



bezogen auf den schlupflosen, nach Gl. (5) berechenbaren Weg  $s_0$ , wird als Schlupf  $\sigma$  definiert:

$$\sigma = s_g / s_0 \quad (6)$$

oder

$$\sigma = \frac{s_0 - s}{s_0} \quad (6a)$$

oder

$$\sigma = 1 - \frac{s}{s_0} \quad (6b)$$

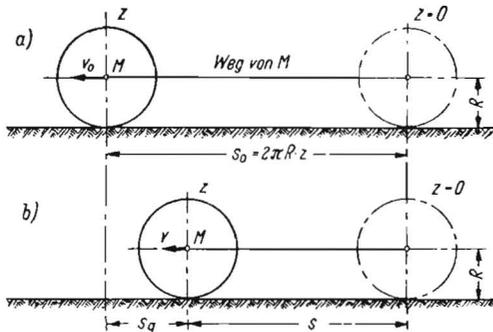


Bild 2. Messung des Schlupfes:

- a) Bestimmung des schlupflosen Weges  $s_0$   
 b) Bestimmung des Schlupfweges  $s$  beim ziehenden Schlepper (dargestellt für  $z = 1$  U und 25% Schlupf)

Statt  $\sigma$  nach Gl. (6) bis Gl. (6b) durch eine unbenannte Zahl anzugeben, kann man den Schlupf auch in Prozent des schlupflosen Weges ausdrücken:

$$\sigma = \frac{s_0 - s}{s_0} \cdot 100 = 100 - 100 \frac{s}{s_0} = \dots \% \quad (6c)$$

Dividiert man in Gl. (6) bis Gl. (6c) Zähler und Nenner durch die Zeit  $t$ , in der das Rad die gewählte Zahl von  $z$  Umdrehungen zurücklegt, so ist der Schlupf statt aus Strecken  $s_0$  und  $s$  aus Geschwindigkeiten  $v_0 = s_0/t$  und  $v = s/t$  bestimmt:

$$\sigma = v_g / v_0 \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{v_0 - v}{v_0} \quad (7a)$$

$$\sigma = 1 - \frac{v}{v_0} \quad (7b)$$

Hierbei ist

$$v_g = v_0 - v = v_0 \sigma \quad (8)$$

die Gleitgeschwindigkeit oder Schlupfgeschwindigkeit des Schleppertriebrades (Bild 4),  $v_0$  die theoretische Fahrgeschwindigkeit des Schleppers,  $v$  die wirkliche Fahrgeschwindigkeit.

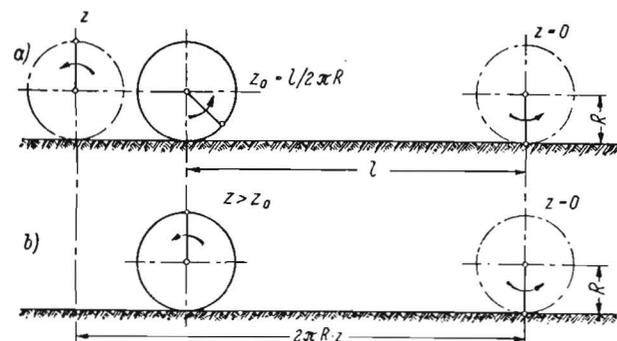


Bild 3. Messung des Schlupfes (anderes Verfahren):

- a) Bestimmung der Umläufe  $z_0$  beim schlupflosen Rollen auf einer Meßstrecke  $l$   
 b) Bestimmung der Umläufe  $z$  beim ziehenden Schlepper (dargestellt für  $z = 1,5$  U,  $z_0 = 1,125$  U, entsprechend 25% Schlupf)

Die theoretische Fahrgeschwindigkeit  $v_0$ , die man auch Konstruktionsfahrgeschwindigkeit nennen kann, weil sie durch Motordrehzahl, Gesamtübersetzung des Getriebes und wirk-samen Radhalbmesser  $R$  bestimmt ist, findet man als die Geschwindigkeit der schlupflosen Rollbewegung aus der minutlichen Drehzahl  $n$  der Triebäder zu

$$v_0 = 2 \pi R \cdot \frac{n}{60} = \frac{\pi}{30} R n \quad (9)$$

und mit Gl. (2)

$$v_0 = \omega R \quad (9a)$$

in Übereinstimmung mit Gl. (3), da bei schlupflosem Rollen  $v = v_0$  ist.

