

ausgeführt. Im Maschinenbau, im Eisenbahnbetriebe und bei vielen anderen Gelegenheiten, kommen aber sehr häufig Fälle vor, in denen das Material sehr schnell auftretenden Beanspruchungen, ja sogar Stößen ausgesetzt ist.

Die Materialien verhalten sich aber zum Theil recht verschieden gegenüber der ruhigen und der plötzlichen Inanspruchnahme. Stangen aus Pech, Siegellack, Glas u. a. m. kann man ziemlich stark belasten, wenn die Last ruhig und langsam wirkt. Pech und Siegellack geben bei langer Einwirkung allerdings schon sehr geringen Belastungen nach; sie erweisen sich unter diesem Umstande als sehr bildsam und zähe, aber ganz geringe Schlagwirkungen sind ausreichend, um sie ohne erkennbare Streckungen oder Biegungen zu zertrümmern. Das Material einer Eisenbahnschiene kann recht gute Ergebnisse bei Zug- und Biegeversuchen unter ruhiger Inanspruchnahme, aber sehr schlechte bei stossweiser Beanspruchung liefern. Aus diesem Grunde ist es schon früh gebräuchlich gewesen, Schienen und anderes Material unter dem Fallwerk zu prüfen. Erst als der Zerreißversuch wesentliche allgemeine Verbreitung fand, ging man zunächst mehr von der Prüfung durch den Fallversuch ab; in neuerer Zeit ist er jedoch wieder mehr zu Ehren gekommen.

224. Die Fallversuche werden unter sogenannten Fallwerken ausgeführt, Maschinen, bei denen ein schwerer, zwischen senkrechten Schienen geführter, aus der Höhe herabfallender Körper das Probestück so trifft, dass es auf Zerdrücken (Stauchen), Zerreißen, Biegen, Verdrehen, Abscheeren, Lochen u. s. w. beansprucht wird. Man pflegt die Fallversuche entweder an einfach gestalteten, zu dem Zweck besonders hergerichteten Probestücken, oder an ganzen Konstruktionstheilen (Achsen, Schienen, Radreifen u. s. w.) auszuführen.

2. Fallwerke.

225. Versuche mit dem Fallwerk lassen sehr bald erkennen, dass das Ergebniss durch die Art der Lagerung der Probestücke, durch die Massen des Apparates und manche anderen Dinge sehr merklich beeinflusst wird und dass man, namentlich auf verschiedenen Fallwerken, unter gleichen Versuchsbedingungen abweichende Ergebnisse erhalten kann. Wie auch die sonstigen zu Versuchszwecken benutzten Maschinen und Apparate der ständigen Kontrolle bedürfen und man bestimmte Konstruktions-Grundlagen für alle Apparate festhalten muss, wenn sie unmittelbar vergleichbare Ergebnisse liefern sollen, so ist dies auch bei den Fallwerken und zwar in erhöhtem Maasse der Fall. Nachdem hier lange Zeit ziemliche Willkür geherrscht, hat zuerst die „Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren“ zu Dresden im Jahre 1886 (*L 128 S. 9*) Grundsätze aufgestellt, denen die Konstruktion eines Fallwerkes genügen muss, um vergleichbare Ergebnisse zu liefern. Der „Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen“ hat dann im Grossen und Ganzen diese Grundsätze für die Konstruktion derjenigen Fallwerke übernommen, mit denen die bei der Abnahme von Eisenbahnmaterial anzustellenden Fallproben ausgeführt werden.

226. Da vorauszusehen ist, dass die Vorschriften des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen immer mehr zu allgemeiner Annahme gelangen werden, so seien hier die Grundbedingungen, denen ein

Fallwerk zu genügen hat, in erster Linie nach diesen Bestimmungen dargestellt; sie seien indessen ergänzt durch die Vereinbarungen der oben genannten Konferenzen. Um den Ursprung der nachstehenden Bestimmungen äusserlich erkennen zu können, sind die von den Eisenbahnverwaltungen aufgestellten Vorschriften am Schluss der Sätze mit einem *E* und die als Ergänzung angeführten Vereinbarungen der Konferenzen am Schlusse mit einem *K* bezeichnet.

