

Ähnliche Beobachtungen ergaben sich auch für andere Schlepper mit verschiedenen leistungsbezogenen Gewichten. Aufgrund von Meßergebnissen und Rechnungen wurde daher in Bild 6 eine zweite Zone für minimalen Zeit- und Energieaufwand angegeben.

Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, weist der Pflugwiderstand bei etwa 18 % Feuchtegehalt ein Minimum auf, während die Scherfestigkeit des Bodens mit Erhöhung des Feuchtegehaltes ständig abnimmt. Das bedeutet, daß die Zugfähigkeit des Schleppers bei trockenem Bodenzustand am größten ist, Bild 9. Wenn man jetzt das System "Schlepper-Arbeitsgerät" betrachtet, ergibt sich das energetische Optimum bei Feuchtegehalten des Bodens von 11 bis 13 %. Bei diesem Feuchtegehalt kann jedoch hinsichtlich des Bearbeitungserfolges nicht das Optimum erreicht werden und, wenn Nachbearbeitung notwendig ist, muß noch zusätzliche Energie aufgewandt werden. Unter Berücksichtigung des Bodenbearbeitungserfolges findet sich ein Gesamtoptimum bei Feuchtegehalten des Bodens von 13–15 %.

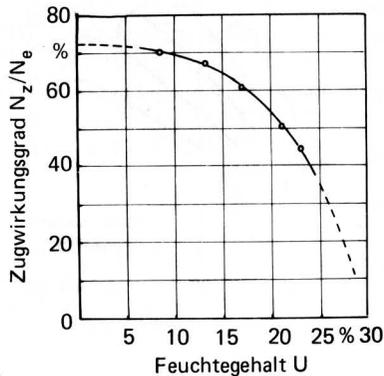


Bild 9. Zugwirkungsgrad eines großen Allrad-Schleppers in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Bodens; Getreidestoppel.

## 6. Schlußfolgerungen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten theoretischen und experimentellen Untersuchungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die rationelle und produktionsorientierte Bodenbearbeitung ist aus energetischer Hinsicht von großer Bedeutung.
2. Der Feuchtegehalt des Bodens hat einen wesentlichen Einfluß auf den Bearbeitungserfolg und Energiebedarf. Das Gesamtoptimum ergibt sich bei 13–15 % Feuchtegehalt.
3. Die Fahrgeschwindigkeit beeinflusst den Bearbeitungserfolg und den Energiebedarf verschiedenartig: eine Saatbettkombination soll mit einer Geschwindigkeit bis 10–11 km/h gefahren werden, während die Mehrheit der Bodenbearbeitungsgeräte bei 7–8 km/h optimal arbeitet.
4. Bei der Geräteauswahl sollte sowohl die Grundbearbeitung als auch die Nachbearbeitung in energetischer und ackerbaulicher Hinsicht in die Betrachtung einbezogen werden.
5. Zur Abstimmung von Schlepper und Gerät ist es zweckmäßig, die Zugkraftcharakteristik des Schleppers zugrunde zu legen.
6. Die optimale Fahrgeschwindigkeit kann auf den maximalen Zugwirkungsgrad oder auf den minimalen Zeit- und Energieaufwand (Verbrauch) bezogen werden. Die erste Beziehung ist mehr von theoretischer Bedeutung (Boden-Fahrzeug-Wechselwirkung), während die zweite für die Praxis ausschlaggebend ist.
7. Die optimale Fahrgeschwindigkeit für minimalen Zeit- und Energieaufwand ist immer kleiner als die für den maximalen Zugwirkungsgrad; beide sind eine Funktion des leistungsbezogenen Gewichtes. Der Einfluß der Bereifung und des Bodenzustandes auf die optimale Fahrgeschwindigkeit ist relativ gering.

