

schwindigkeiten waren die Störzeiten relativ gering, und die Maschine ließ sich noch gut bedienen, ohne die Konzentration der Bedienpersonen übermäßig zu beanspruchen. Bei den vorgeschlagenen Vorschubgeschwindigkeiten werden für die Ein- und Ausstallung eines Schweines etwa 1 min und eines Kalbs etwa 1,2 min benötigt. Dazu kommt die Fahrzeit, die von der Anlagengröße und von der Anordnung der Tierplätze im Stall abhängig ist. Die längere Umstallzeit für die Kälber trotz höherer Vorschubgeschwindigkeit ist durch die zusätzliche Zeit für das An- und Abketten bedingt. Die Spielzeit kann wesentlich verkürzt werden, wenn mehrere Tiere gleichzeitig transportiert werden. Durch den Einsatz des Schiebeschildes wird bei Kälbern gegenüber dem Einsatz der Zugstange eine wesentliche Zeiteinsparung erreicht. Dem steht der höhere Aufwand für das Schiebeschild gegenüber.

6. **Schlussfolgerungen für die Konstruktion**

Um eine optimale Wirkung der mechanischen Umschlageinrichtung zu erzielen, müssen folgende Merkmale beachtet werden:

- Das Schild muß undurchsichtig sein und den Käfigquerschnitt möglichst vollständig ausfüllen. Sichtbare Zwischenräume zwischen Schild und Käfig können durch elastische Ränder des Schildes (z. B. Gummilappen oder Borsten) geschlossen werden. Durch diese elastischen Ränder können Fahrungsungenauigkeiten der Umstallmaschine ausgeglichen werden.
- Für die Ausstallung von Schweinen muß das Schild bis auf den Boden des Käfigs reichen, da die Tiere sonst unter dem Schild hindurchdrängen bzw. es mit dem Rüssel ausheben könnten.
- Für die Ausstallung von Kälbern braucht das Schild nicht bis auf den Boden zu reichen. Dafür muß es im oberen Bereich geschlossen sein, da Kälber beim Ausstallen nach hinten den Kopf heben.
- Die Breite der Transportbox muß der des Käfigs entsprechen, damit sich die Tiere nicht drehen können.
- Der Abstand zwischen vorderem und

hinterem Schild muß mindestens der Tierlänge plus zwei Schrittlängen des Tiers entsprechen, damit die Tiere beim Zurückweichen genügend Spielraum haben.

- Alle Spalten zwischen der Umstallmaschine und dem Käfig müssen sicher überdeckt werden, damit die Tiere nicht hindurchtreten können.
- Vorsprünge und scharfe Kanten müssen vermieden werden, damit sich die Tiere nicht verletzen.
- Der Fußboden in der Umstallmaschine muß rutschfest sein und dem des Käfigs gleichen, damit sich die Tiere besser an die neue Umgebung anpassen können.
- Das hintere, starre Schild muß sich zum Umschlag in den Käfig so weit nach vorn bewegen, daß es mit der Käfigrückwand abschließt und die Tiere vollständig aus der Transportbox geschoben werden können.
- Für den Umschlag von Schweinen und Kälbern können gleiche Wirkprinzipie verwendet werden. Die Grundgeräte können gleichartig ausgebildet werden, nur die Transportbox ist auf die unterschiedlichen Abmessungen der Haltungsausrüstung abzustimmen.

7. **Zusammenfassung**

Für die Mehrebenen-Einzelhaltung von Schweinen und Kälbern werden Mechanisierungsmittel für den Tiertransport benötigt. In Versuchen wurde als geeignetes Wirkprinzip für den Umschlag der Tiere das Schiebeschild ermittelt. Mit seiner Hilfe lassen sich die Tiere sicher und schonend umschlagen, was durch die Messung der notwendigen Umstallkraft, durch die Bestimmung der Kreislaufbelastung und durch die Ermittlung der Umschlagzeit nachgewiesen wurde. Der Widerstand der Tiere ist bei Einsatz des Schiebeschildes geringer als bei anderen zwangsläufigen Umschlagverfahren. Die Kreislaufbelastung der Tiere ist beim mechanischen Umschlag niedriger als beim manuellen Umschlag.

