

Kursfehler von Kulturgeräten an Geräteträgern

Von Dr.-Ing. E. FOLTIN, Leipzig

Reihenkulturgeräte erfordern genaue Einhaltung des geraden Kurses der Geräte. Form und Lage der Äcker sowie schlechte Ausführung der Bestellarbeit führen jedoch oft zu kurvigen Reihen, die, wenn sie bestimmte Ausmaße überschreiten, Beschädigungen der Kulturpflanzen verursachen. Im Heft 1 der Agrartechnik wurden vom Verfasser bereits die Kursfehler von Schlepperanbaugeräten und in Heft 3 die Kursfehler von Schlepperanhängern bei Reihen-Kulturarbeiten untersucht. Bei diesen Kulturarbeiten, wie z. B. Hacken, Pflanzlochen, Häufeln usw., werden nicht nur Geräte am Zweiachsschlepper verwendet, sondern man findet oft einachsige, motorisierte Maschinen vor, die speziell in Gärtnereien, Obstplantagen und anderen Spezialbetrieben eingesetzt werden. Diese Maschinen, die in der Praxis als Fräsen, Einachsschlepper oder als motorisierte Karren bekannt sind, werden in dieser Arbeit allgemein als Geräteträger bezeichnet. Daß diese kleinen motorisierten Maschinen weiterhin Beachtung finden werden, beweist, daß in den vorher genannten Betrieben zum Hacken von 4 bis 6 Reihen eine motorisierte Hacke von 2 bis 3 PS ausreicht. Ein Einsatz eines Schleppers von 20 bis 30 PS bei gleicher Gerätebreite wäre daher für diese Spezialkulturen betriebswirtschaftlich unrentabel.

Definition der Kursfehler

Die erstrebten Kurslinien sind die Sollkurslinien. Die in der Praxis auftretenden Kurven werden Istkurven genannt. Der Abstand der beiden Kurslinien wird als *Kursfehler* bezeichnet. Er wird in diesem Aufsatz in Steuer- und Folgefehler gegliedert.

Steuerfehler sind die Kursabweichungen des Führungspunktes, während als Folgefehler die Kursabweichungen der Werkzeuge, Räder und Spurreißer bezeichnet werden.

Die zulässigen Fehlergrößen bei der Reihenkultur:

Die zulässigen Kursfehler der Werkzeuge zur Pflanzschongrenze werden in diesem Aufsatz mit

- 6 cm für die Hackkultur und
- 10 cm für die Kartoffelkultur zugrunde gelegt.

Gliederung der Reihenkulturgeräte

Eine Gliederung der untersuchten Kulturgeräte erfolgt in diesem Aufsatz nach ihrer seitlichen Bewegungsmöglichkeit am Geräteträger. Man unterscheidet:

- Seitlich starre Geräte,
- Seitlich schwenkbare Geräte.

Seitlich starre Geräte: Diese Geräte sind starr oder in vertikaler Ebene schwenkbar am Geräteträger angebracht. Nachteilig ist, daß sie die Kursabweichungen der Triebräder übernehmen und zum Teil sogar verstärken.

Seitlich schwenkbare Geräte: Diese Geräte sind an einem Punkt des Geräteträgers seitlich schwenkbar angebracht. Die Kurslinien der Geräte sind von den Bewegungen dieses Anlenkungspunktes abhängig. Je nach dem Abstand dieses Punktes zur Steuerachse unterscheidet man:

- Geräteanlenkung in Achsmitte,
- Geräteanlenkung hinter Achsmitte.

Der Führungspunkt

Die Lage des Führungspunktes. Bei seitlich starrer Werkzeuganordnung hinter der Steuerachse kann nur ein Triebrad oder ein Spurzeiger vor der Steuerachse Führungspunkt sein. Die Werkzeuge sowie hinter der Steuerachse befindliche Spurzeiger können nicht als Führungspunkt dienen, da sich der Geräteträger bei Kursabweichungen der Triebräder oder bei Kreisfahrt schräg zur Fahrrichtung stellt und ein Weiterfahren in der angestrebten Kursrichtung unmöglich macht. Dies gilt sowohl für stierzengelenkte als auch für achsschenkelgelenkte Geräteträger (Bild 1).

Bei seitlich starrer Werkzeuganordnung vor der Steuerachse wird stets eines der Werkzeuge oder ein vor der Steuerachse befindlicher Spurzeiger Führungspunkt sein, da dieser bei stierzengelenkten Geräteträgern bequem geführt werden kann (Bild 2 α). Die Triebräder als Führungspunkt zu wählen, ist nicht zweckmäßig, da sich bei Steuerfehlern auf geradem Sollkurs und bei kurvigen Kurslinien weit größere Folgefehler ergeben als beim Steuern nach den vorliegenden Geräten (Bild 2 β). Bei achsschenkelgelenkten Geräteträgern ist diese

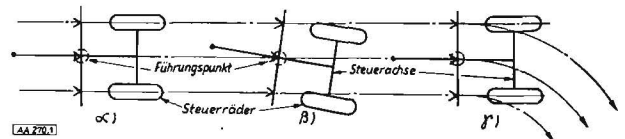


Bild 1 Starre Werkzeuganordnung hinter der Steuerachse

Werkzeuganordnung praktisch unbrauchbar, weil man dann balancieren muß, da ein Lenken nur nach den Geräten als Führungspunkt möglich ist. Dieses Balancieren mit dem Geräteträger ist so anstrengend, daß die Verwendung einer solchen Geräteanordnung unpraktisch ist (Bild 2 γ).

