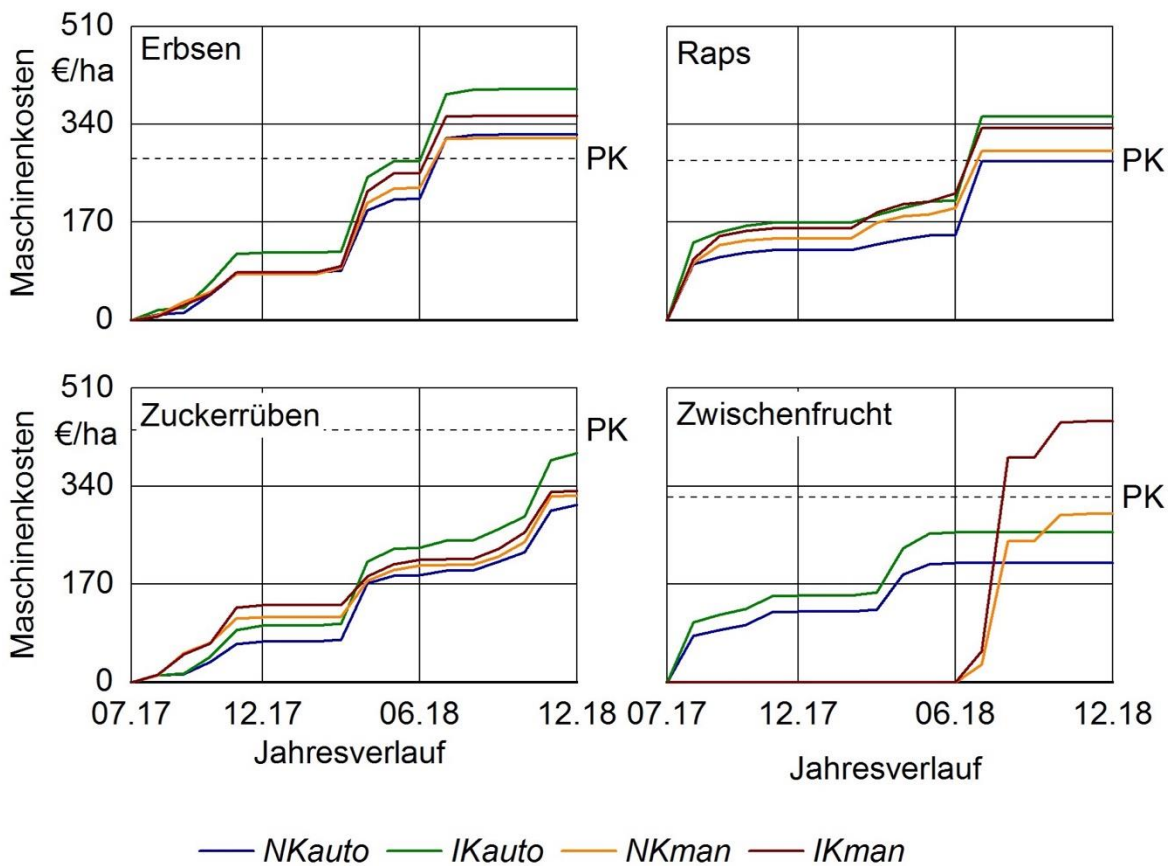
Weiterhin wurde in der betrachteten Periode Raps angebaut. Hier fallen bereits im August 2017 hohe Maschinenkosten an. Im September 2017 und Oktober 2017 sind nur noch geringe Anstiege an den Graphen zu erkennen. Auch hier liegen die Ergebnisse der Zwischenkalkulationen unter den Resultaten der Nachkalkulation. Zum Bilanzstichtag 2017 weist diese Kulturart *NKauto* in Höhe von 276 €/ha sowie *NKman* von 293 €/ha aus. Die Werte der Nachkalkulation ergeben für diesen Zeitpunkt 353 €/ha *IKauto* und 333 €/ha *IKman*. Von Februar 2018 bis März 2018

steigen die *NK* leicht an, hier ist bei den *NKman* eine stärkere Kostenzunahme zu verzeichnen. Im Monat Juli 2018 sind die stärksten Kostenzunahmen der *NK* erkennbar. In diesem Zeitraum steigen die *NKauto* stärker als die *NKman*, wodurch sich beide Graphen annähern und diese Kosten auch am Ende des Produktionszeitraumes ausweisen. Das Ergebnis der Vorkalkulation in Höhe von 277 €/ha ist identisch mit den *NKauto*. Für die *NKman* wurden durch die Zwischenkalkulation 293 €/ha ausgewiesen. Im Frühjahr 2018 zeigen die *IKman* einen stärkeren Anstieg als die *IKauto*, wodurch beide Graphen ein einheitliches Niveau zeigen. Im Juli 2018 ist die Steigung der *IKauto* stärker. Es sind Werte in Höhe von 353 €/ha sowie 333 €/ha der *NKman*, welche bis zum 31.12.2018 nicht mehr steigen. Im August 2017 erfolgt für Raps die Grundbodenbearbeitung, Aussaat sowie erste Pflegemaßnahmen. Daraus resultiert eine starke Kostenzunahme in diesem Zeitraum. Danach steigen die Kosten durch einzelne Pflegemaßnahmen nur noch gering an. Diese intensivieren sich im Frühjahr. Die Ernte im Juli 2018 stellt nochmals eine starke Zunahme, ähnlich dem Monat August 2017 dar. Beim Raps sind hohe Maschinenkosten während der Aussaat durch die hohen Saatbettansprüche dieser Kulturart begründet. Im gesamten Anbauzeitraum wurden durch die manuelle Erfassung mehr Stunden bei dieser Kulturart dokumentiert, wodurch höhere *NKman* im Vergleich zu den *NKauto* auftreten. Die größere BA der automatisierten Datenerfassung führt für die *IK* zu einer Übersteigerung des Graphen der *IKman* durch den Graphen der *IKauto*. Die *IKauto* weisen eine Unterdeckung in Höhe von 76 €/ha auf. Da die *NKauto* keine Unterdeckung aufweisen, ist für diese Fruchtart eine akzeptable Kostenerhöhung erkennbar. Dennoch kann auf eine geringe VA der hKTR in dieser Kultur aufgrund der Übersteigerung der *PK* durch die *NKman* geschlossen werden.

Zuckerrüben gehören ebenso zum Produktionsprogramm. Für diese Kulturart ist in der Abb. 4.19 ein erster Anstieg der Maschinenkosten durch die Datenerfassung per automatischer Dokumentation im September 2017 ersichtlich. Der gesamte Verlauf der Graphen auf Grundlage automatischer Dokumentation ist durch eine stärkere Steigung der *IK* Kurve im Vergleich zur *NK* Kurve gekennzeichnet. Zum Jahreswechsel weist diese Kulturart 71 €/ha *NKauto* und 98 €/ha *IKauto* auf. Erst im April 2018 ist ein starker Anstieg der auto Graphen erkennbar, der sich im weiteren Verlauf abschwächt und sich ab Oktober 2018 wieder erhöht. Bis zum



letzten Monat des Produktionsjahres sind Anstiege der Graphen der automatischen Dokumentation ersichtlich. Zum Jahresende weisen die Kalkulationen der automatischen Dokumentation 308 €/ha für die *NK* sowie 397 €/ha für die *IK* auf. Die Kalkulationen auf Basis der manuellen Dokumentation zeigt eine zeitigere Steigung der Maschinenkosten im Herbst 2017. Demzufolge liegen die Werte der manuellen Dokumentation am Stichtag mit 113 €/ha *NK* und 133 €/ha *IK* über den Werten der Graphen der automatischen Dokumentation. Der Kurvenanstieg im Frühjahr, Sommer und Herbst weist eine ähnliche Charakteristik im Vergleich zu den Graphen der automatischen Dokumentation aus, ist jedoch stets schwächer ausgeprägt.



**Abb. 4.19:** Kumulierte Maschinenkosten je ha der Kulturarten Erbsen, Raps, Zuckerrüben und Zwischenfrucht von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten

Auch die Graphen der manuellen Dokumentation lassen im Dezember 2018 keinen Anstieg erkennen. Dadurch liegen die manuellen Kalkulationen am Jahresende zwischen den Berechnungen der automatischen Dokumentation. Die Zwischenkalkulation der manuellen Werte führte zu 324 €/ha, während die Nachkalkulation mit diesen Daten 332 €/ha auswies. Damit liegen alle Ergebnisse der Zwischen- und Nachkalkulationen unter den *PK* von 437 €/ha. Die zeitversetzten Anstiege der Graphen sind durch Unterschiede in den Dokumentationsarten begründet. Im Vergleich der Dokumentationen lassen sich im Oktober 2017 und November 2017 eine deutlich größere Stundendokumentation, für die man Methode anhand der höheren Werte der *NKman* nachweisen. Das lässt sich auf die Grundbodenbearbeitung zurückführen. Während der Aussaat und Saatbettbereitung ist von einer gegensätzlichen Dokumentation durch die Annäherung der *NK* Graphen auszugehen. Die geringen Anstiege stellen die Pflegearbeiten von Mai 2018 bis September 2018 dar. Die starken Anstiege hingegen im Oktober 2018 und November 2018 sind mit der Ernte der Kulturart in diesem Zeitraum verbunden. In dieser Untersuchung wurden nur die eigenen Maschinenkosten betrachtet. Aufgrund der Rodung durch Lohnunternehmer sind die hier betrachteten Maschinenkosten auf einem vergleichbaren Niveau mit den Druschfrüchten. Deutlich höhere *IKauto* im Vergleich zu den *IKman* können durch die Maschinenkosten während der Aussaat begründet werden. Das ist auf einen höheren Stundensatz der *IKauto* der Aussaattechnik zurückzuführen. Aus allen Kalkulationsformen resultieren Kostenüberdeckungen. Für die *IKauto* betragen diese 40 €/ha. Da hier keine Arbeitsgänge im Vergleich zu den *PK* eingespart wurden und eine stark positive GA der hKTR ermittelt wurde, ist das ungewöhnlich. Bei Zuckerrüben ist eine große Elastizität je ha zwischen Ertrag und Erntekosten zu verzeichnen. Das liegt in der größeren Erntemenge im Vergleich zu den Druschfrüchten begründet. Wegen der ungünstigen Witterungsbedingungen in dieser Anbauperiode wurde der Durchschnittsertrag deutlich unterschritten. So kam es bei dieser Fruchtart auch zu weniger Maschinenstunden. Das drückt sich durch die deutliche Überdeckung der *NK* aus. Somit überwiegt die Kosteneinsparung durch Ertragsrückgang bei dieser Fruchtart die positive GA der hKTR.