Literatur

- [1] Eisenreich, M.: Untersuchungen zum mechanischen Umschlag von Mastschweinen und

Tränkkälbern in Einzelhaltung. TU Dresden, Fak. Maschinenwesen, Dissertation 1976.

- [2] Albrecht, H.: Transport von Schweinen in Einzelkäfigen. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1970 (unveröffentlicht).
- [3] Eisenreich, M.: Technische Einrichtungen zur Förderung von Schweinen während des Mastprozesses. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1969 (unveröffentlicht).
- [4] Scheuermann, G.: Transport von Einzelkäfigbatterien in industriellen Schweineproduktionsanlagen. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1970 (unveröffentlicht).
- [5] Wagner, M.: Reaktionskräfte beim Umschlag von Kälbern mit mechanischen Mitteln. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1973 (unveröffentlicht).
- [6] Zschaage, C.: Tastversuche zum Herauslocken von Kälbern mit Lockmitteln aus der Box. IfM Potsdam-Bornim, Versuchsbericht 1973 (unveröffentlicht).
- [7] Becker, R.: Konstruktion und Erprobung von Tierentnahmeeinrichtungen für Schweine in Käfigeinzehaltung. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Großer Beleg 1971 (unveröffentlicht).
- [8] Eisenreich, M.; Grittner, W.; Türpitz, L.: Einrichtung zum Ein- und Ausstallen von Tieren, insbesondere von Schweinen. DDR-Patentschrift WP 86106, 1971.
- [9] Eisenreich, M.; Grittner, W.: Zur Mechanisierung des innerbetrieblichen Transports und der Kontrolle von Mastschweinen. *agrartechnik* 25 (1975) H. 2, S. 86—89.
- [10] Eisenreich, M.: Untersuchungen zur Umstallung von Tränkkälbern. *agrartechnik* 25 (1975) H. 2, S. 89—91.
- [11] Beutling, D.: Beobachtungen zum Verhalten des Hauschweines auf dem Schlachthof. *Mh. f. Veterinärmed.* 23 (1968) H. 10.
- [12] Bildt, K.; Eisenreich, M.; Grittner, W.: Ein Beitrag zur Bestimmung der Kräfte von Tränkkälbern an der Vorderwand der Einzelbox und während der Umstallung. *agrartechnik* 25 (1975) H. 8, S. 392—394.
- [13] Tschierschke, M.; Eisenreich, M.; Mörchen, F.: Zur Gliederung und Verwendung von Montagegruppen und Montageelementen für die Tränkkäberhaltung in industriemäßigen Tierproduktionsanlagen. *agrartechnik* 26 (1976) H. 6, S. 283—286.

A 1491

Die Bewertung von Konstruktionslösungen — dargestellt am Milchmengenmeßgerät

Dipl.-Ing. G. Beyersdorfer/Dr. K. Busch, KDT/Dr. G. Herrendörfer
Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock der AdL der DDR

Entscheidende Schritte im Konstruktions- und Projektierungsprozeß sind das Finden von Lösungsmöglichkeiten und deren Bewertung. Beide Schritte — Variantenfindung und Variantenbewertung — sind im Denkprozeß eng verknüpft. Sie überlagern sich und werden bei der Lösung eines Problems häufig mehrfach zyklisch durchlaufen. Bei der Formalisierung (Algorithmierung) des Konstruktionsprozesses werden beide Schritte getrennt. Für ihre Rationalisierung sind zahlreiche Methoden bekannt. Eine Zusammenstellung wird u. a. von Busch/Krause [1] gegeben.

