



# Berechnung und Grunddaten der Maschinenkosten

## Autoren

Christian Gazzarin und Markus Lips



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

## Impressum

---

ISSN: ---

---

ISBN: ---

---

Herausgeber: Agroscope  
Tänikon 1  
8356 Ettenhausen  
[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

---

Redaktion: Christian Gazzarin

---

Grafik: Diana Niederer

---

Titelbild: Christian Gazzarin

---

Preis: ---

---

Copyright: Agroscope

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Jährlicher Bericht zu den Maschinenkosten</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Bedeutung der Maschinenkosten</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Entschädigungsansatz</b> .....	<b>7</b>
3.1	Definition Entschädigungsansatz.....	7
3.2	Überblick Berechnung (Spalten Richtwert pro h oder AE).....	8
3.3	Abweichungen vom Entschädigungsansatz .....	9
3.4	Arbeiterledigungskosten .....	10
<b>4</b>	<b>Grunddaten</b> .....	<b>11</b>
4.1	Allgemeine Grunddaten.....	11
4.1.1	Treibstoffpreis.....	11
4.1.2	Anteil gebundenes Kapital .....	11
4.1.3	Zinssatz .....	12
4.1.4	Lohnansätze .....	12
4.1.5	Gebäudekosten .....	13
4.1.6	Feuerversicherung.....	13
4.2	Maschinenspezifische Grunddaten.....	14
4.2.1	Auswahl der Maschinentypen.....	14
4.2.2	Motoren- oder Arbeitsleistung.....	14
4.2.3	Mittlerer Anschaffungspreis .....	14
4.2.4	Auslastung pro Jahr.....	16
4.2.5	Motorenbelastung.....	17
4.2.6	Nutzungsdauer .....	17
4.2.7	Reparatur- und Unterhaltsfaktor RUF.....	17
4.2.8	Gebäudebedarf.....	19
4.2.9	Versicherungsprämien.....	20
4.2.10	Steuern und Gebühren .....	20
4.2.11	Hilfsstoffe.....	20
<b>5</b>	<b>Berechnung der einzelnen Kostenpositionen</b> .....	<b>21</b>
5.1	Drei Kostenarten.....	21
5.2	Fixe Kosten.....	21
5.2.1	Abschreibung.....	21
5.2.2	Restwert .....	22
5.2.3	Zins.....	23
5.2.4	Gebäudekosten .....	24
5.2.5	Versicherung, Steuern, Gebühren .....	24
5.3	Variable Kosten .....	24
5.3.1	Reparatur- und Unterhaltskosten.....	24

5.3.2	Treibstoffkosten .....	25
5.3.3	Hilfsstoffkosten .....	25
5.4	Verwaltungs- und Risikozuschlag .....	25
<b>6</b>	<b>Berechnung der Kaufschwelle .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>33</b>

## Zusammenfassung

Der jährlich publizierte Maschinenkostenbericht von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART mit Kostenangaben für über 600 Landmaschinentypen basiert auf zahlreichen Annahmen und Kalkulationsschritten. Ziel ist die Ermittlung eines Richtwerts für die überbetriebliche Nutzung der entsprechenden Maschinen. Zudem dienen die Angaben zusammen mit dem Lohnansatz als Grundlage für die Berechnung der Arbeitserledigungskosten von Verfahren.

Der vorliegende Bericht ist der Berechnungsmethodik gewidmet und gibt eine Übersicht der verwendeten Daten, begründet die notwendigen Annahmen und erklärt die Kalkulationen. Zusätzlich wird die Kaufschwelle erläutert, das Kriterium, das auf Betriebsebene herangezogen werden kann, um zwischen Kauf und Miete einer Maschine zu entscheiden.

# 1 Jährlicher Bericht zu den Maschinenkosten

Alljährlich veröffentlicht die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART den Maschinenkostenbericht (aktuelle Ausgabe: Gazzarin und Lips 2012). 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 2012), Österreich (ÖKL), Italien ([www.agraria.org](http://www.agraria.org)) oder Frankreich ([www.lafranceagricole.fr](http://www.lafranceagricole.fr)).

Der Maschinenkostenbericht gibt für über 600 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 wird. 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.

