

Einsatzgrenzen von Schlepper und Gerät am Querhang

Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Der Schlepper dringt immer mehr in mittlere und kleinere Betriebe mit Feldern an Hängen ein, die auf den Anbau von Hackfrüchten in Schichtlinie angewiesen sind. Für die Bestellung und Pflege von Hackfrüchten am Querhang bestehen aber für Schlepper und Gerät Grenzen, oberhalb derer eine zufriedenstellende Arbeit nicht mehr möglich ist.

Um diese Grenzen zu bestimmen, wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem die folgenden Überlegungen den Ausgangspunkt bildeten: Beim Arbeiten am Querhang werden die Vorderräder bergwärts eingeschlagen, bis sie auf dem vorgeesehenen Kurs bleiben, während die Hinterräder soweit abrutschen, bis sie die gewünschte Fahrtrichtung einhalten, d. h. bis ihre Seitenführungskräfte groß genug sind, um ein weiteres Abrutschen zu verhindern. Damit stellen sich die Längsachse und die Triebräder des Schleppers in einen Winkel zur Fahrtrichtung (Schrägstellung). Durch eine besondere Lenkung lassen sich die Triebräder bei den bekannten Geräteträgern von Lanz und Eicher bergwärts einschlagen, wodurch die Schrägstellung der Schlepperlängsachse kleiner wird oder ganz verschwinden kann.

Die Schrägstellung eines Schleppers und seiner Räder vergrößert sich mit zunehmender Hangneigung. Landwirtschaftliche Gesichtspunkte bedingen die zulässige Schrägstellung: Während beispielsweise beim Mähen die Schrägstellung des Schleppers ziemlich groß werden darf und sich dann erst unangenehm auswirkt, wenn die Triebräder das gemähte Gut überfahren oder die Vorderräder schieben, sind die Grenzen für die Schrägstellung der Räder und der Schlepperlängsachse bei der Bestellung und Pflege von Hackfrüchten verhältnismäßig eng. Die Grenze, bis zu der diese Arbeiten noch zufriedenstellend durchgeführt werden können, ist dann überschritten, wenn die Schrägstellung des Schleppers so groß geworden ist, daß die Pflanzen in den Reihen durch die Reifen beschädigt werden.

Durch zahlreiche Einzelbeobachtungen auf Schlägen mit verschiedenen Neigungen, Böden und Bearbeitungszuständen ist es unter Umständen möglich, die Grenzen anzugeben, bis zu denen der einzelne Schleppertyp oder die besondere Ausführungsform noch ordnungsgemäß arbeitet. Dabei fällt jedoch häufig unterschiedliche Verhältnisse und subjektive Beurteilung das Bild. Deshalb waren für die DLG-Vergleichsprüfung „Kleinschlepper bis 17 PS mit Gerätereihen“ 1955/56 exakte Messungen notwendig, um zu objektiven Feststellungen über die Einsatzgrenzen zu kommen. Im folgenden wird die Durchführung der Messungen an Hand der ersten

Rübenhacke geschildert. Die Aufgabe bestand darin, die Schrägstellung der Schlepper bei verschiedenen Hangneigungen zu messen und die Grenzneigung zu bestimmen, bei der die zulässige Schrägstellung erreicht wird.

Die zulässige Schrägstellung

Die zulässige Schrägstellung ist — wie bereits gesagt — durch die landwirtschaftlichen Gesichtspunkte, aber auch durch die geometrischen Verhältnisse am Schlepper, also durch seine Abmessungen, bedingt.

Bei Geräten zwischen den Achsen ist der Abstand der Werkzeuge von der Hinterachse für die zulässige Schrägstellung maßgebend (Abb. 1, links). Die Triebdreifen haben sich der talseitigen Reihe bis auf einen kleinen „Schutzabstand“ (s_h) genähert, der entsprechend den verschiedenen Arbeiten und dem Pflanzenwuchs größer oder kleiner zu wählen ist, während die Hohlenschutzscheiben symmetrisch zur Reihe gehalten werden.

Bei Geräten hinter dem Schlepper, die von einem zweiten Mann gesteuert werden, können auch die Vorderräder, ohne Rücksicht auf die Werkzeuge, bis auf einen kleinen Abstand (s_v) an die bergseitige Reihe heranlaufen, so daß die zulässige Schrägstellung des Schleppers größer wird (Abb. 1, rechts).

Auch Spurlockerer, die verhältnismäßig weit hinter den Triebrädern liegen, können für die Bestimmung der zulässigen Schrägstellung maßgebend werden.