Im Untersuchungszeitraum mussten auch Zwischenfrüchte angebaut werden. Hier sind unterschiedliche Verläufe der auto und man Daten zu erkennen. Kalkulationen

basierend auf den auto Daten weisen zu Beginn des Anbaujahres im August 2017 Maschinenkosten aus. Diese steigen bis zum Winter moderat an. Die Ergebnisse der Zwischenkalkulation liegen auch bei dieser Fruchtart unter dem Ergebnis der Nachkalkulation. Zum Jahreswechsel 17/18 weisen die *NKauto* 122 €/ha aus und die *IKauto* 151 €/ha. Im späten Frühjahr steigen diese Werte nochmals an. Ab Juni 2017 sind keine Anstiege in den Kostengraphen der auto Dokumentation zu verzeichnen. Am Jahresende betragen die *IKauto* 260 €/ha. Für die *NKauto* wurden 207 €/ha kalkuliert. Beide Kostenverrechnungen auf Grundlage der automatischen Maschinendokumentation liegen deutlich unter den *PK* in Höhe von 380 €/ha. Im Gegensatz der Kostengraphen der automatischen Dokumentation sind für die Kostenkurven der manuellen Dokumentation erst ab Juli 2018 Steigungen zu verzeichnen. Für den Monat August 2018 ist eine extreme Erhöhung der *IKman* zu erkennen. Diese Beobachtung erfolgte in abgeschwächter Form auch für die *NKman*. Im September 2018 sind keine Steigungen der Graphen für die manuelle Dokumentation zu verzeichnen. Der Oktober 2018 zeigt nochmals deutliche Steigerungen der *IKman* gegenüber den *NKman*. Das resultiert in 453 €/ha *IKman* und 292 €/ha *NKman*. In der Darstellung der Zwischenfrüchte sind enorme Dokumentationsunterschiede ersichtlich. Während die automatisierte Dokumentation einen ähnlichen Verlauf wie für andere Sommerungen aufweist, zeigt die manuelle Methode bei dieser Kulturart Schwächen. Anhand der Verläufe der Graphen für die manuelle Dokumentation sind keine Herbstarbeiten, jedoch sehr intensive Maßnahmen in den Sommermonaten nach der Vegetationsperiode notwendig. Das spiegelt nicht den tatsächlichen Verlauf der Anbausaison wieder, da Zwischenfrüchte Teil des Anbaus waren. Der Anstieg der Graphen für die manuelle Dokumentation im September lässt auf die Fehlerquelle der zeitlichen Abgrenzung der KTR schließen. Die Bodenbearbeitung sowie Aussaat der Zwischenfrüchte für das Folgejahr sind im Herbst charakteristisch. Anhand der präzisen automatisierten Erfassung kann eine Aussaat im April 2018 und Mai 2018 abgelesen werden. Aus dem Fehlen von weiteren Steigungen der *IK* Graphen ist die Unterlassung von Pflege und Erntearbeiten abzuleiten, was den gesetzlichen Vorgaben bei dieser Kulturart entspricht. Die Kostenüberdeckung der auto Kalkulationen wurde so nicht erwartet und kann anhand der Anbaustruktur der Zwischenfrüchte nicht plausibel erklärt werden. Aufgrund der positiven GA wurde hier ebenfalls eine Unterdeckung erwartet. In dieser Periode sind sehr unpräzise

manuelle Dokumentationen dargestellt. Das könnte auch in den Vorjahren aufgetreten sein, woraus fehlerhafte *PK* resultieren. Diese Vermutung liegt hier sehr nahe.

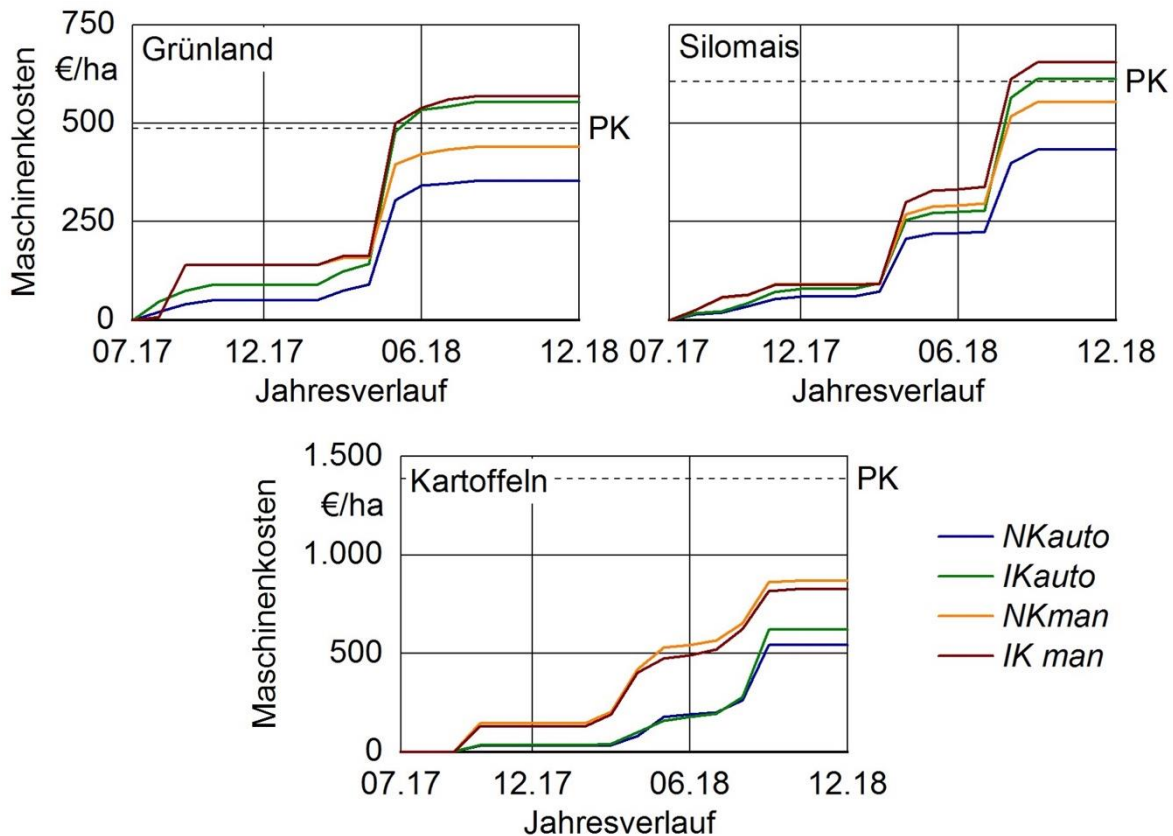
In dem betrachteten Anbauzeitraum wurden ebenfalls Kartoffeln und Silomais angebaut. Auch die Bewirtschaftung von Grünland war Bestandteil der Produktion in dieser Periode. In der **Abb. 4.20** sind die Kostenverläufe für diese Früchte dargestellt. Auf dem Grünland weist die Zwischenkalkulation der manuellen Dokumentation sofort einen starken Anstieg im September 2017 in Höhe von 139 €/ha auf. Diese Größe stellt auch den Stichtagswert am 31.12.2017 dar. Hingegen sind die *NKauto* durch einen moderateren Anstieg von August 2017 bis Oktober 2017 auf einen Wert von 50 €/ha gekennzeichnet. Im Frühjahr steigen die *NKauto* deutlicher an, was durch einen stärkeren Anstieg des Graphen der *NKman* im Mai 2018 ausgeglichen wird. Im Herbst und Winter sind keine Zunahmen bei den Maschinenkosten zu verzeichnen. Die Zwischenkalkulationen weisen für die *NKauto* 353 €/ha und die *NKman* 439 €/ha zum Ende des Jahres aus. Bis zum März 2018 zeigen die *IKman* einen identischen Kostenverlauf mit den *NKman*. Die *IKauto* liegen bei 89 €/ha am Bilanzstichtag und zeigen bis zum März einen parallelen Verlauf zu den *NKauto*. Im Frühjahr steigen die *IKauto* bis Mai 2018 in Bezug zu den *IKman* steiler an, wodurch sich beide Graphen der Nachkalkulation annähern. Die weitere Entwicklung ist durch eine starke Kostenzunahme im Mai 2018 sowie geringe Steigungen im Juni 2018 und Juli 2018 geprägt. Die *IKauto* liegen mit 553 €/ha geringfügig unter den *IKman* in Höhe von 568 €/ha. Innerhalb der Werte der Zwischen- und Nachkalkulationen sind die *PK* mit 486 €/ha ausgewiesen. Bei der Bewirtschaftung des Grünlandes ist keinerlei Bodenbearbeitung erforderlich. Die Kostenanstiege im Herbst stellen Pflegearbeiten wie Mulchen und die Nachsaat dar. Zu diesem Zeitpunkt sind hohe Maschinenkosten, wie durch die manuelle Dokumentation erfasst, jedoch untypisch und weisen auf eine ungenaue Datenerfassung hin. Weitere Maschinenkosten im zeitigen Frühjahr sind durch Arbeitsarten wie Schleppen und Düngen verursacht. Die größten Maschinenkosten fallen im Mai 2018 durch die Ernte des Schnittgutes an. Kennzeichnend sind nachfolgende Pflegemaßnahmen wie Mulchen und Düngen. Das ist durch die geringe Steigung der Kostengraphen im Juni 2018 und Juli 2018 zu erkennen. Weitere Kostenzunahmen sind durch den 2. und ggf. 3. Schnitt zu erwarten.

Aufgrund der ungünstigen Niederschlagsverhältnisse im Jahr 2018 gab es jedoch keine weitere Ernte. So blieben die Kostenanstiege in den Monaten Juli 2018 und August 2018 aus. Da Gras im Vergleich zu den Druschfrüchten normalerweise eine hohe Erntemenge aufweist aber nur wenig geerntet wurde, sind die Kostenunterdeckungen der IK überraschend. Die *NKauto* zeigen eine Kostenüberdeckung von 133 €/ha an. Daher kann von einer geringeren Maschinenbeanspruchung bei dieser Kulturart im Anbaujahr 2018 ausgegangen werden. Das steht im Einklang mit den Kostenverläufen des 2. Halbjahres 2018, hier sind keine weiteren Erntemaßnahmen zu verzeichnen. Da die *IK* dennoch eine Unterdeckung aufweisen, ist von einer starken Verrechnung der GA der hKTR auf das Grünland auszugehen. Einen Großteil der GA stellt dabei die BA dar, da in dieser Periode erstmals kein Ackergras angebaut wurde und die Geräte zum Mähen, Wenden und Schwaden dadurch nur sehr gering ausgelastet waren. Daraus resultiert ein hoher Leerkostenanteil. Diese Geräte verrechnen ihre Kosten hauptsächlich auf das Grünland, da kein Ackergras angebaut wurde. Somit ist je ha der Effekt einer positiven BA in dieser Kulturart größer als die Kosteneinsparung durch geringere Erntearbeiten. Die große Differenz in der Zwischen- und Nachkalkulation der automatisch erfassten Daten ist ein weiteres Indiz für diesen Effekt.

