

a. Auch bei den auf Druck beanspruchten Körpern kann man, wie bereits Bauschinger und Andere nachgewiesen haben, durch die Feinmessungen mit dem Spiegelapparat den Nachweis liefern, dass die Zusammendrückungen für gleiche Belastungen in den verschiedenen Körpertheilen verschieden gefunden werden. Bei der Prüfung des elastischen Verhaltens von Steinprismen erhält man z. B. merklich andere Werthe, wenn man an kurzen Messlängen in der Nähe der Druckplatten misst, als wenn man mit gleichen Messlängen die Verkürzungen in der Probenmitte bestimmt; man erhält selbst etwas verschiedene Werthe, wenn man in der Probenmitte einmal mit kleiner und ein andermal mit möglichst grosser Messlänge arbeitet. Alles dieses ist bedingt durch die ungleiche Spannungsvertheilung in Folge der Wirkung der Stabköpfe.

b. Die Beschaffenheit der Druckflächen ist von wesentlichem Einfluss auf das Ergebniss des Druckversuches. Bauschinger hat diesen Gegenstand seit 1873 (*L 2*) wiederholt behandelt. Er hat besonders nachgewiesen, dass die Druckflächen eben bearbeitet [gehobelt, geschliffen u. s. w.] sein müssen, und zwar sowohl die Endflächen am Probekörper als auch die Druckflächen der Maschinen. Die letzteren müssen besonders hart sein, wenn sie für alle Fälle ausreichen sollen. Weiche Druckflächen, etwa durch Zwischenlage von weichen Materialien erzeugt, würden das Ergebniss der Bruchfestigkeit in schwer kontrollirbarer Weise beeinflussen, sobald sie so weich und nachgiebig sind, dass beim Versuch ihre Quetschgrenze überschritten wird und sie vom Mittelpunkt der Druckflächen nach dem Umfang zu fliessen beginnen. Liegt die Quetschgrenze der weichen Zwischenlagen hoch genug, so wird der Körper, etwa ein unvollkommen bearbeiteter Steinwürfel, in fast gleicher Weise zu Bruche gehen, wie wenn er mit ebenen Flächen bei voller Anlage beansprucht war; die Brucherscheinungen werden ganz ähnliche und die Festigkeit erscheint wenig beeinträchtigt. Liegt dagegen die Quetschgrenze der weichen Zwischenlage verhältnissmässig tief, so werden die Bruchformen wesentlich andere, und damit wird auch die Festigkeit verringert. Dies geschieht sowohl in Folge der Veränderung der widerstehenden Kräfte q (Fig. 62), die in den Auflagerflächen die Querausdehnung zu hindern streben, als auch in Folge der sprengenden Wirkung der als zähe Flüssigkeit wirkenden weichen Zwischenlagen, die die etwa zugänglichen Vertiefungen und Höhlungen ausfüllend den Körper gleichsam durch inneren Druck auseinander sprengt. Durch das seitliche Auseinanderfliessen der Zwischenlagen können die Kräfte q nicht nur den Betrag Null erreichen, sie können sogar ihre Richtung umkehren und müssen dann eine beträchtliche Verminderung der Druckfestigkeit hervorrufen. „Daher kann es kommen [sagt Bauschinger], dass Beilagen aus einer und derselben Bleiplatte die Druckfestigkeit eines weichen Sandsteines gar nicht ändern, die eines härteren, festeren Sandsteines oder eines weicheren Kalksteines nur wenig und dagegen die eines Granites sehr bedeutend, bis auf die Hälfte, verringern können, wobei sich in ersterem Falle immer Pyramiden, im zweiten Pyramiden oder solche mit Lamellen gemischt und im dritten Falle stets Lamellen als Bruchstücke bilden. In letzteren Fällen ist dann selbstverständlich auch die Druckfestigkeit von der Höhe der Probestücke bis zu einem gewissen Grade nach auf- und abwärts unabhängig“ (*L 2* Heft 18).

4. Fliesserscheinungen bei der Formänderung.

106. Bei Erreichung der Streckgrenze oder gleich nach dem Ueberschreiten derselben treten, namentlich bei den Metallen, häufig sehr regelmässige und eigenthümliche Erscheinungen auf, die zum Theil sich auf die Wirkung der Einspannköpfe [Abschnitt 3 S. 59] zurückführen lassen.