Ist der Schlupf  $\sigma$  bekannt, so ergibt sich aus der theoretischen Fahrgeschwindigkeit  $v_0$  die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit  $v$  des Schleppers

$$v = v_0 (1 - \sigma) \quad (10)$$

Umgekehrt ist bei gemessener Fahrgeschwindigkeit  $v$  und bekanntem Schlupf  $\sigma$  die theoretische Geschwindigkeit

$$v_0 = v / (1 - \sigma) \quad (10a)$$

Durch Gleichsetzen mit Gl. (9) ergibt sich der wirksame Halbmesser zu

$$R = \frac{30}{\pi} \frac{v}{n (1 - \sigma)} \quad (11)$$

oder aus Gl. (9) mit Gl. (8)

$$R = \frac{30}{\pi} \frac{v + v_g}{n} \quad (11a)$$

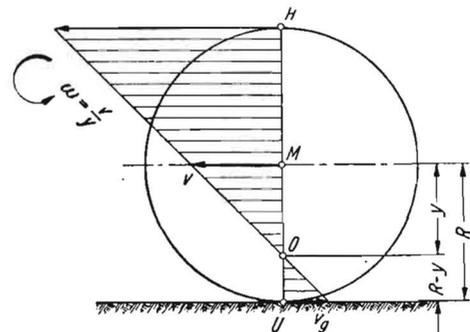


Bild 4. Geschwindigkeitsbild der Rollbewegung mit Schlupf. Gegeben: Fahrgeschwindigkeit  $v$  und Gleitgeschwindigkeit  $v_g$  (dargestellt für 33% Schlupf)

Bei der Bestimmung des Schlupfes kann man, anstatt Wege  $s_0$  und  $s$  zu messen, auch so vorgehen, daß man eine bestimmte Meßstrecke  $l$  wählt und die Anzahl  $z_0$  und  $z$  der Triebad-umdrehungen zählt, die zum Durchfahren dieser Strecke nötig sind: Einmal die Umdrehung  $z_0$  beim schlupffreien Abrollen, dann die Umdrehung  $z$  beim Fahren mit Zugkraft abgebendem Schlepper für gleiche Strecke  $l$ . Damit findet man (Bild 3) gemäß Gl. (6a) und Gl. (5) den Schlupf

$$\sigma = \frac{2 \pi R z - l}{2 \pi R z} = \frac{2 \pi R z - 2 \pi R z_0}{2 \pi R z} \quad (12)$$

$$\sigma = \frac{z - z_0}{z} \quad (12)$$

oder, wenn man den Schlupf in Prozent angeben will,

$$\sigma = \frac{z - z_0}{z} 100. \quad (12a)$$

Der Messung des Schlupfes an Hand von Gl. (6a) oder Gl. (12) stehen allerdings Schwierigkeiten entgegen, die unten noch zu erörtern sein werden.

Beim mit Schlupf rollenden Triebad liegt nun der Geschwindigkeitspol 0, also der Punkt mit der Geschwindigkeit Null, nicht im Berührungspunkt des Rades mit der Fahrbahn.

Sondern aus dem vom Pol 0 ausgehenden geradlinigen Geschwindigkeitsbild (Bild 4) ergibt sich nach dem Strahlensatz und mit Gl. (8)

$$\frac{R-y}{y} = \frac{v_g}{v} = \frac{v_0-v}{v}$$

$$\frac{R}{y} - 1 = \frac{v_0}{v} - 1$$

$$y = R \frac{v}{v_0} \quad (13)$$

und mit Gl. (10)

$$y = (1-\sigma)R \quad (14)$$

und

$$R-y = \sigma R. \quad (14a)$$

Der Geschwindigkeitspol eines mit Schlupf  $\sigma$  rollenden Rades liegt also um die Strecke  $y = (1-\sigma)R$  unterhalb des Mittelpunktes M des Rollkreises. Das Rad bewegt sich damit so, als ob ein mit ihm verbundenes Hilfsrad vom Halbmesser  $R \cdot (1-\sigma)$  auf einer Parallelen zur Fahrbahn im Abstande  $\sigma R$  schlupffrei abrollt (Bild 5). Die Punkte auf dem Umfang des Kreises vom wirksamen Halbmesser  $R$  eines mit Schlupf rollenden Rades beschreiben damit eine verlängerte (verschlungene) Zykloide<sup>1)</sup>.

Die Neigung des linearen Geschwindigkeitsbildes (Bild 6)

$$\frac{v}{(1-\sigma)R} = \frac{v_0(1-\sigma)}{(1-\sigma)R} = \frac{v_0}{R} = \omega \quad (15)$$

gibt wie bei der schlupfflosen Rollbewegung (Bild 1) die Winkelgeschwindigkeit  $\omega = \pi n/30$  an.

Das Geschwindigkeitsbild gestattet, die Bewegungsverhältnisse eines rollenden Rades in einfacher Weise zu überblicken und die Geschwindigkeit für jede Stelle des Rades zu ermitteln. Aus dem Geschwindigkeitsbild (Bild 6) erhält man unter anderem die Geschwindigkeit  $v_F$  eines Punktes F, der um die Strecke  $f$  vor dem untersten Punkt U des Rades liegt, zu

$$v_F = \omega \cdot \overline{OF} = \omega r \approx \omega \sqrt{f^2 + \sigma^2 R^2}. \quad (16)$$

