

DEUTSCHE UND AUSLÄNDISCHE LANDMASCHINENWERKSTOFFE

Von W. Kloth und F. K. Naumann

Nach dem ersten Weltkrieg war man in der deutschen Landwirtschaft mit der Haltbarkeit der Landmaschinen sehr unzufrieden. Man schimpfte über das „Material“ und verwies auf die damals wesentlich bessere Haltbarkeit der amerikanischen Landmaschinen. Aus dieser Unzufriedenheit heraus entstand das „Werkstoffprüffeld“, das in Berlin bis zum Jahre 1945 bestanden und viel auf diesem Gebiete gearbeitet hat. Wir haben jetzt, seit etwa einem Jahr, im Institut für Landtechnische Grundlagenforschung eine Werkstoffabteilung, die sich wieder mit den deutschen und erklärlicherweise auch mit den ausländischen Landmaschinen beschäftigt. Man kann nun nicht verlangen, dass sich innerhalb eines Jahres schon ein umfassender Überblick über die heute üblichen, insbesondere die ausländischen Landmaschinenwerkstoffe ergeben hat. Das, worüber wir heute berichten können, ist ein Anfang.

Bodenbearbeitungswerkzeuge

Die Entwicklung der Pflugschare ging in Deutschland andere Wege als im Ausland. Während man im Ausland meist mit ungehärteten Scharen aus einem hochgekohlten Stahl arbeitete, haben wir in Deutschland einen wasserhärtbaren Silizium-Mangan-Stahl mit niedrigerem Kohlenstoffgehalt eingeführt und die Schare ganz oder an der Schneide gehärtet, um die Verschleissfestigkeit zu erhöhen.¹⁾ Leider ist es aber trotz aller Bemühungen im Wesentlichen nicht gelungen, in den ländlichen Instandsetzungs-Werkstätten die gedachte Wärmebehandlung zu erreichen. Es ist daher die Frage, ob der Weg, den das Ausland gegangen ist, nicht doch seine Vorteile hat.

Wie unsere Untersuchungen ergeben haben, sind auch neue amerikanische Pflüge meist mit ungehärteten Scharen ausgerüstet. Man verwendet Stähle mit 0,7–0,8% C und 0,7–0,9% Mn, die eine Naturhärte von 230–280 kg/mm² haben²⁾. In einigen Fällen fanden wir an amerikanischen Pflügen aber auch gehärtete Schare aus Dreilagblech. Schare aus diesem Werkstoff haben den Vorteil, dass man sie unbedenklich auf höchste Härte und Verschleissfestigkeit härten kann, da die weiche Kernlage das Schar gegen Bruch durch Stösse oder Schläge sichert. Aber ein Nachschärfen durch Ausschmieden dürfte kaum möglich sein, ohne dass die Dreilagblech-Anordnung verloren geht.

1) vgl. DIN 11 100, Bodenbearbeitungswerkzeuge. Werkstoff und Gütevorschriften (1949).

2) Die Härte wurde in der Regel mit der Vickers-Diamantpyramide, und nur bei Gusseisen mit der Brinellkugel ermittelt.

Englische Pflüge hatten z.T. Stahlschare, an denen nur die Spitzen auf 500–600 kg/mm² gehärtet waren, z.T. aber auch Schare aus Gusseisen. Diese Schare, die eine kurze und gedrungene Form haben, bestehen entweder ganz aus Hartguss, oder sie sind nur an der Schneide durch Einlegen von Schreckplatten in die Sandform gehärtet. Derartige Schreckzonen aus weiss erstarrtem Gusseisen besitzen einen sehr hohen Verschleisswiderstand, der den von gehärtetem Stahl noch übertrifft. Bei einseitigem Schrecken erreicht man ausserdem noch eine Selbstschärfung durch bevorzugtes Abschleissen der weicheren Fläche. Die Bruchgefahr ist bei gegossenen Scharen allerdings grösser als bei Stahlscharen. Auch können sie zum Nachschärfen nicht ausgeschmiedet werden. Trotzdem soll sich ihr Einsatz wegen des niedrigen Anschaffungspreises als durchaus wirtschaftlich erwiesen haben³⁾. Auch Düngereinleger und Schleifsohlen englischer und amerikanischer Pflüge werden öfter aus geschrecktem Grauguss oder Hartguss hergestellt (Bild 1 bis 4).

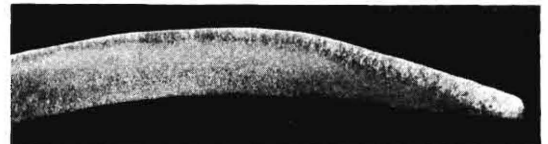


Bild 1. Düngereinleger aus Grauguss.
(Querschliff, natürliche Grösse)

Ätzung: alkohol. Salpetersäure

Der Verschleisswiderstand ist durch Schrecken von einer Seite erhöht, wodurch gleichzeitig ein Selbstschärfen im Betrieb erreicht wird. In England werden auch Pflugschare aus Grauguss hergestellt und in dieser Weise behandelt.

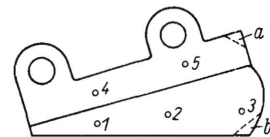


Bild 2. Härte einer Schleifsohle (Seitenansicht) aus abgeschrecktem Grauguss.

