

Untersuchungen an schwingenden Arbeitsorganen zur beimengungsarmen Ernte von Zuckerrüben

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob
Humboldt-Universität Berlin, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie

Verwendete Formelzeichen

A	mm	Amplitude
f	Hz	Frequenz
h	mm	Schwinghöhe
l	mm	Schwinglänge
t	s	Zeit
v_f	m/s	Fahrgeschwindigkeit
$v_{x0}, v_{x1}, v_{x2}, v_{x3}$	m/s	Fahrgeschwindigkeitskomponenten
v_{y0}, v_{y2}		
x	m	Werkzeugweg, horizontal
y	m	Werkzeugweg, vertikal
z		dimensionslose Zahl
α	°	Winkel der Schnittbewegung
β	°	Winkel der Hubbewegung
φ	°	Schwingwinkel
ω	s ⁻¹	Kreisfrequenz

– Verminderung schwerer Beschädigungen
– Unempfindlichkeit gegenüber Blattresten.
Um diese Vorteile zu nutzen und die Zuckerrüben verlustarm zu ernten, ist es notwendig, die optimalen Schwingungsgrößen Amplitude, Schwingwinkel und Frequenz auszuwählen. Weiterhin ist ihr Einfluß auf den Schwingungsvorgang und die Qualität des Rübenaufnehmens zu untersuchen.

3. Theoretische Grundlagen

Kinematische und kinetische Analysen des

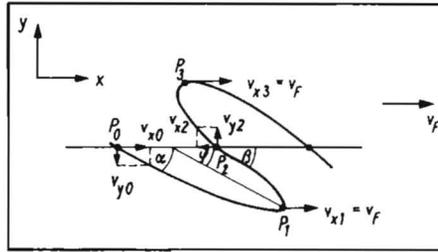


Bild 1. Schwingungsverlauf in Abhängigkeit von der Schwingbewegung und der Fahrgeschwindigkeit; P_0, P_1, P_2, P_3 Punkte der Schwingbewegung

Schwingungsvorgangs müssen Ausgangspunkt aller Untersuchungen an schwingenden Rübenaufnahmeelementen sein. Mit Hilfe grafischer und analytischer Methoden sind alle Schwingungsgrößen zu prüfen, um mit Hilfe einfacher Möglichkeiten (Diagramme, Nomogramme) die Auswahl der richtigen Parameter zu erreichen.

Grundlagen für die Untersuchung an schwingenden Rübenaufnahmeelementen sind Untersuchungen von Djatschenko [6] und Eggenmüller [7] zu schwingenden Bodenbearbeitungswerkzeugen.

Für die nachfolgenden Betrachtungen soll das Berechnungsmodell von Eggenmüller die Grundlage bilden. Dieses Modell basiert auf einer Vier-Punkt-Theorie, die von einer horizontalen Schwingungsrichtung ausgeht. Die Schwingung ist bei geradliniger Schnittbewegung als eine schrägliegende Sinusschwingung definiert. Dies resultiert aus dem sinusförmigen Verlauf der Schwingung und der Überlagerung mit der Fahrgeschwindigkeit (Bild 1).

Ausgangspunkt für die Berechnung der Schwingung sind folgende Größen:

Einführung und Problemstellung

Das Produktionsverfahren Zuckerrübenproduktion nimmt die Ernte einen wesentlichen Platz ein. Hier gilt es unter teilweise erschwerten Bedingungen (Boden, Wetter) die Zuckerrüben verlust- und beimengungsarm zu ernten. Teilweise auftretende hohe Verluste, starke Beschädigungen sowie ein hoher Beimengungsanteil sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Großen Einfluß haben hierauf die genutzten Wirkprinzipie und Arbeitsorgane zum Aufnehmen der Rüben.

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Rübenaufnahmeelemente untersucht, die in Verbindung mit einem Leistungsanstieg die beimengungsarme Ernte der Zuckerrüben realisieren sollen. Vielfältige Untersuchungen erfolgten mit schwingenden Arbeitsorganen zur Aufnahme der Zuckerrüben aus dem Wuchsraum [1, 2, 3, 4].