Beim Zugversuch wirft beispielsweise ein noch mit der vom Auswalzen herrührenden Hammerschlagschicht versehener Eisenstab diese Schicht in dem Augenblick ab, in welchem er anfängt zu fliessen. Diese Schicht hat nämlich eine geringere Dehnbarkeit als das Metall selbst, und deswegen springt sie ab, sobald ihre eigene Dehnbarkeit überschritten wird; man sagt, der Stab wirft ab. Das Abwerfen beginnt in der Regel an den

Köpfen und schreitet gegen die Stabmitte vor; beim Flachstab bildet die fortschreitende Grenze meistens einen Winkel von etwa 45 bis 60° gegen die Stabaxe.

Ein blank polirter oder mit feinem Schmirgel abgezogener Eisenstab bekommt nach Ueberschreiten der *S*-Grenze eine matte Oberfläche, während ein harter, wenig dehnbarer Stab [z. B. Gusseisen oder harter Stahl] seine Oberfläche bis zum Bruch fast gar nicht verändert und blank bleibt. Die matt gewordene Oberfläche sieht aus, als ob sie mit einem feinen Hauch oder Thau bedeckt wäre. Meistens wird der Thau allmählig gröber, die Oberfläche bekommt ein narbiges Aussehen, das bei gleichmässig weichen Materialien [weiches Flusseisen, Kupfer u. s. w.] schliesslich in längliche runzelige Körperchen gleichlaufend mit der Stabaxe, oder in Längsfurchen und Fältelungen übergeht. Bei anderen Metallen bekommt die Staboberfläche ein ganz unregelmässiges eigenthümlich knitteriges Aussehen.

Aehnliche Erscheinungen machen sich auch beim Druckversuch geltend.

Es ist praktisch und erleichtert das gegenseitige Verständniss ganz wesentlich, wenn man sich daran gewöhnt, gleichartige und immer wiederkehrende Erscheinungen in den Versuchsprotokollen und Veröffentlichungen stets wieder mit der gleichen Benennung zu belegen. Deswegen seien die hier genannten Erscheinungen auf Taf. 1 dargestellt und die in der Charlottenburger Anstalt üblichen, zum Theil von anderen Anstalten übernommenen und in weitere Kreise eingebürgerten Bezeichnungsweisen hier mitgetheilt.

Den Eintritt der Thaubildung und sehr feiner Narben bezeichnet man: der Stab wird krispelig (Fig. 1 und 2 Taf. 1). Werden die Körnchen



Fig. 64.

gröber, so sagt man: der Stab wird narbig; er bekommt Längsfurchen oder Fältelungen (Fig. 9 Taf. 1); er wird knitterig (Fig. 64).

107. Bei den Metallen, namentlich bei Benutzung blank bearbeiteter Flachstäbe, kommen häufig noch andere ausserordentlich charakteristische Erscheinungen, die sogenannten Fliessfiguren vor. Diese Erscheinungen sind deswegen von grösserem Interesse für den hier zu behandelnden Gegenstand, weil sie wieder Einblick geben in die Wirkungsweise der Spannköpfe und zugleich überzeugend darthun, dass die Spannungsvertheilung in einem Zerzeiss- oder Druckprobekörper durchaus keine so einfache ist, wie es vielfach angenommen zu werden pflegt. Zugleich giebt die genaue Beobachtung und das Studium dieser Erscheinungen nicht nur zu interessanten theoretischen Forschungen Anregung, sondern sie hat für das Materialprüfungswesen eine praktische Bedeutung, indem sie Licht auf manche Vorkommnisse bei Ausführung der Feinmessungen wirft, die sonst wohl unverstanden bleiben würden. Sehr grossen praktischen Nutzen kann auch die Kenntniss und Beachtung dieser Erscheinungen gewähren, weil man auf überanstrengten Konstruktions-theilen zuweilen ähnliche Erscheinungen bemerken kann und

diese dann ein Warnungszeichen oder ein Beweismaterial für die Art der geschehenen Ueberanstrengungen werden können.