1. Von der vollständigen Konstruktion eines Normalfallwerkes ist Abstand zu nehmen, vielmehr sind nur über diejenigen Theile genaue Vorschriften zu machen, welche einen Einfluss auf das Versuchsergebniss haben können. Es wird empfohlen, das Gestell der Fallwerke in Eisen auszuführen und es im geschlossenen Raum aufzustellen. *K*.
2. Als normales Bärgewicht ist 1000 kg anzunehmen; ausnahmsweise auch 500 kg zuzulassen. *K*.
Das Bärgewicht soll bei der Prüfung von Schienen, Axen und Radreifen zwischen 600 und 1000 kg, bei der Prüfung von Radgestellen 200 kg betragen. (Für Lokomotivaxen wird an anderer Stelle ein Bärgewicht von 800 kg vorgeschrieben.) *E*.
3. Die Bärmasse kann aus Gusseisen, gegossenem oder geschmiedetem Stahl bestehen. Die Bärform ist so zu wählen, dass der Schwerpunkt der ganzen Bärmasse möglichst tief liegt. *K*.
4. Die Schwerlinie des Bären muss in die Mittellinie der Bärführungen fallen. *E. K*.
5. Besondere Marken auf dem Ambos oder der Schabotte sollen diese Mittellinie kenntlich machen. *K*.
6. Das Verhältniss der Führungslänge des Bären zur Lichtweite zwischen den Schienen soll grösser als 2:1 sein. *K*.
7. Die Führungsprismen sind aus Metall, z. B. Eisenbahnschienen und so herzustellen, dass dem Bären kein grosser Spielraum bleibt. Schmierung der Führungen mit Graphit wird empfohlen. *K*.
8. Es ist eine besondere Hammerbahn aus geschmiedetem Stahl einzusetzen und durch Schwalbenschwanz und Keil durchaus centrisch zur Schwerlinie des Bären zu befestigen. Durch besondere Marken soll die Erfüllung dieser Bedingung erkennbar gemacht sein. *K*.
9. Die Hammerbahn ist stets eben zu machen; dementsprechend sind in allen Fällen, also bei der Prüfung von Schienen, Axen, Radreifen, Federn u. s. w. jedesmal bestimmte Aufsatzstücke von zweckentsprechender Form mit oberer ebener Fläche zu benützen. Die Aufsatzstücke müssen ein möglichst geringes Gewicht haben. *K*.
Begründung: Der gleiche Bär mit ebener Schlagbahn wird für alle Fälle mit Rücksicht auf die Vereinfachung der Zurichtungen für das Normalschlagwerk und auf die einmalige Berichtigung des Bärgewichtes nach Punkt 19 und 20 empfohlen. *K*.
10. Die Hammerbahn soll nach einem Halbmesser von nicht unter 15,0 cm abgerundet sein; bei Schlagversuchen mit Radreifen soll die Hammerbahn auf ein dem Querschnitte des zu prüfenden Stückes entsprechendes, in seiner oberen Fläche ebenes Aufsatzstück schlagen, dessen Gewicht kleiner als 20 kg sein soll. *E*.
11. Bei Veröffentlichungen von Versuchsergebnissen oder bei Ausstellung

von Prüfungszeugnissen ist die zur Verwendung gekommene Form der Aufsatzstücke genau anzugeben. *K.*

12. Die Auslösevorrichtung für den Bären soll so beschaffen sein, dass durch sie der freie Fall des Bären nicht beeinflusst wird. *E.*

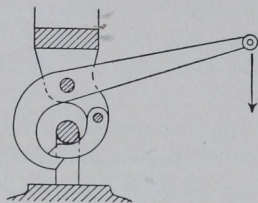


Fig. 169.

