

# EINIGE VERSUCHE BEI DER PRÜFUNG VON SICHERHEITSSCHERSTIFTEN

Von

O. SZAMOSVÖLGYI und L. VARGA

Lehrstuhl für Maschinenelemente, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 25. November 1966)

Vorgelegt von Prof. Dr. I. Vörös

Wie bekannt, begegnet man in der Praxis im allgemeinen nicht der »reinen«, sondern nur der sog. »technischen« Scherung — eine Bezeichnung, die einer ganz willkürlichen Benennung entstammt —, die im Gegensatz zur »reinen« Scherung einen schwer erfaßbaren, komplizierten Spannungszustand darstellt. Bei der »technischen« Scherung tritt außer der Scherbeanspruchung auch eine beträchtliche Druckbeanspruchung und auch eine kleinere, aber in ihrer Wirkung bedeutende Biegebeanspruchung auf. In unseren Versuchen wurde die »technische« Scherung in erster Reihe als Komplex untersucht, da z. B. der statische oder Ermüdungsbruch von Doppelscherholzen oder Sicherheitsscherstiften durch den tatsächlich vorhandenen komplizierten Spannungszustand verursacht wird.

Die technische Literatur macht bei Behandlung der Festigkeitskennwerte der einzelnen Baustoffe keinen Unterschied zwischen den bei Scher- und bei Torsionsbeanspruchungen entstehenden Spannungen  $\tau$ , ja die für den jeweiligen Werkstoff charakteristischen statischen Spannungen ( $\tau_F, \tau_B$ ) werden immer durch Torsion bestimmt. Bei wechselnden Belastungen wird der Schersicherheitsbereich der Werkstoffe ebenfalls durch Torsion bestimmt.

Unter solchen Umständen ist also die Frage berechtigt, ob z. B. bei der Bemessung von Sicherheitsscherstiften die in der Literatur angegebenen Spannungswerte als Grundlage für die Berechnungen herangezogen werden dürfen. Ähnlich muß die Frage untersucht werden, wie die statische bzw. Dauerfestigkeit durch die Form des Scherstiftes beeinflußt wird.

Da es sich um ein sehr kompliziertes, vielschichtiges und viel Arbeit beanspruchendes Problem handelt, können die hier behandelten Untersuchungen in ihrem gegenwärtigen Stadium keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Sie beschränken sich in erster Linie auf die Bestimmung der Scherungsverhältnisse bei glatten zylindrischen und bei gleichfalls zylindrischen, aber an der Scherstelle mit kreisbogenförmigem Einstich versehenen Doppelscherholzen. Bei den Untersuchungen wurden spannungsoptische, statische und Ermüdungsversuche angestellt.

## Spannungsoptische Untersuchungen

Auch bei diesen Untersuchungen ergaben sich zahlreiche Probleme. Wie bekannt, eignet sich die spannungsoptische Apparatur unmittelbar nur zur Untersuchung von Spannungen in einer Ebene. Hieraus folgt, daß der aus durchsichtigem, zur spannungsoptischen Untersuchung geeignetem Kunststoff angefertigte Probestab einen quadratischen Querschnitt haben muß.

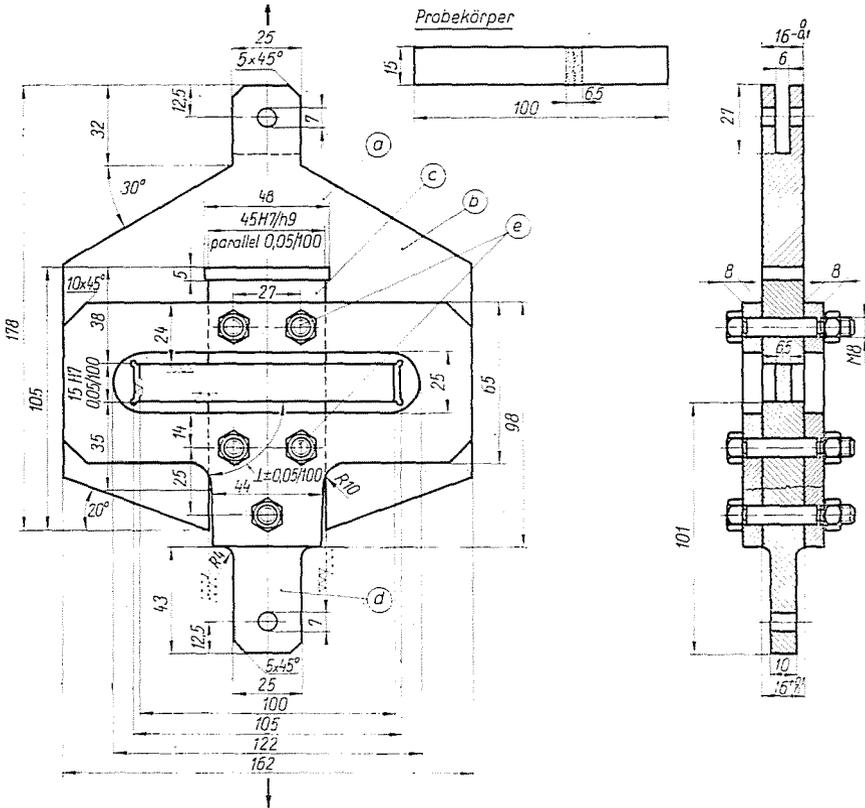


Abb. 1. Schervorrichtung und Probestab für die spannungsoptischen Untersuchungen

Die an solchen Probestäben ermittelten Ergebnisse können also nur mit gewissen Überlegungen und Vorbehalten auf das Scheren von Bolzen mit anderem Querschnitt (z. B. mit Kreisquerschnitt) übertragen werden.

Zur spannungsoptischen Untersuchung ist eine Schervorrichtung notwendig, die eine Durchleuchtung des Probekörpers in seinem ganzen Umfang erlaubt. Die Schervorrichtung ist in Abb. 1 dargestellt. Der mit »a« bezeichnete stehende Teil hat die Form einer Gabel, in die der aus zwei mit »b« bezeichneten Bügeln und den Druckplatten »c« und »d« bestehende und mit den Schrauben

»e« zusammengefaßte bewegliche Kopf hineingeschoben wird. In den Ausschnitt des stehenden Teils und des Kopfes legt man den zu prüfenden Doppelscherprobekörper, dessen Maße ebenfalls in Abb. 1 angegeben sind. Der Probekörper ist aus dem Kunststoff VP 1527 angefertigt. Die Spannungen, die der bei Durchleuchtung des Kompensationsbandes (Abb. 2) mit weißem Licht erhaltenen Farbskala zugehören, sind in Tabelle I angegeben.

