

Ueber die Metalle, aus welchen die Ankergänge gefertigt werden.*)

Es ist eine der wichtigsten Fragen bei der praktischen Ausführung des Ankerganges, von welchem Metall man die Theile desselben am zweckmässigsten anfertigt, und dieser Gegenstand verdient es, dass sich jeder Uhrmacher ernstlich damit beschäftige.

Wenn man indessen die verschiedenen Wege vergleicht, welche in einzelnen Fabrikationsgebieten eingeschlagen worden sind, so zeigen sich ziemlich abweichende Ansichten über diesen Punkt.

Bei den englischen Ankergängen findet man fast ausnahmslos das Gangrad von Messing und den Anker und die Gabel von hartem Stahl.

Die Schweizer Ankergänge zeigen schon eine grössere Mannigfaltigkeit, doch sind die meisten Gangräder, alle Anker und die überwiegende Anzahl der Gabeln von hartem Stahl. Hin und wieder sieht man wohl Schweizer Ankeruhren mit messinginem und vergoldetem Gangrade und Gabeln von Messing oder Neusilber, doch scheint es fast, als ob man dies dort als reine Geschmackssache und ohne Rücksichtnahme auf den praktischen Dienst der wirkenden Theile behandelte.

Um nun die Fragen zu beantworten, welches Metall am geeignetsten zu Ankergängen sei, müssen wir untersuchen, welche Gründe für und gegen jedes der hier zu berücksichtigenden Metalle sprechen.

Um mit dem Stahl anzufangen, lässt es sich nicht leugnen, dass in verschiedenen wesentlichen Punkten die Theile des Ankerganges sehr zweckmässig von Stahl gefertigt werden können. Die Härte und Elastizität des Stahles und seine Fähigkeit, eine schöne Politur anzunehmen, sowie sein niedriges spezifisches Gewicht, geben ihm den Vorzug vor den anderen Materialien, welche hier in Frage kommen können. Doch hat derselbe auch bedenkliche Schattenseiten, welche ganz entschieden gegen die Verwendung desselben sprechen.

Hievon nennen wir zuerst seine Empfänglichkeit für die Oxydation oder das Rosten. Wenn wir bedenken, wie sorgfältig der Gangmacher die Reibung der wirkenden Theile des Ankerganges durch sorgfältige Politur auf das geringste Maass zurückzuführen strebt, so ist es ein bitterer Gedanke, dass diese schön polirten Theile durch eine einzige unvorsichtige Berührung mit einer schweisigen Hand beim Reparieren der Uhr, oder auch sogar durch atmosphärische Einflüsse oder durch Entwicklung von Chlorgas und sauren Dämpfen in dem Raume, wo die Uhr zeitweilig sich befindet, nicht nur ihr schönes Aussehen, sondern auch ihre glatte Oberfläche, welche mit so vieler Mühe hervorgerufen ist, verlieren. Manches ausgezeichnete Stück Arbeit ist durch den zerstörenden Einfluss des Rostes für immer verloren gegangen.

Eine zweite bedeutende Gefahr, welche aus der Verwendung des Stahles zu Ankergängen entspringt, ist dessen Empfänglichkeit für Magnetismus. Besonders in Uhren mit Kompensations-Urühr, welche letztere notwendigerweise viel Stahl enthält, übt es den allernachtheiligsten Einfluss auf den Gang, wenn irgend ein wirkender Theil nur im geringsten magnetisch geworden ist. Dies ist ein nicht allzu seltenes Vorkommnis, dessen Ursachen noch durchaus nicht genügend erforscht sind und welches durch die grösste Sorgfalt oft nicht verhindert werden kann. Die Gabel, als der längste von den Theilen des Ankerganges, ist am meisten von allen für magnetische Polarität empfänglich, und die Folgen hiervon sind bei Uhren, die regulirt waren, eben darum so verderblich, weil sich die Wirkung der magnetischen Kraft an den Endpunkten der Gabel äussert. In solchen Fällen zeigen Uhren, die sonst alle Bedingungen, welche einen genauen Gang sichern, in sich vereinigen, ganz unerklärliche Abweichungen von höchst unregelmässiger Natur.

Eine dritte grosse Schattenseite des Stahles ist die Nothwendigkeit, ihn für solche Zwecke zu härten. Im ungehärteten Zustande würde der Stahl kaum einen wesentlichen Vorzug vor anderen guten Materialien gewähren. Auf der anderen Seite bringt das Härten der Stahltheile eine unvermeidliche Gefahr für die Festigkeit derselben hervor, so dass Niemand dafür verantwortlich gemacht werden kann, dass ein Stück nach dem Härten irgend

einen Sprung oder Fehler zeigt, welcher dasselbe oft erst dann werthlos macht, wenn man die Mühe des Vollendens auch noch daran gewendet hat. — Es mag sein, dass die Erfahrung und Geschicklichkeit des Arbeiters solche Unfälle zu sehr seltenen Vorkommnissen macht, aber es ist trotzdem ein beunruhigender Gedanke, wenn man sich sagen muss, dass in irgend einem Theile des Ganges, welchen man hergestellt hat, möglicherweise eine verborgene Neigung zum Zerbrechen oder Zerspringen liegt.