Die in Fig. 169 dargestellte Auslösevorrichtung wird besonders empfohlen. *K.*

Es ist eine Einrichtung zu treffen, durch welche das zufällige Herabfallen des theilweise oder ganz gehobenen Bären verhindert wird. *E.*

13. Das Schabottengewicht soll mindestens das 10fache des Bärgeichtes betragen. *K.*

Das Schabottengewicht soll mindestens 10000 kg betragen. Dieser Untersatz soll aus einem Stück Gusseisen bestehen. *E.*

14. Das Fundament soll unelastisch aus einem soliden Mauerkörper gebildet sein, dessen Grösse durch die Baugrundverhältnisse bedingt ist, *K. E.*, dessen Höhe aber mindestens 1 m betragen muss. *E.*

15. Die Auflagerstücke für den Probekörper sind an der Schabotte solide zu befestigen, z. B. zu verkeilen. *K. E.*

16. Es sind Einrichtungen zu treffen, durch welche das Herausspringen der Schienen, Axen und Radreifen aus den Auflagern nach erfolgtem Schlage verhindert wird, ohne deren freie Bewegung zu beeinflussen. Auch muss eine Vorrichtung vorhanden sein, durch welche der Radreifen zur Aufnahme des Schlages in richtiger Stellung gehalten wird. *E.*

17. Fallwerke bis zu 6 m Fallhöhe verdienen ein grösseres Zutrauen als solche mit grösseren Höhen; es empfiehlt sich daher, bei Neuanlagen 6 m Höhe nicht zu überschreiten. *K.*

18. Die Höhenthellung zur Ermittlung der Fallhöhe des Bären soll an der Geradföhrung verschiebbar sein und das Schlagmoment (Fallhöhe mal Bärgeicht = HG) in Meterkilogrammen angegeben werden. Nach jedem Schlage ist die Fallhöhe des Bären entsprechend der stattgehabten Formänderung des Probestückes zu regeln. *E.*

Bei Benutzung mehrerer Bären von verschiedenem Gewichte dürfte es praktischer sein, die verschiedene Höhenthellung nach Metern [Centimetern] anzunehmen, weil dann für alle die gleiche Theilung benutzt werden kann. Man beachte die grosse Mannigfaltigkeit der von *E.* vorgeschriebenen Bärgeichte unter Satz 2.

19. Jedes Normal-Fallwerk ist zu aichen. *K.*

Begründung: Es ist nicht ausgeschlossen, dass Fallwerke, welche mit allen Vorsichtsmaassregeln konstruirt sind, durch unübersehbare Einflüsse dennoch unrichtige Wirkungen geben. Man kann nur dann vergleichbare Ergebnisse erhalten, wenn man die Reibungsverluste in Rechnung zieht, beziehentlich ausgleicht. *K.*

20. Zur Ermittlung des wirksamen Bärgeichts können folgende Verfahren benutzt werden:

a) Man schaltet zwischen dem Bären und der Auslösung eine genügend kräftige Federwage ein und liest das wirksame Bärgeicht während des langsamen Sinkens des Bären

ab. Man erhält so das Bärgewicht weniger der Reibung, beim Anheben des Bären aber sein Gewicht einschliesslich der Reibung.

β) Man bestimmt das Bärgewicht aus der Wirkung eines Schlages von bestimmter Fallhöhe auf einen genau centrisch eingestellten kupfernen Normalcylinder, welcher aus bestem Stehbolzenkuper herzustellen ist und eine bestimmte, noch festzustellende Form und ein bestimmtes Gewicht haben soll. *K.*

21. Solche Normalkupfercylinder sollen auch zur Vergleichung der einzelnen Schlagwerke unter einander, zur Aichung derselben, benutzt werden. *K.*

[Die königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt in Charlottenburg giebt auf Antrag solche verglichene Normalkörper ab.]

22. Schlagwerke, bei denen die Reibungsarbeit grösser als 2% der Schlagarbeit des Bären ist, sind zu verwerfen. *K.*

227. Zur Ausführung wissenschaftlicher Versuche hat Kick (*L 100*, S. 101) sich eines ballistischen Fallwerkes bedient, dessen Konstruktion er in der Quelle ausführlich mittheilt. Der Konstruktionsgrundsatz ist folgender.

