

Entwicklung energetisch günstiger Baugruppen am Beispiel von Fördereinrichtungen mobiler Erntemaschinen

Dr.-Ing. R. Schulze, VEB Kombinat für Gartenbautechnik Berlin

Mit dem vorliegenden Artikel soll auf die Problematik der Lösungsfindung ökonomischer Konstruktionen von Maschinen der Obst- und Gemüseernte hingewiesen werden. Diese Ausführungen können sinngemäß auf stationäre Anlagen übertragen werden. Im Vordergrund stehen dabei die Probleme der Materialökonomie. Am Beispiel der Auslegung von Fördereinrichtungen für Erntemaschinen soll zu Fragen des ökonomischen Energieeinsatzes aus der Sicht des Konstrukteurs Stellung genommen werden.

1. Leistung und Wirkungsgrad einer Fördereinrichtung

1.1. Antriebsleistung

Die zum Antrieb einer Fördereinrichtung benötigte Leistung ist von mehreren Faktoren abhängig. Sie setzt sich zusammen aus Hub- und Beschleunigungsleistung, die verbraucht werden, wenn das Erntegut entsprechend der technischen Aufgabenstellung der Maschine z. B. vom Wuchsraum auf das Transportfahrzeug gefördert wird. Darüber hinaus treten Leistungsverluste (Verlustleistung) auf (Bild 1). Die Antriebsleistung wird bei gezogenen Maschinen über die Zapfwelle zugeführt. Diese Leistung wird als mechanische Leistung (mechanische Kraftübertragungsanlage) oder als hydrostatische Leistung (hydrostatische Kraftübertragungsanlage) zum Förderelement übertragen. Bis zu diesem Element gehen Anteile der zugeführten Leistung infolge von Reibung in Lagerstellen, Führungen und in leistungsübertragenden Bauteilen, wie Getriebe und Kupplungen, verloren. Aber nicht nur an den mechanischen Kraftübertragungsanlagen entstehen Leistungsverluste, sondern auch hydrostatische Übertragungselemente verursachen Leistungsverluste. Die Umwandlung der mechanischen Energie in die hydrostatische Energie eines Ölstroms mit Hilfe einer oder mehrerer Hydraulikpumpen ist reibungsbehaftet und damit verlustbehaftet. Ein Flüssigkeitsstrom in einer Rohrleitung muß einen bestimmten Widerstand überwinden. Eine Vielzahl von Steuerelementen (Ventile u. ä.) sind zur Realisierung der gewünschten Bewegungsabläufe in einen Kreislauf eingebaut. Sie alle bewirken meist eine Verengung des Strömungsquerschnitts. Eine Zunahme des Durchfließwiderstands hat wiederum eine Erhöhung der Leistungsverluste zur Folge. Analog dazu sind die in Ölkreisläufen notwendigen Filter zu betrachten. Wegen der weitgehend gleichen Aussage bezüglich der vorliegenden Thematik wird in der Folge nur eine mechanisch angetriebene Fördereinrichtung betrachtet. Die Wirkung der Reibungsverluste zeigt sich in der bis zur Beharrungstemperatur zunehmenden Erwärmung der Maschinenteile, wie Lager u. ä., bzw. des Hydrauliköls.

Die Wirkung der Reibungsverluste zeigt sich in der bis zur Beharrungstemperatur zunehmenden Erwärmung der Maschinenteile, wie Lager u. ä., bzw. des Hydrauliköls.

Die Wirkung der Reibungsverluste zeigt sich in der bis zur Beharrungstemperatur zunehmenden Erwärmung der Maschinenteile, wie Lager u. ä., bzw. des Hydrauliköls.

Die Wirkung der Reibungsverluste zeigt sich in der bis zur Beharrungstemperatur zunehmenden Erwärmung der Maschinenteile, wie Lager u. ä., bzw. des Hydrauliköls.

