

Bachelorarbeit

An der Hochschule Anhalt,
Standort Bernburg,
Fachbereich 1
Studiengang Landwirtschaft

Über das Thema:

Entwicklung eines Programms zur Planung und Kontrolle
des Arbeitsbedarfs in der Pflanzenproduktion.

1. Gutachter: Dr. Michael Schenk
2. Gutachter: Dr. Angelika Trench

Vorgelegt von:

Georg Dörge

Matrikelnummer:

4044001

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
2. Methodik	11
2.1. Datenbasis	11
2.1.1. Betriebsdaten	11
2.1.2. KTBL.....	12
2.2. Vorstellung des Programms	13
2.2.1. Verarbeitung der Daten	13
2.2.2. Kulturen Auswahl.....	15
2.2.3. Ermittlung der Daten	17
2.2.4. Motorisierung und Schlaggröße	19
2.2.5. Individualisierung des Anbauverfahrens	20
4. Auswertung	22
4.1. Gesamtüberblick.....	22
4.1.1 Die geleistete Arbeit im Betrieb	22
4.1.2. Der simulierte Arbeitsbedarf	23
4.1.3. Gegenüberstellung Betrieb Simulation.....	25
4.1.4. Analyse des Arbeitsbedarfs bei geänderter Motorisierung.....	26
4.2. Winterweizen (<i>Triticum aestivum</i>).....	28
4.2.4. Vergleich der Kultur Winterweizen zwischen Betrieb und Simulation	28
4.2.1. Vergleich von früh, normal und spät ausgesätem Winterweizen	30
4.2.2. Vergleich der Anbaumethoden im Winterweizen	32
4.2.3. Vergleich von konventioneller Bearbeitung mit ökologischem Anbau	33
4.2.3.1 Nicht wendende Anbaumethode im Vergleich mit ökologischem Anbau	33
4.2.3.2 Direktsaat-Anbaumethode im Vergleich mit ökologischem Anbau.....	35
4.3 Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>).....	36
4.3.1. Vergleich der konventionellen angebauten Sommergerste hinsichtlich der Anbaumethode	36
4.3.2. Vergleich des konventionellen mit ökologischem Anbau	37
4.3.3. Vergleich mit dem Betrieb	39
4.4. Mais (<i>Zea mays</i>).....	40
4.4.1. Vergleich Körner- mit Silomais	40
4.4.2. Vergleich der Bearbeitungsmethoden	42
4.4.3. Vergleich Silomais Betrieb.....	43
4.5.1. Vergleich der Anbaumethoden bei Raps	44



4.5.2. Vergleich Betrieb.....	46
4.6. Ackerbohnen (<i>Vicia faba</i>) und Erbsen (<i>Pisum sativum</i>)	47
4.6.1. Vergleich der Arbeitskraftstunden zwischen Ackerbohnen (<i>Vicia faba</i>) und Erbsen (<i>Pisum sativum</i>)	47
4.7. Zuckerrüben (<i>Beta vulgaris</i>).....	49
4.7.1. Vergleich der Anbaumethoden.....	49
5. Fazit.....	51
6. Literaturverzeichnis.....	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wandel auf dem Land	8
Abbildung 2: Lohnentwicklung in Deutschland (in Prozent, mit dem Lohnniveau von 2007 als Basiswert)	9
Abbildung 3: Übersicht der zugrundeliegenden Daten (Arbeitszeitbedarf, Dieserverbrauch und Personalkosten für diverse Arbeitsgänge)	13
Abbildung 4: Darstellung der Arbeitskraftverteilung bei wendender Bearbeitung	14
Abbildung 5: Darstellung der Eingabemaske (vorhandene Hektarzahlen für zehn verschiedene Kulturen, aufgeteilt nach Anbaumethode)	15
Abbildung 6: Darstellung des Ausgabefensters (benötigte Arbeitskraftstunden für die zuvor angegebenen vorhandenen Hektarzahlen für zehn verschiedene Kulturen, aufgeteilt nach Anbaumethode)	16
Abbildung 7: Übersicht der Dateneingabe	17
Abbildung 8: Übersicht der Datenanalyse	18
Abbildung 9: Darstellung der Schlaggrößen und Motorisierungsoptionen	19
Abbildung 10: Darstellung des Datenweges in der Individualisierung	20
Abbildung 11: Darstellung der Individualisierung (am Beispiel Winterweizen)	21
Abbildung 12: Geleistete Arbeit im Betrieb (in Arbeitskraftstunden, aufgeteilt nach Feldfrucht und Monat)	22
Abbildung 13: Simulierter Arbeitsbedarf des Betriebes (in Arbeitskraftstunden, aufgeteilt nach Feldfrucht und Monat)	24
Abbildung 14: Vergleich der Arbeitskraftstunden im Betrieb mit den in der Simulation berechneten Arbeitskraftstunden	25
Abbildung 15: Arbeitsbedarfsentwicklung bei geänderter Motorisierung	26
Abbildung 16: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei Winterweizen zwischen Simulation und Betrieb	29
Abbildung 17: Auswirkung der verschiedenen Aussaattermine bei Winterweizen auf die benötigten Arbeitskraftstunden je Monat	30
Abbildung 18: Vergleich Aussaattermine Winterweizen im Betrieb (in Arbeitskraftstunden, früher Winterweizen 66 Hektar, normaler Winterweizen 54 Hektar)	31
Abbildung 19: Vergleich der benötigten Arbeitskraftstunden je Monat bei verschiedenen Anbaumethoden für Winterweizen	32
Abbildung 20: Vergleich der nicht wendenden Anbaumethode mit ökologischem Anbau (in Arbeitskraftstunden)	34
Abbildung 21: Vergleich Direktsaat mit ökologischem Anbau (in Arbeitskraftstunden)	35
Abbildung 22: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei konventionell angebauter Sommergerste in Abhängigkeit von der Bearbeitungsmethode	36
Abbildung 23: Vergleich des konventionellen mit dem ökologischen Anbau (in Arbeitskraftstunden)	38
Abbildung 24: Vergleich Sommergerste Simulation mit Betrieb (in Arbeitskraftstunden, bei jemals 45 Hektar Sommergerste)	39
Abbildung 25: Vergleich der benötigten Arbeitskraftstunden zwischen Körner- und Silomais	41
Abbildung 26: Vergleich der Bearbeitungsmethoden bei Silomais (in Arbeitskraftstunden)	42
Abbildung 27: Vergleich Silomais Simulation mit Betrieb (in Arbeitskraftstunden)	43
Abbildung 28: Vergleich der Anbaumethoden Raps (in Arbeitskraftstunden)	44
Abbildung 29: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei Raps zwischen Simulation und Betrieb	46

Abbildung 30: Vergleich der Arbeitskraftstunden zwischen Erbsen und Ackerbohnen	48
Abbildung 31: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei den verschiedenen Anbaumethoden für Zuckerrüben	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitsbedarfsentwicklung bei geänderter Motorisierung (Motorisierung in KW und Gesamtarbeitsbedarf in Arbeitskraftstunden) 27

Abkürzungsverzeichnis

KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
AKh	Arbeitskraftstunden
ha	Hektar
KW	Kilowatt
WW	Winterweizen
WG	Wintergerste
WR	Winterraps
SG	Sommergerste
ZR	Zuckerrüben

1. Einleitung

Mit dem steten Wandel in der Landwirtschaft verringert sich die Zahl der zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte immer mehr, heutzutage arbeiten weniger als 1 % der deutschen Bevölkerung direkt in der Primärproduktion von Lebensmitteln. Dies ist unter anderem mit der fortschreitenden Technisierung in nahezu allen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion begründet. Durch immer leistungsfähigere Maschinen und Bearbeitungsverfahren sowie der stetigen Steigerung der Produktivität kann heute jeder Landwirt zehnmal so viel Menschen mit den zum Leben benötigten Gütern versorgen als noch vor 60 Jahren. Des Weiteren sind die Verdienstmöglichkeiten in der landwirtschaftlichen Produktion für Arbeiter und einfache Angestellte vergleichsweise gering und die Tätigkeiten zumeist körperlich fordernd, so dass das Einschlagen dieses Berufszweiges wenig attraktiv für Arbeitskräfte ist.

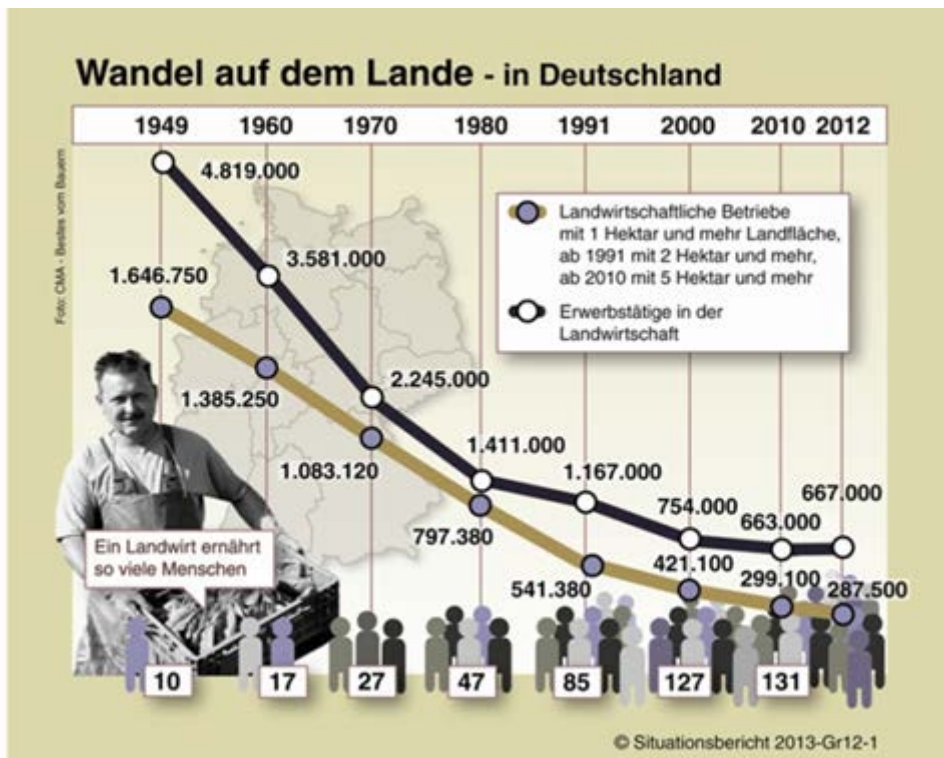


Abbildung 1: Wandel auf dem Land

Durch die demografische Entwicklung und die starke Konkurrenz aus anderen Wirtschaftszweigen ist eine gut ausgebildete, produktive Arbeitskraft in der Landwirtschaft für einen Betrieb heutzutage wertvoller als jemals zuvor. Dies zeigt sich beispielsweise an den steigenden Löhnen, welche in vielen Fällen für einfache landwirtschaftliche Angestellte weit

über dem Mindestlohn liegen, sowie der Schwierigkeit vieler Betriebe ausreichend gut ausgebildetes Personal, beziehungsweise guten Nachwuchs zum Ausbilden zu finden. Hand in Hand mit der Lohnsteigerung steigt auch der Wert sowie die Kosten jedes einzelnen Angestellten und somit jeder einzelnen Arbeitskraftstunde immer weiter und sollte dadurch wohlüberlegt eingesetzt werden.

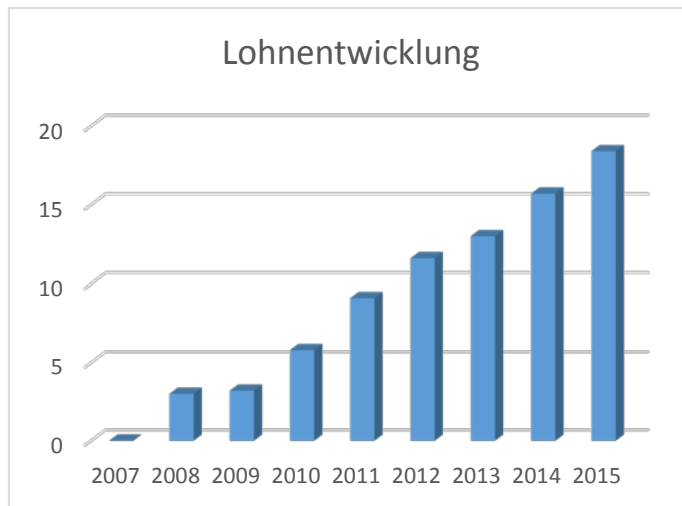


Abbildung 2: Lohnentwicklung in Deutschland (in Prozent, mit dem Lohnniveau von 2007 als Basiswert)

Die Arbeiten der Landwirtschaft werden in terminlich gebundene und terminlich ungebundene, sowie laufende Arbeiten unterteilt. Die terminliche Bindung resultiert aus klimatischen und fruchtbezogenen Faktoren, welche sich nicht nur nach Aussaat und Ernte, sondern auch Bodenbearbeitung, Pflanzenschutzmaßnahmen; und einigen weiteren Arbeitsgängen unterteilen. Zu terminlich

ungebundenen Arbeiten können unter anderem die Wartung von Maschinen sowie die meisten Managementaufgaben eingeordnet werden.

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich vorwiegend mit der terminlich gebundenen Arbeit. Da viele von dieser für den wirtschaftlichen Erfolg einer Unternehmung entscheidend sind.

Momentan existieren für Landwirte einige Datensammlungen, mit deren Hilfe die Arbeitsbelastung einzelner Arbeitsgänge relativ präzise berechnet werden kann. Ebenso gibt es zum Beispiel den KTBL-Feldarbeitsrechner, der online die benötigten Arbeitskraftstunden kalkuliert. Das ist zwar relativ genau und schnell einzustellen, berechnet aber nur für einen einzelnen Arbeitsgang einer einzelnen Kultur die Arbeitskraftstunden. Dies ist für die Planung über den Zeitraum eines Jahres, in dem hunderte Arbeitsgänge für verschiedene Kulturen nötig sind, deutlich zu zeitaufwendig und zu kompliziert. Zudem muss der Nutzer über eine genaue Vorstellung seines Anbauplans und den darin enthaltenen Arbeitsgängen verfügen. Deshalb ist die Anwendung solcher Programme gerade in kleinen und mittelständischen Betrieben nicht weit verbreitet.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Entwicklung eines Programmes, mit dessen Hilfe es jedem möglich ist schnell und einfach den Arbeitsbedarf zu planen und den gewünschten

Anbauplan bezüglich Arbeitskraftspitzen zu kontrollieren. Es sollen die wirtschaftlich in Deutschland bedeutendsten landwirtschaftlichen Kulturen Weizen, Gerste, Mais, Sonnenblumen, Raps, Ackerbohnen, Erbsen, Zuckerrüben und Kartoffeln berücksichtigt werden. Zudem soll eine differenzierte Betrachtungsweise der verschiedenen üblichen Anbaumethoden ermöglicht werden, welche Aufschluss über die unterschiedliche Arbeitsbelastung und deren zeitlichen Terminierung, in Hinblick auf die jeweiligen Kulturen ermöglicht. Außerdem wird ein Vergleich zwischen tatsächlich benötigten Arbeitskraftstunden eines Ackerbaubetriebes und den mit der Simulation errechneten Daten durchgeführt.

2. Methodik

In diesem Kapitel der Arbeit werden die Erstellung des Programmes, dessen Datenbasis und die Verarbeitung der Daten im Programm erläutert. Außerdem wird der Betrieb, welcher zum Vergleich des Programmes herangezogen wurde, beschrieben.

2.1. Datenbasis

2.1.1. Betriebsdaten

Für einen Vergleich der Ergebnisse des Programmes mit den Ergebnissen eines realen Betriebes wurden die Daten und Aufzeichnungen eines bestimmten Pflanzenbaubetriebes herangezogen. Dabei handelt es sich um den Landwirtschaftsbetrieb Gerhard Dörge mit Sitz in 06796 Brehna.

Dieser Betrieb bewirtschaftet ca. 250 ha Ackerland mit einer durchschnittlichen Bodenpunktezahl von 73 Bodenpunkten die sich von 60 Bodenpunkten bis 95 Bodenpunkten erstrecken. Es handelt sich überwiegend um sandigen Lehmboden. Die bewirtschafteten Felder sind durchschnittlich 22,7 Hektar groß, wobei sich die Schlaggröße von 7,5 Hektar bis 66 Hektar erstreckt.

Dieser Betrieb wurde nach Auflösung der Deutschen Demokratischen Republik wiedereingerichtet und verfügte im Zeitraum vom Juni 2015 bis Oktober 2016 über folgende maschinelle Ausstattung:

- ein Mähdrescher von Claas, der Lexion 740
- zwei Traktoren, TTV 630 von Deutz, mit einer Motorleistung von 200 PS (147 KW)
- ein tiefer Grubber mit einer Arbeitsbreite von 540 cm (für die Bodenbearbeitung)
- ein flacher Grubber mit 540 cm Arbeitsbreite (für die Bodenbearbeitung)
- eine Scheibeneggen-Walzenkombination mit 600 cm Arbeitsbreite (für die Bodenbearbeitung)
- eine Messerwalze (für die Bodenbearbeitung)
- ein Mulcher mit je 300 cm Arbeitsbreite (für die Bodenbearbeitung)
- ein Seitenmulcher zur Pflege des Feldrands
- ein Strip-Till-Grubber mit 540cm Arbeitsbreite

- eine Netzege mit 900 cm Arbeitsbreite
- ein Strohstriegel mit 1800cm Arbeitsbreite
- ein Drehflug von Kverneland 4 Scharig mit 200 cm Arbeitsbreite
- eine gezogene Spritze von Kverneland mit 24000 cm Arbeitsbreite und 4000 Liter Tank
- eine Kverneland Optima HD 12-reihig mit 540 cm Arbeitsbreite (für die Aussaat)
- eine Kverneland DF-2 Drillmaschine mit 600 cm Arbeitsbreite (für die Aussaat)
- fünf HW80 Zweiseitenkipper (zum Einlagern und Transport)
- ein umgebauter HW 80 Saatgutwagen (zum Einlagern und Transport)
- zwei Zweiseitenkipper THK 5 (zum Einlagern und Transport),
- sowie ein Merlo 35-7 (zum Einlagern und Transport)

Dem Betrieb stehen am Standort ausreichende Lagerkapazitäten zur Einlagerung des Erntegutes zur Verfügung bei relativ kurzen Wegen von maximal 2 km zu den bearbeiteten Flächen.