Im vorliegenden Beitrag sollen einige Gedanken zur Objektivierung der Bewertung von Konstruktionslösungen dargelegt werden. Die oft erheblichen Kosten für die Entwicklung neuer

technischer Lösungen und die volkswirtschaftlichen Konsequenzen, die mit der Entscheidung für eine der Varianten verbunden sind, lassen es gerechtfertigt erscheinen, Methoden der mathematischen Statistik und der Optimierung für die Auswahl geeigneter Lösungen einzusetzen. Dabei bestimmen die Bedeutung der Aufgabe, die vorhandene Entwicklungszeit und die verfügbaren personellen und materiellen Kapazitäten die Auswahl der Bewertungsmethode und den Umfang ihrer Anwendung.

1. **Fachliche Problemstellung**

Für die Bewirtschaftung von Großanlagen und als Grundlage für die Milchrindzucht sind die Milchleistungsprüfung und die Melkbarkeitsprüfung von Bedeutung. Als Hauptpro-

blem bei der praktischen Durchführung der Milchleistungsprüfung erweist sich die Verfügbarkeit eines Geräts zur Milchmengenbestimmung, das eine effektive Probenahme zur Inhaltsstoffuntersuchung erlaubt und für die Ermittlung von Melkbarkeitsparametern (Dreiminutengemelk, Melkzeiten) geeignet ist. Das Gerät muß sich in den technologischen Ablauf des Melkens und in die vorhandenen technischen Ausrüstungen der Produktionsanlagen eingliedern lassen. Die Aufgabenstellung wurde nach Müller [2] präzisiert (Bild 1).

Aus der Literatur sind Einzelmilchmengenmeßgeräte bekannt. Der Umfang der Informationen über diese Geräte ist sehr unterschiedlich. Für einige Meßgeräte liegen Erprobungsberichte vor. Die Wirkprinzipien der vorhande-