1.2. Wirkungsgrad

Als Maß für die Güte einer Leistungsübertragung wird der Wirkungsgrad η definiert. Er ist der Quotient aus nutzbarer und zugeführter Leistung und kann sowohl für jedes leistungsübertragende Element, für jede Baugruppe als auch für die gesamte Fördereinrichtung angegeben werden:

$$\eta = \frac{P_N}{P_Z} = \frac{P_Z - P_V}{P_Z} \quad (1)$$

P_N Nutzleistung in kW
 P_V Verlustleistung in kW
 P_Z zugeführte Leistung in kW.

Als Beispiel soll der mechanische Antrieb eines Höhenförderers (Bild 2) — bestehend aus den Antriebsbaugruppen Gelenkwelle, Zylinderschneckengetriebe, Fördergurt, Laufrollen, auf Laufrollen geführt) — dienen, deren

Wirkungsgrade wie folgt definiert sind:
Wirkungsgrad der Gelenkwellenanordnung

$$\eta_1 = P_2 / P_1 \quad (2)$$

Wirkungsgrad des Zylinderschneckengetriebes

$$\eta_2 = P_3 / P_2 \quad (3)$$

Wirkungsgrad der Förderkette

$$\eta_3 = P_4 / P_3 \quad (4)$$

Der Wirkungsgrad der kompletten mechanischen Fördereinrichtung ist als Produkt der Teilwirkungsgrade der hintereinander angeordneten Baugruppen zu bestimmen:

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = \frac{P_2 P_3 P_4}{P_1 P_2 P_3} = \frac{P_4}{P_1} \quad (5)$$

Das heißt, die Verlustleistung P_V dieser Einrichtung ist die Differenz zwischen zugeführter Leistung P_1 und abgegebener Leistung P_4 ,

$$P_V = P_1 - P_4 \quad (6)$$

Sie ist beim gleichförmigen Betrieb der unbelasteten Fördereinrichtung vom Antrieb aufzubringen und wird als Leerlaufverlustleistung bezeichnet.

Die praktische Ermittlung kann somit durch Messung der zugeführten und abgegebenen Leistung an der betreffenden Baugruppe bei

Tafel 1. Ausgewählte Einflußgrößen auf den Wirkungsgrad einer Baugruppe

konstruktiver Aufbau	Betriebsparameter	Pflege- und Wartungszustand
Elemente mit rollender Reibpaarung gleitender Reibpaarung Drosselstellen im Hydrauliksystem	Verhältnis der Betriebsgröße zur Nenngröße, z. B. Drehmoment, Drehzahl	Verschleißzustand Verschmutzung Verklebung

Bild 2. Schematische Darstellung eines Höhenförderers mit mechanischen Antriebsbaugruppen;
 G Gelenkwelle, L Lager, K Kupplung, Z Zylinderschneckengetriebe, F Fördergurt, R Laufrollen,
 P₁ Leistung an der Kupplung, P₂ Leistung vor dem Getriebe, P₃ Leistung nach dem Getriebe, P₄ nutzbare Leistung zur Förderung

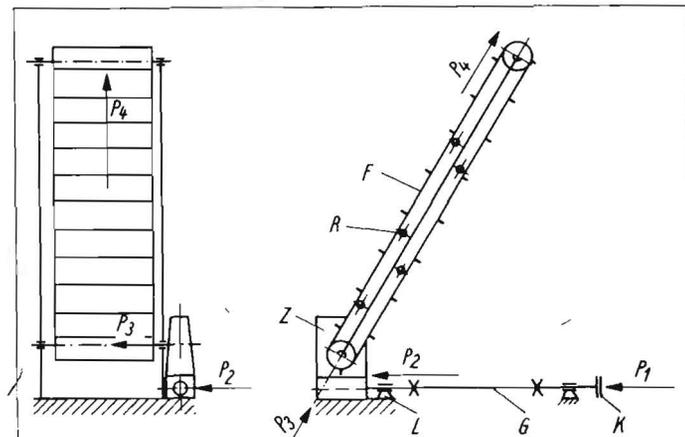
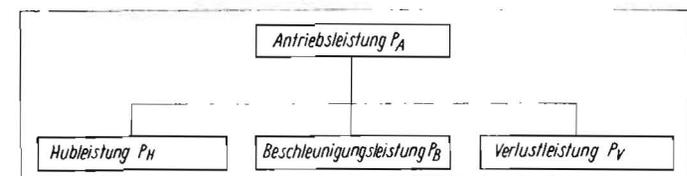


