

Erste systemergonomische Untersuchungen einer Arbeitsplatzgestaltung beim Mähdrusch

Von Paul Hagerer und Hansmichel Köbsell, Göttingen*)

DK 631.354.2:331.015.1

Speziell für ergonomische Untersuchungen an selbstfahrenden landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen wird ein neues videomeßtechnisches Verfahren vorgestellt. Es zeichnet sich dadurch aus, daß Arbeitsabläufe mit einer Videoanlage gefilmt, gleichzeitig Meßwerte registriert und über eine Videokamera direkt in das Bild eingeblendet werden. Mit elektronischen Schaltungen können die Meßwerte automatisch aus dem Videobild in einen Personalcomputer übertragen werden.

Das System wurde in Feldversuchen beim Mähdrusch eingesetzt. Eigenschaften, Grenzen, Vor- und Nachteile des Systems werden diskutiert, erste Ergebnisse vorgestellt.

1. Einleitung

Die technischen Fortschritte der letzten Jahre haben den Arbeitsplatz auf landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen erheblich verändert [1]. Zum einen werden Teilaufgaben automatisiert und über entsprechende Regeleinrichtungen der Maschine überlassen [2 bis 6], zum anderen liefern Sensoren mit den dazugehörigen Anzeigeelementen dem Fahrer umfangreiche Informationen über Zustände von Maschine und Arbeitsprozeß [7 bis 13]. Der Fahrer wird durch Kabinen vor Umwelteinflüssen abgeschirmt [14 bis 17] und Servo-Bedienelemente entlasten ihn vom kraftaufwendigen Steuern und Regeln [18 bis 22].

Diese Entwicklung bringt neben den unbestreitbaren Vorteilen auch Nebenwirkungen mit sich, die hinsichtlich des Ineinandergreifens von elektronisch aufbereiteten Informationsflüssen und menschlicher Informationsverarbeitung in ihren Ausprägungen kaum erforscht sind. Eine zu weitgehende Automatisierung kann zu Monotonie- und Wachsamkeitsproblemen führen, Kabine und Servo-Bedienelemente bergen die Gefahr einer Isolierung des Fahrers gegenüber dem eigentlichen Arbeitsprozeß in sich [23 bis 27].

Eine zu hohe Informationsflut durch Anzeigeelemente kann indes eine Überforderung des Fahrers bei der Erkennung und Interpretation entsprechender Warn- und Informationssignale mit sich bringen. In kritischen Situationen können Bedienfehler vermehrt auftreten, wenn Bedienvorgänge mit ausgeprägter sensomotorischer Kompatibilität durch informationsneutrale Schalterauswahl aus einer Tastatur ersetzt werden.

Der Beitrag wurde als Vortrag gehalten bei der Internationalen Tagung Landtechnik, Braunschweig am 7./8. Nov. 1983.

*) Dr. agr. P. Hagerer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abt. Arbeitswissenschaft der Agrarproduktion an der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen; Prof. Dr. H. Köbsell ist Leiter dieser Abteilung.

2. Aufgabenstellung

Betrachtet man die Vielfalt sich oft überschneidender Kontroll- und Regelaufgaben, wie sie für den Mähdrusch in Tafel 1 zusammengestellt sind, so wird deutlich, daß die menschliche Kapazität in einem derartigen Systemverbund sorgfältig zu berücksichtigen ist. Um Überbeanspruchungen unter erschwerten und nachlassende Reaktionsbereitschaft unter gleichförmigen Arbeitsbedingungen vorbeugen und begegnen zu können, müssen die informativen und sensomotorischen Interaktionen zwischen Mensch, Maschine und Arbeitsumfeld aufeinander abgestimmt sein. Eine aktivierte Daueraufmerksamkeit, die prädiktive Entscheidungsbereitschaft sowie die Fähigkeiten zu situationsgerecht ausgeführten Stellvorgängen müssen erhalten bleiben.

Um diese Forderungen bei der Fahrerplatzgestaltung konstruktiv umsetzen zu können, müssen aus zweckentsprechenden Messungen und Beobachtungen abgeleitete Kriterien verfügbar sein. Im Labor durchgeführten Simulationsversuchen kommt bestenfalls eine flankierende Bedeutung zu, weil sich das gesamte Arbeitsumfeld in seiner dynamischen Komplexität nicht nachbilden läßt. Außerdem zeigt der kurzzeitig beanspruchte Proband ein völlig anderes Verhalten als Mähdruschfahrer an einem langen, schweren Arbeitstag.

Wir haben uns deshalb bemüht, eine besonders für praktische Feldversuche geeignete Aufzeichnungs- und Meßeinrichtung zur Untersuchung systemergonomischer Fragestellungen zu entwickeln [28 bis 30]. Im folgenden soll über dieses videomeßtechnische Verfahren mit seiner speziellen Auswertemethodik und über erste Ergebnisse berichtet werden.

Arbeitsaufgabe Mähdrusch	Art u. Häufigkeit	Informative Belastung durch
Beobachten	kontinuierlich	Zwang zur Daueraufmerksamkeit
Lenken	kontinuierlich	kompensatorische Regelungstätigkeit
Korrigieren	diskret, häufig	sensomotorische Regelungstätigkeit
Kontrollieren	diskret, häufig	Überwachungs- u. Kontrolltätigkeit
Reagieren	diskret, selten	ausreichende Wachsamkeit

Tafel 1. Informativ Belastungsarten im Arbeitssystem Mähdrusch.