Der innere Widerstand der Schervorrichtung war mit etwa 2 kp ziemlich groß, was der genauen Passung und dem Haften des Öls zuzuschreiben ist.

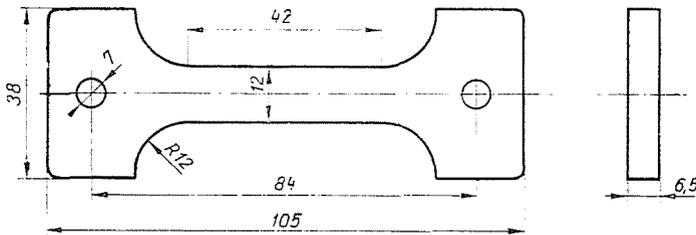


Abb. 2. Kompensatorband für die spannungsoptischen Untersuchungen

Tabelle I

Farbe	Spannung kp/cm <sup>2</sup>
1 gelb	13,7
orange	16,3
rot	21,5
lila	24,5
blau	28,2
grün	29,8
2 gelb	33,6
orange	36,3
rot	41,3
blau	48,2
grün	53,8
3 orange	60,8
rot	68,0
grün	79,0
4 orange	86,2
rot	91,0
grün	107,0

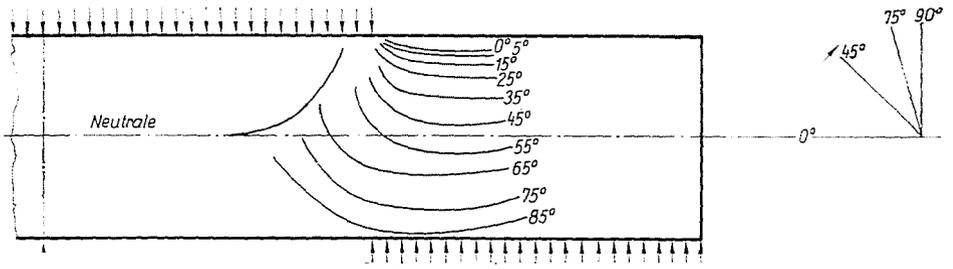


Abb. 3. Im Photoverfahren aufgenommene und umgezeichnete Isoklinen

Die Isoklinallinien wurden bei einer auf den Probekörper übertragenen Belastung mit 3,5 kp photographiert. Auf den Probekörper waren horizontale und vertikale Halbierungslinien eingekratzt. Da die Isoklinen zur vertikalen Halbierungslinie ausreichend symmetrisch verliefen, wurde nur die eine Hälfte photographiert. Die auf Grund der Aufnahmen ausgewerteten Isoklinen wurden in Abb. 3 aufgetragen. Die Trajektorien wurden im Photoverfahren hergestellt, von ihrer Umzeichnung und Darstellung wird hier aber abgesehen.

Die Größen der Hauptspannungsunterschiede  $\sigma_1 - \sigma_2$  wurden durch einen Vergleich der mit dem Kompensator gemessenen Farben und Spannungen auf Grund jener Farben bestimmt, die bei der Durchleuchtung des Probekörpers mit weißem Licht entstanden waren. Die farbigen Isochromatenlinien wurden auf einem Farbfilm aufgenommen. Von den Isochromatenlinien wurden auch mit orangefarbenem Licht Aufnahmen auf Schwarzweiß-Filmen, u. zw. von den Ordnungszahlen ganzer Größenordnung gemacht; ihr umgezeichnetes Bild ist aus Abb. 4 ersichtlich. Die den einzelnen Ordnungszahlen zugehörigen Spannungswerte, die in Tabelle II zusammengefaßt sind, wurden ebenfalls mit einem Kompensator gemessen. Bei der Aufnahme der Isochromaten des Probekörpers betrug die Belastung ca. 69 kp. In der Umgebung des abgescherten Querschnittes wurden die Spannungswerte  $\tau$  in den in Abb. 5 angegebenen

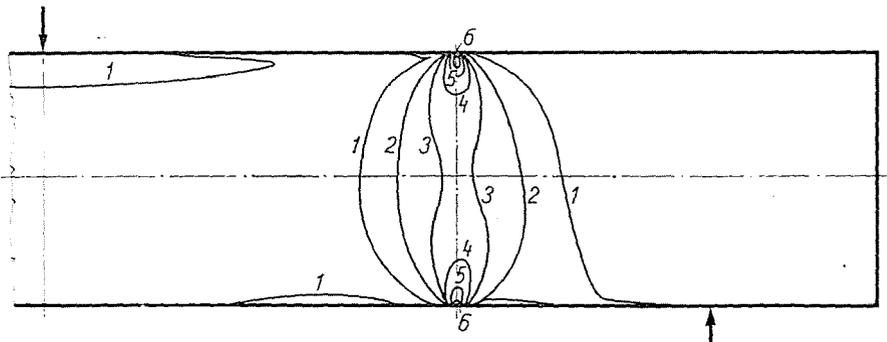


Abb. 4. Mit orangefarbenem Licht auf Schwarzweiß-Filme aufgenommene und umgezeichnete Isochromatenlinien

Tabelle II

Ordnungszahl	Spannung kp/cm <sup>2</sup>	Bemerkung
1	25,0	gemessene Werte
2	53,9	
3	81,4	
4	110,0	
5	137,5	dem Diagramm entnommen
6	165,0	