Der Bär *B* und der Ambos *A* Fig. 170 sind an Drähten *ac* und *bd*

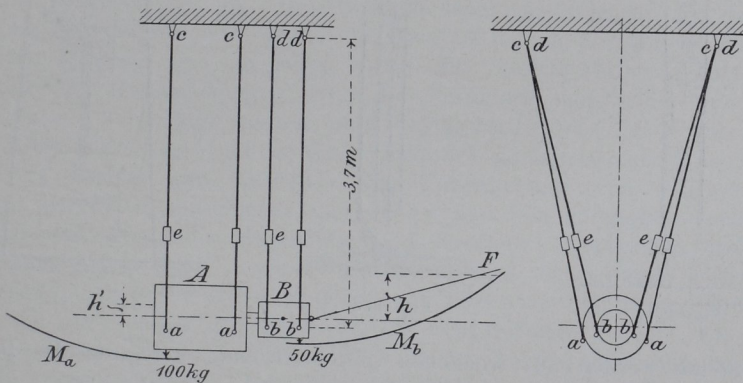


Fig. 170.

an der Decke aufgehängt, so dass beide Pendelbewegungen über den Messbögen *Ma* und *Mb* ausführen können. Die Aufhängungen sind so angeordnet, dass Schaukelbewegungen des Bären aus der Senkrechten heraus ausgeschlossen sind und durch die Schraubenverbindungen *ee* die Mittellinien von Bär und Ambos genau in eine Linie gebracht werden können. Zum Zwecke des Versuches wird der Versuchskörper am Ambos befestigt und der Bär durch Zurückziehen mittelst einer Hanfschnur in die beabsichtigte Höhenlage gebracht, die man mittelst einer Marke am Bogenmaass *Mb* ablesen kann. Die Auslösung des Bären erfolgt durch Abbrennen der Schnur *F*, so dass er ohne Seitenschwingungen fällt. Ein Theil der in *B* aufgespeicherten Arbeit wird zur Formänderung des Probekörpers angewendet und ein anderer auf den Ambos *A* übertragen, der einen entsprechenden Ausschlag macht, welchen man am Messbogen *Ma* ablesen kann.

228. Für die Charlottenburger Anstalt habe ich mehrere kleine Fallwerke konstruiert, deren Bärgegewichte zwischen 0,5 und 200 kg schwanken. Das kleinste dieser Fallwerke hat als Bärführung ein gezogenes Eisenrohr, in dem der Bär, aus Stahl mit glasharter Schlagfläche, durch einen Faden gehoben, in der Höhe durch einen einfach vorgehaltenen Stift abgefangen, und durch Zurückziehen dieses Stiftes lässt man den Bären aus der gewünschten Höhe herabfallen. Das in Fig. 171 skizzierte kleine Fallwerk war ursprünglich für die vergleichende Bestimmung der Härte von Jagdschrot bestimmt, hat aber seitdem mannigfache Anwendung gefunden.

229. Ein anderes etwas grösseres Fallwerk dient zur Prüfung von Bausteinen, Belagplatten, Dachsteinen, Pappen u. s. w. auf Stossfestigkeit und arbeitet mit freifallenden birnförmigen Bären von 1 bis 5 kg Gewicht.

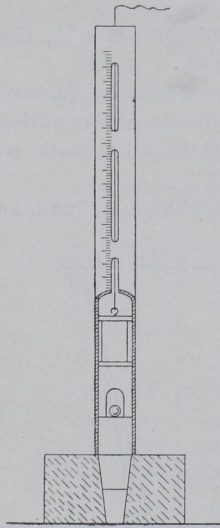


Fig. 171.

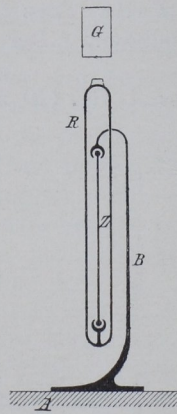


Fig. 172.

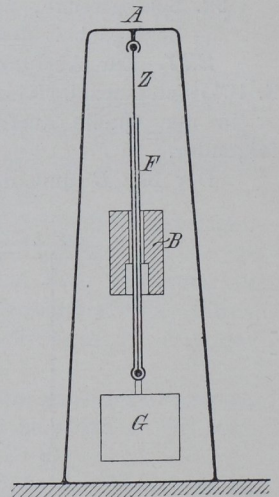


Fig. 173.

Die Steine werden auf trockenem gesiebtem Sand gelagert, die Pappen werden auf Holzrahmen aufgenagelt.

230. Ein Fallwerk von 4,5 m Fallhöhe und mit Bären von 20 bis 100 kg arbeitend, ist so konstruiert worden, dass es alle möglichen Arten von Festigkeitsversuchen unter Fallwirkung zulässt. Es ist für Zerreiß-, Biege-, Stauch- und Beulungsversuche eingerichtet, und auch Scheer- und Lochversuche kann man unter Benutzung der in Abs. 216 und 223, Fig. 161 und 168 dargestellten Vorrichtungen ausführen.