Solche Flussfiguren sind auf Taf. 1 mehrfach abgebildet. Es ist übrigens schon an dieser Stelle darauf aufmerksam zu machen, dass sie nicht bloß beim Zug- und Druckversuch, sondern auch bei allen anderen Arten von Festigkeitsversuchen bemerkbar werden, und dass aus diesen bei den Metallen beobachteten Erscheinungen schliesslich gewisse Folgerungen auf andere Körper übertragen werden können, bei denen Flussfiguren nicht aufzutreten scheinen.

108. Man kann unter den beim Zerreißversuch auftretenden Flussfiguren mehrere Gruppen unterscheiden, die in der Charlottenburger Anstalt mit verschiedenen Benennungen belegt sind, um sich kurz ausdrücken zu können.

In der Regel tritt [bei Flachstäben aus Flusseisen] eine Gruppe von Flussfiguren, von den Köpfen aus beginnend, auf, deren erste Anzeichen durch einen schmalen, am Ende spitzen Streifen gegeben werden, der, an den Kopfecken [bei scharf angesetzten Schultern, Fig. 15, Taf. 1] beginnend, die breite Stabfläche unter einem Winkel von etwa 45° durchschneidet. Von diesem schmalen Streifen aus schieben sich in mehr oder minder regelmässigen Abständen ähnliche in Spitzen auslaufende Streifen vor, die senkrecht zur Stabaxe verlaufen und an den Enden oft wieder in der Richtung von etwa 45° zur Axe einlenken (Fig. 14—20).

Im weiteren Verlauf entsteht nun entweder ein Streifennetz, das sich unter nahezu rechten Winkeln kreuzt und zuweilen ausserordentlich regelmässig gebildet ist (Fig. 3, 14—20), oder die Streifen schieben sich, nur von der einen Ecke des Stabendes ausgehend, unter einem Winkel von $45-60^{\circ}$ gleichlaufend zu einander von dem Kopf aus gegen die Mitte des Stabes vor (Fig. 5), indem eine Linie vor der andern, immer durch eine schmale nicht veränderte Fläche von einander getrennt, entsteht. Diese trennenden Flächenstreifen werden dann von senkrecht zur Stabaxe auftretenden Linien in mehr oder minder regelmässigen Abständen durchbrochen (Fig. 15).

Die zuletzt geschilderten Erscheinungen dürften die Regel bilden; sie sind auch die Ursache für das vorhin besprochene Abwerfen des Zunders nach Grenzlinien, die unter 45 bis 60° zur Stabaxe verlaufen. Man bezeichnet diese Gesamtheit der Erscheinungen, wegen der besonders hervortretenden Linien, als Diagonallinien oder als Netzbildung; das Netz wird als engmaschig oder weitmaschig benannt.

109. Zuweilen treten aber auch vorwiegend senkrecht zur Stabaxe verlaufende Streifungen auf, die entweder flammenförmig vom Rande auslaufend [Randflammen] vorschreiten (Taf. 1, Fig. 6, 10), oder sich aus den vorbeschriebenen Erscheinungen entwickeln und als deutliche Querstreifungen oder Querlinien hervortreten (Fig. 6).

Im weiteren Verlaufe des Versuches verschwinden die Flussfiguren meistens ganz vollständig.

110. Man kann, wie dies von Pohlmeier geschehen, diese Erscheinungen an Eisenstäben, deren sauber geschlichtete Oberfläche man durch Glühen in Wasserdampf mit der Barfschen Oxydschicht bedeckte, ganz besonders deutlich sichtbar machen, indem dann beim Fluss an so vorbereiteten Stäben die blauschwarze Oberfläche von silberweissen Adern

durchzogen wird. Vor kurzem wurde mir ein Buch von L. Hartmann¹⁾ (*L 120*) bekannt, welches sich eingehend mit den Fließfiguren beschäftigt und eine sehr grosse Zahl von Abbildungen giebt, die die bei allen möglichen Beanspruchungsformen auftretenden Fließfiguren nach Zeichnungen darstellen. Leider habe ich diese werthvolle Arbeit nicht mehr bei meiner Erläuterung des Gegenstandes berücksichtigen können.