Messstellen	1	2	3	4	5
Härte HV30 in kg/mm ²	481	505	496	232	239

Gefüge der Stelle a und b siehe Bild 3 und 4

Schare mit auswechselbaren Schneiden, für die in Amerika viel Reklame gemacht wird, haben wir bei unseren Untersuchungen nicht gesehen. Bei diesen Scharen wechselt man die Schneide, wie bei der Rasierklinge, einfach aus und hat dann immer eine fabrikmässig hergestellte Schneide von guten Eigenschaften. Das könnte eine recht gute Lösung geben,

3) D.P. Ransome: Ploughshare Design. Farm Mechanization 4 (1952) Nr. 35, S. 113/14.

wenn die Befestigung einfach und zuverlässig ist. Man liefert auch fertige Schneiden, die elektrisch am Schar angeschweisst werden. Kleine, billige Schweiss-
transformatoren sind in Amerika bei den Farmen sehr verbreitet. Viel wird in Amerika auf Vorteile hingewiesen, die die Auftragschweissung mit Hartmetall bringen soll. Bei unseren Untersuchungen fanden wir derartig geschützte Schare nur an einem amerikanischen Rübenroder. Spitzen und Schneidkanten waren mit unbearbeiteten Schweissraupen belegt. Die Auftragung hatte eine Härte von 520–550 kg/mm². Die Zusammensetzung des Werkstoffes der Schweisse konnte nicht ermittelt werden. Dem Gefüge nach bestand er aber nicht aus einer der üblich verwendeten karbidischen Hartlegierungen. Nach unseren Erfahrungen, die aber über zehn Jahre zurückliegen, sind die Hartmetalle für scharfe, schlanke Schneiden zu spröde.

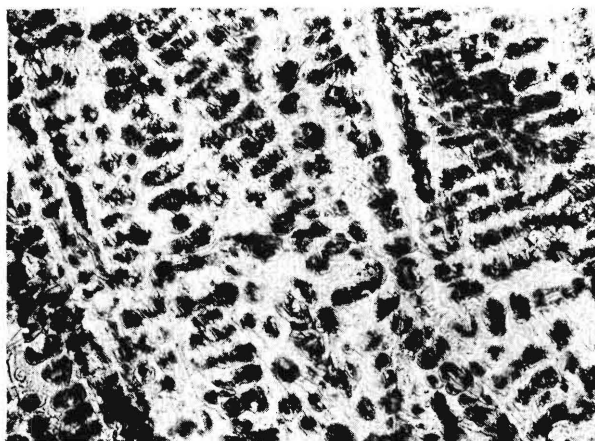
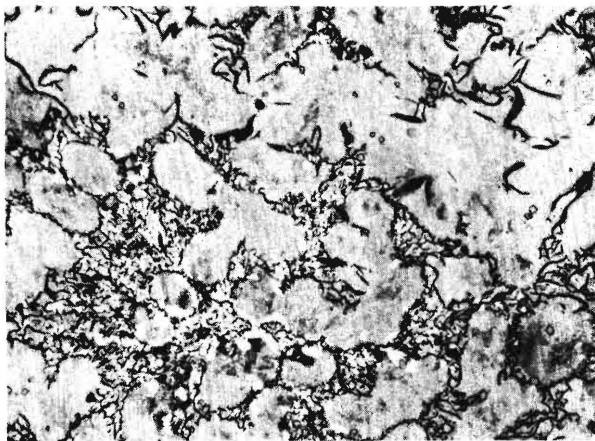


Bild 3 und 4. Schleifsohle aus Grauguss nach Bild 2.
oben: Gefüge des grauen Gusseisens in der Einspannzone (Stelle a)
unten: Gefüge des weissen Gusseisens in der Verschleisszone (Stelle b)
Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrösserung 200 ×

Streichbleche werden im Ausland, wie in Deutschland, meist aus Dreilagenblech hergestellt. Nur an einem amerikanischen Pflug wurde ein unbehandeltes einlagiges Streichblech aus Stahl mit 0,6–0,7% C vorgefunden. Die Oberflächenhärte englischer und amerikanischer Dreilagen-Streichbleche

beträgt in der Regel über 800 kg/mm², während sie in den deutschen Normen⁴⁾ wohl mit Rücksicht auf die Bruchgefahr nach oben auf 760 kg/mm² begrenzt ist. Für die Neigung zu verformungslosem Trennungsbruch ist ausser der Härte der Aussenlagen auch die Dicke der weichen Kernlage im Verhältnis zur Gesamtlechstärke massgebend. Eine starke Mittelschicht erhöht die Bruchsicherheit, aber dicke Aussenschichten vergrössern die Gebrauchsdauer. Die Ansichten über das zweckmässige Dickenverhältnis gehen auseinander. Die Stärke der Mittelschicht beträgt 1/3 bis 1/4 der Gesamtstärke und weniger. Bei den von uns untersuchten Dreilagenblechen hielt sich das Verhältnis in den Grenzen von 1 : 2,5 bis 1 : 3,5. Es wäre sicher interessant, einmal festzustellen, wo nun eigentlich das Optimum liegt.

Eine eingehende Diskussion, an der sich die Herren Dr. König, Dr. Sack, Prof. König und Obering. Stropfel beteiligten, ging um die Frage der Notwendigkeit des Dreilagen-Werkstoffes. Es wurde gesagt, dass die weiche Schicht in der neutralen Zone läge und gar keine Beanspruchungen führte. Demgegenüber wurde auf die Gefahr des Reissens und Verziehens beim Härten hingewiesen und auf eine erhöhte Festigkeit, die vielleicht in Erscheinung tritt, wenn bei Schalen mehrere Schichten verschiedener Verformbarkeit vorhanden sind. Die Härte der äusseren Schichten muss möglichst hoch sein, und zwar so hoch, dass sie nicht mehr von Quarz geritzt werden. Sonst beginnen sich feine, tonige oder humose Teile in den Ritzlinien festzusetzen, so dass das Streichblech bei Böden mit hohem Humus- und Tongehalt bald „zuwächst“. Auf Sandböden besteht diese Schwierigkeit nicht.