In Übereinstimmung mit dem Maschinenkostenbericht steht im Internet ein PC-Programm für Maschinenkosten (ART-Trac) frei zur Verfügung, mit der die Maschinenkosten kalkuliert werden können ([www.maschinenkosten.ch](http://www.maschinenkosten.ch)). Im Unterschied zum Maschinenkostenbericht ermöglicht es ART-Trac, wichtige Annahmen zu verändern und den betriebsspezifischen Umständen Rechnung zu tragen. Das Programm auf Excel 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.

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

Die grundlegende Methodik der Maschinenkostenberechnung in Tänikon ist in Zihlmann (1970) detailliert beschrieben. Sie wurde während annähernd 40 Jahren bis 2008 angewandt (Ammann, 2007). Basierend auf einer Umfrage aus dem Jahre 2008 (Albisser et al., 2009) erfolgte 2009 der erste Schritt der Überarbeitung der Methodik (Einführung Restwert, Anschaffungspreise als Mittelwert der letzten zehn Jahre). Mit dem Zusammenlegen der „Reparaturkosten, Schmierstoffen und Verschiedenem“ einerseits und der Wartung andererseits zu den Reparatur- und Wartungskosten konnte die Reform 2012 abgeschlossen werden.

## 2 Bedeutung der Maschinenkosten

Die Maschinenkosten machen einen massgeblichen Anteil an den gesamten Produktions- bzw. Selbstkosten der Schweizer Landwirtschaft aus. Gemäss Buchhaltungsauswertungen der Jahre 2009–2011 (Mouron und Schmid 2012) betragen die durchschnittlichen jährlichen Kosten der eigenen Maschinen (ohne Zinsen und ohne anteilige Autokosten) rund Fr. 27 600.– pro Betrieb. Mit einem Anteil von 14 % an den Fremdkosten von total Fr. 196 900.– stellen sie noch vor den Gebäudekosten (Fr. 25 800.–) und Krafftutterkosten (Fr. 24 600.–) die wichtigste Fremdkostenposition dar. Der Grossteil dieser Maschinenkosten setzt sich aus Abschreibungen (46 %) sowie Reparaturen und Kleingeräte (40 %) 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. Für Ackerkulturen bewegt sich der Kostenanteil der Maschinen zwischen 16 % und 25 % (Lips 2012a).

Der überbetriebliche Maschineneinsatz 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 ökonomisch fragwürdig sein. Unter Umständen ist es sinnvoller, den technischen Fortschritt zu nutzen, und die ältere Maschine in eine neue Maschine 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 Entschädigungsansatz

### 3.1 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 (m<sup>3</sup>, 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.

### 3.2 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 2012	Weitere Erklärungen
Treibstoffpreis	1.89 Fr./Liter Diesel	Kap. 4.1.1
Anteil gebundenes Kapital	0,6	Kap. 4.1.2
Zinsfuss (%)	3,5 %	Kap. 4.1.3
Feuerversicherung	2 ‰	Kap. 4.1.6

Basierend auf dem Maschinenkostenbericht 2012 (Gazzarin und Lips 2012) enthält die Tabelle 2 die maschinenspezifischen Grunddaten für den 70-kW-Traktor. Der Code der Maschine ist für das Kalkulationsprogramm ART-Trac 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. 91 000.-	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 <sup>3</sup>	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