Bei Zwischenachsgeräten errechnet sich die zulässige Schrägstellung nach der Formel:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{c/2 - b_h/2 - s_h}{w + a_h}$$

Bei hinter dem Schlepper angebauten, durch einen zweiten Mann gesteuerten Werkzeugen beträgt die zulässige Schrägstellung:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{c - b_v/2 - b_h/2 - s_v - s_h - k}{l + a_v + a_h}$$

Hierin bedeuten:

- c der Reihenabstand
- b_v die Reifenbreite des Vorderrades
- b_h die Reifenbreite des Hinterrades
- l der Radstand

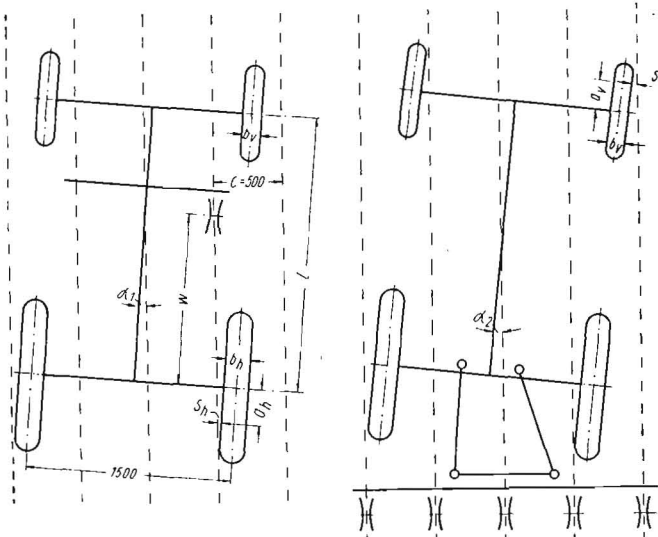


Abb. 1: Geometrische Ermittlung der zulässigen Schrägstellung der Schlepperlängsachse bzw. der Triebräder am Querhang ($\alpha_2 > \alpha_1$)

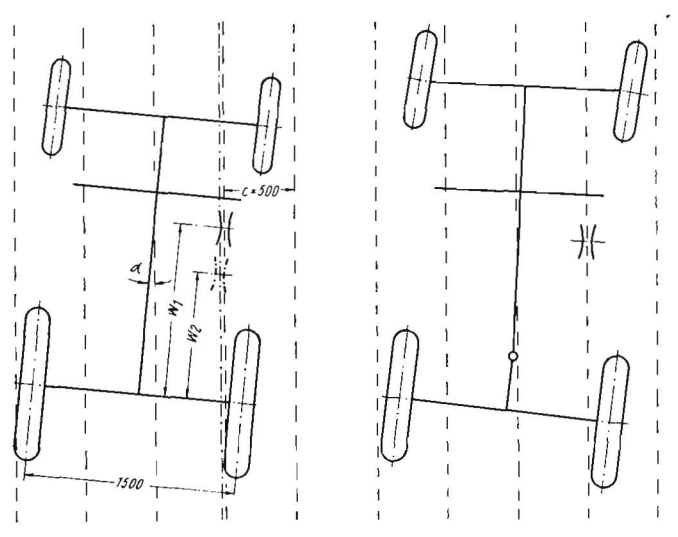


Abb. 2: Vergrößerung der zulässigen Schrägstellung der Triebräder; links: durch kürzeren Abstand (w_2) der Werkzeuge von der Hinterachse, rechts: durch eine Hinterachslenkung



Abb. 3: Die Meßeinrichtung; zwei Reihen sind durch Schnüre angedeutet

w der Abstand der Werkzeuge von der Hinterachse

k Faktor zur Berücksichtigung des Lenkeinschlages des bergseitigen Vorderrades (errechnet aus dem gemessenen Einschlagwinkel)

s der kleinstzulässige Abstand des sogenannten kritischen Punktes des Reifens von der Reihe, nämlich dort, wo die Stollen die Pflanzen oder den Boden beim An- oder Ablaufen gerade noch berühren (s_v am Vorderrad, s_h am Hinterrad)

a_v der Abstand des kritischen Punktes des Vorderrades (in der Projektion gemessen) von der Vorderachse

a_h der Abstand des kritischen Punktes des Hinterrades (in der Projektion gemessen) von der Hinterachse.

