

Radreifenbefestigungen durch den Versuch zu erproben, wurden von Büte (*L 184*) ausgeführt. Bei diesen Versuchen lagerte das fertige Radgestell in seinen Achsbüchsen und wurde unter Druck gegen Scheiben angepresst, welche die Schienen vorstellend, so in Umdrehung versetzt wurden, dass die Geschwindigkeiten des Eisenbahnbetriebes erzielt werden konnten. Die Kränze der Scheiben waren unrund und mit Absätzen versehen, so dass die im Betriebe vorkommenden Stösse, namentlich auch die Seitenstösse, nachgeahmt wurden. Die Konstruktionszeichnung ist in der Quelle angegeben.

**332.** Kürzlich sind in der Versuchsansalt zu Charlottenburg Dauerversuche eingeleitet worden, welche bezwecken, die Arbeitsfestigkeit von Gefässen [Kohlensäureflaschen] mittelst Wasserdruck festzustellen. Bei diesen Versuchen werden Flaschen gleicher Fertigung aus ganz dem gleichen Material unter verschiedenen hohen Anspannungen dem oft wiederholten Wasserdruck ausgesetzt, um diejenige Anspannung aufzufinden, die bei sehr grosser Zahl von Wiederholungen den Bruch nicht mehr herbeiführt. Die Versuche sollen zugleich auch Aufklärung darüber bringen, ob die jetzt vorgeschriebene Wiederholung der amtlichen Druckprobe Gefahr oder Nutzen bringt (*L 185*).

Ganz ähnliche Versuche in noch grösserem Umfange mit Rohrleitungen unter den den hohen Dampfdrucken entsprechenden Hitzegraden sind geplant.

## 6. Brucherscheinungen beim Dauerversuch.

**333.** Wie schon im Absatz *324* erwiesen, tritt der Bruch bei den Dauerversuchen bei einer viel geringeren Anspannung ein, wenn der Stab scharfe Ansätze hat, als wenn er mit Hohlkehlen versehen ist. Es ist aber eine bei den Dauerversuchen allgemein gemachte Erfahrung, dass die Stäbe für Dauerversuche ausserordentlich sauber bearbeitet, ja womöglich polirt sein müssen, wenn nicht irgend eine ganz geringfügig erscheinende Ursache den frühzeitigen Bruch herbeiführen soll. Während beim gewöhnlichen Zugversuch selbst Marken, die rings um den Stab eingerissen sind, sehr selten Anlass zum Bruch an diesen Stellen sind, muss man die Marken zum Ausmessen der Längendehnungen bei Zug-Dauerversuchen sehr vorsichtig anbringen, wenn der Bruch nicht durch sie beschleunigt werden soll. Deswegen werden diese Marken in der Charlottenburger Anstalt meistens als sehr feine Kreuze ausgeführt, deren Schenkel unter  $45^{\circ}$  gegen die Stabaxe geneigt sind.

Findet der Bruch im Querschnitt statt, der die Marken trägt, so wird man immer finden, dass die Bruchlinien von diesen winzigen Fehlstellen ausstrahlen, ein Zeichen, dass diese Stellen in der That den Anlass zum Bruch gaben.

Die Bruchformen und Brucherscheinungen bei Dauerversuchen sind ausserordentlich charakteristisch, so dass man in den allermeisten Fällen mit Sicherheit sagen kann, ob ein vorgelegter Bruch durch plötzliche grosse Ueberanstrengung des Materiales entstanden ist, oder ob viele oft wiederholte kleine Ueberanstrengungen den Bruch herbeiführten. Verschiedene durch den Dauerversuch erzielte Bruchformen sind auf Tafel 2, Fig. 20—23 und 25 abgebildet. Die charakteristischen Eigenschaften sind in Folgendem zu besprechen.

**334.** Man bemerkt an den meisten Abbildungen und weit deutlicher noch an den Probestücken selbst; die früher (122. 210. 276) schon besprochenen Bruchlinien, von einem Punkte ausstrahlend. Der Ausstrahlungspunkt liegt meistens im Umfang des Stabquerschnittes, was erklärlich wird, wenn man bedenkt, dass in den meisten Fällen hier die am stärksten gespannten Fasern liegen [beim Zugversuch (122) ist der Bruchpunkt Ausgang der Strahlung; beim Biegungsversuch (276) und beim Dauerbiegeversuch unter gleichzeitiger Drehung (318. 323) ist das noch ausgesprochenere der Fall; beim Verdrehungsversuch ist die Lage der stärkst gespannten Faser noch abhängig von der Querschnittsform (L 137, § 34)].

