

Härtetechnik für die Uhrmacherwerkstatt

Von Theodor Löffler, Fachlehrer an der Deutschen Uhrmacherschule Glashütte

Neben dem Messing ist Stahl für uns Uhrmacher der wichtigste Werkstoff. Die verschiedenen Anforderungen, die an den Werkstoff gestellt werden, bestimmen seine Beschaffenheit. Es gibt außer den Stählen, die als Zusatz nur Kohlenstoff enthalten, eine große Zahl von Stahlsorten mit besonderen Zusätzen, von denen hier Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Kobalt und Nickel genannt seien. Wir haben also zwei Hauptgruppen zu unterscheiden: Kohlenstoffstähle und mit anderen Zusätzen legierte Stähle. Reiner C-Stahl (C = Kohlenstoff) ist eine schmiedbare Legierung von Eisen und Kohlenstoff mit einem C-Gehalt bis zu 1,75%. Auf seine Verarbeitung beschränken sich diese Ausführungen.

Zunächst ist die Beschaffung des richtigen Werkstoffs wichtig. Es geht nicht, daß aus irgendeiner Kiste der Stahl zur Herstellung wertvoller Werkzeuge oder Einzelteile herausgesucht wird. Niemand kennt seine Herkunft und Zusammensetzung; Mißerfolge sind dann unausbleiblich. Der benötigte Stahl in Form von Blechen, Stäben oder Draht muß von einer zuverlässigen Lieferfirma bezogen werden.

Zum richtigen Härten gehört eine entsprechende Härteanlage. Allhergebracht und meistens üblich ist in der Uhrmacherwerkstatt das Härten mit Hilfe der Spirituslampe und dem Blasrohr. Leistungsfähiger ist das Gasgebläse, das ich deshalb hier vorstelle.

Eine zweckmäßige Härteanlage,

die allen Anforderungen genügt und sich mit bescheidenen Mitteln herrichten läßt, ist diese: In 1,15 m Höhe über dem Fußboden wird ein eiserner Kasten an der Wand befestigt. Er hat Schrankform, vorn eine Tür und oben einen Abzug, der mittels Ofenrohr in den Schornstein führt. Als Heizequelle dient Gas. Eine kräftige Lötpistole, ein Blasgebläse für Fußbetrieb und etwa sechs Schamottesteine vervollständigen die Anlage. Mit ihr lassen sich alle Härte-Arbeiten ohne die geringste Rauch- oder Geruchsbelästigung ausführen.

Der Einbau einer solchen Härteanlage mag manchem Uhrmacher revolutionär erscheinen. Werkstätten, in denen viel Neuarbeiten angefertigt werden, sind aber kaum ohne sie denkbar.

Die Anfertigung des Härteschranks ist Arbeit des Klempners. Der Schrank wird aus Eisenblech von 1,5 bis 2 Millimeter Dicke gefertigt. Die anderen Abmessungen sind 40 cm für die Breite, 45 cm für die Höhe und 38 cm für die Tiefe. Den Boden nehmen wir zur Verstärkung doppelt. Die Lötpistole ist etwa 25 cm lang und hat einen Rohrdurchmesser von 15 mm. Blasgebläse und Lötpistole erhält man fertig in den Werkzeughandlungen für Goldschmiede, die Schamottesteine beim Ofensetzer. Sie haben Ziegelsteingröße, sind aber nicht so dick. Die Gasleitung ist bis an den Härteofen heranzuführen. Die Lötpistole wird mittels Gaschläuchen und Gummihülsen an die Gasleitung und den Blasgebläse angeschlossen. Unter den Härteschrank gehört ein kleiner Tisch, der zur Aufstellung von Härtegefäßen und zum Ablegen von Gerät dient. Der Lehrling holt noch einen Karton voll Holzkohle, und die Anlage ist betriebsbereit.

Die Arbeit des Härten

Zum Härten von C-Stählen wenden wir zwei Verfahren an, das Härten ohne Verpackung und das Härten in der Büchse. Im ersten Falle ist das Härtegut den Einwirkungen des Sauerstoffs der Luft und der Heizgas direkt ausgesetzt. Die Verpackung schließt diese direkte Einwirkung aus. An einigen Beispielen möchte ich das jeweils zweckmäßige Härteverfahren zeigen.

Es ist unbedingt notwendig, den Stahl vor und während der Formgebung im Hinblick auf die spätere Härtung richtig zu behandeln. Der für das Werkstück in Aussicht genommene Stahlrohling wird von der Stange oder vom Blech nicht mit der Schere abgequetscht, sondern abgesägt. Das Gefüge des Stahls wird durch das Abquetschen mit der Schere in größerem Umfang zerstört, Ausschluß beim Härten könnte die Folge sein.

Wir wollen zuerst drei Supportstichel anfertigen; sie eignen sich gut zum Lernen. Dazu trennen wir mit der Laubsäge drei Stücke Vierkantstahl von 5,5 mm Seitenlänge und 70 mm Länge von der Stange ab. Hierauf folgt das Weichglühen. Der Stahl wird dadurch leicht bearbeitbar gemacht und in den für das spätere Härten vorteilhaften Zustand gebracht. Im Härteschrank werden zwei Schamottesteine flach nebeneinander gelegt und drei andere auf ihrer Schmalseite so darangestellt, daß ein vorn offener Kasten entsteht. Zerkrümelte Holzkohle, auf die Steine geschüttet, bildet die Unterlage für die zu glühenden Stahlstücke. Nun tritt das Gasgebläse in Tätigkeit. Der Regulierhahn an der Lötpistole wird ganz durchgedrückt, so daß die volle Gasmenge zur Gebläseluft tritt. So erhalten wir die erwünschte weiche Flamme, die vorn noch rotglühend brennt. Sie ist für unsere Arbeiten allein richtig. Die bei gedrosselter Gaszufuhr, aber gleicher Luftmenge entstehende scharfe Stichflamme ist hier unzuweckmäßig. Das Gebläse muß in kurzen schnell aufeinanderfolgenden Stößen getreten werden, damit der Luftstrom stetig bleibt. Langsames und hartes Durchtreten ergibt eine ungleichmäßig brennende, zerhackte Flamme.

Das Glühen der rohen Stahlstücke erfolgt zum Zwecke des Weichglühens bis zur dunklen Rotglut, das ist die dritte Stufe vom beginnenden Glühen an gerechnet in der Reihe der Glühfarben. Um diese Farben richtig beurteilen zu können, muß ein Versuch vorausgehen. Die Beurteilung ist nur bei stark gedämpftem Licht einwandfrei möglich. Die Reihenfolge der Glühfarben, die bei vorsichtiger Erwärmung nacheinander erscheinen, ist: schwarzbraun, (beginnendes Glühen), braunrot, dunkelrot, dunkelkirschrot, kirschrot (800° C), hellkirschrot, gelbrot, dunkelgelb, hellgelb, weiß. Nur drei Farben kommen hiervon für uns in Betracht: dunkelrot, dunkelkirschrot und kirschrot. Auf die höheren Glühtemperaturen, bis zu 1300 Grad, werden nur legierte Spezialstähle erhitzt.

Wenn die Rohlinge auf dunkle Rotglut gekommen, so läßt man sie langsam abkühlen. Sie können zur Verzögerung der Abkühlung mit Holzkohlenasche zugedeckt werden. Nach der zweckmäßigen Behandlung des Stahls vor der Formgebung lenken wir jetzt unser Augenmerk auf die Weiterverarbeitung. An allen Flächen des Werkstücks, die für die spätere Schnitthaltigkeit in Frage kommen, muß die durch das wiederholte Glühen beim Schmieden, Walzen oder Ziehen entkohlte äußere Schicht hinreichend entfernt werden. Schroffe Übergänge am Werkstück erschweren das Härten, lassen sich aber meist nicht vermeiden. Beim Erhitzen muß darauf Rücksicht genommen werden.

Die Feilstriche sind an den Stichen bereits vor dem Härten durch Schleifen restlos zu entfernen. Das macht man am besten mit der Eisenschleife und in Öl angerührtem Olsteinpulver. Bevor wir nun die Stichel härten, wenden wir unsere Aufmerksamkeit den Härtegefäßen und dem Härtebad zu. Das am meisten gebräuchliche Abschreckmittel ist abgestandenes Wasser von etwa 20° C. Nicht so scharf in der Abschreckwirkung ist das Ölbad, bestehend aus Mineralöl oder Rüböl. Eine sehr beliebte Kombination ist das Wasserbad mit Oltschicht. Hierbei kommt eine Art von Stufenhärtung zustande. Das Härtegut fällt durch die Oltschicht, wird mit einem Ölfilm überzogen und gelangt dann erst in das unter der Oltschicht befindliche Wasser.

Die Abkühlung darin geht nun wegen des anhaftenden Ölfilms langsamer vor sich als in reinem Wasser, jedoch schneller als in Öl. Durch Probieren ist festzustellen, welches Härtebad für einwandfreie Härtung ausreicht. Das mildeste Ablöschmittel ist vorzuziehen. Die Nichtbeachtung dieser Notwendigkeit erhöht die Gefahr des Verziehs oder Reißens der Werkstücke, hervorgerufen durch das Auftreten zu großer Härtepannungen.

Zur genauen Ermittlung der günstigsten Härte-temperatur nimmt man eine Prüfung des Bruchgefüges vor. Mehrere Stahlstücke der zu verwendenden Sorte von etwa 4 mm Durchmesser werden an einer Seite eingekörbt und bei verschiedenen Glühfarben, die aber alle unter der Kirschtrotglut liegen müssen, der Reihe nach gehärtet. Sie werden dann auseinandergebrochen, und man untersucht mit einer feinen Feile die Härte und mit der Lupe das Bruchgefüge. Das Probestück ist richtig gehärtet, das jetzt volle Härte und dabei das feinste Bruchgefüge aufweist. Zu beachten ist, daß bei C-Stählen nur die äußere Schicht in einer Dicke von 3–4 mm richtig hart wird. Teile, die dicker als 6–8 mm sind, werden also im Kern nicht hart. Werkstücke von solchen Ausmaßen haben wir aber selten zu bearbeiten. In der Industrie ist das anders. Dort werden deshalb legierte Stähle verwendet, die durchgehend härter sind.

Die Größe der Härtegefälle soll im richtigen Verhältnis zur Größe der zu härtenden Teile stehen. Im allgemeinen genügen in der Uhrmachere Werkstatt Töpfe von 2 Liter Inhalt und Wassergläser. Sie sollten sich immer sauber und ordentlich präsentieren. Das Gleiche gilt übrigens von Härtefenen.

Das Härten der Stichel kann jetzt beginnen. Wir schütten wieder zerklüftete Holzkohle auf die Schamottesteine und legen einen Stichel darauf. Einige größere Holzkohlestücke werden so dazugesetzt, daß sie die Hitze zusammenhalten. Ein Topf mit Wasser wird auf den Tisch vor dem Härteofen gesetzt und eine große Flachzange griffbereit gelegt. Der Stichel ist nun mit weicher Flamme anzublauen, er liegt dabei so, daß seine Spitze von der Flamme abgewendet ist. Frische Holzkohle splittet und spritzt häufig Funken beim ersten Erhitzen. Die Tür des Härteofens ist dann für kurze Zeit soweit zu schließen, daß keine Funken das Gesicht oder die Kleidung treffen können. Bei fortschreitender Erwärmung der Kohle hört das Prasseln auf, und der Schutz ist dann nicht mehr notwendig. Der Schaft des Stichels glüht zuerst, die Wärme läuft von da zu der zarteren Spitze und bringt auch diese langsam zum Glühen.

Durch das vorhin geschilderte Probieren haben wir gefunden, daß unser Stahl bei Wasserhärtung bis zur dunklen Kirschtrotglut erhitzt werden darf. Durch zu hohes Glühen wird C-Stahl verdorben. Oberhitzer Stahl bleibt auch nach dem späteren Anlassen spröde und hat keine Schnitt-haltigkeit. Stahl, der bei Kirschtrotglut in Wasser nicht hart wird, ist für unsere Zwecke nicht brauchbar. Unser Stichel ist nun fertig zum Ablöschen. Gebläse weghängen, mit der linken Hand den Härteofen dicht herabbringen und mit der Flachzange in der rechten Hand den Schaft des Stichels fassen. Solange das Werkstück auf der glühenden Kohle liegt, tritt kein schnelles Abkühlen ein. Alle Bewegungen können deshalb besonnen und ruhig ausgeführt werden. Jetzt den Stichel wegnehmen und mit der Spitze zuerst senkrecht bis zu einem Drittel seiner Länge in das Härtebad tauchen.

Mit dem Eintauchen allein ist es aber noch nicht getan. Die scharfe Abkühlung des Stahles, die seine Härtung bewirkt, geschieht durch Erwärmung und Verdampfung des umgebenden Wassers. Dabei bildet sich um das Härtestück ein Dampfmantel, der durch kräftiges Bewegen zerstört werden muß, so daß immer neues, kühles Wasser die Wärme ableiten kann. Das rotglühende Schaffende des Stichels bleibt dabei außerhalb des Wassers, bis die Rotglut erloschen ist. Dann erst darf der ganze Stichel langsam eingetaucht werden. Damit keine scharf abgegrenzte Härtezone entsteht, wird der Stichel beim Umrühren ein wenig auf und ab bewegt. Unterbleibt das „Umrühren“, so verzögert der Dampfmantel die Abkühlung des Stahls, und die Härtung gelingt nur unvollkommen. Nach dem Ablöschen sieht man es dem Stahl meist schon an, ob er hart

geworden ist, nämlich dann, wenn er gut abgeschüttet, das heißt, seinen Glühspan im Härtebad abgeworfen hat. Das zuverlässige Prüfen der Härte geschieht mit einer Schlicht-feile mit feinerem Hieb. Wir setzen die Feile an einer weniger wichtigen Stelle des gehärteten Teiles an und machen unter mäßigem Druck einige langsame Feilstriche. Es ist nicht schwer, am Klang der Feilstriche zu hören, ob der Stahl glashart ist.

Die weitere Prüfung gilt dem Verziehen. Sie wird von Anfänger meist mit Bangen vorgenommen. Wenn jedoch alles richtig gemacht wurde, ist der Stichel so gerade wie vorher. Beim Härten der anderen Stichel wird ebenso verfahren. Noch sind die Werkzeuge nicht gebrauchsfertig. Sie sind glashart und deshalb so spröde, daß ihre Spitzen oder Schneiden beim Arbeiten ausbrechen würden. Eine nochmalige Wärmebehandlung ist nötig.

das Anlassen.

Damit wird dem Stahl ein Teil der Sprödigkeit genommen. Der Grad des Anlassens richtet sich nach der Verwendung der Teile; Federn z. B. müssen höher angelassen werden als Schneidwerkzeuge. Auf die Wiedergabe der vollständigen Temperaturskala der Anlaßfarben will ich verzichten. Die Farben erscheinen in der Reihenfolge: weißgelb, hellgelb (strohgelb), gelb, dunkelgelb, gelbbraun, braunrot, rot, violett, dunkelblau, kornblumenblau, hellblau, graublau, grau. Sie umfassen vom hellsten Gelb bis zum fahlen Graugrün den Temperaturbereich von 210° C bis 330° C. Schneidwerkzeuge wie Stichel, Bohrer, Schneidbohrer, Fräser werden so angelassen, daß ihre Schneidflächen strohgelb bis gelb aussehen. Vor dem Anlassen müssen die Stichel an ihren Schneidflächen und oben weiß geschliffen werden, da sonst die Anlaßfarben nicht rein erscheinen.

Wir lassen unsere Supportstichel auf folgende Weise an: Die Flachzange hält das Schaffende; die Flamme einer Spirituslampe von etwa 13–14 mm Rohrdurchmesser erwärmt die Mitte des Stichels, bis dort die blaue Anlaßfarbe erscheint. Jetzt wird der Stahl aus der Flamme genommen, die Anlaßfarbe kriecht nach beiden Enden weiter. Diese Wärmewirkung zum Stillstand gekommen, so soll die Spitze des Stichels gerade die gewünschte Farbe haben, wenn nötig, ist nachzuwärmen. Ablöschen beim Erscheinen der gewünschten Anlaßfarbe ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Unsere Drehstähe sind nun gebrauchsfertig, da sie ja schon vor dem Härten und Anlassen ihre Vollen-dung durch Schleifen erhalten haben. Von besonderer Eifer bei dem Wegschleifen der Anlaßfarben entwickelt wird, ist Mißtrauen am Platze. Meistens soll da eine zu dunkle Farbtonung verschwinden. Hier gibt es aber keine Kompromiß; zu hoch angelassene Werkzeuge müssen eben noch einmal gehärtet werden, was bei vorsichtiger Behandlung dem Stahl übrigens nicht schadet.

Lange, dünne Stücke sind wegen der größeren Gefahr des Verziehs schwieriger zu härten. Eine Reißnadel von 3 mm Durchmesser und 14 mm Länge mit schlanker Spitze soll als Beispiel dienen. Hier und bei allen noch folgenden Beispielen gilt das, was schon bei den Supportsticheln über die Verfeinerung und richtige Behandlung des Stahls vor der Formgebung gesagt wurde. Das Härtungsglühen der Reißnadel führen wir diesmal anders aus. Auf einer dicken Schicht von zerklüfteter Holzkohle stellen wir größere Kohlebrocken so auf, daß sie einen nur vor offenen Hohlraum bilden. Dieser wird ohne die Reißnadel mit der Gasflamme erhitzt, bis er innen über und über glüht. Jetzt erst legen wir die Nadel hinein. Sie kommt in dem glühenden Hohlraum ganz gleichmäßig auf dunkle Rotglut. Die Gleichmäßigkeit der Erwärmung ist eine der Voraussetzungen für verziefungsfreies Härten.

Das Ablöschen geschieht ähnlich wie bei den Sticheln. Die Reißnadel wird bis zu einem Drittel ihrer Länge eingetaucht und kräftig auf und ab bewegt, weil bei dünnen Härte-teilen das Umrühren nicht am Platze ist. Weißschleifen und Anlassen wie beim ersten Beispiel. Kleinere Teile werden nicht mit der Flachzange aus dem Feuer genommen, sondern mit kräftigem Bindedraht von etwa 0,6 mm Dicke umwunden. Die Drahtenden werden zusammenge-dreht und so lang gelassen, daß sie gleich als Handgriffe dienen können.

Eine neue Aufgabe: Die Sperrkegelschraube für das ruhende Gesperr eines Marinechronometers ist zu härten. Sie hat den vollen Druck der aufgezogenen Feder zu tragen. Schraubenbruch bedeutet hier Außerbetriebsetzung der Uhr und unter Umständen noch einiges mehr. Die richtige Vorbehandlung des Stahls ist deshalb hier besonders notwendig. Die Abmessungen der Schraube sind: Gewindedurchmesser 3 mm, Ansatzdurchmesser 4,5 mm, Kopfdurchmesser 6 mm, Gesamtlänge 8,5 mm. Das Gewinde schließt mit einer kleinen Hohlkehle, der sogenannten „runden Ecke“, am Schraubensatz ab. Auch während der Formgebung muß bei so hoch beanspruchten Teilen mit Geduld gearbeitet werden. Bei dem Aufschneiden des Gewindes mit der Schneidkuppe, z. B. öffnen die Schneidbacken den Gewindegansatz nicht berühren, ein Verbiegen des Gewindezapfens wäre sonst die Folge.

Es ist nun noch notwendig, die Schraube spannungsfrei zu glühen. Durch dieses Glühen bis zur dunklen Rotglut mit nachfolgendem langsamen Erkaltenlassen wird das Gefüge des bearbeiteten Stahls verbessert, so daß er die nötigen Vorbedingungen zum Härten mitingt. Beim Härten der Schraube legen wir mehr Wert auf größte Zähigkeit des Materials als auf die größtmögliche Härte. Deshalb benutzen wir hier Öl als Härtemittel. Die Schraube wird mit Bindedraht umwunden und in einer vorgeheizten Höhle aus Holzkohlenbrocken zum Glühen gebracht.

Wir tauchen sie beim Ablöschen mit dem Kopf zuerst ein. Warum muß der dickere Teil zuerst eintauchen? Diese Frage führt zu folgender Überlegung: Das Härtebad entzieht dem Stahl die Wärme nicht bis zum Kern gleichmäßig schnell. Der Kern des Schraubenkopfes hat also für eine gewisse Zeit den äußeren Schichten gegenüber eine höhere Temperatur. Er kühlt im günstigsten Fall mit dem etwas später eintauchenden Gewindezapfen zugleich ab, und es ist deshalb nicht so leicht möglich, daß gerade am Schraubensatz gefährliche Härtespannungen auftreten. Diese Überlegung gilt natürlich für alle Werkstücke mit schroffen Übergängen. Durch das schnellere Abkühlen der äußeren Schichten gegenüber dem Kern ergeben sich Unterschiede in der Längenausdehnung des Metalls, die zu Spannungen im Gefüge führen und auch nach dem Abkühlen noch zum Teil erhalten bleiben. Sind diese Spannungen groß, so führen sie kurze Zeit nach dem Abschrecken zu Haarrissen, die man meist erst erkennt, wenn der Bruch eingetreten ist.

Die größte Sorge des Härters ist deshalb, das Auftreten dieser gefährlichen Spannungen zu verhüten. Ein gutes Mittel hierzu ist das Abkühlenlassen der gehärteten Teile in angewärmtem Öl. Bei diesem Verfahren wird das zu härteende Stück nur solange in das Härtebad eingetaucht, bis die Glühfarbe eben erloschen ist; es kommt dann sofort in das auf etwa 100° C erwärmte Öl oder in kochendes Wasser und erkaltet mit diesem Bad. Hierbei vollzieht sich ein Spannungsausgleich, der die Gefahr des späteren Reißens weitgehend ausschließt. — Die sauber geschliffene Schraube ist dann auf einem gelochten Anlaßblech hellblau anzulassen.

Nicht alle Teile können ohne Schutz im offenen Feuer gehärtet werden. Die Möglichkeit, so zu härten, ist in der Uhrmacherei wegen der Kleinheit und Empfindlichkeit vieler Teile nicht gegeben. Wir wenden deshalb ein Verfahren an, das eine direkte Berührung des Härtegutes mit der Flamme ausschließt und uns erlaubt, die zu härtenen Teile gleichmäßiger zu erhitzen, als es im offenen Feuer möglich ist, das ist das

Härten in der Büchse.

Hierbei wird das Härtegut in ein Eisengefäß, das mit Holzkohlenpulver gefüllt ist, eingebettet und mit diesem zusammen zum Glühen gebracht. Der Inhalt der Büchse wird dann in das Härtebad geschüttet. Dieses Verfahren bewährt sich vor allem bei der Härtung kleiner, empfindlicher Teile, von denen man noch dazu eine größere Anzahl zugleich in eine Härtebüchse stecken kann. Die Herstellung solcher Teile, bei denen die Formgebung oft schwierig und teuer ist, wäre ohne die Büchsenhärtung gar nicht denkbar. Ich lasse wieder einige Arbeitsbeispiele folgen.

Acht fertig vorgearbeitete Taschenuhrschneidbohrer sollen gehärtet werden. Sie haben einen Gewindedurchmesser von 0,4, 0,5, 0,7 und 0,85 mm, der Schaft ist 1 mm im Durchmesser und die Länge des Schneidbohrers 20 mm. Von jeder Größe haben wir einen Vor- und einen Nachschneider.

Zunächst müssen wir eine Härtebüchse zurecht machen. Hierzu eignet sich ein Stück Gasrohr von 17 mm Durchmesser und etwa 50 mm Länge gut. Dieses erhält einen festen Boden, der auch durch offenes Glühen und Verzundern der Büchse nicht herausfällt. Hier ist die Hilfe eines Mechanikers, der eine größere Drehbank besitzt, erforderlich. Die Arbeit an sich ist nicht groß. Man läßt in das eine Rohrende eine Stufe von etwa 4 mm Tiefe eindrehen, legt eine 3 mm dicke Stahlscheibe hinein und nietet den überstehenden Rand mit der Hammerpinne an. Eine solche Härtebüchse ist fast unverwundlich. Als Deckel dient ein viereckiges Stück Eisenblech, dessen Ecken heruntergebogen werden und so das Wegrutschen verhindern.

In einem kleinen Porzellanmörser oder einfach mit dem Hammer wird Holzkohle zu feinem Pulver zerrieben und die Härtebüchse damit bis zur Hälfte gefüllt. Nun stecken wir die acht Schneidbohrer hinein, und zwar so, daß sie beim Auskippen mit dem Schaft zuerst eintauchen. Die Büchse ist vollends mit Kohlepulver zu füllen, und der Deckel schließt den Inhalt ab. Wir richten den Härteofen in der bekannten Weise zu und stellen die Büchse etwas nach hinten geneigt in die Höhle aus Kohlebrocken. Es ist damit zu rechnen, daß die glühende Holzkohle etwas zusammenrutscht, die Härtebüchse muß deshalb genügend gestützt sein.

Das Gefäß mit der Härteflüssigkeit erhält jetzt eine Verbesserung in Gestalt eines eingesetzten Drahtsiebes. Dieses erleichtert das Herausnehmen der gehärteten Teile. Es wird aus feinstem Drahtgeflecht hergestellt, das sich mit der Schere bequem schneiden läßt. Zuerst wird ein zylindrisches Stück zusammengebogen und mit Bindedraht genäht, dann ein kreisrunder Boden ausgeschnitten und ebenfalls mit Bindedraht in dem zylindrischen Teil befestigt. Wer sich dieser kleinen Mühe unterzieht, wird es später nicht nötig haben, mühsam seine Arbeitsstücke aus Öl und Holzkohlenschlamm herauszusuchen. Zum Herausnehmen der glühenden Härtebüchse fertigen wir auf einfache Weise eine Feuerzange an, indem wir ein etwa 90 cm langes, 1,5 mm dickes Stück Band Eisen U-förmig zusammenbiegen. Mit dieser Zange kann man sich beim Härten in Härteofen wegen ihrer Länge die Finger nicht verbrennen, und obendrein federt sie so weit auseinander, daß sich die glühenden Kohlestücken bequem damit fassen lassen. Das Gasgebläse tritt nun wieder in Tätigkeit.

Das Erwärmen der Härtebüchse geht inmitten der glühenden Holzkohle bei mäßigem Gebläsewind, aber mit voller Gasmenge in der gewünschten gleichmäßigen Weise vor. Hier ist einmal keine Feile geboten. Man sicher zu sein, daß auch der Inhalt richtig durchgeglüht wird, die Härtebüchse einige Minuten auf der richtigen Glüh-temperatur gehalten. Dem Inhalt macht es gar nichts aus, wenn das Glühen etwas länger dauert. Verändern ist ja ausgeschlossen, weil keine Luft zu dem Härtegut gelangen kann, und ein Aufkühlen der Oberflächen ist bei der verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 800° C ebenfalls nicht möglich. Auch hier ist aber das richtige Erhitzen eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Arbeit, die obere Temperaturgrenze darf nicht überschritten werden. Es ist ein Irrtum zu glauben, daß durch Wegnahme des Gebläses und langsames Abkühlenlassen im Härteofen bis zur richtigen Glühfarbe ein Versehen leicht wieder gutzumachen sei. Die Güte des Stahls hat doch, je nach dem Grad der Überhitzung, gelitten.

Das Herausnehmen und das Entleeren der Härtebüchse geschieht wieder mit Ruhe. Es liegt kein Grund zum Hasten vor, denn inmitten der Glut tritt ja keine schnelle Abkühlung ein. Zuerst mit der Feuerzange das oben liegende Stück Kohle wegnehmen. Die Zange faßt dann mit sicherem Griff die Büchse, mit einer Feile in der linken Hand wird der Deckel heruntergeworfen und nun erst die Büchse aus dem Feuer genommen. Sie wird dicht über der Härteflüssigkeit umgedreht und mit der Öffnung ein Stück in das Bad eingetaucht. Mit der Feile klopft man kräftig

auf den Boden der Büchse, so daß alles herausfällt. Bitte keine Aufregung, wenn einmal die Ölschicht auf dem Härtebad Feuer fangen sollte. Ruhig erst die Härtebüchse entleeren, dann einen Deckel auflegen, und die Flamme ist gelöscht. Die noch glühenden Holzohlebrocken im Härteofen werden mit der Feuerzange auseinandergenommen, weil sie sonst nutzlos zu Asche verbrennen.

Das Sieb wird aus dem Härteofen gehoben. Die darin liegenden Schneidbohrer lassen sich leicht herausnehmen und sind vorsichtig abzutrocknen. Wir können sie trotz ihres weißen Aussehens doch nicht ohne weiteres anlassen, sondern müssen sie vorher durch Schleifen metallisch blank machen. Das geht am besten, wenn der Schneidbohrer frei ohne Stiftenklöbchen auf das Steckloch gelegt und mit einem sauberen, kleinen Ostein eine der Flächen am Gewinde geschliffen wird. Auf diese Weise ist die Bruchgefahr gering. Das Schleifen des Schaftes ist dann ein Leichtes.

Das Anlassen erfolgt in zwei Arbeitsgängen. Wir brauchen dazu ein Anlaßblech und Messingfeilspane. Das Anlaßblech kann jeder leicht selbst herstellen: An einem Stück Messingblech von 0,5–0,6 mm Dicke werden die Ränder an drei Seiten hochgebogen, ein Stück Rundstahl von 2,5–3 mm Durchmesser als Stiel daran genietet und auf das Ende des Stiels ein Feilenheft geschlagen. Das anzunietende Ende des Stiels wird im Härteofen gegläht und dann breitgeschmiedet. Auf dieses Anlaßblech schütten wir Messingfeilspane und legen jeweils zwei Schneidbohrer darauf. Diese sind ein wenig in die Feilspane einzudrücken und können so die Anlaufwarme ganz gleichmäßig aufnehmen. Sie werden nun über der Spiritusflamme gelb angelassen. Sind alle soweit fertig, wird jeder einzeln am Gewinde mit einer Flachzange angefaßt und der Schaft blau angelassen. Die Zange faßt dabei das Gewinde zu zwei Drittel seiner Länge und hält den Schaft in die Spiritusflamme. Die Farbe soll dabei über den Gewindeansatz hinauslaufen. Gelbhart ist jetzt nur noch der zum Schneiden wirklich benötigte Gewindeteil.

Diese Schneidbohrer, aus gutem Stahl angefertigt, schonend behandelt bei der Gewindefarbeit und sachgemäß gehärtet und angelassen, besitzen eine hohe Lebensdauer. Ich möchte hier erwähnen, daß wir in Glashütte Gewinde bis zu 0,25 mm Durchmesser herab verwenden. Die Schneidbohrer hierzu dürfen nicht etwa nach wenigen Gewindeschritten abbrechen, sondern müssen lange Zeit Dienst tun. Kleine und kleinste Bohrer sind beim Härten und Anlassen auf die gleiche Weise zu behandeln, wie ich es eben am Schneidbohrerbeispiel gezeigt habe. Ist es überhaupt denkbar, so zarte Stahlteile, von denen noch dazu im Gebrauch hohe Leistungen verlangt werden, beim Härten dem offenen Feuer auszusetzen? Man muß sich wundern, daß immer wieder die Streiffrage auftaucht, ob kleine Bohrer in Öl, Wachs, Siegelglas oder ähnlichem gehärtet werden sollen. Sie sind in der offenen Flamme längst verbrannt, so daß die Frage des Härtemittels gar keine Rolle mehr spielt. Der Stahl ist verborben und dadurch spröde, besitzt keine Schmitthaltigkeit, und das Abbrechen ist unausbleiblich.

Für das letzte Beispiel möchte ich ein Arbeitsstück wählen, das wegen seiner Form keine günstigen Vorbedingungen zum Härten mitbringt, eine Gangfeder für ein Marinechronometer. Was ich schon über die Behandlung des Stahls vor und nach der Formgebung sagte, gilt natürlich hier in besonderem Maße. Die Feder erhält vor dem Härten die fertige Form und wird schon sauber geschliffen. Nur der federnde Teil bleibt noch 0,08 mm dicker. Die Form dieser Feder ist gekennzeichnet durch schroffe Übergänge von breit zu schmal und von dick zu dünn mit scharfen Ecken. Sie ist 29 mm lang. Ich weise besonders auf den federnden Teil hin, der 5 mm lang, 3 mm breit und vor dem Härten 0,15 mm dick ist, ferner auf die Bohrung für den Ruhestein mit 0,2 mm Wanddicke. Die Hemmung ist bereits fertig eingerichtet. Im Hinblick auf die viele Arbeit, die für die Gangfeder aufgewendet wurde, darf sie sich natürlich beim Härten

nicht verzieren oder verschränken; größte Vorsicht ist hier am Platze. Die Härtebüchse soll genügend groß sein, die Feder wird genau senkrecht stehend darin eingebettet. Sie soll mit dem Fuß zuerst in das Härtebad fallen. Wegen der großen Gefahr des Verziehhens darf das Abschrecken nur in möglichst milder Form geschehen. Wir härten in reinem Öl, und zwar in dem etwas dickflüssigen gelben Maschinenöl. Um aber in Öl volle Härtung zu erreichen, muß die Gangfeder eines so großen Fallweg im Härtegefäß haben, daß sie vor dem Erreichen des Gefäßbodens völlig erkaltet ist. Sie wird beim Absinken dauernd von frischem Öl umspült und kühlt so genügend schnell ab.

Hierzu ist ein dünnwandiges Messingrohr von 70 bis 80 mm Durchmesser und ungefähr 80 cm Länge erforderlich, das an einem Ende von einem feststehenden Kork verschlossen wird. Das Rohr ist oben mit kräftigem, weichen Eisendraht zu umwinden. Die Drahtenden dreht man so zusammen, daß ein genügend langer Griff zum sicheren Anfassen entsteht. Verletzungen der Hand durch herausspritzendes heißes Öl sind so ausgeschlossen. Es ist sehr vorteilhaft, auch hier in das untere Rohrende ein im Durchmesser gut passendes Sieb aus Drahtgeflecht einzusetzen, wie es beim Härten der Schneidbohrer beschrieben ist. Hieran wird ein Draht zum Herausziehen des Siebes befestigt. Meist ist es nötig, daß ein Helfer das Rohr mit dem Ölbad hält.

Die Härtebüchse wird nun in der bekannten Weise zum Glühen gebracht. Sie ist durchgehend zu erwärmen. Ich möchte hier nochmals betonen: Durchgehend erwärmen heißt, daß die Härtebüchse so lange auf Kirschrotglut zu halten ist, bis auch der Inhalt dieselbe Wärme angenommen hat, das sind etwa 4–5 Minuten. Durchgehend erwärmen heißt aber nicht, daß das Härtegut bis zur Weißglut erhitzt werden soll! Das Ausschütten der Büchse geschieht in der geschilderten Weise.

Die gehärtete Gangfeder wird nun mit Hilfe des Siebes herausgeholt und vorsichtig in Benzin gereinigt. Eine Prüfung auf Härte läßt sich hier nicht gut ausführen, denn es gibt keine Stelle, wo eine Feilprobe statthalt wäre. Sie ist hier aber auch nicht unbedingt erforderlich. Wenn man der guten Qualität des verwendeten Stahls sicher ist und alles in der beschriebenen Weise gemacht hat, ist die Feder auch hart. Der Bruchgefahr wegen schleifen wir sie zunächst überhaupt nicht, sondern legen die Feder mit einem

weiß geschliffenen Stahlstück von ungefähr derselben Größe als das Anlaßblech mit Messingspanen. Das Anlassen geht nur soweit, bis der weiß geschliffene Stahlstreifen rot aussieht. An der Gangfeder können jetzt einige Hauptflächen ohne Gefahr weiß geschliffen und die Feder für sich allein auf Federhärte, also rein dunkelblau, angelassen werden. Eine Probe mit dem Lineal dient nur der Bestätigung dessen, was der erfahrene Arbeiter schon weiß: die Feder ist so gerade wie vor dem Härten. Der Weiterverarbeitung steht nichts im Wege und beim Vollenden werden wir an der guten Polierfähigkeit des Stahls bald merken, daß die Wärmebehandlung richtig war.

Noch eine andere Möglichkeit, mit Hilfe der Büchse zu härten, ergibt sich aus der Anwendung der Spirituslampe und des Lötrohres. Sie kommt für kleinste Teile in Betracht. In einer Werkstätte, die über eine Härteanlage mit Gasgebläse verfügt, bleibt natürlich für die Härtearbeit mit der Spirituslampe kein großer Raum mehr. Für viele Uhrmacher wird jedoch die Anwendung der Spiritusflamme die einzige Möglichkeit zum Härten bleiben. Bei geschicktem Arbeiten und bei Beachtung der Grundregeln über Werkstoffbehandlung und Härte-technik kann man auch damit ganz gut fertig werden, solange es sich um kleine Teile handelt, z. B. Schrauben, Sperrfedern, Sperrkegel und ähnliches. Die Härtebüchse wird zu diesem Zweck so klein wie möglich genommen. Ein Stückchen Rundstahl von 3–4 mm Durchmesser wird ausbohrt, so daß die Teile und etwas fein zerriebenes Holzkohlepulver darin Platz finden. Ein schwach konischer Stahlstößel, der mit einem Bohrer

von 0,4 mm durchbohrt wurde, schließt die Büchse ab. Sie wird nun so auf ein in der Hand gehaltenes Stück Holzkohle gelegt, daß beim Neigen der Kohle die kleine Büchse herabrutschen muß. Das Härten wird an einem etwas dunklen Platz vorgenommen, damit das helle Tageslicht bei der Beurteilung der Glühfarbe nicht stört.

Das Blasen mit dem Lötrohr will gelernt sein, sonst gibt es keinen stetigen Luftstrom. Nach kurzem Halten auf Kirschrotglut läßt man die Büchse in ein untergestelltes Gefäß mit Wasser rutschen. Da die Büchse nur eine geringe Menge Kohlepulver enthält, geht der Wärmezug schnell genug, um volle Härtung zu erzielen. Diese Methode hat sich im Betrieb als sehr vorteilhaft erwiesen.

Bisher haben wir alle gehärteten Teile beim Anlassen nach der Farbe beurteilt. Ist der Gegenstand weiß geschliffen und metallisch sauber, so ist die Beurteilung während des Anlassens mit Hilfe der Farbe die zuverlässigste Methode. Das farblose Anlassen der Teile in Paraffin, Öl oder flüssigem Metall setzt genaue Temperaturüberwachung voraus und scheidet deshalb für den Werkstattgebrauch des Uhrmachers so gut wie ganz aus. Soll doch einmal ohne Farbe angelassen werden (es handelt sich z. B. um ein Trieb, das zum Drehen zu hart ist), so benutzen wir reines Pendulen-Öl. Eine Blechschachtel, zur Hälfte mit diesem Öl gefüllt, stellen wir im Härteofen auf ein Dreibein und legen das Trieb hinein. Mit der Spirituslampe wird bis zur starken Rauchentwicklung erwärmt, dann läßt man das Ganze abkühlen. Das Trieb besitzt jetzt denselben Härtegrad, den gehärteter Stahl hat, der kornblumenblau (300°C) angelassen wurde. In diesem Zustand läßt es sich mit guten Handsticheln drehen.

Wie ich schon anfangs erwähnte, sind die hier geschilderten Arbeitsmethoden das Ergebnis jahrelanger Erprobung im Werkstattbetrieb. Es gibt da keine „Kniffe“ oder gar Geheimnisse. Die vorliegende Arbeitsbeschreibung läßt wohl ahnen, welch ein weites Gebiet die Härtereie umfaßt. Für die in der Uhrmacher-Werkstatt vorkommenden Härtearbeiten wird sich aber wohl immer eins der angeführten Beispiele als für die betreffende Arbeit passend heranziehen lassen. Übung macht auch hier den Meister. Einige Versuche an weniger wertvollen Arbeitsstücken bringen bald die richtige Erfahrung.

Es war nötig, hier nur die reinen Kohlenstoffstähle zu behandeln. Die Verarbeitung der legierten Spezialstähle, von denen das Warenverzeichnis einer bedeutenden Stahlfirma 32 Sorten anführt, die wieder in Wasser-, Öl- und Lufthärter unterteilt sind, erfordert ein umfangreiches Spezialwissen. Darüber hinaus ist eine sorgfältige Lagerhaltung der einzelnen Stahlsorten, ferner das Vorhandensein von Glühöfen, Pyrometern und besonderen Härte- und Anlaßbädern erforderlich. Die Verarbeitung dieser Stähle ist der Industrie vorbehalten.

Es sei zugegeben, daß das Härten ein Spezialzweig ist. Unser Beruf umfaßt aber eine ganze Anzahl solcher Spezialgebiete, auf denen wir zu Hause sein müssen. Wer nicht selbst in die Lage kommt, am Härteofen zu arbeiten, wird sicherlich mit Interesse zur Kenntnis nehmen, wie „es gemacht wird“; bedeutet doch die Erweiterung des Fachwissens eine Stärkung der technischen Überlegenheit des gelernten Uhrmachers, die wir bei unserer Werbung in den Vordergrund stellen.