

AgroArwir

Kalkulationen von Reparaturfaktoren und Belastungsgraden von Motoren

Markus Lips¹, Christoph Ulrich², Helmut Ammann¹ und Emil Steingruber³

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

²Lerch Treuhand AG, Gstaadmattstr. 5, CH-4452 Itingen/BL

³Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen

Auskünfte: Markus Lips, markus.lips@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 31 31

Zusammenfassung

Zur Berechnung von Reparatur- und Maschinenkosten sind zwei Koeffizienten wichtig, der Reparaturfaktor und der Belastungsgrad. Der Reparaturfaktor gibt an, welcher Anteil des Neuwerts im Verlaufe der Nutzungsdauer als Reparaturkosten anfällt. Mit dem durchschnittlichen Belastungsgrad des Motors wird der Treibstoffverbrauch und somit die Treibstoffkosten kalkuliert. Basierend auf einer empirischen Untersuchung werden für sieben Maschinenkategorien, darunter Mähdrescher und Zuckerrüben-Ernter die beiden Koeffizienten berechnet.

Bei der Gegenüberstellung mit den aktuellen Werten des ART-Maschinenkostenberichts stimmen die Belastungsgrade gut überein. Beachtliche Differenzen gibt es bei den Reparaturkosten beziehungsweise dem Reparaturfaktor. Auch wenn die geringe Anzahl der untersuchten Maschinen die Resultate relativiert, lässt sich je Arbeitseinheit gegenüber früheren Untersuchungen eine klare Reduktion der Reparaturkosten feststellen.

Maschinen stellen einen bedeutenden Kostenfaktor in der Landwirtschaft dar. 2006 beliefen sich die Kosten für eigene Maschinen und Arbeit durch Dritte auf rund 33 000 Franken pro Referenzbetrieb, was knapp 20 Prozent der Fremdkosten entspricht (Mühlethaler 2007, S. A2). Mit dem Maschinenkostenbericht (Ammann 2007) ist ART bemüht, der Praxis Kostenangaben für den einzelnen Maschinentyp zur Verfügung zu

stellen und damit den effizienten Maschineneinsatz zu unterstützen. Insbesondere im überbetrieblichen Einsatz dienen diese Kostenkalkulationen als Grundlage für gegenseitige Abrechnungen. Während die Neupreise jährlich erhoben werden, gibt es eine Reihe von technischen Koeffizienten, die periodisch überprüft werden. Dazu zählen Auslastung pro Jahr, Nutzungsdauer, Reparaturfaktor, Belastungsgrad

mit Treibstoffverbrauch des Motors, Wartungsaufwand und Gebäudebedarf.

Der Aufwand, diese technischen Koeffizienten zu erheben, ist ungleich grösser als die Neuwerte. Da die Reparaturen mit zunehmendem Alter tendenziell ansteigen, sind Momentaufnahmen, beziehungsweise Angaben für einzelne Jahre, wenig aussagekräftig. Es empfiehlt sich daher, die gesamte Lebensdauer zu betrachten. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die beiden Koeffizienten Reparaturfaktor und Belastungsgrad nicht direkt erfassbar sind. Sie müssen kalkuliert werden. Schliesslich werden in der Praxis kaum maschinenspezifische Aufzeichnungen gemacht, da beispielsweise der Treibstoff für den ganzen Betrieb eingekauft und verbucht wird. Um diese Schwierigkeit zu überwinden, bietet sich eine Erhebung bei Maschinengemeinschaften an. Da mehrere Parteien involviert sind, liegen meist maschinenspezifische Aufzeichnungen zu Treibstoff und Reparaturen vor. Letztere dürften somit auch die eingesetzte Arbeitszeit berücksichtigen – Angaben, die bei alleiniger Maschinenhaltung kaum erfasst werden. Zudem sind Maschinengemeinschaften typischerweise nicht gewinnorientiert und damit eher bereit, eine Einsichtnahme in ihre Abrechnungen zu gewähren.