Tellerscheiben, Scheibenschare und Sechsscheiben werden in Deutschland vielfach aus naturhartem Stahl mit etwa 0,6–0,9% C hergestellt. In Amerika wird viel Reklame mit wärmebehandelten Tellerscheiben gemacht. Die Schwierigkeiten bei der Herstellung liegen wohl im Abschrecken, das zentral erfolgen muss. Nach dem Abschrecken ist ein Anlassen erforderlich. An ausländischen Eggen wurden ebenfalls meist unbehandelte Scheiben vorgefunden. Dagegen waren Pflugscheiben und Sechsscheiben fast immer auf 350–500 kg/mm² Härte vergütet. Bei englischen Sechsscheiben ist die Vergütung übereinstimmend so geführt, dass die $\gamma - \alpha$ Umwandlung in der Zwischenstufe erfolgt ist. Das kann bekanntlich bei geeigneter Stahlzusammensetzung durch milderes Abschrecken oder durch Abschrecken und Halten in einem Warmbad oberhalb der Martensittemperatur erreicht werden. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass der Härteverzug geringer ist als bei der Martensithärtung mit anschliessendem Anlassen. Dieser Gesichtspunkt dürfte bei der Wahl des Vergütungsverfahrens für die dünnen, ebenen Scheiben ausschlaggebend gewesen sein.

Schneidwerkzeuge

Mähmesserklingen amerikanischer Anbau-mäher und Feldhäcksler (bisher wurden nur amerikanische Geräte untersucht) bestehen aus einem Stahl mit 0,7–0,9% C, der ungefähr den alten deutschen

4) DIN 11 121 – 11 125, Streichbleche für Pflugkörper (1950).

Normvorschriften⁵⁾ für SM-Stahl entspricht. Von unseren deutschen Werkzeugstählen unterscheidet er sich durch seinen niedrigen Siliziumgehalt. Der Stahl dürfte demnach mit Aluminium desoxydiert worden sein, was sich durch die Verringerung der Überhitzungsempfindlichkeit im Hinblick auf die wohl nicht immer sehr genau kontrollierte Härtetemperatur günstig auswirken kann.

Häckselmesser. Von den Messern moderner Gebläse- und Feldhäcksler wird wegen der hohen Umlaufgeschwindigkeit ausser einer guten Schneidhaltigkeit auch eine besonders hohe Zähigkeit verlangt. Einige interessante Lösungen der Werkstofffrage sowohl von der Legierungsseite als auch von der Wärmebehandlung her erbrachte die Untersuchung amerikanischer Häckselmesser von zwei Gebläsehäckslern und zwei Feldhäckslern. Um einen Vergleich mit deutschen Messern zu ermöglichen, wird zugleich über die Untersuchung von drei deutschen Messern verschiedener Herkunft berichtet. Die Zusammensetzung und Wärmebehandlung der untersuchten Messer ist aus Zahlentafel 1 ersichtlich.

stufenvergütete Messer ist wegen der niedrigen Abkühlungsgeschwindigkeit trotz seiner geringen Dicke ausser in dem verjüngten Schneidenteil nicht bis in den Kern durchgehärtet. Im Hinblick auf die höhere Zähigkeit des Kerns kann sich das als Vorteil auswirken.

Die untersuchten amerikanischen Messer sind in der verschiedensten Weise legiert und behandelt (Bild 6). Messer IV ist ein verhältnismässig dickes Messer von einem Gebläsehäcksler. Es besteht aus einem niedrig legierten Chrom-Mangan-Stahl. Dem Gefüge nach ist der Ausgangswerkstoff weichgeglüht worden. Dann ist die vordere Hälfte des Messers mit der Schneide gehärtet und schliesslich der Schneidenteil noch angelassen worden. Die Schneide selbst ist mit 400 kg/mm² Härte ziemlich weich. Die Höchsthärte mit ungefähr 600 kg/mm² liegt etwa am Auslauf der Wate. Von da ab fällt die Härte sehr steil auf die niedrige Glühwärte des Rückenteils ab.

Messer V stammt ebenfalls aus einem Trommel-Gebläsehäcksler. Es besteht im Gegensatz zu allen

Zahlentafel 1

Zusammensetzung und Wärmebehandlung deutscher und amerikanischer Häckselmesser

Messer Nr.	Gerät	Ursprung	Dicke mm	Zusammensetzung					Wärmebehandlung
				C %	Si %	Mn %	Cr %	V %	
I	Scheibenrad-Häcksler	deutsch	2,9	0,83	0,20	0,54	0,11	0	vergütet
II	„	„	2,6	0,92	0,34	0,56	0,06	0	„
III	Trommel-Häcksler	„	4,0	0,74	0,20	0,77	0	0	„ (Zwischenst.)
IV	Trommel-Häcksler	amerikan.	9,0	0,50	0,20	0,90	0,89	Sp.	weichgeglüht, Schneide vergütet
V	„	„	3,3	1,42	0,23	0,44	11,53	1,28	gehärtet
VI	„	„	9,0	0,19	0,12	0,84	0	0	einsatzgeh. (karbonitr.)
VII	„	„	3,0	2 Lagen					gehärtet

Die deutschen Messer (I–III) bestehen aus unlegierten oder schwach manganlegierten Werkzeugstählen und sind so vergütet, dass die Härte von der Schneide allmählich nach dem Messerrücken zu von 550–620 auf 400–450 kg/mm² abfällt (Bild 5). Die härteren beiden sind in der Martensitstufe umgewandelt, das weichere in der Zwischenstufe. Eins von den zuerst genannten zeigte Härterisse. Es ist bereits erwähnt worden, dass die Zwischenstufenvergütung geringere Spannungen und daher eine geringere Verziehungs- und Rissgefahr ergibt als die Vergütung über die Martensithärtung. Das zwischen-

anderen Messern aus einem hochlegierten Werkzeugstahl mit 12% Chrom, der sonst hauptsächlich für die Herstellung von Schnitten und Stanzen verwendet wird. Stähle dieser Art besitzen wegen ihres hohen Gehaltes an Karbiden (Bild 7) eine hohe Verschleissbeständigkeit und werden wegen der Möglichkeit, sie in Luft zu härten, zu den verziehungsfreien Werkzeugstählen gezählt. Das Messer ist gehärtet. Das Gefüge (Bild 7) besteht aus Chrom- und Vanadinkarbiden in einer martensitischen Grundmasse, die offenbar einen beträchtlichen Anteil an Restaustenit enthält. Die Härte ist daher auch für einen gehärteten Stahl verhältnismässig niedrig und an den Kanten, wo die Abkühlung schneller erfolgte, niedriger als

5) DIN Land 301 u. 304, Gütevorschriften für Mähmesserklinnen und Fingerplatten (1930).

