

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 75 (2013)

Heft: 11

Artikel: Tank oder Tempo : Diesel sparen bei der Bodenbearbeitung

Autor: Rudolph, Wolfgang

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082887>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Vorbereitung für die nächste Grubber-Messfahrt im Rahmen des Dresdner Forschungsprojektes zur Entwicklung neuer Federzinken.

(Bilder: Carmen Rudolph)

Tank oder Tempo – Diesel sparen bei der Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung und Saatbestellung machen im Pflanzenbau je nach Verfahren und eingesetzten Maschinen bis zu 50% der Kosten aus. Am energieintensivsten ist die Bodenbearbeitung. Schliesslich müssen pro Zentimeter Arbeitstiefe und Hektare etwa 100 m³ oder gut 150 t Bodenmaterial bewegt werden. Nach Ansicht von Wissenschaftlern schlummert daher besonders in der Bodenbearbeitung bei der Saatbestellung ein grosses Einsparpotenzial.

Wolfgang Rudolph

¹⁾ Agrarsystemtechnik an der Technischen Universität (TU) Dresden. Leitung: Prof. Thomas Herlitzius

²⁾ Institut für Landtechnik an der Universität für Bodenkultur Wien Dr. Gerhard Moitzi

³⁾ Forschungsvorhaben der TU Dresden in Kooperation mit dem landwirtschaftlichen Maschinenausrüster Lamator.

⁴⁾ Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendments on mouldboard plow draft, Soil & Tillage Research, 2002, (Mc Laughlin et al.)

Nehmen wir an: Mit knapp 15 km/h zieht ein Traktor einen 3 m breiten Grubber über den Acker. Damit ist diese Maschine bei der Bodenbearbeitung inzwischen doppelt so schnell unterwegs wie vor 50 Jahren. Das verkürzt den Arbeitsgang in einem oft ohnehin knapp bemessenen Zeitfenster. Doch die Sache hat sowohl einen klimapolitischen als auch einen finanziellen Pferdefuss.

Der Leistungsbedarf hat sich nämlich nicht ebenfalls verdoppelt, wie bei gleicher Gerätewide zu vermuten wäre, sondern verdreifacht. Obwohl der Dieserverbrauch unter anderem wegen stetiger Verbesserungen des Motorwirkungsgrades nicht um diesen Faktor anstieg, erhöhte sich in den vergangenen Jahrzehnten der Kraftstoffverbrauch doch wesentlich schneller als die Flächenleistung.

Dies zeigen zum Beispiel Messungen mit einem starren Grubber auf mittelschwerem Lösslehm Boden.¹⁾ Bei 8 km/h hatte ein Traktor einen Zugkraftbedarf von knapp 27 kN. Würde man auf 16 km/h erhöhen, ergäbe das nach empirischen Berechnungen 80 kN. Umgerechnet auf die Zugleistungen sind das mehr als 300 kW. Dieser progressive Anstieg spiegelt sich auch in der Berechnungsformel für den Zugkraftbedarf wider.

Zugkraftbedarf

Die empirische Formel für die Ermittlung des Zugkraftbedarfes (F_z) eines Bodenbearbeitungsgerätes lautet:

$$F_z = b t (k + e v_f^2)$$

Dabei ist (b) die Arbeitsbreite und (t) die Arbeitstiefe. Der spezifische Bodenwiderstand (k) bewegt sich zwischen 1,2 kN/m² bei leichten und 2,5 kN/m² bei sehr schweren Böden. Die Konstante des dynamischen Zuges (e) beträgt bei optimaler Werkzeugform 3 kNs²/m⁴. Die Pflugschar liegt hier zwischen 4 und 5. Die Grubberschar kann bei zu hohem Tempo den doppelten Wert erreichen. Die Arbeitsgeschwindigkeit (v_f) geht als einziger Parameter quadratisch in die Formel ein und hat daher den grössten Einfluss auf das Ergebnis, das in Kilo-Newton (kN) angegeben wird.