2. Untersuchungsziel an schwingenden Arbeitsorganen

Untersuchungen an schwingenden Werkzeugen werden durchgeführt, um folgende Vorteile, die diese gegenüber starren Werkzeugen aufweisen, verstärkt in der Praxis anzuwenden:

- Senkung des Zugkraftbedarfs [5]
- wirkungsvolles Reinigen der Zuckerrüben

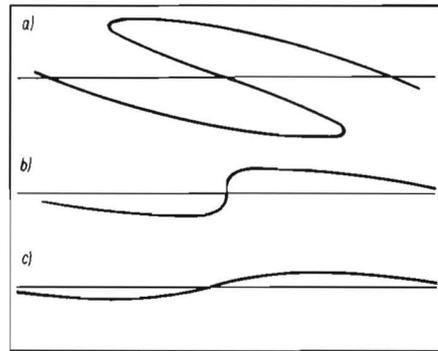


Bild 2. Schwingvorgänge als Funktion der Fahrgeschwindigkeit;
a) $v_f = 0,2$ m/s, Maßstab 5:1,
b) $v_f = 0,7$ m/s, Maßstab 2:1,
c) $v_f = 1,5$ m/s, Maßstab 1:1

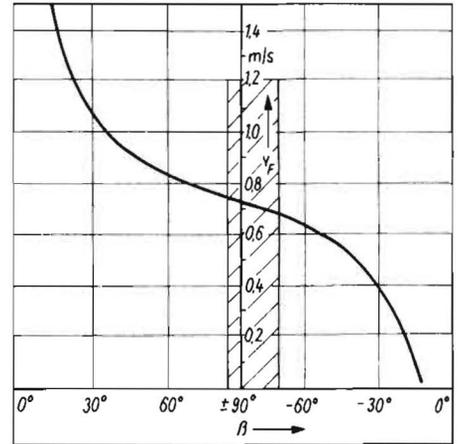


Bild 3. Fahrgeschwindigkeit als Funktion des Winkels der Hubbewegung

Bild 4. Schwingwinkel als Funktion des Winkels der Hubbewegung bei unterschiedlichen Frequenzen

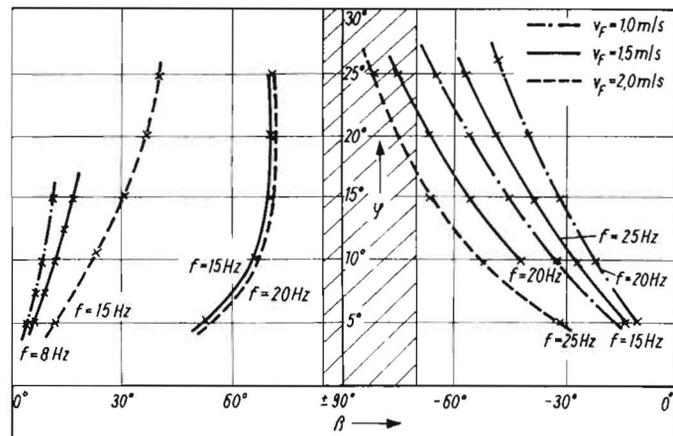
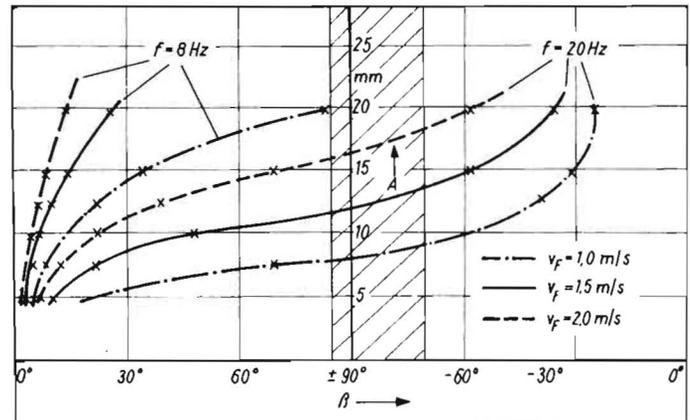


Bild 5. Amplitude als Funktion des Winkels der Hubbewegung bei unterschiedlichen Frequenzen und Fahrgeschwindigkeiten bei einem Schwingwinkel von 15°