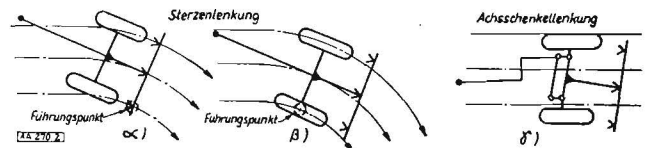


Bild 2 Starre Werkzeuganordnung vor der Steuerachse

Bei seitlich schwenkbarer Werkzeuganordnung kann bei stierzengelenktem Geräteträger die Anlenkung des Gerätes in Achsmitte oder dahinter angebracht sein. Als Führungspunkt kommt nur eines der Triebräder oder ein vor der Steuerachse angebrachter Spurzeiger in Frage. Nach dem Lauf der Werkzeuge zu steuern ist unzuverlässig, da die Räderabweichungen allgemein ein mehrfaches der Steuerfehler ausmachen würden, was bei Pflegearbeiten nicht zulässig ist (Bild 3).

Achsschenkelgelenkte Geräteträger mit angelenkten Geräten sind nicht stabil. Diese Lenkung ist somit bei diesen Geräten praktisch unbrauchbar (Bild 3 γ). Eine Schrägstellung der Steuerachse kann nicht durch die Achsschenkelelenkung ausgeglichen werden, da der zweite Festpunkt – in diesem Falle das Gerät – beweglich angeordnet ist.

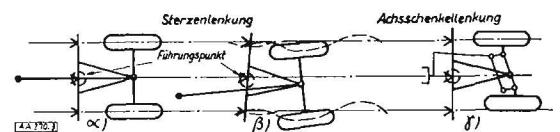


Bild 3

Bewegliche Werkzeuganordnung hinter der Steuerachse

Kurslinien des Führungspunktes: Angestrebt werden gerade Kurslinien, die Ackerflächen weisen jedoch nicht immer gerade Begrenzungen auf, so daß man wohl oder übel kurvige Linienführungen in Kauf nehmen muß. Viel häufiger treten jedoch kurvige Kurslinien durch ungewolltes Abweichen und Wiederrücksteuern auf den gewollten Kurs auf. Untersucht werden daher die Kursfehler als Ergebnis der gewollten (idealen) *Kurslinienform* und als Ergebnis der ungewollten *Steuerfehler*.

Folgende Kurslinien werden den Untersuchungen zugrunde gelegt:

- Gerade Kurslinie,
- Kreisförmige Kurslinie,
- Schlangenförmige Kurslinie.

Die Kurslinien werden als Folge von kurzen, mittellangen und langen Lenkausschlägen gegliedert. Als Pendelung des Führungspunktes um die gedachte Kurslinie werden ± 5 cm und 10 cm angenommen (siehe Bild 4).

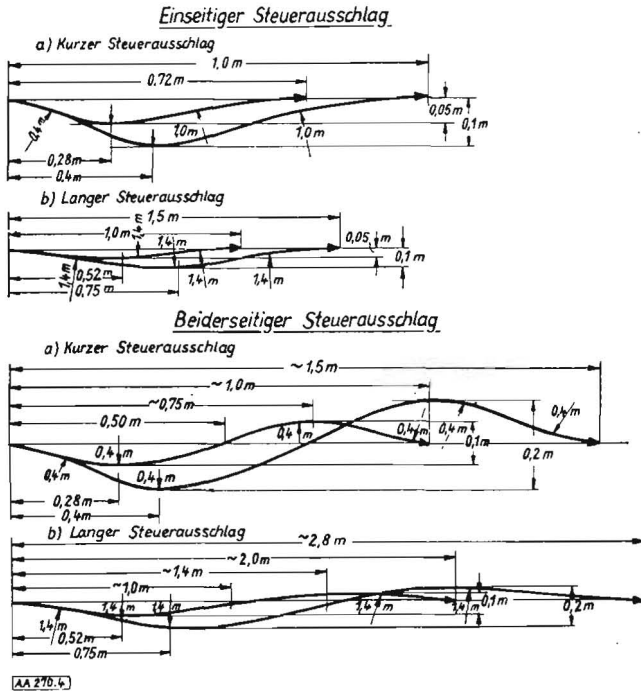


Bild 4 Die Kursabweichungen bei Steuererschlag der Räder der Geräteträger

Die Folgefehler von seitlich starren Geräten

Einachsige motorisierte Reihenkulturgeräte werden in der Hauptsache in Gärtnereien oder Obstplantagen eingesetzt. Die starre Anbringung der Werkzeuge kann vor und hinter der Steuerachse erfolgen. In der Steuerung unterscheidet man

- Sterzenlenkung,
- Achsschenkellenkung.

Sterzenlenkung (Bild 5a)

Die Sterzenlenkung wird meistens bei Einachsschleppern angewandt. Bei Vielfachgeräten oder bei anderen karrenähnlichen Geräten ist sie als Karrenlenkung bekannt. Die Sterzen sind mit der Radachse starr verbunden, so daß der Steuermann Kursabweichungen durch entsprechende Kraftausübungen an den Sterzen erzwingen muß. Die Größe der erforderlichen Haltekräfte an den Sterzen kann sehr erheblich werden.

Eine zusätzliche Anordnung von Lenkbremsen, die das Abbremsen jedes Triebrades für sich gestattet, wenn ein Triebbad ein Hindernis überrollen soll, macht den Steuermann von der

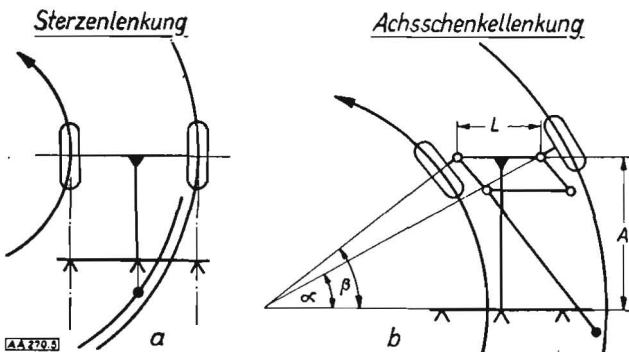


Bild 5 Lenkungsarten der Geräte

körperlichen Anstrengung frei, den Schlepper an den Sterzen auf Kurs halten zu müssen (Bild 5).

