Institut für Landtechnik der

Technischen Universität

Methodischer Beitrag zur Ermittlung der Reparaturkosten und zur Gesamtkostenkalkulation landwirtschaftlicher Maschinen - dargestellt am Beispiel von Melkanlagen

Georg Wendl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. H. Steinhauser
1. Prüfer : Prof. Dr. H.-L. Wenner
2. Prüfer : Prof. Dr. R. Zapf

Die Dissertation wurde am 5.7.1983 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau am 2.8.1983 angenommen.

© 1983 by Landtechnik Weihenstephan

Nachdruck auch auszugsweise, Wiedergabe, Vervielfältigung und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan.

Selbstverlag im Eigenvertrieb: Landtechnik Weihenstephan
Vöttinger Str. 36
8050 Freising

Vorwort

Da heutige Landwirtschaft ohne Technik kaum mehr vorstellbar ist, werden durch den Einsatz dieser Technik hohe Ausgaben verursacht. Umso wichtiger ist es deshalb, daß bei Planungsrechungen die Kosten des Maschineneinsatzes möglichst genau erfaßt werden können.

Das derzeit meist zum Einsatz kommende Kalkulationsverfahren und die dabei verwendete Datenbasis weisen aber insbesonders bei den Reparaturkosten Mängel auf. Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen, dieses Problem mit Hilfe moderner Kalkulationshilfen zu lösen. Dabei enstand eine Methodik, mit der vielfältige Fragestellungen zum monetären und naturalen Reparaturverhalten eindeutig geklärt werden können. Auch für die Ermittlung des Investitionsbedarfs von Maschinen wurde ein interessantes Verfahren vorgeschlagen, das eine ausführliche und aktuelle Preisinformation ermöglicht.

Daß diese Arbeiten durchgeführt werden konnten, ist vor allem der Deutschen Forschungsgesellschaft zu verdanken. Nur durch deren Unterstützung im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" war es möglich, die aufwendigen Datenermittlungen durchzuführen und die rechenintensiven Auswertungen und Modellkalkulationen vorzunehmen. Mögen die nachfolgend dargelegten Ansätze die Grundlage für weitere Arbeiten sein, damit der Landwirt bald die dringend benötigten verbesserten Kalkulationsdaten zur Verfügung hat.

Weihenstephan im November 1983

o.Prof.Dr.H.-L. Wenner

Nach Abschluß der vorliegenden Dissertation möchte ich ganz herzlich all denen danken, die zum Gelingen beitrugen.

Mein ganz besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr. H.-L. Wenner für die Überlassung und die Gesamtbetreuung des Themas. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. R. Zapf für die Übernahme des Korreferates.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich auch an dieser Stelle bei Herrn Dr. H. Auernhammer für die wissenschaftliche Betreuung, die stets tatkräftige Unterstützung und die wertvollen Hinweise bei der Abfassung der Arbeit. Einschließen will ich hier auch alle Mitarbeiter der Landtechnik Weihenstephan, die mir helfend zur Seite standen.

Die Untersuchungen wären in der Form nicht möglich gewesen, wenn nicht die vielen landwirtschaftlichen Betriebsleiter ihre Buchführungsbelege bereitgestellt hätten, und wenn mir nicht die Mitarbeiter des Landwirtschaftlichen Buchführungsdienstes bei der Datenerhebung geholfen hätten. Dafür sei ihnen allen aufrichtig Dank gesagt. Ebenso möchte ich den Landmaschinenherstellern danken, die ihre Unterlagen zur Verfügung stellten.

Ein weiterer Dank gebührt der Deutschen Forschungsgesellschaft und dem Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" für die Bereitstellung der finanziellen Mittel, sowie dem Leibniz-Rechenzentrum der Bayer. Akademie der Wissenschaften und dem Rechenzentrum des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die kostenlose Benutzung ihrer Rechenanlagen.

Weihenstephan im Juni 1983 Georg Wendl

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Verzeichnis der Abbildungen	8
	Verzeichnis der Tabellen	11
	Verzeichnis der Abkürzungen	13
1.	**Aufgabenstellung**	17
1.1	Hinführung	17
1.2	Problemstellung	18
1.3	Ziel der Arbeit	20
2.	**Methodische Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation**	22
2.1	Definition und Aufgabe der Maschinenkostenkalkulation	22
2.2	Maschinenkosten und ihre Berechnungsmethodik	24
2.2.1	Gliederung der Maschinenkosten	24
2.2.2	Verfahren der Kostenberechnung	26
2.2.2.1	Dynamische Verfahren	26
2.2.2.2	Statische Verfahren	28
2.2.2.3	Gegenüberstellung der beiden Verfahren	31
2.3	Bisherige Berechnung der einzelnen Kostenarten und kritische Einordnung	36
2.3.1	Bedeutung und Größe der einzelnen Kostenarten	37
2.3.2	Abschreibung	38
2.3.2.1	Abschreibungswert	39
2.3.2.2	Abschreibungsverlauf	40
2.3.2.3	Abschreibungsdauer	42
2.3.3	Zinsansatz	44
2.3.3.1	Zu verzinsender Anlagewert	44
2.3.3.2	Zinsfuß	45
2.3.4	Reparaturkosten	47
2.3.4.1	Methode nach SCHAEFER-KEHNERT	47
2.3.4.2	Überprüfung der Reparaturdaten	50
2.3.5	Sonstige Kostenarten	56
2.3.5.1	Betriebsstoffkosten	56
2.3.5.2	Versicherungskosten	60

2.3.5.3 Unterbringungskosten 60
2.3.5.4 Wartungskosten 61
2.3.6 Optimale Nutzungsdauer 62
2.4 Zusammendfassende Betrachtung zu den Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation 65

3. Ermittlung der Kostenelemente 67

3.1 Reparaturkosten 67
3.1.1 Zielsetzung 68
3.1.2 Methoden der Reparaturkostenermittlung 68
3.1.2.1 Befragung 69
3.1.2.2 Berechnung nach der Ausfallwahrscheinlichkeit 72
3.1.2.3 Nachkalkulation von Reparaturfällen 76
3.1.2.4 Ausgewählte Methode der Reparaturkostenermittlung 77
3.1.3 Datenerhebung 77
3.1.3.1 Möglichkeiten der Datenerhebung 78
3.1.3.2 Länge des Erhebungszeitraumes 81
3.1.3.3 Durchführung der Datenerhebung 85
3.1.3.4 Ausgewählte Betriebe 90
3.1.3.5 Ausgewählte Melkanlagen 94
3.1.4 Aufbereitung und Verarbeitung der gewonnenen Daten 99
3.1.4.1 Methodik der Reparaturkostenauswertung 99
3.1.4.2 Aufteilung der Melkanlage in Baugruppen 103
3.1.4.3 Datenfluß und Programmtechnik 105
3.1.5 Ergebnisse der Reparaturkostenerhebung 108
3.1.5.1 Durchschnittliche Reparaturkosten pro Anlage und Betrieb 109
3.1.5.2 Mengenmäßiger Ersatzteilverbrauch 113
3.1.5.3 Reparaturkostensumme der einzelnen Baugruppen 116
3.1.5.4 Reparaturkostensumme einer Gesamtanlage 125
3.1.5.5 Reparaturmengengerüst der Melkeinheiten 129
3.1.5.6 Veränderung des Reparaturmengengerüstes 133
3.1.5.7 Ersatzteilkosten und Lohnkosten bei einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten 136
3.1.5.8 Reparaturkostenfunktionen 138
3.1.5.9 Vergleich mit anderen Reparaturkostendaten 143
3.1.6 Fortschreibung der Reparaturkostendaten 149

3.1.7	Übertragung der Reparaturkostendaten auf größere Anlagen	151
3.2	Kapitalkosten	152
3.2.1	Zielsetzung	153
3.2.2	Ermittlung des Investitionsbedarfs	153
3.2.2.1	Problematik der Investitionsbedarfsermittlung	153
3.2.2.2	Vorschlag eines Informationssystems zur Investitionsbedarfsermittlung	158
3.2.2.3	Investitionsbedarf von Melkanlagen	164
3.2.3	Restwert	174
3.2.4	Abschreibungsdauer	176
3.2.5	Kalkulationszinsfuß	177
3.3	Betriebsstoffkosten	179
3.3.1	Energiekosten	180
3.3.2	Sonstige Betriebsstoffkosten	183
3.4	Wartungskosten	184
4.	**Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten eines Gesamtkostenmodells**	187
4.1	Vorgehen bei der Gesamtkostenberechnung	187
4.2	Gesamtkostenmodell für die Maschinenkostenberechnung	190
4.3	Anwendungsbeispiel	192
5.	**Maschinenkostenkalkulation bei Inflation und Besteuerung**	199
5.1	Auswirkungen der Inflation	199
5.2	Auswirkungen der Besteuerung	207
6.	**Einordnung der Methode und deren Diskussion**	210
7.	**Zusammenfassung**	217
8.	**Literaturverzeichnis**	222
9.	**Anhang**	230

Verzeichnis der Abbildungen

Nr.		Seite
1	Entwicklung des Ausgabenbereiches Maschinen und deren Anteil an den Verkaufserlösen	18
2	Gliederung der Maschinenkosten nach ihrem sachlichen Inhalt	24
3	Gliederung der Maschinenkosten nach ihrer Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad	25
4	Kapitalkosten nach der Annuitätsmethode (= 100) und nach der vereinfachten Methode (p = 4 bis 14 v.H.)	34
5	Reparaturkosten nach der Annuitätsmethode (= 100) und nach der vereinfachten Methode (p = 4 bis 14 v.H.)	35
6	Kostenstruktur einer Schlepperstunde (60 kW-Allradschlepper)	37
7	Abschreibungsverfahren	43
8	Durchschnittlich zu verzinsender Anlagewert bei der Annuitätsmethode	45
9	Maßnahmen der Instandhaltung (nach FUCHSS 1977 /26/ und MÄNNEL 1968 /52/)	48
10	Reparaturkostenmodell von SCHAEFER-KEHNERT 1969 /76/ (22 kW-Schlepper)	49
11	Durchschnittliche Reparaturkosten von Schleppern mit Hinterradantrieb (22-29 kW; Preisstand 1976/77)	51
12	Entwicklung des Preisniveaus landw. Produkte und Betriebsmittel (ohne MWSt.; 1955/56 = 100; Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF/17/)	54
13	Dieselölverbrauch von Schleppern im Teillastbereich	57
14	Erhöhung des relativen Ölverbrauchs eines Viertaktmotors mit zunehmendem Verschleiß (nach WOHLLEBE 1978 /105/)	59
15	Optimale Nutzungsdauer eines 45 kW-Schleppers (mit und ohne Restwertberücksichtigung; A = 40.000 DM)	64
16	Investitionsverhalten der westdeutschen Landwirtschaft (Neumaschineninvestitionen und Verkaufserlöse; Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF /17/)	65
17	Die reparaturbeeinflussenden Faktoren (schematisch)	67
18	Möglichkeiten zur Ermittlung von Reparaturkostendaten	69
19	Durchschnittliche Reparaturkosten von Ladewagen nach der RKL-Umfrage 1982 /68/ (50 Gerätetypen von 9 Herstellern; n=748)	71
20	Typischer Verlauf der Ausfallrate technischer Bauteile ("Badewannenkurve")	73

21 WEIBULL-Verteilung (Beispiel: langer Milchschlauch einer Melkeinheit; n=16) 74

22 Möglichkeiten zur Kostenermittlung der Reparaturen 78

23 Gegenüberstellung der verschiedenen Datenquellen 81

24 Additionstheorem der Normalverteilung übertragen auf die Reparaturkostenerhebung 82

25 Zuordnung der untersuchten Betriebe zu den Landkreisen in Bayern 91

26 Landw. genutzte Fläche und Kuhbestand aller 216 Untersuchungsbetriebe (Stand: Wirtschaftsjahr 1979/80) 91

27 Schematische Darstellung einer Rohrmelkanlage 94

28 Luftdurchfluß der Vakuumpumpe in Abhängigkeit von der Zahl der Melkeinheiten 97

29 Altersverteilung der untersuchten Melkanlagen (bei Beginn der Untersuchung; n=216) 99

30 Methodischer Ablauf der Reparaturkostenauswertung 101

31 Reparaturkostenfunktion 102

32 Datenflußplan bei der Reparaturkostenauswertung 105

33 Mittlere jährliche Reparaturausgaben (Preisstand 1982; n = 280) 110

34 Jährliche Reparaturausgaben aller Melkanlagen (jährliche Rechnungsbeträge; Preisstand 1982) 111

35 Jährliche Reparaturausgaben aller Melkanlagen (Korrigierte jährliche Rechnungsbeträge; Preisstand 1982) 112

36 Mittlere jährliche Reparaturkosten der einzelnen Baugruppen und deren relative Abweichung vom Gesamtmittel (Preisstand 1982) 115

37 Reparaturkostensumme des Vakuumaggregates in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (258 Baugruppen; Preisstand 1982) 119

38 Reparaturkostensumme der Melkeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (280 Baugruppen; Preisstand 1982) 120

39 Reparaturkostensumme des Leitungssystems in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (277 Baugruppen; Preisstand 1982) 121

40 Reparaturkostensumme der Endeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (259 Baugruppen; Preisstand 1982) 122

41 Reparaturkostensumme des Spülsystems in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (244 Baugruppen; Preisstand 1982) 122

42 Reparaturkostensumme des Melkstands in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (56 Baugruppen; Preisstand 1982) 125

43 Reparaturkostensumme einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (Preisstand 1982) 127

44 Relative Anteile der einzelnen Baugruppen an der gesamten Reparaturkostensumme einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten 128

45 Reparaturkostensumme einer Melkeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (Gummiteile korrigiert; 280 Baugruppen; Preisstand 1982) 134

46 Ersatzteil- und Lohnkosten einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten (bis zum 8. Nutzungsjahr 1982) 136

47 Reparaturkostenfunktion für die mittlere Reparaturkostensumme der Endeinheit (Preisstand 1982) 141

48 Reparaturkostenfunktionen für eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten (Mittel; Preisstand 1982) 143

49 Vergleich der Reparaturkostensumme (Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten; Preisstand 1982) 146

50 Preissteigerung der benötigten Ersatzteile von 1980 auf 1982 (3 Hersteller) 150

51 Unterschiede zwischen Listenpreisen (incl. MWSt) und wirklich bezahlten Kaufpreisen (n = 31 Maschinen) 156

52 Vorschlag für ein Informationssystem zur Investitionsbedarfsermittlung 161

53 Investitionsbedarf von Vakuumaggregat und Melkeinheit (Marktangebot von 3 Herstellern; Preisstand 1982/83) 166

54 Investitionsbedarf von Rohrmelkanlagen (einschließlich Montage; Preisstand 1982/83) 171

55 Investitionsbedarf von Fischgräten-Melkständen (einschließlich Montage; Preisstand 1982/83) 172

56 Relative Entwertungsfunktion 176

57 Zinsniveau in der Bundesrepublik Deutschland (Umlaufrendite von festverzinslichen Wertpapieren; Quelle: Dt. Bundesbank /20/) 178

58 Gliederungshierarchie für die Modellbildung in der Maschinenkostenberechnung 191

59 Relative Gesamtkosten einer Rohrmelkanlage (30 Kühe mit 3 Melkeinheiten) 196

60 Gesamtkosten einer Rohrmelkanlage bei unterschiedlicher Melktechnik und Herdengröße (Preisstand 1982/83) 197

61 Einfluß der Inflationsrate auf die Rendite der im Umlauf befindlichen festverzinslichen Wertpapiere (Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF/17/ und Stat.Beihefte der Dt.Bundesbank/20/) 204

62 Methoden der Reparaturkostenermittlung 211

Verzeichnis der Tabellen

Nr.		Seite
1	Beispiel für die Kapitalkostenberechnung einer Maschineninvestition (A = 10.000 DM) nach der Annuitätsmethode und der vereinfachten Methode	32
2	Fortschreibung der Maschinenkostendaten (Anschaffungspreis und Summe der Teilreparaturen) für 22 kW-Schlepper von 1964 bis 1976	52
3	Mittlere Reparaturkostensumme einer Melkeinheit berechnet aus dem Mittel verschiedener Reparaturkostensummen (Verfahren I) und der Summe der mittleren jährlichen Reparaturkosten (Verfahren II)	84
4	Auswahl der Erhebungsbetriebe	89
5	Milchleistungsniveau aller 216 Untersuchungsbetriebe (Stand: Wirtschaftsjahr 1979/80)	93
6	Ausstattung der untersuchten Melkanlagen mit Melkeinheiten (859 Melkeinheiten bei 216 Melkanlagen)	95
7	Verteilung aller untersuchten Melkanlagen nach Herstellern	98
8	Gliederung der Melkanlage in Baugruppen und deren wichtigste Einzelteile	104
9	Mengenmäßiger Ersatzteilverbrauch der Gesamtanlagen und ihrer Baugruppen (280 Anlagen)	113
10	Altersstruktur der Baugruppen getrennt nach Fabrikaten	117
11	Zahl der zur Erklärung der 9-jährigen Reparaturkostensumme notwendigen Einzelersatzteile	130
12	Verbrauch an ausgewählten Ersatzteilen bei der Melkeinheit bis zum 9. Nutzungsjahr	132
13	Anteile der Ersatzteilkosten und Lohnkosten an der gesamten Reparaturkostensumme nach 8 Nutzungsjahren für die Baugruppen und die Gesamtanlage (siehe Anhangstabellen 7, 8, 9)	138
14	Statistische Kenngrößen der Jahresreparaturen von allen untersuchten Endeinheiten (259 Baugruppen, Preisstand 1982)	142
15	Reparaturmengengerüst einer Eimermelkanlage mit 2 Melkeinheiten nach SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/	144
16	Relativer Vergleich der erhobenen Reparaturkostensumme mit der Reparaturkostensumme nach KTBL-Angaben (Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten; KTBL-Wert = 100)	147
17	Investitionsbedarfsermittlung am Beispiel eines Hofschleppers	163
18	Zuordnung der Melktechnik nach Stallsystem und Herdengröße	167

19 Darstellung des Investitionsbedarfs von Melkanlagen in mathematischen Funktionen 170

20 Energiekosten von Melkanlagen (Datenmaterial nach SAUER und AUERNHAMMER 1982/73/, AYIK 1975/8/, VOGT 1979/92/, Herstellerunterlagen /112/) 181

21 Sonstige Betriebsstoffkosten von Melkanlagen(Datenmaterial nach Herstellerangaben /112/) 184

22 Wartungskosten von Melkanlagen(Herstellerunterlagen /112/) 185

23 Formelmäßige Darstellung der Kalkulationselemente (Beispiel Rohrmelkanlagen) 189

24 Gesamtkostenmodell am Beispiel einer Rohrmelkanlage (30 Kühe mit 3 Melkeinheiten; Preisstand 1982/83) 193

25 Unterschiedliche Abschreibungsformen (Anschaffungswert 20000,- DM, Nutzungsdauer 10 Jahre, Restwert 0, lineare Abschreibung, jährliche Inflationsrate 6 v.H.) 201

26 Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert und Inflationskomponente des Zinses (Anschaffungswert 10.000,- DM, Nutzungsdauer 5 Jahre, jährliche Inflationsrate 6 v.H.) 203

27 Gegenüberstellung der 3 Ermittlungsmethoden 213

Verzeichnis der Abkürzungen

α	Lageparameter der WEIBULL-Verteilung
A	Anschaffungswert
AfA	steuerliche Abschreibung
β	Maßstabsparameter der WEIBULL-Verteilung
B	jährliche Betriebskosten
B_1	jährliche Betriebskosten für Energie
B_2	jährliche Betriebskosten für sonstige Betriebsstoffe
BZ	Buchtenzahl im FGM-Melkstand
γ	WEIBULL-Exponent der WEIBULL-Verteilung
C_0	Absolutglied der Funktionsgleichung
C_1	Regressionskoeffizient
C_2	Exponent, der die Progression ausdrückt
D	Degressionskoeffizient
f	Inflationsfaktor
f(t)	Ausfalldichte
f_p	Preissteigerungsfaktor
F	täglicher Filterhüllenverbrauch
F(t)	Ausfallwahrscheinlichkeit
FGM	Fischgrätenmelkstand
i	Kalkulationszinsfuß in Dezimalform (p/100)
I_1	Investitionsbedarf der 5 Baugruppen (Vakuumaggregat, Leitungssystem, Endeinheit, Spülsystem und Melkstandgerüst)
I_2	Investitionsbedarf aller Melkeinheiten
I_G	Investitionsbedarf gesamt
I_{ST}	Investitionsbedarf für Fischgrätenmelkstand
I_V	Investitionsbedarf für Vakuumaggregat
j	jährliche Auslastung
K_e	Eigenkapital
K_f	Fremdkapital
KG	jährliche Gesamtkosten
KGS	jährliche Gesamtkosten nach Steuern
KZ	Zahl der Kühe
l	Leitungslänge
$\lambda(t)$	Ausfallrate

m	maximale Grenzkosten der Reparatur
M	Montagefaktor
MA	Melkeinheit mit automatischer Melkzeugabnahme
ME	Zahl der Melkeinheiten
MF	Melkeinheit mit Milchflußanzeiger
MS	Melkeinheit mit Milchflußsteuerung
n	Nutzungsdauer in Leistungseinheiten
N	Nutzungsdauer in Jahren
n_{Ai}	Anzahl Baugruppen von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
n_{Bi}	Anzahl Baugruppen von Fabrikat B im i-ten Nutzungsjahr
n_{Ci}	Anzahl Baugruppen Von Fabrikat C im i-ten Nutzungsjahr
n_i	Anzahl aller Baugruppen $(n_{Ai} + n_{Bi} + n_{Ci})$
O	täglicher Ölverbrauch
p	Kalkulationszinsfuß in Dezimalform
p_e	Eigenkapitalzinsfuß in Dezimalform
p_f	Fremdkapitalzinsfuß in Dezimalform
p_F	Filterpreis
p_O	Ölpreis
p_S	Spülmittelpreis
p_Q	Energiepreis
p_W	Wasserpreis
P_V	Leistungsbedarf für Vakuumpumpe
P_M	Leistungsbedarf für Milchpumpe
P_R	Leistungsbedarf für Reinigungsautomat
q	Zinsfaktor (1 + p/100)
q_n	Nominalzinsfaktor
q_r	Realzinsfaktor
q_s	Zinsfaktor nach Steuern
Q_G	täglicher Energieverbrauch (gesamt)
Q_M	täglicher Energieverbrauch (Milchpumpe)
Q_R	täglicher Energieverbrauch (Reinigungsautomat)
Q_V	täglicher Energieverbrauch (Vakuumaggregat)
R_i	Reparaturen im i-ten Nutzungsjahr
R_{Ai}	Reparaturkosten von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
R_{Bi}	Reparaturkosten von Fabrikat B im i-ten Nutzungsjahr
R_{Ci}	Reparaturkosten von Fabrikat C im i-ten Nutzungsjahr
R_n	durchschnittliche Reparaturkosten/Leistungseinheit
$R(t)$	Überlebenswahrscheinlichkeit

RS'	fortgeschriebene Reparaturkostensumme
RS'F	fortgeschriebene Reparaturkostenfunktion
RS_i	Reparaturkostensumme nach i Nutzungsjahren
RS_{Ai}	Reparaturkostensumme von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
RS_{Bi}	Reparaturkostensumme von Fabrikat B im i-ten Nutzungsjahr
RS_{Ci}	Reparaturkostensumme von Fabrikat C im i-ten Nutzungsjahr
RW	Restwert
RW_R	relativer Restwert
s	konstanter Grenzsteuersatz
S	täglicher Spülmittelverbrauch
s_i	Standardabweichung der jährlichen Reparaturkosten
s_G	Standardabweichung der Reparaturkostensumme
t	Lebensdauer in Monaten
T	Summe der Teilreparaturen
t_M	tägliche Laufzeit der Milchpumpe (Melken)
t_m	mittlere Lebensdauer
t_S	tägliche Laufzeit der Milchpumpe (Spülen)
t_{SH}	tägliche Laufzeit des Reinigungsautomaten
t_V	tägliche Laufzeit des Vakuumaggregates (Melken)
t_{VS}	tägliche Laufzeit des Vakuumaggregates (Spülen)
U	gleichbleibende jährliche Unterbringungskosten
US	Umsatzsteuerfaktor (z.Z. 1,13)
v	durchschnittliche Verschleißdauer
V	gleichbleibende jährliche Versicherungskosten
Vl	Luftdurchfluß (Vakuumpumpe)
W	jährliche Wartungskosten
WS	täglicher Wasserverbrauch
x	durchschnittlich zu verzinsender Anlagewert
Z	jährliche Zinskosten

1. Aufgabenstellung

1.1 Hinführung

Die westdeutsche Landwirtschaft hat in den vergangenen drei Jahrzehnten einen bisher nicht gekannten Strukturwandel durchgemacht. Dies kommt am stärksten dadurch zum Ausdruck, daß von den am Anfang der fünfziger Jahre in der Landwirtschaft tätigen Vollarbeitskräften (ca. 3,6 Mio.) nur noch knapp 30 v. H. in der Landwirtschaft verblieben sind. Gleichzeitig ist die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe stark zurückgegangen. Demzufolge stieg die durchschnittliche Betriebsgröße von etwa 8 ha auf heute ca. 15 ha LF. Entfielen somit Anfang der fünfziger Jahre etwas mehr als 27 Vollarbeitskräfte auf 100 ha landwirtschaftlicher Fläche, so muß heute das Arbeitsaufkommen mit nur noch 8 Vollarbeitskräften bewältigt werden /17/.

Diese beachtliche Verminderung des Arbeitskräftepotentials wurde hauptsächlich durch Maschineninvestitionen ausgeglichen. So stieg die Zahl der betriebseigenen Schlepper seit 1950 von ca. 0,1 auf heute etwa 14,7 Millionen Stück. Nicht nur in der Außenwirtschaft, auch in der Innenwirtschaft hat die Maschine menschliche Arbeitskraft ersetzt. Während 1951 nur 1 v.H. aller milchkuhhaltenden Betriebe eine Melkanlage besaßen, wurde 1975 in 80 v.H. der Milchviehbetriebe maschinell gemolken /17/. Der Produktionsfaktor Arbeit wurde also in beträchtlichem Umfang durch den Produktionsfaktor Kapital substituiert.

Die tiefgreifenden Veränderungen der Betriebsausstattung erforderten einen hohen Kapitaleinsatz und beanspruchen für die entsprechenden Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen weiterhin große Kapitalmittel. Zur Zeit investiert die westdeutsche Landwirtschaft jährlich insgesamt etwa 10 Mrd. DM. Davon entfallen allein 80 v.H. auf Maschineninvestitionen /17/. Für den Unterhalt des Maschinenparks müssen weiter rund 4 Mrd. DM ausgegeben werden, so daß in den letzten Jahren teilweise sogar 20 v.H. der gesamten Verkaufserlöse der Landwirtschaft nicht mehr ausreichten, um nur die Ausgaben für Neumaschinen und den Unterhalt zu decken (Abb.1). Der Maschineneinsatz ist also ein sehr wichtiger Ausgabenbereich in der Landwirtschaft und beeinflußt somit als bedeutende Aufwandsgröße auch direkt das Einkommen der landwirtschaftlichen Betriebe.

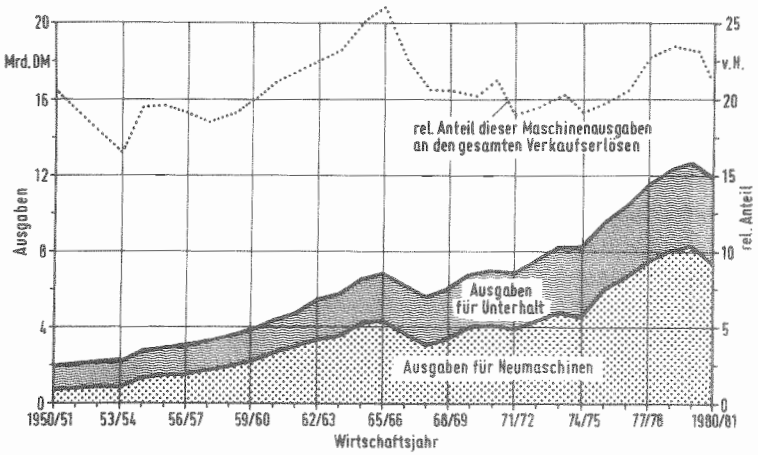


Abbildung 1: Entwicklung des Ausgabenbereiches Maschinen und deren Anteil an den Verkaufserlösen

1.2 Problemstellung

Die gegenwärtige Einkommenssituation in der Landwirtschaft ist durch stagnierende, real sogar sinkende Erzeugerpreise, durch ständig steigende Betriebsmittelpreise und durch fehlende außerlandwirtschaftliche Erwerbsmöglichkeiten gekennzeichnet. Aufgrund der Agrarüberschüsse und der angespannten Preis-Kosten-Situation ist es kaum möglich, das landwirtschaftliche Einkommen durch höhere Erzeugerpreise oder durch größere Marktmengen wesentlich zu steigern. Mehr Erfolg verspricht eine bessere Gestaltung der Aufwandsseite. Planungsrechnungen erhalten somit die Aufgabe, die Produktionsmittel so zu kombinieren, daß eine gegebene Leistung mit minimalen Gesamtkosten realisiert wird. Da aber die wirtschaftliche Umwelt eines Betriebes dauernd Veränderungen unterworfen ist, ist ein ständiges Planen und Kalkulieren notwendig.

In besonderem Maße trifft dies für Fragen der Mechanisierung zu, weil einerseits die Maschinenausgaben ein sehr großer Aufwandsposten sind und andererseits durch den technischen Fortschritt immer wieder neue Maschinen auf den Markt kommen, deren Effizienz beurteilt werden muß. Weiter kommt hinzu, daß durch die Maschinen langfristig viel Kapital gebunden und damit die Flexibilität des Betriebes eingeengt wird.

Schwierigkeiten ergeben sich bei der Kalkulation nun dadurch, daß Maschinen als Gebrauchsgüter im Gegensatz zu Verbrauchsgütern in der Regel über mehrere Produktionsperioden genutzt werden. So kann eine einfache Ermittlung der Kosten aus dem Produkt von Menge und Preis nicht durchgeführt werden, vielmehr muß auf kompliziertere Methoden zurückgegriffen werden. Diese Methoden verlangen aber ein entsprechend aufbereitetes Datenmaterial, dessen Differenziertheit zunimmt, je höher das Kalkulationsverfahren entwickelt ist. Für Modellrechnungen müssen außerdem diese Kalkulationsdaten sowohl allgemeingültigen Charakter tragen als auch die große Variabilität der einzelbetrieblichen Produktionsbedingungen berücksichtigen können. Die Voraussetzung für ein aussagekräftiges Planungsergebnis ist somit eine genaue Datenbasis.

Für die Berechnung der Kosten von Maschinen und Geräten zum Zwecke der Vorkalkulation findet heute fast ausschließlich die Mitte der fünfziger bis Anfang der sechziger Jahre entwickelte Berechnungsmethode von SCHAEFER-KEHNERT Verwendung /75,76/. Die in den KTBL-Kalkulationsunterlagen /45/ veröffentlichten Werte zur Maschinenkostenberechnung basieren sowohl in methodischer Hinsicht als auch teilweise noch in der Datengrundlage auf den Untersuchungen von SCHAEFER-KEHNERT.

An diesem Kalkulationsverfahren wird jedoch vielfach Kritik geübt, die meist bei den Daten ansetzt, aber auch die Methodik mit einschließt. Im Vordergrund stehen dabei vielfach die Reparaturkosten. So stellen REISCH und ZEDDIES 1977 /70/ fest, daß von allen Kostenelementen die Reparaturkosten mit dem höchsten Unsicherheitsgrad behaftet sind. Sie haben deshalb den dringenden Wunsch, "daß durch empirische Untersuchungen der Reparaturkostenverlauf und die Reparaturkostensumme für die wichtigsten Maschinengruppen ermittelt und anstelle abgeleiteter Werte verwendet werden können" /70,S.68/. Auch an der Fortschreibung der Reparaturkostendaten, die sich bisher hauptsächlich am Anschaffungspreis orientiert hat, sind Zweifel an-

gebracht, da ganz offensichtlich die Preisentwicklung von Neumaschinen und Reparaturen nicht gleichläufig ist. Außerdem kommt als grundlegendes Moment der Kritik hinzu, daß sich die Maschinen durch den technischen Fortschritt so verändert haben, daß ein ständiges Fortschreiben der "uralten Daten" (WEIERSHÄUSER 1979 /99/) kaum sinnvoll sein kann.

Aufgrund der angedeuteten Bedenken ist also eine zutreffende Vorausplanung der Reparaturkosten mit den zur Verfügung stehenden Daten kaum möglich; diese ist aber dennoch dringend erforderlich, weil etwaige Abweichungen zwischen Ist- und Sollwerten voll auf den veranschlagten Gewinn durchschlagen und damit im Extremfall sogar die Existenz eines Betriebes gefährden können. Eine grundlegende Untersuchung über die Reparaturkostenberechnung ist folglich zwingend notwendig. Da die Reparaturkosten aber einen starken Einfluß auf die Abschreibung und damit auf den Zinsansatz und die optimale Nutzungsdauer ausüben, muß die gesamte Maschinenkostenberechnung einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

1.3 Ziel der Arbeit

Aus diesen Vorstellungen und den genannten Zusammenhängen heraus läßt sich direkt die Zielsetzung dieser Arbeit ableiten. Hauptanliegen ist es, die vorhandene Methode zur Maschinenkostenkalkulation weiter zu entwickeln. Die Vielschichtigkeit der Probleme läßt sich dabei nur lösen, wenn das Gesamtziel in leicht überschaubare Teilziele getrennt wird.

- In einem ersten Schritt soll auf die derzeit am häufigsten angewandte Methode zur Maschinenkostenkalkulation grundlegend eingegangen und diese kritisch beurteilt werden.

- Daran anschließend wird versucht, bei den Hauptpunkten der Kritik anzusetzen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

- Da die zutreffende Erfassung der Reparaturkosten ein Schlüsselproblem der Maschinenkostenkalkulation darstellt, wird dieser Problematik ein sehr großes Gewicht zukommen müssen.

- Der Frage der Kapitalbedarfsermittlung und der Kapitalkostenberechnung wird daraufhin ebenfalls große Bedeutung beizumessen sein.

- Die anderen Kostenelemente der Maschinenkosten dürften bei ihrer Erfassung keine größeren Schwierigkeiten bereiten, so daß sie in relativ kurzen Zügen abgehandelt werden können.

- Die Darstellung der zu ermittelnden Kostenelemente muß auf funktionaler Basis erfolgen und zu Kostenfunktionen führen.

- Die ermittelten Kostenfunktionen müssen schließlich zu einem Gesamtkostenmodell zusammengeführt werden, mit dem eine einfache, schnelle und flexible Kostenermittlung durchgeführt werden kann.

- Anhand von Beispielskalkulationen können daraufhin die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des Kostenmodells erläutert werden.

- Schließlich sind auch die Auswirkungen von Inflation und Steuern mit in die Betrachtung einzubeziehen.

- Abschließend ist die erarbeitete Methode zur Kostenermittlung von landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten kritisch zu werten und den vorhandenen Methoden gegenüberzustellen.

Die Untersuchung soll am Beispiel der Melkanlage durchgeführt werden, weil diese im Bereich der Rinderhaltung aus der Sicht der Arbeitszeiteinsparung und der Arbeitserleichterung für den Milchkuhhalter die wohl wichtigste Maschine ist. Zudem kann sie durch den zweimal täglichen Gebrauch auf sehr hohe Jahreseinsatzzeiten kommen, die weit über 1.000 Betriebsstunden pro Jahr liegen können.

Da die geplante Arbeit einen hohen Rechenaufwand erwarten läßt, und da durch die Kurzlebigkeit von Preisdaten ein ständiges Nachrechnen notwendig ist, muß die Arbeit von Anfang an so aufgebaut werden, daß die gesamte Auswertung und die nachfolgende Kalkulation mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) durchgeführt werden kann.

2. Methodische Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation

Bevor die methodischen Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation erläutert werden und die derzeit übliche Methode einer kritischen Betrachtung unterzogen wird, erscheinen einige Bemerkungen zur Aufgabe der Maschinenkostenkalkulation notwendig.

2.1 Definition und Aufgabe der Maschinenkostenkalkulation

Wird eine Maschineninvestition getätigt, so fällt zum Zeitpunkt der Anschaffung eine größere Auszahlung an. Im Laufe der Nutzungszeit verliert die gekaufte Maschine infolge von Abnutzung und technischer Veralterung an Wert, so daß am Ende der Nutzungsphase meist nur noch ein Bruchteil des ursprünglichen Anschaffungswertes oder nur mehr ein Schrottwert vorhanden ist. Kann die Maschine am Ende der Nutzungszeit am Markt wieder verkauft werden, so ist über den Restwert noch eine Einzahlung zu erzielen. Dagegen werden mit zunehmender Nutzungsdauer unterschiedliche, meist jährlich steigende Auszahlungen für Reparaturen fällig. Außerdem müssen für den eigentlichen Betrieb der Maschine über die gesamte Nutzungsdauer hinweg zusätzliche Auszahlungen getätigt werden.

Eine Maschineninvestition verursacht also in den einzelnen Nutzungsstadien verschiedene, oft stark variierende Auszahlungen. Dieser tatsächliche Auszahlungstrom ist nicht nur einsatzzeitabhängig, sondern unterliegt auch zufälligen Schwankungen. Sollen die periodenspezifischen Durchschnittskosten einer Investition berechnet werden, so sind dazu die Auszahlungen in den einzelnen Perioden direkt nicht brauchbar. Vielmehr müssen erst die gesamten Auszahlungen während der Nutzungszeit einer Maschine ermittelt und gleichmäßig auf die entsprechenden Leistungseinheiten verteilt werden /70/. Durch die Kostenkalkulation wird der Auszahlungsstrom einer Investition unter Berücksichtigung des Zinses zu gleichen Teilen auf die Zahl der Nutzungsjahre bzw. auf die Zahl der Leistungseinheiten (Std, ha) transformiert /41/. Die Maschinenkostenkalkulation beschäftigt sich also mit den Folgekosten eines Maschinenkaufes und versucht, die zur Erstellung einer bestimmten Maschinenleistung verbrauchten Güter und Dienstleistungen monetär zu bewerten.

Maschinenkostenrechnungen werden am häufigsten vor der Anschaffung einer Maschine als Vorkalkulation durchgeführt, wenn z.B. geklärt werden soll, ob ein Maschinenkauf wirtschaftlich sinnvoll ist. Als klassisches Beispiel läßt sich hier die Fragestellung anführen, ob eine Eigenmechanisierung der Fremdmechanisierung vorzuziehen ist oder umgekehrt. Zur Lösung dieser Frage müssen die Durchschnittskosten der eigenen Maschine mit den Preisvorstellungen des Maschinenringes oder des Lohnunternehmers verglichen werden, wenn einmal vereinfachend von der im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß nicht unwichtigen Frage der termingerechten Verfügbarkeit abgesehen wird.

Eine andere Fragestellung liegt vor, wenn analysiert werden soll, ob es ökonomisch sinnvoller ist, die eigene alte in Betrieb befindliche Maschine weiter zu nutzen, oder sie durch eine neue Maschine bzw. durch den Zukauf von Maschinenleistung zu ersetzen. Hierzu müssen die Grenzkosten der alten Maschine den Durchschnittskosten der neuen Maschine und den Kosten der Fremdmechanisierung gegenübergestellt werden. Diese Art der Kostenermittlung wird als Zwischenkalkulation bezeichnet, weil die Kalkulation während der Nutzungsdauer einer Maschine durchgeführt wird.

Dagegen wird bei einer Nachkalkulation am Ende der Nutzungsdauer versucht, die während der gesamten Nutzungsdauer angefallenen tatsächlichen Auszahlungen zu verrechnen.

Die Nachkalkulation und auch die Zwischenkalkulation werden in der Praxis nicht oft durchgeführt, weil die Kenntnis der Kosten des vorhandenen oder ehemaligen Maschinenparks meist als zweitrangig eingestuft wird und weil, was oft vordergründiger ist, die dazu benötigten Daten im landwirtschaftlichen Betrieb nicht gesondert gesammelt werden. Die Vorkalkulation dagegen wird viel öfter benötigt, denn vor allem vor größeren Maschineninvestitionen ist ein Kostenvergleich der verschiedenen Mechanisierungsverfahren dringend erforderlich, wenn Fehlinvestitionen vermieden werden sollen. Deshalb wird in den nachfolgenden Ausführungen die Vorkalkulation im Mittelpunkt der Betrachtung stehen.

2.2 Maschinenkosten und ihre Berechnungsmethodik

Bevor auf die bisherige Berechnung der einzelnen Kostenelemente eingegangen wird, sollen noch einige Anmerkungen allgemeiner Art zu den Maschinenkosten gemacht werden.

2.2.1 Gliederung der Maschinenkosten

Zur Erzeugung einer Maschinenleistung werden verschiedene Güter und Dienste benötigt. Deshalb lassen sich die Maschinenkosten nach dem sachlichen Inhalt der verbrauchten Güter und Dienste gliedern. In Anlehnung an SCHAEFER-KEHNERT 1969 /76/ ist die in Abbildung 2 dargelegte Gliederung zweckmäßig, in der der Produktionsmittelverbrauch als Gliederungskriterium herangezogen wird (Kostenarten).

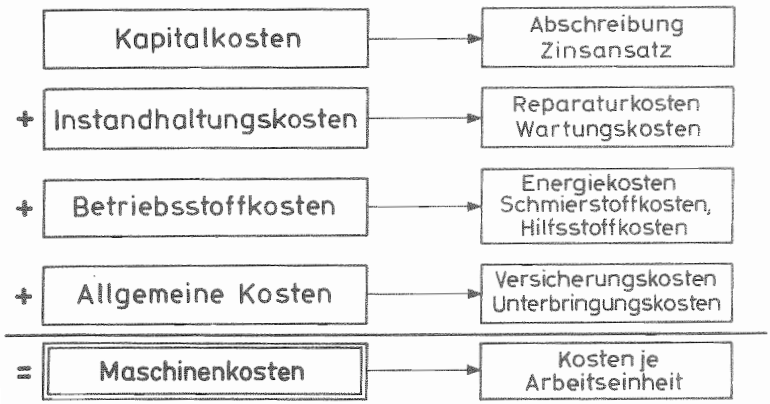


Abbildung 2: Gliederung der Maschinenkosten nach ihrem sachlichen Inhalt (Kostenarten)

Daneben lassen sich die Maschinenkosten auch nach ihrer Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad in feste und veränderliche Kosten gliedern (Abb. 3). Von festen Kosten wird immer dann gesprochen, wenn Kosten innerhalb der Rechnungsperiode eines Wirtschaftsjahres vom Umfang des Gebrauchs unabhängig sind. Sind jedoch Kosten direkt vom Beschäftigungsgrad abhängig,

dann handelt es sich um veränderliche Kosten. Die Abschreibung und zum Teil auch die Reparaturkosten beziehen eine Mittelstellung, deren Zugehörigkeit zu einer der beiden Kostengruppen von bestimmten Voraussetzungen abhängt. Sie werden deshalb auch als bedingt veränderliche Kosten bezeichnet.

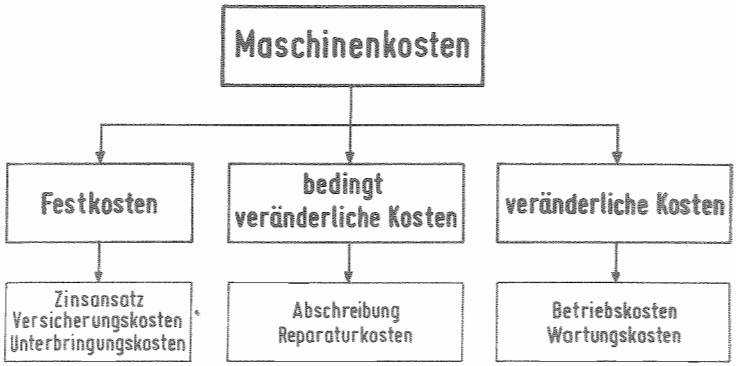


Abbildung 3: Gliederung der Maschinenkosten nach ihrer Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad

Als weiteren Gesichtspunkt für die Gliederung der Maschinenkosten läßt sich das Kriterium der Zumeßbarkeit zu einzelnen Produktionsverfahren anführen. Diese Gliederungsart ist vor allem für Rentabilitätsrechnungen erforderlich, wenn eine Kostenaufteilung in Gemeinkosten und Spezialkosten verlangt wird (z.B. bei Kostenträgerrechnungen). Gemeinkosten liegen vor, wenn Kosten einem bestimmten Produktionsverfahren nicht eindeutig zuteilbar sind. Dagegen wird von Spezialkosten gesprochen, wenn bestimmte Kosten direkt vom Vorhandensein oder Umfang eines Produktionsverfahrens abhängen. Als Gemeinkosten gelten in einem Mehrproduktbetrieb alle Festkosten von Maschinen, welche sich keinem Betriebszweig oder Produktionsverfahren ausschließlich zurechnen lassen (z.B. Schlepper). Zu den Spezialkosten zählen sowohl alle veränderlichen Maschinenkosten als auch die Festkosten von Spezialmaschinen (z.B. Melkanlage).

Der für die Maschinenkostenrechnung bedeutendste Gliederungsgesichtspunkt ist die Trennung der Maschinenkosten in feste und veränderliche Kosten, da dieser bei der Durchführung der Berechnung von Bedeutung ist.

2.2.2 Verfahren zur Maschinenkostenkalkulation

Zur Berechnung der einzelnen Kostenarten wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die kurz vorgestellt werden sollen. Bei landwirtschaftlichen Maschinen wird dabei im Normalfall davon ausgegangen, daß während der gesamten Nutzungsdauer stets eine konstante Leistungsabgabe erwartet werden kann. Eine eventuell mit dem Maschinenalter zunehmende Verschlechterung der Arbeitsqualität oder eine sinkende Betriebssicherheit soll hier außer acht gelassen werden. Entsprechend dem Verursacherprinzip ist es deshalb nicht nur sinnvoll, sondern geradezu notwendig, die als Folge einer Maschineninvestition anfallenden Auszahlungen gleichmäßig auf die abgegebenen Leistungseinheiten zu verteilen /41/.

Aufgabe der verschiedenen Verfahren zur Maschinenkostenkalkulation ist es also, den nicht uniformen Auszahlungs- und Einzahlungsstrom einer Maschineninvestition unter Berücksichtigung des Zinses in eine uniforme Reihe von Kosten zu verwandeln. Als Voraussetzung für derartige Rechnungen müssen natürlich alle Eingabegrößen in ihrer Höhe und in ihrer zeitlichen Verteilung bekannt sein. Zur Lösung dieses Fragenkomplexes bieten sich dynamische und statische Kalküle an.

2.2.2.1 Dynamisches Verfahren

Als dynamisches Verfahren zur Maschinenkostenkalkulation kommt die Annuitätsmethode zur Anwendung. Methodische Grundlage für dieses Verfahren stellt die Finanzmathematik dar. Sie baut auf dem Prinzip der geometrischen Reihe auf und wird für Zinseszins-, Renten- und Tilgungsrechnungen benötigt. Auf die Entwicklung der Annuitätsformel wird hier verzichtet, da diese in der entsprechenden Literatur ausreichend beschrieben ist /41,79/.

Eine Maschineninvestition verursacht, wie schon erwähnt, nicht nur eine Anfangsauszahlung(A), sondern auch eine diskontinuierliche Auszahlungsreihe bestehend aus Aufwendungen für Reparatur(R), Wartung(W), Betriebsstoffe(B), Versicherung(V) und Unterbringung(U), die während der ganzen Nutzungsdauer(N) z.T. in unregelmäßigen Abständen anfallen. Da diese Auszahlungen nicht zum selben Zeitpunkt fällig werden und unter Umständen zwischen einzelnen Auszahlungen ein Zeitraum von mehr als 10 Jahren liegen kann, wäre es eine grobe Vereinfachung, nur das arithmetische Mittel aus allen Auszahlungen zu bilden. Vielmehr müssen erst alle Zahlungen auf einen bestimmten Basiszeitpunkt (meist auf den Kalkulationszeitpunkt) bezogen werden, um dann wieder unter Berücksichtigung kalkulatorischer Zinsen gleichmäßig auf die einzelnen Nutzungseinheiten verteilt werden zu können.

Der eigentliche Rechengang läuft dabei so ab, daß zuerst mit Hilfe des Diskontierungsfaktors die Gegenwartswerte berechnet werden und daß daraufhin deren Summe mit dem Wiedergewinnungsfaktor auf die einzelnen Arbeitseinheiten umgelegt wird. Dadurch wird die nicht uniforme Reihe von Auszahlungen unter Berücksichtigung des Auszahlungszeitpunktes und des Zinsfaktors(q) in eine uniforme Reihe von Kosten transformiert.

Treten jährlich gleichbleibende Auszahlungen auf, so brauchen diese weder diskontiert noch mit dem Wiedergewinnungsfaktor umgewandelt werden (mathematischer Beweis siehe KÖHNE 1966 /40,S.266/).

Falls am Ende der Nutzungsdauer durch Verkauf der Maschine noch eine Einnahme zu erzielen ist, so vermindern sich dadurch die jährlichen Kosten. Da aber diese Einzahlung(RW) erst am Ende der Nutzungsphase erzielt wird, muß der erwartete Geldbetrag ebenfalls diskontiert werden. Demnach lassen sich die Gesamtkosten (KG) einer Maschine unter den genannten Unterstellungen nach folgender Formel berechnen:

$$KG = (A - RWq^{-N} + \sum_{i=1}^{N} R_i q^{-i}) \frac{q^N(q-1)}{q^N - 1} + B + U + V + W \qquad (1)$$

Sollen die Gesamtkosten manuell berechnet werden, so kann auf die Diskontierung des Restwertes verzichtet und nach entsprechender Formel verfahren werden:

$$KG = (A - RW + \sum_{i=1}^{N} R_i q^{-i}) \frac{q^N(q-1)}{q^N - 1} + RW\,(q-1) + B + U + V + W \qquad (2)$$

Durch einen einfachen mathematischen Beweis kann gezeigt werden, daß Formel (1) und (2) identisch sind.

Die so beschriebene Kalkulationsmethode kann als dynamisches, diskontinuierliches, deterministisches Kostenmodell bezeichnet werden:

- dynamisch deshalb, weil sich die Kostenrechnung über mehrere Produktionsperioden erstreckt und den Zeitpunkt der Zahlungen beachtet,

- diskontinuierlich, weil nicht von einer stetigen Verzinsung ausgegangen wird und die jeweiligen Zahlungen in diskreter Form am Anfang oder am Ende jeder Produktionsperiode anfallen, und

- deterministisch, weil die Zahlungen in ihrer Höhe und Verteilung zum Zeitpunkt der Kalkulation als bekannte Größen angenommen werden.

Zweifellos ist die Berechnung der Maschinenkosten nach Formel (1) mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, wenn die Rechenarbeit manuell durchgeführt werden soll. Vor allem die Diskontierung der jährlich variierenden Reparaturkosten führt mit zunehmender Nutzungsdauer zu langwierigen Rechenoperationen. Dieses Problem kann allerdings leicht durch ein EDV-Programm gelöst werden. Da aber in der Vergangenheit der Zugang und die Verfügbarkeit von entsprechenden Rechenanlagen für die Mehrheit der Kostenrechner nicht vorhanden war, wurden mehrere Vereinfachungen vorgenommen, die über verschiedene Zwischenstufen zum statischen Verfahren führten.

2.2.2.2 Statisches Verfahren

Im folgenden sei kurz der Weg zum eigentlichen statischen Verfahren geschildert. Wie bereits erwähnt, bereitet die Diskontierung der Reparaturkosten große Rechenprobleme. Deshalb kann das Rechenverfahren erheblich vereinfacht werden, wenn nur die Kapitalkosten nach der Annuitätsmethode und die Reparaturkosten als Durchschnittskosten aus der Summe der jährlichen undiskontierten Reparaturkosten ermittelt werden. Die so vereinfachte

Formel lautet:

$$KG = (A - RWq^{-N}) \frac{q^N(q-1)}{q^N - 1} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} R_i + B + U + V + W \qquad (3)$$

Dadurch, daß die Reparaturausgaben nicht abgezinst werden, müssen zwangsläufig die später anfallenden Reparaturausgaben überbewertet werden. Deshalb führt dieses Verfahren, die sog. teilweise Annuitätsmethode, zu leicht erhöhten Gesamtkosten /70/.

Eine weitere gedankliche Vereinfachung liegt vor, wenn die Abschreibung aus den gesamten Kapitalkosten herausgelöst wird. Die Summe aus Abschreibung und Zinsansatz soll aber gleich den Kapitalkosten sein, die mit der teilweisen Annuitätsmethode ermittelt wurden. Wenn nun der Anschaffungswert einer Maschine bei Nichtberücksichtigung eines Restwertes nach N Jahren wiedergewonnen werden soll, so muß als Abschreibung in jedem Jahr der Betrag A/N verdient werden. Der durchschnittlich zu verzinsende Anlagewert x ist deshalb so zu bemessen, daß sich die gleichen Zinskosten ergeben wie bei der teilweisen Annuitätsmethode. Demnach muß gelten:

$$A \frac{q^N(q-1)}{q^N - 1} = \frac{A}{N} + x\,A\,(q-1) \qquad (4)$$

aufgelöst nach x ergibt sich:

$$x = \frac{q^N}{q^N - 1} - \frac{1}{N(q-1)} \qquad (5)$$

Bei Vorhandensein eines Restwertes lautet folglich die Formel für die Gesamtkosten:

$$KG = (A-RW)/N + ((A-RW)(\frac{q^N}{q^N - 1} - \frac{1}{N(q-1)} + RW)\,(q-1) + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} R_i + B + U + V + W \qquad (6)$$

Nach KÖHNE 1966 /40/ wird diese Methode approximative Kalkulation genannt. Sie führt zum selben Ergebnis wie die teilweise Annuitätsmethode. Rechentechnisch dürfte sie jedoch aufwendiger sein als letztere; deshalb sollte der teilweisen Annuitätsmethode der Vorzug gegeben werden. Die approximative Kalkulation darf nicht mit der approximativen Annuitätsmethode /79/ verwechselt werden, die im folgenden dargelegt wird.

Um nicht auf Zinseszinsrechnungen angewiesen zu sein, wird wieder wie oben der Betrag A/N als jährliche Abschreibung herangezogen und der Zinsansatz nun aber als durchschnittliche Verzinsung berechnet. Es wird dabei davon ausgegangen, daß in jedem Jahr jeweils der Anfangswert über das volle Jahr hinweg verzinst werden muß. Bei einem Restwert von Null muß demnach im 1. Nutzungsjahr der Betrag A(q-1) und im letzten Jahr der Betrag A(1-(N-1)/N)(q-1) als Zinsaufwand berücksichtigt werden. Das erste und letzte Glied der Zinsenreihe entsprechen einer arithmetischen Reihe, so daß der durchschnittliche Zinsansatz nach der Summenformel der arithmetischen Reihe wie folgt berechnet werden kann:

$$Z = \frac{A}{2} \left(\frac{N+1}{N}\right) (q-1) \qquad (7)$$

Bei einer Restwertberücksichtigung lautet somit die Formel für die Gesamtkosten einer Maschineninvestition:

$$KG = (A-RW)/N + \left(\frac{A-RW}{2} \frac{N+1}{N} + RW\right) (q-1) + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} R_i + B + U + V + W \qquad (8)$$

SCHNEIDER 1968 /79/ weist darauf hin, daß mit zunehmendem Zinsfuß und/oder mit länger werdender Investitionsdauer der Unterschied zwischen den Ergebnissen der korrekten und der approximativen Annuitätsmethode größer wird. Er stellt deshalb fest, daß die Anwendung der approximativen Annuitätsmethode nur bei Investitionen, deren Nutzungsdauer unter 10 Jahren liegt, zu vertreten ist.

SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ schlägt für die Berechnung der Zinskosten eine weitere Vereinfachung dergestalt vor, daß Abschreibung und Zinsen nicht am Ende eines jeden Nutzungsjahres, sondern jeweils in der Jahresmitte fällig werden. So vereinfacht sich Formel (7) dahingehend, daß durchschnittlich

pro Jahr nur mehr der halbe Anlagewert zu verzinsen ist. Formel (8) verändert sich somit folgendermaßen:

$$KG = (A-RW)/N + \frac{A+RW}{2}(q-1) + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} R_i + B + U + V + W \qquad (9)$$

Dieses mit Formel (9) beschriebene Berechnungsverfahren vernachlässigt den Zeitpunkt der anfallenden Zahlungen und wird deshalb als statisches Verfahren bezeichnet. Während beim dynamischen Verfahren (korrekte Annuitätsmethode) der Zeitpunkt der verschiedenen Zahlungen durch Diskontierung berücksichtigt wird, geht beim statischen Verfahren, im folgenden auch vereinfachte Methode genannt, der Faktor Zeit in die Berechnung überhaupt nicht ein. Für die statische Betrachtungsweise ist es völlig unbedeutend, wann eine Zahlung zu begleichen ist. Der Zahlungsbetrag geht immer in vollem Umfang in die Berechnung ein. Der Rechenalgorithmus erfolgt so, daß der Anfangswert minus dem Restwert linear über die Nutzungsdauer abgeschrieben wird, daß die halbe Summe aus Anschaffungswert und Restwert verzinst wird, und daß das arithmetische Mittel der jährlichen Reparaturauszahlungen als Reparaturkosten in den Ansatz kommt.

2.2.2.3 Gegenüberstellung der beiden Verfahren

In den meisten Maschinenkostenkalkulationen wurde bisher immer der Einfachheit halber das statische Verfahren nach SCHAEFER-KEHNERT verwendet. SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ kommt in einer Vergleichsrechnung zu dem Schluß, daß die Unterschiede zwischen beiden Verfahren im Bereich der Fehlergrenzen der praktischen Kostenkalkulation liegen. Deshalb erscheint ihm für die praktische Kostenkalkulation die Anwendung der vollen Annuitätsmethode weder erforderlich noch wünschenswert.

Auch FUCHSS 1977 /26,S.57/ weist auf die Differenzen zwischen beiden Berechnungsverfahren hin, führt aber als entscheidendes Argument für das einfache statische Verfahren an, daß der Verzicht auf eine Diskontierung in gewissem Umfang durch eine Nichtberücksichtigung der Inflation ausgeglichen wird. Spätere Reparaturen werden zwar durch einfache Mittelwertbildung überbewertet, aber andererseits können dadurch bereits inflationäre Preissteigerungen pauschal mitberücksichtigt werden. Dieses Vorgehen er-

scheint jedoch als zu grobe Vereinfachung, weil die ausgleichende Wirkung beider Effekte entscheidend von der Höhe des Zinsfußes und dem Ausmaß der Inflation abhängt.

Andere Autoren /9,29,84,93/ jedoch verwenden für ihre Berechnungen der Genauigkeit halber die volle Annuitätsmethode und verweisen darauf, daß die entsprechenden Diskontierungs- und Wiedergewinnungsfaktoren in finanzmathematischen Tabellen in Abhängigkeit vom Zinsfuß und Nutzungsdauer zu finden sind.

Nachfolgend soll anhand eines Beispieles die Entscheidung für die Annuitätsmethode bekräftigt werden, wobei eine Trennung in Kapitalkosten und Reparaturkosten vorgenommen wird, da die Anwendung der Annuitätsmethode für die zwei genannten Kostenarten gegenteilige Wirkung hat. Für die Kapitalkostenberechnung dient folgendes Beispiel:

Kalkulationsdaten:

Anschaffungswert	(A)	=	10.000 DM
Nutzungsdauer	(N)	=	5 Jahre
Zinsfaktor	(q)	=	1,10
Restwert	(RW)	=	0 DM

Nach der Annuitätsmethode berechnen sich jährliche Kapitalkosten in Höhe von 2.638 DM (Tab. 1). Da Abschreibung und Zinsansatz jeweils am Jahresende fällig werden, muß der Anfangsbetrag über das ganze Jahr hinweg verzinst werden. Am Ende des 1. Nutzungsjahres betragen also die Zinskosten 1.000 DM. An Abschreibung verbleiben somit 1.638 DM, und der Anlagewert am Anfang des 2. Jahres beträgt folglich 8.362 DM. Da die Zinsen infolge des geringer werdenden Anlagewertes zwangsläufig fallen, muß die Abschreibung wachsen, d.h., daß bei der Annuitätsmethode unter Vernachlässigung der Reparaturkosten von einer progressiven Abschreibung ausgegangen wird; denn bei gleichbleibenden Annuitäten ist der abnehmende Zinsbetrag durch vermehrte Abschreibungsquoten auszugleichen.

Die vereinfachte Methode nach Formel (9) führt dagegen zu einer linearen Abschreibung und zu gleichbleibenden jährlichen Zinskosten. Die gesamten Kapitalkosten belaufen sich für das oben angeführte Beispiel auf 2.500 DM. Die Differenz zur richtigen Annuität beträgt pro Jahr 138 DM oder ca. 5

Tabelle 1: Beispiel für die Kapitalkostenberechnung einer Maschineninvestition (A = 10.000 DM) nach der Annuitätsmethode und der vereinfachten Methode

Nutzungsjahr	Annuitätsmethode Kapitalkosten (DM)	Abschreibung (DM)	Zins (DM)	vereinfachte Methode Kapitalkosten (DM)	Abschreibung (DM)	Zins (DM)
1	2	3	4	5	6	7
1	2638	1638	1000	2500	2000	500
2	2638	1802	836	2500	2000	500
3	2638	1982	656	2500	2000	500
4	2638	2180	458	2500	2000	500
5	2638	2398	240	2500	2000	500
Summe	13190	10000	3190	12500	10000	2500
Rentenendwert	16105 = 100 v.H.			15263 = 94,8 v.H.		

v.H. Würde der Betrieb den Betrag von 10.000 DM nicht in eine Maschine, sondern in eine festverzinsliche Bankanlage investieren, so könnte er nach 5 Jahren gemäß der Aufzinsungsformel über 16.105 DM verfügen. Genau dieser Betrag aber wird auch erreicht, wenn die korrekte Annuität von 2.638 DM jeweils am Jahresende auf ein Bankkonto unter 10 v.H. Zinsen angelegt wird. Wird die Durchschnittsannuität von 2.500 DM ebenfalls auf 5 Jahre verrentet, so ergibt sich ein Rentenendwert von 15.263 DM. Zwischen dem Rentenendwert nach der korrekten Annuität und dem nach der Durchschnittsannuität besteht folglich eine Differenz von 842 DM. Dies bedeutet, daß bei Verwendung der vereinfachten Methode ein Betrag von 842 DM nicht wiedergewonnen werden kann, oder daß die Kapitalkosten zu niedrig bemessen werden und damit die Maschineninvestition zu optimistisch beurteilt wird. Die Differenzen beruhen, wie aus der vorletzten Zeile von Tabelle 1 hervorgeht, auf den unterschiedlichen Zinsen. Bei der vereinfachten Methode werden durchschnittlich nur 50 v.H. des Anschaffungswertes verzinst, während bei der Annuitätsmethode 63,8 v.H. zu verzinsen sind.

Die Unkorrektheit der vereinfachten Methode ist nicht immer gleich groß, sondern hängt von den Einflußgrößen Nutzungsdauer und Zinssatz ab. Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, nimmt der Abstand zwischen beiden Methoden mit längerer Nutzungsdauer und höherem Zinssatz zu. Bei einer 12-jährigen Nutzungsdauer und 8 v.H. Zinsen liegt die Durchschnittsannuität 9 v.H. unter der korrekten Annuität, bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren und einem Zinssatz von 10 v. H. steigt die Differenz bereits auf beachtenswerte 30 v.H. an. Zweifellos sind die Ergebnisse der vereinfachten Methode vor allem bei längerfristig genutzten Gütern oder bei hohem Zinsniveau nicht mehr sehr realitätsnah.

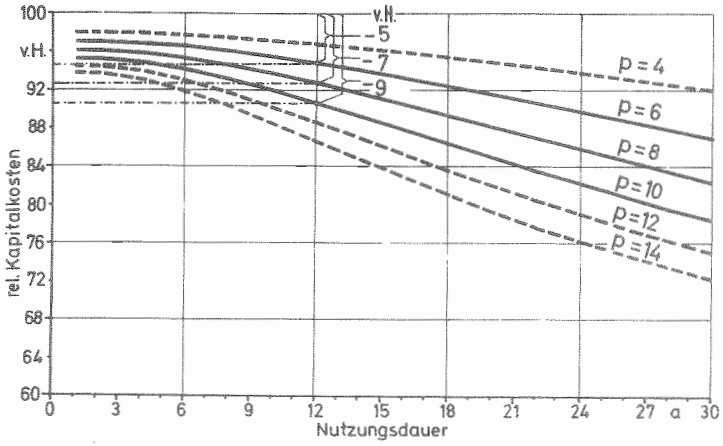


Abbildung 4: Kapitalkosten nach der Annuitätsmethode (= 100) und nach der vereinfachten Methode (p = 4 bis 14 v.H.)

Für zukünftige Kapitalkostenermittlungen sollte deshalb unbedingt die Annuitätsmethode verwendet werden. Diese Empfehlung wird umso dringlicher, je länger die Maschine genutzt wird und/oder je höher der Zinsfuß ist.

Während bei der Kapitalkostenberechnung die Verwendung der vereinfachten Methode zu einer Unterbewertung der exakten Kapitalkosten führte, sind die Unterschiede der beiden Verfahren bei der Reparaturkostenberechnung differenzierter zu sehen. An einem Beispiel soll dies wieder erläutert werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Reparaturkostensumme (die Summe al-

ler undiskontierten jährlichen Reparaturzahlungen) nach 15 Jahren Nutzungsdauer 10.000 DM betragen soll. Zur Verdeutlichung soll eine differenzierte Betrachtung für progressiv, linear und degressiv steigende Summenfunktionen vorgenommen werden. Die entsprechenden Funktionen lauten:

1. progressiver Anstieg $RS = 172{,}13 \quad N^{1,5}$
2. linearer Anstieg $RS = 666{,}67 \quad N$
3. degressiver Anstieg $RS = 2581{,}99 \quad N^{0,5}$

Nach der vereinfachten Methode errechnen sich bei einer 15-jährigen Nutzungsdauer jährliche Reparaturkosten in Höhe von 667 DM, wobei der Verlauf der Reparaturkosten keinen Einfluß auf die Kostenhöhe hat. Wird der Zeitpunkt der Reparaturen berücksichtigt und werden die jährlichen Reparaturzahlungen diskontiert und mit dem Wiedergewinnungsfaktor verteilt, so ergeben sich je nach Verlauf der Summenkurve unterschiedliche jährliche Reparaturkosten. Wie bereits früher erwähnt wurde, müssen jährlich gleichbleibende Zahlungen weder diskontiert noch wiedergewonnen werden. Deshalb sind die Reparaturkosten bei linearem Anstieg nach beiden Verfahren berechnet - unabhängig von Zinsfuß und Nutzungsdauer - vollkommen identisch (Basis 100 in Abb. 5).

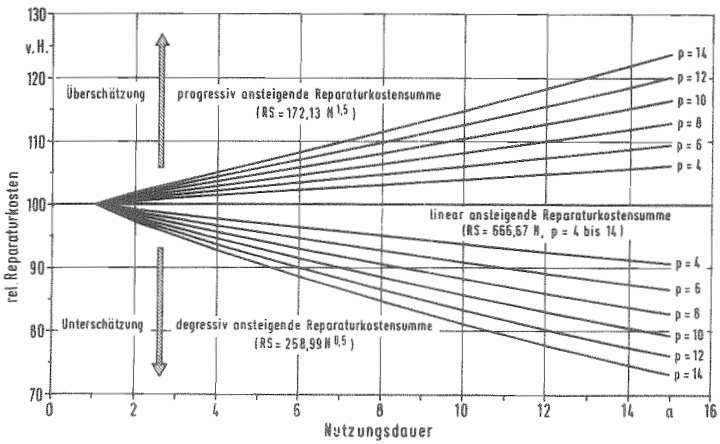


Abbildung 5: Reparaturkosten nach der Annuitätsmethode (=100) und nach der vereinfachten Methode (p = 4 bis 14 v.H.)