Befragung

Mit der Diplomarbeit von Ulrich (2007), die von der Schweizerischen Hochschule für Landwirt-



Abb. 1. Bei den Zuckerrüben-Vollerntern beträgt der durchschnittliche Neuwert mehr als eine halbe Million Franken. (Fotos: Agroscope ART)

tschaft

schaft und ART betreut wurde, ist eine Informationsquelle verfügbar, mit der sich für einzelne Maschinen Auslastung, Nutzungsdauer, Reparaturfaktor und Belastungsgrad ableiten lassen. 16 Maschinen-Kleingemeinschaften der Deutschschweiz erklärten sich bereit, Einblick in ihre Daten zu geben. Insgesamt liegen so für 31 Maschinen Angaben vor. Von zehn Maschinentypen wurde nur je ein Exemplar erhoben. Diese entfallen der Analyse. Ebenso eine Maschine, die bereits in einer früheren Phase im Einsatz stand und 1999 weiterverkauft wurde. Somit verbleiben 20 Maschinen, die sich auf sieben Typen aufteilen (Tab. 1): Selbstfahrender und gezogener Zuckerrüben-Vollernter, Miststreuer, Kreiselegge sowie drei Grössenkategorien von Mähdreschern. Mittels Betriebsbesuchen wurden Daten aus schriftlichen Unterlagen wie Buchhaltungen und Rechnungen ermittelt. Waren keine schriftlichen Aufzeichnungen vorhan-

den oder ging es um zukünftige Aspekte wie die voraussichtliche Nutzungsdauer, erfolgte eine mündliche Befragung des Geschäftsführers. Die anschliessende Datenaufbereitung ergab die jährlichen Durchschnittswerte für Auslastung, Reparaturen sowie den Treibstoffverbrauch bei motorisierten Maschinen.

Mit Ausnahme von einer Vorführmaschine (Mähdrescher mit 4,8-5,2 m Arbeitsbreite) und drei Gebrauchtmaschinen (je ein Mähdrescher mit 4,8-5,2-m- und 5,2-6-m-Arbeitsbreite sowie ein selbstfahrender Zuckerrüben-Ernter) wurden alle Maschinen von den Kleingemeinschaften neu beschafft. Einzig ein Mähdrescher mit 4,2 bis 4,8-m-Arbeitsbreite wurde in seinem ersten Betriebsjahr nicht eingesetzt. Von allen Maschinen liegt der Kaufpreis vor und entspricht bei den 17 neuerworbenen Geräten gleichzeitig dem Neuwert. Bei den Gebrauchtmas-

chinen kam der Neuwert des ART-Maschinenkostenberichts mit entsprechendem Jahrgang zur Anwendung (Ammann diverse Jahrgänge). Verwendet wurde das effektive Alter und nicht die Jahre bei den Kleingemeinschaften. Im Durchschnitt sind die Maschinen 8,4 Jahre alt. Dies erlaubt, Aussagen zu den Reparaturkosten zu treffen, denn die Maschinen befinden sich mehrheitlich in der zweiten Hälfte ihrer Nutzungsdauer, in der tendenziell höhere Reparaturkosten anfallen.

Auslastung und Nutzungsdauer

In Tabelle 2 sind Auslastung und Nutzungsdauer angegeben. Als Bezugsgrösse dient die Arbeitseinheit (AE). Mit Ausnahme des Miststreuers kommt dabei immer die Hektare zur Anwendung. Zur Berechnung der Auslastung wurden die bearbeiteten AE aufsummiert und durch das Alter dividiert. Bei den Gebrauchtmaschinen sind die AE

Tab. 1. Erhobene Maschinen.

Maschine	Anzahl	Durchschnittlicher Neuwert in Franken	Durchschnittliche Motorenleistung in kW	Durchschnittliches Alter in Jahren
Mähdrescher 4,2 bis 4,8-m-Arbeitsbreite	2	186'083	122	14
Mähdrescher 4,8 bis 5,2-m-Arbeitsbreite	5	205'150	155	9
Mähdrescher 5,2 bis 6-m-Arbeitsbreite	2	267'500	184	9
Zuckerrüben-Vollernter, selbstfahrend, 6-reihig, 265 kW	2	522'302	324	7
Zuckerrüben-Vollernter, gezogen, 2-reihig	2	80'500	-	9
Miststreuer 6,5 bis 8 t	5	34'975	-	5,6
Kreiselegge mit Packerwalze 3 m	2	13'545	-	8,5
Total	20			8,4

Quelle: Ulrich 2007, eigene Kalkulationen

Tab. 2. Auslastung und Nutzungsdauer.