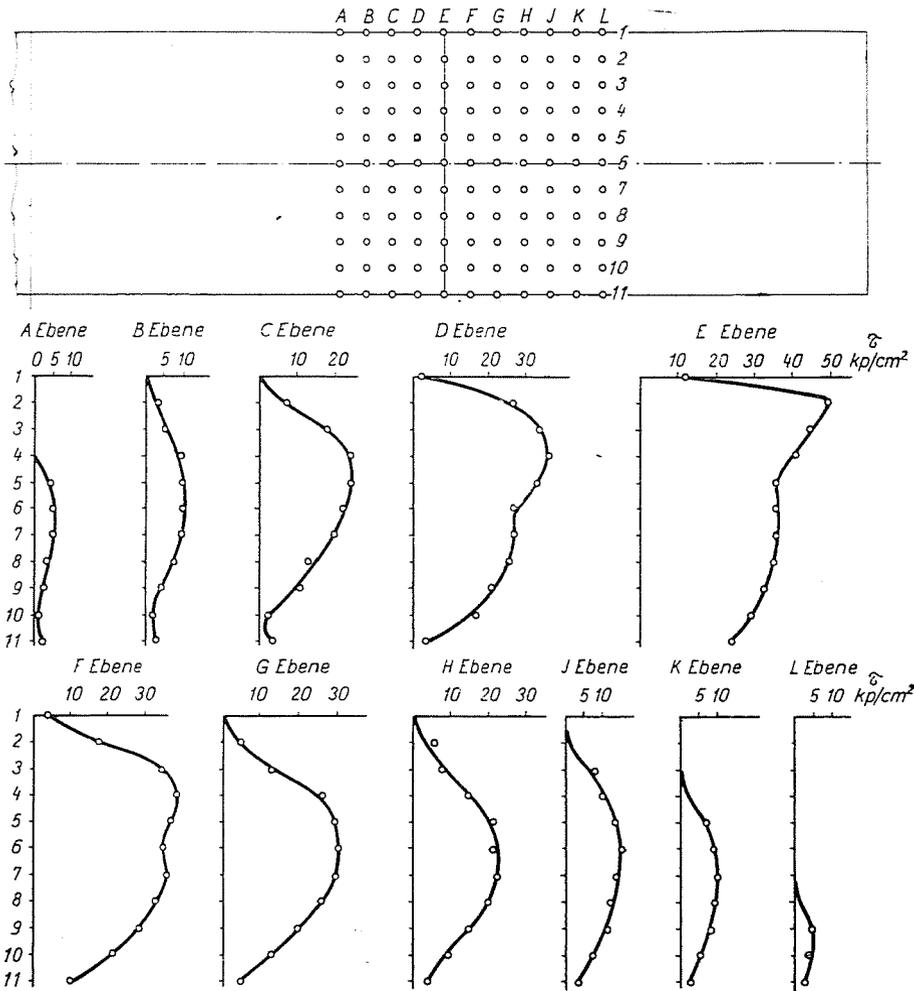


Abb. 5. Verteilung der Scherspannungen  $\tau$  in der Umgebung des Scherquerschnittes

Punkten aus dem Zusammenhang

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\varphi$$

bestimmt, in welchem

- $\sigma_1 - \sigma_2$  die in den einzelnen Punkten entstandenen Hauptspannungsunterschiede,
- $\varphi$  die Richtungen der in den einzelnen Punkten auftretenden Hauptspannungen

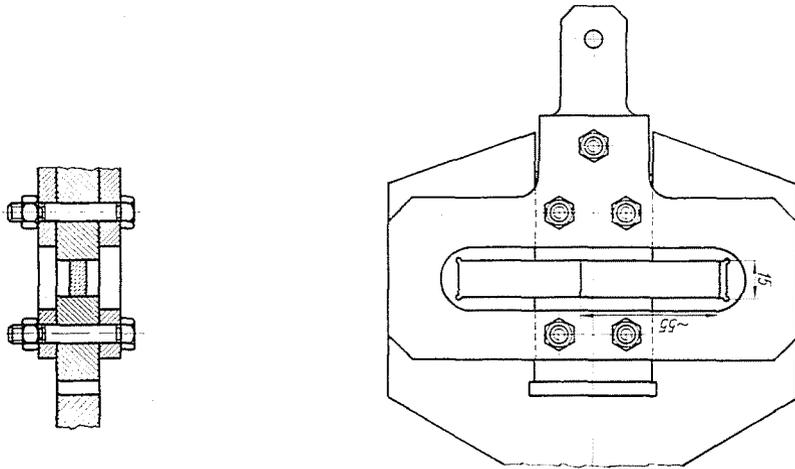


Abb. 6. Spannungsoptische Untersuchung eines einfachen Scherens an einem Doppelschergerät

bezeichnen. Der Abstand der ausgewarteten Punkte voneinander beträgt je 1,5 mm. Die Abbildung veranschaulicht auch die Verteilung der in den Ebenen  $A, B, \dots L$  auftretenden Spannungen  $\tau$ . Die Ebene  $E$  ist der theoretisch abgescherte Querschnitt. In dieser Ebene ist der Mittelwert der gemessenen Spannungen  $\tau_{\text{Dschn}} = 35,7 \text{ kp/cm}^2$ , was einer Scherkraft  $F = 33,8 \text{ kp}$  entspricht. Die Abweichung der Scherbelastung vom theoretischen Wert  $F = 34,5 \text{ kp}$  ist somit gering.

Mit derselben Schervorrichtung wurde auch die spannungsoptische Untersuchung des einfachen Scherens vorgenommen. Obwohl später statische Scher- und Ermüdungsuntersuchungen für das Doppelscheren angestellt wurden, dürften die Ergebnisse der spannungsoptischen Untersuchungen des einfachen Scherens gleichfalls lehrreich sein.

Die Abb. 6 zeigt die Maße des für den einfachen Scherversuch vorbereiteten Probestabes und seine Lage in der Schervorrichtung gemäß Abb. 1. Der Probestab ist ebenfalls aus dem Kunststoff VP 1527. Ähnlich wie beim Doppelscheren wurden die Isoklinallinien bei einer Belastung mit 3,5 kp