a. Ich machte weiter oben auf die praktische Bedeutung der Fließvorgänge für die Versuchstechnik aufmerksam und möchte hier den Nachweis für meine Worte bringen, indem ich eine verdienstvolle und leider nicht genug beachtete Arbeit von B. Kirsch zum Theil wörtlich wiedergebe. Diese Arbeit fasst, unter Hinzufügung von theoretischen Betrachtungen, die Ergebnisse langjähriger Beobachtungen und Erfahrungen zusammen, die von dem Personal der Versuchsanstalt in Charlottenburg und besonders von Kirsch, bei Ausführung sehr umfangreicher Versuche mit Eisenbahnmateriale (*L 122*) gemacht wurden.

Kirsch schreibt etwa Folgendes (*L 108*):

„Die treffende Bezeichnung „Fliesen“ ist von Tresca (*L 123*) „für die unter dem Einfluss äusserer Kräfte bei bildsamen Körpern stattfindende Verschiebung der Massentheilchen“ eingeführt worden. Kick (*L 100 S. 75*) bemerkt hierzu, dass nicht blos für bildsame Körper von einem Fliesen gesprochen werden kann, „man kann vielmehr auch bei spröden Körpern, wenn dieselben von einer genügend festen Hülle umschlossen sind und mit dieser der Formänderung unterworfen werden, ganz wohl von einem Fliesen der Theilchen reden, denn auch solche Körper lassen eine Verschiebung ihrer Theilchen in ganz gleichförmiger Weise wie die bildsamen Körper zu; auch spröde Körper können ihre Form bleibend verändern, ohne dass dadurch ein Zusammenhang der Theilchen aufgehoben wird“ (*L 124*).

Kirsch stellt dann 6 Sätze über den Fließvorgang auf, wie er verläuft, wenn man, wie in der Versuchsanstalt, die Maschine mit gleichbleibender Geschwindigkeit vorgehen lässt, so dass der Stab um 1 Procent in der Minute [$1\%/\text{min}$] gedehnt wird. Der Inhalt dieser Sätze ist zum Theil früher schon besprochen, zum Theil wird das später geschehen müssen; hier möge nur Platz finden, was gerade in diesen Abschnitt gehört.

b. In Satz 6c wird darauf aufmerksam gemacht, dass „das Fliesen im Allgemeinen vom Kopf des Stabes seinen Anfang nimmt“ und dass man dies oft durch Feststellung der Breitenunterschiede in den geflossenen und nicht geflossenen Theilen des Stabes feststellen kann, die zuweilen 0,03 bis 0,04 cm auf 4,0 cm Stabbreite betragen.

c. Satz 6d lautet: „Am besten ist der Fließbeginn natürlich mit Spiegelapparaten zu beobachten. Die nachfolgenden Bemerkungen beziehen sich ausschliesslich auf die Anwendung des Bauschingerschen Spiegelapparates. Man hat, um ein klares Bild über die Vorgänge der Maassstabbewegung [scheinbare] zu erhalten, auf verschiedene kleine Umstände zu achten. So ist die Trägheit der anzuhebenden Gewichte und etwaige Undichtigkeit am hydraulischen Kolben der Maschine von Einfluss auf diese Bewegung. Wenn nämlich ein Fliesen noch nicht stattfindet und eine bestimmte Last einspielt, so wird eine Undichtigkeit am Kolben den Hebel langsam zum Sinken bringen, ohne dass der Stab durch Fliesen nachgiebt. Der niedergehenden Bewegung der Gewichte entspricht wegen der Trägheit eine geringe Entlastung, ein geringes Zurückweichen der Spiegel, bis die Wagschale des Gewichtshebels zum Aufsitzen kommt, worauf sich der Stab, wenn man lange genug wartet, langsam bis zu dem Betrage der Reibung des hereingehenden Kolbens entlastet. Ist also die Dichtung des Kolbens keine ganz vollkommene, so ist eine genaue Beobachtung des Fließbeginnes allein am Hebel der Maschine undurchführbar. Wird nun der gesunkene Hebel wieder bis zur Gleichgewichtslage angehoben, so ist die wegen der Trägheit der Massen entstehende Vergrößerung der Last unterhalb der Fließgrenze unschädlich, d. h. ohne Einfluss auf die Richtung der

¹⁾ Man vergleiche auch D. Kirkaldys Abbildungen der Fließfiguren bei Zerreißversuchen mit Nietverbindungen (*L 121*).