Die Kulturart Mais wurde in dieser Studie ausschließlich zur Silageproduktion verwendet. Aus der Abb. 4.20 geht ein moderater Anstieg der NK bis zum Dezember 2018 hervor. Die *NKman* zeigen einen stärkeren Anstieg, wodurch ihr Wert zum 31.12. bei 91 €/ha gegenüber den *NKauto* mit 59 €/ha liegt. Im März 2018 zeigt die Zwischenkalkulation der automatisch erfassten Daten einen Kostenanstieg, wodurch sich die beiden *NK* Graphen annähern. Durch eine stärkere Zunahme der *NKman* in den maschinenintensiven Monaten April 2018 und August 2018 liegen die *NKauto* am Ende des Produktionsprozesses mit 433 €/ha unter den *NKman* in Höhe von 553 €/ha. Die Nachkalkulationen dieser Fruchtart zeigen eine stärkere Zunahme der Kosten auf Grundlage der manuellen Dokumentation im August 2017 und September 2017 im Vergleich zu den *IKauto*. Dieser Effekt ist im Oktober und November des Jahres umgekehrt, sodass die Nachkalkulationen zum Bilanzstichtag geringe Unterschiede aufweisen. Für die *IKauto* konnten 79 €/ha, für die *IKman* 90 €/h ermittelt werden. Im Monat April 2018 kommt es zu einer stärkeren

Zunahme der *IKman*, wodurch die Differenz zu den *IKauto* vergrößert wird. Im August 2018 ist für die *IKauto* eine größere Steigung zu verzeichnen. Am Jahresende liegen die *IKauto* mit 612 €/ha unterhalb der *IKman* bei 655 €/ha. So befinden sich die Werte der Nachkalkulation über den *PK* in Höhe von 605 €/ha.

Silomais weist als Sommerung den typisch geringen Herbstkostenverlauf auf. Hier sind bis Oktober 2017 höhere Maschinenstundendokumentationen der manuellen Methode zu erkennen. Das verstärkt sich im Frühjahr durch die Aussaat und in den Sommermonaten durch die Ernte. Anhand des Auseinanderdriftens der *NK* Graphen ist dies nachzuvollziehen. Die Erntekosten des Silomais stellen wie bei Grünland und den Zuckerrüben den Großteil der gesamten Maschinenkosten dar. Daher korrelieren die Kostengraphen vom Mais positiv mit dem Ertrag. Die geringeren Einsatzzeiten in diesem Anbaujahr lassen sich gut anhand der *NK* Graphen erkennen. Durch die geringeren Einsatzzeiten wurden durch die Zwischenkalkulation weniger Kosten auf die Fruchtart Mais verrechnet. Die *IK* Kurven liegen jedoch über den *PK*, woraus eine Kostenunterdeckung resultiert. Um aufgrund des geringen Ertrages genügend Futtermittel für die Tiere zu gewährleisten, wurden zusätzlich ca. 12 % der Maisflächen hinzugekauft. Hier erfolgte die Ernte mit eigenen Maschinen, wodurch die *IK* über den *PK* liegen. Die Vorkalkulation kann sich jedoch nur auf den eigenen Anbauumfang beziehen. Somit stellen die Kostenunterdeckungen der *IK* nicht zwangsläufig Unwirtschaftlichkeit dar.



**Abb. 4.20:** Kumulierte Maschinenkosten je ha auf Grünland, bei den Kulturarten Silomais und Kartoffeln von August 2017 bis Dezember 2018 im Vergleich zu den im August 2017 ermittelten Plankosten

Die Fruchtart Kartoffeln vervollständigt die zu belasteten KTR der Kostenanalyse. Die Berechnungen auf Basis der manuellen Dokumentation weisen einen Anstieg der Maschinenkosten im Oktober auf 130 €/ha für die Zwischenkalkulation sowie 145 €/ha für die Nachkalkulation auf. Diese Größen bilden den Wert am 31.12.2017 ab. Im Frühjahr sind die Graphen der *NKman* und der *IKman* durch einen geringen Anstieg ab März 2018 gekennzeichnet, welcher sich im April 2018 erhöht. Dieser Trend setzt sich für die *NKman* im Mai 2018 fort. Dadurch liegt diese Kostenkurve höher. Bis August 2018 weist die *IKman* eine höhere Steigung auf. Dadurch kommt es zur Annäherung der Graphen. Ab Oktober 2018 sind keine Kostenzunahmen ersichtlich. Die *NKman* betragen zum Jahresende 869 €/ha und die *IKman* 826 €/ha. Für die Graphen der auto Kalkulationen sind im September 2018 die ersten Steigungen auf 31 €/ha der *NK* sowie 36 €/ha der *IK* abgebildet. Weitere Kostenzunahmen sind im April 2018 zu erkennen. Bis Mai 2018 steigen die Graphen moderat. Im August 2018 sind die größten Anstiege dargestellt. Hier legt der Graph

der Nachkalkulation im Vergleich zu den *NK* stärker zu. Es konnten 621 €/ha für die *IKauto* sowie 869 €/ha für die *NK* berechnet werden. Alle Graphen liegen deutlich unter dem Ergebnis der Vorkalkulation in Höhe von 1.388 €/ha. Kartoffeln stellen eine sehr maschinenintensive Fruchtart aufgrund der geringen Arbeitsbreiten dar. Der Anbau erstreckte sich in der betrachteten Periode aufgrund von Feldstrukturen und Bewässerungsmöglichkeiten nur auf Teilflächen verschiedener Felder. Diese Grenzen waren erst nach der Herbstdammformung festzustellen. So wurden durch die automatische Dokumentation zu geringen Kosten der Grundbodenbearbeitung verrechnet, was in einem flacheren Verlauf der Graphen der automatischen Dokumentation resultiert. In der manuellen Dokumentation kam es ab Mai 2018, dem Zeitraum des Kartoffellegens und der Pflegemaßnahmen, zu einer intensiveren Stundendokumentation. Das ist an der Übersteigerung der *IK* durch die *NK* abzuleiten. Der weitere Verlauf der Graphen der automatischen Dokumentation ist hingegen charakteristisch für diese Periode. Die *IK* übersteigen die *NK* aufgrund der positiven GA der hKTR. Der Kartoffelanbau erfordert Spezialgeräte, welche nur für diese Kulturart verwendet werden können. Die Auslastung der Lege-, Hack- und Häufelgeräte sowie des Krautschlägers sind stark an den Anbauumfang gebunden. Die Erntearbeiten hingegen stehen in großer Abhängigkeit vom Ertrag. Die Kostenüberdeckung der *IK* zeigt daher den Ertragsrückgang an. Aufgrund der fehlerhaften automatischen Dokumentation in den Herbstmonaten 2017 sind die *IKauto* um circa 100 €/ha zu gering ausgewiesen. Unter Berücksichtigung dieses Effekts beträgt die Kostenüberdeckung der *IKauto* 667 €/ha. Da eine Beregnung zum Einsatz kam, überrascht dieser starke Ertragseffekt. Aufgrund von Wassermangel konnte diese jedoch nur in einem geringen Umfang sortenspezifisch genutzt werden.

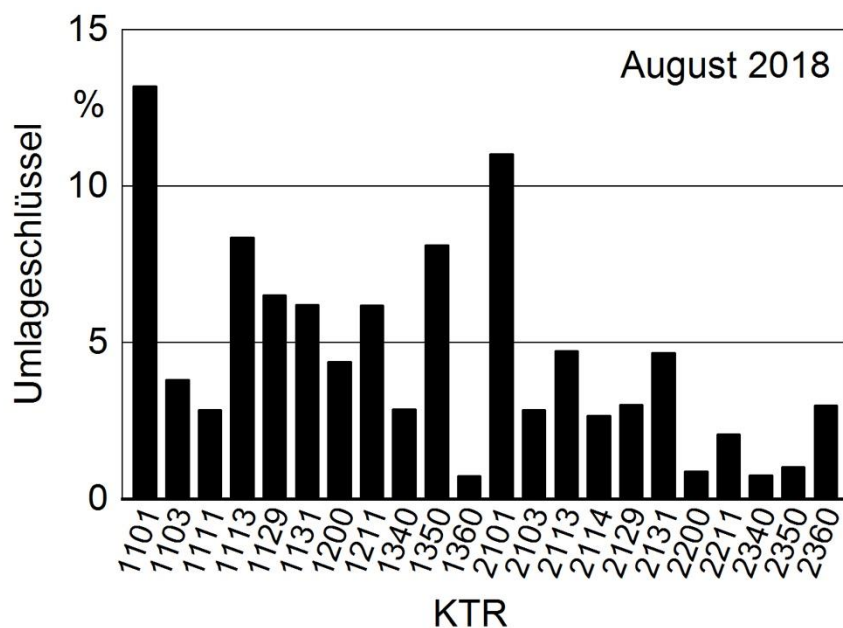
Durch die kulturartspezifischen Maschinenkosten lassen sich die Jahreseffekte der Fruchtarten darstellen und analysieren. Dadurch gelingt es, Unwirtschaftlichkeiten z.B. im Hartweizen- und Erbsenanbau zu identifizieren und Optimierungsstrategien zu erörtern.