Die Abbildung 2 zeigt den Einfluß des Werkzeugabstandes von der Hinterachse (links) und eines Einschlages der Hinterachse (rechts). Der Einfluß verschiedenen Werkzeugabstandes von der Hinterachse ist im linken Bild deutlich zu erkennen. Bei w_1 ist die zulässige Schrägstellung überschritten; bei w_2 ist trotz der gleichen Schrägstellung des Schleppers noch ein genügender „Schutzabstand“ von der Reihe (strichpunktiert) vorhanden. Auch der Einschlag der Hinterachse vergrößert die zulässige Schrägstellung des Schleppers. (Durch Verkürzung des Abstandes (w) wird die Blickrichtung auf die Werkzeuge steiler und damit die erreichbare Fahrgeschwindigkeit kleiner).

Tatsächliche Schrägstellung bei verschiedenen Hangneigungen und Böden

Bereits früher wurde von anderen Stellen [1, 2] und von uns die Spurversetzung der Räder der Vorder- und Hinterachse sowie die Abweichungen der Werkzeuge, z. B. durch Zeichen von Spuren auf dem Erdboden mit Spurreißern festgehalten; auch der Abdruck der Reifen auf losem Boden wurde vermessen. Hierbei sind aber Ungenauigkeiten durch die schlechte Sichtbarkeit der Spuren und Profileindrücke sowie durch die Einwirkung der Spurwerkzeuge auf das Abrutschen nicht zu vermeiden. Der Aufwand für diese Vermessungen auf dem Acker ist groß und leidet unter der ständigen Bedrohung durch schlechtes Wetter.

Ferner bleibt die Schrägstellung der Triebräder — auch bei gleicher Hangneigung — nicht gleich, sondern ändert sich ständig mit den Bodenverhältnissen, dem Unkrautwuchs, den Schwingungen des Schleppers und den Lenkeinschlägen der Vorderräder.

So wechselt die Schrägstellung zwischen Minimal- und Maximalwerten. Es nützt daher nichts, die Schrägstellung — z. B. fotografisch — für einen Augenblick festzuhalten, sondern man muß sie über eine längere Strecke messen. Deshalb wurde ein filmisches Meßverfahren ausgearbeitet, das sich bewährt hat und vielleicht für ähnliche Aufgaben benutzt werden kann. Durch Mittelwertbildung und statistische Auswertung kann man so eine Reihe von Störfaktoren ausschalten und die Abhängigkeit der Schrägstellung des Schleppers von der Hangneigung in Kurven darstellen.

Meßeinrichtung und Versuchsdurchführung

Am Schlepper wurden sogenannte Peilstäbe parallel zur Schlepperlängsachse angebracht (Abb. 3), und zwar in einem halben Reihenabstand außerhalb der Schlepperspur, so daß sie sich beim Versuch über der entsprechenden Pflanzenreihe befanden. Wenn man von dieser Reihe aus den Schlepper, hinter ihm stehend, bei der Fahrt beobachtet, so stehen die Peilstäbe, die zur besseren Sichtbarmachung verschieden lang sind, in der Ebene im Idealfall genau hintereinander (Grundrichtung): Der Schlepper läuft so mit seiner Längsachse parallel zur Rübenreihe.

Wenn die Schlepperlängsachse sich schräg stellt, decken sich die beiden Peilstäbe nicht mehr. Da die Entfernung der Peilstäbe voneinander am Schlepper mit 1 m gewählt wurde, ist der seitliche Abstand (Versatz), z. B. der beiden rechten Kanten der Peilstäbe, quer zur Rübenreihe gemessen und in cm abgelesen gleich der Schrägstellung des Schleppers in %.

Ein weiterer Peilstab, der sich in Verlängerung der Hinterachse am Schlepper nach unten gerichtet befindet, zeigt ebenfalls auf die erste Rübenreihe außerhalb der Spur, die durch eine Schnur markiert war, so daß die Abweichung der Hinterradspur gegen die Reihe erkennbar wird.

Ferner befindet sich am Schlepper noch eine Anzeigeeinrichtung für den Einschlag der Vorderräder, die über Drähte (Antennenlitzen) von der Spurstange aus betätigt wurde. Am Zeiger ist der mittlere Einschlag beider Räder nach Eichung in Grad abzulesen.

Mit einer 16-mm-Film-Kamera wurden am fahrenden Schlepper der Versatz der Peilstäbe, die Abweichung der Hinterräder und der Einschlag der Vorderräder aufgenommen. Der Apparat stand genau ausgerichtet in Verlängerung der Markierungsschnur und damit in der Grundrichtung der Peilstäbe. Um möglichst keine Parallaxe zu erhalten, wurde mit Teleobjektiv (75 mm Brennweite) gefilmt. Die Meßstrecke befand sich in 25 bis 35 m Abstand vom Objektiv. (Die Bildgeschwindigkeit betrug 16 Bilder je sec., bei einigen Versuchen 24 Bilder je sec).