Maschine	AE	Kleingemeinschaften			ART-Maschinenkostenbericht			
		Auslastung	Erreichbare Nutzungsdauer		Auslastung	Erreichbare Nutzungsdauer		Technische Nutzungsdauer
		AE/ Jahr	in Jahren	in AE	AE/ Jahr	in Jahren	in AE	in AE
Mähdrescher 4,2 bis 4,8-m-Arbeitsbreite	ha	84	16,5	1386	125	12	1500	2100
Mähdrescher 4,8 bis 5,2-m-Arbeitsbreite	ha	88	15	1320	140	12	1680	2700
Mähdrescher 5,2 bis 6-m-Arbeitsbreite	ha	103	12	1236	165	12	1980	3200
Zuckerrüben-Vollernter, selbstfahrend, 6-reihig, 265 kW	ha	282	10	2820	200	10	2000	5000
Zuckerrüben-Vollernter, gezogen, 2-reihig	ha	26	13	338	45	12	540	1000
Miststreuer 6 bis 8,5 t	Fuder	360	10	3600	300	12	3600	4000
Kreiselegge mit 3-m-Packerwalze	ha	89	12	1068	30	12	360	500

Quelle: Ulrich 2007, Ammann 2007, eigene Kalkulationen

vor dem Kauf durch die Kleingemeinschaft ebenfalls berücksichtigt. Die Nutzungsdauer in Jahren basiert auf Schätzungen und beinhaltet bei den Gebrauchsmaschinen auch die Phase vor dem Kauf der Maschine durch die Kleingemeinschaft. Das Produkt von gerundeter Auslastung pro Jahr in AE und Nutzungsdauer in Jahren entspricht der voraussichtlich erreichbaren Nutzungsdauer in AE. Als Vergleichsgrösse werden zwei Werte aus dem Maschinenkostenbericht (Ammann 2007) verwendet, die technische und die erreichbare Nutzungsdauer. Letztere entspricht wiederum dem Produkt von Abschreibungszeit und jährlicher Auslastung. Sie ist üblicherweise kleiner als die technische Nutzungsdauer. Der Vergleich der Kleingemeinschaften mit dem Maschinenkostenbericht zeigt, dass die Werte einiger Maschinentypen über (z. B. selbstfahrender Zuckerrüben-Vollernter, Kreiselegge) und andere unter (so alle drei Mähdrescher-Typen, gezogener Zuckerrüben-Vollernter) den Angaben des ART-Maschinenkostenberichts liegen. Beim Miststreuer entsprechen sich die Werte genau. Es ist durchaus möglich, dass einige Maschinen nach der erreichbaren beziehungsweise geplanten Nutzungsdauer als revidierte Gebrauchsmaschinen bis zur Er-

reichung ihrer technischen Nutzungsdauer im In- und Ausland im Einsatz verbleiben.

Reparaturen und Treibstoffverbrauch

Zur Ermittlung der Reparaturkosten und des Treibstoffverbrauchs gibt es je eine Gleichung (Ammann 2007), die je einen Koeffizienten, den Reparaturfaktor und den (durchschnittlichen) Belastungsgrad des Motors, beinhaltet. Beide Koeffizienten sind im ART-Maschinenkostenbericht enthalten und stammen aus internen Untersuchungen der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART der 80er- und 90er-Jahre.

Ulrich (2007) hat sowohl die Reparaturkosten als auch den Treibstoffverbrauch pro Arbeitseinheit erhoben beziehungsweise kalkuliert¹, womit nun die umgekehrte Betrachtung erfolgen kann. Da alle notwendigen Angaben vorliegen, können die beiden Gleichungen nach den entsprechenden Koeffizienten aufgelöst und die Werte einge-

setzt werden. Für den Reparaturfaktor (RF) lautet die Gleichung folgendermassen:

$$RF = \frac{RK_{AE} * TN_{AE}}{NW}$$

Die empirisch erhobenen und berechneten Reparaturkosten in Franken pro AE (RK_{AE}) werden mit der technischen Nutzungsdauer (TN_{AE} ; auch *Nutzungsdauer nach Arbeit genannt*), ebenfalls in AE ausgedrückt, multipliziert und anschliessend durch den Neuwert in Franken (NW) dividiert.