Steigen jedoch die Reparaturkosten progressiv an, so treten in den späteren Nutzungsjahren die Hauptreparaturen auf. Diese werden aber durch die Diskontierung abgeschwächt, so daß sich nach der Annuitätsmethode bei einem Zinsfuß von 8 v.H. jährliche Reparaturkosten von 589 DM ergeben. Da beim statischen Verfahren der zeitliche Anfall der Reparaturzahlungen nicht berücksichtigt wird, führt die statische Betrachtungsweise bei progressiv ansteigendem Reparaturkostenverlauf zu etwa 13 v.H. höheren Reparaturkosten und damit zu einer Überschätzung der exakten Reparaturkosten. Wie bei den Kapitalkosten hängt das Ausmaß der Überschätzung von der Höhe des Zinsfußes und der Länge der Nutzungsdauer ab (Abb. 5).

Bei degressiv steigenden Reparaturkosten nehmen dagegen die jährlichen Reparaturzahlungen von Jahr zu Jahr ab, so daß die Hauptreparaturen zu Beginn der Nutzung in fast voller Höhe in die Annuitätsrechnung eingehen. Folglich müssen die jährlichen Reparaturkosten höher ausfallen. Im genannten Beispiel ergeben sich bei ebenfalls 8 v.H. Zinsen jährliche Reparaturkosten in Höhe von 804 DM im Gegensatz zu 667 DM beim vereinfachten Verfahren. Das statische Verfahren erreicht also nur etwa 83 v.H. der exakten Reparaturkosten und führt somit zu einer Unterschätzung des Kostenniveaus, welche wieder von der Höhe des Zinsfußes und der Länge der Nutzungsdauer abhängt (Abb. 5).

Da in den bisherigen Kalkulationsdaten für Reparaturen /45/ meist von einem linearen Verlauf ausgegangen wird, führt das statische Verfahren immer zu niedrigeren Gesamtkosten. Steigt aber die Reparaturkostensumme, was wahrscheinlicher ist, progressiv an, so gleichen sich zwar die nach dem vereinfachten Verfahren berechneten höheren Reparaturkosten und niedrigeren Kapitalkosten zum Teil aus; die Gesamtkosten liegen aber dennoch meist niedriger, weil die Unterbewertung der Kapitalkosten größer ist als die Überbewertung der Reparaturkosten. Aus Gründen der Genauigkeit sollte deshalb zukünftig immer das dynamische Verfahren verwendet werden.

2.3 Bisherige Berechnung der einzelnen Kostenarten und kritische Einordnung

In den folgenden Ausführungen wird nun die bisherige Berechnungsmethodik näher erläutert und einer kritischen Betrachtung unterzogen. Zuvor

jedoch soll noch am Beispiel eines 60 kW-Schleppers die Bedeutung und die Größe der einzelnen Kostenelemente aufgezeigt werden. In der Berechnungsmethodik ist dabei so vorgegangen worden, wie sie derzeit üblich ist.

2.3.1 Bedeutung und Größe der einzelnen Kostenarten

Die Gesamtkosten einer Schlepperstunde verteilen sich, wie aus Abbildung 6 hervorgeht, bei einer Auslastung von 600 Stunden pro Jahr etwa zur Hälfte auf feste und veränderliche Kosten. Die Abschreibungs-, Reparatur- und Betriebsstoffkosten treten als die wichtigsten Kostenarten hervor und machen zusammen bereits mehr als 80 v.H. der Gesamtkosten aus. Als weiteres bedeutendes Kostenelement kommt mit etwa 15 v.H. der Zinsansatz hinzu, während die Versicherungs- und die Unterbringungskosten mit zusammen ca. 5 v.H. relativ unbedeutend sind.

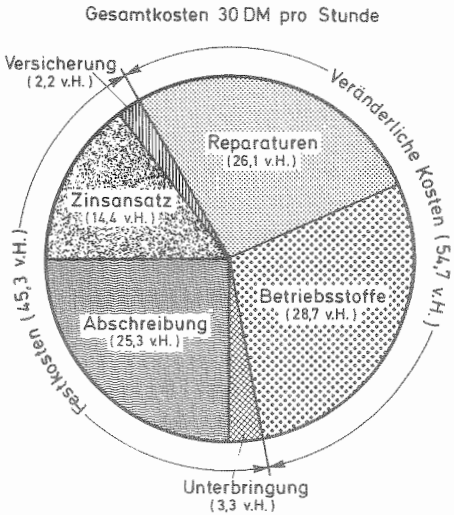
Bezugnehmend auf die dargelegte Kostenstruktur bleibt deshalb festzuhalten, daß auf die vier großen Kostenarten

- Abschreibung
- Zinsansatz
- Reparaturkosten und
- Betriebsstoffkosten

das Hauptgewicht der Untersuchung zu legen ist.

2.3.2 Abschreibung

Aufgabe der Abschreibung ist es, die während der Nutzung einer Maschine eintretenden Wertminderungen zu erfassen, diese auf die Leistungseinheiten zu verteilen und darüber hinaus eine Wiedergewinnung des investierten Kapitals zu gewährleisten (MEIMBERG 1966 /55,S.186/). Die Wertminderungen, die eine Maschine während ihrer Nutzungsdauer erleidet, sind sowohl technischer als auch wirtschaftlicher Natur. Die technischen Wertminderungen einer Maschine werden durch mechanischen Verschleiß (z.B. Abrieb) und



Kalkulationsdaten:

Anschaffungswert (A)	60.000 DM
Restwert (Rw)	5.000 DM
Zinsfuß (p)	8 v.H.
jährliche Auslastung (j)	600 Std.
sonstige Daten aus KTBL - Taschenbuch	

Abbildung 6: Kostenstruktur einer Schlepperstunde (60 kW-Allradschlepper)

durch chemische Veränderungen der Anlagensubstanz (z.B. Korrosion) verursacht. Gewöhnlich wird dabei unterschieden zwischen:

- gebrauchsbedingten und
- natürlichen Verschleißerscheinungen.

Erstere werden durch den Gebrauch hervorgerufen und letztere können auch ohne Gebrauch in sogenannten Stillstandszeiten wirksam werden.

Wirtschaftliche Wertminderungen dagegen werden durch technische Neu- und Weiterentwicklungen (technischer Fortschritt) und durch Veränderungen der gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen hervorgerufen. Derartige Abwer-

tungsursachen sind in der Vorkalkulation kaum berechenbar und müssen durch Erfahrungswerte Berücksichtigung finden. Ziel der Maschinenkostenkalkulation ist es, diese verschiedenen Wertminderungen monetär zu bewerten. Dabei ergeben sich Fragen

1. nach dem abzuschreibenden Wert,
2. nach dem Abschreibungsverlauf und
3. nach der Abschreibungsdauer.

2.3.2.1 Abschreibungswert

SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ definiert als Abschreibungswert die Differenz aus Anschaffungswert und Restwert. Unter Anschaffungswert sind alle mit der Beschaffung der Maschine in Zusammenhang stehenden Auszahlungen zu verstehen, also die Summe aus eigentlichem Anschaffungspreis plus zusätzlicher Auszahlungen für Beschaffung und Montage. Die Mehrwertsteuer geht bei Pauschalierung in den Abschreibungswert ein, bei Optierung wird dagegen der Nettowert verwendet. Im nachfolgenden wird immer einschließlich der Mehrwertsteuer gerechnet, da die meisten Landwirte diese nicht gesondert buchen. Obwohl die Ermittlung des Anschaffungspreises und der zusätzlichen Beschaffungs- und Montageauszahlungen im konkreten Einzelfall meist leicht möglich ist, kann bei allgemeineren Planungsproblemen die Datenermittlung größere Schwierigkeiten bereiten, weil differenzierte Preissammlungen nicht vorhanden sind.

Dieses Datenproblem gilt insbesondere auch für den Restwert. Am Ende der Nutzungsdauer besitzt nämlich eine Maschine in der Regel noch einen sogenannten Restwert, der beim Verkauf erzielt werden kann (Wiederveräußerungswert). Dieser verringert in jedem Fall den abzuschreibenden Betrag und sollte berücksichtigt werden. Der Abschreibungswert ergibt sich also aus der Summe von Anschaffungspreis und zusätzlichen Beschaffungsauszahlungen abzüglich des Wiederveräußerungswertes.

Der so definierte Abschreibungswert gilt nur in Zeiten mit stabilem Geldwert; denn nur dann wird die Forderung nach Wiedergewinnung des eingesetzten Kapitals erfüllt. Da die Abschreibung aber auch die reale Substanz des Betriebes erhalten soll, muß bei inflationären Preisänderungen die Ab-

schreibung dieser Forderung ebenfalls Genüge tun. Diesem Problem wurde bisher meist keine Beachtung geschenkt.

Auch der Restwert wird bei Kalkulationen bisher kaum berücksichtigt. SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75,S.24/ stellt zwar fest, daß der Restwert vernachlässigt werden kann, weil Landmaschinen, an ihrem Anschaffungswert gemessen, nur einen geringen Restwert besitzen. Verschiedene Untersuchungen aber, die sich mit dem Wertverlauf von Maschinen befaßt haben, zeigen, daß 10 und mehr Jahre alte Maschinen immer noch bis zu 10 v.H. und mehr ihres ursprünglichen Kaufpreises besitzen /48,50,67/. Deshalb sollte dem Restwert bei zukünftigen Kalkulationen mehr Beachtung zukommen.

2.3.2.2 Abschreibungsverlauf

Wie sich der Wert einer Maschine in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer ändert, darüber gibt der Wertverlauf Auskunft. Er ist für die Berechnung des Zinsansatzes von entscheidender Bedeutung. In der Kostenkalkulation sind folgende Abschreibungsmethoden verbreitet:

- lineare Abschreibung,
- degressive Abschreibung,
- progressive Abschreibung.

In Abbildung 7 sind diese Zusammenhänge schematisch dargestellt. Von linearer Abschreibung wird dann gesprochen, wenn die Abschreibungsquote je Leistungseinheit stets gleich hoch ist, gleichgültig in welchem Nutzungsstadium sich die Maschine gerade befindet. Bei degressiver Abschreibung nehmen die Abschreibungsbeträge von Periode zu Periode ab, so daß die Anfangsperioden der Nutzung stärker belastet werden. Bei progressiver Abschreibung ist dieser Sachverhalt genau umgekehrt, d.h. die Abschreibungsquoten nehmen mit der Nutzungsdauer zu und folglich müssen die späteren Nutzungsperioden die Hauptlast der Abschreibung tragen. Nach dem Grad der Abnahme der Abschreibungsquoten wird beim degressiven Verfahren zwischen arithmetisch- und geometrisch-degressiver Abschreibung unterschieden. Ähnliches gilt für das progressive Verfahren. Bei der arithmetischen Variante nehmen die Abschreibungsquoten gemäß einer arithmetischen Reihe ab oder zu, bei der geometrischen Variante folgen sie einer geometrischen Reihe.

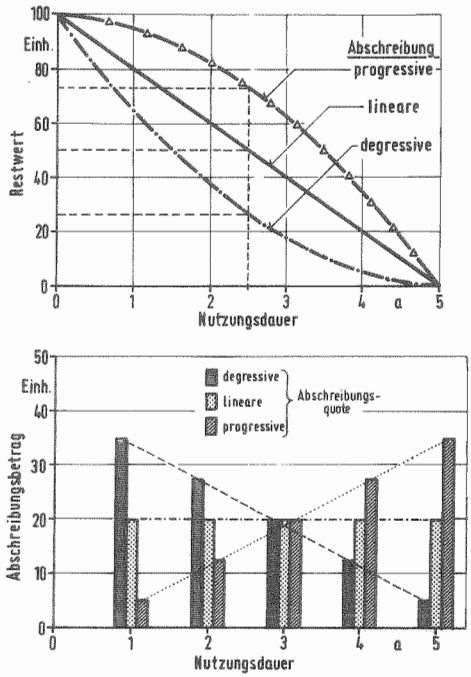


Abbildung 7: Abschreibungsverfahren (ohne Restwertberücksichtigung)

Im unteren Teil von Abbildung 7 sind die arithmetischen Fälle der beiden nichtlinearen Abschreibungsmethoden dargestellt. Im Durchschnitt der Jahre müssen ohne Restwertbeachtung bei progressiver Abschreibung über 50 v.H., bei linearer Abschreibung genau 50 v.H. und bei degressiver Abschreibung weniger als 50 v.H. des Anschaffungswertes verzinst werden. Deshalb ist die Höhe des Zinsansatzes von der jeweiligen Abschreibungsmethode abhängig.

Der Abschreibungsverlauf darf jedoch nicht isoliert betrachtet werden, sondern muß in Zusammenhang mit den anderen Kostenarten gesehen werden. Erklärtes Ziel der Kostenkalkulation ist es, bei unveränderter technischer Leistungsfähigkeit eine über die Nutzungsdauer hinweg gleiche Kostenbela-

stung zu erreichen. Die Kosten sollen zwar in ihrer Höhe konstant bleiben, können sich aber durchaus im Zeitablauf in ihrer Zusammensetzung ändern. So steigen mit zunehmender Nutzungsdauer die Reparaturkosten und sinken die Zinskosten, so daß sich die Abschreibung als Residualgröße nach der Entwicklung der Reparatur- und Zinskosten richten muß. Die Unterstellung der linearen Abschreibung läßt sich als Spezialfall nur dann aufrechterhalten, wenn die Zinskosten in dem Ausmaß fallen, wie die Reparaturkosten steigen. Immer dann, wenn die Reparaturkosten stärker steigen, als die Zinskosten fallen, muß dies zwangsläufig zu einem degressiven Abschreibungsverlauf führen. Auf diese Zusammenhänge soll jedoch hier nicht näher eingegangen werden, vielmehr sei auf die entsprechende betriebswirtschaftliche Literatur verwiesen /13,41,44,55,70,75,79/.

2.3.2.3 Abschreibungsdauer

Wie bereits bei den Abschreibungsursachen (s. 2.3.2) erläutert, gibt es technische und wirtschaftliche Wertminderungsursachen. Die technischen Verschleißerscheinungen lassen sich jedoch meist wieder beheben, so daß technisch gesehen die Nutzung einer Maschine keinerlei Begrenzungen unterworfen ist, sofern immer wieder rechtzeitig repariert wird. Es fragt sich nur, ob ein immerwährendes Reparieren wirtschaftlich ist, oder ob es nicht ökonomischer ist, ab einem bestimmten Punkt die alte Maschine durch eine neue zu ersetzen.

Mit zunehmender Nutzungsdauer fallen zwar die Kapitalkosten, die Reparaturkosten steigen aber, so daß die Summe aus fallenden Kapitalkosten und steigenden Reparaturkosten irgendwo zu einem Minimum kommen muß. Somit ist bei identischer Investitionsfolge die optimale wirtschaftliche Nutzungsdauer einer Maschine dann erreicht, wenn die durchschnittlichen Gesamtkosten (Stückkosten) ins Minimum gelangen, oder wenn, was hier dasselbe besagt, die durch den steigenden Kostenanteil gekennzeichneten Grenzkosten gleich hoch sind wie die Stückkosten.

Bei den bisherigen Überlegungen zur Frage der Abschreibungsdauer wurde davon ausgegangen, daß die wirtschaftliche Nutzungsdauer hauptsächlich durch den Gebrauch und somit durch den abnutzungsbedingten Verschleiß begrenzt wird. Dieser wiederum ist abhängig von der Einsatzdauer der Maschine bzw.

der geleisteten Maschinenarbeit. Deshalb wird diese Nutzungsschwelle auch als "wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit" bezeichnet. Ist aber die Nutzungsdauer einer Maschine eher durch Veralterung infolge technischen Fortschritts oder durch den natürlichen Verschleiß ("Zahn der Zeit") oder durch sonstige Gründe begrenzt, so wird von der wirtschaftlichen Nutzungsdauer nach Zeit gesprochen; sie ist unabhängig davon, wieviel Arbeit die Maschine in dem betreffenden Zeitraum geleistet hat.

Durch Erfindungen kommen immer wieder neue Maschinen auf den Markt, die sich dadurch auszeichnen, daß sie Betriebsmittel (z.B. Dieselöl oder auch menschliche Arbeitskraft) einsparen helfen und/oder in der gleichen Zeiteinheit mehr und Besseres leisten können. Würde ein Landwirt diese neuen Maschinen nicht einsetzen, so müßte er entweder mit höheren Kosten und/oder mit geringeren Erträgen produzieren und so auf einen ökonomischen Vorteil verzichten. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer ist also auch durch den Faktor Zeit begrenzt und wird dann als wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Zeit bezeichnet. Diese Nutzungsschwelle kann im voraus nicht berechnet werden, da der zukünftige technische Fortschritt kaum quantifiziert werden kann. Der Kostenrechner ist deshalb auf Erfahrungswerte angewiesen.

Als begrenzende Faktoren für die Lebensdauer einer Maschine ergeben sich also 2 Schwellen:

1. die wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit und
2. die wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Zeit.

Wirksam wird jeweils diejenige Nutzungsdauer, an die die Maschine zuerst stößt. Diese bestimmt somit auch die Abschreibungsdauer. Um die Wahl zwischen Mengen- und Zeitabschreibung zu erleichtern, wurde die Abschreibungsschwelle eingeführt /76/. Sie ist folgendermaßen definiert:

$$\text{Abschreibungsschwelle} = \frac{\text{wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit}}{\text{wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Zeit}}$$

Liegt die jährliche Auslastung unter der Abschreibungsschwelle, so erfolgt eine Zeitabschreibung aufgrund der wirtschaftlichen Nutzungsdauer nach Zeit; liegt dagegen die jährliche Auslastung über der Abschreibungsschwelle, so wird eine Mengenabschreibung über die wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit vorgenommen.

Auf die Gesamtkosten pro Leistungseinheit wirken sich die zwei verschiedenen Berechnungswege nicht aus, denn zwischen Zeit und Menge bestehen engste Beziehungen. Dieses Verfahren ist vielmehr notwendig zur Entscheidung, ob die Abschreibung zu den variablen oder festen Kosten gezählt wird. Die Berechnung der Abschreibung anhand der Abschreibungsschwelle wird aber vom KTBL (Kuratorium für Technik Bauwesen in der Landwirtschaft) seit der Datenfortschreibung von 1978 im KTBL-Taschenbuch /45/ nicht mehr durchgeführt. Dadurch hat sich die Berechnung der Abschreibung vereinfacht.

2.3.3 Zinsansatz

Mit der Abschreibung werden nur die Kosten der Kapitalabnutzung erfaßt; es müssen aber auch die Kosten der Kapitalbenutzung berücksichtigt werden. Die Notwendigkeit eines Zinsansatzes ist deshalb in der Kostenrechnung allgemein anerkannt. Da nämlich eine Maschineninvestition Geldkapital erfordert, entstehen bei der Benützung dieses Kapitals Kosten. Bei Finanzierung mit Eigenkapital richten sich die Zinskosten nach dem entgangenen Zinsnutzen einer anderweitigen betrieblichen oder außerbetrieblichen Anlage, bei Finanzierung mit Fremdkapital nach den vom Kapitalgeber geforderten Zinsen.

Die Frage, ob eine Maschineninvestition nicht nur mit dem entgangenen Zins, sondern auch mit dem entgangenen Zinseszins belastet werden muß, ist eindeutig geklärt (SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75,S.35/, BRANDES 1965 /13, S.67/). Da eine Maschineninvestition in der Regel laufend Erträge abwirft und diese auf Zinseszins angelegt werden können, decken sie den entgargenen Zinseszins, so daß eine Maschineninvestition nur den einfachen Zins erbringen muß.

Für die eigentliche Berechnung der Zinskosten sind

- der jeweils zu verzinsende Anlagewert und
- die Höhe des Kapitalzinsfußes von entscheidender Bedeutung.

2.3.3.1 Zu verzinsender Anlagewert

Wie in 2.3.2.2 schon angedeutet, hängt der zu verzinsende Anlagewert vom Abschreibungsverlauf ab, dieser wiederum vom steigenden Kostenanteil (Reparaturkosten). Schließlich spielt dabei auch das Rechenverfahren noch eine Rolle. Im Gegensatz zum bisherigen statischen Verfahren, bei dem pro Jahr durchschnittlich 50 v.H. des Anschaffungswertes verzinst werden, ist beim dynamischen Verfahren die Kenntnis des zu verzinsenden Anlagewertes nicht erforderlich; die Abschreibungs- und Zinskosten werden nämlich nicht einzeln, sondern gemeinsam als Kapitalkosten mit Hilfe des Wiedergewinnungsfaktors berechnet.

Sollen aber die Kapitalkosten dennoch wieder nach Abschreibung und Zinsansatz getrennt werden, so muß der durchschnittlich zu verzinsende Anlagewert bekannt sein. Dieser läßt sich nach Formel (5) berechnen, wenn vereinfachend von konstanten jährlichen Reparaturkosten ausgegangen wird. Wie aus Abbildung 8 hervorgeht, liegt dann der durchschnittlich zu verzinsende Anlagewert immer über 50 v.H. und hängt von der Nutzungsdauer und dem Kalkulationszinsfuß ab. Mit steigender Nutzungsdauer nähert er sich schnell

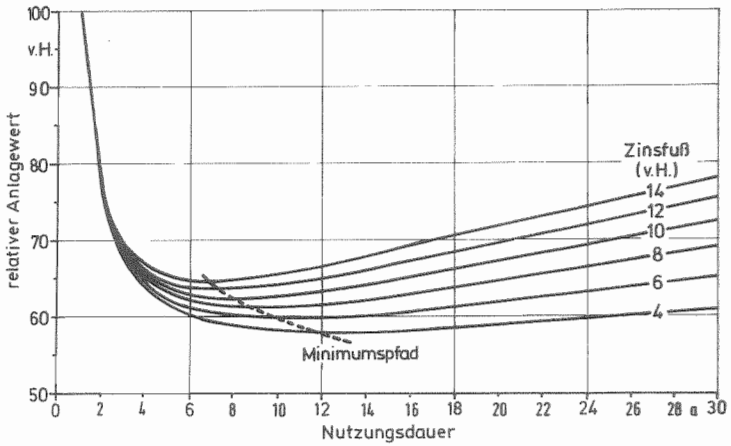


Abbildung 8: Durchschnittlich zu verzinsender Anlagewert bei der Annuitätsmethode

einem Minimum und steigt allmählich wieder an. Je höher der Zinssatz, desto höher ist der zu verzinsende Anlagewert und desto eher wird das Zinsminimum erreicht.

Werden in diesem Zusammenhang jedoch realistischerweise steigende Reparaturkosten berücksichtigt, so hängt der durchschnittlich zu verzinsende Anlagewert außer von der Nutzungsdauer und vom Zinsfuß auch vom Reparaturkostenverlauf ab. Nur dann, wenn die Reparaturkosten in dem Ausmaß steigen wie die Zinskosten fallen, muß durchschnittlich 50 v.H. des Anlagewertes verzinst werden. Steigen die Reparaturkosten aber stärker als die Zinskosten fallen, so liegt der durchschnittlich zu verzinsende Anlagewert unter 50 v.H. Eine formelmäßige Darstellung dieser Zusammenhänge und Beispielsrechnungen finden sich bei KÖHNE 1966 /40,S.268/ und BRANDES 1965 /13,S.66/.

2.3.3.2 Zinsfuß

Über die Höhe der Zinskosten entscheidet neben dem durchschnittlich zu verzinsenden Anlagewert auch der der Kalkulation zugrundeliegende Zinsfuß. Er stellt "die teils subjektiv, teils objektiv fixierten Kosten der Kapitalinanspruchnahme" dar (KÖHNE 1966 /41, S.20/). Wird die Investition ausschließlich mit Fremdkapital finanziert und stimmen die Kreditlaufzeit und die Nutzungsdauer überein, so darf der effektive Kalkulationszinsfuß auf keinen Fall kleiner sein als der Fremdkapitalzinsfuß. Bei reiner Finanzierung mit Eigenkapital richtet sich der Kalkulationszinsfuß nach der besten außerbetrieblichen Verzinsungsmöglichkeit mit vergleichbarer Sicherheit.

Meist werden Investitionen mit Fremdkapital(K_f) und Eigenkapital(K_e) durchgeführt. Ist die Kreditlaufzeit investitionskonform, so errechnet sich der Kalkulationszinsfuß(p) als gewogenes arithmetisches Mittel aus Eigenkapitalzinsfuß (p_e) und Fremdkapitalzinsfuß (p_f) nach folgender Formel /79/ :

$$p = \frac{p_e K_e + p_f K_f}{K_e + K_f} \qquad (10)$$

Auf den Sonderfall, daß die Kreditlaufzeit nicht mit der voraussichtlichen Nutzungsdauer des Investitionsobjekts übereinstimmt, soll nicht näher eingegangen werden (siehe dazu KÖHNE 1966 /41/, GURTNER 1977 /29/).

Bei gewöhnlichen Maschinenkostenberechnungen jedoch wird das vorher beschriebene Berechnungsverfahren kaum durchgeführt. Vielmehr wird der Einfachheit halber ein einheitlicher Zinsfuß verwendet, der sich für derartige Kalkulationen eingebürgert hat. Bis vor kurzem wurde in Anlehnung an SCHAEFER-KEHNERT 1969 /76/ ein Kalkulationszinsfuß von 6 v.H. verwendet; derzeit wird aber ein Zinsfuß von 8 v.H. empfohlen /45/, um dem gestiegenen Zinsniveau Rechnung zu tragen.

2.3.4 Reparaturkosten

Die Reparaturkosten umfassen alle die Maßnahmen, die eingetretene Veränderungen an der Anlagensubstanz beseitigen und somit den Zustand vor der Veränderung wiederherstellen. Letzteres kann dadurch geschehen, daß die verschlissenen Teile ausgetauscht und durch neue oder regenerierte ersetzt werden, oder daß nur eine Ausbesserung der abgenutzten Teile erfolgt. Beide Reparaturmaßnahmen haben das Ziel, die aufgetretenen Verschleißerscheinungen möglichst vollkommen rückgängig zu machen (Abb. 9). Die Reparaturkosten setzen sich zusammen

- aus Materialkosten für Teile, die an der Maschine ausgetauscht werden müssen,
- aus Lohnkosten, die bei der Durchführung der Reparaturen anfallen und
- aus sonstigen Kosten (z.B. Fahrtkosten).

Die zutreffende Erfassung all dieser Kosten im Zeitablauf ist ein Schlüsselproblem der Maschinenkostenkalkulation.

Generell läßt sich sagen, daß die Reparaturkosten (im Gegensatz zu den Zinskosten) mit zunehmender Nutzungsdauer ansteigen; es mehren sich in der Regel die Verschleißerscheinungen und damit zwangsläufig auch die Kosten für deren Beseitigung. Dieser Sachverhalt führt dazu, daß de facto die Reparaturkosten den Ausschlag für die Länge der Nutzungsdauer geben. Umso wichtiger ist ihre korrekte Erfassung.

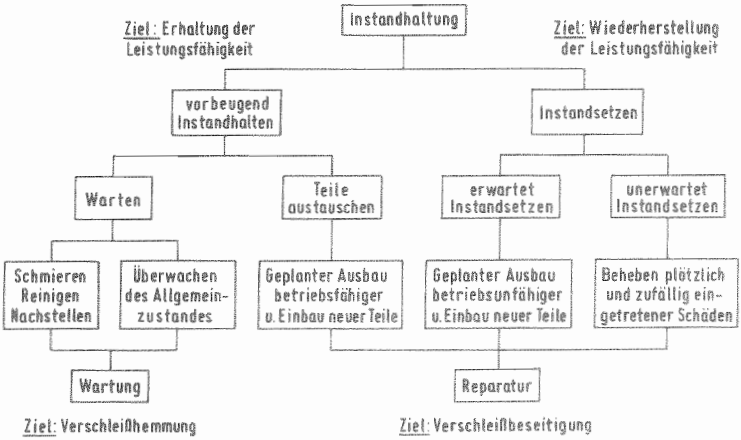


Abbildung 9: Maßnahmen der Instandhaltung (nach FUCHSS 1977 /26/ und MÄNNEL 1968 /52/)

2.3.4.1 Methode nach SCHAEFER-KEHNERT

Das ohnehin schon große Datenproblem bei der Reparaturkostenermittlung wird noch dadurch verschärft, daß einerseits die Reparaturkosten den verschiedensten Einflüssen unterliegen /23/, und daß andererseits das Reparaturverhalten über eine Vielzahl von Nutzungsjahren verfolgt werden muß. Um dieses Problem zu lösen, hat SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ ein deterministisches periodisches Ausfallmodell entwickelt, in dem die Reparaturdaten in naturale und monetäre Daten getrennt werden. Das Reparaturmodell geht davon aus, daß eine Maschine aus einer Vielzahl von Einzelteilen besteht und diese einem unterschiedlichen Verschleiß unterliegen, daß aber die Verschleißdauer der Einzelteile über die ganze Nutzungsdauer hinweg konstant bleibt.

Mittels Befragung von Reparaturfachleuten lassen sich die durchschnittliche Verschleißzeiten der Einzelteile und die Material- und Lohnkosten der Einzelreparatur festlegen. Um den Reparaturverlauf möglichst einfach darzustellen, hat SCHAEFER-KEHNERT alle Einzelreparaturen mit der gleichen

Verschleißdauer zu sogenannten Teilreparaturen zusammengefaßt. Das so ermittelte Mengengerüst der Reparaturen gibt über den gesamten naturalen Reparaturaufwand Auskunft. Wird das Mengengerüst mit den dazugehörigen Preisen verknüpft, so ergibt sich daraus der Verlauf der Reparaturkosten. Die durchschnittlichen Reparaturkosten werden berechnet aus Gesamtkosten geteilt durch die Nutzungsdauer. Für einen 22 kW-Schlepper ist das Reparaturmodell von SCHAEFER-KEHNERT in Abbildung 10 dargestellt.

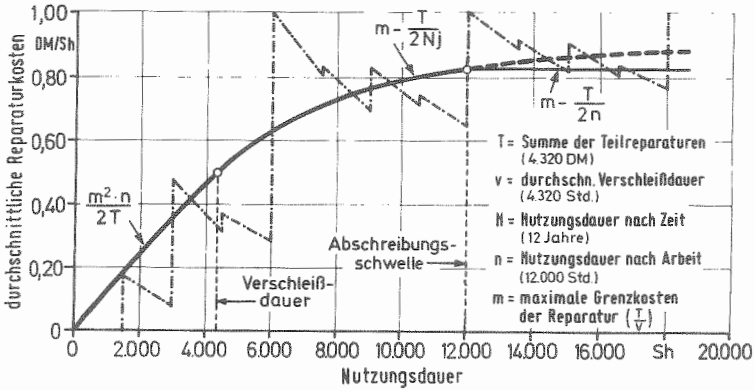


Abbildung 10: Reparaturkostenmodell von SCHAEFER-KEHNERT 1969 /75/ (22 kW-Schlepper)

Da sich die diskontinuierlich verlaufende Durchschnittskostenkurve kaum für die praktische Kalkulation eignet, hat SCHAEFER-KEHNERT eine Ausgleichskurve vorgeschlagen. Die Durchschnittskosten der Reparatur lassen sich demnach für jede beliebige Nutzungsdauer aus der Summe der Teilreparaturen (T) und der durchschnittlichen Verschleißdauer (v) eindeutig bestimmen. Die Durchschnittskostenkurve steigt bis zur durchschnittlichen Verschleißdauer linear an, mit zunehmender Nutzungsdauer jedoch nimmt das Steigungsmaß ab und führt so zu einer degressiv ansteigenden Kostenkurve. Diesen Verlauf der Kostenkurve beschreibt die "genaue Formelrechnung" mit Hilfe von 3 Formeln. Zur Vereinfachung der Reparaturkostenkalkulation hat SCHAEFER-KEHNERT die "vereinfachte Formelrechnung" und die "Prozentrechnung" entwickelt, in denen ein Teil der Abschreibung zu den Reparaturkosten hinzugefügt wird, so daß sich unabhängig von der Nutzungsdauer immer die gleichen Reparaturkosten ergeben.

Die Fortschreibung dieser Reparaturdaten erscheint zunächst als relativ einfach; denn in den in Abbildung 10 dargelegten Formeln befindet sich nur eine monetäre Größe (Summe der Teilreparaturen), die dem Preisniveau angepaßt werden muß. Alle anderen Größen besitzen naturalen Charakter und können beibehalten werden.

Basierend auf dem theoretischen Modell des Reparaturablaufes hat SCHAEFER-KEHNERT in ähnlicher Form für alle damaligen Landmaschinen die Reparaturkosten ermittelt. Seit Mitte der sechziger Jahre hat das KTBL diese Daten fortgeschrieben und ergänzt und in den KTBL-Kalkulationsunterlagen der Wissenschaft, Praxis und Beratung zur Verfügung gestellt /99/.

2.3.4.2 Überprüfung der Reparaturdaten

Weil diese Reparaturdaten mehr auf deduktivem Wege ermittelt worden sind, hat SCHAEFER-KEHNERT 1957/75/ selbst eine Bestätigung in der Praxis gesucht. Er hat anhand von Erhebungsdaten aus den frühen 50-er Jahren sowohl für den gesamten Maschinenpark von existenten Betrieben als auch für Einzelmaschinen die Reparatur-Soll-Kosten mit den tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten (Ist-Kosten) verglichen und festgestellt, daß die gefundenen Kalkulationsnormen aufgrund dieser Gegenüberstellung als weitgehend gesichert angesehen werden können.

Da aber in den letzten drei Jahrzehnten der technische Fortschritt in großem Maße wirksam war, und da noch dazu eine Veränderung der Preisverhältnisse eingetreten ist, müssen die Kalkulationsnormen für Reparaturen einer erneuten Überprüfung unterzogen werden.

Aus diesem Grunde wurde das Datenmaterial, das FAHR 1976 /23/ für Reparaturkostenuntersuchungen verwendete, erneut ausgewertet. Für 14 Schlepper mit Hinterradantrieb (22-29 kW) konnten die mittleren durchschnittlichen Reparaturkosten ermittelt und mit den Kalkulationsnormen verglichen werden. Dabei kommen erhebliche Differenzen zum Vorschein (Abb. 11). Bereits bei einer Nutzungsdauer von 6.000 Betriebsstunden liegen die tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten um über 100 v.H. über den auf SCHAEFER-KEH-

NERT basierenden Normwerten. Auch JÄGER und WEIERSHÄUSER 1978 /38/ stellen, allerdings mit nur 5 Schleppern, eine beachtliche Unterschätzung des tatsächlichen Reparaturkostenniveaus fest. Im mittleren Bereich der Nutzungsdauer liegen diese Werte sogar noch über der Durchschnittskostenkurve der 14 Schlepper, gegen Ende der Nutzungsdauer nähern sie sich ihr jedoch an.

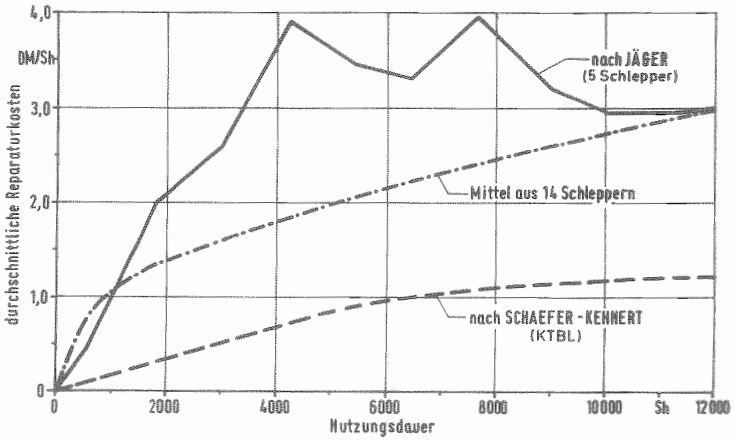


Abbildung 11: Durchschnittliche Reparaturkosten von Schleppern mit Hinterradantrieb (22-29 kW; Preisstand 1976/77)

Die zu niedrigen Kalkulationsnormen sind im wesentlichen auf vier Faktoren zurückzuführen:

1. auf unzutreffende Modellannahmen
2. auf eine unzureichende Datenfortschreibung
3. auf eine unsichere Datengrundlage und
4. auf eine Überalterung infolge des technischen Fortschritts.

Dem deterministischen periodischen Ausfallmodell von SCHAEFER-KEHNERT liegt die Annahme zugrunde, daß sich die Reparaturvorgänge der Einzelteile immer in gleichen Zeitabständen wiederholen. Demgegenüber stellt FUCHSS 1977 /26,S.55/ fest, daß sich die Verschleißzeiten der einzelnen Bauteile mit zunehmender Nutzungsdauer verkürzen. Auch WERNER 1966 /104,S.22/ hat

in Untersuchungen über die Instandhaltungskosten technischer Einrichtungen für den Landhaushalt keinen Anhaltspunkt für gleichbleibende Verschleißzeiten gefunden. Solange aber keine Exaktversuche zu diesen Fragen vorliegen, kann die Periodisierbarkeit von Teilreparaturen nicht kausal widerlegt werden. Sie könnte unter Umständen dann gerechtfertigt sein, wenn die Reparaturen ausschließlich durch eine während der gesamten Nutzungsdauer gleichmäßige Beanspruchung hervorgerufen würden. Andererseits ist aber auch vorstellbar, daß mit zunehmender Nutzungsdauer das Zusammenspiel der Einzelteile immer unvollkommener wird, so daß sich dadurch der Verschleiß erhöht und somit die Verschleißdauer verkürzt wird.

Die Annahme des Reparaturmodells, daß sich die Teilreparaturen in gleichmäßigen Abständen immer wiederholen, muß unweigerlich zu einer linear ansteigenden Reparaturkostensumme führen. Verschiedene empirische Untersuchungen (HASSAN u.a. 1978 /33/, LANGE 1972 /50/, SELIVANOV 1959 /83/, WEIERSHÄUSER 1983 /100/) weisen jedoch darauf hin, daß die Summe aller Reparaturen mit zunehmender Nutzungsdauer progressiv ansteigt. Dies kann neben anderem vor allem dadurch hervorgerufen werden, daß sich die Verschleißdauer mit wachsender Nutzungsdauer verkürzt, oder daß bei der Aufstellung der Reparaturpläne nicht alle Teilreparaturen berücksichtigt wurden.

Neben der möglicherweise falschen Modellannahme ist die Fortschreibung der Reparaturdaten von SCHAEFER-KEHNERT in der Form, wie sie vom KTBL seit 1964 in meist zweijährigem Turnus durchgeführt wird (WEIERSHÄUSER 1978 /100/, BRUNDKE 1981 /14/), als unzureichend zu charakterisieren. Wie aus Tabelle 2 (Spalte 3 und 5) am Beispiel eines 22 kW-Schleppers zu ersehen ist, wurden die Kalkulationsdaten für die Reparaturkosten im Zeitraum von 1964 bis 1976 im gleichen Ausmaß wie die Neupreise erhöht. Da bei der Datenfortschreibung ab 1978 nicht mehr die Summe der Teilreparaturen, sondern nur die Reparaturkostensumme angegeben wird, kann die in Tabelle 2 dargelegte Form nicht weitergeführt werden. Jedoch konnte seit der Datenfortschreibung von 1978 für die meisten Maschinen aus den KTBL-Kalkulationsunterlagen die durchschnittliche Steigerung der Anschaffungspreise und die durchschnittliche Steigerung der Reparaturkostensummen berechnet werden. Demnach wurden die Neupreise für 503 Maschinen von 1978 auf 1980 um 7,0 v.H. erhöht, die Reparaturkostensummen geringfügig mehr um 8,8 v.H. Die beiden Steigerungsraten für die letzte Fortschreibung von 1980

Tabelle 2: Fortschreibung der Maschinenkostendaten (Anschaffungspreis und Summe der Teilreparaturen) für 22 kW-Schlepper von 1964 bis 1976

Fortschreibungsjahr	Anschaffungspreis nominal (DM)	Anschaffungspreis relativ zu 1964 (v.H.)	Summe der Teilreparaturen nominal (DM)	Summe der Teilreparaturen relativ zu 1964 (v.H.)
1	2	3	4	5
1964	12000	100	4320	100
1969	14000	117	5056	117
1974	16000	133	5767	133
1976	18000	150	6504	150

auf 1982 sind ebenfalls fast identisch; die Neupreise stiegen um 10,5 v.H., die Reparaturen etwas mehr um 11,6 v.H. Die Rückverfolgung der vergangenen Datenfortschreibungen zeigt also, daß bis zur 8. Auflage des KTBL-Taschenbuches von 1976 die Reparaturkosten mit den Anschaffungspreisen gleichlaufend erhöht wurden, daß aber seit der Datenfortschreibung von 1978 eine geringfügig stärkere Erhöhung der Reparaturkosten vorgenommen wurde.

Dieses praktizierte Fortschreibungsverfahren ist aber nicht berechtigt; denn die tatsächliche Preisentwicklung von landwirtschaftlichen Neumaschinen und Reparaturen verlief in der Vergangenheit anders. Wie aus Abbildung 12 hervorgeht, stieg der Preisindex für Reparaturen an landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten im Vergleich zum Preisindex für landwirtschaftliche Neumaschinen um fast das Doppelte. Die Preise für Neumaschinen sind seit dem Wirtschaftsjahr 1955/56 nur um 135 Prozentpunkte gestiegen, während die Preise für Reparaturen um knapp 330 Prozent kletterten. Auch die ab 1978 in den KTBL-Kalkulationsunterlagen eingeführten etwas höheren Steigerungsraten liegen noch unter den tatsächlichen Preisbewegungen. Außerdem ist bereits durch die synchrone Fortschreibung bis 1976 eine Lücke entstanden, die durch die ab 1978 etwas höheren Raten nur zu Bruchteilen ausgeglichen werden kann. Somit wurde die unterschiedliche Entwicklung der Neumaschinen- und der Reparaturpreise in den KTBL-Kalkulationsunterlagen bei der Fortschreibung der Maschinenkostendaten nicht bzw. zuwenig berück-

sichtigt; deshalb müssen als notwendige Konsequenz daraus heute die fortgeschriebenen Reparaturkostendaten zwangsläufig zu niedrig sein.

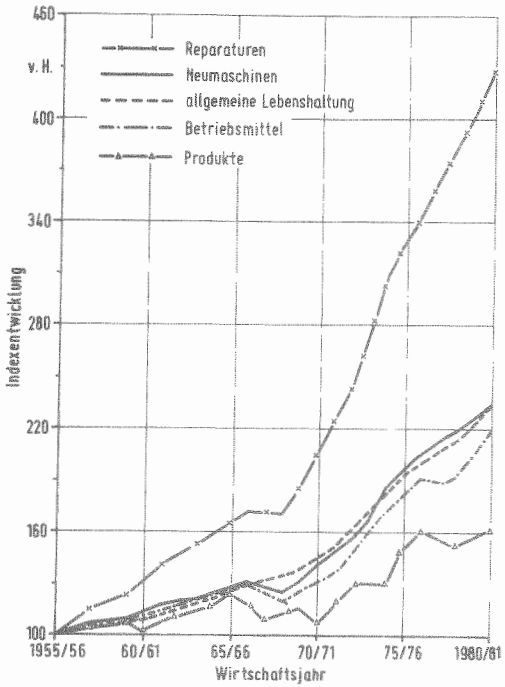


Abbildung 12: Entwicklung des Preisniveaus landw. Produkte und Betriebsmittel (ohne MWSt.; 1955/56 = 100; Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF/17/)

Allerdings ist auch eine Fortschreibung der Reparaturkosten nach dem amtlich ermittelten Reparaturkostenindex nicht allzu genau, denn die Preissteigerung hat nicht alle zu einer Reparatur erforderlichen Teile in gleichem Ausmaß erfaßt. So wurden beispielsweise die Preise für das Ersatzteil Zitzengummi seit 1957 nur um etwa 200 Prozent erhöht. Eine individuelle Fortschreibung der Reparaturkosten erscheint deshalb unumgänglich.

Neben den mehr methodischen Bereichen muß auch die Frage der Datensicherheit aufgegriffen werden. SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75,S.46/ hat die Reparaturdaten dann als gesichert angesehen, wenn über eine einzelne Maschine mindestens drei annähernd übereinstimmende Auskünfte vorlagen. Dieses Vorgehen erschien SCHAEFER-KEHNERT gerechtfertigt, weil unter erfahrenen Fachleuten sehr klare Vorstellungen über den als "normal" anzusehenden Reparaturverlauf und über die durchschnittliche Verschleißdauer der Einzelteile bestehen. Untersuchungen über die tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten (GILL 1971 /28/, HOFMANN 1967 /36/, WERNER 1966 /104/) zeigen aber, daß die Streubreite der Reparaturkosten sehr groß ist, so daß deshalb sicherlich stärker besetzte Stichproben dringend notwendig sind.

Ein weiterer Grund für die nicht mehr realistischen Reparaturkostendaten ist der, daß die heutigen Maschinen mit denen aus den fünfziger Jahren kaum mehr vergleichbar sind. So hat zwar der technische Fortschritt verbesserte und verschleißärmere Bauteile hervorgebracht, aber die Maschinen besitzen heute viel mehr Baugruppen und Ausrüstungsgegenstände, so daß neu zu reparierende Bauteile hinzugekommen sind, die SCHAEFER-KEHNERT überhaupt nicht berücksichtigen konnte (z.B. Kabine bei Schleppern).

Nach der Erläuterung der vier Erklärungsgründe für die zu niedrigen Kalkulationsnormen muß auch noch das derzeitige Berechnungsverfahren überprüft werden. Denn seit der Datenfortschreibung von 1978 ist von der in Abbildung 10 dargelegten Berechnungsweise abgegangen worden. Unabhängig von der Auslastung werden jetzt immer gleich hohe durchschnittliche Reparaturkosten angegeben. Diese beruhen jedoch nicht auf der bisherigen Zusammenfassung von Reparaturkosten und vollvariabler Abschreibung, sondern werden vereinfachend berechnet aus:

$$R_n = RS/n \qquad (11)$$

wobei gilt:

R_n = durchschnittliche Reparaturkosten pro Arbeitseinheit
RS = Reparaturkostensumme bei wirtschaftlicher Nutzungsdauer und
n = wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit

Dieses Divisionsverfahren führt nur dann zu richtigen Werten, wenn die Reparaturkostensumme linear ansteigt. Dies ist jedoch relativ selten der Fall. Immer dann, wenn zu Beginn der Nutzungsdauer verhältnismäßig wenig Reparaturen anfallen und die Auslastung unter der Abschreibungsschwelle liegt, ergeben sich zu hohe Reparaturkosten. Die Überbewertung ist umso größer, je geringer die Gesamtauslastung ist. REISCH und ZEDDIES 1977 /70/ geben deshalb Richtwerte an, um die bei geringerer Auslastung die Reparaturkostensumme korrigiert werden kann. Somit ist das einfache Divisionsverfahren in dieser Form abzulehnen, weil die Auswirkung des Auslastungsgrades nicht berücksichtigt wird und dadurch die Reparaturkosten pauschaliert werden.

All diese Zusammenhänge, angefangen vom Reparaturmodell über die Datenerhebung bis hin zur Datenfortschreibung, müssen unweigerlich dazu führen, daß die alten fortgeschriebenen Reparaturkosten nicht mehr wirklichkeitsnah sind. Außerdem ist das derzeitige Berechnungsverfahren zu ungenau. Deshalb sind Anstrengungen dahingehend zu machen, neue Reparaturkostendaten zu ermitteln und eine angepaßtere Berechnungsmethodik zu entwickeln.

2.3.5 Sonstige Kostenarten

Die sonstigen Kostenarten bereiten wie die Betriebsstoffkosten entweder keine allzu großen Daten- und Rechenprobleme /75/, oder erfordern wie die Versicherungskosten, die Unterbringungskosten und die Wartungskosten wegen ihrer geringen Bedeutung nicht die äußerste Sorgfalt.

2.3.5.1 Betriebsstoffkosten

Unter Betriebsstoffkosten werden alle Kosten zusammengefaßt, die für den Betrieb von Maschinen und Anlagen notwendig sind. Die Betriebsstoffkosten können unterschieden werden

- in Energiekosten zum Betrieb von Verbrennungs- und Elektromotoren,
- in Schmierstoffkosten zu Verringerung der Reibung und des Verschleißes und
- in Hilfsstoffkosten als Sammelbegriff für sonstige Verbrauchsmittel.

Die Betriebsstoffkosten beruhen grundsätzlich auf Materialverbrauch und können demnach aus dem Produkt von Menge und Preis errechnet werden. Die Ermittlung der Preise für die Betriebsstoffe bereitet in der Regel keine Probleme, da es sich meist um marktgängige Produkte handelt. Die Erfassung des Materialverbrauchs gestaltet sich dagegen schon schwieriger. Für Schlepper z.B. liegen aus der Praxis kaum Kraftstoffverbrauchswerte vor. Deshalb wird auf Meßdaten aus den OECD-Prüfberichten zurückgegriffen. Sinn und Zweck dieser Meßdaten ist zwar mehr der Vergleich verschiedener Schleppertypen und -fabrikate, aber dennoch können diese auch Anhaltswerte für den Verbrauch in der Praxis geben.

Die in den heutigen KTBL-Kalkulationsunterlagen angegebenen Dieselölverbrauchswerte erscheinen im Vergleich zu anderen Angaben etwas zu niedrig (Abb. 13). FINKENWIRTH 1982 /25/ empfiehlt, für Kalkulationen einen mittleren Jahresdurchschnittsverbrauch von 0,16 Liter je kW Nennleistung und Stunde zu verwenden. Dieser Wert entspricht dem von SEIFERT 1950 /82/ vorgeschlagenen und von SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ übernommenen Durchschnittswert von 100 g/MPSh bei einer Motorbelastung von 40 v.H. Zwischen den KTBL-Angaben und den Empfehlungen von FINKENWIRTH ergeben sich immerhin für einen 100 kW-Schlepper bereits Verbrauchsunterschiede von etwa 4 l/h oder 25 v.H.(Abb. 13). Nochmals 2 l/h über dem Dieselverbrauch nach FINKENWIRTH liegen die Verbrauchsmengen, die sich aus den OECD-Prüfberichten /62/ ergeben. Hierbei wurde der Durchschnittsverbrauch aus 6 Meßpunkten entlang der Abregelkurve vom Punkt des unbelasteten Motors bis zum Punkt der maximalen Leistung bei maximaler Drehzahl ermittelt. Der Vergleich der 3 Verbrauchsangaben hinkt natürlich insofern etwas, weil die Drehzahl und die Belastung des Motors nicht in jedem Fall angegeben sind; mit dem Vergleich sei jedoch nur die Schwierigkeit für den Kostenrechner angedeutet, welchen Wert er heranziehen soll.

Bekanntlich hängt der Kraftstoffverbrauch von Verbrennungsmotoren entscheidend von der Drehzahl und der Belastung des Motors ab. Hinzu kommen noch die Verbrauchsunterschiede der einzelnen Fabrikate. So stellt STEINKAMPF 1982 /85/ fest, daß sich für den spezifischen Durchschnittsverbrauch, der sich aus den Werten der OECD-Zapfwellenprüfung bei unterschiedlicher Motorauslastung errechnet, Differenzen von über 50 v.H. ergeben. Aufgrund der Bedeutung der Betriebsstoffkosten und der doch großen Differenzen zwischen den einzelnen Verbrauchsangaben ist es deshalb für

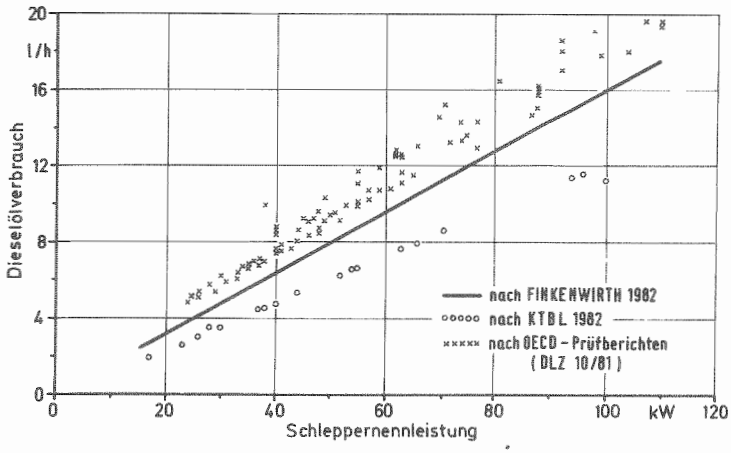


Abbildung 13: Dieselölverbrauch von Schleppern im Teillastbereich

differenzierte Kalkulationen dringend erforderlich, die Haupteinflußgrößen des Kraftstoffverbrauchs (Drehzahl, Belastung, Fabrikat) bei zukünftigen Berechnungen mehr als bisher zu berücksichtigen.

Der Energieverbrauch von Elektromotoren kann aufgrund fehlender Verbrauchsmessungen meist nur überschlagsmäßig aus dem Anschlußwert und der Einsatzzeit berechnet werden. Dieses Vorgehen kann als zufriedenstellend bezeichnet werden, weil die Nennleistung der Elektromotoren in der Regel dem Geräteleistungsbedarf besser angepaßt ist.

Die Ermittlung der notwendigen Schmierstoffmengen muß ebenfalls in pauschaler Form erfolgen. Der Schmierölverbrauch wird bei Schleppern meist in v.H. des Dieselölverbrauchs ausgedrückt. Basierend auf Untersuchungen von SEIFERT 1950 /51/ gibt SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75,S.63/ den durchschnittlichen Ölverbrauch mit 3 v.H. des Kraftstoffverbrauchs an. Erheblich niedrigere Verbrauchsmengen nennt FAHR 1976 /23,S.96/. In seinen Untersuchungen an Schleppern verschiedener Leistungsklassen liegt die Summe des Motor- und Getriebeölverbrauchs unter 1,5 v.H. des Treibstoffverbrauchs. In den KTBL-Kalkulationsunterlagen /45/ dagegen wird z.Z. ein Wert von 2 v.H. verwendet. In den Schweizer Kostennormen wird /2/ bei einem Belastungsgrad

von 40 v.H. als Schmierstoffverbrauch 3 v.H. des Dieselölverbrauchs unterstellt; bei geringeren Belastungsstufen wird dergleiche Verbrauch und bei höheren Belastungsstufen ein gemäß dem Treibstoffverbrauch ansteigender Wert angesetzt.

Trotz der unterschiedlichen Angaben bleibt zur Ermittlung der Schmierstoffkosten festzuhalten, daß für die Erfassung dieser Daten nicht die äußerste Sorgfalt verwendet werden muß; denn bei heutigen Preisverhältnissen zwischen Öl- und Treibstoffpreis betragen die Schmierstoffkosten bei Schleppern z.B. nur etwa 10 v.H. der Treibstoffkosten.

Für die Ermittlung der Hilfsstoffkosten gilt Ähnliches wie für die Schmierstoffkosten. Meist muß sich der Kostenrechner auf Erfahrungswerte oder Herstellerangaben stützen.

Grundsätzlich wird bei der Berechnung der Betriebsstoffkosten immer davon ausgegangen, daß der Materialverbrauch von Betriebsstoffen während der ganzen Nutzungsdauer gleichbleibt. Mit zunehmender Nutzungsdauer werden jedoch verschiedene Verschleißerscheinungen wirksam, was auch einen erhöhten Betriebsstoffverbrauch zur Folge haben kann. Bei Verbrennungsmotoren z.B. werden mit wachsender Nutzungsdauer verschiedene Teile des Motors wie Zylinderlaufbuchsen, Kolben, Kolbenringe u.a. abgenutzt, so daß immer größere Ölmengen in den Zylinderraum gelangen und dort verbrennen. Mit zunehmendem Verschleiß wird deshalb der Motorölverbrauch steigen. In Abbildung 14 ist ein derartiges Beispiel dargelegt. Da aber Untersuchungen über den mit zunehmender Nutzungsdauer steigenden Betriebsstoffverbrauch von landwirtschaftlichen Maschinen nicht vorliegen, muß zwangsläufig auch weiter von konstanten Mengen ausgegangen werden.

2.3.5.2 Versicherungskosten

An Versicherungskosten müssen bei Landmaschinen all die Ausgaben berücksichtigt werden, die für freiwilligen oder auch gesetzlich vorgeschriebenen Versicherungsschutz ausgegeben werden.

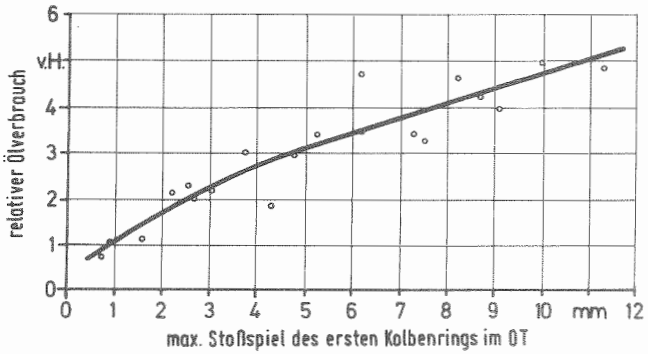


Abbildung 14: Erhöhung des relativen Ölverbrauchs eines Viertaktmotors mit zunehmendem Verschleiß (nach WOHLLEBE 1978 /105/)

Vom Gesetzgeber vorgeschrieben ist für alle Schlepper und selbstfahrenden Maschinen eine Haftpflichtversicherung. Sie deckt meist bis zu einer bestimmten Höchstgrenze alle Haftungsschäden des Kraftfahrzeughalters im öffentlichen Straßenverkehr ab.

Freiwillig kann dazu eine Teilkasko-Versicherung abgeschlossen werden, die Schäden aus Diebstahl, Brand, Hagel und Glasbruch übernimmt. Sie ist aber für landwirtschaftliche Maschinen nicht sehr verbreitet. Weitere Versicherungskosten werden im Rahmen der Vorkalkulation kaum mehr berücksichtigt, denn die Feuerversicherung, die auch das Maschineninventar miteinschließt, wird gewöhnlich nicht bei den Maschinenkosten, sondern bei den Gebäudekosten erfaßt.

Der Anteil der Versicherungskosten an den gesamten Maschinenkosten ist relativ gering, so daß bei Kalkulationen vorwiegend überschlägige Anhaltswerte herangezogen werden. Bei Schleppern beispielsweise wird empfohlen, als Versicherungskosten 1 v.H. des Anschaffungswertes zu verwenden /76/. Dieser Relativwert ist aber bei derzeitigen Versicherungsbedingungen etwas überhöht /45/.

2.3.5.3 Unterbringungskosten

Wie bereits in 2.3.2 dargelegt wurde, sind Maschinen natürlichen Verschleißerscheinungen unterworfen, die von schädlichen zersetzenden Umwelteinflüssen ausgelöst werden und unabhängig von der Leistungsabgabe der Maschinen auftreten. Sollen diese Umwelteinflüsse möglichst gering gehalten werden, so müssen die Maschinen witterungsgeschützt untergebracht werden. Diese Unterbringung verursacht aber Kosten.

Die Auswirkungen einer Nicht-Unterbringung auf die Reparaturkosten haben STUDER und SIDLER 1982 /88/ an zwei baugleichen und identisch genutzten Stalldungstreuern untersucht und stellen dabei fest, daß bei einer 11-jährigen Beobachtungszeit die Maschine, die stets im Freien abgestellt war, insgesamt knapp 30 v.H. mehr Reparaturausgaben verursacht hat als die Maschine, die in einer Maschinenhalle untergebracht war. Obwohl die Jahreskosten des Stallmiststreuers, der im Freien abgestellt war, um 5 v.H. niedriger sind, kommen die Verfasser dennoch zu dem Schluß, daß es empfehlenswert ist, vor allem teuere Maschinen unterzustellen.

Unterbringungskosten fallen vor allem bei Maschinen der Außenwirtschaft an, da Maschinen der Innenwirtschaft meist schon stationär in Gebäuden untergebracht sind. In Sonderfällen jedoch, wo eine Maschine einen speziellen Raum erfordert, müssen auch bei Maschinen der Innenwirtschaft Gebäudekosten berücksichtigt werden. Der Melkstand ist dafür ein typisches Beispiel. Sollen die Kosten der Arbeitserledigung bei den verschiedenen Melkverfahren miteinander verglichen werden, so müssen beim Melkstand im Laufstall die Gebäudekosten miterfaßt werden, während sie im Anbindestall nicht auftreten und somit übergangen werden können.

Die Bestimmung der Gebäudekosten ist nicht einfach, weil ihre Höhe davon abhängt, ob Gebäuderaum vorhanden ist oder dieser vielleicht alternativ genutzt werden kann und damit Nutzungskosten verursacht, oder ob gar neuer Gebäuderaum erstellt werden muß. Da die Unterbringungskosten von den Kosten her ebenfalls relativ unbedeutend sind (Abb. 6), wird die Kalkulation meist überschlagsmäßig mit 1 v.H. des Anschaffungswertes durchgeführt, sofern Unterbringungskosten überhaupt berücksichtigt werden.

Bei empfindlichen Wirtschaftlichkeitsrechnungen ist dieses Verfahren jedoch zu grob. Deshalb sollte dann auf genauere Verfahren zurückgegriffen werden.

2.3.5.4 Wartungskosten

Während unter Reparaturen alle Maßnahmen zusammengefaßt werden, die die aufgetretenen Verschleißerscheinungen beseitigen und den ursprünglichen Zustand wiederherstellen sollen, sind unter Wartung alle die Maßnahmen zu verstehen, die der Verschleißhemmung dienen (Abb. 9). Die verschleißhemmenden Maßnahmen verfolgen das Ziel, die Abnutzung der Anlagen sowohl in direkter als auch in indirekter Weise zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen. Indirekt erfolgt dies bei Inspektionen und Funktionsprüfungen, in denen der Allgemeinzustand, speziell der Verschleißverlauf oder der Schmierzustand nur beobachtet werden. Direkt wird in den Verschleißprozeß eingegriffen, wenn die Maschine aktiv gewartet und gepflegt, also abgeschmiert, gereinigt, nachgestellt wird oder ähnliche Arbeiten durchgeführt werden.

Die Wartung erfordert in erster Linie Arbeitsaufwand und weniger Materialaufwand. Der Materialverbrauch wird meist den Betriebsstoffkosten zugerechnet. Da die Wartung oft von betriebseigenen Arbeitskräften in Arbeitstälern durchgeführt wird, und da ein Teil der Wartung innerhalb der Rüstzeiten der einzelnen Arbeitsverfahren schon abgegolten ist, werden Wartungskosten selten bei den Maschinenkosten, sondern oft nur bei den Festkosten des Betriebes berücksichtigt /11,26,76/. Wird jedoch die Wartung von außerbetrieblichen Kräften durchgeführt, dann sollten die Wartungskosten mit in die Kostenkalkulation einfließen.

2.3.6 Optimale Nutzungsdauer

Nachdem nun die einzelnen Kostenelemente mehr oder weniger ausführlich behandelt wurden, stellt sich die Frage, wie lange eine neue Maschine genutzt werden soll. Im Rahmen der Vorkalkulation wird bei dieser Fragestellung vereinfachend immer davon ausgegangen, daß die Leistungsfähigkeit der Maschine während der ganzen Nutzungsdauer gleichbleibt, und daß am Ende

der Nutzungsdauer die alte Maschine durch eine neue gleichwertige ersetzt werden kann. Für den kostenminimierenden Betrieb ist eine Maschine solange zu nutzen, bis sie die geringsten Durchschnittskosten verursacht. Der Optimumspunkt ist dann erreicht, wenn die Summe aus fallendem Kostenanteil (Abschreibung und Zins) und steigendem Kostenanteil (Reparaturkosten) ins Minimum gelangt. Erfolgt ein nicht-identischer Ersatz, so ist die Minderleistung den Kosten der alten Maschine zuzuschlagen. Dadurch verkürzt sich der optimale Ersatzzeitpunkt und die alte Maschine erreicht nicht ihre kostenminimale Nutzungsdauer /79/.

SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75,S.53/ stellt fest, daß eine Abgrenzung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer allein auf der Basis der Minimalkosten nicht möglich ist, obwohl er die Zinskosten nicht berücksichtigt, die auf eine Verlängerung der Nutzungsdauer hinwirken. SCHAEFER-KEHNERT legt deshalb die Grenze der wirtschaftlichen Nutzungsdauer auf den Zeitpunkt, an dem die noch sichtbare Degression der durchschnittlichen Gesamtkosten aus Abschreibung und Reparaturkosten so gering ist, daß angenommmen werden kann, abnehmende Betriebssicherheit und zunehmende nicht erfaßbare Reparaturkosten (Unfälle, Bedienungsfehler) würden diese Degression ausgleichen. Dieser Zeitpunkt, so SCHAEFER-KEHNERT, ist dann erreicht, wenn sich bei Ausdehnung der Nutzungsdauer um 10 v.H. die durchschnittlichen Gesamtkosten um weniger als 2 bis 4 v.H. verringern. Auf diesem Modell beruhen die in den KTBL-Kalkulationsunterlagen veröffentlichten Werte für die Nutzungsdauer nach Arbeit.

Dieses eben erläuterte Modell zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer vernachlässigt allerdings den Wiederveräußerungswert und ist deshalb etwas realitätsfremd, denn zumindest bei mobilen Anlagen ist jederzeit ein Verkauf möglich. Der dabei erzielte Wiederveräußerungswert verringert die Abschreibung und muß somit auch den Gesamtkostenverlauf verändern. Am Beispiel eines 45 kW-Schleppers sei deshalb der Einfluß des Restwertes auf die wirtschaftliche Nutzungsdauer erläutert (Abb. 15). Wird bei Bestimmung des optimalen Ersatzzeitpunkts der Restwert nicht berücksichtigt, so nimmt die Summe aus Kapital- und Reparaturkosten ständig ab. Auch bei einer über 12.000 Betriebsstunden hinausgehenden Nutzungsdauer ist noch eine gewisse Kostendegression festzustellen. Wenn allerdings der Wiederveräußerungswert in die Berechnung einbezogen wird, läßt sich der Punkt mit den minimalen Durchschnittskosten ermitteln. Die Beachtung des Restwertes bewirkt eine

Verkürzung der optimalen Nutzungsdauer. Beispielsrechnungen von SCHNEIDER 1968 /79,S.92/ und REISCH und ZEDDIES 1977 /70,S.78/ bestätigen diesen Zusammenhang.

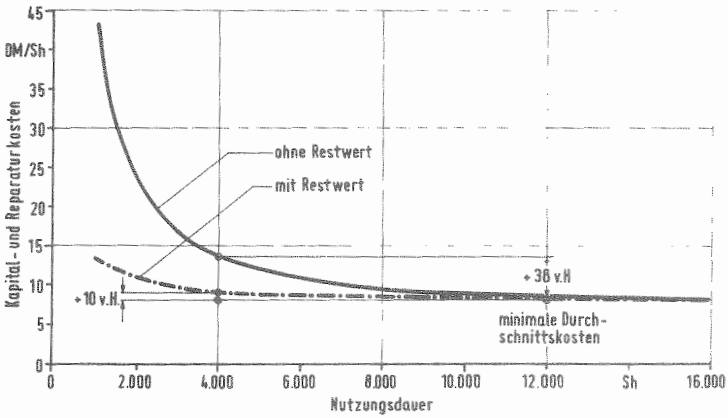


Abbildung 15: Optimale Nutzungsdauer eines 45 kW-Schleppers (mit und ohne Restwertberücksichtigung; A = 40.000 DM)

Weiter bleibt festzuhalten, daß mit zunehmender Nutzungsdauer die Degression der Gesamtkosten bei Restwertberücksichtigung kleiner ist als ohne Restwertberücksichtigung. Bei einer Verkürzung der Nutzungsdauer von 12.000 auf 4.000 Betriebsstunden steigen die Gesamtkosten bei Berechnung mit Restwert um nur 10 v.H., während sie ohne Restwertberücksichtigung um fast 40 v.H. zunehmen. Wird der Wiederveräußerungswert für die Berechnung der Kapitalkosten mit herangezogen, so ist der Nutzungszeitraum, in dem fast die gleichen Gesamtkosten anfallen, ziemlich lang. Daraus kann geschlossen werden, daß eine kürzere Nutzungsdauer und damit ein schnellerer Maschinenumsatz nicht unbedingt zu wesentlich höheren Gesamtkosten führen müssen, vor allen Dingen dann nicht, wenn die schnellere Nutzung des technischen Fortschritts durch die neue Maschine und die abnehmende Betriebssicherheit der alten Maschine mit in die Rechnung einbezogen werden.