3. Beschreibung und Einsatz des videomeßtechnischen Verfahrens bei den Feldversuchen

Bild 1 zeigt einen Mähdrescher mit unserer Aufnahmeeinrichtung während des Versuchseinsatzes. Auf dem Korntank wurde eine Arbeitsbühne angebracht, auf welcher eine Farbvideokamera mit einem Stativ fest verankert ist. Diese Kamera erfäßt den Oberkörper des Fahrers und die Bedienteile sowie einen Ausschnitt aus dem Bestand in Fahrtrichtung. An dieser Kamera ist auch eine Einrichtung für das Einblenden von Zeit- und Meßwerten montiert. Das eingebaute Mikrofon nimmt die Arbeitsgeräusche auf, die nach entsprechender Kalibrierung bei der Wiedergabe in Originalstärke reproduziert werden können. Über ein zweites Mikrofon kann zudem auf die zweite Tonspur ein begleitender Kommentar aufgenommen werden.

Auf der Korntankplattform sind außerdem ein Videorecorder und ein Mischpult staub- und stoßgeschützt untergebracht. Da Feldversuche nicht beliebig wiederholbar sind, ist es von großem Vorteil, daß eine ständige Gütekontrolle der Aufzeichnungen über den Suchermonitor oder einen separaten portablen Monitor gegeben ist.

Eine zweite Videokamera (schwarz-weiß) ist an der Fahrerstandplattform mit Hilfe eines verstellbaren Auslegers montiert. Sie ist in diesem Falle auf das Schneidwerk und den Einzugsbereich der Schneidwanne gerichtet, um den Materialfluß im wichtigsten Beobachtungs- und Störbereich zu registrieren. Wir haben diese zweite Kamera aber auch dazu benutzt, um die Körperhaltung und die Bewegungsabläufe des Fahrers aus seitlicher Sicht festzuhalten. Man erkennt, daß bei dieser Anordnung weder die Informationsaufnahme noch die Bedienungstätigkeit des Mähdrescherfahrers behindert wird. Da keine besonders komplizierten Halterungen erforderlich sind, kann die Bildaufnahmeapparatur auch bei vielen anderen Arbeitsverfahren eingesetzt werden.



Bild 1. Mähdrescher mit Aufnahmeeinrichtung während des Versuchseinsatzes.

Neben der Bilderfassung von Arbeitsaufgabe und praktischer Arbeitserledigung müssen auch zeitliche Abläufe (z.B. Reaktionszeiten) ebenso registriert werden wie Zustandsänderungen der Maschine und das daraus resultierende Bedienverhalten. Physiologische Messungen am Menschen zur Beurteilung der individuellen Beanspruchung in Abhängigkeit von den jeweiligen Arbeitssituationen sind ebenfalls wünschenswert. Hierbei sind Stell- und Ausgangsgrößen am Mähdrescher relativ einfach zu erfassen, da es sich nur um Längen, Winkel und Geschwindigkeiten handelt, die an der Maschine abgegriffen werden können.

Schwieriger ist das Messen der Führungsgrößen. Über die möglichst umfassenden audiovisuellen Aufzeichnungen sollte zumindest versucht werden, die Führungsgrößen so zu registrieren, wie sie auch dem Fahrer während der Arbeit zur Verfügung stehen. Messungen von Führungsgrößen in einer Genauigkeit, wie sie der Fahrer nicht wahrnehmen kann, sind zwar für regelungstechnische Analysen zum Zwecke optimaler technischer Anpassung der Maschinenelemente wichtig, für eine systemergonomische Untersuchung jedoch irrelevant. Mit der hier vorgestellten Einrichtung wurden folgende Größen gemessen, Bild 2:

Stellgrößen:

- Stellwinkel an den Bedienteilen für
 - Fahrgeschwindigkeitsvariator
 - Schnitthöhe
 - Haspelhöhe
 - Lenkung
 - Kupplung

Ausgangsgrößen (am Mähdrescher):

- Fahrgeschwindigkeit
- Abstand Schneidtisch – Rahmen
- Höhe Haspel über Schneidtisch
- Lenkwinkel

Führungsgröße:

- Höhe Schneidtisch über Boden.

Der zusammengefaßten Wiedergabe von Videobild und Meßdaten kommt bei dieser Methodik eine zentrale Bedeutung zu. Für die Stichprobenkontrollen auf dem Feld wie für eine gezielte Auswertung müssen Videobild und Ziffern auf einen Blick erfäßbar sein. Dabei sind die Ziffern unabhängig vom Bildhintergrund kontrastscharf darzustellen, um visuell deutlich erkannt und elektronisch eindeutig identifiziert werden zu können. Diese eingblendeten Ziffern können über spezielle elektronische Schaltungen, die hier nicht näher erläutert werden sollen, direkt einem Personalcomputer übergeben werden.

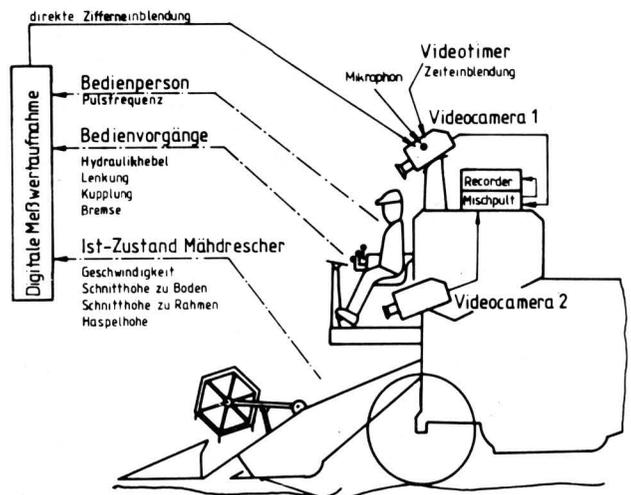


Bild 2. Schema der Versuchseinrichtungen am Mähdrescher und im Versuch gemessene Größen.