Ablesungen, wenn man mit den Ablesungen wartet, bis der Hebel nicht mehr schwingt. Befindet man sich dagegen direkt vor dem Flussbeginn, so kommt es gar nicht selten vor, dass die Lastvergrößerung wegen der Trägheit der Massen die tatsächliche Belastung des Stabes über seine Flussgrenze hinaus steigert; der Stab fließt dann ein wenig während des Anhebens, und es verändert sich an den Ablesungen nichts mehr, wenn der Hebel einspielt, weil dann die wirkliche Belastung unterhalb der Flussgrenze liegt. Ist dann der Hebel nach einiger Zeit wieder wegen Undichtigkeit gesunken und man hebt nochmals an, so fließt der Stab wiederum ein wenig. Man kann das fünf-, sechsmal hintereinander machen und jedesmal ein Stück strecken. Ist der Kolben vollständig gedichtet und hat man die erste Laststufe hinter der Flussgrenze erreicht und zum Einspielen gebracht, so muss der Hebel langsam sinken, gleichviel ob der Stab innerhalb oder ausserhalb der Messlänge fließt; zum Unterschied gegen das Verhalten der Spiegel bei Undichtigkeiten müssen sich aber jetzt gleichzeitig die Ablesungen ändern, und man beobachtet die Fälle:

- 1) beide Spiegel gehen vorwärts;
- 2) beide Spiegel gehen rückwärts;
- 3) einer geht vorwärts, der andere rückwärts.“

c. „Im ersten Falle fließt der Stab innerhalb der Messlänge, und es ist in der Versuchsanstalt die Bestimmung getroffen, dass auf den Protokollen die Flussgrenze als erreicht zu verzeichnen ist, wenn innerhalb einiger Zeit, etwa einer Minute, eine rücksichtlich der Genauigkeit der Ablesungen ($2 \cdot 10^{-5}$ cm) sichtbare Aenderung nach vorwärts sich zeigt.“

d. „Im zweiten Falle fließt der Stab ausserhalb der Messlänge. Hierbei lässt sich eine nicht uninteressante Beobachtung machen. Man kann nämlich, wenn die Laststufen nicht zu gross sind, noch eine geringe Zahl derselben zum vorübergehenden Einspielen bringen, ehe das Fließen in die Messlänge eintritt und auf diese sich verbreitet. Hält man eine derselben im Einspielen, durch entsprechend langsames Vorgehen mit dem Kolben, so herrscht also wegen dieser Bewegung kein Gleichgewicht zwischen der durch die aufgesetzten Gewichte angezeigten gleichbleibenden Zugkraft am bewegten Stabkopf und den inneren Spannungen. Der tatsächlich vom Stabtheil innerhalb der Messlänge getragene Theil der Zugkraft ist also kleiner, als die aufgesetzten Gewichte anzeigen. Die Verlängerung der Messlänge muss demnach für die letzte Lastvergrößerung eine kleinere sein als bei der gleichen Lastvergrößerung vor dem Flussbeginn.“

„Das nachstehende Protokoll [Tab. 9 S. 72] zeigt dies ganz deutlich:

e. „Jetzt bleibt noch der dritte Fall zu besprechen, in dem ein Spiegel vorgeht, der andere langsam zurückweicht, und zwar während die Last im Einspielen gehalten wird. Dies ist der meist vorkommende Fall. Wenn man lange genug wartet, so ändert sich diese Bewegung häufig derart um, dass der eben vorgegangene Spiegel stehen bleibt und dann zurückweicht, während der andere umkehrt und sich jetzt vorwärts bewegt. Noch später tritt ein Augenblick ein, in welchem beide Maassstabbilder sich rasch vorwärts bewegen. Diese Vorgänge sind leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das Fließen unter einer schrägen Richtung sich fortpflanzt (Taf. 1. Fig. 5). Ist z. B. das Flussgebiet $a b$ (Fig. 65) rechts (R) mit der Spitze a in die Messlänge vorgeschritten,