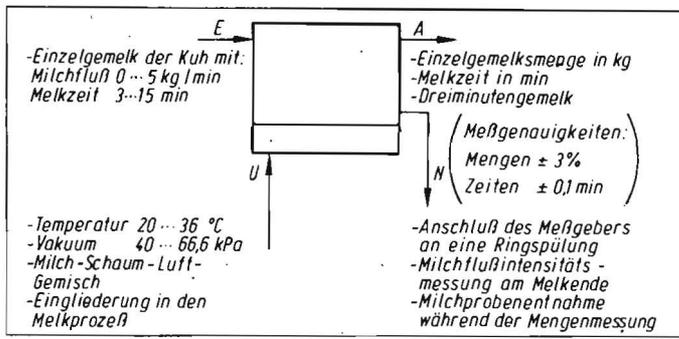


Bild 1
Präzisierte Aufgabenstellung

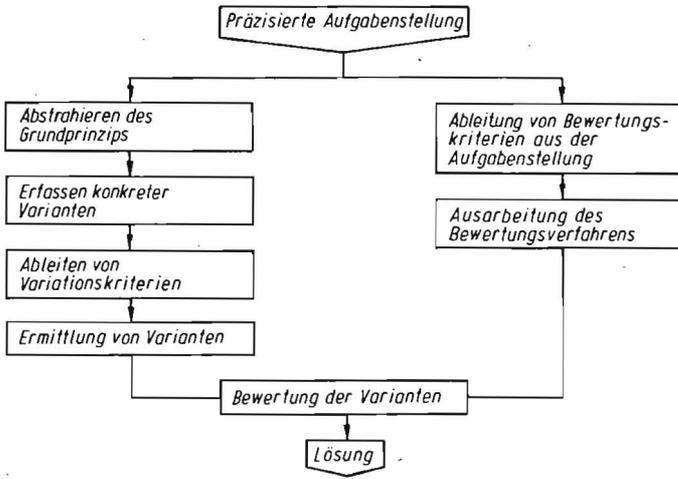


Bild 2
Ablauf der Lösungsfindung

Tafel 1. Bewertungsmethoden

Art der Bewertungsstrategie	Art der Skalierung		Intervallskala	absolute Skala	
	Nominalskala	Ordinalskala		ohne Normierung	mit Normierung
eine Bewertungsstufe					
· eine Strategie	System. Heuristik	Rangfolgen	System. Heuristik	System. Heuristik	
	Konstruktionssystematik		Konstruktionssystematik	Konstruktionssystematik	
			ZIS-Erfolgsspinne	ZIS-Erfolgsspinne	
· mehrere Strategien					Spieltheorie
mehrere Bewertungsstufen					
— ohne Ablaufplan					
· eine Strategie	System. Heuristik		System. Heuristik	System. Heuristik	Pattern-Zielbaum
			Konstruktionssystematik	Konstruktionssystematik	
			C.P.E.-Zielbaum	C.P.E.-Zielbaum	
· mehrere Strategien					Spieltheorie
— mit Ablaufplan					
· eine Strategie			C.P.E.-Zielbaum		Pattern-Zielbaum
					Entscheidungsnetzplan
· mehrere Strategien					

nen Geräte wurden von Beyersdorfer [3] ermittelt und als Grundlage für eine Systematik der Geräte verwendet. In einer ersten Grobauswahl wurden neun Meßverfahren als aussichtsreich für eine weitere Untersuchung angesehen.

2. Bewertungskriterien und Bewertungsindex

Der Ablauf der Lösungsfindung läßt sich (stark vereinfacht) in einem Flußbild (Bild 2) darstellen. Die Bewertungskriterien ergeben sich ebenso

wie das Grundprinzip für die Variantenfindung aus der präzisierten Aufgabenstellung. Für die vorliegende fachliche Problemstellung wurden folgende Bewertungskriterien für den Meßgeber aus der Aufgabenstellung abgeleitet:

- Erfüllung des Hauptziels (HZ):
Messung der Einzelgemelksmenge jeder Kuh
- Erfüllung der Nebenziele (NZ):
Teilmilchmengenermittlung (Dreiminutengemelk)
Milchstrommessung am Melkende bei 200 ml/min

- Kosten (K)
 - Anpassungsfähigkeit an das Melksystem und an den Milchfluß (MF)
 - Anpassungsfähigkeit an technische Meßsysteme (MS)
 - Beeinflussung des Melkvakuums (BV).
- Diese Bewertungskriterien wurden weiter untergliedert. Da mehrere Ziele für die Bewertung gegeben sind, empfiehlt sich die Konstruktion einer gemeinsamen Zielfunktion — eines Bewertungsindex. Der lineare Index hat die allgemeine Form

$$L = \sum_{i=1}^n c_i \mu_i; \quad (1)$$

- a Anzahl der einzelnen Bewertungskriterien
- c_i Wichtigkeit des Bewertungskriteriums i im Bewertungsindex
- μ_i Bewertungskriterium i (Mittelwert aus n Bewertungen).

Vorgeschlagen wird, die Werte c_i so zu normieren, daß gilt

$$\sum_{i=1}^n c_i = 1. \quad (2)$$

Im vorliegenden Beispiel wurden die Werte c_i durch eine Expertenbefragung gewonnen. Dabei ergab sich folgender Bewertungsindex:

$$L = 0,35 \text{ HZ} + 0,10 \text{ NZ} + 0,15 \text{ K} + 0,25 \text{ MF} + 0,10 \text{ MS} + 0,05 \text{ BV} \quad (3)$$

3. Beschaffung und Bonitierung der Informationen für die Variantenbewertung

Die Informationen über die zu bewertenden Varianten können vorliegen als

- Versuchsergebnisse (Prüfberichte)
- Kalkulationen und Berechnungen
- verbale Einschätzungen
- Expertenbewertungen
- eigene Überlegungen.

Die Werte können metrisch, ordinal oder nominal skaliert sein. Nach der Art der Skalierung und der Bewertungsstrategie lassen sich die bekannten Bewertungsmethoden ordnen (Tafel 1) [1].

Im vorliegenden Beispiel wurde eine Punktbewertung mit den Werten 0, 1, 2, 3, 4, 5 gewählt. Die Informationen wurden aus der Literatur und durch Expertenbefragungen gewonnen. Die Meßwerte und verbalen Einschätzungen sind den Werten 0 bis 5 zuzuordnen. Dazu wurde eine Bonitierungstabelle aufgestellt (Tafel 2).