Kostenposition	Formel	Berechnung (Beispiel)	Wert
<i>Fixe Kosten</i>			
Auslastungsgrad (%)	$\frac{\text{Auslastung} \times \text{Abschreibungsdauer}}{\text{technische Nutzungsdauer}} \times 100$	$\frac{450 \times 15}{10000} \times 100$	67,5
Restwertfaktor	abgeleitet vom Auslastungsgrad Kapitel Fixkosten		0,10
Restwert (Fr.)	Anschaffungspreis x Restwertfaktor	91000 x 0.1	9100.-
Abschreibung netto (Fr.)	$\frac{\text{Anschaffungspreis} - \text{Restwert}}{\text{Abschreibungsdauer}}$	$\frac{91000 - 9100}{15}$	<b>5460.-</b>
Zinsen (Fr.) für Anschaffungspreis netto (ohne Restwert)	Anschaff.preis netto x Anteil geb. Kapital x Zinsfuss (%)	81900 x 0.6 x 0.035	<b>1719.90</b>
für Restwert	Restwert x Zinsfuss (%)	9100 x 0.035	<b>318.50</b>
Gebäudekosten (siehe Tab. 2)	Gebäudebedarf x Gebäude-Jahreskosten	70 x 15	<b>1050.-</b>
Feuerversicherung (Tab. 1)	Anschaffungspreis x Prämie (%)	91000 x 0.002	<b>182.-</b>
Übrige Versicherungen / Steuern (Tab. 2)	Haftpflichtprämie + Steuern	360 + 120	<b>480.-</b>
<b>Total Fixkosten je Jahr, gerundet (Fr.)</b>			<b>9210.-</b>
<i>Variable Kosten je h</i>	Formel	Berechnung	Wert
Treibstoffverbrauch (Tab. 2)	Leistung x spez. Treibstoffverbrauch x Motorbelastung (%)	70 x 0.3 x 0.4 = 8.4 l/h	<b>15.88</b>
Treibstoffkosten (Tab. 1, 2)	Treibstoffverbrauch x Treibstoffpreis	8.4 l/h x 1.89 Fr./l	
Reparatur- und Unterhaltskosten (Fr.)	$\frac{\text{Anschaffungspreis} \times \text{RUF}}{\text{technische Nutzungsdauer}}$	$\frac{91000 \times 0.55}{10000}$	<b>5.01</b>
<b>Total Variable Kosten je h (Fr.)</b>			<b>20.89</b>
<b>Total Variable Kosten je Jahr (Fr.)</b>		20.89 x 450	<b>9401.-</b>
<b>Selbstkosten und Entschädigungsansatz je h</b>			
Fixe Kosten je Arbeitseinheit (AE)	$\frac{\text{Fixe Kosten}}{\text{Auslastung}}$	$\frac{9210}{450}$	20.47
Variable Kosten je AE			20.89
<b>Selbstkosten Fr. je h</b>	Fixe Kosten je AE + Variable Kosten je AE	20.47 + 20.89	41.36
Risiko- und Verwaltungszuschlag, 10 %		41.36 x 0.1	4.13
<b>Entschädigungsansatz Fr. je h (gerundet)</b>			(45.49) <b>45.-</b>

### 3.3 Abweichungen vom Entschädigungsansatz

Selbstverständlich kann eine Kostenkalkulation in der Praxis oder ein geltender Miettarif einer Maschine (Fallbeispiel) vom ermittelten Entschädigungsansatz im Maschinenkostenbericht mehr oder weniger stark 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 Arbeitserledigung 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 Arbeitserledigungskosten (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 ART-Trac auf einfache Weise möglich ist.

### 3.4 Arbeitserledigungskosten

Die Entschädigungsansätze stellen eine wichtige Grundlage für die Arbeitserledigungskosten dar. Die Arbeitserledigungskosten beziehen sich auf ein Verfahren und enthalten die Kosten der Maschinen sowie der dazu notwendigen Arbeit.

Im Minimum bestehen die Arbeitserledigungskosten 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 Arbeitserledigungskosten 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. ART-Trac ist in der Lage, Arbeitserledigungskosten zu rechnen und sie sowohl pro Stunde als auch für weitere Arbeitseinheiten anzugeben.

## 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 war in letzten Jahren starken Schwankungen unterworfen. 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 Ausgangszinssatz 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. 91 000.- bei einem Ausgangszinssatz von 3,5 % auf 15 Jahre abgeschrieben, betragen die Zinsen im ersten Jahr Fr. 3185.-. Im letzten Jahr hat der Traktor nur noch einen Wert von Fr. 6067.-, was Zinsen von Fr. 212.- verursacht. Bezogen auf das ganze Anfangskapital, entspricht dies einem Zinssatz von 0,23 %. Im Durchschnitt aller 15 Jahre liegt der mittlere Zinssatz dann bei 2,02 % (Fr. 1838.- pro Jahr oder 58 % des Ausgangszinssatzes).

In Tabelle 4 sind die mittleren Zinssätze in Abhängigkeit der Abschreibungsdauer und des Ausgangszinssatzes dargestellt<sup>1</sup>.

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).

<sup>1</sup> Die Formeln für die Annuität und den mittleren Zinssatz sind zur Berechnung 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

Die Basis für den verwendeten Zinssatz bildet der variable Hypothekarzinsatz, der aus dem Mittelwert der letzten zehn Jahresdurchschnitte der Kantonalbanken (Zürcher Kantonalbank, [www.zkb.ch](http://www.zkb.ch)) berechnet wird.