Die Ermittlung des optimalen Ersatzzeitpunktes von Maschinen richtet sich in der Praxis allerdings nicht nur nach den Kosten. Die Kosten als alleiniges Kriterium für die Festlegung der optimalen Nutzungsdauer zu verwenden, wäre allein schon deshalb risikoreich, weil die zukünftige Entwicklung des Auszahlungsstroms der Maschineninvestition zu ungewiß und unsicher ist. Außerdem kann der technische Fortschritt im voraus nicht quantifiziert werden. Hinzu kommt, daß die Liquidität des Betriebes und die zukünftige Ertragsentwicklung ebenso eine Rolle spielen. Dies führt dazu, daß beim Ersatz die kostenminimale Nutzungsdauer oft nicht abgewartet wird.

Gerade die Ertragsentwicklung hat einen hohen Einfluß auf das tatsächliche Investitionsverhalten. Dies zeigt sich, wenn der Verlauf der Bruttoinvestitionen der Landwirtschaft in Neumaschinen und der Verlauf der Verkaufserlöse miteinander verglichen werden (Abb. 16). Dabei stellt sich heraus, daß die Maschineninvestitionen äußerst empfindlich und übersteigert auf die Erlösentwicklung reagieren. So können wachsende Verkaufserlöse zu einem Anstieg der Maschineninvestitionen von über 20 v.H. gegenüber dem Vorjahr führen und sogar gleichbleibende Verkaufserlöse einen absoluten Rückgang der Investitionen bewirken. Dies hat zur Folge, daß die Nutzungsdauer von Maschinen je nach Ertragslage verlängert oder verkürzt wird.

Obwohl die Ermittlung der optimalen Nutzungsdauer mehr theoretischer Natur ist und außerdem mit Unsicherheit behaftet ist, ist sie trotzdem erforderlich, da für die Berechnung der durchschnittlichen Gesamtkosten eine Bezugsgröße gebraucht wird. Auf alle Fälle aber sollte dabei der Restwert mehr beachtet werden.

2.4 Zusammenfassende Betrachtung zu den Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation

Da der Maschineneinsatz ein sehr wichtiger Ausgabenbereich in der Landwirtschaft ist, müssen die Kosten des Maschineneinsatzes möglichst genau vorausberechnet werden können. Die bisher am häufigsten verwendete Kalkulationsmethode beruht auf der statischen Betrachtungsweise und ist im Vergleich zur dynamischen Betrachtungsweise zu ungenau. Nur das dynamische Verfahren berücksichtigt die Dimension Zeit und ist deshalb dem statischen vorzuziehen.

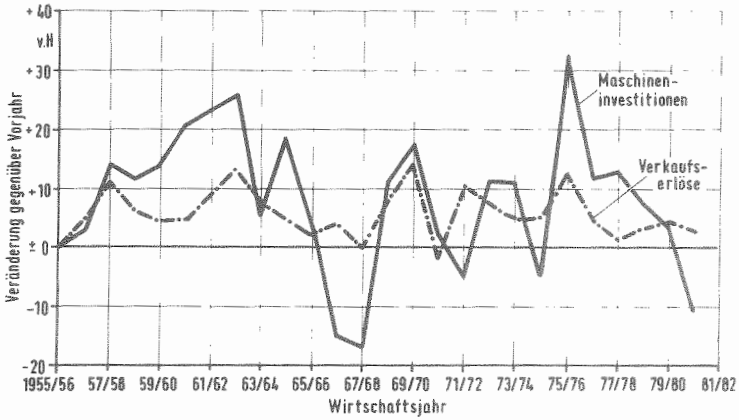


Abbildung 16: Investitionsverhalten der westdeutschen Landwirtschaft (Neumaschineninvestitionen und Verkaufserlöse; Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF /17/)

Aufgrund der übergroßen Bedeutung der Kapitalkosten, der Reparaturkosten und der Betriebsstoffkosten ist bei der Datenerfassung und auch bei der Kalkulation auf diese Kostenarten das Hauptgewicht zu legen. Im Vordergrund müssen dabei die Reparaturkosten stehen, weil die bisherigen Kalkulationsnormen das heutige tatsächliche Reparaturkostenniveau nicht mehr treffen, weil aber die genaue Kenntnis der zukünftig zu erwartenden Reparaturaufwendungen dringend notwendig ist. Deshalb ist eine Neuerhebung der Reparaturkosten durchzuführen. Bei der Berechnung der Kapitalkosten muß der Restwert mehr beachtet werden, denn er führt zu niedrigeren Kapitalkosten und übt auch einen entscheidenden Einfluß auf die optimale Nutzungsdauer aus. Obwohl die vorhandene Datenbasis für den Verbrauch von Betriebsstoffen auch nicht als optimal bezeichnet werden kann, so liegen doch für die Maschinenkostenkalkulation ausreichende Angaben von seiten der Hersteller und Prüfstellen vor. Die übrigen Kostenelemente spielen von ihrer Bedeutung her nur eine untergeordnete Rolle und können in kurzen Zügen abgehandelt werden.

3. Ermittlung der Kostenelemente

Aufbauend auf den methodischen Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation soll im folgenden ein neuer Vorschlag zur exakteren Kostenerfassung landwirtschaftlicher Maschinen (am Beispiel Melkanlagen) aufgezeigt werden. Dabei ist im Sinne von aussagekräftigen Planungsergebnissen darauf zu achten, daß die benötigten Daten möglichst wirklichkeitsnah ermittelt werden, und dafür Sorge zu tragen, daß diese Daten auch nachher möglichst vielseitig eingesetzt werden können.

3.1 Reparaturkosten

Da die zutreffende Erfassung der Reparaturkosten das Kardinalproblem der Maschinenkostenkalkulation /99/ darstellt, muß diesem Problembereich das Hauptgewicht beigemessen werden. Schwierigkeiten ergeben sich bei der Reparaturdatenermittlung vor allem dadurch, daß die zukünftigen Ausgaben für die Erhaltung der Funktionsfähigkeit vorausberechnet werden müssen. Außerdem kommt erschwerend hinzu, daß die Reparaturen von vielen betriebsabhängigen und -unabhängigen Faktoren beeinflußt werden (Abb. 17), von denen noch dazu einige nicht quantifizierbar sind /23/.

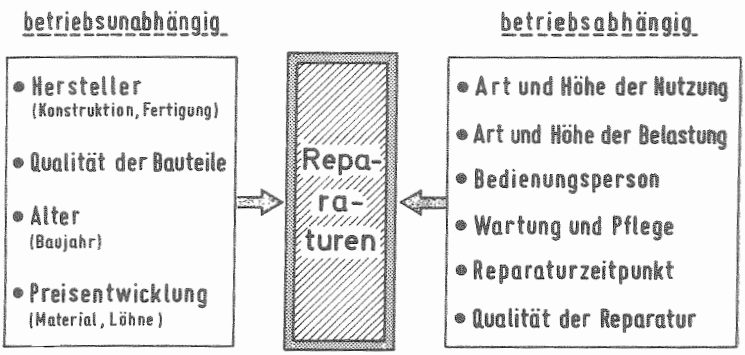


Abbildung 17: Die reparaturbeeinflussenden Faktoren (schematisch)

3.1.1 Zielsetzung

In Kenntnis dieser Schwierigkeiten sollen dennoch folgende Zielvorstellungen verwirklicht werden:

1. Die bisherige Datendarstellung in Form von fertig errechneten Werten kann spezifischen Planungssituationen nicht mehr genügen. Deshalb muß davon abgegangen werden und einer funktionellen Betrachtungsweise der Vorzug gegeben werden.
2. Für praktische Kalkulationen müssen Anhaltswerte geliefert werden, die die zukünftig zu erwartenden Reparaturkosten möglichst realitätsnah voraussagen können.
3. Dabei ist anzustreben, daß auch bei den zu erarbeitenden Kalkulationsnormen die zu erwartende Streuung angegeben werden kann.
4. Neben einer Erfassung des monetären Reparaturaufwandes ist auch eine Beschreibung des naturalen Reparaturaufwandes zu betreiben; denn nur damit können die wichtigsten Kostenverursacher und die reparaturbedürftigsten Bauteile herausgefunden werden.

Diese gesteckten Ziele lassen sich nur erfüllen, wenn eine sorgfältige Datenermittlung durchgeführt wird.

3.1.2 Methoden zur Reparaturkostenermittlung

Für die Ermittlung von praxisnahen Kalkulationsdaten gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Methoden:

1. die deduktive Methode und
2. die induktive Methode (Abb. 18).

Die deduktive Methode geht von allgemeinen theoretischen Zusammenhängen (Modell) aus und versucht, daraus den Einzelfall abzuleiten. Deduktiv werden Reparaturdaten ermittelt, wenn vom bekannten Reparaturverhalten vieler Einzelteile auf das Reparaturverhalten einer ganzen Maschine geschlossen wird (Reparaturmodell). Die benötigten Reparaturdaten können dabei entweder durch Befragung und Schätzung oder über die Ausfallwahrscheinlichkeit der Einzelteile ermittelt werden.

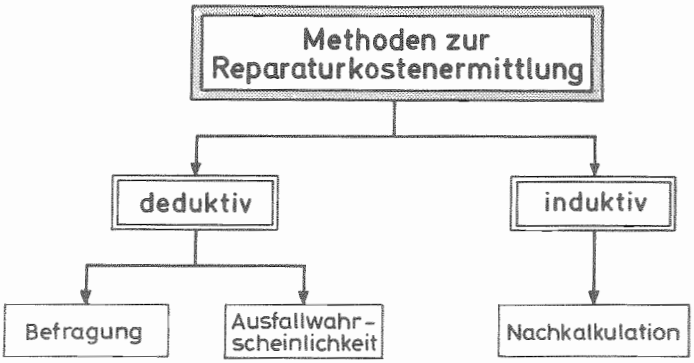


Abbildung 18: Möglichkeiten zur Ermittlung von Reparaturkostendaten

Die induktive Methode dagegen analysiert Einzelfälle (Stichprobe) und entwickelt daraus allgemeine Gesetzmäßigkeiten (Modelle). Dieses Vorgehen ist zwar mit vielen Untersuchungen in der Praxis verbunden, aber für die Gewinnung von gesicherten Kalkulationsdaten unerläßlich. Für die Reparaturkostenermittlung bedeutet dies, daß das Reparaturverhalten von vielen existenten Maschinen nachkalkuliert werden muß.

3.1.2.1 Befragung

Die mit Abstand bekannteste Methode zur Reparaturkostenermittlung hat SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ entwickelt. Sie baut auf Erfahrungswerten über Anfall und Zeitpunkt der Teilreparaturen auf. Diese beruhen wiederum auf Angaben von Reparaturfachleuten, Lohnunternehmern und anderen Stellen, die langjährige Erfahrungen in der Reparatur von landwirtschaftlichen Maschinen besitzen /75,S.94/ und wurden durch Befragungen ermittelt. SCHAEFER-KEHNERT verwendet die deduktive Methode nur, weil einem induktiven Verfahren zu viele Schwierigkeiten entgegenstanden. Vor allen Dingen waren die damaligen vorhandenen Reparaturaufzeichnungen für die gezielte Fragestellung nicht auswertbar.

Die Befragungsmethode zeichnet sich vor allem durch ihre Einfachheit aus und kann in relativ kurzer Zeit Ergebnisse liefern. Von großem Vorteil ist auch, daß keine schriftlichen Aufzeichnungen von anderen Stellen notwendig sind. Deshalb verwenden auch BISCHOFF 1963 /11/, FUCHSS 1977 /26/ und VON OY 1983 /64/ in ihren Reparaturkostenuntersuchungen die Methode SCHAEFER-KEHNERT, wobei sie jedoch einige Abwandlungen vornehmen. Dagegen lehnen NEUBAUER u. THÄMERT 1972 /59/ die Befragung ab, weil sie zu sehr mit subjektiven Faktoren behaftet ist und leicht zu Fehleinschätzungen führen kann, denn die Ergebnisse einer Befragung werden sowohl durch den Befrager als auch durch den Befragten und dazu noch durch die Situation, in der die Befragung stattfindet, beeinflußt /3/. Deshalb stellt auch FUCHSS 1977 /26,S.56/ fest, daß sich über die Datenermittlung durch Befragung und Schätzung keine absolute Genauigkeit erzielen läßt, und daß immer mit stärkeren Streuungen gerechnet werden muß, als dies bei genauen Kostenaufzeichnungen der Fall ist. Auch LENTZ 1940 /51,S.22/, der im deutschen Sprachraum die erste größere Untersuchung über die Ausbesserungskosten verschiedener Landmaschinen durchgeführt hat, kommt zu dem Schluß, daß Aussagen und Angaben, die nur auf Erfahrung und Schätzung aufbauen, keine gesicherte Datengrundlage liefern.

Diese Feststellungen werden verdeutlicht, wenn die Ergebnisse von Befragungen näher betrachtet werden. Als Beispiel soll eine Umfrage dienen, die das Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL) in unregelmäßigen Abständen über Schlüsselmaschinen im landwirtschaftlichen Betrieb durchführt, um für einen Vergleich der einzelnen Typen und Fabrikate Anhaltswerte zu besitzen /68/. Im Winter 1981/82 wurde die letzte Umfrage über Kurzschnittladewagen gemacht. Dazu wurden etwa 5.000 Fragebögen an Landwirte verteilt. Daneben wurde der Fragebogen auch noch in Fachzeitschriften veröffentlicht. Von 867 Rücksendungen konnten 748 Beurteilungsbögen zu 50 Gerätetypen von 9 Herstellern ausgewertet werden. Wird das Umfrageergebnis allein auf die 5.000 verteilten Fragebögen bezogen, so ergibt sich eine Antwortquote von nur etwa 17 v.H., von der allerdings nochmals ca. 14 v.H. für die Auswertung ausgefallen sind.

Die von den Landwirten gemachten Angaben über die durchschnittlichen Reparaturkosten pro Erntefläche sind in Abbildung 19 dargestellt. Obwohl die erfaßten Maschinen im Durchschnitt nur 2,3 Jahre alt waren, und obwohl hier nur die Mittelwerte der Fabrikate angegeben sind, streuen die Repara-

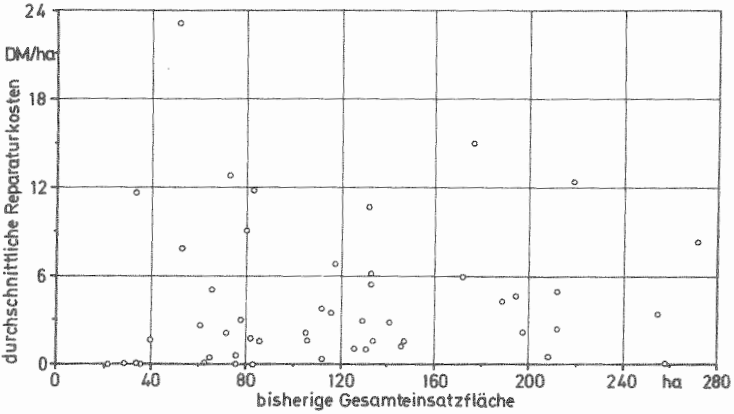


Abbildung 19: Durchschnittliche Reparaturkosten von Ladewagen nach der RKL-Umfrage 1982 /68/ (50 Gerätetypen von 9 Herstellern; n=748)

turangaben so stark, daß sich zwischen der Flächenleistung und den durchschnittlichen Reparaturkosten nur ein minimaler funktionaler Zusammenhang erkennen läßt. Der Korrelationskoeffizient als Maß des Zusammenhangs liegt bei etwa 0,05 und besagt, daß die Beziehungen zwischen beiden Variablen fast ausschließlich zufälliger Natur sind. Hiermit wird also sehr stark verdeutlicht, daß sich zwar über eine Befragung mit vergleichsweise geringem Aufwand aktuelle Daten gewinnen lassen, daß diese Daten aber mit einer großen Unsicherheit behaftet sind.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt BISCHOFF 1964 /12,S.196/. Er vergleicht die durch Befragung gewonnenen Reparaturkosten von landwirtschaftlichen Spezialmaschinen mit ihren tatsächlichen Reparaturkosten und stellt fest, daß nur 48 v.H. der tatsächlichen Kosten aus den veranschlagten mittleren Kosten erklärt werden können. Im Mittel erreichen die kalkulierten Reparaturkosten nur 81 v.H. der tatsächlich angefallenen Reparaturkosten. Auch OHL 1972 /63/ bemerkt, daß in vielen Fällen zwischen Befragungsdaten und tatsächlichen Daten entscheidende Abweichungen zu verzeichnen sind.

Zu der geringen Datensicherheit kommt weiter die oft nicht zufriedenstellende Ergiebigkeit von Befragungen hinzu. So z.B. wollte SCHÜRMER 1971 /81,S.20/ durch schriftliche Befragung von Gartenbaubetrieben die Reparaturkosten von Heizanlagen feststellen. Nach Auswertung der eingegangenen Antwortkarten mußte er jedoch erkennen, daß die Kosten der Erhebung in keinem Verhältnis zu dem Informationsgewinn standen (Antwortquote nur 7 v.H.).

Somit bleibt abschließend zu vermerken, daß die Befragung zur Ermittlung von Reparaturkostendaten kaum geeignet ist. Sie kann jedoch dann eingesetzt werden, wenn nur allgemein bekannte Daten erfasst werden sollen oder wenn alle anderen Methoden versagen.

3.1.2.2 Ausfallwahrscheinlichkeit

Während die Befragung von Erfahrungswerten ausgeht, dienen der Methode, die Ausfallwahrscheinlichkeit als Kalkulationsbasis für die Reparaturkosten zu verwenden, mehr mathematische Zusammenhänge des Schädigungs- und Ausfallverhaltens von Bauteilen. Derartige Zuverlässigkeitsuntersuchungen sind in der Luft- und Raumfahrt weit verbreitet. Zweifellos wird die Zuverlässigkeitsforschung in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen, denn die Massenfertigung zwingt den Hersteller, möglichst genaue Informationen darüber zu bekommen, wie sich sein Produkt im praktischen Einsatz bewährt; nur mit diesen Kenntnissen kann er gezielte Gegenmaßnahmen ergreifen /90/. Obwohl die Lebensdauerforschung im landtechnischen Bereich noch eine geringe Bedeutung hat, soll dennoch kurz darauf eingegangen werden, weil sie auf dem Gebiet der landtechnischen Elektronik einen zukünftigen Anwendungsbereich finden dürfte.

Versuche zur Bestimmung der Lebensdauer von Bauteilen haben ergeben, daß der Verlauf der Ausfallrate (Ausfalldichte bezogen auf den Teil der Bauteile, die bis zum betrachteten Zeitpunkt überlebt haben) immer einen typischen Verlauf zeigt (Abb. 20). Wegen ihres Aussehens wird diese Kurve auch "Badewannenkurve" genannt. Sie ist durch 3 Phasen gekennzeichnet:

1. durch Frühausfälle mit abnehmender Ausfallrate
2. durch Zufallsausfälle mit konstanter Ausfallrate und
3. durch Verschleißausfälle mit zunehmender Ausfallrate.

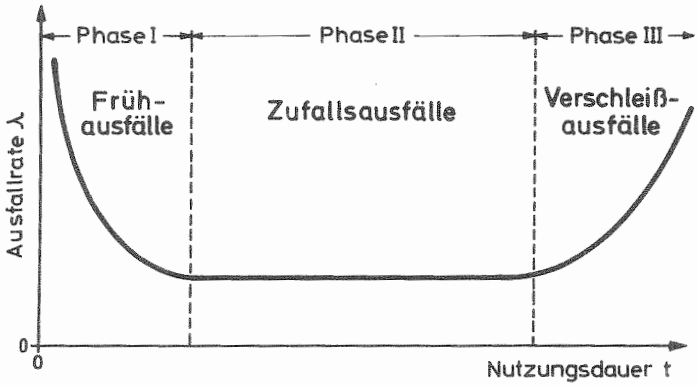


Abbildung 20: Typischer Verlauf der Ausfallrate technischer Bauteile ("Badewannenkurve")

Frühausfälle werden vor allem durch Konstruktions-, Material- oder Fertigungsfehler verursacht und fallen meist noch in der Garantiezeit an. Zufallsausfälle werden durch äußere Einwirkungen wie falsche Bedienung, Überlastung u.a. hervorgerufen. In Phase 3 bedingen Verschleißerscheinungen einen verstärkten Ausfall. Deshalb sollten aus der Sicht des Maschinenhalters die Bauteile so konstruiert sein, daß sie möglichst lange nicht in diese Verschleißphase gelangen.

Zur mathematischen Beschreibung dieser Ausfallerscheinungen eignet sich besonders die WEIBULL-Verteilung /74,78,90/. WEIBULL 1951 /98/ hat diese Verteilung in Zusammenhang mit Werkstoffermüdungsfragen gefunden. Mit ihr lassen sich alle 3 Phasen der "Badewannenkurve" (Früh-, Zufalls- und Verschleißausfälle) quantitativ erfassen. Die WEIBULL-Verteilung ist durch 3 Parameter gekennzeichnet (Abb. 21). Dabei bedeuten:

t = Nutzungsdauer (Lebensdauer)

α = Lageparameter, der den Zeitpunkt bestimmt, an dem die Ausfälle beginnen (Mindestlebensdauer)

β = Maßstabsparameter, der den Zeitpunkt angibt, an dem bereits 63,2 v.H. der Bauteile ausgefallen sind (charakteristische Lebensdauer, wobei α = 0 ist)

γ = Formparameter oder WEIBULL-Exponent, der die Kurvenform festlegt.

Am Formparameter (γ) kann die Art der Ausfälle erkannt werden.

Ist $\gamma < 1$, dann handelt es sich um Frühausfälle mit sinkender Ausfallrate (Garantiezeit),

ist $\gamma = 1$, dann herrschen Zufallsausfälle vor (z.B. alterungsfreie Halbleiterbauelemente) und

ist $\gamma > 1$, dann überwiegen Verschleißausfälle (z.B. mechanischer Abrieb).

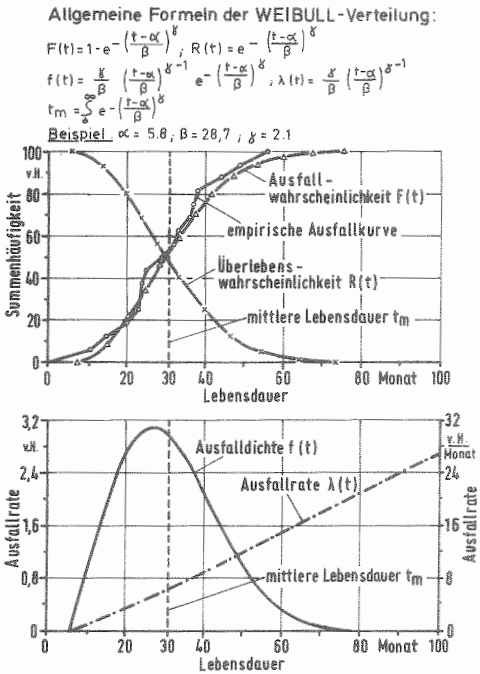


Abbildung 21: WEIBULL-Verteilung (Beispiel: langer Milchschlauch einer Melkeinheit; n=16)

Die WEIBULL-Verteilung ist somit sehr vielseitig und kann sowohl die Exponentialverteilung ($\gamma = 1$) als auch die Normalverteilung ($\gamma = 3{,}2 - 3{,}7$) darstellen (FREUDENTHAL u. GUMBEL, zit. bei SCHIROSLAWSKI 1970 /78/).

An einem Beispiel soll die WEIBULL-Verteilung noch näher erläutert werden. Aus den Reparaturunterlagen eines Melkanlagenherstellers konnte die Lebensdauer von langen Milchschläuchen (Teil der Melkeinheit) ermittelt werden /101/. Die entsprechenden WEIBULL-Verteilungen sind in Abbildung 21 dargestellt. Im oberen Teil der Abbildung ist die Funktion für die Ausfallwahrscheinlichkeit F(t) aufgetragen; sie gibt an, daß z. B. bei 40 Lebensmonaten bereits 75 v.H. der Milchschläuche ausgefallen sind. Demgegenüber sagt die Überlebenswahrscheinlichkeit R(t) aus, daß 25 v.H. der Milchschläuche erst nach 40 Monaten ausfallen. Die Differentiation der Ausfallwahrscheinlichkeit F(t) führt zur Ausfalldichte f(t); sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, in einem bestimmten Zeitintervall auf eine bestimmte Zahl von Ausfällen zu treffen (unterer Teil der Abb. 21). Für das genannte Beispiel besagt die Ausfalldichte, daß zwischen 20 und 30 Lebensmonaten die meisten Ausfälle zu verzeichnen sind. Die Ausfallrate $\lambda(t)$ ist gleich der Ausfalldichte bezogen auf die im betrachteten Zeitpunkt noch nicht ausgefallenen Teile. Die gefundene steigende Ausfallrate (Abb. 21) zeigt, daß die Ausfälle nicht zufällig auftreten, sondern auf Verschleißerscheinungen zurückzuführen sind. Wie für die Normalverteilung, so läßt sich auch für die WEIBULL-Verteilung ein Mittelwert berechnen. Ist die Ausfallrate konstant (d.h. $\gamma = 1$), so läßt sich aus dem Kehrwert der Ausfallrate der mittlere Ausfallabstand MTBF (mean time between failures) ermitteln. Ansonsten muß mit der angegebenen Formel die mittlere Lebensdauer t_m bestimmt werden. Für das in Abbildung 21 dargelegte Beispiel errechnet sich eine mittlere Lebensdauer von 31,2 Monaten; dies bedeutet, daß für die Zufallsgröße "Lebensdauer" ein Ausfall nach 2,5 Jahren erwartet wird.

Weitere Anwendungsbeispiele aus der Literatur sind in den Anhangsabbildungen 1 und 2 dargestellt. Damit soll andeutungsweise darauf hingewiesen werden, daß die Parameter der WEIBULL-Verteilung auch graphisch mit dem sogen. WEIBULL-Wahrscheinlichkeitspapier bestimmt werden können.

Anhand derartiger Lebensdauerverteilungen könnte nun ein Ausfallmodell für eine ganze Maschine entwickelt und nach Zuordnung der Preise und der Lohnkosten der Reparaturkostenverlauf der Maschine bestimmt werden. Die Er-

mittlung der Lebensdauerverteilungen vieler Einzelteile über Prüfstandversuche oder langjährige Praxisaufzeichnungen ist jedoch sehr zeit- und kostenaufwendig, so daß diese Datenermittlungsmethode notgedrungen ausscheiden muß, obwohl sie gute Ergebnisse liefern würde. Sie ist derzeit mehr für den Maschinenhersteller in der Konstruktions- und Versuchsabteilung geeignet und weniger zur Datenermittlung für die allgemeine Reparaturkostenerfassung.

3.1.2.3 Nachkalkulation von Reparaturfällen

Die Überprüfung der bisherigen Reparaturdaten (s. 2.3.4.2), die in wesentlichen Teilen auf kostentheoretischen Deduktionen aufgebaut sind, hat gezeigt, daß die Normdaten beträchtlich unter den tatsächlichen Reparaturaufwendungen liegen. Deshalb ist eine Neuerhebung der Reparaturdaten durchzuführen. Da das deduktive Verfahren im Fall der Befragung zu unsicher und im Fall der Ausfallwahrscheinlichkeit zu aufwendig ist, bleibt nur noch die Nachkalkulation anhand von tatsächlichen Reparaturfällen. Allein mit dieser induktiven Methode können die tatsächlich aufgetretenen Reparaturkosten ermittelt werden.

Um von der Stichprobe zum Reparaturmodell zu gelangen oder vom einzelnen Ist-Wert zur Soll-Funktion kommen zu können, sind umfangreiche Erhebungs- und Auswertungsarbeiten durchzuführen. Dies ist zweifellos als Nachteil zu betrachten, auch wenn durch die elektronische Datenverarbeitung die Auswertung einfacher und schneller gemacht werden kann. Die vollständige Erfassung des Reparaturverhaltens während der gesamten Nutzungsdauer, zumindest aber während bestimmter Nutzungsabschnitte wird sicher aufwendig und zeitraubend sein; andererseits können allein dadurch gesicherte Werte erzielt werden.

Vielfach wird gegen die Nachkalkulation angeführt, daß die Erhebung entsprechend der Nutzungsdauer von Landmaschinen über einen langen Zeitraum durchgeführt werden muß und daß dadurch erst dann Reparaturdaten vorliegen, wenn die Maschinen bedingt durch den technischen Fortschritt unter Umständen schon wieder veraltet sind /26,75/. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß der technische Fortschritt die heutigen landwirtschaftlichen Maschinen in der Regel kaum mehr grundlegend verändert, sondern meist nur

noch Detailverbesserungen bringt, so daß dieses Gegenargument vielleicht in Einzelfällen, nicht aber für die Mehrheit der Landmaschinen zutreffen wird. Zudem läßt sich der lange Erhebungszeitraum erheblich verkürzen, wenn nicht einzelne Maschinen über ihre ganze Nutzungsdauer hinweg, sondern mehrere Maschinen gleichzeitig in verschiedenen Nutzungsabschnitten untersucht werden.

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile der drei Verfahren zur Reparaturkostenermittlung muß somit der Nachkalkulation trotz des höheren Aufwandes eindeutig der Vorzug gegeben werden, da die gesicherte, von subjektiven Einflüssen bereinigte Datengrundlage im Vordergrund zu stehen hat. Deshalb verwenden auch FAHR 1976 /23/, DETTWILER und ZIMMERMANN 1978 /19/ und die vom KTBL entwickelte Methode /99/ für die Erfassung der Reparaturkosten entweder direkt die Reparaturrechnungen oder sonstige maschinenspezifische Aufzeichnungen.

3.1.3 Datenerhebung

Da nun die Frage nach der besten Methode zur Datenermittlung zugunsten der Nachkalkulation entschieden ist, besteht die nächste Aufgabe darin, die ergiebigste Datenquelle ausfindig zu machen und die Erhebung durchzuführen.

3.1.3.1 Möglichkeiten der Datenerhebung

In der Zielsetzung wurde bereits dargelegt, daß nicht nur die monetären, sondern auch die naturalen Reparaturdaten ermittelt werden sollen. Deshalb kommen als Datenlieferanten nur Reparaturrechnungen oder ähnliche Aufzeichnungen in Frage, die über die durchgeführten Reparaturen möglichst ausführlich Auskunft geben. Als mögliche Datenquellen bieten sich die in Abbildung 22 dargelegten innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Datenlieferanten an.

Am einfachsten und von der Zahl der Aufzeichnungen her günstigsten wäre es, wenn als Datenlieferant die Buchführung herangezogen werden könnte, denn inzwischen betreiben doch etwa 25 v.H. aller Betriebe über 20 ha LF

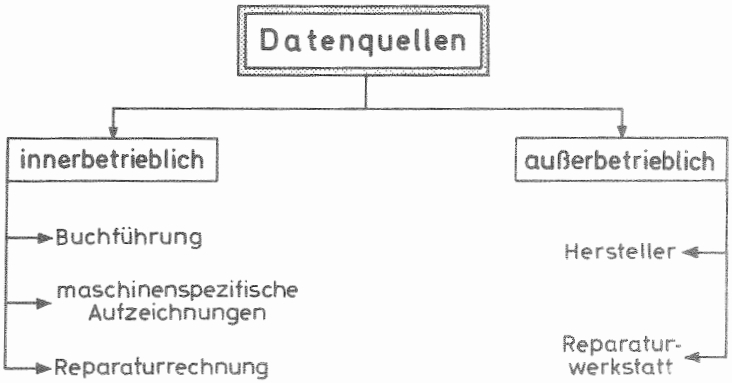


Abbildung 22: Möglichkeiten zur Kostenermittlung der Reparaturen

eine ordnungsgemäße Buchführung /17/. Da aber im Kontenrahmen nur ein Sammelkonto für den Unterhalt von Maschinen und Geräten vorgesehen ist, wird im Jahresabschluß nur die Summe aller Unterhaltsausgaben ausgewiesen. Eine Aufschlüsselung nach den einzelnen ausgabenverursachenden Maschinen oder gar nach dem Zeitpunkt der Reparatur ist somit nicht möglich. Sollen trotzdem diese Angaben aus der Buchführung ermittelt werden, so müßten dazu rückwirkend alle Buchführungsunterlagen des Einzelbetriebes durchsucht werden. Dies ist jedoch vom Zeitaufwand her nicht durchführbar, und außerdem dürfte die Bereitschaft der Betriebe zur Durchsicht ihrer Buchführungsunterlagen nicht gerade groß sein. Hinzu kommt noch, daß bei älteren Maschinen kaum noch alle Reparaturrechnungen vorhanden sind und auch der Bezug zu den abgegebenen Arbeitsseinheiten nicht mehr zufriedenstellend gelöst werden kann. Deshalb kann die Buchführung in der jetzigen Form als Datenquelle nicht herangezogen werden.

Mit mittlerem Aufwand wären ebenfalls Herstelleraufzeichnungen für die Erstellung der Reparaturnormen zu verwenden. Aus der Kenntnis des Ersatzteilumsatzes müßte es möglich sein, auf die Reparaturbedürftigkeit der einzelnen Maschinen zu schließen. Dem steht jedoch gegenüber, daß zwar die Zahl der bestellten Ersatzteile ausfindig zu machen ist, daß aber die Zahl der im Einsatz befindlichen Maschinen nicht festzustellen ist, und so eine

Zuordnung der Ersatzteile zur betreffenden Maschine nicht möglich ist. Ebenfalls ist der Leistungsparameter der reparierten Maschine nicht bekannt, so daß auch bei Vorhandensein der Maschinenzahl nur ausgesagt werden könnte, daß die betreffende Maschinengruppe im Durchschnitt eine bestimmte Menge Ersatzteile benötigt hat. Als weiterer Nachteil kommt hinzu, daß der Zeitpunkt der Ersatzteilbestellung beim Hersteller nicht identisch ist mit dem Reparaturdatum der Maschine, weil in der Regel der Ersatzteilhändler als Zwischenstufe auftritt oder Ersatzteile auf Vorrat gekauft werden. Somit scheidet auch diese Datenquelle aus den Überlegungen aus; sie kann allenfalls dem Hersteller die Bereiche aufzeigen, in denen wegen mangelnder Fertigungsqualität oder unzureichender Dimensionierung Schwachstellen auszuschalten sind.

Eine weitere Möglichkeit, zu Reparaturdaten zu gelangen, besteht darin, die Aufzeichnungen von Werkstätten und Reparaturbetrieben auszuwerten. Da von jeder Rechnung - sei sie bedingt durch eine Reparatur oder nur durch eine Ersatzteillieferung - ein Durchschlag beim Landmaschinenhändler verbleibt, können diese Unterlagen Aufschluß über das Reparaturverhalten der Maschinen geben. Diese Datenquelle hätte den großen Vorteil, daß zentral an einem Ort die Unterlagen von vielen Maschinen vorhanden sind. Durch das Entgegenkommen eines kleineren Melkmaschinenherstellers war es möglich, diese Datenerhebungsform zu testen /101/. In diesem Fall waren die Ausgangsbedingungen äußerst günstig. Diese Firma konnte nicht nur alle Verkaufsbelege über die von ihr verkauften Melkanlagen zu Verfügung stellen, sondern auch noch viele Reparaturaufzeichungen, weil sie bei vielen Anlagen auch den Kundendienst durchführt.

Insgesamt gesehen kann diese Datenquelle als die bisher ergiebigste bezeichnet werden. Durch sie nämlich konnte erstmals der Materialverbrauch einzelner Maschinen aufgeschlüsselt werden. Dadurch werden differenzierte Aussagen über den Ersatzteilverbrauch ermöglicht. Dennoch müssen auch einige Nachteile festgehalten werden. So stellte sich bei der Auswertung der ausgesuchten Unterlagen heraus, daß von der ursprünglich großen Anlagenzahl nur eine kleine auswertbare Anzahl übrig blieb. Die Gründe für die Ausfälle waren, daß bei vielen Anlagen im Laufe der Jahre Umbau- und Vergrößerungsmaßnahmen durchgeführt worden waren oder einige Aggregate von anderen Herstellern stammten oder bei Inbetriebnahme der Gesamtanlage schon vorhanden waren. Ferner zeigte sich bei der Auswertung des Ersatz-

teilverbrauches, daß mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden muß, daß nicht alle Ersatzteile von der Firma selbst bezogen wurden. Somit kommen auch durch diese Erhebungsform lückenhafte Reparaturunterlagen zustande. Außerdem sind die Aufzeichnungen des Landmaschinenhandwerks in der Regel nicht so ausführlich, daß daraus auch ein Bezug zwischen Reparaturkosten und Leistung hergestellt werden kann. Letztendlich kann deshalb auch diese Form der Datenbeschaffung nicht zufriedenstellen.

Aus den vorausgehenden Ausführungen geht hervor, daß die außerbetrieblichen Datenquellen zur vollständigen Erfassung des Reparaturverhaltens ungeeignet sind. Deshalb muß auf den landwirtschaftlichen Betrieb zugegangen werden. Dies hat natürlich den Nachteil, daß eine große Zahl von verschiedenen Datenlieferanten notwendig wird.

Die ideale Datenquelle wären Aufzeichnungen des Betriebsleiters oder der Bedienungsperson, in denen alle Fakten festgehalten werden, die mit der Nutzung der Maschine in Zusammenhang stehen. Ähnliches wird bereits im Pflanzenbau mit der Schlagkartei, in der Rinderzucht mit dem Herdbuch oder in der Arbeitswirtschaft mit dem Arbeitstagebuch praktiziert. Vergleichbare Aufzeichnungen für Maschinen werden aber im Gegensatz zur Industrie in landwirtschaftlichen Betrieben nur selten gemacht, obwohl diese für alle Fragen des Maschinenmanagements von großem Vorteil wären. Diese unbefriedigende Situation kann in Zukunft vielleicht durch den Einsatz von Kleincomputern für die landwirtschaftliche Betriebsführung beseitigt werden.

Derzeit sind aber derartige ausführliche Maschinenaufzeichungen nur selten vorhanden. Deshalb werden vom KTBL für deren Reparaturkostenerhebung auch nur einfachere maschinenspezifische Aufschreibungen verwendet. Über ein Formblatt (Anhangstabelle 1) wird nur der monetäre Reparaturaufwand und bei größeren Reparaturen auch die Art der Reparatur erfaßt /99/. Da eine derartige Erhebung im Grunde nur eine schriftliche Befragung darstellt, muß auf die bereits dargelegten Nachteile der Befragung hingewiesen werden. Ferner hängt die Vollständigkeit der gemachten Angaben ausschließlich von der Sorgfalt des Datenlieferanten ab. Da mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, daß diese nicht bei allen Datenlieferanten gleich ist, kommt durch diese Art der Erhebung eine zusätzliche Streuung in die Reparaturdaten. Zudem können die Datenlieferanten nicht unbegrenzt beansprucht werden und somit nur monetäre Daten erhoben werden. Insgesamt ist also auch diese Datenerhebungsform nicht als optimal zu betrachten.

Die Forderung, auch naturale Daten erheben zu können und zugleich möglichst vollständige Angaben zu erhalten, kann folglich nur im landwirtschaftlichen Betrieb über die Reparaturrechnung erfüllt werden. Deshalb muß zwangsläufig diese Form der Datenerhebung gewählt werden, obwohl der Aufwand dafür am größten ist. Nur sie ist in der Ergiebigkeit und Ausführlichkeit der erhaltenen Angaben allen anderen Datenquellen überlegen. Schematisch sind diese Zusammenhänge in Abbildung 23 dargestellt.

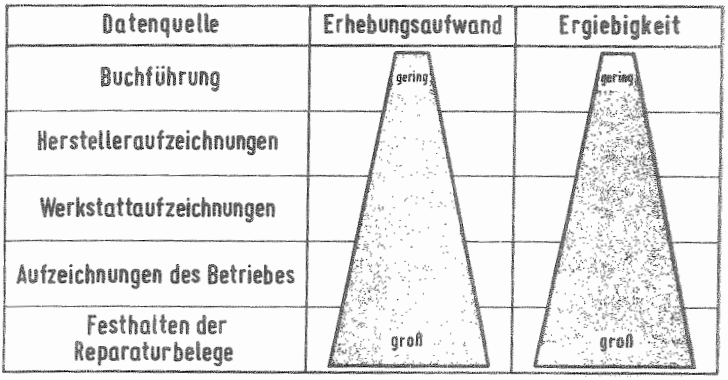


Abbildung 23: Gegenüberstellung der verschiedenen Datenquellen

3.1.3.2 Länge des Erhebungszeitraumes

Nach der Wahl der ergiebigsten Datenquelle stellt sich nun die Frage nach der notwendigen Länge des Erhebungszeitraumes. Sicherlich wäre es von der Zahl der notwendigen Erhebungsbetriebe aus gesehen am einfachsten, wenn bestimmte Maschinen über ihre ganze Nutzungsdauer hinweg untersucht werden könnten. Dem steht jedoch gegenüber, daß

1. alle Reparaturunterlagen über eine meist mehr als 10-jährige Nutzungsdauer hinweg sorgfältig gesammelt werden müßten, und daß
2. erst nach Außerbetriebnahme der Anlage über die Reparaturkostenhöhe gesicherte Aussagen gemacht werden könnten.

Dies ist aber nicht wünschenswert, denn der Kostenrechner will für die jetzige und nicht für eine schon historische Maschine die Reparaturkosten wissen. Als Ausweg bietet sich an, nicht für einzelne Maschinen die gesamte Nutzungsdauer als Erhebungsbasis zu betrachten, sondern mehrere identische Maschinen gleichzeitig, aber in verschiedenen Nutzungsstadien für die Reparaturkostenerhebung heranzuziehen.

Im folgenden soll sowohl theoretisch als auch an einem praktischen Beispiel nachgewiesen werden, daß diese Vorgehensweise unter bestimmten Voraussetzungen auch zulässig ist. Dabei wird, wie aus Abbildung 24 deutlich wird, davon ausgegangen, daß die Reparaturkostensumme (RS) einer Maschine über die ganze Nutzungsdauer hinweg zwar stark streut, daß sie aber einschränkend während der gesamten Nutzungsdauer normalverteilt ist. Der mittlere Verlauf der Reparaturkostensumme kann gefunden werden, wenn das Mittel aus den Reparaturkostensummen verschiedener gleichaltriger Anlagen gebildet wird. Wie weiter aus Abbildung 24 hervorgeht, kann aber die mittlere Reparaturkostensumme z.B. am Ende des 5. Nutzungsabschnittes auch dadurch gefunden werden, daß die Summe aus dem jeweiligen Reparaturkostenan-

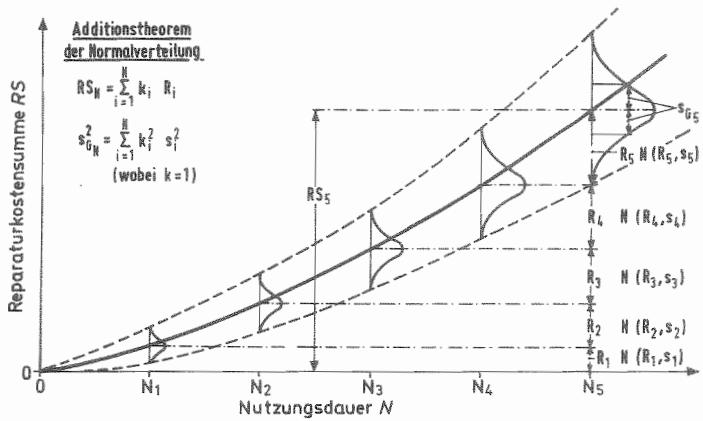


Abbildung 24: Additionstheorem der Normalverteilung übertragen auf die Reparaturkostenerhebung

stieg pro Nutzungsabschnitt gebildet wird (also $RS_5 = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5$). Nach dem Additionstheorem der Normalverteilung /34/ ist diese Vorgehensweise gerechtfertigt, wenn auch die Reparaturkosten pro Nutzungsabschnitt normalverteilt sind. Auch die Varianz der mittleren Reparaturkostensumme kann unter dieser genannten Voraussetzung aus der Summe der einzelnen Varianzen bestimmt werden.

Für die weiteren Überlegungen wird deshalb davon ausgegangen, daß sowohl die Reparaturkostensummen verschiedener Anlagen als auch die Reparaturkosten in den jeweiligen Nutzungsabschnitten normalverteilt sind, da anderslautende Erkenntnisse nicht bekannt sind.

Für die Reparaturkostenerhebung bedeuten nun diese Zusammenhänge, daß nicht für einzelne Maschinen die gesamte Reparaturkostensumme ermittelt werden muß, sondern daß es ausreicht, wenn der durchschnittliche Anstieg der Reparaturkosten für die einzelnen Nutzungsabschnitte bekannt ist.

An einem Beispiel soll dies verdeutlicht werden. Dazu werden die Reparaturkosten einer Melkeinheit verwendet, die aus den schon in 3.1.3.1 erwähnten Unterlagen eines kleineren Melkmaschinenherstellers berechnet werden konnten /101/ (zur Definition der Melkeinheit siehe Abb. 27 und Tab. 8). Für die Auswertung der Reparaturkostensumme einer Melkeinheit konnten von 9 verschiedenen Melkanlagen die bis zu 11-jährigen Reparaturaufzeichnungen des Herstellers verwendet werden. In Spalte 3 von Tabelle 3 ist die durchschnittliche Reparaturkostensumme aufgetragen, die als arithmetisches Mittel aus den Reparaturkostensummen der einzelnen Melkeinheiten gebildet wurde (Verfahren I). In Spalte 4 der gleichen Tabelle sind die Mittelwerte für die Reparaturkostenzunahme in den jeweiligen Nutzungsjahren zu finden. Sie kommen dadurch zustande, daß nur die Reparaturkosten im jeweiligen Nutzungsjahr berechnet werden. Die Summe der mittleren Reparaturkosten pro Jahr führt nach dem Additionstheorem der Normalverteilung auch zur eigentlichen gesuchten Reparaturkostensumme (Spalte 5, Verfahren II). Wie aus Spalte 6 hervorgeht, ist die Differenz zwischen beiden Reparatursummen bis einschließlich des 9. Nutzungsjahres äußerst gering. Erst ab dem 10. Nutzungsjahr treten größere Differenzen auf, die dadurch zustandekommen, daß nach dem Additionstheorem der Normalverteilung angenommen wird, daß die Reparaturkostensummen der 9 Anlagen der Normalverteilung folgen. Diese Annahme trifft aber nach dem 9. Jahr nicht mehr zu, weil -wie aus den An-

Tabelle 3: Mittlere Reparaturkostensumme einer Melkeinheit berechnet aus dem Mittel verschiedener Reparaturkostensummen (Verfahren I) und der Summe der mittleren jährlichen Reparaturkosten (Verfahren II)

Nutzungsjahr	Anzahl Anlagen	mittlere Reparaturkostensumme Verfahren I (DM)	mittlere jährliche Reparaturkosten (DM)	Summe der mittleren jährl. Reparaturkosten Verfahren II (DM)	Differenz zwischen Verfahren I und II (v.H.)
1	2	3	4	5	6
1	5	13,1	13,1	13,1	0,0
2	7	41,6	28,5	41,6	0,0
3	8	68,8	27,2	68,8	0,0
4	9	99,8	31,0	99,8	0,0
5	9	134,8	35,0	134,8	0,0
6	8	169,7	34,6	169,4	0,2
7	8	214,1	44,4	213,8	0,1
8	7	242,2	36,5	250,3	-3,2
9	7	282,1	39,9	290,2	-2,8
10	4	296,4	44,8	335,0	-11,5
11	3	326,7	33,8	368,8	-11,4
12	2	384,2	37,2	406,0	-5,4

hangstabellen 2 und 3 hervorgeht- zu den reparaturstärkeren Anlagen 1 und 2 keine Angaben mehr vorhanden sind und so die erwartete Normalverteilung nicht eingehalten wird. Der im Verfahren II vorgestellte Rechenweg unterstellt jedoch, daß diese Anlagen noch vorhanden sind. Deshalb muß es notgedrungen ab dem 10. Nutzungsjahr zu einer Überschätzung der nach Verfahren I berechneten Reparaturkostensumme kommen. Größere Differenzen zwischen beiden Verfahren werden also immer dann auftreten, wenn die vorhandene Zahl der Beobachtungen gering ist und die ermittelten jährlichen Reparaturkosten nicht mehr der Normalverteilung folgen.

Wird jedoch angenommen, daß die Reparaturgrenzkosten normalverteilt sind, so ist der große Vorteil von Verfahren II darin zu sehen, daß die Länge des Erhebungszeitraumes erheblich verkürzt werden kann. Am Zahlenbeispiel von Tabelle 3 sei dies nochmals verdeutlicht. Während nach Verfahren I von 9 verschiedenen Anlagen 4- bis 11-jährige Aufzeichnungen (Anhangstabelle 2) notwendig sind, reichen nach Verfahren II 1-jährige Aufzeichnungen; allerdings muß bei Verfahren II die Zahl der Erhebungsmaschinen von 9 auf 77 gesteigert werden (Anhangstabelle 3). Für die praktische Erhebung ist es jedoch einfacher, in vielen Betrieben nur ein Jahr lang Daten zu erheben, als in wenigen Betrieben Aufzeichnungen über viele Jahre hinweg zu suchen. Deshalb wird ein einjähriger Untersuchungszeitraum gewählt, wobei als Ziel vorschwebt, für jedes Nutzungsjahr Reparaturunterlagen von 15 bis 20 Anlagen zu bekommen. Dies wiederum heißt, daß bei einer 12-jährigen Nutzungsdauer 180 bis 240 Betriebe für die Erhebung zu gewinnen sind.

3.1.3.3 Durchführung der Datenerhebung

Nach den mehr theoretischen Erläuterungen zur Länge des Erhebungszeitraumes geht es nun um die praktische Durchführung der Erhebung. Dabei stehen folgende Fragenbereiche im Vordergrund:

1. Soll der Erhebungszeitraum vergangenheits- oder zukunftsgerichtet sein,
2. wie können die Erhebungsbetriebe ausgewählt werden und
3. wie kann die Beschaffung der Reparaturbelege organisiert werden ?

Um eine möglichst große Vollständigkeit der Angaben zu erhalten, scheint es sinnvoll, das Reparaturverhalten nicht rückwirkend zu erheben, sondern die Erhebung parallel zur Nutzung durchzuführen. Dies hat zur Folge, daß die Maschine während der Nutzungsdauer beobachtet wird und damit jeder Reparaturbeleg sofort beim Erscheinen im landwirtschaftlichen Betrieb festgehalten werden kann. Dieses Vorgehen hat zwar den Nachteil, daß die Zeitdauer der Erhebung genauso lang sein muß wie der Untersuchungszeitraum, dafür aber ist die Gefahr äußerst gering, daß Reparaturbelege vergessen werden, nicht mehr auffindbar sind oder gar falsch interpretiert werden.

Um den Verlust von Reparaturbelegen möglichst auszuschließen, kommen als Erhebungsbetriebe eigentlich nur Buchführungsbetriebe in Betracht, denn diese müssen im Sinne einer wirklichkeitsnahen Gewinnermittlung äußerstes Interesse daran haben, daß alle tatsächlichen Ausgaben in der Gewinn- und Verlustrechnung berücksichtigt werden. Dadurch werden sie mehr oder weniger gezwungen, alle Reparaturbelege sorgfältig aufzubewahren. Dennoch kann nicht dem Betriebsleiter allein die ganze Erhebungsarbeit aufgebürdet werden. Deshalb wurde auch der Buchführungsbetreuer in die Erhebung miteinbezogen, denn die Buchführungsarbeit wird meist nicht vom Landwirt selbst, sondern oft von Buchstellen vorgenommen. Aufgabe des Landwirts ist dabei lediglich, alle Belege zu sammeln und für den Buchungsvorgang bereitzuhalten.

Je nach Buchstelle ist nun die Buchungsarbeit so organisiert, daß entweder die gesammelten Belege zentral an eine Buchstelle geschickt und dort gebucht werden, oder daß ein Buchführungsbetreuer auf den landwirtschaftlichen Betrieb kommt und dort die Buchung vornimmt. Die zuletztgenannte Vorgehensweise schien für die Reparaturerhebung die sicherste zu sein; denn nur im landwirtschaftlichen Betrieb sind alle notwendigen Informationen zu beschaffen, und nur dort können eventuell auftretende Unklarheiten sofort beseitigt werden.

Die Suche nach vielen landwirtschaftlichen Betrieben, die für die beabsichtigte Reparaturkostenuntersuchung bereitwillig ihre Reparaturbelege zur Verfügung stellen, kann nur dann erfolgreich sein, wenn der Betrieb die Gewährleistung hat, daß mit seinen Betriebsdaten vertrauensvoll umgegangen wird, und wenn der Betrieb von der Notwendigkeit der Untersuchung überzeugt ist. Deshalb wurde die Suche nach Erhebungsbetrieben den Buchführungsbetreuern übertragen, da diese eine Vertrauensperson des Landwirts sind. Um dem Landwirt den Sinn und Zweck der Untersuchung zu erklären, wurden alle Untersuchungsbetriebe persönlich besucht. Im Gespräch mit dem Betriebsleiter konnten alle anstehenden Fragen erörtert und auch gleich alle notwendigen Betriebsdaten erhoben werden (Anhangstabelle 4). Der persönliche Betriebsbesuch war zwar zeitaufwendig, doch andererseits konnte dadurch die Anonymität zwischen Datenlieferer und Auswerter abgebaut und auch der Landwirt persönlich zur Mitarbeit an der Erhebung angeregt werden. So konnten günstige Voraussetzungen für die Erhebung geschaffen werden.

Hinsichtlich der Durchführung der Erhebung wurde zuerst daran gedacht, daß die Buchführungsbetreuer auf dem landwirtschaftlichen Betrieb die zu erfassenden Reparaturdaten auf einen Erhebungsbogen übertragen und dann an die Auswertungsstelle weiterleiten. Dieser Schreibaufwand von seiten der Buchführungsbetreuer war jedoch nicht notwendig, weil nach Rücksprache mit den Betriebsleitern auch gleich die eigentlichen Reparaturbelege des Betriebes für die Auswertung verwendet werden durften. Ähnlich dem Belegbuchführungsprinzip dienen also die vorhandenen Betriebsbelege (Rechnungen, Lieferscheine und dergleichen) der Datenerhebung und die benötigten Daten brauchen nicht auf gesonderte Erhebungsformulare übertragen werden.

Die Erhebung konnte somit folgendermaßen organisiert werden:

- Der Buchführungsbetreuer kommt regelmäßig im Abstand von 1 bis 2 Monaten zur Buchungsarbeit auf den landwirtschaftlichen Betrieb.

- Bei der Buchung entnimmt er der Belegsammlung des Betriebes alle Belege, die über Reparaturen und Verschleißmaterialien an Maschinen und Geräten der Rinderhaltung Auskunft geben.

- Sind Reparaturbelege von mehreren Betrieben zusammengekommen, schickt er diese an die Auswertungsstelle.

- Dort werden alle Belege sofort fotokopiert und wieder an den Buchführungsbetreuer zurückgeschickt.

- Beim nächsten Betriebsbesuch ordnet dieser die erhaltenen Belege wieder in die Belegsammlung des Betriebes ein.

Um mit diesem Verfahren wirklich alle Reparaturen erfassen zu können, wurde der Betriebsleiter gebeten, in den Fällen, in denen Reparaturmaterial ohne Rechnung gekauft wurde, einen Eigenbeleg mit Angabe der Menge und des Preises auszustellen. Außerdem wurde der Buchführungsbetreuer gebeten, bei jedem Betriebsbesuch nach der Vollständigkeit der erhaltenen Angaben und Belege zu fragen. Um auch dem Buchführungsbetreuer zu einer sorgfältigen Mitarbeit anzuregen, wurde ihm eine kleine Entschädigung bezahlt, damit ein gewisser Leistungsanreiz gegeben war.

Die dargestellte Form der Datenerhebung zeichnet sich dadurch aus, daß

1. der Aufwand, den sowohl der Landwirt als auch der Buchführungsbetreuer zu treiben hat, in Grenzen bleibt,
2. durch das Gleichlaufen von Erhebungszeitraum und tatsächlicher Nutzungsdauer die Gewißheit hoch ist, daß alle Reparaturen berücksichtigt werden und, daß
3. die größtmögliche Menge an Informationen über das Reparaturverhalten gewonnen werden kann, da allein in der Reparaturrechnung alle verwendeten Ersatzteile, Materialien, Sonderleistungen und Preise für Arbeitsleistungen ausgewiesen sind.

Für die eigentliche Erhebungsarbeit konnten 18 Mitarbeiter eines Buchführungsdienstes gewonnen werden. Ihre erste Aufgabe bestand darin, milchviehhaltende Betriebe zu finden, die über eine Rohrmelkanlage mit mehr als 2 Melkeinheiten oder über einen Melkstand verfügten und die auch bereit waren, an der Erhebung mitarbeiten. Dazu war vorgegeben, daß die ausgesuchten Anlagen eine gleichmäßige Altersstruktur von 1-12 Jahren haben sollten.

Über die Anzahl der Betriebe, die an der Erhebung beteiligt waren, gibt Tabelle 4 Auskunft. In Spalte 2 ist dabei die von jedem Datenerheber betreute Betriebszahl angegeben. Insgesamt waren für die Reparaturerhebung 240 Betriebe vorgesehen. Davon fielen allerdings 8 Betriebe von vorneherein aus, weil entweder ihre Anlage nicht mehr auf dem heutigen technischen Stand war (hohes Alter), oder weil das Fabrikat der Anlage sehr selten vertreten war. Spalte 3 und 4 von Tabelle 4 beschreiben die Zahl und Art der Ausfälle. Im Durchschnitt hatte somit jeder Datenerheber während des Wirtschaftsjahres 1979/80 13 Betriebe zu betreuen.

Für die eigentliche Auswertung fielen jedoch weitere 16 Betriebe aus, weil bei 2 Datenerhebern die Rücklaufquote sehr gering war. Die Rücklaufquote wird definiert als Verhältnis der Anlagen, für die während des Wirtschaftsjahres 1979/80 Reparaturrechnungen eingegangen sind, zu den Anlagen, für die die Erhebung durchgeführt wurde. Die Rücklaufquote für Datenerheber 1 (Spalte 5 von Tab. 4) besagt z.B., daß nur für 4 von 14 Anlagen (28,6 v.H.) Reparaturrechnungen abgeliefert worden sind. Datenerheber 1 und 15 wurden deswegen nicht in die Auswertung einbezogen, weil sie nach

Tabelle 4: Auswahl der Erhebungsbetriebe

Datenerheber	genannte Betriebe	Ausfall Anzahl	Ausfall Grund	Rücklauf-quote(v.H.)	ausgewertete Betriebe
1	2	3	4	5	6
1	14	0	-	28,6	0
2	18	0	-	94,4	18
3	18	0	-	77,8	18
4	18	1	F*)	76,5	17
5	17	1	A*)	75,0	16
6	4	0	-	100,0	4
7	10	1	A*)	88,9	9
8	28	2	2A*)	96,2	26
9	16	0	-	62,5	16
10	7	1	A*)	83,3	6
11	10	0	-	80,0	10
12	3	0	-	100,0	3
13	9	0	-	77,8	9
14	19	1	F*)	94,4	18
15	2	0	-	0	0
16	8	0	-	100,0	8
17	20	1	F*)	84,2	19
18	19	0	-	94,7	19
Summe	240	8	3F*),5A*)	-	216

*)A = hohes Alter, technisch veraltet
F = seltenes Fabrikat

SACHS 1972 /71,S.219/ als Ausreißer eingestuft werden können, denn ihre Rücklaufquote liegt außerhalb des "4-Sigma-Bereiches". Von den für das Wirtschaftsjahr 1979/80 vorgesehenen 240 Anlagen konnten also nur 216 (90 v.H.) für die Auswertung der Reparaturkosten herangezogen werden (Spalte 6 von Tab. 4).

Obwohl am Anfang beabsichtigt war, die Erhebung nur ein Wirtschaftsjahr lang laufen zu lassen, erklärten sich einige Datenerheber dazu bereit, noch ein weiteres Wirtschaftsjahr die Datenerhebung fortzusetzen. Dadurch kamen nochmals 64 Anlagen hinzu, so daß für die Auswertung insgesamt 280 Jahresunterlagen von Einzelanlagen vorhanden waren.

3.1.3.4 Ausgewählte Betriebe

Bedingt durch die Auswahlkriterien, nach denen die Buchführungsbetreuer Melkanlagen auszusuchen hatten, konnten Betriebe gefunden werden, die meist im Haupterwerb geführt wurden und in denen die Milchviehhaltung einen Haupterwerbszweig darstellte. Der Standort der Untersuchungsbetriebe wurde auf den südlichen Teil des Bundeslandes Bayern begrenzt, weil für den nachfolgenden Betriebsbesuch die Fahrtkosten in Grenzen bleiben sollten.

Wie aus Abbildung 25 hervorgeht, liegt der Hauptteil der Betriebe in Südbayern, dort vor allem in den milchviehstarken Gegenden des Alpenvorlandes, aber auch zu einem gewissen Teil in den Mittelgebirgslagen des Bayerischen Waldes und im nördlichen Teil des Regierungsbezirkes Schwaben.

Hinsichtlich der Betriebsgröße und der Milchkuhbestandesgröße liegen die Untersuchungsbetriebe weit über dem Bundesdurchschnitt. Während im Wirtschaftsjahr 1979/80 alle bundesdeutschen landwirtschaftlichen Betriebe im Mittel nur über etwa 15 ha LF verfügten, betrug die durchschnittliche Betriebsgröße aller 216 Untersuchungsbetriebe 28,5 ha LF (Abb. 26). Damit lagen die Untersuchungsbetriebe auch noch etwa um 5 ha LF über dem Bundesdurchschnitt aller Vollerwerbsbetriebe /17/. Gut 80 v.H. der Untersuchungsbetriebe verfügten über eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 20 bis 40 ha, wobei der Hauptteil der Betriebe in der Betriebsgrößenklasse 20 bis 30 ha lag (Abb. 26). Eine weitergehende Analyse hinsichtlich des Milchviehhaltungssystemes zeigt, daß die Untersuchungsbetriebe mit Anbindestall im Mittel mit 27,4 ha LF bedeutend weniger Fläche bewirtschafteten als die Betriebe mit Melkstand, die über etwa 33 ha LF verfügten.

Abbildung 25: Zuordnung der untersuchten Betriebe zu den Landkreisen in Bayern

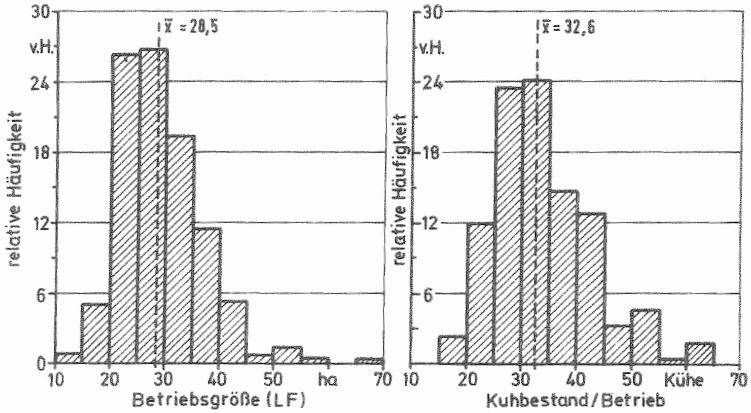


Abbildung 26: Landw. genutzte Fläche und Kuhbestand aller 216 Untersuchungsbetriebe (Stand: Wirtschaftsjahr 1979/80)

Ähnliches zeigte sich für die durchschnittliche Bestandsgröße der Milchkuhherden. Mit durchschnittlich 32,6 Kühen (Abb. 26) war die Herdengröße in den Untersuchungsbetrieben fast dreimal so groß, wie in den milchkuhhaltenden Betrieben in der Bundesrepublik (11,9 Kühe/Milchkuhhalter). Auch Betriebe mit Milchleistungsprüfung verfügten im Jahr 1979 im Bundesdurchschnitt vergleichsweise nur über etwa 19 Kühe /17/.

Bedingt durch das Haltungssystem muß die Herdengröße in Laufställen notgedrungen größer sein als in Anbindeställen. Die durchschnittliche Herdengröße in Betrieben mit Laufstall betrug deshalb etwa 41 Kühe, während die Betriebe mit Anbindestall nur ca. 30 Kühe hatten. Eine Häufigkeitsverteilung der beiden Betriebsgruppen zeigt weiter, daß in knapp 90 v.H. aller Betriebe mit Anbindestall die Herdengröße kleiner als 40 Kühe war; demgegenüber hatten knapp 70 v.H. aller Betriebe mit Laufstall 40 und mehr Kühe.

Als Erklärung für die große Abweichung der mittleren Betriebs- und Herdengröße vom Bundesdurchschnitt kann angeführt werden, daß fast alle Untersuchungsbetriebe vor einer mehr oder weniger langen Zeit im Rahmen des einzelbetrieblichen Förderungsprogrammes Neu- oder Umbaumaßnahmen durchgeführt haben und deshalb auch zur Buchführung verpflichtet worden sind. Da aber in der Regel dieses Förderungsprogramm nur zukunftsträchtige Vollerwerbsbetriebe in Anspruch nehmen, muß die Betriebs- und Herdengröße über dem Bundesdurchschnitt liegen.

Als weiterer Gesichtspunkt zur Beschreibung der ausgewählten Betriebe kann das Milchleistungsniveau herangezogen werden. Die landwirtschaftliche Statistik weist für alle Kühe in der Bundesrepublik im Jahr 1979 eine Durchschnittsleistung von 4.351 kg/Kuh und Jahr aus. Betriebe mit Milchleistungskontrolle erreichten mit 5.051 kg eine um 16 v.H. höhere Milchleistung /17/. Demgegenüber lag das Leistungsniveau der Untersuchungsbetriebe bei nur 4.685 kg/Kuh und Jahr (Tab. 5). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß in Bayern vor allen Dingen rassenbedingt das Milchleistungsniveau immer unter dem Bundesdurchschnitt liegt. Wird deshalb als Vergleichsbasis die Milchleistung aller Kühe in Bayern, die unter Milchkontrolle stehen,

herangenommen (4.654 kg/Kuh und Jahr /47/), so zeigt sich kein wesentlicher Unterschied. Wie bei der Betriebsfläche und der Herdengröße so liegt auch das Milchleistungsniveau der Laufstallbetriebe wieder über dem der Betriebe mit Anbindestall, allerdings nur geringfügig mit etwa 100 kg/Kuh und Jahr (Tab. 5). In den Leistungsklassen sind zwischen beiden Haltungssystemen nur geringfügige Unterschiede festzustellen.

Tabelle 5: Milchleistungsniveau aller 216 Untersuchungsbetriebe (Stand: Wirtschaftsjahr 1979/80)

Klasse	Milchleistung (kg/Kuh und Herde) von	bis	rel.Häufigk. (Anbindest.) (v.H.)	rel.Häufigk. (Laufställe) (v.H.)	rel.Häufigk. alle Betriebe (v.H.)
1	2	3	4	5	6
1	3000	3500	0,6	2,4	0,9
2	3500	4000	6,9	2,4	6,0
3	4000	4500	28,2	28,6	28,2
4	4500	5000	23,6	23,8	23,6
5	5000	5500	27,6	23,8	26,9
6	5500	6000	10,9	16,7	12,0
7	6000	6500	1,7	2,4	1,9
8	6500	7000	0,6	0,0	0,5
Mittel (alle Betriebe)		4685	-	-	-
Mittel (Anbindeställe)		4666	-	-	-
Mittel (Laufställe)		4767	-	-	-

Abschließend kann zur Beschreibung der ausgewählten Betriebe festgehalten werden, daß zur Datenlieferung gut geführte, zukunftsorientierte Milchviehbetriebe gewonnen werden konnten, von denen sich bereits viele auf die Milchproduktion spezialisiert hatten. Fast 60 v.H. der Betriebe hatten entweder nur die weibliche Nachzucht oder überhaupt keine Nachzucht mehr.

