

# Roden von Meerrettich

## Zugkraftbedarf von Meerrettichrodern und Auswirkungen des Roders auf das Zugfahrzeug

*Meerrettich ist eine bayerische Spezialkultur, die jährlich auf etwa 100 ha in Bayern angebaut wird. Die Ernte von Meerrettich bereitet auf Grund der tiefen Verwurzelung (über 40 cm) und der meist schlechten Witterungsbedingungen bei der Ernte von Oktober bis März Probleme. Zur Erleichterung der Ernte wurden zwei unterschiedliche Schwingsiebroder entwickelt, welche die Wurzeln des zweireihig im Beet angebauten Meerrettich auf der Oberfläche ablegen können. Der Zugkraftbedarf beider Roder sowie die Auswirkungen der von den Rodern ausgehenden Schwingungen auf das Zugfahrzeug wurden ermittelt.*

Dr. agr. Gerd Joachim Sauter, Dipl.-Ing. agr. (FH) Hans Kirchmeier, Dipl.-Ing. agr. (FH) Rupert Geischeder und Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rödel sind Mitarbeiter der Abteilung Verfahrenstechnik Pflanzenbau an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan, Am Staudengarten 3, 85354 Freising – Weihenstephan. Das Projekt „Sicherung des Meerrettichanbaus“ wird vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten gefördert.

### Schlüsselwörter

Meerrettich, Roder, Zugkraft, Beschleunigung

### Keywords

Horse radish, lifter, traction power, acceleration

Meerrettich ist eine einjährige Intensivkultur, die im April durch das Legen von rund 30 cm langen und 1 cm starken Jungwurzeln (Fechser) herangezogen wird. Bis zur Ernte, die von Oktober bis März erfolgen kann, wächst der Fechser zu einer bis zu 5 cm starke Stange heran, an deren Ende in bis zu 40 cm Tiefe sich die Fechser für die Folgekultur gebildet haben. Bei der Ernte werden sowohl die Stangen wie auch die Fechser gerodet. Da die Stangen oft über Monate eingelagert werden und die Fechser das Pflanzmaterial für den Nachbau darstellen, wird ein Rodegerät benötigt, das beide Pflanzenteile selbst unter schwierigen Witterungsbedingungen beschädigungsfrei rodet. Derzeit stehen zwei Schwingsiebroder mit 1,3 m Arbeitsbreite (Typ „A“ und Typ „B“) zur Verfügung. Der Roder Typ „A“ besteht aus zwei hinter einander angeordneten Schwingkörpern, wobei der vordere Körper zugleich das Schar enthält. Beide Schwingkörper und somit das Schar schwingen in Fahrtrichtung.



Bild 1: Meerrettichroder Typ „A“

Fig. 1: Horse radish harvester Type „A“

Bild 3: Versuchsaufbau zur Zugkraft- und Schwingungsmessung

Fig. 3: Experimental design for measuring traction power and oscillation



Bild 2: Meerrettichroder Typ „B“

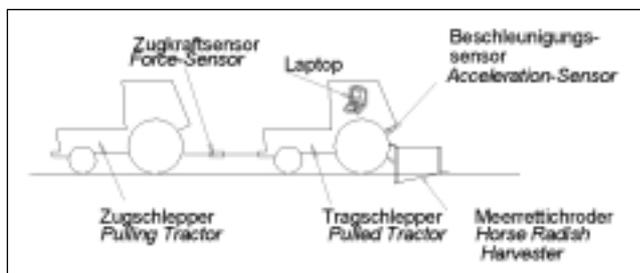
Fig. 2: Horse radish harvester Type „B“

Der Roder Typ „B“ besteht aus drei hinter einander angeordneten Schwingkörpern und einem stehenden Schar. Die Schwingkörper bewegen sich vertikal. Der erste und der dritte Körper schwingen parallel. Der zweite Schwingkörper schwingt antizyklisch zu den anderen Körpern.

Von den Landwirten werden die Belastungen für den Traktor als sehr problematisch angesehen. Im Vordergrund stehen hier die durch den Traktor aufzubringende Zugkraft sowie die durch die Schwingungen des Roders ausgehende Stöße auf den Fahrer, so dass hier eine Präferenz für den Roder Typ „B“ aufgebaut wurde. Bei diesem Roder werden Zugkraftbedarf und auch Schwingungen subjektiv als niedriger empfunden. Dies sollte durch eine Messung überprüft werden.