## Schrifttum

- [ 1 ] *Sitkei, G.:* Gesetzmäßigkeiten der Schollenzerkleinerung bei der Saatbettvorbereitung. Vortrag bei der Internationalen Tagung Landtechnik, Braunschweig 7.–9. Nov. 1979.
- [ 2 ] *Sitkei, G.:* Allgemeine Zusammenhänge zwischen der Leistung, dem Gewicht und den optimalen Betriebsparametern von Schleppern. *Grundl. Landtechnik* Bd. 28 (1978) Nr. 5, S. 189/91.
- [ 3 ] *Stroppel, A. u. W. Schäfer:* Arbeitszeit- und Energiebedarf beim Pflügen in Abhängigkeit vom Getriebeangriff, der Arbeitsbreite des Pfluges und der Schleppermasse. *Grundl. Landtechnik* Bd. 31 (1981) Nr. 5, S. 165/71.

# Verfahrenstechnische und ökonomische Auswirkungen von Arbeitsunfällen in landwirtschaftlichen Betrieben

Von Theo Bischoff und Jürgen Frisch,  
Stuttgart-Hohenheim\*)

DK 631.1

Die Autoren danken der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft Württemberg und den Betriebsleitern für ihre Mitarbeit.

\*) Prof. Dr. Th. Bischoff ist Inhaber des Lehrstuhls für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Dipl.-Ing. agr. J. Frisch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in diesem Fachgebiet.

Arbeitsunfälle mit bleibenden Minderungen der Erwerbsfähigkeit des Leiters eines landwirtschaftlichen Betriebes verursachen in der Regel Einschnitte in die betriebliche Entwicklung. Es wird gezeigt, welche Maßnahmen zwei landwirtschaftliche Betriebe ergriffen haben, um die verringerte Arbeitsfähigkeit zu kompensieren. Die ökonomischen Folgen der Veränderungen sind beträchtlich. Es erscheint angebracht, die Anpassungsmöglichkeiten in Betrieben behinderter Landwirte im Rahmen der Rehabilitationsberatung systematisch zu prüfen.

## 1. Einleitung

Von 208 000 im Jahre 1979 in der Bundesrepublik Deutschland angezeigten Arbeitsunfällen, hatten mehr als 14 000 eine teilweise Erwerbsunfähigkeit zur Folge [1]. Für Rentenzahlung, Heilbehandlung und Unfallverhütung wurden 1979 von der landwirtschaftlichen Unfallversicherung 0,83 Milliarden DM aufgewendet [1]. Der Vergleich der Unfallhäufigkeiten in der Landwirtschaft und allen übrigen Wirtschaftsbereichen zeigt – auf die Anzahl der Arbeitskräfte bezogen – in der Landwirtschaft um 25 % höhere Unfallzahlen und ein doppelt so häufiges Auftreten schwerer Arbeitsunfälle. Als Ursache hierfür wird insbesondere der täglich mehrmalige Wechsel der Arbeitsaufgaben und Arbeitsplätze genannt [2].

Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit den betrieblichen Auswirkungen von Arbeitsunfällen mit dauernder Minderung der Erwerbsfähigkeit des Betriebsleiters oder eines Familienangehörigen. Im Gegensatz zur Unfallverhütung und den unmittelbaren Kosten ist dieses Folgeproblem bisher wenig bearbeitet worden. *Basse* [3] ermittelte die Kosten, die dem landwirtschaftlichen Betrieb durch einen Arbeitsunfall entstehen. Dieser Betrag kann das Siebenfache der Ausgaben der Unfallversicherung erreichen. *Ritter* [4] und *Spiess* [5] haben in Österreich ein Kostenverhältnis von 2,5 errechnet. Danach entstehen die Aufwendungen insbesondere durch die Änderung der Betriebsform, gefolgt von Kosten für Ersatzarbeitskräfte und den Sachschäden.

Die genannten Untersuchungen betrachten die finanziellen Folgen für einen sehr kurzen Zeitraum nach Eintritt des Arbeitsunfalls. Es fehlen jedoch Erkenntnisse über die langfristigen Maßnahmen und Folgen in landwirtschaftlichen Betrieben nach einer Minderung der Erwerbsfähigkeit. Veränderungen der Arbeitswirtschaft führen meist zu Änderungen der Betriebsorganisation und/oder zum Einsatz von technischen Hilfsmitteln, etwa spezieller Rehabilitationsmittel oder anderer geeigneter Produktionsmittel. Im Hinblick auf den hohen Stellenwert, den der Beruf im Leben von Behinderter einnimmt [6], sind bessere Kenntnisse über die langfristigen Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten in Betrieben behinderter Landwirte sowohl für den Betroffenen als auch für die Beratung erwünscht.