3.1.3.5 Ausgewählte Melkanlagen

Im folgenden werden die Melkanlagen näher erläutert, nach denen die vorher beschriebenen Betriebe von den Buchführungsbetreuern ausgewählt worden sind. Da die sogenannte Zweirohrmelkanlage mit getrennter Vakuum- und Milchleitung in der Praxis am meisten verbreitet ist /106/, wird die Untersuchung ausschließlich auf diese Bauweise begrenzt. In Abbildung 27 ist deren Aufbau schematisch dargestellt. Danach besteht eine Rohrmelkanlage auf dem heutigen technischen Stand aus

1. dem Vakuumaggregat zur Erzeugung und Bereithaltung des Vakuums,
2. den Einrichtungen zur Messung und Begrenzung der Vakuumhöhe,
3. der Vakuumleitung zur Vakuumversorgung der Pulsatoren,
4. einer oder mehreren Melkeinheiten für den Milchentzug,
5. der Milchleitung zur Bereithaltung des Melkvakuums und zum Milchtransport,
6. der Endeinheit zur Ausschleusung der Milch aus dem Vakuumsystem,
7. dem Sicherheitsabscheider zur Vermeidung von Flüssigkeitsübertritten zwischen Milch- und Vakuumsystem und
8. dem Spülsystem zur Reinigung der Melkanlage (in Abb. 27 nicht abgebildet).

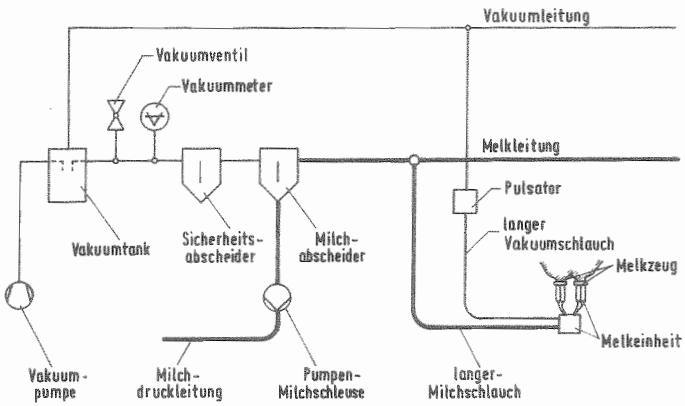


Abbildung 27: Schematische Darstellung einer Rohrmelkanlage

Während beim Melken im Anbindestall die Technik zum Tier kommt, wird beim Melken im Melkstand das Tier zur Technik geführt. Vom oben dargelegten Aufbau einer Rohrmelkanlage unterscheidet sich deshalb eine Melkanlage im Melkstand eigentlich nur durch zusätzliche Einrichtungen zum Festhalten der Tiere. Von den 216 untersuchten Melkanlagen waren 174 "einfache" Rohrmelkanlagen und 42 Melkstände in Fischgrätenbauart. Damit sind in der Erhebung die Melkstandanlagen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt überrepräsentiert. In der Bundesrepublik betrug 1971 der Anteil der Melkstandanlagen an den gesamten Melkanlagen nur knapp 3 v.H. gegenüber 20 v.H. in der Erhebung /17/.

Der technische Fortschritt auf dem Melkmaschinensektor hat in den letzten Jahren weniger umwälzende Neuentwicklungen hervorgebracht als vielmehr Detailverbesserungen hinsichtlich der Schonung von Euter und Milchbeschaffenheit, sowie der Verminderung von Routine- und Überwachungsarbeiten. Dabei stand die Melkeinheit eindeutig im Vordergrund. In der Praxis jedoch wird derzeit fast ausschließlich noch die Standardmelkeinheit in konventioneller Bauart mit dem Zwei-Raum-Zitzenbecher eingesetzt /35/. Erst allmählich finden die Neuerungen Eingang in der Praxis. Deshalb mußte sich diese Untersuchung auf die Standardmelkeinheit (Abb. 27) konzentrieren. Die 216 zur Verfügung stehenden Melkanlagen waren insgesamt mit 859 Melkeinheiten ausgestattet; dies bedeutet, daß durchschnittlich jede Melkanlage mit 4 Melkeinheiten ausgerüstet war. Die Verteilung der Melkeinheiten geht aus Tabelle 6 hervor. Während über 90 v.H. der Melkanlagen im Anbindestall mit 3 oder 4 Melkeinheiten ausgerüstet waren, hatten die Melkstände (meist Doppel-Vierer-Fischgrätenmelkstände) entweder eine einfache oder eine doppelte Melkzeugbestückung. Damit ist die Zuordnung der Melkeinheiten zu der vorhandenen Herdengröße als sinnvoll zu bezeichnen.

Neben den Melkeinheiten ist die Vakuumpumpe von entscheidender Bedeutung für den Milchentzug. Die Kapazität der Vakuumpumpe muß sich nach der Art und Größe der Anlage richten. Entsprechend der DIN ISO 5707 kann der notwendige Mindestluftdurchfluß in Abhängigkeit von der Anlagengröße, inbesondere in Abhängigkeit von der Zahl der Melkeinheiten, berechnet werden. Diese Berechnung wurde für die vorhandenen Anlagen durchgeführt und anschließend der errechnete Mindestluftdurchfluß dem Nennluftdurchfluß gegenübergestellt (Abb. 28). Dabei zeigt sich, daß die Mindestanforderungen im Mittel zwar erfüllt werden, daß aber doch manche Pumpen erheblich zu

Tabelle 6: Ausstattung der untersuchten Melkanlagen mit Melkeinheiten (859 Melkeinheiten bei 216 Melkanlagen)

Anzahl Melkein-heiten	Anbindestall absolute Häufigkeit	Anbindestall relative Häufigkeit(v.H)	Laufstall absolute Häufigkeit	Laufstall relative Häufigkeit(v.H.)
1	-	-	-	-
2	3	1,7	-	-
3	93	53,5	2	4,8
4	67	38,5	18	42,8
5	5	2,9	3	7,1
6	6	3,4	2	4,8
7	-	-	-	-
8	-	-	15	35,7
9	-	-	-	-
10	-	-	2	4,8

gering ausgelegt sind. Diese Unterdimensionierung läßt sich bis zu einem gewissen Teil dadurch erklären, daß beim Kauf der Vakuumpumpe diese für eine kleinere Anlage geplant war und durch spätere Aufstockungen des Milchkuhbestandes zu klein wurde. Ähnliche Hinweise auf mangelnde Pumpenleistungen in der Praxis geben auch Überprüfungen von bestehenden Anlagen. So stellt MAGER 1981 /54,S.531/ fest, daß bei 37,6 v.H. in über 1.000 überprüften Betrieben die Pumpenleistung nicht ausreichend war, oder daß bei 47,6 v.H. der Reservedurchfluß zu niedrig war. Dabei hat eine ausreichende Vakuumversorgung entscheidenden Einfluß auf die Milchqualität und Eutergesundheit.

Da laut Empfehlungen /53/ ab einer Rohrmelkanlage mit 3 Melkeinheiten anstelle einer Milchschleuse eine Milchfördereinrichtung und ein programmgesteuerter Spülautomat eingesetzt werden sollte, und da diese Zusatzausrüstungen in der Praxis auch schon weitgehend vorhanden sind, müssen diese in die Auswertung aufgenommen werden. Hatten manche von den ausgesuchten

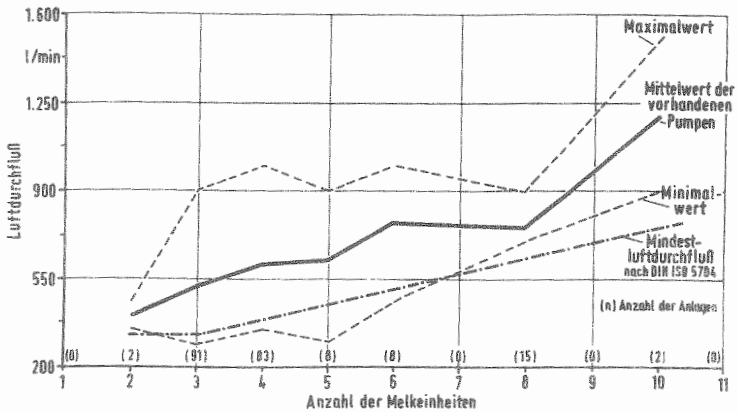


Abbildung 28: Luftdurchfluß der Vakuumpumpe in Abhängigkeit von der Zahl der Melkeinheiten

Melkanlagen noch eine Kammermilchschleuse oder noch kein programmgesteuertes Spülsystem, so wurden von diesen Anlagen nur die übrigen Baugruppen ausgewertet.

Neben der Ausstattung der Melkanlagen ist auch die Fabrikatszugehörigkeit von Interesse. Den Melkmaschinenmarkt in der Bundesrepublik teilen sich nach Schätzungen *) im wesentlichen 3 Firmen, die zusammen etwa 80 bis 90 v.H. des Marktes beherrschen. Diese Tatsache zeigte sich bei der Erhebung dergestalt, daß von den ursprünglich gemeldeten 240 Anlagen nur 3 Anlagen von anderen Herstellern stammten. Da aber auch der Einfluß des Fabrikates auf die Reparaturkostenhöhe untersucht werden soll, müssen diese 3 Anlagen wegen der geringen Anzahl übergangen werden (siehe Tab. 4). In einigen Fällen kam es auch vor, daß nicht alle Baugruppen vom selben Hersteller stammten. Bei diesen wurde die Melkanlage dem Fabrikat zugeordnet, das mit den meisten Baugruppen vertreten war. In Tabelle 7 ist die Verteilung der Melkanlagen nach Herstellern dargelegt. Hersteller A und B sind mit fast gleichen Stückzahlen beteiligt, während Hersteller C nur etwa ein Drittel

---

*) mündliche Mitteilung von WORSTORFF, H.

der beiden anderen erreicht. Die Verteilung nach Herstellern ist innerhalb der Datenerheber sehr ungleichmäßig. Dies ist aber nicht weiter verwunderlich, denn in der Regel verkauft ein Landmaschinenhändler nur ein Fabrikat, und dieses kann deshalb in dem Einzugsgebiet des Händlers eine Vormachtstellung einnehmen.

Tabelle 7: Verteilung aller untersuchten Melkanlagen nach Herstellern

Hersteller	abs.Häufigkeit	rel.Häufigkeit
A	84	38,9
B	98	45,4
C	34	15,7

Da ein wichtiges Ziel der Reparaturkostenuntersuchung darin besteht, auch die Abhängigkeit der Reparaturkosten vom Alter der Anlagen herauszufinden, ist die Altersverteilung der untersuchten Anlagen von Bedeutung. Wie aus Abbildung 29 zu ersehen ist, waren die 216 Anlagen zu Beginn der Untersuchung im Mittel 4,3 Jahre alt, sie befanden sich also im Mittel im 5. Nutzungsjahr. Die Häufigkeitsverteilung zeigt, daß die Altersklassen bis zu 7 Jahren relativ gut besetzt sind. Auch 8- und 9-jährige Melkmaschinen waren mit jeweils 7 Anlagen noch hinreichend vertreten. Darüberhinaus sind jedoch die Altersklassen relativ dünn besetzt. Diese Altersstruktur ist dadurch bedingt, daß die meisten Untersuchungsbetriebe Anfang der 70-er Jahre in der Milchproduktion investiert haben.

Abschließend bleibt zur Datenerhebung festzuhalten, daß

1. durch die Buchführungserheber mit wenig Mühe sehr viele Betriebe gefunden werden konnten,
2. die ausgesuchten Betriebe gut geführte Vollerwerbsbetriebe waren,
3. die gefundenen Melkanlagen mit einer zeitgemäßen Melktechnik ausgerüstet waren, und daß
4. die Zahl der alten bis sehr alten Melkanlagen gering ist.

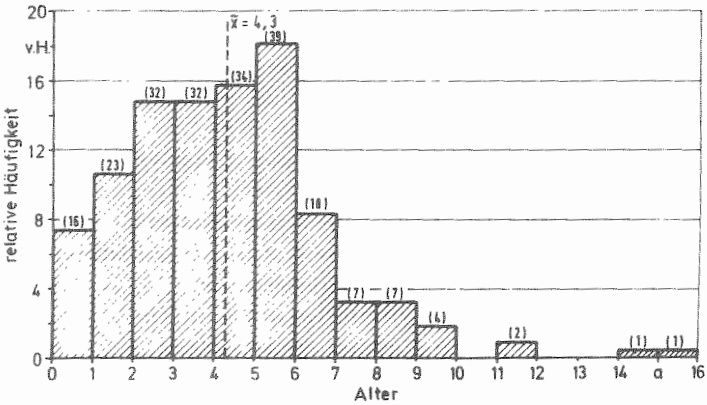


Abbildung 29: Altersverteilung der untersuchten Melkanlagen (bei Beginn der Untersuchung; n=216)

3.1.4. Aufbereitung und Verarbeitung der gewonnenen Daten

Über die oben beschriebene Datenerhebung konnten 280 Jahresaufzeichnungen von Einzelanlagen dreier verschiedener Hersteller erfaßt werden. Diese Unterlagen bestehen im wesentlichen aus ca. 520 Reparaturbelegen, die etwa 2.200 verschiedene Ersatzteilpositionen beinhalten.

Diese ermittelte Datenmenge gilt es nach einheitlichen Richtlinien zu ordnen und so auf einem Datenträger zu speichern, daß sie möglichst nur einmal abgelegt, aber dennoch wieder eindeutig identifizierbar und auffindbar sind. Nach der Aufbereitung sind die nun gespeicherten Reparatureinzelwerte zu einer allgemein anwendbaren Reparaturkostenfunktion zu verarbeiten.

3.1.4.1 Methodik der Reparaturkostenauswertung

Die gesamte Auswertungsmethode muß so aufgebaut sein, daß eine möglichst umfassende Beschreibung des Reparaturverhaltens von Maschinen erreicht werden kann. Diese Forderung kann nur dadurch erfüllt werden, daß die Reparaturdaten in naturale und monetäre Informationen getrennt werden. Zu Hilfe kommt dabei, daß bereits die meisten Reparaturrechnungen nach einem

derartigen Schema aufgeschlüsselt sind. Warum sollte dann diese in der Reparaturrechnung bereits vorgegebene strikte Trennung in naturale und monetäre Daten nicht auch bei der Auswertung beibehalten werden ?

Eine solche Trennung verspricht folgende Vorteile:

- Einblick in die Struktur der Reparaturkosten
- Trennung der Reparaturkosten in Material- und Arbeitskosten
- Erkennung der größten Kostenverursacher
- Erkennung der ausfallträchtigsten Einzelteile
- Erfassung der tatsächlichen Preissteigerung
- Untersuchung der Auswirkungen von unterschiedlichen Preissteigerungen für Material und Arbeit
- einfache Veränderung bzw. Ergänzung des ermittelten Mengengerüstes
- leichte Aussonderung von auf der Reparaturrechnung ausgewiesenen, aber nicht zur eigentlichen Reparatur gehörenden Teilen
- Schnittstelle zur Datenermittlungsmethode nach der Ausfallwahrscheinlichkeit und zur Befragungsmethode.

Die Auswertungsmethode, mit der sich die vorher genannten Vorteile erreichen lassen, ist schematisch in Abbildung 30 dargelegt. Die gesuchte Reparaturkostenfunktion wird dabei über die Reparaturkostensumme aus dem Mengen- und Preisgerüst der Reparatur ermittelt.

Ausgangspunkt für das Mengengerüst sind die erhobenen Reparaturbelege. Aus diesen werden für die gewählten Nutzungsabschnitte die naturalen Reparaturaufwendungen bestimmt. Für jeden Nutzungsabschnitt wird daraufhin der durchschnittliche Ersatzteilverbrauch errechnet. Wird dieser vom ersten bis zum n-ten Nutzungsabschnitt zusammengefügt, so entsteht daraus ein naturales Reparaturmodell, das über die durchschnittlich verbrauchte Ersatzteilmenge Auskunft gibt.

Während also das Mengengerüst nur den naturalen Ersatzteilverbrauch entlang der Nutzungsdauerachse angibt, beinhaltet das Preisgerüst die dazu notwendigen monetären Angaben. Dies sind eigentlich nur die Preise für die einzelnen Ersatzteile, die sich relativ einfach aus den Ersatzteilpreislisten der Hersteller ermitteln lassen.

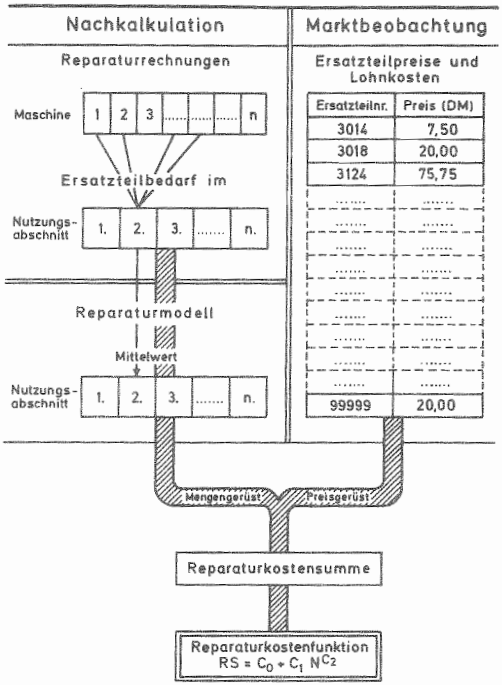


Abbildung 30: Methodik der Reparaturkostenermittlung

Durch Zusammenführen des Mengen- und Preisgerüstes kann anschließend die Reparaturkostensumme berechnet werden. Diese stellt die Summe aller bisher angefallenen Reparaturausgaben dar. Um den funktionalen Zusammenhang zwischen Reparaturkosten und Nutzungsdauer deutlich zu machen und eine leichte Rechenbarkeit zu erzielen, wird schließlich die Reparaturkostensumme in Abhängigkeit von einem leicht meßbaren Leistungsparameter in der Reparaturkostenfunktion ausgedrückt.

Das erläuterte Reparaturmodell geht davon aus, daß am Ende des jeweiligen Nutzungsabschnittes die Einzelreparatur auftritt. Die Aufsummierung der Kosten der Einzelreparaturen in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer führt zu einer Reparaturkostensumme in Form einer Treppenfunktion (Abb. 31).

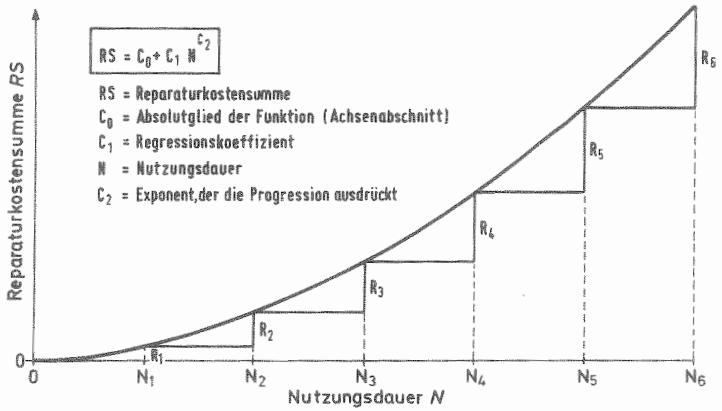


Abbildung 31: Reparaturkostenfunktion

Eine derartige diskontinuierlich ansteigende Treppenfunktion kann aber mit einer mathematischen Formel kaum dargestellt werden. Es empfiehlt sich deshalb, eine Ausgleichsfunktion durch die oberen Eckpunkte der Treppenfunktion zu legen. Dies erscheint gerechtfertigt, da angenommen werden kann, daß jede Einzelreparatur auf beliebig kleine Reparaturfälle verteilt werden kann, die sich dann relativ genau der Ausgeichsfunktion annähern.

Zur mathematischen Darstellung dieser Ausgleichsfunktion eignet sich besonders die ebenfalls in Abbildung 31 dargelegte Formel. Durch Einsetzen von zutreffenden Zahlenwerten für C_2 kann leicht das Ausmaß des progressiven Anstiegs der Reparaturkostensumme verändert werden. Als unabhängige Variable N ist diejenige Maßeinheit für die Nutzungsdauer auszuwählen, die die bisher geleistete Arbeit am besten wiedergibt und die mit dem bisher hervorgerufenem Verschleiß in engster Beziehung steht. Dabei treten jedoch meist meßtechnische Probleme auf. Für die Melkanlage wäre als eindeutigster Leistungsparameter die ermolkene Milchmenge zu nennen. Diese konnte aber nicht dazu verwendet werden, weil die entsprechenden Daten nicht vorhanden waren. Auch die Betriebsstundenzahl -ebenfalls ein guter Leistungsparameter- konnte nicht verwendet werden, weil nur ein geringer Prozentsatz der untersuchten Anlagen einen entsprechenden Zähler installiert hatte. Die Nutzungsdauer in Betriebsstunden könnte auch über die Arbeitszeit-

kalkulation errechnet werden, indem die tägliche Laufzeit der Anlage über die Melkzeit bestimmt wird. Diese Vorgehensweise nivelliert jedoch die bisherige Arbeitsleistung der untersuchten Anlagen und ist im Grunde eigentlich nur ein Vielfaches der einfachsten Leistungseinheit, nämlich der Nutzungsdauer nach Zeit. Im folgenden wird deshalb als Leistungsparameter die Nutzungsdauer in Jahren verwendet.

Die vorgestellte Methode zur Reparaturkostenauswertung ist bedingt durch die vielen Auswertungsschritte aufwendig, zeichnet sich aber dadurch aus, daß durch die strikte Trennung von naturalen und monetären Daten vielfältige Auswertungsmöglichkeiten eröffnet werden.

3.1.4.2 Aufteilung der Melkanlagen in Baugruppen

Die nun mögliche Datenverarbeitung kann sowohl für die Gesamtanlage, aber auch für die jeweiligen Baugruppen durchgeführt werden. Letztere Vorgehensweise ist zwar mit geringfügigem Mehraufwand verbunden, doch hat sie den großen Vorteil, daß die nachfolgende Anwendung der ermittelten Reparaturfunktionen sehr vielfältig ist, denn entsprechend der Anzahl der vorhandenen Baugruppen kann für jede beliebige Anlage die gesamte Reparaturkostensumme aus der Aggregation der jeweiligen Teilfunktionen errechnet werden. Deshalb muß zuerst die Gesamtanlage in ihre wichtigsten Baugruppen aufgeteilt werden.

Bei der Gliederung der Gesamtanlage ist sinnvollerweise so vorzugehen, daß jede Gruppe von Einzelteilen, die eine bestimmte, begrenzte, in sich geschlossene Aufgabe erfüllt, zu einer Baugruppe zusammengefaßt wird; dabei soll jedoch die anzustrebende Zahl an Baugruppen nicht übermäßig groß werden. Dementsprechend wurde die Melkanlage in folgende 6 Baugruppen getrennt:

Baugruppe 1	Teile für die Vakuumerzeugung und -regulierung
Baugruppe 2	Teile für den Milchentzug aus dem Euter
Baugruppe 3	Teile für die Vakuumversorgung und für den Milchtransport
Baugruppe 4	Teile für die Ausschleusung der Milch aus dem Vakuumsystem

Baugruppe 5 Teile für die automatische Spülung der gesamten Anlage

Baugruppe 6 Teile für das Festhalten der Kühe im Melkstand.

Eine detallierte Zusammenstellung der wichtigen Einzelteile jeder Baugruppe ist in Tabelle 8 zu finden.

Tabelle 8: Gliederung der Melkanlage in Baugruppen und deren wichtigste Einzelteile

Baugruppe	Bezeichnung	wichtige Teile
1	Vakuumaggregat	Vakuumpumpe Vakuumtank Elektromotor Vakuummeter Vakuumventil
2	Melkeinheit	Pulsator Melkzeugträger Zitzengummi und -becher Luft- und Milchschläuche (kurz) Luft- und Milchschlauch (lang) Sammelstück
3	Leitungssystem	Luftleitung Melkleitung Spülleitung Luft- und Milchhähne Rohrverschraubungen
4	Endeinheit	Milchabscheider Milchpumpe Elektromotor Sicherheitsabscheider Rohrfilter Niveausteuerung Milchdruckleitung Drei-Wege-Hahn
5	Spülsystem	Spülautomat Melkzeugaufnahme
6	Melkstand	Standplatzabgrenzungen Futterschalen Ein- und Ausgangstore Torsteuerung

3.1.4.3 Datenfluß und Programmtechnik

Aufbauend auf den Erläuterungen zur Auswertungsmethodik kann nachfolgend die praktische Vorgehensweise und eigentliche Verarbeitung der erhobenen Daten anhand eines Datenflußplanes verdeutlicht werden (Abb. 32). Um Verwechslungen zwischen den Herstellern zu vermeiden, wurden die Baugruppen der 3 Hersteller getrennt erfaßt und ausgewertet, so daß die nachfolgend ausführlich beschriebene Auswertungsprozedur für jeden Hersteller einzeln durchgeführt werden mußte.

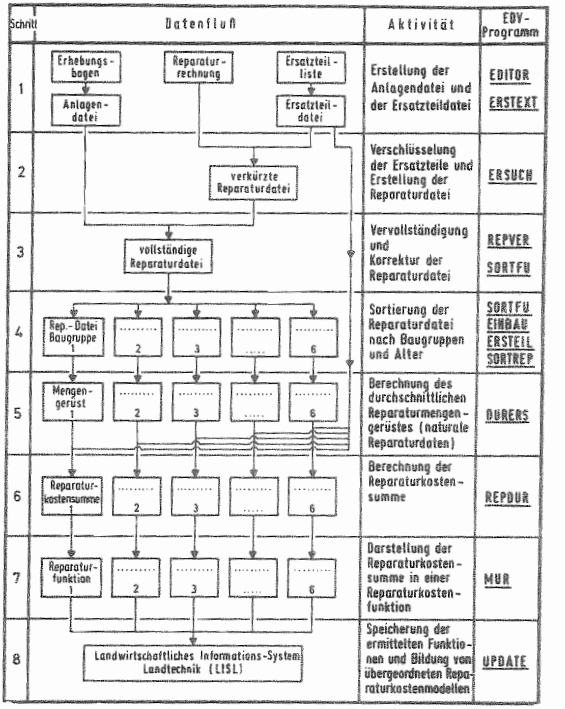


Abbildung 32: Datenflußplan bei der Reparaturkostenauswertung

Zu Beginn der Auswertung sind im ersten Schritt die Ausgangsdateien zu erstellen. Vorrangig ist dabei die Ersatzteildatei, die das eigentliche Preisgerüst darstellt. In ihr müssen alle in Frage kommenden Materialien und Arbeitseinheiten aufgeführt sein mit Angabe

- ihrer Nummer,
- ihrer Benennung,
- ihres Preises und
- ihrer Zugehörigkeit zu einer der vorher definierten Baugruppen.

Für die 3 Hersteller mußten so knapp 4.000 verschiedene Ersatzteile eingegeben werden. Anhangstabelle 5 gibt einen Auszug aus der Ersatzteildatei eines Herstellers wieder. Als weitere Ausgangsdatei ist, wieder für jeden Hersteller getrennt, die Anlagendatei zu kreieren. Mit ihr werden die untersuchten Melkanlagen dergestalt beschrieben, daß neben der Vergabe einer Anlagennummer, das Vorhandensein und die Anzahl der Baugruppen und deren Anschaffungsdatum vermerkt sind.

Während die zwei schon beschriebenen Ausgangsdateien einfach erstellt werden können, bereitet die Reparaturdatei Probleme, denn sie muß folgende Informationen enthalten, die aus drei verschiedenen Datenlieferanten (Erhebungsbogen, Reparaturbeleg und Ersatzteilliste) stammen:

Information	Datenlieferant
- Maschinennummer	-
- Hersteller-Code	Erhebungsbogen
- Anschaffungsdatum	Erhebungsbogen
- bisherige Nutzungsdauer	Erhebungsbogen
- Reparaturdatum	Reparaturbeleg
- Anzahl der verbrauchten Ersatzteile	Reparaturbeleg
- Nummern der verbrauchten Ersatzteile	Ersatzteilliste
- Angabe der kostenverursachenden Baugruppen	Ersatzteilliste

Wegen der Schwierigkeiten, die bei der Zuordnung dieser Daten auftraten, wurde die Erstellung der Reparaturdatei in zwei Stufen durchgeführt. Dabei wurden zuerst die Daten aus dem Reparaturbeleg und der Ersatzteilliste zu einer verkürzten Reparaturdatei zusammengestellt und diese dann um die Angaben aus dem Erhebungsbogen vervollständigt.

Bei der Erstellung der verkürzten Reparaturdatei (2. Schritt in Abb. 32) bestand die wesentliche Aufgabe darin, für jedes benötigte Ersatzteil die betreffende Nummer aus der Ersatzteilliste herauszusuchen. Dieser Suchprozeß konnte durch die elektronische Datenverarbeitung erheblich erleichtert werden. Mit einem entsprechenden Programm (Anhangsabb. 3) kann sowohl die Verschlüsselung der für die Reparatur benötigten Ersatzteile durchgeführt als auch gleich die verkürzte Reparaturdatei erstellt werden. Dadurch wird verhindert, daß schon einmal eingespeicherte Daten nochmal eingegeben werden müssen. Die verkürzte Reparaturdatei enthält somit neben der Maschinennummer das Reparaturdatum, die Anzahl und die Nummer der verbrauchten Einzelteile.

Diese Daten können daraufhin im dritten Schritt um die noch fehlenden Informationen aus dem Erhebungsbogen (Anlagendatei) ergänzt werden. Dabei handelt es sich um den Herstellercode, das Anschaffungsdatum der Anlage und die Nutzungsdauer zu Beginn der Untersuchung. Zugleich werden hier bereits alle Teile, die nicht zur eigentlichen Reparatur gehören, aber dennoch auf der Reparaturrechnung stehen, aussortiert, so daß die vollständige Reparaturdatei nur noch wirkliche Reparaturteile beinhaltet (Anhangstab. 6).

Nachdem nun die wirklichen Reparaturvorgänge auf einem Datenträger festgehalten sind, kann mit der eigentlichen Auswertung begonnen werden. Dazu wird im vierten Schritt die bisherige Reparaturdatei in sechs Reparaturdateien für je eine Baugruppe sortiert. Dies wird dadurch möglich, weil in der Ersatzteilnummer die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Baugruppe vermerkt ist. Anschließend werden, sofern bei einer Baugruppe mehrere Stückzahlen pro Anlage vorkommen (z.B. Melkeinheiten), deren Ersatzteile auf eine Einheit korrigiert, indem die Zahl der benötigten Ersatzteile durch die Gesamtzahl der Baugruppe dividiert wird. Danach wird die Reparaturdatei jeder Baugruppe nach deren Alter sortiert.

Somit kann im fünften Schritt für jede Baugruppe das Mengengerüst der Reparatur für die ganze Nutzungsdauer gebildet werden. Dazu wird zuerst die Zahl der im jeweiligen Nutzungsjahr vorhandenen Anlagen bestimmt, dann für jedes Nutzungsjahr die Summe von jedem benötigten Einzelteil ermittelt

und anschließend durch Mittelwertbildung der durchschnittliche Ersatzteilbedarf errechnet.

Während mit den bisherigen Auswertungsschritten im wesentlichen nur naturale Daten verarbeitet wurden, müssen im sechsten Schritt Natural- und Preisdaten miteinander verknüpft werden. Wird die Anzahl der benötigten Ersatzteile mit dem jeweiligen Einzelpreis multipliziert und werden die Preisdaten innerhalb eines Nutzungsabschnittes aufsummiert, so führt dies zu den Reparaturkosten im jeweiligen Nutzungsabschnitt. Aus der Summe dieser Einzelreparaturen entsteht die Reparaturkostensumme. Diese wird im siebtem Schritt mit Hilfe von Korrelations- und Regressionsanalysen in einer Reparaturkostenfunktion ausgedrückt, in der die Reparaturkostensumme als eine von der Nutzungsdauer abhängige Variable dargestellt wird.

Da die Reparaturkostenfunktion nicht für die Gesamtanlage, sondern für jede Baugruppe einzeln bestimmt wird, müssen diese Teilfunktionen im Falle einer Reparaturkostenkalkulation für die Gesamtanlage wieder zusammengefügt werden. Die Aggregation der einzelnen Reparaturkostenfunktionen kann natürlich auch manuell durchgeführt werden, doch ist dies sehr rechenintensiv. Deshalb wurde dazu das vorhandene landwirtschaftliche Informations-System Landtechnik (LISL), das bisher für Arbeitszeitkalkulationen, für Kapitalbedarfsermittlungen im landwirtschaftlichen Bauwesen und für Biogas-Modellrechnungen verwendet wird, für die Bedürfnisse der Reparaturkostenkalkulation so abgeändert, daß nun der Computer die Arbeit des rechnerischen Aggregierens übernimmt. Darauf wird jedoch später noch näher einzugehen sein.

3.1.5 Ergebnisse der Reparaturkostenerhebung

Da die für die Reparaturkostenerhebung notwendige Methodik zur Datenerhebung, -aufbereitung und -verarbeitung dargelegt ist, können im folgenden die damit erzielten Ergebnisse vorgestellt werden. Die Trennung der Reparaturdaten in monetäre und naturale Informationen ermöglicht dabei vielfältige Auswertungsmöglichkeiten.

3.1.5.1 Durchschnittliche Reparaturkosten pro Anlage und Betrieb

Die einfachste Form der Reparaturkostenauswertung besteht darin, den Mittelwert der durch die Erhebung erhaltenen Rechnungsbeträge zu bilden. Mit Hilfe der durchschnittlichen jährlichen Reparaturausgaben kann zu Beginn der Auswertung ein gewisser Einblick in den Umfang und die Struktur der Reparaturkosten gewonnen werden. Dabei ist unter den jährlichen Reparaturausgaben die Summe aller Ausgaben zu verstehen, die während eines Jahres über die Reparaturrechnungen erfaßt werden konnten.

Für die drei untersuchten Fabrikate sind die durchschnittlichen jährlichen Reparaturausgaben aus Abbildung 33 zu ersehen. Im Mittel aller Anlagen sind pro Jahr etwa 510,- DM Reparaturausgaben angefallen. Zwischen den Fabrikaten zeigen sich allerdings sowohl in der Höhe als auch in der Zusammensetzung der Reparaturausgaben deutliche Unterschiede. Während die Anlagen des Fabrikates B ca. 600,- DM jährliche Reparaturausgaben verursacht haben, sind bei den anderen Fabrikaten vergleichweise nur knapp 400,- DM Reparaturausgaben angefallen. Die große Differenz in den Reparaturausgaben zwischen dem Fabrikat B einerseits und den Fabrikaten A und C andererseits kommt zum Teil dadurch zustande, daß

1. die Melkeinheiten (Baugruppe 2) von Fabrikat B erheblich mehr Reparaturausgaben verursachen und
2. in den Reparaturrechnungen von Fabrikat B viele sonstige Ausgaben (Betriebsstoffe u.a.) mit aufgeführt sind, die nicht zu Reparaturmaßnahmen gehören.

Eindeutig größter Kostenverursacher sind bei allen 3 Fabrikaten die Melkeinheiten (Baugruppe 2), wobei jedoch bei Fabrikat C die Führungsposition der Melkeinheiten nicht mehr so ausgeprägt ist wie bei den anderen beiden Fabrikaten. Weiter kommt zum Vorschein, daß das Vakuumaggregat (Baugruppe 1) und das Melkstandgerüst (Baugruppe 6) bei allen 3 Fabrikaten nur geringe Bedeutung besitzen. Die Leitungssysteme (Baugruppe 3), die Endeinheit (Baugruppe 4) und das Spülsystem (Baugruppe 5) liegen bei Fabrikat A und B im mittleren Ausgabenbereich, während das Spülsystem von Fabrikat C nur geringe Reparaturausgaben hervorruft. Zu den Ergebnissen der Reparaturkosten von Fabrikat C ist grundsätzlich zu bemerken, daß sie auf Grund der vergleichsweise geringen Probandenzahl vorsichtig beurteilt werden müssen.

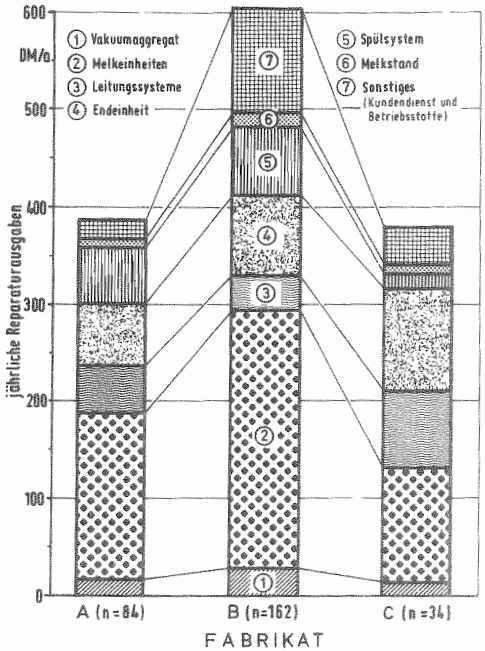


Abbildung 33: Mittlere jährliche Reparaturausgaben (Preisstand 1982; n = 280)

Neben den mittleren Reparaturausgaben pro Anlage und Jahr ist auch die Verteilung der jährlichen Reparaturausgaben von Interesse. In Abbildung 34 ist deshalb für die 3 Fabrikate die relative Häufigkeit der Reparaturausgaben in Größenklassen aufgetragen. Dabei zeigt sich zuerst ein uneinheitliches Bild. Auffallend ist zu Anfang, daß doch relativ viele Melkanlagen während eines Nutzungsjahres überhaupt keine Reparaturausgaben verursacht haben. Je nach Fabrikat sind bei 15 v.H. bis 20 v.H. der Anlagen keine Reparaturausgaben angefallen. Dieses Verhalten ist aber andererseits wiederum nicht so überraschend, da erfahrungsgemäß die Reparaturen weniger kontinuierlich über die Nutzungsdauer hinweg verteilt anfallen, sondern eher unregelmäßig während der ganzen Nutzungszeit auftreten. Deshalb kann

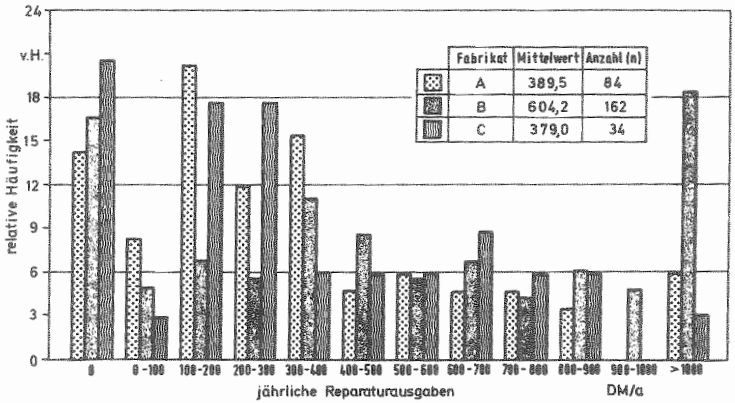


Abbildung 34: Jährliche Reparaturausgaben aller Melkanlagen (jährliche Rechnungsbeträge; Preisstand 1982)

nach größeren Reparaturen mit z.T. auch längeren reparaturlosen Zeiten gerechnet werden.

Der Hauptteil der jährlichen Reparaturausgaben aller Melkanlagen, ca. 40 v.H., liegt unter 400,- DM, wobei jedoch unter den Fabrikaten deutliche Unterschiede festzustellen sind. Während bei Fabrikat A die Reparaturausgaben bei 56 v.H. der Anlagen unter 400,- DM liegen und bei Fabrikat C immerhin noch 44 v.H. der Anlagen mit jährlichen Ausgaben unter 400,- DM auskommen, liegt die entsprechende Verhältniszahl bei den Anlagen von Fabrikat B nur bei 28 v.H. Die Ausgabeklassen über 400,- DM bis 900,- DM sind bei allen drei Fabrikaten etwa ähnlich stark mit je 4 bis 8 v.H. besetzt. Dagegen sind in den Ausgabeklassen über 900,- DM die Anlagen von Fabrikat A und C nur mehr selten vertreten, während bei etwa 23 v.H. der Anlagen vom Fabrikat B jährliche Reparaturausgaben von über 900,- DM zu verzeichnen waren.

Die bisherigen Angaben zum Reparaturverhalten geben jedoch nur einen pauschalen Überblick und sind dadurch etwas verfälscht, daß in den erfaßten jährlichen Rechnungsbeträgen auch Ausgaben enthalten sind, die nicht zu Reparaturmaßnahmen gehören. Erst durch die Erstellung eines Reparatur-Mengengerüstes wird es möglich, die Rechnungsbeträge in eigentliche Reparatur-

ausgaben und sonstige Ausgaben zu trennen. Würden nur die monetären Rechnungsbeträge ausgewertet, so könnte diese Korrekturmaßnahme nicht durchgeführt werden und die Auswertung würde zu falschen Ergebnissen führen. In diesem Fall hieße dies, daß allen Anlagen, besonders denen von Fabrikat B höhere Reparaturausgaben zugeschrieben würden, als sie in Wirklichkeit verursachen.

Weiter kommt hinzu, daß die untersuchten Anlagen in ihrer Größe und Ausstattung (siehe Tab. 6) nicht identisch sind und somit zusätzliche Unterschiede bei den Ergebnissen nicht berücksichtigt werden. Um deshalb einen aussagekräftigeren Vergleich zu erreichen, müssen die anfänglichen Reparaturausgaben in der Art korrigiert werden, daß

1. die Ausgaben für Kundendienst und Betriebsstoffe ausgesondert werden,
2. die Reparaturausgaben für Melkstandbegrenzungen ebenfalls aussortiert werden, weil hier nur wenige Vertreter vorhanden sind, und
3. die Zahl der Melkeinheiten auf eine Einheit reduziert wird.

Die entsprechend korrigierten jährlichen Reparaturausgaben sind in Abbildung 35 dargestellt. Dabei zeigt sich im Vergleich zu Abbildung 34 ein einheitlicheres Bild und zwangsweise kommt es auch zu einer Verringerung

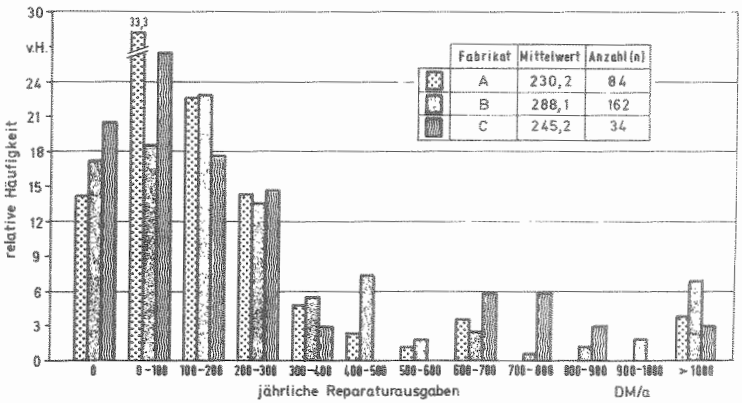


Abbildung 35: Jährliche Reparaturausgaben aller Melkanlagen (korrigierte jährliche Rechnungsbeträge; Preisstand 1982)

der jährlichen Reparaturausgaben. Auch die Unterschiede zwischen den Fabrikaten werden geringer, wobei jedoch die Anlagen des Fabrikats B immer noch die höchsten Ausgaben verursachen und etwa 20 v.H. über dem Mittelwert aus den beiden anderen Fabrikaten liegen.

3.1.5.2 Mengenmäßiger Ersatzteilverbrauch

Anschließend an die Analyse des monetären Reparaturaufwandes wird im folgenden der naturale Reparaturaufwand untersucht. Dabei wird vorerst nur auf den mengenmäßigen Materialaufwand der Gesamtanlagen und ihrer Baugruppen eingegangen. Darunter soll die Summe aller Ersatzteilverbrauchspositionen verstanden werden, die in den Reparaturbelegen aufgeführt sind, ohne daß dabei die Stückzahl des jeweiligen Ersatzteils berücksichtigt wird.

Insgesamt konnten über die Reparaturrechnungen der untersuchten Anlagen 2.131 Ersatzteilpositionen erfaßt werden (Tab. 9). Dies bedeutet, daß auf jede Anlage im Jahr 7,6 verschiedene Ersatzteilpositionen entfallen. Von der Gesamtheit mußten allerdings 246 Positionen (Spalte 7 und 8 von Tab. 9) ausgesondert werden, weil sie nicht für eigentliche Reparaturmaßnahmen benötigt werden. Auffallend ist dabei, daß etwa 80 v.H. aller ausgesonderten Ersatzteilpositionen auf Reparaturrechnungen von Anlagen des Fabrikats B zu finden waren. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Anlagen vom Fabrikat B fast ausschließlich vom Hersteller-Kundendienst gewartet, repariert und auch mit Betriebsstoffen versorgt werden. Bei einer rein monetären Betrachtung käme es also zu einer Überbewertung vor allem der Reparaturausgaben von Fabrikat B.

Die Verteilung der verbleibenden 1.885 Ersatzteilpositionen auf die Baugruppen 1 bis 6 geht ebenfalls aus Tabelle 9 hervor. Außerdem ist dort auch die Zahl der untersuchten Baugruppen zu finden. Sie stimmt nur bei den Melkeinheiten mit den schon genannten Anlagenzahlen überein, weil manchmal einige Baugruppen aus verschiedenen Gründen ausfielen oder gar nicht vorhanden waren. Bei der Verteilung der Ersatzteilpositionen bestätigt sich die Tatsache, daß die Melkeinheiten die größten Kostenverursacher sind. Sie allein beanspruchen etwa die Hälfte aller Verbrauchspositionen. Das Vakuumaggregat und das Melkstandgerüst zählen wieder zu den

Tabelle 9: Mengenmäßiger Ersatzteilverbrauch der Gesamtanlagen und ihrer Baugruppen (280 Anlagen)

Baugruppe	1	2	3	4	5	6	7*)	8*)	Summe
Fabrikat A									
Anzahl Anlagen	88	82	84	79	77	17	-	-	-
Anzahl Ersatzteile	45	284	29	94	51	9	6	32	550
relativ zur Summe von 1 mit 6	8,8	55,4	5,6	18,4	10,0	1,8	-	-	
Fabrikat B									
Anzahl Anlagen	137	164	159	149	134	35	-	-	
Anzahl Ersatzteile	76	554	148	281	115	21	13	182	1390
relativ zur Summe von 1 mit 6	6,4	46,3	12,4	23,5	9,6	1,8	-	-	
Fabrikat C									
Anzahl Anlagen	33	34	34	31	33	4	-	-	
Anzahl Ersatzteile	4	77	47	39	10	1	4	9	191
relativ zur Summe von 1 mit 6	2,2	43,3	26,4	21,9	5,6	0,6	-	-	
Summe									
Anzahl Anlagen	258	280	277	259	244	56	-	-	
Anzahl Ersatzteile	125	915	224	414	176	31	23	223	2131
relativ zur Summe	6,6	48,5	11,9	22,0	9,3	1,7	-	-	

*) Baugruppe 7 = Kundendienst
Baugruppe 8 = Betriebsstoffe

geringen Verbrauchern, während das Spülsystem, das Leitungssystem und die Endeinheit im mittleren Bereich zu finden sind.

Nach der Zuordnung der naturalen Verbrauchspositionen auf die einzelnen Baugruppen können auch die mittleren jährlichen Reparaturkosten für die einzelnen Baugruppen ermittelt werden. Im Gegensatz zu den bisherigen mittleren Angaben in Abbildung 33, wo nur die durchschnittlichen jährlichen Reparaturausgaben aller existierenden Anlagen von Interesse waren, wird nun in Abbildung 36 aufgezeigt, welche mittleren jährlichen Reparaturkosten die einzelnen Baugruppen verursachen. Im unteren Teil von Abbildung 36 sind diese für die jeweiligen Baugruppen getrennt nach den Fabrikaten aufgeführt. Dabei kommen zwischen den Fabrikaten deutliche Unterschiede zum Vorschein. Noch offensichtlicher werden diese, wenn im oberen Teil der Abbildung die relativen Abweichungen vom arithmetischen Mittel

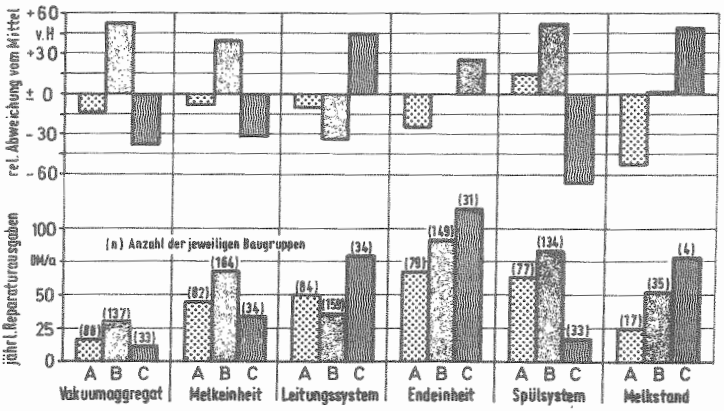


Abbildung 36: Mittlere jährliche Reparaturkosten der einzelnen Baugruppen und deren relative Abweichung vom Gesamtmittel (Preisstand 1982)

der 3 Fabrikate betrachtet werden. Danach sind von Fabrikat B die Baugruppen Vakuumaggregat, Melkeinheit und Spülsystem und von Fabrikat C die Baugruppen Leitungssystem, Endeinheit und Melkstandgerüst am reparaturaufwendigsten. Dagegen liegen die Baugruppen des Fabrikates A mit Ausnahme des Spülsystems immer unter dem arithmetischen Mittel aller Baugruppen und rufen somit auch insgesamt auf eine Gesamtanlage übertragen die geringsten Reparaturkosten hervor.

3.1.5.3 Reparaturkostensumme der einzelnen Baugruppen

Auch die bisher gemachten Aussagen zum Reparaturverhalten befriedigen insofern nicht, da sie nur Mittelwerte darstellen, die die Abhängigkeiten der Reparaturkosten von der Nutzungsdauer nicht wiedergeben können. Die bisher geleistete Arbeitsmenge übt aber entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Reparaturkosten aus. Deshalb wird nachfolgend versucht, diese Beziehungen mit Hilfe der Reparaturkostensumme zu erläutern. Dazu ist es jedoch erforderlich, zuerst

- die Altersstruktur der Baugruppen zu bestimmen und
- das Berechnungsverfahren für die mittlere Reparaturkostensumme der 3 Fabrikate zu klären.

Die Kenntnis der Altersstruktur ist insofern wichtig, weil durch sie entschieden wird, wie die einzelnen Nutzungsabschnitte besetzt sind. Da die Erhebung an einem festen Datum (Anfang des Wirtschaftsjahres) begonnen wurde und da die untersuchten Anlagen nicht zum selben Zeitpunkt angeschafft wurden, muß zuerst die Länge und der Beginn der jeweiligen Nutzungsabschnitte geklärt werden. Die Länge der Nutzungsabschnitte wird auf ein Jahr festgelegt, weil dieser Zeitraum in derartigen Untersuchungen üblich ist, sofern nicht andere Leitungsparameter herangezogen werden können /45,75/. Als Ausgangspunkt für die Altersgruppierung der Baugruppen dient das Lebensalter bei Erhebungsbeginn. Alle Baugruppen, die kleiner gleich 0,5 Jahre alt waren, wurden dem 1. Nutzungsjahr zugeteilt. Dementsprechend müssen alle Baugruppen über 0,5 Jahre und kleiner gleich 1,5 Jahre in das 2. Nutzungsjahr fallen. Auf die gleiche Art und Weise werden alle älteren Baugruppen den einzelnen Nutzungsjahren zugeordnet.

Die derart bestimmte Altersstruktur ist für die Baugruppen getrennt nach Fabrikaten in Tabelle 10 aufgeführt. Dabei zeigt sich, daß mit Ausnahme der Melkstände alle Altersklassen bei allen Fabrikaten bis zum 9. Nutzungsjahr einigermaßen gut besetzt sind. Ab dem 10. Nutzungsjahr sind sowohl bei den 3 Fabrikaten als auch bei der gesamten Stichprobe nur mehr wenige oder überhaupt keine Baugruppen mehr vorhanden. Folglich können nur

Tabelle 10: Altersstruktur der Baugruppen getrennt nach Fabrikaten

Nutzungsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vakuumaggregat												
Fabrikat A	4	7	12	12	14	14	14	4	1	2	2	2
Fabrikat B	3	10	16	18	26	24	20	13	5	2	0	0
Fabrikat C	3	8	4	2	3	6	2	2	1	0	1	1
Summe	10	25	32	32	43	44	36	19	7	4	3	3
Melkeinheit												
Fabrikat A	3	6	12	13	13	13	13	3	1	2	0	2
Fabrikat B	4	11	18	22	26	30	23	14	9	5	2	0
Fabrikat C	1	6	3	4	5	8	1	1	3	0	2	0
Summe	8	23	33	39	44	51	37	18	13	7	4	2
Leitungen												
Fabrikat A	3	6	13	13	13	12	14	3	1	3	0	2
Fabrikat B	3	9	17	19	26	31	23	15	8	4	3	1
Fabrikat C	1	6	3	4	5	8	1	1	3	0	2	0
Summe	7	21	33	36	44	51	38	19	12	7	5	3
Endeinheit												
Fabrikat A	3	6	13	13	13	12	15	1	0	2	0	1
Fabrikat B	2	9	17	20	27	29	23	13	6	3	0	0
Fabrikat C	1	6	3	5	5	7	1	1	2	0	0	0
Summe	6	21	33	38	45	48	39	15	8	5	0	1
Spülsystem												
Fabrikat A	3	6	13	13	12	10	15	2	0	3	0	0
Fabrikat B	2	9	17	19	24	26	20	12	3	2	0	0
Fabrikat C	1	6	3	4	5	8	1	1	3	0	1	0
Summe	6	21	33	36	41	44	36	15	6	5	1	0
Melkstand												
Fabrikat A	0	1	4	2	3	3	2	0	0	0	0	0
Fabrikat B	1	3	5	7	7	6	3	0	0	0	1	0
Fabrikat C	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
Summe	1	5	9	9	10	11	5	1	0	0	1	0

bis zum 9. Nutzungsjahr gesicherte Aussagen gemacht werden mit Ausnahme der Baugruppe Melkstand, bei der die Reparaturkostensumme nur bis zum 7. Jahr angegeben werden kann.

Nach der Altersstruktur muß die Fragestellung entschieden werden, wie die mittlere Reparaturkostensumme berechnet wird. Dies kann entweder über

1. das einfache arithmetische Mittel oder
2. das gewogene arithmetische Mittel der 3 Gruppen geschehen.

Beide Verfahren zeigen im Endergebnis keinen Unterschied, wenn alle Teilgruppen gleich besetzt sind. Da aber die Anlagenzahl von Fabrikat C im Vergleich zu den beiden anderen Fabrikaten klein ist, wird vom einfachen arithmetischen Mittel Abstand genommen und das gewogene arithmetische Mittel der 3 Fabrikate verwendet. Dadurch wird verhindert, daß große Zufallsreparaturen bei den Baugruppen von Fabrikat C überbewertet werden.

Des weiteren ist zu klären, ob die mittlere Reparaturkostensumme aus dem Mittel der fabrikatsbezogenen Reparaturkostensummen ermittelt wird oder ob sie aus der mittleren Reparaturkostensumme vom Vorjahr und dem mittleren Reparaturkostenanstieg des folgenden Jahres berechnet wird. Die entsprechenden Formeln lauten für die beiden Fälle:

1. $RS_i = (RS_{Ai}\ n_{Ai} + RS_{Bi}\ n_{Bi} + RS_{Ci}\ n_{Ci})/\ n_i$ (12)
2. $RS_i = RS_{i-1} + (R_{Ai}\ n_{Ai} + R_{Bi}\ n_{Bi} + R_{Ci}\ n_{Ci})/\ n_i$ (13)

wobei gilt:

RS_i = mittlere Reparaturkostensumme nach i Nutzungsjahren
RS_{Ai} = Reparaturkostensumme von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
RS_{Bi} = " " " B " " "
RS_{Ci} = " " " C " " "
n_{Ai} = Anzahl Baugruppen von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
n_{Ai} = " " " " B " " "
n_{Ci} = " " " " C " " "
n_i = Anzahl aller Baugruppen $(n_{Ai} + n_{Bi} + n_{Ci})$
R_{Ai} = Reparaturkosten von Fabrikat A im i-ten Nutzungsjahr
R_{Bi} = " " " B " " "
R_{Ci} = " " " C " " "

Beide Formeln führen zum gleichen Ergebnis, wenn die Anzahl der Baugruppen für jedes Fabrikat in jedem Nutzungsabschnitt gleichbleibt. Im anderen Fall ist jedoch nur die Verwendung von Formel (1.3) sinnvoll und richtig, weil die Anzahl der Baugruppen nicht für die bisherige Nutzungsdauer, sondern nur für ein bestimmtes Nutzungsjahr gilt. Die mittlere Reparaturkostensumme darf deshalb nur aus der mittleren Reparaturkostensumme des Vorjahres zuzüglich dem mittleren jährlichen Reparaturkostenanstieg aller Baugruppen des laufenden Jahres berechnet werden.

Nach diesen methodischen Erläuterungen können nun die ermittelten Reparaturkostensummen der Baugruppen erläutert werden. Begonnen wird dabei gemäß der Baugruppeneinteilung in Tabelle 8 mit dem Vakuumaggregat. Die Reparaturkostensummen der 3 Fabrikate und deren Mittelwert sind in Abbildung 37 aufgetragen. Dabei zeigt sich, daß die Reparaturkostensummen der 3 Fabrikate nach 8 Nutzungsjahren mit 160,- bis 170,- DM fast gleich sind, wobei allerdings die Vertreter von Fabrikat C bereits nach dem 5. Jahr ca. 85 v.H. ihrer 8-jährigen Reparaturkostensumme erreicht haben. Dazu kann bereits grundsätzlich vermerkt werden, daß die Reparaturkostensumme der Baugruppen von Fabrikat C im Vergleich zu den beiden anderen Fabrikaten immer etwas sprunghafter ansteigt, was auf die geringere Zahl der untersuchten

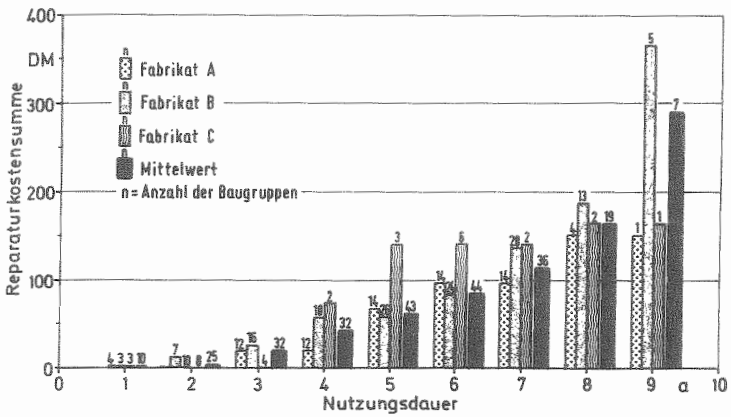


Abbildung 37: Reparaturkostensumme des Vakuumaggregates in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (258 Baugruppen; Preisstand 1982)

Baugruppen zurückzuführen ist. Während bei den Vertretern von Fabrikat A und C im 9. Nutzungsjahr keine Reparaturen notwendig waren, wurde bei Fabrikat B eine Großreparatur notwendig; allerdings sind die untersuchten Baugruppen bei Fabrikat A und C mit jeweils einem Vertreter nur spärlich vertreten, während bei Fabrikat B im 9. Nutzungsjahr doch noch von 5 Vakuumaggregaten Reparaturangaben erhoben werden konnten. Das Verhalten von Fabrikat B könnte auf eine verstärkte Reparaturanfälligkeit ab dem 9. Nutzungsjahr hindeuten. Die mittlere Reparaturkostensumme aller untersuchten Vakuumaggregate weist einen kontinuierlich progressiv steigenden Verlauf auf. Dies soll an folgenden Zahlen deutlich werden: Wenn die mittlere Reparaturkostensumme nach 4 Jahren gleich 100 gesetzt wird, so steigt die Reparaturkostensumme nach 8 Jahren bereits auf knapp 400, nach 9 Jahren sogar auf fast 750 Prozentpunkte an. Eine Verdoppelung der Nutzungsdauer führt somit beinahe zu einer Vervierfachung der Reparaturkostensumme.

Im Vergleich zum Vakuumaggregat verursacht eine Melkeinheit erheblich mehr Reparaturen, obwohl diese von der Zahl der zusammengebauten Einzelteile her nur eine äußerst kleine Baugruppe darstellt. Nach 8 Nutzungsjahren liegt die mittlere Reparaturkostensumme einer Melkeinheit um das 2,6-fache höher als diejenige des Vakuumaggregates (Abb. 38). Ein weiterer augenfälliger Unterschied ist, daß die Reparaturkostensumme sowohl bei den 3 Fa-

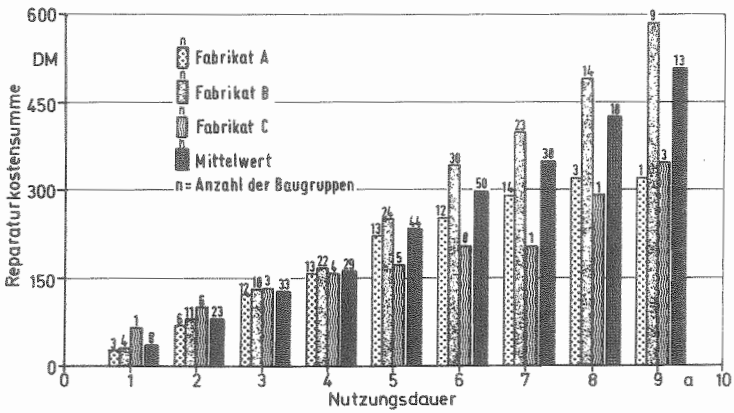


Abbildung 38: Reparaturkostensumme der Melkeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (280 Baugruppen; Preisstand 1982)

brikaten als auch beim Mittel mehr linear als progressiv ansteigt, d.h., daß jährlich etwa gleich große Reparaturmaßnahmen getätigt werden müssen. Die Unterschiede der Fabrikate in der Reparaturkostensumme sind bis zum 4. Nutzungsjahr unerheblich, dann setzt sich jedoch Fabrikat B deutlich ab und liegt im 9. Jahr etwa um 250,- DM über den beiden anderen Fabrikaten. Fabrikat A und C liegen nach 9 Nutzungsjahren etwa gleich auf. Dadurch, daß Fabrikat B mit relativ vielen Baugruppen vertreten ist und deren Reparaturkostensumme deutlich höher liegt, muß auch die mittlere Reparaturkostensumme der Vorgabe von Fabrikat B folgen und erreicht deshalb nach 9 Nutzungsjahren etwa 500,- DM.

Entgegen dem mehr linearen Anstieg der Reparaturkostensumme bei der Melkeinheit läßt sich bei den Luft- und Milchleitungen wieder ein eindeutig progressiver Kostenanstieg erkennen (Abb. 39). Wird hierbei die Verteilung der Reparaturkostensumme auf die Luft- und Milchleitung untersucht, so kann festgestellt werden, daß der überwiegende Teil der Reparaturen auf die Milchleitung entfällt. Dies ist neben der größeren Beanspruchung auch auf das Material zurückzuführen. Da die Luftleitung in der Regel nur geringe Reparaturkosten verursacht, wurden keine getrennten Baugruppen gebildet, sondern beide in der Baugruppe Leitungssystem zusammengefaßt. Deren Vertreter haben mit Ausnahme von Fabrikat C in den ersten Nutzungs-

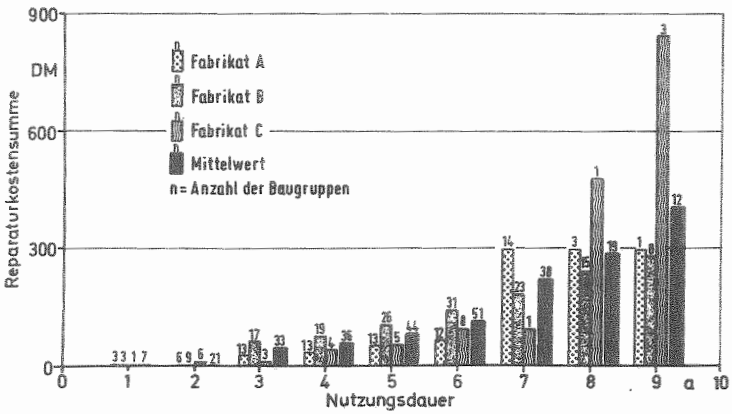


Abbildung 39: Reparaturkostensumme des Leitungssystems in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (277 Baugruppen; Preisstand 1982)

jahren überhaupt keine Reparaturen. Unter 100,- DM Reparaturkostensumme liegen die Vertreter von Fabrikat A bis zum 6. Nutzungsjahr, die von Fabrikat B bis zum 4. und die von C bis zum 7. Nutzungsjahr. Mit dem 7. Nutzungsjahr jedoch steigt die Reparaturkostensumme zum Teil sehr kräftig an. Dies gilt besonders für die Vertreter von Fabrikat C; die geringe Anlagenzahl und hohe Reparaturkosten pro Anlage sind dafür in erster Linie verantwortlich. Die Vertreter von Fabrikat B führen bis zum 6. Jahr in der Kostenhöhe, werden aber dann im 8. und 9. Nutzungsjahr von den Baugruppen von Fabrikat C abgelöst. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl schlagen aber die hohen jährlichen Kosten von Fabrikat C im 8. und 9. Nutzungsjahr auf die mittlere Reparaturkostensumme kaum durch. Dennoch steigt die mittlere Reparaturkostensumme mit steigenden Zuwachsraten. Das Verhältnis der mittleren Reparaturkostensummen vom 4. bis zum 8. Jahr beträgt fast 1 zu 5 und vom 4. bis zum 9. Jahr fast 1 zu 7. Dies bedeutet ganz allgemein, daß wie beim Vakuumaggregat erst mit zunehmender Nutzung größere Reparaturen auftreten.

Ähnliches läßt sich auch für die Reparaturkostensumme der Endeinheit in Abbildung 40 feststellen, wobei hier nur das 1. Nutzungsjahr reparaturkostenfrei ist. Die Progression der Reparaturkostensumme ist nicht so stark ausgeprägt, wie beim Leitungssystem, das Steigerungsverhältnis vom 4. zum 9. Nutzungsjahr liegt vergleichsweise nur bei 1 zu 3,5. Allerdings ist die mittlere Reparaturkostensumme der Endeinheit mit etwa 700,- DM nach 9 Jahren um 70 v.H. höher als die des Leitungssystems. Die Entwicklung der Reparaturkostensumme verläuft bis zum 7. Nutzungsjahr einigermaßen gleichmäßig, dann aber bricht Fabrikat C aus, dessen einziger Vertreter im 8. Nutzungsjahr alleine über 1.000,- DM Reparaturen verursacht. Auf das Mittel wirkt sich jedoch dieser übergroße Kostenanstieg nicht besonders aus. Würde die mittlere Reparaturkostensumme nach Formel (12) berechnet, so würde dies zu einem falschen Ergebnis führen, weil der große Reparaturkostenanstieg weniger auf den Hersteller, als vielmehr auf die geringe Stichprobenzahl im 8. Jahr zurückzuführen ist.