Der variable Hypothekarzinsatz gibt in erster Linie die Zinsentwicklung wieder. Maschinen werden in der Regel mit verschiedenartigen Darlehen finanziert, dazu gehören Kreditformen mit höheren Zinssätzen (Leasing, Kontokorrent) aber auch solche mit günstigeren Zinssätzen wie zinslose Investitionskredite oder private Darlehen. Für letztere sind die Zinssätze der zehnjährigen Bundesanleihen massgebend (SNB, Schweizerische Nationalbank, [www.snb.ch](http://www.snb.ch) > statistische Publikationen). Unter der Annahme, dass sich die Nutzung höher verzinsender und niedrig verzinsender Kreditformen in etwa die Waage halten und aus Gründen der Praktikabilität, wird der variable Hypothekarzinsatz verwendet.

### 4.1.4 Lohnansätze

Im Maschinenkostenbericht werden drei Lohnansätze veröffentlicht: Der Ansatz unter Landwirten, der Ansatz im Angestelltenverhältnis und der Ansatz im Unternehmerverhältnis. Die Grundwerte zur Berechnung der Lohnansätze stützen sich auf die aktuelle Lohnstrukturerhebung des Bundesamtes für Statistik BFS ([www.bfs.admin.ch](http://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 aktualisiert. Im Jahre 2012 betrug der entsprechende Jahreslohn gut 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 Reckenholz-Tänikon ART 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 ausserland-wirtschaftliche Einsätze gelten 230 Arbeitstage à 8,4 AKh (= 1932 AKh pro Jahr).

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

- Für den innerlandwirtschaftlichen Ansatz wird der Brutto-Jahreslohn der Lohnstrukturerhebung durch die 2660 AKh dividiert, was im Jahr 2012 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 ausserlandwirtschaftliche Ansatz wird der Brutto-Jahreslohn der Lohnstrukturerhebung durch die 1932 AKh dividiert, was im Jahr 2012 Fr. 39.- ergab (=Grundansatz). Gemäss Tabelle 5 werden sodann diverse Sozialabgaben in der Höhe von rund 24 % dazugeschlagen, was für 2012 gerundet Fr. 48.– ergibt. Um den unterschiedlichen Verwendungszwecken als auch den Regionen Rechnung zu tragen, wird eine Streuungsbereich von +/- 9 % 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.

Tabelle 5: Sozialkosten zu Lasten Arbeitgeber

Sozialabgaben	Zuschlag
AHV, IV, EO <sup>2</sup>	5,05 %
Arbeitslosenversicherung	1,00 %
FLG-Beitrag <sup>3</sup>	2,00 %
Verwaltungskosten	0,03 %
Pensionskasse, BVG <sup>4</sup>	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 Spannbreite von +/-9 % angegeben wird, was eine Spanne von 59.– bis 71.– 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 des ART-Preisbaukastens (Hilty et al., 2007) beziehungsweise von entsprechend neueren Erhebungen der Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit von Agroscope 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 Hypothekenzinssatzes (siehe Kapitel 4.1.3), 0,3 % 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.

<sup>2</sup> Alters- und Hinterlassenenversicherung (AHV), Invalidenversicherung (IV), Erwerbsersatzordnung (EO)

<sup>3</sup> Familienzulagen (FLG)

<sup>4</sup> Bundesgesetz über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVG)

## 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 ART 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 erhältlich<sup>5</sup>
- seit mehreren Jahren präsent
- überregionale Bedeutung (in mehreren Regionen präsent)

Maschinen werden aus der Maschinenliste gestrichen, sofern sie auf dem Markt nicht mehr verkauft werden und im 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 ART eingegangen.
- Preislisten bzw. Firmenangebote, die die Bedürfnisse des Marktes widerspiegeln liegen vor.

### 4.2.2 Motoren- oder 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 dem aktuellen Arbeitsvoranschlag der Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit von ART. 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 (Futter-, Mist- und Gülletransportmaschinen), für welche die Annahme einer Hof-Feld-Entfernung von 1000 m verwendet wird<sup>6</sup>.

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

### 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 (Bruttoneupreis). 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

---

<sup>5</sup> Maschinen, die entweder von Käuferinnen und Käufern in Eigenarbeit erstellt, direkt importiert oder von Importeuren auf speziellen Wunsch eingeführt werden, stehen nicht im Vordergrund.