Bild 3 soll eine Vorstellung von der Wiedergabequalität liefern. Das Ziffernfeld selbst kann mit Hilfe zweier Potentiometer in vertikaler und horizontaler Richtung freizügig so plziert werden, daß es die Bildbetrachtung am wenigsten stört. Eine Ausweitung des Ziffernfeldes ist durchaus möglich, wenn eine größere Meßwertauflösung oder eine größere Anzahl von Meßstellen gefordert wird. Ein größeres Ziffernfeld kann indes die Bildauswertung erheblich stören, so daß man je nach Fragestellung auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Meßdaten- und Bilderfassung zu achten hat.



Bild 3. Videobild mit eingeblendetem Ziffernfeld der Meßgrößen.

Bei der gleichzeitigen Verwendung von zwei Kameras sind die Möglichkeiten der Bildmischung vielfältig. So ist in **Bild 4** der Bereich des linken Abteilers in Fahrtrichtung erfaßt, um auf diese Weise eine Vorstellung über die Lenkgenauigkeit zu liefern.

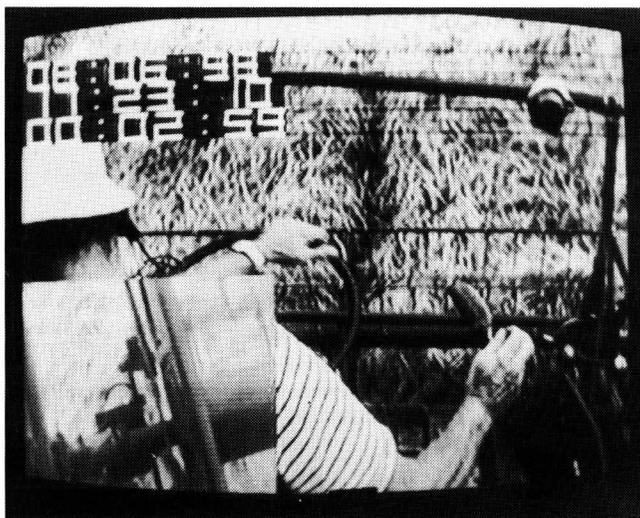


Bild 4. Beispiel der Bildmischung bei gleichzeitiger Verwendung von zwei Kameras.

Diese Art der Zifferneinblendung in das Videobild setzt eine spezielle elektronische Schaltung voraus, wie sie in **Bild 5** in stark vereinfachter Form dargestellt ist [31 bis 33]. Die Meßaufnehmer liefern digitale Werte an einen Zwischenspeicher. Die Steuerung der Datenübernahme aus diesem Zwischenspeicher und das Aufmodulieren der Ziffernsegmente auf das Videosignal durch den Charaktergenerator werden durch einen Ausgang aus der Videokamera mit der Bildaufzeichnung zwangssynchronisiert.

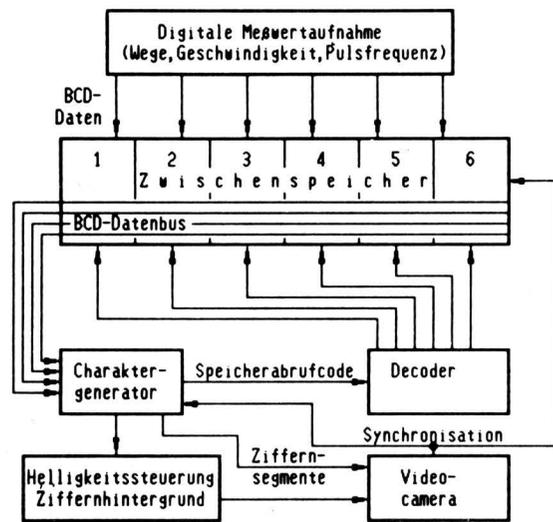


Bild 5. Schaltung für die Zifferneinblendung von Meßgrößen in das Videobild.

Nicht nur die wichtigsten und häufigsten Bedienoperationen und Zustandsänderungen von Maschinenteilen sind als Meßwerte in ihrem zeitlichen Verlauf genau genug erfaßt, auch weniger häufige Operationen wie Bremsen, Verstellen des Dreschkorbes oder Ausschalten des Dreschwerkes können aus dem aufgenommenen Filmmaterial analysiert werden. Sämtliche Informationen von den beiden Kameras, den Mikrofonen und den Meßwertaufnehmern befinden sich in reproduzierbarer Form auf einem Speichermedium, das nach abgeschlossener Auswertung beliebig oft wieder verwendungsfähig ist.

4. Auswertemethodik

Die Gesamtkonfiguration der Anlage mit den Signalflüssen zwischen den einzelnen Einheiten [34, 35] ist in **Bild 6** und **7** dargestellt. **Bild 6** verdeutlicht den Signalfluß bei der auf dem Felde zur Bild- und Meßwertaufnahme eingesetzten portablen Einrichtung. Die zur Auswertung im Studio benutzte Apparatur, einschließlich der automatischen Datenübergabe auf einen 16 bit Personalcomputer ist in **Bild 7** dargestellt.

Neben der numerischen Datenverarbeitung ist es möglich, die Meßwerte in ihrem zeitlichen Verlauf durch einen Drucker graphisch abbilden zu lassen. Ein Beispiel für einen solchen Ausdruck zeigt **Bild 8**.