Der Ausstrahlungspunkt bildet meistens [die nachfolgende Beschreibung bezieht sich immer auf Flusseisen, wenn nichts anderes gesagt ist] den Mittelpunkt einer elliptisch begrenzten Fläche von sehr feinkörnigem Gefüge, wie in Fig. 235 schematisch angedeutet, an das sich oft mit ganz scharfer

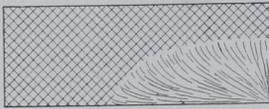


Fig. 235.

Abgrenzung das gröber krystallinische Gefüge anschliesst. Diese elliptische Grenzlinie geht, je nach der Querschnittsform, je nach dem Ort des Strahlungspunktes am Querschnittsumfang und je nach dem Antheil der elliptischen Fläche an der Gesamtquerschnittsfläche, mehr oder minder in die Kreislinie oder die Gerade über.

Die elliptische Fläche bildet sich bei Zugversuchen so gut wie bei Biegungs- und Verdrehungsversuchen aus, nur nimmt bei letzteren die Bruchfläche die schon in der Taf. 2, Fig. 25 und 30 dargestellte charakteristische Form nach Schraubenlinie und Meridianfläche an.

In der elliptischen Fläche bemerkt man häufig concentrisch verlaufende elliptische Ringflächen, deren Begrenzungen dann alle nahezu senkrecht zu den Bruchlinien stehen. Diese Erscheinungen führen ohne weiteres auf diejenigen des muscheligen Bruches über, den sehr viele Körper zeigen, und den man besonders leicht an glasartigen Körpern studiren kann.

**335.** Der muschelige Bruch ist charakterisirt durch wellenförmige, elliptische Ringe, die concentrisch zu einander verlaufend, oft in Gruppen angeordnet sind, Fig. 236. Senkrecht zu den Wellen, oft über Berg und Thal fortlaufend, bemerkt man fast immer mehr oder weniger feine Strahlen. Diese Strahlen werden um so feiner und zahlreicher, je flacher die Wellen werden. Glas zeigt alle diese Erscheinungen ganz besonders charakteristisch, und zufällig gefundene Glassplitter waren es, die zu folgenden Beobachtungen führten.

Mit blossem Auge bemerkt man an den muscheligen Flächen eines solchen Glassplitters leicht die Thatsache, dass, vom Strahlungspunkte ausgehend, die Strahlen (Bruchlinien) sich jedesmal in zwei Aeste zu spalten pflegen, sobald sie über den Rücken einer elliptischen Welle fortschreiten. Diese Spaltungen wiederholen sich fast bei jedem Uebergange, und die Strahlen werden hierbei zuletzt so fein, dass starke mikroskopische Vergrößerung sie erst wieder sichtbar macht. Die Wellen haben in der Nähe des Strahlungspunktes [Ausgangspunkt des Bruches] ihre grösste Tiefe; sie werden immer flacher, je mehr sie sich von ihm entfernen, so dass sie zuletzt ebenfalls nur mit dem Mikroskop an den Formen der Strahlen erkannt werden können. In den tiefen Wellen [in der Nähe des Strahlungs-

punktes] sind die Strahlen nur auf die Wellenthäler beschränkt; sie gehen erst ein wenig später über die Rücken der Berge fort. Fig. 236 [beide untere Bilder] giebt ein Bild von dem Aufbau der Strahlen.

Man bemerkt aus Fig. 236 [unten], dass die Strahlen aus einer steil

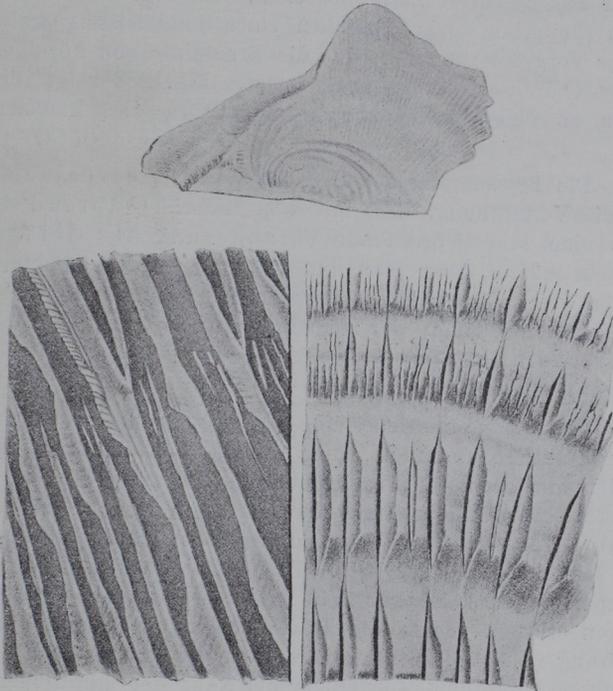


Fig. 236.