#### 4.4.3 Weitere Anwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse

Durch die Anwendung einer Prozesskostenrechnung kann ein größerer Teil der Einzelkosten verursachungsgerecht verrechnet werden. Dennoch verbleiben immer



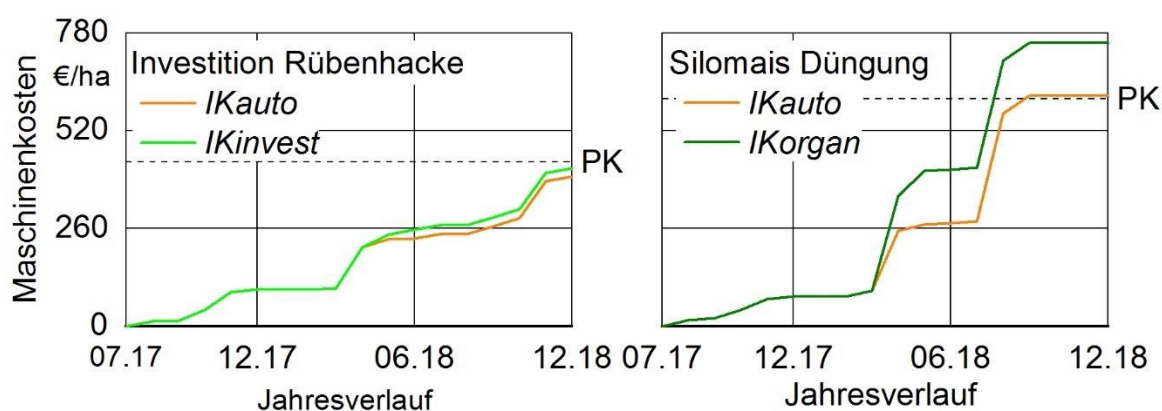
Kosten, die nicht verursachungsgerecht auf die Kostenträger umgelegt werden können. Das erfordert die Anwendung eines Verteilerschlüssels. Je präziser dieser die tatsächlichen Kostenursachen abbildet, desto besser gelingt die Grenzkostenapproximation der KTR. Im Ackerbau werden die Gemeinkosten häufig auf der Grundlage des Anbauumfangs aufgliedert. Dadurch werden die Gemeinkosten zeitlich nicht korrekt verrechnet, da sich die Kulturarten über zwei Berichtsjahre der Buchführung erstrecken. In anderen Produktionszweigen können die Gemeinkosten anhand der Fertigungslöhne verteilt werden. Da die Daten der automatischen Datenerfassung wie in den Abbildungen 4.2 und 4.3 gezeigt, sehr präzise sind, könnte auch anhand der geleisteten Motorstunden der Maschinen je KTR die Gemeinkostenverteilung durchgeführt werden. Dies stellt eine Präzisierung des Schlüssels, welcher von den Fertigungslöhnen ermittelt wurde, dar. Denn jede Motorstunde bedingt auch eine Stunde Arbeitszeit. Die Verrechnung der Fertigungslöhne erfolgt auf der Grundlage der vorgelegten Arbeitsnachweise. Für diese Art der Datenerfassung konnten Nachteile in der Präzision nachgewiesen werden. Somit könnten die Vorteile der präzisen Erfassung der Fertigungslöhne mit der jahresgerechten Verrechnung durch die Anwendung eines solchen Schlüssels verbunden werden. In der **Abb. 4.21** sind die Stundenabgaben der Zugmaschinen je KTR für den Monat August 2018 dargestellt.



**Abb. 4.21:** Leistungsabgabe der Maschinen je KTR im August 2018

Auf Grundlage dieser Methode würden beispielsweise 13 % der Gemeinkosten des Monats August 2018 auf den Kostenträger 1101, in diesem Fall Winterweizen, im selben Anbaujahr verrechnet werden. Für alle KTR die mit einer 2 beginnen, würden die Gemeinkosten vom August 2018 auf die jeweilige Kulturart im Folgejahr verrechnet werden. Auf den KTR 2101, welcher erst im Folgejahr fertiggestellt wird, entfallen nach diesem Schema gemäß Abb. 4.21 11 % der Gemeinkosten vom August 2018. Die Herleitung von Schlüsseln zur Gemeinkostenverteilung sollte dann auf Grundlage eines ganzen Jahres erfolgen, da die Gemeinkosten nicht linear im Jahresverlauf anfallen. Die Gemeinkostenverteilung sollte nur auf Grundlage der Maschinen erstellt werden, da die Geräte eine geringere Stundenzahl aufweisen. So können anhand einer automatisierten Datenerfassung weitere Präzisionsvorteile in der Kostenträgerrechnung einfließen. Die Verwendung der Kosten je Fruchtart hingegen, würde durch die Summierung von Maschinen mit hohen und niedrigen Stundensätzen zu ungenauen Gemeinkostenverteilungen führen.

Auf Grundlage einer realen Kostenkalkulation können die Auswirkungen verschiedener Anbauverfahren und Investitionsentscheidungen optimal hergeleitet werden. Die Anpassung an geänderte Produktionsbedingungen ist essenziell für den betrieblichen Erfolg. Je zügiger und präziser das gelingt, desto höhere Gewinne können erzielt werden. Dies erfordert einerseits die Kenntnis über vorhandenen Verfahren, andererseits die ökonomische Bewertung der infrage kommenden Technologien. In der **Abb. 4.22** sind die Auswirkungen von möglichen Anpassungen im Rüben- und Maisanbau auf die Maschinenkosten dargestellt.

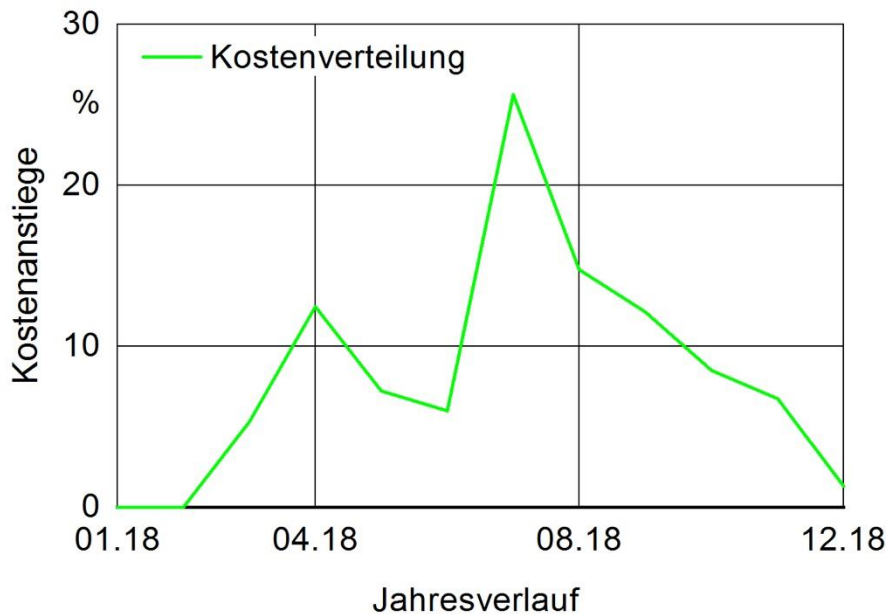


**Abb. 4.22:** Bewertung verfügbarer Anbauverfahren für Rüben und Mais

Vergleichsgrundlage stellen die *IK* der automatischen Dokumentation dar. Im linken Diagramm ist der Einfluss einer Rübenhacke auf die Maschinenkosten im Zuckerrübenanbau für das Anbaujahr 2018 dargestellt. In diesem Szenario wurden folgende Annahmen getroffen. Anschaffungskosten von 60.000 €, 6 Jahre Nutzungsdauer, 500 € jährliche Unterhaltungsaufwendungen, 10 ha Flächenleistung je Stunde sowie zwei Einsätzen auf der gesamten Rübenfläche von 310 ha. Weiterhin ist für diesen Einsatz ein Schlepper aus der Klasse 150 – 210 kW mit hochgenauem GPS notwendig. Dieser wurde mit 40 €/h bewertet. Im Ergebnis führt dies zu einer Erhöhung der Maschinenkosten um 23 €/ha. Darin sind alle Kosten, die sowohl die Hacke als auch die Zugmaschine verursachen enthalten. Eine Steigerung der Graphen ist im Mai und Juni, dem Anwendungszeitraum dieser Maschine zu erwarten. Somit stellt der Graph der *IKinvest* eine Verschiebung des Graphen der *IKauto* dar. Hier wird ersichtlich, dass die *IKinvest* dadurch das Niveau der *PK* erreichen. Nach solch einer Investition ist daher mit höheren *PK* je ha zu rechnen. Eine Investition beeinflusst meist mehrere Kosten- und Leistungspositionen. So fallen durch den Einsatz einer Rübenhacke auch zusätzliche Personalkosten an. Diese betragen ca. 2 €/ha. Gut kalkulierbaren Kosten stehen stärker risikobehaftete Erlöspotenziale gegenüber. So könnten je nach Witterungsverlauf durch Einsparung von Herbiziden über 40 €/ha geringere Kosten auftreten. Weiterhin ergibt sich durch das Hacken eine bessere Wasserversorgung, wodurch sich je nach Witterung ein höherer Ertrag bilden kann. Die Einsatzzeit der Rübenhacke ist jedoch stark von der Witterung abhängig. In einem regenreichen Frühjahr ist der Wirkungsgrad geringer sowie das Einsatzfenster minimiert. Die mögliche Einsparung von Pflanzenschutzmitteln stellt hingegen einen ökologischen Fortschritt dar und steigert die Akzeptanz der Landwirtschaft in der Bevölkerung. Das macht wiederum eine Unterstützung dieser Maßnahme durch Agrarförderprogramme interessant. Durch einen Zuschuss in Höhe von 20 % auf die Anschaffungskosten würden sich die zusätzlichen Gesamtkosten von 25 €/ha auf 23 €/ha verringern. So würde sich das Risiko dieser Investition verringern.

Auf der rechten Seite der Abb. 4.22 ist der Einfluss der organischen Düngung im Vergleich zur mineralischen Düngung dargestellt. Wie in der Literatur [55]

empfohlen, wird in dieser Betrachtung davon ausgegangen, max. 70 % der Nährstoffe durch organischen Dünger auszubringen. Nährstoffgehalte und Sollwerte entsprechen den Empfehlungen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft [55]. Die Ist-Kosten der automatischen Dokumentation dienen als Ausgangsgrößen für die mineralische Düngung. Im betrachteten Anbaujahr wurde die organische Düngung von Lohnunternehmen durchgeführt und sind folglich nicht mit enthalten. Die ermittelte Menge von 38 m<sup>3</sup>/ha organischem Dünger soll in zwei Arbeitsgängen, vor und nach der Aussaat ausgebracht, werden. Für die erste organische Nährstoffgabe wurden 96 €/ha und für die zweite 53 €/ha Maschinenkosten errechnet, das zeigt der Anstiege des Graphen der *IKorgan*. Für die rein mineralische Düngung in zwei Gaben wurden 7 €/ha Maschinenkosten ermittelt, die aufgrund des Maßstabes im Diagramm nur zu erahnen sind. Daraus lässt sich eine Differenz der Maschinenkosten in Höhe von 142 €/ha zugunsten der mineralischen Düngung ermitteln. Durch organische Düngung ergeben sich jedoch Einsparpotenziale bei den Mineraldüngerkosten von ca. 120 €/ha. Somit ist die mineralische Düngung mit einer Ersparnis von 22 €/ha vorteilhafter. Die Nährstoffversorgung aus organischen Stoffen weist eine große Unsicherheit in der Verfügbarkeit der Nährstoffe auf. Dagegen zeigt eine mineralische Düngung ein geringeres Wirkungsrisiko. Weiterhin ist die Ausbringung der organischen Düngemittel stärker witterungsabhängig und kann Schadverdichtungen während der Vegetationsphase verursachen. Ebenso zeigt die mineralische Düngung eine größere Schlagkraft im Vergleich mit der organischen. Hingegen sind nach organischer Nährstoffapplikation auch in den Folgekulturarten noch Effekte erkennbar und der Humusgehalt profitiert. Weitere Restriktionen des Düngegesetzes führen zu einer Zunahme der Differenz in der Ökonomie der beiden Verfahren zur Nährstoffversorgung.



