

# Die landtechnische Entwicklung in der Zuckerrübenenernte

Wir haben in den vergangenen Jahren bereits mehrfach über das BBG-System für die vollmechanisierte Zuckerrübenenernte berichtet und dabei u. a. auch positive internationale Beurteilungen veröffentlichen können (H. 9/1958, S. 390). In der nachfolgenden Aufsatzreihe wird erneut dazu Stellung genommen. Zunächst untersucht H. SCHLIEFKA in seiner Abschlußarbeit an der Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen u. a. den Gesamtleistungsbedarf des Längsschwadköpfraders E 710. W. UNGER berichtet sodann über die erfolgreiche Tätigkeit einer sozialistischen Arbeitsgemeinschaft in der MTS Jennowitz bei der Verbesserung des BBG-Systems, die auch zu beträchtlichen Kosteneinsparungen führte. Der letzte Beitrag in dieser Reihe vermittelt dem Leser die neuere landtechnische Entwicklung auf dem Gebiet der vollmechanisierten Zuckerrübenenernte in der Sowjetunion. Wir sind der Auffassung, daß sich hieraus für uns wertvolle Anregungen entnehmen lassen, die sich auch auf die ökonomische Verbesserung der Arbeitsverfahren erstrecken. Die Redaktion

H. SCHLIEFKA

## Leistungsbedarf des Längsschwadköpfraders E 710

Im nachfolgenden Beitrag versucht ein Schüler der Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen zufolge der im Unterricht gegebenen Anregung und Anleitung, den Gesamtleistungsbedarf des E 710 zu ermitteln. Er geht dabei von dem Leistungsbedarf der einzelnen Elemente bzw. Baugruppen aus. Außerdem werden im Aufsatz rechnerische Betrachtungen über die Wirkung der Triebachse angestellt.

Diese im Unterrichtsfach „Landmaschinen“ durchgeführten Berechnungen tragen zweifellos dazu bei, die Denk- und Lernfähigkeit der Schüler zu fördern. Der Schüler wird veranlaßt, sein Studium zu vertiefen und auch befähigt, die Arbeitsweise der Maschinen besser zu beurteilen.

Die verwendeten Werte für Zugkräfte, Eigenfahrwiderstand u. dgl. entstammen praktischen Versuchen auf ebenem Gelände – humoser Lehm 80 bis 90, 18% Bodenfeuchte –. Die Redaktion

### Leistungsbedarf für das Roden

Der Zugkraftbedarf beim Roden beträgt einschl. der Horizontalkräfte, die die Beschleunigungsarbeit für Rüben und anhaftende Erde beim Heben übernehmen müssen, etwa 930 kp. Da zur Überwindung des Roll- oder Fahrwiderstands unter den Bedingungen eines Rübenfeldes 400 kp benötigt werden, ergibt sich ausschließlich für das Roden eine erforderliche Zugkraft (ohne Triebachse, drei Rodekörper) von 530 kp. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt etwa 1 m/s.

$$N_{Ro} = \frac{P_{Ro} \cdot V_F}{75} = \frac{530 \cdot 1}{75} = 7,06 \text{ PS.}$$

Darin ist

$N_{Ro}$  erforderliche Rodeleistung [PS]  
 $P_{Ro}$  erforderliche Zugkraft [kp]  
 $V_F$  Fahrgeschwindigkeit [m/s]

### Leistungsbedarf für die Siebketten

#### 1. Siebkette

Der Leistungsbedarf für die 1. Siebkette ohne Berücksichtigung der Leistung, die für die sehr geringe Beschleunigung der Rüben- und Erdmassen aufgebracht werden muß, unterteilt sich wie folgt in:

$N_{H1}$  Leistungsbedarf für Hubarbeit  
 $N_{S1}$  Leistungsbedarf für die 1. Siebkette zur Überwindung der Reibung  
 $N_{L1}$  Leistungsbedarf für den Leerlauf.

a) Leistungsbedarf für die Hubarbeit  $N_{H1}$  [PS]

$$N_{H1} = \frac{Q_{t1} \cdot h_1}{75} \text{ PS.}$$

Darin sind

$Q_{t1}$  Belastung durch die Fördermenge (Rüben und Erde) [kp/s]  
 $h_1$  Förderhöhe [m]

