

Einfluß der Lenkerabmessungen auf die Arbeitsweise schwingend aufgehängter Siebroste

Ein Beispiel für die Ausnutzung der Krümmungsverhältnisse von Koppelkurven beim Gelenkviereck

Schnell schwingende Siebe sind auf vielen Gebieten der Technik ein bewährtes Arbeitsmittel. Man kann grundsätzlich zwei Arten unterscheiden und zwar je nach ihren Bewegungseigenschaften. Bei der einen Bauweise werden Schwingungen erzeugt, deren Größe und Richtung von den schwingenden Massen einerseits sowie äußeren Kräften andererseits abhängen. Bei der anderen Bauweise handelt es sich um Schwingungen auf erzwungener Bahn, also um Schwingungen, die nicht von äußeren Kräften beeinflußt werden können. Sie sind also nach Größe, Richtung und Frequenz festgelegt. Siebe dieser Art sind beispielsweise als Stabroste an Hackfrüchternegeräten üblich. So soll zum Beispiel mit einem solchen Rost bei Kartoffelvollerntegeräten das aufgenommene Erdreich abgeseibt und gleichzeitig die Frucht weitertransportiert werden.

Gegenstand der nachfolgenden Untersuchung sind Siebroste, die in Lenkern geführt sind. Das System schwingt unter Ausnutzung des Zapfwellenantriebes zwischen zwei begrenzten Endlagen hin und her. Die Abbildung 1 zeigt ein Schema. Das Maschinengestell ist durch einen waagerechten, schraffierten Balken angedeutet, in dem die beiden Lenker der Aufhängung drehbar gelagert sind. Der Siebrost ist nur soweit dargestellt, wie dies für das Verständnis der Zusammenhänge notwendig ist; er besteht in Abbildung 1 nur aus dem untersten und dem obersten Roststab und einem linken und rechten Verbindungsstück. Die Abbildung 1 ist als Längsschnitt aufzufassen. Der Rost ist in der praktischen Ausführung muldenförmig ausgebildet, wobei die dargestellte Lenkeraufhängung auf jeder Maschinenseite einmal zur Anwendung kommt. Der Siebrost stellt also die Koppel Ebene einer Kurbelschwinge dar.

Sämtliche Punkte dieses Stabrostes durchlaufen Teilstücke von Koppelkurven entsprechend der begrenzten Bewegung des Gelenkvierecks. Es sind in der Abbildung vier Koppelpunkte besonders betrachtet. Die Wirkung der Koppelbewegung auf das Siebgut hängt ab von Richtung und Krümmung der Koppelkurvenstücke. Hier liegt also für den Konstrukteur die Möglichkeit, bei genauer Kenntnis der Zusammenhänge bestimmte Wirkungen zu erzielen.

Bei der dargestellten Ausführung macht die Schneidkante des Schares am rechten Ende der Koppel eine geradlinig hin- und herschwingende Bewegung. Ihre Wirkung auf das Erdreich entspricht etwa der eines Preßluftmeißels. Dies führt zu einem verminderten Leistungsbedarf gegenüber der Ausführung mit festem, also unbeweglichem Pflugschar, bei der die für das Pflügen erforderlichen Kräfte in voller Höhe aus der Zugkraft stammen müssen. Die Einzelheiten der Bewegungsübertragung von der Zapfwelle zum Gelenkviereck sind in Abbildung 1 nicht besonders dargestellt. Betrachtet man außer der Scharspitze noch andere Koppelpunkte am Boden des Siebrostes, also Punkte des unteren Roststabes, so zeigen ihre Bahnen um so kleinere Krümmungsradien, je weiter diese Punkte nach links liegen. Hieraus ergibt sich eine zunehmende Be-

wegungskomponente in senkrechter Richtung, also eine zunehmende Siebwirkung. Die Koppelkurven sind in Abbildung 1 für einen vollen Kurbelumlauf dargestellt, da dies die für die Kurbelschwinge typischen Bewegungsverhältnisse klarer in Erscheinung treten läßt. Der tatsächlich ausgenutzte Bewegungsbereich ist, wie bereits oben erwähnt, durch die nur schwingende Bewegung der schwarzen Kurbel begrenzt. Die Arbeitsweise dieses Rüttelschares ist besonders dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine sich nach abgeschaltetem Fahrtrieb des Schleppers, jedoch weiterlaufender Zapfwelle — also weiterschwingendem Stabrost — völlig leer arbeitet; Verstopfungen sind ausgeschlossen.

Der Grund liegt darin, daß sich infolge der von vorn nach hinten zunehmenden Koppelkurvenkrümmungen eine zunehmende, fließende Bewegung des Siebgutes ergibt. Bei Kartoffelvollerntegeräten dieser Bauart fließen Frucht und Erdreich, soweit das letztere nicht schon auf dem Stabrost völlig abgeseibt wird, nach hinten in eine Siebtrommel mit anschließendem Zellenrad zum Ausheben der Frucht.

Der Übergang vom Schar zum schwingenden Rost ist bei dieser Bauweise¹⁾ besonders einfach, da Schar und Siebrost ein einziges Konstruktionsteil werden. Dies ist ermöglicht durch die geradlinige Bewegung der Scharspitze trotz der Bewegung des Siebteils auf gekrümmten Bahnen.