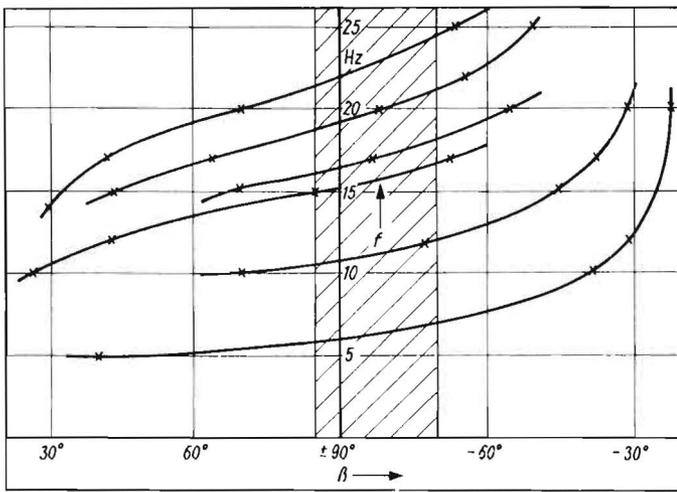


Bild 6
Frequenz als Funktion
des Winkels der Hubbewegung bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten, einem Schwingwinkel von 15° und einer Amplitude von 15 mm

- Frequenz
- Amplitude
- Schwingwinkel
- Fahrgeschwindigkeit.

Der mathematische Zusammenhang der Schwingungsgrößen ist in den Gln. (1) und (2) dargestellt:

$$h = 2 A \sin \varphi \quad (1)$$

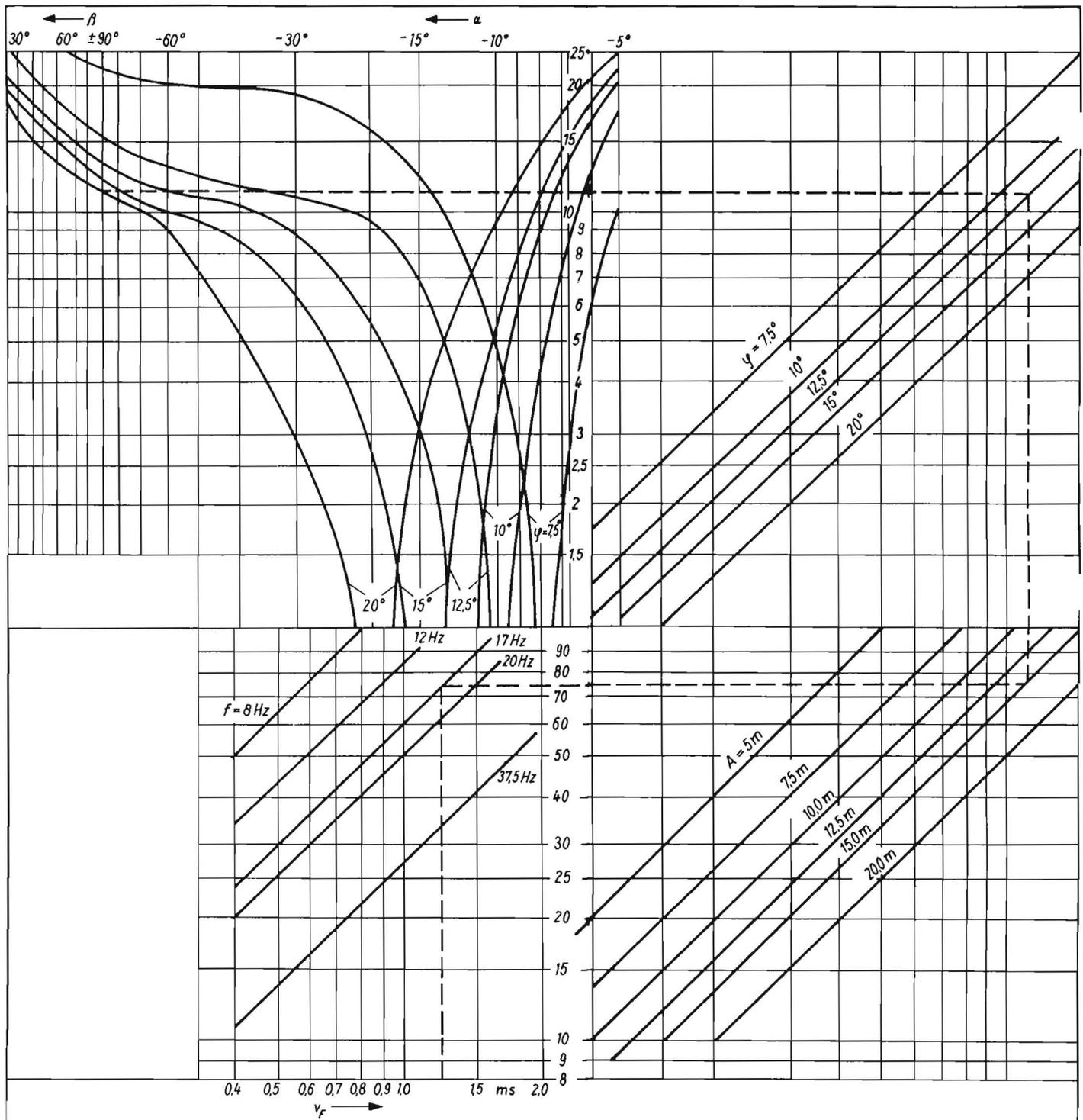
$$l = v_f / \varphi \quad (2)$$

Aus den Gln. (1) und (2) ist die dimensionslose Zahl z abgeleitet, die alle Schwingungsgrößen enthält:

$$z = \frac{1}{h} = \frac{v_f}{2 A f \sin \varphi} \quad (3)$$

Für die Charakterisierung der Schwingung sind die Winkel der Schnittbewegung α und der Hubbewegung β definiert. Der Winkel α

Bild 7. Nomogramm zur Auswahl optimaler Schwingungsgrößen



bestimmt die Richtung der Schnittbewegung und der Winkel β die Richtung der Hubbewegung. Der Tangens der Winkel ergibt sich aus dem Quotienten der Geschwindigkeitsvektoren in den Punkten P_0 und P_2 . Die Geschwindigkeiten ergeben sich aus der Differentiation des Werkzeugweges, der in den Gln. (4) und (5) beschrieben ist:

$$x = v_f t + A \cos \varphi \sin \omega t \quad (4)$$

$$y = -A \sin \varphi \sin \omega t. \quad (5)$$

Unter Verwendung von einfachen Winkelbeziehungen und der Beziehung $\omega = 2\pi f$ sowie der Einführung der Zahl z lassen sich die Winkel der Schnitt- und Hubbewegung nach der Gln. (6) und (7) berechnen:

$$\alpha = \arccot \left(\frac{z}{\pi} + \cot \varphi \right) \quad (6)$$

$$\beta = \arccot \left(\frac{z}{\pi} - \cot \varphi \right). \quad (7)$$

Die Winkel α und β dienen der Charakterisierung der Schwingung. Da der Winkel der Hubbewegung den größten Einfluß auf die Qualität des Rübenaufnehmens hat, wird er in den weiteren Ausführungen als Einschätzungskriterium herangezogen.

Wurzelbrüche zu vermeiden, sollen die Rüben nahezu senkrecht aus dem Boden gezogen werden. Daher sollte β nahezu $\pm 90^\circ$ sein. Ein günstiger Bereich liegt zwischen -70° und 85° .

4. Diskussion von Konstruktions- und Betriebsparametern einer Schwingscharvariante

Für die in einer Variante von schwingenden Rübenaufnahmeelementen verwendeten Schwingungsparameter ($A = 15 \text{ mm}$, $f = 8 \text{ Hz}$, $\varphi = 15^\circ$) wurde der Winkel der Hubbewegung β für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten v_f berechnet. Einige Schwingungsvorgänge (Bild 2) zeigen das Verhalten des Winkels der Hubbewegung. Aus Bild 3 ist zu erkennen, daß nur bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,65 bis 0,75 m/s die o. g. Forderungen für den Winkel der Hubbewegung erfüllt sind. Diese Fahrgeschwindigkeit ist aber zu gering. Um höhere Fahrgeschwindigkeiten realisieren zu können, ist die Verengung der Schwingungsgrößen notwendig.

5. Allgemeine Betrachtung zu den Schwingungsgrößen

Der *Schwingwinkel* φ bestimmt während der Schwingung die Richtung der Amplitude. Er hat direkt Einfluß auf die Schwinghöhe, die eine bestimmte Größe haben muß, damit die Rübe gehoben wird. Für ausgewählte Frequenzen und bei konstanter Amplitude erfolgte für verschiedene Schwingwinkel die Berechnung des Winkels der Hubbewegung. Für die Fahrgeschwindigkeit wurden 3 Größen ausgewählt. Bild 4 zeigt den Einfluß des Schwingwinkels auf den Winkel der Hubbewegung, wobei der Einfluß infolge des steilen Anstiegs der Kurve gering ist.

Die *Amplitude* A hat als Konstruktionsparameter nur geringen Einfluß auf die Winkel der Schwingung (α , β), da sie nur in kleinen Bereichen möglich ist. Große Amplituden würden zu Unwuchterscheinungen und zur Kompensierung des Vorteils der Zugkraftsenkung für schwingende Schare führen. Bild 5 zeigt für zwei Frequenzen und für konstante Schwingwinkel bei verschiedenen

Fahrgeschwindigkeiten die notwendige Amplitudengröße. Um die Amplitude im Bereich von 5 bis 20 mm zu halten, sind somit Frequenzen größer als 20 Hz nötig.