Wie bei der Endeinheit, so konnten auch für das Spülsystem von Fabrikat A für das 9. Nutzungsjahr keine Anlagen gefunden werden. Das Spülsystem, dargestellt in Abbildung 41, zeigt bisher das uneinheitlichste Bild. In den ersten 3 Nutzungsjahren verursachen mit Ausnahme von Fabrikat B die zwei anderen Fabrikate beinahe keine Reparaturen. Die Vertreter von Fabrikat A und B weisen bis zum 8. Jahr eine fast identische Kostenentwicklung

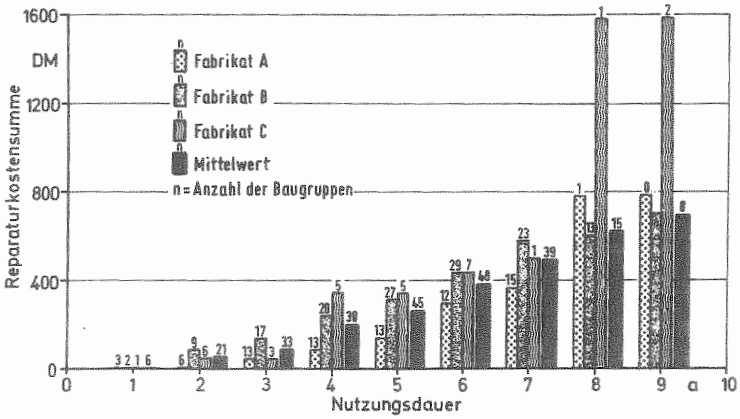


Abbildung 40: Reparaturkostensumme der Endeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (259 Baugruppen; Preisstand 1982)

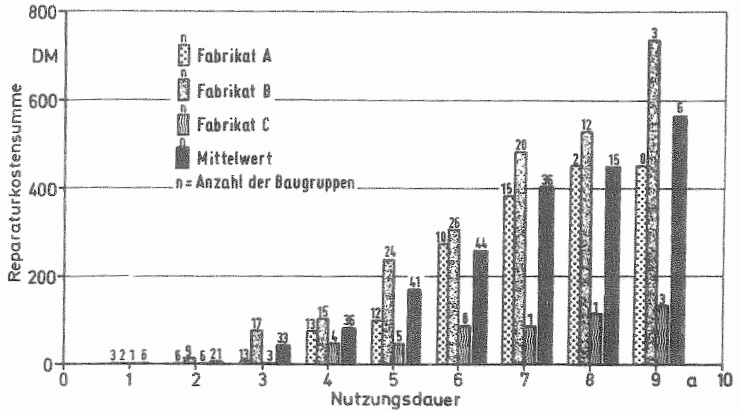


Abbildung 41: Reparaturkostensumme des Spülsystems in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (244 Baugruppen; Preisstand 1982)

auf. Dagegen sind die Vertreter von Fabrikat C sehr reparaturarm und erreichen nach 8 Nutzungsjahren nur etwa 25 v.H. des Kostenniveaus ihrer Marktkonkurrenten. Eine schlüssige Begründung für die auffallend wenigen Reparaturen von Fabrikat C konnte nicht gefunden werden. Ihr Einfluß auf die mittlere Reparaturkostensumme bleibt jedoch wieder auf Grund der vergeichsweise geringen Stichprobenzahl mäßig. Die Reparaturkostensumme nach 9 Nutzungsjahren liegt in ihrer Höhe zwar unter der Endeinheit, aber über der Melkeinheit, dem Leitungssystem und dem Vakuumaggregat. Die Zunahme der Reparaturkostensumme ist wieder stark progressiv. Die Verhältniszahlen für das Anwachsen der Reparaturkostensumme steigen vom 4. auf das 8. bzw. 9. Nutzungsjahr von 1 auf 5,4 bzw. 1 auf 6,8; das Progressionsverhältnis liegt also in ähnlichem Größenbereich wie beim Vakuumaggregat und beim Leitungssystem. Am Spülsystem kann auch die Richtigkeit des gewählten Berechnungsverfahrens bewiesen werden. Wird nämlich die mittlere Reparaturkostensumme des Spülsystems nach Formel (12) berechnet, so liegt diese im 9. Jahr unter der des 8. Jahres. Dies ist aber unmöglich, weil die Vertreter von Fabrikat B und C auch im 9. Jahr Reparaturkosten verursachen.

War schon der Verlauf der Reparaturkostensumme des Spülsystems zwischen den Fabrikaten uneinheitlich, so trifft diese Tatsache umso mehr für das Melkstandgerüst zu (Abb. 42). Dies ist jedoch auf die geringe Stichprobenzahl zurückzuführen. Insgesamt waren für alle Altersklassen nur 56 Baugruppen verfügbar, von Fabrikat C insgesamt nur 4. Damit sind natürlich keine herstellerspezifischen Aussagen bezüglich des Reparaturverhaltens mehr möglich. Deshalb wird nur kurz auf den mittleren Verlauf der Reparaturkostensumme eingegangen, wobei auch dieser nur vorsichtig bewertet werden sollte und noch dazu nur bis zum 7. Nutzungsjahr angegeben werden kann. Danach sind die ersten beiden und das 7. Nutzungsjahr fast reparaturkostenfrei. Innerhalb der 4 anderen Nutzungsjahre steigt die Reparaturkostensumme relativ schnell auf etwa 260,- DM und bleibt dann gleich. Ab dem 7. Nutzungsjahr sind entweder überhaupt keine Baugruppen oder nur mehr ein Vertreter von einem Fabrikat vorhanden (Tab. 10), so daß keine weiteren Aussagen dazu möglich sind.

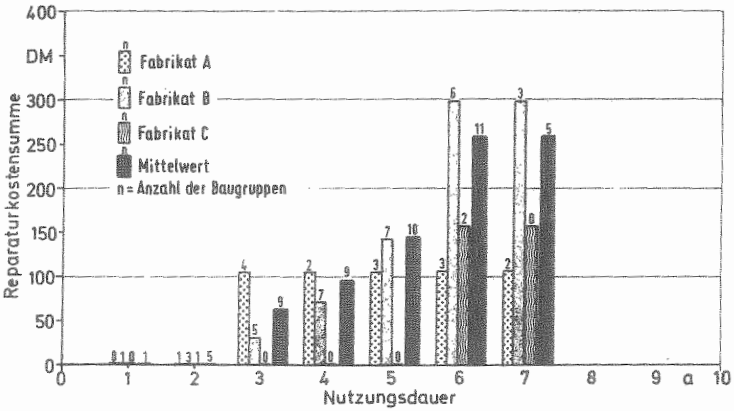


Abbildung 42: Reparaturkostensumme des Melkstands in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (56 Baugruppen; Preisstand 1982)

Zusammenfassend kann für die Reparaturkostensummen der einzelnen Baugruppen festgehalten werden, daß

1. bei allen Baugruppen eine mehr oder weniger progressiv ansteigende Reparaturkostensumme festgestellt werden konnte,
2. auf eine einzige Baugruppe bezogen die Endeinheit der größte Kostenverursacher ist,
3. danach das Spülsystem, die Melkeinheit und das Leitungssystem folgen,
4. das Vakuumaggregat die geringsten Reparaturkosten verursacht,
5. über das Reparaturverhalten des Melkstandgerüstes auch für den Mittelwert nur Anhaltswerte gefunden werden konnten, und daß
6. immer dann der Summenverlauf einheitlicher war, wenn auch eine größere Zahl von Baugruppen für die Auswertung zur Verfügung stand.

3.1.5.4 Reparaturkostensumme einer Gesamtanlage

Über die Reparaturkostensummen der einzelnen Baugruppen kann nun die Reparaturkostensumme für eine Gesamtanlage bestimmt werden. Dazu müssen nur die Reparaturkostensummen der einzelnen Baugruppen entsprechend der Häufigkeit ihres Vorhandenseins aufaddiert werden. Erst jetzt wird ein sinn-

voller fabrikatspezifischer Vergleich der Reparaturkostensumme für eine Gesamtanlage möglich, weil nun für alle 3 Fabrikate eine identische Ausstattung unterstellt werden kann. Für den Verlauf der Reparaturkostensumme einer Gesamtanlage und den Vergleich der 3 Fabrikate wird eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten zugrunde gelegt. Diese setzt sich zusammen aus:

- dem Vakuumaggregat (Baugruppe 1)
- 4 Melkeinheiten (Baugruppe 2)
- dem Leitungssystem (Baugruppe 3)
- der Endeinheit (Baugruppe 4) und
- dem Spülsystem (Baugruppe 5).

Für diese Gesamtanlage geht der mittlere Verlauf der Reparaturkostensumme aus Abbildung 43 hervor. Demnach verläuft die Summenkurve bis zum 4. Nutzungsjahr einigermaßen einheitlich, dann setzt sich Fabrikat B etwas ab, wird aber im 8. Nutzungsjahr von Fabrikat C wieder eingeholt. Nach 9 Nutzungsjahren liegen Fabrikat B und C mit gut 4.000,- DM Gesamtreparaturen dicht beieinander. Für das 9. Nutzungsjahr kann für Fabrikat A keine Reparaturkostensumme mehr angegeben werden, weil für die Endeinheit und das Spülsystem keine Unterlagen mehr aus der Erhebung vorhanden waren. Die Reparaturkostensumme für die Melkanlage von Fabrikat C verläuft wieder auf Grund der geringeren Stichprobenzahl etwas sprunghafter als die ihrer Marktkonkurrenten. So ist z.B. der Reparaturkostenanstieg vom 6. auf das 7. Nutzungsjahr relativ bescheiden, während im 8. Nutzungsjahr eine Großreparatur am Leitungssystem und an der Endeinheit fast zur Verdoppelung der bisherigen Reparaturkostensumme führt. Dabei ist eben zu bedenken, daß im 7. und 8. Nutzungsjahr nur jeweils eine Anlage von Fabrikat C untersucht werden konnte (Tab. 10) und an der jüngeren fast keine, an der älteren Anlage dagegen beträchtliche Reparaturen notwendig wurden. Bei der mittleren Reparaturkostensumme machen sich die beschriebenen Kostensprünge kaum bemerkbar.

Obwohl die Reparaturkostensumme der Gesamtanlage von Fabrikat A wegen fehlender Angaben von 2 Baugruppen für das 9. Nutzungsjahr nicht angegeben werden kann, gehen trotzdem alle noch vorhandenen Baugruppen von Fabrikat A in die mittlere Reparaturkostensumme nach 9 Nutzungsjahren ein. Deshalb liegt auch die mittlere 9-jährige Reparaturkostensumme unterhalb der Summenwerte von Fabrikat B und C, denn die noch vorhandenen Vertreter von Fabrikat A hatten während des 9. Jahres sehr wenig Reparaturen aufzuweisen.

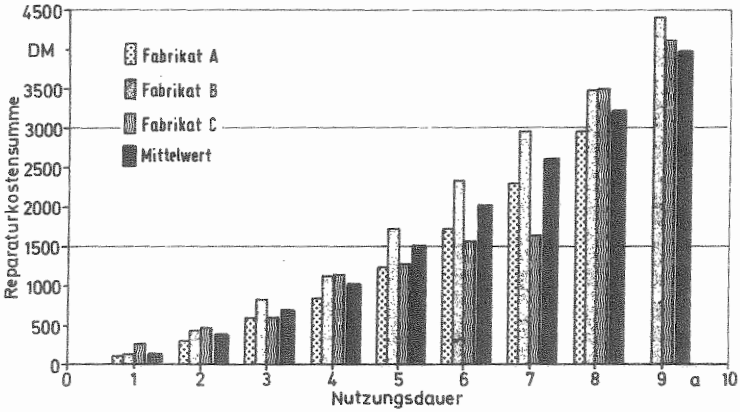


Abbildung 43: Reparaturkostensumme einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (Preisstand 1982)

Der fabrikatspezifische Vergleich der Reparaturkostensumme zeigt weiter, daß die Unterschiede in der Reparaturkostensumme für eine Gesamtanlage mit 4 Melkeinheiten zwischen den Fabrikaten nicht mehr sehr gravierend sind. Obwohl innerhalb der Baugruppen der 3 Hersteller noch deutliche Unterschiede zu erkennen sind (Abbildung 36 bis 42), gleichen sich diese untereinander z.T. wieder aus. Wird die 8-jährige Reparaturkostensumme im Vergleich der Fabrikate betrachtet, so liegt Fabrikat A um 9 v.H. unter, Fabrikat B 9 v.H. über und auch Fabrikat C 9 v.H. über dem Mittelwert. Eindeutig kann jedoch festgestellt werden, daß Fabrikat A hinsichtlich seines Reparaturkostenaufwandes innerhalb des Betrachtungszeitraums günstiger beurteilt werden kann als Fabrikat B. Worauf dies z.T. zurückzuführen ist, soll später näher erläutert werden.

Wie bei den einzelnen Baugruppen, so steigt auch die mittlere Reparaturkostensumme der Gesamtanlage progressiv an. Die Progression ist aber nicht mehr so stark ausgeprägt wie z.B. beim Vakuumaggregat oder beim Leitungssystem. Während dort das Progressionsverhältnis vom 4. zum 9. Nutzungsjahr bei etwa 1 zu 7 liegt, kann für die Gesamtanlage nur ein Verhältnis in der entsprechenden Nutzungszeit von 1 zu 4 festgestellt werden. Die Begründung

dafür liegt darin, daß die 4 Melkeinheiten, die einen beträchtlichen Teil der gesamten Reparaturkostensumme ausmachen und fast einen linearen Kostenanstieg haben, den progressiven Anstieg der anderen Baugruppen überdecken.

Nach der Betrachtung der absoluten Reparaturkostensumme werden nun die relativen Anteile der einzelnen Baugruppen an der Gesamtsumme untersucht. Wie aus Abbildung 44 zu erkennen ist, verändert sich die Zusammensetzung der Reparaturkostensumme vom 1. bis zum 9. Nutzungsjahr grundlegend. Dies gilt sowohl für die fabrikatspezifische als auch für die mittlere Reparaturkostensumme. Ohne näher auf die 3 Fabrikate einzugehen, wird nur die Struktur der mittleren Reparaturkostensumme erläutert. Die bis zu 9 Nutzungsjahren aufsummierten Reparaturkosten verteilen sich demnach etwa

zu 50,8 v.H. auf die 4 Melkeinheiten
zu 7,3 v.H. auf das Vakuumaggregat
zu 10,3 v.H. auf das Leitungssystem
zu 17,4 v.H. auf die Endeinheit und
zu 14,2 v.H. auf das Spülsystem.

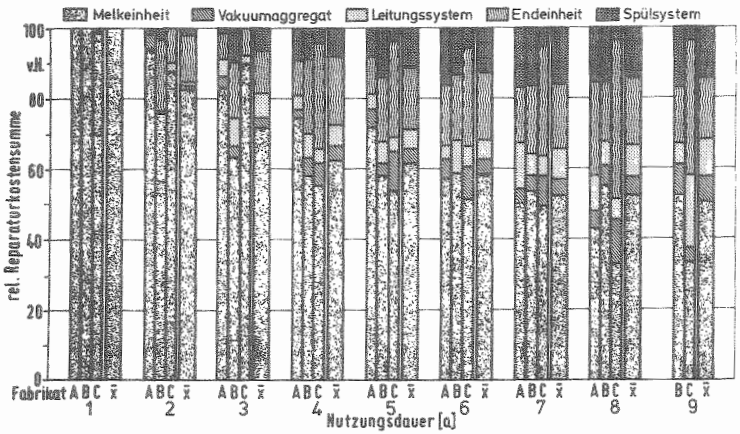


Abbildung 44: Relative Anteile der einzelnen Baugruppen an der gesamten Reparaturkostensumme einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten

Diese Kostenstruktur ist jedoch nicht starr, sondern hängt sehr stark vom Nutzungsstadium ab. Die 1-jährige Reparaturkostensumme wird zu 100 v.H. durch die Melkeinheiten verursacht. Erst im 2. Nutzungsjahr treten bei den anderen Baugruppen kleinere Reparaturen auf, deren Anteil sich aber mit zunehmender Nutzungsdauer immer mehr vergrößert. Während sich der Anteil der Melkeinheiten innerhalb von 9 Nutzungsjahren von 100 v.H. auf etwa 50 v.H. halbiert, nehmen die übrigen Baugruppen von 0 v.H. auf die genannten Werte zu. Mit einer weiteren Ausdehnung der Nutzungsdauer wird sich diese Entwicklung sicher fortsetzen. Der Rückgang des relativen Anteils der Melkeinheiten und die Zunahme der Anteile der anderen Baugruppen ist ebenso bei der Reparaturkostensumme der 3 Fabrikate festzustellen. Das Ausmaß der Zu- bzw. Abnahme ist jedoch von Fabrikat zu Fabrikat verschieden. Auf eine weitere Erläuterung von Abbildung 44 wird verzichtet, da diese im Grunde nur alles, was bisher schon zum Reparaturverhalten der 3 Fabrikate aufgezeigt wurde, in relativen Bezügen nochmals verdeutlicht.

3.1.5.5 Reparaturmengengerüst der Melkeinheiten

Außer einer Beschreibung des monetären Reparaturverhaltens können über das ermittelte Reparaturmengengerüst auch die naturalen Verbrauchsmengen untersucht werden. Dies ist als ein entscheidender Vorteil der vorgestellten Erhebungsmethode zu betrachten. Exemplarisch soll diese Möglichkeit am Mengengerüst der Melkeinheiten aufgezeigt werden, weil einerseits die Melkeinheiten die größten Kostenverursacher sind und andererseits die Melkeinheit für eine derartige Untersuchung aufgrund der geringen Zahl an Einzelteilen die besten Voraussetzungen bietet. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

1. Wieviele Ersatzteile werden insgesamt benötigt ?
2. Welche Ersatzteile sind die Hauptkostenverursacher ?
3. Wie können die Unterschiede in den Reparaturkosten zwischen den Fabrikaten erklärt werden ?

Die Untersuchung des Materialverbrauchs der Melkeinheiten zeigt, daß nur wenige Ersatzteile ausreichen, um einen Großteil der Reparaturkostensumme zu erklären. In Tabelle 11 sind die entsprechenden Angaben zusammengestellt. Allein 80 v.H. der 9-jährigen Reparaturkostensumme aller 3 Fabri-

kate werden durch 4 bzw. 5 Ersatzteile hervorgerufen. Darunter ist natürlich nicht die verbrauchte Stückzahl der einzelnen Ersatzteile zu verstehen, sondern es ist nur die Summe der verschiedenen Ersatzteilpositionen gemeint. Um 95 v.H. der Reparaturkostensumme erklären zu können, werden immerhin nur 12 bzw. 14 bzw. 8 Ersatzteile benötigt. Insgesamt sind für alle Reparaturmaßnahmen an der Melkeinheit von Fabrikat A 46, an der vom Fabrikat B 62 und an der von Fabrikat C 24 verschiedene Ersatzteile erforderlich.

Tabelle 11: Zahl der zur Erklärung der 9-jährigen Reparaturkostensumme notwendigen Einzelersatzteile

rel. Anteil an der Rep.-kostensumme (v.H.)	Fabrikat A (n = 77)	B (n = 157)	C (n = 32)
80	5	4	4
90	8	8	6
95	12	14	8
99	26	28	15
100	46	62	24

Auffallend ist dabei, daß die Zahl der notwendigen Ersatzteile mit der Zahl der untersuchten Baugruppen korreliert, d.h., je höher die Zahl der untersuchten Baugruppen ist, desto mehr verschiedene Ersatzteile müssen für Reparaturen aufgewendet werden. Demgegenüber steigt mit zunehmender Probandenzahl der Anteil der Bauteile, die nur minimal an der Entstehung der Reparaturkostensumme beteiligt sind. So liefern bei Fabrikat A 43 v.H. aller verbrauchten Ersatzteile nur einen Betrag von 1 v.H. der gesamten Reparaturkostensumme, bei Fabrikat B liegt der Anteil sogar bei 55 v.H. und bei Fabrikat C bei 38 v.H. Die Erklärung dafür, daß mit zunehmender Zahl an untersuchten Baugruppen immer mehr Ersatzteile im Mittel immer weniger erklären, liegt darin, daß mit größer werdender Stichprobenzahl auch die Wahrscheinlichkeit größer wird, daß Zufallsreparaturen auftreten. Nach der "Badewannenkurve" (siehe Abb. 20) ist ein Teil der Ausfälle während

der Nutzungszeit rein zufällig; diese Zufallsausfälle mehren sich natürlich mit dem Umfang der Stichprobe. Zwar haben die Zufallsausfälle auf die mittlere Reparaturkostensumme sehr wenig Einfluß, doch sind sie für die Einzelanlage nicht unbedeutend.

Auf die Frage, ob der Ausfall bestimmter Bauteile verschleißbedingt oder zufallsbedingt ist, kann deshalb eindeutig festgestellt werden, daß alle Bauteile, die einen mittleren bis großen Anteil an der Reparaturkostensumme erklären, durch Verschleiß und nicht durch Zufall ausfallen.

Da die Verschleißausfälle bedeutend sind, gilt es zu ermitteln, welche Ersatzteile die Hauptkostenverursacher sind. Deshalb sind in Tabelle 12 die naturalen und monetären Verbrauchsdaten der 9-jährigen Nutzungsdauer zusammengestellt. Dabei zeigt sich zuerst, daß der Zitzengummiverbrauch hinsichtlich seiner Menge und seines Kostenanteils dominierend ist. So beträgt der Anteil der Kosten für Zitzengummiersatz an der gesamten Reparaturkostensumme bei Fabrikat A und C etwa 50 v.H., bei Fabrikat B allerdings nur 30 v.H. Die verbrauchte Menge mit etwa 4,5 bis 5 Sätzen während einer 9-jährigen Nutzung ist mehr oder weniger gleich; dies bedeutet, daß in der Praxis im Durchschnitt alle 1,8 bis 2 Jahre ein Zitzengummiwechsel vorgenommen wird. Ähnliche Ergebnisse erbringt auch eine Untersuchung an einer kleineren Stichprobe /101/.

In der Rangfolge der Hauptkostenverursacher liegt das Ersatzteil langer Milchschlauch bei Fabrikat A und C an 2. Stelle und bei Fabrikat B an 3. Stelle. Dessen relativer Kostenanteil liegt zwischen 15 bis 20 v.H. Das Ersatzintervall hat sich im Vergleich zum Satz Zitzengummi etwa verdoppelt. Nochmals verdoppelt wird der Ersatzzeitraum für den langen Vakuumschlauch, der etwa 5 bis 10 v.H. der Reparaturkostensumme ausmacht. Von der Menge der verbrauchten Einheiten her sind die Verbrauchsdaten für den Satz kurze Vakuumschläuche bisher am uneinheitlichsten; deren Anteil ist jedoch mit 2 bis 5 v.H. gering. Deutliche Unterschiede zwischen den Fabrikaten kommen beim Ersatzteil Pulsator zum Vorschein. Während eine Melkeinheit von Fabrikat A oder C in 9 Jahren Nutzung keinen neuen Pulsator benötigt, muß bei Fabrikat B in 81 von 100 Melkeinheiten in der gleichen Zeitspanne ein neuer Pulsator eingebaut werden. Deshalb rückt das Ersatzteil Pulsator bei Fabrikat B an die 1. Stelle der Kostenverursacher. Auch im Verbrauch an Monteurstunden unterscheiden sich die einzelnen Fabrikate

Tabelle 12: Verbrauch an ausgewählten Ersatzteilen bei der Melkeinheit bis zum 9. Nutzungsjahr

Ersatzteil	Fabrikat	Anzahl	Kosten (DM)	rel. Anteil an Rep.-kostensumme (v.H.)
Satz Zitzengummi mit kurzen Milchschläuchen	A	4,92	165,66	52,2
	B	4,35	169,58	29,2
	C	5,21	164,84	47,6
langer Milchschlauch	A	2,18	61,09	19,3
	B	2,57	87,01	15,0
	C	2,15	61,22	17,7
langer Vakuumschlauch	A	1,33	23,14	7,3
	B	1,03	31,43	5,4
	C	1,43	31,03	9,0
Satz kurze Vakuumschläuche	A	2,94	14,62	4,6
	B	1,92	10,31	1,8
	C	3,80	20,60	5,9
Pulsator	A	0,03	9,90	3,1
	B	0,81	185,03	31,8
	C	0,00	0,00	0,0
Monteurstunde	A	0,19	9,23	2,9
	B	0,76	36,93	6,4
	C	0,42	20,41	5,9
Summe aus diesen 6 wichtigen Ersatzteilen	A	-	283,64	89,5
	B	-	520,29	89,6
	C	-	298,01	86,0
Reparaturkostensumme Gesamt	A	-	317,1	100,0
	B	-	581,0	100,0
	C	-	346,6	100,0

stärker. Ihr Einfluß auf die gesamte Reparaturkostensumme ist allerdings nicht sehr bedeutend. Wenn nun die Einzelkosten der 6 wichtigsten Ersatzteile zusammengezählt werden, so können allein dadurch bereits 85 bis 90 v.H. der gesamten Reparaturkostensumme erklärt werden.

Anhand von Tabelle 12 kann auch die Frage nach den Gründen für die Unterschiede in den Reparaturkosten zwischen den Fabrikaten eindeutig beantwortet werden. Wie daraus errechnet werden kann, werden durch den Ersatz der

4 Gummiteile zwischen 265,- und 298,- DM Gesamtausgaben verursacht. Die Unterschiede zwischen den Herstellern sind also noch gering, obwohl die Ersatzteilpreise von Fabrikat B etwas höher liegen. Diese Tatsache wird allerdings durch den etwas geringeren Stückverbrauch fast verdeckt. Die bei weitem größten Unterschiede jedoch werden durch den Pulsatorersatz hervorgerufen. Allein dadurch können bereits etwa 70 v.H. der ursprünglichen Kostendifferenz erklärt werden. Die höhere Reparaturkostensumme der Melkeinheiten von Fabrikat B ist also hauptsächlich auf den vermehrten Pulsatorersatz zurückzuführen. Hinzu kommt noch der etwa 0,4 Stunden höhere Arbeitsaufwand, der jedoch von der Größenordnung her nur eine geringe Rolle spielt.

Somit kann über das Reparaturmengengerüst eine Schwachstellenanalyse durchgeführt werden, mit der die bedeutendsten Reparaturteile herausgefunden und auch die Unterschiede zwischen den Fabrikaten kausal ergründet werden können.

3.1.5.6 Veränderung des Reparaturmengengerüstes

Das Vorhandensein eines Reparaturmengengerüstes bietet weiter die Möglichkeit, die naturalen Reparaturverbrauchsdaten in einfacher Form sinnvoll zu verändern. Dies soll am Gummiverbrauch der Melkeinheit demonstriert werden.

Wie im Kapitel 3.1.5.5 festgestellt werden konnte, wurden bei den untersuchten Melkeinheiten während einer 9-jährigen Nutzungsdauer etwa fünfmal die Zitzengummis ersetzt (Tab. 12). Dem steht jedoch die Forderung gegenüber, daß alle beweglichen Gummiteile der Melkanlage mindestens halbjährlich auszuwechseln sind, weil alte und rissige Zitzengummis sowohl die Eutergesundheit als auch die Milchqualität negativ beeinflussen können /30/. Dies führt möglicherweise sogar zu Abzügen bei der Milchbezahlung. Um dieser Forderung nachzukommen und ihren Einfluß auf die Reparaturkosten einer Melkeinheit zu untersuchen, wird das für eine Melkeinheit ermittelte Reparaturgerüst dahingehend verändert, daß ein halbjährlicher Zitzengummiwechsel und ein jährlicher Wechsel des langen Milchschlauches unterstellt wird.

Die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Reparaturkostensumme einer Melkeinheit sind in Abbildung 45 wieder für die 3 Fabrikate und den Mittelwert dargestellt. In erster Linie ist eine deutliche Kostenerhöhung festzustellen. Die mittlere Reparaturkostensumme nach 9 Nutzungsjahren liegt bemerkenswerte 140 Prozent über dem Ausgangswert. Die Charakteristik der "korrigierten" Reparaturkostensumme hat sich jedoch kaum verändert. Nach wie vor bleibt die Melkeinheit von Fabrikat B die reparaturaufwendigste Baugruppe, während die Vertreter von Fabrikat A und C am Ende der untersuchten Nutzungsdauer ebenfalls wie vorher gleichauf liegen. Der jährliche Reparaturkostenanstieg hat sich eher noch mehr in Richtung Linearität verändert; denn jetzt fällt eine vergleichsweise hohe, jährlich gleichbleibende Auszahlung an.

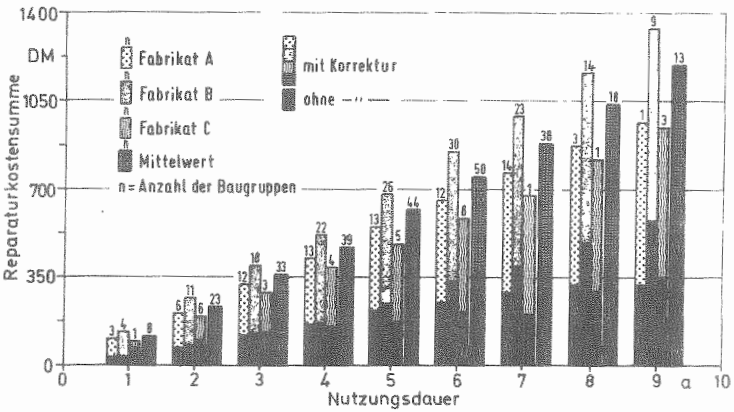


Abbildung 45: Reparaturkostensumme einer Melkeinheit in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer (Gummiteile korrigiert; 280 Baugruppen; Preisstand 1982)

Betragen die Herstellerunterschiede zwischen der billigsten und teuersten Melkeinheit vor der "Korrektur" etwa 250,- DM, so steigt dieser Betrag nach der Korrekturmaßnahme auf etwa 370,- DM an. Wie bereits in Tabelle 12 gezeigt wurde, können von diesem Differenzbetrag etwa 180,- DM durch erhöhten Pulsatorverschleiß erklärt werden. Vom verbleibenden Rest können weiter etwa 90 v.H. dadurch erklärt werden, daß die Ersatzteilpreise von Fabrikat B für die genannten Gummiteile eindeutig höher sind. Auf die Gründe für die höheren Ersatzteilpreise kann hier nicht eingegangen wer-

den. Fest steht jedoch, daß die höhere Reparaturkostensumme bei der Melkeinheit von Fabrikat B nicht nur durch einen höheren Ersatzteilbedarf (Pulsator), sondern auch durch höhere Ersatzteilpreise (Gummiteile) bedingt ist.

Die Bedeutung des Zitzengummiverbrauchs für die Reparaturkostenhöhe hat sich mit der Veränderung des Reparaturgerüstes noch vergrößert. Laut Tabelle 12 beträgt der Anteil der Kosten für Zitzengummiersatz an der gesamten Reparaturkostensumme einer 9-jährigen Nutzungsdauer bei Fabrikat A 52 v.H., bei Fabrikat B 30 v.H. und bei Fabrikat C 48 v.H. Bei einem halbjährlichen Zitzengummiwechsel wächst dieser Anteil auf weit über 50 v.H., bei Fabrikat A beträgt die entsprechende Verhältniszahl 65 v.H., bei Fabrikat B 53 v.H. und bei Fabrikat C 60 v.H. Damit hat der Zitzengummiverbrauch nicht nur bei der einzelnen Melkeinheit, sondern auch bei der Gesamtanlage eine dominierende Stellung inne.

Da ein halbjährlicher Zitzengummiwechsel und ein jährlicher Wechsel des langen Milchschlauches die Reparaturkosten entscheidend erhöhen, stellt sich die Frage, ob ein verstärkter Materialeinsatz auch ökonomisch sinnvoll ist. An einem kleineren Beispiel soll diese Fragestellung kurz geklärt werden. Dazu wird ein Betrieb mit

- einem Kuhbestand von 30 Kühen,
- einer Milchanlieferung bei der Molkerei von 5000 kg/Kuh und Jahr und
- einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten unterstellt.

Werden die empfohlenen Austauschintervalle für die genannten Gummiteile eingehalten, so kommen auf diesen Betrieb jährlich etwa 500,- DM Mehrkosten zu. Mehrkosten sind grundsätzlich nur dann gerechtfertigt, wenn eine Erhöhung der Milchqualität oder bzw. und der Milchmenge erreicht wird. Die genannten Mehrkosten von 500,- DM sind bereits dann wieder erwirtschaftet, wenn der Betrieb nur in 2 Monaten einen um 2 Pfennige höheren Milchauszahlungspreis erreicht. Will sich andererseits der Betrieb diese Mehrkosten sparen und bekommt er deshalb dreimal im Jahr einen um 2 Pfennige schlechteren Auszahlungspreis, so erleidet er bereits einen Verlust von 250,- DM. Auch dieses kleine Beispiel zeigt wieder, welche Alternativrechnungen möglich sind, wenn mit Hilfe des Reparaturmengengerüstes mehr Transparenz bei den Reparaturkosten erreicht wird.

3.1.5.7 Ersatzteilkosten und Lohnkosten bei einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten

Aufgrund der Trennung der Reparaturdaten in naturale und monetäre Aufwandsposten besteht auch die Möglichkeit, den Anteil der Materialkosten und der Arbeitskosten an der gesamten Reparaturkostensumme zu untersuchen, wobei hier die Eigenleistung des Betriebes nicht in die Arbeitskosten miteinbezogen ist. Die Lohnkosten beinhalten somit nur alle Ausgaben, die mit dem Tätigwerden einer Fremdarbeitskraft notwendig werden.

Die Aufteilung der fabrikatspezifischen Reparaturkostensummen in Material- und Arbeitskosten konnte nur bis zum 8. Nutzungsjahr verfolgt werden und ist in Abbildung 46 wiedergegeben. Die unterschiedliche Reparaturkostenhöhe und die Besonderheiten bei Fabrikat C wurden schon in den vorausgehenden Abschnitten erläutert. Hier soll nur dem Verhältnis der Ersatzteilkosten und Lohnkosten etwas nachgegangen werden, da diese Möglichkeit auch eine Stärke der gewählten Auswertungsmethode ist.

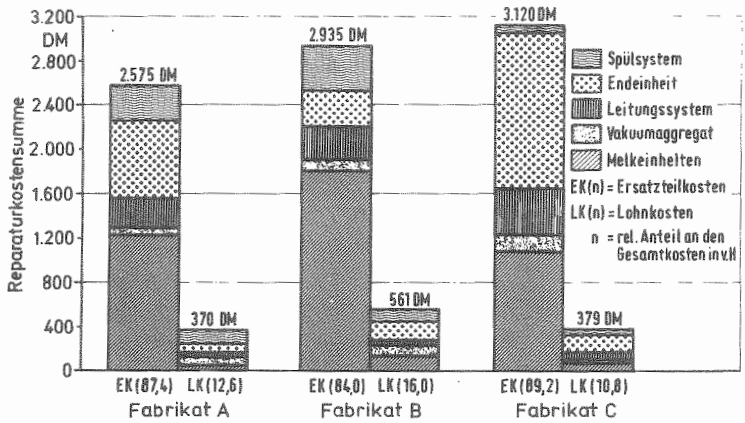


Abbildung 46: Ersatzteil- und Lohnkosten einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten (bis zum 8. Nutzungsjahr 1982)

Das Verhältnis von Ersatzteilkosten und Lohnkosten nach einer 8-jährigen Nutzung ist bei den 3 verschiedenen Fabrikaten auffallend gleich. Etwa 85 bis 90 v.H. der gesamten bisherigen Reparaturausgaben werden allein für den Zukauf von neuen Ersatzteilen benötigt. Demgegenüber ist der Anteil der Lohnkosten mit 10 bis 15 v.H. an der Reparaturkostensumme bescheiden. Die Struktur der Ersatzteilkosten entspricht im wesentlichen dem Aufbau der gesamten Reparaturkostensumme. Die Lohnkosten dagegen weisen in der Bedeutung der einzelnen Baugruppen eine ganz andere Struktur auf. Bei Fabrikat A verursacht das Spülsystem die meisten Lohnkosten, bei Fabrikat B und C dagegen die Endeinheit.

Um auch bei den einzelnen Baugruppen dem Verhältnis der Ersatzteil- und Lohnkosten nachgehen zu können, wurden in Tabelle 13 die entsprechenden Relativzahlen der 3 Fabrikate zusammengestellt. Dabei zeigen sich innerhalb der Baugruppen Unterschiede, die deutlich von dem Ersatzteil-Lohnkosten-Verhältnis der Gesamtanlage abweichen. Als die beiden Extreme sind das Vakuumaggregat und die Melkeinheit zu nennen, wobei das Vakuumaggregat von Fabrikat C ausgenommen werden muß. Bei der Melkeinheit werden die Reparaturkosten zu etwa 95 v.H. allein durch den Materialverbrauch bestimmt, während beim Vakuumaggregat über 50 v.H. der Gesamtkosten durch Fremdlöhne verursacht werden.

Diese Feststellungen lassen sich dadurch erklären, daß beim Vakuumaggregat hauptsächlich Reparaturen an der Vakuumpumpe notwendig waren, die von einem Fachmann durchgeführt werden mußten, während bei der Melkeinheit der Austausch von Gummiteilen, der den Hauptteil der Reparaturen ausmacht, vom Landwirt selbst vogenommen werden kann. Bei den anderen Baugruppen steht ebenfalls der Ersatzteilverbrauch im Vordergrund. Beim Leitungssystem bewegt sich das Verhältnis in ähnlichen Größenordungen wie bei der Gesamtanlage. Bei den beiden anderen Baugruppen zeigen sich größere Abweichungen vom Verhältnis der Gesamtanlage. Das Spülsystem benötigt zwar im Mittel etwas mehr Lohnaufwand als die Endeinheit, aber beherrschend ist sowohl innerhalb der 2 Baugruppen als auch innerhalb der 3 Fabrikate der Ersatzteilverbrauch.

Die Kenntnis des Verhältnisses von Ersatzteilkosten zu Lohnkosten bedeutet für den Einzelbetrieb, daß weitere Anstrengungen in die Richtung, Reparaturen an der Anlage selbst durchzuführen, die Reparaturkosten nicht mehr

Tabelle 13: Anteile der Ersatzteilkosten und Lohnkosten an der gesamten Reparaturkostensumme nach 8 Nutzungsjahren für die Baugruppen und die Gesamtanlage (siehe Anhangstabellen 7, 8, 9)

Baugruppe	Fabrikat A		Fabrikat B		Fabrikat C	
	rel. Ersatzteil-kosten (v.H.)	rel. Lohn-kosten (v.H.)	rel. Ersatzteil-kosten (v.H.)	rel. Lohn-kosten (v.H.)	rel. Ersatzteil-kosten (v.H.)	rel. Lohn-kosten (v.H.)
Vakuum-aggregat	41,5	58,5	49,3	50,7	85,3	14,7
4 Melk-einheiten	96,9	3,1	93,2	6,8	93,0	7,0
Leitungs-system	87,8	12,2	85,2	14,8	87,9	12,1
Endeinheit	90,2	9,8	69,6	30,4	89,6	10,4
Spülsystem	71,3	28,7	78,3	21,7	56,5	43,5
Gesamtanlage	87,4	12,6	84,0	16,0	89,2	10,8

entscheidend verringern können. In eine andere Richtung gedeutet besagen diese Zusammenhänge, daß sich Preissteigerungen bei Ersatzteilen bei weitem stärker auf die Gesamtkosten auswirken als prozentual gleiche Steigerungsraten bei den Stundenverrechnungssätzen des Reparaturhandwerks. Dies widerspricht zumindest bei Melkanlagen eindeutig der derzeitigen öffentlichen Diskussion /31,107/, wo der Stundenverrechnungssatz meist mehr im Vordergrund steht als der Ersatzteilpreis.

3.1.5.8 Reparaturkostenfunktionen

Nach der mehr quantitativen Betrachtung der monetären und naturalen Verbrauchsvorgänge sollen nun die gefundenen Beziehungen zwischen Reparaturkostenhöhe und Nutzungsdauer in mathematischen Funktionen ausgedrückt werden. Die wesentlichen Vorteile einer funktionellen Darstellungsform liegen darin, daß

1. schon allein durch die mathematische Funktion die Abhängigkeiten zwischen Reparaturkosten und Nutzungsdauer zum Ausdruck kommen,
2. das Reparaturverhalten nicht nur wie mit der Tabelle für einen bestimmten Zeitpunkt der Nutzungsdauer, sondern für die ganze Nutzungsdauer angegeben werden kann, und daß
3. über den Untersuchungszeitraum hinaus auch Schätzwerte für das Reparaturverhalten prognostiziert werden können.

Zur mathematischen Darstellung der ermittelten Zusammenhänge eignet sich besonders die in Abbildung 31 vorgestellte Formel, weil durch Verändern der 3 Konstanten (C_0, C_1, C_2) eine sehr anpassungsfähige Funktion zur Verfügung steht, die mit nur 3 bekannten Größen die Reparaturkostensumme während der ganzen Nutzungsdauer beschreiben kann.

Da für jede Baugruppe die entsprechende Reparaturkostensumme bekannt ist, würde es einen Informationsverlust bedeuten, wenn Reparaturkostenfunktionen nur für bestimmte Gesamtanlagen berechnet würden und nicht für jede Baugruppe. Zwar erhöht sich der Rechenaufwand, wenn für jede Baugruppe eine Reparaturkostenfunktion ermittelt wird, dafür aber ist auch der Anwendungsbereich größer, weil unabhängig von der Zahl der Melkeinheiten für jede Melkanlage die Kalkulation der Gesamtreparaturen möglich ist. Dazu müssen nur die einzelnen Reparaturkostenfunktionen additiv miteinander verknüpft werden.

Da verständlicherweise nicht auf die Reparaturkostenfunktionen aller Baugruppen eingegangen werden kann, wird stellvertretend die Reparaturkostenfunktion der mittleren Reparaturkostensumme der Endeinheit näher erläutert. Um die Reparaturkostenfunktionen bestimmen zu können, sind umfangreiche Regressionsrechnungen notwendig. Problematisch gestaltet sich dabei die Auswahl derjenigen Regressionsgleichung, die den Verlauf der Reparaturkostensumme am besten wiedergibt. Grundsätzlich ist von der Vielzahl der möglichen Schätzgleichungen diejenige auszuwählen, die sich dem Kurvenverlauf am besten anpaßt. Als Auswahlkriterium für die beste Schätzgleichung dient das Bestimmtheitsmaß, das als Maß für die Güte der Regression gilt /24/. Einschränkend muß jedoch hervorgehoben werden, daß die gefundene Gleichung nur dann angewendet werden darf, wenn die Residuen normalverteilt sind.

Aus Abbildung 47 ist für die Endeinheit die ermittelte Reparaturkostensumme und die gefundene Schätzgleichung ersichtlich. Mit Hilfe der drei geschätzten Koeffizienten kann der Verlauf der Reparaturkostensumme eindeutig beschrieben werden. Der negative Achsenabschnitt darf nicht so interpretiert werden, daß zu Beginn der Nutzungsdauer negative Reparaturausgaben, also Reparatureinnahmen auftreten. Vielmehr ist dabei zu beachten,

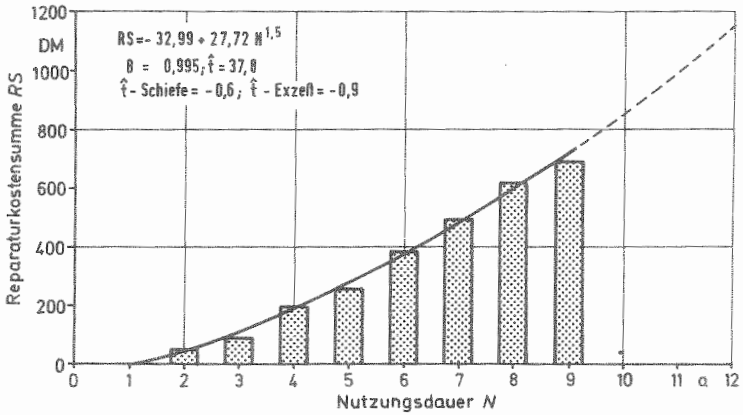


Abbildung 47: Reparaturkostenfunktion für die mittlere Reparaturkostensumme der Endeinheit (Preisstand 1982)

daß eine 1- oder 2-jährige reparaturlose Anfangszeit unter Umständen zu einer Schätzgleichung führen kann, die einen negativen Achsenabschnitt hat, der aber meist sehr klein ausfällt und meist schon nach dem ersten Nutzungsjahr durch den Grenzanstieg aufgehoben wird. Dennoch sollte diese Gleichung verwendet werden, weil sie insgesamt betrachtet am besten den gefundenen Kurvenverlauf wiedergibt. Sollte deshalb die mit der Funktion berechnete Reparaturkostensumme am Anfang der Nutzungsdauer negativ sein, so muß sie gleich Null gesetzt werden. Dieser Fall tritt aber mehr oder weniger nur zum Zeitpunkt Null auf. Der negative Achsenabschnitt ist andererseits auch als positive Hilfsgröße zu werten, weil daran die Länge der reparaturlosen Zeit zu Beginn der Nutzungsdauer erkannt werden kann.

Das hohe Bestimmtheitsmaß von nahezu 1 besagt zwar rein statistisch, daß die Abweichung der beobachteten Werte von den Schätzwerten nahezu Null ist, darf aber nicht so gedeutet werden, daß die Reparaturkosten in der Praxis nur minimal streuen. Das hohe Bestimmtheitsmaß ist vielmehr durch die getroffenen Unterstellungen bedingt, nach denen die Reparaturkostensumme aus den mittleren jährlichen Reparaturgrenzkosten bestimmt wird. Dadurch wird natürlich die Streuung erheblich verringert; deshalb darf das Bestimmtheitsmaß auf keinen Fall überbewertet werden. Es dient hier nur zur Auswahl der besten Schätzgleichung und kann nichts über die Streuung aussagen.

In Wirklichkeit streuen die jährlichen Reparaturausgaben beträchtlich, wie in Tabelle 14 zu sehen ist. Die Standardabweichung als Streuungsmaß ist im Vergleich zum Mittelwert ziemlich groß und in ihrer Größe dadurch bedingt, daß in den jeweiligen Altersklassen meist 50 v.H. der Baugruppen keine Reparaturausgaben haben, daß einige Baugruppen mit ihren Jahresreparaturen im Bereich des Mittelwertes liegen, daß aber ein

Tabelle 14: Statistische Kenngrößen der Jahresreparaturen von allen untersuchten Endeinheiten (259 Baugruppen; Preisstand 1982)

Nutzungsjahr	Anzahl Baugruppen	Mittelwert (DM)	Standardabweichung (DM)	Minimalwert (DM)	Maximalwert (DM)
1	2	3	4	5	6
1	6	0,0	0,0	0,0	0,0
2	21	50,5	113,2	0,0	449,0
3	33	38,0	76,0	0,0	284,1
4	38	109,4	266,8	0,0	1290,0
5	45	58,6	150,6	0,0	951,9
6	48	128,5	286,1	0,0	1582,0
7	39	110,6	240,5	0,0	1192,2
8	15	125,5	285,7	0,0	1081,8
9	8	69,9	136,4	0,0	370,0

nicht unerheblicher Rest von Baugruppen immer relativ große Reparaturausgaben erfordert. So ist der Maximalwert in Spalte 6 von Tabelle 14 im Extremfall sogar um mehr als das Zehnfache größer als der Mittelwert.

Die große Streuung der Jahresreparaturen ist auch durch den 1-jährigen Erhebungszeitraum bedingt. Hätten 2- oder gar 3-jährige Aufzeichnungen zur Verfügung gestanden, so würde dies sicherlich zu einer Verringerung der Streuung führen; dann nämlich wäre mit Sicherheit die Zahl der Baugruppen deutlich geringer, die innerhalb von 2 oder 3 Jahren keine Reparaturausgaben haben. Da die 1-jährigen Reparaturkosten bedingt durch die vielen Nullwerte nicht normalverteilt sind, kann auch die Streuung der Reparaturkostensumme gemäß dem Additionstheorem der Normalverteilung nicht ermittelt werden. Dies wiederum bedeutet, daß mindestens 2- oder noch besser 3-jährige Reparaturaufzeichnungen notwendig sind, wenn auch die Streuung der Reparaturkostensumme ermittelt werden soll.

Aus den einzelnen Reparaturkostenfunktionen läßt sich ohne Schwierigkeit die Reparaturkostensumme einer Gesamtanlage beispielsweise mit 4 Melkeinheiten berechnen. Zur Veranschaulichung sind die entsprechenden Funktionen und deren Summenverlauf in Abbildung 48 dargestellt. Auffallend ist dabei wieder, daß die Reparaturkostensummen der einzelnen Baugruppen unterschiedlich stark progressiv ansteigen. Die Reparaturkostensumme der 4 Melkeinheiten wächst am wenigsten progressiv. Die Begründung dafür liegt darin, daß bei den Melkeinheiten ein großer Kostenanteil durch den jährlich fast gleichbleibenden Verschleiß an Gummiteilen hervorgerufen wird. Bei den anderen Baugruppen konzentrieren sich die notwendigen Reparaturen mehr oder weniger stark auf die späteren Nutzungsjahre, während die Anfangsjahre nur vergleichsweise geringe Reparaturausgaben verursachen. Die Verteilung der Reparaturausgaben während der Nutzungsdauer kann in einfacher Weise an der Größe des Exponentes der Reparaturkostenfunktion erkannt werden. Je höher dieser Exponent ist, desto später fallen die Hauptreparaturen an, und umgekehrt, je mehr der Exponent gegen 1 zugeht, desto gleichmäßiger ist der Reparaturkostenanfall.

Wie auch aus Abbildung 48 hervorgeht, ist es mit erheblichem Rechenaufwand verbunden, wenn die Reparaturkostenzusammenhänge in derartigen mathematischen Funktionen dargestellt werden. Dennoch wird wegen der genannten Vorteile nicht darauf verzichtet, denn der Rechenaufwand kann elektronischen Rechenanlagen übertragen werden.

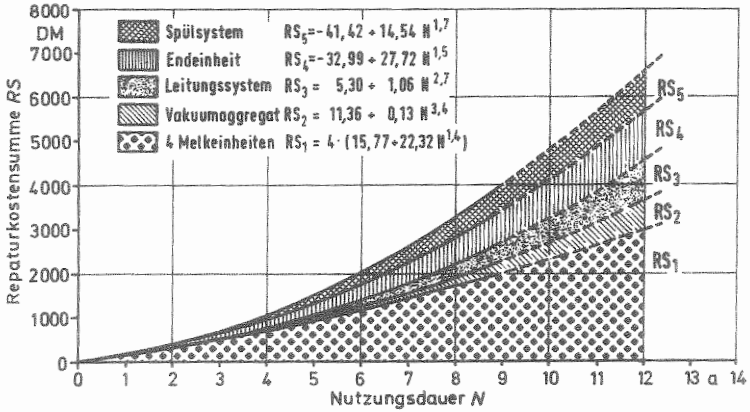


Abbildung 48: Reparaturkostenfunktionen für eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten (Mittel; Preisstand 1982)

3.1.5.9 Vergleich mit anderen Reparaturkostendaten

Nach diesen vielfältigen Analysen lassen sich nun die gefundenen Reparaturdaten mit anderen Untersuchungsergebnissen vergleichen. Einschränkend muß jedoch zuvor festgestellt werden, daß sich die bisherigen empirischen Reparaturkostenuntersuchungen mehr mit Maschinen der Außenwirtschaft, speziell Schleppern und Mähdreschern, beschäftigt haben und deshalb kaum Angaben zum Reparaturverhalten von Melkanlagen vorhanden sind. Als einzig bedeutende Untersuchung kann nur die Arbeit von SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ und 1969 /76/ genannt werden, dessen Ergebnisse vom KTBL fortgeschrieben wurden.

Da SCHAEFER-KEHNERT auch ein Reparaturmengengerüst ermittelt hat, können dazu einige Vergleiche gezogen werden. In Tabelle 15 sind dessen naturale Reparaturdaten für eine Eimermelkanlage mit 2 Melkeinheiten zusammengestellt. Obwohl sich die damaligen und die heutigen Melkanlagen in vielfältiger Form unterscheiden, kann als Gemeinsamkeit festgehalten werden, daß

Tabelle 15: Reparaturmengengerüst einer Eimermelkanlage mit 2 Melkeinheiten nach SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/

Art der Reparatur	nach Jahren	Reparaturkosten insgesamt (DM)	Reparaturkosten pro Jahr (DM)
1	2	3	4
1. Gummiersatz:			
a) 16 Zitzengummi á 3,- DM 16 kurze Milchschläuche á 0,75 DM	1	60,-	60,-
b) 8 kurze Luftschläuche á 0,75 DM	2	6,-	3,-
c) 4 lange Luftschläuche á 1,50 DM 2 lange Milchschläuche á 3,- DM 2 Gummidichtungen für Eimerdeckel á 1,50 DM	3	15,-	5,-
d) 2 lange Luftschläuche	4	8,-	2,-
2. Reparaturen am Pulsator	3	60,-	20,-
3. Reparaturen an Vakuumpumpe, Motor und sonstiges	6	250,-	42,-
Summe		399,-	132,-

die Melkeinheiten bei weitem die bedeutendsten Kostenverursacher sind. Das Übergewicht der Melkeinheiten ist aber bei den SCHAEFER-KEHNERT'schen Werten noch stärker ausgeprägt. Wird das Mengengerüst von SCHAEFER-KEHNERT auf eine Eimeranlage mit 4 Melkeinheiten übertragen, so steigt der Kostenanteil, den die Melkeinheiten bedingen, auf etwa 80 v.H. der gesamten jährlichen Reparaturkosten. Wie aus Abschnitt 3.1.5.4 hervorgeht, werden dagegen bei einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten nur etwa die Hälfte der Reparaturkosten durch die Melkeinheiten verursacht. Die beachtliche Abweichung ist zu einem gewissen Teil sicher dadurch zu erklären, daß die Eimeranlage von SCHAEFER-KEHNERT weder eine Endeinheit (Baugruppe 4), noch ein automatisches Spülsystem (Baugruppe 5) und nur einen Teil des Leitungssystems besitzt. Das Fehlen dieser Baugruppen führt zwangsläufig dazu, daß bei den SCHAEFER-KEHNERT'schen Werten das Gewicht der Melkeinheiten größer sein muß.

Eine genaue Betrachtung des Mengengerüstes von SCHAEFER-KEHNERT zeigt weiter, daß zwar der Gummiersatz der Melkeinheit sehr ausführlich beschrieben ist, daß aber bei den anderen Reparaturangaben nur mehr der Ort der Reparatur und der monetäre Gegenwert aufgeführt sind. Daraus können weder die naturalen Verbrauchsmaterialien noch deren Einzelkosten herausgelesen werden. Im Gegensatz dazu ist das Mengengerüst, das nach der beschriebenen Auswertungsmethode ermittelt werden kann, auch für die anderen Baugruppen so differenziert aufgebaut wie der Gummiersatz bei SCHAEFER-KEHNERT. Die genaue Aufschlüsselung des Materialverbrauchs wird sich auch bei der Fortschreibung der Daten als Vorteil erweisen.

Aufbauend auf dem vorausgegangen naturalen Vergleich soll nun der Vergleich der monetären Reparaturdaten folgen. Als Vergleichsanlage dient wieder eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten, wie sie in Abschnitt 3.1.5.4 näher beschrieben wurde. Deren Reparaturkostensumme, berechnet und geschätzt aus den gefundenen Reparaturkostenfunktionen, geht aus Abbildung 49 hervor. In 15 Jahren Nutzung würden demnach Gesamtreparaturausgaben von etwa 10.000,- DM notwendig. Im Vergleich dazu liegt der Wert, der im KTBL-Taschenbuch/45/ für eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten angegeben ist, bei knapp 8.000,- DM oder 20 v.H. niedriger. Ob diese Unterschiede ausrüstungsbedingt sind, kann nicht geklärt werden, weil im KTBL-Taschenbuch dazu keine Angaben vorhanden sind. Die Unterschiede im Anstieg der Reparaturkostensumme können dagegen eindeutig dadurch erklärt werden, daß das Reparaturmodell nach SCHAEFER-KEHNERT, bedingt durch die gleichbleibenden Verschleißzeiten, zu einem linearen Kostenverlauf führen muß, während die empirischen Untersuchungen zu einem progressiv ansteigenden Verlauf kommen. Die Progression der Reparaturkostensumme in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer wird durch 2 Sachverhalte hervorgerufen:

1. durch die Zunahme von immer mehr reparaturbedürftigen Bauteilen, je älter die Anlage wird, und
2. möglicherweise auch durch eine Verkürzung der Verschleißzeiten der Einzelteile, weil das Zusammenspiel der Einzelteile mit zunehmender Nutzungsdauer immer unvollkommener wird.

Der Vergleich der beiden Kurvenverläufe ist jedoch nicht korrekt, weil bei der gefundenen Reparaturkostensumme kein halbjährlicher Zitzengummiwechsel angenommen wird, wie beim Mengengerüst von SCHAEFER-KEHNERT unterstellt

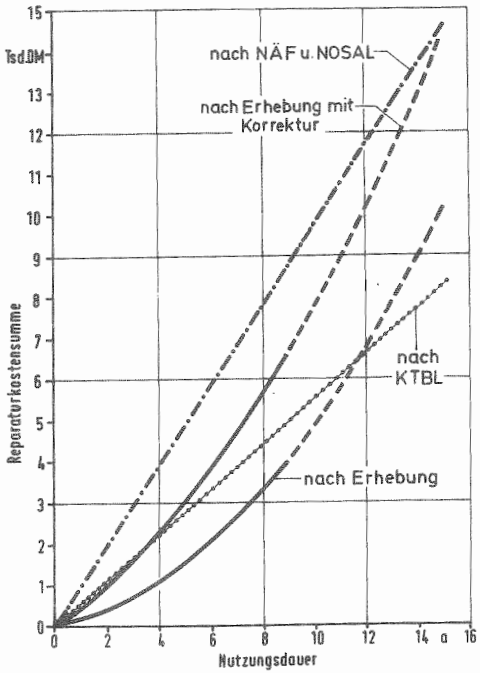


Abbildung 49: Vergleich der gefundenen Reparaturkostenfunktion mit anderen Angaben (Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten; Preisstand 1982)

ist. Wird deshalb das ermittelte Reparaturmengengerüst dahingehend korrigiert, daß ein halbjährlicher Wechsel der Zitzengummis und ein jährlicher Wechsel des langen Milchschlauches unterstellt wird, so liegt die erhaltene Reparaturkostensumme in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer ganz erheblich über dem bisherigen Kurvenverlauf (Abb. 49).

Zur Verdeutlichung dessen wurden die relativen Unterschiede in Tabelle 16 zusammengestellt. Dazu wird die erhobene Reparaturkostensumme ohne und mit Korrektur der Gummiteile dem KTBL-Taschenbuch-Wert gegenübergestellt. Wie schon aus Abbildung 49 ersichtlich ist, zeigt sich dabei, daß die erhobene Reparaturkostensumme ohne Korrektur bis zu 11 Nutzungsjahren unterhalb des bisherigen Normwertes liegt, dann aber mit zunehmender Nutzungsdauer die-

Tabelle 16: Relativer Vergleich der erhobenen Reparaturkostensumme mit der Reparaturkostensumme nach KTBL-Angaben (Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten; KTBL-Wert = 100)

Nutzungsjahr	Verhältnis der erhobenen Reparaturkostensumme zur Reparaturkostensumme nach KTBL-Angaben	
	ohne Korrektur	mit Korrektur
1	30,8	80,5
2	34,0	89,1
3	41,5	97,9
4	48,2	105,0
5	54,7	111,3
6	60,9	117,2
7	67,2	123,0
8	73,5	128,8
9	80,0	134,6
10	86,4	140,6
11	93,1	146,8
12	100,0	153,1
13	107,2	159,7
14	114,6	166,6
15	122,6	173,7

sen übertrifft und bei einer 15-jährigen Nutzung etwa 20 v.H. darüberliegt. Wird dagegen die Reparaturkostensumme mit Korrektur der Gummiteile zum Vergleich herangezogen, so sind mit Ausnahme einer sehr kurzen Nutzung die erhobenen Reparaturkosten immer höher, bei einer 9-jährigen Nutzungsdauer z.B. etwa 35 v.H. und bei einer 15-jährigen sogar 70 v.H. Da korrekterweise nur die zuletzt genannten Werte mit dem KTBL-Taschenbuch-Wert verglichen werden sollten, treten ähnlich wie bei den Schleppern (siehe 2.3.4.2) deutliche Differenzen zu den bisherigen Kalkulationsdaten auf,wobei jedoch einschränkend erwähnt werden muß, daß die Erhebung nur bis zum 9. Nutzungsjahr Daten liefern konnte und darüberhinaus der Verlauf der Reparaturkosten aufgrund der gefundenen Reparaturkostenfunktionen prognostiziert wurde.

Vielfach werden die Reparaturkosten in v.H. des Anschaffungspreises angegeben. In diesem Zusammenhang muß der Reparaturkostenfaktor erwähnt werden. Er ist definiert als Verhältnis von Reparaturkostensumme im Zeitpunkt der wirtschaftlichen Nutzungsdauer nach Arbeit geteilt durch den Neupreis. SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ gibt für die schon oben erwähnte Eimermelkanlage mit 2 Melkeinheiten einen Reparaturkostenfaktor von 1,1 an, was bedeutet, daß bei dieser Anlage mit einem Anschaffungswert von 2.000,- DM während einer 17-jährigen Nutzungsdauer Reparaturausgaben von insgesamt 2.200,- DM erwartet werden (Preisstand 1956/57). Dagegen errechnet sich mit den Werten, die im KTBL-Taschenbuch von 1982 für eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten angegeben sind, ein Reparaturkostenfaktor von nur 0,57. NÄF und NOSAL 1977 /58/ jedoch verwenden in ihren Untersuchungen über die Maschinenkosten von Melkständen mit 1,0 einen weit höheren Reparaturkostenfaktor, wobei sie allerdings nur von einer Nutzungsdauer von 10 Jahren ausgehen. Wenn diese Unterstellungen auf eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten, die laut KTBL- Taschenbuch einen Anschaffungspreis von 14.600,- DM hat, übertragen werden, so würde dies bereits nach 10 Jahren zu einer Reparaturkostensumme führen, die etwa auf dem Niveau liegt, das die untersuchten Melkanlagen auch mit Korrektur des Gummiverbrauchs erst nach 15 Jahren erreichen. Da dieses Reparaturkostenniveau zu hoch erscheint, wird die Nutzungsdauer auf 15 Jahre verlängert. Diese Maßnahme bewirkt, daß dieser Kurvenverlauf in etwa dem ermittelten korrigierten Verlauf folgt und damit auch deutlich über dem KTBL-Wert liegt.

Zur mehr überschlagsmäßigen Berechnung der Gesamtkosten von Melkanlagen verwendet WEBER 1980 /95/ einen Pauschalsatz von 20 v.H. des Anschaffungspreises und teilt diesen auf in

10 v.H. für Abschreibung
4 v.H. für Zinsansatz und
6 v.H. für Wartung, Reparaturen und Betriebsstoffe.

Werden 4 v.H. des Anschaffungspreises für Reparaturkosten angesetzt, so errechnet sich daraus eine Reparaturkostensumme nach 10 Jahren Nutzung von etwa 5.800,- DM, die damit etwa dem KTBL-Wert entspricht. Auch ZÄHRES 1975 /108/ verwendet zur Berechnung der Gesamtkosten von Melkständen Relativwerte und empfiehlt je nach Mechanisierungsgrad einen Ansatz von 3 bis 6 v.H. des Anschaffungspreises für Wartung und Reparaturen.

Alle diese Relativwerte können noch nicht endgültig beurteilt werden, weil der Anschaffungspreis der Melkanlagen erst ermittelt werden muß. Dennoch kann zusammenfassend schon jetzt festgehalten werden, daß die bisherigen KTBL-Daten für die Reparaturkostenberechnung und auch die genannten Relativwerte bezogen auf den Anschaffungspreis, der im KTBL-Taschenbuch genannt ist, meist zu niedrig sind.

3.1.6 Fortschreibung der Reparaturkostendaten

Da im vergangenen Jahrzehnt die Wirtschaftswirklichkeit durch verhältnismäßig große inflationäre Preissteigerungen gekennzeichnet war, müssen Wege gefunden werden, wie die Reparaturkostendaten diesen Erscheinungen angepaßt werden können. Dabei ist sowohl auf eine leichte Durchführbarkeit als auch auf eine wirklichkeitsnahe Fortschreibung zu achten.

Für eine realitätsbezogene Fortschreibung der Reparaturkostendaten ist das Vorhandensein eines Reparaturmengengerüstes mehr oder weniger unabdingbare Voraussetzung. Nur anhand des Materialverbrauches kann die Berücksichtigung der momentan geltenden Preisverhältnisse tatsächlich erfolgen.

Obwohl bei der Methode von SCHAEFER-KEHNERT auch ein Mengengerüst vorhanden ist, muß die Fortschreibung dort dennoch über die Hilfsgröße Anschaffungspreis vorgenommen werden, weil das Mengengerüst zu undifferenziert ist. Diesen Nachteil behebt die vorgeschlagene Auswertungsmethode dadurch, daß im ermittelten Mengengerüst die Verbrauchsmengen einzeln mit Ersatzteilnummer, Benennung und Preis wie in der Hersteller-Ersatzteilliste genau definiert sind. Deshalb können die vom Betrieb tatsächlich zu zahlenden Ersatzteilpreise für die Fortschreibung verwendet werden.

Da die jeweils geltenden Ersatzteilpreise für die Fortschreibung verwendet werden können, wird im folgenden kurz deren Preisentwicklung in den beiden letzten Jahren erläutert. Die Preissteigerung von 1980 auf 1982 ist für die benötigten Ersatzteile einzeln für die 3 Hersteller in Abbildung 50 in Form eines Säulendiagramms dargestellt. Demnach ist die Anpassung der Ersatzteilpreise an die Inflation nicht gleichmäßig verlaufen. Die Ersatzteilpreise von Hersteller A und B wurden im Mittel von 1980 auf 1982 etwa um 16 v.H. erhöht, während die Preissteigerungsrate für die Ersatzteile

von Hersteller C nur bei etwa 11 v.H. liegt. Im Vergleich dazu stieg der amtlich notierte Reparaturkostenindex von 1980 auf 1982 um etwa 12,3 v.H. Daraus läßt sich bereits erkennen, daß auch die Fortschreibung nach dem Reparaturkostenindex nur als Ersatzlösung zu betrachten ist.

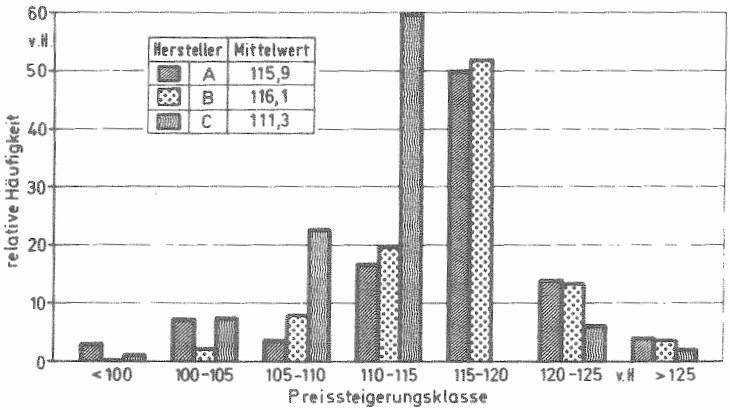


Abbildung 50: Preissteigerung der benötigten Ersatzteile von 1980 auf 1982 (3 Hersteller)

Innerhalb der 3 Ersatzteilgruppen konnten eindeutige Unterschiede herausgearbeitet werden. Obwohl die Preissteigerung für den Hauptteil der Ersatzteile (50-60 v.H.) im Bereich des jeweiligen Mittelwertes liegt, waren trotzdem bei einem sehr kleinen Teil auch Preisermäßigungen anzutreffen; allerdings stiegen die Preise für einige Ersatzteile auch um das Doppelte des Mittelwertes. Diese unterschiedliche Preisentwicklung der einzelnen Ersatzteile kann bei der Fortschreibung der Reparaturkostendaten nur dann berücksichtigt werden, wenn im Mengengerüst jedes einzelne Ersatzteil aufgeführt ist, was durch die vorgestellte Auswertungsmethode gewährleistet ist.