Achsschenkellenkung (Bild 5b)

Bei Achsschenkellenkung ist einwandfreies Rollen nur möglich, wenn sich die Verlängerungen sämtlicher Achsen in einem Punkt, dem sogenannten Kursmittelpunkt, schneiden. Richtige Radstellung verlangt:

$$\text{ctg } \beta = \text{ctg } \alpha - \frac{L}{A}$$

Beim Einachsschlepper verlangt die Achsschenkellenkung eine Führung des Schlepperrumpfes. Diese Führung kann erfolgen durch angebaute Geräte, z. B. durch den Pflug oder durch Stützräder bzw. die Räder der Anbaugeräte.

Die Untersuchungen werden mit einem Modell durchgeführt, das im Maßstab 1:10 angefertigt wurde. (Siehe Bild 6.) Die gewählten Abmessungen entsprechen einem Abstand des Steuermannes zur Steuerachse von 2 m mit einer Spurweite $s = 1,25$ m. Die veränderlichen Werkzeugabstände d zur Steuerachse sind 0,75 m, 1,1 m und 1,5 m. Das Modell kann sowohl mit Sterzen sowie auch mit Achsschenkeln gelenkt werden.

Starre Werkzeuge vor der Steuerachse (Bild 6)

Die Werkzeuge darstellenden Schreibstifte (1) werden durch eine Halteschiene (2) geführt und können vor und hinter der

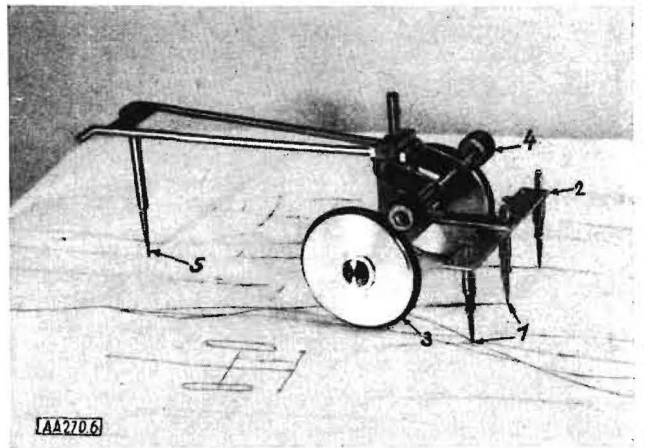


Bild 6 Starre Werkzeuge vor der Steuerachse

Achse starr angebracht werden. Die Kursbahnen der Räder werden durch Gummiringe (3) aufgetragen, auf denen sich Farbrollen (4) abwälzen. Der Kurs des Steuermannes wird durch einen Schreibstift (5) aufgezeichnet. Untersucht werden die Kursfehler der Räder und Werkzeuge von Geräteträgern mit folgenden Werkzeuganordnungen und Lenkungsarten (Bild 7):

Sterzenlenkung: Werkzeuge starr vor und hinter der Steuerachse.

Achsschenkellenkung: Werkzeuge starr hinter der Steuerachse. Die Anordnungen von Werkzeugen vor der Steuerachse macht die Steuerung labil und ist daher praktisch unbrauchbar.

Die Folgefehler bei gerader Kurslinie

Ohne Steuerfehler der Triebräder

Hält der Steuermann des Geräteträgers die gerade Kursrichtung mit den Triebrädern ein, so werden sämtliche Räder und Werkzeuge des Geräteträgers mit starrer Werkzeuganordnung fehlerfrei in ihrer Kursrichtung geführt. Der Kursfehler ist somit $f = 0$.

Mit Steuerfehlern der Triebräder

Weichen die Triebräder durch schlechtes Steuern oder infolge von Hindernissen vom geraden Kurs ab, so treten die in Bild 4 aufgezeichneten Gerätekurslinien auf.

Ein beabsichtigter entgegengesetzter Steuererschlag der Triebräder ist bei dieser Werkzeuganordnung nicht notwendig, da der Steuermann jede seitliche Kursabweichung direkt durch Heranführen der Räder und Werkzeuge korrigieren kann.

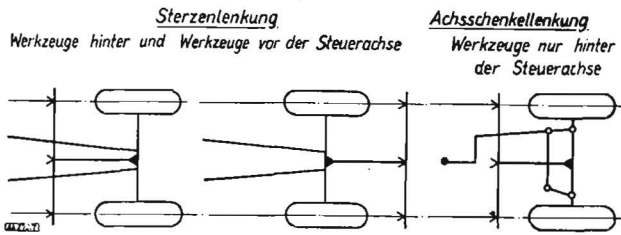


Bild 7 Geräteträger mit starrer Werkzeuganordnung

Die Untersuchungen ergaben, daß die Folgefehler von Geräteträgern mit starr angeordneten Werkzeugen sehr stark vom Charakter der Sollkurslinie des Führungspunktes abhängig sind. Rechnerisch beträgt der Fehler der Werkzeuge, wenn ein Rad des Geräteträgers als Führungspunkt gewählt wird, $f = y - y' d$, wobei y der Betrag der Abweichung, y' die Neigung der Steuerkurslinie gegenüber der Geraden und d der Werkzeugabstand zur Steuerachse bedeutet. Die Formel zeigt, daß der Kursfehler für einen bestimmten Punkt der Fahrbahn von der Neigung der Steuerkurslinie, von dem Betrag der Abweichung in diesem Punkt und von dem Werkzeugabstand zur Steuerachse abhängig ist.

Die Untersuchung ergab die auf Bild 8 dargestellten Maximalfehler. Infolge der Größe der Versuchsblätter wurden diese nicht dem Aufsatz beigefügt.

Das Diagramm 8 zeigt, daß die Größe der Folgefehler bei sterzengelenkten Geräteträgern mit zunehmendem Werkzeugabstand von der Steuerachse sehr stark ansteigt. Die Linien der Maximalfehler bei 5 cm und 10 cm seitlicher Kursabweichung laufen nicht parallel, da die Neigungswinkel der beiden Kurslinien verschieden sind.