Ueberdem veranlasst die Nothwendigkeit, die gehärteten Stahltheile überall zu poliren, oder mindestens zu schleifen, eine nicht unbedeutende Arbeit, namentlich bei dem Rade, und hierdurch erhöhen sich natürlich die Herstellungskosten.

Diese natürlichen Fehler des Stahles würden längst dahin geführt haben, denselben gar nicht mehr zu Uhren zu verwenden, wenn ein anderes Material zu Gebote stände, das ihn ersetzen könnte. So lange dies nicht der Fall ist, sind wir allerdings genöthigt, den Stahl zu Trieben, Wellen, Zapfen, Schrauben etc. zu verwenden; doch besteht keineswegs die gleiche Nothwendigkeit, das Rad, den Anker und die Gabel unserer Ankergänge von demselben Material zu machen, da es Metalle giebt, welche sich augenscheinlich ebenso gut und besser noch dazu eignen.

Ein zweites Metall, welches häufig zu Ankergängen, namentlich zu den Rädern derselben Verwendung findet, ist das Messing. Es hat für diesen Zweck sehr werthvolle Eigenschaften und zeigt, wenn es gut gehämmert ist, eine bedeutende Dichtigkeit und Federhärte. Sein spezifisches Gewicht, obgleich $\frac{1}{2}$ mehr als das des Stahles, ist wohl noch kein bedenklich hohes, und das Messing ist frei von den oben erwähnten Schattenseiten des Stahles. Es würden sonach manche Gründe für die Verwendung desselben zu Ankergängen sprechen. Trotzdem ist aber zu bedenken, dass Messing, wenn auch noch so gut vorbereitet, niemals auch nur annähernd der Härte und Federkraft des gehärteten Stahles gleich kommt. — Ein Gangrad von Messing sollte stets polirt, nie vergoldet werden, weil bei der Anwendung der Feuervergoldung die Räder ihre Härte verlieren und die galvanische Vergoldung doch nur eine lockere Oberfläche besitzen kann, welche, wenn sich feine Theile ablösen, diese einen verderblichen Einfluss auf das Oel ausüben können.

Das Neusilber (Pactong, Argentan, von den Schweizern Uhrmachern fälschlich Nickel genannt, denn Nickel ist nur ein wesentlicher Bestandtheil desselben) ist in seinen physikalischen Eigenschaften dem Messing überlegen; doch will man die Erfahrung gemacht haben, dass die Reibung in der Gabel von Neusilber unvortheilhafter ist, als in Gabeln von Messing und Stahl.

Um das Jahr 1860 wurde in Wien eine Legirung erfunden, welche den Namen Sterro-Metall führte. Es besteht dasselbe vorwiegend aus Kupfer und Zink mit einem kleinen Zusatz von Zinn und Eisen (56 Theile Kupfer, 41 Th. Zink, 2 Th. Zinn und 1 Th. Eisen) und es wurde von demselben bedeutende Bearbeitbarkeit und auch Schmiedbarkeit, welche das Messing bekanntlich nicht besitzt, sowie grosse Zähigkeit gerühmt.

Es schien mir, als müsste dieses Metall zu Gängen und anderen Theilen feiner Mechanismen sehr vortheilhaft zu verwenden sein. Um mich davon zu überzeugen, bezog ich eine Probe sendung davon, in verschiedenen Stärken, und fand es im Aussehen einem rüthlichen Messing sehr ähnlich. Die absolute Festigkeit desselben wurde mit 5400 kg für den Quadrat-Centimeter angegeben, also der des Stahles sehr nahe kommend, und etwa das Doppelte von der des Messings.