Bild 1. Teilleistungen einer Fördereinrichtung



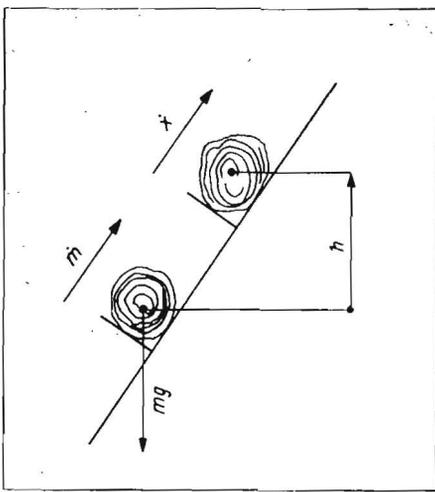


Bild 3. Berechnung der potentiellen Energie eines Erntegutstroms; m Masse, g Erdbeschleunigung, h Förderhöhe, \dot{x} Fördergeschwindigkeit, \dot{m} Erntegutstrom

Einhaltung konstanter Betriebsparameter erfolgen.

Es ist die Frage zu beantworten, ob die Größe dieser Verluste bzw. Wirkungsgrade konstant ist und wie sie positiv zu beeinflussen ist.

1.3. Einflußfaktoren auf den Wirkungsgrad

Aus der Vielzahl der Einflüsse auf den Wirkungsgrad einer Baugruppe sollen die in Tafel I dargestellten besonders betrachtet werden.

Der Konstrukteur legt durch die Auswahl der Baugruppe nach energetischen Gesichtspunkten, d. h. durch Beachtung des konstruktiven Aufbaus und richtige Bestimmung der Betriebsparameter, einen wesentlichen Grundstein für die Ökonomie der Maschine beim Anwender. Die Schwierigkeiten bestehen z. T. darin, daß nicht in jedem Fall vor Beginn einer Konstruktion weitgehende Aussagen über die im Rahmen der kompletten Maschine zu realisierenden Betriebszustände möglich sind. Diese können meist erst im Verlauf einer Erprobung erarbeitet werden.

Ähnliche Ausführungen gelten für die Größen „Pflege und Wartung der Baugruppe“ hinsichtlich ihres Einflusses auf den Wirkungsgrad. Stellen, an denen sich Verschmutzungen häufen oder Erntegut verklemt, sind gleichbedeutend mit einer Zunahme der Reibungswiderstände, d. h. mit einer Erhöhung der Verlustleistung. Es gibt dabei für den konkreten Fall sehr unterschiedliche konstruktive Lösungen. Große Ansammlungen von Schmutz und Erntegut

können durch kratzende oder bürstende Elemente entfernt werden. Das Eindringen von Schmutz, Staub und Wasser in Lagerstellen wird durch Einpressen von Schmiermitteln in die Lager vermieden. Das gilt gleichermaßen für selbstschmierende Gleitlager, bei denen das Schmiermittel solange in das Lager eingepreßt wird, bis es aus dem Lagerspalt heraustritt.

An diesem Beispiel zeigt sich, daß der Konstrukteur die gute Zugänglichkeit aller Schmierstellen beachten muß und der Anwender die Durchführung der vorgeschriebenen Wartungsmaßnahmen hinsichtlich Termin und Qualität zu sichern hat. Ist dieses Zusammenwirken gestört, wird beim Nutzer nicht der erwartete ökonomische Effekt erzielt.

1.4. Hubleistung

Das Anheben eines Körpers mit der Masse m um die Höhe h ist mit einer Zunahme seiner potentiellen Energie E_{pot} in Nm verbunden (Bild 3):

$$E_{pot} = m g h. \quad (7)$$

Berücksichtigt man die konkrete Aufgabenstellung, daß praktisch nicht ein einzelner Körper, sondern ein Erntegutstrom (Massenstrom) bewegt wird, kann mit o. g. Beziehung der zum Heben benötigte Leistungsanteil, die Hubleistung, angegeben werden:

$$P_H = \dot{m} g h_e \cdot 10^{-3}; \quad (8)$$

P_H	Hubleistung in kW
\dot{m}	Massenstrom in kg/s
g	Erdbeschleunigung in m/s^2
h_3	effektive Hubhöhe in m.