Die Größe der dargestellten Folgefehler kann verringert werden, wenn man die Kursabweichung länger gestaltet, d. h. wenn man die Neigung der Steuerkurslinie y verringert. Ein allmähliches Zurückführen der Triebräder zur Sollkurslinie ist nur dann zweckmäßig, wenn die beim Korrektüreinschlag entstehenden Gerätefehler $y'd + y$ den zulässigen Betrag nicht überschreiten. In der Praxis wird man daher große Kursabweichungen des Geräteträgers durch Ausheben des Gerätes, radikales Einlenken des Gerätes auf den früheren Kurs und Wiedereinsetzen des Gerätes korrigieren. Es tritt dabei zwar eine Fehlstelle ein, die durch Handarbeit beseitigt werden muß, aber man verringert dadurch größere Pflanzenbeschädigungen.

Achsschenkelgelenkte Geräteträger zeigen verschiedenes Verhalten, je nachdem, ob sie ein Ausgleichgetriebe haben oder nicht.

Geräteträger mit Ausgleichgetriebe: Die Werkzeuge übernehmen die Rolle der Hinterräder bei Zweiachsschleppern. Ihre Kursfehler sind identisch mit den Hinterradfehlern der Zweiachsschlepper.

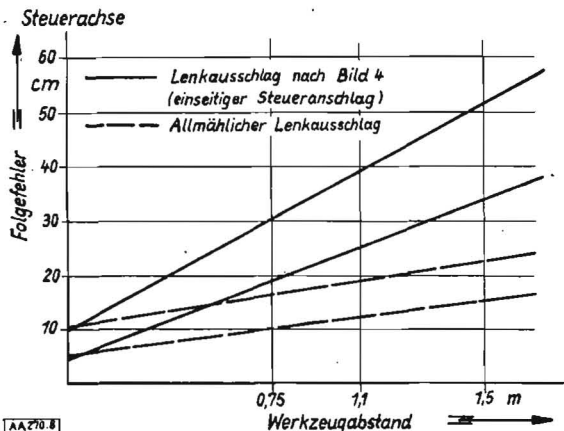


Bild 8

Die Folgefehler von Geräteträgern mit starrer Werkzeuganordnung

Geräteträger ohne Ausgleichgetriebe: Hier kann man keine exakten Feststellungen treffen, da die Vorgänge stark vom Boden, vom Schlupf der Räder und von dem seitlichen Verschiebewiderstand der Werkzeuge abhängig sind. Die Steuerung ist theoretisch indifferent und wird nur durch die Bodenwiderstände der Geräte in gewissem Maße stabilisiert. Bei größeren Lenkausschlägen verschieben die seitlich auf die Geräte wirkenden Bodenkräfte die Steuerachse aus ihrer Richtung. Es ist dann wegen der Indifferenz der Steuerung sehr schwer, den Geräteträger und das Gerät wieder in eine richtige Arbeitslage zu bekommen; aus diesem Grunde sind einachsige Geräteträger und Achsschenkellenkung ohne oder mit gesperrtem Ausgleichgetriebe für Reihenkulturarbeiten unbrauchbar. Angenähert sind bei kleinen Lenkausschlägen die Kursabweichungen der Werkzeuge gleich denen der Räder.

Die Folgefehler bei kreisförmiger Kurslinie

Befährt ein Geräteträger mit starr angeordneten Werkzeugen einen Kreisbogen, so treten je nach der Lenkungsart und Werkzeuglage folgende Folgefehler auf (Bild 9).

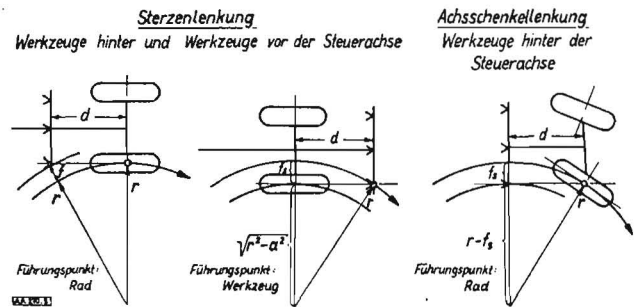


Bild 9 Die Folgefehler bei Kreisfahrt des Geräteträgers mit starr angeordneten Werkzeugen

Sterzenlenkung: Bei Werkzeuganordnung hinter der Achse ist das kurveninnere Rad Führungspunkt. Der Folgefehler der Werkzeuge in Höhe der Verbindungslinie kurveninneres Rad - Gerät in Radspurtangente ergibt sich zu

$$f_w = \sqrt{r^2 + d^2} - r.$$

Bei Werkzeuganordnung vor der Steuerachse kommt nur ein Werkzeug als Führungspunkt in Frage. Der Folgefehler der Räder ist

$$f_R = r - \sqrt{r^2 - d^2}.$$

Achsschenkellenkung (Ausgleichgetriebe): Die Werkzeuge folgen den Steuerrädern in einer Traktrix, wie die Hinterräder eines Zweiachsschleppers den Vorderrädern. Ihr Folgefehler ist daher analog dem Folgefehler der betreffenden Hinterräder zu

$$f_w = r - \sqrt{r^2 - d^2}.$$

Die Räder eines sterzengelenkten Geräteträgers mit einem Werkzeug vor der Steuerachse als Führungspunkt haben gemäß der vorstehenden Formel bei gleichem Werkzeugabstand denselben Folgefehler wie die Werkzeuge bei achsschenkelgelenktem Geräteträger.

Die Folgefehler der Werkzeuge oder Räder von sterzen- und achsschenkelgelenkten Geräteträgern sind somit von dem Kursradius r und dem Werkzeugabstand d von der Steuerachse abhängig. Die Folgefehler sind gleich null, wenn die Werkzeuge sich in Höhe der Steuerachse befinden. Dies ist aber bei den in den Raderspuren laufenden Werkzeugen konstruktiv nicht möglich. Werden die Folgefehler in Abhängigkeit verschiedener Werkzeugabstände bei Kursradien von $r = 20$ m, 30 m und 50 m aufgetragen, so ergibt sich das in Bild 10 wiedergegebene Diagramm.