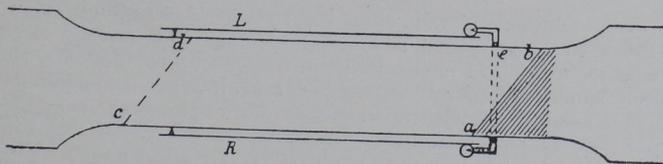


Fig. 65.

so bewegt sich der rechte Spiegel vorwärts, während für die linke Seite des Stabes (L) noch Fließen ausserhalb der Messlänge herrscht. Durch diese Ungleichmässigkeit auf beiden Seiten bewegt sich erstlich der Stab im Ganzen nach rechts herüber, dann aber dreht sich auch der ganze Spiegelapparat um die Be-

festigungsschneide *e*. Beide Bewegungen äussern sich links in einer Abnahme der Ablesung, rechts in einer Zunahme; dass die im Fernrohr beobachtete Maassstabbewegung wirklich links eine rückgängige werden muss, erklärt sich also sofort daraus, dass die Messlänge, so lange *b* ausserhalb bleibt, bei einspielender Last unverändert bleibt, oder sogar, durch Vorwärtsgehen des Punktes *b* und dem damit verbundenen lebhafter werdenden Fliessen ausserhalb entsprechend, noch allmählig mehr entlastet wird, wodurch gleichfalls Rückgang entsteht. Das Wechseln¹⁾ der Spiegelbewegung aus rechts vor, links zurück in rechts zurück, links vor erklärt sich dadurch, dass das Fliessen am Kopfe bei *a b* vorübergehend aufhört und dafür ein eben solcher Fliessbereich mit *c d* von der anderen Kopfseite in die Messlänge eindringt.“

„Bei raschem Vorwärtsgehen beider Spiegel ist entweder der eine Bereich auch mit dem zurückliegenden Punkt in die Messlänge gelangt, oder beide Spitzen *a* und *d* gehen gleichzeitig vor; jedenfalls steht fest, dass ein Fliessen der Messlänge als des eigentlich geprüften Materialstückes schon bei raschem Vorwärtsgehen eines Spiegels stattfindet“ [bei einspielender Belastung].

Tabelle 9. Fliessen ausserhalb der Marken.

Belastung <i>P</i> kg	Spannung σ at	Ablesungen			
		links $\frac{1}{50000}$ cm	rechts $\frac{1}{50000}$ cm	ΣA cm 10^{-5}	ΔA cm 10^{-5}
1	2	3	4	5	6
		Berechnetes A für $\sigma = 0$		— 60	
250	80	0	0	0	—
1000	320	105	75	180	180
2000	640	221	185	406	226
3000	970	342	290	632	226
4000	1290	468	390	858	226
5000	1610	594	490	1084	226
250	80	22	12	10	—
5000	1610	611	477	1088	—
6000	1930	734	577	1311	223
7000	2250	855	681	1536	225
8000	2570	970	790	1760	224
250	80	18	3	15	—
8000	2570	964	800	1764	—
9000	2900	1070	918	1988	224
10000	3220	1155	1060	2215	227
11000 ²⁾	3540	1200	1235	2435	220
12000	3870	1210	1444	2654	219
13000	4180	1240	1620	2860	206
13250	4270				

Fliessen

f. Kirsch schliesst hieran eine theoretische Abhandlung über die Beziehungen zwischen dem Fliessen und den Spannungen an, auf die ich den Leser verweisen möchte, weil darin einige hübsche Gesichtspunkte gegeben sind. Diese Betrachtungen kommen, unter Benutzung der Mohrschen Darstellungsweise für die auf einen Massenpunkt wirkenden Kräfte, darauf hinaus, „dass das Fliessen fester Körper darauf zurückzuführen ist, dass an der Stelle des Körpers, an welcher er ins Fliessen kommt, die Schubfestigkeit τ überwunden wird und dass

¹⁾ Bei Rundstäben verursacht die schräge Richtung häufig nur ein Vor- oder Rückwärtsneigen des Apparates, d. h. Heben oder Senken der Maassstabbilder, weil sie in jeder Lage zur Stabaxe sich finden kann.