Besonders die effektive Hubhöhe ist näher zu betrachten. Aus Bild 4 ist ersichtlich, daß hierbei die konstruktive Lösung zu beachten ist.

Nach Bild 4a ist die effektive Hubhöhe eindeutig bestimmt. Wird das Erntegut jedoch zum Zweck einer schonenden Ablage über eine Rutsche o. ä. (Bild 4b) abgelegt, so wird es zwar effektiv nur vom unteren Punkt A der Annahme bis zum Ablagepunkt C angehoben, durchläuft aber den Gipfelpunkt B der Fördereinrichtung. Die maximale Hubleistung wird somit durch die Höhe h_1 bestimmt. Offensichtlich wird diese Hubleistung größer als notwendig sein. Der Anteil entsprechend

$$P_{H2} = - \dot{m} g h_2 \cdot 10^{-3} \quad (9)$$

wird theoretisch umsonst verbraucht. Das negative Vorzeichen soll angeben, daß die Förderung entgegengesetzt zu h_1 erfolgt. Diese dem Erntegut zuviel erteilte potentielle Energie wird ab dem Gipfelpunkt B in kinetische Energie (Bewegungsenergie) umgewandelt. Die

Geschwindigkeit des Erntegutes nimmt theoretisch um einen Anteil \dot{x}_V zu, d. h. die Geschwindigkeit \dot{x}_C , mit der das Erntegut auf das Transportfahrzeug auftrifft, ist größer als die Fördergeschwindigkeit \dot{x} der Fördereinrichtung in m/s:

$$\dot{x}_C = \dot{x} + \dot{x}_V; \text{ mit } \dot{x}_V = \sqrt{2g h_2} \quad (10)$$

$$\dot{x}_C = \dot{x} + \sqrt{2g h_2}.$$

Da bekanntlich Obst und Gemüse zu den stoßempfindlichsten Gütern gehören, ist unter allen Umständen diese Zunahme der Geschwindigkeit zu vermeiden oder zumindest zu verringern. Bild 4c zeigt eine Ausführung mit einem getrennt angeordneten Ablegeband. Handelt es sich um eine profilierte oder mit Stollen besetzte Fördereinrichtung, kann davon ausgegangen werden, daß die dem Erntegutstrom innewohnende Energie auf die Fördererlemente übertragen wird. Dadurch besteht u. a. die Möglichkeit, die Auftreffgeschwindigkeit \dot{x}_C des Gutstroms zu beeinflussen, insbesondere zu verringern. Einerseits kann zu diesem Zweck durch Einstellung der Neigung des Ablegebands der durch die Reibung aufgebrauchte Leistungsanteil (Verlustleistung P_V) verändert werden, andererseits kann darüber hinaus noch durch das Antriebssystem eine Bremsleistung $-P_A$ entnommen werden.

Die Weiterführung dieser konstruktiven Lösung ist im Bild 4d dargestellt. Durch den abgewinkelten Gurt wird auf dem abfallenden Teil die Energie in jedem Fall zurückgeführt. Die Fördergeschwindigkeit \dot{x} wird in den Punkten A, B und C stets gleich groß sein. Netze o. ä. Vorrichtungen mindern die Auftreffgeschwindigkeit des Erntegutes. Bei Vernachlässigung der Verlustleistung in den Maschinenteilen infolge Reibung wird effektiv nur folgende Hubleistung benötigt:

$$P_H = \dot{m} g (h_1 - h_2) = \dot{m} g h_e \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