Die *Frequenz* f ist der wichtigste Parameter bei der Schwingungserzeugung. Ihre Größe und die Fahrgeschwindigkeit ergeben die Schwinglänge, deren Größe über die Anzahl von Schwingungen zum Heben einer Rübe bestimmt. Diese Anzahl ergibt sich aus dem Quotienten von Rübenfreiabstand und Schwinglänge. Weitere Untersuchungen zur notwendigen Anzahl der Schwingungen zum Heben einer Rübe sind noch durchzuführen, da sie das Lösen der Bindungskräfte der Rübe beeinflusst.

Im Bild 6 ist der Einfluß der Frequenz auf den Winkel der Hubbewegung β bei konstanten Werten von Amplitude und Schwingwinkel für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten dargestellt. Prinzipiell erfordern höhere Fahrgeschwindigkeiten höhere Frequenzen. Lassen sich nun aus einer Festlegung der optimalen Größe der Schwinghöhe die Parameter Amplitude und Schwingwinkel festlegen, so ist es möglich, für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten die nötigen Frequenzen zu bestimmen.

6. Auswahl optimaler Schwinggrößen mit Hilfe eines Nomogramms

Da die Erfassung der optimalen Schwinggrößen aus den Bildern 3 bis 6 noch nicht exakt möglich ist und da hier nur der Einfluß gezeigt wird, wurde noch ein Nomogramm erstellt (Bild 7). In ihm sind alle Parameter der Schwingung sowie die Winkel der Schnitt- und Hubbewegung vereinigt, so daß die Ab-

hängigkeit zur Auswahl der optimalen Größen genutzt werden kann.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß zum Aufnehmen der Rüben aus dem Wuchsraum mit Hilfe schwingender Werkzeuge die Auswahl optimaler Schwingungsparameter zur Realisierung von bestimmten Fahrgeschwindigkeiten und bestimmten Qualitätsanforderungen (hier am Beispiel des Winkels der Hubbewegung untersucht) notwendig ist.

Literatur

- [1] Seidel, B.: Untersuchungen an schwingenden Hackfruchtaufnahmelementen. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 8, S. 368–371.
- [2] Karwowski, T.: Hackfruchterntemaschinen. Berlin: Verlag Technik 1974.
- [3] Jakob, P.; Möller, E.: Untersuchungen zum Stand der Technik und Systematik von Rübenaufnahmelementen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, XXXIV (1985) 1, S. 18.
- [4] Bergner, S.: Untersuchungen an schwingenden Arbeitsorganen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Großer Beleg 1985 (unveröffentlicht).
- [5] Hingst, K.: Untersuchung an Zuckerrübenroderwerkzeugen, Kräfte zwischen Schar und Rübe. Universität Göttingen, Dissertation 1960.
- [6] Djatschenko, G. N.: Ermittlung optimaler Parameter und Arbeitsbedingungen schwingender Arbeitswerkzeuge von Grubbern. Dt. Agrartechnik, Berlin 18 (1968) 3, S. 106–108.
- [7] Eggenmüller, A.: Schwingende Bodenbearbeitungswerkzeuge. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 8 (1958) 10, S. 55–67. A 5203

Anzeige

Aus unserem FERTIGUNGSPROGRAMM bieten wir an:

- Einachskipper HTS 30.10, 3 t
- Wegehobel zum Begradigen von Wirtschaftswegen
- Selbstentladeanhänger HTS 30.04/1
- Ladezangen für Großkisten
 - LZ 01 = 1 075 mm Greifweite
 - LZ 02 = 800 mm Greifweite
- Kippdrehzangen für Großkisten
- Geländegängige Gabelstapler Basis MTS-50
- Reifenmontiergeräte für Reifengrößen bis 15–30
- Selbstfahrende Pflegewagen für Gewächshauswirtschaften
- Großes Palettenangebot für Umschlag und Lagerung

Informieren Sie sich bei unserer Abteilung Technik!

Bestellungen für 1991 werden ab sofort entgegengenommen!

**Potsdamer Metallbau-,
Technikstandhaltung- und
Handelsgesellschaft mbH,
Neufahrland, 1501**

Telefon: Fahrland 2 86, Telex: 015351