Voraussetzung für die Beschaffung der Informationen ist die Planung des Stichprobenumfangs. Dabei ist festzulegen, wieviel Experten zu befragen bzw. wieviele Versuche durchzuführen sind. Für das vorliegende Problem erfolgte die Planung des Stichprobenumfangs n nach dem Verfahren 3/22/2205 der „Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung“ [4] mit

$$n_i = \frac{c_i \sigma_i u_{1-\alpha}^2}{\sqrt{k_i} d^2} \sum_{i=1}^n c_i \sigma_i \sqrt{k_i}, \quad (4)$$

damit die Gesamtkosten für die Bewertung

$$K = \sum_{i=1}^n k_i n_i \quad (5)$$

minimal werden.

Dabei bedeuten:

- c_i Wichtigkeit des Bewertungskriteriums i im Bewertungsindex
- σ_i Standardabweichung der Werte in der i -ten Gruppe
- k_i Kosten für eine Versuchseinheit in der i -ten Gruppe

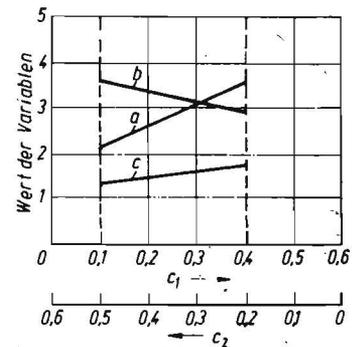
Tafel 2. Bonitierungstabelle

Bewertungskriterien	Wert					
	0	1	2	3	4	5
relative Meßgenauigkeit: max. Abweichungen von der gewogenen Gesamtmilchmenge in %	10	7...10	5...7	3...5	2...3	2
Meßgenauigkeit bei Milchflußra- ten <1 kg/min und >3 kg/min: rel. Fehler in % der Gesamtmenge	12	8...12	6...8	4...6	3...4	3
Kosten für Neanschaffung in 1000 M	1,5	1,1...1,5	0,8...1,1	0,6...0,8	0,3...0,6	0,3
Anpassungsfähigkeit an ein elektr. Meßsystem	kein elektr. Signal abgreif- bar	hoher Auf- wand bei elektr. Meßwert- abnahme	elektr. Meßwert- gewinnung mit zul. Aufw. mögl.	Spannungs- regene- rierbar	Schwell- wert vorhanden	0-L- Signal liegt direkt vor
Beeinflussung des Melkvakuums in kPa	20,0	13,3...20,0	6,7...13,3	4,0...13,3	2,7...4,0	2,7

Bewertungs- kriterium Bez. i	c _i	k _i	Art der Beschaffung der Werte	$\sigma_i, c_i, \sigma_i \sqrt{k_i}$	n_i	$\alpha = 0,05$ $d = 0,2$	$\alpha = 0,05$ $d = 0,1$
HZ 1	0,35	9	Literatur	0,3 0,32	4	13	
NZ 2	0,10	9	Literatur	0,3 0,09	1	4	
K 3	0,15	4	Experten- befragung, Kalkulat.	0,5 0,15	4	14	
MF 4	0,10	4	Experten- befragung, theor. Arb.	0,5 0,10	3	10	
MS 5	0,25	4	Experten- befragung, eigene th. Überleg.	0,5 0,25	6	24	
BV 6	0,05	4	Experten- befragung, eigene th. Überleg.	0,5 0,05	2	5	

Tafel 3
Stichprobenumfang

Bild 3
Variation von Wichtungsfaktoren;
a Variante 1, b Variante 2, c Va-
riante 3



