

# Variantsuche, -bewertung und -auswahl – dargestellt am Beispiel angetriebener Packer

Von Andreas Baur und Wolf-Dieter Kalk, Müncheberg sowie Klaus Busch und Klaus-Dieter Feige, Rostock\*)

DK 631.314.5.001.66

Für eine möglichst vollständige Erfassung denkbarer Konstruktionsvarianten sollten Variantsuche und Variantenbewertung voneinander getrennt betrieben werden.

Die Probleme der Variantenbewertung liegen hier in der großen Zahl (233) der mittels Konstruktionssystematik gefundenen Varianten und der Verschiedenartigkeit der zur Auswahl herangezogenen Bewertungskriterien. Zur Variantenbewertung wird die Methode der Expertenbefragung herangezogen, wobei eine Quantifizierung der verschiedenen Bewertungskriterien über eine einheitliche Intervallskala genutzt wird. Der Einfluß unterschiedlicher Einsatzbedingungen wird durch zielgerichtete Variation der Wichtungsfaktoren in der Bewertungsfunktion simuliert, so daß eine wissenschaftlich begründete Auswahl der jeweils am besten geeigneten Werkzeugformen ermöglicht wird.

## 1. Einleitung

Wichtige Elemente des Problemlösungsprozesses sind die Variantsuche und -bewertung [1, 2, 3]. Beide Elemente sind im Denkprozeß eng miteinander verknüpft und werden im Verlaufe der Lösung eines Problems oft mehrfach zyklisch durchlaufen [4]. Das führt häufig dazu, daß die zufällig gefundene erste Lösung im konstruktiven Entwicklungsprozeß weiter verfolgt wird und alle übrigen, oft viel günstigeren Lösungsvarianten unberücksichtigt bleiben. Deshalb werden im systematischen Problemlösungsprozeß die Elemente Variantsuche und -bewertung getrennt. Methoden zur Rationalisierung dieser Bearbeitungsschritte wurden von Busch u.a. [3, 5] erarbeitet. Anhand des Beispiels angetriebener Packer [6] können diese Methoden erläutert werden.

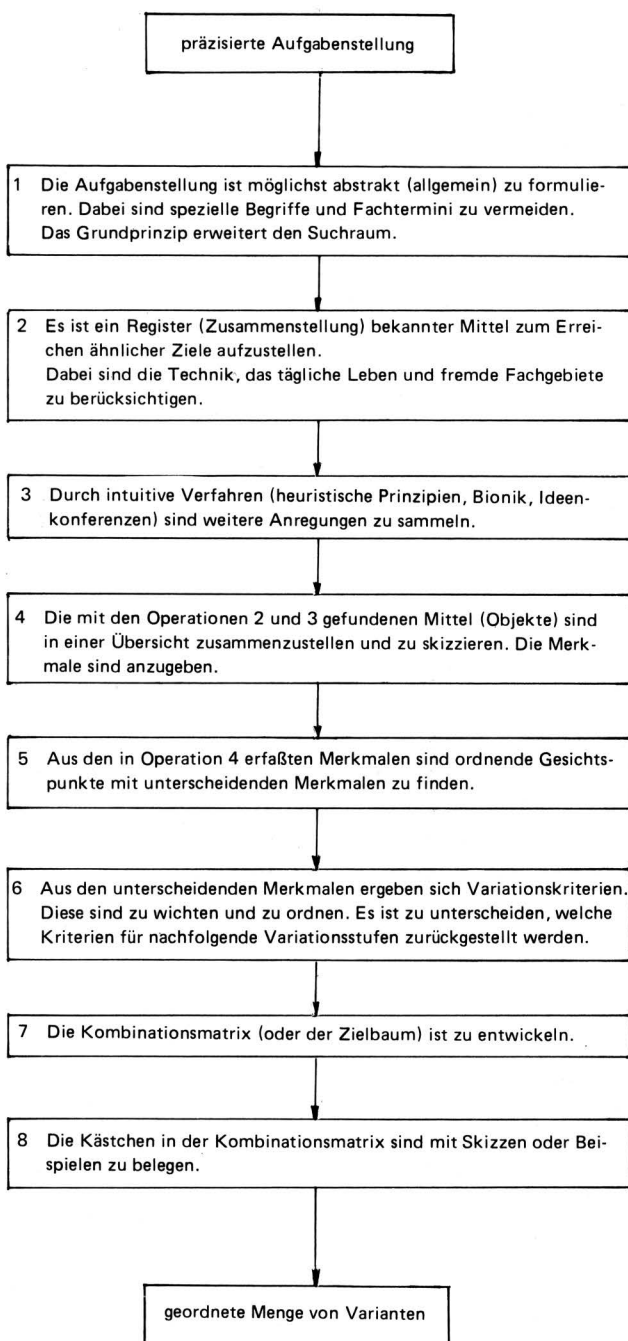
Mit rollenden Packern [6] zum Verdichten und Zerkleinern des Bodens nach der Grundbodenbearbeitung, insbesondere im Bereich unterhalb der Saatgutablagezone, wird die notwendige Wirtiefe nur bei entsprechend großer Masse bzw. Zusatzbelastung erreicht [7, 8], wodurch eine große Zugkraft bei ungünstigem energetischen Wirkungsgrad [9] erforderlich ist.