<sup>6</sup> Auch bei den Transportmaschinen sind die Rüst- und Störzeiten nicht enthalten.

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 der 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. Für die Jahre dazwischen 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 zwischen den Preiserfassungsjahren sind relevant für die Mittelwertbildung.

Sämtliche Preiserfassungen beziehen sich auf die Katalogpreise (Bruttoneupreis), obwohl vielfach Rabatte gewährt werden – offen oder versteckt in Verrechnung mit einer Eintauschmaschine.

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 bezieht sich nicht auf das Erscheinungsjahr des Berichts (Wiederbeschaffungspreis), sondern stellt den Mittelwert der letzten zehn Jahre dar<sup>7</sup>. 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 potenziell folgenden Kosten.
- Der Wiederbeschaffungspreis ist bei Maschinen schwer festzulegen, da oftmals in eine ganz andere Maschinenkategorie (mit höherer Schlagkraft) investiert würde.

<sup>7</sup> 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.

- 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 jeweils auf Fr. 100.– 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. Die 69 angebotenen Allradtraktoren im Alter von 10 bis 14 Jahren wiesen eine durchschnittliche Auslastung von 346 Stunden pro Jahr aus.

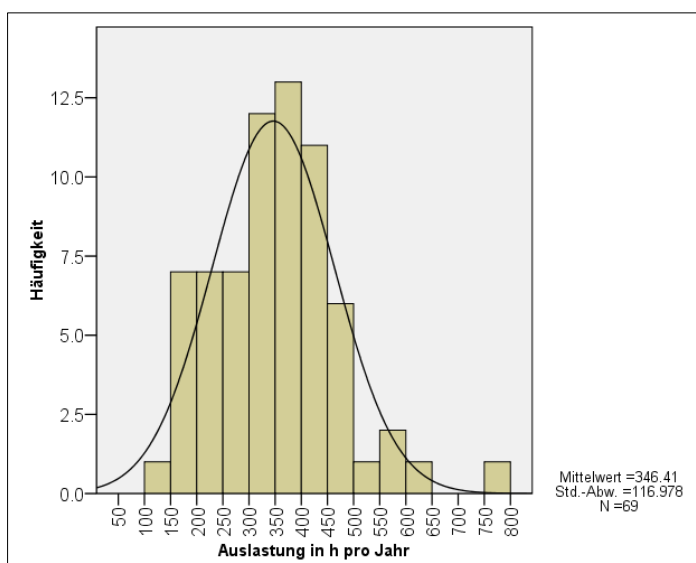


Abbildung 1: Auslastung von 69 Allradtraktoren im Alter von 10 bis 14 Jahren (Quelle: Agropool, November 2008).



### 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 landwirtschaftlicher 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.

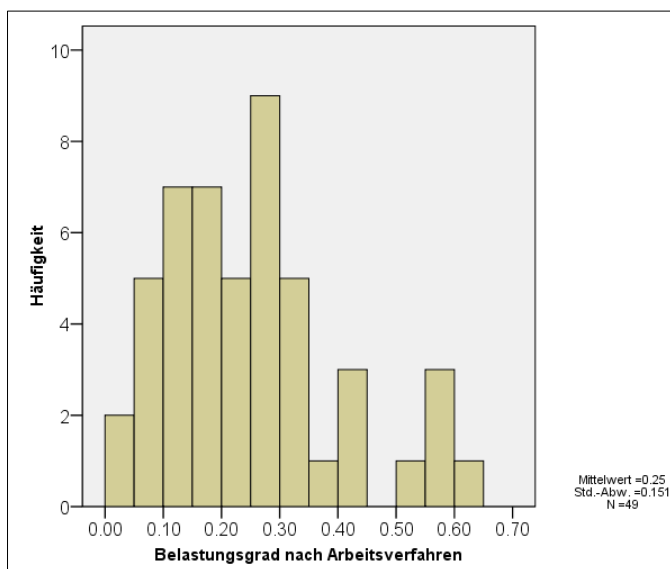


Abbildung 2: Verteilung der Belastungsgrade auf 49 verschiedene Arbeitsverfahren unter Berücksichtigung von Weg-, Rüst- und Störzeiten (nach Rinaldi et. al., 2005).

### 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 2012) 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 Getriebeschäden, aber auch Folgeschäden aufgrund ungenügenden Unterhalts. Im Service sind der regelmässig 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 zusammen<sup>8</sup>.