1.5. Beschleunigungsleistung

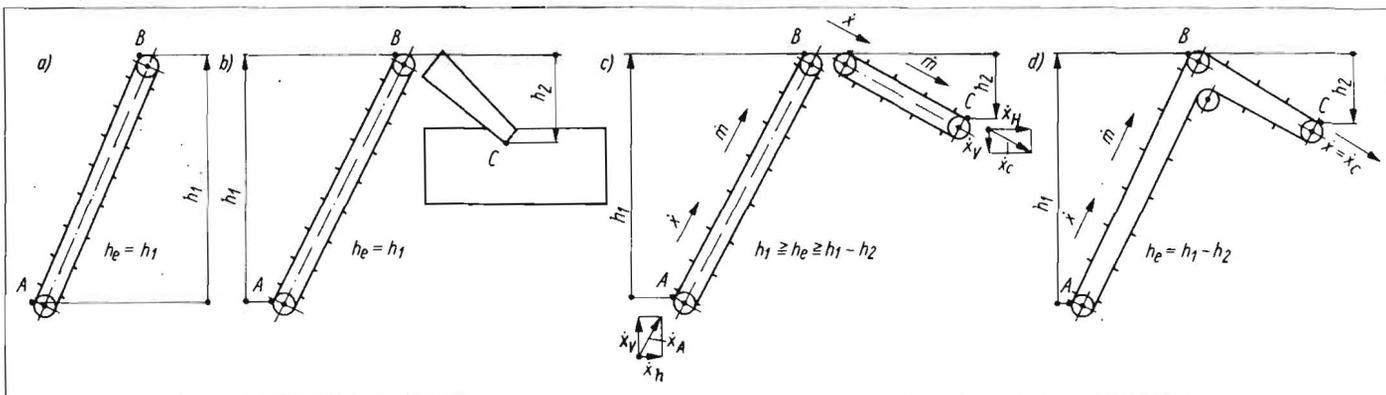
Um einen Gutstrom aus dem Zustand der Ruhe ($\dot{x}_A = 0$) oder der Bewegung ($\dot{x}_A \neq 0$) auf die Geschwindigkeit \dot{x} zu beschleunigen, ist eine Beschleunigungsleistung P_B erforderlich:

$$P_B = \frac{\dot{m}}{2} (\dot{x} - \dot{x}_A)^2 \cdot 10^{-3}. \quad (12)$$

Für den Fall der Verzögerung des Gutstroms gilt sinngemäß $\dot{x}_A > \dot{x}$, d. h. P_B erhält ein negatives Vorzeichen, was bei der Fördereinrichtung nach Bild 4c zu beachten wäre. Die o. g. Teilleistungen ergeben entsprechend Bild 1 die Leistungssumme, die zum Antrieb der Fördereinrichtung aufgewendet werden muß.

Fortsetzung auf Seite 79

Bild 4. Konstruktive Lösungen einer Fördereinrichtung



Was ist beim Umgang mit Hebezeugen zu beachten?

Ing. E. Müller, KDT/Ing. M. Plattner, KDT, Staatliches Amt für Technische Überwachung, Inspektion Karl-Marx-Stadt

1. Einleitung

Die auf dem IX. Parteitag der SED beschlossene Fortsetzung des politischen Kurses der Hauptaufgabe verlangt von den Werktätigen in der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft neue, höhere Anstrengungen. Im Bericht des ZK an den IX. Parteitag stellte Genosse Erich Honecker fest: „Wir haben uns vorgenommen, die landwirtschaftliche Produktion weiter zu intensivieren und Schritt für Schritt zur industriemäßigen Großproduktion pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse in spezialisierten landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften, volkseigenen Gütern und kooperativen Einrichtungen überzugehen. Eine stabile, stetig wachsende landwirtschaftliche Produktion kann auf die Dauer nur auf diesem Wege gewährleistet werden.“

Der steigende Einsatz von Hebezeugen verlangt auch in der Landwirtschaft ein Höchstmaß an Anstrengungen, um eine optimale Ausnutzung der verfügbaren Grundfonds unter Beachtung der Belange des Arbeits- und Havarieschutzes zu erzielen.

Das Wissen über sachgemäße Bedienung, Einsatz und Instandhaltung solcher Geräte ist somit von besonderer Bedeutung.

Mit den folgenden Darlegungen sollen die Leiter bei der Wahrnehmung ihrer Verantwortlichkeit für die Durchsetzung des Arbeits- und Havarieschutzes unterstützt werden.