Da die Ersatzteile nicht alle um denselben Preissteigerungsfaktor verändert werden, darf die ermittelte Reparaturkostensumme nicht einfach um den oben gefundenen Steigerungsfaktor erhöht werden, weil darin immer nur eine Einheit des benötigten Ersatzteils berücksichtigt ist. Die korrekte Lösung des Fortschreibungsproblemes besteht darin, das erhobene Reparaturmengen-

gerüst mit den neuen Preisen zu versehen und diese monetären Größen wieder einer Regressionsanalyse zu unterziehen. Die Regressionsrechnungen sind aber mit einem gewissen Aufwand verbunden, so daß der Einfachheit halber ohne großen Fehler auch so vorgegangen werden kann, daß das Rechenergebnis der ursprünglichen Reparaturkostenfunktion um einen Faktor f_p verändert wird, der sich aus der Division der "neuen" und der "alten" Reparaturkostensumme ergibt. Formelmäßig läßt sich dieses Verfahren folgendermaßen darstellen:

$$f_p = RS'/RS \tag{14}$$

$$RS'F = f_p \, (C_0 + C_1 \, N^{C_2}) \tag{15}$$

wobei gilt:

RS	=	"alte" Reparaturkostensumme, berechnet aus dem Mengengerüst und der veralteten Preisliste
RS'	=	"neue" Reparaturkostensumme, berechnet aus dem Mengengerüst und der jetzt gültigen Preisliste
f_p	=	Preissteigerungsfaktor
C_0, C_1, C_2	=	Koeffizienten der ursprünglich gefundenen Reparaturkostenfunktion
N	=	Nutzungsdauer
RS'F	=	fortgeschriebene Reparaturkostenfunktion

Dieses beschriebene Fortschreibungsverfahren stellt keinen großen Rechenaufwand dar und gewährleistet trotzdem eine gewisse individuelle Anpassung der Reparaturkostendaten, ohne pauschalierend zu wirken.

3.1.7 Übertragung der Reparaturkostendaten auf größere Anlagen

Vom Aufwand her ist es nicht vertretbar, wenn für jede unterschiedliche Anlagengröße die Reparaturkostendaten ermittelt werden sollen. Hier muß sicher etwas pragmatischer in der Art vorgegangen werden, daß für eine mittlere Anlagengröße die Reparaturkosten erhoben werden und diese dann auf die anderen Anlagengrößen übertragen werden.

Mit den Ergebnissen aus dieser Untersuchung können ohne weiteres die Reparaturkostendaten für Rohrmelkanlagen mit bis zu 5 Standardmelkeinheiten abgedeckt werden. Dies entspricht Bestandesgrößen von etwa 40 bis 50 Kühen im Anbindestall. Ab dieser Bestandesgröße wird auch schon ein Übergang vom Anbindestall zum Laufstall mit entsprechendem Melkstand erwägenswert. Beim Melkstand können für die Baugruppen 1 mit 5 die erhobenen Reparaturdaten wieder Verwendung finden. Für das Melkstandgerüst dagegen konnten aus der Erhebung nicht genügend Werte gewonnen werden (Abb. 42). Deshalb wird unterstellt, daß die Reparaturkosten des Melkstandgerüstes einer Funktion mit dem Exponenten 2,5 folgen. Die derart gefundene Reparaturkostenfunktion wird für einen Doppel-Vierer-Fischgrätenmelkstand zugrunde gelegt, weil dieser bei den Erhebungsbetrieben am häufigsten vorhanden war.

Um auch für größere Melkstandanlagen entsprechende Reparaturkostendaten zur Verfügung stellen zu können, wird eine Hilfskonstruktion angewendet, die SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/ vorschlägt und die auch bei den meisten anderen derartigen Untersuchungen /45/ Verwendung findet. Dazu wird die Reparaturkostensumme für andere Anlagengrößen entsprechend dem Anschaffungspreis verändert. Dieses Verfahren ist sicher eine Vereinfachung, doch gibt es dazu keine sinnvolle Alternative. Die Fortschreibung dieser so gewonnenen Reparaturkostendaten sollte wieder so durchgeführt werden, wie sie im vorhergehenden Absatz erläutert wurde.

3.2 Kapitalkosten

Sind die Reparaturkosten dadurch gekennzeichnet, daß ihre Ermittlung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, so trifft diese Feststellung für die Kapitalkosten in dem Maße nicht zu. Dafür aber sind die Kapitalkosten vielfach höher als die Reparaturkosten. Wie aus der Kostenstruktur einer Schlepperstunde in Abbildung 6 hervorgeht, beanspruchen die Kapitalkosten dort etwa 40 v.H. der Gesamtkosten und sind somit das weitaus bedeutendste Kostenelement.

3.2.1 Zielsetzung

Deshalb muß das Ziel der Kapitalkostenberechnung darin bestehen, die bei einer zukünftigen Maschinennutzung auftretenden Kosten für die Kapitalabnutzung (Abschreibung) und Kapitalbenutzung (Zinsansatz) möglichst wirklichkeitsnah zu erfassen. Dabei liegt das Problem darin, sowohl die auftretenden technischen und wirtschaftlichen Wertminderungen monetär zu bewerten, als auch den Nutzenentgang, der bei einer vergleichbaren Alternativanlage erzielt werden könnte, zu erfassen.

Wie die Überlegungen in Abschnitt 2.2.2.3 zeigen, kann zur Berechnung der Kapitalkosten nur die Annuitätsmethode verwendet werden. Die dafür benötigten Parameter sind:

1. der Anschaffungswert
2. der Restwert
3. die Abschreibungsdauer und
4. der Kalkulationszinsfuß.

Im folgenden geht es darum, Wege zu finden, wie diese 4 Einflußgrößen zutreffend ermittelt werden können. Sollte es, ähnlich wie bei der Reparaturkostensumme, möglich sein, auch den Anschaffungswert und den Restwert in mathematischen Funktionen auszudrücken, so wäre dies sowohl rechentechnisch als auch von der Datenbereitstellungsform her sehr zu begrüßen.

3.2.2 Ermittlung des Investitionsbedarfs

Unter Investitionsbedarf, oft synonym mit Kapitalbedarf verwendet, wird die Geldmenge verstanden, die für eine Investition (z.B. den Kauf einer Maschine) erforderlich ist. Um die realitätsnahe Ermittlung dieser Geldmenge geht es im folgenden.

3.2.2.1 Problematik der Investitonsbedarfsermittlung

Die Ermittlung des tatsächlichen Investitionsbedarfes gestaltet sich problematisch, weil auf den vom Landwirt zu zahlenden Kaufpreis vielfältige Faktoren einwirken. Diese erstrecken sich von der geltenden Gesetzeslage

bis hin zu den persönlichen Geschäftsbeziehungen zwischen Käufer und Verkäufer, die kaum erfaßt werden können.

Die gesetzliche Grundlage für die Preisgestaltung in der Bundesrepublik ist die am 5.8.1973 in Kraft getretene Novelle zum Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen /111/. Demnach ist die Preisgestaltung dergestalt geregelt, daß Verträge zwischen Unternehmen nichtig sind, soweit sie einen Vertragsbeteiligten in der Freiheit der Gestaltung von Preisen oder Geschäftsbedingungen bei solchen Verträgen beschränken, die er mit Dritten über die gelieferten Waren, über andere Waren oder über gewerbliche Leistungen schließt. Eine Preisbindung derart, daß der Hersteller die Abnehmer seiner Erzeugnisse verpflichtet, beim Wiederverkauf dieser einen bestimmten Preis einzuhalten und ihren Abnehmern die gleiche Verpflichtung aufzuerlegen, ist nur noch bei Verlagserzeugnissen (Bücher, Zeitschriften) zulässig. Bei allen anderen Waren ist eine strikte Preisfestsetzung nicht mehr erlaubt. Dagegen können die Hersteller für ihre Produkte unverbindliche Preisempfehlungen machen oder Bruttopreislisten herausgegeben, die aber ausschließlich für den Handel und nicht für den Endabnehmer bestimmt sind. Eine unverbindliche Preisempfehlung liegt vor, wenn die Preisempfehlung ausdrücklich als unverbindlich bezeichnet ist und sie in der Erwartung ausgesprochen wird, daß der empfohlene Preis dem von der Mehrheit der Empfehlungsempfänger voraussichtlich geforderten Preis entspricht.

Zum Zwecke des Wettbewerbs kann aber der Verkäufer nach dem Gesetz über Preisnachlässe (Rabattgesetz) /111/ dem Käufer verschiedene Preisnachlässe gewähren. Dabei wird unterschieden zwischen:

1. einem Barzahlungsnachlaß, der bei Barzahlung bis zu 3 v.H. des Preises betragen kann,
2. einem Mengennachlaß, der bei einer Lieferung von einer größeren Menge von Waren gewährt werden kann, und
3. einem Sondernachlaß, dessen Gewährung ebenfalls bestimmter Voraussetzungen bedarf.

In diesem Zusammenhang sind Sonderpreise (z.B. auf Auslaufmodelle) oder Rabatte wegen Frühbezug (z.B. Düngerfrühbezug) zu nennen.

Da es also in der Bundesrepublik auch für Landmaschinen von Gesetzes wegen keine Festpreise geben darf und außerdem vom Handel Preisnachlässe gewährt werden dürfen, ist die Markttransparenz, was die Preise betrifft, sowohl für den Kostenrechner als auch für den Landwirt nicht groß. So stellt TRAULSEN 1982 /89/ in diesem Zusammenhang fest, daß wohl noch kein Schlepper zum Listenpreis (unverbindliche Handelspreisempfehlung) gekauft worden ist. Aus dieser Situation heraus müssen die derzeitigen Beziehungen zwischen Listenpreisen und den echten Kaufpreisen untersucht werden.

Um deshalb die Beziehungen etwas zu durchleuchten und auch das Ausmaß der Preisnachlässe zu quantifizieren, wurden bei 31 tatsächlich getätigten Landmaschinenkäufen die Differenzen zwischen Listenpreis und Kaufpreis untersucht. Für die Gegenüberstellung konnten teilweise Kaufrechnungen verwendet werden, die freundlicherweise von einzelnen Landwirten zu Verfügung gestellt wurden. Die übrigen Kaufpreise wurden der landtechnischen Zeitschrift (DLZ) /61/ entnommen, die ihre Leser immer wieder auffordert, bei Landmaschinenkäufen durch ausführliche Kaufmeldungen, in der alle wichtigen Details aufgeführt sind (Anhangstab. 10), der Redaktion die bezahlten Preise mitzuteilen. Diese Kaufmeldungen werden dann mehr oder weniger regelmäßig sowohl für Neumaschinen als auch für Gebrauchtmaschinen veröffentlicht.

Bei der Berechnung der Listenpreise wurde so vorgegangen, daß aus der zum Lieferdatum gültigen Preisliste des Herstellers die dort genannten Preise für die beschriebene Ausrüstung entnommen und mit dem gültigen Umsatzsteuersatz versehen wurden. Die abgerechneten Käufe wurden im wesentlichen während des Kalenderjahres 1981 und während des 1. Halbjahrs von 1982 getätigt. Um etwa vergleichbare Bedingungen zu erreichen, wurden ausnahmslos nur Neugeschäfte berücksichtigt, d.h., daß beim Kauf keine Gebrauchtmaschine in Zahlung gegeben wurde.

Die gezahlten Kaufpreise in v.H. der berechneten Listenpreise sind für 31 Maschinenkäufe in Abbildung 51 dargestellt. Die genaueren Maschinenbeschreibungen und die einzelnen monetären Werte sind in Anhangstabelle 11 zu finden. Das Bemerkenswerte an der Gegenüberstellung ist, daß in keinem Fall der volle Listenpreis bezahlt wurde. Im Mittel der 31 Kaufvorgänge haben die Landwirte nur etwa 74 v.H. des Listenpreises (incl. MWST) bezahlt; das bedeutet, daß im Mittel ein Preisnachlaß von etwa 26 v.H. des

ursprünglichen Listenpreises gewährt wurde. Der höchste Preisnachlaß mit 37,5 v.H. wurde bei Maschine Nr. 31 gegeben, wo also schlußendlich nicht einmal mehr 2/3 des Listenpreises bezahlt wurde. Der geringste Preisnachlaß bei Maschine Nr. 28 liegt in etwa bei dem derzeitigen Umsatzsteuersatz. Weiter deutet sich an, daß die Preisnachlässe zwischen den einzelnen Maschinengruppen unterschiedlich groß ausfallen. So konnten bei allen Siloblockschneidern nur unterdurchschnittliche, dagegen bei den Kippern und Güllewägen meist überdurchschnittliche Preisnachlässe erreicht werden.

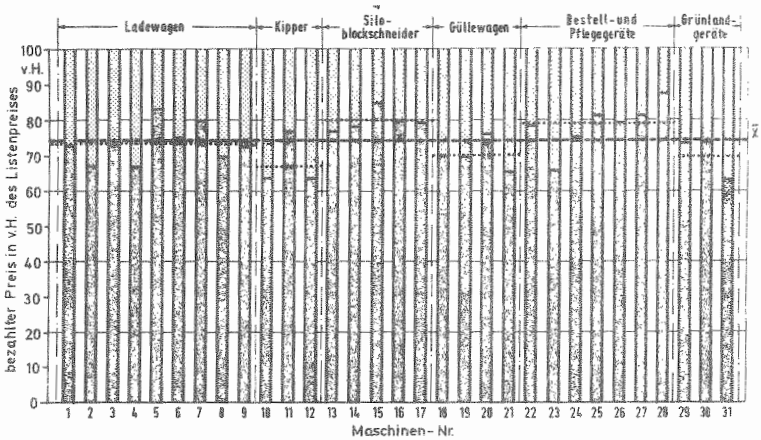


Abbildung 51: Unterschiede zwischen Listenpreisen (incl. MWSt) und wirklich bezahlten Kaufpreisen (n = 31 Maschinen)

Natürlich können aus der kleinen Stichprobe keine Verallgemeinerungen derart gezogen werden, daß im Schnitt immer etwa 1 Viertel des Listenpreises abgezogen werden könnte; denn es war nicht möglich, alle Umstände, die beim Kauf einer Landmaschine eine Rolle spielen, gebührend zu berücksichtigen. Als möglicher wichtiger Erklärungsgrund für die doch hohen Preisnachlässe bleibt z.B. völlig unberücksichtigt, daß der Inlandsmarkt für Landmaschinen seit Ende 1979 durch beachtliche Umsatzeinbußen gekennzeichnet ist. So haben 1980 die Umsatzrückgänge der deutschen Landmaschinenhersteller bei Landmaschinen 11 v.H., bei Ackerschleppern gar 20,9 v.H. gegenüber dem Vorjahresergebnis betragen. 1981 mußten erneut Rückgänge in

Höhe von 3,4 v.H. bei Landmaschinen und 8,6 bei Ackerschleppern hingenommen werden /27/. Auch 1982 hat nur in Teilbereichen eine gegenläufige Umsatzentwicklung stattgefunden. Diese Marktsituation hat sicherlich dazu beigetragen, daß der Handel zu größeren Preiszugeständnissen bereit war.

Trotz aller Unzulänglichkeit, die die Gegenüberstellung von Listenpreisen und Kaufpreisen beinhaltet, kann sie dennoch als Orientierungshilfe dienen, um die Markttransparenz zu erhöhen. Sie kann als eine Bestätigung der Aussagen angesehen werden, die besagen, daß derzeit über die Mehrwertsteuer nicht verhandelt zu werden braucht /60/.

Aufbauend auf den oben geschilderten Zusammenhänge, dem Fehlen von Preislisten für den Endabnehmer und der Tatsache, daß mehr oder weniger große Preisnachlässe die Regel sind, werden im folgenden kurz die Möglichkeiten geschildert, die der Kostenrechner momentan hat, um sich über den Investitionsbedarf von Landmaschinen unverbindlich und ohne großen Aufwand informieren zu können. Im wesentlichen gibt es dazu derzeit drei leicht zugängliche Informationsquellen, nämlich

1. das KTBL-Taschenbuch /45/
2. die Preisnotierungen der landtechnischen Zeitschrift (DLZ) /60/ und
3. die KTBL-Arbeitsblätter /46/.

Im KTBL-Taschenbuch (alle 2 Jahre neu aufgelegt) sind von etwa 800 landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten alle Maschinenkostendaten einschließlich des Anschaffungspreises angegeben /14/. Diese Preisangaben sind jedoch sehr pauschal und enthalten keine Angaben, wie die betreffende Maschine im einzelnen ausgerüstet ist. Sie stellen nur grobe Mittelwerte dar, aus denen weder Preisunterschiede zwischen einzelnen Herstellern entnommen werden können, noch Angaben über Zusatzausrüstungen zu finden sind. Hinzu kommt, daß in inflationären Zeiten ein Fortschreibungszeitraum von 2 Jahren als zu lang angesehen werden muß. Zudem verlängert sich diese Zeitspanne allein schon aus organisatorischen Gründen (Zeit zwischen Datenerhebung und Veröffentlichung) auf über 2 Jahre.

Die DLZ-Preisnotierungen wurden bisher hauptsächlich für einzelne wichtige Maschinen in der Außenwirtschaft durchgeführt. Am bekanntesten dürfte wohl die DLZ-Typentabelle Ackerschlepper sein, die jährlich veröffentlicht wird. In ihr ist jeweils das aktuelle Marktangebot an Ackerschleppern zusammengestellt. Generell sind die DLZ-Typentabellen so aufgebaut, daß die vorhandenen Maschinentypen anhand ihrer technischen Daten beschrieben sind und dafür ein Preis angegeben ist, dem Marktnotierungen zugrunde liegen. Alle Preisnotierungen beziehen sich in der Regel auf eine vom Hersteller vorgesehene Grundausrüstung. Da aber die Grundausrüstungen verschiedener Hersteller nur selten miteinander vergleichbar sind und außerdem manchmal für ein sinnvolles Arbeiten mit einer Maschine auch Zusatzausrüstungen notwendig sind, deren Preise nicht aus der Preisnotierung hervorgehen, werden exakte Preisvergleiche zwischen Maschinentypen verschiedener Hersteller schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Somit stellen die DLZ-Typentabellen zwar mehr Informationen zur Verfügung als die KTBL-Taschenbuch-Angaben, sie sind aber dennoch nicht ausreichend. Außerdem werden diese Notierungen mit Ausnahme der Schlepper nicht jährlich auf den neuesten Preisstand gebracht.

Die KTBL-Arbeitsblätter, die für manche Maschinen auch Typentabellen enthalten, sind ähnlich den DLZ-Typentabellen aufgebaut. Dementsprechend sind sie mit den gleichen Nachteilen behaftet. Die Typentabellen sind in der Regel eher zur technischen Beschreibung der betreffenden Maschinen geeignet, aber weniger zur aktuellen Preisinformation brauchbar.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß derzeit keine umfassenden Unterlagen vorhanden sind, aus denen der aktuelle Investitionsbedarf vieler landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte hervorgeht. Hinzu kommt, daß Angaben über Montagekosten für Maschinen und Geräte in der Innenwirtschaft grundsätzlich fehlen.

3.2.2.2 Vorschlag für ein Informationssystem zur Investitionsbedarfsermittlung

Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation wird im folgenden ein Informationssystem vorgeschlagen, mit dem eine bessere Angabe des Investitionsbedarfs möglich ist. Zielvorstellung ist dabei, einen Preiskatalog mit Nach-

schlagecharakter zu schaffen, der sowohl eine ausführliche Beschreibung der Maschinen, als auch eine aktuelle Preisinformation zu leisten vermag. Die Maschinenbeschreibung hat dabei die Aufgabe, eine Maschine anhand ihrer technischen Merkmale und technischen Daten umfassend zu charakterisieren /7,96/. Im einzelnen können darunter folgende Daten verstanden werden:

- Zusammenstellung der Grund- und möglichen Zusatzausrüstung
- Funktionsbeschreibung
- Abmessungen
- Gewichtsangaben
- Kraftbedarfsangaben
- Leistungszahlen
- Einsatzmöglichkeiten
- Hinweise auf Prüfberichte, usw.

Die Preisinformation, als zweiter Bestandteil des Informationssystems, sollte immer etwa die aktuellen Preisbedingungen wiedergeben und möglichst differenziert sein, so daß sowohl für die Serienausrüstung als auch für die möglichen Zusatzausrüstungen mittlere Preise angegeben werden können. Nur so kann ein derartiges System auch für den kaufwilligen Landwirt eine Hilfestellung sein.

Diese Zielvorgaben können nur mit einem EDV-gestützten dialogorientierten System erreicht werden, denn einerseits ist die Datenmenge, die bewältigt werden muß, recht umfangreich und andererseits ist der Aktualisierungsaufwand hoch. Ein derartige Preiskatalog kann wiederum nur dann eine wirkliche Hilfestellung sein, wenn er immer die neuesten Preise enthält. Gerade darin liegt aber der große Vorteil eines EDV-Systems, weil im Gegensatz zur gedruckten Information immer der neueste Überarbeitungsstand für alle Anwender schnell verfügbar ist, ohne daß ein kostspieliger Neudruck notwendig ist /7/.

Zweckmäßigerweise könnte ein derartiges Informationssystem 3-stufig, wie folgt, aufgebaut sein:

1. Dokumentation
2. Administration
3. Anwendung.

In der Dokumentationsstufe müßten alle gewünschten Daten in das Informationssystem eingespeist werden. Die Administration hätte daraufhin die Aufgabe, diese Daten so aufzubereiten, daß sie für die spätere Anwendung verfügbar sind. Diese 3 Stufen sind schematisch in Abbildung 52 dargestellt. Die wohl wichtigste Aufgabe besteht dabei darin, die geforderten aktuellen Preisdaten zu beschaffen und zu dokumentieren. Als Datenquelle kommen eigentlich nur Rechnungen von getätigten Käufen oder im Einzelfall auch Kaufangebote in Frage; denn nur daraus läßt sich der tatsächliche Investitionsbedarf ermitteln. Voraussetzung dazu ist aber, daß aus der Kaufrechnung bzw. dem Kaufangebot ausführlich die Entstehung des Gesamtpreises hervorgeht. Die jeweilige Datenquelle muß deshalb als Mindestforderung folgende Angaben enthalten:

- Hersteller
- Typ
- Ausrüstungsstand
- Gesamtpreis.

Noch günstiger wäre es jedoch, wenn der Gesamtpreis auf die Grundausrüstung und die einzelnen Zusatzausrüstungen verteilt wäre, weil damit keine zusätzlichen Hilfsrechnungen notwendig würden. Im Anhang sind Beispiele für beide Fälle aufgeführt (Anhangstab. 12 und 13).

Die Datenlieferung könnte nun so organisiert sein, daß entweder auf freiwillige Kaufmeldungen der Landwirte zurückgegriffen wird, oder daß ein sogenannter Verwendungsnachweis herangezogen wird, den die Landwirte erbringen müssen, wenn sie staatliche Förderungsmaßnahmen (z.B. einzelbetriebliches Förderungsprogramm) in Anspruch nehmen. Als Verwendungsnachweis dient in der Regel entweder die Kaufrechnung oder ein Kaufangebot. Aus diesen Datenlieferanten könnten die benötigten monetären Daten entnommen werden; diese müßten anschließend in das System eingegeben werden, wobei sich hierzu eine dezentrale Dateneingabe als vorteilhaft erweisen dürfte.

Auf diesen dokumentierten Daten aufbauend müßte eine zentrale Administration die Preisbildung vornehmen und auch die Pflege des Informationssystems übernehmen. Die Auswertung sollte so aufgebaut sein, daß sowohl ein mittlerer Preis für die jeweilige Maschinengruppe angegeben werden kann, als auch für die einzelnen Maschinentypen eine differenziertere Preisaus-

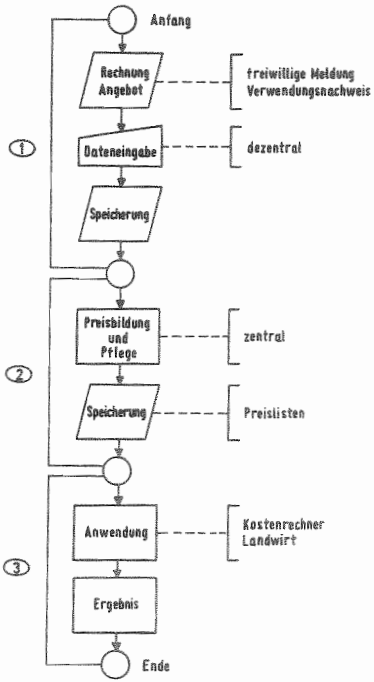


Abbildung 52: Vorschlag für ein Informationssystem zur Investitionsbedarfsermittlung

kunft hinsichtlich Grund- und Zusatzausrüstung möglich ist. Um aktuelle Daten liefern zu können, muß die Preisbildung mindestens halbjährlich, besser vierteljährlich vorgenommen werden. Die Pflege des Systems bestünde darin, neu auf dem Markt erscheinende Maschinentypen mit ihrer Produktbeschreibung in das System einzuspeichern, damit daraufhin die Eingabe der Preisdaten möglich ist. Weiter hätte die Administration die Aufgabe, auch die jeweils gültigen Preislisten einzugeben, so daß auch zu den Maschinentypen Angaben gemacht werden können, zu denen noch keine Kaufrechnungen vorliegen.

Nach diesen Vorarbeiten könnte nun ein derartiges Informationssystem bei allen Fragen zum Investitionsbedarf Hilfestellung leisten. Als Anwender dieses Systems käme jeder in Frage, der den Investitionsbedarf von Maschinen und Geräten wissen möchte. Auch dem einzelnen Landwirt könnte dieses System als wertvolle Informationsquelle und Orientierungshilfe dienen. In Tabelle 17 ist der Output eines derartigen Informationssystems am Beispiel eines Hofschleppers wiedergegeben. Er gliedert sich in 2 Teile, nämlich:

1. in die Produktinformation und
2. in die Preisangaben.

Die Produktinformation ist im Vergleich zu einer Typentabelle umfangreicher und verfügt neben den technischen Daten auch über eine ausführliche Beschreibung der Grundausrüstung und der möglichen Zusatzausrüstungen. Auch die Preisangaben geben in ihrer Detailliertheit bedeutend mehr Auskunft als z.B. das KTBL-Taschenbuch oder die Typentabellen. Aus den Preisangaben kann ferner die Zusammensetzung des Gesamtpreises ersehen werden, so daß exakte Preisvergleiche zwischen verschiedenen Maschinentypen möglich werden, ohne daß von verschiedenen Händlern Angebote eingeholt werden müßten.

Ohne Zweifel wäre ein derartiges Informationssystem bei der Ermittlung des Investitionsbedarfs von Maschinen und Geräten äußerst hilfreich. Allerdings ist aber auch der Aufwand für die Dateneingabe, für die Pflege und Fortschreibung des Systems nicht unerheblich. Andererseits haben die Landwirte an einem derartigen aktuellen Preiskatalog durchaus Interesse, was die rege Mitarbeit an der DLZ-Leseraktion "Ich habe gekauft" beweist. Nicht zuletzt kommt diesen Überlegungen auch das neue Medium Bildschirmtext (Btx) entgegen; denn damit ließe sich eine schnellere Weitergabe der jeweils neuesten Preisdaten und auch eine größere Nachfragergruppe erreichen. Haben sich die Landwirte von der Brauchbarkeit eines derartigen Informationssystems überzeugen können, so sind sie wahrscheinlich auch bereit, die benötigten Daten ihrer eigenen Maschinenkäufe selbst in das System einzugeben. Dadurch könnte einerseits der Arbeitsaufwand erheblich verringert und andererseits auch die Aktualität wesentlich gesteigert werden.

Tabelle 17: Investitionsbedarfsermittlung am Beispiel eines Hofschleppers

1. Produktinformation:

Maschine: Hofschlepper Typ: 130 D/F U. D/D 13 PS

Hersteller: XXX

Grundausrüstung:
Hofschlepper für vielseitigen Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb (Entmistung, Fütterung, Transport usw.)
Farymann-Diesel-Motor, gegen Aufpreis Deutz-Diesel-Motor, werküberholtes, korrosionsgeschütztes VW-Schaltgetriebe, vollhydrostatischer Antrieb der Vorder- und Hinterachse, vollhydraulische Knicklenkung, Scheibenbremsen.

Technische Daten:

Motor bei D/F	1-Zyl.-Farymann-Dieselmotor
bei D/D	1-Zyl.-Deutz-Dieselmotor
Nennleistung KW (PS) bei Motornenndrehzahl bei D/F	9,6 (13)/3000
bei D/D	11,1 (15)/3000
Elektrische Anlage	12 V - 15 AH
Getriebe	4-Gang
Höchstgeschwindigkeit km/h	8
Breite mm	960
Länge mm	3150
Höhe einschl. Bügel mm	1970
Leergewicht kg	1150
Zul. Gesamtgewicht kg	1800
Kipplast (Hubkraft) kg	700
Ausreisskraft kg	1800
Hubhöhe mm	2500
Bereifung	7,5 - 15
Wenderadius (innen) mm	650
Schaufelinhalt ltr.	400
Anbaugeräte	Dunggabel, Silageentnahmegerät, Kehrbesen, Schneeräumschild, Rasenmäher usw.

Mögliche Zusatzausrüstungen:

1. Schaufel
2. Dung- bzw. Silageschaufel, 5 Stahlzinken
3. Verbreiterte Schaufel
4. Zusätzlicher Hydro-Anschluß vorn
5. Hydro-Anschluß mit Steuerventil hinten
6. Hydro-Motor mit Zapfwellenanschluß 6PS/540 bzw. 1000u/min hinten
7. Bereifung 10,75 x 15 AS 6 Ply
8. Schalldämmung
9. Ölkühler
10. Aufpreis für Deutz-Dieselmotor

F o r t s e t z u n g von Tabelle 17

2. Preisangaben zu der gewünschten Ausrüstung

Nach dem DM-Betrag ist jeweils angegeben, ob dieser von der Erhebung "(E)" oder von der Liste "(L)" stammt.

	Grundausrüstung	15557 DM (E)
1	Dung- bzw. Silageschaufel, 5 Stahlzinken	706 DM (E)
1	Verbreiterte Schaufel	710 DM (E)
1	Bereifung 10,75 x 15 AS 6 Ply	383 DM (E)
1	Ölkühler	980 DM (L)
1	Aufpreis für Deutz-Dieselmotor	400 DM (E)
	Gesamtpreis incl. MWSt.	21172 DM

3.2.2.3 Investitionsbedarf von Melkanlagen

Ein entsprechendes Informationssystem für den Investitionsbedarf ist derzeit aber noch nicht vorhanden ist. Deshalb muß der Investitionsbedarf für Melkanlagen in bisher üblicher Form ermittelt werden; das heißt, daß der Listenpreis (die unverbindliche Handelspreisempfehlung der Hersteller) für die Ermittlung des Kapitalbedarfes herangezogen werden muß. Auf den Listenpreis werden aber, wie schon erläutert (Abb. 51), vom Handel Preisnachlässe gegeben; daher wird im folgenden unterstellt, daß im Mittel ein Preisnachlaß in Höhe des gültigen Umsatzsteuersatzes gewährt wird. Der Listenpreis ohne Mehrwertsteuer wird also als der vom Landwirt zu zahlende Kaufpreis betrachtet.

Da eine Melkanlage aus mehreren Baugruppen besteht, diese in verschiedenen Ausführungen angeboten werden und auch die baulichen Gegebenheiten bei der Auswahl der Baugruppen eine gewisse Rolle spielen, bereitet die Ermittlung des Investitionsbedarfs für die Gesamtanlage einige Schwierigkeiten. Deshalb müssen für die weiteren Betrachtungen einige Unterstellungen getroffen werden, die nachfolgend einzeln bei jeder Baugruppe erläutert werden. Grundsätzlich sei hier noch vermerkt, daß bei der Ermittlung des Investitionsbedarfes die Mindestanforderungen an Melkanlagen beachtet wurden, wie sie in der DIN ISO 5707 (Fassung 1982) /109/ zusammengestellt sind.

Das Marktangebot der 3 Hersteller für das Vakuumaggregat (Baugruppe 1), das der Vakuumerzeugung und -regulierung dient, reicht derzeit von 360 bis 2.800 l/min Pumpenleistung. Der dazugehörige Anschaffungswert ist im oberen Teil von Abbildung 53 zu finden. Die dort abgebildete Regressionsfunktion zeigt den linearen Zusammenhang zwischen Anschaffungspreis und Pumpenleistung und besagt, daß eine Erhöhung der Pumpenleistung um 500 l/min eine Zunahme des Kapitalbedarfs um etwa 900,- DM bewirkt. Da der erforderliche Luftdurchfluß der Vakuumpumpe entscheidend von der Zahl der Melkeinheiten abhängt, ist die Auswahl des entsprechenden Vakuumaggregats von der Dimensionierung der Gesamtanlage und damit von der Zahl der zu melkenden Kühe abhängig. Weiter muß berücksichtigt werden, daß die Hersteller nur bestimmte Pumpengrößen anbieten und deshalb der Rechenwert aus der DIN-Formel einschließlich eines gewissen Reservezuschlags zur nächst größeren Pumpengröße aufgerundet werden muß. Der Investitionsbedarf für das gewählte Vakuumaggregat kann dann in eleganter Weise nach der in Abbildung 53 dargelegten Formel bestimmt werden.

An Melkeinheiten (Baugruppe 2) werden derzeit verschiedene Varianten angeboten, die von der einfachen Standardausführung bis zur automatisierten Version reichen. Das derzeitige Marktangebot der 3 Hersteller ist im unteren Teil von Abbildung 53 zusammengefaßt. Die Standardmelkeinheit ohne Zusatzausrüstung kostet derzeit etwa 700,- DM. Melkeinheiten mit einfachen Milchflußanzeigern, die durch einen Zeiger oder eine Lampe oder ein gut sichtbares Schauglas das Ende des Milchflusses signalisieren /46/, liegen im Preis bei etwa 800,- DM. Ein aufwendigerer Milchflußanzeiger mit einer zweistufigen optischen Ausmelkanzeige erfordert ca. weitere 200,- DM. Ein Melkzeug mit periodischem Lufteinlaß (Biomilker), das bei einer Standardmelkeinheit und auch bei einer Melkeinheit mit Milchflußanzeiger eingesetzt werden kann, verursacht im Vergleich zur Normalausführung einen Mehraufwand von etwa 400,- DM; somit hat eine derartige Melkeinheit einen Anschaffungspreis von etwa 1.150,- bis 1.400,- DM. Auf gleicher Höhe, bei etwa 1.250,- DM, liegen die Melkeinheiten mit Milchflußsteuerung, bei denen ab einem Milchfluß von 200 g/min bestimmte Melkparameter (Vakuumhöhe und Pulsierung) selbständig verändert werden. Bedeutend mehr, etwa 1.700,- DM, kostet eine Melkeinheit nach dem Trennkammer-System, bei dem auf Euterniveau eine Trennung von Milch und Luft vorgenommen wird und die Milch mit einem höheren Vakuum abtransportiert wird.

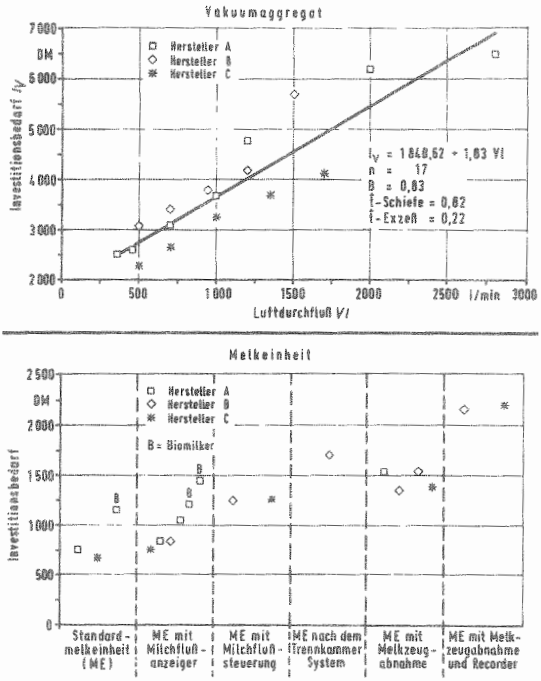


Abbildung 53: Investitionsbedarf von Vakuumaggregat und Melkeinheit (Marktangebot von 3 Herstellern; Preisstand 1982/83)

Dienten die bisherigen Zusatzeinrichtungen an der Melkeinheit mehr der Verhinderung des Blindmelkens und der schonenden Euterbehandlung, so kann die Melkleistung noch weiter gesteigert werden, wenn das Melkzeug nicht mehr von der Melkperson, sondern automatisch abgenommen wird. Eine entsprechende Melkeinheit mit automatischer Melkzeugabnahme hat einen Kaufpreis von etwa 1.500,- DM. Wird diese Melkeinheit noch mit einem Recorder einschließlich automatischer Entleerung kombiniert, so steigt der Investitionsbedarf auf knapp 2.200,- DM. Die neu auf den Markt gekommenen Milchmengenmeßgeräte konnten hier noch nicht berücksichtigt werden. Zusammenfassend kann zum Investitionsbedarf der verschiedenen Melkeinheiten festgehalten werden, daß sich der Anschaffungswert vom einfachsten bis zum aufwendigsten Vertreter von ca. 700,- auf etwa 2.200,- DM ungefähr verdreifacht.

Nach der Erläuterung des Anschaffungswertes für Melkeinheiten bleibt zu klären, wieviel Melkeinheiten einer Rohrmelkanlage oder einem Melkstand in Abhängigkeit von der Herdengröße zugeordnet werden sollen. Deshalb ist in Tabelle 18 das jeweilige Stallsystem mit der entsprechenden Melktechnik zusammengestellt /46,95/.

Tabelle 18: Stallsystem, Herdengröße und Zuordnung der Melktechnik

Stallsystem	Zahl der Kühe	Zahl der Melkeinheiten	Melksystem
Anbindestall	20	3	MF*
	30	3	MF*
	40	4	MS*
	50	5	MS*
	60	5	MS*
Laufstall	40	8	2 x 4 FGM* mit MS*
	60	10	2 x 5 FGM* mit MS*
	80	12	2 x 6 FGM* mit MS*
	100	16	2 x 8 FGM* mit MA*
	130	20	2 x 10 FGM* mit MA*
	160	24	2 x 12 FGM* mit MA*

*) MF = Melkeinheit mit Milchflußanzeiger
MS = Melkeinheit mit Milchflußsteuerung
FGM = Fischgrätenmelkstand
MA = Melkeinheit mit automatischer Melkzeugabnahme

Das Leitungssystem (Baugruppe 3), das die Melkeinheiten mit Vakuum versorgt und die ermolkene Milch abtransportiert, besteht aus der Vakuum-, der Milch- und der Spülleitung. Für die Vakuumleitung werden im Anbindestall meist Wasserrohre, im Melkstand manchmal auch PVC-Rohre verwendet. Bei einem Durchmesser von 1 1/2 Zoll bzw. 50 mm kostet davon der laufende Meter etwa 15,- DM. Für die Milch- und Spülleitung können wahlweise Rohre aus den Materialien Chromnickelstahl, Glas, Acrylglas oder PVC verlegt werden. Während Acrylglas in der Anschaffung mit etwa 11,- DM pro laufenden Meter bei einem Durchmesser von 40 mm zwar am preisgünstigsten ist, hat es einige Nachteile hinsichtlich Bruchgefährdung und Hitzbeständigkeit. Glasrohre der gleichen Größe sind 5,- bis 10,- DM teuerer, zwar hitzebeständiger, aber auch bruchgefährdet und bei der Montage schwieriger zu handhaben. Rohre aus Chromnickelstahl sind außerordentlich haltbar, kosten jedoch bei einem Durchmesser von 40 mm knapp 30,- DM pro laufenden Meter. Ausschließlich für die Spülleitung werden manchmal auch PVC-Rohre eingesetzt, die im Anschaffungspreis pro Meter unter 10,- DM liegen.

Da die genaue Ermittlung des Kapitalbedarfs für das Leitungssystem nur im existenten Stall möglich ist, mußten folgende Unterstellungen getroffen werden:

- zweireihige Aufstallung
- Ringleitung mit Doppeleinlauf
- Leitungsquerschnitte nach DIN ISO 5707
- Luftleitung aus Wasserrohr
- Milchleitung aus Chromnickelstahl
- Spülleitung aus Acrylglas bzw. PVC.

Bei der Ermittlung der Leitungslängen im Anbindestall wurde so vorgegangen, daß die Gesamtlängen aus einem Grundbedarf und dem Produkt von Kuhplatzbreite und Kuhzahl bestimmt wurden. Der Kapitalbedarf für Milchhähne, Vakuumhähne, Verschraubungen, Halter und dergleichen konnte nur pauschal dergestalt erfaßt werden, daß der Preis für diese Teile dem Preis für die Rohrleitungen gleich gesetzt wurde. Dieses Verfahren ist sicher als grob zu bezeichnen, doch wird der Investitionsbedarf für die Gesamtanlage nicht durch 5 oder 10 Meter Rohrleitung mehr oder weniger entscheidend verändert. Im Melkstand ist die Ermittlung des Investitionsbedarfes für das Leitungssystem etwas leichter, weil die Rohrlängen von der Melkstandsgröße

her besser bekannt sind und in mancher Preisliste auch Komplettpreise zu finden sind.

Für die Endeinheit (Baugruppe 4) gestaltet sich die Bestimmung des Kapitalbedarfs wesentlich einfacher, da für Pumpenmilchschleusen im wesentlichen nur 2 Größen mit einem Milchabscheider von ca. 20 und 50 l Fassungsvermögen in verschiedenen Pumpenausführungen (Kunststoff oder Chromnickelstahl) angeboten werden. Für die kleinen Rohrmelkanlagen wird eine Endeinheit mit einem Sicherheitsabscheider von etwa 20 l und für die großen Rohrmelkanlagen und die in der Praxis üblichen Melkstände wird ein Sicherheitsabscheider mit 50 l Fassungsvermögen verwendet. In den großen Melkständen wird eine Endeinheit mit dem gleichen Sicherheitsabscheider, aber mit einer größeren Pumpenleistung eingesetzt. Das Marktangebot der 3 Hersteller für die Endeinheit reicht derzeit von etwa 2.200,- DM für die kleine bis ca. 4.000,- DM für die aufwendigste Ausführung.

Der Investitionsbedarf für das Spülsystem läßt sich ebenfalls einfach bestimmen. Eine Ausrüstung der in Tabelle 18 genannten Melkanlagen mit einer automatischen Reinigungsanlage ist nicht nur aus hygienischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht angebracht /92/. Derzeit werden im wesentlichen 3 Gerätetypen angeboten:

1. Reinigungsautomaten mit eingebautem Durchlauferhitzer und hohem Anschlußwert
2. Reinigungsautomaten mit eingebautem Druckspeicher und niedrigem Anschlußwert und
3. Reinigungsautomaten ohne Heizung.

Reinigungsautomaten ohne Heizung sind am billigsten, jedoch auf einem Heißwasseranschluß angewiesen. Da Reinigungsautomaten mit Druckspeicher teurer sind als Reinigungsautomaten mit Durchlauferhitzer, werden für alle Melkanlagen Durchlauferhitzer unterstellt, die in der Praxis auch am häufigsten verwendet werden. Die erforderliche elektrische Leistung für den Durchlauferhitzer richtet sich in erster Linie nach den Milchleitungen /8/. Die 3 Hersteller bieten derzeit Geräte mit Heizleistungen von 7 bis 24 kW an, die einen Preis von etwa 2.000,- bis 2.500,- DM haben. Hinzu kommen noch die Melkzeugaufnahmen, die von der Zahl der Melkeinheiten abhängen.

Für das Melkstandgerüst (Baugruppe 6) wurden folgende Annahmen getroffen:

- Fischgrätenbauart
- Buchtenabstand ca. 1,2 m
- hintere Kuhplatzabgrenzung mit Grubenfertigkante, Kotblech und Kotrost
- keine Kraftfutterautomaten
- vordere Kuhplatzabgrenzung ohne Futterschalen
- pneumatisch betätigte Türen
- Grubentreppe mit Geländer.

Die demnach ermittelten Gesamtpreise wurden auch einer Regressionsanalyse unterzogen. Dabei zeigte sich eine hohe lineare Abhängigkeit zwischen dem Gesamtpreis und der Buchtenzahl, wie aus folgender Formel hervorgeht. Deshalb wird diese auch für die weiteren Berechnungen angewendet.

$$I_{ST} = 3475{,}8 + 477{,}5 \ BZ \qquad (B = 0{,}98;\ n = 17) \qquad (16)$$

wobei gilt:
I_{ST} = Investitionsbedarf für Fischgrätenmelkstand
BZ = Zahl der Buchten im Fischgrätenmelkstand

Somit fehlen nun noch die Montagekosten. In der Praxis werden diese entweder nach einer Montagepauschale oder nach den für die Montage benötigten Handwerkerstunden festgelegt. Der Einfachheit halber wird hier die erste Möglichkeit angewandt und ein für Melkanlagen üblicher Pauschalsatz von 15 v.H. des bisherigen Warenwertes als Montagekosten angesetzt. Obwohl die Montagekosten eine beachtenswerte Größe erreichen, müssen sie dennoch in dieser pauschalen Form berücksichtigt werden, weil differenziertere Daten nicht verfügbar sind. Dem könnte auch durch das in Abschnitt 3.2.2.2 beschriebene Informationssystem abgeholfen werden.

Um zum Investitionsbedarf von Gesamtanlagen gelangen zu können, müssen nun die Einzelwerte der jeweiligen Baugruppen aufaddiert werden. In Abbildung 54 ist der Investitionsbedarf von verschiedenen Rohrmelkanlagen für den Anbindestall zusammengestellt. Dieser beträgt bei 20 Kühen und 3 Melkeinheiten mit Milchflußanzeiger etwa 16.000,- DM und steigt bei 60 Kühen und 5 milchflußgesteuerten Melkeinheiten auf ca. 26.000,- DM. Eine Analyse des

Gesamtpreises der verschiedenen Anlagen zeigt, daß bei allen Anlagen das Leitungssystem mit 25 bis 30 v.H. des Gesamtpreises den größten Einzelposten darstellt. Zusammen mit den Melkeinheiten werden durch beide Baugruppen zwischen 40 und 50 v.H. des gesamten Anschaffungswertes verursacht, wobei die Bedeutung beider Baugruppen mit der Größe der Anlage wächst. Demgegenüber verhalten sich das Vakuumaggregat, die Endeinheit und das Spülsystem umgekehrt, d.h., ihre relative Bedeutung zusammen genommen sinkt von etwa 45 v.H. auf 30 v.H. des Gesamtwertes.

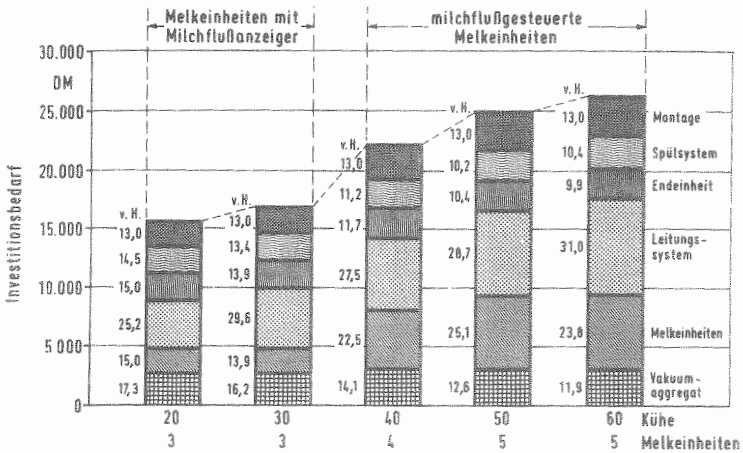


Abbildung 54: Investitionsbedarf von Rohrmelkanlagen (einschließlich Montage; Preisstand 1982/83)

Im Vergleich zur Rohrmelkanlage im Anbindestall muß der Investitionsbedarf für Fischgrätenmelkstände notgedrungen höher liegen, weil mit dem Melkstandgerüst eine zusätzliche Baugruppe hinzukommt. Abbildung 55 zeigt den Investitionsbedarf von unterschiedlichen Melkständen; dieser steigt von etwa 34.000,- DM auf 80.000,- DM an. Im Gegensatz zur Rohrmelkanlage ist nicht mehr das Leitungssystem, sondern sind die Melkeinheiten der bei weitem größte Einzelposten. Hervorgerufen durch die Doppelbestückung werden bei einem Doppel-Vierer-Fischgrätenmelkstand knapp 30 v.H. und bei einem Doppel-Zwölfer sogar 45 v.H. des Gesamtpreises allein durch die Melkeinheiten bestimmt. Als zweitgrößter Einzelposten kommt bereits das Melk-

standgerüst zum Tragen, das etwa 20 v.H. ausmacht. Die vier übrigen Baugruppen (Vakuumaggregat, Leitungssystem, Endeinheit, Spülsystem) spielen dagegen einzeln nur eine untergeordnete Rolle und verursachen zusammen mit abnehmender Tendenz etwa 30 v.H. des Gesamtpreises. Dies hat zur Folge, daß auch etwas aufwendigere Ausführungen für die zuletzt genannten Baugruppen den gesamten Investitionsbedarf eines Melkstandes nicht entscheidend verändern.

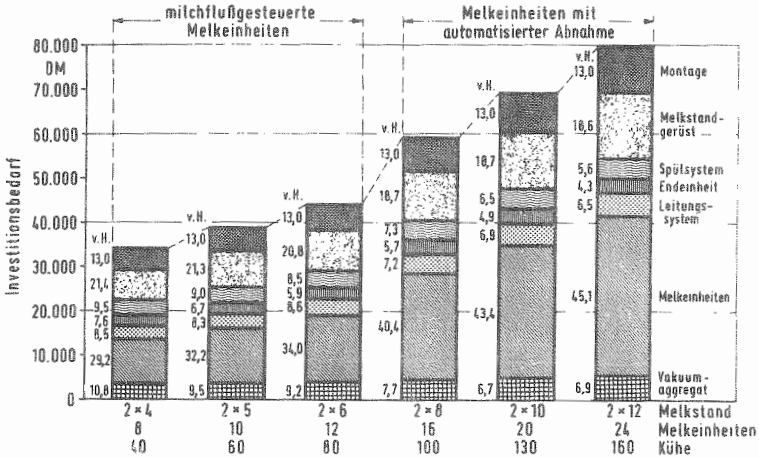


Abbildung 55: Investitionsbedarf von Fischgräten-Melkständen (einschließlich Montage; Preisstand 1982/83)

Anhand der beiden graphischen Darstellungen ist zwar der Investitionsbedarf für die Beispielsanlagen ausreichend beschrieben, doch weist diese Datendarstellungsform folgende Schwächen auf:

- die fertig errechneten Endwerte gelten nur für bestimmte Anlagengrößen,
- für alle anderen Größen muß zwischen den jeweiligen Angaben interpoliert werden,
- durch die Endwerte kommen die Abhängigkeiten des Investitionsbedarfs viel zuwenig zum Ausdruck.

Diese Unzulänglichkeiten können durch die funktionelle Darstellungsform beseitigt werden. Deshalb wird auch der Investitionsbedarf in mathematischen Formeln ausgedrückt. Dazu werden alle Baugruppen, die nur einmal benötigt werden, im Sinne einer einfachen Handhabung zusammengefaßt; nur für die Melkeinheiten, die mehrmals vorkommen können, wird eine eigene Formel errechnet. In Tabelle 19 sind diese für den Investitionsbedarf von Melkanlagen zusammengestellt. Daraus wird ersichtlich, daß mit 4 einfachen Formeln der Investitionsbedarf für alle Melkanlagen errechnet werden kann, wobei als variable Einflußgrößen nur die Zahl der Kühe bzw. die Zahl der Melkstandbuchten, die Zahl der Melkeinheiten und deren Technik bekannt sein müssen.

Tabelle 19: Darstellung des Investitionsbedarfs von Melkanlagen in mathematischen Funktionen

Stallsystem	Baugruppen	Funktion
Anbindestall	1,3,4,5	$I_1 = 8844{,}4 + 131{,}1\ KZ$
	2	$I_2 = 800{,}0\ ME + 450{,}0\ MS$
	Summe	$I_G = M\ (I_1 + I_2)$
Laufstall mit FMG	1,3,4,5,6	$I_1 = 12830{,}2 + 875{,}7\ BZ$
	2	$I_2 = 1250{,}0\ ME + 250{,}0\ MA$
	Summe	$I_G = M\ (I_1 + I_2)$

I_1 = Investitionsbedarf der Baugruppen Vakuumaggregat, Leitungssystem, Endeinheit; Spülsystem und Melkstandgerüst zusammen
I_2 = Investitionsbedarf aller Melkeinheiten
I_G = Investitionsbedarf gesamt
KZ = Zahl der Kühe
ME = Zahl der Melkeinheiten
MS = Zahl der Milchflußsteuerungen
BZ = Buchtenzahl im FGM-Melkstand
MA = Zahl der Melkzeugabnahmen
M = Montagefaktor

3.2.3 Restwert

Obwohl der Restwert in praktischen Kalkulationen oft übergangen wird, sollte er nicht vernachlässigt werden, wie bereits mit Abbildung 15 verdeutlicht wurde. Seine Ermittlung gestaltet sich jedoch schwierig, da er von verschiedenen, vielfach kaum zu quantifizierenden Größen (technischer Fortschritt, Marktlage, Inflation, Zeitdifferenz u.a.) abhängt. Gleichwohl soll hier versucht werden, einen Orientierungsrahmen für den Restwert von Melkanlagen zu schaffen.

Die bisherigen empirischen Untersuchungen zum Wertverlauf von Maschinen und Geräten, die einerseits nicht zahlreich sind und sich andererseits meist nur auf Schlepper und Mähdrescher beschränken, lassen sich im wesentlichen danach einteilen, ob der Restwert in mathematischen Funktionen ausgedrückt wird oder nicht. So betrachten NACKEN 1973 /57/, POPKEN 1975 /67/ und LANG 1981 /48/ den Wiederveräußerungswert von Schleppern und Mähdreschern als abhängige Größe der bisherigen Arbeitsleistung und sonstiger preisbestimmender Faktoren und stellen Entwertungsfunktionen auf, mit denen der absolute Gebrauchtpreis der Maschinen errechnet werden kann.

PEACOCK und BRAKE 1970 (zit. bei KAY und RISTER 1980 /39/), SCHONEY und FINNER 1981 /80/ und die American Society fo Agricultural Engineers (ASAE) 1981 /1/ gehen noch einen Schritt weiter und drücken mit Hilfe einer relativen Entwertungsfunktion den Restwert in v.H. des Anschaffungspreises aus. Als unabhängige Variable der Entwertungsfunktion verwenden sie das Maschinenalter. Wären für alle Maschinen derartige relative Entwertungsfunktionen vorhanden, so wäre für die Kostenkalkulation dieses Datenproblem gelöst.

Andere empirische Untersuchungen zum Wertverlauf /19,49/ bringen den Wiederveräußerungswert auch zur bisher erbrachten Arbeitsleistung in Beziehung. Sie stellen aber keine Entwertungsfunktionen auf, sondern machen die Zusammenhänge nur graphisch deutlich. Weiter können aus Beispielskalkulationen, wie sie REISCH und ZEDDIES 1977 /70,9.78/ und KÖHNE 1980 /43, S.258/ durchführten, Hinweise über den angenommenen Wertverlauf gewonnen werden.

Alle bisher genannten Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß die Wertminderungen pro Nutzungseinheit nicht linear, sondern mehr oder weniger stark degressiv verlaufen, d.h., daß gerade am Anfang der Nutzungsdauer große Wertverluste hingenommen werden müssen, während gegen Ende der Nutzungszeit nur noch vergleichsweise minimale Werteinbußen zu verzeichnen sind.

Während über den Wertverlauf von Schleppern und Mähdreschern zumindest einige Ergebnisse vorliegen, sind zum Wertverlauf von Melkanlagen überhaupt keine Untersuchungen bekannt. Dennoch kann wohl auch bei Melkanlagen ein degressiver Wertverlauf unterstellt werden. Um ihn zu quantifizieren, wird eine relative Entwertungsfunktion vorgeschlagen, die in eigenen Untersuchungen über den Wertverlauf bei Schleppern gefunden wurde /102/. Dabei wird der relative Wiederveräußerungswert in Abhängigkeit von der jährlichen Nutzungsdauer angegeben. Diese relative Entwertungsfunktion lautet:

$$RW_R = 100 - D\sqrt{N} \qquad (17)$$

wobei gilt:

RW_R = relativer Restwert in v.H.
D = Degressionskoeffizient
N = Nutzungsdauer in Jahren.

Eine derartige Entwertungsfunktion ist einfach zu rechnen und außerdem durch Verändern des Degressionskoeffizienten recht anpassungsfähig. In Abbildung 56 ist eine Kurvenschar dieser Funktion dargestellt. Wie daraus hervorgeht, liegt der relative Wert bei einem Degressionskoeffizienten von 20 nach einer 4-jährigen Nutzungsdauer bei 60 v.H. des Neupreises und auch eine 20-jährige Maschine hat noch etwa 10 v.H. ihres Anfangswertes aufzuweisen. Bei einem Degressionskoeffizienten von 30 nimmt der relative Restwert schneller ab und erreicht nach etwa 11 Jahren den Nullpunkt. Bei Schleppern konnte ein Degressionskoeffizient von unter 25 gefunden werden. Demnach kann bei Melkanlagen ein Koeffizient von über 25 unterstellt werden, weil bei stationären Anlagen eine stärkere degressive Wertabnahme erwartet werden kann. Ob letztendlich bei einer Kalkulation mit oder ohne Restwertberücksichtigung gerechnet wird, muß im Einzelfall bei Kenntnis aller Nebenbedingungen vom Kostenrechner selbst entschieden werden.

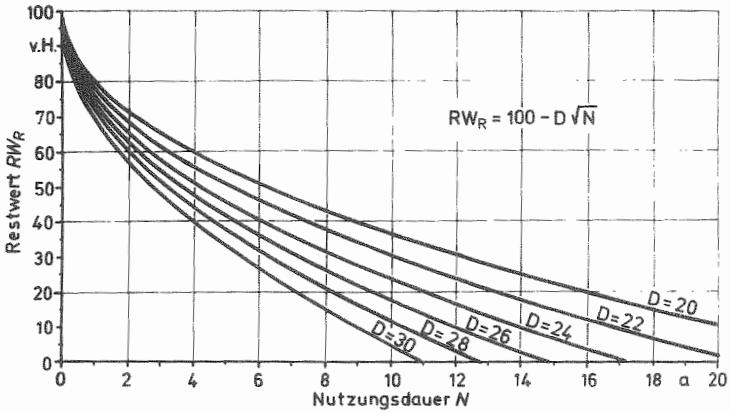


Abbildung 56: Relative Entwertungsfunktion

3.2.4 Abschreibungsdauer

Ähnlich dem Restwert ist auch die Abschreibungsdauer eine mehr kalkulatorische Größe, weil sie im Rahmen der Vorkalkulation zum Zeitpunkt nicht bekannt ist; deshalb muß mit Unterstellungen gearbeitet werden. Als Abschreibungsdauer sollte im Sinne minimaler Gesamtkosten die optimale Nutzungsdauer verwendet werden, die bekanntlich dann erreicht ist, wenn die durchschnittlichen Gesamtkosten ihr Minimum erreichen. Oft wird jedoch ein derartiges Kostenminimum nicht erreicht.

SCHAEFER-KEHNERT gibt 1957 /75/ als optimale Nutzungsdauer für Melkanlagen einen Zeitraum von 20 Jahren an, 1969 /76/ verkürzt er diesen Wert auf 17 Jahre und im KTBL-Taschenbuch von 1982 /45/ wird eine Abschreibungsdauer von 15 Jahren empfohlen. WEBER 1980 /95/ vermindert diese Bezugsgröße noch weiter auf 10 Jahre und ZÄHRES 1975 /108/ unterstellt sogar nur mehr eine 8-jährige Nutzungsdauer. Zwischen den beiden Extremwerten von 20 und 8 Jahren ist eine realistische Abschreibungsdauer anzusetzen. Endgültig kann jedoch diese Frage erst mit der Berechnung der optimalen Nutzungsdauer geklärt werden.

3.2.5 Kalkulationszinsfuß

Neben den 3 vorher beschriebenen Einflußgrößen werden die Kapitalkosten entscheidend auch vom Kalkulationszinsfuß mitgeprägt. KÖHNE 1966 /41, S.20/ bezeichnet gar den Kalkulationszinsfuß als "das zentrale Instrument der traditionellen Investitionstheorie". Dessen Bedeutung ist dadurch bedingt, daß bei der Annuitätsmethode nicht nur die Kapitalkosten, sondern auch die Reparaturkosten von der Höhe des Kalkulationszinsfusses beeinflußt werden. So weist PETERS 1982 /65/ nach, daß eine Zinserhöhung von 6 auf 10 v.H. eine Steigerung der Gesamtkosten um 9,5 v.H. bewirkt.

Zur praktischen Bestimmung des Kalkulationszinsfusses wurde bereits im Absatz 2.3.3.2 eine Formel angeführt, mit der der Kalkulationszinsfuß bei Verwendung von Eigen- und Fremdkapital über das gewogene arithmetische Mittel des Eigen- und Fremdkapitalzinsfusses berechnet werden kann. Die Anwendung von Formel(10) ist allerdings nur bei bestimmten Voraussetzungen zulässig, die KÖHNE 1966 /41,S.20 ff.) ausführlich behandelt.

Sollen die dort genannten Begrenzungen aufgehoben werden, so muß zu simultanen Planungsrechnungen übergegangen werden. Dies übersteigt jedoch den Rahmen einfacher Maschinenkostenkalkulationen.

In Anlehnung an Abschnitt 2.3.3.2 müssen nun die Einflußgrößen des Kalkulationszinsfußes quantifiziert werden. Dies ist jedoch konkret nur im Einzelfall möglich; denn der Kalkulationszinsfuß ist keine objektiv bestimmbare Größe, sondern richtet sich nach den subjektiven Gegebenheiten des Einzelfalles /75/. Deshalb können hier nur einige Hinweise zur Höhe des Eigen- und Fremdkapitalzinsfusses gegeben werden.

Der Eigenkapitalzinsfuß hat sich nach einer gleich sicheren außerbetrieblichen Verzinsungsmöglichkeit zu richten /41/. Er drückt den alternativen Ertrag aus, der dem Investor entgeht, wenn er das zu untersuchende Investitionsvorhaben realisiert /101/. Als Vergleichsinvestition kommen im Regelfall mittel- oder langfristige Spareinlagen oder auch festverzinsliche Wertpapiere in Frage.

Um die Entwicklung des Zinsniveaus über einen längeren Zeitraum hinweg verdeutlichen und auch Größenvorstellungen geben zu können, ist in Abbildung 57 die Rendite der jeweils im Umlauf befindlichen, festverzinslichen Wertpapiere dargestellt. Dabei zeigen sich auch über einen kürzeren Zeitraum hinweg z.T. doch beträchtliche Schwankungen, die natürlich auch in der Maschinenkostenberechnung Berücksichtigung finden müssen. Beim derzeitigen Zinsniveau kann über länger laufende Spareinlagen oder auf dem Rentenmarkt eine jährliche Verzinsung von etwa 6 bis 7,5 v.H. des Eigenkapitals erreicht werden. Natürlich werden in der Landwirtschaft Investitionsvorhaben nicht nur immer nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten durchgeführt, aber andererseits muß auch im landwirtschaftlichen Betrieb im Sinne einer langfristigen Existenzerhaltung eine angemessene Verzinsung des Eigenkapitals angestrebt werden /75/.

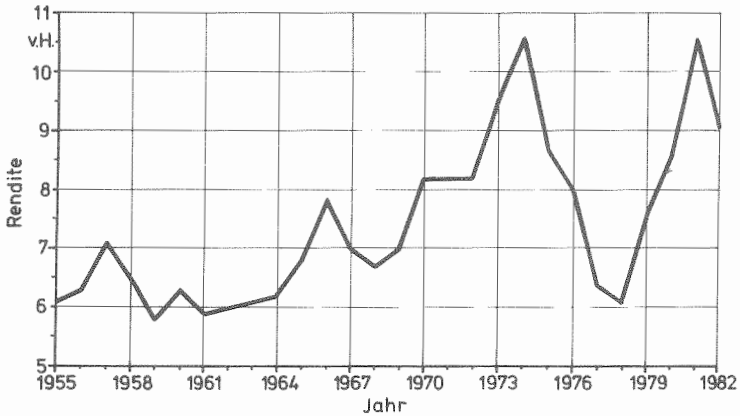


Abbildung 57: Zinsniveau in der Bundesrepublik Deutschland (Umlaufrendite von festverzinslichen Wertpapieren; Quelle: Dt. Bundesbank /20/)

Während die Festsetzung des Eigenkapitalzinsfußes in den Händen des Unternehmers oder Kostenrechners liegt, kann der Fremdkapitalzinsfuß, den die Banken für ausgeliehenes Geldkapital fordern, nur in sehr engen Grenzen vom Landwirt beeinflußt werden. Selbstverständlich darf nicht der Nominal-

zinsfuß, sondern muß der Effektivzinsfuß, der die Kapitalnebenkosten (Disagio, Gebühren, usw.) enthält, in die Kalkulation eingehen. Derzeit liegt dieser bei mittel- und langfristigen Krediten bei 8 bis 10 v.H. pro Jahr. Da im Rahmen von staatlichen Förderungsprogrammen der Landwirtschaft Zinsverbilligungen gewährt werden, kann sich dieser Zinssatz unter Umständen wieder um einige Prozentpunkte ermäßigen.

Kann also der Kalkulationszinsfuß eindeutig aus diesen beiden Größen errechnet werden, so darf nicht übersehen werden, daß alle Daten, die in die Maschinenkostenrechnung eingehen, auf gewissen Annahmen beruhen und deshalb mit einem bestimmten Unsicherheitsfaktor behaftet sind. Diese Faktoren können nicht monetär erfaßt werden. Es wird daher manchmal empfohlen, diese in Form eines Risikozuschlages bei der Bemessung des Kalkulationszinsfusses zu berücksichtigen /79/.

Aufbauend auf dem bisher Gesagten wird im folgenden ein Kalkulationszinsfuß von 8 v.H. angenommen. Im Einzelfall wäre dieser Wert nach oben oder unten in Abhängigkeit von den vorher genannten Einflußgrößen zu verändern.

3.3 Betriebsstoffkosten

Neben den Kapital- und Reparaturkosten zählen die Betriebsstoffkosten zu den wichtigsten Kostenelementen. Wie aus Abbildung 6 am Beispiel einer Schlepperstunde hervorgeht, sind die Betriebsstoffkosten mit knapp 30 v.H. der Gesamtkosten in ihrer Höhe sogar noch etwas größer als die Reparaturkosten. Dies unterstreicht deren Bedeutung und erzwingt damit eine sorgfältige Ermittlung der notwendigen Daten. Erschwerend kommt jedoch hinzu, daß nur relativ wenig exakte Messungen über den Verbrauch von Betriebsstoffen vorliegen, so daß hauptsächlich auf Herstellerangaben und Prüfberichte zurückgegriffen werden muß.

3.3.1 Energiekosten

In der Regel werden Melkanlagen mit elektrischem Strom betrieben. Als Energieverbraucher treten dabei auf:

- die Vakuumpumpe
- die Milchpumpe und
- der Reinigungsautomat.

Ihren Energieverbrauch gilt es zu quantifizieren. Da exakte Messungen zur elektrischen Leistungsaufnahme der genannten Energieverbraucher nicht verfügbar sind, wird die Unterstellung getroffen, daß der Leistungsbedarf dem vom Hersteller genannten Anschlußwert gleichgesetzt werden kann. Der Energieverbrauch ergibt sich somit aus dem Produkt des Anschlußwertes und der Laufzeit des Verbrauchers.

Nach AYIK 1975 /8,S.17/ hängt der Leistungsbedarf der Vakuumpumpe in erster Linie vom notwendigen Luftdurchfluß ab. AYIK stellt deshalb den Leistungsbedarf der Vakuumpumpe in Abhängigkeit des Luftdurchflusses dar. Dementsprechend wurden die Leistungsangaben für die angebotenen Vakuumpumpen auch einer Regressionsanalyse unterzogen, wodurch eine der AYIK'schen Formel fast identische Funktion ermittelt werden konnte (Tab. 20). Demnach nimmt der Leistungsbedarf pro 100 l/min höherem Luftdurchfluß linear um 0,26 kW zu. Somit beträgt der stündliche Energieverbrauch einer Vakuumpumpe mit 500 l/min Luftdurchfluß 1,25 kWh und steigt bei Verdreifachung des Luftdruchflusses auf 3,85 kWh.