Nachteilig wirkt sich außerdem die mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit abnehmende Verdichtungswirkung dieser Werkzeuge aus [10]. Eine Möglichkeit, die Nachteile herkömmlicher Packer zu vermindern, ist durch Nutzung des Rüttelpackers mit zapfwellenangetriebenem Unwuchterreger gegeben [11]. Eine andere Möglichkeit bietet der Antrieb der Packer über die Zapfwelle analog zu veröffentlichten Lösungen bei Krümlern [12]. Um die günstigsten Formen der Werkzeugelemente für angetriebene Packer wissenschaftlich begründet auszuwählen, werden die oben genannten Methoden der Variantsuche und -bewertung genutzt.

\*) Dr.-Ing. A. Baur und Dr.-Ing. W.-D. Kalk sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg (Direktor: Prof. Dr. sc. P. Kundler) der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR. Dr. sc. nat. K. Busch und Dr. rer. nat. K.-D. Feige sind Abteilungsleiter bzw. wissenschaftliche Mitarbeiter im Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock (Direktor: Prof. Dr. sc. h.c. K. Rothe) der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.

## 2. Vorgehen bei der Variantsuche

Grundlage für die Strategie der Variantsuche ist nach Busch [3] die präzisierte Aufgabenstellung, Tafel 1. Aus der präzisierten Auf-



Tafel 1. Strategie der Variantsuche [3].

gabenstellung ist das Grundprinzip, **Tafel 2** zu abstrahieren. In den folgenden Operationen sind für die Lösung geeignete Objekte zusammenzustellen, die Merkmale zu ermitteln und daraus ordnende Gesichtspunkte mit unterscheidenden Merkmalen abzuleiten, **Tafel 3**. Nach dieser Analyse ist mit den Operationen 6 bis 8 in **Tafel 1** eine Synthese der Merkmale zu Lösungsvarianten durchzuführen. Dazu wird eine Kombinationsmatrix entwickelt, **Bild 1**, in der die Zeilen und die Spalten die zu berücksichtigenden Grundmerkmale enthalten. Jedes Kästchen der Matrix wird mit einem skizzierten Beispiel belegt. Einige Beispiele sind in **Bild 2** wiedergegeben. Neben dem dargestellten Lösungsvorschlag sind für die jeweilige Merkmalskombination auch andere, ähnliche konstruktive Lösungen möglich. Insgesamt wurden für angetriebene Packer mit dieser Methode 233 Lösungsvarianten gefunden [14], von denen die besten durch eine Variantenbewertung auszuwählen waren.

### 3. Bewerten und Auswahl der Konstruktionsvarianten

Für das Bewerten und die Auswahl von Varianten ist das Einhalten einer bestimmten Operationsfolge vorteilhaft, **Tafel 4**. Die Bewertungskriterien sind aus der präzisierten Aufgabenstellung abzuleiten. Ihre Transformation auf eine einheitliche Intervallskala (0 . . . 5 Punkte) ermöglicht eine Quantifizierung der zur Variantenauswahl erforderlichen Informationen. Diese Vorgehensweise soll anhand eines Bewertungskriteriums, der Verdichtungswirkung (V), erläutert werden. Zu bewerten ist die Eignung des Packers zur Verdichtung des Bodens nach erfolgter Saatfurche, insbesondere unterhalb der Saatgutablagezone:

FUNKTION		ERFORDERLICHE MASSNAHMEN		
Funktionsziel	eingrenzende Bedingungen	Elemente	Eigenschaften	Funktion
Zerkleinern und Verdichten des Bodens, insbesondere unterhalb der Saatgutablagezone, nach erfolgter Grundbodenbearbeitung durch zapfwellengetriebene Packerwerkzeuge	<ul style="list-style-type: none"> <li>–es werden nur parallel zur Fahrtrichtung angeordnete, scheibenförmige Werkzeugelemente mit horizontalen Drehachsen untersucht</li> <li>–starre Verbindung zwischen Werkzeugelement und Wirkelement</li> <li>–geringer Energieverbrauch</li> <li>–Selbstreinigung</li> <li>–minimaler Bodentransport</li> </ul>	Werkzeugelemente  zusätzliche Wirkelemente	<ul style="list-style-type: none"> <li>–verschiedene Grundformen</li> <li>–veränderlich in ihren Abmessungen</li> <li>–verschiedene Körperformen mit und ohne Schneidkanten</li> <li>–veränderlich in ihren Abmessungen</li> <li>–veränderlich in ihrer Anordnung auf den Werkzeugelementen</li> <li>–veränderlich im Abstand zueinander</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Verdichtung des Bodens insbesondere unterhalb der Saatgutablagezone</li> <li>–Zerteilung trockenharter Bodenaggregate</li> <li>–Abstützen von Maschinenmasse</li> <li>–Verbesserung des Arbeitseffektes</li> <li>–erhöhte Krafteinleitung in den Boden</li> <li>–Abstützen von Maschinenmasse</li> </ul>

Tafel 2. Grundprinzip der Aufgabe "angetriebener Packer mit horizontalen Drehachsen" (in Anlehnung an Hansen [13]).