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). 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 als Bruchteil des Anschaffungspreises an.

Für wichtige Maschinengruppen hat ART 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):

$$y = 0.0012 * \text{Auslastung}^{0.51} * \text{Alter}^{0.28} * \text{PS}^{-0.21}$$

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 Stunde. 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 ergibt<sup>9</sup>. Da die Auslastung einen substanziellen 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) 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.

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> 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.

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, 2012b; Lips, 2013). Bei den Ergebnissen zeigt sich, dass sich die Reparatur- und Unterhaltskosten bei den meisten Maschinen gegenüber dem Maschinenkostenbericht 2011 (Gazzarin, 2011) verringern. Dies bestätigt das Ergebnis einer deutschen Untersuchung zu Reparatur- und Wartungskosten für Traktoren und Mähdrescher (Bruhn, 2000).

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 der „Begleitgruppe Maschinenkostenbericht“ konsultiert. 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 abgerundet. (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.

Für alle Maschinengruppen, für die (noch) keine geschätzten RUF vorliegen, darunter Kreiselhauer, 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), werden die resultierenden Werte auf den nächsten durch 0,05 teilbaren Wert abgerundet. Der RUF untersteht angesichts des technischen Fortschritts einem dynamischen Prozess und soll mittels Umfragen regelmäßig aktualisiert werden.

#### 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 Nutzungs-

bedarf und -häufigkeit 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 Offerten eingeholt. Eine Aktualisierung erfolgt mindestens alle fünf Jahre. Die Prämienätze 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 2012: 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 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 (n) 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:

$$AS = \frac{n}{N} = \frac{10'000 \text{ h}}{15 \text{ Jahre}} = 667 \text{ h/ Jahr}$$

wobei:

P = Fr. 91 000.–, Neupreis

N = 15 Jahre; ökonomische Nutzungsdauer, Nutzungsdauer nach Zeit

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

Pro Jahr werden Fr. 6067.– abgeschrieben (Fr. 91 000.–/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:

$$AD = \frac{n}{AE} = \frac{10'000 \text{ h}}{1000 \text{ h/Jahr}} = 10 \text{ Jahre}$$

Die jährliche Abschreibungssumme beträgt damit Fr. 9100.–/ Jahr (Fr. 91 000.–/10 Jahre), während bei einer jährlichen Auslastungen unter 667 Stunden Fr. 6067.– 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 (A), die technische Nutzungsdauer (n) und die (ökonomische) Nutzungsdauer nach Zeit (N) benötigt.

$$AG = \frac{N \times A}{n}$$

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

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

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/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 Wiederinstandstellungskosten und der Händlermarge zu berücksichtigen<sup>10</sup>. Die offizielle Rücknahmepreisliste des Schweizerischen Landmaschinen-Verbandes (SLV / ASMA 2012) erfasst Traktoren, Mähdrescher und Pressen. Die Werte können durchaus auch als Basis für übrige Landmaschinen angewendet werden. Ein Beispiel soll dies 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. 91 000.–) nach N = 15 Jahre ein Restwert (R) von 20 % eingerechnet (Fr. 18 200.–), können die Abschreibungen basierend auf Neupreis P folgendermassen berechnet werden:

$$A = \frac{P-R}{N} = (Fr. 91\ 000.- - Fr. 18\ 200.-) / 15\ \text{Jahre} = Fr. 4853.- / \text{Jahr.}$$

#### Bestimmung des Restwerts

Die Berechnung des Restwertes erfolgt nach den Richtgrössen gemäss Tabelle 9. Der Maximalfaktor richtet sich nach den Rücknahmepreisempfehlungen des Schweizerischen Landmaschinenverbandes (SLV / ASMA 2012).

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. Grosserntemaschinen 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 Restwertfaktor 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).

$$\text{Zins} = 0.6 \times \frac{P \times Z}{100}$$

wobei:

<sup>10</sup> Um die Maschine wieder verkaufen zu können, sind Service- und Reinigungsarbeiten notwendig, möglicherweise auch grössere Reparaturen.