Beim Entwurf können drei Gelenke des Gelenkvierecks frei gewählt werden; zum Beispiel die beiden Gestelldrehpunkte und das Gelenk am rechten Ende des Rüttelschares. Kinematisch liegen damit Kurbellager A_0 , Schwingenlager B_0 und Schwingenzapfen B fest. Der Abstand der Scharspitze kann unter Berücksichtigung zusätzlicher Konstruktionsbedingungen frei gewählt werden. Wenn die Scharspitze geradlinig laufen soll, so muß sie auf der sogenannten Polbahntangente dieses kinematischen Systems liegen. Ihre Bewegungsrichtung verläuft dann rechtwinklig zur Polbahntangente. Dies setzt voraus, daß man beim Entwurf die Kurbel (schwarz) und die Schwinge (weiß) parallel anordnet. Die Polbahntangente liegt dann ebenfalls parallel zu den Mittellinien der beiden genannten Lenker. Der Abstand h zwischen Polbahntangente

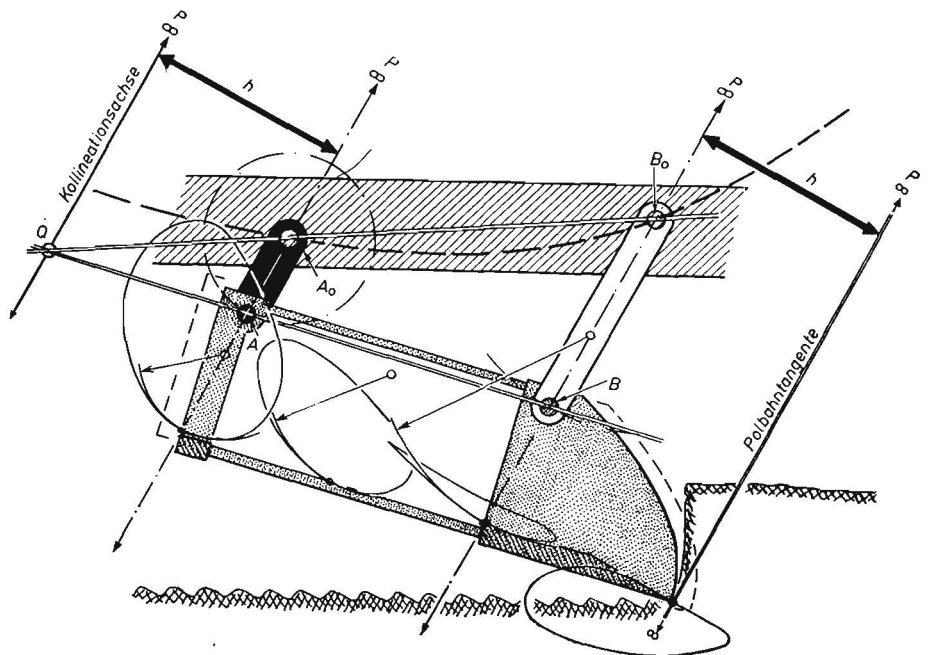


Abb. 1: Längsschnitt durch den schematischen Aufbau eines in Lenkern aufgehängten schnell-schwingenden Schares mit anschließendem Siebrost (Bauart Schmitzer) mit Krümmungshyperbel für die Koppelkurven

¹⁾ Die hier besprochene Bauweise entspricht der Deutschen Patentschrift Nr. 922 259.

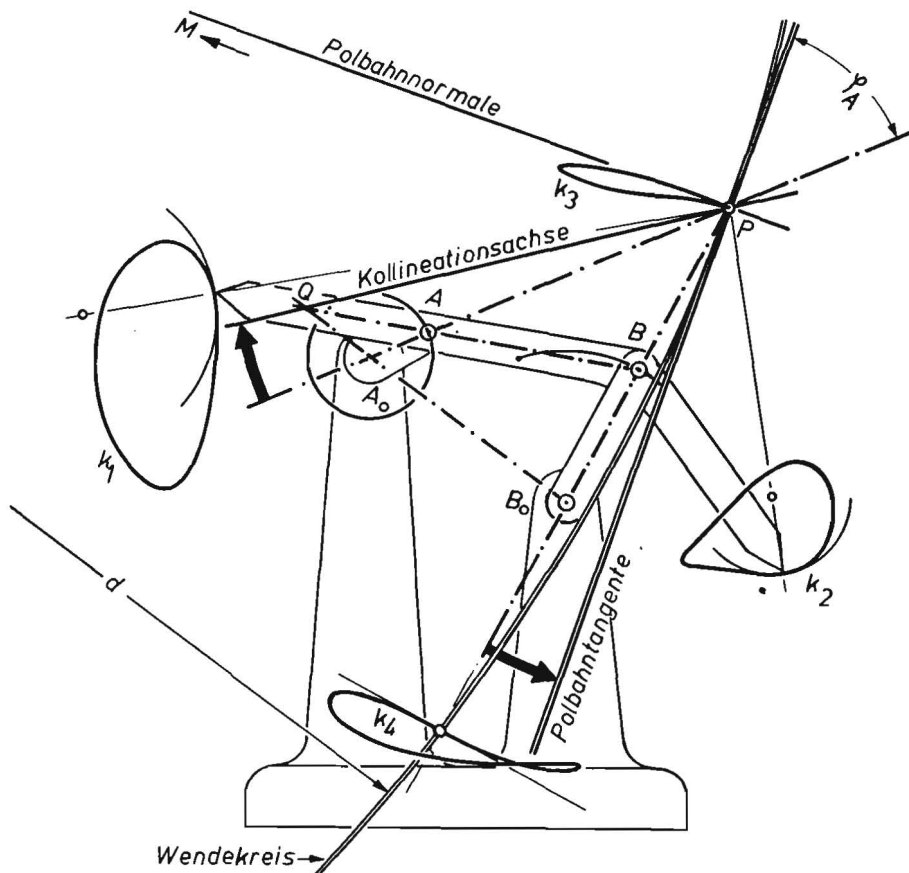


Abb. 2: Kurbelschwinge in Vierecklage mit den wichtigsten Konstruktionsgrößen für die Ermittlung von Koppelkurvenkrümmungen

und Schwingenmittellinie ist gleich dem Abstand des Relativpoles Q von der Kurbelmittellinie. Der Relativpol ist der Schnittpunkt von Gestellmittellinie und Koppelmittellinie. Die Lage des Relativpoles und der Polbahntangente bestimmt also die Bewegungsverhältnisse dieses schwingenden Siebrostes. Diese Tatsache ermöglicht es dem Konstrukteur, bestimmte Wirkungen zu erzielen. Bemerkenswert an der vorliegenden Konstruktion ist die Zusammenfassung von drei Arbeitswirkungen in einem Getriebe:

1. Grabende Wirkung der Scharspitze.
2. Siebende Wirkung des Stabrostes.
3. Transportierende Wirkung des ganzen Systems mit zunehmender Intensität.

