

Kraftheberteste

Die Testergebnisse von Dreipunktkrafthebern sind nicht nur für den Schlepperkonstrukteur von Bedeutung, sondern in gleichem Maße auch für den Gerätehersteller. Dieser sieht sich oft vor die konkrete Frage gestellt, ob der Schlepper eines voraussichtlichen Kunden ein bestimmtes Dreipunktgerät wird ausheben können oder nicht. Die Antwort muß meist kurzfristig gegeben werden. Leider lassen sich nach den gegenwärtig erhältlichen Testunterlagen solche Anfragen nur selten zuverlässig beantworten. Insbesondere, wenn es sich um die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten neuer Geräteereihen handelt, wird dem Gerätehersteller die Unzulänglichkeit des jetzigen Testverfahrens besonders gegenwärtig.

Was vom Gerät her zur Untersuchung eines Aushebevorganges bekannt ist, sind die folgenden drei Merkmale: das Gerätegewicht, die Lage des Geräteschwerpunktes und die Koppellänge¹⁾. Diese Werte lassen sich durch eine einfache Längenmessung und drei Wägnngen leicht beschaffen. Es wäre zu wünschen, daß sich von diesen drei Merkmalen eine Brücke schlagen ließe zu den vom Schlepperprüffeld des Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL) in Darmstadt getesteten Hubkraftwerten. Leider ist das nicht möglich.

Das derzeitige Testverfahren

Das Schlepperprüffeld entfernt vor seinen Messungen am Dreipunktkraftheber den oberen Lenker. Da von dessen Stellung aber die Lage des idellen Führungspunktes abhängt, weichen die Testergebnisse so grundlegend von den praktischen Gegebenheiten ab, daß sie für den Gerätehersteller nutzlos sind. Es sei denn, es würde ihm jeweils auch eine maßgetreue Skizze des betreffenden Dreipunktgestänges in die Hand gegeben, so daß er den Aushebevorgang im Einzelfalle rechnerisch nachvollziehen kann. Damit übernehme er allerdings die Aufgabe, die er vom Prüfer erwartet.

Selbstverständlich hat das Schlepperprüffeld den oberen Lenker nicht leichtfertig weggelegt. Bei dem dort verständlichen Wunsch nach höchster Meßgenauigkeit schien das ein Weg, alle Unbestimmtheiten auszuschalten, die von den vielen Einstellvarianten des Dreipunktgestänges in das Testverfahren eingebracht werden. Es scheint tatsächlich kaum erreichbar, ein Hubkraftdiagramm aufzustellen, welches sämtliche Einstellmöglichkeiten umfaßt, trotzdem mit zumutbarem Arbeitsaufwand durchgeführt werden könnte und sich dann auch noch übersichtlich darstellen ließe.

Praktisch erlaubte Vereinfachungen

Die Faktoren, welche die Hubkraft beeinflussen, sind vor allem folgende: die Hubstangenlänge, die Koppellänge y , die Anlenkhöhe des oberen Lenkers h und die Lage des Geräteschwerpunktes (Bild 1).

Nicht alle Einstellvarianten sind für den Schlepperbenutzer auch wirklich von Interesse. Es kommt ihm nur auf die jeweils optimale Einstellung an, bei der er ein schweres Gerät zuverlässig auf die vorgeschriebene Hubhöhe (820 + 40 mm) bringen kann. Man dürfte deshalb auch beim Test unbedenklich von der Voraussetzung

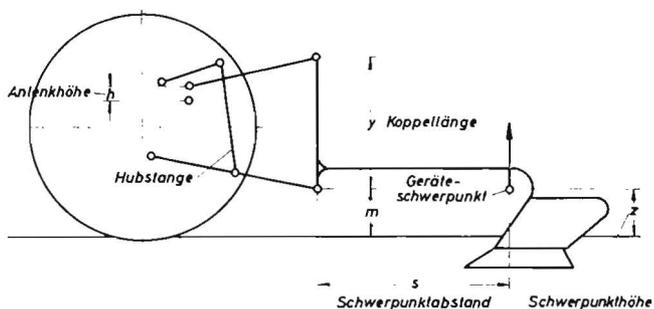


Bild 1: Die Hubkräfte, die von einer gegebenen Kraftheberanlage ausgeübt werden können, hängen von der Koppellänge y und von der Schwerpunktslage des Anbaugerätes ab, sowie auch von der jeweiligen Einstellung des Dreipunktgestänges, insbesondere von der Hubstangenlänge und von der Anlenkhöhe h des oberen Lenkers

ausgehen, daß jede Hubkraftmessung bei der für den betreffenden Fall optimalen Gestängeeinstellung durchgeführt wird. Das schränkt die Zahl der Varianten erheblich ein. Weiterhin darf man annehmen, daß vor allen anderen derjenige Wert der Hubkraft wichtig ist, bei welcher sie im Verlauf des Aushebevorganges ihr Minimum erreicht. Auch wenn bei anderen Schwenklagen des Gestänges erheblich größere Hubkräfte zur Verfügung stehen, bestimmt das Minimum über die Aushebbarkeit.