Hier fliessen nebst Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und spezifischem Bodenwiderstand mit der wichtigen Konstante «dynamischer Zug» auch die Werkzeugform und die Werkzeuggeschwindigkeit ein. Diese Konstante wirkt sich für den Grubber etwa im Vergleich zur «terrodynamischen» besser gestylten Pflugschar ungünstig aus und verschlechtert sich noch progressiv mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit. Der Grubber verbraucht also vor allem deshalb so viel Energie, weil er meist mit der für seine Werkzeugform falschen Geschwindigkeit betrieben wird.



Geschwindigkeit ist grösster Spritfresser ...

An der TU in Dresden wird an der Senkung des Energieaufwandes bei der Bodenbearbeitung gearbeitet. Dabei konzentrieren sich die Forscher¹⁾ gegenwärtig auf den Grubber und die Scheibenegge. Deren relativ hoher Zugwiderstand vergrössert sich mit zunehmender Geschwindigkeit, selbstverständlich ebenfalls exponentiell. Anschaulich wird das, wenn bei schneller Grubber-Fahrt Bodenmaterial über einen Meter in die Luft geschleudert wird. «Die Dynamik, die Sie da in den Boden einbringen, müssen Sie vorher als Diesel in den Traktor reinfüllen», verdeutlicht André Grosa¹⁾ den Zusammenhang zwischen Tank und Tempo. Verstärkt wird dieser Effekt durch die gängigen Doppelherzschar an den Grubberzinken. In den 50er-Jahren für damalige Traktorgeschwindigkeiten von 6 bis 8 km/h entwickelt, haben diese für das heutige Arbeitstempo bezogen auf den Energieaufwand eine eher ungünstige Werkzeugform, wie Zugkraftversuche bestätigen. Hinzu kommt die Gewichtszunahme bei den Arbeitsgeräten, denn bei schneller Ackerfahrt entstehen enorme Stossbelastungen, die stabile Tragrahmen erfordern. Dies bedingt wiederum höhere Maschinengewichte: Schätzungen gehen von einer Gewichtszunahme von 5–10 kg pro Meter Arbeitsbreite und Jahr seit 1960 aus. Allein deshalb sei der Dieserverbrauch um den Faktor 1,5 gestiegen. Die Zunahme wurde immerhin auch abgedämpft durch raffiniertere Konstruktionen und neue Materialien mit grösserer Festigkeit. Die Geschwindigkeit ist und bleibt dennoch der grösste Spritfresser.

... die grösse Arbeitsbreite die eleganter Lösung

Verdoppelt man hingegen die Arbeitsbreite statt die Arbeitsgeschwindigkeit, bringt das bei gleicher Flächenleistung eine Dieseleinsparung von 30%. Einen

grossen Einfluss auf den Dieserverbrauch haben zudem der angestrebte Lockungsgrad und damit die Arbeitstiefe. Laut österreichischen Untersuchungen²⁾ bedeutet eine Verringerung der Bearbeitungstiefe von 30 auf 20 cm mit dem Pflug zwar eine Senkung des Dieserverbrauchs von 17,5 auf 13,2 l/ha. Doch steigt bezogen auf die bewegte Bodenmasse der Energieaufwand von 0,480 auf 0,544 kWh/t an. Das heisst: Bezogen auf die Arbeitsintensität schnitt die flachere Bearbeitung energetisch schlechter ab. Beim Grubber dürfte dies wegen der ungünstigen Werkzeugform noch deutlicher ausfallen.

Fehlerhafte Werkzeuge verursachen Schrägzug

Man kann bei der Feldarbeit den Energieverbrauch jedoch auch ganz praktisch im positiven Sinne beeinflussen.

Das beginnt schon mit der richtigen Anordnung der Zinkenwerkzeuge.

Beim dreireihigen Grubber etwa greift (nach Gerosa) die erste Zinkenreihe in den ungelockerten Acker, die zweite Reihe erfasst zum Teil einseitig vorgelockerten und die dritte Reihe zweiseitig vorgelockten Boden. Entsprechend wirken die Kräfte. Ist das Gleichgewicht durch fehlangeordnete Werkzeuge, gebrochene Zinken oder verschlissene Schare gestört, entsteht ein Seitenzug. Ständiges Gelenken, mangelhafte Bodenbearbeitung und letztlich höherer Treibstoffverbrauch sind die Folge.