Die Kenntnis der Krümmungsverhältnisse in der Koppelenebene ist dabei die Konstruktionsgrundlage zur Erzielung optimaler Lösungen. Unter Beschränkung auf die vorstehend benutzte Kurbelschwinge seien daher anschließend noch einige Ausführungen über die Ermittlung von Koppelkurvenkrümmungen gemacht. Es werden fünf verschiedene Getriebebelagen der gleichen Kurbelschwinge behandelt, und zwar ein allgemeiner Fall und vier Sonderfälle.

Abbildung 2 zeigt eine Kurbelschwinge in sogenannter Vierecklage. Die vier Glieder des Getriebes — Kurbel, Koppel, Schwinge und Steg — bilden ein Viereck. (Das Gegenstück dazu ist die sogenannte Überkreuzlage; s. Abbildung 7.) Der Schnittpunkt der verlängerten Mittellinien von Kurbel und Schwinge (Abb. 2) wird als Pol P bezeichnet und als Augenblicksdrehpunkt zwischen den Ebenen von Koppel und Steg in der betrachteten Getriebebelage aufgefaßt. Für jeden beliebigen Punkt der Koppelenebene kann damit bereits die Bewegungsrichtung angegeben werden, in der seine Bahn in dieser Getriebebelage laufen muß. Die Bewegungsrichtung eines Koppelpunktes steht immer senkrecht auf seinem Polstrahl; das heißt auf seiner Verbindungslinie mit dem Pol. Hieraus geht gleichzeitig hervor, daß der Pol selbst als Punkt der Koppelenebene keine Bewegungsrichtung haben kann, da es für ihn keinen Polstrahl gibt. Außerdem muß seine Geschwindigkeit in der betreffenden Getriebebelage den Wert „Null“ haben, da sein Abstand vom Augenblicksdrehpunkt

die Größe „Null“ hat. Kurbelzapfen und Schwingenzapfen sind ebenfalls als Koppelpunkte aufzufassen; auch bei ihnen steht die jeweilige Bewegungsrichtung senkrecht auf dem zugehörigen Polstrahl.

Über die Bahnkrümmungen der Koppelkurven ist damit jedoch noch nichts ausgesagt, sondern nur über die Richtung der jeweiligen Tangente. Der beste Beweis hierfür ist die unterschiedliche Krümmung des Kurbelkreises und des Schwingenbogens. Wenn über die Krümmungen nähere Angaben gemacht werden sollen, so setzt dies die Kenntnis zusätzlicher Begriffe voraus, die nachfolgend an Hand der gleichen Abbildung 2 erläutert werden.

Bringt man die Koppelmittellinie mit der Mittellinie des Gestelles zum Schnitt, so erhält man den Relativpol Q (s. auch Abb. 1). Die Verbindungslinie zwischen Pol und Relativpol ist die sogenannte Kollineationsachse. Diese Achse läuft also, ebenso wie die Polstrahlen aller Koppelpunkte, durch den Pol und schließt mit jedem Polstrahl einen bestimmten Winkel ein, dessen Scheitel jeweils im Pol liegt. Trägt man den Winkel zwischen Kollineationsachse und Kurbelmittellinie im umgekehrten Sinne von der Schwingenmittellinie aus an, so ergibt sich eine weitere Konstruktionslinie, die ebenfalls durch den Pol verläuft und die als Polbahntangente bezeichnet wird. Die Kenntnis

der Polbahntangente ist eine wesentliche Voraussetzung für die Ermittlung von Koppelkurvenkrümmungen.

Die Lage des Poles ändert sich von Getriebebelage zu Getriebebelage. Ermittelt man die verschiedenen Lagen des Poles für einen ganzen Getriebeumlauf, so ergibt sich die sogenannte Polbahn. Für die Ermittlung von Koppelkurvenkrümmungen in einer bestimmten Getriebebelage benötigt man jedoch nur die Richtung der Polbahn im zugehörigen Pol, also die Richtung der Polbahntangente. Von Bedeutung ist ferner noch die Polbahnnormale, das heißt die Senkrechte im Pol auf der Polbahntangente.

Die Ermittlung der Bahnkrümmungen einzelner Koppelpunkte kann zeichnerisch oder rechnerisch erfolgen. Je nach Getriebebelage ist die eine oder die andere Ermittlung zweckmäßig. Beide Methoden werden nachfolgend in den Fällen angewendet, in denen sie von Vorteil sind.

Wenn der Pol in der Nähe des Getriebes liegt, ist es zweckmäßig, die Euler-Savary'sche-Formel anzuwenden. Sie lautet:

$$PR_1 = \frac{PR \cdot d \cdot \sin \varphi}{d \cdot \sin \varphi - PR} \quad (1)$$

In dieser Formel bedeutet:

P den Pol

R einen beliebig gewählten Koppelpunkt

R₁ den gesuchten, zugehörigen Krümmungsmittelpunkt

φ den zugehörigen Polstrahlwinkel, d. h. den Winkel, den der Polstrahl des untersuchten Koppelpunktes mit der Polbahntangente einschließt

d den Durchmesser des Wendekreises, der auch unter der Bezeichnung „kleiner Kardankreis“ bekannt ist.

