

Ökonomie
Agroscope Science | Nr. 79 / Dezember 2018



Methodische Grundlagen für die Berechnung der Maschinenkosten

Autoren

Christian Gazzarin und Markus Lips



Impressum

Herausgeberin	Agroscope Tänikon 1 8356 Ettenhausen www.agroscope.ch
Auskünfte	Christian Gazzarin christian.gazzarin@agroscope.admin.ch
Redaktion	Christian Gazzarin
Grafik	Diana Niederer
Titelbild	Christian Gazzarin
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	Agroscope 2018
ISSN	2296-729X
ISBN	978-3-906804-70-5

Inhaltsverzeichnis

1	Jährlicher Bericht zu den Maschinenkosten	6
2	Bedeutung der Maschinenkosten	7
3	Kostenkalkulation	8
3.1	Methodische Einordnung	8
3.2	Definition Entschädigungsansatz	8
3.3	Überblick Berechnung (Spalten Richtwert pro h oder AE)	8
3.4	Abweichungen vom Entschädigungsansatz	11
3.5	Arbeits erledigungskosten	11
4	Grunddaten	12
4.1	Allgemeine Grunddaten	12
4.1.1	Treibstoffpreis	12
4.1.2	Anteil gebundenes Kapital	12
4.1.3	Zinssatz (Ausgangszinssatz)	13
4.1.4	Lohnansätze	13
4.1.5	Gebäudekosten	14
4.1.6	Feuerversicherung	14
4.2	Maschinenspezifische Grunddaten	15
4.2.1	Auswahl der Maschinentypen	15
4.2.2	Arbeitsleistung	15
4.2.3	Mittlerer Anschaffungspreis	16
4.2.4	Auslastung pro Jahr	17
4.2.5	Motorenbelastung	18
4.2.6	Nutzungsdauer	19
4.2.7	Reparatur- und Unterhaltsfaktor RUF	19
4.2.8	Gebäudebedarf	21
4.2.9	Versicherungsprämien	21
4.2.10	Steuern und Gebühren	21
4.2.11	Hilfsstoffe	21
5	Berechnung der einzelnen Kostenpositionen	22
5.1	Drei Kostenarten	22
5.2	Fixe Kosten	22
5.2.1	Abschreibung	22
5.2.2	Restwert	23
5.2.3	Zins	24
5.2.4	Gebäudekosten	24
5.2.5	Versicherung, Steuern, Gebühren	25
5.3	Variable Kosten	25
5.3.1	Reparatur- und Unterhaltskosten	25
5.3.2	Treibstoffkosten	25
5.3.3	Hilfsstoffkosten	26
5.4	Verwaltungs- und Risikozuschlag	26
6	Berechnung der Kaufschwelle	27
7	Literatur	29
8	Anhang	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Allgemeine Grunddaten.....	8
Tabelle 2: Maschinenspezifische Grunddaten	9
Tabelle 3: Kostenkalkulation Entschädigungsansatz	10
Tabelle 4: Mittlere Zinssätze in Abhängigkeit der Abschreibungsdauer und des Ausgangszinssatzes	12
Tabelle 5: Sozialkosten zu Lasten Arbeitgeber.....	14
Tabelle 6: Lohnzuschläge im Unternehmervhältnis bezogen auf den Bruttolohn	14
Tabelle 7: Stichprobenerhebung bei Neupreiserfassungen	16
Tabelle 8: Reparatur- und Unterhaltsfaktor für 70-kW-Allradtraktor	20
Tabelle 9: Restwertfaktoren nach Abschreibungszeit in Abhängigkeit des Auslastungsgrades.....	24
Tabelle 10: Belastungsgrade von Traktoren bei verschiedenen Arbeiten unter Berücksichtigung von Weg-, Rüst- und Störzeiten	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auslastung von 69 Allradtraktoren im Alter von 10 bis 14 Jahren.	18
Abbildung 2: Verteilung der Belastungsgrade auf 49 verschiedene Arbeitsverfahren unter Berücksichtigung von Weg-, Rüst- und Störzeiten	19
Abbildung 3: Kosten je Betriebsstunde eines Traktors (70 kW) bei zunehmender Jahresauslastung.....	28
Abbildung 4: Jahreskosten eines Traktors (115 PS) bei zunehmender Jahresauslastung.....	28

Abkürzungen

AE	Arbeitseinheit (z. B. h oder ha)
AKh	Arbeitskraftstunde
ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, heute Agroscope
cm	Zentimeter = 1/100 Meter
FAT	Forschungsanstalt Tänikon, heute Agroscope Tänikon
h	Stunde
ha	Hektare
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt (D)
kW	Kilowatt (1 kW = 1,36 PS)
m ³	Kubikmeter
ÖKL	Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung
PS	Pferdestärke (1 PS = 0,736 kW)
RUF	Reparatur- und Unterhaltsfaktor

Zusammenfassung

Methodische Grundlagen für die Berechnung der Maschinenkosten

Der jährlich publizierte Maschinenkostenbericht von Agroscope basiert methodisch auf einer Kostenkalkulation und gehört innerhalb des Rechnungswesens zum Bereich der Betriebsbuchhaltung. Der Bericht enthält Angaben für mehrere hundert Landmaschinentypen und hat zum Ziel, Entschädigungsansätze für die überbetriebliche Nutzung und Grundlagen für die Berechnung der Arbeitserledigungskosten von Verfahren anzugeben. Die Kostenkalkulation basiert auf zahlreichen Annahmen und Daten, die im vorliegenden Bericht detailliert erklärt werden. Neben Ausführungen zu Motorenbelastung, Reparatur- und Unterhaltskosten sowie zum Restwert wird im Speziellen auch die Kaufschwelle erläutert – das Kriterium, das auf Betriebsebene herangezogen werden kann, um zwischen Kauf und Miete einer Maschine zu entscheiden.

Summary

Methodological Bases For Calculating Machinery Costs

The Machinery Costs Report published every year by Agroscope is based on a cost-calculation method and forms part of the farm accountancy field within the accounting system. The report contains data on several hundred types of agricultural machines, and aims to provide compensation rates for inter-farm use, as well as bases for calculating labour costs for the different processes. The cost calculation is based on numerous assumptions and data that are explained in detail in the present report. Besides information on engine load, repair and maintenance costs, and residual value, particular focus is placed on explaining the purchase threshold – the criterion that can be used at farm level to decide between the purchase or lease of a machine.

Résumé

Principes méthodiques de calcul des coûts-machines

Le rapport sur les coûts de machines qu'Agroscope publie chaque année est basé sur une méthode de calcul des coûts et fait partie, dans le système comptable, du domaine de la comptabilité d'exploitation. Le rapport contient des données pour plusieurs centaines de types de machines agricoles et a pour but d'indiquer des tarifs d'indemnisation pour l'utilisation des machines en commun et des bases pour le calcul des coûts de main-d'œuvre des différents procédés. Le calcul des coûts repose sur de nombreuses hypothèses et données qui sont expliquées en détail dans le présent rapport. Outre des informations sur la charge des moteurs, les coûts de réparation et d'entretien et la valeur résiduelle, le seuil d'achat est également expliqué en détails – c'est le critère qui peut servir, à l'échelle de l'exploitation, à se décider pour l'achat ou la location d'une machine.

1 Jährlicher Bericht zu den Maschinenkosten

Alljährlich veröffentlicht die Forschungsanstalt Agroscope den Maschinenkostenbericht. Der Bericht hat zum Zweck, den Austausch von landwirtschaftlichen Maschinen zwischen den Betrieben zu erleichtern, indem ein Entschädigungsansatz im Sinne eines Richtwertes vorgeschlagen wird. Angesichts der in der Schweizer Landwirtschaft verbreiteten hohen Maschinenkosten ist dies ein Beitrag zur Kostenreduktion und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Vergleichbare Berechnungen, jedoch meist mit unterschiedlichem Fokus, erfolgen auch in den Nachbarländern Deutschland (KTBL 2018), Österreich (ÖKL), Italien (www.agraria.org), Frankreich (www.lafranceagricole.fr). Auch in Grossbritannien (Craig 2016), den USA (Lazarus 2015) und Südafrika (Lubbe und Archer 2014) gibt es ähnliche Berichte.

Der Maschinenkostenbericht gibt für mehrere hundert Maschinen die Selbstkosten pro Arbeitseinheit (z. B. Betriebsstunde für Traktoren, Hektare für Pflüge) an. Davon abgeleitet, dient der sogenannte Entschädigungsansatz als Richtwert für den Mietpreis, der beim überbetrieblichen Maschineneinsatz verwendet werden kann. Für Lohnarbeiten sind zusätzlich die Lohnansätze für die Bedienung der Maschinen zu berücksichtigen.

Der vorliegende Bericht zeigt die Bedeutung der Maschinenkosten in der Schweizer Landwirtschaft auf (Kapitel 2). Kapitel 3 dokumentiert die aktuelle Methodik der Maschinenkostenberechnung, indem die Berechnung des Entschädigungsansatzes im Überblick vorgestellt wird. Der Bericht orientiert sich an den Spalten des aktuellen Maschinenkostenberichts, die die Grunddaten oder einzelne Kostenpositionen enthalten. Detaillierte Erklärungen über die Herleitung der verwendeten Grunddaten sind im Kapitel 4 enthalten, während das Kapitel 5 sich detailliert mit den einzelnen Berechnungsschritten auseinandersetzt. Im abschliessenden 6. Kapitel wird die Kaufschwelle erklärt, die für die Entscheidung, ob eine Maschine gekauft oder gemietet werden soll, ausschlaggebend ist.

Passend zum Maschinenkostenbericht steht im Internet eine Excel-Datei (*TractoScope*) frei zur Verfügung, mit der die Maschinenkosten kalkuliert werden können (www.maschinenkosten.ch). Im Unterschied zum Maschinenkostenbericht ermöglicht es *TractoScope*, alle Annahmen zu verändern und den betriebsspezifischen Umständen Rechnung zu tragen. *TractoScope* umfasst eine ausführliche Anleitung und wird jährlich parallel zum Maschinenkostenbericht aktualisiert. Insgesamt können bis zu acht Maschinen erfasst werden, so dass ganze Maschinenverfahren inkl. Bedienung berechnet und miteinander verglichen werden können (z.B. Traktor mit Doppellräder und Mähwerk sowie Bedienung).

Grössere Teile des Maschinenkostenberichts werden auch anderweitig jährlich veröffentlicht: Im *Wirz-Kalender* und im *Mémento Agricole* (Agridea) sowie in den Zeitschriften „Schweizer Agrartechnik“ und „Schweizer Bauer“.

Dieser Bericht stellt eine Aktualisierung der Methodikbeschreibung von 2013 dar, die anschliessend an die grundlegende Überarbeitung des Maschinenkostenberichts entstanden ist (Gazzarin und Lips 2013).

2 Bedeutung der Maschinenkosten

Die Maschinenkosten machen einen massgeblichen Anteil an den gesamten Produktions- bzw. Selbstkosten der Schweizer Landwirtschaft aus. Gemäss Buchhaltungsauswertungen der Jahre 2012–2014 (Hoop und Schmid 2015) betragen die durchschnittlichen jährlichen Kosten der eigenen Maschinen (ohne Zinsen und ohne anteilige Autokosten) rund Fr. 30 100.– pro Betrieb. Mit einem Anteil von 14 % an den Fremdkosten von total Fr. 212 000.– stellen sie noch vor den Gebäudekosten (Fr. 28 300.–) und Kraftfutterkosten (Fr. 26 200.–) die wichtigste Fremdkostenposition dar. Der Grossteil dieser Maschinenkosten setzt sich aus Abschreibungen (45 %) sowie Reparaturen und Kleingeräte (39 %) zusammen. Der Rest entfällt auf Treib- und Schmierstoffe, Gebühren sowie Versicherungen.

Die Vollkostenrechnungen in der Milchviehhaltung weisen je nach Betriebsgrösse und Region einen Maschinenkostenanteil von 13 % bis 15 % (BBZN Hohenrain und Agridea, 2010) bzw. 15 bis 20 % aus (Gazzarin und Schick 2004), wobei auch hier die Maschinenkosten die wichtigste Fremdkostenposition darstellen. Hoop et al. (2017) weisen für die Milchproduktion einen Maschinenkostenanteil von rund 15 % und entsprechend für die Mutterkuhhaltung 20 % aus. Für Ackerkulturen bewegt sich der Kostenanteil der Maschinen zwischen 20 % (Kartoffeln) und 33 % Zuckerrüben (Hoop et al. 2017).