Kombinationsmatrix		3. zusätzlich angebrachte Wirkelemente																																																			
		3.1. keine zusätzlich angeordnete Wirkelemente		3.2. Körper mit Schneidkant.						3.3. Körper ohne Schneidkant.																																											
		4. Anordnung der zusätzlichen Wirkelemente auf dem Werkzeugelement						4. Anordnung der zusätzlichen Wirkelemente auf dem Werkzeugelement																																													
		2.1		4.1		4.2		4.3		4.1		4.2		4.3																																							
1. Umriß des Werkzeugelementes		1.1. kreisförmig		1.2. polygonförmig		1.3. sternförmig		1.4. bogenförmig		1.5. gezackelt		2. Lage der Grundform des Werkzeugelementes zur Drehachse		2.1		c		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
														2.1		b		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18					
														2.2		c		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18					
														2.1		d		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18					
														2.2		e		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18					
2.1		f		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																			
2.2		g		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																			
2.1		h		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																			
2.2		i		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																			

Bild 1. Staffellung der ordnenden Gesichtspunkte und unterscheidenden Merkmale zu einer Kombinationsmatrix.

ordnender Gesichtspunkt	unterscheidende Merkmale	Bemerkungen
1. Umriß des Werkzeugelementes	1.1 kreisförmig 1.2 polygonförmig 1.3 sternförmig 1.4 bogenförmig 1.5 gezackt	
2. Lage der Grundform des Werkzeugelementes zur Drehachse	2.1 Anordnung in einer Ebene, senkrecht zur Drehachse 2.1.1 radial 2.1.2 in Drehrichtung angestellt 2.1.3 gegen Drehrichtung angestellt 2.2 Anordnung in Ebenen, welche einen Winkel $< 90^\circ$ mit der Drehachse einschließen 2.2.1 radial 2.2.2 in Drehrichtung angestellt 2.2.3 gegen Drehrichtung angestellt	– Das Werkzeugelement liegt in einer Ebene, welche senkrecht zur Drehachse steht
3. zusätzlich angebrachte Wirkelemente	3.1 keine zusätzlichen Wirkelemente 3.2 zusätzliche Wirkelemente in Form von Körpern mit Schneidkanten ohne Schneidkanten 3.3	– kantige Wirkelemente ohne speziell festgelegte Form – runde Wirkelemente ohne speziell festgelegte Form
4. Anordnung zusätzlicher Wirkelemente auf dem Werkzeugelement	4.1 Anordnung in einer Ebene, welche durch das Werkzeugelement aufgespannt wird 4.1.1 radial 4.1.2 in Drehrichtung angestellt 4.1.3 gegen Drehrichtung angestellt 4.2 Anordnung in parallel zur Drehachse liegenden Ebenen 4.2.1 axial 4.2.2 in Drehrichtung angestellt 4.2.3 gegen Drehrichtung angestellt 4.3 Anordnung in Ebenen, welche einen Winkel $< 90^\circ$ mit der Drehachse einschließen 4.3.1 in Richtung zur Drehachse geneigt 4.3.1.1 in Drehrichtung angestellt 4.3.1.2 gegen Drehrichtung angestellt 4.3.2 in Richtung der Peripherie des Werkzeugelementes geneigt 4.3.2.1 in Drehrichtung angestellt 4.3.2.2 gegen Drehrichtung angestellt	– Die Wirkelemente liegen in einer Ebene, die senkrecht zur Drehachse steht

Tafel 3. Ordnenende Gesichtspunkte und unterscheidende Merkmale zur Lösungsfindung für zapfwellengetriebene, packerartige Werkzeugelemente mit horizontalen, quer zur Fahrtrichtung liegenden Drehachsen.

- 0 Punkte der Packer lockert  
 2 Punkte nur der oberflächennahe Bodenbereich wird verdichtet  
 3 Punkte der Boden wird auch unterhalb der Saatgutablagezone verdichtet, jedoch nicht bis zur Pflügetiefe  
 5 Punkte der Boden wird bis zur Pflügetiefe verdichtet.

Eine derartige Intervallskala wird für alle Bewertungskriterien erarbeitet und dient als Grundlage für die Variantenbewertung (1 bzw. 4 Punkte können als Zwischenwerte vergeben werden). Da mit den Bewertungskriterien mehrere Ziele angestrebt werden, ist eine quantitative Differenzierung der zum Variantenvergleich herangezogenen Kriterien durch Wichtungsfaktoren vorzunehmen und eine gemeinsame Bewertungsfunktion zu konstruieren. In der Regel wird eine lineare Funktion angewendet:

$$L_j = \sum_{i=1}^a c_i x_{ij} \quad (1).$$

Die Wichtungsfaktoren sind zu normieren:

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

Vorteilhaft ist es, die Wichtungsfaktoren mit einer Expertenbefragung zu ermitteln. Für das vorliegende Beispiel ergab sich folgende Bewertungsfunktion:

$$L_j = 0,20 V_j + 0,20 Z_j + 0,10 BT_j + 0,10 A_j + 0,15 EB_j + 0,05 HA_j + 0,05 LD_j + 0,15 SR_j \quad (3).$$

Dabei bedeuten:

- V Verdichtungswirkung
- Z Zerkleinerungswirkung
- BT Bodentransport
- A Eignung zur angetriebenen Bauart
- EB Energiebedarf
- HA Herstellungsaufwand
- LD Lebensdauer
- SR Selbstreinigung.