Bei einem Rübenantrag von 36000 kp/ha, einer Arbeitsbreite von 1,25 m und einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m/s werden auf eine Länge von

$$\frac{10000 \text{ m}^2}{1,25 \text{ m}} = 8000 \text{ m} \hat{=} 36000 \text{ kp}/8000 \text{ s}$$

Rüben gerodet. Durch diese Fördermenge beträgt die Belastung der ersten Siebkette

$$= \frac{36000 \text{ kp}}{8000 \text{ s}} = 4,5 \text{ kp Rüben/s (ohne Erde).}$$

Die zusätzliche Belastung durch das Erdgewicht kann man mit 300% des Rüben gewichts annehmen. Daraus ergibt sich ein zu bewältigendes Gesamtgewicht von  $Q_{t1} = 18 \text{ kp/s}$ . Die Förderhöhe ist bei einem Winkel  $\alpha_1 = 25^\circ$  ( $\approx 10 \text{ cm}$  Arbeitstiefe) etwa 0,78 m. Somit wird

$$N_{H1} = \frac{18 \cdot 0,78}{75} = 0,187 \text{ PS.}$$

b) Leistungsbedarf für die 1. Siebkette zur Überwindung der durch das Rüben- und Erdgewicht hervorgerufenen Reibung

$$N_{S1} = \frac{Q_{t1} \cdot f \cdot l_1}{75} \text{ PS}$$

worin  $l_1$  Förderlänge [m]  
 $f$  Reibungszahl bedeuten.

Durch die Belastung der Siebelemente mit Rüben und Erde muß ein zusätzlicher Reibungswiderstand überwunden werden. Bei der Ermittlung der daran beteiligten Kräfte wird vernachlässigt, daß die Erde zum größten Teil in der ersten Hälfte der Siebkette abgesiebt wird. Dadurch, daß der Pendelrahmen über der Siebkette vernachlässigt wird, kann ein annähernder Ausgleich angenommen werden.

Als Reibungskoeffizient wird mit Rücksicht auf den rauen Betrieb 0,2 gewählt. Somit wird

$$N_{S1} = \frac{18 \cdot 0,2 \cdot 1,8}{75} = 0,0865 \text{ PS}$$

c) Leistungsbedarf für den Leerlauf  $N_{L1}$  [PS]

$$N_{L1} = \frac{G_{S1} \cdot f \cdot v_1}{75} \text{ PS.}$$

Darin bedeuten

$G_{S1}$  Gesamtgewicht aller beweglichen Teile (Siebketten, Wellen, Rollen u. dgl.) gewogen = 112 kp  
 $v_1$  Umlaufgeschwindigkeit der Siebkette = 1,2 m/s

somit

$$N_{L1} = \frac{112 \cdot 0,2 \cdot 1,2}{75} = 0,358 \text{ PS.}$$

Es ergibt sich ein Leistungsbedarf  $N_1$  für die 1. Siebkette:

$$N_1 = \frac{N_{H1} + N_{S1} + N_{L1}}{\eta} = \frac{0,632}{0,4} = 1,58 \text{ PS.}$$

Darin ist  $\eta = 0,4$  (Wirkungsgrad unter Berücksichtigung des rauhen Betriebes).

### 2. Siebkette

Die 2. Siebkette kann im Prinzip genauso wie die erste berechnet werden. Es ist hier jedoch zusätzlich eine Leistungserhöhung zu berücksichtigen, die durch den Aufgabewiderstand (Fallstufe) hervorgerufen wird.

a) Leistungsbedarf für die Hubarbeit  $N_{H2}$  [PS]

$Q_{t2} = 8 \text{ kp/s}$  Belastung durch die Fördermenge (entsprechend dem Absieburgsgrad)

$$N_{H2} = \frac{Q_{t2} \cdot h_2}{75} = \frac{8 \cdot 1,2}{75} = 0,128 \text{ PS.}$$

b) Leistungsbedarf für die 2. Siebkette  $N_{S2}$  [PS] zur Überwindung der durch das Rüben- und Erdgewicht hervorgerufenen Reibung

$$N_{S2} = \frac{Q_{t2} \cdot f \cdot l_2}{75} = \frac{8 \cdot 0,2 \cdot 1,5}{75} = 0,032 \text{ PS.}$$

c) Leistungsbedarf für den Leerlauf  $N_{L2}$  [PS]

$$N_{L2} = \frac{G_{s2} \cdot f \cdot v_2}{75} = \frac{137 \cdot 1,2 \cdot 0,2}{75} = 0,438 \text{ PS.}$$

d) Leistungsbedarf für den Aufgabewiderstand  $N_{A2}$  [PS]

Für den Aufgabewiderstand kann der Wert 0,15 PS (Erfahrungswert) angenommen werden  $N_{A2} = 0,15 \text{ PS}$ .