Der überbetriebliche Einsatz der eigenen Maschinen und die damit verbundene Beschränkung des eigenen Maschinenparks aber auch das Auslagern von Maschinenarbeiten an Lohnunternehmen ist gerade unter kleinstrukturierten Verhältnissen wie in der Schweiz eine wirksame Massnahme zur Kostensenkung. Insbesondere die Auslastung oder die Anzahl Arbeitseinheiten, auf welche die Anschaffungskosten (Abschreibungen) der Maschinen verteilt werden, können so erhöht bzw. die Kosten pro Arbeitseinheit gesenkt werden. Damit wird der Maschinenaufwand in eine günstigere Relation zum Output gesetzt. Maschinen mit niedriger Auslastung haben üblicherweise eine längere Nutzungsdauer als solche mit einer hohen Auslastung. Die längere Nutzung einer schlecht ausgelasteten Maschine kann im dynamischen Umfeld des Strukturwandels jedoch fragwürdig sein. Unter Umständen ist es sinnvoller, den technischen Fortschritt zu nutzen, und die ältere Maschine für eine neue einzutauschen, sofern diese auch eindeutige Vorteile aufweist (Bsp. höhere Schlagkraft, weniger Treibstoffverbrauch, bessere Arbeitsqualität). Umgekehrt kann es insbesondere bei Betrieben mit geringen Wachstumsambitionen sinnvoller sein, schlecht ausgelastete Maschinen möglichst lange zu nutzen.

3 Kostenkalkulation

3.1 Methodische Einordnung

Die Berechnung der Maschinenkosten gehört innerhalb des Finanz- und Rechnungswesens zur Betriebsbuchhaltung, also dem internen Rechnungswesen (Lips 2018). Innerhalb der Betriebsbuchhaltung stellt die Maschinenkostenberechnung eine Kostenkalkulation dar.

3.2 Definition Entschädigungsansatz

Der Entschädigungsansatz ist das Ergebnis einer Vollkostenrechnung und widerspiegelt die Selbstkosten für den Maschineneinsatz, wobei zusätzlich ein Risiko- und Verwaltungszuschlag berücksichtigt wird. Er bezieht sich jeweils auf die maschinenspezifische Arbeitseinheit Stunden (z. B. Traktoren), Hektaren (z. B. Pflüge), Kubikmeter (m³, Güllefässer), Fuder (Ladewagen), Ballen (Pressen), Tonnen (Transportanhänger) und andere mehr. Der Entschädigungsansatz ist eine rein kalkulatorische Grösse, basiert auf zahlreichen Annahmen und entspricht dementsprechend einer Plankostenrechnung.

Aufgrund der grossen Streuung in der Praxis werden für die Auswahl und Kalkulation der Kostenpositionen Mittelwerte angestrebt, die für den überbetrieblichen Einsatz als möglichst „typisch“ gelten.

Die Präsentation des Entschädigungsansatzes erfolgt im Maschinenkostenbericht im Sinne eines Richtwertes in verschiedenen Formen (Spalten „Entschädigungsansatz für die betreffende Maschine“). Der Entschädigungsansatz wird für die einzelne Stunde (Richtwert Fr./h) und für die maschinenspezifische Arbeitseinheit (Richtwert Fr./AE) aufgeführt. Um der Auslastung als wesentliche Einflussgrösse genügend Rechnung zu tragen, wird in zwei weiteren Spalten die Streuung des Entschädigungsansatzes angegeben, wenn die Auslastung um jeweils 25 % höher oder tiefer ausfällt.

3.3 Überblick Berechnung (Spalten Richtwert pro h oder AE)

Anhand des 70-kW-Traktors wird die Berechnung des Entschädigungsansatzes illustriert. Die dazu notwendigen allgemeinen Grunddaten sind in Tabelle 1 aufgeführt, wobei auch auf die nachfolgenden Kapitel mit den Detailerklärungen verwiesen wird.

Tabelle 1: Allgemeine Grunddaten

Angabe	Werte für 2018	Weitere Erklärungen
Treibstoffpreis	1.64 Fr./Liter Diesel	Kap. 4.1.1
Anteil gebundenes Kapital	0,6	Kap. 4.1.2
Zinsfuss (%)	2 %	Kap. 4.1.3
Feuerversicherung	0.2 %	Kap. 4.1.6

Basierend auf dem Maschinenkostenbericht 2018 (Gazzarin 2018) enthält die Tabelle 2 die maschinen-spezifischen Grunddaten für den 70-kW-Traktor. Der Code der Maschine ist für das Kalkulationsprogramm *TractoScope* von Bedeutung, denn mit der Codenummer wird die Maschine aufgerufen.

Tabelle 2: Maschinenspezifische Grunddaten

Spalte	Beispiel	Weitere Erklärungen
Code	1005	-
Maschinentyp, Bezeichnung und nähere Umschreibung der Maschine	Traktor 65–74 kW (88–101 PS)	Kap. 4.2.1
Motoren- oder Arbeitsleistung	70 kW	Kap. 4.2.2
Mittlerer Anschaffungspreis	Fr. 90 000.–	Kap. 4.2.3
Zugrunde gelegte Auslastung pro Jahr für Richtwert	450 h/Jahr	Kap. 4.2.4
Motorbelastung	40 %	Kap. 4.2.5
Restwertfaktor	0,1	Kap. 5.2.2
Nutzungsdauer nach Zeit in Jahren	15 Jahre	Kap. 4.2.6
Nutzungsdauer nach Arbeit in Arbeitseinheiten	10 000 Stunden	Kap. 4.2.6
RUF-Faktor (Rep., Unterhalt)	0,55	Kap. 4.2.7
Gebäudebedarf	70 m ³	Kap. 4.2.8
Versicherungen, Steuern, Gebühren	Fr. 480.– (ohne Feuerversicherung)	Kap. 4.2.9/ 4.2.10

Tabelle 3 enthält die ganze Kostenkalkulation. Die Selbstkosten pro Arbeitseinheit entsprechen der Summe der fixen und der variablen Kosten. Die fixen Kosten werden pro Jahr berechnet, während sich die variablen Kosten auf die Arbeitseinheit, im vorliegenden Beispiel die Betriebsstunde beziehen. Nachdem die Selbstkosten vorliegen, wird anschliessend der Verwaltungs- und Risikozuschlag von 10 % hinzugefügt (Kap. 5.4). Schliesslich erfolgt das Runden auf einen ganzzahligen Frankenbetrag.

Tabelle 3: Kostenkalkulation Entschädigungsansatz

Fixe Kosten je Jahr			
	Formel	Berechnung (Beispiel)	Wert in Fr./Jahr
Abschreibung brutto (Fr.)	$\frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Abschreibungsdauer}}$	$\frac{90\,000}{15}$	6000.–
Auslastungsgrad (%)	$\frac{\text{Auslastung} \times \text{Abschreibungsdauer}}{\text{technische Nutzungsdauer}} \times 100$	$\frac{450 \times 15}{10\,000} \times 100$	67,5
Restwertfaktor	abgeleitet vom Auslastungsgrad Kapitel Fixkosten		0,10
Restwert (Fr.)	$\text{Anschaffungspreis} \times \text{Restwertfaktor}$	$90\,000 \times 0,2$	9000.–
Abschreibung netto (Fr.)	$\frac{\text{Anschaffungspreis} - \text{Restwert}}{\text{Abschreibungsdauer}}$	$\frac{90\,000 - 9000}{15}$	5400.–
Zins (Fr.) für Anschaffungspreis netto (ohne Restwert) für Restwert	$\text{Anschaff.ppreis netto} \times \text{Anteil geb. Kapital} \times \text{Zinsfuss (\%)}$ $\text{Restwert} \times \text{Zinsfuss (\%)}$	$81\,000 \times 0,6 \times 0,02$ $9000 \times 0,02$	972.– 180.–
Gebäudekosten (siehe Tab. 1)	$\text{Gebäudebedarf} \times \text{Gebäude-Jahreskosten}$	70×13	910.–
Feuerversicherung (Tab. 1)	$\text{Anschaffungspreis} \times \text{Prämie (\%)}$	$90\,000 \times 0,002$	180.–
Übrige Versicherungen / Steuern (Tab. 2)	$\text{Haftpflichtprämie} + \text{Steuern}$	$340 + 110$	450.–
Total Fixkosten je Jahr, gerundet (Fr.)			<u>8092.–</u>
Variable Kosten je h			
Treibstoffverbrauch Treibstoffkosten	$\frac{\text{Leistung} \times \text{spez. Treibstoffverbrauch} \times \text{Motorbelastung (\%)}}{\text{Treibstoffverbrauch} \times \text{Treibstoffpreis}}$	$70 \times 0,3 \times 0,4 = 8,4 \text{ l/h}$ $8,4 \text{ l/h} \times 1,64 \text{ Fr./l}$	13.78.–
Reparatur- und Unterhaltskosten (Fr.)	$\frac{\text{Anschaffungspreis} \times \text{RUF}}{\text{technische Nutzungsdauer}}$	$\frac{90\,000 \times 0,55}{10\,000}$	4.95.–
Total Variable Kosten je h (Fr.)			<u>18.73.–</u>
Total Variable Kosten je Jahr (Fr.)			8428.50.–
Selbstkosten und Entschädigungsansatz je h			
Fixe Kosten je Arbeitseinheit (AE)	$\frac{\text{Fixe Kosten}}{\text{Auslastung}}$		17.98.–
Variable Kosten je AE			18.73.–
Selbstkosten Fr. je h	$\text{Fixe Kosten je AE} + \text{Variable Kosten je AE}$	$17,98 + 18,73$	36.71.–
Risiko- und Verwaltungszuschlag, 10 %			$36,71 \times 0,1$ 3.67
Entschädigungsansatz Fr. je h (gerundet)			<u>40.–</u>

3.4 Abweichungen vom Entschädigungsansatz

Selbstverständlich kann eine Kostenkalkulation in der Praxis oder ein geltender Miettarif einer Maschine (Fallbeispiel) vom ermittelten Entschädigungsansatz im Maschinenkostenbericht abweichen. Hierfür gibt es drei Hauptgründe:

- Die Werte zu Auslastung, Anschaffungspreis oder Treibstoffpreis des Fallbeispiels unterscheiden sich von den Annahmen im Maschinenkostenbericht (Mittelwerte).
- Der Miettarif eines Fallbeispiels ist regional durch Angebot und Nachfrage beeinflusst, was marktbedingt zu höheren oder tieferen Werten führen kann.

Die Nebenzeiten der Arbeiterledigung wie Rüst-, Stör- oder Wegzeiten werden für die Berechnung der Kosten mitberücksichtigt, während die Arbeitsleistungen im Maschinenkostenbericht nur die Feldarbeitszeit umfassen. Für die Ermittlung der gesamten Arbeiterledigungskosten (Maschine mit Bedienung) muss deshalb je nach Situation die Arbeitsleistung (vgl. Kap. 4.2.2) nach unten korrigiert werden.

Bei der Berechnung der Maschinenkosten beziehungsweise des Entschädigungsansatzes ist es unerlässlich, die getroffenen Annahmen an die effektive Situation in der Praxis anzupassen, was mit dem Excel-Berechnungsprogramm *TractoScope* auf einfache Weise möglich ist.

3.5 Arbeiterledigungskosten

Die Entschädigungsansätze stellen eine wichtige Grundlage für die Arbeiterledigungskosten dar. Die Arbeiterledigungskosten beziehen sich auf ein Verfahren und enthalten den Entschädigungsansatz, d.h. die Kosten aller notwendigen Maschinen sowie die dazu notwendige Arbeit bewertet mit dem Lohnansatz.

Im Minimum bestehen die Arbeiterledigungskosten aus drei Komponenten: Zugmaschine (z. B. Traktor), angebaute Maschine (z. B. Pflug) und Lohnkosten der Arbeitskraft. Für letztere wird üblicherweise der Lohnansatz unter Landwirten (Fr. 28.–/h, Kap. 4.1.4) verwendet.

In den meisten Fällen ist für die Arbeiterledigungskosten eine Umrechnung bei den Arbeitseinheiten notwendig, da sich die Arbeitseinheiten der beteiligten Maschinen unterscheiden. Beispielsweise werden die Traktoren je Stunde, die Pflüge je Hektare kalkuliert. Mit der reziproken Arbeitsleistung (z. B. Stunden je Hektare, Kap. 4.2.2) kann die Umrechnung vorgenommen werden. *TractoScope* ist in der Lage, Arbeiterledigungskosten zu rechnen und sie sowohl pro Stunde als auch für weitere Arbeitseinheiten anzugeben. Für die Berechnung der Arbeitsleistung sei auch auf das Kalkulationsprogramm *LabourScope* verwiesen (www.arbeitsvoranschlag.ch).

4 Grunddaten

Die Grunddaten sind in „allgemeine Grunddaten“ (Kap. 4.1.), die für alle Maschinentypen verwendet werden, und in „maschinenspezifische Grunddaten“ (Kap. 4.2.) gegliedert.