## 2. Aufgabenstellung

In dieser Untersuchung soll anhand von Fallstudien festgestellt werden, welche verfahrenstechnischen Veränderungen des Betriebes von Betriebsleitern, die eine dauernde Minderung der Erwerbsfähigkeit erlitten haben, vorgenommen werden und welche ökonomischen Konsequenzen sich hieraus und damit indirekt aus dem Arbeitsunfall ergeben.

Damit sollen Kenntnisse über die betrieblichen Probleme nach schweren Arbeitsunfällen, die konkret ergriffenen Maßnahmen und die dabei entstehenden Nachteile gewonnen werden. Möglicherweise ergeben sich daraus Ansätze für eine vertiefte technisch-ökonomische Rehabilitationsberatung.

## 3. Vorgehensweise

### 3.1 Vorstudie

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen eines standardisierten Interviews mit festgelegter Fragenformulierung und -reihenfolge. Dabei dient eine Vorstudie als Test für den Fragebogen und die Wirkung einzelner Fragen sowie der Überprüfung und Vervollständigung der vermuteten Zusammenhänge.

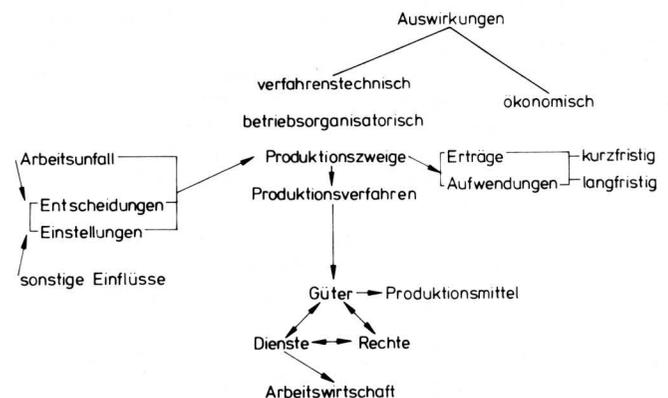
Es wurde die Annahme bestätigt, daß erst im Laufe eines längerfristigen Prozesses vom Betriebsinhaber eine Entscheidung über die berufliche Zukunft getroffen wird und daß sich die hierbei vertretenen Standpunkte in der Betriebsabwicklung widerspiegeln. Die Periode der Arbeitsunfähigkeit wurde durch einen vermehrten Einsatz von Arbeitskräften (Betriebshelfer, Familienangehörige), eine Reduzierung des Produktionsumfanges in der Tierhaltung

und den Anbau arbeitsexensiver Feldfrüchte überbrückt. Nach der Wiederaufnahme der Arbeiten durch den Betriebsleiter wurden arbeitssparende und -erleichternde Produktionsmittel eingesetzt, einige Arbeitsabläufe verändert und Funktionen ausgelagert.

Die Vorstudie zeigte aber auch, daß eine Erhebung der ökonomischen Auswirkungen im Rahmen einer Befragung bei angemessenem Zeitaufwand nicht möglich ist. Dieser Teil muß durch Kalkulationen ersetzt werden.

### 3.2 Ermittlung der Auswirkungen von Körperbehinderungen

Aufbauend auf den Ergebnissen und Erfahrungen der Vorstudie wurde das Untersuchungsmodell erstellt, **Bild 1**. Es gliedert sich in ein Modell der verfahrenstechnischen und betriebsorganisatorischen Auswirkungen und in eine Methode zur Ermittlung der ökonomischen Auswirkungen.



**Bild 1.** Modell der zu untersuchenden Zusammenhänge.

#### 3.2.1 Modell der verfahrenstechnischen Auswirkungen

Das Modell setzt sich aus drei Bereichen zusammen und umfaßt insgesamt zehn Hypothesen. Im Bereich 1 werden die Veränderungen im menschlich-psychologischen Bereich beschrieben, soweit sie den landwirtschaftlichen Betrieb betreffen. Es werden die Einstellungen zum Betrieb überprüft, um damit Informationen zu gewinnen, die zum Verständnis der durchgeführten Veränderungen erforderlich sind.

