

## VERSUCH EINER THEORIE DES SCHERENSCHNITTES VON HALMEN

Von R. König

Wenn eine zeitraubende und auch kostspielige kinematographische Untersuchung des Schneidvorganges beim Mähen von Gras angestellt wird, wie das im Landmaschineninstitut der Giessener Hochschule im Laufe des vergangenen Jahres geschah, so ist es angebracht, die Ziele, die hierbei erreicht werden sollen, einmal klar herauszustellen, um damit die Notwendigkeit einer derartigen Aufgabe der Grundlagenforschung zu erweisen. In einigen kurzen Worten sei der technologische Vorgang des Schneidens mit zwei Klingen, also des Scherenschnittes, erläutert, wobei diesen Erklärungen einiges Hypothetisches anhaftet, um das man nicht herumkommt, solange der Bruchvorgang eines Werkstoffes, denn um einen solchen Vorgang handelt es sich ja, nur vermittelt Hypothesen mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit geklärt werden kann. Im nachfolgenden sei der Versuch gemacht, diesen Vorgang, unabhängig von den bisher gebräuchlichen Anschauungen, zu deuten und mit ziemlicher Sicherheit festzustellen, dass es sich beim Schneiden von faserigen organischen Stoffen wie beim Grashalm um ganz andere Vorgänge handelt als beim Schneiden technischer Werkstoffe wie z.B. der Metalle. Derartige Werkstoffe wie Metalle haben kristallinen Aufbau, sie sind Kristallite, deren Atome in Raumgittern angeordnet sind, d.h. alle Atome liegen in drei im allgemeinen schiefwinkelig zueinander liegenden Scharen von Ebenen, den Gitterebenen. In den am dichtesten mit Atomen besetzten Gitterebenen liegen auch die am dichtesten besetzten Gittergeraden. In deren Richtung (Gleitrichtung) sind die Kristalle am leichtesten

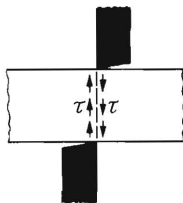


Bild 1. Schnittwirkung bei einem Stoff mit kristallinem Gefüge.

verschiebbar, wobei diese Ebenen, die Gleitebenen, aufeinander abgleiten. Bei einem genügend starken Kraftangriff treten dabei im Werkstoff Gleitflächen auf, die nahe in der Richtung der grössten Schubspannung liegen (Bild 1).

Beim Scherenschnitt können wir mit Sicherheit die Schubspannungs-Bruchhypothese zu Grunde legen.

Fassen wir den entstehenden Spannungszustand als einachsig auf, so ergibt sich Bild 1. Man ersieht hieraus, dass der Bruch, also der Schnitt, eingeleitet wird durch den Druck auf der Oberfläche, worauf, falls dieser gross genug ist, das Abgleiten oder Scheren erfolgt. Hierbei müssen die Spannungen in der Gleitfläche überwunden werden. Man sieht hieraus, dass es zur Einleitung des Abscherens nur auf den Flächendruck an der Werkzeugschneide ankommt; der Keilwinkel, also die Zuschärfung des Messers, ist nur von sekundärer Bedeutung, die darin besteht, dass bei gleicher Schneidkraft der Flächendruck bei schärferer Schneide grösser werden kann.

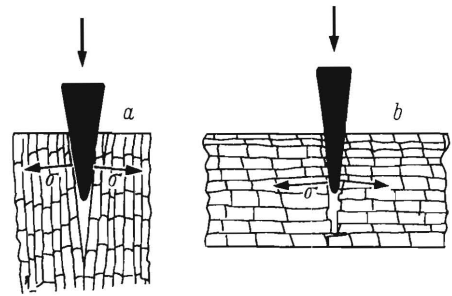


Bild 2. Schnittwirkung bei einem Stoff mit faserigem Aufbau.  
a) längs der Faser; b) quer zur Faser.

Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse beim Schneiden homogener, nicht kristalliner Stoffe wie zum Beispiel von Gummi, vielleicht auch von Fleisch. Wieder andere Verhältnisse treten auf bei nicht homogenen, organischen Faserstoffen (Stroh, Grashalme). Hier handelt es sich, wie in Bild 2 dargestellt, um einen Spaltvorgang; das Messer wirkt als Keil, der zwischen den Zellenverband des Halmes eingetrieben wird, wobei die Komponenten senkrecht zu den Keilflächen die Zellentrennung vornehmen. Da die in der Faserrichtung langgestreckten Zellen des Holzes der Trennung viel geringeren Widerstand entgegensetzen als die kleinflächigen Zellenwände des Hirnschnittes, ist die leichte Spaltbarkeit des Holzes in der Faserrichtung erklärt.