4.1 Allgemeine Grunddaten

4.1.1 Treibstoffpreis

Der Treibstoffpreis unterliegt typischerweise starken Schwankungen. Die Bemessung basiert auf den im Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) erhobenen, monatlichen Durchschnittspreisen (Bundesamt für Statistik BFS, <http://www.lik.bfs.admin.ch>). Dabei wird ein ungewichteter Durchschnittswert über 12 Monate ermittelt (Juli–Juni).

4.1.2 Anteil gebundenes Kapital

Der sogenannte Ausgangszinssatz oder Ausgangszinsfuss kann nur für die Zinsen verwendet werden, wenn die ganze Maschine in einem Jahr abgeschrieben würde. Bei einer längeren Abschreibungsdauer muss aus dem Ausgangszinssatz und der Abschreibungsdauer ein mittlerer Zinssatz abgeleitet werden. Wird zum Beispiel der 70-kW-Traktor mit einem Anschaffungspreis (Anfangs-Kapitalwert) von Fr. 90 000.– bei einem Ausgangszinssatz von 2 % auf 15 Jahre abgeschrieben, betragen die Zinsen im ersten Jahr Fr. 1800.–. Im letzten Jahr hat der Traktor nur noch einen Wert von Fr. 6000.–, was Zinsen von Fr. 120.– verursacht. Bezogen auf das ganze Anfangskapital, entspricht dies einem Zinssatz von 0,13 %. Im Durchschnitt aller 15 Jahre liegt der mittlere Zinssatz bei 1,12 % (Fr. 1008.– pro Jahr oder 56 % des Ausgangszinssatzes).

In Tabelle 4 sind die mittleren Zinssätze in Abhängigkeit der Abschreibungsdauer und des Ausgangszinssatzes dargestellt¹.

Tabelle 4: Mittlere Zinssätze in Abhängigkeit der Abschreibungsdauer und des Ausgangszinssatzes

Ausgangs- Zinssatz (Z)	Abschreibungsdauer				
	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre	25 Jahre
2,0 %	1,22 %	1,13 %	1,12 %	1,12 %	1,12 %
2,5 %	1,52 %	1,43 %	1,41 %	1,41 %	1,43 %
3,0 %	1,84 %	1,72 %	1,71 %	1,72 %	1,74 %
3,5 %	2,15 %	2,02 %	2,02 %	2,04 %	2,07 %
4,0 %	2,46 %	2,33 %	2,33 %	2,36 %	2,40 %
4,5 %	2,78 %	2,64 %	2,64 %	2,69 %	2,74 %
5,0 %	3,10 %	2,95 %	2,97 %	3,02 %	3,10 %

Für die Berechnung des Zinses kann der Zusammenhang insofern vereinfacht werden, dass anstelle des mittleren Zinssatzes das durchschnittlich gebundene Kapital mit dem Ausgangszinssatz verrechnet wird.

Um diesen Koeffizienten festzulegen, wird das Verhältnis des mittleren Zinssatzes zum Ausgangszinssatz (Z) verwendet (mittlerer Zinssatz aus Tabelle 4 dividiert durch den jeweiligen Ausgangszinssatz). Für alle Fälle aus der Tabelle 4 bewegt sich dieses Verhältnis zwischen 0,56 und 0,62. Vereinfachend wird für das gebundene Kapital der Koeffizient von 0,6 für die Berechnung der jährlichen Zinsen verwendet (Kap. 5.2.3).

¹ Für die entsprechenden Berechnungen sind die Formeln für die Annuität und den mittleren Zinssatz notwendig:

$$\text{Mittlerer Zinssatz} = \frac{(\text{Annuität} \times \text{Abschreibungsdauer}) - \text{Anschaffungspreis}}{\text{Abschreibungsdauer} \times \text{Anschaffungspreis}}$$

$$\text{Annuität} = \text{Anschaffungspreis} \times \frac{\text{Zinssatz} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Abschreibungsdauer}}}{(1 + \text{Zinssatz})^{\text{Abschreibungsdauer}} - 1} \quad \text{gemäss Oppitz (1994)}$$

4.1.3 Zinssatz (Ausgangzinssatz)

Als Grundlage für den Zinssatz dient der hypothekarische Referenzzinssatz bei Mietverhältnissen (BWO, Bundesamt für Wohnungswesen, <http://www.bwo.admin.ch/themen/mietrecht/00282/>)². Der Referenzzinssatz wird vierteljährlich erhoben. Massgebend für die Berechnung der Zinsen für die Maschinenkosten ist die Erhebung im Juni des jeweiligen Jahres. Dabei wird der Mittelwert der letzten zehn Jahre verwendet und auf das halbe Prozent gerundet. Mit dem Zinssatz des BWO lässt sich damit die Zinsentwicklung wiedergeben.

Maschinen werden mit verschiedenartigen Darlehen finanziert. Dazu gehören Kreditformen (Fremdkapital) mit höheren Zinssätzen (Leasing, Kontokorrent) aber auch solche mit günstigeren Zinssätzen wie zinslose Investitionskredite oder private Darlehen. Zudem erfolgt üblicherweise eine namhafte Eigenfinanzierung mittels Eigenkapital. Für letztere stellen die Zinssätze der zehnjährigen Bundesanleihen eine sinnvolle Bezugsbasis dar (SNB, Schweizerische Nationalbank, www.snb.ch > statistische Publikationen). Die Höhe des Referenzzinssatzes liegt zwischen diesen Kapitalarten und gilt daher für die Zinsberechnung der Maschinen als geeignete Grösse.

4.1.4 Lohnansätze

Im Maschinenkostenbericht werden drei Lohnansätze veröffentlicht: Der Ansatz unter Landwirten, der Ansatz im Angestelltenverhältnis und der Ansatz im Unternehmervverhältnis. Die Grundwerte zur Berechnung der Lohnansätze stützen sich auf die aktuelle Lohnstrukturhebung (LSE) des Bundesamtes für Statistik (BFS; www.bfs.admin.ch > LSE), wobei hier im Rahmen einer Spezialauswertung sämtliche Angestelltenlöhne in der Talregion einfließen. Diese werden dann aufgrund von Schätzungen der Lohnentwicklung für das aktuelle Jahr entsprechend im Maschinenkostenbericht sowie TractoScope berücksichtigt. Im Jahre 2017 betrug der entsprechende Jahreslohn knapp Fr. 75 000.–. Diverse Annahmen wie Arbeitszeit, Sozialkosten, Verwaltungs- und Risikozuschläge wurden in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftlichen Beratungszentrale Agridea, dem Schweizerischen Bauernsekretariat und der Forschungsanstalt Agroscope festgelegt. Für die Tagesarbeitszeit gelten 9,5 Arbeitskraftstunden (AKh) pro Arbeitstag. Gemäss der Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft (SR 919.118, Art. 5) werden für die Landwirtschaft 280 Arbeitstage unterstellt, sodass sich hochgerechnet 2660 AKh pro Jahr ergeben. Für ausserlandwirtschaftliche Einsätze gelten 230 Arbeitstage à 8,4 AKh (= 1932 AKh pro Jahr).

Aus dem Jahreslohn der Lohnstrukturhebung und der unterstellten Jahresarbeitszeit ergeben sich die entsprechenden Stundenlöhne bzw. Lohnansätze:

- Für den innerlandwirtschaftlichen Ansatz wird der Brutto-Jahreslohn der Lohnstrukturhebung durch die 2660 AKh dividiert, was im Jahr 2017 gerundet Fr. 28.– ergab (Lohnansatz ohne Verpflegung). Wird die Arbeitskraft auf dem Betrieb verpflegt (drei Mahlzeiten pro Tag), können Fr. 3.– abgezogen werden, was den Lohnansatz mit Verpflegung ergibt.
- Für den ausserlandwirtschaftlichen Ansatz wird der Brutto-Jahreslohn der Lohnstrukturhebung durch die 1932 AKh dividiert, was im Jahr 2017 knapp Fr. 39.– ergab (= Grundansatz). Gemäss Tabelle 5 werden sodann diverse Sozialabgaben in der Höhe von rund 24 % dazugeschlagen, was für 2017 gerundet Fr. 48.– ergibt. Um den unterschiedlichen Verwendungszwecken als auch den Regionen Rechnung zu tragen, wird ein Streubereich von +/- 10 % verwendet, was zum publizierten Resultat von 44.– bis 52.– Franken führt. Der damit errechnete Lohnansatz entspricht den Bruttolohnkosten eines Angestellten zu Lasten des Arbeitgebers. Dieser Ansatz kann bei ausserlandwirtschaftlichen Einsätzen geltend gemacht werden, sofern die Arbeit in einem Angestelltenverhältnis oder unter Betreuung des Arbeitgebers geleistet wird.

² Bis 2008 wurde dazu der variable Hypothekarzinsatz verwendet.

Tabelle 5: Sozialkosten zu Lasten Arbeitgeber

Sozialabgaben	Zuschlag
AHV, IV, EO ³	5,05 %
Arbeitslosenversicherung	1,00 %
FLG-Beitrag ⁴	2,00 %
Verwaltungskosten	0,03 %
Pensionskasse, BVG ⁵	5,00 %
Betriebsunfall, inkl. Karenztage	3,50 %
Krankentaggeldversicherung	0,30 %
Unumgängliche Absenzen	1,00 %
Lohn für Schlechtwetterausfall	2,80 %
Haftpflichtversicherung	1,60 %
Personalbeschaffung und Ausbildung	2,00 %
Total	24,28 %

Tritt die Landwirtin oder der Landwirt als Unternehmer auf, der das volle Risiko trägt, kann ein Regieansatz geltend gemacht werden, der bezogen auf die Bruttolohnkosten weitere 33,5 % Zuschlag vorsieht (vgl. Tab. 6). Bezogen auf den ausserlandwirtschaftlichen Grundansatz von Fr. 39.– beträgt damit der Zuschlag im Unternehmerverhältnis rund 66 %, der wiederum in einer Spannweite von +/- 9 % angegeben wird, was eine Spanne von 59.– bis 70.– Franken ergibt.

Tabelle 6: Lohnzuschläge im Unternehmerverhältnis bezogen auf den Bruttolohn

Kostenposition	Zuschlag
Allgemeine Betriebskosten	20,0 %
Verwaltungskosten	6,0 %
Risikozuschlag	7,5 %
Total	33,5 %

4.1.5 Gebäudekosten

Für zwei Remisetypen (feuersichere Remise und Holzremise) werden die Neuwerte auf Basis von Preiserhebungen⁶ je Kubikmeter Raumvolumen kalkuliert. Für die Kalkulation werden die Jahreskosten mit einem Abschreibungssatz von 3,3 % (30 Jahre), einem mittleren Zinssatz in Abhängigkeit des aktuellen hypothekarischen Referenzzinssatzes (siehe Kapitel 4.1.3), 0,3 % Reparatur- und Unterhaltskosten und 0,1 % für die Feuerversicherung ermittelt.

4.1.6 Feuerversicherung

Bei allen Maschinen wird eine Feuerversicherungsprämie von 0,2 % des Neuwertes angenommen und entspricht damit dem doppelten Ansatz einer üblichen Gebäudeversicherungsprämie. Eine Umfrage von Agroscope bei drei Versicherungen im Jahre 2018 ergab einen Mittelwert von 0.16 %, was die Annahme bei einer vereinfachenden Rundung weitgehend bestätigt.

³ Alters- und Hinterlassenenversicherung (AHV), Invalidenversicherung (IV), Erwerbsersatzordnung (EO)

⁴ Familienzulagen (FLG)

⁵ Bundesgesetz über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVG)

⁶ Als Basis diente der letztmalig im Jahr 2007 überarbeitete Preisbaukasten (Hilty et al. 2007) sowie neuere Erhebungen von Agroscope, die allerdings nicht mehr standardmässig durchgeführt werden.

4.2 Maschinenspezifische Grunddaten

4.2.1 Auswahl der Maschinentypen

Ein Maschinentyp ist definiert mit einer bestimmten Funktion (Arbeit) und einer entsprechenden Leistung (Arbeitsleistung, Nennleistung). Eine Maschinengruppe besteht aus Maschinentypen mit gleicher Funktion oder gleichem Einsatzgebiet. Die im Bericht vertretenen Maschinentypen oder Maschinengruppen werden von verschiedenen Fachpersonen von Agroscope und weiteren Institutionen betreut, wobei die Auswahl der Maschinen und die regelmässige Preiserfassung die wichtigsten Aktivitäten darstellen.

Für die Aufnahme eines Maschinentyps in den Maschinenkostenbericht gelten folgende Kriterien:

- als Serienprodukte in der Schweiz erhältlich⁷
- seit mehreren Jahren präsent
- überregionale Bedeutung (in mehreren Regionen präsent)

Maschinen können aus der Maschinenliste gestrichen werden, sofern sie auf dem Markt nicht mehr angeboten werden und für den überbetrieblichen Einsatz nicht mehr relevant sind.