Eine bessere Übersicht wird erreicht, wenn die einzelnen Kriterien der Variantenbewertung zu Qualitätskriterien, Kriterien für die Betriebseigenschaften und ökonomische Kriterien zusammengefaßt werden:

Qualitätskriterien

$$Q_j = 0,20 V_j + 0,20 Z_j + 0,10 BT_j \quad (4),$$

Kriterien für die Betriebseigenschaften

$$B_j = 0,15 SR_j + 0,10 A_j \quad (5),$$

ökonomische Kriterien

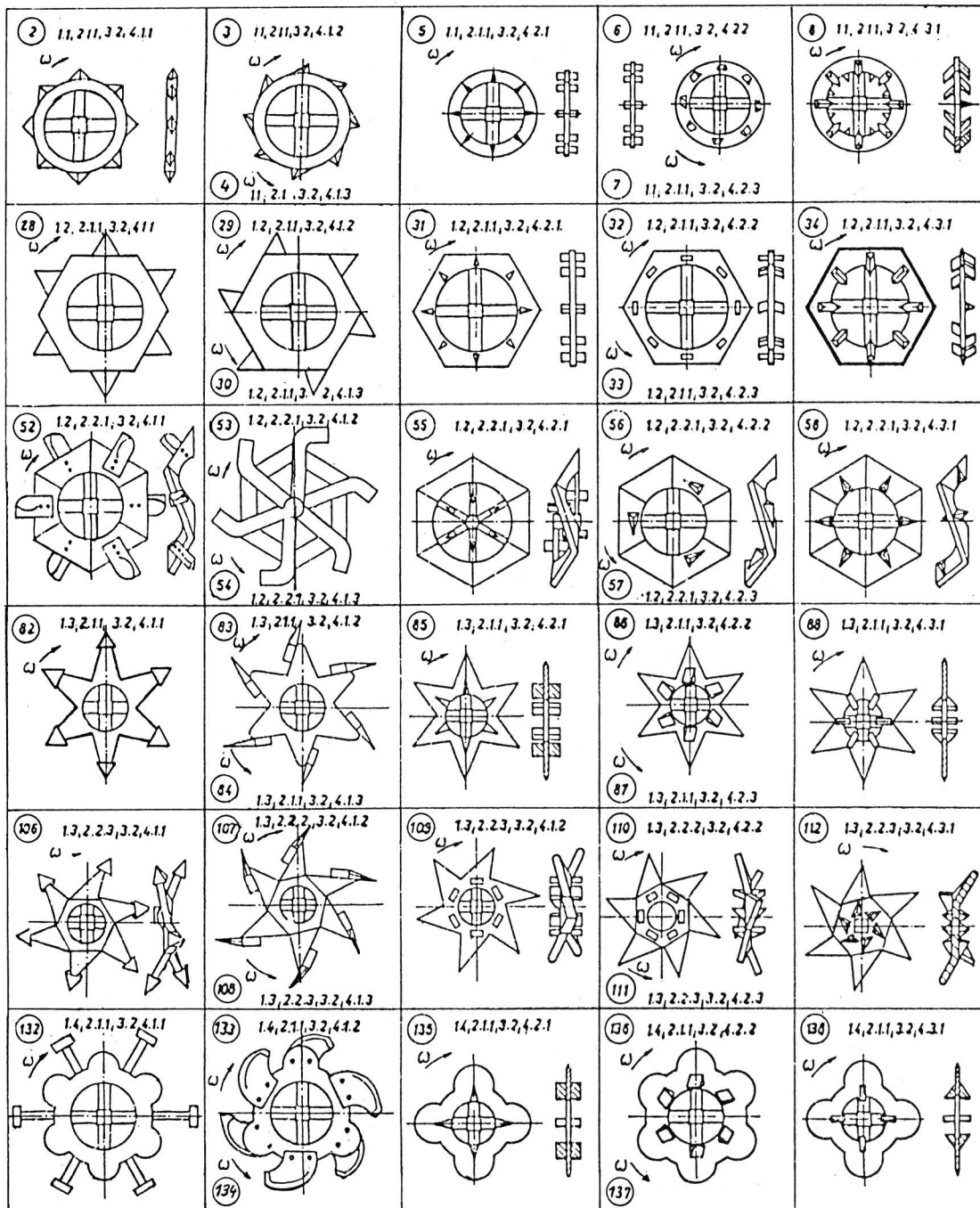


Bild 2. Durch konstruktionssystematische Untersuchungen ermittelte Lösungsvarianten (Ausschnitt).

$$\ddot{O}_j = 0,15 EB_j + 0,05 HA_j + 0,05 LD_j \quad (6)$$

Somit kann eine zusammengefaßte Bewertungsfunktion der allgemeinen Form

$$L_{nj} = c_Q Q_j + c_B B_j + c_{\ddot{O}} \ddot{O}_j \quad (7)$$

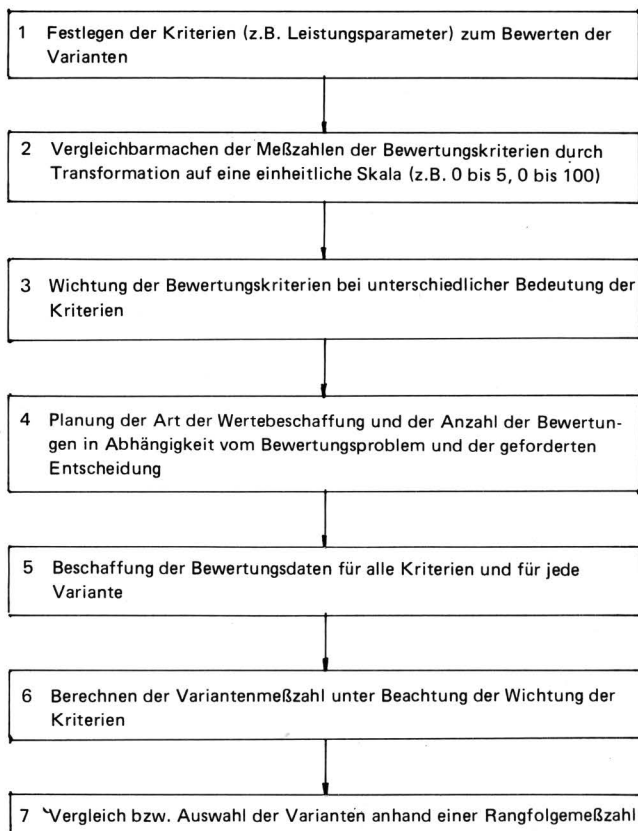
entwickelt werden.