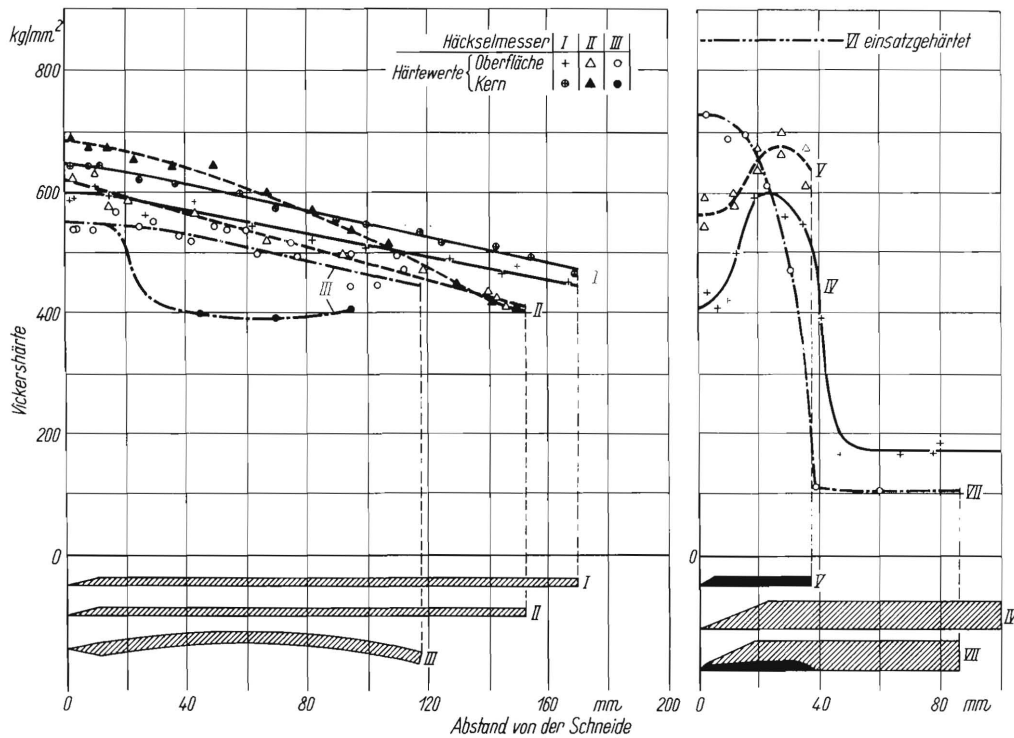


Bild 5 (links). Härteverlauf an deutschen Häckselmessern.

Die Messer sind vergütet und im Einspannteil weicher gehalten. Das in der Zwischenstufe vergütete Messer III ist nicht durchgehärtet. Bei den anderen Messern ist die Oberflächenhärte durch Randentkohlung erniedrigt.

Bild 6 (rechts). Härteverlauf an amerikanischen Häckselmessern.

Die Messer bestehen aus verschiedenen Stahllegierungen und sind in verschiedener Weise wärmebehandelt. Messer VIII siehe Bild 8

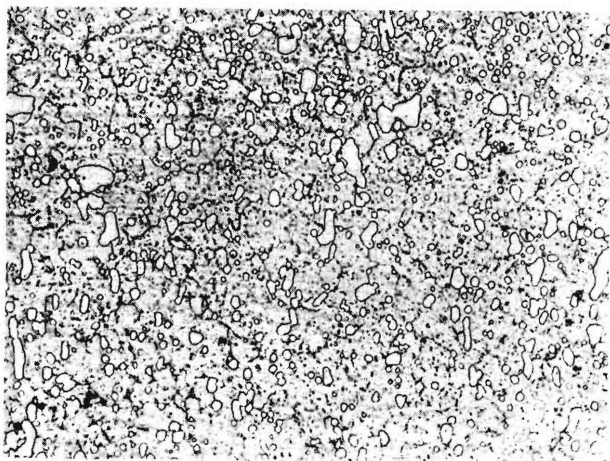


Bild 7. Härtinggefüge eines Häckselmessers aus Werkzeugstahl mit 12% Cr und 1% V (Querschliff von Messer V). Die eingelagerten harten Chrom- und Vanadinkarbide verleihen dem Stahl eine hohe Verschleissfestigkeit.
Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrößerung 500 ×

auf der Flächenmitte. Ob die Überhärtung angestrebt wurde, um die Zähigkeit zu steigern, oder ob sie zufällig zustande gekommen ist, kann nicht beurteilt werden. Auf den durch das Trennschleifen zur Entnahme des Schliffs warm gewordenen und blau angelaufenen Schnittflächen ist die Härte durch Austenit zerfall und Vanadinkarbidausscheidung auf 880 kg/mm² gestiegen.