2.1.2. KTBL

Dieses Programm basiert auf den Daten und Erkenntnissen der „Betriebsplanung Landwirtschaft KTBL-Datensammlung“, aktuellen Daten der Internet Veröffentlichungen verschiedener Landwirtschaftlichen Landesanstalten - dabei ist die bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft hervorzuheben sowie den gesammelten Erkenntnissen des Bachelor Studiengangs Landwirtschaft der Hochschule Anhalt. Insbesondere werden Informationen des Modules Spezielle Pflanzenproduktion verwendet, wobei bei der grundlegenden Terminierung der frühen und späten Saaten auf die Skripte von Dr. Schönberger als Datengrundlage zurückgegriffen wurde. Der überwiegende Teil der zugrundeliegenden Daten stammt aus der KTBL-Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft der Auflage 2014/2015. "Grundlage für die KTBL-Planungsdaten sind die in der Praxis, die in Forschung und Versuchseinrichtungen, bei Experten und Herstellern erhobenen Daten" (Dr. Heinrich de Baey-Ernsten 2012)

2.2. Vorstellung des Programms

In diesem Kapitel wird das erstellte Programm, die darin befindliche Auswahl von Kulturen und die Möglichkeit der Individualisierung von Anbauverfahren präsentiert.

2.2.1. Verarbeitung der Daten

Zur Verarbeitung der Daten wurde das Programm „Microsoft Excel“ verwendet. In diesem wurden diverse Seiten zu Simulation und Analyse des Arbeitsbedarfs erstellt. Unter anderem je zwölf für jedes Standardbearbeitungsverfahren der unterschiedlichen Kulturen, zwölf für die Individualisierung der einzelnen Kulturen, sowie fünf Tabellen zur Analyse, für Basisdaten und für die Wiedergabe der Ergebnisse dieser Simulation. Auf den einzelnen Seiten wurden Tabellen und Grafiken erstellt, welche mit Formeln und Funktionen verknüpft wurden.

		Arbeitszeit	Diesel	Ma fix	Ma var
	Einheit	h/ha	l/ha	€/ha	€/ha
4	Bodenproben	0,04	0,03	0,20	0,05
5	Mineraldünger	0,37	1,06	3,24	3,15
6	Pflanzenschutz	0,28	1,01	4,24	3,01
7	Pflügen	1,89	22,85	20,92	45,25
8	Tiefengrubber	1,09	15,01	9,34	25,85
9	Eggen	0,58	5,73	8,18	13,01
10	Säen	1,24	12,66	17,14	29,18
11	Unkrautbonitur	0,16	0,27	1,61	0,42
12	Striegeln	0,42	2,54	3,93	6,66
13	Bestandsbonitur	0,13	0,12	0,91	0,22

Abbildung 3: Übersicht der zugrundeliegenden Daten (Arbeitszeitbedarf, Dieserverbrauch und Personalkosten für diverse Arbeitsgänge)

Zu Beginn wurden die zur Verfügung stehenden Daten der einzelnen Kulturen, in Abbildung 3 am Beispiel Winterweizen in eine Datentabelle übertragen, sodass in den weiteren Schritten auf die Information der Arbeitszeiten der diversen Arbeitsgänge zugegriffen werden kann. Die Arbeitszeit je Arbeitsgang ist hier mit Stunde je Hektar angegeben.

Im zweiten Schritt wurde eine Maske der verschiedenen Feldfrüchte Winterweizen, Sommergerste, Körnermais, Silomais, Sonnenblumen, Raps, Ackerbohnen, Erbsen, Kartoffeln und Zuckerrüben erstellt. In diese Maske kann die gewünschte Anbaumenge, jeder

Fruchtart eingetragen werden. Hier wird auch die Unterteilung in früh und spät gesättem Winterweizen vorgenommen, die dafür zugrundeliegenden Daten der zeitlichen Terminierung der Arbeitsgänge wurden dem Skript „Spezielle Pflanzenproduktion“ von Dr. Schöneberger der Hochschule Anhalt entnommen und mit den aus der KTBL Datensammlung entnommenen Informationen kombiniert.

Zudem wurden auch die verschiedenen Bearbeitungsmethoden wendend, nicht wendend, Direktsaat und ökologische Bewirtschaftung aus der KTBL Datensammlung übernommen und mit den Daten zur Arbeitszeit und der zeitlichen Terminierung der Arbeitsgänge verbunden.

	A	C
1	Weizen	Wendend
2	Zeitraum	Akh
3	Juni	
4	Juni	
5	Juli	
6	Juli	
7	August	
8	August	
9	September	18,9
10	September	94,5
11	Oktober	29
12	Oktober	84
13	November	
14	November	
15	Dezember	
16	Dezember	
17	Januar	
18	Januar	
19	Februar	
20	Februar	25
21	März	
22	März	6,5
23	April	32,5
24	April	14
25	Mai	6,5
26	Mai	
27	Juni	32,5
28	Juni	
29	Juli	
30	Juli	
31	August	119,5
32	August	44,975
33	September	
34	September	46
35	Oktober	
36	Oktober	
37		
38	Ges	553,875

Die Daten der benötigten Arbeitszeiten der einzelnen Arbeitsgänge werden danach den verschiedenen, in Halbmonatsintervallen eingeteilten, Zeitlinien zugeordnet. In Abbildung 4 ist ein Beispiel für 50 ha Winterweizen für eine wendende Bearbeitungsmethode, bei einer durchschnittlichen Schlaggröße von 2 Hektar und einem Motorisierungsgrad der Bearbeitungsmaschinen von 67 KW, dargestellt.

Die daraus resultierenden zeitlich zugeordneten Arbeitskraftstunden werden für jede Kultur, jede Bearbeitungsmethode und jede Aussaatvariante einzeln ermittelt und bilden die Grundlage für spätere Auswertungen. Sie werden vom Programm in detaillierten Diagrammen und in tabellarischer Form für jede einzelne Kultur ausgegeben.

Abbildung 4: Darstellung der Arbeitskraftverteilung bei wendender Bearbeitung

2.2.2. Kulturen Auswahl

Ein wichtiger Punkt in der Ausarbeitung dieser Simulation ist die Bedienungsfreundlichkeit, also eine schnelle und simple Eingabe und Auswertung für den Landwirt. Dies spiegelt sich in der Seite der Analyse des Excel Programms wieder. Auf dieser können alle zur Analyse eines Anbauplans nötigen Eingaben getätigt werden und es werden auch direkt die zur Auswertung wichtigsten Arbeitskraftverteilungen wiedergegeben.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Eingabe	Einheit	Früh WW	Weizen	Spät WW	Sommergerste	Körnermais	Silomais	Sonnenblumen	Raps	Ackerbohnen	Erbsen	Kartoffeln	Zuckerrüben	Gesamt
2	Wendend	ha													0
3	Nicht Wendend	ha	66			45	0	21	0	16,5	0	32	0	15	195,5
4	Direktsaat	ha													0
5	Öko	ha													0
6	Individuel	ha		54											54
7	Gesamt	ha	66	54	0	45	0	21	0	17	0	32	0	15	250

Abbildung 5: Darstellung der Eingabemaske (vorhandene Hektarzahlen für zehn verschiedene Kulturen, aufgeteilt nach Anbaumethode)

In der Eingabemaske kann der Nutzer zwischen zehn Kulturen, sowie einer frühen und einer späten Aussaatvariante des Winterweizens wählen (siehe Abbildung 5). Außerdem werden die vier Anbaumethoden wendend, nicht wendend, Direktsaat, und ökologische Anbauverfahren berücksichtigt, zumindest bei den Feldfrüchten, wo alle vier Anbaumethoden üblich sind. Unübliche Anbauvarianten sind ausgegraut, da zur Berechnung dieser keine Grundlagedaten vorhanden sind.

Zusätzlich kann der Nutzer seine Anbaumethode auch komplett selbst zusammenstellen, die Möglichkeit wird unter „Individuell“ wiedergegeben. Bei der Kultur Winterweizen sind die Optionen „früher Winterweizen“ und „später Winterweizen“ auch ausgegraut, da unter der Anbaumethode „Individuell“ der Aussaattermine bei Winterweizen selbst gewählt werden kann. Dieser Punkt wird in der Arbeit später noch genauer erläutert.

9	Akh	Einheit	Früh WW	Weizen	Spät WW	Sommergerste	Körnermais	Silomais	Sonnenblumen	Raps	Ackerbohnen	Erbsen	Kartoffeln	Zuckerrüben	Gesamt
10	Wendend	AKh	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Nicht Wendend	AKh	707,355	0		371	0	88	0	126	0	230	0	141	1664
12	Direktsaat	AKh	0	0		0				0	0	0			0
13	Öko	AKh	0	0		0	0	0		0	0	0	0	0	0
14	Individual	AKh		551											
15	Akh Gesamt	AKh	707	551	0	371	0	88	0	126	0	230	0	141	1664

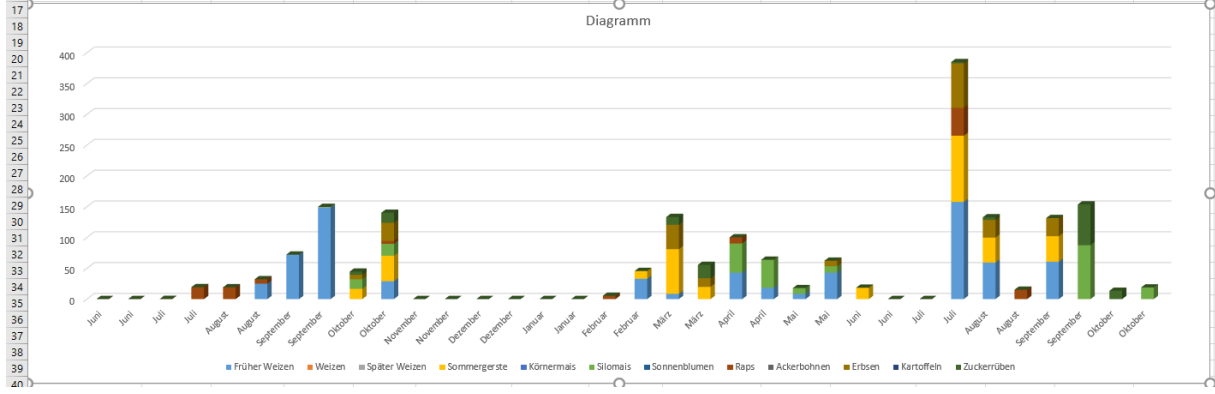


Abbildung 6: Darstellung des Ausgabefensters (benötigte Arbeitskraftstunden für die zuvor angegebenen vorhandenen Hektarzahlen für zehn verschiedene Kulturen, aufgeteilt nach Anbaumethode)

Direkt nach der Eingabe, bei der Wahl eines der vier Standardanbauverfahren, bekommt der Nutzer eine Auswertung des benötigten Arbeitsbedarfs der einzelnen Kulturen und deren Terminierung angezeigt (siehe Abbildung 6).

2.2.3. Ermittlung der Daten

Im Folgenden ist der Weg der einzelnen Eingabe Daten bis zur Ausgabe der simulierten Prognose des Arbeitsbedarfs dargestellt.

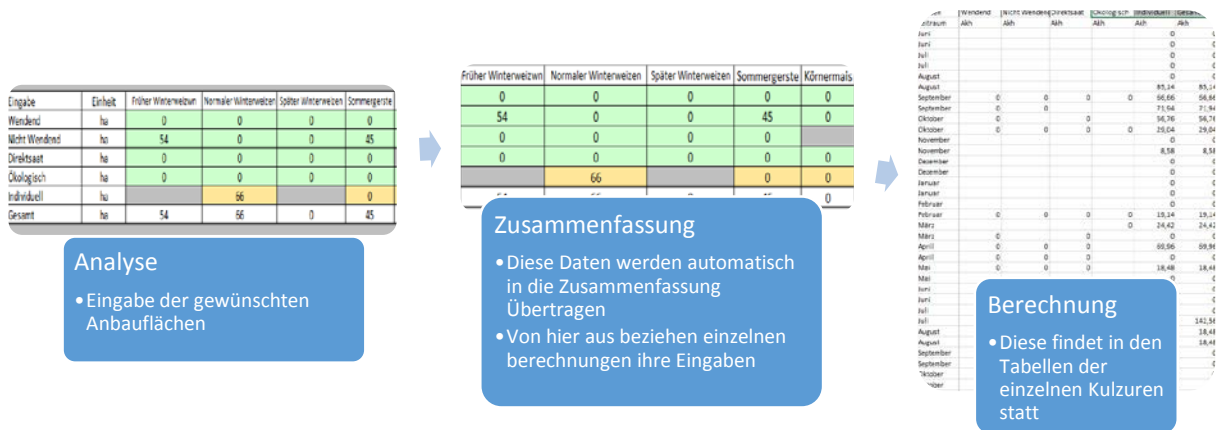


Abbildung 7: Übersicht der Dateneingabe

Zu Beginn muss auf der ersten Seite "Analyse" die Größe der zu bearbeitenden Fläche eingegeben werden. Dies geschieht durch das Eintragen der Hektarzahlen in die Spalte der gewünschten Kultur und der Zeile der gewünschten Bearbeitungsmethode.

Diese Daten werden auf der Seite Zusammenfassung in eine weitere Tabelle übertragen. Von dieser beziehen alle weiteren Seiten, Tabellen und Berechnungen die für diese Seiten benötigten Hektarzahlen. Die wichtigste dieser Seiten ist die Simulationsseite der speziellen Kultur, da dort alle Berechnungen der Standardbearbeitungsmethoden durchgeführt werden, die Speicherung der erhaltenen Informationen erfolgt und sich alle späteren Analysen darauf beziehen.

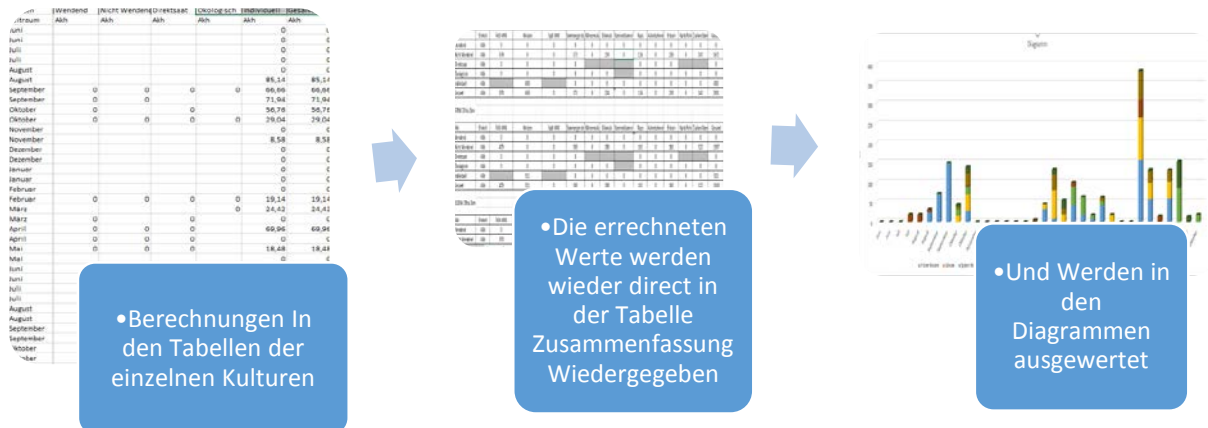


Abbildung 8: Übersicht der Datenanalyse

Aus dem in den Seiten der einzelnen Kulturen errechneten Daten des Arbeitskraftbedarfs und dessen Terminierung speisen sich alle weiteren Analysen. Diese Informationen werden zunächst auf der Seite, „Zusammenfassung“ und von dort aus auf der Seite „Analyse“ wiedergegeben. Auf Grundlage dieser simulierten Daten wurden im nächsten Schritt alle Diagramme und Darstellungen zur Erleichterung der Interpretation und Auswertung erstellt.

2.2.4. Motorisierung und Schlaggröße

Im folgenden Text wird die Aufteilung der Standarddaten in die diversen Motorisierungsvarianten sowie in die unterschiedlichen Schlaggrößen erläutert.

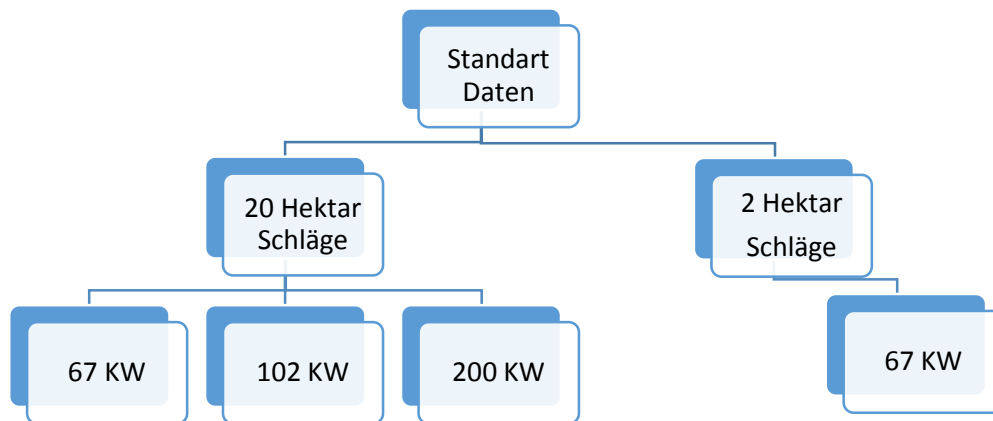


Abbildung 9: Darstellung der Schlaggrößen und Motorisierungsoptionen

Um die Simulation an die Betriebsgröße und die betriebseigenen Bearbeitungsbedingungen anzupassen, besteht die Möglichkeit zwischen verschiedenen Motorisierungsvarianten sowie zu bearbeitenden Feldgrößen zu wählen.

Die errechneten Standarddaten werden in die verschiedenen durchschnittlichen Schlaggrößen von zwei bis 20 Hektar aufgeteilt, die wiederum durch die Ausstattung der Traktoren unterteilt sind. Bei der 20 Hektar Variante besteht die Wahlmöglichkeit zwischen 67 KW, 102 KW und 200 KW Motorisierungen. Bei der 2 Hektar Variante steht in der Simulation nur 67 KW Motorisierung zur Verfügung, da andere Traktorenoptionen hier wirtschaftlich wenig Sinn ergeben.