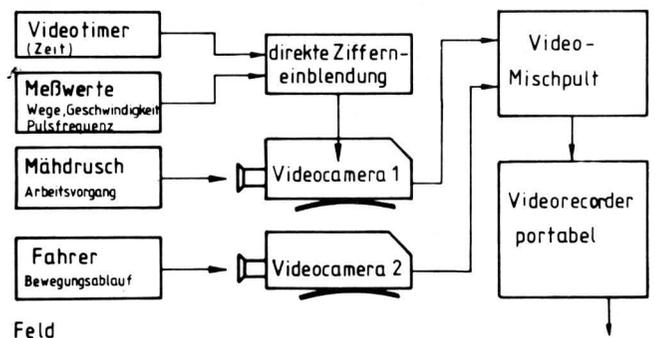


Bild 6. Signalfluß der auf dem Mähdrescher installierten portablen Einrichtung.

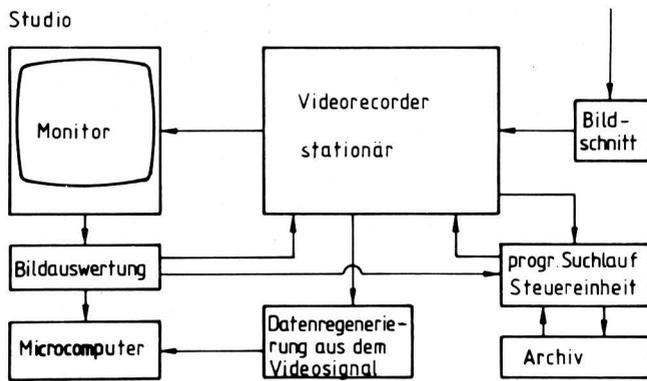


Bild 7. Signalfluß der stationär betriebenen Auswerteeinrichtung.

höhe, Fahrgeschwindigkeit und Haspelhöhe wieder, was nur mit Hilfe der kontinuierlichen Bildauswertung festzustellen ist. Das rechte Säulenpaar zeigt als Ergebnis einer rein numerischen Auswertung die Häufigkeiten der Hydraulikbetätigungen während einer Stunde.

Aus den Verweilzeiten der rechten Hand kann die vom Fahrer subjektiv empfundene Wichtigkeit der durchzuführenden Reaktionen abgeleitet werden. Für 65 % der Hauptzeit verweilt die Hand auf dem Hebel für die Schnitthöhenverstellung, während die relative Häufigkeit dieser Verstelloperation etwa 70 % aller erfolgten Hydraulikbetätigungen ausmacht. Die Häufigkeit der Bedienoperationen nimmt unter schwierigen Bedingungen (B im rechten Diagramm) erheblich zu, der relative Anteil einer jeden der drei hier untersuchten Verstellarten bleibt aber in etwa gleich. Verstellungen der Haspelhöhe kommen stets relativ selten vor und auch die Korrektur der Fahrgeschwindigkeit wird deutlich seltener vorgenommen als die Schnitthöhenverstellung.

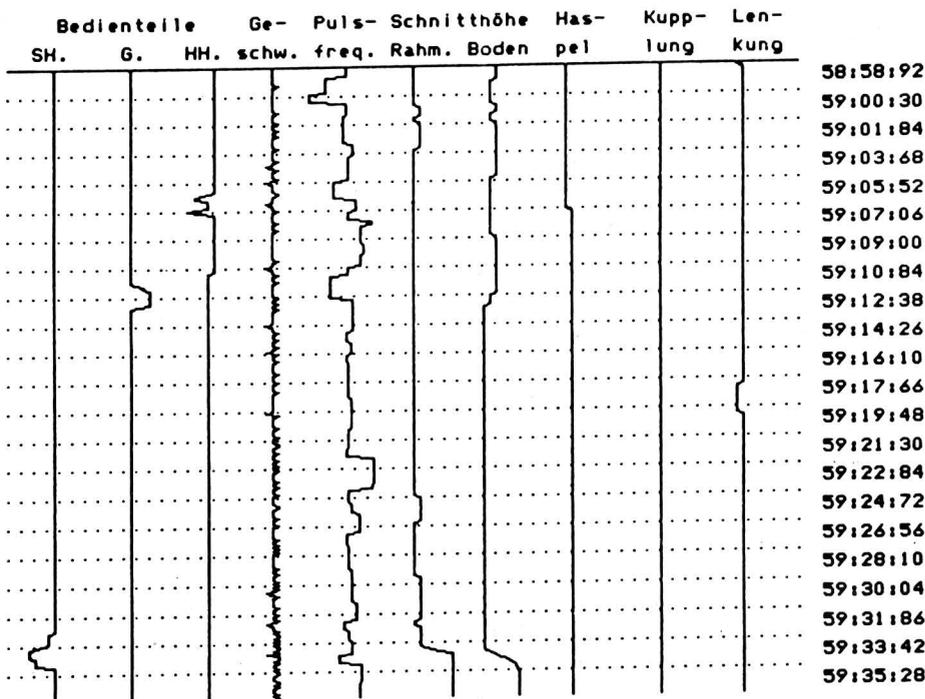


Bild 8. Beispiel für den Ausdruck von Meßwerten.

Bei Langzeitaufnahmen unter relativ gleichförmigen Arbeitsbedingungen kann man sich die intensive kontinuierliche Bildauswertung zunächst ersparen und anhand eines Ausdruckes leicht überprüfen, ob und zu welchen Zeitpunkten besondere Veränderungen bzw. Ereignisse aufgetreten sind. Mit Hilfe der Zeitmarke kann dann die entsprechende Bildsequenz angesteuert und einer genaueren Situationsanalyse unterzogen werden. Stehen die Verhaltensweisen der Bedienperson im Vordergrund, wird man umgekehrt zunächst aus den Bildaufzeichnungen markante Abschnitte selektieren, um dann gezielt an die Aufbereitung des Datenmaterials zu gehen.