P = Anschaffungspreis

Z = Zinssatz (Ausgangszinssatz)

Bezogen auf den 70 kW-Traktor mit einem Anschaffungspreis von Fr. 91 000.–, ergibt sich ein Zins von Fr. 1911.–. 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 Geld 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 zwei Promille 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 (RUKAE) werden mit Hilfe des Reparatur- und Unterhaltsfaktor (RUF, Kapitel 4.2.7) berechnet:

$$RUK_{AE} = \frac{RUF \times P}{n}$$

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:

$$\text{Treibstoffverbrauch} = \text{Motorenleistung} \times \text{spezifischer Treibstoffverbrauch} \times \text{Belastungsgrad}$$

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 der 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. 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:

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

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.

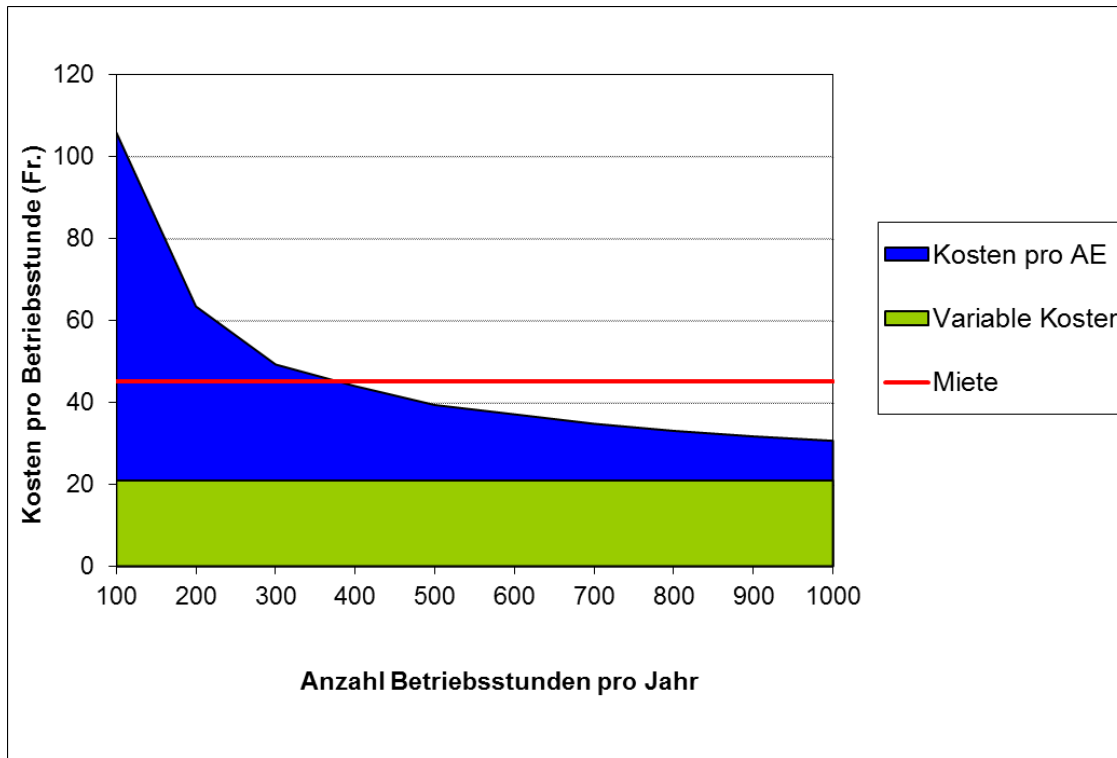


Abbildung 3: Kosten je Betriebsstunde eines Traktors (70 kW) bei zunehmender Jahresauslastung.