**Abb. 4.23:** Verteilung der Maschinenkosten im Kalenderjahr 2018

Abschließend erfolgt die Darstellung der *IKauto* aller Kulturarten zur Analyse des Jahresverlaufs der Maschinenkosten im Kalenderjahr 2018. Dies ist in **Abb. 4.23** dargestellt. Sie zeigt einen ersten Anstieg in den Monaten März und April. Im April fallen 12 % der gesamten Maschinenkosten an. Für Mai und Juni sind 8 % bzw. 7 % angefallen. Der größte Anteil wird im Juli mit 26 % verursacht. Im August fallen 15 % der Kosten an. 12 % der gesamten Maschinenkosten werden im September auf die KTR verrechnet. Ab September ist eine monatliche Verringerung im weiteren Jahresverlauf zu erkennen. Aus dieser Darstellung können die Monate mit den intensivsten Maschinenkosten identifiziert werden. Im Juli und August sind große Anstiege zu verzeichnen. Der Zeitraum von März bis Mai zeigt ebenfalls eine starke Zunahme an. Da jede Kulturart spezifische Arbeitsspitzen aufweist, stellt der Gesamtgraph das gewichtete Mittel nach Anbauumfang aller Kulturarten dar. Im Zeitraum, in dem die größten Anteile auftreten, sollten Maschinen vorgehalten und durch gute Serviceorganisation möglichst zuverlässig funktionieren. Dadurch lassen sich effektive Maschinenlaufzeiten erreichen, wodurch die BA und VA gesenkt werden könnten. Ein stärkerer Anbauumfang von Kulturarten, die zeitlich versetzte Maschinenkosten im Verhältnis zu den Peaks der Gesamtkosten aufweisen, führen ebenfalls zu optimiertem Maschinenlaufzeiten. Hier ist die Ausdehnung der Grünlandbewirtschaftung bzw. der Anbau von Ackergras zu empfehlen. Wenn das nicht realisierbar ist, sollte die Technik dafür verringert oder komplett abgeschafft

werden. Die Bewirtschaftung des Grünlandes könnte dann durch Lohnunternehmer erfolgen. Auch die Intensivierung des Zuckerrübenanbaus hätte einen positiven Einfluss auf die Maschinenauslastung, da hier erst nach dem Peak der Sommer- und Herbstarbeiten hohe Maschinenkosten anfallen.

Die Resultate in diesem Abschnitt zeigen den weiteren Nutzen einer präzisen Datenerfassung. Es konnten Verteilungsschlüssel für Gemeinkosten erstellt werden, welche dem Verursachungsprinzip sehr nahekommen. Dadurch lassen sich die Grenzkosten einzelner Produktionsprozesse besser kalkulieren. Das wurde beispielhaft für die Produktion von Silomais und Zuckerrüben gezeigt. Hier konnten die Investitionskosten je ha ökonomisch bewertet, und dadurch Entscheidungen sicherer abgeleitet werden. Ebenso wurden die Kosten von verschiedenen Produktionsstrategien eines KTR verglichen. Daraus ergeben sich detailliertere Kostenstrukturen, von deren ökonomischen Kennzahlen sich der zukünftige Handlungsbedarf besser beurteilen lässt. Weiterhin konnte der gesamte Maschinenkostenanteil in einem Kalenderjahr dargestellt werden, woraus sich Optimierungsmöglichkeiten im Anbauumfang der Kulturarten bzw. der Maschinenausstattung ableiten.

#### **4.5 Fehlerbetrachtung**

Diese Untersuchung zeigt einen Maschinenkostenvergleich auf der Basis unterschiedlicher Dokumentationsformen. Auf dieser Grundlage wurden die Kalkulationen der Ist-Kosten erstellt. Um die Kosten bewerten zu können, ist ein Vergleich mit den Plangrößen notwendig. Diese werden auf der Grundlage von Größen vorheriger Perioden abgeleitet. Da die automatische Dokumentation erstmalig zur Anwendung kam, erfolgte die Ableitung der Plangrößen anhand der manuell erfassten Maschinenstunden aus den Jahren 2015 – 2017. In diesem Zeitraum war ein vergleichbarer Anbauumfang der Kulturarten zu verzeichnen. Die Plangrößen wurden aus dem Durchschnitt dieser Jahre gebildet. Daraus ließen sich unter Berücksichtigung von Trends präzise Prognosen ableiten. Die Jahreseffekte der Maschinenkosten sind jedoch - wie in dieser Untersuchung dargestellt - sehr groß. Zudem sind durch die manuelle Dokumentation in der Vergangenheit nur hochaggregierte Daten verfügbar. Hingegen lassen sich die Fehlannahmen der Mittelwertmethode anhand der Inflationsrate, welche sich in der Preisabweichung

widerspiegelt, bewerten. Die Abweichung der manuellen Dokumentation mit über 20 % stellt einen unbefriedigenden Wert dar. Es ist davon auszugehen, dass dies auch in den Vorjahren auftrat. Dementsprechend weisen die Plankosten eine geringere Präzision im Vergleich mit den *IK* der automatischen Dokumentation auf. Die Anwendung der automatischen Methode würde durch eine gleichbleibende Verfahrensweise ab dem 4. Jahr akkurate Plankosten liefern [11].

Im Rahmen dieser Arbeit konnte nur die Präzision der Maschinenstundenerfassung der Maschinen durch Abgleich mit den Motorstundenzählern erfolgen. Die Zuordnung der einzelnen KTR je Maschinenstunde wurde stichprobenartig nachvollzogen, dabei konnten keine Abweichungen festgestellt werden. Somit ist von einer präzisen KTR Zuordnung auszugehen. Zu den Kostenabweichungen aufgrund falscher KTR Zuordnungen können keine Aussagen getroffen werden. Hier wird von einem Unterschied von weniger als 2 % mit Vorteilen bei der automatischen Dokumentation ausgegangen.

Weiterhin stellen die Ergebnisse zu den Maschinenlaufzeiten keine statistisch gesicherten Aussagen dar. Sie sind durch Organisations- und Jahreseffekte beeinflusst. Diese Werte können jedoch als Orientierungshilfe für weitere Untersuchungen dienen.

## 5 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

In dieser Untersuchung konnten exaktere, zügigere und detailliertere Prozessinformationen aus automatischen Dokumentationsprozessen als Vorteile für die Kostenrechnung abgeleitet werden. Das führt zu einer besseren Bewertung von Produktionsprozessen. Auch Teilprozesse sowie die Argumentation der Kostenabweichungen für KTR werden dadurch sehr gut abgebildet. Daraus folgen Rückschlüsse für eine optimierte Anbauplanung und Maschinenauslastung, woraus ökonomische Vorteile entstehen. Andere Studien [6] prognostizieren Veränderungen von Produktionsprozessen in der Landwirtschaft in nie zuvor beobachtetem Umfang und Geschwindigkeit. Der Einfluss von Informations- und Kommunikationstechnologien wird dabei als größter Faktor dieser Entwicklung gesehen. Durch die Nutzung dieser Daten für die Kalkulation der Maschinenkosten kann die Notwendigkeit solcher Anpassungen gezeigt werden. Bisher ist die Anwendung von Farm Management Software nicht branchentypisch. Das könnte aus den Beobachtungen resultieren, dass nicht alle Landwirte sofort in neue vorteilhafte Technologien investieren [56, 57]. Die Ursache ist im satisfizierenden Verhalten zu finden. Menschen genügt eine gewisse Zielerreichung obwohl eine bessere Zielerreichung möglich wäre. Vor allem ist das zu beobachten, wenn eigene Produktionsfaktoren eingesetzt werden. Das ist in der Landwirtschaft durch vorhandene Flächen, Maschinen und Arbeitskraft in Familienunternehmen gegeben. Weiterhin ist eine Formalplanung von Leistungen und Kosten nicht in jedem Betrieb zu finden, wodurch die hier ermittelten Vorteile nicht zu generieren sind. In diesen Unternehmen sind die Kosten der Formalplanung nicht durch Leistung gedeckt, da geringe Methodenkenntnisse und starke Opportunitätskosten des Leitungspersonals hohe Planungskosten verursachen [12c]. Weiterhin ist die Leistungsseite der Planung bei geringer Wettbewerbsintensität auch durch Heuristiken erreichbar, wodurch ohne analytische Durchdringung der Entscheidungsmöglichkeiten überlebt werden kann [12c]. Diese wird durch wenig effiziente Wettbewerbsstrategien und Produktionsprozesse als Resultat der staatlichen Stützungsmaßnahmen und strengen Vorschriften gefördert. Zukünftig sollte die Datenerfassung stärker ausgebaut werden, um die Teilprozesse noch präziser bewerten zu können. Dabei kommt der Analyse dieser Prozesse die Schlüsselrolle einer höheren Wertschöpfung zu [6]. Dafür sind Schnittstellen und



