

mit 20 °C angenommen ist. Für einen Zuluftstrom in der zur Vermeidung von Zugerscheinungen gewünschten Höhe von 300 m³/h ist eine Eintrittstemperatur von ca. 4 °C erforderlich, um einen Wärmestrom in der genannten Größenordnung abzuführen.

Auch bei Einsatz einer Kühlanlage sind wegen der niedrigen Zulufttemperaturen und damit der Schwierigkeiten einer geeigneten Luftführung alle konstruktiven Möglichkeiten auszuschöpfen, um die Kühlleistung so klein wie möglich zu halten, d.h. es sind alle Wärmeströme, die direkt in die Kabine führen, konstruktiv so weit wie möglich zu begrenzen. Das gilt sowohl für den Wärmestrom durch die Sonneneinstrahlung wie auch den von Motor und Getriebe, d.h. es ist wärmedämmendes Glas zu verwenden und die raumumschließenden Wände sind, soweit sie nicht aus Glasflächen bestehen, wärmetechnisch gut zu isolieren. Dies gilt insbesondere für das Dach und den Boden der Kabine.

6. Schlußfolgerungen

Aus der Forderung nach behaglichen Klimabedingungen am Fahrerplatz auf der einen Seite und den bei Fahrer кабинен auftretenden Wärmeströmen auf der anderen Seite läßt sich folgern, daß der Einbau einer Kühlanlage entsprechender Leistung auf leistungsstarken Schleppern unabdingbar, aber allein noch nicht hinreichend ist. Um behagliche Zustände an der Körperoberfläche des Fahrers zu gewährleisten, ist hinsichtlich der Zuluft Sorge dafür zu tragen, daß nur Luft mit behaglichen Temperaturen und Geschwindigkeiten auf die Körperoberfläche trifft. Dies beinhaltet eine entsprechende Luftführung in der Kabine. Die zwingend zu unterkühlende Zuluft ist so zu führen, daß sie sich genügend erwärmt, bevor sie die Körperoberfläche des Fahrers erreicht. Grundsätzlich ist die Kühlanlage durch passive Mittel, also gute Wärmeisolierung der raumumschließenden Wände und eine Begrenzung der Sonneneinstrahlung zu unterstützen. Nur unter Abstimmung aller relevanten Einflußgrößen lassen sich behagliche Bedingungen in einer Fahrerkabine verwirklichen.

Die Berechnung des Nutzwertes landtechnischer Arbeitsmittel als Energieäquivalent

Von László Kassay, Budapest*)

DK 631.3.003.14:631.3.004.15

Hersteller und Benutzer von Maschinen sind bemüht, möglichst eingehende Informationen vom Wert der Maschinen zu gewinnen. Erprobungseinsätze während der Maschinenentwicklung, Erfahrungsberichte aus dem praktischen Einsatz und Maschinenprüfungen unabhängiger Prüfinstitute geben solche Informationen, bei denen Qualität und Zuverlässigkeit der Maschinenfunktion im Vordergrund stehen.

Sollen Maschinen nicht nur in ihrem Gebrauchswert, sondern z.B. in einem weiteren Rahmen hinsichtlich ihres volkswirtschaftlichen Nutzens bewertet werden, so müssen neben der Qualität und Zuverlässigkeit der Funktion zahlreiche weitere Einflußgrößen erfaßt und bewertet werden. Ausgehend von einer umfangreichen früheren Arbeit [1], stellt dieser Aufsatz dar, welche Einflußgrößen für die Berechnung des Nutzwertes herangezogen werden müssen und wie sie zu einer den Nutzwert kennzeichnenden Größe zu verknüpfen sind.

Vom Verfasser vorgetragen bei der Internationalen Tagung Landtechnik am 9.11.1979 in Braunschweig.

*) Dr. sc. techn. L. Kassay ist wissenschaftlicher Rat am ungarischen Forschungsinstitut für Agrarökonomik, Budapest.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] DIN 33403, Teil 3 (Entwurf): Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung.
Berlin/Köln: Beuth Vertrieb GmbH, November 1976.
- [2] ● Gröber, Erk u. Grigull: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung.
Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag 1963.
- [3] Müller-Limmroth, W.: Landmaschinen und Ackerschlepper aus arbeitsphysiologischer Sicht.
Grundl. Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 2, S. 33/40.
- [4] Yaglou, C.P.: Temperature humidity and air movement in industries: The Effect Temperature Index.
J. Industr. Hyg. Bd. 9 (1927) S. 297/309.
- [5] Wenzel, H.G. u. F. Stratmann: Technische Erfahrungen über Bau und Betrieb einer Klimakammer für arbeitsphysiologische Untersuchungen am Menschen.
Int. Z. angew. Physiol. einschll. Arbeitsphysiol. Bd. 25 (1968) S. 235/78.
- [6] Batel, W., J. Janssen u. R. Möller: Klimabelastung auf Schleppern und Mähdreschern und Maßnahmen zur Klimagegestaltung.
Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 52 (1980) S. 157/70.
- [7] Batel, W.: Messungen zur Staub-, Lärm- und Geruchsbelastung an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion und Wege zur Entlastung – Erster Bericht.
Grundl. Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 5, S. 136/57.
- [8] Janssen, J.: Klimatisierung von Fahrer кабинен durch Verdunstungskühlung.
Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 3, S. 91/97.

1. Einleitung

In Ungarn ist wegen der Größe der landwirtschaftlichen Flächen und der starken Auslastung der Maschinen ein hoher Nutzwert der Maschinen und Arbeitsmittel von besonderer Bedeutung. Vor allem der Benutzer, der landwirtschaftliche Betrieb, wünscht Informationen, die konkret und in Form einer Zahl das Niveau der Maschine, den Nutzwert, kennzeichnen, um so verschiedene Maschinen miteinander vergleichen zu können und auf ihren dem Nutzwert proportionalen Preis schließen zu können. Der Landwirt weiß, daß es nicht ausreicht, die Leistungen verschiedener Maschinen Maß für Maß miteinander zu vergleichen, weil noch weitere Größen von Einfluß sind und wenn eine von diesen besonders schlecht ist (z.B. die Betriebssicherheit), kann das den Nutzwert der Maschine – auch bei hoher Nennleistung – wesentlich herabsetzen.

Daneben braucht der Hersteller der Maschine eine Information über den Nutzwert, um das Niveau verschiedener Produkte aus eigener und fremder Produktion objektiv miteinander vergleichen zu können.

Wie bei anderen Produkten verbessert sich das Niveau der landwirtschaftlichen Maschinen, die der gleichen Funktion dienen, von Jahr zu Jahr. Es ist dies eine Folge der technischen Entwicklung. Wenn das Niveau alter und neuer Typen einer Maschinenart mit der gleichen Methode ermittelt wird und als Funktion des Produktionsjahres aufgetragen wird, so erhält man die Tendenzkurve der technischen Entwicklung für die ausgewählte Maschinengruppe, z.B. Häcksler, Bild 1.

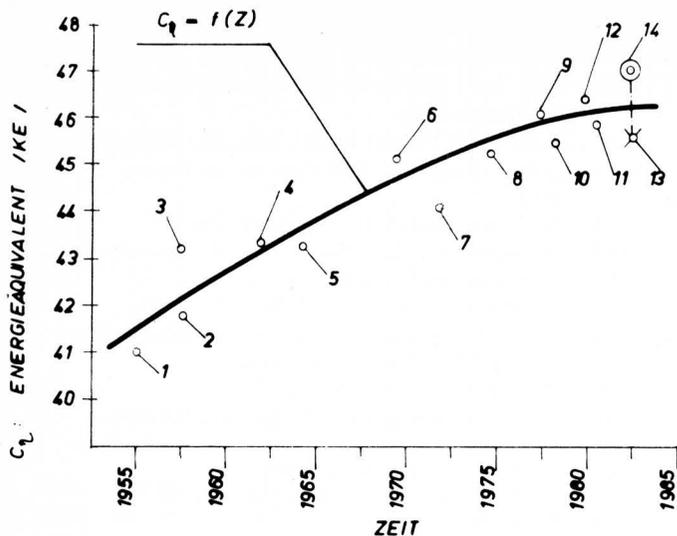


Bild 1. Nutzwert von Häckslern in Abhängigkeit vom Herstellungsjahr. Aufgrund der Tendenzkurve wird ein Planziel von Punkt 13 zum Punkt 14 korrigiert.