Da davon ausgegangen werden kann, daß die bleibende Minderung der Erwerbsfähigkeit des Betriebsleiters zur Frage nach seiner beruflichen Zukunft führt, eignet sich dieser Entscheidungsprozeß als Indikator. Der Überprüfung liegt ein Modell des psychologischen Kräftefeldes zugrunde [7], das im wesentlichen in der Beratung angewandt wird. Danach sieht sich der Betriebsleiter vor die Alternative gestellt, entweder sein Unternehmen weiterzuführen oder einen anderen Beruf zu wählen. Die Alternativen üben unterschiedlich starke Anziehungskräfte aus und der Zugang zu ihnen wird durch Barrieren erschwert. Das Modell wird vervollständigt durch Einflüsse aus der Umgebung, vor allem von Seiten der Familie.

Die Auswirkungen des Arbeitsunfalls auf die Verfahrenstechnik und die Betriebsorganisation werden im zweiten Bereich beschrieben. Danach führt die Verringerung der Arbeitsfähigkeit des Betriebsleiters zu einer Veränderung der Betriebsorganisation, zum Einsatz anderer Produktionsmittel und zur Erzeugung anderer Produkte. Außerdem ist mit einer Vernachlässigung von Reparaturen und Sonderarbeiten zu rechnen.

Der letzte Bereich dient der Erklärung und Begründung der vorgenommenen Veränderungen. Die arbeitswirtschaftliche Situation der landwirtschaftlichen Betriebe ist durch die Familienarbeitsverfassung bestimmt. Sie erlaubt eher als andere eine starke Belastung der Arbeitskräfte. Die Mehrzahl der verfahrenstechnischen Verän-

derungen wird in Produktionsabläufen mit hohem Arbeitszeitaufwand vorgenommen und soll es dem Betriebsleiter ermöglichen, einen Teil der Arbeitsaufgaben wieder zu übernehmen.

### 3.2.2 Kalkulation der ökonomischen Auswirkungen

Theoretische Überlegungen führten zu der Berechnung von drei Kennwerten. Kurzfristig führen die unvorhergesehenen verfahrenstechnischen und organisatorischen Anpassungen mit erhöhten Ausgaben und eventuell veränderten Einnahmen zu beträchtlichen finanziellen Belastungen der Betriebe. Mittelfristig maßgebend ist das nach Abschluß der Umstellung erzielte Betriebsergebnis (Familieneinkommen). Aus der langfristigen Berechnung, in die alle Veränderungen vom Zeitpunkt des Arbeitsunfalls bis zur Betriebsübergabe und der sich noch anschließenden betrieblichen Arbeit einbezogen sind, ergibt sich näherungsweise die Summe der ökonomischen Auswirkungen.

Der erste Kennwert wird aus den Differenzen der Einnahmenüberschüsse der alten und der in Umstellung befindlichen Betriebsorganisation errechnet. Die Einnahmen und Ausgaben werden in 3-Monats-Perioden zusammengefaßt und die Unterschiedsbeträge auf den Zeitpunkt des Arbeitsunfalls diskontiert. Das Ergebnis dieser für den Zeitraum der Neuorganisation durchgeführten Kalkulation kennzeichnet die zusätzlichen Anforderungen an die Liquidität der Betriebe.

Der zweite Kennwert wird aus dem Wirtschaftsergebnis nach erfolgter Betriebsumstellung gebildet. Der Betriebserfolg und die Verwertung der nicht entlohnten Familienarbeitskraftstunde werden nach dem bekannten Verfahren ermittelt.

Der dritte Kennwert wird durch Diskontierung der "einmaligen Kosten" und der Verluste durch den "Rückgang des Betriebserfolges" sowie der "Verringerung der Arbeitsfähigkeit nach der Betriebsübergabe" errechnet. Vorausgesetzt wurden eine konstante Minderung der Erwerbsfähigkeit, eine Betriebsübergabe zwischen dem 55. und 70. Lebensjahr, eine Weiterbeschäftigung des Arbeitnehmers bis zur Vollendung des 75. Lebensjahres bei einer um den Anteil der Erwerbsminderung reduzierten Arbeitskapazität von üblicherweise 0,3 AK, eine gleichbleibende Differenz des Betriebserfolges während der Betriebsleitertätigkeit und aufgrund einer Übersicht über die Prognosen der Entwicklung der Landwirtschaft, daß weder der technische Fortschritt noch die Agrarpolitik eine einseitige Wirkung ausüben wird.