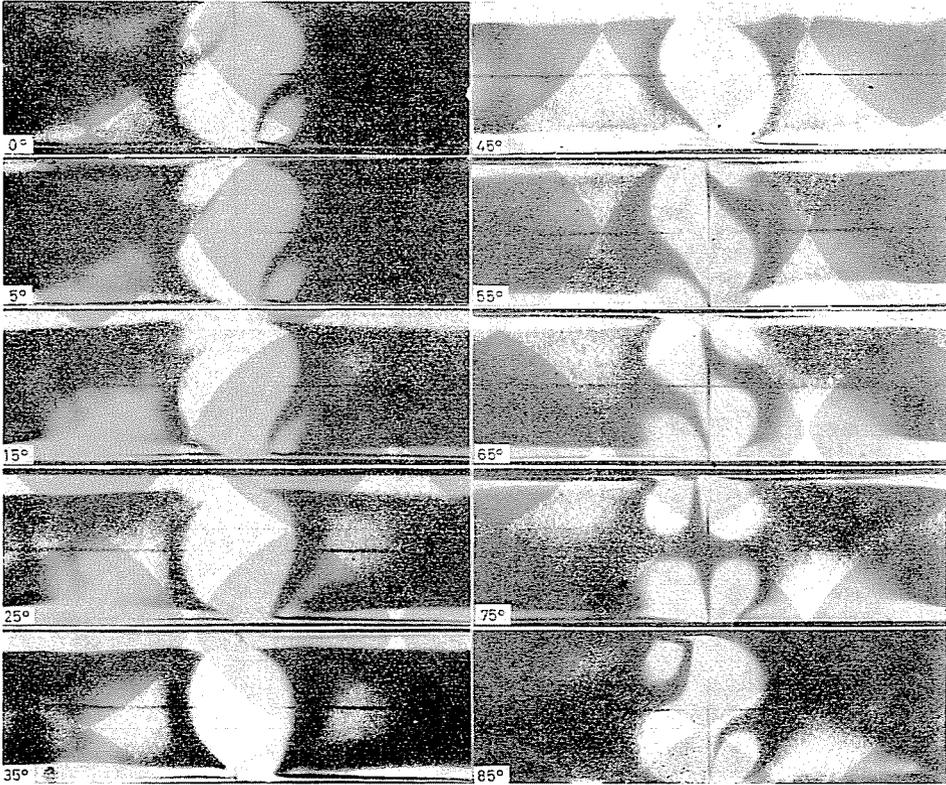


Abb. 7. Isoklinenlinien bei einfachem Scheren und verschiedenen Winkelstellungen

photographiert. Sie sind, ohne zusammengezeichnet zu sein, in Abb. 7 dargestellt. Die Richtungen der Winkelstellungen stimmen mit den in Abb. 3 angegebenen Richtungen überein. Die mit Orangerlicht erhaltenen Isochromatenlinien ganzzahliger Ordnung sind aus Abb. 8 ersichtlich. Bei der Aufnahme der Isochromatenlinien betrug die auf den Probestab übertragene Belastung

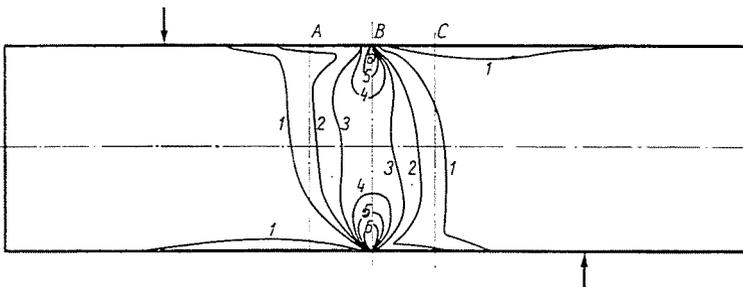


Abb. 8. Bei orangerfarbenem Licht aufgenommene, aus ganzzahligen Ordnungszahlen bestehende Isochromatenlinien bei einfachem Scheren (umgezeichnet)

47,5 kp. Die Werte und Veränderungen der in den Ebenen *A*, *B*, *C* entstandenen Spannungen  $\tau$  sind in Abb. 9 dargestellt.

Die Ebene *B* ist der theoretisch beanspruchte Querschnitt. Die Ebenen *A* und *C* liegen von ihr nach rechts bzw. nach links je 3,5 cm entfernt. In der Ebene *B* beträgt die gemessene Durchschnittsspannung  $\tau_{\text{Dsch}} = 44,2 \text{ kp/cm}^2$ , was einer Scherkraft  $F = 43,4 \text{ kp}$  entspricht, während die wirkliche Scherkraft  $F = 47,5 \text{ kp}$  ausmacht.

Die spannungsoptischen Untersuchungen lassen eindeutig darauf schließen, daß in der praktischen Technik durch Scherbelastung kein reiner Scherzustand erreicht werden kann. In dem auf Schere belasteten Stück treten

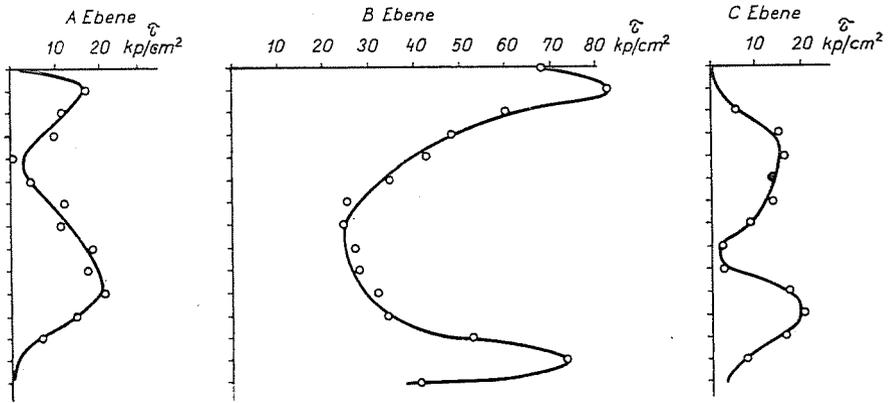


Abb. 9. Verteilung der Spannungen  $\tau$  in drei Ebenen beim einfachen Scheren

auch Druck- und Biegespannungen auf. Dabei beschränkt sich der beanspruchte Querschnitt nicht auf eine einzige Ebene; auch rechts und links vom abgescherten Querschnitt entstehen Spannungen  $\tau$  bzw.  $\sigma$ .

### Statischer Scherversuch mit Doppelscherbolzen

Das Verhalten der Doppelscherbolzen bei statischer und Dauerbeanspruchung wurde an Normalbaustahl A 50.11 von  $\varnothing 8 \text{ mm}$  (Zusammensetzung gemäß MSZ 111) mit Beanspruchungen von

$$\sigma_B = 50-60 \text{ kp/mm}^2$$

$$\sigma_F = 27 \text{ kp/mm}^2$$

geprüft.

Zur Ermittlung der Festigkeitskennwerte wurden 5, nach Form und Abmessungen genormte Probestäbe (MSZ 103) von je 5 mm Durchmesser Zerreiversuchen an einer mechanischen Zerreißmaschine vom 5 Mp, Typ Schopper, unterzogen.