Um die jeweilige Querneigung der Schleppertriebachse im Bild festzuhalten, wurde ein lotrechter Stab in 40 m Entfernung ebenfalls in Verlängerung der Markierungsschnur aufgestellt. Die Neigung der Schlepper ist etwas größer als die Hangneigung durch die stärkere Einsenkung des talseitigen Schlepperrades und die geringere des bergseitig laufenden Triebrades. Diese Differenz war bei den Versuchen klein, da der Boden fest und die Spur mit 1,5 m groß war, mußte aber unter Umständen berücksichtigt werden.

Ausmessen der Bilder

Die Filme wurden Bild für Bild durch einen Projektionsapparat geschoben, so daß die benötigten Werte ausgemessen werden konnten. Die Vergrößerung wird so gewählt, daß die Bilder möglichst groß, aber noch scharf erscheinen. Der Maßstab ergibt sich aus den Peilstäben am Schlepper, auf denen eine Strecke von 50 cm markiert ist (schwarz/weiß). Die Meßstrecke ist durch zwei Latten auf dem Hang abgesteckt, auf die ebenfalls 50-cm-Strecken aufgetragen sind. Bei gleicher Bildlänge der Maßstäbe am Schlepper und an einer Meßlatte am Hang sind die Entfernungen beider Maßstäbe von der Kamera gleich, die Hinterachse des Schleppers befindet sich neben der Hanglatte. Durch die Armzeichen am Anfang und Ende der Meßstrecke sind diese Bilder noch besonders markiert.

Das Verhältnis der auf dem Bild gemessenen Länge des 50-cm-Maßstabes am Peilstab des Schleppers und seiner wahren Länge gibt den Vergrößerungsmaßstab an, der auch für den Versatz und die Abweichung der Hinterradspur gilt.

Außer der Feststellung der Meßwerte lassen die Bilder noch manche Beobachtungen zu, die während der Fahrt nicht gemacht werden konnten.

Résumé:

Dipl.-Ing. H. Skalweit: „Einsatzgrenzen von Schlepper und Gerät am Querhang.“

Die Grenze für den Einsatz von Schlepperanbaugeräten zur Bestellung und Pflege von Hackfrüchten wird durch die Schrägstellung der Längsachse beziehungsweise der Triebäder des Schleppers bestimmt. Durch ein filmisches Meßverfahren wird die Schrägstellung bei verschiedenen Hangneigungen und Böden ermittelt. Die zulässige Schrägstellung wird aus den geometrischen Verhältnissen und den landwirtschaftlichen Forderungen berechnet. Damit kann die Grenze angegeben werden, bis zu der noch eine ordentliche Arbeit ohne Schädigung der Pflanzen möglich ist.

Dipl.-Ing. H. Skalweit: „Limits of Utilisation of Tractors and Equipment on Inclined Surfaces.“

The limits for the utilisation of tractor-drawn equipment for the cultivation and tillage of crops requiring hoeing operations are set by the inclination of the longitudinal axis or that of the driving wheels of the tractor. This limit of inclination on various types of surfaces was measured and recorded by photographic methods. The permissible degree of inclination was then calculated geometrically in relation to agricultural needs. These calculations enable exact limits to be set, up to which work may proceed without risk of damage to the crop.

Dipl.-Ing. H. Skalweit:

«Les limites d'utilisation de tracteurs et d'outils agricoles sur les pentes perpendiculaires.»

La limite d'utilisation d'outils portés destinés à la préparation et l'entretien de cultures de plantes sarclées, est déterminée par la position inclinée que prennent l'axe longitudinal et les roues motrices. Au moyen d'une méthode cinématographique, on a révélé l'ordre de grandeur de l'inclinaison lors du travail sur des pentes plus ou moins rapides et sur des terres à caractéristiques différentes. L'inclinaison admissible est calculée en tenant compte des facteurs géométriques et des exigences du travail agricole. On peut ainsi déterminer le seuil d'application où un travail de qualité acceptable est encore assuré sans que les plantes soient détériorées.

Ing. dipl. H. Skalweit:

«Los límites en el empleo de tractores y de máquinas remolcadas en pendientes transversales.»

El límite para el empleo de máquinas montadas al tractor en el cultivo de frutos escardados, como remolacha etc., depende de la inclinación de las ruedas de propulsión del tractor. En los ensayos que se hicieron, los diferentes grados de inclinación se establecieron por el procedimiento fotográfico, calculándose la inclinación permitida a base de las condiciones geométricas y agrícolas. De esta forma se puede calcular el límite extremo hasta el cual resulte posible una labranza cuidadosa que no perjudique las plantas.