Die Wichtungsfaktoren  $c_Q$ ,  $c_B$  und  $c_{\ddot{O}}$  ergeben sich als Summe der in dieser Gruppe zusammengefaßten Kriterien entsprechend der ermittelten Bewertungsfunktion  $L_j$  (Gl. (3)), so daß die zusammengefaßte Bewertungsfunktion  $L_{nj}$  präzisiert werden kann:

$$L_{nj} = 0,50 Q_j + 0,25 B_j + 0,25 \ddot{O}_j \quad (8)$$

Infolge unterschiedlicher Bodenbedingungen beim Einsatz der zu entwickelnden Werkzeuge ändert sich die Bedeutung der Bewertungskriterien zueinander. Auf leicht bearbeitbaren Böden werden ökonomische Fragen wie Energieverbrauch und Herstellungsaufwand im Vordergrund stehen, während auf schwer bearbeitbaren Böden in erster Linie das Erreichen der notwendigen Arbeitsqualität maßgebend ist. Auf sandigen Böden mit geringem Feinanteil kommt der Selbstreinigung nur geringe Bedeutung zu; auf feuchten bindigen Böden wird dieses Kriterium zum einsatzbegrenzenden Faktor.

Um Werkzeuge mit einem möglichst breiten Einsatzprogramm auswählen zu können, ist eine Simulation verschiedener Bodenbedingungen durch eine geeignete Variation der Wichtungsfaktoren und damit der Bewertungsfunktion angebracht. Die Festlegung der unteren und oberen Schranken für die Variation der Wichtungsfaktoren der in den jeweiligen Gruppen zusammengefaßten Bewertungskriterien, Tafel 5, muß durch eine Expertenbefragung erfolgen. Mit einer sinnvollen hierarchistischen Abstufung der Wichtungsfaktoren  $c_Q$ ,  $c_B$  und  $c_{\ddot{O}}$  mit Stufen von 0,1 innerhalb der ermittelten Schranken ergeben sich 12 verschiedene Bewertungsfunktionen, Tafel 5.



Tafel 4. Operationsfolge für den Vergleich und die Auswahl von Varianten [5, 15].

Bewertungskriterium	$Q_j$	$B_j$	$\ddot{O}_j$
obere Schranke	$c_Q = 0,7$	$c_B = 0,45$	$c_{\ddot{O}} = 0,45$
untere Schranke	$c_Q = 0,4$	$c_B = 0,15$	$c_{\ddot{O}} = 0,15$

Variante	Bewertungskriterium			Bewertungsfunktionen
	$Q_j$	$B_j$	$\ddot{O}_j$	
1	0,4	0,15	0,45	$L_1 = 0,4 Q_j + 0,15 B_j + 0,45 \ddot{O}_j$
2		0,25	0,35	$L_2 = 0,4 Q_j + 0,25 B_j + 0,35 \ddot{O}_j$
3	0,4	0,30	0,30	$L_3 = 0,4 Q_j + 0,30 B_j + 0,30 \ddot{O}_j$
4		0,35	0,25	$L_4 = 0,4 Q_j + 0,35 B_j + 0,25 \ddot{O}_j$
5	0,4	0,45	0,15	$L_5 = 0,4 Q_j + 0,45 B_j + 0,15 \ddot{O}_j$
6		0,15	0,35	$L_6 = 0,5 Q_j + 0,15 B_j + 0,35 \ddot{O}_j$
7	0,5	0,25	0,25	$L_7 = 0,5 Q_j + 0,25 B_j + 0,25 \ddot{O}_j$
8		0,35	0,15	$L_8 = 0,5 Q_j + 0,35 B_j + 0,15 \ddot{O}_j$
9		0,15	0,25	$L_9 = 0,6 Q_j + 0,15 B_j + 0,25 \ddot{O}_j$
10	0,6	0,20	0,20	$L_{10} = 0,6 Q_j + 0,20 B_j + 0,20 \ddot{O}_j$
11		0,25	0,15	$L_{11} = 0,6 Q_j + 0,25 B_j + 0,15 \ddot{O}_j$
12	0,7	0,15	0,15	$L_{12} = 0,7 Q_j + 0,15 B_j + 0,15 \ddot{O}_j$

Tafel 5. Schranken der Wichtungsfaktoren und sich aus der stufenweisen Änderung der Wichtungsfaktoren ergebende Bewertungsfunktionen.

Bei der Beschaffung der Bewertungsgrößen für eine Vielzahl von Varianten haben sich Expertenbefragungen als günstig erwiesen, vor allem, wenn weder geeignete Versuchsergebnisse vorliegen, noch eine Berechnung der geforderten Bewertungsgrößen auf der Grundlage des derzeitigen Erkenntnisstandes möglich ist.