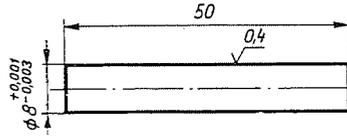


Abb. 10. Zylindrischer Probestab für den Scherversuch

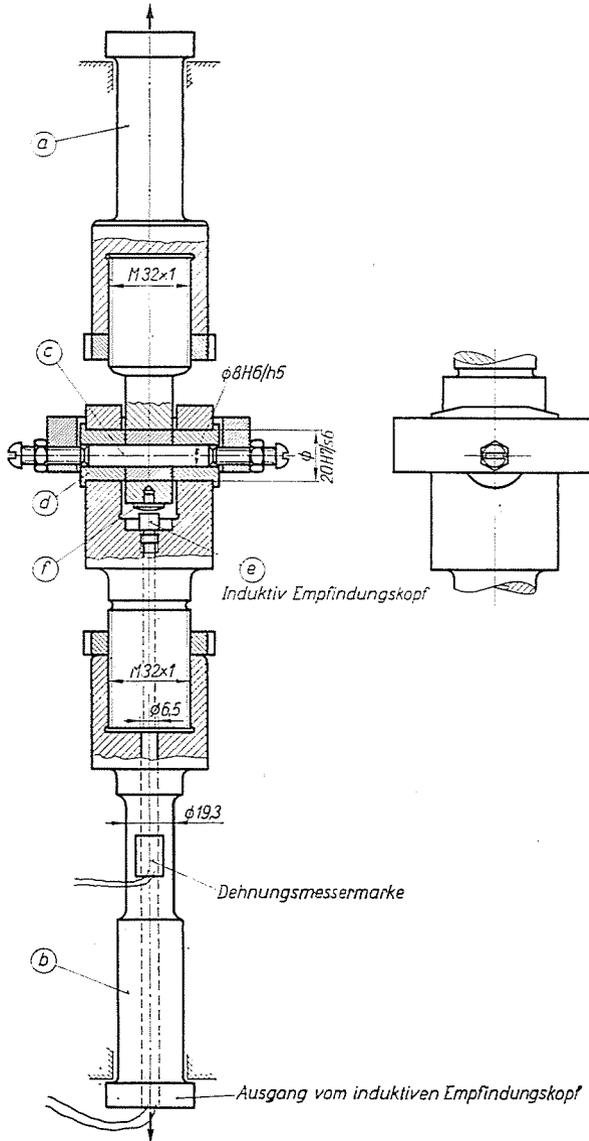


Abb. 11. Einspanngerät für den statischen Scherversuch

Die Messungen ergaben folgende Festigkeitswerte:

$$\sigma_B = 51-53 \text{ kp/mm}^2 \text{ (durchschnittlich } 51,8 \text{ kp/mm}^2\text{),}$$

$$\sigma_F = 27,5-29,6 \text{ kp/mm}^2 \text{ (durchschnittlich } 28,5 \text{ kp/mm}^2\text{).}$$

Die statischen Scherversuche wurden an den in Abb. 10 gezeigten Bolzen mit Hilfe einer Schervorrichtung gemäß Abb. 11 auf einer hydraulischen Zer-

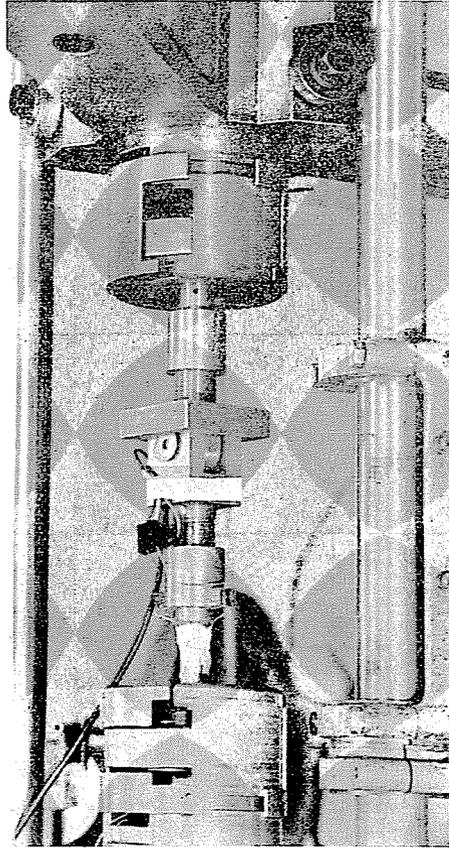


Abb. 12. Einbau der Schervorrichtung in die Zerreißmaschine

reimaschine von 5 Mp, Bauart Alfred J. Amsler, Schaffhausen, durchgeführt.

Die in Abb. 11 dargestellte Schervorrichtung war auch zur Durchführung der Dauerversuche vorgesehen, weshalb sie mit den Ansatzstücken »a« und »b« versehen war, die das Einfassen des Probestabes in die statische Zerreiprfmaschine ermöglichten. Auf den verschmälerten, im Durchmesser 19,5 mm messenden Teil des Ansatzstckes »b« wurden zur Kompensierung der eventuellen Biegebeanspruchung zwei Dehnungsmeßstreifen aufgeklebt. Die zeitliche Veränderung der Scherkraft wurde mit Hilfe der Dehnungsmeßstreifen registriert. Der Bolzen »c« von 8 mm  $\varnothing$  lag in den gehärteten und polierten

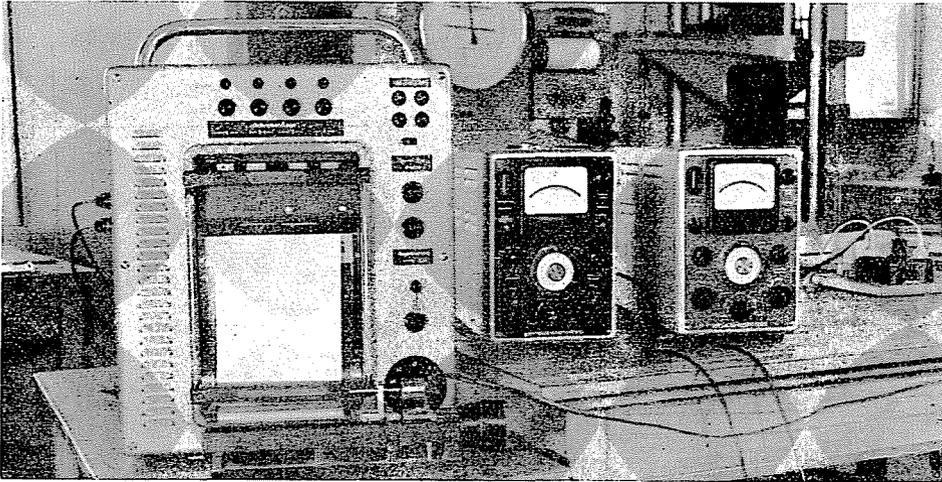


Abb. 13. Instrumentation des statischen Scherversuchs

Werkzeugstahlbüchsen »d«. Zur Erleichterung der Montage gab es zwischen den Bolzen und den Büchsen ein Spiel von durchschnittlich  $15 \mu\text{m}$ . Die zeitliche Veränderung des Scherweges (Dehnung) wurde mit Hilfe eines hergestellten Induktionsfühlkopfes Fabrikat Hottinger aufgenommen, der die Bewegung des Kugelteils »f« maß.