Man könnte einwenden, daß Pflüge und andere Bodengeräte zum Loslösen vom Boden zusätzliche Hubkräfte benötigen, so daß außer dem Minimalwert auch der zu Beginn des Aushebens auftretende Hubkraftwert von Bedeutung sein kann. Das trifft bei jenen ungünstig ausgelegten Kraftheberanlagen zu, bei denen das Hubkraftminimum im Gebiet tiefer Schwenklagen liegt. Im allgemeinen kann man aber feststellen, daß die Bodenbearbeitungsgeräte zunächst angehoben werden, daß der Kraftheber dann aber in einer höheren Schwenkstellung erlahmt. Im Hinblick darauf, daß der für die Loslösarbeiten zusätzliche Hubkraftanteil von Geräteart zu Geräteart stark schwankt und daß er auch von der jeweiligen Arbeitstiefe und Bodenart stark abhängt, scheint es angängig, sich auf das Testen der Minimalwerte zu beschränken und es dem Gerätehersteller zu überlassen, ob und wo er von diesen Werten vorsorglich gewisse Abschläge machen will.

Vorschlag eines Testverfahrens

Unter diesen vereinfachenden Voraussetzungen darf vorgeschlagen werden, statt der Hubkräfte vielmehr die zulässigen Hublasten zu testen. Unter einer zulässigen Hublast L sei die im Geräteschwerpunkt angesetzte Last verstanden, die sich bei optimaler Gestängeeinstellung in fortlaufendem Hubvorgang noch auf die normgemäße Höhe ausheben läßt. Ein Diagramm des Hublastverlaufes in Abhängigkeit vom Schwerpunktsabstand s würde dem Gerätehersteller ein wertvolles Arbeitswerkzeug sein (Bild 2).

Die in Bild 2 gestrichelt eingezeichnete Kurve ist den Unterlagen eines Schlepperherstellers entnommen, der damit den Wünschen der Gerätehersteller entgegenkommt. Diese Kurve basiert schon auf den Minimalhubkräften, bezieht sich aber nicht auf einen fortlaufenden Aushebevorgang, sondern ist unter der Voraussetzung einer bestimmten unveränderlichen Hubkurbelstellung errechnet. In Bild 2 wurde auch der Verlauf der Hublasten als stark ausgezogene Kurve eingezeichnet. Für die Hublasten ergeben sich im vorliegenden Beispielfalle die niedrigeren, aber wirklichkeitsnahen Werte.

Einflüsse von Koppellänge, Schwerpunkthöhe und Hubstangenlänge

Der Hublastverlauf wird von folgenden drei Faktoren beeinflusst: von der Koppellänge y , der Höhe des Geräteschwerpunktes über Boden z und der Länge der Hubstange. Wie von vornherein zu vermuten ist, kommt der Koppellänge der größte Einfluß zu, weil sie die Lage des idellen Führungspunktes wesentlich mitbestimmt und überdies in weitem Bereich schwanken darf. Das Normblatt DIN 9674 erlaubt Koppellängen von 460 . . . 650 mm; beide Grenzwerte sind häufig anzutreffen.

Für den als Beispiel gewählten Kraftheber, für den Bild 2 gilt, wurde ermittelt, welcher Hubkraftverlauf sich bei Koppellängen 460 mm und 620 ergäbe. Die entsprechenden Verläufe sind in Bild 3 als stark ausgezogene Kurven eingetragen. Die dazwischenliegende gestrichelte Zone vermittelt ein Bild von dem möglichen Einfluß der Koppellängen. Wie man sieht, braucht man diesen nicht zu überschätzen; selbst wenn man sich nur auf eine einzige mittlere Koppellänge bezöge, wozu kein Anlaß vorliegt, käme man zu einem für den betreffenden Kraftheber charakteristischen Testbild.