Der Wendekreis ist der geometrische Ort aller Koppelpunkte, deren Bahnkrümmungen in der untersuchten Getriebebelage Wendepunkte aufweisen, also die Krümmung „Null“ beziehungsweise den Krümmungshalbmesser „Unendlich“ besitzen. Man kann auch von einer vorübergehend geradlinigen Bewegung der auf dem Wendekreis liegenden Koppelpunkte

sprechen. Der Wendekreis geht stets durch den Pol; sein Mittelpunkt liegt auf der Polbahnnormalen. Lage und Größe des Wendekreises ändern sich von Getriebebestellung zu Getriebebestellung. Die Ermittlung des Wendekreisdurchmessers d kann zeichnerisch oder rechnerisch erfolgen. Die rechnerische Ermittlung ist nach der gleichen, bereits oben aufgeführten Formel, durchführbar, die für diesen Zweck in folgender Weise geschrieben wird:

$$d = \frac{PR_1 \cdot PR}{(PR_1 - PR) \sin \varphi} \quad (2)$$

Bei der Anwendung der Formel zur Ermittlung von d kann man entweder den Polstrahl der Kurbel oder den Polstrahl der Schwinge zugrunde legen, da auch der Kurbelzapfen und der Schwingenzapfen Koppelpunkte sind. Diese beiden Punkte bieten jedoch den Vorteil, daß ihre Bahnen konstante Krümmungshalbmesser (Kurbellänge und Schwingenlänge) haben. In jedem Fall hat man die Möglichkeit die Euler-Savary'sche-Formel auf Kurbel und Schwinge anzuwenden und den zweiten Rechengang als Kontrollrechnung zu betrachten.

Auf die Kurbel des Getriebes bezogen, lautet die Formel unter Benutzung der in Abbildung 2 eingesetzten Bezeichnungen:

$$d = \frac{PA_0 \cdot PA}{(PA_0 - PA) \sin \varphi_A} \quad (3)$$

Zu entscheiden ist schließlich noch die Frage, auf welcher Seite der Polbahntangente der Wendekreis liegt. Hierfür gibt es eine einfache Regel:

Wenn die Kurbel einer Kurbelschwinge mit dem Kurbelzapfen A zum Pol hinweist, dann liegt der Wendekreis auf der gleichen Seite der Polbahntangente wie der Kurbelkreis. Liegt jedoch die Kurbel umgekehrt, weist der Kurbelzapfen A vom Pol weg, so liegen Wendekreis und Kurbelkreis auf verschiedenen Seiten der Polbahntangente. Die Getriebelegungen der Abbildungen 2 und 4 sind Beispiele der ersten Art; die Getriebelegungen der Abbildung 5 ist ein Beispiel der zweiten Art.

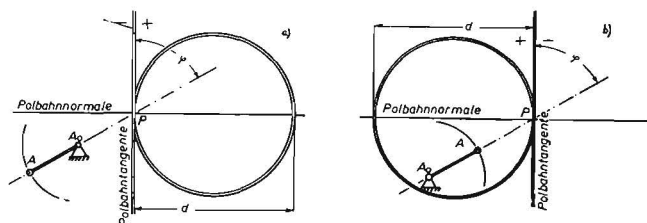


Abb. 3: Orientierungsschema für die mögliche Lage der Kurbel einer Kurbelschwinge zum Wendekreis — Abb. 3a: Kurbel und Wendekreis liegen auf verschiedenen Seiten der Polbahntangente — Abb. 3b: Kurbel und Wendekreis liegen auf der gleichen Seite der Polbahntangente

Abbildung 3 zeigt die Größen der Euler-Savary'schen-Formel in einem einfachen Orientierungsschema ohne Bezugnahme auf eine bestimmte Getriebebestellung. Der Polstrahlwinkel φ wird zwischen Polstrahl und Polbahntangente gemessen. Da in der Rechnung der Sinus dieses Winkels benutzt wird, ist es ohne Einfluß, nach welcher Seite des Polstrahles der Winkel gezählt wird, da der Winkel ebenso wie sein Ergänzungswinkel zu 180° den gleichen Sinuswert besitzt. Die Palabstände der Koppelpunkte und der Krümmungsmittelpunkte werden als positive Werte eingesetzt, wenn diese Punkte auf der gleichen Seite der Polbahntangente liegen wie der Wendekreis. Der Polbahntangente kommt also hierin eine entscheidende Bedeutung zu. In Abbildung 3 sind die beiden bei der Kurbelschwinge möglichen Lagen von Kurbelkreis und Wendekreis für einen beliebig angenommenen Polstrahl dargestellt. In Abbildung 3a liegt das Kurbellager näher am Pol als der Kurbelzapfen; der Kurbelzapfen weist also vom Pol weg; Wendekreis und Kurbelkreis liegen demnach auf verschiedenen Seiten der Polbahntangente. In Abbildung 3b liegt der

Kurbelzapfen näher am Pol als das Kurbellager; der Kurbelzapfen weist also zum Pol hin; Wendekreis und Kurbelkreis liegen auf der gleichen Seite der Polbahntangente.

Für die in Abbildung 2 dargestellte Getriebelegungen ergibt sich ein sehr großer Wendekreisdurchmesser d . Der auf der Polbahnnormalen liegende Mittelpunkt M des Wendekreises liegt bereits außerhalb der Abbildung. Der Wendekreis ist daher nur in unmittelbarer Nähe der Polbahntangente als leicht gekrümmte Doppellinie dargestellt. Unter Benutzung der Formel (1) kann jetzt für jeden beliebigen Koppelpunkt die zugehörige Krümmung der Koppelkurve beziehungsweise der Krümmungsradius ausgerechnet werden.