Die Anzahl der zu befragenden Experten läßt sich aus folgender Beziehung ermitteln [5]:

$$n_B = \frac{2 s^2}{d^2} u_Q (1 - \beta)^2 \quad (9)$$

Die Streuung  $s$  der Bewertung zwischen den einzelnen Experten wird in einem Test ermittelt, in dem von fünf Experten des zukünftigen Bewertungskollektivs eine beliebige ausgewählte Variante nach den zur Variantenbewertung abgeleiteten Kriterien bepunktet wird.

Für den Wert  $d$  als halbe Breite des zu erwartenden Konfidenzintervalls wird eine zu sichernde Abweichung von 0,1 ... 0,4 Punkten empfohlen [5]. Zur Planung des Stichprobenumfangs wird als praktisch interessierende Differenz zwischen der besten und der nächstbesten Variante  $d = 0,20$  Punkte gewählt.

Die Wahrscheinlichkeit  $\beta$  einer falschen Auswahl unter der Bedingung, daß die beste Variante um  $d$  besser ist als die zweitbeste Variante, wird mit

$$\beta = 0,25$$

festgelegt.

Die Anzahl der zu befragenden Experten wird für jedes Bewertungskriterium gesondert bestimmt. Die größte erforderliche Anzahl bestimmt dann den Umfang des Bewerterkollektivs. Im angeführten Beispiel ergab sich, daß zur Variantenauswahl 10 Fachleute zu befragen sind.

Die Verrechnung der aus der Expertenbefragung ermittelten Werte erfolgte anhand der verschiedenen Bewertungsfunktionen mit Hilfe eines Rechnerprogramms [5], wobei die im Ergebnis der Expertenbefragung für jede Variante und jedes Kriterium  $i$  erhaltenen Punktwerte  $x_{ij}$  wie folgt verrechnet werden:

$$w_{ij} = c_i (x_{ij} - \bar{x}_i) / s_i \quad (10)$$

Infolge des Auftretens von positiven und negativen Werten wird die Auswertung erleichtert.

Da die zur Bewertung benutzten Kriterien nicht exakt quantifizierbar sind, kann die Variantenauswahl nicht nur auf das Auffinden der besten Werkzeugvarianten hin orientiert werden. Die Variantenauswahl ist auf das Erkennen bestimmter Vorzugsmerkmale zu konzentrieren, die dann bei der Konstruktion der weiter zu untersuchenden Werkzeuge entsprechend kombiniert werden können.

Zur Ermittlung der Vorzugsmerkmale wurden sowohl die Rangzahlen aus der Summe aller Indexvarianten als auch die Rangzahlen aus den sogenannten "Eckpunkten" der Indexvarianten benutzt, bei denen jeweils eine der drei Gruppen von Bewertungskriterien ihre maximale Wichtung aufwies, während die beiden anderen Gruppen minimal gewichtet wurden (Tafel 5). Entsprechend dem Ziel der Untersuchungen — Entwicklung angetriebener Packer — wurden die Rangzahlen, die sich bei der Bewertung der Varianten hinsichtlich ihrer Eignung zur angetriebenen Bauart ergaben, den Rangzahlen aus den verschiedenen Indexvarianten gegenübergestellt. Anhand der Ergebnisse der Expertenbefragung wurden für die weiteren Untersuchungen folgende Varianten, die alle wesentlichen Vorzugsmerkmale beinhalten, ausgewählt,

**Bild 3:**

- sternförmige Grundform der Packer ohne zusätzlich angebrachte Wirkelemente (Varianten 76, 78);
- sternförmige Packer mit geschränkten Sternzacken ohne zusätzliche Wirkelemente (Varianten 79, 81);
- sternförmige Packer mit axial angeordneten Wirkelementen (Varianten 85, 97).

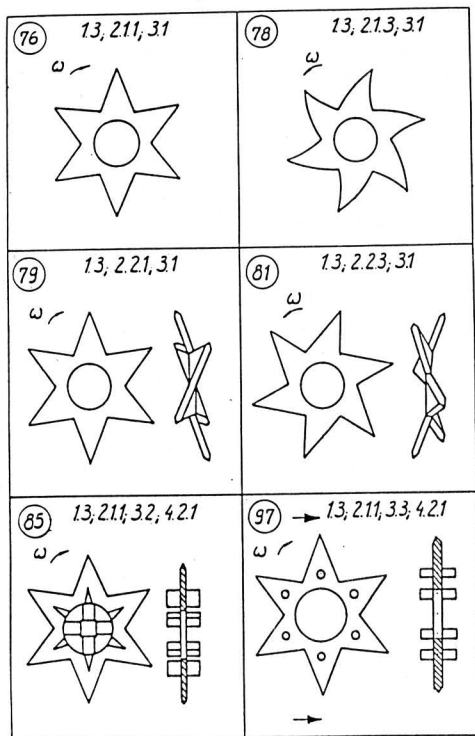


Bild 3. Als Ergebnis der Expertenbefragung ermittelte Varianten, die alle wesentlichen Vorzugsmerkmale beinhalten.