2.2.5. Individualisierung des Anbauverfahrens

Oft kommt es vor, dass die im Betrieb durchgeführten oder geplanten Arbeitsgänge nicht exakt den vorgegebenen Bearbeitungsmethoden entsprechen. Dies kann zu teilweise deutlichen und weniger deutlichen Fehlern und Ungenauigkeiten der Simulation führen. Ein gutes Beispiel sind sich substituierende Bodenbearbeitungsmaschinen, wie Scheibenegge, Egge und flache Grubber, die alle für einen ähnlichen Zweck der Stoppelbearbeitung eingesetzt werden können. Auch besondere Standortbedingungen, wie sehr trockene oder feuchte Standorte, oder stark verdichtete Böden sowie ein Untergrund, der zur Bildung von beispielsweise Staunässe neigen, benötigen teilweise andere Arbeitsgänge und eine geänderte Bearbeitungsmethode. Des Weiteren benötigt der gezielte Einsatz anderer Bearbeitungsmethoden aus Gründen der Ertragssteigerung bzw. wirtschaftlichen Optimierung der verschiedenen Kulturen eine individuelle Anpassung der verschiedenen Arbeitsgänge.

In diesen Fällen führt natürlich der Einsatz der Standardbearbeitungsmethoden zu Abweichungen und Ungenauigkeiten der benötigten Arbeitskraft. Um trotzdem ein möglichst genaues Ergebnis zur Planung und Kontrolle erzielen zu können, bietet das Programm die Möglichkeit Anbauverfahren zu individualisieren.

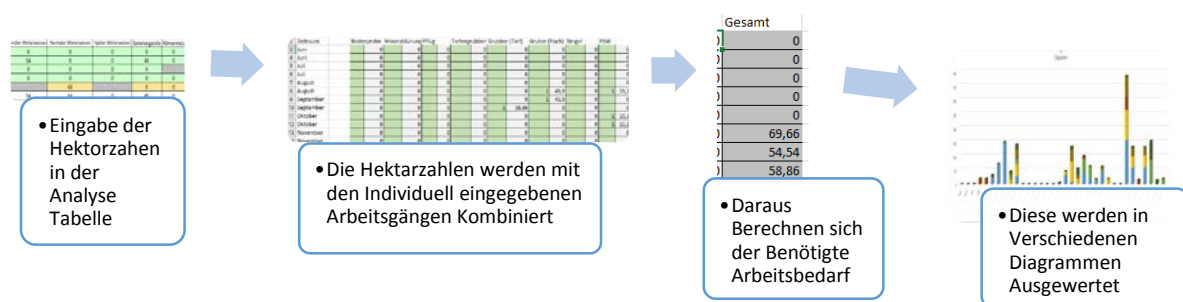


Abbildung 10: Darstellung des Datenweges in der Individualisierung

Dafür kann auf der Startseite, in der Zeile „Individuell“ bei der gewünschten Kultur, die Hektarzahl der mit abweichenden Bearbeitungsmethoden bearbeiteten Schläge eingetragen werden. Im zweiten Schritt ist es dann möglich in die einzelnen Tabellen zum Beispiel "Individuell Winterweizen" zu gehen und alle gewünschten und geplanten Arbeitsgänge

individuell einzutragen. Auch die daraus simulierte Arbeitsbelastung wird in der Gesamtauswertung mit den Standardbearbeitungsmethoden zusammen dargestellt und ist mit den gleichen Tools auswert- und vergleichbar.

2	Zeitraum	Bodenprobe	Mineraldüngung	Pflug	Tiefengrubber	Grubber (Tief)	Gruber (Flach)	Strigel	PSM	Säen	Unkrautbonitur	Bestandsbonitur	Mähen + Transport + Lager	Gesamt
3	Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	August	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	August	0	0	0	0	0	1 45,9	0	1 15,1	0	1 8,64	0	0	69,66
9	September	0	0	0	0	0	1 45,9	0	0	0	1 8,64	0	0	54,54
10	September	0	0	0	0	1 58,86	0	0	0	0	0	0	0	58,86
11	Oktober	0	0	0	0	0	0	0	1 15,1	1 66,96	0	0	0	82,08
12	Oktober	0	0	0	0	0	0	0	1 15,1	0	1 8,64	0	0	23,76
13	November	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	November	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 7,02	0	7,02

Abbildung 11: Darstellung der Individualisierung (am Beispiel Winterweizen)

Mit diesem Werkzeug sind auch zusätzliche Maßnahmen wie extra Pflanzenschutzmaßnahmen oder eine zusätzliche Bodenbearbeitung simpel und schnell einzutragen. Genauso kann, wenn zu erwarten ist, dass eine Pflanzenschutzmaßnahme wegen geringen Unkrautdruckes nicht zu erwarten ist, diese im Vorfeld auch aus der Planung des Arbeitsbedarfes gestrichen werden.

4. Auswertung

Das folgende Kapitel handelt von der Auswertung und den Ergebnissen der Simulation, sowie der Auswertung des Betriebes und der Gegenüberstellung der ermittelten Ergebnisse.

4.1. Gesamtüberblick

4.1.1 Die geleistete Arbeit im Betrieb

Im folgenden Abschnitt wird die im Betrieb geleistete Arbeit ausführlich dargestellt. Dies sind die gesammelten Arbeitszeiten, die hier in Arbeitskraftstunden angegeben werden. Es handelt sich um die in den letzten gut 17 Monaten im Ackerbau des Betriebes geleisteten Arbeitskraftstunden für die in diesem Zeitraum angebauten Feldfrüchte. In dieser Zeit wurden sechs verschiedene Kulturen auf 250 Hektar angebaut. Die Kalkulation des Arbeitsbedarfs ist in den Weizenbeständen aufgeteilt in Schläge mit frühem Aussattermin, welcher Mitte bis Ende September angesiedelt war, sowie in Schläge mit normalem Aussattermin, im Oktober. Diese Unterteilung ist notwendig, da die vor- und nachgelagerten Arbeiten durch die Wahl des Aussaatzeitpunktes anders zu terminieren sind, da der frühe Winterweizen schon ein anderes Entwicklungsstadium als später gesäter Winterweizen erreicht hat.

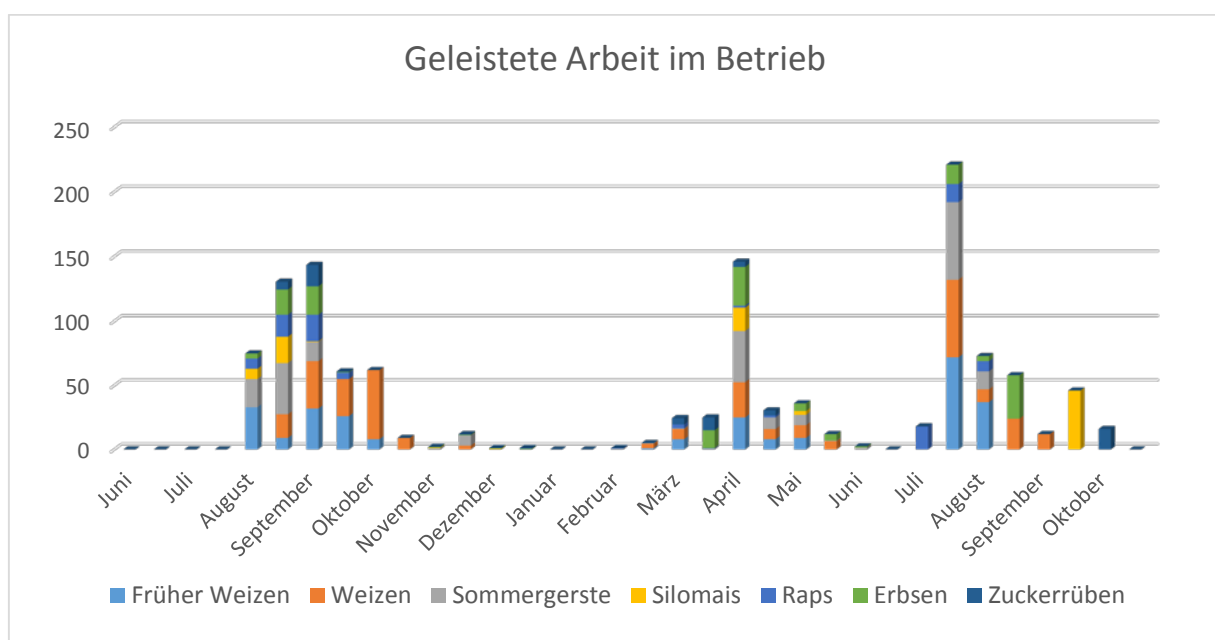


Abbildung 12: Geleistete Arbeit im Betrieb (in Arbeitskraftstunden, aufgeteilt nach Feldfrucht und Monat)

Im Beispielbetrieb wurden insgesamt 120 ha Winterweizen angebaut, der sich in 66 ha frühen Winterweizen und 54 ha normal ausgesäten Winterweizen aufteilt. Für den frühen Winterweizen wurden 268 Arbeitskraftstunden und für den normal ausgesäten Winterweizen 320 Arbeitskraftstunden benötigt. Es wurden 45 Hektar Sommergerste, welche 221 Arbeitskraftstunden in Anspruch genommen hat, angebaut. Zudem wurden auf den eher kleineren Schlägen 21 ha Silomais mit 97 Arbeitskraftstunden, 16,5 Hektar Raps mit 97,5 Arbeitskraftstunden, 32 Hektar Erbsen mit 157 Arbeitskraftstunden und 15 Hektar Zuckerrüben mit 63 Arbeitskraftstunden angebaut. Vor allem die Winterweizen- und die Sommergerstebestände, mit insgesamt 165 Hektar Anbaufläche, eignen sich sehr gut zum Testen des vorgestellten Programmes zur Planung und Kontrolle des Arbeitsbedarfs. Aber auch bei dem Vergleich, der in kleinerem Umfang angebauten Feldfrüchte, mit der Simulation können interessante Erkenntnisse und Verbesserungsmöglichkeiten offengelegt werden.

Die gesamte benötigte Arbeitszeit, welche in diesen Zeitraum für alle sechs Kulturen zugeordnet wurde, beträgt 1223,5 AKh.

4.1.2. Der simulierte Arbeitsbedarf

Im folgenden Text sind die vom Programm errechneten Arbeitsbelastungen erläutert. Es werden dieselben Kulturen Winterweizen, Sommergerste, Silomais, Raps, Erbsen und Zuckerrüben wie im betrieblichen Abschnitt dargestellt. Sie wurden mit derselben Flächengröße wie im Betrieb simuliert, Winterweizen mit 120 Hektar Anbaufläche, Sommergerste mit 45 Hektar Anbaufläche, Silomais mit 21 Hektar Anbaufläche, Raps mit 16,5 Hektar Anbaufläche, Erbsen mit 32 Hektar Anbaufläche und Zuckerrüben mit einer Anbaufläche von 15 Hektar.

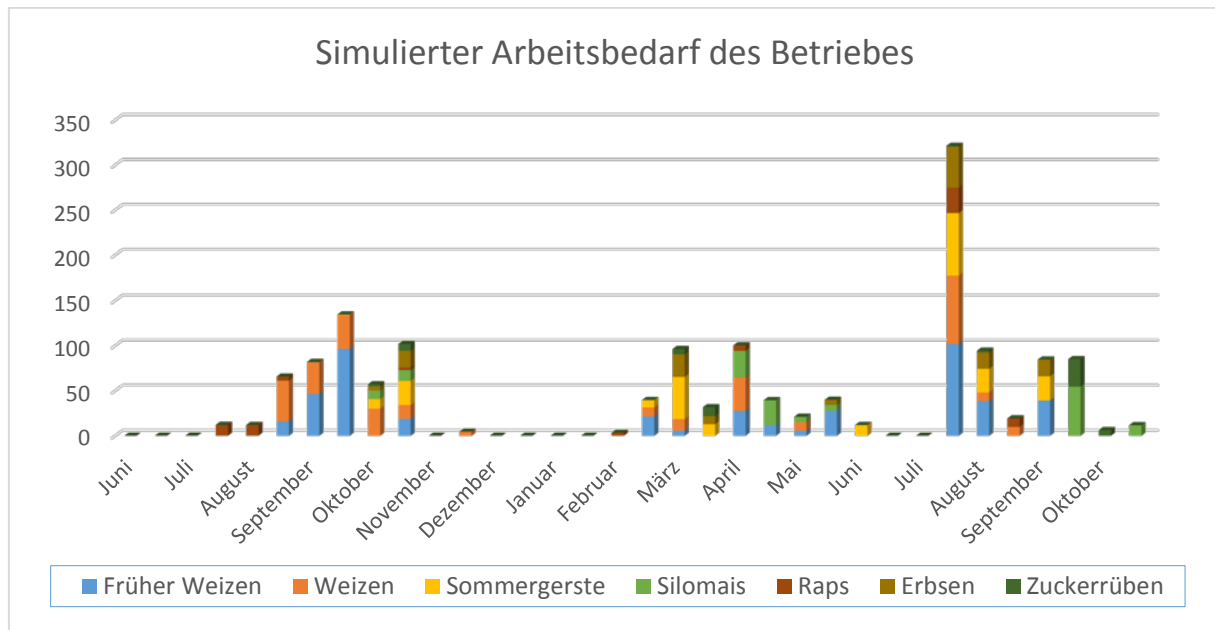


Abbildung 13: Simulierter Arbeitsbedarf des Betriebes (in Arbeitskraftstunden, aufgeteilt nach Feldfrucht und Monat)

Für diese Simulation wurden die Hektarzahlen der verschiedenen Feldfrüchte im Programm eingefügt. Diese Auswertungen gehen von einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 ha und einer Motorisierung der für die Bearbeitung nötigen Maschinen von 102 KW aus.

Früher Weizen, Sommergerste, Silomais, Raps, Erbsen und Zuckerrüben sind unter Annahme der nicht wendenden Bearbeitungsmethode berechnet worden. Die Bearbeitungsmethode für Weizen wurde individuell im Programm festgelegt, da zusätzliche Arbeitsgänge durchgeführt wurden, die nicht im Standardmodell berücksichtigt sind.

Die berechnete Arbeitsbelastung der Simulation geht, wie in Abbildung 13 zu sehen ist, von 788 Arbeitskraftstunden für Winterweizen aus, 240 Arbeitskraftstunden für Gerste, 54 Arbeitskraftstunden für Silomais, 139 Arbeitskraftstunden für Raps, 145 Arbeitskraftstunden für Erbsen und 122 Arbeitskraftstunden für Zuckerrüben. Insgesamt hat die Simulation einen Gesamtarbeitsbedarf von 1457 AKh berechnet.

4.1.3. Gegenüberstellung Betrieb Simulation

In diesem Kapitel werden die betrieblichen und die Simulationsdaten verglichen.

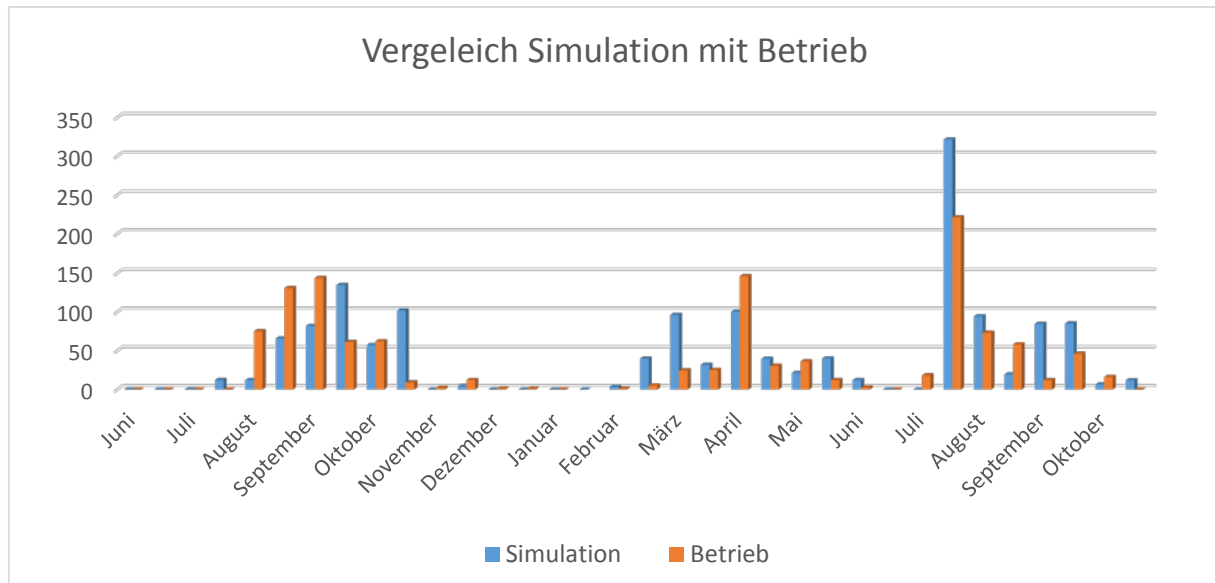


Abbildung 14: Vergleich der Arbeitskraftstunden im Betrieb mit den in der Simulation berechneten Arbeitskraftstunden

In Abbildung 14 wird der in der Simulation berechnete Arbeitsbedarf mit der real beanspruchten Arbeit im Betrieb verglichen. Es sind Unterschiede der Verteilung der Arbeitsbelastung zu erkennen. Viele Arbeiten im Herbst wurden im Betrieb früher geleistet als in der Simulation berechnet wurde, dies ist mit der früheren Aussaat von Winterweizen und der fruchtfolgebedingten relativ frühen Bodenbearbeitung zu begründen. Auch eine deutliche Häufung der ausgeführten Arbeiten im April ist zu erwähnen, hier ist darüber nachzudenken, ob es für den Betrieb sinnvoll sein könnte, die Arbeitsgänge etwas auseinander zu ziehen. Dies ist möglich, indem bei der ein oder anderen Kultur schon früher in den Entwicklungsprozess eingegriffen wird, zum Beispiel mit einem früheren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass der Betrieb etwa 200Akh weniger benötigt hat als von der Simulation berechnet worden ist, dies ist mit der besseren Motorisierung als in der Simulation angenommen wurde zu begründen. Es werden im Betrieb zwei 147 KW Traktoren eingesetzt, die zum Vergleich herangezogene Simulation geht nur von 102 KW aus. Bei einer Simulation mit Schleppern mit 200KW werden für die Bearbeitung 1054AKh benötigt, also 200 weniger als im Betrieb geleistet wurden. Leider war es durch die zu Grunde liegenden Daten nicht möglich eine weitere Aufteilung in die verschiedenen Leistungsklassen von Traktoren vorzunehmen. Daher wurden für alle Vergleiche mit realen Betriebsdaten die

Variante mit 102KW Traktoren und einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 ha gewählt. Gerade mit diesem Hintergrund ist auffällig, dass im Herbst im Betrieb 495 Arbeitskraftstunden geleistet wurden und in der Simulation nur 470 Arbeitskraftstunden berechnet wurden. Das ist hauptsächlich mit intensiverer Bodenbearbeitung, vor allem mit zusätzlichen im Anbauplan der Simulation nicht vorgesehenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen, zu begründen. Dies ist ein Indiz, das zur Prüfung der Notwendigkeit der im Herbst geleisteten Arbeiten anregen sollte, wobei Fragen der Unkraut-, Krankheits- und Schädlingssituation sowie der Bodenbeschaffenheit und Bodenstruktur berücksichtigt werden müssen.