Als zweite zu ermittelnde Größe muß die tägliche Laufzeit des Vakuumaggregates bestimmt werden. Da nur 2 der 216 untersuchten Melkanlagen mit Betriebsstundenzählern ausgerüstet waren, muß die tägliche Laufzeit annäherungsweise aus den Arbeitszeitbedarfswerten für das Melken (Anhangstab. 14) berechnet werden. Die berechneten täglichen Laufzeiten werden dann in Abhängigkeit von der Kuhzahl und der Melktechnik wieder in einer Funktion ausgedrückt (Tab. 20). Demgegenüber ist die Laufzeit der Vakuumpumpe für den automatischen Spülvorgang mehr oder weniger feststehend und wird mit 50 Minuten/Tag angesetzt. Der tägliche Energieverbrauch der Vakuumpumpe kann folglich aus der Summe der beiden Laufzeiten multipliziert mit dem Leistungsbedarf errechnet werden.

Tabelle 20: Energiekosten von Melkanlagen (Datenmaterial nach SAUER und AUERNHAMMER 1982 /72/,AYIK 1975 /8/,VOGT 1979 /92/, Hersteller-unterlagen /112/)

Energie-verbraucher	Parameter	Formel
Vakuum-aggregat	Luftdurchfluß Vl(l/min)	$Vl = 150 + 60\ ME$
	Leistungsbedarf P_V(kW)	$P_V = -0{,}049 + 0{,}0026\ Vl$
	Laufzeit/Tag Anbindestall (Melken) t_V (h)	$t_V = 0{,}606 + 0{,}0532\ KZ$
	Laufzeit/Tag Laufstall (Melken) t_V (h)	$t_V = 2{,}390 + 0{,}0421\ KZ - 0{,}127\ ME$
	Laufzeit/Tag (Spülen) t_{VS} (h)	$t_{VS} = 0{,}833$
	Energieverbrauch/Tag Q_V (KWh)	$Q_V = (t_V + t_{VS})\ P_V$
Milchpumpe	Leistungsbedarf P_M(KW)	$P_M = 0{,}5$
	Laufzeit/Tag (Melken) t_M(h)	$t_M = 0{,}15\ t_V$
	Laufzeit/Tag (Spülen) t_{MS}(h)	$t_{MS} = 0{,}6\ t_{VS}$
	Energieverbrauch/Tag Q_M(KWh)	$Q_M = (t_M + t_{MS})\ P_M$
Reinigungs-automat	Leitungslänge Anbindestall l (m)	$l = 20 + 1{,}15\ KZ$
	Leitungslänge Laufstall l (m)	$l = 5 + (1{,}15\ BZ)\ 2$
	Leistungsbedarf P_R (KW)	$P_R = 0{,}163\ l$
	Laufzeit/Tag (Heizung) t_{SH} (h)	$t_{SH} = 0{,}5$
	Energieverbrauch/Tag Q_R(KWh)	$Q_R = P_R\ t_{SH}$
Melkanlage	Energieverbrauch/Tag Q_G(KWh)	$Q_G = Q_V + Q_M + Q_R$
	Energiekosten/Jahr B_1 (DM)	$B_1 = Q_G \cdot p_Q\ 365$

ME = Anzahl Melkeinheiten
KZ = Kuhzahl
MS = Anzahl der Milchflußsteuerungen
BZ = Buchtenzahl
p_Q = Energiepreis (DM/KWh)

Im Vergleich zur Vakuumpumpe ist der Energieverbrauch der Milchpumpe unbedeutend. Als Leistungsbedarf wird deshalb ein mittlerer Wert von 0,5 kW unterstellt. Nach AYIK 1975 /8,S.24/ beträgt die Laufzeit der Milchpumpe etwa 10 bis 15 v.H. der Gesamtmelkzeit und 50 bis 75 v.H. der Gesamtspülzeit. Somit kann auch der Energieverbrauch der Milchpumpe errechnet werden (Tab. 20).

Dem Reinigungsautomat hingegen muß wegen seines hohen Energieverbrauches größere Bedeutung beigemessen werden; denn ein Reinigungsautomat mit Durchlauferhitzer muß in kurzer Zeit eine bestimmte Menge Wasser auf 50 bis 60 Grad Celsius aufheizen und diese Temperatur auch über eine längere Zeit halten können. Dazu muß die Heizleistung des Durchlauferhitzers so bemessen sein, daß die Summe aus der Aufheizwärmeenergie und der Wärmeverlustenergie in einer bestimmten Zeit geliefert werden kann. Während sich die Aufheizwärmeenergie problemlos aus der Wassermenge, der Temperaturdifferenz und der spezifischen Wärmekapazität des Wassers ermittelt läßt, hängt die Wärmeverlustenergie von vielen verschiedenen Einflußgrößen ab. Dazu zählen:

- das Rohrmaterial
- der Rohrquerschnitt
- die Rohrlänge
- die Stalltemperatur, u.a.

Ohne näher auf diese Zusammenhänge einzugehen, wird nachfolgend eine spezifische Heizleistung für den Durchlauferhitzer unterstellt, wie sie AYIK 1975 /8,S.36/ nach eigenen Messungen und nach Firmenunterlagen gefunden hat. Er empfiehlt, bei Kaltwasserzulauf (10 Grad Celsius) und bei Rohrleitungen aus Plexiglas eine Heizleistung von 1,1 kW/m^2 Rohroberfläche und bei Leitungen aus Chromnickelstahl eine Heizleistung von 1,3 kW/m^2 zu installieren. Bei Chromnickelstahl-Rohren muß wegen der höheren Wärmeverluste ein größerer Durchlauferhitzer vorgesehen werden. Bei einer 15-minütigen Hauptspülzeit, Chromnickelstahl-Rohren mit 40 mm Durchmesser und Kaltwasserzulauf kann demnach der Energiebedarf des Reinigungsautomaten mit den in Tabelle 20 angegebenen Formeln berechnet werden.

Der jährliche Energieverbrauch einer Melkanlage ergibt sich somit aus der Summe der Einzelverbräuche multipliziert mit dem Energiepreis und den Melktagen.

3.3.2 Sonstige Betriebsstoffkosten

Außer der elektrischen Energie werden zum ordnungsgemäßen Betrieb einer Melkanlage noch folgende Betriebsstoffe benötigt:

- Wasser für die Reinigung der Anlage
- Spülmittel zur Reinigung und Desinfektion der Anlage
- Öl zur Schmierung der Vakuumpumpe und
- Filterhüllen für den Rohrfilter.

Da kaum Verbrauchsmessungen zu diesen Betriebsstoffen vorliegen, muß wieder auf Herstellerangaben zurückgegriffen werden, die wie bei den Energiekosten in Verbrauchsfunktionen wiedergegeben werden.

Der Wasserverbrauch zur Reinigung und Desinfektion der Anlage hängt im wesentlichen von der Leitungslänge und der Zahl der Melkeinheiten ab; deshalb kann er auch mit diesen beiden Größen formelmäßig dargestellt werden (Tab. 21). In direkter Beziehung zur verbrauchten Wassermenge steht die benötigte Spülmittelmenge, die somit über das Konzentrationsverhältnis und die Wassermenge errechnet werden kann (Tab. 21). Auch beim Ölverbrauch der Vakuumpumpe muß wieder auf Herstellerangaben zurückgegriffen werden. Diese reichen je nach Pumpengröße von etwa 3 bis 10 ml pro Stunde Laufzeit. Am problemlosesten läßt sich der Verbrauch an Filterhüllen bestimmen, denn dieser steht mit 2 Stück pro Tag von vorneherein fest.

Werden nun die mit ihrem Preis bewerteten Einzelverbräuche mit der Zahl der Melktage multipliziert und dazu die Energiekosten addiert, so stehen damit die Betriebsstoffkosten einer Melkanlage fest.

Zusammenfassend wird deutlich, daß durch die in Tabelle 20 und 21 gezeigte Darstellungsform die Entstehung der Betriebsstoffkosten auf wenige Einflußgrößen kausal zurückgeführt werden kann, und daß mit denselben Formeln eine Betriebsstoffkostenberechnung für alle Anlagengrößen möglich ist. Die

Tabelle 21: Sonstige Betriebsstoffkosten von Melkanlagen(Datenmaterial nach Herstellerangaben /112/)

Verbrauchsmaterial/Tag	Formel
Wasser WS (l)	$WS = (0{,}3\ l + 5\ ME)\ 4$
Spülmittel S (kg)	$S = 0{,}0025\ WS$
Öl O (ml)	$O = (2{,}444 + 0{,}0038\ Vl)\ (t_V + t_{VS})$
Filterhüllen F (St.)	$F = 2{,}0$
Sonstige Betriebsstoffkosten/Jahr B_2 (DM)	$B_2 = (WS\ p_W + S\ p_S + O\ p_O + F\ p_F)\ 365$

Vl = Luftdurchfluß (Vakuumpumpe)
l = Leitungslänge
ME = Anzahl Melkeinheiten
p_W = Wasserpreis (DM/l)
p_S = Spülmittelpreis (DM/kg)
p_O = Ölpreis (DM/ml)
p_F = Filterpreis (DM/St.)

differenzierte Betrachtungsweise gestattet es ohne Schwierigkeiten, einzelne Funktionswerte oder auch ganze Funktionen zu ersetzen, sofern Änderungen gegenüber den oben genannten Unterstellungen vorgenommen werden müssen.

3.4 Wartungskosten

Wie bereits in Abschnitt 2.3.5.4 erläutert wurde, werden Wartungskosten bei der Maschinenkostenkalkulation nicht berücksichtigt, falls die Wartungsarbeiten von betriebseigenen Arbeitskräften durchgeführt werden. Wenn jedoch Fremdarbeitskräfte zur Wartung eingesetzt werden, so müssen deren Kosten in der Kostenberechnung mit erfaßt werden.

Da eine Melkanlage zweimal täglich benötigt wird, und da eine schlecht funktionierende Melkanlage die Milchqualität und auch die Eutergesundheit negativ beeinflussen kann, wird dem Landwirt vielfach eine regelmäßige

Überwachung und Wartung der Anlage durch einen Fachmann empfohlen /91,106/. Von manchen Firmen werden sogar regelrechte Service-Verträge angeboten, in denen der Umfang der Wartung und das Wartungsintervall (meist 1 Jahr) festgelegt werden.

Unter Wartungskosten sind nur Dienstleistungskosten zu verstehen, die für die Kontrolle und Überprüfung der Melkanlage vom Service-Dienst gefordert werden. Alle im Rahmen der Wartung ausgetauschten Ersatz- und Verschleißteile werden eigens berechnet und sind schon bei den Reparaturkosten berücksichtigt.

Die Wartungskosten, wie sie zur Zeit von einem Service-Unternehmen verlangt werden, sind für die beiden Melksysteme in Tabelle 22 dargestellt. Sie setzen sich aus einem Grundpreis, der auch die Fahrtkosten enthält, und einem Zuschlag pro Melkeinheit zusammen. Für eine Rohrmelkanlage mit 4 milchflußgesteuerten Melkeinheiten müssen somit bei jährlicher Wartung gut 300,- DM als Wartungskosten berücksichtigt werden. Obwohl die Wartungskosten also nicht unerheblich sind, sollte dennoch aus Gründen der Kosteneinsparung nicht darauf verzichtet werden, wie sich durch einfache Wirtschaftlichkeitsrechnungen zeigen läßt. Im Sinne einer qualitätsbewußten Milcherzeugung ist ein Service-Vertrag durchaus auch aus ökonomischen Gründen zu rechtfertigen und sinnvoll.

Tabelle 22: Wartungskosten von Melkanlagen (Herstellerunterlagen /112/)

Stallsystem	Kostenformel
Melkanlage (Anbindestall)	W = (110 + 26 ME + 18 MS) US
Melkanlage (Melkstand)	W = (110 + 18 ME + 15 MS) US

W = Wartungskosten/Jahr (DM/Jahr)
ME = Zahl der Melkeinheiten
MS = Zahl der Milchflußsteuerungen
US = Umsatzsteuerfaktor (z.Z. 1,13)

Nachdem mit den Wartungskosten alle Kostenelemente ermittelt sind, kann abschließend festgehalten werden, daß es gelungen ist, die meisten Kalkulationsdaten in Kostenfunktionen darzustellen, und daß damit für die weitere Gesamtkostenberechnung günstige Voraussetzungen geschaffen werden konnten.

4. Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten eines Gesamtkostenmodells

Da nun die theoretischen Grundlagen der Maschinenkostenkalkulation erläutert sind und auch an einem Beispiel die Datenermittlung für die einzelnen Kalkulationselemente demonstriert wurde, soll nunmehr der Versuch unternommen werden, ein Berechnungsverfahren zu entwickeln, mit dem aus den schon bekannten Kalkulationselementen die Kosten pro Arbeitseinheit berechnet werden können.

Von einem solchen Verfahren ist zu fordern, daß es neben den Gesamtkosten auch auf andere Fragen des kurz-, mittel- und langfristigen Maschinenmanagements möglichst befriedigende Antworten geben kann. Daneben soll sich das Verfahren durch einfache Handhabung, vielseitige Anwendung und ausreichende Genauigkeit auszeichnen. Außerdem sollte der Anwender nicht allzuviel Vorkenntnisse mitbringen müssen. Diese Anforderungen lassen sich sicherlich nicht alle im selben Maße erfüllen, so daß Kompromisse zu suchen sind.

Im folgenden wird deshalb zuerst das Vorgehen und die Arbeit bei der Gesamtkostenberechnung beschrieben und anschließend ein Gesamtkostenmodell vorgestellt, mit dem sich die gestellten Anforderungen annähernd erreichen lassen.

4.1 Vorgehen bei der Gesamtkostenberechnung

Sollen die Kosten einer Maschine berechnet werden, so ist zuerst zu klären, welche Kalkulationsmethodik angewendet werden soll. Wie ausführlich in Abschnitt 2.2.2.3 dargelegt wurde, sollte dazu nur das dynamische Verfahren eingesetzt werden. Aus der entsprechenden Durchschnittkostenformel (Formel (1)) geht hervor, welche Parameter für die praktische Kalkulation benötigt werden. Für die Kosten der Melkanlage sind dies:

1. der Anschaffungswert
2. der Restwert
3. die Reparaturkosten
4. die Betriebsstoffkosten
5. die Wartungskosten
6. der Kalkulationszinsfuß und
7. die Abschreibungsdauer.

Bisher wurden diese Kalkulationselemente dem Anwender meist in Form von fertig errechneten Werten in Tabellen zu Verfügung gestellt. Die KTBL-Kalkulationsunterlagen /45/ sind dafür ein gutes Beispiel. Die hier vorgestellte Methode geht jedoch einen Schritt weiter und stellt die oben genannten Kalkulationselemente mit Ausnahme des Kalkulationszinsfusses und der Abschreibungsdauer in einen funktionellen Zusammenhang; dies bedeutet, daß diese Daten formelmäßig in Abhängigkeit von bestimmten Einflußgrößen wiedergegeben werden und somit eine individuellere Berechnung aller Kostenarten möglich machen.

Obwohl alle diese Kalkulationselemente schon einzeln in Funktionen vorgestellt wurden, sollen sie dennoch in Tabelle 23 am Beispiel Rohrmelkanlagen nochmals zusammengefaßt werden. Dabei fällt zweierlei auf:

1. Zur Darstellung der 5 Kalkulationselemente (Anschaffungswert, Restwert, Reparaturkostensumme, Betriebsstoff- und Wartungskosten) werden nur folgende 4 Parameter benötigt:

   - Anzahl Kühe
   - Anzahl Melkeinheiten
   - beabsichtigte Nutzungsdauer und
   - Betriebsstoffpreise.

   Allein aus diesen bekannten oder leicht zu ermittelnden Parametern können die gesuchten Kalkulationselemente abgeleitet werden. Diese Formeln gelten nicht nur für eine ganz bestimmte Rohrmelkanlage, sondern damit können alle sinnvollen Rohrmelkanlagen abgedeckt werden.

Tabelle 23: Formelmäßige Darstellung der Kalkulationselemente (Beispiel Rohrmelkanlagen)

Kalkulationselemente	Berechnungsformel
Anschaffungswert A (DM)	$A = 1{,}15\ (8844{,}4 + 131{,}1\ KZ + 800{,}0\ ME)$
Restwert RW (DM)	$RW = 0{,}01\ A\ (100 - 30\ \sqrt{N})$
Reparaturkostensumme RS (DM)	$RS = -10{,}4 + 14{,}5\ N^{1,7} + 27{,}7\ N^{1,5} + 1{,}1\ N^{2,7} + 0{,}15\ N^{3,4} + ME\ 22{,}3\ N^{1,4}$
Betriebsstoffkosten B (DM)	$B = \{[(0{,}883 + 0{,}986 + 0{,}0363\ KZ)\ (-0{,}049 + 0{,}0026\ (150{,}0 + 60{,}0\ ME))] + [0{,}15\ (0{,}986 + 0{,}00363\ KZ) + 0{,}6\ 0{,}833]\ 0{,}5 + [0{,}163\ (20{,}0 + 1{,}15\ KZ)]\ 0{,}5\}\ p_Q\ 365 + \{[0{,}3\ (20{,}0 + 1{,}15\ KZ) + 5\ ME]\ 4\}\ p_W\ 365 + \{[0{,}3\ (20{,}0 + 1{,}15\ KZ) + 5\ ME]\ 2\ 0{,}005\}\ p_S\ 365 + \{2{,}444 + 0{,}0038\ (150{,}0 + 60\ ME)\ [(0{,}986 + 0{,}036\ KZ) + 0{,}833]\}\ p_Q\ 365 + 2\ p_F\ 365$
Wartungskosten W (DM)	$W = (110{,}0 + 26{,}0\ ME)\ 1{,}13$

KZ = Anzahl Kühe
ME = Anzahl Melkeinheiten
N = beabsichtigte Nutzungsdauer
p_Q = Energiepreis (DM/kWh)
p_W = Wasserpreis (DM/l)
p_S = Spülmittelpreis (DM/kg)
p_O = Ölpreis (DM/ml)
p_F = Filterpreis (DM/St.)

2. Die formelmäßige Darstellung der Kalkulationselemente ist vor allem für die Betriebsstoffkosten aufwendig. Die große Flexibilität in der Anwendung, die durch die Funktionen ermöglicht wird, muß mit hohem Rechenaufwand erkauft werden. Sicherlich kann dem Anwender nicht zugemutet werden, bei jeder Kalkulation diese Formeln manuell auszurechnen. Deshalb ist der Kostenrechner in den Fällen, wo er für pauschale Berechnungen die Kosten manuell bestimmen will, nach wie vor auf schon aggregierte Kalkulationselemente angewiesen. Zur Erstellung dieser Elemente sind jedoch die dargestellten Formeln gut geeignet. Ebenso muß bei differenzierten Kostenuntersuchungen auf diese Kostenfunktionen zurückgegriffen werden, weil nur damit die individuellen Gegebenheiten des Einzelbetriebes erfaßt werden können.

Aufgrund der dabei auftretenden Rechenarbeit muß zur Unterstützung die elektronische Datenverarbeitung (EDV) eingesetzt werden. Es muß daher ein System erarbeitet werden, bei dem der Computer die Rechenarbeit bei der Maschinenkostenkalkulation übernimmt.

4.2 Gesamtkostenmodell für die Maschinenkostenkalkulation

Da die Kalkulation der Maschinenkosten nur einen Teil der landtechnischen Kalkulationsaufgaben darstellt, darf sie nicht isoliert, sondern muß im Verbund mit den anderen Kalkulationsaufgaben gesehen werden. Ausgehend von diesen Überlegungen hat AUERNHAMMER 1975 /4/ ein landwirtschaftliches Informations-System Landtechnik (LISL) entwickelt, das derzeit hauptsächlich für Arbeitszeitkalkulationen, für Kapitalbedarfsermittlungen im landwirtschaftlichen Bauwesen und für Biogas-Modellrechnungen eingesetzt wird. Weil sich dieses System für die genannten Bereiche gut bewährt /6,69,97/ hat und weil bei der Verknüpfung der Maschinenkostenfunktionen eine ähnliche Aufgabenstellung vorliegt wie z.B. bei der Aggregation der Planzeiten in der Arbeitswirtschaft, wird dieses System zur Lösung der oben beschriebenen Aufgabe herangezogen und um einen neuen Teilbereich "Maschinenkostenkalkulation" erweitert.

Obwohl sich der Bereich Maschinenkostenkalkulation im Landwirtschaftlichen Informations-System Landtechnik (LISL) zur Zeit mehr oder weniger noch in der Test- und Aufbauphase befindet, und deshalb noch nicht alle beabsichtigten Stufen verwirklicht sind, soll dennoch hier die Konzeption vorgestellt werden.

Am Beispiel der Mechanisierung in der Milchviehhaltung wird nachstehend die Modellstruktur etwas erläutert (Abb. 58), so wie sie derzeit im Teilbereich "Maschinenkostenkalkulation" vorgesehen ist. Die oberste Aggregationsstufe stellt das Gesamtmaschinenkostenmodell dar, in dem alle Maschinen, die in der Milchviehhaltung eingesetzt werden können, zusammengefaßt sind. Das Gesamtmaschinenkostenmodell setzt sich aus mehreren Einzelmaschinenkostenmodellen zusammen, mit denen die Kosten einzelner Maschinen berechnet werden können (z.B. für die Melkanlage). Die Gesamtkosten der Einzelmaschinen setzen sich wiederum aus mehreren Kostenelementen zusammen, die in den verschiedenen Kostenelementmodellen untergebracht werden. Diese unterteilen sich weiter in Teilkostenmodelle, die nur Teilbereiche eines Kostenelements (z.B. Reparaturkosten einer Baugruppe) beinhalten. Da manche Teilkosten auf den Verbrauch von bestimmten Betriebsmitteln zurückzuführen sind, bietet sich eine nochmalige Aufsplittung der Teilkostenmodelle in Materialverbrauchsmodelle an, die schließlich nur mehr naturale Verbrauchsfunktionen aufnehmen.

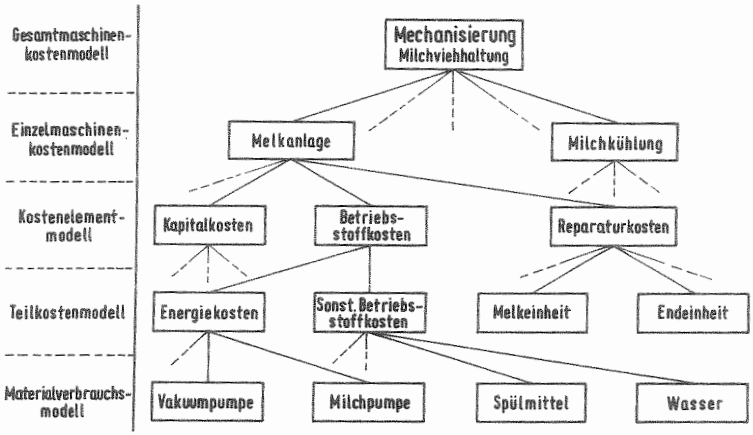


Abbildung 58: Gliederungshierarchie für die Modellbildung in der Maschinenkostenberechnung

Dieses kurz beschriebene System gliedert sich somit in 5 Ebenen, wobei die ersten 4 Ebenen im Endergebnis monetäre Werte erbringen, während die 5. Ebene nur naturale Mengenangaben liefert. Der Grad der möglichen Information nimmt von unten nach oben zu, was natürlich auch mit wachsender Komplexität und erhöhtem Rechenaufwand verbunden ist. Als einfachste Information kann das System so z.B. den jährlichen Wasserverbrauch einer Rohrmelkanlage und als größtmögliche Information die Gesamtkosten aller für die Milchviehhaltung notwendigen Maschinen liefern.

Auf die Technik der Modellbildung und die praktische Durchführung der Modellerstellung wird hier nicht näher eingegangen, da sie von AUERNHAMMER und SAUER eindeutig und ausführlich beschrieben sind /4,5,73/.

4.3 Anwendungsbeispiel

Die vorangegangenen theoretischen Erläuterungen zum Kostenmodell sollen nun nachfolgend an einem praktischen Beispiel veranschaulicht werden. Dazu dient eine Rohrmelkanlage mit 3 Melkeinheiten.

Das Ergebnis einer Beispielskalkulation ist in Tabelle 24 niedergelegt. Eine Gliederung in drei Abschnitte wird daraus deutlich. Der erste Abschnitt beschreibt verbal den Inhalt des Kostenmodells und gibt dem Anwender Hinweise zur eindeutigen Ergebnisinterpretation. Daraus wird z.B. ersichtlich, welcher Ausrüstungszustand für die Rohrmelkanlage zugrundegelegt ist und welche Berechnungsmethodik verwendet wird.

Im zweiten Abschnitt sind die änderbaren Einflußgrößen mit ausreichendem Text, mit aktuellem Rechenwert und dazugehöriger Dimension aufgeführt. Die Einflußgrößenbelegung dient zur Eingabekontrolle und als Hintergrund für die Kalkulationsbedingungen /5/. Während eines Kalkulationslaufes können alle diese Einflußgrößen den einzelbetrieblichen Verhältnissen angepaßt werden. Aus der Liste der 16 Einflußgrößen geht hervor, daß mit den Einflußgrößen Nr. 3, 4 und 5 die Anlagengröße und deren Melktechnik festgelegt wird. Mit nur diesen 3 Variablen wird über die gespeicherten Funktionen der Anschaffungswert berechnet. Die Einflußgrößen 6 mit 16 steuern die Berechnung der Kostenarten. Sie enthalten hauptsächlich die Preise der Betriebsstoffe. Aus dem Vorausgehenden wird somit deutlich, daß dieses Ko-

Tabelle 24: Gesamtkostenmodell am Beispiel einer Rohrmelkanlage (30 Kühe mit 3 Melkeinheiten; Preisstand 1982/83)

```
L I S L          Landtechnik Weihenstephan, 30.03.83    K A L K O S
*************************************************************************


Beispiel einer Gesamtkostenkalkulation (30 Kühe mit 3 Melkeinheiten)
=========================================================================
   EM    101  Gesamtkosten einer Rohrmelkanlage für den Anbindestall
   -----------------------------------------------------------------------
Das Kostenmodell gilt für eine Rohrmelkanlage bestehend aus :
- Vakuumaggregat
- Melkeinheiten mit unterschiedlicher Melktechnik
- Leitungssystem (CR-NI-STAHL-Rohre und Wasserrohre)
- Endeinheit mit Milchpumpe
- Reinigungsautomat mit Durchlauferhitzer.
Für die Berechnung des Energieverbrauchs wird unterstellt, daß nur
ein Kaltwasserzulauf vorhanden ist. Als Montagekosten werden, wie in
der Praxis üblich, 15 v.H. des bisherigen Warenwertes veranschlagt.
Bei der Berechnung der Reparaturkosten ist es möglich, der Empfehlung
aus Wissenschaft und Praxis nachzukommen, die Gummiteile der Melkein-
heiten alle 6 Monate auszutauschen. Die Möglichkeit, einen jährlichen
Kundendienst durchführen zu lassen, ist ebenfalls vorgesehen.

Die Gesamtkosten errechnen sich aus
...   der Abschreibung,
...   dem Zinsanspruch,
...   den Reparaturkosten
...   den Betriebsstoffkosten Und
...   den Wartungskosten.
Die Gesamtkosten werden nach der Annuitätsmethode ermittelt,
wobei eine Restwertberücksichtigung möglich ist.
Der Restwert wird nach einer relativen degressiven Abschreibungs-
funktion berechnet, deren Degressionskoeffizient verändert werden
kann. Die Trennung der Kapitalkosten in Abschreibung und Zinsanspruch
erfolgt über den F-Faktor.
```

Einflußgrößenbelegung (Modell-Nr. 101)

1.	Häufigkeit	1.0	Vorgang
2.	Nutzungsdauer der Melkanlage	1.0	Jahre
3.	Kuhzahl	30.0	Kühe
4.	Anzahl Melkeinheiten	3.0	Stück
5.	Milchflussgesteuerte Melkeinh. 1=Ja,0=Nein	0.0	
6.	Annuität mit Restwertberück. 0=Nein,1=Ja	1.0	
7.	Degressionskoeffizient f. Restwertber.	30.0	
8.	Kalkulationszinsfuß	8.0	v. H.
9.	Gummiteile nach Erhebung = 0, nach Empf.= 1	1.0	
10.	Reparaturkostenzuschlag	0.0	v. H.
11.	Energiepreis	.160	DM/kWh
12.	Wasserpreis	1.0	DM/cbm
13.	Spülmittelpreis	4.0	DM/kg
14.	Ölpreis	5.0	DM/l
15.	Preis für Filterpapier(100 Stück)	30.0	DM/Pack.
16.	Kundendienst durch Techniker 1=Ja,0=Nein	1.0	

F o r t s e t z u n g von Tabelle 24

Ausgangssituation :
Geändert wird Nr.: 2. Nutzungsdauer . . . . . .
von 1.00 Bis 16.00 Jahre , Schrittweite = 1.00

Variable Nr. 2 (Jahre)	Abschreibung (DM/Einh)	Zinsansatz (DM/Einh)	Reparaturen (DM/Einh)	Betriebsstoffe (DM/Einh)	Wartungskosten (DM/Einh)	Gesamtkosten (DM/Einh)
1	5236.2	1396.3	337.9	1241.1	212.4	8424.0
2	3702.6	1253.9	376.9	1241.1	212.4	6786.9
3	3023.1	1166.9	418.1	1241.1	212.4	6061.6
4	2618.1	1102.3	450.6	1241.1	212.4	5624.5
5	2341.7	1050.4	479.1	1241.1	212.4	5324.7
6	2137.7	1007.0	505.5	1241.1	212.4	5103.7
7	1979.1	969.8	530.7	1241.1	212.4	4933.2
8	1851.3	937.4	555.3	1241.1	212.4	4797.5
9	1745.4	908.9	579.5	1241.1	212.4	4687.3
10	1655.8	883.5	603.5	1241.1	212.4	4596.3
11	1578.8	860.9	627.4	1241.1	212.4	4520.6
12	1454.5	861.6	651.4	1241.1	212.4	4421.0
13	1342.6	865.7	675.4	1241.1	212.4	4337.3
14	1246.7	870.4	699.5	1241.1	212.4	4270.2
15	1163.6	875.5	723.7	1241.1	212.4	4216.4
16	1090.9	881.0	747.9	1241.1	212.4	4173.3

stenmodell für die Berechnung der anfallenden Kosten von allen Rohrmelkanlagen ausreicht.

Das Ergebnis, das mit der im zweitem Abschnitt dargelegten Einflußgrößenbelegung berechnet wird, stellt den dritten Abschnitt dar. Bei schrittweiser Veränderung der Nutzungsdauer wird nicht nur über den Verlauf der Gesamtkosten, sondern auch über den Verlauf der einzelnen Kostenarten Aus-

kunft gegeben. Anhand der ersten und letzten Spalte der Kostentabelle kann außerdem sofort die Frage nach der optimalen Nutzungsdauer geklärt werden. Wie daraus hervorgeht, nehmen die Gesamtkosten pro Jahr bei einer Restwertberücksichtigung nach Abbildung 56 vom 1. bis zum 16. Nutzungsjahr auf etwa 50 v.H. ab. Die Degression der Gesamtkosten tritt dabei hauptsächlich in den ersten Nutzungsjahren auf. Wird diese Anlage nur 5 Jahre genutzt, so sind jährliche Gesamtkosten von etwa 63 v.H. der Kosten bei nur 1-jähriger Nutzung zu veranschlagen. Eine Verdoppelung der Nutzungszeit auf 10 Jahre bringt eine weitere Einsparung um etwa 8 v.H. und eine nochmalige Ausdehnung der Nutzungsdauer auf 15 Jahre nur mehr eine Einsparung von 5 v.H. der Gesamtkosten der 1-jährigen Nutzung. Interessanter sind jedoch die Kostendifferenzen zwischen einer 10- und 16-jährigen Nutzung. Dabei zeigt sich, daß zwar der Punkt mit den minimalen Gesamtkosten auch während einer Nutzungsdauer von 16 Jahren nicht erreicht wird, daß aber die relative Kostenabnahme bei schrittweiser Verlängerung der Nutzungsdauer um jeweils 1 Jahr nur mehr 1 bis 2 v.H. beträgt, so daß bei Einbeziehung der in der Kostenrechnung unberücksichtigten Faktoren (Betriebssicherheit, Arbeitsqualität, technischer Fortschritt) eine Nutzungsdauer um 12 Jahre zu empfehlen ist.

Die in Tabelle 24 gezeigte Ergebnisdarstellung liefert sogleich auch die Werte, die für graphische Darstellungen benötigt werden, um die Zusammenhänge auch optisch wiedergeben und verdeutlichen zu können. So sind in Abbildung 59 die relativen Bezüge der in Tabelle 24 aufgezeigten absoluten Zusammenhänge aufgetragen. Daraus kann die Bedeutung der einzelnen Kostenarten in den unterschiedlichen Nutzungsstadien abgelesen werden. Während bei einer kurzen Nutzungsdauer die Abschreibung die weitaus bedeutendste Kostenart darstellt, treten bei einer langen Nutzungsdauer die Betriebsstoffkosten an deren Stelle. Die Kapitalkosten nehmen zwar mit zunehmender Nutzungsdauer in ihrer Bedeutung ab, machen aber dennoch bei einer 15-jährigen Nutzung immer noch 50 v.H. der Gesamtkosten aus. Alle anderen Kostenarten dagegen nehmen in ihrer relativen Bedeutung zu, die Betriebsstoff- und Wartungskosten jedoch bleiben als veränderliche Kosten (siehe 2.2.) in ihrer absoluten Höhe konstant. Demgegenüber wachsen die Reparaturkosten sowohl in ihrer relativen als auch absoluten Größe um etwa das Doppelte. Würden diese noch stärker steigen, so könnte auch rein rechnerisch der Optimumspunkt mit den minimalen Durchschnittskosten gefunden werden, so aber müssen andere nicht quantifizierbare Größen zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer herangezogen werden.

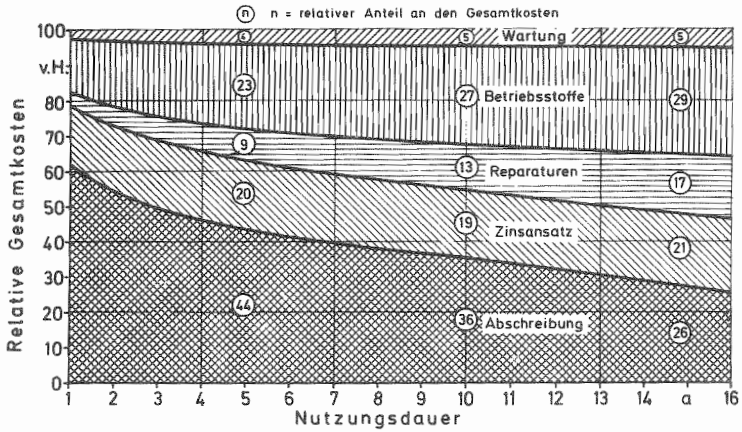


Abbildung 59: Relative Gesamtkosten einer Rohrmelkanlage (30 Kühe mit 3 Melkeinheiten)

Die Aussagekraft und die Anwendungsmöglichkeit des vorgestellten Kostenmodells soll weiter an der nun folgenden Darstellung demonstriert werden. Nur durch Veränderung von wenigen Einflußgrößen können nämlich für alle praktisch sinnvollen Rohrmelkanlagen die Gesamtkosten berechnet werden. In Abbildung 60 sind diese bei unterschiedlicher Melktechnik und Herdengröße zusammengestellt. Wie daraus hervorgeht, müssen zwangsläufig die Anlagen mit mehr Melkeinheiten bei gleicher Kuhzahl höhere Gesamtkosten pro Jahr verursachen. Aber auch bei gleicher Anlage wachsen mit zunehmender Kuhzahl die jährlichen Gesamtkosten. Dies wird hervorgerufen durch erhöhte Kapitalkosten (längeres Leitungssystem und eventuell dadurch erforderlich leistungsfähigerer Reinigungsautomat) und durch vermehrte Betriebsstoffkosten (längere Laufzeit des Energieverbrauchers und mehr Materialverbrauch). Dagegen fallen die Gesamtkosten pro Kuh und Jahr. Diese Degression ist ganz einfach dadurch bedingt, daß durch verstärkte Auslastung die fixen Anteile auf mehr Einheiten verteilt werden können. Wird eine jährliche feste Kostenbelastung pro Kuh angestrebt, so kann aus Abbildung 60 herausgelesen werden, bei welcher Melktechnik und Herdengröße diese Forderung erreicht ist. So können z.B. bei 32 Kühen 3 Standardmelkeinheiten,

bei 40 Kühen 4 milchflußgesteuerte und bei 45 Kühen bereits 5 milchflußgesteuerte Melkeinheiten eingesetzt werden, wenn die Kostenschwelle von 140,- DM pro Kuh und Jahr nicht überschritten werden soll.

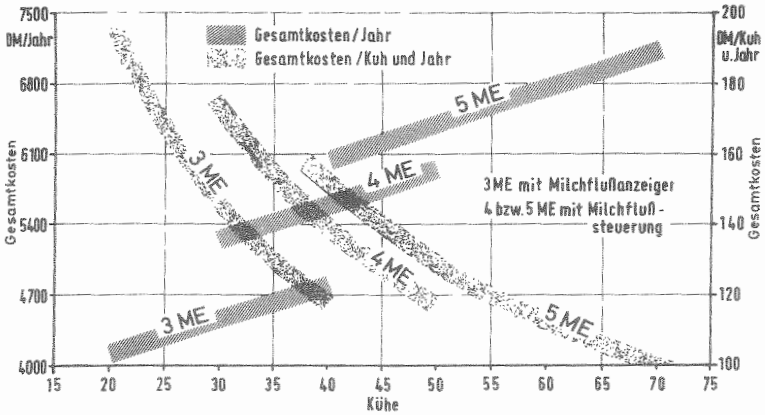


Abbildung 60: Gesamtkosten einer Rohrmelkanlage bei unterschiedlicher Melktechnik und Herdengröße (Preisstand 1982/83)

Die Auswahl des optimalen Melkverfahrens kann jedoch allein anhand der Maschinenkosten nicht durchgeführt werden. Vielmehr ist dazu die Kenntnis der Kosten der Arbeitserledigung notwendig, die aus der Summe der Maschinenkosten und der Lohn- bzw. Nutzungskosten errechnet werden können.

Ohne näher auf die weiteren Anwendungsmöglichkeiten des Kostenmodells einzugehen, sei abschließend festgehalten, daß

1. die vielfältigen Rechenvorgänge bei der Kostenkalkulation durch das Kostenmodell festgelegt sind und so Rechenfehler ausgeschaltet werden,
2. im vorgestellten Berechnungsverfahren die Ermittlung der Gesamtkosten, der einzelnen Kostenarten und der Kostenstruktur vorgesehen ist,

3. ohne großen Aufwand durch Verändern bestimmter Einflußgrößen (z.B. Nutzungsdauer) deren Bedeutung und Einfluß auf das Endergebnis festgestellt und damit die Stabilität des Rechenergebnisses geprüft werden kann, und daß
4. anhand der Verbrauchsfunktionen auch die naturalen Verbrauchsmengen der benötigten Betriebsstoffe, sozusagen als Nebenprodukt, ermittelt werden.

5. Maschinenkostenkalkulation bei Inflation und Besteuerung

Nachdem bisher hinsichtlich der gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen immer davon ausgegangen wurde, daß vollkommene Preisstabilität herrscht und keine Besteuerung vorliegt, wird im folgenden kurz auf diese beiden Faktoren eingegangen, da sie sowohl die Höhe der Gesamtkosten als auch die optimale Nutzungsdauer beeinflussen können. Die Beschäftigung mit den Auswirkungen der Inflation und der Besteuerung kann nicht vernachlässigt werden, weil beide Faktoren auch künftig die Wirtschaftswirklichkeit mitprägen gen werden, und weil die in der Praxis üblichen Kalkulationsmethoden für eine Welt mit stabilem Geldwert entwickelt wurden /77/.

5.1 Auswirkungen der Inflation

Wie aus Abbildung 12 hervorgeht, sind auch bei landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten ab etwa 1970 größere Preiserhöhungen aufgetreten, die z.T. erheblich über 4 v.H. pro Jahr lagen. Auf die Frage, inwieweit diese Preiserhöhungen mehr durch echte inflationäre Preissteigerungen oder mehr durch den technischen Fortschritt hervorgerufen wurden, und wie diese beiden Faktoren ermittelt werden können, wird hier nicht näher eingegangen. Es kann jedenfalls davon ausgegangen werden, daß auch in Zukunft mit weiter steigenden Preisen zu rechnen ist, und es gilt deshalb zu prüfen, ob und wie diese beiden Faktoren berücksichtigt werden können.

Die Auswirkungen der Inflation erfassen alle Kostenelemente, lassen sich aber bei den Betriebsstoffkosten und Wartungskosten relativ leicht berücksichtigen, weil bei diesen der Kauf- und Verbrauchszeitpunkt mehr oder weniger identisch ist, so daß hier immer die momentan geltenden Preisverhältnisse angesetzt werden können. Schwieriger wird jedoch die Berücksichtigung der Inflationseffekte bei den Kapital- und Reparaturkosten, weil hier keine Phasengleichheit herrscht.

Am sicher augenfälligsten wird der Anschaffungswert von inflationären Preissteigerungen getroffen. Für eine Melkanlage z.B., die zum Zeitpunkt der Anschaffung 20.000,- DM gekostet hat, müssen bei Wiederbeschaffung nach 10 Jahren und einer jährlichen Inflationsrate von 6 v.H. bereits 35.800,- DM bezahlt werden. Durch die Abschreibung vom Anschaffungswert

werden aber nur 20.000,- DM wiedergewonnen, so daß 15.800,- DM vom erwirtschafteten Gewinn dazugelegt werden müssen, um den substanzerhaltenden Erwerb realisieren zu können. Die zur Schließung dieser Finanzierungslücke einzubehaltenden Gewinnanteile werden üblicherweise als Scheingewinn bezeichnet. Zur genaueren Definition des Scheingewinnes in Abhängigkeit von den verschiedenen Erhaltungskonzeptionen sei auf andere Untersuchungen verwiesen /22,42/.

Obwohl nach derzeit geltendem Handels- und Steuerrecht das Nominalprinzip gilt und somit nur eine Abschreibung vom Anschaffungswert steuerlich zulässig ist, muß aus betriebswirtschaftlicher Sicht auf andere Abschreibungsformen zurückgegriffen werden, weil im anderen Fall der Gewinn nicht mehr aussagefähig ist und dadurch sogar eine Existenzgefährdung des Unternehmens ermöglicht werden kann.

Zur Berechnung der Soll-Abschreibung, die für eine identische Wiederbeschaffung ausreicht, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Um die Auswahl der sachgerechtesten Abschreibungsalternative geht es im folgenden. Dazu soll das in Tabelle 25 dargestellte Beispiel dienen. In Spalte 2 ist die Entwicklung des Wiederbeschaffungswertes bei einer jährlichen Inflation von 6 v.H. wiedergegeben. Er wird nach der Aufzinsungsformel berechnet und muß deshalb progressiv ansteigen. Nach 10 Jahren liegt der Wiederbeschaffungswert nominal um etwa 80 v.H. über dem Anschaffungswert, real betrachtet sind beide natürlich gleich. Während die Abschreibung vom Anschaffungswert (Spalte 3) nicht zu einer identischen Wiederbeschaffung ausreicht, ist diese Forderung bei der Abschreibung vom zukünftigen Wiederbeschaffungswert, also dem Wiederbeschaffungswert zum Ersatzzeitpunkt (Spalte 4), erfüllt. Allerdings sind dann auch jährlich 80 v.H. höhere Abschreibungsbeträge anzusetzen. Beide Abschreibungsalternativen weisen in jedem Nutzungsjahr nominal gleiche Abschreibungsbeträge auf.

Für die drei folgenden Alternativen trifft dies nicht mehr zu. Da die Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert (Spalte 5) berechnet mit dem Wiederbeschaffungswert im jeweiligen Nutzungsjahr eine identische Reinvestition nicht ermöglicht, wird diese um die Nachholabschreibung (Spalte 6) ergänzt, die die in den früheren Abschreibungsperioden zu niedrig bemessene Abschreibung ausgleicht und somit auch das Postulat der vollkommenen Kapitalwiedergewinnung erfüllt. Das gleiche gilt für die Ab-

Tabelle 25: Unterschiedliche Abschreibungsformen (Anschaffungswert 20000,-DM Nutzungsdauer 10 Jahre, Restwert 0, lineare Abschreibung, jährliche Inflationsrate 6 v.H.)

Ende des ...Jahres	Jeweiliger Wiederbeschaffungswert (DM)	AfA vom Anschaffungswert (DM)	AfA vom zukünftigen Wiederbeschaffungswert (DM)	AfA vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert (DM)	AfA vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert plus Nachholabschreibung (DM)	AfA vom Anschaffungswert plus jährliche Preissteigerung (DM)
1	2	3	4	5	6	7
1.	21200	2000	3582	2120	2120	3200
2.	22472	2000	3582	2247	2374	3272
3.	23820	2000	3582	2382	2652	3348
4.	25250	2000	3582	2525	2954	3429
5.	26765	2000	3582	2677	3285	3515
6.	28370	2000	3582	2837	3637	3606
7.	30073	2000	3582	3007	4027	3702
8.	31877	2000	3582	3188	4455	3804
9.	33790	2000	3582	3379	4907	3913
10.	35817	2000	3582	3582	5409	4027
Abschreibungssumme	-	20000	35817	27943	35817	35817
Differenz	-	15817	-	7874	-	-

schreibung vom Anschaffungswert plus der jährlichen Preissteigerung, die den Grenzanstieg des Wiederbeschaffungswertes mit einschließt (Spalte 7).

Allein mit den in Tabelle 25 aufgezeigten Zusammenhängen kann jedoch die Frage nach der sachgerechtesten Abschreibungsform nicht geklärt werden; vielmehr darf dieses Teilproblem nicht isoliert betrachtet werden, sondern muß im Gesamtzusammenhang gesehen werden. So weist KÖHNE 1975 /42/ mit einer Beispielsrechnung nach, daß bei einer Gruppe von identischen Anlagen bereits die Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert für die substanzerhaltende Ersatzbeschaffung ausreicht, wenn eine kontinuierliche Reinvestition, eine gleichmäßige Altersverteilung und eine der Nutzungsdauer entsprechende Anlagenzahl unterstellt wird. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so schlägt KÖHNE 1975 /42/ vor, zusätzlich zur Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert eine Nachholabschreibung zu erheben, die über die inflationierten nicht reinvestierten Abschreibungsbeträge ermittelt wird. Die ansonsten entstehende Finanzierungslücke muß mit Hilfe dieser Nachholabschreibung geschlossen werden, weil KÖHNE 1975 /42/ es ablehnt, den Zinsertrag zwischenzeitlich nicht benötigter Abschreibungsbeträge dazu zu verwenden. DUMSTORF 1979 /22/ schließt sich zwar dieser Argumentation an, weist aber daraufhin, daß diese Aussage zu modifizieren ist, wenn der Nominalzins eine Inflationskomponente enthält.

Im Vorgriff auf die nachfolgenden Ausführungen zum Zinsniveau sei hier bereits erwähnt, daß der Nominalzins in der jüngeren Vergangenheit eine Inflationskomponente enthalten hat. Dies hat zur Folge, daß auch bei diskontinuierlicher Reinvestition und ungleichmäßigem Altersaufbau die Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert vollkommen zur Substanzerhaltung ausreicht, solange nur eine Zwischenanlage stattfindet. Der Fall, daß die freiwerdenden Abschreibungsbeträge ungenutzt in der Betriebskasse liegenbleiben, kann wohlweislich übergegangen werden.

An einer Beispielsrechnung in Tabelle 26 soll dieses Vorgehen auch gerechtfertigt werden. Spalte 2, 3 und 4 sind bereits von Tabelle 25 her bekannt und brauchen deshalb nicht mehr erläutert werden. Bei der Berechnung von Spalte 5 wird nun davon ausgegangen, daß die jeweils am Ende eines Jahres freiwerdenden Abschreibungsbeträge bis zum Ersatzzeitpunkt in eine verzinsliche Geldanlage investiert werden. Der durch diese Geldanlage erzielte Nominalzinsertrag teilt sich in einen realen Zinsertrag und in eine

Inflationskomponente, die zum Ausgleich des Kaufkraftschwundes verwendet werden muß /15/. Der reale Zinsertrag geht in den Gewinn ein, wie auch in Zeiten ohne Geldwertänderung üblich; die Inflationskomponente hingegen kann zur Abschreibungssumme dazugezählt werden; dies bewirkt, daß die Summe aus den Abschreibungsbeträgen und den Inflationskomponenten eine substanzerhaltende Wiederbeschaffung möglich macht (Spalte 5). Die Inflationskomponente dient nur zur realen Erhaltung der Abschreibungsbeträge und alles, was zur Kapitalerhaltung notwendig ist, kann nicht Zinsertrag sein. Im Grunde genommen ist auch nicht einsichtig, warum eine Investition in Maschinenvermögen eine andere Abschreibungsform erforderlich machen sollte als eine Investition in eine Kapitalanlage. Wenn also die Abschreibungsbeträge sofort wieder investiert werden, so reicht in jedem Fall die Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert aus.

Tabelle 26: Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert und Inflationskomponente des Zinses (Anschaffungswert 10.000,- DM, Nutzungsdauer 5 Jahre, jährliche Inflationsrate 6 v.H.)

Ende des Jahres	jeweiliger Wiederbeschaffungswert (DM)	Abschreibung vom Anschaffungswert (DM)	Abschreibung vom jeweiligen Wiederbeschaffungswert (DM)	Inflationskomponente des Zinses (DM)
1	2	3	4	5
1	10600,-	2000,-	2120,-	556,-
2	11236,-	2000,-	2247,-	429,-
3	11910,-	2000,-	2382,-	294,-
4	12625,-	2000,-	2525,-	152,-
5	13382,-	2000,-	2677,-	0,-
Summe	-	10000,-	11951,-	1431,-

Neben den Neupreisen wird auch das Zinsniveau von der Inflation getroffen. Um diese Zusammenhänge zu erläutern, wird die Entwicklung der Inflationsrate (Preisindex für die Lebenshaltung) und der Umlaufrendite von festverzinslichen Wertpapieren in Abbildung 61 aufgezeigt. Schon allein aus der Graphik läßt sich erkennen, daß ein enger Zusammenhang zwischen der Infla-

tionsrate und der Umlaufrendite besteht, d.h., je höher die Inflationsrate ausfällt, desto höher ist auch das Zinsniveau. Wird versucht, den gezeigten Zusammenhang auch quantitativ mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten zu bestimmen, so zeigt sich, daß zwar bei niedrigen Inflationsraten kein Zusammenhang, dafür aber bei mittleren bis hohen Inflationsraten ein großer Zusammenhang festgestellt werden kann. Für die Beobachtungsphase von 1955 bis 1964 errechnet sich sogar ein negativer Korrelationskoeffizient von 0,03; dies bedeutet, daß bei niedrigen Preissteigerungsraten das Zinsniveau kaum von der Inflationsrate beeinflußt wird, sondern eher andere Faktoren das Zinsniveau bestimmen. Für die Zeit von 1965 bis 1982 besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen Kapitalmarktzins und Preissteigerungsrate (r=0,85). Eine ausführliche empirische Untersuchung zu diesem Problemkreis kommt zu einem ähnlichen Ergebnis /36/.

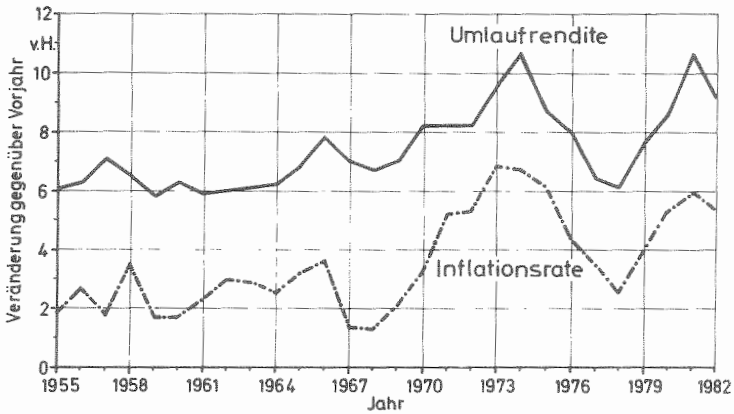


Abbildung 61: Einfluß der Inflationsrate auf die Rendite der im Umlauf befindlichen festverzinslichen Wertpapiere (Quelle: Stat. Jahrbücher f. ELF /17/ und Stat. Beihefte der Dt. Bundesbank /20/)

Natürlich wird der Kapitalmarktzins auch noch von der Geldpolitik u.a. beeinflußt. Es deutet sich aber an, daß zumindest in der letzten Zeit bei höheren Preissteigerungsraten das Zinsniveau maßgeblich von der Inflationsrate mitgeprägt wurde. STROBEL 1975 /86/ kommt zu ähnlichen Ergebnissen und stellt in diesem Zusammenhang fest, daß in der Regel der Zinssatz

nur zu einem bestimmten Teil inflationsunabhängig ist und im übrigen mit der Inflationsrate wächst. Weiter stellt STROBEL 1980 /87/ fest, daß der Kapitalmarktzins auf der Grundlage eines Realzinses von 3 bis 4 v.H. etwa um die Inflationsrate erhöht ist.

Mit der Kenntnis des Nominalzinses und der Inflationsrate läßt sich nun nach folgender Formel der Realzins errechnen /94/:

$$q_r = q_n / f \qquad (18)$$

wobei gilt:

q_r = Realzinsfaktor
q_n = Nominalzinsfaktor
f = Inflationsfaktor

Wird der Realzins für die vergangenen 27 Jahre nach dieser Formel berechnet, so liegt er mit durchschnittlich 3,7 v.H. in dem von STROBEL genannten Rahmen. In inflationären Zeiten ist also der Nominalzins um die Inflationskomponente aufgebläht, die keinen realen Zinsertrag darstellt, sondern nur der Erhaltung des Realkapitals dient.

Für die praktische Maschinenkostenkalkulation stellt sich somit die Frage, ob mit dem Nominalzins oder mit dem Realzins gerechnet werden muß. Obwohl verschiedene Autoren /9,16/ für die Verwendung des Realzinses plädieren, erscheint nur die Verwendung des Nominalzinses sinnvoll, wie z.B. von WENTZ 1977 /103/ und KÖHNE 1980 /43/ vorgeschlagen wird. Um deren Argumentation verstehen zu können, muß auf eine Grundthese der traditionellen Investitionstheorie hingewiesen werden. Im Grunde geht es dabei nur um einen Vorteilsvergleich verschiedener Investitionsvorhaben. Innerhalb dieser Vorteilhaftigkeitsanalysen kommt dem Kalkulationszinsfuß eine zentrale Bedeutung zu /41/. Er nämlich muß den alternativen Ertrag ausdrücken, der dem Investor entgeht, wenn er das untersuchte Investitionsvorhaben verwirklicht, unabhängig von der gerade herrschenden Inflationshöhe und unabhängig davon, ob der Investor seine reale Position erhalten kann oder nicht /103/. Da der Zinsertrag der Alternativanlage in gleicher Weise von der Inflation getroffen wird, kann nur der nominale Zinsertrag das Anspruchsniveau des Investors ausdrücken. Außerdem müssen ja auch die Fremdzinsen nominal gezahlt werden. Deshalb darf nur der Nominalzinsfuß verwendet werden.

Nach dem Anschaffungswert und dem Zinsniveau wird natürlich auch der Restwert von der Inflation beeinflußt. Deutlich werden diese Zusammenhänge, wenn die heutigen Restwerte von Maschinen mit ihren ursprünglichen Anschaffungswerten verglichen werden. Dabei stellt sich heraus, daß z.B. ein 10-jähriger Schlepper heute für noch 50 bis 60 v.H. seines ursprünglichen Neupreises am Markt gehandelt wird /48/. Die Inflation bewirkt also, daß die Maschinen einen hohen Anteil ihres ursprünglichen Nominalwertes halten können.

Zur Berechnung des künftigen Restwertes wird deshalb in Anlehnung an SCHONEY und FINNER 1981 /80/ unterstellt, daß die Gebrauchtmaschinenpreise in gleicher Höhe steigen wie die Neumaschinenpreise, und daß die geschätzte Beziehung zwischen Neu- und Gebrauchtmaschinenpreis (siehe Abb. 56) auch zukünftig gelten wird. Der zukünftige Restwert läßt sich demnach ähnlich wie der jeweilige Wiederbeschaffungswert aus dem heutigen Restwert multipliziert mit dem Preissteigerungsfaktor berechnen. Selbstverständlich wird der Restwert auch noch von anderen Faktoren (Angebot, Nachfrage u.a.) beeinflußt, diese müssen jedoch mangels Daten übergangen werden.

Für die Inflationseffekte auf die Reparaturkosten gilt Ähnliches wie für den Restwert. Da die meisten Reparaturzahlungen erst in Zukunft fällig werden, müssen sie für die Zeit zwischen dem Kalkulationszeitpunkt und dem Fälligkeitstermin inflationiert werden.

Nachdem nun die Auswirkungen der Inflation auf die einzelnen Größen und die zweckmäßigen gegensteuernden Maßnahmen des Kostenrechners dargelegt sind, stellt sich die Frage, ob und wann die Inflation bei der Maschinenkostenkalkulation berücksichtigt werden soll. Eine Kostenkalkulation ohne Inflationsberücksichtigung ist immer dann angebracht, wenn im Rahmen der Vorkalkulation die Wirtschaftlichkeit einer Maschineninvestition geklärt werden soll; dann muß nur geprüft werden, ob zum Kalkulationszeitpunkt das investierte Kapital einschließlich einer geforderten Verzinsung wiedergewonnen wird. Soll z.B. über einen Kostenvergleich die Auswahl zwischen verschiedenen Mechanisierungsverfahren getroffen werden, so erscheint eine Berechnung mit Inflation nicht zweckmäßig, denn einerseits werden alle Alternativen von der Inflation in gleicher Weise getroffen und andererseits

enthält die Vorausschätzung der zukünftigen Inflationsrate soviel Unsicherheitsmomente, daß das Kalkulationsergebnis sehr fragwürdig wäre. Durchaus angebracht aber ist eine Einbeziehung der Inflation in die Kostenrechnung, wenn ein Lohnunternehmer im Rahmen seiner Kostenplanung seinen zukünftigen Verrechnungspreis für eine Maschinenleistung abschätzen will. Dann sollten die vorher besprochenen Maßnahmen verwirklicht werden.

Die Inflation wirkt aber nicht nur auf die Jahreskosten, sondern auch auf den optimalen Ersatzzeitpunkt. Zur Klärung dieser Frage wird meist die Kapitalwertmethode angewandt /10,18,66,103/. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind aber nicht eindeutig, was auf die unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich des Verhältnisses von Inflation und Zins zurückgeführt werden kann /43/. Eine grundlegende Änderung des Ersatzzeitpunktes bei derzeitigen Inflationsraten erscheint aber nicht angebracht, weil sich die Auswirkungen der Inflation auf den Ersatzzeitpunkt gegenseitig ausgleichen und nur von verhältnismäßig geringer Bedeutung sind /32,43/. Außerdem ist die berechnete optimale Nutzungsdauer für die praktische Ersatzpolitik nur von untergeordneter Bedeutung.

5.2 Auswirkungen der Besteuerung

Neben den Inflationseffekten müssen auch noch die Auswirkungen der Besteuerung erläutert werden, da diese bedingt durch die gesetzlichen Änderungen der Einkommensbesteuerung für die Landwirtschaft auch bei der Maschinenkostenrechnung an Bedeutung gewinnt. Deshalb soll hier kurz darauf eingegangen werden, wobei nur die Einkommenssteuer berücksichtigt wird.

Da eine Maschineninvestition Einnahmen und Ausgaben hervorruft, ist dadurch die steuerliche Bemessungsgrundlage für die Einkommenssteuer betroffen. So rufen alle Ausgaben, wie z.B. die Abschreibung und die Reparaturkosten, eine Gewinnminderung hervor und führen zu einer Steuerersparnis.

Unter Umständen kann jedoch auch eine Gewinnerhöhung eintreten, wenn nämlich der Wiederveräußerungswert über dem steuerlichen Buchwert liegt. Der gegenteilige Fall führt allerdings wieder zu einer Gewinnminderung. Auch die Fremdzinsen sind vom Gewinn abziehbar und sparen Steuern. Sogar der Zinsansatz für das Eigenkapital wird niedriger, weil der Zinsertrag der

Alternativanlage durch die Besteuerung auch vermindert wird. Der Zinsfaktor nach Steuern lautet somit allgemein:

$$q_s = 1 + (1-s)\ i \tag{19}$$

Dabei bedeutet:

q_s = Zinsfaktor nach Steuern
s = konstanter Grenzsteuerfaktor
i = Zinsfuß vor Steuern in Dezimalform.

Darauf aufbauend läßt sich nun die Annuitätsmethode (siehe 2.2) um die hauptsächlichen Steuereffekte erweitern. Demnach können die durchschnittlichen Gesamtkosten nach Steuern (KGS) nach folgender Formel berechnet werden /56/:

$$KGS = \left\{ \left[A - s \sum_{i=1}^{N} AfA_i q_s^{-i} + (1-s) \sum_{i=1}^{N} R_i q_s^{-i} - \left[RW_N - s\ (RW_N - A + \sum_{i=1}^{N} AfA_i) \right] q_s^{-N} \right] \frac{q_s^N\ (q_s - 1)}{q_s^N - 1} \right. \tag{20}$$

Die jährlichen Durchschnittskosten nach Steuern liegen in der Regel niedriger als die Durchschnittskosten vor Steuern, weil

1. der Zinsatz nach Steuern kleiner ist und
2. die Steuerersparnis größer ist als die Steuererhöhung.

Um sich eine grobe Vorstellung von den Steuerwirkungen zu machen, können die Durchschnittskosten nach Steuern (KGS) auch annäherungsweise aus den Durchschnittskosten vor Steuern (KG) und dem Steuerfaktor (s), wie folgt, bestimmt werden /56/:

$$KGS = (1-s)\ KG \tag{21}$$

Nach den Steuereffekten auf die Gesamtkosten muß noch geprüft werden, wie der Ersatzzeitpunkt durch die Einbeziehung der Steuer verändert wird. MILCH 1982 /56/, der sich ausführlich mit dieser Thematik beschäftigt hat,

kommt zu dem Schluß, daß die Besteuerung zwar sowohl nutzungsdauerverlängernd als auch -verkürzend wirken kann, daß sich aber bei den relativ lang lebenden Landmaschinen keine gravierenden Optimumsverschiebungen ergeben dürften. Bei vorhandenen Maschinen jedoch kann die Besteuerung stärkeren Einfluß auf den optimalen Ersatzzeitpunkt ausüben, wenn die steuerlichen Rahmenbedingungen (z.B. Steuervergünstigungen) nach deren Anschaffung geändert werden.

Zusammenfassend bleibt somit zu den Auswirkungen der Inflation und der Steuer festzustellen, daß bei derzeitigen Verhältnissen im Normalfall eine Einbeziehung der Inflation und der Ertragssteuer nicht notwendig ist, daß es aber in Einzelfällen durchaus sinnvoll sein kann, diese beiden Faktoren in die Betrachtung mit einfließen zu lassen.

6. Einordnung der Methode und deren Diskussion

Die vorgestellte Methode zur Ermittlung der Kosten landwirtschaftlicher Maschinen soll nun nach ihren Stärken und Schwächen hin untersucht und den vorhandenen Methoden gegenübergestellt werden. Nur so kann eine abschließende Beurteilung erfolgen.

Da die Reparaturkosten von allen Kostenarten am schwierigsten zu ermitteln sind und folglich auch auf diese Aufgabe das Hauptgewicht der Arbeit gelegt werden mußte, wird bei der Einordnung und Beurteilung mit diesem Teilbereich begonnen. Zur Veranschaulichung des methodischen Vorgehens und zum Vergleich mit den anderen Erhebungsmethoden wird die angewandte Methode in Abbildung 62 nochmals schematisch dargestellt. Diese geht im Gegensatz zu bisherigen Methoden von tatsächlichen Reparaturfällen aus, ermittelt daraus die naturalen Reparaturverbrauchsdaten (Mengengerüst), verbindet diese mit den dazugehörigen monetären Daten (Preisgerüst) zur Reparaturkostensumme und stellt den Summenverlauf in einer Reparaturkostenfunktion dar. Dazu gibt es grundsätzlich 2 bisher praktizierte Alternativen:

1. die Befragung und
2. die Nachkalkulation mit Umgehung des Mengengerüstes.

Die Befragungsmethode, die von SCHAEFER-KEHNERT 1957 /75/, BISCHOFF 1964 /11/, FUCHSS 1977 /26/ und VON OY 1983 /64/ zur Reparaturkostenerfassung verwendet wird, ermittelt zwar auch ein Mengengerüst, aber diese Angaben beruhen auf Erfahrung und Schätzung und können somit letztendlich keine gesicherte Datengrundlage liefern. Über eine Befragung kann außerdem im wesentlichen nur der gebrauchsabhängige Verschleiß erfaßt werden. Weiter kommt nachteilig hinzu, daß mit Befragungsdaten keine Aussagen über die Ist-Reparaturen einzelner Maschinen gemacht werden können. Die Befragung wird deshalb zur Reparaturdatengewinnung nur herangezogen, wenn alle anderen Möglichkeiten versagen.

Die Alternative zur Befragung stellt die Nachkalkulation von tatsächlichen Reparaturfällen dar. Deren Anwender (LANGE 1971 /50/, FAHR 1976 /23/, DETTWILER u. ZIMMERMANN 1979 /19/, WEIERSHÄUSER 1979 /99/) haben bisher nur monetäre Reparaturausgaben erhoben und ausgewertet. Dadurch gehen aber

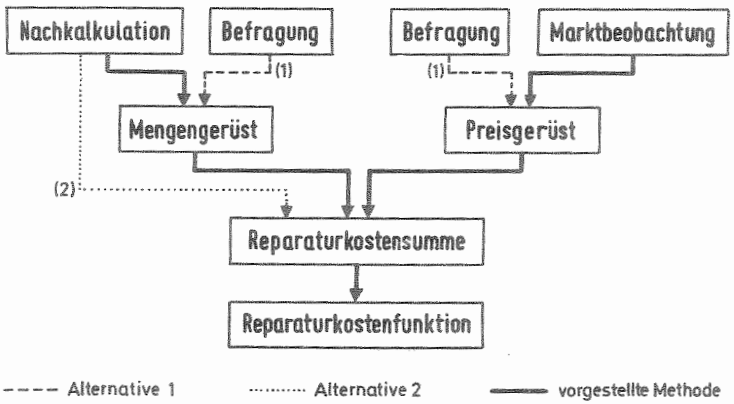


Abbildung 62: Methoden der Reparaturkostenermittlung

viele wertvolle Informationen über das Reparaturverhalten verloren. Die zusätzlichen Möglichkeiten, die sich ergeben, wenn nicht nur die monetären Reparaturausgaben, sondern auch die naturalen Verbrauchsdaten ausgewertet werden, sind nachfolgend aufgeführt:

- Bereinigung der Reparaturausgaben
- Strukturanalyse
- Schwachstellenanalyse
- Veränderung des Mengengerüstes
- Fortschreibung nach der wirklichen Preissteigerung
- Berücksichtigung des Ausrüstungsstandes.

Da die monetären Reparaturausgaben vielfach auch reparaturfremde Ausgaben beinhalten, kann über die naturalen Verbrauchsdaten vor der eigentlichen Auswertung eine Bereinigung und Plausibilitätsprüfung der ermittelten Daten vorgenommen werden. Danach können die wirklichen Reparaturausgaben aufgeschlüsselt und den einzelnen Baugruppen zugeordnet werden. Dadurch wird eine Strukturanalyse möglich, mit der der Anteil der Material- und Lohnkosten erforscht werden kann, mit der aber auch die reparaturbedürftigsten Baugruppen herausgefunden werden können. Die Aussagekraft kann noch weiter gesteigert werden, wenn eine Schwachstellenanalyse durchge-

führt wird. Damit lassen sich sowohl die ausfallträchtigsten Bauteile erkunden, als auch die unterschiedlichen Reparaturkosten zwischen einzelnen Fabrikaten kausal auf ihre Verursacher zurückführen. Somit können also auch dem Hersteller Hinweise gegeben werden, wie sich sein Produkt im Vergleich zu den Marktkonkurrenten im praktischen Einsatz verhält.