Die Kalkulationen erfolgten unter Verwendung standardisierter ökonomischer Daten, die aus den Ergebnissen buchführender Betriebe abgeleitet werden.

## 4. Ergebnisse

Die Erhebung wurde mit Unterstützung der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft Württemberg durchgeführt. Sie konnte drei Betriebe vermitteln, von denen einer in die Vorstudie und zwei in die Hauptuntersuchung einbezogen wurden. Die Ausgangssituation der in den Landkreisen Biberach und Pforzheim liegenden Betriebe ist in **Tafel 1** zusammengefaßt.

Der Arbeitsunfall führte jeweils zunächst zu einem unvorhergesehenen und zeitlich unbestimmten Ausfall der Person, die sowohl ausführende als auch dispositive Arbeiten erledigt. Außer dem Betriebsleiter waren bei Betrieb A die Eltern und bei Betrieb B zwei ältere Arbeitskräfte beschäftigt. In **Tafel 2** sind die Maßnahmen dargestellt, die in den Betrieben ergriffen wurden, um den Verletzten während des vollständigen Ausfalls zu ersetzen. Die Genesungszeit betrug in beiden Fällen drei Monate.

Bemerkenswert ist die Übereinstimmung, die Betriebsorganisation in diesem Zeitraum nicht zu ändern, keine zusätzlichen Produktionsmittel einzusetzen und Familienmitglieder als Arbeitskräfte zu gewinnen.

		Betrieb A	Betrieb B
Landw. genutzte Fläche	ha	43	71
Ackerfläche	ha	18	46
Getreidefläche	ha	9	26
Rapsfläche	ha	—	13
Silomaisfläche	ha	8	7
Kleefläche	ha	1	—
Dauergrünfläche	ha	25	23
Obstfläche	ha	—	2,5
Jung- und Mastvieh	St	53	80
Milchvieh	St	40	30
Arbeitskräfte	AK	2	2,5
Folgen des Arbeitsunfalls		Verlust des linken Unterschenkels	Verlust des rechten Armes
Dauer der Arbeitsunfähigkeit	Monate	3	3
Minderung der Erwerbsfähigkeit	%	40	70
Bemerkungen		Neuaussiedlung, verbunden mit Umstellung der Betriebsorganisation	2 ältere Arbeitskräfte werden in absehbarer Zeit aus dem Betrieb ausscheiden

**Tafel 1.** Betriebssituation zum Zeitpunkt des Arbeitsunfalls.

Betrieb A		Betrieb B	
Maßnahme	Bemerkung	Maßnahme	Bemerkung
Einsatz einer zusätzlichen Familienarbeitskraft, ganztags	Dauer: 3 Monate: AK war aufgrund einer Berufskrankheit ohne Anstellung	Einsatz einer zusätzlichen Familienarbeitskraft, ganztags	Dauer: 1 Monat unmittelbar nach dem Arbeitsunfall Student während Semesterferien
		Betriebshelfereinsatz	Dauer: 2 Wochen Maisernte
		Betriebshelfereinsatz	Dauer: 2 Monate
Kosten Lohn für Familienarbeitskraft 7060 DM		Kosten Lohn für Familienarbeitskraft 2260 DM	

**Tafel 2.** Maßnahmen, die unmittelbar nach Eintritt des Arbeitsunfalls getroffen wurden.

Beide Betriebsleiter waren sich nicht sicher, ob sie ihren Beruf weiterhin ausüben können. Für die Entscheidung, im bisherigen Beruf zu verbleiben, waren ausschlaggebend die Abneigung gegen Büroarbeiten, bei Betrieb A die hohe Schuldenlast und bei Betrieb B die Freude am selbständigen Arbeiten, das größere Erfolgsgefühl und das höhere Ansehen des landwirtschaftlichen Berufes.