d halbe erwartete Breite eines symmetrischen Konfidenzintervalls
 $U_{1-\alpha/2}$ Quantil der standard. Normalverteilung.
 Für das vorliegende Beispiel ergaben sich die in Tafel 3 zusammengestellten Werte.
 Die Festlegung der Werte für k_i , σ_i , α und d war wie folgt begründet:
 - k_i wurde für die Entnahme aus der Literatur (Forschungsberichte, Erprobungsberichte, Prospekte, Veröffentlichungen in Zeitschriften) mit 9 M je Wert festgelegt. Dabei wurden die Zeiten (Recherche, Ausleihe, Auswertung, Prüfung) und die Ergiebigkeit (mehrere Werte in einer Literaturquelle) berücksichtigt. Für Expertenbefragungen wurden 4 M je Wert festgelegt. Dabei wurden die Beschaffung der Werte (schriftliche Befragung oder Rundreise oder Befragung anlässlich von Fachzusammenkünften oder speziell einberufene Befragung) und die Zahl der je Befragung und Fachmann (Experte) erhaltenen Werte (je eine Aussage zu jeder Variante und zu jedem befragten Kriterium) berücksichtigt.
 - σ_i war aus der Variabilität der Aussagen von vorangegangenen Untersuchungen bekannt. Eine Grobschätzung über die bekannte oder erwartete Spannweite ist ebenfalls möglich.
 - α wurde nach dem Verfahren 1/11/0120 [4] mit 0,05 festgelegt.
 - d wurde nach dem Verfahren 1/11/0130 [4] mit 0,2 festgelegt. Dieser Wert ent-

spricht damit der Standardabweichung $\sqrt{V(L)}$ des Bewertungsindex, da $V(L) = \sum c_i^2 + d_i^2 \approx 0,04$ ist. Eine zu sichernde Abweichung von 0,2 Punkten bei der gewählten Skala (0 bis 5 Punkte) erscheint technisch sinnvoll. Die in Tafel 4 genannten Werte erscheinen realisierbar. Zum Vergleich wurde in der Tafel der Stichprobenumfang für $d = 0,1$ angegeben. Die dazu erforderlichen Aussagen von 24 Experten sind in vielen Fällen nicht zu verwirklichen.

Bei der Anwendung dieses Verfahrens wurde die Unabhängigkeit der Bewertungskriterien vorausgesetzt. Ein Verfahren für abhängige Bewertungskriterien wird zur Zeit erarbeitet.

4. Auswertung und Entscheidung

Die Ergebnisse der Bewertung sind in Tafel 4 zusammengestellt. Die Entscheidung zwischen den Varianten wird neben der Bewertung der Kriterien auch von der Wichtung der Bewertungskriterien im Bewertungsindex bestimmt. Die Wahl der Werte c_i entspricht der vorliegenden Situation (Höhe der Kosten, ökonomische Zielstellung, Stand der Technik, Instandhaltungsorganisation). Die Bewertungssituation kann sich bereits während der Zeit von der Wahl des Prinzips bis zur Einführung in die Praxis und auch anschließend während der Nutzungsdauer ändern. Bei entsprechend großer Bedeutung des Entscheidens empfiehlt sich eine Variation des Bewertungsindex. Im Bild 3 ist als Beispiel dargestellt, wie sich die Bewertung von drei Varianten ändern kann, wenn zwei Wichtungs-

faktoren zwischen unteren und oberen Grenzen verändert werden. Die übrigen c_i sollen dabei unverändert bleiben.

Da ein linearer Index gewählt wurde, genügt es, die unteren und oberen Schranken für die c_i zu untersuchen, wobei Null als untere Schranke sinnvoll sein kann. Ist eine Variante an allen Eckpunkten des mehrdimensionalen Bewertungsraums die beste, so ist die Lösung für alle Situationen stabil.

Diese Art der Untersuchung soll auf das Beispiel des Milchmengenmeßgeräts angewendet werden. Als Schranken für die c_i wurden die in Tafel 5 enthaltenen Werte festgelegt. Daraus resultierten die Indexvarianten und die Bewertung der Lösungsvarianten (Tafeln 6 und 7). Die Variation des Bewertungsindex zeigt, daß zwei Lösungsvarianten in die engere Wahl zu ziehen sind. Bei stärker Bewertung des Hauptziels (Meßgenauigkeit) ist Lösungsvariante 1 (Wägerecorder) geringfügig besser zu bewerten als Variante 5 (Kippeschale). Bei stärkerer Bewertung des Nebenziels (Messung von Teilmilchmengen), der Kosten oder der Anpassung an das Meßsystem ist Variante 5 geringfügig besser als Variante 1. Die übrigen Lösungsvarianten fallen deutlich ab. Die

Entscheidung zwischen den Varianten 1 und 5 kann getroffen werden durch
 — genauere Einschätzung der zu erwartenden Situationen (Kostenentwicklung, Liefermöglichkeiten, Einsatzbedingungen, hygienische Reinigungsmöglichkeiten)
 — bessere Schätzung der σ_i
 — schärfere Festlegung von α und d .