²⁾ Streckt, Skalen sinken (Fliessen ausserhalb).

bei Auftreten eines Bruches in der Bruchfläche die Zugfestigkeit σ überwunden wurde.“

111. Aus den beim Fliesen an der Staboberfläche auftretenden, vor-
aufgehend beschriebenen, mehr oder weniger ähnlichen Erscheinungen kann
man zuweilen auf die Behandlung schliessen, die das Material vor der
Bearbeitung des Probestabes erfahren hat, ja zuweilen giebt sie sich sogar
ganz unmittelbar zu erkennen.

Hat beispielsweise ein Flachstab aus Flusseisen beim Richten vor dem
Abschlichten der Oberfläche einzelne Schläge mit dem Hammer er-
fahren, deren Spuren nach dem Schlichten gar nicht mehr erkennbar zu
sein brauchen, oder hat auf den Stab ein Seitendruck gewirkt, der ihn
örtlich bis über die Quetschgrenze beanspruchte, so kommen diese Stellen
beim Fliesen wieder zum Vorschein. Es bilden sich schliesslich förmliche
Knoten, von denen aus die Streckfiguren mehr oder minder regelmässig
auslaufen, ähnlich wie an den Köpfen. Die betreffenden Stellen sind
schwerer dehnbar als das umgebende Material, sie treten deswegen erhaben
hervor und behalten einen grösseren Querschnitt als die geflossenen Stab-
theile (Taf. 1, Fig. 11). Eingeschlagene oder eingewalzte Zeichen oder die
Zähne der Schraubstockbacken, können vollkommen wieder sichtbar werden
(Taf. 1, Fig. 13 u. 12). Flachstäbe, die aus dem Fuss von Schienen ent-
nommen wurden, welche vorher dem Biegeversuch unterworfen waren,
liessen beim Zerreiassversuch deutlich die Stellen erkennen, mit denen sie
beim Biegeversuch auf den Auflagerrollen aufgelegt hatten (Taf. 1, Fig. 11).

Unter diese durch die Vorbehandlung des Materiales bedingten Fliess-
erscheinungen hat man auch zu rechnen, was auf Tafel 1, Fig. 7 dargestellt und
von mir früher wie folgt beschrieben wurde (L 122 S. 20).

„Moiré. Mit dieser Bezeichnung wurden einstweilen, in Ermangelung einer
besseren und gleichzeitig kurzen Ausdrucksweise, Erscheinungen belegt, welche
namentlich an sauber geschlichteten Flachstäben aus Schienenstegen und Füssen
auftreten. Sie stellen sehr zarte Zeichnungen dar, welche den Zeichnungen auf
dem bekannten, „Moiré antique“ benannten Zeugstoffe ähnlich sind. Diese Zeich-
nungen verdanken der Wirkung der Walzen auf das Material ihre Entstehung,
indem beim Fliesen unter der Walze, ganz ähnlich wie beim Fliesen unter der
Wirkung der Zugkraft, der Bewegungszustand des Materiales kein stetiger ist.
Beim Verlassen der Walze und beim Abkühlen werden die entstandenen Ungleich-
förmigkeiten im Material nicht völlig ausgeglichen; sie werden deswegen beim
Zugversuch später zum Ausdruck kommen müssen und die Bewegung der Theil-
chen beim Fliessvorgang beeinflussen. Die Folge ist, dass die genannten Zeich-
nungen auf der Oberfläche entstehen, und zwar werden die schwerer fliessbaren
Theile an der Oberfläche Erhöhungen, die leichter fliessbaren, Vertiefungen bilden.
Hierbei spielen selbstverständlich auch noch die Unebenheiten der Walzenober-
flächen eine Rolle, indem ihre Erhabenheiten einen stärkeren Druck auf das
Material, also dessen schnelleres Fliesen, ihre Vertiefungen aber einen geringeren
Druck, also langsames Fliesen unter der Walze erzeugen; die am meisten
gedrückten Stellen erscheinen dann beim Fliesen auf der vorher polirten Stab-
oberfläche als Erhabenheiten.