Es liegt auf der Hand, daß aufgrund einer solchen Funktion eine recht zuverlässige Prognose angefertigt werden kann. Die Prognose bildet die Basis für die Planung der in der Zukunft zu produzierenden Maschine. Bild 1 zeigt, wie ein ohne derartige Rechnung bestimmtes Planziel (Punkt 13) aufgrund einer Tendenzkurve korrigiert werden soll (Punkt 14): Die Bewertung von 12 bisher verfügbaren Maschinen ergibt für den Nutzwert die Punkte 1 bis 12, die die Tendenzkurve bestimmen. Das Planziel sah zunächst einen Nutzwert von $45,5 \text{ kE} \hat{=} 120575 \text{ MJ}$ vor. Die Tendenzfunktion der Untersuchung bestimmte das Wertminimum als Weltniveau von 1982 mit $46,2 \text{ kE} \hat{=} 122430 \text{ MJ}$. Das Planziel muß also auf $47 \text{ kE} \hat{=} 124550 \text{ MJ}$ korrigiert werden.

2. Aufgabenstellung

Das Beispiel macht deutlich, welche Möglichkeiten die einheitliche Bestimmung des Nutzwertes eröffnet. Welche Aufgaben aber sind zu lösen, um eine Angabe des Nutzwertes in einer Zahl zu erreichen?

Zuerst sind die Parameter zu bestimmen, mit denen alle Landmaschinen allgemein charakterisiert werden können. Es ist zu klären, welche der vielen Parameter am wichtigsten sind und in welchem Zusammenhang diese zueinander und zum Nutzwert stehen.

Da ein Nebeneinander verschiedener Einheiten (kg, MJ, m usw.) das Bestimmen der Algorithmen erschwert, soll zweitens eine Einheit gesucht werden, in der alle kennzeichnenden Merkmale ausgedrückt werden können.

Für die ausgewählten Parameter mit der geeigneten gemeinsamen Maßeinheit müssen im dritten Schritt die anwendbaren Algorithmen gesucht werden.

Nach all dem sollten viertens die theoretischen und praktischen Methoden der Berechnung geklärt werden. Dazu sollte für den größten Anteil der kennzeichnenden Merkmale der Maschinen der Einfluß (die Wichtung) auf den zu berechnenden Nutzwert erfaßt werden.

3. Methodische Grundlagen

Für die Lösung der Aufgabe war es erforderlich, das Schrifttum durchzusehen, um die dieses Thema betreffenden in- und ausländischen Ergebnisse kennenzulernen. Diese Arbeit war sehr zeitraubend, da es notwendig war, die Beziehungen sehr vieler Eigenschaf-

ten zu erforschen, und zwar sowohl die Beziehungen der verschiedenen Eigenschaften zueinander als auch die Beziehungen der Eigenschaften zum Nutzwert. Für die allgemeine Theorie der Bewertung haben die Arbeiten von *Stewens* [2], *Torgerson* [3] und *Kindler-Papp* [4], von den landtechnischen mathematischen Unterlagen die Arbeiten von *Novacky* [5], *Seliwanow* [6], *Eichler* [7] und *Kesselring* [8] gute Hilfe geleistet.

Als kennzeichnende Merkmale der Maschinen wurden anfangs mehr als 100 in die Betrachtung einbezogen, von denen nach der Randomisierung 25 übrig geblieben sind. Aus Kombinationen dieser Größen sowie mit Anwendung weiterer 6 haben sich als Grundlage der Methode 31 Parameter ergeben.

Die Auswahl einer einheitlichen Größe und Einheit hat eine lange Teilforschungsarbeit beansprucht, denn es sollte eine Größe gewählt werden, die

- den Nutzwert (Gebrauchswert) der Maschine beschreibt,
- die Abhängigkeit des Nutzwertes von einer absoluten oder relativen Zunahme der Mechanisierung wiedergibt
- und gleichzeitig für die Umrechnung aller kennzeichnenden Eigenschaften der Maschine geeignet ist.

Von den geprüften Möglichkeiten wurde die Größe "Energieäquivalent lebendige Arbeit – Leistungswert" mit proportionaler Skala für die günstigste Lösung gehalten. Dadurch wurde es möglich, den Nutzwert in physikalischen Maßeinheiten auszudrücken. Diese Größe ist der von *Novacky* [5, 9] bereits 1971 eingeführte Energiegleichwert, dessen Einheit von ihm *ent* genannt wurde. Der tausendfache Wert ist Kiloent mit dem Kurzzeichen kE. Der zahlenmäßige Wert ist:

$$1000 \text{ E} = 1 \text{ kE} = 1000 \text{ PSh} = 736 \text{ kWh} = 2650 \text{ MJ}.$$

Alle 25 den Nutzwert der Maschine kennzeichnenden Parameter mußten auf den ausgewählten Energiegleichwert umgerechnet werden. Die Umrechnung erfolgte entsprechend einem Skalensystem, dessen Grundlage die zwischen den einzelnen Eigenschaften und dem Nutzwert bestehenden physikalischen oder ökonomischen Gesetzmäßigkeiten bilden¹⁾.

Bild 2 stellt das erarbeitete Skalensystem der Transformation dar. Wenn beispielsweise die Qualität der von der Maschine geleisteten Arbeit mit 100 % zu bewerten ist (siehe Größe MIN – Nr. 17 der Skala), dann beträgt ihr Wert 6 kE. Die Qualität wird nur im Bereich 80–100 % bewertet, wobei eine 80prozentige Qualität gleich 0 kE ist. Nach welcher Funktion die jeweilige Größe in einer Zahl auszudrücken und in "Energiegleichwert" umzurechnen ist, wurde aus vielen Beispielen mit der Methode der iterativen Annäherung festgestellt.

Auf solche Weise gelingt es, daß die 25 Einflußgrößen nicht mit verschiedenen Dimensionen, sondern einheitlich im Energiemaßstab auf die Achsen x, y, z des für die weiteren Berechnungen gewählten Vektorraums aufgetragen werden können und für alle Funktionen Energievektoren vorliegen.

4. Bestimmung der Einflußgrößen und der funktionalen Verknüpfungen

Da im Schrifttum nur wenige komplett verwendbare Algorithmen vorlagen (*Eichler* [7]; *Baraldi u. Capelli* [10], *Jován u. Csukás* [11] und *Jóri* [12]), war es notwendig, die Methoden der mathematischen Statistik bzw. der Biometrie (*Jánosy u.a.* [13] und *Jánosy* [14]) zu verwenden und mit Wahrscheinlichkeitsvariablen zu operieren.

Als Grundlage für die Ableitung der geeigneten Algorithmen zur Berechnung des Nutzwertes wurden für 240 konkrete Maschinen die ausgewählten 25 Eigenschaften bestimmt. So ergab sich eine

¹⁾ Es ist beabsichtigt, den theoretischen Teil der Umrechnung wegen seines Umfangs und seiner Kompliziertheit in einem selbständigen Aufsatz zu veröffentlichen.

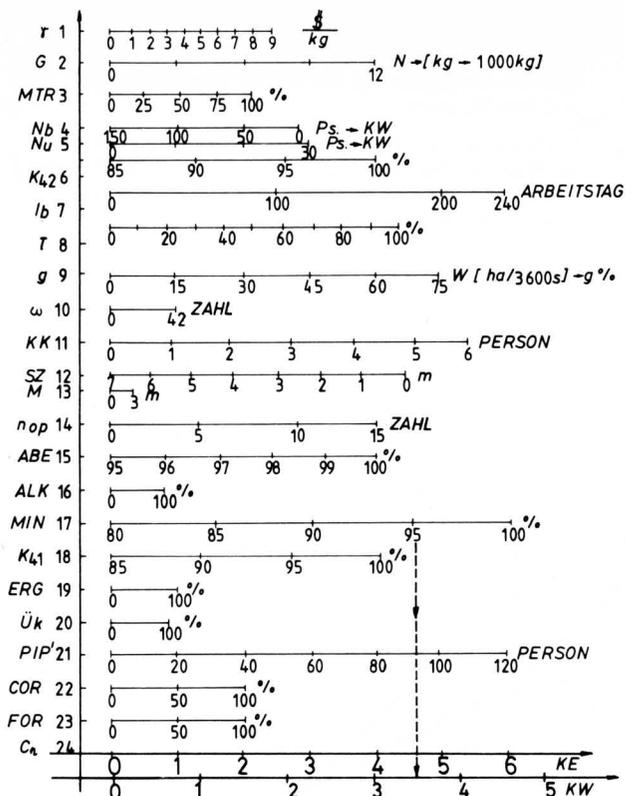


Bild 2. Skalen zur Umwandlung der Einflußgrößen in Energieäquivalente mit der Einheit kE oder kW.

Menge von 6000 Einzelmerkmalen, die in Energieäquivalente umzurechnen waren. Soweit einzelne Größen nicht gegeben waren, wurden sie mit Hilfe von Richtlinien geschätzt. Auf diese Weise entstanden 240 komplette Arbeitskarten.