Neue Maschinentypen werden in den Maschinenkostenbericht integriert, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Mehrere Rückmeldungen/ Anregungen von Landwirten/ Lohnunternehmen oder Maschinenberatern sind bei Agroscope eingegangen.
- Preislisten bzw. Firmenangebote, die die technologischen Entwicklungen auf dem Markt widerspiegeln, liegen vor.

4.2.2 Arbeitsleistung

Die Arbeitsleistung („Schlagkraft“) wird in „Anzahl Arbeitseinheiten je Stunde“ (Bsp. Hektaren je Stunde) angegeben (reziproker Wert der „Arbeitszeit pro Arbeitseinheit“; Bsp. Stunden je Hektare). Die Angaben basieren auf LabourScope - dem aktuellen Arbeitsvoranschlag der Forschungsgruppe Automatisierung und Arbeitsgestaltung von Agroscope. Die verwendeten Annahmen widerspiegeln typische Einsatzverhältnisse. Um Vergleiche unterschiedlicher Verfahren zu gewährleisten, werden bei den Arbeitszeiten nur die Feldarbeitszeiten berücksichtigt, was der eigentlichen „Maschinenleistung“ oder „Schlagkraft“ entspricht. Ein weiterer Grund hierfür ist, dass keine „typischen“ Rüst- und Störzeiten definiert werden können. Auch die Wegzeiten sind in den Arbeitsleistungen nicht berücksichtigt. Einzige Ausnahme hierbei sind die Transportmaschinen der Viehwirtschaft (Futter-, Mist- und Gülletransportmaschinen), für welche die Annahme einer Hof-Feld-Entfernung von 1000 Meter verwendet wird⁸.

- Zur Berechnung ganzer Maschinenverfahren mit mehreren involvierten Maschinen und Einschluss der Lohnkosten für deren Bedienung ist die Angabe einer Arbeitsleistung unabdingbar.

⁷ Maschinen, die entweder von Käuferinnen und Käufern in Eigenarbeit erstellt, direkt importiert oder von Importeuren auf speziellen Wunsch eingeführt werden, stehen nicht im Vordergrund.

⁸ Auch bei den Transportmaschinen für die Viehwirtschaft sind die Rüst- und Störzeiten nicht enthalten.

4.2.3 Mittlerer Anschaffungspreis

Ein Maschinentyp wird in der Regel von mehreren Herstellerfirmen oder Marken angeboten. Eine Herstellerfirma beziehungsweise Marke kann wiederum mehrere Fabrikate des entsprechenden Maschinentyps anbieten. Diese können sich in der Ausrüstung oder Materialqualität unterscheiden.

Der mittlere Anschaffungspreis der Maschinentypen basiert auf einem Katalogpreis (Brutto-Neupreis). Aus Ressourcengründen ist eine Vollerhebung der Maschinenpreise nicht möglich. Das Ziehen einer repräsentativen Stichprobe scheidet ebenfalls aus, da es kaum ausreichende Informationen über die Grundgesamtheit (vollständige Preislisten aller Anbietenden mit allen Maschinentypen) gibt. Aus der Vielfalt der Angebote gilt es möglichst typische und weit verbreitete Fabrikate mit der jeweilig üblichen Zusatzausrüstung auszuwählen. In der Stichprobe sollen sowohl teure Fabrikate (überdurchschnittlich gut ausgestattet, bessere Materialqualität) als auch günstige Fabrikate (knapp ausgestattet, „Low-Cost“-Varianten) vertreten sein. Weiter gilt es zu gewährleisten, dass die Auswertung aufgrund der verfügbaren Preislisten mit einem verhältnismässigen Aufwand zu bewerkstelligen ist. Schliesslich ist für den Stichprobenumfang das Investitionsvolumen relevant (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Stichprobenerhebung bei Neupreiserfassungen

Investitionsvolumen in Franken	Stichprobe
< 20 000.–	2 Marken* oder Fabrikate
20 000 – 40 000.–	3 Marken* oder Fabrikate
> 40 000.–	4 Marken* oder Fabrikate

*Wenn möglich sollen unterschiedliche Marken berücksichtigt werden, sofern diese eine grössere Verbreitung aufweisen.

Von dem beschriebenen Ablauf kann es aus folgenden Gründen Abweichungen geben:

- Wenn von einem Maschinentyp nur wenige Fabrikate (eins oder zwei) auf dem Markt sind, können die Anforderungen aus Tabelle 7 nicht erfüllt werden. Die wenigen verfügbaren Angaben werden verwendet, allenfalls wird der Anbieter dieses Maschinentyps in Einzelfällen auch mindestens ein Käufer direkt mündlich oder schriftlich nach dem Anschaffungspreis befragt.
- Falls für ein verbreitetes Fabrikat, das nach wie vor angeboten wird, keine Preislisten zugänglich sind, erfolgt der Ersatz durch ein gleichwertiges Produkt einer anderen Marke.
- Bei Fabrikaten, die nicht mehr produziert bzw. verkauft werden (Auslaufmodell), erfolgt ein Ersatz durch ein ähnliches Fabrikat.
- Für Maschinentypen, die nicht mehr produziert bzw. verkauft werden, erfolgt eine Fortführung der Preisangaben über maximal fünf Jahre, bevor der Maschinentyp aus dem Maschinenkostenbericht gelöscht wird. Ausnahmen sind möglich, insbesondere dann, wenn es sich um eine relevante und weit verbreitete Maschine handelt.
- Sind für Maschinen mit grossem Investitionsvolumen mehr als vier Fabrikate verfügbar (z. B. Traktoren) können auch zusätzliche Fabrikate berücksichtigt werden.

Die Preiserfassung findet grundsätzlich alle zwei Jahre statt. Bei weitgehend stabilen Preisen, bedingt durch stabile Rohstoffpreise und stabile Wechselkurse, können auch drei oder vier Jahre zwischen zwei Preiserfassungen liegen. Für Jahre, in denen keine Preiserfassung stattfindet, werden im Rahmen einer Schätzung die Preise der Vorjahre übernommen. In Preiserfassungsjahren können die geschätzten (Vorjahres-)Preise erneut angepasst werden, sofern zwischen den beiden Preiserfassungsjahren deutliche Differenzen festzustellen sind. Die Schätzpreise, sowohl neu erhobene als auch fortgeschriebene Preise, beeinflussen die Mittelwertbildung, wobei grosse Schwankungen aufgrund der Bildung eines Zehn-Jahresmittels vermieden werden können (s. auch Ausführungen am Ende des Unterkapitels).

Sämtliche Preiserfassungen beziehen sich auf die Katalogpreise (Brutto-Neupreis), obwohl vielfach Rabatte gewährt werden – offen oder versteckt in Verrechnung mit einer Eintauschmaschine. Euro-Preise basierend auf Euro-Preislisten werden nach dem Mittelkurs der letzten 180 Tage ausgehend vom Monat Mai in CHF umgerechnet (November des Vorjahres bis Mai des Erfassungsjahres).

Die Vernachlässigung von Rabatten ist notwendig, da diese nicht systematisch erfasst werden können und die Vergleichbarkeit der Angebote nicht gewährleistet wäre.

Der im Maschinenkostenbericht veröffentlichte Anschaffungspreis stellt den Mittelwert der letzten zehn Jahre dar⁹. Er bezieht sich nicht auf das Erscheinungsjahr des Berichts, was dem Wiederbeschaffungspreis entsprechen würde, sondern stellt den Mittelwert der letzten zehn Jahre dar. Die Verwendung des Wiederbeschaffungspreises in Form eines aktuellen Neupreises wäre aus mehreren Gründen problematisch:

- Die gesamte Maschinenkalkulation richtet sich nach den Ist-Kosten und nicht nach Plankosten ausgehend vom Neupreis.
- Der Wiederbeschaffungspreis ist bei Maschinen schwer festzulegen, da oftmals in eine ganz andere Maschinenkategorie (mit höherer Schlagkraft) investiert würde.
- Maschinen werden über mehrere Jahre genutzt, sodass für die Preisfestlegung auch ein grösserer Zeitraum zu betrachten ist.
- Im Unterschied zu einer Ein-Jahres-Erfassung treten mit der Berücksichtigung einer breiteren Zeitspanne deutlich weniger Schwankungen auf – einerseits beim Anschaffungspreis aber auch beim Entschädigungsansatz. Schwankungen aufgrund von Währungsunterschieden oder Materialverteuerungen (Stahl) haben so einen kleineren Einfluss. Diese Glättung der Preise hat zudem den Vorteil, dass bei allfälligen Datenlücken (wie vorgängig beschrieben) trotzdem ein aussagekräftiger Wert angegeben werden kann.
- Preise von Maschinentypen, die noch nicht zehn Jahre im Maschinenkostenbericht vertreten sind, werden nach den verfügbaren Jahresangaben gemittelt. Ein neu aufgenommenen Maschinentyp basiert folglich nur auf dem Preis des aktuellen Erfassungsjahres. Der Mittelwert für den Anschaffungspreis wird je nach Grösse der Zahl auf einfach zu merkende Zahlen gerundet.

4.2.4 Auslastung pro Jahr

Die Anzahl Arbeitseinheiten (AE) entsprechen der Anzahl Stunden, Hektaren oder Volumeneinheiten, die eine Maschine pro Jahr ausführt, was auch mit dem Begriff „Auslastung“ bezeichnet wird.

Da die Fixkosten und insbesondere der Anschaffungspreis einen gewichtigen Anteil an den gesamten Maschinenkosten ausmachen, hat die Auslastung für die Berechnung des Entschädigungsansatzes eine entscheidende Bedeutung. Für einen Entschädigungsansatz als Richtwert bedarf es jedoch einer Schätzung aufgrund möglichst typischer Gegebenheiten. Dabei muss dem Umstand Rechnung getragen werden, dass Maschinen im überbetrieblichen Einsatz eine überdurchschnittliche Auslastung aufweisen. Eine umfangreiche Untersuchung der Auslastung auf Basis einer Umfrage findet sich in Albisser et al. (2009), wobei die Auslastungen für 15 Maschinentypen verfügbar sind. Um eine realistische überbetriebliche Auslastung davon abzuleiten, wird jeweils das dritte Quartil (die 75. von 100 Maschinen) herangezogen. Die Allradtraktoren erreichten eine durchschnittliche Auslastung von 313 Stunden pro Jahr, wobei auch sehr alte Maschinen enthalten sind, die nahezu ausrangiert sind und folglich den Wert nach unten verzerren. Das dritte Quartil beträgt 496 Stunden. Bei den meisten Maschinentypen liegt die Auslastung des dritten Quartils im Vergleich zum Durchschnittswert um rund 50 % höher.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Auslastung von Allradtraktoren aus einer Erhebung der Internet-Plattform Agropool im November 2008 (Forschungsgruppe Betriebswirtschaft). Die 69 angebotenen Allradtraktoren im Alter von 10 bis 14 Jahren wiesen eine durchschnittliche Auslastung von 346 Stunden pro Jahr aus. Im Jahre 2018 wurden 1581 Traktoren und Zweiachsmäher auf gleiche Weise erhoben. Die durchschnittliche

⁹ Dabei wird angenommen, dass die Anzahl der Verkäufe pro Maschinentyp über die Jahre konstant bleibt. Anderenfalls müssten die Preise der einzelnen Jahre (unterschiedlich) gewichtet werden.

Auslastung betrug dabei 381 Stunden und hat sich offenbar in den letzten 10 Jahren nicht wesentlich verändert.

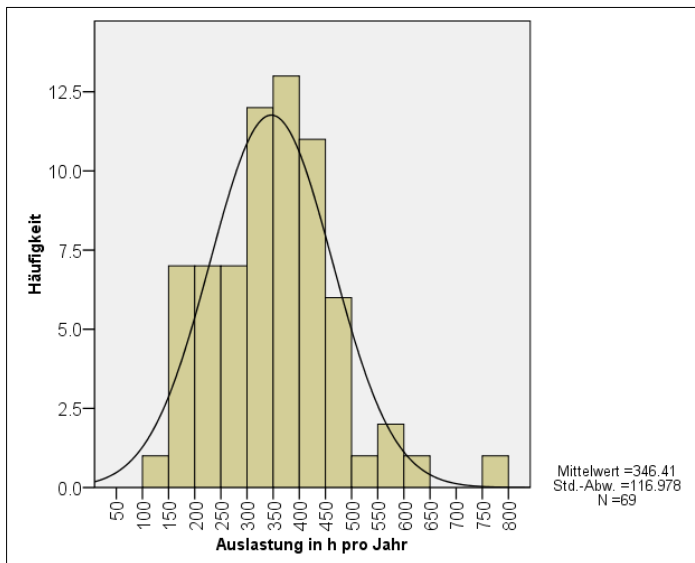


Abbildung 1: Auslastung von 69 Allradtraktoren im Alter von 10 bis 14 Jahren (Quelle: Agropool, November 2008).