Konnten mit der Struktur- und Schwachstellenanalyse die tatsächlichen Reparaturausgaben durchleuchtet werden, so bringt das Mengengerüst auch bei der Bereitstellung von Kalkulationsdaten Vorteile. So kann nämlich das Reparaturmengengerüst verändert werden, was am Beispiel der Gummiteile bei der Melkeinheit gezeigt wurde. Dadurch besteht die Möglichkeit, bestimmte Empfehlungen oder auch in gewissen Grenzen Neuentwicklungen in das Reparaturmengengerüst einzuarbeiten und so bei der Datenbereitstellung zu berücksichtigen. Ausschlaggebender ist jedoch die Tatsache, daß durch das Vorhandensein eines Mengengerüstes die effektive Preissteigerung der Ersatzteile und Arbeitseinheiten zur Fortschreibung der Reparaturkostendaten herangezogen werden kann. Dadurch werden Hilfskonstruktionen wie etwa eine Anlehnung an den Anschaffungspreis überflüssig und Fortschreibungsfehler vermieden. Weiter kann durch die Zuordnung der Reparaturkosten zu den einzelnen Baugruppen für jede Baugruppe eine eigene Reparaturkostenfunktion ermittelt werden. Für die spätere Anwendung besteht damit die Möglichkeit, auch den Ausrüstungsstand der zu kalkulierenden Maschine zu berücksichtigen.

Alle genannten Vorteile, die ein Mengengerüst mit sich bringt, können nicht realisiert weden, wenn nur die monetären Reparaturdaten ausgewertet werden. Die vorgestellte Methode zur Reparaturkostenerfassung übertrifft deshalb die bisher angewandte Nachkalkulation ohne Mengengerüst bei weitem in der Aussagefähigkeit bezüglich des naturalen und monetären Reparaturverhaltens. Aber auch der Befragungsmethode ist sie wegen der stärker abgesicherten Datengrundlage überlegen.

Werden deshalb die erzielbaren Ergebnisse der 3 Ermittlungsmethoden gegenübergestellt (Tab. 27), so sind zwar alle zur Erstellung von allgemeingültigen Reparaturnormwerten geeignet, doch die sichersten und differenziertesten lassen sich in der Regel nur über die Nachkalkulation mit Erfassung des naturalen Reparaturverhaltens ermitteln. Ähnliches gilt für den fabrikatspezifischen Vergleich. Bei einer Nachkalkulation ohne Mengengerüst

können ausschließlich pauschale monetäre Angaben gemacht werden, mit der Befragung lassen sich nur mehr oder weniger sichere Erfahrungswerte über die Reparaturkostenunterschiede gewinnen, und allein über die Nachkalkulation mit Mengengerüst können fabrikatspezifische Unterschiede auch kausal ergründet werden. Ebenso ist eine ausführliche Analyse der einzelbetrieblichen Ist-Reparaturen nur über die Nachkalkulation mit Mengengerüst möglich; nur damit können die eigentlichen Kostenverursacher gefunden werden.

Tabelle 27: Gegenüberstellung der 3 Ermittlungsmethoden

	Befragung	Nachkalkulation ohne Mengengerüst	Nachkalkulation mit Mengengerüst
einzelbetriebliche Analyse der Ist-Reparaturen	-	+ -	+
fabrikatspezifische Vergleich	+ -	+ -	+
allgemeingültige Normwerte	+	+	+

(+ = gut geeignet ; - = nicht geeignet)

Nachdem bisher festgestellt werden konnte, daß die angewandte Methode zur Reparaturkostenermittlung hinsichtlich ihrer erzielbaren Ergebnisse gegenüber den bisherigen Methoden eindeutig im Vorteil ist, muß auch auf deren Schwächen hingewiesen werden. Diese liegen ohne Zweifel im Aufwand, der für die Datenbeschaffung und auch für die Auswertung notwendig ist. Der Erfolg der angewandten Methode hängt im wesentlichen davon ab, ob es gelingt, den naturalen Materialverbrauch einschließlich der benötigten Arbeitszeit vollständig zu erheben. Der hier verfolgte Weg, dieses Beschaffungsproblem über Buchführungsbetreuer zu lösen, ist zwar gangbar und auch sehr erfolgversprechend, doch wäre es vom Aufwand her einfacher, wenn die Landwirte selbst diese Aufgabe übernehmen würden. Dazu ist aber noch viel Überzeugungsarbeit notwendig, was im übrigen auch dann gilt, wenn nur die

monetären Reparaturbeträge festgehalten werden sollen. Andererseits wird aber die Landwirtschaft nicht umhin kommen, auch den Fragen des Maschinenmanagements mehr Sorgfalt entgegenzubringen und dafür die notwendigen Fakten und Aufschreibungen bereitzustellen.

Für die vorgestellte Methode zur Reparaturkostenermittlung sind vielfältige Vorarbeiten von seiten des Auswerters zu erbringen, und von den Landwirten wird viel Unterstützung und Mitarbeit gefordert. Dies ist im Vergleich zur Befragung zweifellos ein großer Nachteil der Nachkalkulation, wenngleich der Erhebungszeitraum erheblich verkürzt werden konnte, dafür aber die Zahl der Untersuchungsbetriebe wesentlich gesteigert werden mußte.

Für die Untersuchung der Reparaturkosten von Melkanlagen war die Mitarbeit von etwa 200 Betrieben erforderlich. Sollen für alle landwirtschaftlichen Maschinen die Reparaturkosten nach dieser Methode ermittelt werden, dann ist dazu eine noch größere Zahl an Untersuchungsbetrieben notwendig. An folgendem Zahlenbeispiel soll dies verdeutlicht werden. Wird davon ausgegangen, daß

- für etwa 50 verschiedene Maschinengruppen die Reparaturkosten ermittelt werden müssen,
- eine Nutzungsdauer von 15 Jahren untersucht werden soll,
- pro Nutzungsjahr und Untersuchungsjahr etwa 10 Maschinen anzustreben sind,
- pro Betrieb für die Untersuchung 5 Maschinen verwendet werden können, und daß
- die Untersuchung wegen der Streuungsermittlung 3 Jahre durchgeführt werden soll,

so müssen für die Datenermittlung etwa 1.500 Betriebe ausgesucht werden, die zu einer 3-jährigen Mitarbeit bereit sind. Hinsichtlich der Anzahl der Maschinengruppen wird dabei unterstellt, daß alle wichtigen landwirtschaftlichen Maschinen in ca. 50 verschiedene Gruppen eingeteilt werden können und daß nur für die jeweils mittlere Gruppengröße die Erhebung durchgeführt werden kann. Auf die größeren und kleineren Gruppenvertreter müssen dann notgedrungen die Reparaturkosten annäherungsweise entsprechend dem Anschaffungswert übertragen werden. Die geforderte Zahl an Untersu-

chungsbetrieben ist zwar hoch, doch andererseits muß jede Nachkalkulation auf einer großen Stichprobe beruhen, weil sonst keine gesicherte Datengrundlage erwartet werden kann.

Gegenüber diesen Problemen bei der Datenbeschaffung treten die Schwierigkeiten bei der Auswertung in den Hintergrund; denn durch den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung konnten diese erheblich verringert werden. Eine weitere Zeitersparnis kann noch erreicht werden, wenn die Ersatzteilpreislisten der Hersteller schon auf EDV-lesbaren Datenträgern beschafft werden. Grundsätzlich wird natürlich die Auswertung sehr vereinfacht, wenn in der Reparaturrechnung die einzelnen benötigten Ersatzteile bereits mit ihrer Ersatzteilnummer aufgeführt sind. Diese Art von Rechnungstellung wird sich in Zukunft sicherlich noch mehr durchsetzen, weil durch den zunehmenden Einsatz des Computers in der Verwaltung des Landmaschinenfachbetriebes diese Rechnungsform erleichtert wird, und weil auch von den Landwirten immer mehr eine transparentere Reparaturrechnung gefordert wird /107/. Diese Entwicklungen begünstigen und erleichtern ganz offensichtlich die angewandte Auswertungsmethodik.

Soll abschließend die vorgestellte Methode zur Reparaturkostenerfassung und -auswertung beurteilt werden, so ist festzuhalten, daß damit eine sehr umfassende Beschreibung und Analyse des monetären und naturalen Reparaturverhaltens von Maschinen möglich ist, daß aber auch der Aufwand für die Datenbeschaffung und Auswertung als hoch eingestuft werden muß.

Bei der Ermittlung der anderen Kostenarten mußte im wesentlichen auf Herstellerangaben zurückgegriffen werden, da andere exaktere Datenquellen kaum vorhanden sind. So wurde aufgrund der mangelnden Transparenz bei Neupreisen für die Ermittlung des Investitionsbedarfes ein Preiskatalog vorgeschlagen, mit dem eine aktuellere und zugleich ausführlichere Preisinformation möglich wäre. Ebenfalls konnte für den Restwert ein Orientierungsrahmen geschaffen werden, mit dem Anhaltswerte für den Restwert gegeben werden können.

Auch bei der Datendarstellungsform wurde eine Änderung vorgenommen. Da zu dieser Aufgabe die Funktion gegenüber dem fertig errechneten Tabellenwert eindeutig im Vorteil ist, wurden erstmals alle möglichen Kalkulationselemente in Funktionen dargestellt. Dadurch erhöht sich zwar der Rechenauf-

wand, doch können andererseits damit die Planungsdaten besser den spezifischen Planungssituationen angepaßt werden.

Wegen des hohen Rechenaufwandes wurde für die eigentliche Rechenarbeit die elektronische Datenverarbeitung eingesetzt und ein EDV-gestütztes Kalkulationsverfahren entwickelt. Die gefundenen Funktionen werden in einem Gesamtkostenmodell untergebracht, das als Endergebnis den Verlauf der einzelnen Kostenarten und der Gesamtkosten erbringen kann. Als Berechnungsverfahren wird im Gegensatz zu SCHAEFER-KEHNERT u.a. das dynamische Verfahren eingesetzt, weil damit auch in der Maschinenkostenrechnung der Faktor Zeit Berücksichtigung findet. Somit wurde die Grundlage für Simulationsmodelle geschaffen, mit denen untersucht werden kann, welche Auswirkungen die Änderung bestimmter Einflußgrößen auf die Gesamtkosten oder auf einzelnen Kostenarten hat.

Als zusammenfassende Beurteilung bleibt deshalb festzuhalten, daß

- für die Ermittlung der einzelnen Kalkulationselemente,
- für die Datendarstellung und
- für die Kostenkalkulation

Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden konnten, die bei mehr Rechenaufwand differenziertere und genauere Aussagen erbringen können.

7. Zusammenfassung

Der Strukturwandel in der westdeutschen Landwirtschaft war in den vergangenen drei Jahrzehnten durch eine starke Abnahme der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte und durch verstärkte Maschineninvestitionen gekennzeichnet. Dadurch hat die Bedeutung des Ausgabenbereiches Maschinen beträchtlich zugenommen. Dies wiederum hat zur Folge, daß für Planungsrechnungen genaue Kalkulationsdaten notwendig sind, damit sowohl allgemeingültige als auch betriebsspezifische Aussagen möglich sind.

An der derzeit wohl am meisten eingesetzten Berechnungsmethodik und an den dabei verwendeten Kalkulationsdaten muß jedoch wegen

- der statischen Betrachtungsweise,
- der veralteten Reparaturdaten,
- der undifferenzierten Anschaffungswerte,
- der Nichtberücksichtigung eines Restwertes und
- der ungenauen Betriebsstoffwerte

Kritik geübt werden. Deshalb werden in dieser Arbeit am Beispiel der Melkanlagen zu den genannten Bereichen Verbesserungsmöglichkeiten für eine genauere Datenermittlung, eine flexiblere Datendarstellung und eine leichtere Rechenarbeit aufgezeigt.

Da die zutreffende Erfassung der Reparaturkosten das Schlüsselproblem der Maschinenkostenkalkulation darstellt, wurde diesem Problembereich das Hauptgewicht beigemessen. Dabei gaben die Vorteile der Nachkalkulation den Ausschlag, die Reparaturkosten nicht deduktiv, sondern induktiv anhand von tatsächlichen Reparaturfällen zu ermitteln. Um auch die Reparaturausgaben analysieren zu können, wurden neben den monetären auch die naturalen Reparaturdaten erhoben. Als Datenquelle dienten betriebliche Reparaturbelege, weil nur über sie die vollständigsten Informationen zum Reparaturverhalten zu erzielen sind. Die Beschaffung dieser Reparaturbelege erfolgte über 18 Buchführungsbetreuer.

Für die Untersuchung konnten 216 gut geführte, zukunftsträchtige Milchviehbetriebe gewonnen werden. Von deren Melkanlagen, die von drei verschiedenen Herstellern stammten, konnten 280 Jahresreparaturunterlagen gesammelt werden, die aus ca. 520 Reparaturbelegen mit etwa 2.200 verschiedenen Ersatzteilpositionen bestehen.

Bei der Verarbeitung der ermittelten Daten wurde zuerst ein Mengengerüst mit den naturalen Verbrauchsdaten erstellt. Dieses wurde dann mit den dazu gehörigen Preisen zur Reparaturkostensumme zusammengefügt und letztere anschließend in einer Reparaturkostenfunktion dargestellt. Durch diese Methodik eröffnen sich viele Auswertungs- und Anwendungsmöglichkeiten, weil über das Mengengerüst die Reparaturausgaben den einzelnen Baugruppen zugeordnet werden können. Dies bringt sowohl für die Analyse des monetären und naturalen Reparaturaufwandes als auch für die Datenbereitstellung und Anwendung Vorteile.

Durch das erstellte Reparatur-Mengengerüst wurde so eine Struktur- und Schwachstellenanalyse ermöglicht, mit der

- die Verteilung der Reparaturausgaben auf die einzelnen Baugruppen,
- die Zusammensetzung hinsichtlich Material- und Arbeitskosten und auch
- Gründe für die unterschiedlichen Reparaturausgaben zwischen den Fabrikaten gefunden werden konnten.

Demnach verteilt sich bei einer Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten die 9-jährige Reparaturkostensumme, die bei 4.000,- DM liegt, im Mittel der untersuchten Anlagen etwa

zu 50,8 v.H. auf die Melkeinheiten,
zu 7,3 v.H. auf das Vakuumaggregat,
zu 10,3 v.H. auf das Leitungssystem
zu 17,4 v.H. auf die Endeinheit und
zu 14,2 v.H. auf das Spülsystem.

Von diesen Reparaturkosten werden knapp 90 v.H. durch Material- und gut 10 v.H. durch Arbeitskosten verursacht. Diese Zusammensetzung ändert sich aber innerhalb der Baugruppen sehr deutlich. Zwischen den Fabrikaten allerdings herrscht Übereinstimmung. Dennoch unterscheiden sich die absolu-

ten Reparaturkosten der Baugruppen von den einzelnen Herstellern beträchtlich. So liegt beispielsweise die 9-jährige Reparaturkostensumme der Melkeinheit eines Fabrikates um 250,- DM oder um 75 v.H. über der Reparaturkostensumme der beiden anderen Fabrikate. Dies läßt sich hauptsächlich auf den erhöhten Pulsatorersatz zurückführen. Über das Mengengerüst konnten somit die unterschiedlichen Reparaturkosten zwischen den Fabrikaten kausal auf ihre Verursacher zurückgeführt werden.

Um die gefundenen Beziehungen zwischen Reparaturkostenhöhe und Nutzungsdauer auch anschaulich darzustellen und eine vielseitige Anwendung zu ermöglichen, wurden Reparaturkostenfunktionen erstellt. Dabei wurde die funktionale Darstellung der Reparaturkosten nicht auf die Gesamtanlage beschränkt, sondern für die einzelnen Baugruppen einer Gesamtanlage durchgeführt. Dadurch kann bei der späteren Anwendung der Ausrüstungsstand der zu kalkulierenden Maschine berücksichigt werden.

An den Reparaturkostenfunktionen wird auch ein auffallender Unterschied zum Reparaturmodell nach SCHAEFER-KEHNERT deutlich. Dessen Annahme von gleichbleibenden Verschleißzeiten muß zu einer linear ansteigenden Reparaturkostensumme führen. Dagegen konnte bei den untersuchten Anlagen ein eindeutiger progressiver Anstieg der Reparaturkostensumme festgestellt werden.

Auch hinsichtlich der Reparaturkostenhöhe treten zu den bisherigen Kalkulationsdaten deutliche Differenzen auf. So liegt die 12-jährige Reparaturkostensumme für eine Rohrmelkanlage mit 4 Melkeinheiten bei Korrektur der Gummiteile etwa 50 v.H. über den KTBL-Taschenbuch-Angaben.

Ein zusätzlicher Vorteil des Mengengerüstes wird bei der Fortschreibung der Reparaturdaten ausgenützt. Über die tatsächliche Preissteigerung der benötigten Ersatzteile kann nämlich eine realitätsbezogenere Fortschreibung der Reparaturkostendaten durchgeführt werden, als dies über den Anschaffungswert oder über den Reparaturkostenindex möglich ist.

Eine weitere Methodenentwicklung wurde bei der Ermittlung des Investitionsbedarfs vorgenommen. Aufgrund der derzeitigen kaum ausreichenden Informationsquellen für den Investitionsbedarf wurde ein EDV-gestützter Preiskatalog vorgeschlagen, der neben einer Produktinformation sehr ausführliche

und aktuelle Preisangaben erbringen kann. Ein derartiger Preiskatalog könnte sowohl dem kaufwilligen Landwirt als auch dem Kostenrechner eine bessere Datenbasis erbringen, denn die Preissituation im Landmaschinengeschäft kann nicht als transparent bezeichnet werden. Um diese etwas zu erhellen, wurden an 31 getätigten Maschinenkäufen die Differenzen zwischen den echten Kaufpreisen und den jeweiligen Listenpreisen untersucht. Dabei zeigte sich, daß bei diesen Maschinen im Mittel ein Preisnachlaß von 26 v.H. des ursprünglichen Listenpreises gewährt wurde, wobei jedoch innerhalb der untersuchten Maschinengruppen große Unterschiede vorhanden waren. Für die Ermittlung des Investitionsbedarfes der Melkanlagen wurde deshalb unterstellt, daß die Mehrwertsteuer als Preisrabatt erlassen wird.

Der so ermittelte Investitionsbedarf für Melkanlagen beträgt für eine Rohrmelkanlage mit drei einfachen Melkeinheiten etwa 16.000,- DM und steigt für einen Doppel-Zwölfer-Fischgrätenmelkstand mit Doppelbestückung und automatischer Melkzeugabnahme um das 5-Fache auf ca. 80.000,- DM.

Die beim Betrieb dieser Melkanlagen anfallenden Betriebsstoffkosten für Energie, Wasser, Spülmittel, Öl, und Filterhüllen, sowie die Wartungskosten wurden in differenzierter Form ermittelt und in Abhängigkeit von Anlagengröße und Kuhzahl dargestellt.

Da die Kalkulationselemente, soweit wie möglich, in Funktionen wiedergegeben wurden und sich dadurch der Rechenaufwand beträchtlich erhöhte, wurde für die praktische Kostenkalkulation ein EDV-gestütztes Kostenmodell entwickelt. Als Kalkulationsmethode wird das dynamische Verfahren mit Berücksichtigung des Faktors Zeit verwendet und zur Restwerterfassung eine empirisch ermittelte Entwertungsfunktion unterstellt.

Die möglichen Ergebnisse dieses Kostenmodells sind sehr vielfältig, weil durch Veränderung der Einflußgrößen sowohl allgemeinere als auch betriebsspezifische Planungssituationen erfaßt werden können. So ist es möglich, mit einem Kostenmodell die Kosten für alle Rohrmelkanlagen zu kalkulieren. Diese liegen je nach Anlagengröße und Kuhbestand zwischen 100,- und 200,- DM pro Kuh und Jahr.

Somit konnte eine Methode zur Kostenermittlung landwirtschaftlicher Maschinen entwickelt werden, die zwar mehr Aufwand für die Datenbeschaffung, -auswertung und -darstellung und Kalkulation erfordert, die dafür aber auch entscheidende Vorteile hinsichtlich Aussagekraft und Flexibilität aufzuweisen hat.

Als ergänzende Betrachtung werden noch die Auswirkungen der Inflation und der Besteuerung auf die Maschinenkostenkalkulation erläutert, die jedoch im Normalfall im Rahmen der Vorkalkulation nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

8. Literaturverzeichnis

1. American Society of Agricultural Engineers: Agricultural Machinery Management Data. Agricultural Engineers Yearbook 28 (1980), S.243-250.

2. Ammann, H.: Kostenelemente und Entschädigungsansätze für die Benützung von Landmaschinen 1983. Blätter der Landtechnik Nr. 212, Tänikon/Schweiz 1982

3. Atteslander, P. und H.U. Kneubühler: Zu einer Fehltheorie der Befragung. Studien zur Sozialwissenschaft, Opladen 1975.

4. Auernhammer, H.: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, Planzeiterstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast. Diss. München-Weihenstephan 1975.

5. Auernhammer, H.: Aufbau und Struktur eines Kalkulationssystemes für die Arbeitszeitbedarfsermittlung landwirtschaftlicher Arbeiten. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan 1981, Tagungsband 9, S.3-45.

6. Auernhammer, H.: Einsatzmöglichkeiten und erste Erfahrungen beim Arbeitszeit-Kalkulationssystemeinsatz in der wissenschaftlichen Lehre. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan 1981, Tagungsband 9, S.106-115.

7. Auernhammer, H.: Landtechnische Daten im Bereich neuer Informationstechnologien. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 59 (1982), S. 166-184.

8. Ayik, M.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. Diss. Freising-Weihenstephan 1975.

9. Bartholomew, R.B.: Farm Machinery Costing Under Inflation. Transactions of the ASAE 24 (1981), S. 843-845.

10. Bates, J.M. und A.J. Rayner: Inflation, Tax Allowances and the Optimal Timing of Machinery Replacement: A Simulation Study of Farm Tractors Under UK Conditions. Oxford Agrarian Studies 7 (1978), S.87-104.

11. Bischoff, T.: Kosten von Spezialmaschinen und -geräten für die Feldarbeit in Sonderkulturen. Arbeiten der landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim Bd.20, Stuttgart 1963.

12. Bischoff, T.: Die Befragung als Hilfsmittel zur Datengewinnung. Agrarwirtschaft 13 (1964) Nr.6, S.196-200.

13. Brandes, W.: Über die Kapitalkosten dauerhafter Produktionsmittel. Agrarwirtschaft 14 (1965) Nr.1, S. 64-69.

14. Brundke, M.: Datenfortschreibung in den 80er Jahren. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan 1981, Tagungsband 9, S.137-148.

15. Bucher, J.H.: Zur Entstehung und Deckung des inflationsbedingten Kapitalbedarfs. Der Betrieb 28 (1975) Nr.15, S.653-660.

16. Bucher, J.: Grundlagen einer inflationsgerechten Kalkulation. Kostenrechnungspraxis 1980 H.1, S.7-14.

17. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Verschiedene Jahrgänge.

18. Crabtree, J.R.: Inflaton, Tax Allowances and the Optimal Timing of Machinery Replacement - A Comment. Oxford Agrarian Studies 8 (1978), S.153-156.

19. Dettwiler, E. und H. Zimmermann: Erhebung über Maschinenkosten - Ergebnisse einer ersten Auswertung. Blätter für Landtechnik Nr.147, Tänikon/Schweiz 1979.

20. Deutsche Bundesbank: Statistische Beihefte zu den Monatsberichten der Deutschen Bundesbank, Reihe 2 Wertpapierstatistik. Verschiedene Jahrgänge.

21. Deutsche Gesellschaft für Qualität: Das Lebensdauernetz - Erläuterungen und Handhabung. 1. Auflage, Berlin, Köln, Frankfurt 1975.

22. Dumstorf, H.: Die Scheingewinnermittlung in landwirtschaftlichen Betrieben. Agrarwirtschaft, SH. 78, 1979.

23. Fahr, V.: Ein Beitrag zur Berechnung der Kosten des Schleppereinsatzes - Empirische Ermittlung von Reparatur- und Betriebsstoffkosten. SH.34 der Landbauforschung Völkenrode, 1976.

24. Feldmann, U.: Anwendung der Regression, multiple Regression und Korrelation. Wissenschaftliche Beihefte zum Mitteilungsorgan "Die Landarbeit" der Studiengesellschaft für landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft e.V. 1974, H. 3, S.229-260.

25. Finkenwirth, W.: Welche Dieselkrafstoffverbrauchsdaten von Schleppern eignen sich für betriebswirtschaftliche Kalkulationen? Schule und Beratung 1982 Nr.6, S.II-1-7.

26. Fuchss, P.G.: Maschinenkosten in der Kellereiwirtschaft. Diss. Kiel 1977.

27. Gauch, G.: Export: Stütze des Schlepper- und Landmaschinengeschäftes. Agrartechnik international 61 (1982), S.32-34.

28. Gill, A.H.: Variation in the Repair Costs of Tractors, Combine Harvesters and Balers. University of Reading, Department of Agricultural Economics and Management ,Misc. Study No. 50, 1971.

29. Gurtner O.: Investition und Finanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb. Stuttgart 1977

30. Guthy, K.: Fehler an der Melkmaschine machen das Euter krank. DLG-Mitteilungen 96 (1981) Nr.19, S.1036-1037.

31. Haffa, W.: Zum Verständnis der Reparaturrechnung. Die Landtechnische Zeitschrift 33 (1982) Nr.9, S.1498-1500.

32. Hanf C.H.: Schlepper lang oder kurz nutzen? DLG-Mitteilungen 97 (1982) Nr.23, S.1324-1325.

33. Hassan, G.J. und D.L. Larson: Combine Capacity and Costs. Transactions of the ASAE 21 (1978) Nr.6, S.1068-1070.

34. Heinhold, J.: Ingenieur-Statistik. 2. Auflage, München 1968.

35. Heinl, B.: Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation. Diss. Freising-Weihenstephan 1981.

36. Hofmann, A.: Untersuchungen über Reparaturkosten bei Traktoren. Deutsche Landwirtschaft 18 (1967) Nr.2, S. 67-71.

37. IFO-Institut für Wirtschaftsforschung: Das Zinsniveau und seine Einflußgrößen in der Bundesrepublik von 1960-1978. IFO-Schnelldienst 31 (1978) Nr. 8, S.11-16.

38. Jäger,P. und L. Weiershäuer: Reparaturkostenauswertung von Landmaschinen. Unveröffentlichtes KTBL-Arbeitspapier, Darmstadt 1978.

39. Kay, R.D. und E. Rister: Effects of Tax Depreciation Policy and Investment Incentives on Optimal Equipment Replacement Decisions: Comment. American Journal of Agricultural Economics 58 (1976), S.355-358.

40. Köhne, M.: Zur Frage des durchschnittlich zu verzinsenden Anlagewertes in der Kalkulation der Kosten landwirtschaftlicher Geräte. Agrarwirtschaft 15 (1966), S.265-272.

41. Köhne, M.: Theorie der Investition in der Landwirtschaft. Berichte über Landwirtschaft, SH.182, Hamburg und Berlin 1966.

42. Köhne, M.: Zum Scheingewinnproblem bei Inflation. Agrarwirtschaft 24 (1975) Nr.11, S.293-304.

43. Köhne, M.: Zur optimalen Ersatzstrategie bei Landmaschinen unter Berücksichtigung von Inflation und Steuern. Agrarwirtschaft 29 (1980) Nr.9, S.257-266.

44. Kosiol, E.: Anlagenrechnung - Theorie und Praxis der Abschreibungen. Wiesbaden 1955.

45. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft. Verschiedene Auflagen.

46. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Teilautomatisierte Melkanlagen, Typentabelle. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 156, Hiltrup 1976.

47. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern: Die Milchleistungsprüfung in Bayern 1980. München 1981.

48. Lang, H.: Wertverlauf von Maschinen und Geräten - dargestellt am Beispiel des Schleppers. Diplomarbeit TU-München-Weihenstephan: Institut für Landtechnik 1981.

49. Langbehn, C.: Stellungnahme zur RKL-Tagung 1981 - Maschinen kurz oder lang nutzen? Kartei für Rationalisierung 1981, S.870-873.

50. Lange, J.M.: Exploitatiekosten van enkele landbouwwerktuigen. Publikatie 164, Wageningen 1972.

51. Lentz, J.H.: Ausbesserungskosten verschiedener Landmaschinenarten. RKTL-Schrift 96, Berlin 1940.

52. Männel, W.: Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenerhaltung. Wiesbaden 1968.

53. Mager, A: Saubere Milch von gesunden Kühen. Die landtechnische Zeitung 32 (1981) Nr.3,S.357-359.

54. Mager, A: Saubere Milch von gesunden Kühen. Die landtechnische Zeitung 32 (1981) Nr.4,S.529-535.

55. Meimberg, P: Landwirtschaftliches Rechnungswesen. Stuttgart 1966.

56. Milch, W.: Der Einfluß der Besteuerung auf die optimale Nutzungsdauer von Maschinen. Agrarwirtschaft 31 (1982), Nr.10, S.309-319.

57. Nacken, J: Bestimmung optimaler Ersatzzeitpunkte von Landmaschinen. KTBL-Schrift 161, Hiltrup 1973.

58. Näf, E. und D. Nosal: Die Milchgewinnung in Melkständen. Blätter für Landtechnik Nr.124, Tänikon/Schweiz 1977.

59. Neubauer, K.-H. und W. Thämert: Kalkulationsmethoden als Voraussetzung für die Normierung der Instandhaltungskosten bei Traktoren. Deutsche Agrartechnik 22 (1972) Nr.12, S.556-559.

60. N.N.: Preisnotierungen. Die landtechnische Zeitschrift, verschiedene Jahrgänge.

61. N.N.: Ich habe gekauft. Die landtechnische Zeitschrift, verschiedene Jahrgänge.

62. N.N.: Traktoren im OECD-Test - Leistung und Verbrauch. Die landtechnische Zeitschrift 32(1981) Nr.10, S.1366-1368.

63. Ohl, H.L.: Zuverlässigkeit im Automobilbau. Rüsselsheim 1972.

64. Oy von, K.J.: Reparaturaufwand bei Anlagen zur Aufbereitung und Verfütterung von Körnerfrüchten. Vortrag auf dem 6. arbeitswissenschaftlichen Seminar der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften im Landbau e.V. in Tänikon/Schweiz am 16.03.1983.

65. Peters, U.: Reaktionen der Landwirtschaft auf die derzeitigen betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen. Kartei für Rationalisierung 1982, S.29-45.

66. Poensgen, O.H. und H. Straub: Inflation und Investitionsentscheidung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 44 (1974) Nr.12, S.786 - 810.

67. Popken, H.: Die Schätzung von Marktpreisen bei Gebrauchtschleppern. Landtechnik 30 (1975) Nr.9, S.395-396.

68. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL): Umfrage Kurzschnittladewagen. Kiel 1982.

69. Reim, J.: Erfahrungen beim Arbeitszeit-Kalkulationssystemeinsatz an der höheren Landbauschule Rotthalmünster. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan 1981, Tagungsband 9, S.116-122.

70. Reisch, E. und J. Zeddies: Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre. Band 2: Spezieller Teil, Stuttgart 1977.

71. Sachs, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Berlin, Heidelberg, New York 1971.

72. Sauer, H.: Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulation in der Milchviehhaltung. Diss. Freising-Weihenstephan 1981.

73. Sauer, H. und H. Auernhammer: Arbeitszeitbedarf für die Milchviehhaltung in Anbinde- und Laufställen. Landtechnik 37 (1982) Nr. 4, S.198-202.

74. Schaefer E.: Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit in der Elektronik. Würzburg 1979.

75. Schaefer-Kehnert, W.: Kosten und Wirtschschaftlichkeit des Landmaschineneinsatzes. Berichte über Landtechnik 51, München-Wolfratshausen 1957

76. Schaefer-Kehnert, W.: Die Kosten des Landmaschineneinsatzes. KTBL-Berichte über Landtechnik 74, 2.Auflage, München-Wolfratshausen 1969.

77. Scheper, W.: Inflation - Erscheinungsformen und Folgen für die Volkswirtschaft. Archiv der DLG Bd.54 (1974), S.61-77.

78. Schiroslawski, W.: Anwenden von Verteilungsfunktionen zum Beschreiben des Schädigungsverhaltens landtechnischer Arbeitsmittel. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) Nr.11, S.506-510.

79. Schneider, E.: Wirtschaftlichkeitsrechnung, Theorie der Investition. Tübingen, Zürich 1968.

80. Schoney, R. und F. Finner: The Impact of Inflation on Used Machine Values. Transaction of the ASAE 24 (1981), S.292-295.

81. Schürmer, E.: Preis- und Kostenkalkulation für Heizanlagen im Gartenbau. KTBL-Berichte über Landtechnik 144, Hiltrup 1971.

82. Seifert, A.: Belastung und Kraftstoffverbrauch von Schleppermotoren. Berichte über Landtechnik VII d, München 1950.

83. Selivanov, A.J.: Zur Bestimmung der optimalen Nuztzungsdauer der Maschinen. Vestik s'ch nauki 1959, Nr.11, S.66-80.

84. Smith, E.S. und J.D. Oliver: Annuity Approach to Machinery Costs. Transactions of the ASAE 17 (1974), S.796-797.

85. Steinkampf, H.: Energie sparen beim Schleppereinsatz. DLG-Merkblatt Nr. 193, Frankfurt 1982.

86. Strobel, W.: Erfolgsteuerwirkungen bei Inflation und Konsequenzen für die Steuerreform. Der Betrieb 28 (1975) Nr.44, S.2045-2049.

87. Strobel, W.: Der Einfluß von Inflation und Erfolgsteuer auf die Anlagennutzung im Kettenkontinuum. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 50 (1980) Nr.6, S.638-661.

88. Studer R. und A. Sidler: Lohnt sich die Remisierung von Landmaschinen? Der Einfluß der Witterung auf im Freien abgestellte Stallmiststreuer. Blätter für Landtechnik Nr.214, Tänikon/Schweiz 1982.

89. Traulsen, H.: Werbeaussagen richtig bewerten. DLG-Mitteilungen 97 (1982) Nr.23, S.1331-1332.

90. Uludag, A. I.: Aussagen über die zeitliche Entwicklung von Schadensfällen an Hand weniger Informationen aus dem Felde. Anwendung von Computer- und Weibull-Methode. Grundl. Landtechnik 22 (1972) Nr.2, S.47-48.

91. Vogelauer, R.: Zur Überprüfung von Melkanlagen - Ein neues Prüfschema. Milchpraxis 19 (1981) Nr.1, S.13-16.

92. Vogt, C.: Reinigungstechnik für Melk- und Kühlanlagen. Landtechnik 34 (1979) Nr.4, S.183-187.

93. Walrath, A.J.: The Incompatibility of the Average Investment Method for Calculatiny Interest Costs with the Principle of Alternative Opportunities. Southern Journal of Agricultural Economics 5 (1973), S.181-185.

94. Watts, M.J. und G.A. Helmers: Inflation and Machinery Cost Budgeting. Southern Journal of Agricultural Economics 11 (1979) Nr.2, S.83-88.

95. Weber, W.: Kosten von Melkanlagen. Die Landtechnische Zeitschrift 31 (1980) Nr.5, S.706-708.

96. Weber, W.: Forderungen an ein landtechnisches Informationssystem (IS-LANDT). Vortrag anläßlich eines Arbeitsgespräches über EDV-Programme am Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in München am 17.7.1980.

97. Weber, W.: Erfahrungen beim Kalkulationssystemeinsatz in der Beratung. 3. Fachgespräch im Projektbereich A des SFB 141 in Weihenstephan 1981, Tagungsband 9, S.123-129.

98. Weibull, W.: A Statistical Distrubibution Function of Wide Applicability. Journal of Applied Mechanics ASME-Paper 1951 Nr.51-A-6, S.293-297.

99. Weiershäuser, L.: Zur Ermittlung von Reparaturen bei Landmaschinen. Landtechnik 34 (1979) Nr.7/8, S.368-372.

100. Weiershäuser, L.: Zur Aktualisierung von Maschinenkostendaten. Landtechnik 38 (1983) Nr.1, S.28-32.

101. Wendl, G.: Reparaturkostenermittlungen an Rohrmelkanlagen. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1979.

102. Wendl, G.: Wertverlauf von Schleppern. Unveröffentlichter Institutsbericht 1979.

103. Wentz, R.C.: Steuerorientierte Investitionsplanung und Inflation: zum Einfluß von Geldentwertung und Besteuerung auf die Vorteilhaftigkeit von Investitionen und deren Finanzierung. Betriebswirtschaftliche Studien Bd. 33, Berlin 1977.

104. Werner, R.: Wirtschaftliche Nutzungsdauer und Instandhaltungskosten technischer Einrichtungen für den Landhaushalt. Berichte über Landtechnik 95, München-Wolfratshausen 1966.

105. Wohllebe, H.: Technische Diagnostik im Maschinenbau. München, Wien 1978.

106. Worstorff, H.: Funktionsweise, technische und hygienische Beurteilung von Melkanlagen. Kartei für Rationalisierung 1975, S.227-280.

107. Wuschek, A.: Reparatur-Rechnungen, die Vertrauen schaffen. Die landtechnische Zeitschrift 33 (1982) Nr 8, S.1098-1105.

108. Zähres, W.: Technik und Kosten von Melkständen. Landtechnik 30 (1975) Nr.5, S.243-245.

Sonstige Quellen

109. DIN ISO 5707: Melkanlagen - Konstruktion und Leistung. Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

110. Gesetz über Preisnachlässe (Rabattgesetz). Bundesgesetzblatt I S.1011 ff. in der Fassung vom 25.11.1933.

111. Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen. Bundesgesetzblatt I S.869 ff. in der Fassung vom 4.4.1974.

112. Herstellerunterlagen, Firmenprospekte, Preislisten, Ersatzteillisten verschiedener Landmaschinenhersteller.

EDV-Programme

113. Auernhammer, H. und G. Wendl: KALKOS (Kalkulation der Kosten). Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1982.

114. Auernhammer, H.: UPDATE (Dokumentdatei erstellen und pflegen). Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1982.

115. Auernhammer, H. und G. Wendl: MUR (Multiple Regression). Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1982.

116. Wendl, G.: REPKOS (Programmpaket zur Reparaturkostenauswertung). Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1982.

117. Wendl, G.: PLOTTE5 (Plotten von Datensätzen). Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1982.

9. Anhang

Anhangstabelle 1: KTBL-Formblatt zur Erhebung der Reparaturkosten von Landmaschinen

REPARATURKOSTEN VON LANDMASCHINEN

Maschinenart: .....

.....

Fabrikat/Typ: ..... Baujahr: .....

Arbeitsbreite: ..... m/ ..... Reihen, Anschaffungspreis: ..... DM

Antrieb[1]: Elektro-, Diesel-, Viertakter-, Zweitakter-Motor ... kW ..... PS

Besitzer: .....
(Name, Vorname)

.....
(Straße, PLZ, Wohnort)

..... LF in ha .....
(Telefon-Nr.)

Jahr	Leistung ha, h, dt[1]	Reparaturkosten[2] Werkstatt-rechnungen DM	Ersatz-teilkäufe DM	Eigenlei-stungen DM, h[1]	Reparaturart

1) Nichtzutreffendes bitte streichen.

2) Angaben ohne Mehrwertsteuer.

Anhangstabelle 2: Durchschnittliche Reparaturkostensumme einer Melkeinheit von 9 verschiedenen Rohrmelkanlagen eines Herstellers (Mittelwert der einzelnen Reparaturkostensummen, Verfahren 1)

Anlage	Reparaturkostensumme nach dem ... Jahr											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	5,5	87,4	91,9	124,8	155,4	189,8	244,2	274,1	307,0	-	-	-
2	39,2	70,1	126,8	182,2	207,1	273,5	299,5	399,7	449,4	-	-	-
3	1,0	14,6	44,5	54,7	74,9	133,0	142,4	167,7	212,4	-	-	-
4	0,0	18,9	79,0	124,1	153,0	157,0	195,7	199,6	238,0	306,7	-	-
5	19,9	47,0	72,2	133,1	166,0	212,3	272,4	-	-	-	-	-
6	13,1*	27,0	37,4	81,4	132,3	-	-	-	-	-	-	-
7	13,1*	26,5	50,5	50,5	114,1	137,6	190,6	216,2	286,7	326,4	385,9	412,0
8	13,1*	41,6*	48,0	61,9	91,1	109,6	141,6	174,4	204,6	249,0	286,2	-
9	13,1*	41,6*	68,8*	85,4	119,0	144,5	226,1	264,0	276,9	303,3	308,1	356,3
Anzahl Anlagen	5	7	8	9	9	8	8	7	7	4	3	2
$\bar{x}$	13,1	41,6	68,8	99,8	134,8	169,7	214,1	242,2	282,1	296,4	326,7	384,2
s	16,6	27,8	30,1	44,1	40,6	53,2	57,4	80,6	83,1	33,2	52,4	39,4

*) Für diese Jahren waren keine Aufzeichnung vorhanden, deshalb wurde der Mittelwert aus den vorhandenen Anlagen herangezogen.

Anhangstabelle 3: Durchschnittliche Reparaturkostensumme einer Melkeinheit von 9 verschiedenen Rohrmelkanlagen eines Herstellers (berechnet aus der Summe der mittleren jährlichen Reparaturkosten, Verfahren II)

Anlage	jährliche Reparaturkosten im ..... Jahr											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1	5,5	81,9	4,5	32,9	30,6	34,4	54,4	29,9	32,9	-	-	-
2	39,2	30,9	56,7	55,4	24,9	66,4	26,0	100,2	49,7	-	-	-
3	1,0	13,6	29,9	10,2	20,2	58,1	9,4	25,3	44,7	-	-	-
4	0,0	18,9	60,1	45,1	28,9	4,0	38,7	3,9	38,4	68,7		
5	19,9	27,1	25,2	60,9	32,9	46,3	60,1	-	-	-	-	-
6	-	13,9	10,4	44,0	50,9	-	-	-	-	-	-	-
7	-	13,4	24,0	0,0	63,6	23,5	53,0	25,6	70,5	39,7	59,5	26,1
8	-	-	6,4	13,9	29,2	18,5	32,0	32,8	30,2	44,4	37,2	
9	-	-	-	16,6	33,6	25,5	81,6	37,9	12,9	26,4	4,8	48,2
Anzahl Anlagen	5	7	8	9	9	8	8	7	7	4	3	2
$\bar{x}$	13,1	28,5	27,2	31,0	35,0	34,6	44,4	36,5	39,9	44,8	33,8	37,2
s	16,6	24,5	21,4	21,7	13,6	21,1	22,5	30,1	17,9	17,7	27,5	15,6
$\bar{x}_G$	13,1	41,6	68,8	99,8	134,8	169,4	213,8	250,3	290,2	335,0	368,8	406,0
s_G	16,6	29,6	36,5	42,5	44,6	49,3	54,2	62,0	64,5	66,9	72,3	74,0

Anhangstabelle 4: Formular für die Erhebung der Betriebs- und Maschinendaten

Landtechnik Weihenstephan Datum.....

Erhebungs-Nr.....

Datenerheber.....

ERHEBUNG DER MASCHINENDATEN FÜR DIE REPARATURKOSTENUNTERSUCHUNG

1. Allgemeine Betriebsangaben

Besitzer .....

Anschrift.....

LF ..... ha

Hauptproduktionsrichtung .....

Anzahl Kühe .....Stück Anzahl Jungvieh ..... Stück

ø Milchleistung 1978 ..... kg/Kuh und Jahr

2. Maschinenbeschreibung

Maschinenart .....

Größe .....

.....

.....

Hersteller .....

Typ .....

Anschaffungsdatum .....Anschaffungspreis ..... DM

Sonstige Bemerkungen .....

.....

Reparaturen meistens durch .....

Häufigkeit der Reparaturen ☐ selten ☐ mittel ☐ häufig

Art der bisherigen Reparaturen

.....

.....

.....

.....

Anhangstabelle 5: Auszug aus einer Ersatzteildatei

Ersatzteil-nummer	Ersatzteilbenennung	Preis (DM)
4100095072301	Gummistufenmuffe	14,50
1000951551001	Gummieinlaufmundstück 40/34	21,00
6100095158901	Gummirückschlagventil	7,70
5100095182101	Zylinder	52,00
1100095193586	Keilriemenscheibe	36,00
4100095211282	Rohrhalter	6,90
2100095237001	Gummidichtung	3,00
2100095237003	Gummidichtung	1,75
2100095237004	Gummiring	1,50
4100095246701	Gummimuffe 30/24 CMA	7,30
3100095258181	Vakuumklemmhahn 1"	12,50
2100095267601	Sicherungsklammer	,65
2100095334480	Gummidichtungskappe	4,95
5100095618901	Ballventil	5,60
2100095622801	Bajonettadapter 3/8" f. HP	3,55
3100095632181	Anschlusshahn	22,00
4100095653204	Glasrohr. 2400	34,50

Anhangstabelle 6: Auszug aus einer vollständigen Reparaturdatei

Herstellercode	Betriebsnummer	Anschaffungsdatum Monat	Anschaffungsdatum Jahr	Alter bei Erhebungsbeginn	Reparaturdatum Monat	Reparaturdatum Jahr	Alter bei Reparatur	Verbrauchte Stückzahl	Ersatzteilnummer
XXXX	203	10	71	7,75	1	80	8,25	3,00	2100096001680
XXXX	203	10	71	7,75	1	80	8,25	1,00	6100095848780
XXXX	203	10	71	7,75	1	80	8,25	,50	6020000000000
XXXX	203	10	71	7,75	1	80	8,25	5,00	6030000000000
XXXX	203	10	71	7,75	5	80	8,25	4,00	3100095258181
XXXX	203	10	71	7,75	5	80	8,25	1,50	2100095666301
XXXX	203	10	71	7,75	5	80	8,25	4,00	1020000000000
XXXX	203	10	71	7,75	5	80	8,25	20,00	1030000000000
XXXX	204	9	72	6,83	1	80	7,33	3,00	2100096001680
XXXX	206	8	72	6,92	8	79	7,00	1,00	2100096001680
XXXX	206	8	72	6,92	8	79	7,00	1,00	2020000000000
XXXX	206	8	72	6,92	8	79	7,00	22,00	2030000000000
XXXX	206	8	72	6,92	12	79	7,33	1,00	2104785858050
XXXX	206	8	72	6,92	12	79	7,33	1,00	1104781184107
XXXX	206	8	72	6,92	12	79	7,33	1,00	3104781401106
XXXX	206	8	72	6,92	12	79	7,33	2,00	2100096001680
XXXX	206	8	72	6,92	12	79	7,33	1,00	4104781158900
XXXX	206	8	72	6,92	1	80	7,42	1,00	2100096052001
XXXX	206	8	72	6,92	1	80	7,42	1,00	9104781066209
XXXX	215	1	74	5,50	7	79	5,50	3,00	2100095666301

Anhangstabelle 7: Verteilung der 8-jährigen Reparaturkostensumme der Baugruppen und der Gesamtanlage nach Ersatzteil- und Lohnkosten, Fabrikat A

Baugruppe	Ersatzteil-kosten (DM)	Lohnkosten (DM)	Summe (2+3) (DM)	rel.Ersatzteil-kosten (2/4) (v.H.)	rel.Lohnko-sten (3/4) (v.H.)
1	2	3	4	5	6
Vakuum-aggregat	62,80	88,60	151,40	41,48	58,52
4 Melk-einheiten	1228,72	39,68	1268,40	96,87	3,13
Leitungs-system	261,91	36,44	298,35	87,79	12,21
Endein-heit	698,96	75,71	774,67	90,23	9,77
Spül-system	322,34	129,69	452,03	71,31	28,69
Summe	2574,73	370,12	2944,85	87,43	12,57

Anhangstabelle 8: Verteilung der 8-jährigen Reparaturkostensumme der Baugruppen und der Gesamtanlage nach Ersatzteil- und Lohnkosten, Fabrikat B

Baugruppe	Ersatzteil-kosten (DM)	Lohnkosten (DM)	Summe (2+3) (DM)	rel.Ersatzteil-kosten (2/4) (v.H.)	rel.Lohnko-sten (3/4) (v.H.)
1	2	3	4	5	6
Vakuum-aggregat	93,03	95,57	188,60	49,33	50,67
4 Melk-einheiten	1805,24	132,60	1937,84	93,16	6,84
Leitungs-system	205,37	35,80	241,17	85,16	14,84
Endein-heit	418,68	182,67	601,35	69,62	30,38
Spül-system	413,08	114,58	527,66	78,29	21,71
Summe	2935,40	561,22	3496,62	83,95	16,05

Anhangstabelle 9: Verteilung der 8-jährigen Reparaturkostensumme der Baugruppen und der Gesamtanlage nach Ersatzteil- und Lohnkosten, Fabrikat C

Baugruppe	Ersatzteil-kosten (DM)	Lohnkosten (DM)	Summe (2+3) (DM)	rel.Ersatzteil-kosten (2/4) (v.H.)	rel.Lohnko-sten (3/4) (v.H.)
1	2	3	4	5	6
Vakuum-aggregat	140,78	24,30	165,08	85,3	14,7
4 Melk-einheiten	1078,56	81,76	1160,32	93,0	7,0
Leitungs-system	420,25	58,01	478,26	87,9	12,1
Endein-heit	1414,83	164,57	1579,40	89,6	10,4
Spül-system	65,72	50,63	116,35	56,5	43,5
Summe	3120,13	379,26	3499,39	89,2	10,8

Anhangstabelle 10: Formular für die Kaufmeldung

Ich habe gekauft...

Unsere gleichnamige Rubrik ist für viele dlz-Leser eine wertvolle Informationsquelle geworden. Die nebenstehende Karte soll Ihnen die Kaufmeldung an die Redaktion vereinfachen. Machen Sie bitte davon Gebrauch. Als Gegenleistung für Ihre Mühe finden Sie in der dlz die Kaufmeldung eines anderen Lesers. Ihnen entstehen keine Unkosten, denn das Porto zahlt Ihr dlz-Verlag.
Die Karte ist so gehalten, daß viele Fragen nur mit einem Kreuz beantwortet werden müssen.

Ich habe gekauft: ☐ gebraucht ☐ neu ☐ von einem Landwirt ☐ von einem Händler

Maschinenart (z. B. Traktor) .....

Fabrikat/Typ ..... PS: .....

Baujahr ..... Betriebsstunden ..... ☐ Garantie ..... Monate

Zustand: ☐ gut ☐ befriedigend ☐ werkstattgeprüft ☐ generalüberholt

Bereifung (hinten/vorn): ..... ; Zustand: ☐ neu ☐ 75% ☐ 50% ☐ 25%

Ausstattung mit Sonderzubehör (z. B. Kabine): .....

.....

.....

Bestellt am ..... , geliefert am ..... ☐ Barzahlung ☐ Ratenzahlung (Monate): .....

Sie kostete ..... DM (einschl. MWSt.). Mir wurden angerechnet ..... DM

für eine in Zahlung gegebene Gebrauchtmaschine (Art): .....

..... Ich bezahlte auf ..... DM (einschl. MWSt.)

Ich versichere, daß diese Angaben der Wahrheit entsprechen .....
(Unterschrift)

Anhangstabelle 11: Differenzen zwischen unverbindlicher Handelspreisempfehlung und bezahltem Kaufpreis (n = 31)

Nr.	Maschine	unverbindliche Preisempfehlung (DM,incl.MWSt)	bezahlter Preis (DM,incl.MWSt)	Preisnachlaß auf Bruttopreis (v.H.)	Preisnachlaß auf Nettopreis (v.H.)
1	Ladewagen (20,5m³)	35733,2	26000,-	27,3	17,8
2	Ladewagen (20,5m³)	35482,-	23800,-	32,9	24,2
3	Ladewagen (20m³)	32979,05	24000,-	27,2	17,8
4	Ladewagen (20m³)	35741,90	23900,-	33,1	24,4
5	Ladewagen (22m³)	17038,14	14200,-	16,7	5,8
6	Ladewagen (22m³)	18961,40	14200,-	25,1	15,4
7	Ladewagen (23,5m³)	19950.15	15900,-	20,3	9,9
8	Ladewagen (21,5m³)	22939,00	16000,-	30,2	21,2
9	Ladewagen (21m³)	22311,85	16200,-	27,4	18,0
10	Dreiseitenkipper (8t)	12757,70	8500,-	36,3	28,0
11	Dreiseitenkipper (4t)	6159,-	4740,-	23,0	13,0
12	Dreiseitenkipper (6,5t)	9757,55	6200,-	36,5	28,2
13	Siloblockschneider (1,7m³)	6514,45	5000,-	23,2	13,3
14	Siloblockschneider (1m³)	6587,90	5140,-	22,0	11,8
15	Siloblockschneider (1,7m³)	8249,-	7000,-	15,1	4,1
16	Siloblockschneider (1,3m³)	8158,60	6100,-	20,1	9,8
17	Siloblockschneider (1,7m³)	8439,97	6700,-	20,6	10,3
18	Gülleschleuderfaß (5000 l)	14614,-	10200,-	30,2	21,1
19	Gülleschleuderfaß (6000 l)	15801,-	11000,-	30,4	21,3
20	Gülleschleuderfaß (6200 l)	15277,-	11611,-	24,0	14,1

Fortsetzung von Anhangstabelle 11

21	Güllevakuumfaß (4000 l)	14678,70	9600,-	34,6	26,1
22	Pflanzenschutz-spritze (12m)	5033,02	3948,06	21,6	11,4
23	Bodenfräse (2,25m)	9429,85	6200,-	34,3	25,7
24	Beetpflug (4Schar)	7294,15	5470,-	25,0	15,3
25	Drillmaschine (3m)	8245,-	6700,-	18,7	8,2
26	Düngerstreuer (800kg)	2305,20	1830,-	20,6	10,3
27	Düngerstreuer (380kg)	931,18	750,-	19,5	9,0
28	Düngerstreuer (600kg)	2858,90	2500,-	12,6	1,2
29	Kreiselmähwerk (2,1m)	8181,20	6000,-	26,7	17,1
30	Kreiselmähwerk (1,85m)	6441,-	4750,-	26,3	16,7
31	Kreiselheuer (5,1m)	6320,09	3950,-	37,5	29,4

Anhangstabelle 12: Kaufangebot mit genauer Beschreibung des Ausrüstungsstandes und ausführlicher Aufschlüsselung des Gesamtpreises

Ihr Zeichen	Ihr Schreiben vom	Unser Zeichen	Hausruf	Tag
		me.		30.1.1979

Betreff A n g e b o t

Sehr geehrter Herr

auf Grund Ihrer Anfrage machen wir Ihnen nachstehend folgendes Angebot:

1 WEIDEMANN Hoftrac Typ 130 D/F in Grundausrüstung mit Farymann-Dieselmotor 13 PS	DM	15.437,50
Dung-u.Silagegabel, 5 Stahlzinken	DM	712,50
Verbreiterte Schaufel, 1100 mm breit	DM	731.50
Zusätzlicher Hydro-Anschluß	DM	361.--
Bereifung 10-15 AS	DM	399.--
	DM	17.641,50
+ 12% Mwst.	DM	2.116,98
	DM	19.758,48

Wir hoffen, daß Ihnen unser Angebot zusagt und würden uns sehr freuen, wenn Sie davon Gebrauch machen könnten.

Mit freundlicher Empfehlung

Anhangstabelle 13: Kaufangbot mit genauer Beschreibung des Ausrüstungsstandes ohne Aufschlüsselung des Gesamtpreises

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Mein Zeichen	Datum
		He/s	17.03.81

Betreff: Angebot

Für Ihre Anfrage danken wir Ihnen verbindlich und machen Ihnen nachstehend folgendes Angebot:

1 Alfa-Laval Wärmerückgewinnung 150 l "Junior" mit Montagesatz, Zusatzheizung und Sicherheitsarmatur		DM 2.063,00
Kältemontage		DM 400,00
	Zw.summe	DM 2.463,00
	+ 13 % MwSt	DM 320,19
	Gesamt	DM 2.783,19

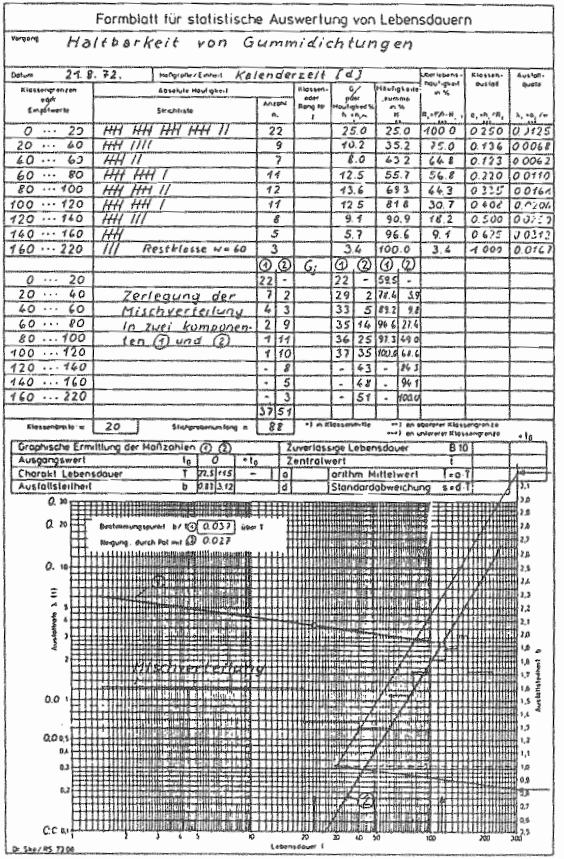
Wir hoffen, daß Ihnen unser Angebot entspricht und würden uns freuen, Ihren geschätzten Auftrag zu erhalten.

Mit freundlichen Grüßen

Anhangstabelle 14: Arbeitszeitbedarf beim Melken nach SAUER u. AUERNHAMMER 1982 /72/

Stallsystem	Kuhbestand	Melkeinheiten	Arbeitszeitbedarf AKh/Kuh und Jahr
Anbindestall Rohrmelkanlage	20	3	30
	30	3	27
	40	4	25
	50	5	24
	60	5	23
Laufstall mit Fischgräten-melkstand	40	8	28
	60	10	23
	80	12	19
	100	16	16
	130	20	15
	160	24	14

Anhangsabbildung 1: Lebensdauer von Gummidichtungen (Quelle: Deutsche Gesellschaft für Qualität /21/)



Formblatt für statistische Auswertung von Lebensdauern

Vorgang: Haltbarkeit von Gummidichtungen

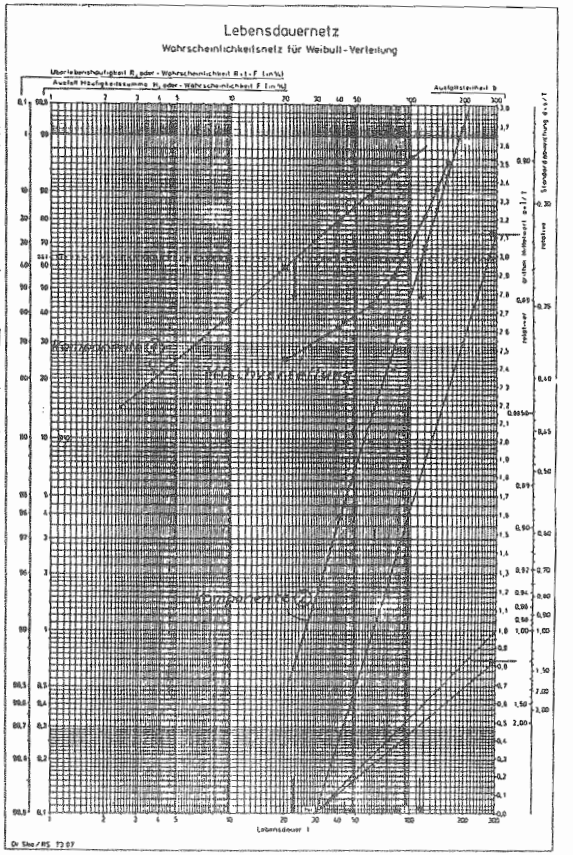
Datum: 21. 8. 72. Haftgröße/Einheit: Kalenderzeit [d]

Klassengrenzen oder Einzelwerte	Absolute Häufigkeit: Strichliste	Anzahl n	Klassen- oder Rang Nr.	G/ oder Häufigkeit %	Häufigkeitssumme in %	Überlebenshäufigkeit in %	Klassenauslaß	Ausfallquote
0 ··· 20	HH HH HH HH II	22		25.0	25.0	100.0	0.250	0.0125
20 ··· 40	HH IIII	9		10.2	35.2	75.0	0.136	0.0068
40 ··· 60	HH II	7		8.0	43.2	64.8	0.123	0.0062
60 ··· 80	HH HH I	11		12.5	55.7	56.8	0.220	0.0110
80 ··· 100	HH HH II	12		13.6	69.3	44.3	0.335	0.0164
100 ··· 120	HH HH I	11		12.5	81.8	30.7	0.408	0.0204
120 ··· 140	HH III	8		9.1	90.9	18.2	0.500	0.0250
140 ··· 160	HH	5		5.7	96.6	9.1	0.625	0.0312
160 ··· 220	III Restklasse w = 60	3		3.4	100.0	3.4	1.000	0.0167
		① ②	G_i	① ②	① ②			
0 ··· 20		22 -		22 -	59.5 -			
20 ··· 40	Zerlegung der	7 2		29 2	78.4 5.9			
40 ··· 60	Mischverteilung	4 3		33 5	89.2 9.8			
60 ··· 80	In zwei komponen-	2 9		35 14	94.6 27.4			
80 ··· 100	ten ① und ②	1 11		36 25	97.3 49.0			
100 ··· 120		1 10		37 35	100.0 68.6			
120 ··· 140		- 8		- 43	- 84.3			
140 ··· 160		- 5		- 48	- 94.1			
160 ··· 220		- 3		- 51	- 100.0			
		37 51						

Klassenbreite = 20 Stichprobenumfang n = 88

*) in Klassenmitte **) an oberster Klassengrenze ***) an unterster Klassengrenze

Graphische Ermittlung der Maßzahlen ① ②				Zuverlässige Lebensdauer	B 10
Ausgangswert	t_0	0	$*t_0$	Zentralwert	t
Charakt. Lebensdauer	T	22.5	115	a	arithm. Mittelwert $t = a \cdot T$
Ausfallsteilheit	b	0.87	3.12	d	Standardabweichung $s = d \cdot T$



Lebensdauernetz

Wahrscheinlichkeitsnetz für Weibull-Verteilung

Anhangsabbildung 2: WEIBULL-Verteilung am Beispiel einer Reklamationsstatistik für Bruchschäden der Kopfschraube für den Planetenradträger von Schleppern (Quelle: BROHM-MEUTH, zit. bei Deutsche Gesellschaft für Qualität /21/)

Formblatt für statistische Auswertung von Lebensdauern

Vorgang: *Reklamationsstatistik für Bruchschäden der Kopfschraube für den Planetenradträger von Schleppern [Quelle: BROHM-MEUTH]*

Datum: 5. 9. 73 | Meßgröße/Einheit: *Laufstunden (Traktometer)*

Klassengrenzen oder Einzelwerte	Absolute Häufigkeit: Strichliste	Anzahl n_i	Klassen- oder Rang Nr. j	G_i oder Häufigkeit % $h_i = n_i/n$	Häufigkeitssumme in % H_i	Überlebenshäufigkeit in % $R_i = 100 - H_i$	Klassenausfall $a_i = h_i/R_i$	Ausfallquote $\lambda_i = a_i/w$
99			1					
200			2					
260			3					
300			4					
340			5					
430			6					
499			7					
512			8					
654			9					
760			10					

Gesamtumfang $n = 1075$ beobachtete Schlepper

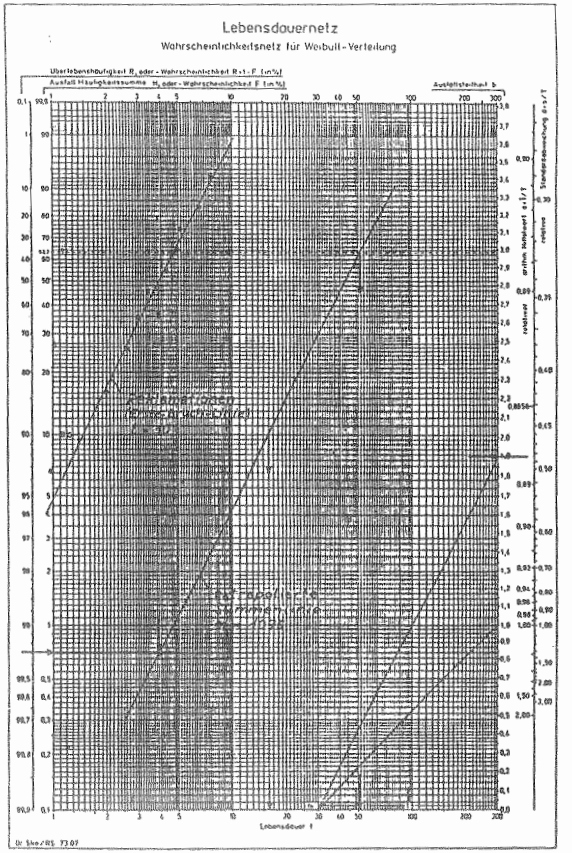
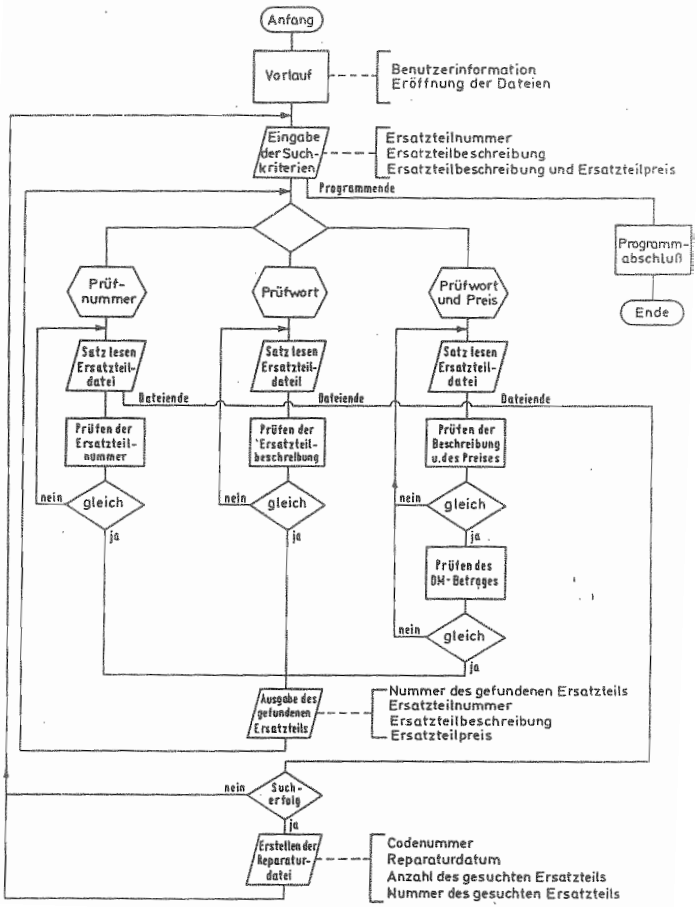
Zahl der gedachten Lose $\ell = 10$ (Anzahl Reklamationen)

$$k = \frac{n+1}{\ell+1} = \frac{1076}{11} = 97,8$$

$$H_i = \frac{1-0.3}{k+0.4} = \frac{0.7}{98.2} = 0,71\ \%$$

Klassenbreite: w | Stichprobenumfang γ ℓ 10 | *) in Klassenmitte | **) an oberer Klassengrenze | ***) an unterer Klassengrenze | $< t_0$

Graphische Ermittlung der Maßzahlen: *extrapoliert*				Zuverlässige Lebensdauer	B 10	1600	—
Ausgangswert	t_0	0	$< t_0$	Zentralwert	$\bar{t}$		
Charakt. Lebensdauer	$\bar{T}$	5100	—	a	arithm. Mittelwert	$\bar{t} = a \cdot \bar{T}$	
Ausfallsteilheit	b	1.9		d	Standardabweichung	$s = d \cdot \bar{T}$	



Anhangsabbildung 3: Programmablaufplan des EDV-Programms "ERSUCH" (Ersatzteilsuchprogramm)