Der Leistungsbedarf für die 2. Siebkette ergibt sich also wie folgt

$$N_2 = \frac{N_{H2} + N_{S2} + N_{L2} + N_{A2}}{\eta} = \frac{0,748}{0,4} = 1,87 \text{ PS.}$$

### Leistungsbedarf für Köpfeinrichtung und Blatt-Transport

#### 1. Leistungsbedarf für die Köpfeinrichtung $N_{k\ddot{o}}$

Die erforderliche Zugkraft zum Köpfen ergab sich aus Versuchen zu 150 kp (ohne Triebachse, drei Messer)

$$N_{k\ddot{o}} = \frac{P_{k\ddot{o}} \cdot v_F}{75} = \frac{150 \cdot 1}{75} = 2 \text{ PS.}$$

Darin ist  $P_{k\ddot{o}}$  Köpffkraft [kp].

#### 2. Leistungsbedarf für die Blattförderung

a) Tastketten auf Förderrost  $N_T$  [PS]

Da wir es hier mit ähnlichen Verhältnissen wie bei Kratzerförderern zu tun haben, kann man bei der Berechnung die allgemein bekannte Formel zur Berechnung der Kratzerförderer verwenden.

$$N_T = \frac{l_3}{75} (Q_{tB} \cdot \sin \alpha + Q_{tB} \cdot \cos \alpha \cdot \mu) + \frac{G_{ST} \cdot v_t \cdot f}{75} + N_a \text{ [PS].}$$

- Darin sind
- $l_3$  Förderlänge [m]
  - $Q_{tB}$  Fördermenge [kp/s]
  - $\alpha$  Steigungswinkel [°]
  - $G_{ST}$  Gewicht aller beweglichen Teile [kp]
  - $v_t$  Kettenumlaufgeschwindigkeit [m/s]
  - $\mu$  Reibungskoeffizient (Blatt auf Förderrost)
  - $f$  Reibungskoeffizient Getriebereibung
  - $N_a$  Leistungsbedarf für Aufgabewiderstand (Erfahrungswert).

Bei einem Rübenenertrag von 36000 kp/ha kann man mit einer Rübenblattmasse von etwa 50% der Rübenmasse rechnen. Das würde bei unserem Beispiel eine  $Q_{tB}$  von 2,25 kp/s ergeben. Somit sind

$$N_T = \frac{1,1}{75} (2,25 \cdot 0,707 + 2,25 \cdot 0,707 \cdot 0,65) + \frac{30 \cdot 1,05 \cdot 0,2}{75} + 0,2 = 1,08 \text{ PS.}$$

b) Blattquerförderleistung

Hubleistung  $N_{QH}$

$$N_{QH} = \frac{Q_{tB} \cdot h_4}{75} = \frac{2,2 \cdot 1,3}{75} = 0,0383 \text{ PS.}$$

Darin bedeutet  $h_4$  Förderhöhe [m].

c) Leerlaufleistung  $N_{QL}$

$$N_{QL} = \frac{G_{sQ} \cdot f \cdot v_Q}{75} = \frac{135 \cdot 0,2 \cdot 1,5}{75} = 0,54 \text{ PS.}$$

worin  $G_{sQ}$  Gewicht aller beweglichen Teile [kp]  
 $v_Q$  Fördergeschwindigkeit [m/s] ist.

d) Leistungsbedarf für zusätzliche Reibung durch Belastung  $N_{QS}$  [PS]

$$N_{QS} = \frac{Q_{tB} \cdot f \cdot l_4}{75} = \frac{2,25 \cdot 0,2 \cdot 3,15}{75} = 0,0189 \text{ PS.}$$

Darin ist  $l_4$  Förderlänge [m].