In der Literatur wird die Geschwindigkeit  $v_0$  bisweilen als „Umfangsgeschwindigkeit“ bezeichnet. Wie man aus dem Geschwindigkeitsbild sieht, haben die Punkte des Radumfangs verschiedene Geschwindigkeiten, die zwischen  $v_g = v_0 \sigma$  als Kleinstwert im Punkte U und  $2v_0 - v_g = v_0(2-\sigma)$  als Größtwerte im Punkte H liegen. Es ist also bei einer Rollbewegung nicht zweckmäßig, von einer Umfangsgeschwindigkeit zu sprechen. Man kann zwar aus dem

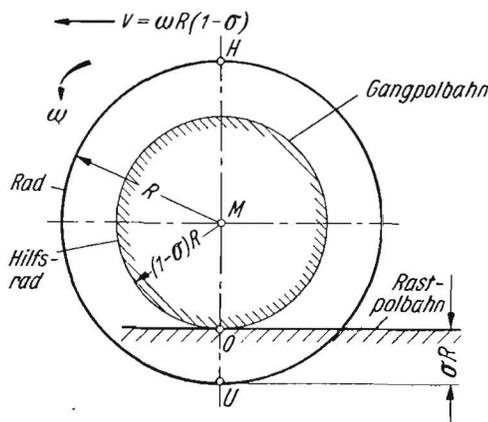


Bild 5. Ersatz einer Rollbewegung mit Schlupf durch schlupffreies Abrollen der Gangpolbahn auf der Rastpolbahn (dargestellt für 33% Schlupf)

Geschwindigkeitsbild die Punkte L und L' des Umfangs ermitteln, deren Abstand von 0 den Betrag R hat und deren Geschwindigkeit dadurch die Größe  $v_0$  besitzt. Aber die Richtung dieser Geschwindigkeit fällt nicht in die Tangente an den Radumfang, sondern ist rechtwinklig zum jeweiligen Strahl von 0 zu diesen

Punkten L oder L', und diese Punkte sind für den Vorgang der Rollbewegung auch ohne Bedeutung.

d) Rollbewegung mit negativem Schlupf (Bild 8)

Der Schlupf am Triebbad eines arbeitenden Schleppers kommt dadurch zustande, daß am Radumfang eine nach vorwärts gerichtete Triebkraft T wirkt. (Bild 9a und b). Nach dem Wechselwirkungsgesetz [4] tritt am Ackerboden eine Kraft T in gleicher Größe, aber nach rückwärts gerichtet, auf. Diese

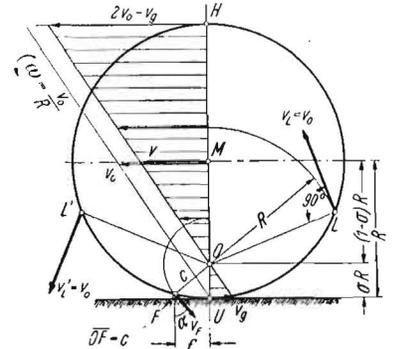


Bild 6. Geschwindigkeitsbild eines Triebrades. Gegeben: Konstruktionsfahrgeschwindigkeit  $v_0$  und Schlupf  $\sigma$  (dargestellt für 25% Schlupf)

Kraft schiebt Teilchen der Bodenoberfläche nach hinten. Auf diese Weise läßt sich die entgegen der Fahrgeschwindigkeit v gerichtete Gleitgeschwindigkeit  $v_g$  am Triebbadumfang erklären.

Wenn nun die tangential am Radumfang wirkende Kraft rückwärts gerichtet ist (Bild 9d bis f), wie z. B. beim Bodenantrieb pferdegezogener Landmaschinen [9] oder beim Bremsen eines Schleppers, oder wenn ein Schlepper gezogen wird, z. B. um den Motor anzudrehen, dann tritt am Radumfang eine nach vorwärts gerichtete Gleitgeschwindigkeit  $v_g$  auf (Bild 7). Der Geschwindigkeitspol 0 liegt nun außerhalb des Rades, und zwar um den Betrag

$$y = R \frac{v}{v - |v_g|} \quad (17)$$

unterhalb der Radmitte M, wie man mit Hilfe des Strahlensatzes findet.  $v$  ist die Geschwindigkeit, mit der die Landmaschine oder der Schlepper gezogen wird oder der bremsende Schlepper fährt. Die Winkelgeschwindigkeit des Rades und damit seine Drehzahl  $n$  ergeben sich wieder aus der Neigung

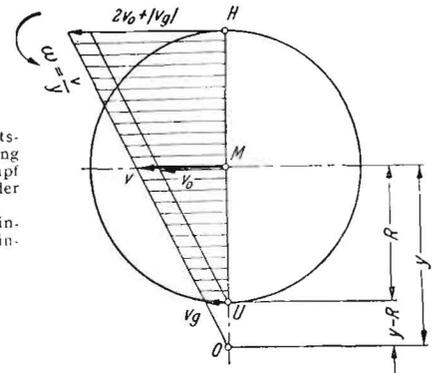


Bild 7. Geschwindigkeitsbild der Rollbewegung mit negativem Schlupf (gebremstes Rad oder Bodenantriebsrad). Gegeben: Fahrgeschwindigkeit  $v$ , Gleitgeschwindigkeit  $v_g$  (dargestellt für  $\sigma = -33\%$ )