Um Meinungsverschiedenheiten der Bewerter bei der Bepunktung der einzelnen Variationsmerkmale erkennen und bei den folgenden Untersuchungen berücksichtigen zu können, wurde für die gewichteten Werte in der Kombinationsmatrix sowohl spaltenweise als auch zeilenweise die Standardabweichung errechnet. Die größten Streuungen in den Aussagen der Bewerter gab es bei der Bepunktung der krumenpackerähnlichen Varianten (Varianten 2, 3, 4 in Bild 2) und den radial, sternähnlich profilierten Varianten mit polygonförmiger Grundform (Varianten 28, 29, 30).

Zur Überprüfung der Ergebnisse der Expertenbefragung ist es sinnvoll, neben den ermittelten Vorzugsvarianten in die weiteren Untersuchungen auch diese Varianten mit einzubeziehen, bei denen die größten Streuungen der Aussagen der Bewerter auftraten.

Zur Reduzierung des Aufwandes von Bewertungsaufgaben ähnlichen Umfangs erscheint es vorteilhaft, zunächst nur die einzelnen Variationsmerkmale zu bewerten. Das bedeutet, daß bei entsprechendem morphologischen Aufbau der Kombinationsmatrix in der ersten Bewertungsstufe jeweils nur Spalten und Zeilen bewertet werden. In der zweiten Stufe erfolgt dann die Bewertung einzelner Varianten innerhalb der vorher ermittelten besten Spalte(n) bzw. Zeile(n). Dadurch ist auch eine Verbesserung hinsichtlich der Objektivität der Bewertung zu erwarten.

## 6. Zusammenfassung

Für die zielgerichtete Bodenzustandsveränderung können durch Verfahren der Variantensuche und Variantenbewertung die am besten geeigneten Werkzeugformen gefunden und wissenschaftlich begründet ausgewählt werden.

Am Beispiel angetriebener Packer wird eine Möglichkeit zur Variantensuche, -bewertung und -auswahl beschrieben. Die Besonderheiten bei der Lösung dieser Aufgabe bestehen zum einen in der großen Anzahl der mittels Konstruktionssystematik gefundenen Varianten, zum anderen in der Verschiedenartigkeit der zur Va-

riantenauswahl herangezogenen Bewertungskriterien. Deshalb werden zur Variantenbewertung die Methode der Expertenbefragung genutzt und die Bewertungskriterien durch Transformation auf eine einheitliche Intervallskala quantifiziert.

Zur Variantenauswahl wird eine gemeinsame Bewertungsfunktion durch wichtende Verknüpfung der Bewertungskriterien konstruiert. Verschiedene Einsatzbedingungen werden durch eine zielgerichtete Variation der Wichtungsfaktoren simuliert. Dadurch wird eine wissenschaftlich begründete Auswahl der für eine gezielte Bodenzustandsänderung am besten geeigneten Werkzeugformen ermöglicht und der Aufwand für die sich anschließenden Untersuchungen zur Optimierung der ausgewählten Lösungsvarianten reduziert.

### Verwendete Formelzeichen

$B_j$	Bewertungskriterium für die Betriebseigenschaften der Variante j
$c_B$	Wichtungsfaktor der Bewertungskriterien für die Betriebseigenschaften
$c_i$	Wichtungsfaktor für das Bewertungskriterium i
$c_O$	Wichtungsfaktor für die ökonomischen Bewertungskriterien
$c_Q$	Wichtungsfaktor für die Qualitätskriterien
$d$	halbe Breite des zu erwartenden Konfidenzintervalls
$L_j$	durch Expertenbefragung ermittelter Bewertungsindex (Zielfunktion) für die Variante j
$L_{nj}$	Bewertungsindex der Zielfunktion n für die Variante j
$n_B$	Anzahl der Bewerter
$\ddot{O}_j$	Bewertungskriterium für die Ökonomie der Variante j
$Q_j$	Bewertungskriterium für die Qualität der Variante j
$s$	Streuung der Experteneinschätzungen
$s_i$	Streuung der Experteneinschätzungen für das Bewertungskriterium i
$u_Q(1 - \beta)$	Quantil der standardisierten Normalverteilung
$w_{ij}$	gewichteter Punktwert für das Bewertungskriterium i und die Variante j
$\bar{x}_i$	gemittelter Punktwert für das Bewertungskriterium i
$x_{ij}$	Punktwert für das Bewertungskriterium i und die Variante j
$\beta$	Wahrscheinlichkeit der fälschlichen Auswahl einer Variante als "beste Variante"

### Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [ 1 ] *Plötner, K.*: Konstruktionssystematische Grundlagen für die Entwicklung von Landmaschinen. Diss. B, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock 1975.
- [ 2 ] • *Soucek, R. u. H. Regge*: Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.
- [ 3 ] *Busch, K. u. H. Busch*: Gesteuerte Intuition – Arbeitsanleitung zur Variantensuche und -bewertung. Heft 1: Variantensuche. Gedrucktes Manuskript der Akad. d. Landwirtsch.-Wiss. der DDR, FZT Dummerstorf-Rostock 1979.
- [ 4 ] *Beyersdorfer, G., K. Busch u. G. Herrendörfer*: Die Bewertung von Konstruktionslösungen – dargestellt am Milchmengenmeßgerät. agrartechnik Bd. 27 (1977) Nr. 3, S. 111/14.
- [ 5 ] *Busch, K., G. Herrendörfer u. K.-D. Feige*: Gesteuerte Intuition – Arbeitsanleitung zur Variantensuche und -bewertung. Heft 2: Variantenbewertung. Gedrucktes Manuskript der Akad. d. Landwirtsch.-Wiss. der DDR, FZT Dummerstorf-Rostock 1979.
- [ 6 ] *Kalk, W.-D. u. O. Bosse*: Darstellung der an rotierenden Bodenbearbeitungswerkzeugen mit horizontalen Drehachsen wirkenden Kräfte und Drehmomente. Grndl. Landtechnik Bd. 35 (1985) Nr. 4, S. 118/26.