Die Größe der Folgefehler nimmt mit zunehmendem Werkzeugabstand von der Steuerachse stärker als linear zu. Hinter der Steuerachse angebrachte Werkzeuge eines sterzengelenkten Geräteträgers weisen etwas geringere Folgefehler auf als die von achsschenkelgelenkten Geräteträgern.

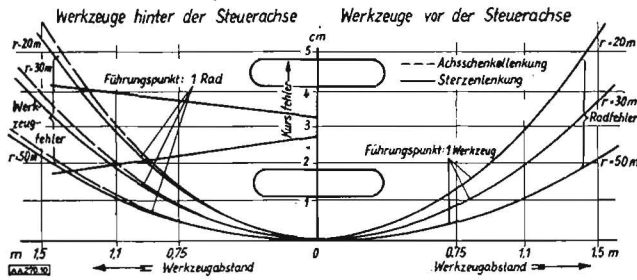


Bild 10

Die Folgefehler bei Kreisfahrt und starrer Werkzeuganordnung

Folgefehler bei schlangenförmiger Kurslinie

Die Durchführung von Untersuchungen mit dieser Kurslinie hat für die Geräteträger wenig Sinn. Die Geräteträger finden fast nur in Gärtnereien, Obstplantagen und kleinen Bauernhöfen Verwendung, wo Schlangenlinien selten auftreten, da die zu bearbeitenden Flächen gegenüber den großen Ackerflächen wesentlich kleiner sind und daher eine gradlinige Reihenföhrung leichter zu erreichen ist. Für die selten auftretenden Schlangenlinien, z. B. durch Ackerbegrenzungen oder durch vorhandene Sträucher oder Bäume, ist eine besondere Untersuchung durch Modellversuche nicht notwendig, da man sich die Schlangenlinien als Verlauf von Kreisbögen darstellen kann. Die Folgefehler können höchstens die bei Kreisfahrt mit der gleichen Krümmung auftretende Werte, wie Diagramm 10 – siehe vorigen Abschnitt –, erreichen.

Die Folgefehler von seitlich schwenkbaren Geräten

Bei seitlich schwenkbaren Geräten an Geräteträgern unterscheidet man folgende Anlenkungsarten der Geräte:

1. In Achsmittle,
2. hinter Achsmittle.

Anlenkung der Geräte in Achsmittle

Werden die Werkzeuge in Achsmittle des Geräteträgers angelenkt, so hat das Wenden um die Achsmittle keinen Einfluß auf die Lage der Werkzeuge (Bild 11).

Praktisch kann dies jedoch nur beim Stillstand eintreten. Wird die Achse des Geräteträgers bei der Fahrt geschwenkt, so bewegen sich die Räder in der eingeschlagenen Richtung weiter. Die Achsmittle weicht von ihrem Kurs ab und übt einen Schrägzug auf das Gerät aus. Dadurch stellt sich die Achse des Gerätes schräg, und die Werkzeuge weichen vom Kurs ab. Die Abweichung der Werkzeuge wird immer nach der Seite des Ausschwenkens der Triebäder eintreten. Da der Geräteträger mit angelenktem Gerät in Achsmittle mit einem drehchemelgelenktem Zweiachsschlepper vergleichbar ist, so sind die Folgefehler der Werkzeuge gleich denen der Hinterräder eines Zweiachsschleppers, wenn die Deichsellänge gleich dem Achsabstand eines Zweiachsschleppers ist.

Die Untersuchungen zur Ermittlung der Kursfehler werden ebenfalls durch das Versuchsmodell ermittelt. Das Gerät wird in Achsmittle beweglich geführt. Die Untersuchungen werden nur

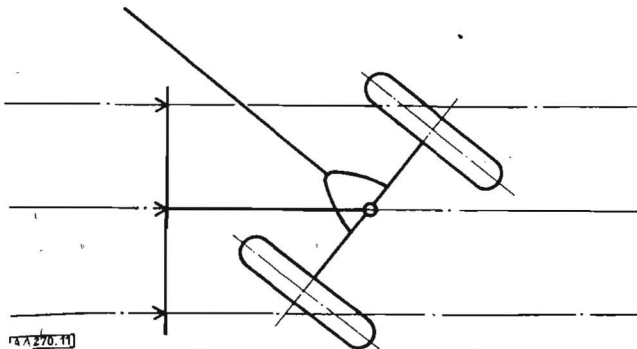


Bild 11 Schrägstellung der Steuerachse bei Geräteanlenkung in Achsmittle bei Stillstand

mit sterzengelenktem Modell durchgeführt, da die Achschenkelanlenkung bei gezogenen Geräten praktisch unmöglich ist. Den Untersuchungen werden die auf Bild 4 dargestellten Kurslinien zugrunde gelegt (Bild 12).

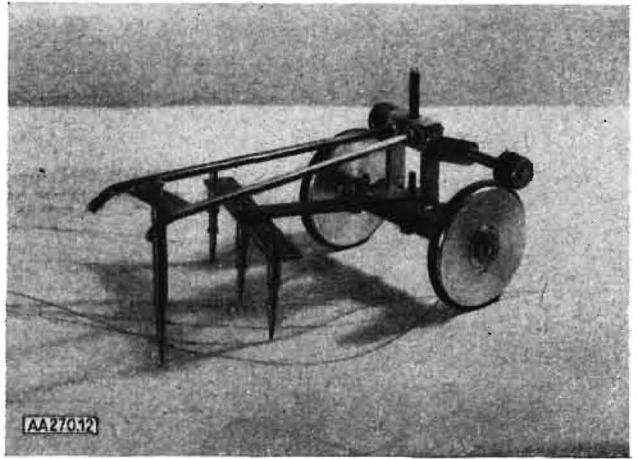


Bild 12 Anlenkung der Geräte in Achsmittle

4.11 Die Folgefehler bei gerader Kurslinie

Einseitiger und beiderseitiger Steuerausschlag

Weichen die Triebäder einseitig oder beiderseitig von dem geraden Kurs ab, so weisen die Werkzeuge Folgefehler auf, wie sie Bild 13 zeigt. Infolge der Größe der Versuchsblätter sind diese ebenfalls nicht im Aufsatz wiedergegeben.