4.1.4. Analyse des Arbeitsbedarfs bei geänderter Motorisierung

Auf Grund der zur Verfügung stehenden Daten kann der genaue Arbeitskraftbedarf für drei Motorisierungsvarianten berechnet werden.

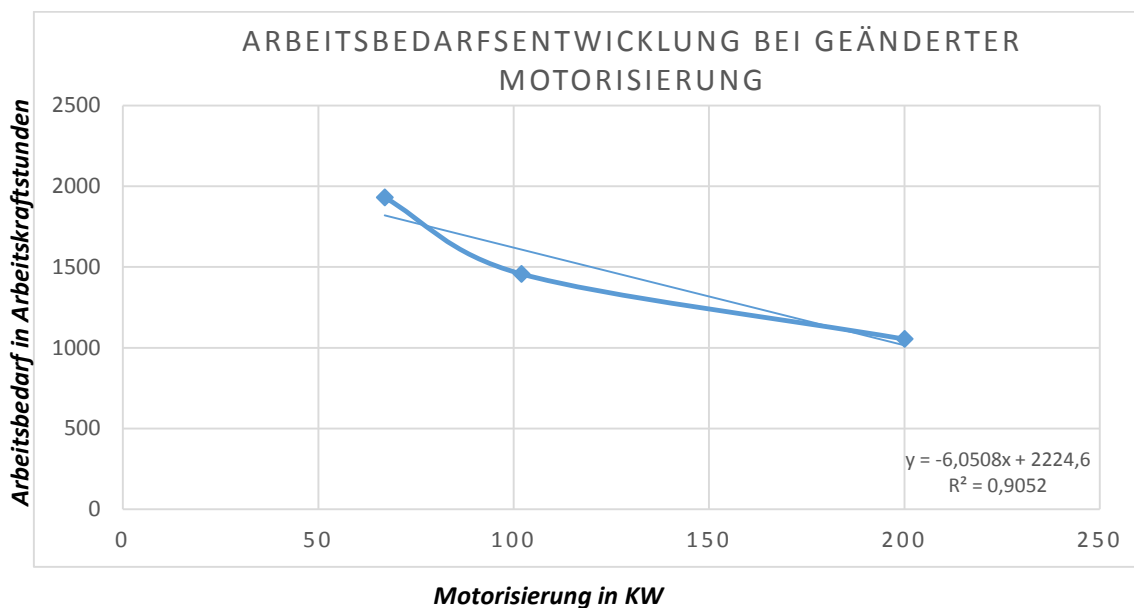


Abbildung 15: Arbeitsbedarfsentwicklung bei geänderter Motorisierung

Da die durchschnittliche Motorisierung des Betriebs mit 147 KW der verwendeten Traktoren zwischen den beiden Varianten 102 KW und 200 KW liegt, führt es immer zu einem geringen Unterschied des Arbeitsbedarfes vom Betrieb und der für den Betrieb durchgeführten Simulation. Um die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der Simulation nachzuweisen, wurden hier, wie in Abbildung 15 zu sehen ist, die drei Motorisierungsvarianten in ein

Verhältnis gesetzt, unter der Annahme, dass sich der Arbeitskraftbedarf in diesem Bereich der Motorisierungsvarianten linear verhält.

In diesem Modell konnte die Formel "Arbeitskraft = - 6,0508 * Motorisierung + 2224,6" abgeleitet werden. Mit Hilfe dieser Formel konnte der Gesamtarbeitsbedarf an die im Betrieb verwendete Motorisierungsvariante von 147kw angepasst werden.

Motorisierung	67 KW	102KW	147KW	200KW
Gesamtarbeitsbedarf	1930	1457	1335	1054

Tabelle 1: Arbeitsbedarfsentwicklung bei geänderter Motorisierung (Motorisierung in KW und Gesamtarbeitsbedarf in Arbeitskraftstunden)

Der hier simulierte Arbeitsbedarf von 1335 Arbeitskraftstunden, wie in Tabelle 1 zu sehen ist, kommt den im Betrieb benötigten 1223 Arbeitskraftstunden schon deutlich näher. Der immer noch bestehende Unterschied von gut 100 Arbeitskraftstunden ist auf die im Betrieb etwas größere durchschnittliche Schlaggröße zurück zu führen. In der Simulation wird von einer durchschnittlichen Feldgröße von 20 Hektar ausgegangen. Im Vergleich dazu hat der Betrieb eine durchschnittliche Schlaggröße von 22,7 Hektar bearbeitet. Auch aus der für die Flächen überdurchschnittlich Mähtechnik resultiert eine Verringerung der für die Ernte benötigten Arbeitszeit.

4.2. Winterweizen (*Triticum aestivum*)

Der Winterweizen, im Lateinischen *Triticum aestivum*, ist eine der bedeutendsten Kulturen im Marktfruchtbau in Deutschland. Dies wird bei der Betrachtung der angebauten Fläche von 3,2 Millionen Hektar Winterweizen im Jahr 2015 allein in Deutschland deutlich. (Statistisches Bundesamt 2015)

Nach der Gerste gehört der Weizen zu den ältesten vom Menschen genutzten Getreidearten. Schon 7200 Jahre vor Christi konnten erste Belege für die Nutzung von Weizen nachgewiesen werden. Er wurde zuerst im Nahen Osten und im Mittelmeerraum kultiviert und hat sich im Laufe der Zeit über einen Großteil der Welt ausgebreitet. Vor allem in den klimatisch gemäßigten Breitengraden gehört Weizen zu einer der wichtigsten vom Menschen kultivierten Feldfrucht.

4.2.4. Vergleich der Kultur Winterweizen zwischen Betrieb und Simulation

Folgend werden die Auswirkungen des Winterweizenanbaus auf die Arbeitsbelastung des Betriebes mit dem simulierten Arbeitsbedarf verglichen.

Zunächst werden die 120 ha Winterweizen des Betriebs simuliert, die daraus resultierenden zeitlich gebundenen Werte der einzelnen Arbeitsgänge wurden den real im Betrieb geleisteten Arbeitsgängen gegenübergestellt. Hierbei ist zu beachten, dass die Simulation von einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 ha ausgeht. Diese Annahme ist im Vergleich mit dem Betrieb auch relativ genau, denn die durchschnittliche Schlaggröße der realen Felder, auf denen der Winterweizen angebaut wurde, lag in dem Beobachtungszeitraum im Betrieb bei durchschnittlich 24 Hektar. Allerdings teilen diese sich auf einzelne Felder mit Schlaggrößen von 7,5 ha bis 66 ha auf.

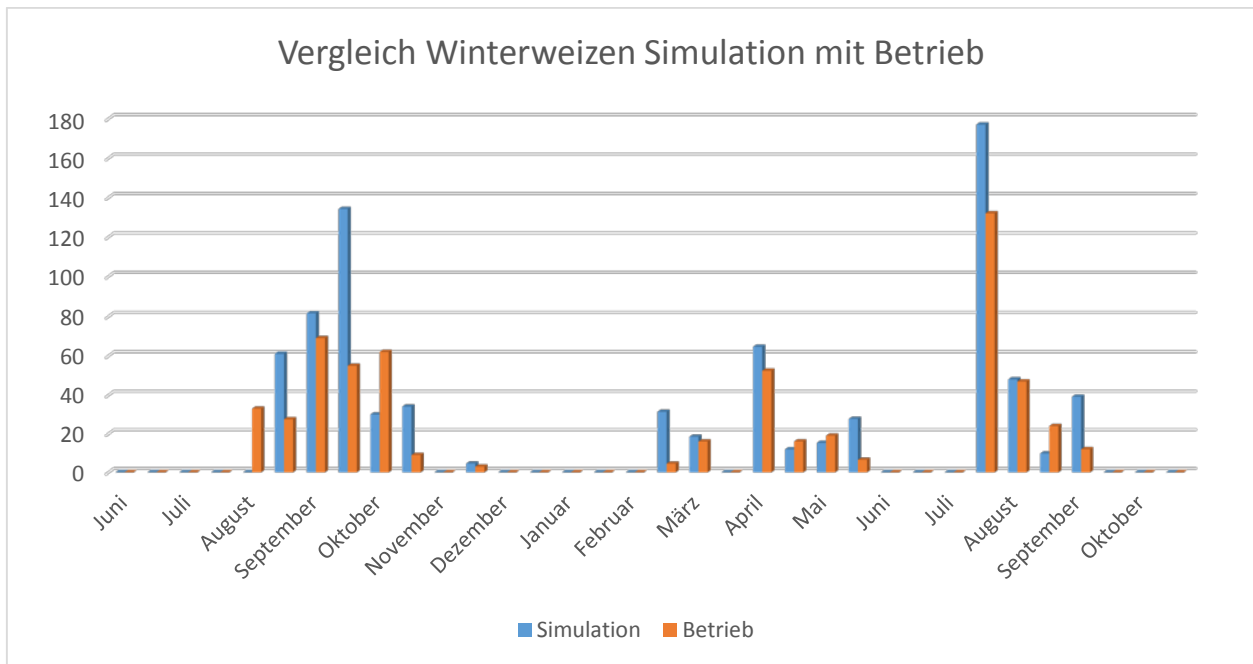


Abbildung 16: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei Winterweizen zwischen Simulation und Betrieb

Es ist zu erkennen, dass die Simulation eine starke Arbeitsbelastung zur Aussaat, Ende September, vorhersagt. Diese konnte im Betrieb durch einen früheren Aussattermin eines Teilbestandes deutlich verringert werden. Insgesamt spiegelt die Prognose des Programms aber eine erstaunliche Genauigkeit der Vorhersage, der benötigten Arbeit für den Anbau von Winterweizen wieder. Und auch die in der Arbeitsorganisation und Planung wichtigen und stets zu berücksichtigenden, auftretenden Arbeitsspitzen sind präzise vorhergesagt worden und somit mit Hilfe der Simulation gut planbar.

Es wurden zwar mit 788 Arbeitskraftstunden, 200 Arbeitskraftstunden mehr vorhergesagt als im Betrieb benötigt wurden, welcher bei einer Arbeitsbelastung von 588 Arbeitskraftstunden lag. Dies ist aber hauptsächlich auf eine bessere Motorisierung der Traktoren zurückzuführen, sowie auf einen zeitlich relativ effizient arbeitenden Mähdrescher, den Claas Lexion 740, der den Unterschied der realen und simulierten Arbeitszeit in der Ernte erklärt. Dieses Problem kann in der Anwendung dieser Simulation aber gelöst werden, indem bei der Individualisierung die eigenen Bearbeitungszeiten für die jeweiligen Arbeitsgänge eingetragen werden, falls diese bekannt sind.

4.2.1. Vergleich von früh, normal und spät ausgesätem Winterweizen

Da Winterweizen die wirtschaftlich bedeutendste und meistangebaute Kultur in Deutschland ist und es auch ökonomisch sinnvoll sein kann verschiedene Saattermine und Sorten zu wählen, bietet das Programm die Möglichkeit zwischen einem frühen, normalen und späten Saattermin zu unterscheiden. So kann eine realistische Darstellung der Terminierung der nötigen Arbeitsgänge simuliert werden. Mit frühen Saatterminen sind Aussaaten im September, mit normalen Aussaaten Anfang bis Mitte Oktober, und mit späten Aussaaten solche Ende Oktober und später beschrieben.

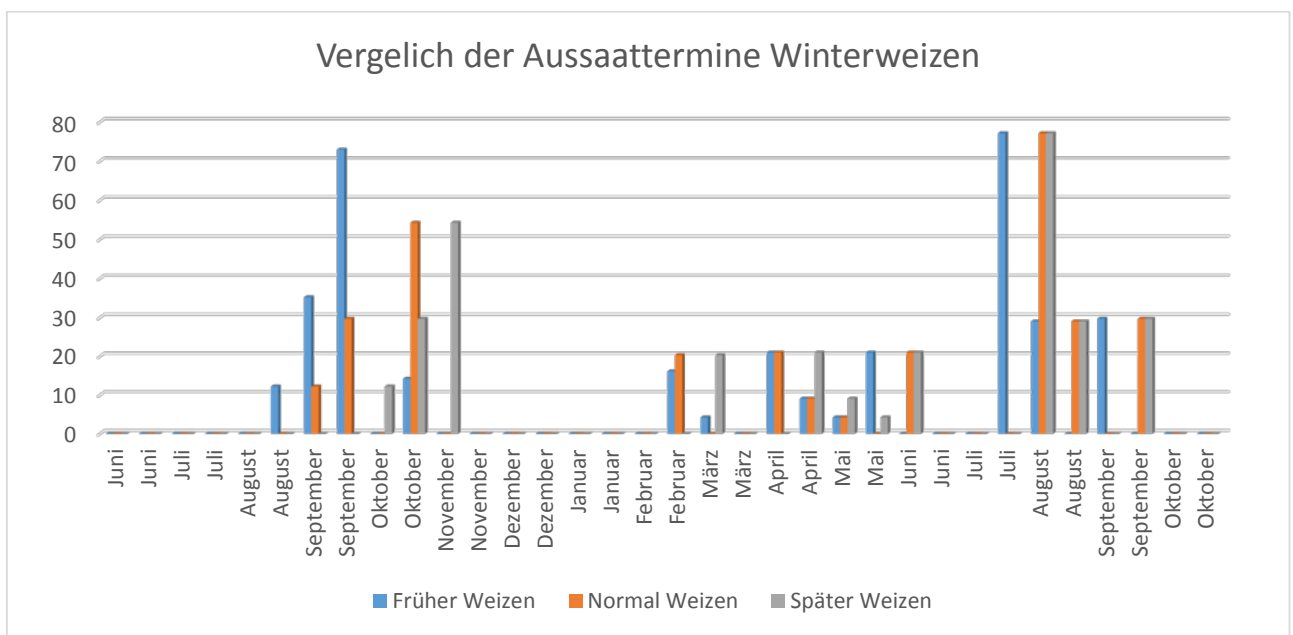


Abbildung 17: Auswirkung der verschiedenen Aussattermine bei Winterweizen auf die benötigten Arbeitskraftstunden je Monat

In diesem Beispiel, wie in Abbildung 17 zu sehen ist, sind 50 Hektar früher Winterweizen mit 50 Hektar normal ausgesäten Winterweizen und 50 Hektar spät ausgesätem Winterweizen simuliert. Dies ist wieder unter der Annahme einer Motorisierung von 102 KW und einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 ha geschehen. Es ist klar zu erkennen, dass die unterschiedliche Terminierung der Saat die Arbeitsbelastung in den wichtigen, weil arbeitsreichen Zeiten, im Herbst verteilen kann. In der Theorie der Simulation ist auch eine gewisse Entzerrung der Arbeitsbelastung während der Ernte zu erkennen.

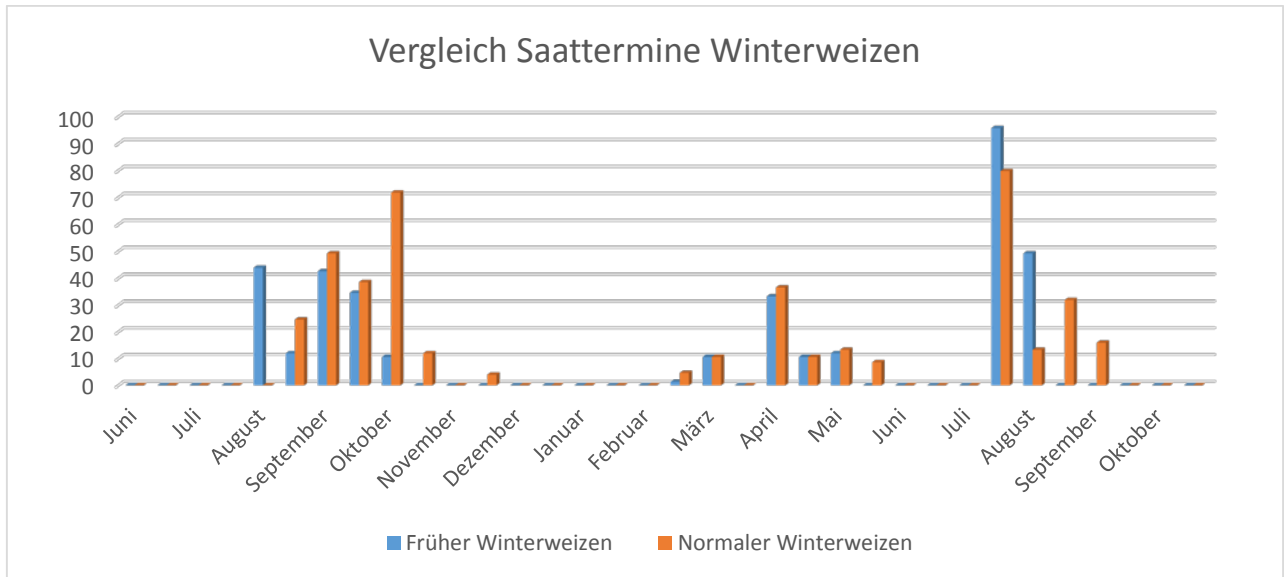


Abbildung 18: Vergleich Aussattermine Winterweizen im Betrieb (in Arbeitskraftstunden, früher Winterweizen 66 Hektar, normaler Winterweizen 54 Hektar)

Dies wird auch Großteiles durch die realen Daten des Betriebs bestätigt, wie aus Abbildung 18 ersichtlich wird. Im Diagramm werden 66 Hektar früh gesät mit 54 Hektar normal gesät Winterweizen verglichen. Da der frühe Winterweizen bei der Abreife aber nur noch ein paar Tage früher als normal gesäter Winterweizen erntereif ist, ist ein Effekt auf die Verteilung der Arbeitsspitzen während der Erntezeit eher minimal. Um diese Entwicklung zu steuern und die Arbeitsbelastung etwas zu verteilen, wäre es zu empfehlen zusätzlich noch produktionstechnische Maßnahmen zu nutzen, z.B. den Einsatz von Wachstumsregulatoren oder die Bestandssteuerung durch die Düngung.