5. Erste Ergebnisse

In Bild 9 sind die Ergebnisse einer typischen Bildauswertung und einer reinen Datenauswertung nebeneinander in Form eines Säulendiagramms dargestellt. Balken A steht für Mähen von stehendem Getreide, während B für Mäharbeit in Lagergetreide steht. Das linke Säulenpaar gibt die Verweilzeiten der rechten Hand des Fahrers auf den drei Hydraulikhebeln zur Einstellung von Schnitt-

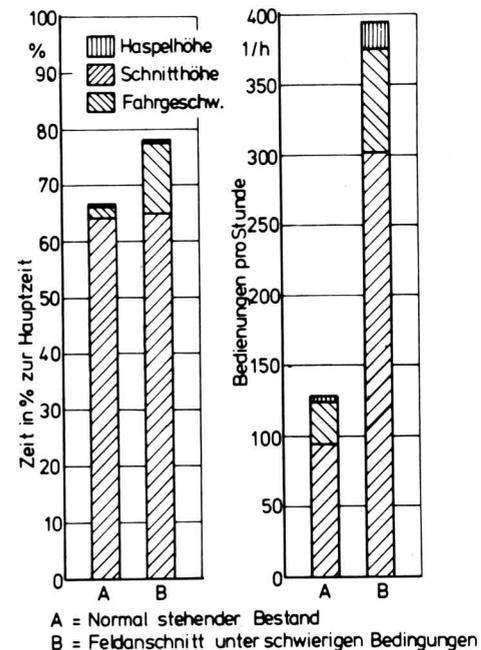


Bild 9. Zeitanteile (bezogen auf die Hauptzeit) für die Verweilzeiten der rechten Hand des Fahrers auf den Bedienhebeln zur Einstellung von Schnitthöhe, Fahrgeschwindigkeit und Haspelhöhe (links) und Häufigkeit der Betätigung der Bedienhebel (rechts).

A normal stehender Bestand
B schwierige Bedingungen; Lagergetreide

In Bild 10 sind Zugriffszeiten und Bedienzeiten von drei Hauptbedienoperationen aufgetragen. Die Zugriffszeiten verringern sich unter schwierigeren Bedingungen, was auf einen erhöhten Aktivierungsgrad des Fahrers schließen läßt. Die kurzen Zugriffs- und Bedienzeiten bei der Haspelhöhenverstellung können in Übereinstimmung mit den Meßdaten auf ein kurzes Antippen des Hebels zurückgeführt werden. Die Bedienzeiten bei der Schnitthöhenverstellung beanspruchen die längste Zeit. Hauptursache hierfür dürfte die konstruktiv vorgegebene rel. träge Kinematik der Schneidwerkverstellung sein, die eine Momentan-Feineinstellung erschwert.

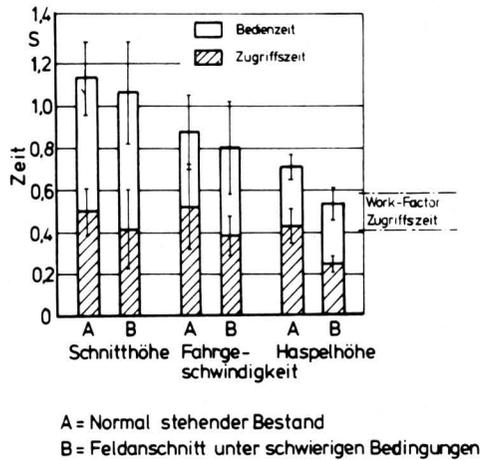


Bild 10. Zugriffszeit und Bedienzeit zur Einstellung von Schnitthöhe, Fahrtgeschwindigkeit und Haspelhöhe unter verschiedenen Bedingungen.

A normal stehender Bestand
 B schwierige Bedingungen; Lagergetreide

6. Abschätzung der informativen Belastung mit Hilfe der Informationstheorie

Die Kapazität des Rechners erlaubt nicht nur die Berechnung von Häufigkeitsverteilungen mit ihren statistischen Größen für einzelne Meßwerte, sie kann auch zur Verrechnung bei komplexen Aufgaben mit informationstheoretischem Hintergrund eingesetzt werden. Sind n Alternativen eines Ereignisses mit einer jeweiligen Wahrscheinlichkeit p möglich, so errechnet sich der mittlere Informationsgehalt H dieses Ereignisses, auch Entropie genannt, bekanntlich zu [36]:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Betrachtet man den Menschen als Informationskanal, der gleichzeitig Sender und Empfänger von Informationen sein kann, so lassen sich die in Bild 11 dargestellten verschiedenen Informationsarten definieren [37].

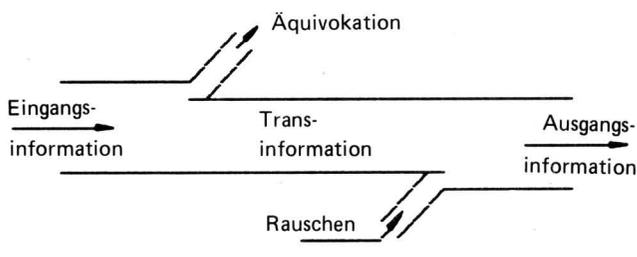


Bild 11. Informationsarten beim Menschen als Informationskanal.