In Abbildung 2 enthält die Koppel außer dem Kurbelzapfen und dem Schwingenzapfen noch zwei weitere Koppelpunkte, die durch spitz zulaufende, verlängerte Koppelenden dargestellt sind. Die von diesen beiden Spitzen durchlaufenen Koppelkurven werden an Hand der Abbildungen 2 bis 7 hinsichtlich ihrer Krümmungsverhältnisse näher untersucht. Die Koppelkurve des freien Koppelendes links neben dem Kurbelzapfen sei im folgenden mit k_1 und die Koppelkurve rechts unterhalb des Schwingenzapfens mit k_2 bezeichnet. In Abbildung 2 sind außerdem noch zwei weitere Koppelkurven k_3 und k_4 eingezeichnet. k_3 ist eine Kurve, die der Pol P dieser Getriebelegungen durchlaufen würde, wenn er als Koppelpunkt starr mit der Koppel verbunden wäre. Da der Pol die Geschwindigkeit Null hat, hat diese Kurve in der untersuchten Getriebebestellung keine durchlaufende Krümmung, sondern eine Spitze. k_4 ist die Bahn eines weiteren Koppelpunktes, der auf dem Polstrahl der Schwinge so gewählt ist, daß er auf dem Wendekreis liegt. Nach der Euler-Savary'schen-Formel (1) ergeben sich für die Kurven k_1 und k_2 Krümmungshalbmesser von endlicher Größe, die mit ihren Krümmungskreisen eingezeichnet sind. Sie unterscheiden sich voneinander dadurch, daß für die Kurve k_1 , deren Koppelpunkt innerhalb des Wendekreises liegt, die konvexe Seite der Krümmung zum Pol hinweist, während für die Kurve k_2 , deren Koppelpunkt außerhalb des Wendekreises liegt, die Krümmung mit der konkaven Seite zum Pol weist. Als Grenzfall ist die Kurve k_4 von besonderem Interesse. Der Koppelpunkt liegt auf dem Wendekreis; der Krümmungshalbmesser hat den Wert „Unendlich“, das heißt die Kurve k_4 hat einen Wendepunkt. Der Wendekreis ist also die Grenzlinie, bei deren Überschreiten sich die Krümmungsrichtung der Kurve umkehrt. Zu den Punkten innerhalb des Wendekreises gehören in der Getriebelegungen der Abbildung 2 auch Kurbel- und Schwingenzapfen. Die Krümmung von Kurbelkreis und Schwingenbogen ist ebenso wie die Kurve k_1 zum Pol hin konvex. Die im vorstehenden an einer beliebigen Getriebelegungen dargelegten Beziehungen werden an Hand der Abbildungen 4 bis 7 auf ausgesuchte Getriebelegungen von besonderer konstruktiver Bedeutung angewendet. Dabei ergeben sich vereinfachte Verhältnisse.

Es handelt sich um folgende Getriebebestellungen:

Äußere Totlage der Kurbelschwinge (Abb. 4).

Innere Totlage der Kurbelschwinge (Abb. 5).

Vierecklage der Kurbelschwinge mit unendlich fernem Pol (Abb. 6).

Überkreuzlage der Kurbelschwinge mit unendlich fernem Pol (Abb. 7).

In den Getriebebestellungen liegt der Pol im Schwingenzapfen B . Der Relativpol Q liegt im Kurbellager A_0 so daß die Kollineationsachse mit der gemeinsamen Mittellinie von Kurbel und Koppel zusammenfällt; der Winkel zwischen Kurbelmittellinie und Kollineationsachse hat den Wert „Null“. Damit wird auch der Winkel zwischen Schwingenmittellinie und Polbahntangente „Null“. Die Polbahnnormalen, auf der der Mittelpunkt des Wendekreises liegt, steht also im Schwingenzapfen senkrecht auf der Schwingenmittellinie. Für die Berechnung des Wendekreisdurchmessers nach der Formel (2) können die Maßverhältnisse auf dem Polstrahl der Kurbel zugrundegelegt werden. Nach Bestimmung des Wendekreisdurchmessers kann man die Formel (1) zur Ermittlung der

In diesen beiden Getriebelegungen bleibt der Relativpol Q als Schnittpunkt der Mittellinie von Koppel und Steg in Getriebe-
nähe. Die Kollineationsachse vom Relativpol zum Pol muß
parallel zu den Mittellinien von Kurbel und Schwinge verlaufen.
Aus den beiden gleich großen Winkeln zwischen Kollineationsachse und Kurbelmittellinie beziehungsweise zwischen
Schwingenmittellinie und Polbahntangente (Abb. 2) werden hier zwei gleich große Abstände (schwarze Pfeile) zwischen je zwei parallelen Geraden. Das Ergebnis ist die Lage der Polbahntangente parallel zu Kollineationsachse, Kurbel und Schwinge.

Wie Abbildung 6 zeigt, liegt der Koppelpunkt für die Kurve k_2 auf der Polbahntangente. Die Kurve verläuft daher an dieser Stelle ungenähert geradlinig, und zwar rechtwinklig zur Polbahntangente, die gleichzeitig der Polstrahl dieses Koppelpunktes ist. Betrachtet man die übrigen Kurven, so zeigt die Kurve k_8 , deren Koppelpunkt rechts der Polbahntangente liegt, eine nach oben konkave Krümmung; dagegen sind die übrigen Kurven, k_1 , k_9 und k_{10} , deren Koppelpunkte links der Polbahntangente liegen, nach unten konkav gekrümmt. Die Polbahntangente ist also in dieser Getriebe-
lage die Grenzlinie, die für die Krümmungsrichtung maßgebend ist. Die Begründung liegt darin, daß der Wendekreis mit dem Halbmesser Unendlich zur geraden Linie geworden ist und demzufolge mit seiner Tangente in eine Gerade zusammenfällt.