Hinsichtlich des Einflusses, den die Schwerpunkthöhe z ausübt, kann man davon ausgehen, daß der Schwerpunkt der meisten Dreipunktgeräte in Arbeitsstellung etwa 200 mm bis 400 mm über

¹⁾ Im Normblatt DIN 9674 ist die Koppellänge als Anschlußmaß y bezeichnet

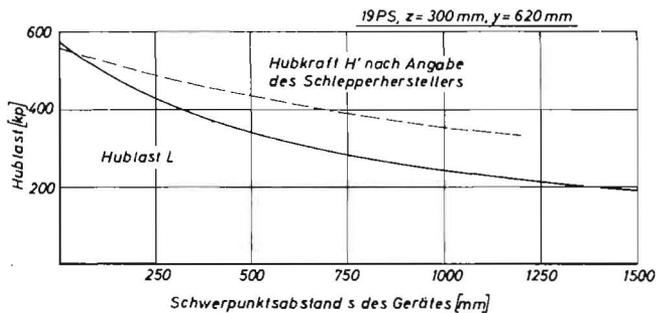


Bild 2: Hublastverlauf L und der vom Schlepperhersteller angegebene Hubkraftverlauf H'

Der Hublastverlauf zeigt geringere, aber wirklichkeitsnähere Werte

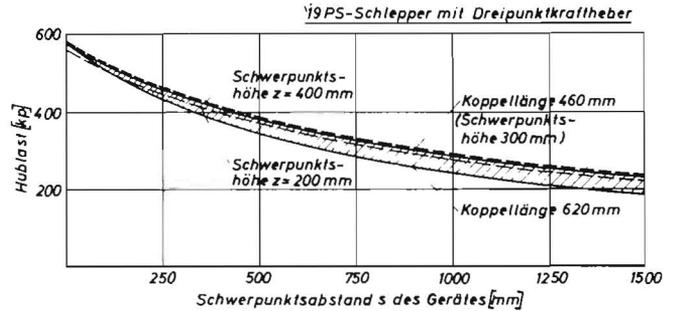


Bild 3: Hublastverlauf des Schleppers von Bild 2

Die gestrichelte Zone zeigt den Einfluß geänderter Koppellängen. Noch geringer ist der Einfluß der Schwerpunkthöhe des Gerätes. Das vorgeschlagene Prüfverfahren liefert auch unter der Annahme einer einzigen mittleren Koppellänge und einer mittleren Schwerpunkthöhe ein charakteristisches Testbild

Boden liegt. Im Bild 3 sind für die obere der beiden Kurven die Hublastverläufe gestrichelt eingezeichnet, die sich bei Schwerpunkthöhen von 200 mm und 400 mm ergeben würden. Der Einfluß der Schwerpunkthöhe erweist sich gering. Er wird um so geringer, je weiter hinten der Schwerpunkt liegt. Da es besonders die langen Geräte und hintereinandergesetzten Gerätekombinationen sind, die das Kraftheberhubvermögen bis zur Gänze beanspruchen, darf der hier unerhebliche Einfluß der Schwerpunkthöhe im Test zweifellos unberücksichtigt bleiben.

Schließlich ist noch der Einfluß der Hubstangenlänge wirksam. Die Hubstangenlänge wird zwar im Normblatt DIN 9674 nicht erwähnt, ist dort aber mittelbar dadurch festgelegt, daß für die Tiefstellung der unteren Koppelpunkte ein Richtmaß $m = 180$ mm genannt wird. Verlängert oder verkürzt man die Hubstangen, so wandert das Hubkraftminimum bei gleichbleibendem Absolutwert zu einer tieferen oder höheren Schwenklage des Gestänges. Das Schlepperprüffeld hat sich schon bei einigen seiner bisherigen Berichte auf das Richtmaß 180 mm beschränkt. Es liegt kein Anlaß vor, davon abzugehen.

Zur Durchführung des Verfahrens

Für die praktische Durchführung des vorgeschlagenen Testverfahrens müßten Prüfkoppeln angefertigt werden, an denen horizontale Ausleger sitzen, an welche in vorgesehenen Abständen Prüflasten gehängt werden können. Koppellängen von 460 mm und 650 mm wären vorzusehen und die Ausleger in solcher Höhe anzuordnen, daß die Schwerpunkte der Prüflasten 300 mm über Boden stehen, wenn die unteren Koppelpunkte 180 mm Bodenhöhe aufweisen. Das Verfahren würde keinen größeren Arbeitsaufwand erfordern als das bisherige des Schlepperprüffeldes.