Ähnliches gibt es von der Scheibenegge zu berichten: Der schlimmste Fall ist hier, wenn die letzte Scheibenreihe genau hinter der ersten läuft. Eine aufgesattelte Scheibenegge kam da schon mal einen halben Meter aus der Spur, wie man in Versuchen beobachtete. Oder aber bei angebauten Geräten werden die auftretenden Querkräfte über den Heckkraftheber auf den Traktor übertragen und sorgen für erhebliche Zusatzbelastungen.



Szenen einer Begegnung: Federzinken trifft auf Feldstein. Beim Wegdrücken nach hinten und zur Seite sowie beim Vorschnellen muss der Zinken enorme Kräfte aufnehmen.



Schare unterliegen heute wegen der höheren Arbeitsgeschwindigkeit einem stärkeren Verschleiss. Hartmetallbestückung verlängert die Standzeit. Im Bild: Links eine normale Stahlschar und rechts eine Schar mit Hartmetallbeschichtung im unbenutzten Zustand. Die Hartmetallschar überstand an einem Grubber sieben Scharwechsel an den benachbarten Zinken. (Foto: Werkbild Betek GmbH & Co. KG)

Einige Hersteller bieten die Möglichkeit, durch eine Feinregulierung den Versatz der Scheibenreihen gegeneinander zu justieren. Hier liegt nach Meinung von Praktikern allerdings auch ein Potenzial für Fehleinstellungen.

Eine weitere Stellschraube für Energieeffizienz ist die Einhaltung der exakten Arbeitstiefe über die gesamte Maschinenbreite, wie sie für eine flache, ganzflächige Bodenbearbeitung notwendig ist. Bei Geräten mit starrem Werkzeug erweist sich das mit zunehmender Einsatzdauer als ein generelles Problem. Während die mittleren Zinken bei älteren Grubbern durch die Auflast noch in der vorgesehenen Tiefe wirken, halten die äusseren Werkzeuge diese Vorgabe nicht mehr ein. Bei klappbaren Geräten wirken sich allzu grosse Gelenkspiele zusätzlich negativ aus. Erscheint dem Landwirt die Durchmischung über die gesamte Arbeitsbreite zu gering, wird der Grubber insgesamt nachgestellt, sodass die mittleren Zinken nun eigentlich zu tief laufen

und unnötig Zugkraft beanspruchen. Konstruktiv lässt sich dem durch separate Stützräder für die einzelnen Werkzeugsektoren entgegenwirken.

Die Motorleistung muss passen

Günstig für die Energieeffizienz ist ein abgestimmtes Verhältnis von Gerät und Zugvermögen des Traktors. Muss der Schlepper ständig in seinem maximalen Leistungsbereich arbeiten, steigt der Dieserverbrauch massiv. Das Gleiche gilt bei einem für den Arbeitsgang überdimensionierten Maschineneinsatz. In beiden Fällen arbeitet der Traktor nicht beim Leistungsoptimum, d.h. bei ca. 70% der Nennleistung. «Wie enorm der Kraftstoffverbrauch bei suboptimalem Betriebspunkt zunimmt, haben wir bei Testfahrten mit einem Gespann aus Traktor und Universalgrubber gemessen», berichtet Moitzi²⁾. In diesem Test steigerte der Fahrer die Fahrgeschwindigkeit, ohne zu schalten, von 6 auf 8 km/h. Dabei erhöhte sich der Spritverbrauch um ein Drittel von 7,5 auf 10,1 l/ha.

Da die passende Zugmaschine in der Praxis nicht immer zur Verfügung steht, bieten Hersteller für das tiefe Bearbeiten in schweren Böden Geräte an, bei denen sich der Strichabstand durch Hochziehen jedes zweiten Zinkens verdoppeln lässt. Auf dem Markt sind ebenfalls Grubber, die auch mit eingeklappten oder abgehängten Seitenteilen arbeiten, sodass bei schwierigen Bedingungen der Zugwiderstand an die Traktorleistung angepasst werden kann.