und aus einer schwach abfallenden, fast ebenen Fläche gebildet werden; diese Eigenthümlichkeit behalten sie bei, auch wenn sie mikroskopisch klein werden. Die Neigungswinkel beider Flächen scheinen ziemlich gleichbleibend



Fig. 237.

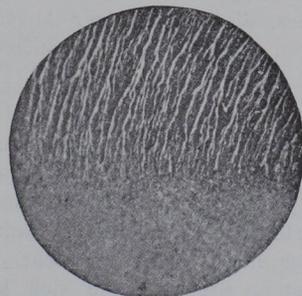


Fig. 238.

zu sein; man sieht daher in den Wellenthälern beide Flächen breiter werden und gegen die Berge sich zuspitzen.

Die Erscheinungen dieser muscheligen Brüche von Glas sind von ganz

ausserordentlicher Regelmässigkeit und erinnern an die Regelmässigkeit der Krystallformen. Man wird sehr leicht die Aehnlichkeiten dieser Erscheinungen mit den früher in den Absätzen 122, 210 und 276 beschriebenen Bruchformen, namentlich mit den bei den Biegungsversuchen (276, Taf. 2, Fig. 27 und 28) beschriebenen entdecken. In Fig. 237 theile ich noch einen durch Einkerbten und Abbrechen eines Stahlmeissels erzielten Bruch in dreifacher Vergrösserung mit, der die Bruchlinie von körnigem Material in besonders charakteristischer Form zeigt. Fig. 238 zeigt die Gabelung der Strahlen an einer Bruchfläche körnigen Materiales in vierfacher Vergrösserung.

**336.** Die Betrachtung der Brüche von Dauerversuchen erweckt gar leicht die Vermuthung, dass mit dem Material während des Dauerversuches eine sehr tiefgreifende Veränderung des Gefüges vor sich gegangen sein müsste, denn man findet das feine, oft sammetartig erscheinende Gefüge der Ellipsenflächen in schroffem Gegensatz zu dem groben, oft krystallinischen Gefüge der sonstigen Bruchfläche. — Und doch ist es unwahrscheinlich, dass wesentliche Gefügeänderungen im Material stattgefunden haben (*L 186*).

**337.** Wenn man ein solches eine möglichst ebene Bruchfläche tragendes Bruchstück [Stahl] so abschleift, dass gerade nur die Brucherscheinungen verschwinden und dann die Bruchflächen polirt und ätzt, so findet man bei mikroskopischer Untersuchung der geätzten Fläche die elliptische Begrenzungslinie nicht wieder, die doch in der Bruchfläche so ausserordentlich scharf erschien (*L 186*). Das Gefüge hat in Folge der wiederholten Anspannungen keine zur Zeit mit dem Mikroskop wahrnehmbaren Aenderungen erlitten. Auch die Härte scheint nach den Versuchen von Spangenberg (*L 175*) [die allerdings nach der in Abs. 348 beschriebenen Einhiemethode ausgeführt wurden] in der Nähe der elliptischen Zone keine andere zu sein, als in der Nähe der krystallinischen. Bauschinger (*L 2*, H. 13, S. 43) zieht aus seinen Versuchen und Beobachtungen ebenfalls den Schluss, dass durch Dauerversuche das Gefüge nicht verändert wird, weil bei Zugversuchen auch solche Stäbe, die eine sehr grosse Zahl von Anspannungen bereits ertragen haben, doch mit allen gewöhnlichen Brucherscheinungen des Zugversuches reissen, während Stäbe ganz gleichen Materiales, die viel weniger Anspannungen aushielten, mit allen Brucherscheinungen des Zug-Dauerversuches reissen.