4.2.2. Vergleich der Anbaumethoden im Winterweizen

Im folgenden Kapitel werden die drei Anbaumethoden wendende Bodenbearbeitung, nicht wendende Bodenbearbeitung und Direktsaat auf den benötigten Arbeitsbedarf hin verglichen.

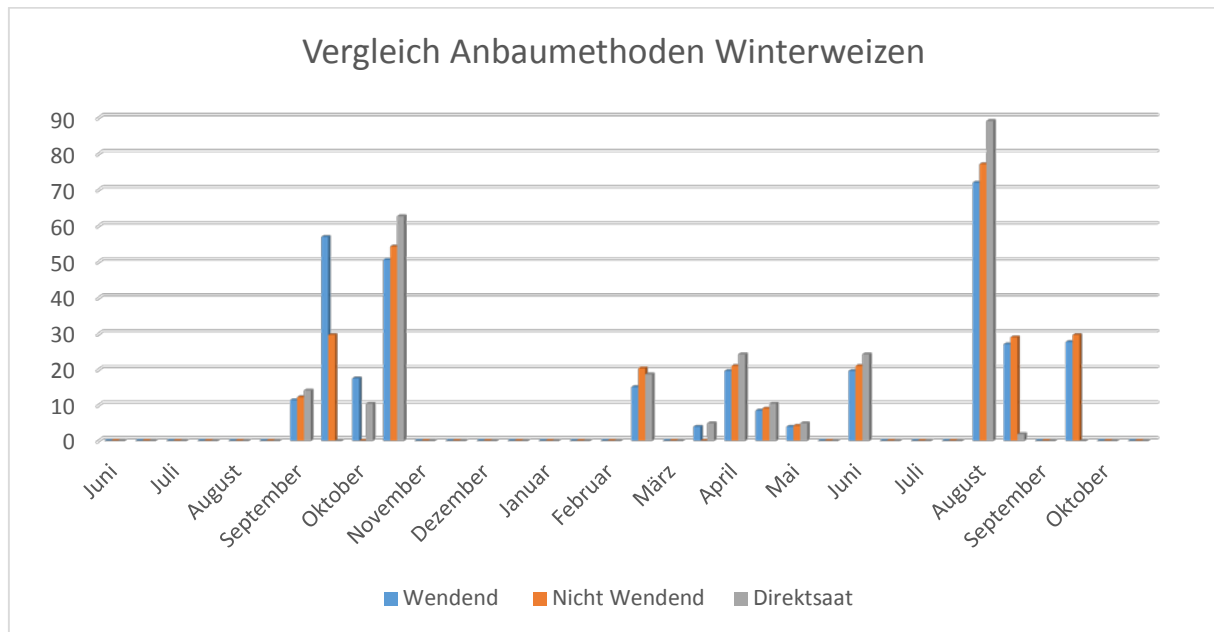


Abbildung 19: Vergleich der benötigten Arbeitskraftstunden je Monat bei verschiedenen Anbaumethoden für Winterweizen

In diesem Beispiel werden je 50 Hektar der drei konventionellen Anbaumethoden verglichen. Bei der Bearbeitungsvariante mit Pflug ist mit einem Gesamtarbeitsbedarf von 333 Arbeitskraftstunden zu rechnen, von 307 Arbeitskraftstunden bei nicht wendender und von 265 benötigten Arbeitskraftstunden ist bei direkt säender Bearbeitung zu rechnen. Die wesentlichen Unterschiede liegen in den Monaten August bis Oktober. Betriebe, die gerade durch andere Fruchtarten oder einen hohen Winterweizenanteil in der Fruchtfolge Probleme mit der Arbeitsbelastung in diesem Zeitraum haben, sollten überlegen, ob sie, wenn es der Verunkrautungsstatus zulässt, auf eine Bearbeitung mit dem Pflug oder einen zusätzlichen Bodenbearbeitungsschritt, zum Beispiel mit einem tiefen Grubber, verzichten können.

Für diese Entscheidung sind drei Punkte zu beachten:

- erstens die Schädlings- und Unkrautsituation auf den bestehenden Schlägen,
- zweitens die bisherige und in Zukunft gewünschte Bearbeitungsvariante, denn nur einmaliges Pflügen ist für die Ertragsentwicklung oft kontraproduktiv, da die nährstoffreichsten oberen Bodenschichten untergemischt werden und dadurch das

Ertragspotenzial sinken kann; außerdem sind Verfestigungen im Boden zu berücksichtigen die im Zweifel gelöst werden sollten,

- der dritte Punkt ist die benötigte Arbeitszeit der Mitarbeiter und der Maschinen, die direkt mit einem stärkeren Kostenaufwand verbunden sind.

Abschließend kann man aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sagen, „so wenig wie möglich, so viel wie nötig.“

4.2.3. Vergleich von konventioneller Bearbeitung mit ökologischem Anbau

4.2.3.1 Nicht wendende Anbaumethode im Vergleich mit ökologischem Anbau

Der ökologische Anbau von Feldfrüchten spielt eine immer größere Rolle in der Mitteleuropäischen Landwirtschaft. In Deutschland sind die Flächen des reinen ökologischen Landbaus in den letzten Jahren immer weiter angestiegen, allein im Zeitraum von 1995 bis 2014 hat sich die Anbaufläche verdreifacht und ist von 309000 auf über eine Million Hektar gestiegen. (Statistisches Bundesamt 2014)

Gerade für kleine Betriebe könnte der ökologische Anbau eine Chance sein, da mitunter deutlich höhere Preise erzielt werden können. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass auch oft ein höherer Arbeitsaufwand nötig ist, um den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel zumindest teilweise ausgleichen zu können, ohne zu starke Ertrags- sowie Qualitätseinbußen hinnehmen zu müssen.

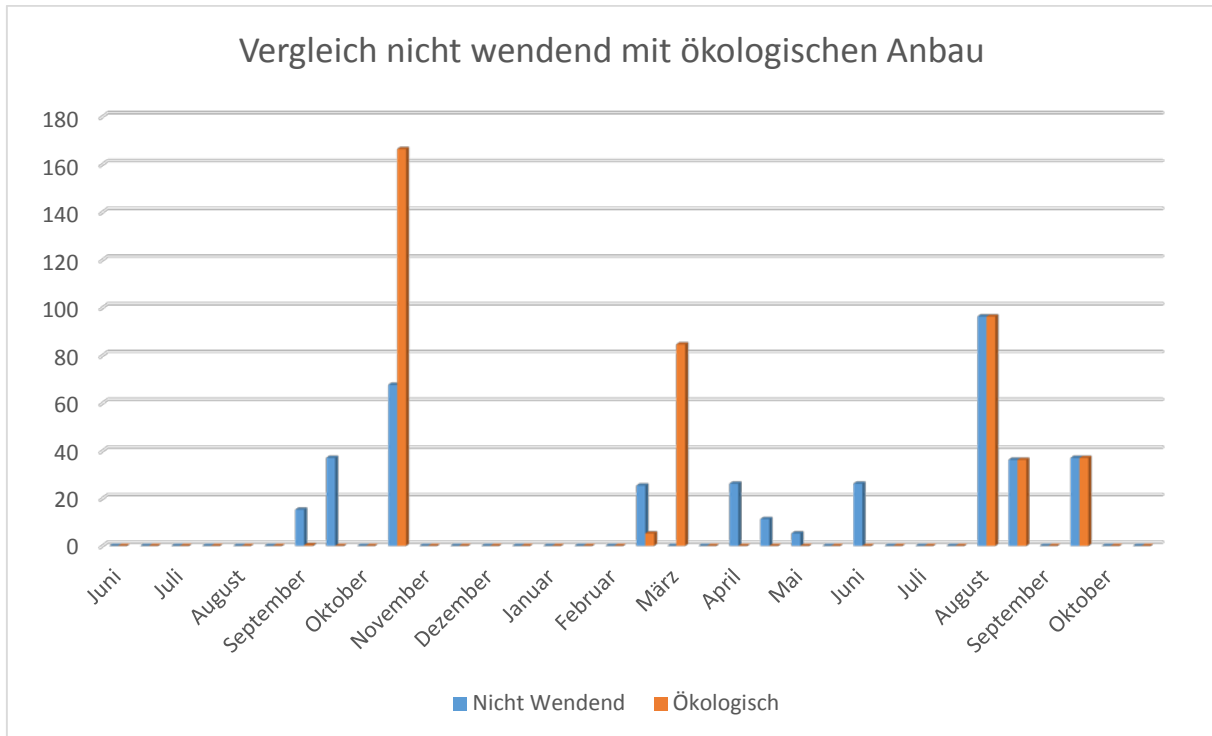


Abbildung 20: Vergleich der nicht wendenden Anbaumethode mit ökologischem Anbau (in Arbeitskraftstunden)

Im Vergleich zwischen nicht wendender Bodenbearbeitung und ökologischem Anbau ist der größte Unterschied zu erkennen, wie aus Abbildung 20 ersichtlich wird. Bei den nicht wendenden Anbauverfahren sind bei 50 Hektar nur 383 Arbeitskraftstunden nötig. Im ökologischen Anbau dagegen, ist mit 426 Arbeitskraftstunden zu rechnen. Bei der Simulation dieses Vergleichs wurde eine Motorisierungsvariante von durchschnittlich 67 KW verwendet.

Auch sind deutlich Unterschiede im Herbst und Frühjahr zu erkennen. Für die Bearbeitung in den Monaten September und Oktober ist im ökologischen Anbau, in einem Beispiel mit diesen Parametern, mit einer Arbeitsbelastung von 167 Arbeitskraftstunden zu rechnen. Dies sind 47 mehr als bei einer konventionellen nicht wendenden Bodenbearbeitung mit 120 Arbeitskraftstunden. Auch in den Monaten Februar und März muss im ökologischen Anbau, mit 90 Arbeitskraftstunden, Mehrarbeit von 65 Arbeitskraftstunden im Vergleich zu nur 25 Arbeitskraftstunden im konventionellen Anbau geleistet werden. Diese gleichen sich in den Folgemonaten aus, da bei der konventionellen, nicht wendenden Bearbeitungsmethode Pflanzenschutzmaßnahmen und das Ausbringen von Mineraldünger noch zusätzlich 69 Arbeitskraftstunden benötigt werden. Insgesamt werden im Frühjahr beim ökologischen Anbau 90 Arbeitskraftstunden und im konventionellen, pfluglosen Anbau 94 Arbeitskraftstunden benötigt.

Da beim ökologischen Anbau nicht auf die meisten Pflanzenschutzmittel zurückgegriffen werden kann und auch geringere Möglichkeiten der Düngung bestehen, ist mit geringeren Erträgen zu rechnen.

4.2.3.2 Direktsaat-Anbaumethode im Vergleich mit ökologischem Anbau

Noch extremer im Vergleich des Arbeitsaufwandes fällt der Unterschied bei dem Vergleich der Direktsaat mit dem ökologischen Anbau auf.

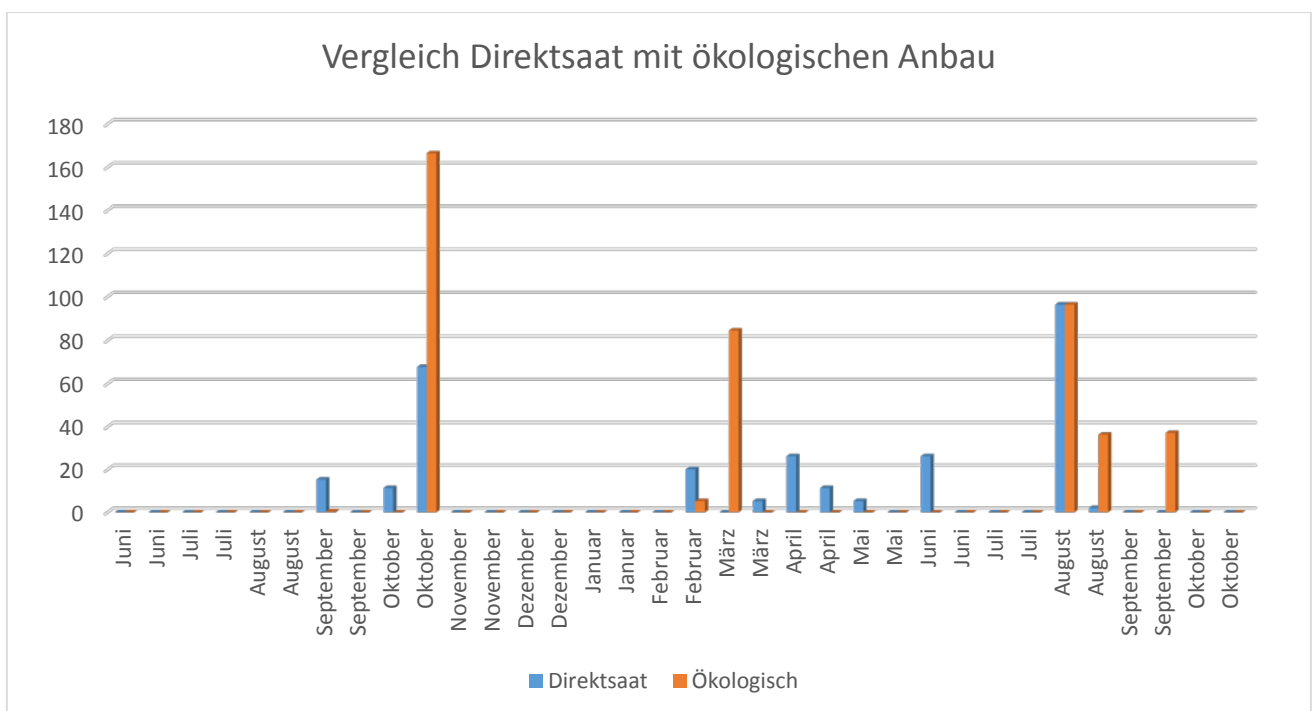


Abbildung 21: Vergleich Direktsaat mit ökologischem Anbau (in Arbeitskraftstunden)

Hier gibt es einen sehr großen Unterschied des Arbeitsaufwandes, wie in Abbildung 21 sichtbar ist, in den Monaten September und Oktober von 73 Stunden Arbeitsaufwand, welche im ökologischen Anbau mehr zu erbringen sind, als bei einem direktsäenden Anbauverfahren. Insgesamt sind bei der Direktsaat 268 Arbeitskraftstunden für die Bearbeitung der simulierten 50 Hektar Winterweizen und bei dem ökologischen Anbauverfahren 426 Arbeitskraftstunden nötig, bei noch stärkeren Unterschieden im Herbst und im Frühjahr.

4.3 Gerste (Hordeum vulgare)

Die Gerste ist eines der ältesten vom Menschen angebaute Süßgräser, die ersten Nachweise der Nutzung sind auf 15000 Jahre vor Christi zu datieren und schon vor 7000 bis 8000 Jahren wurde sie im Zweistromland und am Nil angebaut.

Gerste wurde im letzten Jahr auf ca. 1,6 Millionen Hektar in Deutschland angebaut, die Anbauflächen nehmen zwar die letzten Jahre stetig ab, befinden sich aber dennoch auf einem hohen Niveau und Gerste wird auch in Zukunft eine bedeutende Kultur in der mitteleuropäischen Landwirtschaft bleiben. (Statistisches Bundesamt 2015)

4.3.1. Vergleich der konventionellen angebauten Sommergerste hinsichtlich der Anbaumethode

Im Folgenden werden die Bearbeitungsmethoden mit Pflug, ohne Pflügen und Direktsaat verglichen. Hierzu werden 50 Hektar jeder Anbauvariante, mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 Hektar und einer durchschnittlichen Motorisierung der zur Bearbeitung nötigen Traktoren von 102 KW verglichen.

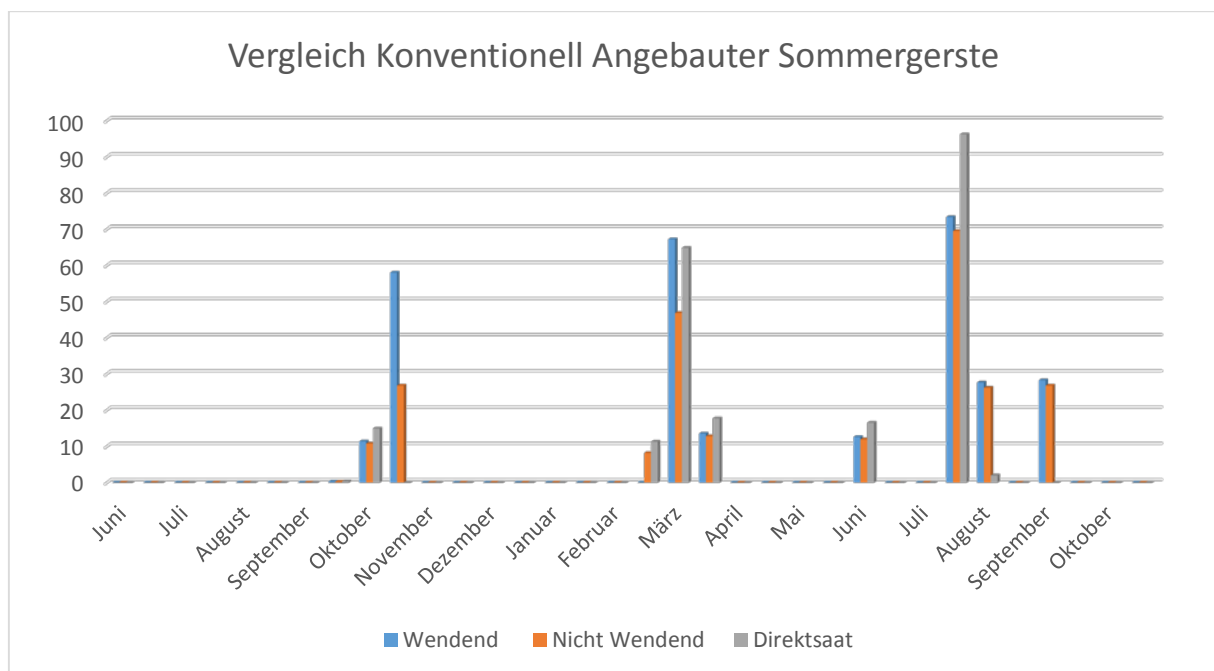


Abbildung 22: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei konventionell angebaute Sommergerste in Abhängigkeit von der Bearbeitungsmethode

Es ist klar in Abbildung 22 zu erkennen, dass die Bearbeitungsform mit Pflug, gerade im Herbst, einen deutlich höheren Arbeitszeiteinsatz bedingt, von 70 Arbeitskraftstunden zu 42 Arbeitskraftstunden bei der nicht wendenden Bearbeitungsmethode oder gar nur 15 Arbeitskraftstunden bei der Direktsaat. Im Frühjahr wiederum ist der Arbeitsbedarf deutlich homogener unter den drei Varianten aufgeteilt. Auch die wendende Bodenbearbeitung erreicht hier nicht die höchste Arbeitsbelastung und liegt mit 81 Arbeitskraftstunden zwischen der Direktsaat, mit 94 Arbeitskraftstunden und der pfluglosen Option mit 75 Arbeitskraftstunden. Es ist aus Sicht der Arbeitsbedarfsplanung zu überlegen, wie intensiv die Bodenbearbeitung auf den einzelnen Schlag nötig ist. Dies ist vor allem gegen Faktoren des Unkrautdruckes und der Bodenverdichtung abzuwägen.