2. Rechtliche Grundlagen

Für Inbetriebnahme, Betreiben, Bedienen und Instandhalten sind u. a. folgende Rechtsvorschriften verbindlich:

Fortsetzung von Seite 78

1.6. Leistungsgleichgewicht

Zwischen den betrachteten Teilleistungen muß folgende Gleichgewichtsbeziehung gelten:

$$P_A = P_H + P_B + P_V \quad (13)$$

2. Schlußbetrachtungen

Die Güte der konstruktiven Lösung aus energetischer Sicht kann durch den Quotienten

$$\eta_E = \frac{P_H + P_B}{P_A} \quad (14)$$

beschrieben werden. Dieser soll möglichst dem Wert 1 nahekommen. Dieser Wert gibt darüber Auskunft, wie günstig die gestellte Aufgabe, z. B. das Erntegut vom Wuchsraum auf das Transportfahrzeug zu fördern, aus energetischer Sicht gelöst wird.

Einflüsse auf die konkrete Lösung können technologisch vorgegebene Parameter haben, etwa derart, daß bei Förderung auf ein nebenherfahrendes Transportfahrzeug die Fördereinrichtung mit Sicherheit über den Laderaum hinaus fördern muß, was bei der Aufnahme durch einen selbstladenden Anhänger nicht in jedem Fall notwendig wäre.

Die Aussagen zum Energieaufwand für den Abschnitt Erntemaschine und Transportfahrzeug können analog zur Analyse komplexer Produktionsverfahren von der Ernte bis zur Vermarktung genutzt werden. A 1852

— Erste Durchführungsbestimmung vom 25. Okt. 1974 zur Arbeitsschutzverordnung — Überwachungspflichtige Anlagen — (GBl. I Nr. 59, S. 556), im folgenden I. DB zur ASVO genannt

— Anordnung vom 14. Jan. 1975 über Revisionsberechtigte für überwachungspflichtige Anlagen (GBl. I Nr. 8, S. 171)

— ABAO 17/2 vom 3. Jan. 1974 — Allgemeine Bestimmungen für Transport und Lagerung — (GBl. Sonderdr. Nr. 771)

— ASAO 908/1 vom 29. März 1968 — Hebezeuge — (GBl. Sonderdr. Nr. 578)

— ASAO 918 vom 29. März 1968 — Lastaufnahmemittel — (GBl. Sonderdr. Nr. 581)

— ASAO 928 vom 29. März 1968 — Ausbildung und Prüfung von Hebezeugführern und -wärtern — (GBl. Sonderdr. Nr. 580)

— TGL 30350 — Gesundheits- und Arbeitsschutz; Hebezeuge.

3. Begriffsbestimmung

Hebezeuge sind Arbeitsmittel, die zum Heben und Senken von Lasten bestimmt sind, ohne Rücksicht darauf, ob mit ihnen auch andere Transportbewegungen ausgeführt werden können (TGL 30350/01).

Hebezeuge werden entsprechend TGL 30350/02 unterschieden in:

— Hebeanlagen

— Hebeeinrichtungen

— Hebegeräte (Kleinhebezeuge und mobile Hebezeuge).

In der Landwirtschaft werden vorrangig mobile Hebezeuge eingesetzt, die im Zuge des Betriebsgeschehens oder zum Wechsel des Einsatzortes auf Straßen und im Gelände bewegt werden können und sich hierbei durch vielseitige Einsatzmöglichkeiten, besondere Wendigkeit und gute Geländegängigkeit bei relativ großer Umschlagleistung auszeichnen z. B. Mobilkrane T 159, T 172, T 174–16).

4. Inbetriebnahme

Die Verfahrensweise bei der Inbetriebnahme eines Hebezeuges ist im § 8 der I. DB zur ASVO geregelt. In Verbindung mit dem § 7 der ASAO 908/1 gilt: „Hebezeuge, die eine Tragfähigkeit¹⁾ über 100 kg und eine konstruktive Hubhöhe über 1 m aufweisen, ausgenommen solche manuell betriebenen Hebezeuge, die in ihrer Ausführung den DDR-Standards und Fachbereichstandards entsprechen, sind vor ihrer ersten Inbetriebnahme von den zuständigen Organen der TÜ²⁾ freizugeben...“ Hebezeuge, die in größerer Stückzahl in typengleicher Ausführung hergestellt werden, haben meist eine Typzulassung des Staatlichen Amtes für Technische Überwachung. In den erteilten Typzulassungen können Festlegungen über die Befreiung von weiteren Kontrollen und Prüfungen (z. B. Zustimmung zur Inbetriebnahme nach § 8 der I. DB zur ASVO) getroffen werden. Solche Regelungen liegen z. B. für die Mobilkrane T 159, T 170, T 172, T 174–16 u. v. a. vor.