Der Einbau der Schervorrichtung in die Zerreißmaschine geht aus Abb.12 hervor. Wie Abb. 13 zeigt, besteht die Instrumentation der Messung aus zwei Meßbrücken vom Typ Hottinger und einer Registriereinheit mit vier Schreibstellen. Das Schaltschema des Meßsystems ist in Abb. 14 dargestellt.

In Abb. 13 läßt sich das Eichgerät vor dem Registrierapparat gut erkennen. Mit seiner Hilfe wurde der Induktionsmeßkopf »e« (Abb. 11) in Stufen von je  $0,01 \text{ mm}$  geeicht.

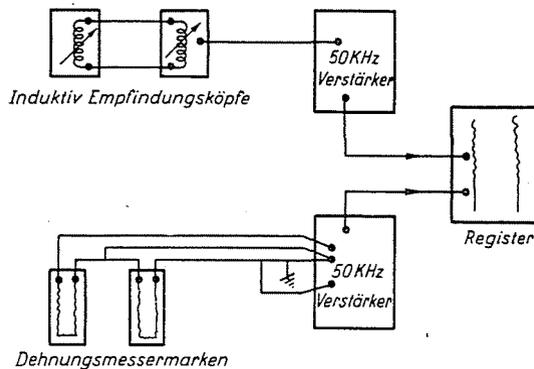


Abb. 14. Schaltschema des Meßsystems

Nach der beschriebenen Methode wurden 20 Probestäbe von 8 mm  $\varnothing$  abgeschert. Die Scherkräfte zeigten eine verhältnismäßig geringe Streuung:

$$F_B = 3950 - 4100 \text{ kp.}$$

Die durchschnittliche Scherkraft ist

$$F_{Ba} = 4030 \text{ kp,}$$

der abgescherte Querschnitt

$$A = 2 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{0,8^2 \pi}{4} = 1,0053 \text{ cm}^2.$$

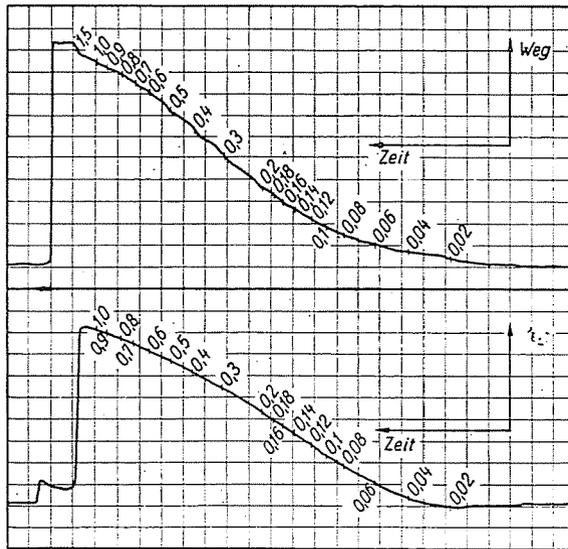


Abb. 15. Zusammenhang zwischen Kraft und Weg einerseits und Zeit andererseits

Die durchschnittliche Scherspannung schreibt sich zu

$$\tau_{Ba} = \frac{F_{Ba}}{A} = \frac{4030}{1,0053} = 4010 \text{ kp/cm}^2.$$

Die mit Hilfe des Meßsystems aufgenommenen »Kraft—Zeit«- und »Weg—Zeit«-Diagramme (Abb. 15) wurden auf Grund der in Abb. 16 dargestellten Eichkurve ausgewertet, und dann auf der Grundlage der wirklichen Meßgrößen das »Kraft—Weg«-Scherdiagramm aufgetragen (Abb. 17).

Das Scherdiagramm der Abb. 17 zeigt, daß die Änderung der Kraft in Abhängigkeit vom Scherweg einer kontinuierlichen Kurve ohne Brechung folgt. Weitere, an Hand wiederholter Scherversuche aufgenommene Diagramme haben den gleichen Charakter wie die der Abb. 17. Der Anfangsabschnitt

des Diagramms wurde — vor allem zur Untersuchung der Fließgrenze — in stärkerer Vergrößerung als in Abb. 17 aufgetragen, an der Kurve konnte jedoch auch auf diese Weise keine deutliche Brechung bzw. Richtungsänderung beobachtet werden (Abb. 18).

Das Lichtbild eines der statisch abgesicherten Probestäbe ist in Abb. 19 wiedergegeben. Das Bild läßt die abgeplattete Fläche an der Angriffsstelle

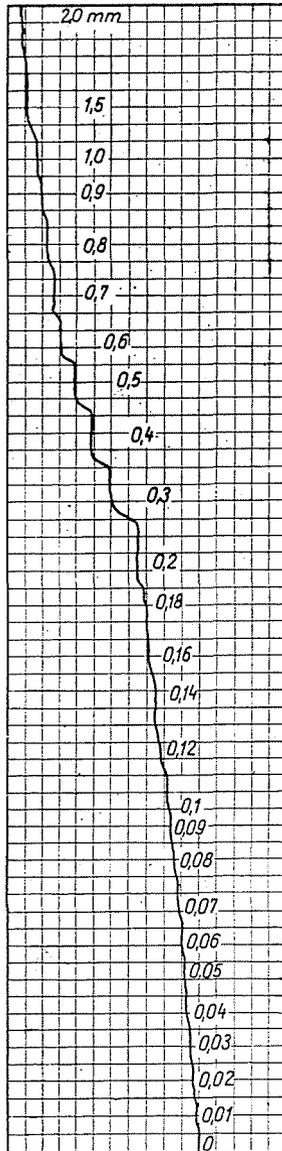


Abb. 16. Eichkurve

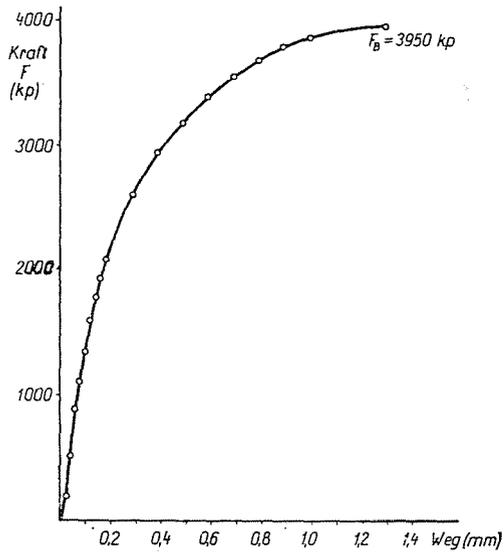


Abb. 17. »Kraft—Weg«-Diagramm auf Grund der Messungen

der Scherkraft bzw. die völlige Deformation in der Umgebung des Scherquerschnittes deutlich erkennen.