Durch detaillierte und wiederholte Regressionsanalysen wurden aus den zahlreichen möglichen Korrelationen 17 funktionale Zusammenhänge ausgewählt, die für eine Berechnung des Nutzwertes am besten geeignet scheinen.

Daneben war mit Hilfe der Faktoranalyse das Gewicht zu bestimmen, mit dem die einzelnen ausgewählten Eigenschaften in die Berechnung eingehen. Tafel 1 gibt eine Auflistung der 25 Eigenschaften entsprechend dem Gewicht bei der Nutzwertberechnung. Sie enthält die Benennung, das in den Rechnungen verwendete Kurzzeichen, die ursprüngliche Maßeinheit und den Gewichtungsfaktor. Da die exakte Bestimmung der Eigenschaften früher beschrieben wurde [15], sind hier die Eigenschaften nur kurz umrissen:

1. Saisonlänge I_b : Jährliche Einsatzzeit der betr. Maschine in der Landwirtschaft und evtl. in anderen Produktionszweigen; gemessen in Tage/Jahr.
2. Typisierungsgrad τ : Ein Massenverhältnis in %, gebildet aus der Masse handelsüblicher Teile, die auch in anderen Maschinen Verwendung finden, und der Gesamtmasse.
3. Technische Betriebssicherheit K_{42} : Erwartungswert für den Anteil der Zeit mit technisch fehlerfreier Arbeit an der gesamten Arbeitszeit; Angabe in %.
4. Produktivität p/p' : Ersparnis an Arbeitskräften bezogen auf ein vereinbartes Mechanisierungsniveau; Personenzahl.
5. Arbeitsqualität MIN : Maß für die Güte der Arbeiterleistung (in %) bezogen auf eine vorgegebene standardisierte Arbeitsqualität bei optimalen Bedingungen.
6. Spezifischer Preis γ : Auf die Masseneinheit bezogener Kaufpreis, soll die vollständige Ausrüstung (zusätzliche Schneidwerke etc.) umfassen, nach jeweiligen Wechselkursen (z.Z. 1 Rubel \cong 40 Forint; 1 US Dollar \cong 50 Forint) ausgedrückt in Rbl/kg oder $\$/kg$.

Benennung	Kurzzeichen	urspr. Einheit	Mittelwert der Wichtung
1. Saisonlänge, brutto	I_b	Tage/Jahr	0,0841
2. Typisierungsgrad	τ	%	0,0814
3. Techn. Betriebssicherheit	K_{42}	%	0,0789
4. Produktivität	p/p'	Personen	0,0617
5. Arbeitsqualität	MIN	%	0,0535
6. Spezifischer Preis	γ	$\$/kg$	0,0532
7. Masse	G	kg	0,0524
8. Witterungsunabhängigkeit	MTR	%	0,0511
9. Vielseitigkeit	n_{op}	—	0,0475
10. Instandsetzungseignung	ALK	%	0,0446
11. Leerlaufleistung	$N_{\bar{U}}$	kW	0,0428
12. Korrosionsschutz	COR	%	0,0396
13. Max. Antriebsleistung	N_t	kW	0,0390
14. Technologische Sicherheit	K_{41}	%	0,0378
15. Unfallsicherheit	ABE	%	0,0378
16. Max. Leistung	W_{02}	ha/h	0,0352
17. Transporteignung	SZ	m	0,0340
18. Formgestaltung	FOR	%	0,0274
19. Einsatzzeit	I_n	Tage/Jahr	0,0261
20. Betriebsbereitschaft	U_k	%	0,0242
21. Arbeitskräftebedarf	KK	Personen	0,0192
22. Ergonomische Qualität	ERG	%	0,0167
23. Höhe	M	m	0,0107
24. Präzision der Herstellung	μ	—	0,0056
25. Grad der Dokumentation	R_n	—	0,0056

Tafel 1. Auflistung der Einflußgrößen entsprechend dem Mittelwert ihrer Wichtung.

7. Masse G : Masse der Maschine leer in betriebsbereitem Zustand in kg.
8. Witterungsunabhängigkeit MTR : Unabhängigkeit des Maschineneinsatzes gegenüber Witterungseinflüssen in %.
9. Vielseitigkeit n_{op} : Zahl der durch die Maschine ausführbaren Teilfunktionen (Transport, Laden, Entladen), aufsummiert für die verschiedenen Produkte.
10. Instandsetzungseignung ALK : Eine Größe, die den Ersatzteilbedarf und die Ersatzteilversorgung charakterisiert. Bezugsbasis ist eine Maschine, die wegen Ersatzteilproblemen nicht ausfällt, Angabe in %.
11. Leerlaufleistung $N_{\bar{U}}$: Die im Stand, unbelastet, bei Ausübung aller Funktionen aufgenommene Leistung in kW.
12. Korrosionsschutz COR : Widerstandsfähigkeit gegenüber korrosionsfördernden Einwirkungen der Atmosphäre, der landw. Produkte und des Bodens; Angabe in %, Bezug ist ein optimaler, korrosionsfreier Zustand.
13. Maximale Antriebsleistung N_t : Bei der Arbeit maximal aufgenommene Leistung in kW.
14. Technologische Sicherheit K_{41} : Erwartungswert für den Anteil der Zeit, in der das Arbeitsverfahren fehlerfrei arbeitet, bezogen auf die gesamte Arbeitszeit; Angabe in %.
15. Unfallsicherheit ABE : Anteil der unfallfreien Arbeitszeit an der gesamten Arbeitszeit in %.
16. Maximale Leistung W_{02} : Die Funktion der Maschine beschreibende Leistung in ha/h oder t/h; führt auf den Mechanisierungsgrad g in %.

17. Transporteignung SZ: Max. Breite in betriebsbereitem Zustand in m.
18. Formgestaltung FOR: Bewertung der Form durch Vergleich mit dem Weltmarktbesten; Angabe in %.
19. Einsatzzeit I_n : Jährliche Nettoeinsatzzeit ergibt sich aus Saisonlänge und Witterungsunabhängigkeit; Tage/Jahr.
20. Betriebsbereitschaft U_k : Verhältnis in % aus der jeweiligen tatsächlichen Inbetriebnahmezeit (aus konserviertem Zustand) zu einer optimalen Inbetriebnahmezeit.
21. Arbeitskräftebedarf KK: Anzahl der bei maximaler Leistung der Maschine benötigten Arbeitskräfte.
22. Ergonomische Qualität ERG: Kennzahl in %, die angibt, wie weit arbeitsphysiologische Anforderungen (z.B. Lärmbekämpfung, Klimagegestaltung) berücksichtigt sind.
23. Höhe M: Höhe in betriebsbereitem Zustand in m.
24. Präzision der Herstellung μ : Maßzahl für die Qualität der Bearbeitung bei der Herstellung auf einer Skala von 0 bis 5.
25. Grad der Dokumentation R_N : Eine Zahl für die Güte der Dokumentation der Maschine in Form von Zeichnungen etc.

Neben diesen Grundeigenschaften werden 6 weitere Größen, die das zur Bedienung der Maschine notwendige Fachwissen, die Grundversorgung mit Maschinen, den Nützlichkeitsfaktor, das Herstellungsjahr, die Produktionszweignummer und die Seriengröße erfassen, in die weitere Berechnung einbezogen, ebenso wie 7 kombinierte Größen, die aus den Grundeigenschaften zu berechnen sind.

Mit Hilfe der Regressionsanalyse wurden für die zuvor beschriebenen, ausgewählten Einflußgrößen 17 Funktionen mit zumeist je zwei der unabhängigen Einflußgrößen abgeleitet, die einem dem Gewicht der Einflußgrößen entsprechenden Anteil am gesamten Nutzwert bestimmen. Jede dieser Funktionen bildet eine dreidimensionale Vektorfläche; auf der z-Achse ist die jeweilige Nutzwertfunktion (C_{h1} bis C_{h17}), auf der x- bzw. y-Achse sind die zugehörigen Einflußgrößen als Energieäquivalent aufgetragen. Die so bestimmten 17 Vektoren ergeben bei Addition ein Maß für den gesamten Nutzwert. Der gesamte Nutzwert C_η einer Maschine ist definiert als Betrag der Vektorsumme:

$$C_\eta = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^{17} x_n\right)^2 + \left(\sum_{n=1}^{17} y_n\right)^2 + \left(\sum_{n=1}^{17} z_n\right)^2}$$

Die abgeleiteten 17 einzelnen Funktionen erfassen die folgenden Zusammenhänge:

- C_{h1} , Einfluß des Preises: Stellt den Zusammenhang zwischen spezifischem Preis γ , Masse G und dem Nutzwert dar, Bild 3.