des Geschwindigkeitsdiagramms (Bild 7):

$$\omega = \frac{v}{y} = \frac{v - |v_g|}{R}. \quad (18)$$

<sup>1)</sup> Beim Luftreifen, der sich abplattet, ist der durch Gl. (11) definierte wirksame Halbmesser  $R$  nicht gleich dem Außenhalbmesser  $r_0$  des aufgepumpten, unverformten Reifens. Für die Punkte auf dem Reifenumfang hat W. SÖHNE [11] die bei der Reifenverformung sich bildenden Radien  $r = r_0 - \Delta r$  in der Bodenrinne gemessen, mit deren veränderlichem Radius  $r$  aus seiner Gl. (7) eine unsymmetrische zykloidenähnliche Kurve berechnet und als Bild 15, rechte Seite, gezeichnet. Die für den wirksamen Halbmesser  $R$  sich ergebende Zykloide hat er nicht mit eingezeichnet, sondern diejenige für den unverformten Reifen mit  $r_0$ .

Im Gegensatz zum treibenden Rad sind  $\omega$  oder  $n$  nicht gegeben, sondern  $\omega$  stellt sich nach Gl. (18) ein. Mit Hilfe von  $\omega$  läßt sich die Geschwindigkeit  $v_0$  des schlupffreien Rades berechnen, bei dem sich die Drehung mit  $\omega$  um den Berührungspunkt  $U$  von Rad und Fahrbahn vollziehen würde: Nach Gl. (9a) mit Gl. (18) ist

$$v_0 = \omega R = v - |v_g| \quad (19)$$

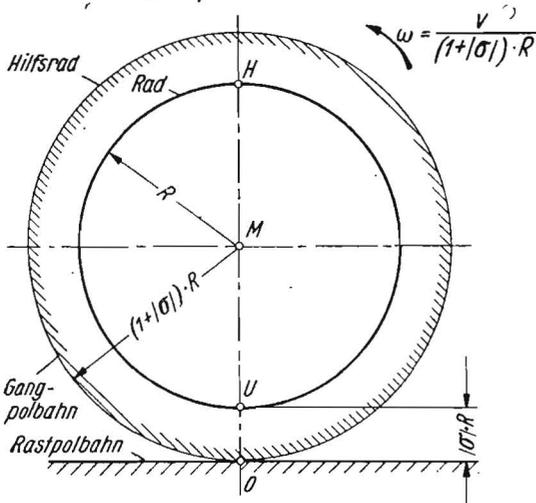


Bild 8. Ersatz einer Rollbewegung mit negativem Schlupf durch schlupfloses Abrollen der Gangpolbahn auf der Rastpolbahn (dargestellt für  $\sigma = -33\%$ )

Verlangt man konsequenterweise, daß die Definitionsgleichung (7a) des Schlupfes

$$\sigma = \frac{v_0 - v}{v_0} = 1 - \frac{v}{v_0} = \frac{v_g}{v_0}$$

auch für ein Rad mit vorwärts gerichteter Gleitgeschwindigkeit gilt, so ergibt sich aus Gl. (7a) mit  $v_0 < v$  ein negativer Schlupf. Auch  $v_g$  in Gl. (8) wird negativ. Daher ist in Gl. (17) bis Gl. (19)  $v_g$  bereits in Absolutstriche gesetzt. Alle für das mit Schlupf rollende Triebrad aufgestellten Gleichungen gelten auch für ein gezogenes oder gebremstes Rad am Schlepper oder für das Bodenantriebsrad einer Gespannmaschine, wenn