Über die bivariate Informationsanalyse [38, 39, 40] können diese einzelnen Informationsarten bestimmt werden, indem allen auftretenden Signalen die festgestellten Reaktionsmuster in einer Signal-Reaktions-Matrix zugeordnet werden, Bild 12. Die einzelnen Informationsbeträge werden nach folgenden Gleichungen errechnet:

		VORGABESIGNALE																Kein Signal	Zeilen summe	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
R	Haspel ↓	1	5	1															6	
E	Haspel ↑	2		7															7	
A	Schneid. ↓	3			9													1	10	
K	Schneid. ↑	4				7												1	8	
T	Geschw. ↓	5					9												9	
J	Geschw. ↑	6						6											6	
D	Anhalten	7							3										3	
N	Anfahren	8								2									2	
E	Schalten ↓	9									1								1	
N	Schalten ↑	10																	0	
	Schalten RW	11										1							1	
	Schalten W	12											1						1	
	Hasp. Geschw. ↓	13												1					1	
	Hasp. Geschw. ↑	14													1				1	
	Lenken+	15														2		1	3	
	Lenken-	16															2	2	4	
	Keine Reaktion							1	1					6			1		9	
	Spaltensumme		5	8	9	7	10	7	3	2	1	0	1	1	7	1	2	3	5	72

Bild 12. Signal-Reaktions-Matrix für das Mähdreschen.

Eingangsinformation $H(x) = - \sum_{x=1}^n p(x) \log_2 p(x)$

Äquivokation $H_y(x) = - \sum_{y=1}^n p(y) \sum_{x=1}^n p_y(x) \log_2 p_y(x)$

Ausgangsinformation $H(y) = - \sum_{y=1}^n p(y) \log_2 p(y)$

Rauschen $H_x(y) = - \sum_{x=1}^m p(x) \sum_{y=1}^n p_x(y) \log_2 p_x(y)$

Gesamtinformation $H(x,y) = - \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n p(x,y) \log_2 p(x,y)$

Hierin sind die Wahrscheinlichkeiten p mit den Summen N aus der Signal-Reaktions-Matrix (Bild 12) zu bestimmen:

$$\begin{aligned}
 p(x) &= N_x / N & \text{mit } N_x & \text{ Spaltensummen} \\
 p(y) &= N_y / N & N_y & \text{ Zeilensummen} \\
 p_y(x) &= N_{xy} / N_y & N_{xy} & \text{ Feldsummen} \\
 p_x(y) &= N_{xy} / N_x & N & \text{ Gesamtsumme} \\
 p(x,y) &= N_{xy} / N
 \end{aligned}$$

Die korrekt übertragene Information kann hieraus wie folgt errechnet werden:

$$\begin{aligned}
 \text{Transinformation } H_t &= H(x) - H_y(x) \\
 &= H(y) - H_x(y) \\
 &= H(x) + H(y) - H(x,y)
 \end{aligned}$$

Hiermit lassen sich Informationsverarbeitungsleistungen bestimmen, woraus wiederum Rückschlüsse auf die informative Belastung der Bedienperson gezogen werden können. Auf diese Weise sind für das Arbeiten mit dem Mähdrescher in Lagergetreide die in Tafel 2 angegebenen Werte für den maximalen Informationsfluß errechnet worden:

Informationsart	Informationsfluß		
	bit pro Signal	bit pro Sekunde mittel	max.
Eingangsinformation	3,65	1,17	7,93
Ausgangsinformation	3,60	1,16	7,82
Äquivokation	0,46	0,14	1,00
Rauschen	0,41	0,13	0,89
Transinformation	3,19	1,03	6,93
Gesamtinformation	4,06	1,30	8,82

Tafel 2. Informationsfluß beim Mähdreschen von Lagergetreide.

Diese Werte sind nicht als absolut anzusehen, weil die Gesamtheit aller Informationsflüsse nicht zu erfassen ist, sondern anhand von Bedienungsroutinen abgeschätzt wird. Ihre Bedeutung liegt darin, als Vergleichsparameter verwendet werden zu können, wenn z.B. unter gleichen Bedingungen die Auslegung der Bedienelemente geändert wird.

7. Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit dem vorgestellten Verfahren ein geeignetes Instrumentarium zur experimentellen Untersuchung zahlreicher praxisnaher Fragestellungen auf dem Gebiet der Systemergonomie erstellt werden konnte. Die synoptische Ton-, Bild- und Meßwertübergabe bietet nicht nur bei Arbeitsplatzuntersuchungen, sondern darüber hinaus im Bereich Unfallschutz und Sicherheitstechnik alle Möglichkeiten für eine systemkonforme Auswertung. Aufgrund der aufgezeigten Leistungsmerkmale und der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten glauben wir für die Entwicklungsabteilungen der Industrie wie auch für den Forschungssektor ein Hilfsmittel entwickelt zu haben, das zur nachhaltigen Lösung von Gestaltungsproblemen bei der Konzipierung neuzeitlicher Arbeitsplätze erfolgversprechend eingesetzt werden kann.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] Schön, H.: Merkmale der Arbeit in der Landwirtschaft. Landbauforschung Völknerode, Sh. 52 (1980) S. 1/18.
- [2] Eimer, M.: Neue Regelungseinrichtungen für die Landwirtschaft. Landtechnik Bd. 30 (1975) Nr. 5, S. 236/37.
- [3] Eimer, M.: Untersuchungen zur Durchsatzregelung am Mähdrescher. Habil.-Schrift Univ. Göttingen, 1973.
- [4] Graeber, E.: Automatisierung am Mähdrescher. Landtechnik Bd. 30 (1975) Nr. 6, S. 265/72.
- [5] Huisman, W.: Optimum cereal combine harvester operation by means of automatic machine and threshing speed control. Diss. Landbouwhogeschool Wageningen (Niederl.) 1983.
- [6] Wischhof, H.-J.: Technische Regelwerke und deren Einfluß auf die Entwicklung von Ackerschleppern. Landtechnik Bd. 32 (1977) Nr. 4, S. 162/63.
- [7] Artmann, R.: Zum Einsatz von Elektronik und Mikrocomputer in der landwirtschaftlichen Produktionstechnik. Landtechnik Bd. 37 (1982) Nr. 9, S. 245/48.
- [8] Jahns, G.: Gesichtspunkte der Informationsverarbeitung bei der Gestaltung von Fahrerinnen. Grundl. Landtechnik Bd. 26 (1976) Nr. 2, S. 64/69.
- [9] Mertens, K.-H., E. Bergmann u. C. Kipp: Zum Stand der Entwicklung von Fahrerinformationssystemen bei Ackerschleppern. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 4, S. 163/69.
- [10] Paul, W. u. H. Speckmann: Überblick über grundsätzliche Möglichkeiten von Mikroelektronik-Sensoren in der Landtechnik. Grundl. Landtechnik Bd. 33 (1983) Nr. 5, S. 153/59.
- [11] Romes, R.: Elektronik und Sensoren für Landmaschinen. Kurzfassung zur VDI-Tagung Landtechnik in Braunschweig, 1983.
- [12] Schimmel, J. u. H. Hulla: Einsatzoptimierung von Ackerschleppern durch elektronische Fahrerinformation. Grundl. Landtechnik Bd. 33 (1983) Nr. 1, S. 5/10.
- [13] Thomas, C.: Berührungslos arbeitende Abstandssensoren in der Landtechnik. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 3, S. 125/32.
- [14] • Dupuis, H.: Ergonomische Gestaltung von Schleppern und landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1981.
- [15] Dupuis, H.: Ergonomische Anforderungen in die Praxis umgesetzt. Landtechnik Bd. 39 (1984) Nr. 7/8, S. 337/78.
- [16] Kauf, W. u. H. Weigelt: Die gefederte Traktorkabine – verbesserter Schwingungsschutz und Fahrkomfort. Landtechnik Bd. 35 (1980) Nr. 8/9, S. 396/401.
- [17] Schrottmaier, J.: Ergonomic aspects of tractor cabs and tractor driving. Vortrag 6th Intern. Joint Ergonomic Symp. Mainz, 1981.
- [18] Bottoms, D.J.: The tractor drivers control task. Ergonomics Bd. 25 (1982) Nr. 1, S. 31/39.
- [19] Magnus, L.: Betrachtungen zum Regelkreis Fahrer–Schlepper. Landtechnik Bd. 32 (1977) Nr. 4, S. 154/56.
- [20] Solf, J.: Beurteilung von Stellteilen unter Berücksichtigung ergonomischer Kenntnisse. REFA-Nachrichten Bd. 30 (1977) S. 27/35.
- [21] Stayner, M. u. D.J. Bottoms: Measurement of the response of tractor steering systems. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 4, S. 176/79.
- [22] Zander, J.: Ergonomics in machine design (A case study of self-propelled combine harvester). Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 72-6 (1972).
- [23] Luczak, H.: Untersuchungen informatorischer Belastung und Beanspruchung des Menschen. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 10, Nr. 2, Düsseldorf: VDI-Verlag 1975.
- [24] • Rohmert, W.: Ergonomie der kombinierten Belastungen. Köln: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., 1982.
- [25] • Schmidtke, H.: Ergonomie 1. Grundlagen menschlicher Arbeit und Leistung. München: Hanser 1973.
- [26] • Schmidtke, H.: Ergonomie 2. Gestaltung von Arbeitsplatz und Umwelt. München: Hanser 1973.
- [27] • Schmidtke, H.: Lehrbuch der Ergonomie. München, Wien: Hanser 1981.
- [28] Hagerer, P. u. H. Köbsell: Analyse des Bedienverhaltens mit Hilfe von Video-Aufzeichnungen. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch Bd. 60 (1983) Nr. 5, S. 595/99.
- [29] Hagerer, P.: Entwicklung eines videomeßtechnischen Verfahrens für Analysen der informatorischen Belastung. Diss. Univ. Göttingen, 1985.
- [30] Köbsell, H. u. P. Hagerer: Erste Untersuchungen über den Systemkomplex der Informationsverarbeitung beim Mähdrusch. Vortrag 7th Joint Intern. Symp. on Ergonomics in Agriculture and Forestry, Budapest, 1983.
- [31] Meier, H.: Kanal- und Zeitanzeige auf dem Bildschirm. Funkschau Bd. 16 (1975) S. 37/83.
- [32] • Rudolf, W.: Zeichengeneratoren für Fernsehsysteme. München, Wien: Oldenbourg 1983.

- [33] ● *Lechenauer, G.* (Hrsg.): Video machen. Technische Grundlagen, Geräte, Arbeitspraxis, Erfahrungsberichte. (rororo Sachbuch 7182) Hamburg: Rowohlt 1979.
- [34] ● *Manz, F.*: Videorecorder-Technik. Grundlagen, Schaltungstechnik und Service. Würzburg: Vogel 1979.
- [35] ● *Westendorf, T.*: Video-Grundlagen. Einführung in die Fernsehtechnik. Elrad (1984) Nr. 10, S. 32/34.
- [36] ● *Shannon, C.E. u. W. Weaver*: The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press 1964.
- [37] ● *Sheridan, B. u. W.R. Ferrell*: Man-machine systems. Information, control, and decision models of human performance. Cambridge, Mass. London: The MIT Press 1974.
- [38] *Garner, W.R. u. H.W. Hake*: The amount of information in absolute judgements. Psychol. Review Bd. 38 (1951) S. 446/49.
- [39] *Marko, H.*: Die Theorie der bidirektionalen Kommunikation und ihre Anwendung auf die Nachrichtenübermittlung zwischen Menschen. Kybernetik Bd. 3 (1976) Nr. 3, S. 128/36.
- [40] *Stier, F.*: Untersuchungen über den Informationsgehalt sensomotorischer Tätigkeiten. Habil.-Schrift TH Darmstadt, 1968.