Bei einem anderen Messer (VI) aus einem Feldhäcksler hat man die Aufgabe, Härte und Zähigkeit

zu verbinden, auf dem bekannten, aber für Messer u. W. noch nicht angewandten Wege über die Einsatzhärtung zu lösen versucht. Das Messer besteht aus einem unlegierten Einsatzstahl und ist allseitig etwa 0,8 mm tief zementiert (Bild 8). An der Schneidfase des Werkzeugs ist die Einsatzschicht durch Nachschleifen entfernt. An der Schneide selbst bleibt sie jedoch mit ihrer hohen Kante immer bestehen. Nach dem metallographischen Befund (Bild 9) ist die Einsatzhärtung offenbar nach einem Sonderverfahren durchgeführt worden. Dieses Verfahren, das sogenannte Karbonitrieren, wird jetzt in den Vereinigten Staaten in zunehmendem Masse angewandt und ist

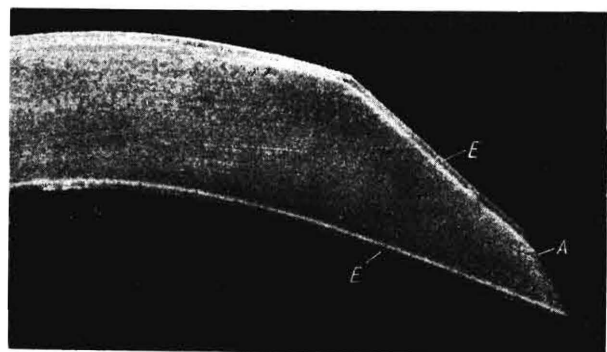


Bild 8. Querschliff eines einsatzgehärteten (karbonitrierten) Häckselmessers. Der weiche Kern sichert die harte Schneide gegen Ausbrechen.

E Einsatzschicht A Anschliff

Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrößerung 2 ×

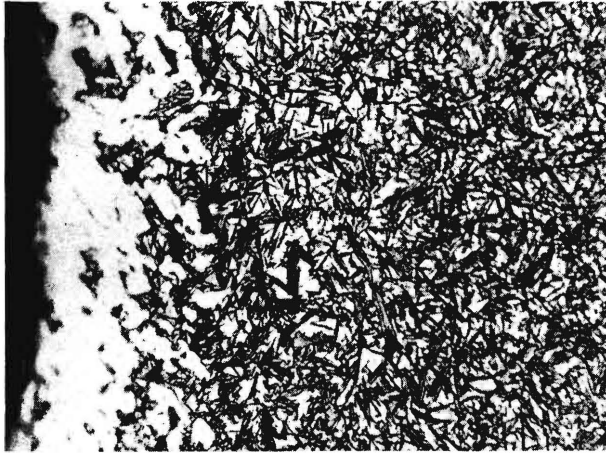


Bild 9. Randgefüge des karbonitrierten Häckselmessers nach Bild 8. Die strukturlose weisse Randzone und der hohe Austenitanteil in dem darunter liegenden Härtinggefüge sind kennzeichnend für das Karbonitrieren.
Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrößerung 500 ×

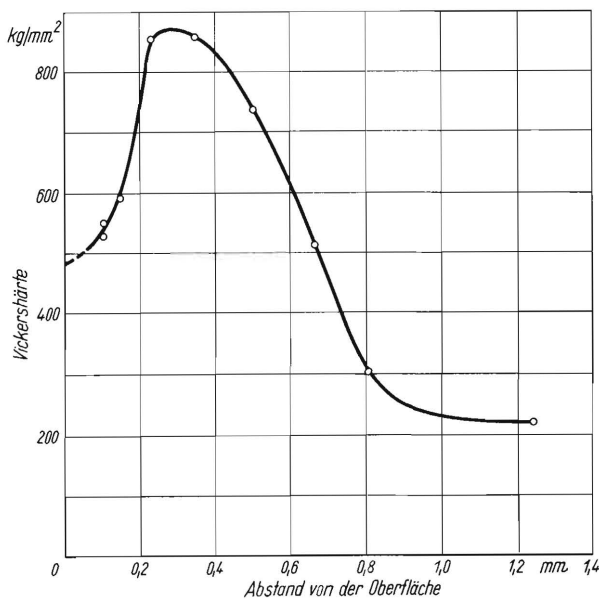


Bild 10. Härte im Querschliff des karbonitrierten Häckselmessers nach Bild 8.

Die Randhärte ist durch Überhärtung infolge des Stickstoffgehaltes erniedrigt.

dadurch gekennzeichnet, dass dem gasförmigen Zementationsmittel stickstoffabspaltende Verbindungen, meist Ammoniak, beigemischt werden. Dabei wird in der Randzone des Stahls ein stickstoffhaltiger Austenit mit höherer Beständigkeit gebildet, der die Verwendung eines milder wirkenden Abschreckmittels zum Härten gestattet, wodurch Härtespannungen und Härteverzug herabgesetzt werden. Andererseits neigen solche Randschichten zu Überhärtung. Auch im vorliegenden Falle enthält die Einsatzschicht in ihrem äusseren Teil unter dem das Verfahren kennzeichnenden strukturlosen, weissen Randgefüge noch Restaustenit in beträchtlicher Menge. Die Härte ist dementsprechend am Rande verhältnismässig niedrig und erreicht erst bei 0,2 mm Tiefe ihre volle Höhe (Bild 10).

Eine ähnliche Lösung hat man bei Messer VII, das ebenfalls aus einem Feldhäcksler stammt, gefunden. Hier hat man einen harten mit einem zähen Werkstoff in der Weise kombiniert, dass man auf das Messer, das aus einem weichen Stahl besteht, an der Schneide eine Lage härtbaren Stahls aufgewalzt hat (Bild 11). Die Verbindung beider Werkstoffe ist allerdings infolge anhaftender Oxyde nicht gerade gut gelungen (Bild 12).