4.2.5 Motorenbelastung

In der Praxis ist die effektiv abgegebene Leistung der Motorfahrzeuge deutlich kleiner als die maximale Nennleistung. Das Verhältnis der effektiven Traktorenleistung zur Nennleistung wird als Belastungsgrad bezeichnet.

Rinaldi et al. (2005) geben Anhaltspunkte für den Belastungsgrad von Traktoren bei verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten. Bei den 49 untersuchten typischen Arbeitsverfahren mit drei verschiedenen leistungsstarken Traktoren (50 kW, 62 kW und 78 kW) sind Rüstzeiten, Anfahrten und Störzeiten mitberücksichtigt. Die Tabelle 13 im Anhang zeigt, wie das Verhältnis der mittleren effektiven Traktorenleistung zur Nennleistung je nach Arbeit zwischen 1 % (Kartoffeln pflanzen) und 63 % (Grubbern) schwankt. Eine Häufigkeitsverteilung bei den verschiedenen Arbeitsverfahren zeigt Abbildung 2. Bei rund 80 % aller Arbeitsverfahren liegt der Belastungsgrad unter 35 %. Gut 70 % aller Arbeitsverfahren haben einen Belastungsgrad von weniger als 30 %. Der Mittelwert liegt bei 25 %. Der Median bei 22 %. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Verfahren in der Praxis unterschiedlich häufig durchgeführt werden. Da keine Gewichtung erfolgte, kann deshalb kein Durchschnitt für den Gesamtbetrieb abgeleitet werden. Zihlmann (1970) veranschlagte die durchschnittliche Motorenbelastung mit 20 bis 30 %.

Im Maschinenkostenbericht wird mit Ausnahme der Transportfahrzeuge (Futter- und Hofdüngertransport) ausschliesslich die Feldarbeitszeit berücksichtigt. Während der Feldarbeitszeit wird der Motor stärker belastet als während der Rüst- und Störzeit und oft auch mehr als während der Wegzeit. Insofern ist es gerechtfertigt, von einem mittleren Belastungsgrad von 40 % für die reine Feldarbeit auszugehen.

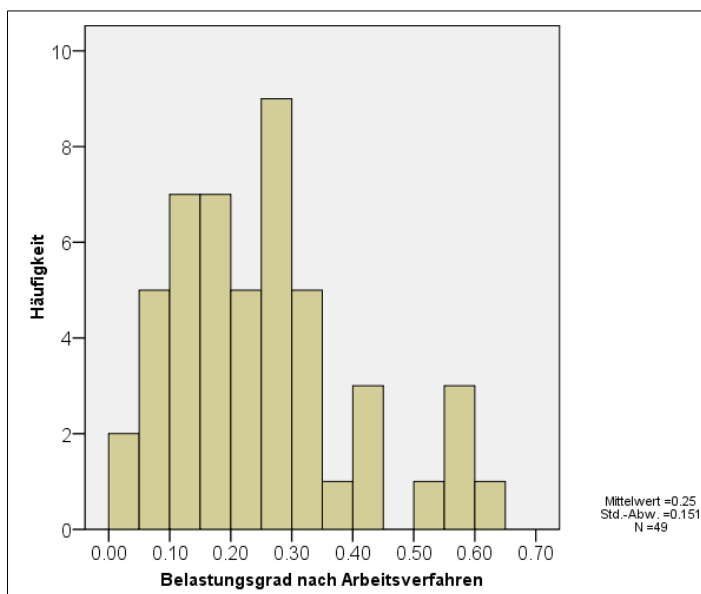


Abbildung 2: Verteilung der Belastungsgrade auf 49 verschiedene Arbeitsverfahren unter Berücksichtigung von Weg-, Rüst- und Störzeiten (nach Rinaldi et. al., 2005).

4.2.6 Nutzungsdauer

Für die Nutzungsdauer sowohl nach Zeit in Jahren als auch nach Arbeit in Arbeitseinheiten liegen keine empirischen Angaben vor. Es handelt sich hier um langjährig verwendete Annahmen, die teilweise mit ähnlichen Datenwerken aus Nachbarländern (z. B. KTBL 2018) abgestimmt sind.

4.2.7 Reparatur- und Unterhaltsfaktor RUF

Die Reparatur- und Unterhaltskosten umfassen drei Bereiche: Reparaturen, Service und Wartung. Zu den Reparaturen zählen vorwiegend unvorhergesehene Ereignisse, die den Betrieb der Maschine stören oder verunmöglichen. Dabei handelt es sich um Unfälle, Materialversagen, Motor- oder Getriebschäden, aber auch Folgeschäden aufgrund ungenügenden Unterhalts. Im Service sind der regelmässige nötige Austausch abgenutzter Maschinenteile wie Pneus oder Filter als auch die entsprechenden Service-Arbeiten enthalten. Schliesslich umfasst die Wartung regelmässige Unterhaltsarbeiten wie die Reinigung oder das Schmieren. Da es schwierig ist, eine allgemeingültige Unterscheidung dieser drei Kategorien zu definieren, werden alle entsprechenden Aufwände zu den Reparatur- und Unterhaltskosten zusammengefasst. Diese Kosten umfassen sowohl die Rechnungen von Landmaschinenwerkstätten als auch die Kosten, die auf dem landwirtschaftlichen Betrieb anfallen. Letztere setzen sich aus Materialkosten und der Entschädigung der eigenen Arbeit zusammen¹⁰.

Die Reparatur- und Unterhaltskosten stellen die heikelste Kostenposition bei der Maschinenkostenberechnung dar, denn diese Kosten haben die Tendenz, mit dem Alter der Maschine anzusteigen (Rotz 1987, Lips 2017). Im Hinblick auf eine einfache Anwendung in der Praxis werden die gesamten Reparatur- und Unterhaltskosten, die während der Nutzungsdauer nach Arbeit anfallen, mit dem Reparatur- und Unterhaltsfaktor (RUF) zusammengefasst. Dieser gibt die akkumulierten Reparatur- und Unterhaltskosten für die ganze Nutzungsdauer als Bruchteil des Anschaffungspreises an.

Für wichtige Maschinengruppen hat Agroscope die RUF berechnet. Auf Basis von Umfragedaten (Albisser et al. 2009) werden dazu mittels Regression in einem ersten Schritt die jährlichen Reparatur- und Unterhaltskosten geschätzt. Für Allradtraktoren resultiert beispielsweise die folgende Potenzfunktion für die jährlichen Reparatur- und Unterhaltskosten (y) ausgedrückt als Bruchteil des Anschaffungspreises (Lips und Burose 2012):

$$y = 0.0012 \times \text{Auslastung}^{0.51} \times \text{Alter}^{0.28} \times \text{PS}^{-0.21} \quad (1)$$

¹⁰ Eine Unterscheidung zwischen Fremdkosten und Eigenkosten ist auf allgemeiner Basis nicht möglich, da die Ausführung der Reparatur- und Servicearbeiten zwischen den Betrieben stark variieren kann. So können beispielsweise Servicearbeiten auf dem Betrieb aber auch in der Landmaschinenwerkstätte erfolgen.

Die Reparatur- und Unterhaltskosten werden von der Auslastung (gemessen in Betriebsstunden als Arbeitseinheit), vom Alter in Jahren und von der Motorenleistung gemessen in Pferdestärken (PS) beeinflusst. Die Exponenten geben wichtige Hinweise auf den Kostenverlauf. Der Exponent der Auslastung ist deutlich kleiner als 1, das heisst die Kosten steigen mit zunehmender Auslastung unterproportional an. Entsprechend führt eine hohe Auslastung zu tieferen Reparatur- und Unterhaltskosten pro Betriebsstunde. Bei der Motorenleistung ist der Exponent negativ, das heisst die Kosten steigen unterproportional zur Traktorengrösse gemessen in PS.

Die Kostenfunktion muss nun für sämtliche Einsatzjahre aggregiert werden, was den RUF ergibt¹¹. Da die Auslastung einen substantziellen Einfluss hat, wird der RUF für verschiedene Einsatzvarianten, das heisst Kombinationen der jährlichen Auslastung und dazu passender Einsatzdauer gerechnet. Dazu wird eine komplette Ausschöpfung der Nutzungsdauer nach Arbeit (bei den Traktoren 10 000 Betriebsstunden) angenommen. In Tabelle 8 werden die RUF verschiedener Einsatzvarianten für den 70-kW-Allradtraktor (95-PS-Traktor, Nr.1005 im Maschinenkostenbericht und Tabellen 2 und 3) unterstellt, wobei der beachtliche Einfluss der jährlichen Auslastung deutlich hervortritt. Wenn der Traktor mit jährlich 400 Betriebsstunden während 25 Jahren eingesetzt wird, resultiert ein RUF von 0,46. Erhöht man die jährliche Auslastung auf 450 Betriebsstunden, was der Annahme im Maschinenkostenbericht entspricht und die Einsatzdauer auf 22,2 Jahre verkürzt, fällt der RUF um 0,04 kleiner aus (0,42). Die höhere Auslastung führt über die gesamte Einsatzdauer gesehen zu einer Kostenreduktion der Reparatur- und Unterhaltskosten von 4 % des Neuwerts. Für die Reparatur- und Unterhaltskosten spielt es daher eine wichtige Rolle, in welchem Zeitraum die Nutzungsdauer nach Arbeitseinheiten erfolgt. Einschränkend gilt es zu erwähnen, dass in der Untersuchung verschiedene Einflussfaktoren für Reparaturen aus Datengründen nicht berücksichtigt werden konnten. Neben den Einsatzbedingungen (z. B. Bodenbeschaffenheit für Ackerbaugeräte) betrifft dies vor allem die Qualifikation und Routine der Fahrer.

Tabelle 8: Reparatur- und Unterhaltsfaktor für 70-kW-Allradtraktor

Auslastung in Betriebsstunden pro Jahr	Einsatzdauer in Jahren	RUF
1000	10	0,22
667	15	0,31
500	20	0,39
450	22,2	0,42
400	25	0,46
333	30	0,54
286	35	0,60
250	40	0,67
222	45	0,73

Für 15 Maschinengruppen liegen RUFs vor: Traktoren, Zweiachsmäher, Transporter, Transportanhänger, Pflüge, Eggen ohne Antrieb, Eggen mit Antrieb, Sämaschinen, Einzelkornsämaschinen, Feldspritzen, Miststreuer, Mistkran, Güllefässer, Kreiselmäher und Ladewagen (Lips und Burose 2012; Lips 2013a; Lips 2013b).

Für den Maschinenkostenbericht kann nur eine Einsatzvariante angegeben werden. Entsprechend wird für den RUF die Auslastung des Maschinentyps und die dazu passende Einsatzdauer verwendet (beispielsweise 450 Betriebsstunden für den 70-kW-Traktor). Aus verschiedenen Gründen stellen die berechneten RUF Minimalwerte dar. Einerseits fehlen in den verwendeten Umfragedaten die Arbeitszeiten für Reparaturen auf dem Betrieb. Die entsprechenden Arbeitskosten können demnach nicht berücksichtigt werden. Andererseits ist es möglich, dass einzelne Reparaturen oder Wartungsarbeiten in der Umfrage versehentlich nicht angegeben wurden. Folglich ist ein Aufrunden notwendig. Diesbezüglich wurden auch die Mitglieder

¹¹ Um die Komplexität zu reduzieren, werden im Gegensatz zu Lips und Burose (2012) die jährlichen Kostenfunktionen nicht aggregiert, sondern integriert, was zu geringfügigen Abweichungen führt. Als zusätzlicher Vorteil entfällt bei den Einsatzvarianten die Einschränkung nach einer ganzzahligen Einsatzdauer in Jahren.

der „Begleitgruppe Maschinenkostenbericht“ konsultiert, die bis 2014 Bestand hatte. Als Ergebnis resultierten für die 15 Maschinengruppen Aufschläge zwischen 10 und 50 % der berechneten RUF. Für Traktoren beträgt der Aufschlag beispielsweise 30 %. Um der beschränkten Genauigkeit Rechnung zu tragen, werden die korrigierten RUFs auf den nächsten durch 0,05 teilbaren Wert gerundet. (Für den 70-kW-Traktor resultiert ein RUF von 0,55).

Innerhalb der 15 Maschinengruppen werden die RUFs nur dann spezifisch berechnet, wenn der Maschinentyp auch im Umfragesample vorhanden ist. Bei den Traktoren werden beispielsweise die RUF bis zu einer Leistung von 97 kW berechnet. Darüber fehlt die empirische Grundlage. Da die RUF mit zunehmender Maschinengrösse – im vorliegenden Fall Leistung – abnehmen, wird der Wert des leistungsstärksten noch berechneten Typs für die folgenden Typen fortgeschrieben, was eine konservative Schätzung darstellt.