Dr.-Ing. F. Wieneke:

Reibungswerte von Pflanzen und Faserstoffen

Institut für Landmaschinen, TH Braunschweig¹⁾

Für die Konstruktion von Maschinen und Geräten, die organische und anorganische Stoffe transportieren und verarbeiten, ist oftmals die Kenntnis der Reibungswerte notwendig. Es ist ferner wichtig, zu wissen, wie sich die Reibungswerte mit der Rauigkeit der Reibungsflächen, dem Normaldruck, der Gleitgeschwindigkeit, der Reibungszeit und unter dem Einfluß von Feuchtigkeit, Öl, Fett und Schmutz ändern.

Dem Verfasser sind bisher nur Reibungsuntersuchungen mit Stroh, Heu und Silage bekannt geworden, die unter ganz bestimmten Verhältnissen durchgeführt wurden und bei denen die oben genannten Einflußgrößen nicht variiert wurden. Hodges [1] gibt für Mais-Silage auf Holz einen Reibungswert von $\mu = 0,75$ an; Barger [2] ermittelte für Mais-Silage auf Metallplatten einen Reibungswert von $\mu = 0,88$. Hintz und Schinke [3] berichten über Reibungswerte von gehäckseltem Roggen und Hafer auf Stahl bei Gleitgeschwindigkeiten von 0 bis 30 m/s. Über etwa 5 m/s weicht nach die-

sen Untersuchungen der Reibungswert nicht erheblich von $\mu = 0,5$ ab, während die Werte unter 5 m/s stark streuten. Ausführlichere Reibungsmessungen wurden von Richter [4] mit Silage, Stroh und Heu auf einer galvanisierten Fläche angestellt, wobei die Gleitgeschwindigkeit und der Normaldruck variiert wurden (Tabelle 1). Die Ergebnisse der Reibungsuntersuchungen mit Stroh von Kamarow [5], Pusch und Below [6] und Scheffter [7] sind ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt.

Die eigenen Versuche hatten das Ziel, für verschiedene Stoffe den Einfluß der Reibungszeit, der Rauigkeit der Reibflächen, der Gleitgeschwindigkeit, der Flächenpressung, des Normaldruckes und von Verschmutzungen zu bestimmen. In den genannten Untersuchungen sind diese Einflüsse nicht oder nur zum Teil ermittelt worden.

Versuchsordnung

Die Reibungswerte μ_R der ruhenden Reibung wurden auf der schiefen Ebene ermittelt. Dabei gilt die Beziehung $\mu_R = \tan \alpha$, wenn α der Neigungswinkel der Reibfläche ist.

Zur Ermittlung der Reibungswerte der gleitenden Reibung wurde zunächst ein umlaufendes Stahlband gewählt. Da das Band bei größeren Geschwindigkeiten schwingt, führte das zu ungenauen Ergebnissen. Die Messung der Reibungswerte wurde deshalb mit der Versuchsordnung nach Abbildung 1 vorgenommen. Der Halm, der im Winkelbereich α auf der sich drehenden Welle liegt, ist mit einem Ende an einer Waage befestigt, während er am anderen Ende mit dem Gewicht G_1 belastet ist. Aus dem Belastungsgewicht G_1 und dem von der Waage angezeigten Reaktionsgewicht G_2 ergibt sich der Reibungswert:

$$\mu = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{G_2}{G_1} \quad (1)$$

Die Welle wurde mit einem Leonardsatz angetrieben, wodurch die Messung der Reibungswerte bei verschiedenen Gleitgeschwindigkeiten ermöglicht wurde.

¹⁾ Diese Untersuchungen wurden auf Anregung von Professor Dr.-Ing. G. Segler am Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig im Rahmen einer Dissertation durchgeführt.

Tabelle 1: Reibungskoeffizienten bei ruhender Reibung

Versuche von	Reibfläche	Reibungswerte mit			
		Roggenstroh	Weizenstroh	Haferstroh	gehäckseltem Grünfutter
Kamarow	Eisenblech neu, glatt	0,39	0,31	0,28	
	Kiefernholz glatt, in Faserrichtung	0,36	0,28	0,33	
Pusch und Below	verzinktes Eisenblech	0,32	0,24	0,27	
	Birkenholz	0,33	0,30	0,33	
Scheffter	Eisenblech glatt	Stroh in Längsrichtung		0,21	
		0,255	0,23		
	Kiefernholz	Stroh in Querrichtung		0,255	
		0,358	0,252		
		Stroh in Längsrichtung		0,255	
		0,307	0,252		
Richter	galvanisiertes Eisenblech	0,17—0,42			0,52—0,82