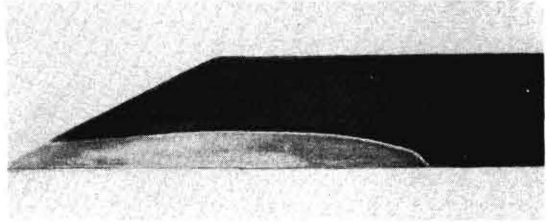


Bild 11. Weiches Häckselmesser mit aufgewalzter Werkzeugstahl-Schneide (Querschliff von Messer VII).
Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrößerung 1,5 ×

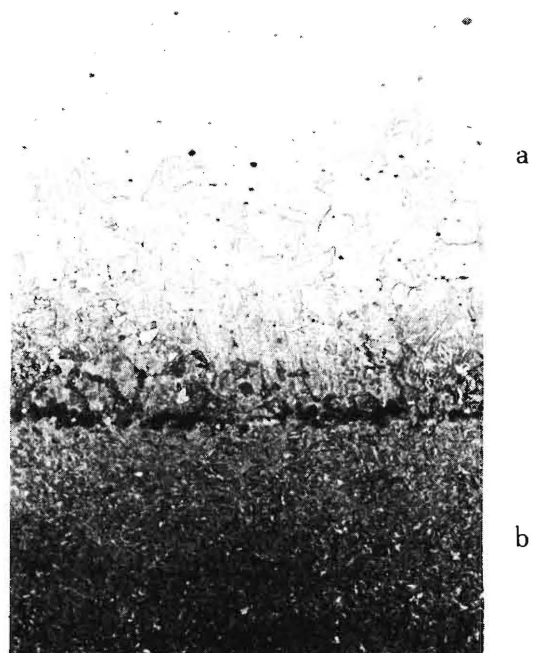


Bild 12. Gefüge an der Verbindungsstelle des Häckselmessers nach Bild 11.

a Grundwerkstoff
b aufgewalzter Stahl der Schneide

Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrößerung 200 ×

Die zuletzt beschriebenen Verfahren haben den Vorteil, dass die Schneide auf volle Härte gebracht werden kann, weil sie durch den auf ganze Breite darunter liegenden zähen Kern gegen Ausbrechen von Teilchen gesichert wird. Ausserdem kann man von einer derartigen Schneide auch eine gewisse Selbstschärfung durch Wegschleissen des weichen Teils erwarten.

Geräterahmen und Werkzeugträger

Rahmen von Pflügen, Hackmaschinen und anderen Geräten werden meist aus naturhartem Flachstahl oder Winkeleisen mit 0,25–0,50% C, gelegentlich auch aus warm gewalzten oder kalt gezogenen Rohren,

hergestellt. Die Festigkeit wechselt von 40 bis 70 kg/mm². Nur ein englisches Werk, das uns im Laufe der Untersuchungen mehrfach durch sorgfältige und zweckmässige Wärmebehandlung auffiel, vergütet auch die Rahmen seiner Maschinen auf 120 bis 130 kg/mm² Festigkeit.

Stark beanspruchte, kräfteübertragende Bauteile, wie Grindel von Pflügen und Scharträger von Hackmaschinen, werden im allgemeinen aus Walzstäben, Walz- oder Pressprofilen, Schmiedestücken, Gesenkschmiedestücken, gelegentlich auch Stahlgusstücken aus naturharten Stählen mit höherem Kohlenstoffgehalt (0,5–0,8% C) und 70–100 kg/mm² Zugfestigkeit hergestellt. Sowohl in Deutschland, wie im Ausland werden derartige Konstruktionsteile aber auch gelegentlich auf Festigkeiten von 120 bis 150 kg/mm² vergütet.

Federn und federnde Zinken

Federn und federnde Zinken können, da sie ähnliche Funktionen zu erfüllen haben und daher aus den gleichen Werkstoffen in der gleichen Weise hergestellt und behandelt werden, zusammen besprochen werden. Bei den untersuchten Federn und Zinken handelt es sich hauptsächlich um aus Draht gewickelte Schraubenfedern und aus Draht hergestellte Zinken mit gewickeltem Federteil. Die erforderliche hohe Festigkeit solcher Federn kann entweder durch Patentieren und Kaltziehen der Drähte oder durch Vergüten erreicht werden. Hart gezogene Federn und Zinken fanden wir in der Regel bei deutschen und englischen Geräten, vergütete dagegen meist bei amerikanischen. Die Zugfestigkeiten lagen in beiden Fällen bei 140–160 kg/mm². Insofern können also hartgezogene und vergütete Federn als gleichwertig betrachtet werden. Hoch beanspruchte Federn werden aber vielfach deshalb aus vergütetem Walzdraht hergestellt, weil mit diesem Verfahren mit grösserer Sicherheit eine einwandfreie Oberfläche ohne die beim Drahtziehen leicht vorkommenden Ziehriefen und sonstigen Oberflächenverletzungen zu erzielen ist. Der Oberflächenzustand ist ja für die Dauerfestigkeit wechselbeanspruchter Teile von entscheidender Bedeutung. Sehr hochwertige Federn, wie Ventildfedern, werden sogar aus geschliffenem Draht und in weichgeglühtem Zustand gewickelt und erst nach dem Wickeln vergütet, damit auch beim Wickeln jede Oberflächenverletzung vermieden wird. Durch die Schlussvergütung werden auch die durch das Kaltwickeln entstandenen Eigenspannungen beseitigt, die sich sonst den Betriebsspannungen überlagern können⁶⁾.