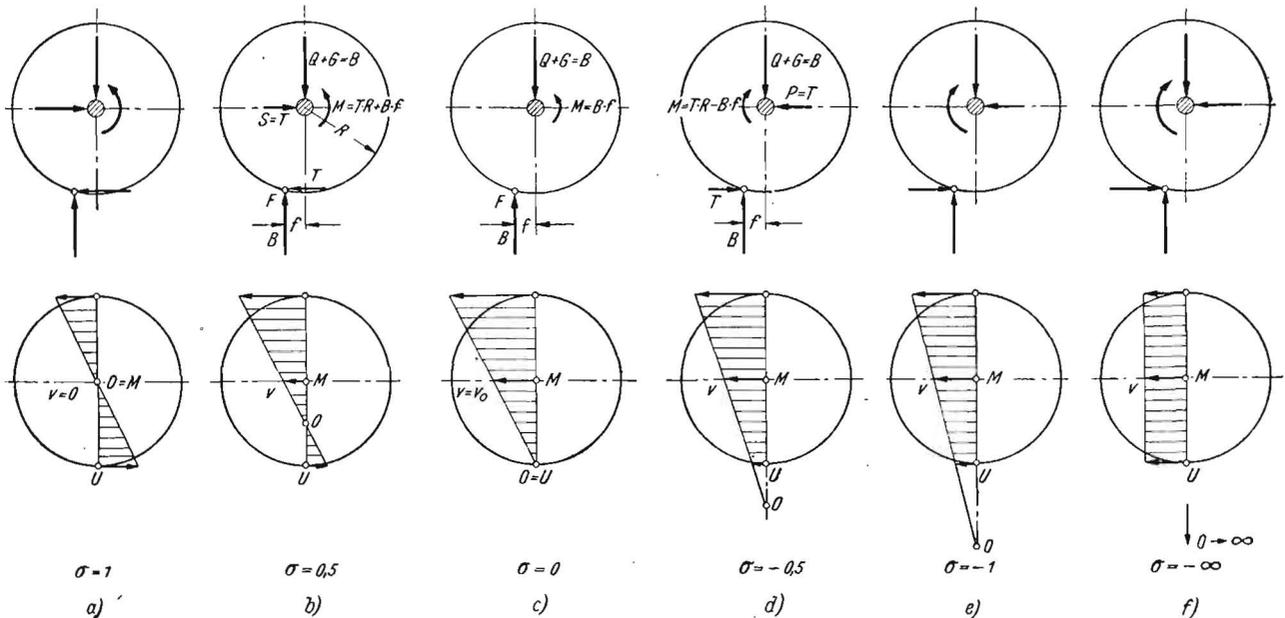


Bild 9. Geschwindigkeitsbilder der Rollbewegung bei verschiedenem Schlupf  $\sigma$  in Zusammenhang mit der am Radumfang wirkenden Tangentialkraft  $T$  Allgemeine Fälle (b und d) und Grenzfälle (a, c, f)

$M$  treibendes Moment (Fall a bis c) oder widerstehendes (bremsendes) Moment (Fall d bis f)

$B$  vom Boden auf Rad ausgeübte Stützkraft  
 $Q$  Radbelastung

$G$  Eigengewicht des Rades  
 $S$  Schubkraft  
 $P$  Antriebskraft

man in Gln. (10) bis (16) die Werte für  $\sigma$  und  $v_g$  mit negativem Vorzeichen versieht. Ein solches Rad bewegt sich so, als ob ein mit ihm verbundenes Hilfsrad vom Halbmesser

$$y = R \frac{v}{v - |v_g|} = (1 + |\sigma|) R$$

in einem Graben von der Tiefe

$$y - R = |\sigma| R$$

ohne zu gleiten abrollt (Bild 8). Die Punkte des Schlepper- oder Landmaschinenrades beschreiben in diesem Fall verkürzte (geschweifte) Zykloiden.

e) Grenzfälle des Schlupfes

Der Schlupf eines Schleppertriebrades kann aus Gl. (7a) im Höchstfall

$$\sigma = 1 \text{ oder } \sigma = 100\%$$

betragen, nämlich dann, wenn sich das Rad mit  $v = 0$  und  $v_g = v_0$  auf der Stelle dreht (Bild 9a). Der Geschwindigkeitspol fällt in die Radmitte  $M$ .

Ein anderer Grenzfall ist

$$\sigma = 0$$

mit  $v = v_0$  und  $v_g = 0$  (Bild 9c), also der Fall einer reinen Rollbewegung (Bild 1). Der Geschwindigkeitspol liegt auf dem Radumfang.

Der Schlupf

$$\sigma = -1 \text{ oder } \sigma = -100\%$$

ist kein Grenzfall<sup>1)</sup>, sondern tritt nach Gl. (7a) auf, wenn  $v_0 = v/2$  oder  $|v_g| = v_0 = v/2$  und  $\omega = v/2 R$  wird (Bild 9e).

Für den Grenzfall<sup>1)</sup>  $v_0 = 0$ ,  $|v_g| = v$ ,  $\omega = 0$  wird der Schlupf

$$\sigma = -\infty$$

<sup>1)</sup> Wünscht man für den Grenzfall des festgebremsten, sich nicht mehr drehenden Rades den Schlupf  $\sigma = -100\%$  zu erhalten, müßte man den Schlupf statt durch z. B. Gl. (7) durch eine andere Definitionsgleichung festsetzen, nämlich als

$$\sigma = \frac{v_g}{v} = \frac{v_0 - v}{v} = \frac{l_0 - l}{l} = \frac{z - z_0}{z_0}$$

Das ergäbe aber für positiven Schlupf ungewöhnliche Werte.

Der Geschwindigkeitspol liegt im Unendlichen. Das Rad ist in diesem Fall fest blockiert und wird am gezogenen oder bremsenden Schlepper oder an der gezogenen Landmaschine ohne Drehung mitgenommen (Bild 9f), führt also eine Verschiebung (Translation) mit der Geschwindigkeit  $v$  aus.