Dies war mir Anlass genug, die Verwendbarkeit dieser Legirung für die Zwecke der Uhrmacherei zu untersuchen. Ich schnitt von einem Blech von 2,5 mm Stärke 5 Streifen, jeden

*) Aus Moritz Grossmann's Preisschrift über den freien Ankergang für Uhren.

von 18 mm Breite ab, welche ich in verschiedener Weise bearbeitete. Den ersten walzte ich auf einem guten Walzwerk nach und nach zu der Stärke von 1,1 mm, bei welcher Stärke ich die Arbeit unterbrechen musste, da das Stück überall an den Kanten Risse bekam. Die zweite Probe erhitze ich bis zum beginnenden Rothglühen und kühle sie in Wasser ab. Hierdurch verminderte sich die ursprüngliche Härte des Metalles sichtlich, aber nicht so sehr, als dies beim Messing der Fall ist. Nun wurde der Streifen ebenfalls gewalzt bis zu einer Stärke von 1,1 mm, und diese Verminderung auf weniger als die Hälfte war gleichwohl ohne jeden Nachtheil für die Haltbarkeit und Gesundheit des Metalles vor sich gegangen. Nach nochmaligem Glühen und Abkühlen walzte ich es bis auf 0,6 mm. Obgleich die Probe nun bis auf mehr als das Dreifache der ursprünglichen Länge ausgestreckt war, zeigte es doch nicht den geringsten Riss. Ich schnitt nun einen Theil davon ab, glühte ihn und walzte ihn darauf bis auf 0,2 mm. Somit war die ursprüngliche Stärke des Blechstreifens bis auf 8 Prozent vermindert und die Beschaffenheit des Metalles war völlig tadellos. Härte und Federkraft waren sehr befriedigend und es brach nur durch eine Biegung in sehr scharfem Winkel. — Die dritte Probe walzte ich, nachdem sie in derselben Weise gegläht und abgekühlt war, bis auf 0,75 mm, worauf der ganze Streifen durch und durch zersprang und rissig war. — Die vierte Probe walzte ich vier Mal mit Rothglühhitze durch, und die fünfte schmiedete ich ebenfalls mit viermaliger Rothwärme.

Die beiden letzteren Proben waren von vortrefflicher Federhärte.

Diese Versuche bewiesen mir zur Genüge, dass das Sterrometall sehr vortheilhaft zu Ankerhängen zu verwenden sein müsse, und ich habe manchen Gang von diesem Metall verarbeitet, ohne jemals einen Nachtheil dabei zu finden. Dieser Grad von Zähigkeit und Streckbarkeit ist von keinem Messing, auch nicht von dem besten Augsburgs oder englischen Messing erreicht worden.

Das spezifische Gewicht des Sterro ist 8,9, also ziemlich dem des Messings gleich, und seine Ausdehnungszahl ist ein wenig grösser als die von Messing. — Ich versuchte das Sterro auch zu anderen Zwecken zu verwenden, z. B. zu Zahnrädern. Hierzu wollte es sich aber nicht recht eignen, da es beim Schneiden sich an die Fräse anrieb. Die polirten Oberflächen des Sterrometalles haben nicht ganz das schöne Aussehen, als die von gut hart gehämmertem Messing.

Wenn es gut gehämmert ist, ist Gold ebenfalls ein sehr gutes Material zur Anfertigung von Ankerhängen. Es kommt in Härte und Dehnbarkeit dem Sterro fast gleich, doch bricht es wesentlich leichter als dieses. Es ist für diesen Zweck keineswegs erforderlich Gold von 18 Karat zu verwenden. Die Legirung von 12 Karat ist noch härter und nimmt eine sehr schöne Politur an.

Eine Einwendung kann man allerdings dagegen erheben, und dies ist das bedeutende spezifische Gewicht des Goldes, denn schon das 12-karätige Gold hat eine spezifische Schwere von 14,0. Dies ist zu schwer für Gangtheile und vermehrt die Trägheit dieser Theile bedeutend, ein Umstand, welcher bei dem Ankerhänge, dessen Bewegung so viele Unterbrechungen erleidet, nicht unterschätzt werden darf. Uebrigem ist auch der hohe Preis des Goldes ein Hinderniss für dessen allgemeine Anwendung.

Nimmt man ein möglichst geringes spezifisches Gewicht als Gesichtspunkt an, so würde man diese Eigenschaft in sehr hervorragender Weise bei dem Aluminium vorfinden. Indessen taugt dasselbe zur Anfertigung von Ankerhängen darum nichts, weil es unmöglich ist, demselben die Härte und Elastizität zu geben, welche für diesen Zweck erforderlich sind.

Eine von den Legirungen des Aluminiums zieht sich längerer Zeit die Aufmerksamkeit der Techniker auf sich, durch ausserordentliche Festigkeit und Härte und bedeutenden Widerstand gegen Abnutzung durch Reibung. Es ist die Legirung von Aluminium und Kupfer, welche unter dem Namen Aluminiumbronze bekannt ist.

Die Ehre der Erfindung derselben behaupten die Engländer für Dr. Percy, während die Franzosen sie für St. Claire De-

ville in Anspruch nehmen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass beide die Metallmischung unabhängig voneinander erfanden, wenn man bedenkt, mit welchem Eifer damals ein danach trachtete, die Natur des Aluminiums und seiner Verbindungen gründlich zu erörtern.