Somit ergibt sich ein Leistungsbedarf für die Blattförderung zu

$$N_Q = \frac{N_{QH} + N_{QL} + N_{QS}}{\eta} = \frac{0,597}{0,4} = 1,5 \text{ PS.}$$

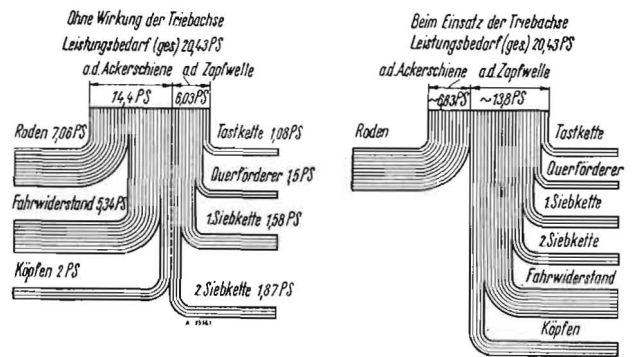


Bild 1. Energiefluß am Längsschwadköpfer E 710

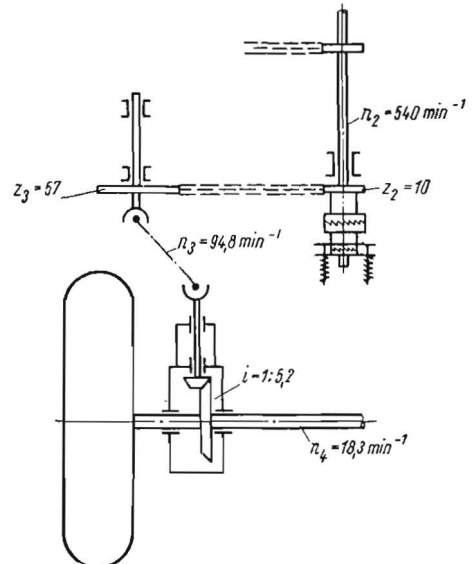


Bild 2. Getriebschema für die Triebachse

Das Köpfen sowie der Blatt-Transport erfordern also einen Leistungsbedarf von  $N_{k\ddot{o}} = 2,0 \text{ PS}$ ,  $N_T = 1,08 \text{ PS}$  und  $N_Q = 1,50 \text{ PS}$ , das ergibt einen gesamten Leistungsbedarf von 4,58 PS.

#### Leistungsbedarf für den Fahrwiderstand $N_F$

$$N_F = \frac{P_F \cdot v_F}{75} = \frac{400 \cdot 1}{75} = 5,34 \text{ PS.}$$

Darin ist  $P_F$  erforderliche Zugkraft [kp].

#### Zusammenfassung des Leistungsbedarfs

Läßt man den Leistungsabfall für die kraftübertragenden Elemente, wie Kettentrieb, Getriebe usw., die zwischen der

Zapfwelle und den eigentlichen in dieser Berechnung untersuchten Arbeitselementen liegen, außer acht, so ergibt sich bei nicht eingeschalteter Triebachse folgender

Leistungsbedarf für:	[PS]	[%]
Roden .....	7,06	34,6
1. Siebkette .....	1,58	7,7
2. Siebkette .....	1,87	9,15
Köpfen .....	2,00	9,75
Tastketten .....	1,08	5,28
Querförderer .....	1,50	7,32
Fahrwiderstand .....	5,34	26,2
<i>N<sub>gesamt</sub></i>	20,43	100,00

Es ist hieraus ersichtlich (Bild 1), daß 14,4 PS = 70,5% der gesamten erforderlichen Schlepperleistung von der Zugschiene übertragen werden muß, während 6,03 PS = 29,5% von der Zapfwelle abgenommen werden, wenn die Triebachse nicht arbeitet.

Bei Benutzung der Triebachse gestalten sich die Verhältnisse natürlich günstiger. Unter ungünstigen Einsatzbedingungen des E 710 ist es durch den hohen Schlupf oft nicht möglich, die erforderlichen Zugkräfte über die Triebräder des Schleppers auf den Boden zu übertragen. Die Einschaltung der Triebachse ist hier unerlässlich, wenn nicht die Einsatzgrenze der Vollerntemaschine schon überschritten ist.