Die Krümmungsermittlung ist bei den Getriebelegungen mit unendlich fernem Pol mit Hilfe der Euler-Sovary'schen Formel nicht durchführbar, da die Polabstände die Größen „Unendlich“ haben und alle Polstrahlen gleiche Richtung zeigen. Die Ermittlung der Krümmungsradien ist aber mit Hilfe eines einfachen zeichnerischen Verfahrens möglich. In Abbildung 6 ist die zeichnerische Ermittlung für je einen Koppelpunkt links und rechts der Polbahntangente durchgeführt. Für jeden beliebigen Koppelpunkt liegt der zugehörige Krümmungsmittelpunkt auf einer Parallelen durch den Koppelpunkt zur Polbahntangente (Polstrahl). Bei der zeichnerischen Ermittlung des zugehörigen Krümmungsmittelpunktes wird entweder die Kurbel oder die Schwinge zugrundegelegt²⁾. In Abbildung 6 ist die Schwinge benutzt.

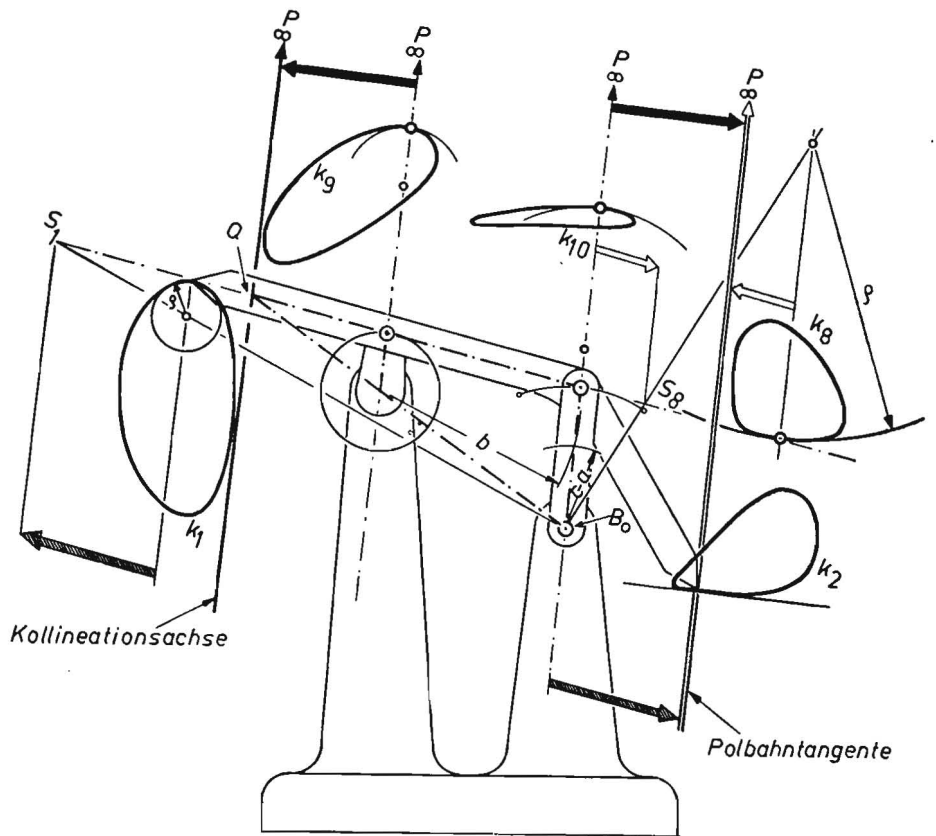


Abb. 6: Kurbelschwinge in Vierecklage mit unendlich fernem Pol mit Koppelkurven

Entscheidend ist die Entfernung des untersuchten Koppelpunktes von der Polbahntangente. Dieser Abstand wird zum Beispiel für das linke Koppelende (Kurve k_1) nach rechts bis zur Polbahntangente gemessen und dann vom Schwingenzapfen nach links angetragen. Da die Strecke vom Koppelpunkt bis zum Schwingenzapfen in beiden Richtungen mitgezählt wird, genügt es, nur die restlichen Abstände zu benutzen (schraffierte Pfeile). Man erhält auf der nach links verlängerten Koppelmittellinie einen Punkt S_1 . Verbindet man diesen Punkt S_1 mit dem Schwingenzapfen B_0 , so erhält man den gesuchten Krümmungsmittelpunkt für die Kurve k_1 als Schnittpunkt der Verbindungslinie mit dem zugehörigen Polstrahl (Parallele zur Polbahntangente) durch den untersuchten Koppelpunkt.

Die Ermittlung des Krümmungsradius für die Kurve k_8 auf der rechten Seite der Polbahntangente erfolgt in gleicher Weise (weiße Pfeile). Dabei ergibt sich der zugehörige Schnittpunkt S_8 auf der Koppelmittellinie zwischen dem Polstrahl der Schwinge und dem Polstrahl des untersuchten Koppelpunktes.

Der auf diese Weise gefundene Krümmungshalbmesser gilt nun nicht nur für den einen untersuchten Koppelpunkt, sondern für alle Koppelpunkte, die auf der gleichen Parallelen (Polstrahl) liegen. Der Grund liegt darin, daß bei unendlich fernem Pol die Wahl eines anderen Koppelpunktes auf dem gleichen Polstrahl praktisch ohne Einfluß auf den unendlich großen Polabstand bleibt. Der Polabstand des Koppelpunktes ändert sich also nicht, so daß auch der Polabstand des Krümmungsmittelpunktes seine Größe beibehält, solange die Koppelpunkte stets auf dem gleichen Polstrahl ($\varphi = \text{Konst.}$) gewählt werden. Wenn aber die Polabstände von Koppelpunkt und Krümmungsmittelpunkt sich nicht ändern, bleibt auch der Krümmungshalbmesser konstant.