112. Auch aus den vorbesprochenen Erfahrungen erkennt man leicht
den Werth, den das Studium der Fliesserscheinungen beim Zerreiassversuch
haben kann, denn es ist klar, dass Stäbe, die die beschriebenen örtlichen
Erscheinungen zeigen, nicht die ganze Dehnbarkeit des Materiales entwickeln
können, also gewissermassen zu ungünstiger Beurtheilung führen müssen.
Man erkennt aber auch schon an dieser Stelle, dass die Vorbearbeitung,
die das Material vor der Herstellung der Probestäbe zum Festigkeitsversuch
erfuhr, von sehr grossem Einfluss auf das Prüfungsergebniss sein muss.

Auf die Fließerscheinungen an den Staboberflächen ist von manchen anderen Beobachtern auch früher schon aufmerksam gemacht worden, indessen wird an dieser Stelle wohl das bisher Mitgetheilte genügen.

5. Einschnürung.

113. Führt man den Zugversuch über die Streck- oder Fließgrenze hinaus, so erhält man, wie bereits mitgetheilt (44), bei weichen, dehnbaren Materialien vor dem Eintritt des Bruches eine Einschnürung, indem das Material an dieser Stelle schneller zu fließen beginnt, als in allen übrigen Querschnitten des Stabes, wo dann bald ein Stillstand eintritt. Die benachbarten Stabtheile übernehmen gewissermassen die Rolle des Stabkopfes, indem sie der Einschnürung einen Widerstand entgegensetzen. Betreibt man die Maschine, wie es bisher stillschweigend vorausgesetzt wurde und wie es in der Regel geschieht, derartig, dass die Stabverlängerung λ mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich geht, so muss nach Ueberschreiten der Höchstlast die Kraft P abnehmen, wenn die Streckgeschwindigkeit gleich bleiben soll, und in diesen Zeitpunkt pflegt auch der Beginn jener Einschnürung zu fallen. Wegen der schnell wechselnden Kräfte und Querschnitte, deren gegenseitiges Verhältniss beim Versuch ausserordentlich schwer fortlaufend festzustellen ist, kann man sich kein ganz klares Bild von den Spannungszuständen während der Einschnürung verschaffen.

Barba (*L* 105, 118) hat durch folgende Betrachtung versucht, einen Einblick in die Vorgänge und in das Wesen der Einschnürung zu gewinnen. Er denkt sich, wie es in Absatz 101, S. 60 geschah, den Stab in einzelne Längsfasern zerlegt und schliesst, da die äusseren Fasern wegen ihrer Krümmung grössere Länge haben als die gerade gebliebene Mittelfaser, dass sie deswegen auch die grösste Spannung haben und daher eher zu Bruche gehen müssten. Nun sei es aber Thatsache, dass der Bruch immer von der Mittelfaser aus erfolge. Daher müssten in der Einschnürstelle die Aussenfasern auf die Mittelfaser einen Einfluss ausüben, der veranlasse, dass die Mittelfaser am stärksten gespannt sei. Er versucht dies wie folgt zu erklären.

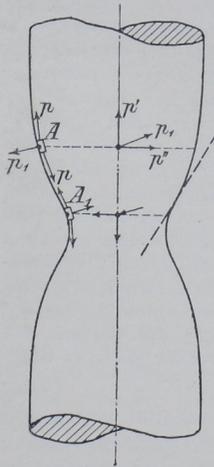


Fig. 66.

114. Irgend ein Element A (Fig. 66) der Aussenfaser im Meridianschnitt ist von zwei gleichen aber entgegengesetzten Kräften p beansprucht, die entsprechend der Faserkrümmung einen Winkel mit einander bilden. Damit Gleichgewicht bestehe, müssen die Nachbartheilchen eine Kraft p_1 auf das Element A ausüben, welche gleich der Resultante aus den Kräften p ist. Indem man diese Betrachtung nach einander auf alle Längsfasern desselben Schnittes anwendet, findet man, dass die Mittelfaser eine Summe von Reaktionskräften p_1 aufzunehmen hat, deren Komponenten p'' sich wegen der Symmetrie zur Stabaxe aufheben, während die Komponenten p' sich summieren und der als Folge der Zugbeanspruchung auftretenden Spannung σ entgegenwirken oder sich zu ihr addieren, je nach der Krümmungsform der Längsfasern in dem betrachteten Querschnitt.