Die RUFs der 15 Maschinengruppen wurden für den Maschinenkostenbericht 2012 (Gazzarin und Lips 2012) erstmals verwendet. Für alle Maschinengruppen, für die (damals und heute) keine geschätzten RUF vorliegen, darunter Kreiselheuer, Feldhäcksler und Pressen, wurden die Angaben der Reparaturen einerseits und der Wartung andererseits aus dem Maschinenkostenbericht 2011 (Gazzarin 2011) zusammengezählt. Da die Reparatur- und Unterhaltskosten in den letzten Jahrzehnten tendenziell gesunken sind (siehe Bruhn 2000), wurden die resultierenden Werte auf den nächsten durch 0,05 teilbaren Wert abgerundet. Der RUF untersteht angesichts des technischen Fortschritts einem dynamischen Prozess und wird idealerweise mittels Umfragen regelmässig aktualisiert.

4.2.8 Gebäudebedarf

Der Gebäudebedarf berechnet sich aufgrund des Volumens der Maschine und eines Raumzuschlags. Der Raumzuschlag entspricht dem Funktionsraum, der maschinenspezifisch in Abhängigkeit von Nutzungsbedarf und –häufigkeit sowie der Arbeitssicherheit bemessen wird. So muss je nach Maschine mehr oder weniger Raum für die Zugänglichkeit und Manövrierfähigkeit zu Verfügung stehen. Die genauen Angaben mit den Abmessungen und Zuschlägen sind von Ammann et al. (2002) dokumentiert. Je nach Maschine bewegt sich der seitliche Freiraum zwischen 15 und 75 cm.

4.2.9 Versicherungsprämien

Für selbstfahrende Motorfahrzeuge ist eine Haftpflichtversicherung obligatorisch. Zur Bestimmung der entsprechenden Versicherungsprämien werden von mindestens drei Versicherungsgesellschaften alle 5 bis 8 Jahre Offerten eingeholt. Eine Aktualisierung erfolgt mindestens alle fünf Jahre. Die Prämiensätze sind so gewählt, dass bei Dritten eine Schadenshöhe von 10 Mio. Franken abgedeckt ist.

4.2.10 Steuern und Gebühren

Für selbstfahrende Motorfahrzeuge fallen die jährlichen Strassenverkehrssteuern an. Zusätzlich müssen für weitere Fahrzeuge mit Nummernpflicht Gebühren entrichtet werden (z. B. für Autoanhänger, Pressen). Dazu werden die Angaben von mindestens sechs landwirtschaftlich bedeutenden Kantonen verwendet (Maschinenkostenbericht 2018: Kantone AG, BE, GR, LU, SG, TG und ZH). Mindestens alle fünf Jahre erfolgt eine Aktualisierung.

4.2.11 Hilfsstoffe

Die Hilfsstoffe werden in derselben Spalte wie der Treibstoff aufgeführt und fallen typischerweise bei nicht-motorisierten Maschinen an. Die Preise der Hilfsstoffe wie Garne, Netze und Folien sowie für einige weitere Spezialgeräte werden jährlich erhoben. Hierfür werden die Preisangaben von mindestens zwei relevanten Anbietern berücksichtigt.

5 Berechnung der einzelnen Kostenpositionen

5.1 Drei Kostenarten

Bei der Maschinenkostenberechnung unterscheiden wir drei Kostenarten: Fixe Kosten (vom Gebrauch unabhängige), Variable Kosten (vom Gebrauch abhängige) sowie der Verwaltungs- und Risikozuschlag.

5.2 Fixe Kosten

Die Fixkostenpositionen werden für die Berechnung der Jahreskosten summiert. Sie werden in einem hohen Masse durch die Abschreibung beziehungsweise den Anschaffungspreis bestimmt. An zweiter Stelle folgen die Zinsen, während Versicherungen, Gebühren und Gebäudekosten etwas weniger ins Gewicht fallen.

5.2.1 Abschreibung

Die Abschreibung erfasst die Wertminderung einer Maschine ausgehend von einem definierten Anschaffungspreis. Aus buchhalterischer Sicht ist es gerechtfertigt, in den ersten zwei bis drei Jahren grössere Abschreibungen vorzunehmen. Bei der Kostenkalkulation für den Maschinenkostenbericht ist es jedoch zweckmässiger, eine gleichmässige Abschreibung vorzunehmen. Die Wertminderung einer Maschine erfolgt durch:

- Technische Abnutzung oder Verschleiss – in Abhängigkeit der Auslastung bzw. der Anzahl AE, aber auch allfällige Abnutzung der Maschine bei Nichtgebrauch.
- Technisches Veralten – in Abhängigkeit der Entwicklungszeit von neuen, technisch weiter entwickelten Maschinen (technischer Fortschritt).

Generell wird auch analog von der technischen Nutzungsdauer (Lebensdauer) nach Arbeit (in Arbeitseinheiten) und von der ökonomischen Nutzungsdauer nach Zeit (in Jahren) gesprochen (Zihlmann 1970). Die Abschreibungsdauer kann nun durch den Verschleiss oder durch das Altern begrenzt werden.

Maschinen mit einer sehr hohen jährlichen Auslastung sind abgenutzt, bevor sie technisch veraltet sind. Sie werden mit der technischen Nutzungsdauer nach AE (nachträglich mit «n» bezeichnet) abgeschrieben. Umgekehrt sind weniger ausgelastete Maschinen technisch veraltet, bevor sie verschlissen oder abgenutzt sind. Sie werden mit der (ökonomischen) Nutzungsdauer nach Zeit (N) in Jahren abgeschrieben.

In diesem Zusammenhang gilt es, die Auslastungsschwelle zu berechnen. Die Auslastungsschwelle entspricht jener Anzahl AE pro Jahr, ab der eine Abschreibung nach Arbeit (bzw. AE) vorzunehmen ist. Liegt die tatsächliche Auslastung unter dieser Auslastungsschwelle, erfolgt immer eine Abschreibung nach Zeit.

Die Auslastungsschwelle (AS) für den 70-kW-Traktor wird folgendermassen berechnet:

$$AS = \frac{n}{N} = \frac{10\,000\text{h}}{15\text{ Jahre}} = 667\text{h/Jahr} \quad (2)$$

wobei:

P = Fr. 90 000.–, Neupreis

N = 15 Jahre; ökonomische Nutzungsdauer, Nutzungsdauer nach Zeit

n = 10 000 Stunden; technische Nutzungsdauer, Nutzungsdauer nach Arbeit

Pro Jahr werden Fr. 6000.– abgeschrieben (Fr. 90 000.–/15 Jahre), womit die Maschine auf null Franken abgeschrieben wird, das heisst, es gibt keinen Restwert.

Erreicht der Traktor pro Jahr zum Beispiel eine Auslastung von 1000 Stunden, verkürzt sich die Abschreibungsdauer. Diese neue Abschreibungsdauer (AD) berechnet sich folgendermassen:

$$AD = \frac{n}{AE} = \frac{10\,000\text{h}}{1000\text{h/Jahr}} = 10\text{ Jahre} \quad (3)$$

Die jährliche Abschreibungssumme beträgt damit Fr. 9000.–/Jahr (Fr. 90 000.–/10 Jahre), während bei einer jährlichen Auslastungen unter 667 Stunden Fr. 6000.– belastet werden.

Aufgrund der eher kleinstrukturierten Verhältnisse in der Schweiz sind die Maschinen häufig technisch veraltet, bevor sie technisch abgenutzt sind, das heisst, die Auslastungsschwelle wird nicht erreicht. Im Maschinenkostenbericht erfolgt deshalb eine Abschreibung anhand der ökonomischen Nutzungsdauer (nach Zeit), die folglich der „Abschreibungsdauer“ gleichgesetzt werden kann.

Wird die Auslastungsschwelle nicht erreicht, kann der tatsächliche Auslastungsgrad in Prozent der technisch möglichen Auslastung angegeben werden. Für die Berechnung des Auslastungsgrades (AG) in Prozent wird die jährliche Auslastung (AS), die technische Nutzungsdauer (n) und die (ökonomische) Nutzungsdauer nach Zeit (N) benötigt.

$$AG = \frac{(N \times AS)}{n} \quad (4)$$

Am Beispiel eines Traktors, der mit 15 Jahren 5700 Stunden erreicht hat (380 h/ Jahr), ergibt sich damit folgender Auslastungsgrad:

$$AG = \frac{15 \text{ Jahre} \times 380 \text{ h/Jahr}}{10\,000 \text{ h}} = 0,57 = 57\% \quad (5)$$

Je nach technischer Abnutzung (Anzahl AE/ Jahr) ist dabei die Abschreibung auf einen Restwert (siehe nächster Abschnitt) gerechtfertigt, sofern für die Maschine noch eine Nachfrage besteht.

5.2.2 Restwert

Bei vielen Maschinen ist es üblich, dass diese länger als die Abschreibungsdauer (ökonomische Nutzungsdauer) eingesetzt bzw. genutzt werden. Liegt der Auslastungsgrad einer Maschine nach absolvierter Abschreibungsdauer zum Beispiel bei 60 %, ist sie technisch noch nicht ausgenutzt und hat folglich auch einen Wert. Gerade in der sehr heterogenen Betriebsstruktur der Schweizer Landwirtschaft kann somit eine für Betrieb A veraltete Maschine für Betrieb B durchaus noch einen ökonomischen Nutzen haben (z. B. Auslaufbetriebe, kleinstrukturierte Betriebszweige aufgrund erhöhter Diversifikation, Arbeitseinsparung durch günstige Occasionsmaschinen). Dabei ist grundsätzlich zu bemerken, dass eine komplette Berechnung der Maschinenkosten erst möglich ist, wenn der Restwert bekannt ist. Insofern empfiehlt es sich, auch bei einer privaten Maschinenkostenberechnung, dass der Restwert vorgängig geschätzt wird, sofern die Maschine vor Ablauf der technischen Nutzungsdauer eingetauscht oder verkauft wird.

Rein rechnerisch entspricht die Berücksichtigung eines Restwertes einer Verlängerung der Abschreibungsdauer, wobei hier keine lineare Beziehung besteht. Eine Halbierung des Restwertes kann in der Praxis nicht mit einer Verdoppelung der Nutzungsdauer gleichgesetzt werden. Das technische Veralten wirkt sich in den ersten Jahren stärker auf den Restwert aus als in späteren Jahren. In beiden Fällen (Restwert oder Verlängerung der Nutzungsdauer) wird der jährliche Abschreibungsbetrag jedoch mehr oder weniger reduziert. Eine Verlängerung der ökonomischen Nutzungsdauer kann je nach Betriebssituation zwar realistisch sein. Im Rahmen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes soll die Abschreibungszeit jedoch eher der gängigen Buchhaltungspraxis entsprechen. Massgebend hierfür ist der technische Fortschritt, der insbesondere bei überbetrieblich eingesetzten Maschinen besser ausgenutzt werden kann. Dies gewährleistet in der Regel eine bessere Arbeitsqualität, eine höhere Schlagkraft oder eine bessere Kompatibilität zu anderen Maschinen.

Für eine realitätsnahe Kalkulation des Restwertes (R) ist nicht nur der Auslastungsgrad, sondern auch das Alter der Maschine bzw. die Nutzungsdauer in Jahren (N) massgebend. Insofern darf keine lineare Beziehung zwischen Restwert und Auslastungsgrad bestehen, da die Maschine gerade in den ersten Jahren überproportional an Wert verliert. Diesem Umstand wird mit einer Obergrenze des Restwertes Rechnung getragen, der dann mit zunehmendem Auslastungsgrad gegen Null tendiert. Für die Berechnung des Entschädigungsansatzes ist somit eine standardisierte Restwertberechnung möglich, die auf Basis einer bereits definierten Abschreibungsdauer (Alter) erfolgt.

Anhaltspunkte für den Restwert geben die Rücknahmepreise bei Landmaschinenhändlern oder die Marktpreise auf dem Occasionsmarkt. Bei Letzteren ist ein Abzug in der Höhe der Wiederinstand-stellungs-kosten und der Händlermarge zu berücksichtigen¹². Die offizielle Rücknahmepreisliste des Schweizerischen Landmaschinen-Verbandes (SLV/ ASMA 2016) erfasst Traktoren, Mähdrescher und Pressen. Die Werte können durchaus auch als Basis für übrige Landmaschinen angewendet werden. Ein Beispiel soll dies

¹² Um die Maschine wieder verkaufen zu können, sind Service- und Reinigungsarbeiten notwendig, möglicherweise auch grössere Reparaturen.

illustrieren: Die Rücknahmepreise für abgeschriebene (12-jährige) Maschinen liegen zwischen 10 und 20 % des ehemaligen Neuwertes. Die dementsprechenden Marktpreise auf dem Occasionsmarkt schwanken stark und liegen zum Beispiel bei 10 bis 14-jährigen Allradtraktoren mehrheitlich zwischen 40 und 60 % des Neuwertes.