Einen grossen Einfluss auf eine ganzflächig gleichmässige Bodenbearbeitung hat zudem die Standzeit beziehungsweise die

Instandhaltung der Werkzeuggeometrie. Ein grösserer Verschleiss diesbezüglich ist ebenfalls eine der Nebenwirkungen von Ackerschnellfahrten. Die Abnutzung erfolgt nicht gleichmässig, sondern je nach der Position der Zinken im Tragrahmen und somit je nach unterschiedlicher Beanspruchung der Schare. Die Beibehaltung der Schargeometrie, insbesondere der ohnehin steilen Schnittwinkel bei der Mulchschar, hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf das Arbeitsbild, sondern darüber hinaus auf den Zugkraftbedarf und somit auf den Kraftstoffverbrauch. Durch eine Bestückung mit Hartmetallauflagen ist es inzwischen möglich, die Standzeiten der Werkzeuge bedeutend zu verlängern.

Neue Federzinken für effiziente Grubber

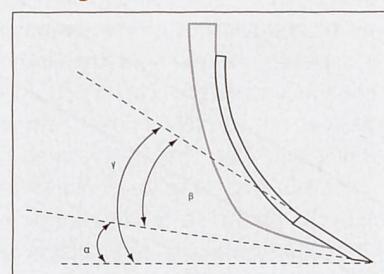
Einen anderen Ansatz verfolgt ein kürzlich gestartetes Forschungsvorhaben³⁾. Im Mittelpunkt stand hier die Entwicklung einer neuen Generation von Federzinken für Grubber und Kultureggen mit zwei Zielen vor Augen:

Zum einen geht es darum, das Einsatzspektrum für Federzinken zu erweitern oder für spezielle Anforderungen zu optimieren. So müssen Zinkengeräte für den Einsatz in der konservierenden Bodenbearbeitung für den Durchgang des Bodenmaterials deutlich mehr Freiraum bieten als konventionelle Geräte. Verstopfungen des Grubbers durch Pflanzenreste der Vorfrucht wird damit besser entgegengewirkt. Dafür be-



Mit Hartmetall beschichtete Flügelschar an einem Grubber mit starren Zinken der Firma Horsch. (Foto: Werkbild Betek GmbH & Co. KG)

Schartypen und Schargeometrie

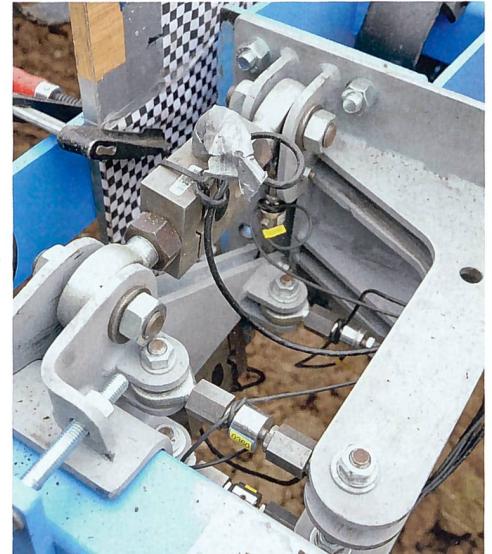


Das Einsatzziel des Grubbers bestimmt die Schargeometrie. Dabei beeinflusst der Schnittwinkel (α) vor allem die Mischwirkung, aber auch den Zugwiderstand der Zinken. Er ist bei der Schmal- oder Herzschar an Universalgrubbern grösser als bei der Gänsefusssschar, die insbesondere bei der mechanischen Unkrautbekämpfung eingesetzt wird. Keilwinkel (β) und Freiwinkel (γ) haben vorrangig Wirkung auf das Einzugsverhalten des Zinkengerätes.



◀ Messfühler und eine hochauflösende Kamera registrieren jede Krafteinwirkung und die Bewegung des Federzinkens bei der Fahrt über den Acker.