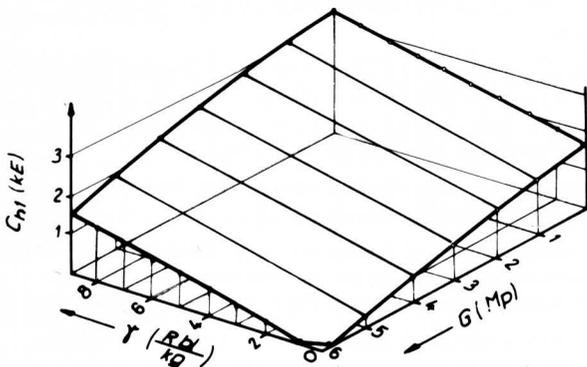


Bild 3. Einflußfunktion C_{h1} in Abhängigkeit von spez. Preis γ und Masse G.

- C_{h2} , Einfluß der biologischen Elastizität: Zeigt den Zusammenhang auf zwischen der Leistung der Maschine W_{02} (Mechanisierungsgrad g), der Witterungsunabhängigkeit MTR und dem Nutzwert.

- C_{h3} , Einfluß der Leistung: Bringt die Beziehung zwischen der Masse der Maschine G, der im Betrieb aufgenommenen Leistung N_t und dem Nutzwert zum Ausdruck. Diese Beziehung läßt sich wie folgt beschreiben:

$$C_{h3} = 1,1514 \cdot 10^{-4} - 2,3095 \cdot 10^{-1} \sqrt{N_t} + 1,1544 \sqrt{G} + 2,66 \cdot 10^{-6} N_t + 9 \cdot 15 \cdot 10^{-3} G.$$

- C_{h4} , Einfluß des mechanischen Wirkungsgrades: Bezeichnet den Zusammenhang zwischen der Masse G, der Leerlaufleistung $N_{\bar{u}}$ und dem Nutzwert, Bild 4.

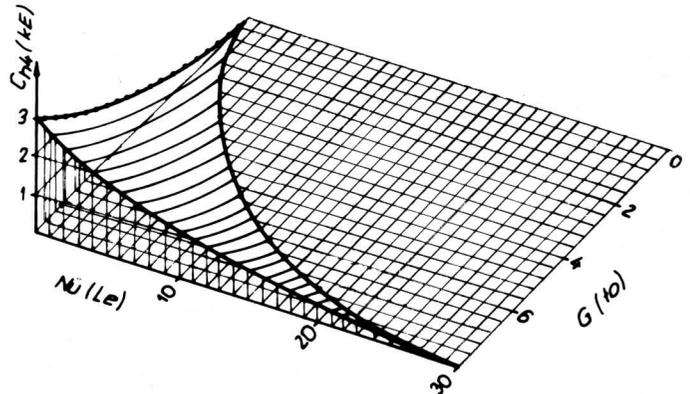


Bild 4. Einflußfunktion C_{h4} in Abhängigkeit von Masse G und Leerlaufleistung $N_{\bar{u}}$ (PS).

- C_{h5} , Einfluß der technischen Verfügbarkeit: Gibt die Beziehung an zwischen der Saisonlänge I_b , der techn. Betriebssicherheit K_{42} und dem Nutzwert.

- C_{h6} , Einfluß der Konstruktion: Gibt den Zusammenhang wieder zwischen dem Typisierungsgrad τ , der Kompliziertheit der Konstruktion ω und dem Nutzwert, Bild 5.

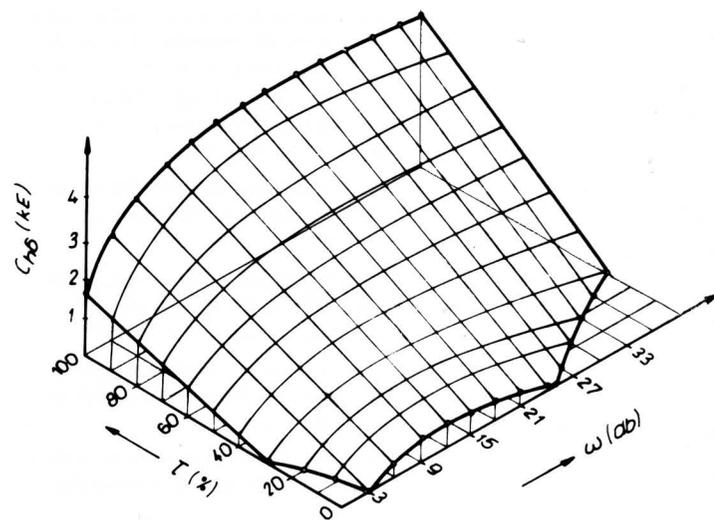


Bild 5. Einflußfunktion C_{h6} in Abhängigkeit vom Typisierungsgrad τ und dem notwendigen Fachwissen ω .

- C_{h7} , Einfluß der Handhabung: Stellt den Zusammenhang dar zwischen Höhe M und Breite SZ der Maschine, dem Arbeitskräftebedarf KK und dem Nutzwert, Bild 6.

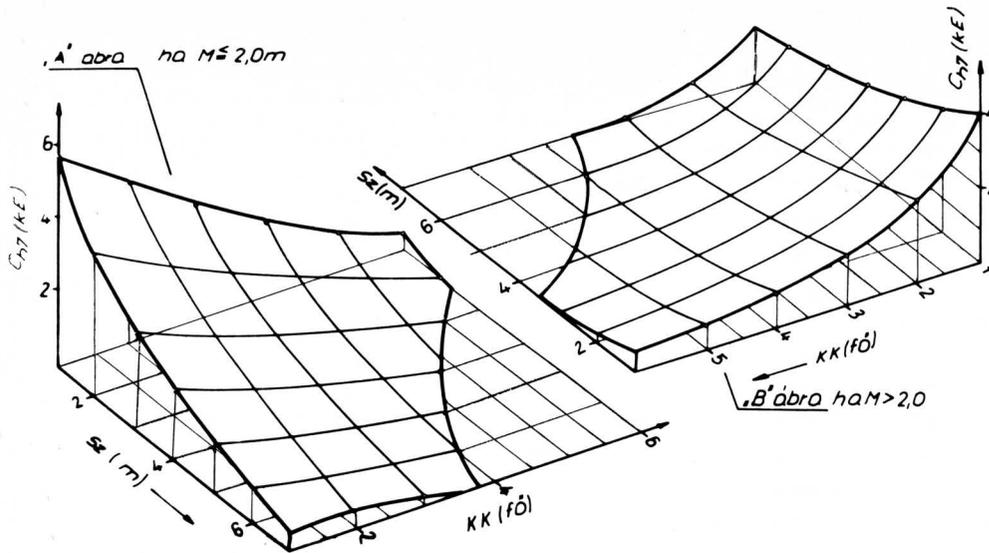


Bild 6. Einflußfunktion C_{h7} in Abhängigkeit von Transporteignung (Breite) SZ und Arbeitskräftebedarf KK; links: Höhe $\leq 2,0$ m, rechts: Höhe $> 2,0$ m.

- C_{h8} , Einfluß der Vielseitigkeit: Beschreibt den Zusammenhang zwischen der Vielseitigkeit n_{op} und dem Nutzwert.
- C_{h9} , Einfluß der Schlagkraft: Gibt den Zusammenhang zwischen dem Mechanisierungsgrad g und dem Nutzwert an.
- C_{h10} , Einfluß der Erneuerbarkeit: Über zwei kombinierte Parameter, die Instandsetzungseignung FUJ und die Instandhaltungseignung KA, wird der Zusammenhang zwischen dem Typisierungsgrad τ , der Instandsetzungseignung ALK, der Saisonlänge I_b , der technischen Betriebssicherheit K_{42} und dem Nutzwert dargestellt.
- C_{h11} , Einfluß der Produktivität: Erfasst den Zusammenhang zwischen Produktivität p/p' (als Maß für die eingesparten Arbeitskräfte) und dem Nutzwert.
- C_{h12} , Einfluß der Einsatzzeit: Zeigt den Zusammenhang zwischen jährlicher Einsatzzeit I_n und dem Nutzwert auf.
- C_{h13} , Einfluß der Arbeitsqualität: Bringt die Beziehung zwischen der Arbeitsqualität MIN, der technologischen Sicherheit K_{41} und dem Nutzwert zum Ausdruck.
- C_{h14} , Einfluß des Arbeitsschutzes: Drückt die Beziehung zwischen dem Arbeitskräftebedarf KK, der Unfallsicherheit ABE und dem Nutzwert aus, Bild 7.
- C_{h15} , Einfluß der Systemexaktheit: Über die zwei kombinierten Parameter SYT und SYK wird der Zusammenhang zwischen der technologischen Sicherheit K_{41} , der ergonomischen Qualität ERG, der Betriebsbereitschaft U_K , der Instandsetzungseignung ALK, dem Typisierungsgrad τ und dem Nutzwert dargestellt.
- C_{h16} , Einfluß der Lebensdauer: Gibt die Beziehung zwischen der Produktivität p/p' , der Saisonlänge I_b und dem Nutzwert an.
- C_{h17} , Einfluß der Gestaltung: Knüpft den Zusammenhang zwischen dem Korrosionsschutz COR, der Formgestaltung und dem Nutzwert.