**338.** Ausser den vorbesprochenen Erfahrungen mahnt aber auch das zum Studium des muscheligen Bruches weiter oben benutzte Vorbild zur Vorsicht bei Rückschlüssen aus dem Bruchaussehen auf das Gefüge des Materiales. Dass im Glase jene überaus regelmässige und gesetzmässige Gefügeanordnung, wie sie in Fig. 236 dargestellt ist, nicht im Material ursprünglich vorhanden ist, kann durch Betrachtung des noch unzerbrochenen Glases im polarisirten Licht mit grosser Schärfe nachgewiesen werden. Selbst an Stücken, die sich hierbei als vollkommen gleichartig und spannungsfrei erweisen, können durch einen einzigen Schlag in kürzester Zeit alle Erscheinungen des muscheligen Bruches erzeugt werden, und man sieht daher klar, dass diese so ausserordentlich regelmässige Anordnung des Bruchgefüges erst im Augenblick des Bruches entsteht, dass sie nur eine Eigenthümlichkeit der Bruchfläche ist und dass ein allein aus dem Bruch-

aussehen abgeleiteter Rückschluss auf Gefügeänderung im Stabe als Folge der oft wiederholten Anstrengungen nicht zulässig ist.

**339.** Die Frage, ob und in welchem Maasse eine sonstige Aenderung der Materialeigenschaften als Folge des Dauerversuches eintritt, kann nur in der früher besprochenen Weise (325) durch wiederholte Untersuchung nach geschehener Anstrengung entschieden werden. Auch Bauschinger hat diesen Weg betreten und sowohl die von ihm aufgestellten, früher (Abschnitt i 2) besprochenen Gesetze als auch seine neueren Versuchsergebnisse lassen eine Veränderung der *P*-Grenze, der Dehnungszahl *a* und der *S*- und *B*-Grenze vermuthen. Leider kann man aus seinen Dauerversuchen (*L* 2, *H*. 13), bei denen die Stäbe mitten im Dauerversuch zur Feststellung der Veränderungen mehrfachen Streckungen ausgesetzt wurden, den Einfluss der Zeit nach dem Strecken auf die Veränderungen (Gesetz *c*, S. 208) der Materialeigenschaften nicht ausscheiden. Diese Aenderungen spielen sich im Stabe, wengleich in anderem Maasse, sicher auch dann ab, wenn der Stab nicht in Ruhe bleibt (Abs. 53), sondern weiter dem Dauerversuch unterworfen wird.

**340.** Auch die Brucherscheinungen bei Dauerversuchen mit nicht gleichmässig gefügten Körpern, z. B. von Schweisseisen u. s. w., sind meistens charakteristisch, indessen würde ihre Aufzählung mehr in eine Sonderabhandlung über die Dauerversuche überhaupt oder über die Eigenschaften bestimmter Materialien gehören. Auf die oben beschriebenen Erscheinungen bin ich hier nur so ausführlich eingegangen, um den inneren gesetzmässigen Zusammenhang aller unter den Absätzen 117—128, 210, 211, 272—276 beschriebenen Brucherscheinungen noch einmal hell zu beleuchten.

## k. Härteprüfung.

**341.** Die Härte eines Materiales ist eine Eigenschaft, die der Maschinenbauer häufig in Anspruch nimmt, die er zuweilen hoch schätzt, wenn er auch nur selten versucht, sie zu messen. Die Technologen haben sich von jeher lebhaft mit dieser Eigenschaft beschäftigt und haben häufig versucht, die Härte der Materialien durch das Maass festzustellen. Die Mineralogen bestimmen regelmässig die Härte ihrer Stoffe. Man sollte also glauben, dass der Begriff der Härte, auch für unsere praktischen Zwecke ausreichend, so vollkommen klar festgestellt sei, wie es z. B. bei der Festigkeit, Elasticität u. s. w. der Fall ist. Aber für keine Eigenschaft der Materialien trifft diese Voraussetzung weniger zu, als auch heute noch für die Härte und die Zähigkeit.

Man hat die Härte zu allen möglichen Eigenschaften in Beziehung gebracht und daher versucht, ihr Maass durch das Maass dieser Eigenschaften auszudrücken. Man findet auf diesem Gebiete in der Literatur sehr viel Unklarheit und sehr stark widerstrebende Anschauungen. Manche Vorstellungsweisen haben sich aber so sehr eingebürgert, dass man sie häufig durcheinander benutzt und für das gleiche Material, je nach den Umständen, einmal den einen, das andere mal den anderen Maassstab anzulegen pflegt, was natürlich zuweilen Verwirrung schafft. Dieser Zustand ist eben nur deshalb möglich, weil es zur Zeit in der Technik noch keine ausreichende und allgemein anerkannte Begriffsfestlegung für die Eigenschaft