In der Erntezeit liegen alle drei Varianten gleich auf, die dafür benötigte Arbeitszeit ist stärker von dem Ertrag und der Erntetechnik abhängig als von der Wahl der Anbaumethode. Insgesamt hat die Simulation ergeben, dass in diesem Beispiel, 292 Arbeitskraftstunden für die 50 Hektar bei wendender Bodenbearbeitungsmethode, 266 Arbeitskraftstunden bei nicht wendender Bodenbearbeitungsmethode und nur 224 Arbeitskraftstunden bei der Bearbeitungsmethode der Direktsaat benötigt werden. Dabei ist die benötigte Arbeitszeit im Frühjahr und Sommer relativ homogen und unterscheidet sich nur in Details.

4.3.2. Vergleich des konventionellen mit ökologischem Anbau

Hier werden die Unterschiede von konventionellem Anbau und nicht wendender Bodenbearbeitung mit einem ökologischen Anbauverfahren verglichen. Hierzu wurden wieder 50 Hektar fiktiver Sommergerste, die auf Feldern mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 20 Hektar angebaut werden und mit einer Motorisierungsvariante von 67 KW der Traktoren, verglichen.

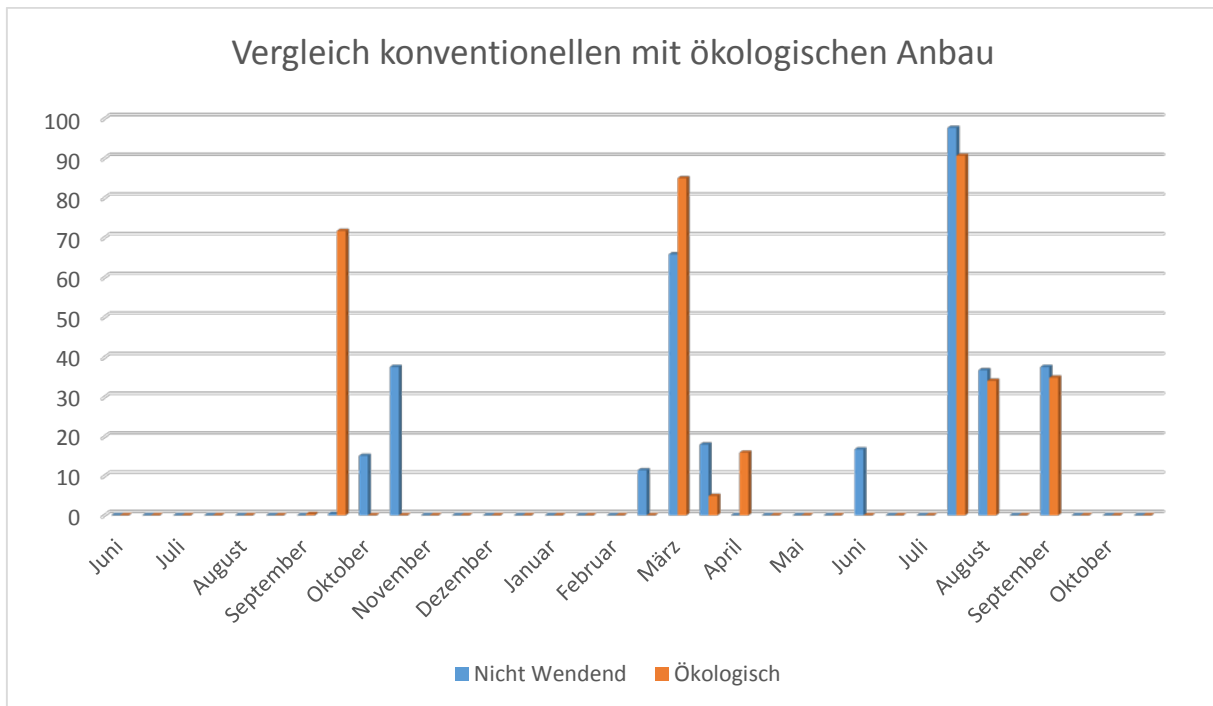


Abbildung 23: Vergleich des konventionellen mit dem ökologischen Anbau (in Arbeitskraftstunden)

Die intensivere Bodenbearbeitung, die im ökologischen Anbau nötig ist um das Problem von Verunkrautung und Schädlingen zu minimieren, steigert den Arbeitsbedarf zum Teil erheblich, wie in Abbildung 23 zu sehen ist. Vor allem im Herbst ist mit einem Mehraufwand von 15%-35% oder in diesem Beispiel mit circa 20 Arbeitskraftstunden zu rechnen. Auch um den Saattermin im Frühjahr ist beim ökologischen Anbau ein erhöhter Arbeitsaufwand nötig. Auf der anderen Seite wird beim konventionellen Anbau auch für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eine nicht zu vernachlässigende Menge Arbeitszeit aufgewendet, dies schmälert den Vorteil bei der Arbeitsbelastung wiederum. Insgesamt liegen beide Varianten im Gesamtarbeitskraftbedarf fast gleichauf. Dieser ist mit 336 Arbeitskraftstunden in der konventionellen Variante und mit 337 Arbeitskraftstunden in der ökologischen Variante zu rechnen.

4.3.3. Vergleich mit dem Betrieb

Hier ist der Arbeitsbedarf von 45 Hektar Gerste, welche im letzten Jahr im Betrieb angebaut wurden, mit 45 Hektar Gerste, die vom Programm simuliert wurden, verglichen. Die Auswertung des Programmes wurde mit den Parametern einer Schlaggröße von 20 Hektar und einer Motorisierung der Bearbeitungsmaschinen von 102KW erstellt.

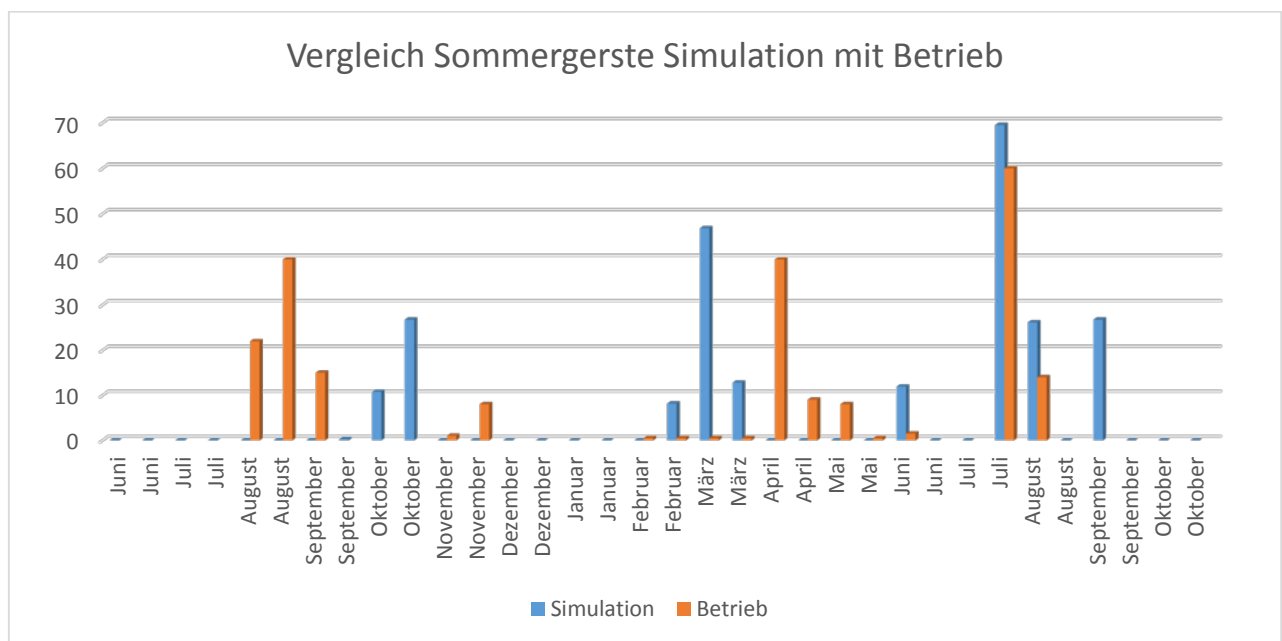


Abbildung 24: Vergleich Sommergerste Simulation mit Betrieb (in Arbeitskraftstunden, bei jeweils 45 Hektar Sommergerste)

In dem Diagramm, von Abbildung 24, sind klare Unterschiede der zeitlichen Terminierung der benötigten Arbeitskraftstunden zu erkennen. Die Bodenbearbeitung im Herbst ist im Betrieb fruchtfolgebedingt deutlich früher erfolgt. Sie hätte aber auch ohne Auswirkungen auf den Ertrag und die späteren Bearbeitungsgänge, zu den vom Programm vorgeschlagenen Zeitpunkt erfolgen können.

Die Saatbettbereitung und Aussaat im Frühjahr ist witterungsbedingt etwas nach hinten verschoben worden. Für die Ernte wurde im Betrieb etwas weniger Zeit in Anspruch genommen, was sich auch in der gesamten benötigten Arbeitszeit niederschlägt. Im Programm wurde ein Gesamtarbeitsbedarf für 45 ha Gerste von 240 Arbeitskraftstunden errechnet. Im Betrieb wurden nur lediglich 221 Arbeitskraftstunden benötigt. Dies liegt an verschiedenen Faktoren: Zum einen an einer anderen Planung und Durchführung der Arbeitsgänge, die in der nicht wendenden Bearbeitungsmethode nicht exakt so hinterlegt sind.

Dies könnte durch die Individualisierungsmöglichkeiten des Programmes angepasst werden, in dem in der Tabelle „Individuell Gerste“, die eigenen geplanten Arbeitsgänge eingetragen werden. Andererseits sind die Abweichungen der Gesamtarbeitszeit dadurch zu erklären, dass es sich im Betrieb um einen zusammenhängenden und leicht zu bearbeitenden 45 ha Schlag handelt, sowie um gute Erntetechnik, welche eine höhere Zeiteffizienz bietet als die in der Simulation verwendeten Durchschnittsdaten.

4.4. Mais (*Zea mays*)

Der heute in Deutschland auf 2,5 Millionen Hektar angebaute Mais wurde ursprünglich in Amerika gezüchtet und kam erst im 16. Jahrhundert nach Europa. Dort wurde er zunächst nur als Zierpflanze beachtet, aber schon bald ist auch der Nutzen für die Ernährung von Mensch und Tier erkannt worden, was schnell zur landwirtschaftlichen Nutzung in Europa führte. (Statistisches Bundesamt 2015)

Die Produktion von Mais unterscheidet sich je nach der gewünschten Verwendung, er wird in Körnermais, der hauptsächlich zur Schweine- und Geflügelernährung genutzt wird, und in Silomais, welcher für die Versorgung von Rindern oder zur Nutzung in Biogasanlagen benötigt wird, aufgeteilt.

4.4.1. Vergleich Körner- mit Silomais

In dem folgenden Diagramm ist ein Vergleich von Körnermais mit Silomais aufgezeigt. Hierzu wird eine Kumulation der zwei konventionellen und der ökologischen Bearbeitungsvariante verwendet. Diese besteht aus je 20 Hektar der wendenden, der nicht wendenden und der ökologischen Bearbeitungsmethoden. Insgesamt werden 60 Hektar Körnermais mit 60 Hektar Silomais verglichen, die auf einer durchschnittlichen Schlaggröße von je 20 Hektar angebaut werden und mit einer durchschnittlichen Motorisierungsvariante von 102 KW bearbeitet werden.

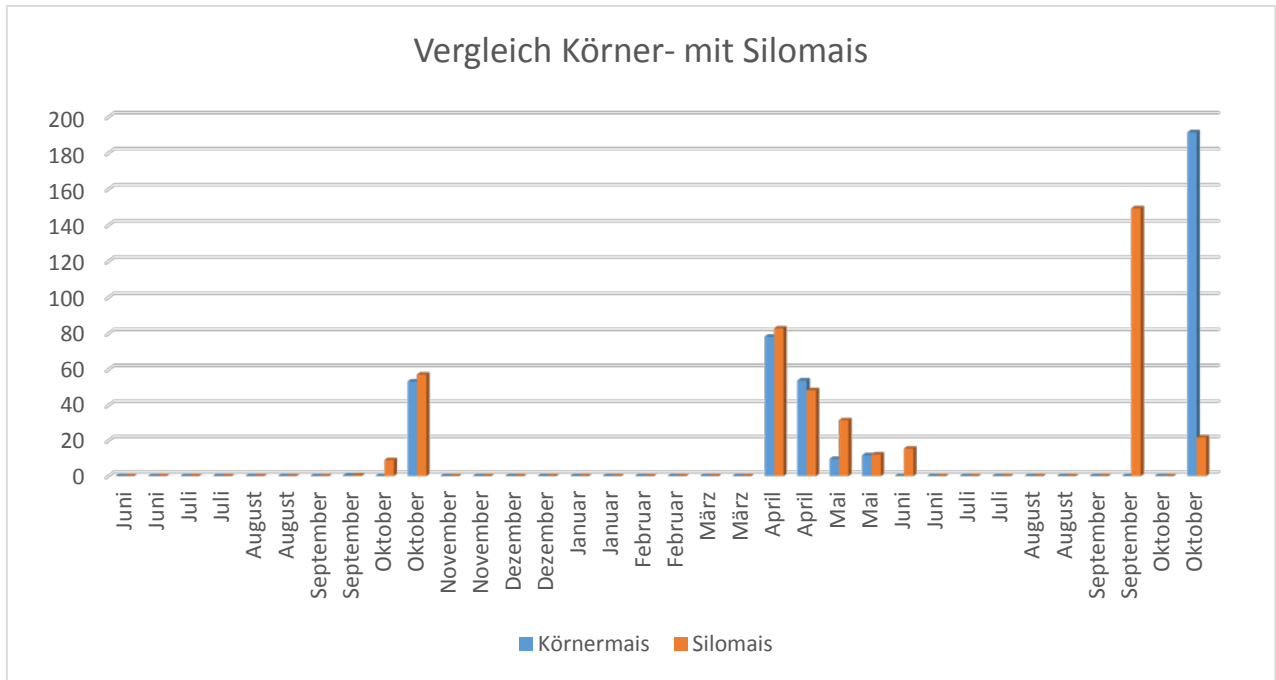


Abbildung 25: Vergleich der benötigten Arbeitskraftstunden zwischen Körner- und Silomais

Im diesem Diagramm ist der Arbeitsbedarf der verschiedenen Anbaumethoden von Körner- und Silomais verglichen worden. Es ist klar zu erkennen, dass sich die benötigten Arbeitsgänge über das Jahr verteilt kaum unterscheiden. Der wichtigste Differenzierungspunkt ist der Termin der Ernte. Dies ist für die Arbeitsbedarfsplanung interessant, da gerade in Betrieben mit großen Maisanteilen in der Fruchtfolge die Arbeitsspitzen im Spätsommer und Herbst durch die richtige Auswahl der Maissorte auseinandergezogen werden können vorausgesetzt, es besteht die Möglichkeit beide Varianten zu vermarkten oder in eigener Produktion verwenden zu können.

Der Gesamtarbeitsbedarf von diesen 60 Hektar Mais liegt bei 348 Arbeitskraftstunden bei Körnermais und 428 Arbeitskraftstunden für Silomais. Dabei fällt ein Großteil der Zeit für die Ernte an, da Mais in der Vegetationsperiode relativ anspruchslos ist und Unkräuter gut verdrängen kann.

4.4.2. Vergleich der Bearbeitungsmethoden

Um die einzelnen Bearbeitungsmethoden zu simulieren, wurden fiktive Schläge von je 20 Hektar der wendenden Bearbeitungsvariante, 20 Hektar der nicht wendenden Bearbeitungsvariante und 20 Hektar der ökologischen Bearbeitungsvariante verwendet, welche mit 102 KW Traktoren bearbeitet wurden.