In allen den nachfolgend beschriebenen Versuchen ist nur von derjenigen Aluminiumbronze die Rede, welche aus 10 Prozent Aluminium und 90 Prozent Kupfer besteht, denn alle die Legirungen, in welchen das Aluminium einen geringeren Bestandtheil bildet, werden in den vorhandenen Berichten als weniger empfehlenswerth geschiedet, und auch ausserdem würde der Werth, welcher für unseren Zweck auf eine geringe spezifische Schwere zu legen ist, dazu führen müssen, eine Legirung mit möglichst viel Gehalt von Aluminium zu wählen. Jedoch haben sich alle Bronzen, in welchen der Aluminiumgehalt über 10 Prozent betrug, spröde und nur von geringer Federkraft gezeigt.

Bei Versuchen, welche in der königlichen Stückgieesserei in Woolwich von Anderson, in London von den Optikern Simms und in Nanterre von Morin gemacht worden sind, hat die 10 Prozent haltige Aluminiumbronze eine absolute Festigkeit von 5328 kg auf den Quadrat-Centimeter Querschnitt, als Mittelzahl von verschiedenen Versuchen gezeigt, und nähert sich somit in dieser Beziehung dem Gusstahl. Ihre Schmiedbarkeit ist sehr befriedigend, doch ist diese Eigenschaft für unsere Zwecke von untergeordneter Bedeutung. Eine sehr wichtige Eigenschaft dagegen, die relative Festigkeit oder den Widerstand gegen Biegung besitzt die Aluminiumbronze in hohem Grade. Es wurden drei Stäbe von Aluminiumbronze, Kanonenmetall und Messing, von gleichem Querschnitt, mit dem einen Ende in wagerechter Richtung eingespannt und das freie Ende in gleicher Entfernung belastet. Es zeigte nun bei gleicher Belastung:

Messing	2,92
Kanonenmetall	0,15
Aluminiumbronze	0,05 Abbiegung.

Es würde sonach die relative Festigkeit der Aluminiumbronze dreimal so gross als die des Kanonenmetalles und 44 mal so gross als die des Messings anzunehmen sein.

Die Luftbeständigkeit der Aluminiumbronze ist grösser als die des Messings, aber etwas geringer als die des 12-karätigen Goldes. Die lineare Ausdehnung der Aluminiumbronze durch die Wärme ist viel geringer als die des Messings.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung durch Reibung ist eine Eigenschaft, in welcher die Aluminiumbronze wohl kaum übertroffen werden dürfte.

Dieses Zusammentreffen von so höchst schätzenswerthen Eigenschaften veranlasste mich, dieses Metall mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für Zwecke der Uhrenfabrikation zu prüfen.

Ich bezog etwas Aluminiumbronze aus der Fabrik von Morin in Nanterre bei Paris, theils in Draht und theils in Blech von 2,5 mm Dicke. Von letzterem schnitt ich eine Anzahl Streifen von gleicher Breite und versuchte zunächst, wie es sich durch Walzen und Hämmern bearbeiten liess.

Hierbei zeigte es sich sehr bald, dass das Metall durch Walzen bis auf $\frac{3}{4}$ oder $\frac{2}{3}$ seiner Stärke bedeutende Querrisse bekam. Durch Versuche fand ich, dass es zuerst rothwarm gemacht und in Wasser abgekühlt werden musste, worauf es dann die Bearbeitung mittels der Walze bis auf $\frac{3}{4}$ seiner Stärke ganz gut vertrag, ohne in seinem Zusammenhange Schaden zu leiden. Wird es nachher wieder gegläht und abgelöscht, so verträgt es wiederum eine Bearbeitung nach gleichem Masse. So brachte ich die Probe durch abwechselndes Glühen und Walzen bis auf eine Dicke von 0,2 mm, oder 8 Prozent von der ursprünglichen Dicke derselben, ohne dass sie auch nur den geringsten Riss oder Schaden zeigte. Diese Probe fand ich von bemerkenswerther Härte und Federkraft.

Da ich zufällig etwas Sterrometall und 12-kar. Gold hatte, welche unter ähnlichen Umständen bis zu derselben Stärke ausgewalzt waren, hielt ich es für nützlich, zu vergleichen, welchen Widerstand diese drei Proben dem Zerbrechen durch Biegung entgegenzusetzen würden. Die Probe von Gold brach kurz ab, als ich sie mit dem Fingern in einen rechten Winkel bog. Die Probe

von Sterro hielt diese Biegung aus, brach aber in den meisten Fällen beim Zurückbiegen in die gerade Linie oder ein wenig darüber hinaus nach der anderen Seite. Die Probe von Aluminiumbronze dagegen widerstand ganz vortrefflich 3 bis 4 solchen Biegungen im rechten Winkel abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite, und selbst dann brach sie nicht mit einem Male in ihrer ganzen Breite, sondern nur zu einem Theile derselben, während das Uebrige noch bedeutende weitere Biegung aushielt. Dies beweist eine bewundernswürdige Zähigkeit, und ich habe noch kein Metall gefunden, welches im hart bearbeiteten Zustande diese Eigenschaft in so hohem Grade zeigt hätte.