### Material und Methode

Zur Bestimmung des Zugkraftbedarfs der zwei Rodertypen wurde der in Bild 3 dargestellte Versuchsaufbau gewählt. Bei den Messungen wurde der Roder an einen Traktor angebaut und von dessen Zapfwelle betrieben. Unterhalb der Kabine des Trag-



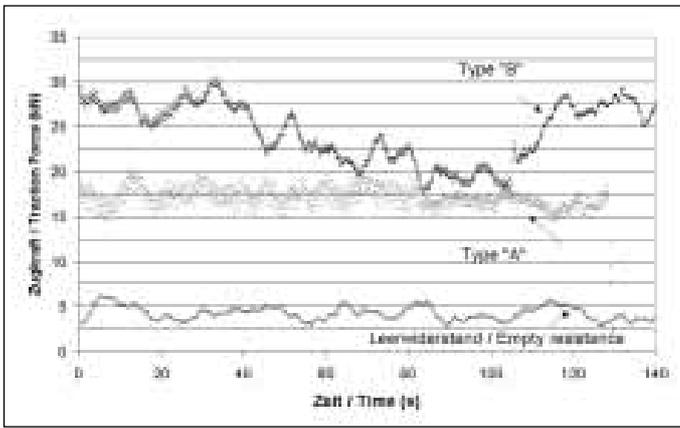


Bild 4: Zugkraftmessung zweier verschiedener Meerrettichroder

Fig.4: Traction power of two different horse radish harvester

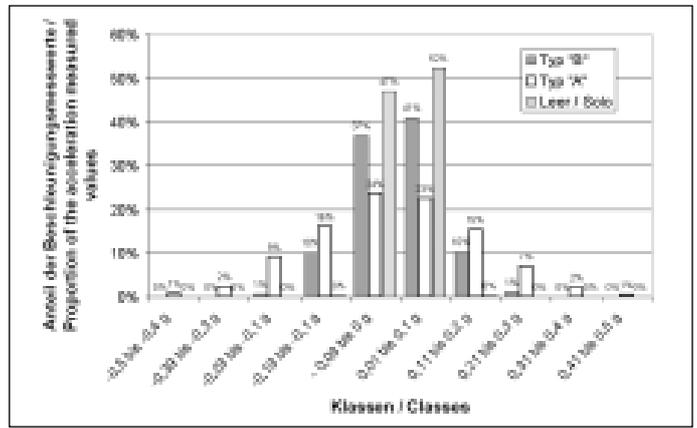


Bild 5: Beschleunigung am Traktor in Fahrtrichtung (Aufzeichnungsrate 10 Hz)

Fig. 5: Acceleration of the tractor in driving direction by different horse radish harvesters (recording rate 10 Hz)

traktors war ein Beschleunigungssensor montiert, der die Beschleunigungen in Fahrtrichtung ermitteln konnte. Die Kombination (Tragtraktor plus Roder) wurde von einem zweiten Traktor (Zugtraktor) über die Messstrecke (10 m) gezogen. Beide Traktoren waren mit einer Zugkraftmessdose verbunden. Die Aufzeichnung der Messsignale der Zugkraftmessdose (Aufzeichnungsrate 10 Hz) und des Beschleunigungssensors (Aufzeichnungsrate 10 Hz) erfolgte mit einem Laptop auf dem Tragtraktor. Die Fahrzeit (130 s) über die vorgegebene Messstrecke und die Rodetiefe (35 cm) wurden bei den Rodungsversuchen konstant gehalten. Die Bodenfeuchte des stark lehmigen Sandes (S14) mit etwa 15 bis 17% Ton betrug 16%.

### Zugkraftmessung

Die Ergebnisse der Zugkraftmessung sind in Bild 3 dargestellt. Das Messergebnis ist stark von den Bodenverhältnissen abhängig. Es zeigte sich, dass bei einer Leerfahrt der Tragtraktor einen Rollwiderstand von 3,1 bis maximal 6,1 kN hat ( $\bar{\phi}$  4,3 kN), der somit um den Faktor 2 streut. Beim Roden mit dem Roder „A“ erhöhen sich die Zugkraftmesswerte auf 17,0 kN im Durchschnitt. Auffallend ist, dass die Messwerte entgegen den Messungen des Leerwiderstandes auch kurzzeitig sehr stark streuen, so dass es zu einer Punktwolke anstelle einer Geraden kommt. Diese Streuung wird durch Schwingungen des Roders, die sich bis zur Zugkraftmessdose ausbreiten, verursacht. Die registrierten Zugkraftwerte bewegen sich von 15,2 bis 20,2 kN. Die Ergebnisse des Roders „B“ zeigen eher die Form einer Geraden. Sie sind jedoch mit durchschnittlich 22,5 kN höher als bei dem Roder Typ „A“. Auffallend am Verlauf der Messkurve sind die hohen Messwerte (über 25 kN) von 0 bis 50 Sekunden, die anschließend abfallen und dann nach 100 Sekunden wieder ansteigen. Dieses wird vermutlich durch unterschiedliche Bodenarten verursacht. Jedoch liegen alle mit dem Roder „B“ ermittelten

Messwerte über den Messwerten des Roders „A“.