Diagramm Nr. 13 zeigt, daß die Größe der Folgefehler mit zunehmendem Abstand der Werkzeuge vom Anhängepunkt schwächer als linear abnimmt. Ferner zeigen im Diagramm die gestrichelten Linien, daß sich die Folgefehler beim beiderseitigen und einseitigen Steuerausschlag nicht wesentlich unterscheiden.

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß die Folgefehler der untersuchten angelenkten Geräte noch innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen liegen. Da größere Kursabweichungen der Triebäder bei Geräteträgern selten vorkommen, ist die Anlenkung der Geräte in der Achsmittle sehr vorteilhaft.

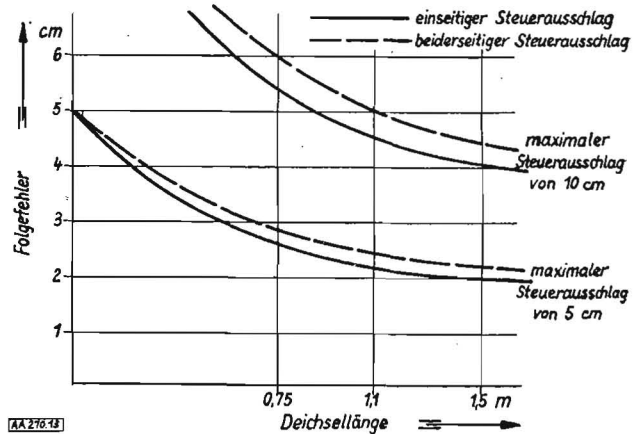


Bild 13 Die Folgefehler in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei Geräteanlenkung in Achsmittle

Die Folgefehler bei kreisförmiger Kurslinie

Befährt der Geräteträger mit Geräteanlenkung in Achsmittle einen Kreisbogen, so tritt nach etwa drei Deichsellängen Bogenlänge folgender maximaler Folgefehler ein (Bild 14). Führungspunkt ist ein Triebäder. Der Folgefehler ergibt sich wie beim drehchemelgelenktem Zweiachsschlepper zu

$$l = r + \frac{s}{2} - \sqrt{\left(r + \frac{s}{2}\right)^2 - a^2}$$

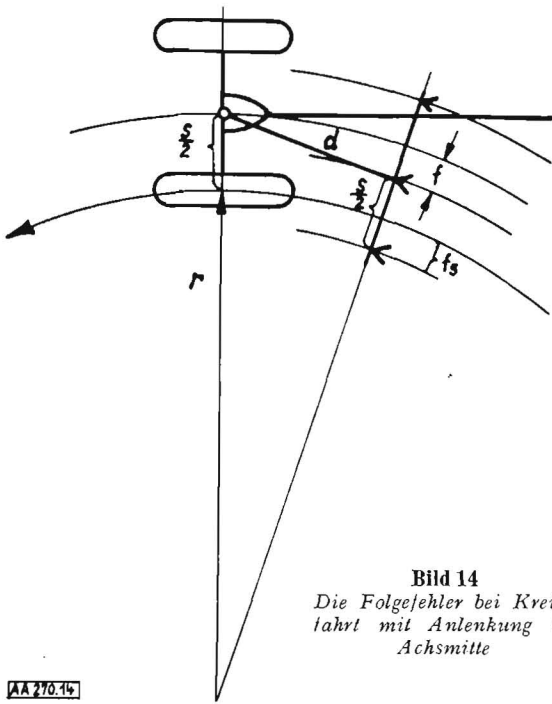


Bild 14
Die Folgefehler bei Kreisfahrt mit Anlenkung in Achsmitte

AA 270.14

Da $\frac{s}{2}$ gegenüber r sehr klein ist, kann man sagen, daß der Folgefehler von dem Kursradius und der Deichsellänge d abhängig ist. Werden die Folgefehler des Gerätes in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei verschiedenen Kursradien aufgetragen, so ergibt das, wie in Bild 15 dargestellt ist, daß die Größe der Folgefehler mit zunehmender Deichsellänge stärker als linear ansteigt. Bei kreisförmigem Kurs ist somit die Deichsellänge so kurz wie möglich zu wählen. Bei der Bedingung Achsabstand $a =$ Deichsellänge d sind die Folgefehler der Hinterräder drehchemelgelenkter Zweiachsschlepper gleich dem Folgefehler der Werkzeuge in Achsmitte angelenkter sterzengelenkter Geräteträger.

Anlenkung der Geräte hinter Achsmitte

Werden die Geräte hinter der Achsmitte des Geräteträgers angelenkt, so tritt beim Wenden auf der Stelle eine Schrägstellung des Gerätes ein (Bild 16).

Die Werkzeuge weichen dabei von ihrem Kurs ab. Die Abweichung ist von dem Abstand des Anlenkungspunktes zur Steuerachse abhängig (Bild 17).

Die Untersuchungen wurden wie im vorigen Abschnitt durchgeführt.