5. Ergebnisse der Berechnungen

Mit der dargestellten Methode wurden in den Jahren 1973–1977 die Nutzwerte der einzelnen Maschinen zunächst manuell berechnet. Dazu wurden die 17 Funktionen in entsprechende Zahlentafeln gefaßt. Bei der Berechnung wurden die den Einflußgrößen

entsprechenden x-, y- und z-Werte den Tafeln entnommen und der Nutzwert C_{η} als Betrag der Vektorsumme bestimmt. Inzwischen sind für diese Arbeit EDV-Programme erstellt, so daß nur noch das Bestimmen der Einflußgrößen (evtl. durch Schätzen anhand von Richtlinien) mit Arbeitsaufwand verbunden ist.

Nehmen wir als Beispiel einen landwirtschaftlichen Lader "P-75P": Die erste Aufgabe ist das Bestimmen der kennzeichnenden Daten der Maschine. Ein großer Teil der Daten wird vom Herstellerwerk nicht angegeben, einige davon können nur aus Messungen erhalten werden und andere sind aus Betriebsangaben bestimmbar. Das ist

der Teil der Aufgabe, wo die geistige Arbeit des Ingenieurs noch nicht ausgeschlossen werden kann.

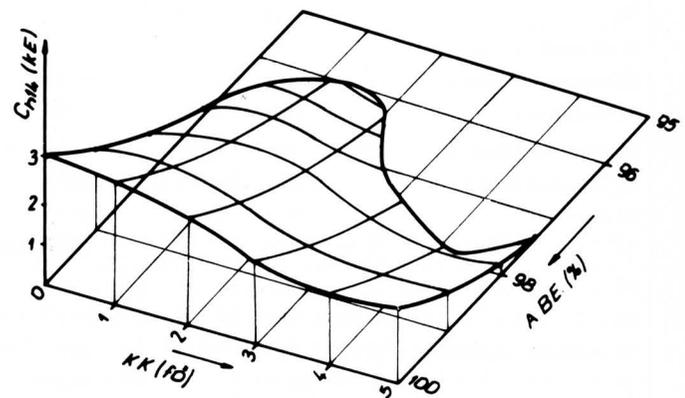


Bild 7. Einflußfunktion C_{h14} in Abhängigkeit vom Arbeitskräftebedarf KK und von der Unfallsicherheit ABE.

Masse, Leistung, die Zahl der von der Maschine geleisteten Operationen, Anzahl des Bedienungspersonals, Leistungsbedarf, geometrische Abmessungen sind die Angaben, welche im allgemeinen vom Herstellerwerk veröffentlicht werden.

Einige Daten machen Tests notwendig, die bei uns im Prüfinstitut durchgeführt werden. Zu diesen Daten gehören die Betriebssicherheit, die technologische Sicherheit, die Unfallsicherheit und die ergonomische Bewertung.

Wieder andere Größen sind aus den betriebstechnischen Parametern der Maschine zu bestimmen. Es sind dies beispielsweise die Witterungsunabhängigkeit der Maschine, die Arbeitsqualität, der ursprüngliche Handarbeitsbedarf der Operation, als sie noch mit Hand durchgeführt wurde, die mögliche Saisonlänge.

Einige Daten ergeben sich aus Richtlinien, z.B. die Kompliziertheit, der Grad der Dokumentation, die Betriebsbereitschaft, der Korrosionsschutz, die Formgestaltung.

Zum Schluß gibt es Daten, die wir als Informationen des Handels gewinnen, wie z.B. der Preis der Maschine, die Ersatzteilversorgung.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Benennung	Z	Kurzzeichen	Einheit	Zahlenwert	X [KE]	Y [KE]	Z [KE]	
1 Spezifischer Preis	CH1	γ	RBL/KG	5.9	1.559	—	1.026	
2 Masse		G	KG	16000.0	—	1.998	—	
3 Preis		C	FRT	3000.0	—	—	—	
4 Serie		NSE	—	10.0	—	—	—	
5 Mechanisierungsgrad	CH2	g	%	99.9	6.593	—	3.272	
6 Witterungsunabhängigkeit		MTR	%	85.0	—	1.879	—	
7 Leistung		W02	T/H	144.0	—	—	—	
8 Max. Antriebsleistung	CH3	NT	PS	88.0	1.672	—	1.834	
9		G	KG	16000.0	—	1.998	—	
10 Leerlaufleistung	CH4	NU	PS	42.0	3.009	—	0,076	
11		G	KG	16000.0	—	1.998	—	
12 Techn. Betriebsicherheit	CH5	K42	%	97.0	3.192	—	2.379	
13 Saisonlänge, brutto		IB	TAG	249.0	—	3.750	—	
14 Typisierungsgrad	CH6	τ	%	45.0	2.070	—	0.694	
15 Anforderung an Fachwissen		ω	—	135.3	—	0.943	—	
16 Präzision d. Herstellung		μ	—	4.0	—	—	—	
17		γ	RBL/KG	5.9	—	—	—	
18 Grad der Dokumentation		RN	—	1000.0	—	—	—	
19		P/P'	PERS	994.0	—	—	—	
20		MIN	%	71.0	—	—	—	
21 Wirtschaftszweig		AG	—	9.0	—	—	—	
22 Betriebsbereitschaft		UK	%	40.0	—	—	—	
23 Vielseitigkeit		NOP	—	15.0	—	—	—	
24 Arbeitskräftebedarf	CH7	KK	PERS	1.0	0.900	—	1.626	
25 Transporteignung		SZ	MM	3200.0	—	2.054	—	
26 Höhe		M	MM	3200.0	—	—	—	
27	CH8	NOP	—	15.0	3.990	—	7.250	
28		AG	—	9.0	—	—	—	
29	CH9	GK	%	99.9	4.950	—	4.369	
30 Instandsetzungseignung	CH10	ALK	%	20.0	0.910	—	1.977	
31		τ	%	45.0	—	—	—	
32		IB	TAG	249.0	—	—	—	
33		K42	%	97.0	—	2.415	—	
34	CH11	P/P'	PERS	994.0	5.090	—	6.000	
35 Einsatzzeit	CH12	IN	TAG	212.0	5.300	—	3.392	
36 Arbeitsqualität	CH13	MIN	%	71.0	0.000	—	1.652	
37 Technologische Sicherheit		K41	%	98.0	—	2.128	—	
38	CH14	KK	PERS	1.0	0.900	—	0.000	
39 Unfallsicherheit		ABE	%	60.0	—	0.000	—	
40	CH15	K41	%	98.0	1.424	—	2.006	
41 Ergonomische Qualität		ERG	%	80.0	—	—	—	
42		UK	%	40.0	—	—	—	
43		ALK	%	20.0	—	—	—	
44	FUJ	τ	%	45.0	—	1.260	—	
45 Produktivität	CH16	P/P'	—	994.0	5.000	—	6.029	
46		IB	—	249.0	—	3.750	—	
47 Korrosionsschutz	CH17	COR	%	75.0	1.500	—	1.050	
48 Formgestaltung		FOR	%	80.0	—	0.720	—	

C(ETA) = 70.08 KE

X = 47.960 KE

Y = 24.885 KE

Z = 44.631 KE

Diese Daten haben wir also – einzeln abgewogen – für die Maschine aus den verschiedenen Informationsquellen bestimmt, die fehlenden aus einer Datensammlung ermittelt. Die Hauptsache ist, daß alle Parameter der Maschine in das Operatorblatt eingetragen werden. Das erfordert fleißige Kleinarbeit und in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Datenquelle 1–8 h, im Durchschnitt 3 h pro Maschine. Das ist die Hauptarbeit, da der Rest von der Rechenmaschine durchgeführt wird. Die Rechenmaschine bestimmt, wie zuvor geschildert, die Koordinatenwerte der 17 Vektoren und berechnet den Nutzwert der Maschine als Betrag der Vektorsumme. Das Ergebnis der Rechnung wird in Form eines Ergebnisblattes ausgedruckt. Tafel 2 gibt die Ergebnisse für den Lader "P-75P" wieder.