### Beschleunigung

Die Ergebnisse des unterhalb der Kabine am Tragtraktor montierten Beschleunigungssensors sind in Bild 5 dargestellt. Hierzu wurden die aufgezeichneten Werte in Klassen (Klassenbreite 0,1 g) eingeteilt. Bei einer Leerfahrt befinden sich 99% aller in Fahrtrichtung erzeugten Beschleunigungswerte in den beiden Klassen von -0,09 bis +0,1 g. Dieses Schwingen könnte durch den laufenden Motor verursacht worden sein. Beim Einsatz der Roder vermindert sich der Anteil der gemessenen Werte in diesen Klassen auf 78% beim Roder „B“ und 47% beim Roder „A“. In den nächst höheren Klassen (-0,19 bis -0,1g und 0,11 bis 0,2 g) befinden sich 20% der festgestellten Beschleunigungswerte des Roders „B“, beziehungsweise 30% der Werte des Roders „A“. Während beim Roder „A“ zwei Prozent aller Messwerte eine größere Beschleunigung als  $\pm 0,4$  g aufweisen, sind beim Roder „B“ in diesen Klassen keine Messwerte vorhanden.

### Diskussion

Vergleicht man die Zugkraftmessdaten beider Roder, so fällt auf, dass im Gegensatz zu dem Roder Typ „B“ der Roder Typ „A“ scheinbar unempfindlicher auf Bodenunterschiede reagiert und weniger Zugkraft benötigt. Diese Vermutung muss in Folgeversuchen abgesichert werden. Auf Grund der geringen Arbeitsgeschwindigkeit von 270 m/h ergibt sich ein geringer Zugleistungsbedarf von 1,2 kW beim Roder „A“ und 1,7 kW beim Roder „B“, dennoch wird ein entsprechend schwerer Traktor (nach Erfahrungen mindestens 4 t Eigengewicht) benötigt, um die entsprechende Zugkraft zu erzielen und den Traktor „ruhig“ zu halten. Der Antriebsbedarf beider Roder an der Zapfwelle wurde nicht ermittelt.

Die Ergebnisse des Beschleunigungssensors zeigen, dass durch die unterschiedlichen Rüttelbewegungen des Roders „A“ verursacht stärkere Beschleunigungsbewegungen auf den Tragtraktor in Zugrichtung ausgeübt werden als bei Roder „B“. Dieses Messergebnis deckt sich mit den Ergebnissen der Zugkraftmessung und bestätigt damit den „unscharfen“ Verlauf der Zugkraft-Messkurve.

Die in Fahrtrichtung verminderte Stoßbelastung des Roder „B“ wird durch das stehende Schar sowie durch das vertikale Schwingen der Siebkörper verursacht. Das vertikale Schwingen der Siebkörper führt vermutlich zu verstärkten vertikalen Schwingungen am Traktor, die nicht festgehalten wurden. Diese Schwingungen werden bauartbedingt durch den Traktor stärker gedämpft als in Fahrtrichtung wirkende Schwingungen und sind somit für den Fahrer weniger belastend.

### Fazit

Meerrettich ist eine tief wurzelnde Frucht, was zu Schwierigkeiten bei der Ernte führt. Zwei unterschiedlich aufgebaute Schwingesiebroder wurden zur Ernte erprobt. Ein erster Versuch zur Ermittlung der Zugkraft zeigt, dass der Roder Typ „A“ einen im Durchschnitt um etwa 5,5 kN niedrigeren Zugkraftbedarf als Roder Typ „B“ besitzt. Jedoch verursacht der Roder „A“ stärkere Beschleunigungen in Fahrtrichtung, die Traktor und Fahrer stärker belasten, so dass ein erhöhter Zugkraftbedarf von den Landwirten assoziiert wird. Auf Grund der langsamen Vorfahrtgeschwindigkeit des Roders ist der Leistungsbedarf für das Ziehen des Roders sehr gering (Typ „A“ 1,2 kW, Typ „B“ 1,7 kW). Dennoch werden entsprechend schwere Traktoren (Eigengewicht > 4 t) benötigt, um ein Aufschwingen zu verhindern und die nötige Zugkraft zu erzielen. Messungen zur Ermittlung des Drehmomentbedarfs und somit zur Bestimmung der Gesamtleistung stehen noch aus.