In Abb. 20 ist die Bruchfläche eines abgescherten Querschnittes dargestellt. Die Bruchrichtung stimmt mit der Richtung der größten Spannungen  $\tau$  gut überein. An der Angriffsstelle der Scherkraft am Bruchrand tritt der glänzende, langsam abgescherte Querschnitt klar hervor. Die körnige Fläche entstand infolge des plötzlichen Bruches. Die Spannungsverteilung, die sich bei der spannungsoptischen Scherprüfung des Probekörpers mit quadratischem Querschnitt ergab, ist den Spannungsverteilungen, wie sie in den in die Scher-

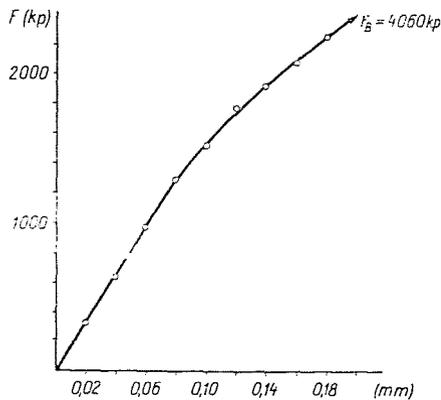


Abb. 18. Vergrößerter Anfangsabschnitt des »Kraft—Weg«-Diagramms

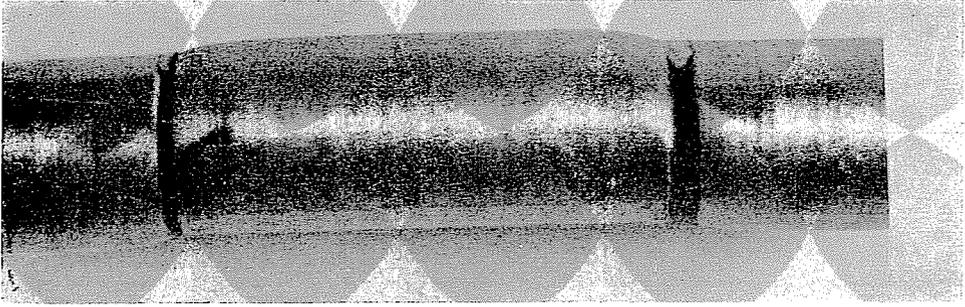


Abb. 19. Ein statisch abgescherter Probestab

richtung fallenden längsgerichteten Schnittebenen zylindrischer Probestäbe auftreten, ziemlich ähnlich.

### Dauer-Scherversuche an Doppelscherbolzen

Der Dauerscherversuch an Doppelscherbolzen mit 8 mm  $\varnothing$  wurde auf einem elektronischen Pulsator von 10 Mp, Bauart Amsler, durchgeführt. Der Versuch konnte nur bei pulsierender Belastung vorgenommen werden. Infolge des montagebedingten Bolzenspiels trat bei schwingender Belastung bei jeder Schwingungszahl ein Bolzenwechsel auf, der die Funktion des elektronischen Pulsators verhinderte. Um den Bruch des Probestabes zu erreichen, muß bei pulsierender Belastung die Spannungsspitze die der bleibenden Deformation zugeordnete Spannungsgrenze übersteigen. Nach vorangegangenen Prüfungen wurde die zu erreichende

mittlere Spannung mit  $\tau_m = 1500 \text{ kp/cm}^2$  bzw.

die Schwingungsspannung mit  $\tau_a = \pm 1300 \text{ kp/cm}^2$



Abb. 20. Bild einer statisch abgesicherten Fläche



Abb. 21. Bruchfläche eines durch Scherermüdung gebrochenen Stabes

festgesetzt. Die Versuche wurden an 5 Probestäben durchgeführt. Die Einspannvorrichtung stimmte mit der in Abb. 11 dargestellten Vorrichtung überein, doch fehlten die Ansätze »a« und »b«. Bei obiger Belastung erfolgten die Brüche im Lastspielzahlenbereich  $N = 2,046 \cdot 10^6 - 2,514 \cdot 10^6$ . Als durchschnittliche Lebensdauer ergab sich eine Lastspielzahl von

$$N_{\text{Dsch}} = 2,264 \cdot 10^6.$$

Die Dauerscherschbruchflächen sind in Abb. 21 dargestellt. Die Bruchflächen sind an manchen Stellen etwas verschwommen, da die Bolzen nur in völlig abgeschertem Zustand ausgebaut werden konnten.

#### Statischer Scherversuch an Doppelscherbolzen mit halbkreisförmigem Einschnitt

Die Form und Abmessungen der Probekörper mit Einstich sind in Abb. 22 dargestellt.

Statische Scherversuche wurden mit der Schervorrichtung gemäß Abb. 11 an 4 Probestäben durchgeführt. Die Scherkräfte bewegten sich innerhalb des Bereichs von

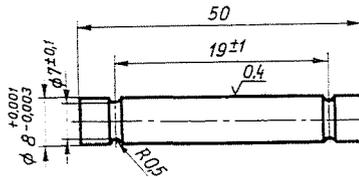


Abb. 22. Abmessungen eines eingestochenen Probestabes

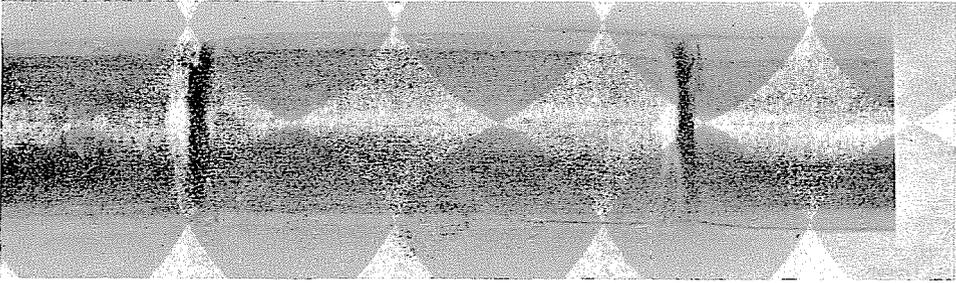


Abb. 23. Ein statisch abgescherter eingestochener Probestab

$$F_B = 3340 - 3440 \text{ kp.}$$

Die durchschnittliche Scherkraft betrug

$$F_{Ba} = 3372 \text{ kp,}$$

der abgescherter Querschnitt

$$A = 2 \frac{d^2 \pi}{4} = 2 \frac{0,7^2 \pi}{4} = 0,7693 \text{ cm}^2.$$

Die durchschnittliche Scherspannung errechnet sich zu

$$\tau_{Ba} = \frac{F_{Ba}}{A} = \frac{3372}{0,7693} = 4383 \text{ kp/cm}^2.$$

Die Scherdiagramme der Bolzen mit Einstich im Querschnitt wurden nicht untersucht. Einen dieser im statischen Versuch abgesicherten Probestäbe veranschaulicht die Abb. 23. Wie ersichtlich, ist die Abplattung der Flächen