5. Bedienung

Die Bedienung von Hebezeugen ist im § 8 der ASAO 908/1 geregelt: Danach gelten folgende Grundsätze:

Die Bedienung von Hebezeugen darf nur

geeigneten und zuverlässigen Werkstätten übertragen werden, die die hierfür erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten besitzen. Sie sind über die betrieblichen Besonderheiten insbesondere zu folgenden Punkten eingehend zu unterweisen:

— Bedienung und Betrieb des Hebezeuges sowie ordnungsgemäßes Anbinden von Lasten

— zulässige Verwendung des Hebezeuges unter besonderer Berücksichtigung der im Betrieb vorliegenden Arbeitsbedingungen

— betriebsnotwendige Pflegemaßnahmen

— bei der Tätigkeit mögliche Gefahren

— Verhalten bei Unfällen und Störungen.

Werden dem Werktätigen Hebezeuge anderer Ausführung zur Bedienung übertragen oder verändern sich die Arbeitsbedingungen, hat diese Unterweisung erneut zu erfolgen.

Die Grundsätze für die Bedienung von Hebezeugen sind in der Anlage I der ASAO 908/1 angeführt.

Den Bedienungspersonen von kraftbetriebenen oder teilweise kraftbetriebenen Hebezeugen sind vom Betriebsleiter Bedienungsberechtigungen entsprechend der Anlage 3 zur ASAO 908/1 auszuhandigen.

Diese Bedienungsberechtigung darf Werktätigen, die kraftbetriebene Hebezeuge mit Führerstand oder Fernsteuerung, deren Tragfähigkeit 500 kg und deren Hubhöhe 2,0 m übersteigt, nur erteilt werden, wenn sie im Besitz eines Befähigungsnachweises für die entsprechende Hebezeuggruppe sind. Der Erwerb des Befähigungsnachweises setzt den erfolgreichen Abschluß eines Qualifizierungslehrgangs an einer zugelassenen Ausbildungsstätte (meist sind das in der Landwirtschaft die Kreisschulen für Landtechnik) voraus. In Tafel I sind die nach ASAO 908/1 erforderlichen Voraussetzungen für die Bedienung von Hebezeugen entsprechend der Art des Entwurfs 6.76 des Standards TGL 30350/11 zusammenfassend dargestellt.

Die mit der Bedienung der Hebezeuge beauftragten Werktätigen sind über die einschlägigen Bestimmungen zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs in mindestens vierteljährlichen Zeitabständen sach- und aktenkundig zu unterweisen.

6. Einsatz von Hebezeugen

Der Leiter eines Betriebes, in dessen Grundmittelbestand ein Hebezeug geführt wird, bzw. derjenige, der ein solches vertraglich nutzt (im folgenden Betreiber genannt), hat nach § 8 (1) der ASAO 908/1 u. a. den vorschriftsmäßigen Einsatz zu sichern. Die Dokumentation des Hebezeuges enthält die Angabe des vom Hersteller festgelegten Verwendungszwecks. Entsprechend dieser Vorgabe müssen technologische Angaben dem Bedienungspersonal vor dem Einsatz bekanntgegeben werden.

Es kann nicht der Entscheidung des Hebezeugführers allein überlassen bleiben,

— wie bestimmte Güter anzuschlagen sind

— welche Aufstellungsvariante gewählt wird

— welcher Standort zur Erfüllung eines bestimmten Auftrags notwendig ist.

Dabei ergeben sich beim Einsatz mobiler Hebezeuge infolge der ständigen Standortveränderung besondere Probleme.