Schrauben

Schrauben werden entweder durch Kaltstauchen des Kopfes und Kaltrollen des Gewindes hergestellt oder durch spanabhebende Bearbeitung. Zur Erleichterung der Zerspanung bei der Bearbeitung durch

Automaten werden dem Stahl Zusätze von Schwefel oder Selen, manchmal auch Blei, gegeben. Muttern aus derartigem Automatenstahl werden, wie die Untersuchungen ergaben, in der Regel auch im ausländischen Landmaschinenbau verwendet. Die Bolzen bestehen manchmal ebenfalls aus Automatenstahl, meist aber aus einem gewöhnlichen, unruhig vergossenen Stahl mit 0,2–0,3% C. Nur in Sonderfällen, z.B. für Zylinderkopf- und Pleuellagerschrauben, werden vergütete Bolzen bevorzugt. Eine Ausnahme macht ein englisches Lieferwerk, das auch gewöhnliche Schrauben, wie Schar- und Rahmenschrauben, vergütet. Und zwar werden die Schraubenbolzen auf eine Festigkeit von 75–90 kg/mm² vergütet und die Muttern einsatzgehärtet. Bild 13 zeigt eine derartig behandelte Schraubenmutter im geätzten

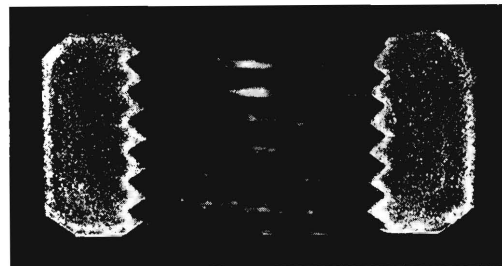


Bild 13. Einsatzgehärtete Schraubenmutter.
Ätzung: alkohol. Salpetersäure Vergrösserung 3 ×

Längsschliff. Die Einsatzschicht ist immer dünn und milde aufgekohlt. Zum Schutz gegen Korrosion werden im Ausland die Schrauben vielfach kadmiert.

Getriebezahnräder

Getriebezahnräder, insbesondere Schalträder, werden, da sie Verschleiss- und Stossbeanspruchungen aushalten müssen, in der Regel oberflächengehärtet. Das gilt für deutsche Geräte, wie auch für die ausländischen Getrieberäder, die bisher untersucht werden konnten.

Für die Oberflächenhärtung sind im wesentlichen zwei Verfahren üblich, die Einsatzhärtung und die Flammen- oder Induktionshärtung. Bei der Einsatzhärtung geht man von einem kohlenstoffarmen Stahl aus und macht diesen in der Randzone durch Aufkohlung härter. Für die Flammen- und Induktionshärtung nimmt man von vornherein einen härteren Stahl, bringt diesen aber nur in der Randzone durch kurzes Erhitzen mit Brennern oder induzierten Strömen auf Härtetemperatur. Die Zementation oder Einsatzhärtung ist zwar langwieriger und deshalb auch teurer, ergibt aber eine gleichmässigerer Härterandschicht um das ganze Zahnprofil herum als die Flammenhärtung (Bild 14 bis 16). Bei der Flammenhärtung besteht dagegen die Gefahr, dass die Wärme schnell und tief in die Zähne selbst eindringt, so dass diese nachher durchhärten, dass aber der Zahngrund nicht

6) s.a. W. Knolle, Rationalisierung der Versuchsanstellung. Bild 7. (In diesem Heft).

auf Härtetemperatur kommt und später weich bleibt. Gerade am Übergang vom Zahngrund zu den Flanken treten aber die grössten Biege- und Schubspannungen auf, die zu Dauerbrüchen an diesen Stellen führen können (Bild 17). Eine Härterandschicht bietet aber einen guten Schutz gegen Überlastung durch derartige Dauerbeanspruchungen, wobei ihr der weiche Kern immer noch einen genügenden Rückhalt gegen Bruch durch Stösse verleiht. In neuerer Zeit sind allerdings Sondergeräte und -verfahren entwickelt worden, durch die auch bei der Induktions- und Flammenhärtung die Mithärtung des Zahngrundes sichergestellt wird. Dadurch verliert aber das Verfahren auch an Einfachheit und Billigkeit, die sonst seine Stärke gegenüber der Einsatzhärtung sind.

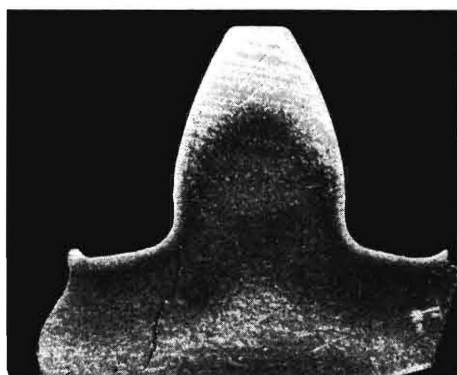
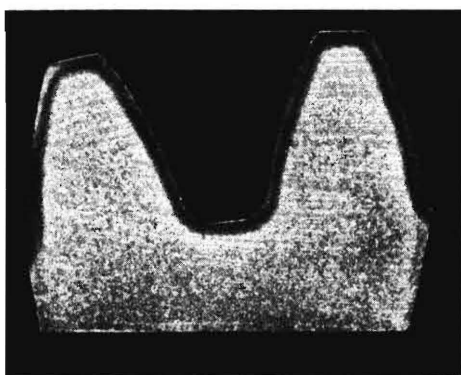


Bild 14 u. 15. Nach verschiedenen Verfahren oberflächengehärtete Schleppergetrieberäder. Querschliff durch die Zähne. Das einseitig gehärtete Rad (links) ist gleichmässig um das ganze Zahnprofil herum gehärtet, das flammgehärtete (rechts) nur im Zahnkopf. Ätzung: alkohol. Salpetersäure; Vergrösserung 2 x

Zusammenfassung

Die bisher gewonnenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Zum Werkstoff: Der vorherrschende Werkstoff im Landmaschinenbau ist Stahl, und zwar unlegierter Stahl aller Kohlungsstufen und Härtegrade vom weichen Schraubeneisen bis zu den harten Werkzeugstählen. Legierte Stähle werden ausser für den Bau von Motoren und Getriebeteilen, wo sie z.B. für Kurbelwellen, Pleuelstangen, Kugellager, Ventile, Zahnräder und Getriebeketten allgemein üblich sind, noch wenig verwendet. Silizium-Mangan-Stähle findet man in Pflugscharen und anderen Bodenbearbeitungswerkzeugen, in Federn und ausnahmsweise in hochbeanspruchten Rahmenteilen. Bemerkenswert ist die Herstellung amerikanischer Häckselmesser aus legierten und sogar z.T. hochlegierten Werkzeugstählen.