Standards an Datenformaten notwendig. Der Vorteil einheitlicher, frei zugänglicher Daten bietet die Möglichkeit, lernende Systeme zu kreieren [58]. Das würde die Entwicklung von unbemannten Maschinen wie Drohnen, Roboter oder selbstfahrenden Geräten zur Arbeitserledigung beschleunigen [58]. Die erwartete Zunahme von Informations- und Kommunikationstechnologien in der Landwirtschaft führt zu einer Digitalisierung der Wertschöpfungskette im Agrarsektor [23]. Diesen Technologien wird auch ein positiver Einfluss auf Nachhaltigkeit, Lebensmittelsicherheit, Ressourceneffizienz und Müllvermeidung zugesprochen [5, 23]. Um die Potenziale der digitalen Entwicklung ausschöpfen zu können, müssen noch vielfältige Hürden überwunden werden. Diese Prozesse sind auf Investitionen in die Dateninfrastruktur angewiesen. Beispielsweise ist ein flächendeckender schneller Internetzugang essenziell. Weiterhin müssen die Sicherheit und Hoheit der Daten gewährleistet sein. Dafür sollte durch die Gesetzgebung eine Abhängigkeit von Softwareanbietern ausgeschlossen, sowie klare Regeln definiert werden, wer Nutzen aus den generierten Daten ziehen darf [47]. Leitlinien für den Umgang mit ethischen Fragen müssen gleichfalls erarbeitet werden, um einen verantwortungsvollen Umgang mit diesen Technologien zu gewährleisten [5]. Die Digitalisierung der Landwirtschaft wird schrittweise erfolgen. Dabei stellt die Teildigitalisierung einen ersten wichtigen Abschnitt dar, um die Marktteilnehmer mit diesen Anwendungen vertraut zu machen [8]. Die in diesem Projekt angewendete automatisierte Maschinenstundendokumentation ist als Beispiel dafür zu betrachten.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Smart Farming, Landwirtschaft 4.0 und Internet der Dinge sind die Schlagwörter der zukünftigen Landwirtschaft. Dieser wird ein größeres Potenzial als der grünen Revolution in den 60er Jahren vorausgesagt. Viele Unternehmen der vor- und nachgelagerten Bereiche versprechen dem Landwirt Vorteile für seinen Alltag. In der vorliegenden Untersuchung wurden einige dieser Anbieter erprobt, um einen bewertbaren Mehrwert zu generieren. Dabei wird ersichtlich, dass die neuen Systeme die Maschinenleistung je Kostenträger in der Landwirtschaft aufgrund automatischer Dokumentation präziser und zügiger im Vergleich zur manuellen Papierdokumentation abbilden. Daraus wurden Vorteile in der Maschinenkalkulation gefolgert. Diese Vermutung wurde anhand der flexiblen Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis der Maschinenkosten sowie einer Prozesskostenrechnung der Maschinenkosten je Fruchtart überprüft. Zu diesem Zweck gab es einen Vergleich beider Dokumentationsarten. Zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens wurden Recherchen auf Messen, Betrieben und Webseiten getätigt. Es gestaltete sich schwierig, ein Anreizsystem für die Mitarbeiter zu etablieren, um den Umgang mit den neuen Technologien zu erleichtern. Deshalb wurde in der Agrargesellschaft Pfiffelbach der gesamte Maschinenpark mit der 365FarmNet Anwendung ohne Mitarbeitererfassung ausgerüstet. Für den kompletten Produktionszeitraum der Fruchtarten bis zur Ernte 2018 erfolgte die Datenerfassung vom 01.08.2017 bis zum 31.12.2018 auf automatisierte und auf manuelle Weise. Um die Qualität der Datenerfassungen bewerten zu können, wurden die tatsächlich geleisteten Motorstunden mit den je nach Dokumentationsart erfassten Stunden abgeglichen.

- Die automatische Dokumentation wies eine Abweichung von nur 6 % im Vergleich zu 22 % der erfassten Stunden von den geleisteten Stunden durch die manuelle Dokumentation auf. Zusätzlich traten bei der manuellen Dokumentation Ungenauigkeiten durch die Aufrechnung falsch erfasster Stunden auf, was bei der automatischen Erfassung durch detaillierte Tagessummen minimiert war.
- Es konnten erstmals die Nutzungsdauern verschiedener Anbaugeräte ermittelt, sowie für alle Hilfskostenträger Laufzeitrelationen durch ein einheitliches Verfahren erfasst werden. Dadurch wurden die Ursachen

unproduktiver Zeiträume deutlich. Ein Zusammenhang zwischen unproduktiver Zeit und dem Alter, der Komplexität und der Organisation der Maschinen wurde aufgezeigt.

- Für den analysierten Produktionsprozess konnte im Jahr 2018 eine positive Gesamtabweichung ermittelt werden. Deren Zusammensetzung resultiert aus einer positiven Beschäftigungs- und Verbrauchsabweichung. Durch eine maschinenindividuelle Berechnung konnten für die Verbrauchsabweichung dabei Preis- und Finanzierungseffekte gezeigt werden.
- Anhand einer zeitabhängigen Betrachtung der kulturartspezifischen Maschinenkosten konnten die Jahreseigenschaften je Kostenträger nachvollzogen werden. Hier gelang es, Unwirtschaftlichkeiten im Hartweizen- und Erbsenanbau aufzudecken. Es wurde auch ein Zusammenhang zwischen Erntemengen und den Maschinenkosten für alle nicht-Druschfrüchte gezeigt. Auf Grundlage der ermittelten Kostenverläufe sind Optimierungsvorschläge für ausgewählte Kulturarten abgeleitet worden.
- Abschließend konnten weitere Präzisierungen der Kostenberechnungen durch die Herleitung von Schlüsseln zur Gemeinkostenverteilung aus der automatischen Maschinendokumentation erfolgen. Dadurch ist es möglich, Produktionsteilschritte ökonomisch exakter zu beschreiben. Das wurde für Teilprozesse des Zuckerrüben- und Maisanbaus dargestellt. Des Weiteren konnten durch die Darstellung des Maschinenkostenanstiegs im Jahresverlauf Optimierungsmöglichkeiten zur Maschinenauslastung geschlussfolgert werden.
- Die Anwendung automatisierter Maschinendokumentation über mehrere Jahre führt zu präziseren Plangrößen, wodurch die Kostenabweichungen besser bewertet werden können.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Nutzen von Farm Managementsoftware für einen Großbetrieb in der Maschinenkalkulation aufgezeigt. Neben exakten Berechnungen stellt die sofortige Verfügbarkeit dieser Daten einen großen Fortschritt dar. So können Teilprozesse unverzüglich auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft sowie Alternativ- und Hilfsprozesse ökonomisch

---

gewichtet und verglichen werden. Das stellt eine wichtige Entscheidungsunterstützung für die Betriebsorganisation dar. Weiterhin liefert die detaillierte Analyse der Kostenabweichung wichtige Argumente für die Rechtfertigung der Kosten.

## 7 SUMMARY

“Smart Farming”, “Agriculture 4.0” and the “Internet of Things” are terms set to define the future of global agriculture. Many studies predict that these new technologies will have more impact on agricultural productivity than the “Green Revolution” of the 1970s. Upstream and downstream agricultural suppliers claim that their products and services will benefit farmers and their businesses. In this study, several farm management software programs were tested for their capacity to add value to the cropping division of a large and diversified farm. The evaluation showed that a farm management software program based on automatic collection of machinery cost data, gave more precise and timely information than a process relying on manual data collection. This conclusion was arrived at by calculating total cropping equipment costs over a full season using two cost accounting methods – an adaptable planned cost calculation and a process cost calculation – and comparing the results from the automatic and the manual collection of data. To determine the most suitable method and to select the various software programs to evaluate, various trade fairs and companies were visited, and websites searched. The most promising software programs were then tested for functionality and ease of use at the Horsch farm, “Agrovation”. It turned out difficult to establish an incentive system for employees to use the new technologies. For this reason, the farm machines at Agrargesellschaft Pfiffelbach were equipped with the 365FarmNet application without employee registration. The entire production period of crops harvested in 2018 was included. Both automatic and manual data collection took place from August 1, 2017 to December 31, 2018. To evaluate the quality of the two methods of data acquisition, the actual hours worked were compared with the hours recorded according to the type of cost collection.

Further results:

- The automatic documentation of hours worked was, on average, only 6 % different to actual hours. There was a 22 % difference in recorded hours worked when data was collected manually. In addition, with manual documentation, inaccuracies occurred when incorrectly recorded hours were “off-set”. This did not happen with the automatic recording of detailed and daily totals.

- With automatic data collection on the entire range of machines involved in the cropping process, any unproductive time could be identified and the causes indicated. A correlation was demonstrated of unproductive time with the age, complexity and logistical field management of the cropping machines.
- In 2018, a positive total machine cost variance was determined for the analyzed production process. Actual costs were higher than both budgeted and targeted costs. This deviation was a result of positive volume and usage variance. With machinery-specific data calculation, price and financing effects could be shown for individual machines.
- Based on a time-dependent analysis of the specific costs of the machinery, the annual characteristics of each cost unit could be reconstructed. Here it was possible to uncover inefficiencies in durum wheat and pea cultivation. Also, a strong correlation of crop yields with machine cost was shown for all non-threshing crops. On the basis of the determined cost profiles, proposals for machine types were further optimized for selected crop types.
- A more complete understanding of overall machinery costs is achieved when overhead costs are allocated accurately through automatic machine documentation. As a result the true machine costs involved in activities such as seeding, spraying or harvesting are known. Also, when accurate machinery costs are known at any time during the cropping year, the individual machines can be more optimally utilized.
- The use of automated machinery documentation over several years will lead to more accurate budgets and a better evaluation and analysis of costs.

In the context of this study, the benefits for a large agricultural company using farm management software with automated data collection for machine costing, are demonstrated. In addition to exact calculations, the immediate availability of the information represents a major step forward. Partial processes can be checked immediately for their profitability, and alternative and auxiliary processes can be economically weighted and compared. This is an important decision support for the business organization. Furthermore, the detailed analysis of the machine cost

variance provides important background information and adds veracity to the annual financial statements for the business.

## 8 LITERATUR

- [1] Cohen, J.E.: How Many People Can the Earth Support? Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences 51 (1998) H. 4, S. 25-39.
- [2] Tilman, D.; Fargione, J.; Wolff, B.; D'Antonio, C.; Dopson, A.; Howarth, R.; Schindler, D.; Schlesinger, W.H.; Simberloff, D.; Swackhamer, D.: Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. Science (2001) H. 292, S. 281-284.
- [3] United Nations Global Compact: DIGITAL AGRICULTURE - Feeding the future. Project Breakthrough, Disruptive Technology Executive Briefs, <http://breakthrough.unglobalcompact.org/disruptive-technologies/digital-agriculture/>, 2017. Zugriff am 23.07.2021.
- [4] Roland Berger Strategy Consultants (Hrsg): Business opportunities in Precision Farming: Will big data feed the world in the future? München 2015.
- [5] Walter, A.; Finger, R.; Huber, R.; Buchmann, N.: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. PNAS 114 (2017) H. 24, S. 6148-6150.
- [6] Wolfert S.; Ge L.; Verdouw C.; Bogaardt MJ.: Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems 153 (2017), S.69-80.
- [7] Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e.V. (Hrsg): Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. 2014.
- [8] 365FarmNet GmbH (Hrsg.): Whitepaper: Landwirtschaft 4.0 – Landtechnik anschlussfähig machen. Berlin 2017.
- [9] Brisslinger, L.: Der Kampf um die deutschen Äcker – Welche Software macht das Rennen auf dem Feld? <https://www.gruenderszene.de/allgemein/digitalisierung-der-landwirtschaft-welche-software-gewinnt>. Zugriff am 25.02.2017.