Nach dem Ende der Arbeitsunfähigkeit der Betriebsleiter wurden in beiden Fällen Veränderungen durchgeführt. Dies nahm jeweils ungefähr zwei Jahre in Anspruch. Die Maßnahmen und ihre ökonomischen Auswirkungen sind in **Tafel 3** zusammengestellt.

Betrieb B führte die umfassendere Neuorganisation durch. Dies erklärt sich zum einen aus der stärkeren Minderung der Erwerbsfähigkeit, die beispielsweise das Melken nicht mehr ermöglicht, und zum anderen aus einer Unzufriedenheit mit der bisherigen Organisation. Produktionsmittel, deren Anschaffung überwiegend mit

	Betrieb A	Betrieb B
	Betriebsleiter behindert beim Stehen und Bewegen in unebenem Gelände, Verlangsamung der Arbeitsgeschwindigkeit um 15 %	Betriebsleiter kann nur vereinzelt Arbeiten beidhändig verrichten
Arbeitswirtschaft	Familienmitglied + 1 h/d	Auszubildender (vorübergehend), Arbeiten in Kooperation
Betriebsorganisation	keine Veränderung	Veränderung      Produktionsumfang Milchvieh      - 30 St.      0 St. Mastbullen    + 40 St.      120 St. Grünland      - 13 ha      10 ha Ackerfläche    + 15 ha      61 ha Obstbau       - 2,2 ha      0,3 ha
Produktionsmittel	Ergänzung der Melkzeuge, Kraftfutterfütterungsanlage, Erntewagen, Hochsiloverteilergerät, Ackerschlepper	Maishäcksler, Erntewagen <sup>1)</sup> , Fütterungswagen <sup>1)</sup> , Frontlader <sup>1)</sup> Teleskopheuverteiler <sup>1)</sup> , Einbau von Harnrosten, Bau eines Flachsilos.
[2)	- 72600 DM	- 125800 DM
[13)	Veränderung %      Absolutwert DM	Veränderung %      Absolutwert DM
Betriebserfolg <sup>4)</sup>	- 14      45400	- 49      37000
Verwertung der nicht entlohnten AKh	- 11      8,80	+ 59      24,00

1) nur zu 25 % dem Arbeitsunfall anzulasten

2) Veränderung der Betriebseinnahmen und -ausgaben während der Durchführung der wesentlichen Umstellungsmaßnahmen gegenüber der Zeit vor Eintritt des Arbeitsunfalls

3) Betriebsergebnis der neuen Organisation

4) Differenz zwischen Gesamtstandarddeckungsbeitrag und Summe der festen Spezial- und Gemeinkosten einschließlich eventueller Lohnkosten

Tafel 3. Betriebssituation zwei Jahre nach Eintritt des Arbeitsunfalls.

dem Ausscheiden der Arbeitskräfte im Zusammenhang steht, wurden dem Arbeitsunfall nur zu einem bestimmten Prozentsatz angelastet. Der Betriebserfolg (Familieneinkommen) vermindert sich durch diese Maßnahmen um 14 % (Betrieb A) und 49 % (Betrieb B).

Die langfristigen Auswirkungen sind Bild 2 zu entnehmen. Sie sind mit ca. 120000 DM bzw. 450000–500000 DM beträchtlich. Ihnen stehen lediglich Renteneinnahmen von näherungsweise 42000 DM bzw. 91000 DM gegenüber.