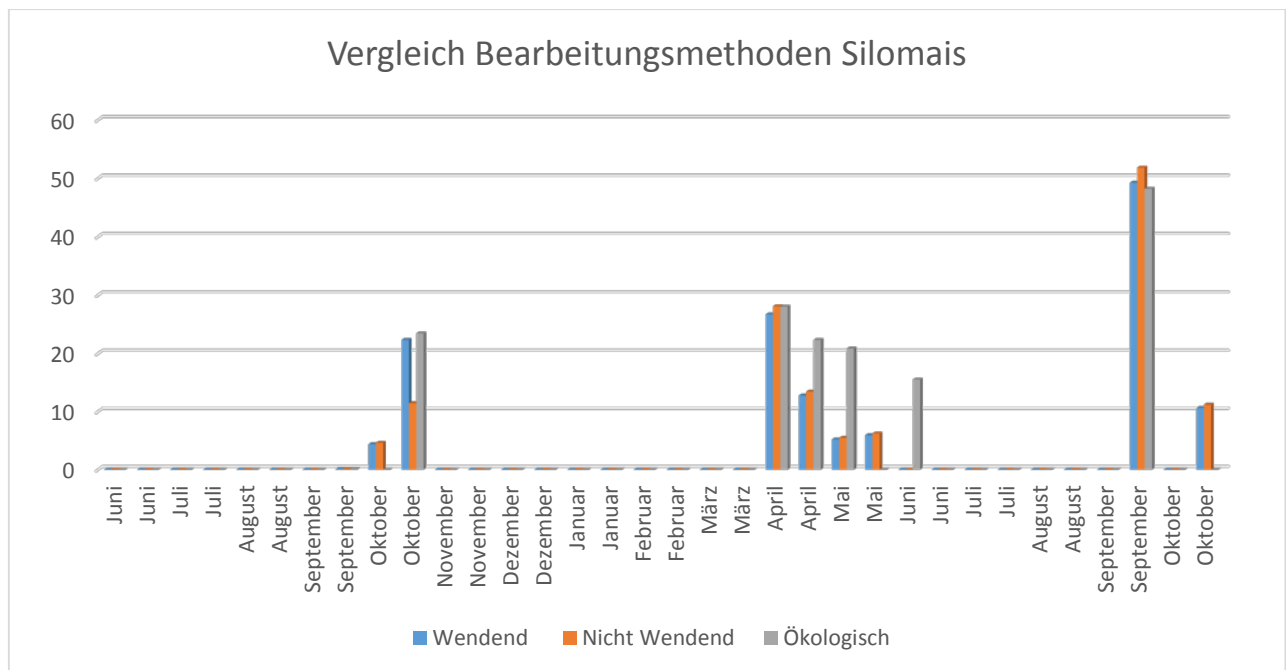


Abbildung 26: Vergleich der Bearbeitungsmethoden bei Silomais (in Arbeitskraftstunden)

Im Vergleich der verschiedenen Bearbeitungsmethoden wendend, nicht wendend und ökologischer Anbau sind kaum Unterschiede der Arbeitsbelastung zu erkennen, wie aus Abbildung 26 ersichtlich wird. Bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung ist die Arbeitsbelastung im Oktober deutlich geringer, da keine so tiefe Bodenbearbeitung durchgeführt wird wie beim ökologischen oder pflügenden Anbauverfahren. Es sind für die Bearbeitung der 20 Hektar nur 16 Arbeitskraftstunden nötig, das sind 40 bis 60 Prozent weniger.

Beim ökologischen Anbau ist im Frühjahr ein höheres Maß an Arbeit nötig, um die Entwicklung von Unkräutern in den frühen Entwicklungsstadien zu unterbinden. Das schlägt sich mit 71 Arbeitskraftstunden nieder. Im Vergleich ist ersichtlich, dass die wendende Bearbeitungsmethode nur 51 und die nicht wendende 53 Arbeitskraftstunden benötigt.

4.4.3. Vergleich Silomais Betrieb

Im Betrieb wurden im Betrachtungszeitraum 21 Hektar Silomais angebaut. Es wurden zur Bearbeitung Traktoren mit einer Nennleistung von 147KW eingesetzt. Das Programm arbeitet in der Simulation mit standardisierten 102KW Traktoren.

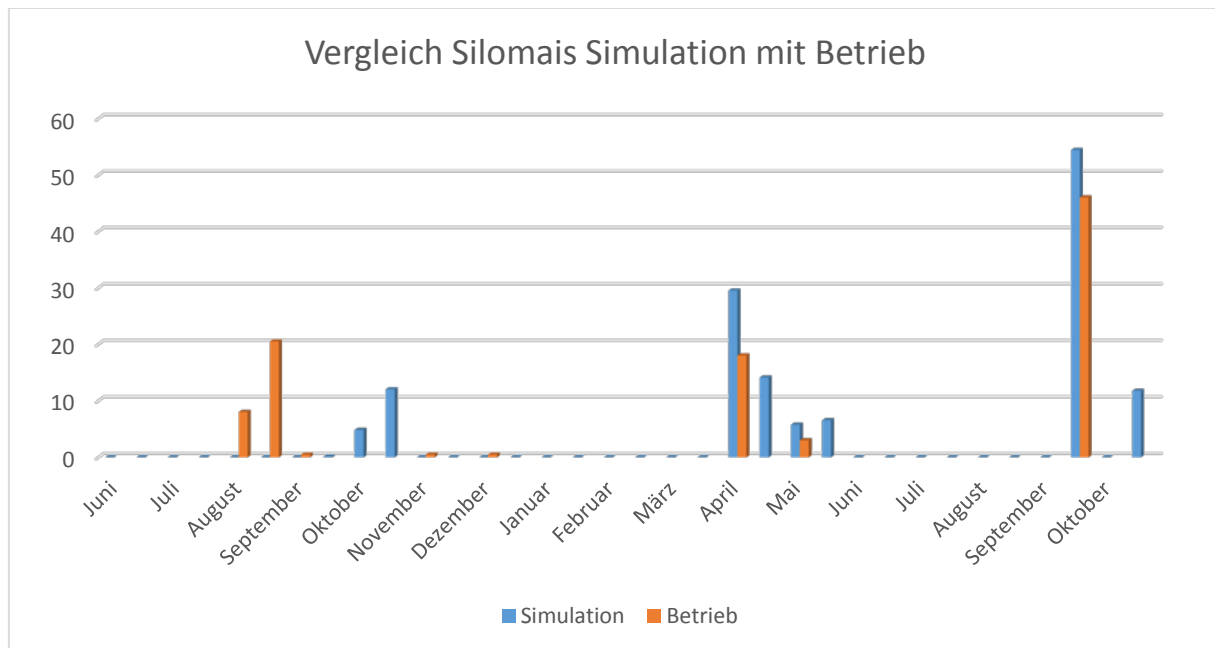


Abbildung 27: Vergleich Silomais Simulation mit Betrieb (in Arbeitskraftstunden)

Die Bearbeitung im Herbst wurde im Betrieb fruchtfolgebedingt schon im August und September durchgeführt und hat deutlich mehr Arbeit benötigt, als von dem Programm simuliert wurde, wie in Abbildung 27 zu sehen ist. Dies ist auch auf die Aussaat einer Zwischenfrucht im Herbst zurück zu führen. Ab dem Frühjahr war das Programm in der Lage den benötigten Arbeitszeiteinsatz mit einer hohen Genauigkeit vorherzusagen. Die Bodenbearbeitung nach der Ernte ist zum jetzigen Zeitpunkt im Betrieb noch nicht durchgeführt worden und kann deshalb für die Auswertung noch nicht berücksichtigt werden.

Insgesamt wurden im Betrieb bis zum jetzigen Zeitpunkt 97 Arbeitskraftstunden für die Bearbeitung der 21 Hektar Silomais benötigt. Die Simulation hat 139 Arbeitskraftstunden vorhergesagt.

Es wird im Betrieb etwas weniger Zeit benötigt. Dies ist hauptsächlich auf die etwas bessere Motorisierung der zur Bearbeitung benötigten Maschinen zurückzuführen. Dadurch können Bodenbearbeitungsgeräte mit größerer Arbeitsbreite verwendet werden, beziehungsweise eine höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit realisiert werden.

4.5. Raps (Brassica napus)

Raps wird heutzutage deutschlandweit auf bis zu 1,5 Millionen Hektar angebaut. Die ersten Hinweise auf eine Nutzung von Raps im Mittelmeerraum gehen bis auf 2000 Jahre vor Christi zurück. In Mitteleuropa begann der Anbau im 14. Jahrhundert nach Christi, ab dem 17. Jahrhundert nach Christi existieren Nachweise für den großflächigen Anbau und die Nutzung von Raps im größeren Stil in Zentraleuropa.

Die Anbauflächen haben sich in den letzten 100 Jahren immer weiter gesteigert und heute ist Raps, auch dank intensiver Förderung, die wohl wichtigste Öl- und Energiepflanze in Deutschland und Zentraleuropa.

4.5.1. Vergleich der Anbaumethoden bei Raps

Im folgenden Diagramm werden die verschiedenen Bearbeitungsmethoden wendend, nicht wendend, Direktsaat und ökologischer Anbau gegenübergestellt. Hierzu wurden fiktive Schläge von je 20 Hektar miteinander verglichen, welche jeweils mit 102 KW starken Traktoren bearbeitet wurden.

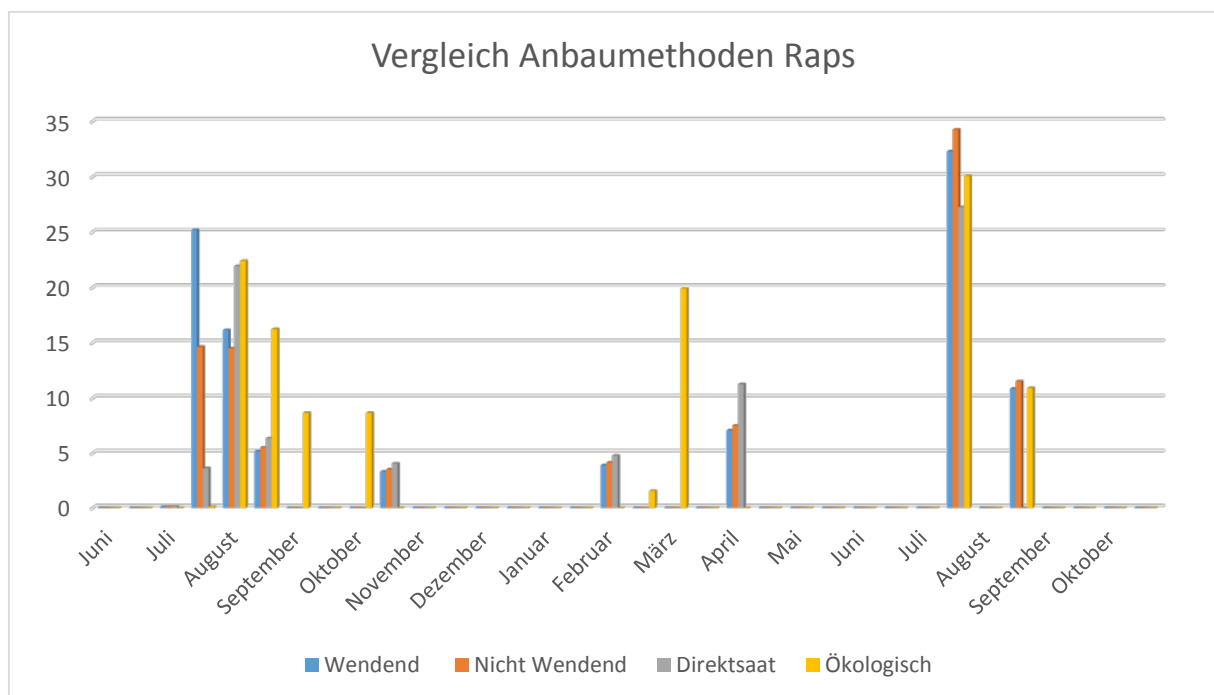


Abbildung 28: Vergleich der Anbaumethoden Raps (in Arbeitskraftstunden)

Mit pflügender Bearbeitung, pflugloser Bearbeitung, Direktsaat und ökologischem Anbau existieren vier unterschiedliche gängige Anbaumethoden. Die wendende Bearbeitungsmethode ist mit 104 Arbeitskraftstunden auf 20 Hektar die arbeitsintensivste der drei konventionellen Methoden, gerade das Pflügen, um das Erdreich auf die Aussaat vorzubereiten und um der Pflanze eine gute Durchwurzelung des Bodens möglich zu machen, ist sehr aufwendig und fällt in einen generell sehr arbeitsreichen Zeitraum. Aus Sicht der Arbeitsbelastung empfiehlt sich also die pfluglose Bearbeitung oder gar die Direktsaat. Diese besitzen das Potenzial im Herbst 30 beziehungsweise 39 Prozent der Arbeitskraftstunden einzusparen, wobei für die Pflanzenschutzmaßnahmen, vor allem bei der Direktsaat, später mehr Arbeitszeit eingeplant werden sollte.

Im späteren Verlauf des Jahres liegt der benötigte Arbeitsbedarf, der drei konventionellen Bearbeitungsmethoden, auf einem vergleichbaren Niveau. Insgesamt werden bei wendender Bodenbearbeitung 104 Arbeitskraftstunden, bei nicht wendender Bodenbearbeitung 96 Arbeitskraftstunden, bei der Direktsaat 79 Arbeitskraftstunden und beim ökologischen Anbauverfahren 161 Arbeitskraftstunden für die Bewirtschaftung der jeweils 20 Hektar Schläge benötigt.

4.5.2. Vergleich Betrieb

Im folgenden Diagramm sind die Arbeitskraftbelastungen und deren Verteilung des Betriebs und der für den Betrieb simulierten Vorhersage für Silomais einzusehen.

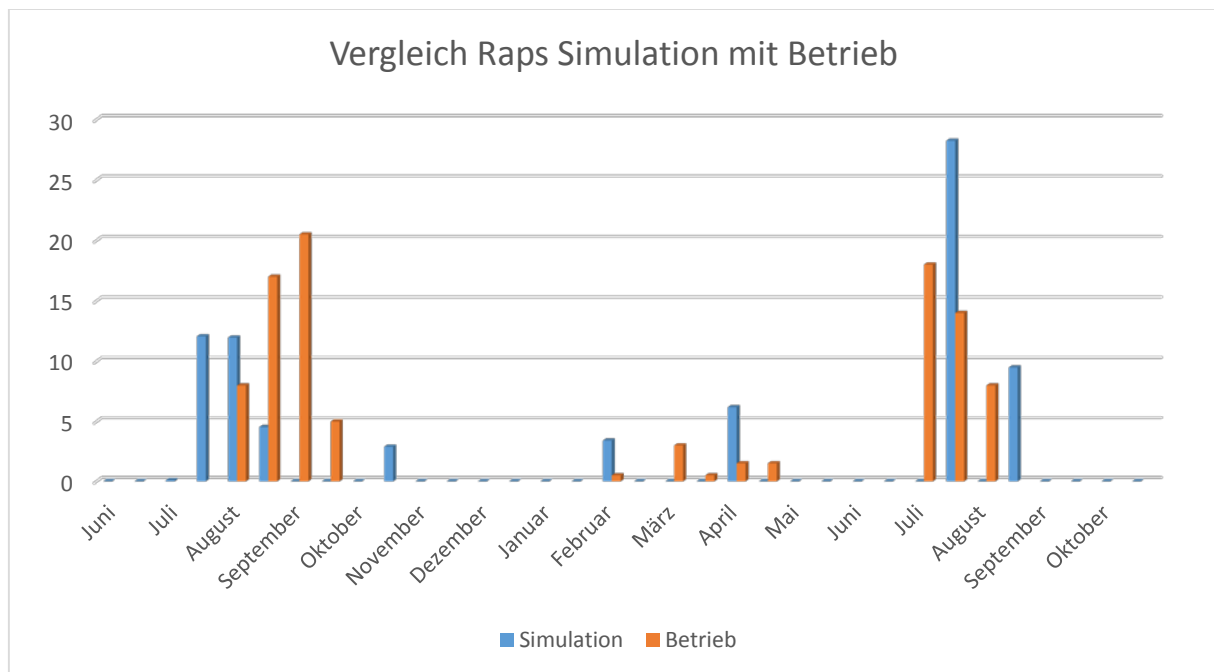


Abbildung 29: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei Raps zwischen Simulation und Betrieb

Im Vergleich mit dem Betrieb, der im Betrachtungszeitraum 16,5 Hektar Raps angebaut hat, ist festzustellen, dass dieser bei der Saatbettbereitung und der Aussaat deutlich später angefangen hat, als es vom Programm errechnet wurde und auch ein größerer Arbeitsaufwand nötig war als die Simulation prognostiziert hatte, wie in der Abbildung 29 ersichtlich wird. Dies ist hauptsächlich auf die Vorfrucht und die Witterung zurück zu führen. Die Ernte und die darauffolgende Bodenbearbeitung wurden witterungsbedingt im Vergleichsbetrieb etwas früher durchgeführt, wobei die Terminierung recht nahe an den vom Programm kalkulierten Zeiten liegt. Auch die Vorhersage der benötigten Arbeitskraftstunden ist nahe an den Daten vom Betrieb. In der Realität wurden von Januar bis Oktober 47 Arbeitskraftstunden benötigt und vom Programm wurden 47,3 Arbeitskraftstunden prognostiziert, um die 16,5 Hektar Raps zu bearbeiten. Insgesamt wurden 97,5 Arbeitskraftstunden für den Anbau von Raps benötigt, das Programm hat eine Arbeitsbelastung von 79 Arbeitskraftstunden berechnet.

4.6. Ackerbohnen (*Vicia faba*) und Erbsen (*Pisum sativum*)

Die beiden Leguminosen Ackerbohnen und Erbsen sind vor allem für die Auflockerung der Fruchtfolge und für Greeningmaßnahmen interessant. Die wichtigsten Punkte, die für den Anbau sprechen, sind, die Stickstoffanreicherung für Folgekulturen von 20 bis 40 Kilogramm je Hektar, die unterbrechende Wirkung für die Entwicklung von Krankheiten, wie Schwarzbeinigkeit, Halmbruch, DTR oder Filarien im Getreide sowie Kohlhernie im Raps. Auch der Unkrautdruck von Problemgräsern wie Trespel und Acker-Fuchsschwanz kann gesenkt werden.

Die Anbaufläche von Erbsen und Bohnen schwankt relativ stark von Jahr zu Jahr und ist je nach Region auch oft sehr unterschiedlich. Beide Pflanzen können auf eine lange Geschichte zurückblicken. Die ersten Nachweise der Nutzung von Erbsen konnten auf 8000 Jahre vor Christi, und bei Ackerbohnen auf 6000 Jahre vor Christi datiert werden. Beide wurden zuerst im heutigen Nahen Osten von Menschen genutzt und sind seit dem Mittelalter auch von mitteleuropäischen Bauern angebaut worden, wobei die Anbauflächen bis heute immer wieder teilweise starken Schwankungen unterliegen.