5. Zusammenfassung

Am Beispiel der Auswahl eines Geräts zur Milchmengenbestimmung wird eine Möglichkeit der Variantenbewertung beschrieben. Die Auswahl der für die jeweilige Bewertungssituation günstigsten Variante erfolgt mit Hilfe des Bewertungsindex. Für die Ermittlung der Werte wird eine Formel zur Berechnung des erforderlichen Stichprobenumfangs angegeben. Die Variation des Bewertungsindex wird diskutiert. Die Konsequenzen, die oft mit der Entscheidung zwischen Konstruktions- und Projektierungsvarianten verbunden sind, lassen es gerechtfertigt erscheinen, zukünftig verstärkte Methoden der mathematischen Statistik (Schätzung, Mittelwertvergleich, Selektion, Screening) zur Entscheidungsfindung einzusetzen. Die erforderlichen statistischen Verfahren werden in der „Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung“ nutzerfreundlich aufbereitet.

Literatur

[1] Busch, K.; Krause, S.: Praktische Verfahren für die Bearbeitung von Problemen. Dt. Zeitschr. f. Phil. 21 (1973) H. 3, S. 359—371.

Tafel 4. Auswahlssystem mit Indexberechnung für ein Meßprinzip zur Milchmengenmessung

Bewertungskriterien	Lösungsvarianten								Wichtungsfaktor c_i
	Wäge-recorder	Recorder mit Volumenskale	Turbinen-durchfluß-zähler	Drossel-staurohr	Kippschale	Staugefäß	Teilstrom-absaugung	Ringkolben-zähler	
Hauptziele (HZ) — Messung der Einzelgemelksmenge									
— relative Meßgenauigkeit	4	2	3	1	4	3	3	2	
— Streuung des Meßfehlers	4	4	2	3	3	3	3	3	
— Meßgenauigkeit bei Milch-flußraten < 1 kg/min	4	2	0	0	4	3	2	1	
— Meßgenauigkeit bei Milch-flußraten > 3 kg/min	4	4	4	3	3	3	4	3	
Summe der Bewertungspunkte	16	11	9	7	14	12	12	9	
durchschnittliche Punktzahl	4,00	3,75	2,25	1,75	3,50	3,00	3,00	2,25	
gewichteter Wert	1,40	1,31	0,79	0,61	1,23	1,05	1,05	0,79	0,35
Nebenziel (NZ) — Messung von Teilmilchmengen und -strömen									
— Dreiminutengemelk	4	3	3	2	4	3	3	3	
— Milchstrommessung für Melkende 200 ml/min	3	1	1	0	5	4	2	1	
Summe der Bewertungspunkte	7	4	4	2	9	7	5	4	
durchschnittliche Punktzahl	3,50	2,00	2,00	1,00	4,50	3,50	2,50	2,00	
gewichteter Wert	0,35	0,20	0,20	0,10	0,45	0,35	0,25	0,20	0,10
kostenmäßige Belastung (K)									
— Kosten für Neuanschaffung	2	4	1	3	3	3	4	2	
— Variabilität des Einsatzes in verschiedenen Melkanlagen	1	2	4	3	4	2	4	3	
— Zuverlässigkeit	3	4	3	4	4	3	3	2	
— erwartete Lebensdauer	4	4	3	4	4	3	3	3	
Summe der Bewertungspunkte	10	14	11	14	15	11	14	10	
durchschnittliche Punktzahl	2,50	3,50	2,25	3,50	3,75	2,75	3,50	2,50	
gewichteter Wert	0,38	0,53	0,34	0,53	0,56	0,41	0,53	0,38	0,15
Anpassung an Milchfluß (MF)									
— Milchfluß 0 bis 6 kg/min	5	3	1	0	3	4	4	1	
— Möglichkeit der Probenahme	3	3	2	2	4	3	4	1	
— Reinigungsmöglichkeit im System	3	3	3	4	2	2	2	3	
— Reaktion auf Gas-Luft-Gemisch	4	3	2	1	4	4	3	1	
Summe der Bewertungspunkte	15	12	8	7	13	13	13	6	
durchschnittliche Punktzahl	3,75	3,00	2,00	1,75	3,25	3,25	3,25	1,50	
gewichteter Wert	0,94	0,75	0,50	0,69	0,81	0,81	0,81	0,38	0,25
Anpassung an Meßsystem (MS)									
— elektrische Meßwerterfassung	4	1	3	2	4	4	3	4	
— Meßwertumsetzung	3	1	4	2	4	4	2	3	
— Meßwertzugriff	4	0	3	1	5	4	3	3	
Summe der Bewertungspunkte	11	2	10	5	13	12	8	10	
durchschnittliche Punktzahl	3,66	0,66	3,30	1,66	4,30	4,00	2,66	3,30	
gewichteter Wert	0,37	0,07	0,33	0,17	0,43	0,40	0,27	0,33	0,10
Beeinflussung des Melkvakuums (BV)									
gewichteter Wert	0,20	0,20	0,10	0,10	0,15	0,15	0,10	0,05	0,05
Gesamtsumme der Bewertungspunkte	59	44	41	35	63	54	47	39	
Gesamtsumme der gewichteten Werte	3,64	3,06	2,26	2,20	3,63	3,17	3,00	2,13	