## 5. Ausblick

Die Fallstudie führt zu Angaben über die Größenordnung der Auswirkungen von Arbeitsunfällen. Es zeigt sich, daß dabei beträchtliche bisher wenig beachtete wirtschaftliche Nachteile auftreten können. Dieser Sachverhalt sollte eine weitere Verbesserung solcher Berechnungen veranlassen mit dem Ziel, Grundlagen für eine fundierte, den landwirtschaftlichen Betrieb betreffende Rehabilitationsberatung zu schaffen. Es ist geplant, die Erhebung der Daten methodisch zu verbessern und eine umfangreichere Befragung durch Studien zum Betriebs- und Arbeitsablauf zu ergänzen. In einem weiteren Schritt erfolgt die Erfassung und systematische Auswahl behindertengerechter Produktionsmittel und -verfahren, an die sich eine Betriebsoptimierung anschließt mit dem Ziel, die Betriebsform zu finden, die unter Berücksichtigung der Arbeitsfähigkeit des Behinderten und sonstiger Sachverhalte zum geringsten Rückgang des Wirtschaftserfolgs führt. Die im Rahmen dieser Arbeit durchzuführende praktische Planung der Betriebe von Behinderten sollte sowohl zur Entwicklung einer Methode für die Rehabilitationsberatung führen als auch Aufschluß über geeignete Betriebsformen für typische Behinderungen geben.

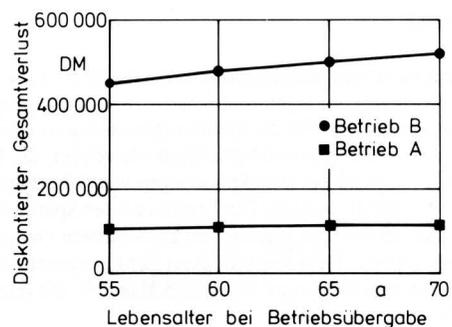


Bild 2. Durch den Arbeitsunfall verursachter betrieblicher Gesamtverlust als Funktion des Lebensalters bei Betriebsübergabe.

## 6. Zusammenfassung

Die den landwirtschaftlichen Betrieb betreffenden Auswirkungen von Arbeitsunfällen werden am Beispiel von zwei Fallstudien dargestellt. In Bezug auf die Verfahrenstechnik ist der Einsatz moderner, bereits in der Praxis erprobter Produktionsmittel festzustellen, die dem Behinderten die Ausführung von Arbeitsaufgaben ermöglichen oder erleichtern und zu einem Rückgang des Arbeitszeitaufwandes führen können. Einige Arbeiten müssen anderen Arbeitskräften übertragen werden, und es kann die Stilllegung von Produktionszweigen erforderlich werden, falls der Betriebsleiter wesentliche Arbeitsvorgänge selbst nicht erledigen kann. Ökonomisch bedeutungsvoll sind die hohen Anforderungen an die Liquidität der Betriebe unmittelbar nach dem Arbeitsunfall und die im Laufe

des Erwerbslebens auftretenden Gesamtverluste während der verbleibenden Arbeits- und Lebenszeit: bis zu einer halben Million DM je Betrieb. Hieraus leiten sich Überlegungen für weiterführende Untersuchungen und Maßnahmen ab.

### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] ● Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1981. Stuttgart und Mainz: Kohlhammer 1981.
- [ 2 ] Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften. Bericht über die Durchführung der Unfallverhütung und die Maßnahmen für die Erste Hilfe in der landwirtschaftlichen Unfallversicherung im Jahre 1967, Kassel 1968.

- [ 3 ] Basse, U.: Kosten des Arbeitsunfalls für den Betrieb. Vortrag Salzburg 1974.
- [ 4 ] Ritter, H.: Einzel- und Gemeinkosten eines Arbeitsunfalls. Methodik der Untersuchung. Sozialversicherungsanstalt der Bauern, Wien/Österreich.
- [ 5 ] Spiess, J.: Einzel- und Gemeinkosten eines Arbeitsunfalls. Untersuchungsergebnis. Sozialversicherungsanstalt der Bauern, Wien/Österreich.
- [ 6 ] ● Boll, W.: Die zeitgerechte berufliche Rehabilitation. In: Rehabilitation als Schlüssel zum Dauerarbeitsplatz. Berlin, Heidelberg und New York: Springer 1979. (Rehabilitation und Prävention 10).
- [ 7 ] Albrecht, H.: Grundlagen und Methoden der Beratung. Vorlesungsmanuskript Univ. Hohenheim, WS 1977/78.

## Druckverteilung unter einem Schüttguthaufen

Von Jiří Šmid, Prag\*)

DK 531.787:531.226:531.233

Die Kenntnis der in Haufwerken von Schüttgütern auftretenden Spannungen ist wichtig für die funktionsgerechte Gestaltung von Förder- und Lagerprozessen. Die Spannungen bestimmen einerseits die Beanspruchung des Einzelkorns innerhalb des Haufwerks und andererseits die vom Haufwerk auf die Umfassungswände ausgeübten Kräfte.