Links unten ist das Ergebnis aufgeführt:

$C_{\eta} = 70,081 \text{ kE} = 185\,714,65 \text{ MJ.}$

Unten in der Mitte sieht man die Koordinatenwerte x, y, z der Vektorsumme. In der Spalte 4 erscheint das Zeichen der Einflußgröße, in der Spalte 5 die ursprüngliche Einheit derselben. Spalte 6 zeigt den Zahlenwert zu dieser Einheit, dahinter sind für die Einzelvektoren die Werte von x, y und z als Energieäquivalent in kE angegeben. Um die Informationen vollständig auf einem Blatt unterzubringen, ist der z-Wert der Funktionen C_{h1} bis C_{h17} jeweils in der ersten Zeile der Einflußgrößen aufgeführt, die die entsprechende Funktion bestimmen, z.B. C_{h1} mit $z = 1,026 \text{ kE}$ (Spalte 3 und 9) zusammen mit den Angaben für den spez. Preis γ in den Spalten 2 und 4 bis 7.

Tafel 2. Bewertungskarte für den Lader "Poclairn-75P".

Auswertung der Ergebnisse

1. Zunächst dient das Ergebnis, der C_{η} -Wert, unmittelbar der Bewertung beim Vergleich von Maschinen gleicher Funktion.
2. Über die Werte einzelner Einflußgrößen können wichtige Schlußfolgerungen gezogen werden. Z.B. ergibt sich für die Einsparung von Arbeitskräften, die Produktivität p/p' , ein Wert von 994 Arbeitskräftestunden pro Stunde. Legt man für die Arbeitskraft einen Stundenlohn von 10 DM/h zugrunde, so ist der stündliche Wert der Maschinenarbeit $W = 9940$ DM/h. Da der gesamte Nutzwert der Maschine 70,08 kE beträgt und 1 kE mit 4000 Arbeitskräftestunden gleichzusetzen ist, kann die Maschine während ihrer Nutzungsdauer eine Arbeit im Wert von

$$70,08 \cdot 4000 \cdot 10 = 2803200 \text{ DM}$$

erledigen. Diese Größe kann unter Berücksichtigung von Amortisations- und Betriebskosten für verschiedene Wirtschaftlichkeitsrechnungen herangezogen werden.

3. Durch Auswertung der Ergebnisse für Maschinen gleicher Funktion aber verschiedener Herstellungsjahre läßt sich eine Funktion gewinnen, die die Entwicklung des Nutzwertes in Abhängigkeit von der Zeit darstellt, die sogenannte Tendenzkurve. Auch für die Ermittlung der Tendenzkurve ist ein Rechenprogramm verfügbar. Bild 8 zeigt die zeitliche Entwicklung des Nutzwertes von Obstsortiermaschinen.

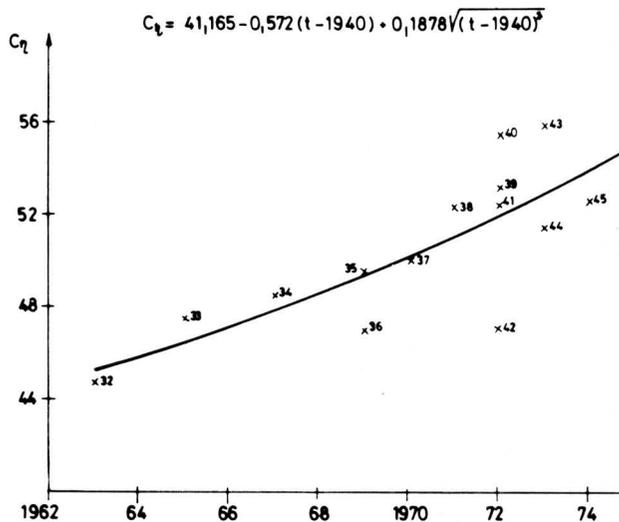


Bild 8. Zeitliche Entwicklung des Nutzwertes von Obstsortiermaschinen – Tendenzkurve.

Aufgrund dieser Funktion kann die geschichtliche Entwicklung der betrachteten Maschine analysiert werden. Man kann damit auch das Schicksal der durch die Maschine vertretenen Technologie prognostizieren. Steigt die Kurve, wie hier, steil an, ist eine Konjunktur zu erwarten; wächst sie degressiv und nähert sich einem Maximum (z.B. Bild 1), so wird die Maschine wahrscheinlich bald durch eine Maschine mit einem geeigneteren Verfahren abgelöst.

4. Mit der Tendenzkurve liefert der Rechner die Antwort auf die Frage, welchen Nutzwert eine neu zu konstruierende Maschine im vorgesehenen Zeitpunkt erreichen muß, um auf dem Markt bleiben zu können. Nehmen wir als Prognose für den Lader $C_{\eta} = 70,5$ kE für 1980. Dann wird das neue Planziel durch Festlegen aller Einflußgrößen unter Zuhilfenahme der evtl. verbesserten Daten der untersuchungsbesten Maschine bestimmt. Ein neues Planziel, das einen Nutzwert von $C_{\eta} = 70,78$ kE sichert, wird in Tafel 3 gezeigt.

Eine solche Untersuchung bedeutet für die Konstruktion einer neuen Maschine eine große Hilfe, weil die über die Bewertungskarte bestimmten Einflußgrößen die bei der Entwicklung der Maschine anzustrebende Lösung eindeutig umreißen. Die Vorteile eines solchen Vorgehens sind unserer Meinung offensichtlich.

5. Über die Berechnung der Nutzwerte läßt sich auch die Zusammensetzung größerer Maschinenparks beurteilen, das Mechanisierungsniveau einzelner Großbetriebe oder Regionen bestimmen.

Nehmen wir an, daß im ausgewählten Betrieb mit 5000 ha 473 Maschinentypen eingesetzt werden und die C_{η} -Werte für alle Typen bekannt sind. Die Koordinaten x, y, z der C_{η} -Werte aller Maschinen legen dann eine Punktwolke im Raum fest, deren Lage für die Zusammensetzung des Maschinenparks bzw. für das Mechanisierungsniveau des Betriebs charakteristisch ist. Wird durch die Punkte eine Mittelfläche gelegt, dann stellt diese das mittlere Nutzwertniveau des untersuchten Maschinenparks dar, Bild 9.

Maschinen, deren C_{η} -Vektoren diese Mittelfläche durchstoßen (im Bild mit \bullet gekennzeichnet), sind, bezogen auf den Mittelwert dieses Maschinenparks, überdurchschnittlich gut. Maschinen, deren Vektoren die Mittelfläche nicht erreichen (im Bild mit $+$ gekennzeichnet), sind als unterdurchschnittlich und veraltet anzusehen.

Eine solche relative Bewertung kann für beliebige Maschinengruppen durchgeführt werden. Die Bewertung verschiedener Beizmaschinen zeigt in Form einer Liste die Tafel 4, in der die Abweichungen der einzelnen Vektoren von der Mittelfläche sowohl als Absolutwerte (in kE) wie auch als Relativwerte angegeben sind. Diese Bewertungen können zu ganz unterschiedlichen Zwecken durchgeführt werden, wobei dementsprechend auch an eine Vorgabe unterschiedlicher Mittelflächen als Sollflächen zu denken ist.

6. Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeiten war es, eine theoretisch begründete für die Praxis brauchbare Methode zu entwickeln, mit der aus den maßgeblichen Daten von Landmaschinen ihr Nutzwert berechnet und in einer Zahl angegeben werden kann, so daß der Vergleich mehrerer Maschinen ermöglicht wird.

Nach Auswahl von 25 Einflußgrößen, mit denen alle Landmaschinen charakterisiert werden können, und mit Hilfe von 7 kombinierten Größen wurden 17 Einflußfunktionen abgeleitet, die zusammen mit den Einflußgrößen 17 Vektoren bestimmen. Der Nutzwert C_{η} der Maschine ist der Betrag der Vektorsumme aus den 17 Einzelvektoren.

Die 17 Einflußfunktionen wurden durch wiederholte Regressionsanalyse bestimmt, wozu alle Einflußgrößen als Energieäquivalente in die Rechnung eingeführt wurden. Es wird damit erreicht, daß die in die Rechnung eingehenden Größen und das Ergebnis in derselben Einheit vorliegen. Die Gewichte der einzelnen Einflußgrößen wurden durch eine Faktoranalyse errechnet. Für die Bestimmung evtl. fehlender Daten stehen 24 Hilfstafeln und Nomogramme, für die 17 Einflußfunktionen 17 Funktionstafeln zur Verfügung. Eine Übersicht über diese Hilfsmittel, mit denen jedem die Berechnung möglich ist, gibt Tafel 5.