Es wurde hier nicht auf die vielfältigen Bemühungen eingegangen, welche einzelne Schlepperfirmen auf diesem Gebiete geleistet haben. Leider sind deren Angaben, soweit sie hierin nicht dem Schlepperprüffeld folgen, nach recht unterschiedlichen Methoden gewonnen worden. Die Ergebnisse sind deshalb untereinander nicht vergleichbar und führen leicht zu Fehlschlüssen, wenn man den jeweiligen Hergang nicht im einzelnen kennt. Der naturgemäße Weg zu einer einheitlichen Lösung führt über das Schlepperprüffeld.

Vorliegende Vorschläge sind in der Hoffnung gemacht, daß aus dem Erfahrungsschatz der Schlepperfirmen Ergänzungen einfließen, oder ein anderer vorteilhafter Lösungsweg aufgewiesen wird, der zu den dringend benötigten Testergebnissen führt, mit denen auch der Gerätehersteller etwas anfangen kann.

Zusammenfassung

Für die Hersteller von Schlepperanbaugeräten haben die Hubkraftangaben in einem Schleppertest nur dann einen praktischen Wert, wenn man daraus ersehen kann, ob der geprüfte Schlepper in der Lage ist, Anbaugeräte vorbekannter Schwerpunktslage auszuheben. Das derzeitige Verfahren des Schlepperprüffeldes bietet diese Möglichkeit nicht. Es fällt Schlepper und Gerät nicht als eine zusammengehörige Einheit auf, sondern ermittelt die Hubkräfte in enger Beschränkung auf schleppermechanische Gesichtspunkte, indem vor der Messung der für den Hubvorgang maßgebliche obere Dreipunktlenker ausgebaut wird. Für den Gerätehersteller sind solche Hubkraftangaben wertlos; er bleibt nach wie vor auf eigene Schätzungen angewiesen.

Es wird im Anschluß an ähnliche Verfahren einzelner Schlepperfirmen vorgeschlagen, anstelle der Hubkräfte die zulässigen Hublasten zu testen. Darunter sind die im Geräteschwerpunkt angesetzten Lasten zu verstehen, die von dem betreffenden Kraftheber bei einer optimalen Einstellung des Dreipunktgestänges ausgehoben werden können. Dieses Prüfverfahren ließe sich unter Verwendung geeigneter Prüfkoppeln mit zumutbarem Arbeitsaufwand durchführen. Die Testangaben würden erkennen lassen, inwieweit die betreffende Kraftheberanlage für ihre praktische Aufgabe sinnvoll ausgelegt wurde.

Résumé

Hans Zödler: "Power Lift Tests"

To the manufacturers of tractor-mounted implements lift-force data in tractor tests are of practical value only, if one can see whether the tractor tested is able to lift mounted equipment with a known centre of gravity. The present method of the tractor test field does not permit such a possibility. In this method the tractor and equipment are not tested as one unit, but the determination of the lifting forces is closely restricted to tractor-mechanical points of view, since the upper three-point guide, which is deciding for the hoisting action, is removed before measuring. Such lift-force data are of no use to the manufacturer of implements; now as before he has to rely on his own computations.

Following similar methods of several tractor firms it is suggested to test the admissible loads to be lifted instead of the lifting forces. They are loads mounted in the centre of gravity of the equipment, which with an optimum setting of the three-point rods can be lifted by the respective power lift. Using suitable test stands this testing method might be applied with a reasonable expenditure of work. The test data would show in how far the respective power lift plant has been suitably designed for its practical task.

Hans Zödler: «Essais de systèmes de relevage».

Les caractéristiques des systèmes de relevage déterminées par un essai du tracteur n'ont une valeur pratique pour les fabricants d'outils portés que si elles permettent de juger que le tracteur soumis à l'essai peut relever les outils portés dont le centre de gravité est connu. La méthode actuelle pratiquée au champ d'essai des tracteurs n'offre pas cette possibilité. Elle ne comprend pas le tracteur et l'outil comme une unité, mais détermine les forces de relevage en se limitant aux principes de la mécanique des tracteurs et en retirant, avant la mesure, le bras supérieur déterminant en premier lieu l'opération de relevage. De telles indications de la force de relevage sont sans valeur pour les fabricants d'outils.