- [ 7 ] Köller, K.: Packerkombinationen im Vergleich. Top agrar 1984, Nr. 8, S. 56/60.
- [ 8 ] Kouwenhoven, J.K., R. Terpstra u. P. Looijen: Ploegtijd en kunstmatige verdichting van de bouwvoor op zandgronden. Landbouwmecanisatie Bd. 32 (1981) Nr. 1, S. 1/4.
- [ 9 ] Steinkampf, H. u. M. Zach: Leistungsbedarf und Krümelungseffekt von gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten zur Saatbettbereitung. Landbauforsch. Völkenrode Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 55/62.
- [ 10 ] Aboaba, F.O.: Effects of time on compaction of soils by rollers. Trans. ASAE Bd. 12 (1969) Nr. 3, S. 301/304.
- [ 11 ] Vogt, C.: Ein aktuelles Problem: Ausreichend Bodenschluß im Saatbett — Krumpenpacker oder Rüttelpacker? Top agrar 1981, Nr. 3, S. 84/87.
- [ 12 ] O. V.: Que — pass Seedbedmaker. Power Farm. Bd. 61 (1982) Nr. 11, S. 65.
- [ 13 ] Hansen, F.: Konstruktionssystematik. Berlin: VEB Verlag Technik 1965.
- [ 14 ] Baur, A.: Entwicklung aktiv rotierender, scheibenförmiger Saatbettbereitungswerkzeuge mit horizontalen, quer zur Fahrtrichtung liegenden Drehachsen. Diss. A, Technische Universität Dresden 1981.
- [ 15 ] Busch, K.: Methodologische Untersuchungen zum Erfindungsprozeß. Diss. B, Akad. d. Landwirtsch.-Wiss. der DDR 1985.

## Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

### Internationale Tagung Landtechnik vom 22. bis 24. Oktober 1986 in Neu-Ulm

Die diesjährige 44. Tagung Landtechnik wird als gemeinsame Veranstaltung der VDI-Fachgruppe Landtechnik und der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG) wieder im Edwin-Scharff-Haus in Neu-Ulm ausgerichtet.

Das Programm — insgesamt zwei Plenarvorträge, 56 Fachvorträge und eine Podiumsdiskussion — enthält in diesem Jahr als besonderen Schwerpunkt die Technik um das Rind.

Für den Vortag der Vortragsveranstaltung, Mittwoch 22.10., sind mit Abfahrt um 13.00 Uhr ab Edwin-Scharff-Haus zwei verschiedene Besichtigungstouren zu den Firmen Karl Mengele u. Söhne, Günzburg, bzw. Claas Saugau GmbH, Saugau, vorgesehen.

Donnerstag, 23. Okt. 1986, 8.45 Uhr

#### Plenarveranstaltung

Begrüßung und Eröffnung

Prof. Dr.-Ing. *H.J. Matthies*, Braunschweig,  
Vorsitzender der VDI-Fachgruppe Landtechnik

Prof. Dr. *H. Eichhorn*, Gießen,

Vorsitzender der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG)

#### Plenarvorträge

150 Jahre Max-Eyth — Frühe Mechanisierungsphasen der Landwirtschaft

Prof. Dr. *H. Winkel*, Hohenheim

Landmaschinenbau 1990: Unternehmerische Möglichkeiten bei geänderten Rahmenbedingungen

*B. Krone*, Spelle

Pause bis 11.00 Uhr

<b>Gruppe Ackerschlepper</b> Diskussionsleiter: Prof. Dr.-Ing. <i>K.Th. Renius</i> , München	<b>Gruppe Rinderhaltungssysteme</b> Diskussionsleiter: Bauing. <i>H. Hendrich</i> , Hannover
Betriebsspezialisierung und Schlepperanpassung Prof. Dr.-Ing. agr. <i>H.L. Wenner</i> , Dr. agr. <i>G. Wendl</i> , Freising-Weihenstephan	Bau- und haltungstechnische Beurteilung von Wirtschaftsgebäudesystemen für die Milchviehhaltung Prof. Dr. agr. <i>J. Piotrowski</i> , Dipl.-Ing., Arch. <i>J. Gartung</i> , Braunschweig-Völkenrode
Zur Entwicklung eines Baukastensystems für Traktoren Dipl.-Ing. <i>R.G. Förster</i> , Köln	Kostensparende Liegeboxenlaufställe für kleinere Milchviehbestände Dipl.-Ing. <i>H.D. Strauß</i> , Stade
Eine neue Generation von INTRAC-Fahrzeugen — Grundsätzliches, technisches Konzept und landwirtschaftliche Anwendung Dipl.-Ing. <i>L. Fritz</i> , Prof. Dr.-Ing. <i>A. Gego</i> , Köln	Ergebnisse baulicher Modellvorhaben in der Rinderhaltung Dipl.-Architektin <i>Heidrun von Amende</i> , Darmstadt, Dipl.-Ing. <i>W. Hillendahl</i> , Braunschweig-Völkenrode

Mittagspause bis 14.00 Uhr