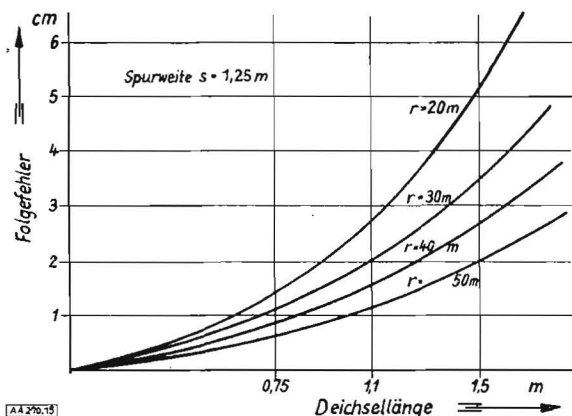
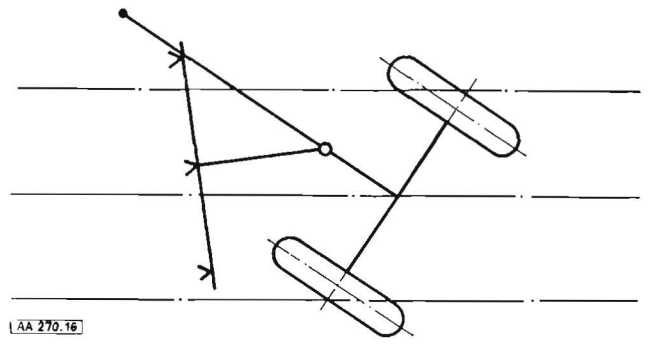


Bild 15 Die Folgefehler in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei Kreisfahrt und Geräteanlenkung in Achsmitte

AA 270.15



AA 270.16

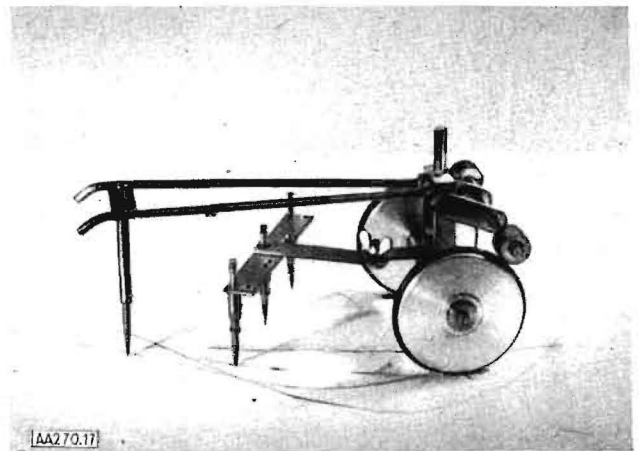
Bild 16 Geräteanlenkung hinter Achsmitte bei Schrägstellung der Schlepperachse im Stillstand

Die Folgefehler bei gerader Kurslinie

Einseitiger und beiderseitiger Steuerausschlag

Bei kurzer einseitiger und beiderseitiger Abweichung der Triebräder von der geraden Kurslinie treten nach Abstand der Werkzeuge von der Steuerachse verschiedene maximale Folgefehler auf. Werden diese Folgefehler bei Abständen des Anlenkungspunktes von der Steuerachse von 0,4 und 0,75 m in Abhängigkeit von der Deichsellänge aufgetragen, so erhält man Bild 18.

Diagramm 18a zeigt, daß die Folgefehler mit abnehmender Deichsellänge sehr stark ansteigen. Ferner verursachen bei dieser Anlenkungsart beiderseitige Steuerausschläge größere Folgefehler als einseitige Steuerausschläge. Im Vergleich zu den Folgefehlern bei Anlenkung des Gerätes in Achsmitte (Bild 13) zeigt Bild 18a und b, daß die Größe der Folgefehler bei Anlenkung des Gerätes hinter der Achsmitte mit wachsendem Abstand des Anlenkungspunktes von der Steuerachse zunimmt. Die Anlenkung in Achsmitte ist somit am günstigsten.



AA 270.17

Bild 17 Anlenkung der Geräte hinter Achsmitte

Die Folgefehler bei kreisförmiger Kurslinie

Bei Kreisfahrt ergibt sich mit dem kurveninneren Triebrad als Führungspunkt der in Bild 19 gezeigte Folgefehler:

$$\left(y + \frac{s}{2}\right)^2 + m^2 = y^2 = \left(y - l + \frac{s}{2}\right)^2 + d^2$$

$$\left(y - l + \frac{s}{2}\right)^2 = \left(y + \frac{s}{2}\right)^2 + m^2 - d^2$$

$$l = r + \frac{s}{2} - \sqrt{\left(r + \frac{s}{2}\right)^2 + m^2 - d^2}$$

Aus der Formel ist ersichtlich, daß bei größer werdendem Abstand m des Anlenkungspunktes von der Steuerachse der Folgefehler f kleiner, bei größerer Deichsellänge d der Folgefehler f

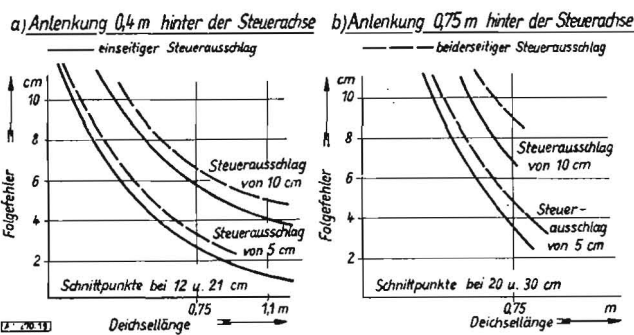


Bild 18 Die Folgefehler in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei Geräteanlenkung hinter der Steuerachse

größer wird. Also muß bei Kreisfahrt der Abstand m nicht zu klein und die Deichsellänge d nicht zu groß gewählt werden. Ist $m = d$, dann ist $f = 0$.

Werden die Folgefehler in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei konstantem Kursradius und verschiedenen Abständen des Anlenkungspunktes aufgetragen, so ergibt sich Bild 20.

Bild 20 zeigt, daß die Folgefehler mit zunehmender Deichsellänge stärker als linear zunehmen, wobei die Fehler der Geräte mit größerem Abstand des Anlenkungspunktes von der Steuerachse geringer sind als die mit kleinerem Abstand des Anlenkungspunktes. Ferner beweist das Bild, daß bei $m = d$ der Folgefehler = null ist. Ist die Deichsellänge kleiner als der Abstand des Anlenkungspunktes von der Steuerachse, so wird der Fehler negativ, d. h. die Werkzeuge arbeiten außerhalb des Kurskreises.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen hatten den Zweck, die günstigste Werkzeuglage von einachsigen Geräteträgern zu ermitteln. Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen ergaben sich folgende wesentliche Punkte:

Seitlich starre Geräte

Als Führungspunkt kommen folgende Möglichkeiten in Frage: Bei Werkzeuganordnung vor der Steuerachse ein Werkzeug oder ein Peilzeiger. Bei Werkzeuganordnung hinter der Steuerachse ein Triebbad, ein vor der Steuerachse befindlicher Spurzeiger oder ein Peilzeiger.