### f) Schwierigkeiten der Schlupfmessung

Beim Messen des Schlupfes  $\sigma$  ist für Gl. (6a) oder Gl. (12) die Bestimmung von  $s_0$  oder  $z_0$  erforderlich. Dazu müsste eine reine Rollbewegung mit  $\sigma = 0$  (Bild 9c) verwirklicht werden, also der Grenzfall, wo am Radumfang weder eine vorwärts- noch eine rückwärtsgerichtete Kraft  $T$ , sondern nur eine lotrechte Stützkraft  $B$  angreift. Das Rad müßte dafür nur durch ein Kräftepaar  $M$  angetrieben werden, ohne daß am Radlager eine waagerechte Kraft  $P$  oder  $S$  wirkt. Das ist praktisch kaum durchführbar. Daher läßt man den Schlepper im Leerlauf fahren, wobei eine geringe Triebkraft  $T_0$  zur Überwindung des Rollwiderstandes  $W_0$  der Vorderräder (Bild 10a) und damit auch ein gewisser Schlupf auftritt. Dann läßt man den Versuchsschlepper durch einen zweiten ziehen oder schieben. Dabei werden die Hinterräder und durch sie einige Wellen und Zahnräder des Getriebes vom Boden her angetrieben und es tritt eine rückwärtsgerichtete Umfangskraft  $T$  und damit ein geringer negativer Schlupf auf. Im ersten Fall wird der gemessene Wert  $s_{01}$  etwas zu klein, im zweiten Fall wird  $s_{02}$  etwas zu groß. Das Institut für Schlepperforschung Völkenrode [1; 10] nimmt der Einfachheit halber das arithmetische Mittel  $s_{0m}$  aus diesen beiden Wegen  $s_{01}$  und  $s_{02}$  (Bild 11, gestrichelte Linie).

Beim Ermitteln des schlupflosen Weges  $s_0$  oder der Umdrehungszahl  $z_0$  für das schlupffreie Befahren einer Meßstrecke  $l$  scheint mir aber noch ein weiterer Umstand der Aufmerksamkeit wert: Beim Zugkraft ausübenden Schlepper (Bild 10b) vergrößert sich die Belastung der Hinterachse gegenüber der Fahrt im Leerlauf um den Betrag  $Z \cdot h/a$  und verringert sich die Last auf die Vorderachse um den gleichen Betrag, wie in Teil II noch gezeigt wird. Dadurch ändern sich Spurtiefe und Reifeneindrückung und damit der wirksame Halbmesser  $R$  des Rades und somit auch der schlupflose Weg  $s_0$  (Bild 2a) oder die Umdrehungszahl  $z_0$  (Bild 3a). Will

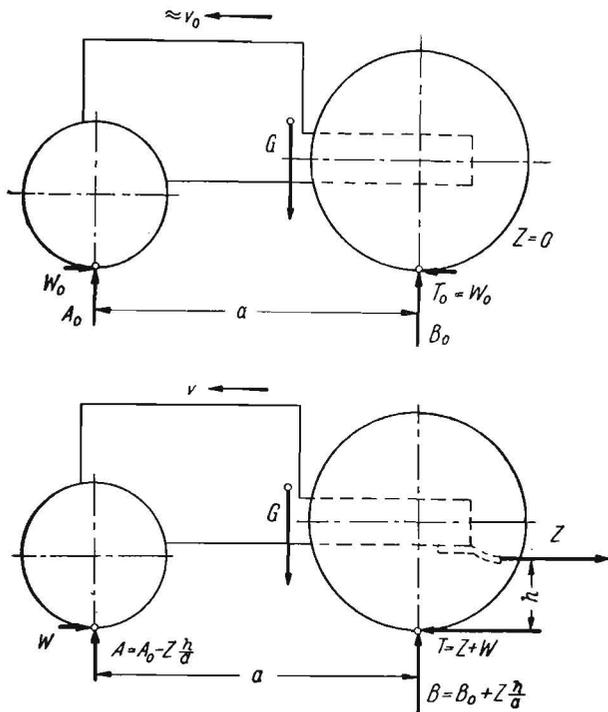


Bild 10. a) Radlasten  $A_0$  und  $B_0$  beim leerfahrenden Schlepper ( $Z = 0$ ), b) Radlasten  $A < A_0$  und  $B > B_0$  beim ziehenden Schlepper ( $Z$  Zugkraft,  $W$  Fahrwiderstand der Vorderräder,  $T$  Triebkraft,  $G$  Gesamtgewicht des Schleppers)

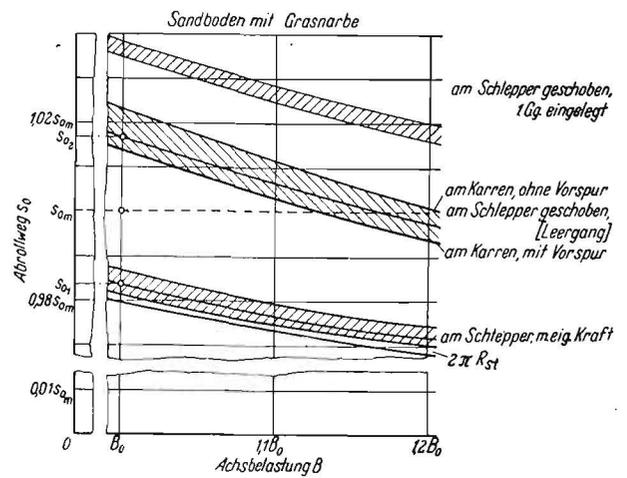


Bild 11. Abrollweg zur Bestimmung des schlupflosen Weges  $s_0$  in Abhängigkeit von der Radbelastung  
 $s_{em} = (s_{e1} + s_{e2})/2$   
 $R_{st}$  = statischer Radhalbmesser (ermittelt auf nicht zusammen-drückbarem Boden)  
 [Nach Versuchen des Instituts für Schlepperforschung, Völkenrode]