Die Einrichtung zur Ausführung von Zerreißversuchen¹⁾ unter diesem Fallwerk besteht im Grundsatz aus einem Bock *B*, Fig. 172, der auf dem Ambos *A* befestigt wird, und aus einem Rahmen *R*, der zwischen den Führungsschienen des Fallwerkes gleitet. Der Probestab *Z* wird mit dem oberen Ende in dem Bock *B*, mit dem unteren Ende in dem Rahmen *R* mit Beilegeringen ähnlich so befestigt, wie es in Abs. 70, Fig. 27, hinsichtlich der Ausführung von Zerreißversuchen besprochen wurde. Der Bär *B*

¹⁾ Eine ähnliche Einrichtung ist schon von Uchatius benutzt worden (*L* 100, S. 32).

schlägt auf den Kopf des Rahmens *R*, und dieser überträgt den Schlag auf die Probe, welche ihn durch den Bock *B* in den Ambos leitet.

231. Für die Prüfung von Radgestellen und Flusseisenscheibenrädern wird von den deutschen Eisenbahnverwaltungen neuerdings folgende Fallprobe vorgeschrieben.

Die Radgestelle und Scheibenräder werden mit dem Felgen- bzw. Spurkranze auf Holzunterlagen wagerecht gelagert. In die Nabenbohrung wird eine aus vier Segmentstücken bestehende Buchse geschoben, die im Inneren auf je 2,0 cm Länge um 0,1 cm verjüngt ist. Ein genau in die Buchse passender Stahldorn von quadratischem Querschnitt wird in die Buchse eingetrieben; bei den Rädern mit einer Nabenbohrung von 14,5 cm, geschieht dies durch 6, bei denen mit 13,0 cm Nabenbohrung durch 5 Schläge, mit einem 200 kg schweren Bären, die nacheinander aus 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 und 4 m Höhe erfolgen. Vor der Benutzung sind die Dorne und Innenflächen der Buchse mit Oel abzureiben und wieder trocken abzuwischen.

232. Ein viertes Fallwerk konstruirte ich für die Charlottenburger Anstalt zur Ausführung von Schlagversuchen mit Drahtseilen, die auf die Wirkung einer sehr grossen Zahl kleiner Schläge geprüft werden sollten. Hierbei ist der Ambos aus einem kräftigen Eisengerüst *A*, Fig. 173, gebildet. An diesem ist das Seil *Z* aufgehängt, das unten mit einem Gewicht *G* beschwert ist. Das Gewicht trägt ein Gasrohr *F*, das als Führung für den Bären *B* dient, der etwa 13 mal in der Minute von der Maschine gehoben und ausgelöst wird. Mit diesem Fallwerk sind sehr umfangreiche Untersuchungen über die Festigkeit von Seilen und Seilverbindungen ausgeführt worden, über welche Rudeloff (*L 153*) berichtete.

233. Von Rudeloff ist dieses Fallwerk auch mit einer Einrichtung versehen, welche zur vergleichenden Untersuchung von Schotter zur Bettung der Eisenbahnschienen gedient hat und sich vorzüglich bewährte. Er liess den Kies oder Steinschlag auf bestimmte Korngrösse absieben und brachte ihn dann in einen Kasten, dessen Seitenwände fest oder beweglich eingestellt werden konnten, und liess nun den Bären, dem die Form der Stopfhacke gegeben war, in den Schotter fallen. Als Vergleichsmaassstab wurde das Maass und die Art der Zerkleinerung benutzt, die das Schottermaterial bei einer bestimmten Summe von Schlagarbeit erfuhr. Der Grad der Zerkleinerung wurde hierbei durch wiederholtes Aussieben festgestellt.

234. In seiner einfachsten Form wird das Fallwerk häufig in Eisen- giessereien zum Zerschlagen grosser Gussblöcke und gelegentlich auch zur Erprobung von Gusseisen benutzt.