- [10] Rost, W.: persönliche Mitteilung, Analyse Maschinenkosten der Jahre 2015-2017 der Agrargesellschaft Pfiffelbach. Ilmtal-Weinstraße 2018.
- [11] Christmann, J.; Witthoff, H.W.; Kosten- und Leistungsrechnung, Einführung in die Grundlagen. 1. Auflage, Wiesbaden: Gabler Kompakt 1994.
- [12] Mußhoff O.; Hirschhauer, N.: Modernes Agrarmanagement. Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. Göttingen: 3. Auflage. Vahlen 2013.
- a) Kapitel 3 Kontrolle und Analyse S. 112ff
- b) Kapitel 3 Kontrolle und Analyse S. 139 ff
- c) Kapitel 2 Grundlagen und Ziele Unternehmerischen Entscheidens S. 57ff
- [13] [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Big\\_Data&oldid=206790851](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Big_Data&oldid=206790851), Zugriff am 31.12.2019.
- [14] Hashem, I.A.T.; Yaqoob, I.; Anuar, N.B.; Mokhtar, S.; Gani, A.; Ullah Khan, S.: The rise of "Big Data" on cloud computing: Review and open research issues. Information Systems (2015) H. 47, S. 98-115.
- [15] De Mauro, A.; Greco, M.; Grimaldi, M.: A formal definition of Big Data based on its essential features. Library Review 65 (2016) H. 3, S. 122-135.
- [16] Data FAIRport, 2014. Find Access Interoperate Re-use data. <http://www.datafairport.org/>, Zugriff am 23.07.2021.
- [17] Porter, M.E.; Heppelmann, J.E.: How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review (2014), S. 65-88.
- [18] Wolfert, J.; Sørensen, C.G; Goense, D.: A future Internet collaboration platform for safe and healthy food from farm to fork. Research Gate (2014), S. 1-8.
- [19] The Hale Group, Ltd; LSC international, Inc. (Hrsg): The Digital Transformation of Row Crop Agriculture. Report to the Iowa AgState Member Organizations. Iowa 2014.

- [20] Reinecke, M.: Gute Arbeit in der Industrie 4.0 – aus Sicht der Landtechnik. In: Botthof, A.; Hartmann A.E. (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: Springer Vieweg 2015.
- [21] van Henten, E.J.; Goense, D.; Lokhorst, C.: Precision agriculture '09, Wageningen Livestock Research, 7th European conference on precision agriculture, Wageningen. 2009.
- [22] Poppe, K.J.; Wolfert, S.; Verdouw, C.; Verwaart, T: Information and communication technology as a driver for change in agri-food chains. Euro Choices (2013) H. 12, S. 60-65.
- [23] Poppe, K.; Wolfert, S.; Verdouw, C.; Renwick, A.: A European Perspective on the Economics of Big Data. Farm Policy Journal (2015), S. 11-19.
- [24] Hao, L.; Peiling, Y.; Yunakai, L.; Feipeng, X.: An Intelligent Controlling System for Greenhouse Environment Based on the Architecture of the Internet of Things. Sensor Letters 10 (2012) H. 10, S. 514-522.
- [25] Umstatter, C.: The evolution of virtual fence. Computers and Electronics in Agriculture 75 (2011), S. 10-22.
- [26] Dalhaus, T.; Finger, R.: Can gridded precipitation data and phenological observations reduce basis risk of weather index-based insurance? American Meteorological Society (2016), S. 409 – 419.
- [27] DeFries, R.; Franzo, J.; Remans, R.; Palm, C.; Wood, S.; Anderman, T.L.: Global nutrition. Metrics for land-scarce agriculture. Science 349 (2015), H. 6245, S. 238-240.
- [28] Häberle, S.: Anforderungs- und einatzgerechte Auslegung von Fahrtrieben mobiler Erntemaschinen. Dissertation, Universität Stuttgart, 2019. Institut für Agrartechnik. Aachen: Shaker Verlag 2017.
- [29] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften: Verordnung (EG) Nr. 178/2002. 2016. Zugriff am 14.12.2016.

- [30] Husemann, C.; Novković, N.: Farm Management Information Systems: A Case Study on a German Multifunctional Farm. *Economics of Agriculture* (2014), S. 441-453.
- [31] Bernhardt, H.; Kaiser, B.: Arbeitszeitaufwand für die Dokumentation im Ackerbau. *Landtechnik* 62 (2007) S.180-181.
- [32] Orts, E.; Spigonardo, J.: Sustainability in the Age of Big Data. IGEL (Hrsg.) University of Pennsylvania: Wharton: 2014.
- [33] Sonka, S.: Big Data: from hype to agricultural tool. *Farm Policy Journal* (2015), H. 12, S.1–9.
- [34] Lesser, A.: Big Data and Big Agriculture. Gigaom Research (Hrsg), 2014. <https://gigaom.com/report/big-data-and-big-agriculture/>. Zugriff am 18.09.2019.
- [35] Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (Hrsg): Bundesdatenschutzgesetz (DSGVO-BDSG). Bonn 2020.
- [36] Gilpin, L.: 2015b. How Big Data Is Going to Help Feed Nine Billion People by 2050. TechRepublic. <https://www.techrepublic.com/article/how-big-data-is-going-to-help-feed-9-billion-people-by-2050/>, 2015, Zugriff am 23.07.2021.
- [37] Van 't Spijker, A.: The New Oil - Using Innovative Business Models to Turn Data Into Profit. Basking Ridge: Technics Publications LLC 2014.
- [38] American Farm Bureau Federation (Hrsg.). Coalition of Ag groups, companies reach data agreement. *Farm Industry News*. 2014. <http://farmindustrynews.com/precision-farming/coalition-ag-groups-companies-reach-data-agreement>. Zugriff am 07.05.2015.
- [39] AgGateway (Hrsg.): Data privacy and use white paper. Washington D.C. 2017.
- [40] Charo, R.A.: Yellow lights for emerging technologies. *Science* 349 (2015) H. 6246, S. 384-385.

- [41] Iozzio, C.: Who's responsible when a car controls the wheel? *Scientific American* 314 (2016) H. 5, S.12–13.
- [42] Kutter, T.; Tiemann, S.; Siebert, R.; Fountas, S.: The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture* (2011) H. 12, S. 2-17.
- [43] Pape, J; Dolschitz, R.: DV-Ausstattung und Internetnutzung in Unternehmen der landwirtschaftlichen Primärproduktion – ausgewählte Ergebnisse empirischer Studien in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Baden Württemberg. Referate der 22. GIL Jahrestagung, In: Kögl., H. & Spilke, J.B.U. (Hrsg.) Referate der 22. GIL Jahrestagung, Rostock 2001.
- [44] Vennemann, H.; Theuvsen, L.; Landwirte im Internet: Erwartungen und Nutzungsverhalten. Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg) : 25. GIL Jahrestagung Bonn 2004, S. 241- 244 in: Integration und Datensicherheit – Anforderungen, Konflikte, und Perspektiven.
- [45] Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e.V. (Hrsg): Digitalisierung in der Landwirtschaft. 2016.
- [46] Kutter, T.; Tiemann, S.; Siebert, R.; Fountas, S.: The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture* (2011) H. 12, S. 2-17.
- [47] Elsner, D.; Klebs, F.: Zur Cebit 2016: Mängel bei Datensicherheit blockieren Landwirtschaft 4.0. Pressemitteilung 07.03.2016, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- [48] Kraftfahrtbundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter. Flensburg 2016. Zugriff am 14.12.2016.
- [49] 365Farmnet GmbH (Hrsg.): Datenschutzbestimmung 365 Farmnet. Berlin 2020, <https://www.365farmnet.com/de/datenschutz/>. Zugriff am 05.03.2020.
- [50] Farmlogs, An Arbor 2015, <https://farmlogs.com/about>. Zugriff am 06.01.2021.

- 
- [51] Granular, San Francisco 2020, <https://granular.ag/company/>. Zugriff am 06.01.2020.
- [52] 365Farmnet GmbH, Berlin 2017, <https://www.365farmnet.com/de/>. Zugriff am 23.03.2017.
- [53] Sonntag, M.: Geprüfter Bilanzbuchhalter, Kosten- und Leistungsrechnung. Unterrichtsskript, Erfurt 2016.
- [54] Fritsch, A.; Kugler, G.: Betriebswirtschaftslehre der Unternehmung. Freiburg i. Br.: Europa Lehrmittel, 6. Auflage, 1979.
- [55] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Düngen in Thüringen nach „Guter fachlicher Praxis“. Schriftreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen. Heft 7, 2007.
- [56] Läßle, D.; Renwick, A.W.; Thorne, F.: Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: evidence from Ireland. *Food Policy* (2015), H. 51, S. 1-8.
- [57] Islam, M.M.; Renwick, A.W.; Lamprinopoulou, C.; Klerkx, L.; Innovation in Livestock genetic improvement, *Eurochoices* (2013) 12, S. 41-47.
- [58] Bacco, M.; Berton, A.; Ferro, E.; Gennaro, C.; Gotta, A.; Matteoli, S.; Paonessa, F.; Ruggeri, M.; Virone, G.; Zanella, A.: Smart Farming: Opportunities, Challenges and Technology Enablers. In: IEEE (Hrsg.): IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture, Siena 2018.