Das Ergebnis der Rechnung ist der Nutzwert C_{η} im Energiemaßstab. Diese Größe kann dazu dienen:

1. den Nutzwert verschiedener Maschinen gleicher Funktion direkt miteinander zu vergleichen,
2. die Entwicklung des Nutzwertes funktionsgleicher Maschinen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Herstellung zu bestimmen (Tendenzkurve), damit
3. den anzustrebenden Nutzwert geplanter Maschinen festzulegen und
4. den Nutzwert einzelner Maschinen in bezug auf eine vorgegebene Nutzwertfläche (z.B. für den Maschinenpark einer Region oder für die besten Maschinen des Weltmarktes) zu beurteilen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Benennung	Z	Kurzzeichen	Einheit	Zahlenwert	X [KE]	Y [KE]	Z [KE]
1	Spezifischer Preis	CH1	γ	RBL/KG	2.9	0.782	—	0.488
2	Masse		G	KG	8500.0	—	1.998	—
3	Preis		C	FRT	800.0	—	—	—
4	Serie		NSE	—	200.0	—	—	—
5	Mechanisierungsgrad	CH2	g	%	99.9	6.595	—	3.273
6	Witterungsunabhängigkeit		MTR	%	85.0	—	1.870	—
7	Leistung		W02	%	150.0	—	—	—
8	Max. Antriebsleistung	CH3	NT	PS	80.0	1.520	—	1.301
9			G	KG	8500.0	—	1.998	—
10	Leerlaufleistung	CH4	NU	PS	16.0	1.600	—	0.643
11			G	KG	8500.0	—	1.998	—
12	Techn. Betriebssicherheit	CH5	K42	%	95.0	2.660	—	1.639
13	Saisonlänge, brutto		IB	TAG	249.0	—	3.750	—
14	Typisierungsgrad	CH6	τ	%	40.0	1.840	—	0.430
15	Anforderung an Fachwissen		ω	—	153.6	—	0.943	—
16	Präzision der Herstellung		μ	—	4.0	—	—	—
17			γ	RBL/KG	2.9	—	—	—
18	Grad der Dokumentation		RN	—	1000.0	—	—	—
19			P/P'	PERS	1220.0	—	—	—
20			MIN	%	91.0	—	—	—
21	Wirtschaftszweig		AG	—	6.0	—	—	—
22	Betriebsbereitschaft		UK	%	50.0	—	—	—
23	Vielseitigkeit		NOP	—	16.0	—	—	—
24	Arbeitskräftebedarf	CH7	KK	PERS	1.0	0.900	—	2,001
25	Transporteignung		SZ	MM	2400.0	—	1.541	—
26	Höhe		M	MM	3500.0	—	—	—
27		CH8	NOP	—	16.0	3.990	—	7.250
28			AG	—	6.0	—	—	—
29		CH9	GK	%	99.9	4.950	—	4.369
30	Instandsetzungseignung	CH10	ALK	%	70.0	1.540	—	2.473
31			τ	%	40.0	—	—	—
32			IB	TAG	249.0	—	—	—
33			K42	%	95.0	—	2.365	—
34		CH11	P/P'	PERS	1220.0	5.000	—	6.000
35	Einsatzzeit	CH12	IN	TAG	212.0	5.300	—	3.392
36	Arbeitsqualität	CH13	MIN	%	91.0	3.300	—	2.377
37	Technologische Sicherheit		K41	%	96.0	—	1.596	—
38		CH14	KK	PERS	1.0	0.900	—	0.000
39	Unfallsicherheit		ABE	%	60.0	—	0.000	—
40		CH15	K41	%	96.0	1.408	—	2.583
41	Ergonomische Qualität		ERG	%	80.0	—	—	—
42			UK	%	50.0	—	—	—
43			ALK	%	70.0	—	—	—
44		FUJ	τ	%	40.0	—	1.920	—
45	Produktivität	CH16	P/P'	—	1220.0	5.000	—	6.029
46			IB	—	249.0	—	3.750	—
47	Korrosionsschutz	CH17	COR	%	75.0	1.500	—	0.910
48	Formgestaltung		FOR	%	66.0	—	0.594	—

C(ETA) = 70.78 KE

X = 48.785 KE

Y = 24.323 KE

Z = 45.159 KE

Tafel 3. Bewertungskarte für den Lader "KRT-150".

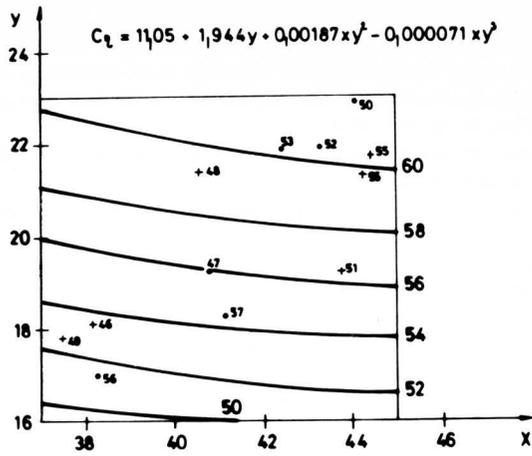


Bild 9. Bewertungsdiagramm für Obstsortiermaschinen;
 • Punkt über der Oberfläche, überdurchschnittlicher Nutzwert
 + Punkt unter der Oberfläche, unterdurchschnittlicher Nutzwert

Masch. Nr.	x [kE]	y [kE]	C _η [kE]		Abweichung	
			Tatsächl. Wert	Sollwert	abs. [kE]	rel.
1	30.530	13.336	47.421	47.764	-0.343	-0.007
2	37.705	12.979	57.457	57.231	0.226	0.004
3	43.422	15.725	66.349	63.925	2.424	0.038
4	40.467	13.126	59.103	60.744	-1.641	-0.027
5	40.003	14.160	58.560	59.989	-1.429	-0.024
6	38.094	13.493	57.656	57.661	-0.005	-0.000
7	40.372	13.372	60.915	60.583	0.332	0.005
8	38.912	13.315	59.917	58.734	1.183	0.020
9	42.736	11.543	63.095	63.910	-0.815	-0.013
10	37.477	12.799	56.978	56.960	0.018	0.000
11	37.772	13.202	56.883	57.287	-0.422	-0.007
12	38.775	13.383	59.403	58.549	0.854	0.015
13	34.879	12.786	54.351	53.574	0.777	0.015
14	38.930	13.358	58.265	58.751	-0.486	-0.008
15	38.715	12.875	59.672	58.546	1.126	0.019
16	40.900	13.024	62.283	61.310	0.973	0.016
17	40.552	13.882	60.817	60.726	0.091	0.002
18	36.235	14.863	55.716	55.101	0.615	0.011
19	40.235	16.130	58.007	59.961	-1.954	-0.033
20	40.455	15.836	58.196	60.281	-2.085	-0.035
21	42.339	16.864	62.762	62.396	0.366	0.006
22	41.287	16.413	61.633	61.204	0.429	0.007
23	41.838	16.160	61.685	61.920	-0.235	-0.004

Tafel 4. Ergebnisse der Nutzwert-Bestimmung von Beizmaschinen.

Die Berechnung des Nutzwertes verlangt nur für den ersten Schritt, die Ermittlung der maßgeblichen Daten für die Maschine, eine persönliche Bearbeitung. Die weiteren Schritte können unter Einsatz der zur Verfügung stehenden Programme von EDV-Anlagen übernommen werden. Bisher wurden, wie **Tafel 6** zeigt, 630 verschiedene Maschinentypen untersucht; die Arbeit wird kontinuierlich fortgesetzt.

1. Richtwerte für den Anteil der Ausfallzeiten bei der Arbeit von Maschinen
2. Richtlinie (N-6) für die Bestimmung der Unfallsicherheit ABE
3. Richtlinie für die Bestimmung der Instandsetzungseignung ALK
4. Richtlinie zum Bestimmen der Betriebsbereitschaft U_k auf der Basis des Einsatztermines
5. Nomogramm für die Bewertung des Korrosionsschutzes COR
6. Richtlinie (N-2) zur Ermittlung des spez. Preises γ
7. Nomogramm zur Einstufung des zum Betreiben einer Maschine notwendigen Fachwissens
8. Nomogramm (N-12) für die Festlegung der Präzision bei der Herstellung der Maschine μ
9. Richtlinie für die Bestimmung des Grades der Dokumentation R_n
10. Nomogramm (N-13) für die angenäherte Bestimmung der Leerlaufleistung N_{ij}
11. Nomogramm (nach Michani) für die Ermittlung der Leistungsaufnahme von Erntemaschinen
12. Nomogramm (nach Michani) zur Ermittlung des erforderlichen Drehmomentes an der Antriebswelle
13. Beschreibung der logischen Verknüpfungen der funktionalen Beziehungen und der zu berechnenden Parameter
14. Auswertungsblätter für die Analyse mit EDV-Anlagen
15. Berechnungsblatt zur Ermittlung der Maschinenleistung W₀₂, Angabe in ha/h
16. Richtlinie zum Festlegen des Mechanisierungsgrades g
17. Berechnungsblatt (N-15) für die Bestimmung des angenäherten Gewichts typisierter (handelsüblicher) Bauelemente
18. Richtlinie für die Erfassung der Qualität der Maschinenarbeit MIN
19. Berechnungsblatt (N-17) zur Bestimmung der Einsatzzeit
20. Tafel (N-7) für die angenäherte Berechnung der ergonomischen Qualität der Maschine ERG
21. Funktionswerte (17 Tafeln) der Einflußfunktionen
22. Richtwerte zum Bestimmen der Saisonlänge I_b
23. Richtlinie zur Bestimmung der Grundmechanisierung g₀
24. Anleitung zur Verwendung der Nomogramme unter 10. und 11.