Beim Mähen der Halme handelt es sich stets um Hirnschnitte, also Schnitte senkrecht zur Halmachse. Es besteht aber kein Grund, anzunehmen, dass es sich bei diesen nicht ebenfalls um ein Spalten handelt; der Unterschied gegenüber dem Schnitt in Faserrichtung ist nur quantitativ in Bezug auf den Kraftbedarf. Nimmt man also diese Spalt-Hypothese

als gültig an, so ergibt sich, dass beim Schneiden von Faserstoffen der Keilwinkel des Schneidwerkzeuges, also dessen Schärfe, ausschlaggebend für die trennenden Komponenten und von primärer Wichtigkeit für die Schneidwirkung ist. Es ist hierbei von Bedeutung, dass der Schnitt durch das Eindringen des scharfen Keiles eingeleitet wird, worauf beim Spalten stets die „Trennkluft“ dem Keil vorausleitet.

Die kinematographischen Untersuchungen von Schulze<sup>1)</sup> ergaben, dass der Halm beim Mähen bis zu dem Augenblick, in dem er an der Gegenschneide anliegt, in tangentialer Richtung zur Schneide in Ruhe verbleibt, er wird von der Schneide mitgenommen. Allerdings trifft das nicht zu in Richtung der Halmachse: Der Halm gleitet längs der Schneide nach unten. Man kann das als Vorteil ansehen, weil sich hierbei die Schneide gleichsam die Spaltstelle des geringsten Widerstandes am Halm sucht.

Im Augenblick des Schnittes hört das Gleiten der Halme längs der Schneide auf. Sodann kommt es, vereinfacht ausgedrückt, im Gegensatz zum Schneiden kristalliner Stoffe, vorwiegend auf den wirksamen Keilwinkel an, also auf die Zügigkeit des Schnittes, die den Keilwinkel verjüngt<sup>2)</sup>.

Die Zügigkeit des Schnittes muss als Tangentenfunktion des Neigungswinkels zwischen der Schneide und der Normalen der Schnittrichtung ermittelt werden; das ist nur möglich, wenn das Bewegungsverhalten des Halmes beim Schneiden bekannt ist. Es bestehen dabei zwei Möglichkeiten: Der Halm bleibt in Ruhe bezüglich seines Standortes, so dass die Schneide sich vor dem Schnitt reibend tangential zum

Halmquerschnitt bewegt, oder der Halm wird von der Schneide mitgenommen, so dass er, wenigstens in tangentialer Richtung, relativ zur Schneide in Ruhe verbleibt.

Mit Hilfe der Zeitlupenkamera wurde das Letztere einwandfrei festgestellt: Solange der Halm frei steht, findet eine Querbewegung des Halmes zur Klinge nicht statt, sie gleitet nur längs der Halmachse. Somit geht die Schneide im Augenblick des Schnittes mit einer Zügigkeit, gleich dem Verhältnis der Geschwindigkeitskomponenten in Schneidenrichtung und senkrecht dazu durch den Halm.

Eine Ausnahme hiervon kann eintreten, wenn der Öffnungswinkel zwischen Schneide und Gegenschneide sehr gross wird, wie das bei dem bogenförmigen Anlauf an der Basis des Fingerplättchens des Schneidwerkes vorkommen kann. Dann kann auch ein tangentiales Gleiten des freistehenden Halmes an der Schneide eintreten.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die von Schulze erläuterte Untersuchungsmethode neu ist und wertvolle Erfahrungen für ähnliche Forschungsversuche geben kann. Dadurch, dass mit der Kamera zwei Bilder des Vorganges gleichzeitig aufgenommen wurden, nämlich das wirkliche und ein (virtuelles) Spiegelbild, ist es möglich, die perspektivischen Bilder zu entzerren und in orthogonale Projektion überzuführen. Damit ist wiederum die Möglichkeit gegeben, die Bewegungsbahnen und die Geschwindigkeiten aller bewegten Teile, also der Schneide und des Halmes, einwandfrei in jedem Zeitlupenbilde zu ermitteln, die sodann weiteren Untersuchungen als Grundlage dienen können. Vor allem aber konnte dadurch die Zügigkeit des Schnittes einwandfrei festgestellt werden.

1) K.H. Schulze: Über den Schneidvorgang von Grashalmen (In diesem Heft).

2) Th. Stoppel: Was weiss man heute vom Schneiden? In: 5. Konstrukteurheft, RKTL-Schrift 91. Berlin 1939. S. 83, Bild 18.