man also den Schlupf für eine bestimmte Zugkraft messen, müßte man  $s_0$  oder  $z_0$  bei den gleichen Vorder- und Hinterachslasten  $A$  und  $B$  ermitteln, wie sie während der Messung von  $s$  oder  $z$  (Bild 2b und 3b) beim Zugkraft abgebenden Schlepper auftreten. Falls der Schlepper keine Belastungsgewichte über der Vorderachse besitzt, durch deren Ausbau man die Vorderachslast  $A_0$  auf den gewünschten Wert  $A$  verringern könnte, müßte man allerdings die Räder vom Schlepper abnehmen und an einer besonderen Versuchskarre anbringen, deren Vorder- und Hinterachse man entsprechend belastet. Ob sich dieser Aufwand lohnt, wäre noch durch Versuche zu klären. Auf Sandboden mit Grasnarbe fand das Institut für Schlepperforschung Völkenrode bei 20% Zunahme der Radbelastung nur eine Verringerung des Abrollweges  $s_0$  um etwa 2% (Bild 11).

## B. Beschleunigungen

### 1. Schlepperrumpf

Beim Schlepper, der mit gleichförmiger Geschwindigkeit  $v$  fährt, treten Beschleunigungen der hin- und hergehenden Massen des Motors und Zentripetalbeschleunigungen [5] an allen Punkten der sich drehenden Teile auf.

Wenn sich, z. B. beim Anfahren oder Bremsen, die Fahrgeschwindigkeit des Schleppers ändert, erhalten alle Punkte des Schlepperrumpfes, der ja unter den eingangs erwähnten Voraussetzungen eine *geradlinige* Verschiebungsbewegung (Translation) ausführt, in jedem Augenblick die gleiche Translationsbeschleunigung [6]

$$b = dv/dt. \quad (20)$$

### 2. Räder

Die Achsen der Schlepperräder haben als Teile des Schlepperrumpfes ebenfalls die durch Gl. (20) gegebene Beschleunigung  $b$ . Da sich mit der Änderung der Schleppergeschwindigkeit  $v$  auch die durch Gl. (3a) oder Gl. (15) bestimmte Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  ändert, tritt eine Winkelbeschleunigung  $\epsilon = d\omega/dt$  auf [7]:

Für die reine Rollbewegung ergibt sich durch Differentiation von Gl. (3a)

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R} \frac{dv}{dt}$$

und mit Gl. (20)

$$\epsilon = \frac{b}{R}. \quad (21)$$

Für eine Rollbewegung mit Schlupf muß man Gl. (15)

$$\omega = \frac{1}{R} \cdot \frac{v}{1 - \sigma}$$

nach der Zeit  $t$  differenzieren, wobei im allgemeinen Fall nicht nur  $v$ , sondern auch  $\sigma$  veränderlich, also eine Funktion der Zeit  $t$  sein wird. Daher ist die Quotientenregel der Differentialrechnung anzuwenden:

$$\varepsilon = \frac{1}{R} \frac{(1 - \sigma) \frac{dv}{dt} + v \frac{d\sigma}{dt}}{(1 - \sigma)^2}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{R} \left( \frac{b}{1 - \sigma} + \frac{v}{(1 - \sigma)^2} \cdot \frac{d\sigma}{dt} \right) \quad (22)$$

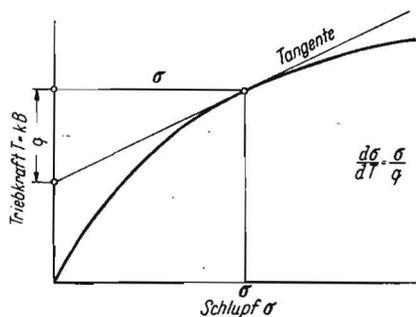


Bild 12. Zeichnerische Differentiation der Triebkraft-Schlupfkurve zur Ermittlung von  $d\sigma/dT$

Nach der Kettenregel der Differentialrechnung gilt

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{d\sigma}{dT} \cdot \frac{dT}{dt} \quad (23)$$

Der Zusammenhang  $T = f(\sigma)$  zwischen Triebkraft und Schlupf (Bild 11) ist aus Kurven für den sogenannten Kraftschlußbeiwert  $\alpha$  bekannt (siehe Teil II). Damit läßt sich durch

zeichnerische Differentiation (Bild 12), d. h. durch Ziehen einer Tangente,

$$\frac{d\sigma}{dT} = \frac{\sigma}{q} \quad (24)$$

bestimmen, wobei der Betrag  $q$  unter Berücksichtigung des Ordinatenmaßstabes der Zeichnung zu entnehmen ist. Kennt man – etwa durch ein selbstschreibendes Meßgerät, dessen Registrierpapier durch ein Uhrwerk bewegt wird – den zeitlichen Verlauf der Triebkraft, also  $T = f(t)$ , dann läßt sich  $dT/dt$  ebenfalls durch das Ziehen einer Tangente finden.