Tafel 5. Schranken der Wichtungsfaktoren

Bewertungs-kriterium	Indexvarianten					
	HZ	NZ	K	MF	MS	BV
i	1	2	3	4	5	6
obere Schranke	0,55	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
untere Schranke	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05

Tafel 6. Indexvarianten

Index-variante	Bewertungskriterien c_i					
	HZ	NZ	K	MF	MS	BV
1	0,55	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05
2	0,30	0,35	0,10	0,10	0,10	0,05
3	0,30	0,10	0,35	0,10	0,10	0,05
4	0,30	0,10	0,10	0,35	0,10	0,05
5	0,30	0,10	0,10	0,10	0,35	0,05
6	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,30

Tafel 7. Vergleich der Lösungsvarianten bei verschiedenen Indexvarianten

Index-variante	Lösungsvarianten							
	Wäge-recorder	Recorder mit Volumenskale	Turbinen-durchfluß-zähler	Drossel-staurohr	Kippschale	Staugefäß	Teilstrom-absaugung	Ringkolben-zähler
1	3,8	3,2	2,2	1,9	3,6	3,2	2,9	2,2
2	3,7	2,8	2,2	1,7	3,9	3,3	2,8	2,2
3	3,4	3,2	2,2	2,4	3,7	3,1	3,1	2,3
4	3,7	2,4	2,5	1,9	3,9	3,4	2,8	2,5
5	3,7	3,1	2,2	2,1	3,6	3,2	3,0	2,0
6	3,8	3,3	1,9	1,7	3,5	3,2	2,7	1,9

- [2] Müller, J.: Grundlagen der systematischen Heuristik. Berlin: Dietz Verlag 1970.
 [3] Beyersdorfer, G.: Untersuchungen zur Zuordnung von Fischgrätenmelkständen zu einer Milchvieh-großanlage mit einem Tier-Freßplatz-Verhältnis von 3:1 unter Berücksichtigung der Datenerfassung für die Milchleistungsprüfung. Forschungs-

- zentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, Forschungsbericht 1975 (unveröffentlicht).
 [4] Rasch, D.; Herrendörfer, G.; Bock, J.; Busch, K.: Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1977 (im Druck).
 A 1453