Eine Bestätigung hierzu ergeben die Kurven k_9 und k_{10} . Die zugehörigen Koppelpunkte sind auf den Polstrahlen der Schwinge und der Kurbel gewählt. Die zugehörigen Krümmungshalbmesser stimmen daher mit Schwingenlänge und Kurbellänge überein.

Abbildung 7 zeigt für die Überkreuzlage mit unendlich fernem Pol die gleichen Verhältnisse. Der Relativpol Q liegt hier zwischen Kurbel- und Schwingenzapfen. Demzufolge müssen auch Kollineationsachse und Polbahntangente innerhalb des Gestellverlaufes verlaufen. Zur Ermittlung der Polbahntangente dienen die mit schwarzen Pfeilen gekennzeichneten Abstände. Die Koppelkurven k_{11} und k_{12} , deren Koppelpunkte auf der Polbahntangente gewählt wurden, verlaufen im Bereich der dargestellten Getriebelegungen annähernd geradlinig. Demgegenüber zeigen die Kurven k_1 und k_2 entgegengesetzte gerichtete Krümmungen von endlicher Größe. Bei k_1 ist die konkave Seite nach oben gerichtet, bei k_2 die konvexe Seite, da die zugehörigen Koppelpunkte auf verschiedenen Seiten der Polbahntangente liegen. Für diese beiden Kurven ist die Ermittlung der Krümmungshalbmesser in gleicher Weise wie in Abbildung 6 eingetragen (für k_1 schraffierte Pfeile, für k_2 weiße Pfeile). Da bei dieser Getriebelegungen der Krümmungshalbmesser für beliebige Koppelpunkte auf dem gleichen Polstrahl konstant ist, kann der Krümmungshalbmesser für k_2 auch an dem Schnittpunkt des zugehörigen Polstrahls mit der nach rechts verlängerten Koppelmittellinie ermittelt werden.

²⁾ Rauh „Praktische Getriebelehre“ Bd. 1, Springer Verlag.

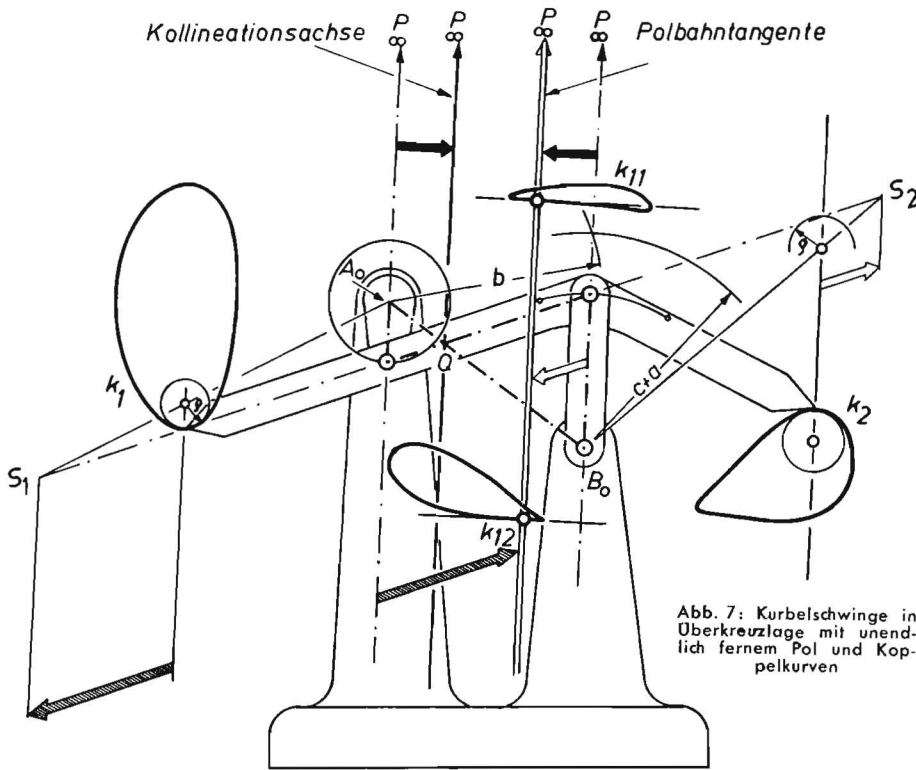


Abb. 7: Kurbelschwinge in Oberkreuzlage mit unendlich fernem Pol und Koppelkurven

Wie die Abbildungen 2 bis 7 gezeigt haben, ist die Kenntnis der Polbahntangente die wichtigste Voraussetzung für die Ermittlung beliebiger Koppelkurvenkrümmungen. Nach dem allgemeinen Fall der Abbildung 2 wurden in den Abbildungen 4 bis 7 vier bevorzugte Getriebelegungen mit besonders einfachen Verhältnissen näher untersucht. Dabei wurden neben einzelnen für die jeweilige Getriebelegungen charakteristischen Koppelkurven zwei ausgewählte Kurven k_1 und k_2 in allen dargestellten Getriebelegungen behandelt. Die in den Abbildungen 4 bis 7 an der Kurve k_1 dargestellten Krümmungen können als Scheitelkrümmungen in der Weise aufgefaßt werden, wie sie auch von der Ellipse her bekannt sind. Sie berühren die Kurve entweder von innen oder von außen. Demgegenüber ist die in Abbildung 2 dargestellte Krümmung an der gleichen Kurve k_1 eine solche, die sich von außen an die Kurve anschmiegt und sich dann nach innen wieder ablöst. Man kann eine solche Krümmung als Übergangskrümmung zwischen zwei Scheitelkrümmungen auffassen; auch derartige Krümmungen sind bei der Ellipse bekannt. Im übrigen ist die Kurve k_1 eine Kurve, in deren Verlauf kein Wendepunkt auftritt; ihre Krümmungstendenz ändert sich nicht, wenn auch ihr Krümmungshalbmesser zwischen endlichen Grenzwerten schwankt.