Beschränkt man sich auf den einfachen Fall einer *gleichmäßig* beschleunigten oder *gleichmäßig* verzögerten Bewegung, also auf den Sonderfall

$$b = \text{konst.},$$

so sind die Kräfte und damit auch  $\sigma$  konstant, und Gl. (22) vereinfacht sich wegen  $d\sigma/dt = 0$  zu

$$\varepsilon = \frac{b}{R(1 - \sigma)} \quad (22a)$$

(Teil II folgt im nächsten Heft)

## Literatur

- [1] BOCK, G.: Feldversuche über die Zugfähigkeit von Ackerschlepperreifen. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 1952. H. 3 (10. Konstrukteurheft), S. 88 bis 100.
- [2] HEYDE, H.: Zur Berechnung der Verlustleistung am Laufwerk eines Radschleppers. Landtechn. Forsch. 3. Jg. (1953), S. 42 bis 46.
- [3] HFYDE, H.: Zur Leistungsbilanz eines Ackerschleppers. Wiss. Zeitschr. d. Humboldt-Universität: Berlin. Jg. II (1952/53). Math. nat. Reihe Nr. 5, S. 75 bis 82.
- [4] HEYDE, H.: Mechanik für Ingenieure. Bd. 1. 4. Aufl., Leipzig 1955, S. 10.
- [5] a. a. O. S. 124 und 305.
- [6] a. a. O. S. 127.
- [7] a. a. O. S. 141 bis 146.
- [8] a. a. O. S. 304.
- [9] KLOTH, W., und RICHTER, E.: Triebräder für Bindemäher. Techn. i. d. Landw. 16. Jg. (1935), S. 66 und 68, Bild 6 und 7.
- [10] SÖHNE, W.: Die Kraftübertragung zwischen Schlepperreifen und Ackerboden. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 1952. H. 3 (10. Konstrukteurheft), S. 79 bis 81.
- [11] a. a. O. S. 81 und 82.

A 2624

Ing. R. BLUMENTHAL, Schönebeck (Elbe)

# Getriebeabstufung für Ackerschlepper

## Forderungen der Landwirtschaft

Die durchzuführende Mechanisierung der landwirtschaftlichen Arbeiten der Innen- und Außenwirtschaft und das Ziel, außer der Bodenbearbeitung auch die Hackfrucht- und Getreidernte voll zu mechanisieren, erfordert eine besondere Vielfältigkeit der Konstruktion und Funktion der Landmaschinen. Der moderne Schlepper muß in diesem Zusammenhang den Antrieb von Werkzeugen, Geräten, Arbeitsmaschinen, Fördermitteln und die Aufgabe einer Zug- bzw. Schubmaschine übernehmen. Dabei scheint die Zukunftslösung in der Verbindung des Schleppers mit der Landmaschine zu einer Arbeitseinheit zu liegen, wobei der Schlepper die Aufgabe einer mobilen oder stationären Energiequelle übernimmt und erst durch Verbindung mit dem Gerät eine zweckentsprechende Aufgabe erfüllt. Der konstruktive Aufbau des Schleppers wird deshalb eine Veränderung erfahren, die teilweise im Geräte-trägerprinzip zu erkennen ist und schließlich zur Triebachse mit unterschiedlichen Leistungsgewichten und Leistungsstärken entsprechend dem Einsatz- und Arbeitsgebiet führt. Außer dieser Betrachtung der zweckmäßigsten Umsetzung

der Wärmeenergie in mechanische Energie und deren Übertragung auf den Boden bzw. über die Zapfstellen, sind bei allen in der Landwirtschaft einzusetzenden Maschinen die Besonderheiten der jahreszeitlichen Witterungsverhältnisse zu beachten, weil die landwirtschaftlichen Kraft- und Arbeitsmaschinen, um Verluste von Nahrungsmitteln zu vermeiden, auch bei schwierigsten Verhältnissen zuverlässig arbeiten müssen. Diese Vielfalt der unterschiedlichsten Einsatzbedingungen wirkt sich besonders auf die Gestaltung des Getriebes aus, da zur Ausführung des umfangreichen Arbeitsbereiches ebenso stark differenzierte Geschwindigkeitswerte gehören. Im internationalen Maßstab gesehen ist deshalb auch die Tendenz zu erkennen, daß die Geschwindigkeitsstufung der Schlepper durch Erhöhen der Gangzahl besser differenziert wird.

Die Forderung der Landwirtschaft ist heute auf einen Schlepper gerichtet, der weder extrem schnell noch extrem langsam fährt und eine gewisse Anzahl von Geschwindigkeitsstufungen, am besten ein stufenloses Getriebe, aufweist, um die agrarbiologischen und wirtschaftlichen Forderungen optimal zu berücksichtigen [1].