Die Folgefehler von einachsigen Geräten sind von der Deichsellänge und von der Lenkungsart abhängig.

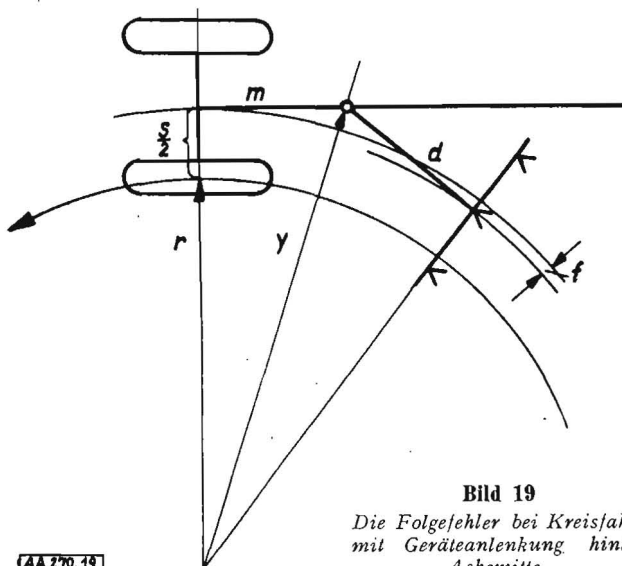


Bild 19 Die Folgefehler bei Kreisfahrt mit Geräteanlenkung hinter Achsmittle

Bei Werkzeuglage hinter der Steuerachse nehmen die Folgefehler bei Sterzenlenkung mit zunehmendem Abstand der Werkzeuge von der Steuerachse stark zu. Bei achsschenkelgelenkten Geräteträgern mit Ausgleichgetriebe nehmen sie mit dem Abstand der Werkzeuge ab; ohne Ausgleichgetriebe sind die Folgefehler infolge labiler Führung der Geräteträger nicht genau bestimmbar. Mit ausgehobenen Werkzeugen kann dieser Schlepper allgemein keine Kurven fahren.

Bei Werkzeuganordnung vor der Steuerachse und einem Triebbad als Führungspunkt nehmen die Folgefehler ebenfalls mit zunehmendem Abstand der Werkzeuge von der Steuerachse stark zu. Da bei dieser Werkzeuganordnung meistens ein Werkzeug Führungspunkt ist, spielen nur die Abweichungen der Räder eine Rolle. Ihre Kursabweichungen nehmen ebenfalls mit zunehmendem Abstand des Führungspunktes von der Radachse zu. Achsschenkelenkung ist bei dieser Werkzeuganordnung praktisch unmöglich, da die Kursabweichungen der Werkzeuge nur durch sehr starke Kursabweichungen der Räder korrigiert werden können.

Die Schrägstellung der Steuerachse, die durch den Steuerausschlag bedingt ist, übt einen großen Einfluß auf die Größe der Folgefehler aus. Sie läßt sich bei sterzengelenktem Geräteträger durch gute Fahrweise vermindern, bei achsschenkelgelenkten Geräteträgern ist sie kaum vorhanden.

Das Eindrehen der Geräteträger zur Kurslinie übt ebenfalls einen wesentlichen Einfluß auf die Größe der Folgefehler aus. Je rascher das Eindrehen erfolgt, um so größer sind die Folgefehler, aber um so kleiner ist die Länge der Kursabweichungen.

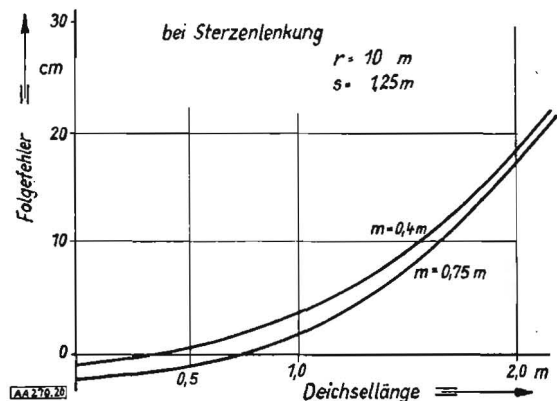


Bild 20 Die Folgefehler in Abhängigkeit von der Deichsellänge bei Kreisfahrt

Die Sterzen müssen die richtige Länge haben. Sind sie zu lang, so werden die Abweichungen des Steuermannes zu groß; sind sie zu kurz, so werden die Handkräfte für den Steuermann zu groß.

Die Spurweite der Geräteträger hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Größe der Folgefehler.

Seitlich schwenkbare Geräte

Bei den seitlich schwenkbaren Geräten mit Anlenkung in Achsmittle hat eine Drehung der Triebräder um die Mittellage auf die Lage des Gerätes keinen Einfluß. Die Achsschenkelenkung ist bei diesen Geräten praktisch unmöglich, so daß nur die Sterzenlenkung in Frage kommt. Die Folgefehler nehmen, außer bei der Kreisfahrt, mit zunehmender Deichsellänge ab.

Bei Geräteanlenkung hinter der Steuerachse stellen sich die Geräte bei Drehung der Steuerachse um die Mittellage schräg, und zwar in entgegengesetzter Drehrichtung der Steuerachse. Die Folgefehler nehmen ebenfalls mit zunehmender Deichsellänge ab. Ferner sind sie von der Lage des Anlenkungspunktes abhängig. Sie nehmen mit wachsendem Abstand des Anlenkungspunktes von der Steuerachse stark zu.

Das Eindrehen der Geräteträger mit angelenkten Geräten zur Kurslinie übt um so geringeren Einfluß aus, je näher der Anlenkungspunkt an der Achsmittle liegt.