Wird bei einem Traktor (Anschaffungspreis Fr. 90 000.–) nach $N = 15$ Jahre ein Restwert (R) von 20 % eingerechnet (Fr. 18 000.–), können die jährlichen Abschreibungen (A) basierend auf Neupreis P folgendermassen berechnet werden:

$$A = \frac{P - R}{N} \quad (6)$$

Bestimmung des Restwerts

Die Berechnung des Restwertes erfolgt nach den Richtgrössen gemäss Tabelle 9. Der Maximalfaktor richtet sich nach den Rücknahmepreismempfehlungen des Schweizerischen Landmaschinenverbandes (SLV/ ASMA 2016).

Tabelle 9: Restwertfaktoren nach Abschreibungszeit in Abhängigkeit des Auslastungsgrades

Auslastungsgrad	Restwertfaktor
< 40 %	0,25
40–59 %	0,2
60–74 %	0,15
75–84 %	0,1
85–89 %	0,05
= > 90 %	0

Im Maschinenkostenbericht wird mit einer vereinfachten Tabelle gerechnet, indem nur drei Stufen, 0,25 (< 60 %), 0,1 (60–84 %) und 0 (> 85 %) unterschieden werden. Gewisse Maschinengruppen (z. B. Grossernte-maschinen wie Mähdrescher) weichen zudem von diesen Richtgrössen ab. Ebenso Maschinen, die auf dem Occasionsmarkt kaum eine Nachfrage haben, sei es, weil sie veraltet sind oder eine Neuanschaffung eine eher geringe Investition bedeutet (z. B. Motorsägen). Diese haben einen Restwert-faktor von Null bis maximal 0,1.

5.2.3 Zins

Die Zinsen entsprechen der Entschädigung für die Nutzung des durch die Maschine gebundenen Kapitals. Mit der Wertminderung der Maschine bzw. der fortschreitenden Abschreibung reduziert sich auch das zu verzinsende Kapital und damit die jährlichen Zinsen. Entsprechend wird der Faktor von 0,6 für das gebundene Kapital verwendet (Kapitel 4.1.2).

$$\text{Zins} = 0,6 \times \frac{P \times Z}{100} \quad (7)$$

wobei:

P = Anschaffungspreis

Z = Zinssatz (Ausgangszinssatz)

Bezogen auf den 70 kW-Traktor mit einem Anschaffungspreis von Fr. 90 000.–, ergibt sich bei einem Zinssatz von 2 % ein Zins von Fr. 1800.–. Wird eine Maschine auf einen definierten Restwert abgeschrieben, erfolgt eine analoge Zinsberechnung für den „Anschaffungspreis abzüglich Restwert“. Da der Restwert über die Abschreibungsdauer konstant bleibt, wird er mit dem vollen Zinssatz separat verzinst. Dies gilt deshalb, weil das Kapital sozusagen in der Maschine „blockiert“ bleibt und erst mit dem Wiederverkauf der Maschine wieder zur Verfügung steht.

5.2.4 Gebäudekosten

Zur Berechnung der Gebäudekosten wird der Gebäudebedarf in Kubikmeter (Kap. 4.2.8) mit den Gebäudekosten pro Kubikmeter (Kap. 4.1.5) multipliziert.

Je nach Maschinentyp wird der Ansatz für eine feuersichere Remise oder eine Holzremise gewählt. Trotz unterschiedlicher kantonaler Regelungen gilt generell die Annahme, dass Maschinen mit Verbrennungsmotoren in feuersicheren Gebäuden eingestellt werden. Davon ausgenommen sind die grossen Erntemaschinen (z. B. Mähdrescher, Rübensvollernter, Selbstfahrhäcksler), für die auch eine Holzremise ausreicht. Dabei gilt die Voraussetzung, dass der Treibstofftank ausserhalb der Erntesaison entleert ist und die Batterien ausgebaut sind. Für die übrigen Maschinen und Geräte reicht eine Holzremise.

In den Nachbarländern ist das Vorgehen bezüglich Gebäudekosten für die Unterbringung von Maschinen unterschiedlich. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) berücksichtigt die Gebäudekosten bei der Maschinenkostenberechnung nicht. In Österreich und Frankreich werden die Gebäudekosten im Verhältnis zum Anschaffungspreis gesetzt. Eine Korrelation zwischen Anschaffungspreis und Gebäudebedarf ist jedoch in vielen Fällen nicht gegeben (z. B. Anhänger, Pressen), weshalb es angezeigt ist, den Platzbedarf der Maschinen abzuschätzen.

5.2.5 Versicherung, Steuern, Gebühren

Die Kostenposition „Versicherung, Steuern, Gebühren“ besteht aus verschiedenen Teilen:

- 1) Die Kosten für die Feuerversicherung errechnen sich, indem 0.2 Prozent des Anschaffungspreises verwendet werden (Kap. 4.1.6).
- 2) Bei Motorfahrzeugen gilt es die Haftpflichtversicherung zu berücksichtigen (Kap. 4.2.9). Ergänzende Versicherungen wie Teil- oder Vollkasko, Maschinenbruch und Obhutsschäden (Schäden mit fremden Maschinen) sind bei den Entschädigungsansätzen nicht berücksichtigt.
- 3) Für Fahrzeuge mit Nummernschildern fallen Steuern und Gebühren an (Strassenverkehrsgebühren, Kap. 4.2.10)

5.3 Variable Kosten

Die variablen Kosten umfassen alle Kosten, die direkt mit dem Gebrauch der Maschine verbunden sind. Darunter fallen die Treibstoff-, Reparatur- und Unterhaltskosten. Bei diversen Maschinen sind noch Hilfsstoffkosten wie zum Beispiel Bindegarn (Ballenpressen), Folienmaterial (Ballenwickler) eingerechnet. Auf eine separate Berechnung der Schmierstoffkosten wird aufgrund der geringen Bedeutung verzichtet. Sie sind in den Reparatur- und Unterhaltskosten enthalten.

5.3.1 Reparatur- und Unterhaltskosten

Die durchschnittlichen Reparatur- und Unterhaltskosten pro AE (RUK_{AE}) werden mit Hilfe des Reparatur- und Unterhaltsfaktor (RUF, Kapitel 4.2.7) berechnet:

$$RUK_{AE} = \frac{RUF \times P}{n} \quad (8)$$

wobei:

P = Anschaffungspreis

n = technische Nutzungsdauer in Arbeitseinheiten

5.3.2 Treibstoffkosten

Die Treibstoffkosten sind ein Teil der Spalte „Treibstoff Hilfsstoffe“. Mit einem Anteil von 50 bis 70 % machen die Treibstoffkosten bei den motorisierten Fahrzeugen den grössten Anteil der variablen Kosten aus. Dafür massgebend sind der Treibstoffverbrauch und der Treibstoffpreis. Der Treibstoffverbrauch kann je nach Arbeitsschwere stark schwanken (Motorenbelastung, Kap. 4.2.5). Gemäss eingehenden Untersuchungen liegt der spezifische Treibstoffverbrauch bei rund 0,3 Liter Diesel beziehungsweise rund 0,5 Liter Benzin pro Kilowatt Nennleistung in der Stunde (Ammann und Stadler 1998). Dieser Treibstoffverbrauch gilt unter der vollen Ausnutzung der Nennleistung. Der Treibstoffverbrauch in Liter pro Stunde berechnet sich demnach wie folgt:

$$\text{Treibstoffverbrauch} = \text{Motorenleistung} \times \text{spezifischer Treibstoffverbrauch} \times \text{Belastungsgrad} \quad (9)$$

Der Belastungsgrad und damit der Treibstoffverbrauch haben einen relativ hohen Einfluss auf den Entschädigungsansatz. Deshalb ist es wichtig, den Belastungsgrad je nach Arbeitsart anzupassen.

5.3.3 Hilfsstoffkosten

Die Berechnung des Hilfsstoffbedarfes (z. B. Folienmenge pro Rundballe) beruht auf Annahmen, die im Maschinenkostenbericht dokumentiert sind (Grösse / Umfang, Bedarf pro Einheit etc.).

5.4 Verwaltungs- und Risikozuschlag

Sobald Maschinen überbetrieblich eingesetzt werden, müssen zu den obigen Kosten noch Verwaltungs- und Risikokosten zugeschlagen werden. Dieser Zuschlag wird mit 10 % angesetzt. Mit 5 % soll das wirtschaftliche Risiko abgedeckt werden, indem stets eine Unsicherheit besteht, ob die Maschine auch in Zukunft im gleichen Rahmen ausgemietet bzw. ausgelastet werden kann. Die anderen 5 % beziehen sich auf die vermietete Maschine und entschädigen das technische Risiko. Dieses begründet sich damit, dass bei ausgemieteten Maschinen die Gefahr von Beschädigungen aufgrund der tendenziell geringeren Routine des Bedieners grösser ist. Bei ganzen Arbeitsverfahren, die im sogenannten „Lohn“ verrechnet werden, würde das technische Risiko entfallen. Dafür wird jedoch mit 5 % ein Verwaltungszuschlag erhoben.

Nach Aufschlagen der 10 %, resultiert der Entschädigungsansatz (Richtwert). Dieser wird auf den nächsten ganzzahligen Frankenbetrag gerundet, um die Verwendung in der Praxis zu vereinfachen.

6 Berechnung der Kaufschwelle

Im Folgenden soll die sogenannte Kaufschwelle (minimal nötige Auslastung) ermittelt werden. Diese zeigt an, ab welcher Auslastung sich der Kauf einer Maschine lohnt. Abbildungen 3 und 4 zeigen exemplarisch den Einfluss der Auslastung auf die Maschinenkosten. Das Beispiel zeigt die Berechnung eines Traktors mit 70 kW (95 PS). Der Entschädigungsansatz (EA) beträgt Fr. 45.– pro Stunde und entspricht in diesem Beispiel dem Preis für das Einmieten des Traktors bei Eigen- oder Fremdbedienung (Lohnunternehmen). Der Entschädigungsansatz unterstellt dabei eine Auslastung von jährlich 450 Stunden. Bei der Kostenbetrachtung pro Arbeitseinheit (Betriebsstunde) sinken die Kosten mit steigender Auslastung erheblich, indem die Fixkosten auf mehrere Betriebsstunden verteilt werden. Die Miete pro Stunde (rote Linie) bleibt dabei konstant (Abb. 3). Bei der Jahreskostenbetrachtung (Abb. 4) steigen insbesondere die variablen Kosten mit steigender Auslastung. Die Fixkosten bleiben weitgehend konstant bzw. steigen nur leicht an, infolge der Reduktion des Restwertes (bis 600 h/Jahr). Die rote Linie zeigt schliesslich den Anstieg der Mietkosten bei zunehmender Auslastung. Der Punkt bzw. der Auslastungswert, an dem sich diese Linie mit den Gesamtkosten (variable und fixe Kosten) schneidet, entspricht der Kostengleichheit von Miete und Kauf und wird als Kaufschwelle bezeichnet. Die Kaufschwelle ist nicht identisch mit der unterstellten Auslastung von 450 Stunden, da der Entschädigungsansatz als Richtwert für den Mietpreis noch einen Verwaltungs- und Risikozuschlag beinhaltet. Zudem ist der Mietpreis auch von den Marktbedingungen (Angebot und Nachfrage) abhängig. Die Kaufschwelle berechnet sich folgendermassen:

$$\text{Kaufschwelle} = \frac{\text{Jahres-Fixkosten}}{\text{EA je AE} - \text{variable Kosten je AE}} \quad (10)$$

wobei:

EA = Entschädigungsansatz

Im entsprechenden Beispiel ergeben sich bei einem Restwert von 10 % Jahres-Fixkosten von Fr. 9210.– und variable Kosten von Fr. 20.88.– Die Kaufschwelle liegt so bei 382 Stunden, gerechnet Fr. 9210.– / (45 – 20.88 Fr./h).

Die Kaufschwelle ist somit massgebend abhängig vom Mietpreis. Unterschreitet dieser die Fr. 45.–/h, weil der Traktor insgesamt besser ausgelastet ist, liegt die Kaufschwelle entsprechend höher. Umgekehrt kann sich der Kauf auch bei tieferer eigener Auslastung lohnen (tiefere Kaufschwelle), wenn der eingemietete Traktor teurer ist – zum Beispiel, weil er weniger als 450 Stunden ausgelastet ist.