4.6.1. Vergleich der Arbeitskraftstunden zwischen Ackerbohnen (*Vicia faba*) und Erbsen (*Pisum sativum*)

In der folgenden Darstellung wird eine Kumulation der vier gängigen Anbaumethoden wendend, nicht wendend, Direktsaat und ökologischer Anbau verwendet. Es wurde je 20 Hektar der vier Bearbeitungsmethoden kumuliert, die jeweils mit 67 KW motorisierten Traktoren bearbeitet wurden.

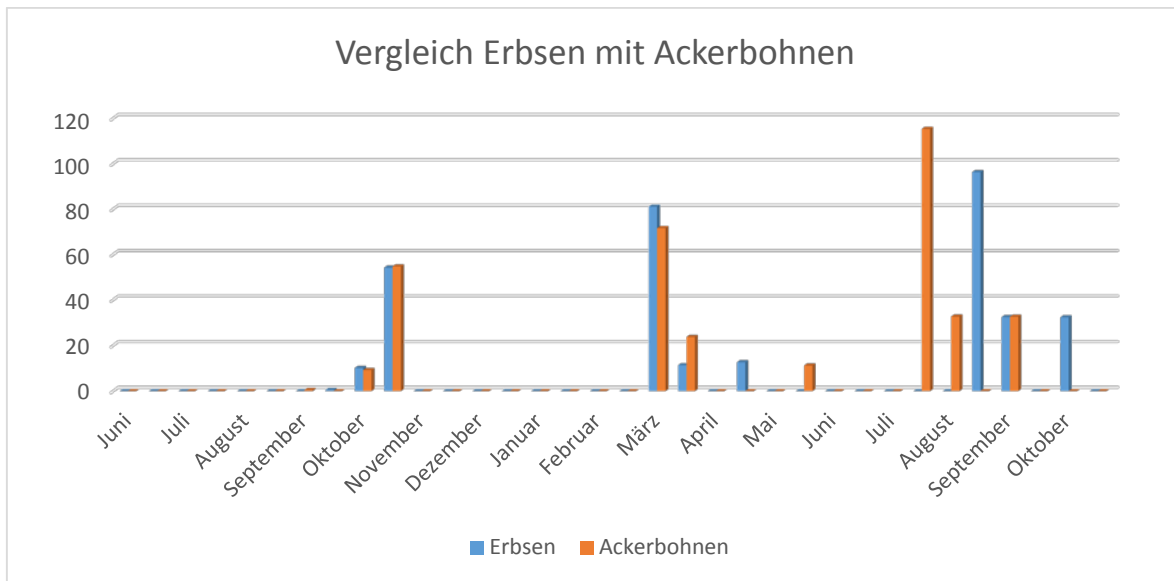


Abbildung 30: Vergleich der Arbeitskraftstunden zwischen Erbsen und Ackerbohnen

Beide sind, mit 425 Arbeitskraftstunden bei Ackerbohnen und 446 Arbeitskraftstunden bei Erbsen zu den Feldfrüchten mit eher geringerer Arbeitsbelastung zu zählen. Sowohl bei Ackerbohnen, als auch bei Erbsen ist mit ähnlichem Arbeitsaufwand im Herbst und im Frühjahr zu rechnen. Die für die Arbeitsspitzen interessanten Unterschiede sind die verschiedenen Erntezeitpunkte im Herbst, welche zur Entzerrung der Arbeitsbelastung schon in der Planung der Fruchtfolge genutzt werden können.

4.7. Zuckerrüben (*Beta vulgaris*)

Als im 18. Jahrhundert der mitunter hohe Zuckergehalt der Runkelrübe entdeckt wurde, haben die Landwirte begonnen diese Rüben auf den Zuckergehalt hin zu selektieren, woraus über die Jahre die Zuckerrübe entstanden ist. Der Zuckergehalt der neuen Rübe konnte schnell auf acht bis sechzehn Prozent gesteigert werden. Es haben sich Zentren des Zuckerrübenanbaus und der Zuckerproduktion in Mitteleuropa gebildet, in denen die Zuckerrübe auch züchterisch immer weiterentwickelt wurde und bis heute wird. Aktuelle Zuckerrüben generationen können einen Zuckergehalt von bis zu 20 Prozent erreichen.

4.7.1. Vergleich der Anbaumethoden

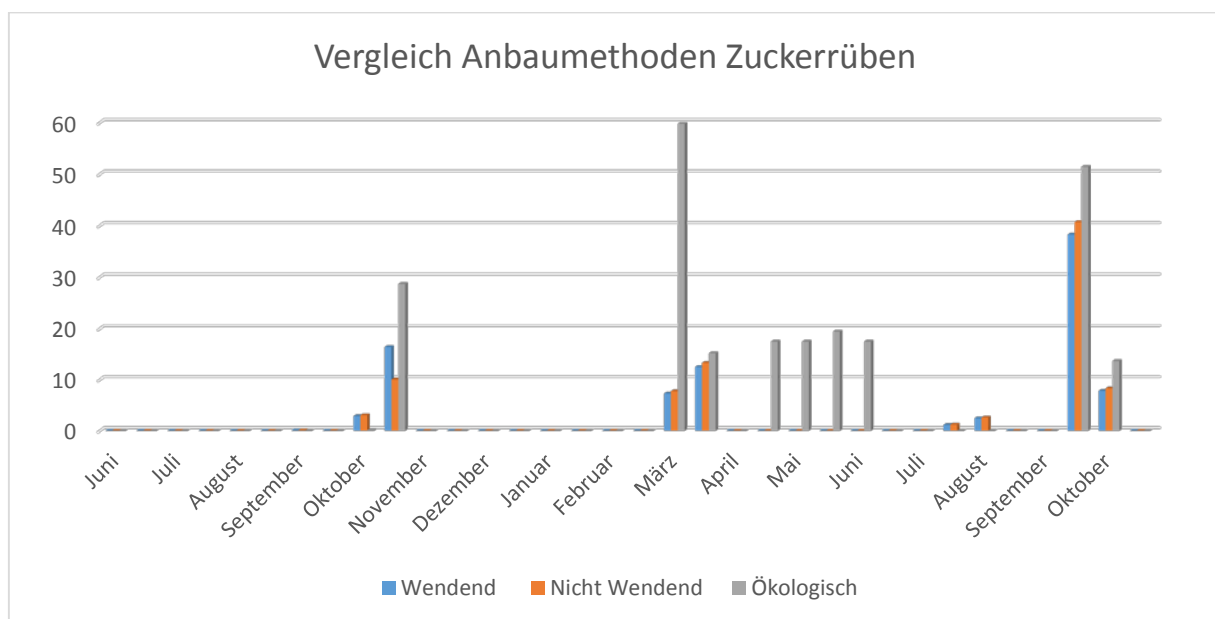


Abbildung 31: Vergleich der Arbeitskraftstunden bei den verschiedenen Anbaumethoden für Zuckerrüben

Bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Anbaumethoden sind je 20 Hektar wendend, 20 Hektar nicht wendend und 20 Hektar ökologischer Anbau verglichen worden. Es sticht vor allem der deutlich erhöhte Arbeitsbedarf des ökologischen Anbaus hervor, wie aus Abbildung 31 ersichtlich ist. Sowohl im Herbst als auch im Frühjahr ist ein teilweise extrem höherer Arbeitsbedarf beim ökologischen Anbau zu verzeichnen. Dies liegt an den Einschränkungen bei Pflanzenschutzmitteln in Kombination mit der geringen unkrautverdrängenden Frühentwicklung der Zuckerrüben, was einen sehr geringen Anbau von Biozuckerrüben zur

Folge hat. Zudem ist bei Biozuckerrüben oft nur ein geringer Ertrag zu erwarten, da die Arbeiten zur Unkrautbekämpfung oft kaum geleistet werden können.

Insgesamt werden bei wendenden Bearbeitungsmethoden 89 Arbeitskraftstunden für die Bearbeitung der 20 Hektar, bei pflugloser Bearbeitung 87 Arbeitskraftstunden und bei dem ökologischen Anbau 240 Arbeitskraftstunden benötigt.

5. Fazit

Heute wird in den meisten kleinen Betrieben keine Arbeitsbedarfsplanung durchgeführt, in den meisten mittleren Betrieben, in denen eine stattfindet, ist es oft nur eine grobe Überschlagsrechnung. In dem landwirtschaftlichen Betrieb Gerhard Dörge wurde bisher auch nur eine grobe Schätzung der zu leistenden Arbeit vorgenommen. In weiteren Recherchen zu diesem Thema, die durch Interviews andere Betriebsleiter von kleinen und mittelständischen Betrieben durchgeführt wurden, ist aufgefallen, dass es häufig keine oder nur sehr rudimentäre Planung der Arbeitsbelastung gibt. Zudem ist in einem Großteil der Unternehmen gar keine Kontrolle der Planung im Nachhinein vorgenommen worden. Auch Optimierungen in diesem Bereich sind oft kein Thema für diese Betriebe, da es für die meisten Betriebe zu aufwendig und zu zeitintensiv ist eine genaue Planung durchzuführen. Falls doch eine durchgeführt wird, handelt es sich meist nur um eine simple Schätzung der benötigten Arbeitszeit, welche zur Erledigung der nötigen Aufgaben vorgenommen wird. Diese beruht oft nicht auf wissenschaftlichen Fakten oder den im Betrieb aufgezeichneten Daten der Bearbeitungszeiten, sowie in der Vergangenheit geleisteten Arbeitsgänge, sondern auf der subjektiven Erfahrung des Betriebsleiters.

Dieser Zustand führt gerade bei unvorhergesehenen Ereignissen, wie dem Ausfall von Mitarbeitern oder Maschinen, sowie ungewöhnlichen Witterungsbedingungen, wie besonders lange Trockenzeiten oder langanhaltendes Regenwetter, welches die Arbeiten auf dem Feld verzögert, zu Problemen mit der optimalen Bearbeitung der Schläge. Das daraus resultierende Problem, welches sich ergibt, ist, dass wichtige Termine für zeitlich gebundene Arbeiten wie, Saat und Ernte, die richtigen Zeitfenster für den Pflanzenschutz, Düngungs- oder Bodenbearbeitungsmaßnahmen nicht eingehalten werden können. Dies kann zu direkten Ertragseinbußen, oder erheblichen Mehrkosten durch nötige zusätzliche Arbeitsgänge oder erhöhten Aufwandsmengen an Saatgut oder Pflanzenschutzmitteln führen.

Oft wird auch bei der Entscheidung über den Anbau der verschiedenen Kulturen und bei der Auswahl der Sorten die Arbeitsbedarfsplanung nicht berücksichtigt obwohl es Möglichkeiten gibt einzelne Kulturen zu substituieren, welche einen ähnlichen Deckungsbeitrag und eine vergleichbare Fruchtfolgewardung erzielen und gleichzeitig die Arbeitsspitzen entzerren. Zum Beispiel könnten Erbsen mit Ackerbohnen substituiert werden, um den Arbeitsbedarf in der Erntezeit, von beispielsweise Winterweizen, zu verringern. Häufig bleiben solche

Möglichkeiten aber ungenutzt, da es für die meisten Betriebe einfach zu aufwändig ist, eine ausgiebige Planung des Arbeitsbedarfs durchzuführen.

Das hier erarbeitete und vorgestellte Programm soll diese Situation verbessern, indem es durch eine Simulation des Arbeitsbedarfs die Planung und Kontrolle ohne großen Rechen- und Zeitaufwand möglich macht. Das Programm simuliert, wann wieviel Arbeitszeit benötigt wird. Es ist universal einsetzbar und jeder Betrieb kann in wenigen Minuten eine detaillierte Übersicht des benötigten Arbeitsbedarfs für seinen Anbauplan erhalten. Durch das Programm ist es möglich in kürzester Zeit verschiedene Anbaupläne unter diesem Gesichtspunkt zu vergleichen. Dabei bietet es eine weit größere Genauigkeit als die Schätzung aus der Erfahrung des Betriebsleiters. Es kann Optimierungspotenzial ausgeschöpft werden, welches sonst ungenutzt und unerkannt geblieben wäre. Im gleichen Zug ist es möglich die Arbeitsbelastung der Arbeitsspitzen für die Angestellten eines Betriebs zu verringern und auch diesen einen groben Überblick der bevorstehenden Arbeitsbelastung zu geben. Aber es ist nicht nur möglich schnell und einfach einen Überblick des zu leistenden Arbeitsbedarfs zu erhalten, auch eine genauere und spezifisch auf das Unternehmen angepasste Planung und Auswertung der Arbeitsbelastung ist möglich. Zudem ist der Vergleich verschiedener Anbaumethoden leicht realisierbar, es können die unterschiedlichen Varianten simuliert werden, um die Auswirkungen der Arbeitsbelastung zu vergleichen und gegebenenfalls ein Optimierungspotenzial bei der Wahl der Anbaumethode zu nutzen. Dabei sollten natürlich auch andere Faktoren, wie die Beschaffenheit des Bodens und die Situation des zu erwartenden Unkrautdruckes, eine wichtige Rolle spielen. Bei der wichtigsten Feldfrucht Winterweizen besteht zusätzlich noch die Auswahl eines frühen normalen oder späten Saattermins, um die Simulation zu präzisieren. Für noch größere Genauigkeit gibt es die Funktion der Individualisierung um die Gegebenheiten des Betriebes exakt wieder zu spiegeln, wenn Daten aus den Schlagkarteien oder ähnlichen Aufzeichnungen vorhanden sind. So ist eine sehr genaue Planung des individuellen Arbeitsbedarfs möglich.

Der Vergleich mit dem landwirtschaftlichen Betrieb Gerhard Dörge hat die grundsätzliche Leistungsfähigkeit der Simulation bewiesen. Allerdings wurden auch Probleme im Betrieb und Grenzen der Simulation aufgezeigt.

Im Betrieb ist in dem betrachteten Zeitraum auffällig, dass viele Arbeiten im Frühjahr in den ersten Aprilwochen erledigt wurden, dieses hat zu einer Konzentration des Arbeitsbedarfes in diesem Zeitraum geführt. In Zukunft wäre es ratsam über eine mögliche bessere Verteilung dieser Arbeiten nachzudenken, in den zum Beispiel einige Bodenbearbeitungsmaßnahmen

früher durchführt oder das Verhältnis der angebauten Kulturen leicht verändert werden. Als Beispiel könnte ein größerer Rapsanteil hilfreich sein, da dieser in diesem Zeitraum weit weniger arbeitsintensiv ist, als die angebaute Sommergerste, und auch eine ökonomische Verbesserung und Auflockerung der von Süßgräsern dominierten Fruchtfolge darstellt.

Als Grenzen der Simulation, die im Vergleich mit dem Betrieb sichtbar wurden, sind vor allem zwei Punkte sichtbar geworden: Zum einen die witterungsbedingten verschobenen Arbeitsgänge, die zwar nur einen geringen Anteil ausmachen aber dennoch gelegentlich für Abweichungen der Simulation zur Realität sorgen. Dieses Problem ist in derartigen Simulation in dieser Branche nicht zu lösen und kann nie ausgeschlossen werden, da eine Wettervorhersage zum Zeitpunkt der Anbauplanung nicht möglich ist. Dies kann dazu führen, dass zusätzliche Arbeitsspitzen entstehen, da, eigentlich gut geplante Arbeitsgänge verschoben werden müssen und sich mit anderen überlagern können.

Der zweite Faktor, der das Potenzial besitzt für eine gewisse Ungenauigkeit in der Simulation zu sorgen, ist die unterschiedliche Motorisierung der Betriebe im Verhältnis zu den standardisierten Motorisierungsvarianten der Simulation. Vor allem kann es zu Problemen führen, wenn verschiedene Traktoren mit unterschiedlichen Leistungsklassen im Betrieb zur Bearbeitung einer Kultur eingesetzt werden. Mit der Unterscheidung in verschiedene Motorisierungsmöglichkeiten ist diesem Problem in der Simulation begegnet worden. Dadurch konnten die Ungenauigkeiten und Abweichungen von den realen Arbeitsbelastungen deutlich reduziert werden. Wenn die Motorisierung aber zwischen den eingebauten Varianten liegt, führt diese Problematik immer noch zu Abweichungen. Als Lösung könnte eine dynamische Anpassung an verschiedene Motorisierungsvarianten bieten, dafür würden aber wesentlich mehr grundlegende Daten der Arbeitszeiten der verschiedenen Traktorenvarianten benötigt, als zur Verfügung standen.

Trotz dieser Punkte konnten die Arbeiten des Betriebs erstaunlich präzise simuliert werden und dieses Programm hat das Potenzial Arbeitsspitzen aufzuzeigen und Optimierungspotenzial in zukünftigen Anbauplänen zu erkennen.

6. Literaturverzeichnis

- Dr. Norbert Sauer, KTBL- Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13 (2012)
- Dr. Norbert Sauer, KTBL- Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15 (2014)
- Helmut Döhler, Susanne Döhler, Faustzahlen für die Landwirtschaft 14. Auflage (2009)
- Statistisches Bundesamt,
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/384228/umfrage/entwicklung-der-realloehne-nominalloehne-und-verbraucherpreise-in-deutschland/> (Stand 01.09.2016)
- Statistisches Bundesamt,
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201128/umfrage/anbauflaeche-von-weizen-in-deutschland/> (Stand 05.09.2016)
- Landwirtschaftskammer
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/eiweisspflanzen/leguminosenanbau.htm> (Stand 15.09.2016)
- <http://www.jtg1995.de/rasanter-wandel-in-der-landwirtschaft/> (Abbildung 1)
- Statistisches Bundesamt,
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/262439/umfrage/anbauflaeche-von-gerste-in-deutschland/> (Stand 11.09.2016)
- KTBL,
<https://www.ktbl.de/inhalte/das-ktbl/leitlinien-und-ktbl-strategie/> (Stand August bis Oktober 2016)

Weiter Quellen:

- <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=mais>
- <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=gerste>
- <http://www.ima-agrar.de/fileadmin/redaktion/download/pdf/materialien/gerste.pdf>
- <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/eiweisspflanzen/leguminosenanbau.htm>
- http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00001359/d1359.pdf
- http://www.ufop.de/files/2913/3922/7202/Abschlussbericht_Seeder.pdf
- <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/206114/2/forstner.pdf>
- http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Landwirtschaft-verstehen.pdf?__blob=publicationFile

Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)