En se référant à des méthodes appliquées par quelques constructeurs de tracteurs, on propose de mesurer les charges de relevage admises au lieu des forces de relevage. On y comprend les charges appliquées au centre de gravité de l'outil qui peuvent être relevées par le système de relevage en prévoyant un réglage optimum de l'attelage trois points.

Cette méthode pourrait être réalisée sans exiger un travail trop considérable en choisissant pour les essais des points conjugués appropriés. Les résultats d'essai permettraient de savoir si le relevage a été conçu pour répondre de façon satisfaisante à sa tâche pratique.

Hans Zödler: "Comprobación de gatos mecánicos."

Para los fabricantes de aperos de montaje en tractores las indicaciones de la fuerza de elevación en un certificado de ensayo de un tractor solo tienen valor práctico, si demuestran que el tractor

examinado está en condiciones de elevar aperos con centro de gravedad conocido. El procedimiento empleado por el campo de ensayos no da esta posibilidad. No considera el tractor y el dispositivo montado como unidad, sino que determina los esfuerzos de elevación, limitándose estrechamente a los puntos de vista que da la mecánica del tractor, desmontando la conducción superior de la suspensión en tres puntos, decisiva para la elevación, antes de efectuar la medición. Tales indicaciones sobre la fuerza elevadora no tienen valor alguno para el fabricante de los dispositivos, pues puede fundarse exclusivamente en sus propias apreciaciones.

Se ha hecho la proposición de comprobar, en combinación con el procedimiento seguido por algunos fabricantes de tractores, las cargas de elevación admisibles en vez de las fuerzas de elevación, entendiéndose como cargas admisibles las que pueden elevarse, tomando como punto de ataque el centro de gravedad del dispositivo, encontrándose el varillaje de suspensión ajustado en su posición más favorable. Este procedimiento de ensayo podría ejecutarse, empleando acoplamientos convenientes, sin trabajo excesivo. Los datos que facilitarían las pruebas, darían a conocer la conveniencia de la instalación del gato mecánico para el trabajo práctico.

Mieczyslaw Gregory Bekker:

Die Mechanik der Geländefahrt

Der vorliegende Beitrag bringt Auszüge aus der am 13. November 1962 vor der Institution of Mechanical Engineers, Automobile Division, in London gehaltenen "James Clayton Lecture".

In freier Übersetzung wurde dieses Referat auf dem „Colloquium der Geländefahrt“, einer Gemeinschaftsveranstaltung der Fakultät für Bauwesen und der Fakultät für Maschinenwesen und Elektrotechnik der Technischen Hochschule München, am 22. November 1962 vorgetragen.

Am 27. November 1962 schloß sich ein weiteres Referat des Verfassers auf einer Gemeinschaftsveranstaltung der Deutschen Gruppe der „International Society for Terrain-Vehicle-Systems“ mit den VDI-Fachgruppen Fahrzeugtechnik (ATG) und Landtechnik in Bonn an.

Die Geschichte der Forschung auf dem Gebiet der Geländefahrt ist noch nicht geschrieben. Dies ist in erster Linie eine Folge der weit verstreuten und in verschiedenen Sprachen erschienenen Veröffentlichungen [1 . . . 4; dort weitere Literatur]. Deshalb sei ein kurzer Rückblick auf die wichtigsten Beiträge der letzten fünfzig Jahre gestattet.

Es wäre unmöglich, mit einem solchen Rückblick zu beginnen, ohne an erster Stelle RUDOLF BERNSTEIN zu erwähnen [5]. Seine Arbeit über starre Räder wurde 1913 veröffentlicht. Sie wurde durch russische Landmaschineningenieure in den dreißiger Jahren umfassend weiterentwickelt [6]. Obwohl durch andere völlig ignoriert oder falsch zitiert, war sie der erste Schritt in der Behandlung der Beziehungen zwischen Boden und Fahrzeug in der klassischen Art der angewandten Mechanik.

Die Lösung beruhte jedoch auf vereinfachenden Annahmen, darunter derjenigen, daß der Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung des Bodens von Wirkungen der Größe und der

Form der Auflagefläche abhängig sei. So konnten die gefundenen Gleichungen nicht verallgemeinert werden. Für viele Jahre verhinderte dies die Entwicklung einer allgemeinen Theorie der Fortbewegung, da diese eine allgemeine Behandlung in Gestalt der Spannungs-Dehnungs-Funktion des Bodens verlangt.