Im Vergleich dazu enthält die Kurve k_2 zwei gradlinige Bahnstücke, das heißt ihr Krümmungshalbmesser nimmt zwei-

Résumé:

Dr.-Ing. L. Hagedorn:

„Einfluß der Lenkerabmessungen auf die Arbeitsweise schwingend aufgehängter Siebroste.“

Bei schwingend aufgehängten Arbeitsgeräten, die als Koppelglieder von Gelenkvierecken aufgefaßt werden können, sind die Krümmungen der Koppelkurven maßgebend für die Arbeitsweise des Gerätes. Ausgehend vom Beispiel eines Schwingrostes für Kartoffelroder werden für vier besondere Stellungen einer Kurbelschwinge die Grundlagen für die Ermittlung von Koppelkurvenkrümmungen dargestellt und daraus die Nutzenanwendung für den konstruktiven Entwurf schwingender Arbeitsgeräte gezogen.

“The Influence of the Size of the Guiding Links on the Operation of Suspended Swinging Sieves.”

The degree of curvature of the path described by the swinging suspension links of swinging components of agricultural machinery, which may be regarded as forming the horizontal element of a four-sided linkage, is of importance in determining the exact working of the machine. Using the swinging sieve of a potato lifter as an example, the basic principles for the determination of the degree of curvature of the paths described by swinging links are worked out for four different positions of the curved link. The article closes with a discussion of the application of the afore-mentioned results to the design of swinging components in agricultural machinery.

«Influence des dimensions des leviers de transmission sur le travail de grilles oscillantes.»

Les rayons des courbes décrites par les points d'articulation sont déterminants pour le travail effectué par les outils oscillants qui peuvent être considérés comme des plans horizontaux d'assemblages articulés conjugués de quadrilatères déformables. En prenant comme exemple la grille oscillante d'une arracheuse de pommes de terre, l'auteur a établi, pour quatre positions particulières de la manivelle, les données devant servir à la détermination des rayons des courbes tracées par les points d'articulation et il en tire des principes qui doivent être observés lors de la conception d'outils oscillants.

«La influencia de los brazos de mando en el trabajo de cribas oscilantes.»

En los dispositivos suspendidos de forma oscilante que puedan considerarse como planos de cuadriláteros articulados, la forma de las curvas dobles de mando deciden de la calidad del trabajo. Tomando como ejemplo la criba de una recogedora de patatas, se explican las condiciones fundamentales para el cálculo de las curvas para cuatro posiciones determinadas del cuadrilátero articulado, sacándose de ellas consecuencias útiles para la construcción de los dispositivos oscilantes.

mal den Wert „Unendlich“ an. Bedingung für die Geradlinigkeit ist die Lage des Koppelpunktes auf dem Wendekreis bzw. — bei unendlich fernem Pol — auf der Polbahntangente.

Abschließend seien noch einige Hinweise für den Entwurf des in Abbildung 1 dargestellten Getriebes gemacht. Für die Festlegung der Abmessungen der Siebrostaufhängung gelten vor allem die an Hand der Abbildung 6 entwickelten Grundlagen. Je nach der gewünschten Bewegungsrichtung der Scharspitze legt man zunächst die Lage und die Richtung der Polbahntangente fest. Parallel hierzu werden dann die Mittellinien von Kurbel und Schwinge gewählt, auf denen dann Kurbellager A_0 und Schwingenlager B_0 unter Berücksichtigung weiterer Konstruktionsbedingungen festgelegt werden können. Die Länge der Schwinge kann frei bestimmt werden. Die Lage des Kurbelzapfens A wird in folgender Weise ermittelt:

Zunächst wird die Kollineationsachse im Abstand h parallel zur Kurbelmittellinie gezogen und mit der nach links verlängerten Stegmittellinie zum Schnitt gebracht (Relativpol Q). Die Verbindung dieses Punktes mit dem Schwingenlager S_2 schneidet den Polstrahl der Kurbel im Kurbelzapfen. Will man noch die Krümmungsverhältnisse am Boden des Schwingenrostes näher untersuchen, so bedient man sich des an Hand der Abbildung 6 erläuterten Verfahrens für beliebige Koppelkurven. Trägt man die Ergebnisse über der Koppelmittellinie in Richtung der parallelen Polstrahlen auf (Abb. 1), so ergibt sich ein Hyperbelast, der durch die beiden Gestelllager verläuft und sich der Polbahntangente asymptotisch nähert. Zwischen dieser Hyperbel und der Koppelmittellinie kann man dann in Richtung der parallelen Polstrahlen die Krümmungsradien beliebiger Koppelkurven abgreifen. Die Hyperbel für die Krümmungsradien zeigt besonders deutlich, daß die Krümmung der Koppelkurven zum Siebende hin sehr schnell zunimmt, woraus sich die immer stärker werdende fließende Wirkung des Siebgutes (z. B. Erdreich) erklärt.

Gerade diese Wirkung war bei den durchgeführten Versuchen verblüffend. Es liegt auf der Hand, daß diese Bauweise eines schnellschwingenden Arbeitsgerätes nicht an das vorliegende Beispiel eines Kartoffelvollerntegerätes gebunden ist. Wenn man an Stelle der Roststäbe eine geschlossene Mulde vorsieht, wird die Siebwirkung ausgeschaltet, während die Förderwirkung erhalten bleibt. Im übrigen läßt sich das hier geschilderte Arbeitsprinzip auf Abbauvorgänge der verschiedensten Art anwenden, die in der Patentschrift erfaßt sind.