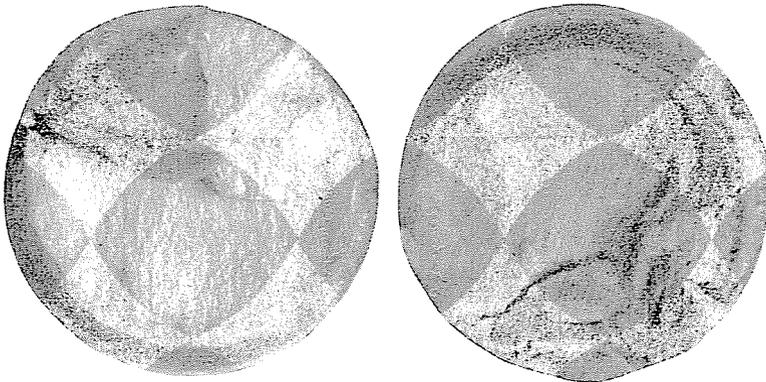


Abb. 24. Statisch abgescherter Fläche an einem eingestochenen Probestab

an der Angriffsstelle der Scherkraft in der Umgebung des abgescherten Querschnitts nicht so ausgeprägt, wie sie beim Scheren von glatten Probestäben war. Abb. 24 stellt die Bruchfläche eines der abgescherten Querschnitte dar.

### Dauer-Scherprüfung von Doppelscherbolzen mit halbkreisförmigem Einstich

Die in Abb. 2 dargestellten Bolzen wurden in der oben beschriebenen Vorrichtung dem Dauerversuch unterzogen. Die Werte der mittleren Belastung



Abb. 25. Bruchfläche eines durch Scherermüdung gebrochenen eingestochenen Stabes

und der Belastungsamplitude wurden so gewählt, daß für den eingestochenen Querschnitt

$$\tau_m = 1500 \text{ kp/cm}^2$$

und

$$\tau_a = \pm 1300 \text{ kp/cm}^2$$

waren; im Nominalwert stimmen diese Spannungen mit den bei der Dauerprüfung von glatten zylindrischen Doppelscherbolzen angewendeten Werten  $\tau_m$  und  $\tau_a$  überein.

Die Versuche wurden an 5 Probestäben vorgenommen. Bei obiger Belastung erfolgten die Brüche im Lastspielzahlenbereich von  $N = 0,223 \cdot 10^6$  bis  $1,065 \cdot 10^6$ . Als durchschnittliche Lebensdauer ergab sich die Lastspielzahl

$$N_{\text{Dschn}} = 0,538 \cdot 10^6.$$

Abb. 25 zeigt den Ermüdungsscherbruch eines eingestochenen Bolzens.

### Folgerungen

Bei Sicherheitsscherstiften, die wechselnd belastet sind, erscheint die Anwendung glatter Stifte ohne Einstich vorteilhafter. Bei den Stiften mit Einstich ist die auf den Querschnitt bezogene durchschnittliche Scherspannung größer ( $\tau_{Ba} = 4383 \text{ kp/cm}^2$ ) als die zum Abscheren der glatten Scherbolzen erforderliche durchschnittliche Scherspannung ( $\tau_{Ba} = 4030 \text{ kp/cm}^2$ ), was bei den untersuchten Maßen (Werkstoff: Stahl A 50.11) einen etwa 10%igen Unterschied bedeutet. Bei identischer wechselnder Nominalbelastung ( $\tau_m = 1500 \text{ kp/cm}^2$  und  $\tau_a = \pm 1300 \text{ kp/cm}^2$ ) ergab sich als durchschnittliche Lebensdauer der glatten Scherbolzen eine Lastspielzahl von  $N_{\text{Dsch}} = 2,264 \cdot 10^6$ , als durchschnittliche Lebensdauer der eingestochenen Scherbolzen dagegen eine solche von  $N_{\text{Dsch}} = 0,538 \cdot 10^6$ . Bei Sicherheitsscherstiften kann also für dieselbe statische Scherbelastung ein glatter Scherbolzen größeren Querschnitts verwendet und dadurch die dem Ermüdungsbruch zugehörige Lastspielzahl erhöht werden. Da sich der glatte Scherbolzen hinsichtlich der Ermüdung viel günstiger verhält als der eingestochene, bewährt sich der glatte Scherbolzen vom Gesichtspunkt des Ermüdungsbruchs aus weit besser.

### Zusammenfassung

In der technischen Praxis begegnet man nicht dem »reinen Scheren«, sondern dem sog. »technischen Scheren«, welches im Gegensatz zum »reinen Scheren« einen sehr schwer erfassbaren, komplizierten Spannungszustand darstellt. Beim »technischen Scheren« treten außer der Scherbeanspruchung auch eine beträchtliche Druckbeanspruchung und eine geringere, aber in ihrer Wirkung bedeutsame Biegebeanspruchung auf. Die vorliegende Arbeit behandelt das »technische Scheren« im Falle von zylindrischen Doppelscherbolzen bzw. Sicherheitsscherstiften als einen komplexen Spannungszustand, da die statischen oder Dauerbrüche durch den tatsächlich vorhandenen komplizierten Spannungszustand verursacht werden. Die Verteilung der Scherspannungen analysieren die Verfasser mit spannungsoptischen Untersuchungen. Sie geben das Scherdiagramm für das doppelte »technische Scheren« und untersuchen schließlich die Dauerbeanspruchung durch wechselnde Belastung bei zylindrischen Sicherheitsscherstiften und bei ebenfalls zylindrischen, aber an den Beanspruchungsstellen eingestochenen Sicherheitsscherstiften.

\*

Auch an dieser Stelle sagen Verfasser jenen Werk tätigen des Csepeler Werkstoffprüfungslaboratoriums, die die Durchführung der statischen Scherversuche ermöglicht haben, ihren verbindlichen Dank.

Dr. Ottó SZAMOSVÖLGYI Dr. László VARGA	}	Budapest, XI., Műegyetem rkp. 3. Ungarn
---	---	---