Bücher, die Sie interessieren könnten

Hans Jürgen Matthies

Einführung in die Ölhydraulik

Teubner Studienbücher: Maschinenbau

Stuttgart: Verlag Teubner 1984

ISBN 3-519-06318-2

Kart., 259 S., 267 Abb., DM 32,—.

Die Ölhydraulik hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine sehr lebhaft entwickelte Erfahrung. Das hat dazu geführt, daß sich ihrer Anwendung ständig neue Bereiche eröffnen, was wiederum zu einer neuerlichen vielseitigen Weiterentwicklung, insbesondere auf dem Gebiet elektrohydraulischer Steuerungen Anlaß gab.

Vor allem der Bereich der mobil eingesetzten Arbeitsmaschinen und unter ihnen besonders auch die Landmaschinen und Acker-schlepper ziehen Nutzen aus den neuen gestalterischen Möglichkeiten, die dem Konstrukteur durch den Einsatz der Ölhydraulik zur Verfügung stehen. So entfallen heute schon 11 % der Herstellungskosten eines Allrad-schleppers der mittleren Leistungsklasse auf die Hydraulik und mit dem zu erwartenden weiteren Vordringen der Regelungstechnik durch Nutzung der Möglichkeiten der Mikroelektronik wird die Bedeutung der hydraulischen Leistungsübertragung in der Agrartechnik weiter zunehmen.

Mit dem Buch "Einführung in die Ölhydraulik" will der Verfasser — seit 1958 Ordinarius für Landmaschinen an der TU Braunschweig — dem Maschinenbaustudenten, aber auch dem bereits in der Praxis tätigen Ingenieur wirksam helfen, sich die notwendigen Grundkenntnisse auf diesem Gebiete anzueignen, um darauf aufbauend hydraulische Geräte für den eigenen Bereich beurteilen und selbst entwickeln zu können.

In 9 systematisch und übersichtlich gegliederten Hauptkapiteln:

- Einführung
- Grundlagen für Entwicklung und Betrieb ölhydraulischer Antriebe
- Energiewandler für stetige Bewegung
- Energiewandler für absätzig Bewegung
- Elemente und Geräte zur Energiesteuerung und -regelung
- Elemente und Geräte zur Energieübertragung
- Steuerung und Regelung hydrostatischer Antriebe
- Planung und Betrieb hydrostatischer Anlagen
- Anwendungsbeispiele

wird der Leser vom Autor mit der Erfahrung einer mehr als 13jährigen Vorlesungspraxis auf diesem Gebiet in alle Bereiche der Hydraulik eingeführt. Eine wirksame Hilfe sind dabei die guten bildlichen Darstellungen, die zu den einzelnen Geräten jeweils auch die symbolische Darstellung über Schaltzeichen wiedergeben und damit deren Verständnis und Gebrauch nachhaltig einüben.

Karl Theodor Renius

Traktoren

Technik und ihre Anwendung

Verlagsunion Agrar 1985: BLV-Verlag München, DLG-Verlag

Frankfurt/M., Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Österr.

Agrarverlag Wien, Grafino-Verlag Bern.

Mit einem Geleitwort von Josef Ertl

ISBN 3-405-13146-4

fest gebunden, reich illustriert, 191 S., DM 38,—.

Obwohl der Schlepper die Schlüsselmaschine in der landwirtschaftlichen Arbeitserledigung ist und etwa die Hälfte der westdeutschen landwirtschaftlichen Maschineninvestitionen ausmacht, die Bundesrepublik Deutschland aber auch nach USA und Japan zu den bedeutendsten Schlepperexporteuren zählt, sind zusammenfassende Darstellungen der Schleppertechnik selten geblieben. Das gilt für die anwenderorientierte Darstellung, insbesondere aber für die detaillierte Darstellung der Schleppertechnik aus der Sicht des Schlepperbaus.

Das nun vorliegende Buch "Traktoren" stößt somit in eine Lücke, die durch die schnelle Weiterentwicklung der Schleppertechnik nach dem letzten Erscheinen von Schillings grundlegendem Buch über Ackerschlepper zunehmend spürbar wurde.

Der Autor, nach langjähriger Tätigkeit im Schlepperbau nun Ordinarius für Landmaschinen an der TU München, gliedert das Buch in die Hauptkapitel:

- Bedeutung, Historie, Bauarten und Wirtschaftlichkeit des Traktors
- Traktormechanik beim Einsatz
- Fahrwerk
- Dieselmotoren
- Traktorgetriebe
- Mensch — Maschine — Umwelt
- Traktorhydraulik und Geräteanbau.

Innerhalb der Kapitel wird der Stoff in weitergehender systematischer Gliederung durch Gegenüberstellung von Text (jeweils linke Seite) und Bildern bzw. Tafeln (rechte Seite) übersichtlich und gut lesbar dargestellt. Entsprechend dem Untertitel "Technik und ihre Anwendung" wird auf dem beschränkten Raum eine Fülle von Informationen über historische Entwicklung, Stand und Entwicklungstendenzen der Schleppertechnik geboten, wobei die Verbindung zu den Anforderungen des Anwenders in der Praxis nie außer acht gelassen wird.

Im Rahmen der Reihe Wissen für die Praxis ist damit ein Buch entstanden, das allen in der Landtechnik tätigen Fachleuten, den technisch interessierten Landwirten und den Studierenden des Agrarbereiches eine Hilfe ist. Auch dem angehenden Landmaschinenkonstrukteur wird das Buch von Nutzen sein, bietet es doch im Schrifttumverzeichnis mit 257 ausgewählten Quellen die Möglichkeit zu einer gezielten weiteren fachlichen Vertiefung.