BERNSTEIN behandelte ausschließlich gezogene Räder, das heißt also Fahrwiderstand und Spurbildung; es war keine Lösung für die Schubkraft, für den Radvortrieb, vorgesehen. Infolgedessen fehlte gänzlich die Basis für eine Mechanik der Fahrzeuge mit eigenem Antrieb.

Dies ändert sich erst 1944, als E. W. E. MICKLETHWAITE seine grundsätzliche Abhandlung über Bodenmechanik und Kampffahrzeuge schrieb [7]. Er war der erste, der die Schlußfolgerung veröffentlichte, daß die größte Vortriebskraft eines Fahrzeuges in der Form der COULOMBSchen Gleichung für die größte Scherfestigkeit von Böden ausgedrückt werden kann. Er führte auch TERZAGHIS Lösung für die Tragfähigkeit eines Bodens als ein Mittel für die Berechnung der Spurbildung von Fahrzeugen ein [8].

Die grundsätzliche Wichtigkeit der Arbeit von MICKLETHWAITE, besonders seiner Gleichung der Vortriebskraft, wurde wieder allgemein übersehen.

Eine bemerkenswerte Ausnahme bildete die Arbeit der Operations Research Group des britischen Versorgungsministeriums, die das Problem der Fortbewegung während und kurz nach dem Zweiten Weltkrieg studierte. Ihre ausgezeichneten Veröffentlichungen waren gegenüber BERNSTEINs durch die Benutzung von Methoden und Annahmen aus der bautechnischen Bodenmechanik bereichert.

Dies allerdings mag ihr schwacher Punkt gewesen sein; denn Bauingenieure haben es in erster Linie mit sehr langsamen und kleinen Veränderungen des Baugrundes unter der Wirkung von ausgedehnten Belastungsflächen zu tun, während Fahrzeugingenieure sich mit schnelleren und großen Formänderungen befassen müssen, die die Folge von relativ kleinen Druckflächen wie bei Ketten und Rädern sind; für sie existierte zu dieser Zeit noch keine für die Fahrzeugbewegung brauchbare Lehre der Bodenmechanik.

BERNSTEIN und MICKLETHWAITE hatten grundsätzliche Methoden für die Lösung zweier verschiedener Seiten des Problems gezeigt, nämlich des Bewegungswiderstandes und der maximalen Schubkraft. Was fehlte, war dann die Verallgemeinerung und die Verbindung beider Systeme von Gleichungen in einer umfassenden Theorie. Dies konnte erst gemacht werden, nachdem die Dehnungs-Spannungs-Funktionen des Bodens unabhängig gemacht worden waren von der Größe und der Form der Druckfläche, zumindest für praktische Zwecke.

Das war das Endziel meiner Arbeit in Kanada seit 1944: Eine systematische Analyse und Synthese von Versuchsergebnissen ebenso wie die Aufstellung einer umfassenden Theorie und nicht so sehr die Lösung eines speziellen Problems.

Meine Arbeit hat die Annahme von MICKLETHWAITE bestätigt, daß die größte Scherfestigkeit oder die größte Schubkraft je Flächeneinheit τ_{max} , die auf dem Boden erreichbar ist, für praktische Zwecke durch die COULOMBSche Gleichung $\tau_{max} = c + p \tan \varphi$ ausgedrückt werden kann. Sie wurde zu der in Bild 1 gezeigten erweitert; diese Gleichung ist allgemein und bezieht sich auf ein

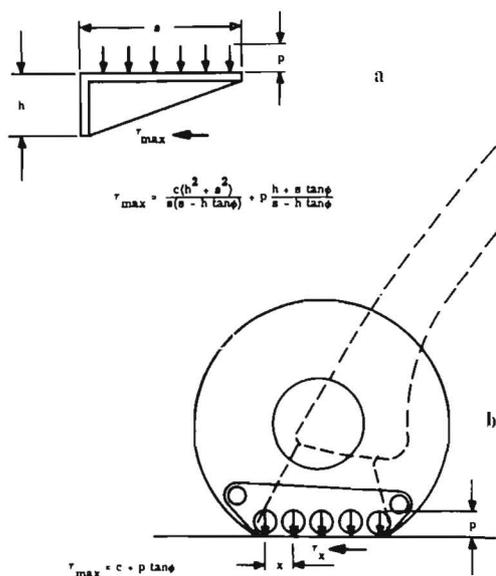


Bild 1: Gleichung der maximalen Schubspannung τ_{max} für verschiedene Bodenberührungsflächen
 c = Schubspannung infolge Kohäsion; p = Flächenpressung;
 φ = Reibungswinkel