Der Belastungsgrad bei Dieselmotoren (BG) berechnet sich folgendermassen:

$$BG = \frac{D_{AE} * \alpha}{0,3 * ML_{kW}}$$

Der Dieserverbrauch in Litern pro Arbeitseinheit (D_{AE}) wird mit α , der Anzahl AE pro Stunde², multipliziert. Anschliessend erfolgt die Division durch den spezifischen Treibstoffverbrauch von 0,3 Liter pro Kilowattstunde einerseits und die Motorenleistung in Kilowatt (ML_{kW}) andererseits.

¹Für die Occasionsmaschinen wird bei den Reparaturkosten nur die Phase bei den Kleingemeinschaften berücksichtigt. Angaben zu den vorangegangenen Jahre sind nicht vorhanden. Bei je einem Mähdrescher der Arbeitsbreiten 4,8 bis 5,2 m sowie 5,2 bis 6 m fehlt der Treibstoffverbrauch. Ulrich (2007) erfasste ebenfalls die Art der Reparaturen.

²Dazu wird der Wert aus dem ART-Maschinenkostenbericht verwendet.

Für jede Maschine werden die entsprechenden Koeffizienten berechnet, indem die Angaben aus den Tabellen 1 und 2 verwendet werden. Die Koeffizienten und die Angaben zu den Reparaturkosten und Treibstoffverbrauch sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Mit Ausnahme des gezogenen Zuckerrüben-Vollernters sind die Reparaturkosten aller Maschinen deutlich tiefer als die entsprechenden Werte im ART-Maschinenkostenbericht. Hier gilt es anzumerken, dass die Kleingemeinschaften viele Reparaturen selber ausführen und dafür einen Lohnansatz verwenden, der in der Grössenordnung des Verrechnungsansatzes unter Landwirten liegt (Fr. 27.-, Ammann 2007). In Werkstätten würde ein Tarif von rund 80 Franken pro Stunde in Rechnung gestellt. Zudem lagen nicht überall Aufzeichnungen zu den Eigenreparaturen vor. Abgesehen vom gezogenen Zuckerrüben-Vollernter sind die ermittelten Reparaturfaktoren entsprechend kleiner als im Maschinenkostenbericht.



Abb. 2. Insgesamt standen die Daten von neun Mähdreschern zur Verfügung.

Tab. 3. Reparaturen und Treibstoffverbrauch

Maschine	AE	Reparaturen				Treibstoff			
		Kleingemeinschaften		ART-Maschinenkostenbericht		Kleingemeinschaften		ART-Maschinenkostenbericht	
		Fr./AE	Reparaturfaktor	Fr./AE	Reparaturfaktor	Liter/AE	Belastungsgrad	Liter/AE	Belastungsgrad
Mähdrescher 4,2 bis 4,8-m-Arbeitsbreite	ha	30,1	0,34	72,6	0,6	21,4	0,64	20,5	0,60
Mähdrescher 4,8 bis 5,2-m-Arbeitsbreite	ha	32,2	0,42	62,9	0,6	24,5	0,69	20,8	0,60
Mähdrescher 5,2 bis 6-m-Arbeitsbreite	ha	16,1	0,19	67,8	0,7	29,2	0,79	24,5	0,70
Zuckerrübenvollernter, selbstfahrend, 6-reihig, 265 kW	ha	59,7	0,57	125,2	1,0	62,2	0,38	53,0	0,40
Zuckerrübenvollernter, gezogen, 2-reihig	ha	148,1	1,84	123,6	1,2	-	-	-	-
Miststreuer 6,5 bis 8 t	Fuder	3,1	0,35	6,5	0,7	-	-	-	-
Kreiselegge mit Packerwalze 3 m	ha	11,6	0,43	31,0	1,0	-	-	-	-

Quelle: Ulrich 2007, Ammann 2007, eigene Kalkulationen

Die Kleingemeinschaften weisen beim Treibstoff überall grössere Verbrauchsangaben in Litern pro AE aus als der ART-Maschinenkostenbericht. Da gleichzeitig die Motorenleistungen bei den untersuchten Maschinen jene im Maschinenkostenbericht teilweise stark überragen, sind die Abweichungen bei den errechneten Belastungsgraden gering. Zu beachten ist allerdings, dass bei den Werten der Kleingemeinschaften die Anfahrten zu den Erntefeldern enthalten sind und dass beim Maschinenkostenbericht nur die Einsatzzeit auf dem Erntefeld berücksichtigt wird. Auch hier gilt es darauf hinzuweisen, dass einzelne Angaben im Gespräch mit den Kleingemeinschaften abgeschätzt wurden.

Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Artikel werden ausgehend von Praxisdaten die Reparaturfaktoren und (Motoren-) Belastungsgrad für sechs Maschinentypen kalkuliert.

Die berechneten Werte für den Belastungsgrad des Motors

und damit den Treibstoffverbrauch stimmen sehr gut mit den Werten des ART-Maschinenkostenberichts (Ammann 2007) überein. Es besteht somit kein Anpassungsbedarf.

Beim Reparaturfaktor und damit den Reparaturkosten sind die abgeleiteten Werte bei sechs von sieben Maschinen tiefer als die Vergleichsangaben des Maschinenkostenberichts, dessen Angaben noch auf ältere Untersuchungen zurückgehen. Auch wenn etliche Reparaturen bei den Kleingemeinschaften in Eigenarbeit und damit zu relativ geringen Arbeitskosten ausgeführt werden, gilt es festzustellen, dass in den vergangenen Jahren die Reparaturkosten pro Arbeitseinheit offensichtlich sanken. Eine Untersuchung aus Deutschland über Traktoren und Mähdrescher bestätigt diese Feststellung (Bruhn 2000). Der Grund dafür dürfte im technischen Fortschritt liegen.

Angesichts der beachtlichen Veränderung bei den Reparaturen und auch der geringen Zahl betrachteter Maschinen, ist eine

Ausweitung der Untersuchung angezeigt. Dabei wäre auch die Auslastung zu berücksichtigen, da sie für die Aufteilung der fixen Kosten je Arbeitseinheit einen wesentlichen Faktor darstellt.

Literatur

- Ammann H., 2007. Maschinenkosten 2008, ART-Berichte Nr. 688, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ammann H. div. Jahrgänge. Maschinenkosten, div. ART-Berichte bzw. FAT-Berichte, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Bruhn I., 2000. Reparaturkosten von Traktoren und Mähdreschern. Landtechnik (5): 354–361.
- Mühlethaler K., 2007. Hauptbericht 2006, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.
- Ulrich Ch., 2007. Analyse der Auslastung und Kosten von überbetrieblich eingesetzten Maschinen, eine Praxisuntersuchung von Maschinengemeinschaften, Diplomarbeit, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Zollikofen.

RÉSUMÉ

Calcul des facteurs «réparations» et «degrés de charge» des moteurs

Deux coefficients sont importants pour calculer les coûts de réparation et de machines. Le facteur réparations indique quel pourcentage de la nouvelle valeur est imputé aux coûts de réparation au cours de la durée d'utilisation. Le degré moyen de charge du moteur permet de calculer la consommation de carburant et ainsi, les coûts du carburant. En se basant sur une étude empirique, les deux coefficients sont calculés pour sept catégories de machines dont une moissonneuse-batteuse et une arracheuse à betteraves. La comparaison avec les valeurs actuelles du rapport sur le coût des machines de l'ART montre que les degrés de charge concordent bien. Il y a des différences considérables dans respectivement les coûts de réparation et le facteur réparations. Même si le petit nombre de machines étudiées relativise les résultats, on constate une réduction nette des coûts de réparation par unité de main d'œuvre par rapport à de précédentes études.

SUMMARY

Repair factor and engine utilisation factor calculations

Two coefficients are important for the calculation of repair costs and machine costs. The repair factor gives the proportion of new value incurred as repair costs in the course of service life. Fuel consumption, and hence fuel costs, are calculated using the average engine utilisation factor. On the basis of an empirical study both coefficients are calculated for seven machine categories, including combine-harvesters and sugar beet harvesters. The utilisation factors are very consistent in a comparison with current ART Machine Cost Report values. There are considerable differences in repair costs and repair factor. Even if the results are relativised by the low number of machines investigated, a clear reduction in repair costs per unit of work is found in relation to previous investigations.

Key words: machinery, repair, costs