#### Betrachtungen zur Triebachse (Bild 2) (Nachlauf der Triebachse)

Aus den Zähnezahlen und Drehzahlen kann man die Umfangsgeschwindigkeit des Triebrades wie folgt berechnen:

$$\frac{z_2}{z_3} = \frac{n_3}{n_2}; \quad n_3 = \frac{z_2 \cdot n_2}{z_3} = \frac{10 \cdot 540}{57}; \quad n_3 = 94,8 \text{ min}^{-1},$$

$$i = 1:5,2; \quad i = \frac{n_3}{n_4}; \quad n_4 = \frac{n_3}{i} = \frac{94,8}{5,2} = 18,3 \text{ min}^{-1}.$$

Wirksamer Raddurchmesser der Triebachse = 1 m

$$V_U = \frac{D \cdot \pi \cdot n^4}{60} = \frac{1 \cdot \pi \cdot 18,3}{60} = 0,96 \text{ m/s}.$$

Geschwindigkeitsvergleich RS 01/40 „Pionier“

$$V_{(I. \text{ Gang})} = 3,8 \text{ km/h} \quad 1,055 \text{ m/s},$$

$$\Delta V = V_I - V_U = 1,055 - 0,96 = 0,095 \text{ m/s}.$$

Daraus ergibt sich ein prozentualer Nachlauf der Triebachse von 9% gegenüber der Konstruktionsgeschwindigkeit des Schleppers. Auch aus Versuchen hat sich ergeben, daß die Triebachse bei einem Schlupf von etwa 9% zur Wirkung kommt.

Die anteilige Belastung der Maschine auf die Triebachsräder beträgt 1530 kp. Bei einer Radhaftzahl  $n = 0,4$  ergibt sich eine Umfangskraft:

$$P_U = G_T \cdot \mu = 1530 \cdot 0,4 = 612 \text{ kp}.$$

Bei einem Eigenfahrwiderstand der Maschine von 400 kp, einer erforderlichen Zugkraft für das Roden von 530 kp und für das Köpfen von 150 kp sind an der Zugschiene des Schleppers bei wirkender Triebachse nur noch 1080 — 612 = 468 kp erforderlich. Das entspricht etwa 6,25 PS.

Hieraus ist leicht einzusehen, welche großen Vorteile die Triebachse bringt, wenn man noch beachtet, daß es wesentlich wirtschaftlicher ist, anteilmäßig möglichst viel Leistung des Schleppers von der Zapfwelle abzunehmen und damit den Wirkungsgrad der motorischen Zugkraft zu verbessern. A 3556

Zum Aufsatz

## Ökonomische und betriebstechnische Betrachtung und ein Verbesserungsvorschlag zum Zuckerrübenvollerntesystem

von M. KIECK und K. SCHMIDT

Mit großem Interesse haben wir diesen Aufsatz in H. 10 (1959) S. 475 gelesen und möchten dazu einige Bemerkungen machen: Unsere Erfahrungen mit dem mechanisierten Rübenaufladen der Ernte 1958 führten zur Ablehnung des Ladegerätes T 271 (die zur Korrektur und Reinigung der Rübenschwaden notwendige Handarbeit ist zu umfangreich), und da das Rübenblatt bei der in der Praxis fast immer üblichen Liegezeit großen Masseschwund zeigte, kamen wir zu dem gleichen Vorschlag wie die Verfasser.

Eine sozialistische Arbeitsgemeinschaft von Neuerern führte dazu an einem Längsschwadköpfröder einen Umbau durch,



Bild 1 zeigt die umgebaute Maschine E 710 im Einsatz. Der nebenher fahrende Schlepper mit zwei Hängern nimmt auf. Eine Person ist zum Wegpacken auf dem Blatthänger einzusetzen

der das gleichzeitige Aufladen von Blatt und Rüben auf nebenher fahrende Hänger ermöglicht. Diese Maschine war in der letzten Kampagne im Einsatz (Bild 1), wobei die Umbauteile störungsfrei arbeiteten.

Der Umbau umfaßt drei Maschinenteile:

1. Anbau eines kurzen umlaufenden Tuches in Verlängerung der Blatt-Transportkette. Das Blatt wird höher und weiter nach rechts gefördert und auf den vorderen Hänger des nebenher fahrenden Zuges abgeworfen.
2. Anbau eines Rübenauflade-Nachläufers, ähnlich dem von der MTS Schochwitz vorgeschlagenen [1].



Bild 2. Eine Fegekette wurde zur Beseitigung von Blattresten angebaut