Einige weitere Versuche, die Aluminiumbronze im warmen Zustande durch Hämmern und Walzen zu bearbeiten, führten zu sehr befriedigenden Ergebnissen, und namentlich die geschmiedeten Proben waren sehr schön dicht und federhart.

Der Bearbeitung mit Feile, Stichel und Fräse setzt die Aluminiumbronze einen grösseren Widerstand entgegen als Messing und Gold, aber der Schnitt wird sehr schön glatt und regelmässig. Die Politurfähigkeit der Aluminiumbronze lässt gar nichts zu wünschen übrig, und die polirten Oberflächen sind denen des Goldes ausserordentlich ähnlich. Zeiger, die ich davon herstellen liess, verloren nach einigen Tagen ein wenig von ihrem Glanze, doch hat dieser Uebelstand, nachdem sie fast zwei Jahre gelegen haben, nicht zugenommen und es lässt sich dieser Hauch durch den leisesten Strich mit der Lederfeile beseitigen, so dass die Politur in ihrer ursprünglichen Frische wieder hergestellt ist. Anders verhielten sich polirte Gangdrähte, deren Oberfläche, so weit ich beobachten konnte, schön und frisch blieb. Ich habe nicht ergründen können, welchen Ursachen dieses verschiedenen Verhalten an der Luft zuzuschreiben ist.

Ein Metall, welches so viele vorzügliche Eigenschaften vereinigt, wird zweifellos ein sehr empfehlenswerthes Material für Ankergänge sowohl als auch für andere Theile sein, für welche bis jetzt harter Stahl ausschliesslich verwendet wurde, z. B. Sperrfedern, Radern zu Aufzug-Mechaniken etc. Seit Jahren bereits verwende ich zu allen meinen Ankergängen Aluminiumbronze und bin sehr wohl damit zufrieden.

Um eine Vergleichung der Vorzüge der im Vorhergehenden einzeln besprochenen Metalle und noch einiger anderer zu ermöglichen, suchte ich eine Tabelle über die physikalischen Eigenschaften derselben zusammenzustellen, fand aber bald, dass selbst die besten Handbücher nur sehr mangelhaftes Material dafür lieferten. Ich konnte nur einige Angaben über absolute Festigkeit, d. h. den Widerstand gegen das Zerreißen, spezifisches Gewicht und lineare Ausdehnung durch Wärme erlangen, die ich in folgender Tabelle zusammenstelle:

	Absolute Festigkeit	Spezifisches Gewicht	Ausdehnung durch Wärme
Gold von 18 Kar.	—	—	0,001466
Gold von 12 Kar.	5000	—	—
Gold von 9 Kar.	—	—	—
Silber (Standard) ^{10/12} fein	—	10,6	0,001910
Neusilber	5000	8,7	—
Sterro	6400	8,4	0,001700
Kupfer	—	8,9	0,001718
Stahl	8000—9000	7,9	0,001079
Stahl, hart	10000—12000	7,9	0,001240
Messing	2500	8,7	0,001868
Aluminium	—	2,8	—
Aluminiumbronze	6400	7,7	0,001600

Dass diese Angaben, wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, welches Metall sich am besten zu Ankergängen eigne, durchaus ungenügend sind, wird Jedem einleuchten.

Nach weiteren vergeblichen Bemühungen, erschöpfendere Angaben zu erhalten, war ich genöthigt, diese Lücke durch eigene Versuche auszufüllen.

Ich hielt zunächst dafür, dass für den vorliegenden Zweck es sich hauptsächlich um die relative Festigkeit, den Widerstand gegen bleibende Biegung (Elastizität, Federhärte), den Widerstand gegen das Zusammendrücken (Härte) und den Widerstand gegen das Abbrechen durch Biegung handeln müsse.

Das Verfahren, welches ich zu diesen Versuchen anwendete, will ich hier beschreiben, nicht weil ich es für etwas Vollkommenes halte, sondern vielmehr, weil ich bei der grossen Wichtigkeit des Gegenstandes es für höchst wünschenswerth erachte, dass Andere auch ähnliche Versuche anstellen, und mich im Interesse der Sache nur freuen könnte, wenn es Jemand gelänge, noch umfassendere Zahlen aufzustellen, gleichviel ob die dabei erlangten Ergebnisse die hier gefundenen bestätigen oder berichtigten sollten.

Stäbe von genau gleichem Querschnitt herzustellen. Zu diesem Zwecke schien mir die Anwendung von rundem Draht das einfachste, weil ein sorgfältig gezogener Draht in seiner ganzen Länge überall genau denselben Querschnitt zeigt, zu dessen Bestimmung es nur eine Messung des Durchmessers bedarf. Ausserdem konnte ich auf diese Weise auch darauf rechnen, dass die Proben, wenn sie durch ein und dasselbe Loch des Ziehseisens gezogen waren, unter sich von genau gleicher Stärke ausfallen müssten. Hat sich hierbei auch ein ganz geringfügiger Unterschied gezeigt, indem die Metalle, welche eine grössere Federhärte zeigen, sich nach dem Durchziehen durch das Ziehseisen um ein Unbedeutendes wieder auszudehnen scheinen, so waren doch diese Ungleichheiten so unwesentlich, dass ich eine darauf zu begründende Reduktion der Festigkeitszahlen unterlassen zu sollen glaubte.

Sämmtliche Proben wurden also so hart gezogen, als es ohne den Zusammenhang des Metalles zu beeinträchtigen, geschehen konnte. Der Durchmesser der Drahtproben war 2,5 mm.

Um nun die relative Festigkeit zu prüfen, wurde jede Probe mit dem einen Ende gut befestigt, und ein rechtwinklig darauf sitzender Zeiger genau 200 mm von dem festen Ende aufgesetzt. Ich nahm 3 Gewichte, wie sie zufällig zur Hand waren, von denen das eine 27 g, das andere 93,5 g und das dritte 140 g schwer war. Mit diesen Gewichten belastete ich die Proben, indem ich jedes davon einzeln dicht an dem vorhin erwähnten Zeiger auf den Probendraht hing, und zeichnete die sich hierbei ergebende Biegung, welche mittels des Zeigers an einem nach Millimetern getheilten Bogen abgelesen wurde, auf.

Hieraus ergab sich für die Biegsamkeit der Materialien folgende Zahlenreihe:

	Abbiegung durch das	I.	II. u. III. Gew.
Rundstahl*)	2,1	7,4 11,2
Rundstahl, hart u. hellblau angelassen	2,3	8,2	12,4
Rundstahl, hart u. blau angelassen	2,3	8,2	12,4
Rundstahl, hart u. gelb angelassen	2,3	8,2	12,4
Rundstahl, hart u. nicht angelassen	2,4	8,4	12,7
Rundstahl, hart u. roth angelassen	2,4	8,6	12,8
Kupfer	3,7	12,4	18,6
Neusilber	4,0	13,2	19,3
Tombak	4,0	13,8	20,7
Aluminiumbronze	4,4	15,2	22,7
Messing aus Berlin	4,4	15,6	23,4
Gold von 18 Kar.	4,7	16,3	24,0
Gold von 9 Kar.	4,7	16,4	24,3
Gold von 12 Kar.	4,8	16,5	24,4
Messing aus Augsburg	5,2	18,0	27,0
Sterro-Metall	5,3	18,2	27,1
Silber	5,3	18,7	28,1

Es leuchtet ein, dass die relative Festigkeit, also der Widerstand gegen das Abbiegen, in umgekehrtem Verhältnisse zu diesen Abbiegungszahlen stehen muss.

Die relative Festigkeit jedoch, wenn sie auch wichtig genug für unsere Zwecke ist, hat noch nicht die Bedeutung, als die Festigkeit oder der Widerstand gegen bleibende Biegung. Es liegt allerdings die Vermuthung sehr nahe, dass man von der relativen Festigkeit einen Schluss auf diese letztere Eigenschaft ziehen könne; man nimmt sogar gewöhnlich an, dass beide im engsten Zusammenhange mit einander stehen. Trotzdem hielt ich es nicht für gerathen, dieser allgemeinen Annahme zu folgen und der Verlauf der weiteren Versuche bewies vollständig, wie jene beiden Eigenschaften durchaus nicht voneinander bedingt werden.

Bleibende Biegung nach einer Abbiegung in Millimetern

	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	
Gusstahl, hart	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zerbrochen			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " u. gelb angel.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1	—	—	zerbrochen			—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " rot	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	zerbrochen			—	—	—	—	—
" " blau	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " hellbl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1
Aluminiumbronz	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	—	—	—	—	—
Sterro-Metall	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gold von 18 Kar.	—	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " 9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Berliner Messing	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neusilber	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Angsburger Messing	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gold von 12 Karat	—	—	—	—	—	—	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Silber	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tombak	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,3	0,7	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gusstahl, weich	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,4	0,5	0,9	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kupfer	0,1	0,2	0,8	1,0	1,2	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Dies ergab die folgenden Zahlen (siehe Tabelle S. 133 oben).

Um die Federhärte zu prüfen, bediente ich mich derselben Vorrichtung, wie oben beschrieben. Es wurde jede Probe verschiedenen Biegungen unterworfen und nach dem eingetheilten Bogen untersucht, ob der Zeiger wieder auf den früheren Punkt zurückkehrte. War dies der Fall, so wurde eine um 5 mm grössere Biegung vorgenommen und damit fortgefahren, bis die bleibende Biegung 1 mm betrug, jede bleibende Biegung aber bei jedem einzelnen Versuche aufgezeichnet.

Vergleicht man die Verhältnisse dieser Tabelle mit denen der vorhergehenden, so wird man anzunehmen müssen, dass nur eine äusserst geringe Beziehung zwischen den beiden in denselben dargestellten Eigenschaften der Metalle ist. So ist z. B. das Kupfer unter allen Metallen der Elastizitätstabelle dasjenige, welches die geringste Federhärte zeigt, während es seiner relativen Festigkeit nach, nächst dem Stahl, die erste Stelle einnimmt. Andererseits zeigt das Sterro-Metall eine bedeutende Federhärte, gleichzeitig mit einer sehr geringen relativen Festigkeit.

Die Vorzüglichkeit der Aluminiumbronz spricht sich auch in diesen Zahlen aus, obgleich ich für die relative Festigkeit derselben nicht so günstige Zahlen finden konnte, als die von Anderson angeführten. Ich erkläre mir diese verschiedenen Angaben dadurch, dass Anderson wahrscheinlich die betreffenden Metalle in dem Zustande versucht hat, wie sie gegossen, oder nachdem sie ausgeglüht waren, und ich habe tatsächlich gefunden, dass Aluminiumbronz zwar durch das Glühen etwas weicher wird, doch bei weitem nicht in dem Verhältnisse, wie Messing. Für die Zwecke der Uhrmacherei allerdings liegt die Aufgabe ganz anders, da wir die Metalle, welche wir verwenden, durch starke Bearbeitung auf den Zustand ihrer grössten Dichtigkeit und Härte bringen müssen.

Der Widerstand der Metalle gegen Zusammen-drückung, oder die Härte derselben war ebenfalls ein wesentlicher Punkt, dessen Untersuchung ich für höchst notwendig hielt. Zu diesem Zwecke sind verschiedene Verfahrensweisen in Brauch. Die Methode, mittels deren man in der Mineralogie die Härte ermittelt, besteht darin, dass man das zu prüfende Mineral mit einem anderen von bekannter Härte ritzt und danach dessen Härte annähernd feststellt. Diese älteste Methode mag wohl da ausreichend erscheinen, wo man, wie im Mineralreiche die weite Reihe von Härtestufen vom Diamant und Korund an bis zum Gyps und Talk zu ordnen hat. Sie wird aber als ungenügend bezeichnet werden müssen, wenn es sich, wie hier der Fall, um Unterscheidung der Härte der dichtesten Metalle handelt, deren Abstufungen innerhalb ziemlich enger Grenzen liegen und deshalb genauere Vergleichszahlen erfordern.

Ein anderes Mittel wurde von Huguency*) angewendet, welcher, um die Härte der Metalle zu prüfen, einen spitzen Punzen in jede der zu untersuchenden Proben mittels eines Schlagens von genau derselben Stärke hineintrief und den Härtegrad nach der grösseren oder geringeren Tiefe des entstandenen Eindruckes abschätzte, dabei die Härte des Kupferbleches als Einheit betrachtend.

Gibt auch dieses Verfahren positivere Zahlen, so beruhen dieselben doch immer auf einer Schätzung durch das Auge, während es mir zur Erreichung zuverlässiger Zahlen geboten schien, sich hierzu der Messung zu bedienen.

Ich bediente mich derselben Proben, die für die vorhergehenden Versuche gedient hatten, und benutzte eine kleine Stanzen-pressen, um Schläge von genau gleicher Stärke zu führen. In den Cylindern dieser Presse passte ich einen Stempel ein, dessen Endfläche genau wagrecht war und 1 qcm Fläche hatte.

Die Messung der geschlagenen Stellen ergab die Härtezahlen, welche in der zuletzt folgenden Tabelle enthalten sind. Jede dieser Zahlen ist das arithmetische Mittel aus drei verschiedenen Versuchen und die Messung geschah mittels eines Mikrometers, auf dem man $\frac{1}{500}$ mm direkt ablesen kann.

Wohl kann man gegen dieses Verfahren einwenden, dass man statt des Drahtes besser Proben von rechteckigem Querschnitte hätte anwenden sollen, weil die Zusammendrückung des runden Drahtes jedenfalls nicht in einer regelmässigen Progression mit der Stärke des Schlagens ab- und zunimmt; doch da der Durchmesser der Drähte und die Stärke des Schlagens bei allen Proben dieselbe war, so glaubte ich, unbeschadet des Wertes der zu ermittelnden Zahlen, mir die zeitraubende Herstellung anderer Proben ersparen zu können, und hoffe, dass die aufgestellte Härtereihe sich von dem genau Richtigen wenigstens nicht weit entfernen wird.

Schliesslich war noch zu untersuchen, welche Biegung dazu gehört, um jede von diesen Proben abzubringen. Ich benutzte hierzu ebenfalls die vorhandenen Musterdrahte, spannte das Ende eines jeden etwa einen Zoll lang in den Schraubstock und bog den Draht über denselben in einen rechten Winkel.

Diejenigen Drähte, welche diese Biegung aushielten, bog ich wieder gerade und dann nach der anderen Seite in den rechten Winkel, und fuhr damit so lange fort, bis der Probedraht zerbrach. Durch Zusammenzählen der Biegungswinkel, welche jede Probe ausgehalten hatten, erhielt ich die Zahlen der zweiten Kolonne nachfolgender Tabelle und sind dieselben ebenfalls Durchschnittswerte von mindestens drei Versuchen. Die dritte Kolonne giebt die Art und Weise an, in welcher die Probe zerbrach.

*) Der zu diesen Versuchen verwendete Rundstahl ist der polirte Rundstahl in Füssen von Cocker Brothers in Sheffield, welchen ich von allen Sorten, die ich versuchte, aus langjähriger Erfahrung als den besten für unsere Zwecke kenne.

*) Huguency: „Recherches expérimentales sur la dureté des corps“, Paris et Strasbourg 1863.

	Zusammen- drückung in Millimetern	Widerstand gegen das Zer- brechen (in Winkeln)	Bemerkungen über die Art des Zerbrechens
Stahl, hart	Zersprung vom Schlage	5—10 Grad	Sehr rasch
„ „ u. gelb angel.	Unmerklich	10 „	„ „
„ „ „ roth „	0,020 mm	22 „	„ „
„ „ „ blau „	0,027 „	25 „	„ „
„ „ „ hellbl. „	0,031 „	32 „	„ „
Aluminiumbronze	0,367 „	207 „	Rasch
Stahl, weich	0,398 „	45—130 „ *)	Sehr rasch
Gold von 12 Kar.	0,440 „	100 „	Rasch
Neusilber	0,488 „	175 „	Mittelmässig
Gold von 18 Kar.	0,508 „	110 „	Rasch
Gold von 9 „	0,526 „	95 „	„
Sterro-Metall	0,549 „	150 „	Sehr rasch
Messing aus Berlin	0,560 „	303 „	Langsam
„ „ Augsburg.	0,579 „	193 „	Rasch
Tomhak „	0,643 „	210 „	Langsam
Silber	0,695 „	388 „	Sehr langsam
Kupfer	0,830 „	170 „	Langsam

Ich weiss recht wohl, dass diese Tabellen in mancher Beziehung mangelhaft und mancher Verbesserung und Vervollständigung fähig sind. Ich würde es aus diesem Grunde unterlassen haben, sie zu veröffentlichen, wenn nicht der gänzliche Mangel solcher Aufzeichnungen im allgemeinen, und für die Zwecke der Uhrmacherei insbesondere, mich hierzu genöthigt und ermutigt hätte. Als einen Gewinn für die gute Sache würde ich es nur begrüssen können, wenn die Mängel, welche diese Arbeit noch an sich trägt, für einen Mann der Wissenschaft oder der Praxis einen Anlass gäben, denselben abzuhefen.

Zu meinem Bedauern musste ich jedoch einen hauptsächlichsten Punkt ohne die nöthige Erörterung lassen: es ist die Widerstandsfähigkeit gegen die Abnutzung durch Reibung. So viel ich auch über diesen Gegenstand nachgedacht habe, so hat es mir doch nicht gelingen wollen, ein einfaches Verfahren für diesen Zweck aufzufinden. So wünschenswerth es auch ist, vergleichende Zahlen von einiger Zuverlässigkeit über diese Eigenschaft aufzustellen, so scheint es mir doch, dass solche Versuche sehr viel Zeit und Vorrichtungen erfordern; vielleicht findet ein Anderer einen einfachen und sicheren Weg zu diesem wünschenswerthen Ziele.

*) Ein und derselbe Fuss Stahl, an verschiedenen Stellen zerbrochen, gab die Zerbrechungszahlen: 45°, 80°, 90°, 115°, 130°; alle anderen Metallproben zeigten ein viel regelmässigeres Gefüge.