Hierbei legt man auf eine Unterlage von gleichmässig aufgesiebttem Formsand eine Probepatte von 1 m im Quadrat, 2 cm stark, Fig. 174, und lässt auf die Mitte einen Bären von 25 kg Gewicht aus verschiedenen Höhen fallen, indem man die Fallhöhe von 25 zu 25 cm wachsen lässt. Jüngst (*L 154*) prüfte auf diese Weise gusseiserne Platten, von denen die besten erst bei 4 m einen Riss bekamen und bei 5,25 m zersprangen.

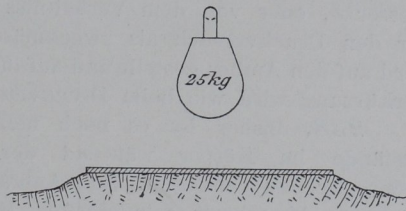


Fig. 174.

235. Aus den voraufgehenden Absätzen ergibt sich, dass das Fallwerk in einfacher Form zu allerlei Versuchen, namentlich im Fabrikbetriebe zur Kontrolle der Materialien weit leichter und bequemer benutzt und verworthen werden kann als die Zerreiissmaschine, weil es billiger, einfacher in der Bedienung ist, weniger Probenbearbeitung erfordert und das Versuchsergebniss sehr schnell liefert; man kann auch die Art der Versuchsausführung sehr leicht besonderen Bedürfnissen anpassen. Aus allen diesen Gründen sollte man bestrebt sein, dem Fallversuch immer mehr Eingang in das Prüfungswesen zu verschaffen.

3. Stauchversuch.

236. Dem Druckversuch unter ruhiger Belastung auf der Festigkeitsprobirmaschine entspricht der Stauchversuch unter dem Fallwerk; die Probekörper können die gleichen Formen erhalten, wie beim Druckversuch. Der Unterschied zwischen beiden Beanspruchungsarten besteht im wesentlichsten darin, dass in dem einen Falle die Formänderung sehr schnell, in dem Bruchtheil einer Sekunde, und im anderen Falle langsam ausgeführt wird.

Bei der Zerreiissmaschine können die wirkende Kraft und die hierdurch erzielten Formänderungen unmittelbar gemessen werden, man kann also auch die zur Formänderung aufgewendete mechanische Arbeit ohne weiteres messen; sie wird ganz an das Probestück abgegeben. Der gemessene Betrag ist also die Nettoarbeit.

Beim Fallwerk geht aber ein grosser Theil der im fallenden Bären aufgespeicherten Arbeit verloren, und man kann nur die Gesamtarbeit, die Bruttoarbeit des Bären $A = HG$ messen, wenn G das Bärgewicht in kg und H die Fallhöhe in m ist.

Man bemerkt also schon hier, dass die beiden für gleiche Formänderungen aufgewendeten Arbeitsbeträge nicht unmittelbar in Vergleich gestellt werden können.

237. Die praktische Ausführung der Stauchversuche gestaltet sich ebenso einfach, wie beim Druckversuch. Ein prismatischer Körper, in der Regel ein Würfel oder ein Cylinder von der Länge l gleich dem Durchmesser d , oder von dem Verhältniss $l = 0,886 d$, d. h. $\sqrt{f}/l = 1$ [wie sie für den Druckversuch als zweckmässig befunden wurden, 167, S. 119], wird auf den Ambos gestellt und auf ihn der Bär fallen gelassen. Die Längenverkürzung wird wie beim Druckversuch gemessen.

238. Bisher ist es noch nicht versucht worden, die Spannungszustände im Körper während der Formänderung durch den Schlag rechnerisch zu verfolgen, eine Aufgabe, die wegen der verwickelten Vorgänge recht schwer sein dürfte. Man begnügte sich damit, die Brutto-schlagarbeit mit den erzielten Formänderungen einfach in Vergleich zu stellen. Dies geschieht am besten und übersichtlichsten durch Schaubilder. Wie früher kann man die Schaubilder für den ganzen Körper als solchen auftragen, also die Gesamtarbeit $A = Gh$ in Verbindung mit der erzielten Verkürzung $-\lambda$, oder man kann die spezifische Schlagarbeit, d. h. den von der Raum- oder von der Gewichtseinheit des Probekörpers aufgenommenen Arbeitsantheil, mit der Stauchung der Längeneinheit $-\varepsilon = \lambda/l$ in Verbindung bringen.