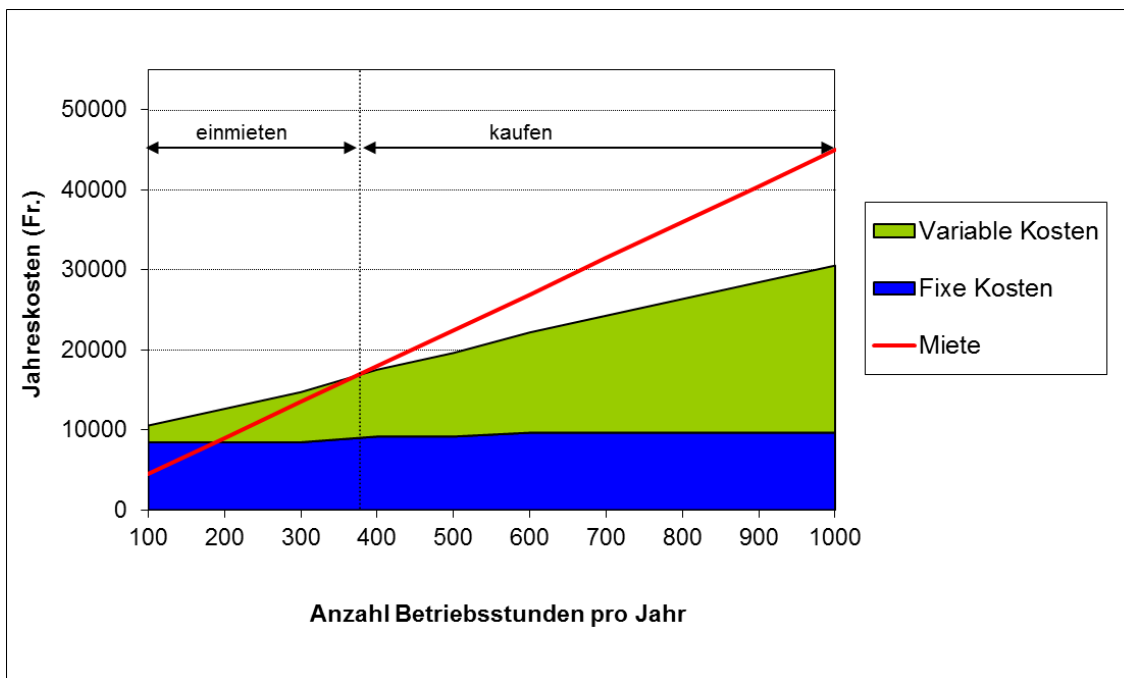


Abbildung 4: Jahreskosten eines Traktors (115 PS) bei zunehmender Jahresauslastung.



## 7 Literatur

- Albisser Vögeli G., Gazzarin C. und 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. und Stadler E., 1998. Technische und organisatorische Aspekte des Traktoreneinsatzes. FAT-Berichte Nr. 511, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ammann H., Herzog D. und Hilty R., 2002. Raumbedarf für Remisen und Einzelmaschinen. FAT-Berichte Nr. 590, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ammann H., 2007. Maschinenkosten 2008 und Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen. ART-Berichte Nr. 688, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- BBZN Hohenrain und 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.
- Gazzarin C. und Schick M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion – Vergleich von Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung. FAT-Berichte Nr. 608, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Gazzarin C., Ammann H., Schick M., Van Caenegem L. und Lips M., 2005. Milchproduktionssysteme in der Tal- und Hügelregion – was ist optimal für die Zukunft? FAT-Berichte Nr. 645, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Gazzarin C., Lips M. und Schick M., 2007. Milchproduktion in der Bergregion unter AP 2011 – Fließt die Milch ins Talgebiet? ART-Berichte Nr. 674, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Gazzarin C., 2011. Maschinenkosten 2011. ART-Bericht Nr. 747, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Gazzarin C. und Lips M., 2012. Maschinenkosten 2012. ART-Bericht Nr. 753, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Hilty R., Van Caenegem L., und Herzog D., 2007. ART-Preisbaukasten 2007. Baukostensammlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- KTBL, 2012. Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/2013. 23. Auflage, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Lips M. und Burose F., 2012. Repair and Maintenance Costs for Agricultural Machines, International Journal of Agricultural Management, 1(3): 40–46.
- Lips M., 2012a. Joint Cost allocation by Means of Maximum Entropy, Paper presentation, 28th International Conference of Agricultural Economists, Foz do Iguaçu, Brasilien, 18.–24. August.
- Lips M., 2012b. Reparatur- und Unterhaltsfaktoren für Motorfahrzeuge der Bergmechanisierung, internes Arbeitspapier, Tänikon.
- Lips M., 2013, (im Druck). Repair and Maintenance Costs for nine Agricultural Machine Types, Transaction of the ASABE.
- Mouron P. und Schmid D., 2012. Grundlagenbericht 2011. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen.
- Oppitz V., 1994. Gabler Lexikon Wirtschaftlichkeitsrechnung, Gabler, Wiesbaden.

Rinaldi M., Erzinger S. und 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, 2012. Rücknahmepreisliste für Landwirtschaftstraktoren. Schweizerischer Landmaschinenverband, Association Suisse de la machine agricole, Bern.

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

## 8 Anhang

Tabelle 13: 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 %



## 9 Abkürzungen

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