Angesichts der vielseitigen Anwendung legierter Stähle im übrigen Maschinen- und Werkzeugbau ist es eigentlich verwunderlich, wie wenig man im Landmaschinenbau mit seinen starken Verschleiss- und Stossbeanspruchungen noch von der Möglichkeit der Gütesteigerung und Gewichtersparnis durch Einsatz legierter Stähle Gebrauch macht. Auch in Amerika

macht man sich Gedanken über diese Tatsache und kommt zu dem Schluss, dass sich durch intensivere Zusammenarbeit zwischen Maschinenbauern und Stahlfachleuten noch Fortschritte auf diesem Gebiet erzielen lassen⁷⁾. Das dürfte auch für den deutschen Landmaschinenbau gelten.

Ein viel gebrauchter Werkstoff im Landmaschinenbau ist Gusseisen. Grauguss wird wegen seiner guten Laufeigenschaften allgemein für Zylinder und Zylinderlaufbuchsen, Kolben und Kolbenringe, Lagerbuchsen und Naben, und wegen seiner vielseitigen Formgebungsmöglichkeit und Billigkeit für Gehäuse, Riemenscheiben, Räder und andere Teile, bei denen es nicht auf hohe Festigkeit, Zähigkeit und Leichtigkeit ankommt, verwendet. Die Härte und Verschleiss-

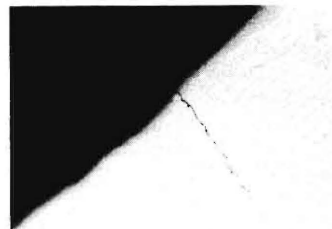


Bild 16. Flammgehärtetes Zahnrad nach Bild 15. Im ungehärteten Zahngrund hat sich ein Daueranbruch gebildet. Ungeätzter Querschliff Vergrösserung 100 x

festigkeit von Grauguss kann durch Einlegen von Schreckplatten in die Formen örtlich gesteigert werden. Grauguss mit solchen weiss erstarrten Schreckzonen wurde in Schleifsohlen, Düngereinlegern und bemerkenswerterweise auch in englischen Pflugscharen gefunden. Dünnwandige Gusstücke und solche, von denen eine gewisse Zähigkeit verlangt wird, wie Mähwerksfinger, werden vielfach aus Temperguss hergestellt. Dehnbare Gusseisen mit kugelförmiger Graphitbildung, ein Werkstoff, über den jetzt besonders in Amerika viel gesprochen und ge-

7) J.M.Beskine: Alloy Steels for Agriculture. Agriculture Machinery Journal 5 (1951) Nr. 7, S. 56/58.



Bild 17. Bruchansicht des flammengehärteten Getrieberades. Die Brüche der Zähne sind durch Dauerbrüche im Zahngrund (Bild 16) eingeleitet worden.
(natürliche Grösse)

schrieben wird⁸⁾, und dessen hohe Verschleissfestigkeit ausdrücklich gerühmt wird⁹⁾, wurde bei unseren Untersuchungen noch nicht beobachtet.

2. Zur Wärmebehandlung: Ganz oder teilweise gehärtet oder gehärtet und angelassen werden natürlich alle Schneidwerkzeuge, wie Mähmesserklingen, Fingerplatten und Häckelmesser. Auch bei Streichblechen und Sechsscheiben ist eine Härtung oder Vergütung allgemein üblich. Dagegen verzichten die Amerikaner anscheinend auf eine Wärmebehandlung bei Pflugscharen von Streichblechpflügen und Hackscharen. Ein amerikanischer Schlepper war mit gehärteten Zylinderlaufbuchsen aus Gusseisen ausgerüstet.

Oberflächengehärtet (meist zementiert, manchmal auch flammen- oder induktionsgehärtet) werden fast immer und überall auf Verschleiss beanspruchte Bolzen, Buchsen und Stössel, wie Federbolzen, Kolben-

bolzen, Kettenbolzen und -buchsen, Laufrollen, Ventil- und Pumpenstössel, häufig Getriebezahnräder und -wellen, manchmal Rollenlager. Bemerkenswert ist die Anwendung einer Oberflächenhärtung für Häckelmesser durch ein amerikanisches und von Schraubennuttern durch ein englisches Werk.

Vergütet werden ausser Motoren- und Getriebe-teilen, wie Kurbelwellen, Pleuelstangen, Ventilen und Zahnrädern, häufig Federn, manchmal Schraubenbolzen und hochbeanspruchte Werkzeugträger und Rahmenteile.

Die Auffassungen über den wirtschaftlichen Nutzen einer Wärmebehandlung sind, wie in Deutschland, offenbar auch im Ausland bei den Herstellern von Landmaschinen unterschiedlich. Besonders bei den Erzeugnissen einer englischen Fabrik stiessen wir immer wieder auf gehärtete oder vergütete Werkzeuge und Bauteile. Von deutschen Herstellern werden uns manchmal, wenn wir Wärmebehandlungsvorschläge machen, die hohen Kosten entgegengehalten. Das Beispiel dieses englischen Werkes sollte aber auch denen zu denken geben, die von dem wirtschaftlichen Erfolg einer Wärmebehandlung noch nicht überzeugt sind.

8) H.L. Geiger u. H.W. Northrup: A New Metal for Farm Tool Components. *Agricult. Engng.* 32 (1951) Nr. 3, S. 143/47.

9) K. Löhberg: Voraussetzungen für die Herstellung von Gusseisen mit Kugelgraphit, seine Eigenschaften und Verwendung. *Stahl u. Eisen* 73 (1953) S. 212/18.

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Kloth

Mitverfasser: Dr.-Ing. F.K. Naumann, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50