Tafel 5. Liste der Hilfsmittel für die Berechnung des Nutzwertes von Landmaschinen.

1. Mäseerntemaschinen	1976	30 Typen
2. Lader I.	1976	27 Typen
3. Mineräldüngerlader	1976	30 Typen
4. Gezogene Transportmittel	1977	25 Typen
5. Futtermittelverteiler für Rindermast	1976	15 Typen
6. Bodenbearbeitungsgeräte (Eggen, Scheibeneggen)	1977	18 Typen
7. Grubber	1977	14 Typen
8. Kombinationen	1977	10 Typen
9. Einzwecktransportmittel: Anhänger	1977	28 Typen
10. " Düngerstreuer	1977	24 Typen
11. " Gülleverteiler	1977	12 Typen
12. " Schwadlader	1977	9 Typen
13. " Mineräldüngerstreuer	1977	30 Typen
14. Futterhäcksler	1977	24 Typen
15. Tomatenvollerntemaschinen	1977	16 Typen
16. Erntemaschinen für grüne Bohnen	1977	18 Typen
17. Erntemaschinen für grüne Erbsen	1978	18 Typen
18. Desinfektionsapparate	1978	50 Typen
19. Pflanzenschutzmaschinen	1978	60 Typen
20. Obst- und Gemüsesortierer	1978	57 Typen
21. Selbstfahrende Lader II	1979	34 Typen
22. Beizmaschinen	1979	15 Typen
23. Traubenquetscher – Abbeermaschinen	1979	15 Typen
24. Trommelbare Beregnungssysteme – – Regnerautomaten	1979	15 Typen
		594 Typen
25. Übrige Maschinen		36 Typen
		Summe 630 Typen

Tafel 6. Übersicht über Anzahl und Zeitpunkt der bisher bewerteten Maschinentypen.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Kassay, L.*: Nützlichkeitsfaktor der Landmaschinen und Theorie des damit verbundenen natürlichen Maschinensystems. Diss. Akademie der Wissenschaften, Budapest 1976.
- [2] ● *Stewens, S.S.*: Handbook of experimental psychology. New York: J. Wiley 1961.
- [3] ● *Torgerson, W.S.*: Theory and methods of scaling. New York: J. Wiley 1967.
- [4] *Kindler, J. u. O. Papp*: Vergleichende Methoden von kompletten Systemen. KIPA-Verfahren. Manuskript Techn. Univ. Budapest 1975.
- [5] ● *Novacky, T.*: Examples of technical and economic analysis of mechanized processes in various agrotechnical conditions. New York: E.G.B. 1974.
- [6] ● *Selivanow, A.I.*: Verlauf der Verschleißkurve von Maschinen. Moskau: Mechanischer und Landwirtschaftlicher Verlag, 1960.
- [7] *Eichler, Chr.*: Methodische Grundlagen für die Entwicklung von Landmaschinen und Anlagen. Univ. Rostock 1973.
- [8] ● *Kesselring, F.*: Bewertung von Konstruktionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1966.
- [9] *Novacky, T.*: Energetische Methode der Optimierung der technischen Prozesse der Mechanisierung der Landwirtschaft. EMG Warschau 1971.
- [10] *Baraldi, G. u. G. Capelli*: Elementi tecnici per il calcolo del costo di esercizio delle macchine agricole. Istituto di Meccanica Agraria dell' Università di Bologna, 1973.
- [11] *Jován, D. u. L. Csukás*: Neue Meßmethoden für die Prüfung von Mähreschern. Technisches Institut des Ministeriums der Landwirtschaft, Gödöllő, 1963.
- [12] *Jóri, I.*: Zusammenhänge der Zugkraftverwertung. Manuskript, Gödöllő, 1976.
- [13] ● *Jánossy, A., T. Muraközi u. G. Aradszky*: Biometrisches erläuterndes Wörterbuch. Budapest: Landwirtschaftlicher Verlag 1966.
- [14] ● *Jánossy, F.*: Über die Trendlinie der wirtschaftlichen Entwicklung. Budapest: Verlag Magvető, 1975.
- [15] *Kassay, L.*: Methode für die Bestimmung der Nützlichkeit der Landmaschinen, AKI. Manuskript, Budapest 1977.

Ein Rechenmodell für die Wärmeenergiebilanz von Ställen

Von Gerhard Englert, Freising-Weißenstephan*)

Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereiches 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung"

DK 631.22:699.86:551.524

Optimale Stalltemperaturen im Winter lassen sich außer durch Heizeinrichtungen durch verschiedene bauliche und betriebliche Maßnahmen erreichen. Für eine Beurteilung, welche Kombination dieser Maßnahmen mit den geringsten Jahreskosten verbunden ist, reicht eine Berechnung der Wärmeleistungsbilanz auf der Grundlage von DIN 18910 nicht aus. Eine solche Berechnung muß vielmehr darauf abzielen, eine Bilanz der insgesamt unterhalb einer bestimmten Grenztemperatur abgeführten Wärmeenergie zu erstellen, wozu der Jahresgang der Außenlufttemperatur heranzuziehen ist. Es wird hier ein Rechenmodell angegeben und mit diesem Modell an Beispielen gezeigt, welche Energieeinsparungen mit verschiedenen Maßnahmen möglich sind.

1. Einleitung

Die stark gestiegenen Energiekosten haben dazu geführt, daß ein Beheizen von Ställen nur in Sonderfällen in Frage kommt und daß die Wärmedämmung von Ställen in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung gewonnen hat. Doch gibt es eine Reihe von weiteren baulichen und betrieblichen Maßnahmen, wie z.B. die Rückgewinnung von Lüftungs- und Transmissionswärme, die Verbesse-

rung der Luftführung oder dichtere Stallbelegung, mit denen die Wärmebilanz des Stalles beeinflußt werden kann. Wie die Wärmedämmung erfordern auch die anderen baulichen Veränderungen Investitionen und es stellt sich die Frage, welches Ausmaß die einzelnen denkbaren Maßnahmen haben sollten, damit insgesamt mit möglichst geringen Investitionen eine möglichst große Verbesserung der Wärmebilanz erreicht wird. Diese Fragestellung führt zu der Aufgabe einer wirtschaftlichen Optimierung der Wärmebilanz.

Wirtschaftliche Optimierungen werden i.a. auf der Basis von mittleren Jahreskosten für die Investitionen und für die verbleibenden Energiekosten durchgeführt. Die in DIN 18910 [1] festgelegte Berechnung des Wärmehaushaltes von Ställen erfolgt aber in Form einer Bilanzierung von Wärmeleistungen für bestimmte Rechenwerte der Außentemperatur, während als Grundlage der wirtschaftlichen Optimierung ein Rechenverfahren anzuwenden wäre, das eine Wärmeenergiebilanz für die Gesamtheit der in der kalten Jahreszeit auftretenden Temperaturen angibt. In der vorliegenden Arbeit wird ein entsprechendes Rechenmodell vorgeschlagen. Es dient dann dazu, die Beeinflussung der Energiebilanz durch Änderung einzelner Einflußgrößen zu untersuchen.

2. Wärmeleistungsbilanz eines Stalles

Die detaillierte Darstellung der Wärmeleistungs-Bilanzgleichung eines Stalles nach DIN 18910 kann deutlich machen, mit welchen systemeigenen Einflußgrößen sich die Leistungsbilanz beeinflussen läßt. Die Bilanzgleichung lautet allgemein:

$$\Delta \dot{Q} = \dot{Q}_{Ti} - \dot{Q}_B - \dot{Q}_L = (\dot{Q}_{Ti} - \dot{Q}_L) - \dot{Q}_B \quad (1)$$

*) Dipl.-Phys. Dr. G. Englert beschäftigt sich an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik vorwiegend mit Fragen der Baustoffprüfung und Bauphysik.