Hochwertige Messfühler am Test-Grubber der TU Dresden erfassen mit der sogenannten Dehnungsmessstreifentechnik alle auftretenden Kräfte sowie die Art und Weise, wie sie weitergeleitet werden.



Sowohl an einem der Zinken des an der TU Dresden entwickelten Versuchs-Grubbers als auch an der Schnittstelle zwischen Gerät und Traktor registrieren Sensoren alle auftretenden Kräfte und Momente. Die Stützräder sitzen weit aussen, damit die Grubber-Wirkung gut zu sehen ist.

nötigen die Hersteller längere Zinken, die sich trotz dem damit verbundenen höheren Biegemoment im oberen Bereich nicht verformen. Zum andern will man Federzinken auch für schwere Arbeiten einsetzen, die bisher den starren Grubberzinken vorbehalten gewesen sind. Beide Einsatzoptionen erfordern einen grösseren Zinkenquerschnitt.

Düngung beeinflusst Bodenwiderstand

Zu erstaunlichen Ergebnissen kamen kanadische Wissenschaftler⁴⁾ bei Untersuchungen zum Energieaufwand bei der Bodenbearbeitung. Sie wiesen nach, dass eine mehrjährige organische Düngung mit Stallmist bzw. Rottemist im Vergleich zur mineralischen Düngung den Zugkraftbedarf beim Pflügen um bis zu 38% verringert. Der kraftstoffsparende Effekt war auf den verringerten spezifischen Bodenwiderstand zurückzuführen, welcher durch die bodenstrukturverbessernde Wirkung des festen Wirtschaftsdüngers hervorgerufen wurde.

Die weiterentwickelten Federzinken sollen aber nicht nur den Beanspruchungen in den neuen Einsatzfeldern gewachsen sein. Man will durch ein geringeres Gewicht und die bessere Abfederung von Überlasten eine insgesamt leichtere Bauweise des Grubbers begünstigen. Forschungsmässig wurden auf Testfahrten mit verschiedenen Geschwindigkeiten sowohl die dynamischen Beanspruchungen eines einzelnen Zinken gemessen als auch die Kräfte und Momente, die zwischen Geräterahmen und Traktor wirken (siehe Bilder oben).

Dazu begannen die Dresdener Landmaschinenexperten vor einigen Monaten mit Grubber-Versuchen. Ziel der Forschungsarbeit ist es, den Kraftbedarf des Einzelwerkzeuges bei gleicher Wirkung zu senken.

Die Richtung ist klar: Leichtere Federzinken mit optimaler Kraftaufnahme sind die Voraussetzung für leichtere Tragrahmen. Die dürfen dann auch breiter sein. Und mehr Arbeitsbreite ist nun einmal der energieeffizienteste Weg zu höherer Flächenleistung. ■

Kommentar

Naturgesetze wirken unabhängig von der Anbauphilosophie. Bei der Erhöhung der Flächenleistung steht jeder Landwirt – ob mit oder ohne Pflug – somit vor dem gleichen Dilemma: Drückt er aufs Tempo, kostet das Sprit. Geht er es langsamer an, kostet das Zeit. Erhöht er die Arbeitsbreite, kostet das Geld. Zur Lösung dieses Konfliktes bedarf es völlig neuer, intelligenter und energiesparender Werkzeugkonzepte und Gerätesysteme. Viele der über 100 wenig vernetzten und oft kleinen Hersteller von Bodenbearbeitungstechnik in Europa stoßen bei aller Motivation da schnell an ihre Grenzen. Gefragt ist mehr interdisziplinäre Forschungsarbeit. Dass es geht, zeigt das gemeinsame Forschungsprojekt an der TU Dresden zur Entwicklung neuer Federzinken.

Wolfgang Rudolph

Red.: Man kann anfügen, dass dies ein Beispiel für eine produktive Zusammenarbeit und als Zeichen einer wieder erwachenden Landtechnikforschung an Fachhochschulen und Universitäten zu werten ist.