## 9 ANHANG

Plankostenverrechnungssätze 2015 – 2017			
h KTR Maschinen	K	h	€/h
8161	7.794,14 €	475,67	16,39 €
8163	7.596,25 €	499,75	15,20 €
8164	29.590,73 €	1.180,67	25,06 €
8165	29.804,19 €	1.113,33	26,77 €
8166	35.187,50 €	1.023,00	34,40 €
8192	23.902,67 €	884,00	27,04 €
8249	34.224,68 €	1.047,75	32,66 €
8250	38.692,47 €	1.249,08	30,98 €
8251	27.438,04 €	966,67	28,38 €
8255	57.332,77 €	1.736,17	33,02 €
8256	37.631,02 €	1.076,92	34,94 €
8258	40.612,96 €	967,75	41,97 €
8259	39.313,43 €	1.240,17	31,70 €
<b>8262</b>	<b>58.250,36 €</b>	<b>1.321,17</b>	<b>44,09 €</b>
8264	59.521,29 €	1.350,25	44,08 €
8266	55.689,39 €	1.181,63	47,13 €
8267	50.217,39 €	1.042,38	48,18 €
8273	144.826,16 €	1.122,25	129,05 €
8265	16.570,10 €	191,25	86,64 €
8400	42.465,33 €	821,08	51,72 €
8520	62.507,16 €	275,17	227,16 €
8541	380.407,03 €	1.457,33	261,03 €

1.279.575,09 €    22.223,42    57,58 €

**Anhang 1:** Plankostenverrechnungssatz Maschinen, grün markiert das Beispiel aus Kapitel 3.1.2 Daten

Plankostenverrechnungssätze 2015 – 2017			
h KTR Geräte	K	h	€/h
100	37.422,95 €	1.804,00	20,74 €
120	7.573,11 €	695,33	10,89 €
154	3.267,49 €	15,25	214,26 €
200	132.366,50 €	3.659,58	36,17 €
210	39.436,76 €	957,25	41,20 €
240	64.067,64 €	825,92	77,57 €
247	14.632,54 €	95,25	153,62 €
249	14.721,45 €	103,50	142,24 €
255	9.974,98 €	113,42	87,95 €
301	5.275,06 €	56,50	93,36 €
330	25.209,31 €	579,17	43,53 €
420	7.319,02 €	174,92	41,84 €
422	9.406,15 €	242,50	38,79 €
424	2.408,04 €	92,67	25,99 €
428	10.198,34 €	595,83	17,12 €
430	9.886,57 €	397,87	24,85 €
435	550,73 €	74,25	7,42 €
631	138.338,49 €	8.700,24	15,90 €
730	967,62 €	36,47	26,53 €

533.022,75 €    19.219,92    27,73 €

**Anhang 2:** Plankostenverrechnungssatz der Geräte

Istkostenverrechnungssätze automatische Dokumentation 2018			
h KTR Maschinen	K	h	€/h
8161	11.556,17 €	735,00	15,72 €
8163	7.987,78 €	619,00	12,90 €
8164	33.368,34 €	1.053,00	31,69 €
8165	26.761,09 €	752,00	35,59 €
8166	37.444,63 €	924,00	40,52 €
8192	28.793,44 €	862,00	33,40 €
8249	39.177,59 €	880,00	44,52 €
8250	39.303,06 €	1.161,00	33,85 €
8251	9.320,41 €	552,00	16,88 €
8255	97.066,09 €	959,00	101,22 €
8256	46.723,93 €	1.117,00	41,83 €
8258	40.770,30 €	785,00	51,94 €
8259	49.146,45 €	1.076,00	45,68 €
8262	59.010,49 €	1.031,00	57,24 €
8264	57.531,15 €	1.240,00	46,40 €
8266	59.089,43 €	940,00	62,86 €
8267	62.587,64 €	932,00	67,15 €
8273	155.175,45 €	1.226,00	126,57 €
8265	19.572,77 €	97,00	201,78 €
8400	51.367,06 €	508,00	101,12 €
8520	54.800,85 €	180,00	304,45 €
8541	352.385,30 €	1.259,00	279,89 €

1.338.939,39 €    18.888,00    70,89 €

**Anhang 3:** Istkostenverrechnungssätze der Maschinen nach automatischer Dokumentation im Kalenderjahr 2018



Istkostenverrechnungssätze automatische Dokumentation 2018			
h KTR Geräte	K	h	€/h
100	37.556,82 €	1.252,00	30,00 €
120	3.220,64 €	541,00	5,95 €
154	37.201,79 €	372,00	100,00 €
200	121.831,45 €	3.265,00	37,31 €
210	49.776,49 €	862,00	57,75 €
240	86.371,97 €	730,00	118,32 €
247	18.443,24 €	100,00	184,43 €
249	15.037,95 €	107,00	140,54 €
255	9.143,35 €	99,00	92,36 €
301	1.456,98 €	51,00	28,57 €
330	32.313,59 €	389,00	83,07 €
420	8.789,26 €	59,00	148,97 €
422	7.432,51 €	150,00	49,55 €
424	6.214,04 €	58,00	107,14 €
428	14.564,50 €	474,00	30,73 €
430	5.864,42 €	337,00	17,40 €
435	49,56 €	62,00	0,80 €
631	112.255,92 €	5.034,00	22,90 €
730	342,84 €	42,00	8,07 €

567.867,30 €    13.984,00    40,61 €

**Anhang 4:** Istkostenverrechnungssätze der Geräte nach automatischer Dokumentation im Kalenderjahr 2018

Istkostenverrechnungssätze manuelle Dokumentation 2018			
h KTR Maschinen	K	h	€/h
8161	11.556,17 €	618,00	18,70 €
8163	7.987,78 €	393,00	20,33 €
8164	33.368,34 €	789,00	42,29 €
8165	26.761,09 €	789,00	33,92 €
8166	37.444,63 €	847,00	44,21 €
8192	28.793,44 €	797,00	36,13 €
8249	39.177,59 €	898,00	43,63 €
8250	39.303,06 €	1.306,00	30,09 €
8251	9.320,41 €	486,00	19,18 €
8255	97.066,09 €	668,00	145,31 €
8256	46.723,93 €	1.070,00	43,67 €
8258	40.770,30 €	793,00	51,43 €
8259	49.146,45 €	1.191,00	41,26 €
8262	59.010,49 €	1.144,00	51,58 €
8264	57.531,15 €	1.396,00	41,21 €
8266	59.089,43 €	1.028,00	57,48 €
8267	62.587,64 €	1.008,00	62,09 €
8273	155.175,45 €	1.230,00	126,16 €
8265	19.572,77 €	88,00	222,42 €
8400	51.367,06 €	694,00	74,02 €
8520	54.800,85 €	191,00	286,92 €
8541	352.385,30 €	1.188,00	296,62 €

1.338.939,39 €    18.612,00    71,94 €

**Anhang 5:** Istkostenverrechnungssätze der Maschinen nach manueller Dokumentation im Kalenderjahr 2018

Istkostenverrechnungssätze manuelle Dokumentation 2018			
h KTR Geräte	K	h	€/h
100	37.556,82 €	1.445,00	25,99 €
120	3.220,64 €	712,00	4,52 €
154	37.201,79 €	50,00	744,04 €
200	121.831,45 €	4.063,00	29,99 €
210	49.776,49 €	631,00	78,89 €
240	86.371,97 €	755,00	114,40 €
247	18.443,24 €	94,00	196,20 €
249	15.037,95 €	179,00	84,01 €
255	9.143,35 €	112,00	81,64 €
301	1.456,98 €	78,00	18,68 €
330	32.313,59 €	761,00	42,46 €
420	8.789,26 €	53,00	165,84 €
422	7.432,51 €	80,00	92,91 €
424	6.214,04 €	123,00	50,52 €
428	14.564,50 €	530,00	27,48 €
430	5.864,42 €	362,00	16,20 €
435	49,56 €	53,00	0,94 €
631	112.255,92 €	6.437,00	17,44 €
730	342,84 €	57,00	6,01 €
	567.867,30 €	16.575,00	34,26 €

**Anhang 6:** Istkostenverrechnungssätze der Geräte nach manueller Dokumentation im Kalenderjahr 2018

Gerätegruppe	Gerät	hKTR	Fahrt auf Acker	Fahrt	Stand auf Acker	Stand	Gesamt
Aussaat	Drillmaschinen	7240	773,47	152,46	155,34	139,95	1.221,22
	Maislegemaschiene *	7247	62,99	15,27	13,87	7,42	99,56
	ZR Legemaschiene *	7249	57,42	28,34	14,04	7,45	107,26
Bodenbearbeitung	Pflüge	7100	2.128,06	284,68	225,36	168,08	2.806,18
	Eggen, Grubber, Walzen	7200	4.130,70	810,35	572,56	493,41	6.007,03
	Feingrubber	7210	713,91	177,82	119,84	87,70	1.099,26
Kartoffel	Kartoffellegemaschiene *	7255	61,25	9,16	20,00	8,97	99,38
	Hack und Häufler *	7301	36,07	4,96	6,45	3,10	50,59
	Kartoffelroder *	7430	228,83	25,23	73,92	9,35	337,32
	Krautschläger*	7435	92,47	13,14	6,28	3,84	115,73
Pflege	Düngerstreuer	7120	368,76	252,68	47,45	75,58	744,46
	Anhängespritzen	7330	486,55	180,72	83,74	117,45	868,45
	Mähgeräte	7420	31,75	29,32	6,23	11,17	78,47
	Weder und Schwader	7422	105,54	40,41	18,82	13,72	178,49
Sonstige	Mulcher	7428	291,41	310,37	38,64	102,57	742,98
	Besen	7730	0,03	27,66	9,00	18,84	55,53
	Gülle Anhänger	7154	59,73	228,75	121,88	93,24	503,59
	Anhänger	7631	2.428,14	3.577,19	1.030,38	1.663,29	8.699,00
	Pressen	7424	33,28	15,30	8,61	6,30	63,49

23.878,02

## Anhang 7: Gliederung der Gerätelauzeiten vom 01.08.2017 – 31.12.2018 nach automatischer Dokumentation in Stunden

\* Dokumentation der Stunden bezieht sich auf das Jahr KJ 2018

hKTR	Fahrt auf Acker	Fahrt	Stand auf Acker	Stand	Gesamt
8161	319,55	388,16	125,03	223,73	1.056,47
8163	271,71	366,00	85,19	200,75	923,66
8164	433,20	618,04	158,02	294,24	1.503,49
8165	523,04	278,64	166,97	192,26	1.160,91
8166	771,82	437,38	148,12	210,04	1.567,36
8192	590,94	396,66	126,29	143,83	1.257,73
8249	561,46	513,64	93,02	235,18	1.403,30
8250	691,97	573,63	285,78	279,27	1.830,65
8251	236,45	265,79	111,68	159,92	773,85
8255	1.314,68	232,44	211,31	161,36	1.919,79
8256	591,86	561,35	142,57	207,17	1.502,94
8258	691,77	362,54	89,10	152,98	1.296,39
8259	736,43	455,25	216,49	247,02	1.655,19
8262	919,76	368,03	207,68	197,79	1.693,26
8264	1.025,84	505,13	169,83	189,16	1.889,96
8265	174,79	58,83	11,73	20,66	266,01
8266	1.016,79	383,16	110,86	152,17	1.662,98
8267	962,62	221,01	154,67	221,35	1.559,65
8273	1.215,55	213,87	254,90	205,18	1.889,50
8400	461,84	165,18	97,74	114,71	839,46
8520	209,58	36,81	25,48	11,32	283,19
85411*	140,94	35,20	26,24	40,64	243,01
85412*	153,62	46,87	16,45	12,42	229,36
85413*	147,75	51,13	16,46	26,64	241,98
85414*	48,17	65,89	5,37	29,57	149,00
85415*	159,05	40,73	13,33	10,72	223,83
85416*	129,55	24,25	14,44	3,90	172,14

29.195,04

**Anhang 8:** Gliederung der Maschinenlaufzeiten vom 01.08.2017 – 31.12.2018  
nach automatischer Dokumentation in Stunden

\* Dokumentation der Stunden bezieht sich nur auf das Jahr KJ 2018