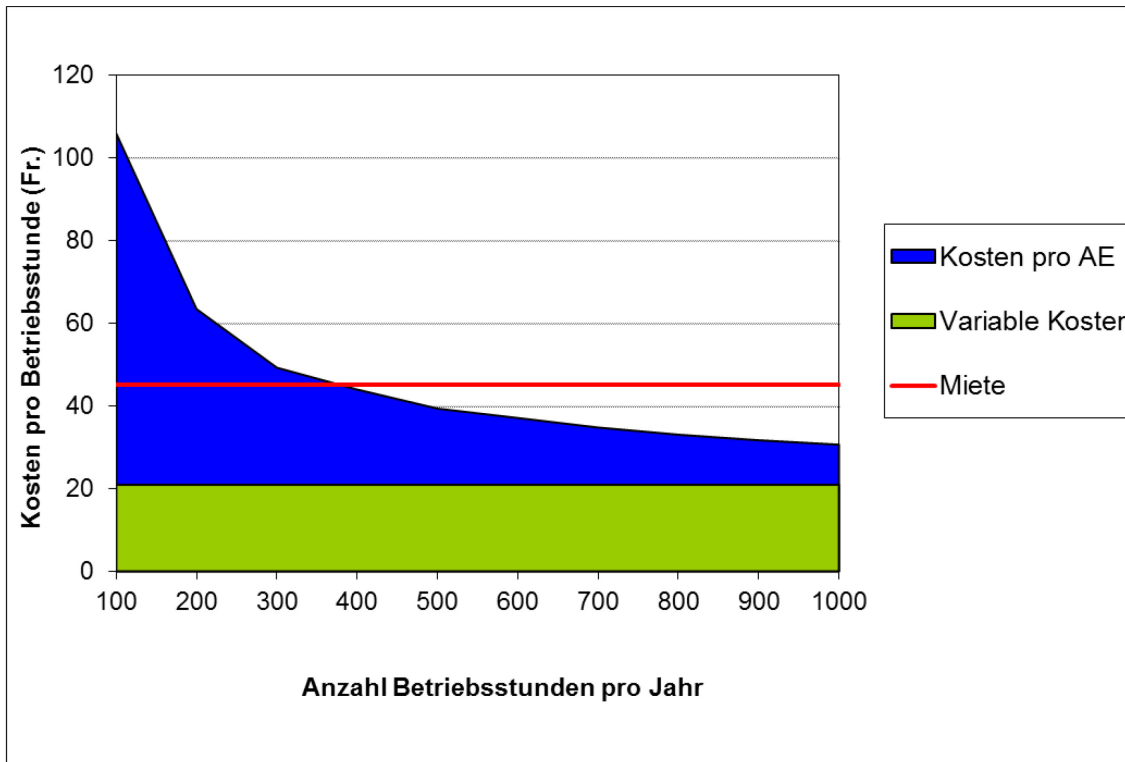


Abbildung 3: Kosten je Betriebsstunde eines Traktors (70 kW) bei zunehmender Jahresauslastung.

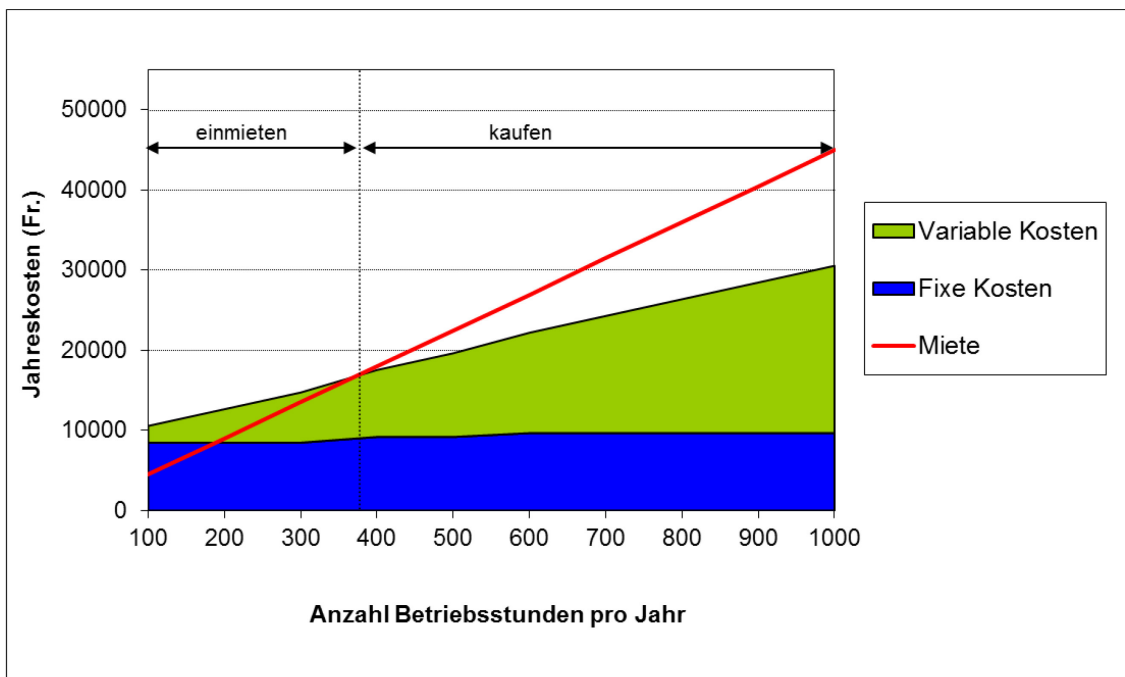


Abbildung 4: Jahreskosten eines Traktors (115 PS) bei zunehmender Jahresauslastung.

7 Literatur

- Albisser Vögeli, G., Gazzarin, C. & Gärtner, D., 2009. Maschinenkosten in der Praxis – Auslastung, Nutzungsdauer und Reparaturkosten ausgewählter Landmaschinen auf Schweizer Betrieben. ART-Berichte Nr. 711, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ammann, H. & Stadler, E., 1998. Technische und organisatorische Aspekte des Traktoreneinsatzes. FAT-Berichte Nr. 511, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ammann, H., Herzog, D. & Hilty, R., 2002. Raumbedarf für Remisen und Einzelmaschinen. FAT-Berichte Nr. 590, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- BBZN Hohenrain & Agridea, 2010. Vollkostenerhebungen 2009. Lindau, Hohenrain.
- Bruhn, I., 2000. Erhebung zu Reparaturkosten von Maschinen auf Grossbetrieben, dargestellt für Traktoren und Mähdrescher. Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 357. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Craig, K., 2016 *The Farm Management Handbook 2016/17*, The UK Reference for Farm Business Management, 37th ed.; SAC Consulting: Midlothian, 2016. <https://www.sruc.ac.uk/fmh>.
- Gazzarin, C. & Schick, M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion – Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. FAT-Berichte Nr. 608, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Gazzarin, C., 2011. Maschinenkosten 2011. ART-Bericht Nr. 747, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin, C. & Lips, M., 2012. Maschinenkosten 2012. ART-Bericht Nr. 753, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin, C. & Lips, M., 2013. Berechnung und Grunddaten der Maschinenkosten, Online-Bericht, Agroscope-Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin, C., 2018. Maschinenkosten 2018. Agroscope Transfer Nr. 243, Agroscope, Ettenhausen.
- Hilty, R., Van Caenegem, L., & Herzog, D., 2007. ART-Preisbaukasten 2007. Baukostensammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Hoop, D. & Schmid, D., 2015. Grundlagenbericht 2014. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Hoop, D., Spörri, M., Zorn, A., Gazzarin, Ch. & Lips, M., 2017. Kapitel 4, Wirtschaftlichkeitsrechnungen auf Betriebszweigebeine, in *Wirtschaftliche Heterogenität auf Stufe Betrieb und Betriebszweig*, p.61-77. IN Lips, M., (Ed.). 2017. *Wirtschaftliche Heterogenität auf Stufe Betrieb und Betriebszweig*, Agroscope Science Nr. 53, Ettenhausen.
- KTBL, 2018. *Betriebsplanung Landwirtschaft 2018/2019*. 26. Auflage, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Lazarus, W.F. 2015. Machinery cost estimates, University of Minnesota Extension. www3.extension.umn.edu/sites/default/files/download/Machinery%20Cost%20Estimates%20June%202015.pdf
- Lips, M. & Burose, F., 2012. Repair and Maintenance Costs for Agricultural Machines, *International Journal of Agricultural Management*, 1(3): 40–46.
- Lips, M., 2013a. Repair and Maintenance Costs for Nine Agricultural Machine Types, *Transactions of the ASABE*, 56(4): 1299-1307.
- Lips, M., 2013b. Repair and maintenance costs of hill-farm tractors and transporters for upland mechanization, *Journal of Agricultural Engineering*, 44(3): 133-138.
- Lips, M., 2017. Length of Operational Life and Its Impact on Life-Cycle Costs of a Tractor in Switzerland. Special Issue: Agriculture Machinery for a Sustainable and Efficient Mechanization). *Agriculture* 7(8), 68.

Lips, M., 2018. Skript Finanz- und Rechnungswesen, Sommersemester 2018, Departements für Umwelt-systemwissenschaften, ETH Zürich.

Lubbe, P.A. & Archer, C.G., 2014. Guide to machinery costs 2014/2015, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria, www.daff.gov.za/Daffweb3/Portals/0/Statistics%20and%20Economic%20Analysis/Economic%20Analysis/Guide%20to%20machinery%20costs%202014-15.pdf.

Oppitz, V., 1994. Gabler Lexikon Wirtschaftlichkeitsrechnung, Gabler, Wiesbaden.

Rinaldi, M., Erzinger, S. & Stark, R., 2005. Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten, FAT-Schriftenreihe Nr. 65, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.

Rotz, C.A., 1987. A Standard Model for Repair Costs of Agricultural Machinery. *Applied Engineering in Agriculture*, 3 (1), 3–9.

SLV/ ASMA, 2016. Rücknahmepreisliste für Landwirtschaftstraktoren. Schweizerischer Landmaschinenverband, Association Suisse de la machine agricole, Bern.

Zihlmann F., 1970. Berechnung der Maschinenkosten und der Wirtschaftlichkeit des Maschineneinsatzes, 4. Auflage, Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

8 Anhang

Tabelle 10: Belastungsgrade von Traktoren bei verschiedenen Arbeiten unter Berücksichtigung von Weg-, Rüst- und Störzeiten (Rinaldi et. al., 2005)

Arbeiten	Traktorleistung kW	mittlere Leistung kW	Belastungsgrad
Düngen	50	9	18 %
Eggen	62	17,2	28 %
Eggen, Säen, Walzen (Komb.)	78	45,6	58 %
Eggen und Walzen	62	33,8	55 %
Hacken und Häufeln	50	7,3	15 %
Kartoffeln pflanzen 4 Reihen	50	0,6	1 %
Kartoffeln ernten 4 Reihen	50	2,6	5 %
Mais häckseln 2 Reihen	62	33,7	54 %
Pflügen 2 Scharen	62	27,4	44 %
Pflügen 4 Scharens	78	46,5	60 %
Grubbern	78	48,9	63 %
Mais säen und walzen 4 Reihen	50	6,1	12 %
Einzelkorn säen 6 Reihen	50	3,9	8 %
Spritzen	50	4,1	8%
Gras mähen, laden, einführen	62	13,4	22 %
Gras mähen	50	14,1	28 %
Gras mähen und aufbereiten	62	25,2	41 %
Gras zetzen 5 m	50	5,8	12 %
Gras zetzen 7,85 m, 50 kW	50	11,1	22 %
Gras zetzen 7,85 m, 62 kW	62	12	19 %
Gras schwaden 3 m	50	6,1	12 %
Gras schwaden 6 m	50	6,4	13 %
Heu laden und einführen 62 kW	62	16,3	26 %
Heu laden und einführen 50 kW	50	10,8	22 %
Siloballen pressen	50	12,9	26 %
Rundballen pressen 62 kW	62	17,9	29 %
Rundballen pressen 78 kW	78	29,9	38 %
Walzen	50	8,6	17 %
Gülle ausbringen 5m	50	8,9	18 %
Gülle ausbringen 6,5 m, 50 kW	50	10,3	21 %
Gülle ausbringen 6,5 m, 62 kW	62	10,1	16 %
Gülle ausbringen 6,5 m, 78 kW	78	25,5	33 %
Mist laden mit Mistkran	50	2	4 %
Mist führen und zetzen 50 kW	50	13,5	27 %

Mist führen und zetzen 62 kW	62	18,1	29 %
Mist führen und zetzen 78 kW	78	22	28 %
Silage auf Fahrsilo führen	62	10	16 %
Silomais einführen (4,7 t Häcksel, 50 kW)	50	13,8	28 %
Silomais einführen (3,3 t Häcksel, 78 kW)	78	32,8	42 %
Siloballen mit Zange transportieren	50	8,6	17 %
Siloballen mit Hecklader transportieren	62	14,8	24 %
Strassenfahrt, schwerer Transport 15 km/h	50	16,3	33 %
Strassenfahrt, leichter Transport 18 km/h	50	16,6	33 %
Strassenfahrt, schwerer Transport 18 km/h	62	19,8	32 %
Strassenfahrt, schwerer Transport 22 km/h	78	26,8	34 %
kleine Heuballen pressen, stationär	50	6,5	13 %
Futtermischwagen 50 kW	50	7,4	15 %
Futtermischwagen 62 kW	62	5,7	9 %
Hof- und Restarbeiten	50	4,5	9 %