Hier wird über Messungen berichtet, bei denen mit einer Druckmeßzelle die Normal- und Scherspannungen in der Auflagefläche von Schüttguthaufwerken bestimmt wurden.

### 1. Einleitung

Das Ziel unserer Arbeit war die experimentelle Bestimmung des Profils der Normalspannungen und Scherspannungen in der Basis eines Schüttguthaufens. Für die Spannungsmessung wurden Druckmeßzellen auf Dehnungsmeßstreifen-Basis verwendet, die früher beschrieben [1, 2] und bei Druckmessungen von Schüttgütern an Silowänden überprüft wurden. Die Ergebnisse der Spannungsmessungen in Sandhaufen und Haufen von granuliertem Düngemittel NPK-1 bestätigen die Funktionsfähigkeit der Druckmeßzellen für Messungen unter Bedingungen in großem Maßstab, die jetzt vorbereitet werden.

Die Messungen in der Basis von Haufwerken bestätigten auch die berechneten Druckverteilungen in Schüttguthaufen, die auf einem ebenen mathematischen Modell [3] für einen Haufen unendlicher Länge basieren.

### 2. Versuchsapparatur

Der Hauptteil der Versuchsapparatur in Bild 1 ist die quadratische Meßplatte d, auf die das Schüttgut zur Bildung des Haufens c aufgeschüttet wird. Die Meßplatte mit den Abmessungen 2 x 2 m ist aus starren Stahlplatten zusammengesetzt. Die Mitte der Platte ist durch einen durchgehenden starren Träger verstärkt. In diesem ist eine Anzahl von Öffnungen vorhanden, um darin die Meßzellen für

die gleichzeitige Messung der Normal- und Scherspannungen zu installieren. Das in den Versuchen verwendete Schüttgut (Quarzsand und granulierter Dünger NPK-1) wird in den Bunkerzellen a gelagert und fließt von dort durch ein vertikales Rohr b auf das Zentrum der Platte aus. Für die Messung der Höhe des Haufens wurde ein einfaches Gerät verwendet, das aus einem Arm f und einem Ständer mit einer Skala g besteht.

Zwei elektrische Ausgangssignale (für die Normalspannung  $p_r$  und die Scherspannung  $p_t$ ) werden durch Kabel h von der Druckmeßzelle zu einem Trägerfrequenz-Meßverstärker i übertragen. Die Meßanordnung ermöglicht die Messung des Spannungsverlaufs während des Aufschüttens des Haufens. Nach der Verstärkung werden beide Ausgangssignale vom Trägerfrequenz-Meßverstärker durch Kabel j auf einen Kompensations-Linienschreiber k geführt, der als Millivoltmeter arbeitet.

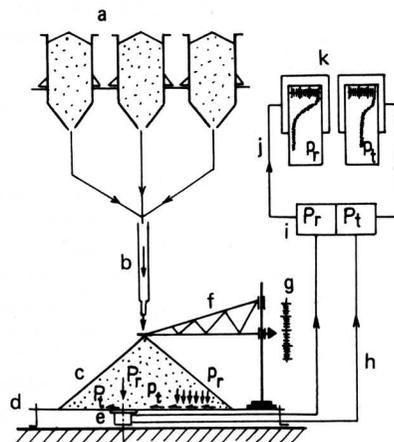


Bild 1. Versuchsaufbau für die Messung der Spannungen in der Basis eines Schüttgut-Haufwerks.

- |                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| a Bunkerzellen    | g Ständer mit Skala             |
| b Vertikalrohr    | h Kabel                         |
| c Haufwerk        | i Trägerfrequenz-Meßverstärker  |
| d Meßplatte       | j Kabel                         |
| e Druckmeßzelle   | k Kompensations-Linienschreiber |
| f Meßarm für Höhe |                                 |

\*) Dr. J. Šmid arbeitet am Institut für theoretische Grundlagen der chemischen Technik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag.