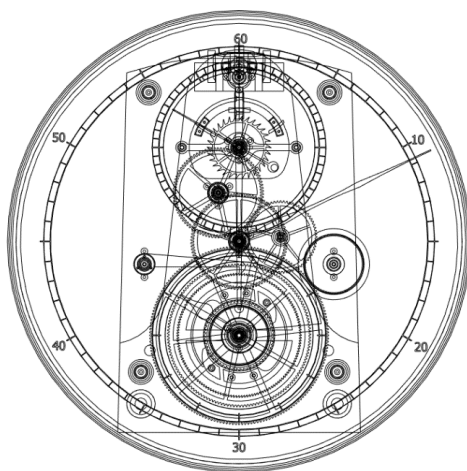


# Grundfertigkeiten des Uhrmachers

## Metallhandwerkliche Grundlagen des Uhrmacherberufes

### Leseprobe



### Impressum

© Oliver Hambel, 2021

Kontakt: [Oliver.Hambel@gmail.com](mailto:Oliver.Hambel@gmail.com)

Das Werk einschließlich aller Inhalte ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Reproduktion (auch auszugsweise) in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, sonstige Verfahren), die Einspeicherung, Verarbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung in elektronischen Systemen jeglicher Art, gesamt, sowie auszugsweise, ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verfassers untersagt. Alle Übersetzungsrechte vorbehalten.

Die Benutzung dieses Buches und die Umsetzung der darin enthaltenen Informationen erfolgt ausdrücklich auf eigenes Risiko. Der Autor kann nicht für etwaige Unfälle und Schäden jeglicher Art haften, die durch Nachahmung der beschriebenen Techniken und Vorgehensweisen entstehen können. Alle Anleitungen sind nur als Anregung zu verstehen. Rechts- und Schadenersatzansprüche sind ausgeschlossen. Das Werk inklusive aller Inhalte wurde unter größter Sorgfalt erstellt. Dennoch können Druckfehler und Falschinformationen nicht in Gänze ausgeschlossen werden. Der Autor übernimmt keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte des Buches, ebenso nicht für Druckfehler. Es kann keine juristische Verantwortung sowie Haftung in irgendeiner Form für fehlerhafte Angaben und daraus entstandenen Folgen vom Autor übernommen werden.

### 2. Auflage, 2021

Verlag:



Hambel, Oliver u. Becker, Joshua Levi GbR  
Laubweg 5  
DE-61267 Neu-Anspach / Taunus

© Bilder: Oliver Hambel

© Zeichnungen: Joshua Becker

Coverdesign: Theresa Kolb

Lektorat: Markus Casper

**ISBN 978-3-00-068725-9**

Printed in Germany

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit hat der Autor auf eine geschlechtsneutrale Differenzierung, wie z. B. „Uhrmacher / Uhrmacherin“ verzichtet und verwendet stattdessen das generische Maskulinum. Alle Personenbezeichnung in diesem Buch schließen ausdrücklich alle Geschlechter mit ein und beinhalten keinerlei Wertung durch den Autor.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	1	Die Werkzeuge zum Senken und Entgraten von Bohrungen.....	67
<b>Der Uhrmacherberuf</b> .....	4	<b>Das saubere Entgraten</b> .....	70
<b>Der praktische Einstieg in die Uhrentechnik – Womit beginnen?</b> .....	7	<b>Das Drehen</b> .....	72
<b>Die Uhr</b> .....	10	Exkurs: Das Bearbeiten von Lagerzapfen.	81
<b>Das Material</b> .....	12	Der Drehmeißel.....	85
<b>Das Härten und Anlassen</b> .....	14	Der Handdrehmeißel .....	93
<b>Das Messen und Lehren</b> .....	17	Das Abstechen und Einstechen / weitere Drehmeißelformen .....	95
Die Behandlung, Pflege und Kontrolle der Messgeräte .....	24	Das Bohren mit der Uhrmacherdrehmaschine .....	97
<b>Das Feilen</b> .....	25	Exkurs: Das Einbohren eines Zapfens .....	98
Sonderfeilen für Spezialanwendungen ....	30	Das Spannen von schwer spannbaren Werkstücken .....	103
Das Prüfen der gefeilten Fläche .....	32	Das Auskochen von Schellack in Spiritus	105
Das Einspannen des Werkstückes .....	33	Das Spannen empfindlicher Werkstücke	106
Exkurs: Das Feilen in der Uhrenreparatur / Gegenfeilen beim Ersetzen von Lagern....	34	Entstehung von „Aufbauschneiden“ .....	107
<b>Das Anreißen und Ankörnen</b> .....	36	Das richtige Einspannen eines Werkstückes / Vermeidung von „Rattermarken“ .....	107
Das Ankörnen / Ansenken .....	40	<b>Die Mechaniker-Drehmaschine</b> .....	108
Exkurs: Das Anreißen eines Gegensperrhebels .....	44	Die „Schaublin 102“ Drehmaschine .....	109
Exkurs: Das Herstellen eines Zeigers .....	48	Der Schaublin 102 Antrieb (Elektromotoren) .....	111
<b>Grundbegriffe der Zerspanung (Bohren, Drehen, Fräsen)</b> .....	50	Die Wange (Maschinenbett) .....	112
Die Drehzahl .....	50	Der Spindelstock der Schaublin 102 .....	113
Der Vorschub .....	51	Der Reitstock und sein Zubehör.....	116
Der Verschleiß von Schneidwerkzeugen ..	52	Das Querbohren von Wellen mit dem Bohrprisma.....	118
<b>Das Bohren, Reiben und Senken</b> .....	53	Kleine Löcher bohren mit der Feinbohrhilfe .....	119
Der Zentrierbohrer / NC-Anbohrer.....	53	<b>Die richtige Behandlung und Pflege von Werkzeugmaschinen</b> .....	127
Der Bohrer .....	54	Das Zerlegen, Reinigen, Schmieren, Zusammenbauen und Einstellen eines	
Das Reiben / Das Herstellen von Passungen mit Reibahlen .....	57		
Exkurs: Die Anwendung von Reibahlen in der Uhrentechnik.....	60		
Die Bohrmaschine.....	64		

Kreuzsupportes (Uhrmacherdrehmaschine) .....	130	Das Nieten.....	192
Die Entfernung von Rostschäden an Maschinen .....	140	Das Schweißen .....	193
Die Aufstellung einer Drehmaschine / Prüfen der Fluchtung.....	142	Exkurs: Das Schweißen zur Reparatur eines verschlissenen Massivankers	194
<b>Das Rändeln .....</b>	<b>143</b>	Das Löten .....	195
Exkurs: Gerändelte Lager für Schwarzwalduhren .....	144	Die Klebstoffe & Schraubensicherungen	196
<b>Das Fräsen.....</b>	<b>145</b>	<b>Das Umformen / Trennen.....</b>	<b>197</b>
Die Fräsmaschine.....	148	Das Biegen.....	197
Die Fräswerkzeuge in der Uhrentechnik	150	Das Scheren .....	197
Das Fräsen von Verzahnungen .....	151	Das Stanzen.....	198
Das Herstellen von Trieben .....	160	Das Räumen / Die Räumnadel .....	198
Die Kopierfräsmaschine.....	164	Das Sägen.....	199
<b>Das Schleifen und Polieren.....</b>	<b>166</b>	Exkurs: Das Lasern .....	200
Das Polieren in der Reparatur von Großuhren .....	167	<b>Der Oberflächenschutz .....</b>	<b>201</b>
Die Flachpolitur .....	173	Das Lackieren .....	202
Exkurs: Das Flachpolieren von Ankerpaletten (Grahamhemmung)	176	Das Bläuen .....	203
<b>Das Fügen – Befestigungsmöglichkeiten in der Uhrentechnik.....</b>	<b>177</b>	Das Versilbern .....	204
„Löten, Nieten, Punzen, kann jede Uhr verhunzen“ .....	177	Die Behandlung empfindlicher Bauteile	206
Der Vorsteckstift.....	179	<b>Die Anwendung der Grundfertigkeiten – Praxisbeispiele .....</b>	<b>208</b>
Das Gewinde.....	179	Die Schuluhren der Uhrmacherschule Karlstein a. d. Thaya (Österreich)...	210
Das Herstellen von Gewinden .....	181	Die Technische Zeichnung .....	212
Exkurs: Die Anfertigung einer Ansatzschraube .....	187	Die Anfertigung eines Rollsenkers .....	213
Schrauben in der Uhrentechnik.....	188	Die Anfertigung eines Flachsleifers (für Ankerpaletten) .....	218
Exkurs: Das Unitas / ETA 6498 und seine zahlreichen Manufakturen....	190	Die Anfertigung eines Montagestabes ..	228
		<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>230</b>
		<b>Literaturauswahl.....</b>	<b>231</b>
		<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>232</b>

## Das Reiben / Das Herstellen von Passungen mit Reibahlen

Reibahlen sind Zerspanungswerkzeuge, die zur (Nach-)Bearbeitung von Bohrungen dienen.

Sie haben den Zweck Bohrungen auf ein exakt toleriertes Maß zu bringen, sowie die Oberflächengüte der Bohrung zu verbessern. Der Durchmesser der vorhandenen Bohrung muss um 0,10 mm\* kleiner sein, als der Durchmesser der Reibahle. Diese Differenz bezeichnet man auch als Bearbeitungszugabe, oder speziell beim Reiben als „Reibzugabe“.

Reibahlen werden in verschiedenen Toleranzklassen angeboten. Gängig ist etwa die Toleranzklasse H7.

Im Tabellenbuch Metall<sup>7</sup> finden sich Tabellen, aus denen man entnehmen kann, welchen Wellendurchmesser die Welle, je nach Passungsart, haben muss, die mit einer H7 Bohrung gepaart werden soll. Hierzu unterscheidet man folgende Passungsarten:

- Übermaßpassung („Presspassung“)  
Bei einer Übermaßpassung sind zwei Bauteile fest (vgl. „unlösbare Verbindung“ -> S. 177) miteinander verbunden.

Ein Beispiel für eine Übermaßpassung in der Uhrentechnik sind aufgepresste Radträgerflansche (veraltet „Butzen“ oder „Putzen“).

Zahnräder können auf unterschiedliche Weise mit der zugehörigen Welle verbunden sein. Häufig findet man direkt auf den Trieb aufgenietete Zahnräder. Bei besseren Uhren sind Radträgerflansche mit Übermaß (-> Bohrungsdurchmesser des Flansches ist um wenige hundertstel Millimeter kleiner als der Außendurchmesser der Welle) auf die Welle aufgepresst.

Das Zahnrad wiederum ist mit einer Übergangspassung (siehe nächste Seite) auf einem Ansatz des Radträgerflansches exakt positioniert und mit drei Schrauben auf diesem verschraubt.

Gewinde (vgl. S. 180) gestatten keine exakte Positionierung. Ohne den Ansatz wäre das Rad nach jedem Lösen und Anziehen der Schrauben etwas verschoben, dies hätte einen Rundlauffehler des Zahnrades zur Folge, der unbedingt vermieden werden muss.



*Oben: Maschinenreibahle mit zylindrischem Schaft zur Benutzung in der Bohr- oder Drehmaschine. Unten: Handreibahle mit Vierkant zur Aufnahme in einem Handhalter.*



*Aufpressen des Radträgerflansches auf die Welle. Als Presse fungiert hier eine Tischbohrmaschine.*



*Damit beim Aufpressen keine Macken am Werkstück entstehen, verwendet man Messingstücke als Presswerkzeug. Diese kann man leicht in verschiedenen Durchmessern selbst herstellen.*

\*Richtwert für die Uhrentechnik. Die Reibzugaben für größere Maße sind dem Tabellenbuch Metall<sup>7</sup> zu entnehmen. Dort finden sich auch Werte für verschiedene Materialien. Bei Messing kann die Reibzugabe auch 0,20 mm betragen, bei Stahl eher 0,10 mm.

➤ **Übergangspassung**

Übergangspassungen müssen leicht demontierbar sein, dürfen jedoch kein merkliches Spiel aufweisen. Dies ist z. B. bei verstifteten Brücken und Kloben in Uhrwerken der Fall.

Im nebenstehenden Bild ist der Unruhkloben\* (1) mit der Schraube (2) auf der Platine (3) aufgeschraubt.

Die Schraube alleine würde jedoch zur Positionierung nicht genügen, weshalb in den Kloben (1) zwei kleine Stifte (rote Pfeile) eingepresst sind, die die Positionierung des Klobens sicherstellen.

Die Passung muss in dem Fall so leicht sein, dass sich der Kloben demontieren lässt, andererseits jedoch so schwer, dass die Position des Klobens sich nicht verändert. Am Kloben selbst sind die beiden Stifte mittelst Presspassung befestigt.



Welle mit Trägerflansch, Zahnrad und Schrauben.



Uhrwerk eines Schiffschronometers.

➤ **Spielpassung**

Bei einer Spielpassung darf es keinesfalls zu einem Klemmen zwischen Bohrung und Welle kommen.

Eine Passung zwischen einem Lagerzapfen und dessen Lager ist eine solche Spielpassung.

Die Welle (1) trägt an ihren beiden Enden Zapfen (2), die wiederum in einer Bohrung in der Platine (3) gelagert sind.

Die Bohrung muss dabei so bemessen sein, dass der Zapfen genug „Luft“ hat, dass er nicht klemmt, andererseits aber auch so wenig „Luft“, dass er nicht merklich wackelt. Durch Verschleiß erhöht sich die „Luft“ des Zapfens im Lager. In diesem Falle spräche man von einem „ausgelaufenen Lager“. Ob ein Lager noch gut ist, überprüft der Uhrmacher visuell, indem er den Zapfen in das zugehörige Lager steckt und dabei prüft, wie weit sich die Welle neigen lässt. Hier kann kein verbindlicher Wert angegeben werden. Als Richtwert dient das nebenstehende Bild.



Zahnrad und Platine.



Taschenuhrwerk mit (Unruh-) Kloben (1) und (Räderwerks-) Brücke (2).



Ankerbrücke einer Präzisionspendeluhr.

**\*Brücken und Kloben**

Befestigungselemente, die an zwei Punkten befestigt (z. B. verschraubt) sind, nennt man in der Uhrentechnik „Brücke“. Elemente, die jedoch nur einen Befestigungspunkt (Schraube) aufweisen bezeichnet man als „Kloben“.

Die Drehzahl ist beim Reiben mit der Maschinenreibahle immer mindestens halb so langsam wie beim Bohren zu wählen, eher noch langsamer! Die Reibahle darf nur in eine Richtung gedreht werden!



## Das saubere Entgraten

Auf die saubere und gewissenhafte Entfernung des Grates verwendet der Uhrmacher stets besondere Sorgfalt.

Beim Entgraten gilt es einiges zu beachten. Die nebenstehenden Bilder zeigen das Entgraten von Bohrungen und Kanten am Beispiel einer Platine.

Wenn man mit einem Rollsenker oder Krauskopf eine Bohrung entgratet, scheint diese zunächst gratfrei. Jedoch wird auch beim Entgraten ein kleiner Grat in die Bohrung hineingedrückt (-> bei jeder zerspanenden Tätigkeit, also auch beim Senken, entsteht Grat!).

Der Grat, den der Rollsenker oder der Krauskopf in die Bohrung hineindrückt, wird mithilfe einer Glättahle entfernt.

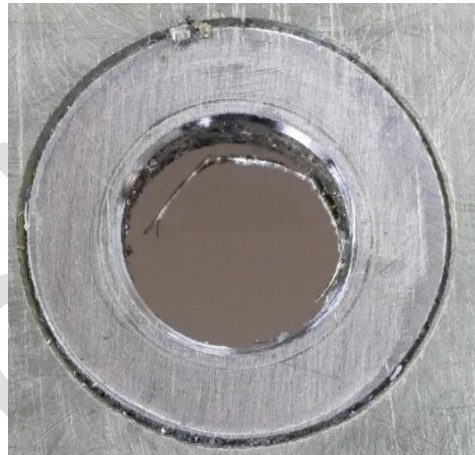
Grat entsteht jedoch nicht nur an Bohrungen, sondern auch an Kanten. An die Außenkanten der Platinen wird aus optischen Gründen eine leichte 45° Kantenbrechung / Fase angefeilt. Dabei wird Material aufgeworfen.



Uhrwerk mit roh angefertigten Platinen. Die Funktion ist zwar gegeben, die Feinarbeit (Entgraten, Finissieren, usw.) fehlt jedoch noch.



Entgraten mit einem Rollsenker.



Beim Entgraten entstandener Grat in der Bohrung (Material wird durch den Senker aufgestaucht).



Abermaliges Entgraten mithilfe einer Glättahle.



Anfeilen der 45° Fase.

Die vorgefeilte Kante wird anschließend mit einem Degussit® Stein poliert. Dabei wird der Grat nicht entfernt, sondern nur umgelegt (siehe Bild rechts).

Dieser umgelegte Grat ist nicht auf den ersten Blick sichtbar, daher kann dieser leicht übersehen werden. Um den umgelegten Grat zu entfernen, wird die Kante mit einer sehr feinen Diamant-Nadelfeile abgezogen. Anschließend wird das komplette Bauteil mit der Lupe auf etwaigen Grat untersucht. Wenn kein Grat mehr erkennbar ist, wird die Platine im nächsten und letzten Arbeitsgang galvanisch vergoldet. Die Vergoldung schützt das Messing vom „Anlaufen“ (vgl. S. 201).



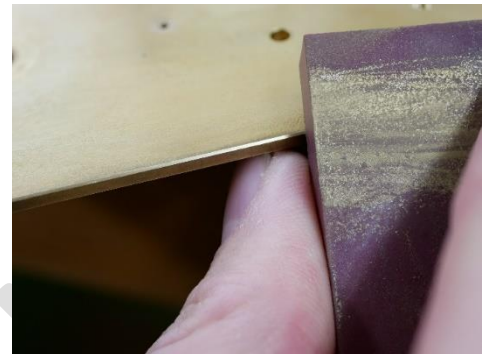
Satz Echappement Schmirgelfeilen in verschiedenen Querschnittsformen.



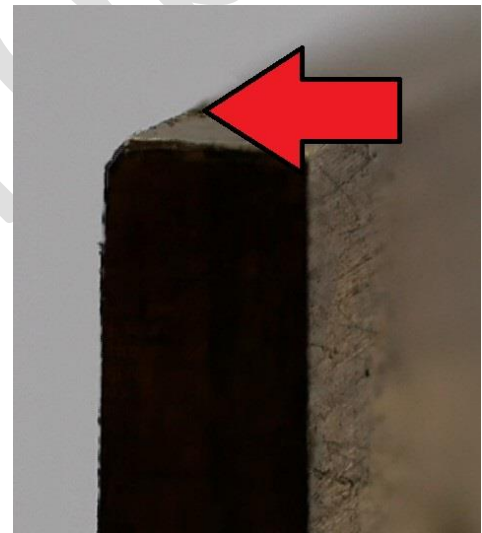
Uhrwerk mit fertigen, entgrateten und finissten Platinen.



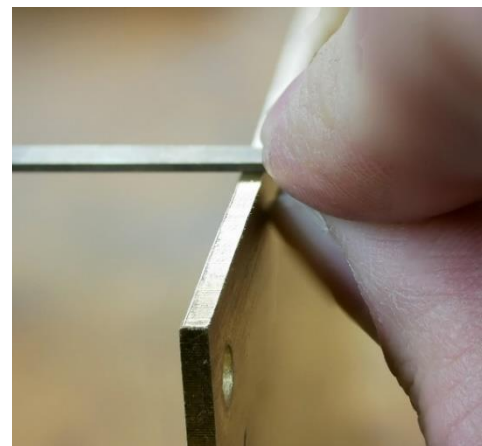
Durch das Feilen der Fase aufgeworfener Grat.



Polieren der Fase mit einem Degussit® Stein (der Stein sollte nicht trocken benutzt werden, er ist mit Petroleum oder Speichel zu schmieren).



Aufgeworfener / „umgelegter“ Grat.



Entfernen des Grates mit der feinen Schmirgelfeile.



Das Spannen von schwer spannbaren Werkstücken

Das beim Zapfeneinbohren gezeigte Werkstück ließ sich sehr leicht mit dem Trieb in der Spannzanze einspannen.

Das geht allerdings nicht immer.

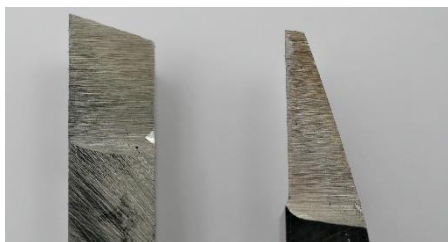
Das rechte Bild zeigt ein Sekundenradtrieb, bei dem ein Zapfen abgebrochen ist. Es ist nicht möglich, das Bauteil am langen dünnen Sekundenzapfen zu spannen. Eine solche Aufspannung wäre äußerst fragil, kleinste Belastungen, wie sie bei zerspanender Bearbeitung (Überdrehen der Stirnseite, Bohren) auftreten würden, könnten zum Bruch des Sekundenzapfens führen. Überdies wäre das Teil sehr weit ausgespannt, wodurch es leicht ins Schwingen geraten würde.

Am Zahnrad lässt sich das Teil ebenfalls nicht spannen. Es ist zu weich, die Zähne würden beim Spannen beschädigt, außerdem böten sie nur sehr wenig Auflagefläche. Das Teil rundlaufend einzuspannen wäre dabei ebenso schwierig. Für solche Fälle gibt es keine fertige Spannlösung aus der Schublade, es bleibt also nur der Bau einer individuellen Hilfsvorrichtung zum Spannen.

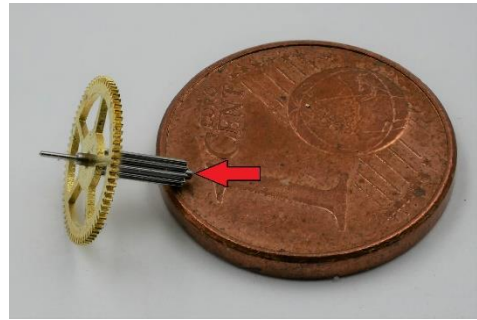
Die Vorrichtung wird aus einem Stück Messinggrundmaterial hergestellt. Das Rundmaterial muss etwas größer sein, als der Außendurchmesser des Rades. Das Material wird in der Spannzanze gespannt, stirnseitig überdreht, anschließend angebohrt und gebohrt. Die Bohrung wird 0,10 mm kleiner als der Außendurchmesser des Triebes.

Zuletzt wird noch eine Ausdrehung in die Stirnseite des Materials eingebracht. Die Ausdrehung ist so groß bemessen, dass das Rad exakt und spielfrei, jedoch ohne Gewalt, hineinpasst.

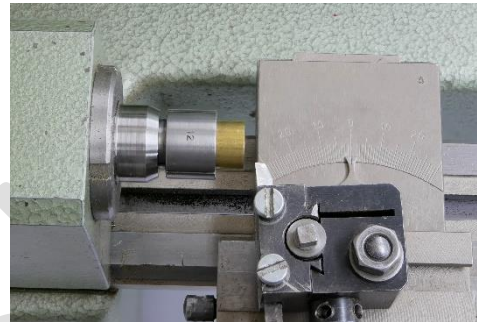
Zum Ausdrehen muss der Drehmeißel auf dem Support um 90° gedreht angebracht werden. Der Drehmeißel darf hinter der Schneide nicht zu breit sein, sonst drückt der Teil hinter der Schneide ins Material, ohne dass der Drehmeißel schneidet. Es empfiehlt sich daher den Drehmeißel bei Ausdreharbeiten so wie im Bild gezeigt schlanker zu schleifen. (...) (...)



Links: Normaler Drehmeißel, rechts: schlanker geschliffener Drehmeißel.



Sekundenradtrieb mit abgebrochenem Zapfen.



Herstellen einer Hilfsvorrichtung aus Messing.



Anbohren mit dem NC-Anbohrer.



Bohren.



Ausdrehung passend zum Raddurchmesser.



### *Nachteile des Ankörnens*

Neben der bereits angesprochenen schwierigen Korrekturmöglichkeit bei Ankörnfehlern gibt es einen weiteren Nachteil bei dieser Methode:

Durch das Eindringen der Körnerspitze in das Material wird dieses verdichtet und aufgestaucht.

Das ist insofern problematisch, weil Bohrer stets dazu neigen in weicherem Material zu „verlaufen“, bzw. „auszuweichen“, da sich die Werkzeugschneide immer den geringsten Widerstand sucht.

Beim Bohren ist also unbedingt darauf zu achten, dass der Bohrer auch tatsächlich die Körnung trifft.

### *Das Ansenken mit dem Dreikantsenker*

Viele Werkzeuge des Uhrmachers kann man nicht (mehr) kaufen, so bleibt oft nur der Selbstbau.

Aus abgebrochenen Bohrern lassen sich kleine Dreikantsenker herstellen. Diese können einfach in einem Schraubendreherheft befestigt werden.

Zum Ansenken wird der Senker mittig über dem Fadenkreuz platziert und durch Drehen des Senkers eine kleine Senkung erzeugt. Ein Blick durch die Uhrmacherlupe hilft dabei. Man hüte sich jedoch vor Parallaxenfehlern\*.

Der große Vorteil dieser Methode besteht nun darin, dass es viel leichter ist die Senkung durch schräg halten des Senkers zu korrigieren. Ferner kann man den Korrekturvorgang mehrmals wiederholen. Natürlich unter der Prämisse, dass die Senkung nicht größer wird als die Bohrung! Daher erst leicht ansenken, mit der Lupe kontrollieren und ggf. korrigieren.

Bei der Methode „Körner mit Hammer“ hingegen entsteht relativ schnell eine sehr große Senkung, sodass einem meist nur ein weiterer Korrekturversuch bleibt, bevor die Senkung zu groß wird. Dies wird zum Problem, wenn der Durchmesser der Senkung größer als der des Bohrers ist. Der Bohrer kann so leicht verlaufen oder es bleibt zumindest ein „Krater“ der Senkung zurück.

Bei Stählen bietet es sich jedoch an, die Methode „Körner mit Hammer“ einzusetzen, da der Senker, je nach Stahl, nur mit großer Mühe eine Senkung erzeugen kann und hierbei schnell stumpf würde. (...)

\*Blickt man aus verschiedenen Winkeln auf das Werkstück, so entsteht der Eindruck, ein Punkt, z. B. die Senkung, befände sich jedes Mal an einer anderen Stelle. Das ist eine optische Täuschung! Daher muss man senkrecht von oben auf den entsprechenden Punkt blicken.



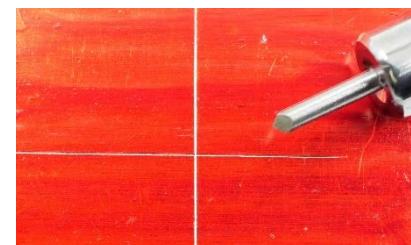
*Fertige Körnung.*



*Nachteil des Körnens: Aufstauchen des Materials.*



*Genau beobachten: Trifft der Bohrer sicher auf die Körnung oder verläuft er?*



*Fadenkreuz mit Dreikantsenker.*



*Wenn die Senkung nicht direkt exakt positioniert ist...*



*... lässt sich dies durch schräghalten des Senkers korrigieren.*